

Momentum



ADS 2008 Update 1
May 2008
Momentum

© Agilent Technologies, Inc. 2000–2008

5301 Stevens Creek Blvd., Santa Clara, CA 95052 USA

No part of this manual may be reproduced in any form or by any means (including electronic storage and retrieval or translation into a foreign language) without prior agreement and written consent from Agilent Technologies, Inc. as governed by United States and international copyright laws.

Acknowledgments

Mentor Graphics is a trademark of Mentor Graphics Corporation in the U.S. and other countries. Microsoft®, Windows®, MS Windows®, Windows NT®, and MS-DOS® are U.S. registered trademarks of Microsoft Corporation. Pentium® is a U.S. registered trademark of Intel Corporation. PostScript® and Acrobat® are trademarks of Adobe Systems Incorporated. UNIX® is a registered trademark of the Open Group. Java™ is a U.S. trademark of Sun Microsystems, Inc. SystemC® is a registered trademark of Open SystemC Initiative, Inc. in the United States and other countries and is used with permission. MATLAB® is a U.S. registered trademark of The Math Works, Inc. HiSIM2 source code, and all copyrights, trade secrets or other intellectual property rights in and to the source code in its entirety, is owned by Hiroshima University and STARC.

The following third-party libraries are used by the NlogN Momentum solver:

“This program includes Metis 4.0, Copyright © 1998, Regents of the University of Minnesota”, <http://www.cs.umn.edu/~metis>, METIS was written by George Karypis (karypis@cs.umn.edu).

Intel@Math Kernel Library, <http://www.intel.com/software/products/mkl>

SuperLU_MT version 2.0 –Copyright © 2003, The Regents of the University of California, through Lawrence Berkeley National Laboratory (subject to receipt of any required approvals from U.S. Dept. of Energy). All rights reserved. SuperLU Disclaimer: THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE COPYRIGHT HOLDERS AND CONTRIBUTORS “AS IS” AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE COPYRIGHT OWNER OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

AMD Version 2.2 –AMD Notice: The AMD code was modified. Used by permission. AMD copyright: AMD Version 2.2, Copyright © 2007 by Timothy A. Davis, Patrick R. Amestoy, and Iain S. Duff. All Rights Reserved. AMD License: Your use or distribution of AMD or any modified version of AMD implies that you agree to this License. This library is free software; you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU Lesser General Public License as published by the Free Software Foundation; either version 2.1 of the License, or (at your option) any later version. This library is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU Lesser General Public License for more details. You should have received a copy of the GNU

Lesser General Public License along with this library;if not,write to the Free Software Foundation,Inc.,51 Franklin St,Fifth Floor,Boston,MA 02110-1301 USA Permission is hereby granted to use or copy this program under the terms of the GNU LGPL,provided that the Copyright,this License,and the Availability of the original version is retained on all copies.User documentation of any code that uses this code or any modified version of this code must cite the Copyright,this License,the Availability note,and "Used by permission."Permission to modify the code and to distribute modified code is granted, provided the Copyright,this License,and the Availability note are retained,and a notice that the code was modified is included.AMD Availability:
<http://www.cise.ufl.edu/research/sparse/amd>

UMFPACK 5.0.2 -UMFPACK Notice:The UMFPACK code was modified.Used by permission.UMFPACK Copyright:UMFPACK Copyright © 1995--2006 by Timothy A.Davis.All Rights Reserved.UMFPACK License:Your use or distribution of UMFPACK or any modified version of UMFPACK implies that you agree to this License.This library is free software;you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU Lesser General Public License as published by the Free Software Foundation;either version 2.1 of the License,or (at your option)any later version.This library is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY;without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.See the GNU Lesser General Public License for more details.You should have received a copy of the GNU Lesser General Public License along with this library;if not,write to the Free Software Foundation,Inc.,51 Franklin St, Fifth Floor,Boston,MA 02110-1301 USA Permission is hereby granted to use or copy this program under the terms of the GNU LGPL,provided that the Copyright,this License,and the Availability of the original version is retained on all copies.User documentation of any code that uses this code or any modified version of this code must cite the Copyright,this License,the Availability note,and "Used by permission."Permission to modify the code and to distribute modified code is granted,provided the Copyright,this License,and the Availability note are retained,and a notice that the code was modified is included.UMFPACK Availability:<http://www.cise.ufl.edu/research/sparse/umfpack> UMFPACK (including versions 2.2.1 and earlier,in FORTRAN)is available at <http://www.cise.ufl.edu/research/sparse>.MA38 is available in the Harwell Subroutine Library.This version of UMFPACK includes a modified form of COLAMD Version 2.0, originally released on Jan.31,2000,also available at <http://www.cise.ufl.edu/research/sparse>.COLAMD V2.0 is also incorporated as a built-in function in MATLAB version 6.1,by The MathWorks,Inc.<http://www.mathworks.com>.COLAMD V1.0 appears as a column-preordering in SuperLU (SuperLU is available at <http://www.netlib.org>)><http://www.netlib.org>).UMFPACK v4.0 is a built-in routine in MATLAB 6.5.UMFPACK v4.3 is a built-in routine in MATLAB 7.1.

Errata The ADS product may contain references to "HP" or "HPEESOF" such as in file names and directory names.The business entity formerly known as "HP EEsof" is now part of Agilent Technologies and is known as "Agilent EEsof".To avoid broken functionality and to maintain backward compatibility for our customers,we did not change all the names and labels that contain "HP" or "HPEESOF" references.

Warranty The material contained in this document is provided "as is",and is subject to being changed,without notice,in future editions.Further,to the maximum extent permitted by applicable law,Agilent disclaims all warranties,either express or implied, with regard to this manual and any information contained herein,including but not limited to the implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose.Agilent shall not be liable for errors or for incidental or consequential damages in connection with the furnishing,use,or performance of this document or of any information contained

herein. Should Agilent and the user have a separate written agreement with warranty terms covering the material in this document that conflict with these terms, the warranty terms in the separate agreement shall control.

Technology Licenses The hardware and/or software described in this document are furnished under a license and may be used or copied only in accordance with the terms of such license. Portions of this product include the SystemC software licensed under Open Source terms, which are available for download at <http://systemc.org/>. This software is redistributed by Agilent. The Contributors of the SystemC software provide this software "as is" and offer no warranty of any kind, express or implied, including without limitation warranties or conditions of title and non-infringement, and implied warranties or conditions merchantability and fitness for a particular purpose. Contributors shall not be liable for any damages of any kind including without limitation direct, indirect, special, incidental and consequential damages, such as lost profits. Any provisions that differ from this disclaimer are offered by Agilent only.

Restricted Rights Legend U.S. Government Restricted Rights. Software and technical data rights granted to the federal government include only those rights customarily provided to end user customers. Agilent provides this customary commercial license in Software and technical data pursuant to FAR 12.211 (Technical Data) and 12.212 (Computer Software) and, for the Department of Defense, DFARS 252.227-7015 (Technical Data - Commercial Items) and DFARS 227.7202-3 (Rights in Commercial Computer Software or Computer Software Documentation).

Momentumの基本	14
Momentumの主な特長	14
Momentumの主な機能	14
Momentumの概要	14
シミュレーション・モードについて	16
正しいモードの選択	16
アプリケーションに適したモードの選択	16
サンプル・プロジェクトの場所	17
Momentum入門	17
レイアウトの基本	17
完成したスキマティックからのレイアウトの作成	17
レイアウト・ディレクトリの作成	19
トレースによるコンポーネントの接続	19
形状	19
レイヤ	20
挿入レイヤの変更	20
別のレイヤへのコピー	21
デフォルト・レイヤ設定	21
その他のレイヤ・デフォルト	22
グリッドの表示/非表示とカラーの調整	22
スナップおよびグリッド間隔の調整	22
ピン/頂点スナップ距離の調整	22
スナップ・モードの練習	23
ドローイングのヒント	24
グリッド・スナップ・モードの使用	24
レイアウト・レイヤの選択	24
単純な形状の使用	24
形状のマージ	24
ポートとオブジェクトの属性の表示	24
回路へのポートの追加	24
スキマティックへのポートの追加	25
レイアウトへのポートの追加	25
注意事項	26
例	26
マイクロストリップ・ラインのデザイン	26
回路のドローイング	26
新規プロジェクトの作成	27
スキマティックへのマイクロストリップ・コンポーネントの追加	27
コンポーネントの配置	27
コマンドのキャンセル	28
コンポーネント・パラメータの編集	28
回路へのポートの追加	29
デザインの保存	29
レイアウトの生成	29
単純なサブストレートの作成	29
サブストレートの事前計算	31
メッシュ・パラメータの設定	31
メッシュの事前計算	32
シミュレーションの実行	32
マイクロストリップ・フィルタのデザイン	33
回路のドローイング	33
新規プロジェクトのオープン	33
スキマティックへのコンポーネントの追加	34
コンポーネントの編集	34
もう1個のコンポーネントのコピーと配置	34
ポートの追加	34
デザインの保存	34
レイアウトの生成	35
サブストレートの作成	35
レイアウトへのポートの追加	36
フィルタの周囲のボックスの完成	37
メッシュの生成	38
シミュレーションの実行	38
シミュレーション結果の表示	39
レイアウトでのコプレナ・ラインのドローイング	39

コプレナ・ライン・ベンドのデザイン	39
レイアウトの作成	40
コプレナ・ライン・スロットのドローイング	41
ブリッジのドローイング	42
ビアのドローイング	42
サブストレートのオープン	43
ポートの追加	43
メッシュの生成	44
シミュレーションの実行	45
シミュレーション結果の表示	45
パラメータ化レイアウト・コンポーネントの例	45
平行板キャパシタの定義	45
l と w の定義を持つキャパシタの例	46
可能な摂動指定の方針	46
図11 - 選択した頂点の摂動	47
キャパシタ・ストラクチャのインスタンス	47
エア・ブリッジの定義	47
作図ラインがあるエア・ブリッジの例	48
GCCマクロを使用したレイアウト・コンポーネントの作成	48
サブ回路パラメータ l と w の作成	49
サブ回路パラメータのマッピング	49
スパイラル・インダクタ・コンポーネントの定義	49
スパイラル・コンポーネント	49
スパイラルのサブ回路パラメータ	50
コンポーネントのパラメータの割り当て	50
スパイラル・コンポーネントのインスタンス	51
Momentumのサブストレート	51
定義済みサブストレートの選択	51
サブストレートの作成/変更	52
サブストレート・レイヤの定義	52
開境界の定義	52
インタフェース・レイヤの定義	53
閉境界レイヤの定義	53
レイヤのリネーム	53
レイヤの削除、追加、移動	53
シリコン・サブストレート・レイヤの定義	54
抵抗率からの伝導率の計算	54
伝導率の定義	54
メタライゼーション・レイヤの定義	54
Layoutウィンドウでのビアの適用と作成	55
複数のサブストレート・レイヤを貫通するビア	56
レイアウト・レイヤのマッピング	56
レイヤのマッピング解除	57
ビアのシミュレーション・モデル	57
2次元分布定数モデル	57
集中定数モデル	57
3次元分布定数モデル	58
Momentumのレイヤ・マッピングGUI	58
マッピングされていないレイヤ	58
STRIPにマッピングされたレイヤ	59
SLOTにマッピングされたレイヤ	59
VIAにマッピングされたレイヤ	60
新しいビア・シミュレーション・モデルの例	61
2つの結合RFボード・ビア	61
シリコン・スパイラル・インダクタ	61
伝導率の定義	62
厚さのある導体の自動3次元展開	63
厚さのある導体の水平側面電流のモデリング	64
水平側面電流を考慮した厚さのある導体のUターンのビジュアライゼーション	64
オーバーラップ優先度の設定	65
誘電体のパラメータ	66
誘電率	66
誘電ロス・タンジェント	66
誘電体の伝導率	67
誘電体の比透磁率	67

誘電体の磁気ロス・タンジェント	68
スキマティックからのサブストレート定義の読み取り	68
サブストレートの保存	68
サブストレートの事前計算	68
サブストレート計算のステータスの表示	69
サブストレート計算の停止	69
サブストレート・サマリの表示	69
サブストレート計算の再利用	69
サブストレートの削除	69
サブストレート定義サマリ	69
サブストレートの例	70
放射アンテナ用のサブストレート	70
377 Ω 終端と放射パターン	70
エア・ブリッジのあるデザイン用のサブストレート	70
レイアウトでのエア・ブリッジのドローイング	71
コプレーナ・デザインのポートとエア・ブリッジ	71
シリコン・サブストレート	71
3次元展開を伴うシリコン・サブストレート	72
Momentumのポート	72
回路へのポートの追加	72
注意事項	72
ポート校正	73
ポート・タイプの決定	73
シングルポートの定義	74
オーバーラップの回避	74
基準オフセットの適用	74
基準オフセットを使用する理由	75
ディエンベディングに関する注意事項	76
カップリング効果の考慮	76
内部ポートの定義	76
差動ポートの定義	77
コプレーナ・ポートの定義	78
コモン・モード・ポートの定義	80
グラウンド基準の定義	80
Momentum Port Editor	81
ポート・タイプに関する埋込み情報	81
ポートの属性のグループ編集	82
ポート番号の再マッピング	84
ボックスと導波管	85
ボックスの追加	85
ボックスの編集	86
ボックスの削除	86
ボックスのレイアウト・レイヤ設定の表示	86
導波管の追加	86
導波管の編集	86
導波管の削除	86
導波管のレイアウト・レイヤ設定の表示	86
ボックスと導波管について	87
カバーの下に吸収レイヤを追加	87
ボックス、導波管と放射パターン	87
メッシュ	87
メッシュの定義	88
回路全体に対するメッシュ・パラメータの定義	88
Global Mesh Controlダイアログ・ボックス	89
レイアウト・レイヤに対するメッシュ・パラメータの定義	90
オブジェクトに対するメッシュ・パラメータの定義	90
オブジェクトのシード設定	90
メッシュの接続性	92
メッシュ・パラメータのリセットとクリア	92
メッシュの事前計算	92
メッシュ・ステータスの表示	92
メッシュ計算の停止	92
メッシュ・サマリの表示	93
メッシュ・レポートの表示	93
メッシュのクリア	93

メッシュ・ジェネレータ	93
メッシュ密度の調整	94
シミュレーション精度に対するメッシュ・リダクションの影響	94
エッジ・メッシュについて	94
エッジ・メッシュ幅の設定	94
伝送ライン・メッシュについて	94
エッジ・メッシュと伝送ライン・メッシュの組み合わせ	95
円弧分解能の使用	95
メッシュ・パターンとシミュレーション時間	96
メッシュ・パターンと必要メモリ	96
オブジェクトのオーバーラップの処理	97
メッシュ・ジェネレータのメッセージ	97
メッシングの指針	98
薄膜レイヤのメッシング	98
狭いラインのメッシング	98
スロットのメッシング	98
曲線オブジェクトのメッシュ密度の調整	98
不連続部のモデリング	98
密結合ラインの計算	98
オブジェクトのシード設定の編集	99
メッシュ精度とギャップ分解能	99
Momentumのシミュレーション	99
シミュレーション・モードの選択	100
Local	100
Remote	100
Distributed	101
EMXリモート	102
行列ソルバの選択	103
Auto-select	104
Direct Dense	104
Iterative Dense	104
Direct Compressed	104
周波数プランの作成	104
注意事項	105
周波数プランの編集	105
プロセス・モードの選択	105
Process mode:local	105
Process mode:remote	106
Process mode:distributed	106
シミュレーション・データの再利用	107
シミュレーション・データの保存	107
エクスポートのためのデータの保存	107
結果の自動表示	108
ローカル・シミュレーションの開始	108
シミュレーション・ステータスの表示	108
シミュレーションの進捗度の表示	109
"% Covered"ステータス・メッセージの意味	109
シミュレーションの停止	109
シミュレーション・サマリの表示	109
Momentumシミュレーション・エグゼクティブ・システム	111
PVMまたはEMXエグゼクティブ・システムを使ったりリモート・シミュレーション	111
PVMの権利について	111
注意	111
権利の制限について	111
リモート・シミュレーションの実行	112
EMXを使ったりリモート・シミュレーションの実行	112
UNIXからUNIX	112
リモート・コンピュータの設定	112
ローカル・コンピュータの設定	113
シミュレーションの実行	113
リモート動作の終了	113
制限事項	113
WindowsからWindows	113
リモート・コンピュータの設定	114
ローカル・コンピュータの設定	114

Windowsを使ったリモート・シミュレーションの実行	114
リモート動作の終了	114
制限事項	114
PVMを使ったリモート・シミュレーションの実行	114
ローカル・コンピュータの設定	114
クラスタの作成と設定	115
リモート／分散のセットアップ	116
クラスタの開始／停止制御	117
リモート・シミュレーションの開始	118
分散セットアップ	119
トラブルシューティング	120
リモート・シミュレーション	120
分散シミュレーション	122
LinuxおよびSolarisでの64ビットMomentumシミュレーション	122
バッチ・モード・シミュレーション	122
適応周波数サンプリング	123
AFSの収束	123
サンプル・ポイントの設定	123
AFS Sパラメータの表示	124
Momentumソルバについて	124
直接ソルバと反復ソルバ	124
密行列ソルバと圧縮行列ソルバ	124
行列ソルバ選択の手動オーバーライド	125
Momentumの計算速度のチューニング	125
行列ソルバの動作に影響するメモリ選択オプション	125
Momentumのレイアウト・コンポーネント	125
レイアウト・コンポーネントと回路コ・シミュレーション	126
レイアウトの設定	126
レイアウト・パラメータの追加	127
公称値/摂動値デザインの使用	127
リニア・ストレッチ	128
放射状ストレッチ	128
回転	128
既存レイアウト・コンポーネントの使用	129
レイアウト・コンポーネントの作成	130
再結合されたポートが存在しない Create layout Componentダイアログ・ボックス、	130
シンボルの選択	131
モデル・パラメータのデフォルト	132
モデル・データベースの設定	132
プリミティブおよび階層コンポーネント	133
レイアウト・コンポーネントのファイル構造	133
テクノロジ・ファイル	133
モデル・データベースのファイル	133
スキマティックでのレイアウト・コンポーネントの使用	134
レイアウト・コンポーネント・インスタンスのパラメータの指定	135
モデルのパラメータ	135
モデル・タイプ選択	135
Momentumシミュレーション・コントロールの設定	136
モデル・データベースの設定	136
レイアウト・パラメータ	136
表示パラメータ	137
ポート・タイプ・マッピング	138
差動ポート	138
コモン・モード・ポート	139
再結合されたグラウンド基準ポート	139
グラウンド基準ピンを持つレイアウト・コンポーネント	140
6ポート(2つの単一と4つのグラウンド基準)を持つレイアウト	140
6つのピンを持つMomentumレイアウト・コンポーネント類似シンボル	141
グラウンド基準ピンのないレイアウト・コンポーネント	142
グラウンド基準ピンのないMomentumレイアウト・コンポーネント	142
テスト手順の例	143
最適化とチューニング	144
シミュレーション中のモデル・データベース・フロー	144
レイアウト・コンポーネントを使用するときの制限事項	145
Momentumの結果の表示	145

データ・ディスプレイを使用した結果の表示	146
データ・ディスプレイ・ウィンドウのオープン	146
Momentumデータの表示	146
Sパラメータの表示	147
標準データセットとAFSデータセットの変数	147
標準データセットとAFSデータセット	148
Momentum Visualizationを使用した結果の表示	148
Sパラメータの概要	148
正規化インピーダンス	148
命名規則	148
表形式によるSパラメータの表示	148
Sパラメータの振幅のプロット	149
Sパラメータの位相のプロット	149
スミス・チャート上のSパラメータのプロット	150
Sパラメータのエクスポート	150
Momentum Optimization	151
Momentumを使用して最適化できるもの	151
Momentumを使用して最適化できないもの	151
Momentumを使用して最適化できる応答	151
Momentumを使用した最適化の典型的な手順	151
最適化のプロセス	152
例	152
サンプル・プロジェクトのコピー	152
コンポーネントの編集	152
パラメータ化されたコンポーネントの作成	153
スキマティックでのコンポーネントの追加と使用	154
スキマティックのパラメータ化されたレイアウト・コンポーネントの最適化設定	156
Momentumの放射パターンとアンテナ・パラメータ	157
放射パターンについて	157
アンテナ・パラメータについて	158
偏波	158
円偏波	158
リニア偏波	159
水平偏波角度	159
放射強度	159
放射パワー	159
実効角度	160
指向性	160
利得	160
効率	160
実効面積	160
放射パターンの計算	160
垂直断面	161
垂直断面	161
水平断面	161
水平断面	162
データ・ディスプレイによる結果の自動表示	162
遠方界データのエクスポート	162
放射データの表示	163
放射データのロード	163
3次元での遠方界の表示	163
遠方界表示オプションの選択	164
遠方界の2次元断面の定義	164
遠方界の2次元表示	164
アンテナ・パラメータの表示	165
放射パターンの表示	165
遠方界データセットの変数	165
Momentum Visualization	166
Momentum Visualizationの起動	166
PCおよびLinuxマシン上のMomentum Visualization	166
プロットのタイプ	167
Solution Configurationタブ	167
Plot Propertiesタブ	167
Shaded Plot	168
Arrow Plot	168

Mesh Plot	168
Advanced Options	168
Animation	169
遠方界プロット	169
Solarisマシン上のMomentum Visualization	170
Momentum Visualizationウィンドウでの作業	170
ビューの数の選択	170
作業用ビューの選択	171
ビューのプリファレンスの設定	171
ビュー内の注釈表示の操作	172
テキストの追加	172
変数の追加	173
テキストの編集	173
テキストの削除	173
ビュー内のプロットの復元	173
ウィンドウのリフレッシュ	173
データの概要	173
プロットとデータによる作業	174
プロットの表示	174
表示されたプロットへのデータの追加	174
データ・コントロールの操作	175
別のプロジェクトのデータの表示	175
プロットのデータの削除	176
プロットからのデータ値の読み取り	176
プロット・コントロールによる操作	176
プロットの回転	176
プロットのスケーリング	177
プロットの中心点の移動	177
直交座標プロット編集コントロールによる作業	177
プロットの軸の調整	177
凡例の編集	177
プロットの保存	178
プロットのインポート	179
表面電流の表示	179
ポート解の重み付けの設定	179
レイアウトの表示	180
電流プロットの表示	180
プロットされた電流のアニメーション表示	180
電流プロットのメッシュの表示	180
Momentumデータのエクスポート	180
MomentumデータのIC-CAPへのエクスポート	180
IC-CAP MDMファイル出力の有効化	181
IC-CAP MDMファイル出力の無効化	181
例	181
3次元電磁界シミュレーション用のMomentumデータのエクスポート	181
MomentumサブストレートのRFDEへのエクスポート	182
Momentumの動作原理	182
モーメント法	182
Rooftop基底関数を使った表面電流の離散化	183
図A-2. メッシュの各セルを、グラウンド基準に対するキャパシタと隣接セルに対するインダクタで置き換えることにより、等価回路が構成されます。	184
図A-3. モーメント法により離散化された等価回路表現	184
Momentumの計算プロセス	184
サブストレートのグリーン関数の計算	184
平面信号レイヤ・パターンのメッシング	185
モーメント法の相互作用行列方程式のロードと計算	185
Sパラメータの校正とディエンベディング	185
適応周波数サンプリングによる縮約次元モデリング	185
特殊なシミュレーションの例	185
グラウンド・プレーン内にあるスロットのシミュレーション	186
メタライゼーション損失のシミュレーション	186
内部ポートとグラウンド基準を使ったシミュレーション	186
図A-4. 内部ポートと等価回路モデル	186
PCBストラクチャ内の内部ポートとグラウンド・プレーン	187
図A-5. PCBサブストレート・レイヤ・スタックとメタライゼーション・レイヤ	187

図A-6. S21の振幅と位相。	187
有限のグラウンド・プレーン、グラウンド・ポートなし	187
図A-7. PCBサブストレート・レイヤ・スタックとメタライゼーション・レイヤ	188
図A-8. S21の振幅と位相。	188
有限のグラウンド・プレーン、グラウンド・プレーン内に内部ポート	188
図A-9. PCBサブストレート・レイヤ・スタックとメタライゼーション・レイヤ	189
図A-10. シミュレーション結果。	189
有限のグラウンド・プレーン、グラウンド基準	189
図A-11. サブストレート・レイヤ・スタックとメタライゼーション・レイヤ	190
図A-12. S21の振幅と位相。	190
CPWストラクチャを持つ内部ポート	190
図A-13. CPWステップ幅とシート抵抗	191
図A-14. シート抵抗付きCPWステップ幅ストラクチャとポート構成、結果	191
図A-15. CPWステップ幅ストラクチャ、内部ポートに対してグラウンド基準を定義	192
制限と注意事項	192
マイクロ波シミュレーション・モードとRFシミュレーション・モードの比較	192
シミュレーション・モードの回路特性への整合	192
放射	192
電氣的に小さい回路	192
形状が複雑な回路	193
高次モードと周波数の上限	194
平行板モード	194
平行板モードの影響	194
平行板モードの回避	194
表面波モード	194
スロットライン・ストラクチャと周波数の上限	195
ビア・ストラクチャの制限	195
ビア・ストラクチャとサブストレート厚さの制限	195
CPU時間とメモリの使用量	195
CPU時間	195
メモリ使用量	195
参考文献	196
ビアによる有限厚さのモデリング	196
Momentumのコマンド・リファレンス	196
Momentumメニュー	196
Simulation Mode	196
Enable RF Mode / Disable RF Mode	196
Substrateメニュー	196
Open...	196
Save	196
Save As...	196
Delete...	197
Create/Modify...	197
Update From Schematic	197
Precompute...	197
Summary...	197
Port Editor...	197
Box-Waveguideメニュー	197
Add Box...	197
Delete Box	197
Add Waveguide...	197
Delete Waveguide	197
Component	197
Parameters...	197
Create/Modify...	198
Model Database...	198
Meshメニュー	198
Setup...	198
Precompute...	198
Summary...	198
Clear	198
Simulationメニュー	198
S-parameters...	198
Summary...	198
Optimizationメニュー	198

Parameters...	.198
Goals...	.198
Run...	.198
Summary...	.198
Post-Processingメニュー	.198
Radiation Pattern...	.199
Visualization...	.199
3D EMメニュー	.199
Save Files for 3D EM	.199
Momentumの導体損失モデル	.199
表面インピーダンス・モデル	.199
シート導体	.199
厚みのある導体	.199
例:自由空間のシングル・トレース	.200
Nレイヤ・シート導体モデルを使用した収束	.200
シート導体モデルを使用した結果	.201
厚みのある導体モデルを使用した結果	.201
例:自由空間の折り畳みトレース	.202
厚みのある導体モデルを使用した結果	.202

Momentumの基本

MomentumはAdvanced Design Systemの一部であり、今日の通信システム製品の評価とデザインに必要なシミュレーション・ツールを提供します。Momentumは電磁界シミュレータであり、マイクロストリップ、スロットライン、ストリップライン、コプレナ・ライン、その他のトポロジーの一般的な平面回路のSパラメータを計算します。異なるレイヤ上のトポロジーをビアやエアブリッジで接続できるように、多層RF/マイクロ波プリント回路基板、ハイブリッド、マルチチップ・モジュール、集積回路などのシミュレーションが可能です。Momentumは、高周波回路基板、アンテナ、ICの性能を予測するために最適なツール・セットを提供します。

Momentum Optimizationは、Momentumの機能を拡張して、真のデザイン・オートメーション・ツールを実現したものです。Momentum Optimizationのプロセスは、形状パラメータを自動的に変化させて、回路またはデバイスの性能目標を満たす最適なストラクチャを実現します。(パラメータ化された)レイアウト・コンポーネントを使用することで、スキーマティック・ページからMomentum Optimizationを実行することもできます。

Momentum Visualizationは、シミュレーション結果を3次元で表示できるツールです。導体やスロット内の電流をアニメーション表示したり、遠方界放射パターンを2次元/3次元表示ができます。

Advanced Design Systemを初めてお使いになる場合は、オンライン・ドキュメントのQuick Startと、Schematic Capture and Layoutをご覧ください。レイアウトとMomentumの相互作用については、ドローイングのヒントを参照してください。

Momentumの主な特長

Momentumでは以下のことができます。

- 回路モデルのレンジ外の場合、または回路モデルが存在しない場合でも、シミュレーションを実行できます。
- コンポーネント間の寄生結合を発見できます。
- 単なる解析と検証だけでなく、回路性能のデザイン・オートメーションを実現できます。
- 電流や遠方界放射の3次元表示を視覚化できます。

Momentumの主な機能

Momentumの主な機能は以下の通りです。

- モーメント法に基づく電磁界シミュレータ
- 高速で正確なシミュレーション結果が得られる適応周波数サンプリング
- 性能仕様を満たすように形状の寸法を変更する最適化ツール
- 結果表示のための豊富なデータ表示ツール
- シミュレーション結果データに対して計算を行うための式機能
- ADS回路シミュレーション環境への完全な統合による電磁界/回路コ・シミュレーションとコ・オプティマイゼーション

Momentumの概要

Momentumのコマンドは、Layoutウィンドウから実行できます。以下の手順では、Momentumによるデザイン作成とシミュレーションの代表的なプロセスを示します。

1. **MomentumモードまたはMomentum RFモードの選択。** Momentumは、マイクロ波とRFの2つのシミュレーション・モードで動作します。モードはデザイン・ゴールに基づいて選択できます。Momentum(マイクロ波)モードは、マイクロ波放射効果を考慮した全波電磁界シミュレーションが必要なデザインに対して使用します。Momentum RFモードは、形状が複雑で、電氣的に小さく、放射を伴わないデザインに対して使用します。また、Momentum RFモードは、放射効果が無視できる新しいマイクロ波モデルに対して、コンピュータ・リソースを節約しながら簡単なシミュレーションを行うためにも使用できます。MomentumモードとMomentum RFモードの詳細な比較については、シミュレーション・モードについてを参照してください。
2. **レイアウト・デザインの作成。** 初めに、平面デザイン(パッチ・アンテナ、多層プリント基板上のトレースなど)の外形寸法を作成します。Advanced Design Systemにデザインを入力する方法には、以下の3つがあります。
 - スケマティックをレイアウトに変換する。
 - Layoutウィンドウを使ってデザインをドローイングする。
 - 他のシミュレータやデザイン・システムからレイアウトをインポートする。Advanced Design Systemでは、さまざまなフォーマットのファイルをインポートできます。スキーマティックの変換とLayoutウィンドウでのデザインのドローイングについては、『Schematic Capture and Layout』を参照してください。デザインのインポートについては、『Importing and Exporting Designs』マニュアルを参照してください。
3. **サブストレート属性の定義。** サブストレートとは、回路が作成される媒体のことです。例えば、多層プリント基板は、金属、絶縁体または誘電体、グラウンド・プレーンなどの各層から構成されています。カバーを持つデザインもあれば、オープンで空中に電波を放射するものもあります。デザインをシミュレートするためには、サブストレートを完全に定義する必要があります。サブストレート定義には、サブストレートのレイヤ数と、各レイヤの構成要素が含まれます。また、サブストレート内のレイアウト・デザインの各レイヤの配置と、各レイヤの金属特性の指定も必要です。詳細については、サブストレートを参照してください。
4. **サブストレートの計算。** Momentumは、サブストレートの特性を決めるグリーン関数を、指定された周波数レンジで計算します。この計算結果はデータベースに記憶され、この後のシミュレーション・プロセスで用いられます。詳細については、サブストレートを参照してください。
5. **ポートの属性の指定。** ポートは、回路の動作を解析するために必要になる、回路へのエネルギー注入を行うためのものです。回路を作成したら、それにポートを適用し、Momentumでポートの属性を指定します。アプリケーションに応じて異なるタイプのポートが使用できます。詳細については、ポートを参照してください。
6. **ボックスまたは導波管の追加。** これらのエレメントは、サブストレート上の水平面に沿った境界を指定するために使用できます。ボックスまたは導波管がない場合は、サブストレートは水平方向に無限に長いと仮定されます。これで問題ないデザインもありますが、シミュレーション・プロセス中に境界を考慮しなければならない場合もあります。ボックスは、サブストレートの四方に垂直の壁をボックス状に立てることにより境界を指定します。導波管は、サブストレートを2つに分割する2つの垂直の壁を指定します。詳細については、ボックスと導波管を参照してください。
7. **回路メッシュの設定と生成。** メッシュとは、長方形と三角形からなるパターンで、デザインに適用することにより、デザインを小さいセルに分割(離散化)する役割を果たします。メッシュはデザインのシミュレーションを効率化するために必要です。さまざまなメッシュ・パラメータを指定することにより、デザインに合わせてメッシュをカスタマイズできます。また、デフォルト値を使って最適なメッシュをMomentumに自動的に生成させることもできます。詳細については、メッシュを参照してください。
8. **回路のシミュレーション。** シミュレーションには、周波数プランのパラメータ(シミュレーションの周波数レンジ、掃引タイプなど)の指定が必要です。設定が終了したら、シミュレーションを実行します。シミュレーション・プロセスでは、サブストレートに対して計算されたグリーン関数の値とメッシュ・パターンを使って、デザイン内の電流が計算されます。その後、電流に基づいてSパラメータが計算されます。掃引タイプとして適応周波数サンプリングが選択されていると、有理

フィッティング・モデルに基づいて、高速で正確なシミュレーションが行われます。詳細については、シミュレーションを参照してください。

9. **Momentumコンポーネントの作成。** Momentumコンポーネントは、スキマティック・デザイン環境で標準のすべてのADSアクティブ/パッシブ・コンポーネントと組み合わせて、寄生レイアウト効果を含む回路の作成とシミュレーションに使用できます。回路シミュレーションの際には、Momentumエンジンが自動的に起動され、MomentumコンポーネントのSパラメータ・モデルを生成します。Momentumコンポーネントと電磁界/回路コシミュレーション機能の詳細については、レイアウト・コンポーネントを参照してください。
10. **結果の表示。** Momentumのシミュレーションで得られたデータは、Sパラメータまたは電磁界として保存されます。データ・ディスプレイまたはビジュアライゼーションを使って、Sパラメータと遠方界放射パターンを表示できます。詳細については、データ・ディスプレイを使用した結果の表示とMomentum Visualizationを参照してください。
11. **最適化。** Momentumと組み合わされたMomentum Optimizationは、平面回路の電磁界(EM)デザインを自動的に最適化する効果的なソフトウェア・ツールです。Momentum Optimizationは、デザイン・ゴールに基づいて回路性能を改善するためにレイアウトを自動的に調整するもので、Momentumマイクロ波モードとMomentum RFモードで開発されたデザインをサポートします。Momentum Optimizationの詳細については、Momentum Optimizationを参照してください。
12. **放射パターン。** 回路上の電流がわかれば、電磁界を計算できます。電磁界は、回路に固定された球座標系で表現できます。放射パターンの詳細については、放射パターンとアンテナ・パラメータを参照してください。
13. **Momentum Visualization。** Momentum Visualizationを使うと、電流、遠方界、アンテナ・パラメータを表示できます。

シミュレーション・モードについて

ADSバージョン1.5より、Momentumに既存のマイクロ波モードに加えてRFシミュレーション・モードが追加されました。マイクロ波モードはMomentum、RFモードはMomentum RFと呼ばれています。Momentum RFは、RF周波数で正確な電磁界シミュレーション性能を実現します。これより高い周波数では、放射効果が増加するため、Momentum RFモデルの精度は周波数の増加とともに滑らかに低下します。Momentum RFは、コンピュータ・リソースを節約しながらDCまでの周波数でより高速で安定したシミュレーションを実現したいという要望に応えます。代表的なアプリケーションとしては、チップ、モジュール、基板上のRFコンポーネント/回路や、デジタル/アナログRFインターコネクタ/パッケージなどがあります。

Momentumモードと比べると、Momentum RFモードはいくつかの新しい技術を採用していて、RF周波数でのレイアウト・デザインのシミュレーションにさまざまな利点を発揮します。RFモードは準静的電磁界関数に基づいたものなので、デザインのシミュレーションが高速になります。Momentum RFはADSのMomentumと同じ使用モデルを採用し、Momentum VisualizationおよびOptimizationと組み合わせて使用できます。アプリケーションに適したモードの選択では、各モードがMomentum製品の機能をどのようにサポートするかを説明しています。2つのシミュレーション・モードの詳細な比較については、Theory_of_Operation_for_Momentum.html#TheoryofOperationforMomentum-1107072 マイクロ波シミュレーション・モードとRFシミュレーション・モードの比較を参照してください。

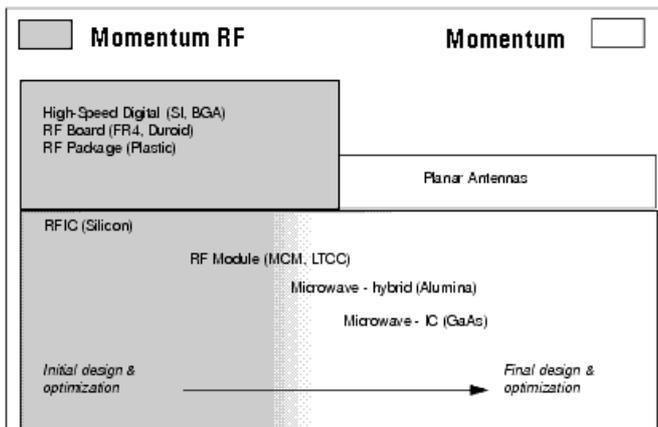
正しいモードの選択

LayoutウィンドウのMomentumメニュー・ラベルに、現在のシミュレーション・モードが表示されています。モードを選択するには、モード設定を切り替えます。

- MomentumからMomentum RFにモードを切り替えるには、**Momentum > Enable RF Mode**を選択します。
- Momentum RFからMomentumにモードを切り替えるには、**Momentum RF > Disable RF Mode**を選択します。

どちらの場合も、Layoutウィンドウのメニュー・ラベルが新しいモードに変わります。

どちらのモードを使用するかは、アプリケーションに応じて決まります。各モードにはそれぞれの利点があります。Momentum RFは、RFアプリケーションだけでなく、マイクロ波回路もシミュレートできます。下のグラフは、さまざまなアプリケーションにどちらのモードが適しているかを示しています。これからわかるように、いくつかのアプリケーションでは、必要に応じてどちらのモードも使用できます。必要に応じて、簡単にモードを切り替えて同じレイアウト・デザインをシミュレートできます。例えば、マイクロ波アプリケーションに対して、最初はMomentum RFでシミュレーションを行うことにより、簡単な初期デザインと最適化の繰り返しを行い、その後でMomentumに切り替えて放射効果を考慮することにより、最終的なデザインと最適化を行うことができます。



アプリケーションに適したモードの選択

回路が以下の条件を満たす場合には、Momentum RFの方が通常は効率的なモードです。

- 電氣的に小さい
- 形状が複雑
- 放射を伴わない

電氣的に小さい回路と形状が複雑な回路の説明については、回路特性に適合するシミュレーション・モードを参照してください。

注記
損失伝導率が指定された無限大のグラウンド・プレーンに対しては、Momentumのマイクロ波モードはグラウンド・プレーンの高周波損失を考慮しますが、RFモードは高周波損失を無視します。

サンプル・プロジェクトの場所

MomentumおよびMomentum RFでシミュレートできるデザインのサンプルが、Exampleディレクトリにあります。
サンプル・プロジェクトをオープンする手順:

1. Mainウィンドウで、**File > Example Project**を選択します。
2. *Open Example Project*ダイアログ・ボックスで、*Directories*フィールドにマウスを置き、*Momentum*をダブルクリックします。
3. *Directories*フィールドで、*Antenna*、*emkctcosim*、*Microwave*、*Optimization*、*RF*のいずれかのサンプル・ディレクトリをダブルクリックします。
4. *Files*フィールドでプロジェクトを選択し、**OK**をクリックします。

これらのサンプルの内のいくつかは、Momentumの機能のアプリケーション例として、このマニュアルで紹介されています。

Momentum入門

この章は、Momentumを初めて使用する方を対象としています。内容は、Momentumによる基本的な作業の解説と練習です。この後の各章は、より詳しいリファレンス情報と例です。

レイアウトの基本

レイアウトの作成には2つの基本的な方法があります。

- スケマティックから(Schematicウィンドウで)
 - 直接(Layoutウィンドウで)
- どの方法でレイアウトを作成するのがよいかは、デザインとデザイナーによって異なります。

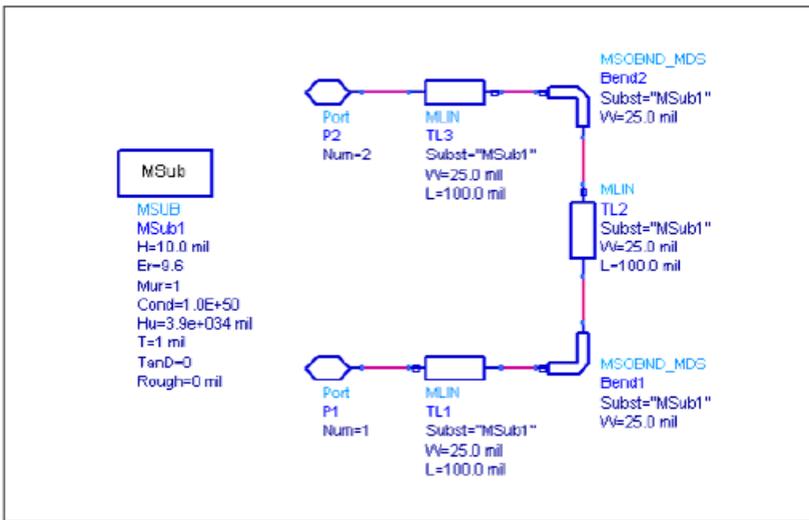
このセクションでは、完成したスケマティックからレイアウトを自動的に作成する方法と、Layoutウィンドウの基本機能を使用してレイアウトを直接作成する方法を説明します。

注記
レイアウトの作業が終了したら、レイアウト・ライセンスを解放して、他のユーザが使用できるようにしてください。このためには、Layoutウィンドウで**File > Release Layout License**を選択します。

完成したスケマティックからのレイアウトの作成

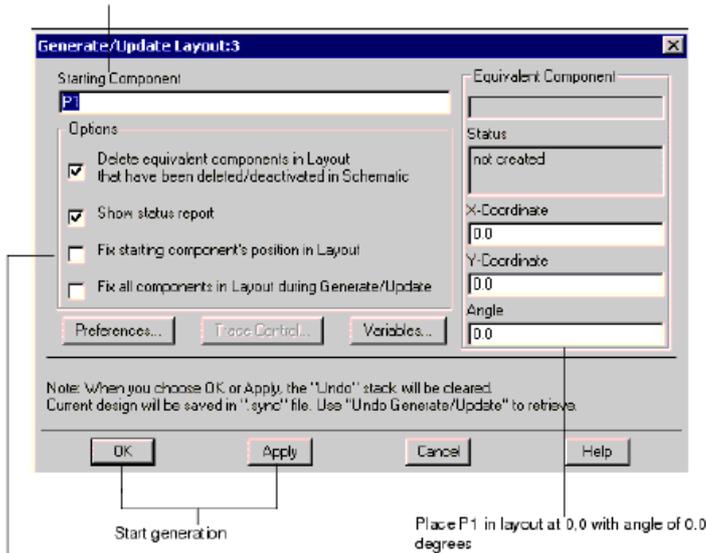
スケマティックにすべてのデータが含まれている場合は、レイアウトの作成はきわめて簡単です。

1. Schematicウィンドウでここに示すスケマティックを作成し、メニュー・コマンド**Layout > Generate/Update Layout**を選択します(スケマティックはソース表現です)。Generate/Update Layoutダイアログ・ボックスが表示されます。



デフォルトでは、レイアウトはP1(0,0)から角度0°で始まります。既存のレイアウトは存在しないので、Equivalence(スキーマティックの開始コンポーネントに対応するレイアウト・コンポーネント)が作成されていないと表示されます。

Starting item for generation



Start generation

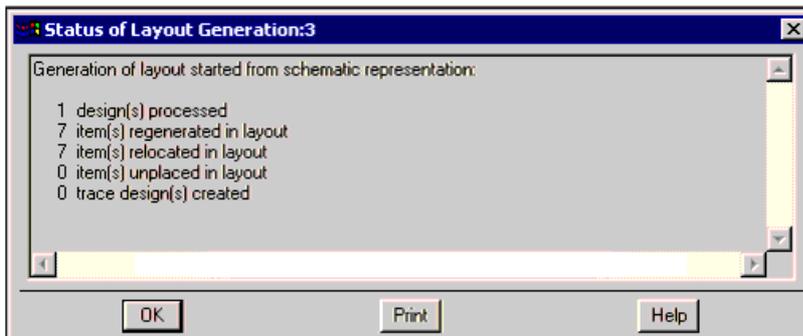
Place P1 in layout at 0.0 with angle of 0.0 degrees

Fix or free the position of P1 (so that it will or will not be re-positioned in subsequent generations).

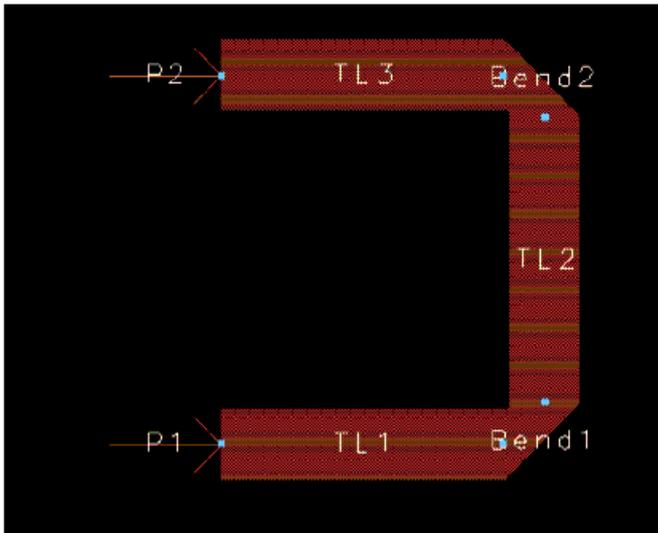
この時点で、スキーマティックのすべてのエレメントが強調表示され、すべて生成する必要があることを示しています。

2. OKをクリックします。

Status of Layout Generationダイアログ・ボックスが表示されます。これには、処理されたデザインの数、レイアウトで再生成(作成)されたアイテムの数、スキーマティックとレイアウトで向きが異なるアイテムの数、レイアウトに配置されなかったスキーマティック・コンポーネントの数が表示されます。

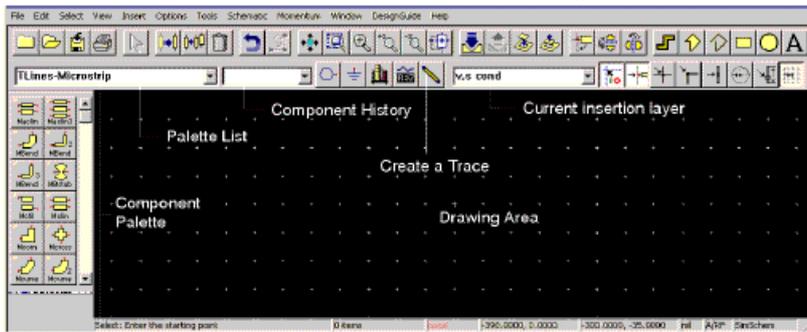


プログラムはLayoutウィンドウを自動的にオープンし、生成したレイアウトをその中に配置します。レイアウトの向きはスキーマティックとは異なります。これは、レイアウトがStarting Componentから始まってページの左から右へとドローイングされるからです。



レイアウト・ディレクトリの作成

Advanced Design Systemを起動し、プロジェクトを作成します。Layoutウィンドウを表示するには、ADSメイン・ウィンドウで**Window > New Layout**を選択するか、オープンしているSchematicウィンドウで**Window > Layout**を選択します。



以下の作業は、LayoutウィンドウでもSchematicウィンドウと同じ方法で実行できます。

- コンポーネントの選択
- コンポーネントの配置と選択解除
- ビューの変更
- コンポーネント・パラメータの非表示
- コンポーネントのコピーと回転
- 名前付き接続の使用

トレースによるコンポーネントの接続

Schematicウィンドウと同様に、実際に接触していないコンポーネント同士を接続できます。Layoutウィンドウでは、このためにコンポーネントの間にトレースを配置します(Schematicウィンドウでのワイヤの使用と同じ)。**Component > Trace**を選択するか、ツールバーの**Trace**ボタンをクリックします。

Schematicウィンドウのワイヤと異なり、Layoutウィンドウのトレースは単独で挿入することもできます(2回クリックすると挿入が終了します)。

形状

レイアウトでは、Insertコマンドまたはツールバーのアイコンを使って形状を挿入できます。



各形状について、クリックしてドラッグして配置するか、座標を入力して点を定義します(形状を選択して**Insert > Coordinate Entry**を選択)。

- **パス**: 開始点、セグメント端点(クリック)、終了点(ダブルクリック)
- **多角形**: 開始点、頂点(クリック)、終了点(ダブルクリック)で形状が閉じます。
- **ポリライン**: 開始点、セグメント端点(クリック)、終了点(ダブルクリック)

- 長方形 :2つの対角コーナ
- 円 :中心と円周上の点
- 円弧 :(Insertコマンドのみ) 中心と円周上の点



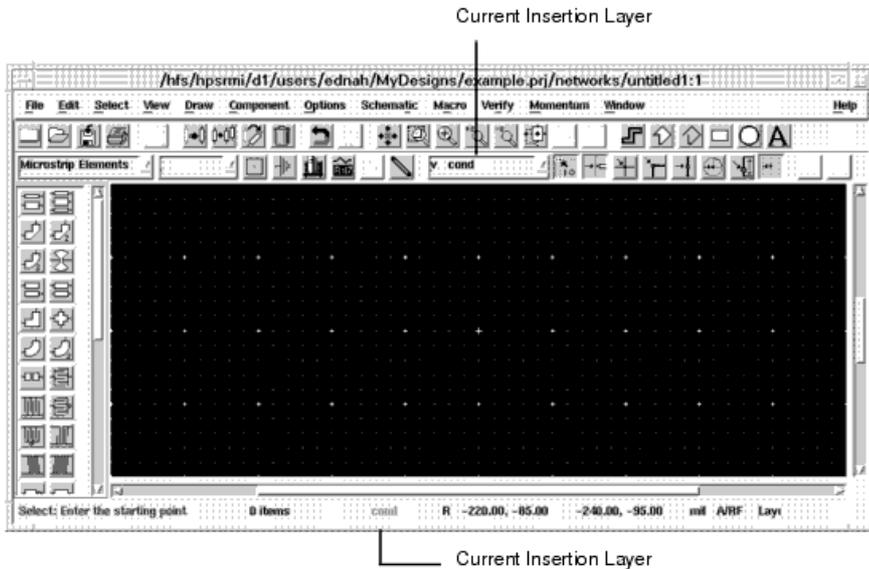
注記

多角形とポリラインの最後のセグメントを入力するには、マウスをダブルクリックする代わりにスペースバーを押す方法もあります。

さまざまな形状をドローイングして、それぞれの作成方法を試してみてください。

レイヤ

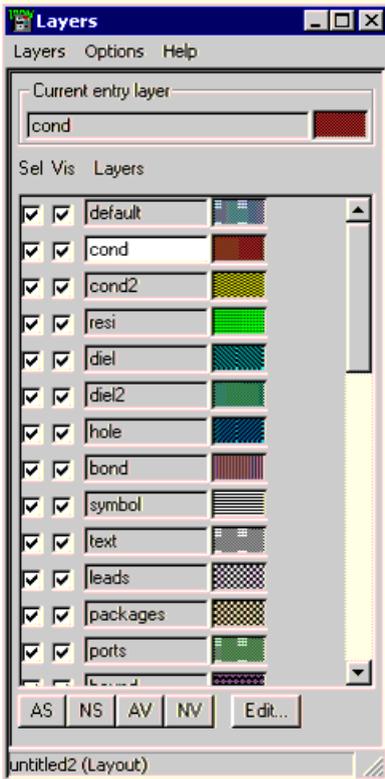
Layoutウィンドウでは、アイテムはレイヤ上に配置されます。現在の挿入レイヤの名前は、ツールバーとステータス・バーに表示されます。



挿入レイヤの変更

挿入レイヤを変更するにはいくつかの方法があります。

- ツールバーで、新しいレイヤの名前を入力し、**Enter**を押します。
- ツールバーで、レイヤ名の隣の矢印をクリックします。現在定義されているレイヤのリストから名前を選択します。
- コマンド**Insert > Entry Layer**を選択し、リストからレイヤを選択します。
- コマンド**Options > Layers**を選択し、Layer Editorダイアログ・ボックスで定義済みレイヤのリストからレイヤを選択します。
- コマンド**Insert > Change Entry Layer To**を選択し、現在の挿入レイヤにしたいレイヤ上に存在するオブジェクトをクリックします。
- LayoutウィンドウをオープンしたときにオープンされるLayersウィンドウを使用して、現在定義されているレイヤのリストから名前を選択します。



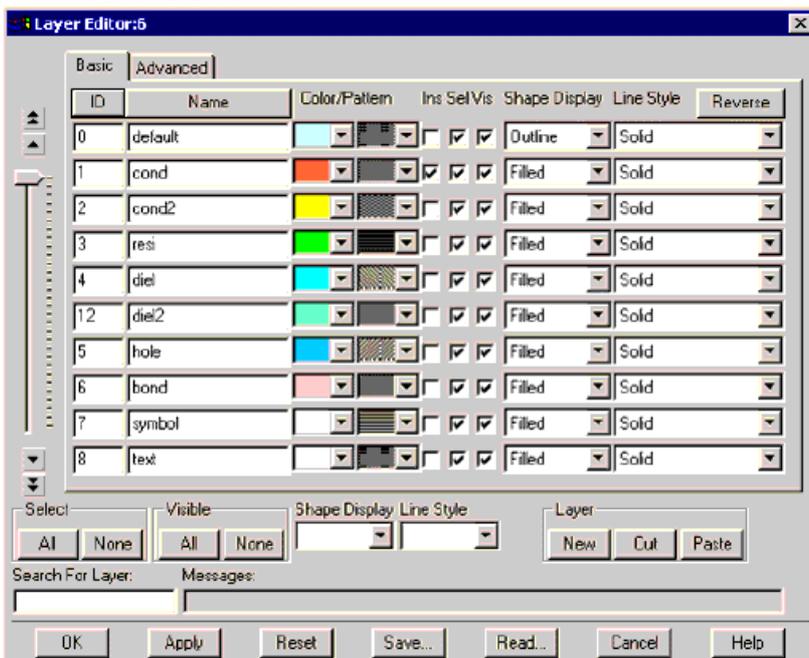
さまざまなレイヤ上に形状を配置してみてください。ダイアログ・ボックスで変更を確定するにはOKをクリックする必要があることに注意してください。

別のレイヤへのコピー

形状のあるレイヤから別のレイヤにコピーしてみてください。コマンドEdit > **Advanced Copy/Paste** > **Copy to Layer**を使用します。コピーした形状は、元の形状と全く同じ座標に配置されます。両方が見えるようにするには一方を移動します。

デフォルト・レイヤ設定

コマンドOptions > **Layers**を選択して、レイヤ・エディタを表示します。ここから、定義済みのレイヤのパラメータを編集したり、レイヤを追加したり、既存のレイヤを削除したりできます。

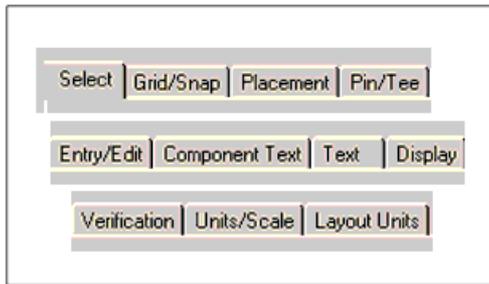


Applyをクリックすると、レイヤ定義が更新されますが、ダイアログ・ボックスはクローズされません。

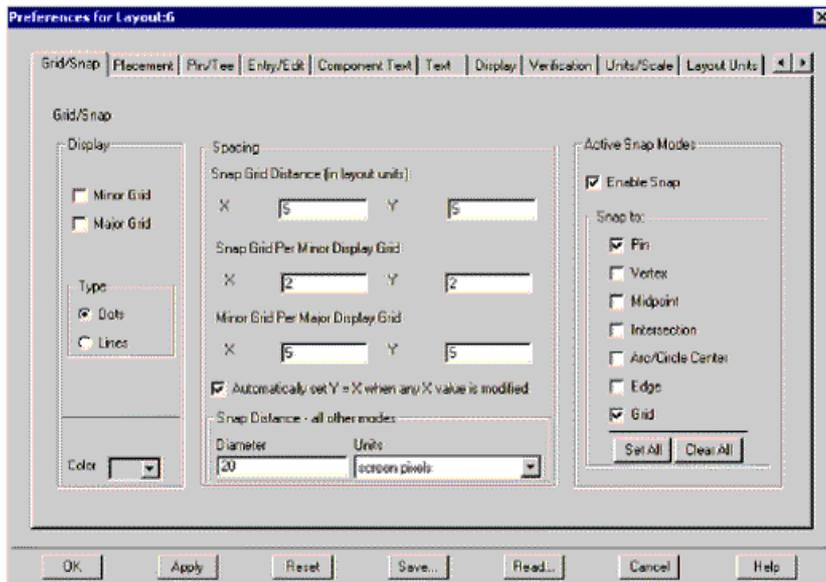
レイヤ・パラメータを設定してみてください。レイヤ上のすべてのアイテムの表示／非表示を切り替えられることに注意してください。保護されているレイヤの場合は、その上のアイテムは選択できません。

その他のレイヤ・デフォルト

Options > **Preferences** コマンドは、Layout ダイアログ・ボックスの *Preferences* を表示します。このダイアログ・ボックスには11個のタブがあり、タブをクリックすると対応するパネルが前面に表示されます。



Grid/Snap タブをクリックします。



このパネルでは、スナップ・グリッドと表示グリッドのパラメータを設定します。

表示グリッドは、一連の垂直および水平の線または点として画面に表示され、ドローイング・エリア内のアイテムの整列や間隔指定に使用できます。

グリッドの表示/非表示とカラーの調整

1. Display エリアで、Major、Minor、またはその両方を選択します。
2. Type で表示のタイプ (Dots: 点または Lines: 線) を選択します。グリッド表示を確認するためにズーム・インが必要な場合があります。
3. Color というラベルの隣のカラー表示の長方形をクリックし、グリッドのカラーを選択します。OK をクリックしてカラー・パレットをクローズします。
4. **Apply** をクリックします。さまざまな設定を試してみてください。

注記
ドローイング・エリアのカラーは、**Display** タブの *Background* カラーです。

スナップおよびグリッド間隔の調整

いくつかのマイナー・グリッドごとにメジャー・グリッドを表示することで、レイアウトでの距離の測定やオブジェクトの整列が容易になります。

1. Spacing エリアで、マイナー・グリッドの表示係数を X と Y に関して変更します。値が大きいくほど、グリッドの間隔は広くなります。
2. **Apply** をクリックします。さまざまな設定を試してみてください。表示係数のためにグリッドの密度が高くなりすぎて表示できない場合は、ズーム・インすると見えるようになります。
3. 今度はメジャー・グリッドを試してみてください。

ピン/頂点スナップ距離の調整

ピン/頂点スナップ距離は、コンポーネントのピンや形状の頂点にどれだけ近づければカーソルがスナップするかを表します。

大きい値を指定すると、スナップ・ポイントの正確な位置がわからない場合でも、スナップ・ポイントにオブジェクトを配置するのが容易になります。小さい値を指定すると、他のスナップ・ポイントが近くにいくつかある場合でも、特定のスナップ・ポイントを選択するのが容易になります。

ドローイング・エリアにコンポーネントや形状をいくつか配置して、ピン/頂点スナップのさまざまな設定を試してみてください。

Screen pixは、画面のピクセル単位でサイズを指定します。例えば、15を選択すると、スナップ領域の直径は15ピクセルになります。

User Unitsは、ウィンドウの現在の単位でサイズを指定します。例えば、インチを使用していて0.1ユーザ単位を選択した場合は、スナップ領域の直径は0.1インチです。

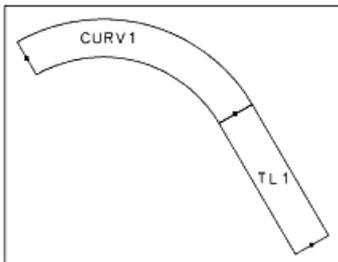
スナップ・モードの練習

スナップ・モードは、オブジェクトをページ上で挿入または移動する際に、プログラムがオブジェクトを配置する位置を制御します。コンポーネントの挿入または移動、または形状のドロッキングの際に、スナップ・モードを変更できます。スナップを有効にすると、アイテムはスナップ・グリッドに引き寄せられます。

さまざまなスナップ・モードをオン/オフして、Layoutウィンドウのアイテムの配置にどのように影響するかを観察してみてください。

	スナップ・モード	優先順位
スナップ・モードを任意の組合わせで選択することにより、カーソルがスナップする方法を制限したり改良したりできます。この表は、スナップ・モードとその優先順位の一覧を示しています。	ピン	1
	頂点	2
	中点	
	交点	
	円弧/円の中心	3
エッジ		
	グリッド	4

角度スナップングは、ピン・スナップだけがオンになっている、カーソル位置のピンが既存のパーツに接続されるようにパーツを配置した場合に自動的に発生します。パーツは、接続先のパーツとの位置関係が正しくなるように回転されて配置されます。



例えば、30°のマクロストリップ・カーブがあり、それに接続されるようにマイクロストリップ・ラインを配置した場合は、マイクロストリップ・ラインはカーブと正しく接するように30°にスナップします。

Enable Snapは、スナップ・モードのオンとオフを切り替えます。スナップ・モードはOptionsメニュー自体から切り替えることもでき、ツールバーにもスナップ・モードのボタンがあります。

ピン・スナップを除いて、挿入されたオブジェクト上の選択されたポイントは、ポイントにより定義されます。

すべてのスナップ・モードをオフにした場合は、オブジェクトはページ上でオブジェクトを放したその位置に正確に配置されます。これはロー・スナップ・モードと呼ばれることもあります。他のスナップ・モードと同様に、ロー・スナップ・モードもオブジェクトを移動または伸縮した場合に適用されます。

Pin 挿入、移動、または伸縮するオブジェクトのピンが既存のオブジェクトのピンからスナップ距離以内にある場合は、プログラムはそのオブジェクトのピンが既存のオブジェクトのピンに接続されるようにオブジェクトを挿入します。ピン・スナップは、他のすべてのスナップ・モードよりも優先されません。

Vertex 挿入、移動、または伸縮するオブジェクトの選択した位置が既存のオブジェクトの頂点からスナップ距離以内にある場合は、プログラムはそのオブジェクトの選択した位置が既存のオブジェクトの頂点に一致するようにオブジェクトを挿入します。

頂点スナップ・モードでの頂点とは、プリミティブの制御ポイントまたは境界コーナ、または作図ラインの交点です。

Midpoint 挿入、移動、または伸縮するオブジェクトの選択した位置が既存のオブジェクトの中点からスナップ距離以内にある場合は、プログラムはそのオブジェクトの選択した位置が既存のオブジェクトの中点に一致するようにオブジェクトを挿入します。

Intersect 挿入、移動、または伸縮するオブジェクトの選択した位置が既存の2つのオブジェクトのエッジの交点からスナップ距離以内にある場合は、プログラムはそのオブジェクトの選択した位置が既存のオブジェクトの交点に一致するようにオブジェクトを挿入します。

Arc/Circle Center 挿入、移動、または伸縮するオブジェクトの選択した位置が既存の円弧または円の中心からスナップ距離以内にある場合は、プログラムはそのオブジェクトの選択した位置が既存の円弧または円の中心に一致するようにオブジェクトを挿入します。

Edge 挿入、移動、または伸縮するオブジェクトの選択した位置が既存のオブジェクトのエッジからスナップ距離以内にある場合は、プログラムはそのオブジェクトの選択した位置が既存のオブジェクトのエッジ上に来るようにオブジェクトを挿入します。点がエッジにスナップすると、その点はそのエッジに捕捉され、ポイントをスナップ距離より遠くに移動しない限りエッジに沿ってスライドします。

エッジ・スナップは優先順位3なので、エッジに沿ってスライドしている途中で、カーソルが優先順位1または2の対象からスナップ距離以内に入った場合は、選択した位置は優先度1または2のアイテムにスナップします。

Grid 挿入、移動、または伸縮するオブジェクトの選択した位置がグリッド・ポイントからスナップ距離以内にある場合は、プログラムはそのオブジェクトの選択した位置が既存のグリッド・ポイントに一致するようにオブジェクトを挿入します。

他のすべてのスナップ・モードはグリッド・スナップ・モードよりも優先されます。



ヒント

グリッド・スナップはできるだけオンにしておいてください。オブジェクトがグリッドから外れると、グリッド上に戻すのが困難になります。

オブジェクトが均一に配置されることを保証し、丸め誤差による小さいレイアウト・ギャップの可能性を減らすためには、45°または90°の角度を使用します。

ドローイングのヒント

この章では、Momentumでシミュレートするレイアウトのドローイングに関するヒントと例を紹介します。これらの例は、Momentumの要件を満たすためにドローイング段階に必要なことを考慮して作られています。

グリッド・スナップ・モードの使用

レイアウトでは、すべての形状を精密に制御できます。形状のドローイングと配置には、さまざまなスナップ・モードが使用できます。例えば、形状同士を接続する場合は、頂点スナップ・モードをオンにします。また、レイアウトにポートを追加する際には、スナップ・モード設定を確認すべきです。

スナップ・グリッド間隔も、形状の配置に役立ちます。一般にスナップ・グリッド間隔は、マイナー・グリッド・ポイントの値の1/2程度に設定します。例えば、マイナー・グリッド・ポイントが1.0の場合は、スナップ・グリッド間隔は0.5にします。これにより、形状がどのようにスナップするかを容易にわかります。

スナップ・モードとスナップ・グリッド間隔の詳細については、『Layout』マニュアルの第2章を参照してください。

レイアウト・レイヤの選択

レイアウト・レイヤの標準セットは、*default*という名前のレイヤから始まります。このレイヤを回路のドローイングに使用しないでください。Momentumで使用できる最初のレイヤは*cond*です。レイアウト・レイヤの詳細については、『Schematic Capture and Layout』マニュアルを参照してください。

単純な形状の使用

一般に、形状のドローイングにおいては、頂点の数をなるべく少なくします。そのほうがメッシュの計算が簡単になるからです。曲線オブジェクトをドローイングするには、Arc/Circle Radius (*Options > Preferences > Entry/Edit*の下)を比較的大きい値にします。これにより頂点の数が減り、ファセットを使って形状が表現されます。

形状のマージ

形状のマージは、形状の小さなオーバーラップを除去するのに役立ち、場合によってはメッシュ・パターンを単純化につながることがあります。例えば、複数の多角形を使ったレイアウトでオーバーラップのおそれがある場合は、多角形をマージすればオーバーラップ・エラーを避けられます。形状をマージするには、対象となる形状をすべて選択して、*Edit > Merge*を選択します。

ポートとオブジェクトの属性の表示

ポート、形状、その他のコンポーネントなど、レイアウト内で選択されたすべてのアイテムには、対応する属性があります。属性を表示する1つの方法は、オブジェクトを選択して*Edit > Properties*を選択する方法です。この方法では、属性を変更することもできます。Momentum用のオブジェクトの属性を変更する場合は、必ずMomentumメニューのコマンドを使って変更します。

レイアウト全体の属性を表示するには、*Options > Info*を選択します。

回路へのポートの追加

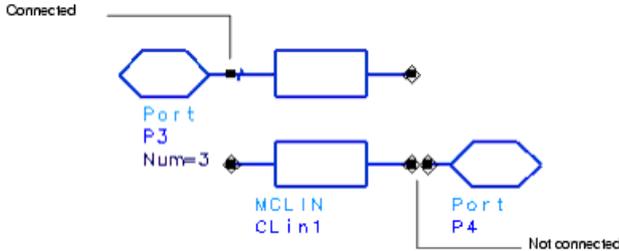
回路へのポートの追加は、SchematicウィンドウからでもLayoutウィンドウからでも可能です。以下の手順には、Momentumでシミュレートする回路にポートを追加する際の注意事項が含まれています。

スキマティックへのポートの追加

- メニュー項目 **Component** > **Port** または ツールバーのポート・アイコン(下記)を使用して、ポートを選択します。



- ポートを配置する位置にマウスを置いてクリックします。接続が行われたことを確認します。

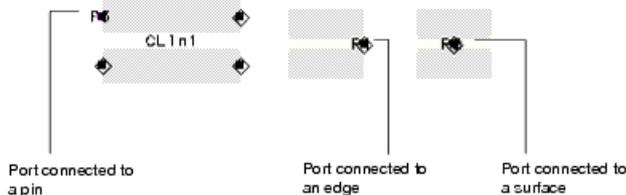


- ポートを選択して **Edit** > **Component** > **Edit Component Parameters** を選択します。
 - パラメータ *layer=* は、ポートが適用されているレイヤを示します。スキマティックをレイアウトに変換すると、すべてのコンポーネントがレイアウト・レイヤに割り当てられます。この時点で、ポートを特定のレイヤに割り当てることができます。レイヤを変更するには、*Select Parameter* リストで *layer=* を選択し、*Parameter Entry Mode* リストボックスで新しいレイヤを選択します。選択したレイヤは、ストリップまたはスロット・メタライゼーション・レイヤにマッピングする必要があります。メタライゼーション・レイヤについては、サブストレートを参照してください。
 - OK** をクリックして、新しいレイヤ指定を確認します。
- スキマティックからレイアウトを作成するには、ポートの配置が正しいことを確認してください。詳しくは、レイアウトへのポートの追加の手順と、注意事項を参照してください。

レイアウトへのポートの追加

ポートを追加する手順:

- ポートを配置する位置を決めます。ポートは以下の場所に適用できます。
 - コンポーネントのピン
 - コンポーネントまたはオブジェクト(長方形、多角形など)のエッジ、通常はその中点
 - オブジェクトの表面



注記
 オブジェクトのコーナーにポートを配置しないでください。エッジにポートを追加する場合は、適切なスナップ・モードをオンにします。正確なシミュレーション結果を得るために、(*Options*メニューの) *Midpoint Snap* および *Edge Snap* モードをオンにすることを習慣付けてください。

- 多角形の表面にポートを追加する場合は、以下のスナップ・モードを(*Options*メニューで)オフにした方がうまくいきます。
 - ピン・スナップ
 - エッジ・スナップ
 - 中点スナップ
- コンポーネントまたは形状が入力されているレイヤの名前を確認します。レイアウト・レイヤの名前がわからない場合は、**Options** > **Layers** を選択します。ダイアログ・ボックスに表示されたカラーを見ながら、各レイヤを選択します。Layout ウィンドウのレイヤのカラーと一致したら、レイアウト・レイヤの名前を記録します。ダイアログ・ボックスをクローズします。
- メニュー項目 **Component** > **Port** または ツールバーのポート・アイコン(下記)を使用して、ポートを選択します。



- Port parameters ダイアログ・ボックスが表示されます。パラメータ *layer=* が、ポートが適用されるレイヤを表します。デフォルト値は現在アクティブなドローイング・レイヤです。
- このレイヤは、ステップ3で記録したレイヤと同じでなければなりません。レイヤを変更するには、*Select Parameter* リストで *layer=* を選択し、*Parameter Entry Mode* リストボックスで新しいレイヤを選択します。選択したレイヤは、ストリップまたはスロット・メタライゼーション・レイヤでなければなりません。ビア・メタライゼーション・レイヤにマッピングされたレイヤに存在する形状に、ポートを適用しないでください。メタライゼーション・レイヤについては、サブストレートを参照してください。

注記
 レイヤ名が見つからない場合は、*Options* > *Layers* を選択し、目的のレイヤ名を *Layers* リストで選択します。Number フィールドのレイヤ番号を記録します。Port ダイアログ・ボックスで *layer=* パラメータを選択し、*Parameter Entry Mode* の下で *Integer Value* を選択します。レイヤ番号を入力して、*Apply* をクリックします。

7. **Apply**をクリックして新しいレイヤ指定を確定します。
8. ポートを配置する位置にマウスを置いてクリックします。回路にポートが追加されます。

注記
エッジにポートを追加する場合は、矢印がオブジェクトの外側にあり、オブジェクトの内部をまっすぐに指している必要があります。一般に、エッジにポートを追加した場合は自動的にこのようになります。これを確認するにはズ



ーム・インが必要な場合があります。

9. 別のポートを追加する場合は、Portダイアログ・ボックスのInstance Nameが増加します。**layer**=パラメータを確認し、マウスを使って以下のポートを追加します。
10. ポートの追加が終わったら、**OK**をクリックしてダイアログ・ボックスをクローズします。

注意事項

Momentumでシミュレートする回路にポートを追加する際は、以下の点に注意してください。

- ポートを接続するコンポーネントまたは形状が存在するレイアウト・レイヤは、ストリップまたはスロットとして定義されたメタライゼーション・レイヤにマッピングする必要があります。ポートを直接ビアに接続することはできません。ストリップとスロットの定義方法については、メタライゼーション・レイヤの定義を参照してください。
- エッジにポートを配置する場合は、矢印がオブジェクトの外側にあり、オブジェクトの内部をまっすぐに指している必要があります。
- 接続先のオブジェクトとポートとは、同じレイアウト・レイヤになければなりません。エン트리・レイヤをこのレイヤに設定すると便利です。LayoutウィンドウのツールバーにあるEntry Layerリストボックスを使います。
- ポートはオブジェクトに適用する必要があります。ポートがオープン・スペースに適用され、オブジェクトに接続されていない場合は、最も近いオブジェクトのエッジにMomentumが自動的にポートをスナップします。ただし、この場合でもポートの位置は変化しないため、レイアウトを見てもわからないことがあります。
- エッジにスナップされるポートを追加した後でレイアウト分解能を変更した場合は、ポートを削除して追加し直す必要があります。分解能を変更するとポートがスナップされるエッジが不明確になるため、メッシュ計算でエラーが生じます。

注記
Momentumでシミュレートする回路には、グランド・ポート・コンポーネント (*Component > Ground* またはツールバーのボタン ) を使用しないでください。サブストレートにグランド・プレーンを追加するか、この章の後の方で説明するグランド基準ポートを使用します。

例

マイクロストリップ・ラインのデザイン

このセクションでは、スキマティックを作成し、レイアウト形式に変換し、レイアウトをシミュレーション用に準備し、シミュレーションを実行し、解析プロットを生成する手順を練習します。

この練習では、多くのデフォルト設定と単純な回路(ステップ幅のマイクロストリップ)を使用して、デザインと解析を簡単に実行できることを示します。

この練習では、以下の作業を行います。

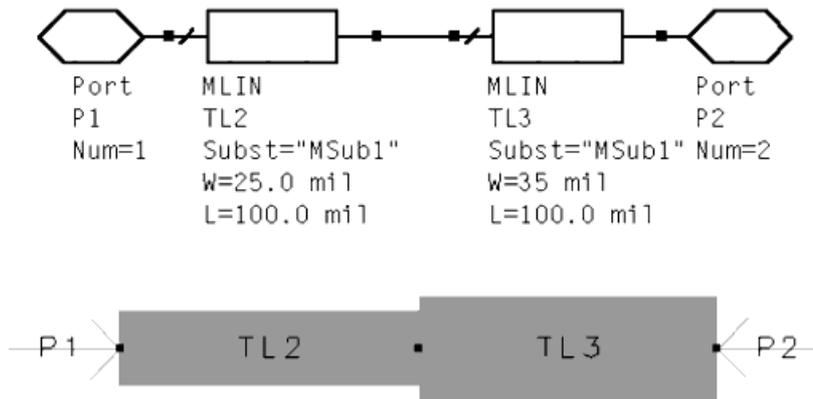
- ステップ幅を持つ単純なマイクロストリップ・ラインをスキマティックとしてドローイングし、対応するレイアウトを生成します。
 - 単純なサブストレートを作成します。
 - メッシュを定義します。
 - シミュレーションを実行します。
 - 結果を観察します。
- サブストレートやメッシュといった用語の意味は、練習の途中で説明します。

この練習とこの後の各練習を行うには、Advanced Design Systemでの作業に関する基礎知識(プロジェクトとは何か、など)と、Schematicウィンドウ/Layoutウィンドウとコンポーネントの配置方法についての知識が前提となります。

回路のドローイング

ステップ幅を持つマイクロストリップ・ラインを作成する基本手順は以下の通りです。

- 新規プロジェクトの作成
 - スキマティックへのマイクロストリップ・コンポーネントの追加
 - スキマティックからレイアウトへの変換
- スキマティック表現とレイアウト表現を下に示します。以下の各セクションでは、これらの作成方法を説明します。



新規プロジェクトの作成

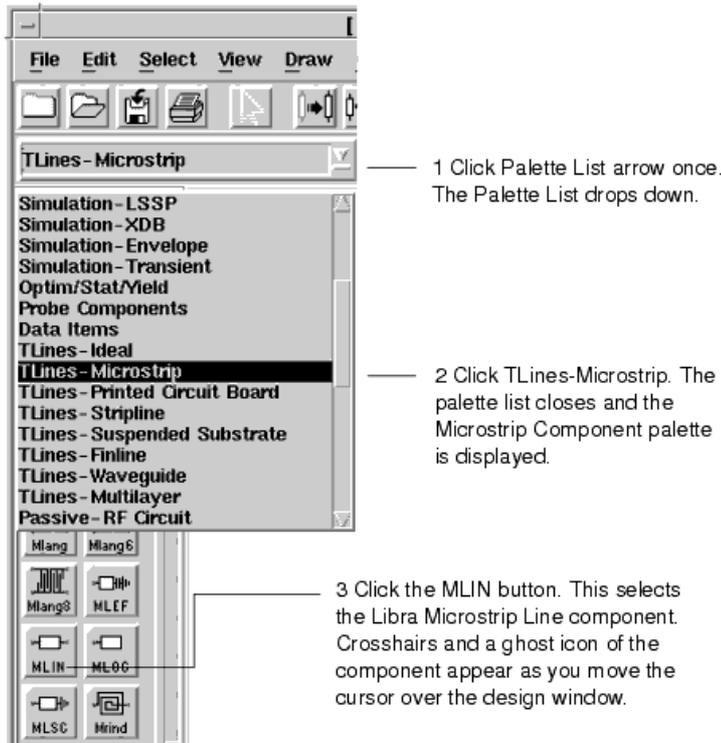
この練習は新規プロジェクトで開始します。

1. Mainウィンドウで、**Tools > Preferences**を選択します。**Create Initial Schematic Window**がオンになっていることを確認します。**OK**をクリックします。
2. Mainウィンドウで、**File > New Project**を選択します。New Projectダイアログ・ボックスが表示されます。
3. **Name**フィールドに**step1**と入力します。
4. **Project Technology Files**セクションで、**ADS Standard: length unit - mil**を選択します。
5. **OK**をクリックします。

Schematicウィンドウが表示されます。ここにデザインを入力します。

スキーマティックへのマイクロストリップ・コンポーネントの追加

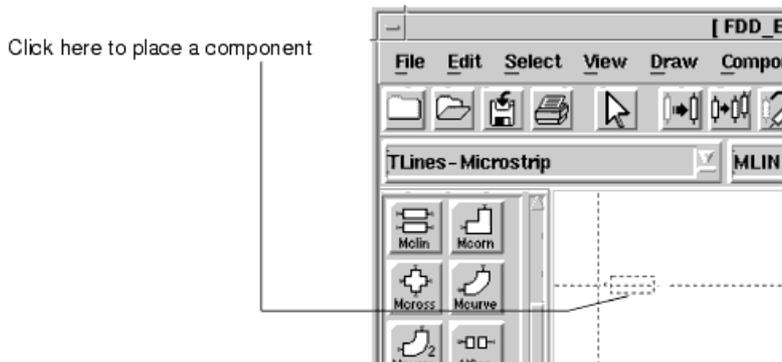
このセクションでは、コンポーネントを選択する手順を説明します。以下のセクションで、コンポーネントをSchematicウィンドウに配置します。下の図を参照して、Microstrip Transmission Linesパレットからマイクロストリップ・ライン・コンポーネント(MLIN)を選択します。



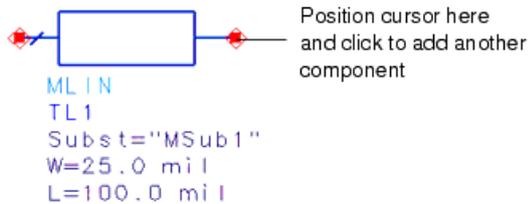
コンポーネントの配置

このセクションでは、2個のマイクロストリップ・ラインをSchematicウィンドウに配置する手順を説明します。

1. 十字線をSchematicウィンドウに移動して1回クリックし、コンポーネントを配置します。コンポーネントのスキーマティック表現がSchematicウィンドウに配置されます。



2. 十字線が1個めのコンポーネントの右側のピンの真上に来るようにカーソルを移動し、1回クリックして2個めのコンポーネントを配置します。



コマンドのキャンセル

現在のコマンドを終了せずにクリックを続けると、クリックするたびに別のコンポーネントが追加されます。

1. 矢印ボタンをクリックします。



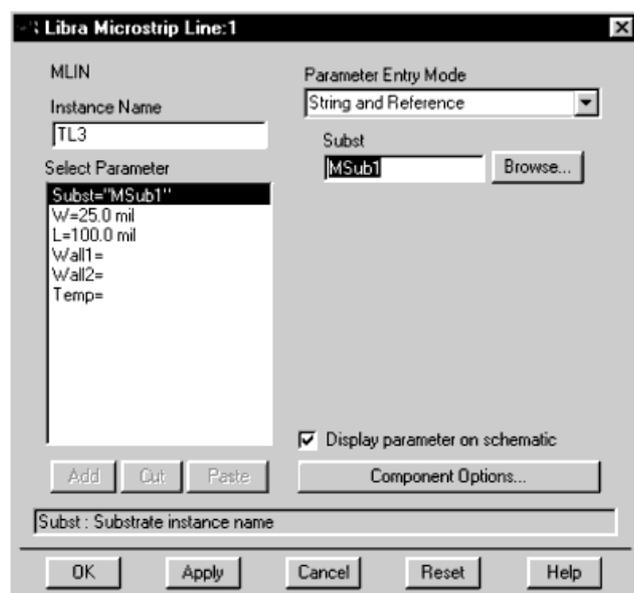
十字線が消えます。

2. コマンドを終了するには、**Esc**キーを押す方法もあります。
終了コマンドはこの練習でもこの後の練習でも頻繁に使用するので、よく覚えておいてください。

コンポーネント・パラメータの編集

各コンポーネントのスキマティック表現の下には、コンポーネントの編集可能パラメータの一部が表示されています。このセクションでは、ストリップの1つの幅を変更する方法を説明します。その結果、ステップ幅マイクロストリップ伝送ラインができます。

1. 2番目に配置したコンポーネントを2回クリックします。Libra Microstrip Lineダイアログ・ボックスがオープンします。



2. *Select Parameter*フィールドで、*W*(幅)パラメータを選択します。右側のフィールドに幅の値が表示されたら、このフィールドの値を35 milに変更します。**Apply**をクリックします。
3. **OK**をクリックしてダイアログ・ボックスをクローズします。

注記
コンポーネントのパラメータがSchematicウィンドウに表示されている場合は、値をクリックして新しい値を入力しても、そのパラメータを編集できます。

4. 左側のコンポーネントの幅が25 milに設定されていることを確認し、必要に応じて、このパラメータの値を変更します。

回路へのポートの追加

回路を完成するには、マイクロストリップのステップ幅の開始部と終了部にポートを追加する必要があります。Momentumでは、ポートは回路にエネルギーが入り出る場所を示しています。このセクションでは、ポートを追加する方法を説明します。

1. メニュー・バーで、Portボタンをクリックします。



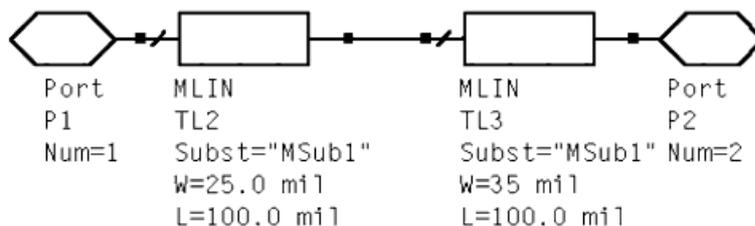
カーソルをSchematicウィンドウに移動し、ポートのゴースト・アイコンの向きを確認します。この手順が終了したときに、ポートは下のスキマティックに示すように配置されている必要があります。

2. 場合によっては、ポートを必要な向きに回転させる必要があります。このためには、Rotateボタンをクリックし、カーソルをSchematicウィンドウに戻します。ポートの輪郭の回転を確認して、正しい状態になるまで繰り返します。



3. 左のコンポーネントの左側にあるオープン・ピンの上にカーソルを移動して、クリックします。
 4. ポートを挿入するコマンドはアクティブなままです。2番目のポートを挿入するために、向きを適切に変更してから、右のコンポーネントの右側にあるオープン・ピンの上にカーソルを移動して、クリックします。
 5. 現在のコマンドを終了します。スキマティックは下の図ようになります。これはマイクロストリップ・ライン・ステップ幅です。ラインの最初の部分の幅は25 milで、幅35 milに増加します。全体の長さは200 milです。

注記
 すべてのコンポーネントが接続されます。菱形のピンはそのピンが未接続であることを示し、コンポーネントを選択して移動することにより接続を完成させる必要があります。



デザインの保存

作業は定期的に保存することをお勧めします。このセクションでは、スキマティックを保存する方法を説明します。

1. **File > Save Design**を選択します。Saveダイアログ・ボックスが表示されたら、プロジェクトの名前(この例ではstep1)を入力します。
 2. **OK**をクリックします。

レイアウトの生成

Advanced Design Systemの強力な機能として、スキマティックのレイアウトへの自動変換があります。Momentumでは回路がレイアウト形式であることが必要なので、これにより回路をスキマティックとレイアウトのどちらの形式でも作成できます。Schematicウィンドウでのドローイングを選択した場合は、使用するコンポーネントのフットプリントがレイアウトでも使用できる必要があります。レイアウトで使用可能なコンポーネントとしては、伝送ラインやアートワーク付きの集中定数コンポーネントがあります。

このセクションでは、先ほど完成したステップ幅マイクロストリップ・ラインのスキマティックをレイアウトに変換する方法を説明します。

1. Schematicウィンドウで、**Layout > Generate/Update Layout**を選択します。Generate/Update Layoutダイアログ・ボックスが表示されます。フィールドを編集する必要はありません。
 2. **OK**をクリックします。
 3. 変換が終了したことを示すStatus of Layout Generationメッセージが表示されます。
 4. **OK**をクリックします。
 5. Layoutウィンドウが表示され、スキマティックのレイアウト表現を示します。このウィンドウはSchematicウィンドウの下に隠れていることがあるので、その場合は他のウィンドウを移動してLayoutウィンドウが見えるようにします。



6. Layoutウィンドウで、**File > Save Design**を選択します。レイアウト名をstep1にします。これでプロジェクトにレイアウトとスキマティックができました。

単純なサブストレートの作成

平面回路にはサブストレータが必要です。サブストレータとは、回路が存在する媒体を記述したものです。サブストレータの例として、以下から構成される多層回路基板のサブストレータがあります。

- メタル・トレースのレイヤ
- トレース間の絶縁材料のレイヤ
- グランド・プレーン
- 異なるレイヤ上のトレースを接続するビア
- 回路基板を取り囲む空気

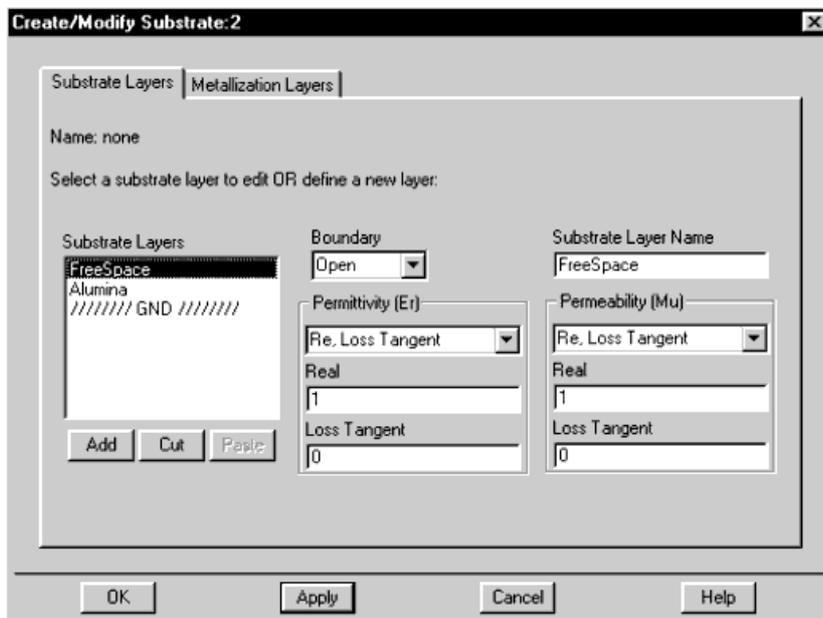
Momentumには定義済みのサブストレータがいくつか用意されていて、独自のサブストレータを作成することもできます。サブストレータに関する詳細(サブストレータが保存される場所など)については、サブストレータを参照してください。

このセクションでは、サブストレータを定義する手順を説明します。

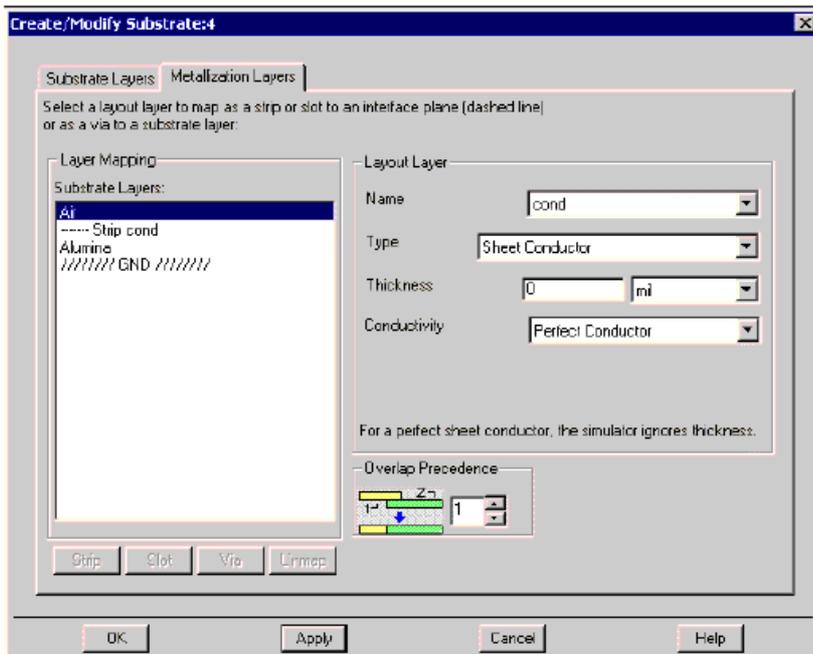
ステップ幅マイクロストリップ・ラインの例では、以下のレイヤを持つサブストレータを使用します。

- グランド・プレーン
- アルミナなどの絶縁レイヤ
- マイクロストリップ用のメタル・レイヤ
- マイクロストリップの上の空気レイヤ

1. Layoutウィンドウで、**Momentum > Substrate > Create/Modify**を選択します。Create/Modifyダイアログ・ボックスがオープンし、Substrate Layersオプションとパラメータが表示されます。



2. Substrate Layersフィールドで、FreeSpaceを選択します。Substrate Layer Nameフィールドに移動し、Airに変更します。他のパラメータはデフォルト値のままにして、Applyをクリックします。
3. デフォルト・レイヤのAluminaと////////GND////////は残しておき、それ以外のレイヤが表示されている場合は強調表示してCutを選択します。Applyをクリックします。必要な4つのサブストレータ・レイヤのうち3つが現在表示されています。4つめの(メタル)レイヤを見るには、Metallization Layersタブをクリックします。メタル・レイヤは自動的にアルミナと空気のサブストレータ・レイヤの間に配置されます。マイクロストリップ・ラインはこのレイヤ上にあると仮定されます。



- OKをクリックしてダイアログ・ボックスをクローズします。
- サブストレートをプロジェクトとともに保存するには、**Momentum** > **Substrate** > **Save As**を選択します。*Selection*フィールドに`step1`と入力してOKをクリックします。サブストレート `step1.slm`がプロジェクトの `networks` フォルダに保存されます。

サブストレートの保存に関するその他の情報:

- Layoutウィンドウで**File** > **Save**を使用した場合は、サブストレート定義はデザインとともに自動的に保存されます。
- コマンド**Substrate** > **Save As**を使用すると、サブストレート定義を任意の場所に `slm`ファイルとして保存して、他のデザインで使用できます。
- デザインをオープンすると、デザインとともに保存されているサブストレート定義が自動的にロードされます。

サブストレートの事前計算

シミュレーションの実行には、サブストレートの動作を記述するグリーン関数の計算が必要です。Momentumに付属するサブストレートには、この計算がすでに含まれています。以下のような場合:

- サブストレートを再使用している場合
- サブストレートのグリーン関数をすでに計算してある場合
- 既存のサブストレートと同一のサブストレートを作成した場合

このような場合は、計算がすでにデータベースに保存されているため、計算を実行しようとしても無視されます。計算の周波数レンジを拡大した場合のみ、追加の計算が実行されます。

このセクションでは、サブストレートを事前計算する手順を説明します。ただし、この例では、計算は実行されません。前の例で定義したサブストレートは、実はMomentumに付属するものと同一だからです。

- Momentum** > **Substrate** > **Precompute...**を選択します。*Precompute Substrate Functions*ダイアログ・ボックスが表示されます。Minimum Frequencyを1 GHzに、Maximum Frequencyを4 GHzに設定します。これはシミュレーションの対象となるレンジです。シミュレーションを行うレンジ全体にわたって計算が存在する必要があります。計算が存在しない場合は、エラーが表示されます。
- OKをクリックします。
 - サブストレートを計算するかどうかを尋ねるダイアログ・ボックスがオープンしたら、**Yes**をクリックします。計算が実行されます。
 - サブストレートの計算がすでに存在することを示すダイアログ・ボックスが表示されたら、**OK**をクリックします。計算は実行されません。

ステータス・ウィンドウもオープンします。このステータス・ウィンドウは、この練習を実行している間、画面に表示しておくことができます。

i 注記

上記の説明は、Momentumマイクロ波モードのみに当てはまります。Momentum RFモードの場合は、サブストレートはすべての周波数に対して事前に計算されているので、最小/最大周波数を設定する必要はありません。

メッシュ・パラメータの設定

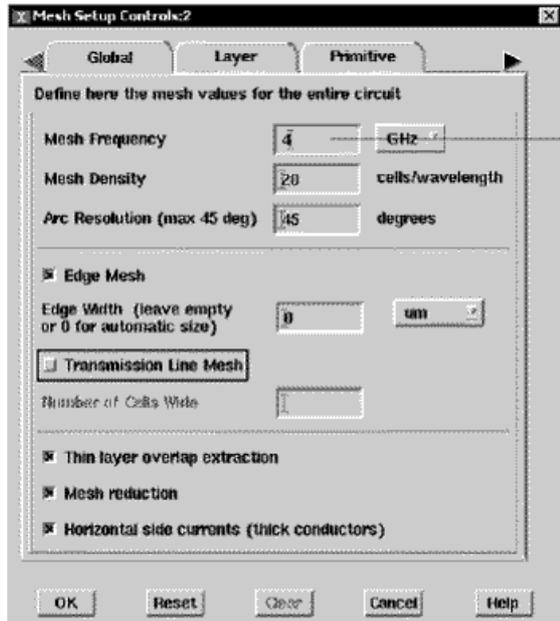
シミュレーションを実行するにはメッシュが必要です。メッシュを生成する最も簡単な方法は、Meshメニューを使用せずにMomentumにメッシュを完全に自動生成させる方法ですが、メッシュ生成の方法を制御するパラメータを編集することもできます。

メッシュとは、回路の表面に適用される三角形と長方形からなる格子状のパターンです。シミュレーション中にメッシュを使用して、各三角形または長方形領域内の電流が計算され、回路のカップリング効果も計算されます。この計算結果から、回路のSパラメータが求められます。

メッシュの定義と生成の詳細については、メッシュを参照してください。

このセクションでは、メッシュ計算の周波数を設定する手順を説明します。他のすべてのオプションはデフォルト値のままにします。

1. Layoutウィンドウで、**Momentum > Mesh > Setup...**を選択します。Mesh Setup Controlsダイアログ・ボックスが表示されます。



All that is required is the mesh frequency. Momentum uses defaults to generate a valid mesh for the circuit.

2. Mesh Frequencyフィールドに4 GHzと入力してOKをクリックします。

メッシュの事前計算

シミュレーションの前にメッシュを確認するために、メッシュの事前計算を実行できます。この練習ではメッシュの事前計算は行いません。

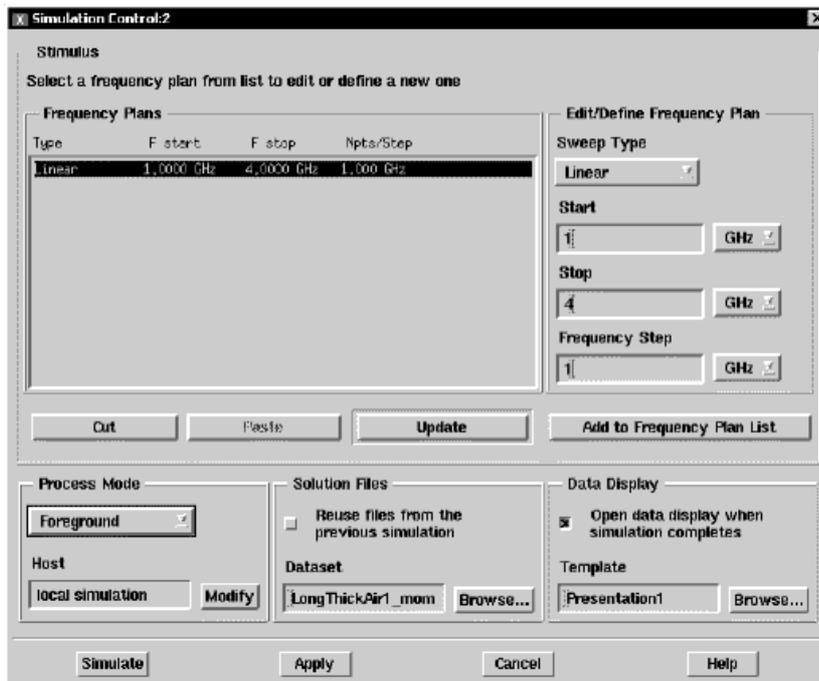
これで、メッシュ生成のプロセスは終了です。

シミュレーションの実行

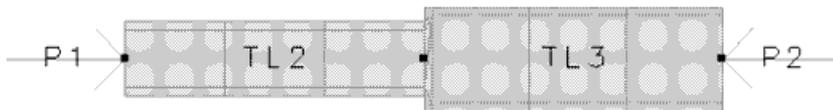
Momentumのシミュレーション・プロセスは、サブストレートに対して計算されたグリーン関数とメッシュ情報とを組み合わせ、回路内の電流を計算します。得られた電流値を用いて、回路のSパラメータが計算されます。

シミュレーションを設定するためには、さまざまなオプションが選択できます。詳細についてはシミュレーションを参照してください。このセクションでは、シミュレーションを実行するための最小限の手順を説明します。

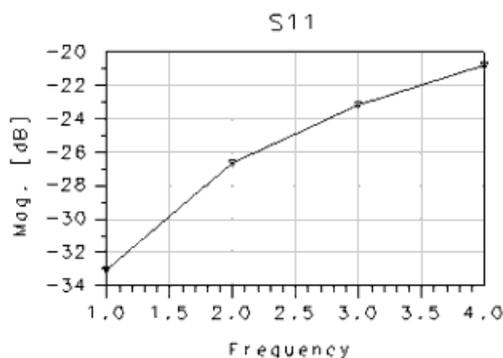
1. Layoutウィンドウで、**Momentum > Simulation > S-parameters**を選択します。Simulation Controlダイアログ・ボックスが表示されます。
2. Sweep TypeをLinearに設定し、以下のパラメータが設定されていることを確認します。
 - Start = 1 GHz
 - Stop = 4 GHz
 - Frequency Step = 1 GHz
この掃引タイプを選択することにより、1~4 GHzの周波数レンジでニア・シミュレーションが実行され、シミュレーション対象の周波数ポイントがステップ・サイズに基づいて選択されます。
3. **Add to Frequency Plan List**をクリックします。ダイアログ・ボックスは下の図のようになります。



4. フィールド *Open data display when simulation completes* がオンになっていることを確認します。
5. **Simulate** をクリックします。シミュレーションが実行されます。シミュレーションの進捗度と終了は、Simulation Status ウィンドウに表示されます。
6. シミュレーションが終了すると:
 - シミュレーション・プロセスで生成され使用されたメッシュが、レイアウトに重ねて表示されます。



- Sパラメータ・シミュレーション結果が、Data Display ウィンドウに直交座標プロットとスミス・チャートで自動的に表示されます。これは、シミュレーション設定で *Open data display when simulation is complete* フィールドがデフォルトでオンになっているからです。View > View All を選択するか、View All ボタンをクリックして、すべてのプロットを表示し、個々のプロットにズーム・インします。Sパラメータ結果の例を以下に示します。



これで1つめのMomentumデザインの練習は終わりです。

マイクロストリップ・フィルタのデザイン

このセクションでは、マイクロストリップ結合ライン・フィルタのデザインのプロセスを練習します。これは前の練習に似ていますが、デフォルトを使用する数が少なくなり、以下を練習します。

- より複雑なサブストレートを作成します。
- ポートの属性を指定します。
- ボックスを使用して金属の筐体内のフィルタをシミュレートします。
- メッシュ・パラメータを指定します。

回路のドローイング

このセクションは、前の練習のドローイング手順とよく似ています。回路をスキマティックとしてドローイングし、レイアウトに変換します。これらの手順の詳細については、前の練習を参照してください。

新規プロジェクトのオープン

前の練習と同様に、フィルタのデザインは新規プロジェクトで開始します。

1. Mainウィンドウで、**File > New Project**を選択します。
2. Nameフィールドに**filter**と入力します。
3. *Project Technology Files*セクションで、**ADS Standard: length unit - mil**を選択します。
4. New Projectダイアログ・ボックスで**OK**をクリックして、新規プロジェクトを作成します。

スキマティックへのコンポーネントの追加

このセクションでは、マイクロストリップ・フィルタ・コンポーネントを選択する手順を説明します。

1. Schematicウィンドウで、Palette Listの矢印をクリックします。Palette Listがドロップダウンします。
2. スクロールして**T-lines Microstrip**をPalette Listから選択します。
3. コンポーネント・パレットで**Mcfil**を見つけてクリックします。Libra Microstrip Coupled-Line Filter Sectionコンポーネントが選択されます。
4. カーソルをSchematicウィンドウの上に移動すると、十字線とコンポーネントのゴースト・アイコンが表示されます。カーソルの位置を決めて、クリックします。
5. **Cancel Command**ボタンをクリックするか、**Insert**または**arrow**ボタンを選択して、コマンドを終了します。

コンポーネントの編集

このセクションでは、コンポーネントの長さや幅などのパラメータを編集する方法と、コンポーネントの下に表示されるパラメータを変更する方法を説明します。

1. コンポーネントのパラメータを編集するには、コンポーネントをダブルクリックします。
2. 表示されるダイアログ・ボックスで、下記のパラメータの1つを選択し、値を編集します。また、*Display parameter on schematic*をオンにして、Schematicウィンドウのコンポーネントの下にパラメータが表示されるようにします。引き続き別のパラメータを選択し、以下のパラメータの値を設定します。
 - W = ライン幅 = 0.25 mm
 - S = ライン間隔 = 0.044 mm
 - L = ライン長さ = 1.8 mm
 - W1 = ピン1に接続されるラインの幅 = 0.25 mm
 - W2 = ピン2に接続されるラインの幅 = 0.25 mm
3. **OK**をクリックして編集を確定し、ダイアログ・ボックスをクローズします。

もう1個のコンポーネントのコピーと配置

このセクションでは、フィルタ・セクションのコピーを作成してスキマティックに追加する方法を説明します。

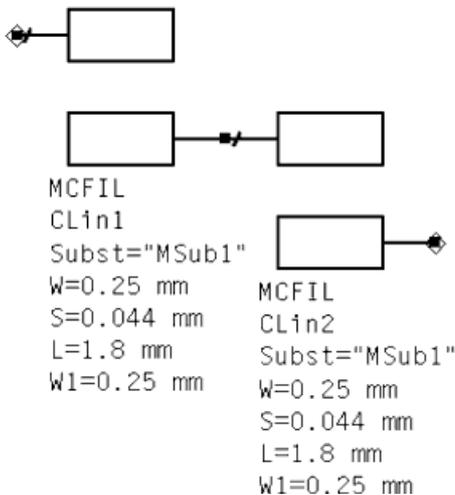
1. スキマティック上のフィルタ・コンポーネントをクリックして選択します。黒の輪郭が周りに表示されます。
2. Schematicウィンドウで、**Edit > Copy**を選択します。
3. **Edit > Paste**を選択します。十字線を動かして、1個めのコンポーネントの左側のコネクタの真上に来るようにし、クリックします。
4. 現在のコマンドを終了します。

ポートの追加

回路にはポートが必要です。スキマティックにポートを追加するのを忘れた場合は、スキマティックをレイアウトに変換した後も追加できます。この練習では、レイアウトにポートを追加します。

Momentumでは、ポートに追加の特性を定義できます。これもこの練習の後の方で行います。

スキマティックは下の図のようになります。すべてのコンポーネントが正しく接続されていることを確認します。



デザインの保存

作業は定期的に保存することをお勧めします。

1. **File > Save Design**を選択します。
2. ファイル名に**filter**と入力します。
3. **OK**をクリックします。

レイアウトの生成

このセクションでは、先ほど完成したマイクロストリップ結合ライン・フィルタのスキマティックをレイアウトに変換する方法を説明します。

1. Schematicウィンドウで、**Layout > Generate/Update Layout**を選択します。Generate/Update Layoutダイアログ・ボックスとLayoutウィンドウが表示されます。
2. Layoutウィンドウで、**Options > Preferences**を選択します。**Layout Units**タブをクリックし、Resolutionを**0.001 mm**に設定します。**OK**をクリックします。
3. Generate/Update Layoutダイアログ・ボックスで、Xフィールドに**-1.8**、Yフィールドに**0.294**を入力します。このステップでは、レイアウト上のP1の位置を指定します。このステップは通常はオプションですが、位置を指定しておく、後でフィルタを取り囲むボックスを追加する際に便利です。**OK**をクリックします。
4. 変換結果を示すウィンドウが表示されます。**OK**をクリックします。

スキマティックのレイアウト表現がLayoutウィンドウに表示されます。これは下の図のようになります。



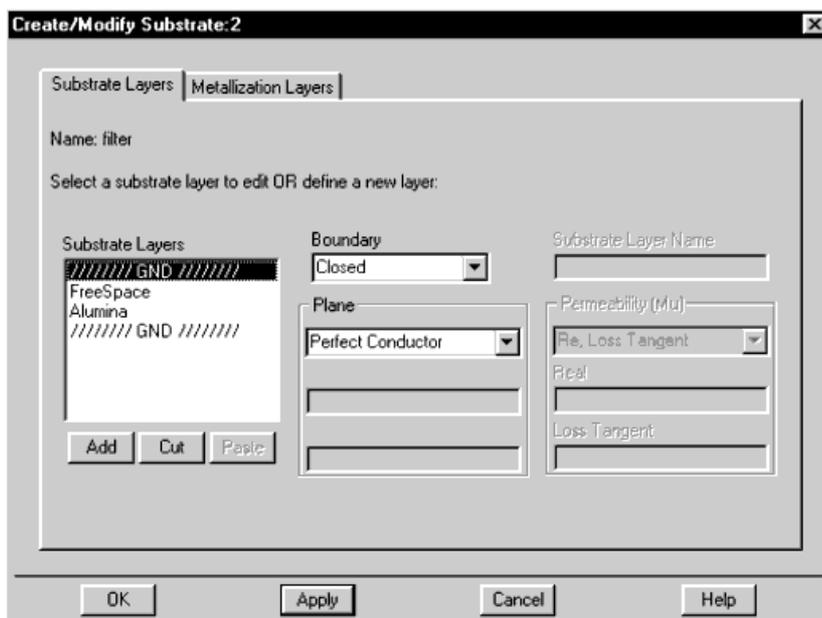
5. Layoutウィンドウで、**File > Save Design**を選択します。レイアウト名は**filter**です。これでプロジェクトにレイアウトとスキマティックができました。

サブストレートの作成

この回路は、比較的単純なサブストレートを使用します。この練習では、いくつかのレイヤの厚さを変更します。さらに重要な作業として、サブストレートの上と下にグラウンド・プレーンを追加します。これらのグラウンド・プレーンは、フィルタを取り囲むメタル・ボックスのトップとボトムを構成します。サブストレートには以下のレイヤがあります。

- ボックスのトップを表すグラウンド・プレーン
- 空気レイヤ
- マイクロストリップ・フィルタのトレース
- アルミナ・レイヤ
- ボックスのボトムを表すグラウンド・プレーン

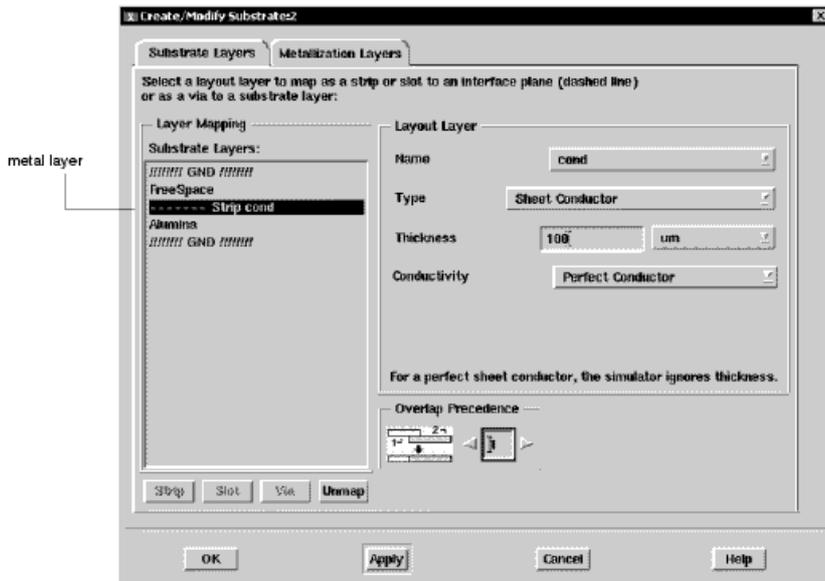
1. Layoutウィンドウで、**Momentum > Substrate > Create/Modify**を選択します。



2. Substrate Layersフィールドでいちばん上のレイヤを選択します。Boundaryリストで**Closed**を選択します。トップのグラウンド・プレーンがサブストレートに追加されました。
3. Substrate Layersリストで、**Free_Space**を選択します。Thicknessを**2846 um**に変更します。これは空気レイヤの厚さを設定します。
4. Substrate Layersリストで、**Alumina**を選択します。Thicknessを**254 um**に変更します。
5. ボトムのグラウンド・プレーンは残し、サブストレートに表示されているそれ以外のレイヤをすべて選択して**Cut**を行います。
6. **Apply**をクリックします。

ボックス筐体のトップとボトムはグラウンド・プレーンで定義され、側面はこの練習の後の方で定義します。

必要な5つのサブストレート・レイヤのうち4つが現在表示されています。マイクロストリップ・フィルタのメタル・レイヤを見るには、**Metallization Layers**タブをクリックします。



この例では、メタル・レイヤは自動的にアルミナと空気のレイヤの間に配置されます。

このレイヤについて以下の点に注意してください。

- メタル・レイヤは破線で示されます。
 - *cond*は、この位置にマッピングされているレイアウト・レイヤを示しています。Layoutウィンドウを見ると、変換プロセスにおいてマイクロストリップ回路が*cond*という名前のレイアウト・レイヤに自動的に適用されていることがわかります。
 - *strip*は、マイクロストリップがメタルであり、このレイヤ上のマイクロストリップを取り囲むのが空気または誘電体になるようにレイヤを定義します。他の選択肢としては、スロットとビアがあります。これらについては、以下の章の練習で説明します。
7. **OK**をクリックしてダイアログをクローズします。
 8. **Momentum > Substrate > Save As**を選択します。ファイル名*filter*を使用して、**Save**をクリックします。サブストレート・ファイル*filter.slm*がプロジェクトの一部として保存されます。
 9. **Momentum > Substrate > Precompute...**を選択します。*Precompute Substrate Functions*ダイアログが表示されます。Minimum Frequencyを**1 GHz**に、Maximum Frequencyを**40 GHz**に設定します。**OK**をクリックします。サブストレートを計算するかどうかを尋ねるダイアログ・ボックスが表示されたら、**Yes**をクリックします。

計算が実行されない場合もあります。これについては前の例で説明しました。計算が実行される場合は、計算のステータスと終了を示すウィンドウがオープンします。

Momentum > Substrate > Summary...を選択することにより、実行済みのサブストレート計算のサマリをいつでも表示できます。

レイアウトへのポートの追加

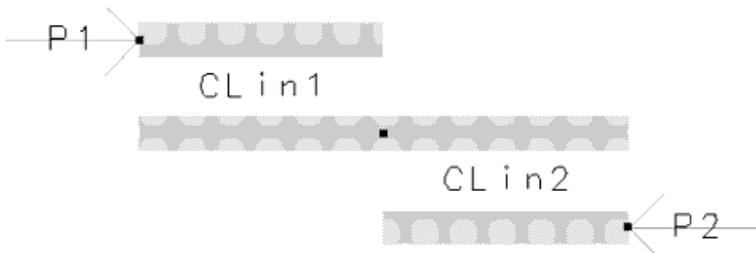
Momentumでは、回路のポートをいくつかのタイプの1つとして定義できます。選択したタイプに応じて、ポートの特性は異なる方法で記述されます。シミュレーションではポートの特性が考慮されるので、これによりシミュレーションの結果が変化する場合があります。さまざまなポート・タイプの中から、レイアウトの目的に最も適したポート・タイプを選択できます。

各ポート・タイプの詳細については、ポートを参照してください。

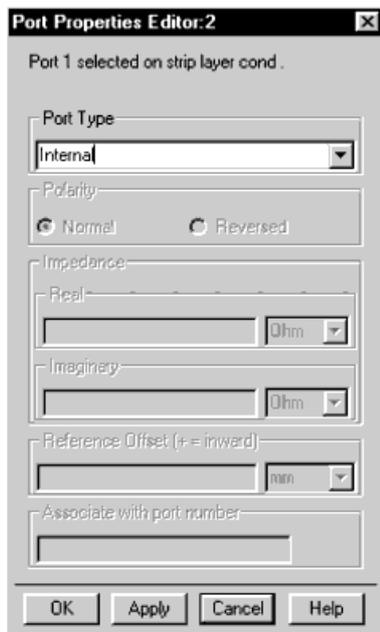
ポートの定義は2段階で行われます。まず、回路のドローイング時に回路にポートを追加します。次に、回路に合わせてポートを調整するためにMomentumでポート・タイプを指定します。ポート・コンポーネントは回路のドローイング中にいつでも追加できますが、ポート・タイプを指定するには、回路にサブストレートが定義されている必要があります。

このセクションでは、レイアウトにポートを追加する方法と、ポートに対してポート・タイプを指定する方法を説明します。

1. Layoutウィンドウでポート・アイコンをクリックします。Portダイアログ・ボックスが表示されます。必要な場合は、**layer = cond**に設定します。ポートはマイクロストリップ・フィルタと同じレイアウト・レイヤ上に存在する必要があります。**OK**をクリックします。
2. レイアウトの左側にあるオープン・ポートの上にカーソルを移動して、クリックします。レイアウトの右側にあるオープン・ポートの上にカーソルを移動して、クリックします。コマンドを終了します。レイアウトは下の図のようになります。



- Layoutウィンドウで、**Momentum > Port Editor**を選択します。Port Properties Editorダイアログ・ボックスがオープンします。
- 必要な場合は、2個のポートが見えるように、ダイアログ・ボックスをLayoutウィンドウの上から別の場所に移動します。コネクタP1をクリックします。
- Port Propertiesダイアログ・ボックスが変化し、P1に適用するポート・タイプを選択できます。



- Port Typeドロップダウン・リストで*Internal*を選択し、**Apply**をクリックします。
- コネクタP2をクリックします。Port Typeドロップダウン・リストで*Internal*を選択します。**OK**をクリックしてポート・タイプを確定し、ダイアログ・ボックスをクローズします。

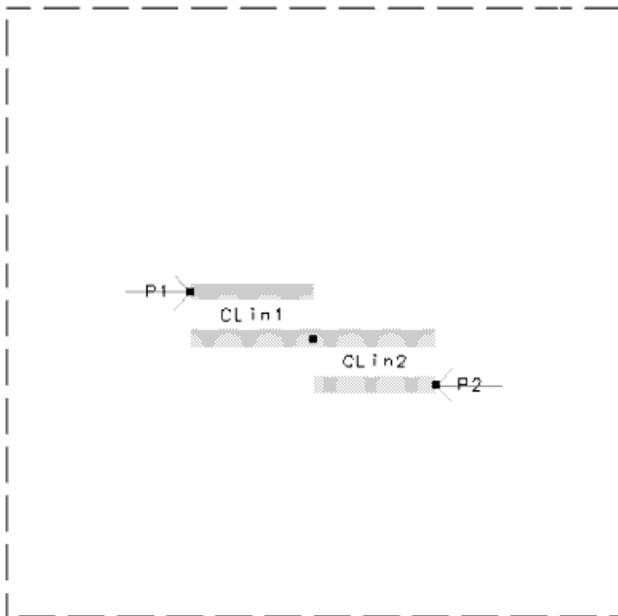
内部ポート・タイプを選択する理由は、回路の内部に適用できるからです。フィルタ上のこのポートの配置は通常なら内部とは見なされませんが、この例ではフィルタがボックスに囲まれているので内部と見なされます。各ポート・タイプの詳細については、ポートを参照してください。

フィルタの周囲のボックスの完成

ボックスおよび導波管管体は、デザインに垂直方向の境界を導入する役割を果たします。ボックスを追加することにより、ボックス共振を観察できます。ボックス共振は、共振周波数近傍の狭い帯域で、Sパラメータに大きな影響を与えることがあります。ボックスと導波管、およびそれらの使用法の詳細については、ボックスと導波管を参照してください。

サブストレートを定義したときに、フィルタを取り囲むメタル・ボックスのトップとボトムとしてグランド・プレーンを定義したことを思い出してください。このセクションでは、ボックスの側面の寸法と位置を指定する方法を説明します。

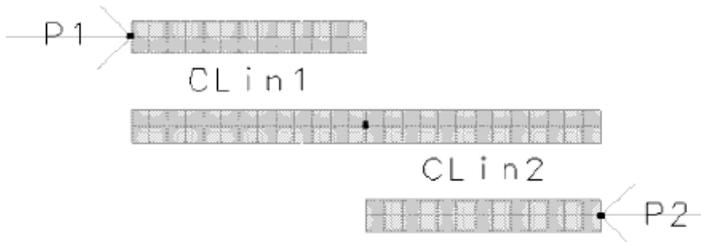
- Layoutウィンドウで、**Momentum > Box & Waveguide > Add Box**を選択します。
- ボックスの左端と右端のx、y座標を入力します。**Insert > Coordinate Entry**を選択します。Coordinate Entryダイアログ・ボックスのX、Yフィールドに-4.5、-4.5と入力し、**Apply**をクリックします。
- Coordinate Entryダイアログ・ボックスのX、Yフィールドに+4.5、+4.5と入力し、**Apply**をクリックします。下の図のようにボックスが表示されます(ボックスを見るには**View All**をクリックする必要がある場合もあります)。**Cancel**をクリックしてダイアログ・ボックスをクローズします。



メッシュの生成

このセクションでは、追加のメッシュ・パラメータを指定する方法を説明します。

1. Layoutウィンドウで、**Momentum > Mesh > Setup...**を選択します。
2. 以下のオプションと値を設定します。
 - Mesh Frequency = 40.0 GHz。メッシュ周波数はシミュレーションの最高周波数に設定します。
 - Mesh Density- cells/wavelength = 20。これはメッシュの密度を決定するために用いられます。メッシュは小さいセルから構成される必要がありますが、回路全体にわたってメッシュの密度が高すぎると、結果の精度はそれほど向上せず、シミュレーション時間が長くなるだけです。
 - Edge Meshがオン、Edge Width = 0.05 mm。エッジ・メッシュを使用すると、オブジェクトのエッジ部分に相対的に高密度のメッシュが用いられます。電流の大部分はオブジェクトのエッジに沿って流れるので、エッジだけに高密度のメッシュを使用することにより、シミュレーションの速度と精度を改善できる場合があります。その他の設定は表示されているままにしておきます。
3. 選択が終わったら、**OK**をクリックします。
4. **Momentum > Mesh > Precompute...**を選択します。
5. Precompute Meshダイアログにメッシュ周波数が40 GHzであることが示されたら、**OK**をクリックして確定します。メッシュが計算され、下の図のようにレイアウト上に表示されます。メッシュがうまく見えない場合は、**Options > Layers**を選択して、**cond**レイヤのカラーとパターンの値を設定し直します。



6. LayoutウィンドウとSchematicウィンドウの両方で**File > Save Design**を選択して、作業を保存します。ファイル名は両方とも*filter*とします。Advanced Design Systemはレイアウトとスキマティックを区別し、一方が他方によって上書きされることはありません。

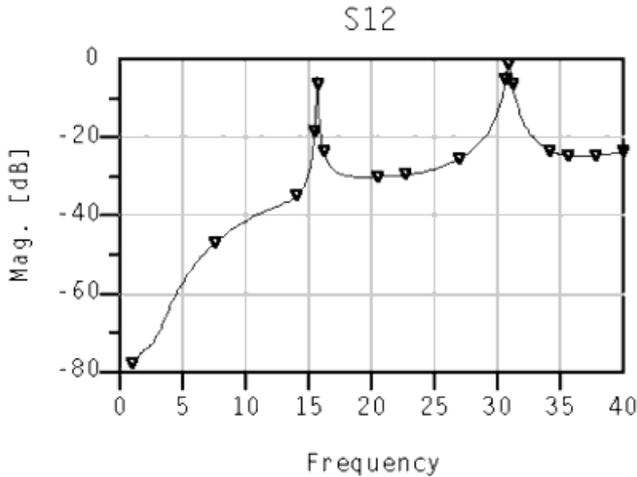
シミュレーションの実行

このセクションでは、シミュレーションをセットアップして実行する方法を説明します。この練習では、適応掃引タイプをシミュレーション・プロセスで使用します。この掃引タイプを選択する理由は、高速かつ非常に正確な方法で、シミュレートされたデータ・ポイントが有理フィッティング・モデルと比較されるからです。リニア掃引タイプではシミュレートされるデータ・ポイントがステップ・サイズに基づいてリニアに選択されるのに対して、適応掃引タイプのデータ・ポイントは最も変動が大きい部分に基づいて選択されます。Sパラメータが有理フィッティング・モデルから最も変化するところで、より多くのサンプルが収集されます。

1. Layoutウィンドウで、**Momentum > Simulation > S-parameters**を選択します。
2. **Sweep Type**を**Adaptive**に設定し、これらのパラメータを下記の値に設定します。
 - Start = 1 GHz
 - Stop = 40 GHz
 - Sample Points Limit = 50
3. **Add to Frequency Plan List**をクリックします。
4. **Open data display when simulation completes**がオンになっていることを確認します。シミュレーションの終了時にSパラメータが自動的にプロットされて表示されます。
5. **Simulate**をクリックします。シミュレーションが実行され、シミュレーションの進捗度と終了がステータス・ウィンドウに表示されます。
6. **Momentum > Simulation > Summary...**をクリックすると、保存されたシミュレーションの詳細が表示されます。レポートは印刷することもできます。

シミュレーション結果の表示

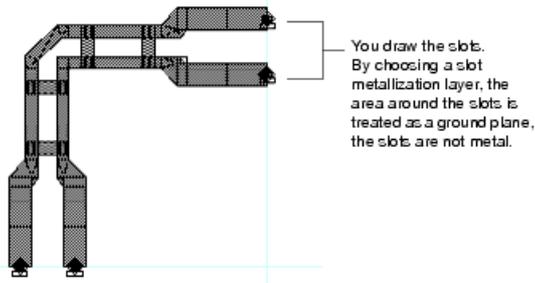
Sパラメータ・シミュレーション結果が、Data Displayウィンドウに直交座標プロットとスミス・チャートで自動的に表示されます。S12の直交座標プロットの例を下に示します。



レイアウトでのコプレナ・ラインのドローイング

レイアウトでコプレナ・ラインを作成するには、以下の2つの基本的な方法があります。

- ドローイングするオブジェクトは、グランド・プレーン上のスロットです。サブストレート定義では、スロットがドローイングされているレイアウト・レイヤはスロット・メタライゼーション・レイヤにマッピングされます。この方法では、コプレナ面上に無限のグランドが得られます。例としては、下に示すコプレナ・ライン・バンド



があります。

- ドローイングするオブジェクトはメタルを表します。例えば、間にギャップのあるストリップとグランドメタルをドローイングできます。このレイヤは、ストリップとして定義されたメタライゼーション・レイヤにマッピングされます。この方法では、コプレナ面上に有限のグランドが得られます。この方法は通常、最初にスキマ



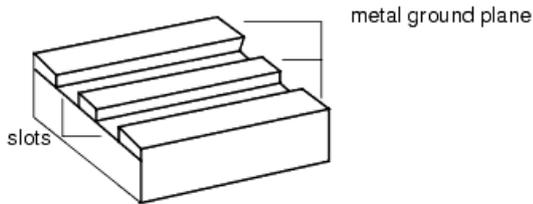
ティック・エレメントとして結合マイクロストリップ・ラインを作成するときに用います。

グランド・プレーンにスロットを作成する方法の方が、作成されるメッシュのエッジや未知数の数がストリップに比べて少なくなるため、好ましい方法です。ストリップのあるコプレナ・ラインのデザインを作成した場合は、境界ボックスを指定すれば、論理演算によりスロット・パターンに変換できます。

コプレナ・ライン・バンドのデザイン

この練習では、前の練習と同様、Momentumでのデザインに必要なすべてのステップを説明します。すなわち、レイアウトの作成、サブストレートの定義、回路へのポートの追加、メッシュの定義、シミュレーションの実行、結果の表示です。前の練習と異なり、この練習では以下のデザイン・トピックスを扱います。

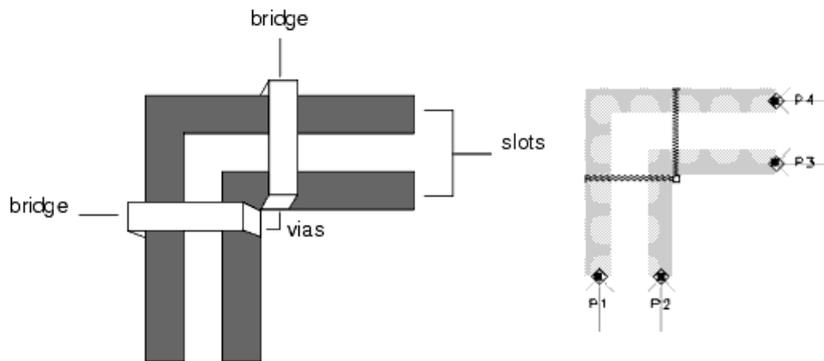
- 複数のレイヤ上にドローイングされるレイアウトの作成
 - ビアを使用したレイヤ間の接続
 - 新しいポート・タイプの指定
 - 新しいメッシュ・パラメータの指定
- この練習でドローイングする回路は、コプレナ・ライン・バンドです。一般的なコプレナ・ラインは、下図に示すように、誘電体または空気ですら満たされたスロットをメタルで囲んだものです。



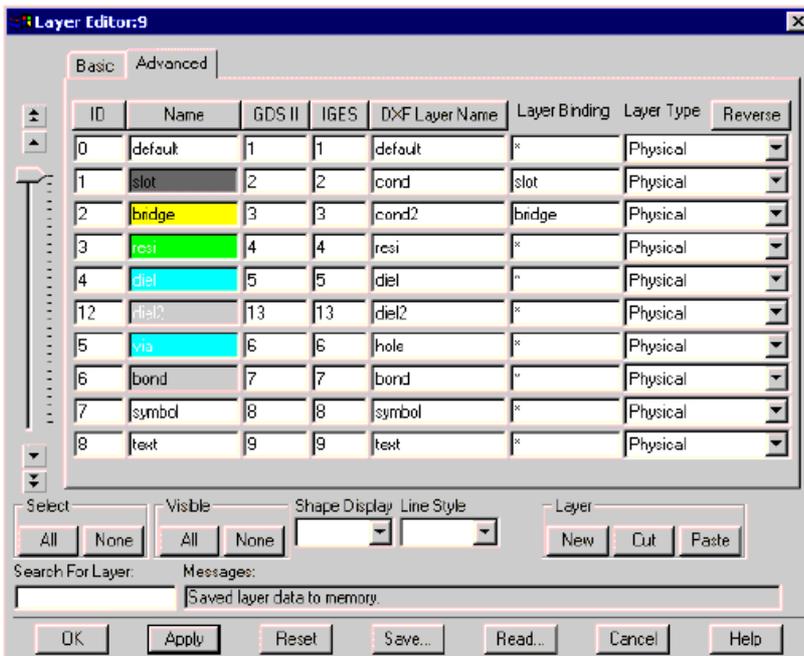
レイアウトの作成

この例では、Layoutウィンドウだけで回路を作成し、スキマティック表現を使用しません。作業は定期的に保存してください。レイアウトは以下の要素から構成されます。

- コプレナ・ライン・スロット
- 2個のスロットをつなぐブリッジ
- ブリッジとスロットを垂直に接続するビア
スロット、ブリッジ、ビアはそれぞれ異なるレイヤ上にドローイングされます。このことは、これらのレイヤをサブストレートにマッピングする際に重要になります。回路の図を左側に、レイアウトを右側に示します。



1. Schematicウィンドウの代わりにLayoutウィンドウがオープンするように、プリファレンスを設定します。Mainウィンドウで、**Tools > Preferences**を選択し、*Create Initial Layout Window*をオンにします。*Create Initial Schematic Window*をオフにします。
2. Mainウィンドウで、**File > New Project**を選択します。
3. Nameフィールドに`cpw_bend`と入力します。
4. *Project Technology Files*セクションで、**ADS Standard: length unit - millimeter**を選択します。
5. **OK**をクリックします。
6. Layoutウィンドウで、**Options > Preferences**を選択します。**Layout Units**タブまでスクロールします。レイアウト単位を`um`、分解能を0.001に設定します。**OK**をクリックします。
7. 新規プロジェクトを作成したときに選択した長さ単位と、今設定した単位とは異なっています。現在作業中のLayoutウィンドウの単位は、プロジェクトを作成したときに選択した単位になります。*Options > Preferences*で選択した単位は、Layoutウィンドウでドローイングされるオブジェクトの単位になります。
8. コプレナ・ライン・ベンドのスロット、ブリッジ、ビアのドローイングに使用するレイアウト・レイヤの名前を変更します。意味のある名前を使用すると、回路の各部分がどのレイヤにドローイングされているかがわかりやすくなります。**Options > Layers**を選択します。*Advanced*タブを選択します。*Layers*リストで、**cond**を選択します。NameフィールドとLayer Bindingフィールドの両方に`slot`と入力します。**Apply**(Layersリストのすぐ下)をクリックします。**cond2**を選択します。NameフィールドとLayer Bindingフィールドの両方に`bridge`と入力します。**Apply**をクリックします。**hole**を選択します。Nameフィールドだけに`via`と入力し、**Apply**をクリックします。**OK**をクリックしてダイアログ・ボックスをクローズします。



コブレナ・ライン・スロットのドローイング

このセクションでは、コブレナ・ライン・スロットをドローイングする方法を説明します。

1. *slot*が現在のレイヤであることを確認します。スロットはこのレイヤにドローイングされます。現在のレイヤの名前は、ツールバーとLayoutウィンドウのトップに表示されます。*slot*が表示されていない場合は、リストから選択します。



select a layer

current layer and its color



2. **Insert > Rectangle**を選択し、**Insert > Coordinate Entry**を選択します。ツールバーの矢印がアクティブになり、*Coordinate Entry*ダイアログ・ボックスがオープンします。
3. 4つの長方形を定義して、2個のコブレナ・ライン・バンドを作成します。X、Y座標ウィンドウに以下の値を設定し、入力のために**Apply**をクリックします。

X、Y座標	定義
0, 0	1つめの長方形の1つめのコーナ
+45, +290	1つめの長方形の2つめのコーナ
0, +335	2つめの長方形の1つめのコーナ
+335, +290	2つめの長方形の2つめのコーナ
+110, 0	3つめの長方形の1つめのコーナ
+155, +180	3つめの長方形の2つめのコーナ
+110, +180	4つめの長方形の1つめのコーナ
+335, +225	4つめの長方形の2つめのコーナ

4. 終わったらOKをクリックして、ダイアログ・ボックスをクローズします。
5. **View > View All**を選択してドローイングを表示します。
6. コマンドを終了します。Layoutウィンドウのドローイングは下の図のようになります。



ブリッジのドローイング

コプレナ・ラインを構成するスロットがレイヤ *slot* 上にドローイングされました。次に、2個のスロットをつなぐブリッジを別のレイヤ上にドローイングします。このことが重要な理由は、Momentumではスロットとブリッジが異なる方法で処理されるからです。これは、この練習の後の方で回路にサブストレートを適用するときに明確になります。

1. ツールバーのレイヤ・リストで、レイヤ **bridge** を選択し、OKをクリックします。

注記
slotレイヤは引き続き表示されています。ここでは行いませんが、このレイヤを非表示にするには、Layoutウィンドウで **Options > Layers** を選択し、slotレイヤを選択し、**Vis** を選択解除して *Visible* をオフにします。同じ操作を行うのに、Layersウィンドウで slotレイヤの **Vis** を選択解除する方法もあります。

2. **Insert > Rectangle** を選択し、**Insert > Coordinate Entry** を選択します。
3. **Coordinate Entry** ダイアログ・ボックスを使用して、ブリッジを構成する2個の長方形を定義します。X、Y座標ウィンドウに以下の値を設定し、入力のたびに **Apply** をクリックします。

X、Y座標	定義
0, +170	1つめのブリッジの1つめのコーナ
+155, +180	1つめのブリッジの2つめのコーナ
+155, +180	2つめのブリッジの1つめのコーナ
+165, +335	2つめのブリッジの2つめのコーナ

4. 終わったらOKをクリックして、ダイアログ・ボックスをクローズします。
5. 現在のコマンドを終了します。Layoutウィンドウのドローイングは下の図のようになります。



ビアのドローイング

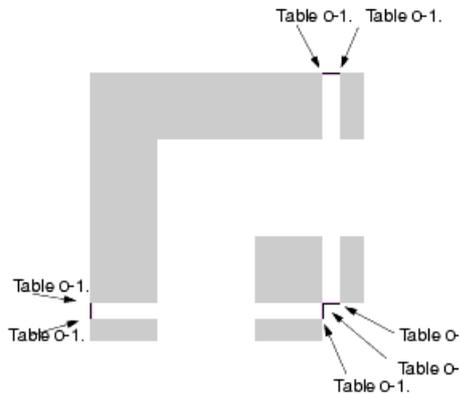
ビアは3つめのレイヤ上にドローイングされます。このことは、この練習の後の方でビアをサブストレートにマッピングするために必要です。

ビアの位置とサイズは非常に重要です。ここでは、レイアウトのさまざまなスナップ・モードを使用してビアをドローイングします。ビアのドローイング方法やその他のドローイングのヒントについては、ドローイングのヒントを参照してください。

1. ツールバーのレイアウト・レイヤ・リストで、**via** を選択します。
2. **Options > Preferences** を選択します。**Grid/Snap** タブを選択します。Active Snap Modesの下で、**Vertex** をオンにし、**Grid** を選択解除します。OKをクリックします。
頂点スナップ・モードを使用することにより、ドローイングするビアはグリッド・ポイントでなく近くのオブジェクト(ブリッジ)の頂点にスナップします。これにより、ビアが長方形のエッジ上に正確に配置されることが保証されます。

3. **Insert > Polyline**を選択します。下のドローイングに示された点を参照しながら、以下の手順でライン・セグメントを作成します。

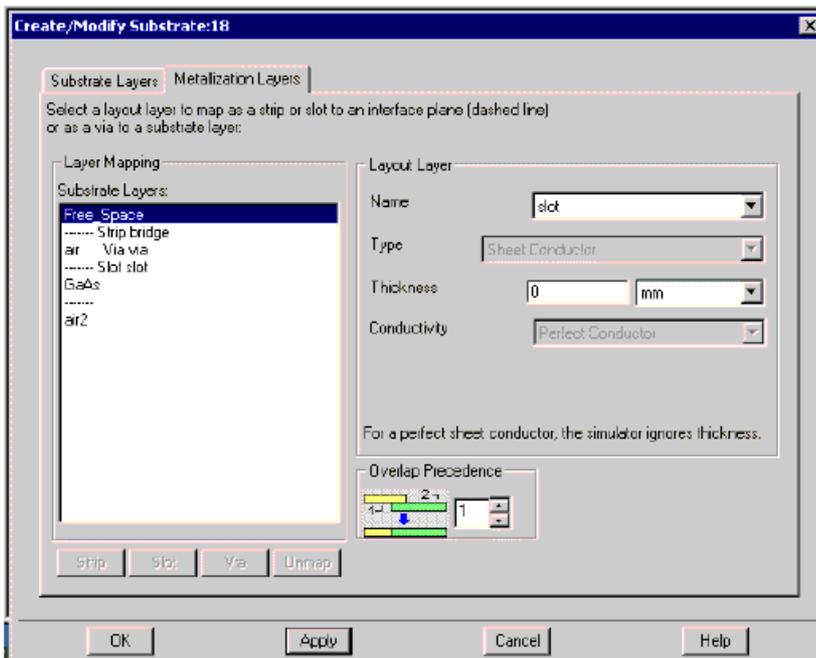
- A1で1回クリックし、A2で2回クリックします。
- B1で1回クリックし、B2で2回クリックします。
- C1で1回クリックし、C2で2回クリックし、C3で3回クリックします。その後、ツールバーの矢印をクリックします。コマンドを終了します。Layoutウィンドウのドローイングは下の図のようになります。



サブストレートのオープン

この練習では、Momentumに付属するサブストレートを使用します。サブストレートを変更する必要はありませんが、レイアウト・レイヤがどのようにサブストレートにマッピングされるかを理解するために、内容を確認します。

1. Layoutウィンドウで、**Momentum > Substrate > Open**を選択します。*Open a supplied substrate?*という質問に対して**Yes**を選択します。
2. サブストレート・ファイル *cpw_bend_example.slm*を探して選択し、**Open**をクリックします。サブストレートがオープンされたことが通知されます。**OK**をクリックします。
3. **Momentum > Substrate > Create/Modify**を選択します。**Metallization Layers**タブを選択します。



メタライゼーション・レイヤは、ビアの場合を除いて、破線で示されます。ここで使用するメタライゼーション・レイヤでは、レイヤのタイプ (Strip、Via、Slotのどれか)と、このレイヤにマッピングされているレイアウト・レイヤの名前 (bridge、via、slot)が表示されます。メタライゼーション/レイアウト・レイヤがFree_Space、air、GaAsレイヤの間にどのようにマッピングされているかを見ることができます。

- ブリッジとスロットの間には、薄い空気のレイヤがあります。
- ビアは、空気サブストレート・レイヤにダイレクトにマッピングされています。ビアは線としてドローイングされていますが、Momentumによって引き伸ばされ、この空気のレイヤを垂直に貫通して、スロットとブリッジのエッジ同士を接続します。
- ここでは、メタライゼーション・レイヤの3つのタイプ (strip、slot、via)のすべてが使用されています。stripは、ブリッジがメタルであり、このレイヤ上のマイクロストリップを取り囲むのが空気であるようにレイヤを定義します。slotはストリップの反対です。レイアウト・レイヤはグラウンド・プレーンとして扱われ、ドローイングしたバンドはグラウンド・プレーン中の開いた領域として扱われます。Viaは、他のレイヤを垂直に貫通する垂直のセクションを表現します。

ポートの追加

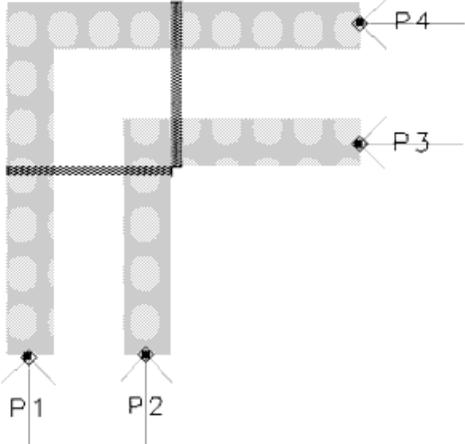
このセクションでは、レイアウトにポートを追加する方法と、ポートに対してコプレナ・ポート・タイプを適用する方法を説明します。

コプレナは、Momentumで使用できるポート・タイプの1つです。これは、コプレナ・ライン回路で、2個のポート間に電界が発生する可能性がある場合に使用するものです。2個のポートは、極性が反対で絶対値が等しい電界で励振されます。電流は大きさが等しく、向きが逆になります。詳細については、ポートを参照してください。

1. ポートはコプレナ・ライン・スロットに追加されるので、スロットと同じレイヤ上にドローイングする必要があります。Layout Layersリスト・ボックスで、**slot**を選択

します。

- また、ポートは各スロット・エッジの中央に配置する必要があります。ポートの配置を容易にするために、以下のスナップ・モードを設定します。
 - Options > Midpoint Snapをオンにします。
 - Options > Edge Snapをオンにします。
 - Snap Enabled以外の他のすべてのスナップ・モードをオフにします。
- Portアイコンをクリックします。Portダイアログ・ボックスが表示されます。
- layer=slotがSelect Parameterフィールドに表示されていることを確認します。表示されていない場合は、layerをslotに設定します。Num=1であることを確認します。異なる場合は、Numを選択して1に設定します。OKをクリックします。
- ポートのゴースト・イメージを確認します。イメージが大きすぎる場合、または見えない場合は、コマンドをキャンセルします。システムのデフォルト値によっては、ポートとラベルをこのレイアウトに適したサイズに設定するために、Port/Ground Size (Options > Preferences > Placement)とFont Definition Size (Options > Preferences > Component Text)の値の変更が必要な場合があります。
- ポートを追加する準備ができたなら、下図に示す順序と向きでポートを適用し、ポート・コマンドを終了します。

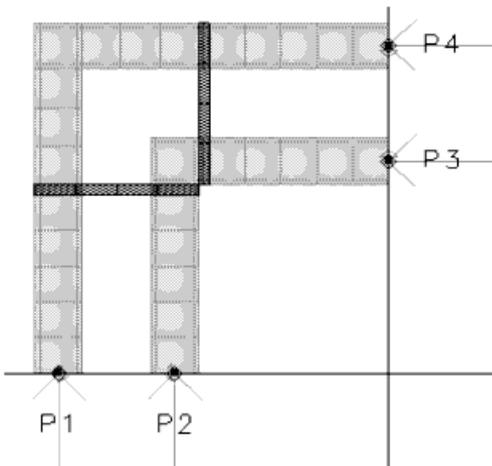


- Layoutウィンドウで、Momentum > Port Editorを選択します。Port Properties Editorダイアログ・ボックスが表示されます。レイアウト上のポートにアクセスできるように、必要ならダイアログ・ボックスをドラッグしてレイアウトの外に移動します。
- Layoutウィンドウで、P1をクリックします。Port Editorで、Port TypeリストからCoplanarを選択します。PolarityをNormalに設定します。他の値は変更しません。Applyをクリックします。
- P2をクリックします。Coplanarを選択し、PolarityをReversedに設定します。フィールドAssociate with port numberに1と入力します。Applyをクリックします。
- P3をクリックします。Coplanarを選択し、PolarityをNormalに設定します。Applyをクリックします。
- P4をクリックします。Coplanarを選択し、PolarityをReverseに設定します。フィールドAssociate with port numberに3と入力します。Applyをクリックします。
- OKをクリックします。

メッシュの生成

このセクションでは、追加のメッシュ・パラメータを使用する方法を説明します。この回路は複数のレイヤ上にあるため、各レイヤに対してメッシュ・パラメータを設定できます。これにより、特定のレイヤに比較的高密度のメッシュを設定できます。この例では、ブリッジ・レイヤにはエッジ・メッシュを使用しません。

- Layoutウィンドウで、Momentum > Mesh > Setupを選択します。Setup Mesh Controlsダイアログ・ボックスがオープンします。
- 以下のグローバル・パラメータを設定します。
 - Mesh Frequency = 40 GHz
 - Number of Cells per Wavelength = 30
 - Enable Edge Mesh
 グローバル・パラメータは、Layerタブで他の値を指定しない限り、すべてのレイヤに適用されます。
- Layerタブを選択します。
- Layout Layersリストで、bridgeを選択します。Number of Cells per Wavelengthを30に設定し、Edge Meshをオフにします。これらのメッシュ・パラメータは、bridgeレイヤ上にドローイングされたオブジェクトだけに適用されます。
- OKをクリックします。
- Momentum > Mesh > Precompute...を選択します。OKをクリックすると計算が始まります。メッシュが計算され、下の図のようにレイアウト上に表示されます。ズーム・インしてメッシュを観察します。



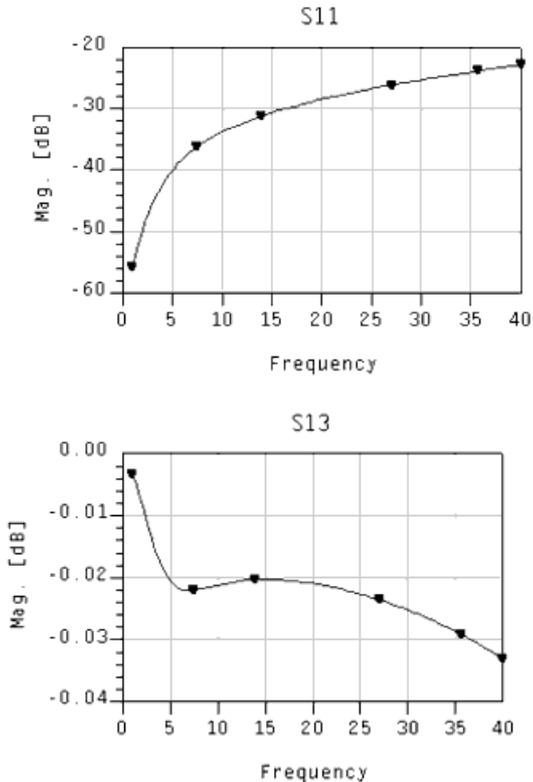
7. ポートにズーム・インします。各ポートに矢印が追加されていることがわかります。新しい矢印は、スロット上の電圧の向きを示しています。

シミュレーションの実行

1. Layoutウィンドウで、**Momentum > Simulation > S-parameters...**を選択します。
2. Sweep Typeリストで**Adaptive**を選択し、以下のパラメータを設定します。
 - Start = 1 GHz
 - Stop = 40 GHz
 - Sample Points Limit = 50
3. **Add to Frequency Plan List**をクリックします。
4. *Open data display when simulation completes*がオンになっていることを確認します。
5. **Simulate**をクリックします。

シミュレーション結果の表示

下の図は、自動的にプロットされるシミュレーション結果の一部を示しています。



作業を保存するには、プロジェクトを閉じる際に作業を保存するかどうかを尋ねられたときに、**Yes to All**を選択します。

これで3つめの練習は終わりです。

パラメータ化レイアウト・コンポーネントの例

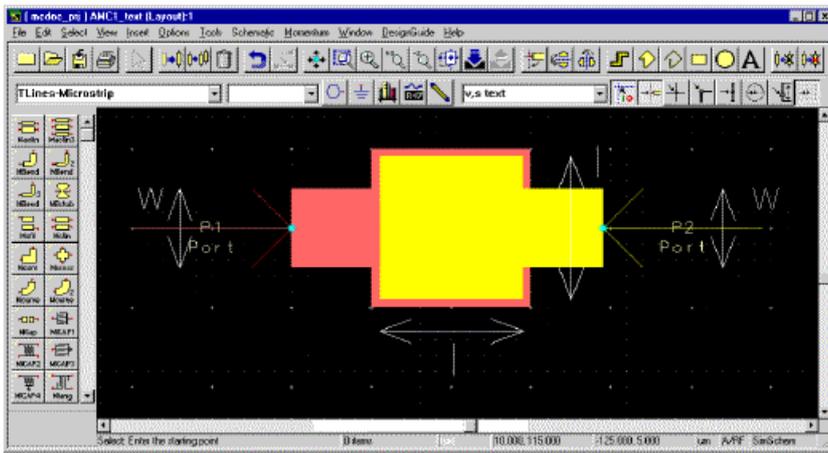
このセクションでは、ユーザがレイアウト・パラメータを定義する方法を説明します。以下の手順を紹介します。

- レイアウト・コンポーネントの使用モデルでの公称/摂動定義の使用
- グラフィカル・セル・コンパイラの使用
- 既存のADSコンポーネント定義を使用した新しいレイアウト・コンポーネントの作成

平行板キャパシタの定義

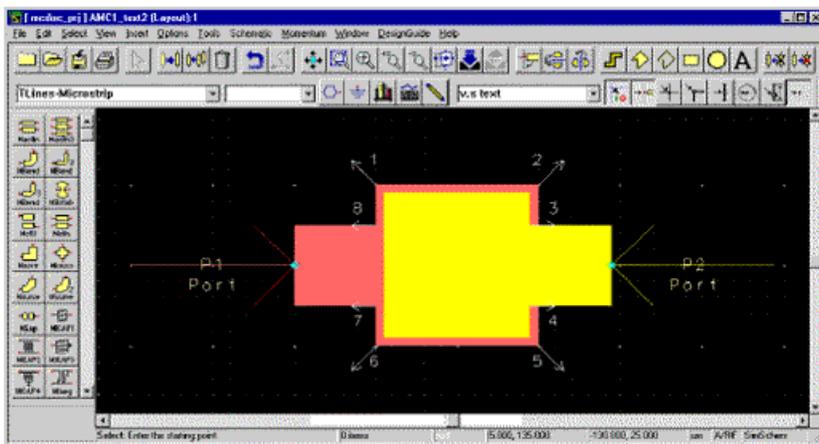
この例では、公称/摂動レイアウト・パラメータ定義の使用モデルの使用法を説明します。垂直方向と水平方向のキャパシタのオーバーラップ領域のサイズと、フィードラインの幅を、レイアウト・パラメータとして定義します。

出発点となるレイアウトは、 l と w の定義を持つキャパシタの例に示されています。



とwの定義を持つキャパシタの例

最初に、公称/振動の使用モデルを使用して、パラメータをキャパシタのオーバーラップ領域のサイズとしてセットアップします。このパラメータは、水平方向と垂直方向のオーバーラップ領域のサイズを示します。キャパシタ・エリアのサイズをすべての方向に同じ比率で設定するために、いくつかの頂点振動を定義する必要があります。以下の方針が使用できます。



可能な振動指定の方針

頂点	デルタX(μm)	デルタY(μm)
1	-5	5
2	5	5
3	5	0
4	5	0
5	5	-5
6	-5	-5
7	-5	0
8	-5	0

下の図は、“1”で示される頂点(キャパシタ・プレートの左上コーナを構成するレイアウト内の2つの頂点)の移動を示します。

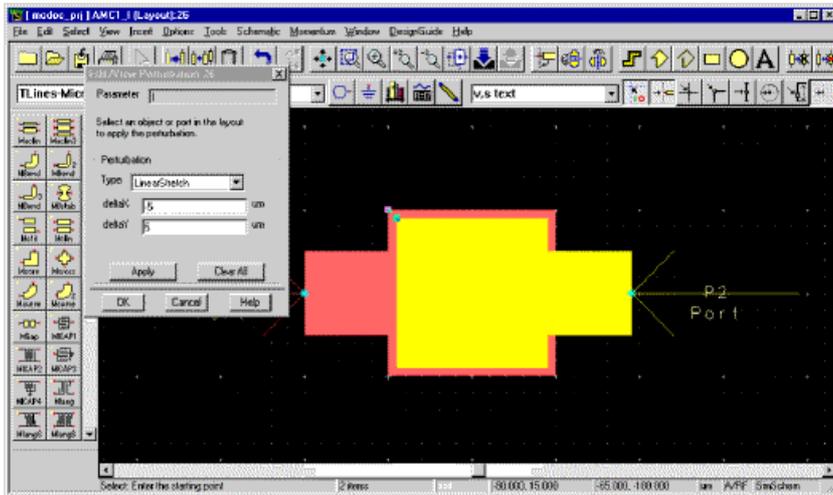


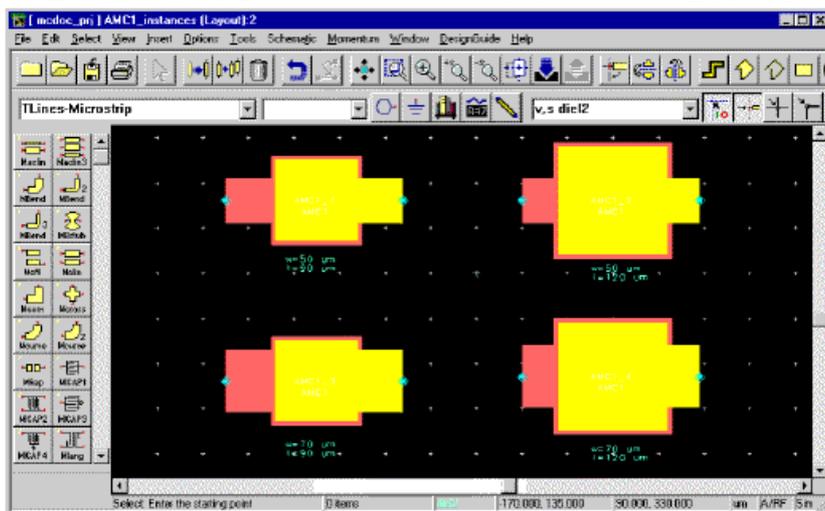
図11 - 選択した頂点の擾動

同様に、他の頂点も移動する必要があります (Edit/View Perturbationウィンドウはオープンしたままにできます)。

フィードラインの幅 w も、公称/擾動の使用モデルで定義できます。

l と w の両方のパラメータをセットアップしたら、*Momentum* > *Component* > *Create/Update*を使用してレイアウト・コンポーネントを作成できます。

下の図は、新たに作成したコンポーネントのいくつかの異なるインスタンスを示します。

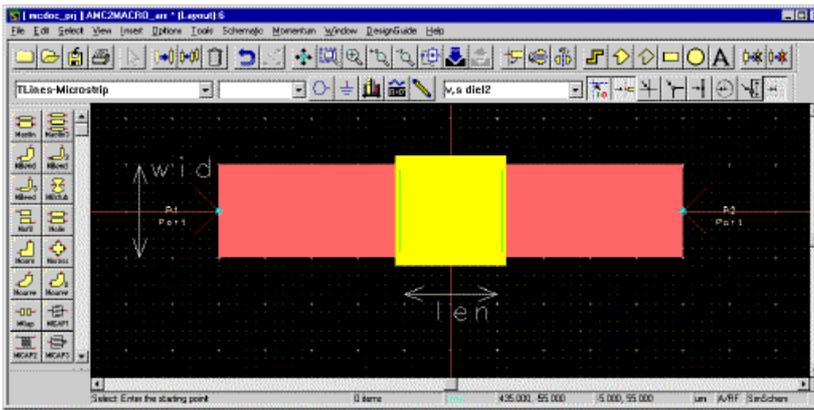


キャパシタ・ストラクチャのインスタンス

エア・ブリッジの定義

この例は、グラフィカル・セル・コンパイラ・ツールを使用したレイアウト・パラメータの定義を示しています。ここではエア・ブリッジの例を使用します。エア・ブリッジの長さ l とフィードラインの幅 w がレイアウト・パラメータとして定義されます。

出発点となるレイアウトは作図ラインがあるエア・ブリッジの例に示されていて、レイヤ $cond$ 上の2個のフィードライン、レイヤ $cond2$ 上のエア・ブリッジ、エア・ブリッジとフィードラインを接続するレイヤ res 上の2つのビアから構成されます。このレイアウトの名前はAMC2MACROとします。



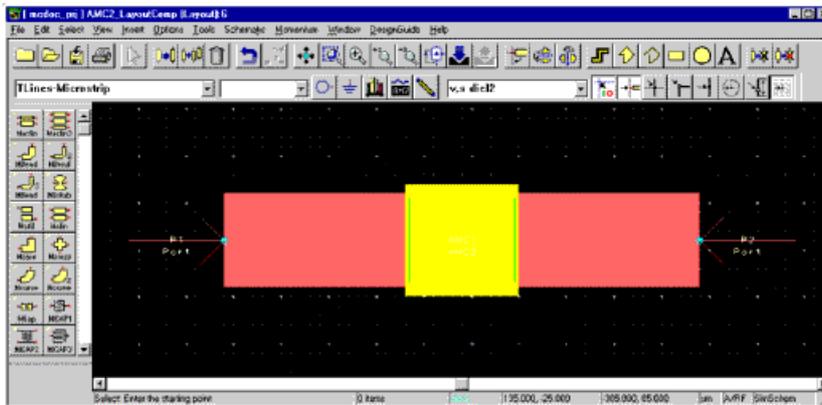
作図ラインがあるエア・ブリッジの例

このレイアウトのパラメータ化に用いられる2本の作図ラインは、すでにレイアウト上にドローイングされています。

レイアウトの *Tools > Macro* から利用できるグラフィカル・セル・コンパイラ・ツールを使用すると、エア・ブリッジのレイアウトを簡単にパラメータ化できます。幅パラメータ *wid* を定義するには、縦の作図ライン以外のレイアウトのすべてのオブジェクトを選択し、グラフィカル・セル・コンパイラの伸縮コマンドを使用して、レイアウト・パラメータを定義します (*Tools > Macro > Stretch*)。長さパラメータ *len* も同様に、横の作図ライン以外のすべてのオブジェクトを選択し、伸縮コマンドを使用することによって定義できます。伸縮操作を定義したら、*Tools > Macro > Compile* を使用してアートワークをコンパイルします。

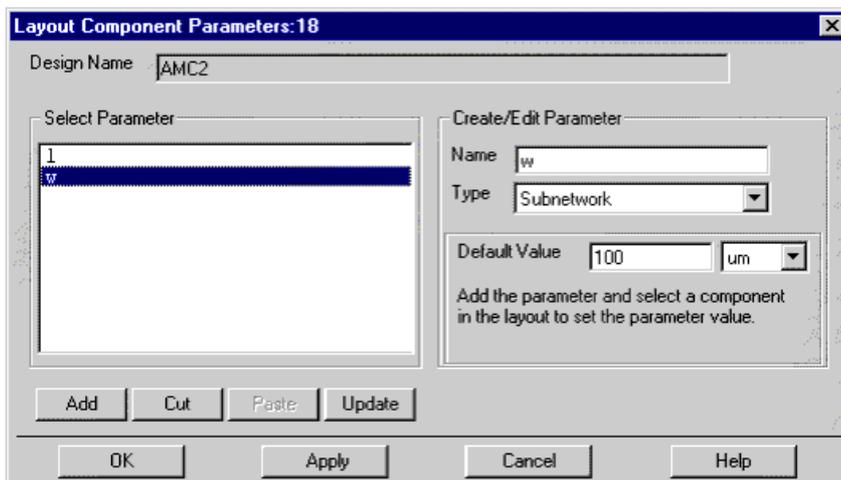
これらのコマンドの詳細とコンパイルの方法については、*Graphical Cell Compiler* マニュアルを参照してください。

アートワーク・マクロがコンパイルされたら、それを使用して新しいレイアウト・コンポーネントを作成し、アートワーク・マクロで定義されたレイアウト・パラメータを選択できます。このためには、まず新規レイアウト (例えば *AMC2* という名前の) を作成し、*AMC2MACRO* を新規レイアウト・ウィンドウに配置します。2個の新しいポート (*p1* と *p2*) を追加して、アートワーク・マクロのピンに接続する必要があります。



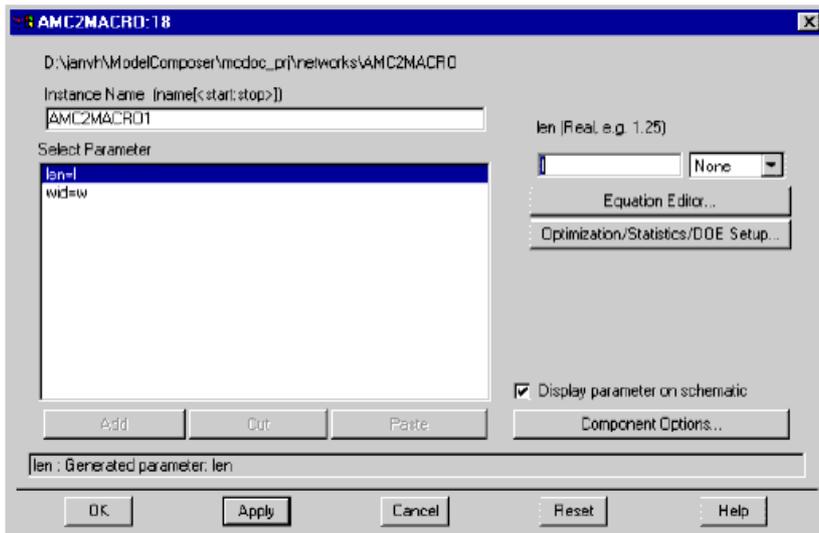
GCCマクロを使用したレイアウト・コンポーネントの作成

残りの作業は、レイアウト・コンポーネント・パラメータを定義し、これらをアートワーク・マクロのパラメータにマッピングすることです。このためには、まず2つのサブ回路パラメータ (*w* と *len*) を *Layout Component Parameters* タブでセットアップします。



サブ回路パラメータとwの作成

2番目のステップでは、新しく定義したパラメータをアートワーク・マクロのパラメータlenとwidにマッピングします。このためには、レイアウト・アートワーク・コンポーネント(AMC2MACRO)をダブルクリックし、アートワーク・パラメータlenをlに、widをwに割り当てます。



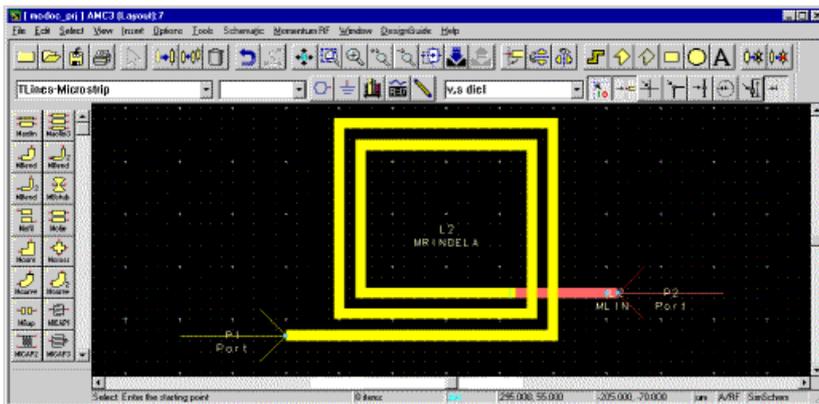
サブ回路パラメータのマッピング

このステップが終了したら、*Momentum > Component > Create/Update...*を使用してレイアウト・コンポーネントを作成できます。

このコンポーネントは、他のレイアウト・コンポーネントと同様に使用できます。スキマティックで直接使用した場合は、EM/cktコ・シミュレーション機能によりMomentumモデルがその場で作成されます。また、Advanced Model Composerツールの出発点としても使用できます。

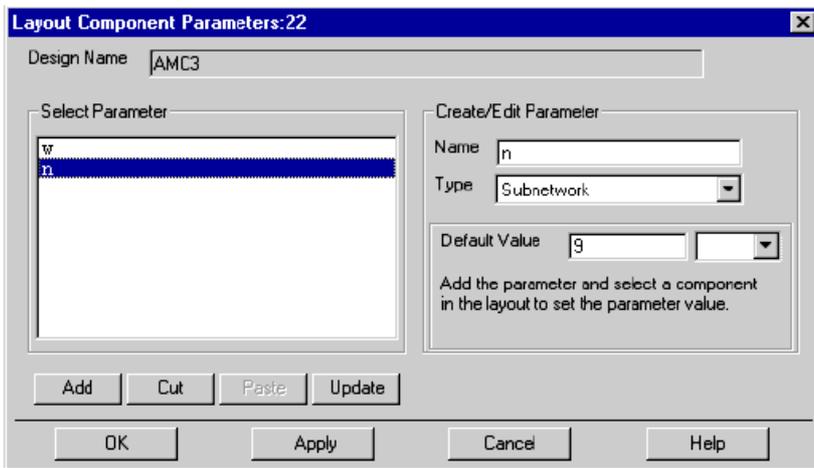
スパイラル・インダクタ・コンポーネントの定義

この例では、MRINDELAおよびMLINレイアウト・アートワーク・コンポーネントをレイアウトで使用して、新しいレイアウト・コンポーネントを作成します。最初に、下の図のように2個のコンポーネントを含むレイアウト(AMC3)を作成します。



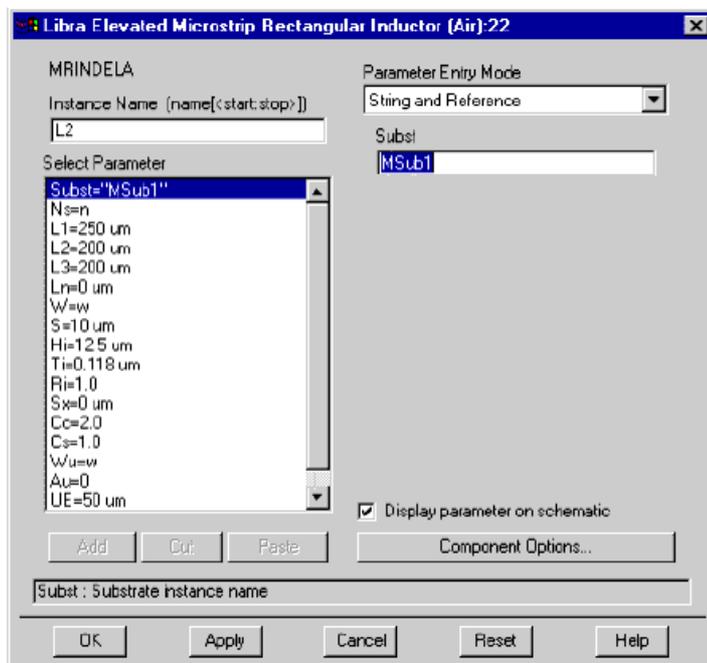
スパイラル・コンポーネント

このレイアウトから作成したレイアウト・コンポーネントに対して、w(ラインの幅)とn(スパイラルのセグメント数)の2つのレイアウト・パラメータを定義します。まず、これら2つのパラメータを*Momentum > Component > Parameters*ダイアログでサブ回路パラメータとして定義します。



スパイラルのサブ回路/パラメータ

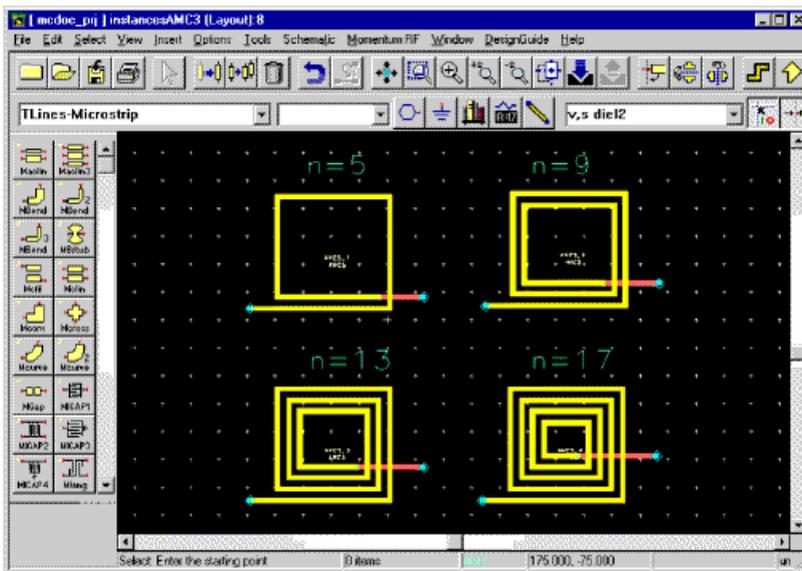
その後、これらのパラメータをMRINDELAおよびMLINコンポーネントの適切なパラメータに割り当てます (例: MRINDELAの場合)。



コンポーネントのパラメータの割り当て

以下のステップでは、*Momentum* > *Component* > *Create/Update*を使用してレイアウト・コンポーネントを作成します。

下の図は、新たに作成したコンポーネントのいくつかの異なるインスタンスを示しています。これは、*w*を固定(10 μm)して*n*の値を変えた(*n*=5、9、13、17)ものです。

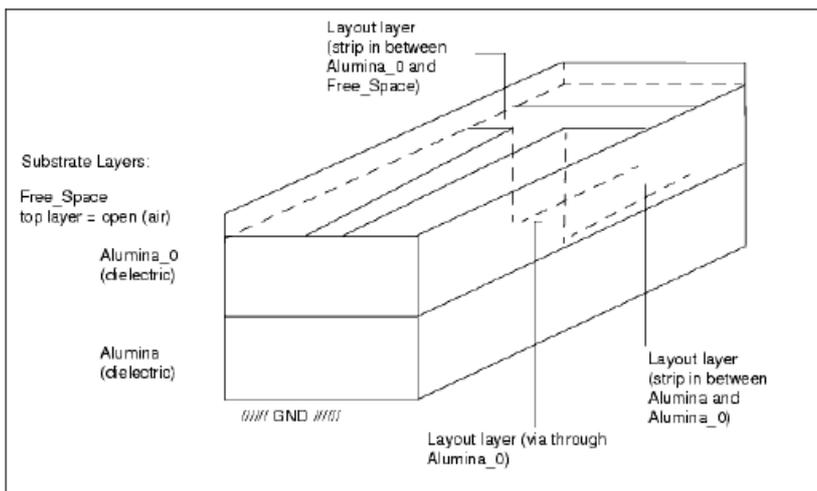


スパイラル・コンポーネントのインスタンス

Momentumのサブストレート

サブストレート定義とは、回路が存在する媒体を記述したものです。例えば、多層回路基板のサブストレートは、メタル・トレース、絶縁体、グランド・プレーン、トレース間を接続するビア、ボードの周りの空気などから構成されます。サブストレート定義では、サブストレートのレイヤ数、誘電率、各レイヤの高さなどの属性を指定できます。

サブストレート定義は、サブストレート・レイヤとメタライゼーション・レイヤから構成されます。サブストレート・レイヤは、誘電体、グランド・プレーン、カバー、空気などのレイヤ材料を定義します。メタライゼーション・レイヤは、サブストレート・レイヤ間にある伝導性のレイヤであり、レイアウト・レイヤと組み合わせて用いられます。レイアウト・レイヤをメタライゼーション・レイヤにマッピングすることにより、回路がドローイングされているレイアウト・レイヤをサブストレート内に配置できます。サブストレートの例を以下に示します。これには4つのサブストレート・レイヤと、ビア付きの2つのマイクロストリップがあります。



サブストレート定義は、保存しておいて後で他の回路で使用することもできます。Advanced Design Systemにはさまざまな定義済みサブストレートが付属していて、そのまま使用することも、デザイン仕様に合わせて変更することもできます。

サブストレートの定義には、以下のようなステップがあります。

- サブストレート・レイヤの定義
- レイアウト・レイヤからメタライゼーション・レイヤへのマッピング
- メタライゼーション・レイヤの伝導率の指定
- サブストレートの解の計算

既存のサブストレート定義を使う方法と、新しいサブストレート定義を作成する方法について、以下に説明します。

定義済みサブストレートの選択

Momentumには定義済みのサブストレート定義が数多く付属しているため、サブストレートを全く新たに作成しなくても済む場合があります。サブストレート・ファイルの拡張子は.slmです。

定義済みサブストレートをオープンする手順:

1. Layoutウィンドウで、**Momentum > Substrate > Open**を選択します。
2. 付属のサブストレートをオープンする場合は、**Yes**をクリックします。付属のサブストレート・ファイルのリストが表示されます。プロジェクトの一部として保存されているサブストレートをオープンする場合は、**No**をクリックします。プロジェクトの一部として保存されているサブストレート・ファイルのリストが表示されます。サブストレート・ファイルを探す方法の詳細については、すでに名前の付いているファイルを保存するには、Momentum Substrate Saveを選択します。サブストレートの保存場所を参照してください。
3. サブストレート・ファイルを選択し、**OK**をクリックします。

サブストレートの作成／変更

このセクションでは、サブストレートの作成、変更、編集について説明します。メタライゼーション・レイヤの詳細については、メタライゼーション・レイヤの定義を参照してください。

サブストレート・レイヤの定義

サブストレートは、全く新たに作成することも、既存のものを編集することもできます。サブストレートには、最小限トップ・プレーンとボトム・プレーンが必要です。



注記

レイアウト・コンポーネント・パレットに表示されるサブストレート・コンポーネントは使用できません。サブストレート定義の作成と編集には、**Momentum > Substrate > Create/Modify**で表示されるダイアログ・ボックスを使う必要があります。

サブストレート・レイヤを定義する手順:

1. **Momentum > Substrate > Create/Modify**を選択します。
2. 新しい定義の場合は、Substrate Layersフィールドに3つのデフォルト・レイヤが表示されます。
 - Free_space (トップ・プレーン)
 - Alumina (誘電体)
 - GND (ボトム・プレーン)
 これらのレイヤは、Momentumのサブストレート・レイヤの3つの基本タイプのサブストレート定義を表します。
 - Free_Spaceは、サブストレートのトップ・プレーンを表します。この定義では、開境界 (*open boundary*) として定義されています。
 - Aluminaは、有限の厚さの誘電体レイヤを表します。この種のレイヤは、インタフェース・レイヤ (*interface layers*) とも呼ばれます。
 - GNDは、サブストレートのボトム・プレーンを表します。GNDは閉境界 (*closed boundary*) を表します。

閉境界は、グラウンド・プレーンや、その他の閉境界 (蓋、筐体容器の底など) を定義します。

既存のサブストレート定義の場合は、さまざまな名前を持つ多数のレイヤが表示されることがありますが、それらはすべてこの3つの基本タイプのどれかに属し、トップ・プレーンとボトム・プレーンが必ず存在します。サブストレートにはトップ・プレーンとボトム・プレーンが必要であり、これらのプレーンは開境界または閉境界として定義されます。

3. 目的のレイヤを選択します。
4. サブストレートを作成するには、必要に応じてこれらのレイヤを編集、リネーム、追加する必要があります。これらの作業の詳細については、この後の各セクションで詳しく説明します。
5. サブストレートの定義が済んだら、**OK**をクリックしてダイアログ・ボックスをクローズします。

開境界の定義

開境界とは、空気など、無限の厚さのレイヤを表します。境界の比透磁率と比誘電率を編集することにより、他の気体または無限の厚さを持つ材料を定義することもできます。

開境界を定義する手順:

1. Free_Spaceレイヤまたはその他の開境界レイヤを選択します。
2. Boundaryリストで**Open**を選択します。
3. Permittivity (Er)リストボックスで、境界の比誘電率のフォーマットを選択します。比誘電率の各成分は以下のどれかの方法で入力できます。
 - 実数と虚数
 - 実数とロス・タンジェント
 - 実数と伝導率 (伝導率の単位はS/m)

比誘電率の実数部 ϵ' は無次元の量であり、材料の比透磁率 ϵ_r に等しくなります。このパラメータの詳細については、誘電率を参照してください。

高周波電界のパワーを消費する誘電体を表すには、材料の誘電ロス・タンジェント ϵ''/ϵ' をLoss Tangentフィールドに入力します。ロス・タンジェントが小さいほど、損失の少ない材料を表します。このパラメータの詳細については、誘電ロス・タンジェントを参照してください。比誘電率の各成分を、リストボックスの下のフィールドに入力します。

4. Permeability (Mu)リストボックスで、境界の比透磁率のフォーマットを選択します。比透磁率の各成分は以下のどれかの方法で入力できます。
 - 実数と虚数
 - 実数とロス・タンジェント

比透磁率の実数部 μ' は無次元の量であり、材料の比透磁率に等しくなります。このパラメータの詳細については、比透磁率を参照してください。

高周波磁界のパワーを消費する誘電体を表すには、材料の磁気ロス・タンジェント μ''/μ' をPermeability Loss Tangentフィールドに入力します。ロス・タンジェントが小さいほど、損失の少ない材料を表します。このパラメータの詳細については、磁気ロス・タンジェントを参照してください。比透磁率の各成分を、リストボックスの下のフィールドに入力します。

5. **Apply**をクリックして、開境界の定義を確認します。



ヒント

開境界レイヤからグラウンド・プレーンを作成するには、レイヤを選択し、BoundaryリストでCloseを選択します。

インタフェース・レイヤの定義

インタフェース・レイヤは有限の厚さを持ち、比誘電率と比透磁率を使って特性を指定できます。レイヤの厚さは任意ですが、以下の点を考慮する必要があります。

- 薄膜サブストレート (*thin substrate*) とは、厚さが1ミクロン未満のものであり、メッシングに関して特別な考慮が必要です。0.1ミクロンより薄いサブストレートは避けるべきです。
 - 厚膜サブストレート (*thick substrate*) の場合は、厚さは0.5波長未満にすべきです。厚膜サブストレートに関するこの推奨値は、代表的なデザイン値に基づいています。例えば、10 milのサブストレートでカバー高さ(空気)が300 milのものは、最高20 GHzの周波数(0.5波長にあたる)まで使用できます。
- インタフェース・レイヤを編集する手順:

1. Aluminaまたは他のインタフェース・レイヤを選択します。
2. レイヤの厚さをThicknessフィールドに入力し、隣のリストボックスで単位を選択します。
3. Permittivity (ϵ_r)リストボックスで、境界の比誘電率のフォーマットを選択します。比誘電率の各成分は以下のどれかの方法で入力できます。
 - 実数と虚数
 - 実数とロス・タンジェント
 - 実数と伝導率(伝導率の単位はS/m)

比誘電率の実数部 ϵ' は無次元の量であり、材料の比誘電率 ϵ_r に等しくなります。このパラメータの詳細については、誘電率を参照してください。

高周波電界のパワーを消費する誘電体を表すには、材料の誘電ロス・タンジェント ϵ''/ϵ' をLoss Tangentフィールドに入力します。ロス・タンジェントが小さいほど、損失の少ない材料を表します。このパラメータの詳細については、誘電ロス・タンジェントを参照してください。

比誘電率の各成分を、リストボックスの下のフィールドに入力します。

4. Permeability (μ_r)リストボックスで、境界の比透磁率のフォーマットを選択します。比透磁率の各成分は以下のどれかの方法で入力できます。
 - 実数と虚数
 - 実数とロス・タンジェント

比透磁率の実数部 μ' は無次元の量です。このパラメータの詳細については、比透磁率を参照してください。

高周波電界のパワーを消費する誘電体を表すには、材料の磁気ロス・タンジェント μ''/μ' をPermeability Loss Tangentフィールドに入力します。ロス・タンジェントが小さいほど、損失の少ない材料を表します。このパラメータの詳細については、磁気ロス・タンジェントを参照してください。

比透磁率の各成分を、リストボックスの下のフィールドに入力します。

5. **Apply**をクリックして、レイヤ定義を確認します。

閉境界レイヤの定義

閉境界とは、グラウンド・プレーンなどの面を表します。厚さが0のレイヤです。完全導体として定義することも、体積伝導率または面インピーダンスを指定して損失のある導体と定義することもできます。

グラウンド・プレーンを編集する手順:

1. 目的の///GND///レイヤを選択します。
2. BoundaryリストでClosedを選択します。
3. Planeリストボックスで、グラウンド・プレーンのフォーマットを選択します。グラウンド・プレーンは以下のパラメータを使って指定できます。
 - 完全導体 (Perfect conductor)
 - 体積伝導率 (S/m単位)
 - 面インピーダンス (Ω/m^2 単位)
 伝導率は実数で入力します。インピーダンスは実数部と虚数部からなる複素数として入力します。
 グラウンド・プレーンのパラメータを、リストボックスの下のフィールドに入力します。
4. **Apply**をクリックして、閉境界の定義を確認します。



ヒント

グラウンド・プレーンから開境界レイヤを作成するには、グラウンド・プレーンを選択し、BoundaryリストでOpenを選択します。

レイヤのリネーム

レイヤをリネームする手順:

1. Substrate Layersリストでサブストレートを選択します。
2. Substrate Layer Nameフィールドに名前が表示されます。名前を適当に変更します。
3. **Apply**をクリックします。



注記

グラウンド・プレーンは///GND///で表され、名前を変更することはできません。

レイヤの削除、追加、移動

サブストレート・レイヤを正しい順序に配置するために、レイヤの削除、追加、移動が可能です。

サブストレート・レイヤを削除する手順:

1. *Substrate Layers*リストでサブストレート・レイヤを選択します。
 2. **Cut**をクリックします。レイヤ定義が削除されます。
- サブストレート・レイヤを追加する手順:
3. 追加するレイヤと同じ基本属性(開境界、閉境界、有限厚さ)を持つサブストレート・レイヤを、*Substrate Layers*リストで選択します。
 4. **Add**をクリックします。
 5. 新しいレイヤが強調表示されます。新しいレイヤをリネームするには、*Substrate Layer Name*フィールドを編集します。
- サブストレート・レイヤを移動する手順:
6. 移動するサブストレート・レイヤを*Substrate Layers*リストで選択します。
 7. **Cut**をクリックします。
 8. 移動するサブストレートの下に配置したいサブストレート・レイヤを選択します。
 9. **Paste**をクリックします。

シリコン・サブストレート・レイヤの定義

シリコン材料の電気的挙動は、通常誘電率と抵抗率(または伝導率)を使って指定します。

誘電率については、 ϵ' の値として11.8(11.9)が通常用いられます。

抵抗率(ρ)の値は通常 Ω cmで指定され、代表的な値は10です。

Momentumでは、伝導率(σ)をS/m(抵抗率の逆数)で指定できます。
詳細については、伝導率を参照してください。

抵抗率からの伝導率の計算

伝導率は単に抵抗率の逆数です。逆数を取る前に、抵抗率の値が Ω mであることを確認してください。
例:

1. $\rho = 10 \text{ ohm cm}$
2. $\rho = 10 \text{ ohm cm} = 0.1 \text{ ohm m}$
3. $\sigma = 1/\rho = 10 \text{ S/m}$

伝導率の定義

シリコン・サブストレートの伝導率を定義する手順:

1. **Momentum > Substrate > Create/Modify**を選択します。
2. **Create/Modify**ダイアログ・ボックスで、*Permittivity (ER)*の下で*RE, Conductivity*を選択します。
3. サブストレートの誘電率と伝導率(S/m)を指定します。
4. 終了したら、**OK**をクリックしてダイアログ・ボックスをクローズします。

メタライゼーション・レイヤの定義

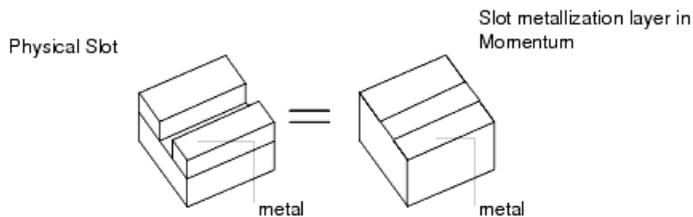
メタライゼーション・レイヤの働きは以下のとおりです。

- サブストレート内でのレイアウト・レイヤの位置を定義する。
- レイヤのどの部分が伝導性を持つかを指定する。
- レイアウト・レイヤの伝導率を定義する。
レイアウト・レイヤのどの部分が伝導性を持つかを定義するために、レイヤを以下のように指定できます。
- ストリップ・レイアウト・レイヤ上のオブジェクトは伝導性、それ以外のレイヤの部分は非伝導性です。



the hairpin filter objects are conductive and mapped to a strip metallization layer

- スロット・ストリップの逆で、スロット・レイアウト・レイヤ上にドローイングされたオブジェクトは金属の逆イメージなので非伝導性であり、オブジェクトを囲むレイヤの他の部分は伝導性です。シミュレーション時に、Momentumはスロット内の電界分布(等価磁流)を考慮します。

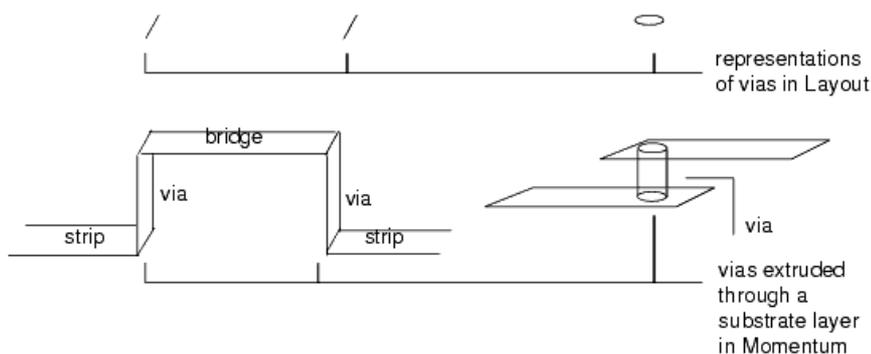
**注記**

スロット・メタライゼーションの伝導率は無視され、完全なメタライゼーションが仮定されます。

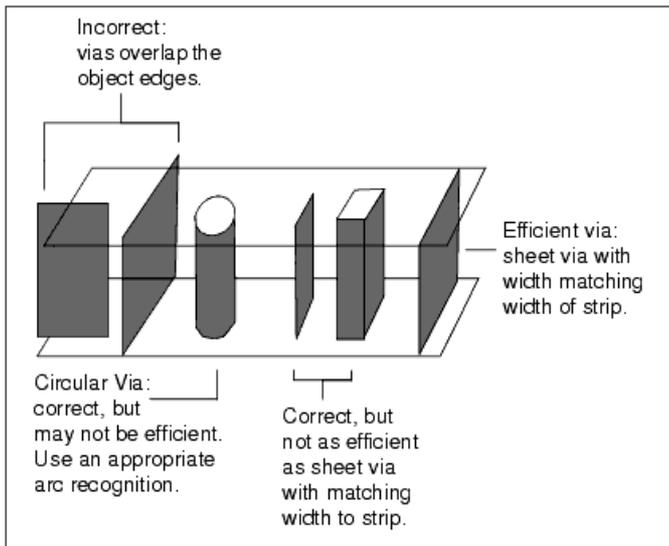
- ビア・レイアウト・レイヤ上のオブジェクトは伝導性で、1つ以上のサブストレート・レイヤを垂直に貫通します。ビアのドローイングおよび適用方法の詳細については、Layoutウィンドウでのビアの適用と作成を参照してください。
ストリップとスロットを使用したサンプルとしては、以下のものがあります。
 - Double_Patchアンテナ・サンプルのパッチ。これらはtop_metという名前のレイアウト・レイヤ上にドローイングされており、伝導性です。このレイアウト・レイヤは、ストリップとして定義されたメタライゼーション・レイヤにマッピングされています。
 - Slot_dipoleアンテナ・サンプルのスロット。これらのスロットは、slotという名前のレイアウト・レイヤ上にドローイングされています。スロットは伝導性でなく、スロットの周りの領域は伝導性です。このレイアウト・レイヤは、スロットとして定義されたメタライゼーション・レイヤにマッピングされています。
- なお、レイアウトには実際の回路の一部でない多数のレイヤが存在します。例えば、テキスト・レイヤやエラー報告レイヤなどです。Momentumのシミュレーションにおいてはこれらは無視されます。回路の一部を含むレイアウト・レイヤがメタライゼーション・レイヤにマッピングされない場合は、これらも無視されます。
- メタライゼーション・レイヤの定義には、以下のようなステップがあります。
- レイアウト・レイヤからメタライゼーション・レイヤへのマッピング
 - レイヤの伝導率の定義
 - オーバラップ優先度の設定
- これらの各ステップの詳細について、以下の各セクションで説明します。

Layoutウィンドウでのビアの適用と作成

Momentumは、ビアを作成する際に、ビアとしてマッピングされたオブジェクトを引き伸ばして、適用対象のサブストレート・レイヤを貫通させます。ビアは、ラインまたは閉じた多角形としてドローイングされます。単純なライン・セグメント・ビアは、ビアをドローイングする最も単純で実用的な方法です。ラインとして作成されたビアは、シート・ビアと呼ばれることがあります。これは、ラインがサブストレートを貫通するときに、水平のメタル・シートとして扱われるからです。他の形状のビアの場合は、閉じた多角形をドローイングしてください。例えば、円筒ビアの場合は円をドローイングします。Momentumで形状がビア・メタライゼーション・レイヤにマッピングされるときに、オブジェクトは3次元となり、サブストレートを貫通します。これによってラインはシートとなり、円は円筒となります。



どの方法でビアをドローイングした場合でも、接続先のオブジェクトの端からビアがはみ出さないようにしてください。ビアはオブジェクトのエッジに接するか、内部になければなりません。オブジェクト境界の外側にあるビアの部分は、シミュレーションで考慮されません。下の図は、2つのストリップを接続する各種のビアを示します。



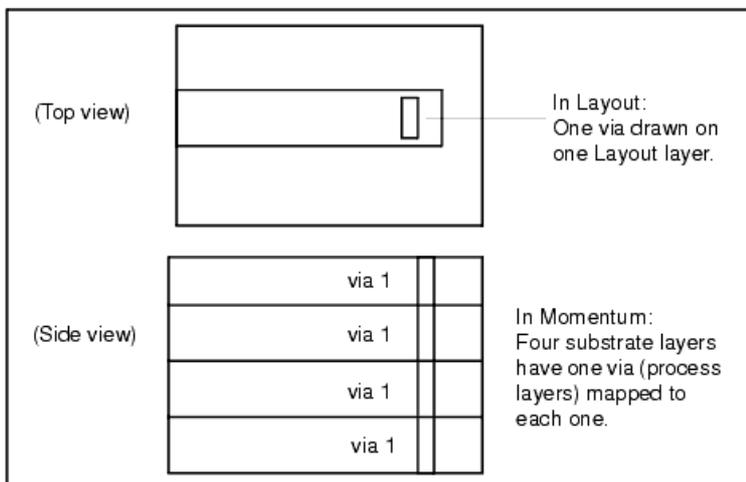
ビアは以下のように扱われます。

- ビアは無限に薄い垂直のメタル・シートとして扱われます。円筒をドローイングしてビアを作成した場合は、円筒の側壁を構成する別のメタル・シートの組として扱われます。
- ビアはオープンであると見なされ、シート上を流れる電流で覆われているとは見なされません。覆われた形でビアをドローイングするには、ビアの先端と同じサイズのキャップ(カバー)を使います。これはメタル・ストリップ・レイアウト・レイヤによる終端です。
- 2つのビアが同じサブストレータ・レイヤを貫通し、異なるレイアウト・レイヤにある場合は、これらは一致させることはできません。これに対して、同じレイアウト・レイヤ上の2つのビアは一致させることができます。
- ビアは、接続先のプリミティブの内部に完全に含まれなければなりません。
- ビアの損失を指定することはできませんが、厚さは0として扱われます。

複数のサブストレータ・レイヤを貫通するビア

ビアを複数レイヤに適用して、1つ以上のレイヤを貫通させることができます。

複数のサブストレータ・レイヤを貫通するビアをドローイングする場合は、各ビアは1つのレイアウト・レイヤ上に1回だけドローイングします。このレイアウト・レイヤを、ビアが貫通する各サブストレータ・レイヤに(Metallizationタブを使って) Viaとしてマッピングすることにより、ビア・レイヤをすべてのサブストレータ・レイヤに割り当てる必要があります。



レイアウト・レイヤのマッピング

回路の一部である任意の形状またはコンポーネントを含むレイアウト・レイヤは、メタライゼーション・レイヤにマッピングする必要があります。メタライゼーション・レイヤにマッピングされないレイアウト・レイヤは、シミュレーションで考慮されません。

レイアウト・レイヤをマッピングする手順:

1. **Momentum > Substrate > Create/Modify**を選択します。
2. **Metallization Layers**タブをクリックします。
3. **Layout Layers**リスト・ボックスでレイヤを選択します。なお、**default**レイアウト・レイヤはメタライゼーション・レイヤにマッピングできません。マッピングできる最初のレイヤは**cond**です。
4. レイヤをスロットまたはストリップにマッピングするには、**Substrate Layers**リストから破線を選択してスロットまたはストリップを2つのサブストレータ・レイヤの

間に配置した後、**Strip**または**Slot**をクリックします。

間違った場合は、**Unmap**をクリックしてから、正しい方をクリックします。

- **Strip**は、レイアウト・レイヤ上のオブジェクトを伝導性として、オブジェクトの周りの領域を非伝導性として定義します。
- **Slot**はストリップの逆で、レイアウト・レイヤ上のオブジェクトを非伝導性として、オブジェクトの周りの領域を伝導性として定義します。シミュレーション時に、Momentumはスロット内の電界分布(等価磁流)を考慮します。



注記

スロット・メタライゼーションの伝導率は無視され、完全なメタライゼーションが仮定されます。

- レイヤをビアとしてマッピングするには、ビアが貫通するサブストレート・レイヤを選択し、**Via**をクリックします。ビアを2層以上のレイヤに貫通させたい場合は、次のレイヤを選択してから、もう一度**Via**をクリックします。
 - **Vial**は、レイアウト・レイヤ上のオブジェクトを伝導性として定義します。このオブジェクトは、1つ以上のサブストレート・レイヤを垂直に貫通します。
- このレイヤの伝導率特性を定義するには、伝導率の定義を参照してください。
- レイヤが重なっているか、その可能性がある場合は、オーバラップ優先度を指定する必要があります。オーバラップ優先度の設定を参照してください。
- Apply**ボタンをクリックします。

レイヤのマッピング解除

レイヤの場所を変更したり、サブストレート定義からレイヤを削除したりするには、**Unmap**を使います。

レイヤのマッピングを解除する手順:

- Momentum > Substrate > Create/Modify**を選択します。
- Metallization Layers**タブをクリックします。
- Substrate Layers**リストで、レイアウト・レイヤがマッピングされているサブストレート・レイヤまたはインタフェースを選択します。
- Unmap**をクリックします。この位置に割り当てられているレイアウト・レイヤがすべて削除されます。
- レイヤを再マッピングする手順については、レイアウト・レイヤのマッピングを参照してください。

ビアのシミュレーション・モデル

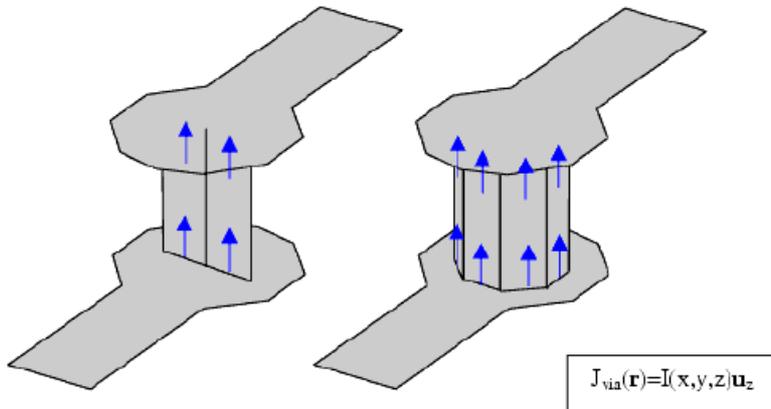
ADS 2006AのMomentumでは、ビア・オブジェクトに使用できるシミュレーション・モデルが3種類あります。

- 2次元分布定数モデル
- 集中定数モデル
- 3次元分布定数モデル

この中で、集中定数モデルと3次元分布定数モデルは、ADS 2006Aで新たに使用可能になったものです。集中定数モデルは、コンタクト・ビア(主な目的が電氣的または機械的な接触)を効率的にシミュレートするために用いられます。3次元分布定数モデルは、ビア電流(水平ビア電流を含む)のすべての成分の3次元モデリングが可能で、信号ビアの電氣的挙動をより正確にシミュレートするために使用できます。

2次元分布定数モデル

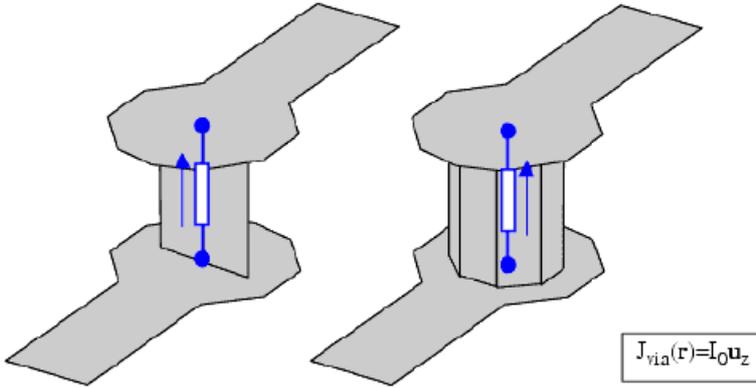
- デフォルトのビア・モデル(以前のリリースでも使用可能)です。
- 表面を長方形のセルでメッシングすることにより、ビア・オブジェクトの分布定数モデルが作成されます。
- ビア電流の垂直成分だけが、垂直方向のRoofTop関数を使ってモデリングされます。このため、モデリングされた垂直成分の電流分布は、断面と垂直方向(2次元電流分布)の両方に変化します。
- 各ビア・オブジェクトは、長方形セル1個あたり2個の未知電流を行列方程式に追加します。
- ビアの抵抗と表皮効果は、シート表面インピーダンスの式を使って考慮されます。
- ビアの自己/相互インダクタンス(垂直電流のみ)およびキャパシタンスがシミュレーションで考慮されます。



集中定数モデル

- ビア・オブジェクトはストラクチャから抽出され、集中定数モデルに置き換えられます。
- 分布定数ビア・ネットワーク・トポロジーのすべての分岐が除去され、ビア・オブジェクトの中央の下と上のセルをつなぐ1つの集中定数分岐に置き換えられます。
- 各ビア・オブジェクトは、行列方程式に1つの未知数だけを追加します。これは集中定数ビア電流で、一定振幅の垂直成分だけを持ちます。
- ビアのシミュレーションには、集中定数の直列R、レインピーダンスが電気モデルとして用いられます。
- ビアの抵抗RとインダクタンスLは、形状と材料パラメータから自動的に計算されます。
- 相互インダクタンスは考慮されません。

- 自己キャパシタンスと相互キャパシタンスは考慮されません。
- ビア・セルは行列方程式のロード・プロセスには影響しません。



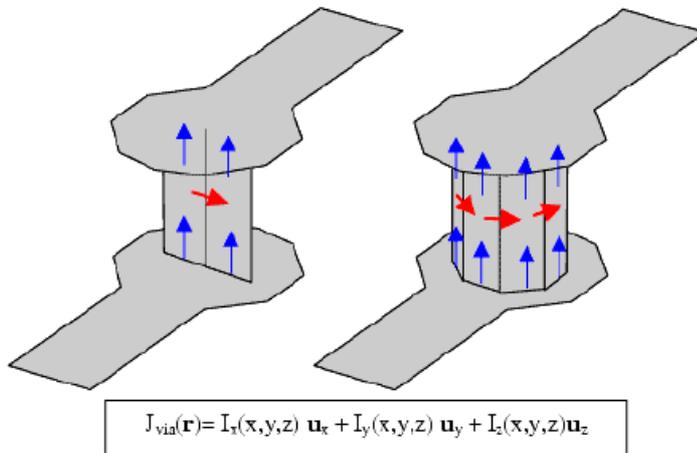
ビアの内部インピーダンス(抵抗と内部インダクタンス)は、ビア上の一様な垂直電流分布に対して表面インピーダンスの考え方を適用することで得られます。すなわち、以下のようになります。

$$Z^{int} = Z_s(\delta, T, \omega) \frac{H}{L} = R(\omega) + j\omega L^{int}(\omega)$$

伝導率によって指定されるビア・マスク・レイヤの場合は、表面インピーダンス Z_s は片側表皮効果の式によって計算されます。これにより、周波数依存の表皮効果(周波数の上昇とともに抵抗が増加し、内部インダクタンスが減少)が、集中定数ビア・モデルで考慮されます。インピーダンスで指定されるビア・マスク・レイヤの場合は、周波数依存の表皮効果は考慮されません。

3次元分布定数モデル

- 表面を長方形のセルでメッシングすることにより、ビア・オブジェクトの分布定数モデルが作成されます。
- ビア電流の水平成分と垂直成分の両方が、水平方向と垂直方向のRoofTop関数を使ってモデリングされます。これにより、ビア・オブジェクトの3次元電流モデルが得られます。
- 各ビア・オブジェクトは、長方形セル1個あたり4個の未知電流を行列方程式に追加します。
- ビアの抵抗と表皮効果は、表面インピーダンスの式を使って考慮されます。
- ビアのすべての自己／相互インダクタンスおよびキャパシタンスがシミュレーションで考慮されます。

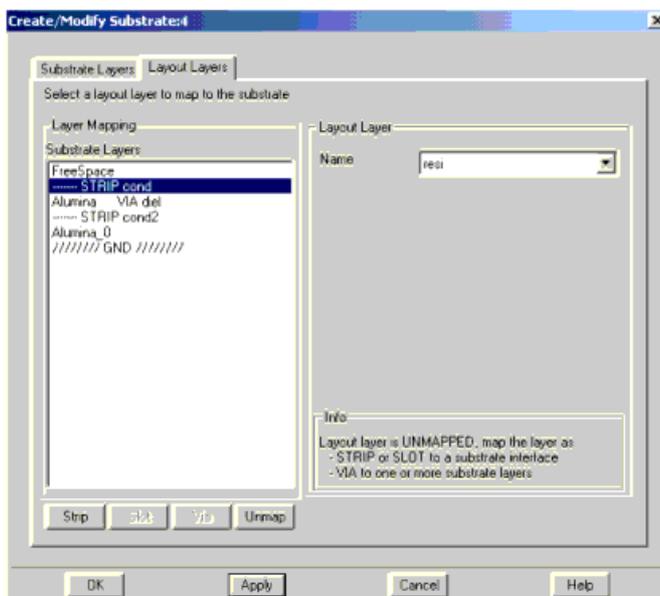


Momentumのレイヤ・マッピングGUI

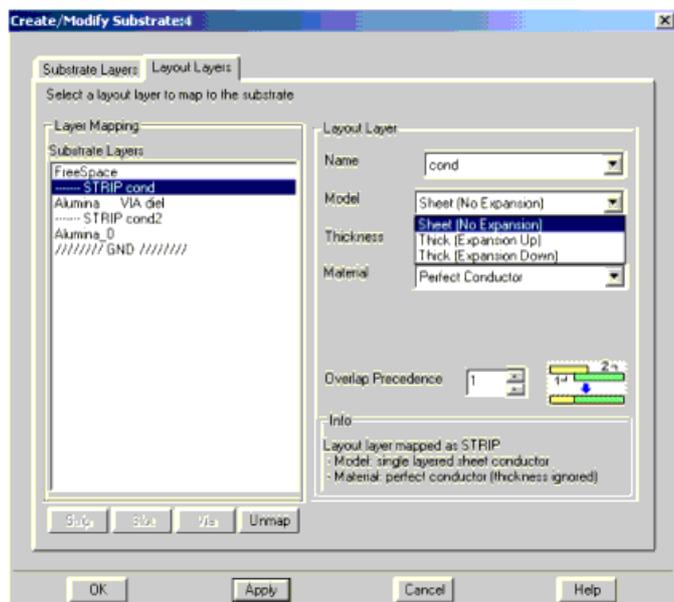
Momentumのレイヤ・マッピング・ダイアログが、新しいビア・モデルに対応して拡張されています。以下の変更が加えられています。

- マッピングされていないレイヤのレイヤ・プロパティを定義するためには、先にレイヤをマッピングする必要があります。このため、マッピングされていないレイヤのレイヤ・プロパティはすべて非表示になります。
- VIAにマッピングされたレイヤの場合は、ユーザは3つのシミュレーション・モデル(Lumped、2D Distributed、3D Distributed)から1つを選択できます。
- 2D Distributed modelは、2006Aより前のすべてのサブストレート定義に用いられているデフォルトのビア・モデルです。
- STRIPにマッピングされたレイヤの場合は、既存の以下の3つの形状モデルから1つを選択できます。
Sheet (No Expansion)
Thick (Expansion Up)
Thick (Expansion Down)
- SLOTにマッピングされたレイヤの場合は、Modelコンボ・ボックスには“Ground Plane (Holes)”の1つのオプションしかありません。
- 選択したレイヤ・プロパティの詳細情報は、ダイアログの埋め込み情報に記載されています。
- Thicknessフィールドは、STRIPにマッピングされたレイヤだけに表示されます。
- Overlap Precedenceフィールドは、STRIPにマッピングされたレイヤだけに表示されます。

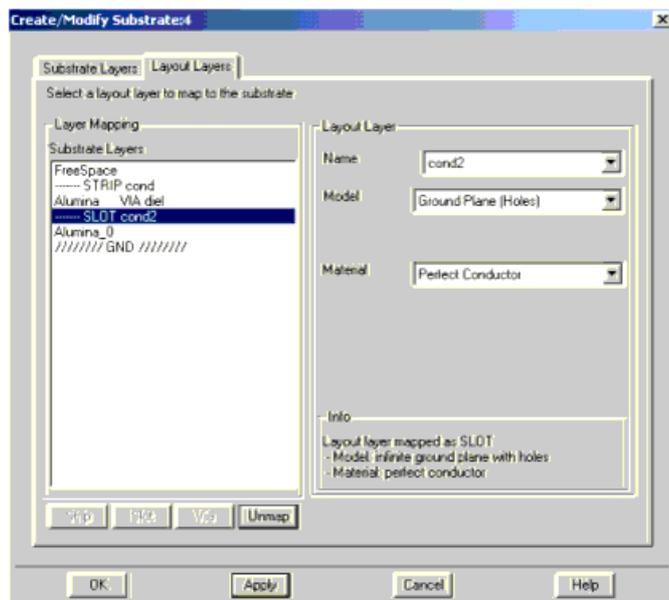
マッピングされていないレイヤ



STRIPにマッピングされたレイヤ

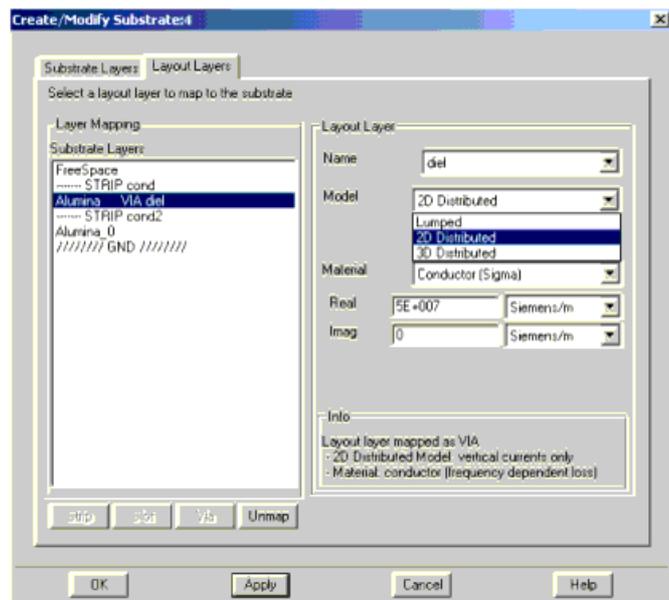


SLOTにマッピングされたレイヤ

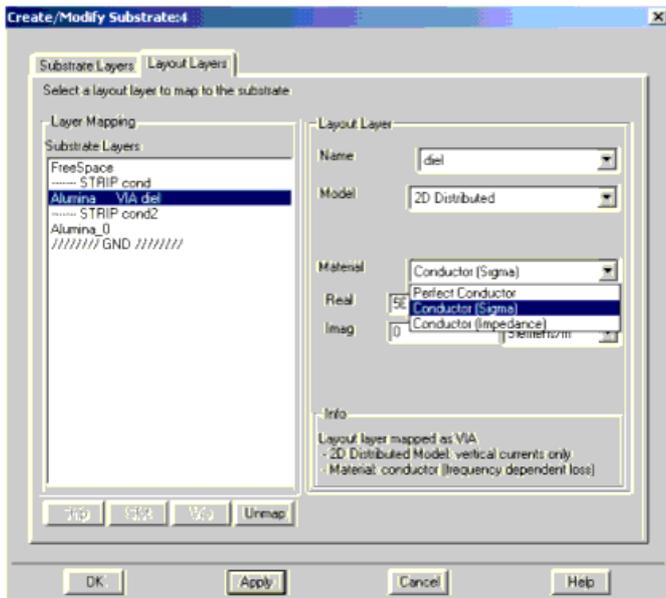


VIAにマッピングされたレイヤ

ビア・モデルの選択

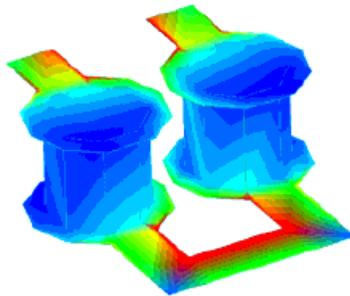
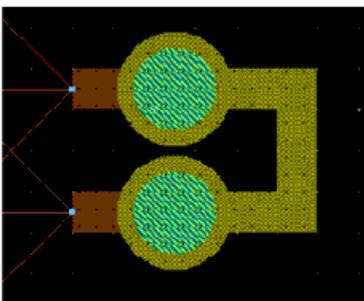


材料の選択



新しいビア・シミュレーション・モデルの例

2つの結合RFボード・ビア



ビア形状

- 高さ = 20 μm
 - 半径 = 9.744 μm
 - 伝導率 = 5.0e7 S/m
- DC抵抗 = 0.00141423 Ω

集中定数モデル(赤)

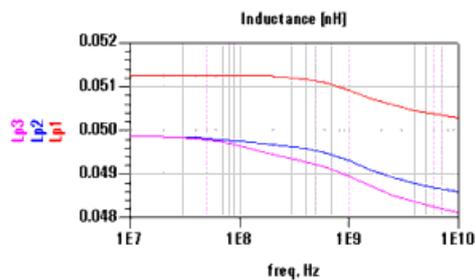
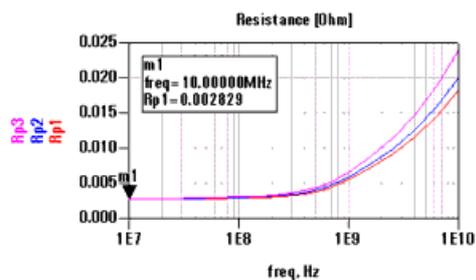
未知数1個/ビア
 全行列サイズ = 348
 ユーザ時間(周波数ポイント11個) = 1分25秒
 メモリ = 5.09 MB

2次元分布定数(青)

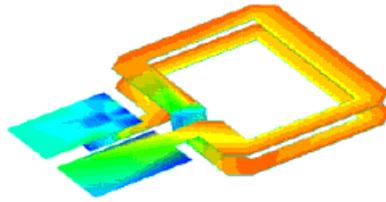
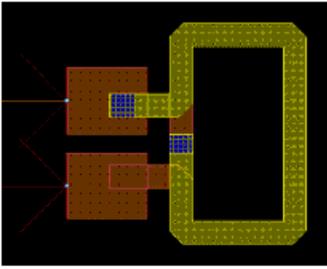
未知数24個/ビア
 全行列サイズ = 394
 ユーザ時間(周波数ポイント11個) = 1分35秒
 メモリ = 6.69 MB

3次元分布定数(紫)

未知数32個/ビア
 全行列サイズ = 410
 ユーザ時間(周波数ポイント11個) = 1分36秒
 メモリ = 7.26 MB



シリコン・スパイラル・インダクタ

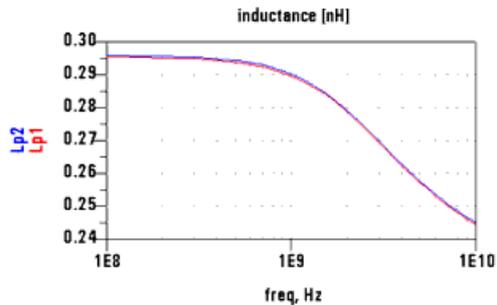
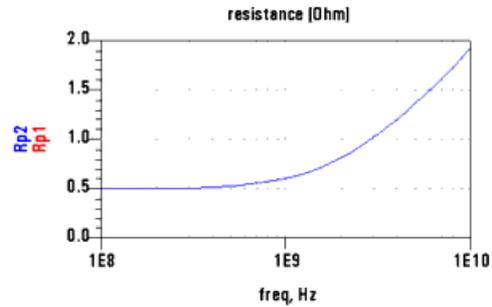


集中定数モデル(赤)

未知数1個/ビア
 ビア45個、ビア未知数合計45個
 全行列サイズ = 880
 ユーザ時間(周波数ポイント5個) = 59秒
 メモリ = 31.08 MB

2次元分布定数(青)

未知数8個/ビア
 ビア45個、ビア未知数合計360個
 全行列サイズ = 1195
 ユーザ時間(周波数ポイント5個) = 1分14秒
 メモリ = 54.72 MB



伝導率の定義

レイアウト・レイヤは、導体または抵抗体として定義できます。レイアウト・レイヤをストリップまたはビアとして定義する場合は、ストリップまたはビアの伝導率を定義します。しかし、レイアウト・レイヤをスロットとして定義する場合は、スロットの周囲にあるメタルの伝導率を定義することはできません。これは、スロットが完全導体で囲まれていると仮定されるからです。

伝導率を定義する手順:

1. **Momentum > Substrate > Create/Modify**を選択します。
2. **Metallization Layers**タブを選択します。
3. **Layout Mapping**リストで、マッピングされているレイアウト・レイヤを選択します。
4. **Layout Layers**セクションの **Type**リストから導体のタイプを選択します。*Sheet Conductor*(シート導体)、*Thick Conductor (up)*(厚膜導体(上))、*Thick Conductor (down)*(厚膜導体(下))のいずれかを選択します。
5. **Thickness**で厚さを設定します。
6. **Conductivity**リストで、伝導率の定義を以下のうちから選択します。
 - Perfect conductor
 - Sigma (Re, Im)
 - Impedance (Re, Im)

*Perfect Conductor*を選択すると、ストリップ、ビア、またはスロットの周囲のメタルが損失のない完全導体になります。これ以外の定義は不要です。

*Sigma (Re, Im, thickness)*を選択すると、バルク伝導率を複素数値で指定できます。**Conductivity**リストの下の各フィールドに、バルク伝導率の実数部と虚数部を、S/mまたはS/cm単位で入力します。虚数値は超伝導アプリケーションで重要です。**Thickness**フィールドにメタルの厚さを入力し、単位を選択します。等価表面インピーダンスを求める際に、これらの値を使ってDCおよび高周波の損失メカニズムが計算されます。例えば、金の体積伝導率は41,000,410 S/mであり、任意の厚さを指定できます。伝導率と厚さを指定する場合に用いられる等価DC面インピーダンスは以下ようになります。

$$Z_{DC} = \frac{1}{(\sigma r \times t)}$$

ここで、 σ は伝導率の実数部(S/m)、 t は導体の厚さ(m)です。高周波では、等価面インピーダンスは以下の式と同等になります。

$$Z_{HF} = \frac{1+j}{2\sigma\delta}$$

ここで、 δ は表皮深さであり、以下の式で与えられます。

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{\pi f \mu_0 \sigma}}$$

f は周波数(Hz)、 μ_0 は自由空間の透磁率です。この高周波損失仕様は、単一シートの表皮効果損失モデルに対応します。すなわち、ここでは高周波の電流が有限厚さ導体の片側に集中すると仮定されています。

- 注記**
2重シート表皮効果損失モデルをアクティブにするには、*momentum.cfg*ファイルで以下の変数を設定します。

MOM3D_USE_SHEETLOSSMODEL=2

この変数のデフォルト値は1であり、片側表皮効果損失を示します。

この設定フラグは、有限厚さの導体がシミュレートされ、有限厚さ導体として展開されない場合のみ使用します。両側表皮効果損失モデルは、片側表皮効果損失損失モデルと同じDC損失を与えます。しかし、高周波では、片側表皮効果損失損失モデルは電流が導体の片側に集中すると仮定するのに対し、両側表皮効果モデルは導体の両側の電流分布が等しいと仮定します。

*Impedance (Re, Im)*を選択すると、伝導率を面インピーダンス(Ω/m^2)で指定できます。実数部をRealフィールドに、虚数部をImaginaryフィールドに入力します。

- 注記**
Momentumはこのようなメタル・レイヤ定義を、周波数に依存しない一定の損失モデルとして扱います。この場合は、UIで入力された厚さは無視されます。

- 定義が終了したら、**Apply**をクリックします。
- マッピングされたレイアウト・レイヤの残りに対して、上記の手順を繰り返します。
- 終了したら、**OK**をクリックしてダイアログ・ボックスをクローズします。

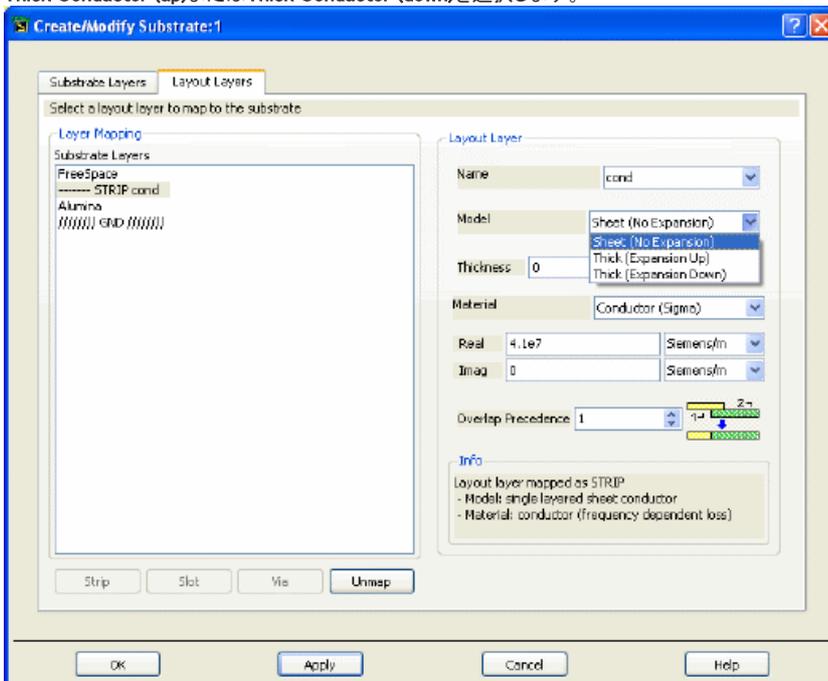
厚さのある導体の自動3次元展開

Momentumでは、有限厚さの導体を3次元メタル展開機能を使ってモデリングできます。この機能は、有限厚さの導体のマスクを、導体の指定された厚さを使って、レイヤ媒体に垂直な方向に自動的に展開します。

自動3次元展開をアクティブにするには、*Thick Conductor (up)*または*Thick Conductor (down)*のいずれかの展開を選択します。どちらの場合も、内部Momentumサブストレート・モデルに誘電体レイヤが1つ追加されます。これは、展開されるメタル・レイヤのそれぞれに対して行われます。メタル・レイヤとメタル・レイヤの間の誘電体レイヤの厚さの値は変更されないで、サブストレート内で互いに重なり合う2つの導体の間のキャパシタンスの値は変わりません。

自動3次元メタル展開のサブストレート項目を選択する手順:

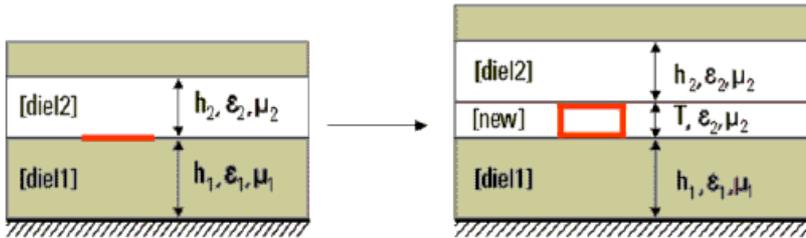
- Momentum > Substrate > Create/Modify**を選択します。
- Metallization Layers**タブをクリックします。
- Substrate Layers**リストで、レイアウト・レイヤがマッピングされているサブストレート・レイヤまたはインタフェースを選択します。
- Layout Layerダイアログ・ボックスでTypeドロップダウン・リストを選択します。
- Thick Conductor (up)**または**Thick Conductor (down)**を選択します。



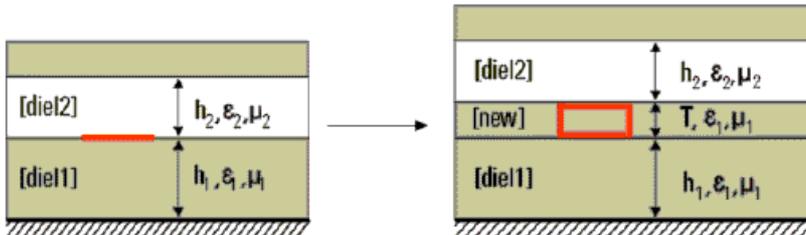
自動展開を使用すると、シミュレーションの時間と必要メモリが増加しますが、シミュレーション結果の精度は上がります。一般的に、高さ／厚さの比が5よりも小さい場合は、導体の有限の厚さの影響をMomentumシミュレーションで考慮する必要があるでしょう。

下の図は、導体に対して“up”と“down”の展開を使用した場合の内部サブストレート・モデルを示します。どちらの場合も、追加の誘電体レイヤが挿入され(図では[new]と表示)、“up”展開の場合はメタル・レイヤの上にあるレイヤの誘電特性を持ちます。“down”展開の場合は、新しいレイヤはメタル・レイヤの下にあるレイヤの材料特性を持ちます。

'up' expansion



'down' expansion



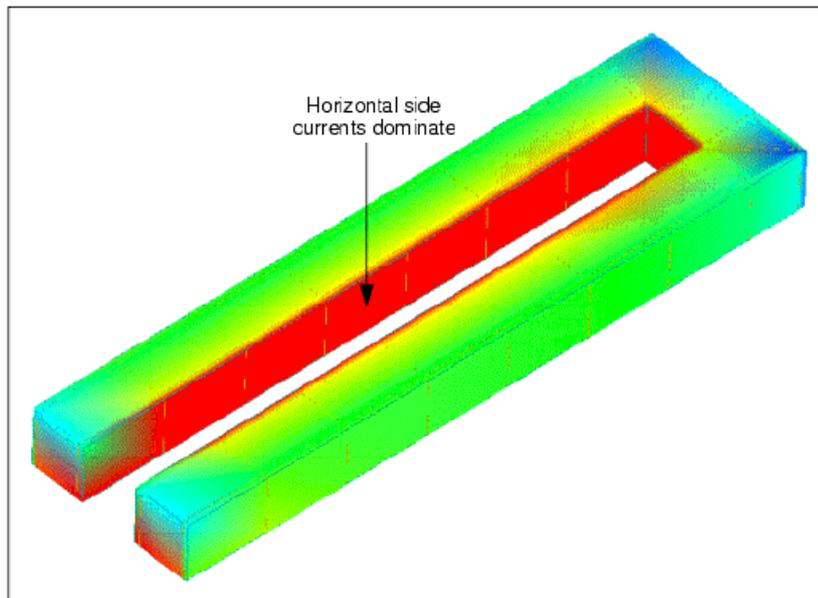
注記
追加の内部メタライゼーション・レイヤは、有限厚さ導体の4サイドすべての電流をモデリングするために自動的に Momentum に追加されます。

これとは別の「手動」展開の方法については、ビアによる有限厚さのモデリングを参照してください。

厚さのある導体の水平側面電流のモデリング

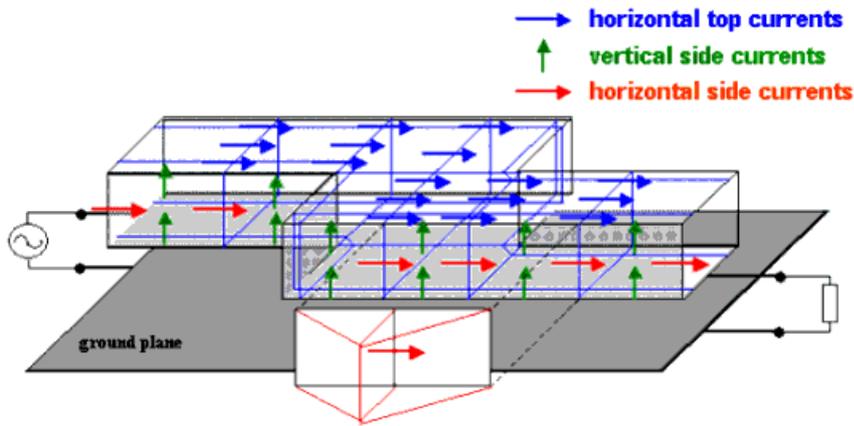
厚さのある導体の水平側面電流を自動的にモデリングするには、**Momentum** > **Mesh** > **Setup** を選択し、Mesh Setup Controls ダイアログ・ボックスの *Global* タブにある *Horizontal side current (thick conductors)* 機能をオンにします。Mesh Setup Controls の詳細については、回路全体に対するメッシュ・パラメータの定義を参照してください。

この機能を選択した場合は、グリーン関数に対する新しい構成技術が使用され、サブストレート・データベースの再計算は不要です。**Momentum** > **Post-Processing** > **Visualization** を選択することでポスト・プロセッシングで視覚化できます。これは、3次元メッシュと電流ビジュアライゼーションの両方に使用できます。



水平側面電流を考慮した厚さのある導体のUターンのビジュアライゼーション

Horizontal side current をオンにした場合は、自動展開を指定されたすべての導体に水平電流成分が追加されます。これにより、下の図に示すような電流のモデリングが行われます。



- i 注記**
通常のビアの場合は、またはユーザが手動で有限厚さの導体を展開する場合は、水平電流成分は追加されません。

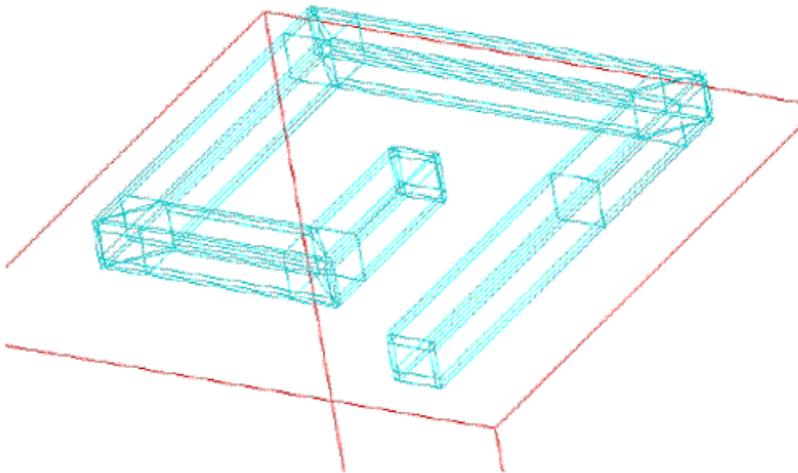
過去のバージョンとの互換性のために、新しい水平側面電流トグルはデフォルトではオフになっています。

側面メタライゼーションのメッシュに対して、いくつかのレベルの細かさを指定できます。

- 水平方向に1個のセル・エッジ・メッシュがオフで、伝送ライン・メッシュ指定が入力されていない場合。

- i 注記**
これは、導体が自動的に展開されるように指定されている場合に推奨される設定です。

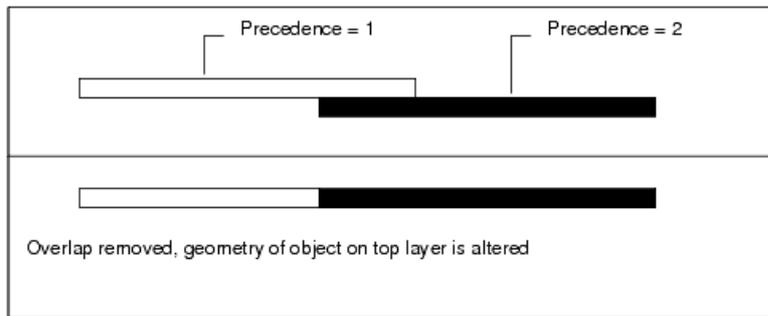
- 水平方向に複数のメッシュ・セル・エッジ・メッシュがオフで、伝送ライン・メッシュ指定が入力されている場合。
- 水平方向にエッジ・メッシュ・グローバル・エッジ・メッシュ・トグルがオンで、自動展開される導体のすべての側(上下左右)にエッジ・メッシュが指定されている場合。これを下の図に示します。



- i 注記**
側面メタライゼーションに複数のメッシュ・セグメントを使用した場合は、シミュレーション時間は大幅に増加します。

オーバラップ優先度の設定

複数のレイアウト・レイヤが同じメタライゼーション・レイヤに割り当てられていて、メタライゼーション・レイヤ上のオブジェクトが重なる場合は、どのレイアウト・レイヤを優先するかをオーバラップ優先度によって指定できます。メッシュ・メーカは、レイヤ上のオブジェクトのうち優先度の値が最大のものにメッシュを割り当てます。この際、レイヤ上にある優先度が低いオブジェクトが重なった部分は、回路から論理演算により取り除かれます。重なるオブジェクトがある場合に優先度が設定されていないと、任意のメッシュが自動的に作成され、エラーは報告されません。スキマティックから生成された抵抗性レイヤは、最も高い優先度に自動的に設定されます。



場合によっては、製造上のレイアウトの指針に従って、意図的に重なりのあるデザインを作成することがあります。この場合は、重なるレイアウト・レイヤに対して、優先度とは逆の順番で(すなわち、大きい方から小さい方へ)優先度を付けます。値が大きいレイヤのエッジにシステムが自動的に境界をドローイングし、エラーは返されません。

優先度はメッシュの作成方法に影響するだけで、デザインのレイアウト・レイヤを変更することはありません。

オーバーラップ優先度を指定する手順:

1. **Momentum > Substrate > Create/Modify**を選択します。
2. **Metallization Layers**タブを選択します。
3. Layer Mappingセクションの *Substrate Layers* リストで、重なっているレイアウト・レイヤの1つを選択します。
4. *Overlap Precedence* フィールドにこのレイヤの優先度を指定します。フィールドに直接値を入力するか、矢印キーで値を選択します。
5. **Apply** をクリックします。
6. 重なっているレイヤの残りに対して、上記の手順を繰り返します。
7. 終了したら、**OK** をクリックしてダイアログ・ボックスをクローズします。

誘電体のパラメータ

以下の各セクションでは、以下の誘電体パラメータについての詳細を説明します。

- 誘電率
- 誘電ロス・タンジェント
- 伝導率
- 比透磁率
- 磁気ロス・タンジェント

誘電率

すべての誘電体の比誘電率は、以下の複素数であると仮定されます。

$$\epsilon = \epsilon' + j\epsilon''$$

これは以下のようにも表されます。

$$\epsilon = \epsilon' \left(1 + j \frac{\epsilon''}{\epsilon'} \right)$$

ここで、 ϵ' は ϵ の実数部、 ϵ''/ϵ' は誘電ロス・タンジェントです。

材料とその代表的な誘電率の例を下の表に示します。

材料	比誘電率
アルミナ	9.8
サファイア	9.3 - 11.7
ベリリア	6.0
ルチル	100.0
GaAs	12.9



注記

表の値は単なる参考用です。実際の材料に対する測定値を使用してください。

誘電ロス・タンジェント

材料の誘電ロス・タンジェントは、周波数の関数です。10 GHz電界に対する誘電ロス・タンジェントの例を下の表に示します。

材料	<th>
アルミナ	.0002
ガラス	.002
ベリリア	.0001
ルチル	.0004
GaAs	.0016

**注記**

この値は単なる参考用です。実際の材料に対する測定値を使用してください。

誘電体の伝導率

いくつかの材料(シリコンなど)の場合は、サブストレートの損失効果は(ϵ' , σ = 伝導率)で記述する方が(ϵ' , ロス・タンジェント)で記述するよりも適しています。複素誘電率は以下の式で(ϵ' , 伝導率)と関連付けられます。

$$\epsilon = \epsilon' - ((j\sigma)/(\omega\epsilon_0))$$

ここで:

$$\omega = 2\pi \text{ 周波数}$$

$$\epsilon_0 = 8.85e-12 \text{ F/m (自由空間の絶対誘電率)}$$

場合によっては、伝導率の代わりに抵抗率(ρ)が指定されることもあります。抵抗率と伝導率の関係は以下のとおりです。

$$\rho = 1/\sigma$$

抵抗率は通常 Ω_{cm} で、伝導率は S/m で指定されます。

例:

シリコン材料の代表的な抵抗率は以下のとおりです。

$$\rho = 10 \Omega_{\text{cm}}$$

これは以下の伝導率に対応します。

$$\sigma = 10 \text{ S/m}$$

**注記**

Momentum > Substrate > Create/Modifyの下でSubstrate Layersタブを選択したときに、Permittivity (Er)をRe, Conductivityに設定すると、データセットにGAMMAは示されず、Z0の値はデフォルトの50 Ω に設定されます。これは、Momentumのシミュレーション速度を改善するためにポート・ソルバがオフになるからです。ポート・ソルバをオンに戻すには、HOME/hpeesof/config/momentum.cfgにある以下の構成変数を設定する必要があります。

```
MOM3D_USE_PORTSOLVER=2
```

これにより、ポート・ソルバが強制的に実行され、Z0とGAMMAのエントリがデータセットに正しく示されます。

誘電体の比透磁率

すべての誘電体の比透磁率は、以下の複素数であると仮定されます。

$$\mu = \mu' + j\mu''$$

これは以下のようにも表されます。

$$\mu = \mu' \left(1 + j \frac{\mu''}{\mu'} \right)$$

ここで、 μ' は μ の実数部、 μ''/μ' は磁気ロス・タンジェントです。

比透磁率の例は、材料と比透磁率に示されています。

材料	比透磁率
金	.99996
空気	1
アルミニウム	1.00002
ニッケル	250

鉄	4000
---	------

**注記**

上記の値は単なる参考用です。実際の材料に対する測定値を使用してください。

誘電体の磁気ロス・タンジェント

材料の磁気ロス・タンジェントは、周波数の関数です。磁気ロス・タンジェントを持つ材料の例としてはポリアイアンがあり、30 GHzで0.0208のロス・タンジェントを持ちます。

スキマティックからのサブストレート定義の読み取り

以下の条件に当てはまる場合は、*Momentum* > *Substrate* > *Update From Schematic*を選択してサブストレートを更新してください。

- スキマティック上でMSUBやSSUBなどのサブストレート・コンポーネントを使用している。
 - すでに*Layout Generate/Update Layout*を使ってスキマティックからレイアウトを生成している。
 - その後、スキマティックのサブストレート定義を変更したため、レイアウトにそれを変換する必要がある。
- 新しいサブストレート情報を読み取るには、*Momentum* > *Substrate* > *Update From Schematic*を選択する必要があります。*Layout* > *Generate/Update Layout*を使っても、新しいサブストレート情報はレイアウトに変換されません。

スキマティックからサブストレート定義を更新する手順:

- Momentum** > **Substrate** > **Update From Schematic**を選択します。適切なスキマティック上のサブストレートが読み取られ、新しい情報がMomentumのサブストレート定義に入力されます。

サブストレートの保存

サブストレート定義はファイルに保存できます。これにより、現在のプロジェクトの外に定義を保存でき、他のデザインで容易にサブストレート定義を使用できます。サブストレートを保存する手順:

- Momentum** > **Substrate** > **Save As**を選択します。
- ファイル名を入力してOKをクリックします。サブストレート・ファイルの拡張子は.slmです。すでに名前の付いているファイルを保存するには、**Momentum** > **Substrate** > **Save**を選択します。サブストレートの保存場所サブストレートは以下の2つの場所のどちらかに保存されます:
 - 付属のサブストレートを収めたディレクトリ(*\$HPPEESOF_DIR/momentum/lib*)。ユーザが作成または変更したサブストレートは、この場所に保存しないでください。
 - サブストレート情報は現在のプロジェクト・ディレクトリの*/networks*の下の<substrate_name>.slmという名前のファイルに保存されます。

サブストレートの事前計算

シミュレーションの実行とメッシュの計算には、サブストレートの動作を記述するグリーン関数の計算が必要です。

- シミュレーション前にメッシュの計算を行う場合は、先にサブストレートの計算を行う必要があります。メッシュの事前計算の詳細については、メッシュの事前計算を参照してください。
- シミュレーション前にグリーン関数が計算されていない場合は、まずその計算が行われ、その後でシミュレーションが実行されます。

Advanced Design Systemに付属するサブストレートを使う場合は、サブストレート関数の事前計算は不要です。サブストレートを編集したか新しいサブストレートを作成した場合は、サブストレート関数の事前計算が必要です。

グリーン関数の計算が終わると、データベースにデータが記憶され、このサブストレートを使用するすべてのデザインで用いられます。事前計算後にサブストレートの変更がなければ、周波数レンジが拡張された場合を除いて、再計算は行われません。周波数レンジはMomentumモードでは設定できますが、Momentum RFモードでは設定できません。RFモードでは、周波数レンジ(スタート-ストップ)の指定は要求されません。RFモードでは準静的グリーン関数が用いられるため、プログラムが自動的に選択した準静的周波数でグリーン関数が計算されます。Momentumモードで計算されたサブストレート関数は、DCから一定の上限周波数まで計算されている場合には、RFモードで再利用できます。

事前計算の詳細については、動作理論を参照してください。

サブストレート関数を事前計算する手順:

- Momentum** > **Substrate** > **Precompute**を計算します。
- 計算の周波数レンジを指定するには、Minimumフィールドに開始周波数を入力し、周波数単位を選択します。Maximumフィールドに終了周波数を入力し、周波数単位を選択します(RFモードでは使用できません)。シミュレートしたい周波数がすべて周波数レンジに含まれるように注意してください。
- OKをクリックすると計算が始まります。計算が終了したら、サブストレートを編集しない限りこの手順を繰り返す必要はありません。

**注記**

サブストレートのレイアウト・レイヤ数が多いほど、計算に時間がかかります。

サブストレート計算のステータスの表示

サブストレート計算の開始後に、計算に関するメッセージがMomentum Statusウィンドウに表示されます。通常は、エラーが発見された場合と、計算が終了したときにメッセージが出ます。

ステータス・ウィンドウをクローズした場合は、再オープンするには、Layoutメニュー・バーで**Window** > **Restore Status**を選択します。

サブストレート計算の停止

サブストレート計算を停止する手順:

1. Momentum Statusウィンドウで、**Simulation/Synthesis** > **Stop Simulation**を選択します。計算が停止し、情報は保存されません。

サブストレート・サマリの表示

シミュレーションが成功したら、サブストレート、メッシュ、解に関する統計情報を表示できます。解を求めるのにかった時間、使用リソース、セル情報などが得られます。サマリを表示するには、*Momentum* > *Substrate* > *Summary*を選択します。

サブストレート計算の再利用

サブストレート・データベースにアクセスできる場合は、サブストレート定義とサブストレート計算を他のデザインで再利用できます。データベースにアクセスできるかどうか分からない場合は、システム管理者に確認してください。

計算が開始される前に、解が生成済みかどうかを確認するために、いくつかのフォルダが検索されます。以下のフォルダがこの順番で検索されます。

- プロジェクトの *substrates* フォルダ
- ホーム・サブストレート・ディレクトリまたはサイト・サブストレート・ディレクトリ(システム管理者が設定)
- Momentumに付属するサブストレートがあるフォルダ (*\$HPEESOF_DIR/momentum/lib/substrates*)

同一のサブストレート定義が見つかったら、その名前とは無関係に、サブストレート計算プロセスは同じ情報を再計算するのを避け、見つかった情報を使用します。

サブストレートの削除

このコマンドは、選択したサブストレート・ファイル(.slm)を削除します。サブストレートが事前に計算されている場合は、計算結果はデータベースに残ります。

ファイルを削除する手順:

1. **Momentum** > **Substrate** > **Delete**を選択します。
2. 削除するファイルの名前を選択します。
3. **OK**をクリックします。

サブストレート定義サマリ

サブストレート定義に少しでも変更があると、全体の再計算が必要です。システムは重複する定義をチェックし、計算済みのデータが存在する場合は、名前に関わらずそれを使用します。

サブストレート定義全体は、以下のものからなります。

- ビア、製造プロセスの場合と同様
- エア・ブリッジ、高さに対応するビアを含む
- グランド・プレーンの穴、スロットの信号経路(スロットまたはコプレナ)に含まれる場合、またはグランド・プレーンを貫通するビアのリリーフ・ホールの場合、これも媒体の一部になります。
- 誘電体レイヤの属性(Er, MUr, 損失)
- グランド・プレーンの損失とカバーの属性(伝導率またはインピーダンス)
- 厚さのある導体のupとdown

以下のものはサブストレート定義に含まれません。

- ストリップ・レイヤとビア・レイヤのメタル損失

サブストレート計算に用いられる数値計算プロセスは、ストリップライン回路に対しては1分程度しかかかりません。マイクロストリップに対しては数分

程度、複数のビアがある任意の多層サブストレートに対しては数時間かかることもあります。

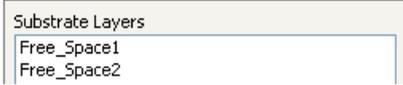
サブストレートの例

以下の例を参考にして、独自の回路を作成してください。

- 放射アンテナ用のサブストレート
- 377 Ω 終端と放射パターン
- エア・ブリッジのあるデザイン用のサブストレート

放射アンテナ用のサブストレート

空間に放射するアンテナ用のサブストレートを定義するには、以下のサブストレート定義を作成します。



2つのレイヤはどちらも空気の特徴を持つ開境界として定義されています(誘電率と透磁率がReal = 1, Loss Tangent = 0)。アンテナのデザインは、2つの空気レイヤの間にあるメタライゼーション・レイヤに配置します。

377 Ω 終端と放射パターン

デザインのトップ・レイヤとボトム・レイヤを377 Ω 終端として定義することにより、これらのストラクチャの放射パターンをシミュレーション後に計算できます。このアプリケーションでは、以下の点に注意してください。

- 実際の終端の値は、376 Ω から378 Ω の間の値になります。
- トップまたはボトムのグラウンド・レイヤを377 Ω 終端に置き換える場合は、無限のトップまたはボトム・レイヤに対するシミュレーション結果との整合を(S/パラメータの結果と放射パターンの両方に対して)取るために、回路と377 Ω 終端との間に厚い空気レイヤが必要です。一般には、サブストレートの厚さの10〜20倍程度の空気レイヤで十分です。
- 放射パターンの計算前に、インピーダンス値のテストがあります。インピーダンス値は、 $(377 - 10) \sim (377 + 10)$ Ω の範囲である必要があります。

エア・ブリッジのあるデザイン用のサブストレート

エア・ブリッジのあるデザイン用のサブストレート定義を作成するには、エア・ブリッジのコンポーネントと、レイアウト・レイヤ上でのコンポーネントの配置をまず決定する必要があります。以下の説明を参照してください。

2個のコンポーネント間の基本的なエア・ブリッジは、以下のアイテムから構成されます。

- ブリッジと最初のコンポーネントとを接続するビア
 - ブリッジ自体
 - 2番目のコンポーネントと接続して経路を完成する2番目のビア
 - ブリッジの下の空気レイヤ
- レイアウトは最低3つの独立したレイヤ上にドローイングします。

- ビアを配置するレイヤが最低1つ必要です。
- ブリッジは別のレイヤになければなりません。
- コンポーネントはさらに別のレイヤになければなりません。

エア・ブリッジを構成するアイテムは(ビアを除いて)それぞれ別のレイヤになければなりません。この例では、エア・ブリッジで接続されるコンポーネントはすべて同一のレイヤにあります。

サブストレート定義は以下のアイテムから構成されます。

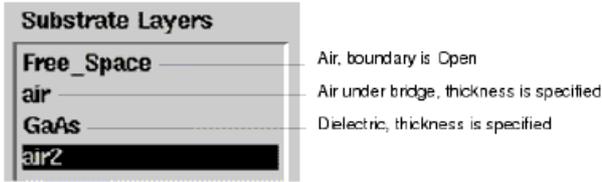
- 空気の開境界
- 有限の厚さの空気のインタフェース・レイヤ。これはブリッジの下の空気レイヤに対応します。
- 誘電体のインタフェース・レイヤ

レイアウト・レイヤからサブストレートへのマッピングは以下のとおりです。

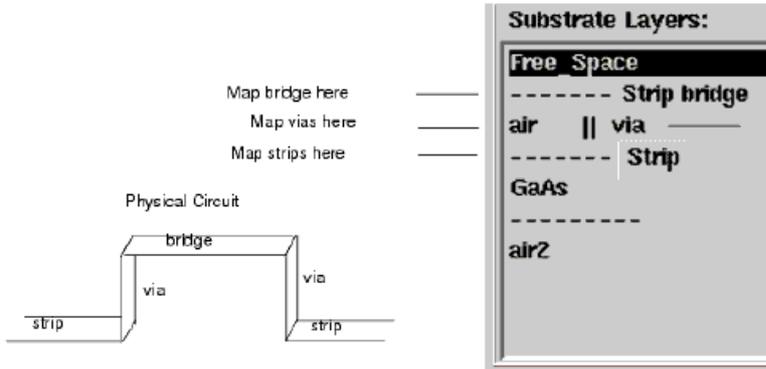
- ブリッジは、「自由空間」のサブストレート・レイヤと「空気」サブストレート・レイヤとの間にあるメタライゼーション・レイヤにマッピングされます。
- ビアは、有限の「空気」サブストレート・レイヤを貫通するようにマッピングされます。
- コンポーネントは、空気サブストレート・レイヤと誘電体("GaAs")レイヤとの間にあるメタライゼーション・レイヤにマッピングされます。

ブリッジで接続されるコンポーネント同士は、同じレイアウト・レイヤになくてもよく、同じメタライゼーション・レイヤにマッピングする必要もありません。ビア同士も同じレイアウト・レイヤに存在する必要はありません。重要なのは、必要な数のサブストレート・レイヤがサブストレート定義に存在し、コンポーネント、ビア、ブリッジがそれぞれ正しいメタライゼーション・レイヤにマッピングされることです。

Substrate Layer Setup

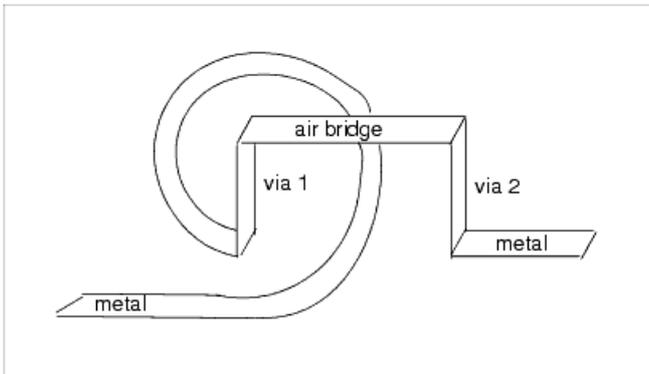


Metalization Layer Mapping



レイアウトでのエア・ブリッジのドローイング

エア・ブリッジのシミュレーションでは、その形状をサポートするレイアウトとサブストレート定義を作成する必要があります。このためには、空気レイヤ(エア・ブリッジと同じ高さ)を作成してビアを貫通させます。例えば、誘電体レイヤ上に何らかの形状(スパイラルなど)があるとした場合、ビアは垂直に立ち上がり、空気レイヤを貫通して、メタル・ブリッジに接続します。そして、もう1個のビアがブリッジから下に伸び、前のレイヤ上で別のパスにつながります。



コプレナ・デザインのポートとエア・ブリッジ

コプレナ・ラインをグラウンド・プレーン上のスロットとしてドローイングする場合は、デフォルトでは2つの結合スロット・ラインから構成される4ポート・デバイスとして扱われます。コプレナ・ラインとしてシミュレートするには、回路のポートにコプレナ・ポート・タイプを設定します。このポート・タイプを使うと、同じ基準面上の2個のポートが結合され、1個のポートとして扱われます。コプレナ・ポート・タイプの使い方については、コプレナ・ポートの定義を参照してください。

コプレナ・ポート・タイプを使用しないと、コプレナ伝送ラインがスロット・モードも伝搬させる場合に、モードの問題が発生することがあります。コプレナ・ポートを使うと、スロット・モードはポート・インタフェースで短絡されます。ところが、回路のどこかでスロット・モードが励振されると、ある周波数で共振を起こす場合があります。このような場合には外部の境界条件が電氣的挙動を左右するため、非物理的な結果が生じます。不連続部の近くにエア・ブリッジ(ストラップ)を追加すれば、2つのグラウンドの電圧レベルが等しくなり、スロット・モードは排除されます。エア・ブリッジの例は、コプレナ・ライン・バンドのサンプル *CPW_bend_prj* にあります。

シリコン・サブストレート

以下に示すのは、Momentumシミュレーションで用いられるシリコン・サブストレートの例です(この例は *examples > Momentum > Microwave > SPIRAL_prj* から取ったものです)。



```

----- strip2
Layer3 (Eps=3.9) | via
----- spiral (strip)
Layer2 (Eps=3.9)
Layer1 (Eps=11.9 ; cond=12.5 S/m)
GND

```

3次元展開を伴うシリコン・サブストレート

以下に示すのは、厚さのある導体の自動展開で用いられるシリコン・サブストレートです。

```

Free space
-----Strip thick conductor up (thickness 4 mil conductivity
Sigma Re:5e+6 S/m)
Alumina (Eps=9.6 ; Thickness=25 mil)
GND

```

*Thick conductor up*を選択した場合は、シミュレーションに使用されるサブストレートは以下のようになります。

```

Free space
-----Strip
air | via (substrate layer thickness 4 mil ; Eps = 1 )
-----Strip
Alumina (Eps=9.6 ; Thickness=25 mil)

```

```

GND

```

厚さのある導体の自動3次元展開の詳細については、厚さのある導体の自動3次元展開を参照してください。

Momentumのポート

ポートにより、回路へのエネルギーの出入りが可能になります。シミュレーション・プロセスでは、回路にエネルギーを印加します。Momentumで回路をシミュレートするには、最低1個のポートが必要です。

ポートの定義は2段階で行われます。まず、回路のドローイング時に回路にポートを追加します。次に、回路に合わせてポートを調整するためにMomentumでポートのタイプを指定します。これはシミュレーション・プロセスを容易にするためです。

この章では初めに、Momentumでシミュレートする回路にポートを追加する際の注意事項を述べます。その後、Momentumの各ポート・タイプについて解説し、ポート・タイプを指定する方法を説明します。

回路へのポートの追加

回路にポートを追加するのは、SchematicウィンドウからでもLayoutウィンドウからでも可能です。回路にポートを追加する方法については、回路へのポートの追加を参照してください。この手順には、Momentumでシミュレートする回路にポートを追加する際の注意事項が記述されています。

注意事項

Momentumでシミュレートする回路にポートを追加する際は、以下の点に注意してください。

- ポートを接続するコンポーネントまたは形状が存在するレイアウト・レイヤは、ストリップまたはスロットとして定義されたメタライゼーション・レイヤにマッピングする必要があります。ポートを直接ビアに接続することはできません。ストリップとスロットの定義方法については、メタライゼーション・レイヤの定義を参照してください。
- エッジにポートを配置する場合は、矢印がオブジェクトの外側にあり、オブジェクトの内部をまっすぐに指している必要があります。
- 接続先のオブジェクトとポートとは、同じレイアウト・レイヤになければなりません。エン트리・レイヤをこのレイヤに設定すると便利です。LayoutウィンドウのツールバーにあるEntry Layerリストボックスを使います。



- ポートはオブジェクトに適用する必要があります。ポートがオープン・スペースに適用され、オブジェクトに接続されていない場合は、最も近いオブジェクトのエッジにMomentumが自動的にポートをスナップします。ただし、この場合でもポートの位置は変化しないので、レイアウトを見てもわからないことがあります。
- エッジにスナップされるポートを追加した後でレイアウト分解能を変更した場合は、ポートを削除して追加し直す必要があります。分解能を変更するとポートがスナップされるエッジが不明確になるため、メッシュ計算でエラーが生じます。

**注記**

Momentumでシミュレートする回路には、グランド・ポート・コンポーネント (*Insert > Ground*) を使用しないでください。レイアウトに配置されたグランド・コンポーネントは、Momentumに認識されません。サブストレートにグランド・プレーンを追加するか、この章の後の方で説明するグランド基準ポートを使用します。



グランド・ポート・コンポーネントのツールバー・ボタン:

ポート校正

Momentumでは、校正プロセスで校正ラインにより回路に信号を供給するために、グランド付き信号源とフローティング信号源の2種類の集中定数信号源が用いられます。

グランド付き信号源は低周波に適していますが、高周波では、ポートとグランドの距離が電氣的に大きくなるため、校正プロセスでの不要なサブストレート結合により結果の精度が低下します。

フローティング信号源は、不要なサブストレート結合が少ないため高周波に適していますが、低周波では、信号源の容量性の内部インピーダンスが低周波電流を阻止するため、うまく動作しません。

Momentumのデフォルトの動作では、シミュレーションの周波数レンジに応じて、これら2つの信号源が自動的に切り替えられます。

信号源のタイプは以下の環境変数を使って明示的に制御できます。

MOM3D_USE_SOURCETYPE=0 (グランド付き低周波校正信号源)

MOM3D_USE_SOURCETYPE=1 (フローティング高周波校正信号源)

この変数は以下のいずれかの場所で指定できます。

\$HPEESOF_DIR/config/momentum.cfg

\$HOME/hpeesof/config/momentum.cfg

ポート・タイプの決定

Momentumには5種類のポート・タイプがあります。ポートの目的は、回路にエネルギーを注入し、回路に対してエネルギーが出入りできるようにすることです。ポート・タイプの役割は、回路のタイプと回路内でのポートの機能に基づいて、ポートを調整することです。一般的には、レイアウトの目的に最も適したポート・タイプを選ぶ必要があります。

以下の表は、各ポート・タイプについて簡単に説明したものです。1つの回路で複数のポート・タイプを使用することもできますが、それぞれのポート・タイプが適用できる場所には制限があります。ストリップまたはスロット・メタライゼーション・レイヤにあるオブジェクトに対しては、Singleポート・タイプだけが適用できます。オブジェクトの表面にあるポートに対しては、InternalタイプとGround Referenceタイプだけが適用できます。これ以外のタイプは、オブジェクトのエッジに接続されたポートに対して適用できます。

**注記**

ストリップおよびスロットは、メタライゼーション・レイヤです。これらのレイヤの詳細については、メタライゼーション・レイヤの定義を参照してください。

ポート・タイプを割り当てないと、シミュレーションでは回路内のすべてのポートがSingleタイプとして扱われます。

**注記**

ポート・タイプはすべて、Momentumの両方のシミュレーション・モード(マイクロ波とRF)で定義できます。ただし、ディエンベディング(基準オフセット)はRFモードでは使用できません。

ポート・タイプ	説明	ポート接続先	オブジェクトのレイヤ
Single(単一)、デフォルト	このポートは、ポート境界でのモード不整合を除去するように校正されています。スロット・レイヤにある単一ポートには極性があります。他のタイプを割り当てない限り、ポートはシングルポートとして扱われます。	オブジェクトのエッジ	ストリップまたはスロット・レイヤ
Internal(内部)	ポートは校正されません。集中定数エレメントとの接続や、回路内のその他の接続を表すために使用できます。	オブジェクトのエッジまたは表面	ストリップ・レイヤ
Differential(差動)	極性が反対の2個のポート。このポート対がシングルポートとしてシミュレートされます。	オブジェクトのエッジ	ストリップ・レイヤ
Coplanar(コプレーナ)	極性が反対の2個のポート。このポート対がシングルポートとしてシミュレートされます。	オブジェクトのエッジ	スロット・レイヤ
Common mode(コモ)	同じ絶対電位と同じ極性で励振される複数のポート。これらのポートがシングルポートとして	オブジェクトの	ストリップ・レ

ン・モード)	シミュレートされます。	エッジ	イヤ
Ground reference (グラウンド基準)	シングル(ストリップ)、内部、コモン・モードのどれかのポートに対する明示的なグラウンドを使用します。明示的なグラウンド・ポートが存在しない場合は、最も近い無限メタルによって暗黙のグラウンドが実現できます。	オブジェクトのエッジまたは表面	ストリップ・レイヤ

各ポート・タイプの詳細と定義方法について、以下の各セクションで説明します。

シングルポートの定義

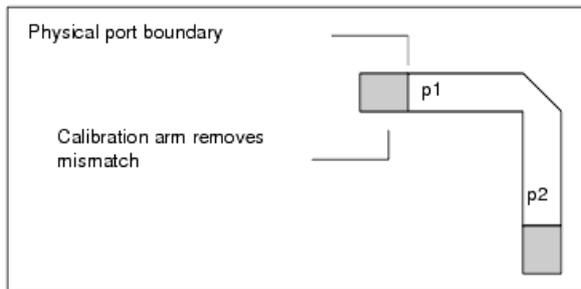
Single (シングル) は、デフォルトのポート・タイプです。このポートは以下の属性を持っています。

- ストリップまたはスロット・メタライゼーション・レイヤにあるオブジェクトに接続されます。
- オブジェクトのエッジに対してのみ適用できます。
- ポートは外部であり、校正されます。励振の際、ポート境界でのポート励振の不要なリアクティブ効果(モード不整合)を除去する校正プロセスが用いられます。すなわち、ポート境界が半波長の校正(伝送)ラインで延長されます。校正ラインの長さは、メッシュまたはシミュレーションのプロセスで選択された周波数に対応する波長を使って計算されます。校正プロセスの詳細については、Sパラメータの校正とディエンベディングを参照してください。
- 基準オフセットを指定することにより、ポート境界を形状の内部または外部に移動できます。Sパラメータの計算では、この位置にポートがあるかのように扱われます。詳細については、基準オフセットの適用を参照してください。
- 同じ基準面上に複数のシングルポートが存在する場合は、寄生成分から生じるカップリング効果によってSパラメータが影響されます。校正プロセスはこれらのポートをグループ化し、校正アームにおけるカップリングがSパラメータの解に反映されるようにします。詳細については、カップリング効果の考慮を参照してください。
- ストリップ・レイヤ上のオブジェクトにポートが接続されている場合は、サブストレート定義に最低1つの無限のメタル・レイヤが必要です。すなわち、ポートに加えてトップ・カバー、グラウンド・プレーン、スロット・レイヤ、グラウンド基準のいずれかを使用する必要があります。グラウンド基準の詳細については、グラウンド基準の定義を参照してください。
- スロット・レイヤにあるオブジェクトにポートを接続すると、ポートは極性を持ちます。



ヒント

このポート・タイプを指定するためにPort Editorダイアログ・ボックスをオープンする必要はありません。ポート・タイプを指定しないポートはシングルポートと見なされます。

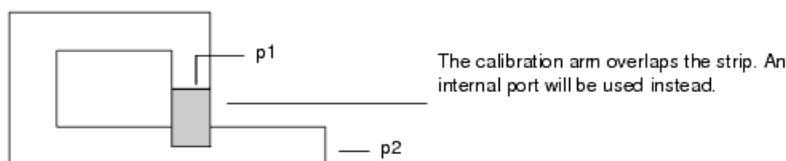


シングルポート・タイプを定義する手順:

1. **Momentum > Port Editor** を選択します。
2. このタイプを割り当てるポートを選択します。
3. Port Editorダイアログ・ボックスのPort Typeの下で、**Single** を選択します。
4. ポート・インピーダンスの実数部を *Real* フィールドに、虚数部を *Imaginary* フィールドに入力し、単位を指定します。
5. ポート境界(ポート基準面とも呼ぶ)を移動することができます。境界を移動することにより、ポートの特性インピーダンスと伝搬特性に基づいて、回路に有効電気長を加算または減算できます。これはディエンベディング・プロセスの一種です。Reference Offsetフィールドにオフセットを入力し、単位を選択します。正の値を指定するとポート境界が回路内部に移動し、負の値を指定すると回路外部に移動します。
6. **Apply** をクリックして、ポートに定義を追加します。

オーバーラップの回避

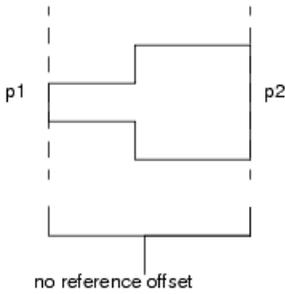
シングルポートを使用する場合は、ポートに適用される校正アームが回路内の他のエレメントとオーバーラップする場合があります。この場合は、ポートは内部ポート・タイプに変更され、校正は実行されなくなります。この変更を示すメッセージがシミュレーション中に *Status* ウィンドウに表示されます。内部ポートの詳細については、内部ポートの定義を参照してください。



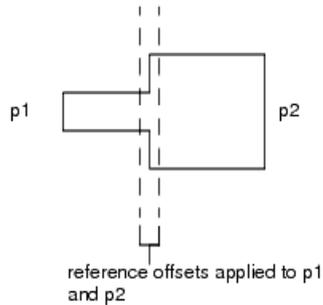
基準オフセットの適用

基準オフセットを使うと、レイアウト内のシングルポートの位置を変更することにより、実際のドロ잉を変更せずにレイアウト内の電気長を調整できます。Sパラメータの計算では、基準オフセット位置にポートが存在するように扱われます。

S-parameters will be calculated based on the positions of p1 and p2



S-parameters will be calculated as if p1 and p2 were positioned at the reference offsets



基準オフセットを使用する理由

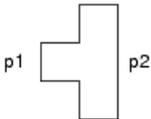
レイアウト内でポートの位置を調整することは、ハードウェア・プロトタイプを測定する際にプローブの影響を除去するのと似ています。ハードウェア・プロトタイプを測定する場合は、被試験デバイス(DUT)の入力と出力にプローブが接続されます。プローブはDUTにエネルギーを供給し、回路の応答を測定します。しかし、測定された応答が表すのは、セットアップ全体すなわちDUTとプローブを合わせたものの特性です。これは測定したい特性ではありません。最終的な測定結果は、DUTだけの特性を反映するものでなければなりません。プローブの特性は既知なので、測定時にプローブの影響を除去してDUTだけの正しい測定値を得ることができるのです。

Momentumの動作も、このハードウェア測定プロセスによく似ています。Momentumの場合は、プローブではなくポートが用いられ、シミュレーション中に回路にエネルギーを供給して応答を測定する役割を果たします。Momentumのポートにも、やはり望ましくない影響があります。ポート境界での低次モード不整合がそうであり、これを除去するために校正プロセスが用いられます。しかし、校正プロセスが機能するためには、基本モードの特性が正確に評価される必要があります。これが可能なのは、ポート境界と最初の不連続部との距離が十分大きい場合、すなわち、この距離を実現する十分な長さのフィードラインが存在する場合に限ります。

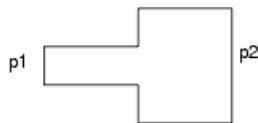
基本的な例として、以下のように回路の一部でライン幅が突然変化する場合を考えます。



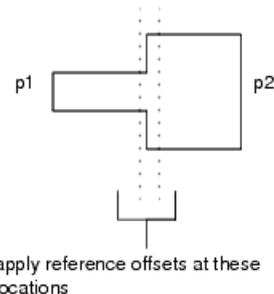
厳密に言うと、特性を評価する必要があるのは、以下に示すようなステップ幅自体の変化だけです。



すでに述べたように、基本モードがセトリングするにはある程度の距離が必要なので、この「短い」ストラクチャでは十分正確なシミュレーションができないおそれがあります。この場合は、フィード・ライン長を適当に取ります。



こうするとシミュレーション結果は正確になりますが、追加したライン長が結果に反映されてしまいます。これを修正するために基準オフセットを使用します。回路の計算には長いラインが用いられますが、基準オフセットの移動によって、短いストラクチャをシミュレートした場合と同様のSパラメータが得られます。



余分のフィード・ラインの影響はSパラメータから数学的に除去されます。

このように、ライン長を足したり引いたりすることを、一般にディエンベディングと呼びます。基本的なプロセスは以下のとおりです。

解を求める際に、回路内でのポートの物理的な位置に基づいて、ポートのインピーダンスと伝搬定数が計算されます。インピーダンス、伝搬定数、ディエンベディングの距離が既知である場合は、ラインの損失と位相シフトを補正することで、余分のライン長の影響をSパラメータの結果から除去できます。得られた結果は、余分のライン長がない場合のSパラメータと同じです。

ディエンベディングに関する注意事項

不連続部自体の位置までディエンベディングを行うことも可能です。しかし、最初の不連続部を超えて基準オフセットを移動すると、誤ったシミュレーション結果が得られます。これは、不連続部より先はライン幅が異なっているため、インピーダンスと伝搬定数の値も異なるからです。

i 注記

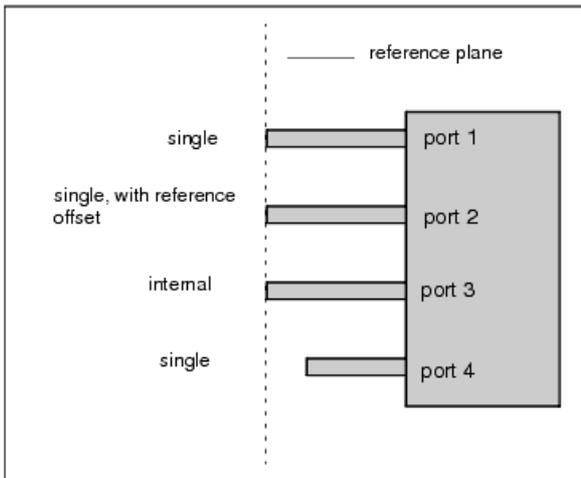
レイアウトのエッジより外に基準オフセットを設定すれば、回路外部へのディエンベッドが可能です。これにより、シミュレートするストラクチャにドロイングされていない長いフィード・ラインの効果をシミュレートできます。

カップリング効果の考慮

複数のシングルポートが同じ基準面上に存在する場合は、これらのポート間に寄生成分によって自然に発生するカップリングが校正プロセスで考慮されます。これにより、回路の実際の動作をより正確に反映したシミュレーション結果が得られます。

下の図は、ポート間のカップリングを考慮するために校正プロセスがポートをグループ化する方法を示します。このセットアップでは、最初の2つのポートだけがグループ化されます。3番目のポートは内部ポートであり、4番目のポートは別の基準面上にあるからです。なお、2番目のポートには基準オフセットが指定されていますが、このプロセスではこれらのポートは同一面上にあると見なされ、基準オフセットは等しく設定されます。

ポートをグループ化したくない場合は、一方のポートが接続されているオブジェクトのエッジにメタルを追加します。これでポートは別の基準面上にあることになり、グループ化されません。



内部ポートの定義

内部ポートは、デザイン内のオブジェクトの表面にポートを適用するために使います。内部ポートを使うことにより、回路内のすべての物理的な接続を表現できるので、回路のポート間で発生するすべての電磁界結合の効果をシミュレーションで考慮できます。寄生成分から生じるカップリング効果がシミュレーションで考慮されるのは、内部ポートが校正されないからです。不正確なSパラメータが得られるのを防ぐため、シングルポートと内部ポートの間にカップリングが生じるような形状は避けてください。

内部ポートが役立つ例の1つとして、オブジェクト表面にあるボンド・ワイヤのシミュレーションがあります。もう1つの例として、回路を構成する伝送ラインがトランジスタやチップ・キャパシタなどのデバイスに接続されており、そのデバイスがシミュレート対象の回路に含まれない場合があります。内部ポートは接続ポイントに配置できるので、デバイスがシミュレート対象の回路に含まなくても、ポート間とデバイス周辺で発生するカップリング効果をシミュレーションで考慮できます。

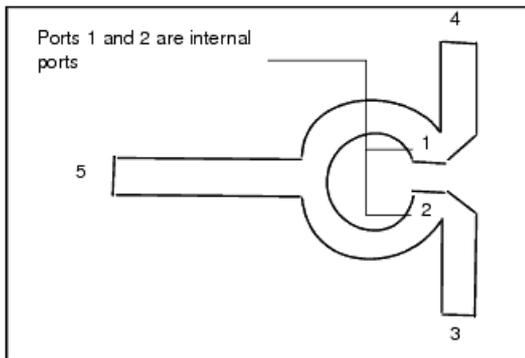
内部ポートは、グランド基準と組み合わせて多く用いられます。詳細については、グランド基準の定義と、

Theory_of_Operation_for_Momentum.html#TheoryofOperationforMomentum-1104497内部ポートとグランド基準を使ったシミュレーションを参照してください。

内部ポート・タイプは以下の属性を持っています。

- オブジェクトの表面に適用することで、回路の内部に適用できます。
- オブジェクトのエッジに適用できます。
- ストリップ・レイヤ上のオブジェクトだけに適用できます。

- オブジェクトの表面にポートがある場合は、ポートの向きは考慮されません(ポートの向きについては、レイアウトへのポートの追加を参照してください)。
 - ポートに対して校正は実行されません。
- ポートに対して校正が実行されないため、シングルポートの場合に比べて結果の正確さは劣ります。ただし、精度の差はわずかです。



内部ポートを定義する手順:

1. **Momentum > Port Editor**を選択します。
2. このタイプを割り当てるポートをクリックして選択します。
3. Port Editorダイアログ・ボックスのPort Typeの下で、**Internal**を選択します。
4. **Apply**をクリックします。

差動ポートの定義

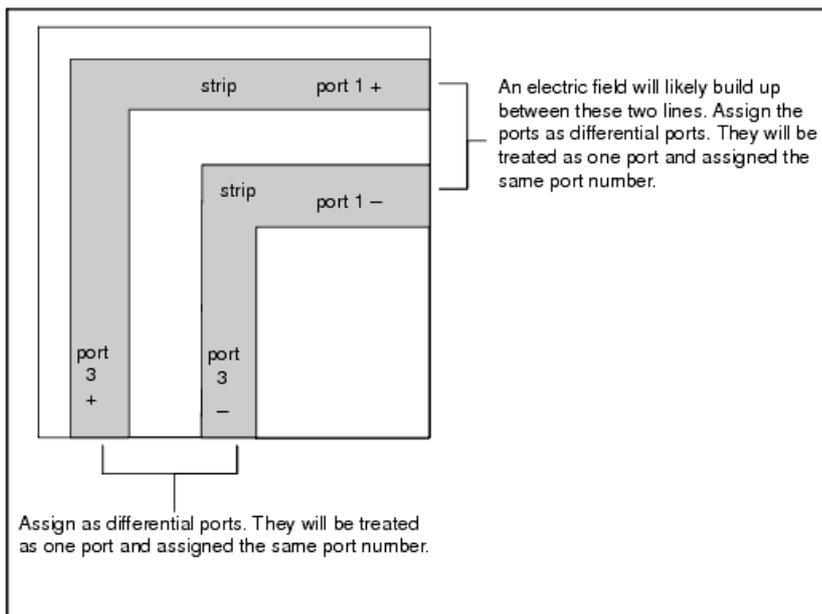
2個のポートの間に電界が発生する(奇数次モードが伝搬する)可能性がある場合は、差動ポートを使用する必要があります。これは以下のような場合に起こります。

- 2個のポートが近接している。
- 回路にグランド・プレーンがないか、グランド・プレーンが比較的遠くにある。
- 一方のポートが(ある程度)他のポートに対するグランドとして動作し、ポート間に極性が生じる。
- ストリップ・メタライゼーション・レイヤ上のオブジェクトにポートが接続されている。

2個のポート間に発生する電界は、回路に影響を及ぼすため、シミュレーションで考慮する必要があります。このために差動ポートを使います。

差動ポートは以下の属性を持っています。

- ストリップ・レイヤ上のオブジェクトだけに適用できます。
- 2個1組で用いられ、この組に対して1つのポート番号が割り当てられます。
- 2個のポートは、極性が反対で絶対値が等しい電位で励振されます。電圧は逆になります(180°位相が異なる)。対称な2本のライン上にポートがある場合は、電流の大きさが等しく向きが逆になります。これ以外の構成の場合は、電流の向きは近似されます。
- 2個のポートは同じ基準面上になければなりません。



注記

差動ポートのポート番号は以下のように扱われます。

レイアウト上には、レイアウトにポートを追加したときに各ポートに割り当てられたポート番号(インスタンス名)が引き続き

表示されます。MomentumのPort Editorダイアログ・ボックスを使えば、差動ポートとして扱われているポートの組がどれかわかります。

Momentumが連続しないポート番号を持つデザインをシミュレートした場合は、結果のデータ・ファイルではポートは連続する番号に再マッピングされます。最少のポート番号が1に再マッピングされ、残りの番号は連続する番号に再マッピングされます。デザイン自体のポート番号は変更されません。Statusウィンドウに変更を示すメッセージが表示され、マッピングの一覧が示されます。

例えば、ポート番号1と3を持つデザインをシミュレートした場合は、以下のステータス・メッセージによって変更が示されません。

```
Layout has non-consecutive port numbers.
Output files will have consecutive port numbers.
```

```
layout port -> output port
1 -> 1
3 -> 2
```

また、結果を表示したときに、Sパラメータは差動ポート番号に対して表示されます。上の例の場合は、レイアウトにはp1、p2、p3、p4が表示されます。Sパラメータの結果は、元のP1とP3に対してのみ表示されます。

差動ポートを定義する手順:

1. Momentum > Port Editorを選択します。
2. このタイプを割り当てるポートを選択します。ポート番号をメモしておきます。
3. Port Editorダイアログ・ボックスのPort Typeの下で、Differentialを選択します。
4. Polarityの下でNormalが選択されているのを確認します。
5. Applyをクリックします。
6. 2番目のポートを選択します。
7. Port Editorダイアログ・ボックスのPort Typeの下で、Differentialを選択します。
8. Polarityの下で、Reversedを選択します。
9. Associate with port numberの下に、さきほど選択したポートの番号を入力します。
10. Applyをクリックします。
11. 回路内の他の差動ポート対に対して、上記の手順を繰り返します。
12. OKをクリックしてダイアログ・ボックスをクローズします。

コプレナ・ポートの定義

このタイプのポートは、コプレナ・ライン(CPW)回路に用いられます。差動ポートに似ていますが、スロット・レイヤ上のオブジェクト(すなわち、デザインでスロットが用いられている部分)に適用されます。2個のポート間に電界が発生する(奇数次モードが伝搬する)可能性がある場合は、コプレナ・ポートを使用する必要があります。これは以下のような場合に起こります。

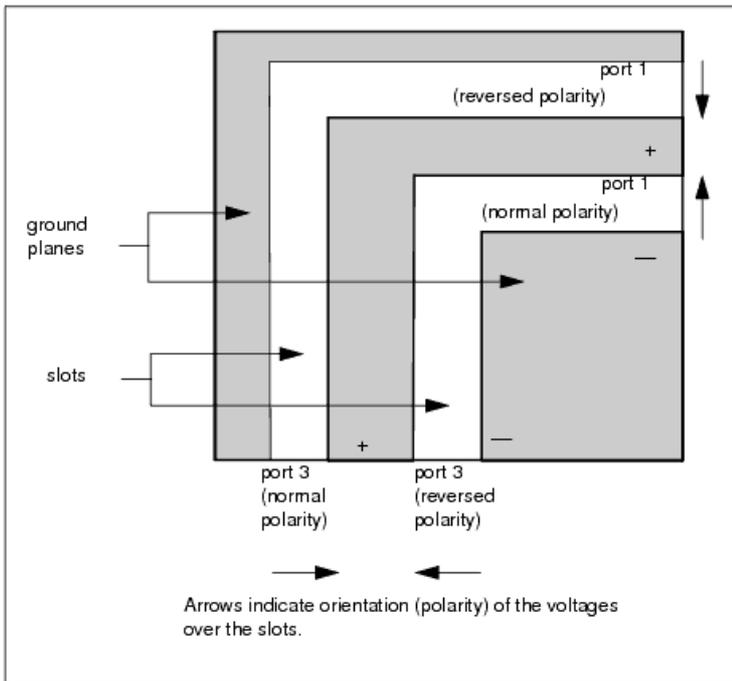
- 2個のポートが近接している。
- ポート間に極性が生じる。
- スロット・メタライゼーション・レイヤ上のオブジェクトにポートが接続されている。

2個のポート間に発生する電界は、回路に影響を及ぼすため、シミュレーションで考慮する必要があります。このためにコプレナ・ポートを使います。

コプレナ・ポートは以下の属性を持っています。

- スロット・レイヤ上のオブジェクトだけに適用できます。
- 2個1組で用いられます。
- 2個のポートは、極性が反対で絶対値が等しい電位で励振されます。電圧は逆になります(180°位相が異なる)。対称な2本のライン上にポートがある場合は、電流の大きさが等しく向きが逆になります。これ以外の構成の場合は、電流の向きは近似されます。
- 2個のポートは同じ基準面上になければなりません。

下の図は、コプレナ・ライン・スロットのレイアウトにポート対を適用したものです。デザイン内の各ポート対に対して、コプレナ・ポート・タイプが割り当てられています。図の矢印は、各ポートの極性と、スロット内の電圧の向きを示します(矢印が電圧の向き)。



注記

コプレナ・ポートのポート番号は以下のように扱われます。

レイアウト上には、レイアウトにポートを追加したときに各ポートに割り当てられたポート番号(インスタンス名)が引き続き表示されます。MomentumのPort Editorダイアログ・ボックスを使えば、コプレナ・ポートとして扱われているポートの組がどれかわかります。

Momentumが連続しないポート番号を持つデザインをシミュレートした場合は、結果のデータ・ファイルではポートは連続する番号に再マッピングされます。最少のポート番号が1に再マッピングされ、残りの番号は連続する番号に再マッピングされます。デザイン自体のポート番号は変更されません。Statusウィンドウに変更を示すメッセージが表示され、マッピングの一覧が表示されます。

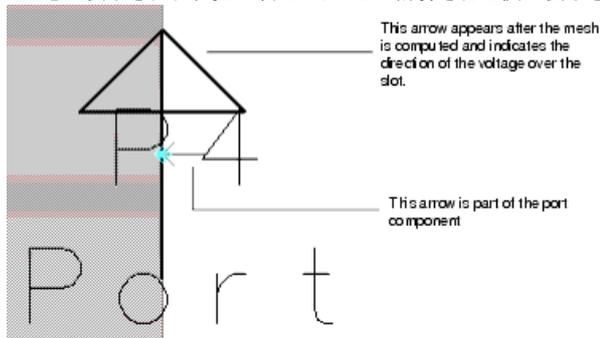
例えば、ポート番号1と3を持つデザインをシミュレートした場合は、以下のステータス・メッセージによって変更が表示されます。

Layout has non-consecutive port numbers.
Output files will have consecutive port numbers.

```
layout port -> output port
1 -> 1
3 -> 2
```

また、結果を表示したときに、Sパラメータはコプレナ・ポート番号に対して表示されます。上の例の場合は、レイアウトには p1、p2、p3、p4が表示されます。Sパラメータの結果は、元のP1とP3に対してのみ表示されます。

コプレナ・ポートの極性の指定には注意が必要です。極性の指定を誤ると、伝送タイプのSパラメータの位相が180° ずれるおそれがあります。極性を確認するには、コプレナ・ポートを拡大表示します。2つの矢印がポートに表示されているはずですが、1つ目はポート・コンポーネントを回路に追加したときに表示されます。2つ目はメッシュが計算された後に表示されます。これはスロット上の電圧の向きを示します。



コプレナ・ポートを定義する手順:

注記

コブレナ・ポートはスロット・レイヤ上のオブジェクトにのみ適用できます。

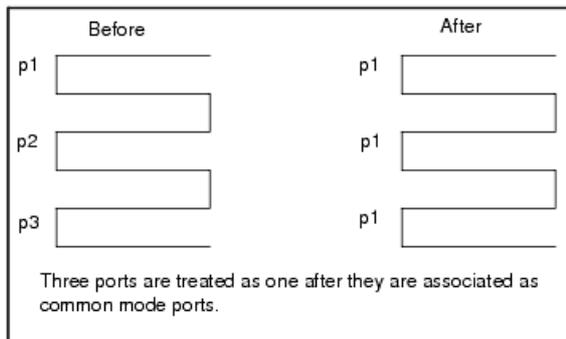
1. **Momentum > Port Editor**を選択します。
2. このタイプを割り当てるポートを選択します。ポート番号をメモしておきます。
3. Port Editorダイアログ・ボックスのPort Typeの下で、**Coplanar**を選択します。
4. Polarityの下で**Normal**が選択されているのを確認します。
5. **Apply**をクリックします。
6. 2番目のポートを選択します。
7. Port Editorダイアログ・ボックスのPort Typeの下で、**Coplanar**を選択します。
8. Polarityの下で、**Reversed**を選択します。
9. Associate with port numberの下に、さきほど選択したポートの番号を入力します。
10. **Apply**をクリックします。
11. 回路内の他のコブレナ・ポートに対して、上記の手順を繰り返します。
12. **OK**をクリックしてダイアログ・ボックスをクローズします。

コモン・モード・ポートの定義

コモン・モード・ポートは、複数のポートで電磁界の極性が同じ(偶数次モードが伝搬する)場合に使用します。これらのポートは同じ絶対電位で励振され、同じポート番号が割り当てられます。

コモン・モード・ポートは以下の属性を持っています。

- ストリップ・レイヤ上のオブジェクトだけに適用できます。
- グランド・プレーンまたはその他の無限メタル(カバーなど)がデザインに必要です。
- 2個以上のポートを関連づけることができます。
- 関連づけられたポートは、同じ絶対電位(および同じ極性)で励振されます。
- ポートは同じ基準面上になければなりません。



注記 コモン・モード・ポートのポート番号は以下のように扱われます。

レイアウト上には、レイアウトにポートを追加したときに各ポートに割り当てられたポート番号(インスタンス名)が引き続き表示されます。MomentumのPort Editorダイアログ・ボックスを使えば、コモン・モード・ポートとして扱われているポートのグループがどれかわかります。

また、結果を表示したときに、Sパラメータはコモン・モード・ポート番号に対して表示されます。上の例の場合は、レイアウトにはp1、p2、p3が表示されます。Sパラメータの結果は、P11に対してのみ表示されます。

コモン・モード・ポートを定義する手順:

1. **Momentum > Port Editor**を選択します。
2. このタイプを割り当てるポートを選択します。ポート番号をメモしておきます。
3. Port Editorダイアログ・ボックスのPort Typeの下で、**Common Mode**を選択します。
4. **Apply**をクリックします。
5. 2番目のポートを選択します。
6. Port Editorダイアログ・ボックスのPort Typeの下で、**Common Mode**を選択します。
7. Associate with port numberの下に、最初に選択したポートの番号を入力します。
2番目以降のポートに対しては、Associate with port numberフィールドの値がすべて同じでなければなりません。例えば、3個のポートを関連づける場合は、最初のポートがポート1なら、2番目と3番目のポートのAssociate with port numberフィールドには1を入力します(最初のポートに対しては、このフィールドに何も入力しません)。
8. **Apply**をクリックします。
9. 回路内の他のコモン・モード・ポートに対して、上記の手順を繰り返します。
10. **OK**をクリックしてダイアログ・ボックスをクローズします。

グランド基準の定義

グランド基準は、明示的なグランド基準を回路に追加するために使います。これは、デザインに暗黙のグランドが存在しない場合に必要になることがあります。

暗黙のグランドとは無限遠の電位であり、回路においては、サブストレートの無限メタル・レイヤのうち最も近くにあるものによって実現されます。暗黙のグランドは、内部ポートや、ストリップ・メタライゼーション・レイヤ上のオブジェクトに接続されたシングルポートと組み合わせ用いられます。場合によっては、ポートとその暗黙のグランドとの間の電気的な距離が大きすぎるか、サブストレートに無限メタル・レイヤが定義されていない場合があります。このような場合は、正確なシミュレーション結果を得るには、明示的なグランド基準を追加する必要があります。グランド基準の使用の詳細

細については、内部ポートとグランド基準を使ったシミュレーションを参照してください。

グランド基準は、オブジェクトの表面に適用できます。オブジェクトはストリップ・メタライゼーション・レイヤ上になければなりません。

注記
複数のグランド基準ポートを同じポートに関連付けることができます。シングルポートに関連付ける場合は、グランド基準ポートはシングルポートと同じ基準面上にあるオブジェクトのエッジに接続されたポートでなければなりません。

グランド基準を追加する手順:

1. **Momentum > Port Editor**を選択します。
2. グランド基準として指定するポートを選択します。
3. Port Editorダイアログ・ボックスのPort Typeの下で、**Ground Reference**を選択します。
4. **Associate with port number**の下に、このグランド基準と対応づけるシングルポートまたは内部ポートの番号を入力します。ポートとグランド基準との電気的な距離が大きすぎないように注意します。
5. **Apply**をクリックします。

Momentum Port Editor

サブストレートと誘電体レイヤを定義したら、Port Editor (**Momentum > Port Editor...**)を使用して、レイアウト上のポートのMomentum専用の特性を変更できます。ポートを編集する手順は、最初の定義を入力したときと同じです。

注記
ポートを選択して、Layoutウィンドウのメニュー・バーから**Edit > Properties**を選択することによりポートの属性を編集することもできます。ただし、この方法は推奨しません。

ポート定義の設定の詳細については、以下の該当するセクションを参照してください。

シングルポートの定義

内部ポートの定義

差動ポートの定義

コプレナ・ポートの定義

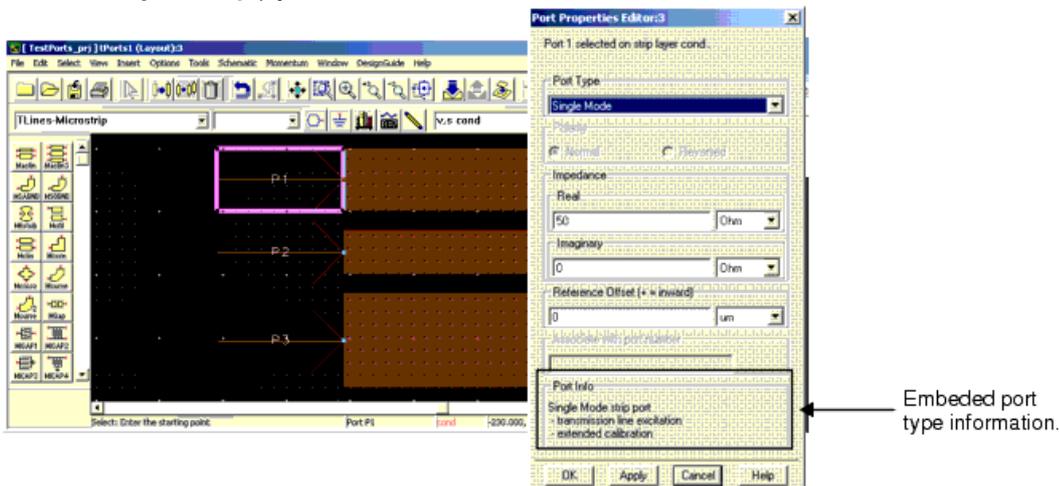
コモン・モード・ポートの定義

ADS 2006Aでは、Momentum Port Editorにいくつかの新機能が追加されています。

- ポート・タイプに関する埋込み情報
- ポートの属性のグループ編集

ポート・タイプに関する埋込み情報

Port Editorを起動するには、レイアウトでポートを選択し、ADS Layoutツールバーから**Momentum > Port Editor**を選択します。下の図のようなPort Editorツールがオープンします。



下の表は、Port EditorのInfoセクションに固有の情報を示します。

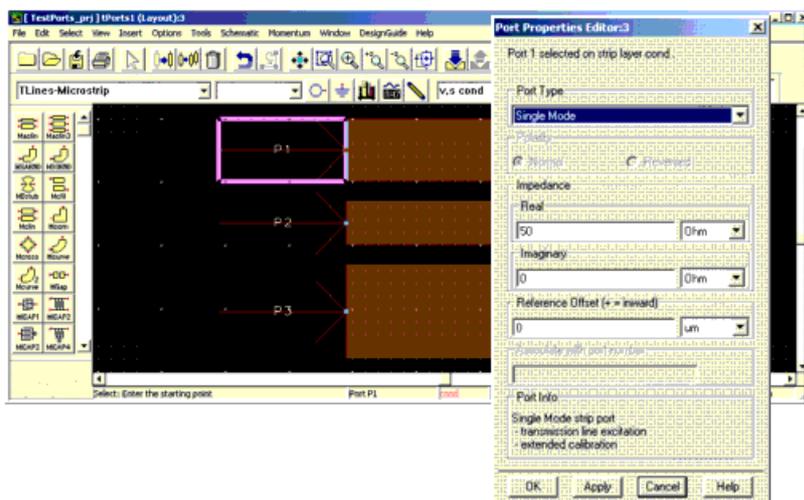
ポート選択	Port Info
-------	-----------

ポート選択なし	No ports selected in the layout.
ストリップ・レイヤ上	
シングルモード	Single Mode strip port
内部	Internal strip port
差動モード	Differential Mode strip port
コモン・モード	Common Mode strip port
グランド基準	Ground Reference for associated
スロット・レイヤ上	
シングルモード	Single Mode slot port
コプレナ・モード	Common Mode strip port

ポートの属性のグループ編集

Momentum Port Editorを開始すると、レイアウトでのポート選択を制御するグラフィック・ハンドラがインストールされます。グラフィック・ハンドラは、マウス・トラッキング・スタイルをウィンドウ幅の十字線に変更します。

ADS 2006Aリリースより前には、グラフィック・ハンドラはLayoutウィンドウでマウスを使ってポートを選択するために、シングル・クリック・イベントが実行されたときだけ起動されていました。このポートは、新しいポートを選択するか、Port Editorダイアログをクローズするまで、編集対象としてアクティブになっていました。このため、一度に選択できるポートは1つだけでした。

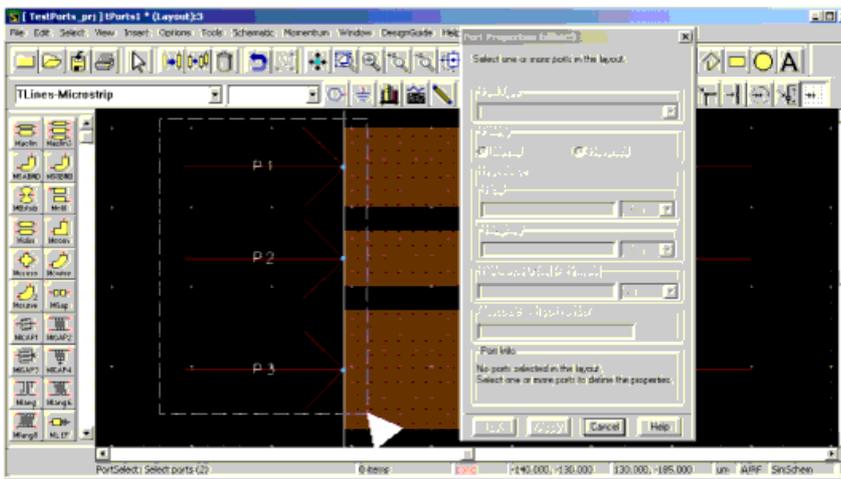


ADS 2006Aでは、以下のグラフィック・ハンドラ・オプションを使用することで、複数のポートを同時に選択して編集できるようになりました。

- Shift + クリック
- Ctrl + クリック
- ボタンを押してドラッグ
- Shift + ボタンを押してドラッグ
- Ctrl + ボタンを押してドラッグ

*Shift + クリック*および*Ctrl + クリック*イベントは、シングル・クリック・イベントに似ていますが、すでに選択されているポートが選択解除されない点が異なります。このため、*Ctrl*または*Shift*ボタンを押したまま新しいポートをマウスでクリックし続けることで、複数のポートを選択できます。

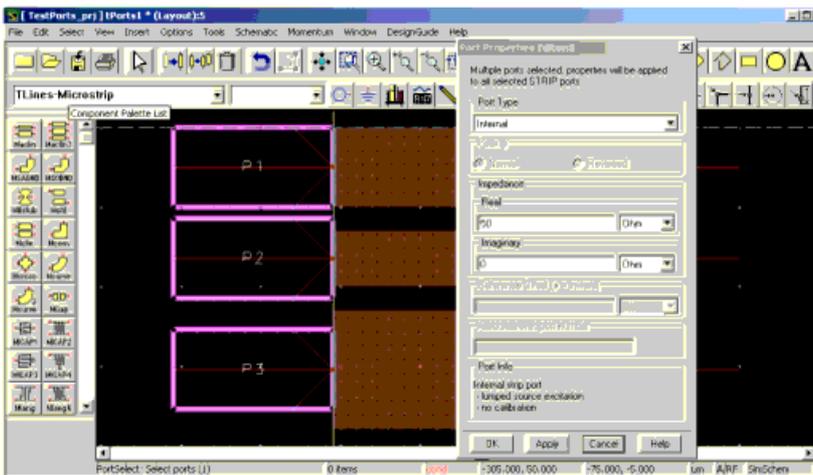
*ボタンを押してドラッグ*を使うと、1回のマウス操作で複数のポートを選択できます。*ボタンを押してドラッグ*操作の間は、マウス・トラッキング・スタイルがウィンドウ幅の十字線からラバーバンド長方形に変わります。



ボタンを押してドラッグ操作を終了すると、ラバーバンド長方形の内部にあるすべてのポートが属性編集の対象として選択されます。新たにボタンを押してドラッグ操作を開始すると、前に選択したポートはすべて自動的に選択解除されます。

Shift + ボタンを押してドラッグおよびCtrl + ボタンを押してドラッグイベントは、ボタンを押してドラッグ・イベントに似ていますが、すでに選択されているポートが選択解除されない点が異なります。このため、CtrlまたはShiftボタンを押したままマウスのプレス・アンド・ドラッグ・イベントを繰り返すことにより、複数のポートを選択できます。

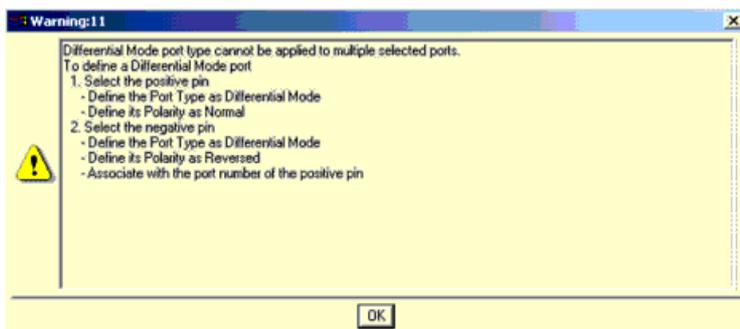
Port Editorダイアログには複数ポート選択に関するフィードバックが表示されます。



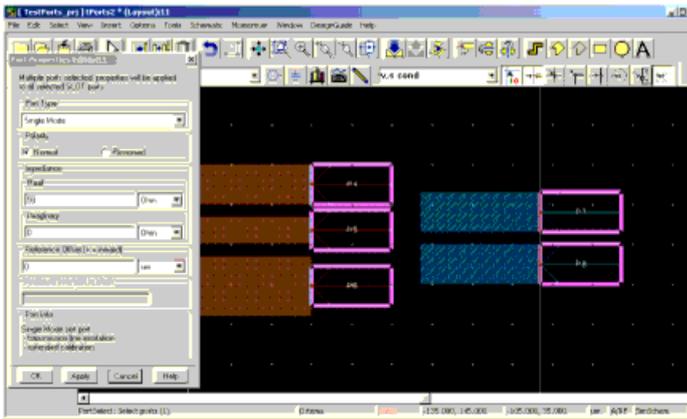
ユーザがグループ編集の対象として複数のポートを選択すると、選択した中で最もポート番号が大きいポートの属性がダイアログに表示されます。ユーザはこれらの属性を編集してから、選択したすべてのポートに適用できます。ユーザがApplyボタンを選択すると、ダイアログで定義された属性が選択したすべてのポートに適用されます。

ポートのグループ編集は、以下の場合を除くすべてのポート・タイプに対して実行できます。

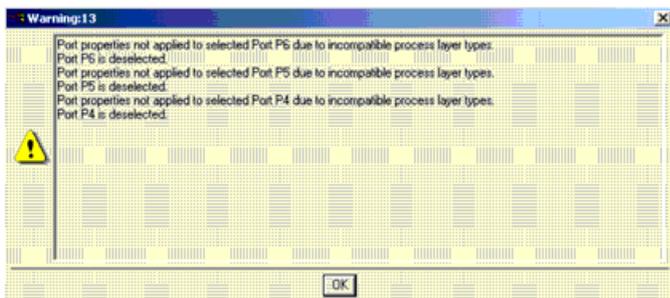
- ストリップ・レイヤ上の差動ポート
 - スロット・レイヤ上のコプレナ・ポート
- 差動ポートまたはコプレナ・ポートの各ピンは極性が異なる必要があるため、これらのポート・タイプは各ポートに対して個別に定義する必要があります。差動モードまたはコプレナ・モードのポート・タイプを、選択した複数のポートに適用しようとした場合は、無効な操作であることを示す警告が表示されます。これらのポート・タイプの正しい使用モデルがWarningダイアログに表示されます。



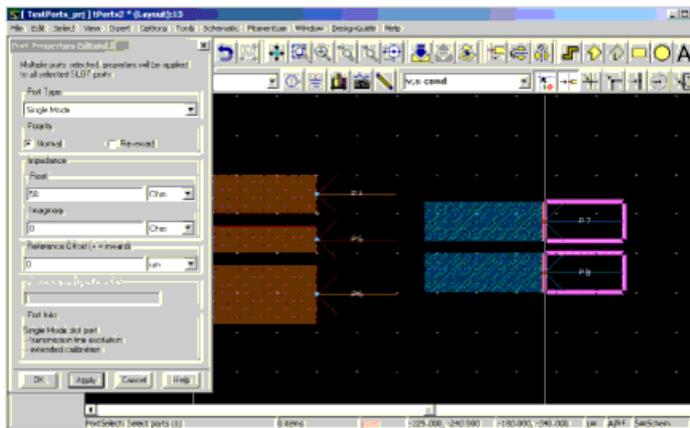
ポートのグループ編集は、同じプロセス・レイヤ・タイプ (STRIPまたはSLOT) を持つポートに対してのみ使用できます。STRIPレイヤとSLOTレイヤ上のポートを同時に選択した場合は、選択した中でポート番号が最も大きいポートと同じプロセス・レイヤ・タイプを持つポートに対してだけグループ編集を実行できます。



STRIPレイヤとSLOTレイヤのポートを同時に選択しようとした場合は、互換性のあるプロセス・レイヤ・タイプのポートだけが選択できるという警告ダイアログが表示されます。



互換性のないプロセス・レイヤ・タイプのポートは自動的に選択解除されます。



ポート番号の再マッピング

デザインによっては、ポート番号が連続していないものがあります。このような場合は、作成されるシミュレーション・データ・ファイルが使いにくくなります。Momentumが連続しないポート番号を持つデザインをシミュレートした場合は、結果のデータ・ファイルではポートは連続する番号に再マッピングされます。最小のポート番号が1に再マッピングされ、残りの番号は連続する番号に再マッピングされます。デザイン自体のポート番号は変更されません。Statusウィンドウに変更を示すメッセージが表示され、マッピングの一覧が示されます。

例えば、ポート番号37と101を持つデザインをシミュレートした場合は、以下のステータス・メッセージによって変更が示されます。

```
Layout has non-consecutive port numbers.
```

```
Output files will have consecutive port numbers.
```

```
layout port -> output port
```

```
37 -> 1
```

```
101 -> 2
```

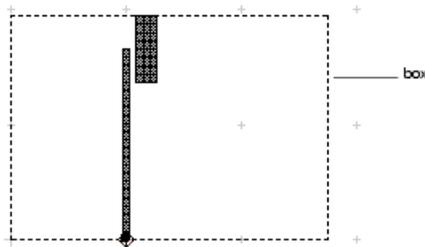
ポート番号の再マッピングは、サンプルおよびAFS CITIfileとそれらに対応するSパラメータ・データセットに対してだけ行われます。Visualizationおよび遠方界ファイルに対しては行われません。再マッピングはCITIfileレベルで行われ、データセット・ファイルに伝搬します。再マッピングの後では、すべてのデータセットが新しいポート番号に同期します。

ボックスと導波管

回路のサブストレート定義を(*Momentum* > *Substrate*メニューで)指定した場合は、サブストレートの垂直方向の寸法だけを指定して、水平方向の寸法は指定していません。この定義では、サブストレート・レイヤは水平方向に無限に延びることになります。これがシミュレーション結果に影響しない回路デザインもあります。しかし、水平方向の境界を設定しなければならない場合も数多くあります。このような場合は、ボックスまたは導波管を使います。

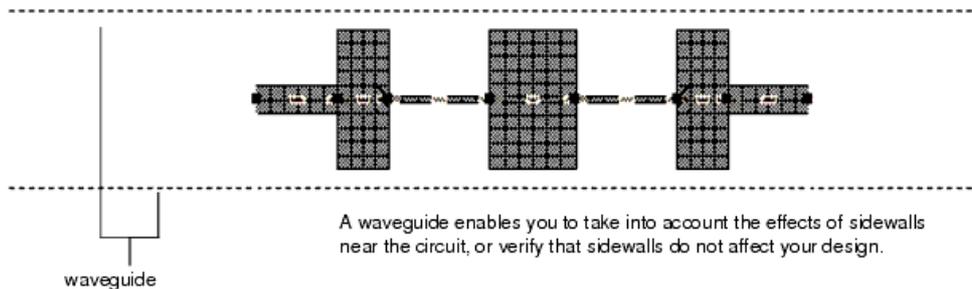
ボックスと導波管は、水平方向のサブストレート境界を指定するためのものです。ボックスを使うと、サブストレートの4辺に境界を指定できます。導波管では2辺に境界を指定できます。

具体的には、ボックスの場合は、4つの垂直な完全金属の平面をサブストレートの水平方向の境界として定義します。Z軸に沿って上から回路を見ると、これら4つの垂直平面(壁)によって長方形が構成されています。ボックスが使用できるのは、サブストレート定義のトップ・レイヤとボトム・レイヤがグランド・プレーンかインピーダンス終端の場合に限られます。このため、4つの垂直の金属壁と、トップとボトムのグランド・プレーンによって「ボックス」が構成されています(壁がボックスの側面、トップとボトムのグランド・プレーンが蓋と底)。



A box can represent a highly resonant metallic enclosure. Its effect will be taken into account during simulation.

導波管もこれに似ていますが、2つの平行な壁だけを指定します。したがって、これらの壁に垂直な方向にのみサブストレートの水平方向の境界が設定されます。壁に平行な方向には、サブストレートは無限に延びています。サブストレートのトップ・レイヤとボトム・レイヤは、やはりグランド・プレーンとして定義されている必要があります。2つの側面と上下のカバーによって導波管が構成されています。



以下のセクションでは、ボックスや導波管を回路に適用する方法を説明します。これらのアイテムのアプリケーションの詳細については、ボックスと導波管についてを参照してください。

ボックスの追加

ボックスは、回路サブストレートの4辺の境界を定義します。1つの回路に同時に適用できるのは、ボックス1つまたは導波管1つだけです。ボックスが回路に適用できるのは、サブストレート定義のトップ・レイヤとボトム・レイヤがグランド・プレーンかインピーダンス終端の場合に限られます。ボックスの壁は完全金属です。グランド・プレーンは、完全金属としても損失のある金属としても定義できます。

回路にボックスを追加すると、回路を金属で囲んだ場合の効果を解析できます。例えば、ボックス共振の検査が可能です。ボックス共振は、共振周波数近傍の狭い帯域で、Sパラメータに大きな影響を与えます。シミュレーション実行時に、共振周波数と、なめらかなSパラメータが計算できない周波数バンドがステータス・ウィンドウに表示されます。

シミュレーション中は、ボックスの側面のすべての電流の向きが考慮されます。

注記
回路内の校正済みポート(シングル、差動、コプレナ、コモン・モード・ポート)は、ボックスのエッジ上にエッジに垂直に配置されている必要があります。そうでないと、エラーが発生します。内部(未校正)ポートは、回路内の任意の場所に任意の向きで配置できます。

ボックスを追加する手順:

1. **Momentum > Box-Waveguide > Add Box**を選択します。
 2. 以下のどちらかの方法でボックスを挿入します。
 - ボックスの一方のコーナの位置にマウスを置いて、クリックします。反対側のコーナの位置にマウスを移動してクリックします。
 - Layoutウインドウのメニュー・バーで**Insert > Coordinate Entry**を選択し、*Coordinate Entry* XフィールドにボックスのコーナのX座標を、*Coordinate Entry* YフィールドにY座標を入力します。**Apply**をクリックします。反対側のコーナの座標を入力して**Apply**をクリックします。**Cancel**をクリックしてダイアログ・ボックスをクローズします。
- これで、レイアウトにボックスが表示されます。

ボックスの編集

ボックスを適用した後に寸法を変更することはできません。大きさを変えたい場合は、削除して新しいものを追加します。

ボックスの削除

ボックスを削除する手順:

1. **Momentum > Box-Waveguide > Delete Box**を選択します。
レイアウトからボックスが削除されます。

ボックスのレイアウト・レイヤ設定の表示

ボックスは、*momentum_box*という名前のレイアウト・レイヤとして定義されています。レイアウト・レイヤの設定を見ることはできますが、保護されたレイヤなので、設定を変更することは避けてください。

ボックスのレイヤ仕様を表示する手順:

1. **Options > Layers**を選択します。
2. *Layers*リストで**momentum_box**を選択します。レイヤ設定が表示されます。これらのパラメータの詳細については、『*Schematic Capture and Layout*』マニュアルを参照してください。
3. **Cancel**をクリックしてダイアログ・ボックスをクローズします。

導波管の追加

導波管は、回路サブストレートの平行な2辺の境界を定義します。1つの回路に同時に適用できるのは、ボックス1つまたは導波管1つだけです。導波管が回路に適用できるのは、サブストレート定義のトップ・レイヤとボトム・レイヤがグラウンド・プレーンかインピーダンス終端の場合に限ります。導波管の壁は完全メタルです。グラウンド・プレーンは、完全メタルとしても損失のあるメタルとしても定義できます。

シミュレーション中には、導波管の側面のすべての電流の向きが考慮されます。

導波管を追加する手順:

1. **Momentum > Box-Waveguide > Add Waveguide**を選択します。
 2. 導波管の向きを選択します。X軸に平行な導波管を挿入するには、**X-axis**をクリックします。Y軸に平行な導波管を挿入するには、**Y-axis**をクリックします。
 3. 以下のどちらかの方法で導波管を挿入します。
 - 導波管の一方の壁の位置にマウスを置いて、クリックします。反対側の壁の位置にマウスを移動してクリックします。
 - Layoutウインドウのメニュー・バーで**Insert > Coordinate Entry**を選択し、*Coordinate Entry* Xフィールドにサブストレートのエッジ上のポイントのX座標を、*Coordinate Entry* YフィールドにY座標を入力します。**Apply**をクリックします。反対側の平行エッジ上のポイントの座標を入力して**Apply**をクリックします。**Cancel**をクリックしてダイアログ・ボックスをクローズします。
- これらの境界によって、サブストレートのエッジと、導波管の幅が決まります。

導波管の編集

導波管を適用した後に寸法を変更することはできません。大きさを変更したい場合、削除して新しいものを追加します。

導波管の削除

導波管を削除する手順:

1. **Momentum > Box-Waveguide > Delete Waveguide**を選択します。
レイアウトから導波管が削除されます。

導波管のレイアウト・レイヤ設定の表示

導波管は、*momentum_box*という名前のレイアウト・レイヤとして定義されています。レイアウト・レイヤの設定を見ることはできますが、保護されたレイヤなので、設定を変更することは避けてください。

導波管のレイヤ仕様を表示する手順:

1. **Options > Layers**を選択します。
2. *Layers*リストで**momentum_box**を選択します。レイヤ設定が表示されます。これらのパラメータの詳細については、『*Schematic Capture and Layout*』マニュアル

ルを参照してください。

3. **Cancel**をクリックしてダイアログ・ボックスをクローズします。

ボックスと導波管について

ボックスや導波管で回路を囲んでシミュレートするには、さまざまな理由があります。

- 実際の回路が金属のボックスに囲まれている。
- 近くにある金属の側面が回路の動作に影響する可能性がある。
- ボックスが共振する可能性がある。
- 伝搬モードが存在する可能性がある。

以下にこれらの場合について説明します。

金属の筐体に囲まれた回路は数多く存在します。デザインにボックスを追加することにより、実際のストラクチャに存在する金属側面をシミュレーションで考慮できます。回路の動作に側面が直接の影響を与えるおそれがある場合に便利です。例えば、「広結合フィルタ(broad-coupled filter)」は金属の筐体(ボックス)に入っていて、側面がフィルタ特性に大きな影響を与える可能性があります。

実際のストラクチャに金属側面が存在し、これが回路の特性に影響を与える可能性がある場合は、ボックスまたは導波管を使います。この影響は不要な寄生効果です。回路のデザインで側面の影響を考慮していない場合は、影響があるかどうかを検証できます。ほとんどの場合、側面が実際の回路に非常に近くなければ、シミュレーション結果への影響はわずかです。ただし、一部の特殊な例では、側面のあるストラクチャに固有の重要な現象が生じます。

ボックスの場合、ボックス共振が発生します。ボックス共振とは、ある周波数とボックス・サイズの組み合わせで、実際にボックスがある周波数で共振を始める物理現象です。この現象が起きると、共振周波数近傍の狭い帯域で、Sパラメータに重大な影響が生じます。この影響は、なめらかな関数では表現できません。このため、この周波数帯域ではなめらかな適応Sパラメータが得られなくなります。このような回路をシミュレートする場合は、Momentumは、ボックス共振周波数、なめらかなSパラメータが得られない周波数バンド、Q値(ボックス共振の鋭さの指標で、損失に依存)に関する情報を表示します。

導波管の場合は?、これにあたる現象は導波管モードの励起です。側面の近くに回路を配置する場合は、導波管を追加することにより、回路の動作に側面が影響するかどうかを確認すべきです。

場合によっては、ストラクチャに金属の側面はないが、他の材料による境界がサブストレータ定義に存在する場合があります(例えば、有限サイズのサブストレータで、誘電体が突然途切れ、誘電体と空気の遷移が存在する場合)。Momentumのボックスと導波管は完全金属として定義され、誘電体ではありませんが、金属筐体を定義する方が何も筐体を定義しないよりも実際のストラクチャをより良く表現できる場合があります。

カバーの下に吸収レイヤを追加

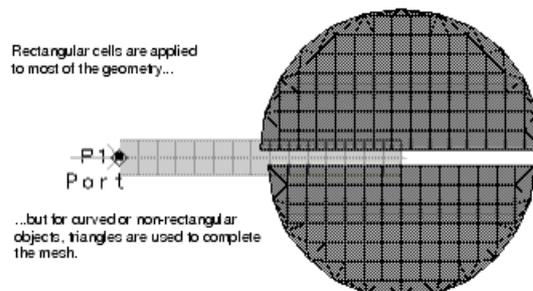
カバーとレイアウトの間に吸収レイヤを持つようにボックスや導波管をモデリングしたい場合があります。この場合は、サブストレータ・インタフェース・レイヤを使い、厚さを定義し、吸収特性を ϵ と μ で指定します(ϵ と μ はこのレイヤの特性を正確に記述するものでなければなりません)。吸収レイヤをボックスに追加すると、ボックス共振が発生した場合に、共振を弱める効果があります。すなわち、ボックス共振のQ値が大幅に小さくなります。

ボックス、導波管と放射パターン

ボックスや導波管に囲まれたストラクチャに対して、シミュレーション後に放射パターンを計算する場合は、トップ・プレーンとボトム・プレーンを376 Ω から378 Ω 間の値に設定する必要があります。その他にも考慮すべき点があります。詳細については、377 Ω 終端と放射パターンを参照してください。

メッシュ

メッシュとは三角形と長方形からなる格子状のパターンであり、それぞれの三角形や長方形をセルと呼びます。セルのパターンは、回路の形状と、ユーザ定義のパラメータによって決まります。したがって、それぞれの回路に固有のメッシュが計算されます。メッシュの役割は、シミュレーション中に各セルの電流を計算し、回路内に存在するカップリング効果を求めることです。この計算結果から、回路のSパラメータが求められます。次に示す



のは、ダブル・パッチのサンプルに対して計算されたメッシュです。

メッシュの作成には、2つのステップがあります。

- メッシュ・パラメータの定義

- メッシュの事前計算

メッシュ・パラメータの設定は必須ではありません。設定しなければデフォルトのパラメータが用いられます。シミュレーションの前にメッシュを事前計算すると、メッシュを確認できます。事前計算しない場合、シミュレーション・プロセスの一部としてメッシュが計算されます。シミュレーションにはメッシュが必要です。

この章では、メッシュ・パラメータの定義とメッシュ計算の方法を説明します。メッシュ・ジェネレータの仕組みと、各種のアプリケーションに対するメッシュ・パラメータ設定の指針についても述べます。

メッシュの定義

メッシュ・パラメータを設定するには、*Momentum > Mesh > Setup*を選択します。これにより、メッシュの作成に用いられるセル数を調整できます。セル数が多いほどシミュレーションは正確になりますが、多すぎるとシミュレーション速度が低下し、精度の向上もほとんど見られなくなります。メッシュ・パラメータを指定しなければ、デフォルト値を使ってメッシュが作成されます。

メッシュ・パラメータを設定する場合、以下の対象を選択できます。

- 回路全体
 - 1つのレイアウト・レイヤ上のオブジェクト
 - 1つのオブジェクト
- すべてのレベルでパラメータを指定する必要はありません。例えば、1つのオブジェクトに対してだけメッシュ・パラメータを指定し、回路の残りの部分に対してはデフォルト値を使うこともできます。

メッシュの生成方法の詳細については、メッシュ・ジェネレータを参照してください。メッシュ・パラメータの設定の際のヒントについては、メッシングの指針を参照してください。

メッシュ・パラメータを設定する手順を以下に示します。

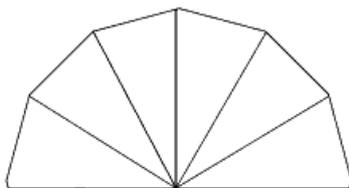
回路全体に対するメッシュ・パラメータの定義

グローバル・メッシュ・パラメータは、回路全体に影響します。グローバル・パラメータを設定する手順は以下のとおりです。

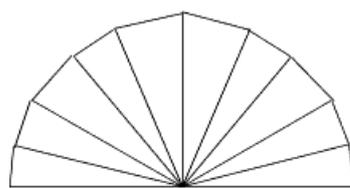
- Momentum > Mesh > Setup*を選択します。
- グローバル・パラメータが表示されます。
- Mesh Frequency*フィールドにメッシュ周波数を入力し、単位を選択します。この周波数の波長を使って、メッシュの密度が決まります。一般には、シミュレーションの最高周波数に設定します。詳細については、メッシュ密度の調整を参照してください。
- Number of Cells per Wavelength*(1波長あたりのセル数)を入力します。この値も、メッシュの密度を決めるために用いられます。この値と波長との関係を以下の例で説明します。

回路の長さが3波長で、1波長あたりのセル数が20の場合は、回路の長さが60セルに分割されます。詳細については、メッシュ密度の調整を参照してください。

- 回路内の曲線部分は、ファセットを使ってメッシュ化されます。*Arc Facet Angle*(円弧ファセット角)フィールドに、1つのファセットの度数を入力します。最大値は1ファセットあたり45°です。値を小さくすると、分解能が上がり、メッシュの密度が高くなります。最小値は、オブジェクトのドローイング時に設定された*Arc/Circle Resolution*(円弧/円分解能)と同じです。詳細については、オブジェクトのオーバラップの処理を参照してください。



Arc Facet Angle is 30 degrees



Arc Facet Angle is 18 degrees

- Edge Mesh*をオンにすると、オブジェクトのエッジ部分に相対的に高密度のメッシュが用いられます。電流の大部分はオブジェクトのエッジに沿って流れるので、エッジ・メッシュを使うとシミュレーションの精度と速度を改善できることがあります。エッジ・メッシュのサイズを自動的に決定するには、*Edge Width*フィールドを空白にしておきます。サイズを設定するには、エッジ幅を指定し、単位を選択します。エッジ・メッシュの詳細については、エッジ・メッシュについてを参照してください。

注記

*wavelength/number_of_cells_wavelength*で設定されたセル・サイズよりも大きい幅に指定されたエッジ・メッシュは無視されます。このようなエッジ・メッシュは非常に効率が悪いからです。ただし、そのエッジ・メッシュの値を使用しなければならない場合は、*Number of Cells per Wavelength*フィールドで指定する*number_of_cells_wavelength*の値を小さくしてください。

- Transmission Line Mesh*をオンにすると、形状の幅方向のセル数を指定できます。直線形状の回路の場合に役立ちます。幅方向のセル数を、*Number of Cells Wide*フィールドに入力します。回路の幅がこの数のセルに分割されます。伝送ライン・メッシュの詳細については、伝送ライン・メッシュについてを参照してください。
- Layout Healing*をオンにすると、レイアウト内の不要な小さいエラーや小さいギャップを自動的に無視できます。これにより、メッシュの品質を改善できます。オンにした場合、スナップ距離以内にある点やラインは結合されます。*Snap Distance*フィールドに値が指定されていない場合、またはこの値が0の場合は、自動設定が選択されていれば、安全な見積りが用いられます。

**注意**

スナップ距離を指定する場合は、その値は関連するレイアウト特性の幅に比べて小さい必要があります。そうでないと、メッシュで特性が無視されてしまいます。

**注記**

レイアウト修復が実際のレイアウト変更を実行する場合は、ステータス・ウィンドウに警告が表示され、変更の詳細がメッシュ・レポートに書き込まれます。変更を確認するにはメッシュ・レポートを参照してください。

9. **Thin layer overlap extraction**をオンにすると、以下の場合にオブジェクトを抽出できます。

- 異なるレイヤ上にある2個のオブジェクトが重なっている。
- オブジェクトの間に薄いサブストレート・レイヤがある。
このオプションをオンにすると、重なった領域に対してより正確なモデルが生成できるように形状が変更されます。詳細については、オブジェクトのオーバラップの処理を参照してください。

**注記**

薄膜キャパシタのモデリングでは、このオプションを必ずオンにしてください。

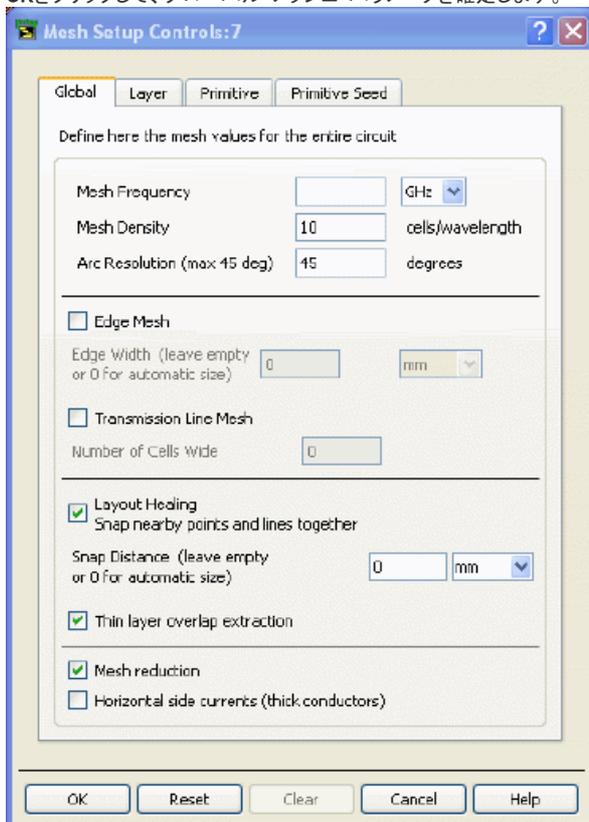
10. 最適なメッシュを実現して、セルの数を減らし、メモリ使用効率とシミュレーション時間を改善するには、**Mesh reduction**をオンにします。メッシュ・リダクションの詳細については、シミュレーション精度に対するメッシュ・リダクションの影響を参照してください。

11. 厚膜導体に対する側面電流の影響を考慮するには、*Horizontal side currents (thick conductors)*をオンにします。この機能をオンにすると、側面の水平電流を使用することにより、厚膜導体のモデリングが改善されます。この機能には以下の特長があります。
- グローバル・メッシュ・オプションがオンになっている場合は、側面のエッジ・メッシュを自動的に使用します(6を参照)。
 - 幅/厚さのアスペクト比が1.0以下の厚膜導体に対して精度が向上します。
 - グリーン関数に対する新しい再構成テクノロジーを使用しているため、サブストレート・データベースの再計算が不要です。
 - Momentum** > **Post-Processing** > **Visualization**を選択すると、ポスト・プロセッシングで視覚化できます。

**注記**

最高のシミュレーション性能を得るためには、拡張されたレイヤにはエッジ・メッシュを使用しないことをお勧めします。このためには、Globalタブで“Edge Mesh”ボックスのチェックを外します。個々のレイヤに対してエッジ・メッシュが必要な場合は、Layerタブで特定のレイヤに対してエッジ・メッシュを設定します。エッジ・メッシュと水平側面電流の組み合わせを使用する必要があるのは、きわめて高い周波数を使用するシミュレーションか、隣接する導体の間に非常に大きな結合が存在する場合だけです。
Horizontal side currentオプションをオフにした場合は、メッシングは厚膜導体に対する前のモデル(側壁の垂直電流だけを使用)に戻ります。

12. パラメータをデフォルト値に戻すには、**Reset**をクリックします。
13. **OK**をクリックして、グローバル・メッシュ・パラメータを確認します。



Global Mesh Controlダイアログ・ボックス

レイアウト・レイヤに対するメッシュ・パラメータの定義

1つのレイアウト・レイヤ上のオブジェクトだけに影響するメッシュ・パラメータを定義できます。グローバル・パラメータが設定されていても、レイアウト・レイヤに対してメッシュ・パラメータが定義されている部分には用いられません。

レイアウト・レイヤ・パラメータを設定する手順:

1. **Momentum > Mesh > Setup**を選択します。
2. **Layer**タブをクリックします。
3. **Layout Layer**リストで、メッシュ・パラメータを設定するメタライゼーション・レイヤを選択します。
4. **Mesh Density - cells/wavelength**を入力します。この値は、**Frequency**フィールドに指定された周波数の波長とともに、メッシュの密度を決めるために用いられます(周波数はグローバル・パラメータ)。

この値と波長との関係の例を使って説明します。このレイヤ上にある回路の一部の長さが2波長で、1波長あたりのセル数が20の場合は、このレイヤ上の回路の長さが40セルに分割されます。詳細については、メッシュ密度の調整を参照してください。

5. **Edge Mesh**をオンにすると、このレイヤ上のオブジェクトのエッジ部分に相対的に高密度のメッシュが用いられます。電流の大部分はオブジェクトのエッジに沿って流れるので、エッジ・メッシュを使うとシミュレーションの精度と速度を改善できる場合があります。

エッジ・メッシュのサイズを自動的に決定するには、**Edge Width**フィールドを空白にしておきます。サイズを設定するには、エッジ幅を指定し、単位を選択します。エッジ・メッシュの詳細については、エッジ・メッシュについてを参照してください。

6. **Transmission Line Mesh**をオンにすると、このレイヤ上の形状の幅方向のセル数を指定できます。直線形状の回路の場合に役立ちます。

幅方向のセル数を、**Number of Cells Wide**フィールドに入力します。このレイヤ上の回路の幅がこの数のセルに分割されます。伝送ライン・メッシュの詳細については、伝送ライン・メッシュについてを参照してください。

7. 選択したレイヤの設定を変更したい場合は、**Reset**をクリックしてデフォルト値に戻すか、**Clear**をクリックして設定を消去します。
8. 別のレイヤを選択して、同じ手順でメッシュ・パラメータを設定します。
9. **OK**をクリックして、選択したレイヤのメッシュ・パラメータを確定します。

オブジェクトに対するメッシュ・パラメータの定義

1つのオブジェクトだけに影響するメッシュ・パラメータを定義できます。グローバル・パラメータやレイアウト・レイヤ・パラメータが設定されていても、オブジェクトに対してメッシュ・パラメータが定義されている部分には用いられません。

オブジェクト・パラメータを設定する手順:

1. **Momentum > Mesh > Setup**を選択します。
2. **Primitive**タブをクリックします。
3. **Layout**ウィンドウで、メッシュ・パラメータを指定するオブジェクトを選択します。
4. **Mesh Density - cells/wavelength**を入力します。この値は、**Frequency**フィールドに指定された周波数の波長とともに、メッシュの密度を決めるために用いられます(周波数はグローバル・パラメータ)。

この値と波長との関係の例を使って説明します。オブジェクトの長さが1/2波長で、1波長あたりのセル数が20の場合は、オブジェクトの長さが10セルに分割されます。詳細については、メッシュ密度の調整を参照してください。

5. **Edge Mesh**をオンにすると、オブジェクトのエッジ部分に相対的に高密度のメッシュが用いられます。電流の大部分はオブジェクトのエッジに沿って流れるので、エッジ・メッシュを使うとシミュレーションの精度と速度を改善できることがあります。

エッジ・メッシュのサイズを自動的に決定するには、**Edge Width**フィールドを空白にしておきます。サイズを設定するには、エッジ幅を指定し、単位を選択します。エッジ・メッシュの詳細については、エッジ・メッシュについてを参照してください。

6. **Transmission Line Mesh**をオンにすると、オブジェクトの幅方向のセル数を指定できます。直線形状の回路の場合に役立ちます。

幅方向のセル数を、**Number of Cells Wide**フィールドに入力します。オブジェクトの幅がこの数のセルに分割されます。伝送ライン・メッシュの詳細については、伝送ライン・メッシュについてを参照してください。

7. 選択したオブジェクトの設定を変更したい場合は、**Reset**をクリックしてデフォルト値に戻すか、**Clear**をクリックして設定を消去します。
8. 別のオブジェクトを選択して、同じ手順でメッシュ・パラメータを設定します。
9. **OK**をクリックして、選択したオブジェクトのメッシュ・パラメータを確定します。

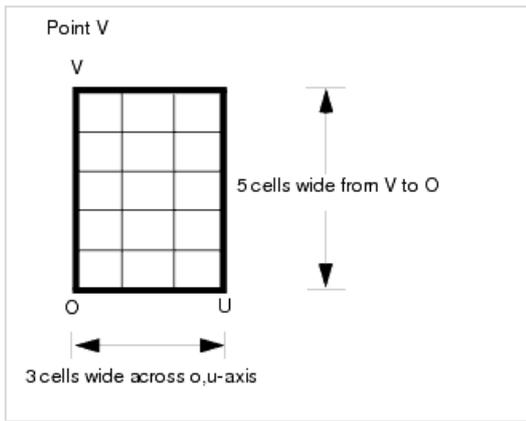
オブジェクトのシード設定

大部分の回路に対して、オブジェクトのシード設定は不要です。また、シード設定をすると内部のメッシュ・プロセスがすべてスキップされるので、推奨しません。オブジェクトに対して誤ったシード設定をすると、非効率なメッシュが生じ、シミュレーションの速度と精度が低下します。このメッシング機能を効率的に使うには、電磁気学と計算幾何学に対する十分な理解が必要です。

プリミティブ・シードを使うと、形状に適用するセル数を厳密に指定できます。

- OU軸に沿った水平方向
- ポイントVからOU軸への垂直方向

以下の例は、OU軸の位置と、OUIに対するポイントVの位置を、単純な形状について示したものです。オブジェクト・シード設定の有無に関わらず、正しいメッシュ生成のためにはOVがOUIに垂直でなければなりません。このメッシュは、OU軸方向に3セル、高さ方向に5セルと定義されています。



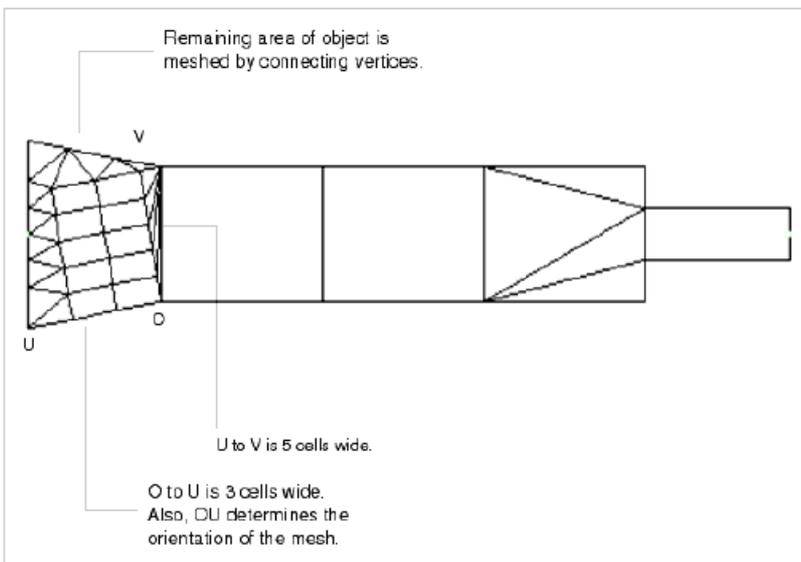
プリミティブ・シードを設定する手順:

- メッシュ座標の入力方法を決定します。以下の方法が使用できます。
 - Coordinate Entryダイアログ・ボックスに座標を直接入力します。
 - Layoutウィンドウでオブジェクトをクリックして座標を選択します。オブジェクト上で座標を選択する場合は、頂点スナップ・モードがオンになっていることを確認し、他のスナップ・モードも確認して、メッシュを確実にストラクチャに合わせます。座標を選択するときにスナップ・モードがオンになっていると、オンになっているスナップ・モードを満たす最も近いポイントにスナップします。このため、頂点スナップ以外のスナップ・モードがオンになっていると、メッシュをオブジェクトに合わせるのが困難になるおそれがあります。スナップ・モードの設定は、LayoutウィンドウのOptionsメニューにあります。
- レイアウトにメッシュが表示されている場合は、Momentum > Mesh > Clearを選択します。
- Momentum > Mesh > Setupを選択します。
- Primitive Seedタブをクリックします。
- Layoutウィンドウで、シード設定するオブジェクトを選択します。必要ならズーム・インします。
- OU軸を指定します。この軸がメッシュの向きを決定します。軸の選択には、次のどちらかの方法を使います。
 - OU軸の原点にマウスを置いてクリックします。軸の終点までマウスを動かしてもう一度クリックします。
 - Layoutウィンドウのメニュー・バーでInsert > Coordinate Entryを選択し、Coordinate Entry XフィールドとCoordinate Entry YフィールドでOU軸の原点を指定します。Applyをクリックします。軸の終点の座標を入力して、Applyをクリックします。
- Primitive Mesh Controlダイアログ・ボックスが表示されます。OU軸方向のセル数を入力します。
- ポイントVを指定します。OVがOUに垂直になるように指定する必要があります。ポイントの選択には、以下のどちらかの方法を使います。
 - ポイントにマウスを置いてクリックします。
 - Layoutウィンドウのメニュー・バーでInsert > Coordinate Entryを選択し、Coordinate Entry XフィールドとCoordinate Entry YフィールドでポイントVの座標を指定します。Applyをクリックします。
- Primitive Mesh Controlダイアログ・ボックスが表示されます。OVライン方向のセル数を入力します。
- シード設定されたオブジェクトに対して次の情報が表示されます。
 - オブジェクトが存在するレイアウト・レイヤの番号と名前。
 - シード設定されたオブジェクトを記述するデータ。オブジェクトのタイプ(パス、多角形など)や座標など。
 - OU軸とx軸との角度。
 - OU軸方向のセルの長さ(OUの距離をセル数で割ったもの)。
 - OV方向のセルの長さ(OVの距離をセル数で割ったもの)。
 以下に例を示します。


```

layerdata — Layer 2 (bot_met):
objectdata — Path (-35.000000, -2.187000) (0.000000, 2.187000)
OU angle — OU angle = 0.000000 deg.
cell sizes — du = 3.483500 mm, dv = 17.632979 mm
            
```
- 選択したオブジェクトの設定を変更したい場合は、Clearをクリックして設定を消去します。
- OKをクリックしてコマンドを終了します。

次の図では、OU軸が多角形の底辺に沿って配置され、長さは多角形の長さと同じです。軸方向のセル数は3に設定されています。OUからVまでのセル数は5に設定されています。この設定から得られたメッシュが示されています。回路の他の部分に対しては、設定済みのメッシュ・パラメータが用いられます。



メッシュの接続性

オブジェクトにシード設定した場合は、グローバル、レイアウト・レイヤ、オブジェクトのいずれかのメッシュ・パラメータが設定されていても、そのオブジェクトに対してはこれらのパラメータは用いられません。また、正確な結果を得るには、回路全体にわたってメッシュ・セルが正しく接続されていなければならない。これをメッシュの接続性といいます。メッシュの接続性を確保するために、シード設定された領域の境界が変形される場合があります。これを修正するには、隣接するオブジェクトのシード設定を変更するしかありません。1つのオブジェクトにシード設定をすると、回路全体のシード設定が必要になる場合があります。

接続性を確保するためにどのセルが変更されるかは、作成されるメッシュの未知数の数ができるだけ少なくなるように決定されます。

メッシュ・パラメータのリセットとクリア

メッシュ・パラメータの設定を変更するには、以下の方法があります。

- 個々のパラメータを変更する。
 - メッシュ・パラメータの値をまとめて消去する。
 - メッシュ・パラメータをデフォルト値にリセットする。
メッシュ・パラメータをリセットまたはクリアする手順:
1. **Momentum > Mesh > Setup**を選択します。
 2. 消去またはリセットするパラメータに応じて、*Global*、*Layout*、*Primitive*、*Primitive Seed*のどれかのタブを選択します。
 3. 以下のどちらかを実行します。
 - レイアウト・パラメータの場合は、レイアウト・レイヤ名を選択します。
 - オブジェクト・メッシュ・パラメータまたはシード設定の場合は、Layoutウィンドウでオブジェクトを選択します。

 **ヒント**
レイアウトからメッシュをクリアするとオブジェクトが選択しやすくなります。

4. 設定を消去するには**Clear**を、デフォルト値に戻すには**Reset**をクリックします。

 **注記**
オブジェクトを選択するのが困難な場合は、ダイアログ・ボックスをクローズし、オブジェクトを選択してから、もう一度ダイアログ・ボックスをオープンします。

メッシュの事前計算

 **注記**
メッシュを計算するには、あらかじめサブストレートを事前計算し、回路にポートを適用しておく必要があります。サブストレートを事前計算する方法については、サブストレートを参照してください。ポートを適用する方法については、回路へのポートの追加およびポートを参照してください。

*Momentum > Mesh > Precompute*を選択すると、メッシュが計算されます。指定した周波数とユーザ定義のメッシュ・パラメータを使って、長方形と三角形のパターンが計算され、回路に適用されます。シミュレーション中に、各セル内の表面電流が計算され、その結果を使ってストラクチャのSパラメータが求められます。

メッシュを事前計算する手順:

1. **Momentum > Mesh > Precompute**を選択します。
2. *Precompute Mesh*ダイアログ・ボックスで、メッシュの事前計算に使用する周波数を入力します。この周波数の波長が、メッシュ内のセル数を決定するために用いられます。メッシュ計算の詳細については、メッシュ・ジェネレータを参照してください。
3. **OK**をクリックするとメッシュ計算が始まります。
計算が終了すると、レイアウトにメッシュが表示されます。

メッシュ・ステータスの表示

メッシュ計算開始後に、計算に関するメッセージがMomentum Statusウィンドウに表示されます。通常は、エラーまたは警告が生成された場合と、計算が終了したときにメッセージが出ます。

ステータス・ウィンドウをクローズした場合は、再オープンするには、Layoutメニュー・バーで**Window > Restore Status**を選択します。

メッシュ計算の停止

メッシュ・プロセスを停止する手順:

1. Momentum Statusウィンドウで、**Simulation/Synthesis > Stop Simulation**を選択します。
メッシュ計算が停止し、情報は保存されません。

メッシュ・サマリの表示

メッシュ計算が成功したら、メッシュ統計情報を表示することができます。以下のような情報が得られます。

- ストラクチャ内の長方形セルの数
- 三角形セルの数
- ビアのモデリングに用いられた垂直長方形セルの数
- 未知電流の数
- 使用リソースと計算時間

セル数と未知電流の数は、シミュレーション時間に影響します。セル数が多いほど、メッシュは高密度になり、シミュレーションに時間がかかります。未知電流は、シミュレータが解くマトリクス方程式の変数に対応します。未知電流の数が多いほど、マトリクスは大きくなり、シミュレーション時間が長くなります。ストラクチャの計算に必要なメモリも増えます。
メッシュ統計の例を以下に示します。

```
-----
--- MOMENTUM MESH STATISTICS ---
-----
MOMENTUM 4.0 (*) 150.100
Thu Oct 12 15:50:17 2000

-----
Mesh Info:
-----
Rectangular cells :      4
Triangular cells  :     51
Via cells         :      0
Unknown currents  :     60

Resources:
-----
Process size :      0.17 MB
User Time   :      0h 0m 0s
Elapsed Time :      0h 0m 5s
-----
```

メッシュ・レポートの表示

メッシュ・レポートは、Momentum Statusウィンドウに表示されるポートと分解能に関する一部の警告に関する詳細情報を提供します。また、未接続のビア(両方で接続されていないビア)に関する情報も提供します。

メッシュ・レポートを表示する手順:

1. **Momentum > Mesh > Show Report**を選択します。

メッシュのクリア

回路からメッシュの表示を削除できます。メッシュをクリアすると、Layoutウィンドウの表示だけがクリアされます。メッシュ計算の結果は削除されません。

画面からメッシュを削除する手順:

1. **Momentum > Mesh > Clear**を選択します。
2. メッシュを再表示したいときは、**Edit > Undo**を選択します。これ以外にメッシュを再表示する方法としては、再計算しかありません。

メッシュ・ジェネレータ

メッシュ・ジェネレータとは、回路形状をセル(長方形と三角形)に分割するアルゴリズムです。*Mesh Reduction*オプションが選択されている場合は、メッシュが自動的に削減されて、低品質の小さいセルや電磁気学的に冗長なセルが削除され、多角形のセルから構成されるメッシュになります。表面を離散化することにより、任意の変動する表面電流を線形近似で計算できます。線形近似とは、セルに対してRooftop関数を適用することです。線形近似が実際の電流に近くなるほど、結果が正確になります。このため、メッシュの密度が高い方がマイクロ波周波数で一般に良い結果が得られます。

メッシュ・ジェネレータは、最少のセル数で正確なシミュレーション結果が得られるように、最適なセル・パターンを探索します。Momentumモードでは、最少のセル数はかなり大きくなり、高密度のメッシュが生じます。メッシュ・リダクション・テクノロジーを使用すると、与えられたメッシュ密度に対して大幅にセル数が少ない最適なメッシュが得られ、使用メモリとシミュレーション時間を削減して、シミュレーション性能を改善できます。シミュレーションではすべてのセルの電流が計算されるので、メッシュの密度が高すぎるとシミュレーション時間が長くなります。

指定したメッシュ・パラメータは、さまざまな形と大きさのセルに形状を分割するのに必要な情報をメッシュ・ジェネレータに伝える役割を果たします。メッシュ・パラメータを設定しないと、デフォルト・パラメータが用いられます。Momentumモードでは、デフォルトのメッシュ設定は30セル/波長で、エッジ・メッシュが使用されます。RFモードでは、デフォルトのメッシュ設定は20セル/波長で、エッジ・メッシュは使用されません。RFモードはMWモードに比べると近似なので、RFモードでの小さい設定は、精度と効率のトレードオフを考慮したよりよいデフォルト値なのです。

メッシュ密度の調整

メッシュ密度の決定には、*Mesh Frequency*と*cells/wavelength*の2つのメッシュ・パラメータの組み合わせが用いられます。

周波数に対応する波長を使って、Rooftop基底関数とも呼ばれるリニア関数が近似されます。周波数が高いほど、ストラクチャ全体に対して多くの波長が適合します。*cells/wavelength*は、各波長に対してフィッティングさせる最少のセル数を表します。セル数が多いほど、正弦波がより正しく表現され、シミュレーションが正確になります。例えば、1波長あたり30セルに指定した場合は、正弦波と線形近似との最大偏差は1%程度です。これらのパラメータは、縦方向の電流に影響します。

高い周波数を指定すると、メッシュのセル数が増えます(密度が上がります)。同様に、1波長あたりの最少セル数を増やしても密度が上がります。一般に、密度を最適化するには、メッシュ周波数を上げるよりも1波長あたりのセル数を増やす方が適しています。メッシュ周波数の最適値は、シミュレーションの最高周波数です。これにより、サブストレートの周波数帯域が不足することによる再計算を避けられる可能性があります。

レイアウトにシード設定をした後でメッシュ周波数を入力した場合は、システムは入力した周波数を無視し、回路の残りの部分に対してメッシュを計算するときだけにメッシュ周波数を使用します。

1波長あたりのセル数に入力する値は下限値であり、メッシュ・ジェネレータが使用する正確な値ではないことに注意してください。メッシュ・ジェネレータが実際に使用するセル数がこれより大きくなる場合がある理由を以下で説明します。例えば、*Cells per Wavelength*に20を入力したとします。一般的に、形状が無限大のときに用いられるセル・サイズは、1波長あたりのセル数に対応します。しかし、他の細部、エッジ、ユーザ定義メッシュ設定を考慮した場合は、 $\lambda/20$ よりも小さいセルが生じ、1波長あたりのセル数が指定した20よりも多く使用される可能性があります。実際に1波長あたりのセル数が大きくなる2つの場合を以下に示します。

- レイアウトに $\lambda/20$ よりも小さい細部が存在する場合は、メッシュは細部の形状に従います。メッシュは三角形と長方形だけから構成されるため、セルは $\lambda/20$ よりも小さくなります。
- Mesh Setup Controls*ダイアログ・ボックスのデフォルト設定を変更した場合、例えば伝送ラインの幅あたりのセル数を変更した場合などは、伝送ラインの幅方向のセル数に直接影響します。これにより、 $\lambda/20$ よりも小さいセルが生じる可能性があります。

シミュレーション精度に対するメッシュ・リダクションの影響

メッシュ・リダクションは、複雑な形状のメッシングから生じるメッシュの複雑性を除去することを目的としたテクノロジーです。通常の場合、ユーザは特定の精度を実現するために、シミュレーションで使用するメッシュ密度(1波長あたりのセル数)を指定します。しかし、形状の制約のために、波長の基準で厳密に必要なよりも多くのセルをメッシュが使用せざるを得ない場合があります。このような場合は、計算プロセスでメッシュに「冗長」な自由度が生じます(「冗長」とは電磁気学的な挙動に対してという意味)。メッシュ・リダクションは、問題の計算に先立ってこのような冗長な自由度を自動的に除去するテクノロジーです。このため、結果の精度に与える影響は無視できます。

エッジ・メッシュについて

エッジ・メッシュ機能を使うと、メタルまたはスロットのエッジに沿った領域に対して、小さいセルからなる相対的に高密度のメッシュ・パターンが自動的に作成され、形状の他の部分に対しては、少数の大きいセルからなる低密度のメッシュ・パターンが作成されます。大部分の電流はスロットまたはメタルのエッジに沿って流れるため、エッジ・メッシュを使うと正確な解をより効率的に得ることができます。

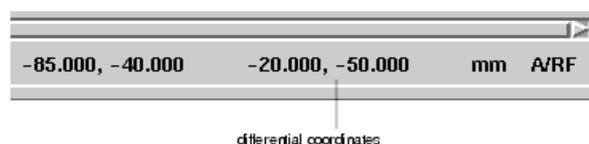
エッジ・メッシュがシミュレーション精度の改善に役立つのは、エッジ領域の電流のモデリングが解の計算に重要な役割を果たす回路の場合です。このような例としては、特性インピーダンスまたは伝搬定数が電気モデルの計算に重要な役割を果たす回路、強い近接カップリングが発生する回路、エッジ電流が動作を支配する回路などがあります。エッジ・メッシュを使用するアプリケーションとしては、以下のものがあります。

- 密結合ライン
- パッチ・アンテナ
- 共振回路
- 遅延ライン
- ヘアピン・フィルタ

エッジ・メッシュは、グローバル、レイアウト・レイヤ、オブジェクトのすべてのメッシング・レベルで使用できます。

エッジ・メッシュ幅の設定

エッジ・メッシュを使う場合は、エッジ・メッシュ幅を指定するか、空白にしておきます。空白にしておくと、適切な幅が計算され、メッシュの作成に用いられます。近似値を視覚的に得る方法としては、マウスをプリミティブのエッジに置いてクリックし、内側にマウスを動かして、Layoutウインドウの下部に表示される差分値を読み取ります。



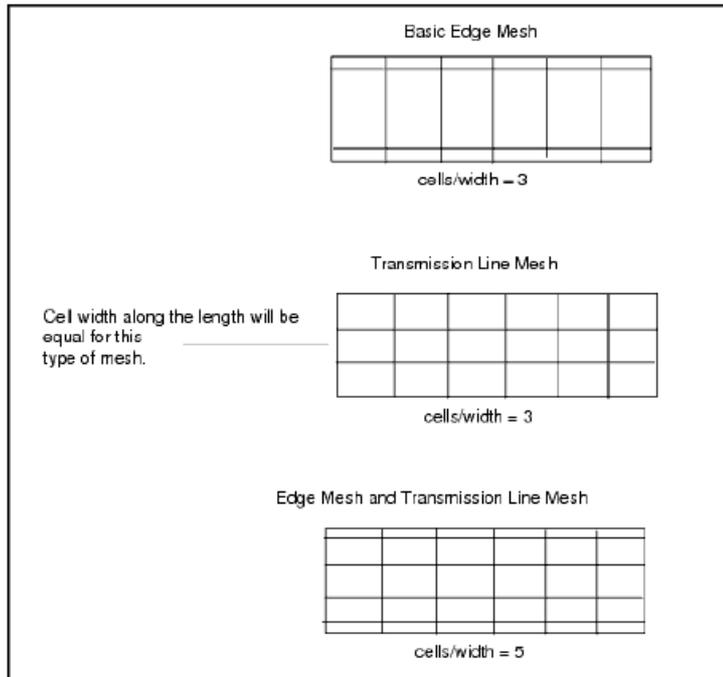
伝送ライン・メッシュについて

伝送ライン・メッシュは、レイアウト内の平行ライン間のセル数を指定する場合に使います。この機能を使うと、直線形状に適したメッシュが作成され、計算時間とメモリの節約に役立ちます。

例えば、1本の伝送ラインの幅方向のセル数が1個でも2個でも、シミュレーション結果は同じです。結合ラインの場合は、結果は異なります。

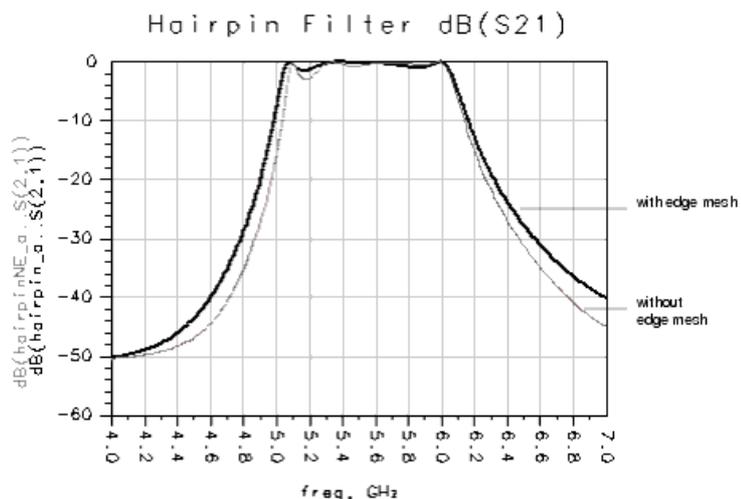
エッジ・メッシュと伝送ライン・メッシュの組み合わせ

伝送ライン・メッシュとエッジ・メッシュを組み合わせることができます。幅方向のセル数は、伝送ラインのセル数とエッジのセル数の合計になります。この組み合わせを使う場合、セル数の最小値は3個です。



エッジ・メッシュと伝送ライン・メッシュは、回路内の横方向電流に影響します。エッジ・メッシュと伝送ライン・メッシュで指定されたセル数が多いほど、横断電流が正確に近似されます。

下の図は、ヘアピン・フィルタのシミュレーションで、エッジ・メッシュを使った場合と使わない場合を比較したものです。エッジ・メッシュを使ったシミュレーションは時間がかかりますが、結果はフィルタの実測結果により近くなっています。



円弧分解能の使用

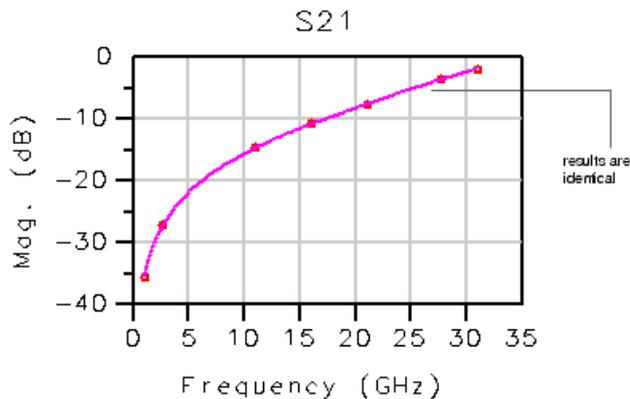
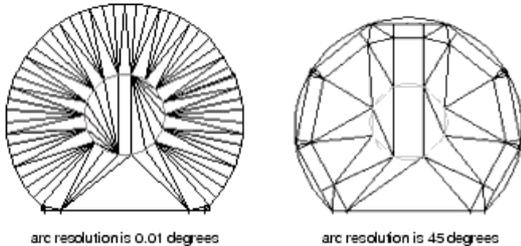
Arc Resolution(円弧分解能)パラメータを使うと、メッシュ内の三角形セルの数を調整できます。三角形セルは、オブジェクトの曲線領域にメッシュを生成するために用いられます。Arc Resolutionフィールドの値が大きいくほど、曲線オブジェクトに用いられる三角形セグメントの数が減ります。

Arc Resolutionの最大値は45°です。最小値は、曲線オブジェクトのドローイング時に用いられたファセットに依存します。例えば、ダブル・パッチ・アンテナのサンプルはArc/Circle Resolutionを30°としてドローイングされていて、Arc Resolutionは45°に設定されています。オブジェクトの角分割に用いられる実際の値は、これらの値の間です。実際の角度は、ファセット長がセル・サイズ以下になるように選ばれます。これは、メッシュ密度を決めるために指定された1波長あたりのセル数に、角分割が影響しないようにするためです。

i 注記

メッシュ・ジェネレータが正確なメッシュを生成するためには、多角形に変換された円弧を円弧と認識できなければなりません。このため、レイアウト分解能の指定が適切でないと、円弧と認識されず、角分割ができないことがあります。レイアウト分解能の詳細については、メッシュ精度とギャップ分解能を参照してください。

以下に示すのは、VIASTUBの例です。Arc Resolutionを、最も粗い設定である45° と、0.01° に設定します。後者の場合、角分割は実質的に無効になります。それぞれの角度設定でのスタブに対するメッシュが示されています。高密度のメッシュに対するシミュレーションは時間がかかり、多くのメモリが必要ですが、結果はほとんど改善されていません。



Arc Resolution = 45	Arc Resolution = 0.01	
プロセス・サイズ	6.18 MB	12.791 MB
ユーザ時間	12分	20分
経過時間	15分	24分
長方形セル数	96	80
三角形セル数	108	200
ピア・セル数	16	36
未知電流	337	453

メッシュ・パターンとシミュレーション時間

メッシュ・ジェネレータは、複雑なメッシュに対しても比較的高速に動作します。しかし、メッシュの複雑さはシミュレーション時間に大きな影響を与えることに注意してください。具体的には、メッシュのセル数(特に三角形セル)と未知電流の数がシミュレーション時間に影響します。

メッシュが主に長方形セルから構成されている場合は、シミュレーションは比較的高速です。単純なメッシュとは、大きさが同じくらいの少数の長方形セルから構成されたものです。最も複雑なメッシュとは、それぞれ異なる大きさの多数の三角形から構成されるものです。メッシュ内の三角形セルの数はなるべく少なくすべきです。

もう一つの変数である未知電流の数は、メッシュの密度(全セル数)に依存します。メッシュ内の全セル数はなるべく少なくすべきです。これにより未知電流の数が減り、シミュレーション中に計算するマトリクスのサイズが小さくなります。マトリクスを計算するのに必要な時間は、Nを未知電流の数として、 $N*N*N$ になります。

例えば、グローバル・シード設定が30の場合に、 50×50 程度のマトリクスを生成するスルーラインがあるとします。マトリクスを計算する時間はマトリクスのサイズに比例するので、シード設定が60の場合、同じスルーラインが 200×200 のマトリクスを生成します。これは、セル数がX方向とY方向にそれぞれ2倍になるからです。このため計算時間が長くなります。

メッシュ・パラメータを調整することにより、メッシュの複雑さを制御して、シミュレーション時間を短縮できる可能性があります。

単純なメッシュを使ってもかなりのシミュレーション時間を要するような複雑な回路の場合、メッシュの複雑さを減らすことで大幅に時間を節約できる場合があります。

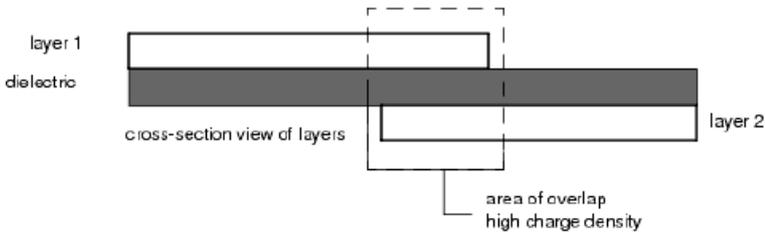
メッシュ・パターンと必要メモリ

未知電流の数は、メッシュの事前計算のときに求められ、メッシュの複雑さに依存します。未知数が多いほど、シミュレーション中に計算するマトリクスが大きくなります。計算に必要なメモリは、未知電流の数をNとして、 $N*N$ に比例します。

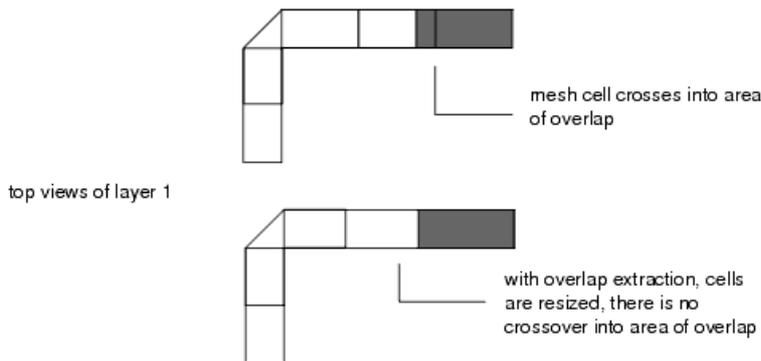
オブジェクトのオーバーラップの処理

薄膜レイヤ同士が近くにあって重なっているデザインでは、パラメータ *Thin layer overlap extraction* を使う必要があります。オーバーラップ領域と交差するメッシュ・セルが生成されると、望ましくない影響をもたらすからです。

例として、2つのレイヤが上下にあり、その距離が近いとします。これらがオーバーラップした領域には大きな電荷密度があり、1/距離に比例して増加します。レイヤの上にメタルがなければ、オーバーラップのない領域では電荷密度はほぼ0であり、オーバーラップするポイントで電荷密度は急激に(ステップ状に)変化します。



オーバーラップ抽出を行わないと、メッシュ計算時に、オーバーラップ領域の境界と交差するセルが作成される可能性があります。実際の回路ではこのセルは、オーバーラップのある領域で電荷密度が部分的に高く、オーバーラップのない場所で電荷密度が部分的に低くなります。ところが、Momentumは一定の電荷密度でセルをシミュレートするので、大きく変化するセル内の電荷が一定値で近似され、不正確な表現になります。そこで、オーバーラップ抽出をオンにすると、オーバーラップ領域に交差するセルが作成されません。



回路内のすべてのオーバーラップに対してこの機能を使用すると、メッシュの密度が高くなりすぎるおそれがあるため、経験則によって、レイヤが近接しない場合 ($h > 0.02 \times$ 予測セル・サイズ) またはオーバーラップ領域が小さい場合には、オーバーラップ抽出がオフになります。予測セル・サイズを計算するには、メッシュ周波数、グローバルな波長あたりのセル数、サブストレートの実効屈折率の予測値が用いられます。

メッシュを計算する周波数が低い場合は、予測セル・サイズが大きくなり、薄膜レイヤのオーバーラップ抽出をしてほしくないことがあります。この場合は、オーバーラップ抽出機能をオフにします。

メッシュ・ジェネレータのメッセージ

メッシュの生成時に、以下のようなメッセージが表示されることがあります。

On some layers, the mesher used the maximum allowable cell size for the given substrate. (一部のレイヤで、メッシュャが与えられたサブストレートに対する最大許容セル・サイズを使用しました) You will not be able to generate a coarser mesh on these layers. (これらのレイヤではこれより粗いメッシュを生成できません)

このメッセージの意味は、一部のレイヤ上のオブジェクトで、許容される最も粗いメッシュが作成されたということです。これは、サブストレートに対して計算されたグリーン関数の精度によって、最大セル・サイズが制限されるからです。

例えば、メッシュ周波数が10 GHzの場合に、20セルのメッシュを生成するレイアウトを考えます。一般に、メッシュ周波数を5 GHzに設定すれば、10セルのメッシュが得られるはずです。しかし、メッシュ周波数を下げたときに、セル・サイズが許容最大値(サブストレートのグリーン関数の精度で決まる上限値)よりも大きくなる場合は、メッシュのセル数は10よりも多くなります。

メッシング・レポートには以下のようなメッセージも表示される可能性があります。

“POLYLINE requires two unique points”(ポリラインには2個の相異なる点が必要です)

これは、レイアウト分解能(*Options > Preferences...*のLayout Unitsタブで設定)がメッシング・ラインの傾斜に不十分である場合に発生します。分解能を細かくすると、エラーは消えます。

メッシングの指針

多くの回路アプリケーションに対して、デフォルトのメッシュで十分に正確な結果が得られます。その他のものに対しても、グローバル・メッシュ・パラメータを使えばほとんどの場合に十分な精度が得られます。レイヤまたはプリミティブに対するメッシュ制御が必要なのは、少数の特別な場合に限られます。

きわめて正確な不連続部のモデリングや、密結合ラインを含む形状などのアプリケーションの場合は、デフォルトのメッシュでは特定の領域で密度が不足し、十分な精度が得られないことがあります。このような場合は、エッジ・メッシュを使うか、メッシュ密度を上げます。例えば、ノイズ・フロアやダイナミック・レンジは一般に小さい値です。場合によっては、高密度のメッシュを使うと、形状の解から得られるS21の値が-60 dBといった小さい値になります。デフォルトのメッシュではこの値が異なり、同じ回路に対して-40 dBといった結果になることがあります。

1つのデザインで、4つのタイプのメッシュ制御を任意に組み合わせて使用できます。一般的には、メッシュ密度を上げた方が精度は上がります。しかし、密度が高いと計算時間が増えます(計算するセル数が増えるため)。また、三角形は長方形よりも常に計算に時間がかかります。

薄膜レイヤのメッシング

薄膜レイヤのメッシングでは、メッシュ・セルがオーバーラップ領域に完全に含まれるか、オーバーラップ領域の完全に外側にある必要があります。メッシュ・セルとオブジェクト境界との位置関係が正しくないと、シミュレーション・データが不正確になるおそれがあります。

詳細については、オブジェクトのオーバーラップの処理を参照してください。

狭いラインのメッシング

狭いライン(らせん形の狭い伝送路など)が形状に存在する場合は、デフォルトのグローバル・メッシュでは、幅方向に1セル以上のメッシュを得るのが難しい場合があります。ラインを横断する方向の電流分布を捉えるために、必要ならエッジ・メッシュまたは伝送ライン・メッシュを使ってください。

スロットのメッシング

スロットのメッシングは、ストリップの場合と全く同じです。違いはありません。例えば、スロットに対してもエッジ・メッシュが使用できます。ストリップの場合と基本的に同じで、電流分布がエッジに集中するからです。

曲線オブジェクトのメッシュ密度の調整

ビアなどの曲線オブジェクトをレイアウト内でドローイングする場合は、使用するファセット数のデフォルト値が存在します。これはコマンド *Options > Preferences > Entry/Edit > Arc/Circle Resolution (degrees)* で設定されます。この値が小さいと、円のドローイングに比較的多くのファセットが用いられ、メッシュ・プロセスにおいて曲線領域に多数の三角形セルが作成されることとなります。すべての円弧と円に対してファセット数を変更するには、上記のコマンドを使用します。1個のオブジェクトに対してだけ変更するには、オブジェクトを選択して、*Edit > Modify > Arc/Circle Resolution* を選択します。必要に応じて半径に対する度数を増やせば、三角形セルの数を減らすことができます。これは回路の形状自体を変更することに注意してください。

メッシュ・パラメータ Arc Resolution がメッシュに与える影響については、オブジェクトのオーバーラップの処理を参照してください。

不連続部のモデリング

バンド付きマイクロストリップ伝送ラインに対してデフォルトのメッシュを使用すると、セル・サイズがラインの幅に等しくなることがあります(ライン幅あたり1セル)。伝送ラインが長くてバンドが急でなければ、不連続部がライン長に比べて小さいので、デフォルト・メッシュで十分な場合もあります。これに対して、基準面を内側に移動した場合や、バンドが急な場合、不連続部とそれから生じる寄生成分が、ラインの残りの部分に対して大きな割合を占めます。この場合、デフォルト・メッシュではシミュレーション・データに誤差が生じるおそれがあります。

これに対処するには、メッシュの密度を上げ、エッジ・メッシュを使用します。不連続部の近くの領域で、セル・サイズがライン幅の1/3(ライン幅あたり3セル)になるようにメッシュを作成すると、誤差が低減されます。高密度のメッシュを使えば、バンドの内側コーナでの電流の集中(寄生直列インダクタンス)や、バンドの外側エッジでの電荷蓄積(寄生シャント・キャパシタンス)を考慮できます。

密結合ラインの計算

密結合ラインの例としては、25 mil アルミナ・サブストレート($\epsilon_r = 9.8$)上のマイクロストリップ結合ライン・フィルタ(ライン幅が25 mil、ラインの間隔が2.5 mil)があります。フィルタの応答はライン間のカップリングに影響され、デフォルトのメッシュはライン幅あたり1セルです。この場合、反射係数データが測定データに一致しません。このデザインを正しく扱うには、エッジ・メッシュを使用する必要があります。

オブジェクトのシード設定の編集

プリミティブのシード設定のための推奨方法は、O,U,V座標系の使用です。

1. オブジェクトを選択します。
2. **Momentum > Mesh > Setup**を選択します。
3. **Primitive Seed**をクリックします。
4. **Clear**をクリックします。
5. 新しいシード・パラメータを選択します。

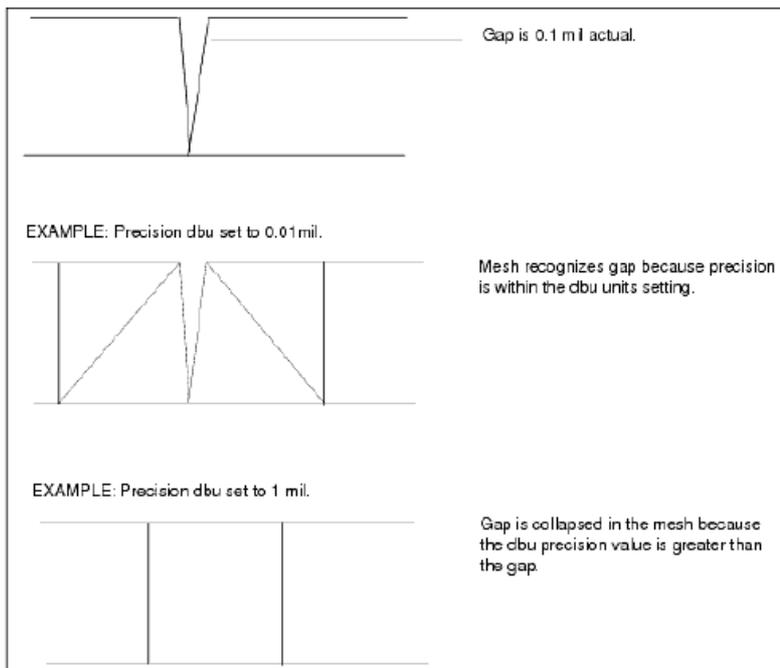
これらの値を変更するには、オブジェクトの属性を編集する方法もあります。しかし、この方法はサポートされないか、あるいは推奨しません。オブジェクトを選択して、**Edit > Properties**を選択します。シード値が表示され、変更可能になります。

メッシュ精度とギャップ分解能

このセクションは、Advanced Design Systemにインポートされたデザインが主な対象です。

メッシュ分解能は、レイアウト精度のdbu(データ・ベース単位)値に直接関連しています。ギャップやその他の未分解のレイアウトの頂点は、その距離が2 dbuより小さい場合は、メッシュ・ジェネレータによって分解されます。

製造やレイアウト・プロセスのために単位を変更するには、Layoutウィンドウのコマンド **Options > Preferences > Layout Units**を使用します。



Momentumのシミュレーション

シミュレーション・プロセスは、回路のサブストレートに対して計算されたグリーン関数と、回路に対して計算されたメッシュ情報とを組み合わせて、回路内の電流を計算します。得られた電流値を用いて、回路のSパラメータが計算されます。

シミュレーションの実行前に、以下の基準が満たされる必要があります。

- 回路に対してサブストレート定義が指定されていること。
- 最低1個のポートが回路に存在すること。
- シミュレーション実行時にメッシュが自動的に計算されること。
- シミュレーション周波数プランが指定されていること。

上記の基準が1つでも満たされない場合、シミュレーションを実行しようとしたときにMomentumがエラーを報告します。

Momentumのプレーナ・ソルバは、サブストレート・データベースとメッシュ・ジェネレータから得られる情報を使って、回路シミュレーションを実行します。サブストレート計算とメッシングをシミュレーション前に実行して、その妥当性をチェックすることもできます。サブストレートを事前計算しておくことで、シミュレーション時間を短縮できます。

シミュレーションを実行する手順は、以下の各ステップからなります。

- ローカル/リモート/分散シミュレーション・モードの選択(オプション)
- 行列ソルバの選択(オプション)
- 周波数プランの指定と編集
- モード、ホスト、または待ち行列の選択
- 解ファイルの指定
- データ表示の選択
- シミュレーションの実行

以下の各セクションでは、Momentumシミュレーションの実行方法を説明します。



注記

Momentumはシミュレーション中にいくつかのファイルを作成します。これらのファイルのうち、`/mom_dsn/<design>/proj.cvil`は大きくなる場合があります(このファイルの内容は電流の計算結果です)。プロジェクトが終了して、電流を表示したり遠方界計算を実行したりする必要がなくなった場合は、このファイルを削除してディスク空き容量を増やすことができます。

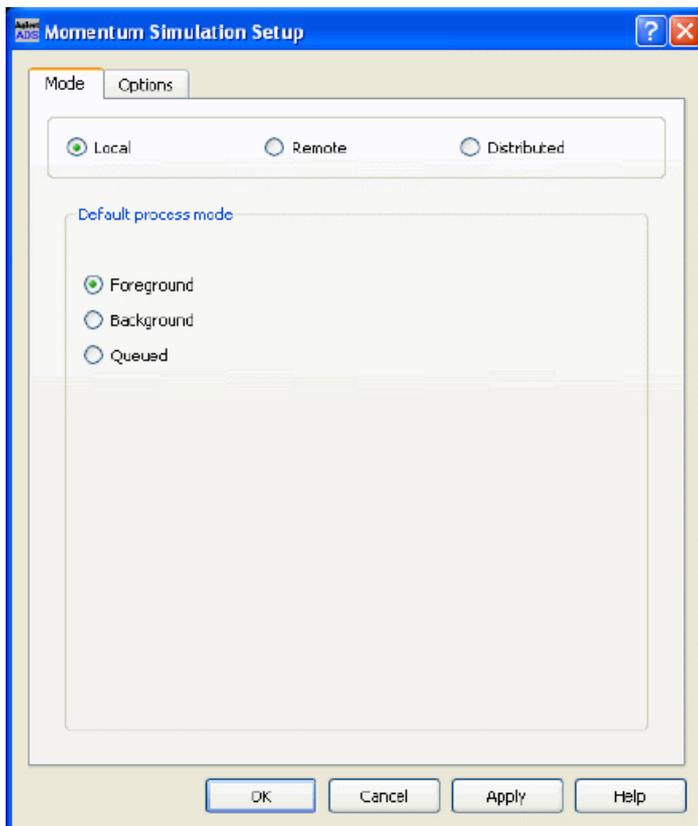
シミュレーション・モードの選択

Momentumシミュレーションをローカル・マシンで実行するか、リモート・シミュレーションを使用するか、サードパーティ製のロード・バランシング/待ち行列システム(LSF、Sun Grid Engine、PBS Professionalなど)を利用するかを選択できます。

Momentum > Simulation > Setupを選択すると、Momentumのシミュレーション・セットアップ・ウィンドウがオープンします。このウィンドウには、2つのタブ・ページがあります。**Mode**タブ・ページでは、以下の3つの主要なシミュレーション・モードの1つを選択できます。

Local

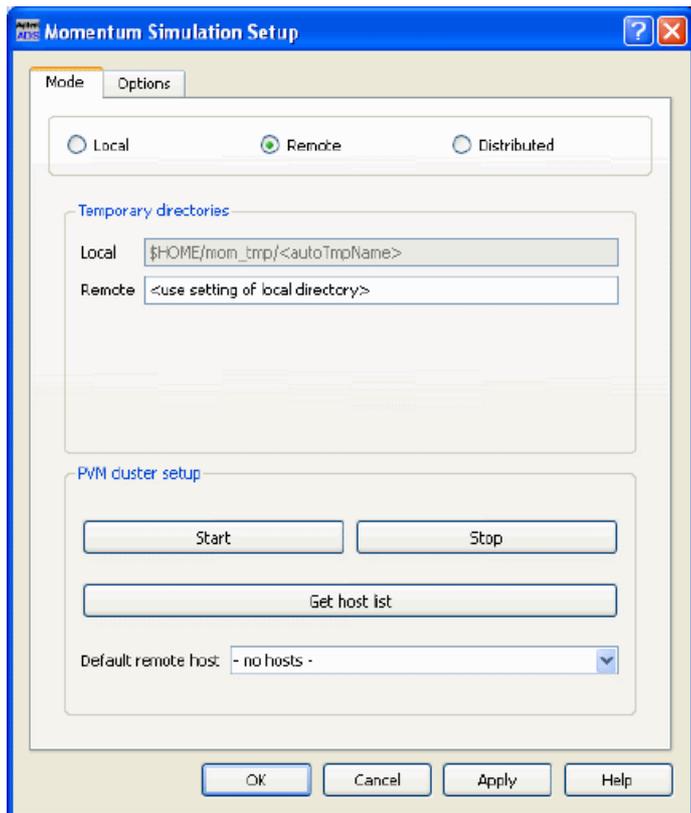
ローカル・モードを選択すると、シミュレーションはローカル・マシンで実行されます。



シミュレーション・セットアップ・ウィンドウで、ローカルで開始するシミュレーションのデフォルト処理モードを選択できます。ローカル処理モードは、フォアグラウンド、バックグラウンド、待ち行列のいずれかです(処理モードの選択を参照)。これらのモードを使用して、シミュレーションをただちに開始するか、ローカル待ち行列マネージャ(バッチ・モード・シミュレーションを参照)を使用して一連のシミュレーションを順次実行することができます。

Remote

リモート・モードを選択すると、シミュレーションはPVMエグゼクティブ・システムを使用してリモート・マシンで実行されます (Momentumシミュレーション・エグゼクティブ・システムおよびPVMを使ったリモート・シミュレーションの実行を参照)。



このモードのセットアップ・ウィンドウには、以下の機能があります。

- リモート・シミュレーションに使用するリモート・シミュレーション・ディレクトリを定義するオプションのフィールド
- PVMクラスタ構成の開始/停止

リモート・シミュレーション環境は、このページでStartを押すことによって開始する必要があります。これにより、PVMシミュレーション・クラスタ構成が読み込まれ、定義されたクラスタがPVMシミュレーション・エグゼクティブによって開始されます。PVMクラスタ構成が定義されていない場合は、ローカル`eesofpvm`デーモンが開始されます。

PVMクラスタが使用可能な場合は、'Get host list'ボタンを選択すると、使用可能なリモート・シミュレーション・マシンの一覧が表示され、デフォルトのリモート・ホストをドロップダウン・リストから選択できます。

Distributed

分散モードでは、サードパーティ製のワークロード/待ち行列管理システムを使って、Momentumシミュレーションをマシンのクラスタに登録します。分散モードで使用可能なロード管理システムとしては、LSF™、PBS professional™、Sun Grid Engine™があります。



注意

リモート・シェル、セキュア・シェル、SGE/LSF/PBS環境が正しく設定されていることが非常に重要です。Agilentは、お客様のローカル環境の構成に関して責任を負えません。分散モード・シミュレーションを実行する前に、ローカル・システム管理者と協力して、環境が正しく設定されているかどうかを確認することを強くお勧めします。



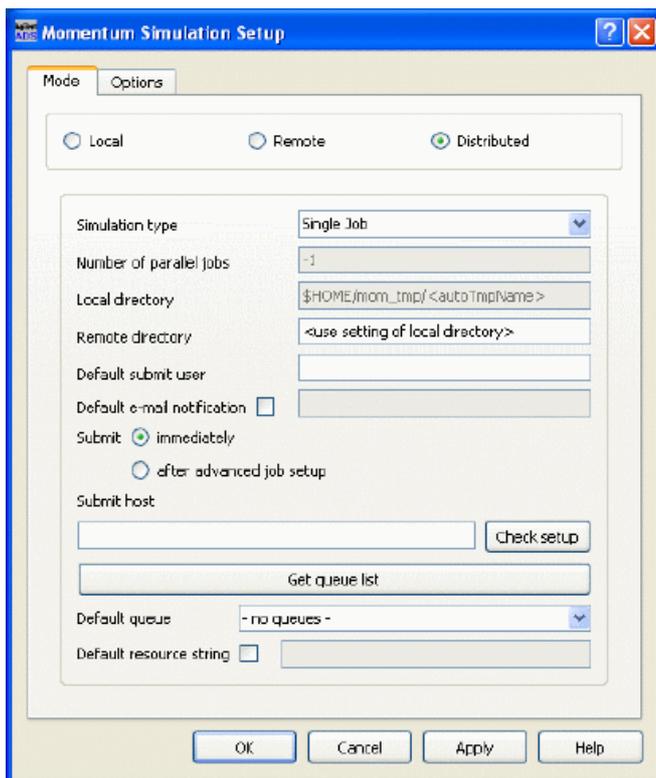
重要

シングル・エンジンのMomentumは、ADSでサポートされるすべてのプラットフォーム上で動作します。分散Momentumエンジンは、ADSでサポートされるLinuxマシン上でのみ動作します。また、一般的な要件として、「実際の」Momentumシミュレーション・ディレクトリがリモート/分散シミュレーションを実行するマシン間で共有されている必要があります。このクラスタは、同等のマシンのセットから構成されることが望ましいです。

分散モードでは、サードパーティ製のワークロード管理システムが、ADS関連のタスクをコマンド・ライン環境から実行できるようにあらかじめ設定されていることを仮定しています。サードパーティ製ワークロード管理システムの設定方法については、お使いの環境のドキュメントを参照してください。サポートされるワークロード管理システムに関する情報は、以下のサイトで入手できます。

- LSF:<http://www.platform.com>
- PBS Professional:<http://www.pbsgridworks.com/Default.aspx>

- Sun Gridengine:<http://gridengine.sunsource.net/>

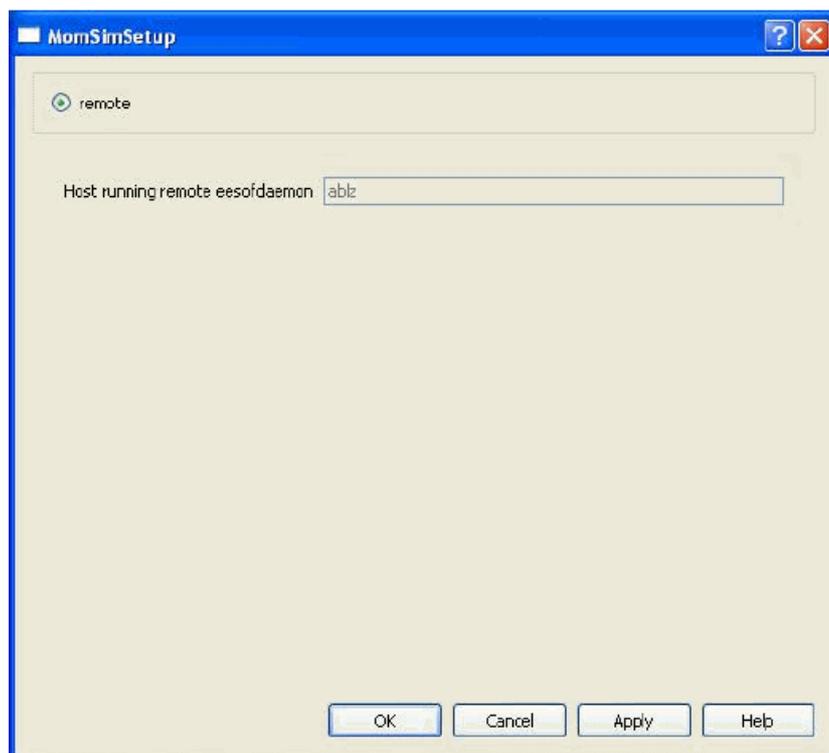


分散モードには以下のセットアップ・オプションがあります。

- “Simulation type”では、シングルジョブまたは分散ジョブを選択できます。
- “Number of parallel jobs”では、並列に計算される周波数ポイントの数を指定できます。
- “Local directory”は、Momentumプロジェクト・ファイルが置かれているローカル・コンピュータ上のディレクトリを指します。
- “Remote directory”は、シミュレーション実行中にMomentumプロジェクト・ファイルが置かれるリモート・コンピュータ上のディレクトリを指します。ホスト・モードがリモートでホストがローカル・マシンに設定されている場合は、リモート・ディレクトリは<use setting of local directory>に設定します。リモート・ディレクトリをリセットするには、エントリを空白にしてApplyをクリックします。
- “Default submit user”は、ローカル・ユーザ名がクラスタ上のユーザ名と異なる場合に使用します。
- オプションのメール通知およびメール・アドレス・フィールド
- “Submit”フィールドでは、*Simulate*ボタンを押したときにジョブをただちにワークロード・システムに登録するか(immediately)、ワークロード管理システム用の高度なオプションを設定するウィンドウを表示した後に登録するか(after advanced job setup)を指定できます。
- “Submit host”フィールドでは、ワークロード・システムの登録ホストとして、PVMリモート・シミュレーション・クラスタのホストを指定します(これはローカル・マシンでもかまいません)。
- *Get queue list*ボタンを押すと、*Default queue*ドロップダウン・リストに、登録ホストから参照できる使用可能な待ち行列が入ります。これにより、デフォルト待ち行列をあらかじめ設定できます。
- “Default resource string”には、サードパーティ製ワークロード管理システムのオプション・フラグやリソース指定構文を入力できます。これはワークロード・システムに直接渡されます。

EMXリモート

MOMENTUM_SIM_PATH環境変数が定義されている場合は、PVMエグゼクティブ・システム全体が無効になり、Momentumシミュレーションは強制的にEMXリモート・シミュレーション・モードで実行されます(PVMまたはEMXエグゼクティブ・システムを使ったりリモート・シミュレーションを参照)。Momentumシミュレーション・セットアップ・ウィンドウはリモート専用になり、MOMENTUM_SIM_PATH変数で定義されたシミュレーション・ホストが用いられます。

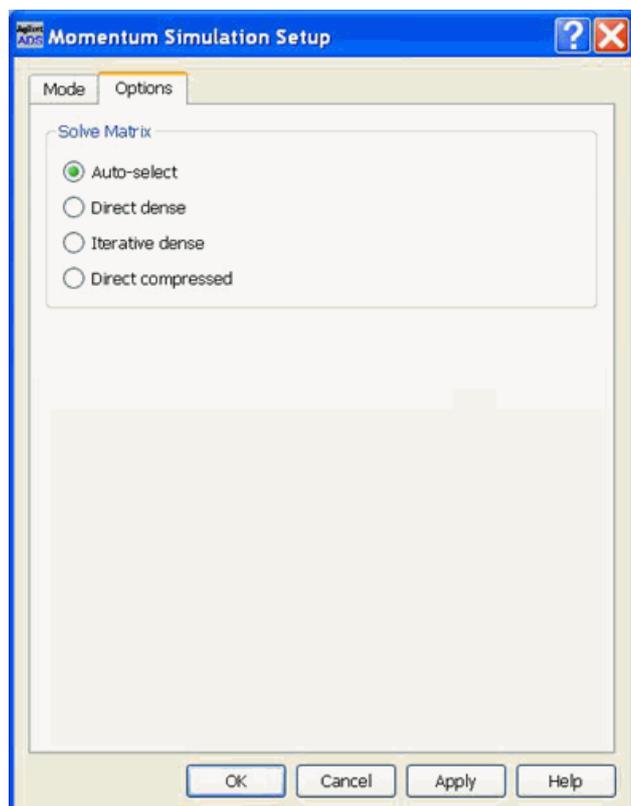


行列ソルバの選択

シミュレーション時にMomentumが使用する行列ソルバを選択できます。「自動選択モード」のほかに、Momentumには以下の3種類の行列ソルバが用意されています。

- Direct Dense
- Iterative Dense
- Direct Compressed

Momentum > Simulation > Setupを選択して、Momentum Simulation Setupウィンドウをオープンします。このウィンドウには2つのタブがあります。**Options**タブ・ページで行列ソルバを選択できます。



Auto-select

Auto-selectを選択すると、Momentumは扱う問題のサイズに応じて最適な行列ソルバを自動的に選択します。これはデフォルトの行列ソルバ選択オプションです。

Direct Dense

Direct denseを選択すると、Momentumは直接密行列ソルバをシミュレーション時に使用します。この場合は、行列は密行列形式(N^2 のオーダーのメモリが必要)で記憶され、直接行列分解法(N^3 のオーダーの計算時間が必要)で計算されます。Direct 密行列ソルバでは、あらかじめ決まった数の演算で必ず解が見つかることが保証されています。最大の欠点は、必要な計算時間が行列のサイズ N の3乗に応じて増加するため、問題のサイズが大きいとシミュレーション時間が長くなることです。

Iterative Dense

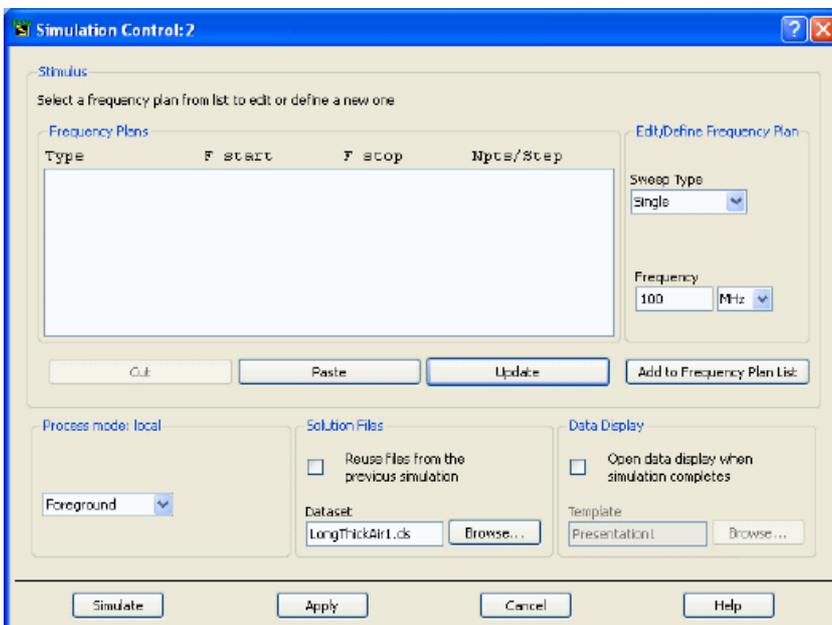
Iterative denseを選択すると、Momentumは反復密行列ソルバをシミュレーション時に使用します。この場合は、行列は密行列形式(N^2 のオーダーのメモリが必要)で記憶され、反復行列計算法(N^2 のオーダーの計算時間が必要)で計算されます。計算時間は行列のサイズ N の2乗に応じて増加するため、問題のサイズが大きい場合は直接密行列ソルバに比べてシミュレーション時間が短くなります。最大の欠点は、反復ソルバは高速に収束するという保証がないことです。反復ソルバは収束速度をモニタして、収束が停滞するか、収束速度が遅すぎると判断した場合は、自動的に**Direct dense**行列ソルバに切り替えます。

Direct Compressed

Direct compressedを選択すると、Momentumは直接圧縮行列ソルバをシミュレーション時に使用します。この場合は、行列は圧縮行列形式($N \log N$ のオーダーのメモリが必要)で記憶され、直接圧縮行列分解法($(N \log N)^{1.5}$ のオーダーの計算時間が必要)で計算されます。直接圧縮行列ソルバでは、あらかじめ決まった数の演算で必ず解が見つかることが保証されています。さらに、必要な計算時間は行列のサイズ N に対してリニア対数的に増加するため、問題のサイズが非常に大きい場合はこの行列ソルバが最適です。

周波数プランの作成

1つのシミュレーションに対して、複数の周波数プランを作成できます。各周波数プランには、解を1つの周波数ポイントで求めるか、ある周波数レンジで求めるかを指定します。また、プランに対する掃引タイプも選択できます。これらの周波数プランの集合が、1つのシミュレーションとして実行されます。



周波数プランを作成する手順:

1. **Momentum > Simulation > S-parameters**を選択します。
2. 掃引タイプを選択します。以下の選択肢があります。
 - Adaptive (適応)
 - Logarithmic (対数)
 - Linear (リニア)
 - Single point (シングル・ポイント)

Adaptive (適応)は望ましい掃引タイプです。これを使うと、高速かつ非常に正確な方法で、サンプリングされたSパラメータ・データ・ポイントが有理フィッティング・モデルと比較されます。**Sample Points Limit**フィールドに入力された値は、収束を達成するために用いられる最大サンプル数を表します。最後の試行で得られた解が保存されます。これより少ないサンプル数で収束に達した場合は、解が保存され、シミュレーションは終了します。この掃引タイプの詳細については、適応周波数サンプリングを参照してください。

Logarithmic (対数)を使うと、ある周波数レンジで、対数的に増加する周波数ポイントを選んでシミュレーションが行われます。**Start**フィールドと**Stop**フィールドに開始周波数と終了周波数を入力し、それぞれの周波数単位を選択します。周波数のデケード(1桁)ごとの周波数ポイントの数を**Points/Decade**フィールドに入力し、単位を選択します。

Linear (リニア)を選択すると、ある周波数レンジで、指定したステップ・サイズに基づいてリニアに増加する周波数ポイントを選んでシミュレーションが行われます。StartフィールドとStopフィールドに開始周波数と終了周波数を入力し、それぞれの周波数単位を選択します。Stepフィールドにステップ・サイズを入力し、単位を選択します。

Single (シングル)を選択すると、1個の周波数ポイントでシミュレーションが行われます。Frequencyフィールドに周波数を入力し、単位を選択します。

3. プランの設定が終わったら、**Add to Frequency Plan List**をクリックします。



注記

シミュレーションでは、周波数プランはこのリストに記載された順番に実行されます。

4. 上記の手順で他の周波数プランを追加します。
5. 終わったら、**Apply**をクリックします。

注意事項

一般に、掃引タイプとしてはAdaptiveを推奨します。例外としては、特定の周波数ポイントを対象としたシミュレーション、例えばアンテナ・パターンを表示などがあります。放射パターンの計算は、解が求められた周波数でのみ可能なので、Single掃引タイプで特定の周波数を指定するか、LinearまたはLogarithmic掃引タイプでレンジを指定します。

複数の掃引タイプを使用する場合は、Adaptive掃引タイプを使用するプランがリストのいちばん上になるように、周波数プラン・リストを作成してください。他の掃引タイプを使用するプランは、Adaptive掃引タイプを使用するプランの後に配置します。

周波数プランの編集

Frequency Plansリストで、周波数プランの変更、削除、移動が可能です。

周波数プランを変更する手順:

1. **Momentum > Simulation > S-parameters**を選択します。
2. Frequency Plansリストで周波数プランを選択します。
3. *Edit/Define Frequency Plan*の下に表示される掃引タイプと周波数のフィールドを使って、プランを編集します。これらのフィールドについては、前のセクションで説明しています。
4. プランの編集が終わったら、**Update**をクリックします。
5. **Apply**をクリックして変更を保存します。

周波数プランを削除する手順:

1. **Momentum > Simulation > S-parameters**を選択します。
2. Frequency Plansリストで周波数プランを選択します。
3. **Cut**をクリックします。
4. **Apply**をクリックして変更を保存します。

周波数プランを移動する手順:

1. **Momentum > Simulation > S-parameters**を選択します。
2. Frequency Plansリストで周波数プランを選択します。
3. **Cut**をクリックします。
4. 切り取ったプランの下に配置したい周波数プランを選択します。
5. **Paste**をクリックしてプランを再入力します。
6. **Apply**をクリックして変更を保存します。



ヒント

すべての編集作業を実行した後で、1回だけ**Apply**をクリックしてからダイアログ・ボックスをクローズすることもできます。

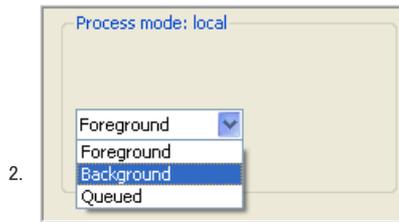
プロセス・モードの選択

Process mode:local

シミュレーションをフォアグラウンドで実行するかバックグラウンドで実行するか待ち行列に入れるかを選択できます。Foreground (フォアグラウンド) モードでは、サブストレータが事前計算されていないとシミュレーションが一時停止します。この場合は、シミュレーションを終了することもでき、続行した場合にはサブストレータの事前計算が行われてからシミュレーションが実行されます。Background (バックグラウンド) モードでは、サブストレータの事前計算が必要な場合は、シミュレーションを終了するか続行するかをユーザに確認せずに、自動的に計算が行われ、その後にシミュレーションが実行されます。どちらのモードでも、Layoutウィンドウを使ってレイアウトの構築または編集を実行できます。サブストレータの事前計算の詳細については、サブストレータの事前計算を参照してください。待ち行列については、バッチ・モード・シミュレーションを参照してください。

現在のローカル・プロセス・モードを設定する手順:

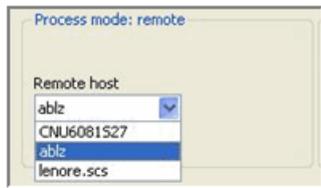
1. **Momentum > Simulation > S-parameters**を選択します。
2. 処理モードを選択します。Foreground、Background、Queuedのいずれかをドロップダウン・リストから選択します。



3. **Apply**をクリックします。

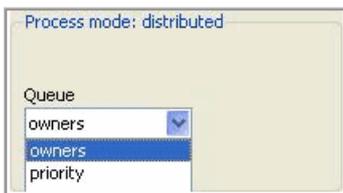
Process mode:remote

シミュレーションに実際に使用されるホストをドロップダウン・リストから選択できます。



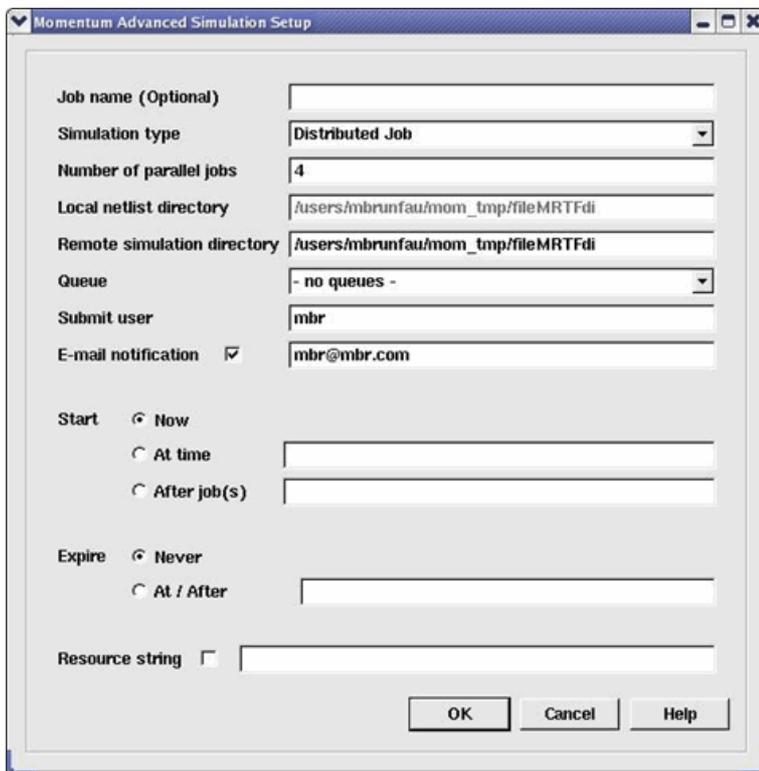
Process mode:distributed

セットアップ・ウィンドウでただちに登録することを指定した場合は、以下のシミュレーションに使用する待ち行列をプロセス・モードのドロップダウンで選択できます。



高度なジョブ・セットアップの後で登録することを選択した場合は、プロセス・モードには選択はありません。

その代わりに、*Simulate*ボタンを押した後で高度な分散シミュレーション・セットアップ・ウィンドウがオープンし、シミュレーションのより詳細な起動オプションを指定できます。



高度なシミュレーション・セットアップ・ウィンドウでは、デフォルト・セットアップ・オプションをシミュレーション固有の設定で上書きできます。

- Simulation type (シミュレーション・タイプ)
- Number of parallel jobs (並列ジョブ数)
- Remote simulation directory (リモート・シミュレーション・ディレクトリ)
- Queue (待ち行列)
- Submit user (登録ユーザ)
- Email notification (メール通知)
- Resource string (リソース文字列)

分散シミュレーション・システムに対するその他の高度なオプションも指定できます。

- Job name (ジョブ名): ワークロード管理システムでのシミュレーションの識別文字列
- シミュレーション・タイプ: 現時点では、ワークロード管理システムに対して登録できるのはシングルジョブに限られています。
- システムがいつ、あるいはどのジョブの後でシミュレーションを開始するかを指定します。これは、使用するワークロード管理システムの構文による時刻またはジョブ指定です。
- シミュレーションの期限を指定します。デフォルト設定は期限なしですが、ワークロード管理システムの構文で時刻を指定することもできます。

シミュレーション・データの再利用

現在のシミュレーションにかかる時間を短縮するため、前回のシミュレーションでサンプリングされたデータを使用できます。この機能が役立つのは、周波数プランを拡張またはソフトしてシミュレーションをやり直す場合や、共振周波数の近くでサンプルを増やしたい場合などです。回路の形状、サブストレート、ポート、メッシュ・パラメータを変更した場合は、シミュレーション・データの再利用は不可能です。

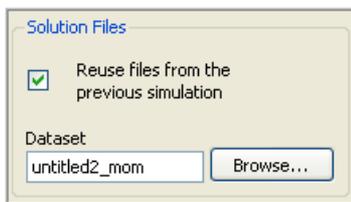
i 注記

Momentumは、デザインが変更されたかどうかをチェックしません。データを再利用する際は、周波数プラン以外の変更がないことを必ず確認してください。

この機能をオンにすると、前回計算されたS-50パラメータが再利用されます。

前回のシミュレーションのデータを再利用する手順:

1. **Momentum > Simulation > S-parameters**を選択します。
2. 前回のシミュレーションのデータを再利用したい場合は、**Reuse files from previous simulation**をオンにします。前回のシミュレーションでサンプリングされたデータが現在のシミュレーションで用いられ、シミュレーション時間の短縮に役立ちます。



3. **Apply**をクリックします。

シミュレーション・データの保存

データセットに保存されるのは、1回のシミュレーションで得られた解だけです。複数のシミュレーションを実行するときに、前回のシミュレーションのデータを保存したい場合は、それぞれのシミュレーションに対して一意のデータセット名を指定する必要があります。

1回のシミュレーションで、1個または2個のデータセットが生成されます。

- シミュレータが計算した周波数ポイントのデータは、`< project_name >.ds`ファイルに保存されます。これはすべてのシミュレーションで作成される標準のデータセットです。
- *Adaptive*掃引タイプを使った場合は、サンプリングされた各周波数ポイントでAFS (適応周波数サンプリング) が計算したデータが、`< project_name >.a.ds`というデータセットに保存されます。

*Dataset*フィールドに名前を指定すると、指定した名前がデフォルトの`project_name`の代わりにデータセットに用いられます。

データセットを指定する手順:

1. **Momentum > Simulation > S-parameters**を選択します。
2. *Dataset*フィールドにデフォルトのデータセット名が表示されます。このファイルにシミュレーション・データが保存されます。デフォルトの名前は、現在のプロジェクトの名前に基づいたものです。
別のデータセットを使う場合は、新しいデータセット名を*Dataset*フィールドに入力するか、**Browse**をクリックして既存のデータセットを指定します。**Browse**を選択すると、現在のプロジェクトの*data*フォルダにあるデータセットのリストが表示されます。ファイル名を選択して**OK**をクリックします。
データセット・ファイルの拡張子は`.ds`であり、現在のプロジェクトの*data*フォルダに保存されます。
3. **Apply**をクリックして変更を確定します。

エクスポートのためのデータの保存

Momentumのシミュレーション・データは、IC-CAP用のファイルに保存することができます。Momentumのデザイン形状およびセットアップ情報は、シミュレーションを実行しなくても、3次元電磁界ツールにインポートできる形式で保存できます。詳細については、Momentumデータのエクスポートを参照してください。

結果の自動表示

シミュレーション・データはデータセットに保存されるので、好きなときに結果を見ることができます。シミュレーション直後に結果を表示したい場合は、*Open data display when simulation completes*をオンにします。シミュレーションが終わると、デフォルトのプロット・タイプまたはユーザが選択したデータ・ディスプレイ・テンプレートを使って、データ・ディスプレイ・ウィンドウが自動的にオープンします。デフォルトでは、Sパラメータの振幅／位相プロットと、Sパラメータのスミス・チャートが表示されます。

注記
分散シミュレーション・モードでは、シミュレーション結果はリモート・シミュレーション・ディレクトリからローカルに自動的にコピーされません。したがって、中間／最終シミュレーション結果やシミュレーション情報の自動表示も実行できません。これには、メッシュ結果、進捗状況、ログ・ファイル、データセット、シミュレーション時のデータ・ディスプレイの更新の表示が含まれます。

適応掃引タイプを使用する場合は、標準データセットと適応データセットの両方のデータが比較のために表示されます。標準データセットのデータは離散ポイントとして、適応掃引データはリニア・トレースとして表示されます。

シミュレーション終了時にデータ・ディスプレイ・ウィンドウをオープンする手順:

1. **Momentum > Simulation > S-parameters**を選択します。
2. **Open data display when simulation completes**をオンにします。
3. ウィンドウにテンプレートをロードしたい場合は、*Template*フィールドにテンプレート名を入力するか、**Browse**をクリックします。現在のプロジェクトの *data* フォルダにあるテンプレートのリストが表示されます。テンプレートを選択して**OK**をクリックします。

注記
他のプロジェクトや他の場所にあるテンプレートを使用する場合は、現在のプロジェクトの *data* フォルダにテンプレートをコピーします。

4. **Apply**をクリックして変更を確定します。

ローカル・シミュレーションの開始

このセクションでは、ローカル・シミュレーションを実行する方法を説明します。シミュレーション・プロセスは、サブストレートに対して事前計算されたグリーン関数とメッシュ計算の結果を組み合わせ、電流を計算します。その結果からSパラメータが求められ、データセットに保存されます。

シミュレーションを開始する手順:

1. **Momentum > Simulation > S-parameters**を選択します。
2. Frequency Plansリストに最低1個の周波数プランが存在することを確認します。
3. Process Mode、Solution Files、Data Displayの各オプションが適切に設定されていることを確認します。
4. シミュレーション・モードがローカル・マシンに設定されていることを確認します(シミュレーション・ホストの設定を参照)。
5. **Simulate**をクリックします。

注記
Simulationダイアログ・ボックスのProcess Modeセクションで*Foreground*または*Background*を選択した場合は、シミュレーションはただちに開始されます。*Queued*を選択した場合は、シミュレーションは待ち行列に置かれ、待ち行列マネージャから開始する必要があります。バッチ・モード・シミュレーションを参照してください。

メッセージやエラーがあれば、Momentum Statusウィンドウに表示されます。シミュレーションの未知数が500を超える場合は、Statusウィンドウにシミュレーションの進捗度ライン(シミュレーションの進捗度の表示を参照)が表示されます。それ以外の場合は、周波数だけが表示されます。

セットアップに関連した理由でシミュレーションが失敗した場合は、これまでのデータが保存され、Statusウィンドウにメッセージが表示されます。

シミュレーション・ステータスの表示

シミュレーション開始後に、シミュレーションに関するメッセージはMomentum Statusウィンドウに表示されます。通常は、エラーが発見された場合と、進捗の割合(“% Covered”ステータス・メッセージの意味を参照)、シミュレーション終了のメッセージが出ます。

ステータス・ウィンドウを最小化した場合は、再オープンするには、Layoutメニュー・バーで *Window > Simulation Status* を選択します。

注記
ステータス・ウィンドウはクローズしないでください。いったんステータス・ウィンドウをクローズすると、新しいステータス・ウィンドウではシミュレーションを停止できなくなります。

シミュレーションの進捗度の表示

大きいプロジェクトの場合は、*status / summary*ウィンドウに表示される点と縦線(点9個ごとに1個の“|”が存在)によって、シミュレーション実行の進捗度が示されます。36個の点と4個の縦線が表示されると、タスクは終了します。1個の点は、タスクの2.5%が終了したことを示します。9個の点と1個の縦線(.....|)は、タスクの25%が終了したことを示します。

“% Covered”ステータス・メッセージの意味

このメッセージは、適応掃引タイプの実行時に表示されます。全シミュレーション周波数レンジのうち、有理関数によって正確にモデリングされた部分の割合を示します。適応掃引が開始されると、AFSプロセスはすべてのSパラメータをいくつかの有理関数で表現しようとします。新しいサンプル・ポイントは、適応するように(グローバル誤差基準を最小化するように)選択されます。周波数レンジが大きすぎる場合は、いくつかのセクションに分割されます。サブレンジ内でフィッティング・モデルが正確で安定していれば、“% covered”メッセージが更新されます。このためこのメッセージは、全シミュレーション周波数レンジのうち有理関数によって正確にモデリングされた部分の割合を示します。

AFSプロセスは、常に全周波数レンジを考慮して、フィッティング・エラーが最大になる場所にサンプルを追加します(グローバル誤差低減法)。周波数レンジの1つのセクションでフィッティングが収束すれば、他のセクションでも収束する可能性が高く、サンプルをそれほど追加しなくてもすべての部分で収束が達成できるはずですが。このため、“% covered”メッセージは最初のうちゆっくりと更新され、プロセスの最後近くでは速く更新されます。

シミュレーションの停止

シミュレーションを停止する手順:

1. Momentum Statusウィンドウで、**Simulation/Synthesis > Stop Simulation**を選択します。
シミュレーションは停止し、これまでのデータが保存されます。
2. 保存されたデータを再利用する手順:
Momentum > Simulation > S-parametersを選択し、**Reuse files from previous simulation**をオンにし、**Apply**をクリックし、**Simulate**をクリックします。



注記

待ち行列からシミュレーションを開始した場合は、シミュレーションを停止する前に、待ち行列マネージャから待ち行列を切断する必要があります。

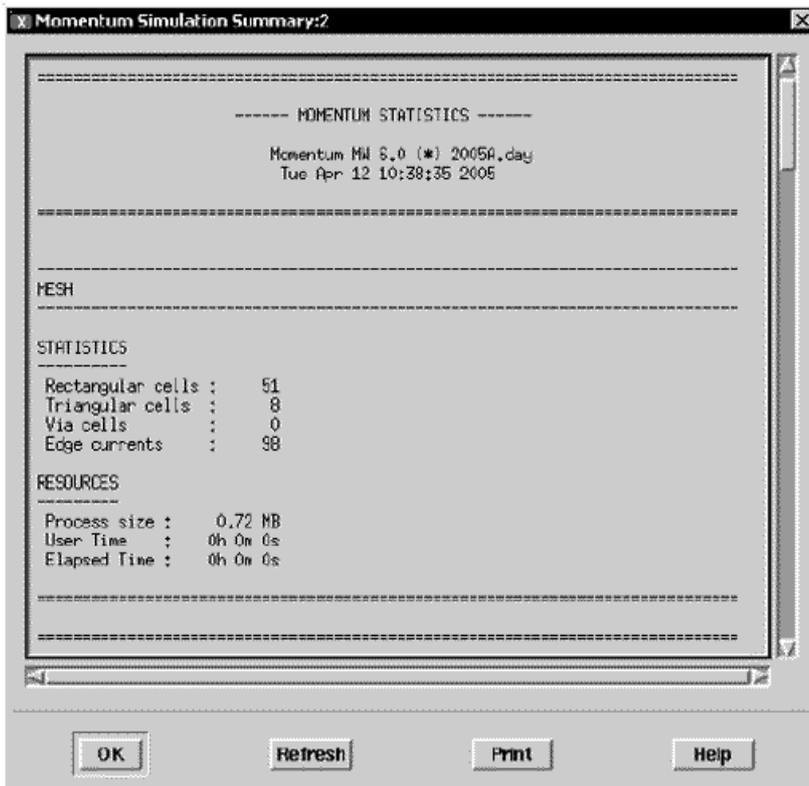
シミュレーション・サマリの表示

シミュレーションの進行に伴って、サブストレート、メッシュ、解に関する統計情報が表示されます。得られる情報としては、解を求めるのにかった時間、使用リソース、セル情報、およびステータス・ウィンドウに表示されたすべてのメッセージなどがあります。解の統計情報の例を以下に示します。

ローカル・シミュレーションの場合は、シミュレーション実行の途中でシミュレーション・サマリ情報を表示できます。これに対して、PVMエグゼクティブ・システムを使ってリモート・シミュレーションを実行する場合は、情報を表示できるのはシミュレーションが終了した後になります。

PVM使用時のシミュレーション・データの表示については、シミュレーションの開始を参照してください。

*Momentum > Simulation > Summary*を選択してデータを表示します。*Refresh*をクリックすると統計情報が更新されます。シミュレーション進捗度はローカル・シミュレーションとリモートEMXシミュレーションの場合のみ動作します。下の例は、Momentumマイクロ波シミュレーション・モードで表示されるサマリの一部です。



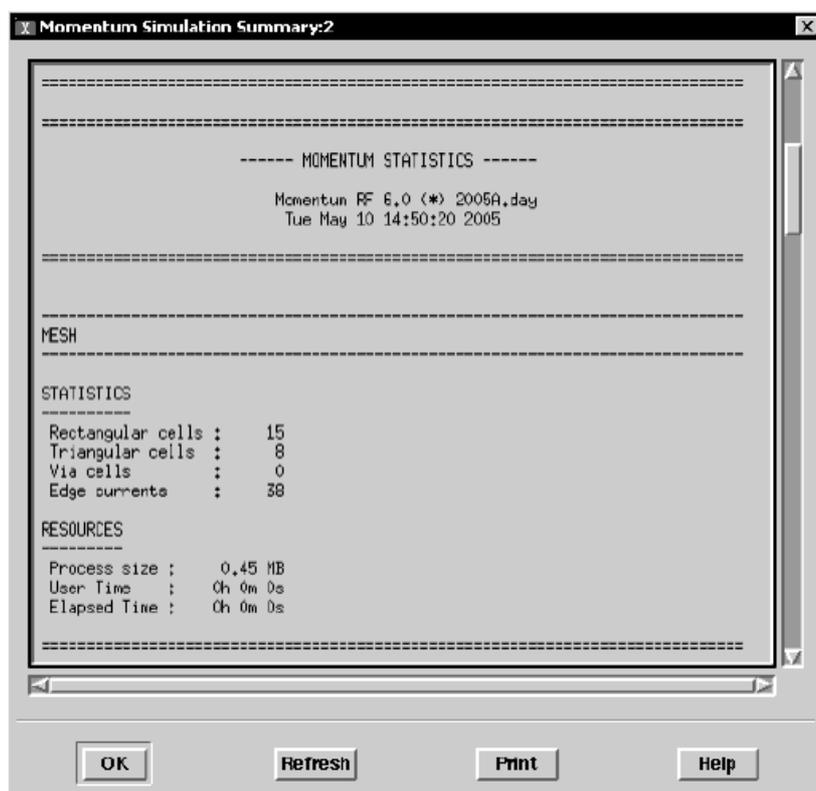
以下の例は、Momentum RFモードの別のプロジェクトに対して表示されたサマリです。メッシュ低減後の行列サイズと、準静的計算の統計情報が記載されています。

Momentumの64ビットバージョンが用いられたかどうかも示されます (Momentumの代わりにMomentum_64が表示されます)。



注記

Summaryウィンドウでは、User Time (ユーザ時間) と Elapsed Time (経過時間) が別々のエントリとして記載されています。これら2つの違いは、経過時間がシミュレーションにかかった全時間を表すのに対して、ユーザ時間はCPUが計算を行うのにかかった時間だけを表します。すなわち、CPUがシミュレーションだけを実行し、他のプロセスに占有されなかった場合は、ユーザ時間と経過時間は一致します。



サブストレートおよびメッシュ統計の例については、サブストレート計算のステータスの表示およびメッシュ・サマリの表示を参照してください。

Momentumシミュレーション・エグゼクティブ・システム

ADS 2005Aより、Momentumのリモート・シミュレーションの実行に2つのシミュレーション・エグゼクティブ・システムが使用できるようになりました。このリリースより前に使用されていたエグゼクティブ・システムは、EMXエグゼクティブ・モデルに基づくものです。新しいエグゼクティブ・システムは、PVM(Parallel Virtual Machine)ネットワークを利用します。

EMXシミュレーション・システムとPVMシミュレーション・システムの間には、いくつかの違いがあります。以下にその例を示します。

- セットアップ要件とステータス・ウィンドウの扱い
- PVMエグゼクティブ・システムには、以下のような新機能があります。

- UNIX/Linuxマシン上でのMomentumシミュレーションをWindows PCから実行
- Momentumシミュレーションの並列実行
- 異なるリモート・ホスト上でのMomentumシミュレーションの実行

PVMシステムの完全な実装はまだ完成していません。現時点では、バックグラウンドMomentum Sパラメータ・シミュレーションでのみ使用できます。他の種類のシミュレーションや、Momentumに関連するAdvanced Model ComposerやMomentum Optimizationなどの他の製品では、今のところ使用できません。EMXが提供する他の機能のうちまだ実現されていないものを以下に示します。

- フォアグラウンド・シミュレーション
- 待ち行列シミュレーション
- Windows PCからWindows PCへのリモート・シミュレーション

PVMまたはEMXエグゼクティブ・システムを使ったリモート・シミュレーション

リモート・シミュレーションでは、デフォルトでPVMエグゼクティブが選択されます。ローカル・シミュレーションでは引き続きEMXが用いられます。リモート・シミュレーションで強制的にEMXエグゼクティブを使用させるには、`hpeesof.cfg`ファイルで`MOMENTUM_SIM_PATH=<host>`変数を定義します。このファイルは`$HOME`と`$HPEESOF_DIR`のどちらにあってもかまいません。ファイルは以下の4つのディレクトリのいずれかに置かれている必要があります。ディレクトリはここに記載されている順序でサーチされます。

- 現在の作業用ディレクトリ(Advanced Design Systemを起動したところ)
- `$HOME/hpeesof/config`(主に個々のユーザが使用)
- `$HPEESOF_DIR/custom/config`(サイト全体に対してMomentumをリモート・モードに設定)
- `$HPEESOF_DIR/config`(プリインストールされた構成、サイト全体に対して有効)

注記
MOMENTUM_SIM_PATHでシミュレーション・ホストを定義した場合は、この変数の定義を削除しない限り、すべてのシミュレーションが指定されたホストで実行されます。

PVMのこのディストリビューションは、PVM 3.4.5の修正版を使用しています。修正は主にPVMの実行方法に関わるものです。例えば、エグゼクティブが使用したり作成したりするファイルの名前は、`pvm`でなく`eesofpvm`で始まります。使用される構成変数も、PVMでなくEESOF_PVMで始まります。

注記
PVMマニュアルのオンライン版は以下の場所にあります。http://www.csm.ornl.gov/pvm/pvm_home.html

PVMの権利について

注意

このソフトウェアとそのドキュメントは、上記の著作権表示がすべてのコピーに含まれ、著作権表示とこの許諾条件の両方がサポート・ドキュメントに記載されるという条件で、いかなる目的のためにも無料で使用、コピー、配布できます。

機関(エモリー大学、オークリッジ国立研究所、テネシー大学)と著作者は、いかなる目的に対してもこのソフトウェアが適合することを保証しません。このソフトウェアは、明示暗示を問わずいかなる保証もなく「現状のまま」で提供されます。

PVMバージョン3の開発資金の一部は、米国エネルギー省、米国立科学財団、テネシー州から拠出されています。

権利の制限について

PVM version 3.4:Parallel Virtual Machine System University of Tennessee, Knoxville TN.Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge TN.Emory University, Atlanta GA. Authors:J. J. Dongarra, G. E. Fagg, G. A. Geist, J. A. Kohl, R. J. Manchek, P. Mucci, P. M. Papadopoulos, S. L. Scott, and V. S. Sunderam

© 1997 All Rights Reserved

リモート・シミュレーションの実行

Momentumでのシミュレーションには、かなりのコンピュータ・リソースが必要になる場合があります。必要に応じて、大量のRAMを積んだ強力なコンピュータをシミュレーション専用用意し、他の作業にはもっと安価なワークステーションを使う方法もあります。この構成では、デザインや設定手順はローカルの安価なワークステーションで実行し、高い計算能力を必要とするシミュレーション作業は専用のリモート・マシンで実行します。

注記
他のシミュレータでリモート・シミュレーションを実行する方法については、該当するインストール・ガイドを参照してください。

Momentumのリモート・モードは、LSF (Load Sharing Facility) 機能をサポートしていません。代わりに分散モードを使用してください。

Momentumはリモート動作をサポートします。リモート・シミュレーションの実行には2つの方法があります。これらの方法を使ってリモート・シミュレーションを実行する場合は、以下のハードウェア構成が使用できます。

- UNIX/LinuxからUNIX/Linux
 - WindowsからWindows
 - WindowsからUNIX/Linux
- 未サポート:

- UNIX/LinuxからWindows
- これらの構成でリモート・シミュレーションを実行する手順を以下に示します。

EMXを使ったリモート・シミュレーションの実行

このセクションでは、EMXエグゼクティブ・システムを使ってリモート・シミュレーションを実行する方法を説明します。

注記
ADS 2005Aより、リモート・シミュレーションのデフォルトの方法はPVMエグゼクティブ・システムを使用します。hpeesof構成環境で環境変数MOMENTUM_SIM_PATHを設定すると、PVMが無効になります。PVMを再び使用可能にするには、この変数を削除するかコメント化します。MOMENTUM_SIM_PATHの設定の詳細については、ローカル・コンピュータの設定を参照してください。

この方法は以下の構成でサポートされます。

- WindowsからWindows
 - UNIX/LinuxからUNIX/Linux
- 以下の構成では使用できません。
- WindowsからUNIX/Linux
 - UNIX/LinuxからWindows

注記
すべてのシミュレーションは同じホストで実行されます。

UNIXからUNIX

このセクションでは、UNIXワークステーションを使ってAdvanced Design Systemのリモート・シミュレーションを実行する方法を説明します。

リモート・コンピュータの設定

リモート・コンピュータの設定には、以下の手順を実行します。

1. リモート・コンピュータにログインします。
2. リモートEMXデーモンを起動するために、HPEESOF_DIR変数が設定されていなければ、設定します。次に、PATH変数に\$HPEESOF_DIR/binを追加します。必ずPATHの先頭に追加してください。

最後に、`bourne`または`korn`シェルで以下のコマンドを入力してデーモンを開始します。
`.bootscript.sh`(プラットフォーム固有の環境変数を設定)
`hpeesofemx`(EMXデーモンを開始)
 あるいは、確認のために診断メッセージをファイルに保存する場合は、以下のコマンドを実行します。
`hpeesofemx -d < file_name > &`

**注記**

このコマンドは、`bourne`シェルと`korn`だけで使用できます。別のユーザがすでに`eedaemon`を起動している場合は、起動しないでください。後からのリモート・ユーザも実行中のデーモンに接続できます。

ローカル・コンピュータの設定

変数`MOMENTUM_SIM_PATH`を`hpeesof`構成環境に設定する(`hpeesof.cfg`ファイルで変数を定義します)必要があります。このファイルを作成または変更する手順を以下に示します。

Momentumをリモートで実行することを指定し、Advanced Design System環境にリモート・サーバ名を伝えるために、構成ファイルを作成または変更する必要があります。

ファイルを作成または変更するには、以下の手順を実行します。

1. 以下の名前の構成ファイルを探し、なければ作成します。
`hpeesof.cfg`
2. 以下の行をファイルに追加します。
`MOMENTUM_SIM_PATH=< remote_computer_name >`
3. 以下の4つのディレクトリのどこかにファイルを置きます。ディレクトリはこの順序でサーチされます。
 - 現在の作業用ディレクトリ(Advanced Design Systemを起動したところ)
 - `$HOME/hpeesof/config`(主に個々のユーザが使用)
 - `$HPEESOF_DIR/custom/config`(サイト全体に対してMomentumをリモート・モードに設定)
 - `$HPEESOF_DIR/config`(プリインストールされた構成、サイト全体に対して有効)
4. ADSを起動します。

シミュレーションの実行

Momentumのリモート・シミュレーションを開始する手順は、ローカル・シミュレーションの場合と変わりません。同じメニュー・コマンドが使用できます。

- Momentum > Substrate > Precompute
- Momentum > Mesh > Precompute
- Momentum > Simulation > S-parameters
- Momentum > Post-Processing > Radiation Pattern

ただし、ローカル・シミュレーションとリモート・シミュレーションではファイルの使い方に多少の違いがあります。ローカル・シミュレーションは、テンポラリー・ディレクトリで実行されるのが普通です。リモート・シミュレーションはこれとは別のディレクトリで実行されます。テンポラリー・ディレクトリは、`tmpnam`ユーティリティを呼び出すことで一意の名前を持つことが保証されますが、常に`/usr/tmp`または`/var/tmp`の下に作られます。これらのディレクトリがリモート・サーバからアクセスできるのは、非常に緊密に結合されたクラスタの場合だけです。これは不必要に厳しい制限です。このため、リモート・コンピュータは結果をローカルの`$HOME/mom_tmp/< temporary_name >`に書き込みます。

リモート動作の終了

リモート・シミュレーション設定を終了する手順:

1. ローカル・マシンでADSを終了します。
2. `hpeesof.cfg`ファイルの変更を元に戻します。
3. リモート・サーバで実行されている`hpeesofemx`デーモンを停止します。
4. リモート・サーバからログアウトします。

次にADSを起動したときは、Momentumがローカルで実行されます。

制限事項

リモート・シミュレーションには以下の制限があります。

- `$HOME/mom_tmp/< temporary_name >`ディレクトリは、広範囲のアクセス・パーミッションを持ちます(0777)。
- ローカル・ファイル・システムにある`$HOME`ディレクトリは、リモート・サーバからも(NFS経由で)同じパスで見える必要があります。
- サブストレート計算が必要な場合は、ユーザが`$HOME/substrates`のアクセス・パーミッションを0777に設定し、その下のファイルのパーミッションを0666に設定する必要があります。これを忘れた場合は、ユーザ・インタフェースがこれをチェックし、ユーザに警告します。
- ADS 1.3以上の場合、リモートMomentumシミュレーションはSeries IV 6.1リリース305の場合と全く同じ動作をします。
- Momentumのリモート・シミュレーションは、LSF(Load Sharing Facility)機能をサポートしません。

WindowsからWindows

このセクションでは、Windowsを使って`MOMENTUM_SIM_PATH`によるリモートMomentumシミュレーションを実行する方法を示します。

サポートされるWindowsプラットフォームは以下のとおりです。

- Windows[®] 2000 Professional SP4
- Windows XP Professional SP2

リモート・コンピュータの設定

リモート・コンピュータを準備するには、以下の手順でリモートEMXデーモンを起動する必要があります。

1. HPEESOF_DIR変数が設定されていなければ、設定します。
2. PATH変数に%HPEESOF_DIR%binを追加します。必ずPATHの先頭に追加してください。
3. WindowsまたはMS-DOS[®]シェルから、以下のコマンドでデーモンを起動します。

```
hpeesofemx
```

 あるいは、確認のために診断メッセージをファイルに保存する場合は、以下のコマンドを実行します。

```
hpeesofemx -v -d <file_name >
```



注意

表示されたMS-DOSウィンドウを終了させないでください。終了させると、デーモンもその場で終了します。

ローカル・コンピュータの設定

Momentumをリモートで実行することを指定し、ADS環境にリモート・サーバ名を伝えるために、構成ファイルを作成または変更する必要があります。ファイルを作成または変更するには、以下の手順を実行します。

1. 以下の名前の構成ファイルを探し、なければ作成します。

```
hpeesof.cfg
```

 以下の行をファイルに追加します。

```
MOMENTUM_SIM_PATH=<remote_computer_name >
```
2. 以下の4つのディレクトリのどこかにファイルを置きます。ディレクトリはこの順序でサーチされます。
 - 現在の作業用ディレクトリ(ADSを起動したところ)。
 - %HOME%\hpeesof\config(主に個々のユーザが使用)
 - %HPEESOF_DIR%\custom\config(サイト全体に対してMomentumをリモート・モードに設定)
 - %HPEESOF_DIR%\config(ブライnstoolされた構成、サイト全体に対して有効)
3. ADSを起動します。

Windowsを使ったリモート・シミュレーションの実行

Momentumのシミュレーションを開始する手順は、ローカル・シミュレーションの場合と変わりません。同じメニュー・コマンドが使用できます。

- Momentum > Substrate > Precompute
- Momentum > Mesh > Precompute
- Momentum > Simulation > S-parameters
- Momentum > Post-Processing > Radiation Pattern

ただし、ローカル・シミュレーションとリモート・シミュレーションではファイルの使い方に多少の違いがあります。ローカル・シミュレーションは、テンポラリ・ディレクトリで実行されるのが普通です。リモート・シミュレーションはこれとは別のディレクトリで実行されます。テンポラリ・ディレクトリは、`tmpnam`ユーティリティを呼び出すことで一意の名前を持つことが保証されますが、常に`%temp`の下に作られます。UNIXの場合と同様に、リモート・コンピュータは結果をローカルの`%HOME%\mom_tmp\<temporary_name >`に書き込みます。

リモート動作の終了

リモート・シミュレーション設定を終了する手順:

1. ローカル・マシンでAdvanced Design Systemを終了します。
2. `hpeesof.cfg`ファイルの変更を元に戻します。
3. リモート・サーバで実行されている`hpeesofemx`デーモンを停止します。
次にADSを起動したときは、Momentumがローカルで実行されます。

制限事項

リモート・シミュレーションには以下の制限があります。

- ローカル・ファイル・システムにある`$HOME`ディレクトリは、リモート・サーバからも同じパスで見える必要があります。このために、ドライブ全体をPC間で共有する必要があります。
- サブストレート計算が必要な場合は、ユーザが`$HOME\substrates`ディレクトリとその下のファイルを読み書き可能に設定する必要があります。これを忘れた場合は、ユーザ・インタフェースがこれをチェックし、ユーザに警告します。

PVMを使ったリモート・シミュレーションの実行

このセクションでは、PVMを使ってリモート・シミュレーションを実行するために必要な設定を示します。

ローカル・コンピュータの設定

シミュレーションの前に、以下の手順を実行する必要があります。

クラスタの作成と設定

最初に、使用するクラスタを指定するために構成ファイルを作成または変更する必要があります。

構成ファイルを作成または変更するには、以下の手順を実行します。

1. コマンド・プロンプトから、以下のクラスタ構成ファイルを作成または編集します。

```
mysimcluster.cfg
```

このファイルは通常\$HOMEディレクトリの下にあります。システムの他の場所に存在する場合があります。

2. このファイルには以下の情報が含まれる必要があります。

各ホスト・タイプに対して:
<> dx=<eesofpvm>



注記

このファイルでは変数置換はサポートされません。

例:

```
#configuration for mysimcluster
<linuxhost> dx=/<eesofroot>/pvm3/bin/eesofpvm
<unixhost> dx=/<eesofroot>/pvm3/bin/eesofpvm
<winhost> dx=D:\<eesofroot>\pvm3\bin\eesofpvm
```



注記

<winhost>は1つしか存在できず、ADSを実行するホストに一致する必要があります。

3. ファイルを保存します。
4. 次に、システム環境変数EESOFVPMHOSTFILEをmysimcluster.cfgを指すように設定します。
例えば、

```
EESOFVPMHOSTFILE=$HOME/hpeesof/config /mysimcluster.cfg
```

別の方法として、hpeesof構成環境でこの変数を設定する(hpeesof.cfgファイルで変数を定義する)こともできます。ここで変数を設定すると、システム環境での変数設定よりも優先されます。

このファイルを作成または変更するには、以下の手順を実行します。

- 以下の名前の構成ファイルを探し、なければ作成します。
hpeesof.cfg
- 以下の行をファイルに追加します。
EESOFVPMHOSTFILE=< 構成ファイルの場所と名前 >



注記

変数MOMENTUM_SIM_PATHが定義されている場合は、コメント化する必要があります。

- 以下の4つのディレクトリのどこかにファイルを置きます。ディレクトリはこの順序でサーチされます。

```
現在の作業用ディレクトリ(ADSを起動したところ)。
$HOME/hpeesof/config(主に個々のユーザが使用)
$HPEESOF_DIR/custom/config(サイト全体に対してMomentumをリモート・モードに設定)
$HPEESOF_DIR/config(プリインストールされた構成、サイト全体に対して有効)
```

5. また、リモート・シミュレーションが動作するためには、リモート・ホストにユーザ名/パスワードを指定せずにログインできる必要があります。このためには、remsh/rshまたはsshを使用できます。
rsh/remshが動作するかどうかを確認するには、以下の手順を実行します。

- LinuxおよびSunシステムの場合は、コマンド・ウィンドウをオープンして以下ように入力します。

```
rsh <unix/linuxhost> pwd
```

- HPUXの場合は、コマンド・ウィンドウをオープンして以下ように入力します。

```
remsh <unix/linuxhost> pwd
```

- PCの場合は、コマンド・ウィンドウでbash shellをオープンして以下ように入力します。

```
rsh <unix/linuxhost> pwd
```



注記

PCでrshを使用するには、PATH環境変数に%HPEESOF_DIR%tools%binを追加する必要があります。bash shellをオープンするには、コマンド・プロンプト・ウィンドウをオープンして、“bash”と入力します。

これにより、そのマシン上のホーム・ディレクトリが返されます。返されない場合は、.rhostsファイルを編集して、マシン名とログイン名(例: <hostname> <login>)が記録されていることを確認するか、システム管理者に問い合わせ、~/rhosts、/etc/hosts.equiv、または/etc/pam.d/rshファイル(ローカル・システムのタイプによる)が正しく設定されているかどうかを確認します。

ADSを起動する前にEESOFVPM_RSH環境変数をssh実行ファイルに設定しておけば、sshを使ってPVM環境を開始できます。remsh/rshの場合と同様に、

```
ssh <host>
```

を使ってパスワードなしでログインできる必要があります。sshの正しい設定については、[sshマニュアル・ページ](#)を参照してください。

6. ADSを起動します。

クラスタはADS > Momentum > Setupリモート・セットアップ・ダイアログにより開始されます。

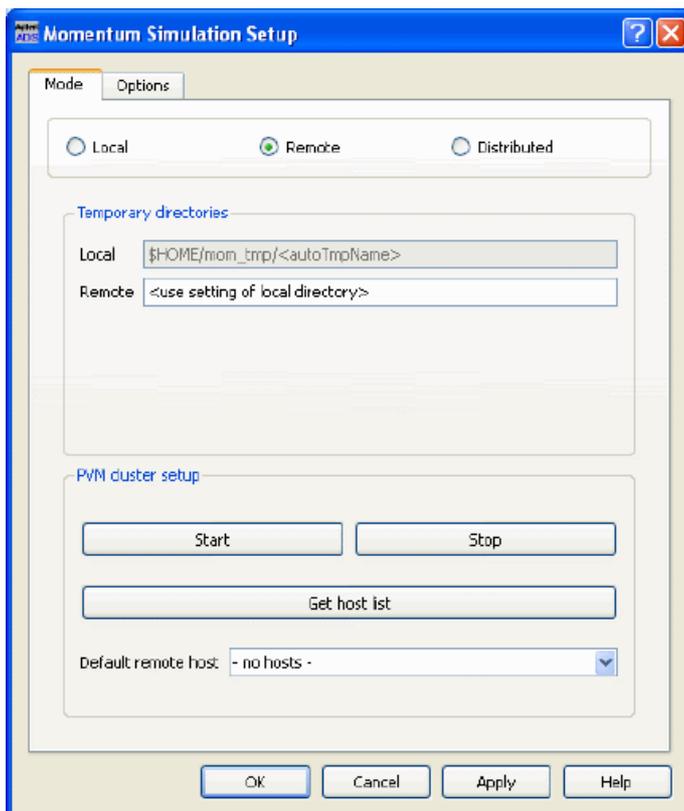
注記
クラスタ構成ファイルに多数のリモート・ホストが定義されている場合は、*Momentum Simulation Setup*からクラスタ環境を起動するのに時間がかかることがあります。クラスタ・サーバの1つで起動時に問題が発生した場合は、セットアップが終了するまでに数分かかったり、タイムアウト・エラーで終了したりする可能性があります。起動時の問題については、以下を参照してください。
UNIX/Linuxの場合は、`$EESOFPVM_TMP/ eesofpvmI.<uid>`
Windowsの場合は、`%EESOFPVM_TMP%\ eesofpvmI.<login name>`。これらのファイルには、クラスタ管理関連のすべてのログ・メッセージが記録されます。`EESOFPVM_TMP`が設定されていない場合は、デフォルトで `/_tmp` (UNIX/Linux) および `%TEMP%` (Windows) になります。

リモート／分散のセットアップ

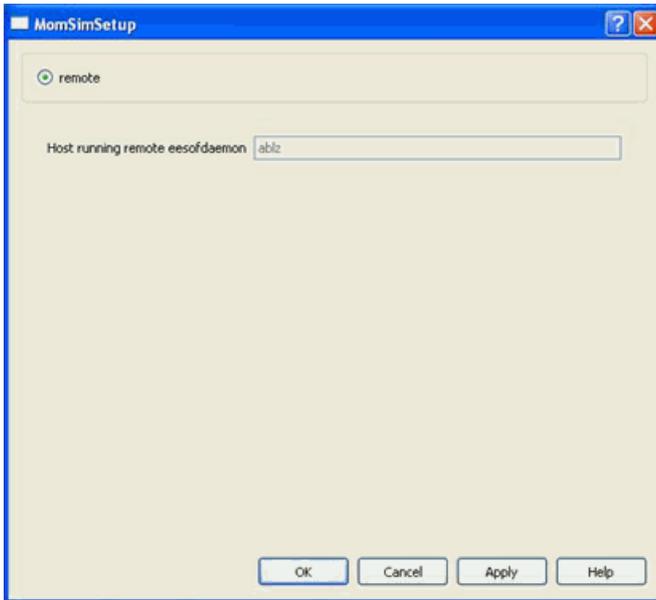
Momentum > Simulation > Setupを使って *Momentum Simulation Setup* (MomSimSetup) ウィンドウをオープンします。

リモート・シミュレーションと分散シミュレーションのどちらの場合も、*Momentum Simulation Setup* ウィンドウでラジオ・ボタンを *remote* モードに設定して、PVMクラスタを起動する必要があります。

注記
サードパーティ製ワークロード管理システムによる分散シミュレーションで、ローカル・マシンが有効な登録ホストの場合は、正式のPVMクラスタ構成は定義しないでください。ローカルPVMデーモンが起動し、ワークロード管理システムに対する登録／モニタ機能を提供します。



注記
セットアップ・ダイアログに `eesofdaemon` によるリモートのみが表示されている場合は、`hpeesof` 環境に `MOMENTUM_SIM_PATH` 変数が設定されているかどうかを確認してください。設定されている場合は、その設定をコメント化するとダイアログ全体が使用可能になります。



i 注記

リモートまたは分散シミュレーション構成を選択すると、アクティブなシミュレーション処理モードは自動的にバックグラウンドに設定されます。すなわち、サブストレート・データベースの計算に関する確認は要求されず、メッシュはレイアウト・ウィンドウに表示されず、周波数ポイントに対する結果が使用可能になってもデータ・ディスプレイは自動的に更新されません。

テンポラリー・リモート・シミュレーション・ディレクトリとしてローカル・テンポラリー・シミュレーション・ディレクトリ以外を使用したい場合は、そのディレクトリの場所をこのダイアログのTemporary Remote Simulation Directoryセクションに入力します(例: /var/tmp/<anyname>)。これは、リモート・シミュレーションを実行する際に、ローカル・テンポラリー・ディレクトリが作成されるディレクトリにリモート・マシンがアクセスできない場合に特に有効です。

i 注記

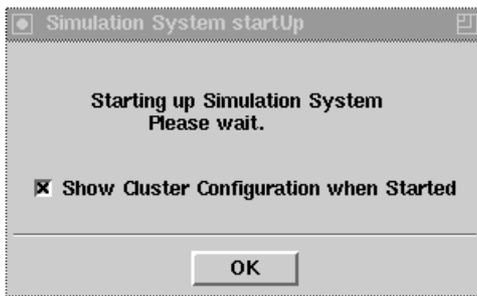
並列に実行されるシミュレーションは、異なるリモート・テンポラリー・ディレクトリを使用する必要があります。そうしないと、シミュレーション結果が相互に干渉し、間違った結果が生じます。リモート・ホスト上のテンポラリー・ディレクトリは、存在しない場合は作成され、不要になったとき(シミュレーションが成功したとき)に空になりますが、ディレクトリ自体は削除されません。

リモート・ホストとローカル・ホストが一致する場合は、リモート・テンポラリー・ディレクトリはローカル・テンポラリー・ディレクトリと一致する必要があります。リモート・テンポラリー・ディレクトリがローカル・テンポラリー・ディレクトリと同じ物理的位置を指す場合は、オペレーティング・システムのネイティブ・ファイル転送プロトコル(nfsなど)が用いられます。この転送が成功するためには、プロジェクト・ディレクトリへのローカル・パスとリモート・パスが一致する必要があります。リモート・テンポラリー・ディレクトリがローカル・テンポラリー・ディレクトリと異なる場合は、PVMを使ってホスト間のファイル転送が行われます。この場合は、転送可能な最大ファイル・サイズは、ホスト上で可能な最大プロセス・サイズの半分より少し小さくなります。

ローカル・マシンがWindows PCで、UNIX/Linuxホスト上のリモート・ディレクトリを<drive>:/pathとして指定した場合は、実際にシミュレーションが実行される場所はhost: <your LoginDirectory>/<drive>/<path>ですが、ステータス・ウィンドウにはhost <drive>:/<path>と表示されます。

クラスタの開始/停止制御

Startボタンを選択すると、Simulation System startupダイアログが表示されます。このダイアログは、シミュレーション・システムが起動することを通知し、クラスタ構成ファイルを確認するオプションを提供する役割を果たします。



Show Cluster Configuration when Started チェックボックスを選択すると、Simulation System Configuration ダイアログが表示されます。Simulation System Configuration ダイアログは、PVM クラスタに関する以下の情報を提供します。

- 構成ファイル内のホスト数
- ホスト名、アーキテクチャ、速度



注記
速度は、クラスタ構成ファイルで指定しない限り、デフォルトで1000になります。PVMドキュメントを参照してください。これはマシンの実際の速度を表すものではありません。

ここに表示された情報が期待したものと異なる場合（ホストがすべてリストされていない場合など）、**Help** をクリックします。トラブルシューティングドキュメントのPVMトラブルシューティングのセクションがオープンします。

注記
このダイアログをクローズすると、シミュレーションが実行された後で再オープンすることはできません。このダイアログを再オープンするには、シミュレーションシステムを終了してPVMクラスタを停止し、新たにシミュレーションを開始する必要があります。

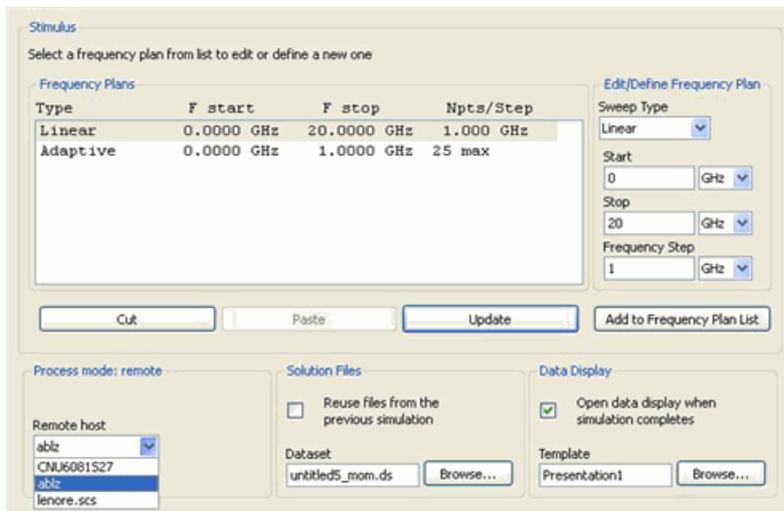
クラスタが動作を開始したら、*get host list* ボタンを使って、クラスタ環境からADS UIに使用可能なホストのリストを表示できます。

リモート・シミュレーションの開始

シミュレーションプロセスは、サブストレートに対して事前計算されたグリーン関数とメッシュ計算の結果を組み合わせ、電流を計算します。その結果からSパラメータが求められ、データセットに保存されます。

シミュレーションを開始する手順:

1. Momentum > Simulation > S-parameters を選択します。
2. Frequency Plans リストに最低1個の周波数プランが存在することを確認します。
3. Process Mode、Solution Files、Data Display の各オプションが適切に設定されていることを確認します。
4. リモート・ホストまたはワークロード管理システムの待ち行列をドロップダウン・フィールドで選択します。
5. Simulation Control ダイアログで、**Simulate** をクリックします。



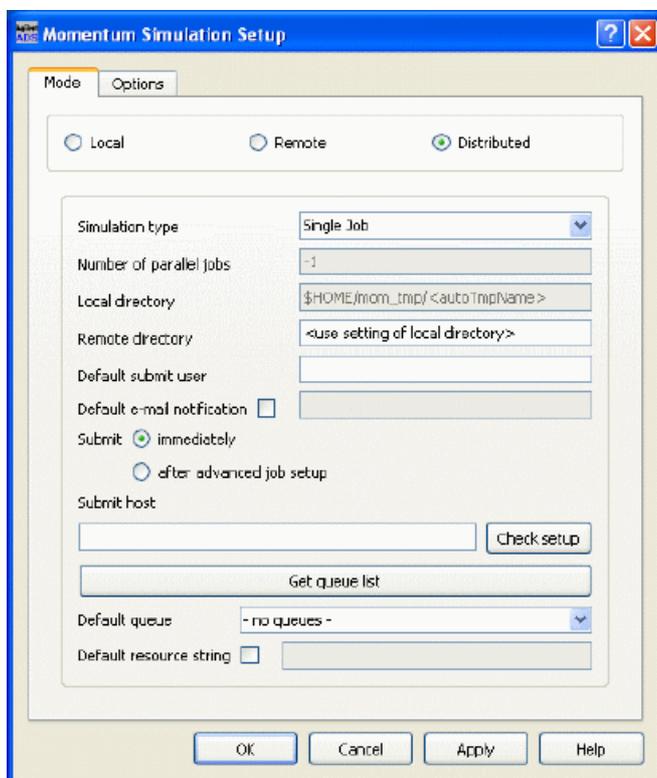
分散セットアップ

サードパーティ製ワークロード管理システム (LSF, PBS Professional, Sun Grid Engineなど) を使用する場合は、Momentum Simulation Setup ウィンドウで Distributed モードを使用します。

分散モードでは、サードパーティ製のワークロード管理システムが、ADS 関連のタスクを登録ホスト (ワークロード管理システムに投入されるジョブの追加/モニタを行うマシン) 上のユーザのコマンド・ライン環境から実行できるようにあらかじめ設定されていることを仮定しています。サードパーティ製ワークロード管理システムの設定方法については、お使いの環境のドキュメントを参照してください。ADS の構成情報は、インストール・ガイドに記載されています。

Distribute モードが動作するためには、パーソナル・マシンと、ワークロード管理システムの登録ホストとして使用するマシンとの間に、リモート・シミュレーション PVM クラスタが設定されている必要があります。分散モードは、ADS の PVM ベースのリモート・シミュレーション・システムの拡張です。

分散シミュレーションは、Momentum Simulation Setup ウィンドウで Distributed ラジオ・ボタンを選択した場合に用いられます。



Simulation Type によって、ワークロード管理システム内で Momentum シミュレーションがどのように実行されるかを選択できます。

- Single Job 設定では、Momentum シミュレーション全体がワークロード管理システムの待ち行列に登録され、1つのマシン上の1つのジョブとして実行されます。
- Distributed Job を選択すると、Momentum シミュレーションがワークロード管理システム内の複数のマシンに分割されます。メイン・エンジンが周波数掃引を制御し、いくつかのスレーブ・エンジンがマスタ・エンジンのために周波数ポイントを計算します。

i 注記

ADS 2008アップデート1では、*Distributed Job*設定は均質なLinuxマシンのクラスタ内でのみサポートされます。すなわち、クラスタの登録マシンとすべての計算クライアントがLinuxホストであることが必要です。

Number of parallel jobs設定により、周波数ポイントを並列に計算するためにクラスタ内で起動するスレーブ・シミュレータの数を指定できます。この数は、使用可能なライセンス数や、管理者がクラスタに設けている制限のために、オーバライドされる可能性があります。

分散セットアップにおけるリモート・ディレクトリ指定の機能と動作は、リモートPVMシミュレーションの場合と同じです(上記のテンポラリー・ディレクトリへのリンクの説明を参照)。分散シミュレーションではさらに、ワークロード管理システムがこのリモート・テンポラリー・ディレクトリに対して適切なアクセス権を持つことを仮定しています。

ローカル・ユーザ名がクラスタ上のユーザ名と異なる場合は、登録ユーザ名を指定します。

オプションのメール通知およびメール・アドレス・フィールドを指定できます。

Submitラジオ・ボタンでは、*Simulate*ボタンを選択したときにジョブをただちにワークロード・システムに登録するか(immediately)、ワークロード管理システム用の高度なオプションを設定するウィンドウを表示した後に登録するか(after advanced job setup)を指定できます。

“Submit host”フィールドでは、登録ホストとして使用するPVMリモート・シミュレーション・クラスタのホストを指定します(これはローカル・マシンでもかまいません)。PVMがアクティブであることが必要です。*Check setup*は、PVM環境が正しく初期化されているかどうかを検証します。

*Get queue list*は、使用可能な待ち行列のリストをワークロード管理システムに問い合わせるようにPVMシステムに要求します。このボタンを最初に押したときには、応答が表示されるまで時間がかかったり、タイムアウトが発生したりする場合があります。特に、リモート・マシンを登録ホストとして使用している場合はこの傾向があります。これは通常、ワークロード・システムとの実際の通信を実行するpythonベースのクラスタ制御プログラムがまだ起動していないPVMシステムが存在することが原因です。

ワークロード・システムとの通信が終了すると、*default queue*のドロップダウン・リストに、登録ホストから参照できる使用可能な待ち行列の一覧が表示されます。その後、ワークロード管理システムでジョブを起動するためのデフォルトの待ち行列を指定できます。

“Default resource string”には、サードパーティ製ワークロード管理システムのオプション・フラグやリソース指定構文を入力できます。これはワークロード・システムに直接渡されます。

i 注記

速度は、クラスタ構成ファイルで指定しない限り、デフォルトで1000になります。PVMドキュメントを参照してください。これはマシンの実際の速度を表すものではありません。

ここに表示された情報が期待したものと異なる場合(ホストがすべてリストされていない場合など)、**Help**をクリックします。トラブルシューティング・ドキュメントのPVMトラブルシューティングのセクションがオープンします。

i 注記

このダイアログをクローズすると、シミュレーションが実行された後で再オープンすることはできません。このダイアログを再オープンするには、シミュレーション・システムを終了してPVMクラスタを停止し、新たにシミュレーションを開始する必要があります。

トラブルシューティング

リモート・シミュレーション

1. クラスタが起動しない。
*eesofpvm3*デーモンがシステムで動作しているかどうか確認します。動作していない場合は、以下のいずれかのファイルが存在するならば、そのファイルを削除します。

```
$EESOF_PVM_TMP/ eesofpvm.<uid>(UNIX/Linux)
```

または

```
$EESOF_PVM_TMP/ eesofpvm.<userName>(Windows)
```

再度試みるとクラスタが起動するはずですが。

i 注記

EESOF_PVM_TMPが設定されていない場合は、デフォルトで/tmp(UNIX/Linux)および%TEMP%(Windows)になります。

す。上記のファイルは、以前にeesofpvmクラスタが異常終了した場合は、すなわちクラスタを終了せずにオペレーティング・システムをシャットダウンした場合に生じます(項目3クラスタ・デーモン(eesofpvm3)が動作し続けるを参照)。

2. クラスタが不完全。

以下のいずれかのファイルを参照することで、問題に関連する情報が得られる可能性があります。

```
$EESOF_PVM_TMP/ eesofpvm.<uid>(UNIX/Linux)
$EESOF_PVM_TMP/ eesofpvm.<userName>(Windows)
```

デーモンが動作しておらず、以下のいずれかのファイルが存在する場合は、そのファイルを削除します。

```
$EESOF_PVM_TMP/ eesofpvm.<uid>(UNIX/Linux)
$EESOF_PVM_TMP/ eesofpvm.<userName>(Windows)
```

パスワードを入力せずにリモート・ホストでremshまたはrshを実行する権限がない。これを確認するには、以下の手順を実行します。LinuxおよびSunの場合は、コマンド・ウィンドウに以下のように入力します。

```
rsh <unix/linuxhost> pwd
```

hpuxの場合は、コマンド・ウィンドウに以下のように入力します。

```
remsh <unix/linuxhost> pwd
```

Windowsの場合は、コマンド・ウィンドウでbash shellをオープンして以下のように入力します。

```
rsh <unix/linuxhost> pwd
```



注記

PCでrshを使用するには、PATH環境変数に%HPEESOF_DIR%\tools\binを追加する必要があります。bash shellをオープンするには、コマンド・プロンプト・ウィンドウをオープンして、“bash”と入力します。

これにより、そのマシン上のホーム・ディレクトリが返されます。返されない場合は、.rhostsファイルを編集して、マシン名とログイン名(例: <hostname> <login>)が記録されていることを確認するか、システム管理者に問い合わせ、~/rhosts、/etc/hosts.equiv、または/etc/pam.d/rshファイル(ローカル・システムのタイプによる)が正しく設定されているかどうかを確認します。

これにより、ホーム・ディレクトリが返されます。返されない場合は、システム管理者に問い合わせ、~/rhosts、/etc/hosts.equiv、/etc/pam.d/rshファイルが正しく設定されているかどうか確認してください。

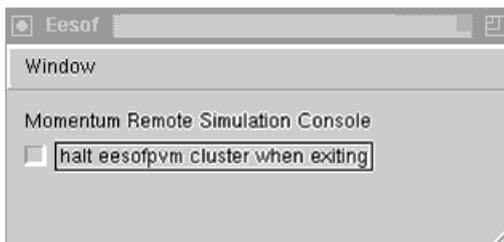


注記

Remote to Windowsは本リリースではサポートされていません。

3. クラスタ・デーモン(eesofpvm3)が動作し続ける。

これは正常な動作モードです。eesofpvmクラスタを停止したい場合は、Momentum Remote Simulation Consoleで終了する前にhalt eesofpvm cluster when exitingチェック・ボックスを選択するか、プログラム\$HPEESOF_DIR/pvm3/bin/eesofpvmを実行してプロンプトにhaltと入力します。



4. クラスタ構成を知るには？

\$HPEESOF_DIR/pvm3/bin/eesofpvmを実行し、プロンプトにconfと入力します。これにより、現在クラスタ中にあるすべてのホストが表示されます。クラスタを停止せずにプログラムを終了するには、quitと入力します。

5. クラスタ上で実際に実行されているジョブを知るには？

\$HPEESOF_DIR/pvm3/bin/eesofpvmを実行し、プロンプトにps -aと入力します。クラスタを停止せずにプログラムを終了するには、quitと入力します。

6. UNIX/Linuxホストを動的にクラスタに追加するには？

\$HPEESOF_DIR/pvm3/bin/eesofpvmを実行し、プロンプトにadd "<hostname> dx=<path to pvmd on this host>"と入力します(引用符は必要)。クラスタを停止せずにプログラムを終了するには、quitと入力します。

7. UNIX/Linuxホストを動的にクラスタから削除するには？

\$HPEESOF_DIR/pvm3/bin/eesofpvmを実行し、delete "<hostname> dx=<path to pvmd on this host>"と入力します(引用符は必要)。クラスタを停止せずにプログラムを終了するには、quitと入力します。

分散シミュレーション

登録ホストとローカル・マシンの間のPVMクラスタがあらかじめ動作している必要があります。リモート・シミュレーションのPVMクラスタ・セットアップを参照してください。

*Get queue list*が有効な待ち行列を返さない。

- ワークロード管理システムへの手動登録が動作するかどうか、また登録ホスト上の自分のアカウントでジョブと待ち行列のチェック(LSFの**bqueues**、SGEの**qconf -sql**)が動作するかどうかを確認します。
 - ADSのすべてのクラスタ管理プログラムが登録ホスト上でアクティブであることを確認する必要があります。UNIXの/tmpまたはWindowsの%TEMP%に、**eesofpvml.<uid>.log**、**eesofCImClient.log**、**eesofCImServer.log**が存在するはずで、これらのファイルにエラーが記録されていないかどうか確認します。
 - **eesofpvmd**および2つのpythonプロセスが動作していることを確認します。
- システムから待ち行列リストは得られるが、シミュレーションを登録した後、シミュレーション・サマリで登録したジョブがSubmitted状態で表示されない。

LinuxおよびSolarisでの64ビットMomentumシミュレーション

64ビットMomentumシミュレーションは、未知電流の数が多く大規模な問題の計算をサポートします。32ビット・アーキテクチャの本質的なメモリの制限により、32ビット・マシンでは解くことができなかった複雑な問題が、64ビットMomentumでは解ける可能性があります。これは、64ビット・アーキテクチャで増加したメモリ・オーバヘッドと処理能力を利用することで実現されます。

64ビットMomentumシミュレーションを実行するには、64ビット・マシンをリモート・ホストとして選択します。シミュレーションは他のリモート・シミュレーションと同様に実行されます(PVMを使ったリモート・シミュレーションの実行を参照)。

バッチ・モード・シミュレーション

バッチ・モード・シミュレーションの設定と制御には、*Queue Manager*ダイアログ・ボックスを使います。*Queue Manager*は、待ち行列ジョブを登録したときに自動的に開始されます。また、ADSのMainウィンドウでTools > *Queue Manager*を選択して起動することもできます。ADSを終了すると、Momentum待ち行列と実行中のすべてのジョブが終了します。

待ち行列が通常モードで動作している(待ち行列が接続されている)場合は、現在のジョブが終了すると待ち状態の最初のジョブが自動的に開始されます。待ち行列が*Queue Disconnected*(切断)モードの場合は、現在のジョブが終了しても待ち状態の最初のジョブは自動的に開始されません。

接続状態では、*Queue Manager*を使って待ち行列中のジョブを表示できます。待ち行列が切断されているか、開始されていない場合は、*Queue Manager*を使って待ち行列中のジョブを表示できるだけでなく、予定されているジョブの追加、変更、削除を行ったり、待ち行列中のジョブの順序を変更したりできます。



注記

現在アクティブな(シミュレーション実行中の)ジョブは、*Queue Manager*を使って変更できません。このようなジョブを変更するには、待ち行列を切断し、シミュレーションを停止し(シミュレーションの停止を参照)、変更を行った後、再開します。

バッチ・モード・シミュレーションを実行する手順:

1. シミュレートしたいデザインを定義します。
2. *Momentum > Simulation > S - parameters*ダイアログ・ボックスで、*Process Mode*の**Queued**を選択し、**simulate**を選択します。
3. 上記2つのステップを繰り返して、その他のシミュレーションを待ち行列に追加します。
4. すべてのシミュレーションが待ち行列に追加されたら、*Queue Manager*で**Start Simulations**を選択して、シミュレーションを開始します。



注記

シミュレーションが実行中でないのに*Queue Manager*が実行中と表示する場合は、*command line*ダイアログ・ボックスで**queue_reset()**と入力して問題を解決できます。



注意

同じADSセッションからMomentumシミュレーションを並列に(例えば、直接のMomentumシミュレーションと待ち行列を使ったMomentumシミュレーション)実行した場合は、両方のシミュレーションが同時に終了すると、シミュレーション・データが失われるおそれがあります。

i 注記
複数のMomentumバッチ・シミュレーションを異なるプロジェクトから実行した場合は、シミュレーション終了後に新しいシミュレーションを別のプロジェクトからロードするために、アクティブ・プロジェクト・ディレクトリが変更されません。

適応周波数サンプリング

適応周波数サンプリング (AFS) は、サンプリングされたSパラメータ・データを有理フィッティング・モデルと比較する方法です。回路のスペクトル応答を正確に表現するために、MomentumのAFS機能は、最小限の周波数サンプルを収集してそのアルゴリズムを適用します。Sパラメータの変化が大きいところでは、多くのサンプルが収集されます。フィッティング・モデルとサンプル・データが収束すると、AFSアルゴリズムは終了し、Sパラメータ・データがデータセットに書き込まれます。このようにして、最小限のサンプリングで最大限の情報が得られます。

AFS機能を使うと、共振など検出が難しい急峻な応答を示す回路のシミュレーション時間を大幅に短縮できます。他のタイプの解析では見逃してしまうデータを得ることができます。

ローパス・フィルタの場合でさえ、AFSを使うと離散データ・サンプリングよりも高速かつ正確にSパラメータを求められます。例えば、2 GHzのローパス・フィルタを測定する場合は、AFS機能をオンにして、スタート周波数に500 MHz、ストップ周波数に4 GHzを指定します。AFSは両端の周波数ポイントをサンプリングし、フィッティング・モデルを構築し、必要に応じて中間のポイントをサンプリングします。この過程で、モデルは自動的に改良され、モデルとサンプル・データが収束するまで、適切なサンプル・ポイントが収集されます。収束すると、サンプル・データとAFSデータがそれぞれ異なるデータセットに書き込まれ、Sパラメータ・トレースとしてプロットに表示できます。収束より前に最大サンプル・サイズに達した場合は、途中までの結果が保存され、回路を再びシミュレートするときに再利用できます。

i 注記
AFSデータが正確なのは、収束した場合に限ります。収束したかどうかは、Momentum Statusウィンドウのメッセージでわかります。データが収束していない場合は、結果は不正確です。

AFSの収束

収束は、フィッティング・モデルがサンプル・データにどの程度近いかによって判定されます。収束と見なされるのは、サンプル・ポイントの精度が-75 dB、全体の精度が-60 dBの場合です。

AFSを使用する場合は、サンプル・データとフィッティング・モデルが収束していることを確認する必要があります。これはステータス・ウィンドウのメッセージでチェックできます。収束していれば、AFSが終了したというメッセージが表示されます。収束していなければ、警告が表示されます。警告メッセージの例を以下に示します。

```
Maximum number of adaptive frequency samples reached!
Fitting models not (completely) converged.
Consider - increasing maximum number of sample points.
- activating the reuse option.
```

エラーが発生した場合は、周波数プランの周波数レンジを小さくし、サンプル・ポイントの数を増やしてみてください。電氣的に長い回路では、理論的には数十個のポイントが収束に必要な場合があります。これは、位相変化が大きいSパラメータの場合は、AFSプログラムがデータを(スミス・チャート上で)約60°ごとにサンプリングするからです。

i 注記
シミュレーションが収束しない場合に、シミュレーションの品質を評価するには、データ・ディスプレイで収束結果を調べます。

サンプル・ポイントの設定

シミュレーションで適応掃引タイプを使用する場合は、AFSプロセスに特定のサンプル・ポイントを使用させたいことがあります。一般にはこれは不要であり、むしろ推奨しませんが、そうしたほうがよい場合もあります。これが有効なアプリケーションの例として、共振ストラクチャのように、周波数レンジのあるポイントで応答の急激な変化が発生するストラクチャのシミュレーションがあります。

シミュレーションを設定する手順:

1. Single掃引タイプを選択し、共振周波数またはそれに近い値をFrequencyフィールドに入力して、周波数プランのリストに追加します。
2. Adaptive掃引タイプを選択し、プランを作成し、周波数プランのリストに追加します。

この場合のサンプル・ポイントは、回路応答に明確な変化がある領域をAFSに示す役割を果たします。

ビジュアライゼーションあるいは遠方界計算のためにはサンプル・ポイントの追加が必要となる場合があります。

他の目的でサンプル・ポイントを追加する場合、例えばあるポイントでスムージングを強制するなどの場合は、これらのポイントでの応答を考慮しなければうまくいきません。

例えば、

1. Linear掃引タイプを選択し、周波数レンジ全体にリニアに分布したサンプル・ポイントを追加し、周波数プランをリストに追加します。
2. Adaptive掃引タイプを追加し、同じ周波数レンジを選択し、リストに追加します。

この場合は、リニア・シミュレーションのサンプル・ポイントが適応シミュレーションで用いられます。このため、この周波数レンジで最適なサンプル分布をAFSプロセスが選択できず、シミュレーション結果が悪化することがあります。

これを修正するには、適応掃引プランを先に実行するか、2つのプランの周波数レンジが重ならないようにします。

AFS Sパラメータの表示

AFSデータセットのSパラメータ表示を拡大してみると、予期しない小さなスプリアス・リップルまたは振動（振幅が0.0002以下のもの）が見られることがあります。この振動の振幅は、AFSの精度レベル（約-60 dB）よりも常に小さくなります。一般に、この種のリップルが見られるのは、Sパラメータのダイナミックな動作が限定されている場合（例えばシミュレーション周波数レンジ全体でほぼ1の場合など）です。この原因はおそらく、有理フィッティング・モデルの自由度が大きすぎ、この条件に対して複雑すぎるということです。

Momentumソルバについて

Momentumには、電磁界の問題のモーメント法による記述から得られた連立一次方程式を解くための以下の3種類のソルバがあります。

- 従来の直接ソルバ。これは密なMoM方程式系が対象です。
- 反復Krylovソルバ
- 直接圧縮行列ソルバ

自動選択モードでは、Momentumは電磁界の問題に対して適切なソルバを自動的に選択します。判定に用いられる条件は、問題のサイズ（未知数の個数）、問題のその他の特性（特に、反復ソルバのプリコンディショニングの容易さと有効性）、Momentumが動作しているプラットフォーム／マシンです。

直接ソルバと反復ソルバ

従来の直接ソルバは、アルゴリズムとしてガウスの消去法を用いて、系の正方行列のLU分解を行い、下三角行列Lと上三角行列Uから構成される三角行列に対して2ステップからなる単純な計算を行うことで、系全体を解きます。この計算方法はきわめて信頼性が高く、あらゆる問題に対して有効ですが、LU分解の段階で系の未知数の個数の3乗に比例した時間がかかるため、計算時間が長くなる傾向があります。

（密な線形システムに対するガウス消去法は、未知数個数をNとして、 N^3 のオーダーのプロセスです）。このため、未知数個数が多いMomentumの問題に対して直接ソルバを使用すると、シミュレーションの解計算段階にかかる時間がシミュレーション時間全体を支配するようになります。これは、未知数が5000個以上の場合に起こります。特に、Momentum RFモードの場合は、時間のかかるロード・ステップはすべての周波数ポイントに対して1回だけなのに対して、解計算段階はすべての周波数ポイントに1回ずつ必要なため、この傾向が強くなります。

反復Krylov部分空間ソルバは、システム行列の分解という時間のかかる手順が必要なく、一連の行列ベクトル積を使って、線形システムの解の良好な近似を反復的に計算します。Krylov部分空間法を使うと、多くの問題において、問題のサイズ（未知数の個数）に比べて非常に少ないステップで線形システムの解を得ることができます。すなわち、この方法の計算時間は、与えられた問題に対して行列ベクトル積がどれだけ効率的に計算できるかによって基本的に決まります。密なシステム行列を持つ線形システムの場合は、行列ベクトル積の計算時間は、システムの未知数の個数の2乗に比例して増加します。

ただし、システム行列一般に対する反復Krylovソルバの信頼性は、直接ソルバに比べてはるかに劣ります。単に直接ソルバより計算時間が短いことが保証されていないだけでなく、Momentumの問題で見られるあらゆる種類のシステム行列に対して反復ソルバが正しく収束することすら保証されていません。反復Krylovソルバの有効性は、連立一次式に適用されるプリコンディショニングに大きく依存します。プリコンディショニングとは、反復計算法の収束性を改善するために線形システムに適用する変換のことです。プリコンディショニングの方法は経験的であり、問題によって異なる場合が多く、非常に単純で高速なものから、多くの処理オーバーヘッドを必要とする複雑なものまであります（後者の場合は速度の利点が相殺されます）。

反復ソルバの収束性の複雑さと、最適なソルバが問題によって異なることから、ユーザが手動でソルバを選択するには困難が伴います。この困難を回避するために、Momentumは現在の問題に対して最適なソルバを自動的に選択します。このために、場合によってはMomentumが直接ソルバに切り替えて再計算を行う必要がありますが、それでもAFSポイントを追加するのに比べれば計算コストは低くなります。

密行列ソルバと圧縮行列ソルバ

従来の直接ソルバと反復ソルバは、電磁界の問題のモーメント法による記述から得られる連立一次式の密行列表現を扱います。このため、行列の記憶に必要なメモリは、行列のサイズをNとして、 N^2 のオーダーで増加します。これに対して、Momentumの新しい独自の行列圧縮法では、行列の記憶に必要なメモリを減らすことができます。圧縮状態では、行列に必要なメモリは $N \log N$ のオーダーでしか増加しないので、利用可能RAMが限られたコンピュータではるかに大きいストラクチャをシミュレートできます。

行列ソルバ選択の手動オーバーライド

GUIで選択される行列ソルバをユーザがオーバーライドするには、*momentum.cfg*構成ファイルの1つでMomentum構成変数MOM3D_USE_MATRIXSOLVERを設定します。

この変数の有効な設定は以下の5種類です。

- MOM3D_USE_MATRIXSOLVER=0では、デフォルトの自動ソルバ選択メカニズムが用いられます。
- MOM3D_USE_MATRIXSOLVER=1では、最適化されたLAPACKおよびBLASライブラリを使用する2004A直接密行列ソルバが用いられます。
- MOM3D_USE_MATRIXSOLVER=2では、2004Aより前の直接密ガウス消去法ソルバが用いられます。
- MOM3D_USE_MATRIXSOLVER=3では、反復Krylov密行列ソルバが用いられます。
- MOM3D_USE_MATRIXSOLVER=4では、直接圧縮行列ソルバが用いられます。

Momentumの計算速度のチューニング

今日のコンピュータでは、プロセッサのレジスタ、キャッシュ、メイン・メモリ、スワップ・メモリの間に、帯域幅とレイテンシの大幅な違いが存在します。データにアクセスする際に、異なるメモリ・レベルへのアクセスをできるだけ減らすことにより、アルゴリズムの速度が大きく変化します。Momentumシミュレーションの解計算段階で用いられる1次方程式ソルバは、方程式行列の要素ブロックを処理します。最高の性能を得るには、行列ブロックのサイズがマシンのメモリ階層に適合する必要があります。最適なブロック・サイズは、コンピュータのタイプに大きく依存し、Momentumの問題のサイズにも多少依存します。ブロックのサイズから生じるデータの局所性がマシンのメモリ/キャッシュ構成に適合する場合は、アルゴリズムのブロック演算の高速化によって計算速度が大幅に改善されます。

UNIXプラットフォーム (HP-UX, Solaris, Linux) の場合は、整数構成変数MOM3D_USE_MATRIXSOLVERBLOCKSIZEの値をmomentum.cfgファイルで設定することにより、Momentumを実行するコンピュータの性能と問題のサイズに応じて、Momentumの線形ソルバをチューニングできます。このブロック・サイズのデフォルト値としては一般的に適切な値が選択されていますが、大規模なMomentumの問題の場合は、この設定を変えてみるとシミュレーション時間を短縮できる可能性があります。

設定の例:

```
MOM3D_USE_MATRIXSOLVERBLOCKSIZE = 16
```

8〜96の範囲の値をテストした結果、影響はマシンによって大きく異なります。さまざまなマシンで速度の改善に効果があった値の例を示します。

- HP-UX PA-RISC 8K:16〜40
- Solaris:32〜72
- Red Hat Linux
 - Intel Pentium IV:16〜64
 - Intel Pentium III:8〜32

i 注記

カスタマイズしたmomentum.cfgファイルは、プロジェクト・ディレクトリ、\$HOME/hpeesof/config、\$HPEESOF_DIR/custom/configに置くことができ、この順序で優先度が下がります。最も優先度の高い場所で見つかった構成変数の値が用いられます。

行列ソルバの動作に影響するメモリ選択オプション

すべての32ビット・プラットフォーム (特にWindows XP) において、マシンにメモリが十分存在するにも関わらず、Momentumが早い段階で仮想メモリの不足というメッセージを発行する場合があります。この場合は、Momentumはまず、2003Cで用いられていた古い低速のインクリメンタル・メモリ割り当て方式に切り替えることで、大規模なシミュレーションを行おうとしますが、これにより割り当てと行列計算の速度が低下します。この自動メモリ切り替えが起きると、自動ソルバ選択は無効になり、Momentumは2004Aより前の直接ソルバ・モードにただちに移行します。

Momentum RFでは、この切り替えを避けるためにメモリの再利用を行う方法がありますが、このオプションを使うとそのメモリ・スペースが必要なソルバの速度改善が無効になります。

メモリ割り当て動作は、momentum.cfgファイルでMomentum構成変数MOM3D_USE_MEMORYCONFIGを以下のように設定することで制御できます。

- MOM3D_USE_MEMORYCONFIG=0は、Momentumのデフォルト動作です。
- MOM3D_USE_MEMORYCONFIG=1は、インクリメンタル行列メモリ割り当てを使用し、2004Aより前の低速の直接ソルバを自動的に有効にします (この動作は、他のモードで行列割り当ての問題が発生したときに自動的に選択されます)。
- MOM3D_USE_MEMORYCONFIG=2は、RFモードで通常使用されないメモリ・ブロックを再利用し、それ以外は設定0と同様に動作しますが、この場合は、このスペースが必要なソルバの反復計算速度の改善が無効になり、シミュレーション時に反復ソルバが失敗してデフォルトの直接ソルバが選択された場合には行列の再ロードが必要となります。

Momentumのレイアウト・コンポーネント

レイアウト・コンポーネントは、ADSのレイアウト・ページから作成できるユーザ定義コンポーネントです。コンポーネントは、他のコンポーネントと同様にスキマティック・ページに挿入でき、レイアウト・ページからの (パラメトリック) レイアウトを表わします。スキマティックでこのコンポーネントを表わすシンボルは、ブラック・ボックスまたはレイアウト類似シンボルです。

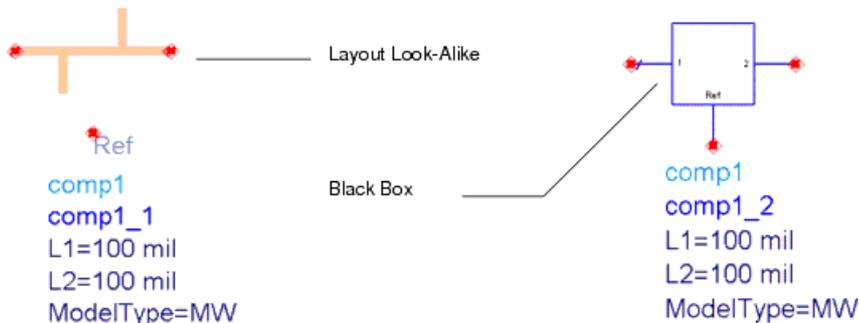
レイアウト・コンポーネントを定義したら、ユーザとして以下のいずれかの方法で使用できます。

レイアウト・コンポーネントをスキマティックに直接含めることができます。回路シミュレーションをスキマティック環境から実行している場合、回路シミュレーション(電磁界/回路コシミュレーション)中、Momentumモデルをオンザフライで作成するため、Momentumプレーナ電磁界ソルバが自動的に呼び出されます。ユーザ定義のレイアウト・パラメータと最重要のMomentumシミュレーション・パラメータ(モデル・タイプ、メッシュ密度など)をスキマティック・ページから設定できます。また、コ・オブティマイゼーション機能を使用すると、レイアウト・コンポーネントの最適化された値を、レイアウトに戻らなくても決定できます。レイアウト・コンポーネントには、以前に計算したMomentumシミュレーション結果を記録しておくデータベース機構が内蔵されています。すなわち、あるレイアウト・コンポーネントに対してMomentumシミュレーションを実行したら、コンポーネントのパラメータが変化しない限り、新たな電磁界シミュレーションは不要です。

2番目の使用方法として、レイアウト・コンポーネントをAdvanced Model Composer(AMC)の開始ポイントとして使用できます。詳しくは、『Advanced Model Composer』マニュアルを参照してください。AMCは、Model Composer(詳しくは、『Model Composer』マニュアルを参照)を一般化したもので、Layoutウィンドウ内からレイアウト・コンポーネントのパラメータ化された電気モデルを作成できます。レイアウト・コンポーネントを定義し、作成したら、(連続および離散パラメータ範囲オプションで)パラメータの範囲を指定し、レイアウト環境内からAMCモデル作成ツールを起動できます。AMCは、電磁界/回路コシミュレーション機能とは異なり、アップフロント・モデル作成ツールです。すなわち、コンポーネントをスキマティック・デザインで使用する前に、バックグラウンドで実行された多数のMomentumシミュレーションに基づいて、パラメータ化された電気モデルが計算されます。コンポーネントをスキマティックで使用するとき電磁界シミュレーションを実行する必要がありません。スキマティックでAMCコンポーネントを使用する場合の速度は、他のADS組み込みコンポーネントを使用する場合と同じです。AMCコンポーネントは標準ADSデザイン・キットに追加できるので、プロジェクトやユーザ間で簡単に共有できます。

レイアウト・コンポーネントと回路コシミュレーション

電磁界-回路コシミュレーション機能を使用すると、スキマティックからの電磁界(Momentum)シミュレーションと回路シミュレーションを結合できます。Advanced Design Systemのレイアウトから、(パラメトリック)レイアウト・コンポーネントを作成してスキマティックに挿入できます。スキマティックでこのコンポーネントを表わすシンボルは、ブラック・ボックスまたはレイアウト類似シンボルです。



スキマティックから、モデル・タイプ、メッシュ密度などのレイアウトおよびMomentumシミュレーションのパラメータを設定できます。レイアウト・コンポーネントを含むスキマティックで回路シミュレーションを実行すると、Momentumシミュレーション・エンジンが回路シミュレーション・プロセスの一部として自動的に呼び出されます。コ・オブティマイゼーション機能により、このシミュレーション中にコンポーネントを最適化できます。コ・オブティマイゼーションの詳細については、パラメータ化されたレイアウト・コンポーネントによるコ・オブティマイゼーションを参照してください。

レイアウト・コンポーネントには、以前に計算したMomentumシミュレーション結果を記録しておくデータベース機構が内蔵されています。あるレイアウト・コンポーネントに対してMomentumシミュレーションを完了したら、コンポーネントのパラメータが変化しない限り、新たな電磁界シミュレーションは不要です。



注記

電磁界/回路コシミュレーション・セッション中にレイアウト・コンポーネントをシミュレートすると、作業レイアウト・デザイン_<name>work(ここで、<name>はレイアウト・コンポーネントの名前)が、レイアウト・コンポーネントのインスタンスが挿入された状態で作成されます。作業デザインは、次に電磁界シミュレーションのためMomentumに送られます。シミュレーション結果が、元のレイアウト・コンポーネントに関連するモデル・データベースに保存されます。この作業デザインは、一時的に使用されるもので、無視することができます。作業デザインは、Momentumシミュレーション中に使用されたメッシュを表示できるよう、シミュレーション後に自動的に削除されません。メッシュは、作業デザインが一番上に表示されます。

レイアウトの設定

レイアウトの作成方法には、2つの基本的な方法があります。固有のデザイン手法に最も適した、デザイン・ニーズに合った方法を使用してください。

- レイアウトをスキマティックから同期化する
- レイアウトを直接ドローイングするか、インポートする

レイアウトを作成したら、レイアウト・コンポーネントを作成する前に、以下の手順を使ってレイアウトをMomentumシミュレーション用に準備する必要があります。

1. サブストレートおよびレイヤ・マッピングの設定
2. ポート・タイプ・マッピングを使用してポートを挿入し、ポート・タイプを設定します。

メッシュ設定と周波数プランも指定できます(Schematicウィンドウでまだ実行していなかった場合)。

注記
レイアウト・コンポーネントでは、単一(校正済み)ポートと内部(未校正)ポートのみがサポートされます。その他のポート・タイプは、コンポーネントの作成中に単一ポート・タイプまたは内部ポート・タイプにマッピングされます。ポート・マッピングの詳細については、ポート・タイプ・マッピングで説明します。

レイアウト・パラメータの追加

レイアウト・パラメータを持つレイアウト・コンポーネントを使用すると、平面レイアウト・オブジェクトの幾何学的(形状)変動の掃引、チューニング、最適化が行えます。これには、以下が含まれます。

- 長さ、幅、ギャップ、スペース、直径などの典型的な寸法
- 長さや幅が同時に変化するような、相互依存しているレイアウトの変更
- ポート位置の変動などの従来にないレイアウト変更

注記
1コンポーネントあたり100レイアウト・パラメータの制限があります。

パラメータ化されたレイアウトの作成には、2つの方法があります。

- 公称値/摂動値デザインの使用
- サブ回路パラメータの使用

これらの方法を同時に使用することはできません。また、単一コンポーネントのパラメータを定義するときに、これらを組み合わせることはできません。公称値/摂動値パラメータは、レイアウトがフラットで、ポートとプリミティブ・アートワーク形状(多角形、長方形、円など)のみを含んでいる場合に定義できます。既存の(組み込みまたはカスタム定義)レイアウト・コンポーネントとその他のタイプのアートワーク・プリミティブの組み合わせを使用する場合、レイアウトは階層的で、サブ回路パラメータだけを使用することができます。詳しくは、レイアウト・パラメータを参照してください。

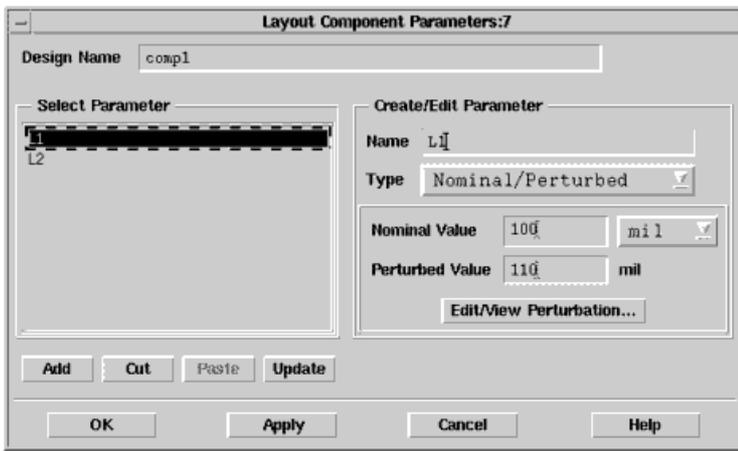
注記
レイアウト・パラメータなしのレイアウト・コンポーネントを使用してMomentumシミュレーションを実行するには、Momentumライセンスが必要です。レイアウト・パラメータを持つレイアウト・コンポーネントを使用してMomentumシミュレーションを実行するには、Momentum Optimizationライセンスが必要です。

公称値/摂動値デザインの使用

パラメータを定義するには、別のデザインを与えて、そのパラメータ値の一定の増分変化が元のレイアウトにどのように影響を与えるか確認する必要があります。元のレイアウトを公称値デザインと呼び、新しいレイアウトは摂動値デザインと呼びます。プログラムは、このプロセスを通して、ユーザに指針を与えて行きます。新しいパラメータを追加すると、公称値デザインのコピーを含む別のデザインが作成されます。このデザインを変更するため、Edit/View perturbationダイアログで指定した摂動値を適用します。そして変更されたコピーは摂動値デザインとして保存されます。それぞれのパラメータについて、個別の摂動値デザインを定義する必要があります。

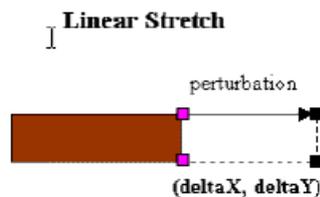
注記
ADS 2008では、Component Parametersダイアログ・ボックスをオープンしたときに、Momentum > Optimizationコマンドを使って定義されたパラメータがコンポーネント・パラメータに自動変換されていません。自動変換するには、ADS 2006リリースを使用する必要があります。

Layout Componentダイアログ・ボックス(Momentum > Component > Parameters)を使用して、コンポーネント・パラメータを設定します。



パラメータの公称値および摂動値と一緒にパラメータ名を入力します。公称値と摂動値は、これらのパラメータによって示唆されるレイアウト内の変化に対応する必要はありませんが、実際には、物理的意味を持つ値を使用することが有用です。

Addをクリックしてパラメータを追加するか、Edit/View PerturbationをクリックしてEdit/View Perturbationダイアログ・ボックスを表示し、そこで指定されたパラメータのLinear Stretch、Radial Stretch、Rotation摂動値を指定できます。

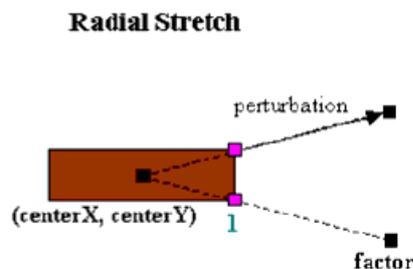
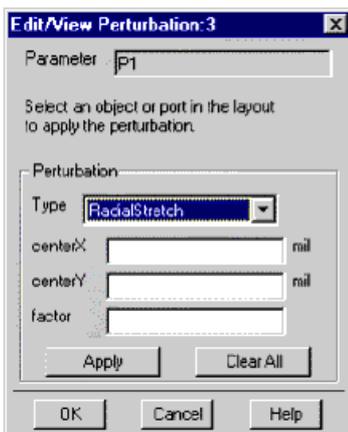


リニア・ストレッチ

パラメータに対してリニア・ストレッチを指定すると、deltaX, deltaY仕様を使って、選択した1個の頂点、または選択した頂点のグループをリニアに移動できます。

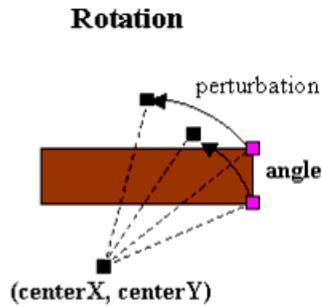
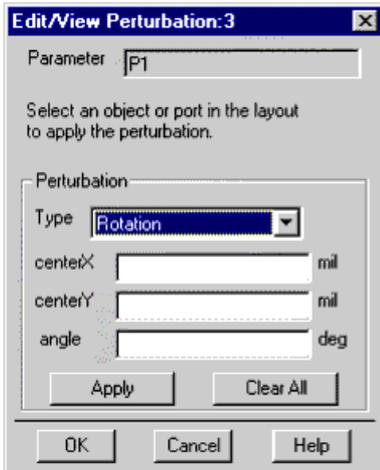
放射状ストレッチ

パラメータに対して放射状ストレッチを指定すると、中心点のcenterX, centerY座標と係数を指定することにより、選択した1個の頂点、または選択した頂点のグループを放射状に移動できます。下図に、選択した頂点に対する係数の影響を示します。



回転

パラメータに対して回転を指定すると、座標centerX、centerYによって指定された点を中心に指定した角度だけ回転することにより、選択した1個の頂点、または選択した頂点のグループを移動できます。

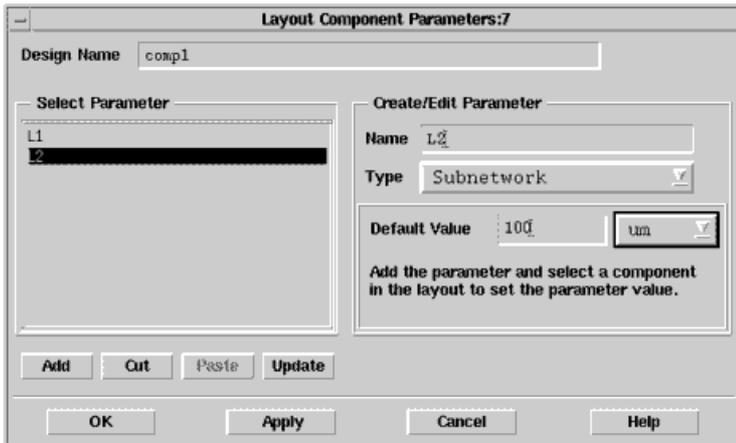


注記

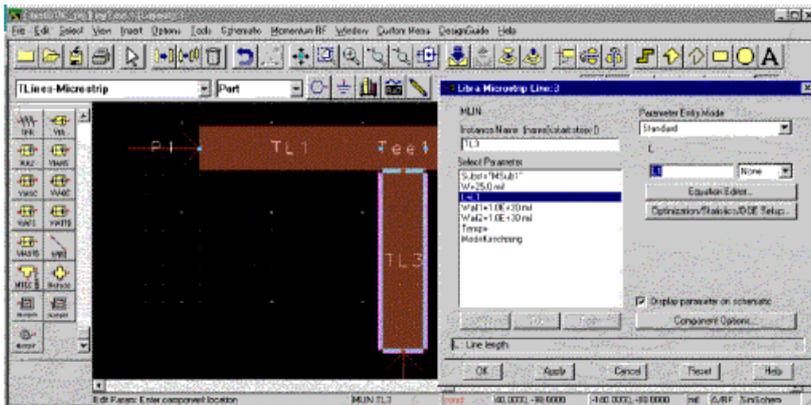
Momentum > Optimization > Parameterコマンドを使用して定義したパラメータが、公称値/摂動値/パラメータとして自動的にピックアップされます。

既存レイアウト・コンポーネントの使用

複数の組み込みマイクロストリップ・コンポーネントを組み合わせ、1つのパラメータ化されたレイアウトを作成できます。Layout Component Parameterダイアログ・ボックス(Momentum > Component > Parameters)を使用して、レイアウト・コンポーネントのサブ回路パラメータを指定します。



サブ回路パラメータを定義したら、レイアウトで使用する1つまたは複数のコンポーネント・インスタンスのパラメータ値の設定に使用することができます。



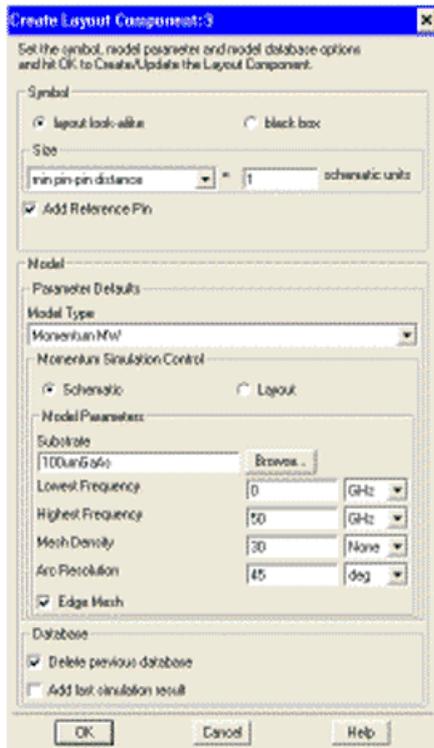
この例では、サブ回路パラメータL1を使用してMLINインスタンスのパラメータ値Lを設定します。

注記

下位レベルのインスタンス・パラメータの設定には、トップ・レベルのデザイン・パラメータのみを使用することができます。その他の変数の使用は禁止されています。

レイアウト・コンポーネントの作成

Create Layout Componentダイアログ・ボックス(Momentum > Component > Create/Update)を使用して、レイアウト・コンポーネントを作成するための適切な設定を指定します。



再結合されたポートが存在しない Create layout Componentダイアログ・ボックス、

注記

Add Reference Pinチェック・ボックスにより、レイアウト・コンポーネントの作成中の、余分の基準ピンの追加をオンまたはオフにすることができます。「余分」のピンは、Momentumがレイアウト内のその他のすべてのピンに基準電圧を供給するために使用します。このピンにより、グラウンドの影響(グラウンド・バウンス、不完全なグラウンド接続など)のモデリングが可能になります。

Add Reference Pinオプションは、レイアウト類似シンボルを選択した場合にのみ利用できます。ブラック・ボックスを選択すると、このオプションは利用できなくなります(グレーで表示されます)。ただしブラック・ボックスは標準シンボルを使用するので、基準ピンがすべてのスキマティックのブラック・ボックス表現に表示されます。このため、有限のグラウンド・プレーンを持つストラクチャを作成中で、スキマティック内で使用したい場合に、問題が生じる可能性があります。この場合、Add Reference Pinをオフにした状態のレイアウト類似コンポーネントを選択することを推奨します。

コンポーネントをSchematic > Generate/Updateコマンドで使用する場合にも、このオプションをオフにして、レイアウト類似コンポーネントを使用する必要があります。この余分のピンの存在により、デザイン同期中にエラーが発生する可能性があります。

設定が終了したら、OKをクリックしてレイアウト・コンポーネントを作成します。このレイアウト・コンポーネントは、レイアウト・デザインと同じ名前になります。以下のアクションが自動的に実行されます。

- テクノロジ・データが保存されます。テクノロジ・データの詳細については、テクノロジ・ファイルを参照してください。
 - コンポーネント・シンボルが作成されます
 - コンポーネント定義が更新されます
 - モデル・データベースが初期化されます
- 作成または更新が正常に完了したことを確認するための情報ダイアログ・ボックスが表示されます。

注記

パラメータ、ポート、形状などのレイアウト属性を変更したときにはいつでも、レイアウト・コンポーネントを更新する

必要があります。また、*Edit > Component > Swap Components*を使用して、スキマティック内のコンポーネントの既存インスタンスを再挿入、または交換する必要があります。

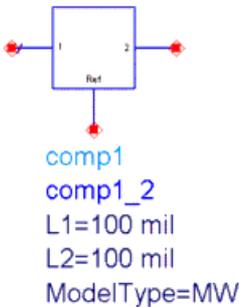
シンボルの選択

2つのスキマティック・シンボル・タイプのどちらかを選択できます。

1. シンボル形状がレイアウト形状のスケールされたコピーである、レイアウト類似シンボル

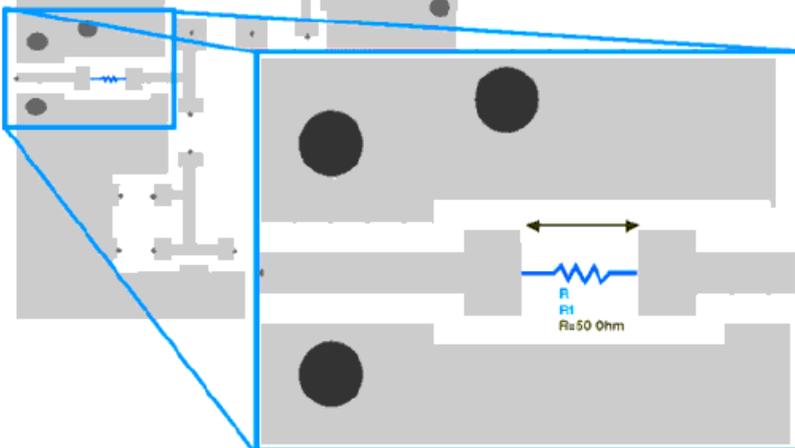


2. 一般的な方形形状を持つブラック・ボックス・シンボル

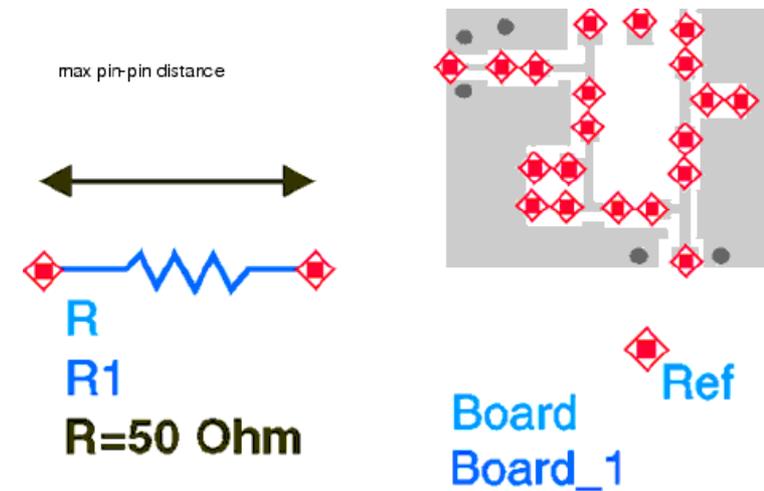


レイアウト類似シンボルのスケールリングには、3通りの設定方法があります。

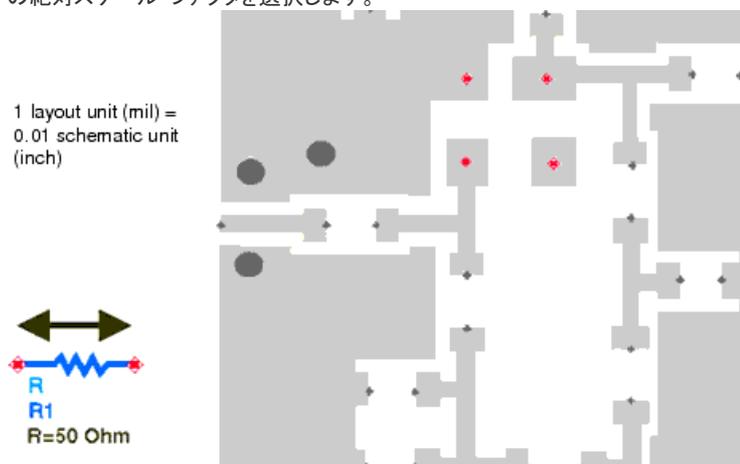
- 最小ピン間距離をスキマティック単位で設定する。
1スキマティック単位は、抵抗、キャパシタ、インダクタなどの最も標準的な2ポート・コンポーネントのサイズに対応します。最小ピン間距離を1スキマティック単位(1インチ)に設定すると、所定のシンボル・サイズを持つコンポーネントが2本のピン間に納まります。



- 最大ピン間距離をスキマティック単位で設定する。
下図に、最大ピン間距離を1スキマティック単位(1インチ)と等しくなるように設定したときのスケールリングを示します。



- レイアウト単位寸法をスキーマティック単位寸法にマッピングする(同じスキーマティック・ページにさまざまなコンポーネントを組み合わせるときに推奨)。1つのスキーマティックにさまざまなレイアウト・コンポーネントを組み合わせるときには、レイアウト・コンポーネントの相対サイズを保持するため、固定の絶対スケール・ファクタを選択します。



モデル・パラメータのデフォルト

レイアウト・コンポーネントの新しいインスタンスがスキーマティック・ページに挿入されるたびに、レイアウト・コンポーネントの作成中に指定したモデル・パラメータ値が、インスタンスの初期設定として適用されます。これらのパラメータは、レイアウト環境のMomentumシミュレーション・コントロール・オプションのサブセットです。

以下のモデル・パラメータを指定できます。

- Model Type** 使用するMomentumのモードをMomentum MWまたはMomentum RFに設定します
- Substrate** Browseボタンを使用してサブストレート記述(*.slm)を指定します
- Lowest Frequency** 適応周波数掃引アルゴリズムに対するMomentumモデル生成中に使用される最低周波数
- Highest Frequency** 適応周波数掃引アルゴリズムに対するMomentumモデル生成中に使用される最高周波数
- Mesh Density** 波長あたりのセル数
- Arc Resolution**
- Edge Mesh** オン/オフの切り替え

注記
回路シミュレーションで指定範囲外の周波数ポイントが必要となった場合、外挿が使用されます。

注記
Momentum Simulation Controlオプションをスキーマティックに設定すると、スキーマティックのメッシュ周波数が、自動的に最高シミュレーション周波数に設定されます。Simulation Controlオプションをレイアウトに設定すると、メッシュ周波数が、LayoutウインドウのMesh > Setupダイアログから取り込まれます。

モデル・データベースの設定

回路シミュレーションを実行するとき、レイアウト・コンポーネントのモデルを生成するためMomentumが起動されます。このモデルは、レイアウト・コンポーネントのモデル・データベースに保存されます。レイアウト・コンポーネントの作成または更新中、生成されたモデル・データベース情報の使用方

法には、以下のオプションがあります。

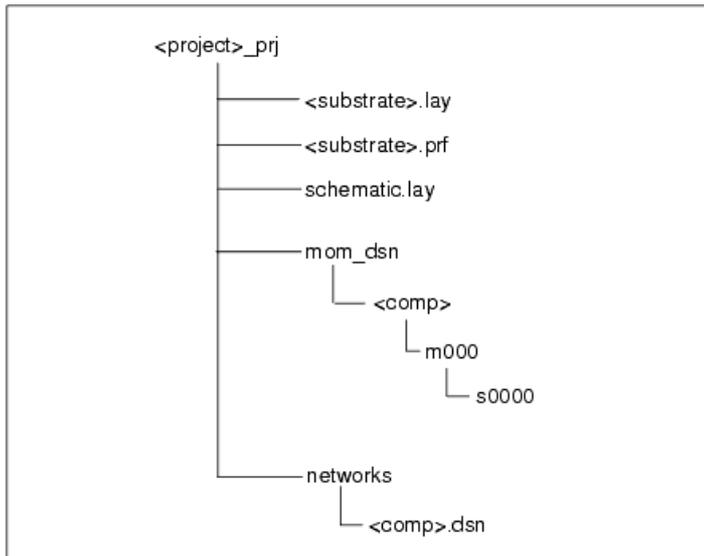
- **Delete previous database toggle** このコンポーネントの以前に計算したモデルをすべて削除します。
- **Add last simulation result** レイアウトから起動された最後のMomentumシミュレーションで取得した結果をデータベースに追加します。

プリミティブおよび階層コンポーネント

パラメータ・タイプ	コンポーネント・タイプ	アートワーク・タイプ
なし	プリミティブ	AELマクロ
サブ回路	階層	同期化
公称値/摂動値	プリミティブ	AELマクロ

レイアウト・コンポーネントのファイル構造

レイアウト・コンポーネントは、コンポーネントを定義するために結合されたファイルのグループから成ります。これらのファイルの1つまたは複数を手動で変更または削除すると、コンポーネント定義が壊れ、予期しない挙動を示す可能性があります。



テクノロジー・ファイル

レイアウト・コンポーネントのCreate/Updateプロセス中、4つのテクノロジー関連ファイルが作成または変更されます。ファイルのうち3つは、サブストレート・テクノロジーを定義します。

1. **<substrate>.layout.lay** レイアウト(またはマスク)レイヤ定義ファイル
2. **<substrate>.layout.prf** レイアウト・プリファレンス・ファイル
3. **<substrate>.slm** Momentumサブストレート定義ファイル

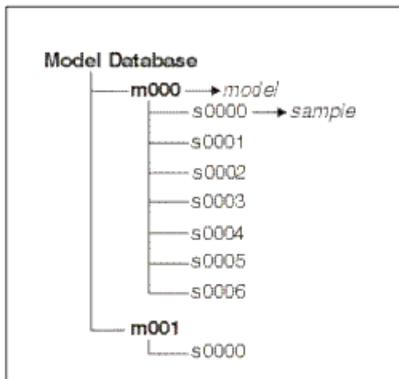
これらのファイルの名前は、選択したMomentumサブストレート名から派生します。デフォルトの名前は、レイアウト・デザイン名です。

4番目のファイルは、スキマティック・レイヤ定義ファイル< schematic.lay >です。このファイルは、新しいSchematicウィンドウをオープンするたびにロードされ、スキマティックのドローイング・レイヤを指定します。レイアウト類似シンボルの場合、レイアウト・コンポーネントのスキマティック・シンボルをドローイングするため、このファイルに追加レイヤが付加されます。追加レイヤは、`_lay`ポストフィックスで識別できます。すでにオープンされているSchematicウィンドウは、レイヤ定義を動的に更新しないことに注意してください。変更されたschematic.layファイルを手動でロードする必要があります。

モデル・データベースのファイル

Momentumモデル・データベースは、mom_dsn/<comp>ディレクトリの下に保存されています。ここで< comp >はコンポーネントのデザイン名です。model.ndxファイルは、データベースに保存されたモデルを記録します。

モデルは、2レベル階層に保存されます。トップ・レベルは、モデル・パラメータ設定に基づいてエントリ(モデル)を区別します。ボトム・レベルは、レイアウト・パラメータ設定に基づいてエントリ(モデル・サンプル)を区別します。

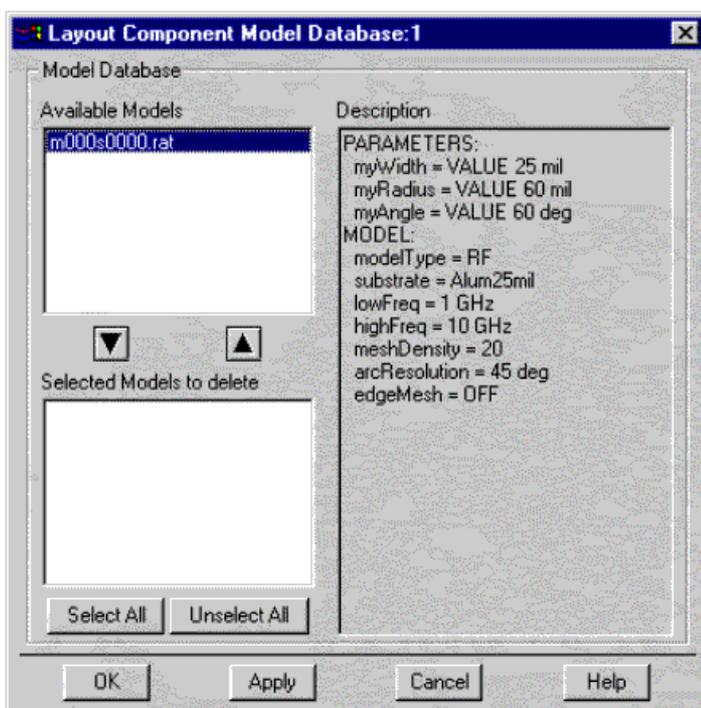


以下のモデル・パラメータ設定が同じであれば、2つのモデルは同じであるとみなされます。

- モデル・タイプ(ModelType)
- シミュレーション・コントロール(SimControl)
- 最低モデル周波数(LowFreq)
- 最高モデル周波数(HighFreq)
- メッシュ密度(MeshDensity)
- 円弧分解能(ArcResolution)
- エッジ・メッシュ(EdgeMesh)

与えられたモデルに対して、1つまたは複数(パラメータ化されたコンポーネントの場合)のサンプルを生成し、データベースに追加できます。

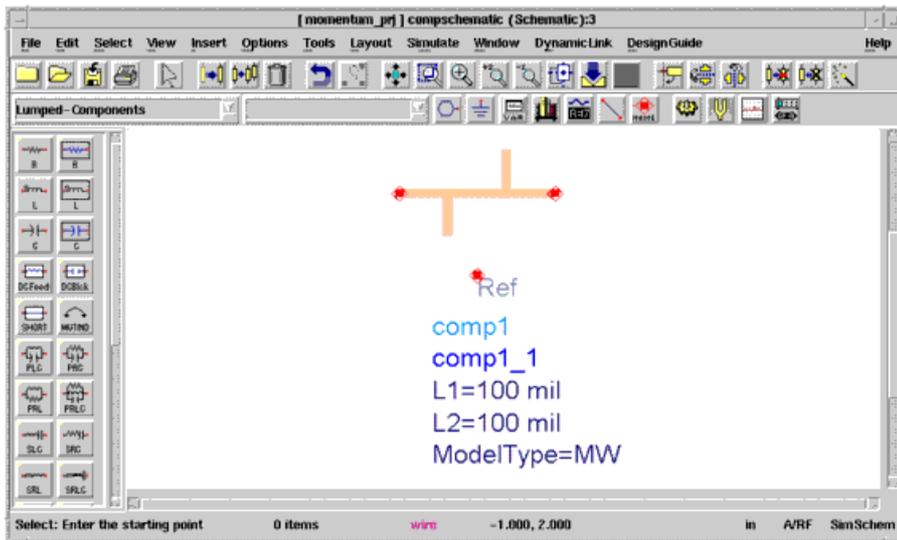
コンポーネントに対してすでに利用可能なモデルを表示するには、*Momentum* > *Component* > *Model Database*を選択します。これにより、Layout Component Model Databaseダイアログ・ボックスがオープンします。



この例では、モデル・データベースで1つのモデルが利用できます。モデルを選択することにより、モデルを生成する際のパラメータ値が*Description*ボックスに表示されます。

スキマティックでのレイアウト・コンポーネントの使用

Layoutウィンドウで作成されたレイアウト・コンポーネントをスキマティックに挿入できます。挿入するには、ライブラリ・ブラウザ(*Insert* > *Component* > *Component Library*を選択)を使用してコンポーネントを選択するか、またはコンポーネント名入力フィールドにコンポーネントの名前を入力します。レイアウト・ポートが、その他のコンポーネントに接続可能なスキマティック・ピンになります。



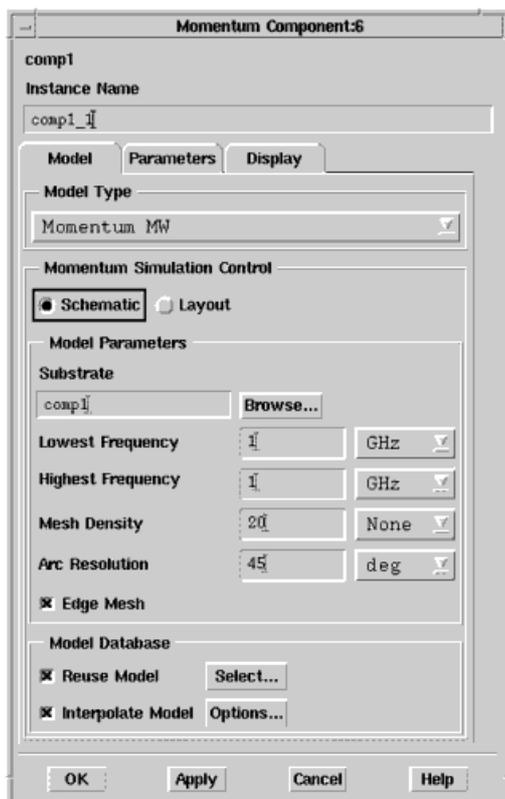
注記

レイアウト・パラメータなしのレイアウト・コンポーネントを使用してMomentumシミュレーションを実行するには、Momentumライセンスが必要です。レイアウト・パラメータを持つレイアウト・コンポーネントを使用してMomentumシミュレーションを実行するには、Momentum Optimizationライセンスが必要です。

レイアウト・コンポーネント・インスタンスのパラメータの指定

スキマティックのレイアウト・コンポーネントをダブルクリックして、Layout Componentダイアログ・ボックスを表示します。このダイアログ・ボックスには、レイアウト・コンポーネント・インスタンスのパラメータと表示を設定できる、3つのタブがあります。

モデルのパラメータ



モデル・タイプ選択

Model Type選択リストには、以下の選択肢があります。

- **Momentum MW** MWモードのMomentumによって生成されるSパラメータ・モデル
- **Momentum RF** RFモードのMomentumによって生成されるSパラメータ・モデル
- **File Based Dataset**、CITI、Touchstoneファイルで利用可能なSパラメータ・モデル、またはADSネットリスト・ファイルによって提供されるモデル
- **Subnetwork** (階層コンポーネントの場合のみ)コンポーネントは、コンポーネント・デザインのスケマティック・ページにあるサブ回路ポートに基づいてネットリストされ、組み込みモデルを使用します。

Momentumシミュレーション・コントロールの設定

最初の3つのオプションを使用して、最も重要なMomentum Simulation Controlパラメータの設定を変更できます。

- **Schematic** - スケマティック設定は、コンポーネントを作成した対応するレイアウト・デザインに存在するスケマティック設定を上書きします。すべてのMomentum Controlパラメータのサブセットにのみアクセスでき、適応周波数掃引(AFS)がMomentumによって実行されます。適応周波数サンプリングの詳細については、適応周波数サンプリングを参照してください。
- **Layout** - レイアウト・デザインに存在するレイアウト設定は、layout Componentダイアログ・ボックスのエントリに表示されますが、グレーで表示されます。Momentumシミュレーション中、レイアウト・デザインで指定されたパラメータが使用されます。これにより、Momentumが、layout Componentダイアログ・ボックスから設定できないパラメータ設定を使用できます(離散周波数掃引の使用など)。

ほとんどのSimulation Controlパラメータ設定は、SchematicウィンドウとLayoutウィンドウの両方からアクセスできます。

Overlap、TML mesh、Frequency Sweep type、Sample Pointsなどのパラメータは、Layoutコントロールからしか設定できません。

Schematic Momentumコントロール・オプションは、これらのパラメータに対して以下のデフォルト値を使用します。

- Overlap - **On**
- TML mesh - **Off**
- Frequency Sweep type - **AFS**
- Sample Points - **50**

Layer、Primitive、Primitive Seedなどのその他のパラメータは、レイアウト・コンポーネントを使用したMomentumシミュレーション用には設定できません。

モデル・データベースの設定

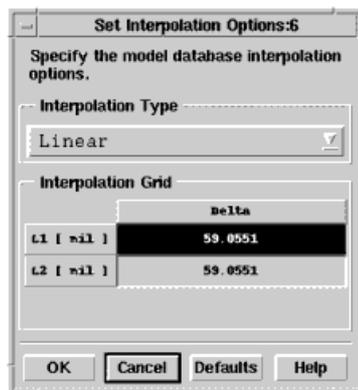
生成されたモデルはすべて、レイアウト・コンポーネントのモデル・データベースに自動的に保存されます。最適化を実行するときには、Reuse ModelオプションとInterpolate Modelオプションを選択して、電磁界シミュレーションの数を最小限に抑えます。

- **Reuse Model** データベースを調べます。指定されたパラメータのモデルが利用可能な場合、それが再利用されます。このオプションを選択しないと、最初にデータベースを調べることなく、新しいMomentumシミュレーションが起動されます。

Selectボタンをクリックして、現在利用可能なモデルを示したSelect Modelダイアログ・ボックスを表示します。

- **Interpolate Model** 補間をオンまたはオフに切り替えます。このオプションを選択すると、リニア補間方式が使用されます。要求されたモデル・サンプルが、近傍モデル・サンプル間の補間によって取得できない場合にだけ、回路シミュレータは、電磁界シミュレーション用にMomentumを起動します。近傍モデル・サンプルは、要求されたサンプルからの距離より小さい正規化距離(L1指標)内に存在する必要があります。距離の正規化は、Set Interpolation Optionsダイアログ・ボックスで指定された補間デルタ値を基準としています。

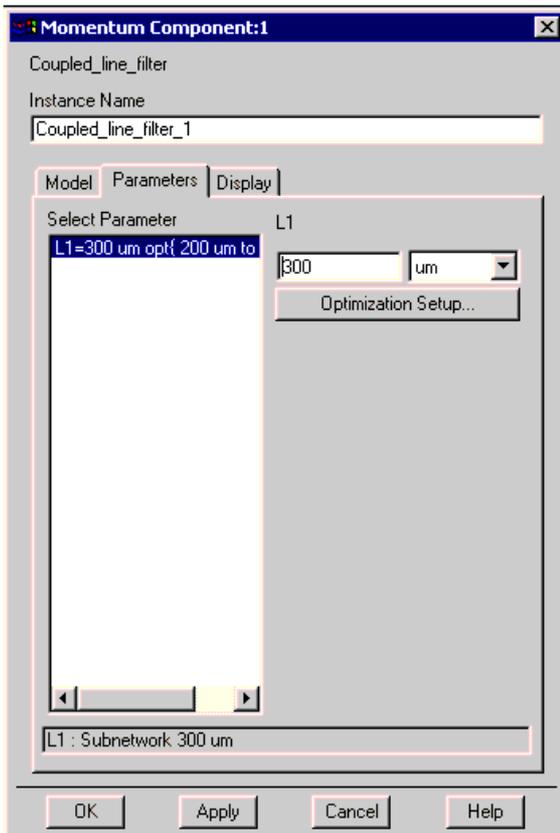
OptionsボタンをクリックしてSet Interpolation Optionsダイアログ・ボックスを表示します。ここには、現在のモデル・パラメータ設定のそれぞれのパラメータに対する、補間タイプと補間グリッド設定が表示されます。補間グリッド値を変更できます。またはDefaultsボタンをクリックして、デフォルト(最高モデル周波数とメッシュ密度に基づいて自動的に計算されます)にリセットできます。



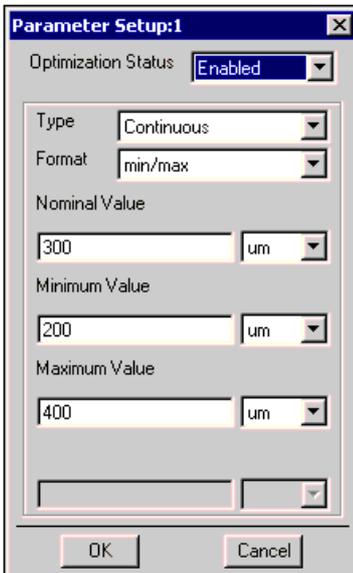
モデル・データベースとモデル補間の詳細については、シミュレーション中のモデル・データベース・フローを参照してください。

レイアウト・パラメータ

Parametersタブで、ADSのその他のコンポーネントと同様に、レイアウト・パラメータ(公称値/摂動値またはサブ回路)を設定できます。

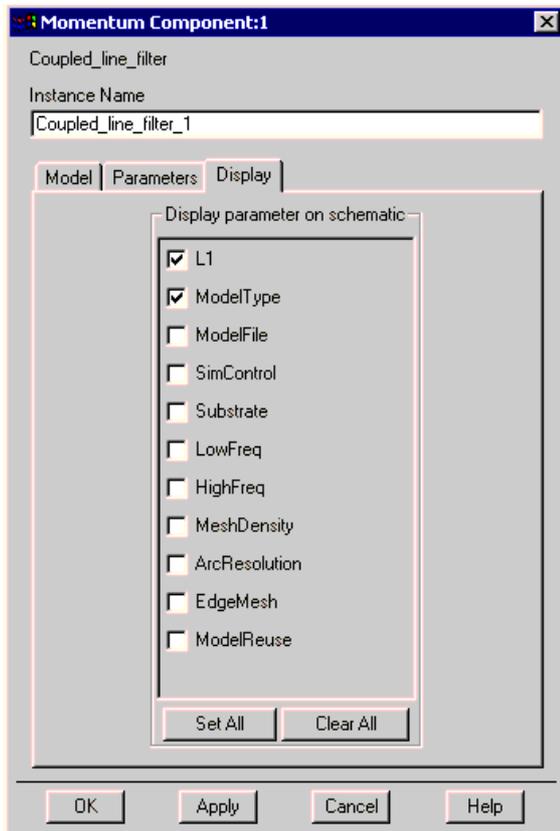


Optimization Setupボタンをクリックし、選択したパラメータの最適化設定を指定します。



表示パラメータ

Displayタブで、スキーマティック上に表示するパラメータを個別に選択できます。

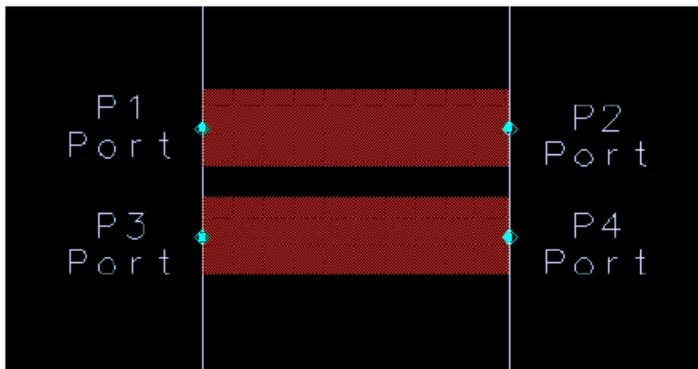


ポート・タイプ・マッピング

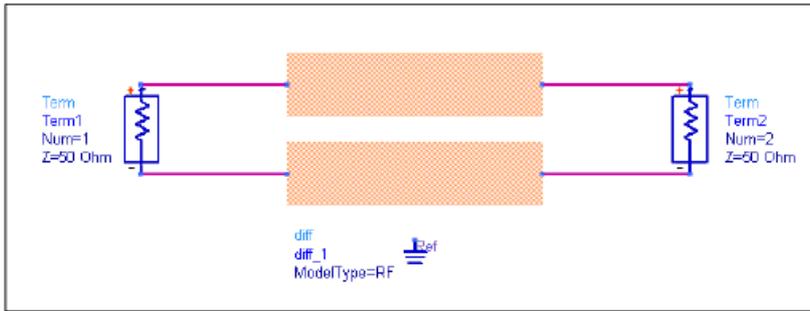
Layout Port Type	Schematic Port Type	
Strip (ストリップ)	Single (単一)	Single (単一)
Internal (内部)	Internal (内部)	
Differential (差動)	Single (単一)	
Common mode (コモン・モード)	Single (単一)	
Ground reference (グラウンド基準)	Internal (内部)	
slot (スロット)	Single (単一)	Single (単一)
Coplanar (コプレナ)	Single (単一)	

以下の例に、レイアウトでのシミュレーションと等しい方法で、スキマティックで差動ポート、グラウンド基準ポート、コモン・モード・ポートを使ったシミュレーションを設定する方法を示します。

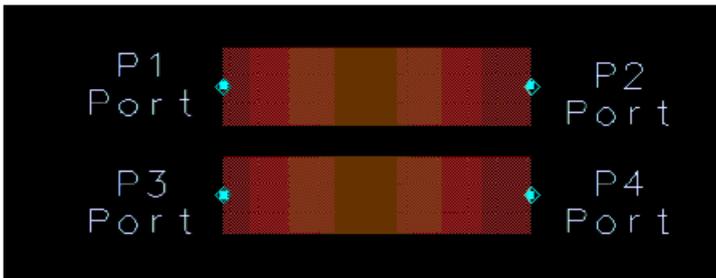
差動ポート



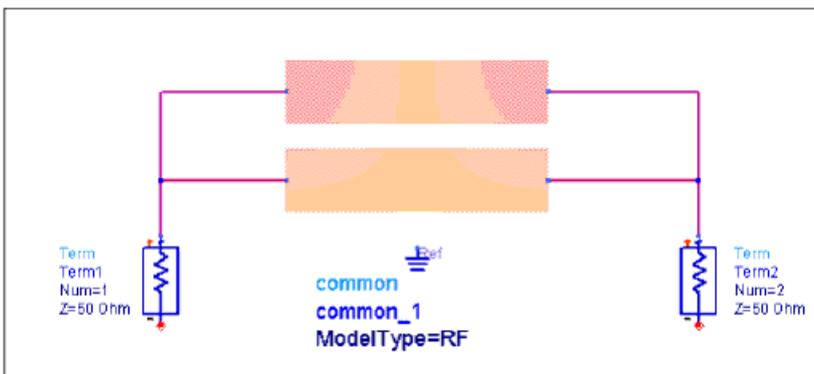
ポート1,3と2,4は、差動ポート結合です。このポート構成を持つレイアウトでのMomentumシミュレーションにより、差動励振を持つ 2×2 のSパラメータ結果が得られます。スキマティックで、差動ポートが単一ポートにマッピングされます。すなわち、Momentumが 4×4 のSパラメータ結果を計算します。次に、以下のSパラメータ・ポートのセットアップの図を使用して、これを差動励振に変換できます。



コモン・モード・ポート



ポート1,3と2,4は、コモン・モード・ポート結合です。レイアウト・コンポーネントで、コモン・モード・ポートが単一ポートにマッピングされます。レイアウトでコモン・モード・ポートを使用したときと同じ結果を取得するには、以下のスキマティックに示されたセットアップを使用します。

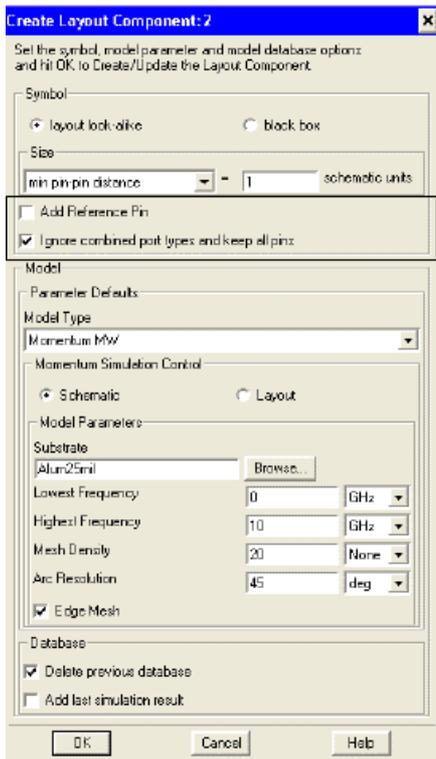


再結合されたグランド基準ポート

2006Aより前では、グランド基準ポートを持つレイアウトに対して *Momentum Layout Component* を作成すると、グランド基準ポートが保持され、ピンは、レイアウト類似シンボル内のグランド基準ポートの位置に作成されました。

ADS 2006A Update 3では、*Momentum > Component > Create/Update* ダイアログにチェック・ボックスが追加され、以下が可能となりました。

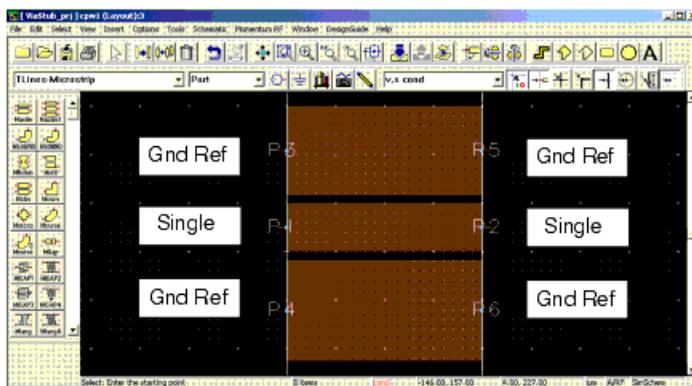
- 結合されたポート・タイプを無視し、すべてのピンを保持する (ADS 2006A Update 3での新機能)。
または
- “Ignore combined port types and keep all pins” チェック・ボックスのチェックを解除して、再結合ポート・タイプを保持しない。



すなわち、コプレナ・ポート、差動ポート、コモン・モード・ポートに対して1ピンだけ保持できるようになりました。この機能は、レイアウト・コンポーネントがAdvanced Model Composerで使用されるときにも機能します。

注記
この選択は、「再結合ポート」タイプがデザインに存在する場合にのみ利用可能です。こうしたポート・タイプが存在しないと、この選択はダイアログに表示されません。

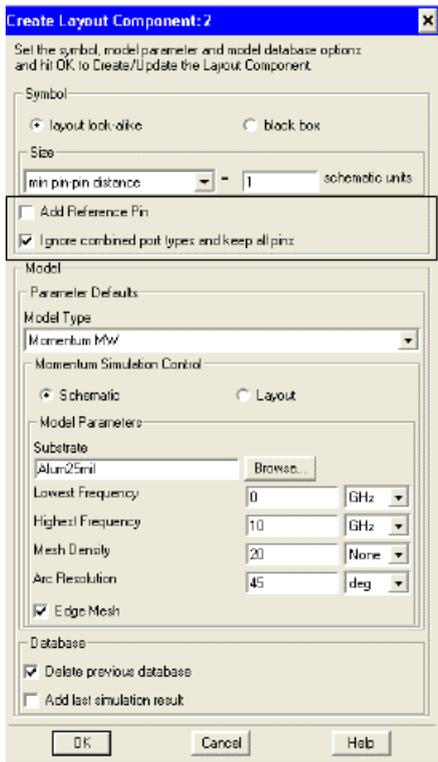
グラウンド基準ピンを持つレイアウト・コンポーネント



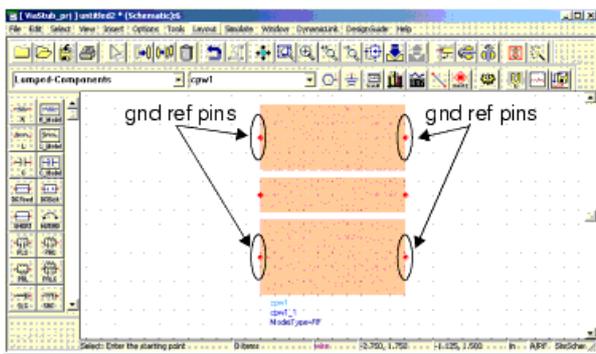
6ポート(2つの単一と4つのグラウンド基準)を持つレイアウト

ポート3と5は、ポート1のグラウンド基準ポートで、ポート4と6は、ポート2のグラウンド基準ポートです。グラウンド基準ピンを持つレイアウト類似シンボルを作成するための作業フローは、以下のとおりです。

Create Layout Componentダイアログで *Ignore combined port types and keep all pins* を選択します。プリファレンスを設定し、**OK** をクリックします。

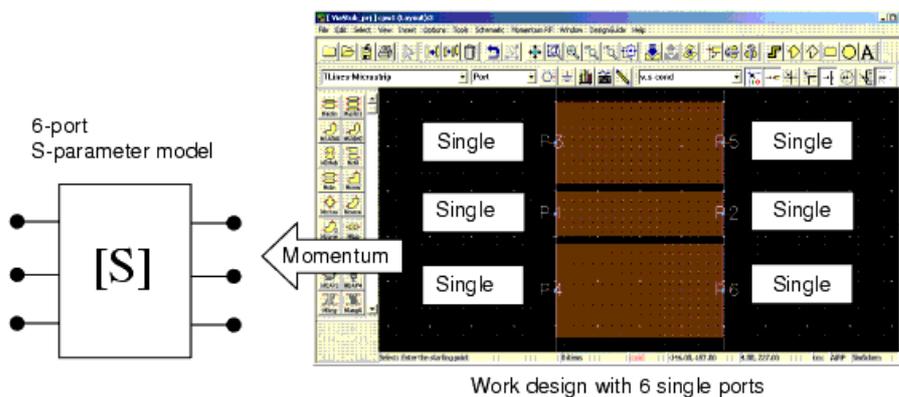


Momentumレイアウト・コンポーネントのグラウンド基準ピンは、下図に示すようにスキマティック・ビューで保持されます。



6つのピンを持つMomentumイアウト・コンポーネント類似シンボル

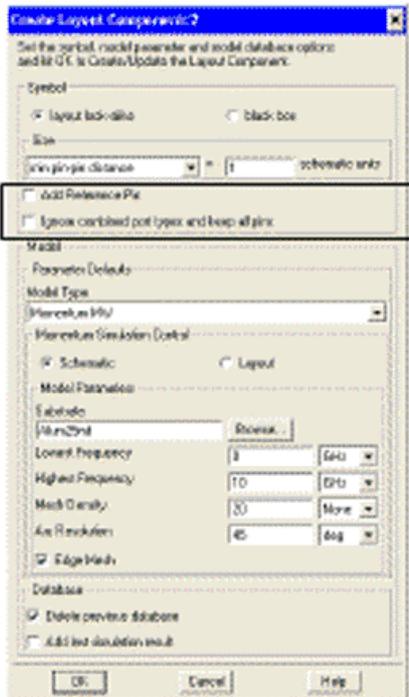
デザイン同期化の場合、シンボル・ピンの1対1マッピングがあります。これは回路シミュレーションに必須です。下図で、レイアウト・ポートが保持されています。



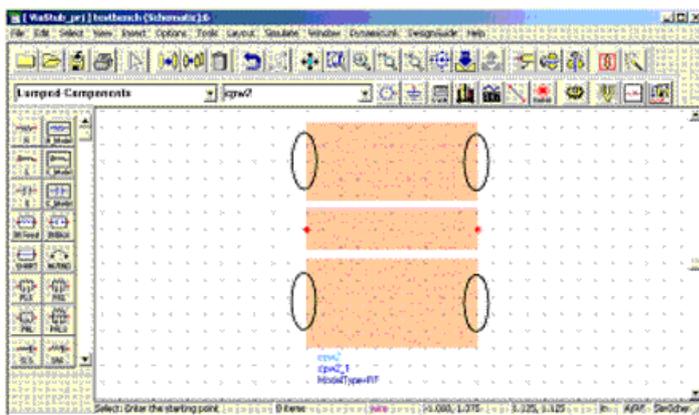
グラウンド基準ピンのないレイアウト・コンポーネント

グラウンド基準ピンのないレイアウト類似シンボルを作成するための作業フローは、次のとおりです。

Create Layout Componentダイアログで *Ignore combined port types and keep all pins* の選択を解除します。プリファレンスを設定し、**OK**をクリックします。

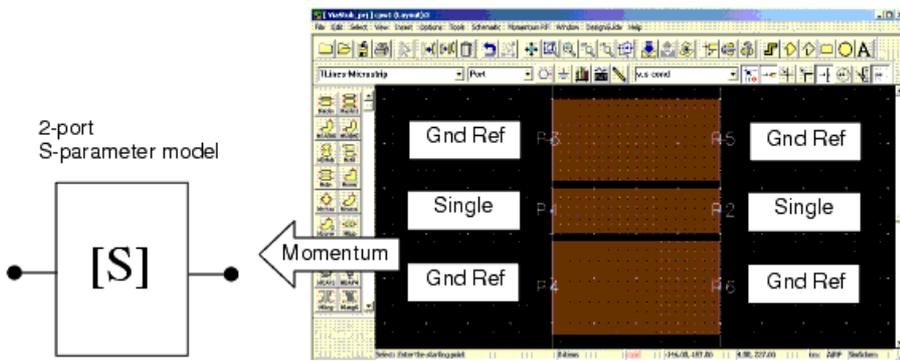


この場合、下図に示すようにMomentumレイアウト・コンポーネントでグラウンド基準ピンが保持されません。

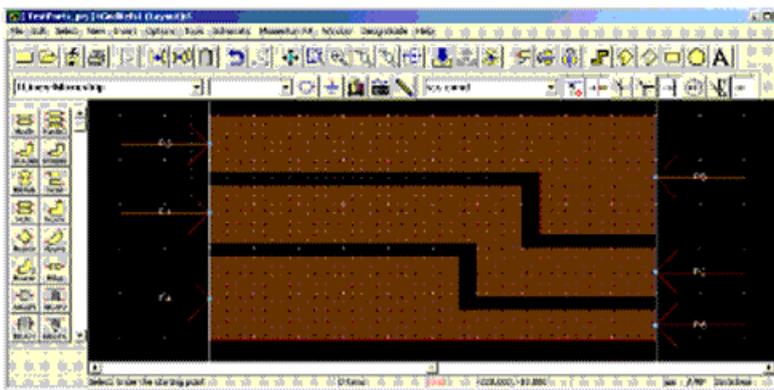


グラウンド基準ピンのないMomentumレイアウト・コンポーネント

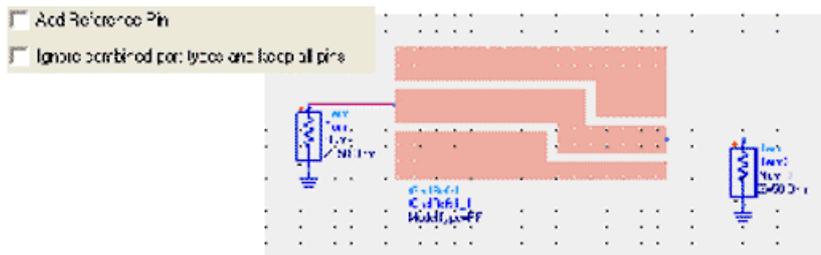
デザイン同期化の場合、シンボル・ピンの1対1マッピングがあります。これは回路シミュレーションに必須です。下図で、レイアウト・ポートが失われます。



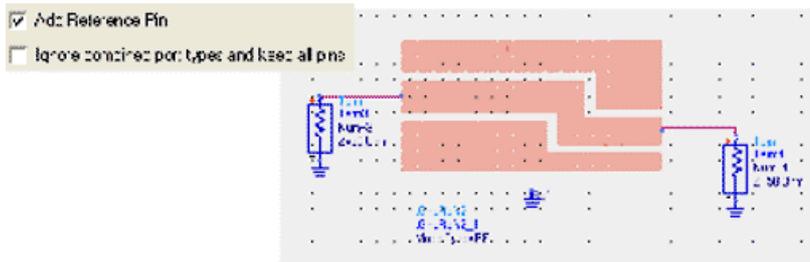
テスト手順の例



以下のスキーマティックに、グローバル基準ピンなしとグランド基準ポートなしのレイアウト類似シンボルを示します。これを実行するには、*Create Layout Component*ダイアログの*Add Reference Pin*チェック・ボックスと*Ignore combined port types and keep all pins*チェック・ボックスの選択を解除します。

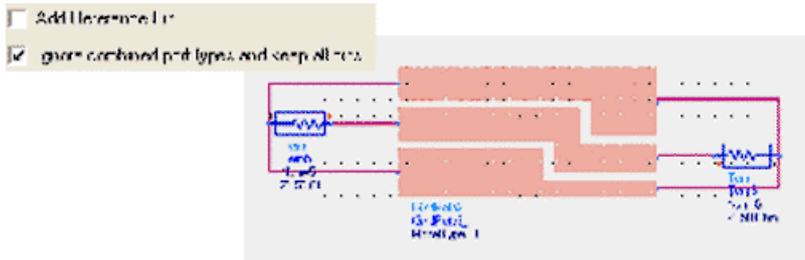


*Ignore combined port types and keep all pins*の選択を解除したままで*Add Reference Pin*を選択すると、スキーマティックで以下のレイアウト類似シンボルが得られます。

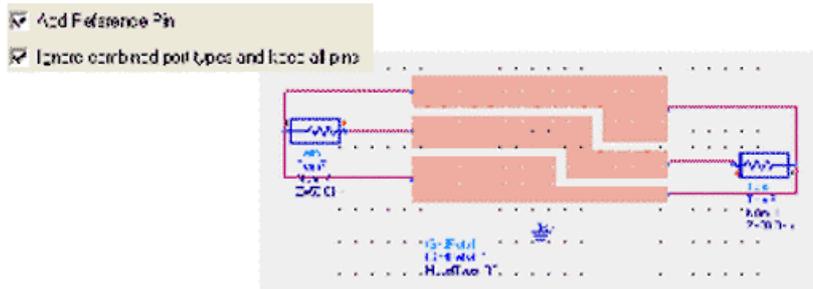


以下の例で、グランド基準ポートが保持されます。ポート3と4は、ポート1のグランド基準ポートで、ポート5と6は、ポート2のグランド基準ポートです。レイアウト・コンポーネントで、グランド基準ポートが内部ポートにマッピングされています。

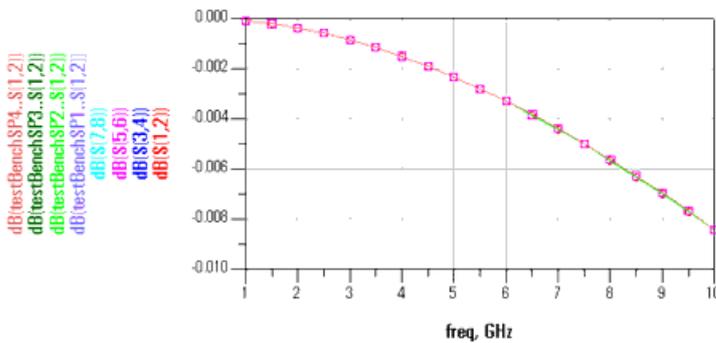
以下のスキマティックに、グローバル基準ピンなしで、グランド基準ポートを持つレイアウト類似シンボルを示します。これを実行するには、Create Layout ComponentダイアログのAdd Reference Pinチェック・ボックスを選択解除し、Ignore combined port types and keep all pinsチェック・ボックスを選択します。



Create Layout ComponentダイアログでAdd Reference Pinチェック・ボックスとIgnore combined port types and keep all pinsチェック・ボックスを選択した状態の同じ類似シンボル



下図に示すように、4つの電磁界-回路コ・シミュレーションすべてが同じSパラメータ結果を示します。



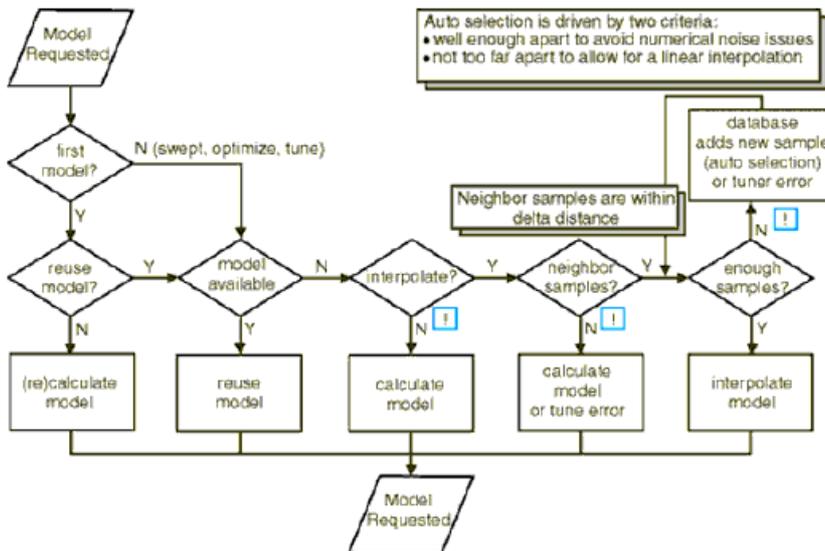
最適化とチューニング

チューニング・セッション中は、モデルをオンザフライで生成できません。したがって、レイアウト・コンポーネントに影響を与えるパラメータのチューニングは、要求されたレイアウト・コンポーネントのモデル・サンプルがすでにデータベースに存在するか、またはデータベースが補間結果を提供できる場合にのみ可能です。

データベースが有効なモデルを返せない場合は、チューニングが失敗し、モデル・データベースが不完全であることを示すエラー・メッセージが表示されます。すなわち、チューニングは、十分な数のサンプルによってカバーされる特定の範囲内でのみ可能です。

シミュレーション中のモデル・データベース・フロー

下図に、モデル・データベースが、与えられたレイアウト・コンポーネントのモデル・サンプルに対する要求を処理する方法を示します。存在するコンポーネントのインスタンスが1つだけの場合でも、解析中に複数の要求が生成される可能性があります。これは、レイアウト・コンポーネントのパラメータが掃引、最適化、またはチューニングされる場合に起こります。



最初のモデル要求が、Reuse Model?ポイントまで伝播します。Reuse Modelオプションがオフの場合、モデルを(再)計算するためにMomentumが起動されます。

Reuse Modelオプションがオンの場合、モデル・データベースが、要求されたサンプルがすでにデータベースに存在するかどうかを確認します。存在する場合、既存モデルが再利用されます。

モデル・サンプルが利用できない場合、コンポーネント・インスタンスのInterpolate Modelオプションがチェックされます。このオプションがオフの場合、新しいモデルを計算するためMomentumが起動されます。以下の警告メッセージがステータス・ウィンドウに表示されます。

The model for the Layout Component is not found in the Database, a new model is generated for the requested parameter values.()

Interpolate Modelオプションがオンの場合、モデル・データベースが、近傍サンプルの位置を特定しようとします。サンプルは、補間デルタ距離(L1を測定)内にある場合に近傍サンプルであるとみなされます。補間デルタ距離は、Set Interpolation Optionsダイアログ・ボックスで表示/指定できます。近傍サンプルが見つからない場合、新しいモデルを計算するためMomentumが起動されます。上記の警告メッセージと同じ警告メッセージが、ステータス・ウィンドウに表示されます。チューニング・セッションでは、以下のエラー・メッセージがステータス・ウィンドウに送られます。

Model Database for <instanceName> is not complete for tuning.(<instanceName>)Simulate the Layout Component first to complete the Model Database.()

近傍に1個以上のサンプルが見つかったら、データベースが、データベースでの補間を試みます。十分なサンプルが利用できない場合、指定された補間デルタ(またはデフォルト設定)に基づいてサンプルが自動的に追加されます。計算時間を短縮するため、追加サンプルの数をできるだけ小さい値に保ちます。これが発生すると、以下のメッセージがステータス・ウィンドウに表示されます。

There are not enough samples available to allow interpolation, a new sample is generated and added to the Model Database.()

レイアウト・コンポーネントを使用するときの制限事項

レイアウト・パレットに用意されたコンポーネントには、いくつかの制限があります。

- レイアウト・コンポーネント・パレットに表示されるサブストレート・コンポーネントは使用できません。サブストレート定義の作成と編集には、Momentum > Substrates > Create/Modifyで表示されるダイアログ・ボックスを使う必要があります。
- Momentumでシミュレートするレイアウトには、集中定数エレメントを含めることはできません。
- Microstripパレットのコンポーネントを使う場合、以下の制限があります。
 - サブストレート名(Subst = MSub1など)は、Momentumでは用いられません。サブストレート定義はMomentum > Substratesメニューからロードする必要があります。
 - 電気的な属性は定義されていても用いられません。例えば、MFTCのパラメータCPUA、RsT、RsBなどは無視されます。
- レイアウト内の大部分のコンポーネントは、形状だけがMomentumに転送されます。電気的な属性はMomentumメニューで定義する必要があります。
- Momentumでシミュレートするレイアウトには、Printed Circuit BoardパレットとWaveguideパレットのコンポーネントは使用できません。
- ストリップライン・コンポーネントとサスペンデッド・サブストレート・コンポーネントは使用できますが、コンポーネントのサブストレート名パラメータは無視されます。
- 1コンポーネントあたり最大100個のレイアウト・パラメータを使用できます。

Momentumの結果の表示

この章では、Momentumの結果を表示する方法を説明します。

データ・ディスプレイを使用した結果の表示

Momentumによるシミュレーション結果を表示するには、2つのツール(データ・ディスプレイとMomentum Visualization)があります。ビジュアライゼーション・ツールには、専用のコードワードが必要であり、以下の各章で説明します。この章では、データ・ディスプレイの使用方法について説明します。

Momentumシミュレーションでは、以下の結果を表示できます。

- Sパラメータ
 - 放射パターン(遠方界プロット)と導出されたアンテナ・パラメータ
- シミュレーション中にはその他のデータも計算され、データセットに保存されます。これらも表示したり、計算で使用したりできます。

- 回路の各ポートの伝搬定数(γ)
- 各ポートの特性インピーダンス
- AFSの収束データ

データ・ディスプレイの使用法の詳細については、データ・ディスプレイを参照してください。

データ・ディスプレイ・ウィンドウのオープン

シミュレーション結果は、データ・ディスプレイで表示します。データ・ディスプレイ・ウィンドウをオープンするには、以下のよういくつかの方法があります。

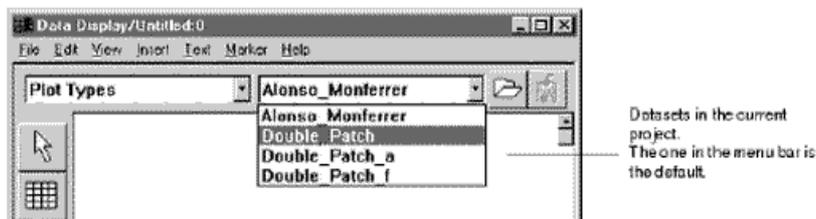
- シミュレーション終了時に自動的にデータ・ディスプレイ・ウィンドウをオープンする。このための手順については、結果の自動表示を参照してください。
- Layoutウィンドウのメニュー・バーでWindow > New Data Displayを選択して新しいデータ・ディスプレイをオープンする。
- 現在のプロジェクトでWindow > Open Data Displayを選択し、データ・ディスプレイを選択することにより、保存されているデータ・ディスプレイをオープンする。データ・ディスプレイ・ファイルの拡張子は.ddsです。

Momentumデータの表示

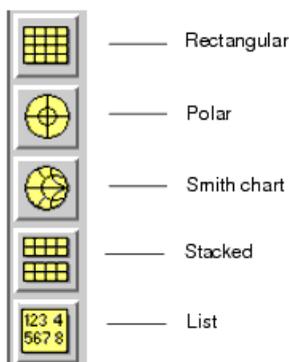
Momentumのシミュレーション結果は、1個以上のデータセットに保存されます。

- シミュレータが計算した周波数ポイントのデータは、<design_name>.dsファイルに保存されます。これはすべてのシミュレーションで作成される標準のデータセットです。
- 適応掃引タイプをシミュレーションに使った場合は、各周波数ポイントのサンプル・データを元にAFSが高密度に再サンプリングしたデータが、< design_name >.a.dsというデータセットに保存されます。
- 放射パターンを計算し、選択したビジュアライゼーション・タイプが“2D Data Display”の場合、結果は、データセット<design_name>.f.dsに保存されます。

現在のプロジェクトのデータセットは、データセット・リストボックスに表示されます。



Momentumのデータは、任意のプロット・タイプで表示できます。



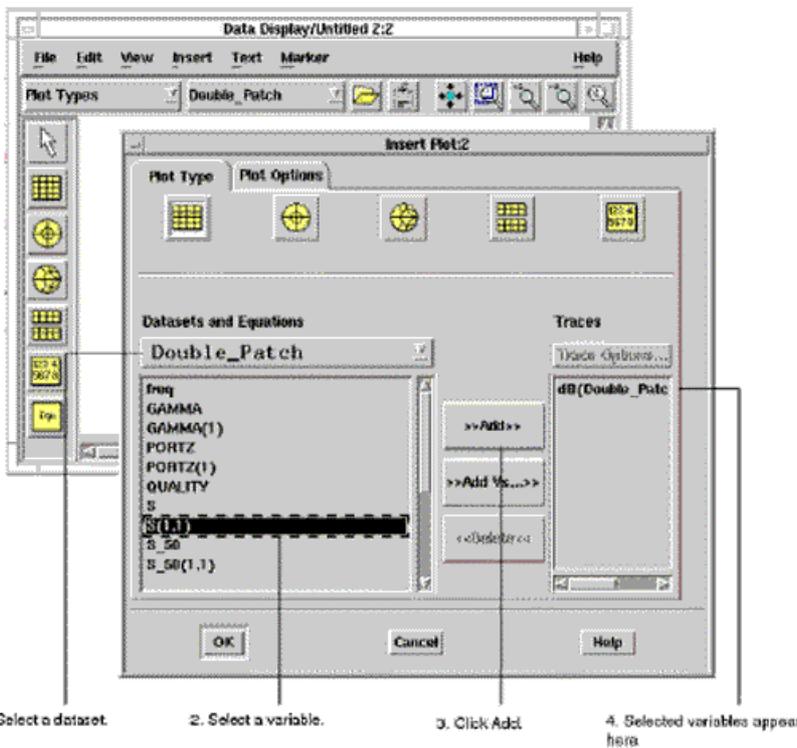
Momentumデータを表示する手順:

1. プロット・アイコンをクリックしてプロット・タイプを選択し、マウスをウィンドウ内にドラッグし、クリックしてプロットを配置します。
2. デフォルト・データセットの変数が表示されます。必要なら、他のデータセットをリストから選択します。
3. プロットしたいデータを含む変数を選択し、Addをクリックします。

**注記**

シミュレーションデータの大部分は複素数フォーマットです。直交座標プロットにデータを追加する場合は、どのスカラーフォーマットで表示するかを選択する必要があります。

- 同じプロットに、別のデータセットのデータを追加することもできます。ステップ2と3を繰り返して、プロットにデータを追加します。
- OKをクリックするとデータが表示されます。



1. Select a dataset.
2. Select a variable.
3. Click Add.
4. Selected variables appear here.

**注記**

同じビュー内の複数のグラフは、重ねて表示されます。複数のグラフを同時に表示するには、各グラフを個別のビューに割り当てます。

Sパラメータの表示

Sパラメータ・データセットで利用可能なデータに関する詳細は、以下のセクションを参照してください。

標準データセットとAFSデータセットの変数

変数	説明
freq	独立変数の周波数。シミュレーション設定時に指定されたもの。データ・ポイントの数は、シミュレーション中に指定された掃引タイプと周波数プランで決まります。
GAMMA n	ポート n の(モード)伝搬定数。ディエンベディングに用いられ、シングル、差動、コプレナの各ポートに対してだけ計算されます。
PORTZ n	ポート n のインピーダンス。Port Editorダイアログ・ボックスのImpedanceフィールドで定義されたもの。インピーダンスが指定されていない場合は、50 Ω が仮定されます。
S	Sマトリクス。PORTZ n に正規化したもの。
S(i, j)	回路内の各ポート対のSパラメータ。PORTZ n に正規化したもの。
S_50	Sマトリクス。50 Ω に正規化したもの。
S_50(i, j)	回路内の各ポート対のSパラメータ。50 Ω に正規化したもの。
S_Z0	Sマトリクス。Z0に正規化したもの。
S_Z0(i, j)	回路内の各ポート対のSパラメータ。各ポートのZ0に正規化したもの。
Z0 n	ポート n に接続された伝送ラインの特性インピーダンスをレポートします。内部ポートまたは結合ポートの場合は計算されません。この場合は50 Ω が代わりに用いられます。

**注記**

同じ基準面で3個以上のポートが使用されている場合は、シングル・ポートに対するZ0値は計算されません。この場

合、Z0値が50Ωに設定されます。各ポートのスカラZ0を取得するには、ポートを別の基準面に置く必要があります。

差動、コプレナ、コモン・モードの各ポートを使用しているレイアウトのSパラメータについては、ポートを参照してください。

標準データセットとAFSデータセット

適応掃引タイプを使ったシミュレーションでは、2つのデータセットにデータが保存されます。最初のデータセットには、シミュレーション中に決定された周波数ポイントでシミュレータが計算したデータが記録されます(これは標準のデータセットであり、すべてのシミュレーションで生成されます)。2番目のデータセットには、AFSが計算した、きわめて高密度の周波数分布で再サンプリングされたデータが記録されます。この「適応データセット」は、名前の最後に_aがアペンドされています。適応データセットには標準データセットと同じ変数が含まれていますが、データが計算される周波数ポイントの数が大幅に増えています。

通常、_aデータセットのデータを表示すると、きわめてなめらかな結果が見られます。これは回路の動作をよく反映しています。同じプロットに標準のデータセットを表示すると、シミュレータが実行された周波数ポイントが、なめらかな曲線に重なって表示されます。これらの周波数ポイントはレンジ全体に散らばっていて、Sパラメータの変化が大きい領域に相対的に多くのポイントが分布しています。2つのデータセットを同時に表示することで、このシミュレーションでのAFSプロセスの品質がわかります。AFSの詳細については、適応周波数サンプリングを参照してください。

Momentum Visualizationを使用した結果の表示

Momentum Visualizationでは、Sパラメータを表形式やプロット形式で表示できます。この章では、Sパラメータの表示と操作方法を説明します。また、Sパラメータに関する一般的な情報についても説明します。

Sパラメータの概要

Sパラメータの表示や処理を行う場合は、インピーダンスの指定方法と使用する命名規則に注意する必要があります。これらについては、以下のセクションで説明します。

正規化インピーダンス

表示できるSパラメータは、Port Editorダイアログ・ボックスのImpedanceフィールドで定義される正規化インピーダンスに基づいたSパラメータです。インピーダンスが指定されていない場合は、 50Ω が仮定されます。

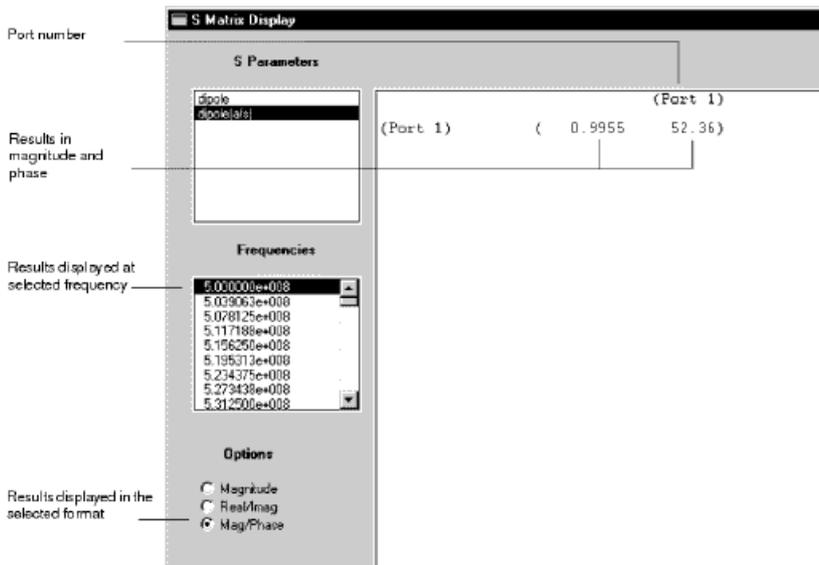
命名規則

Sパラメータの命名規則は、プロジェクトの名前に基づいてどのSパラメータの組を表示中あるいは処理中であるかを示すものです。1つのプロジェクトで、利用可能なデータセットは2つしかありません。1つは、実際にシミュレートされた離散周波数を格納する *design_name* という名前のものです。もう1つは、シミュレーション設定で適応周波数掃引を指定したときにだけ利用できる *design_name(afs)* です。適応周波数掃引のデータセットには、シミュレートされた周波数を極-零点モデルでフィッティングした高分解能サンプリング・ポイントが含まれています。

表形式によるSパラメータの表示

Sパラメータを表形式で表示できます。表には、以下のフォーマットで各ポートのSパラメータの値を表示します。

- 大きさ
 - 実数成分と虚数成分
 - 振幅と位相
- この表はデータを表示するためのものであり、この表からデータをプロットすることはできません。
Sパラメータは以下のように表示されます。

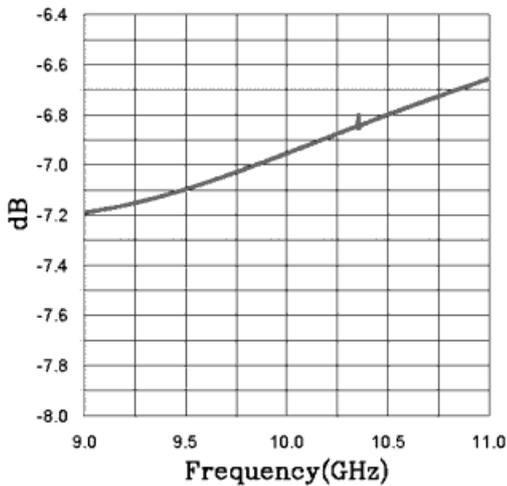


Sパラメータを表示する手順:

1. **Plot > Matrix**を選択します。
2. S Parameterリストから表示したいデータを選択します。
3. Frequenciesリストから対象の周波数を選択します。Sマトリクスによっては、周波数が1つしかないものがあります。
4. 以下からデータ・フォーマットを選択します。
 - **Magnitude** Sパラメータの振幅を表示します。
 - **Real/Imag** Sパラメータを複素数で表示します。
 - **Mag/Phase** Sパラメータの振幅と位相を表示します。
5. 大きなマトリクスはスクロール・バーを使用して確認します。
6. **OK**をクリックしてダイアログ・ボックスを終了します。

Sパラメータの振幅のプロット

Sパラメータの振幅のプロットは、周波数に対して大きさをdB単位で表示します。



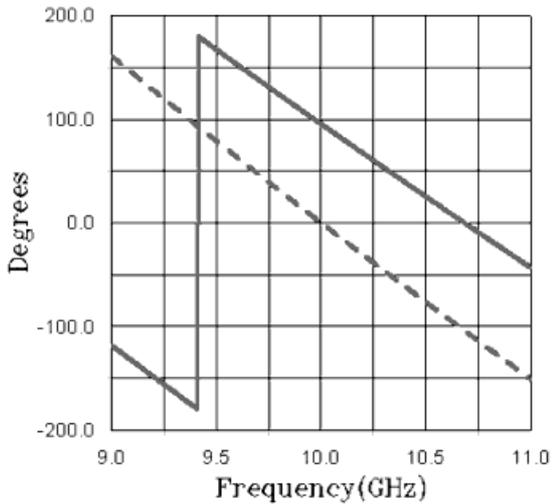
Sパラメータの振幅のプロットを表示する手順:

1. **Plot > Mag Plot**を選択します。
2. MatrixリストからSマトリクスを選択します。
3. Sパラメータを選択します。組み合わせは、ポートに基づいています。
4. プロットを表示したいビューを選択します。
5. **Apply**をクリックします。
6. 他のSパラメータをプロットに追加するか、**Done**をクリックしてダイアログ・ボックスを終了します。

Sパラメータの位相のプロット

Sパラメータの位相のプロットは、周波数に対して位相を度単位で表示します。Sパラメータの位相を表示すると、場合によっては位相遅延がプロットされることがあることに注意してください。例えば、位相が 60° の電気長のレイアウトでは、 S_{21} は位相遅延を表わし、 -60° と表示されます。位相が

180° より大きい場合は、 γ (伝搬定数) から予測される位相が S_{21} と比べて正しくないように思われますが、遅延を考慮すれば正しいことがわかります。

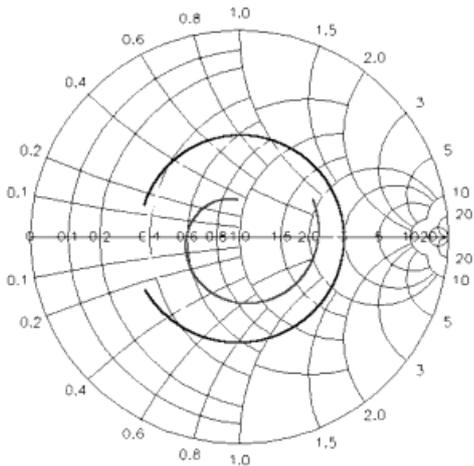


Sパラメータの位相のプロットを表示する手順:

1. **Plot > Phase Plot** を選択します。
2. MatrixリストからSマトリクスを選択します。
3. Sパラメータを選択します。組み合わせは、ポートに基づいています。
4. プロットを表示したいビューを選択します。
5. **Apply** をクリックします。
6. 他のSパラメータをプロットに追加するか、**Done** をクリックしてダイアログ・ボックスを終了します。

スミス・チャート上のSパラメータのプロット

スミス・チャートは、Sパラメータの実数成分と虚数成分を表示します。



スミス・チャートを表示する手順:

1. **Plot > Smith Plot** を選択します。
2. MatrixリストからSマトリクスを選択します。
3. Sパラメータを選択します。
4. プロットを表示したいビューを選択します。
5. **Apply** をクリックします。
6. 他のSパラメータをスミス・チャートに追加するか、**Done** をクリックしてダイアログ・ボックスを終了します。

Sパラメータのエクスポート

Sパラメータは、TouchstoneフォーマットまたはCITIFileフォーマットでファイルにエクスポートできます。Sパラメータをエクスポートして、他のツールで使用できます。

Sパラメータをエクスポートする手順:

1. **File > Export S Matrix**を選択します。
2. MatrixリストからエクスポートするSマトリクスの組を選択します。
3. ファイル・フォーマットとして、CITIFileフォーマットまたはTouchstoneフォーマットを選択します。
4. File Nameフィールドにファイルのフルパスを入力するか、**Browse**をクリックしてファイル名を指定します。
5. **OK**をクリックしてコマンドを完了します。

Momentum Optimization

Momentumと組み合わせたMomentum Optimizationは、平面回路の電磁界(EM)デザインを自動的に最適化する効果的なソフトウェア・ツールです。Momentumを使用して最適化を実行すると、デザイン・ゴールに従って回路性能を改善するためにレイアウトのパラメータを調整できます。Momentumマイクロ波モードまたはMomentum RFモードを使って開発されたデザインをサポートしています。

Momentumを使用した最適化は、スキマティック環境内から、パラメータ化されたレイアウト・コンポーネントを使って実行します。このプロセスを例で説明します。

Momentumは、結合や放射などのさまざまな電磁界効果を正確に考慮できる解析ツールです。デザインの検証には極めて価値あるものですが、それ自体ではデザイン・ゴールを満足するレイアウトを決定できません。レイアウト・デザインは、通常は試行錯誤のプロセスで、Momentumを使用してゴールを達成します。パラメータ化されたレイアウト・コンポーネントを使ったMomentumによる最適化で、エンジニアの貴重な時間を節約できます。デザイン・サイクルが劇的に短縮され、より早く製品を市場に投入することが可能になります。また、複雑なストラクチャに対しては、通常は手動でのデザインより良好なデザインを見つけることができます。

Momentumを使用して最適化できるもの

Momentum Optimizationにより、2次元レイアウト・オブジェクトの幾何学的寸法を最適化できます(形状最適化)。以下の最適化が含まれます。

- 長さ、幅、ギャップ、スペース、直径などの典型的な寸法
- 長さや幅が同時に変化するような、相互依存しているレイアウトの変更
- 従来にない多くのレイアウト修正

オブジェクトとなり得るものは、メタル・ストリップ、スロットまたはビアです。オブジェクトのパラメータ化に重点を置いているので非常に柔軟性の高いレイアウト変更が可能です。パラメータ化のプロセスは、ADSのスキマティック・ドローイング環境内で実行します。

Momentumを使用して最適化できないもの

Momentumは、以下の最適化に対応しません。

- 誘電率などの材料パラメータ
- サブストレートの厚みなど、レイアウトの断面パラメータ

Momentumを使用して最適化できる応答

スキマティック内の最適化ゴール・コンポーネントを使用して定義できる応答は、すべて最適化できます。詳細は、チューニング、最適化および統計デザインを参照してください。通常、以下の形式のSパラメータのデザイン・ゴールです。

- 振幅(dB単位)
- 振幅
- 位相(° 単位)
- 実数部
- 虚数部

Momentumを使用した最適化の典型的な手順

Momentum Optimizationの基本手順を以下に示します。

1. パラメータ化されたレイアウト・コンポーネントを使用して、ADSで経験に基づいてレイアウトを作成します。最終的なデザインに可能な限り近いデザインを作成します。しかし、正確な寸法を決定するために、多くの時間をかける必要はありません。むしろ、簡単に作成して時間を節約してください。
2. サブストレート、メタライゼーション、ポート、メッシングなどの、Momentumシミュレーションを設定します。
3. *Momentum > Simulation*メニューのオプションを使用してデザインをシミュレートします。応答を確認します。回路性能が満足できるものであれば、デザインを最適化する必要はありません。
4. レイアウトの寸法に何らかの調整を行えば回路性能を改善できるかどうか検討します。所望の改善を達成するにはレイアウトをどのように変更すべきかを検討します。レイアウト・トポロジーの根本的な変更が必要である場合は、この段階で実行し、シミュレーションを繰り返します。
5. 所望のレイアウト変更を容易にするために、概念的に独立したパラメータを定義します。
6. 周波数ポイント、Sパラメータの上限、下限、等号、ウィンドウ(範囲)などのデザイン・ゴールにより回路性能を適切に表現できるか判断します。
7. デザインを保存します。

最適化のプロセス

1. デザインからレイアウト・コンポーネントを作成し(レイアウト・コンポーネントの作成を参照)、識別したパラメータの定義を追加します。
2. レイアウト・コンポーネントを持つスキマティックを作成します。
3. 最適化ゴールを定義します。
4. 最適化パラメータを設定します。
5. 最適化を実行します。
6. 最適化パラメータ値がステータス・ウィンドウに表示されます。
7. 必要に応じて、最適化パラメータ値を持つレイアウトからレイアウト・コンポーネントを再シミュレートします。

例

このセクションでは、コ・最適化の設定方法、実行方法、結果の表示方法の練習を行います。

サンプル・プロジェクトのコピー

まず、ADS Momentumサンプル・プロジェクトをローカル・ディレクトリにコピーします。

1. Mainウィンドウで、File > Copy Project...を選択します。
2. Copy ProjectダイアログのFrom Projectセクションで、Example Directoryを選択します。
3. Browse...を選択します。
4. ドロップ・ダウン・メニューで、Momentum > Microwave、次にCoupled_line_filter.prjを選択し、OKをクリックしてプロジェクトを選択します。
5. To Projectセクションで、プロジェクトのコピー先のディレクトリを選択します。
6. Copy Project HierarchyとOpen Project After Copyをアクティブにし、OKをクリックします。これにより、プロジェクトがオープンされ、新しいディレクトリに保存されます。

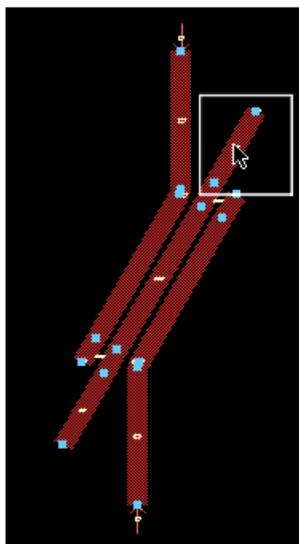
コンポーネントの編集

このセクションでは、コ・最適化用のコンポーネントを準備し、パラメータ化する方法について説明します。

1. プロジェクトがオープンしたら、READMEウィンドウをクローズします。
2. Coupled_line_filterレイアウト・ウィンドウを選択します。
3. Layoutウィンドウ・ツールバーで、Momentum > Mesh > Clearを選択します。
4. 次に、Momentum > Component > Parametersを選択します。これにより、Momentum Component Parametersダイアログがオープンします。
5. Create/Edit Parameterセクションで、パラメータ名としてL1を入力し、パラメータ・タイプとしてSubnetworkを選択します。Default Valueを300 umに設定します。

The screenshot shows the 'Momentum Component Parameters' dialog box. The 'Design Name' field is set to 'Coupled_line_filter'. On the left, the 'Select Parameter' list contains 'L1'. On the right, the 'Create/Edit Parameter' section has 'Name' set to 'L1', 'Type' set to 'Subnetwork', and 'Default Value' set to '300' with units 'um'. Below this, a message reads: 'Add the parameter and select a component in the layout to set the parameter value.' At the bottom, there are buttons for 'Add', 'Cut', 'Paste', 'Update', 'OK', 'Apply', 'Cancel', and 'Help'.

6. Addをクリックし、OKを選択します。
7. Layoutウィンドウで、Microstrip Line TL6をダブルクリックして選択します。これにより、新しいダイアログがオープンします。



8. MLIN列でパラメータLを選択し、Parameter Entry Mode列でLine Length LをL1に設定します。

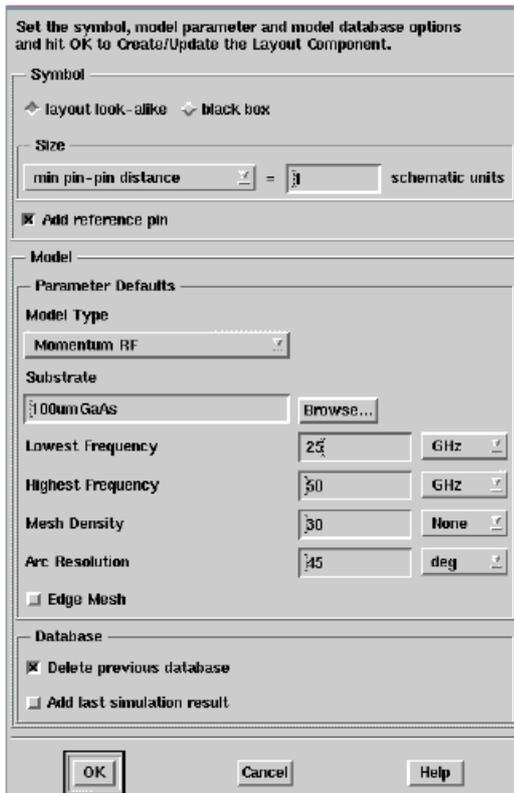
MLIN	Parameter Entry Mode
Instance Name (name[<start:stop>])	Standard
TL6	L
Select Parameter	L1
Subst="MSub1"	None
W=73 um	Equation Editor...
L=L1	Tune/Opt/Stat/DOE Setup...
Wall1=	
Wall2=	
Temp=	
Mod=Kirschning	
<input type="button" value="Add"/> <input type="button" value="Cut"/> <input type="button" value="Paste"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Display parameter on schematic
	<input type="button" value="Component Options..."/>
L : Line length	
<input type="button" value="OK"/>	<input type="button" value="Apply"/>
<input type="button" value="Cancel"/>	<input type="button" value="Reset"/>
	<input type="button" value="Help"/>

9. OKをクリックしてこのダイアログを閉じます。

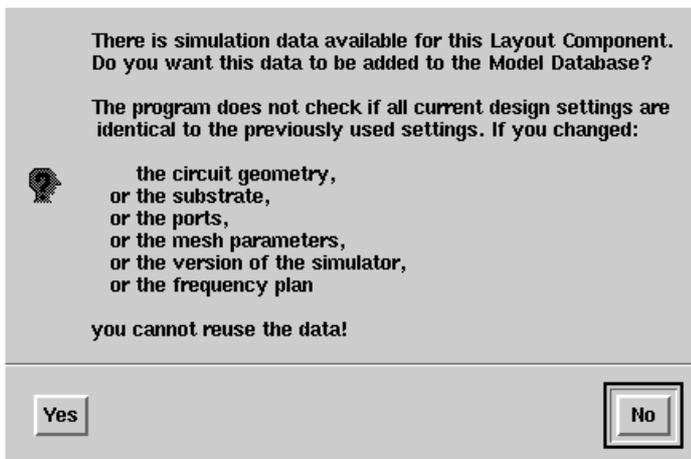
パラメータ化されたコンポーネントの作成

このセクションでは、パラメータ化されたコンポーネントの作成方法について説明します。

1. Layoutウィンドウで、Momentum > Component > Create/Updateを選択します。これにより、Create Layout Componentダイアログがオープンします。



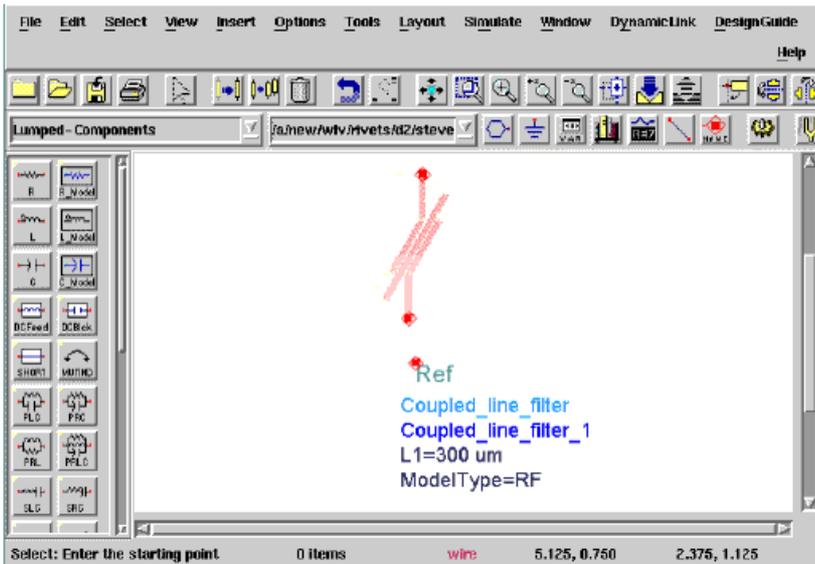
2. このダイアログの *Symbol* セクションで、*layout look-alike* を選択し、*Add reference pin* をオンにします。
3. *Model* セクションで、*Model Type* が *Momentum RF* に設定されていることを確認し、*25 GHz* ~ *50 GHz* の周波数レンジを設定し、*Edge Mesh* を選択解除します。
4. **OK** をクリックして、パラメータ化されたコンポーネントを作成します。
5. これにより、2つの新しいダイアログが表示されます。コンポーネントが正常に作成されたことを知らせるメッセージ・ウィンドウで **OK** を選択し、*Add simulation to Model Database* ダイアログで **No** を選択します。



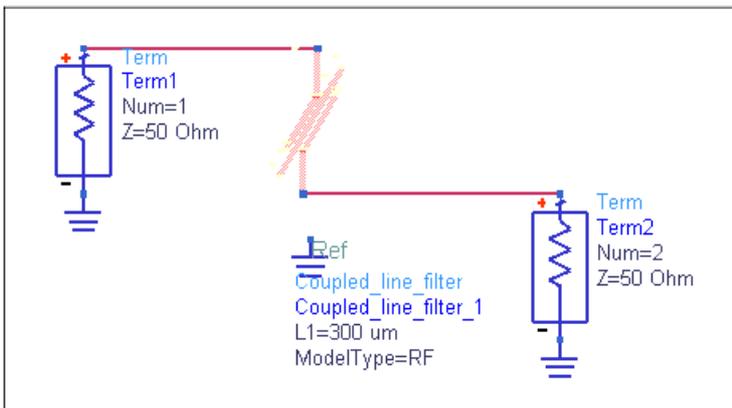
スキマティックでのコンポーネントの追加と使用

このセクションでは、スキマティックでのパラメータ化されたレイアウト・コンポーネントの追加方法と使用方法について説明します。

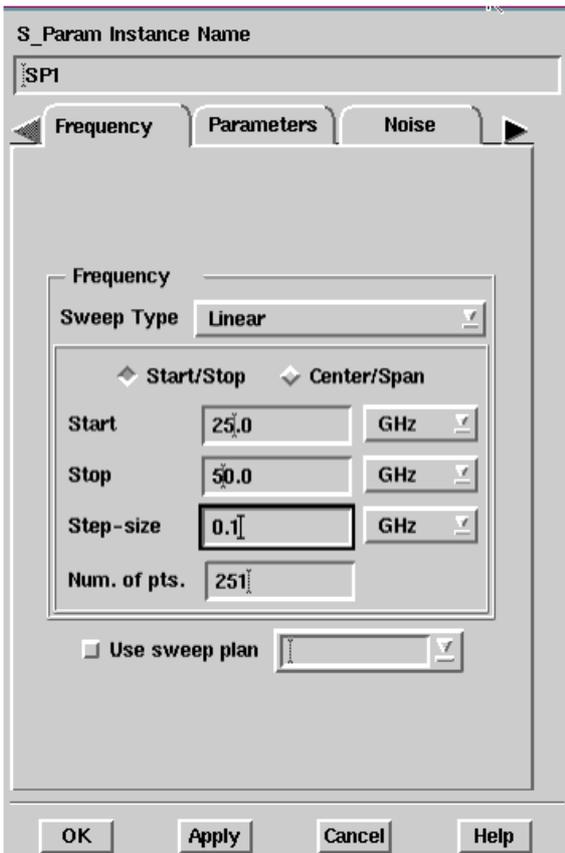
1. 新しい Schematic ウィンドウをオープンします。ライブラリ・ブラウザをオープンし、*Sub-networks* > *Coupled_line_filter_prj* > *Coupled_line_filter* コンポーネントを選択することで、新しく作成したコンポーネントを挿入します。Schematic ウィンドウにレイアウト・コンポーネントを配置します。



2. 下図に示すように、2個のSパラメータ・ポートと3個のグラウンドをスキマティックに追加します。



3. Sパラメータ・シミュレーション・ブロックをスキマティックに追加します。Start周波数を**25 GHz**に、Stop周波数を**50 GHz**に、ステップ・サイズを**0.1 GHz**に設定します。



4. OKをクリックします。

スキマティックのパラメータ化されたレイアウト・コンポーネントの最適化設定

このセクションでは、スキマティック・シミュレーション中にパラメータ化されたレイアウト・コンポーネントを最適化するために必要な設定について説明します。

1. *Coupled_line_filter*コンポーネントをダブルクリックします。これにより、Momentum Componentダイアログがオープンします。
2. *Parameters*タブを選択し、*Optimization Setup...*を選択し、*Optimization*ダイアログを表示します。

Optimization Status: Enabled

Type: Continuous

Format: min/max

Nominal Value: 300 um

Minimum Value: 200 um

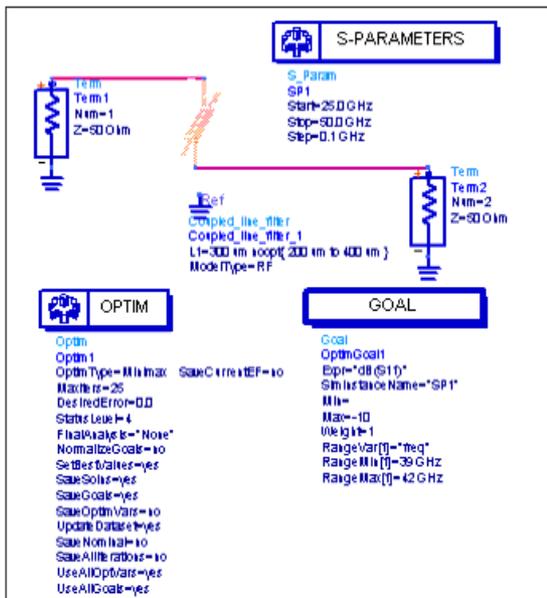
Maximum Value: 400 um

OK Cancel

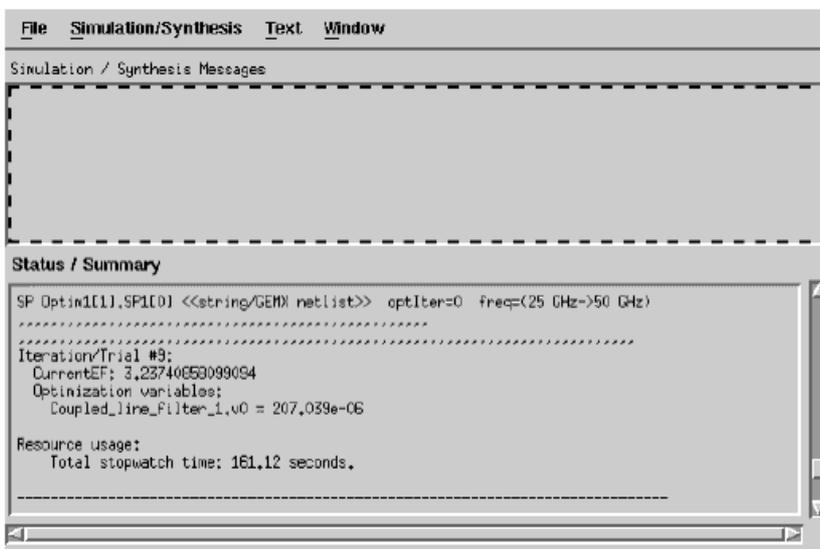
3. このダイアログで、Optimization Statusを**Enabled**に、Minimum Valueを**200 um**に、Maximum Valueを**400 um**に設定します。
4. OKをクリックします。
5. *Goal*と*Optimization*ブロックをスキマティックに追加します。
6. *Goal*ブロックに対して、以下を設定します。
 - Expr = "dB(S11)"
 - SimInstanceName = "SP1"
 - Max = -10
 - Weight = 1
 - RangeVar[1] = "freq"
 - RangeMin[1] = 39 GHz
 - RangeMax[1] = 42 GHz
7. *Optimization*ブロックで、*Optimization Type*を**Minimax**に設定します。

GOAL	OPTIM
Goal	Optim
OptimGoal1	Optim1
Expr="dB(S11)"	OptimType=Minimax
SimInstanceName="SP1"	ErrorForm=MM
Min=	MaxIters=25
Max=-10	DesiredError=0.0
Weight=1	StatusLevel=4
RangeVar[1]="freq"	FinalAnalysis="None"
RangeMin[1]=39 GHz	SetBestValues=yes
RangeMax[1]=42 GHz	SaveSols=no
	SaveGoals=yes
	SaveOptimVars=no
	UpdateDataset=yes
	SaveNominal=yes
	SaveAllIterations=no
	UseAllOptVars=yes
	UseAllGoals=yes

8. スキマティック・デザインを "filter_opt" として保存します。File > Save Design As...を選択します。



9. Schematicウィンドウで、**Simulate** > **Simulate**を選択してシミュレーションを開始します。
10. 9回の反復後、最適化された値 $207.039e-6$ がステータス・ウィンドウに表示されます。



Momentumの放射パターンとアンテナ・パラメータ

この章では、放射電磁界の計算方法について説明します。また、放射電磁界から導くことができるアンテナの特性に関する一般的な情報について説明します。



注記

Momentum RFモードでは、放射パターンとアンテナ・パラメータは利用できません。

放射パターンについて

回路上の電流がわかれば、電磁界を計算できます。水平偏波角のように、電磁界は、回路に固定された球座標系で表現できます。電界と磁界には、 $1/r$ 、 $1/r^2$ などで減衰する項が含まれています。 $1/r^2$ 、 $1/r^3$ で減衰する項は、回路近傍に蓄積されるエネルギーに対応していることを示すことができます。リアクティブ・フィールドまたは近傍界成分と呼ばれます。 $1/r$ に依存した項は、遠距離で支配的となる回路の放射パワーを表わすので、遠方界成分(E_{ff} 、 H_{ff})と呼ばれます。

$$\vec{E}(r \rightarrow \infty, \theta, \varphi) = \vec{E}_{ff}(\theta, \varphi) \frac{e^{-jkr}}{r}$$

$$\vec{H}(r \rightarrow \infty, \theta, \varphi) = \vec{H}_{ff}(\theta, \varphi) \frac{e^{-jk_r r}}{r}$$

注記

サブストレートに平行な方向 ($\theta = 90^\circ$) では、 $1/\sqrt{r}$ で減衰する平行プレート・モードや表面波モードも存在することがあります。これらはその方向では支配的であり、回路の放射パワーの一部として考慮されますが、遠方界の一部とは見なされません。

放射パワーは、回路からの放射角度と動径方向の距離の関数です。放射角度によるパワー密度の変化は、回路のタイプとデザインにより決まります。これは、放射パターンとしてグラフィック表示できます。

遠方界は、シミュレーションで計算された周波数でしか計算できません。遠方界は、特定の周波数と特定の励振状態について計算されます。これらは、回路の上半分の開空間または下半分の開空間、あるいはその両方のすべての方向 (θ 、 ϕ) で計算できます。遠方界以外に、利得、指向性、軸比などのパターンから導出される諸量も計算できます。

注記

デザインによっては、開空間として定義されていないトップ・レイヤまたはボトム・レイヤのあるデザインに対しても遠方界を計算することができます。これらのストラクチャの詳細については、377 Ω 終端と放射パターンを参照してください。

アンテナ・パラメータについて

放射電磁界から、偏波や利得、指向性、放射パワーなどのその他のアンテナ・パラメータを導出することができます。

偏波

遠方界は、いくつかの方法で成分に分解することができます。 (E_θ, E_φ) の成分に分解して表すことができます。しかし、リニア偏波アンテナでは、基本的な遠方界をアンテナの測定セットアップに基づいて分解する、 (E_{co}, E_{cross}) の方が便利なことがあります。円偏波アンテナでは、左旋回偏波と右旋回偏波の電磁界成分 (E_{lhp}, E_{rhp}) に分解するのが最も適しています。次に、各種成分表示の関係を示します。

$$\vec{E}_{ff}(\theta, \varphi) = E_\theta(\theta, \varphi) \hat{i}_\theta + E_\varphi(\theta, \varphi) \hat{i}_\varphi = E_{co}(\theta, \varphi) \hat{i}_{co} + E_{cross}(\theta, \varphi) \hat{i}_{cross} = E_{lhp}(\theta, \varphi) \hat{i}_{lhp} + E_{rhp}(\theta, \varphi) \hat{i}_{rhp}$$

$$H_\varphi = \frac{E_\theta}{Z_\omega}$$

$$H_\theta = -\frac{E_\varphi}{Z_\omega}$$

$$Z_\omega = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$$

Z_ω は、考慮する開半球の特性インピーダンスです。

電磁界は、以下に対して正規化されます。

$$\max(\sqrt{|E_\theta|^2 + |E_\varphi|^2})$$

円偏波

右旋回偏波と左旋回偏波の電磁界成分の定義式を下に示します。これらによって、円偏波軸比 (AR_{cp}) を計算できます。軸比は、アンテナがどの程度良好に円偏波されているかを示します。その値が1に等しいと、電磁界は完全に円偏波されています。電磁界がリニア偏波の場合は、無限大となります。

$$E_{lhp} = \frac{1}{\sqrt{2}}(E_\theta - jE_\varphi)$$

$$E_{rh\phi} = \frac{1}{\sqrt{2}}(E_{\theta} + jE_{\phi})$$

$$AR_{cp} = \frac{|E_{lh\phi}| + |E_{rh\phi}|}{|E_{lh\phi}| - |E_{rh\phi}|}$$

リニア偏波

遠方界を水平偏波成分と垂直偏波成分に分解する式を下に示します(α は、水平偏波角です)。これからリニア偏波軸比(AR_{lp})を導くことができます。アンテナがどの程度良好にリニア偏波されているかを示します。その値が1に等しいと、電磁界は完全にリニア偏波されています。完全に円偏波のアンテナでは、無限大となります。

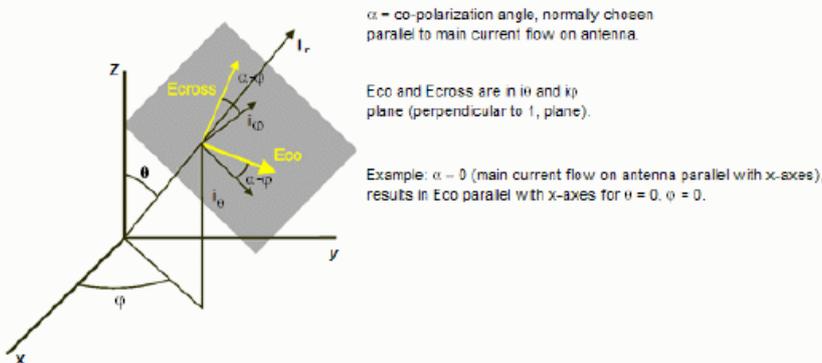
$$E_{co} = E_{\theta} \cos(\alpha - \phi) + E_{\phi} \sin(\alpha - \phi)$$

$$E_{cross} = (-E_{\theta}) \sin(\alpha - \phi) + E_{\phi} \cos(\alpha - \phi)$$

$$AR_{lp} = \frac{|E_{co}| + |E_{cross}|}{|E_{co}| - |E_{cross}|}$$

i 注記

Ecoは、コリニアとして定義され、Ecrossは、Ecoに直交する成分を表わします。リニア偏波アンテナの場合は、Ecrossはゼロで、軸比AR=1です。Ecross = Ecoの場合は、リニア偏波ではなく円偏波になるので、AR = 無限大となります。



水平偏波角度

放射強度

特定方向への放射強度は、W/sr(W/ステラジアン)単位で、次式で与えられます。

$$U(\theta, \phi) = \frac{1}{2}(\mathbf{E}_{ff}(\theta, \phi) \times \mathbf{H}_{ff}^*(\theta, \phi)) = \frac{1}{2Z_w}(|E_{\theta}(\theta, \phi)|^2 + |E_{\phi}(\theta, \phi)|^2)$$

特定方向で放射強度は最大となり、次式と等しくなります。

$$U_{max} = \max_{\theta\phi}(U(\theta, \phi))$$

放射パワー

アンテナが放射する全パワーは、W単位で、次式で表わされます。

$$P_{rad} = \int_{\Omega} U(\theta, \phi) \cdot d\Omega = \frac{1}{2} \int_{\Omega} \mathbf{E}_{ff} \times \mathbf{H}_{ff}^* \cdot d\Omega$$

実効角度

このパラメータは、ビーム領域の全方向で最大放射強度が一定であると仮定したときのアンテナから放射される全パワーが通過する立体角です。単位はステラジアン(sr)で、次式で表わされます。

$$\Omega_A = \frac{P_{rad}}{U_{max}}$$

指向性

指向性は無次元量で、次式で表わされます。

$$D(\theta, \varphi) = 4\pi \frac{U(\theta, \varphi)}{P_{rad}}$$

最大指向性は、次式で与えられます。

$$D = 4\pi \frac{U_{max}}{P_{rad}} = \frac{4\pi}{\Omega_A}$$

利得

アンテナの利得は次式で表わされます。

$$G(\theta, \varphi) = 4\pi \frac{U(\theta, \varphi)}{P_{inj}}$$

ここで、 P_{inj} は、回路に注入される電力で、単位はWです。

最大利得は、次式で与えられます。

$$G = 4\pi \frac{U_{max}}{P_{inj}}$$

効率

効率は次式で与えられます。

$$\eta = \frac{P_{rad}}{P_{inj}} = \frac{G}{D}$$

実効面積

アンテナ回路の実効面積は、単位で、次式で与えられます。

$$A_{eff}(\theta, \varphi) = \frac{\lambda^2}{4\pi} G(\theta, \varphi)$$

放射パターンの計算

放射パターンを計算する手順:

1. **Momentum > Post-Processing > Radiation Pattern**を選択します。
2. **General**タブを選択します。
3. Select Frequencyリスト・ボックスで周波数を選択します。放射パターンは、この周波数で計算されます。選択する周波数は、シミュレーション中に計算された周波数です。
4. Available Portsのリストから、ポートを選択し、そのポートに(テブナン等価回路に基づいた)ステアリング回路を適用し、回路にエネルギーを注入します。ステアリング回路は、任意のポートに適用できます。
5. Port Excitationフィールドで、ポートに適用するステアリング回路の電圧の振幅(単位V)と位相(単位度)を入力します。
6. Port Termination Impedanceフィールドで、ポートに適用するステアリング回路のインピーダンスの実数成分と虚数成分を入力します。



注記

すべてのポートを終端として、回路へのエネルギーの注入用以外のポートが反射を起こさないようにすることができ

きます。これらのポートについては、Port Excitation電圧をゼロにして、Port Impedanceをポートの特性インピーダンスにします。

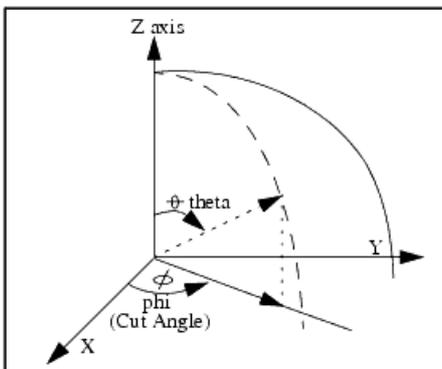
7. 使用したい表示ツールを選択します。2D Data Displayまたは3D Visualizationのどちらかをオンにします。3D Momentum Visualizationツールでは、専用のコードワードが必要です。このツールの使用法と詳細については、Momentum Visualizationを参照してください。
8. 表示ツールが結果を自動的にオープンして表示するようにする場合は、*Open display when computation completed*をオンにします。
9. 3次元ツールを使用するように選択した場合は、**Compute**をクリックします。Momentum Visualizationツールの詳細な使用法については、この後の各章で説明します。
データ・ディスプレイを使用する場合は、**2D Settings**タブをクリックし、この手順を継続します。
10. 遠方界の結果を保存したいデータセット名を指定します。
11. 結果をフォーマットするテンプレートを選択するか、デフォルトを受け入れます。
12. 平面または円錐のCut Type Definitionのどちらかを選択します。
 - *planar*カット(垂直断面)は、回路のレイアウト平面に垂直な断面です。
 - *conical*カット(水平断面)は、Z軸の周りの円錐の底面(回路のレイアウト)です。
 Radiation Pattern Controlダイアログ・ボックスの図を参照してください。詳しくは、垂直断面と水平断面を参照してください。
13. Cutting Angleフィールドで、カット角度の値を度で入力します。
 - 平面カットでは、カット角度 ϕ はX軸に対する角度です。 θ が -180 度から 180 度まで掃引される間、 ϕ は一定に保たれます。
 - 円錐カットでは、カット角度 θ は、Z軸に対する角度です。 ϕ が 0 度から 360 度まで掃引される間、 θ は一定に保たれます。
14. Co Polarization Angleフィールドに、水平偏波角の値を入力します。この角度は、遠方界を水平極座標成分と垂直極座標成分に分解するとき使用されます(リニア偏波を参照してください)。
15. Lower Clipping Boundaryフィールドに、データを表示するしきい値を入力します。dBまたはmagの単位を選択します。この値を下回る放射パターン・データの計算値は、ゼロと表示されるか(単位がmagの場合)、下側のクリップ境界として表示されます(単位がdBの場合)。
16. **Compute**をクリックして放射パターンを計算します。計算後に、遠方界と導出されたアンテナ・パラメータは、指定した名前前でデータセットに保存されます。*f*がデータセット名に付加されます。*_fl*は、そのデータセットが放射パターンを格納していることを示します。データセットは、現在のプロジェクトの/*data*ディレクトリに保存されます。

放射の計算を実行した後、上記で選択した表示ツールに基づいて保存されます。

- 2D Data Displayを選択した場合:すべてのデータは、指定した名前前に*_f.ds*を付加して1つのデータセットに保存されます。*_fl*は、そのデータセットが放射パターンを格納していることを示します。データセットは、現在のプロジェクトの/*data*ディレクトリに保存されます。
- 3D Visualizationを選択した場合:遠方界と導出されたアンテナ・パラメータは、それぞれproj.fffとproj.antという名前前で、プロジェクトのmom_dsn/<design_name>ディレクトリに保存されます。

垂直断面

垂直断面の場合、X軸に対する角 ϕ (Cut Angle)が、一定に保たれます。角 θ (Z軸に対する角)が掃引されて、垂直断面が作成されます。 θ は0度から360度まで掃引されます。これにより、回路のレイアウト平面に垂直なビューが生成されます。垂直断面に、垂直断面を示します。



垂直断面

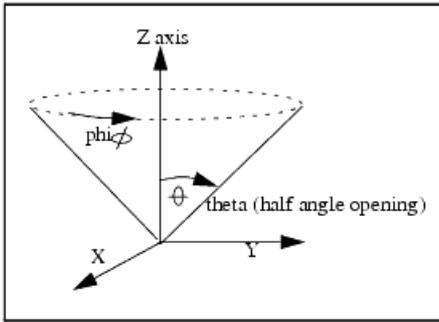


注記

レイアウトには、モニタ画面がXY面になる1つの固定座標系があります。X軸は水平、Y軸は垂直、Z軸は画面に対して垂直です。放射パターンを調べる面を選択するには、カット角度を指定する必要があります。例えば、回路を90度回転する場合は、ある向きから次の向きまで同じ放射パターンを得たいときには、カット角度も90度だけ変化させる必要があります。

水平断面

水平断面の場合は、角 θ (Z軸に対する角)が一定に保たれます。角 ϕ (X軸に対する角)が掃引されて、水平断面が作成されます。 ϕ は0度から360度まで掃引されます。これにより、回路のレイアウト平面に平行なビューが生成されます。水平断面に、水平断面を示します。



水平断面

データ・ディスプレイによる結果の自動表示

遠方界の計算後直ちに結果を表示するためには、*Open display when computation completed*をオンにします。遠方界データの表示にデータ・ディスプレイを使用する場合は、計算が完了すると、選択したデータ・ディスプレイ・テンプレートのデフォルトのプロット・タイプを格納したデータ・ディスプレイ・ウィンドウが自動的にオープンします。*FarFields*という名前のデフォルトのテンプレートには、4グループのプロットがあります。

- E_{co} 、 E_{cross} 、 AR_{lp} を表示する *Linear Polarization*
- E_{lhp} 、 E_{rhp} 、 AR_{cp} を表示する *Circular Polarization*
- E_{θ} 、 E_{ϕ} 、 H_{θ} 、 H_{ϕ} を表示する *Absolute Fields*
- 利得、指向性、放射強度、効率を表示する *Power*
詳細は、アンテナ・パラメータについてを参照してください。

遠方界データのエクスポート

Radiation Patternダイアログで3D Visualizationを選択した場合は、完全な半球に対する遠方界の正規化電界成分が、次のようにファイル<project_dir>/mom_dsn/<design_name>/proj.fffにASCII形式で保存されます。データは以下のフォーマットで保存されます。

```
#Frequency <f> GHz /* loop over <f> */
#Excitation #<i> /* loop over <i> */
#Begin cut /* loop over phi */
<theta> <phi_0> <real(E_theta)> <imag(E_theta)> <real(E_phi)>
<imag(E_phi)>

/* loop over <theta> */

#End cut
#Begin cut
<theta> <phi_1> <real(E_theta)> <imag(E_theta)> <real(E_phi)>
<imag(E_phi)>

/* loop over <theta> */

#End cut
:
:
#Begin cut
<theta> <phi_n> <real(E_theta)> <imag(E_theta)> <real(E_phi)>
<imag(E_phi)>

/* loop over <theta> */

#End cut
```

proj.fffファイル内の E_{θ} と E_{ϕ} は、それぞれ電界の遠方界の θ 成分と ϕ 成分を表します。電界は球面座標系(r 、 θ 、 ϕ)で記述され、正規化されていることに注意してください。電界の正規化定数は、proj.antにある値から得られ、以下に等しくなります。

$$\sqrt{\langle E_{\theta_max} \rangle^2 + \langle E_{\phi_max} \rangle^2}$$

同じディレクトリに保存されるproj.antファイルには、アンテナ・パラメータが含まれています。データは以下のフォーマットで保存されます。

```
Excitation <i> /* loop over <i> */
```

```

Frequency <f> GHz /* loop over <f> */

Maximum radiation intensity <U> /* in Watts/steradian */

Angle of U_max <theta> <phi> /* both in deg */

E_theta_max <mag(E_theta_max)> ; E_phi_max <mag(E_phi_max)>

E_theta_max <real(E_theta_max)> <imag(E_theta_max)>

E_phi_max <real(E_phi_max)> <imag(E_phi_max)>

Ex_max <real(Ex_max)> <imag(Ex_max)>

Ey_max <real(Ey_max)> <imag(Ey_max)>

Ez_max <real(Ez_max)> <imag(Ez_max)>

Power radiated <excitation #i> <prad> /* in Watts */

Effective angle <eff_angle_st> steradians <eff_angle_deg> degrees

Directivity <dir> dB /* in dB */

Gain <gain> dB /* in dB */

```

電界成分の最大値(E_theta_max、E_phi_maxなど)は、放射強度が最大になる角度にあります。単位はすべてVです。

放射データの表示

Momentum Visualizationでは、以下の放射データを表示できます。

- 各種偏波と軸比に対する電界を含めた遠方界を3次元または2次元フォーマットで表示
- 利得、指向性、主放射の方向などのアンテナ・パラメータを表形式で表示
このセクションでは、データの表示方法について説明します。Momentum RFモードでは、放射データは表示に利用できません。放射パターンとアンテナ・パラメータに関する一般的な情報については、放射パターンについてを参照してください。

放射データのロード

Momentumでは、放射データの計算がポスト・プロセッシングで行われます。放射データが利用できるときだけ、メニュー・バーに*Far Field*メニューが表示されます。放射データ・ファイルが利用可能な場合は、自動的にロードされます。放射データ・ファイルには、単一周波数の放射データ(最後に計算されたもの)だけが格納されています。このファイルは、Momentumの新しいプロジェクトをオープンしたときにだけロードされるので、別の周波数で計算された放射データをロードするには、そのプロジェクトを再オープンする必要があります。

i 注記
(*Current*メニューの)コマンド *Set Port Solution Weights*は、放射データには影響しません。遠方界の励振状態は、計算前に放射パターンのダイアログ・ボックスで指定します。

また、他のプロジェクトの遠方界データも読み込むことができます。表示したい遠方界データを格納しているプロジェクトを選択してから、データをロードします。

1. **Projects > Select Project**を選択します。
2. 使用したいMomentumプロジェクトやAgilent EMDSプロジェクトの名前を選択します。
3. **Select Agilent EMDS**または**Select Momentum**をクリックします。
4. **Projects > Read Field Solution**を選択します。
5. データのロードが終了すると、遠方界プロットとアンテナ・パラメータを表示できます。

3次元での遠方界の表示

3次元遠方界プロットは、遠方界の結果を3次元で表示します。
3次元遠方界プロットを表示する手順:

1. **Far Field > Far Field Plot**を選択します。
2. プロットを挿入したいビューを選択します。
3. 以下から電界のフォーマットを選択します。
 - $E = \sqrt{\text{mag}(E_{\theta})^2 + \text{mag}(E_{\phi})^2}$
 - *E Theta*
 - *E Phi*

- *E Left*
 - *E Right*
 - Circular Axial Ratio
 - *E Co*
 - *E Cross*
 - Linear Axial Ratio
4. データを1に対して正規化したい場合は、Normalizeをオンにします。CircularやLinear Axial Ratioを選択した場合は、Minimum dBを設定します。また、*E Co*、*E Cross*、Linear Axial Ratioの場合は、Polarization Angleを設定します。
 5. デフォルトでは、プロットの表示にリニア・スケールを使用します。対数スケールを使用したい場合は、Log Scaleをオンにします。表示したい最小の振幅をdB単位で設定します。
 6. OKをクリックします。

遠方界表示オプションの選択

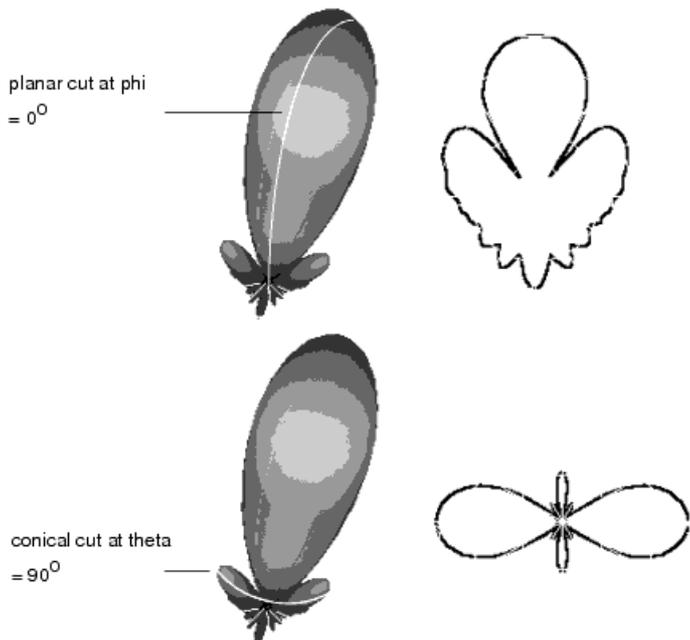
遠方界の半透明度を変更し、一定値となる ϕ の角度を設定します。

1. **Display Options**をクリックします。
2. 遠方界の縦方向に白い破線が表示されます。スクロール・バーを使用して、度単位でConstant Phi Valueを設定することにより、ラインの位置を調整できます。
3. Translucencyの下のスクロール・バーを使用して遠方界の半透明度を調整します。
4. **Done**をクリックします。

遠方界の2次元断面の定義

遠方界から2次元断面を切り取り、極座標プロットや直交座標プロットで表示できます。断面タイプは、垂直断面(ϕ 固定、 θ 掃引)または水平断面(θ 固定、 ϕ 掃引)のどちらかです。下図は、垂直断面(ϕ 断面)と水平断面(θ 断面)と極座標プロットで表示されるそれぞれの2次元断面を示します。

以下の手順で、2次元断面の定義方法について説明します。



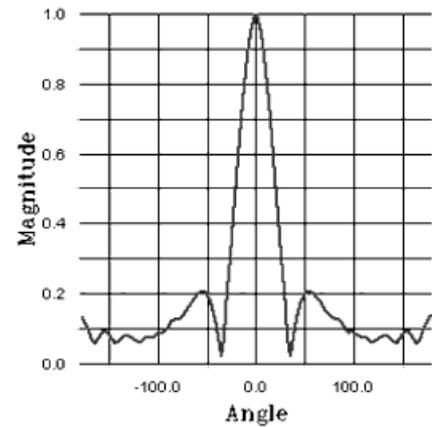
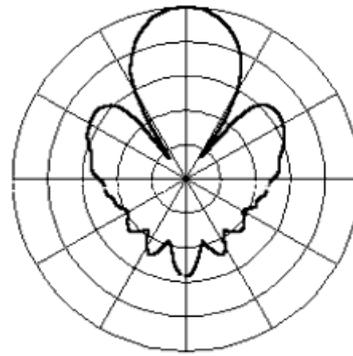
3次元遠方界の断面を定義する手順:

1. **Far Field > Cut 3D Far Field**を選択します。
2. 水平断面が必要な場合は、Theta Cutを選択します。垂直断面が必要な場合は、Phi Cutを選択します。
3. Constant Theta Valueスクロール・バーを使用して水平断面の角度を設定するか、Constant Phi Valueスクロール・バーを使用して垂直断面の角度を設定します。
4. **Apply**をクリックして設定を確定します。断面がCut Plotsリストに追加されます。
5. これらの手順を繰り返して他の断面を定義します。
6. **Done**をクリックして、ダイアログ・ボックスを終了します。

遠方界の2次元表示

3次元遠方界プロットの2次元断面を定義すると、以下のプロット・タイプのどれかで断面を表示できます。

- 極座標プロット
- 直交座標プロット、角度対大きさ



下図では、断面を極座標と直交座標で表示しています。

2次元遠方界プロットを表示する手順:

1. **Far Field > Plot Far Field Cut**を選択します。
2. 2D Far Field Plotsリストから2次元断面を選択します。断面タイプ(ϕ または θ)およびその角度で、それぞれの断面を区別します。
3. プロットを表示したいビューを選択します。
4. 電界のフォーマットを選択します。
5. プロット・タイプを選択します。Cartesian(直交座標)またはPolar(極座標)のどちらかです。
6. データを1に対して正規化したい場合は、Normalizeをオンにします。
7. デフォルトでは、プロットの表示にリニア・スケールを使用します。対数スケールを使用したい場合は、Log Scaleをオンにします。利用可能ならば表示したい最小の大きさをdB単位で設定します。また偏波角を設定します。
8. **OK**をクリックします。

アンテナ・パラメータの表示

Far Field > Antenna Parametersを選択して、利得、指向性、放射パワー、最大電界強度、主放射の方向を表示します。データは、放射パターン・ダイアログで指定された周波数と励振状態に基づいています。パラメータには以下があります。

- 放射パワー、W単位
- 実効角度、度単位
- 指向性、dB単位
- 利得、dB単位
- 最大放射強度、W/sr(ステラジアン)単位
- 最大放射強度の方向、 θ と ϕ 、両方とも度単位
- この方向での E_{θ} 、振幅と位相
- この方向での E_{ϕ} 、振幅と位相
- この方向での E_x 、振幅と位相
- この方向での E_y 、振幅と位相
- この方向での E_z 、振幅と位相

注記
アンテナ・パラメータでは、電界の振幅の単位はVです。

放射パターンの表示

遠方界データセットで利用するデータに関する詳細は、このセクションを参照してください。

遠方界データセットの変数

変数	説明
THETA	垂直断面(Planarカット)の掃引パラメータ。THETAを掃引する場合は、PHIはCutting Angleフィールドで指定された固定値であり、データセットには記録されません。
PHI	水平断面(conicalカット)の掃引パラメータ。PHIを掃引する場合は、THETAはCutting Angleフィールドで指定された固定値であり、データセットには記録されません。
EthetaおよびEphi	thetaおよびphi方向の電界の遠方界成分の絶対電界強度(V単位)。
HthetaおよびHphi	thetaおよびphi方向の磁界の遠方界成分の絶対磁界強度(A単位)。
ElhpおよびErhp	遠方界の左旋回、右旋回円偏波電界成分の正規化電界強度。
ARcp	左旋回、右旋回円偏波遠方界成分から導出される軸比。
EcoおよびEcross	遠方界の水平および垂直偏波電界成分の正規化電界強度。

ARIP	水平および垂直偏波遠方界成分から導出されるリニア偏波軸比。
Gain、Directivity、Efficiency、Effective Area	利得、指向性、効率(%単位)、実効面積(m ² 単位)。
Power	放射強度(W/sr単位)。

i 注記

正規化遠方界成分(EIhp、Erhp、Eco、Ecross)は $\max(\sqrt{|E_{\theta}(\theta, \varphi)|^2 + |E_{\varphi}(\theta, \varphi)|^2})$ で正規化されています。

Momentum Visualization

Momentum Visualizationにより、以下のシミュレーション・データを表示、解析できます。

- Sパラメータ
- 電流
- 遠方界
- アンテナ・パラメータ
- 伝送ライン・データ

データは、さまざまな2Dや3Dのプロット形式で解析できます。データのタイプによっては、表形式で表示されます。

任意のMomentumプロジェクトのシミュレーション結果を表示できます。

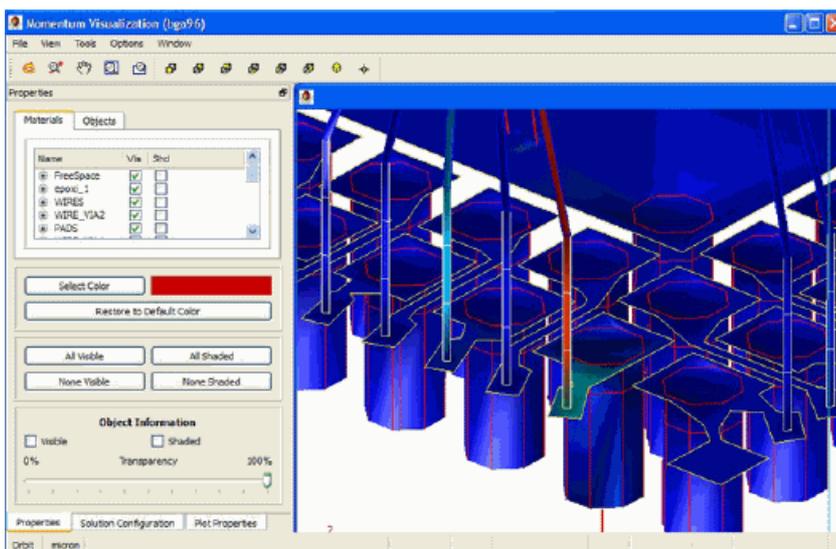
このセクションでは、Momentum Visualizationの使用法の概要について説明します。結果の表示で、Sパラメータや電流などの特定のタイプのデータを表示するためのMomentum Visualizationの使用法について説明します。

Momentum Visualizationの起動

Momentum Visualizationを起動するには、*Momentum > Post-Processing > Visualization*を選択します。データを表示するには、現在のプロジェクトのシミュレーションを完了させる必要があります。あるプロジェクトのシミュレーションがすでに完了していれば、Visualizationを直接起動して既存のデータを表示できます。

PCおよびLinuxマシン上のMomentum Visualization

PCおよびLinuxプラットフォーム上では、Momentum VisualizationはEMDSプレビューワーに基づいています。以下の図は、Momentum Visualizationを起動したときに表示される基本ウィンドウを示しています。



起動時に表示されるウィンドウはEMDS 3次元プレビューワーとほぼ同じですが、いくつかの変更点があります。

- EMDSポートの表面が表示されなくなりました。
- オブジェクトの陰影がすべて除去されています。
- 最低周波数におけるポート1の陰影表示電流プロットが表示されます。
- ウィンドウに、ビューを制御するためのタブがさらに2個追加されています。

初期ウィンドウのレイアウトは、EMDSプレビューワーのレイアウトとほぼ同じです。左側に、ドッキング・ウィジェット内のビューに対する基本コントロー

ルがあります。Propertiesタブで、EMDSプレビューのPropertiesタブと同じ機能が得られます。

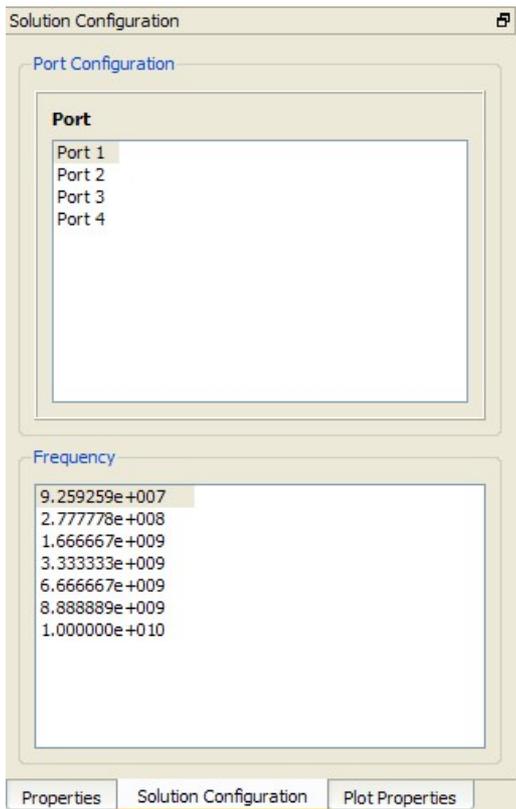
プロットのタイプ

Momentum Visualizationは、3つの基本プロット・タイプをサポートしています。以下があります。

- **Surface Current Plot** – このプロットは、導体の表面上の電流密度を表示します。
- **Arrow Plot** – このプロットは、導体の表面上の電流密度のベクトル表現を表示します。
- **Mesh Plot** – このプロットは、表面電流値の計算に使用されるMomentumメッシュを表示します。

初期バージョンのMomentum Visualizationと異なり、1個の電流プロットと1個の矢印プロットしか表示できません。矢印プロットと電流プロットは、常に選択した励振に対応します。励振が変化すると、プロットが、現在の位相の新しい励振値を使用して自動的に更新されます。

Solution Configurationタブ



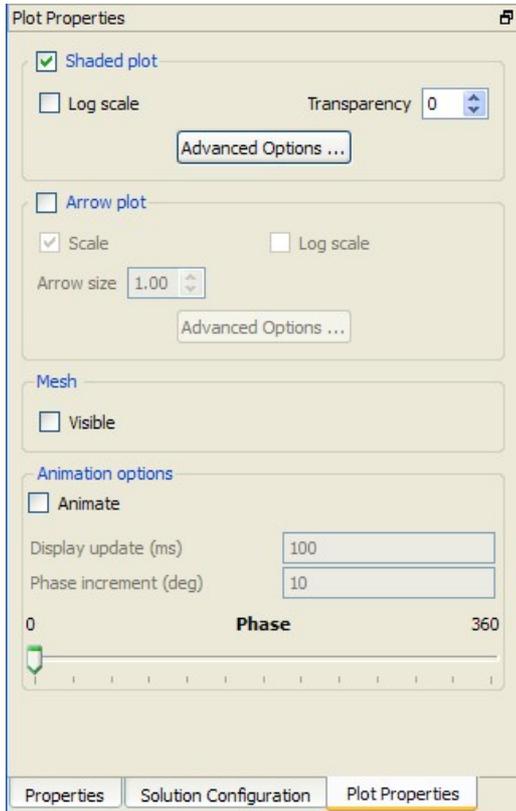
Solution Configurationタブを使用してプロットの電流励振を選択します。すべてのプロットは、選択された電流解を自動的に反映します。ポートまたは周波数を選択するだけで、励振が変化し、プロットが自動的に更新されます。

✔ Maximum Value

励振が変化したときは、最大値を除いて、与えられたプロットのプロット・プロパティはすべて保持されます。この値は、プロットが作成し直されたときにリセットされます。

Plot Propertiesタブ

Plot Propertiesタブで、3つの基本プロットとアニメーション設定を制御できます。



Shaded Plot

陰影表示の電流プロットの表示は、プロット名の横のチェック・ボックスを使って制御します。選択すると、プロットが表示されます。プロット内に、以下の基本コントロールがあります。

- **Log Scale** - スケーリングとカラー表現で対数スケールとリニア・スケールのどちらを使用するかを制御します。
- **Transparency** - 陰影表示プロットの透明度を制御します。

Arrow Plot

矢印プロットの表示は、プロット名の横のチェック・ボックスを使って制御します。選択すると、プロットが表示されます。プロット内に、以下の基本コントロールがあります。

- **Scale** - デザインの電流密度の相対的な大きさに基づいて、矢印をスケーリングするかどうかを制御します。選択すると、矢印がスケーリングされ、電流密度が低い領域の矢印が小さくなります。選択しないと、すべての矢印が同じサイズとなります。ただし、サイズは**Arrow Size**を変更することで変更できます。
- **Log Scale** - スケーリングとカラー表現で対数スケールとリニア・スケールのどちらを使用するかを制御します。スケーリングをオンにしない場合は、カラーの重み関数のみが影響を受けます。
- **Arrow Size** - 画面上の矢印の相対サイズを制御します。矢印がスケーリングされていない場合は、デフォルト・サイズの矢印が、スケーリング時の矢印よりも大きく表示される可能性があることに注意してください。

Mesh Plot

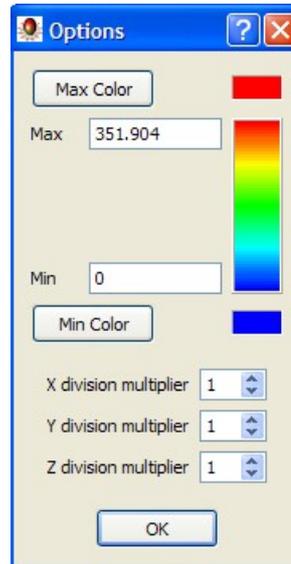
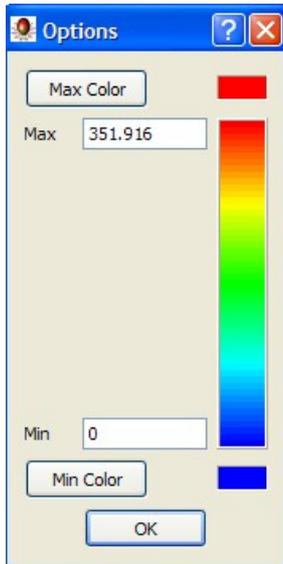
このプロットをオンにすると、電流密度の計算に使用されるMomentumメッシュが表示されます。

Advanced Options

ShadedおよびArrowプロット領域から選択可能なAdvanced Optionsダイアログで、プロットのカラー・レンジと、それぞれのプロットの最大値/最小値を制御できます。

Shaded Advanced Options

Arrow Advanced Options



Arrow Advanced Optionsでは、デフォルト倍率1を変更したときに矢印プロットのサンプリングも変更できます。



Arrow Sampling

arrow samplingを変更したときには、システムが表示を更新するまでに数秒かかる可能性があります。

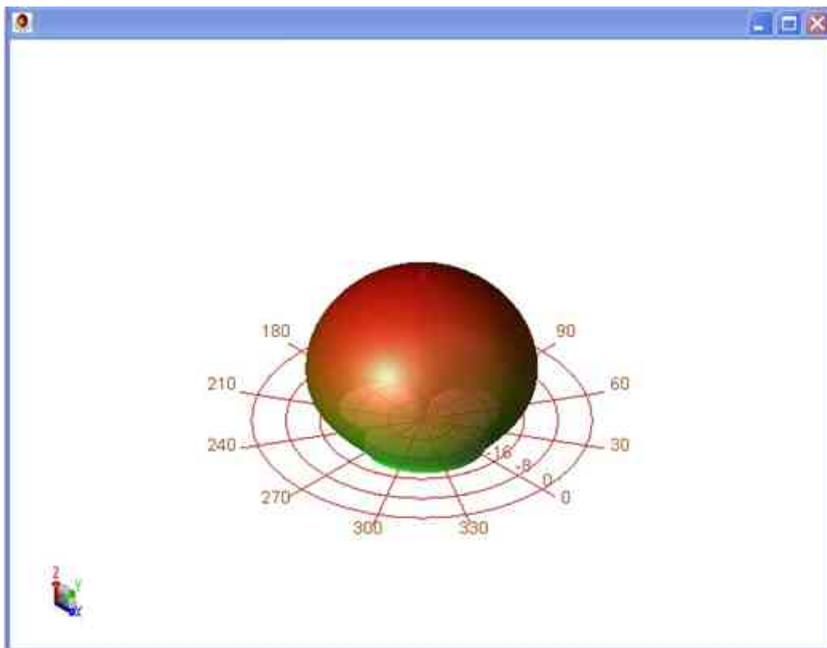
Animation

矢印と陰影表示されたプロットのアニメーションは、アニメーション・セクションで制御されます。この領域には2つのコントロールがあります。

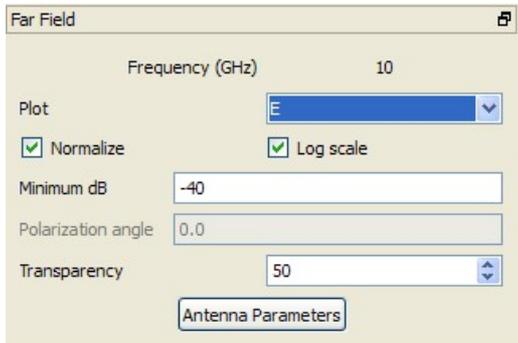
- **Display Update** - このオプションは、表示更新の最小時間間隔をms単位で決定します。この設定よりも更新時間が長くなる場合があるので、値は最小値で、絶対値ではありません。
- **Phase Increment** - 更新が発生したときに現在の位相に追加される度数を制御します。

遠方界プロット

問題に遠方界データが含まれる場合は、Momentum Visualization内で2番目のウィンドウがオンになります。このウィンドウを使用して遠方界プロットを3次元で表示します。デフォルトで、ウィンドウは、以下に示すように電界を表示するように初期化されています。



このウィジェットに、遠方界オプションを制御する新しいドッキング・ウィジェットも追加されています。



以下のオプションがあります。

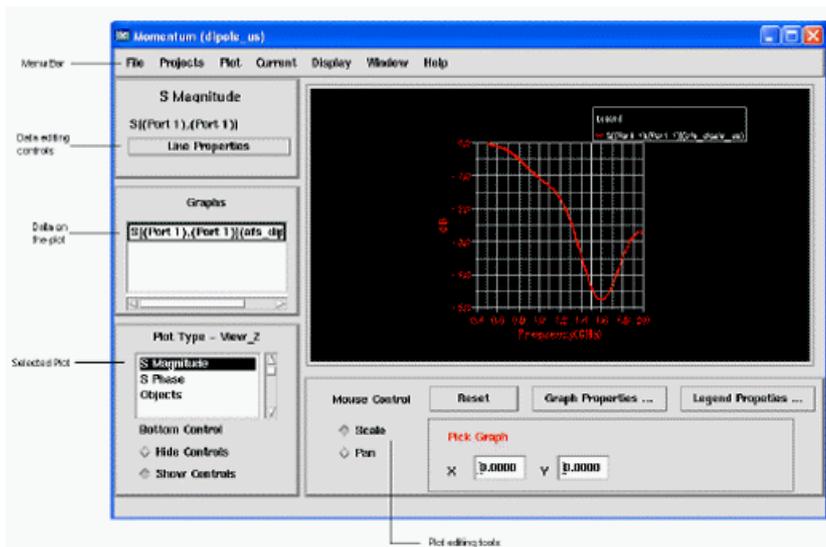
- **Plot** – 表示されるプロットのタイプを制御します。プロットのタイプを選択すると、そのプロットを表示するようにウィンドウが更新されます。
 - **Normalize** – データの正規化に使用します。
 - **Log Scale** – データの対数スケーリングをオンにするために使用します。
 - **Minimum dB** – *Log Scale*を使用してデータをプロットするときに使用される最小のdB値です。
 - **Polarization Angle** – ° 単位の偏波角度です。
 - **Transparency** – プロットの透明度を制御します。
- 遠方界のアンテナパラメータは、**Antenna Parameters**ボタンを選択すると表示できます。

Solarisマシン上のMomentum Visualization

Momentum Visualizationウィンドウでの作業

下の図は、Momentum Visualizationのウィンドウの基本要素を示しています。

Momentumの概要については、Momentumの概要を参照してください。

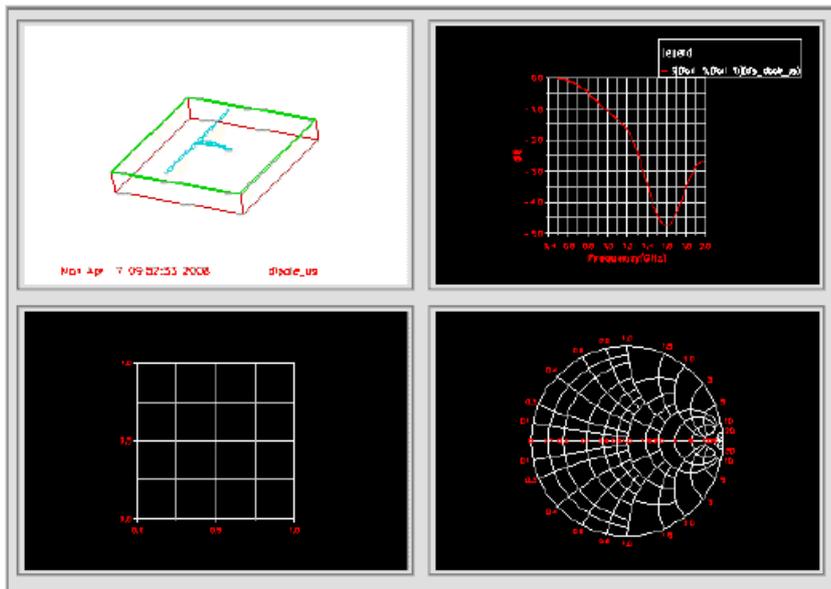


ビューの数の選択

デフォルトで、ビュー画面には1つのビューが表示されます。必要に応じて4個のビューを表示できます。4個のビューを使用すると、最大4個の異なるプロットを同時に表示できます。

4個のビューを表示する手順:

- **Window > Tile**を選択します。



ヒント

Hide Controlsをクリックすると、表示領域を拡大できます。

ビューを1つ表示する手順:

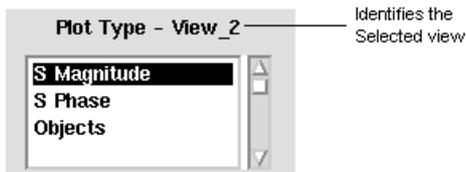
- **Window > Full Window**を選択します。現在選択されているビューが、ビュー画面いっぱいに表示されます。

作業用ビューの選択

4個のビューから作業用ビューを1つ選択する必要があります。作業用ビューはいつでも切り換えられます。

ビューを選択する手順:

1. ビュー内にマウスを移動し、クリックします。
選択しているビューを確認するには、Plot Type - Viewリストのタイトルを見てください。このタイトルは、選択されたビューに応じて変わります。例えば、View 3を選択すると、Plot Type - View_3と表示されます。

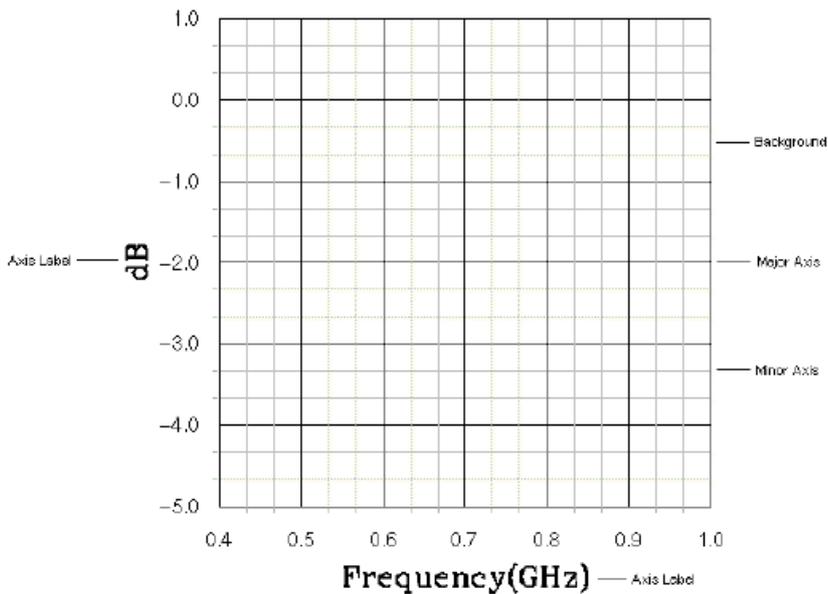


あるビューを選択して拡大し、単独で表示する手順:

2. **Window > Select View**を選択します。
3. Viewリストからビューを選択します。
4. **OK**をクリックします。ビュー画面に新しいビューが表示されます。

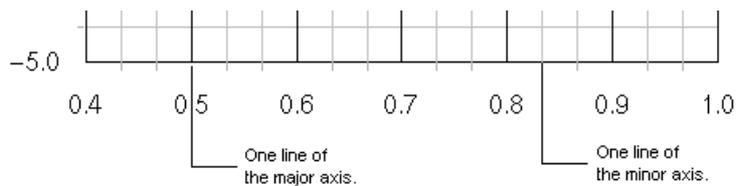
ビューのプリファレンスの設定

バックグラウンド、グリッド・ライン、プロットの軸に沿って現れるテキストなどの、ビューのカラー・プリファレンスを設定することができます。



プリファレンスを設定する手順:

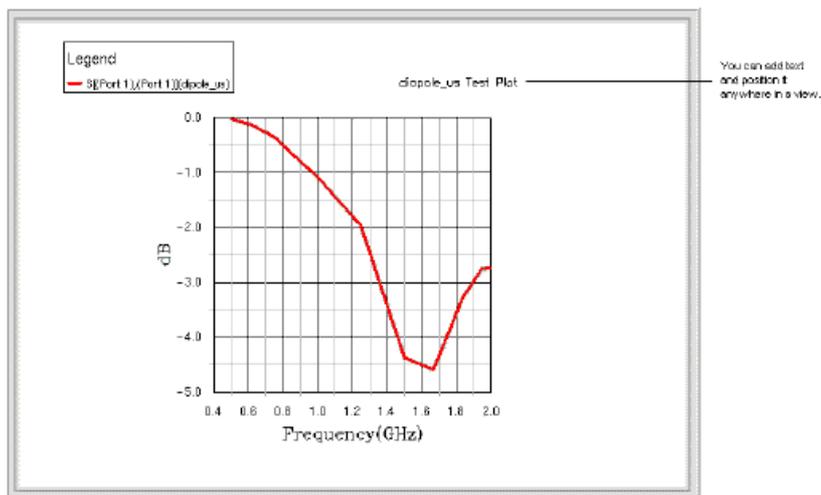
1. **Window > Preferences**を選択します。
2. バックグラウンドのカラー、軸ラベルのテキスト、メジャー・グリッドとマイナー・グリッドのカラーを設定します。メジャー・グリッドは、数字の付いたグリッド・ラインであり、マイナー・グリッドは、数字の付いたラインの間のグリッド・ラインから構成されます。



3. **Done**をクリックして、ダイアログ・ボックスを終了します。

ビュー内の注釈表示の操作

Display > Annotationを選択することにより、ビューにテキストを追加したり、テキストの位置と色を編集できます。設定は保存して再利用できます。



テキストの追加

ビューにテキストを追加する手順:

1. テキストを追加したいビューを選択します。
2. **Display > Annotation**を選択します。Annotationダイアログ・ボックスをドラッグして、既存のテキストがすべてビュー内に表示されるようにします。
3. **New Annotation**をクリックします。
4. AnnotationLabelフィールドにテキストを入力します。このフィールドにすでにテキストが表示されている場合は、削除してからテキストを入力します。入力が終わったらEnterキーを押します。
5. X LocationおよびY Locationスクロール・ツールを使用して、ディスプレイ上のテキストの位置を調整します。

6. **Done**をクリックして、ダイアログ・ボックスを終了し、新しいテキストを表示します。

変数の追加

注釈表示に追加できる変数として、`%project%`、`%view%`、`%date%`があります。Momentum Visualizationを使用しているときは、これらの変数を自動的に表示できます。

テキストの編集

テキストを編集する手順:

1. 編集したいテキストがあるビューを選択します。
2. **Display > Annotation**を選択します。Annotationダイアログ・ボックスをドラッグして、既存のテキストがすべてビュー内に表示されるようにします。
3. Annotationフィールドで編集したいテキストを選択します。
4. ビュー内のテキストの位置を調整するには、X LocationおよびY Locationスクロール・ツールを使用します。
5. テキストのサイズを変更するには、Annotation Sizeスクロール・ツールを使用して、フォント・サイズを増減します。
6. テキスト文字の太さを変更するには、Annotation Thicknessスクロール・ツールを使用して、細い、普通、太い文字を選択します。
7. テキストのカラーを変更するには、Annotation Colorの下のカラーの1つを選択します。
8. テキストの向きを変更するには、Orientationの下のHorizontalまたはVerticalを選択します。
9. テキストを変更するには、Annotation Labelフィールドで変更します。
10. テキストの他のラインを変更するには、Annotationフィールドからそのテキストを選択し、必要な編集を行います。
11. 終了後、**Done**をクリックして、ダイアログ・ボックスを終了します。

テキストの削除

テキストを削除する手順:

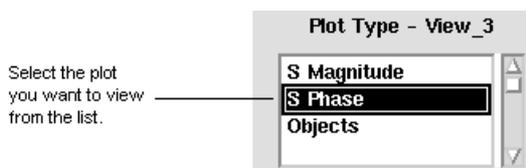
1. 削除したいテキストがあるビューを選択します。
2. **Display > Annotation**を選択します。Annotationダイアログ・ボックスをドラッグして、既存のテキストがすべてビュー内に表示されるようにします。
3. Annotationフィールドから削除したいテキストを選択します。
4. **Delete Annotation**をクリックします。
5. **Done**をクリックして、ダイアログ・ボックスを終了します。

ビュー内のプロットの復元

1個のビュー内に複数のプロット・タイプを格納できます。1個のビュー内には同時には1個のプロットしか表示できませんが、ビュー内で作業した他のプロットはすべて保存され、再表示できます。

ビューからプロットを復元する手順:

- ビューを選択してから、次のどちらかを実行します。
 - キーボードの矢印キーを使用して、プロットをスクロールします。
 - Plot Type - Viewリストで、作業したプロット・タイプを選択します。プロットおよびプロットに追加されたすべてのグラフィック情報が表示されます。



ウィンドウのリフレッシュ

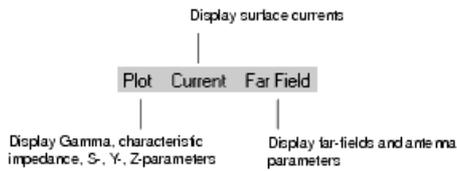
Window > Refreshを選択して、表示されているビューをいつでも更新できます。通常は、コマンドが完了するとウィンドウは自動的にリフレッシュされます。

データの概要

Momentum Visualizationでは、次のタイプのデータを表示できます。

- Sパラメータ
- 電流
- 遠方界
- アンテナ・パラメータ
- 伝送ライン・データ(伝搬定数と特性インピーダンス)

このデータを表示するために利用できるプロットとテーブルは、次のメニューにあります。



プロットとデータによる作業

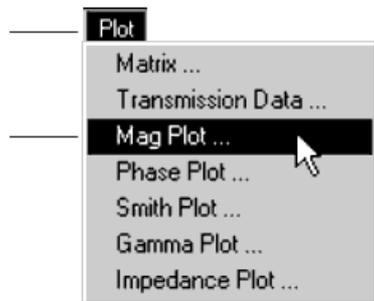
利用できるプロット・タイプと、表示できるデータ・タイプは数多く存在します。このセクションでは、ビューへのプロットの追加、プロットへのデータの追加、プロットの編集などを扱います。

プロットの表示

Sパラメータや電流などの基本的なデータ・タイプの各々に対して、それらの表示用のプロットを利用できるように、Momentum Visualizationはデザインされています。各基本データ・タイプとプロットの詳しい操作方法については、後半の章で説明します。

S-parameter plots are under the Plot menu

This will plot magnitude versus frequency



Sパラメータの振幅プロットの表示手順の例:

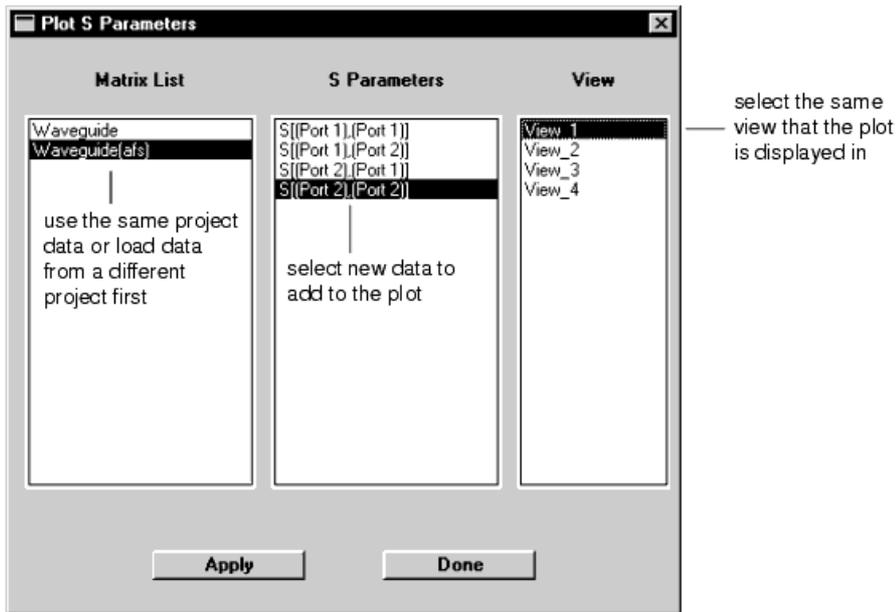
1. **Plot > Mag Plot**を選択します。
2. Matrix and S-Parametersリストで、マトリクスとSパラメータの組を選択します。これらのリストの詳細は、Momentum Visualizationにあります。
3. Viewリストからビューを選択します。このビューにプロットが表示されます。
4. **Apply**をクリックします。

表示されたプロットへのデータの追加

プロットに複数のデータの組を追加できます。

- ほとんどの直交座標のプロットに対しては、ビューにプロットを追加しダイアログ・ボックスから異なるデータを選択する手順を繰り返すだけで可能です。別のプロジェクトのデータを使用したい場合は、まず *Projects*メニューからそのプロジェクトを選択してから、この手順を繰り返します。
- 電流プロットについては、**Display**メニューにリストされている項目を追加できます。

次のダイアログ・ボックスでは、Sパラメータの振幅プロットへ2番目のSパラメータを追加する方法を示しています。

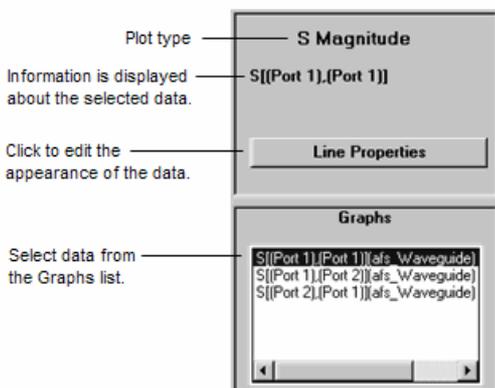


データ・コントロールの操作

以下の項目の外観を変更するためのデータ・コントロールがあります。

- Sパラメータ
- メッシュ
- 電流
- 遠方界

データ・コントロールを使用するには、Graphsリストでデータを選択します。Graphsリストの上に表示されているボタンをクリックします。下図は、直交座標プロットに表示されるSパラメータ・データやその他のデータに対する例です。



データ・コントロールには以下のものがあります。

- 直交座標プロットでは、データ名、ライン・カラー、ライン・タイプを変更できます。
- 電流プロットでは、メッシュの外観の変更や、電流のアニメーション表示が可能です。
- 遠方界プロットでは、半透明度または一定値の ϕ を設定できます。

別のプロジェクトのデータの表示

MomentumまたはAgilent EMDSプロジェクトのデータをプロットに追加することができます。新しいプロジェクトをロード後、データを表示する任意のプロジェクトを選択できます。

Momentumプロジェクトをロードする手順:

1. **Projects > Read Momentum Project**を選択します。
2. プロジェクトを保存したフォルダ(プロジェクト・フォルダ)へ移動し、フォルダをオープンします。
3. そのフォルダの下に、*mom_dsn*という名前のフォルダがあります。このフォルダをオープンします。

- 特定のデザインを格納しているフォルダをオープンします。
 - このフォルダ内のファイルをどれかダブルクリックします。
- 新しいAgilent EMDSプロジェクトをロードする手順:

- Projects > Read Agilent EMDS Project**を選択します。
- プロジェクトが格納されているプロジェクト・ディレクトリを選択します。
- Projectsリストでプロジェクトを選択します。リストの下の注釈表示は、選択されたプロジェクトが解を保存しているかどうかを示します。
- OK**をクリックします。

異なるプロジェクトに変更する手順:

- Projects > Select Project**を選択します。
- MomentumまたはAgilent EMDSプロジェクトのリストからプロジェクトを選択します。
- Select Momentum**または**Select Agilent EMDS**をクリックします。

i 注記

Momentumウィンドウのタイトル・バーに、現在選択されているプロジェクトの名前が表示されます。データはこのプロジェクトから読み取られます。

プロットのデータの削除

Window > Eraseを選択して、プロットから一部または全部のデータを削除します。データを削除すると、Graphリストからも削除されます。

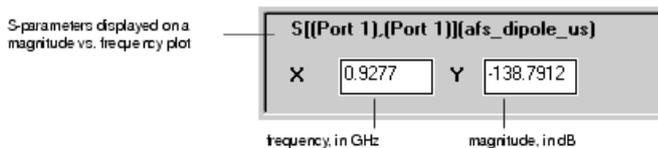
- 削除したいデータを表示しているプロットを選択します。
- Window > Erase Plot**を選択します。
- 削除するデータを選択します。
- Apply**をクリックします。
- 必要に応じて他のデータを選択し、**Apply**をクリックします。
- Done**をクリックして、ダイアログ・ボックスを終了します。

プロットからのデータ値の読み取り

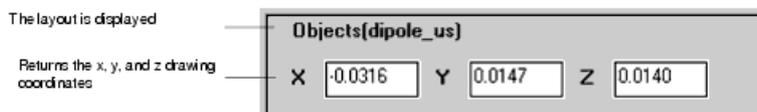
任意のプロットから1個のデータ・ポイントを読み取ることができます。値は、Momentumウィンドウのボトム近くに表示されます。表示されるデータ・タイプは、プロット・タイプにより異なります。遠方界プロットからは、データは読み取られません。

1個のデータ・ポイントの値を読み取る手順:

- 対象のデータ・ポイントにマウスを合わせてクリックします。
直交座標プロットとスミス・チャートから読み取った値には、データ名、プロットのX軸とY軸の値が含まれています。値は丸められる場合があります。



電流プロットでは、**Display**メニューから追加したObjectsに対して選択した値を読み取ることができます。それらはレイアウトの描画座標、x、y、zです。



プロット・コントロールによる操作

Momentumウィンドウの下にあるプロット編集コントロールを使用してプロットの回転、サイズ変更、移動を行うことで、データのビューを最適化できます。直交座標プロットで作業するときには、プロットのスケールを調整できます。

プロットの回転

Rotateコマンドは、3次元プロットをX、Y、またはZ方向に移動します。オブジェクトと3次元遠方界プロットだけを回転することができます。

プロットを回転させる手順:

- Rotate**をクリックします。
- 下記のいずれかの方法でプロットを回転します。

- プロットの任意の場所にマウスを合わせてから、マウスを上下や対角線方向にドラッグして回転します。マウスのボタンを離して、プロット位置を確定します。
- **Rotation**をクリックして、スクロールバーを使用して、X Rotation、Y Rotation、Z Rotationの値を設定します。値の範囲は、-180度から180度です。
- **Views**をクリックして定義済みのビューを選択します。選択項目には、**Front Angle**、**Back Angle**、**Top**、**Side**、**Front**があります。

プロットのスケールリング

Scaleコマンドは、プロットのサイズを拡大または縮小します。

プロットをスケールリングする手順:

1. **Scale**をクリックします。
2. プロットを拡大するには、プロットの任意の場所をクリックし、マウスを上または右にドラッグします。
3. プロットを縮小するには、マウスを下または左にドラッグします。

プロットの中心点の移動

Panコマンドは、プロットを水平または垂直方向に移動します。

プロットを移動する手順:

1. **Pan**をクリックします。
2. プロットの任意の場所をクリックし、マウスをドラッグして、プロットを上下左右に移動します。

直交座標プロット編集コントロールによる作業

直交座標プロットには、上記の他に以下のプロット・コントロールがあります。

- プロットのX軸とY軸の調整
- プロットのデータ凡例の調整

プロットの軸の調整

Graph Propertiesダイアログ・ボックスにより、プロットに表示するデータの範囲の変更、プロットのグリッド・ライン数の増減、各軸に沿って表示されるテキストの変更が可能です。

プロットのデータ範囲を変更する手順:

1. **Graph Properties**をクリックします。
2. X AxisとY AxisのMinフィールドとMaxフィールドに現在の上下限值が表示されます。表示されるデータの範囲を変更するには、それぞれの軸のMinフィールドとMaxフィールドに新しい値を入力します。
3. 入力するたびに**Enter**を押し、プロットへの影響を確認します。

X軸とY軸を手動でスケールリングする手順:

1. **Graph Properties**をクリックします。
2. Divフィールドに1目盛りあたりの単位数を入力します。例えば、Divを20に設定し、Minを0、Maxを100に設定すると、軸に沿って5本のメジャー・グリッドが表示されます。



3. Ticksフィールドに1目盛りあたりのグリッド・ライン数を入力します。上図では、Ticksは1に設定されているので、1目盛りあたり1本のラインが表示されています。
4. 入力するたびに**Enter**を押し、プロットへの影響を確認します。

プロットの軸を自動的にスケールリングする手順:

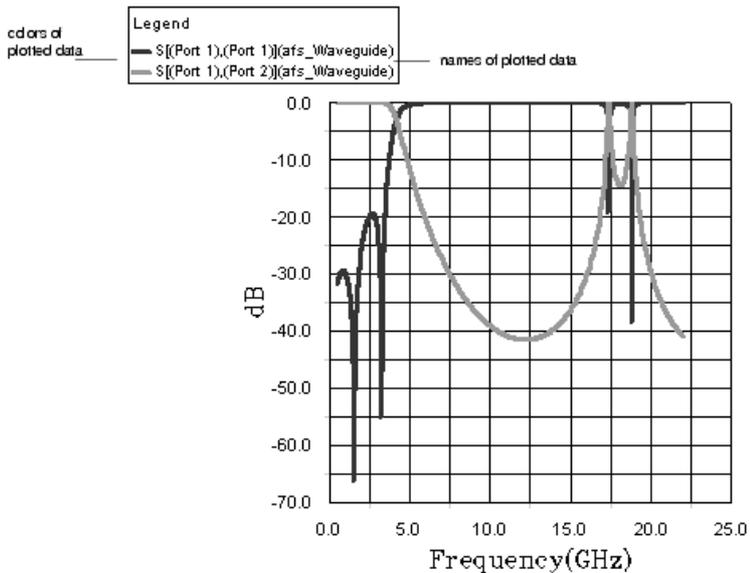
5. **Graph Properties**をクリックします。
6. **Auto Scale**をクリックして、プロットのX軸とY軸を自動スケールリングします。

各軸のテキストを変更する手順:

7. **Graph Properties**をクリックします。
8. X LegendとY Legendフィールドに新しいテキストを入力します。
9. 入力するたびに**Enter**を押し、プロットへの影響を確認します。

凡例の編集

1つのプロットに複数のデータがある場合、凡例でデータを区別できます。凡例は、データの表示に使用するカラーとデータ名を表示します。凡例は、移動、サイズ変更、消去できます。またデータ名を変更することもできます。



凡例を編集する手順:

1. **Legend Properties**をクリックします。
2. 空のダイアログ・ボックスが表示された場合は、Visibleをオンにします。
3. X LocationとY Locationのスクロール・バーを使用して、ビュー内の凡例の位置を調整します。
4. Legend Title Sizeで、タイトル内のフォント・サイズを調整します。
5. Legend Entries Sizeで、データ名のフォント・サイズを調整します。
6. データ名の上のタイトルを変更するには、Legend Titleフィールドに異なるタイトルを入力します。
7. **Done**をクリックして、ダイアログ・ボックスを終了します。

データの名前を編集する手順:

8. Graphsリストからデータを選択します。
9. **Line Properties**をクリックします。
10. Line Legendの下に、データの新しい名前を入力します。
11. **Done**をクリックして、ダイアログ・ボックスを終了します。

プロットの保存

プロットしたデータとプロット・タイプをファイルに保存できます。データ・タイプには以下のものがあります。

- Sパラメータの振幅と位相
- インピーダンス
- 伝送データ
- 遠方界断面

ファイルはASCII形式なので、データは他のアプリケーションでも使用できます。

これらのファイルを直接Momentum Visualizationにインポートすることもできます。これにより、データを表示するために、プロジェクトを読み込んでからプロジェクトを選択する必要はなくなります。

プロットされたSパラメータをエクスポートする手順:

1. **File > Export Plot Data**を選択します。
2. エクスポートしたいプロットのタイプを選択します。
3. Plotsの下で、プロットに適用したいSパラメータを選択します。
4. **Browse**をクリックします。ファイルを保存するフォルダに移動して、ファイル名を入力します。ファイル名には、拡張子(.hfd)が自動的にアペンドされます。**OK**をクリックします。
5. 選択内容が正しければ、**Apply**をクリックします。計算されたSパラメータとプロット・タイプがファイルに書き込まれます。
6. 必要に応じて、他のプロット・タイプの他のSパラメータの組を保存します。ファイルを生成するために、**Apply**を必ずクリックしてください。
7. 終了後、**Done**をクリックして、ダイアログ・ボックスを終了します。
8. ファイルはASCII形式で保存されます。テキスト・エディタでファイルの内容を表示できます。

```

dipole_gamma.hfd - Notepad
File Edit Search Help
Begin_Block Header
Mode ASCII
File_Name C:\msc32\default\dipole_gamma.hfd
Version 1.00
End_Block Header
Begin_Block Data
Graph_Type Gamma
Name Gamma[Port 1](dipole_wel)
Type Frequency
Size 1
5.000000000000000e-001 0.000000000000000e+000 3.4735185894775391e+001
End_Block Data

```

プロットのインポート

.hfdフォーマットでファイルに保存されたプロットは、インポートできます。これにより、データを表示するために、プロジェクトを読み込んでからプロジェクトを選択する必要はなくなります。

ファイルをインポートする手順:

1. **File > Import Plot Data**を選択します。
2. **Browse**をクリックし、対象のファイルを選択します。
3. ダイアログ・ボックスに次の情報が表示されます。
 - **File Name** – ファイルのフル・パスとファイル名
 - **Plot Type Label** – ファイルに保存されているプロットのタイプ
 - **Plot Name Label** – ファイルに保存されているSパラメータ
 - **Import Name** – Sパラメータ・プロットに対してポスト・プロセッサが割り当てる名前。これは、プロットを表示するときに選択する名前です。
4. **Apply**をクリックします。必要に応じてSパラメータ・プロットのインポートを続けます。
5. プロット・ファイルのロードが終了したら、**Done**をクリックします。

インポートされたプロットを表示する手順:

6. **Plot > Plot Import Data**を選択します。
7. プロット・タイプを選択します。利用可能なプロットのリストが表示されます。
8. 表示したいプロットの名前を選択します。
9. ビューを選択します。
10. **Apply**をクリックします。必要に応じてビューへのプロットの追加を続けます。
11. **Done**をクリックして、ダイアログ・ボックスを終了します。

表面電流の表示

Momentum Visualizationでは、有限の導体上の電界による表面電流密度(A/m)と無限のグランド・プレーンの開口部の磁界による表面電流を表示できます。この章では、電流の表示方法について説明します。



注記

実際の電流密度は、Visualizationがレポートする値の2倍です。

ポート解の重み付けの設定

電流プロットを表示する前に、周波数を選択し、その周波数に対するポート解の重みを設定します。ポート解を重み付けすると、与えられた周波数の解に対する、1つのポート解の寄与量を指定できます。重み付けは、電流プロットに反映されます。

テブナンの等価電圧源(電圧源と信号源インピーダンスを直列にしたもの)が、回路の各ポートに接続されます。信号源インピーダンスは、単一ポート、差動ポート、コプレーナ・ポートに対しては特性インピーダンスであり、他のすべてのポート・タイプに対しては50Ωです。各ポートの電圧源の振幅は、そのポート解の重み付け設定(振幅+位相)で決まります。

表示される電流は、この励振状態に対応する電流です。

ポート解の重み付けを設定する手順:

1. **Current > Set Port Solution Weights**を選択します。
2. 周波数を選択します。
3. ポートを選択し、Solution Weightフィールドに振幅の重み値を入力し、Solution Phaseフィールドに位相を入力します。
4. 必要に応じて同じ周波数に対して、他のポートについて前の手順を繰り返します。
5. **OK**をクリックしてコマンドを完了します。

レイアウトの表示

電流プロットが表示されると、レイアウトのアウトラインがビューにロードされます(ロードされていない場合)。レイアウトがロードされないか、削除されている場合は、*Display > Objects*を選択してレイアウトを表示します。

電流プロットの表示

電流プロットは、シミュレートされたレイアウトのすべてのオブジェクト上の表面電流を表示します。回路を伝搬する電流をアニメーション表示することができます。

注記
ビューにレイアウトがロードされていることを確認してください。ロードされていない場合は、*Display > Objects*を選択してレイアウトをロードしてください。

電流プロットを表示する手順:

1. **Current > Plot Currents**を選択します。
2. 以下のグラフ・フォーマットのどれかを選択します。
 - **Arrow** – 矢印でベクトル量の電流をプロットし、方向と振幅を表示します。
 - **Contour** – 電流の「等振幅」の等高線プロットを表示します。
 - **Shaded** – 電流の振幅の陰影表示プロットを表示します。プロットされる振幅は色分けされます。値の範囲を示すカラー・スケールも画面に表示されます。
3. プロットを表示したいビューを選択します。
4. **OK**をクリックします。

プロットされた電流のアニメーション表示

電流は、定常状態の正弦波または高調波で、時間に依存します。係数 $e^{j\omega t}$ で時間依存を表わします。時間領域で表面電流を視覚化でき、回路内の伝搬の様子をアニメーション表示できます。時間による変動は、係数 $e^{j\omega t}$ によって生じる位相変化に対応します。この位相を連続的に変化させたり、手動で位相をステップ変化させることができます。

位相を手動で変化させる手順:

- スクロール・バーを使用します。これでレイアウト内の位相を固定できます。
自動アニメーション表示を行う手順:
1. **Display Properties**をクリックします。
 2. **Animate**をオンにします。
 3. 電流が時間領域でアニメーション表示されます。アニメーションは、**Animate**をオフにするまで続きます。**Increment**フィールドを編集して、アニメーションの速さを変更できます。値を大きくすると速くなり、小さくすると遅くなります。
 4. カラー・スケールの最大値を変更できます。選択したグラフィック・フォーマットによって、次のようなその他のオプションを変更できます。
 - 陰影表示と等高線表示では、半透明度和電流のカラーを設定できます。
 - 矢印プロットでは、矢印の長さを変更できます。

電流プロットのメッシュの表示

*Display > Mesh*を選択して、電流プロットにメッシュを追加できます。

メッシュを表示する手順:

1. **Display > Mesh**を選択します。
2. メッシュを追加したいプロットを表示しているビューを選択します。メッシュはオブジェクトだけに表示できます。
3. **OK**をクリックしてコマンドを完了します。

ヒント
描画順序によっては、メッシュが陰影表示の電流プロットの下になり、見えなくなることがあります。メッシュを表示するには、陰影プロットの半透明度を下げてください。

Momentumデータのエクスポート

Momentumデータは、さらに解析を行うために3次元電磁界モデリング・ツールとIC-CAPにエクスポートできます。データのエクスポートに使用する方法は、ターゲット・アプリケーションに依存します。

MomentumデータのIC-CAPへのエクスポート

Momentumは、Sパラメータ出力ファイルをIC-CAP測定データ管理(MDM)ファイル形式で書き込むことができます。このASCIIデータ・ファイルは、IC-CAP 5.xで簡単に読み込んで、モデル化のために使用できます。

IC-CAP MDMファイル出力の有効化

IC-CAP MDMファイルは、デフォルトでは作成されません。以下のMomentumの構成ファイルを作成または編集する必要があります。

```
($HOME)/hpeesof/config/momentum.cfg
```

そして以下の行を追加します。

```
MOM3D_GENERATE_MDMFILE = TRUE
```

この変数を設定すると、Momentumシミュレーションが完了すると、以下のIC-CAP MDMファイルが作成されます。

```
(current_ADS_project_name)/mom_dsn/(current_layout_name)/proj.mdm
```

このファイルは、1ポートと2ポート・ストラクチャに対してだけ利用可能です。

Momentumのシミュレーション中に、*adaptive*シミュレーション・モードが使用された場合は、データが密に(周波数の関数として)サンプリングされます。使用されなかった場合は、*proj.mdm*ファイルには、要求したサンプリング・ポイントだけが記録されます。

IC-CAP MDMファイル出力の無効化

.mdmファイルで出力したくない場合は、*MOM_GENERATE_MDMFILE*変数を無効にする必要があります。

この場合以下のように設定する必要があります。

```
MOM3D_GENERATE_MDMFILE = FALSE
```

あるいは、Momentumの構成ファイルで、以下の行を削除します。

```
($HOME)/hpeesof/config/momentum.cfg
```

例

これは、Momentumで作成した.mdmファイルの中身の例です。

```
! VERSION = 6.00
BEGIN HEADER
ICCAP_INPUTS
freq F LIST 1 16 0.000000e+00 1.000000e+07 5.008333e+09 8.965347e+09
1.000667e+10 1.667111e+10 2.666778e+10 3.000000e+10
ICCAP_OUTPUTS
s S B C GROUND
END HEADER
BEGIN DB
#freq R:s(1,1) I:s(1,1) R:s(1,2) I:s(1,2) R:s(2,1) I:s(2,1) R:s(2,2) I:s(2,2)
0.000000e+00 0.000000 0.000000 1.000000 0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
1.000000e+07 0.000000 -0.00139 0.999999 -0.00238 0.999999 -0.00238 0.000000 -0.00139
5.008333e+09 -0.57309 -0.24306 0.30188 -0.71430 0.30188 -0.71430 -0.57309 -0.24306
8.965347e+09 -0.59290 -0.28893 -0.38554 0.39683 -0.38554 0.39683 -0.59291 -0.28893
1.000667e+10 -0.85726 0.47812 -0.00500 -0.00983 -0.00500 -0.00983 -0.85726 0.47812
1.667111e+10 0.38444 0.32013 0.52995 -0.65935 0.52995 -0.65935 0.38444 0.32013
2.666778e+10 -0.44899 -0.19974 -0.39885 0.68719 -0.39885 0.68719 -0.44899 -0.19974
3.000000e+10 0.03191 0.96691 -0.01394 -0.00395 -0.01394 -0.00395 0.03191 0.96691
END_DB
```

3次元電磁界シミュレーション用のMomentumデータのエクスポート

Momentumシミュレーションを最初に行っても3次元電磁界シミュレーション用のMomentumデータをエクスポートできます。デザイン形状と、技術情報、ステータス情報を含めたMomentum設定を記述したファイルの完全セットを、ADS Layoutウィンドウのメニュー・コマンドを使用して特殊なディレクトリに書き込むことができます。

- ファイルを作成して3次元電磁界シミュレーションで使用する手順:

ADS Layoutウィンドウで、**Momentum > 3D EM > Save Files for 3D EM**を選択します。

ファイルが作成され、現在のプロジェクトの<project_name> /mom_dsn/<design_name> /3DEMの下に保存されます。これには、デザイン形状とMomentum設定が含まれます。

- Momentumファイルを3次元電磁界モデリング・ツールにインポートする方法の詳細については、ツールに付属のドキュメントを参照するか、ツールのメーカーにお問い合わせください。

MomentumサブストレートのRFDEへのエクスポート

RFDEで使用するためMomentumサブストレートをエクスポートするには、以下の手順を実行します。

1. サブストレートを定義します。
2. Momentumシミュレーションを実行します(例えば、**Momentum** > **Substrate** > **Precompute...**)。
3. プロジェクトを保存します。
4. RFDEで、<projectDir>/mom_dsn/<designName>の下にあるproj.tchファイルを選択します。
RFDEとADSのマスク番号が一致しない場合は、proj.tchファイルを編集し、ADSのマスク番号をRFDEの番号に置き換えます。



注記

シミュレーションの終了前に、一時シミュレーション・ディレクトリからproj.tchファイルにアクセスできます。一時シミュレーション・ディレクトリの場所は、オペレーティング・システムの設定に依存します。UNIXとLinuxの場合は通常、/var/tmp/<somedirectory>の下にあります。PCでは、TEMPシステム環境変数の値に依存します。

Momentumの動作原理

Momentumは、モーメント法と呼ばれる数値離散化手法に基づいています。この方法を使って、多層誘電体サブストレートに埋め込まれた平面ストラクチャに対するマクスウェル方程式を解きます。Momentumで使用可能なシミュレーション・モード(マイクロ波とRF)は、どちらもこの手法に基づいていますが、結果を得るために同じテクノロジーの異なるバリエーションを使用しています。

Momentumには、マイクロ波(全波)モードとRF(準静的)モードの2つの動作モードがあります。これら2つのモードの主な違いは、用いられるグリーン関数の定式化にあります。全波モードは、全波グリーン関数を使用します。これらは、マクスウェル方程式を簡略化せずにサブストレートを完全に特性評価する、一般的な周波数依存のグリーン関数です。これにより、複素数で、周波数依存のL要素とC要素が得られます。準静的モードでは、周波数に依存しないグリーン関数が使用され、実数で、周波数に依存しないL要素とC要素が得られます。準静的モードでは近似が行われるため、行列のL要素とC要素は最初の周波数シミュレーション・ポイントに対してのみ計算すればよいので、RFシミュレーションの実行速度がはるかに高速です。また、近似を行うために、準静的モードは通常、2分の1波長より小さいストラクチャに使用する必要があります。どちらのエンジン・モードもいわゆるスター・ループ基底関数を使用していて、すべての周波数で安定した解が保証されます。両方のエンジンは、多角形メッシュを生成してシミュレーションの未知数の数を減らす、メッシュ低減アルゴリズムも利用しています。このメッシュ低減アルゴリズムは、トグル・スイッチでオンまたはオフにすることができます。

回路のポートに適用された信号源が、等価回路モデルを励振します。等価回路の電流は、Rooftop展開関数の未知の振幅です。独立したいくつかの励振状態に対して等価回路を解くことにより、未知の電流振幅が得られます。電流解から回路のSパラメータ・データを求めるには、ポート校正プロセスが用いられます。

この章の各セクションでは、以下の項目について詳細を説明します。

- モーメント法
- Momentumの計算プロセス
- 特殊なシミュレーションの例
- 注意事項とソフトウェアの制限

モーメント法

モーメント法(MoM)は、R.F. Harringtonの業績に基づいたものです。Harringtonは電気技術者で、1960年代の初めにこの方法について詳細な研究を行い、電磁界の問題に適用しました。この方法は、重み付き残差法と変分解析を用いるそれ以前の方法を元にしたものです。モーメント法とグリーン定理の詳細については、*Field Computation by Moment Methods* (1)を参照してください。モーメント法では、離散化の前にマクスウェル方程式を積分方程式に変換します。積分方程式は、多層サブストレートの適切な電界と磁界のグリーン関数の定義から得られます。

Momentumでは、混合ポテンシャル積分方程式が用いられます。この方程式では、電界と磁界をベクトル・ポテンシャルとスカラー・ポテンシャルの組み合わせで表現します。未知数は、平面回路に流れ込む表面電流と磁流です。

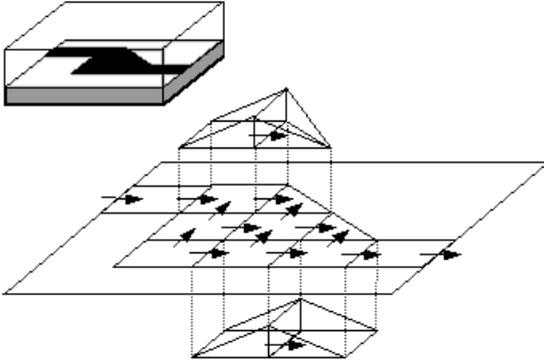
線形代数の表記法を使うと、混合ポテンシャル積分方程式を線形積分演算子式として非常に一般的な形で表現できます。

$$\iint dS \bar{\bar{G}}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \cdot \mathbf{J}(\mathbf{r}) = \mathbf{E}(\mathbf{r}) \quad (1)$$

ここで、 $\mathbf{J}(\mathbf{r})$ は未知の表面電流、 $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ は既知の励振を表わします。レイヤ媒体のグリーンのダイアディックが積分核として働きます。未知の表面電流を離散化するために、平面メタラオゼーション・パターンをメッシュ化し、有限個の部分基底関数 $B_1(\mathbf{r}), \dots, B_N(\mathbf{r})$ で展開します。

$$J(\mathbf{r}) \approx \sum_{j=1}^N I_j B_j(\mathbf{r}) \quad (2)$$

プレーナ電磁界シミュレータで用いられる標準基底関数は、メッシュの長方形／三角形／多角形セルに対して定義された部分Rooftop関数です。各Rooftop関数がメッシュの辺に関連付けられていて、その辺を通して流れる一定密度の電流を表します(以下の図を参照)。基底関数展開の未知の振幅 I_j , $j=1, \dots, N$ により、メッシュのすべての辺を通して流れる電流が決まります。



Rooftop基底関数を使った表面電流の離散化

積分方程式(1)を離散化するために、電流のRooftop展開(2)を代入します。Galerkin法、すなわち基底関数と同一の試験関数を使って積分方程式を試験する方法を適用することにより、連続積分方程式(1)が次のような離散行列方程式に変換されます。

$i=1, \dots, N$ に対して

$$\sum_{j=1}^N Z_{i,j} I_j = V_i \quad \text{or} \quad [Z] \cdot [I] = [V] \quad (3)$$

ここで

$$Z_{i,j} = \iint_S dS B_i(\mathbf{r}) \cdot \iint_{S'} dS' \bar{\mathbf{G}}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \cdot \mathbf{B}_j(\mathbf{r}') \quad (4)$$

$$V_i = \iint_S dS B_i(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{E}(\mathbf{r}) \quad (5)$$

左辺の行列 $[Z]$ は、相互作用行列と呼ばれます。これは、この行列の各要素が、2個のRooftop基底関数の間の電磁相互作用を記述するからです。 $[Z]$ の次元 N は、基底関数の数に一致します。右辺のベクトル $[V]$ は、回路の各ポートに適用される励振の寄与を離散化したものを表します。

表面電流は、レイヤ・スタックのグリーンダイアディックを通して、回路の電磁界に寄与します。混合ポテンシャル積分方程式では、このグリーンダイアディックが、ベクトルポテンシャル $A(\mathbf{r})$ からの寄与とスカラーポテンシャル $V(\mathbf{r})$ からの寄与に分解されます。

$$\bar{\mathbf{G}}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') = j\omega \mathbf{G}^A(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \bar{\mathbf{I}} - \frac{1}{j\omega} \nabla [G^V(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \nabla'] \quad (6)$$

スカラーポテンシャルは、表面電流に起因する動的な表面電荷分布から生じ、ローレンツゲージによってベクトルポテンシャルと関連づけられます。

式(6)のグリーンダイアディックを式(4)の相互作用行列要素に代入すると、次の式が得られます。

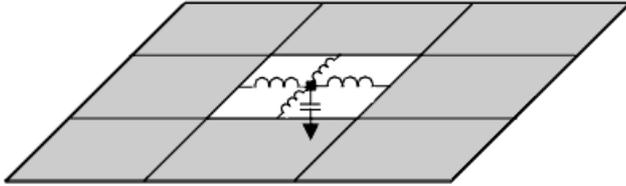
$$Z_{i,j} = j\omega L_{i,j} + \frac{1}{j\omega C_{i,j}} \quad (7)$$

ここで

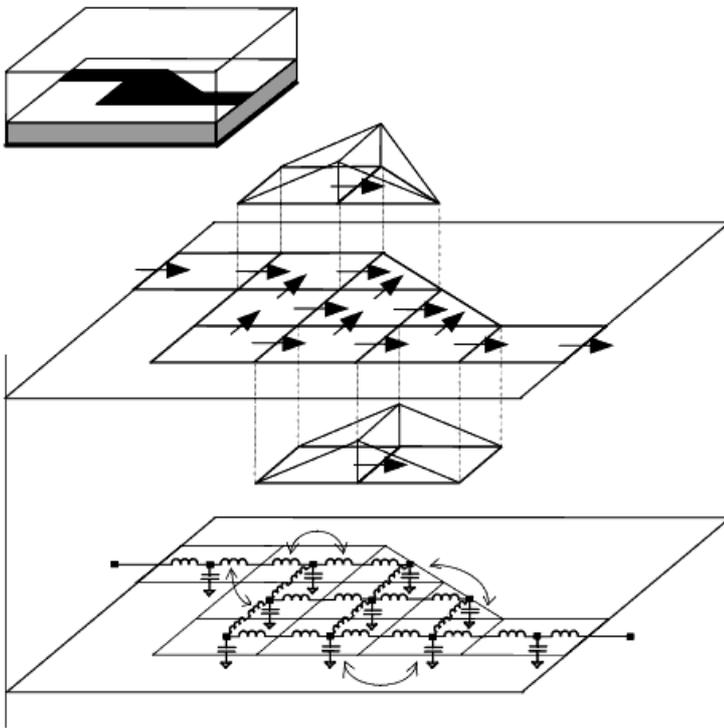
$$L_{i,j} = \iint_S dS B_i(\mathbf{r}) \cdot \iint_{S'} dS' G^A(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \mathbf{B}_j(\mathbf{r}') \quad (8)$$

$$\frac{1}{C_{i,j}} = \iint_S dS \nabla \cdot \mathbf{B}_i(\mathbf{r}) \iint_{S'} dS' G^V(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \nabla \cdot \mathbf{B}_j(\mathbf{r}') \quad (9)$$

これらから、等価回路モデルを構築して、相互作用行列方程式に物理的解釈を与えることができます(図A-2を参照)。この回路では、ノードがメッシュのセルに対応し、セルの電荷を保持しています。各セルはグラウンドに対するキャパシタに対応します。各ノードを接続する分岐には、セルの各辺を通過する電流が流れます。各分岐にはインダクタが存在し、対応する電流基底関数の磁気的な自己結合を表します。回路内のすべてのキャパシタとインダクタは複素数で、周波数依存であり、相互結合しています。これは、すべての基底関数が電気的および磁気的に相互作用するからです(図A-3を参照)。この等価回路のグラウンドは、レイヤ・スタックにある無限のメタライゼーション・レイヤのポテンシャルに対応します。無限のメタライゼーション・レイヤがない場合は、グラウンドは無限大の球に対応します。モーメント法の相互作用行列方程式は、等価回路にキルヒホッフの電圧則を適用することにより得られます。回路内の電流は、行列方程式の解から得られ、基底関数の振幅を表します。



図A-2. メッシュの各セルを、グラウンド基準に対するキャパシタと隣接セルに対するインダクタで置き換えることにより、等価回路が構成されます。



図A-3. モーメント法により離散化された等価回路表現

Momentumの計算プロセス

Momentumの計算プロセスは、以下のような手順と手法から構成されています。

- サブストレートのグリーン関数の計算
- 平面信号レイヤ・パターンのメッシング
- モーメント法の相互作用行列方程式のロードと計算
- Sパラメータの校正とディエンベディング
- 適応周波数サンプリングによる縮約次元モデリング

サブストレートのグリーン関数の計算

サブストレートのグリーン関数とは、Diracのデルタ関数の励振に対するサブストレートの空間インパルス応答です。サブストレート・レベルにマッピングされた信号(ストリップ、スロット、ビア)レイヤの各ペアに対して、グリーン関数が計算されます。どの信号レイヤがサブストレート・レベルにマッピングされているかを知る必要はありますが、計算するのはインパルス応答だけなので、信号レイヤ上のパターンを知る必要はありません。このため、

グリーン関数は事前に計算してサブストレートのデータベースに記憶しておくことができます。これにより、同じサブストレートで定義された他の回路にグリーン関数を再利用できます。

高周波電磁界のグリーン関数は、動径距離と周波数に依存します。ユーザが指定した周波数帯域全体で、非常に大きい動径距離まで計算が行われます。周波数に対して正確な補間が可能になるように、周波数ポイントが適応的に選択されます。非常に広い周波数レンジの計算を行うと、CPU時間と、結果を記録するディスク領域を多量に消費します。速度を増加させるために、RFモードでは、低周波近似に基づいた準静的電磁界のグリーン関数を使用し、高周波では準静的グリーン関数をスケールリングします。

平面信号レイヤ・パターンのメッシング

マイクロ波シミュレーション・モードでは、信号レイヤ上に定義された平面メタライゼーション(ストリップ、ビア)パターンおよびアパーチャ(スロット)パターンは、長方形と三角形のセルを使ってメッシュ化されます。並進不変性を利用して相互作用行列のロード・プロセスを高速化できるので、メッシング・アルゴリズムはなるべく一般的な長方形のセルを使ってメッシュを作成しようとしています。メッシング・アルゴリズムはきわめて柔軟であり、さまざまなパラメータ(1波長あたりのセル数、幅方向のセル数、エッジ・メッシュ、メッシュ・シードなど)をユーザが指定して、異なる密度のメッシュを作成できます。メッシュ密度は、シミュレーションの効率と正確さに大きな影響を与えます。デフォルトのメッシュ・パラメータは、正確さと効率のトレード・オフを考慮して最適な選択が行われます。RFモードもマイクロ波モードもメッシュ低減手法を使用して、長方形と三角形のセルを組み合わせることで多角形セルのメッシュを作成するので、コンピュータ・リソースの要求が減少します。メッシュ低減は、電気モデリングの観点からは、精度を高めることなくシミュレーション・プロセスを複雑化するだけの、小さい長方形と三角形を除去します。すでに説明したように、この機能は、トグル・スイッチでオンまたはオフにすることができます。

モーメント法の相互作用行列方程式のロードと計算

計算プロセスのロード段階では、基底関数の間のすべての電磁相互作用が計算され、相互作用行列と励振ベクトルが得られます。Rooftop基底で定義された相互作用行列は密行列です。すなわち、すべてのRooftop関数が他のすべてのRooftop関数と相互作用します。2つの基底関数の間の電磁相互作用は、その位置関係と長さのスケールに応じて、強い場合も弱い場合もあります。行列を得るプロセスは、基本的には (N^2) のオーダーです(すなわち、計算時間は未知数の2乗に比例します)。

計算段階では、相互作用行列方程式を解くことにより、未知電流の展開係数が求められます。この計算から、平面回路の表面電流を構成するRooftop基底関数の振幅が得られます。電磁界の問題ではすべての物理量が電流で表現できるので、電流がわかると問題を解くことができます。リリース2005Aで、Momentumに反復行列計算方式が導入されました。大きな問題サイズの場合は、反復行列計算が、オーダー (N^2) プロセスとして実行されます。Momentumは、ストラクチャが小さい場合、または反復行列計算プロセスで収束の問題が検出された場合は、直接行列計算プロセスを使用します。

Sパラメータの校正とディエンベディング

あらゆる正確な測定システムと同様に、Momentumもシングル・ポート・タイプで校正プロセスを実行します。その目的は、伝送ライン・ポートに接続された信号源の影響をSパラメータの結果から除去することです。有限長のフィードライン(通常、高周波では波長の半分、低周波ではショート・ラインを使用)が、回路の伝送ライン・ポートに追加されます。集中定数信号源はフィードラインの末端に接続されます。信号源は伝送ラインの固有モードを励振し、回路に影響を与えません。フィードラインの影響は、校正標準のシミュレーションから求められ、Sパラメータ・データから除去されます。内蔵の断面ソルバが、伝送ラインの特性インピーダンスと伝搬定数を計算します。これにより、Sパラメータの位相基準面をずらすことができます。このプロセスをディエンベディングと呼びます。校正プロセスの結果には、ポート境界での低次モード不整合の除去、高次モードの除去、すべてのポート励振寄生成分の除去が含まれます。

伝送ライン・ポートのほかに、Momentumでは直接励振ポート(内部ポート)をユーザが定義できます。このポートは、平面メタライゼーション・パターンの任意の位置に、ポイントまたはライン・フィードとして指定できます。このポートを使って、平面回路の分布定数モデルに、パッシブまたはアクティブの集中定数コンポーネントを接続できます。このポートのSパラメータは、内部ポート位置で等価回路モデルに接続された集中定数信号源による励振を使って計算されます。集中定数信号源による寄生効果はSパラメータ結果から除去されません。

適応周波数サンプリングによる縮約次元モデリング

最小限のコンピュータ・リソースで正確な解を高速に得るための鍵となるテクノロジーが、適応周波数サンプリング(AFS)です。広い周波数レンジでシミュレーションを行う場合は、オーバサンプリングと直線補間により、なめらかな曲線のSパラメータを得ることができます。しかし、オーバサンプリングでは大量のリソースが無駄に消費されます。Momentumでは、縮約次元モデリング法に基づく巧妙な補間方式により、Sパラメータ・データに対する有理極/ゼロ・モデルを生成できます。適応周波数サンプリング・アルゴリズムでは、周波数サンプルが自動的に選択され、適応的に構築された有理極/ゼロ・モデルによってデータが補間されます。この機能を使えば、Sパラメータの変化が大きい部分でストラクチャの応答が高密度にサンプリングされるので、重要な細部のモデリングが可能となります。必要なサンプル数を最小化しながら、新しいサンプルの追加によって得られる情報を最大化できます。実際には、あらゆるストラクチャに対してAFSモジュールは有効です。適応周波数サンプリングを使えば、Momentumで広い周波数レンジのシミュレーションを行う際の計算時間を大幅に短縮できます。

特殊なシミュレーションの例

このセクションでは、いくつかの特殊なシミュレーションの例について説明します。

- グランド・プレーン内にあるスロットのシミュレーション
- メタライゼーション損失のシミュレーション

- 内部ポートとグランド基準のシミュレーション

グランド・プレーン内にあるスロットのシミュレーション

グランド・プレーン内にあるスロットは、Momentumでは特別な扱いを受けます。等価原理と呼ばれる電磁気学の定理が用いられます。広いグランド・プレーンを流れる電流をシミュレートするのではなく、スロット内の電界だけが考慮されます。この電界は、スロット内を流れる等価磁流としてモデリングされます。

Momentumは、メタライゼーション・グランド・プレーンの有限の厚さをモデリングしません。グランド・プレーンとその損失は、サブストレート定義に含まれます。

スロットにメタライゼーション定義を用いることにより、スロット・ラインやコプレーナ・ラインなどのストラクチャ全体を構成できます。グランド・プレーン内のスロットは、多層回路のグランド・プレーンを介したアパーチャ・カップリングをシミュレートするためにも使用できます。グランド・プレーンを挟んで反対側にあるストラクチャ・コンポーネント同士は、スロットを介して発生する直接のカップリングを除いて、互いに隔離されています。スロットをこのように扱うことで、スロット・ベースの回路やアパーチャ・カップリングをMomentumはきわめて効率的にシミュレートできます。

メタライゼーション損失のシミュレーション

Momentumでは、メタライゼーション・パターンの損失をシミュレーションで考慮できます。Momentumは、導体を厚さゼロとして処理するか、またはシミュレーションに有限の厚さの影響を含めることができます。サブストレート定義では、すべてのレイヤに対して導体の有限厚さへの展開をオンまたはオフにすることができます。詳細は、ビア・ストラクチャの制限を参照してください。

Momentumでは、すべての金属に対して複素表面インピーダンス・モデルを使用します。このインピーダンスは、導体の厚さ、伝導率、周波数の関数です。低周波では、電流は金属の厚さ方向にほぼ均等に分布します。Momentumは、この最小抵抗値と、適切な内部インダクタンスを使って、複素表面インピーダンスを構成します。高周波では、導体の表皮を流れる電流が支配的であり、この表皮効果をよく近似する複素表面インピーダンスが用いられます。ADS 2005Aリリースでは、有限厚さ導体の側面メタライゼーションに水平方向の電流が導入され、Momentumによって任意の高さ/幅比を持つ導体を正確にモデリングできます。厚みのある導体の表面インピーダンス・モデルには、厚みのある導体のトップ・プレーンとボトム・プレーンでの電流の相互内部カップリングが含まれます。

ストラクチャのシミュレーション結果にメッシュ密度が影響を与えることがあります。高密度のメッシュを使うと、電流がより正確に表現され、損失がわずかに増える場合があります。これは、低密度のメッシュでは電流がより均一に分布するため抵抗が小さくなるからです。

損失を、サブストレート定義で定義されたグランド・プレーンに対して定義できます。これには、マイクロストリップの損失の場合と同じ方程式を使用します(すなわち、表面インピーダンス近似を使用)。ただし、サブストレート定義のグランド・プレーンは、サイズが無大として定義されているため、事実上、含まれるのはHF損失のみであることに注意する必要があります。無限グランド・プレーンのDC損失は、定義によりゼロです。グランド・プレーンのDCメタライゼーション損失を考慮するには、有限サイズのグランド・プレーンをストリップ・メタライゼーション・レベルとしてシミュレーションする必要があります。



注記

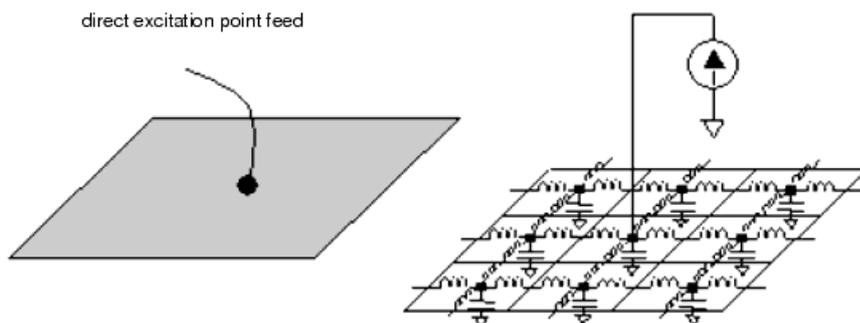
損失のある伝導率仕様を持つ無限グランド・プレーンの場合は、マイクロ波モードのMomentumにはグランド・プレーンのHF損失が含まれますが、RFモードのMomentumは、これらのHF損失を省略します。

内部ポートとグランド基準を使ったシミュレーション

Momentumでは、ストラクチャに内部ポートを使用できます。内部ポートは平面メタライゼーション・パターンの任意の位置に指定でき、アクティブ/パッシブ集中定数コンポーネントを平面回路の分布定数モデルに接続できます。図A-4を参照してください。

このポートのSパラメータは、図A-3のように、等価回路モデルに接続された集中定数電圧源による励振から計算されます。得られたSパラメータ・モデルのこれらのポートに対するグランド基準は、等価回路のグランドであり、物理的にはレイヤ・スタックにある無限のメタライゼーション・レイヤに対応します。無限のメタライゼーション・レイヤがない場合は、グランドには物理的意味はなく、数学的には無限大の球に対応します。

この場合に重要なことは、対応するSパラメータも物理的意味を持たなくなることです。これは、適用された電圧源が集中定数であり、グランドから回路への電流を位相遅延なしで流すので、電気的に小さいと見なされるからです。この問題を解決するには、内部ポートから電気的に小さい距離の位置にグランド基準を指定します。そうしないと、シミュレーション結果が不正確になる可能性があります。



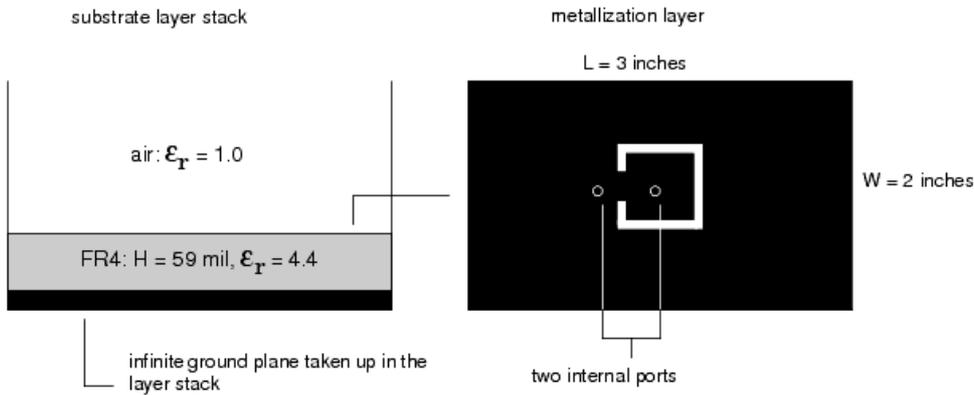
図A-4.内部ポートと等価回路モデル

図A-4.内部ポートと等価回路モデル

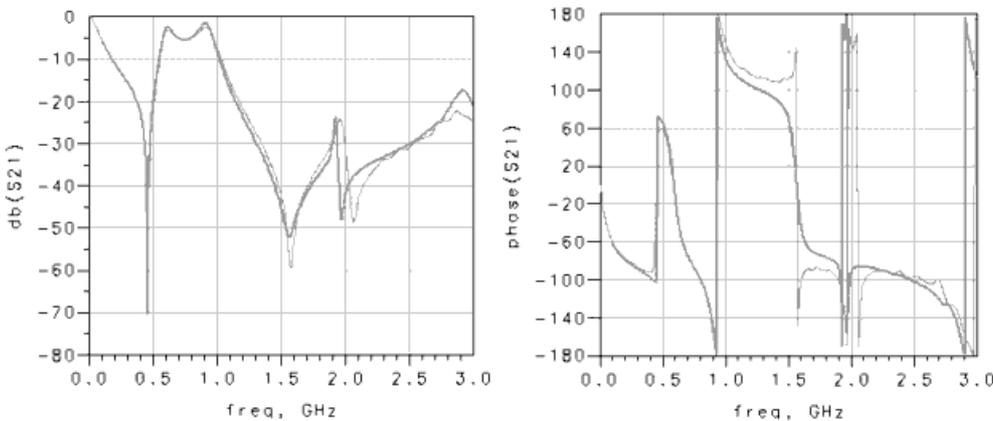
以下の各セクションでは、内部ポートとグラウンド・プレーンおよびグラウンド基準とを組み合わせる方法と、その結果について説明します。

PCBストラクチャ内の内部ポートとグラウンド・プレーン

図A-5に、2個の内部ポートを持つPCBアイランド・ストラクチャのレイアウトを示します。サブストレート・レイヤ・スタックに無限のグラウンド・プレーンが存在し、内部ポートのグラウンド基準の役割を果たします。Momentumが計算したS21パラメータの振幅と位相を図A-6に示します。シミュレーション結果を検証するために、S21の振幅と位相の測定データと比較します。



図A-5.PCBサブストレート・レイヤ・スタックとメタライゼーション・レイヤ

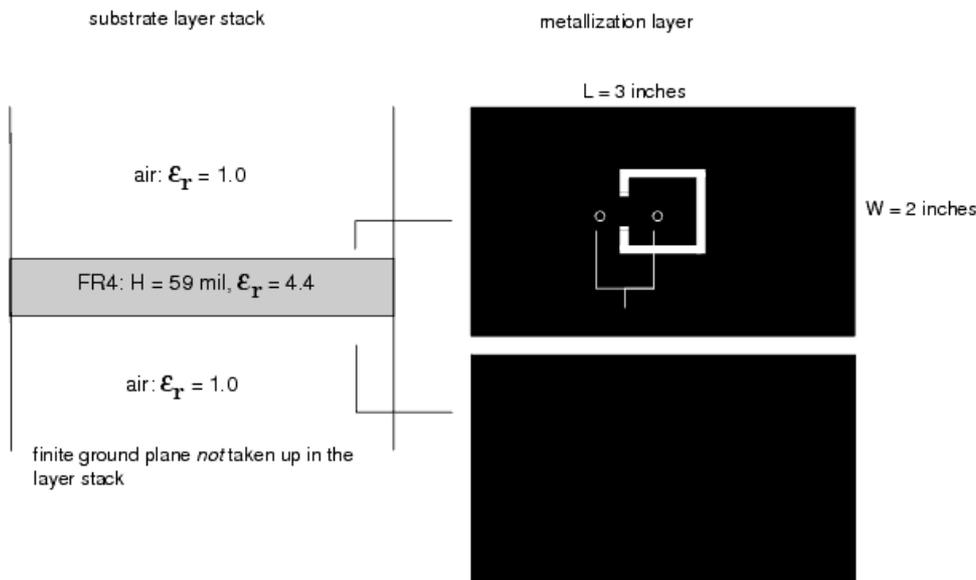


図A-6.S21の振幅と位相。

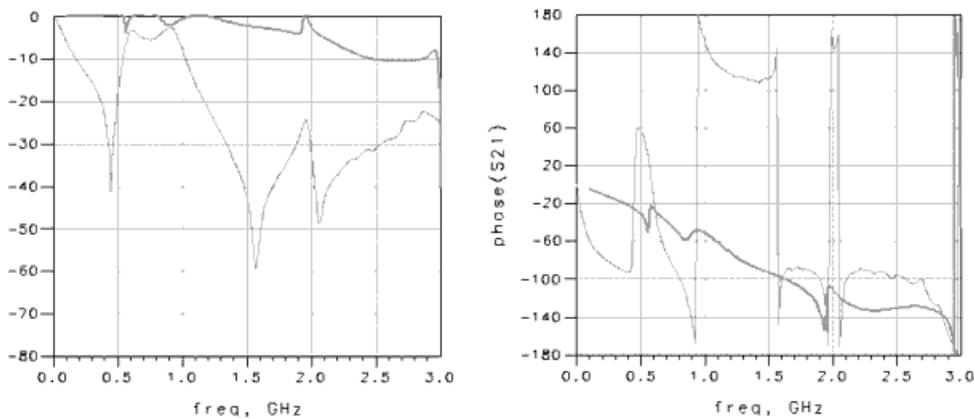
太線がMomentumの結果、細線が測定結果

有限のグラウンド・プレーン、グラウンド・ポートなし

同じストラクチャを、有限のグラウンド・プレーンを使って再度シミュレートしました(図A-7)。サブストレート・レイヤ・スタックには無限のメタライゼーション・レイヤが存在しません。ポートに対してグラウンド基準が指定されていないので、内部ポートのグラウンド基準として無限大の球が用いられます。これらのポートに対してシミュレーションで得られたSパラメータは、物理的な意味を持たなくなります。このようなポートをシミュレーションで使用すると、図A-8のように誤った結果が得られます。



図A-7.PCBサブストレート・レイヤ・スタックとメタライゼーション・レイヤ

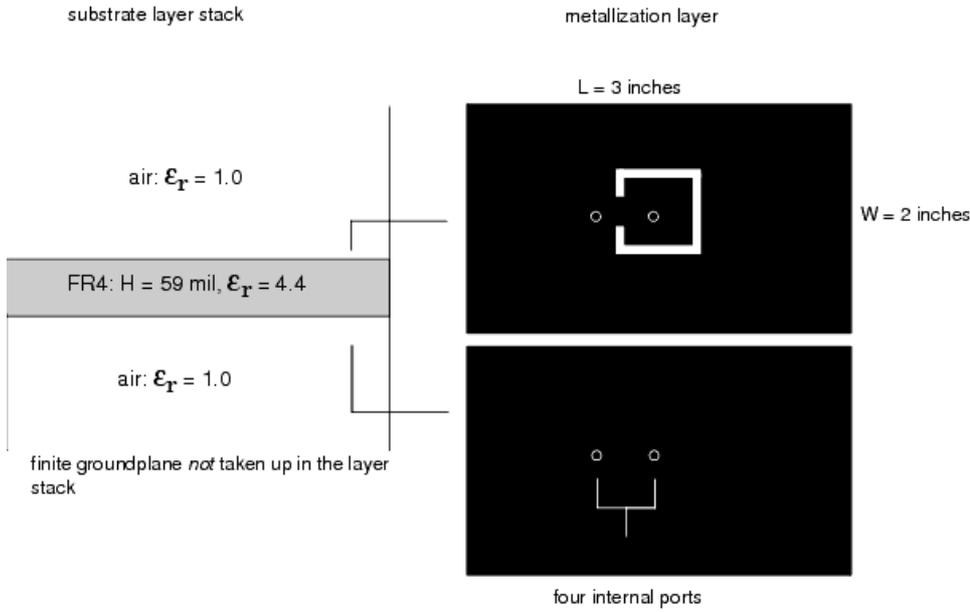


図A-8.S21の振幅と位相。

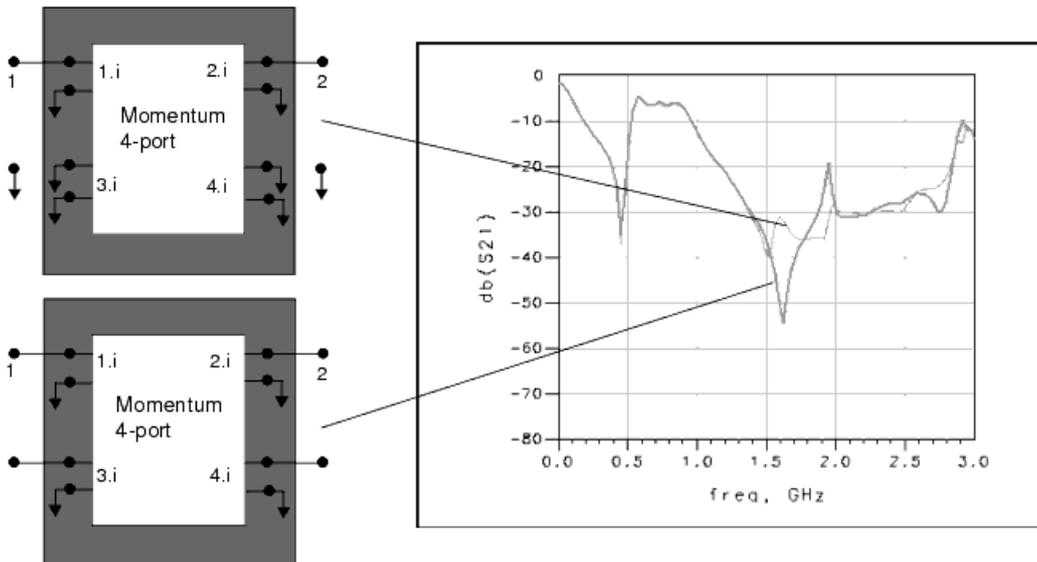
太線がMomentumの結果、細線が測定結果

有限のグラウンド・プレーン、グラウンド・プレーン内に内部ポート

内部ポートに対してグラウンドを正しく定義する方法の1つは、グラウンド・プレーンに2個の内部ポートを追加することです(図A-9)。得られた4ポート・ストラクチャをMomentumでシミュレートします。内部ポートに対してグラウンド基準が指定されていないため、4ポート・ストラクチャに対して得られたSパラメータには物理的意味がありません。しかし、4個のポートを適切に再結合することで、各ポートに対して正しいグラウンド基準を持つ2ポート・ストラクチャが得られます。この再結合では、4個のポートそれぞれに対するグラウンド基準が、再結合された2個のポートに対するグラウンド基準として働くわけではないので、注意が必要です。したがって、図A-10の上を示す再結合の方法は正しくありません。正しい再結合の方法は図A-10の下に示すものです。



図A-9.PCBサブストレート・レイヤ・スタックとメタライゼーション・レイヤ

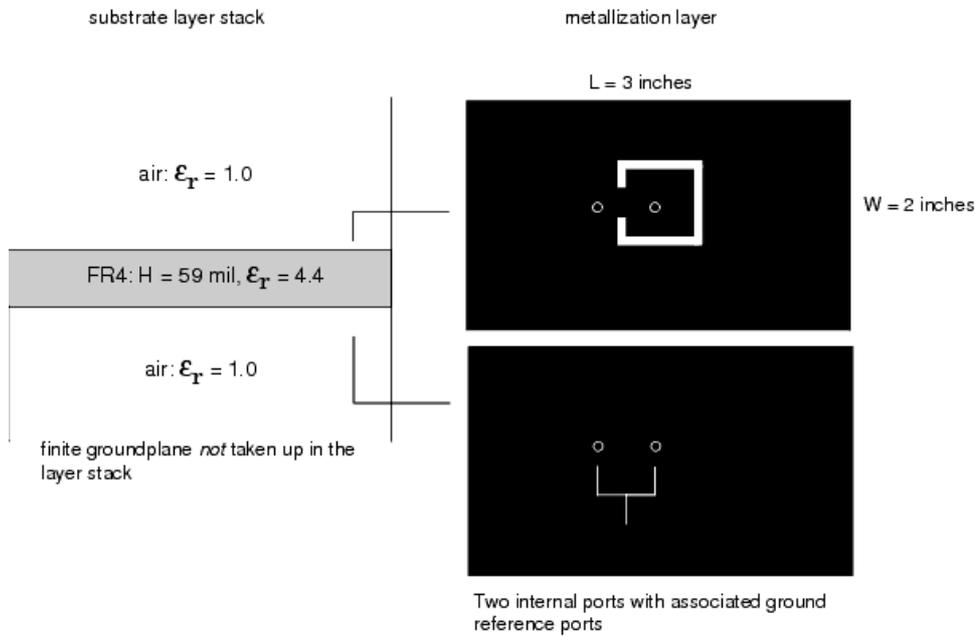


図A-10.シミュレーション結果。

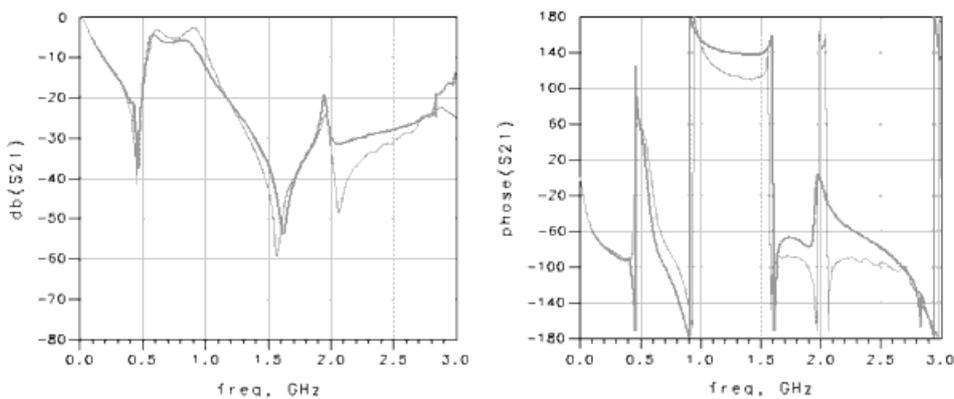
下の図が正しいポートの再結合

有限のグランド・プレーン、グランド基準

2個の内部ポートをグランド・プレーンに追加し、ポートを正しく再結合するプロセスは、Momentumに自動的に実行させることができます。このためには、2個のグランド基準ポートを定義します(図A-11)。Momentumで得られたSパラメータは、前のセクションで得られた正しい再結合の2ポートのSパラメータと同じです(図A-12)。



図A-11.サブストレート・レイヤ・スタックとメタライゼーション・レイヤ

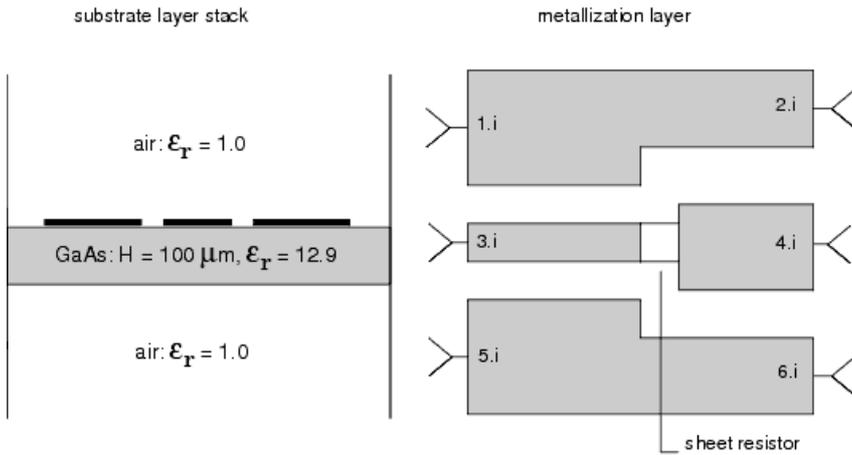


図A-12.S21の振幅と位相。

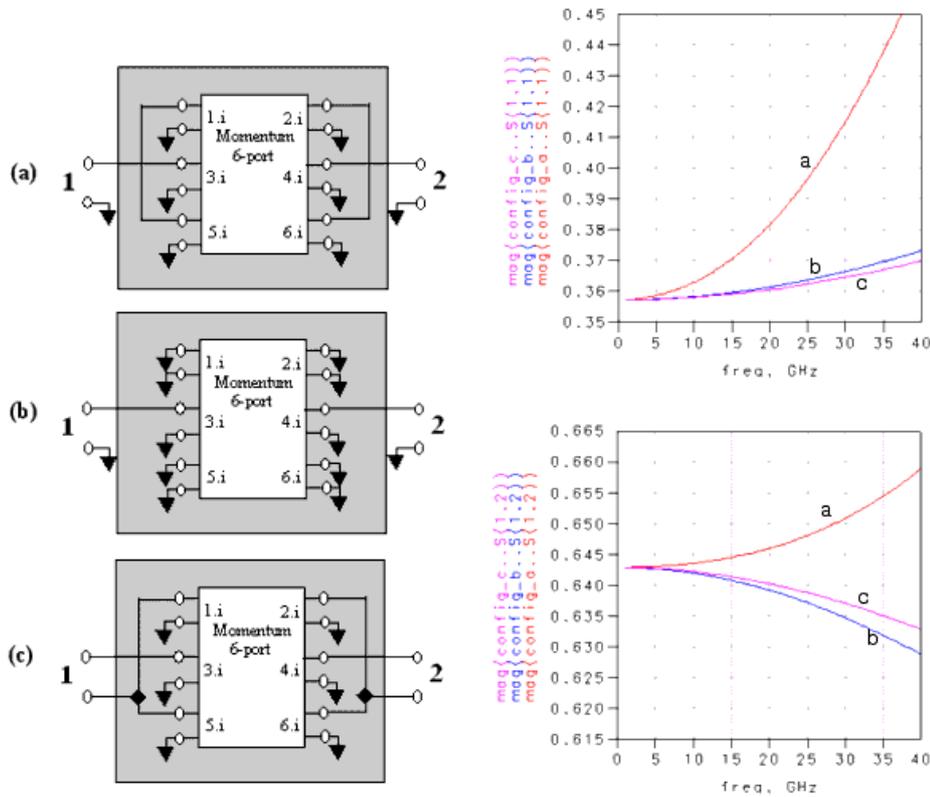
太線がMomentumの結果、細線が測定結果

CPWストラクチャを持つ内部ポート

図A-13と図A-14は、CPWステップ幅ストラクチャとシート抵抗($45 \mu\text{m} \times 50 \mu\text{m}, 50 \Omega$)のレイアウトです。6個の内部ポートがメタライゼーション・レイヤに追加されています。6ポートSパラメータ・モデルが2ポート・モデルに再結合されることにより、CPWモードのSパラメータが記述されます。再結合の方法はいくつかあり、それぞれ異なるシミュレーション結果が得られます。正しい方法は(c)です。内部ポートに対するグランド基準が無限大の球であり、これはCPWポートに対するグランド基準にはなり得ないからです。

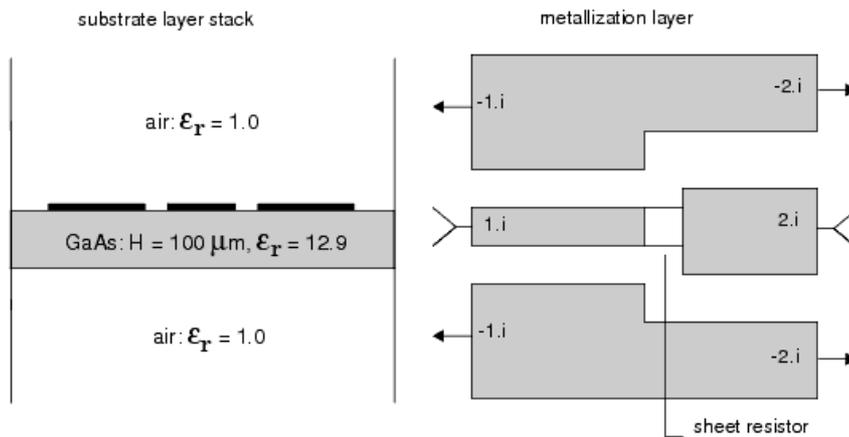


図A-13.CPWステップ幅とシート抵抗



図A-14.シート抵抗付きCPWステップ幅ストラクチャとポート構成、結果

内部ポートをグランド・メタライゼーション・パターンに追加し、ポートを正しく再結合するプロセスは、Momentumに自動的に実行させることができます。このためには、グランド基準ポートを定義します(図A-15)。Momentumで得られたSパラメータは、正しい再結合方式の2ポートのSパラメータと同じです(図A-14 (c))。



図A-15.CPWステップ幅ストラクチャ、内部ポートに対してグランド基準を定義

制限と注意事項

このセクションでは、Momentumの使用にあたって注意すべきソフトウェア的な制限と物理的な注意事項について説明します。

- マイクロ波シミュレーション・モードとRFシミュレーション・モードの比較
- シミュレーション・モードの回路特性への整合
- 高次モードと周波数の上限
- サブストレート波とサブストレート厚さの制限
- 平行板モードと周波数の上限
- スロットライン・ストラクチャと周波数の上限
- ビア・ストラクチャとメタライゼーションの厚さの制限
- ビア・ストラクチャとサブストレート厚さの制限
- CPU時間とメモリの必要量

マイクロ波シミュレーション・モードとRFシミュレーション・モードの比較

Momentumには、マイクロ波モードとRFモードの2つのシミュレーション・モードがあります。マイクロ波モードは全波方程式を使用し、RFモードは準静的方程式を使用します。準静的方程式では、グリーン関数は、より一般的な全波グリーン関数の低周波近似です。RFモードでは近似が行われるので、シミュレーションがより効率的です。近似は、波長と比較して小さい(回路のサイズが波長の半分より小さい)ストラクチャに有効です。

注記
損失のある伝導率仕様を持つ無限グランド・プレーンの場合、マイクロ波モードのMomentumにはグランド・プレーンの高周波損失が含まれますが、RFモードのMomentumは、これらの高周波損失を省略します。

シミュレーション・モードの回路特性への整合

MomentumのRFモードは、要件に応じて、RF/マイクロ波回路のシミュレーションに使用できます。ただしMomentum RFは、通常、回路が電氣的に小さく、幾何学的に複雑で、放射がない場合に、より有効なモードです。このセクションでは、これらの特性について説明します。

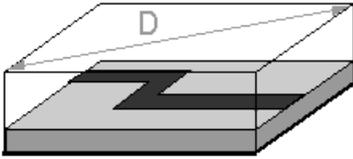
放射

Momentum RFは、RF周波数で正確な電磁界シミュレーション性能が得られます。ただし、RF周波数の上限値は、レイアウト・デザインのサイズに依存します。高周波では放射効果が増加するので、Momentum RFモデルの精度は、周波数の増加と共に低下します。

同様に、サブストレートで表面波(サブストレート・レイヤを伝搬する誘導波)の伝搬が可能な場合は、表面波がRF計算に含まれないため、RFモードの精度がしだいに低下します。

電氣的に小さい回路

Momentum RFは、電氣的に小さい回路に最も有効です。与えられた周波数に対して電氣的なサイズを増加すると、その精度がしだいに低下するからです。回路の物理的な寸法が与えられた周波数の波長の半分よりも小さい場合は、回路はその周波数に対して電氣的に小さいと見なされます。最大回路寸法または最大シミュレーション周波数のどちらか既知の値に応じて、回路の電氣的サイズの定性的近似を決定できます。以下の図に示すように、寸法Dの回路を仮定します。



空間波放射の場合は、以下の2つの式のどちらかを指針として使用すると、シミュレーションの最大周波数を基準とした回路の電気的なサイズがわかります。値 D が既知の場合は、最初の式を使用して、回路が電気的に小さいときの最大周波数を近似します。最大シミュレーション周波数が既知の場合は、2番目の式を使用して、最大許容寸法を近似します。

$$F < \frac{150}{D}$$

または

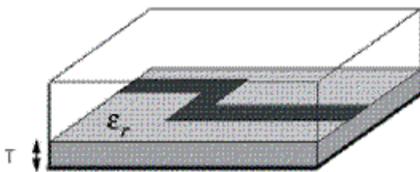
$$D < \frac{150}{F}$$

ここで、

D = 回路の最大対角長 (mm)

F = 最大周波数 (GHz)

表面波放射の場合は、以下の式により、サブストレートが電気的に小さいときの最大周波数の指針が得られます。



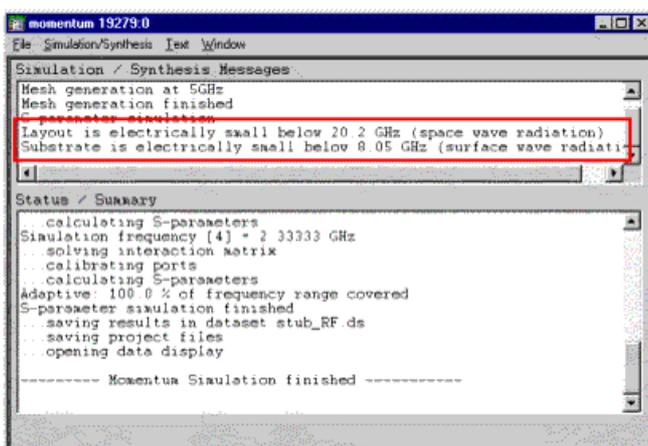
$$\text{Thickness} < \frac{\text{WaveLength}}{\alpha \sqrt{(\epsilon_r - 1)}}$$

$\alpha = 20$ (with groundplane)

$\alpha = 10$ (without groundplane)

$$\text{Freq [GHz]} < \frac{300}{\alpha \sqrt{(\epsilon_r - 1)} T [\text{mm}]}$$

シミュレーション中、Momentum RFが、回路が電気的に小さいと見なされる最大周波数を計算し、その値をステータス・ディスプレイに表示します。レイアウトの寸法と厚さは通常一定であるため上記の式を使用する場合とほぼ同じで、シミュレーション周波数が掃引されます。



形状が複雑な回路

シミュレーション用に生成されるメッシュが、回路の形状が複雑化します。回路は、形状が一様な長方形メッシュに適合せず、メッシュ作成機能により多数の三角形が作成された場合に形状的に複雑であるとみなされます。円、円弧、長方形以外の多角形などの形状を含むレイアウトのメッシュは、通常、多数の三角形を持つメッシュになります。幾何学的な複雑さの増加は、長方形セルに対する三角形セルの比率の増加で示されます。

$$\text{Complexity} = \frac{\text{Triangles}}{\text{Rectangles}}$$

Momentum RFおよびMicrowaveによって提供されるメッシュ低減技術により、電磁界的に冗長な方形セルと三角形セルを除去できます。これにより、シミュレーション時間が短縮するため、効率が高まります。このメッシュ低減アルゴリズムは、トグル・スイッチでオンまたはオフにすることができます。

高次モードと周波数の上限

Momentumは校正およびディエンベディングのプロセスで高次モードを考慮しないため、校正およびディエンベディングされたSパラメータが正しい結果を与える周波数の上限は、ポート伝送ラインの高次モードのカットオフ周波数で決まります。マイクロストリップ伝送ラインに関する経験則として、最初の高次モードのカットオフ周波数(GHz単位)は次の式で求められます。

カットオフ周波数 $f_c = 0.4 Z_0 / \text{高さ}$ 、ここで Z_0 は、伝送ラインの特性インピーダンスです。10 milのアルミナ・サブストレート上の50 Ω マイクロストリップ伝送ラインの場合、周波数の上限は $f_c = \text{約}80\text{GHz}$ です。

平行板モード

2つの無限平行板やグランド・プレーンの間の領域には、平行板モードが存在します。回路を流れるすべての電流は、これらのすべてのモードを励振します。このモードの強度は、電流源によって生成された電磁界が、どの程度平行板モードの電磁界分布に整合しているかに依存しています。

基本モードと高次モードで違いがあります。カットオフ周波数のない基本モードは、任意の周波数で伝搬します。高次モードには、必ずカットオフ周波数があります。この周波数未満では、高次モードは指数関数的に減衰し、信号源周辺の局所的な(リアクティブな)電磁界にしか影響を与えません。この周波数を越えると、基本モードと同様に伝搬し、信号源からエネルギーを取り出せます。

Momentumは、基本モードの影響を考慮します。高次モードは、周波数がカットオフ周波数よりかなり低い場合に限り考慮されます。カットオフ周波数近傍では、警告を発して、カットオフ周波数近傍で高次の平行板モードが検出されたことを報告します。シミュレーション結果は、その周波数以上で精度が低下し始めます。

平行板モードの影響

基本モードは常に存在するので、このモードに的を絞ります。基本モードは、上部プレートから下部プレートへのZ軸に沿って、支配的な電界を持ちます。つまり、このモードは、両方のプレート間に電位差を作り出すということを意味しています。このモードは、ストリップまたはビア上の電流やスロット上の磁流など、回路内の任意の電磁流によって励振されます。これは、無限遠まで伝搬して短絡する(両方のプレートは無限遠で接続されていると考えるため)円筒波のように振る舞います。しかし、無限遠は非常に遠いので、反射波は決して戻ってきません。

対称ストリップ・ラインでは、対称であるためにストリップ上の電流は基本モードを励振しません。しかし、一方のプレートにスロットなどがあれば、非対称になるので、スロットは基本モードを励振します。

校正済みのポートに対するMomentumの結果の精度は、平行板モードが支配的になるに従い劣化します。校正済みポートでは、伝送ラインの基本モードで回路を励振すると仮定されます。しかし、この励振は純粋なものではありません。信号源は、平行板モードでも回路を励振します。両方のモードの成分は直交していないので、平行板モードの効果を校正して取り除くことはできません。結論として、この励振は、伝送ラインの純粋な基本モードによる励振には該当しないことになります。

平行板モードの回避

平行板モードの電磁界の向きはわかっているので、ストラクチャ内の平行板モードが励振されるところにビアを追加してそれらを短絡すれば簡単に回避できることがわかります。

測定に対しても同様の問題があります。両方のプレートをしっかりと互いに接続しなければならないということです。この短絡は無限遠ではなく、ボードの側面のどこかになります。実際のストラクチャでビアを使用しなければ、基本モードが励振される可能性があります。このモードは境界まで伝搬して反射します。したがって、反射は無限遠でしか生じないので、反射が生じないシミュレーションでのストラクチャと、実際のストラクチャは異なります。

実際の測定とシミュレーションとの間の差に対する対策の1つは、ストラクチャの周りにパッケージ(ボックス)を作成することです。もう1つ考えられることは、実物とシミュレーションの両方のストラクチャにビアを追加することです。回路のレイアウト表現を、現実可能な限り近づけるようにしてください。しかし、ビアの実際の形状は、それほど重要でないはずで、実際のストラクチャで実現されている小さな円形のビアを小さなシートを用いて、表現できます。

表面波モード

サブストレートが開いてなく(全開または半開)、均質でない場合は、表面波モードが存在します。平行板モードは、表面波モードの特別な場合と見ることができます。これらの挙動は同一です。両方とも、信号源から動径方向に伝搬する円筒波です。これらは、サブストレートに沿って伝搬します。基本および高次の表面波モードが存在します。このモードの影響などについては、平行板モードと同様の結論が導かれます。

スロットライン・ストラクチャと周波数の上限

校正プロセスでの表面波の精度の低下は、スロットライン伝送ラインの方がマイクロストリップ伝送ラインの場合よりも顕著です。このため、Momentumでスロットライン・ストラクチャをシミュレートすると、マイクロストリップ・ストラクチャよりもいくぶん(10〜20dB程度)高いノイズ・フロアを示します。最善の結果を得るには、スロットライン・ストラクチャに対する最高シミュレーション周波数が次の条件を満たす必要があります。

$$\text{サブストレートの厚さ} < 0.15 \times \text{実効波長}$$

細いスロット・ラインの場合は、この不等式で決まる周波数の上限より多少高い周波数でも正確なシミュレーションが可能です。これに対して幅広いスロットラインの場合、この周波数上限より上では精度の低下が見られます。

ビア・ストラクチャの制限

Momentumでは、ビア・ストラクチャの電流は垂直方向だけに流れることができます。水平方向の電流や循環電流はモデリングされません。ビア・ストラクチャはメタライゼーション・パターンなので、ビアのメタライゼーション損失のモデリングは、マイクロストリップ・ストラクチャやスロットライン・ストラクチャの場合と同一です。

ビア・ストラクチャとサブストレート厚さの制限

ビア・ストラクチャの垂直方向の電流は、Rooftop基底関数でモデリングされます。このモデリングでは、垂直のビア・ストラクチャが1個のセルとして扱われます。正確なシミュレーション結果を得るには、セルの大きさが波長の1/20を超えないようにする必要があります。サブストレート・レイヤの厚さに上限が生じます。電氣的に厚いサブストレート・レイヤをビア・ストラクチャが貫通している場合、Momentumのシミュレーション結果は高周波でいくぶん不正確になります。厚いサブストレート・レイヤを複数のレイヤに分割すれば、複数のビア・セルが作成されるため、より正確な解が得られません。

CPU時間とメモリの使用量

Momentumのシミュレーションに必要なCPU時間とメモリは、回路の複雑さとメッシュの密度に応じて増加します。相互作用行列の大きさNは、メッシュ内のエッジ数と等しくなります。校正されるポートの場合、伝送ライン・ポートに付加されるフィードラインのエッジに応じて未知数が増加します。

CPU時間

Momentumシミュレーションに必要なCPU時間は、次のように表されます。

$$\text{CPU時間} = A + B N + C N^2 + D N^3$$

ここで、

N = 未知数

A, B, C, D = Nと無関係な定数

定数項Aは、シミュレーションのセットアップ時間を表します。線形項BNはストラクチャのメッシングにかかる時間です。相互作用行列のローディングにかかる時間は2次の項で表され、行列方程式を解くための時間は以下で表されます。

- 2次の項の一部(反復ソルバを使用する場合)
- 3次の項(直接ソルバを使用する場合)

定数A, B, C, Dの値は問題に依存するので、予測は困難です。

メモリ使用量

Momentumシミュレーションのメモリ使用量は、次のように表されます。

$$\text{メモリ} = X + Y N + Z N^2$$

ここで、

N = 未知数の数

X, Y, Z = Nと無関係な定数

CPU時間の場合と同様に、与えられたストラクチャに対して定数X, Y, Zを予測するのは困難です。

小〜中規模の問題では、相互作用行列の記憶領域を表す2次の項が常に支配的です。小さいストラクチャの場合は、メモリ使用量がサブストレート

に依存することもあります。サブストレート・データベースの読み取りと補間にある程度のメモリが必要だからです。シミュレータには、時間とメモリのトレード・オフを考慮するアルゴリズムが組み込まれています。このアルゴリズムのために、行列を解くのに必要な量よりも多くのメモリが消費されます。大きな行列の場合は、一般に消費されるメモリは行列の記憶に必要な量の1.5倍以下です。

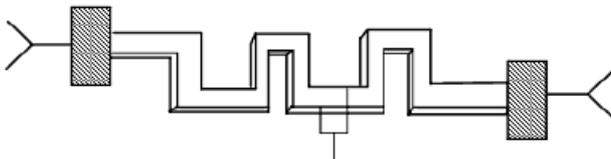
参考文献

1. R. F. Harrington, *Field Computation by Moment Methods*. Maxillan, New York (1968)

ビアによる有限厚さのモデリング

以下の方法で、ビアを使って有限厚さの金属ストラクチャをモデリングできます。

- ストラクチャの上表面をドローイングします。
- 形状を他のレイアウト・レイヤにコピーし、最初の形状と正確に同じ場所に重ねて配置します。形状は完全に一致する必要があります。
- 一方の形状の周囲にシート・ビアをドローイングします。ビアは3番目のレイアウト・レイヤに配置します。
- サブストレート定義の一部として、1つのレイヤをインタフェース・レイヤとし、有限の厚さとモデリングする金属の特性を指定します。このレイアウトをサブストレート定義に適用する際に、上記のインタフェース・レイヤにビアをマッピングし、このサブストレート・レイヤの上下にあるメタライゼーション・レイヤに形状をマッピングします。メタライゼーション・レイヤは必ず2つのサブストレート・レイヤの間にあるので、インタフェース・レイヤの上下に他のレイヤ(空気など)を追加しなければならない場合があります。次の図は、金属ストラクチャのドローイング方法を示します。



Draw the via along the perimeter of one of the strips.



注記

この方法は有限厚さのモデリングには推奨しません。有限厚さの自動モデリングについては、厚みのある導体の自動3次元展開を参照してください。

Momentumのコマンド・リファレンス

Momentumメニュー

Layoutウィンドウ

Simulation Mode

Enable RF Mode / Disable RF Mode

Momentumのシミュレーション・モード設定を、RFモードとマイクロ波モードで切り替えます。どちらの場合も、LayoutウィンドウのMomentumメニュー・ラベルに現在のモードが表示されます。

Substrateメニュー

Open...

定義済みで提供されているサブストレート(YES)またはプロジェクト固有のユーザ定義サブストレート(No)のどちらをオープンするか選択します。

Save

オープンしているデザインのサブストレートと定義されたメタライゼーションを保存します。

Save As...

名前を変えて、オープンしているデザインのサブストレートと定義されたメタライゼーションを保存します。

Delete...

選択したサブストレートを削除します。

Create/Modify...

サブストレート/メタライゼーションの定義を作成したり、既存の定義を修正します。

Update From Schematic

Momentumレイアウトで使用されるサブストレートがスキーマティック(例えば、MSUBコンポーネントで定義)で定義されていて、サブストレートが変更される場合は、*Momentum > Substrate > Update From Schematic*を選択し、レイアウトのサブストレートの情報を更新する必要があります。

Precompute...

- *Substrate > Precompute* - 指定された範囲全体でサブストレート関数を計算します。
- *Mesh > Precompute* - メッシュの事前計算に使用する周波数を指定します。ここで値が定義されていなければ、Global Mesh Setup Panelダイアログ・ボックスまたはPrecompute Substrateダイアログ・ボックスのデフォルト値が使用されます。この周波数はサブストレート定義の範囲内のいかなる値にも設定できません。

Summary...

Momentumプロセスのサマリを表示します。

- *Substrate > Summary* - サブストレート・プロセスのサマリを表示します。
- *Mesh > Summary* - 各セル・タイプの数を表示します。メッシュの計算に使用されるリソースの数も表示されます。完了したすべてのメッシュ計算がレポートされます。
- *Simulation > Summary* - シミュレーション・データのサマリを表示します。RFモードを使用するときには、メッシュ低減計算と準静的計算に関する詳細も含まれます。
- *Optimization > Summary* - Optimizationウィンドウのデータのコピーを表示します。

Port Editor...

レイアウト内のポートのMomentum固有の属性を定義します。サブストレートの誘電体レイヤとスキーマティックのメタライゼーションを定義してからでないと、ポート・エディタはアクティブにできません。

Box-Waveguideメニュー

Add Box...

上側と下側のグラウンド・プレーンの間にあるサブストレート上にボックスを追加できます。

Delete Box

クリックすると前に定義したボックスが削除されます。

Add Waveguide...

上側部と下側のグラウンド・プレーンの間にあるサブストレート上に導波管を追加できます。導波管は、X軸またはY軸に平行に定義できます。

Delete Waveguide

クリックすると前に定義した導波管が削除されます。

Component

Parameters...

レイアウト・パラメータを変更して、そのパラメータ値の一定のステップ変化が元のレイアウトにどのような影響を与えるかを確認できます。

Create/Modify...

レイアウト・コンポーネントを作成または更新するために設定を指定します。

Model Database...

コンポーネントにすでに利用可能なモデルを表示します。すべての利用可能なモデルのパラメータ設定を表示でき、モデルを削除することができます。

Meshメニュー

Setup...

メッシュの計算に使用されるパラメータを定義します。

Precompute...

メッシュの事前計算に使用する周波数を指定します。ここで値が定義されていなければ、Global Mesh Setup Panelダイアログ・ボックスまたはPrecompute Substrateダイアログ・ボックスのデフォルト値が使用されます。この周波数はサブストレート定義の範囲内の任意の値にも設定できません。

Summary...

各セル・タイプの数を表示します。メッシュの計算に使用されるリソースの数も表示されます。完了したすべてのメッシュ計算がレポートされます。

Clear

メッシュ計算後、ストラクチャ上に表示されるメッシュを消去します。

Simulationメニュー

S-parameters...

パラメータを定義し、シミュレーションを実行します。

Summary...

シミュレーション・データのサマリを表示します。RFモードを使用するときには、メッシュ還元計算と準静的計算に関する詳細も含まれます。

Optimizationメニュー

Parameters...

最適化するレイアウト・パラメータを指定します。最適化に関連するデザインをオープンします。指定したパラメータの最適値を表示します。

Goals...

最適化のゴールを指定します。

Run...

最適化を実行します。使用する最適化の方法のタイプを指定します。

Summary...

Optimizationウィンドウのデータのコピーを表示します。

Post-Processingメニュー

Radiation Pattern...

放射パターンを計算するための属性を定義し、計算を実行します。

Visualization...

Momentum Visualizationツールをオープンし、シミュレーション結果を3次元で表示します。

3D EMメニュー**Save Files for 3D EM**

3次元電磁モデリング・ツールへのインポート用に、3次元電磁プロジェクト・ファイルにMomentumデータを書き込みます。ファイルは、現在のプロジェクトの<project_name>/mom_dsn/<design_name>/3DEMに保存され、デザインの形状とMomentumの設定も格納されます。

Momentumの導体損失モデル

表面インピーダンス・モデル

シート導体

momentum.cfgファイルで:

MOM3D_USE_SHEETLOSSMODEL=0,1,2

モデル0: DC抵抗

$$Z_s(t, \sigma, \omega) = \frac{1}{\sigma t}$$

モデル1: 片面表皮効果

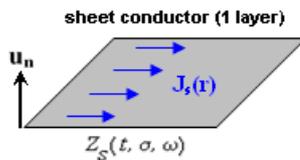
$$Z_s(t, \sigma, \omega) = Z_c \coth(jk_c t) \quad \text{注記:これはADSのデフォルトです。}$$

モデル2: 両面表皮効果

$$Z_s(t, \sigma, \omega) = \frac{1}{2} Z_c \coth(jk_c \frac{t}{2})$$

$$Z_c = \sqrt{\frac{j\omega\mu}{\sigma + j\omega\varepsilon}}$$

$$jk_c = \sqrt{j\omega\mu(\sigma + j\omega\varepsilon)}$$



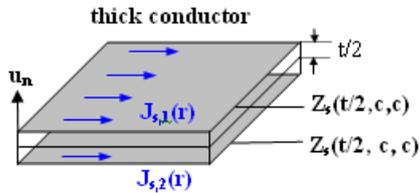
厚みのある導体

momentum.cfgファイルで:

MOM3D_USE_THICKLOSSMODEL=0,1,2

モデル0: 2レイヤ・シート導体

- 各レイヤの厚さは導体の厚さの半分です。
- 各レイヤはDC抵抗でモデリングされます。

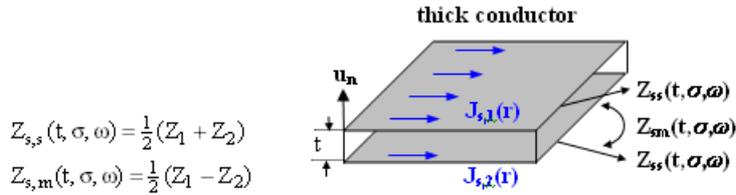


モデル1:レイヤ・シート導体 注記:これはADS 2003Cのデフォルトです。

- 各レイヤの厚さは導体の厚さの半分です。
- 各レイヤは、片面表皮効果でモデリングされます。

モデル2:レイヤ・シート導体 注記:これはADS 2004Aのデフォルトです。

- 上部と下部に2つの表面電流レイヤ
- 両方とも結合した表皮効果でモデリング



$$Z_{s,s}(t, \sigma, \omega) = \frac{1}{2}(Z_1 + Z_2)$$

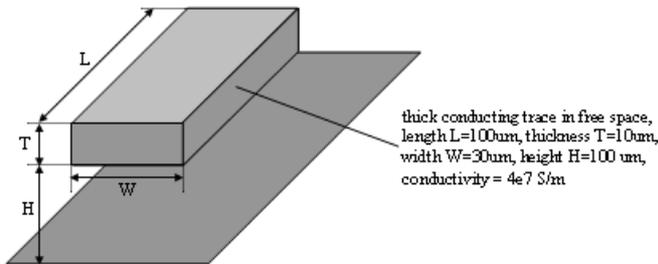
$$Z_{s,m}(t, \sigma, \omega) = \frac{1}{2}(Z_1 - Z_2)$$

$$Z_1 = \frac{Z_{c,1}Z_{c,2}}{Z_{c,1} \tanh(jk_{c,2} \frac{t}{2}) - Z_{c,2} \tanh(jk_{c,1} \frac{t}{2})}$$

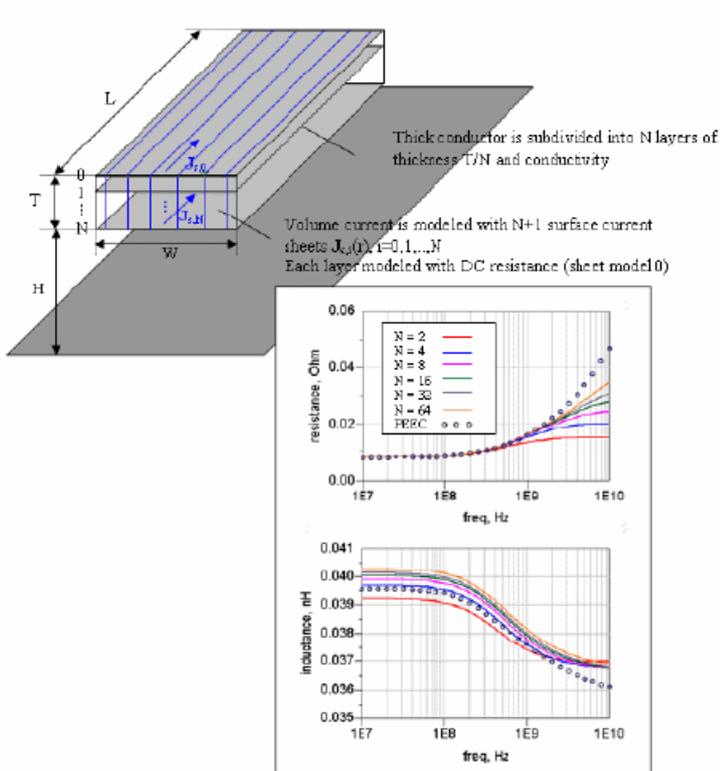
$$Z_2 = \frac{Z_{c,1}Z_{c,2}}{Z_{c,1} \coth(jk_{c,2} \frac{t}{2}) - Z_{c,2} \coth(jk_{c,1} \frac{t}{2})}$$

媒体1 = バックグラウンド・レイヤ、媒体2 = 導体

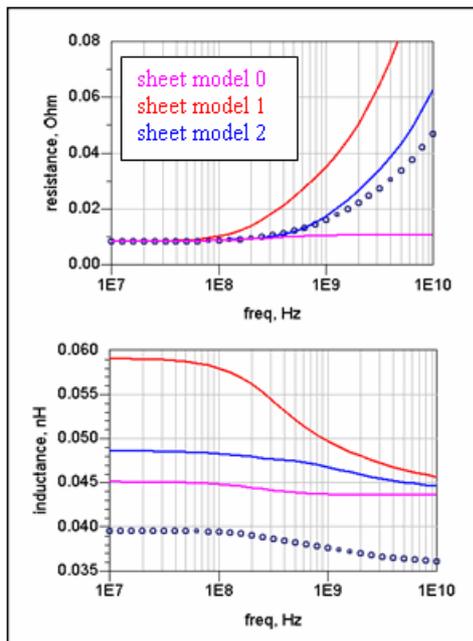
例:自由空間のシングル・トレース



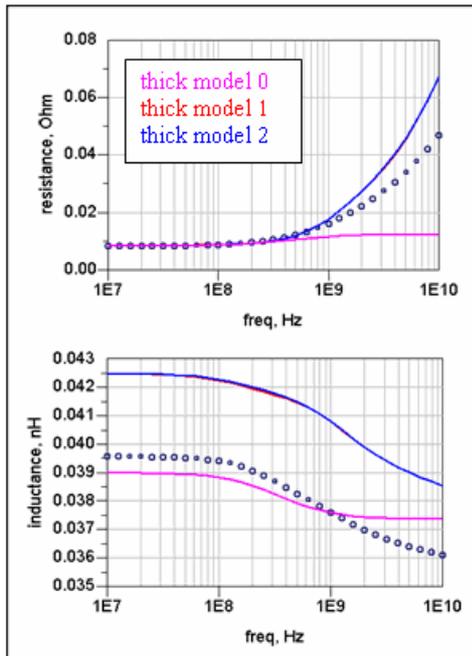
Nレイヤ・シート導体モデルを使用した収束



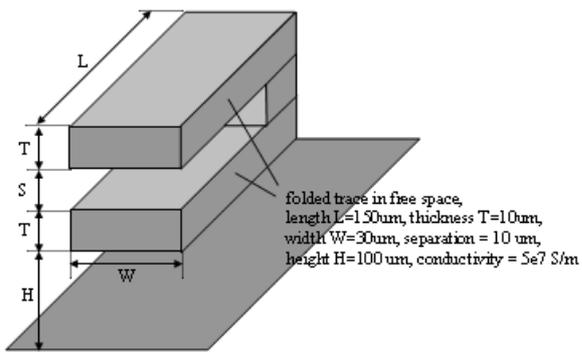
シート導体モデルを使用した結果



厚みのある導体モデルを使用した結果



例:自由空間の折り畳みトレース



厚みのある導体モデルを使用した結果

