

Chapter 22

SPICE Model Synthesis

Sonnet の解析エンジン、*em* は周波数領域の解法で S、Y、Z パラメータが得られます。多くの場合、従来の SPICE エンジンのような時間領域のシミュレータは、周波数領域のデータをインポートできませんし、周波数領域のデータを使う時の効率、安定性、精度に問題があります。

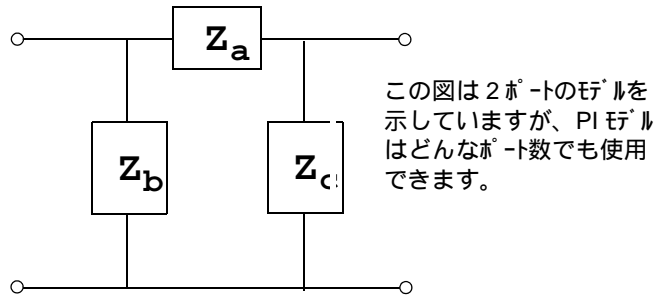
これらの問題を解決するために、Sonnet は周波数領域のデータを SPICE と互換性のあるファイルに出力することができます。ユーザーはニーズに合わせて 3 つの異なるモデルから選択することができます。

この章では、Sonnet に用意されている 3 つの方法をご説明します。

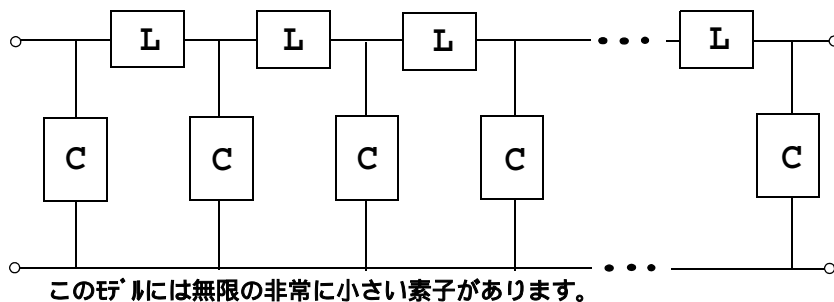
- PI(集中定数素子) Spice モデル
- N 結合線路 (伝送線路) Spice モデル
- 有理多項式を用いた広帯域 Spice モデル (これには Broadband

Spice Extractor ライセンスを別途ご購入いただく必要があります)

1 つめのモデルは S パラメータに合った集中定数素子です。このタイプのモデルは回路はしばしば“ π ”のシンボルに似ているので、このタイプのモデルは PI モデルと呼んでいます。Sonnet では、ユーザが PSpice または Spectre 形式の PI モデルの出力ファイルを指定した時に (project editor では Analysis \Rightarrow Output Files を選択し、response viewer では Output \Rightarrow PI Model File を選択) このタイプのモデルを作ります。PI モデルは狭帯域にのみ適用します。出力されたこのモデルは、以下に示すように大抵、ユーザからは認識されやすく、理解されやすいものです。



2 つめのモデルは N 結合線路 (伝送線路) モデルです。Sonnet ではユーザが LCT 形式の N 結合線路モデルの出力ファイルを指定した時 (project editor では Analysis \Rightarrow Output Files を選択し、response viewer では Output \Rightarrow N-Coupled Line Model を選択) に、このタイプのモデルを作ります。このモデルは 1 つの周波数でのみ有効です。このモデルは多くのよく使われている Spice プログラムで RLGC 行列を生成します。以下は 1 本の無損失の伝送線路の等価回路です。



Chapter 22 SPICE Model Synthesis

3 つめのモデルは、周波数領域と時間領域の間を橋渡しするもので、周波数領域データを有理多項式で適合させます。Sonnet の Broadband Spice Extractor 機能はこの方式を使い、広帯域に渡って有効な回路モデルを提供します。このモデルは前述した集中定数素子とは異なり、設計が直観的に理解できるものではありません。そのかわり、Broadband Spice Extractor 機能は以下のような回路の広帯域のふるまいを示す Spice では “ブラックボックス” として使われるモデルを生成します。このタイプのモデルは広帯域 Spice モデルと呼ばれます。



この章では、Sonnet に自動的に PI モデル、N 結合線路モデル、広帯域 Spice モデルのファイルを合成させるようにする方法を説明しています。PI と N 結合線路の機能は、使用する最も高い周波数の波長に比べても小さい回路に対して有効です。これは、例えばステップ回路や T 分岐、十字分岐などのマイクロ波不連続回路構造を含んでいます。他のアプリケーションには、ロスークのモデル化やインダクタ回路の伝搬遅延、インダクタとアーク、RF 機能を結合したマルチポート回路が含まれます。広帯域 Spice モデルは広い周波数帯域に適合し、AC スイープの回路シミュレータと非定常シミュレータで使えます。

NOTE:

Broadband Spice Extractor は、Broadband Spice Extractor 機能を含む Sonnet からライセンスをご購入されている時にのみご使用になれます。このオプションが使用できるかご不明の場合は、御社のシステムドミニストラーテにお尋ねください。

PI Spice Model

オプションのPIモデルSpice出力ファイルを設定すると、自動的に回路の電磁界解析の結果をもとに、インダクタやキャパシタ、抵抗、相互インダクタンスを用いてモデルを合成します。この情報はその後SPICEの2つのフォーマット（PSpiceまたはSpectreのいずれか）の1つでフォーマットされ、保存されます。

PIモデルSpice生成機能は、励振されている最も高い周波数の波長に比べて小さい回路を意図したものです。一般に、波長の1/20が限界といわれます（回路がかなり大きい場合は、回路を2つ以上に分割し、各々の回路について解析を行なってください）。この制限はいくつかの集中定数で回路をモデル化する時の回路理論の制限です。Sonnetの電磁界解析には本質的にこのような限界はありません。

解析によって得られたモデルには、回路レイアウトのどのポート間の集中定数素子（相互インダクタンスを含む）も含まれます。任意のポートとグラウンドの間の集中定数素子も含まれています。この合成機能にはインダクタに直列に接続された抵抗を指定するのに必要な内部ポート（このポートとは、回路レイアウト上でポートに接続されていないポートのことをいいます）以外は、内部ポートの使用が許されていません。

正確なモデル化を行なうために内部ポートを必要とする回路はすべて、必要な点がポートとなるように、いくつかのパーツに分割する必要があります。グラウンド面のないinternalポートは、誤った結果を得ることになります。Internalポートは注意して設定し、得られた結果が正しいかどうかよく確かめてください。

Using The PI Model Spice Option

PIモデル合成は、それが動作する2つの周波数における電磁界の結果を必要とします。回路を1つの周波数だけで解析する場合は、PIモデルを生成できません。PIモデルは2つの周波数に対して生成されます。2つめの周波数は、1つめの周波数の値に対して、1-ザによって指定されたパーセンテージを追加することによって決定されます。2つめの周波数は、更に、SPICEモデルが生成される次の周波数対の1つめの周波数となります。このようにすべての周波数が使用されるまで、合成が続けられます。

2つの周波数間隔のデフォルトのパーセンテージは10%です。この場合、SPICEモデルは、1つめの周波数と10%の差のある、次に高い周波数を使って生成されます。これはすべての周波数が使われるまで続けられます。例えば、10%離れ、0.1 GHzの分解能で10 GHzから40 GHzまで周波数スイープを実行すると、始めのいくつかの周波数は10、11、12.1、13.3 GHzとなります。

解析が終了したら、正当な値が得られているかどうか常に“妥当性のチェック”をしてください。まずエラーが得られてしまった場合は、その失敗の原因として、周波数が高すぎるか低すぎるということがあります。周波数が低すぎる場合は、解析結果のSパラメータが同じ値になってしまい、おかしなSPICEモデルとなるかもしれません。解析結果がよいか確認するためには、異なる周波数を指定して、回路を再度解析します。2つの解析でほとんど同じ結果が得られたと思います。

PIモデルSpiceデータは2つの異なる方法で得られます。1つめは解析を実行する前にオプションの出力ファイルを指定する方法です。2つめはresponse viewerからPIモデルを生成する方法です。2つめの方法は、先に述べたデータチェックをSPICEデータファイルを作成する前に行なうことができるという利点があります。

Response viewerからPIモデルSpice出力ファイルを指定するには次のように行います。

1 所望の周波数で回路を解析します。

解析エラーが表示され、解析の過程を表示します。解析結果に2つ以上の周波数がある場合には、各周波数対に1つずつ、複数のSpiceモデルが1つのファイルの中に作られることにお気づきいただくことは重要です。



2 解析が終了したら解析エラーのツールバー上のView Response ボタンをクリックします。

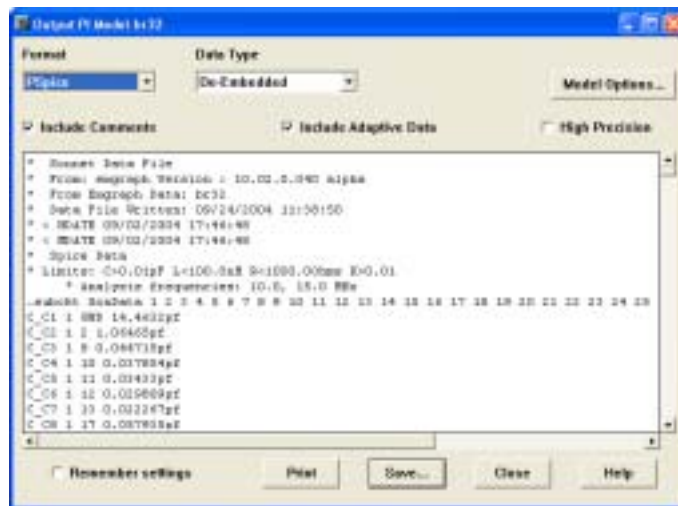
応答データのプロットとともに response viewer が起動されます。

- 3 **Response viewer legend (左枠内のキャプション)の中のプロット名をクリックして、これを選びます。**

選ばれていることを示すために、プロット名の外周に枠組みが表示されます。Response viewer に複数のプロットをオープンして、Spice 生成コマンドを使用する前にプロットを選択していない場合は、ウィンドウが表示され、所望のプロットが選択できます。

- 4 **Response viewer のメニューから Output ⇒ PI Model File を選択します。**

Output PI Model ダイアログボックスが画面に表示されます。Output PI Model ダイアログボックスの出力ウィンドウに、デフォルトの PSpice 形式で PI モデルの Spice データを表示します。



- 5 **Format ドロップリストから 所望のファイルのフォーマットを選択します。**

フォーマットに Spectre (PSpice がデフォルト) を選択すると、出力ウィンドウの内容が更新されます。

6 SPICE データのパラメータを変えるために Model Options ボックスを開きます。

PI Model Options ダイアログボックスが表示されます。モデルの集中定数素子の数を減らすには、以下のようにここで各回路素子の制限値を指定します。



値は次のように定義されます。

RMAX: 抵抗値 (オーム) の最大値。デフォルト値は 1000.0 オーム。

CMIN: キャパシタンス (pF) の最小値。デフォルト値は 0.01 pF。

LMAX: インダクタンス (nH) の最大値。デフォルト値は 100.0 nH。

KMIN: 相互インダクタンス (無次元の比) の最小値。デフォルト値は 0.01。

RZERO: すべての無損失のインダクタと直列につながる抵抗 (オームで表わす抵抗)。SPICE のいくつかのパージョンでは必要。デフォルト値は 0.0。

Separation: SPICE モデルを生成するために使用される 2 周波数の計算の間隔です。これはパーセンテージで指定されます。1 つめの周波数の 2 つめの周波数に対する指定されたパーセンテージを追加することによって、2 つめの周波数が得られます。

周波数コントロールにおいてユーザが指定した許容範囲を超えて計算した成分値はすべて、集中定数回路モデルの結果から除外されます。RZEROの入力行は、数値的な問題を避けるために、損失の小さいインダクタが必要となるSPICEのパラメータに必要です。デフォルト値を0.0とすれば、この機能は使用できません。

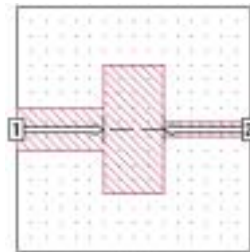
所望のパラメータの値を PI Model Options ダイアログボックスの中に入力します。

- 7 PI Model Options ダイアログボックスの OK ボタンをクリックして変更事項を適用し、ダイアログボックスを閉じます。
- 8 Output PI Model ダイアログボックスの Save ボタンをクリックします。

Browse ウィンドウが表示され、出力ウィンドウに表示されたデータを保存できます。ファイルの拡張子は、ユーザが選択した SPICE のフォーマットのタイプによって異なります。

A Simple Microwave Example

以下は [Ste_sym](#) の例題、シンプルなステップの不連続部で、その次の図はオプションの PI モデル Spice 出力ファイルを設定した時に生成された PI モデルです。

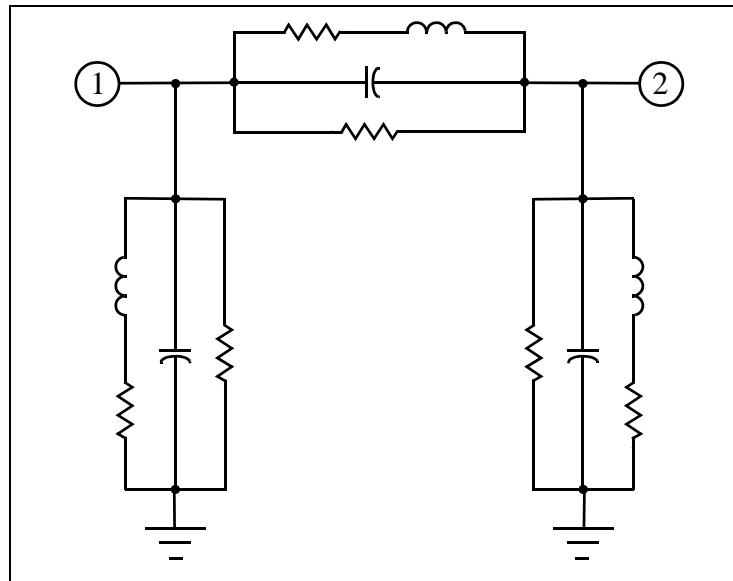


```
* Limits: C>0.01pF L<100.0nH R<1000.0Ohms K>0.01
* Analysis frequencies: 1000.0, 1100.0 MHz
.subckt SonData 1 2 GND
C_C1 1 GND 0.273341pf
C_C2 2 GND 0.232451pf
L_L1 1 2 0.310155nh
.ends SonData
```

集中定数素子モデルにはグラウンド (ノード GND) への2つのキャパシタとノード 1とノード 2間を接続する1つのインダクタがあります。

Topology Used for PI Model Output

E_m によって生成された集中定数回路モデルのポロジ-は、解析される回路に依存します。一般的に、このモデルには各々のポートからグラウンドに並列に接続されたインダクタ (損失がある場合に抵抗に直列に入る) やキャパシタ抵抗 (損失がある場合) が含まれています。同様に RLC ネットワークも各々のポート間に接続されます。従って、4ポート回路には2ポート回路よりも回路エレメントがあることが考えられます。ネットワーク内の各々のインダクタの間にはそれぞれ、相互インダクタンスが発生します。下図は、2ポートネットワークで考えられる最も複雑な等価回路を表わしています (相互インダクタンスは示されていません)。また、開放回路の制限を越えた値は含まれません。



PI モデルを使った2ポート回路の等価回路。各インダクタ間には当然、相互インダクタンスが存在しますが、ここでは示されていません。開放回路の制限を超えた値を持つ成分は、SPICE ファイルには記述されません。

N-Coupled Line Option

ユーザの回路に1本または複数の結合線路がある場合は、Spiceプログラムに用意されている伝送線路のモデルを使うべきです。ほとんどのSpiceプログラムには、単線あるいは複数本の伝送線路のための素子があり、単線には単位長さあたりのキャパシタンスとインダクタンスを入力でき、複数の結合線路には、キャパシタンスとインダクタンスの行列を入力します。Sonnetでは、LCTフォーマットのSpiceファイルを生成することができ、これはそれほど難しくなく、他のフォーマットに適合するために編集することができます。

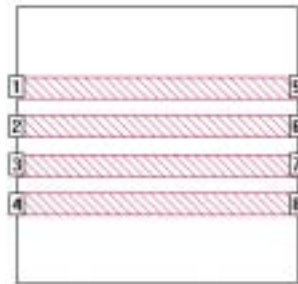
そのようなデータを使用する解析は、単に集中定数だけを用いる解析よりもかなり高速です。またTEMモード伝搬が適切に近似されている場合はすべての周波数において精度は十分保たれています。

1本の線路において、LやCという分布定数パラメータは、それぞれ1つの数値で表わします。N-結合線路においては、LやCは $N \times N$ 行列の形になります。金属の損失が与えられると、Rも行列の形態をとります。抵抗は、インダクタンスに対して直列に入ります。誘電損がある場合は、Gが計算に組み込まれます。コンダクタンスは、キャパシタンスに並列に入ります。この合成過程で、計算されたSパラメータから、GとRのどちらの行列が必要かを決定しますが、回路のジオメトリ(図形)からは決定されません。

RLCG行列を生成するにはresponse viewerでOutput ⇒ N-Coupled Line Model Fileを選択するか、またはproject editorのメニューからAnalysis ⇒ Output Filesを選択した時にオープンされるGenerate Default Output FilesダイアログボックスのN-Coupled Line Modelボタンをクリックします。この解析コントロールには1つの周波数だけを指定する必要があります。ここで2つの周波数が指定されていれば、2つのRLCG行列などが生成されます。

このプロシージャには、入力として1個からN個のポートと出力としてN+1個から2N個のポートを持ったN-結合線路を定義しておかなければなりません。線路Mの入力はポートMで、出力はポートM+Nです。ソフトウェアは、この条件をチェックしますが、ポートの番号が偶数でないと、警告メッセージを出して

きます。この制限は、PSpice ファイルや LC Spice ファイルを作成する時には適用されず、LCT ファイルを作成する時のみに適用されます。N の数には制限がありません。N = 4 の例を以下に示します。



結果は単位長さあたりになり、ここでいう単位長さはデフォルトされた N- 結合線路の長さになっています。その長さは、解析に用いた周波数における波長に比べて短くするべきです。

Broadband SPICE Model

NOTE:

Broadband Spice Extractor は、**Broadband Spice Extractor** 機能を含む Sonnet からライセンスをご購入されている時のみご使用になれます。このオプションが使用できるかご不明の場合は、御社のシステムドミニストラーにご相談ください。

広い範囲に渡って有効な Spice モデルを生成するために、Sonnet の broadband SPICE Extractor 機能は S パラメータに“適した”有理多項式をみつけます。この多項式は、PSpice または Spectre フォーマットで等価集中定数素子の回路を生成するために使用されます。この S パラメータは広い周波数帯域に渡って適合するので、生成されたモデルは AC スイープの回路シミュレータと非定常シミュレータで使えます。

広帯域 Spice ファイルを作るには、response viewer でプロジェクトをオープンし、メニューから Output ⇒ Broadband Model File を選択します（または project editor で Analysis ⇒ Output Files マットを使用して広帯域モデルを作ることができます。詳しくはオンラインヘルプをご覧ください）。これで Output Broadband

Model File ウィンドウがオープンされ、このプロシミュエータの解析データにもとづいた広帯域 SPICE ファイルを計算することができます。広帯域 Spice ファイルを生成するために、最低 50 の周波数点が必要です。従って、解析周波数点を確保するために、回路を解析する時に ABS スイッチを使うことを是非ともお勧めします。ユーザの回路にパラメータ化オプションかオプティマイゼーションのデータが含まれ、1 つ以上のパラメータまたは反復の組み合わせを選択している場合は、すべての広帯域 Spice テーブルを含む 1 つのファイルか、または各々が設定された組み合わせになっている複数のファイルを作ることを選ぶことができます。

Class of Problems

正確な広帯域 Spice テーブルが生成されないいくつかのタイプの応答があることをご承知おきください。

- 応答データにデータポイントからかなり離れたデータ点が含まれている場合（ボックス共振や狭い帯域のスパイクのような）は、広帯域 Spice テーブルは応答を正確にテーブルしません。
- 広帯域 Spice テーブルは、一般的には -60 dB 以下の応答データについては、精度が得られません。
- ゆるやかな曲線は、時々直線もフィットさせられます。
- Broadband Spice Extractor は能動回路についてのみ検証されています。
- Broadband Spice Extractor は *em* で生成される S パラメータを使って検証されているだけです。しかし、広帯域 Spice テーブルを作るために、他のシミュレータや測定データで作られた S パラメータを使うことができます。

テーブルの正確さに関心があるのであれば、広帯域 テーブルを作るために使用された同じ有理多項式で生成された S パラメータのデータを読んで調べ、広帯域 Spice テーブルの実用性を判断するべきです。

NOTE:

テーブルの作成に必要な計算時間がかなり長いものになるかもしれないことをご承知おきください。計算時間は回路のポート数の 2 乗と解析周波数の数を掛けた値に比例します。

Creating a Broadband Spice Model

Em の解析の結果として作られた応答データを使って、広帯域 Spice モデルを作ります。最良の結果を得るには、Adaptive スイプ (ABS) を使って回路を解析し、周波数に渡って等間隔に展開された応答データを得ます。以下の手順で response viewer で使用される方法を説明します。Project editor での広帯域 モデルファイルの設定の詳細は、オンラインヘルプをご覧ください。

Em で回路の解析が終了したら、以下の手順で広帯域 Spice モデルを作ります。

- 1 **Response viewer でプロットをオープンします。**
- 2 **Response viewer のメニューから Output => Broadband Model File を選択します。**

Response viewer に 1 つ以上のプロットがオープンしている場合は、ウィンドウが表示され所望のプロットを選択できます。

- 3 **Project ドロップリストから所望のプロットを選択します。**
1 つのプロットには、一度に 1 つの広帯域 Spice モデルしか作れません。
- 4 **OK ボタンをクリックしてプロットを選択し、ダイアログボックスを閉じます。**
Output Broadband Model File ダイアログボックスが表示されます。Help ボタンをクリックしてオンラインヘルプをご覧ください。特別なコントロールや入力の説明については、操作に応じたヘルプをご覧ください。
- 5 **Format ドロップリストから Broadband モデル: PSpice か Spectre をファイルのフォーマットに選択します。**

Spice ファイルには PSpice と Spectre の 2 つのフォーマットが用意されています。PSpice ファイルは拡張子 “.lib”、Spectre ファイルは拡張子 “.scs” を使います。

6 Model File テキスト入力ボックスに Spice モデルファイルの所望の名前を入力します。

デフォルトのファイル名が与えられ、広帯域 Spice モデルファイルをユーザのワイドバンドと同じディレクトリに置きます。ユーザが複数のパラメータの組み合わせを選択している場合には、各組み合わせについて1つのファイルが作られます。別のファイル名を使いたかったり、別の場所にファイルを保存したい場合は、テキスト入力ボックスを編集できます。

7 所望の誤差の閾値を入力します。

設定した誤差の閾値が低いほど、そのモデルの計算時間が長くなります。誤差の閾値は元データとフィットした曲線との間に存在する誤差で、以下のよう定義されています。

$$Error = \frac{\left(\sum_{f=1}^N |s(f)_{Source} - s(f)_{Fit}| \right)}{N} \cdot 100$$

ここで、 f = 周波数点の値

N = 周波数点の総数

$s(f)_{Source}$ = 元となるワイドバンドの応答における周波数点 f での S パラメータの値

$s(f)_{Fit}$ = フィットした曲線データの周波数点 f での S パラメータの値

誤差の閾値に到達した時や、誤差を改善することが無理だということが判明すると、広帯域 Spice モデルの計算は停止します。初めはデフォルト値の 0.5% を使い、閾値は 0.1% 以下には設定しないことをお勧めします。

8 Generate Predicted S-Parameter data file がまだ選択されていないならば、これを選択します。

このオプションはデフォルトで選択されます。このオプションが選択されると、それが元になって作られているモデルがファイルに出力されます。チェックボックスの下にファイル名が表示され、これは変更できません。モデルのファイルが作られた

ディレクトリにそのファイルが作られます。モデルの作成が終了したら、response viewer を使って、元の応答データと Predicted S-Parameter データを比較して、広帯域モデルの精度を評価することができます。

9 Create ボタンをクリックして、広帯域 Spice モデルを作ります。

プログレスウィンドウが表示されます。モデル作成に必要な処理時間はかなり長くなるかもしれないことをご承知おきください。処理時間は、回路のポート数の 2 乗と、解析周波数の数を掛けたものに比例します。このプロセスが終了する前にこれを停止したい時は、プログレスウィンドウの Cancel ボタンをクリックします。

10 計算が終了すると、Broadband Spice details ダイアログボックスが表示されます。

Creation process のログが表示されます。このログには各パラメータの誤差についての情報や最も大きな誤差を持っているパラメータ、そして生成された S パラメータデータが含まれています。これはまた、このモデルが誤差の閾値に達したかどうかを示します。Response viewer でこの情報を使って、どのパラメータにするかを決定します。最も大きな誤差のある S パラメータや、誤差が 0.1% 以上のクリティカルな S パラメータを見る必要があります。

ログについての詳しい説明は、375 ページの "Broadband Spice Extractor Log" をご覧ください。

11 Plot ボタンをクリックして、応答データ対生成された S パラメータデータのグラフをオープンします。

元の応答データとともに生成された S パラメータデータが response viewer に表示されます。最も大きな誤差のある S パラメータと、誤差が 0.1% 以上の他のクリティカルな応答データを見て、このモデルの "適合性" と精度が十分に一致に合ったものかを判断する必要があります。

そのモデルが十分な精度でない場合は、377 ページの "Improving the Accuracy of the Broadband Spice Model" で、広帯域 Spice モデルをよいものにするための提案をご覧ください。

Checking the Accuracy of the Broadband Spice Model

広帯域 Spice モデルの計算中に作られた S パラメータを保存して、モデルが完成した時にそのモデルの精度を視覚的にチェックすることができます。この S パラメータを保存するには、モデルを作る時に Output Broadband Model File ダイアログボックスの **Generate Predicted S-Parameter data file** チェックボックスを選択します。この S パラメータは、広帯域 Spice モデルファイルと同じディレクトリに作られます。

広帯域モデルの作成が終了したら、response viewer で元のプロジェクトをオープンし、この S パラメータファイルがラジに追加して、2 つの応答を比較すべきです。Response viewer で広帯域モデルを作成していればモデルの完成時に表示される Broadband Spice Details ダイアログボックスの Plot ボタンをクリックすると、これが自動的に行われます。次の節で説明しますが、Details ウィンドウのグラフ情報を使って、最も大きな誤差をもつパラメータや、誤差が 0.1% 以上のクリエイティブな誤差を決定します。これらのパラメータをチェックして、曲線にフィットしたデータがどれくらい回路の応答と違うか見てください。

広帯域 Spice モデルが非定常解析に使用される場合は、 $1/T$ (ここで T は最小タイムステップ) までのモデルの周波数の応答が重要であることをご承知おきください。Advanced Broadband Model options ダイアログボックスを使って、追加の $1/T$ までのデータを指定します。このダイアログボックスを表示するには、project editor では Broadband Model File entry ダイアログボックスの Advanced ボタンをクリックし、response viewer では Output Broadband Model ダイアログボックスの Advanced ボタンをクリックします。このダイアログボックスで *em* の解析に含まれていないデータ点でのモデルの周波数応答を表示することができます。その応答の中で、1 より大きな S パラメータや予期しない鋭い共振のような、モデルの問題点を示す異常な箇所を捜せるはずです。

そのモデルが十分な精度でない場合は、377 ページの "Improving the Accuracy of the Broadband Spice Model" で、広帯域 Spice モデルをよいものにするための提案をご覧ください。

Broadband Spice Extractor Log

Broadband Spice details ウィンドウに表示される Broadband Spice Extractor ログには、Spice モデルファイルの生成についての詳しい情報が含まれています。ログの概要やログのすべてを表示することができます。ログの概要を見るには、ウィンドウの下方の Summary ボタンをクリックします。ログの全表示に戻るには Complete ボタンをクリックします。

Spice モデルが使用上、十分な精度か否かを判断するのに、どのパラメータを調べるかを定めるために、このログを使います。2つのログファイルを以下に示します。1つめのログは誤差の閾値に達したモデルのもので、2つめの

Sonnet User's Guide

これはすべてのパラメータに誤差の閾値が達していないモデルのものです。誤差の閾値より大きな誤差を持つすべてのSパラメータに警告メッセージが出されません。

```
Generating files coup_end.lib and coup_end_predict.snp.
--Model Log for coup_end--
Data set has 201 points and 4 ports

--Model Options--
Error threshold(%) = 0.5
Output predicted file: C:\Program Files\sonnet\project\coup_end_predict.snp
Max order target: 200

--Model Results--
S11 Order = 2      Error(%) = 0.03850722
S12 Order = 2      Error(%) = 0.005954352
S13 Order = 2      Error(%) = 0.005379771
S14 Order = 2      Error(%) = 0.02510101
S22 Order = 2      Error(%) = 0.001637623
S23 Order = 2      Error(%) = 0.001033019
S24 Order = 2      Error(%) = 0.005380005
S33 Order = 2      Error(%) = 0.001635971
S34 Order = 2      Error(%) = 0.005951772
S44 Order = 2      Error(%) = 0.03853657

--Model Summary for coup_end--
Maximum error was for S44, Error(%) = 0.0385366
Total model time: 0.391 seconds
Model coup_end successful
```

誤差の閾値

曲線のフィットデータファイル

Maximum Order

Sパラメータの誤差

最も大きな誤差のあるSパラメータ

すべてのSパラメータで誤差の閾値に達したことを示す

```
Generating files matchnet.lib and matchnet_predict.snp.
--Model Log for matchnet--
Data set has 1246 points and 2 ports

--Model Options--
Error threshold(%) = 0.5
Output predicted file: C:\Program Files\son-
net\project\matchnet_predict.snp
Max order target: 200

--Model Results--
S11 Order = 203   Error(%) = 1.387911  WARNING: Error threshold
of 0.5 (%) not achieved
S12 Order = 208   Error(%) = 2.984112  WARNING: Error threshold
of 0.5 (%) not achieved
WARNING: Poor figure of merit on S12 parameter. Visual inspection
of predicted S12 recommended.
S22 Order = 214   Error(%) = 1.833756  WARNING: Error threshold
of 0.5 (%) not achieved
WARNING: Model prediction is not passive at 112 frequency points.
Error threshold may need to be decreased or input data may be non
passive.

--Model Summary for matchnet--
Maximum error was for S12, Error(%) = 2.98411
Total model time: 25 minutes 43 seconds
Model matchnet finished with no errors, 5 warnings
```

誤差の閾値

曲線のフィット
データファイル

警告メッセージ

すべてのSパラメータに“適合”が見つ
かったがいくつかの誤差は誤差の閾値
を超えたことを示す

Improving the Accuracy of the Broadband Spice Model

広帯域 Spice モデルの精度を高める必要がある場合は、いくつかの戦略があります。

- 広帯域モデルが、ユーザの誤差の閾値に適ったが、まだ条件を満たしていない場合、誤差の閾値を少なくしてモデルの精度を上げることができます。しかし、誤差の閾値を下げると処理時

間は大幅に長くなることをご承知おきください。大抵、0.1%以下の値にすると、とても受け入れられない長い解析時間となります。

- 応答データに 200 以上の周波数点がある時は、応答データの周波数の数を減らしてみてください。これを行うには project editor で Analysis ⇒ Clean Data コマンドを選択して応答データを削除し、その後、粗い分解能で別の Adaptive スイープ (ABS) を実行して、より少ないデータ点を作りますが、50 のデータ点よりは多くします。Project editor の Advanced Options ダイアログボックスで、adaptive スイープの分解能を変更することができます。Analysis ⇒ Setup を選択し、表示された Analysis Setup ダイアログボックスの Advanced ボタンをクリックします。
- 影響のあるクリティカルな周波数帯域のデータ点を増やし、それほど重要でない周波数帯域のデータ点を減らします。