

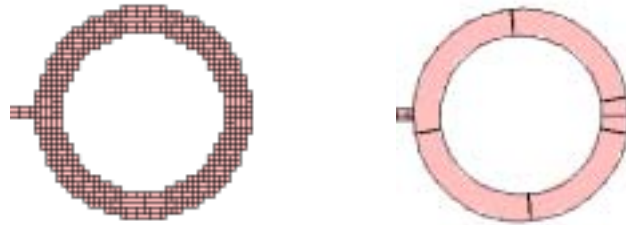
Chapter 11 Conformal Mesh

Introduction

矩形でない図形を持つ回路の解析は、そのような図形の形状のデ・リクに必要なサブセクション数が、矩形の図形に必要なサブセクション数よりかはるかに多くなるので莫大なメモリ容量と処理時間が必要です。コンフォーマルメッシングは斜めまたは曲部のある図形の縁を持つ回路の解析に必要なメモリと計算時間を大幅に減らすことができる技法です。

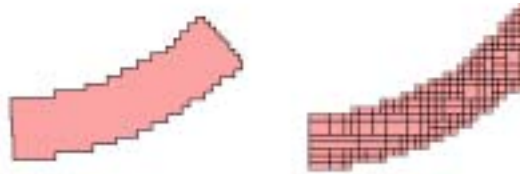
この技法は、斜め線や曲部の輪郭を持つ列をまとめます。階段状の充填は X 方向と Y 方向には非常に小さなサブセクションとなるのに対し、コンフォーマルメッシュは図形に沿ったわずかなサブセクションとなります。より少ないサブセクションは、解析に必要なメモリを少なくし、処理時間は早くなります。

今までのメッシュ技法では、矩形でない大きなサクションはマクスウェルの方程式によって必要とされる線路の縁部に集中して流れる電流は含みませんでした。その解析結果は損失とインダクタンスをかなり過小評価したかもしれません。一方、Sonnet のコンフォーマルメッシング¹ は自動的にコンフォーマルな各セクションの縁部の高い電流を含みます。コンフォーマルメッシング¹ では、Sonnet は大きなサクションを用いることにより非常に速く解析を終え、また同時に、小さなセルを使った時の精度を享受することができます。特許を得た¹ Sonnet のこの機能はユニークなものです。



上の図形はコンフォーマルメッシング¹ に適した典型的な回路です。左図は階段状の充填を使用して作成した矩形のサクションです。この解析結果は約 800 サクション (未知数) でした。右図はコンフォーマル充填を用いて作成したコンフォーマルセクションで、この解析結果は約 130 サクションのみでした。ここに示した各々のコンフォーマルなサクションは、多数のサクションに相当しています。

コンフォーマルなセクションは、標準のサクション同様、セルから構成されているので、実際の金属導体は下図のように、図がスムーズな縁の時には依然 "ギザギザ" した縁があります。しかし、このセクションはコンフォーマルメッシング¹ のおかげでかなり大きくすることができます。基礎となるグリッドを十分に小さくして余分なメモリと解析時間を生じさせずに、正確に回路の寸法を変更することができます。



¹U.S. Patent No. 6,163,762 issued December 19, 2000.

コンフォーマルメッシングは、サブセクション数を減らす場所で使用すべきです。斜め線またはカーブした縁がない矩形の図形では、矩形のサブセクション（デフォルト指定されている）を使用すると更に効果的です。しかし、もし図形にカーブした縁がある場合は、コンフォーマルメッシングで解析が速くなります。

コンフォーマルメッシュの使用方法については、69 ページの "Conformal Mesh Subsectioning" をご覧ください。

Use Conformal Meshing for Transmission Lines, Not Patches

コンフォーマルメッシングではほとんどの電流がコンフォーマルセクションの縁に平行に流れるものと仮定しています。これは伝送線路にはよく適合します。しかし、これは大抵パッチアンテナのような図形には適合しません。x 方向と y 方向共に大きな領域の金属導体については、高い電流が X 軸の縁部と Y 軸の縁部とに同時に平行に流れる可能性があります。コンフォーマルメッシングはこれらの電流の片方だけを含むことができます。従って、コンフォーマルメッシングは伝送線路の図形にのみ使用されるべきです。伝送線路の図形は波長に比べて短い“線路幅”を持っています。

Applying Conformal Meshing

コンフォーマルメッシングは金属の図形の property（属性）として付けられます。ある図形にコンフォーマルメッシング機能を使用するには次のようにします。

- 1 所望の図形をクリックするか、ラツツして選択します。

選択された図形が強調表示されます。

- 2 メインメニューから Modify ⇒ Metal Properties を選択します。

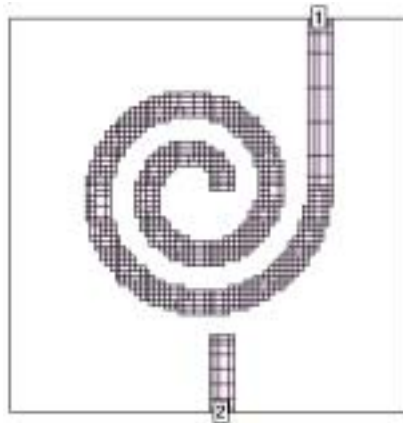
Metal Properties ダイアログボックスが表示されます。



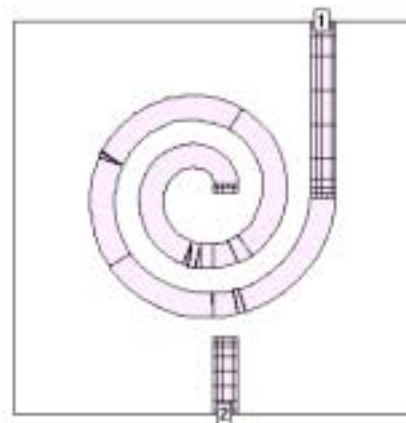
- 3 Fill Type ドロップリストの “Conformal” を選択します。
- 4 OK ボタンをクリックしてこの変更事項を適用し、ダイアログボックスを閉じます。

回路の図形は何も変わりません。違いを見るには Analysis ⇒ Estimate Memory コマンドを使用する必要があります。Estimate Memory ダイアログボックスが表示されたら、View Subsections ボタンをクリックします。以下に同じスクリプトへのサブセクションを示します。左の回路は矩形のサブセクションを使用し、右の回路ではコンフォーマルなサブセクションを使用しています。矩形の

サブセクションではこのスパイラルインダクタに対して、コンフォーマルメッシングよりもはるかに多くのサブセクション数を使用していることに注目してください。矩形のサブセクションは両方とも給電線に使用されました。



矩形のサブセクション (デフォルト) の
スパイラルインダクタ



コンフォーマルなサブセクションのスパイラルインダクタ

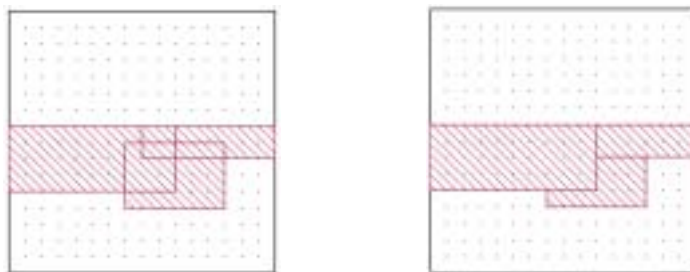
コンフォーマルメッシングを選択すると、Metalization Properties ダイアログボックスのサブセクションのコントロールである Xmin、Ymin、XMax、YMax、Edge Mesh は使用不可で無視されます。

Conformal Meshing Rules

この解析エンジンでは、コンフォーマルメッシングは新機能であり、精度や処理時間に影響を及ぼすような条件がすべて、project editor の中で自動的に見つけれられるわけではありません。以下にコンフォーマルメッシングを使用する上で解析エンジン *em* でエラーが生じるのを防ぐために従うべき、いくつかの基本的なルールを述べます。

Rule 1: Polygon Overlap

回路の中で図形のいずれかがコンフォーマルメッシングを使用している場合は図形間で重なり合わないようには作図したり、移動すべきです。2つの図形が重なり合ってもエラー条件にならない可能性がありますが、最も堅実な使い方は重なり部がないということでしょう。下図をご覧ください。

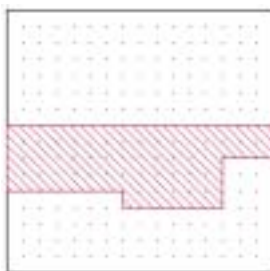


左の回路には重なりあっている3つの図形があり、下の図形はコンフォーマルメッシングを使用しています。これは *em* からエラーメッセージが出され、解析はストップします。右の回路には図形間に重なり部がなく、エラーは生じません。



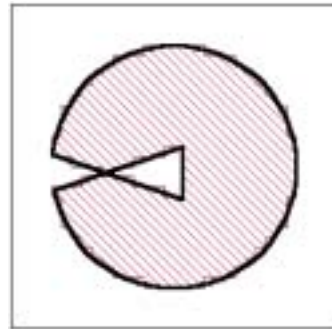
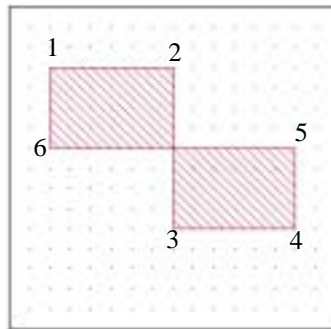
TIP

回路で重なり部のない同じ図形を維持するには、図形上で Edit ⇒ Merge Polygons コマンドを使用します。これは同じ金属タイプを使用します。3つの図形が同じ金属タイプである上の例題で Merge コマンドを使用した様子を以下に示します。



Rule 2: Figure Eight Polygons

コンフォーマルメッシングの図形はその図形の中に包み込むべきではありません。言い換えれば、その頂角が8の字結びを形成すべきではありません。これを行なうとエラーメッセージが出され、*em* は解析をストップしてしまいます。この種類の図形の2つの例を以下に示します。左の図形では、頂角は追加された順に番号が振られています。

**Rule 3: Adjacent Polygons Should Have No Gap**

コンフォーマルメッシングを使った他の図形に隣接している図形は、2つの図形間にすき間がなく、その縁部がぴったりとついているべきです。極端に小さなすき間があると、自動的に削除されますが、これは避けるべきです。次の方法のいずれかを用いると小さなすき間は容易に避けることができます。

- 回路を描いている時にスナップグリッドを用いる (Tools ⇒ Snap Setup)。
- 大きな図形をつくり、次にその図形を分割 (Edit ⇒ Divide Polygons) し、それらの図形の1つにコンフォーマルメッシングを適用する。分割された図形は間にすき間がないように隣接させる。
- ギャップを構成する2つの図形に重なり合うようにギャップをブリッジする小さな図形を追加し、Merge Polygon マント (Edit ⇒ Merge Polygons を選択) を使う。

- 既存の図形をグリッドにスナップする (Preserve shape and spacing オプションを使用して Modify ⇒ Snap To マントを選択)。

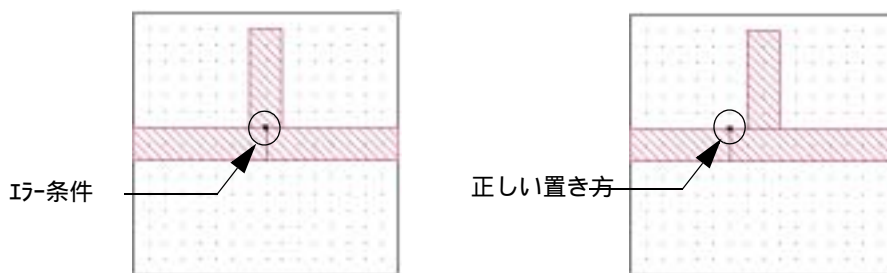


WARNING

曲部のある回路をスナップする場合は、Snap Objects ダイアログボックスの Preserve shape and spacing オプションを使います。そうしないと、曲部が壊され、project editor で復元するのが難しくなります。

Rule 4: Adjacent Polygons Should Not Have an Interior Vertex

3つの図形が隣接している時は、2つの図形が接触している所の頂角を3つめの図形の両頂角の間に置かないようにすべきです。以下の図をご覧ください。



Memory Save Option

回路にコンフォーマルメッシング充填を使った図形がある時は、メモリセーブを不可にすることをお勧めします。これは、コンフォーマルメッシングのサブセクションは精度の誤差に敏感だからです。メモリセーブオプションを選択すると、精度の誤差は犠牲にしますが、必要メモリ容量を減らしますので、このオプションの使用はコンフォーマルメッシング充填のある回路のSPパラメータ計算結果にノイズ成分を含むようになります。

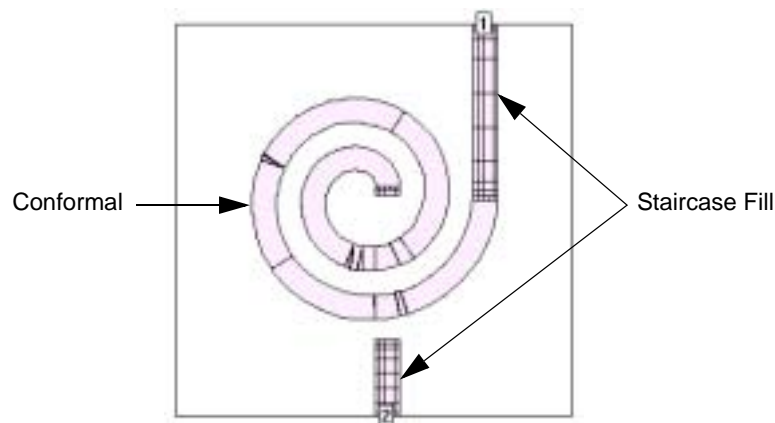
Using Conformal Meshing Effectively

この節では、コンフォーマルメッシングを使用した時の計算時間及びメモリ使用量の最大の改良点、また最も正確な結果を得るための使用方法についてのガイドラインを述べます。次に述べるガイドラインではコンフォーマルメッシングを最も効果的に使用方法を述べます。

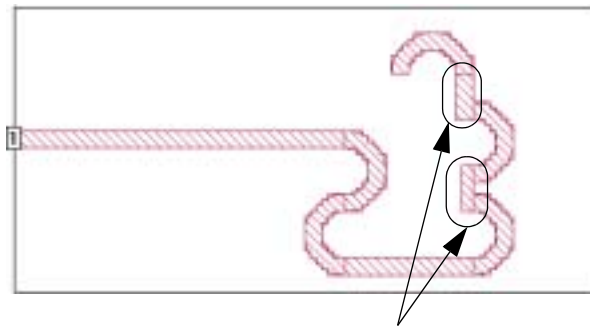
Use Conformal Meshing for Non-Manhattan Polygons

コンフォーマルメッシングはマンハッタン型でない図形に使用すべきです。マンハッタン型図形は垂直と水平の縁だけがあり、斜め線や曲線のない図形です。このような種類の図形では矩形のサブセクションがより効果的です。

図形をよく見て、もし必要であれば Edit ⇒ Divide Polygon を選択してその図形をマンハッタン型とマンハッタン型でない図形に分割します。次にマンハッタン型の図形に階段状の充填を指定し、マンハッタン型でない図形にはコンフォーマル充填を指定します。例えば、以下に示すスパイラルインダクタは給電線にマンハッタン型のセクションを含み、円形のスパイラルにはマンハッタン型でないセクションを含んでいます。これは、給電線が階段状の充填に設定された図形によって表現され、また円形のスパイラルが、コンフォーマル充填に設定された別の図形に分割されるべきです。



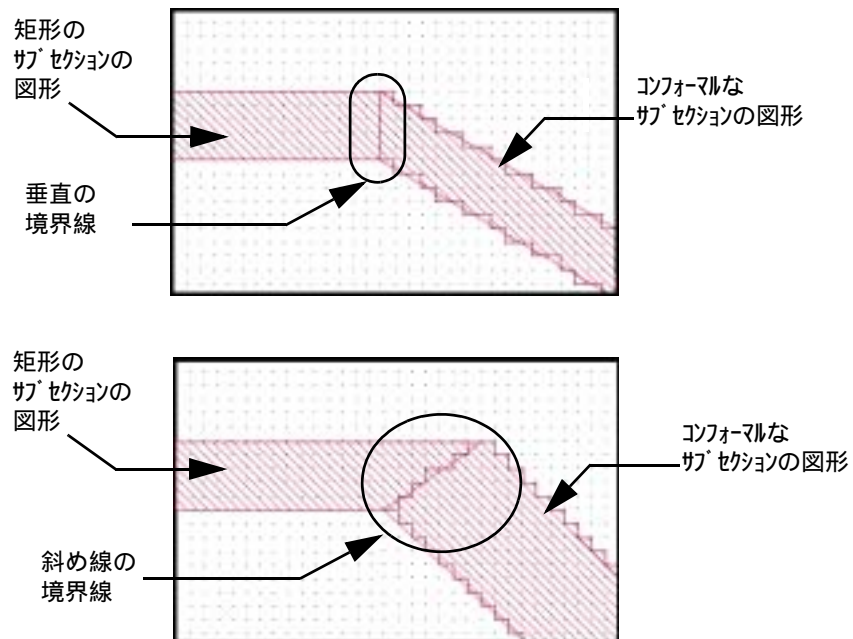
このルールの例外は、比較的に小さなマンハッタン型の図形がコンフォーマルメッシングの図形間にある時です。その場合、階段状とコンフォーマルメッシュとを頻繁に切り換える効率の悪さが、マンハッタン型の図形を使用する利点より勝ってしまいます。この場合、コンフォーマルメッシュはすべての図形に適用されるべきです。以下に例を示します。



通常、これらの図形は階段状の充填を使用しますが、これらは比較的に小さな領域であり、かつ、コンフォーマルメッシュを使用する図形の間にあるので、これらのマンハッタン型の図形にはコンフォーマルメッシュを適用するのがより効果的です。

Boundaries Should Be Vertical or Horizontal

最も効率のよい結果を得るには、コンフォーマルメッシュと矩形のサブセクションを使用した図形間の境界を、下の1つめの図形のように垂直か水平にすべきです。2つめの図形に示す斜めの境界では、解析の効率がよくありません。



Cell Size and Processing Time

コンフォーマルメッシュを使用する時には、セルサイズの設定に注意すべきです。多くのユーザ、とりわけ Sonnet を使い慣れたユーザは、1つの回路の解析に必要なメモリ容量をもとに処理時間を見積もります。コンフォーマルメッシュに使用されるメモリ容量はそれが当てになりません。コンフォーマルメッシュを使って回路に比較的小さいセルを使うと、必要なメモリ容量は増えないかもしれませんが、処理時間に明らかに影響するでしょう。コンフォーマルメッシュで処理時間を決定する重大な要因はコンフォーマルセクションをつくるために必要な金属部分のセルの数で

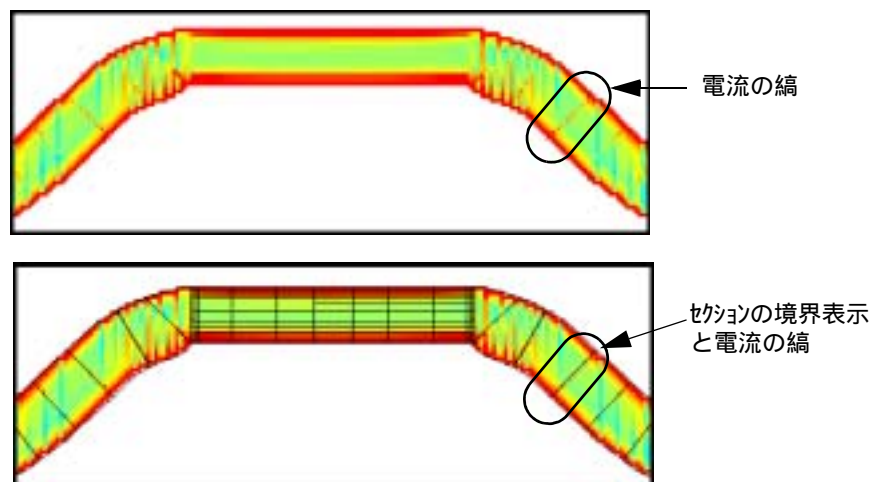
す。重大な要因はコンフォーマルセクションをつくるために必要な金属部分のセルの数です。Estimate Memory コマンドを使って得た結果として表示されるコンフォーマルメッシュのセルの数は、ガイドラインとしてはかなり信頼できます。

Current Density Viewing

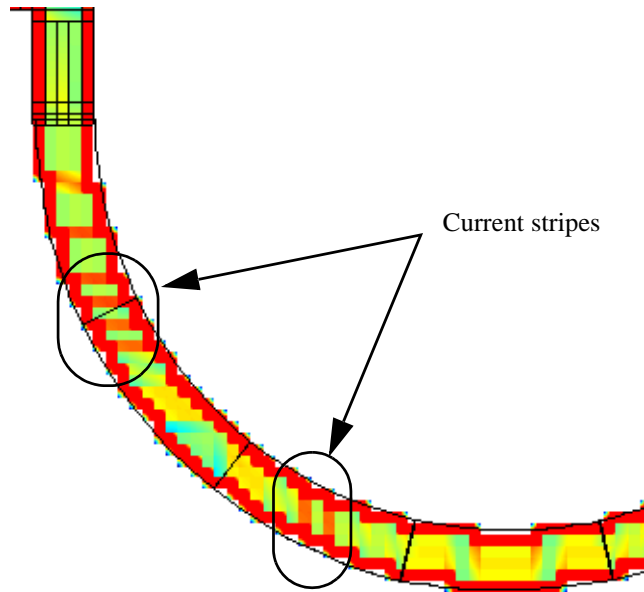
他の回路と同様に、コンフォーマルメッシュを使用した回路の電流を見ることができます。しかし、コンフォーマルメッシュの図形上の電流密度は独特な“縞模様”を示すかもしれません。これらの縞は実際の電流を表現しておらず、コンフォーマルメッシュのアルゴリズムによって表示されてしまうものです。

2種類の電流の縞模様があります。

- 1 以下のように2つのコンフォーマルセクションのつなぎ目に1本の電流の縞が現れます。



- 2 以下のように曲がり部のコンフォーマルセクション内には、水平または垂直な縞が次々につくられて表示されています。



コンフォーマルメッシングを使ったチュートリアルは、Sonnet Supplemental Tutorials の第 4 章の “Conformal Mesh Tutorial” をご覧ください。