

Chapter 27 Time Required for Analysis

Em は、メモリとコンピュータの演算能力をかなり必要とするプログラムです。ですから、小さい回路は速く解析できますが、回路が大きくなるとかなりの時間を要します。場合によっては、プログラムをバックグラウンドで実行させた方がよいでしょう。

特定の解析に必要な時間を計算する簡単な法則はありませんので、以下にガイドラインを説明したいと思います。解析時間をコントロールする方法はいくつかあります。

解析に必要な時間量は、サブセクション数に大きく影響します。これは解析中、解析モニターに表示されます。何回か試したら、解析が数分で終わるか、数時間かかるか、或いはサブセクション数を見るだけで、かなりの時間がかかってしまうかの判断ができるようになることでしょう。

実行するのに必要な最も重要な要因は、お手持ちのコンピュータが実装しているメモリ量に対して、*em* が必要とするメモリが十分あるかどうかということです。これも、解析エラーのステータスバーに表示されます。*Em* が 36 Mバイト必要とした時に、16 Mバイトしか実装していないなら、すぐさま実行を取りやめてください。そして、Memory Save オプションを用いて、必要なメモリ量を節約してください。このオプションは、解析精度を単精度実数にします。また回路の金属部分を減らすという手もあります。電流が流れていない金属導体を排除し、接続する線路も可能な限り短くします（しかし、あまりに短くしすぎることをないようにしてください。デインパッディングについて説明する第 7 章と第 8 章をご覧ください）。

他の手段として、メモリの必要量がぎりぎりの場合、コンピュータのメモリを開放するものがあります。同時に、他人が大きなジョブを実行していないことを確かめておいてください。

Em によって必要なメモリ量の見積りが出力されますが、あくまで見積もりなのです。大抵 1 Mバイト程度ですが、それ以上になることもあります。回路の解析をはじめずに、メモリ量の見積もりとサブセクション数の算出だけが見たいという場合は、Calculate Memory Usage オプションを使用してください。このオプションは Additional Options ダイアログボックスの中にあります。

ほとんどの場合、メモリ量の見積もりには以下の方程式が使用されます。*Em* においても同様です。

$$B = K * N^2$$

ここで *B* はバイト数、*N* はサブセクション数を表わしています。*K* は倍精度で損失ありの場合、8 となります。この損失とは、回路の導体損、ボックスの上下の加算にある損失、誘電損等です。*K* は Memory Save オプションを用いて損失ありの場合か、倍精度で損失なしの場合、4 となります。*K* は損失なしの Memory Save オプションを用いている場合、2 となります。この方程式は、*em* で用いる最終的な行列の格納に必要なメモリ量を含めた評価をします。ボックスの大きな回路（枚数に換算した）や層のたくさんある回路は、メモリをもっと必要とします。お使いのコンピュータで扱えるサブセクション数の上限を計算するのに、この方程式を用いるべきです。

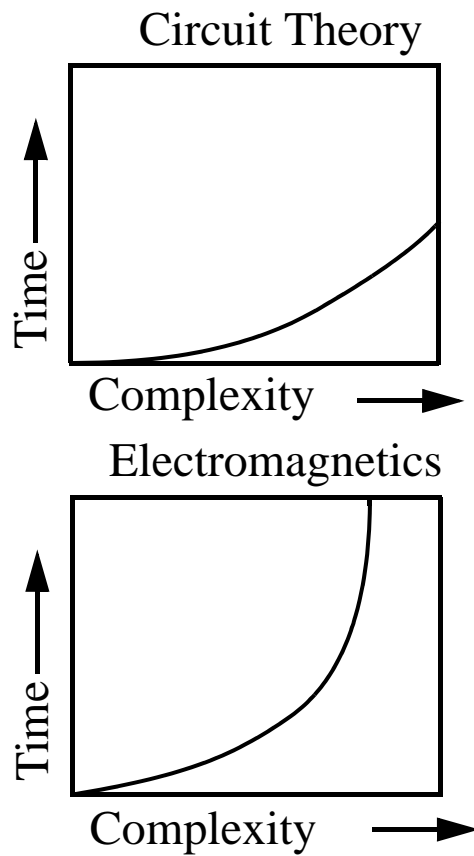
UNIX システムでは、“ps” (process status) コマンドをタイプすることによって実際に使用しているメモリをチェックすることができます。“ps” コマンドに関する詳細は、システムドキュメントに尋ねるか、UNIX のマニュアルを読んでください。

Chapter 27 Time Required for Analysis

お使いのシステムで実際に使うことのできるメモリをチェックするには、project editor のメニューから Help ⇒ System Info を選択します。System Information ダイアログボックスが画面に現れ、その中にはシステムで使えるメモリについての情報が含まれています。

The “Wall”

回路理論による解析をしていると、回路が複雑になるにつれ、解析時間は、徐々に増加します。電磁界解析においては、これが突然大きく変化することがあります。回路を単純に倍複雑にただで (例えばより小さなセクションを使っても)、解析時間を1桁から2桁増やしてしまいます。我々はこれを“壁 (Wall)”と呼んでいます (下図参照)。



前述したように、*em* の実メモリが足りなくなると、強制的にディスクにスワップしはじめるので、しばしば壁が発生します。実行時間は数分からいきなり数時間に变化します。このような時は、メモリを増やすかもっとサブセクション数を減らすために回路を修正してください。

壁を回避するには、損失をなくし（金属及び誘電体の）、大きなサブセクションを使用することです。解析をはじめる時には、解析時間がどのくらいかかるかを見積もるために、まず単一周波数で解析することです。そこで速く結果が得られたのなら、損失を加えサブセクションのサイズを小さくします。許容できる時間になるまで、それを繰り返し、周波数の範囲を広げてください。一晩かかるかもしれません。

解析時間にかかわる主要因として、サブセクション数があります。*Em* は、Verbose オプションが指定されていれば、サブセクション数を表示します。*Em* を使い込んでくれば、どのくらいで耐え難い解析時間になるのかが、わかるようになってきます。例えば、16 Mバイトの実メモリを実装した Sun の SPARCstation 1 では、1,700 サブセクション（損失なし）から 1,200 サブセクション（損失あり）で、計算に 1 時間くらいかかります。この時点でメモリが足りなくなった場合は、ディスクにスワップするので、解析時間はもっと増加します。

壁にぶつかる不満を解消したい時には、無損失で大きなサブセクションという条件で解析を行なうことです。大きなサブセクションにしても、精度は十分であることに気づくでしょう。

Detailed Parameter Dependencies

さまざまな入力パラメータを変化させると、どのくらい解析時間に影響するのでしょうか。

まず、*em* の解析には 2 段階あることを覚えておいてください。第 1 段階として、*em* は大きな行列を充填します。行列にはサブセクションあたり 1 つの行と列があります。これは、*em* が考えるすべてのサブセクション間の結合を計算するからです。第 2 段階として、*em* は、その行列を解きはじめます。ここで、*em* は逆行列関数のような計算をはじめ、すべての境界条件を満たした電流を計算します。異なるパラメータを与えると、どちらの段階にも影響します。

実行中、最初の周波数の解析において、*em* は解析のさまざまな局面でかかった時間を出力します。その部分にかかった時間が 1 秒よりも短い場合は、出力されません。時間を計測される点には、導波管モード計算（行列充填よりも優先する）や行列充填、逆行列計算があります。

解析時間に影響しないパラメータには、基板の厚さや上部の加線の高さ、ポート数があります。これらの各々のパラメータは制限されず、完全に精度を保ったままでも解析速度には影響しません。

金属導体の損失を含めると、行列計算時間のみが増加します。これは、構造の残りの部分が無損失の時だけです。誘電損やグラウンド面の損失（上部の加線の損失）が存在する時は、金属導体の損失を含めることで、実質上特に影響が現われたりはしません（計算全体は、既に完全に複素数で行なっている）。行列演算時間は、だいたい 4 倍で増加します（複雑になったとしても）。金属導体損は、解析の他の部分にはまったく影響しません。

誘電損やグラウンド面の損失、上部の加線の損失を含めると、すべて複素数の計算になります。行列演算時間は、だいたい 4 倍に増加します。一方、行列充填時間は、だいたい 2 倍に増加します。

行列の充填中に行列要素の値を計算すると、何回か 2 次元フーリエ変換を計算することになります。フーリエ変換の大きさは、 $\sqrt{2}$ に換算した基板の大きさと同じです。基板の大きさが 128×64 の場合、DFT も 128×64 要素になります。一度に、1 回のフーリエ変換に対してだけ記憶メモリが必要になります。これは、大抵行列を充填するよりもかなり小さくなります。

本リリースでは、FFT が合成数のパッド数のボックスサイズについて改善されました。合成数は素数ではなく、大きな素因数を含みません。例えば、1000 は最大の素因数が 5 なので合成数です。しかし 998 は最大の素因数が 499 なので合成数ではありません。従って、 998×998 のボックスは 1000×1000 のボックスよりも解析の FFT の計算量が 2 から 3 倍長くなるかもしれません。多層や特別に大きなボックスでない限り、解析における FFT の部分は、大抵は全体の解析時間の数%です。これらの条件がどれか合えば、ボックスサイズに合成数を用いてみる価値はあるでしょう。

Chapter 27 Time Required for Analysis

詳細は以上ですが、基板が小さければ (256x256 セル以下)、フーリエ変換の時間はほとんど影響がないことを覚えておいてください。

行列の充填時間は、大きな回路では、サブセクション数の平方に比例します。

与えられたセルの大きさに対して、回路上の図形の表記を工夫して、頂点の数や斜め線の本数を減らせば、サブセクション数を減らすことが可能です。回路が 2 ポートしかなくて、そのポートが対称線軸上にある対称形の時には、メモリと時間を節約するために、Symmetry (対称) オプションをつけます。

行列の解を求める時間は、サブセクション数の立方に比例し、結局これが解析時間を制限する主要因になります。