

Tutorial of ElectroMagnetica Numerica 1.0 (ver.1.0)

Hiroshi ABE
Three Wells

目次

1	はじめに	1
1.1	EM とは	1
1.2	解析の流れ	2
2	導体球による散乱	2
2.1	解析設定画面 Model タブでの作業	2
2.2	解析設定画面 Control タブでの作業	4
2.3	解析設定画面 View タブでの作業	5
2.4	シミュレーションの開始	5
3	ダイポールアンテナからの放射	6
3.1	Model タブ	7
3.2	Control タブ	8
3.3	View タブ	8
4	3D DXF モデルによる散乱	9

1 はじめに

本文書は、ElectroMagnetica Numerica (以後 EM) の使い方を説明するために、いくつかの例題を用いて、その機能を説明するものである。

1.1 EM とは

EM とは、Finite Difference-Time Domain (FDTD) 法をベースに、計算流体力学の分野で大きな成功を収めた、Adaptive Catesian 法を電磁場解析に応用したソフトウェアである。特徴として、

1. 非構造格子を用いているため、必要な部分にのみ計算格子を集中させられ、効率がよい。
2. Leap-Frog(FDTD) 法を用いているため、多くの信頼できる数値モデルが既に開発され、それらをそのまま利用できる。

1.2 解析の流れ

FDTD 法であるため、まず、計算格子を生成させる。その後、時間発展解析を行う。EM はリアルタイムシミュレータであるので、解析の結果は逐次 3 次元表示される。計算格子は、解析対象物を元に自動的に生成される。その際、Block Cell のレベルを指定して、計算格子の細かさを制御することが出来る。

2 導体球による散乱

本章では、導体球による平面波の散乱解析を、その手順を示しながら説明していく。図 1 は、EM

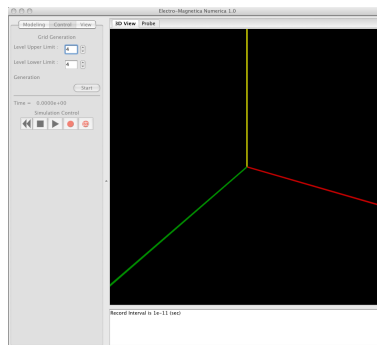


図 1: Initial View of EM.

を起動させた直後の初期画面を表している。EM の Graphical User Interface (GUI) は大きく三つに分けられる。EM の画面の左側は解析の設定を行う画面である。また、右の画面は三次元 (View 3D) および二次元表示画面 (Probe/S Params) で、計算結果などを表示する。そして、右下は作業の確認のためのログ画面である。

左の設定パネルには、Modeling、Control と View というタブがあり、各々のタブを左クリックすると、それぞれに関する設定を行うことが出来る。以下、解析設定の流れに従って各パネルの説明を行っていく。

2.1 解析設定画面 Model タブでの作業

図 2 にあるようにツリーメニューがあり、モデルの設定、解析種類の設定を行える。

まず、導体球の設定をおこなう。ツリーメニュー内の Components では、完全導体モデルを定義できる。Components ブランチを右クリックして、ポップアップメニューの New を選択する。すると、図 3 が表示される。表示されている数値 (デフォルト値) を設定し、OK をクリックする。ここで、数値はメートル単位である。3D View 画面をクリックすると画面が書き換えられて、赤い球が座標原点に現れる。これが完全導体球である。

次に、シミュレーション時間を設定するために、ツリーメニュー内の Time ブランチを右クリックし、Edit を選択すると、図 4 が現れる。図のように数値 (1.E-8) を入力し、OK ボタンをクリックする。数値の単位は秒である。

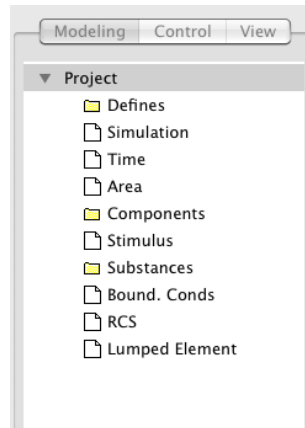


図 2: Modeling 設定パネル

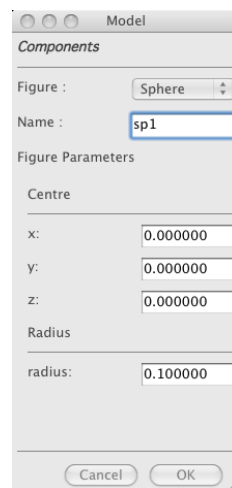


図 3: 解析コンポーネントの設定パネル

次に、入力平面波を設定する。信号モデルの設定をする Stimulus ブランチをクリックすると図 5 が現れる。信号モデルは、空間モデルと時間モデルを別々に設定する仕様となっている。空間モデルからは (Plane Wave) を、時間モデルからは (Impulsive) を選択する。値はデフォルト値のままにする。これにより、Z 軸の負の側から電場が Y 軸成分だけ持つ平面波が一様に入力され、その振幅の時間変化はガウシアンパルスとして入力されることになる。

次に、散乱の遠方解をみるために、Radar Cross Section (RCS) の設定を行う。EM で用いられている RCS 用のアルゴリズムは、シミュレーションの前に必要な RCS の周波数を設定しておかなければならない。RCS ブランチをクリックすると、図 6 が現れる。必要な周波数をここでリスト登録しておく。ここでは (1E8) を入力しておく。0.1GHz を意味する。単位は Hz である。登録し終わったら OK をクリックする。

その他のブランチでは初期値が用いられる。例えば境界条件は無反射境界条件が用いられる。

以上で解析設定画面 Model タブでの作業は終了する。

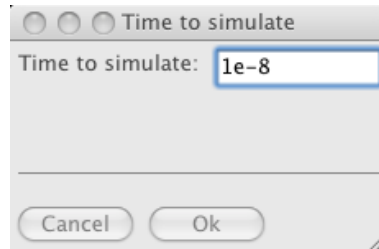


図 4: 時間設定

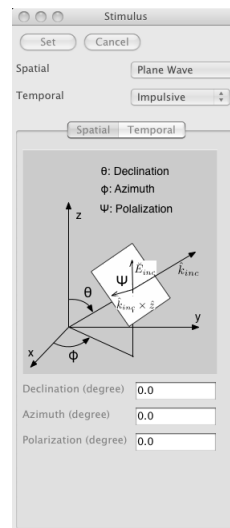


図 5: 平面波（信号モデル）の設定

2.2 解析設定画面 Control タブでの作業

Control タブをクリックすると、図 7 が現れる。ここでは、解析モデルの形状に従って、計算格子を生成することと、計算の開始、停止などが行える。

Grid Generation の Upper Limit を 3 に、Lower Limit を 2 に設定し、(Start) ボタンをクリックする。しばらく時間をおいた後、(Start) ボタンの色が元に戻ったら、3D View の画面をクリックすると計算格子が生成されたことがわかる（図 8）。

画面にある枠は、ブロックセルに対応しており、計算セルは各々のブロックセルの中に x,y,z 各方向に 8 つずつあり、計 64 個の計算セルが各ブロックセルに内包されている。

Level の意味は、オクトツリー構造のルートノードを 0 としたときの世代の数を示している。Level が多ければツリーの世代が多くなりその分細かい格子が生成される。Level の上限、下限を設定することによって計算格子の大まかな制限を加える。

これで、解析に必要なデータの入力終了した。Simulation Control のスタートボタンをクリックする前に、データの 3 次元表示について設定する。

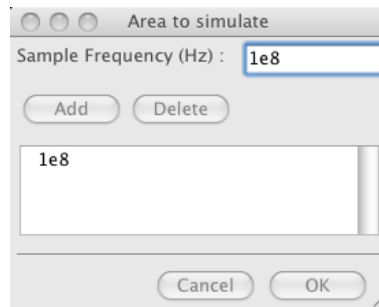


図 6: RCS の周波数の設定

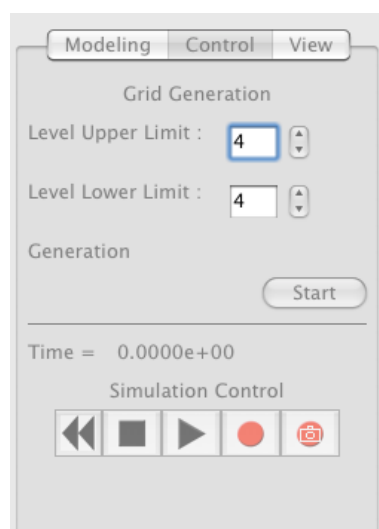


図 7: Control 設定パネル

2.3 解析設定画面 View タブでの作業

View タブをクリックすると図 9 が現れる。View タブでは、3D View 画面へ表示するデータの設定を行うことが出来る。図では初期値のベクトル図表示が選択されている。

Vector 表示はある平面上にあるベクトルデータを表示させる。そのため、まず、その平面を設定しなければならない。そのためには、3D View 画面をクリックしたのち、キーボードの **i** を押下する。すると図 10 が表示される。この面をマウスで移動させながら、所望の位置に設定できるが、今回はこのまま、もう一度 **i** を押下して非表示にさせる。

表示可能なデータは、表 1 の通りである。

これでシミュレーションに必要な全ての準備が出来た事になる。

2.4 シミュレーションの開始

Control タブをクリックし、図 7 の画面にする。右向き三角のアイコンのボタンをクリックし、計算を開始する。いつでも ■ ボタンを押して停止させることが出来る。(注意：コンピュータの計算能力によってレスポンスが遅いことがある)

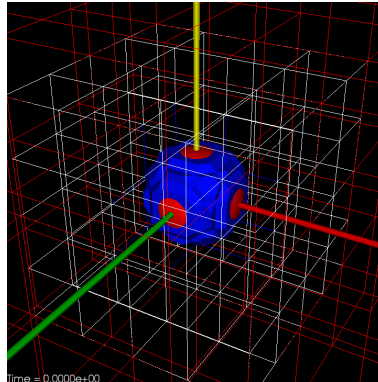


図 8: 生成されたブロックセル

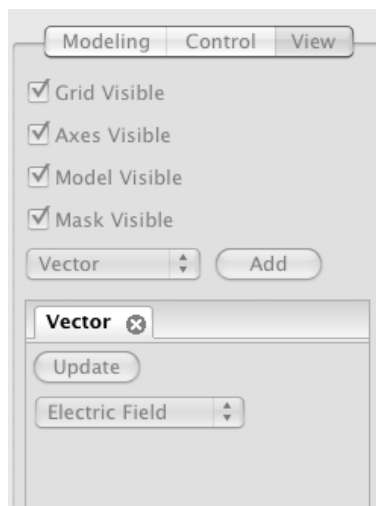


図 9: View 設定パネル

3D View の画面には、時々刻々と変化していく電（磁）場の様子が表示される。図 11 は、その途中の表示の様子を示している。

また、散乱現象がすっかり終了した後、View タブの表示ポップアップメニューから RCS を選択して表示させると、図 12 のような画面を得ることが出来る。この図は、RCS のある方向での強度を座標中心からの距離として表示している。

3 ダイポールアンテナからの放射

二つのエレメントからなるダイポールアンテナに、そのエレメント間に集中系素子を配置して信号を入力し、その応答から放射パターンを解析することを目的とする。

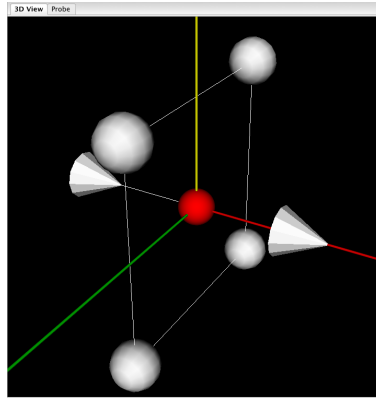


図 10: インターラクタの表示

Name	Value	Description
Vector	$\vec{E}, \vec{B}$	3D Arrow
Isosurface	$ E , B $	Isosurface of values
Contour	$ E , B $	Contour on a Plane
RCS	RCS	RCS value at a frequency
Probe	E,B	Time Series of values at points.

表 1: 表示可能なデータ

3.1 Model タブ

ここでは、Time、Components、Stimuls そして RCS のデータを設定する。

Time ブランチは、導体球による散乱モデルと同じに設定する。また Boundary Conditions ブランチは初期値のまま (CPML/無反射境界) とする。

まず、Component ブランチを右クリックして、表示されたポップアップメニューから New を選択する。すると Component 設定用ダイアログが表示される。形状のポップアップメニューから Cylinder(円筒) を選択し、各項目に図 13 と同じに設定する。各項目を確認し、OK ボタンを押下して設定画面を閉じる。

同様に円筒を選択して、図 14 と同じにデータを入力する。

次に、Stimulus ブランチの右クリックして設定パネルを表示させる。図 15 が現れるので、まず時間モデルは導体球モデルと同じに (Impulsive) を選択する。入力項目は初期値のままにする。空間モデルは、今回は Lumped Port を選択する。Lumped Port/Element は大きさを持っていないので、ダイポールエレメントを電氣的に接続するために、配線しなければならない。Wiring Begin/End はその配線の両端を意味している。図 15 にあるように各入力項目を設定したら、Set ボタンを押下して閉じる。

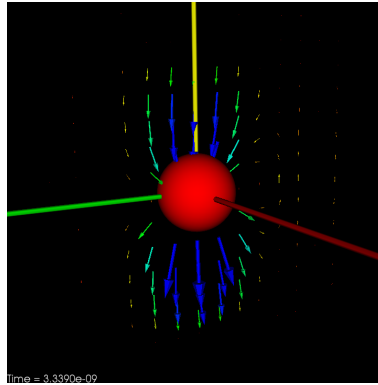


図 11: 導体球の周りの電場の様子

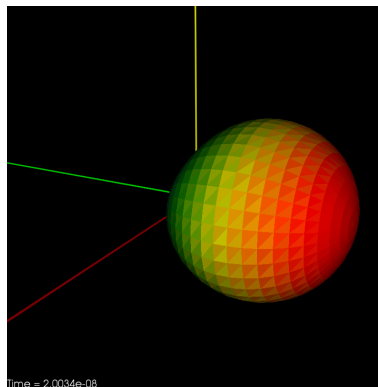


図 12: 導体球からの散乱 (0.1GHz)

3.2 Control タブ

ここでは、導体球モデルと同様に、Level を 4-3 に設定し、Grid Generation ボタンを押下して計算格子を生成する。しばらく時間をおいた後、自動的に計算格子が生成される。

View 3D 画面をクリックして、(i) を押下してベクトル図インタラクタを表示し、表示平面を設定したら、また (i) を押下してインタラクタを非表示にさせる。

準備が出来たら、スタートボタンを押下して解析を始める。

3.3 View タブ

Modeling タブの Time ブランチで設定したシミュレーション時間に到達すると、自動的に解析が終了する。その時の Vector 図が表示された (デフォルト) 状態が図 16 である。インタラクタによって $x=0$ 平面の電場が表示されているため、電場の方向が全て x 軸方向となっている。(i) を押下してインタラクタを表示させ、その矢印をドラッグするとその平面が変化するため、電場ベクトルの 3 次元的な分布を知ることが出来る。

次に、Vector タブのクローズボックスをクリックしてベクトル図を消去し、代わりに RCS をポップアップメニューから選択する。設定画面が表示されたら、Update ボタンを押下すると図 17 が

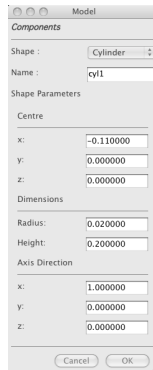


図 13: ダイポールアンテナ 1 Cylinder Component



図 14: ダイポールアンテナ 2 Cylinder Component

View 3D 画面に表示され、ダイポールの放射パターンが確認できる。

4 3D DXF モデルによる散乱

本章では、三次元形状データの一つである、DXF データを読み込み、それによる散乱解析を行う。

EM は、三角形データで出力された DXF ファイルと、STL ファイルを読み込むことが出来る。本章では、DXF ファイルについてその手順を説明する。STL ファイルについても同様に行うことが出来る。

Modeling タブの設定パネルにおいて、各ブランチを以下の様に設定する。

Time 3.0e-8

Stimulus Plane Wave / Impulsive

RCS 1e8

そして、Components ブランチでは、Shape メニューから (Shape) を選択する。すると、図 18 のような画面になる。ここで、(Load Shape) ボタンをクリックし、データファイルを選択する。ファイル選択ダイアログが表示され、選択できるファイルは、DXF 拡張子を持っているものだけとなっている。ここで用いるデータは大きすぎるので、Scale を 0.01 に設定する (図 18)。

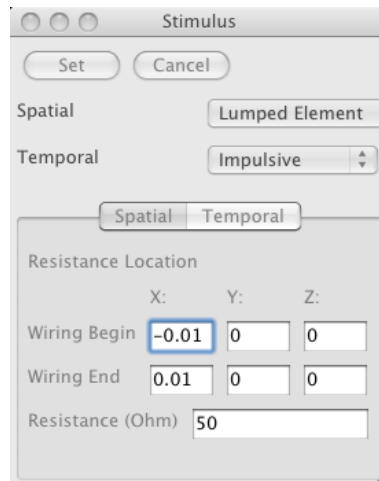


図 15: 集中系素子による信号モデル

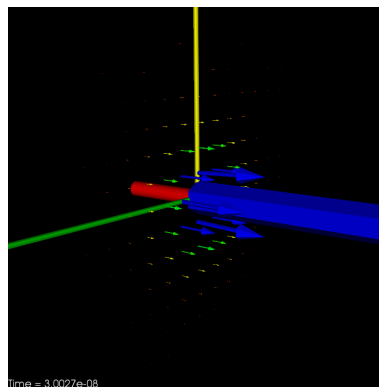


図 16: ダイポールアンテナまわりの電場分布

無事に読み込まれると、図 19 の画面が View 3D に現れる。

次に、Control タブに移り、Level を 3-2 に設定した後、計算格子を生成する。そして、スタートボタンを押下して解析を開始する。

図 20 は計算の途中でのモデルの周囲での電場の様子を示している。平面波が Z 軸の負の方向からモデルに照射され、散乱が起きる。

View タブに移って、RCS を追加し、表示させたのが図 21 である。RCS データは、設定パネルの下の方にある (Save File) ボタンを押下すると外部にテキストデータとして出力することが出来る。

ちなみに、View タブの上部にあるチェックボタンのうち、Axis と Mask のみを選択すると図 22 が表示される。この図は、実際に作られた計算格子の中で、与えられたモデルがどのような形状として認識されているかを表している。解像度が不十分であると感じた場合には、Control タブ内の Level Upper Limit を増やせば良い。計算時間はその分多くなるが、計算精度は高くなる。

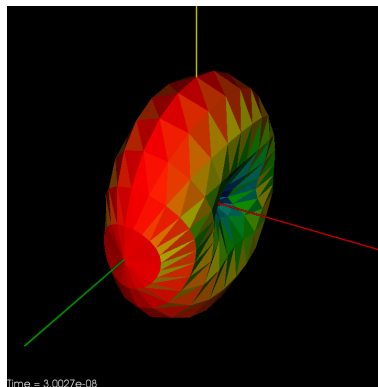


図 17: ダイポールアンテナからの放射パターン

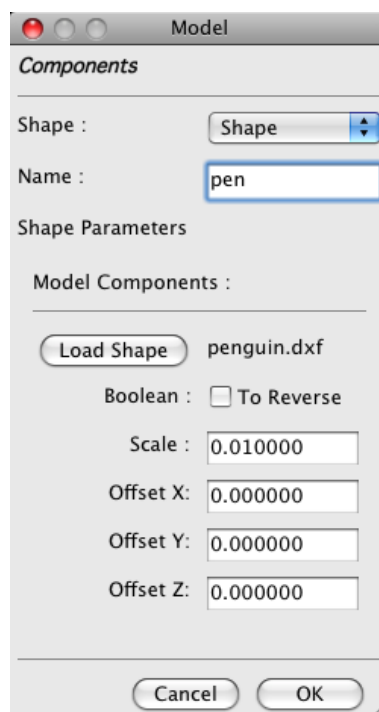


図 18:

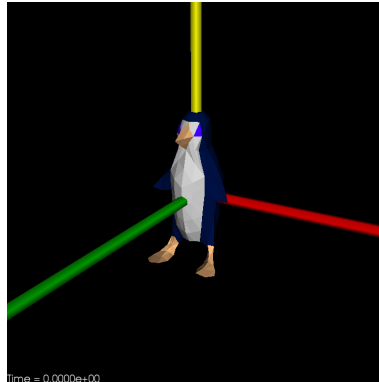


図 19: 読み込まれた DXF ファイル。wxWidgets ライブラリに付属するデータ

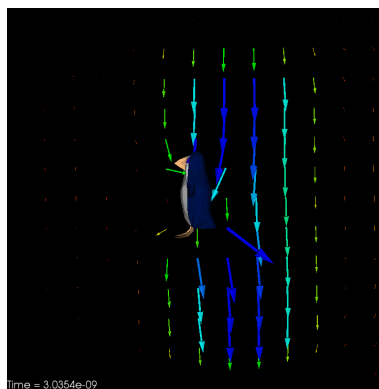


図 20: 3 nanosecond 経過した時の電場のスナップショット

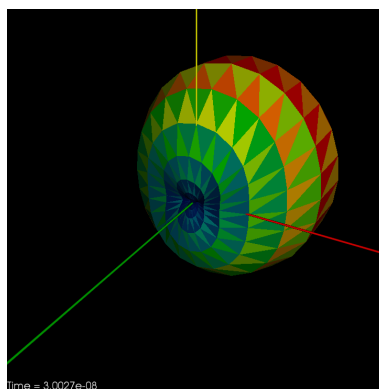


図 21: 0.1GHz での R C S 分布

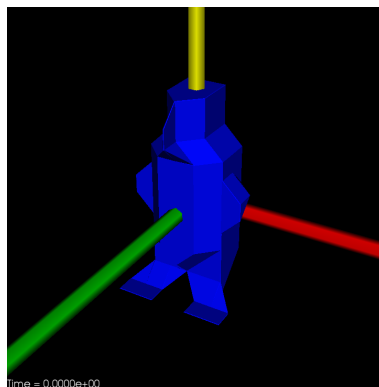


図 22: シミュレータ内で認識されている実際の形状