

# 電磁界シミュレータEEM

# EEM-FDM

## 1. 概要

EEM-FDM は、時間領域差分法 (FDTD 法) または周波数領域差分法により 3 次元任意形状の導体・誘電体・磁性体の電磁界特性を数値計算するシミュレータです。

## 2. 用途

- (1) 各種線状／面状アンテナの解析評価
- (2) 電子機器の放射する電磁波の解析評価 (EMC)
- (3) 電磁波応用機器、電波吸収体の解析評価
- (4) 各種物体のレーダー断面積 (RCS) の計算
- (5) プリントアンテナ、伝送線路、マイクロ波回路の解析
- (6) 光の散乱・回折特性の解析
- (7) 準静電界の解析

## 3. 解析手法

解析対象を含む空間をメッシュ分割し、電磁波の基礎方程式である MAXWELL の方程式を差分法により離散化します。これを時間領域または周波数領域で数値計算します。

誘電率・透磁率などの物性値は MAXWELL 方程式に陽に含まれ、従って、任意形状、任意物性値を厳密に解析することができます。

## 4. 解析機能

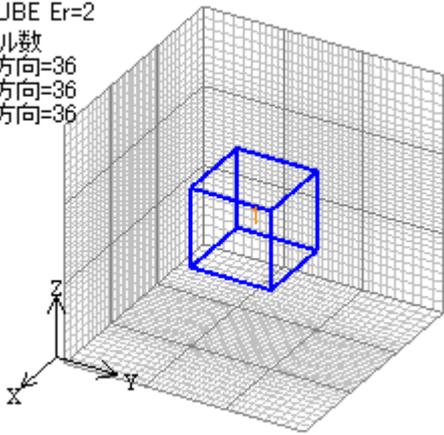
- (1) 時間領域差分法と周波数領域差分法を選択することができます。
- (2) 座標系は 3 次元 XYZ 座標系です。
- (3) 解析対象は直方体・面・線分・球・円柱などの集合の任意形状が扱えます。
- (4) 完全導体・誘電体・磁性体の解析ができます。ただし線形・等方的とします。
- (5) 波源は、アンテナ上の給電点(複数可)、または遠方からの平面波入射とします。
- (6) XYZ 各方向に不均一なメッシュも設定できます。
- (7) 時間領域の結果はフーリエ変換によって周波数領域に変換します。
- (8) 近傍界より等価原理により遠方界を計算します。
- (9) 各種の周波数特性(入力インピーダンス、Sパラメータ、結合度等)を計算することができます。
- (10) 解析できる領域の大きさは一辺数十  $\lambda$  までです。
- (11) 集中定数(R, C, L)を計算することができます。
- (12) V-I 特性をファイルで与えた非線形回路素子を計算することができます(時間領域のみ)。
- (13) 負の誘電率と負の透磁率を計算することができます。
- (14) 拡張 Debye/Drude 分散性媒質を計算することができます。
- (15) 2次元モデルを高速に計算することができます。
- (16) 複数のコア/CPU で並列計算することができます。
- (17) NVIDIA のビデオカード (GPU) を用いて高速計算することができます。
- (18) CAD データ (DXF ファイル) を変換して読み込むことができます。

## 5. 図形出力機能

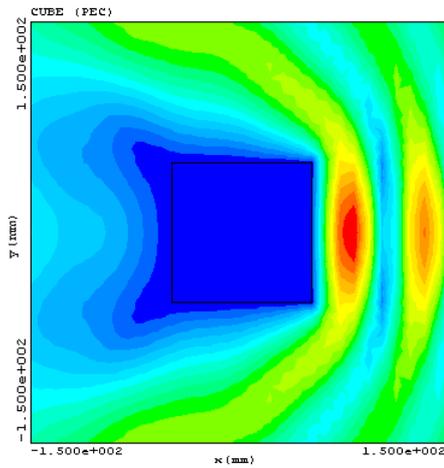
- (1) 近傍界の各種分布図 (2D/3D/動画)
- (2) 遠方界の各種分布図 (2D/3D)
- (3) 周波数特性図 (スミスチャート、入力インピーダンス、入力アドミッタンス、反射損、VSWR、結合度、全損失、利得、散乱断面積)

## 6. 計算例

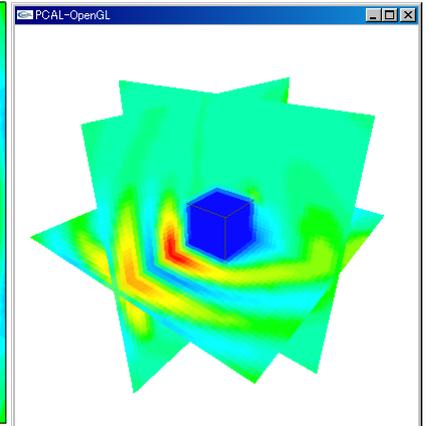
CUBE Er=2  
セル数  
X方向=36  
Y方向=36  
Z方向=36



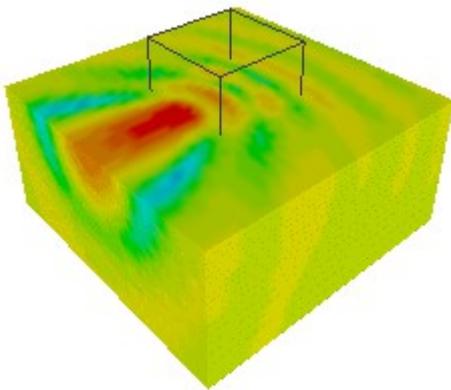
(1) メッシュ分割図



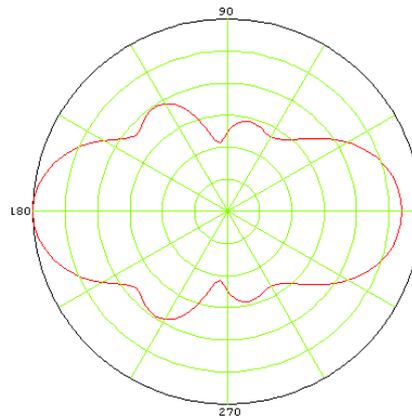
(2) 近傍界分布図



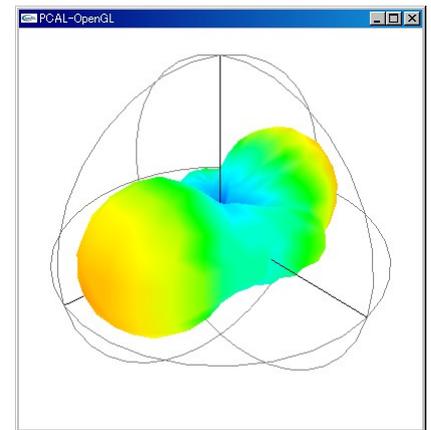
(3) 近傍界分布図



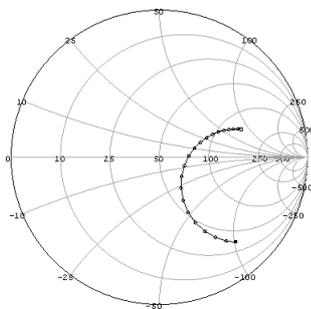
(4) 近傍界分布図



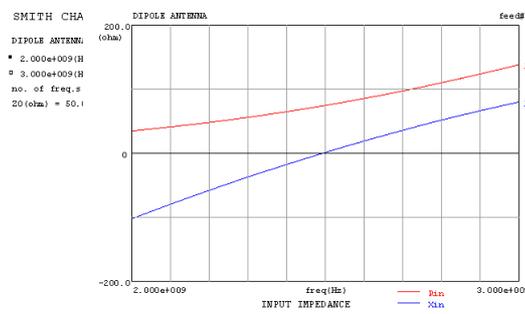
(5) 遠方界パターン図



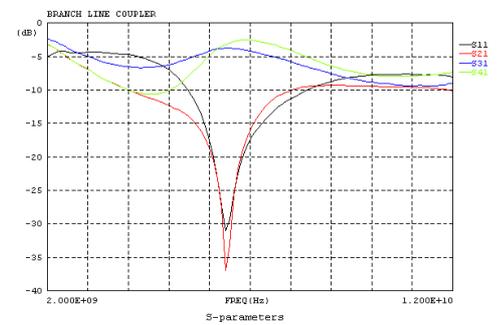
(6) 遠方界全方向パターン図



(7) スミスチャート



(8) 入力インピーダンス



(9) Sパラメーター

# EEM-MOM

## 1. 概要

EEM-MOMは、モーメント法により3次元任意形状の導体の電磁界特性を数値計算するシミュレータです。

## 2. 用途

- (1) 各種線状／面状アンテナの解析評価
- (2) 電磁波応用機器の解析評価

## 3. 解析手法

解析対象を導線の格子に分割し(ワイヤグリッドモデル)、モーメント法(積分方程式法=境界要素法)により導線上の電流分布を計算します。この電流分布から放射(散乱)電磁界を計算します。

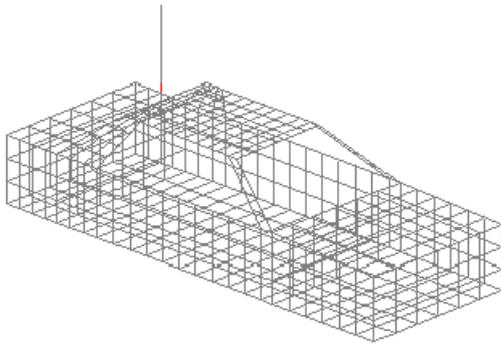
## 4. 解析機能

- (1) 解析対象は3次元です。
- (2) 任意形状の線状または面状の導体が解析できます。ただし、完全導体とみなします。誘電体の解析機能はありません。
- (3) 形状の入力座標は、XYZ座標、円筒座標、極座標が指定できます。これらの組み合わせも可能です。
- (4) アンテナの給電点は複数設定でき、各給電点の電圧・位相は独立に設定できます。
- (5) 散乱問題の波源は遠方からの平面波です。
- (6) 無限大の大きさの完全導体グラウンド板が設定できます。
- (7) 導体上の任意の位置に集中定数(RLC)が設定できます。
- (8) 周波数の掃引機能があります。
- (9) 解析対象の大きさは、線状素子の場合、全長が2000 $\lambda$ 以内、面状素子の場合、1辺が10 $\lambda$ 以内です。
- (10) 必要メモリーは要素数の2乗に比例します。要素数=5000で100MBです。
- (11) 複数のコア/CPUで並列計算することができます。
- (12) NVIDIA のビデオカード(GPU)を用いて高速計算することができます。
- (13) CADデータ(DXFファイル)を変換して読み込むことができます。

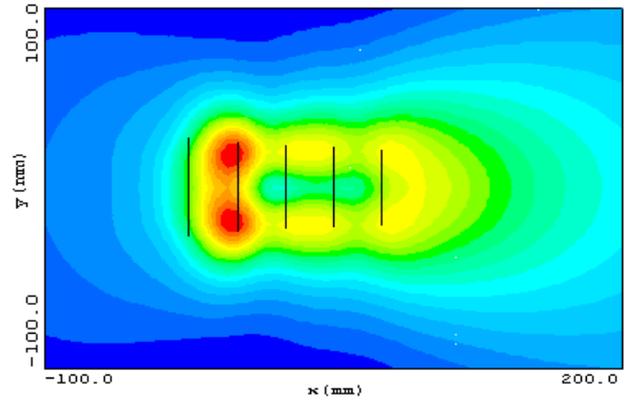
## 5. 図形出力機能

- (1) 近傍界の各種分布図(2D/3D/動画)
- (2) 遠方界の各種分布図(2D/3D)
- (3) 電流分布図
- (4) 周波数特性図(スミスチャート、入力インピーダンス、入力アドミッタンス、反射損、VSWR、結合度、利得、散乱断面積)

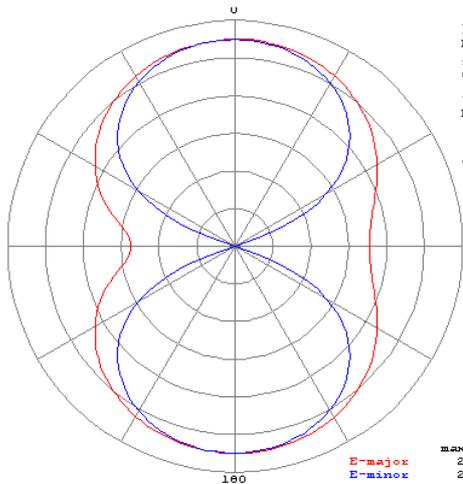
6. 計算例



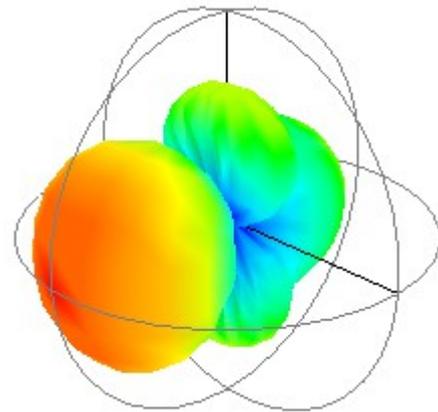
(1) メッシュ分割図



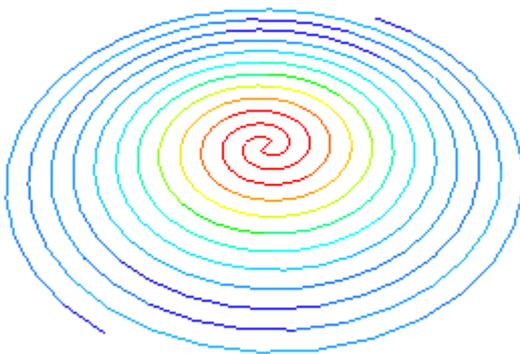
(2) 近傍界分布図



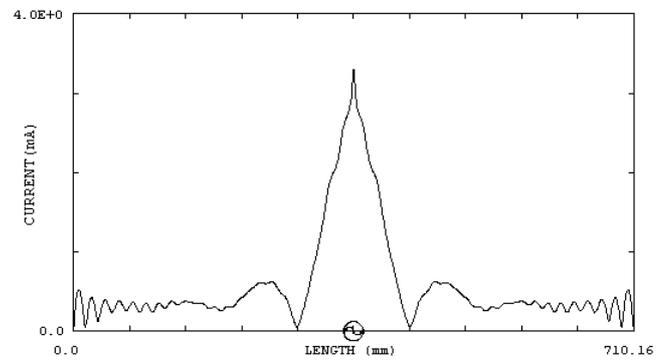
(3) 遠方界パターン図



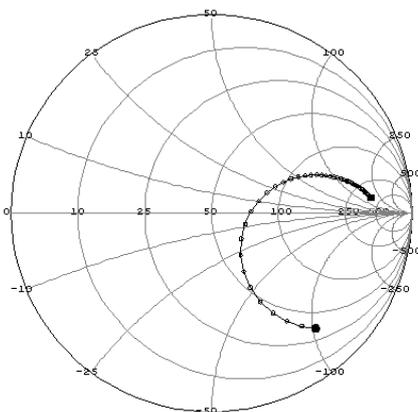
(4) 遠方界全方向パターン図



(5) 電流分布



(6) 電流分布



(7) スミスチャート



(8) 入力インピーダンス

# EEM-RTM

## 1. 概要

EEM-RTMは波長に比べて十分に広い領域の電波伝搬特性を光学的手法(レイトレーシング法)によって数値計算するものです。

## 2. 用途

- (1)市街地の電界分布の計算(移動体通信)
- (2)屋内の電界分布の計算(無線LAN)

## 3. 解析機能

- (1)任意数の物体を配置することができます。
- (2)物体は面の集合として表現し、任意の物性値(比誘電率、導電率、厚さ)を設定することができます。
- (3)送受信アンテナの指向性その他の特性を個別に任意に設定することができます。
- (4)送信アンテナを複数個設定することができます。
- (5)計算される電界成分は、直接波・反射波・回折波・透過波です。
- (6)反射には光学的反射モデルを使用し、反射係数には偏波特性を考慮した Fresnel 反射係数を用います。
- (7)反射・透過回数の上限はありません。
- (8)間接波については、直接波との経路差(遅延時間)が計算できます。
- (9)1回回折波と2回回折波を計算することができます。
- (10)回折特性には楔モデルの回折理論を用います。
- (11)反射+回折または回折+反射を計算することができます。
- (12)周波数特性を計算し、フーリエ変換によって時間領域の計算をすることができます。
- (13)複数のコア/CPUで並列計算することができます。
- (14)CADデータ(DXFファイル)を変換して読み込むことができます。

## 4. 図形出力機能

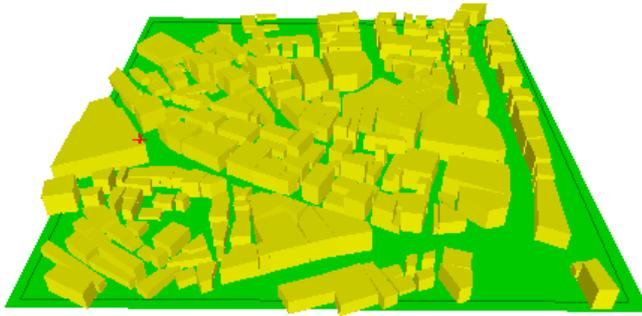
- (1)物体形状と送受信位置の3次元表示
- (2)送信アンテナと受信アンテナの指向性の3次元表示
- (3)指定された点での遅延プロファイル
- (4)指定された点への伝搬経路の3次元表示
- (5)指定された線上の遅延プロファイル
- (6)指定された線上の受信電力・平均遅延・遅延スプレッド・空間相関係数の分布図
- (7)指定された面上の受信電力・平均遅延・遅延スプレッドの分布図
- (8)指定された面上の受信電力の累積確率分布図と距離特性図

## 5. 形状データの入力法

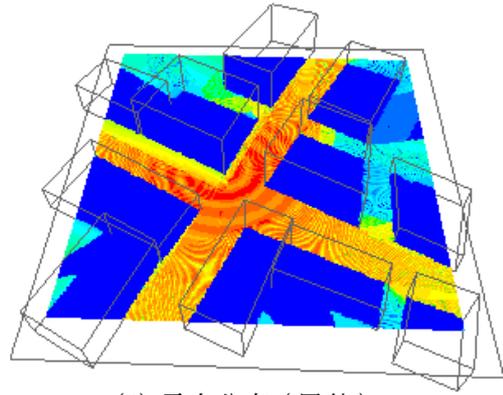
以下の手順で市街地または建物内の形状データを入力します。

- (1)平面図の図形ファイルを用意します。(Webの地図サイトからの切り取り、または紙の場合はスキャナーによる読み込み)
- (2)高さを別途調査します。市街地のビルの高さは”Googleマップ”などから読み取ることができます。
- (3)主ウィンドウで頂点の位置をマウスでクリックします。
- (4)編集ウィンドウで高さ、物性値などを入力します。

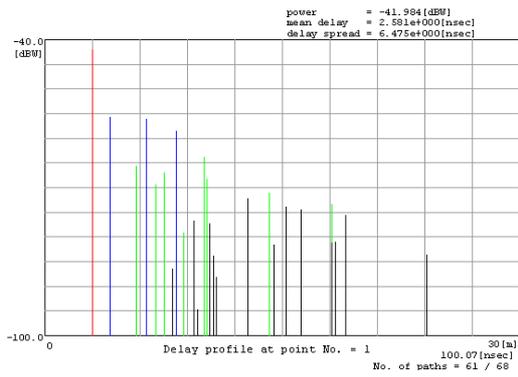
## 6. 計算例



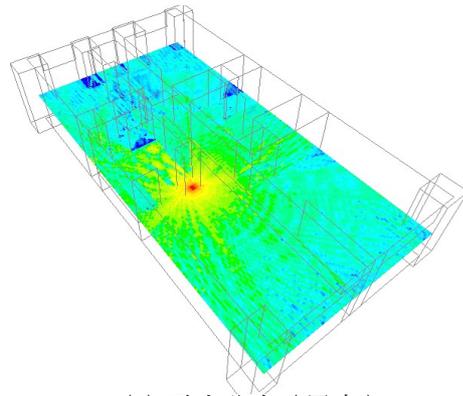
(1) 市街地の形状データ



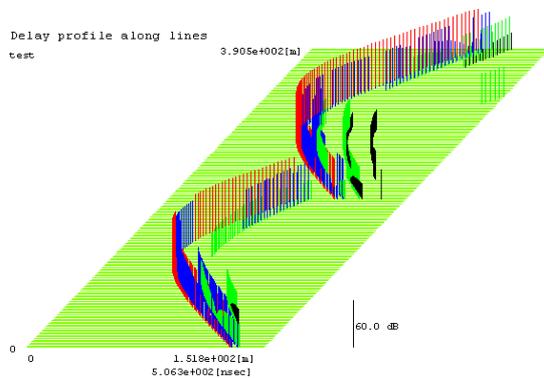
(2) 電力分布（屋外）



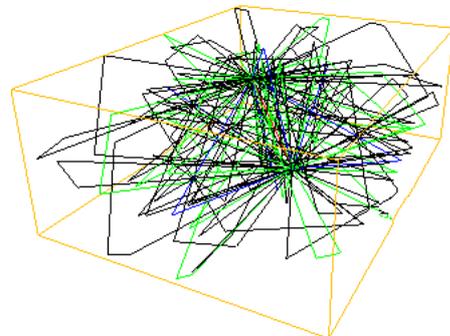
(3) 観測点の遅延プロファイル



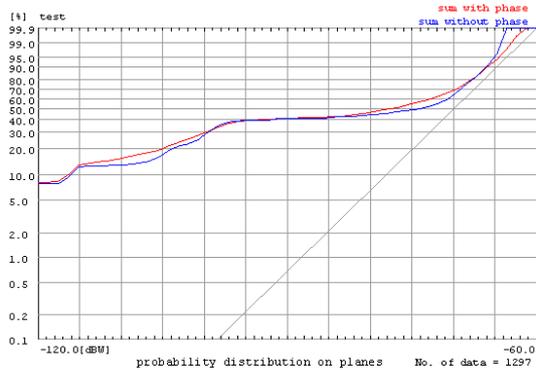
(4) 電力分布（屋内）



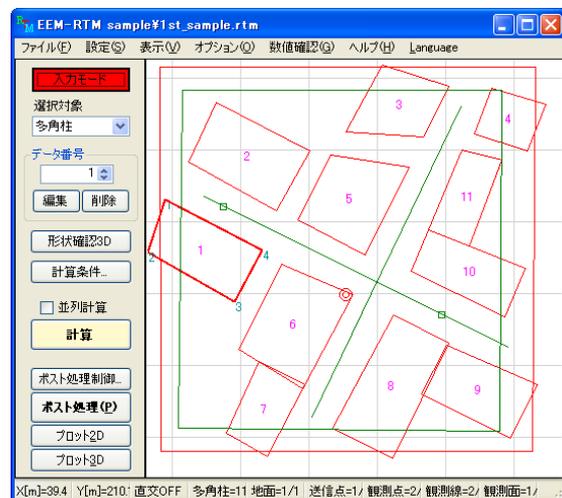
(5) 観測線の遅延プロファイル



(6) 伝搬経路図



(7) 受信電力の累積確率分布



(8) 主ウィンドウ

# EEM-STF

## 1. 概要

EEM-STF は差分法により静電界を解析するシミュレータです。

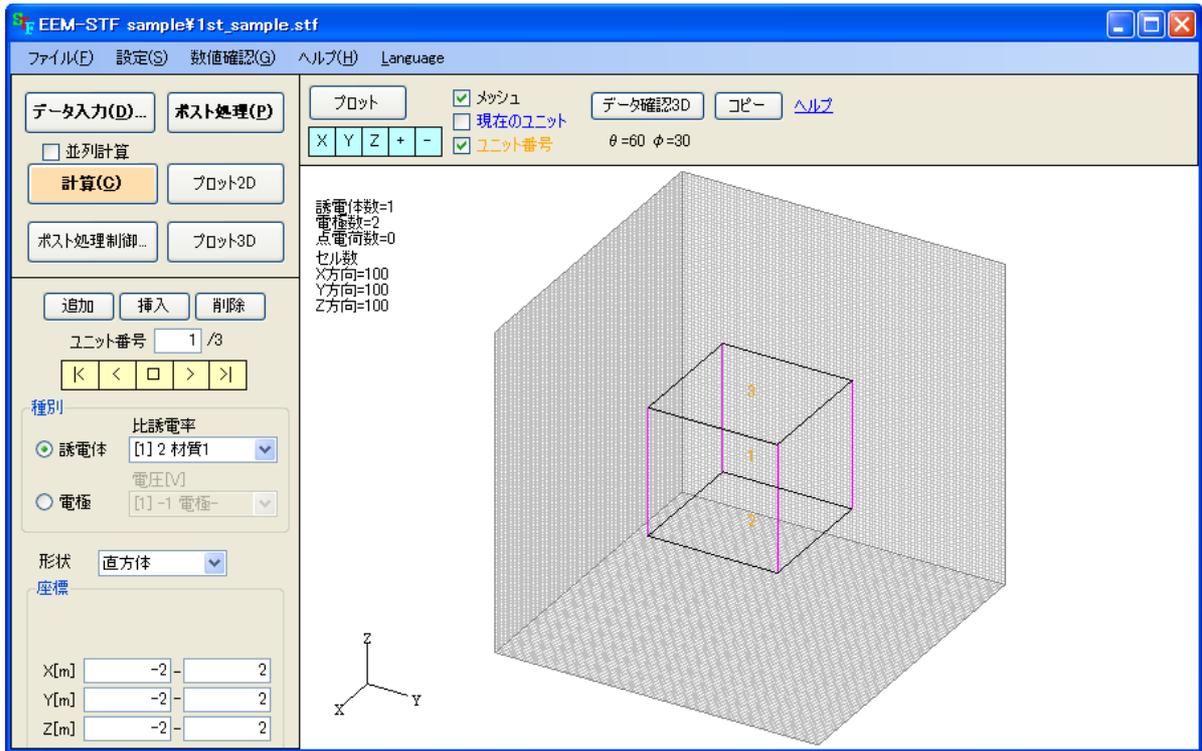
## 2. 解析機能

- (1) 解析空間は3次元のXYZ座標系です。
- (2) 解析空間のメッシュ分割は各方向に均一または不均一とします。
- (3) 解析空間内に任意個数の誘電体、電極、点電荷を配置することができます。
- (4) 誘電体と電極の形状は、直方体、長方形、線分、球、円柱、四角柱の集合とします。
- (5) 誘電体には比誘電率を指定します。
- (6) 電極には電圧を指定します。
- (7) 点電荷には電荷量を指定します。
- (8) 連立一次方程式の解法には共役勾配法(MICCG)またはSOR法を用います。
- (9) 電極の電荷量と系全体の静電エネルギーが計算されます。
- (10) 電界を磁界、誘電率を透磁率とみなすことによって、静磁場の解析に使用することができます。
- (11) 2次元モデルを高速に計算することができます。
- (12) 複数のコア/CPUで並列計算することができます。
- (13) NVIDIAのビデオカード(GPU)を用いて高速計算することができます。

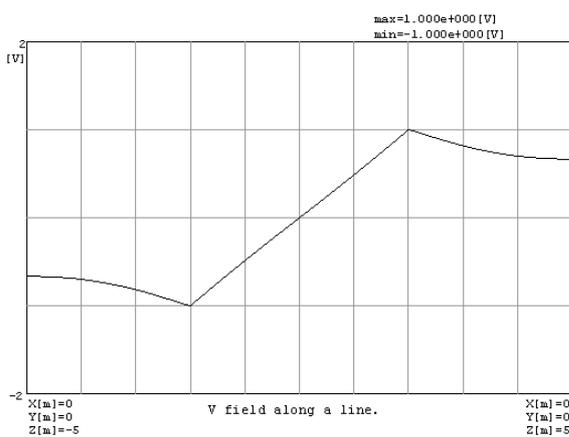
## 3. 図形出力機能

- (1) 指定した線上での電圧または電界の分布図
- (2) 指定した面上での電圧または電界の分布図

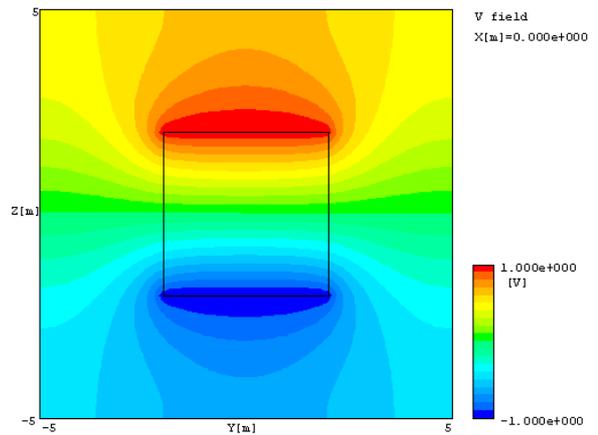
#### 4. 計算例



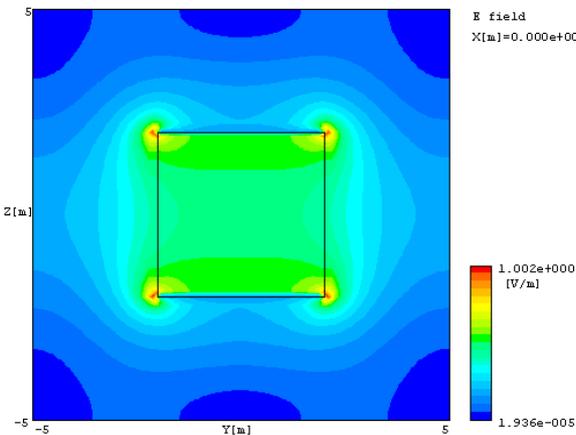
(1) 主ウィンドウ



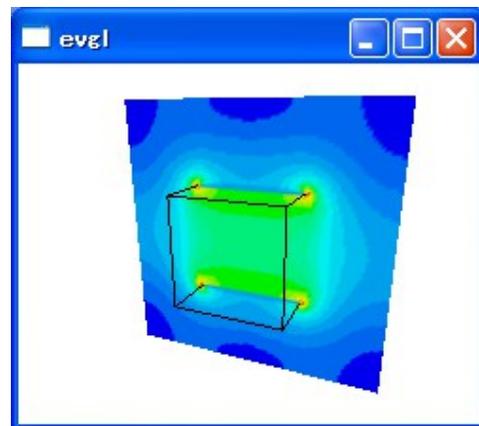
(2) 線上分布図



(3) 面上分布図 (電圧)



(4) 面上分布図 (電界)



(5) 面上分布図 (3D表示)