

EEM-RTM

Ver.5.1

取扱説明書

株式会社 EEM

目次

| | | |
|------|------------------------|----|
| 1 | 概要..... | 3 |
| 2 | システム構成..... | 4 |
| 2.1 | 起動法..... | 4 |
| 2.2 | 操作手順..... | 4 |
| 2.3 | フォルダ名..... | 5 |
| 3 | データ入力..... | 6 |
| 3.1 | 操作手順..... | 6 |
| 3.2 | メニューの説明..... | 7 |
| 3.3 | 図形ファイル..... | 8 |
| 3.4 | 基準線設定..... | 8 |
| 3.5 | 物性値データ編集..... | 8 |
| 3.6 | 幾何データの入力法..... | 10 |
| 3.7 | 属性の編集..... | 11 |
| 3.8 | アンテナ特性..... | 13 |
| 3.9 | 形状確認 3D..... | 14 |
| 3.10 | 計算条件..... | 14 |
| 3.11 | 設定..... | 15 |
| 4 | 計算..... | 16 |
| 5 | 数値出力の書式..... | 17 |
| 6 | ポスト処理..... | 20 |
| 付録A | 3次元図形表示プログラムの使用法..... | 23 |
| 付録B | データファイルの書式..... | 23 |
| 付録C | 反射透過係数データファイルの書式..... | 25 |
| 付録D | アンテナ指向性データファイルの書式..... | 25 |
| 付録E | 物性値テーブル..... | 26 |

下記ホームページも参考にしてください。

<http://www.e-em.co.jp/>

1 概要

本ソフトウェア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。

<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も考慮した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)を計算することができます。
- (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) 複数のコアで並列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。

<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・平均遅延・遅延スプレッドの頻度分布図と累積分布図
- (9) 指定された面上の受信電力の距離特性図

2 システム構成

2.1 起動法

EEM-RTM.exe ファイルをダブルクリックすると図 2.1 の主ウィンドウが表示されます。

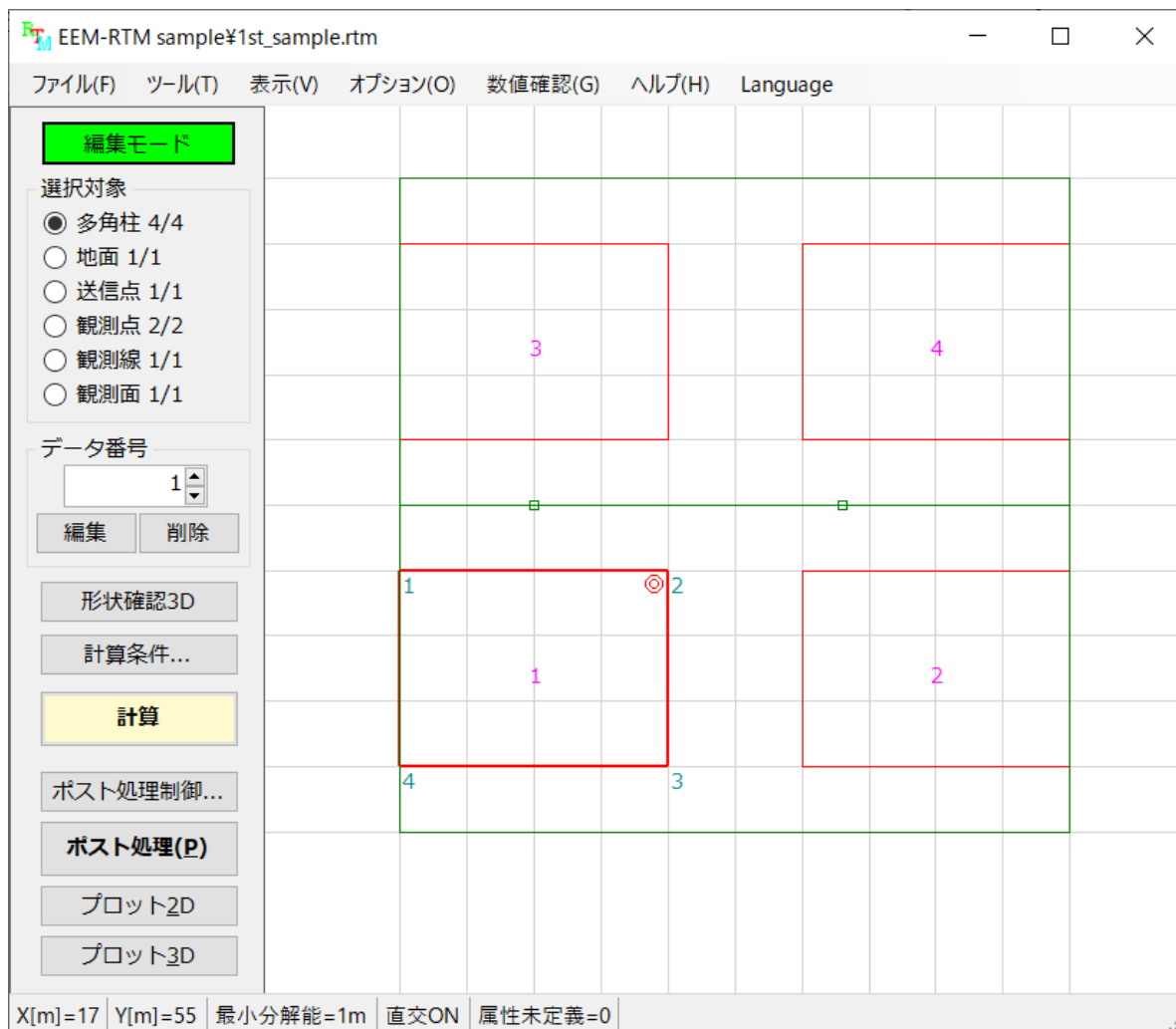


図 2.1 EEM-RTM 主ウィンドウ(入力済)

2.2 操作手順

以下の手順で操作してください。

(1) データ入力

解析対象の形状と物性値、送受信点の位置と送受信アンテナの特性、計算条件などを入力してください。詳しくは3章を参考にしてください。

(2) 計算

データ入力後、[計算]をクリックすると、ウィンドウが表示され計算が行われます(注1)。

計算終了後、ウィンドウに表示された内容は[数値確認]→[sol. log]メニューで確認することができます。詳しくは4章を参考にしてください。

(3) ポスト処理制御

計算終了後、[ポスト処理制御]をクリックすると、ポスト処理制御ウィンドウが現れます。ここで図形出力する項目を選択し、各タブでパラメーターを指定し、[OK]でウィンドウを閉じてください。なお、前回の設定から変更がない場合は省略することができます。詳しくは6章を参考にしてください。

(4) ポスト処理

[ポスト処理]をクリックするとポスト処理が行われ、計算結果の図形データが作成されます。その後、[プロット 2D]で2次元図形表示を、[プロット 3D]で3次元図形表示を行ってください。ポスト処理制御を変更することにより、ポスト処理は繰り返し行うことができます。(注2)

(5) 終了

EEM-RTMを終了するには、[ファイル]→[終了]メニューをクリックしてください。その前に保存が必要なデータは[ファイル]→[上書き保存]または[名前を付けて保存]メニューで保存してください。(注3)

(注1)

このウィンドウの左上のアイコンをクリックし、[プロパティ]→[オプション]の[簡易編集モード]をOFFにしてください。(これを行わないとウィンドウ上でマウスをクリックすると計算が停止します) また、[プロパティ]でウィンドウのサイズ、色、フォントを変更することができます。計算を途中で中止するには、ウィンドウ上でCtrl+Cを入力するか、ウィンドウを閉じるか、タスクマネージャーでrtm2.exeを終了してください。

(注2)

計算結果はすべてバイナリファイルsol.outに保存されていますので、このファイルを名前またはフォルダを変えて保存し、後で元に戻すとポスト処理以降を行うことができます。

(注3)

ファイルの保存先は、EEM-RTMのdataフォルダ内の適当なサブフォルダを推奨します。ファイルの拡張子は.rtmを推奨します。なお、data¥sampleフォルダに多数のサンプルデータがありますのでデータ作成の参考にしてください。

2.3 フォルダ名

EEM-RTM をインストールしたフォルダの data フォルダの下に以下のフォルダが作成されます。ただし、これらは特別な場合に使用するものです。

- (1) antenna : アンテナ指向性データファイルを保存するフォルダ
- (2) material : 反射透過係数データファイルを保存するフォルダ

3 データ入力

3.1 操作手順

データ入力の標準的な操作手順は以下の通りです。

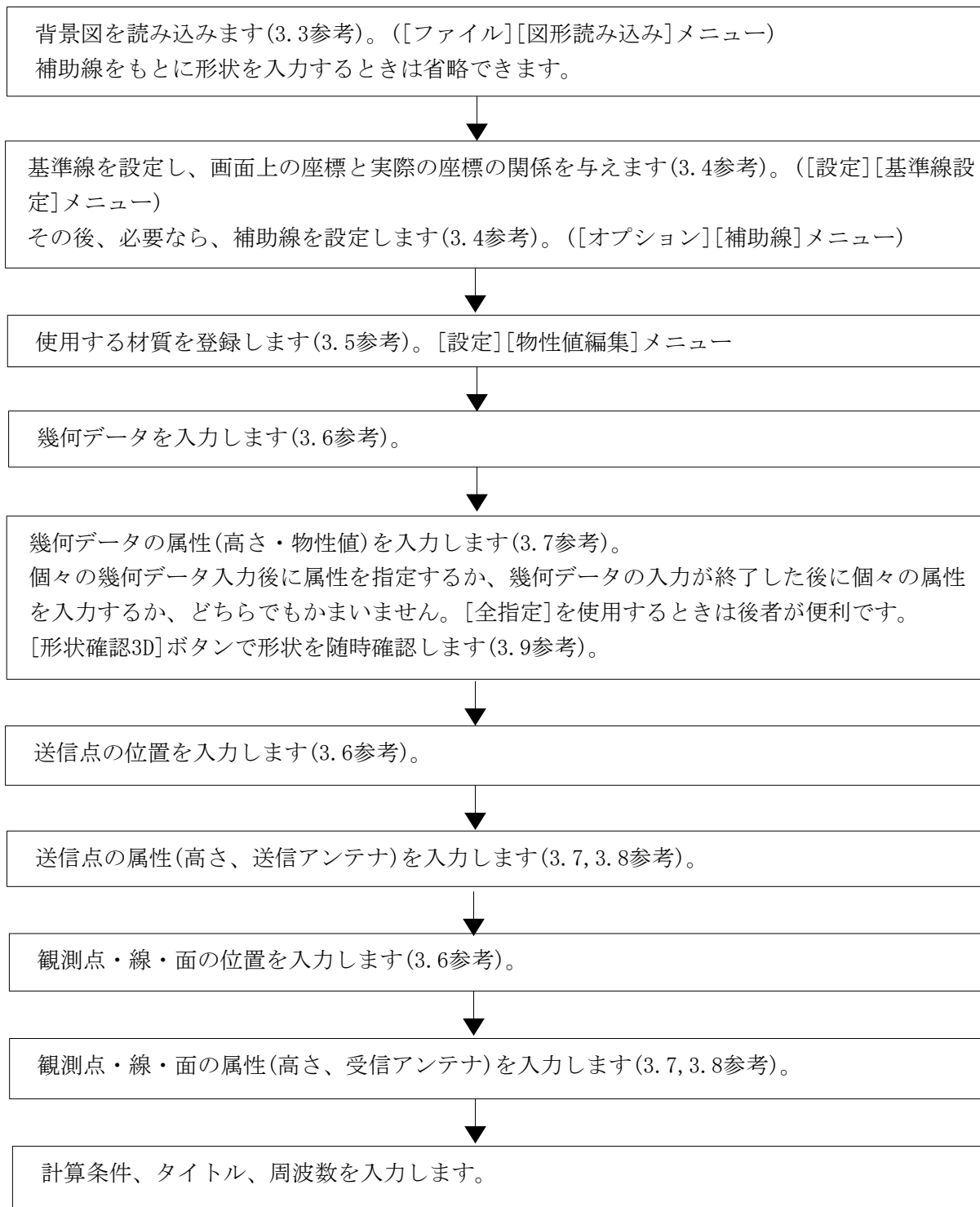


図 3.1 データ入力の操作手順

3.2 メニューの説明

○ファイル

- ・新規作成：新規に作成します。編集中のデータは消去されます。
- ・開く：データファイルを開きます。編集中のデータは消去されます。
- ・上書き保存：現在までに作成したデータを上書き保存します。安全のために作業中時々行ってください。
- ・名前を付けて保存：作成したデータを名前を付けて保存します。
- ・図形読み込み：背景となる図形ファイルを読み込みます。
- ・終了：EEM-RTMを確認後終了します。編集中のデータは保存しないと消去されますので注意してください。

○ツール

- ・設定：設定ウィンドウで各種の設定を行います。詳しくは3.10を参考にしてください。
- ・基準線設定：ウィンドウ上の座標と実際の座標を対応させるために2点の座標を指定します。3.4参考。
- ・物性値編集：物性値データ編集ウィンドウが現れます。3.5参考。

○表示

- ・現在データ太線：現在のデータを太線で表示するか否か選択します。
- ・データ番号：現在選択されている対象のすべてのデータの番号を表示するか否か選択します。(紫色)
- ・基準線・補助線：基準線と補助線を表示するか否か選択します。
- ・データ：データをプロットするか否か選択します。
- ・図形：背景となる図形をプロットするか否か選択します。
- ・スケール初期化：ズームと平行移動を初期化します。

○オプション

- ・多角柱高さ全指定：現在までに入力した多角柱の高さを一度に指定します。以後入力する多角柱には適用されません。
- ・物性値全指定：現在までに入力した多角柱と地面の物性値を一度に指定します。以後入力する多角柱と地面には適用されません。
- ・送信アンテナ全指定：現在までに入力した送信アンテナの特性を一度に指定します。以後入力する送信アンテナには適用されません。
- ・受信アンテナ全指定：現在までに入力した受信アンテナの特性を一度に指定します。以後入力する受信アンテナには適用されません。
- ・補助線：[基準線]をもとに補助線を引きます。図形データを使用せずにデータ入力を行うときに便利です。
- ・観測点全削除：入力した観測点・観測線・観測面をすべて削除します。

○数値確認

計算後、計算結果を確認します。メモ帳でファイルを開きます。sol.logは計算時ウィンドウに表示されたものです。

○Language

メニューを日本語または英語に変更します。

3.3 図形ファイル

[ファイル][図形読み込み]で図形ファイルを読み込み、データ入力時の背景に使用することができます。図形ファイルを作成するには、

- (1)紙の図面をスキャナーで読む。
 - (2)適当なアプリケーションのウィンドウを切り取る。
- などを行った後、図形ファイルに変換します。

3.4 基準線設定

幾何データを入力する前に基準線を設定する必要があります。これによって画面上の位置が実際の座標に変換されます。

[設定][基準線設定]メニューをクリックした後、画面上の適当な位置をクリックすると、その点の座標を入力するウィンドウ(図 3.2)が現れますので、XY 座標を入力します。右が+X 方向、上が+Y 方向です。この手続きを2度行うことにより、基準線の設定が完了します。2つの基準線は離れている必要があります。

基準線が指定されると下の X[m]=, Y[m]=の数値が実際の座標(単位 m)になります。(指定前は左上を原点とするピクセル値です。)

その後、必要なら、[オプション][補助線]メニューをクリックすると図 3.3 の補助線設定ウィンドウが現れます。ここで基準線の分割数を入力すると、画面上に格子が表示され、入力が便利になります。

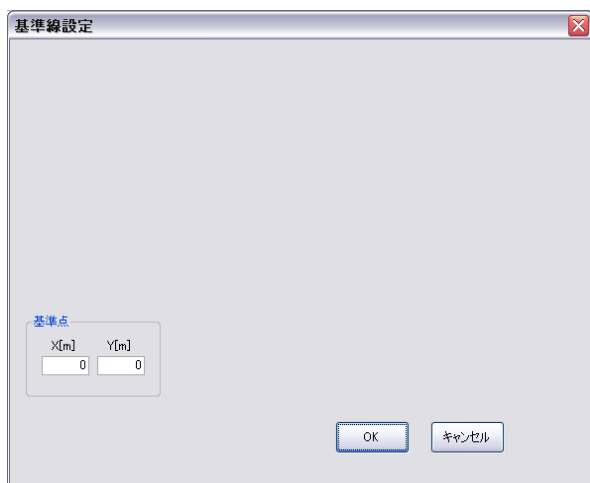


図 3.2 基準線設定ウィンドウ

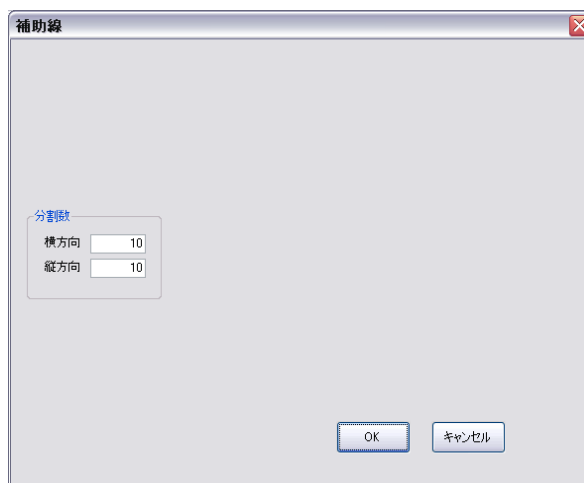


図 3.3 補助線設定ウィンドウ

3.5 物性値データ編集

[設定][物性値編集]を行うと図 3.4 のウィンドウが現れます。ここで物性値データの表を作成します。左端をチェックすると入力可能になります。[入力方法]によって入力するデータは以下のようになります。

- (1)[数値入力、厚さなし]: [比誘電率]、[導電率]を入力してください。

- (2) [数値入力、厚さあり] : [比誘電率]、[導電率]、[厚さ]を入力してください。
- (3) [反射透過ファイル] : 反射透過係数の入射角特性のデータファイル名を→をクリックして指定してください。
- (4) [多層壁&ファイル] : 複数枚の壁の合成のとき使用します。[比誘電率]、[導電率]、[厚さ]に複数の数値(個数は同じ)を入力してください。その後、[反射透過ファイル]に適当なファイル名を指定してください。[plot]ボタンをクリックすると、反射透過係数が下にプロットされ、同時に指定したファイルに反射透過係数が出力されます。このファイルは次回[反射透過ファイル]として使用することができます。

なお、複素比誘電率の虚部 ϵ''_r と導電率 σ の関係は $\epsilon''_r = \sigma / (\omega \epsilon_0)$ です。($\epsilon_0 = 8.854e-12$ [F/m])

[plot]ボタンをクリックすると、その行のデータの複素反射透過係数の振幅と位相の入射角特性が下にプロットされます。赤がTE波(S波)、青がTM波(P波)です。

(1) の場合は透過波は存在しません。(2) (3) (4) の場合は透過波が存在します。

(3) (4) のファイルを置くフォルダは data¥material です。ファイルの書式については付録Cを参考にしてください。

なお、PEC(完全導体)は予め登録されていますのでここで入力する必要はありません。

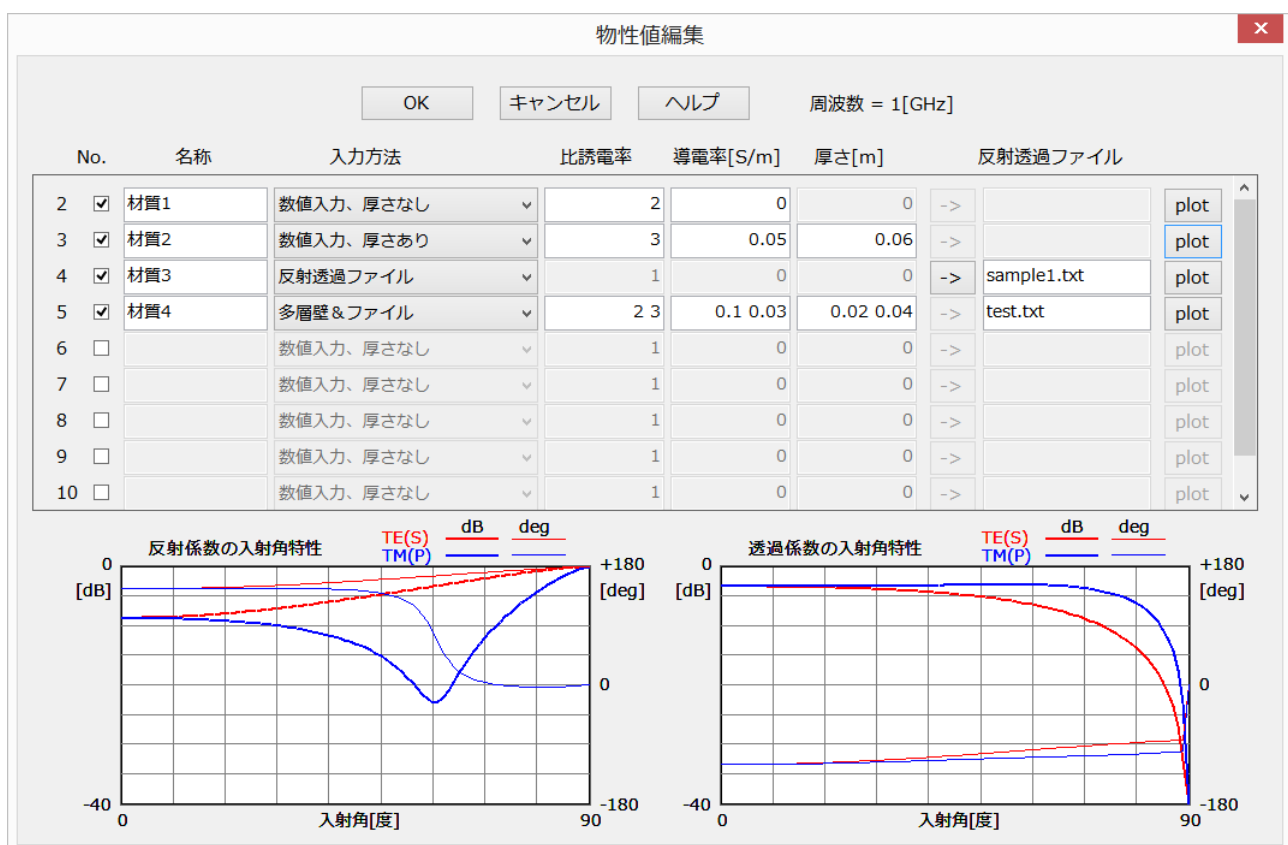


図 3.4 物性値編集ウィンドウ

3.6 幾何データの入力法

○入力モードと編集モード

[**入力モード**] (赤)と[**編集モード**] (緑)をクリックするとモードが交互に変わります。
[入力モード]のときマウスカーソルが十字になり、マウスクリックで形状データが入力できます。
[編集モード]のときマウスホイールで拡大/縮小、左マウスドラッグで平行移動ができます。
データの編集・削除はどちらのモードでも可能です。

○選択対象

データの入力、編集、削除は[選択対象]で選択されているものに対して行われます。

選択対象には多角柱、地面、送信点、観測点、観測線、観測面の6種類があります。

- ・多角柱 : 垂直な多角柱です。上面と底面は水平です。断面の頂点の数は2以上です。
- ・地面 : 4角形です。4頂点の高さは任意です。
- ・送信点 : 点です。
- ・観測点 : 点です。
- ・観測線 : 線分です。両端の高さは任意です。
- ・観測面 : 4角形です。4頂点の高さは任意です。

右の数字は、属性が定義されたデータの数と入力されたデータの数です。計算する前にすべてのデータの属性を定義する必要があります。すなわち数字が同じである必要があります。

○座標の入力法

[多角柱]は多角形、[地面][観測面]は4角形、[観測線]は線分、[送信点][観測点]は点を入力します。
多角形または4角形の入力法は以下の通りです。以下"クリック"とは左ボタンのクリックを意味します。

- (1) 始点をクリックします。
- (2) 次の点までマウスを移動し、そこでクリックします。
- (3) 多角形の場合は最後の点を右クリックし、4角形の場合は第4の点をクリックすると、始点と結ばれ形状が確定します。

座標入力を途中で取り消すにはCtrlキーを押しながらマウスをクリックします。

入力順は時計周り、反時計周りのどちらでもかまいません。

線分の場合は(1)(2)だけ、点の場合は(1)だけです。

送信点は◎、観測点は□で表されます。

マウス移動中は現在位置の座標が下に表示されます。

直交モードのときの四角形は長方形になります。

凹多角形では凹頂点を最初に入力するか、凸四角形に分割して入力します。

○データの選択法

データを編集または削除するには以下の2通りの方法があります。

なお、[表示][現在データ太線]がONのときは、選択されたデータが太線で表示され、頂点の番号が表示されます。

(1) 図上で選択する方法

[選択対象]に従って以下の場所を右クリックし、ポップアップメニューの[編集]または[削除]を選択します。

- ・多角柱、地面、観測面 : 内部または境界線の近く
- ・観測線 : 線分の近く
- ・送信点、観測点 : 記号の内部

2つの対象が重複しているときは境界線が右クリックされたものが優先されます。どちらも内部または境界線のときは先に入力されたものが優先されます。ただし、Shift キーを押しながら右クリックしたときは後に入力されたものが優先されます。

(2) データ番号を指定する方法

[データ番号]を指定し[編集]または[削除]ボタンをクリックすると、現在の[選択対象]の指定された番号のデータが編集または削除されます。

データ番号を指定するには以下の方法があります。

- ・数値を直接入力します。
- ・右の上下スクロールバーをクリックします。
- ・テキストボックスをクリックしてフォーカスを当てた後、カーソルキー↑↓で上下します。

○壁の入力法

垂直の壁は多角柱で頂点の数を2とします。斜めの壁は地面を流用します。計算上は[多角柱]の面と[地面]は区別されません。

○重複する面の入力

2つの面の一部が重複する場合は、後から入力した面の材質が使用されます。例えば壁の一部に窓を設定するには窓を後から入力します。

○色の意味

図形の色については以下の規則があります。

- ・属性指定前/後の多角柱：青/赤
- ・属性指定前/後の地面：水色/赤
- ・属性指定前/後の送信点：青/赤
- ・属性指定前/後の観測点、観測線、観測面：緑/暗緑
- ・基準線、補助線：灰

データ入力が完成すると以下の状態になっています。

- ・多角柱、地面、送信点はすべて赤色です。
- ・観測点、観測線、観測面はすべて暗緑色です。
- ・基準線が設定されています。
- ・選択対象のすべての二つの数字が一致します。
- ・ステータスバーに” 属性未定義=0” と表示されています。

3.7 属性の編集

対象を選択した後、[編集]を行うと、図 3.5 の属性編集ウィンドウが現れます。ここで、以下のデータを入力します。同時に座標値を修正することもできます。

| | |
|-----|--|
| 多角柱 | : 上面と下面の高さと物性値 |
| 地面 | : 4 頂点の高さと物性値 |
| 送信点 | : 高さで送信アンテナ特性 |
| 観測点 | : 高さで受信アンテナ特性 |
| 観測線 | : 線分の両端の高さ、観測点の分割数、受信アンテナ特性 |
| 観測面 | : 4 角形の 4 頂点の高さ、観測点の 2 方向の分割数、受信アンテナ特性 |

多角柱 1/4

高さ[m]

上面 10

下面 0

座標

| No. | X[m] | Y[m] |
|-----|------|------|
| 1 | 0 | 20 |
| 2 | 20 | 20 |
| 3 | 20 | 5 |
| 4 | 0 | 5 |

物性値

[3] "建物の壁" 5 0.1

OK キャンセル

(1) 多角柱

地面 1/1

高さ[m]

1 0

2 0

3 0

4 0

座標

| No. | X[m] | Y[m] |
|-----|------|------|
| 1 | 0 | 50 |
| 2 | 0 | 0 |
| 3 | 50 | 0 |
| 4 | 50 | 50 |

物性値

[2] "地面" 10 0.2

OK キャンセル

(2) 地面

送信点 1/1

高さ[m] 13

座標

| X[m] | Y[m] |
|------|------|
| 19 | 19 |

送信アンテナ

指向性 ダイポール

ビーム幅[度] 90

偏波方向 垂直偏波

送信電力[W] 1

位相[度] 0

プロット

OK キャンセル

(3) 送信点

観測点 1/2

高さ[m] 1.5

座標

| X[m] | Y[m] |
|------|------|
| 33 | 25 |

受信アンテナ

指向性 ダイポール

ビーム幅[度] 90

偏波方向 垂直偏波

プロット

OK キャンセル

(4) 観測点

観測線 1/1

高さ[m]

1 1.5

2 1.5

座標

| No. | X[m] | Y[m] |
|-----|------|------|
| 1 | 0 | 25 |
| 2 | 50 | 25 |

受信アンテナ

指向性 ダイポール

ビーム幅[度] 90

偏波方向 垂直偏波

プロット

分割数

1-2 100

OK キャンセル

(5) 観測線

観測面 1/1

高さ[m]

1 1.5

2 1.5

3 1.5

4 1.5

座標

| No. | X[m] | Y[m] |
|-----|------|------|
| 1 | 0 | 50 |
| 2 | 0 | 0 |
| 3 | 50 | 0 |
| 4 | 50 | 50 |

受信アンテナ

指向性 ダイポール

ビーム幅[度] 90

偏波方向 垂直偏波

プロット

分割数

1-2 100

1-4 100

OK キャンセル

(6) 観測面

図 3.5 属性編集ウィンドウ

○物性値の指定法

物性値は[物性値編集]で作成した表から選択してください。

○分割数について

[観測線]または[観測面]の[分割数]が大きいほどポスト処理で精細な図が出力されますが、計算時間は観測点の数に比例しますので、ポスト処理の図を参考に必要最小限を指定してください。

3.8 アンテナ特性

アンテナ特性は、送信点、観測点、観測線、観測面ごとに指定することができます。

指向性を以下の4種類から選びます。それぞれさらに以下のパラメータを設定してください。

(1) 無指向性

- ・ 偏波

(2) ダイポール（垂直ダイポールアンテナ）

- ・ ビーム幅[度]

- ・ 偏波

(3) ビーム

- ・ 中心軸の θ [度]

- ・ 中心軸の ϕ [度]

- ・ θ 方向のビーム幅[度]

- ・ ϕ 方向のビーム幅[度]

- ・ 偏波

(4) ファイル

・ ファイル名：[ファイル]をクリックして指定してください。フォルダは data¥antenna です。付録D 参考。

- ・ 回転角[度]：Z軸の周りに回転するとき指定してください。+Z軸から見て反時計回りが正です。

・ 正規化する/しない：正規化とは、アンテナ指向性の全方向平均を 0dB にすることを意味します。通常は[正規化する]を ON にしてください。

○偏波

[垂直偏波][水平偏波][右旋円偏波][左旋円偏波]から選択してください。

○送信アンテナ

送信アンテナのときはさらに、送信電力[W]と位相[度]を入力してください。

○プロット

[プロット]をクリックすると、図 3.6 のようにアンテナ指向性が 3D 表示されます。中心からの距離がその方向の電界利得[V/m]を表します。 E, E_θ, E_ϕ の 3 ページが表示されます。ここで

$E = \{|E_\theta|^2 + |E_\phi|^2\}^{1/2}$ です。ビーム形状に応じて[設定]メニューの[アンテナパターン間隔]を適当に設定してください。

3.9 形状確認3D

[形状確認 3D]をクリックすると、入力されたデータを 3D 表示で確認することができます(図 3.7)。

多角柱と地面の色は、薄灰：属性未定義、濃灰：PEC、黄：物性値番号 2、緑：物性値番号 3、水：物性値番号 4、... を表します。

送信点、観測点、観測線、観測面の色の意味は 3.6 と同じです。

また、属性値(付録 A 参考、キーボード m, 1 で選択)はデータ番号になります。

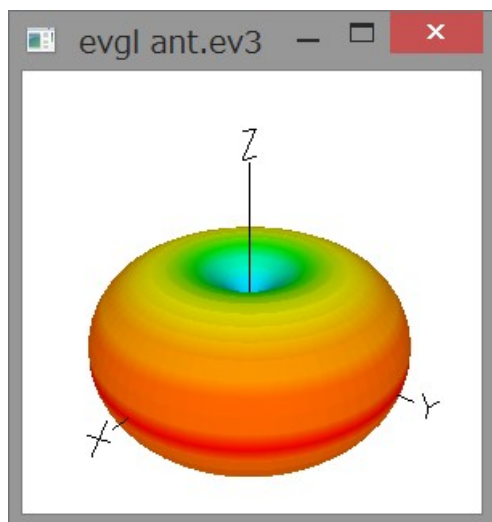


図 3.6 アンテナ指向性図

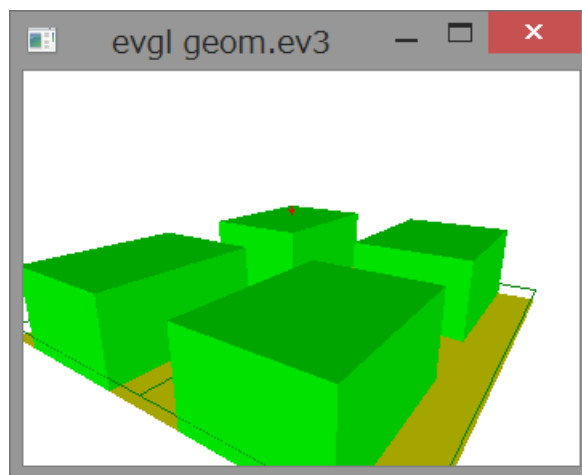


図 3.7 形状確認 3D

3.10 計算条件

[計算条件]をクリックすると、図 3.8 の計算条件ウィンドウが現れます。

ここで、計算条件を入力してください。

[最大反射回数]を例えば 3 とすると、直接波/1 回反射波/2 回反射波/3 回反射波までが計算されます。

[緯度方向分割数]により送信点から放射されるレイの間隔が決まります。180 度をこの数値で割ったものがレイの間隔になります(例えば 90 のとき 2 度間隔)。通常、90-180 程度を入力してください。小さ過ぎると一部の伝搬経路が計算されません。必要以上に大き過ぎても計算時間が増えるだけで計算結果は変わりません。問題に応じて適当な値(受信電力が一定になるだけの十分大きな数値)を入力してください。

[透過波を計算する]を ON にすると透過波も計算されます。ただし、壁の材質に厚さを指定するか、反射透過係数ファイルを指定することが必要です。

[レイ送信方向を絞る]を ON にすると、送信レイが物体がある方向に限定されます。送信点が外部にあるとき、小さい角度分割数で同等の結果が得られ、計算時間が短縮できます。

その他の注意点については[注]を参考にしてください。

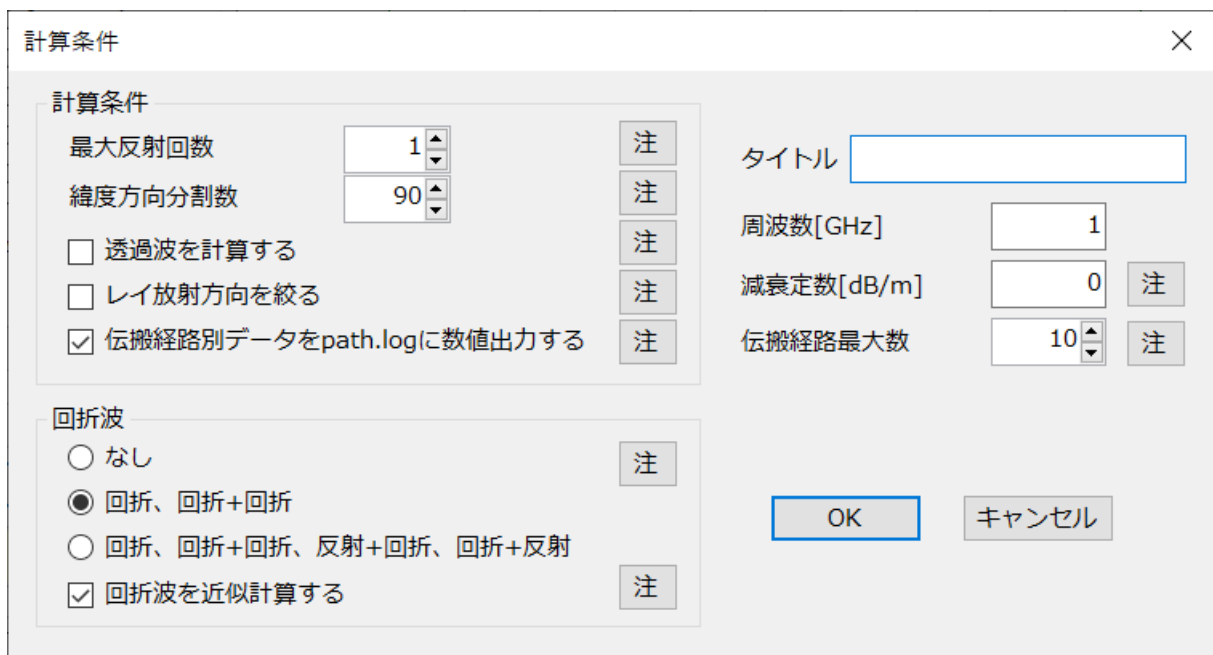


図 3.8 計算条件ウィンドウ

3.11 設定

[ツール]→[設定]メニューをクリックすると図3.9の設定ウィンドウが現れます。
それぞれの意味は[ヘルプ]を参考にしてください。

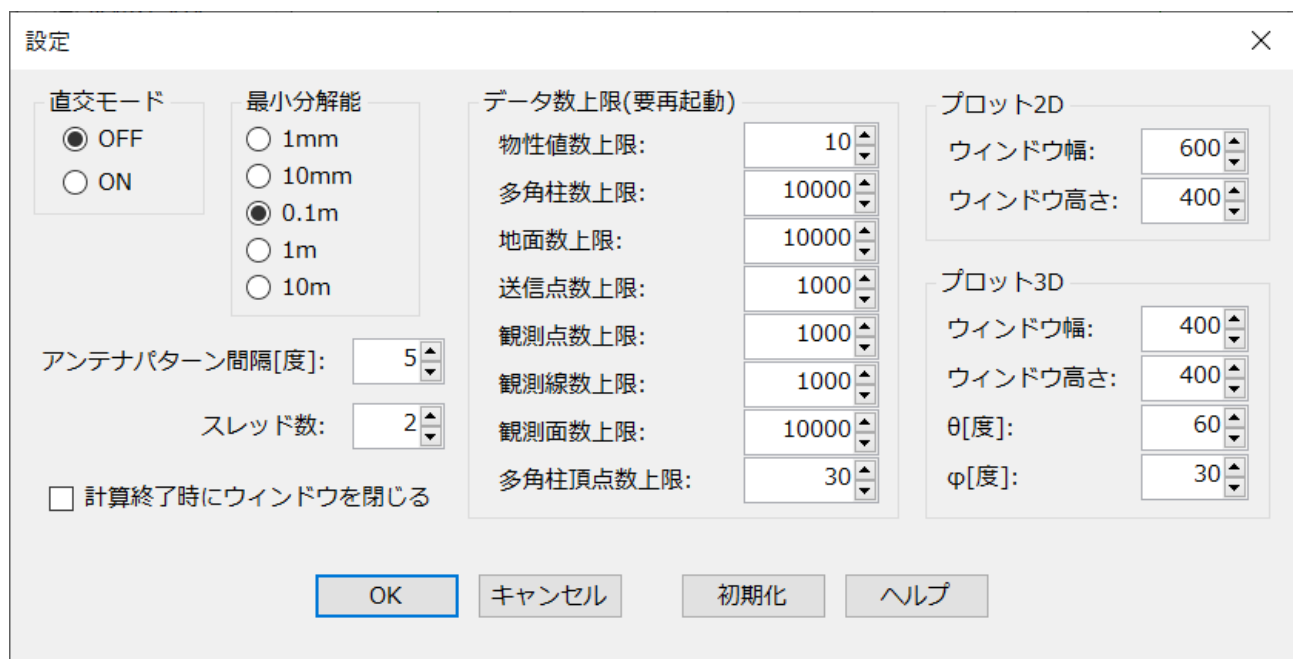


図3.9 設定ウィンドウ

4 計算

計算を実行すると、画面に表 4.1 のメッセージが表示されます。計算経過が 1 から 9 まで表示されます。この表示内容は計算終了後、[数値確認][sol.log]で確認することができます。

表 4.1 計算経過の出力(sol.log)

```
<<< EEM-RTM Ver.5.1 >>>
CPU : threads          = 2                スレッド数
Title                  : テスト           タイトル
Max reflection times = 1                最大反射回数
Diffraction           : YES (D, D+D)     回折波の有無と種類(D:回折波,R:反射波)
Transmission         : NO              透過波の有無
Beam window          : NO              レイ放射方向限定の有無
Log path data        : YES             伝搬経路別データ出力 path.log の有無
Frequency [GHz]      = 1.000           周波数
No. of Rx's (OD+1D+2D) = 2 + 101 + 10000 = 10103   受信点の数(観測点+観測線+観測面)
No. of Tx's          = 1              送信点の数
No. of planes        = 25             面の数
No. of ray segments = 14308          レイの折線の総数(反射、透過後)
Memory size [MB]     = 24             使用メモリー(概略値)
Max paths to a point = 4 (10)         受信点に到達した伝搬経路の最大数と上限(注1)
Sum, Average of path = 13412 1.328    全受信点の伝搬経路の合計、観測点当たりの平均
Average <E> [dBW]    = -63.519 -63.427 全受信点の平均電力(位相差有/無)
<<< NORMAL END >>>                  正常終了を表す
=== time [sec] ===                    以下、計算時間の内訳[秒]
part-1 : 0.032                        ラウンチング法前半：レイの集合の計算
part-2 : 1.528                        ラウンチング法後半：各受信点の受信電力の計算
part-3 : 0.140                        その他の処理、入力、出力
-----
total  : 1.700                        合計
```

計算時間は以下のように評価できます。

$$\text{計算時間} \propto (\text{緯度方向分割数})^2 \times (\text{面の数}) \times (\text{最大反射回数}) \times (\text{受信点の数}) \times (\text{送信点の数})$$

使用メモリーはレイの折線の数に比例する部分と受信点の数に比例する部分の和です。

$$\begin{aligned} \text{使用メモリー} &= (\text{定数} \times \text{レイの折れ線の総数}) \\ &+ (\text{定数} \times \text{最大反射回数} \times \text{伝搬経路最大数} \times \text{受信点の数}) \end{aligned}$$

(注1)

両者が一致するときには一部の伝搬経路が計算されていない可能性がありますので、[計算条件]の[伝搬経路最大数]を大きくしてください。

5 数値出力の書式

計算結果の数値出力のファイル名とその書式は以下の通りです。

受信電力の単位は dBW (=10log₁₀P[W])、座標の単位は m、角度と位相の単位は度です。

(1) field. log

観測点、線、面のすべての“点”の受信電力その他です。

第 1 行に観測点の総数(=N)が表示され、以下 N 行のデータが続きます。1 観測点のデータが 1 行から成り、その意味は以下の通りです。

- (1) 観測点の通し番号(=1, 2, 3, ..)
- (2) X 座標 [m]
- (3) Y 座標 [m]
- (4) Z 座標 [m]
- (5) 伝搬経路の位相差を考慮した受信電力 [dBW]
- (6) 伝搬経路の位相差を考慮しない受信電力 [dBW]
- (7) 平均遅延 [nsec]
- (8) 遅延スプレッド [nsec]

2704

| | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|---------|---------|-------------|-------------|
| 1 | 1.5800e+002 | 6.8000e+001 | 1.0000e+000 | -65.839 | -68.279 | 6.3456e+000 | 1.3527e+001 |
| 2 | 3.0000e+001 | 1.2800e+002 | 1.0000e+000 | -71.031 | -71.710 | 4.1112e+000 | 1.4774e+001 |

(以下略)

(2) path. log

観測点、線、面のすべての“点”の伝搬経路別データです。

本ファイルは[計算条件]で[伝搬経路別データを path. log に数値出力する]を ON にしたとき出力されます。

2704

観測点の総数

4 1.58000e+002 6.80000e+001 1.00000e+000 観測点 1 への伝搬経路数と観測点 1 の XYZ 座標 [m]

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---------|---------|---------|---------|--------------|---------|----------|-------|
| 1 | 2 | 1 | 119.263 | 12.630 | 60.737 | 118.482 | 2.66130e+002 | -75.870 | 132.450 | (注 1) |
| 2 | 3 | 1 | 120.501 | 12.630 | 120.501 | 118.482 | 2.69454e+002 | -95.704 | 11.770 | |
| 3 | 1 | 1 | 124.348 | -11.113 | 55.652 | 168.887 | 2.30570e+002 | -69.010 | 154.882 | |
| 4 | 2 | 1 | 125.694 | -11.113 | 125.694 | 168.887 | 2.34399e+002 | -84.921 | -146.004 | |

4 3.00000e+001 1.28000e+002 1.00000e+000 観測点 2 への伝搬経路数と観測点 2 の XYZ 座標 [m]

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---------|---------|---------|---------|--------------|----------|----------|--|
| 1 | 3 | 1 | 110.269 | 117.405 | 69.731 | -60.618 | 3.75513e+002 | -83.161 | 174.080 | |
| 2 | 4 | 1 | 111.218 | 117.405 | 111.218 | -60.618 | 3.77876e+002 | -107.881 | -129.624 | |
| 3 | 1 | 1 | 114.123 | 145.763 | 65.877 | -34.237 | 3.18305e+002 | -73.107 | -109.710 | |
| 4 | 2 | 1 | 115.210 | 145.763 | 115.210 | -34.237 | 3.21089e+002 | -105.403 | -51.539 | |

(以下略)

(注1)

1行が1つの伝搬経路を表し10個のデータから成ります。それぞれの意味は以下の通りです。

- (1) 伝搬経路の通し番号(=1, 2, 3, ...)
- (2) 伝搬経路の折れ線の数(1:直接波, 2:1回反射波または1回折波, ...)
- (3) 送信点の番号(=1, 2, 3, ...)
- (4) 送信点から見た送信方向の θ [度]
- (5) 送信点から見た送信方向の ϕ [度]
- (6) 受信点から見た到来方向の θ [度]
- (7) 受信点から見た到来方向の ϕ [度]
- (8) 伝搬経路の長さ/光速[nsec]
- (9) 受信電力[dBW]
- (10) 受信電界の位相[度]

(3)matrix.log

観測点、線、面のすべての“点”の伝達関数行列です。

第1行は送信アンテナ数Mと受信アンテナ数N(観測点数)です。

第2行以下については、送信アンテナmによる受信アンテナnの受信電圧の振幅と位相[度]を $V_{n,m}$ と $A_{n,m}$ と表すと以下の通りです。ここで「受信電圧」は受信電力[W]の平方根の意味です。

観測面内の点の並びは頂点1→4方向が内側ループになります。

M N

$V_{1,1}$ $A_{1,1}$ $V_{1,2}$ $A_{1,2}$... $V_{1,M}$ $A_{1,M}$

:

$V_{N,1}$ $A_{N,1}$ $V_{N,2}$ $A_{N,2}$... $V_{N,M}$ $A_{N,M}$

(4)stat2d.csv

ポスト処理の[3-2 観測面の統計図]をONにしてポスト処理を行ったときに出力されます。

2つの部分からなり、上は受信電力、下は遅延特性です。それぞれ6つのカラムから成ります。

受信電力の各項は「番号(=0, 1, 2, ...)、受信電力[dBW]、位相差有の頻度分布、位相差無の頻度分布、位相差有の累積分布、位相差無の累積分布」です。

遅延特性の各項は「番号(=0, 1, 2, ...)、遅延時間[nsec]、位相差有の頻度分布、位相差無の頻度分布、位相差有の累積分布、位相差無の累積分布」です。

No., power[dBW], histogram-1, histogram-2, cumulative-1, cumulative-2

0, -115.000, 0.00000, 0.00000, 0.00000, 0.00000

1, -114.000, 0.00056, 0.00000, 0.00004, 0.00000

2, -113.000, 0.00000, 0.00000, 0.00004, 0.00000

(略)

58, -57.000, 0.00111, 0.00000, 1.00000, 1.00000

59, -56.000, 0.00000, 0.00000, 1.00000, 1.00000

60, -55.000, 0.00000, 0.00000, 1.00000, 1.00000

No., delay[nsec], histogram-1, histogram-2, cumulative-1, cumulative-2

0, 0.000, 0.00000, 0.00000, 1.00000, 1.00000

1, 1.000, 0.00000, 0.00000, 1.00000, 1.00000

2, 2.000, 0.01429, 0.00000, 0.99533, 1.00000

(略)

28, 28.000, 0.00000, 0.00000, 0.00000, 0.00000

29, 29.000, 0.00000, 0.00000, 0.00000, 0.00000

30, 30.000, 0.00000, 0.00000, 0.00000, 0.00000

6 ポスト処理

計算終了後、主ウィンドウの[ポスト処理制御]でパラメーターを設定し、[ポスト処理]で図形データを作成し、[プロット 2D]または[プロット 3D]で図形表示を行います。

[ポスト処理制御]をクリックすると、図 6.1 のポスト処理制御ウィンドウが現れます。

ここで、図形出力する項目を選択し(複数可)、さらに右の該当タブで各種パラメーターを設定してください。(図 6.2)

ただし、観測点・線・面についてはデータを入力していない項目は選択しても図形表示されません。各項目の説明と出力図の見方については[注]を参考にしてください。

[初期化]をクリックするとすべての設定が初期化されます。

設定後、[OK]をクリックしてウィンドウを閉じてください。

ポスト処理制御の設定はアプリケーション(=EEM-RTM)単位で管理され、入力データには含まれません。また、EEM-RTM起動時には前回終了時の状態が復元されます。

図 6.3 に図形出力例を示します。



図 6.1 ポスト処理制御ウィンドウ

1-1 観測点 1-2 観測点 2-1 観測線 2-2 観測線 3-1 観測面 3-2 観測面 3-3 観測面

縦軸スケール[dBW]

自動スケール 注

最小 最大 分割数

0 0 1

横軸スケール[m]

自動スケール 注

最小 最大 分割数

0 0 1

1-1 観測点

1-1 観測点 1-2 観測点 2-1 観測線 2-2 観測線 3-1 観測面 3-2 観測面 3-3 観測面

表示レベル幅[dB] 60 注

Z方向高さ因子 1

横軸スケール[m]

自動スケール

最小 最大

0 0

2-1 観測線

1-1 観測点 1-2 観測点 2-1 観測線 2-2 観測線 3-1 観測面 3-2 観測面 3-3 観測面

受信電力[dBW] 注

自動スケール 注

最小 最大 分割数

0 0 1

遅延時間[nsec] 注

自動スケール 注

最小 最大 分割数

0 0 1

空間相関係数 注

自動スケール 注

最小 最大 分割数

0 0 1

2-2 観測線

1-1 観測点 1-2 観測点 2-1 観測線 2-2 観測線 3-1 観測面 3-2 観測面 3-3 観測面

受信電力[dBW] 注

自動スケール 注

最小 最大

0 0

遅延時間[nsec] 注

自動スケール 注

最小 最大

0 0

2Dプロットする

3Dプロットする

色

カラー

モノクロ

視点の方向(2D)

θ[度] 60

φ[度] 30

物体の表示方法

なし

線画

塗りつぶし(3D)

3-1 観測面

1-1 観測点 1-2 観測点 2-1 観測線 2-2 観測線 3-1 観測面 3-2 観測面 3-3 観測面

図形出力対象

受信電力

遅延特性

図形出力方法

頻度分布

累積分布

受信電力横軸スケール[dBW]

自動スケール 注

最小 最大 分割数

-100 0 50

累積分布縦軸スケール

線形

Rayleigh/対数

建物内の観測点を除外する 注

遅延特性横軸スケール[nsec]

自動スケール 注

最小 最大 分割数

0 100 50

3-2 観測面

1-1 観測点 1-2 観測点 2-1 観測線 2-2 観測線 3-1 観測面 3-2 観測面 3-3 観測面

距離特性

横軸スケール[m]

最小 最大

1 1000

縦軸スケール[dBW]

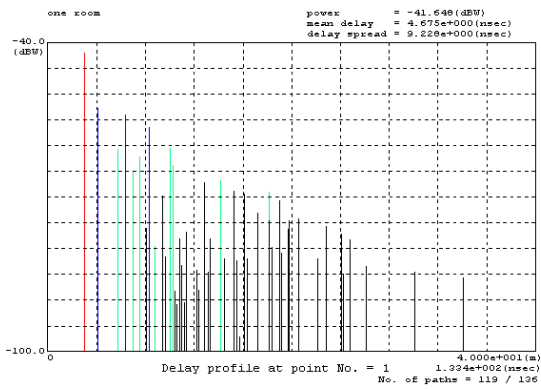
自動スケール 注

最小 最大 分割数

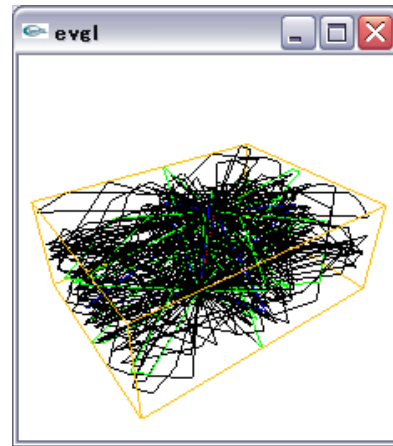
0 0 1

3-3 観測面

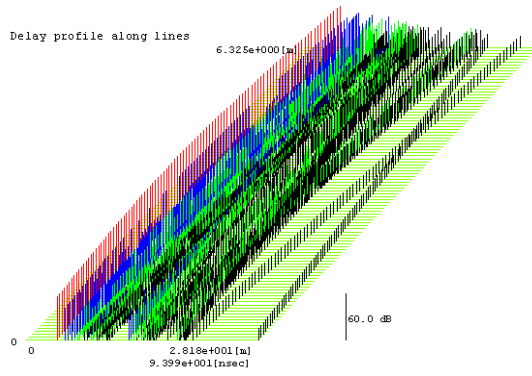
図 6.2 ポスト処理制御の各項目



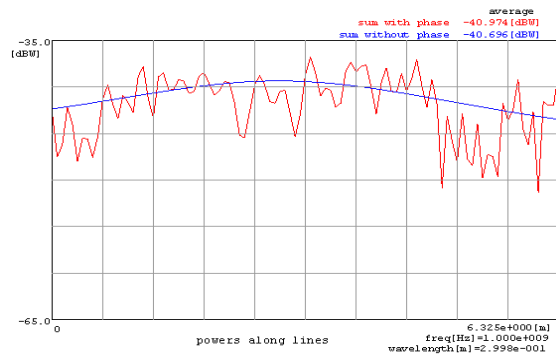
1-1 観測点の遅延プロファイル



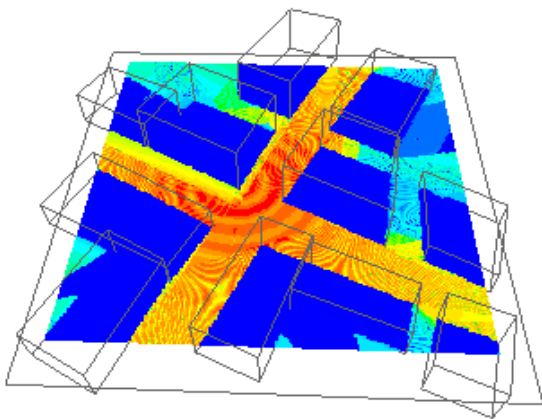
1-2 観測点への伝搬経路図



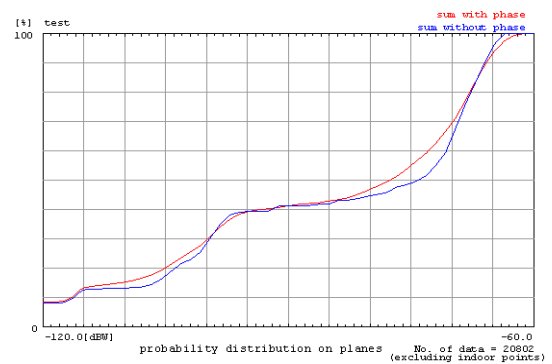
2-1 観測線の遅延プロファイル



2-2 観測線の分布図



3-1 観測面の分布図



3-2 観測面の統計図

図 6.3 ポスト処理の図形出力

付録A 3次元図形表示プログラムの使用法

3次元図形表示プログラムevgl.exe(OpenGL対応)の使用法は以下の通りです。

操作はキーボード、マウスドラッグ、右クリックメニュー(括弧内の文字がキーボードに対応)で行います。回転モードとフライトモードの2つのモードを持っており、キーボードvで変更できます。初期状態は回転モードです。

初期状態の視点は $\theta = 60$ 度、 $\phi = 30$ 度です。

| キーボード | 機能 |
|----------------|-------------------------------|
| q または ESC | 終了 |
| n または PageDown | 次のページ |
| p または PageUp | 前のページ |
| c | 陰影をつけない/つける(初期値)(トグルボタン) |
| v | フライトモード/回転モード(初期値)(トグルボタン) |
| k | 面要素の枠だけ描く/塗りつぶす(初期値)(トグルボタン) |
| w | 背景色を黒/白(初期値)に変えます(トグルボタン) |
| a | 面要素の枠を黒色で描く/描かない(初期値)(トグルボタン) |
| z | 拡大(回転モード)/前進(フライトモード) |
| Shift+z | 縮小(回転モード)/後退(フライトモード) |
| m | 属性値の大きいものから消去します |
| Shift+m | 上記の逆操作 |
| l | 属性値に従って順に表示します(属性値0は常に表示します) |
| Shift+l | 上記の逆操作 |
| b | 透明度を大きくします(初期状態は透明度なし) |
| Shift+b | 上記の逆操作 |
| x | 加速(フライトモード) |
| Shift+x | 減速(フライトモード) |
| スペース | スケール、属性値表示を初期状態に戻します |
| ←→ | 左右に回転(回転モード)/左右に方向転換(フライトモード) |
| ↑↓ | 上下に回転(回転モード)/高度上下(フライトモード) |
| Shift+↑↓ | 視界上下(フライトモード) |

| マウスドラッグ | 機能 |
|---------|-------------------------------|
| 左右 | 左右に回転(回転モード)/左右に方向転換(フライトモード) |
| 上下 | 上下に回転(回転モード)/高度上下(フライトモード) |

(注1)

複数ページを表示したとき2ページ目以降でShiftキーを押すと前ページ目の初期状態に戻る不具合があります。

(注2)

右クリックメニューを使用するときどきプログラムが異常終了する場合があります。なるべくキーボード操作を使用してください。

付録B データファイルの書式

EEM-RTMのデータファイルは以下の書式のテキストファイルです。

各セクションは特定のキーワードで始まり、終了行(0から成る)まで任意個数のデータを置くことができます。

す。
各行のデータ間には一つ以上の空白を置きます。コメントは""で囲みます。

```

EEM-RTM          EEM-RTM データであることを表します
5 1              バージョン
sample           タイトル
1.0e9            周波数[Hz]
====MATERIAL==== 物性値セクション開始(以下、物性値番号=2, 3,...)
1 5 0.01 ""      1: 数値入力+厚さなし、比誘電率、導電率[S/m]、コメント
2 10 0.03 0.1 "" 2: 数値入力+厚さあり、比誘電率、導電率[S/m]、厚さ[m]、コメント
3 sample1.txt "" 3: 反射透過係数ファイル、ファイル名、コメント
0               物性値セクション終了
====GEOMETRY==== 解析物体セクション開始
1 2             1: 多角柱、物性値番号
4               頂点数
139.0 150.0     頂点1のXY座標[m]
113.0 101.0     頂点2のXY座標[m]
74.0 121.0      頂点3のXY座標[m]
93.0 157.0      頂点4のXY座標[m]
0 30            底面、上面の高さ[m]
2 2             2: 地面、物性値番号
-6.0 -8.0 0     頂点1のXYZ座標[m]
211.0 -8.0 0    頂点2のXYZ座標[m]
213.0 206.0 0   頂点3のXYZ座標[m]
-7.0 206.0 0    頂点4のXYZ座標[m]
0               解析物体セクション終了
====TX====      送信点セクション開始
1 1             送信アンテナ指向性、1: 無指向性、属性定義済み(N/Y=0/1)
102.0 79.0 40 1 0 XYZ座標[m]、送信電力[W]、位相[度]
1               偏波(1/2/3/4: 垂直/水平/右旋円偏波/左旋円偏波)
0               送信点セクション終了
====RX0====     観測点セクション開始
2 1             受信アンテナ指向性、2: ダイポール、属性定義済み
158.0 68.0 1    XYZ座標(m)
0 0 90 1        ダミー、ダミー、ビーム幅[度]、偏波(注1)
0               観測点セクション終了
====RX1====     観測線セクション開始
3 1             受信アンテナ指向性、3: ビーム、属性定義済み
169.0 184.0 2   始点のXYZ座標[m]
82.0 11.0 2     終点のXYZ座標[m]
100             分割数
90 0 90 90 1    軸θ[度]、軸φ[度]、θビーム幅[度]、φビーム幅[度]、偏波(注1)
0               観測線セクション終了
====RX2====     観測面セクション開始
4 1             受信アンテナ指向性、4: ファイル、属性定義済み
4.0 5.0 1.5     頂点1のXYZ座標[m]
192.0 3.0 1.5   頂点2のXYZ座標[m]
193.0 193.0 1.5 頂点3のXYZ座標[m]
6.0 193.0 1.5   頂点4のXYZ座標[m]

```


| | |
|---------------------|--------------------------------------|
| 50 50 | 分割数(1-2, 1-4) |
| 0 0 0 0 dipole. log | ダミー、ダミー、回転角[度]、0/1:正規化 Y/N、ファイル名(注1) |
| 0 | 観測面セクション終了 |
| ====SOLVER==== | 計算条件セクション開始 |
| 3 90 1 0 0 0 1 0 10 | (注2) |
| ====MISC==== | その他セクション開始(注3) |
| 1 | 基準線設定済み |
| 0 0 200 200 | 第1点のXY座標[m]、第2点のXY座標[m] |
| 25 373 360 18 | 第1点のXYピクセル座標、第2点XYピクセル座標(左上が原点) |
| 5 5 | 補助線分割数(横、縦) |

(注1)

送信アンテナと受信アンテナの指向性には4種類(無指向性/ダイポール/ビーム/ファイル)あり、それぞれ必要とするパラメータが異なります。ここでは、それぞれの一例を示しています。無指向性のときはパラメータは不要です。

また、無指向性、ダイポール、ビームのときは偏波が必要です。

(注2)

順に、最大反射回数、レイ緯度方向分割数、回折波(0/1/2)、透過波(0/1)、送信方向限定(0/1)、path. log出力(0/1)、回折波近似(0/1)、減衰定数[dB/m]、各受信点への伝搬経路数の上限

(注3)

その他セクションはGUIで使用するデータであり計算とは関係ありません。

付録C 反射透過係数データファイルの書式

反射透過係数データファイルは各行が以下の9個のデータから成るテキストファイルです。各データ間には一つ以上の空白をおきます。

- (1)入射角[度]
- (2)TE波の反射係数の実部
- (3)TE波の反射係数の虚部
- (4)TM波の反射係数の実部
- (5)TM波の反射係数の虚部
- (6)TE波の透過係数の実部
- (7)TE波の透過係数の虚部
- (8)TM波の透過係数の実部
- (9)TM波の透過係数の虚部

入射角は0度から90度まで昇順に入力します。角度の間隔は一定でなくてもかまいません。

反射透過係数データファイルは[物性値編集]の[多層壁&ファイル]によって作成するか、測定値をもとに作成します。ファイル名の拡張子は.txtを推奨します。

付録D アンテナ指向性データファイルの書式

アンテナ指向性データファイルは以下の書式のテキストファイルです。これはEEM-FDMまたはEEM-MOMのポスト処理で遠方界の全方向パターンを出力させたときのpost. logファイルと同じ書式です。各行のデータの区切りは一つ以上の空白です。

第1行：コメント

第2行：周波数の数。以下の部分が周波数の数だけ繰り返されます。

第3行：周波数[Hz]

第4行：2 N_θ N_ϕ (θ 方向分割数、 ϕ 方向分割数)

第5行：コメント

第6行以下：以下のデータから成ります。1行は14個の実数データから成ります。ループは ϕ が内側です。

総数 $(N_\theta+1)(N_\phi+1)$ 行です ($i=0, \dots, N_\theta, j=0, \dots, N_\phi$)。角度と位相の単位は度です。

θ_i ϕ_j ダミー $|E_\theta(\theta_i, \phi_j)|$ $\arg\{E_\theta(\theta_i, \phi_j)\}$ $|E_\phi(\theta_i, \phi_j)|$ $\arg\{E_\phi(\theta_i, \phi_j)\}$ ダミー(7個)

ただし、 $\theta_i=180*i/N_\theta$, $\phi_j=360*j/N_\phi$ です。

付録E 物性値テーブル

材質の物性値(比誘電率、導電率)は以下の通りです。物性値は周波数に依存します。下記は数百MHz～数GHz帯の一応の目安です。

表E.1 物性値テーブル

| 材質名 | 比誘電率 | 導電率[S/m] |
|--------|-----------|--------------|
| 乾いた土 | 3～7 | 0.0001～0.005 |
| 湿った土 | 10～30 | 0.005～0.02 |
| アスファルト | 3～5 | 0.01～0.1 |
| コンクリート | 3～7 | 0.01～0.1 |
| 木材 | 2～8 | 0.001～0.01 |
| ガラス | 3～8 | 0.001～0.01 |
| プラスチック | 2～3 | 0 |
| 紙 | 2～3 | 0.01 |
| 金属 | PEC(完全導体) | - |
| ゴム | 3～8 | 0.0001～0.001 |
| 石膏 | 2～4 | 0.01 |
| 花崗岩 | 8 | 0.01 |
| 水 | 80 | 0.01 |
| 海水 | 80 | 5 |
| 人体 | 50 | 0.5～1 |