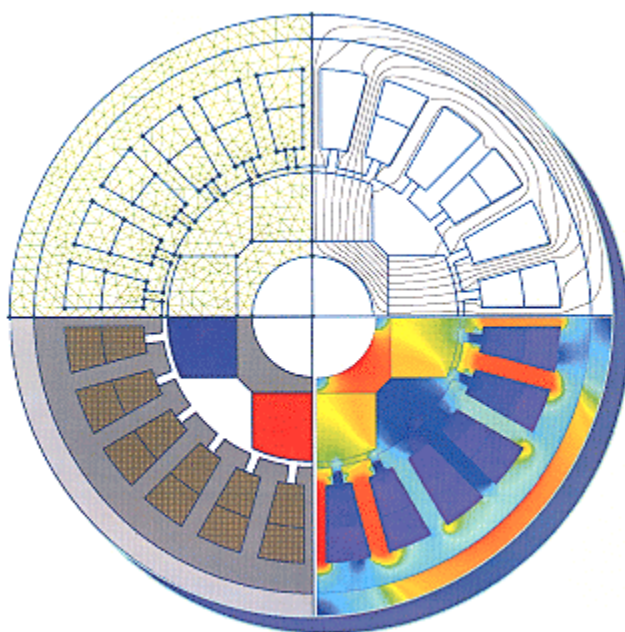


QuickField

有限要素法解析システム

ユーザー・マニュアル



Tera Analysis

QuickField © 2022 Tera Analysis Ltd.

Knasterhovvej 21
DK-5700 Svendborg
Denmark
E-mail: support@quickfield.com
Web: www.quickfield.com

このドキュメントに含まれる情報は予告なしに変更される場合があります。

QuickField は、Tera Analysis 社の商標です。DXF は、オートデスク社の商標です。また、Windows および Microsoft Word/Excel は、マイクロソフトの商標です。その他のすべての商標および製品名はそれぞれの所有者の商標あるいは登録商標です。

QuickField バージョン 6.6

日本語ユーザー・マニュアル — 2022 年 1 月 改訂

株式会社ストラクチャルサイエンス

〒211-0016 川崎市中原区市ノ坪 66-5 LM 武蔵小杉第 2-215
TEL: 044-738-0315 FAX: 044-738-0316
E-mail: support@ssinst.com
Web: www.ssinst.com

目次

目次	i
QuickField ユーザー・マニュアルについて	1
QuickField とは	1
マニュアルの使用方法	2
凡例	2
第 1 章	3
はじめに	3
ハードウェア環境	3
QuickField のインストール	3
自動実行アプレット	3
QuickField パスワード (Professional バージョン用)	4
QuickField の修正 (Modify)、復旧 (Repair)、削除 (Remove)	5
QuickField のインストールとシステム環境	5
システム環境	5
アプリケーション・オプション	5
第 2 章	7
導入ガイド (Introductory Guide)	7
QuickField の基本構成	7
ウィンドウズ・マネージメント	9
Problem (問題) ウィンドウ	9
Document (ドキュメント) ウィンドウ	10
Tool (ツール) ウィンドウ	10
Properties (プロパティ) ウィンドウ	10
解析機能の概説	11
磁場解析 (Magnetostatic Analysis)	11
非定常磁場解析 (Transient Magnetic Analysis)	11
AC 磁場解析 (AC Magnetic Analysis)	12
電場解析 (Electrostatic Analysis)	12
DC 電導解析 (DC Conduction Analysis)	13
AC 電導解析 (AC Conduction Analysis)	13
非定常電場解析 (Transient Electric Field Analysis)	14
熱解析 (Thermal Analysis)	14
応力解析 (Stress Analysis)	15
第 3 章	16
問題定義 (Problem Description)	16
データベースの構造	16
問題の編集	16
問題定義特性 (プロパティ) の編集	17
連成問題 (カップリング・リンク) の設定	18
時間パラメータの設定	19
非定常解析の時間ステップ・サイズの自動計算	20
長さの単位の選択	21
直交座標と極座標	22
問題プロパティ・ウィンドウ	22
第 4 章	23
幾何学モデルの定義 (Model Geometry Definition)	23
概説	23
モデルの作成方法	24
モデル・オブジェクトの作成	24
オブジェクトの基本操作 (Basic Objects Manipulation)	25
ドラッグ・アンド・ドロップとクリップボード編集	28
Undo/Redo (取り消し/やり直し) 操作	33
プロパティ (特性)、フィールド・ソース、境界条件の定義	35
メッシュ技術	35

幾何学モデル特性ウィンドウ (Geometry Model Properties Window)	36
モデル・ビューのコントロール	37
ズーム (拡大)	37
モデル視界の最適化	38
バックグラウンド・グリッドの設定	38
外部プログラムのモデルの利用	39
DXF ファイルのモデル・インポート	39
DXF ファイルへのモデル・エクスポート	39
クリップボードへのモデル画像のコピー	40
モデル画像のエクスポート	40
モデルのプリント	40
第 5 章	41
問題パラメータの定義	41
材料特性および境界条件の編集	41
新しいラベルの作成	42
ラベル・データの編集	42
DC 磁場と定常磁場 (DC and Transient Magnetics) データの編集	43
AC 磁場 (AC Magnetics) のデータ編集	46
電場 (Electrostatics) データの編集	50
DC 電導 (DC Conduction) 問題データの編集	51
AC 電導 (AC Conduction) 問題データの編集	53
非定常電場解析データの編集	54
熱伝導 (Heat Transfer) 問題データの編集	56
応力解析のデータ編集	58
反復的境界 (Periodic Boundary) 条件	60
カーブの編集	61
温度の単位	62
公式の使用方法	63
ラベルのコピー、名前変更、デリート	71
第 6 章	72
電気回路の定義	72
回路 (サーキット) とは	72
回路の作成方法	72
電気コンポーネントの追加方法	73
回路コンポーネントの特性定義	73
回路へのコンポーネント・モデル・ブロックの追加方法	74
回路コンポーネントの電線接続	74
回路の編集	74
回路要素の移動、コピー、サイズ変更	74
回路コンポーネントの回転	75
回路要素の削除	75
第 7 章	76
解析方法の概説	76
最大パフォーマンスの達成	77
最適メッシュ生成	77
第 8 章	78
解析結果の評価	78
フィールド画像の作成方法	79
データ値の分析	79
フィールド・プレゼンテーション手法	84
フィールド画像の作成	85
ズーム	87
時間結果の選択	88
アニメーション	88
カルキュレータ・ウィンドウ	88
ローカル・フィールド・データの検証	90

電気回路（サーキット）解析.....	90
回路に関する電流と電圧の時間プロット.....	91
パラメータ計算ウィザード.....	92
インダクタンス・ウィザード.....	92
キャパシタンス・ウィザード.....	95
インピーダンス・ウィザード.....	96
コンターの編集.....	97
X-Y プロット.....	99
X-Y プロットのコントロール.....	99
積分計算.....	100
DC 磁場問題および非定常磁場問題.....	101
AC 磁場問題.....	103
電場問題.....	107
DC 電導問題.....	108
AC 電導問題.....	110
非定常電場.....	113
熱伝導解析問題.....	115
応力解析問題.....	116
データ・テーブル.....	117
テーブル・カラム (Columns).....	117
テーブル・ロウ (Rows).....	118
テーブルと時間 (Tables, Time) のプロット.....	119
時間プロット (Time Plot).....	119
時間プロット・カーブ.....	120
Time Dependencies テーブル.....	120
凡例表示コントロール.....	121
粒子軌道.....	122
理論的背景.....	122
粒子軌道の計算.....	123
フィールド計算結果のエクスポート.....	125
ポストプロセッサ画像のプリント.....	125
ポストプロセッサ画像のコピー.....	125
ファイルへのエクスポート.....	125
その他の解析機能.....	126
コンター・ハーモニック解析のフィールド分布.....	126
導体系に関するキャパシタンス・マトリックス計算.....	126
第9章.....	129
3D 問題.....	129
イントロダクション.....	129
押し出し成形による 3D モデル作成.....	129
CAD データのインポートによる 3D モデル作成.....	130
2D と 3D の問題.....	130
2D 問題.....	130
3D 問題.....	131
問題定義 - 3D 機能.....	132
3D サブシステムの幾何学モデル.....	132
押し出しによる 3D モデルの形成.....	132
2D モデル・オブジェクトの 3D Extrusion パラメータ.....	133
2D モデル・オブジェクトの押し出しパラメータ.....	134
インポートによる 3D モデルの作成.....	135
3D モデルの頂点追加.....	136
モデル・エディタの 3D ビュー.....	137
3D ビュー操作.....	137
イメージ回転、移動、ズーム.....	139
オブジェクトの選択.....	140
オブジェクトの隠し操作 (Hiding).....	141

平面によるモデル・カッティング.....	142
3D モデル・オブジェクトへのテキスト・ラベル割り当て.....	142
3D メッシュの密度コントロール.....	143
3D 有限要素メッシュ.....	144
材料特性と境界条件の編集.....	145
3D 問題の解析.....	145
結果の分析.....	145
計算結果ウィンドウ.....	145
結果プレゼンテーション・モード・コントロール.....	146
フィールド・ビュー・プレゼンテーション.....	148
3D ポストプロセッサ凡例.....	149
Geometry 要素：エッジとメッシュ.....	150
プロットとテーブルに関するコンター.....	158
Slice plot (マルチ・パラレルカット平面).....	159
ローカル・フィールド値.....	162
積分計算.....	162
第 10 章.....	164
Add-in (アドイン).....	164
QuickField の利用可能なアドイン.....	164
アドイン機能の拡張.....	165
追加、編集、削除のアドイン.....	165
アドインの作成.....	165
アドイン・プロパティ (Add-in Properties) ダイアログボックス.....	165
アドイン・メニュー・アイテム・ダイアログボックス.....	167
第 11 章.....	168
理論的背景.....	168
磁場解析.....	169
フィールド・ソース.....	169
境界条件.....	170
永久磁石.....	171
物理量の計算.....	171
インダクタンスの計算.....	173
非定常磁場解析.....	174
フィールド・ソース.....	175
境界条件.....	176
永久磁石.....	177
物理量の計算.....	177
AC 磁場解析.....	180
フィールド・ソース.....	181
境界条件.....	182
物理量の計算.....	183
インピーダンスの計算.....	185
電場解析.....	187
フィールド・ソース.....	187
境界条件.....	187
物理量の計算.....	188
キャパシタンス計算.....	190
DC 電導解析.....	191
フィールド・ソース.....	191
境界条件.....	191
物理量の計算.....	192
AC 電導解析.....	194
フィールド・ソース.....	194
境界条件.....	194
物理量の計算.....	195
非定常電場解析.....	197

フィールド・ソース	197
境界条件	197
物理量の計算	198
熱伝導解析	200
熱ソース (熱源)	201
境界条件	201
物理的量の計算	202
応力解析	203
変位、ひずみ、および応力	203
熱ひずみ	206
外力	207
拘束条件	207
物理量の計算	208
連成問題	209
熱伝導問題へのジュール熱のインポート	210
応力解析問題への温度分布のインポート	210
応力解析問題への磁力のインポート	210
応力解析問題への電気力のインポート	210

QuickField ユーザー・マニュアルについて

QuickField とは

QuickField 有限要素解析システム (Finite Elements Analysis System) について

QuickField は、PC ベースの電磁場解析、熱解析、応力解析システムです。解析タイプとしては次のように分けられます。

- 電場解析
- DC/AC 電導解析
- 線形／非線形の DC 磁場解析および非定常磁場解析
- AC 磁場解析 (渦電流解析)
- 線形／非線形、定常／非定常・熱伝導解析、熱拡散解析
- 線形応力解析
- 連成問題

短期間の学習で解析問題 (幾何学特性、材料特性、入力条件およびその他の条件) を定義し、高精度の解析結果を得ることができます。また、それらの電磁場解析の結果をグラフィック表示によって観察することができます。QuickField は複雑な電磁場問題を大規模なメインフレームやワークステーションを必要とすることなく、PC 上での問題解析を可能にします。

マニュアルの使用方法

本マニュアルは 11 章で構成されます。

- 第 1 章** はじめに「Getting Started」は、QuickField を初めて使用する時の手続きについて解説します。この章では、パッケージのインストール方法を学習します。
- 第 2 章** 導入ガイド「Introductory Guide」は、QuickField の構成について簡潔に記述し、解析機能の概要を解説します。
- 第 3 章** 解析方法「Problem Description」は、解析タイプおよび典型的な問題に関する解析方法について解説します。
- 第 4 章** 幾何学モデルの定義「Model Geometry Definition」は、メッシュ・モデルを構築し、材料特性および境界条件を定義する方法について解説します。
- 第 5 章** パラメータの定義「Problem Parameters Description」は、幾何学データ以外のファイル構成、およびモデル・ファイルとの組み合わせ方法を紹介합니다。
- 第 6 章** 電気回路の定義方法「Electric Circuit Definition」、回路図形エディタの使用方法について解説します。
- 第 7 章** 解析の実行「Solving the Problem」は、解析ソルバーのスタート方法を解説します。
- 第 8 章** 解析結果の評価「Analyzing Solution」のための QuickField ポストプロセッサ（QuickField Postprocessor）の機能を紹介합니다。
- 第 9 章** 3D 問題に関する基本的な操作方法を解説します。
- 第 10 章** アドイン（Add-in）は、QuickField を拡張するためにカスタム機能です。
- 第 11 章** 理論「Theoretical Description」は、QuickField によって解析可能なすべての問題に関する公式および数式について解説します。QuickField が新たな問題の解析に有効かどうかを知るためにもこの章を読んでください。

凡例

このマニュアルでは、キーボード上のキー名として大文字を使用します。例えば、ENTER、ESC、ALT などです。キーボード上の 4 つの矢印キーは、上矢印（UP ARROW）、下矢印（DOWN ARROW）、右矢印（RIGHT ARROW）、左矢印（LEFT ARROW）です。

2 つのキー名間のプラス記号（+）は、第 1 のキーを押しながら第 2 のキーを押すことを表わします。キー名間のコンマ（,）は、第 1 のキーを押した後、第 2 のキーを押すことを意味します。

太字は、QuickField のメニューおよびダイアログ・オプションに使用されます。

第 1 章

はじめに

ハードウェア環境

コンピューター：	Intel Pentium PC およびその互換機
オペレーティング・システム：	Windows 7 Service Pack 1 or later Windows 8.1,10,11
その他の装置：	USB ポート（セキュリティ・ dongle 用） Student's version（教育機関版）およびワークステーション・ネットワーク用では不要です。

QuickField のインストール

QuickFieldはCDあるいはZIPアーカイブ・パックとして提供されます。それぞれのフォーマットについて、以下を参考にしてください。

- Professional QuickField .ZIPアーカイブ- ディレクトリ構造で展開されるアーカイブを解凍し、そのディレクトリ階層のルートからのAutorun.exeを実行します。
- Student QuickField .ZIPアーカイブ - 同様の方法でアーカイブを解凍し、Setup.exeを実行します。
- CD上のQuickField - CDをセットしてください。インストール・プログラムが自動起動しない場合、ルートからのAutorun.exeを実行します。

自動実行アプレット

自動起動プログラム・スクリーンの左側に、いくつかのメニュー・トピックをスクロールすることができるツリー構造を見ることができます。トピックをハイライト（強調）すると、そのトピックに関連する付加情報が底部バーに現われます。このトピックに関連したコマンドを実行するには、そのトピックをダブルクリックするか、ウィンドウの右底隅のRunをクリックしてください。

メニュー・トピックから次の機能を実行することができます。

- Adobe PDFフォーマット完全のQuickFieldユーザガイドを参照します。（**Read User's Guide** コマンド）
- QuickFieldを対話的に学習します。（**Virtual classroom** コマンド）
- 技術サポートおよび販売連絡情報の参照。（**Contact Us**）
- Adobe Readerのようなサードパーティー・ソフトウェアのインストール。（**Additional Software** コマンド・グループ）
- QuickFieldのインストール（**Install QuickField** コマンド・グループ）

QuickField Professionalのインストール・ステップは、導入するライセンス・タイプに依存します。シングルユーザー・ライセンスでは、**Single-user QuickField** オプションを選択してください。

QuickField が複数ユーザー用の場合は、各ワークステーションでワークステーション・コンポーネント（**Network : workstation** オプション）およびサーバー・コンピューターでライセンスサーバー（**Network : license** オプション）をインストールしてください

QuickField セットアップ・プログラムの使用方法

QuickFieldインストーラは、自動起動アプレットあるいはQuickField ZIPアーカイブから展開されたSetup.exeの実行により始めることができます。

注意：QuickFieldのインストールは、管理者特権を必要とします。

最初に、インストーラはライセンス契約の確認について応答指示します。インストールを続行するには、「**I accept the license agreement**」をチェックし、その条件を受け入れなければなりません。それは、**Install** ボタンと**Advanced** ボタンをアクティブにします。デフォルト・フォルダに自動的にQuickFieldのコンポーネントのすべてをインストールすることを推奨します。

インストール・フォルダーを変更する場合や個々のコンポーネントのインストールをスキップする場合は、**Advanced** を選択してください。インストーラは、最初にQuickFieldおよびそのヘルプ・システムのインストール・フォルダーを選ぶように指示し、次に、QuickFieldコンポーネント・ツリーを表示します。コンポーネントのインストールをスキップするには、コンポーネント名の左側の下向矢印をクリックし、「**Entire feature will be unavailable** (全機能の利用不可)」を選択してください。ツリーのクリック操作後、インストール・プロセスを始めるために**Install** をクリックしてください。

ハードドライブに必要なファイルのすべてが転送された後、インストーラはシステムをリブートするかどうかを尋ねるかもしれません。システムをリブートする場合には、**OK** を押してください。センチネル・ハードウェア・キーを利用している別のソフトウェア（例えば、Professional QuickFieldの別バージョン）が存在する場合、インストーラはセンチネル・システム・ドライブをアップグレードするかどうかを尋ねるかもしれません。通常、それに同意することを推奨します。次に、コンピューター（ネットワーク・ライセンスの場合はライセンスサーバー・コンピューター）にプロテクトキーをセットし、キーが検知され、準備ができたという通知メッセージを待って、問題なければ、QuickFieldの準備が整います。

QuickField セットアップ・プログラムについて質問がある場合には、QuickField コンパクト・ディスク上のDoc フォルダーにインストールされている **Installation Guide.htm** ファイルを参照してください。

QuickField パスワード（Professional バージョン用）

インストールが正常に終了し、QuickFieldを始める準備ができたなら、次に、ハードウェア・コピープロテクト・キーをセットしなければなりません。シングルユーザー・ライセンスのQuickFieldをインストールし、コンピューターのUSBポートにキーセットしてください。また、ライセンスサーバー用のコンピューターのUSBポートにキーをセットしてください。この際、ライセンスサーバー・ソフトウェアが適切にインストールされていなければなりません。この手続きは、QuickFieldコンパクト・ディスク上のDocフォルダーの**NetLicence.htm**ファイルに詳述されます。

CD上のセンチネルフォルダの**ReadMe.pdf**を参照してください。

QuickFieldの最初の実行において、Tera Analysis社によって提供されたパスワードを入力しなければなりません。

パスワードはハードウェア・コピープロテクト・キーおよびQuickFieldオプション構成をユニークに識別する16文字の大文字小文字に無関係な文字列です。キーあるいはオプションのセットを変更するごとに、それをアクティブにするための新しいパスワードを入力しなければなりません。

オプション構成を変更せずに、QuickFieldをアップグレードする場合は、従来のパスワードによって、QuickFieldアップグレード・バージョンを使用することができます。それには、QuickFieldメニューから、**Edit->Password** を選択する必要があります。

最初の実行時では、QuickFieldオートメーション・サーバー（例えば、LabelMoverまたはActiveFieldのサブ

ル)として使用するべきではありません。その場合、パスワードを入力する方法がないので、その後の振る舞いは予測不能です。これを回避するために、インストール直後に対話型モードでQuickFieldを始めることを推奨します。

QuickFieldの修正 (Modify)、復旧 (Repair)、削除 (Remove)

QuickFieldのインストール後、そのQuickFieldシステムを修正、復旧あるいはコンピューターから削除するために再び、インストーラを実行することができます。一般には、コントロールパネルのAdd/Removeプログラム・アプレットを実行し、インストールしたソフトウェアのリストからQuickFieldを選択します。

インストーラは次の3つの機能を提供します。

- **Modify** 機能は、インストールされたQuickFieldに対して、別のQuickFieldコンポーネントの追加やオプション・コンポーネントの削除をすることができます。
- **Repair** 機能は、自動的にインストールされたQuickFieldの構成を復旧します。例えば、故意に削除されたデフォルトのシステム・ファイルを復旧します。
- **Remove** 機能は、ハードディスクから完全にQuickFieldを削除します。

QuickFieldのインストールとシステム環境

いくつかの旧バージョンを残して、最新のQuickFieldをインストールすることが可能です。そして、同時にそれらを実行することができます。しかしながら、すべてのQuickFieldドキュメントおよびオートメーション・リクエストのデフォルト・ハンドラとしてシステム・レジストリにQuickFieldの各コピーが登録されています。そのため、いかなるクライアント・プログラムも最後に登録されたQuickFieldを実行するように設定されます。そのため、必要に応じてデフォルト・ハンドラとして、それぞれのQuickFieldのバージョンを登録することが可能です。

オプション構成を変更することなく、QuickFieldのアップデートが行われたならば、以前のバージョンと同一パスワードを使用することができます。その場合、古いインストール・フォルダーから新たにインストールされたQuickField.exeを含むフォルダーに、Password.txtをコピーするか、QuickFieldメニューから**Edit->Password**を選択し、そのパスワードを指定してください。

システム環境

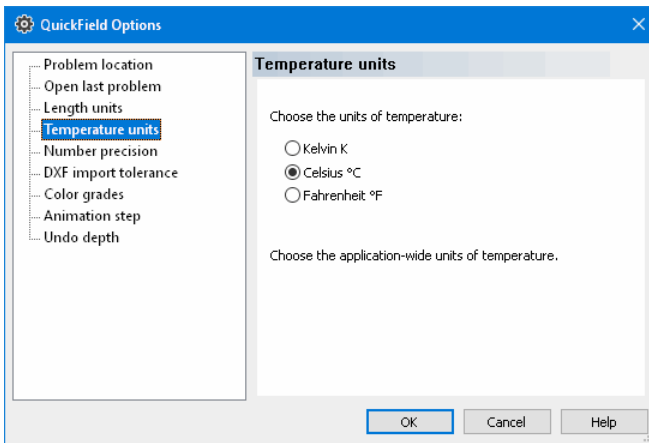
注意：メモリ容量が少ないコンピューター上において、大規模な問題を解析するには、仮想メモリの最適設定が必要になります。

仮想メモリの設定

1. コントロールパネル内の**システム (System)** をダブルクリックします。
2. **パフォーマンス (Performance)** タブを選択します。
3. 詳細は、ウィンドウズ・ヘルプを参照してください。

アプリケーション・オプション

メイン・メニューの**Tools>Options...**コマンドを実行すると、QuickFieldオプション・パネル・ダイアログが表示されます。そのダイアログの左ウィンドウにオプション・リストが示されます。必要なオプションを選択し、**OK** ボタンを押すことによって、そのオプション情報が保存されます。オプション情報は各ユーザに別々に設定されます。



- **Problem location** オプションはフォルダーの選択権を与え、問題ファイルのロードまたは保存のためのサーチをスタートします。このフィールドが空の場合、現在のフォルダーからサーチをスタートしてください。
- **QuickField** は最後の使用された問題を開くかもしれません。この振る舞いは、**Open last problem** スイッチを使用して取り消すことができます。
- **Length Units** (長さ単位) は、問題ごとに変更することができます。そのデフォルト値はメートル (m) ですが、**Length Units** オプションを使用して変更することができます。
- オプション・パネルで選択された **Temperature units** (温度単位) は、すべての **QuickField** 問題に適用されます。それらの数値はプロット温度などのディスプレイのために使用されますが、内部に格納されたデータおよび結果には影響しません。それは **Kelvins** (ケルヴィン) で常に維持されます。
- オプション・パネルの設定以外の単位の数値または定式を入力する必要がある場合、それぞれの接尾辞を追加することによって行うことができます。接尾辞としては、「**K**」ケルヴィン、「**C**」摂氏、「**F**」華氏が設定できます。

例えば、 $10+25*(t-1),K$

この場合、コンマは値と温度ユニットを区分し、単位文字は小文字／大文字のいずれかです。値が定式によって定義され、その温度単位がデフォルト単位と異なる場合、温度単位の接尾辞が使用されます。

- **number precision** オプションは、データ・エントリあるいは結果で、2～8 に及ぶ有効数字の選択を許可します。設定によって対象パラメータはより高精度な値を表示することが可能になります。そのデフォルト値は 5 であり、一般的な数値として扱われます。
- **DXF Import tolerance** オプションはモデル・サイズの基づく比率として許容された幾何公差を設定します。それも形状モデル特性パネル (**geometric model properties panel**) に定義されます。その設定によって、ノード間距離が規定許容差未満である場合、それらはインポート中にマージされます。
- **QuickField** カラーマップ・ディスプレイのための色レベルのデフォルト数は、20 です。このパラメータは、**Color grades** オプションを使用して変更することができます。
- **Animation step** オプションは、**AC** 問題 (周波数領域で公式化された問題) と関係があります。アニメーション・フィールド・プレゼンテーション用のデフォルト・フレーム・ステップは 5 度です。このパラメータは変更可能です。
- モデル・エディタおよび回路エディタはアンドウ (取消) 機能を可能にするためにユーザ・アクションの歴史を保存します。このコマンドは、最大 100 レベル (深度) まで取消することが可能です。この値はほとんどの **QuickField** ユーザーを満足させるに違いありませんが、必要に応じて、**Undo depth** オプションを使用し、変更することが可能です。但し、**undo** レベルの大きな値はより多くのメモリを使用します。

第 2 章

導入ガイド (Introductory Guide)

本章では、簡潔に QuickField プログラムの基礎的な構成について記述し、利用可能な機能の概説を示します。

本章の目的は、QuickField におけるモデル化の方法を習得することです。QuickField の初心者には本章を参照してください。初めて QuickField をインストールする場合には、第 1 章を参照の上、QuickField をインストールしてください。

QuickField の基本構成

QuickField は、問題、幾何学モデル、材料特性ライブラリなどの複数のドキュメント・タイプを使用します。各ドキュメントは、QuickField メイン・アプリケーション・ウィンドウ内のそれぞれのウィンドウにオープンされます。また、一度に、複数のドキュメントをオープンすることもできます。各ウィンドウ間を切り替えると、現在アクティブなドキュメントも切り替わります。1つのドキュメントあるいは1つのウィンドウだけが一度にアクティブになり、そのアクティブなドキュメントを編集することができます。編集機能は、QuickField メイン・ウィンドウのトップメニューにリストされます。そのメニューはそれぞれのドキュメント・タイプによって異なります。また、ドキュメント・ウィンドウ中のアイテム上でマウスの右ボタンをクリックすると現われるコンテキスト・メニュー（マウス右ボタン操作）から選択することも可能です。

QuickField のドキュメント・データは、次のとおりです。

問題 (Problem) は、QuickField によって解析される任意の物理的問題に相当します。このドキュメントは、「電場解析 (Electrostatics)」、「磁場解析 (Magnetostatics)」、「熱伝導解析 (Heat transfer)」などの解析タイプあるいはモデル・タイプ (平面や軸対称) などの一般的な問題に関するパラメータを格納します。問題の詳細については、第 3 章で述べます。

幾何学形状モデル (Geometric Model) は、幾何学データ、各ラベルおよびメッシュ・モデルのすべてのデータが記述されます。いくつかの問題では、同一モデル (連成問題の解析を有効) を共有するかもしれません。モデルの編集の詳細については、第 4 章で述べます。

特性定義 (Property Description) あるいはデータ・ドキュメントは、解析タイプ (電場解析、応力解析など) ごとに異なります。これらのドキュメントはそれぞれのラベルごとに材料特性、荷重、境界条件の値を持っています。データ・ドキュメントはそれぞれの問題のための材料ライブラリとして使用することができます。材料特性および境界条件などの指定方法の詳細については、第 5 章で述べます。

電気回路は関連する電気回路およびその要素パラメータを定義します。

次のタイプの問題に回路を関連付けることができます。

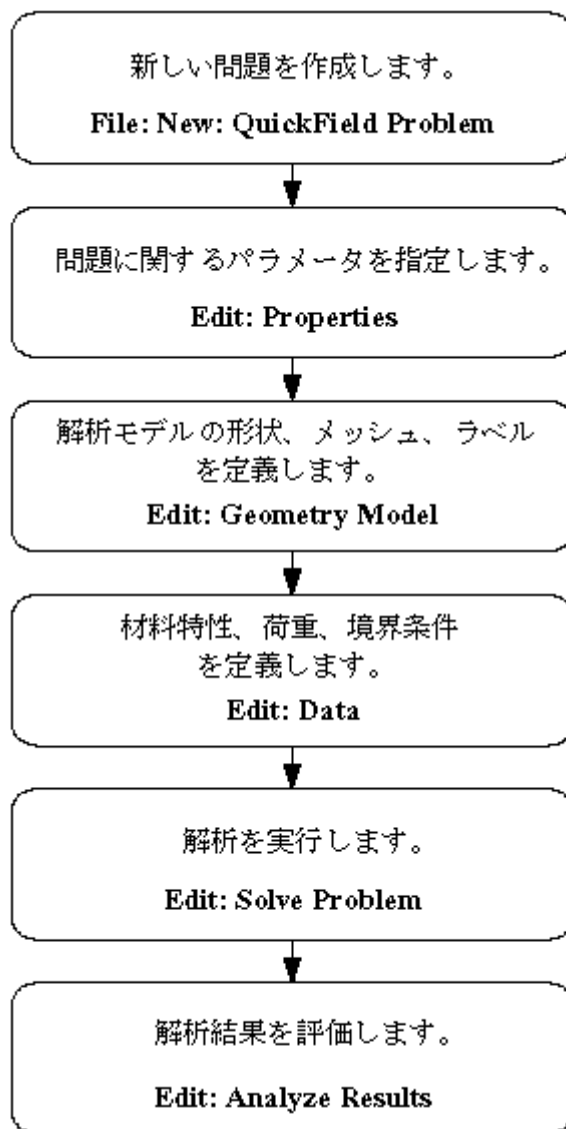
- AC磁場解析
- 非定常磁場解析

これらの問題を解析するには、モデルとデータ・ドキュメントを参照付けなければなりません。便宜的に、それらの問題には、一度に2つのデータ・ドキュメントを参照付けることができます。1つのドキュメントには、一般に用いられている材料 (材料ライブラリ) のプロパティを割当て、一方のドキュメントには、その問題あるいは問題のグループに対する特定データを割当てることができます。

QuickField ドキュメントの最後には、ソリューション結果が格納されます。QuickField は問題の解析中にそれを作成します。ファイルは常に同じ名前を持ち、また問題記述ファイルと同一フォルダーに存在し、その拡張子は.resです。

セッション間で、QuickField ドキュメントはディスク・ファイルに格納され、各ドキュメントに個別のファイルが割当てられます。そのセッションで新しいドキュメントを作成するか、あるいは既存のドキュメントを開くことができます。解析結果を求め、分析する方法の詳細については、7章と8章で詳述します。

QuickField の柔軟なアーキテクチャーにより、設計問題を迅速に構築し、解析することができます。問題を解析する際の QuickField の典型的な手順を次のフローチャートで示します。



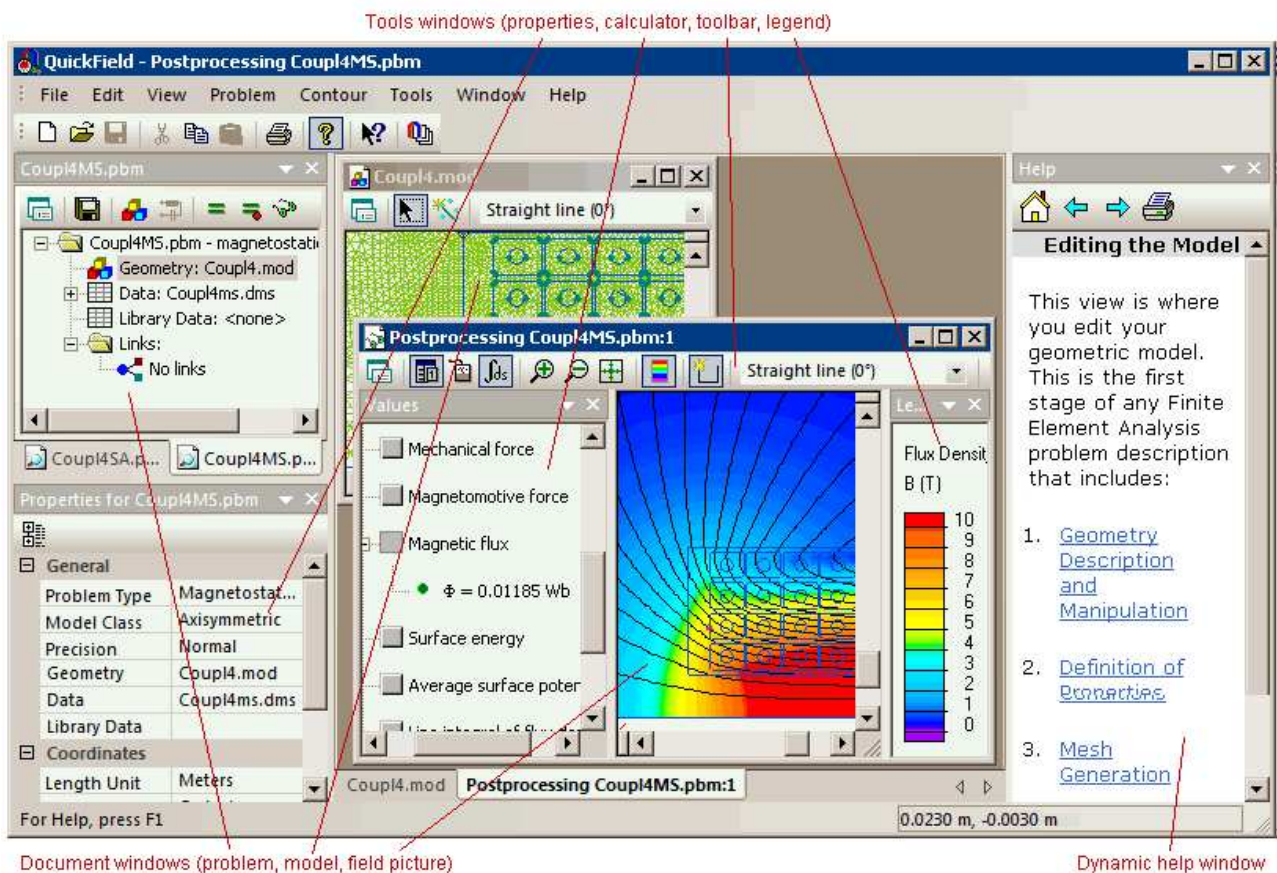
ウィンドウ・マネージメント

QuickFieldはマルチ・ドキュメント・アプリケーションです。したがって、いくつかのドキュメント（幾何学、材料、結果など）を用いて仕事をすることができます。本節では、特定のドキュメントに関して解説し、ドキュメントの作成方法、開き方、エディタ間のスイッチング、ウィンドウの調整方法などの共通ルールについて詳述します。

QuickFieldには、3つの基本的なウィンドウ・タイプがあります。

1. **Problem**ウィンドウは、問題構造とそのコンポーネントを表示します。
2. **ドキュメント・ウィンドウ**は、モデル幾何学あるいはフィールド画像、回路などに関するグラフィックスとテーブルを示します。
3. **ツール・ウィンドウ**は追加情報を表示し、コントロール関数を提示します。

各タイプのウィンドウは、スクリーン上でそれぞれのフォーマットで表示されます。



Problem（問題）ウィンドウ

Problemウィンドウは、通常、QuickFieldメイン・ウィンドウの左側にドック化されます。同時に複数の問題が開いている場合、それらのウィンドウは並列されるか、一つのウィンドウにタブが割当てられたグラフィックスを最大領域として表示されます。このウィンドウも他のウィンドウと同様にフロート（単独ウィンドウ）化することができます。

Problemウィンドウを移動するには、ウィンドウ・タイトルを新しい位置へドラッグしてください。ドラッグ中のドック可能な位置はダイヤモンド形状の矢印によって示され、ダイヤモンド形状位置にポインタを移動し、マウスボタンを放とき、ウィンドウがドック化できる場合には、長方形が示されます。

Document（ドキュメント）ウィンドウ

モデル・エディタ、フィールド・プロットあるいは電気回路ウィンドウのようなQuickFieldドキュメント・ウィンドウは、QuickFieldワークスペースのメインを占め、それらはドック化することができません。これらのウィンドウ間の迅速なスイッチングは、メイン・ウィンドウ（ウィンドウズ・タスクバーに類似）の底部エッジ部のタブバーが使用できます。

ドキュメント・ウィンドウはアイコンとして最小化や最大化することができ、また、その標準サイズや位置はウィンドウの任意のコーナーやエッジのドラッグ操作によって変更することができます。これは同時にいくつかのドキュメント・ウィンドウを表示するのに有用です。ウィンドウ・メニューの**Tile Vertically**または**Tile Horizontally**を選択すると、自動的にドキュメント・ウィンドウはタイル表示されます。

各ドキュメント・ウィンドウは、2枚か4枚のウィンドウへ分割することができます。ウィンドウを分割するには、垂直のスクロールバーの上部、あるいは水平スクロールバーの左部の小さな灰色の長方形をドラッグしてください。また、ウィンドウ・メニューから、**Split**を選択することができます。ウィンドウ間を切り替えるには、マウスでそれぞれをクリックするか、あるいは**F6**を使用してください。

1枚のウィンドウに戻すには、スプリッタをダブルクリックするか、スプリッタが消えるまで、ウィンドウ境界へそれをドラッグしてください。

Tool（ツール）ウィンドウ

最後のToolウィンドウには、フィールド・カリキュレータ、カラー凡例、回路素子リストなど、対応するドキュメント・ウィンドウ内に通常ドック化されます。**Problem**ウィンドウと同様に、それらの親の境界内のツールをドラッグし、ドック化することができます。フロート化すると、そのツールは、スクリーンの任意の場所、また別のモニターにさえもドラッグすることができます。

Properties（プロパティ）ウィンドウ

プロパティ・ウィンドウはビュー・メニューの**Properties**コマンドを使用してオープンすることができます。このウィンドウはデフォルトでは、**Problem**ウィンドウにドック化され、また、フロート化することができます。プロパティ・ウィンドウは、現在のオブジェクト（問題、幾何学モデルなど）に対応するそれぞれの編集フィールドを表示します。いくつかのプロパティは情報のみの表示（灰色表示）の場合がありますが、新しい値をタイプインすることができたり、ドロップダウンリストから選択したりすることができます。変更されたプロパティ値は直ちに有効になります。

解析機能の概説

このセクションはそれぞれの解析機能の基礎的情報を紹介します。各機能に関する公式や詳細については第11章の「理論的背景」で述べます。

磁場解析 (Magnetostatic Analysis)

磁場解析は、ソレノイド、電動機、磁場シールド、永久磁石、磁気ディスクのような装置の設計や解析に使用されます。一般に、磁場解析における解析値は磁束密度、電界強度、力、トルク、インダクタンスおよびフラックス・リンケージなどです。

QuickField は、2D モデルおよび軸対称モデルのための線形/非線形の磁場解析を実行することができます。プログラムはベクトル・ポテンシャルの公式に基づきます。次のオプションが磁場解析に利用できます。

材料特性 (Material properties) : 空気、一定の透磁性をもつ直交性材料、強磁性体、伝搬コンダクタ電流および永久磁石など。強磁性体の BH カーブは容易に対話式カーブ・エディタによって定義することができます。カーブ・エディタについては第5章を参照してください。

荷重 (Loading sources) : 電流あるいは電流密度、一定の外部フィールドおよび永久磁石など。

境界条件 (Boundary conditions) : 初期ポテンシャル値 (ディリクレ条件)、接線フラックス密度の既定値 (ノイマン条件)、超伝導材料表面のゼロ・フラックスの一定ポテンシャル条件など。

ポストプロセス (Postprocessing) : 磁位、フラックス密度、電界強度、力、トルク、磁気エネルギー、フラックス・リンケージ、自己および相互インダクタンスなど。

特徴 : 積分カリキュレータは、指定されたコンターやサーフェイスのユーザー定義域の積分値を計算することができます。磁力は任意部分 (磁場-構造の連成) の応力解析に使用することができます。自己インダクタンス・ウィザードは、自己インダクタンスおよびコイルの相互インダクタンスの計算を単純化することができます。すべての材料特性の消磁カーブを使用して計算された媒体の磁性状態は将来の解析のために記憶することができます。特に、この解析は自己インダクタンスおよびマルチコイル系の相互相関インダクタンスの計算にも有効です。

非定常磁場解析 (Transient Magnetic Analysis)

非定常磁場は電動機のようなDC/AC装置、変圧器 (トランス) などを設計に必要な過渡現象や定常状態のAC解析を行なうことができます。一般に、非定常磁場解析の対象とする解析値は、磁束密度、電界強度、外部、総電流密度、力、トルク、インダクタンスおよび磁束リンケージ (鎖交) の時間関数です。非定常磁界シミュレーションでは電気回路と結び付けることができます。回路は任意に接続する抵抗器、コンデンサー、インダクタンス、および磁界領域内のソリッド・コンダクタを含むことができます。

材料特性 : 空気、一定透磁率性の直交性材料、強磁性体、時間依存の電流コンダクタ、永久磁石などの材料です。強磁性体用のBHカーブは、容易な対話型カーブ・エディタを使用し定義することができます。その詳細については、「**Editing Curves**」セクションを参照してください。

材料の電気伝導性は温度に依存します。温度と伝導性の関係はカーブ・エディタを使用し、表形式で与えられます。温度値は、数値および時間や座標の関数として各ブロックに定義することができます。

荷重ソース : 時間依存の電流あるいは電流密度 (一定外部フィールドおよび永久磁石) が対象です。電気回路には時間依存の電流および電圧ソースなどを定義することができます。QuickField組み込み関数として多様な時間依存性を定義することが可能な関数エディタを利用することができます。

境界条件 : 初期ポテンシャル値 (ディリクレ条件)、接線フラックス密度 (ノイマン条件)、超伝導材料サーフェイスのゼロ・フラックス条件のための一定ポテンシャル値などが使用されます。

ポストプロセス (Postprocessing) : 磁位、フラックス密度、電界強度、外部/内部の総電流密度、力、トルク、磁気エネルギー、磁束鎖交、自己および相互インダクタンスなどが対象です。

特徴 : 特定の数式エディタにより任意タイプの時間依存ソース（電流や電流密度、ノイマン境界条件）を指定することができます。積分カリキュレータは指定されたコンターやサーフェイスの積分値を計算することができます。磁力は任意部分（磁場-構造の連成）の応力解析に使用することができます。コンダクタ中で生成されたジュール熱は、モデル（電場-熱の連成）の非定常熱伝導解析に使用することができます。

QuickFieldの特別な問題タイプは、初期状態として非定常解析に別の問題からフィールド分布をインポートするためのリンクを可能にします。非定常磁場シミュレーションは電気回路と結び付けることができます。回路には抵抗器、コンデンサー、インダクタンスおよび磁界域内のソリッド・コンダクタなどを接続することができます。

AC 磁場解析 (AC Magnetic Analysis)

AC磁場解析は交流によって生じる磁界を解析するために使用され、例えば、交流磁界によって生じる電流（渦電流などが解析されます。この種の解析はそれぞれのインダクト装置、ソレノイド、電動機などに応用されます。一般に、AC磁場解析の解析値は電流（そのソースやインダクト・コンポーネント）、電圧、ジュール熱、磁束密度、電界強度、力、トルク、インピーダンス、インダクタンスなどです。AC磁場シミュレーションは電気回路と結び付けることができます。回路には抵抗器、コンデンサー、インダクタンス、磁界域のソリッド・コンダクタなどを定義することができます。

AC磁場の特殊なタイプとして、非線形解析があります。それによって長時間の非定常解析を回避し、強磁性体の系の振る舞いを分析することが可能です。

次のオプションがAC磁場解析に利用されます。

材料特性 : 空気、一定の透磁率の直交性材料、等方性強磁性体、特定の電流や電圧でのコンダクタ材料の電気伝導性は温度に依存します。

温度と伝導性の関係はカーブ・エディタを使用し、表形式で与えられます。温度値は、数値および時間や座標の関数として各ブロックに定義することができます。また、熱伝導解析とリンクし、温度分布をインポートすることも可能です。

荷重ソース : 電圧、総電流、電流密度、一定外部フィールドなど定義されます。電気回路には、時間依存の電流やお電圧ソースの任意値を定義することができます。

境界条件 : 初期ポテンシャル値（ディリクレ条件）、接線フラックス密度（ノイマン条件）、超伝導材料サーフェイスのゼロ・フラックス条件のための一定ポテンシャル値などが使用されます。

ポストプロセス : 磁位、フラックス密度、電界強度、外部/内部の総電流密度、力、トルク、磁気エネルギー、磁束鎖交、自己および相互インダクタンスなどが対象です。

特徴 : 積分カリキュレータは、指定されたコンターやサーフェイスの積分値を計算することができます。磁力は任意部分（磁場-構造の連成）の応力解析に使用することができます。また、力損失は熱解析（電場-熱の連成）の熱源として使用することができます。2つのウィザードを使用し、コイルの相互/自己インダクタンスおよびインピーダンスを計算することができます。

電場解析 (Electrostatic Analysis)

電場解析は、ヒューズや伝送路などの容量システムの設計や解析に使用されます。一般に、電場の解析結果としては電圧、電場、キャパシタンスおよび電気力です。

QuickField は、2D モデル、軸対称モデルおよび 3D モデルの線形電場解析を実行することができます。プログラムはポアソンの方程式に基づきます。次のオプションが電場解析に利用できます。

材料特性：空気、一定の誘電率をもつ直交性材料

荷重：電圧（ボルト）および電荷密度

境界条件：初期ポテンシャル値（ボルト）、正規誘導値（表面電荷）、総電荷をもつ一定ポテンシャル境界の初期値など。

ポストプロセス：電圧、電場、電場勾配、フラックス密度（電位）、表面電荷、自己および相互のキャパシタンス勾配、力、トルクおよび電気エネルギーなど。

特徴：解析結果処理の計算は、ユーザー指定のカーブや表面上の積分値を分析するために利用することができます。未知の電圧やコンダクタに関するモデル化も可能です。電場力による任意部分の応力解析にも使用することができます。（電気-構造の連成問題）また、キャパシタンス解析として、自己および相互のキャパシタンスなどの解析に利用することができます。

DC 電導解析（DC Conduction Analysis）

DC 電導解析は伝導性システムを解析するために使用されます。一般に、DC 電導解析の解析値は電圧、電流密度、電力損失（ジュール熱）などです。

QuickField は、2D モデルおよび軸対称モデルの線形 DC 電導解析を実行することができます。プログラムはポアソンの方程式に基づきます。次のオプションが DC 電導解析に利用可能です。

材料特性：一定抵抗値の直交性材料

材料特性としての電気伝導性は温度に依存します。温度/電気伝導性の関係はカーブ・エディタを使用し、テーブル形式で与えられます。その温度は、その数値と座標の関係式として各ブロックに定義することができます。

荷重：電圧（ボルト）、電流密度など。

境界条件：初期ポテンシャル値（ボルト）、正規誘導値（表面電流密度）、一定ポテンシャル境界の初期値など。

解析結果処理：電圧、電流密度、電場、表面による電流およびパワー損失

特徴：解析結果処理の計算は、ユーザー指定のカーブや表面上の積分値を分析するために利用することができます。電力損失は熱解析（電気-熱の連成問題）の熱源として使用することができます。

AC 電導解析（AC Conduction Analysis）

AC電導解析は、不定誘電性の媒体中の交流および電圧によって生じる電場を分析するために使用されます。この種の分析は、複雑な絶縁体系、コンデンサーと共に使用されます。一般に、解析値は、誘電損失、電圧、電場コンポーネント、力、トルクなどです。

次のオプションがAC電導解析に利用されます。

材料特性：空気、一定の電気伝導率を持つ直交性材料および誘電率です。

境界条件：初期電圧値（ディリクレ条件）、境界電流密度（ノイマン条件）、誘電性媒体を囲むコンダクタの一定ポテンシャル値

ポストプロセス：電圧、電場、電流密度、力損失、力、トルク

特徴：積分カリキュレータは、指定されたコンターやサーフェイスの積分値を計算することができます。電氣的な力は応力解析（電気構造の連成）へインポートすることができます。また、電氣的損失は熱解析（電場-熱の連成）の熱源として使用することができます。

非定常電場解析（Transient Electric Field Analysis）

非定常電場解析は、電場と電導に関する解析に利用されます。

- 電極電位または誘導電流密度（フィールド・ソース）は時間関数として定義できます。
- 誘電性材料は、それぞれの伝導性を示し、誘電損失を伴います。
- 任意材料の電気伝導率および誘電率は電場に応じて変化します。

電場とは対照的に、初期電荷密度はフィールド・ソースに定義されません。

この解析タイプは、パルス・ソース（例えば、稲妻によって生じる過電圧）を伴うオブジェクト中のフィールド分布を研究するために使用することが可能です。さらに、それは、絶縁構造の設計、非線形フィールド要素、バリスター過電圧保護、さらに、酸化亜鉛バリスター、半導体セラミックス、同様の材料などに基づく問題に応用することができます。

次のオプションが非定常電場解析に利用されます。

材料特性：空気、電場依存する伝導性を備えた直交性の材料および誘電率。

境界条件：初期電圧値（ディリクレ条件）、境界電流密度（ノイマン条件）、誘電性媒体を囲むコンダクタの一定ポテンシャル値

ポストプロセス：電圧、電場、電導、変位電流密度、オーム抵抗、電力損失、力とトルクなど

特徴：カリキュレータは、指定のカーブやサーフェイス上の積分値の計算に利用できます。キャパシタンス・ウィザードはそれぞれの方法によるキャパシタンスの計算が可能な便利なツールです。

熱解析（Thermal Analysis）

熱解析は、様々な機械的・電氣的なシステムの設計に重要な役割を果たします。一般に、熱解析の解析値は温度分布、温度勾配、熱損失（ヒート・ロス）です。非定常解析では、システムの2つの構造間の熱分布の推移をシミュレートすることが可能です。

QuickFieldは、2Dおよび軸対称のモデル用の線形/非線形の熱解析を行なうことができます。プログラムは対流と放射線の境界条件をサポートする熱電導方程式に基づきます。次のオプションが熱解析に利用されます。

材料特性：一定熱伝導率、等方性の温度依存伝導材料、温度依存比熱の直交性材料

荷重ソース：定常および温度依存のボリューム熱密度、伝達および放射のソース、DC/AC電導解析、ACあるいは非定常磁場解析からインポートされたジュール熱ソース

境界条件：一定温度境界用の初期温度、境界熱流量、対流、放射線、初期条件

ポストプロセス：温度、温度勾配、熱フラックス密度および総熱量損失あるいは指定の領域や時間依存性がグラフや表で定義された領域の非定常解析値

特徴：ポストプロセス・カリキュレータは、指定のカーブおよびサーフェイス上の積分値の計算に利用可能です。例えば、厚さを変えるプレート・モデルの熱解析にも使用することができます。温度は熱応力解析（熱-構造の連成）に使用することもできます。特殊なタイプの問題として、リンクを定義し、非定常熱解

析の初期状態として別の問題から温度分布をインポートすることもできます。

応力解析 (Stress Analysis)

応力解析は、様々な機械/電気のコンポーネントの設計に重要な役割を果たします。一般に、応力解析の解析値は変位、ひずみおよびそれぞれのコンポーネント応力などです。

QuickFieldは、2D平面応力、平面ひずみおよび軸線対称モデルの線形応力解析を行なうことができます。プログラムは、Navierの弾性方程式に基づきます。次のオプションが応力解析に利用されます。

材料特性： 等方性/直交性の材料

荷重ソース： 集中荷重、ボディ力、圧力、熱の旋律、また電氣的磁場解析から電氣的あるいは磁力をインポートしました。

境界条件： 初期変位、弾性拘束

ポストプロセス： 変位、応力コンポーネント、主応力、フォンミーゼス応力、Tresca、Mohr-Coulomb、Drucker-Prager、Hill 係数

第3章

問題定義 (Problem Description)

データベースの構造

QuickField は各問題および解析結果ごとにそれぞれのデータベースを生成します。データベースの核は問題定義 (problem description) です。それは拡張子 **.pbm** のファイルに格納されます。

問題定義はその問題の基本データを含んでいます。即ち、その主題、平面情報、正確なクラスおよび他のすべてのデータベースを構成するファイルの参照情報などです。これらのファイルはモデル・ファイルの標準拡張子 **.mod** と共に、物理データ (特性記述) ファイルの拡張子 **.dms**、**.dhe**、**.des**、**.dec**、**.dcf**、**.dht**、**.dsa** およびその問題タイプに依存するファイルです。

問題定義は1つあるいは2つの物理データファイルを参照します。それぞれのファイルは同一フォーマットであり、問題の目的に応じて異なります。通常、第1のデータファイルは、その問題に関連した特定のデータを含んでいます。第2のファイルは、問題の全クラスに共通な標準の材料特性および境界条件を含んでいます。

問題タイプによって、いくつかの類似した問題間で1つのモデル・ファイルあるいは1つのデータファイルを共有することができます。問題を解析しているときに、QuickField は、さらに1つの拡張子 **.res** の結果ファイルを作成します。このファイルは常に問題定義ファイルと同じ名前を持っており、その同一フォルダーに格納されます。

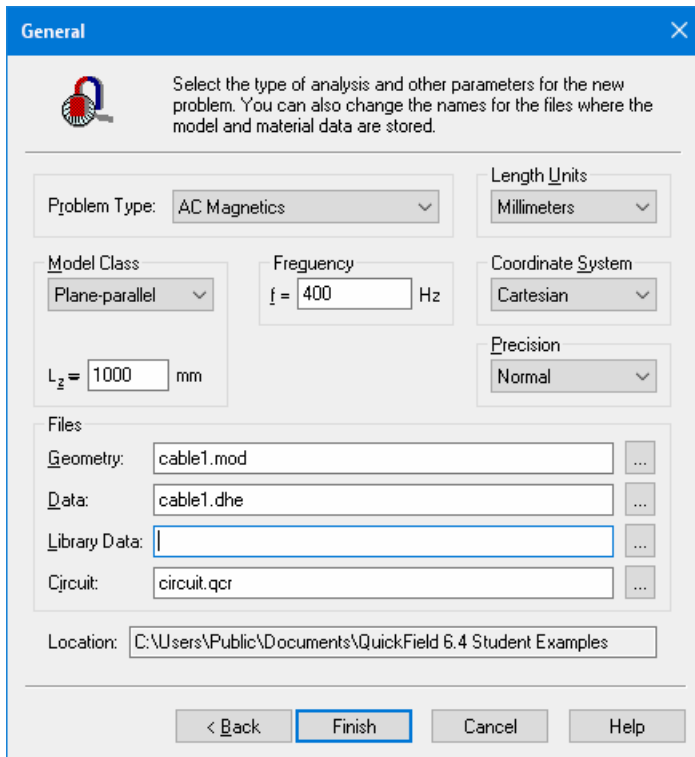
問題の編集

- 新しい問題定義を作成するには、**File** メニューにおいて **New** をクリックし、現われるリスト中の **QuickField problem** を選択します。次に、新しい問題の名前およびパスを入力してください。また、現在オープンされている別の問題のコピーとして新しい問題を作成することができます。その場合、新しい問題はすでに参照付けられているモデルの特性をすべて継承し、また、必要に応じて、データ・ドキュメントもコピーされます。
- 既存のドキュメントをオープンするには、**File** メニューにおいて **Open** をクリックするか、ウィンドウズ機能のドラッグ・アンド・ドロップを使用します。

オープンされた問題ドキュメントは、QuickField メイン・ウィンドウの左側のエクスプローラ・ビューに表示されます。エクスプローラ・ビューでは、問題定義オプションおよびファイル参照情報を編集することができます。そのツリーには、現在、参照付けられているファイルの名前が示されます。

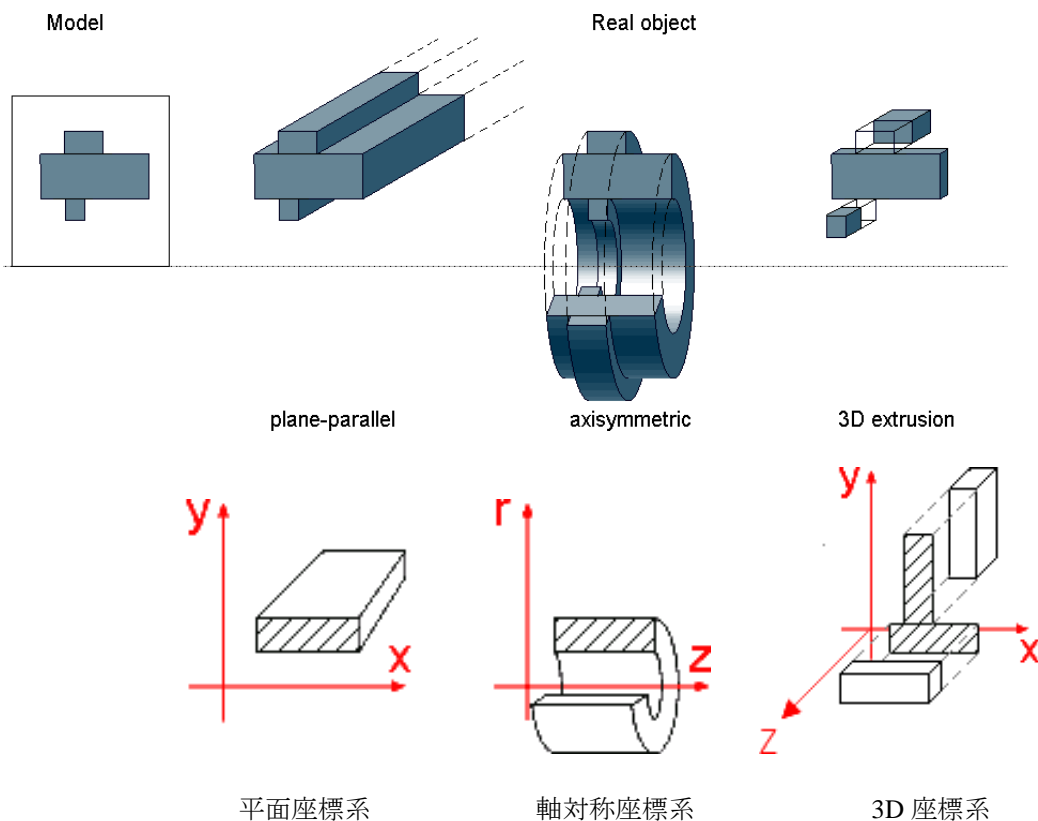
- 問題の設定あるいはファイル名を変更するには、**Edit** メニューかコンテキスト・メニュー (マウス右ボタン操作) 中の **Properties** をクリックします。
- 参照付けられたドキュメント (モデル、データ、その他のカップリング・リンク) を編集するには、ツリー上の名前をダブルクリックするか、コンテキスト・メニューの **Edit File** をクリックするか、あるいは **Edit** メニューの対応アイテムをクリックします。
- 問題を解析するには、**Edit** メニューあるいは、コンテキスト・メニューから **Solve Problem** をクリックします。
- 結果を分析するには、**Edit** メニューあるいはコンテキスト・メニュー中の **View Results** をクリックします。

問題定義特性（プロパティ）の編集



問題タイプ (Problem type) : 問題に対する解析タイプを選択します。

モデル・クラス (Model class) : モデルの幾何学形状クラスとして、Plane-parallel (平面平行)、Axisymmetric (軸対称)、3D Extrusion (3D 押し出し) から選択します。最初の2つは、2次元解析と分類され、最後の3D Extrusion は3次元解析と分類されます。(第9章参照) Lz フィールドには、Z成分 (モデル平面に垂直) へ平面平行モデルの長さを入力します。Lz のデフォルトは、1m です。



精度 (Precision) : 必要とする精度を選択します。高精度 (High) を選択するとより解析時間が長くなることに注意してください。

公式 (Formulation) : 平面応力解析問題の公式を選択します。

周波数 (Frequency) : 過渡ハーモニック磁場解析問題に対する周波数値を入力します。周波数 f と角周波数 ω ($\omega=2\pi f$) の違いに注意してください。

ファイル (Files) : モデルとデータのファイルのファイル名を編集します。長いファイル名を使用することができます。ファイル名にパスが与えられていない場合、それは問題定義ファイルのパスと一致すると仮定されます。さらに、ハードディスクあるいはネットワーク上の任意フォルダー中のファイルを選択するためにクリックし、ブラウズすることができます。

編集 (Edit) : 選択されたファイルは、新しい QuickField ウィンドウにロードされます。

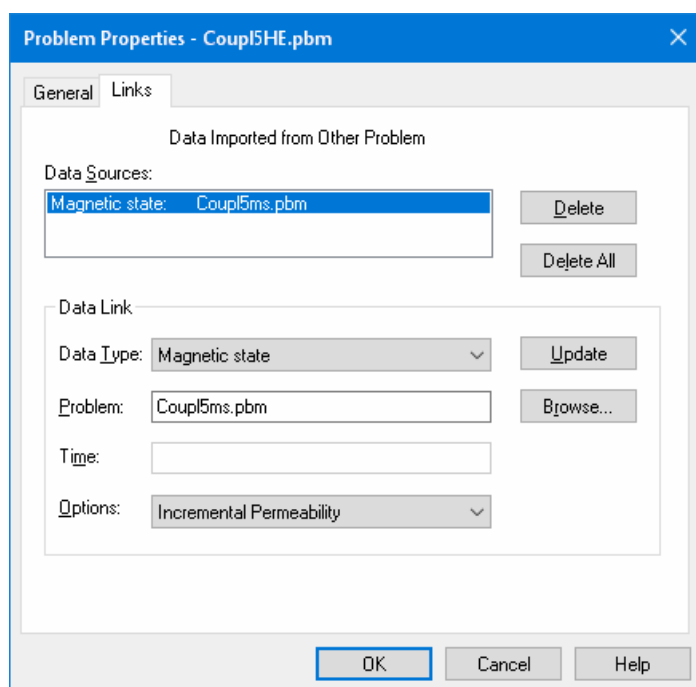
連成問題 (カップリング・リンク) の設定

応力解析、熱伝導解析、非定常磁場問題などは他の解析タイプのデータを組込むことができます。そのデータタイプは次のとおりです。

- 電場のおよび磁場
- 応力解析のための温度場
- 熱伝導解析のための電流フローによって生成されるパワー損失
- 別の問題からの材料の記憶していた (冷凍) 磁性状態;
- 電気伝導に依存する温度場を計算するための温度場

非定常問題は、別の定常問題あるいは非定常問題 (静的問題へ過渡現象からインポートされる時間瞬時値) からフィールド分布の初期状態をインポートすることができます。

データを生成する問題とそれらをインポートする問題のリンクを確立するには、**problem description** ダイアログボックスの **Link** タブをクリックします。



データリンク (Data Link) を追加するには、

1. **Data Type** リスト中のデータタイプを選択します。
2. **Problem** ボックスの中でソース問題の名前をタイプするか、既存の問題リストから選択するために **Browse** ボタンをクリックします。
3. ソース問題が非定常解析タイプである場合、**Time** ボックスにその所望の時間を指定してください。その指定時間が解析結果ファイル内に存在しない場合には、最も近似する時間のデータがインポートされます。
4. そして、データ・ソースのリストにリンクを加えるために、**Add** ボタンをクリックします。

データリンクを変更するには、

1. **Data Sources** リストにおいて、リンクを選択します。
2. ソースの問題名に変更します。
3. データ・ソースのリスト中のリンクを更新するために、**Update** ボタンを選んでください。

リンクを削除するには、

1. **Data Sources** リストボックスにおいて、リンクを選択します。
2. データ・ソースのリストからリンクを削除するための、**Delete** ボタンをクリックするか、あるいはデータリンクをすべて削除するために、**Delete All** ボタンを使用します。

インポートされたデータへのリンクは、問題定義の一部と見なされます。そして、問題定義の編集を完成するために、**OK** 選択すると、それらの変更が保存されます。また、**Cancel** ボタンを選ぶか、**ESC** を押すと、データリンク中で行われた設定はキャンセルされます。

時間パラメータの設定

非定常解析タイプの問題を解析するには、時間パラメータを設定する必要があります。時間パラメータを設定するには、問題定義ダイアログボックス **Timing** タブをクリックしてください。

The screenshot shows the 'Timing' tab of the 'Problem Properties' dialog. It is divided into two main sections: 'Integration over Time' and 'Output'. In the 'Integration over Time' section, there are three input fields: 'Calculate up to:' with the value '21600' and unit '(s)', 'With the step of:' with the value '600' and unit '(s)', and a checkbox for 'Calculate time steps automatically' which is currently unchecked. The 'Output' section contains three input fields: 'Store the results every:' with the value '1200' and unit '(s)', 'Starting from the moment:' with the value '0' and unit '(s)', and 'Initial temperature:' with the value '20 + x' and unit '(°C)', followed by a small button labeled 'f'. At the bottom of the dialog, there are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Calculate up to : シミュレート時間を指定します。シミュレーションのスタート時間は、常にゼロとします。

With the step of : 計算ステップ・サイズ（時間刻み）を指定します。非定常解析では、指定時間領域の計算精度をコントロールする最も重要なパラメータです。そのステップがより小さいほど、高精度です。通常、最小でも、全シミュレーション時間を 15~20 ステップの指定を推奨します。また、それより大きな値で計算を

開始し、結果の変化がスムーズでない場合には、より大きなステップ値を指定してください。

特定のモデルでは、シミュレーション時間における適切な時間パラメータの推定が難しい場合、指定するステップ・サイズに、5~7のポイントをセットし、その数ポイントの時間に対する結果をX-Yプロット表示によって確認することができます。

Auto : QuickField が自動的に計算ステップ・サイズを推定することを明示します。

Store the results every : ファイルにそれぞれの計算結果を保存するために、時間インクリメント値を定義します。この値はステップ・サイズと等しいか、それより大きくなります。

Starting from the moment : ファイルに出力する最初のポイントを定義します。この値が0ならば、初期状態が出力されます。

Initial temperature : 時間の初期(0)瞬間に対する温度値を入力してください。温度は一定または依存する定式として定義されるかもしれませんが、最初温度が定義されない場合、それは0と考えられます。それは最初温度値(定式)がセットされ、また、連成問題が最初温度分布を提供する場合、そのインポート温度は優先されます。

非定常解析の時間ステップ・サイズの自動計算

非定常解析において、QuickField は自動的に時間ステップ・サイズを計算することができます。

初期時間ステップ・サイズを計算するために、次式が使用されます。

$$\Delta t_0 = \min(\xi^2/4\alpha)$$

ここで、 ξ は「メッシュ・サイズ」(メッシュ要素の直径)です。

熱伝導問題

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho C}$$

磁場問題

$$\alpha = \frac{1}{\mu g}$$

この比率 $\xi^2/4\alpha$ は、モデルのすべてのメッシュ要素において考慮され、その最小値が初期時間ステップ・サイズとして使用されます。

解析過程において、その適切な時間ステップに自動的に調節されます。

次式に従って時間ステップが調節されます。

$$\Delta t_{n+1} = k\Delta t_n$$

ここで、k は 0.25~4.0 (0.25; 0.5; 1.0; 2.0; 4.0 の刻み値) のスケール係数であり、ポテンシャルの挙動および時間関数、同様に、モデルにおけるソース位置、境界条件に依存します。

k 値の指定には、2つの要因が考慮されます。

- すべてのメッシュ・ノードに関する既定時間ステップの時間関数変化指数

$$\Delta \bar{u}_n = 2 \frac{\| \dot{u}_n - \dot{u}_{n-1} \|}{\| \dot{u}_n \| + \| \dot{u}_{n-1} \|}$$

- 時間との逆比例係数

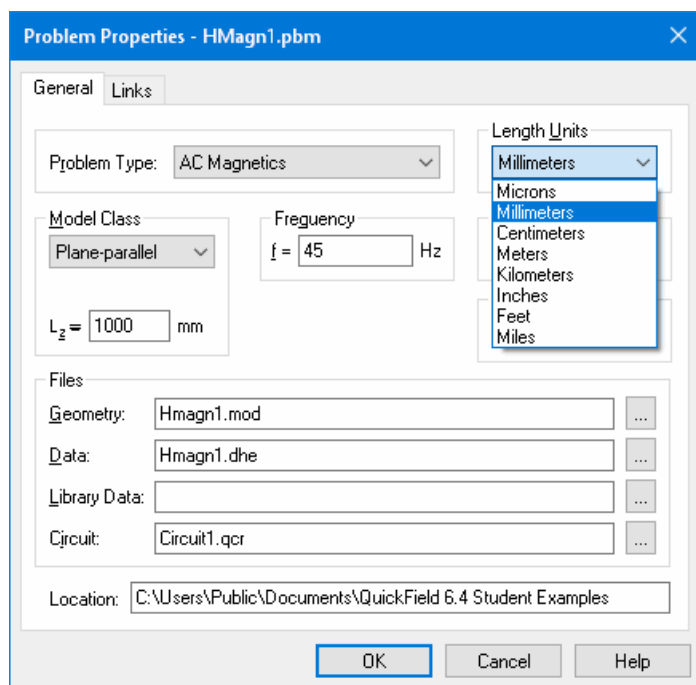
$$\omega_n = \frac{\{ \Delta u_n \}^T \{ F_n - F_{n-1} \}}{\{ \Delta u_n \}^T [K_{T_n}] \{ \Delta u_n \}}$$

熱伝導解析での{Fn}は熱伝導、対流、放射に関する熱流ベクトルです。磁場解析では、{Fn}は透磁ベクトルであり、u はポテンシャル値、また K_T は有限要素解析における剛性マトリックスです。

実際のスケール係数 k は、2次元特性 ($\Delta \bar{u}_n$ と $2\pi/\Delta t_n \omega_n$) に基づいて選択されます。これらは前もって定義した「しきい値」テーブルおよび次の時間ステップ・サイズとしてより小さな値が使用され、モデルの空間上のポイントにおいて正確な時間依存性を維持するために使用されます。

長さの単位の選択

QuickField は幾何学モデルを作成する場合、ミクロン、ミリメートル、センチメートル、メートル、キロメートル、インチ、フィートおよびマイルなどの座標単位を使用することが可能です。優先的な単位を設定するには、問題定義ダイアログボックスにおいて、**Coordinates** タブを選んでください。



選択する単位はそれぞれの問題ごとに異なる単位を使用することができます。通常、長さの単位は幾何学モデルを作成する前に選択し、いつでもその長さの単位を変更することが可能です。それはモデルの物理的な次元に影響しません。したがって、1辺の長さが 1 m の正方形としての幾何学モデルを定義し、次にセンチメートルへスイッチすれば、その正方形は 100 cm×100 cm になります。実際のモデルのサイズを変更するには、モデル・エディタ (Model Editor) の **Move Selection** コマンドの **Scaling** オプションを使用することができます。

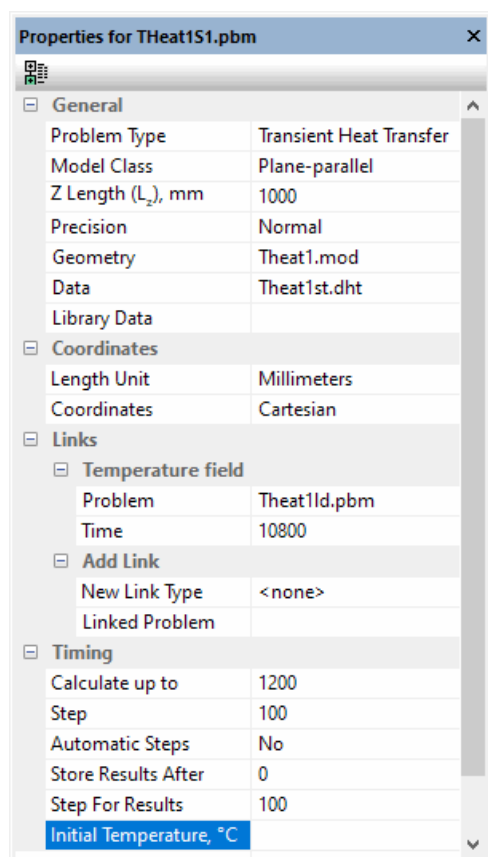
長さ単位の選択はその他の物理的なパラメータに使用する標準国際単位 (SI) に影響しません。例えば、電流密度には、常に、 A/m^2 を使用され、 A/mm^2 は使用されません。また、選択した長さの単位が反映される唯一の物理的な量としては、応力解析問題の変位ベクトル値です。

直交座標と極座標

材料特性や境界条件と同様に、幾何学座標系も直交座標系および極座標系によって定義することができます。QuickField はそれぞれの部分において、直交座標系および極座標系を選択することができます。問題定義ダイアログボックスの **Coordinates** タブから、問題に関連したデフォルトの座標系を定義することができます。同様のオプションは、モデル・エディタ (Model Editor) やポストプロセッサにおいて利用することができます。直交性材料の特性やいくつかの荷重条件および境界条件の定義は、選択座標系に依存します。問題のデフォルト座標系とは別に、各要素に対し直交座標系あるいは極座標系を個々に選ぶことができます。この選択はデータ・エディタ (Data Editor) のダイアログボックスにおいて利用可能です。

問題プロパティ・ウィンドウ

プロパティ・ウィンドウはビュー・メニューのプロパティ・コマンドを使用してオープンすることができます。このウィンドウはデフォルトではタスク・ウィンドウにドック化され、またフロート化へ切り替えることができます。



プロパティ・ウィンドウは現在の問題の特性を表示します。

ここで、問題タイプ、クラス、精度および幾何学特性と材料特性のデータファイル名を指定することができます。問題パラメータを変更すると、既存の解析結果は無効になります。その場合、警告が示されます。

「連成問題 (Coupled problems)」セクションにリンクするには、インポートされた物理特性タイプを選択し、そのソース問題の名前を選択/入力し、また新しいリンクかどうかチェックされます。その問題がリンク条件を満たす場合、新しいリンクがリストに加えられます。既存のリンクを削除するには、単に対応する特性からソース問題のファイル名を消去してください。

第 4 章

幾何学モデルの定義 (Model Geometry Definition)

本章では、幾何学データに関する QuickField ドキュメントの幾何学モデル・タイプの定義方法について述べます。本章は、QuickField ドキュメント・タイプとして、その問題について記述する幾何学モデルを構築する過程について記述します。

この章では、2次元モデルの定義方法について解説します。3次元モデルに関する詳細は、第9章に記述されます。ただし、3D 幾何学モデルの作成方法を理解するには、2次元モデルの定義方法を理解しておく必要があります。

概説

解析モデルは、それぞれの幾何学オブジェクトによって構築され、基本的なオブジェクトと材料特性、フィールド・ソースおよび境界条件によって定義します。幾何学モデルあるいはモデルとは、問題のすべての幾何学的シェープを総称します。

頂点 (vertex)、エッジ (edge)、ブロック (block) は、QuickField のモデルを構成する3つの基本的幾何学オブジェクトです。

頂点はユーザーによって定義された座標による平面上のポイント、あるいは自動的に計算されるエッジとの交点です。各頂点には、メッシュ間隔値およびラベルを定義することができます。メッシュ間隔値は、頂点近傍のメッシュ節点間の近似距離を定義します。ラベルは例えば、ライン・ソースや荷重について記述するために使用します。

エッジは2つの頂点を接続する線分あるいは円弧です。エッジはその領域において他のエッジと交差することはできません。新たに作成されるエッジが既存の頂点を含んでいる場合、隣接した2つのエッジが作成されます。新しいエッジが既存のエッジと交差すると、その交差点で新しい頂点が自動的に作成され、それらの交差したエッジはそれらの頂点によって分割されます。また、境界条件を指定するためにそれらのエッジにラベルが付けられます。

ブロックはエッジおよびそれぞれの頂点から成る境界を示す連続的な小区域です。ブロックには、エッジのチェーンによって、あるいはそれぞれの頂点によって形成される穴を含む場合があります。各ブロックは材料特性を記述するためにラベル付がされていなければなりません。また、ブロックのラベルは分布フィールド・ソースを定義するために使用されます。ラベルの未定義ブロックはメッシュが定義されても、フィールドの計算に含むことはできません。メッシュはブロックごとに自動的にあるいは指定の頂点に定義されたメッシュ・スペーシング (Mesh Spacing) によって作成されます。

ラベルは最大 16 文字の長さの文字列です。それはモデルの幾何学部分の名称とされ、それに割り当てる物理特性を定義するために使用します。文字列はアスタリスク (*) および疑問符 (?) を除く任意の印刷可能な文字、数字、句読点、スペースを指定することが可能です。ただし、そのラベルの先頭にスペース文字を指定すると、そのスペース文字は無視されます。また、ラベルの大文字と小文字は区別されます。

メッシュ・スペーシング値はその頂点まわりの近似要素サイズを決定します。メッシュ・スペーシング・パラメータは頂点に関係し、現在の長さの単位で指定します。それぞれの頂点においてメッシュ・スペーシングを指定することによって、メッシュ密度および解析精度を設定することができます。

モデルの作成方法

モデルの作成は、次の3つのステップから成ります。

- 幾何学モデルの定義と操作
- 特性、フィールド・ソースおよび境界条件の定義
- メッシュ生成

モデル・オブジェクトの作成

幾何学モデルを定義するには、それぞれの物理特性に基づく小区域の境界を形成するために頂点およびエッジによって定義されます。ユーザーはそれらの頂点とエッジを作成するときに、任意の幾何学オブジェクトを **move**、**copy**、**delete** コマンドを使用し作成することができます。いくつかのオブジェクトの編集を同時に実行するには、**Selection** 機能を使用することもできます。幾何学オブジェクト（ブロック、エッジ、頂点）にラベル付けすることによって、材料特性、境界条件、荷重などを定義し、メッシュ生成することによって、フィールド計算が行われます。

有限要素メッシュ・モデルの作成に利用可能な2つのオプションを次に示します。

- 幾何学領域の次元およびサイズに基づく密度に従って滑らかなメッシュを生成する方法が完全に自動化されます。このオプションはその他の情報を必要としません。
- 第2の方法としてメッシュ密度を選択することができます。また、必要に応じて、それぞれの頂点にスペーシング値を定義することができます。デフォルトでは頂点に対するスペーシング値はメッシュ分布を滑らかにするために自動的に計算されます。

エッジの作成

新しいエッジを作成するには、

- **Edit** メニューの **Insert Mode** を選択するか、**Insert Vertices/Edges** ツールバー・ボタンあるいはコンテキスト・メニュー・アイテムをクリックするか、モデル・ビューを挿入モードへ切り替えるために、**INS** を押してください。
- ツールバーの **New Edge Angle** ボックスで新しいエッジの角度を指定することができます。予め登録されている角度リストから選択するか、編集ボックスに値を入力してください。直線セグメントを作成するには角度0を指定します。
- エッジの出発点からその終端への結線は、ドラッグ（マウス左ボタン押し）するか、**SHIFT+DIRECTION** キーを使用します。作成されたエッジの終端は既存のモデル頂点であるか、自動的に新しい頂点が作成され、新しいエッジは常に2つの既存のモデル頂点を接続します。グリッド上に新しい頂点を定義するにはグリッド・オプションのスナップ・スイッチをオン（デフォルト）にします。キーボードによるポイント定義操作は、**CTRL** キーを使用します。

頂点の作成

新しい頂点を作成するには、

- **Edit** メニューの **Insert Mode** を選択するか、**Insert Vertices/Edges** ツールバー・ボタンあるいはコンテキスト・メニュー・アイテムをクリックするか、モデル・ビューを挿入モードへ切り替えるために、**INS** を押してください。
- 作成する頂点の座標に関するグリッド設定を確認します。
- 頂点挿入ポイントにカーソルを移動するには、マウスまたは矢印キーを使用するか、マウス左ボタンをダブルクリックするか、**ENTER** を押します。

あるいは、

- **Edit** メニュー中で、**Add Vertices** をクリックします。
- 新しい頂点の座標を入力し、**Add** をクリックします。さらに頂点を定義するには、その操作を繰り返してください。
- **Close** をクリックします。

アトラクション距離

幾何学データの定義において認識不可能な微小距離の問題を回避するため、新しい頂点およびエッジは既存の近接オブジェクト内に作成することができません。新しい幾何学オブジェクトの生成はアトラクション距離としての ϵ 値によってコントロールされます。

次の基準が新しい頂点およびエッジの生成に適用されます。

- 新しい頂点は既存の頂点近隣範囲 2ϵ 内には作成できません。
- 新しいエッジは既存のエッジ終端隣接範囲内に作成できません。

ϵ 値は可視領域のサイズに比例し、微細モデルを作成するには、モデル・ウィンドウにおいてズームを実行しなければなりません。

オブジェクトの基本操作 (Basic Objects Manipulation)

オブジェクトの選択

幾何学オブジェクトを選択するには、

1. 挿入モードがオンの場合は、そのスイッチを切るために、**INS** を押してください。
2. 選択セットにオブジェクトを追加するには、**CTRL** を押し続けてください。
3. 任意のモデル・オブジェクトをクリックするか、選択したオブジェクトの輪郭でマウスボタンを押し、ドラッグ操作で表示される長方形ボックスによってオブジェクトを選択してください。

注意：ブロック内部をクリックする場合は、境界エッジや頂点は選択されません。同様に、エッジの選択では、頂点は選択されません。これは、**Delete**, **Duplicate**, **Move** (削除、複写、移動) のモデル操作においても同様です。

ブロックと境界エッジおよびエッジと頂点を選択するとき、それらのオブジェクトを選択するためにマウスのドラッグ操作による長方形ボックスを使用します。

Edit およびコンテキスト・メニューの **Select All** または **Unselect All** コマンドを使用し、それぞれタイプ (ブロック、エッジ、頂点) のオブジェクトを選択してください。

選択されたモデル・オブジェクトのセットは、モデル表示ウィンドウで共有されます。いくつかのウィンドウが同一モデルを表示している場合、選択されているオブジェクトはハイライト (強調表示) されます。

キーボード・ショートカット

すべての選択 **CTRL+A**

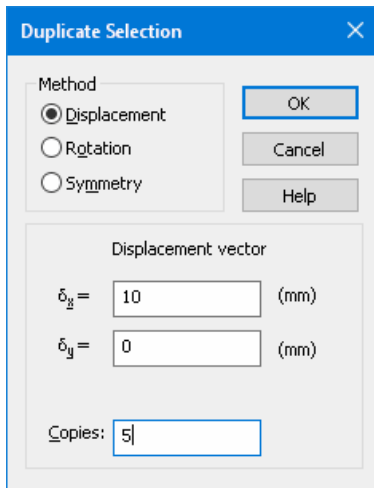
すべての非選択 **CTRL+D**

同一ラベルのモデル・オブジェクトのすべてを選択するには、問題ツリー・ビューのそのラベルをクリックしてください。

幾何学オブジェクトの複写と移動

1. 複写 (**Duplicating**) 機能は既に定義された座標系に従って幾何学オブジェクトの複製を作成します。
2. 複写するモデル・オブジェクト (頂点、エッジ、ブロック) のセットを選択してください。
3. **Edit** およびコンテキスト・メニューから **Duplicate Selection** を選択してください。パラメータの応答指示用 **Duplicate Selection** ダイアログが表示されます。
4. そのダイアログで変形方法を選択し、パラメータを入力して、**OK** をクリックしてください。QuickField は自動的にそれらのパラメータを複写オブジェクトに追加します。

QuickField は複写オブジェクトに関連するラベルおよび間隔値もコピーしますが、新しいモデル・ブロックのメッシュは生成しません。



モデル・オブジェクトの第 1 コピーは、そのオブジェクトに関する最初の複写結果です。複数のコピーが作成される場合、それぞれのコピー結果は直前のオブジェクトのコピーであることに注意してください。また、任意の位置に選択したオブジェクトを移動することができます。ただし、モデルの定義情報を変更することはできません。

また任意のブロック内に頂点やエッジを移動することはできません。選択したオブジェクトを移動するには、**Edit** メニューかコンテキスト・メニューから **Move Selection** を選択してください。表示された **Move Selection** ダイアログは、前述の **Duplicate Selection** ダイアログに類似しています。移動によって、そのラベルや間隔値も維持されます。ただし、メッシュは生成されません。

QuickField は、複写や移動によって再定義されたブロックにおいてメッシュ・データを取り除きます。複写や移動の操作に伴って、それらの更新情報メッセージが表示されます。所望の操作結果が得られない場合には、その操作を取り消し、直前のモデルに戻すために、**Undo** を実行することができます。

領域を変更することなく他の位置に選択されたオブジェクトを移動させることができます。この場合、新しい交差点などは生成しません。選択されたオブジェクトを移動するには、**Edit** メニューかコンテキスト・メニューから **Move Selection** をクリックしてください。現われるダイアログボックスは **Copy Selection** ダイアログボックスと類似しています。

それらの移動とコピーの操作で利用可能な幾何学オブジェクトの操作は次のとおりです。

Displacement (移動) : 平行移動は指定された移動ベクトルに従って選択されたオブジェクトが平行移動します。このコピー操作によって、複数のコピーを作成することができます。それはコピー操作を数回実行することを意味し、それぞれの結果に対して、コピーを実行することもできます。必要とされるパラメータは移動ベクトル成分です。

Rotation (回転) : 選択されたオブジェクトは指定された角度に従って指定されたポイントのまわりで回転します。このコピー操作によって、複数のコピーを作成することができ

ます。それはコピー操作を数回実行することを意味し、それぞれの結果に対して、コピーを実行することもでき、必要とされるパラメータは回転中心座標と回転角度 (Degrees) です。

Symmetry (対称) : 選択されたオブジェクトは対称軸に従って対称的にコピーされます。その対称軸は、水平軸とその対称線との角度を任意のポイント座標によって指定します。その角度の値は左回りを正方向とします。これはコピー操作においてのみ利用可能です。

Scaling (スケーリング) : 選択されたオブジェクトは、相似的な変形によって拡大および収縮されます。必要とされるパラメータは相似中心座標と拡大係数です。これは移動操作においてのみ利用可能です。

幾何学的オブジェクトのマウス・ドラッグによるコピー、移動などの操作方法 (ドラッグ・アンド・ドロップ編集を参照) が可能です。ドラッグ・アンド・ドロップはそれぞれのモデル・エディタ・ウィンドウ内で操作することができます。

オブジェクトの削除

幾何学オブジェクトを削除するには、

1. 削除したいオブジェクトを選択します。
2. **Edit** メニューかコンテキスト・メニューから **Delete Selection** をクリックします。

その選択が頂点のみを含み、削除される頂点が2つのエッジを接続する場合、またその頂点を除去する場合それらは1つのエッジとして扱うことができる場合、それらはともに連結されます。そうでなければ、接続しているエッジをすべて削除してもよいかの確認の応答指示があります。

また、削除される頂点およびエッジは削除されたオブジェクト・リストにそのエッジを追加するための確認をユーザーに要求します。この機能はモデル・エッジ部の「切り取り」操作に使用されます。

操作例

図 Pic.1 のモデルのような半径2と3、共通の中心 (0, 0) の半円において、0.5 の等間隔の水平エッジによるブロックを作成する場合を仮定します。

それらを作成するには、以下の方法が有効です。

- セットはその内部でクリックするモデル・ウィンドウに注目します。
- **View** メニューから **Grid Settings** を選択し、**Spacing** に 0.5 を設定してください。
- 挿入モードにするために、**INS** を押してください。
- マウスを (0, 3) から (4, 3) にドラッグし、それらのポイントを含む新しいエッジを作成します。
- 挿入モードを解除するために、**INS** を押してください。この時点で、図 Pic.2 のようなモデルが示されま

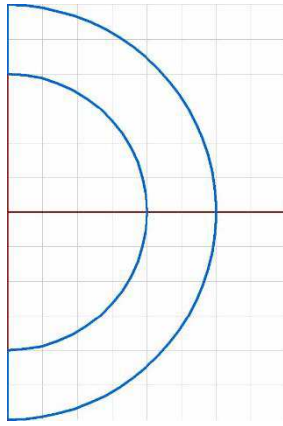


図 Pic1

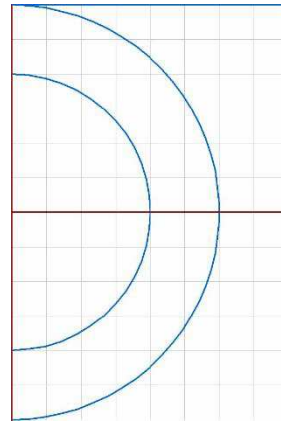


図 Pic2

- マウス左ボタンを押しながら $(-0.25, 3.25)$ から $(4.25, 2.75)$ にドラッグしてください。
- **Edit** メニューから **Duplicate Selection** を選択し、縦変位座標として、 -0.5 および **Copies** に 12 を設定し、**OK** をクリックしてください。すると、図 Pic.3 のようなモデルが示されます。
- 水平エッジの右端を選択し、マウス左ボタンを押しながら $(3.75, 3.25)$ から $(4.25, -3.25)$ にドラッグしてください。
- **Edit** メニューから **Delete Selection** を選択し、その削除を実行するために **Yes** (はい) をクリックします。
- 同様に、水平エッジの左端を選択し、マウス左ボタンを押しながら $(-0.25, 1.75)$ から $(0.25, -1.75)$ にドラッグしてください。その結果、図 Pic.4 のようなモデルが得られます。

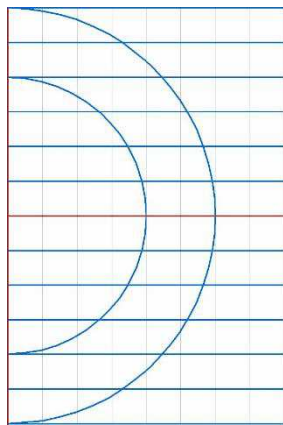


図 Pic3

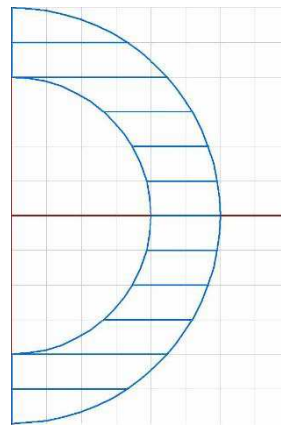


図 Pic4

キーボード・ショートカット

削除 DEL

ドラッグ・アンド・ドロップとクリップボード編集

ドラッグ・アンド・ドロップとは、

任意のモデル・オブジェクト(頂点、エッジ、ブロック)をそのモデル平面上の別の場所に、あるいは QuickField の別のセッションのモデルに移動およびコピーすることができます。

ドラッグの開始方法

はじめに、ドラッグするオブジェクトを選択します。モデル・オブジェクトの選択方法については、「オブジェクトの選択」参照してください。

選択されたオブジェクトにマウスポインタを配置し、マウスボタンを押してください。カーソル形状が変わり、選択されたオブジェクトの色も変わります。

注意：選択されたオブジェクト・セットにブロックが含まれてなく、スナップ・グリッド・オプションがオンの場合、ポインタの配置は困難かもしれません。その場合には、ドラッグする頂点にポインタを配置してください。

選択オブジェクト以外でマウスボタンを押せば、ドラッグの代わりに、長方形表示による選択が可能になります。その場合、マウスボタンを押しても、カーソル形状および選択されたオブジェクトの色は変わりません。

マウス左・右ボタンのドラッグ操作の違いは、「ドロップ操作」で記述されます。

ドロップ位置の定義

選択したポインタでマウスボタンを押すと、現在のポインタ位置には明るい赤い点を表示します。この点はドロップ後にコピーあるいは移動されたオブジェクトの正確な位置の設定するためのいわゆるアンカー・ポイントを示します。

ポイント位置は次の仮定に従います。

- ポインタとモデル頂点の至近距離
- ポインタと背景のグリッド節点の至近距離（スナップ・グリッド・オプションがオフでない場合）

モデルの頂点上にマウスポインタを配置し、マウスボタンを押すと、そのポイントをアンカー位置とします。

オブジェクトをドラッグすると、アンカー・ポイントもドラッグされ、明るい赤い点としてそれを表示し続けます。ドラッグされたアンカーはモデルの頂点と背景のグリッド節点（スナップ・グリッド・オプションがオフでない場合）は一致し、ステータスバーにはドラッグされたアンカー・ポイントの座標が表示されます。

ドラッグ後に、その前後のアンカー位置間の違いを計算し、そのベクトル長に従ってドラッグされたオブジェクト位置を変更します。

例：座標 (a, b) のポイントを含むモデル・オブジェクトのグループを移動する場合、移動後のポイントの新しい座標を (c, d) とすると、その過程は次のとおりです。

- 頂点 (a, b) が存在しない場合、**Edit** メニューから **Add Nodes** を選択し、ダイアログからその節点座標を入力します。
- 頂点 (c, d) が存在しない場合も同様の方法でそれを定義します。
- 頂点 (a, b) を移動するため、そのオブジェクトを選択します。
- 頂点上にマウスポインタを配置し、左ボタンを押してください。すると、アンカーが表示されます。
- アンカーが頂点と一致するまで、オブジェクトをドラッグし、マウスを放します。最初の頂点は (c, d) に移動します。
- 必要に応じて、最初の頂点を削除します。（既に、削除されている場合があります。）

ビジュアル・ドラッグ操作

オブジェクトの正確なドラッグ・アンド・ドロップ操作のために、次のようなビジュアル・フィードバック機能が提供されます。

- ドラッグ・アンカー位置はステータスバーに明るい赤い点とその座標が表示されます。
- カーソル形状の変化

- ドラッグ・エッジの長方形表示
- ドラッグ・モードの変更を示すステータス・メッセージ

アンカーは正確な位置の定義のために使用されます。

カーソル形状は、オブジェクトの移動とコピーのいずれか一方を反映します。表示されたコピー・カーソルはプラス記号「+」を示し、移動カーソルは表示されません。通常、指定が許可されない場所のカーソル表示は「No Parking（非駐車）」サインを示します。

長方形表示には、指定の位置に移動やコピーするすべてのエッジが含まれ、それらのオブジェクトを移動する場合、長方形表示に接触しているエッジも含まれます。

注意：長方形表示による選択は孤立した頂点を含みません。これは、それらの頂点が移動やコピーされないという意味ではありません。孤立した頂点が選択オブジェクトを構成する場合、ドラッグによって移動されます。

ドラッグ・モードを変更すると、長方形表示フィールド・バックおよびカーソル形状も変更されます。

ドラッグ・モードとドロップ操作

モデル・オブジェクトのドラッグは異なるモードで行なわれるかもしれません。ドロップ直前に使用されたドラッグ・モードがアクションとして定義されます。

ドラッグ・モードは次のように定義されます。

- ドラッグ中にマウスボタンを押し続ける。
- ドロップ前に、CTRL+ALT キーを押す。

ドロップ操作を実行するにはマウスボタンを放します。その際、ドラッグ中のマウスボタンを変更する方法はありません。また、いつでも、CTRL+ALT キーによってモードを変更することができます。

注意：マウス右ボタンを押しながらドラッグし、ドロップ操作の直前に、ALT キーを押すことができます。ALT キーを押しマウス右ボタンを放すと、何も実行しません。

ドロップ操作には、次の規則に従うドラッグ・モードを選択します。

- マウス右ボタン操作によって表示されたコンテキスト・メニューから必要なアクションを選択するには、ドロップ操作の前にコントロール・キーを放します。
- 同一モデル内のオブジェクトを移動するには、マウスボタンをドラッグし、ドロップ操作の前にコントロール・キーを放します。
- 同一モデル内のオブジェクトの移動を中止するには、マウスボタンのドラッグ後、ドロップ操作の前にALT を押します。
- マウス左ボタン操作により同一モデル内のオブジェクトをコピーするには、ドロップ操作の前にCTRL キーを押します。
- マウス左ボタン操作により別のモデルにオブジェクトをコピーするには、ドロップ操作の前にコントロール・キーを放しておきます。
- マウス左ボタン操作により別のモデルにオブジェクトを移動するには、ドロップ操作の前にCTRL キーを放しておき、ALT キーを押します。ただし、異なるモデル間の関係を保存することはできません。

ドロップ操作のキャンセル

ドロップ操作を取り消すには、キーボードの ESC キーを押すか、ドロップ操作の前にマウスボタンをクリックします。また、マウスボタンを押さなければ移動は開始しません。それらはマウス・クリック操作に従って実行されます。

ドロップ操作のアクション

ドロップ操作に使用されるドラッグ・モードは次のアクションが選択されます。

- 既存のモデルとの接続関係を維持し、オブジェクトが移動する。

あるいは、

- 既存のモデルとの接続関係を解除し、オブジェクトが移動する。

あるいは、

- オブジェクトのコピー

マウス右ボタンを押すことによって、利用可能なコンテキスト・メニューを表示し、選択ができます。そのメニューのアクションには、キャンセル・オプションも含まれます。任意の項目を選択することなくメニューを閉じれば、QuickField は何もしません。

マウス左ボタンのドラッグ操作で、ドロップ操作の前に使用された最後のドラッグ・モードに依存するアクションを定義します。ドラッグ・モードとドロップ操作との関係はドラッグ・モードとドロップ操作に依存します。

ドラッグ・コピー操作は選択オブジェクトのアンカー・ポイントを含むコピー・コマンドと同様です。

ドラッグ移動操作と移動 (Move) 操作には次のような違いがあります。

- 移動操作は別モデルのオブジェクト間では移動できません。ドラッグ移動操作はソース・モデルのオブジェクト部分と接続する別モデルにオブジェクトを移動することができます。
- 移動操作はモデル・タイプを変更することはできません。それは他のブロックに頂点を移動たり、交点を生成することはできません。同一モデル内のドラッグ移動操作には制限はありません。
- 移動操作は、関連するオブジェクトのラベルを保存し、ドラッグ移動操作によってラベルが変更される場合があります。

より詳細については、「別モデルへのドラッグ」を参照してください。

ドラッグ・アンド・ドロップ操作後のアンドウ (取り消し)

モデル・エディタはモデル単位で「取り消し/やり直し (Undo/Redo)」を実行することができます。それぞれのモデルにおいてモデル状態の各スタックを維持し、「取り消し/やり直し」の実行によって、それぞれの操作前/操作後のモデルの状態を回復します。

いくつかのモデル・ウィンドウが同時にオープンしている場合、モデル・エディタはアクティブ・ウィンドウに表示されたモデルに対する「取り消し/やり直し」を実行します。別のウィンドウをアクティブにするには、そのウィンドウ内をクリックしてください。現在の選択モデル・セットを変更したくない場合には、スクロールバーをクリックしてください。

他のモデル・エディタ操作と異なり、ドラッグ・アンド・ドロップは2つの異なるモデルに対して影響し、それぞれのモデル間で移動するオブジェクト・グループをドラッグする場合、ソースとターゲットの両方の

モデルが変更されます。全体に対する操作の影響を取り消したい場合には、各モデルに別々に行う必要があります。1つのモデルに対して「取り消し」を行うには、その「取り消し」に先立って、目的のモデル・ウィンドウがアクティブであることを確認してください。

異なるビューヘドラッグ

モデル・オブジェクトを移動するときに不便を感じる場合があります。例えば、比較的大きなスペースを横切って小さな物体を移動あるいはコピーする必要がある場合です。この不便さは同時に小さなソース物体を選択し、ウィンドウ内の目標の場所に移動させることが不可能であるということによって生じます。

この不便は、同一モデルの異なる視界間のドラッグ・アンド・ドロップ操作では容易に回避することが可能です。以下を試みてください。

- **Window** メニューから **New Window** を選択し、同一モデルの第2のウィンドウをオープンします。
- 両方のウィンドウが見えるように調整してください。
- 第1のウィンドウでソース・オブジェクトを拡大表示 (**Zoom**) してください。移動またはコピーしたいオブジェクトを選択してください。
- 目標の第2のウィンドウで拡大表示してください。
- 第1から第2のウィンドウへ選択オブジェクトをドラッグしてください。

異なるモデルのドラッグ

ソースと目標のモデルのオブジェクトが異なる場合、それぞれのモデルヘドラッグするにはいくつかの方法があります。それらの違いを以下に述べます。

- 移動 (**Move**) オブジェクトとその他のソース・モデルに接するオブジェクトを移動することはできません。
- 同一モデル内のドラッグ操作のデフォルト (コントロール・キーを放したドロップ操作) は移動です。異なるモデル間のドラッグ操作のデフォルトはコピー (**Copy**) です。
- 別のモデルへの移動の影響を取り消すには、それぞれのモデルにおいて、二度の取り消し (**Undo**) を実行しなければなりません。
- 別のモデルへの移動およびコピーにおいて、目標の問題に関する定義が不完全な場合があります。これは、モデル・エディタが目標のモデルへの移動またはコピーされたオブジェクトのラベルを自動的に追加するために生じ、ソースから目標のデータファイルに対応するラベルの定義がコピーされないことに起因します。
- 別のモデルへの移動およびコピーにおいて、オブジェクトの目標とソースの座標スケールが異なる場合があります。これはソースと目標のモデルが異なる長さの単位を使用している場合に生じます。オブジェクトのコピー／移動の操作では、それぞれのモデルにおけるサイズを維持します。例えば、長さの単位として、ソース・モデルがメートルと目標モデルがセンチメートルを使用している場合、ソースの **1m** は **100cm** になります。

クリップボードの使用

クリップボードに選択中のモデル・オブジェクトをコピーするには、**Copy** コマンドを実行し、同一モデルの別の場所へ貼り付け (**Paste**) たり、別のモデルへ貼り付けることができます。これによりオリジナルのオブジェクトを保存したり、ソース・モデルからそれらを切り取ったりする (**Cut**) ことができます。

Copy、**Cut**、**Paste** (コピー、カット、貼り付け) を実行するには、**Edit** およびコンテキスト・メニューから対応するコマンドを選択するか、対応するツールバー・ボタンをクリックするか、以下のキーボード・ショートカットを使用します。

モデル・オブジェクトが選択されていない場合、**Copy/Cut** コマンドは無効です。**Copy/Cut** 操作が実行されず、クリップボードに幾何学オブジェクトを含まない場合には、**Paste** コマンドも無効です。

モデルへ1つ以上のオブジェクトを貼り付ける場合、貼り付けられるオブジェクトの位置はソース・モデルと同一です。目標のモデルが空の場合、貼り付けられたオブジェクトのオリジナルの座標を維持します。目標のモデルの既存オブジェクトと貼り付けられたオブジェクトを区別するため、目標のモデルの右後ろ境界にそれらを配置し、これによって別の位置へオブジェクトのドラッグを可能にします。また、オリジナルのオブジェクト特性（ラベルおよびメッシュ間隔値）を維持します。

貼り付けられたオブジェクトは、その操作後も選択され続け、目標のモデルの他のすべてのオブジェクトは未選択になります。

キーボード・ショートカット

Copy（コピー）	CTRL+C
Cut（カット）	CTRL+X
Paste（ペースト）	CTRL+V

Undo/Redo（取り消し／やり直し）操作

最後の操作を取り消すには、アクティブ・ウィンドウが編集している形状モデルであること確認し、**Edit** メニューから **Undo**（取り消し）を実行します。最後の操作をやり直すには、アクティブ・ウィンドウが編集している形状モデルであること確認し、**Edit** メニューから **Redo**（やり直し）を実行します。操作が取り消されるか、やり直されかを示すために対応するメニュー・アイテムは変更されます。

デフォルトでは、それぞれのモデルについて、25回の最後の操作の取り消しが可能です。その最大回数は、0~100の範囲で変更することができます。その詳細については、「Undo（取り消し）の設定」で述べます。

キーボード・ショートカット

Undo（取り消し）	CTRL+Z
Redo（やり直し）	CTRL+Y

Undo（取り消し）の設定

編集操作における「取り消し／やり直し」を可能にするには、幾何モデル・データベースの内部スタックを保持する必要があります。そのスタックの現在位置は最新の編集操作が相当し、操作履歴を維持するため、操作に応じてスタックを積み重ね現在位置を移動します。「取り消し」では、その現在位置を減じ、「やり直し」では、その反対に増します。

この内部スタックの深さには、「取り消し」可能な最大数を定義します。モデルの編集操作の総数が最大スタック深さを超過すると、既存の最後の操作に対応するデータベースは新しいスタック位置を対応付けるために消されます。そのスタック深さのデフォルト値として、25が設定され、必要に才応じて変更することができます。

幾何モデル・データベースの保持は、メモリ必要条件に依存します。この内部スタックの最大数は、0~100の範囲の整数として設定することができます。即ち、スタック深さを0にするとデータベースのインクリメント記憶スイッチを切ることになり、新たなスタック深さを設定するまで、「取り消し／やり直し」は機能しません。

Undo スタック深さを変更するには、

- アクティブ・ウィンドウにおいてその深さを変更するモデルであることを確認します。
- **Edit** メニューから **Undo Settings...**を選択します。

- **Undo Settings** ダイアログに目標のスタックの深さ値を変更し、**OK** をクリックします。

新しい深さ値が既存の深さ値より大きい場合、スタック深さのみに影響し、スタックの内容は不変です。

スタック内容に影響しないため、変更前に行なわれたオペレーションの取り消し/やり直しは可能です。また、新しい深さが古い値未満でも、まだ蓄積されたスタック位置数とその新しい深さ未満であるならば、スタック位置は影響されません。

例えば、**QuickField** の起動後、編集オペレーションを 10 回行い、5 回の取り消しを行ったとします。このとき、スタックは、10 のスタック位置を蓄積します。そして、このときスタックの深さを 10 に設定してもデータベース・インクリメントは失われません。しかしながら、その深さを縮小する以前に、さらに 1 回の編集オペレーションが行なわれていれば、**Redo** (やり直し) 操作の可能性を失います。また、蓄積スタック位置数は 6 に等しくなります。その後、6 に深さをセットすることができます。

既に蓄積されたスタック位置数未満の値で縮小するような取り消しスタックの深さを変更したときだけ、蓄積したデータを失う場合があります。その場合、**QuickField** は次のようなアクションを行います。

- 新しい深さが現在のスタック位置以下の位置数を超過する場合、残りのインクリメント数を新しいスタック深さと等しくし、超過データベース・インクリメントを廃棄します。
- 新しい深さが現在のスタック位置未満の値である場合、現在のデータベース・インクリメント情報のみを保持し、保持されたデータベース・インクリメント数を新しいスタック深さと等しくします。

例えば、**QuickField** の起動後、編集オペレーションを 10 回行い、5 回の取り消しを行ったとします。このとき、スタックの深さを 7 に設定すれば、3 つの超過位置だけが廃棄されます。データベース・インクリメントには、5 回の取り消しオペレーションと現在のスタック位置の上に 2 回のやり直しオペレーションが与えられます。さらに、深さを 2 に設定すると、単に現在のスタック位置以下が保持されたデータベース・インクリメントを備えた 2 回の取り消しオペレーションのみが可能となります。

Undo (取り消し) オペレーション

次のタイプの幾何学的オペレーションが取り消しの対象となります。(それぞれオペレーションに従って、メニュー・アイテム・ラベルが更新されます。)

- Add Edge (エッジを追加)
- Add Vertices (頂点の追加)
- Build Mesh (メッシュ生成)
- Cut (カット)
- Delete Edges (エッジの削除)
- Delete Vertices (頂点の削除)
- Delete Selection (選択の解除)
- Drag (ドラッグ)
- Drop (ドロップ)
- Duplicate (コピー)
- Import DXF (インポート DXF)
- Move Selection (移動)
- Paste (貼付け)
- Properties (プロパティ)
- Refine Mesh (再メッシュ生成)
- Remove Mesh (メッシュの削除)
- Select (選択)
- Select All (全てを選択)
- Unselect All

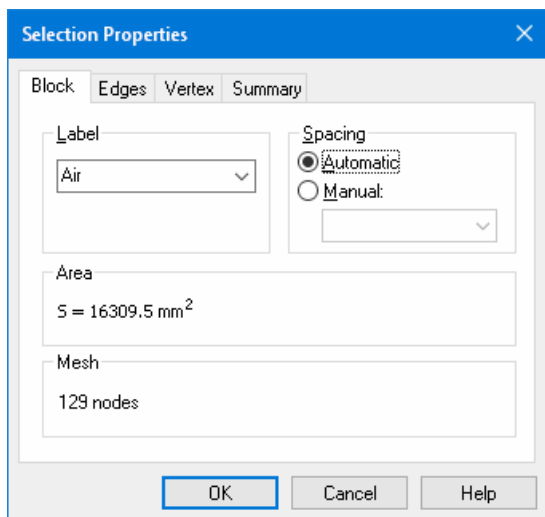
プロパティ（特性）、フィールド・ソース、境界条件の定義

ラベルは、幾何学オブジェクトと材料特性、境界条件、フィールド・ソースなどの物理特性を対応付けます。

オブジェクトのラベル定義

オブジェクトにラベルを定義するには、

- オブジェクトを選択します。
- **Edit** およびコンテキスト・メニューから **Properties**（特性）を選択してください。
- ラベルを入力し、**OK** をクリックします。



同様に、**Selection Properties** ダイアログの各ページからそれぞれのオブジェクト（ブロック、エッジ、頂点）に対するラベルを設定することができます。

メッシュ技術

幾何学モデルあるいはその一部を作成した後に、有限要素メッシュの構築を続けることができます。容易に高精度の複雑な幾何学モデルに対する不均一なメッシュを構築することができます。例えば、ある領域では密なメッシュを定義し、他の領域では粗なメッシュを定義すると、幾何学分解技術はその大きな要素サイズと小さな要素サイズの間で滑らかなメッシュを生成します。一般に、フィールドが最も急速に（高勾配）変化する部分、あるいは高精度な解析を必要とする部分では、密なメッシュでなければなりません。

幾何学モデルが単純である場合やその設計解析情報が十分に正確な場合には、そのメッシュを作成するために完全な自動モードを使用することができます。この自動モード・オプションでは、構築した幾何学モデルに対し、単に、**Build Mesh** をクリックするだけです。特にメッシュ・サイズ情報を指定することなく、適切なメッシュが自動的に作成されます。別途、第6章「問題の解析」参照してください。

また、必要に応じて、メッシュ密度を指定するオプションを持っています。メッシュ密度は頂点間の値を一定間隔で配置することによりコントロールされます。そのスペーシング値はその頂点のまわりのメッシュ節点間近似距離を定義します。それはすべてのモデルの頂点に定義する必要はありません。一定のメッシュを得るには、任意の1つの頂点にそのスペーシング値を設定します。この値は他のすべての頂点に自動的に割り当てられます。不均一なメッシュを必要とするならば、最も密なメッシュと最も粗なメッシュを必要とする頂点にのみ、その間隔値を定義してください。それらのスペーシング値はメッシュ密度を滑らかに分布させるために他の頂点にも自動的に設定されます。このグループ選択メカニズムはそれぞれの頂点に直ちにその値を割り当てます。

そのスペーシング値を定義後、メッシュの生成を続けることができます。メッシュはブロックごとに生成さ

れます。1つのブロック、あるいは選択されたいくつかのブロックのメッシュ、あるいは、あるいは全領域のブロックに対して、メッシュを生成することができます。

既に、生成されたメッシュの密度を変更する場合（例えば、それぞれの領域ごとに、より正確な解析結果を必要とするとき）は、いくつかの規則に従います。

- 頂点のスペーシング値を変更したとき、それらのブロックのメッシュは自動的に削除されます。
- それらのスペーシング値が手動で定義されたかのように計算され、その条件に沿って確定されたメッシュは削除されません。したがって、すべてのメッシュ密度の変更を必要とするならば、最初に全領域のメッシュを削除してください。

メッシュ間隔を設定するには、

- 同一スペーシング値を指定する必要がある近隣の頂点、エッジあるいはブロックを選択します。
- **Edit** メニューかコンテキスト・メニューから、**Properties** をクリックしてください。
- **spacing** (スペーシング値) を入力するか、あるいは既に定義された値のリストからそれを選び、そして、**OK** をクリックします。

ブロックまたはエッジを選択するときにメッシュ・スペーシングを指定するならば、そのスペーシング値はそれらのエッジまたはブロック上のすべての頂点に割り当てられます。

メッシュを生成するには、

- **Edit** メニューかコンテキスト・メニューにおいて、**Build Mesh** をクリックし、現われるサブメニューからの適切なオプションをクリックします。
- あるいは、ツールバー上の **Build Mesh** ボタンを選択します。この場合、メッシュを生成する領域は、次のように分類されます。
 - ✓ 選択されているブロック
 - ✓ ラベル付けされているブロック
 - ✓ 領域上のすべてのブロック

QuickFieldは、一度にモデル・ブロックのすべての部分集合にメッシュを生成することができます。問題の解析をスタートするには、フィールド計算に含まれるすべてのブロックがメッシュ生成されていなければなりません。

View メニューの **Mesh** および **Domains** がオンの場合、メッシュ生成プロセスを見ることができます。

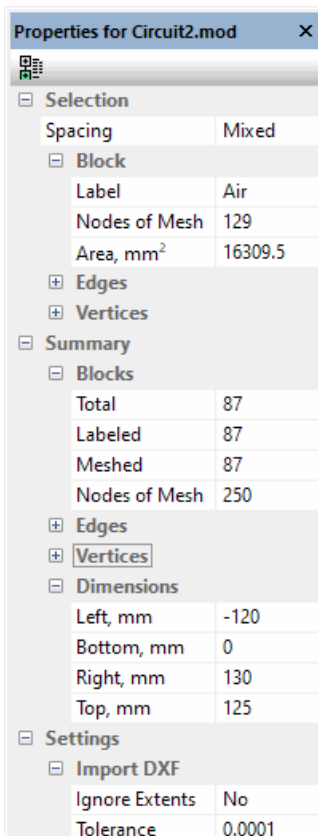
メッシュを削除するには、

- **Edit** メニューかコンテキスト・メニューから、**Remove Mesh** をクリックします。次に、サブメニューからの適切なオプションをクリックしてください。
- あるいは、ツールバー上の **Remove Mesh** ボタンを選択します。この場合、メッシュは選択されたブロックあるいはすべてのメッシュ・ブロックから取り除かれます。

幾何学モデル特性ウィンドウ (Geometry Model Properties Window)

Properties ウィンドウは、**View** メニューの **Properties** コマンドを使用してオープンすることができます。このウィンドウはデフォルトでは、タスク・ウィンドウ（下図参照）にドック化され、またフローティング・ダイアログとして操作することができます。

Properties ウィンドウには現在のモデル特性が示されます。



この図では、選択された幾何学オブジェクト（ブロック、エッジ、節点）の特性および幾何学モデルに関する主なデータを示します。いくつかの特性はそのオブジェクト・ラベルや個別のステップ値をタイプ入力するかドロップダウンリストから新しい値を選ぶことによって変更することができます。

ラベル値は、すべてのタイプの幾何学的なオブジェクトのために別々にセットされます。

個別のステップ値をセットするには、マニュアル・モードに切り替えて、新たにスペース（空白）を入力するか、リストから選んでください。

モデル・ビューのコントロール

次のようなモデル・ウィンドウ内をコントロールする方法があります。

- モデルのズーム表示：小規模から大規模な物体に対処するためのモデル表示機能を提供します。
- モデル視界の最適化：モデル生成プロセスにおいて、その視界を最適化します。
- 背景グリッドの設定：モデルの頂点およびエッジの生成を単純化します。

同一モデルに関していくつかのウィンドウをオープンし、それらの各々のウィンドウにおいて、異なる画像設定を使用することができます。新しいウィンドウをオープンするには、**Windows**メニューの**New Window**をクリックしてください。

ズーム（拡大）

モデル全体を表示するには、

- **Zoom to Fit** ツールバー・ボタンをクリックしてください。

画像をズームするには、

- **Zoom In** ツールバー・ボタンをクリックします。
- ウィンドウ上で対角線を指定するため、クリックとドラッグの操作によって、その長方形表示領域が全体を占めるように拡大します。

あるいは、

- ウィンドウ内でクリックし、クリックされたポイントに関して、拡大係数 2 を使用します。
- ショートカット：CTRL+はウィンドウの中心ポイントで拡大をエミュレートします。

また、モデルを縮小表示するには、

- **Zoom Out** ツールバー・ボタンをクリックします。
- ショートカット：CTRL-

モデル視界の最適化

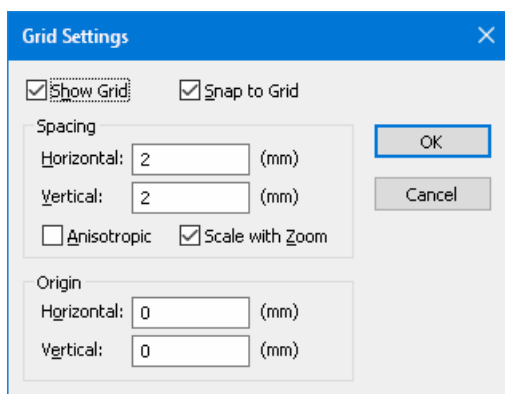
表示モードをコントロールする 4 つの **Mesh, Domain, Breaking, Spacing** があります。これらは、**View** メニューからアクセスすることが可能です。これらのすべてのスイッチがオフならば、領域にはそれらのコントロールは表示されません。このモードは領域上の幾何学データの記述およびラベルの設定に有効です。

Spacing モードのスイッチがオンの場合、すべてのスペーシング値に従った半径の円として示されます。

Breaking スwitchがオンの場合、エッジに沿った要素サイズはエッジ上にマークとして示されます。スペーシングおよびメッシュ・スペーシング値を指定する場合、**Spacing** と **Breaking** を使用すること便利です。メッシュは完全な三角形メッシュを示します。メッシュ生成プロセスにおいてそれらをチェックしてください。メッシュのない領域 (**Domain**) もまた、幾何学分解プロセスに応じてその領域に表示されます。

バックグラウンド・グリッドの設定

バックグラウンド・グリッドの使用は、より容易にモデル頂点およびエッジを作成し、あるいはモデルをチェックする過程を支援します。グリッドの設定を変更するには、**Edit** メニューおよびコンテキスト・メニューから、**Grid Settings** をクリックしてください。



Show Grid オプションは、グリッドの表示／非表示を切り替えます。

Snap to Grid オプションは、グリッド・アトラクション機能を切り替えます。モデルを正確に作成するために、マウスのクリックによってグリッド上でのみ頂点を作成するための手段を与えます。

グリッド密度を変更するには、**Spacing** を編集してください。グリッドの異なる水平と垂直のグリッド間隔を適用するには、**Anisotropic** オプションをチェックしてください。

Scale with Zoom オプションは、ズーム操作においてグリッド・セル・サイズも変更されます。

Scale with Zoom オプションがオン（デフォルト）である場合、スクリーン座標の値を保持します。

Scale with Zoom オプションがオフの場合、モデルに定義された長さ単位の値を保持します。

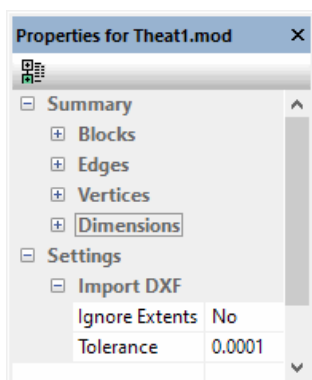
Grid Origin は、指定座標ポイントからの距離の頂点を作成する機能を与えます。これは、その座標ポイントからの距離に頂点を作成することを可能にします。

外部プログラムのモデルの利用

DXF ファイルのモデル・インポート

任意の代表的なCADシステムによって作成されたDXFファイルから幾何学モデルあるいはその一部をインポートすることができます。それには、**File**メニューの**Import DXF**を選択し、所望のファイル名を入力するか、ファイル名を選択してください。インポートされた幾何学オブジェクトを観察するため、モデルが自動的に表示されます。

DXFファイルを読むとき、現在のタスクにおいて、モデルが空でなければ、現在のモデルを保存するための応答指示があります。これは、インポートされたオブジェクトが既存のモデルにオーバーラップさせないように、初期化する機会を与えます。



SolidWorksアプリケーションのスケッチをインポートするためのQuickFieldアドインを提供します。このアドインを起動するには、**Edit**メニューから**Import from SolidWorks...**コマンドを実行してください。そのより詳細については、オンライン・ヘルプ・ライブラリを参照してください。

DXF ファイルへのモデル・エクスポート

任意のCADシステムおよびQuickFieldによってインポート可能なDXFファイルの幾何学モデルあるいはその一部をエクスポートすることができます。それには、**File**メニューの**Export DXF**を選択し、所望のファイル名を入力するか、ファイル名を選択してください。いくつかの幾何学オブジェクトが選択されている場合、全モデルあるいは選択されたモデルのみをエクスポートするべきかどうか選択するボタンをクリックすることができます。

また、ASCIIテキストファイルにモデル・メッシュをエクスポートすることが可能です。この機能は、QuickField以外の有限要素解析プログラムとのインターフェイスを可能にします。別のFEMソルバーのメッシュ・ジェネレータとしてQuickFieldを使用することも可能です。

ファイル・フォーマットの詳細は、QuickFieldヘルプにおいて記述されます。そこでは、モデル・オブジェクトに割り当てられた幾何学データ、有限要素メッシュ、ラベルのデータを含んでいます。偏微分方程式ツールボックス（PDEツールボックス）と互換のMatLabフォーマット・ファイルをエクスポートするユーティリティも提供されます。

クリップボードへのモデル画像のコピー

クリップボードに、モデル画像をコピーすることができます。それによって任意の文書処理やデスクトップ・パブリッシング・ユーティリティに利用することができます。

- 画像をコピーするには、**Edit**およびコンテキスト・メニューから**Copy Visible Picture**をクリックしてください。

モデル画像のエクスポート

モデル画像はファイルに一方のベクトルあるいはラスターのデータとして保存されます。ベクトル・フォーマットは、ウィンドウズ・メタ・フォーマット (WMF) あるいは拡張ウィンドウズ・メタファイル (EMF) を含んでいます。

サポートされるラスター・フォーマットのリストとして、BMP、GIF、TIFF、JPEG、PNGが含まれます。最大画像品質 (非圧縮) としては、BMPを選択し、その圧縮サイズのファイルとしては、GIF、JPEG、PNGなどを選択することもできます。また、その他のソフトウェアとの互換性用には、TIFFを選択することができます。

ラスター・フォーマットでは、画像の高さや幅として、ピクセル値を定義することが可能です。それらのデフォルト値は、コピーされたウィンドウの実際のサイズと一致します。ラスター画像サイズの増大により多くのディスク・スペースが必要とされますが、より高品質な画像が得られます。

ファイルへ画像を保存するには、

- 画像を表示し、ウィンドウの **File** メニューから、**Export Picture** を選択してください。ファイル名とフォーマットの選択ダイアログボックスが表示されます。
- リストから必要とする **File Type** を選択し、**File Name** フィールドでファイル名と場所をセットしてください。
- **OK** ボタンをクリックしてください。
- ラスター・フォーマットのうちの1つを選択した場合、**Picture Properties** ダイアログボックスが表示されます。ここで、デフォルト画像サイズを受理するか、他の高さや幅の設定することができます。

モデルのプリント

ウィンドウ画像のズームやそのコントロールに従って、ローカルあるいはネットワークプリンタへのそのモデル画像を直接、印刷することができます。

- 画像をプリントするには、**File**メニューの**Print**をクリックします。プリンタを選び、かつ印刷する前に紙のサイズや向きなどのセットアップを行うことができます。
- プリントを行う前にプレビューするには、**File**メニューの**Print Preview**をクリックしてください。
- 選択したプリンタに画像がどのようにプリントされるかを確認するには、**Print Setup**をクリックしてください。

第5章

問題パラメータの定義

問題を解析するには、材料特性、フィールド・ソースおよび境界条件を定義する必要があります。これらのパラメータはプロパティ（特性）記述ドキュメントに格納されます。これらのファイルのレコードとサブ領域、境界領域はモデルの編集に幾何学オブジェクトに割り当てられたラベルによって確立されます。ブロック、エッジおよび頂点のラベル付けについては、第4章「幾何学モデルの定義」に記述されています。

モデルは、いくつかのグループに分類されるラベルで構成されます。

2D モデルの場合

- **Block**（ブロック）ラベルは、モデルの小区域に対する材料特性および荷重を定義するために使用されます。
- **Edge**（エッジ）ラベルは、モデルの境界において境界条件を定義するために使用されます。
- **Vertex**（頂点）ラベルは、モデルのポイントに適用される特殊なソースや条件を定義するために使用されます。

3D モデルの場合

- **Body**（ボディ）ラベルは、3次元モデルの立体部に対する材料特性および荷重を定義するために使用されます。
- **Face**（面）ラベルは、モデル化するために特定の境界条件を定義するために使用されます。
- **Edge**（エッジ）ラベルは、モデルの境界において境界条件を定義するために使用されます。
- **Vertex**（頂点）ラベルは、モデルのポイントに適用される特殊なソースや条件を定義するために使用されます。

特性データは、解析タイプごとに定義します。各ドキュメントは個別の **QuickField** ウィンドウの情報を含むディスク・ファイルに格納されます。それらのファイル拡張子もまた、解析タイプごとに分類されます。








解析問題の種類	ファイル拡張子
DC 磁場解析 (DC and Transient magnetics)	.dms
AC 磁場解析 (AC (time-harmonic) magnetics)	.dhe
電場解析 (Electrostatics)	.des
DC 電導解析 (DC conduction)	.dcf
AC 電導解析 (AC conduction)	.dec
非定常電場解析 (Transient electric analysis)	.dtv
熱伝導解析 (Steady state and Transient heat transfer)	.dht
応力解析 (Stress analysis)	.dsa

- 新しい特性記述を作成するには、**File** メニューの **New** をクリックし、表示されたリスト中のドキュメント・タイプを選択します。
- 既存のドキュメントをオープンするには、**File** メニューの **Open** をクリックするか、ウィンドウズのドラッグ・アンド・ドロップ機能を使用するか、あるいは問題定義の実行中において、関連する特性記述ファイルの名前をダブルクリックします。

材料特性および境界条件の編集

一度、特性記述ドキュメントがオープンされれば、ドキュメント構造を示す新しいウィンドウが **QuickField** アプリケーション・エクスプローラ・ウィンドウに現われます。その表示ツリーは、ブロック、エッジおよび頂点に割り当てられたラベルを示します。

ラベルの表示アイコンは次のとおりです。

	2D 解析問題	3D 解析問題
	材料特性が定義される Block ラベル	材料特性が定義される Body ラベル
	境界条件が定義される Edge ラベル	境界条件が定義される Face ラベル
	境界条件あるいはソースが定義される Vertex ラベル	境界条件が定義される Edge ラベル
		境界条件あるいはソースが定義される Vertex ラベル
	参照特性が未定義なモデル中のラベル	
	未定義のブロック・ラベル	
	デフォルト境界条件のラベルおよび 0 ソースのラベル	

新しいラベルの作成

新しいラベルを作成するには、

1. **Insert** メニューから、**Block Label**、**Edge Label**、**Node Label** (3D モデルでは、**Body label** が追加されます。) をクリックするか、ツリーラベルの対応グループ上のコンテキスト・メニュー (マウス右ボタン操作) 中の **New Label** をクリックしてください。
2. 新しいラベルとして、所望の名前をそれに与えるように促すリストが現われます。
3. 所望のラベルの名前を入力し、**ENTER** を押してください。
4. データを定義すると、新しいラベルが既存のラベル・リストに現われます。データ編集を取り消した場合には、新しいラベルは作成されません。

ラベル・データの編集

ラベルに伴うデータを編集するには、

- リスト中のラベルをダブルクリックするか、あるいは、
- ラベルを選択し、**Edit** メニューの **Properties** をクリックするか、あるいは、
- ラベルをマウスで右クリックし、コンテキスト・メニューから **Properties** を選択してください。

ラベルにリンクする問題および幾何学オブジェクトのタイプに従ったダイアログボックスが表示されます。

設定変更を受け入れ、ダイアログをクローズするには、**OK** をクリックしてください。すべての設定変更を受け入れることなくダイアログをクローズするには、**Cancel** (キャンセル) をクリックしてください。

DC 磁場と定常磁場 (DC and Transient Magnetics) データの編集

The image shows a software dialog box titled "Block Label Properties - Magnet +". It has a "General" tab selected. The "Permeability" section has input fields for $\mu_x = 1000$ and $\mu_y = 1000$. There are radio buttons for "Relative" (selected) and "Absolute", and checkboxes for "Nonlinear" and "Anisotropic". The "Coordinates" section has radio buttons for "Cartesian" (selected) and "Polar". The "Coercive Force of Magnet" section has a "Magnitude" field set to 10000 (A/m) and a "Direction" field set to 90 (deg). The "Conductivity (for transient analysis only)" section has a $\sigma =$ field and a "Depends on Temperature" checkbox. The "Field Source" section has a $j = 0$ (A/m²) field and radio buttons for "Current Density" (selected) and "Total Ampere-Turns". There is also a "Conductor's Connection" section with radio buttons for "In Parallel" (selected) and "In Series".

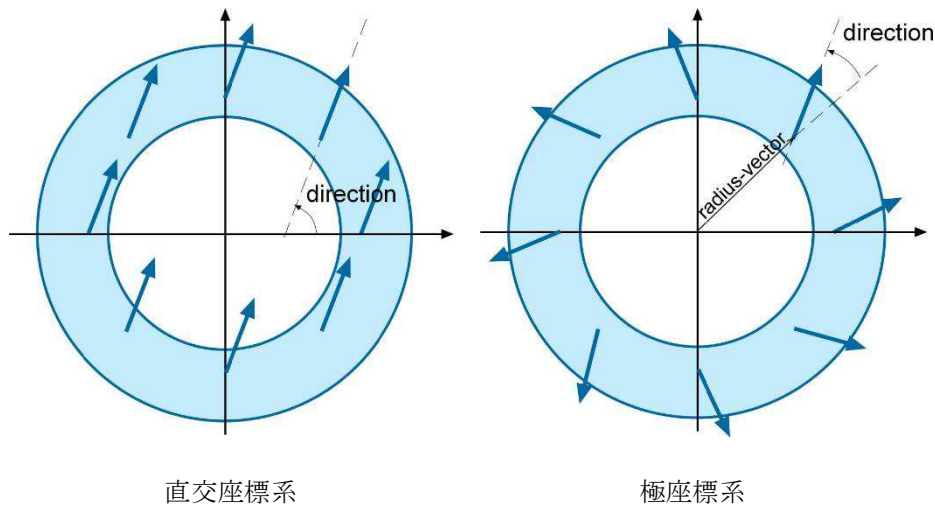
磁場問題のブロック・ラベルは、透磁率あるいは総電流、電流密度の2つのコンポーネントに関するその大きさと永久磁石の保磁力およびその方向に関係します。

線形および円形の磁化を指定するには、**Cartesian** (デカルト) および**Polar** (極) の座標を選択してください。デカルト座標での角度は水平軸に対して指定し、極座標での角度は半径ベクトルに対して指定します。

保磁力の大きさおよび方向の両方は座標と時間の機能でありえます。

非線形材料については、透磁率が磁化曲線と取り替えられます。新しいカーブを定義するためには、非線形でチェックしてください。それはBHカーブ・エディタにあなたを入れるでしょう。BHカーブが既に定義される場合、ダイアログボックスはカーブ・エディタを開くことを可能にするBHカーブ・ボタンを含んでいます。磁化曲線の編集は、本章中で「編集するカーブ」セクションでその後議論されます。

新しいラベルにデータに関連させる場合、透磁率コンポーネント用のテキストボックスは1つも含んでいません。単語、値のこれらの箱の中のどれあるいは欠如も、ラベルを備えたブロックが計算から除外されるだろうということを意味しません。資料のプロパティ (そのために、計算ヘブロックを含んで) を定義するためには、透磁率の必要な値をタイプインしてください。



非線形材料では、透磁率は磁化曲線に置き換えられます。新しいカーブを定義するには、**Nonlinear**をチェックし、BHカーブ・エディタを入力してください。BHカーブが既に定義されている場合、ダイアログボックスにはカーブ・エディタをオープンするためのBHカーブ・ボタンが表示されます。磁化曲線の編集については、本章の「カーブの編集 (Editing Curves)」に後述します。

新しいラベルにデータを設定する場合は、透磁率コンポーネント用のテキストボックスには、**None**が表示されます。そのボックスが**None**の場合、あるいはブロックのラベルに関するデータが存在しない場合には、計算から除外されます。計算対象ブロックに材料特性を定義するには、透磁率の値を入力してください。

Anisotropic (異方性) が未チェックの場合、透磁率テンソルのコンポーネントを自動的に変更します。

異なるコンポーネントを定義するには、その必要な値を入力する前に**Anisotropic**をチェックしてください。テンソル・コンポーネントに対応するダイアログ・ラベルには選択された座標系 (Cartesian、Polar) が反映されます。

非定常問題では、**QuickField**は任意のブロック中で非ゼロの電気伝導率を指定することを可能にします。その場合、このブロック中の渦電流分布を計算します。材料の電気伝導率の温度依存性を考慮することも可能です。その依存性は表形式で与えられ、また自動的にスプライン近似されます。電気伝導率 (温度依存性) を指定するには、カーブ・エディタ上の**Function of Temperature**チェックボックスをチェックしてください。

Temperature フィールドに数値または数式を入力してください。数式は時間と座標に関数としての温度依存性を記述します。問題で選択した長さの単位に関わらず、その数式の座標単位はメートルで与えられることに注意してください。

注意：温度値は摂氏 (Celsius) あるいはケルヴィン (Kelvin) のいずれかで与えることができます。但し、温度フィールドとカーブには同一の単位を使用しなければなりません。

非定常問題のフィールド・ソースを定義する方法は、多少異なります。また非定常問題では要素やソリッドの2つのタイプのコンダクタを使用することが可能です。**QuickField**は指定された電気伝導率によってこれらのタイプを識別します。ゼロ電気伝導率値は固定化したコンダクタを意味し、ブロック中に渦電流は生じません。非ゼロ値はブロック中の渦電流分布を計算するためのソリッド・コンダクタおよびフォース**QuickField**を意味します。

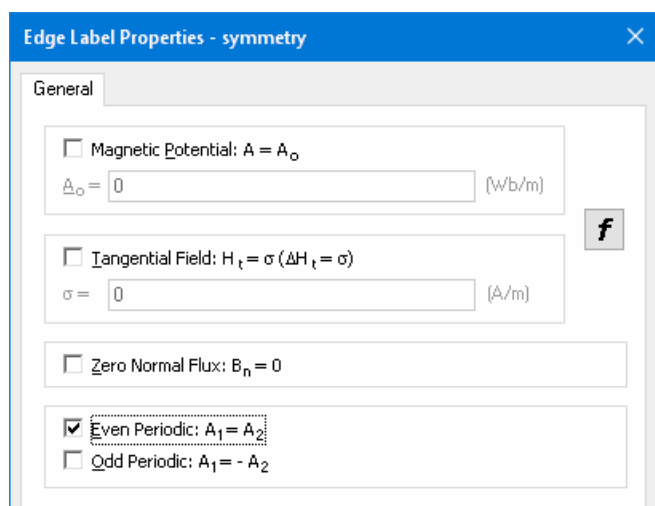
定常問題のゼロ電気伝導率ブロックと同様に非定常問題での電流密度値あるいはアンペア巻数 (総電流) のいずれかでフィールド・ソースを定義することができます。総電流については、**QuickField**での選択に依存し、単一コンダクタとして、あるいは複数コンダクタの接触を伴うラベル付されたブロックを考慮することができます。連続的に接触するコンダクタは、常にそれらの範囲 (矩形) と反比例した電流密度と同一の電流が流れます。

軸対称問題に総アンペア巻数を指定すると、コイル中の電流密度が一様に分布されず、半径方向に変化するよう明示することができます。ブロックが異なる内部と外部の直径の螺旋状コイルである場合、それらは接触しているかもしれません。

電流密度に座標依存性と指定するとともに、非定常問題では、電流密度と総電流の時間依存性を指定することができます。その時間または座標に依存する物理特性を指定するには、数値の代わりに数式を入力してください。数式については本章後半の「数式の使用法 (Using Formulas)」セクションで議論されます。

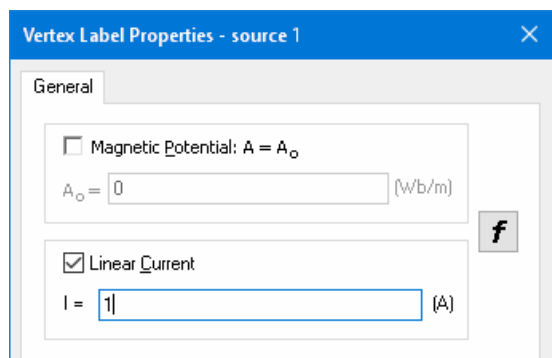
非定常問題では、任意のブロック中で非ゼロの電気伝導率を指定することが可能です。その場合、このブロック中の渦電流の分布を計算します。非定常問題の非ゼロの電気伝導率ブロックについては、フィールド・ソースを付加電圧あるいは総電流として定義します。QuickFieldは全体のコンダクタに付加される電圧を考慮します。その場合、電圧には座標依存性を指定することはできませんが、時間依存性を指定することは可能です。

フィールド解析において電気回路が配置される場合、付加電圧あるいはソリッド・コンダクタ（非ゼロの伝導率）の総電流は、ラベル・プロパティ・ウィンドウで定義することができません。その代わりに、それらの電圧や電流のソースを持つ電気回路にすべてのコンダクタ・ブロックを含めてください。ただし、割り当てられた同一ラベルを持つ個別のコンダクタの並列や直列の接続のみが、ラベル・プロパティ・ウィンドウで定義されるべきです。



エッジ・ラベルは境界条件に関係し、条件タイプを選択し、適切な値を入力してください。

ディリクレ（既知の磁位）とノイマン（表面電流密度）の境界条件は、座標の依存性を指定することができます。非定常問題では、さらに時間依存性を指定することもできます。時間や座標に依存する境界条件を指定するには、数値の代わりに数式を入力してください。数式については本章後半の「数式の使用法 (Using Formulas)」セクションで議論されます。



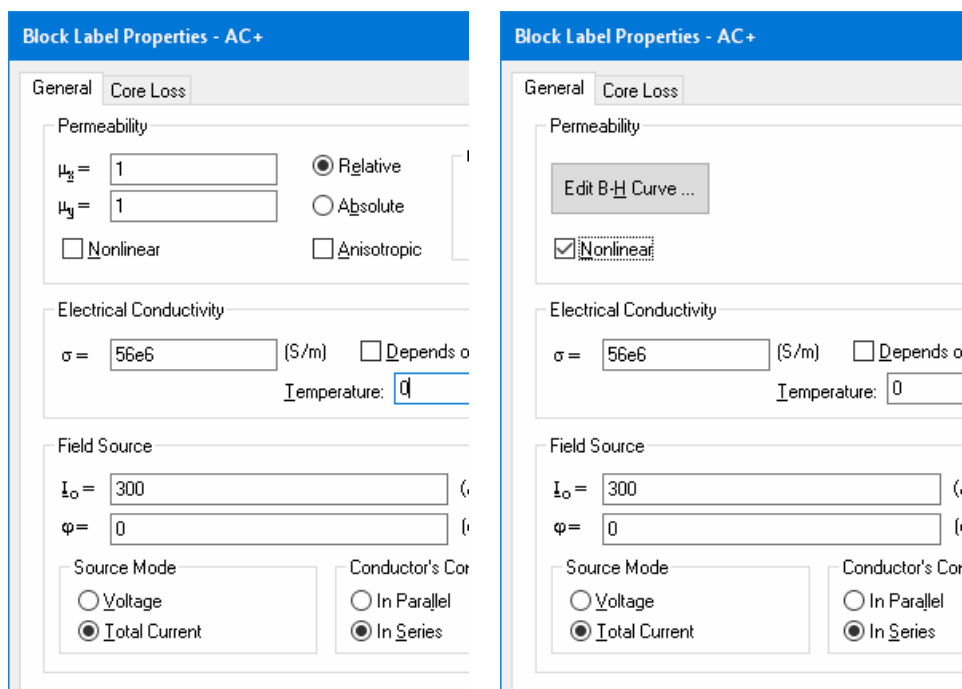
磁場問題の頂点ラベルには、既知の磁位あるいは集中電流値を関係付けることができます。そのオプション

の1つをチェックし、適切な値を入力してください。

定常磁場問題では磁位およびリニア電流および時間に依存させることができます。時間に依存する境界条件を指定するには、数値の代わりに必要な式を入力します。式の構文については、本章の「公式の使用方法」セクションで後述します。

磁位および集中電流は座標系に依存します。その場合、QuickField はラベルにリンクされたすべての頂点に対する各境界条件値を計算します。

AC 磁場 (AC Magnetics) のデータ編集



AC磁場問題のブロック・ラベルは、透磁率テンソルの2つのコンポーネント値、電気伝導率値およびフィールド・ソースとして定義された3つの値（即ち、ソース電流密度、電圧、総電流）のうちの1つのデータと関係付けることができます。

新しいラベルにデータに関連付ける場合、透磁率コンポーネント用のテキストボックスは、**None**が示されます。その**None**という単語は、値が指定されていないことを意味し、そのラベルのブロックは計算から除外されることを意味します。材料プロパティを定義するため（ブロックを計算に含ませるため）には、透磁率としての値を入力してください。

Anisotropic（異方性）が未チェックの場合、QuickFieldは透磁率テンソルのコンポーネントを同期して変更します。それぞれのコンポーネントを指定するには、必要な値を入力するために、**Anisotropic**をチェックしてください。テンソル・コンポーネントのダイアログ・ラベルには、プロパティとして選択した座標系（デカルト座標または極座標）が反映されます。

非線形材料に考慮する場合、透磁率の代わりに磁化曲線を定義する必要があります。それには、**Nonlinear**（非線形）ボックスをチェックしてください。すると、カーブを定義するための**Edit B-H Curve**ダイアログを表示されます。あらためて、**Edit B-H Curve**ダイアログを開くには、**Edit B-H Curve**ボタンをクリックしてください。

注意：ACハーモニック磁場問題では、すべてのフィールド・ポイントの磁束密度値は時間に依存します。したがって、透磁率値は同一となります。フィールド値を計算するには、周期間で変わらない等価な時間ごとの透磁率、平均磁界エネルギー（ $B \cdot H$ ）/2が定義されます。

カーブ・エディタによる磁化曲線の定義では、DCベースのB (H) 依存性を指定することにより、自動的に問題に定義された周波数に関するカーブを再計算します。グラフでは緑色でオリジナルのDCベースのカーブを示し、問題に定義された周波数に関して再計算されたカーブは赤色の点線で示されます。

Conductivity (伝導性) フィールドに電気伝導性の値を入力するか、非導体材料として、0を指定してください。材料の電気伝導性は温度に依存場合、その依存性は表形式で指定し、それは自動的にスプライン補間されます。また、温度に依存する電気伝導性を指定するには、カーブ・エディタにおいて、**Function of Temperature** チェックボックスをチェックしてください。

Temperature (温度) フィールドには数値や数式を入力してください。数式は座標の関数として温度依存性を定義します。問題の長さの単位とは無関係に、数式中の座標単位はメートルであることに注意してください。

連成する熱伝導問題から温度フィールドをインポートすることができます。それには、同一幾何学モデルに基づいた熱伝導問題として解析され、リンクされていなければなりません。インポート温度フィールドあるいは定数/数式の両方が利用可能な場合、インポート温度が使用されます。

注意：摂氏あるいはケルヴィンのいずれかの温度値を与えることができますが、温度フィールドとカーブでは同一単位を使用しなければなりません。

フィールド解析に電気回路が組み込まれる場合、付加電圧あるいはソリッド・コンダクタ (非ゼロの伝導率) の総電流は、ラベル・プロパティ・ウィンドウに定義することができません。その代わりに、それらの付加電圧や電流ソースを持つ電気回路へすべてのコンダクタ・ブロックを含めてください。割り当てられた同一ラベルと個別のコンダクタの並列か直列の接続のみをラベル・プロパティ・ウィンドウに定義すべきです。

フィールド・ソースの定義方法は、コンダクタと非コンダクタのブロックにとって異なります。ソリッド・コンダクタでは、付加電圧あるいは総電流のいずれかを指定します。常に指定する非コンダクタ・ブロックと終端コンダクタでは、総電流あるいは電流密度値によって非ゼロの伝導率とフィールド・ソースを指定することができます。

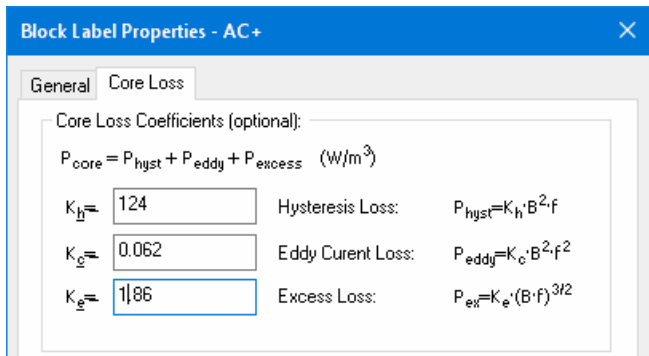
また、座標依存の電流密度の位相と振幅を指定することができます。それには数値の代わりに数式を入力してください。数式については本章後半の「数式の使用法 (Using Formulas)」セクションで議論されます。

総電流と印加電圧については、その選択に依存し、単一のコンダクタ、あるいは複数のコンダクタが定義されるラベル付けられたブロックを考慮することができます。連続的に接しているコンダクタには常に同一電流が流れ、その問題の解析終了時に電流密度が計算されます。

注意：コンダクタが回路中で接していなければ、ブロック・ラベルに関連した総電流値は、ラベル付けられたすべてのブロックで総電流を指定します。

非定常調和 (ハーモニック) 問題では、振幅 (ピーク) が交互に変化することを明示します。

Core Loss タブでは磁性材料の特性を入力することができ、それは **Core Loss** を計算するために必要です。これらのパラメータはオプションであり、デフォルトの 0 値のようにデータ値が入力されない場合は対応するブロック中の **Core Loss** は計算されません。その入力パラメータの単位は、 W/m^3 と考えられます。



磁性材料損失には、主に 2 つの原因があります。それは渦電流によって生じる抵抗損失（オーム・ロス）と磁化の周期的逆転によって引き起こる損失およびヒステリシス・ループのエリアに比例する損失です。その材料に非ゼロの伝導性が指定される場合、渦電流損失は自動的に計算され、また損失係数を別々に指定する必要はありません。

その状況は薄層シートで作られた積層コアでは異なります。それは薄膜シートで作られています。QuickField でシミュレートされる渦電流は大きくなり過ぎるため、薄層コアの電気的伝導性として、0 に設定されるべきです。ただし、それでも小さな渦電流損失は生じます。それらは実験的式を使用して、考慮することができます。

QuickField は Core Loss 計算のために、Bertotti の式を使用します。

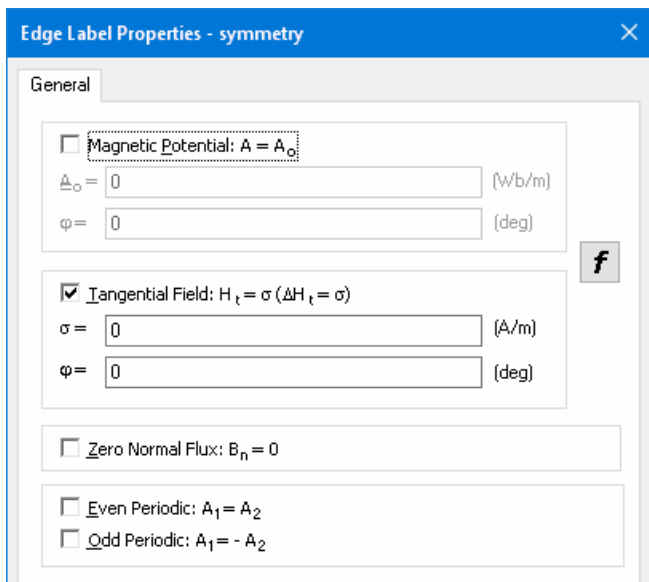
$$p = k_h \cdot f \cdot B^2 + k_e \cdot f^2 \cdot B^2 + k_{ex} \cdot (f \cdot B)^{1.5}$$

ここで、**B** : 周期的フラックス密度ベクトル・マグニチュード
f : 周波数
kh、**kc**、**ke** : 磁性材料のボリューム・パワー損失係数

損失係数のデフォルトの 0 値は損失コンポーネントの計算を除外します。

上記の式の第 1 項はヒステリシス損失に相当し、第 2 項は渦電流損失に相当し、第 3 項は追加磁気損失（最初の 2 つの損失タイプによってカバーされない場合）を近似します。与えられた材料の損失係数は、既知の適切なデータまたは、フラックス密度当たりのボリューム損失と周波数 $P_{cm} = f(B, f)$ テーブルを使用して計算されます。

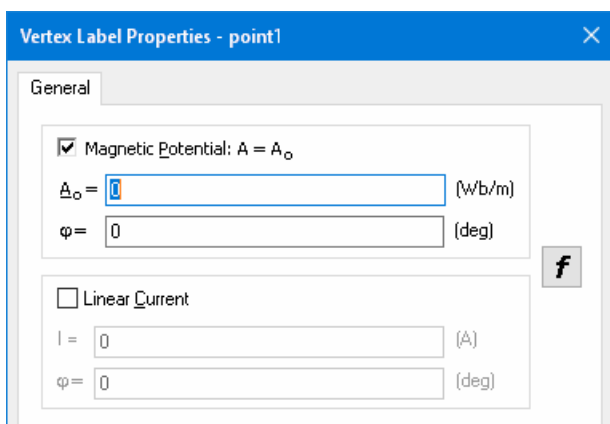
損失係数の計算に関する詳細については、www.quickfield.com/glossary/core_loss_coefficients.htm を参照してください。



エッジ・ラベルに境界条件を関係付けるには、その条件タイプを選択し、適切な値を入力してください。

ディリクレ（既知の磁位）およびノイマン（表面電流密度）の境界条件は、座標を依存させることができます。座標に依存する境界条件を指定するには、数値の代わりに必要な式を入力してください。式については、本章の「公式の使用方法」セクションで後述します。

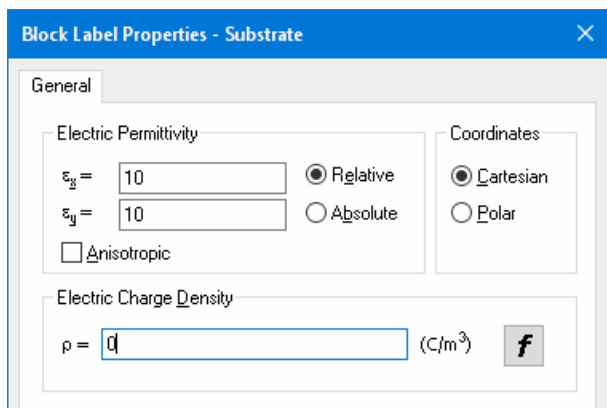
反復的境界条件に関しては、本章後述の「反復的境界条件（Periodic Boundary Conditions）」を参照してください。



AC 磁場の頂点には、既知の磁位や集中電流を関係付けることができます。そのオプションの1つをチェックし、適切な値を入力してください。

その磁位および集中電流は、座標に依存させることができます。その場合、QuickField はラベルにリンクされたすべての頂点に対する個々の境界条件値を計算します。

電場 (Electrostatics) データの編集



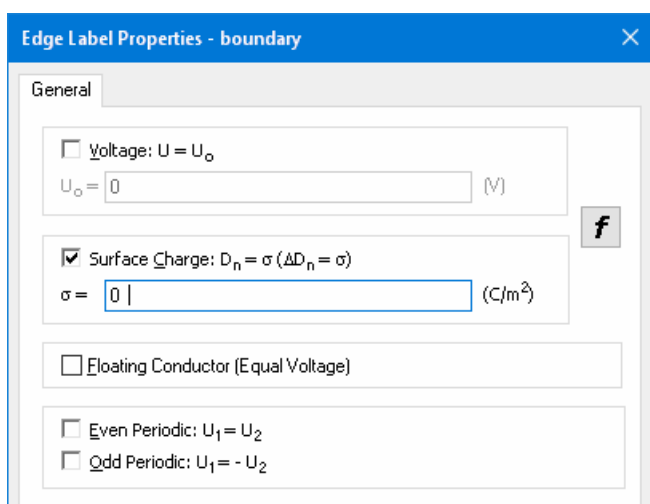
電場問題のブロック・ラベルは、誘電率および電荷密度の2つのコンポーネントに関するデータを指定することができます。

新しいラベルにデータに関係付ける場合、誘電率コンポーネントのテキストボックスは **None** になっています。それらが、**None** あるいはラベルに関するブロック値が存在しないならば、そのラベルのブロックは計算から除外されることを意味します。それらの材料特性（その値によるブロックを計算するため）を定義するために誘電率の必要な値を入力してください。

Anisotropic（異方性）が未チェックの場合、その誘電率はテンソル・コンポーネントを同値とみなします。異なるコンポーネント値を指定するには、必要な値を入力する前に **Anisotropic** をチェックしてください。また、その特性値は対応する座標系（Cartesian、Polar）に依存します。

また、座標に依存する電荷密度を指定することができます。それには、数値の代わりに必要な式を入力してください。式の構文については、本章の「公式の使用方法」セクションで後述します。

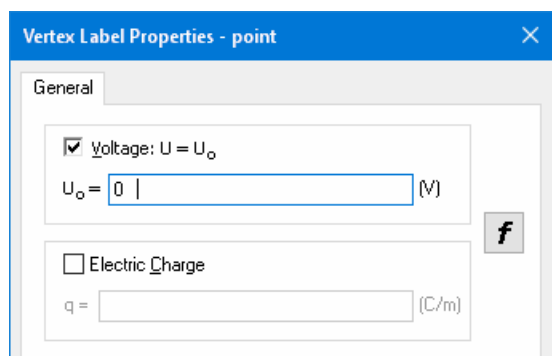
3D 電場解析の場合、誘電率および電荷密度は **Body** ラベルで与えられます。現状では、異方性はサポートされませんが、それ以外は、2D の **Block** ラベルと同様の方法で **Body** ラベルを編集します。



エッジ・ラベルに境界条件に関係付けるには、条件タイプを選択し、適切な値を入力してください。

ディリクレ（既知の電圧）およびノイマン（既知の正規電気誘導コンポーネント）の境界条件は、座標に依存させることができます。座標に依存する境界条件を指定するには、数値の代わりに必要な式を入力してください。式については、本章の「公式の使用方法」セクションで後述します。

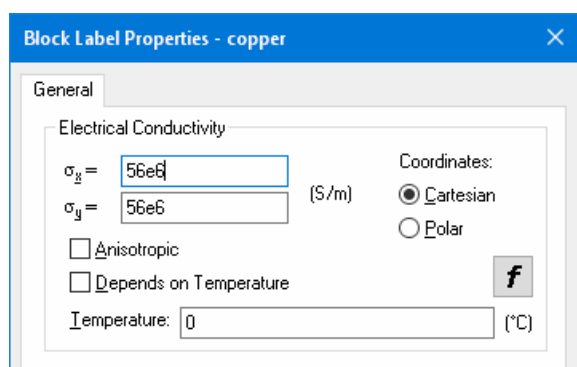
反復的境界条件に関しては、本章後述の「反復的境界条件」を参照してください。



電場における頂点ラベルは既知の磁位あるいは集中チャージ値を関係付けることができます。そのオプションの1つをチェックし、適切な値を入力してください。

既知の磁位および集中チャージの値は、座標に依存させることができます。その場合、QuickFieldはラベルにリンクされたすべての頂点に対する個々の境界条件値を計算します。

DC 電導 (DC Conduction) 問題データの編集



DC電導問題のブロック・ラベルは、電気伝導率テンソルの2つのコンポーネントを含むデータに関係付けることができます。

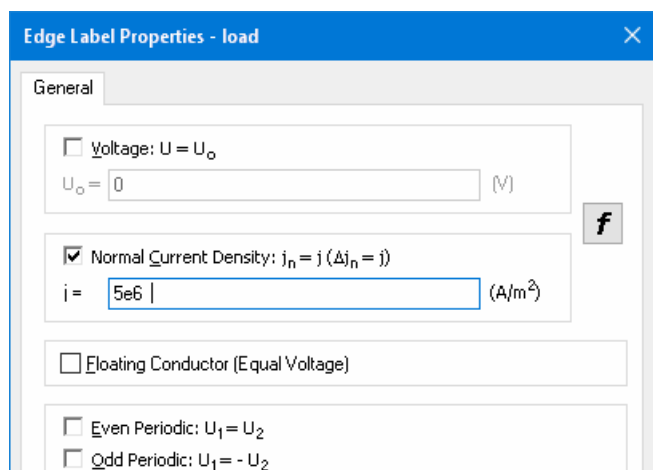
新しいラベルにデータに関連付ける場合、電気伝導率コンポーネント用のテキストボックスには、**None**が表示されます。その**None**という単語は、値が指定されていないことを意味し、そのラベルのブロックは計算から除外されることを意味します。材料プロパティを定義するため（ブロックを計算に含ませるため）には、電気伝導率としての値を入力してください。

Anisotropic（異方性）が未チェックの場合、QuickFieldは電気伝導率テンソルのコンポーネントを同期して変更します。それぞれのコンポーネントを指定するには、必要な値を入力するために、**Anisotropic**をチェックしてください。テンソル・コンポーネントのダイアログ・ラベルには、プロパティとして選択した座標系（デカルト座標または極座標）が反映されます。

電磁伝導材料が温度に依存する場合、その依存性は表形式で定義し、自動的にスプライン補間がされます。電気伝導率（温度依）を指定するには、カーブ・エディタ内の**Function of Temperature**チェックボックスをチェックしてください。

Temperature（温度）フィールドには、数値または数式を入力してください。数式は、座標に関する温度依存性について記述します。問題で選択した長さの単位に関わらず、その数式の座標単位はメートルで与えられることに注意してください。

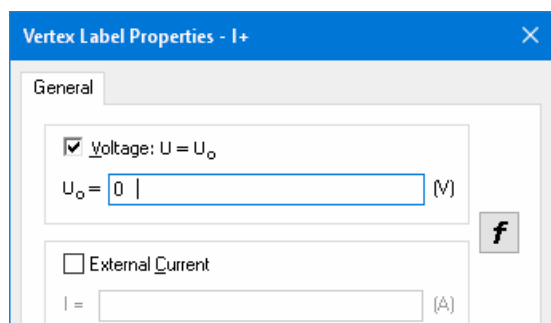
注意：温度値は摂氏（Celsius）あるいはケルヴィン（Kelvin）のいずれかで与えることができます。ただし、温度フィールドとカーブには同一の単位を使用しなければなりません。



エッジ・ラベルに境界条件を関係付けるには、条件タイプを選択し、適切な値を入力してください。

ディリクレ（既知の電圧）およびノイマン（既知の正規電気誘導コンポーネント）の境界条件は、座標に依存させることができます。座標に依存する境界条件を指定するには、数値の代わりに必要な式を入力してください。式については、本章の「公式の使用方法」セクションで後述します。

反復的境界条件に関しては、本章後述の「反復的境界条件」を参照してください。



電場における頂点ラベルは、既知の磁位あるいは集中チャージ値を関係付けることができます。そのオプションの1つをチェックし、適切な値を入力してください。

既知の磁位および集中チャージの値は、座標に依存させることができます。その場合、QuickFieldはラベルにリンクされたすべての頂点に対する個々の境界条件値を計算します。

AC 電導 (AC Conduction) 問題データの編集

Block Label Properties - dielectric

General

Electric Permittivity

$\epsilon_x =$ 2 Relative

$\epsilon_y =$ 2 Absolute

Electrical Conductivity

$\sigma_x =$ 1e-8 (S/m) Cartesian

$\sigma_y =$ 1e-8 Polar

Anisotropic

AC 電導問題のブロック・ラベルは、誘電率テンソルの2つのコンポーネント値および電気伝導率の2つのコンポーネント値を関係付けることができます。

新しいラベルにデータを関係付ける場合、誘電率コンポーネントのテキストボックスは **None** になっています。それらが、**None** あるいはラベルに関するブロック値が存在しないならば、そのラベルのブロックは計算から除外されることを意味します。それらの材料特性（その値によるブロックを計算するため）を定義するために誘電率の必要な値を入力してください。

Anisotropic（異方性）が未チェックの場合、その誘電率はテンソル・コンポーネントごとに同値とみなします。異なるコンポーネント値を指定するには、必要な値を入力する前に **Anisotropic** をチェックしてください。また、その特性値は対応する座標系（Cartesian、Polar）に依存します。

過渡ハーモニック問題では、振幅、ピーク、交流量値を指定することが可能です。

Edge Label Properties - potential

General

Voltage: $U = U_0$

$U_0 =$ 220*sqrt(2) (V)

$\phi =$ 120 (deg)

Normal Current Density: $j_n = j (\Delta j_n = j)$

$j =$ 0 (A/m²)

$\phi =$ 0 (deg)

Floating Conductor (Equal Voltage)

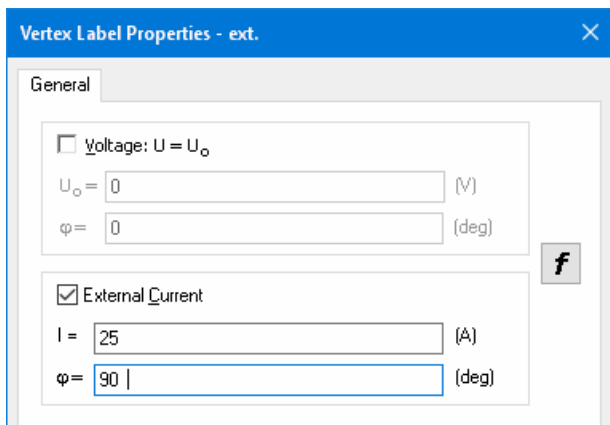
Even Periodic: $U_1 = U_2$

Odd Periodic: $U_1 = -U_2$

エッジ・ラベルに境界条件を関係付けるには、条件タイプを選択し、適切な値を入力してください。

ディリクレ（既知の電圧）およびノイマン（既知の正規電導密度）の境界条件は、座標に依存させることができます。座標に依存する境界条件を指定するには、数値の代わりに必要な式を入力してください。式については、本章の「公式の使用法」セクションで後述します。

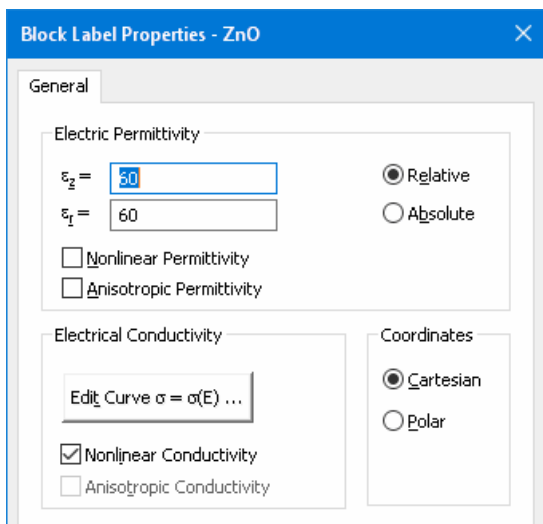
反復的境界条件に関しては、本章後述の「反復的境界条件」を参照してください。



AC 電導問題の頂点ラベルには、既知のポテンシャル値あるいは外部電流値を関係付けることができます。そのオプションの1つをチェックし、適切な値を入力してください。

また、既知のポテンシャル値および外部電流値は、座標に依存させることができます。その場合、QuickField はラベルにリンクされたすべての頂点に対する各境界条件値を計算します。

非定常電場解析データの編集

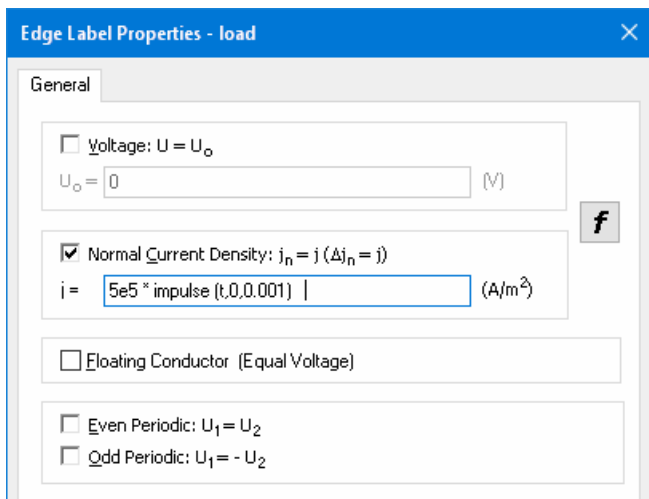


非定常電場解析問題のブロック・ラベルは、非線形の誘電率と伝導率に対応する以外は、AC電導問題と類似しています。

新しいラベルにデータを関連付ける場合、電気誘電率コンポーネント用のテキストボックスには、**None**が示されます。その**None**という単語は、値が指定されていないことを意味し、そのラベルのブロックは計算から除外されることを意味します。材料プロパティを定義するため（ブロックを計算に含ませるため）には、電気誘電率としての値を入力してください。

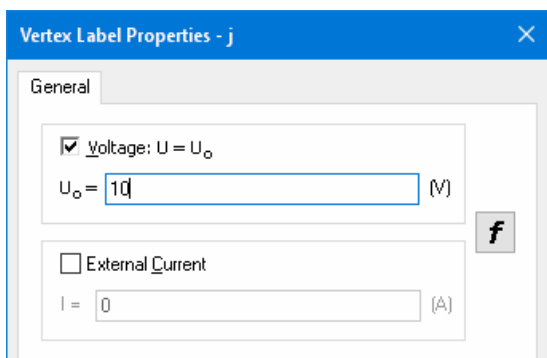
フィールド依存の誘電率や伝導率を定義するには、**Nonlinear**ボックスをチェックします。すると、カーブ・エディタは依存性カーブを入力/編集するための表を表示します。

Anisotropic（異方性）が未チェックの場合、QuickFieldはテンソルのコンポーネントを同期して変更します。それぞれのコンポーネントを指定するには、その必要な値を入力するために、**Anisotropic**をチェックしてください。テンソル・コンポーネントのダイアログ・ラベルには、プロパティとして選択した座標系（デカルト座標または極座標）が反映されます。



エッジ・ラベルには境界条件を関係付けることができます。条件タイプを選択し、適切な値を入力してください。

ディリクレ（既知の電圧）とノイマン（既知の正規電導密度）の境界条件は、座標と時間の依存性を指定することができます。座標や時間に依存する境界条件を指定するには、数値の代わりに数式を入力してください。数式については本章後半の「数式の使用法（Using Formulas）」セクションで議論されます。



頂点ラベルは既知のポテンシャルや外部電流を関係付けることができます。そのオプションのうちの1つをチェックし、適切な値を入力してください。

それらの値は時間や座標に依存させることができます。QuickFieldは、ラベルにリンクされたすべての頂点に対する境界条件値を計算します。

熱伝導 (Heat Transfer) 問題データの編集

Block Label Properties - Bar

General

Thermal Conductivity

$\lambda_x = 380$ (W/K·m)

$\lambda_y = 380$ (W/K·m)

Nonlinear Anisotropic

Volume Power of the Heat Source

$Q = (5e6)^2 * 1/56e6$ (W/m³) **f**

Depends on Temperature

For Time-Domain Only

$C = 380$ (J/kg·K)

Nonlinear

$\rho = 8950$ (kg/m³)

Coordinates

Cartesian Polar

熱伝導問題のブロック・ラベルは、熱伝導率および熱源（体積パワー）に関する2つのコンポーネントを指定することができます。さらに、定常問題では比熱と体積密度の値を指定することができます。

新しいラベルにデータを関係付ける場合、熱伝導率コンポーネントのテキストボックスは **None** になっています。それらが、**None** あるいはラベルに関するブロック値が存在しないならば、そのラベルのブロックは計算から除外されることを意味します。それらの材料特性（その値によるブロックを計算するため）を定義するために熱伝導率の必要な値を入力してください。

Anisotropic（異方性）が未チェックの場合、熱伝導率はテンソル・コンポーネントごとに同値とみなします。異なるコンポーネント値を指定するには、必要な値を入力する前に **Anisotropic** をチェックしてください。また、その特性値は対応する座標系（Cartesian、Polar）に依存します。

温度関数として熱伝導率を定義するには、熱伝導率フィールド・グループにおいて **Nonlinear**（非線形）をチェックしてください。すると、 $\lambda = \lambda(T)$ を定義するための温度カーブ・エディタがオープンします。カーブの編集については、本章の「編集するカーブの編 (Editing Curves)」セクションで後述します。

温度関数として熱源体積パワーを定義するには、**Function of Temperature** をチェックしてください。すると、 $q = q(T)$ の関数を定義するための温度カーブ・エディタがオープンします。カーブの編集については、本章の「編集するカーブの編 (Editing Curves)」セクションで後述します。

熱源体積パワーは、座標あるいは非定常問題の時間依存条件を指定することができます。座標、または時間依存の熱源体積パワーを定義するには、数値の代わりに必要な式を入力してください。式については、本章の「公式の使用方法」セクションで後述します。

比熱を温度関数として定義するには、時間領域フィールド・グループの **Nonlinear** をチェックしてください。すると、 $C = C(T)$ 関数を定義するための温度カーブ・エディタがオープンします。カーブの編集については、本章の「編集するカーブの編 (Editing Curves)」セクションで後述します。

Edge Label Properties - Cooling duct

General

Temperature: $T = T_o$
 $T_o = 0$ (°C)

Heat Flux: $F_n = -q$ ($\Delta F_n = -q$)
 $q = 0$ (W/m²)

Convection: $F_n = \alpha \cdot (T - T_o)$ **f**
 $\alpha = 25$ (W/K·m²)
 $T_o = -23$ (°C)

Radiation: $F_n = \beta \cdot k_{sb} \cdot (T^4 - T_o^4)$
 $\beta = 0.7$
 $T_o = -23$ (°C)

Equal Temperature: $T = \text{const}$

Even Periodic: $T_1 = T_2$

Odd Periodic: $T_1 = -T_2$

エッジ・ラベルは境界条件に関係していることができます。熱流（Heat flux）、対流（Convection）、放射線（Radiation）は、対応する表面熱流量がいくつかのコンポーネントで構成されことを暗示して組み合わせることができます。それらの適切な条件タイプをチェックし、必要な値を入力してください。

ディリクレ（既知の温度）、ノイマン（熱流）、対流、放射線の境界条件は座標と時間の依存性を指定することができます。座標や時間に依存する境界条件を指定するには、数値の代わりに数式を入力してください。数式については、本章後半の「数式の使用法（Using Formulas）」セクションで議論されます。

周期的な境界条件に関する詳細については、本章後半の「Periodic Boundary Conditions（周期的な境界条件）」セクションを参照してください。

Vertex Label Properties - point

General

Temperature: $T = T_o$
 $T_o = 0$ (°C)

Heat Source **f**
 $q = 15$ (W/m)

熱伝導問題の頂点ラベルには、既知の温度あるいは線形熱源を関係付けることができます。そのオプションの1つをチェックし、適切な値を入力してください。

既知の温度および熱源容量の値は、座標、非定常問題の時間依存条件を指定することができます。QuickFieldはラベルにリンクされたすべての頂点に対する個々の座標に依存する境界条件値を計算します。座標、または時間に依存する境界条件を指定するには、数値の代わりに必要な式を入力してください。式については、本章の「公式の使用法」セクションで後述します。

応力解析のデータ編集

応力解析問題のブロック・ラベルは、弾性、荷重、許容応力の3つのグループに関するデータ値を指定することができます。それぞれのダイアログからデータ値を指定します。テキストボックスに指定したすべてデータ値はそれぞれの特性に対応する座標系（Cartesian、Polar）に依存します。

1. 弾性（Elasticity）

The screenshot shows the 'Block Label Properties - Metal' dialog box with the 'Elasticity' tab selected. The 'Young's Moduli' section has three input fields: $E_1 = 2.07e+11$, $E_2 = 2.07e+11$, and $E_3 = 2.07e+11$ (N/m²). The 'Poisson's Ratios' section has six input fields, all set to 0.3. The 'Shear Modulus' section has one input field: $G_{xy} = 7.9615e+10$ (N/m²). There is an unchecked checkbox for 'Anisotropic'. At the bottom, the 'Cartesian' radio button is selected, and there are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

新しいラベルにデータを関係付ける場合、ヤング率のテキストボックスは **None** になっています。それらが、**None** あるいはラベルに関するブロック値が存在しないならば、そのラベルのブロックは計算から除外されることを意味します。それらの材料特性（その値によるブロックを計算するため）を定義するためにヤング率の必要な値を入力してください。

Anisotropic（異方性）が未チェックのとき、そのダイアログの2つの入力値のみが有効であり、新しい値が入力されると、自動的にそれらの残りも更新します。直交性材料に対応する7つの値を指定するには、**Anisotropic** をチェックしてください。

2. 荷重（Loads）

The screenshot shows the 'Block Label Properties - Metal' dialog box with the 'Loads' tab selected. The 'Thermal Strain' section has three input fields for 'Coefficients of Thermal Expansions': $\alpha_x = 0.00016$, $\alpha_y = 0.00016$, and $\alpha_z = 0.00016$ (1/K). There is an input field for 'Difference of temperature' $\Delta T = 80$ (°C) and an unchecked checkbox for 'Anisotropic'. The 'Body Force' section has two input fields: $f_x = 0$ and $f_y = 2 * pi * 60 * r$ (N/m³). There is a button labeled 'f'. At the bottom, the 'Cartesian' radio button is selected, and there are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

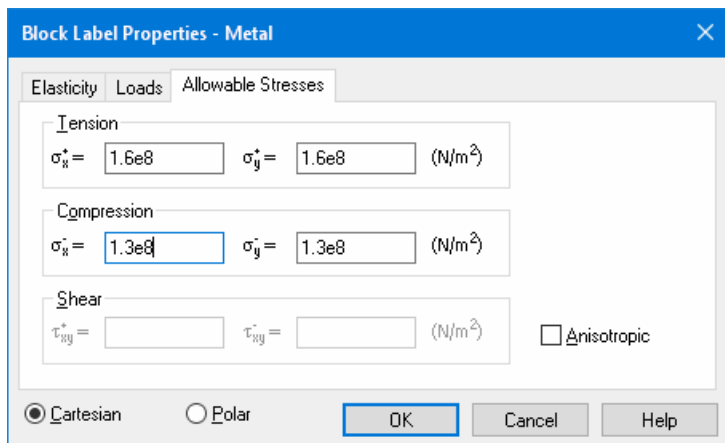
集中荷重ベクトル・コンポーネントは、座標に依存させることができます。座標に依存する荷重であることを指定するには、数値の代わりに必要な式を入力してください。式については、本章の「公式の使用方法」セクションで後述します。

熱荷重のデータを定義する方法は、熱-構造（thermo-structural）連成問題と非連成問題では異なります。

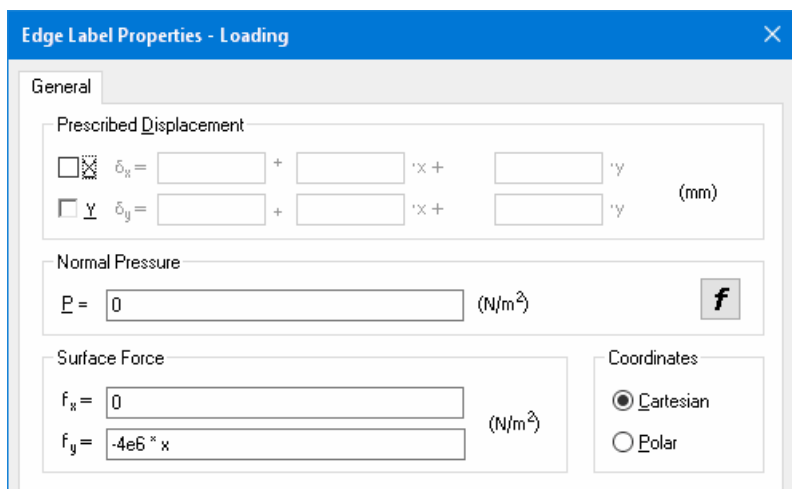
非連成問題については、ひずみ時と非ひずみ時の温度の違いを指定します。この違いはそのラベル付けられたすべてのブロックに対して均一であると仮定されます。

熱-構造連成構造問題については、熱荷重を伴うブロックの非ひずみ時の温度を指定します。この温度はラベル付けられたすべてのブロックに対して均一であると仮定されます。その問題解析によって、これらのブロック個々のひずみ時における温度が推定されます。

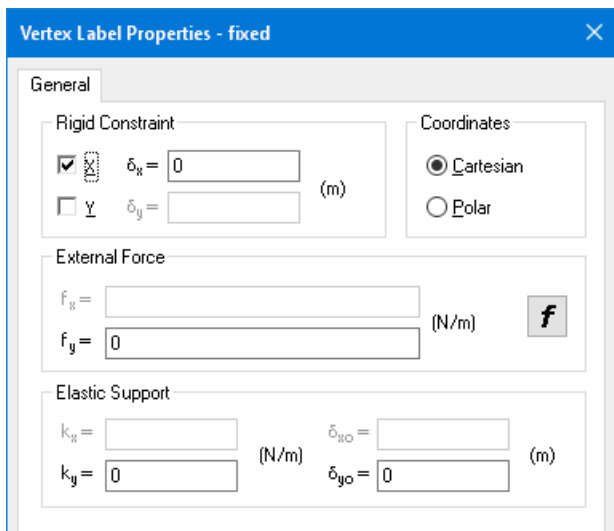
3. 許容応力 (allowable stresses)



その許容応力値は、問題解析には反映されません。それらは、Mohr-Coulomb, Drucker-Prager, Hill などの基準係数を計算するポストプロセスにおいて使用されます。これらの基準に興味がない場合は許容応力を定義する必要はありません。



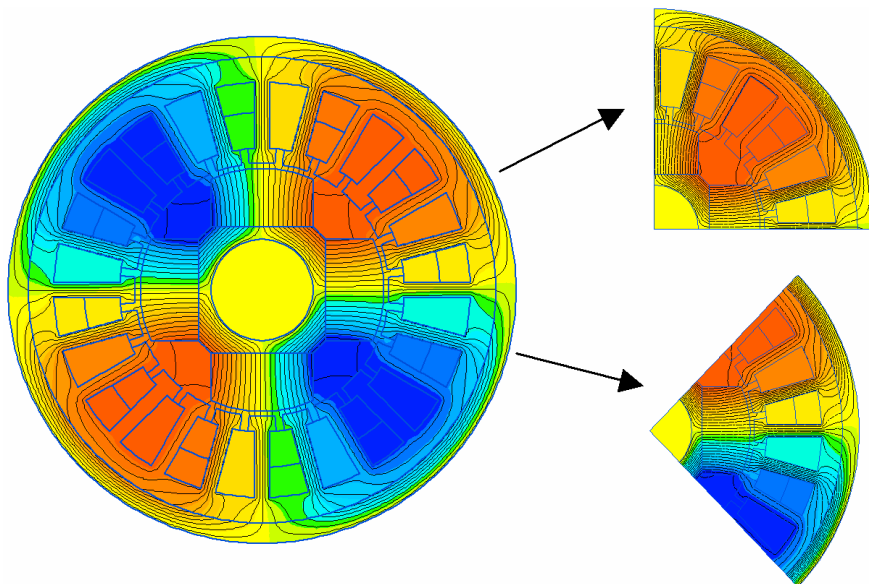
エッジ・ラベルには、変位、あるいは表面荷重に関するその座標軸を関係付けることができます。後者では、正規圧力、あるいは直交座標か極座標の値を指定します。軸に沿った固定変位を指定するには、適切なボックスをチェックし、必要な変位値を入力してください。



応力解析における頂点ラベルには、剛性（拘束）、弾性支持、座標軸あるいは集中外力を関係付けることができます。座標軸に関する剛性を指定するには、適切なボックスをチェックし、必要な変位値を入力してください。

反復的境界（Periodic Boundary）条件

反復的に構造問題をシミュレートし、モデル・サイズを縮小するために、特別のタイプの境界条件が搭載されました。これらの条件は対象的モデルにおいて適用され、それぞれの境界上で対称（正的）あるいは反対称（負的）のいずれかのフィールドに適用されます。そのフィールドが与えられた境界で対称（正規コンポーネントがない）か、反対称（接線フィールドがない）などを指定する必要はなく、この反復的な条件はディリクレやノイマンなどの条件より一般的な定義方法です。両方のコンポーネントが存在する場合には、それらは対称または反対称のどちらかになります。



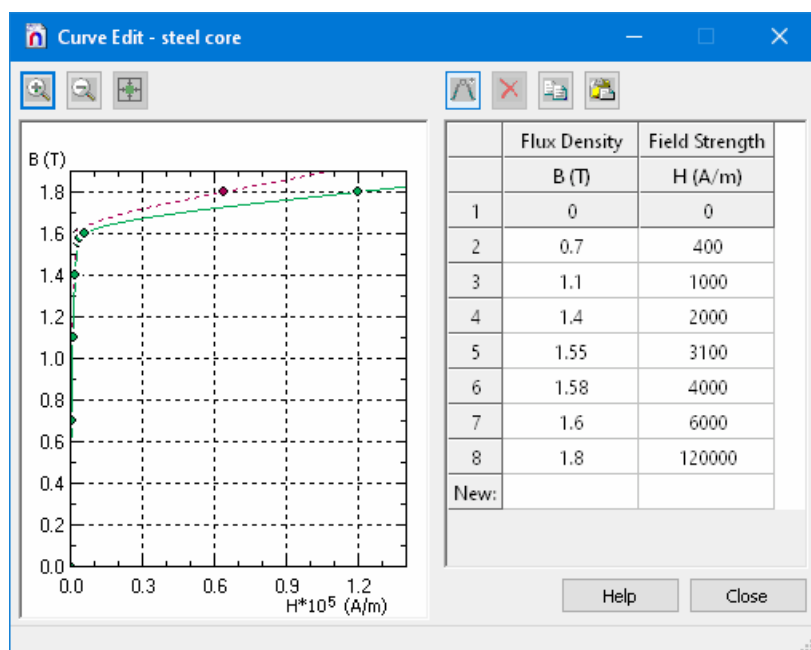
QuickField は他の有限要素パッケージと異なり、メッシュ（節点座標）が両方の境界で同一であることを必要とせず、マージされていないエッジ・メッシュを伴うエッジ上のポテンシャル値を併合することができます。

このタイプの条件を適用するには、2つの境界上のエッジに割り当てられたラベルに対応するボックス（EvenあるいはOddの反復性）をチェックしてください。QuickField は幾何学形状を分析し、反復性を自動的に検知します。

注意：対称あるいは非対称のフィールドを期待し、構造が反復的であるなら、ディリクレやノイマンの境界条件を適用するのは効果的です。

カーブの編集

QuickField のカーブは2つの物理特性（例えば、磁界強度、フラックス密度、温度、熱伝導率）間の相関性を表わします。そのカーブを定義するには、カーブ・エディタをオープンし、グラフ上にいくつかのポイント座標を入力します。QuickField はテーブル中のポイントを識別し、ポイント間の補間カーブによるグラフ表示機能を提供します。ソルバーは編集セッションのスクリーンに表示されたそれらの補間値を常に使用します。



新しいカーブ・ポイントを追加するには、以下のように操作してください。

1. テーブル（表）の最終行（New）の左端セルをクリックするか、ツールバーを押してください。
2. 数値を入力し、ENTERを押してください。カーソルは次のセルへ移動します。
3. 関数値を入力し、再びENTERを押してください。

テーブル値を修正するには、テーブル・セル中で新しい値を入力してください。

クリップボードにテーブル行をコピーするには、テーブル列を選択するか、グラフ上で（CTRL+C）キーを押しながら対応ポイントを選択してください。すると、テーブルへコピーされ、再度、貼り付け操作に使用することができます。

テーブル内やグラフ上で選択したポイントを削除するには、Deleteボタンをクリックするか、DELキーを押します。

Zoomボタンの使用し、グラフのスケールをコントロールすることができます。全体のグラフを表示するには、Zoom to fitボタンをクリックします。

ダイアログ・ウィンドウ境界をドラッグし、ウィンドウをサイズ変更することができます。QuickFieldは次の使用のためにウィンドウ・サイズや位置を記憶します。

クリップボードにグラフ・イメージをコピーし、ファイルに保存することができます。それには、グラフのコンテキスト・メニュー（右クリックで表示されます。）から対応するコマンドを実行してください。

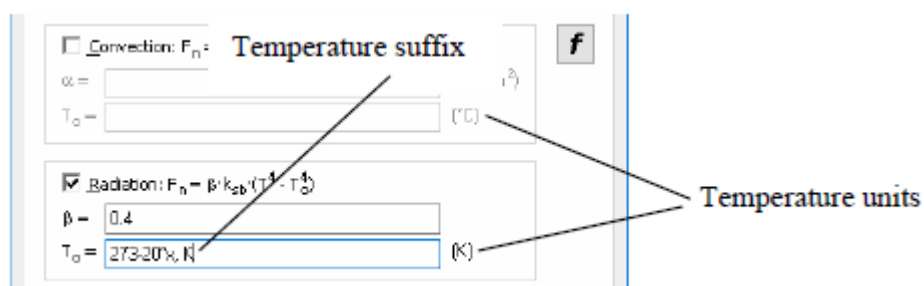
編集し終了するには、**Close** をクリックするか、あるいは **ESC** を押してください。

注意：**ESC** を押すと、ラベル・データの編集を中断し、**Cancel** キーを押すとカーブ編集のすべてのデータを破棄します。

温度の単位

QuickField では、温度の単位（ケルヴィン、摂氏、華氏）を選ぶことができます。これらの単位は表示データあるいはプロット表示のために使用されます。しかし、それらは保存されているデータおよび結果に影響しません。それらのデータは常にケルヴィンで格納されます。

オプション・パネルで単位に基づく数値や式を入力する場合、接尾辞として、「**K**」ケルヴィン、「**C**」摂氏、「**F**」華氏を使用し、度数を設定することができます。



この例の式は、ケルヴィンの温度を与えます。また、 x 変数は水平軸座標です。入力フィールドの右端の温度単位のシンボルに接尾辞を使用した場合、それは自動的に変更されます。

コンマは値および温度単位を分離します。単位の文字は小文字／大文字の区別はありません。値が式によって定義され、温度単位がデフォルトの単位と異なる場合のみ、温度単位の接尾辞がストリングに示されます。

温度単位が変更され、QuickField 問題が異なる温度単位を備えた別の QuickField システムに転送される時、その数値は新しい単位へ自動的に再計算されるでしょう。

公式の使用方法

問題解析の必要に応じて、時間や座標の関数として境界条件あるいはフィールド・ソースを指定することができます。また、定数値の代わりに式を入力することも可能です。式としての定義値を指定する方法について本章で解説します。さらに、隣接した **f** ボタンおよび適切なツール・テキストによって、式としての定義値を指定することができます。

QuickField の式は、数値、算術演算、括弧、内部定数および関数で構成された数学的な表現、および既定の変数です。その公式構文はほとんどのアルゴリズムおよび標準数学的表記と同様です。

公式としてその定義値を指定すると、QuickField はその公式構文をチェックし、構文のエラーを報告します。構文が正しい場合、既定の変数の現在値を使用し、結果を計算します。例えば、ある関数データ値が関数の定義範囲に属さない場合、その計算はエラーになるかもしれません。構文エラーに直面した場合には、そのエラーを報告します。

公式による物理特性

次の特性に関する公式を定義することができます。

磁場解析 (Magnetostatics)

		f(x,y)	f(t)
Block labels	Current density	+	
	Total current	-	
	Coercive force	+	
Edge labels	Magnetic potential	+	
	Tangential field (surface current density)	+	
Vertex labels	Magnetic potential	+	
	Linear (concentrated) current	+	

非定常磁場解析 (Transient magnetics)

		f(x,y)	f(t)
Block labels	Current density	+	+
	Total current	-	+
	Voltage applied to solid conductors	+	+
	Coercive force	+	+
	Conductivity	+	+
	Temperature	+	+
Edge labels	Times New Roman	+	+
	Tangential field (surface current density)	+	+
Vertex labels	Magnetic potential	+	+
	Linear (concentrated) current	+	+

AC 磁場解析 (AC magnetics "Phase and magnitude")

		f(x,y)	f(t)
Block labels	Current density in stranded conductors	+	
	Total current in solid conductors	-	
	Voltage applied to solid conductors	-	
	Conductivity (magnitude only)	+	
	Temperature	+	
Edge labels	Magnetic potential	+	

	Tangential field (surface current density)	+	
Vertex labels	Magnetic potential	+	
	Linear (concentrated) current	+	

電場解析 (Electrostatics)

		f(x,y)	f(t)
Block labels	Electric charge density	+	
Edge labels	Voltage	+	
	Surface charge (normal component of electric induction)	+	
Vertex labels	Voltage	+	
	Concentrated (linear) charge	+	

DC 電導解析 (DC Conduction)

		f(x,y)	f(t)
Block labels	Temperature	+	
Edge labels	Voltage	+	
	Normal current density	+	
Vertex labels	Voltage	+	
	Concentrated current	+	

AC 電導解析 (AC Conduction "Phase and magnitude")

		f(x,y)	f(t)
Block labels		-	
Edge labels	Voltage	+	
	Normal current density	+	
Vertex labels	Voltage	+	
	Concentrated current	+	

非定常電場解析 (Transient Electric)

		f(x,y)	f(t)
Block labels		-	-
Edge labels	Voltage	+	+
	Normal current density	+	+
Vertex labels	Voltage	+	+
	External current	+	+

熱伝導解析 (Heat Transfer)

		f(x,y)	f(t)
Block labels	Heat source volume power	+	+
Edge labels	Temperature	+	+
	Heat flux	+	+
	Film coefficient and temperature of contacting fluid medium	+	+
	Emissivity coefficient and ambient radiation temperature	+	+
Vertex labels	Temperature	+	+
	External current	+	+

* 時間関数は、非定常熱伝導解析にのみ使用されます。

応力解析 (Stress Analysis)

		f(x,y)	f(t)
Block labels	Components of body force density	+	
	Temperature difference between strained and strainless state	+	
Edge labels	Prescribed displacement allows only linear dependency coordinates	+	
	Normal current density	+	
	Components of surface force density	+	
Vertex labels	External force	+	
	Elastic support	+	

公式：構文

QuickField の公式は、次の要素で構成されます。

- 数値定数
 - Integral (整数) (例: 123)
 - Fixed-point (固定小数点) (例: 123.45 123. 0.123 .123)
 - Floating-point (浮動小数点) (例: 1e12 5.39e+8 0.1E-12 .2E+2)
- 二項演算子
 - + 加算 (例: 2+2)
 - 減算 (例: 3-5)
 - * 乗算 (例: 1.23*0.12)
 - / 除算 (例: 1E5/0.01)
 - ^ べき乗 (例: 3.14^2)
- 単項演算子
 - + 同一符号 (例: +180)
 - 反転符号 (例: -180)
- 関数
 - abs - 絶対値
 - sign - 符号
 - max - 最大値
 - min - 最小値
 - step - ステップ関数
 - impulse - インパルス関数
 - sin - sine (正弦)
 - cos - cosine (余弦)
 - tan - tangent (正接)
 - asin - arc sine (双曲線正弦)
 - acos - arc cosine (双曲線余弦)
 - atan - arc tangent (双曲線正接)
 - atan2 - 2つの引数を伴う双曲線正接
 - exp - exponent (べき乗)
 - log - 自然対数
 - sqrt - 平方根
 - pow - パワー関数
 - saw - のこぎり波関数
- 定数
 - pi - 円周率 (π)
 - e - e
- 変数
 - t - 現在の時刻
 - x - 予約変数
 - y - 予約変数

r - 極座標
phi - 極座標 φ (デグリー)

- 文字変数
- スペース
- タブ

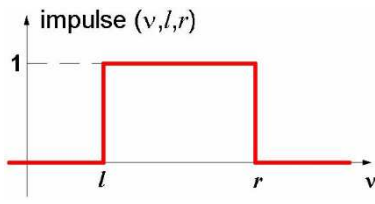
注意：

1. 数値は、分離文字を含むことはできません。ドット(.)の使用は、10進数の小数点として使用されます。
 2. QuickField は、e と E の両方を使用することが可能です。これは浮動小数点値の指数表記を可能にします。
 3. 内部関数、定数および予約された変数は、直接使用することができます。
 4. QuickField は、いかなる関数名もダブルクォートで囲むことができます。例えば、sin(t)と"sin"(t) と等価です。
 5. 演算優先順位 (高～低) は、 \wedge 、*、/、+、-、です。この順番の変更が必要な場合には、括弧を使用することができます。
 6. QuickField は、挿入するスペースの数に制限はありません。その公式の任意の位置にスペースが挿入されても公式に影響はありません。
 7. 関数の引数は、関数名の後の括弧内部で指定し、複数の引数はコンマ(,)によって分離されます。
-

公式：定数と予約変数

Pi	3.141592653589793238462643	円周率 (π) の近似値
e	2.718281828459045235360287	基数が e の自然対数
t		現在時間を表わす予約変数 非定常問題に使用します。
x	0	予約変数 QuickField 5.0 では、常に、その値は 0 です。
y	0	予約変数 QuickField 5.0 では、常に、その値は 0 です。

公式：関数

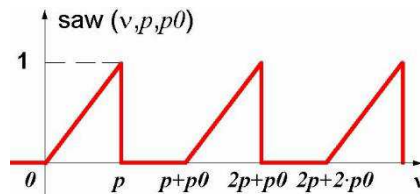
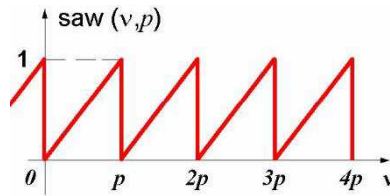
名称	式	解説
Abs	$abs(v) = v = \begin{cases} v, & \text{if } v \geq 0 \\ -v, & \text{if } v < 0 \end{cases}$	関数値は、引数の絶対値と等しい。
sign	$sign(v) = \frac{v}{ v } = \begin{cases} 1, & \text{if } v > 0 \\ 0, & \text{if } v = 0 \\ -1, & \text{if } v < 0 \end{cases}$	関数値は、引数の符号 (サイン) と等しい。
Max	max(v1, ...)	関数値は、すべての引数の最大値と等しい。2つ以上の引数を指定しなければなりません。
Min	min(v1, ...)	関数値は、すべての引数の最小値と等しい。2つ以上の引数を指定しなければなりません
Step	$step(v) = \begin{cases} 1, & \text{if } v \geq 0 \\ 0, & \text{if } v < 0 \end{cases}$	関数値は、負の引数では 0 に等しく、負でない引数では、1 に等しい。その引数値が 0 の場合には、関数は不連続性であることを示します。
impulse	$impulse(v, l, r) = \begin{cases} 0, & \text{if } v < l \\ 1, & \text{if } l \leq v \leq r \\ 0, & \text{if } v > r \end{cases}$	 <p>関数値は、[l, r]範囲のインパルスを表わします。l>r の場合は、エラーを生じます。また、v が、l~r (等しい場合も含む) 間であるならば、関数値は 1 に等しく、そうでなければ、その値は 0 に等しい。</p>

Sin	Sin(v)	関数値は、引数の正弦(sin)と等しい。引数は、デグリー（度）で定義されます。
Cos	cos(v)	関数値は、引数の余弦(cos)と等しい。引数は、デグリー（度）で定義されます。
Tan	tan(v) $v \neq 90^\circ + k.180^\circ$, ここで、k は整数	関数値は、引数の正接(tan)と等しい。引数は、デグリー（度）で定義されます。引数値が 90° の奇数倍ならば、エラーを生じます。
Asin	asin(v) = arcsin(v) $-1 \leq v \leq 1$	関数値は、引数の逆正弦(arc sin)と等しい。引数は、デグリー（度）で定義されます。引数値 v が $-1 \leq v \leq 1$ でないならば、エラーを生じます。
Acos	acos(v) = arccos(v) $-1 \leq v \leq 1$	関数値は、引数の逆余弦(arc cosin)と等しい。引数はデグリー（度）で定義されます。引数値 v が $-1 \leq v \leq 1$ でないならば、エラーを生じます。
Atan	atan(v) = arctan(v)	関数値は、引数の逆正接(arc tangent)と等しい。引数はデグリー（度）で定義されます。
Atan2	atan(v1, v2) = arctan(v1/v2)	関数値は、x 座標 v1 と y 座標 v2 に関する原点座標からポイントまでの x-軸方向間の角度に等しい。引数はデグリー（度）で定義されます。両方の引数が 0 に等しい場合、関数値も 0 です。また、第 2 の引数値が 0 に等しい場合、エラーを生じます。
Exp	exp(v) = e ^v	関数値は、引数の指数と等しい。計算はオーバーフロー・エラーを引き起こす場合があります。
Log	log(v) = ln(v)	関数値は、引数の自然対数と等しい。引数値は正でなければ、エラーを生じます。
Sqrt	sqrt(v) = \sqrt{v}	関数値は、引数の平方根と等しい。引数値は正でなければ、エラーを生じます。
Pow	pow(v, p) = v ^p	関数値は、第 2 の引数値によって定義されたパワー計算された第 1 の引数値と等しい。引数が次の条件に一致しなければ、エラーを生じます。第 1 の引数は負ではなく、また、第 1 の引数値が 0 ならば、第 2 の引数は肯正でなければなりません。計算はオーバーフロー・エラーを引き起こす場合があります。

Saw

$$\text{saw}(v,p,p0) = \begin{cases} v/p, & \text{if } 0 \leq v < p \\ \text{saw}(v+kp), & \\ \text{if } v < 0 \text{ or } v \geq p \end{cases}$$

$$\text{saw}(v,p,p0) = \begin{cases} v/p, & \text{if } 0 \leq v < p \\ 0, & \text{if } p \leq v < p+p0 \\ \text{saw}(v+k(p+p0)), & \\ \text{if } v < 0 \text{ or } v \geq p+p0 \end{cases}$$



最初の引数に比例し、この関数は周期的です。引数が2つの場合には、周期は第2の引数値と等しい。引数が3つの場合には、周期は最後の2つの引数値の合計値です。関数値は $v=0$ の場合には、常に0であり、 $v=p$ および、 v に比例して線形ならば、1に等しい。引数が3つの場合には、関数値が、 v 以外の他の値は常に0です。さらに、最後の2つの引数値は負でなく、また、周期は正でなければなりません。そうでなければ、エラーを生じます。

注：範囲(0,p)上で定義された関数 $f(t)$ を拡張するためには、 $f(t), (\text{saw}(t,p))$ を使用します。

公式：例

以下の表は、QuickField の公式を学習するために使用参考例です。左カラムの一般数学的表記は右カラムの QuickField 数式表記に対応します。

一般数学的表記	QuickField 数式表記
$100 \cdot t$	100*t
$t \cdot (1-t) \cdot (2-t)$	t*(1-t)*(2-t)
$2t^2 - t - 3$	2*t^2 - t - 3
$e^{-t/2}$	exp(-t^2 / 2)
$\text{Log}_2 t$	log(t) / log(2)
$\text{Sin } t + \text{cos } t$	sin(t) + cos(t)
$200 \cdot \sin(18000 \cdot t + 240)$	200*sin(18000*t+240)
2^t	2^t
$\arcsin \sqrt{2}$	asin(sqrt(2))
$\tan \frac{t}{2.4 \cdot 10^{-8}}$	tan(t / 2.4e-8)
$ 2\pi \cdot t $	abs(2*pi*t)
$\begin{cases} t, & \text{if } t < 0.5 \\ 1-t, & \text{if } t \geq 0.5 \end{cases}$	t*step(0.5-t) + (1-t)*step(t-0.5)
$\begin{cases} 0, & \text{if } t < 0 \\ t, & \text{if } 0 \leq t < 0.5 \\ 1-t, & \text{if } 0.5 \leq t < 1 \\ 0, & \text{if } t \geq 1 \end{cases}$	t*impulse(t,0,0.5) + (1-t)*impulse(t,0.5,1)
$\begin{cases} \sin t, & \text{if } \sin t > \cos t \\ \cos t, & \text{if } \sin t \leq \cos t \end{cases}$	max(sin(t) , cos(t))
$\begin{cases} t/2, & \text{if } 0 \leq t < 2 \\ \text{periodic with period} = 2 \end{cases}$	saw(t, 2)
$\begin{cases} 10 \cdot \exp(5t), & \text{if } 0 \leq t < 2 \\ 10, & \text{if } 2 \leq t < 3 \\ \text{periodic with period} = 3 \end{cases}$	10 * exp (5 * saw(t,2,1))
$\begin{cases} 10 \cdot \exp(5t), & \text{if } 0 \leq t < 2 \\ 0, & \text{if } 2 \leq t < 3 \\ \text{periodic with period} = 3 \end{cases}$	10 * exp (5 * saw(t,3)) * impulse (saw(t,3), 0, 2/3)
$\begin{cases} \exp(t-1), & \text{if } 0 \leq t < 1 \\ \exp(1-t), & \text{if } 1 \leq t < 2 \\ \text{periodic with period} = 2 \end{cases}$	exp(saw(t,1,1)-1) + exp(saw(2-t,1,1)-1) - exp(-1)

ラベルのコピー、名前変更、デリート

ラベルは、1つの特性記述ドキュメント内、あるいは同一タイプのドキュメント間でコピーすることができます。

ラベルをコピーするには、

1. リスト中で、マウスの右ボタンでコピーしたいラベルを選択し、コンテキスト・メニュー中の **Copy** をクリックしてください。
2. コピー先ウィンドウに移動し、**Edit** メニューかコンテキスト・メニュー中の **Paste** をクリックします。

あるいは、

1. マウスによって、コピー先へラベルをドラッグします。

ラベルを削除するには、

- リスト中において、マウスの右ボタンによってラベルを選択し、コンテキスト・メニュー中の **Delete** をクリックします。
- あるいは、ラベルを選択し、**Edit** メニューから **Delete** をクリックします。

ラベルを移動（カット&ペースト）するには、

1. リスト中において、マウスの右ボタンで移動させたいラベルを選択し、コンテキスト・メニュー中の **Cut** をクリックしてください。
2. 移動先ウィンドウに移動し、**Edit** メニューおよびコンテキスト・メニュー中の **Paste** をクリックします。

あるいは、

1. **SHIFT** キーを押したままマウスにより移動先へラベルをドラッグします。

第 6 章

電気回路の定義

本章は QuickField 回路エディタおよび電気回路の図表について記述します。

QuickField は非定常磁場と過渡ハーモニック磁場に定義された電気回路中の電流および電圧シミュレーション問題に関する有限要素解析をサポートします。

QuickField の電気回路表記は拡張子 .qcr ファイルに保存されます。回路表記ファイルはその他の QuickField 問題ファイル（幾何学モデル・ファイル：*.mod、データおよびライブラリ・ファイル、結果ファイル：*.res）と共に対応するデータベースに関係付けられます。

回路（サーキット）とは

電気回路は電線（ワイヤー）による回路部品で構成され、主に次の 2 種類のグループに分類されます。

1. 第 1 グループは次のような電気回路コンポーネントです。
 - Resistors（レジスタ）
 - Capacitors（キャパシタ・コンデンサ）
 - Inductors（誘導子）
 - Voltage sources（電圧ソース）
 - Current sources（電流ソース）
2. 第 2 グループは QuickField 特有の形状モデルとしてのブロックです。これらの要素は回路とその他の部分との相互関係を定義するために使用されます。

注意：問題を外部電気回路と共にシミュレーションする場合、形状モデル内のそれぞれの導体ブロック（非ゼロの伝導率を持つブロック）を回路に設定しなければなりません。

回路の作成方法

以下のように操作に従って、電気回路を設定します。

- 電気回路コンポーネント（レジスタ、キャパシタ・コンデンサ、誘導子など）を挿入してください。
- それらの特性を指定してください。
- 形状モデルにおいて伝導ブロックを追加してください。
- 電線に回路要素を接続してください。

回路はそれらの要素特性および接続条件を変更するために編集することができます。回路要素の編集には、移動、回転、削除などの操作が可能です。複数の要素を選択し、すべての選択要素に対してそれらの操作を実行することができます。

電気コンポーネントの追加方法

回路に新しいコンポーネントを追加するには、

1. **Insert** メニューからコンポーネントとして、レジスタ、キャパシタ・コンデンサ、誘導子、電圧ソースおよび電流ソースをクリックするか、あるいは対応するツールバーのボタンを押すことができます。
2. 新しいコンポーネントの追加位置にカーソルを配置し、マウス左ボタンをクリックします。

注意：

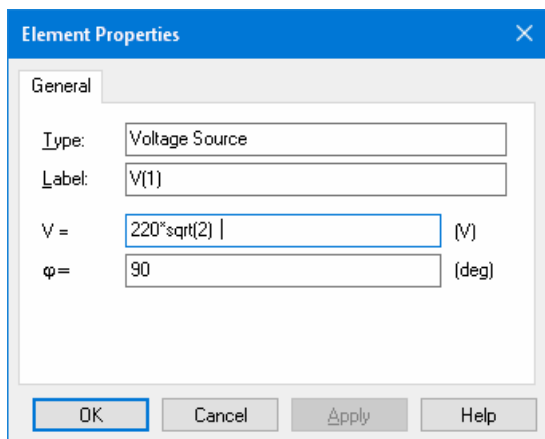
- マウスボタンをクリックする位置は新しい装置の配置される位置（ピン）になります。
- 回路コンポーネントは、近傍のグリッド・ポイントに配置されます。これはそのグリッド・ポイントにコンポーネントが配置されることを意味します。
- 電線にコンポーネントを挿入するには、それぞれ電線上でクリックします。その場合、電線セグメントは2つに分割され、コンポーネントがそれらの間に挿入されます。

回路コンポーネントの特性定義

回路コンポーネントの特性を設定するには、

- 図表のコンポーネントをダブルクリックするか、あるいは
- コンポーネントを選択し、**Edit** メニューの **Properties** をクリックするか、あるいは
- コンポーネント上でマウス右ボタンをクリックし、コンテキスト・メニュー（マウス右ボタン操作）から **Properties** を選択してください。

電気コンポーネントの特性定義



電気コンポーネントには、次の特性を設定することができます。

Label：コンポーネントのラベルを編集することができますが、デフォルトのラベル名を使用する場合には、その特性を変更する必要はありません。任意の意味付けしたラベル名によってモデルを作成するときに使用され、そのラベル名は回路内においてユニークでなければなりません。

Value：コンポーネント・タイプに従って、抵抗 **R**、容量 **C**、インダクタンス **L**、電流 **I**、電圧 **V** などの数値を指定します。数値には式を指定することもできます。非定常問題では、**t**（時間）を含む式を指定することができます。

φ(Phase)：AC 問題では、電圧ソースおよび電流ソースに関する位相値を指定します。

モデル・ブロックを表わすコンポーネント特性

モデル・ブロックを表わすコンポーネントには、次の特性を設定することができます。

Block : 「場」におけるブロック名を変更することができます。コンボボックスには、回路（モデルのすべての導体リスト）に追加可能なブロックがリストされます。1つの各ブロックを指定することができます。

回路へのコンポーネント・モデル・ブロックの追加方法

回路にモデル・ブロックを表わすコンポーネントを追加するには、

1. **Insert Block from Model** ボタンをクリックするか、**Insert** メニューから **Block from Model** を選択してください。
2. コンポーネントを追加したい位置にカーソルを配置し、マウス左ボタンをクリックします。

あるいは、問題ツリー（QuickField エクスプローラ・ウィンドウ・ツリー）からのドラッグ・アンド・ドロップ操作を使用します。

1. 問題ツリーのブロック・ラベルをクリックしてください。
2. マウスボタンを押したまま、回路エディタ・ウィンドウにそれをドラッグしてください。
3. ブロックの追加位置にカーソルを配置し、マウスボタンを放します。

回路コンポーネントの電線接続

回路を電線に接続するには、

1. ツールバー・ボタンの **Insert Wire** をクリックするか、**Insert** メニューの **Wire** を選択します。
2. 電線のスタートポイントをクリックし、エンドポイントまでドラッグし、マウスボタンを放します。すると、そのスタートポイントとエンドポイントを接続する電線が追加されます。

注意：

- 垂直の電線セグメント、水平の電線セグメント、あるいは2つの電線セグメント（垂直と水平）による直角線を追加することができます。この操作を繰り返すことにより、複雑な電線結線を作成することができます。
 - 電線は近傍のグリッド・ポイント間に作成され、そのエンドポイントもグリッド・ポイントに位置することを意味します。
-

接合ポイントの追加方法

接合ポイントは電線上のエンドポイントの1つを選択し、そのポイントに自動的に追加されます。

それぞれの電線が交差する場合、その交差位置に接合ポイントを追加することはできず、それらの電線が未接続であることを考慮しなければなりません。

回路の編集

回路要素の移動、コピー、サイズ変更

回路要素を移動するには、

1. 移動させたい要素上にカーソルを配置します。すると、カーソルは4つの矢印形状で表示されます。
2. マウス左ボタンをクリックし、ボタンを押したまま、選択した要素をドラッグしてください。

電線（長さ）をサイズ変更するには、

1. 電線のエンドポイント上にカーソルを配置します。すると、カーソルは2つの矢印形状で表示されます。
2. マウスボタンをクリックし、新しい位置へエンドポイントをドラッグしてください。

電線のサイズ変更だけでなく、同様の操作で移動することができます。

要素セットを移動するには、

1. 移動させたい回路要素を選択してください。
2. 選択した要素のうちの1つにカーソルを配置します。
3. マウスボタンをクリックし、選択した要素をドラッグしてください。

要素を共するドラッグ

回路要素をドラッグする場合、要素と電線の間関係を維持し、ドラッグしたりサイズ変更したりすることができます。例えば、電線に接続する電気コンポーネントと共にドラッグし、移動やサイズ変更ができます。

要素を共しないドラッグ

しばしば、電線に接続する要素をドラッグすることなく、その回路要素をドラッグしたい場合があります。例えば、別の位置に電気コンポーネントを配置し、回路位相特性を変更したいときには、**ALT** とマウスボタンを押したまま、ドラッグします。

要素のコピー

要素の移動の代わりに、選択した要素のコピーを作成することができます。その場合には、**CTRL** とマウスボタンを押したままドラッグしてください。

回路コンポーネントの回転

1. 回路コンポーネントを 90°,180°,270°ごとに左回り（反時計回り）に回転させるには、
2. 回転させたいコンポーネントを選択してください。

Edit メニューの **Rotate** をクリックし、次に角度値(90°,180°,270°) を選択してください。

また、ツールバー・ボタンの **Rotate for 90°** (90°回転) を使用することができます。希望の角度にコンポーネントを回転するためにこのボタンを数回押してください。

回路要素の削除

回路要素を削除するには、

1. 削除したい要素を選択してください。
2. **Edit** メニューかコンテキスト・メニューから、**Delete** をクリックしてください。


第7章


解析方法の概説

本章では、問題の解析方法および QuickField が使用する解析手法について記述します。

問題の解析を実行するには、いくつかの条件が満たされていなければなりません。特に、問題タイプ、平面、メッシュ精度およびその他のパラメータが問題定義ファイル中に指定されていなければなりません。幾何学モデル・ファイルはメッシュとラベルを備えた完全なモデルを含んでいなければなりません。モデル・ファイルによって参照される各ラベルはその問題の個別のあるいはライブラリデータ・ファイルに定義されています。

File (ファイル) メニューの **Save All Problem Files** (問題ファイルの保存) を実行することにより、現在の問題と関係するファイルのすべてを保存することができます。

解析結果を得るには、ツールバー上の **Solve** ボタン  をクリックするか、**Problem** メニューあるいは、コンテキスト・メニュー (マウス右ボタン) メニューの **Solve Problem** コマンドを実行してください。

このアクションをスキップし、ツールバーのボタン  をクリックするか、**Problem** メニューあるいは、コンテキスト・メニューから、**Analyze Results** を実行することもできます。また、問題がまだ解析されていないか、その解析結果が古い場合には、ソルバーが自動的に起動されます。

各ソルバーは個別のジョブごとに実行されます。したがって、同時にいくつかの問題を解析したり、ある問題を解析しながら一方で、他の問題を編集したり解析することができます。また、ある問題に関連する任意のドキュメントの編集中には、その問題の解析は実行されません。

解析インジケータによって、解析プロセスの進行経過を確認することができます。線形問題は前提条件による勾配方法の使用により解析されます。この幾何学分解技術に基づいた前提条件は節点数に線形的に比例する解析時間のみが必要な高速性を発揮します。非線形の問題では、**Newton-Raphson** 法を使用して解析されます。**Newton-Raphson** 法の各ステップで発生する関数行列 (Jacobian) マトリックスは線形問題の方法と同様にその逆行列が計算されます。

非定常問題の解析のためにオイラー法 (一定時間ステップ) を使用し、その初期値として、0 あるいは、別のフィールド計算結果を使用することができます。この方法は高速性と安定性に有効ですが、より高精度の結果を得るためには、15-20 回以上のステップで計算することを推奨します。

最大パフォーマンスの達成

QuickField ソルバーで使用されるアルゴリズムは、コンピューターのメモリに問題データの全体のロードを必要としません。そのためソルバーは利用可能な物理メモリーサイズより数倍大きな線形代数系マトリックスを扱うことができます。一度にメモリへロードできないデータはハードディスク上に格納されます。コンピューター上で解析することができる問題のサイズは、空きディスク・スペースによってのみ制限されます。また、1万自由度当たり、2.7MBのみを必要とし、他の FEA パッケージと比較して、メモリ消費量は非常に少なく済みます。

問題のサイズは、利用可能なメモリ容量によって制限されませんが、拡張メモリを使用することにより、実行速度を改善することができます。その場合、メモリにデータのすべてが格納されると、比較的遅いディスク・アクセスが回避されるため解析時の最大パフォーマンスが得られることは明白です。

しかしながら、十分にメモリを備えていないコンピューター上において、非常に大規模な問題を解析するには、ディスク・スペースを利用した仮想メモリが有効です。

仮想メモリを設定するには、

1. コントロールパネルを表示し、**System** (システム) をダブルクリックします。
2. **Performance** (パフォーマンス) タブを選びます。
3. その詳細については、ウィンドウズ・ヘルプを参照してください。

最適メッシュ生成

QuickField は、以前に解析された問題 (高精度メッシュ (H-refinement) としてのプロセス) に基づいた最適メッシュを生成します。この機能は非常に異質なフィールド領域のメッシュ密度を自動調節し、手動によるメッシュ・コントロールの必要性を回避します。

その最適メッシュ間隔が、ノード上のエネルギー密度変化に基づいて、すべてのメッシュ・ノードにおいて計算され、それは誤差分布においても高い信頼性を示します。その最適化メッシュはすべてのメッシュ・ノードに適応されます。

滑らかなメッシュが最適間隔の分布で生成されます。また、手動によるメッシュ・コントロールによって、すべてのメッシュ間隔がユーザーの指定値を超過することのないようにその最大限度を指定することも可能です。

この自動的なメッシュ生成は、ほとんどの問題に有効です。最適メッシュ生成は非線形、非定常などのすべての問題、シミュレーション・タイプに利用可能です。

第 8 章

解析結果の評価

本章は、QuickField ポストプロセッサを使用して、結果の詳細な検査のための手続きについて説明します。

問題の解析結果を分析するには、**Edit** メニューまたは、問題ウィンドウのコンテキスト・メニューから、**View Results** を選択するか、**Analyze Results** ツールバー・ボタンをクリックしてください。QuickField は、問題タイプ用の適切な表示方法に従う **Field Picture** ウィンドウをオープンします。また、プレゼンテーション・モードを変更し、**View->Field Picture** を選択し、ウィンドウ・セッティングを調節することができます。

フィールドを描写するには、いくつかの方法があります。フィールド・ライン (isolines : 等値線)、ベクトル図および選択された物理的強度に対応するカラーマップなどの表示が可能です。応力解析問題では、荷重結果や応力テンソル図や変形図を描写することができます。

非定常問題やハーモニック問題では、時間とともに変化するフィールドマップのアニメーション描画が可能です。

QuickField は、さらに解決結果を分析するために次のような方法を提供します。

- ローカルな電場値：指定されたポイントの物理的量の表示
- 指定領域 (コンター) された輪郭によって定義されたラインか表面以上、あるいは輪郭によって境界のあるボリュームか表面以上統合する。
- 選択された領域 (コンター) のローカルな電場値分布のプロットおよびテーブル構築
- 非定常問題の時間ごとのローカルな積分値のプロットおよびテーブル構築
- インダクタンス、キャパシタンス、インピーダンスなどのウィザードによるコンダクタとコイルのパラメータの計算
- 解析結果のテーブルや図をエクスポートし、他のソフトウェア・プログラムの全体の有限要素ソルバーで利用することが可能です。
- 電気回路問題の要素上の電圧や電流のプロットおよびテーブル構築
- 電場問題での粒子線の軌道表示

ポストプロセッサによって表示された画像あるいは数値は、ウィンドウズのクリップボードにコピーすることにより、デスクトップ・パブリッシング機能を備えた任意のスプレッドシートあるいは報告書作成用アプリケーションなどに利用することができます。

フィールド画像の作成方法

データ値の分析

ポストプロセッサによって表示することができるそれらの物理量は、問題タイプに依存します。

DC 磁場問題および非定常磁場問題

- 平面問題における磁位ベクトル A あるいは軸対称問題における磁束関数 $\Phi = 2\pi rA$
- 磁束密度ベクトル $\mathbf{B} = \text{curl } \mathbf{A}$
- 磁界強度ベクトル $\mathbf{H} = \mathbf{B} / \mu$ (または、 $\mu^{-1} \cdot \mathbf{B}$)
- 透磁率 μ (異方性材料の最大成分)
- 磁界エネルギー密度

$$\text{線形材料: } w = (\mathbf{B} \cdot \mathbf{H}) / 2$$

$$\text{強磁性材料: } w = \int (\mathbf{H} \cdot d\mathbf{B})$$

非定常磁場問題は、さらに、次のフィールド量の計算に利用可能です。

- 総電流密度 $\mathbf{j} = \mathbf{j}_0 + \mathbf{j}_{\text{eddy}}$
- ソース電流密度 \mathbf{j}_0
- 渦電流密度

$$\mathbf{j}_{\text{eddy}} = -\sigma \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}$$

- ジュール熱密度

$$Q = \frac{1}{\sigma} j^2$$

AC 磁場問題

- ベクトル磁位の複素振幅: A (軸対称における磁束関数: rA)
- コンダクタに作用する電圧複素振幅: U
- 総電流密度の複素振幅: $\mathbf{j} = \mathbf{j}_0 + \mathbf{j}_{\text{eddy}}$ 、ソース電流密度: \mathbf{j}_0 、渦電流密度: $\mathbf{j}_{\text{eddy}} = -i\omega\sigma A$

これらの複素量は、瞬時値、平方2乗平均 (RMS) あるいは時間次元のピーク値で示されます。

すなわち、複素量 $Z = Z_0 e^{i(\omega t + \varphi z)}$ は次のように表されます。

- 位相瞬時値 $\varphi_0 = \omega t_0$
- $Z_{\varphi_0} = \text{Re}[Z_0 e^{i(\varphi_2 - \varphi_0)}] = Z_0 \cos(\varphi_2 - \varphi_0)$
- ピーク値 Z_0
- RMS値 $Z_{\text{RMS}} = Z_0 / \sqrt{2}$

注意：瞬時値を表示するには、その位相をデグリー単位で指定します。この位相値はすべての表示量に適用されます。時間tの瞬時値を必要とする場合（例えば、それぞれの非定常解析結果と比較するため）、次の式を使用し、対応する位相値を得ることができます。

$$\varphi_0 = -\omega t_0 = -360^\circ f t_0$$

ここで、fはHzの磁界周波数、時間tは秒の単位です。この式中のマイナス記号に疑問を持つかもしれませんが、ソースと境界条件を定義する場合の位相の定義を一般化し、またその瞬時値でポスト処理するために必要とされます。位相が30°の電圧がデータ・エディタ中で指定すると、その複素値は、 $U=U_0 \cos(\omega t+\varphi)$ で示され、これは、瞬時値が時間 $\omega t=30$ で最大に達することを意味します。これは、ポストプロセッサの瞬時値も最大であることを暗示します。即ち、 $\omega t=30^\circ$ と位相+30°は同位相を意味します。

- 磁束密度の複素ベクトル： $\mathbf{B} = \text{curl } \mathbf{A}$
- 磁束密度の複素ベクトル

$$\mathbf{H} = \frac{1}{\mu} \mathbf{B}$$

ここで、 μ ：透磁率テンソル

複素ベクトル瞬時値、RMS あるいは ピーク振幅

- 時間平均とピーク・ジュール熱密度

$$Q = \frac{1}{\sigma} j^2 + k_h \cdot f \cdot B^2 + k_c \cdot f^2 \cdot B^2 + k_e \cdot (f \cdot B)^2$$

- 時間平均、およびピーク磁界エネルギー密度： $\mathbf{w} = (\mathbf{B} \cdot \mathbf{H}) / 2$
- 時間平均 Poynting ベクトル（ローカル・パワーフロー）： $\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$
- 平均時間ローレンツ力の密度ベクトル： $\mathbf{F} = \mathbf{j} \times \mathbf{B}$
- 透磁率： μ （異方性材料の最大成分）
- 電気伝導率： σ

さらに、解析問題が電気回路を伴う場合、次のパラメータが回路ウィンドウに表示されます。

- 実効電流 I、振幅 I abs、モーメント（指定位相ごと）また、回路分岐点での複素電流値（I re, I im）
- 実効電圧U、振幅U abs、モーメント（指定位相ごと）また、回路コンポーネント中の複素電圧降下値（U re, U im）
- 受動回路コンポーネントでのパラメータ値（抵抗 R、インダクタンス L、キャパシタンス C）

電場問題

- スカラー電位（電圧）： U
- 電場強度ベクトル： $\mathbf{E} = -\text{grad } U$
- 電場の勾配テンソル： $\mathbf{G} = \text{grad } \mathbf{E}$
- 静電誘導ベクトル： $\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E}$
- 電気誘電率： ϵ （あるいは異方性材料の最大成分）
- 電場のフィールド・エネルギー密度（ $\mathbf{E} \cdot \mathbf{D}$ ）/2

DC 電導問題

- スカラー電位： U
- 電場強度ベクトル： $\mathbf{E} = -\text{grad}U$
- 電流密度ベクトル： $\mathbf{j} = \sigma \cdot \mathbf{E}$
- 電気抵抗： ρ （異方性材料の最大成分）
- 単位体積オーム（抵抗）損失 $w = (\mathbf{j} \cdot \mathbf{E}) / 2$

AC 電導問題

- 複素スカラー電位： U
- 複素電場強度ベクトル： $\mathbf{E} = -\text{grad}U$

平面問題：

$$E_x = -\frac{\partial U}{\partial x}, \quad E_y = -\frac{\partial U}{\partial y}$$

軸対称問題：

$$E_z = -\frac{\partial U}{\partial z}, \quad E_r = -\frac{\partial U}{\partial r}$$

- 複素静電誘導ベクトル： $\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E}$
- 複素実部電流密度ベクトル： $\mathbf{J}_{\text{active}} = g \mathbf{E}$ 、複素虚部電流密度ベクトル： $\mathbf{J}_{\text{reactive}} = i\omega \epsilon \mathbf{E}$ 、
複素実効電流密度ベクトル： $\mathbf{J}_{\text{apparent}} = \mathbf{J}_{\text{active}} + \mathbf{J}_{\text{reactive}}$

これらの複素数値は、すべて瞬時値であり、平方根（RMS）あるいは時間次元のピーク値で表されます。例えば、複素数値 $z = z_0 e^{i(\omega t + \phi z)}$ は、次のように表わします。

- 位相瞬時値 $\phi_0 = -\omega t_0$
- $Z_{\phi_0} = \text{Re}[Z_0 e^{i(\phi z - \phi_0)}] = Z_0 \cos(\phi_0 + \phi z)$
- ピーク値： Z_0
- RMS 値： $Z_0 = Z_0 / \sqrt{2}$

注意：瞬時値を表示するには、その位相をデグリー単位で指定します。この位相値はすべての表示量に適用されます。時間 t の瞬時値を必要とする場合（例えば、それぞれの非定常解析結果と比較するため）、次の式を使用し、対応する位相値を得ることができます。

$$\phi_0 = -\omega t_0 = -360^\circ f t_0$$

ここで、 f は Hz の磁界周波数、時間 t は秒の単位です。

- 時間平均実部パワー密度： $Q_{\text{active}} = \mathbf{j}_{\text{active}} \cdot \mathbf{E}$ 、時間平均実部パワー密度： $Q_{\text{reactive}} = \mathbf{j}_{\text{reactive}} \cdot \mathbf{E}$ 、時間平均実効パワー密度： $Q_{\text{apparent}} = \mathbf{j}_{\text{apparent}}$
- 誘電率： ϵ （あるいは異方性材料の最大成分）
- 電気伝導率： g

非定常電場問題

- 電位 (電圧) : U
- 電場強度 : $\mathbf{E} = -\text{grad } U$
- 電場ベクトル : $\mathbf{j}^{\text{active}} = \sigma \mathbf{E}$ 、reactive $\mathbf{j}^{\text{reactive}} = \delta / \delta t \cdot \epsilon \mathbf{E}$ 、apparent $\mathbf{j}^{\text{apparent}} = \mathbf{j}^{\text{active}} + \mathbf{j}^{\text{reactive}}$ 電流密度
- アクティブ・パワー (損失) 密度 : $Q^{\text{active}} = \mathbf{j}^{\text{active}} \cdot \mathbf{E}$ 、reactive $Q^{\text{reactive}} = \mathbf{j}^{\text{reactive}} \cdot \mathbf{E}$ 、apparent $Q^{\text{apparent}} = \mathbf{j}^{\text{apparent}} \cdot \mathbf{E}$ パワー密度
- 電場の勾配テンソル : $\mathbf{G} = \text{grad } \mathbf{E}$
- 誘導ベクトル (変位) : $\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E}$
- 誘電率 : $\epsilon (\mathbf{E})$
- 電導率 $\sigma (\mathbf{E})$

熱伝導問題

- 温度 : T (Temperature)
- 熱流ベクトル : $\mathbf{F} = -\lambda \text{grad } (T)$
- 熱伝導率 : λ (異方性材料の最大成分)

応力解析問題

- 変位ベクトル : δ
- ひずみテンソルおよび主ひずみ : ϵ
- 応力テンソルおよび主応力 : σ
- フォンミーゼス応力 (変形内部エネルギー) :

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{1}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}$$

ここで、 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ は主応力を示します。

- トレスカ値 (最大せん断係数) : $\sigma_e = \sigma_1 - \sigma_3$
- クーロン値 : $\sigma_e = \sigma_1 - \chi \sigma_3$

ここで、 $\chi = [\sigma^+] / [\sigma^-]$ 、 $[\sigma^+]$ と $[\sigma^-]$ は、引張り (tensile) と圧縮 (compressive) の許容応力を示します。

- Drucker-Prager 値

$$\sigma_e = (1 + \sqrt{\chi}) \sigma_i - \frac{\sqrt{\chi} - \chi}{1 + \sqrt{\chi}} \bar{\sigma} + \frac{1}{[\sigma^-]} \left(\frac{1 - \sqrt{\chi}}{1 + \sqrt{\chi}} \cdot \bar{\sigma} \right)^2$$

ここで、

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}; \quad \bar{\sigma} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$$

- 直交材料のヒル誤差指数 (Tsai-Hill failure Index)

$$C_{th} = \frac{\sigma_1^2}{X_1^2} - \frac{\sigma_1 \sigma_2}{X_1^2} + \frac{\sigma_2^2}{X_2^2} + \frac{\tau_{12}^2}{S_{12}^2}$$

ここで、 $\sigma_1, \sigma_2, \tau_{12}$ は材料成分応力

$$X_1 = X_1^T \text{ if } \sigma_1 > 0;$$

$$X_1 = X_1^C \text{ if } \sigma_1 < 0$$

$$X_2 = X_2^T \text{ if } \sigma_2 > 0;$$

$$X_2 = X_2^C \text{ if } \sigma_2 < 0$$

$$S_{12} = S_{12}^+ \text{ if } \tau_{12} > 0;$$

$$S_{12} = S_{12}^- \text{ if } \tau_{12} < 0,$$

ここで、 $X_1^T, X_2^T, X_1^C, X_2^C, S_{12}^+, S_{12}^-$ は引張り (tensile)、圧縮 (compressive) およびせん断応力を示します。

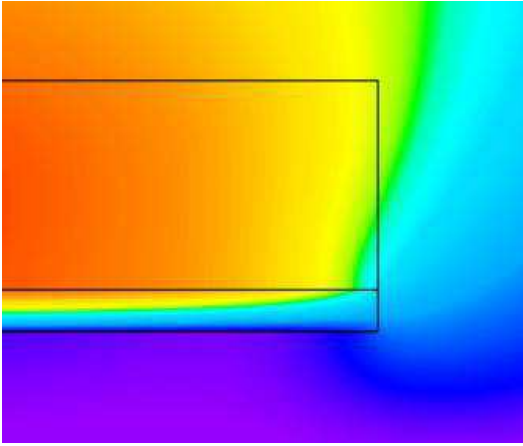
許容応力が定義された場合、ヒル誤差指数は、それらの材料のみに対して計算されます。(ブロックデータの編集における「問題パラメータ記述 (**Problem Parameters Description**)」を参照。) 許容応力ペアが与えられていない場合、それはヒル指数の計算中には使用されません。

フィールド・プレゼンテーション手法

多様なフィールド画像表示が可能です。

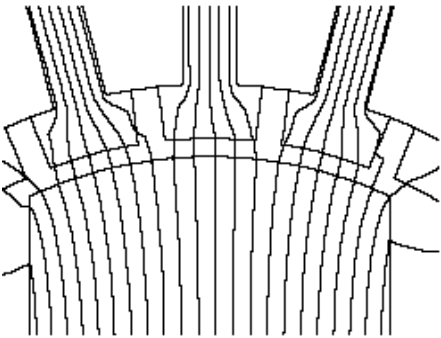
選択スカラー量の分布をカラーマップで表示します。その色と数値の関係を示すスケールも表示されます。

それらの量や範囲を指定することによってカラー・スケールを調節することができます。

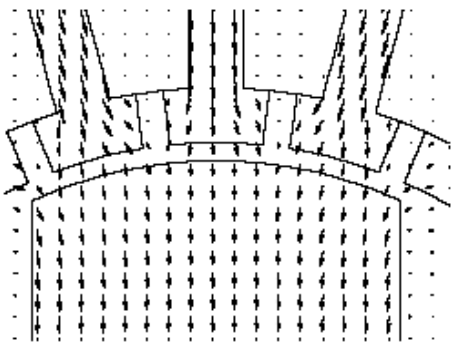


フィールド・ラインは、温度場、電場および磁場問題用の磁束線の等位ポテンシャル線を表示します。

等位ライン間の間隔値を変更し、画像を表示することができます。この間隔値は選択した単位に従います。

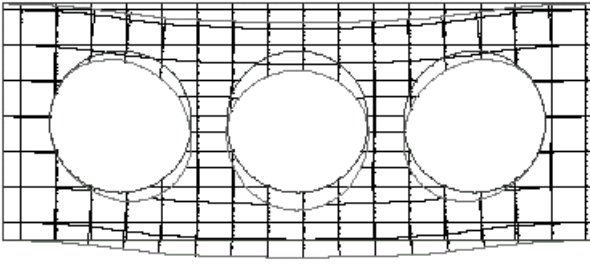


大きさおよび方向を示す線分ベクトル量を表示します。各ベクトルの基本ポイントは1ドット単位です。ベクトルは規則的な長方形グリッドのノード中に引かれます。所望のベクトル量とグリッド・セル・サイズおよびスケール係数を選択することができます。

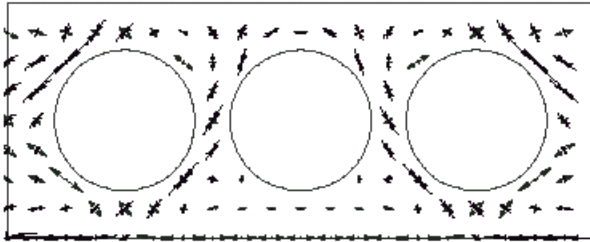


以下は、特に応力解析問題に使用します。

歪境界とオリジナル・モデルが長方形グリッドによって示されます。



主応力（青色は引張り、赤色は圧縮を表わします。）の主軸、大きさおよび正負の方向を示す1つのペアの固有ベクトルとして応力テンソルを表示します。これらの表示操作として、グリッド・セル・サイズおよびスケール係数を変更することができます。

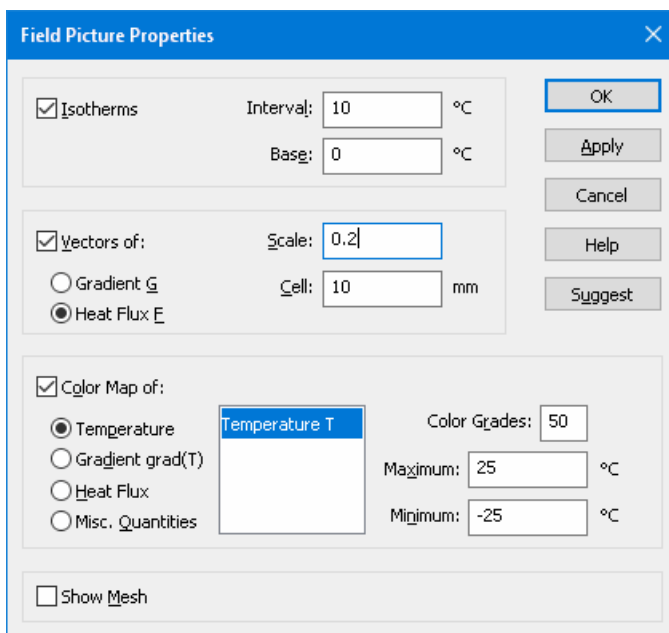


より適切に結果を評価するためにいくつかの表示方法を組み合わせることが可能です。

QuickField は、同一問題に関していくつかの異なるフィールド画像を表示することができます。新しいウィンドウをオープンするには、**Window** メニューの **New Window** をクリックしてください。

フィールド画像の作成

ポストプロセッサを実行すると、フィールド画像のデフォルト形式がスクリーンに現われます。他のディスプレイ方法あるいは量を選択するには、**View** メニューかコンテキスト・メニュー（マウス右ボタン操作）中の **Field Picture** を使用します。

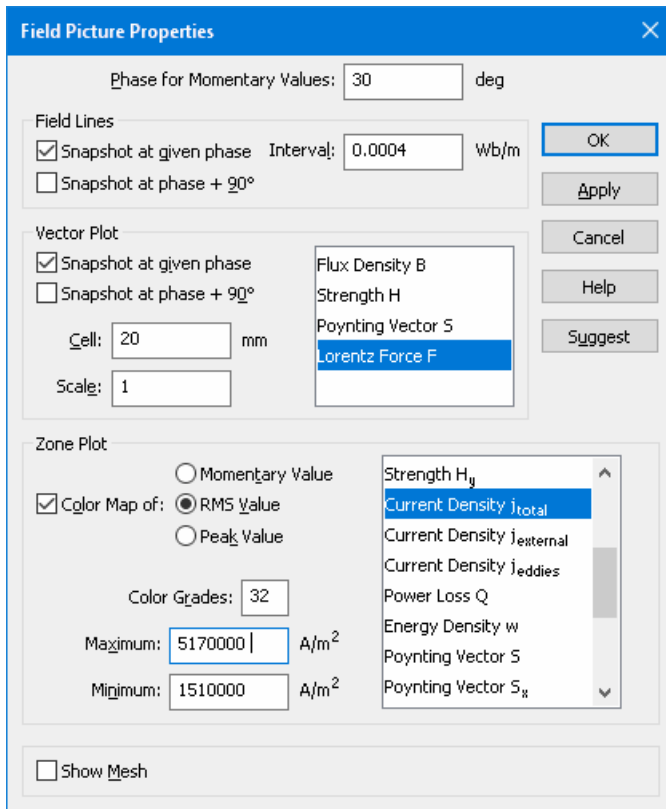


磁場解析問題に相当するダイアログボックスを示します。

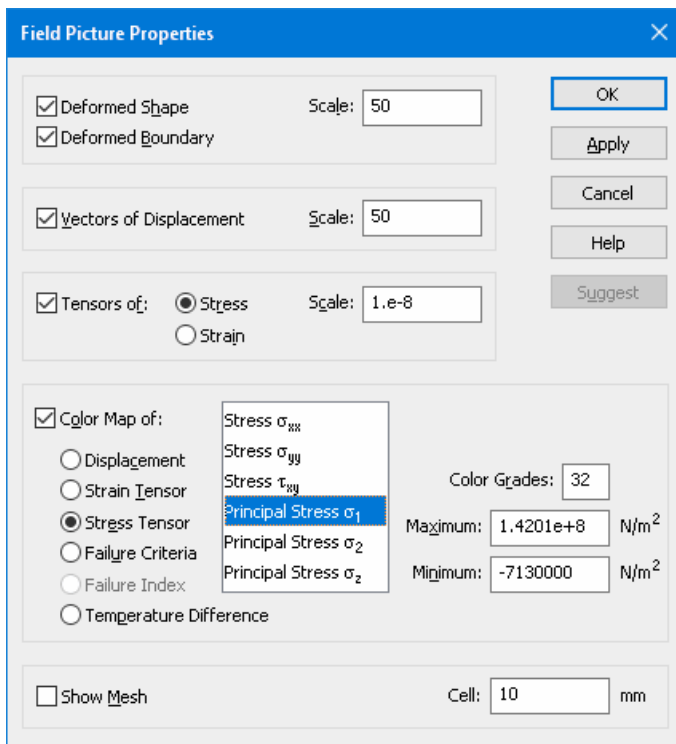
所望の表示方法を選択するには、対応するチェックボックスを選択してください。任意の組み合わせを選択することができ、いずれの表示方法も選択されていない場合には、幾何学モデルだけが示されます。

このダイアログボックスは、プレゼンテーション方法およびカラーマップにおける色の等級数とスケール・パラメータの選択を可能にします。それぞれの編集ボックスを選択し、対応するパラメータを指定することができます。Minimum および Maximum の編集値には、最初に、現在の選択における計算値が設定されていることに注意してください。

AC 磁場問題では、等位線やベクトルを指定位相に従って表示することができます。Field View ダイアログボックスではその位相値を設定することを可能にします。例えば、フィールド画像において、位相を 90°ずつ変更したときの等位線とベクトルの関係を指定することができます。



応力解析問題の Field View ダイアログボックスでは、テンソル表示の選択を可能にします。



変位ベクトル以外のベクトル量のベクトル・サイズは、スケーリング係数とセル・サイズを掛けた対応する物理値として決定されます。類似の方法は応力テンソル成分にも使用されます。他のベクトル量と異なり、スクリーン上の変位ベクトルのサイズはセル・サイズには依存しません。それは、無次元のスケーリング係数によって決定され、その変位は実際のスケールで表示される単位値です。

応力解析問題において、ユーザーの定義による温度分布、あるいは熱伝導問題からインポートした温度分布などの温度差のカラーマップを視覚化することができます。熱伝導解析結果の場合には、その温度はそれらのブロック中でのみ示されます。

許容応力が適切に指定された少なくとも1つのブロックを含むモデルには、**Failure Index** を利用することが可能です。

スクリーン上にフィールド画像を描くには、**OK** ボタンを選択してください。**Cancel** ボタンをクリックすると、画像を描き直さずに、ダイアログボックスをクローズし、すべてのパラメータは以前の値を維持します。

ズーム

ポストプロセッサのズーム表示操作は、モデル・エディタの方法に非常に似ています。

画像を拡大するには、

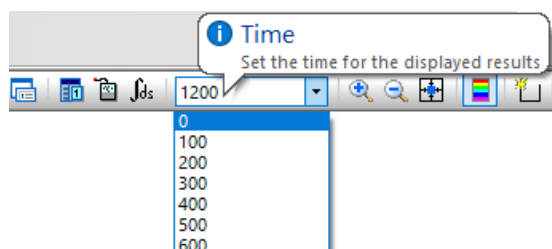
1. ツールバー中の **Zoom In** ボタンをクリックしてください。
2. 指定の長方形範囲がウィンドウ全体に表示されるようにするには、マウスのクリック&ドラッグによってその対角線を指定します。

モデルのすべてを表示するには、

- ツールバー中の **Zoom In** ボタンをクリックしてください。
- あるいは、モデル全体を見るために、**Zoom to Fit** をクリックします。


時間結果の選択

非定常問題の表示フィールド画像は、それぞれの時間結果に相当します。ポストプロセッサ・ツールバーの時間コンボボックスにおいて、各時間を選択し、それを変更することが可能です。最初に第1番目の時間結果が表示されます。



選択時間を変更すると、フィールド表示および X-Y プロット(XY-Plots)テーブルも自動的に更新されます。ただし、いくつかの表示方法の設定は更新されません。

アニメーション

解析結果が非定常 (transient 、time-harmonic) 問題の場合、アニメーション・フィールド画像を観察することができます。アニメーションを開始するには、**View / Animation** を選ぶか、あるいは対応するツールバー・ボタン  をクリックしてください。

アニメーションには、2 つの速度コントロール・ボタンによってアニメーション速度を変更することを可能にするツールバーが現われます。ツールバー上の瞬間時あるいは位相 (moment of time、phase) は、画像とともに同期して変化します。

最初のループにおいて、メモリ中にアニメーション・フレームを蓄積します。その処理時間は問題のサイズに依存します。また、速度コントロールの効果がありません。

アニメーションは、内容あるいはフィールド画像のスケーリングなどのユーザ・アクションによって自動的に止まります。

注意：時間ステップを問題結果に蓄えることができても、アニメーションは均等の時間間隔によって示されます。

カルキュレータ・ウィンドウ

カルキュレータ・ウィンドウ(Calculator Window) は、フィールド表示ウィンドウ内の左側に表示されます。

カルキュレータ・ウィンドウをオープンするには、**View** メニュー中の **Calculator Window** コマンドあるいはポストプロセッサ・ツールバーの対応するボタンを選びます。すると、**Local Values**、**Integral Values** あるいは、**View** メニューの **Wizard** コマンドの1つを選ぶことが可能なカルキュレータ・ウィンドウをオープンします。

カルキュレータ・ウィンドウは、いくつかの種類の数値データに相当するアイテムを含むツリー構造です。それらは次のとおりです。

- **Local Values** (ローカル値) は、指定ポイントにおけるいくつかのフィールド量を示します。
- **Integral calculator** は、指定の線、表面あるいはボリューム上の積分計算された量をリストします。
- **Inductance Wizard** (インダクタンス・ウィザード) は、コイルおよびコンダクタの自己/相互インダクタンスを計算するためのウィザード (ガイド) をオープンします。

- **Capacitance Wizard** は、電場解析問題のコンダクタの自己/相互キャパシタンスを計算する必要がある場合に、そのウィザードをオープンします。
- **Impedance Wizard** は、AC 磁場解析問題のコンダクタのインピーダンスを計算するためのウィザードをオープンします。

それぞれの設定値をオープンするには、対応するアイテムをダブルクリックするか、あるいはそれを選択し、ENTER を押してください。

カルキュレータ・ウィンドウがオープンされると、フィールド表示ウィンドウを小さくなります。そのウィンドウ幅を変更するには、それらのウィンドウ間の境界線灰色部分を選択し、左あるいは右にそれをドラッグしてください。また、カルキュレータ・ウィンドウをフィールド表示ウィンドウの右側に移動するか、あるいはポップアップ・ウィンドウとすることもできます。カルキュレータ・ウィンドウのキャプションを選択し、希望の位置へそれをドラッグしてください。

ツリーの1つあるいはいくつかのアイテムを選択し、クリップボードにそれらをコピーし、ドラッグ&コピー機能をサポートする任意のアプリケーション（任意のワード・プロセッサあるいはスプレッドシート）にドラッグします。1つ以上のアイテムを選択するには、SHIFT キーを押しながら（ブロック選択）あるいはCTRL キーを押しながら（任意の選択）、それぞれをクリックしてください。コンテキスト・メニューにおいてもカルキュレータ・ウィンドウをコントロールすることができます。それによって、アクティブなフィールド画像に対するコマンド操作を行うことができます。

非定常問題では、カルキュレータ・ウィンドウでの値は、選択された時間結果に相当します。その詳細については、前節の「時間結果の選択」を参照してください。

ローカル・フィールド・データの検証

ローカルなフィールド・データを得るには、フィールド表示ウィンドウ中の **View** メニューかコンテキスト・メニュー中の **Local Values** をクリックしてください。あるいは、カルキュレータ・ウィンドウが既にオープンしているならば、ツリー上の **Local Values** アイテムをダブルクリックしてください。すると、ポイントのクリックを促すメッセージ・ウィンドウが現われます。そして、フィールド量の値を確認する任意のポイントをクリックすることができます。

キーボードから所望のポイント座標を指定するには、マウスによって画像上をクリックするか、コンテキスト・メニューから **Edit Point** コマンドを選択します。それを再びダブルクリックすると、直前の状態に戻ります。それらの座標値は直交座標、極座標のいずれかによって編集することができます。

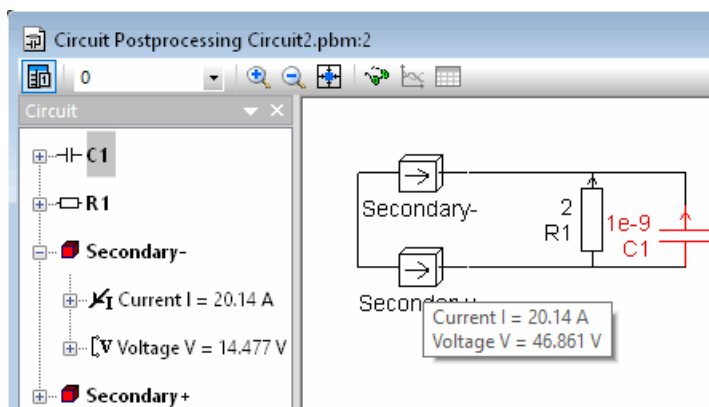
このモードを終了するにはローカル値ウィンドウをクローズするか、再びメニュー中の **Local Values** を選択し、ツールバー上の対応するボタンをクリックします。

Local Values モードで得られた、物理量のローカル値の結果を印刷あるいはそれらを他のアプリケーション・プログラム（例えば報告書を作成するスプレッド・シート・プログラム）へ渡すためにクリップボードにコピーすることができます。それには、**Local Values** ウィンドウの **Copy** ボタンをクリックしてください。必要とするフィールド量を適切に確認し、コピーするツリーの分岐を拡張することができます。

電気回路（サーキット）解析

電気回路を備えるフィールド問題の解析では、そのすべての分岐点での電流および電圧に関するデータの分析することができます。

電気回路計算結果ウィンドウをオープンするには、**View** メニューの **Coupled Circuit** コマンド、あるいはツールバーの対応ボタンを使用します。すると、左右の分割ウィンドウが表示されます。右側のウィンドウには、電気回路図が表示され、左側ウィンドウに回路コンポーネントがリストされます。また、コンポーネント・リストは、**View** メニューの **Circuit Components** コマンドによって表示することができます。



回路コンポーネント図表内のそれぞれのコンポーネントにマウスを配置すると、回路コンポーネント中の電流および電圧降下の実効値がツールチップ・ウィンドウに表示されます。さらに、回路コンポーネントに関する詳細がコンポーネント・リスト・ウィンドウに表示されます。

すべてのリスト項目は対応する記号や文字（太字）で表示されます。それぞれの項目に関する電流と電圧降下が示され、また受動素子とソースに関する公称値が示されます。リストおよび図表でのコンポーネント選択は自動的に同期します。それぞれの回路コンポーネントはリストのそれぞれのラインに相当します。デフォルトでは、ラインのみが表示されます。対応する項目を表示するには、コンポーネントの左側の小さな+（プラス）サインをクリックしてください。

過渡ハーモニック問題では、それぞれの回路分岐点での電流および電圧降下の実効値、指定位相での瞬時値、

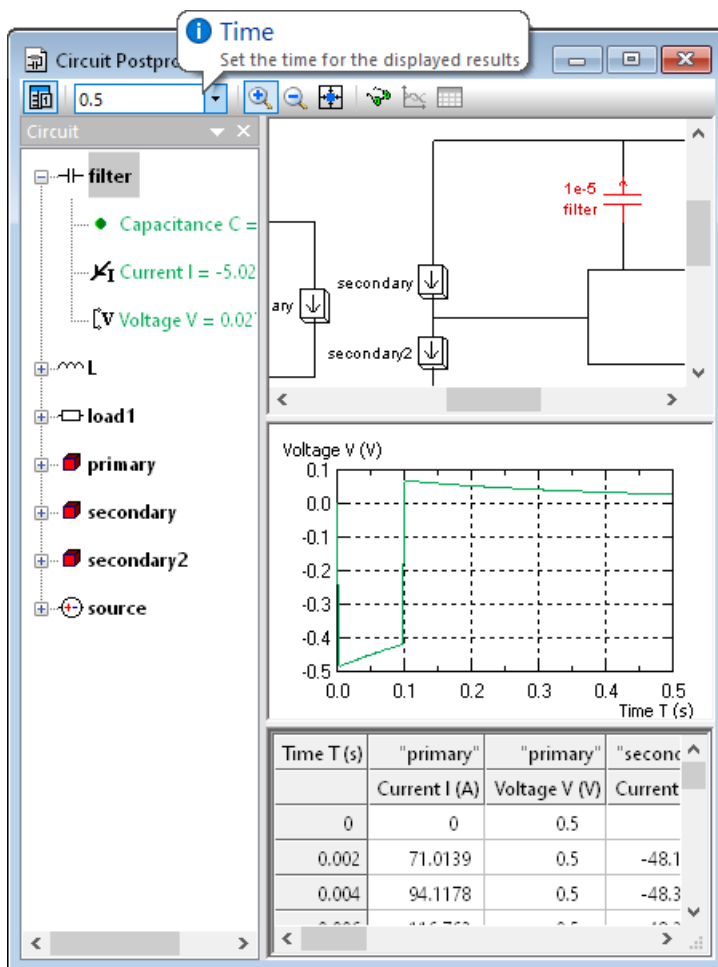
代数三角法に基づく複素値が表示されます。

回路コンポーネント・リストにおいて複数のラインを選択し、それらをクリップボード(**Edit**メニューの**Copy**コマンド)にコピーすることが可能です。選択したラインは他のアプリケーション(例えば、テキストエディタ、スプレッドシート)で使用されます。

回路に関する電流と電圧の時間プロット

電気回路に関する非定常問題を解析する場合、回路に関する非定常磁場問題の結果を表示する4種類のウィンドウがあります。

- 電気回路自体
- 選択回路素子中の電流/時間グラフ
- 選択回路素子中の電圧/時間グラフ
- すべての回路素子中の電流/電圧テーブル



電気回路が存在する非定常問題では、回路計算結果ウィンドウの下方に、2つの追加プロットが表示されます。その上部プロットは電流対時間を示し、最下部は電圧対時間を示します。

それぞれのウィンドウ間の水平境界を上下にドラッグすることにより、各ウィンドウの高さを変更することができます。それぞれのウィンドウを表示する十分なスペースがない場合は、それぞれのプロット・ウィンドウは隠れてしまうかもしれません。

プロットは選択された各回路部について表示されます。カーブ(グラフ)と回路要素の対応は、カーブと回路要素リスト中のラインの同色によって示されます。回路要素がリスト中および電気図面中での選択操作に従って、カーブもプロット表示されます。

ツールバー・ボタンによって、xy-プロットのスケールを調節することができます。ズーム・イン・ボタン（+記号）を押すと、クロス・カーソル形状に変更し、対象領域を長方形にドラッグすることができます。

パラメータ計算ウィザード

QuickField の典型的なパラメータ推定値は、ウィザードを使用し計算することができます。ポストプロセッサにおいて利用可能な手動によって、それらの積分量を計算することもできますが、そのウィザードにより、それらの結果をより迅速に得ることを可能にします。それはその積分コンターの構築などの複雑な操作を回避することができます。

QuickField においては、次の3つのウィザードを利用することができます。

- インダクタンス・ウィザード (Inductance Wizard) は、AC または DC の磁場解析問題のコイルやコンダクタの自己/相互インダクタンスを計算します。
- キャパシタンス・ウィザード (Capacitance Wizard) は、電場解析問題のコンダクタの自己/相互キャパシタンスを計算します。
- インピーダンス・ウィザード (Impedance Wizard) は、AC 磁場解析問題のコンダクタのインピーダンスを計算します。

ウィザードを開始するには、**View** メニューの **Wizard** を選択するか、あるいはカルキュレータ・ウィンドウの対応するアイテムをダブルクリックしてください。ウィザードを開始するとき、カルキュレータ・ウィンドウがオープンしている場合には、ウィザードによって計算されたパラメータはその表示中に示されます。そのスタート・ページからだけでなく、ツリー上の対応する値をダブルクリックにより、ウィザードを再び開始することができます。

それらのウィザードのいくつかは、所望の量を計算する方法として、いくつかの候補を提供します。各方法は個別のツリーとしてカルキュレータ・ウィンドウに表示されます。

インダクタンス・ウィザード

インダクタンス・ウィザードは、DC/AC 磁場解析問題におけるコイルの自己/相互インダクタンスの計算をガイドします。

モデルに異なる電流が流れるコイルを含んでいる場合、それらのうちの1つの磁束リンクを次のように計算することができます。

$$\phi_k = L_{kk}i_k + \sum_n M_{nk}i_n$$

ここで、 L_{kk} はコイル k の自己インダクタンスです。 M_{nk} はコイル n および k 間の相互インダクタンスです。 i はコイル k の電流です。

一方、格納された磁気エネルギーは、次のように電流とインダクタンスで示されます。

$$W = \frac{1}{2} \left(\sum_k L_{kk}i_k^2 + \sum_{n \neq k} M_{nk}i_n i_k \right)$$

インダクタンス・ウィザードを使用する前に、問題の総電流（スペース、表面、あるいは線分に分布された）方向を公式化します。ただし、そのうちの1つのセットはゼロでなければなりません。また、モデル中に永久磁石が存在してはなりません。この方程式をより単純化すると、次のようなインダクタンス値を得ることができます。

$$L = \frac{\Phi}{i}$$

ここで、 Φ は電流 i におけるコイルの磁束リンクエージです。

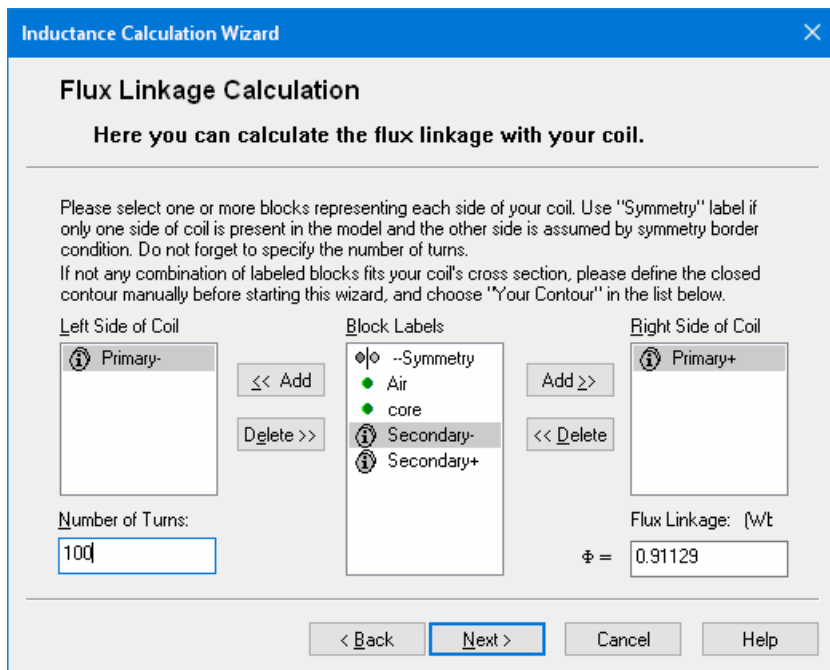
$$L = 2 \cdot \frac{W}{i^2}$$

W は、格納された磁気エネルギーであり、 i は電流です。

第1のアプローチでは、磁束リンクエージおよび電流を推定するために、同一のコイルには自己インダクタンスを与え、異なるコイルの場合には相互インダクタンスを与えます。また、第2のアプローチでは自己インダクタンスだけを与えます。

インダクタンス・ウィザードの最初のページは、前述の2つのアプローチのうちの1つを選択し、**Next** ボタンをクリックします。

インダクタンス・ウィザードの次のページでは、コイル断面のブロックを定義することができます。一般に、平面モデル上の2つのブロックは各コイルを表わし、それぞれ前方と後方の巻き方向を表わします。モデルが1つのコイル側面のみである場合、2つ目のコイルは1つ目のコイルと対称とみなされるか、あるいはそのモデルは無限に離れていてフィールド分布に影響しないと仮定されます。



コイルの各側面条件を定義するには、**Block Labels** の対応アイテムを選択し、各側面のリストにドラッグするか、あるいは **Add** ボタンを使用します。一般に、コイルは **Right Side** (右側) と **Left Side** (左側) が存在します。コイルの1つの側面だけによるモデルの場合には、そのコイルと巻方向も反対の対称コイルを定義するために、一方のリストに **Symmetry** アイテムをドラッグします。またリストに **Symmetry** アイテムをドラッグしなければ、その巻き方向はモデルの電磁場状態に影響しません。

コイルの断面がいくつかのブロックに分割されている場合、一度に1つ以上のアイテムを選択しドラッグすることができます。

コイル巻数として、**Number of Turns** に1以上を入力することができます。リストあるいは入力数に対する結

果として、**Flux Linkage** 値が自動的に変更されます。

平面問題：

$$\phi = N \cdot \left(\frac{\int_L A \cdot ds}{\int_L ds} - \frac{\int_R A \cdot ds}{\int_R ds} \right)$$

軸対称問題：

$$\phi = 2\pi \cdot N \cdot \left(\frac{\int_R Ar \cdot ds}{\int_R ds} - \frac{\int_L Ar \cdot ds}{\int_L ds} \right)$$

ここで、**A** が磁位ベクトルです。**R** と **L** はコイルの右側と左側です。**r** はポイントの半径です。

平面問題の磁束リンケージおよびインダクタンスは、選択した長さの単位にかかわらず単位軸長（1メートル）あたりで計算されます。

磁束リンケージの計算終了後、**Next** ボタンをクリックしてください。そのページにおいて、フィールドを励磁する電流およびコイルの巻き数を指定することができます。

The screenshot shows a software dialog box titled "Inductance Calculation Wizard" with a close button (X) in the top right corner. The main heading is "Current Calculation" with a sub-heading "Here you can specify or calculate the current exciting magnetic field." Below this, there are three paragraphs of text: "Here you can select one or more space, surface or linear electric currents representing the coil that excited magnetic field.", "If two blocks with opposite currents represent your coil you have to choose only one of them.", and "If you know the current value in your coil - simply type it in the provided box." To the right of the text is a tree view labeled "Space Currents" containing four items: "Primary- (I = 2000 A)", "Primary+ (I = 2000 A)", "Secondary- (I = 27.365 A)", and "Secondary+ (I = 27.365 A)". The "Primary+ (I = 2000 A)" item is selected and highlighted in blue. Below the tree view are two input fields: "Number of Turns: n = 1" and "Current: I = 2000 (A)". At the bottom of the dialog are four buttons: "< Back", "Next >", "Cancel", and "Help".

キャパシタンス・ウィザード

キャパシタンス・ウィザードは、コンダクタの自己／相互キャパシタンスの計算をガイドします。

モデルが複数のコンダクタを含むとき、それらの1つの電荷は次のように計算することができます。

$$W = \frac{1}{2} \left(\sum_k C_{kk} U_k^2 + \sum_{n \neq k} C_{nk} U_n U_k \right)$$

ここで、 C_{kk} はコンダクタ k の自己キャパシタンスです。 C_{nk} はコンダクタ n および k 間の相互キャパシタンスです。 U_k はコンダクタ k の電圧です。

一方、格納されたエネルギーは、次のような電荷およびキャパシタンスで示されます。

$$W = \frac{1}{2} \left(\sum_k C_{kk} U_k^2 + \sum_{n \neq k} C_{nk} U_n U_k \right)$$

また、電圧とキャパシタンスから次のように表されます。

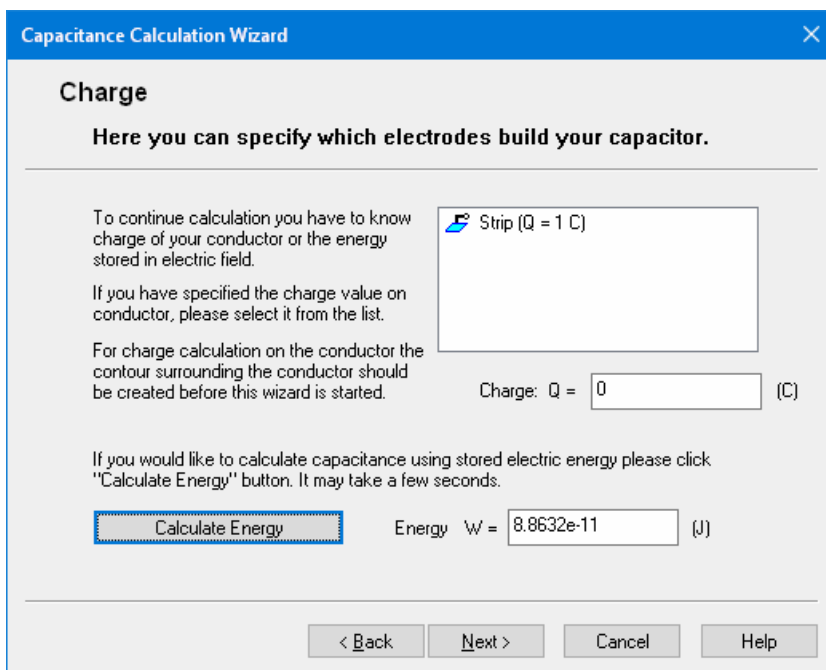
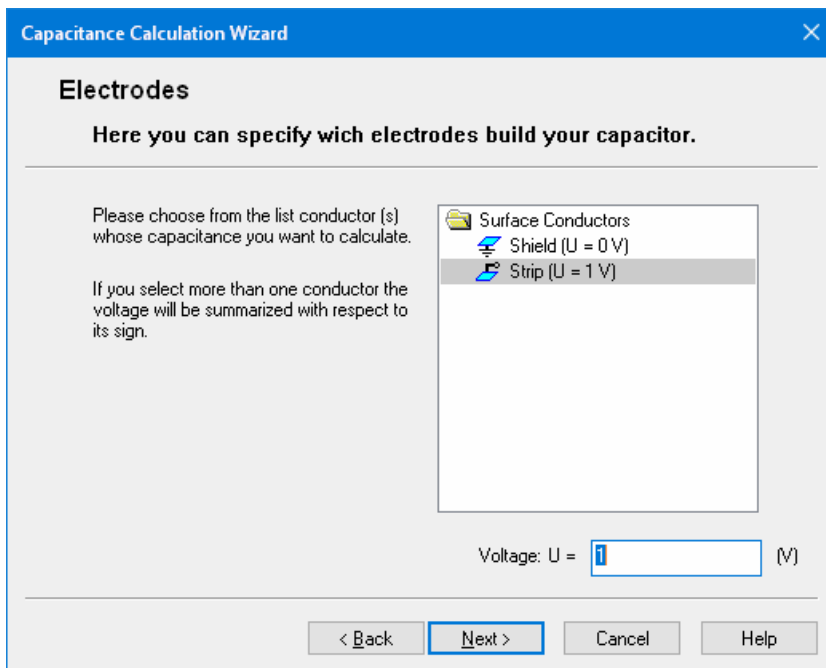
$$W = \frac{1}{2} \left(\sum_k \frac{q_k^2}{C_{kk}} + \sum_{n \neq k} \frac{q_n q_k}{C_{nk}} \right)$$

キャパシタンス・ウィザードを使用するには、すべてのフィールド・ソース（スペース、表面、あるいは線分に分布する電荷や電圧）のうちの1つはゼロでなければならないように問題を公式化しなければなりません。前述の方程式を単純にすると、これらの3つの量（電荷、電圧、潜在エネルギー）のうちの任意の2つが分かれば、キャパシタンス値を得ることができます。

問題を公式化する場合、コンダクタに既知の電圧を与え、生成と消費の電荷を測定することができます。電荷の測定は電圧より複雑です。キャパシタンス・ウィザードを実行する前にコンダクタ（不均一表面）を囲む閉じたコンターを定義する必要があります。キャパシタンス計算問題の公式化のための最も容易な方法はコンダクタ表面に一定のポテンシャル境界条件を設定し、コンダクタ表面上の1つの頂点にゼロ以外の任意の電荷を指定することです。

キャパシタンス・ウィザードのページは、キャパシタンスの計算対象の電極を指定することを可能にします。ページの右側にリストされた電極は表面コンダクタおよび線分コンダクタのように2つのサブツリーで構成されます。

2つの電極から成るコンデンサーのキャパシタンスを計算する場合、それらの両方を選択してください。1つ以上の電極を選んだ場合、それらの電圧の符号を考慮し合計されます。



ページ右側の電極リストにおいて、その電荷を指定することができます。電極上の電荷ではなく、電圧境界条件を定義する場合の電荷を計算するには、それを囲むコンターを定義します。そのため、キャパシタンス・ウィザードを実行する前にそのコンターを定義しなければなりません。

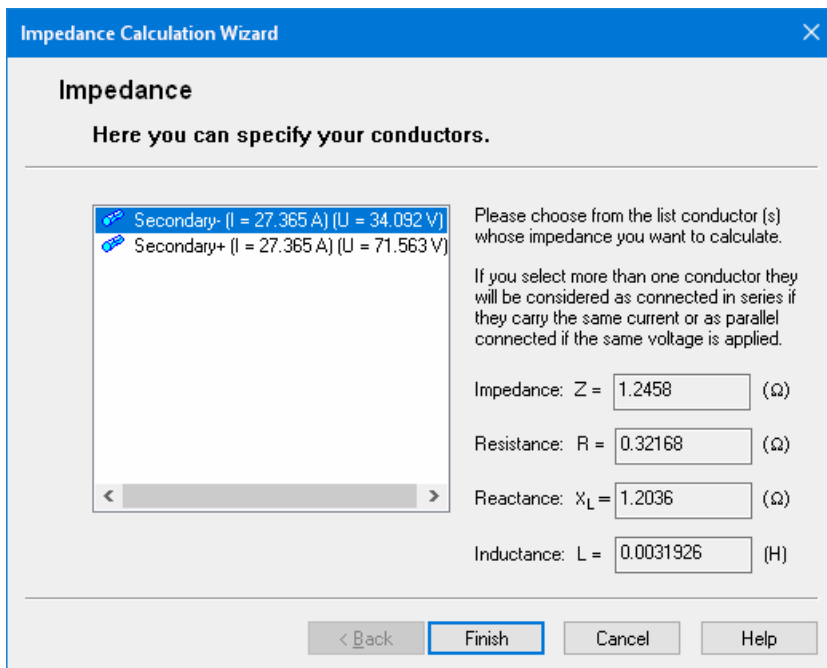
リスト中で1つ以上のアイテムを選択すると、それらの電荷結果が得られます。

インピーダンス・ウィザード

インピーダンス・ウィザードは、コンダクタのインピーダンス計算をガイドします。それは1ページのウィンドウで指定します。インピーダンス値およびその抵抗とリアクタンスの実数部と虚数部を得るには、その電流による電圧を複素数値に分割します。

$$Z = \frac{U}{I}, \quad R = \operatorname{re}(Z), \quad X_L = \operatorname{im}(Z), \quad L = \frac{X_L}{2\pi f}$$

ここで、 Z は絶対インピーダンスです。 f は周波数です。



1つ以上のコンダクタを選択し、それらの各々の電圧が等しい場合、インピーダンス・ウィザードはその回路において並列に接続されていると見なします。

コンターの編集

コンターは、直線、曲線および弧（モデルのエッジを含む）から成る線分です。コンターには、いくつかの規則が適用されます。

- コンター同士は交差してはならない。
- オープン・コンターと閉じたコンターに分類されます。
- 複数の連結コンターは積分量の計算のための識別子を持っています。

コンターは、1方向あるいは1つの色で分けられた線分（右回りに閉じたコンター）としてフィールド表示ウィンドウに示されます。

QuickField は、フィールド表示ウィンドウ内においてコンター編集を可能にします。次の操作により、コンター編集状態を変更することができます。

Adding lines（線分による追加）

コンターに線分あるいは弧を追加します。弧は2つの端点間の角度によって指定されます。（その角度が0のときは、線分です。）任意の線分によるコンターを作成することが可能ですが、適切な線分のみが許可されます。また、線分を閉じたコンターに加えることはできません。コンターに線分を加えるには次に2つの方法があります。**Contour** メニューあるいはコンテキスト・メニューから **Pick Elements** を選び、マウスの左ボタンを押したままドラッグします。あるいは、**Contour** メニューあるいはコンテキスト・メニューから **Add Lines** を選び、キーボードから終点座標を入力します。

Adding edges（エッジによる追加）

モデルのエッジをコンターに変更します。コンターは任意のエッジによって作成することができますが、適切なエッジのみが許可されます。エッジは閉じたコンターに追加することはできません。また、コンターの終端ポイントがモデルの頂点と一致しない場合にも追加することはできません。エッジを追加するには、

Contour メニューあるいはコンテキスト・メニューから **Pick Elements** を選んで、次に、マウスのクリック操作により一連の適切なエッジを選択してください。

Adding blocks (ブロックによる追加)

平面領域の境界において、閉じたコンターを指定し、集合論的にモデルのブロックを追加 (削除) します。ブロックを加えるには、**Contour** メニューあるいはコンテキスト・メニューから **Pick Elements** を選び、マウスのクリック操作によってブロックを選択してください。

Close contour (コンターを閉じる)

ポスト処理ツールバーにおいて、直線あるいは弧の端点 (開始点と終点) を連結することにより開いたコンターを閉じます。

Change direction (方向の変更)

コンター方向を変更します。

Clear (消去)

全コンターを消去します。

Delete last (削除)

コンターの最後の要素 (ラインまたはエッジ) を削除します。複数の連結コンターには適用できません。

コンター編集状態によっては、いくつかの編集操作を行うことができません。

コンターの方向は次の場合において重要です。

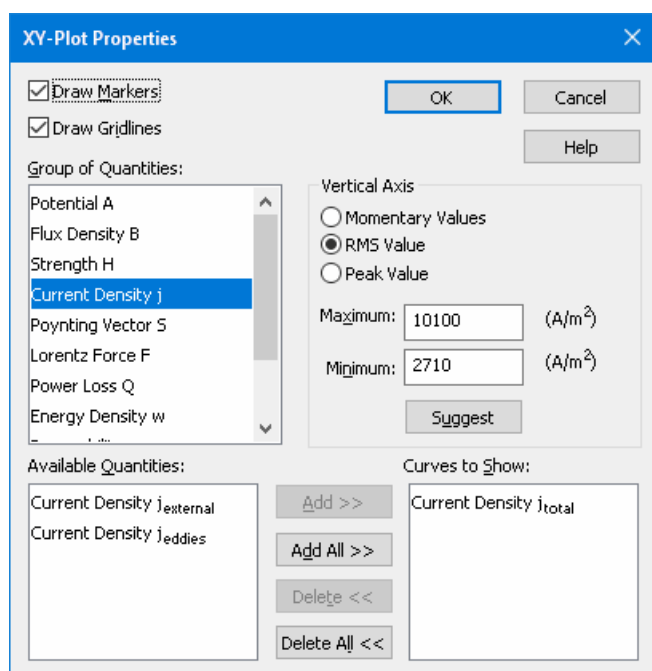
- ボリューム積分において、積分領域はコンターの左側に位置します。
- 表面積分において、コンターの右方向を正方向の正規ベクトル・ポイントとします。
- コンターの開始点は、X-Y プロットにおいて、その x 軸座標を 0 ポイントとします。
- プロットあるいは積分関数は、コンターの左右において異なる値を持ち、右手系値が使用されます。

X-Y プロット

QuickField のポストプロセッサは、コンターに関するフィールド分布を表示することができます。新しい X-Y プロット・ウィンドウをオープンするには、フィールド表示ウィンドウの **view** メニューあるいはコンテキスト・メニュー中の **X-Y plot** を選んでください。X-Y プロット・ビューでは、以下の操作が可能です。

- 表示された量 (Available Quantities) のセットを選択します。View かコンテキスト・メニュー中の **X-Y Plot Curves** をクリックしてください。
- プロット図を拡大あるいは縮小します。
- 量とスケールを一緒に表示します。
- クリップボードに画像をコピーします。
- 同一コンターの新しい X-Y プロット・ウィンドウをオープンします。

X-Y プロットのコントロール



同一測定単位の解析量を X-Y プロット上に表示することができます。つまり、比較可能な解析量のそれぞれを組み合わせたグループ化が可能です。それらの解析量の全リストにはカラーマップおよび正規および接線のベクトル成分、スカラー値によって表示可能なすべてが含まれます。「解析量の解釈 (Interpreted Quantities)」を参照)

適切な解析量のグループを選択し、**Curves to Show** リストにその選択した解析量を追加します。**Available Quantities** リストには、選択可能な解析量が表示され、それぞれのリスト間のボタンをクリックするか、解析量を移動するためにリスト中の解析量をダブルクリックしてください。

また、ダイアログボックスでは、y 座標の範囲を変更することができます。デフォルトでは、それは現在の選択されたカーブ範囲のすべてが適用されます。対応するテキストボックス (**Minimum** あるいは **Maximum**) を選択し、表示する範囲の最低値と最高値を指定することができます。

また、過渡ハーモニック解析では、過渡現象 (指定位相)、その時間依存解析量の時間平均およびピーク値などを指定することができます。

カーブ上で座標グリッドやマーカー表示のオン/オフの切り替えをすることができます。そして、設定に従ったカーブを識別することが可能です。

積分計算

QuickField はライン、表面および体積（ボリューム）に関する積分を計算します。平面問題では、コンターは無限の深さと仮定されるシリンダ表面あるいは、体積積分のためのシリンダ・ボリュームを定義します。したがって平面公式に基づく表面および体積の積分では、単位深さで計算されます。軸対称の問題では、コンターは環状表面あるいは体積積分のため環状面を定義されます。

コンターの正方向は時計回りとし、そのコンターの方向は以下のように解釈されます。

- 体積積分では、積分領域はコンターの左側に位置します。
- 表面積分用では、正方向の正規ベクトルはコンター方向の右側を示します。
- プロット表示、積分関数において、左右のコンター値が異なる場合には、右手系の値が使用されます。

コンターが閉じられている場合、力、トルクおよび電荷積分は実際の物理量を表わします。しかし、これらの積分は閉じていないコンターに関しても計算されます。

積分計算を実行するには、**View** メニューかコンテキスト・メニューの **Integral Values** をクリックしてください。あるいは、カルキュレータ・ウィンドウが既にオープンしている場合には、ツリー上の **Integral Calculator** アイテム上をダブルクリックしてください。コンターが既に定義される場合、その積分量のリストが表示されます。リストの種類はコンターがオープンしているかクローズしているかに依存します。アクティブなフィールド表示中でコンターが定義されていない場合には、コンターの定義を促すメッセージが表示されます。それぞれの名前上の小さな灰色のボタン上をクリックするか、あるいは名前上をダブルクリックすることによって積分パラメータの値を得ることができます。以前に計算された積分値が存在しても、コンターを変更するたびに、自動的に再計算されます。

いくつかの積分計算では、閉じた反時計回りのコンターを必要とし、それらの物理的成分を考慮しなければなりません。一度コンターが作成されたならば、リストから積分量を選ぶことができます。その値を得るには、**Calculate** ボタンをクリックします。**Copy** ボタンはクリップボードに計算結果をコピーすることを可能にします。

電磁力、トルク、電荷、電流あるいは熱流束を計算するとき、その積分領域は様々な方法によって選択されます。積分表面の必要条件是計算に必要なすべて領域を含むことであり、任意の余分な領域あるいはフィールド・ソースを回避することです。フィールドにおいて、例えば、フィールド・ソース、コンダクタの境界、あるいは強磁性体のような強い異質の場所から可能な限り離れた積分表面を選べば精度が向上することを理解することが重要です。

磁束リンケージを計算する場合、積分領域が正確にコイル断面に設定されなければなりません。

次のセクションは、それぞれの問題タイプで使用する積分値について解説します。対応する公式および記号は、**QuickField.Result.GetIntegral**（QuickField ActiveField技術の詳細については、**QuickField Help**からも参照できます。）を使用する場合などにも適切に指定します。

その公式や記号がそれぞれの幾何学データ間で共有されます。

- n 外部単位標準ベクトル
- t 単位接線ベクトル;
- r ポイントの位置ベクトル。

積分領域の指定は次のそれぞれの方法で異なります。

- L コンター内の面積
- S コンターの移動によって掃引された表面積
- S_c 閉じたコンター内部によって定義された表面積
- V 閉じたコンターの移動によって掃引された内部表面積

注意：平面平行の公式では、コンターは問題のz-軸長（デフォルトでは、1m）に沿って移動する表面を通過します。軸対称の公式では、コンターは、x軸のまわりに360度回転するものとしします。

DC 磁場問題および非定常磁場問題

一般に、磁場解析の対象とされる積分量は、機械的な力とトルク、磁束と磁束リンケージ、起磁力(MMF)、磁界エネルギーなどです。次の表記法が公式中で使用されます。

- B — 磁束密度ベクトル
- H — 磁界強度ベクトル
- A — 磁場ベクトル・ポテンシャルのz-コンポーネント
- B(H)磁化曲線、強磁性および等方性と仮定される場合

名前 アクティブ・フィールド定数	公式と解説
Mechanical force (機械的力) qfInt_MaxwellForce	$\mathbf{F} = \frac{1}{2} \oint_S (\mathbf{H}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{B}) + \mathbf{B}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{H}) - \mathbf{n}(\mathbf{H} \cdot \mathbf{B})) ds$ <p>総磁力は特定ボリュームに対して作用し、そのボリューム境界内の積分量として推定されます。</p>
Mechanical torque (機械的トルク) qfInt_MaxwellTorque	$\mathbf{T} = \frac{1}{2} \oint_S ([\mathbf{r} \times \mathbf{H}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{B}) + [\mathbf{r} \times \mathbf{B}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{H}) - [\mathbf{r} \times \mathbf{n}](\mathbf{H} \cdot \mathbf{B})) ds$ <p>磁力の総トルクは特定ボリュームに対して作用します。ここで、\mathbf{r} は積分ポイントの動径ベクトルです。</p> <p>トルク・ベクトルは平面問題ではz軸に平行で、軸対象問題では、0になります。トルクは座標系の原点に対して考慮されます。任意のポイントに関するトルクは、$[\mathbf{F} \times \mathbf{r}_0]$の項を追加することによって得られ、$\mathbf{F}$が力の合計であり、$\mathbf{r}_0$がポイント動径ベクトルです。</p>
Flux linkage per one turn (コイルの1巻きあたりの磁束リンケージ) qfInt_FluxLinkage	$\Psi = \frac{1}{S_c} \oint_S A ds \text{ — for planar case;}$ $\Psi = \frac{1}{S_c} \oint_S 2\pi r A ds \text{ — for axisymmetric case;}$ <p>コイル断面上の積分量を推定しなければなりません。S_cはその断面積です。</p>
Magnetomotive force (起磁力) qfInt_KGrad_t_dl	$F = \int_L (\mathbf{H} \cdot \mathbf{t}) dl$ <p>起磁力は磁界強度のコンターまわりのライン積分です。</p> <p>アンペアの法則により、閉ラインまわりの起磁力を与えることはコンター上の総電流と等価です。</p>

Magnetic flux (磁束) qfInt_Grad_n_ds	$\Phi = \int_S (\mathbf{B} \cdot \mathbf{n}) ds$ コンターによって定義された表面磁束
Magnetic field energy (磁界エネルギー) qfInt_MagneticEnergy	$W = \frac{1}{2} \int_V (\mathbf{H} \cdot \mathbf{B}) dv \quad \text{— linear case;}$ $W = \int_V \left(\int_0^B H(B') dB' \right) dv \quad \text{— nonlinear case.}$
Magnetic field co-energy (磁界相互エネルギー) qfInt_MagneticCoenergy	$W_{co} = \int_V \left(\int_0^H B(H') dH' \right) dv \quad \text{— nonlinear case.}$ 線形問題では、相互エネルギーは磁界エネルギーと等価です。
Linearized field energy (線形フィールド・エネルギー) qfInt_ElectrostaticEnergy	$W_{lin} = \frac{1}{2} \int_V (\mathbf{H} \cdot \mathbf{B}) dv$ 線形問題では、線形エネルギーは磁界エネルギーと等価です。
Surface energy (表面エネルギー) qfInt_GradKGrad_n_ds	$W_s = \int_S (\mathbf{B} \cdot \mathbf{H}) ds$ ($\mathbf{B} \cdot \mathbf{H}$)は、コンターで定義された表面上で積分されます。
Average surface potential (平均表面ポテンシャル) qfInt_Potential_ds	$A_s = \frac{1}{S} \cdot \int_S A ds$
Average volume potential (平均ボリューム・ポテンシャル) qfInt_Potential_dv	$A_v = \frac{1}{V} \cdot \int_V A dv$
Average volume flux density (平均ボリューム磁束密度) qfInt_Grad_dv	$\mathbf{B}_a = \frac{1}{V} \cdot \int_V \mathbf{B} dv$
Average volume strength (平均ボリューム電界強度) qfInt_KGrad_dv	$\mathbf{H}_a = \frac{1}{V} \cdot \int_V \mathbf{H} dv$
Mean square flux (平均磁束) qfInt_Grad2_dv	$B_a^2 = \frac{1}{V} \cdot \int_V B^2 dv$
Mean square strength (平均磁界強度) qfInt_KGrad2_dv	$H_a^2 = \frac{1}{V} \cdot \int_V H^2 dv$

Line integral of flux density (磁束密度の線積分) qfInt_Grad_t_dl	$x = \int_L (\mathbf{B} \cdot \mathbf{t}) dl$ <p>磁束密度のコンターライン上の積分</p>
Surface integral of strength (磁界強度の表面積分) qfInt_KGrad_n_ds	$x = \int_S (\mathbf{H} \cdot \mathbf{n}) ds$
非定常線形問題	
Total current (総電流) qfInt_Jtotal	$I = \int_{S_c} j ds$ <p>特定表面の電流として、コイル断面上の積分量が推定されます。S_cは断面積です。 J - z成分の総電流密度です。</p>
External current (外部電流) qfInt_Jextern	$I_{ext} = \int_{S_c} j_{ext} ds$ <p>特定表面の外部電流 j_{ext} - 外部電流密度</p>
Eddy current (渦電流) qfInt_Jeddies	$I_{eddy} = \int_{S_c} j_{eddy} ds$ <p>特定表面の渦電流 j_{eddy} - 渦電流密度</p>
Joule heat (ジュール熱) qfInt_Power	$P = \int_V \frac{1}{\sigma} j^2 dv$ <p>ボリューム中のジュール熱 σ - 誘電率 J - 総電流密度</p>

AC 磁場問題

AC磁場解析の対象の積分値は、総電流、渦電流、外部電流、機械的力、トルク、磁束、磁束リンケージ、起磁力、フィールド・エネルギーなどです。次の表記法が公式中で使用されます。

- B - 磁束密度ベクトル
- H - 磁界強度ベクトル
- j_{total}、j_{eddy}、j_{ext} - 総電流、渦電流、外部電流密度の複素値
- A - 磁場ベクトル・ポテンシャルのz-コンポーネント

AC磁場問題の公式は時間とともにシヌソイド的に変化する実際の量を表わす複素値を使用するため、それらの積分値は次のそれぞれの方法で与えられます。

- 振幅と位相を表す複素値データ(例えば、電流、磁束リンケージ、起磁力など)

- 任意の周期で楕円掃引を表す複素データ(例えば、インダクション、磁界強度など)の特性は、振幅(座標当たり)、位相、極性化係数などがあります。
- 2つの周波数の間をパルスするクォドラティック(二次)値(例えば、オーム損失力、フィールド・エネルギーなど)の特性は、中間値、位相とパルス振幅などです。
- 2つの周波数の間で変わる大きさを持つクォドラティック値・ベクトル(例えば機械的力)の特性は、中間値(長さ、勾配、座標)、また振幅変化(例えば、周期間の機械的力の限界を推定するために使用される。)があります。

名前 アクティブ・フィールド定数	公式と解説
Total current (総電流) qfInt_Jtotal	$I = \int_{S_C} j_{total} ds$ <p>複素数値 特定表面の電流</p>
External current (外部電流) qfInt_Jextern	$I_{ext} = \int_{S_C} j_{ext} ds$ <p>複素数値 特定表面の外部電流</p>
Eddy current (渦電流) qfInt_Jeddies	$I_{eddy} = \int_{S_C} j_{eddy} ds$ <p>複素数値 特定表面の渦電流</p>
Joule heat (ジュール熱) qfInt_Power	$P = \int_V \frac{1}{\sigma} j_{total}^2 dv$ <p>クォドラティック値(二次値) 特定ボリューム中のジュール熱 σ - 媒体の電気伝導率</p>
Power flow (電力フロー) qfInt_EnergyFlow	$P_S = \int_S (\mathbf{S} \cdot \mathbf{n}) ds$ <p>クォドラティック値 指定表面(ポイント・ベクトル・フロー)による電力フロー ここで、\mathbf{S} はポイント・ベクトル $\mathbf{S} = [\mathbf{E} \times \mathbf{H}]$ です。</p>
Maxwell force (マクスウェル力) qfInt_MaxwellForce	$\mathbf{F} = \frac{1}{2} \oint_S (\mathbf{H}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{B}) + \mathbf{B}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{H}) - \mathbf{n}(\mathbf{H} \cdot \mathbf{B})) ds$ <p>クォドラティック・ベクトル マクスウェル力は、特定ボリュームに作用します。積分はボリューム境界上で推定され、\mathbf{n} は、外部単位標準のベクトルを示します。</p>

<p>Maxwell torque (マクスウェルカトルク)</p> <p>qfInt_MaxwellTorque</p>	$\mathbf{T} = \frac{1}{2} \oint_S ([\mathbf{r} \times \mathbf{H}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{B}) + [\mathbf{r} \times \mathbf{B}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{H}) - [\mathbf{r} \times \mathbf{n}](\mathbf{H} \cdot \mathbf{B})) ds$ <p>クオドラティック値 マクスウェルカトルクは、特定ボリュームに作用し、\mathbf{r} は、積分ポイントの動径ベクトルです。 トルク・ベクトルは平面問題では、z軸と平行で、軸対称問題では、$\mathbf{0}$になります。トルクは座標系の原点に対して示されます。任意のポイントに関するトルクは、$[\mathbf{F} \times \mathbf{r}_0]$の項を追加することによって得られ、$\mathbf{F}$が力の合計であり、$\mathbf{r}_0$がポイント動径ベクトルです</p>
<p>Lorentz force (ローレンツ力)</p> <p>qfInt_LorentzForce</p>	$\mathbf{F} = \int_V [\mathbf{j} \times \mathbf{B}] dV$ <p>クオドラティック・ベクトル 特定ボリュームに含まれるコンダクタに作用するローレンツ力</p>
<p>Lorentz torque (ローレンツカトルク)</p> <p>qfInt_LorentzTorque</p>	$\mathbf{T} = \int_V [\mathbf{r} \times [\mathbf{j} \times \mathbf{B}]] dV$ <p>クオドラティック値 特定ボリュームに作用するローレンツカトルク。このトルクは、座標系の原点に対して与えられます</p>
<p>Magnetic field energy (磁場エネルギー)</p> <p>qfInt_MagneticEnergy</p>	$W = \frac{1}{2} \int_V (\mathbf{H} \cdot \mathbf{B}) dV$ <p>クオドラティック値 この式は線形/非線形の両方の場合に使用されます。</p>
<p>Flux linkage per one turn (コイルの1巻きあたりの磁束リンクエージ)</p> <p>qfInt_FluxLinkage</p>	$\Psi = \frac{1}{S_e} \oint_S A ds \text{ --- for planar case;}$ $\Psi = \frac{1}{S_e} \oint_S 2\pi r A ds \text{ --- for axisymmetric case;}$ <p>複素数値 コイル断面の積分量を推定します。S_eは断面積です。</p>
<p>Magnetomotive force (起磁力)</p> <p>qfInt_KGrad_t_dl</p>	$F = \int_L (\mathbf{H} \cdot \mathbf{t}) dl$ <p>複素数値 Magnetomotive force. (起磁力)</p>
<p>Magnetic flux (磁束)</p> <p>qfInt_Grad_n_ds</p>	$\Phi = \int_S (\mathbf{B} \cdot \mathbf{n}) ds$ <p>複素数値 特定表面の磁束</p>

Surface energy (表面エネルギー) qfInt_GradKGrad_n_ds	$W_s = \int_S (\mathbf{B} \cdot \mathbf{H}) ds$ <p>クォドラティック値 この積分量は、コンターの移動によって掃引される表面に関して推定されます。</p>
Average surface potential (平均表面ポテンシャル) qfInt_Potential_ds	$A_s = \frac{1}{S} \cdot \int_S A ds$ <p>複素数値 特定ボリューム上を積分します。</p>
Average volume potential (平均ボリューム・ポテンシャル) qfInt_Potential_dv	$A_v = \frac{1}{V} \cdot \int_V A dv$ <p>複素数値</p>
Average volume flux density (平均ボリューム磁束密度) qfInt_Grad_dv	$\mathbf{B}_a = \frac{1}{V} \cdot \int_V \mathbf{B} dv$ <p>複素ベクトル</p>
Average volume strength (平均ボリューム強度) qfInt_KGrad_dv	$\mathbf{H}_a = \frac{1}{V} \cdot \int_V \mathbf{H} dv$ <p>複素ベクトル</p>
Mean square flux density (平均磁束密度) qfInt_Grad2_dv	$B_a^2 = \frac{1}{V} \cdot \int_V B^2 dv$ <p>クォドラティック値</p>
Mean square strength (平均強度) qfInt_Kgrad2_dv	$H_a^2 = \frac{1}{V} \cdot \int_V H^2 dv$ <p>クォドラティック値</p>
Line integral of flux density (磁束密度の線形積分) qfInt_Grad_t_dl	$x = \int_L (\mathbf{B} \cdot \mathbf{t}) dl$ <p>複素数値磁束密度のコンター上の線積分</p>

注意：マクスウェル力は、強磁性体に作用する力およびコンダクタにのみ作用するローレンツ力の両方の組み合わせです。第1成分が無視できるか考慮されない場合、ローレンツ力として電磁気力を計算することを推奨します。その精度はコンター処理において、それほど高感度ではありません。また、力を計算するためにブロックの選択によるコンダクタを指定することができます。この計算方法によるマクスウェル力はそれほど精度の高いものではないことに注意してください。また、本章の初めに述べたようにコンター部分と材料境界が一致しないようにしてください。

電場問題

一般に、電場解析が対象とする積分量は、電荷、電位差、機械的力、トルク、フィールド・エネルギーなどです。次の表記法が公式中で使用されます。

- E – 電場の強度
- D – 電束密度ベクトル (電位)
- U – 電位

名前 アクティブ・フィールド定数	公式と解説
Electrical charge (電気チャージ) qfInt_KGrad_n_ds	$q = \oint_S \mathbf{D} \cdot \mathbf{n} \, ds$ <p>ガウスの定理によれば、特定ボリューム中の総電荷は、その閉じた境界の電位フラックスとして計算することができます。</p>
Mechanical force (機械的力) qfInt_MaxwellForce	$\mathbf{F} = \frac{1}{2} \oint_S (\mathbf{E}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{D}) + \mathbf{D}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{E}) - \mathbf{n}(\mathbf{E} \cdot \mathbf{D})) \, ds$ <p>特定ボリュームに作用する総電気力として、その積分量はボリュームの境界上で推定されます。</p>
Mechanical torque (機械的トルク) qfInt_MaxwellTorque	$\mathbf{T} = \frac{1}{2} \oint_S ([\mathbf{r} \times \mathbf{E}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{D}) + [\mathbf{r} \times \mathbf{D}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{E}) - [\mathbf{r} \times \mathbf{n}](\mathbf{E} \cdot \mathbf{D})) \, ds$ <p>特定ボリュームに作用する総電力トルク トルク・ベクトルは平面問題ではz軸に平行で、軸対象問題では、0になります。トルクは座標系の原点に対して与えられます。任意のポイントに関するトルクは、$[\mathbf{F} \times \mathbf{r}_0]$の項を追加することによって得られ、$\mathbf{F}$が力の合計であり、$\mathbf{r}_0$がポイント動径ベクトルです。</p>
Stored energy (格納エネルギー) qfInt_ElectrostaticEnergy	$W = \frac{1}{2} \int_V (\mathbf{E} \cdot \mathbf{D}) \, dv$ <p>特定ボリューム中の電場エネルギー</p>
Surface energy (表面エネルギー) qfInt_GradKGrad_n_ds	$W_s = \int_S (\mathbf{E} \cdot \mathbf{D}) \, ds$

Potential difference (電位差) qfInt_Grad_t_dl	$\Delta U = \int_L (\mathbf{E} \cdot \mathbf{t}) dl$ コンターの開始点と終了点間の電位差は、コンター上の電場強度の線積分として計算されます。
Average surface potential (平均表面ポテンシャル) qfInt_Potential_ds	$U_s = \frac{1}{S} \cdot \int_S U ds$
Average volume potential (平均ボリューム・ポテンシャル) qfInt_Potential_dv	$U_v = \frac{1}{V} \cdot \int_V U dv$
Average volume strength (平均ボリューム強度) qfInt_Grad_dv	$\mathbf{E}_a = \frac{1}{V} \cdot \int_V \mathbf{E} dv$ 特定ボリューム中の平均電場強度
Average volume displacement (平均ボリューム電位) qfInt_KGrad_dv	$\mathbf{D}_a = \frac{1}{V} \cdot \int_V \mathbf{D} dv$ 特定ボリューム中の平均電位ベクトル
Mean square strength (平均強度) qfInt_Grad2_dv	$E_a^2 = \frac{1}{V} \cdot \int_V E^2 dv$
Mean square displacement (平均電位) qfInt_KGrad_dv	$D_a^2 = \frac{1}{V} \cdot \int_V D^2 dv$
Line integral of displacement (電位の線形積分) qfInt_KGrad_t_dl	$x = \int_L (\mathbf{D} \cdot \mathbf{t}) dl$
Surface integral of strength (強度の表面積分) qfInt_Grad_n_ds	$x = \int_S (\mathbf{E} \cdot \mathbf{n}) ds$

DC 電導問題

一般に、DC電導解析が対象とする積分量は、電流、ジュール熱などです。次の表記法が公式中で使用されます。

- E - 電場強度
- j - 電流密度ベクトル
- D - 電束密度ベクトル (電位)
- σ - 電気伝導率

- U - スカラー電位

名前 アクティブ・フィールド定数	公式と解説
Current through a surface (表面通過電流) qfInt_KGrad_n_ds	$I = \int_S (\mathbf{j} \cdot \mathbf{n}) ds$ 特定表面を通過する電流
Joule heat in a volume (ボリューム・ジュール熱) qfInt_GradKGrad_dv	$W = \int_V (\mathbf{E} \cdot \mathbf{j}) dv$ 特定ボリュームのパワー損失
Potential difference (電位差) qfINT_grad_t_dl	$\Delta U = \int_L (\mathbf{E} \cdot \mathbf{t}) dl$ コンターの開始点と終了点間の電位差は、コンター上の電場強度の線積分として計算されます。
Surface Joule heat (表面ジュール熱) qfInt_GradKGrad_n_ds	$W_s = \int_S (\mathbf{E} \cdot \mathbf{j}) ds$
Average surface potential (平均表面ポテンシャル) qfInt_Potential_ds	$U_s = \frac{1}{S} \cdot \int_S U ds$
Average volume potential (平均ボリューム・ポテンシャル) qfInt_Potential_dv	$U_v = \frac{1}{V} \cdot \int_V U dv$
Average volume strength (平均ボリューム強度) qfInt_Grad_dv	$\mathbf{E}_a = \frac{1}{V} \cdot \int_V \mathbf{E} dv$
Average volume current density (平均ボリューム電流密度) qfInt_KGrad_dv	$\mathbf{j}_a = \frac{1}{V} \cdot \int_V \mathbf{j} dv$
Mean square strength (平均強度) qfInt_Grad2_dv	$E_a^2 = \frac{1}{V} \cdot \int_V E^2 dv$
Mean square current density (平均電流密度) qfInt_KGrad2_dv	$j_a^2 = \frac{1}{V} \cdot \int_V j^2 dv$
Surface integral of strength (強度表面積分) qfInt_Grad_n_ds	$x = \int_S (\mathbf{E} \cdot \mathbf{n}) ds$

Line integral of current density (電流密度線積分) qfInt_KGrad_t_dl	$x = \int_L (\mathbf{j} \cdot \mathbf{t}) dl$
--	---

AC 電導問題

AC 電導解析の対象となる積分値は、特定表面、ジュール熱、機械的力、トルク、フィールド・エネルギーなどの作用 (アクティブ)、反応 (リアクティブ) および発生電流です。次の表記法が式中で使用されます。

- E — 電場強度の複素ベクトル
- D — 電位の複素ベクトル
- \mathbf{j}_A — 有効電流密度の複素ベクトル
- \mathbf{j}_{RE} — リアクティブ電流密度の複素ベクトル
- \mathbf{j}_{APP} — 発生電流密度の複素ベクトル
- U — 電位の複素値

AC 電導問題の公式は時間とともにシノソイド的に変化する実際の量を表わす複素値を使用するため、それらの積分値は次のそれぞれの方法で与えられます。

- 振幅と位相を表す複素値 (例えば、電流、電位など)
- 任意の周期で楕円掃引を表す複素ベクトル (例えば、電流密度、電界強度など)、複素ベクトルの特性は、振幅(座標当たり)、位相、極性化係数などがあります。
- 2つの周波数の間をパルスするクォドラティック値 (例えばオーム損失力、フィールド・エネルギーなど) の特性は、中間値、位相とパルス振幅などです。
- 2つの周波数の間で変わる大きさと方向を持つクォドラティック値・ベクトル (例えば機械的力) の特性は、中間値(長さ、勾配、座標)、また振幅変化(例えば、周期間の機械的力の限界を推定するために使用される) があります。
- 指定表面を貫く複素電流 (active Iactive, reactive Ireactive, apparentI)

名前 アクティブ・フィールド定数	公式と解説
Active current through a given surface (指定表面アクティブ電流) qfCurrentActive	$I_A = \int_S (\mathbf{j}_A \cdot \mathbf{n}) ds$ 複素値 特定表面を通過するアクティブ電流
Reactive current through a given surface (指定表面リアクティブ電流) qfCurrentReactive	$I_{RE} = \int_S (\mathbf{j}_{RE} \cdot \mathbf{n}) ds$ 複素値 特定表面を通過するリアクティブ電流
Apparent current through a given surface (指定表面発生電流) qfCurrentApparent	$I_{APP} = \int_S (\mathbf{j}_{APP} \cdot \mathbf{n}) ds$ 複素値特定表面を通過する発生電流

<p>Active power produced in a volume (ボリューム・アクティブ電力)</p> <p>qfPowerActive</p>	$P_A = \int_V (\mathbf{E} \cdot \mathbf{j}_A) dv$ <p>クオドラティック値 (二次値) ジュール熱パワーは特定ボリューム中で発生します。</p>
<p>Reactive power produced in a volume (ボリューム・リアクティブ電力)</p> <p>qfPowerReactive</p>	$P_{RE} = \int_V (\mathbf{E} \cdot \mathbf{j}_{RE}) dv$ <p>クオドラティック値 リアクティブ電力は特定ボリューム中で発生します。</p>
<p>Apparent power produced in a volume (ボリューム発生電力)</p> <p>qfPowerApparent</p>	$P_{APP} = \int_V (\mathbf{E} \cdot \mathbf{j}_{APP}) dv$ <p>クオドラティック値 電力は特定ボリューム中で発生します。</p>
<p>Mechanical force (機械的力)</p> <p>qfInt_MaxwellForce</p>	$\mathbf{F} = \frac{1}{2} \oint_S (\mathbf{E}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{D}) + \mathbf{D}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{E}) - \mathbf{n}(\mathbf{E} \cdot \mathbf{D})) ds$ <p>クオドラティック・ベクトル (二次ベクトル) 特定ボリュームに作用する電気力は、ボリューム表面上のマクスウェル応力テンソルの計算により推定されます。</p>
<p>Mechanical torque (機械的トルク)</p> <p>qfInt_MaxwellTorque</p>	$\mathbf{T} = \frac{1}{2} \oint_S ((\mathbf{r} \times \mathbf{E})(\mathbf{n} \cdot \mathbf{D}) + [\mathbf{r} \times \mathbf{D}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{E}) - [\mathbf{r} \times \mathbf{n}](\mathbf{E} \cdot \mathbf{D})) ds$ <p>クオドラティック値 特定ボリュームに作用する電気力トルクでは、\mathbf{r}は積分ポイントの動径ベクトルです。トルク・ベクトルは平面問題ではz軸に平行で、軸対称問題では、0になります。</p> <p>トルク・ベクトルは平面問題ではz軸と平行、軸対称問題では0になります。トルクは座標系の原点に対して与えられます。任意のポイントに関するトルクは、$[\mathbf{F} \times \mathbf{r}_0]$の項を追加することによって得られ、$\mathbf{F}$が力の合計であり、$\mathbf{r}_0$がポイント動径ベクトルです。</p>
<p>Electric field energy (電場エネルギー)</p> <p>qfInt_ElectrostaticEnergy</p>	$W = \frac{1}{2} \int_V (\mathbf{E} \cdot \mathbf{D}) dv$ <p>クオドラティック値 特定ボリューム中の電場エネルギー</p>
<p>Surface energy (表面エネルギー)</p> <p>qfInt_GradKGrad_n_ds</p>	$W_s = \int_S (\mathbf{E} \cdot \mathbf{D}) ds$ <p>クオドラティック値</p>

Potential difference (電位差) qfInt_Grad_t_dl	$\Delta U = \int_L (\mathbf{E} \cdot \mathbf{t}) dl$ <p>複素値 コンターの開始点と終了点間の電位差は、コンター上の電場強度の線積分として計算されます。</p>
Average surface potential (平均表面ポテンシャル) qfInt_Potential_ds	$U_s = \frac{1}{S} \cdot \int_S U ds$ <p>複素値</p>
Average volume potential (平均ボリューム・ポテンシャル) qfInt_Potential_dv	$U_v = \frac{1}{V} \cdot \int_V U dv$ <p>複素値</p>
Average volume strength (平均ボリューム強度) qfInt_Grad_dv	$\mathbf{E}_a = \frac{1}{V} \cdot \int_V \mathbf{E} dv$ <p>複素ベクトル 特定ボリューム中の平均電場強度ベクトル</p>
Average volume displacement (平均ボリューム電位) qfInt_KGrad_dv	$\mathbf{D}_a = \frac{1}{V} \cdot \int_V \mathbf{D} dv$ <p>複素ベクトル 特定ボリューム中の平均電位ベクトル</p>
Mean square strength (平均平方強度) qfInt_Grad2_dv	$E_a^2 = \frac{1}{V} \cdot \int_V E^2 dv$ <p>クオドラティック値</p>
Mean square displacement (平均平方電位) qfInt_Kgrad2_dv	$D_a^2 = \frac{1}{V} \cdot \int_V D^2 dv$ <p>クオドラティック値</p>
Electric charge (電荷) qfInt_KGrad_n_ds	$Q_s = \int_S \mathbf{D} \cdot \mathbf{n} ds$ <p>複素値 ボリューム上の電位の流出が境界を閉じたとともに、特定ボリューム中の総電荷を計算することができます。</p>

Line integral of displacement (電位の線積分) qfInt_KGrad_t_dl	$x = \int_L (\mathbf{D} \cdot \mathbf{t}) dl$ 複素値
--	--

非定常電場

非定常電場解析での積分量は、電荷、電位差、アクティブ電流、リアクティブ電流、ジュール熱、機械的力およびトルク、フィールド・エネルギーなどです。次の表記法が式中で使用されます。

- E - 電場強度
- D - 電束密度ベクトル(電位)
- \mathbf{j}_A - アクティブ電流密度
- \mathbf{j}_{RE} - リアクティブ電流密度
- U - 電位

名前 アクティブ・フィールド定数	公式と解説
Electrical charge (電荷) qfInt_KGrad_n_ds	$q = \oint_S \mathbf{D} \cdot \mathbf{n} ds$ ガウスの定理により、特定ボリューム中の総電荷は、その閉じた境界上の電位の流出として計算することができます。特定表面を通過するアクティブ電流
Active current through a given surface (指定表面アクティブ電流) qfCurrentActive	$I_A = \int_S (\mathbf{j}_A \cdot \mathbf{n}) ds$ 特定表面を通過するアクティブ電流
Reactive current through a given surface (指定表面リアクティブ電流) qfCurrentReactive	$I_{RE} = \int_S (\mathbf{j}_{RE} \cdot \mathbf{n}) ds$ 特定表面を通過するリアクティブ電流
Active power produced in a volume (ボリューム・アクティブ電力) qfPowerActive	$P_A = \int_V (\mathbf{E} \cdot \mathbf{j}_A) dv$ ジュール熱は特定ボリューム中で発生します。
Mechanical force (機械的力) qfInt_MaxwellForce	$\mathbf{F} = \frac{1}{2} \oint_S (\mathbf{E}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{D}) + \mathbf{D}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{E}) - \mathbf{n}(\mathbf{E} \cdot \mathbf{D})) ds$ 総電気力は特定ボリュームに作用し、その積分値はボリューム境界上で推定されます。
Mechanical torque (機械的トルク) qfInt_MaxwellTorque	$\mathbf{T} = \frac{1}{2} \oint_S ((\mathbf{r} \times \mathbf{E})(\mathbf{n} \cdot \mathbf{D}) + [\mathbf{r} \times \mathbf{D}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{E}) - [\mathbf{r} \times \mathbf{n}](\mathbf{E} \cdot \mathbf{D})) ds$

	<p>総電気トルクは特定ボリュームに作用します。</p> <p>トルク・ベクトルは平面問題では、z軸と平行で、軸対称問題では、0になります。トルクは座標系の原点に対して与えられます。任意の点に関するトルクは、$[\mathbf{F} \times \mathbf{r}_0]$の項を追加することによって得られ、Fが力の合計であり、\mathbf{r}_0がポイント動径ベクトルです。</p>
<p>Stored energy (格納エネルギー)</p> <p>qfInt_ElectrostaticEnergy</p>	$W = \frac{1}{2} \int_V (\mathbf{E} \cdot \mathbf{D}) dv$ <p>特定ボリューム中の電場エネルギー</p>
<p>Surface energy (表面エネルギー)</p> <p>qfInt_GradKGrad_n_ds</p>	$W_s = \int_S (\mathbf{E} \cdot \mathbf{D}) ds$
<p>Potential difference (電位差)</p> <p>qfInt_Grad_t_dl</p>	$\Delta U = \int_L (\mathbf{E} \cdot \mathbf{t}) dl$ <p>コンターの開始点と終了点間の電位差は、コンター上の電場強度の線積分として計算されます。</p>
<p>Average surface potential (平均表面ポテンシャル)</p> <p>qfInt_Potential_ds</p>	$U_s = \frac{1}{S} \int_S U ds$
<p>Average volume potential (平均ボリューム・ポテンシャル)</p> <p>qfInt_Potential_dv</p>	$U_v = \frac{1}{V} \int_V U dv$
<p>Average volume strength (平均ボリューム強度)</p> <p>qfInt_Grad_dv</p>	$\mathbf{E}_a = \frac{1}{V} \int_V \mathbf{E} dv$ <p>特定ボリューム中の平均電場強度</p>
<p>Average volume displacement (平均ボリューム電位)</p> <p>qfInt_KGrad_dv</p>	$\mathbf{D}_a = \frac{1}{V} \int_V \mathbf{D} dv$ <p>特定ボリューム中の平均電位ベクトル</p>
<p>Mean square strength (平均平方強度)</p> <p>qfInt_Grad2_dv</p>	$E_a^2 = \frac{1}{V} \int_V E^2 dv$
<p>Mean square displacement (平均平方電位)</p> <p>qfInt_Kgrad_dv</p>	$D_a^2 = \frac{1}{V} \int_V D^2 dv$
<p>Line integral of displacement (線積分電位)</p> <p>qfInt_KGrad_t_dl</p>	$x = \int_L (\mathbf{D} \cdot \mathbf{t}) dl$

Surface integral of strength (表面積分強度) qfInt_Grad_n_ds	$x = \int_S (\mathbf{E} \cdot \mathbf{n}) ds$
--	---

熱伝導解析問題

熱伝導解析の対象となる積分値は、heat flux (熱流)、ボリューム温度などです。次の表記法が式中で使用されます。

- G – 温度勾配ベクトル
- F – 熱フラックス密度ベクトル
- T – 温度

名前 アクティブ・フィールド定数	公式と解説
Heat flux (熱流) qfInt_KGrad_n_ds	$\Phi = \int_S (\mathbf{F} \cdot \mathbf{n}) ds$ 特定表面を通過する熱流
Temperature difference (温度差) qfInt_Grad_t_dl	$\Delta T = \int_L (\mathbf{G} \cdot \mathbf{t}) dl$ コンターの開始点と終了点間の温度差は、コンター上の温度勾配の積分値として計算されます。
Average surface temperature (平均表面温度) qfInt_Potential_ds	$T_s = \frac{1}{S} \cdot \int_S T ds$
Average volume temperature (平均ボリューム温度) qfInt_Potential_dv	$T_v = \frac{1}{V} \cdot \int_V T dv$
Average volume temperature gradient (平均ボリューム温度勾配) qfInt_Grad_dv	$\mathbf{G}_a = \frac{1}{V} \cdot \int_V \mathbf{G} dv$ ボリューム中の温度勾配平均ベクトル
Average volume heat flux density (平均ボリューム熱流密度) qfInt_KGrad_dv	$\mathbf{F}_a = \frac{1}{V} \cdot \int_V \mathbf{F} dv$ ボリューム中の熱フラックス密度の平均ベクトル
Average volume temperature gradient (平均平方ボリューム温度勾配) qfInt_Grad2_dv	$G_a^2 = \frac{1}{V} \cdot \int_V G^2 dv$
Mean square heat flux density (平均平方ボリューム熱流密度) qfInt_KGrad_dv	$F_a^2 = \frac{1}{V} \cdot \int_V F^2 dv$

Line integral of heat flux density (線積分熱流密度) qfInt_Kgrad_t_dl	$x = \int_L (\mathbf{F} \cdot \mathbf{t}) dl$
Surface integral of grad(T) (温度勾配表面積分) qfInt_Grad_n_ds	$x = \int_S (\mathbf{G} \cdot \mathbf{n}) ds$

応力解析問題

応力解析問題の対象となる積分値は、力、トルク、長さなどです。次の表記法が式中で使用されます。

- σ - 応力テンソル

名前 アクティブ・フィールド定数	公式と解説
Force (力) qfInt_Force	$\mathbf{F} = \oint_S (\boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{n}) ds,$ <p>特定ボリュームに作用する力の合計。積分はボリュームの境界上で推定されます。また、\mathbf{n} は、外部単位標準ベクトルを示します。</p>
Torque (トルク) qfInt_Torque	$\mathbf{T} = \frac{1}{2} \oint_S [\mathbf{r} \times (\boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{n})] ds,$ <p>トルクは特定ボリュームに作用します。トルク・ベクトルは平面問題では、z軸と平行で、軸対称問題では、0になります。トルクは座標系の原点に対して与えられます。任意のポイントに関するトルクは、$[\mathbf{F} \times \mathbf{r}_0]$の項を追加することによって得られ、$\mathbf{F}$が力の合計であり、$\mathbf{r}_0$がポイント動径ベクトルです。</p>
Lengthen (長さ) qfInt_lengthen	$\Delta L = \int_L (\boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{t}) dl$ <p>コンター長に関係します。</p>

データ・テーブル

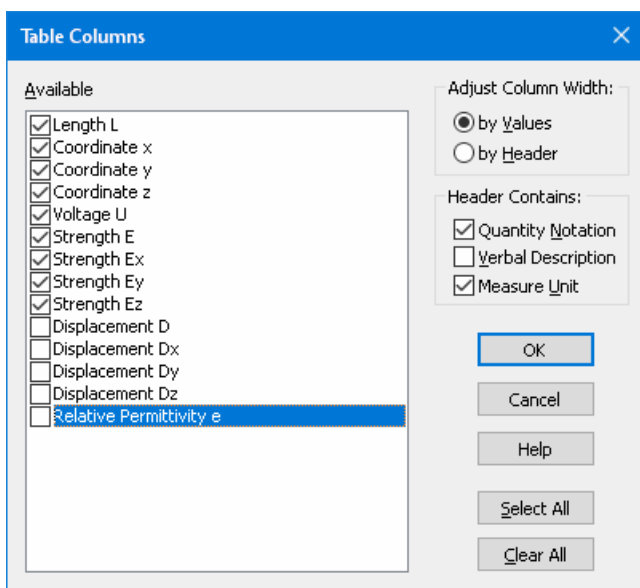
QuickField は、テーブル内で現在選択されたコンター条件にしたがって、ポイント・フィールド・データを表示することができます。新しいテーブル・ウィンドウをオープンするには、フィールド・ピクチャー・ウィンドウの **View** メニューかコンテキスト・メニュー中から **Table** を選んでください。

テーブルでは以下の操作が可能です。

- 表示された解析値リストの任意の行を選択し、**View** またはコンテキスト・メニュー中の **Columns** を選んでください。
- コンターに分布する解析値に関するポイント範囲を選択するには、**View** またはコンテキスト・メニュー中の **Rows** を選んでください。
- コンターの先頭からの距離を指定し、その行を挿入するには、**Edit** またはコンテキスト・メニューの **Insert** を選択してください。
- ウィンドウズ・クリップボードに列のセットあるいは全体のテーブルをコピーすると、カラム・ヘッダーもコピーされます。ヘッダーのみをコピーするには、ヘッダー上でマウスの右ボタンをクリックし、コンテキスト・メニューから **Copy Header** を選択してください。

テーブル・カラム (Columns)

表示テーブル・カラムのセットあるいはそれらのヘッダー項目を変更するには、テーブル・ウィンドウの **View** メニューあるいはコンテキスト・メニューから **Columns** を選択してください。スクリーンには次のような **Table Columns** ダイアログボックスがオープンします。



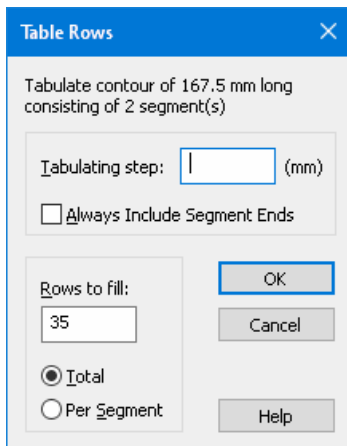
ダイアログボックスの左部分は、すべてのカラム・リストを含んでいます。リスト中のチェックボックスをマークするか解除することによって、表示カラムのセットを選択します。**Select All** ボタンをクリックすると、すべてが選択され、**Clear All** ボタンをクリックすると、すべてのチェックボックスが解除されます。

Header Contains のチェックボックスはテーブル・ヘッダーのカラム表示状態を定義します。**Adjust Columns Width** ラジオボタンはそのデータ幅あるいはそのヘッダー幅に基づくカラム幅の選択を可能にします。

QuickField は、すべてのカラムに直ちにそれらの設定を適用します。1つのカラムの幅を変更するには、テーブル・ヘッダー中のカラムの右側境界をドラッグしてください。

テーブル・ロウ (Rows)

コンター上のポイント計算値をテーブルに表示するには、テーブル・ウィンドウの **View** メニューあるいはコンテキスト・メニューから **Rows** を選択します。すると、**Table Rows** ダイアログボックスがオープンします。



このダイアログボックスは、コンターを作表するための2つの方法を提供します。それはコンター・ポイント間の固定ステップを指定するか、あるいは表示行数を指定する方法です。

固定ステップを使用するには、**Tabulating Step** において、そのステップ長を入力します。

Always Include Segment Ends をチェックすると、すべてのセグメントのテーブルにコンター・セグメントの終了ステップを加えます。**Tabulating Step** に値を入力すると、**Rows to Fill** にステップ総数が表示されます。

Rows to Fill に行数を入力すると、全テーブル中の行数あるいは、このフィールド下方のラジオボタン(**Total/Per Segment**)の設定に従ったコンター・セグメント行数と解釈されます。

コンターのテーブル作表は、最後に設定したダイアログ・アイテムのデータを使用します。

ウィンドウ・コンテキスト・メニューを使用した手動による行の追加や削除および自動的なコンターのテーブル作表処理を組み合わせることができます。

テーブルと時間 (Tables、Time) のプロット

QuickFieldは、時間依存データを分析するいくつかの方法を提供し、次のようなことが可能です。

- 任意の選択時間瞬間のフィールド図をプロットします。
- 時間プロットとして、フィールド量と時間の関係をプロットします。
- 指定ポイントのフィールド量と時間の関係のテーブルを表示します。
- コンターと時間に関する任意の積分量のテーブルを表示します。
- 指定時間で変化するフィールド図のアニメーションを表示します。

時間プロット (Time Plot)

非定常問題では、時間依存のフィールド量と時間の関係をプロットする手段を提供します。指定ポイントでローカル電場値のプロット、コンター上の積分値のプロットなどの表示ができます。

ローカル電場値のプロットは、同時にいくつかのフィールド・ポイントのカーブを示すことができます。そのプロットは、同一測定単位を持ついくつかの物理的量のカーブとして示すことができます。ケースに、測定単位が異なる場合(温度、温度勾配、熱流など)、同一測定単位を持つグループの物理的量をとして、表示することができます。

積分値のプロットでは、対象の物理量やベクトル量をその絶対値のカーブのグラフとして表示することができます。

新しい時間プロットを作成するには、**View**または、コンテキスト・メニューから、中の**Time Plot** を選択してください。プロットするフィールド値は、クリックした最後のポイントに相当します。クリック値は、フィールド・ピクチャー・ウィンドウ内および**Calculator Window**内のものです。


最後のクリックが、**Integral Calculator**である場合、時間プロットはクリックされた統積分量を表示します。

そのプロットは、一度に1つの量を表示します。また、プロットは時間に対するクリックされたポイントのローカル値を表示します。ポイントがクリックされていない場合やクリックした最後のポイントのフィールド値が認識できない場合、QuickFieldは空の時間プロット・ウィンドウを表示します。

同時にプロット上に複数のポイントのカーブを表示するには、すべてをクリック後に一つずつ**Time Plot** コマンドを起動するか、ポイント座標を指定するため、**Time Plot**ウィンドウから**View / Time Plot Curves**を起動し、対象の座標を入力し、**Add**をクリックしてください。

また、フィールド・ピクチャー・ウィンドウのコンテキスト・メニューから**Time Plot**コマンドを起動することができます。**Time Plot Curves** コマンドや**Time Plot**ウィンドウのコンテキスト・メニューからも実行することができます。コンテキスト・メニューでは、容易にローカル値のそれぞれのグループ間で表示する時間プロットを切り替え、ローカル値や積分値をプロットする方法を提供します。

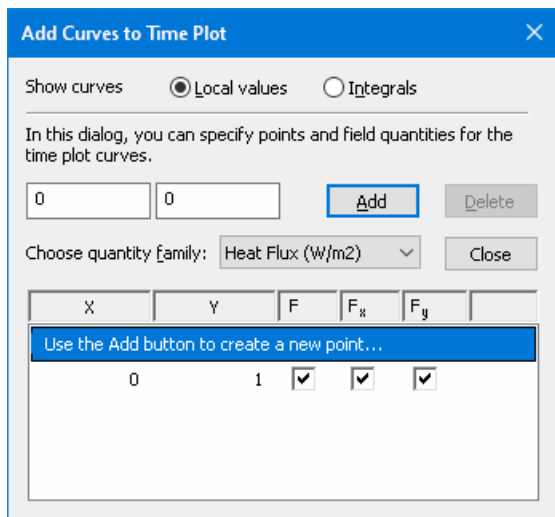
時間プロット・ビューでは次のことができます。

- 物理値のグループとして表示されたカーブのセットを定義します。それを行なうには、**View**またはコンテキスト・メニューから、**Time Plot Curves**を選択してください。
- ツールバー・ボタン () でプロットのズーム操作ができます。
- 物理量とカーブの凡例を表示します。
- **Edit / Copy Picture**によって、クリップボードに図をコピーしたり、**File / Save As**でファイルに保存したりすることができます。

時間プロット・カーブ

時間プロット・ウィンドウでは、複数のポイントのカーブを表示することができます。また、各ポイントの温度、温度勾配、熱流などを組み合わせたカーブ表示が可能です。

新しいポイントを追加するには、リストの第1列をクリックし、ボックス中で座標を上に入力し、**Add** ボタンをクリックしてください。リストのポイントを選ぶ場合、その座標を変更したり、カーブ関係のスイッチとして使用したりすることができます。



Choose Quantity Family ダウンリストを選択し、表示されたカーブ・ファミリーを切り替えることが可能です。時間プロット・ウィンドウの **View** メニューかコンテキスト・メニューから **Time Plot Curves** コマンドをクリックすると時間プロット・カーブ・ダイアログがオープンします。

新しいポイントを追加するには、テーブル内の先頭行をクリックし、その座標値ボックスを入力するために **Add** ボタンをクリックします。また、リスト中のポイント・データ行を選択し、その座標値を変更し、そのカーブのスイッチを切り替えることができます。

Time Dependencies テーブル

指定したポイントに関する時間のフィールド量は、その時間テーブルにおいてすべてを表示することができます。そのテーブルをオープンするには、**View** メニューあるいはコンテキスト・メニューから **Time Table** コマンドを選択します。

	G (K/m)	Gx (K/m)	Gy (K/m)	F (W/m2)	
100	49.9277	10527.9	0.120708	-10527.9	1579.18
200	48.0777	8229.63	0.14715	-8229.63	1234.44
300	46.5865	6371.99	0.158486	-6371.99	955.798
400	45.3601	5099.37	0.157846	-5099.37	764.906
500	44.3224	4144.45	0.150751	-4144.45	621.668
600	43.4197	3427.11	0.141232	-3427.11	514.066

テーブル・ウィンドウの上部左隅のドロップダウンリスト・ボックスはローカル量または、積分量の選択を可能にします。ウィンドウのデフォルト・モードは、そのコンターが定義されているかどうかによって依存します。コンターが存在しない場合はローカルの量を表示します。(Local valuesモード)

コンターが存在する場合は、現在のコンター上のの積分量を表示します。（**Integrals**モード）

ローカル値では、ポイント座標を変更することができます。デフォルトでは、それぞれの座標は0です。座標を変更し、それ適用するには、**OK**をクリックします。

テーブル・ウィンドウの主な操作

- クリップボードに全テーブルあるいは選択された列をコピーします。
- それをするには、希望の列を選択し、**Edit**かコンテキスト・メニューでコピー(**CTRL+C**)を選んでください。
- **Microsoft Excel**のような別のアプリケーションに選択された列をドラッグすることができます。
- テーブルの列のすべてが選択されている場合、テーブル・ヘッダーもコピーされます。テーブルの列をすべて選択するには、**Edit**かコンテキスト・メニューから、**Select All** (**CTRL+A**) を選択します。
- テキストファイル中で全テーブルを保存することができます。それには、**File / Save As** を選択します。

凡例表示コントロール

カラーマップ用の凡例は、それぞれのカーブと量の **X-Y** プロットに関する色と数値の関係を示します。

フィールド・ピクチャー・ウィンドウおよび **X-Y** プロット・ウィンドウの **View** あるいは、コンテキスト・メニューから **Legend** をクリックすると、凡例表示のスイッチが切り替わります。

粒子軌道

理論的背景

電場問題において、電場の電荷粒子の軌道を計算し、表示することができます。それには、**View** メニューから **Particle Trajectory** を選択してください。

軌道の計算は、次のデータを使用します。

- 電場の計算
- 粒子の属性：容量、質量、初速あるいはエネルギー、即ち、初速は計算平面の外部です。
- エミッタ属性：座標(すべてのビーム軌道の出発点)、初速と水平軸との角度の範囲およびビーム中の軌道総数

観察可能な計算結果

- 計算平面上のビーム軌道の方向
- すべての軌道ポイントのキネマティック（動力学）パラメータ
- 速度
- 加速度
- 軌道時間、および任意軌道ポイントへの到達時間

粒子軌道の計算は、次のような仮定に基づきます。

- 相対的結果ではありません。
- 任意の有限要素内部の電場フィールドは、座標に比例し、線形です。
- ビーム空間粒子フィールドは、運動方程式上では無視することができます。（「極小流」と見なします。）
- 特殊なエミッタの物理的な特徴は、無視することができ、その結果、ビーム粒子はすべて同一出発点および運動エネルギーとすることができます。

これらの仮定によって、ニュートンの微分方程式に基づく 2次元電場フィールド $\vec{E}(x, y)$ での粒子軌道 $(x(t), y(t), z(t))$ を記述することができます。

$$\begin{cases} \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{q}{m} E_x(x, y) \\ \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{q}{m} E_y(x, y) \\ \frac{d^2z}{dt^2} = 0 \end{cases}$$

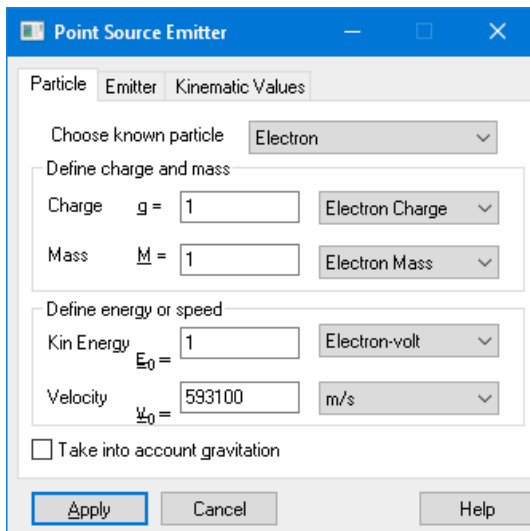
QuickField は、この 3元 2次方程式を 6つの方程式に展開し、次のような方程式を追加しました。

$$\frac{dl}{dt} = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2}$$

時間 t における粒子軌道の長さは、 $l(t)$ で定義されます。そして、積分ステップの自動定義のために、**Runge-Kutta-Merson** 法を使用します。数値積分法は、有限要素境界の直前で止り、外部要素へ引き継がれます。要素中の最終ポイントでは、時間に関するテーラー級数に基づく立方セグメントを伴う軌道を推定し、**Tartaglia-Cardano** の公式を使用して、その方程式を解析します。また、方程式の次数の減少あるいは、0 フィールドを考慮します。

粒子軌道の計算

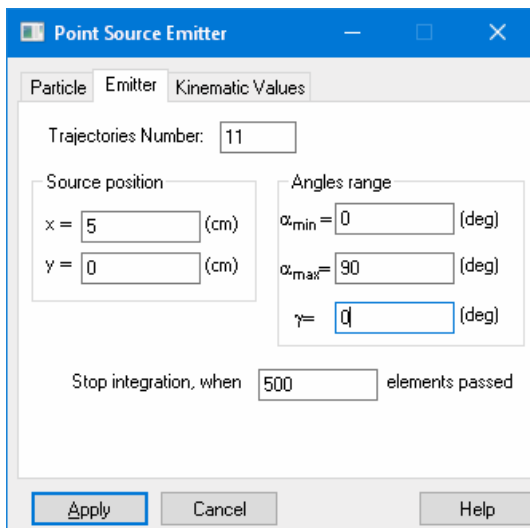
ポストプロセス・ウィンドウにおいて、**View** メニューから **Particle Trajectory** を選択すると、粒子特性に基づく計算結果を確認することができます。



ダイアログ・ウィンドウの **Apply** ボタンをクリックすると、ダイアログ・フィールドに入力された特性値が有効になります。

Particle ダイアログ・ページは、リストから粒子タイプを選択するか、その電荷と質量を手動で定義することができます。また、粒子の速度あるいは、初期運動エネルギーの絶対値を定義する可能性を提供します。

次のタブ **Emitter** (エミッタ) は、ポイント・エミッタのパラメータを指定します。



Number of Trajectories (軌道の数) は、ビームの軌道総数を定義します。少なからず多目の軌道数を指定し、計算を行います。

Source position (ソース位置) には、ポイント・エミッタの座標を定義します。その座標に手動で入力するか、あるいはフィールドが示すウィンドウ内部の必要なポイントをクリックすることができます。

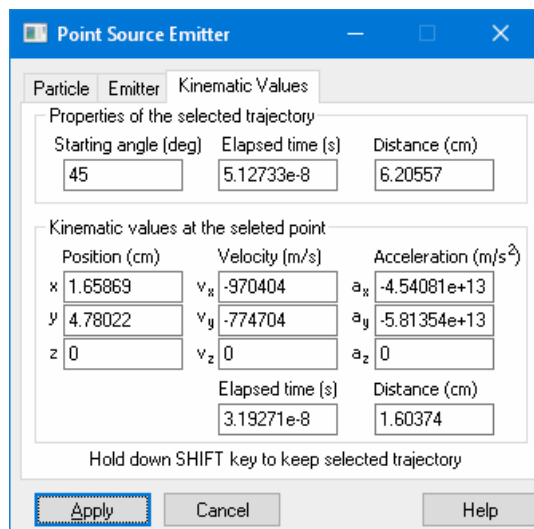
Angles range (角度範囲) には、初速度ベクトルと水平軸との角度範囲を定義します。QuickField は初速度ベクトルとモデル平面との角度がビーム中のすべての粒子に対して同一であると仮定します。

Stop iteration when NNNN elements passed に入力された値は、粒子がその飛行間に入力する有限要素数を制限します。この制限は閉じた軌道の無限ループを回避するために使用します。

Apply ボタンをクリックするか、フィールド・ピクチャー・ウィンドウ内の任意のポイントをクリックすると、QuickField は軌道を再計算し、描画を更新します。

Kinematic Values (キネマティック値) タブは、粒子の移動運動特性を計算します。それはスクリーン上 (カーソル位置) に表示された軌道と関係する値を示します。この際、**SHIFT** キーを押しながらマウス・カーソルを移動すれば、軌道の表示を固定することができます。

Test Page タブでは、現在の軌道ポイント (スクリーン上の十字記号位置) での粒子の速度および加速度と共に軌道の長さおよび飛行時間の合計を示します。現在のポイントはカーソル位置に従います。



The screenshot shows a software dialog box titled "Point Source Emitter" with three tabs: "Particle", "Emitter", and "Kinematic Values". The "Kinematic Values" tab is active. It contains two main sections of input fields:

- Properties of the selected trajectory:**
 - Starting angle (deg): 45
 - Elapsed time (s): 5.12733e-8
 - Distance (cm): 6.20557
- Kinematic values at the selected point:**
 - Position (cm): x=1.65869, y=4.78022, z=0
 - Velocity (m/s): v_x=-970404, v_y=-774704, v_z=0
 - Acceleration (m/s²): a_x=-4.54081e+13, a_y=-5.81354e+13, a_z=0
 - Elapsed time (s): 3.19271e-8
 - Distance (cm): 1.60374

At the bottom, there is a note: "Hold down SHIFT key to keep selected trajectory". Below the note are three buttons: "Apply" (highlighted with a red dashed border), "Cancel", and "Help".

フィールド計算結果のエクスポート

QuickField によるフィールド計算結果の分析機能に加えて、他のプログラムによって分析するためにそれらを出力することが可能です。

その出力結果は、次のように応用することができます。

- フィールド図、プロット、テーブル、回路図表、プロット凡例などのプリント
- クリップボードへのコピー
- マウスのドラッグ操作による、テーブル内の選択ライン、フィールド・カルキュレータ、電気回路コンポーネント・リストの他のアプリケーションへの出力
- 任意のコンター・フィールド分布（テーブル・データのコンターに関する物理的パラメータ分布）のテキストファイルへの保存、あるいはプリント
- モデル全体のフィールド分布のエクスポート

ポストプロセッサ画像のプリント

ウィンドウにモデルを任意のフォーマットや大きさで表示し、そのまま直接ローカルあるいはネットワークプリンタへのそのフィールド画像や X-Y プロットをプリントすることができます。

- 画像をプリントするには、**File** メニューの **Print** をクリックします。事前に、プリンタを選択する場合や用紙サイズおよび方向をセットアップするオプションを使用することができます。
- プリント・プレビューは、**File** メニューの **Print Preview** をクリックすることによって、予め、プリンタに画像がどのようにプリントされるかを確認することができます。

ポストプロセッサ画像のコピー

任意の文書処理またはデスクトップ・パブリッシングなどのユーティリティに画像を渡し、論文や報告書の作成するために、ウィンドウに表示されているフィールド画像あるいは X-Y プロットをクリップボードにコピーすることができます。

- 画像をコピーするには、**Edit** メニューの **Copy Picture** をクリックするか、あるいは **CTRL+INS** を押しします。
- そして、アプリケーション上に画像をペーストするために、**Edit** メニューの **Paste** をクリックするか、**SHIFT+INS** を押しします。

ファイルへのエクスポート

QuickField の問題解析結果を他のアプリケーションの入力データとして使用する場合には、テキストまたはバイナリ・フォーマットによるファイルへのエクスポートが可能です。このオプションは、**File** メニューの **Field Export** コマンドによって実行されます。

フィールド・エクスポート・ウィザード 2 つの出力方法を提供します。

計算結果上の任意の長方形領域でのメッシュ節点のフィールド・パラメータをエクスポートします。

三角形有限要素の各節点のフィールド値と共に有限要素メッシュがエクスポートされます。

長方形領域のエクスポート

この方法は出力ファイルのフォーマットやサイズをコントロールするために使用されます。フィールド・エクスポート・ウィザードの 2 ページ目ではグリッド・サイズおよびそれぞれの縦横軸座標を設定し、このグリッド内のすべての節点に関する物理パラメータのリストを作成します。オプションのファイル・ヘッダー・

ストリングはファイル・サイズを定義します。これは他のアプリケーションからこのファイルを読むことを単純化します。それぞれの設定は計算領域の形状（穴など存在）に応じてエクスポート処理に影響します。

エクスポートウィザードの3ページ目では出力ファイル・オプション（名前と場所）を設定します。

有限要素メッシュ節点のエクスポート

QuickField と共に利用するプログラムが有限要素データを応用する場合、有限要素メッシュと共にフィールド・パラメータを出力ファイルに含めることは有効です。

その出力ファイルの幾何学モデル（有限要素メッシュ）および計算結果の情報および出力ファイル・フォーマットの詳細については、ヘルプに記述されます。

QuickField 出力ファイルを MATLAB® にインポートするためのユーティリティなどは、Tera Analysis 社サポート・サイト www.quickfield.com に紹介されています。

その他の解析機能

計算結果を評価するためのいくつかのツールが Add-in オプションとして提供されています。その詳細については、「Add-in」の章を参照してください。

コンター・ハーモニック解析のフィールド分布

コンターに関する物理的パラメータの分布をフーリエ級数解析によって分析することができます。これは解析結果ウィンドウのコンターに関する分布の周期性（一周期、半周期）を評価するために使用されます。

その計算結果は、それぞれの問題タイプに関する物理的パラメータのハーモニック分布の振幅と位相です。結果は表わすベクトル図、初期曲線、ハーモニック関数の選択数による近似曲線として表示されます。

ハーモニック解析は、コンターがフィールド・ビュー・ウィンドウにおいてコンターを定義した後、View メニューの **Harmonic Analysis** コマンドによって呼ばれます。

ハーモニック解析アドインに関する詳細については、アドイン(Add-in) ヘルプを参考にしてください。

導体系に関するキャパシタンス・マトリックス計算

複数の導体を備える系では、その相互作用はそれぞれの自己／相互のキャパシタンス・マトリックスによって示されます。

各導体の容量は次式によって、自己と他の導体とのポテンシャル間の関係を表現します。

$$q_1 = b_{11} \cdot U_1 + b_{12} \cdot U_2 + \dots + b_{1n} \cdot U_n$$

$$q_2 = b_{21} \cdot U_1 + b_{22} \cdot U_2 + \dots + b_{2n} \cdot U_n \quad (1)$$

.....

$$q_n = b_{n1} \cdot U_1 + b_{n2} \cdot U_2 + \dots + b_{nn} \cdot U_n,$$

ここで、

q_1, q_2, \dots, q_n : 導体電荷容量

U_1, U_2, \dots, U_n : 導体ポテンシャル

b_{ij} : 静電誘導係数あるいはグラウンド間のキャパシタンス (キャパシタンスの次元を持つ)

各導体間は特定のキャパシタンスを備えたキャパシタ (コンデンサー) によって表わされた導体系をそれらの等価回路に置き換えることがしばしば必要になります。導体容量が導体と他の導体間、アース間などの電位差によって表現される場合には、この系は式(2)によって表現されます。

$$\begin{aligned}q_1 &= c_{11} \cdot (U_1 - 0) + c_{12} \cdot (U_1 - U_2) + \dots + c_{1n} \cdot (U_1 - U_n) \\q_2 &= c_{21} \cdot (U_2 - U_1) + c_{22} \cdot (U_2 - 0) + \dots + c_{2n} \cdot (U_2 - U_n) \\&\dots \\q_n &= c_{n1} \cdot (U_n - U_1) + c_{n2} \cdot (U_n - U_2) + \dots + c_{nn} \cdot (U_n - 0)\end{aligned}\tag{2}$$

この式(2)において、 C_{ij} 係数が常に正ならば、等価回路のキャパシタンスとして解釈を容易にします。 C_{ii} 係数は自己ポテンシャル (自己キャパシタンス) によって生じる導体容量の寄与係数に相当します。 i と j が異なる係数 C_{ij} は、導体 i と導体 j 間の電位差によって生じる導体 i の容量に相当し、それは電極 i と j によって形成されたキャパシタのキャパシタンスと等価です。それらはパーシャル (部分的) キャパシタンスと呼ばれます。

各マトリックスは対称です。即ち、 $c_{ij}=c_{ji}$

導体系の自己および相互のパーシャルの計算方法は静電界エネルギーに基づきます。

$$W = 1/2 \cdot (q_1 \cdot U_1 + q_2 \cdot U_2 + \dots + q_n \cdot U_n)\tag{3}$$

これをポテンシャルによって表わすことにより、式(3)からの導体容量を排除するために式(1)を使用します。

$$\begin{aligned}W &= 1/2 \cdot (\\ &U_1 \cdot (b_{11} \cdot U_1 + b_{12} \cdot U_2 + \dots + b_{1n} \cdot U_n) + \\ &U_2 \cdot (b_{21} \cdot U_1 + b_{22} \cdot U_2 + \dots + b_{2n} \cdot U_n) + \\ &\dots \\ &U_n \cdot (b_{n1} \cdot U_1 + b_{n2} \cdot U_2 + \dots + b_{nn} \cdot U_n))\end{aligned}$$

また、係数 b_{ji} は次の方法によって見出せます。試験的ポテンシャル(100V) が導体の 1 つのみに適用され、その他はアース接続 (ゼロ電位の適用) される場合のような n 個の直列問題を扱います。この場合の電界エネルギーは次のように表わされます。

$$W_i = 1/2 \cdot b_{ii} \cdot U_i^2$$

ここで、静電誘導係数を推定することができます。

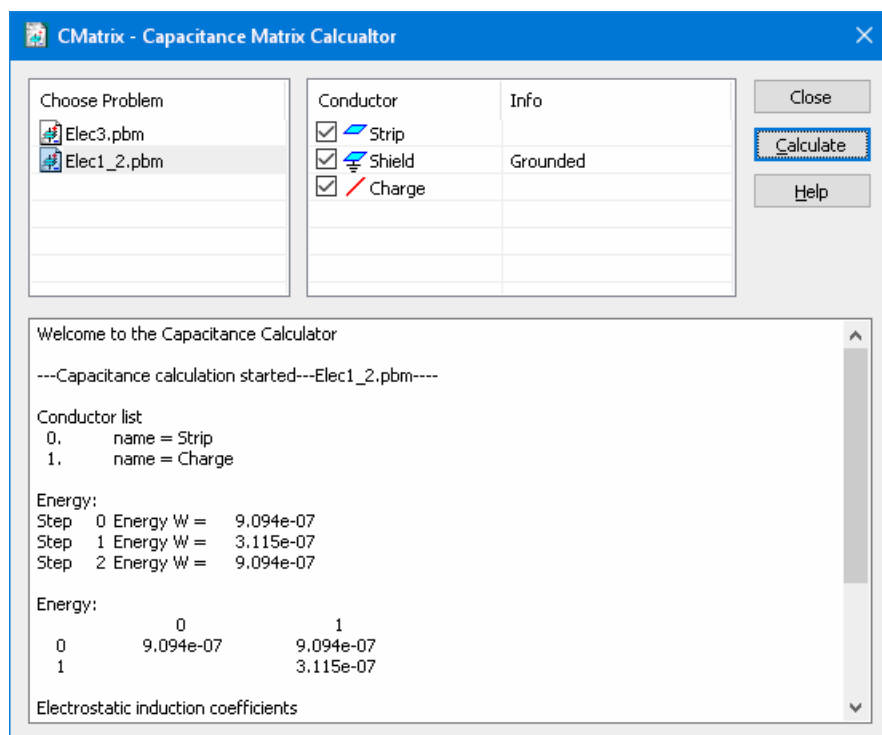
このような試験的ポテンシャルが各導体(i, j)間に適用され、その他のすべての導体はアース接続されている場合の問題を解析すべきです。そのエネルギー方程式を次に示します。

$$W_{ij} = b_{ij} \cdot U_i \cdot U_j$$

この問題数としては、 $n \cdot (n-1)/2$ に達します。

したがって、 n 個の導体系静電誘導係数 b_{ij} のマトリックスを決定するには、 $n \cdot (n+1) / 2$ の問題を解析し、各解析において総電界エネルギーの計算を必要とします。その誘導係数 b_{ij} に基づくパーシャル・キャパシタンス C_{ij} の計算は単純です。

Tools メニューの **Capacitance Matrix** コマンドによってキャパシタンス・マトリックス計算のアドインをスタートすることができます。QuickField において、静電(electrostatic) 問題が実行されている場合、キャパシタンス・カルキュレータ・ウィンドウも表示されます。そのウィンドウの上部を次に示します。



左側の問題リストから対象の問題を選択します。右側の導体リストには電極としてのエッジ、頂点のラベルを示します。各ラベルのアイコンは電極（エッジ、頂点）の幾何学特性を表わします。

Info (情報) カラムでのマウス・クリックによって導体のアース接続を設定することができます。パーシャル・キャパシタンスはゼロ電位を持つアース接続された導体では計算されません。

導体は対応するラベルの左側シンボルのマウス・クリックによって計算から除外することも可能です。除外された導体はキャパシタンス・マトリックスの計算から除外されます。ただし、アース接続された導体と異なり、ゼロ電位はそれらに割り当てられません。

導体リストを設定し、**Calculate** ボタンをクリックすると、計算がスタートします。

導体リストには結果ウィンドウで割り当てられた導体を示します。

特定の問題ではエネルギー計算結果として、最初に、それぞれのコラム、対角マトリックスの上部などが表示されます。

静電誘導係数マトリックス表示の次に、自己と相互のパーシャル・キャパシタンスに関するマトリックスを表示されます。その導体番号とラベルに対応する導体を見つけるためにも導体リストを使用してください。

結果ウィンドウのテキストはクリップボードにコピー (CTRL+C あるいはコンテキスト・メニューの **Copy** コマンドによって) することができます。

第 9 章

3D 問題

イントロダクション

このセクションは、QuickField の 3 次元解析に関する詳細な情報を含んでいます。3D 問題の多くのワークフローや技術は、従来の 2D 解析をベースにしています。未だ、QuickField によるフィールド解析に必要な材料特性、境界条件、フィールド・ソース、幾何学的ラベル、幾何学空間に十分に精通していない場合には、本マニュアルの 2、3、4、5 の各章を参照するか、www.quickfield.com オンラインサイトから、関連する教育用資料およびビデオ、サンプル、ドキュメントの閲覧を推奨します。

QuickField は、20 年以上に渡って電磁場解析、熱伝導解析、応力解析などをサポートする 2D シミュレーション解析ツールとして知られています。エンジニアや研究者は、2D シミュレーション解析結果を迅速に評価し、解析モデルの臨界点を推定するために使用されます。また、3D 解析は、より詳細なフィールド分布やモデル・パラメータの近似計算に積算です。そのため、QuickField6.0 は、従来の 2D モデル生成プロセスに 3D Extrusion（押し出し）機能が追加され、QuickField による 3D FEA シミュレーションのマイルストーンとしてリリースされた 3D フィールド解析アプリケーションです。QuickField 6.1 の 3D ワークでは、多くの CAD プログラムでサポートされている STEP フォーマットの幾何学データをインポートし、引き伸ばし操作による 3D モデル生成処理を利用することが可能です。但し、QuickField 6.1/6.2/6.3 では、3D 解析として、Electrostatic、DC conduction、Steady state heat transfer がサポートされます。

一般に、3D モデルの定義と解析のワークフローも 2D 解析と同様の以下のようなステップで行われます。

- QuickField 問題を選択し、モデル・タイプ 3D Extrusion（押し出し）あるいは 3D Import（インポート）を割り当てます。
- モデル・Class 3D Extrusion では、最初にモデル・エディタの XY 平面に幾何学データを示し、そのすべての平面オブジェクトに高さを指定します。
- あるいは
- 3D CAD ソフトウェアによってエクスポートされた STEP ファイル（ISO 10303）をモデル・Class 3D 幾何学情報としてインポートします。
- 四面体有限要素メッシュを自動または手動で構築します。
- すべての幾何学オブジェクト（ボディ、フェイス、エッジ、頂点：bodies, faces, edges, vertices）にテキスト・ラベルを割り当てます。
- すべてのラベル付されたオブジェクトに物理性質、境界条件およびフィールド・ソースを定義します。
- 自動解析手続きをスタートします。
- 解析が正常に終了したならば、3D ポストプロセッサから解析対象の 3D フィールド・プレゼンテーションの選択し、ローカル結果を求め、積分パラメータなどを計算することが可能です。

3D モデルは、多様な物理特性を持つボディと周囲空間で構成されます。2D モデルと同様に 3D モデルにおいてもボディと空間には境界条件が存在します。オープン問題（境界条件のない場合）では、人計算上必要な境界はモデル・オブジェクトから十分な距離をとって作成されるべきです。

押し出し成形による 3D モデル作成

Class 3D Extrusion の 3D モデルは XY 平面の 2D スケッチに基づきます。このスケッチは平行平面の QuickField 問題の幾何学モデルと同じです。通常、それは QuickField モデル・エディタで作成されるかもしれませんが。3D 生成のための 2D スケッチ・モデルは既存の 2D 平行平面モデルを使用することができます。

QuickField は属性（level）を使用し、Z 軸に沿って平面オブジェクトを押し出すことにより平面の XY スケッチを 3D モデルに変換します。平面頂点の押し出しは垂直エッジを作成します。平面エッジの押し出しは、円筒状平面サーフェイスを作成し、それは XY 平面に直角になります。平面ブロックの押し出しは、XY 平面に垂直な法線を備えたシリンダとして形成される 3D ボディを作成します。

個別の 2D スケッチ・オブジェクト（頂点、エッジ、ブロック）は、上下（正負）の押し出し操作を繰り返し、異なるレベルの階層構造を作成することができます。2D の場合と同様に、各 3D にラベルが割り当てられ、そのラベルはすべての 3D ボディに必要になります。3D サーフェイスは対象のオブジェクトが境界条件（例えば、電位）あるいはフィールドソース（電荷）を持つ場合、エッジや頂点のラベルが使用されます。各オブジェクトに論理上の同一ラベルを割り当てることにより、単純な積層幾何学モデルを定義することも可能です。

CAD データのインポートによる 3D モデル作成

3D 問題では、インポート・モデル・Class 3D モデルは、CAD プログラムによって作成された STEP フォーマット・ファイル（ISO 10303 互換プロダクトモデル・データ）からインポートされます。一般に、その幾何学モデルは標準のファイル名拡張子.m3d を持っています。QuickField モデルの初期幾何学データは、STEP ファイルからインポートされるまでは空です。

QuickField 3D 幾何学データのインポート処理ではいくつかの制限があります。インポートされる幾何学モデルは 1 つのボディのみです。STEP ファイルがいくつかのボディを含む場合、第 1 のものだけがインポートされるでしょう。

3D Import 幾何学データを備えた QuickField 問題の 3D モデル処理をスタートします。通常、その問題セットアップでは、拡張子.m3d の幾何学ファイル名を選択することを要求します。Problem ツリーのファイル名上をダブルクリックすると、3D ビューのモデル・エディタ・ウィンドウが開きます。次に、3D モデル・エディタ・ツールバーの Import STEP ボタンをクリックし、STEP ファイル（通常、拡張子.step または.stp）を選択し、Open ボタンをクリックします。

必要に応じて、インポートされた幾何学オブジェクトはバックグラウンド領域によって格納されるかもしれません。バックグラウンド領域は計算スペース、境界条件を制限するためにしばしば使用されます。その座標軸上に長方形のボックスが定義され、そのボックスの寸法は既定のギャップを備えたすべての幾何学オブジェクトのまわりに自動的に割り当てられます。そのギャップは最大モデル・サイズのパーセントとしてユーザーによって定義されます。

2D と 3D の問題

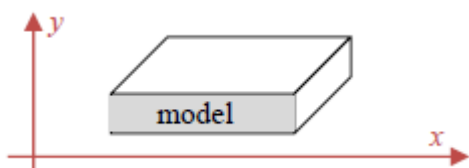
平面平行（Plane-parallel）、軸対称（axisymmetric）、3Dモデルの選択は、QuickFieldの問題特性（Problem properties）のモデル・クラス（Model class）の選択により行なわれます。

2D 問題

QuickField解析タイプの多くは、2D（平面平行あるいは軸対称）としてモデル化されます。

平面平行問題

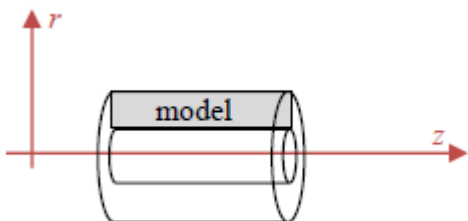
平面平行の近似化（Plane-parallel approximation）は、幾何学形状、境界条件、フィールド・ソース、材料特性および計算フィールド値は、XY座標に依存しますが、Z座標は考慮されません。



軸対称問題

軸対称の近似化（Axisymmetric approximation）は、幾何学、境界条件、フィールド・ソース、材料特性お

よび計算フィールド値は、ZとRの座標に依存しますが、角度座標 θ は考慮されません。



それは、回転軸X上に置かれた半断面を意味し、その回転座標は同一（角度座標 θ は一定=0）です。

スクリーン平面では、モデルの軸断面の上部半分を用いて定義されます。

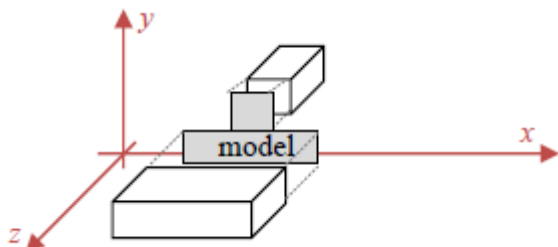
3D 問題

QuickField 6.0 バージョンから 3D 解析がサポートされました。QuickField 6.3 においては、Electrostatic, DC conduction, Steady state heat transfer などの解析がサポートされます。

3D 問題では、モデル幾何学データ、材料特性、フィールド・ソースおよび境界条件は、すべての 3D 空間座標 X、Y、Z に関係します。

QuickField では、3D 幾何学データは次のいずれかの方法で構築されます。

- Z 方向へ水平 XY 幾何学データの押し出しオブジェクトの生成：個々の平面のオブジェクトは指定の高さの繰り返し押し出しによって作成されるかもしれません。それは複雑な積層状の 3D ボディを作ることが可能にします。



このアプローチは、2D モデルの作成方法を拡張した、3D モデルの作成方法です。

- CAD プログラムによって作成された STEP ファイルから 3D 幾何学をインポートすることが可能です。そのインポート幾何学データは、オブジェクトまわりに指定の距離を持つ長方形ボックスのバックグラウンド・エリアが定義されるかもしれません。

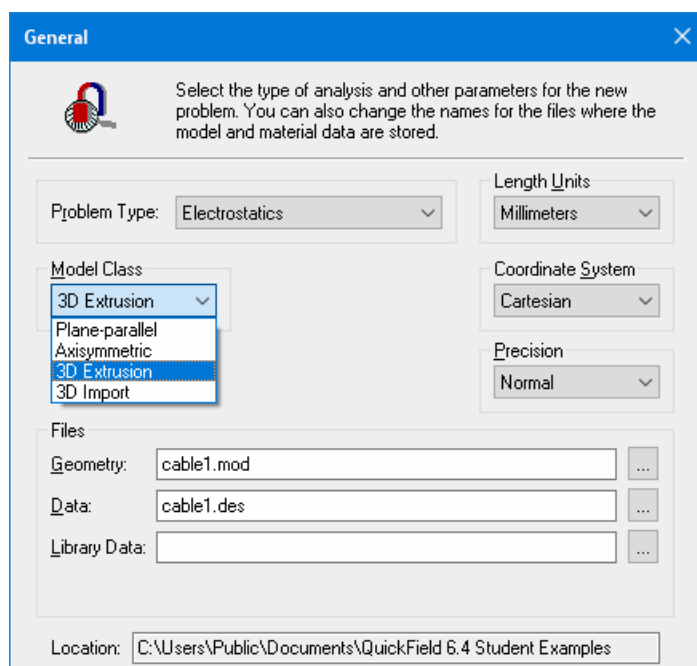
3 次元の幾何学データの作成方法にかかわらず、次のステップでは幾何学オブジェクトにラベルを設定し、3D メッシュを生成します。それはメッシュ密度の割り当てによりコントロールされ、頂点に対する間隔値に依存します。

問題定義 - 3D 機能

2D と 3D の解析のいずれかは問題特性（Problem properties）ウィンドウのモデル・クラス（Model class）を選択することにより行なわれます。3次元解析に関連するクラスは、3D Extrusion および 3D Import インポートです。Class 3D Import が別のモデル・クラスに関する既存の問題に割り当てられる場合、その幾何学情報は失われます。

一方、Class 3D Extrusion が既存の 2D 問題に割り当てられる場合、それは自動的に 3D に変換されます。この場合、QuickField はすべてのブロックに同一レベルの Z 成分を割り当てます。それは 0 および軸の長さ LZ が選ばれます。

3D 機能に必要な唯一のアクションは問題特性ウィンドウのモデル・クラス・リストから、3D Extrusion あるいは 3D Import を選択することです。



3D Extrusion および 3D Import オプションが利用可能なのは Electrostatic, DC conduction, Steady state heat transfer 解析です。

3D サブシステムの幾何学モデル

QuickFieldのモデル・エディタは、有限要素メッシュの問題幾何学データを生成するために使用されます。このドキュメントの読み手は、2D QuickFieldモデルの生成経験を持っていると仮定しています。即ち、頂点やエッジの追加方法、幾何学オブジェクトにラベルを割り当てる方法、スペーシングを使用した有限要素メッシュ密度のコントロール方法などを理解していることなどです。

押し出しによる 3D モデルの形成

QuickField 3Dサブシステム（3Dモデル）の幾何学モデル生成は、2Dモデルと同様のアクションからスタートします。ただし、2Dモデルの場合と比べて、解析プロセスを始める前に次のアクションが必要です。

1. モデルは対応する3D問題にリンクさせるため、そのモデルに関係する3D問題を開いておく必要があります。3D問題が選択されていない場合には、次のステップに進むことはできません。
2. 押し出し（Extrusion）パラメータは各2Dオブジェクトの押し出しのために準備されているべきです。
3. 3Dモデルは、2D問題のZ軸に沿った押し出しによって作成されます。
4. テキスト・ラベルは、特定の物理特性を持つ必要のある生成オブジェクトに割り当てられるべきです。

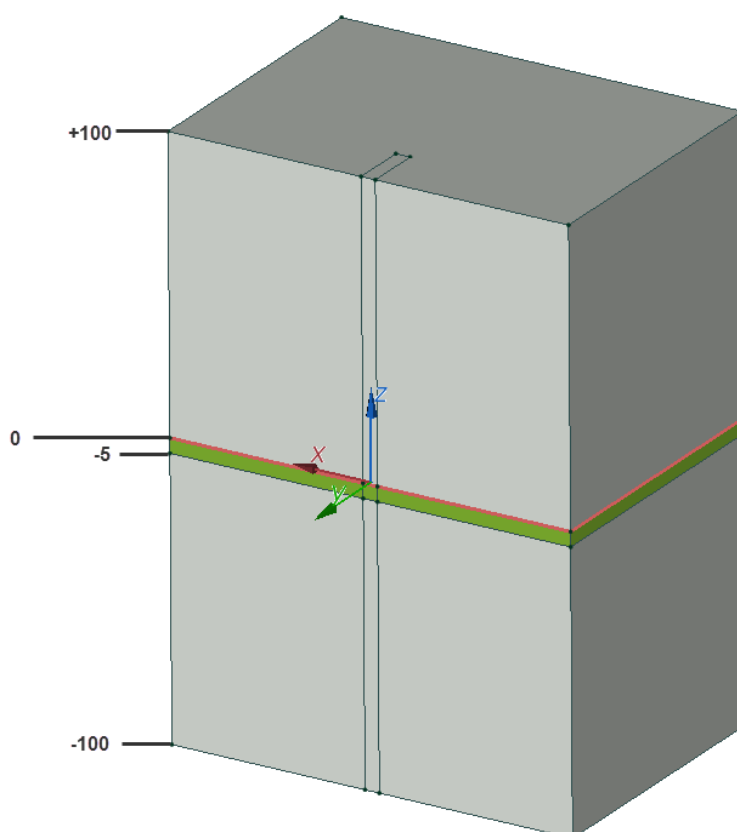
2D モデル・オブジェクトの 3D Extrusion パラメータ

2Dモデル・オブジェクト（ブロック、エッジ、頂点）の垂直成分への押し出しによって、1つあるいはいくつかの3Dモデルのオブジェクトに変換されます。ブロックはボディに変換され、エッジは垂直フェイスに変換され、頂点は垂直エッジに変換されます。

以降において、押し出される2Dオブジェクトをソースと呼びます。3Dオブジェクトのすべての水平断面は、同一2Dソースから押し出された断面と同一になり、そのソースと一致した2Dソース平面へ投影されます。言い換えれば、同一2Dソースから押し出された3Dオブジェクトは、相互に積み重ねられます。また、これらのオブジェクト間の境界の垂直成分はソースと同一です。このExtrusionパラメータが高さのレベルとなり、3D押し出しオブジェクト間の水平成分の位置が決定されます。この高さの定義によって、対応する高さレベルが押し出しソースに割り当てられます。

ソースから押し出された3Dオブジェクト数は、近接した3Dオブジェクト間に空の垂直空間がないため、このソースに割り当てられたレベル数より常に1つ少なくなります。したがって、少なくとも2つの高さレベルが、その3D押し出しを行なうために2Dオブジェクトに割り当てられるべきです。

注意：ある高さレベルは、正 (>0) 寸法の2Dオブジェクト（ブロックまたはエッジ）に割り当てられる場合、その境界のすべての2Dオブジェクトに自動的に割り当てられます。これらの境界オブジェクトのレベル値は、常にオリジナルのオブジェクト・レベル値未満になります。例えば、高さレベル10がエッジに割り当てられる場合、そのエッジ両端の頂点にも同一高さレベル10が割り当てられます。ブロックが高さレベル0の場合、すべての境界エッジと節点には自動的に高さレベル0が割り当てられます。

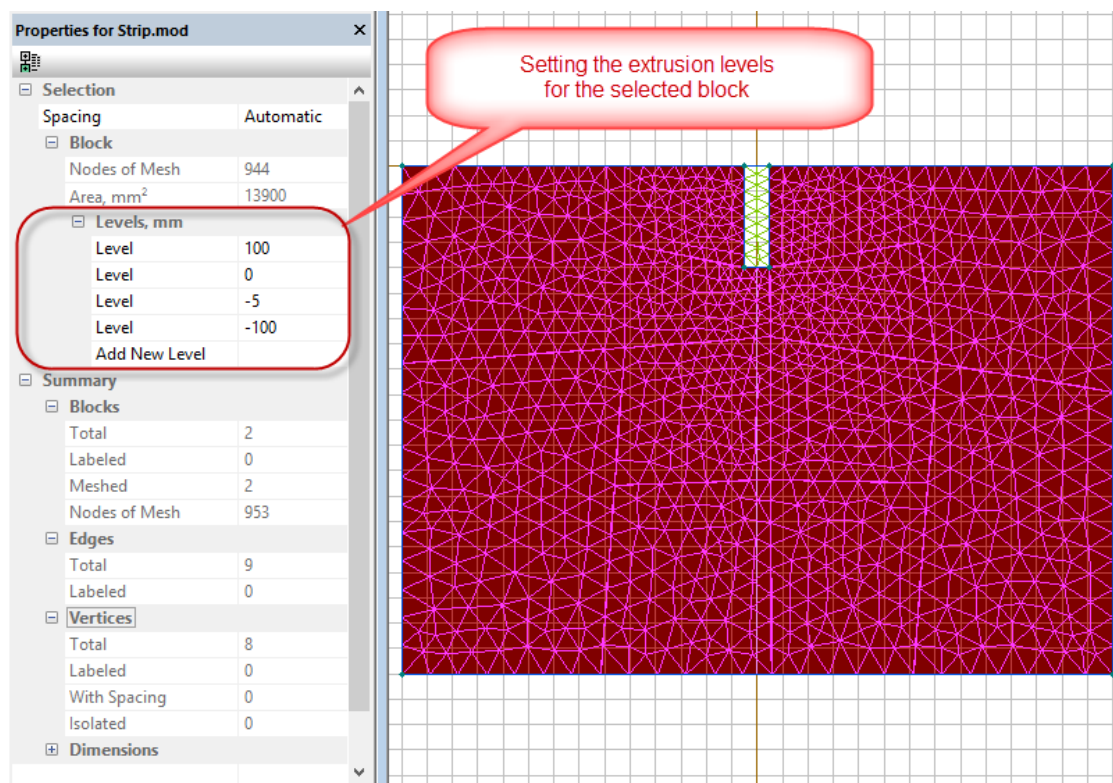


3D Extrusionパラメータの割り当て例

2D モデル・オブジェクトの押し出しパラメータ

Extrusionパラメータを変更するには、幾何学モデル特性ウィンドウがスクリーンに表示します。それが隠れている場合は、それを表示するためにモデル・ウィンドウ内でマウス左ボタンをクリックし、Viewメニューの**Properties**を選択する必要があります。

1つ以上のオブジェクトのExtrusionパラメータを変更するには、それらのオブジェクトを選択する必要があります。モデル特性ウィンドウで、次図のようなグループの**Selection**が、すべてのタイプの選択オブジェクト（頂点、エッジおよびブロック）を示して表示します。そのグループ・レベルは最大寸法を選択オブジェクトの特性に追加されます。グループのLevelsは、すべてのレベルの高さを含み、少なくとも1つの選択オブジェクトに割り当てられ、また補足要素として、**Add New Level**が追加されます。それらのレベルは、常にトップ上の最高値に整えられます。




2Dモデルの選択と3D問題特性ウィンドウ

3つのタイプのアクションがレベル付けで行なわれます。

- **新しいレベルの追加**：新しい高さレベルは、**Add New Level**ラインの右部に入力します。新しい値は、モデル中で設定されているレベルや手動で入力された高さレベルをすべて含むリストから選ぶことができます。新しいレベルは、同一のレベルが指定されていないすべての選択オブジェクトに割り当てられます。
- **現存のレベルの変更**：現在の高さレベルは新しい値と取り替えられます。その新しいレベルは、モデル中で設定されているレベルや手動で入力された高さレベルをすべて含むポップアウト・リストから選ぶことができます。その結果、既に存在する変更前のレベルは、その新しい高さレベルによって、すべての選択されたオブジェクトを変更されます。新しいレベルは、その他のオブジェクトには割り当てられません。新しい値が選択されたオブジェクトのいくつかに既に割り当てられている場合、重複したレベルはそれらの特性から取り除かれます。例えば、あるブロックが、1、2、3の高さレベルである場合、レベル2を3に変更すると、そのブロック特性は、1と3のみのレベルになります。それらのレベルは最高値から最低値の順に並べ替えられ、変更されたレベルは、オリジナルのレベルと異なるレベル・リスト位置に格納されるかもしれません。
- **現存レベルの削除**：レベルを削除するには、その値のフィールドを空にします。その結果、そのレベルは選択されたオブジェクトから取り除かれます。

注意：プロテクトによって、レベルを削除や変更ができない場合があります。これは、より高いレベルが他のオブジェクトに割り当てられている場合に生じます。例えば、あるレベルのエッジやブロックに対して行った削除アクションにおいて、削除されない頂点が存在し、その後、この頂点を含むエッジやブロックの定義によって、そのレベルが頂点に自動的に割り当てられる場合などです。この変更は、すべての隣接する次元（ブロックの次元：2、エッジの次元：1、頂点の次元：0）間の最大次元を持つオブジェクトにのみ作用します。この変更はその全境界へ自動的に拡張されます。例えば、あるレベルがエッジに割り当てられた場合、自動的にその終端の頂点にも割り当てられます。

3D ビューへのスイッチング

高さレベルの設定後、押し出しは、View メニュー中のコマンド 3D を選択するか、 ボタン（モデル・エディタ・ツールバー中の 2D/3D スイッチ）をクリックすることによって実行されます。

押し出しを成功させるには、次の条件が満たしていなければなりません。

- a. 2Dモデルの少なくとも1つのブロックは有限要素メッシュが定義されていなければなりません。また、2つ以上の高さレベルが割り当てられていなければなりません。
- b. 2Dモデルのメッシュが定義されていないブロックには、高さレベルとして、1が割り当てられます。

これらの条件のどちらも満たさない場合はエラーメッセージが表示されます。また、'b'が起きる場合は、その条件を満たさないブロックは強調表示されます。正常に実行される場合には、'a'を満たすブロックから押し出されたボディが生成され、それらの境界のより低い寸法のオブジェクトが3D表示されます。

インポートによる 3D モデルの作成

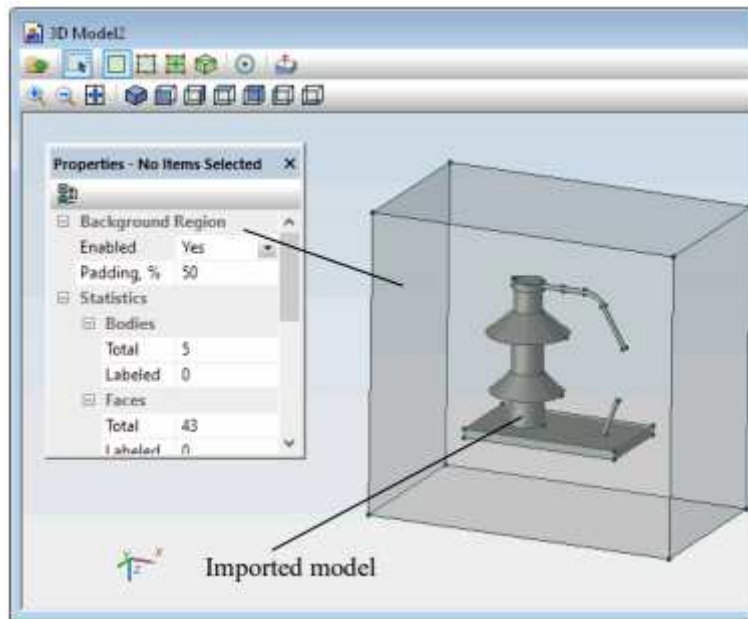
3D Import モデル・クラスに関する問題では、3D モデルは CAD プログラムによって作成された STEP フォーマット・ファイル（ISO 10303 - プロダクトモデル・データ互換）からインポートされます。但し、QuickField 3D 幾何学データのインポートにはいくつかの制限があり、インポート幾何学モデルは1つのボディのみがインポートされ、STEP ファイルがいくつかのボディが含まれる場合、第1のものだけがインポートされます。

3D モデル処理は幾何学クラスの 3D Import を備えた QuickField 問題からスタートします。通常、問題セットアップは拡張子.m3dの幾何学ファイル名を選択します。Problemツリーのファイル名上をダブルクリックし、3D ビュー中にモデル・エディタ・ウィンドウを開きます。次に、3D モデル・エディタ・ツールバーの Import STEP ボタンをクリックし、STEP ファイル（拡張子.stepまたは.stp）を選択し、Open ボタンをクリックします。

バックグラウンド領域

必要に応じて、そのインポートされた幾何学データはバックグラウンド領域に格納されます。

バックグラウンド領域はオブジェクトの座標軸上に長方形ボックスを定義します。そのバックグラウンド領域の寸法は既定のギャップに基づいて、すべての幾何学オブジェクトを含めるように自動的に選択されます。そのギャップは最大モデル・サイズのパーセントとして、ユーザーによって指定されます。



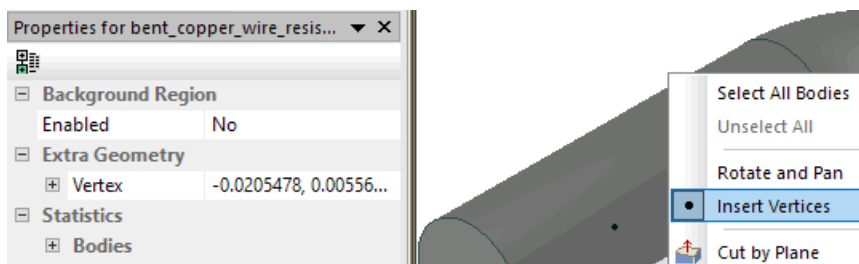
バックグラウンド領域に関連するコントロールは幾何学モデル特性ウィンドウにグループ化されて示されます。バックグラウンド領域は断続的に定義され、またギャップはモデル・サイズのパーセントとして定義され、そのデフォルト・ギャップは 50%です。

バックグラウンド領域が与えられる場合、それは幾何学オブジェクトの特性を持ちます。バックグラウンド領域の内部には穴ラベル（例えば、air）が割り当てられるかもしれません。また、境界条件を割り当てるために、フェイスやエッジが付けられるかもしれません。また、バックグラウンド領域は他のモデル・オブジェクトとの境界（カーテン）にもなります。それは、コンテキスト・メニューを使用し、透明化することも可能です。

3D モデルの頂点追加

インポートされた 3D モデルに頂点を加えることが可能です。挿入モードはカーソルを十字線に変更することによって行います。

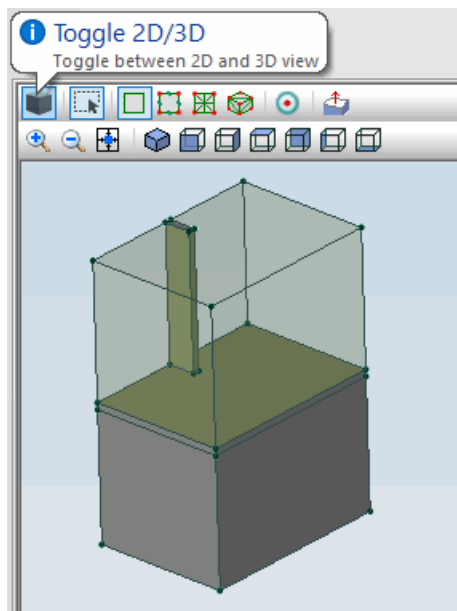
挿入モードがオンで、カーソルがハイライト・フェイス上あるいはハイライト・エッジ上の場合、新しい頂点は左のマウスボタンのクリックにより作成されます。すべての新しい頂点のリストは、プロパティ・ウィンドウの幾何学セクションに表示されます。その隣の[X]ボタンを押すことにより、新しい頂点も削除するか、その座標を変更することが可能です。座標は個々あるいはグループとして編集され、ENTER キーを押すことにより終了するかもしれません。幾何学リストは入力された値を示します。実際の頂点座標は同じフェイスまたエッジ上の頂点とされるかもしれません。その頂点を選択されている場合、頂点の実際の座標は選択 Vertex/ Coordinates セクション中のプロパティ・ウィンドウに表示されます。



頂点はメッシュ密度分布に調整されるように使用されます。それを達成するために、必要とされるメッシュ・ステップは頂点に割り当てられるかもしれません。頂点はさらにラベルおよび境界条件またはフィールド・ソースのラベルに関係するかもしれません。

モデル・エディタの 3D ビュー

モデル・クラス 3D インポートの問題では、モデル・エディタは常に 3D ビューを示します。モデル・クラス 3D 押し出しの問題では、ビュー・メニュー中の 3D コマンドをトグルすることにより、あるいはモデル・エディタ・ツールバー中のボタン **Toggle 2D/3D** を押すことにより、モデル・エディタの 2D と 3D のビューを切り替えることができます。



モデル・エディタの 3D ビューはその実体にラベルを帰して、3D 幾何学モデルを見ることを可能にします。bodies, faces, edges, vertices を生成し、希望のメッシュ間隔をセットし、3D 有限要素メッシュをコントロールします。

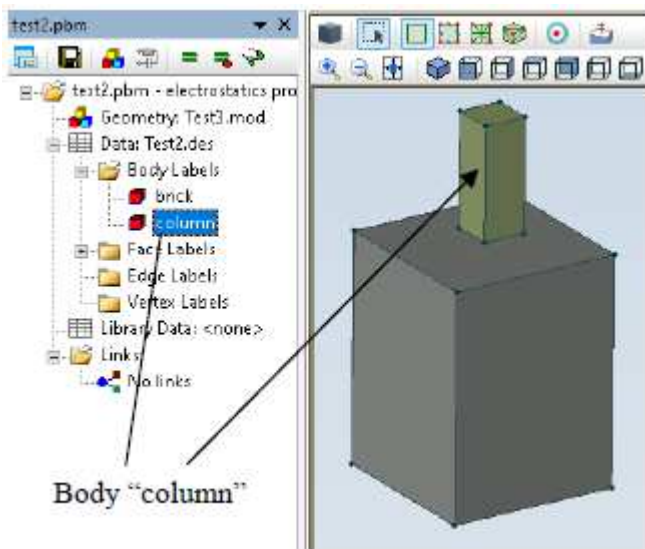
3D ビュー操作

3D イメージは形状モデルの 3D ビューおよび 3D 問題の解析結果の操作のために使用されます。同様のイメージ操作がそれぞれにおいて使用されます。

3D 幾何学モデルに関する情報を得るためには、以下のような操作が使用されます。

- 回転 (rotation) : 任意の方向からモデルを観察します。
- 移動 (Panning) : スクリーン面に沿ってモデルを移動させます。
- ズーム (Zooming) : モデル・スケーリングの増減
- 隠線処理 (Hiding) : オブジェクトの隠線処理または、さらに、透明表示するかもしれません。
- カット平面によって、インタラクティブにモデルを平面でカットします。
- モデル要素 : フェイス、エッジ、頂点 (bodies, faces, edges, vertices) の選択
- メッシュ間隔を割り当てることによる 3D メッシュの密度をコントロールします。

3D ビュー・ウィンドウは、問題特性ウィンドウのラベル・リストをインタラクティブに使用します。

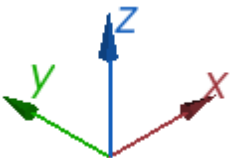


オブジェクト（ボディ、フェイス、エッジ、頂点）ラベルが問題特性ウィンドウで選択されている場合、それぞれラベルが付けられたすべてのオブジェクトを3Dビュー・ウィンドウ中で選択することができます。また、3Dビュー・ウィンドウ中でオブジェクトを選択すると、問題特性ウィンドウの対応ラベル・リストを強調表示します。

通常、3Dビュー・オペレーションは、マウスの左右ボタンを押しながらマウス・カーソルを移動することによって行なわれます。また、いくつかのアクションでは、マウスを移動する前に、1つ以上のキーボード・キーを押す必要があります。

3Dビュー中でイメージを任意の位置に移動することができますが、オペレータはモデル・ビュー内のコントロールを失うかもしれません。その場合はツールバー上のカメラ・コントロール・ボタンを使用し、あらかじめ定められたビューの1つに戻すことができます。

モデル・ウィンドウの左下隅に示された座標軸は、現在のモデル・オリエンテーションを確認できるように一緒に回転します。



イメージ回転、移動、ズーム





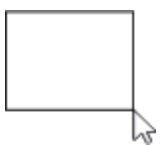
以下のアクションは、3Dモデルに関する操作方法です。

- 異なる側面からのモデル・コンポーネントの観察
- ズーム・レベルの拡大と縮小
- 背後の部分を見るためにモデルのいくつかの部分隠す。

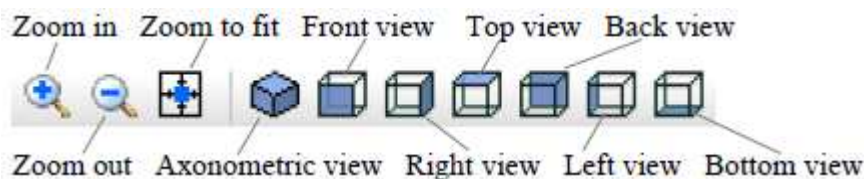
通常、これらのアクションは左右のマウスボタンが押しながらか、マウス・カーソルを移動させることにより行なわれます。また、いくつかのアクションでは、マウスを移動する前に、1つ以上のキーボード・キーを押す必要があります。

マウスの移動間に押されたマウスの左右ボタンによって、それらのコントロールが切り替わります。

表：マウス操作による3Dビュー・ウィンドウ・イメージ・コントロール

移動中の押されるボタン	キーボード操作	アクション	カーソル形状
左	なし	マウス・カーソルの移動方向へモデルを回転します。これは任意の方向からのモデル観察を可能にします。	
左	SHIFT	マウス・カーソルの移動方向へモデルを移動します。	
左	CTRL	スクリーン平面の直交軸回りにモデルを回転します。	
左	SHIFT + CTRL	モデルのズーム・レベルの増減をマウス・カーソルの移動によってコントロールします。	
右	なし	マウスの移動によってサイズ変更される長方形のフレーム (rubber rectangle) がスクリーンに表示されます。マウスの押しボタンを放すと、長方形内部のオブジェクトが次のルールに従って選択されます。 終了ポイントがスタートポイントより左側である場合、長方形フレーム内部に含まれるオブジェクトの全て (包含的) が選択されます。 終了ポイントがスタートポイントより右側である場合、長方形フレーム内部に完全に含まれるオブジェクト (排他的) が選択されます。	

これらのマウス動作は、モデルに対するズーム・レベルやカメラ・ポジションのコントロールを可能にします。そのコントロールは、ツールバー・ボタン上のいくつかの固定イメージ・セッティング用切り替えスイッチと共に使用されます。



以下に、イメージ・ズーム・コントロールの主な方法を示します。

1. マウスホイールの前方回転操作はズーム・レベルを増加させ、後方回転操作はズーム・レベルを減少させます。また、マウス・カーソルの位置によってモデルのスクリーン位置がコントロールされます。
2. ツールバー・ボタンのズームイン (Zoom in) を押した後、ズーム・レベルを2倍に増加するには、モデル・ビュー中でマウスをクリックするか、左ボタンでマウスを移動し、スクリーン上に長方形フレームを引いてきます。その長方形フレーム操作では、マウスボタンが放されたときのフレーム領域に従ってモデルがズームされます。
3. ズーム・アウト (Zoom out) ボタンを押すと、事前のズームサイズに戻します。戻すズームがない場合、ズーム・レベルは2倍の割合で縮小されます。
4. フィット (Zoom to fit) ボタンはウィンドウにすべてのモデルを表示するためのズーム・レベルをセットします。
5. 左ボタンとSHIFT+CTRLキーを押したままマウスを上方へ移動すると、ズーム・レベルが増加し、マウスを下方へ移動すると、ズーム・レベルは減少します。
6. キーボード・コマンド:

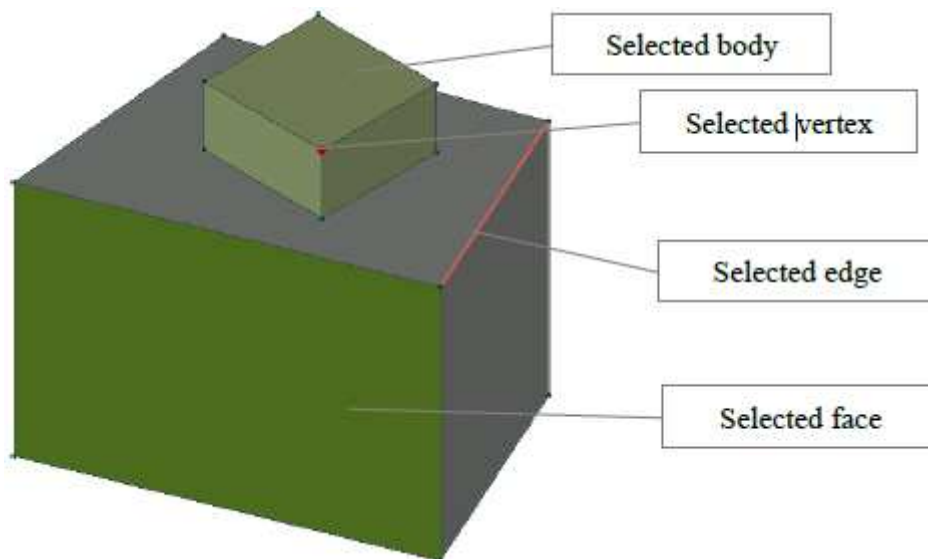
CTRL++ : ズーム・レベルを2倍に増加します。

CTRL+- : ズーム・レベルを2倍の割合で減少します。

CTRL+0 : 全てのモデルを表示するためにもウィンドウ・スケールをセットします。

オブジェクトの選択

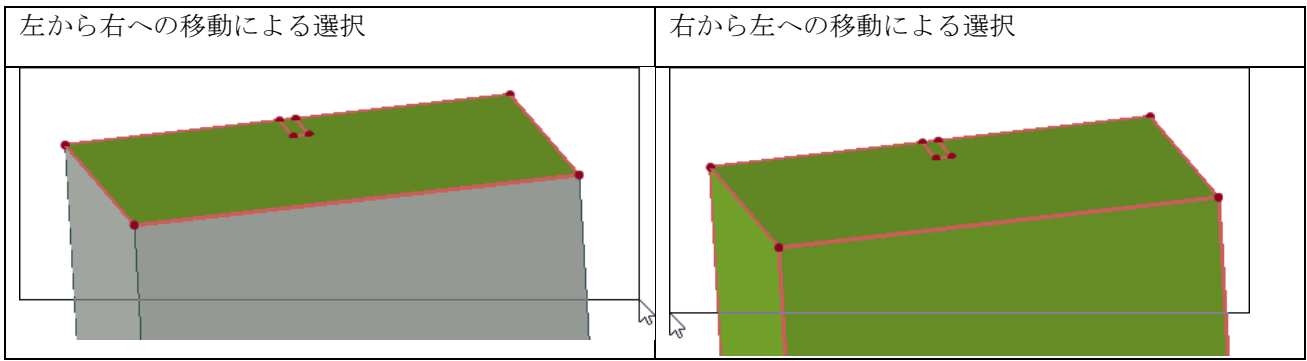
3D形状オブジェクト: ボディ、フェイス、エッジ、頂点 (bodies, faces, edges, vertices) が、3Dウィンドウに表示されます。各オブジェクトは選択された状態かもしれません。オブジェクトの選択は、その特性 (ラベル割当て) を変更するか、背後に隠れているオブジェクトを確認するために、対象外オブジェクトを隠すために必要です。



形状オブジェクト選択の例

オブジェクトの選択は次のように行います。

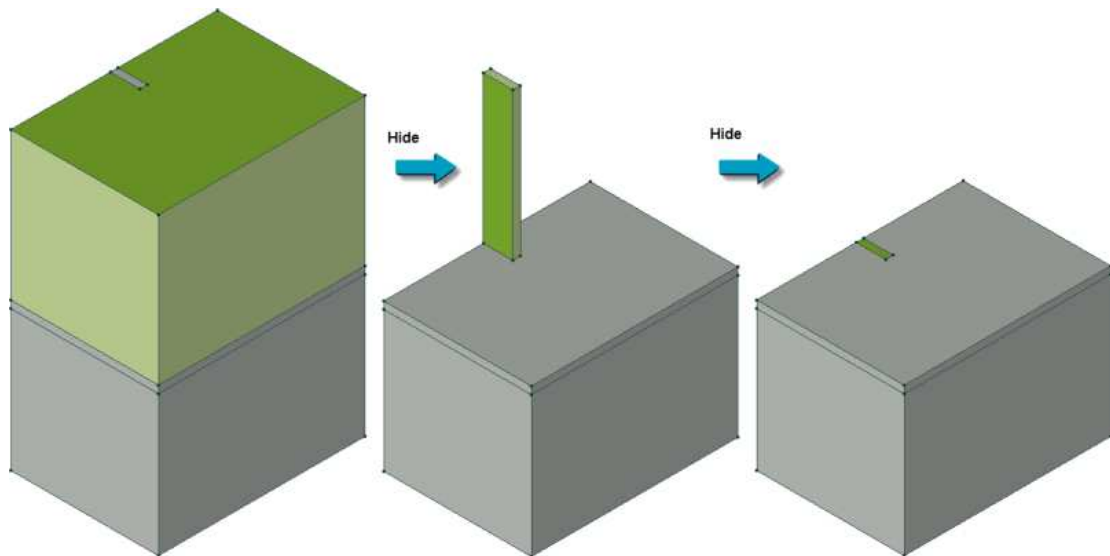
- マウス左ボタンによってオブジェクト上をクリックします。マウス・カーソルの移動によって選択可能なオブジェクトは強調表示されます。これは、何がマウス・クリックによって選択されるかを理解することができます。
- **Problem (問題)** ツリーのオブジェクト・ラベル上をクリックします。このアクションは、このラベルによってラベル付けられたこの寸法のオブジェクトをすべて選択します。
- 長方形フレームを使用したグループ選択では、マウス右ボタンを押した移動操作が必要です。



オブジェクトの隠し操作 (Hiding)

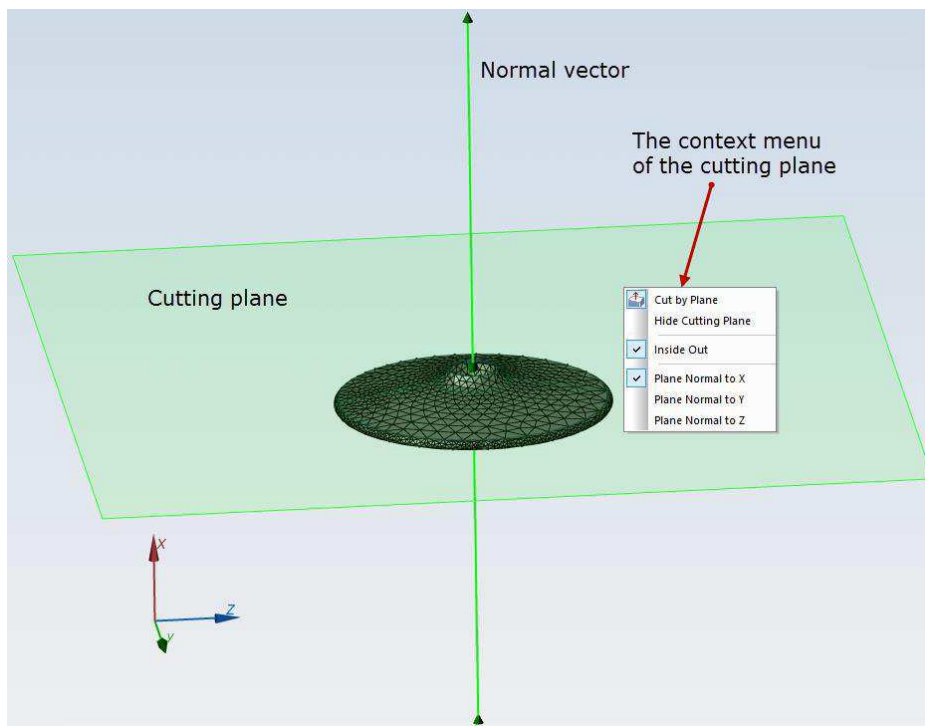
しばしば、背後のオブジェクトを見るために、いくつかのオブジェクトを隠す必要があります。

Viewメニューやコンテキスト・メニュー（マウスの右ボタン・クリックによって開く）のコマンド**Hide**は、選択したオブジェクトやグループ・オブジェクトを隠すために使用します。コマンド**Hide all**は、すべてのオブジェクトを隠し、コマンド**Hide all but this**は、選択オブジェクト以外のすべてを隠します。また、コマンド**unhide**と**Unhide all**は、隠れたオブジェクトを表示するために使用します。



平面によるモデル・カッティング

モデル・コンポーネントの内部を視覚化するために、平面でモデルをカットすることができます。それらはオブジェクト内部の観察を可能にします。



カット平面を表示するには、モデル・エディタ 3D ビュー・ツールバーの **Cut by Plane** ボタンをクリックするか、あるいは **View** メニューの **Cut by Plane** コマンドを使用します。

以下の方法によってカット平面の位置をコントロールすることが可能です。

- 平面の正規成分に沿ってカット平面をドラックする。
- カット平面に正規ベクトルをドラックする。
- コンテキスト・メニューの座標軸ごとの規定平面の正規方向の 1 つを選択する。
- コンテキスト・メニューの **Inside out** コマンドは、カット・モデルのどの部分を表示するかをコントロールします。

カット平面の後側のオブジェクトを表示または選択することができない場合、コンテキスト・メニューあるいは **View** メニューの **Hide cutting plane** コマンドを使用し、カット平面を一時的に隠すことができます。

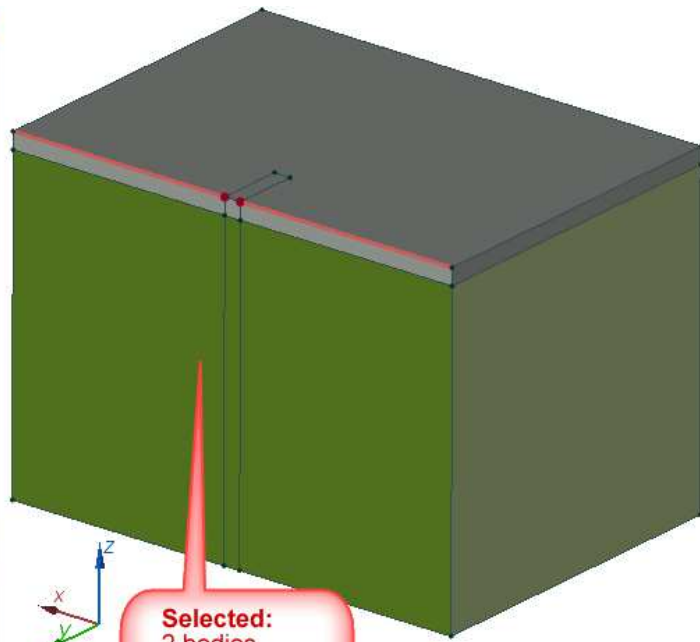
3D モデル・オブジェクトへのテキスト・ラベル割り当て

垂直の押し出しによる 3D モデルの作成後、3D モデル・オブジェクトにテキスト・ラベルが割り当てられるべきです。

それらのオブジェクト (**body, face, edge, vertex**) にラベルを割り当てるには、3D モデル・ウィンドウでそれらを選択します。対応するサブグループ (**Bodies, Faces, Edges, Vertices**) において選択されたオブジェクトの現在のラベルを備えた特性ウィンドウにグループ **Selected** が表示されます。

Properties for Comb_drive_3d.mod	
Selection	
Bodies	
Label	air
Total	2
Faces	
Label	
Total	3
Edges	
Label	(none)
Total	3
Vertices	
Label	(none)
Total	2
Statistics	
Bodies	
Total	6
Faces	
Total	35
Edges	
Total	60
Vertices	
Total	32

Selected bodies have common label



Selected:
2 bodies,
3 faces
3 edges,
2 vertices

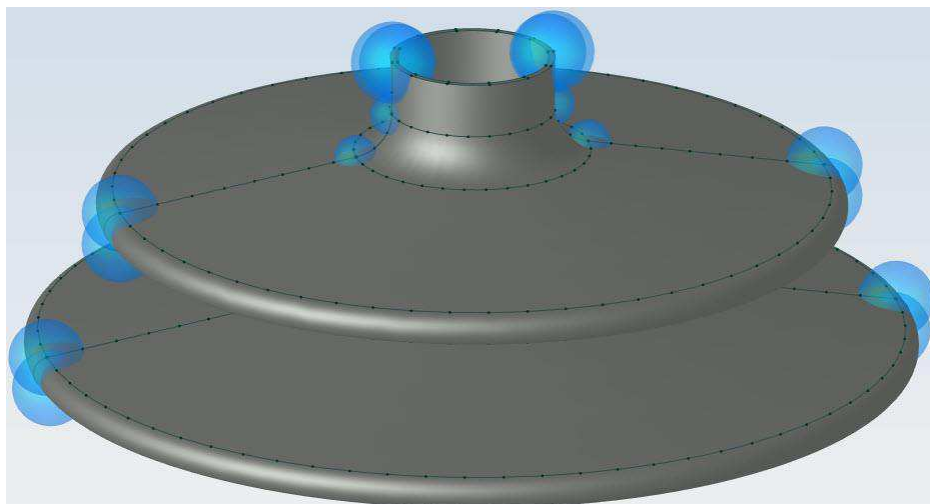
このラベルは、新しい名を入力するか、そのオブジェクトと同一の高さレベルが定義されたラベル名を含むプルダウン・リストから選んで取り替えることができます。リストの最初の値 (none) を選択すると選択オブジェクトからそのラベルが取り除かれます。任意の定義ラベルの特性は、**Problem**ツリーのラベルを選ぶことによりチェックされ、編集されるかもしれません。

いくつかの形状オブジェクトに1つのラベルを付けるには、それらを選択し、それらのオブジェクトと関係するグループの**Selection**のサブグループにラベル名を入力すべきです。

3D メッシュの密度コントロール

QuickField の 3D FEA メッシュは自動的に作成され、そのメッシュ品質、要素数およびメッシュ密度は解析時間に影響します。解析者は所望する解析精度と解析時間とのバランスを考慮しなければなりません。これはメッシュ密度セッティングによってコントロールされます。

同様に、2D 問題のメッシュ密度コントロールもいくつかのモデル頂点のメッシュ間隔に依存します。自動メッシュ・ステップでは、すべての頂点のマニュアル・メッシュ間隔設定に従って計算されます。



選択した頂点にマニュアル・メッシュ間隔を割り当てるには、モデル特性 (model properties) ウィンドウから、フィールド Spacing value の Manual 値を選択し、フィールド Spacing に現在の長さ単位に基づくメッシュ間隔値を設定します。

3D 有限要素メッシュ

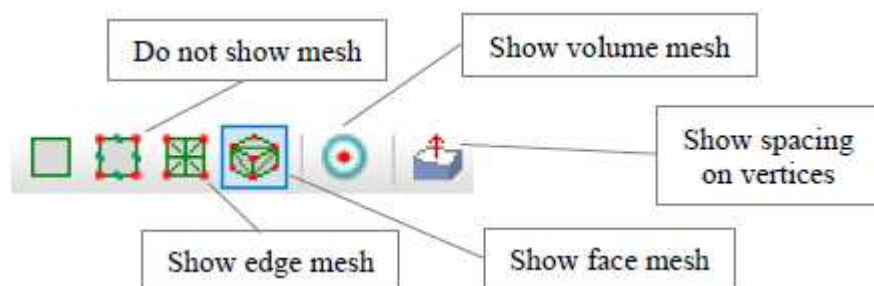
有限要素解析は、各有限要素が交差することなく、閉じたコンポーネントとして構成されるモデル領域を必要とします。QuickField 3D 解析ではその有限要素として四面体を使用します。

一般に、モデル領域の有限要素メッシュ分割は自動的に行なわれます。しかしながら、上級ユーザーはメッシュ間隔を定義し、結果をコントロールするかもしれません。メッシュ・コントロールの重要性は有限要素法による微分方程式の解析精度、解析時間およびメモリ容量などの条件に伴うメッシュ品質に依存するという事実に基づきます。即ち、メッシュ密度コントロールは解析精度およびコストのバランスを考慮しなければなりません。

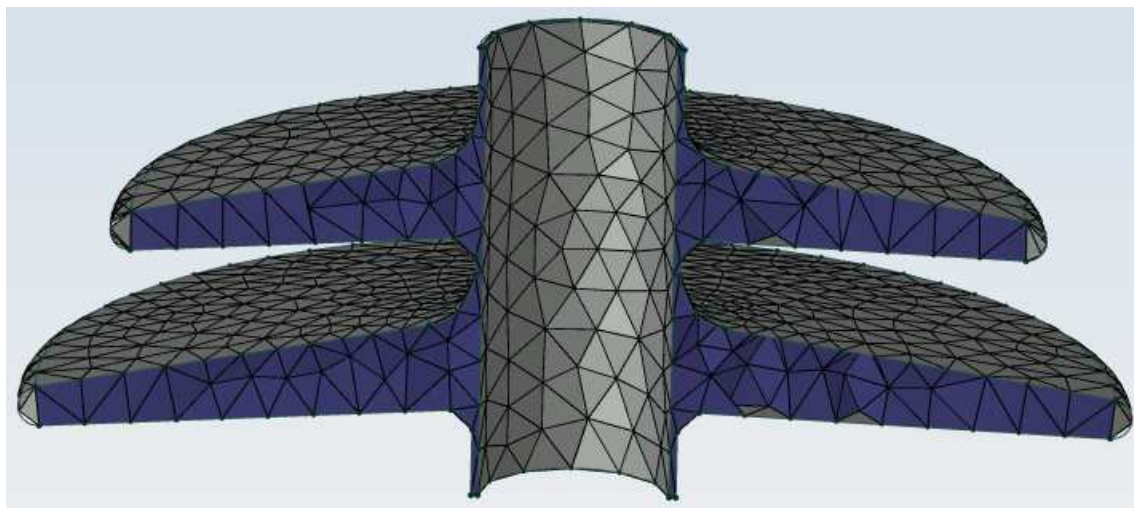
メッシュ生成プロセスは以下のステップで実行されます。

- マニュアル・メッシュ間隔設定がない場合、すべての頂点の最適メッシュ間隔設定に基づく自動計算を実行します。
- エッジ・セグメントのメッシュ生成 (1D 分割)
- 三角形平面メッシュ生成 (2D 分割)
- 四面体メッシュ生成 (3D 分割)

メッシュ生成のこれらの 4 つのステップではモデル計算領域の一貫性を保つメッシュ密度を供給します。また、1、2、3 次元のメッシュは完全性が維持されます。モデル・エディタ・ツールバーは異なる次元メッシュのパラメータおよび観察機能をコントロールします。



そのメッシュ・ビュー・コントロール・ボタンは、メッシュ生成後に自動的に作成されます。ボリューム・メッシュは平面によってカットされたモデルを使用して観察することが可能です。




また、それはすべての有限要素メッシュを削除するために使用されるかもしれません。それには、**Edit** メニューから、**Remove Mesh** コマンドを実行します。メッシュがまだ構築されない場合、解析プロセスを開始すると、メッシュが自動的に生成されるかもしれません。

材料特性と境界条件の編集

3D 問題のツリーには、オブジェクト (**bodies, faces, edges, vertices**) に割り当てられたラベルが表示されます。それらのラベルに関連したデータを編集するには、そのリスト中のラベルをクリックします。

3D 問題の解析

問題解析を得るか、ツールバー上の**Solve**ボタン  をクリックするか、あるいは、**Problem**メニューの**Solve Problem**を選びます。このアクションをスキップし、ツールバー上や**Problem**メニューの**Analyze Results**を選択することによって、直接的に解析結果を得ることが可能です。まだ問題が解析されていない場合や解析結果が古い場合には、ソルバーが自動的に起動されます。


結果の分析

Problemメニューあるいはツールボタン上のコマンド**Solve**を選ぶことによって、問題解析がスタートします。

3D解析結果は次の方法によって、**QuickField**中で表示されます。

- フィールド・グラフィックスの表示方法
 - 選択された物理パラメータ値による表面カラー画像表示
 - エッジによる幾何学モデル・プレゼンテーション
 - 可視表面の有限要素メッシュ表示
 - スケーリング方向ベクトルによるベクトル場表示
 - 小さな散在カラー・ボールによるスカラー場表示
 - 等電位面表示
 - 選択された物理パラメータ値によるカラー・スライス（層断面）表示
 - 対話式にコントロール可能なカット平面表示
 - カット平面のフィールド・ビューの2D表示
 - エッジ（複数可）に沿って選択された物理パラメータ値表示
- 選択ポイントのローカル・フィールド値の表示、そのポイントはマウスあるいは座標入力によって指定します。
- 積分パラメータは選択されたボディのボリューム断面あるいはそれらの外部表面に沿って計算されます。




計算結果ウィンドウ

計算結果 (**Calculation results**) ウィンドウは、**Problem**メニューのコマンド**Field view**を実行するか、**Problem**ツールバーの  ボタンをクリックすることによって表示されます。

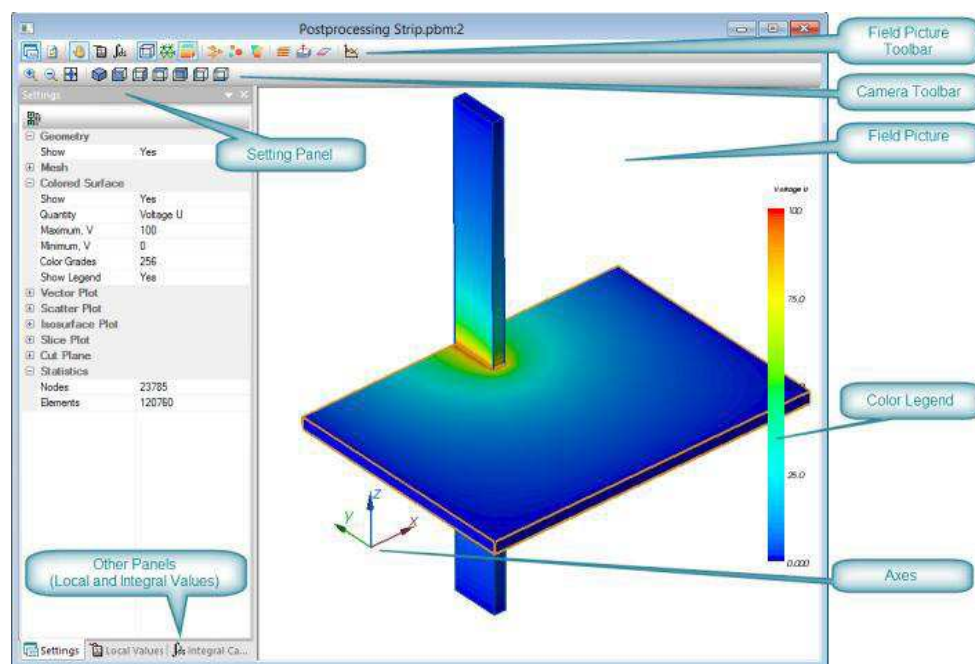
計算結果ウィンドウは次の要素を含んでいます。

- 座標系アイコンとカラー・スケールを備えたフィールド・ビュー・ウィンドウ
- 上部ツールバー：フィールド・ビュー・ツールバーとカメラ・ツールバー
- フィールド・カルキュレータ・パネル（左側）：セッティング・パネル、ローカル値パネル、積分計算パネル

フィールド・カルキュレータ・パネルは数値データの入力と出力のために設計されています。最初に、それらは結果ウィンドウの左側境界部にスタック（積み重ね）されます。その全体が任意のパネルにスタックされるか、任意の場所へマウスによってドラッグされます。また、任意の境界へドック化されるか、フローティング化されます。これらの3つのパネルのうちのどれかの上でマウス・クリックすることにより、計算結果ウィンドウを対応するモードへ切り替えます。

- フィールド・ビュー・ブラウジング（マウス・カーソルは、に変更されます。）
- 選択されたポイントのローカル値の計算（マウス・カーソルは、に変更されます。）
- 選択されたボディ（body）やそれらの外部表面積分値の計算（マウス・カーソルは、に変更されます。）

さらに、フィールド・ビュー・グラフィックスは、3D座標系アイコン（モデルに対応するカメラ・ムーブメントと共に回転し、現在のオリエンテーションを示します。）、物理単位でフィールド・パラメータ・レベルを示すカラーマップがサポートされます。



計算結果ウィンドウ

結果プレゼンテーション・モード・コントロール

ツールバー・アイコンによってしばしば繰り返されたメニューのViewコマンドは、結果のプレゼンテーションをコントロールします。

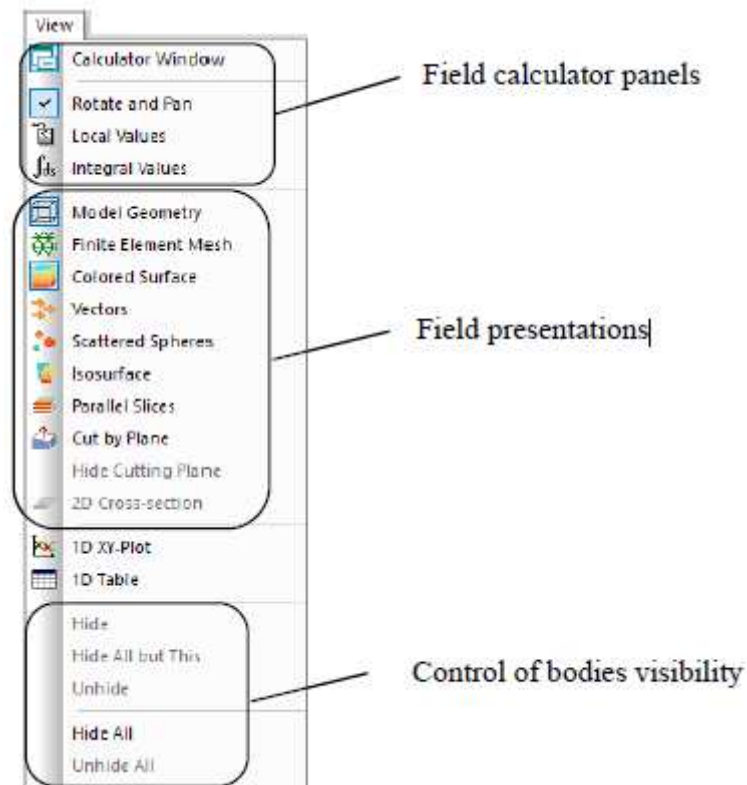
フィールド・グラフィックスの左側にスタックされたフィールド・カルキュレータ・パネルは、3種類のパネルに切り替えられます。

1. **Settings pane** : セッティング・パネル
2. **Local Values pane, and** : ローカル値パネル
3. **Integral calculator** : pane積分カルキュレータ・パネル

メニュー中段のリスト・グループはフィールド・プレゼンテーション機能のスイッチとして使用されます。通常のプレゼンテーション機能はスクリーンに最も印象的なフィールド・ビューを示すために断続的に設定されます。フィールド・ビュー・ウィンドウは最初に2つのプレゼンテーション機能がスタートします。それらはモデル幾何学形状（青色のエッジで示される）と可視表面のカラー（物理的パラメータのレベルに相

当する) 表示です。

プレゼンテーション機能はコントロール・セッティングを持ち、それらのセッティング・パネルは、プレゼンテーション・タイプによってグループ化されたすべてのコントロール・セッティングを含んでいます。



結果のプレゼンテーションをコントロールするメニューのViewコマンド









メニュー下段グループのコマンドは、各ボディの視界をコントロールします。それは対象部分を見るためにモデルの一部を隠すために使用されます。

フィールド・ビュー・プレゼンテーション



計算結果フィールド・ビューは、それぞれのプレゼンテーション機能によって示されます。各プレゼンテーション機能はそれ自身のコントロール・セッティングを持っています。通常のプレゼンテーション機能は、同一スクリーン画像で組み合わせられますが、相互に排他的な少数のプレゼンテーション機能もあります。

フィールド・ビュー・ツールバーのボタンを押すことによって、対応するプレゼンテーション機能が切り替わります。セッティング・ツリーから各プレゼンテーション機能をコントロールすることができます。例えば、**Show**メニューでは、**Yes**や**This only**などを選択することが可能です。

3Dフィールド・ビュー・プレゼンテーション機能を次に示します。

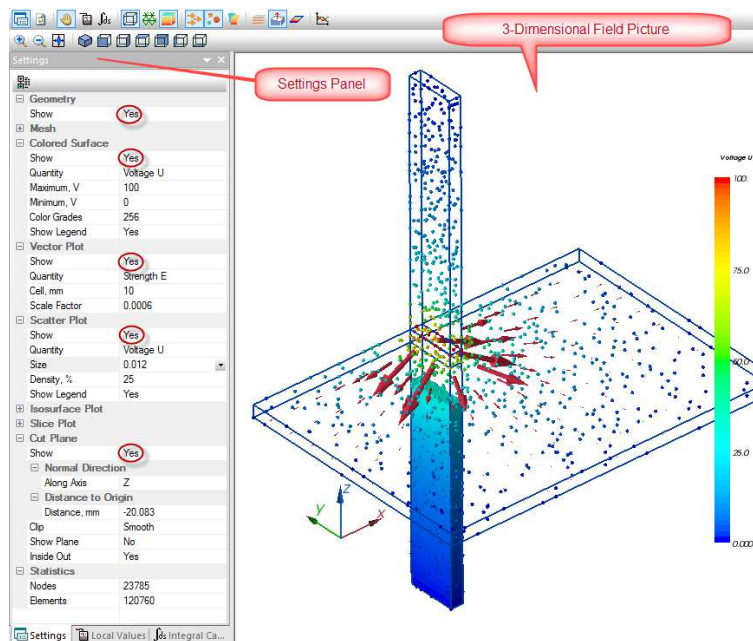
	Show geometry : 幾何学形状を表示します。
	Show Mesh : メッシュを表示します。
	Colored surfaces : カラー表面を表示します。
	Vector plot : ベクトル・プロットを表示します。
	Scatter plot : 散布図を表示します。
	Isosurface plot : 変形プロット
	Slice plot : スライド断面のプロット
	Cut pane : カット・パネル

3Dプレゼンテーションでは、2Dウィンドウ用の2つのプレゼンテーションも使用できます。

	2Dセクション
	選択されたエッジの1D XYプロット

フィールドをより有効に表示するために、回転、移動、スケーリング（イメージ・コントロール・セクションを参照）などのグラフィックス機能や、不要なボディを非表示機能（オブジェクト非表示セクションを参照）が使用できます。フィールド・ビュー・ウィンドウの幾何学形状オブジェクトの選択と同様のアクションが、モデル・エディタの3Dビューでも実行できます。

セッティング・パネルには、プレゼンテーション・タイプによってグループ化されたすべてのコントロール・セッティングを含んでいます。



フィールド・ビューとセッティング・パネル:モデル幾何学形状、カラー表面、ベクトル・プロット、分布プロット、断面などの表示例および選択されたプレゼンテーションをセッティング・パネルの赤円によって示されます。

各プレゼンテーション・パネルは、1つ以上のフィールドを含んでいます。各フィールドは1行のラインで示されます。フィールド名は左側に示され、その値が右側に表示されます。それぞれのタイプによって、値は入力可能であり、またリストから選択することも可能です。

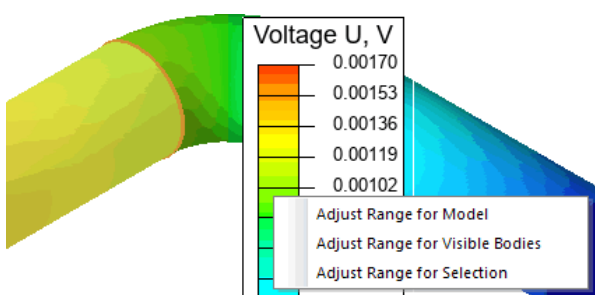
すべてのプレゼンテーションの最初のコントロール・パラメータ値は、**Show**であり、その値として、**Yes**、**No**、**This only**の1つを選択することができます。それぞれのプレゼンテーションの最終値を維持し、その他は解除されます。

各プレゼンテーションのその他のパラメータについて、以下に示します。


3D ポストプロセッサ凡例

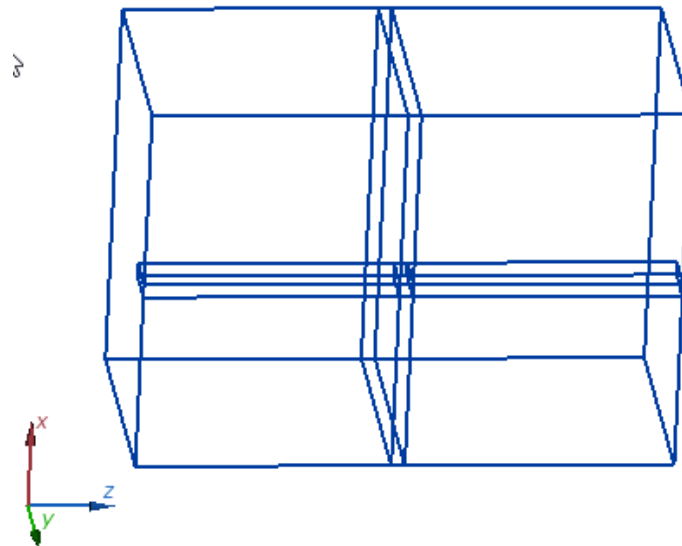
マウス右ボタンが3Dポストプロセッサ凡例上で押される場合とコンテキスト・メニューが表示されます。それはカラーマップ・ディスプレイのために使用される物理的パラメータの色範囲を自動調整します。


- コマンドはモデルの範囲を調節し、常にアクティブです。それはモデルのすべてのアクティブな主要部の計算範囲セッティングをリセットします。(デフォルト設定)
- コマンドは可視ボディの範囲を調節し、常にアクティブです。それはすべての可視ボディと関係するレンジ限界を計算します。そのフェイスの1つが見える場合、ボディは表示されます。すべてのモデル・ボディが見える場合も同様です。
- コマンドは選択範囲を調節し、いくつかのボディまたはフェイスが選択される場合、アクティブです。範囲はすべての選択されたオブジェクトについて計算されます。

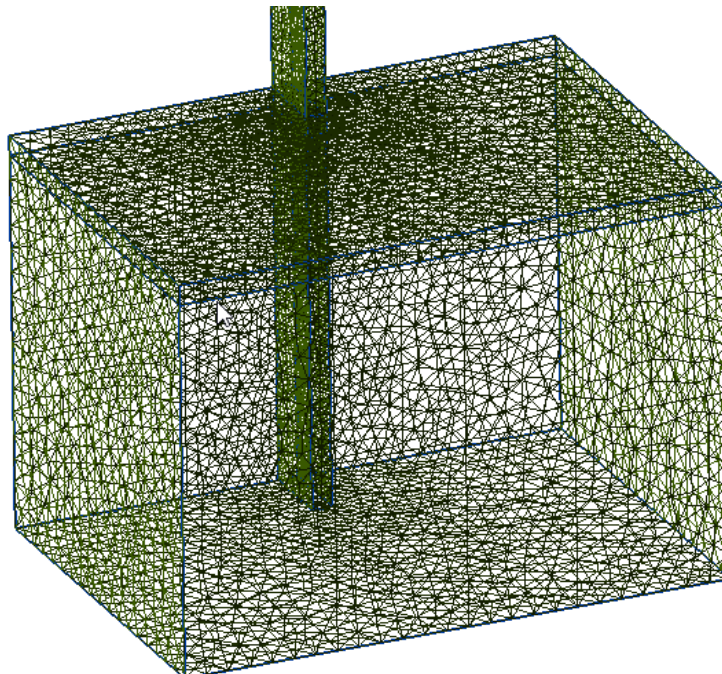


Geometry 要素 : エッジとメッシュ

Model Geometry (幾何学要素:エッジと有限要素メッシュ) プレゼンテーションはデフォルトでは、**Yes**であり、オリジナルの幾何学モデルのエッジを表示します。この幾何学形状の表示機能はフィールド・ビュー・ツールバーの  ボタンでも操作できます。このプレゼンテーションは、他の調整セッティングを持っていません。




Finite Element Meshプレゼンテーションは可視表面上に有限要素メッシュを表示します。この機能は、**View**メニューの**Finite Element Mesh**コマンドあるいはフィールド・ビュー・ツールバーの  ボタンによって、切り替わります。このプレゼンテーションは、他の調整セッティングを持っていません。



有限要素メッシュ・プレゼンテーション

Colored surface

Colored surface (カラー表面) プレゼンテーションはデフォルトでは、**Yes**であり、選択された物理パラメータ値のレベルごとのカラー値によるカラーマップのパラータ分布を可視表面上に表示します。フィールド・ビュー・ツールバーの  ボタンによって、**Colored surface**プレゼンテーションを切り替えます。

カラー表面セッティングは次の機能を含んでいます。

1. リストからスカラー物理量の選択

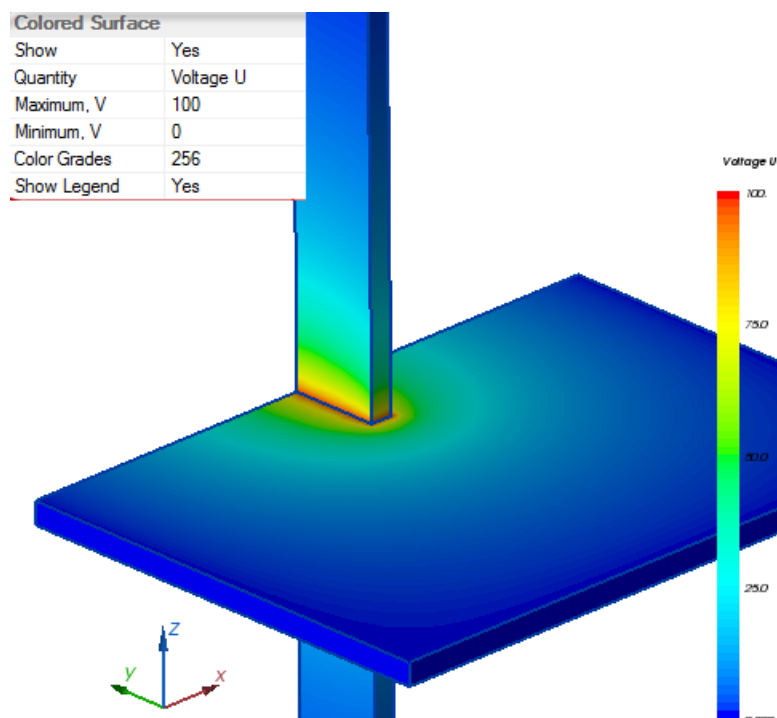
デフォルト・パラメータとして、電場問題では、電位 V が使用され、熱伝導問題では、温度 T が使用されます。またパラメータ・リストには、フィールド・ポテンシャル、ベクトルのモジュールや座標のコンポーネント、メディア特性（誘電率など）を含んでいます。

2. 既定値として、パラメータの最小値と最大値

デフォルト範囲は計算領域全体の最大値と最小値のパラメータ値に相当します。


3. デフォルトとしての256色のカラー等級数

4. 凡例表示の有無

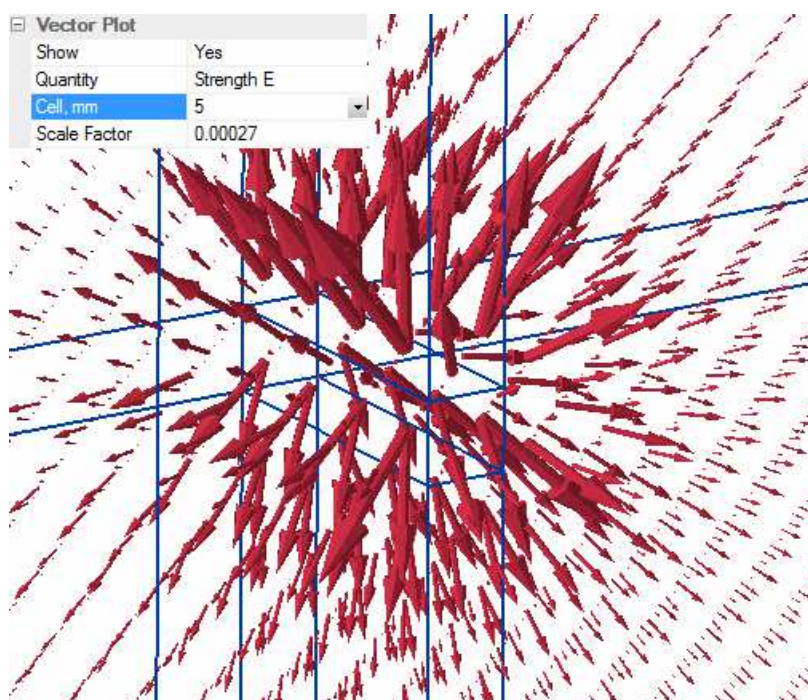


カラー表面プレゼンテーション

Vector plot

Vector plot (ベクトル・プロット) は、3D領域でのベクトル量の分布を示します。**Electric field** (電場) プレゼンテーションでは、その**E** (電界の強さ) と**D** (フィールド位置) のベクトルがあります。計算地域は目に見えない一定の指定ステップのグリッドによって覆われています。そのグリッド内の各節点上のベクトルが直線セグメント (矢印) として引かれます。各矢印方向は、選択したベクトル量の方向を示し、長さは選択したスケールによるベクトル・モジュールに相当します。**View**メニューの**Vectors**コマンドあるいはフィールド・ビュー・ツールバーの  ボタンによって、ベクトル・プロット機能を切り替えます。

注意：**Vector Plot**プレゼンテーションは、大規模なコンピューター資源 (メモリ、プロセッサ時間) を必要とするかもしれません。そのため荷重条件数やパラメータ数は徐々に増加させることが推奨されます。プレゼンテーション・パラメータはリストから選択できます。




Vector plotプレゼンテーション

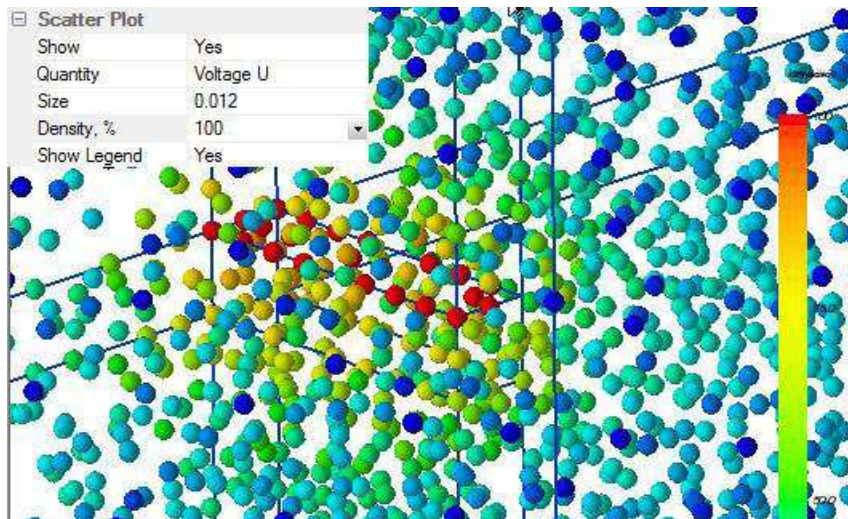
ベクトル・プロット用の調整セッティングを次に示します。

1. 選択する物理量をリストしてください。
2. 矢印が引かれる節点ごとの一定のグリッド空間ステップが使用され、既定の3つの推奨値が十分でない場合は、他の値を入力します。
3. 矢印の長さをコントロールするスケールレベル (Scale Factor) を指定することができます。既定の7つの値から1つを選ぶことが推奨されます。また、任意の値を入力することもできます。

スクリーン上で、**Vector Plot**プレゼンテーションをより適切に確認するには、**Color surface**プレゼンテーションの**Show**で、**No**の選択を推奨します。

Scatter plot

Scatter plot（散布図プロット）は、**Vector Plot**に似ていますが、パラメータに関するスカラー量の空間分布を視覚化します。その物理パラメータ値がカラー分布表示され、有限要素メッシュ節点上で球体を描画します。**View**メニューから、**Scattered spheres**コマンドあるいはフィールド・ビュー・ツールバーの  ボタンによって、散布図プロット機能を切り替えます。



Scatter plotプレゼンテーション


有限要素数が大規模な多数の節点で構成されている場合、Scatter plotプレゼンテーションは、自動的に、10000以下の総数が選択されます。

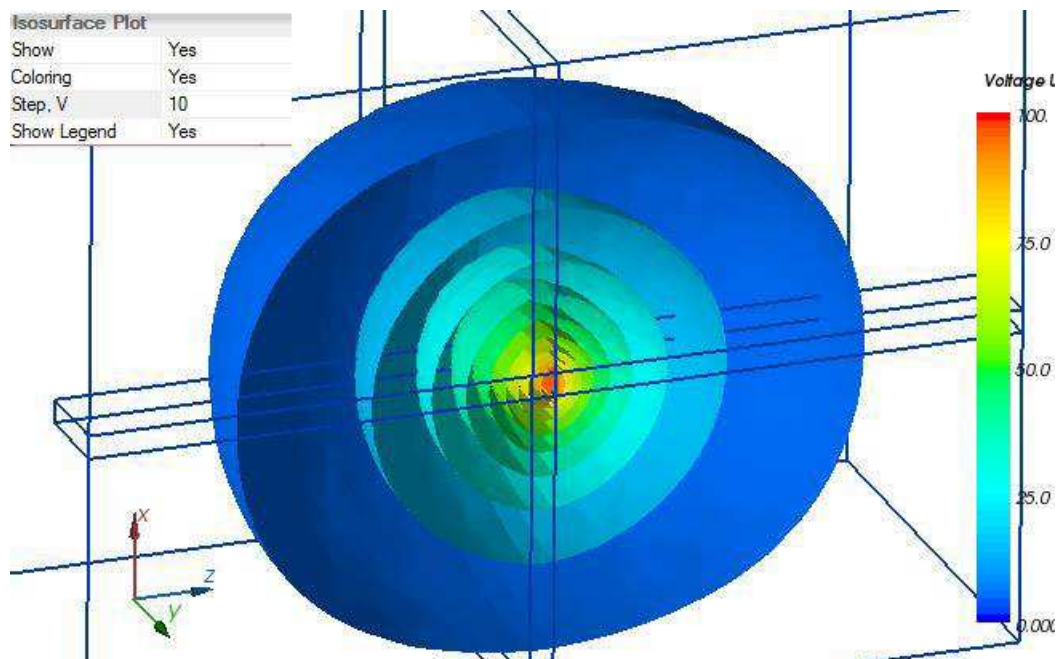
Scatter plotセッティングは次の機能を含んでいます。

1. ポテンシャルU、EとDのベクトルの絶対値や座標成分などのリストからスカラー物理量（Quantity）選択します。
2. **Size**（球形サイズ）：既定の6つから選択することを推奨しますが、任意の数値を入力することもできます。
3. **Density**（密度係数）は、球体総数をコントロールします。それは有限要素メッシュの節点数に対するパーセントで与えられます。既定の6つから選択することを推奨しますが、任意の数値を入力することもできます。球体数が10000を超過しないため、必ずしも100%の密度設定によって、その球体数が有限要素節点数と等しくなることを意味するわけではありません。
4. カラー汎例の表示/非表示の機能を切り替えます。

スクリーン上に、Scatter plotをより見易く表示するには、Color surfaceプレゼンテーションのShowのNoを指定することを推奨します。しばしば、Scatter plotとVector plotを組み合わせることによって、より有効なプレゼンテーションが可能になります。

Isosurface plot

Isosurface (等位図) プレゼンテーションは、等位ポテンシャル表面を表示します。表面は単色あるいは、ポテンシャル値に依存するカラーで描画されます。各表面は、常に単一のカラーで表示されます。**View**メニューのコマンド**Isosurface plot** あるいはフィールド・ビュー・ツールバーの  ボタンは、このプレゼンテーションのスイッチを切り替えます。




Isosurface plotプロット・プレゼンテーション

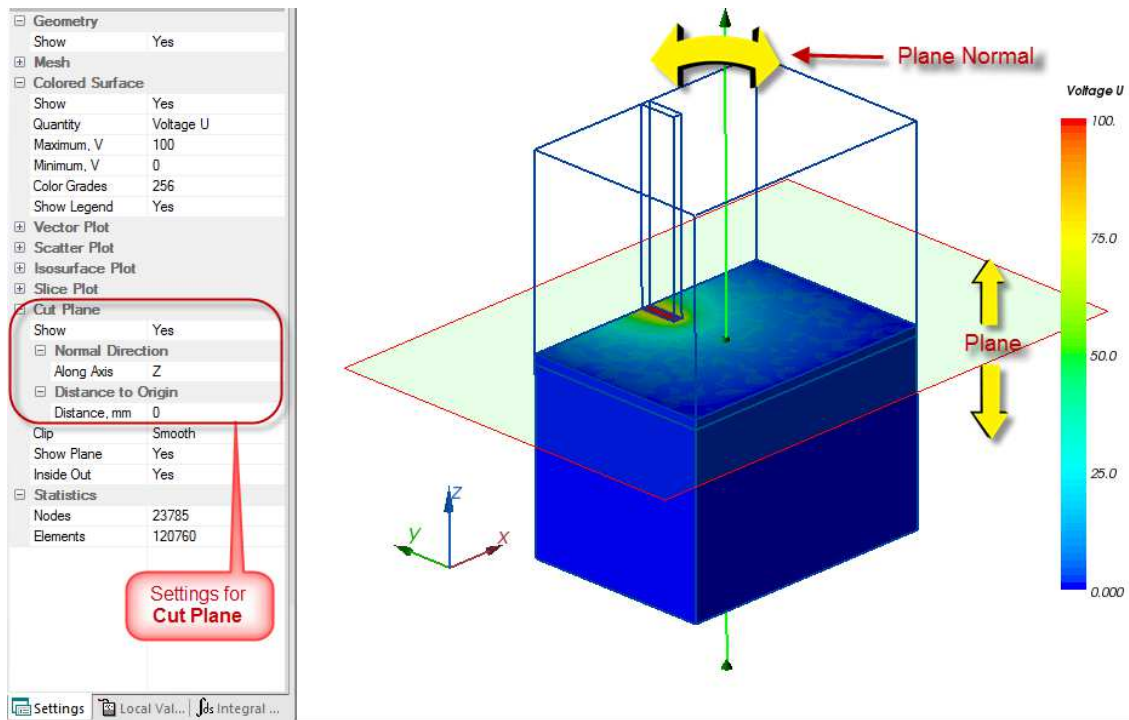
Isosurface plotでは、物理量の選択はサポートされません。それは、電場問題では常にポテンシャルUであり、熱問題では温度Tです。

Isosurface plotセッティングは次のものが含まれます。

1. 表面はポテンシャル値に依存したカラーで表示されます。
2. ΔU : 近接表面間のポテンシャルステップ
3. **Color surfaces**が選択されている場合、凡例のカラー表示が可能です。

2D フィールド・ビューによるモデルカット平面表示

Cut plane (カット平面) プレゼンテーションは、モデルの任意位置で切断します。切断後、切断面とそのカット平面内部のカラー表面を表示します。**Cut plane**プレゼンテーションは他のプレゼンテーション (scatter plot、vector plot、isosurface plotなど) には影響を及ぼしません。**View**メニューのコマンド**Cut plane** あるいはフィールド・ビュー・ツールバーの  ボタンは、このプレゼンテーションのスイッチを切り替えます。



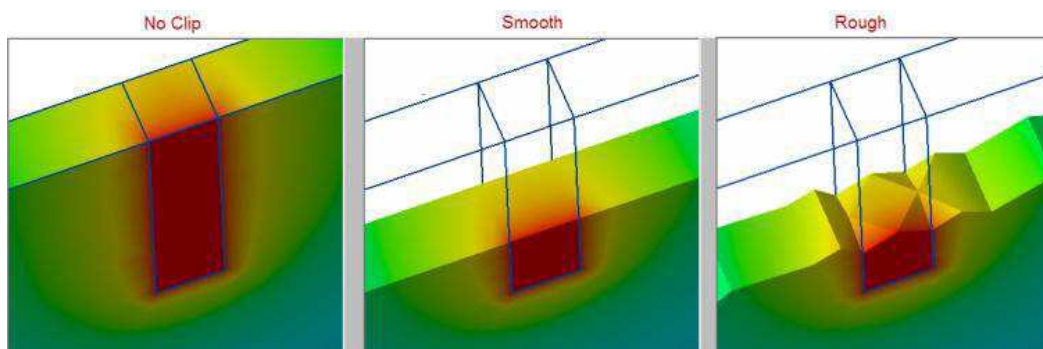
Cut plane プレゼンテーション

Cut planeプレゼンテーションは、他のプレゼンテーションに匹敵する次の特徴を持っています。

- このプレゼンテーションがアクティブになると、インタラクティブ切断要素がスクリーンに出現します。それに垂直なベクトルを備えた半透明の平面はマウス左ボタンを押しながら任意の方向にドラッグすることができます。その平面は正規ベクトルに沿ってドラッグすることができます。また、そのベクトルは平面と交差するポイントのまわりで任意に傾けたり、回転したりすることができます。
- Cut planeプレゼンテーションは、スクリーン上の有効なグラフィックスのためにその他のプレゼンテーション（Color surface、Finite element mesh など）と組み合わせて使用することができます。

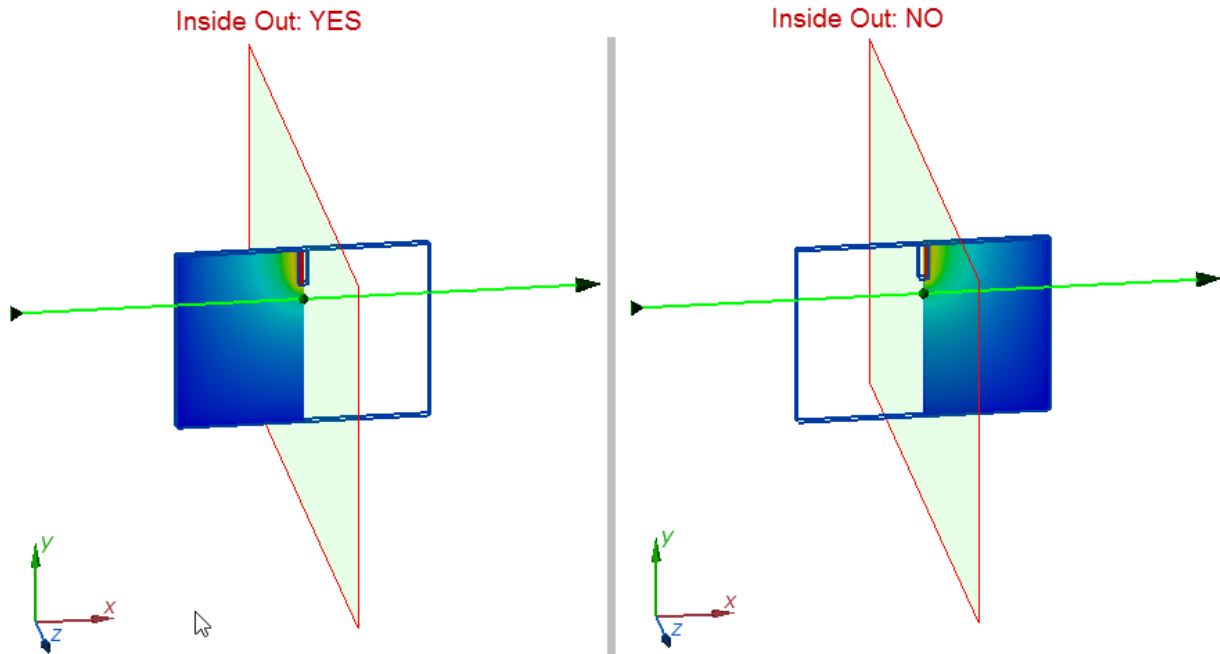
Cut planeセッティングには、次の機能を含みます。

1. **Normal direction**（正規方向）：座標軸X、Y、Zのうちの1つに沿う方向として、あるいは正規ベクトル n_x 、 n_y 、 n_z の3つ座標の入力による任意方向としてのリストから選択することが可能です。
2. **Distance to Origin**（原点距離）：正規ベクトルが座標軸の1つと平行な場合、カット平面から原点座標まで距離を指定するか、座標 p_x 、 p_y 、 p_z によってカット平面中の任意ポイントの座標位置を指定します。カット平面の位置は、正規ベクトル方向とカット平面に属するポイント座標によって完全に定義されます。
3. **Clip**（クリップ）：これはカット平面によって作成されるセクションをコントロールします。その値としては、No clip（クリップなし）、Smooth（滑らか）、Rough（粗）などを選択することができます。




Clipの効果

4. **Show Plane** : カット平面と正規ベクトルの可視化スイッチとして、Yes/Noの値を備えます。そのデフォルトは、Yesであり、それらは表示されます。希望するカット平面の位置が決定した後、Noに切り替え、プレゼンテーション・ビューにおいて通常のマウス・コントロール・モードに戻す場合に便利です。
5. **Inside out** : Yes/Noの値を備え、カット平面によって分けられたセクションを選択する場合に使用します。



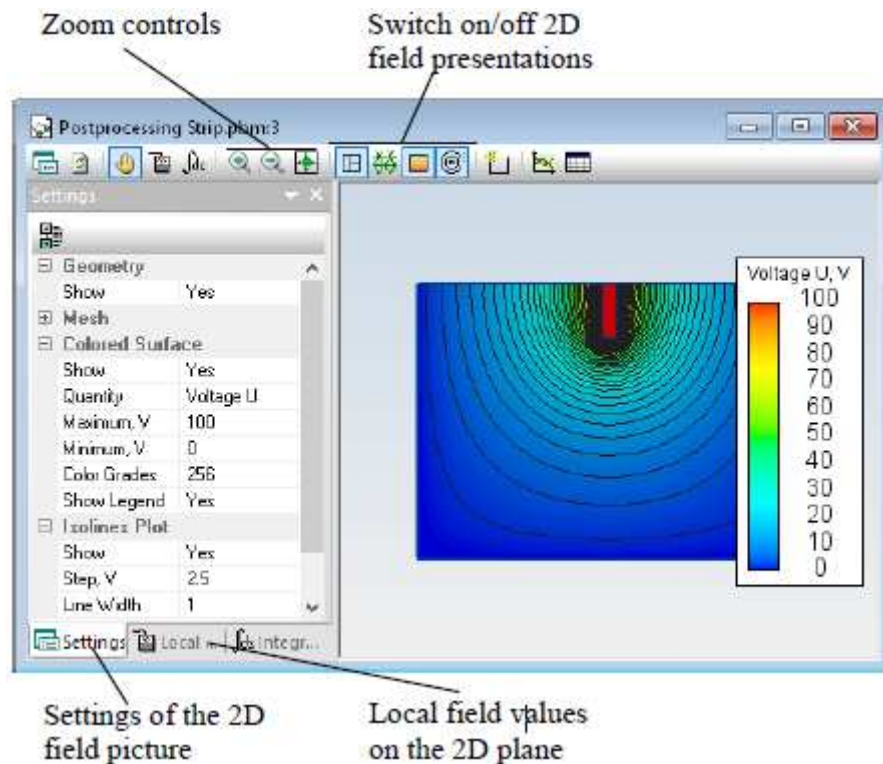
InsideOutの効果

Cut plane フィールド・グラフィックス

Cut planeプレゼンテーションが選択されている場合、3Dビューによるフィールド・グラフィックスが表示されます。別のウィンドウを開き、2Dビューで表示することも可能です。Cut planeウィンドウから、2Dフィールド・ビューを開くには、ツールバーの  ボタンを押してください。このボタンは、**Cut plane**プレゼンテーションが選択されている場合、常にアクティブです。

2Dフィールド・ビュー・ウィンドウは、3Dビュー・ウィンドウに似ています。そのウィンドウには、1つのツールバー、2つのパネルを備えたフィールド・カルキュレータ、モデルとカラー汎例を備えたフィールド・ビューを含んでいます。

2Dウィンドウのグラフィックス・コントロール方法は、3Dフィールド・ビュー・ウィンドウと同様です。そのイメージは、モデル幾何学形状、有限要素メッシュ、カラー表面および等位線プロットなどのプレゼンテーション・スイッチ（オン/オフ）で切り替わります。




カット平面の2Dフィールド・グラフィックス：幾何学モデル、カラー表面、等位線の表示

フィールド・ビューをコントロールするマウスの操作方法は、例外を除いて3Dの場合と同様です。カット平面は常にスクリーン平面上に位置し、モデルを回転することができません。

そのカット平面は、3Dウィンドウの機能と同様のブラウジング（データ観察操作）によって、ローカルな電場値などを確認することができます。


2D ウィンドウの積分カルキュレータ（Integral calculator）は、全体の平面断面上の積分値（例えば、ベクトル流出）を計算します。サーフェイス積分は、平面によってカットされたすべての可視断面の値を計算します。

プロットまたはテーブルの断面フィールドの分布も表示されるかもしれません。テーブルとプロットは、1つ以上のセグメントから成る破線コンターに沿ったフィールドを示します。

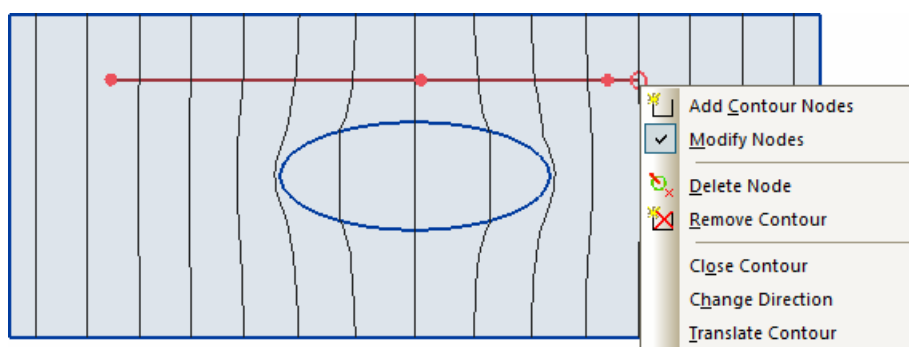
コンターが定義されている場合、プロットまたはテーブル・ウィンドウをアクティブにするためにツールバーの  ボタンのいずれかを押ししてください。テーブルかプロット・ウィンドウが既にある場合、1D Plot または 1DTable ボタンを押すと、そのウィンドウ内容に従って、コンター表示も変更されます。

プロットとテーブルに関するコンター

フィールド分布のプロットまたはテーブルのためのコンターは、1 つ以上のセグメントを含む多角形ライン絵で構築されます。

コンターを作成するにはツールボックスの  ボタンをクリックします。すると、カーソル表示は十字線に変わります。最初のノードを生成するためにマウスボタンをクリックし、次に、次のノードまでマウスをドラッグし、再度マウスボタンをクリックします。マウス左ボタンをクリックするたびに新しいノードを生成されます。マウス右ボタンのクリックによって最後のノードが生成されます。最後のノードが第 1 のノードと一致する場合、コンターは閉じた多角形になります。

最後のコンターノードの生成後、マウスによって現存のノードをドラッグすることが可能なモードまたはエッジ上に新しいノードを生成するモードに換わります。選択したノードを色の変わったノードに移動させるには、マウス右ボタンを押したままカーソルを移動します。また、コンターの間節点で同様の操作をすると新しい中間節点を生成します。




マウス・カーソルがコンター上にある場合、マウス右ボタンをクリックするとコンター編集コマンド・モードのコンテキスト・メニューをアクティブ化します。

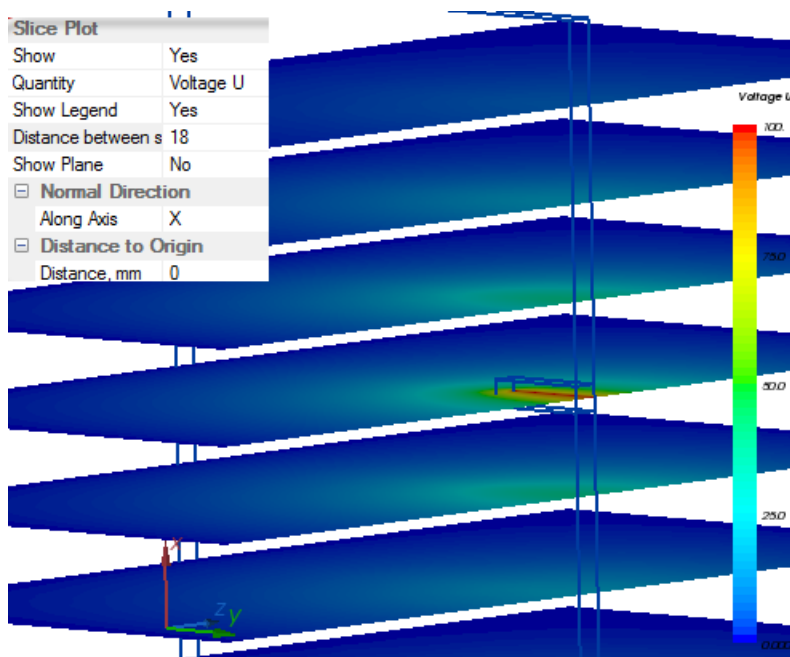
そのコンターモードとして、上部の 2 つのコマンドの 1 つを選択します。それらは既存のコンターに新しいセグメントを追加するか、あるいは既存のノードをドラッグするモードです。また、**Delete Node**、**Remove Contour** の 2 つのコマンドは選択されたノードあるいは全体のコンター全体を削除します。

- コンターは常に方向を持ち、ノードの開始点と終了点が存在します。コンターの方向は、**Change Direction** コマンドを使用して変更されるかもしれません。
- **Translate Contour** コマンドは、マウスによってコンター全体をドラッグすることを可能にします。

コンター操作のためのコンテキストメニュー・コマンドも **Contour** メニューへ含まれています。

Slice plot (マルチ・パラレルカット平面)

3Dフィールド解析では、1つ以上のカット平面を観察することは有益です。**Slice plot**プレゼンテーションは、そのために提供されます。フィールド・ビュー・ツールバーの**View**メニューあるいは、 ボタンのコマンド**Parallel Slices**を使用し、このプレゼンテーションをアクティブにすることができます。



Slice plotプレゼンテーション


Cut planeプレゼンテーションと同様に、このプレゼンテーションがアクティブになると、インタラクティブ・コントロールが可能な平面と正規ベクトルが表示されます。これらのコントロール操作では、並列したカット平面（スライス・ファミリ）の方向を調節することができます。

選択された物理量のカラーマップが並列スライス平面に示されます。**Slice plot**プレゼンテーションが実行されると、スライス面を表示するためにモデルのカラー表面表示は自動的に非表示にされます。

Slice plotセッティングは次の機能を含んでいます。





1. スライス面にカラーマップを表示するための物理量に選択します。リストから対象のスカラー量を選択することができます。
2. カラー凡例の表示/非表示
3. スライス面間の距離：推奨値はリストから選択できます。また、任意の数値を入力することも可能です。
4. **Show plane**値のYes/Noは、カット平面と正規ベクトルの表示/非表示のスイッチとして指定されます。
5. **Normal direction**と**Distance to Origin**を含むフィールドの2つのグループは、カット平面の位置をコントロールし、**Cut plane**プレゼンテーションと同様のセッティング方法が採用されます。

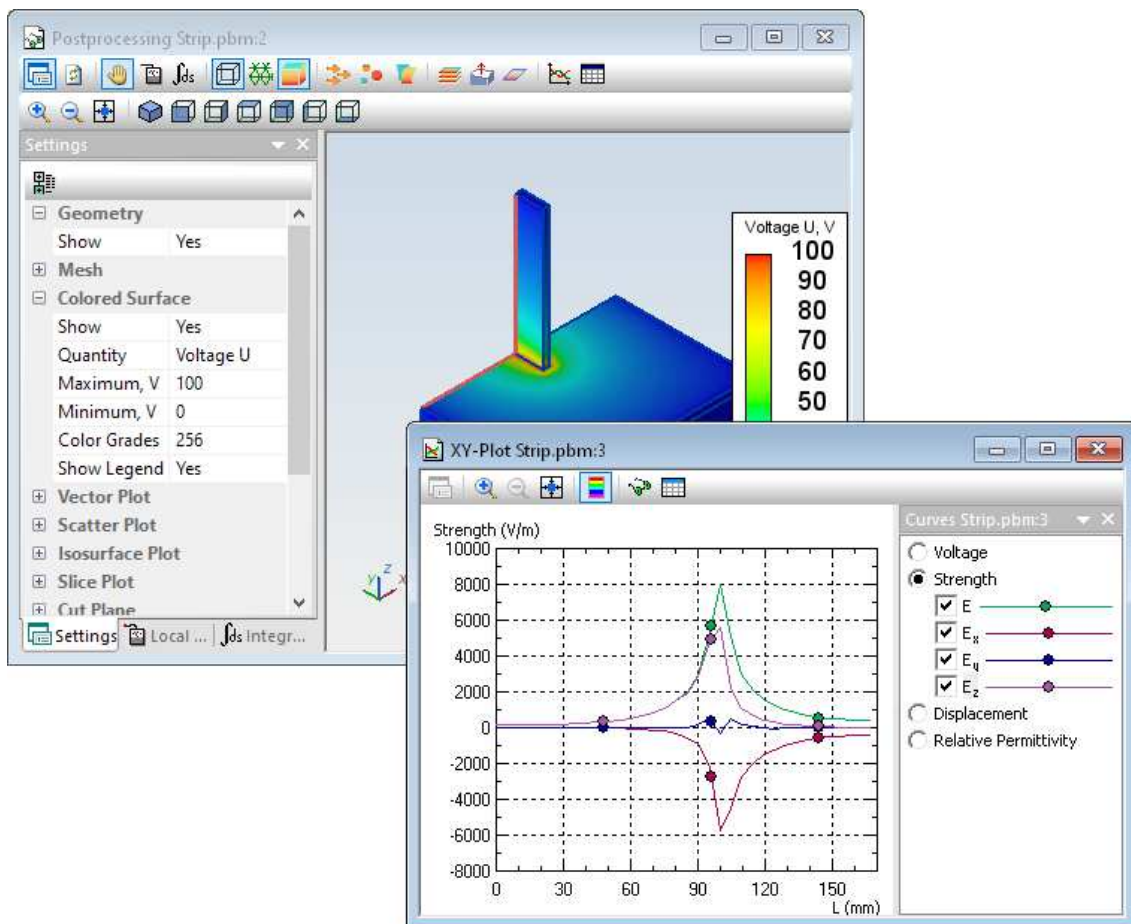
プロット

選択されたモデル・エッジのフィールド・パラメータ分布をプロット表示することができます。プロット・ウィンドウは、Viewメニューのコマンド**1D XY**プロットを使用するか、あるいはフィールド・ビュー・ツールバーの  ボタンを押すことにより表示されます。

そのプロットは、選択されたエッジあるいは一連のエッジ上の選択された物理量の分布を示します。プロットは、エッジ選択の変更に従って自動的に再プロットされます。プロットにおいて、そのエッジ・シーケンスは自己交差することのない、連続的に結線です。適切なプロットのためのエッジ選択には、自己交差セグメントのない結線ラインを形成する必要があります。エッジ・シーケンスのラインの始点と終点が一致する場合も可能ですが、その他の交差は許可されません

プロット・エリア上部のツールバーは次のものを含んでいます。


-  : ズーム・ボタンはマウスのドラッグ操作によるプロット表示のズーム・イン/アウトを可能にします。
-  : このボタンはプロット・データに関する凡例ウィンドウをアクティブにします。凡例ウィンドウではラジオボタンによる選物理的パラメータの選択し、パラメータのアクティブ化をコントロールします。
-  : このボタンがプロット・データに関するフィールド・ビューを返します。プロットが選択されたエッジに沿ったデータの場合、3D フィールド・ビューをアクティブにします。プロットが平面コンターに沿ったデータの場合、2D セクション・ウィンドウをアクティブにします。それらはコンターを含みます。
-  : このボタンはテーブル・ウィンドウをアクティブ化し、そのテーブルはエッジやコンターに沿った物理的パラメータの分布を示します。




選択エッジの電場 E の XY プロット

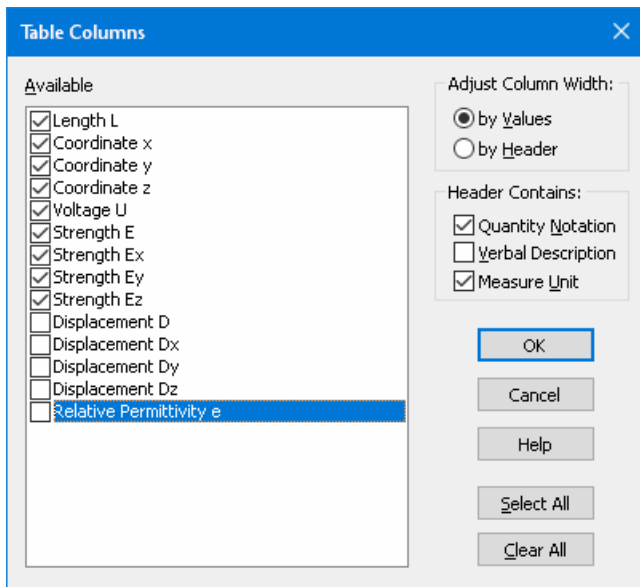
マウス右ボタンをクリックするとコンテキスト・メニューがアクティブになります。

テーブル

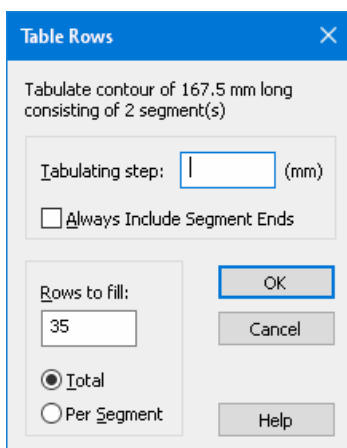
選択されたエッジやコンターに沿ったフィールド・パラメータ分布は、グラフだけでなくテーブルとしても表示できます。テーブル・ウィンドウは、3D フィールド・ビュー・ツールバーあるいは 2D セクション・ツールバーの  ボタンを押すことによりアクティブになります。

テーブルの行は、コンターあるいは選択されたエッジグループの分布を示し、幾何学モデルのノードと関係します。テーブルの列には物理的パラメータ値が示されます。

テーブルの列はテーブル・ツールバー中の  ボタンあるいはコンテキスト・メニューの **Table columns** ダイアログを使用し修正することができます。





テーブル行数を指定するには、ツールバー中の  ボタンを押し、**Table rows** ダイアログを使用します。



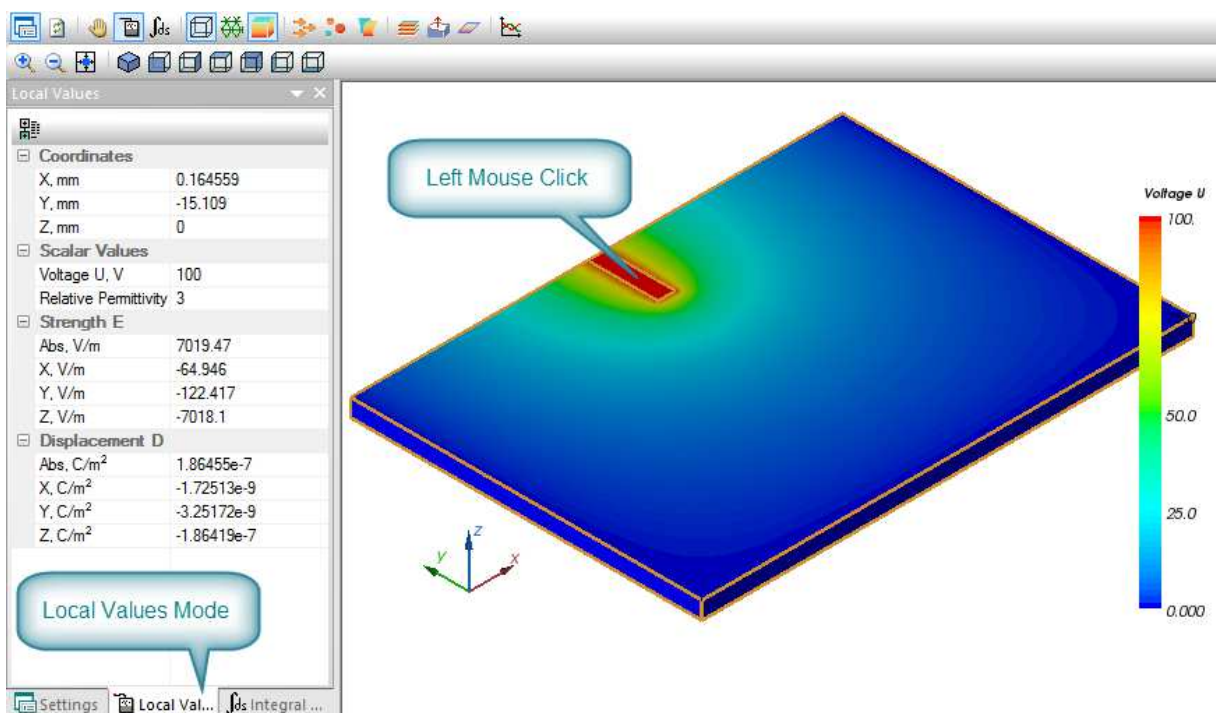
テーブルの行数は、直接あるいは、コンターに沿って測定されたモデル長さ単位に従うノード間隔を設定することによって定義できます。コンターがいくつかのセグメントまたはエッジで構成されている場合、ダイアログは異なるセグメント用のステップを定義することを可能にします。但し、すべてのセグメントの終点がテーブルに含まれていなければなりません。

ローカル・フィールド値

特定のポイントで計算された物理的フィールド量（例えば、ローカル電場値）は、ローカル値として示されます。

それは所望のポイントでローカル値を表示するには、フィールド・カルキュレータ・モードのスイッチする必要があります。これはツールバー中の  ボタンを押すか、フィールド・カルキュレータのスタック中の **Local Values** を選択するか、あるいは **View** メニューの **Local Values** コマンドの使用によって行われます。これはカーソル形状を  へ変えます。

モデル・サーフェイス上のポイントをマウス・クリックすると、ローカル値パネルの座標とフィールド値もリフレッシュされます。ローカル値の計算のためのポイント座標をローカル値パネルの対応フィールドで入力することも可能です。



ローカル値パネルの上部の3フィールドに、X、Y、Zのポイント座標を入力することができます。また、これらのフィールドは、マウスのクリック操作に応じて自動的にリフレッシュされます。

積分計算

ローカル所電場値に加え、QuickFieldは、電荷、機械的な力および電場エネルギーのような積分パラメータを計算することができます。

ボリューム積分の範囲は選択されたボディ、また表面積分の範囲は選択されたフェイスあるいは3Dモデルの平面です。

表面積分のエリア、平面によってカットされたすべての可視ボディの断面を含んでいます。それらのビューのオン/オフによってエリアをコントロールします。結果は、2Dセクション・ウィンドウの **Integral Calculator** タブで示されます。

ローカルなフィールド値に加えて、電荷、機械的な力、電場エネルギーなどの積分パラメータ値を計算することができます。

電場問題では、次の積分計算が可能です。

- 特定ボリュームの総電荷

$$q = \oint \mathbf{D} \cdot \mathbf{n} ds$$

ボリューム境界内の積分値は、n次の外周単位ベクトルで示されます。

- 総電気力は特定ボリュームに含まれるBodies（ボディ）に作用します。

$$\mathbf{F} = \frac{1}{2} \oint (\mathbf{E}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{D}) + \mathbf{D}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{E}) - \mathbf{n}(\mathbf{E} \cdot \mathbf{D})) ds$$

- 電場エネルギー

$$W = \frac{1}{2} \int (\mathbf{E} \cdot \mathbf{D}) dV$$

DC電導問題では、次の積分が計算されます。

- 特定表面の電流

$$\mathbf{I} = \oint_S \mathbf{J} \cdot \mathbf{ds}$$

この積分はボリュームの境界上で評価されます。

定常熱伝導問題では、次の積分が計算されます。

- 特定表面の熱流出

$$\Phi = \oint_S \lambda \cdot \text{grad } T \, ds$$

この積分はボリュームの境界上で評価されます。

積分計算モードは、ツールバー上の $\int ds$ ボタンを押すか、フィールド・カルキュレータ・ダイアログからパネルIntegral Calculatorを選択するか、あるいはViewメニューからコマンドIntegral Valuesを使用することによって、アクティブになります。このモードはカーソル形状 $\int ds$ によっても示されます。

計算可能なすべての積分値が選択されたボディ（あるいはそれらの外表面）の積分断面にしたがって計算されます。選択の変化に応じて、新しい積分値が自動計算されます。

第 10 章

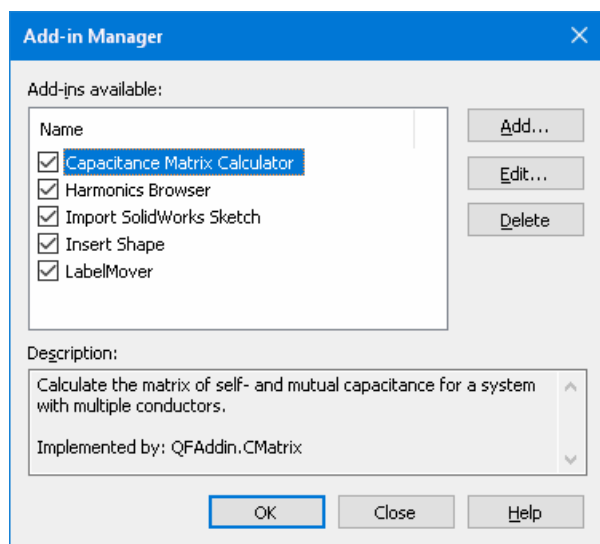
Add-in (アドイン)

アドインは、QuickField を拡張するためにカスタム・メニュー・アイテムやツールバー・ボタンなどを追加、修正する補足的なプログラム機能です。

コンピューターで利用可能なアドインのリストを表示するには、

1. **Tools** メニューの **Add-in Manager** をクリックしてください。
2. 利用可能なアドインのリストが表示されます。それぞれのアドインに関する詳細情報を得るには、リスト中のそれを選択してください。リスト下方のボックスにその記述が表示されます。

アドイン機能は、いつでも切り替えることができます。暫くの間その使用の必要がないならば、アドインのスイッチを切ることができます。アドインのスイッチを切っても、コンピューターからそれを取り除くことなく、その後そのスイッチを入れることができます。



アドインを切り替えるには、

1. **Tools** メニューの **Add-in Manager** をクリックしてください。
2. アドインのスイッチを入れるには、その名前隣のチェックボックスを選択してください。
3. アドインのスイッチを切るには、その名前隣のチェックボックスを非選択してください。
4. **OK** をクリックしてください。

QuickField の利用可能なアドイン

次のアドインが提供されます。

Insert Shape

モデルに共通の形状（長方形、円、楕円など）を追加するツール。

LabelMover

パラメータの分析用ツール。このツールは、問題解析がモデル幾何学形状あるいは物理特性の変更にどのように依存するかを調べます。

Harmonic Analysis

このアドインは、指定コンターの解析値に対応するはハーモニック関数（フーリエ級数展開された位相と振幅）を計算し、表示することを可能にします。

アドイン機能の拡張

追加、編集、削除のアドイン

Add-in Manager ダイアログボックスを使用し、次のような拡張操作が可能です。

- アドインとして自作のプログラムあるいはコンポーネントを登録することができます。それには、**Add** をクリックし、そのプロパティを指定するために **Add-in Properties** ダイアログボックスを使用します。
- アドイン、メニュー・テキスト、ショートカット、ツールバー・アイコンなどのプロパティを変更することができます。それには、**Edit** をクリックし、それぞれのプロパティを変更するために、**Add-in Properties** ダイアログボックスを使用してください。
- アドインのリストから不要なアドインを取り除くことができます。それには、そのアドインを選択し、**Delete** をクリックします。ただし、リストからアドインを取り除いてもディスクからアドインファイルは削除されません。

自作のアドインを作成するときに、これらの機能が有効です。そのため標準のアドイン機能を使用する場合には、これらの操作は必要ありません。

アドインの作成

COM (C#, Visual C++, Delphi など) をサポートする Visual Basic あるいはその他のプログラミング・ツールを使用し、容易にアドインを作成することができます。

アドインでは、単純な繰り返し操作などを自動化し、より迅速で有効な操作が可能になります。自作のアドインに関するより詳細については、ActiveField ヘルプの **Creating Add-ins** を参照してください。

アドイン・プロパティ (Add-in Properties) ダイアログボックス

このダイアログでは、次のフィールドを指定することができます。

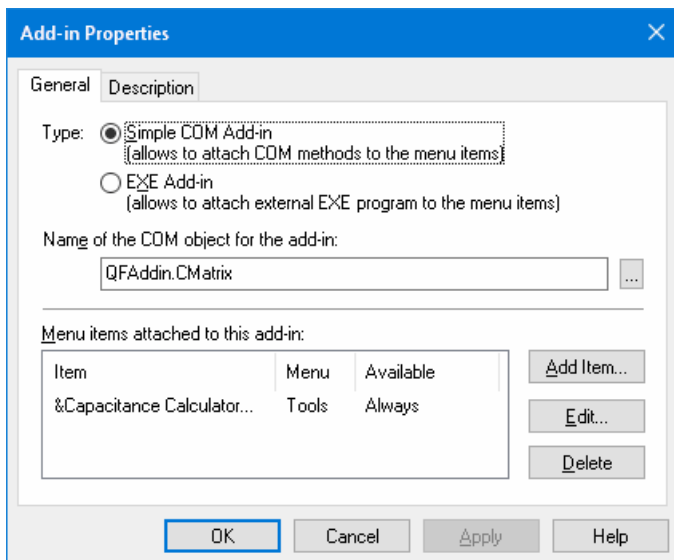
一般的な特性

Type (タイプ)

Simple COM アドインあるいは EXE アドインの 2 タイプのうちの 1 つを選んでください。SimpleCOM Add-in が選択された場合、そのアドインとして COM が使用され、このアドインは COM サーバーになります。EXE Add-in が選択された場合、アドインとして、任意の EXE ファイルを使用することができます。対応するメニュー・アイテムをクリックすると、この EXE ファイルが QuickField から実行されます。

アドインの COM オブジェクト名およびアドインを呼び出すコマンドライン

COM アドインはそのオブジェクト名を指定し、EXE アドインはそのアドインを起動するためのコマンドラインを指定してください。通常は、そのアドイン EXE ファイルへのフルパスを指定します。



メニュー・アイテムへのアドインの追加

このダイアログには、アドインに追加されたメニュー・アイテムがリストされます。通常、1つのメニュー・アイテムがそれぞれのアドインごとに追加されます。また、1つのアドインにいくつかのメニュー・アイテムを関係付けることもできます。

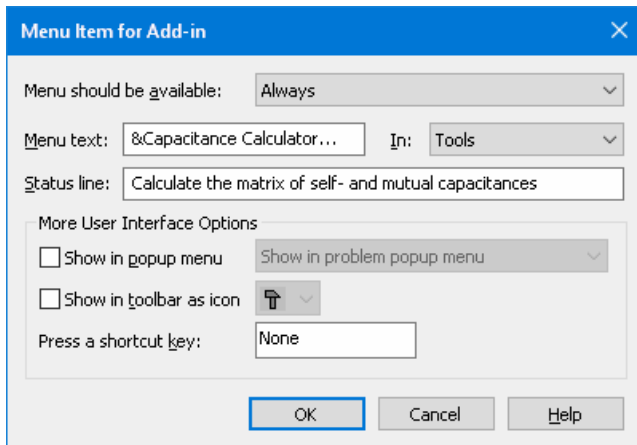
- メニュー・アイテムを追加するには、**Add Item** をクリックしてください。
- メニュー・アイテムを削除するには、**Delete** をクリックしてください。
- メニュー・アイテムのプロパティを変更するには、**Edit** をクリックしてください。

Description (注記) プロパティ

Friendly name : アドインに関するより簡潔な名前を指定するために推奨されます。

Description : アドインの詳細な記述を提供するために推奨されます。

アドイン・メニュー・アイテム・ダイアログボックス



このダイアログでは、以下のフィールドを指定することができます。

Menu should be available

次のオプションから1つを選んでください。

- **Always** : メニュー・アイテムは常に実行可能です。
- **In model editor** : メニュー・アイテムはモデル・エディタにおいて実行可能です。
- **In postprocessor** : ポストプロセッサのみで実行可能です。

Menu text

ここでメニュー・アイテムに表示されるテキストを指定してください。

Menu

追加するアイテムのメニューを選ぶことができます。

Status line

このフィールドには、追加するアイテムの説明を記述することができます。この記述はそのアイテムに対応して、ステータスラインに表示されます。

Show in popup menu

このチェックボックスが選択されると、そのメニュー・アイテムはコンテキスト・メニュー（マウス右ボタン操作）に追加されます。

Show in toolbar as icon

このチェックボックスが選択されると、そのメニュー・アイテムはツールバーからも実行することができます。チェックボックスの隣のドロップダウンリストからそのツールバー・ボタンのアイコンを選択することができます。

Press a shortcut key

このフィールドを使用し、そのメニュー・アイテムのショートカットを設定することができます。

第 11 章

理論的背景

本章の目的は、QuickField 有限要素解析システムが基づく理論を概説することです。それぞれの章には基本的な数学的方程式を含んでおり、様々な物理的理論およびそれらの使用方法を解説します。

QuickField は、スカラーあるいは一次成分のベクトル・ポテンシャルに関する偏微分方程式に基づいて 2D 境界値問題を解析します。さらに、2D ソリッド応力解析問題（平面応力、平面ひずみ、軸対称応力）を解析します。2D 問題の 3 つの主なモデル・クラスとしては、平面、平面平行、軸対称などです。一般に、薄いプレートの問題では平面問題として解析します。それらは平面直交座標系において解析されます。平面平行問題は右手系の直交座標系 xyz として解析します。幾何学形状、材料特性およびフィールド・ソースにおいて、 z 方向は等価であると仮定されます。その問題の定義、計算、結果は、 xy 平面において解析され、それらをモデル平面と呼びます。軸対称問題では円筒座標系 $zr\theta$ として公式化され、その軸成分は平面平行問題と同一です。物理特性およびフィールド・ソースは座標角には依存しないと仮定されます。モデル操作のすべては、 zr 平面上（半平面を定義する場合、 $r \geq 0$ ）で行われます。 Z 軸を水平軸と仮定し、また、右向きを正とする r 軸が仮定されます。

問題の幾何学形状は、モデル平面の 1 つの多角形を小区域として定義されます。各領域には、それぞれの物理特性が定義されます。多角形の小区域をブロックとし、それらの境界を構成する線分および弧をエッジと名付けて、エッジ間のポイントを頂点と名付けます。それらのエッジは問題の領域全体をいくつかの平面に分割し、計算しないフィールドや領域外部との境界、および、領域内部間の境界を構成します。

以下に、磁場、電場、電流、熱伝導および応力解析問題の詳細な数学的な公式を紹介します。

磁場解析

QuickField は、線形および非線形の磁場問題を解析することができます。磁場は、集中電流あるいは分布電流、永久磁石あるいは外部磁場によって引き起こされます。

磁場問題は、ベクトル磁位 A ($B = \text{curl } A$ 、磁束密度ベクトル) のポアソン方程式として公式化されます。その磁束密度はモデル平面 (xy または zr) に存在すると仮定され、電流密度 j のベクトルとベクトル・ポテンシャル A は互いに直交します。平面問題での j_z と A_z および軸対称問題での j_θ と A_θ はゼロにはなりません。それらを単に j と A として表せます。

平面問題の方程式：

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{\mu_y} \frac{\partial A}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{\mu_x} \frac{\partial A}{\partial y} \right) = -j + \left(\frac{\partial H_{cy}}{\partial x} - \frac{\partial H_{cx}}{\partial y} \right)$$

軸対称問題の方程式：

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r\mu_z} \frac{\partial(rA)}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{\mu_r} \frac{\partial A}{\partial z} \right) = -j + \left(\frac{\partial H_{cr}}{\partial z} - \frac{\partial H_{cz}}{\partial r} \right)$$

ここで、透磁率テンソル成分： μ_x と μ_y (μ_z と μ_r)、保磁力ベクトル成分： H_{cx} と H_{cy} (H_{cz} と H_{cr})、および電流密度 j はモデルの各ブロックで一定です。

注意：等方性 ($\mu_x = \mu_y$ あるいは $\mu_z = \mu_r$) だけでなく、フィールド透磁率は非線形と仮定することができます。その材料特性として磁化特性として BH カーブを定義することができます。

フィールド・ソース

フィールド・ソースは、ブロック内のエッジあるいはモデルの各頂点で指定することができます。フィールド・ソースとしては、空間、表面、線形電流および永久磁石を含みます。保磁力は永久磁石の初期特性として選択されます。

xy 平面問題の点源は、平面外部方向の線形電流を定義します。軸対称問題の点源は軸まわりに対称な薄い輪の電流を表わします。モデル平面のエッジ境界上のソースは3次元の表面電流を表わします。それらはエッジにおけるノイマン境界条件によって指定します。空間電流は電流密度あるいは指定ブロックのブロック密度に関するアンペア回数の総数のいずれかによって定義します。コイル中の電流密度は次式から得ることができます。

$$j = \frac{n \cdot I}{S}$$

ここで、 n は回転数、 I は総電流です。また、 S はコイル断面積です。

回路中において指定アンペア回数のブロックを考慮することができます。その場合、各ブロック中の電流密度はその正方ブロックで区切られた共通のアンペア回数の総数として計算されます。

アンペア回数の総数が指定されると、軸対称問題では、 r がポイント半径座標であり、 $1/r$ の変数として生じる電流密度を定義することができます。このアプローチは螺旋コイルのシミュレートに使用されます。

境界条件

次の境界条件は、領域の外部かつ内部の境界を指定することができます。

ディリクレ条件はモデルの頂点あるいはエッジに既知のベクトル磁位 A_0 値を指定します。この境界条件は磁束密度ベクトルの正規成分を定義し、軸対称問題あるいは離散境界におけるその成分の消去値を指定するためにしばしば使用されます。それは次式に従った座標関数のディリクレ条件をサポートします。

平面問題：

$$A_0 = a + bx + cy$$

軸対称問題：

$$rA_0 = a + b zr + \frac{cr^2}{2}$$

パラメータ a 、 b 、 c は各エッジにおける定数であり、また、境界ごとの変数を指定することができます。このアプローチは任意の直線境界セグメントにゼロでない磁束密度の正規成分を指定することによって一定の外部フィールドをモデル化することを可能にします。水平軸（平面問題では x 軸、軸対称問題では z 軸です。）に関するセグメントの角度 α を指定することができます。そのため平面問題および軸対称問題における正規磁束密度は次式によって表されます。

$$B_x = c \sin \alpha + b \cos \alpha$$

ここで、正の正規ベクトルは右手系と仮定します。

それぞれのエッジに対する定数 a の選択し、すべてのエッジ結合ポイントにおいて関数 A_0 の連続性条件を満たさなければなりません。

注意：問題を正確に定義するには、ディリクレ条件を少なくとも1つのポイントに指定しなければなりません。領域が2つ以上から成る場合、ディリクレ条件を少なくともそれらの領域をの1つのポイントに指定しなければなりません。軸対称問題では、デフォルトとして対称軸上をゼロ・ディリクレ条件とします。

ノイマン条件は、次式によって表されます。

外部境界：

$$H_t = \sigma$$

内部境界：

$$H_t^+ - H_t^- = \sigma$$

ここで、 H_t は境界強度の接線成分であり、指数の「+」と「-」は、境界の左側と右側の量を示し、 σ は表面電流線形密度です。 σ 値が 0 のとき、境界条件は一定となります。この種の境界条件は問題の磁気非対称平面によって形成される領域の外部境界（非対称幾何学問題）でしばしば使用されます。均一のノイマン条件は自然条件であり、その場合、境界条件がどこにも指定されていないか、あるいはすべての外部境界部分はデフォルトが指定されていると仮定します。

注意：軸対称問題では、デフォルトとして対称軸上をゼロ・ディリクレ条件とします。

表面電流が問題の対称平面で指定されると、この平面が領域の外部境界を形成する場合、電流密度を 1/2 にしなければなりません。

ゼロ磁束境界条件は、磁界が透過しない超伝導材料を記述するために使用します。ベクトル磁位はその超伝導内部で一定（軸対称の場合、 rA =一定）であり、超伝導材料の内部を解析から除外することができます。また、一定のポテンシャル状態をその表面に対応付けることができます。

注意：超伝導材料の表面が任意のディリクレ条件を持つエッジとその共通ポイントを持っている場合、適切なポテンシャル値のディリクレ条件を全体表面に定義しなければなりません。

永久磁石

QuickField における磁力は、区分ごとの定数と考えられ、その方程式に関する成分はモデル平面に直交し、永久磁石の表面に沿って流れる表面電流と等価です。その有効電流密度は磁石の境界を横切る磁力の接線成分の方向に等しく、例えば、 H_c 成分の磁力を持つ長方形の磁石はその上部と底部の表面において反対方向成分の 2 つの電流を表わします。その上部エッジと底部エッジの電流密度 H_c と $-H_c$ は数的には等価です。

したがって、磁力あるいはノイマン境界条件のいずれかを永久磁石のエッジに指定することができます。個々の特性について、さらに、それぞれの指定方法を選ぶことができます。

非線形の磁気特性を持つ永久磁石は、特殊な考察を必要とします。その場合、透磁率は次の方程式によって仮定されます。

$$B = \mu(B) \cdot (H + H_c); \quad \mu(B) = \frac{B}{H + H_c}$$

ここで、その透磁率 $\mu(B)$ は、永久磁性とも類似しないアナログ・カーブ特性と異なることを指摘しなければなりません。磁石の実際の特性を必要としない場合には、近似的に一定の材料カーブを使用することが可能です。その近似を使用し、磁石の内部磁界値がその磁力よりはるかに小さければ、次の実効値を磁力として与えることを推奨します。

$$H'_c = \frac{1}{\mu(B_r)} B_r$$

ここで、 B_r は残留誘導磁界です。

物理量の計算

磁場問題では、ポストプロセッサはローカルな物理量および積分量を以下のように計算します。

ローカル値

- ベクトル磁位 A （軸対称問題では、磁束関数 rA ）
- 磁束密度ベクトル $B = \text{Curl } A$

平面問題：

$$B_x = \frac{\partial A}{\partial y}, \quad B_y = -\frac{\partial A}{\partial x}$$

軸対称問題：

$$B_z = \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial(rA)}{\partial r}, \quad B_r = -\frac{\partial A}{\partial z}$$

- 磁界強度ベクトル $\mathbf{H} = \mu^{-1} \mathbf{B}$

$$\mathbf{H} = \frac{1}{\mu} \mathbf{B}$$

ここで、 μ は透磁率テンソルです。

積分値

- 指定体積あたりに作用する総磁場力

$$\mathbf{F} = \frac{1}{2} \oint_S (\mathbf{H}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{B}) + \mathbf{B}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{H}) - \mathbf{n}(\mathbf{H} \cdot \mathbf{B})) ds$$

ここで、積分計算はボリウム境界で計算され、 \mathbf{n} は外部単位ベクトルを表わします。

- 指定体積あたりに作用する磁力の総トルク

$$\mathbf{T} = \frac{1}{2} \oint_S ([\mathbf{r} \times \mathbf{H}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{B}) + [\mathbf{r} \times \mathbf{B}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{H}) - [\mathbf{r} \times \mathbf{n}](\mathbf{H} \cdot \mathbf{B})) ds$$

ここで、 \mathbf{r} は積分ポイントのベクトル半径です。

トルク・ベクトルは、平面問題では、 z 軸に平行であり、軸対称問題では、 $\mathbf{0}$ に等しくなります。トルクは座標原点に関して相対的と考えられます。任意のポイントに関するトルクは、 $\mathbf{F} \times \mathbf{r}_0$ の外部合力によって得られ、ここで、 \mathbf{F} は合力であり、 \mathbf{r}_0 はポイントのベクトル半径です。

- 磁界エネルギー

線形問題：

$$W = \frac{1}{2} \int_V (\mathbf{H} \cdot \mathbf{B}) dv$$

非線形問題：

$$W = \int \left(\int_0^{\mathbf{B}} H(B') dB' \right) dv$$

- コイルの1巻きあたりの磁束リーケージ

平面問題：

$$\Psi = \frac{\oint A ds}{S}$$

軸対称問：

$$\Psi = \frac{2\pi \oint (rA) ds}{S}$$

ここで、Sは断面積であり、そのコイル断面上の積分値を対象としなければなりません。

平面問題では、すべての積分量はz方向の単位長さあたりの量です。

積分領域は、線分および円弧から成る閉じたコンターとしてモデル平面上で指定します。

インダクタンスの計算

コイルの自己インダクタンスを得るには、そのコイルのみに電流を残し、他のすべての電流が切られている（オフである）ことを確かめてください。問題解析後、ポストプロセッサにおいて、コイル断面のコンターにおける磁束リーケージを得ることができます。そして、コイルのインダクタンスは次の方程式から得ることができます。

$$L = \frac{n\Psi}{I}$$

ここで、nがコイルの巻き数であり、Ψは磁束リーケージ、jはコイルの1巻きあたりの電流です。

2つのコイル間の相互インダクタンスも同様に得ることができます。前術とのただ一つの違いは、一方のコイルに電流を流し、他方のコイル断面上の磁束リーケージを計算しなければならないことです。

$$L_{12} = \frac{n_2\Psi_2}{I_1}$$

平面平行問題では、それぞれのコイルを少なくとも2つの同量で異なる方向の電流を伴うコンダクタによって表さなければなりません。必要に応じて両方のコンダクタをモデル化するか、あるいは2つのコンダクタの1つだけをモデル化し、他方の対称面を境界条件 $A=0$ によって定義します。磁場が対称な場合、インダクタンスは1つのコンダクタのみに対する磁束リーケージに基づいて得ることができます。その結果、2つの目のコンダクタに対しては、2倍の係数を掛けなければなりません。モデルが対称でない場合、インダクタンスの合計は各コンダクタ量の合計によって得ることができます。すべてのコンダクタに流れる電流は1つのコイルに流れる電流と等価であることに注意してください。

平面平行問題では、インダクタンスは、z方向の単位長さあたりで計算されます。

非定常磁場解析

非定常磁場解析は、電界／磁界のフィールドの計算問題です。それは直流現象、あるいは時間関数の電流（交流、インパルスなど）、永久磁石、線形／非線形の磁場（強磁性体）の外部磁界およびコンダクタ中の渦電流（表面）効果の問題に関係します。

その公式は、マクスウェルのベクトル磁位 \mathbf{A} ($\mathbf{B}=\text{curl}\mathbf{A}$) およびスカラー電位 U ($\mathbf{E}=-\text{grad } U$) の方程式に由来します。

$$\text{curl} \frac{1}{\mu} \text{curl } \mathbf{A} = \mathbf{j} + \text{curl } \mathbf{H}_c,$$

$$\mathbf{j} = \sigma \mathbf{E} = -\sigma \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} - \sigma \text{grad } U$$

ここで、 $1/\mu$ は比透磁率テンソルであり、 σ は電気伝導率です。2番目の方程式より、コンダクタ中の総電流ベクトル \mathbf{j} は外部電圧によって生じるソース電流および時間関数の磁界によって生じる渦電流の組み合わせと見なすことができます。

$$\mathbf{j} = \mathbf{j}_0 + \mathbf{j}_{\text{eddy}}$$

ここで、

$$\mathbf{j}_0 = -\sigma \text{grad } U,$$

$$\mathbf{j}_{\text{eddy}} = -\sigma \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}$$

フィールド・シミュレーションが電気回路と連成する場合、次のコンダクタの分岐方程式が使用されます。

$$I = \frac{U}{R} - \sigma \int_{\Omega} \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} ds,$$

ここで、 U はソリッド・コンダクタの2つのターミナル間の電圧差であり、 R はコンダクタのDC抵抗です。

磁束密度は、モデル平面上 (xy または zr) に存在すると仮定され、電流密度 \mathbf{j} ベクトルおよびベクトル・ポテンシャル \mathbf{A} は互いに直交します。平面問題での j_z と A_z および軸対称問題での j_θ と A_θ はゼロにはなりません。それらを単に \mathbf{j} と \mathbf{A} として表せます。

平面問題の方程式：

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{\mu_y} \frac{\partial A}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{\mu_x} \frac{\partial A}{\partial y} \right) - \sigma \frac{\partial A}{\partial t} = j_0 + \left(\frac{\partial H_{cy}}{\partial x} - \frac{\partial H_{cx}}{\partial y} \right)$$

軸対称問題の方程式：

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r\mu_z} \frac{\partial (rA)}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{\mu_r} \frac{\partial A}{\partial z} \right) - \sigma \frac{\partial A}{\partial t} = j_0 + \left(\frac{\partial H_{cz}}{\partial z} - \frac{\partial H_{cz}}{\partial r} \right)$$

透磁率テンソル μ_x および μ_y (μ_z と μ_r) 成分、保磁力ベクトル H_{cx} のおよび H_{cy} (H_{cz} と H_{cr}) 成分は、モデルの各ブロック内の定数です。ソース電流密度 j_0 は平面問題では各モデル・ブロック内において一定と仮定され、軸対称問題では $1/r$ の変数と仮定されます。

注意：等方性フィールドの透磁率 ($\mu_x=\mu_y$ あるいは $\mu_z=\mu_r$) は、非線形と仮定されます。その材料特性としての磁化は、BH カーブによって定義します。

時間領域では、 $t_0=0$ からスタートし、指定した時間範囲において解析されます。また、初期のフィールド分布はその全体領域においてゼロとするか、他の問題（磁場解析、過渡解析）からインポートされます。

フィールド・ソース

フィールド・ソースは、ブロック内のエッジあるいはモデルの各頂点で指定することができます。そのソースとしては、空間、表面、線形電流および伝導領域に印加する電圧、永久磁石を指定することができます。その保磁力として永久磁石に特有の初期特性を選択することが可能です。

xy 平面のポイントソース（点源）は、平面外向の直線電流として定義されます。軸対称問題の点源は対称軸のまわりの薄い輪の流れを表わします。モデル平面内のエッジ境界ソースは3次元表面の流れを表わします。それはエッジに対するノイマン境界条件によって指定されます。

空間の電流分布は、エリアごとに定義され、渦電流効果が考慮される（伝導率 $\neq 0$ ）か、考慮されない（伝導率 $=0$ ）場合を指定することができます。後者の場合はそれぞれの電流密度に対応した空間電流あるいは、それぞれのブロックに対応するブロック密度ごとのアンペア回数電流密度あるいは総電流密度によって定義されます。コイル中の電流密度は次の方程式から得られます。

$$j = \frac{n \cdot I}{S}$$

ここで、 n は回数、 I は総電流、 S はコイルの断面積です。

回路中に指定アンペア回数のブロックを考慮することができます。その場合、各ブロック中の電流密度は正方ブロックで区切られた共通アンペア回数の総計として計算されます。

アンペア回数の総数が指定される場合、軸対称問題では、 r はポイント半径座標であり、 $1/r$ の変数として電流密度を定義することができます。この方法で螺旋コイルのシミュレートに使用されます。

大容量コンダクタでは、コンダクタへの印加電圧を指定します。平面問題では、電圧降下はモデル厚さあたりに対して指定し、軸対称問題では、電圧は対称軸のまわりの1回転あたりで指定します。軸対称問題において、コンダクタにゼロ以外の電圧が指定された場合、コンダクタには放射カット(radial cut)が存在することを意味し、その電圧はそのカット部に印加されます。このオプションは大容量の螺旋コイルへの印加電圧を定義するために使用することができます。コイルの総電圧降下はコイル巻き数に対応して分割されるべきです。また、電圧ゼロはコンダクタ終端の短絡を意味します。

電気回路が存在する場合、その導体のために指定された電圧および電流のソースが無視される場合があります。この場合、回路の編集において時間依存の電圧および電流のソースを指定することができます。

電圧、電流、電流密度は、任意の時間関数として指定することができます。これは時間変数が周期的あるいは周期的でないソースの解析を行うことを可能にします。

境界条件

次の境界条件が領域の外部境界および内部境界に指定することができます。

ディリクレ条件は、モデルの頂点あるいはエッジに既知のベクトル磁位 A_0 の値を指定します。この境界条件は磁束密度ベクトルの正規成分を定義します。対称軸あるいは離散境界において、その成分の消去値を指定するためにしばしば使用されます。また、QuickField は座標関数のディリクレ条件をサポートし、それは次式のように表されます。

平面問題：

$$A_0 = a + bx + cy$$

軸対称問題：

$$rA_0 = a + b \cdot zr + cr^2/2$$

パラメータ a 、 b 、 c は各エッジにおける定数であり、また、境界ごとの変数を指定することができます。このアプローチは任意の直線境界セグメントで、0 でない磁束密度の正規成分を指定することによって一定の外部フィールドをモデル化することを可能にします。

水平軸（平面問題では x 軸、軸対称問題では z 軸です。）に関するセグメントの角度 α を指定することができます。平面および軸対称における正規磁束密度は次式によって示されます。

$$B_x = c \sin \alpha + b \cos \alpha$$

この正の正規ベクトルは右手系によって仮定されます。

それぞれのエッジに対応する定数 a の選択は、すべてのエッジの結合ポイントにおける関数 A_0 となる連続性条件を満たさなければなりません。

注意：問題を正確に定義するには、ディリクレ条件を少なくとも1つのポイントに指定しなければなりません。領域が2つ以上から成る場合、ディリクレ条件を少なくともそれらの領域を1つのポイントで指定しなければなりません。軸対称問題では、デフォルトとして対称軸上をゼロ・ディリクレ条件とします。

ノイマン条件は、次式によって表されます。

外部境界：

$$H_t = \sigma$$

内部境界：

$$H_t^+ - H_t^- = \sigma$$

ここで、 H_t は磁界強度の接線成分であり、指数の「+」と「-」は、境界の左側と右側の量を示し、 σ は表面電流の線形密度です。 σ 値が0ならば、境界条件は一定とされます。この種の境界条件は問題（対称幾何学系での反対ソース）の磁場非対称面によって形成される領域の外部境界でしばしば使用されます。均一のノイマン条件は自然条件であり、境界条件がどこにも指定されていないか、あるいはすべての外部境界部分にはデフォルトが指定されていると仮定します。

注意：軸対称問題では、デフォルトとして対称軸上をゼロ・ディリクレ条件とします。

表面電流が問題の対称平面で指定されると、この平面が領域の外部境界を形成する場合、電流密度を 1/2 にしなければなりません。

ゼロ磁束境界条件は、磁界が透過しない超伝導材料を記述するために使用します。ベクトル磁位はその超伝導部は一定（軸対称の場合、 $r\mathbf{A}$ =一定）であり、超伝導材料の内部を解析から除外することができます。また、一定のポテンシャル状態をその表面に対応付けることができます。

注意：超伝導材料の表面に任意のディリクレ条件を持つエッジとその共通ポイントを持っている場合、適切なポテンシャル値のディリクレ条件を全体表面に定義しなければなりません。

永久磁石

QuickField における磁力は、区分ごとの定数と考えられ、その方程式に関する成分はモデル平面に直交し、永久磁石の表面に沿って流れる表面電流と等価です。その実効電流密度は磁石の境界を横切る磁力の接線成分の方向に等しく、例えば、 H_c 成分の磁力を持つ長方形の磁石はその上部と底部の表面において反対方向成分の 2 つの電流を表わします。その上部エッジと底部エッジの電流密度 H_c と $-H_c$ は数的には等価です。

したがって、磁力あるいはノイマン境界条件のいずれかを永久磁石のエッジに指定することができます。個々の特性について、さらに、それぞれの指定方法を選ぶことができます。

非線形の磁気特性を持つ永久磁石は、特殊な考察を必要とします。その場合、透磁率は次の方程式のによって仮定されます。

$$B = \mu(B)(H + H_c); \quad \mu(B) = \frac{B}{H + H_c}$$

ここで、その透磁率 $\mu(B)$ は、永久磁性とも類似しないアナログ・カーブ特性と異なることを指摘しなければなりません。磁石の実際の特性を必要としない場合には、近似的に一定の材料カーブを使用することが可能です。その近似を使用し、磁石の内部磁界値がその磁力よりはるかに小さければ、次の実効値を磁力として与えることを推奨します。

$$H'_c = \frac{1}{\mu(B_r)} B_r$$

ここで、 B_r は残留誘導磁界です。

物理量の計算

非定常電磁場問題では、ポストプロセッサはローカルな物理量および積分量を以下のように計算します。これらの量は非定常過程の任意時間において観察することができます。

ローカル値

- ベクトル磁位 \mathbf{A} （軸対称の場合、磁束関数 $r\mathbf{A}$ ）
- コンダクタへの印加電圧 \mathbf{U}
- 総電流密度 $\mathbf{j}=\mathbf{j}_0+\mathbf{j}_{eddy}$ 、ソース電流密度 \mathbf{j}_0 、渦電流密度

$$\mathbf{j}_{\text{eddy}} = -\sigma \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}$$

- 磁束密度ベクトル $\mathbf{B} = \text{Curl } \mathbf{A}$

平面問題：

$$B_x = \frac{\partial A}{\partial y}, \quad B_y = -\frac{\partial A}{\partial x}$$

軸対称問題：

$$B_z = \frac{1}{r} \frac{\partial(rA)}{\partial r}, \quad B_r = -\frac{\partial A}{\partial z}$$

- 磁界強度ベクトル

$$\mathbf{H} = \frac{1}{\mu} \mathbf{B}$$

ここで、 μ は透磁率テンソルです。

- ジュール熱密度

$$Q = \frac{1}{\sigma} j^2$$

- 磁界エネルギー密度 $w = (\mathbf{B} \cdot \mathbf{H})/2$
- 透磁率 μ (異方性媒質の最大成分)
- 電気伝導率 σ

積分値

- 指定表面の電流

$$I = \int j \, ds$$

ここで、ソース電流 I_0 、渦電流 I_e

- 指定体積のジュール熱

$$P = \int \frac{1}{\sigma} j^2 \, dv$$

- 指定体積あたりに作用する総磁場力

$$\mathbf{F} = \frac{1}{2} \oint_S (\mathbf{H}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{B}) + \mathbf{B}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{H}) - \mathbf{n}(\mathbf{H} \cdot \mathbf{B})) \, ds$$

ここで、積分計算はボリュウムの境界で計算され、 \mathbf{n} は外部単位ベクトルを表わします。

- 指定体積あたりに作用する磁力の総トルク

$$\mathbf{T} = \frac{1}{2} \oint_S ([\mathbf{r} \times \mathbf{H}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{B}) + [\mathbf{r} \times \mathbf{B}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{H}) - [\mathbf{r} \times \mathbf{n}](\mathbf{H} \cdot \mathbf{B})) ds$$

ここで、 \mathbf{r} は積分ポイントのベクトル半径です。

トルク・ベクトルは、平面問題では、 z 軸に平行であり、軸対称問題では、 0 に等しくなります。トルクは座標原点に関して相対的と考えられます。任意のポイントに関するトルクは、 $\mathbf{F} \times \mathbf{r}_0$ の外部合力によって得られ、ここで、 \mathbf{F} は合力であり、 \mathbf{r}_0 はポイントのベクトル半径です。

- 磁界エネルギー

線形問題：

$$W = \frac{1}{2} \int_V (\mathbf{H} \cdot \mathbf{B}) dv$$

非線形問題：

$$W = \int \left(\int_0^B H(B') dB' \right) dv$$

- コイルの1巻きあたりの磁束リーケージ

平面問題：

$$\Psi = \frac{\oint A ds}{S}$$

軸対称問：

$$\Psi = \frac{2\pi \oint (rA) ds}{S}$$

S は断面積であり、そのコイル断面上の積分値を対象としなければなりません。

平面問題では、すべての積分量は z 方向の単位長さあたりの量として考慮されます。

積分領域は、線分および円弧から成る閉じたコンターとしてモデル平面上で指定されます。

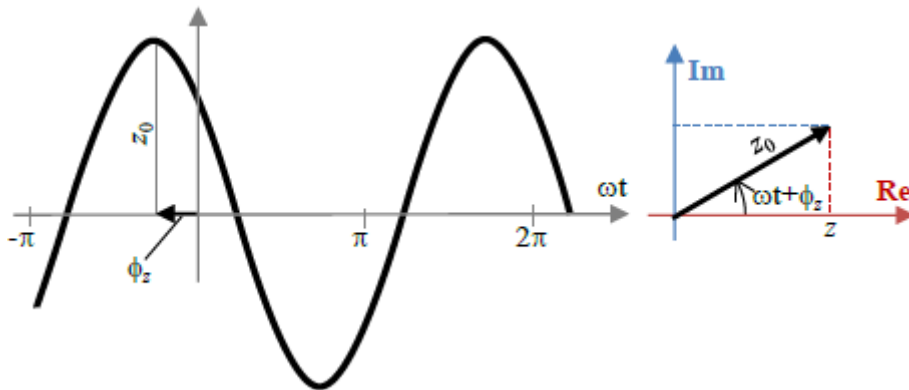
AC 磁場解析

AC 磁場解析は、交流（AC）装置から発生する磁場、電場あるいは交流外部フィールドに関する問題を分析します。

過渡的フィールドの変化は正弦波（正弦曲線）的であると仮定されます。フィールド成分および電流は次のような過渡的に変数として定義されます。

$$z = z_0 \cos(\omega t + \phi_z)$$

ここで、 Z_0 は Z のピーク値です。また、 Φ_z は位相角、 ω は角周波数です。



過渡ハーモニック関数の複素表現は、複素解析に基づく位相解析を使用されます。その複素数は実数部と虚数部で与えられます。

$$z = z_0 e^{i(\omega t + \phi_z)}, \quad i = \sqrt{-1}$$

それは、位相角を 90 度シフトする場合やその線形結合により、任意の位相角を表わすために使用されます。

2つのベクトル方向成分間の位相シフトによってそのベクトルが右回りあるいは左回りに回転するかなどの特定の方向に振らすことができます。一般に、そのようなベクトルは楕円軌跡を描き、その楕円半径はベクトルのピーク値に相当します。楕円の短軸と長軸の比率として極性係数を定義します。その極性係数の左回りを正と仮定し、右回りを負と仮定します。ゼロ係数は線形極性に相当します。

コンダクタ中の総電流は、外部電圧によって生じたソース電流および振動磁界によって生じる渦電流の組み合わせと見なすことができます。

$$\mathbf{j} = \mathbf{j}_0 + \mathbf{j}_{\text{eddy}}$$

フィールド・シミュレーションが電気回路を備える場合、導体に関する分岐方程式は次のとおりです。

$$I = \frac{U}{R} - \sigma \int_{\Omega} \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} ds$$

ここで、 U は2つの導体ターミナル間の電圧差であり、 R は導体の DC 抵抗です。

この問題はベクトル磁位の複素振幅 \mathbf{A} ($\mathbf{B} = \text{curl} \mathbf{A}$ 、 \mathbf{B} : 磁束密度ベクトル) に関する偏微分方程式として公式化されます。その磁束密度はモデル平面 (xy または zr) に分布すると仮定し、電流密度 \mathbf{J} のベクトルとベクトル・ポテンシャル \mathbf{A} は直交関係になります。

平面問題での J_z と A_z および軸対称問題での j_θ と A_θ はゼロにはなりません。それらを単に j と A として表せます。

平面問題の方程式：

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{\mu_y} \frac{\partial A}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{\mu_x} \frac{\partial A}{\partial y} \right) - i\omega\sigma A = -j_0$$

軸対称問題の方程式：

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r\mu_z} \frac{\partial(rA)}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{\mu_r} \frac{\partial A}{\partial z} \right) - i\omega\sigma A = -j_0$$

ここで、電気伝導率 g および透磁率テンソルの成分 μ_x と μ_y (μ_z と μ_r) は、モデルの各ブロック内の定数です。ソース電流密度 j_0 は平面問題の各モデル・ブロック内では一定であり、軸対称問題では、 $1/r$ の変数と仮定されます。

注意：QuickField は、AC 磁場公式のフィールド依存透磁性（強磁性体）を持つ非線形材料を定義することができます。このハーモニック推定法は、AC 周期間で提供されるエネルギーによって調整された BH カーブを使用します。この調整はカーブ・エディタで自動的に行なわれ、ユーザーによって作られたオリジナルのカーブの変更後に再計算されます。AC 磁場問題のカーブ・エディタはユーザー定義データと調整された BH カーブに使用されます。

この公式では、アンペールの法則の変位電流密度項 $\partial D/\partial t$ を無視します。一般的に、取り扱う周波数がメガヘルツ範囲に接近するまでは変位電流密度の影響は無視することができます。

注意：永久磁石および非線形磁場特性は、過渡ハーモニック解析に関するシミュレートはできません。本質的にフィールドはシヌソイド的に変わらなければなりません。これは永久磁石あるいはハーモニック解析によってシミュレートされる飽和効果の妨げになります。永久磁石は系に一定の磁束を供給し、電界強度の増加に伴う材料飽和特性は材料の磁束密度が一定のシヌソイド状態を維持できないことを示します。

フィールド・ソース

フィールド・ソースは、ブロック、エッジあるいはモデルの各頂点で指定することができます。定義可能なフィールド・ソースは空間、表面および伝導領域における線形の電流および電圧を含んでいます。

xy 平面問題の点源は、平面外向の線形電流を定義します。軸対称問題の点源は軸まわりに対称な薄い輪の電流を表わします。モデル平面のエッジ境界上のソースは 3 次元の表面電流を表わします。それらはエッジにおけるノイマン境界条件によって指定します。

空間分布電流を指定するには、いくつかの方法があります。大容量コンダクタでは、コンダクタに電圧を指定します。平面問題では、電圧降下はモデル厚さあたりに対して指定し、軸対称問題では、電圧は対称軸まわりの 1 回転あたりに対して指定します。軸対称問題でコンダクタにゼロ以外の電圧を指定する場合、そのコンダクタに放射カット(radial cut)が存在することを意味し、その電圧はそのカット部に印加されます。このオプションは大容量の螺旋コンダクタに印加電圧を定義するために使用することができます。コイルの総電圧降下はコイル巻き数に従って分布します。

回路中には総電流または総電圧と同一値のいくつかのブロックを考慮することができます。その場合、各コンダクタには、総電流と同一の電流が流れ、また電圧（もし存在するならば）は回路中のコンダクタ全体の

グループに印加されます。

注意：コンダクタに適用されるゼロ総電流およびゼロ電圧の意味は、それぞれに異なります。ゼロ電圧はコンダクタの終端が短絡回路であることを意味し、総電流がゼロ値なのはコンダクタの終端が開いていることを意味します。

非伝導性領域中のフィールド・ソースを指定することができます。このオプションは表皮効果の微小な薄いワイヤーのコイルに電流を指定するのに有効です。それぞれの計算に応じて、総電流あるいは電流密度のいずれかを指定することができます。コイル中の電流密度は次の方程式から得られます。

$$j = \frac{n \cdot I}{S}$$

ここで、 n はコイルの巻き数、 I は総電流、 S はコイルの断面積です。

注意：適切に薄いワイヤー・コイルをモデル化するには、非伝導性領域のソース電流密度 j_0 は平面問題および軸対称問題において同一であると仮定されます。軸対称問題の場合、ソース電流密度はコンダクタの大きさによって異なる $1/r$ の変数です。

境界条件

次の境界条件は、領域の外部かつ内部の境界で指定することができます。

ディリクレ条件は、モデルの頂点あるいはエッジに既知のベクトル磁位 A_0 の値を指定します。この境界条件は磁束密度ベクトルの正規成分を定義し、軸対称問題あるいは離散境界におけるその成分の消去値を指定するためにしばしば使用されます。また、座標関数のディリクレ条件をサポートし、それは次式のように表されます。

平面問題：

$$A_0 = a + bx + cy$$

軸対称問題：

$$rA_0 = a + b zr + \frac{cr^2}{2}$$

パラメータ a 、 b 、 c は各エッジにおける定数であり、また、境界ごとの変数を指定することができます。このアプローチは任意の直線境界セグメントにゼロでない磁束密度の正規成分を指定することによって一定の外部フィールドをモデル化することを可能にします。

水平軸（平面問題では x 軸、軸対称問題では z 軸です。）に関するセグメントの角度 α を指定することができます。そのため平面問題および軸対称問題における正規磁束密度は次式によって表されます。

$$B_x = c \sin \alpha + b \cos \alpha$$

ここで、正の正規ベクトルは右手系と仮定します。

それぞれのエッジに対する定数 a を選択し、すべてのエッジ結合ポイントにおいて関数 A_0 の連続性条件を満

たさなければなりません。

ノイマン条件は、次式のように表されます。

外部境界：

$$H_t = \sigma$$

内部境界：

$$H_t^+ - H_t^- = \sigma$$

ここで、 H_t は磁界強度の接線成分であり、指数の「+」と「-」は、境界の左側と右側の量を示し、 σ は表面電流線形密度です。 σ 値が 0 のとき、境界条件は一定となります。この種の境界条件は問題の磁気非対称平面によって形成される領域の外部境界（非対称幾何学問題）でしばしば使用されます。均一のノイマン条件は自然条件であり、その場合、境界条件がどこにも指定されていないか、あるいはすべての外部境界部分はデフォルトが指定されていると仮定します。

注意：軸対称問題では、デフォルトとして対称軸上をゼロ・ディリクレ条件とします。

表面電流が問題の対称平面で指定されると、この平面が領域の外部境界を形成する場合、電流密度を 1/2 にしなければなりません。

ゼロ磁束境界条件は、磁界が透過しない超伝導材料を記述するために使用します。ベクトル磁位はその超伝導内部で一定（軸対称の場合、 rA =一定）であり、超伝導材料の内部を解析から除外することができます。また、一定のポテンシャル状態をその表面に対応付けることができます。

注意：超伝導材料の表面が任意のディリクレ条件を持つエッジとその共通ポイントを持っている場合、適切なポテンシャル値のディリクレ条件を全体表面に定義しなければなりません。

物理量の計算

次のローカルな物理量および積分量がハーモニック磁場解析の過程で計算されます。

ローカル値

- ベクトル磁位の複素振幅 A （軸対称の場合は、磁束関数 rA ）
- コンダクタに適用される電圧の複素振幅 U
- 総電流密度の複素振幅 $j=j_0+j_{\text{jeddy}}$ 、ソース電流密度 j_0 および渦電流密度 $j_{\text{jeddy}}=-i\omega\sigma A$
- 磁束密度の複素ベクトル $\mathbf{B}=\text{curl}\mathbf{A}$

平面問題：

$$B_x = \frac{\partial A}{\partial y}, \quad B_y = -\frac{\partial A}{\partial x}$$

軸対称問題：

$$B_z = \frac{1}{r} \frac{\partial(rA)}{\partial r}, \quad B_r = -\frac{\partial A}{\partial z}$$

- 磁界強度の複素ベクトル

$$\mathbf{H} = \frac{1}{\mu} \mathbf{B}$$

ここで、 μ は透磁率テンソルです。

- 時間平均およびピーク・ジュール熱密度

$$Q = \frac{1}{\sigma} j^2 + k_h \cdot f \cdot B^2 + k_c \cdot f^2 \cdot B^2 + k_e \cdot (f \cdot B)^2$$

- 時間平均およびピーク磁界エネルギー密度 $w = (\mathbf{B} \cdot \mathbf{H})/2$
- 時間平均 Poynting ベクトル (ローカルのパワー・フロー) $\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$
- 平均ローレンツ力密度ベクトル $\mathbf{F} = \mathbf{j} \times \mathbf{B}$
- 透磁率 μ (異方性材料の最大成分)
- 電気伝導率 σ

積分値

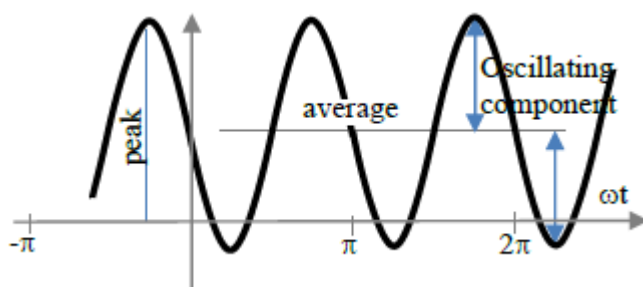
- 指定面積の電流複素振幅

$$I = \int j ds$$

ここで、ソース電流 I_0 、渦電流 I_e

- 指定体積あたりの時間平均およびピーク・ジュール熱

$$P = \int \frac{1}{\sigma} j^2 dv$$



- 指定体積あたりの時間平均コア損失

$$P_{core} = \int \left[k_h \cdot f \cdot B^2 + k_c \cdot f^2 \cdot B^2 + k_e \cdot (f \cdot B)^2 \right] dv$$

ここで、 B は磁束密度また k_h, k_c, k_e はユーザー定義係数

- 時間平均およびピーク磁界エネルギー

$$W = \frac{1}{2} \int_V (\mathbf{H} \cdot \mathbf{B}) dv$$

- 指定表面あたりの時間平均および最大出力フロー (Poynting ベクトル・フロー)

$$S = \int (\mathbf{S} \cdot \mathbf{n}) ds$$

- 指定体積あたりに作用する時間平均およびマクスウェル力

$$\mathbf{F} = \frac{1}{2} \oint_S (\mathbf{H}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{B}) + \mathbf{B}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{H}) - \mathbf{n}(\mathbf{H} \cdot \mathbf{B})) ds$$

ここで、積分値はボリューム境界上を対象とします。また、 \mathbf{n} は外部単位ベクトルを表わします。

- 指定体積あたりに作用する時間平均およびピーク・マクスウェル力トルク

$$\mathbf{T} = \frac{1}{2} \oint_S ([\mathbf{r} \times \mathbf{H}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{B}) + [\mathbf{r} \times \mathbf{B}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{H}) - [\mathbf{r} \times \mathbf{n}](\mathbf{H} \cdot \mathbf{B})) ds$$

ここで、 \mathbf{r} は積分ポイントのベクトル半径です。

- 指定体積あたりのコンダクタに作用する時間平均およびローレンツ力

$$\mathbf{F} = \int_V [\mathbf{j} \times \mathbf{B}] dv$$

- 指定体積あたりに作用する時間平均およびローレンツ力のピーク・トルク

$$\mathbf{T} = \int_V [\mathbf{r} \times [\mathbf{j} \times \mathbf{B}]] dv$$

ここで、 \mathbf{r} は積分ポイントのベクトル半径です。

トルク・ベクトルは、平面問題では、 z 軸に平行であり、軸対称問題では、 0 に等しくなります。トルクは座標原点に関して相対的と考えられます。任意のポイントに関するトルクは、 $\mathbf{F} \times \mathbf{r}_0$ の外部合力によって得られ、ここで、 \mathbf{F} は合力であり、 \mathbf{r}_0 はポイントのベクトル半径です。

注意：磁界は、コンダクタを運ぶ電流上および強磁性体に作用する力を生じます。そのマクスウェル力は両方の成分を含む一方、コンダクタに作用する力はローレンツ力として知られています。

積分領域は、線分および円弧の閉じたコンターとしてモデル平面中に指定します。

インピーダンスの計算

過渡ハーモニック磁場解析におけるインピーダンスは、電流と電圧の関係 ($\mathbf{V} = \mathbf{Z}\mathbf{I}$) における複素数の係数です。その実際部は、コンダクタのアクティブな抵抗を表わし、与えられた表皮効果にしたがって計算されます。インピーダンスの虚数部は角周波数 ω を掛けたインダクタンスです。

$$Z = R + i\omega L$$

任意のコンダクタの電圧および電流の値をポストプロセッサにおいて確認することができるように、複素演算による電流で電圧を割ることによりインピーダンスを決定することができます。V および I は、電圧と電流のピーク値であり、 Φ_V および Φ_I はそれらの量の位相を示します。そして、次のようにアクティブな抵抗を計算することができます。

$$R = \frac{V}{I} \cos(\phi_V - \phi_I)$$

インダクタンスは

$$L = \frac{V}{I \cdot 2\pi f} \sin(\phi_V - \phi_I)$$

2つのコンダクタ間の相互インダクタンスを得るために、それらの1つに非ゼロの総電流を指定することができます。他方の終端をオープンし（ゼロ総電流を適用）、また、第1の電流によって第2のコンダクタに生じる電圧が推定されます。

注意：平面問題の電圧は、単位長さあたりで推定され、また、そのインピーダンスは z 方向の単位長さあたりで計算されます。

電場解析

電場問題は、スカラー電位 U ($E = -\text{grad}U$, E : 電場強度ベクトル) に関するポアソン方程式によって定義されます。

平面問題の方程式：

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_x \frac{\partial U}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_y \frac{\partial U}{\partial y} \right) = -\rho$$

軸対称問題の方程式：

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\varepsilon_r r \frac{\partial U}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\varepsilon_z \frac{\partial U}{\partial z} \right) = -\rho$$

3D 問題の方程式

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon \frac{\partial U}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon \frac{\partial U}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\varepsilon \frac{\partial U}{\partial z} \right) = -\rho$$

ここで、電気誘電率テンソル成分 ε_x , ε_y , ε_z 、 ε_r および電荷密度 ρ は、モデルの各ブロック内の定数です。また、異方性は 3D 公式化にはサポートされません。

フィールド・ソース

QuickField は、各ブロックのエッジあるいはモデルの個々の頂点に電荷を指定することができます。xy 平面のポイントにおいて指定された電荷はモデル平面に垂直な電荷に相当し、線形電荷密度によって定義されます。軸対称問題では、頂点電荷が対称軸のまわりの電荷円あるいは軸上に置かれた点電荷を表わします。これらの両方の場合を組込むために、電荷値の合計が頂点に与えられます。電荷円については、総電荷が $q = 2\pi \cdot \rho$ の関係による線形密度と見なされます。モデル平面のエッジ拘束電荷は 3次元表面の拘束電荷を表わします。それは表面電荷密度によって定義され、エッジ上のノイマン境界条件によって指定されます。ブロックに対する電荷密度は空間電荷と等価です。

境界条件

次の境界条件を領域の外部および内部の境界で指定することができます。

ディリクレ条件：頂点、あるいはモデル（例えば、コンデンサー平面上）のエッジに電位 U_0 の既知の値を指定します。また、この種の境界条件は、その問題（対称幾何学的に反対電荷を持つ）における電氣的な非対称平面によって形成される領域外部の境界で有効です。エッジ上の U_0 値は座標の一次関数として指定することができます。関数パラメータは、それぞれのエッジ間で変数として扱うことができ、エッジの結合ポイントにおける不連続を回避するために調節することができます。

注意：問題を正確に定義するために、ディリクレ条件を少なくとも 1つのポイントに指定しなければなりません。領域が 2つ以上から成る場合は、小区域を分割し、ディリクレ条件をすべての区域の少なくとも 1つのポイントに指定しなければなりません。

ノイマン条件：次の方程式によって定義されます。

外部領域：

$$D_n = \sigma$$

内部領域：

$$D_n^+ - D_n^- = \sigma$$

ここで、 D_n は電気誘導の正規成分であり、「+」と「-」の添え字は、それぞれ境界の左側と境界の右側の量を表わします。 σ は表面電荷密度です。 σ が 0 の場合、境界条件は均一にと仮定されます。それは、電場強度ベクトルの正規成分の消失を示します。この種の境界条件は、その問題の対称面によって形成される領域の外部境界で使用されます。その均一ノイマン条件は自然条件です。明示的に境界条件が指定されていない場合には、すべての外部の境界部分はデフォルトが設定されます。

表面拘束電荷が問題対称平面で指定され、その平面が領域の外部境界である場合、表面電荷密度を 1/2 にしなければなりません。

一定の電位境界条件は、一定であるが未知の電位値を持つ独立した「フローティング」コンダクタの表面を定義するために使用されます。

注意：一定のポテンシャル値を持つエッジは、任意のディリクレ条件を持つエッジとその共通ポイントを持つべきではありません。その場合、一定のポテンシャル値を持つエッジには適切なポテンシャル値を伴うディリクレ条件を定義しなければなりません。

物理量の計算

電場問題では、QuickField ポストプロセッサはローカルな物理量および積分量を以下のように計算します。

ローカル値

- スカラー電位 U
- 電場強度ベクトル $\mathbf{E} = -\text{grad}U$

平面問題および 3D 問題：

$$E_x = -\frac{\partial U}{\partial x}, E_y = -\frac{\partial U}{\partial y}, E_z = -\frac{\partial U}{\partial z}$$

軸対称問題：

$$E_z = -\frac{\partial U}{\partial z}, E_r = -\frac{\partial U}{\partial r}$$

- 電場強度テンソル $\mathbf{G} = \text{grad } \mathbf{E}$

平面問題：

$$G_{xx} = \frac{\partial E_x}{\partial x}, G_{yy} = \frac{\partial E_y}{\partial y}, G_{xy} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial E_x}{\partial y} + \frac{\partial E_y}{\partial x} \right)$$

軸対称問題：

$$G_{zz} = \frac{\partial E_z}{\partial z}, G_{rr} = \frac{\partial E_r}{\partial r}, G_{rz} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial E_z}{\partial r} + \frac{\partial E_r}{\partial z} \right)$$

また、主成分は G1 および G2 です。

- 電気誘導ベクトル $\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E}$ です。ここで、 ϵ は電気誘電率テンソルです。

積分値

- 指定体積あたりの総電荷

$$q = \oint \mathbf{D} \cdot \mathbf{n} ds$$

ここで、ボリューム境界上で積分計算され、 \mathbf{n} は外部単位の正規ベクトルを示します。

- 指定体積あたりに作用する総電場力

$$\mathbf{F} = \frac{1}{2} \oint_s (\mathbf{E}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{D}) + \mathbf{D}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{E}) - \mathbf{n}(\mathbf{E} \cdot \mathbf{D})) ds$$

- 指定体積あたりに作用する総電場トルク

$$\mathbf{T} = \frac{1}{2} \oint_s ([\mathbf{r} \times \mathbf{E}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{D}) + [\mathbf{r} \times \mathbf{D}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{E}) - [\mathbf{r} \times \mathbf{n}](\mathbf{E} \cdot \mathbf{D})) ds$$

ここで、 \mathbf{r} は積分ポイントのベクトル半径です。

トルク・ベクトルは平面問題では、z 軸に平行であり、軸対称問題では、0 に等しくなります。トルクは座標原点に関して相対的と考えられます。任意のポイントに関するトルクは、 $\mathbf{F} \times \mathbf{r}_0$ の外部合力によって得られ、ここで、 \mathbf{F} は合力であり、 \mathbf{r}_0 はポイントのベクトル半径です。

- 電場エネルギー

$$W = \frac{1}{2} \int_v (\mathbf{E} \cdot \mathbf{D}) dv$$

平面問題において、すべての積分量は z 方向単位長さあたりで計算されます。

積分領域は、線分および円弧の閉じたコンターとしてモデル平面上に指定されます。

キャパシタンス計算

QuickField を使用し、キャパシタンスを計算するには、いくつかの方法があります。最も容易な方法の 1 としては、既知の電荷によって生じる電位測定に基づきます。コンダクタのキャパシタンスを得るには、その表面に一定電位の境界条件を置いて、コンダクタの表面上（実際、電荷はコンダクタ表面上に分布します。）の頂点のうちの 1 つに任意の非ゼロの電荷を指定し、モデル上のその他フィールド・ソースをオフにしてください。一度、解析されれば、ポストプロセッサによって、任意のコンダクタ表面の電位値を観察することができます。コンダクタのキャパシタンスは次の方程式から得ることができます。

$$C = \frac{q}{U}$$

ここで、 q は電荷、 U はコンダクタの電位です。

2 つのコンダクタ間の相互キャパシタンスを計算するには、1 つのコンダクタに電荷を指定し、一方のコンダクタの電位を計算します。この場合、一定電位の境界条件を両方のコンダクタの表面に適用します。

$$C_{12} = \frac{q_1}{U_2}$$

キャパシタンスの計算方法の例として、「Elec1:Microstrip Transmission Line（マイクロストリップ伝送路）」を参考にしてください。

自己および相互の導体系のパーシャル・キャパシタンス・マトリックスについては、「パーシャル・キャパシタンス・マトリックスの計算」の章を参考にしてください。

DC 電導解析

QuickField は、コンダクタ系の電流分布を計算することができます。電流分布問題はスカラー電位 U に関するポアソン方程式によって定義されます。

平面問題の方程式：

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\sigma_x \frac{\partial U}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\sigma_y \frac{\partial U}{\partial y} \right) = 0$$

軸対称問題の方程式：

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\sigma_r r \frac{\partial U}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\sigma_z \frac{\partial U}{\partial z} \right) = 0$$

3D 問題の方程式：

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\sigma \frac{\partial U}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\sigma \frac{\partial U}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\sigma \frac{\partial U}{\partial z} \right) = 0$$

ここで、電気抵抗率テンソル成分 σ_x 、 σ_y あるいは、 σ_z 、 σ_r は各モデル・ブロック内で一定です。異方性は 3D 方程式ではサポートされません。

電流密度 j は方程式 $j = -\sigma \cdot \text{grad}U$ から得られます。

フィールド・ソース

電流問題のフィールド・ソースは、コンダクタの境界に供給された外部電流です。QuickField はエッジ、あるいはモデルの個々の頂点で外部電流密度を指定することができます。xy 平面のポイントに指定された電流密度はモデル平面に垂直な線形電流密度によって定義されるナイフエッジ電流集中密度に相当します。軸対称問題では、頂点ソースが対称軸まわりの環状集中あるいは軸上のポイント集中を示します。これらの両方の場合を組込むために、総電流は頂点に関係付けられます。環状ナイフエッジに対する総電流は、 $I=2\pi r \cdot \sigma$ の関係に基づく線形密度と関係します。モデル平面上のエッジ境界電流密度は 3 次元表面の境界外部電流密度を表わします。それはエッジ上のノイマン境界条件によって指定されます。

境界条件

次の境界条件は、領域の外部かつ内部の境界で指定することができます。

ディリクレ条件：頂点あるいはモデルのエッジ上に電位 U_0 の既知の値を指定します。エッジ上の U_0 値は座標の一次関数として指定することができます。関数パラメータはそれぞれのエッジ間で変数として扱うことができ、エッジの結合ポイントにおける不連続を回避するために調節することができます。

注意：問題を正確に定義するためにはディリクレ条件を少なくとも 1 つのポイントに指定しなければなりません。領域が 2 つ以上から成る場合は、小区域を分割し、ディリクレ条件をすべての区域の少なくとも 1 つのポイントに指定しなければなりません。

ノイマン条件：次の方程式によって定義されます。

外部境界：

$$j_n = j$$

内部境界：

$$j_n^+ - j_n^- = j$$

ここで、 j_n は電流密度ベクトルの正規成分です。「+」および「-」の添え字はそれぞれ境界の左側と境界の右側の量を表わし、また、右辺の j は外部電流密度です。 j 値が 0 の場合、境界条件は均一と仮定されます。この種の境界条件は、その問題の対称平面によって形成される領域の外部境界で使用されます。均一のノイマン条件は自然条件です。明示的に境界条件が指定されていない場合には、すべての外部の境界部分はデフォルトが設定されます。

表面境界電流密度が問題対称平面で指定され、その平面が領域の外部境界である場合、表面電流密度を 1/2 にしなければなりません。

一定のポテンシャル境界条件は周囲より大きな伝導性を持つコンダクタ表面について記述するために使用されます。コンダクタは一定の未知ポテンシャル値を持つと仮定されます。

注意：一定電位のエッジには、任意のディリクレ条件のエッジに共通のポイントを持つことはできません。その場合、適切な電位値のディリクレ条件が一定電位のエッジとして定義されなければなりません。

物理量の計算

DC 電導問題のポストプロセッサではローカルな物理量および積分量を以下に従って計算されます。

ローカル値

- スカラー電位 U
- 電場強度ベクトル $\mathbf{E} = -\text{grad } U$

平面および 3D 問題：

$$E_x = -\frac{\partial U}{\partial x}, E_y = -\frac{\partial U}{\partial y}, E_z = -\frac{\partial U}{\partial z}$$

軸対称問題：

$$E_z = -\frac{\partial U}{\partial z}, E_r = -\frac{\partial U}{\partial r}$$

電流密度は $\mathbf{j} = \rho^{-1} \mathbf{E}$ です。ここで、 ρ は、電気抵抗テンソルです。

積分値

与えられた表面電流

$$I = \int_S (\mathbf{j} \cdot \mathbf{n}) ds$$

ここで、 \mathbf{n} は単位ベクトルを示します。

- ボリューム中に生じるジュール熱

$$W = \int_V (\mathbf{E} \cdot \mathbf{j}) dv$$

平面問題において、すべての積分量は z 方向単位長さあたりで計算されます。

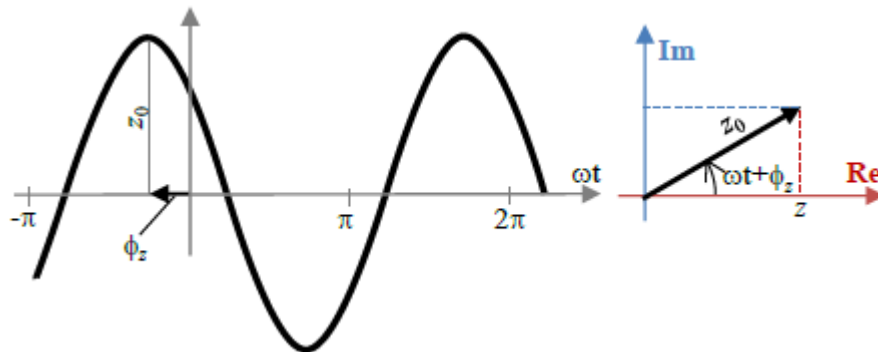
積分領域は、線分および円弧の閉じたコンターとしてモデル平面に指定されます。

AC 電導解析

AC 電導解析は、電極への AC（交流）電圧、外部電流を伴うコンダクタおよび抵抗装置（損失）誘電体の中で発生する電場、電流、損失に関する解析を行います。それは AC 磁場解析の問題に類似し、過渡的なフィールド変化は正弦波（周期的）と仮定されます。フィールド・コンポーネントおよび電流は次の時間変化式に従います。

$$z = z_0 \cos(\omega t + \phi_z)$$

ここで、 z_0 : z のピーク値、 ϕ_z : 位相、 ω : 角周波数



複素演算がハーモニック過渡依存性を表わすために使用されます。

問題公式は、電場 ($\nabla \cdot \epsilon E = \rho$) および DC 電導 ($\nabla \cdot j = -i\omega\sigma$) の方程式を組み合わせたオームの法則 ($j = \sigma E$) を使用します。電位 U に関する最終的な式は次のとおりです。

$$\nabla \cdot \left(\left[\epsilon - \frac{i\sigma}{\omega} \right] \nabla U \right) = 0$$

ここで、 σ : 電気伝導率、 ϵ_z と ϵ_y あるいは (ϵ_z と ϵ_r) : 電気誘電率テンソル。それぞれはモデルの各ブロックの定数です。

フィールド・ソース

AC 電導問題のフィールド・ソースとしてはコンダクタ境界に与えられ外部電流あるいは電圧です。QuickField はモデルのエッジあるいは各頂点において外部電流密度を指定することが可能です。xy 平面のポイントで指定された電流密度は集中電極（ナイフエッジ）に相当し、それはモデル平面に垂直な直線電流密度として定義されます。軸対称問題では頂点のソースは、対称軸のまわりの環状集中電極あるいは軸上のポイント集中電極を表わします。これらの両方の場合を組込むために、総電流値を頂点に指定します。環状集中電極の総電流値は、 $I = 2\pi r \sigma$ による線形密度関係によって定義されます。モデル平面中のエッジ境界電流密度は 3 次元表面境界の外部電流密度を表わします。それは、エッジにおけるノイマン境界条件によって指定し、すべての条件はその大きさと位相によって定義します。

境界条件

以下の境界条件は、領域の外部および内部の境界で指定することができます。

ディリクレ条件 : モデルの頂点あるいはエッジでの任意の電位 U_0 値によって指定します。エッジでの U_0 値は、座標に関する一次関数として指定することができます。その関数パラメータは 2 つのエッジ間において変化し、エッジ間の結合ポイントでの不連続を回避するために調節することができます。

注意：問題を正確に定義するために、少なくとも1つのポイントでディリクレ条件を指定しなければなりません。また、領域が2つ以上の小区域に分離している場合、それぞれの小区域に少なくとも1つのポイントでディリクレ条件を指定しなければなりません。

ノイマン条件：次式によって定義されます。

外部境界：

$$j_n = j$$

内部境界：

$$j_n^+ - j_n^- = j$$

ここで、 j_n が電流密度ベクトルの正規コンポーネントである場合、「+」「-」の指数文字は左側および右側の境界量を表示します。また、右辺の j は外部電流密度です。 j 値が 0 の場合、境界条件は一定と仮定されます。この種の境界条件は、その問題の対称平面領域の外部境界で使用されます。一定のノイマン条件は自然条件であり、それは境界条件を指定しない場合には、すべての外部境界部分においてデフォルトとされます。

平面問題における表面境界の電流密度が対称で、この平面領域の外部境界である場合、表面の電流密度を半分にしなければなりません。

一定のポテンシャル境界条件は周囲媒質よりはるかに大きな伝導性を持つコンダクタ表面を定義するために使用されます。このコンダクタは一定ですが未知のポテンシャル値を持つと仮定されます。

注意：一定のポテンシャル値を持つエッジは、任意のディリクレ・エッジで共通ポイントを持つべきではありません。その場合で、一定のポテンシャル値を持つエッジには適切なポテンシャル値のディリクレ条件を定義しなければなりません。

物理量の計算

AC 電導問題では、QuickField ポストプロセッサが次のローカル値および積分物理量を計算します。

ローカル値

- 電位の複素振幅： U
- 電場強度の複素振幅： $\mathbf{E} = -\text{grad}U$

平面問題：

$$E_x = -\frac{\partial U}{\partial x}, \quad E_y = -\frac{\partial U}{\partial y}$$

軸対称問題：

$$E_z = -\frac{\partial U}{\partial z}, \quad E_r = -\frac{\partial U}{\partial r}$$

- 複素ベクトル：アクティブ $j_{\text{active}} \square \square \sigma \mathbf{E}$ 、リアクティブ $j_{\text{reactive}} \square \square i \square \square \mathbf{E}$ 、

実効電流密度 $j_{\text{apparent}} = j_{\text{active}} + j_{\text{reactive}}$

- 時間平均およびピークの実電力（損失）密度： $Q_{\text{active}} = j_{\text{active}} \cdot E$ 、リアクティブ $Q_{\text{reactive}} = j_{\text{reactive}} \cdot E$ 、
実効パワー密度 $Q_{\text{apparent}} = j_{\text{apparent}} \cdot E$ power
- 誘電率： ϵ （異方性媒体の最大コンポーネント）
- 電気伝導率： g （異方性媒体の最大コンポーネント）

積分値

- 表面電流の複素振幅（アクティブ電流： I_{active} 、リアクティブ： I_{reactive} ）電流、実効電流： I

$$I = \int_S (\mathbf{j} \cdot \mathbf{n}) ds$$

ここで、 \mathbf{n} は単位ベクトルを表わします。

- 指定体積あたりの時間平均とピーク（アクティブ・パワー： P_{active} 、リアクティブ・パワー： P_{reactive} ）

$$P = \int_V (\mathbf{E} \cdot \mathbf{j}) dv$$

- 指定体積あたりに作用するマクスウェル力の時間平均および振動パート

$$\mathbf{F} = \frac{1}{2} \oint_S (\mathbf{E}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{D}) + \mathbf{D}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{E}) - \mathbf{n}(\mathbf{E} \cdot \mathbf{D})) ds$$

ここで、積分はボリューム境界で計算され、 \mathbf{n} は外部法線成分の単位ベクトルを表わします。

- 指定体積あたりに作用するマクスウェル・トルク力の時間平均およびピーク

$$\mathbf{T} = \frac{1}{2} \oint_S ([\mathbf{r} \times \mathbf{E}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{D}) + [\mathbf{r} \times \mathbf{D}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{E}) - [\mathbf{r} \times \mathbf{n}](\mathbf{E} \cdot \mathbf{D})) ds$$

ここで、 \mathbf{r} は積分ポイントのベクトル半径です。

トルク・ベクトルは平面問題では、 z 軸と平行であり、軸対称問題では、 0 に等しくなります。トルクは座標系の原点に関して考慮されます。任意のポイントに関するトルクは、 $\mathbf{F} \times \mathbf{r}_0$ の外部項を追加することによって得ることができます。ここで、 \mathbf{F} は合力であり、 \mathbf{r}_0 はポイントのベクトル半径です

積分領域は線分および円弧から成る閉じたコンター（輪郭）としてモデル平面に指定します。

非定常電場解析

非定常電場は、磁界がない状態での電場解析の公式を使用します。この公式では、フィールド・ソース(電圧または電流)が時間の関数であり、材料の電気的特性は電場に応じて変化します。

問題の公式はAC電導解析に類似しています。

$$-\nabla \cdot [\sigma(\mathbf{E}) \cdot \nabla U] - \frac{\partial}{\partial t} \nabla \cdot [\varepsilon(\mathbf{E}) \cdot \nabla U] = 0$$

ここで、電導率 σ および誘電率 ε は非線形あるいは異方性とします。

フィールド・ソース

フィールド・ソースはコンダクタの境界に供給された外部も電流あるいは電圧です。QuickFieldは、エッジあるいはモデルの各頂点において外部電流密度を指定することが可能です。xy-平面のポイントで指定された電流密度は、ナイフエッジ電流コレクター（集電装置）に相当し、それはモデル平面に垂直な線形電流密度によって記述されます。軸対称問題では、頂点ソースは対称軸まわりの循環的コレクターあるいは軸上のポイント・コレクターを表わします。これらの両方の場合を組込むために、総電流値は頂点に関係付けられます。循環的なナイフエッジ・コレクターの総電流は $I=2\pi r \cdot \sigma$ による線形密度と関係があります。モデル平面のエッジに拘束された電流密度は三次元の表面境界の外部電流密度を表わします。それはエッジに関するノイマン境界条件によって指定され、すべての条件は空間座標と時間による公式によって定義されます。

境界条件

次の境界条件は領域の外部と内部の境界で指定することができます。

ディリクレ条件は、頂点やモデル・エッジに電位 U_0 の既知値として指定します。エッジの U_0 値は座標の一次関数として指定することができます。関数のパラメータはあるエッジから別のエッジまで変化し、エッジの結合ポイントでの不連続を回避するために調節することができます。

注意：問題を正確に定義するために、少なくとも1ポイントのディリクレ条件を指定しなければなりません。領域が2つ以上の場合は、それぞれの領域に少なくとも1ポイントのディリクレ条件を指定しなければなりません。

ノイマン条件は次の方程式によって定義されます。

$$\text{外部境界： } \mathbf{j}_n = \mathbf{j}$$

$$\text{内部境界： } \mathbf{j}_n^+ - \mathbf{j}_n^- = \mathbf{j}$$

ここで、 \mathbf{j}_n が電流密度ベクトルの正規コンポーネントである場合、「+」「-」の指数文字は左側および右側の境界量を表示します。また、右辺の \mathbf{j} は外部電流密度です。 \mathbf{j} 値が0の場合、境界条件は一定と仮定されます。この種の境界条件は、その問題の対称平面領域の外部境界で使用されます。一定のノイマン条件は自然条件であり、それは境界条件を指定しない場合には、すべての外部境界部分においてデフォルトとされます。

平面問題における表面境界の電流密度が対称で、この平面領域の外部境界である場合、表面の電流密度を半分にしなければなりません。

一定のポテンシャル境界条件は周囲媒質よりはるかに大きな伝導性を持つコンダクタ表面を定義するために使用されます。このコンダクタは一定ですが未知のポテンシャル値を持つと仮定されます。

注意：一定のポテンシャル値を持つエッジは、任意のディリクレ・エッジで共通ポイントを持つべきではありません。その場合で、一定のポテンシャル値を持つエッジには適切なポテンシャル値のディリクレ条件を定義しなければなりません。

物理量の計算

QuickField ポストプロセッサは、特定の瞬間時あるいは時間依存のグラフやテーブルとして、次のようなローカル値、積分物理量を計算します。

ローカル値

- 電位 U
- フィールド強度 $E = -\text{grad} U$
- 電場強度 G

平面問題：

$$G_{xx} = \frac{\partial E_x}{\partial x}, G_{yy} = \frac{\partial E_y}{\partial y}, G_{xy} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial E_x}{\partial y} + \frac{\partial E_y}{\partial x} \right)$$

軸対称問題：

$$G_{zz} = \frac{\partial E_z}{\partial z}, G_{rr} = \frac{\partial E_r}{\partial r}, G_{zr} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial E_z}{\partial r} + \frac{\partial E_r}{\partial z} \right)$$

初期コンポーネント： G_1 、 G_2

- アクティブ・ベクトル： $j_{\text{active}} = \sigma E$ 、リアクティブ・ベクトル： $j_{\text{reactive}} = \frac{\partial}{\partial t} \epsilon E$
- アクティブ・パワーロス： $Q_{\text{active}} = j_{\text{active}} \cdot E$
- 電気誘電率 $\epsilon(E)$
- 電気伝導率 $\sigma(E)$

積分値

- 表面電流の複素振幅（アクティブ電流： I_{active} 、リアクティブ： I_{reactive} ）電流、実効電流： I

$$I = \int_S \mathbf{j} \cdot \mathbf{n} \, ds$$

ここで、 \mathbf{n} は単位ベクトルを表わします。

- 指定体積あたりの時間平均とピーク（アクティブ・パワー： P_{active} 、リアクティブ・パワー： P_{reactive} ）

$$P = \int_V (\mathbf{E} \cdot \mathbf{j}) \, dv$$

- 指定体積あたりに作用する電界

$$\mathbf{F} = \frac{1}{2} \oint_S (\mathbf{E}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{D}) + \mathbf{D}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{E}) - \mathbf{n}(\mathbf{E} \cdot \mathbf{D})) \, ds$$

ここで、積分はボリューム境界で計算され、 \mathbf{n} は外部法線成分の単位ベクトルを表わします。

- 指定体積あたりに作用するマクスウェル・トルク力の時間平均およびピーク

$$\mathbf{T} = \frac{1}{2} \oint_S ([\mathbf{r} \times \mathbf{E}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{D}) + [\mathbf{r} \times \mathbf{D}](\mathbf{n} \cdot \mathbf{E}) - [\mathbf{r} \times \mathbf{n}](\mathbf{E} \cdot \mathbf{D})) ds$$

ここで、 \mathbf{r} は積分ポイントのベクトル半径です。

トルク・ベクトルは平面問題では、 z 軸と平行であり、軸対称問題では、 $\mathbf{0}$ に等しくなります。トルクは座標系の原点に関して考慮されます。任意のポイントに関するトルクは、 $\mathbf{F} \times \mathbf{r}_0$ の外部項を追加することによって得ることができます。ここで、 \mathbf{F} は合力であり、 \mathbf{r}_0 はポイントのベクトル半径です。積分領域は、線分や弧から成る閉じたコンターとしてモデル平面内に指定されます。

熱伝導解析

QuickField は線形／非線形の温度場を解析することができます。

線形問題の熱伝導方程式は次のとおりです。

平面問題：

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) = -q - c\rho \frac{\partial T}{\partial t}$$

軸対称問題：

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda_r r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = -q - c\rho \frac{\partial T}{\partial t}$$

3D 問題：

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) = -q$$

非線形問題の熱伝導方程式は次のとおりです。

平面問題：

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right) = -q(T) - c(T)\rho \frac{\partial T}{\partial t}$$

軸対称問題：

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda(T) r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right) = -q(T) - c(T)\rho \frac{\partial T}{\partial t}$$

ここで、

T	温度
t	時間
$\lambda_{x(y,z,r)}$	熱伝導性テンソル成分
$\lambda(T)$	キュービック・スプライン近似の温度関数としての熱伝導度 (非線形の異方性材料はサポートされません。)
$q(T)$	熱源のボリューム・パワー、線形の場合は定数 非線形の場合は、キュービック・スプライン近似の温度関数
$c(T)$	比熱、非線形の場合は、キュービック・スプライン近似の温度関数
ρ	材料密度

定常の場合、それぞれの方程式の最終項はゼロとします。非定常の場合、すべてのパラメータはモデルの各ブロック内の定数です。

薄いプレートの熱伝導問題は、平面平行問題と非常に類似しています。それらについて特に議論しません。

熱ソース（熱源）

QuickField はブロックのエッジ、あるいはモデルの個々の頂点に熱源を指定することができます。xy 平面のポイントで指定された熱源は、モデル平面に垂直で、単位長さについて生じる力によって定義される線形ストリングに類似のヒーターに相当します。軸対称の場合では、頂点の熱源が対称軸のまわりの熱円あるいは軸上のポイント・ヒーターを表わします。これらの両方の場合を組込むために、生じる総パワー値は頂点に関係付けられます。熱円については、総パワー力が $q=2\pi r \cdot q_l$ の関係による線形密度と見なされます。モデル平面のエッジ境界熱源は 3 次元の表面熱源を表わします。それは単位面積あたりのパワーによって定義され、エッジにおけるノイマン境界条件によって指定されます。ブロックに関連したボリューム・パワー密度は、ボリューム熱源に相当します。

境界条件

次の境界条件は領域の外部かつ内部の境界で指定することができます。

既知の温度境界条件（第 1 の境界条件）：頂点あるいはモデルのエッジ（例えば、液体冷却表面上）に温度 T_0 の既知の値を指定します。エッジの T_0 値は座標の一次関数として指定することができます。関数パラメータは、それぞれのエッジ間で変数として扱うことができ、エッジの結合ポイントにおける不連続を回避するために調節することができます。

この境界条件は第 1 の境界条件と呼ばれます。

熱流束境界条件（第 2 の境界条件）は次の方程式によって定義されます。

外部境界：

$$F_n = -q_s$$

内部境界：

$$F_n^+ - F_n^- = -q_s$$

ここで、 F_n は熱流束密度の正規成分です。「+」および「-」の添え字は、それぞれ境界の左側と境界の右側の量を表わし、また、内部境界の q_s は、境界を横切る熱流束密度の既知の値を指定した外部境界の単位面積について生じるパワーを示します。 q_s 値が 0 の場合、境界条件は均一と見なされ、外部境界の均一条件は表面を横切る熱流束の消失を示します。この種の境界条件は自然条件です。明示的に境界条件が指定されていない場合には、すべての外部の境界部分はデフォルトが設定されます。この種の境界条件は、問題の対称平面によって形成される領域の外部境界で使用されます。

表面熱源が問題の対称平面で指定され、この平面が領域の外部境界を構成する場合、表面パワーを 1/2 にしなければなりません。

この境界条件は第 2 の境界条件と呼ばれます。

対流境界条件は、領域の外部境界で指定することができます。それは伝達性の熱伝導について記述し、次の方程式によって定義されます。

$$F_n = \alpha(T - T_0)$$

ここで、 α は、フィルム係数であり、 T_0 は流体ミディアムの温度関数です。パラメータ α および T_0 は境界のそれぞれの部分で異なります。

この境界条件は、第 3 境界条件と呼ばれます。

放射線境界条件は、領域の外部境界で指定することができます。それは放射線の熱伝導について記述し、次の方程式によって定義されます。

$$F_x = k_{SB} \beta (T^4 - T_0^4)$$

ここで、 k_{SB} は、ステファン・ボルツマン (Stephan-Boltzman) 定数、 β は放射率係数です。また、 T_0 は周囲の放射温度です。パラメータ β および T_0 は境界のそれぞれの部分で異なります。

注意：熱伝導問題を正確に定義されるためには、既知の温度境界条件、対流、あるいは、放射線を少なくとも境界のいくつかの部分で指定しなければなりません。

一定の温度境界条件は非常に高い熱伝導性の物質を定義するために使用します。計算対象からこれらの構造物を除外し、それらの表面を一定温度境界と仮定することができます。

注意：一定温度を持つエッジは、温度が明示的に指定される任意のエッジの共通ポイントを持つことができません。その場合、一定温度のエッジは適切な温度値による第 1 の境界条件にしたがって定義されなければなりません。

物理的量の計算

熱伝導問題では、QuickField ポストプロセッサはローカルな物理量および積分量を以下のように計算します。

ローカル値

- 温度： T
- 熱流束密度ベクトル： $\mathbf{F} = -\lambda \text{grad } T$

平面問題：

$$F_x = -\lambda_x \frac{\partial T}{\partial x}, \quad F_y = -\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y}$$

軸対称問題：

$$F_z = -\lambda_z \frac{\partial T}{\partial z}, \quad F_r = -\lambda_r \frac{\partial T}{\partial r}$$

3D 問題：

$$F_x = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x}, \quad F_y = -\lambda \frac{\partial T}{\partial y}, \quad F_z = -\lambda \frac{\partial T}{\partial z}$$

ポストプロセッサは閉じたあるいは開いた面の熱流束を計算することができます。

$$\Phi = \int_S (\mathbf{F} \cdot \mathbf{n}) ds$$

ここで、 \mathbf{n} は単位表面正規ベクトルを示します。表面はモデル平面の線分および円弧から成るコンターによって指定されます。

応力解析

QuickField パッケージは平面応力、平面ひずみ、および軸対称の応力モデルにおける等方性材料および直交性材料で利用可能です。平面応力モデルは、平面外方向に薄い構造の解析に適しています。例えば、内部荷重を伴う薄いプレート問題などです。平面外の応力および、せん断応力は無視できるとものと仮定されます。平面ひずみモデルは平面外が無視できると仮定によって公式化されます。このモデルは、平面外の厚い構造に適しています。

変位、ひずみ、および応力

変位場は各ポイントにおける変位ベクトル δ の2つの成分によって定義されると仮定されます。

平面問題：

$$\{\delta\} = \begin{Bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \end{Bmatrix}$$

軸対称問題：

$$\{\delta\} = \begin{Bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \end{Bmatrix}$$

ひずみ、応力、テンソルの3つの成分は、平面応力および平面ひずみの両方において独立しています。ひずみ-変位の関係は次のように定義されます。

$$\{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial \delta_x}{\partial x} \\ \frac{\partial \delta_y}{\partial y} \\ \frac{\partial \delta_x}{\partial y} + \frac{\partial \delta_y}{\partial x} \end{Bmatrix}$$

対応する応力成分

$$\{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix}$$

軸対称問題の公式には、放射変形による平面外成分のひずみ ε_θ を含んでいます。ひずみ-変位の関係は次のように定義されます。

$$\{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_\theta \\ \gamma_{rz} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial \delta_x}{\partial z} \\ \frac{\partial \delta_y}{\partial r} \\ \frac{\delta_y}{r} \\ \frac{\partial \delta_x}{\partial r} + \frac{\partial \delta_y}{\partial z} \end{Bmatrix}$$

対応する応力成分

$$\{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_\theta \\ \tau_{rz} \end{Bmatrix}$$

平面問題の平衡方程式は次のとおりです。

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = -f_x \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} = -f_y, \end{cases}$$

また、軸対称問題については次のとおりです。

$$\begin{cases} \frac{1}{r} \frac{\partial (r \sigma_r)}{\partial r} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} = -f_r \\ \frac{1}{r} \frac{\partial (r \tau_{rz})}{\partial r} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} = -f_z, \end{cases}$$

ここで、 f_x 、 f_y 、 f_z 、 f_r はボリユーム・パワー・ベクトル成分です。

線形弾性では、次式によって応力とひずみの関係を示します。

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\} - \{\varepsilon_0\}$$

ここで、 $[D]$ は、弾性定数マトリックスであり、 $\{\varepsilon_0\}$ は初期熱荷重です。マトリックスの形式は特殊問題公式に依存します。

等方性材料の平面応力：

$$[D] = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix}$$

直交性材料の平面応力：

$$[D] = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_x} & -\frac{\nu_{xy}}{E_y} & 0 \\ -\frac{\nu_{xy}}{E_y} & \frac{1}{E_y} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{G_{xy}} \end{bmatrix}^{-1}$$

等方性材料の平面ひずみ：

$$[D] = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1 & \frac{\nu}{1-\nu} & 0 \\ \frac{\nu}{1-\nu} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} \end{bmatrix}$$

直交性材料の平面ひずみ：

$$[D] = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_x} - \frac{\nu_{xz}^2}{E_x} & -\frac{\nu_{xy}}{E_y} - \frac{\nu_{xz}\nu_{yz}}{E_x} & 0 \\ -\frac{\nu_{xy}}{E_y} - \frac{\nu_{xz}\nu_{yz}}{E_x} & \frac{1}{E_y} - \frac{\nu_{yz}^2}{E_x} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{G_{xy}} \end{bmatrix}^{-1}$$

等方性材料の軸対称問題：

$$[D] = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1 & \frac{\nu}{1-\nu} & \frac{\nu}{1-\nu} & 0 \\ \frac{\nu}{1-\nu} & 1 & \frac{\nu}{1-\nu} & 0 \\ \frac{\nu}{1-\nu} & \frac{\nu}{1-\nu} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} \end{bmatrix}$$

直交性材料の軸対称問題：

$$[D] = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_x} & -\frac{\nu_{xy}}{E_y} & -\frac{\nu_{xz}}{E_z} & 0 \\ -\frac{\nu_{xy}}{E_y} & \frac{1}{E_y} & -\frac{\nu_{yz}}{E_z} & 0 \\ -\frac{\nu_{xz}}{E_z} & -\frac{\nu_{yz}}{E_z} & \frac{1}{E_z} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{xy}} \end{bmatrix}^{-1}$$

記号 E は等方性材料のヤング率を示し、Ex, Ey, Ez, Er, Eθ は、直交性材料のヤング率を示します。また、ν は、等方性材料のポアソン比を示し、νyx、νzx、νzy、νrz、νθz、νθr は、直交性材料のポアソン比を示します。さらに、Gxy と Gzr はせん断係数を示します。

熱ひずみ

熱ひずみは熱膨張係数およびひずみ状態と非ひずみ状態の温度の違いによって決定されます。等方性材料の平面応力の熱ひずみ成分は、以下の方程式によって定義されます。

等方性材料の平面応力：

$$\{\varepsilon_0\} = \begin{Bmatrix} \alpha \\ \alpha \\ 0 \end{Bmatrix} \Delta T$$

直交性材料の平面応力：

$$\{\varepsilon_0\} = \begin{Bmatrix} \alpha_x \\ \alpha_y \\ 0 \end{Bmatrix} \Delta T$$

等方性材料の平面ひずみ：

$$\{\varepsilon_0\} = (1 + \nu) \begin{Bmatrix} \alpha \\ \alpha \\ 0 \end{Bmatrix} \Delta T$$

直交性材料の平面ひずみ：

$$\{\varepsilon_0\} = \begin{Bmatrix} \alpha_x + \nu_{xz}\alpha_z \\ \alpha_y + \nu_{yz}\alpha_z \\ 0 \end{Bmatrix} \Delta T$$

等方性材料の軸対称問題：

$$\{\varepsilon_0\} = \begin{Bmatrix} \alpha \\ \alpha \\ \alpha \\ 0 \end{Bmatrix} \Delta T$$

直交性材料の軸対称問題：

$$\{\varepsilon_0\} = \begin{Bmatrix} \alpha_x \\ \alpha_r \\ \alpha_\theta \\ 0 \end{Bmatrix} \Delta T$$

ここで、 α は等方性材料の熱膨張係数であり、 α_x 、 α_y 、 α_z 、 α_r 、 α_θ は、直交性材料の軸に対応する熱膨張係数です。 ΔT はひずみ状態と非ひずみ状態間の温度差です。

外力

QuickField は集中荷重を表面および内部に指定する方法を提供します。集中荷重は頂点における2つのベクトル成分として定義されます。モデルのエッジ上の表面力は、ベクトル成分によって、あるいは正規圧力によって指定されます。内部力はモデルのブロック内にそれらの成分によって定義されます。内部力ベクトルの各成分は座標の一次関数として指定することができます。これは、例えば、遠心力をモデル化するために使用することができます。正規圧力は一定圧力の一次関数として指定することができます。

注意：集中荷重は平面問題の厚さ単位あたりの力および軸対称問題の総力値によって指定されます。後述の力は対称軸上のポイントに適用するか、軸まわりの円に沿って分布します。

表面の法線方向の表面力は圧力と評することができます。それが外部境界において内部領域に向くか、あるいは内部境界において右から左に向く場合、その圧力を正とします。その左右の向きはエッジの向きに関係します。その向きは、円弧では常に左回りであり、線分ではエッジを作成するときの頂点の選択順によって決定されます。

拘束条件

1つあるいは両方の軸に沿った剛拘束条件は、任意の頂点、あるいはモデルの任意のエッジに沿って指定することができます。拘束されたエッジの初期変位は座標の一次関数として指定することができます。

弾性拘束条件は、変位後と初期変位間の差に比例する弾性力を頂点に定義します。弾性拘束条件は、初期変位と弾性拘束によって決定されます。

注意：剛拘束あるいは弾性拘束の条件を正しく定義するには、モデルの剛体モードや回転成分を除外するような方法、あるいは指定部分の位置エネルギーを増加させない方法を指定します。平面問題では、2つの並進自由度と1つの回転自由度が拘束対象であり、軸対称問題では、z方向のみが拘束の対象となります。

物理量の計算

応力解析問題において、QuickField ポストプロセッサは物理量を次のように計算します。

ローカル値

- 絶対変位値

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} \text{ or } \delta = \sqrt{\delta_z^2 + \delta_y^2};$$

- モデル平面の最大と最小の主応力： σ_1 および σ_2
- 座標軸に関する法線および接線の応力成分： σ_x 、 σ_y 、 τ_{xy} （軸対称の場合、 σ_z 、 σ_r 、 τ_{rz} ）
- 平面外成分の正規応力（ σ_z ：xy 平面、 σ_θ ：rz 平面）平面応力問題では、この成分は消失されます。
- フォンミーゼス（Von Mises）基準（変形エネルギー成分）

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}$$

ここで、 σ_1 、 σ_2 、 σ_3 は、降順の主応力を示します。

- トレスカ（Tresca）基準

$$\sigma_e = \sigma_1 - \sigma_3$$

- モル・クーロン（Mohr-Coulomb）基準

$$\sigma_e = \sigma_1 - \chi\sigma_3$$

ここで、

$$\chi = \frac{[\sigma_+]}{[\sigma_-]}$$

$[\sigma_+]$ と $[\sigma_-]$ は、引張りと圧縮の応力を示します。

- ドラッカー・プラガ（Drucker-Prager）基準

$$\sigma_e = \left(1 + \sqrt{\chi}\right)\sigma_i - \frac{\sqrt{\chi} - \chi}{1 + \sqrt{\chi}}\bar{\sigma} + \frac{1}{[\sigma_-]}\left(\frac{1 - \sqrt{\chi}}{1 + \sqrt{\chi}}\bar{\sigma}\right)^2$$

ここで、

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}; \bar{\sigma} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$$

- 直交性材料のヒル（Tsai-Hill）損失係数

$$C_{th} = \frac{\sigma_1^2}{X_1^2} - \frac{\sigma_1 \sigma_2}{X_1^2} + \frac{\sigma_2^2}{X_2^2} + \frac{\tau_{12}^2}{S_{12}^2}$$

- ここで、 σ_1, σ_2 および τ_{12} は材料成分の応力です。

$$X_1 = X_1^T \text{ if } \sigma_{1>0}; \quad X_1 = X_1^C \text{ if } \sigma_{1<0}$$

$$X_2 = X_2^T \text{ if } \sigma_{2>0}; \quad X_2 = X_2^C \text{ if } \sigma_{2<0}$$

$$S_{12} = S_{12}^+ \text{ if } \tau_{12>0}; \quad S_{12} = S_{12}^- \text{ if } \tau_{12<0}$$

ここで、 X_1^T 、 X_2^T 、 X_1^C 、 X_2^C および S_{12}^+ 、 S_{12}^- は、引張り、圧縮力およびせん断応力です。

積分値

- 特定ボリュームに作用する総荷重

$$\mathbf{F} = \oint (\boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{n}) \, ds$$

ここで、 $\boldsymbol{\sigma}$ は応力テンソルです。

積分はボリュームの境界上で計算されます。また、 \mathbf{n} は外部のユニット標準のベクトルを表示します。

- 特定ボリュームに作用するトルク

$$\mathbf{T} = \frac{1}{2} \oint \mathbf{r} \times (\boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{n}) \, ds$$

ここで、 \mathbf{r} は統合のポイント動径ベクトルです。

トルク・ベクトルは平面問題では、 z 軸に平行であり、軸対称問題では、 0 に等しくなります。トルクは座標原点に関して相対的と考えられます。任意のポイントに関するトルクは、 $\mathbf{F} \times \mathbf{r}_0$ の外部合力によって得られ、ここで、 \mathbf{F} は合力であり、 \mathbf{r}_0 はポイントのベクトル半径です。

連成問題

QuickField は別の解析タイプの問題で計算された荷重（分布ソース）をインポートすることができます。次の連成タイプがサポートされます。

- 非定常および AC 磁場問題あるいは DC/AC 電導問題で生じたジュール熱としての熱伝導分布
- 計算結果の温度分布に基づいた熱応力
- 電磁気力荷重による系の応力解析
- 新しい非定常問題の初期条件として、別の定常問題および非定常問題のフィールド分布をインポートすることができます。これらは非定常磁場解析、非定常熱伝導解析に対応します。

インポートされた荷重に加えて、連成問題に限らない他の荷重および境界条件を定義することができます。

また、複数の連成問題を組み合わせることができます。例えば、同一モデル・ファイルに基づく個別の問題として、電流分布、電場および磁場を計算した後に、ジュール熱から温度分布を計算し、さらに、温度および磁場、電場の力によって生じる応力を確認することができます。

連成問題には、いくつかの規則があります。

- それぞれの入力（ソース）問題および出力（ターゲット）問題は、同一モデル・ファイルを共有します。
- それぞれの問題は同一要素公式（平面あるいは軸対称）を使用します。
- ターゲット問題を解析すると、ソース問題は更新されます。

注意：2つの連成問題が同一モデル・ファイルを使用しなければなりません。その問題の幾何学的な領域は一致する必要がありません。つまり、いくつかの小区域が定義されている場合、それらの1つの領域の使用を除外することができます。

熱伝導問題へのジュール熱のインポート

DC/AC 電導問題から熱伝導のデータをインポートするとき、ジュールの法則に基づく熱源は、それぞれのソースおよびターゲットのすべての小区域に定義されます。非定常電磁場問題あるいは AC 問題では、ジュール熱はすべての導体中で生成されます。非定常電磁場問題から非定常熱伝導問題のジュール熱データをインポートする場合、それぞれのプロセスは連続的に実行されます。この機能によって、磁気装置の時間依存の電流分布（渦電流）から発生する熱分布をシミュレートすることができます。

応力解析問題への温度分布のインポート

熱応力の計算においては、初期ひずみがすべての小区域に割り当てられると仮定され、また、ゼロでない熱膨張係数（異方性の場合には、その成分の少なくとも1つが非ゼロでなければなりません。）が必要です。非定常問題から温度分布をインポートする場合には、任意時間を選択することができます。

応力解析問題への磁力のインポート

応力解析問題に磁力をインポートするとき

- 内力はソースとターゲットの問題に対応するすべての小区域内に生じると仮定され、それらの小区域が非線形の磁気特性および電流密度を持つ場合に定義されます。（ローレンツ力）
- 表面力はそれぞれの磁気特性を持つ小区域境界、表面電流境界あるいは磁気問題に関する外部境界で生じると仮定されます。そして、例えば、境界の左側の小区域では磁気問題として、境界の右側の小区域では応力問題として解析し、表面力が得られます。

また、非定常問題から磁力をインポートするとき、任意の時間を選択することができます。

応力解析問題への電気力のインポート

応力解析問題に電気力をインポートするとき

- 内力はソースおよびターゲットの問題に対応するすべての小区域内で生じると仮定され、電荷密度が与えられます。
- 表面力はそれぞれの誘電率、表面電荷を持つ境界あるいは電気的問題の外部境界に分布すると仮定されます。そして、例えば、境界の左側の小区域では電気的問題として、境界の右側の小区域では応力問題として解析し、表面力が得られます。