

ADVENTURE_Magnetic_on_Windows

Version 0.3b

利用マニュアル

2019/09/17

ADVENTURE Project

目次

1	概要	3
1.1	はじめに.....	3
1.2	ADVENTURE_Magnetic_on_Windows とは.....	3
1.3	本マニュアルの構成.....	3
1.4	ソルバーのマルチスレッド対応.....	3
2	非線形静磁界解析	5
2.1	使用モデルについて.....	5
2.2	コイル領域の分割.....	6
2.3	プログラムの開始.....	6
2.4	解析ケースの作成.....	8
2.5	【前処理 1】メッシュの作成.....	11
2.5.1	CAD モデルの選択.....	11
2.5.2	節点密度の設定.....	13
2.5.3	表面パッチの作成.....	14
2.5.4	メッシュの作成.....	14
2.6	【前処理 2】解析条件の設定.....	16
2.6.1	物性値の設定.....	16
2.6.2	境界条件の設定.....	20
2.6.3	ソルバー入力ファイル作成.....	23
2.7	解析実行.....	24
2.7.1	領域分割.....	24
2.7.2	ソルバーの実行.....	25
2.8	結果表示.....	29
2.8.1	表示開始.....	29
2.8.2	AdvMagOnWin の終了.....	30
2.8.3	ParaView の起動とファイルの読み込み.....	30
2.8.4	ParaView の 3D 画面操作の方法.....	32
2.8.5	メッシュの表示.....	33
2.8.6	磁束密度の表示.....	33
2.8.7	電磁力の表示.....	36
3	時間調和渦電流解析	37
3.1	使用モデルについて.....	37
3.2	プログラムの開始.....	38
3.3	解析ケースの作成.....	38

3.4	【前処理 1】メッシュの作成	39
3.4.1	CAD モデルの選択	39
3.4.2	節点密度の設定.....	40
3.4.3	表面パッチの作成.....	41
3.4.4	メッシュの作成.....	42
3.5	【前処理 2】解析条件の設定	43
3.5.1	物性値の設定	43
3.5.2	境界条件の設定.....	51
3.5.3	ソルバー入力ファイル作成	54
3.6	解析実行	55
3.6.1	領域分割	55
3.6.2	ソルバーの実行.....	56
3.7	結果表示	59
3.7.1	表示開始	59
3.7.2	AdvMagOnWin の終了	59
3.7.3	ParaView の起動とファイルの読み込み	59
3.7.4	ParaView の 3D 画面操作の方法.....	61
3.7.5	メッシュの表示.....	62
3.7.6	磁束密度の表示.....	62
4	便利な機能	70
4.1	選択したボリュームのメッシュ抽出.....	70
4.2	B-H 曲線定義ファイルの作成.....	72
4.2.1	起動.....	72
4.2.2	定義値の追加	72
4.2.3	定義値の削除	74
4.2.4	定義ファイルの読み込み.....	74
4.2.5	B-H 曲線定義ファイルの保存	75
4.2.6	作成終了	75

1 概要

1.1 はじめに

このテキストでは、ADVENTURE_Magnetic_on_Windows を利用して電磁界解析を行う手順について解説いたします。

1.2 ADVENTURE_Magnetic_on_Windows とは

ADVENTURE_Magnetic_on_Windows (以下「AdvMagOnWin」) とは、ADVENTURE プロジェクトで開発されている電磁界解析ソルバーADVENTURE_Magnetic を使って Windows 上で電磁界解析を行うためのソフトウェアです。ユーザーインターフェースとして ADVENTURE プロジェクトで開発されているインターフェースエージェントソフトウェア ADVENTURE_iAgent を統合することで、CAD ファイルのインポート、メッシュの作成、物性設定、境界条件の設定、領域分割、解析条件の設定とソルバーの実行、及び可視化用ファイルの作成を GUI で行う事ができます。

AdvMagOnWin では、ADVENTURE_Magnetic Ver.1.7.0 がサポートする解析機能のうち、非線形静電磁界解析及び時間調和渦電流解析の機能を提供します。

1.3 本マニュアルの構成

本マニュアルは、以下のような構成となっています。

第1章 概要

AdvMagOnWin の概要について説明します。

第2章 静磁界解析

AdvMagOnWin による静磁界解析の手順を、付属のサンプルデータを使用して説明します。

第3章 時間調和渦電流解析

AdvMagOnWin による時間調和渦電流解析の手順を、付属のサンプルデータを使用して説明します。

第4章 便利な機能

AdvMagOnWin が提供する便利な機能について説明します。

1.4 ソルバーのマルチスレッド対応

AdvMagOnWin では、OpenMP によるマルチスレッド対応ソルバーを搭載しています。

AdvMagOnWin では起動時に、Windows が認識する論理プロセッサ数をソルバーが使用するスレッド数として自動的に設定します。論理プロセッサ数は「タスク マネージャー」の「パフォーマンス」タブで確認できます(図 1.4-1)。

任意のスレッド数を指定したい場合は advmagonwin.bat を以下のように編集して AdvMagOnWin を起動してください。

変更前：

```
set OMP_NUM_THREADS=%NUMBER_OF_PROCESSORS%
```

変更後(スレッド数を4にするときの例)：

```
set OMP_NUM_THREADS=4
```

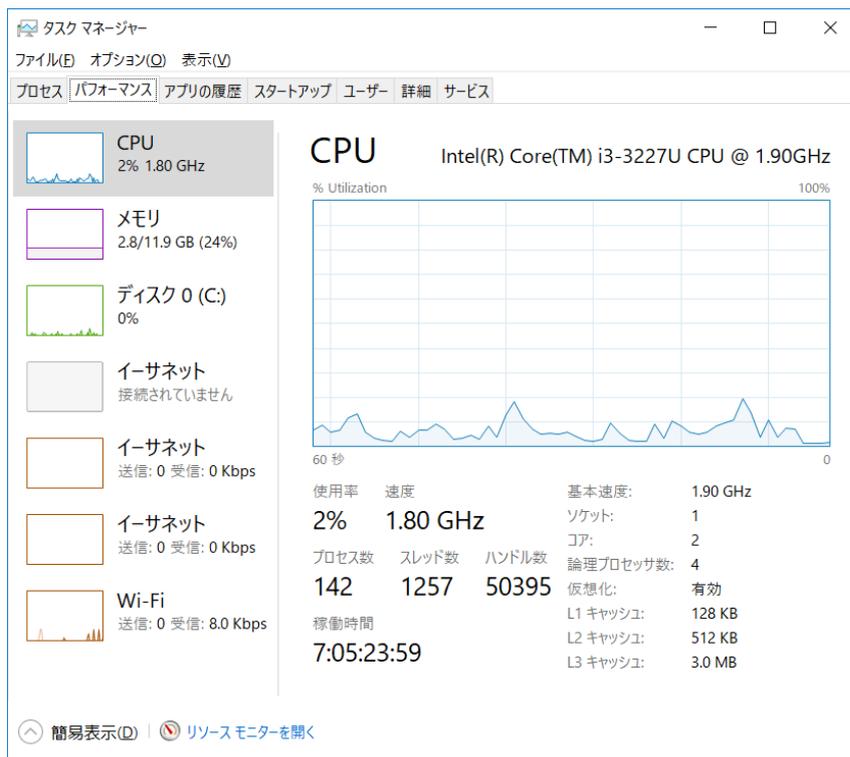


図 1.4-1 タスク マネージャー

2 非線形静磁界解析

本章では、AdvMagOnWin 付属のサンプルデータを用いた、非線形静磁界解析の手順について説明します。

2.1 使用モデルについて

本章で使用するモデルは、上下の形状が異なる鉄心が対向する空隙部を持つ吸引磁石です。図 2.1-1 に本モデルの断面図を示します。解析領域は図 2.1-1 を z 軸周りに 10 度回転させた領域とします。コイル部の強制電流密度は図 2.1-1 の断面に垂直な向きに $3 \times 10^7 [\text{A}/\text{m}^2]$ で流れているとします。空気とコイルの磁気抵抗率は $1/(4\pi) \times 10^7 [\text{m}/\text{H}]$ とします。環状磁性体の材質は SS41P であり、この領域では図 2.1-2 のような非線形性を持つものとします。物性値の一覧を表 2.1-1 に示します。境界条件はすべての表面において、 $\mathbf{A} \times \mathbf{n} = \mathbf{0}$ (ただし、 \mathbf{A} は磁気ベクトルポテンシャル $[\text{Wb}/\text{m}]$ 、 \mathbf{n} は境界面の単位法線ベクトル) を課します。

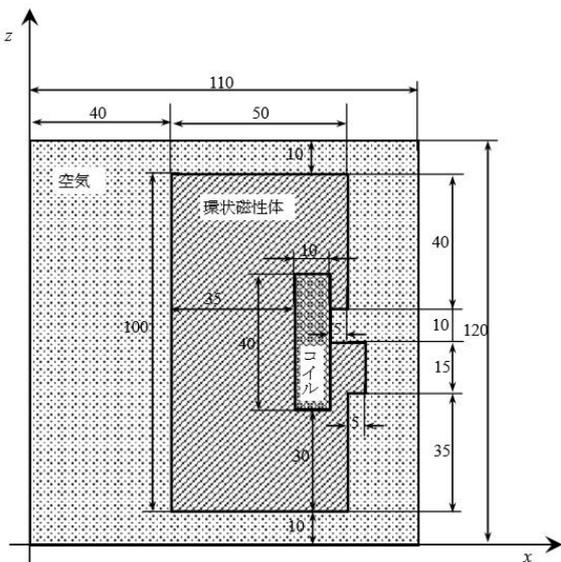


図 2.1-1 軸対称モデルの断面図(単位[mm])

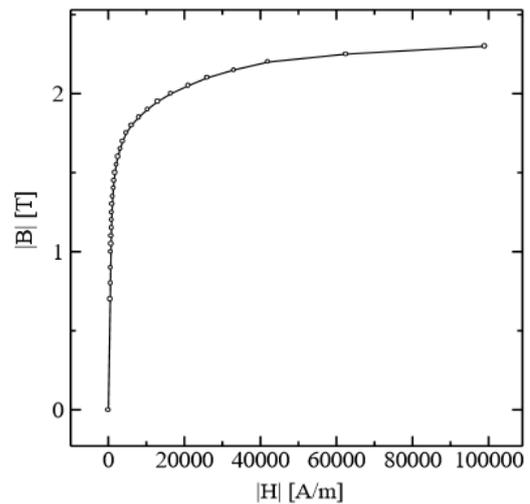


図 2.1-2 B-H 特性曲線

表 2.1-1 物性値一覧

部材	磁気抵抗率[m/H]	B-H 特性
コイル	795774.7	-
磁性体	757.1	-
空気	795774.7	図 2.1-2 の特性曲線を適用

2.2 コイル領域の分割

磁界解析で用いられるモデルのほとんどは複数の材料から構成されるため、AdvMagOnWin では ADVENTURE_TriPatch の表面パッチ結合プログラム `mrpach` を内部で用いて複数の表面パッチを結合しています。しかし、材料同士の結合面の形状が不一致だと結合に失敗することがあります。このような場合、材料を 2 つに分割して IGES ファイルを作成することで結合面の形状を一致させると、成功する場合があります。

今回使用するモデルではコイルの右側の部分(図 2.1-1 における $x=85\text{mm}$)において、材料同士の結合面が不一致となっています。そこで、コイル領域の一部を図 2.2-1 のように分割し、結合面を一致させます。

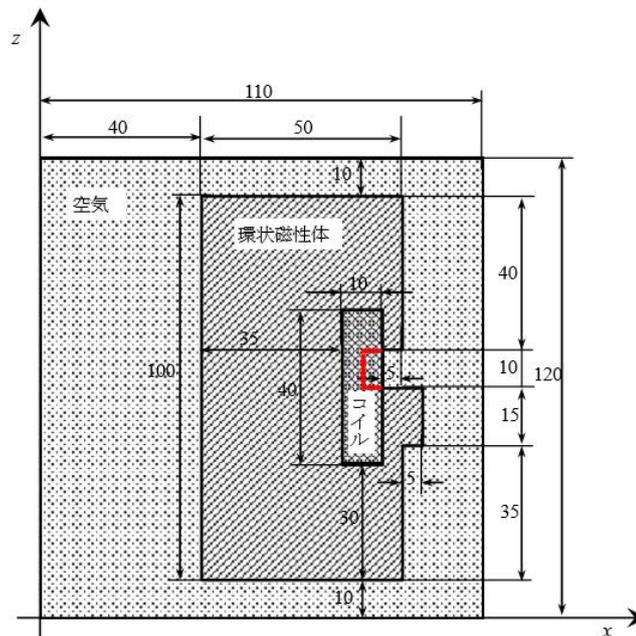


図 2.2-1 コイル領域の分割

2.3 プログラムの開始

AdvMagOnWin インストールフォルダ内の `advmagonwin.bat` をダブルクリックし AdvMagOnWin を起動します。起動すると、図 2.3-1 のようなウィンドウが表示されます。



図 2.3-1 スタート画面

なお advmagonwin.bat は、Windows 8/8.1/10 で実行すると図 2.3-2 の画面が表示される場合があります。これは、起動しようとしたアプリケーションに危険性がないか確認する画面で、はじめて実行する場合などに表示されるものです。図 2.3-2 の画面で「詳細情報」の部分をクリックすると、図 2.3-3 の画面に変わります。図 2.3-3 の画面で「実行」をクリックすると AdvMagOnWin を起動できます。



図 2.3-2 バッチファイルの実行時に表示される画面



図 2.3-3 「詳細情報」をクリックしたあとの表示画面

「スタート」ボタンをクリックすると、各種ウィンドウが表示されます(図 2.3-4)。

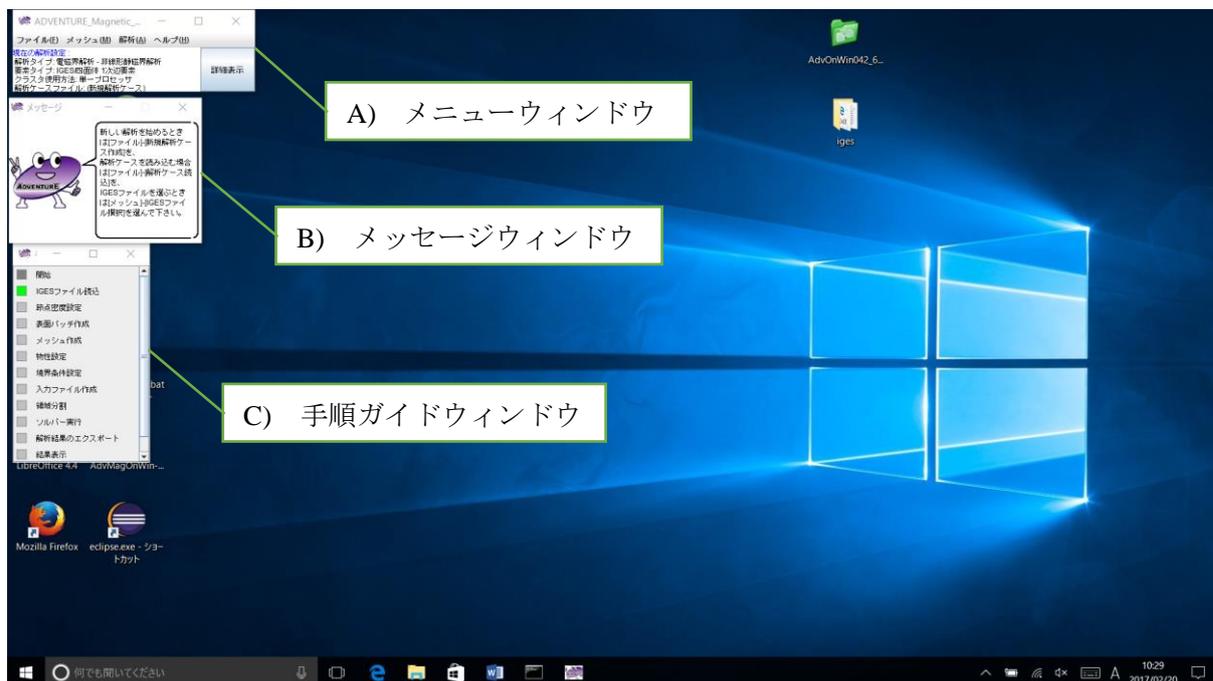


図 2.3-4 初期画面

- A) メニューウィンドウ
解析に関する全ての操作を呼び出すためのウィンドウです。ウィンドウ下部には、現在の解析タイプが表示されています。
- B) メッセージウィンドウ
エージェントからのアドバイス(具体的な操作方法や、現在の操作に関する情報)が表示されます。
- C) 手順ガイドウィンドウ
現在の操作プランを表示しています。各項目の横のボタンをクリックすると、その項目での操作の概要がメッセージウィンドウに表示されます。

2.4 解析ケースの作成

新たに解析を行うために、「解析ケース」の作成を行います。解析ケースの作成は、メニューウィンドウの「ファイル(E)」→「新規解析ケース作成(N)」を選びます。

最初に「現在の解析ケースを保存しますか?」と聞かれます(図 2.4-1)。現在解析ケースを開いている場合は「はい」を選択しますが、ここではプログラムを起動したばかりですので「いいえ」を選択します。

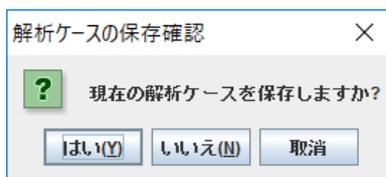


図 2.4-1 解析ケースの保存確認

続いて、図 2.4-2 のウィンドウが現れます。「次へ」をクリックしてください。

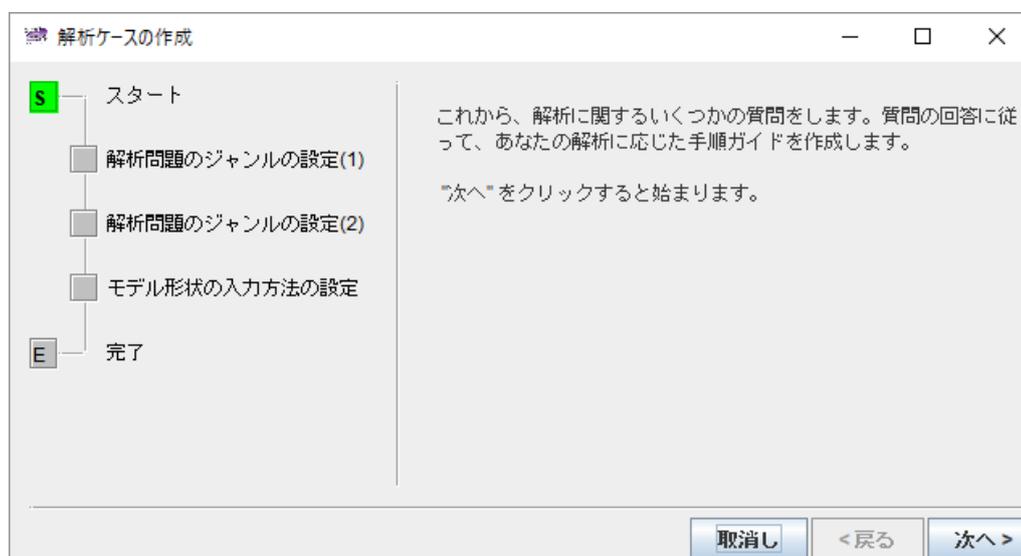


図 2.4-2 解析ケースの作成

続いて、図 2.4-3 のウィンドウが現れます。解析問題のジャンルとして「電磁界解析」が選択されていることを確認したら「次へ」をクリックしてください。

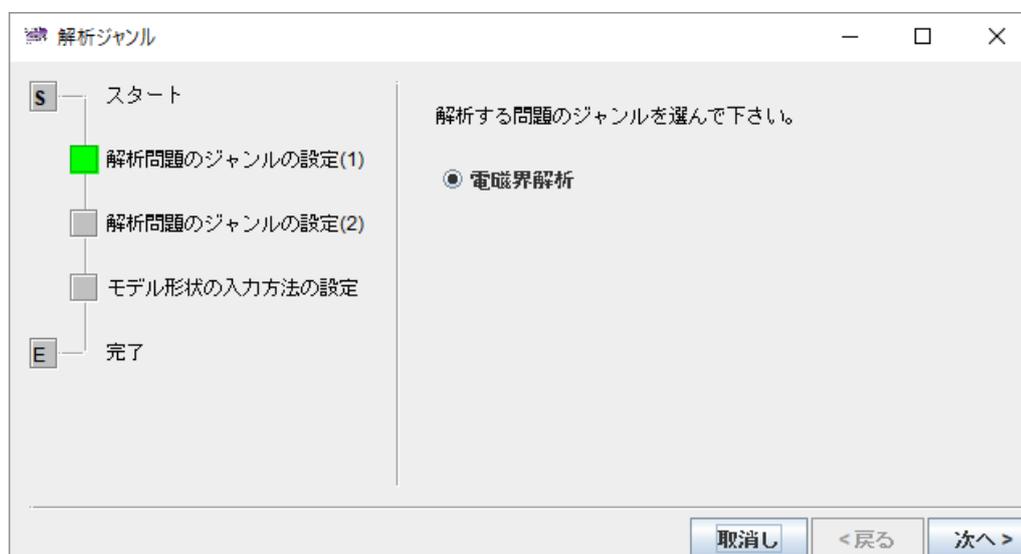


図 2.4-3 解析ジャンル

続いて、図 2.4-4 のウィンドウが現れます。解析問題のより細かいジャンルとして「非線形静磁界解析」が選択されていることを確認したら、「次へ」をクリックしてください。

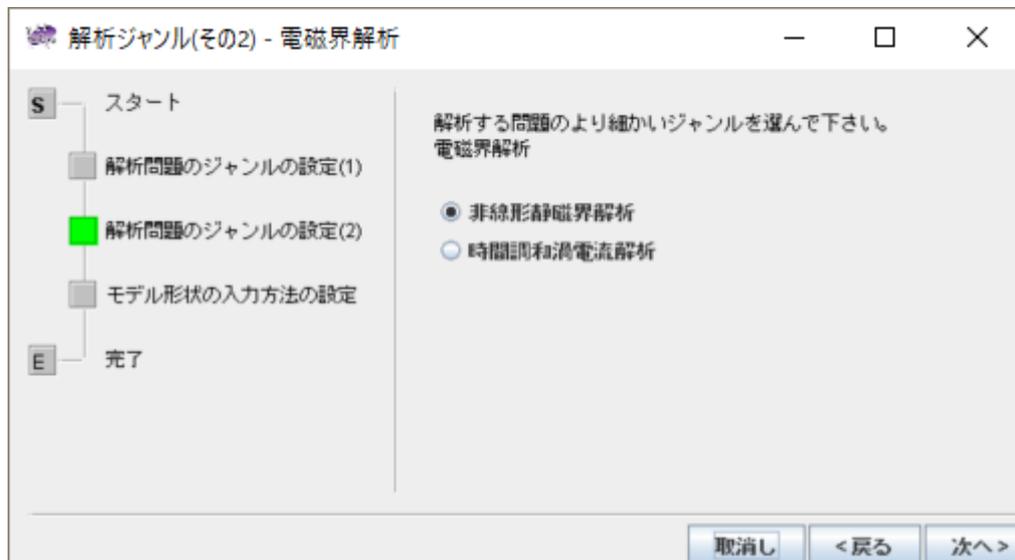


図 2.4-4 解析ジャンル(その 2)

続いて、図 2.4-5 のウィンドウが現れます。形状モデルとして「IGES」、解析モデルとして「四面体 1 次辺要素」を選択し、「次へ」をクリックしてください。

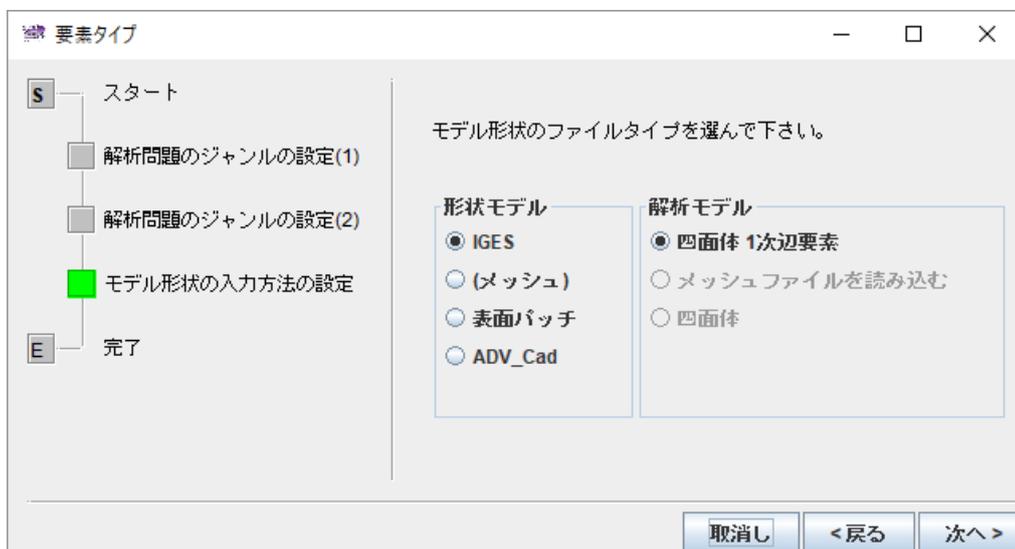


図 2.4-5 要素タイプ

これらの操作で解析ケースが作成され、必要な操作の一覧が手順ガイドウィンドウに表示されます。以後の操作は、手順ガイドとメッセージウィンドウに表示される操作手順に従って操作します。続いて、メッシュの作成を行います。

2.5 [前処理 1] メッシュの作成

2.5.1 CAD モデルの選択

最初に、解析形状として、CAD モデルファイルを指定します。メニューウィンドウの「メッシュ (M)」 → 「IGES ファイル選択(I)」 を選ぶと、図 2.5-1 のようなウィンドウが表示されます。

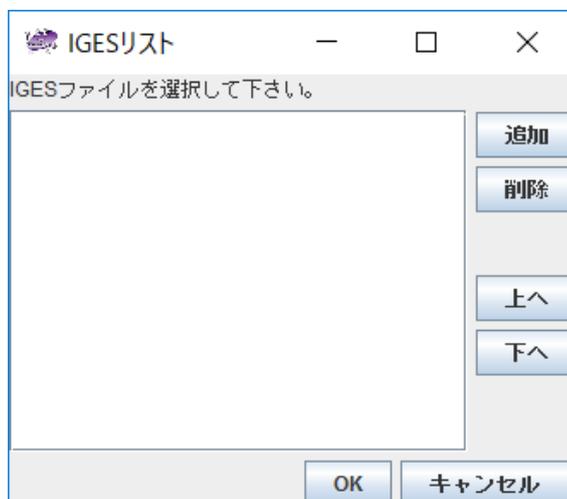


図 2.5-1 IGES リスト画面

図 2.5-1 の「追加」 ボタンをクリックすると、ファイル読込ダイアログ(図 2.5-2)が表示されるので、「<AdvMagOnWin インストールフォルダ>¥sample_data¥shaft」 フォルダにある「coil01.igs」を選んで「開く」をクリックして下さい。

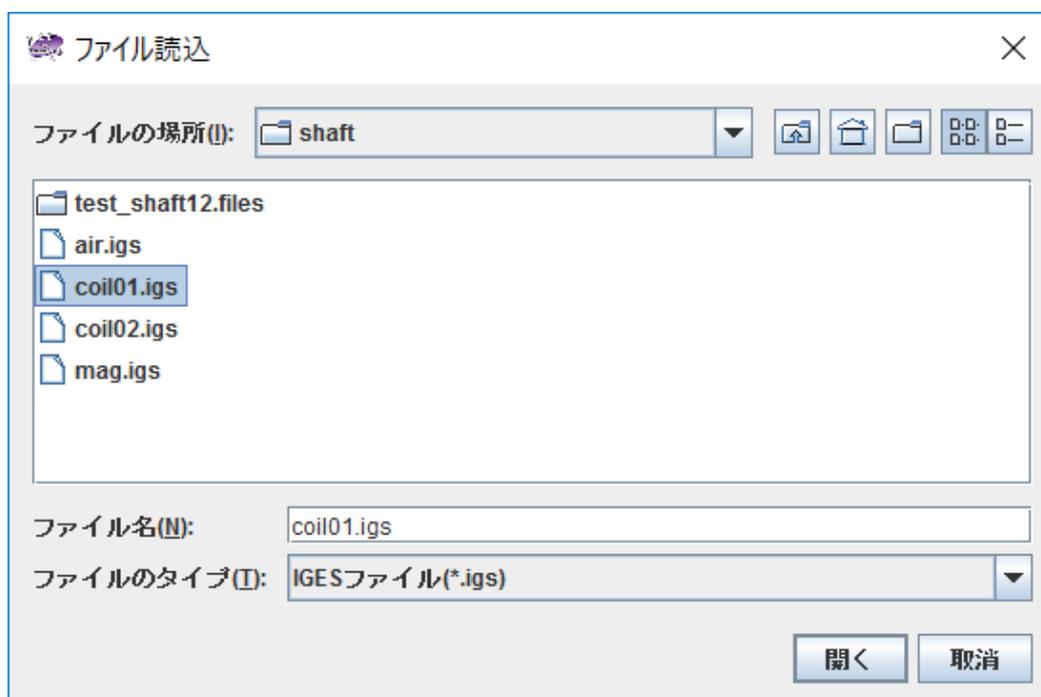


図 2.5-2 ファイル選択画面

coil01.igs ファイルを選択すると、IGES リストに coil01.igs が追加されます(図 2.5-3)。

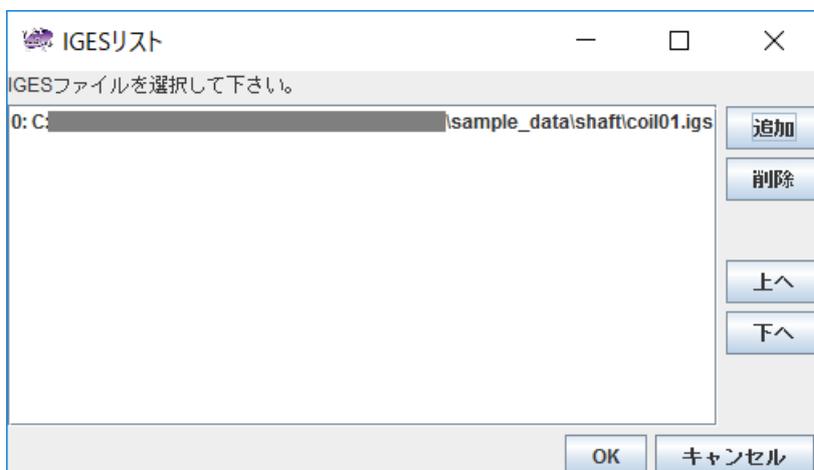


図 2.5-3 coil01.igs ファイル選択後の IGES リスト

同様の手順で「coil02.igs」、「mag.igs」、「air.igs」を追加してください。全て追加すると図 2.5-4 のようになります。「OK」をクリックすると、IGES ファイルが取り込まれます。

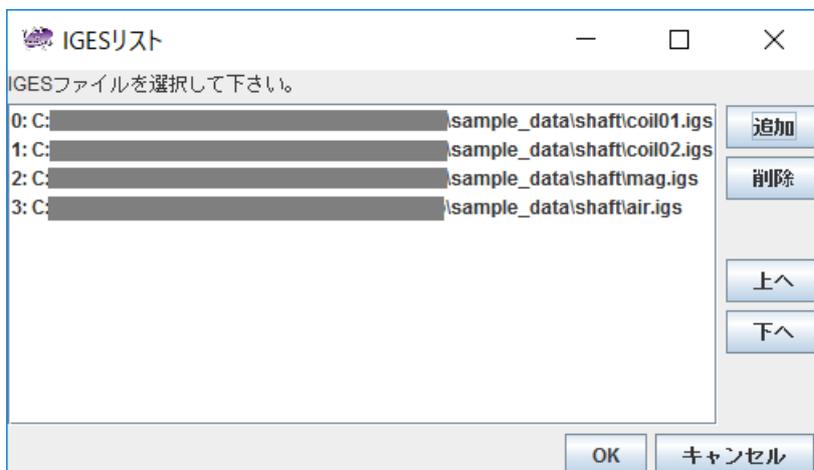


図 2.5-4 全ての igs ファイルを選択した後の IGES リスト

2.5.2 節点密度の設定

次に、節点密度の指定を行います。「メッシュ(M)」→「節点密度設定(D)」を選びます(図 2.5-5)。

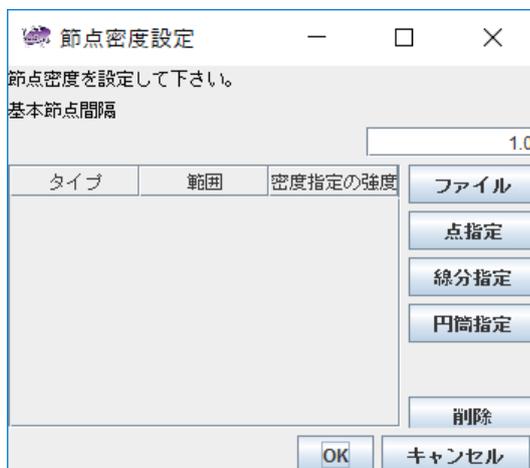


図 2.5-5 節点密度設定ダイアログ

節点密度の指定方法は、点指定・線分指定・円筒指定の3種類があります。また、ADVENTURE標準の節点密度設定ファイルを読み込むこともできます。

今回はサンプルデータの節点密度設定ファイルを読み込みます。「ファイル」をクリックしてください。ファイル読込ダイアログ(図 2.5-6)が表示されたら「<AdvMagOnWin インストールフォルダ>%sample_data%shaft」フォルダにある「shaft.ptn」を選択し「開く」をクリックしてください。

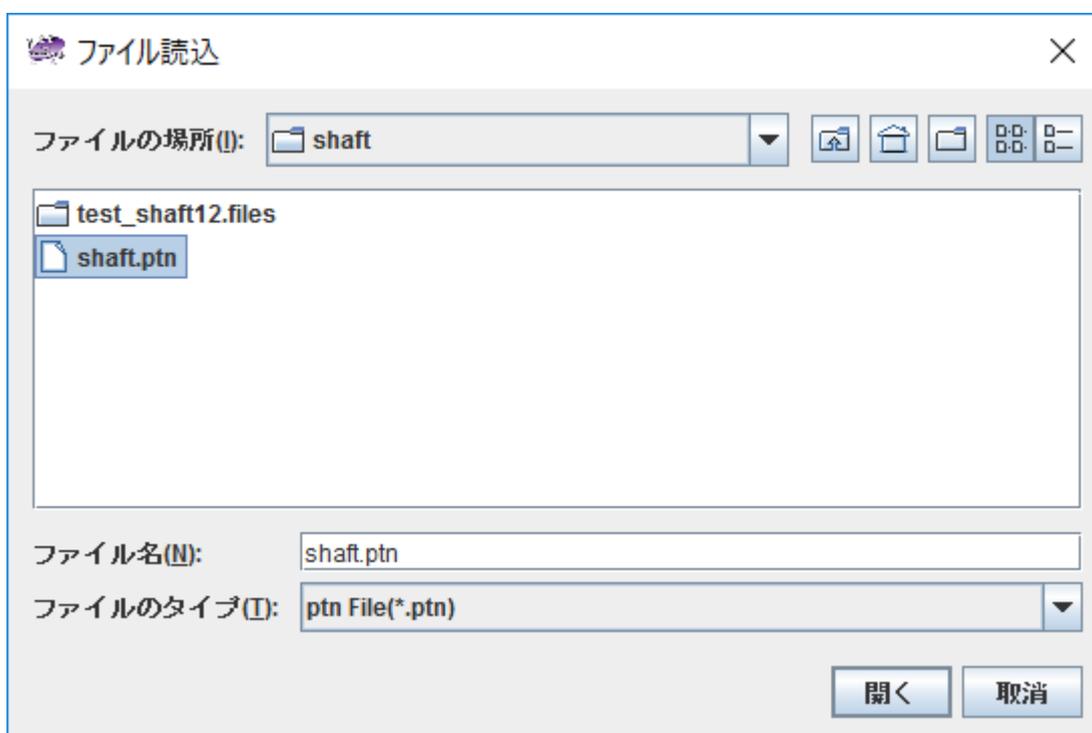


図 2.5-6 節点密度設定ファイルの選択

ファイルの内容が読み込まれた結果、基本節点間隔が 0.01m に変更され、Cylinder タイプの局所節点密度設定が追加されます(図 2.5-7)。「OK」をクリックして設定を完了します。

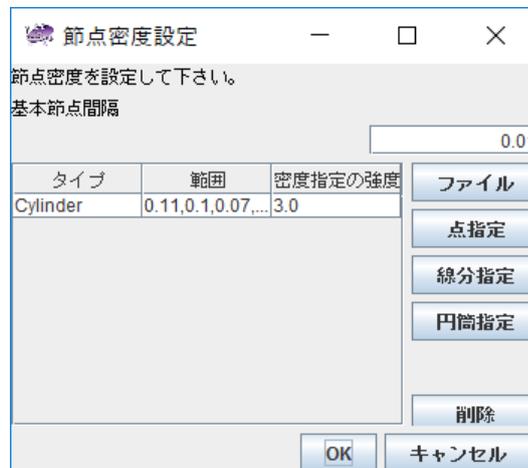


図 2.5-7 ファイル選択後の節点密度設定ダイアログ

2.5.3 表面パッチの作成

続いて、CAD 形状から表面パッチを作成します。「メッシュ(M)」→「表面パッチ作成(P)」を選ぶと、パッチ作成のダイアログ (図 2.5-8) が表示されますので、「OK」をクリックして、パッチ作成を行います。

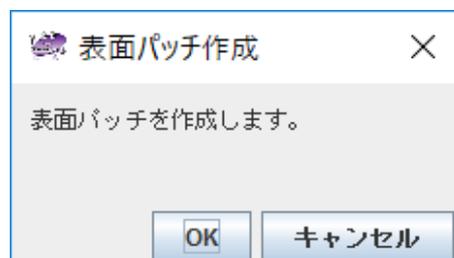


図 2.5-8 表面パッチ作成開始画面

2.5.4 メッシュの作成

次にメッシュを作成します。「メッシュ(M)」→「メッシュ作成(M)」を選ぶと、メッシュ作成のダイアログ(図 2.5-9)が表示されます。ダイアログ内の「表面形状を補正する」のチェックを入れたままにすると、メッシュ作成の前に表面パッチの自動補正が行われます。「OK」をクリックして、メッシュ作成を開始します。

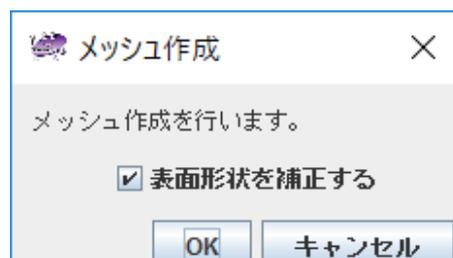


図 2.5-9 メッシュ作成開始ダイアログ

メッシュ作成が完了すると、総要素数と総節点数が表示されます (図 2.5-10)。要素数と節点数を確認したら、「OK」をクリックして下さい。

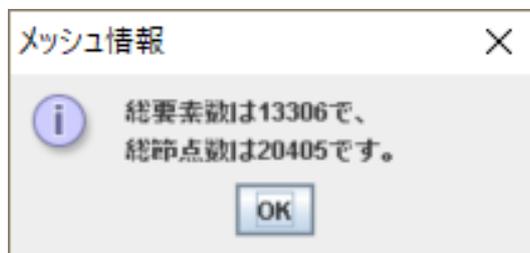


図 2.5-10 メッシュファイルの総要素数と総節点数の表示

続いて、物性値の設定と、境界条件の設定を行います。

2.6 [前処理 2] 解析条件の設定

2.6.1 物性値の設定

物性値は、「解析(A)」 → 「物性値設定(M)」 → 「電磁界解析」 から設定します(図 2.6-1)。

物性ID	磁気抵抗率	物性の種類	適用ボリューム
0	795774.7	その他	0-3

図 2.6-1 物性データの設定ダイアログ(変更前)

初期画面では、物性 ID=0、磁気抵抗率=795774.7、物性の種類=その他、適用ボリューム=0-3 の物性 1 種類が自動設定されています。物性の編集・追加を行い、表 2.6-1 のように設定します。

表 2.6-1 物性設定とボリュームの対応

物性 ID	磁気抵抗率	物性の種類	適用ボリューム
0	795774.7	コイル	0-1 (coil01.igs, coil02.igs)
1	757.1	磁性体	2 (mag.igs)
2	795774.7	その他	3 (air.igs)

まず物性 ID0 をコイルの物性値に変更します。

物性 ID が 0 の行をクリックすると、物性の変更ダイアログ (図 2.6-2) が表示されます。

図 2.6-2 物性の変更ダイアログ(編集前)

以下の手順で変更を行います。

- 1) 「物性の種類」
左側の「物性の種類」を、「その他」から「コイル」に選択し直します。
「コイル」の設定欄が有効になります。
- 2) 「コイル」→「定義方法」
「RF」から「MD」に変更します。
- 3) 「コイル」→「定義ファイル」
「定義ファイル」として、「<AdvMagOnWin インストールフォルダ>¥sample_data¥shaft」フォルダにある「coil.dat」を選択します。
- 4) 「適用するボリューム」
下の方にある「適用するボリューム」を 0-1 に変更します。

設定変更が完了したら、「OK」をクリックしてください。再び物性データの設定ダイアログが表示されます(図 2.6-3)。

物性ID	磁気抵抗率	物性の種類	適用ボリューム
0	795774.7	コイル	0-1

角周波数
コイルに流す交流電流の角周波数[rad/s] 376.9911

図 2.6-3 物性データの設定ダイアログ (コイル設定後)

次に磁性体の物性値を設定します。

「物性の追加」をクリックすると、物性の追加ダイアログが表示されます。

「物性の種類」として「磁性体」を選択してください。続いて、「磁気抵抗率」に「757.1」を入力し、「磁性体」の「定義ファイル」に、「<AdvMagOnWin インストールフォルダ>¥sample_data¥shaft」にある「bh_curve」を選択します。

最後に、「適用するボリューム」として「2」を入力してください。

全ての設定が終わると、図 2.6-4 のようになります。「OK」をクリックすると物性データの設定ダイアログに戻ります。

図 2.6-4 物性の追加ダイアログ(磁性体の設定完了後)

最後に、空気領域について設定します。磁性体の時と同様に「物性の追加」をクリックし、物性の追加ダイアログを開きます。

「物性の種類」として「その他」を選択してください。「磁気抵抗率」に「795774.7」を入力し、「適用するボリューム」として「3」を入力してください。

全ての設定が終わると、図 2.6-5 のようになります。「OK」をクリックすると物性データの設定ダイアログに戻ります (図 2.6-6)。

図 2.6-5 物性の追加ウィンドウ(空気の領域の設定完了時)

物性ID	磁気透率	物性の種類	適用ボリューム
0	795774.7	コイル	0-1
1	757.1	磁性体	2
2	795774.7	その他	3

図 2.6-6 物性データの設定ダイアログ(設定完了後)

設定に問題ないか確認し、「OK」をクリックしてください。

2.6.2 境界条件の設定

次に境界条件の設定を行います。まず、「解析(A)」→「境界条件設定(B)」を選ぶと、図 2.6-7 のダイアログが表示されます。

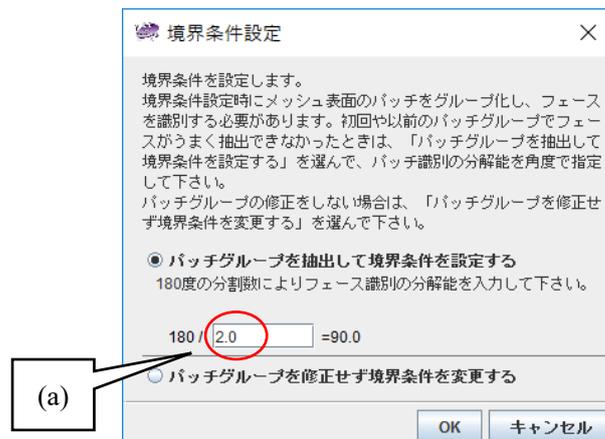


図 2.6-7 境界条件設定ダイアログ

ここでは、メッシュ生成により失われた CAD 位相情報を再構築するため、表面三角形(パッチ)をその法線方向によりグループ分けして、フェース(パッチグループ)を抽出します。境界条件の貼り付けはパッチグループ単位で行います。

グループ分けの分解能に相当する二面挟角の指定が必要となります。角度が小さい程(図 2.6-7 の(a)の数値を大きくする程)、面をより細かく分類することができます。今回のモデルでは、特に標準のままで問題ありませんので、そのまま「OK」を押してください。自動的にグループ分割が行われ、境界条件設定用の画面が起動します(図 2.6-8)。

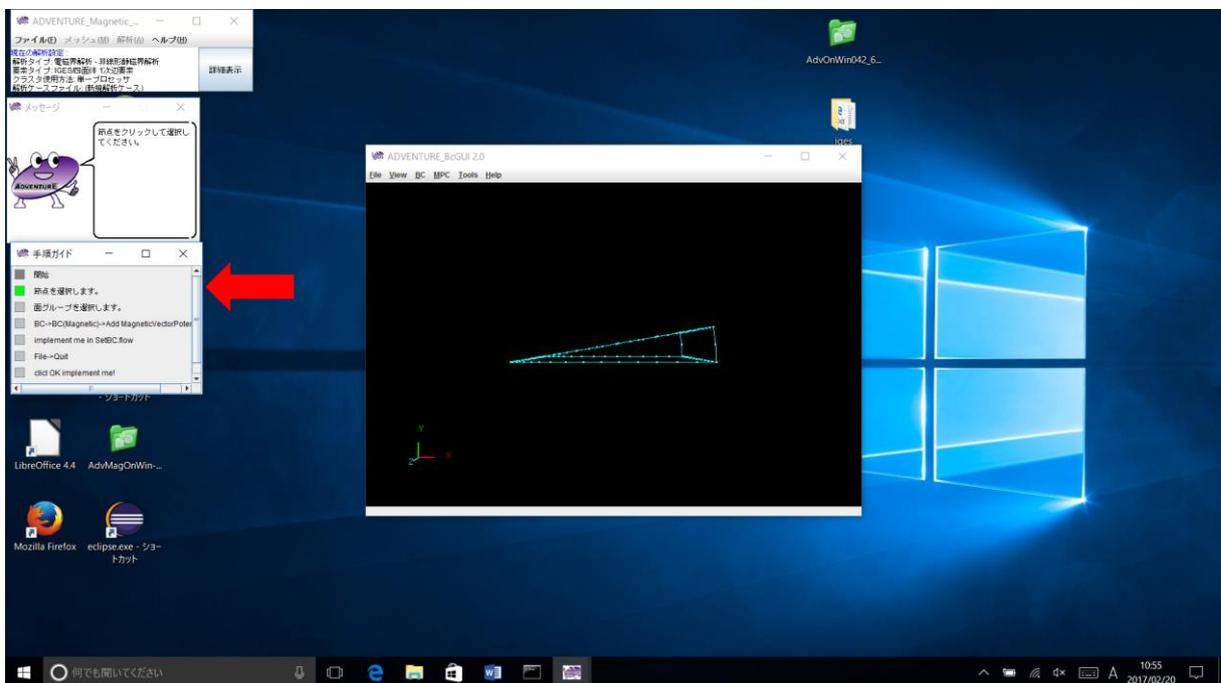


図 2.6-8 境界条件設定画面 (起動直後)

このとき、自動的に手順ガイドウィンドウが、それまでの全体解析手順の表示から、境界条件の操作手順へと変わります(図 2.6-8 赤矢印)。また、操作手順に応じたガイドメッセージもメッセージウィンドウに表示されますので、こちらも参考にしながら、操作を進めて下さい。

境界条件設定画面では、以下のようにモデルの表示を操作します。

- ・ 回転 :
ホイールボタン(中ボタン)を押しながらマウスを動かすと、モデルが回転します。
- ・ 平行移動 :
マウスの左ボタンを押しながらマウスを動かすと、モデルが平行移動します。
- ・ ズーム :
右ボタンを押しながらマウスを上動かすとズームアウト、下動かすとズームインします。
- ・ 節点の選択 :
マウスで希望の節点をクリックすると、節点を選択できます。選んだ節点には(ちょっと見にくいですが)黄色い四角が表示されます。
- ・ 面の選択 :
節点を選択した状態で右クリックすると、節点が所属する面を選択できます。右クリックを続けると、次の面が選択状態になります。

境界条件を設定したい節点・面を選択した後、境界条件設定ウィンドウの「BC」→「BC(Magnetic)」→「Add Magnetic Vector Potential」を選んでください。磁気ベクトルポテンシャル境界条件設定ダイアログが表示されます(図 2.6-9)。

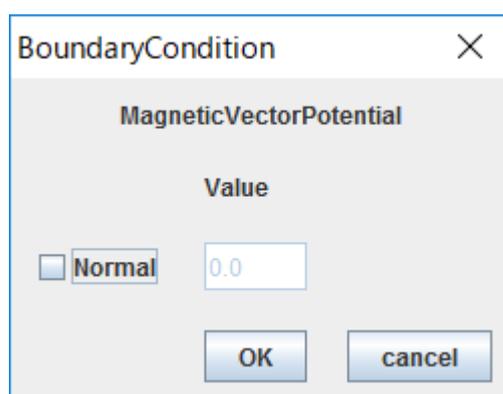


図 2.6-9 境界条件設定ダイアログ

“Normal”にチェックを入れ、「OK」をクリックしてください。

今回のモデルでは、モデルの全表面で磁気ベクトルポテンシャルの法線方向成分を 0 に設定するので、すべての面について同様に設定してください。

境界条件の設定が終わったら、境界条件設定ウィンドウの「View」→「Boundary Condition」→「Cnd format」を選ぶと設定済みの境界条件を確認することが出来ます (図 2.6-10)。

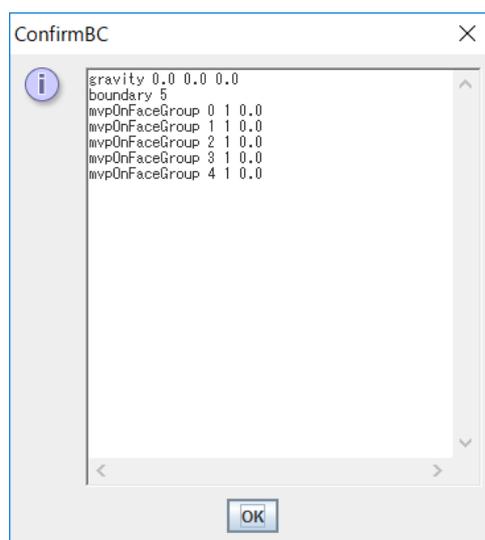


図 2.6-10 境界条件確認ダイアログ

図 2.6-10 のように設定されていることを確認したら、境界条件設定ウィンドウの「File」→「Quit」を選びます。終了確認ダイアログ (図 2.6-11) が表示されたら「OK」を押すと、設定した境界条件が自動保存され、境界条件設定ウィンドウが消えます。

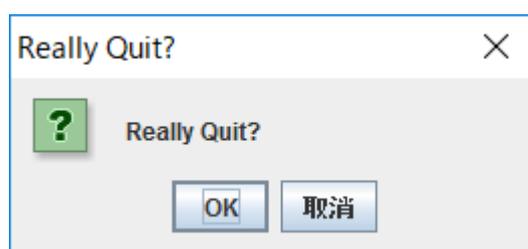


図 2.6-11 終了確認ダイアログ

2.6.3 ソルバー入力ファイル作成

続いて、「解析(A)」→「ソルバー入力ファイル作成(C)」を選び、入力ファイル作成ダイアログ (図 2.6-12) で「OK」をクリックすると、メッシュ・境界条件・物性値をまとめたソルバー入力ファイルが作成されます。

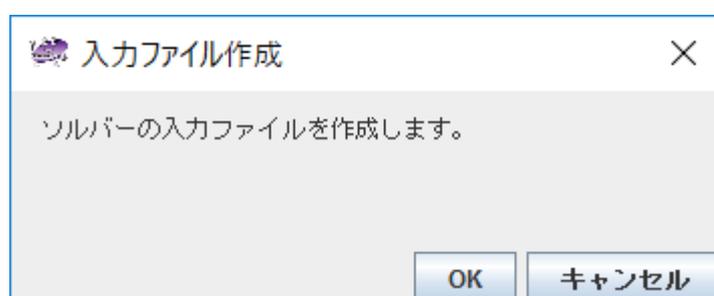


図 2.6-12 入力ファイル作成ダイアログ

2.7 解析実行

2.7.1 領域分割

ADVENTURE_Magnetic は階層型領域分割法(Hierarchical Domain Decomposition Method: 以降 HDDM)に基づく領域分割データを入力として読み込みます。「解析(A)」→「領域分割(D)」を選ぶと、領域分割ダイアログ(図 2.7-1)が表示されます。

図 2.7-1 領域分割ダイアログ

ここでは、メッシュの要素数を元に、1つの部分領域(1CPUが担当する領域の最小単位)の大きさを、

- ・ 1つの部分領域に含まれる要素数 (“各部分領域あたりの要素数を入力する” をクリック)
- ・ 部分領域数 (“親機 1 台あたりの部分領域数を入力する” をクリック)

の2種類の方法のいずれかで指定することが出来ます。

標準状態で特に問題なく動くように、すでに数字が入力されていますので、今回はそのまま「スタート」をクリックしてください。

2.7.2 ソルバーの実行

ソルバーによる計算を開始します。「解析(A)」→「ソルバー実行(R)」を選ぶと、ソルバー実行ダイアログ (図 2.7-2) が表示されます。



図 2.7-2 ソルバー実行ダイアログ(入出力オプション)

ソルバー実行ダイアログでは、ソルバーに用意されているさまざまな解析条件オプションを変更することができます。オプションは「入出力」「HDDM ソルバー」「非線形静磁界解析」「部分領域ソルバー」の3つに分かれています。

入出力オプション (図 2.7-2)

メモリ使用量の上限(MB)

各プロセスが使用するメモリの上限を n [MByte]とし、これを越えた場合はその時点で実行を停止します。

HDDM ソルバーオプション (図 2.7-3)

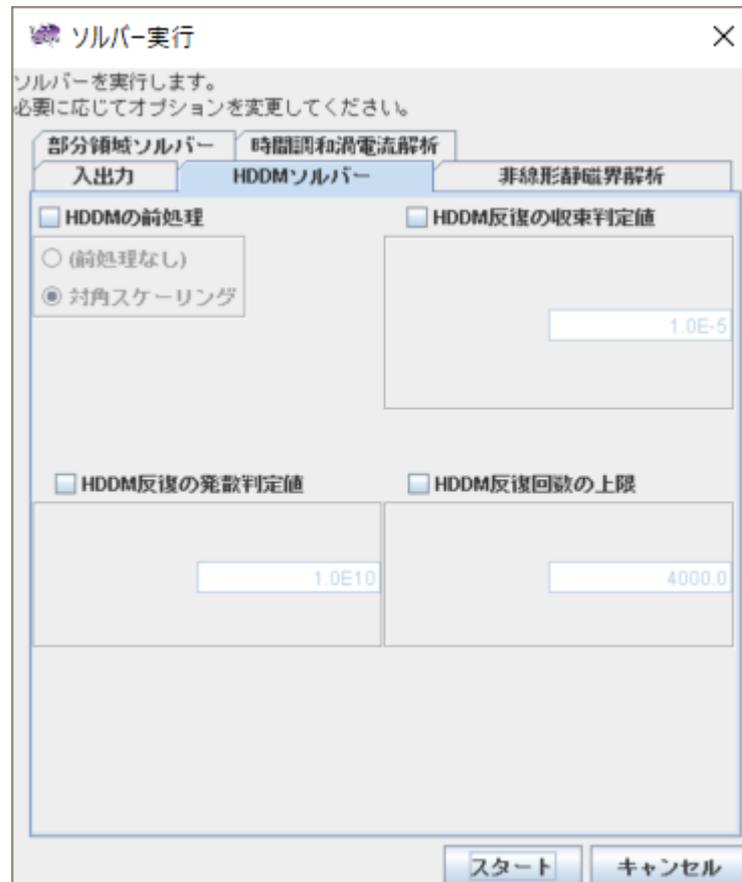


図 2.7-3 ソルバー実行ダイアログ (HDDM ソルバー)

HDDM の前処理

HDDM で用いる前処理を指定します。

- ・ (前処理なし)
- ・ 対角スケーリング

HDDM 反復の収束判定値

HDDM の収束判定値を指定します。これは、HDDM 反復における残差ベクトルの初期残差ベクトルに対するノルムの相対誤差であり、相対誤差がこの値より小さくなった時点で HDDM 反復が収束したと判定します。

HDDM 反復の発散判定値

HDDM が発散したと判定する値を指定します。相対誤差がこの値より大きくなった時点で HDDM 反復が発散したと判定し、プログラムを終了します。

HDDM 反復回数の上限

HDDM 反復回数の上限を指定します。この値を超えた場合は、収束に至る前でもプログラムは終了します。

非線形静磁界解析オプション (図 2.7-4)

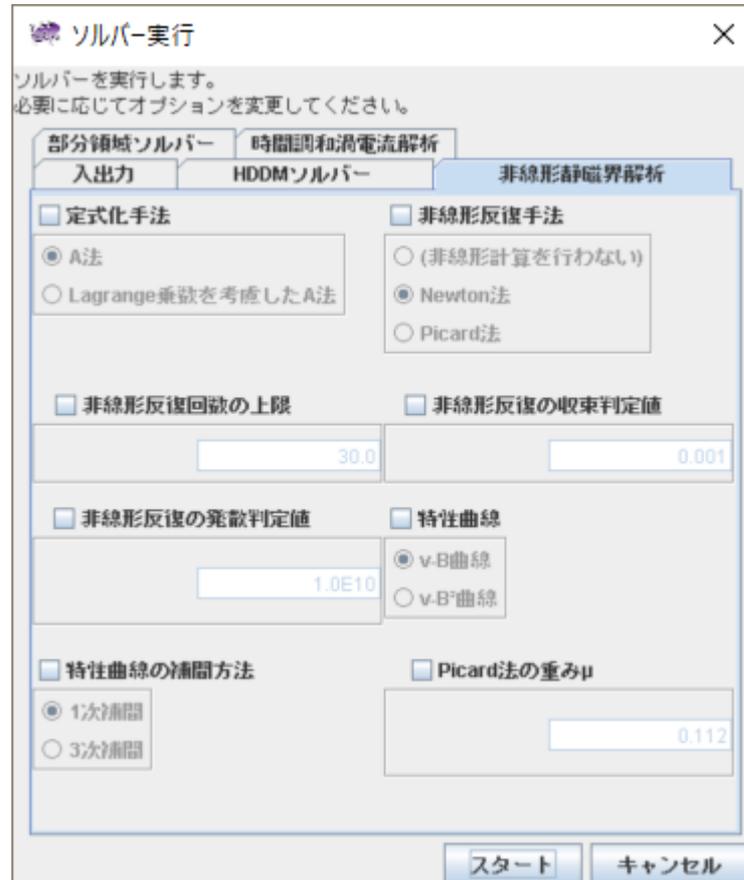


図 2.7-4 ソルバー実行ダイアログ(非線形静磁界解析オプション)

定式化手法

使用する定式化の種類を指定します。

- ・ A 法
- ・ Lagrange 乗数を考慮した A 法 (部分領域ソルバーが強制的にピボット付き LU 分解に変更されます)

非線形反復手法

磁気抵抗率のための非線形反復手法として使用する解法の種類を指定します。

- ・ (非線形計算を行わない)
- ・ Newton 法
- ・ Picard 法

非線形反復回数の上限

非線形反復の反復回数の上限を指定します。この値を超えた場合は、収束に至る前でもプログラムは終了します。

非線形反復の収束判定値

非線形反復の収束判定値を指定します。誤差がこの値より小さくなった時点で非線形反復が収束したと判定します。

非線形反復の発散判定値

非線形反復が発散したと判定する値を指定します。誤差がこの値より大きくなった時点で非線形反復が発散したと判定し、プログラムを終了します。

特性曲線

Newton 法で使用する特性曲線を選択します。Picard の逐次近似法では収束判定を行う際に用います。

- ・ v-B 曲線
- ・ v-B² 曲線

特性曲線の補間方法

Newton 法での特性曲線の補間方法を選択します。Picard の逐次近似法では収束判定を行う際に用います。

- ・ 1 次補間
- ・ 3 次補間

Picard 法の重み μ

Picard の逐次近似法の μ の重みを指定します。

部分領域ソルバーオプション (図 2.7-5)

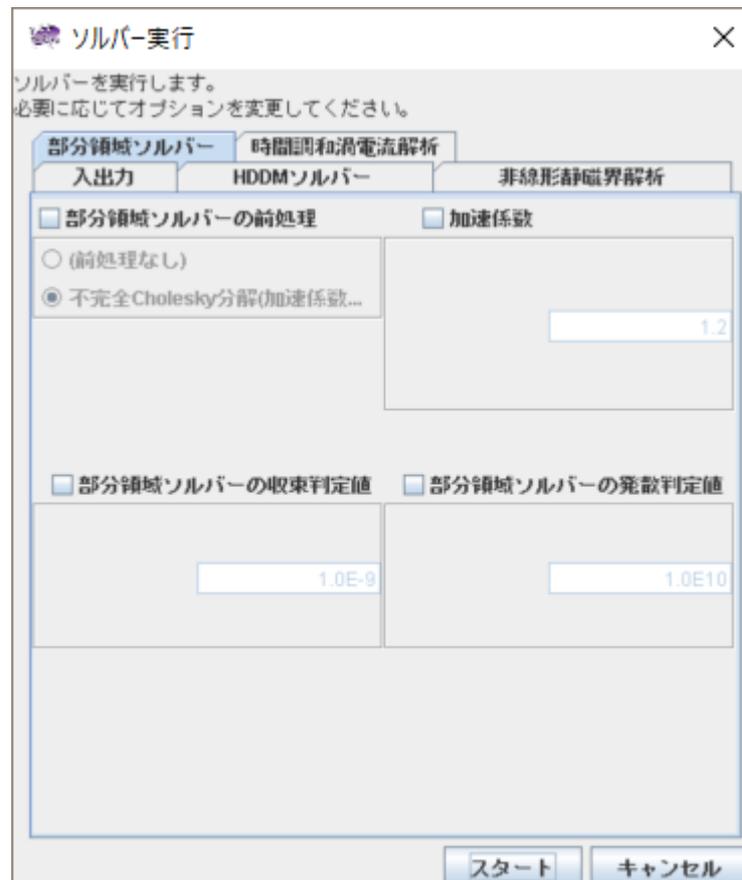


図 2.7-5 ソルバー実行ダイアログ (部分領域ソルバー)

部分領域ソルバーの前処理

線形ソルバーで用いる前処理を指定します。s として指定できる文字列は以下の通りです。

- ・ (前処理なし)
- ・ 不完全 Cholesky 分解(加速係数付)

加速係数

部分領域ソルバーの前処理として不完全 Cholesky 分解を用いる場合の加速係数を指定します。

部分領域ソルバーの収束判定値

線形ソルバーの収束判定値を指定します。誤差がこの値より小さくなった時点で線形ソルバーが収束したと判定します。

部分領域ソルバーの発散判定値

線形ソルバーが発散したと判定する値を指定します。誤差がこの値より大きくなった時点で線形ソルバーが発散したと判定し、プログラムを終了します。

ソルバーの実行

初期設定のままで特に問題は無いので、ソルバー実行ダイアログで何も変更せずに、「スタート」をクリックしてください。ソルバーの計算が開始されます。

ソルバーの実行時のログは、<Documents>¥advMagOnWin¥ExecSolverForWin.log に出力されます。改行コードが UNIX 形式(LF)となっているので、メモ帳ではなくワードパッドなどの UNIX 形式の改行に対応しているソフトをご覧ください。

ソルバーが使用するスレッド数の設定方法

1.4 節を参照してください。

2.8 結果表示

結果の表示は、AVS や ParaView などの外部の可視化ソフトウェアを使用します。そのため、解析結果を可視化用ファイルにエクスポートします。今回は、ParaView で可視化する手順を説明します。

2.8.1 表示開始

「解析(A)」→「解析結果のエクスポート」を選ぶと、解析結果のエクスポートダイアログ(図 2.8-1)が表示されます。出力する物理量として「磁束密度」と「電磁力」、出力形式として「VTK 形式(ParaView など)」を選択し、出力フォルダを指定します(図 2.8-1)。

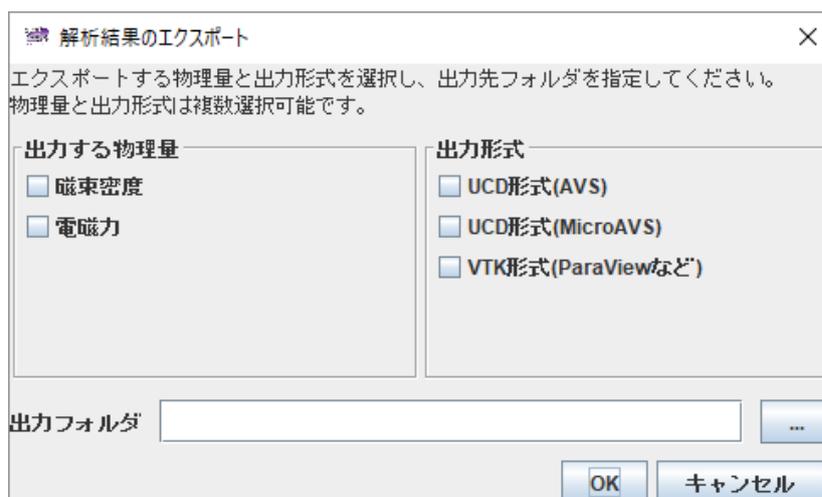


図 2.8-1 解析結果のエクスポートダイアログ

「OK」をクリックすると、選択したフォルダに「res.vtu」(磁束密度)と「res_NF.vtu」(電磁力)の2つのファイルが出力されます。もしUCD形式(AVS)ならavs_B.inpとavs_NF.inpが、もしUCD形式(MicroAVS)ならmavs_B.inpとmavs_NF.inpが出力されます。

選択したフォルダにこれらのファイルが既に存在した場合は、上書きするかどうかの確認ダイアログ(図 2.8-2)が表示されます。「OK」をクリックすると上書きします。「取消」をクリックすると元のダイアログに戻りますので、出力フォルダを指定しなおしてください。

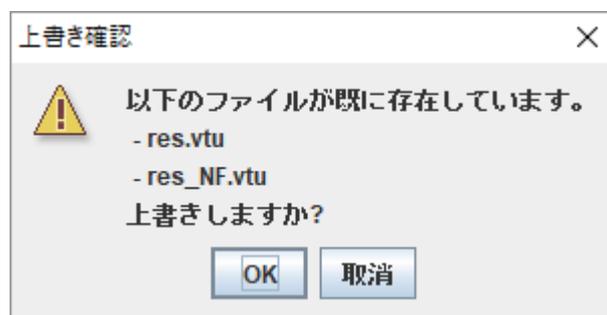


図 2.8-2 上書き確認ダイアログ

2.8.2 AdvMagOnWin の終了

ここまでで AdvMagOnWin の操作は終わりです。

「ファイル(F)」→「解析ケース保存(S)」で、解析ケースを保存すると、後から解析のやり直しが可能です。

「ファイル(F)」→「終了(X)」で AdvMagOnWin を終了します。

ここから先は ParaView の操作の説明になります。

2.8.3 ParaView の起動とファイルの読み込み

ParaView を起動したら、「File」→「Open」よりファイル選択ダイアログ(図 2.8-3)を開きます。最初に磁束密度を可視化するため、出力フォルダにある「res.vtu」を選択し、「OK」をクリックします。

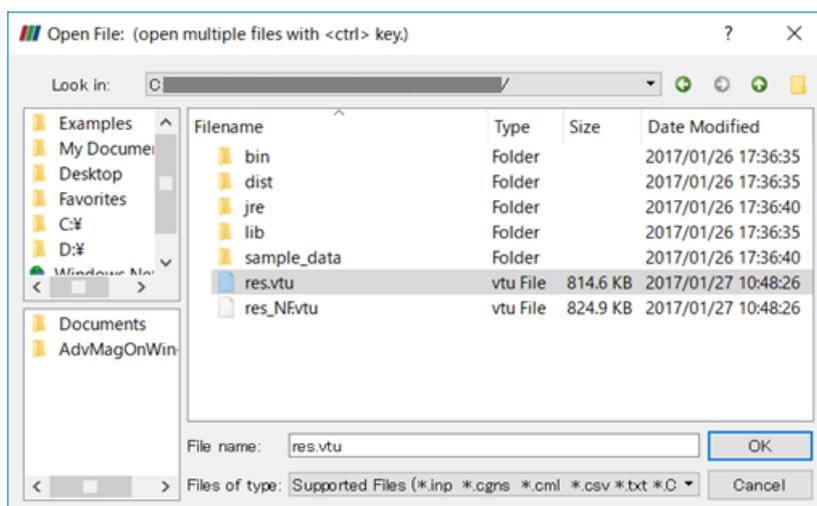


図 2.8-3 "res.vtu"の選択

ParaView のメインウィンドウの左側に、「res.vtu」が選択されているのが確認できます(図 2.8-4)。

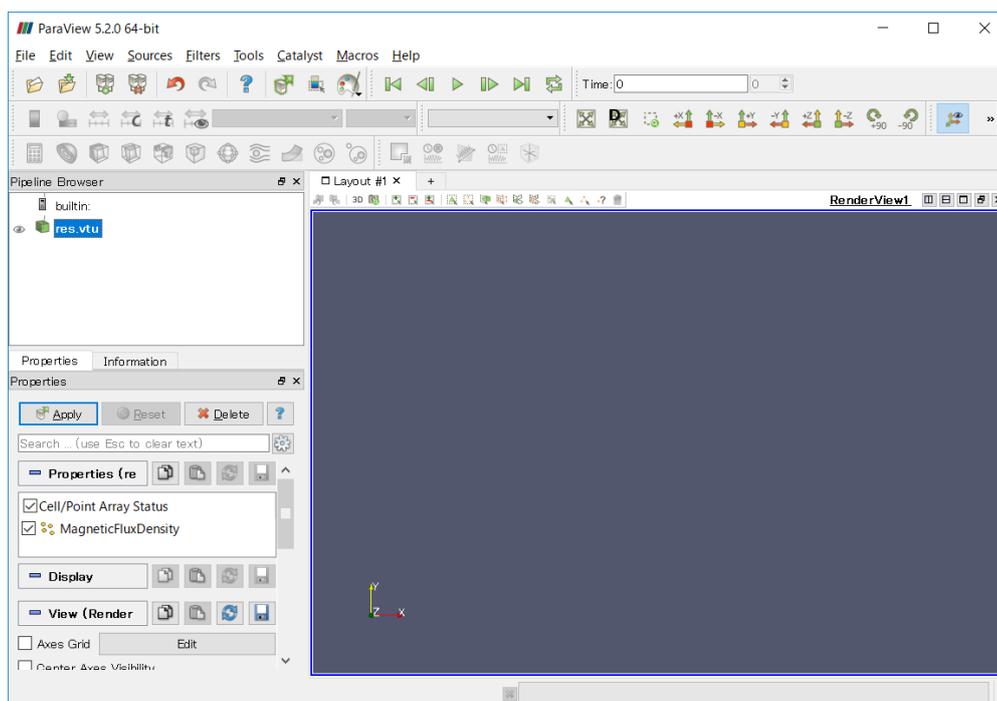


図 2.8-4 "res.vtu"を選択後のメインウィンドウ

この状態ではまだファイルが読み込まれていません。左側の「Properties」欄にある「Apply」をクリックすると、解析モデルの形状が表示されます(図 2.8-5)。

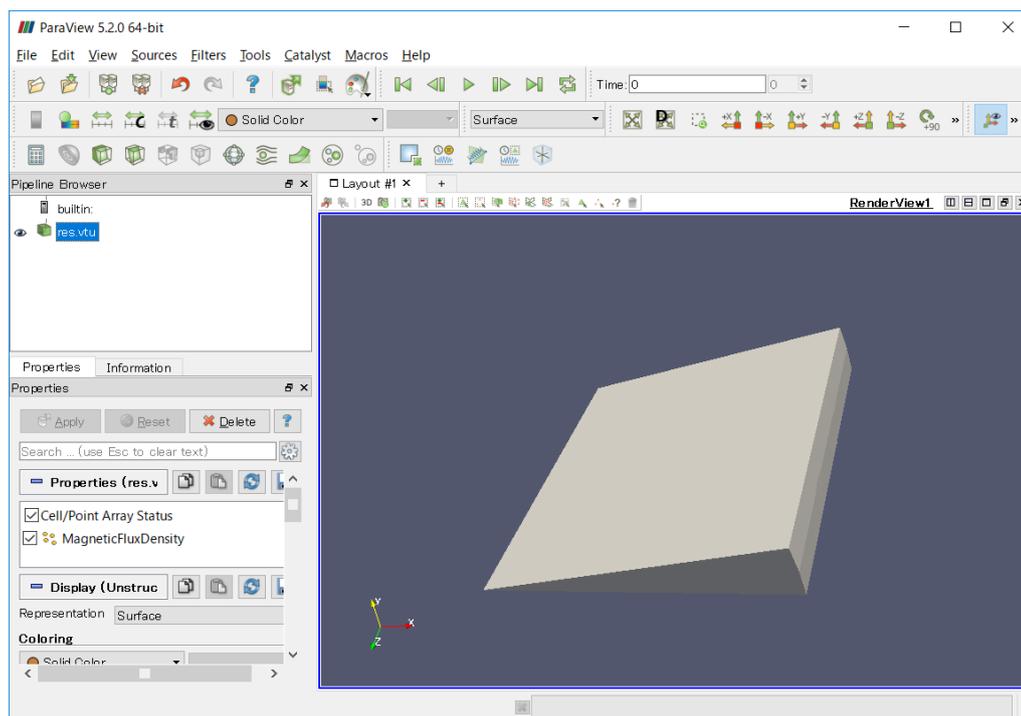


図 2.8-5 モデル形状の表示

2.8.4 ParaView の 3D 画面操作の方法

ParaView では、以下のように 3D 画面を操作します。

- ・ 回転 :
マウスの左ボタンを押しながらマウスを動かすと、モデルが回転します。
- ・ 平行移動 :
マウスのホイールボタン(中ボタン)を押しながらマウスを動かすと、モデルが平行移動します。
- ・ ズーム :
マウスのホイールを上に戻すとズームイン、下に戻すとズームアウトします。
若しくは、マウスの右ボタンを押しながらマウスを上に戻すとズームアウト、下に戻すとズームインします。

2.8.5 メッシュの表示

「Properties」タブ内の「Representation」、もしくは画面上部のツールバーの中の「Surface」を「Surface with Edges」に変更すると、メッシュが表示されます (図 2.8-6)。

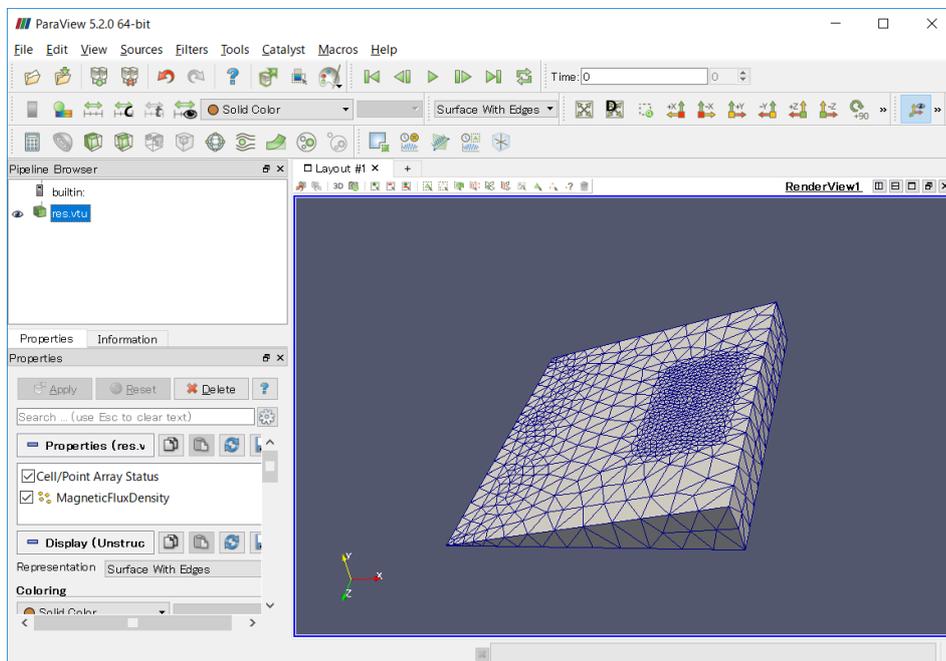


図 2.8-6 メッシュの表示

2.8.6 磁束密度の表示

「Properties」タブ内の「Coloring」もしくはツールバー内の「Solid Color」を「MagneticFluxDensity」に変更すると、磁束密度が表示されます(図 2.8-7)。

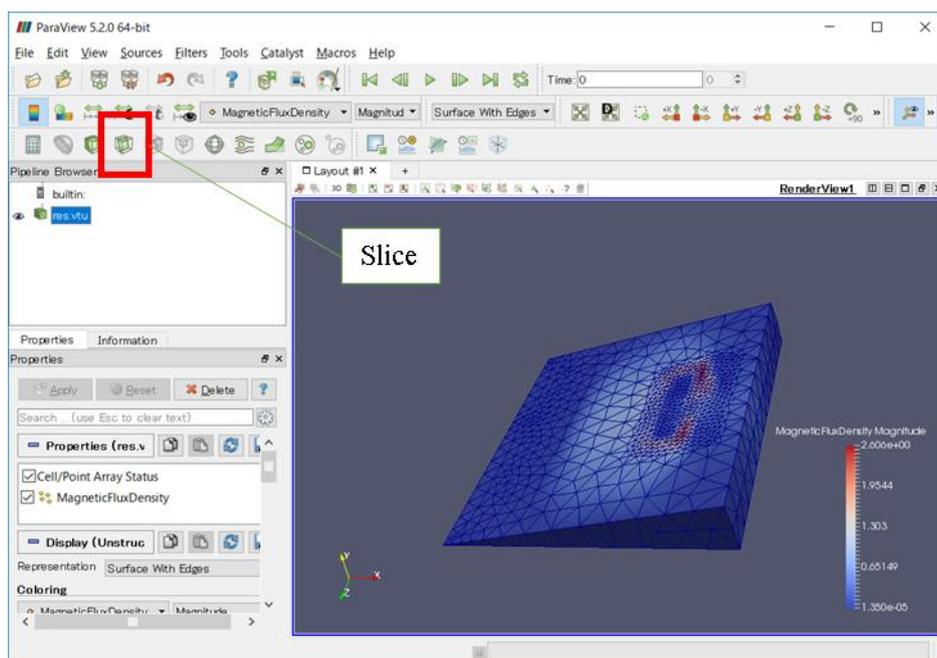


図 2.8-7 磁束密度の表示

特定の箇所を見るには、断面表示が有効です。断面表示を行うため、「Slice」(図 2.8-7 の赤枠部分)を選択すると断面設定モードになります(図 2.8-8)。

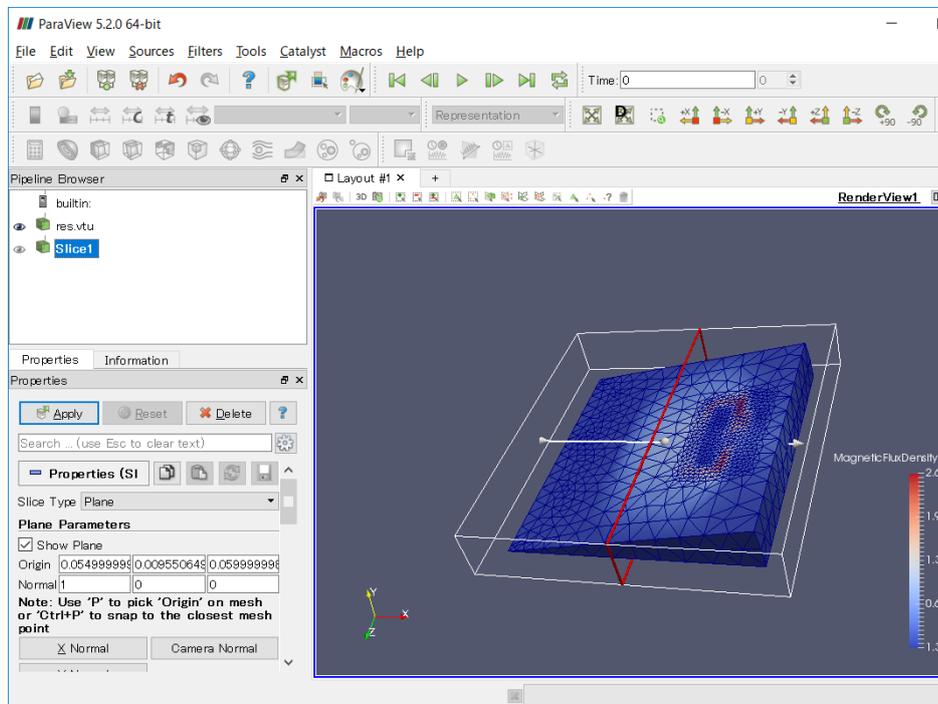


図 2.8-8 "Slice"選択後

今回は Y 方向の最下面付近の断面を抽出します。左下の抽出方向選択ボタンを「YNormal」に設定し、Y 方向の最下面付近に断面(赤い枠線)を移動します(図 2.8-9)。

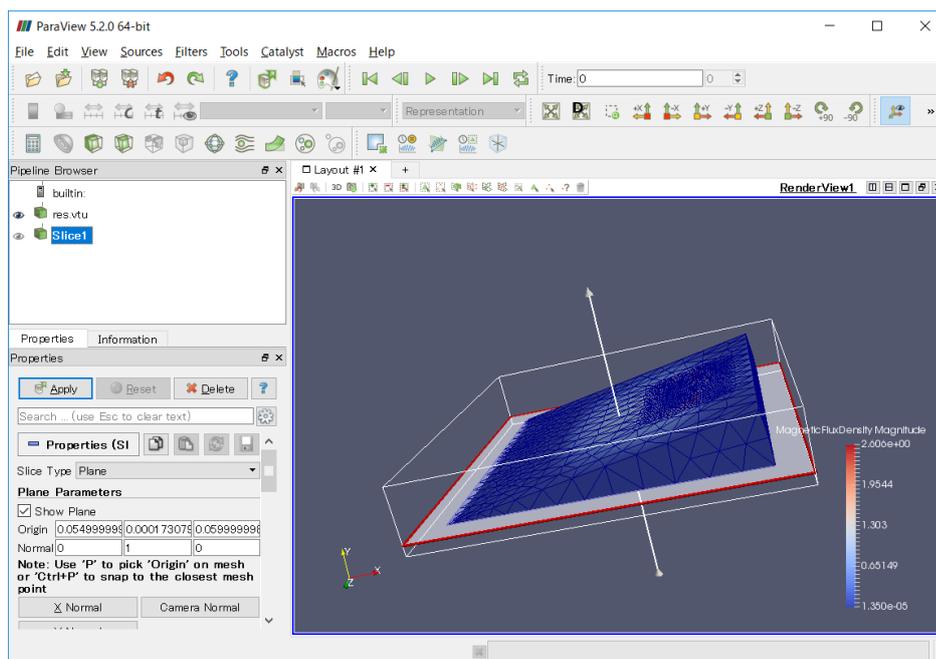


図 2.8-9 断面設定中

「Apply」を選択すると、抽出した断面の磁束密度が表示されます(図 2.8-10)。

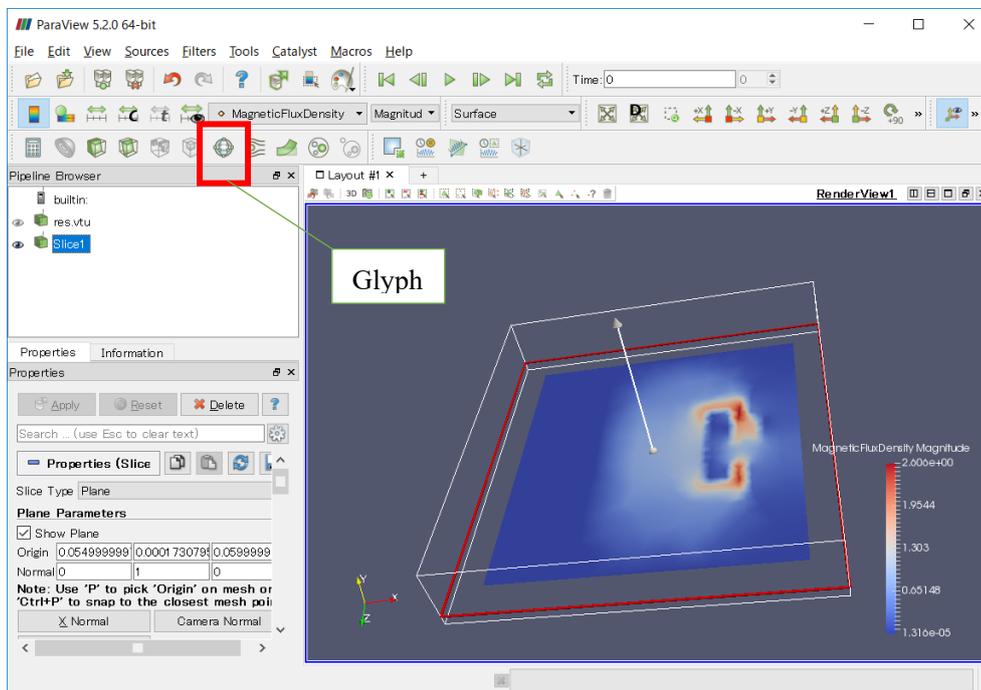


図 2.8-10 断面抽出後

次に、断面上に磁束をベクトル表示します。「Glyph」(図 2.8-10 の赤枠部分)をクリックすると、図 2.8-11 の表示になります。ここで「Apply」をクリックすると、矢印で磁束のベクトルが表示されます(図 2.8-12)。

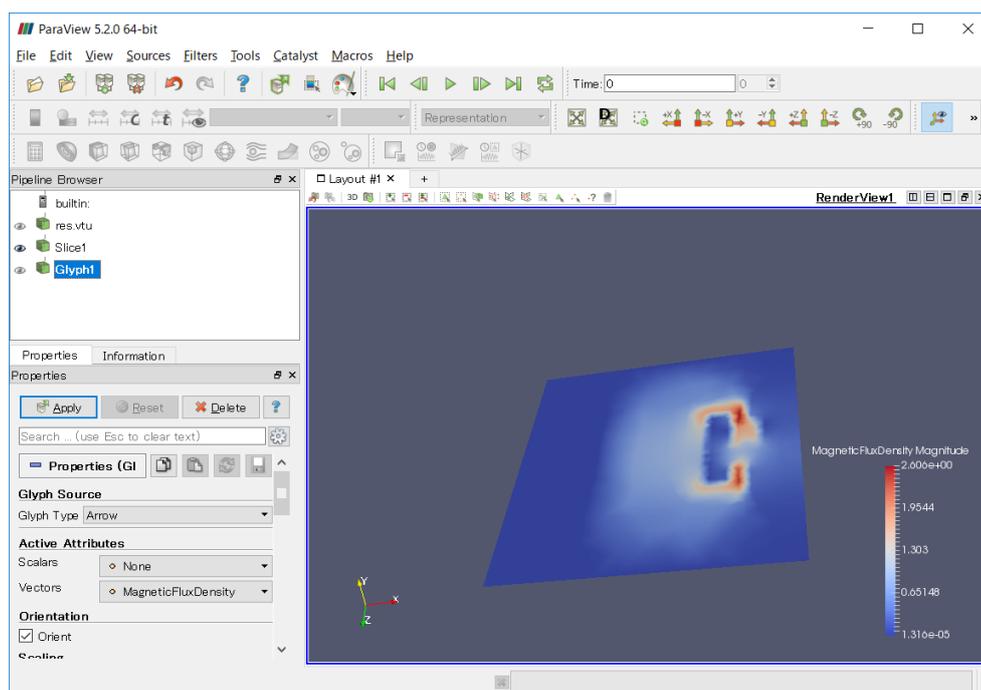


図 2.8-11 「Glyph」 選択後

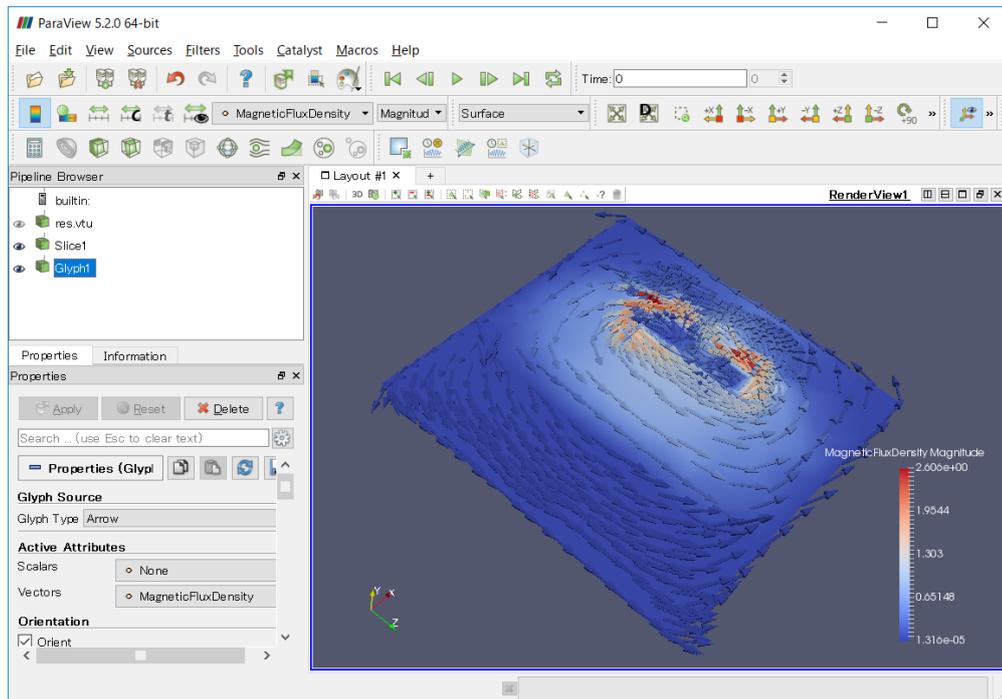


図 2.8-12 磁束のベクトル表示

2.8.7 電磁力の表示

電磁力についても可視化してみます。

「res_NF.vtu」を開き、磁束密度と同様の手順(ただし「Solid Color」→「Nodalforce」に変更します)で電磁力をベクトル表示させると図 2.8-13 のようになります。

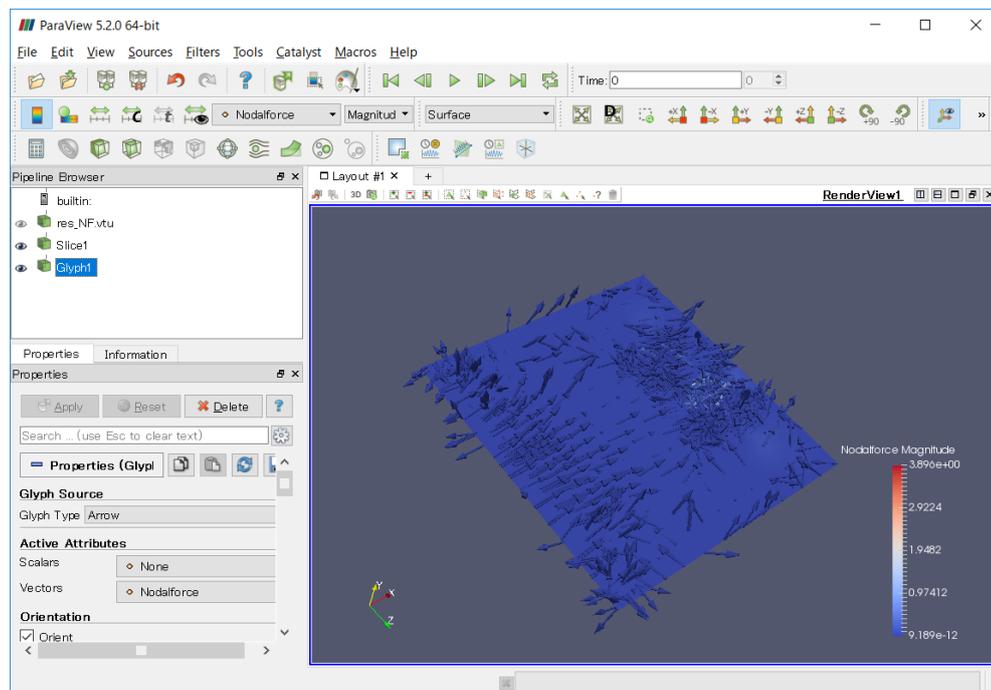


図 2.8-13 電磁力のベクトル表示

3 時間調和渦電流解析

本章では、AdvMagOnWin 付属のサンプルデータを用いた、時間調和渦電流解析の手順について説明します。

3.1 使用モデルについて

本章で使用する単位系は SI です。AdvMagOnWin の利用に際して単位系の宣言は不要です。本章で使用するモデルは、無限長ソレノイドコイルを用いた渦電流解析の精度検証用モデルであるケーキモデルです。図 3.1-1 に本モデルを示します。解析領域は図 3.1-1 から z 軸周りに 20° 切り出した領域とします。導体部の半径は 0.1[m]とします。

磁気抵抗率 ν は解析領域全体で $1/(4\pi \times 10^{-7})[\text{m}/\text{H}]$ 、導体部の導電率 σ は $7.7 \times 10^6[\text{S}/\text{m}]$ 、角周波数 ω は $2\pi \times 60[\text{rad}/\text{s}] = 376.9911$ とします。コイルに流れる強制電流密度 J の実部、虚部の大きさはそれぞれ 50、0[A/m²]とします。物性値の一覧を表 3.1-1 に示します。

問題の対称性を考慮し、中心角 20°、高さ 0.1[m]の領域を解析対象のモデルとします(図 3.1-2 参照)。境界条件は図 3.1-3 のように、 $\theta = 0^\circ$ (緑)および $\theta = 20^\circ$ (赤)の面に $\mathbf{A} \times \mathbf{n} = 0$ および、電気スカラーポテンシャル $\phi = 0[\text{V}]$ を課します(ただし、 \mathbf{A} は磁気ベクトルポテンシャル[Wb/m]、 \mathbf{n} は境界面の単位法線ベクトル)。

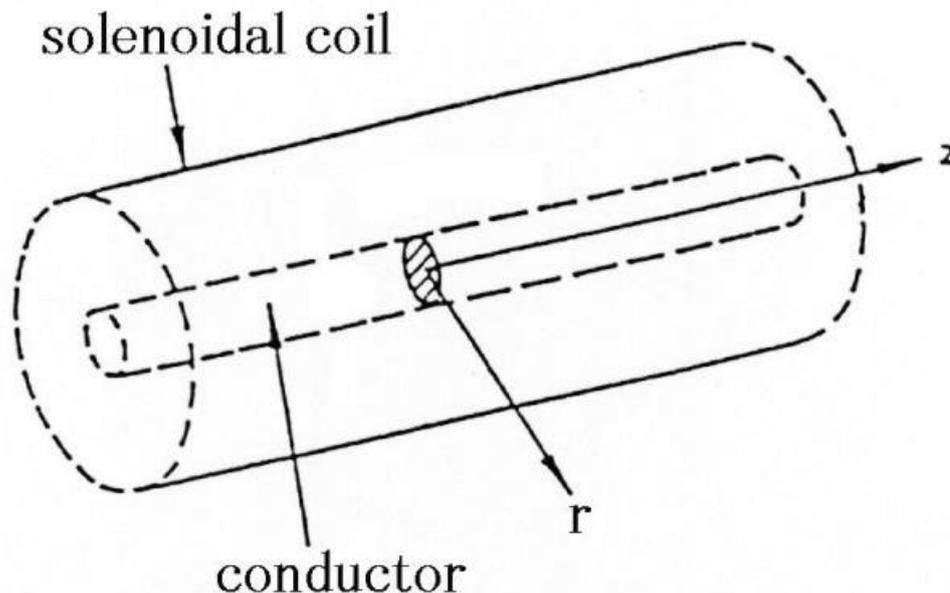


図 3.1-1 無限長ソレノイドコイル

表 3.1-1 物性値一覧

物性 ID	部材(部位)	磁気抵抗率 (m/H)	導電率(S/m)	適用ボリューム
0	導体	795774.7	7.7×10^6	0 (conductor.igs)
1	内側の空気	795774.7	該当せず	1 (air01.igs)
2	コイル	795774.7	該当せず	2 (coil.igs)
3	外側の空気	795774.7	該当せず	3(air02.igs)

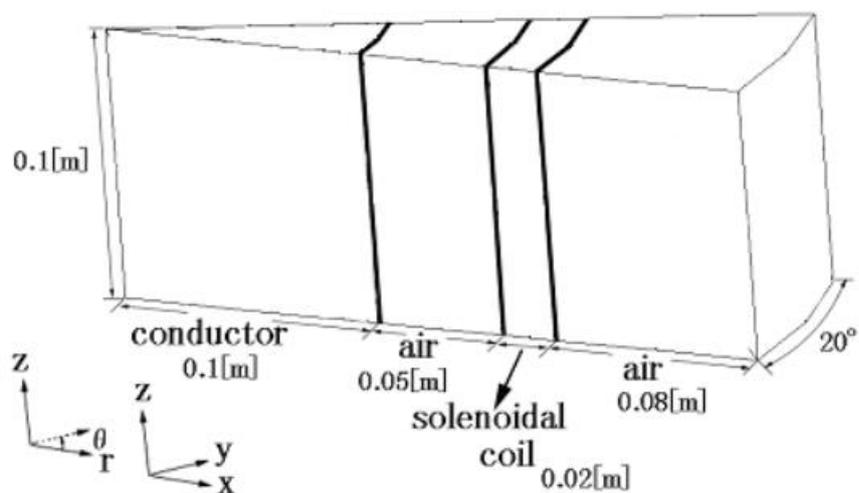


図 3.1-2 ケーキモデル

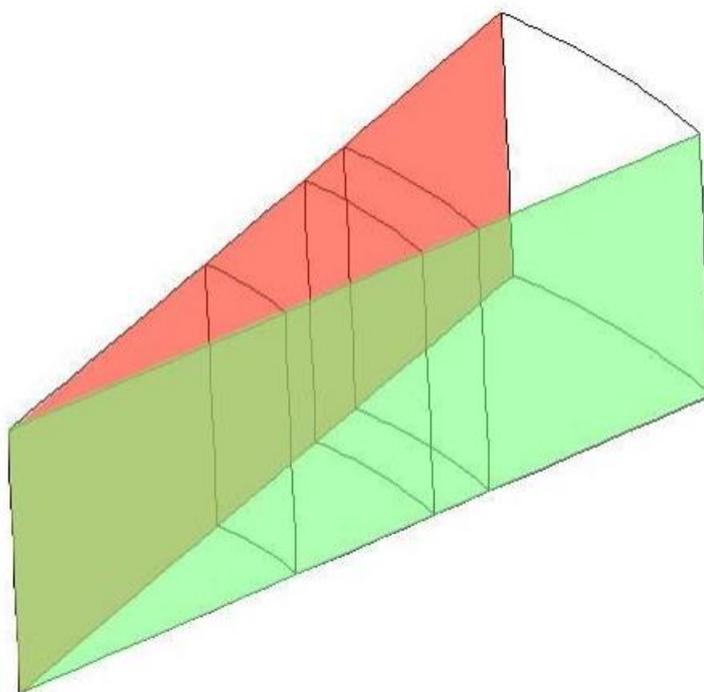


図 3.1-3 境界条件

3.2 プログラムの開始

2.3 節を参照して下さい。

3.3 解析ケースの作成

2.4 節の場合と良く似ていますが、「解析ジャンル(その2)-電磁界解析」においては、「時間調和渦電流解析」を選択して「次へ」をクリックしてください (図 3.3-1 参照)。

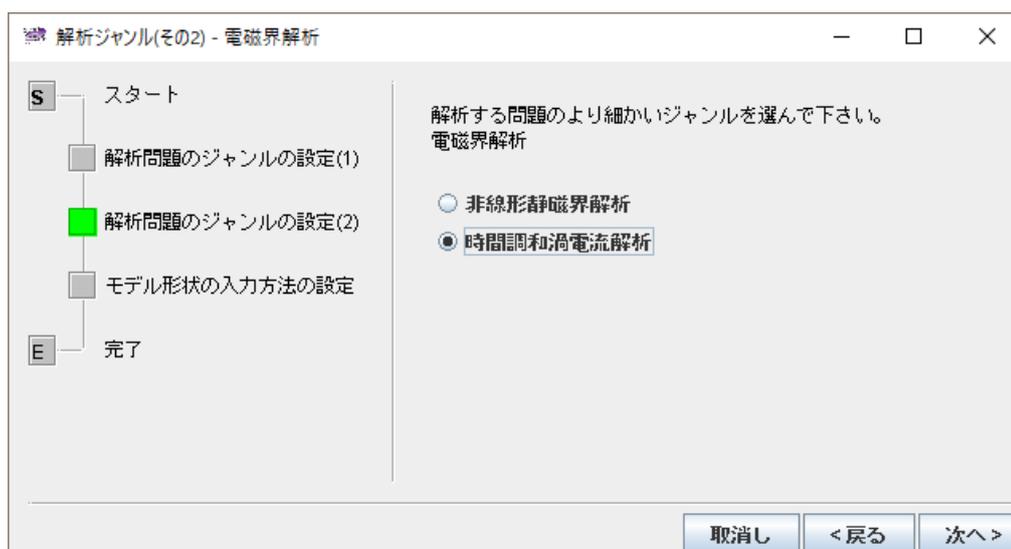


図 3.3-1 解析ジャンル(その 2)

最後に、図 3.3-2 のウィンドウが現れます。形状モデルとして「IGES」を選択してください。解析モデルは「四面体 1 次辺要素」しか選べませんのでそのまま「次へ」をクリックしてください。

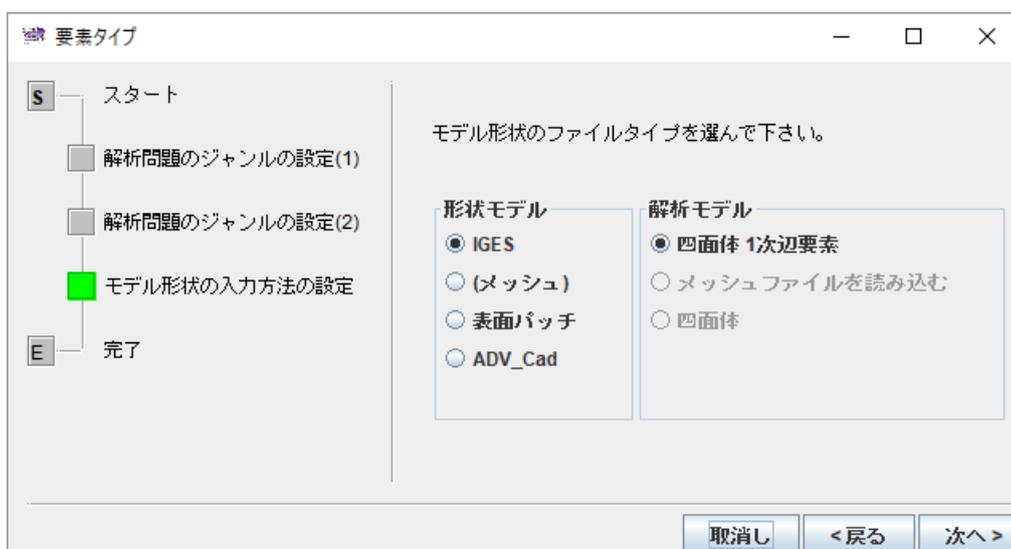


図 3.3-2 要素タイプ

これらの操作で解析ケースが作成され、必要な操作の一覧が手順ガイドウィンドウに表示されます。以後の操作は、手順ガイドウィンドウとメッセージウィンドウに表示される操作手順に従って操作します。

続いて、メッシュの作成を行います。

3.4 [前処理 1] メッシュの作成

3.4.1 CAD モデルの選択

解析形状として、CAD モデルファイルを指定する方法は、2.5.1 節に書いた通りです。具体的に選ぶファイル群は、「<AdvMagOnWin インストールフォルダ>%sample_data%cake%figs」フォルダに在

ります。

図 3.4-1 に示すように、conductor.igs、air01.igs、coil.igs、及び air02.igs の順に選択して、「OK」をクリックすると、IGES ファイル群が解析ケースに取り込まれます。各 IGES ファイルの内容と占める領域を表 3.4-1 に示します。

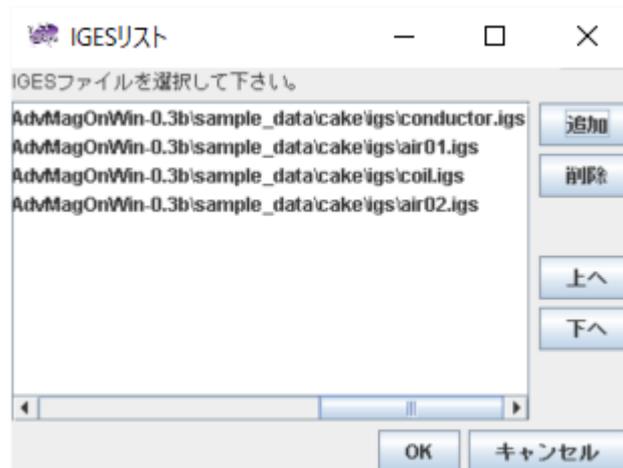


図 3.4-1 全ての igs ファイルを選択した後の IGES リスト

表 3.4-1 各 IGES の情報

ボリューム番号/ 物性 ID	IGES ファイル名	領域名称	領域範囲
0	conductor.igs	導体領域	$0 \leq r \leq 0.1$
1	air01.igs	内側の空気領域	$0.1 \leq r \leq 0.15$
2	coil.igs	コイル領域	$0.15 \leq r \leq 0.17$
3	air02.igs	外側の空気領域	$0.17 \leq r \leq 0.25$

3.4.2 節点密度の設定

次に、節点密度の指定を行います。まず「メッシュ(M)」→「節点密度設定(D)」を選びます (図 3.4-2)。

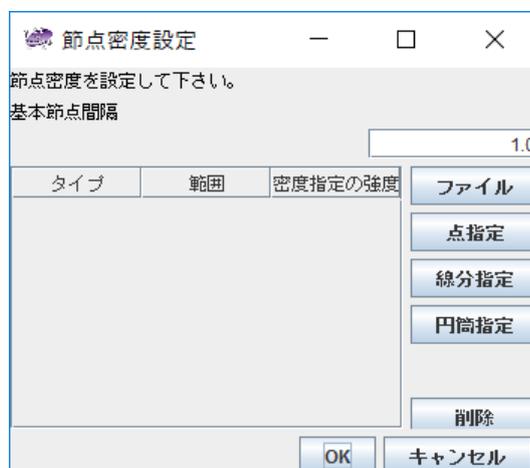


図 3.4-2 節点密度設定ダイアログ

この解析例では例題データとして用意された節点密度設定ファイルを読み込みます。「ファイル」をクリックしてください。ファイル読込ダイアログ (図 3.4-3) が表示されたら「<AdvMagOnWin インストールフォルダ>¥sample_data¥cake¥igs」フォルダにある「cake.ptn」を選択し「開く」をクリックしてください。



図 3.4-3 節点密度設定ファイルの選択

ファイルの内容が読み込まれた結果、基本節点間隔が 0.02m に変更され、Cylinder タイプの局所節点密度設定が 2 個追加されます(図 3.4-4)。「OK」をクリックして設定を完了します。

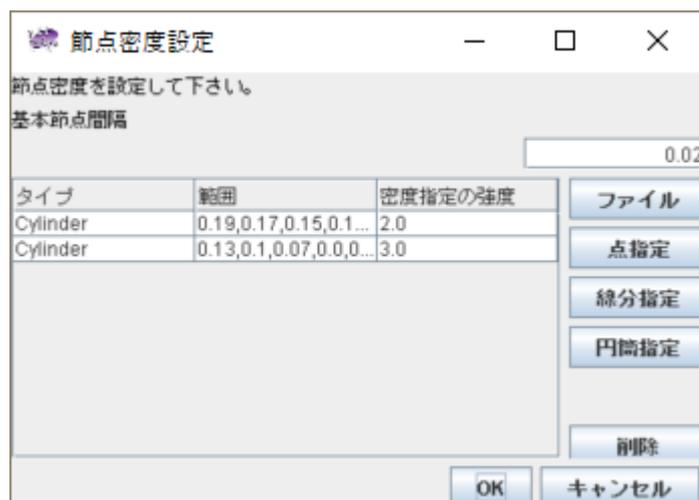


図 3.4-4 ファイル選択後の節点密度設定ダイアログ

3.4.3 表面パッチの作成

続いて、CAD 形状から表面パッチを作成します。「メッシュ(M)」→「表面パッチ作成(P)」を選ぶと、パッチ作成のダイアログ (図 3.4-5) が表示されますので、「OK」をクリックして、パッチ作

成を行います。

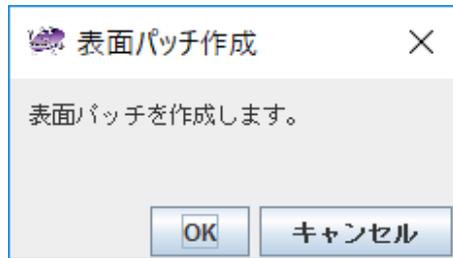


図 3.4-5 表面パッチ作成開始画面

3.4.4 メッシュの作成

次にメッシュを作成します。「メッシュ(M)」→「メッシュ作成(M)」を選ぶと、メッシュ作成のダイアログ(図 3.4-6)が表示されます。ダイアログ内の「表面形状を補正する」のチェックを入れたままにすると、メッシュ作成の前に表面パッチの自動補正が行われます。「OK」をクリックして、メッシュ作成を開始します。

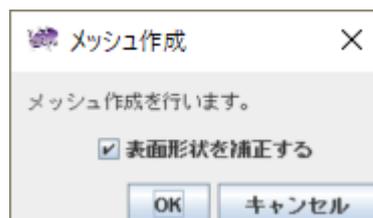


図 3.4-6 メッシュ作成開始ダイアログ

メッシュ作成が完了すると、総要素数と総節点数が表示されます(図 3.4-7)。要素数と節点数を確認したら、「OK」をクリックして下さい。

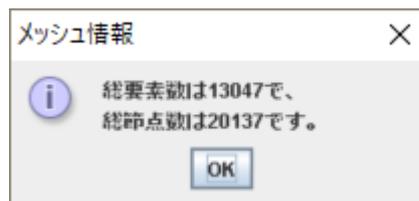


図 3.4-7 メッシュファイルの総要素数と総節点数の表示

続いて、物性値の設定と、境界条件の設定を行います。

3.5 [前処理 2] 解析条件の設定

3.5.1 物性値の設定

物性値は、「解析(A)」 → 「物性値設定(M)」 → 「電磁界解析」 から設定します(図 3.5-1)。

物性ID	磁気抵抗率	物性の種類	適用ボリューム
0	795774.7	その他	0-3

角周波数
コイルに流す交流電流の角周波数[rad/s]

図 3.5-1 物性データの設定ダイアログ(変更前)

初期画面では、物性 ID=0、磁気抵抗率=795774.7、物性の種類=その他、適用ボリューム=0-3 の物性 1 個が自動設定されています。表 3.1-1 の設定となるように既存の物性 ID の修正や新規物性 ID の追加を行います。

まず物性 ID0 の物性値を導体の物性値に変更します。

物性 ID が 0 の行をクリックすると、物性の変更ダイアログ (図 3.5-2) が表示されます。

図 3.5-2 物性の変更ダイアログ(編集前)

以下の手順で変更を行います。

- 1) 左側の「物性の種類」を、「その他」から「導体」に変更します。
「導体」の設定欄が有効になります。
- 2) 「導電率」の値を
「0.0」から「7.6e6」に変更します。
- 3) 「適用するポリリューム」

下の方にある「適用するポリリューム」を「0-3」から「0」に変更します(図 3.5-3)。

設定変更が完了したら、「OK」をクリックしてください。再び物性データの設定ダイアログが表示されます(図 3.5-4)。

物性の変更

物性の種類

- コイル
- 磁気体
- 永久磁石
- 導体
- その他

物性値の設定

磁気抵抗率 795774.7

コイル

定義方法 RF

定義ファイル

磁気体

定義ファイル

永久磁石

定義方法 RF

定義ファイル1

定義ファイル2

導体

導電率 7.7e6

適用するボリューム 0

設定可能なボリューム: 0-3

※ 適用ボリュームは範囲指定と列挙の両方で指定できます。併用も可能です(例:1,2-4)

OK キャンセル

図 3.5-3 物性の変更ダイアログ(導体領域の編集完了時)

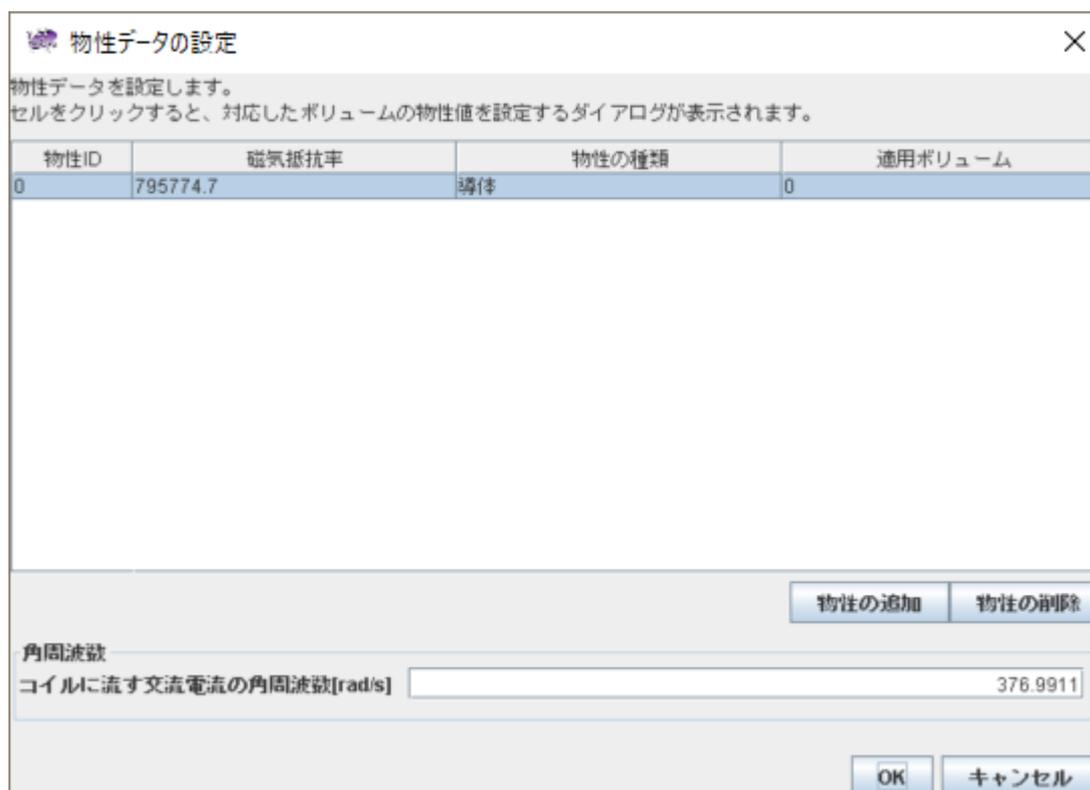


図 3.5-4 物性データの設定ダイアログ (導体設定後)

次に内側の空気領域の物性値を設定します。

「物性の追加」をクリックすると、物性の追加ダイアログが表示されます。

「物性の種類」はデフォルトで指定されている「その他」のままにしてください。「磁気抵抗率」に「795774.7」を入力し、「適用するボリューム」として「1」を入力してください。

図 3.5-5 が編集を終えた様子です。「OK」をクリックすると物性データの設定ダイアログに戻ります。

図 3.5-5 物性の追加ダイアログ(空気領域の編集完了時)

次に、コイル領域について設定します。「物性の追加」をクリックして、新たに表示されたダイアログを以下の通りに編集します。

- 1) 「物性の種類」
「その他」から「コイル」に変更すると、「コイル」の設定欄が有効になります。
- 2) 「磁気抵抗率」
「0.0」を「795774.7」に変更します。
- 3) 「コイル」→「定義方法」
「RF」から「MD」に変更します。
- 4) 「コイル」→「定義ファイル」
「定義ファイル」として、「<AdvMagOnWin インストールフォルダ>%sample_data%cake%done」フォルダにある「coil.dat」を選択します。
- 5) 「適用するボリューム」
ダイアログの下の方にある「適用するボリューム」を2に設定します。

編集が終わると、図 3.5-6 のようになります。「OK」をクリックすると物性データの設定ダイアログに戻ります(図 3.5-7)。

物性の追加

物性の種類

- コイル
- 磁性体
- 永久磁石
- 導体
- その他

物性値の設定

磁気抵抗率 795774.7

コイル

定義方法 MD

定義ファイル lagOnWin-0.3b_20190523aAdvMagOnWin-0.3b\sample_data\cakeldone\coil.dat

物性設定が完了後にファイルをインポートします。

磁性体

定義ファイル

永久磁石

定義方法 RF

定義ファイル1

定義ファイル2

導体

導電率 0.0

適用するボリューム 2

設定可能なボリューム :2-3

※ 適用ボリュームは範囲指定と列挙の両方で指定できます。併用も可能です(例:1,2-4)

OK キャンセル

図 3.5-6 物性の追加ウィンドウ(コイルの領域の編集完了時)

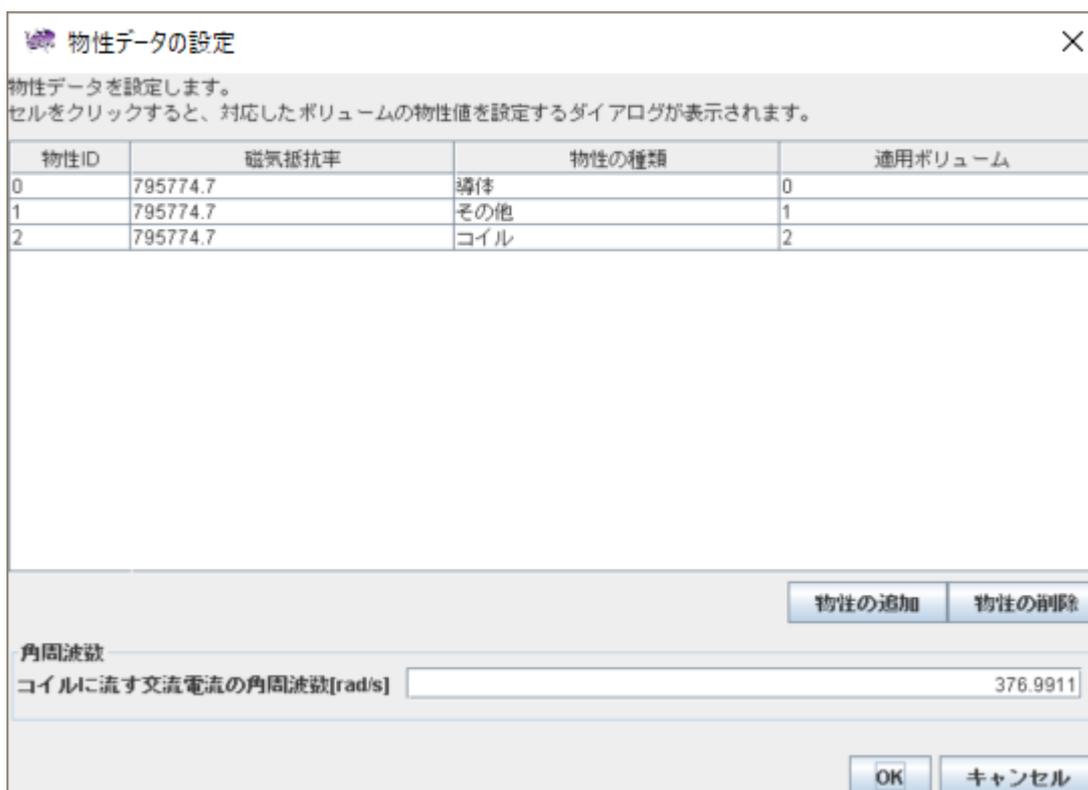


図 3.5-7 物性データの設定ダイアログ(コイル領域設定完了後)

次は、外側の空気領域の設定ですが、内側の空気領域の設定に準じます。「適用するボリューム」として「3」を指定する所だけが異なります(図 3.5-8)。

物性の追加

物性の種類

コイル

磁性体

永久磁石

導体

その他

物性値の設定

磁気抵抗率 795774.7

コイル

定義方法 RF

定義ファイル

磁性体

定義ファイル

永久磁石

定義方法 RF

定義ファイル1

定義ファイル2

導体

導電率 0.0

適用するボリューム 3

設定可能なボリューム:3

※ 適用ボリュームは範囲指定と列挙の両方で指定できます。併用も可能です(例:1,2-4)

OK キャンセル

図 3.5-8 物性の追加ダイアログ(外側の空気領域の編集完了時)

最後に図 3.5-9 において角周波数を設定します。問題設定に従い、デフォルト値の 376.9911 の儘としてください。そして「OK」をクリックしてください。

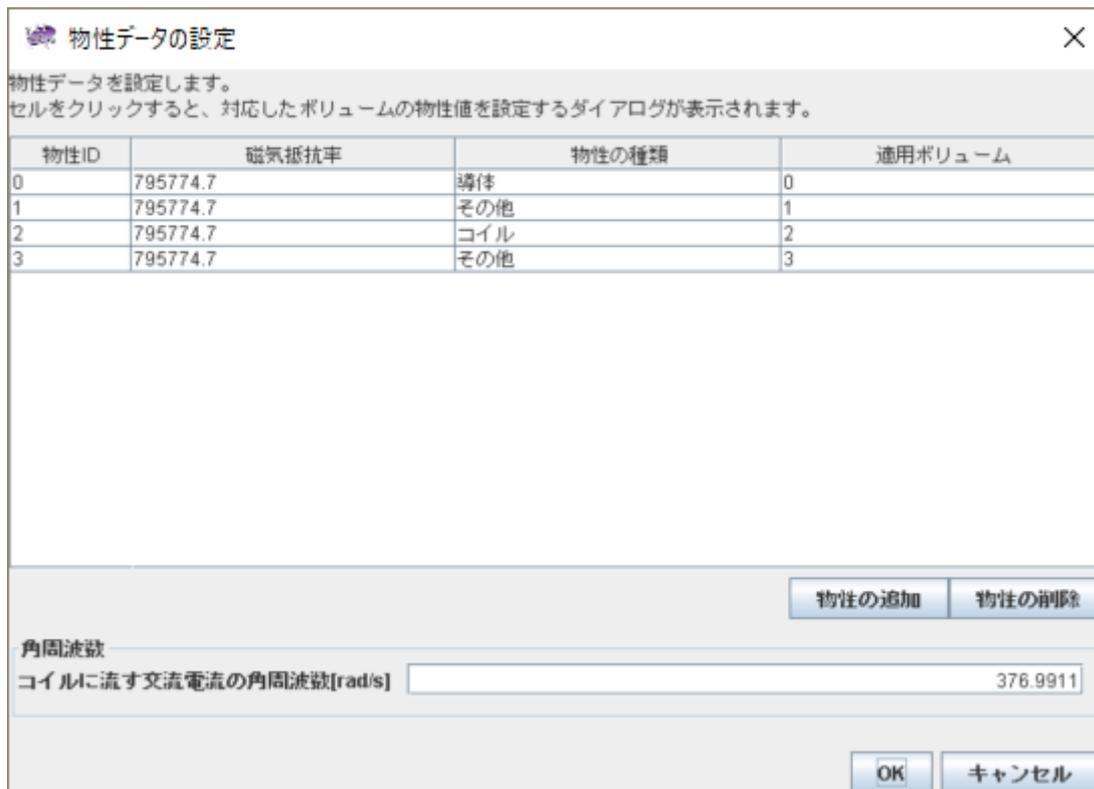


図 3.5-9 物性データの設定ダイアログ (全物性 ID の設定完了後)

3.5.2 境界条件の設定

次に境界条件の設定を行います。まず、「解析(A)」→「境界条件設定(B)」を選ぶと、図 3.5-10 のダイアログが表示されます。

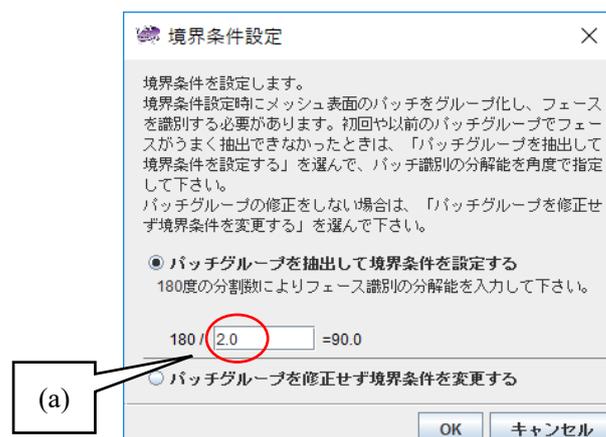


図 3.5-10 境界条件設定ダイアログ

ここでは、メッシュ生成により失われた CAD 位相情報を再構築するため、表面三角形(パッチ)をその法線方向によりグループ分けして、フェース(パッチグループ)を抽出します。境界条件の貼り付けはパッチグループ単位で行います。

グループ分けの分解能に相当する二面挟角の指定が必要となります。角度が小さい程(図 3.5-10 の(a)の数値を大きくする程)、面をより細かく分類することができます。今回のモデルでは、特に

標準のままで問題ありませんので、そのまま「OK」を押してください。自動的にグループ分割が行われ、境界条件設定用のウィンドウ(ADVENTUR_BcGUI 2.0)が起動します(図 3.5-11)。

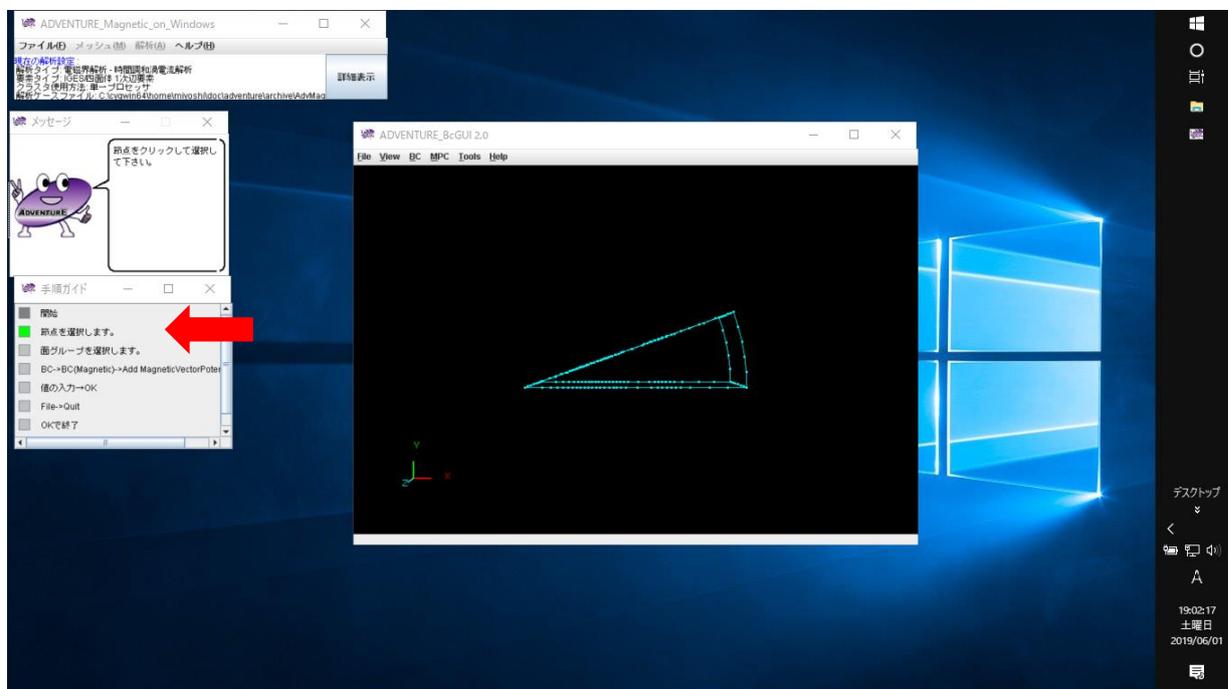


図 3.5-11 境界条件設定ウィンドウ(起動直後)

このとき、自動的に手順ガイドウィンドウが、それまでの全体解析手順の表示から、境界条件の操作手順へと変わります(図 3.5-11 赤矢印)。また、操作手順に応じたアドバイスもメッセージウィンドウに表示されますので、こちらも参考にしながら、操作を進めて下さい。

境界条件設定画面における、モデル表示の操作方法については、2.6.2 節を参照してください。

境界条件を設定する面は、図 3.1-3 に示す通り二つ有ります。例えば $\theta=0^\circ$ の面を選択した後、境界条件設定ウィンドウの「**BC**」→「BC(Magnetic)」→「Add Magnetic Vector Potential」を選んでください(図 3.5-12)。図 3.5-12 の下部ステータスバーに選択した Surface Group ID が 1 と表示されている事にも注目して下さい。磁気ベクトルポテンシャル境界条件設定ダイアログが表示されます(図 3.5-13)。

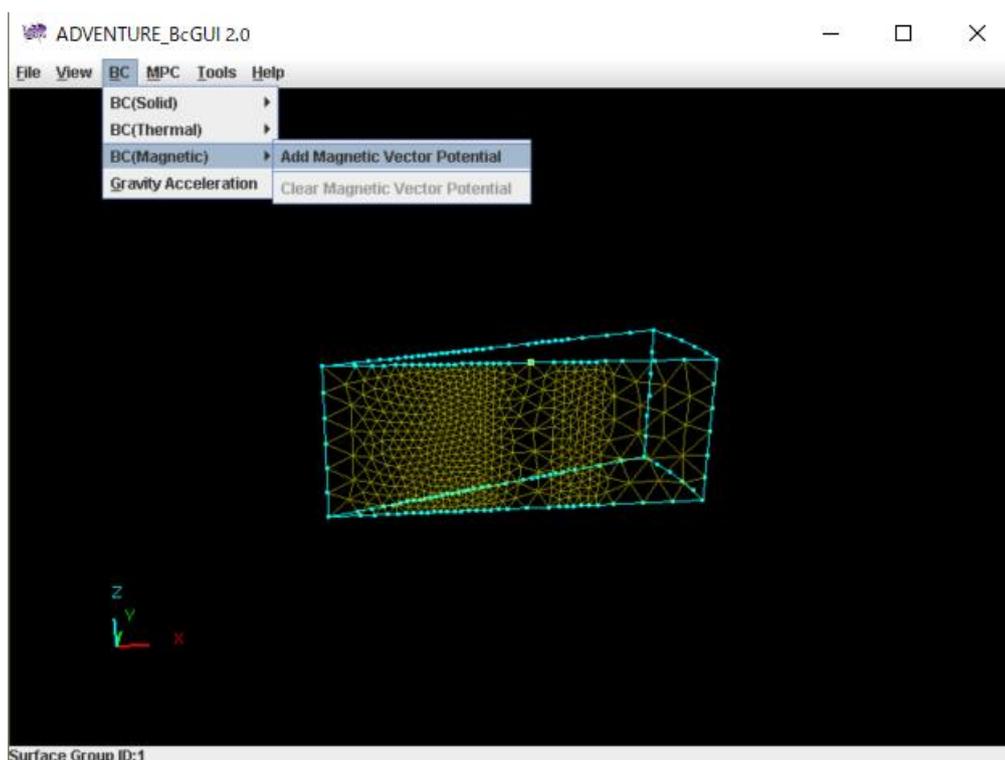


図 3.5-12 $\theta = 0^\circ$ の面を選択して境界条件設定用のメニュー項目を選択した様子

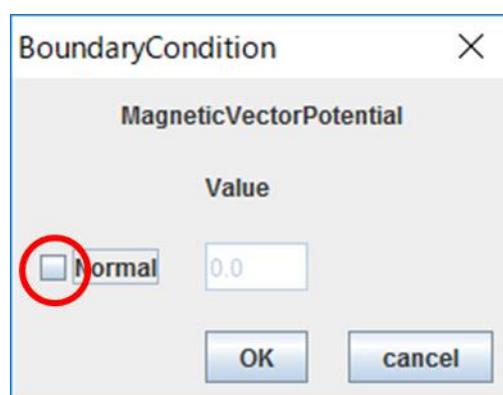


図 3.5-13 境界条件(Magnetic Vector Potential)設定ダイアログ

図中赤丸で示すように“Normal”にチェックを入れ、数値はゼロのままで「OK」をクリックしてください。同様に $\theta = 20^\circ$ の面にも同じ条件と設定してください。尚電気スカラーポテンシャル $\phi = 0$ は、自然境界条件である為、設定操作は不要です。

境界条件の設定が終わったら、境界条件設定ウィンドウの「View」→「Boundary Condition」→「Cnd format」を選ぶと設定済みの境界条件を確認することができます(図 3.5-14)。



図 3.5-14 境界条件確認ダイアログ

図 3.5-14 のように設定されていることを確認したら、OK ボタンをクリックして、境界条件設定ウィンドウの「File」→「Quit」を選びます。終了確認ダイアログ (図 3.5-15) が表示されたら「OK」を押すと、設定した境界条件が自動保存され、境界条件設定ウィンドウが消えます。



図 3.5-15 終了確認ダイアログ

3.5.3 ソルバー入力ファイル作成

続いて、「解析(A)」→「ソルバー入力ファイル作成(C)」を選び、入力ファイル作成ダイアログ (図 3.5-16) で「OK」をクリックすると、メッシュ・境界条件・物性値¹をまとめたソルバー入力ファイルが作成されます。

¹ 正確にはボリューム ID と物性 ID の関係を記述するファイルのみがソルバー入力ファイルに含まれます。その点については Windows 版を使用している限りは気にする必要はありません。

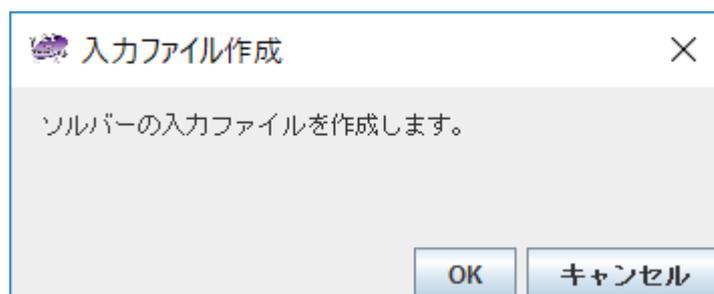


図 3.5-16 入力ファイル作成ダイアログ

3.6 解析実行

3.6.1 領域分割

ADVENTURE_Magnetic は HDDM に基づく領域分割データを入力として読み込みます。「解析(A)」→「領域分割(D)」を選ぶと、領域分割ダイアログ(図 3.6-1)が表示されます。

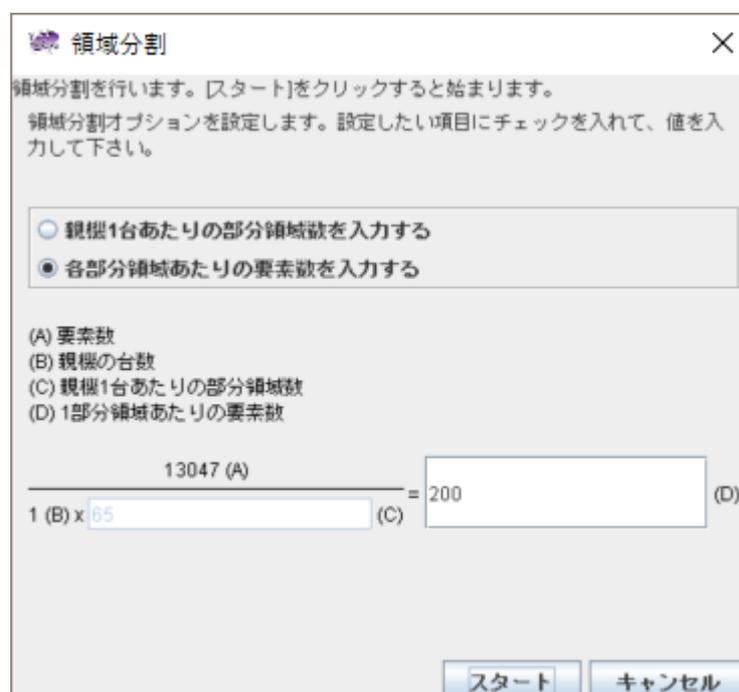


図 3.6-1 領域分割ダイアログ

ここでは、メッシュの要素数を元に、1つの部分領域(1CPUが担当する領域の最小単位)の大きさを、

- ・ 1つの部分領域に含まれる要素数 (“各部分領域あたりの要素数を入力する” をクリック)
- ・ 部分領域数 (“親機 1 台あたりの部分領域数を入力する” をクリック)

の 2 種類の方法のいずれかで指定することが出来ます。

問題なく領域分割が行われるように、すでに推奨値が自動的に入力されていますので、そのまま「スタート」をクリックしてください。

3.6.2 ソルバーの実行

次は、ソルバーによる計算の開始です。「解析(A)」→「ソルバー実行(R)」を選ぶと、ソルバー実行ダイアログ (図 3.6-2) が表示されます。



図 3.6-2 ソルバー実行ダイアログ(入出力オプション)

ソルバー実行ダイアログでは、ソルバーに用意されているさまざまな解析条件オプションを変更することができます。オプションは「入出力」「HDDM ソルバー」、「非線形静磁界解析」、「部分領域ソルバー」、及び「時間調和渦電流解析」の4つに分かれています。

入出力オプション (図 3.6-2)

2.7.2 節を参照して下さい。

HDDM ソルバーオプション (図 2.7-3)

2.7.2 節を参照して下さい。

時間調和渦電流解析オプション (図 3.6-3)

図 3.6-3 を参照して下さい。

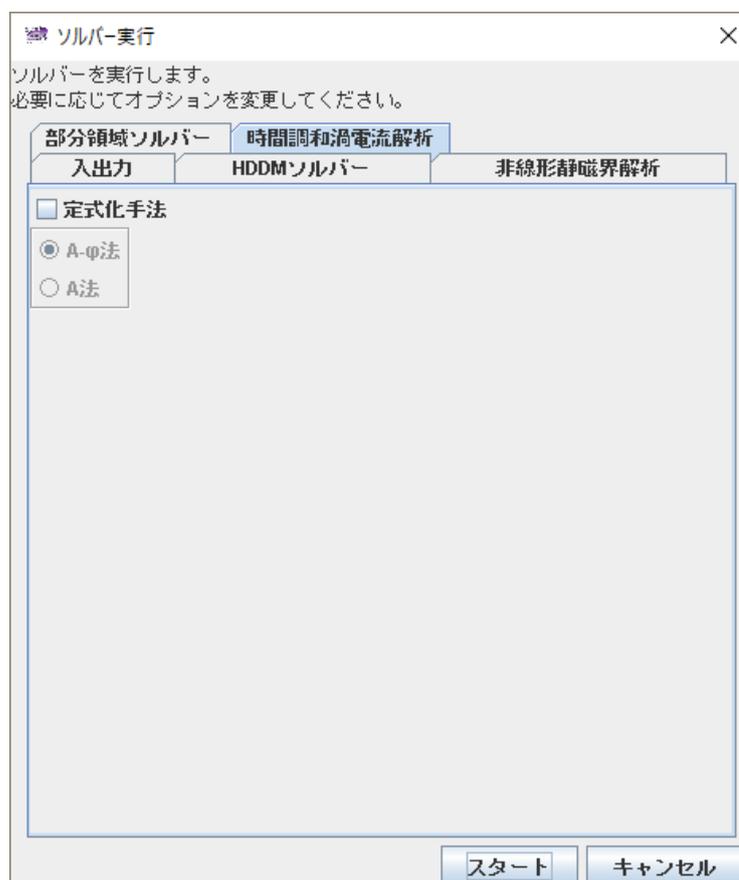


図 3.6-3 ソルバー実行ダイアログ(時間調和渦電流解析オプション)

定式化手法

使用する定式化の種類を指定します。

- ・ A 法
- ・ A- ϕ 法

部分領域ソルバーオプション (図 2.7-5)

2.7.2 節を参照して下さい。

ソルバーの実行

初期設定のままで特に問題は無いので、ソルバー実行ダイアログで何も変更せずに、「スタート」をクリックして下さい。ソルバーの計算が開始されます。

ソルバーの実行時のログは、<Documents>¥advMagOnWin¥ExecSolverForWin.log に出力されます。改行コードが UNIX 形式(LF)となっているので、メモ帳²ではなくワードパッドなどの UNIX 形式

² Windows 10 のメモ帳は 2018/10 のアップデート(1809)で LF をサポートするようになりました。

の改行に対応しているソフトでご覧ください。

ソルバーが使用するスレッド数の設定方法
1.4 節を参照してください。

3.7 結果表示

結果の表示は、2.8 節の説明に準じます。ここでは特に 2.8 節と異なる点についてのみ説明します。又 MicroAVS と AVS/Express による可視化方法の説明は省略します。

3.7.1 表示開始

「解析(A)」→「解析結果のエクスポート」を選ぶと、解析結果のエクスポートダイアログ(図 3.7-1)が表示されます。出力する物理量のうち「電磁力」は該当しない為選択出来なくなっています。出力形式として「VTK 形式(ParaView など)」を選択し、出力フォルダを指定します(図 3.7-1)。

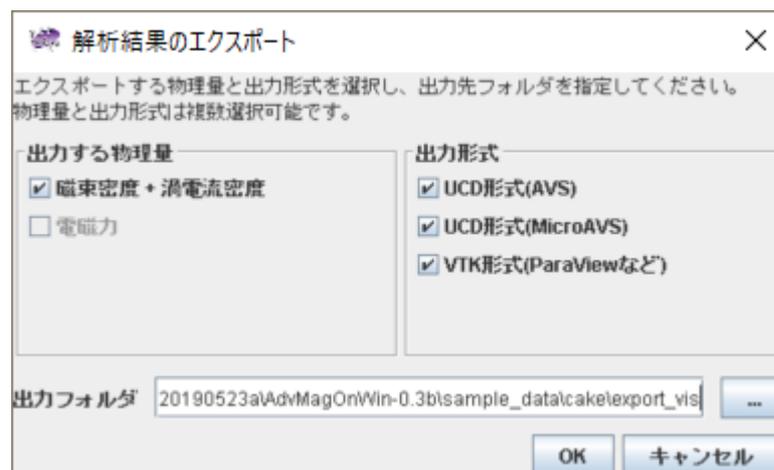


図 3.7-1 解析結果のエクスポートダイアログ

「OK」をクリックすると、選択したフォルダに「res.vtu³」(磁束密度・渦電流密度、VTK)、「avs_Bi.inp」(磁束密度虚部、AVS/Express)、「avs_Br.inp」(磁束密度実部、AVS/Express)、「mavs_Bi.inp」(磁束密度虚部、MicroAVS)、「mavs_Br.inp」(磁束密度実部、MicroAVS)、「avs_Jei.inp」(渦電流密度虚部、AVS/Express)、「avs_Jer.inp」(渦電流密度実部、AVS/Express)、「mavs_Jei.inp」(渦電流密度虚部、MicroAVS)、及び「mavs_Jer.inp」(渦電流密度実部、MicroAVS)の 9 個のファイルが出力されます。

3.7.2 AdvMagOnWin の終了

2.8.2 節を参照してください。

3.7.3 ParaView の起動とファイルの読み込み

本節では、ParaView の Windows 版(64bit)のバージョン 5.6.0 を使用しました。ParaView を起動したら、「File」→「Open」よりファイル選択ダイアログ(図 3.7-2)を開きます。磁束密度を可視化するため、3.7.1 節で指定した出力フォルダにある「res.vtu」を選択し、「OK」をクリックします。

³ vtu という拡張子は VTK フォーマットの非構造格子データに対応します。

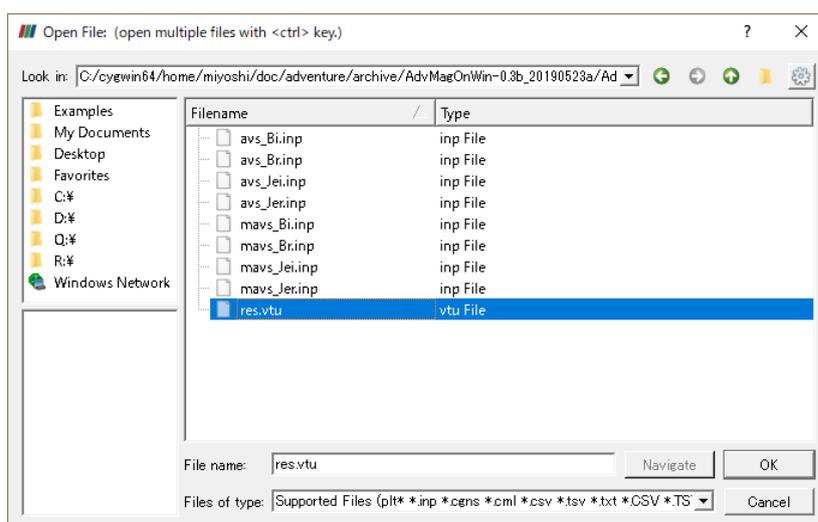


図 3.7-2 ”res.vtu”の選択

ParaView のメインウィンドウの左部に、「res.vtu」が選択されているのが確認できます(図 3.7-3)。

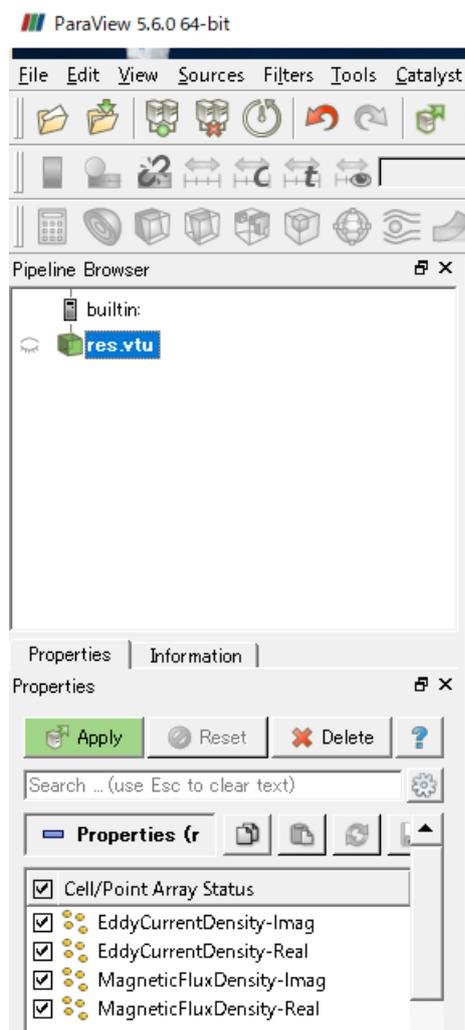


図 3.7-3 ”res.vtu”を選択後のメインウィンドウ

この状態ではまだファイルが読み込まれていません。左部の「Properties」欄にある「Apply」をクリックすると、解析モデルの形状が表示されます (図 3.7-4)。

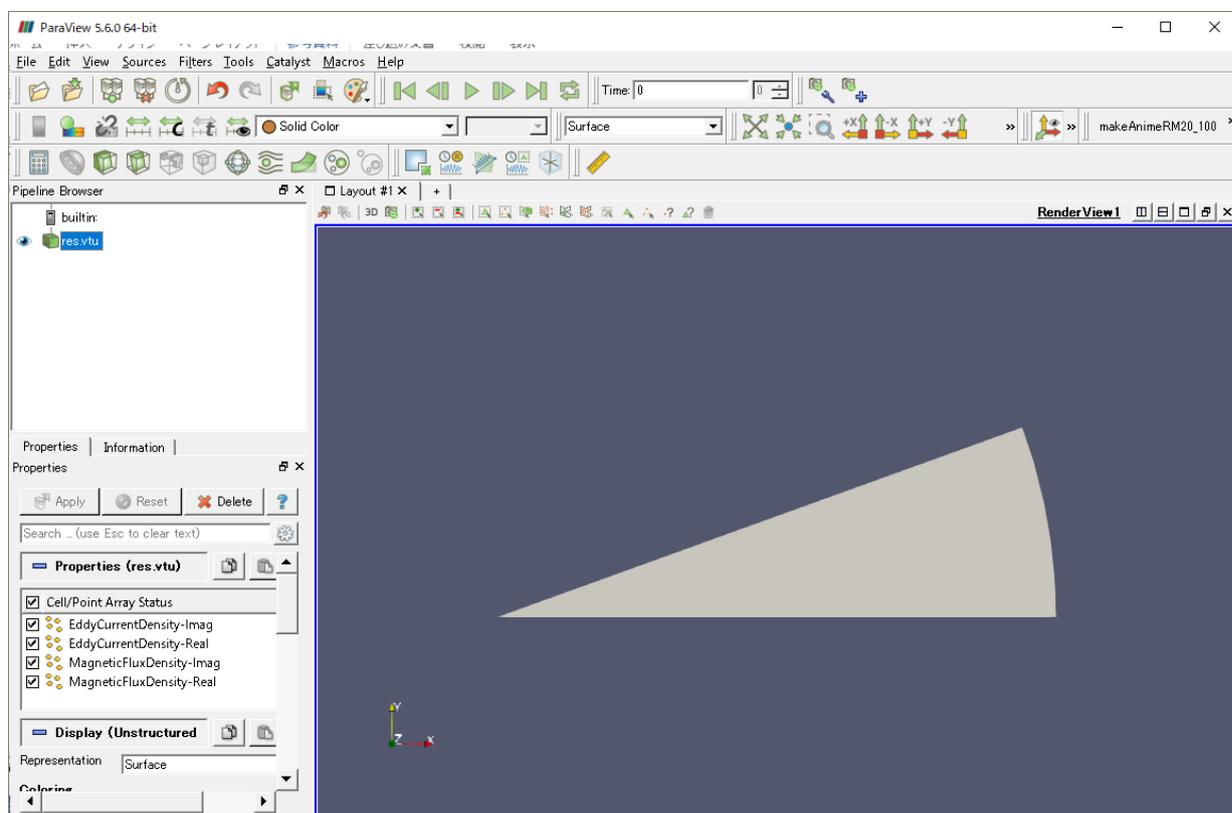


図 3.7-4 モデル形状の表示

3.7.4 ParaView の 3D 画面操作の方法

2.8.4 節を参照してください。

3.7.5 メッシュの表示

「Properties」タブ内の「Representation」、もしくは画面上部のツールバーの中の「Surface」(図 3.7-5)を「Surface with Edges」に変更すると、メッシュが表示されます(図 3.7-6)。

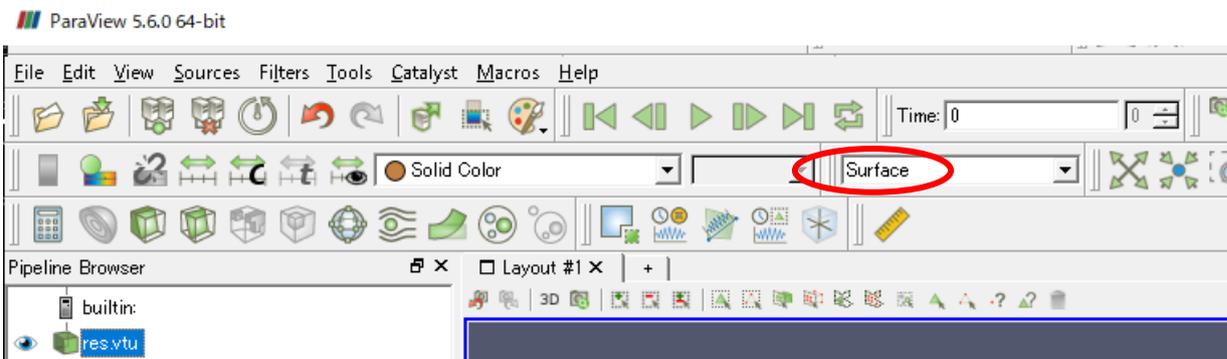


図 3.7-5 メッシュ表示への切換え

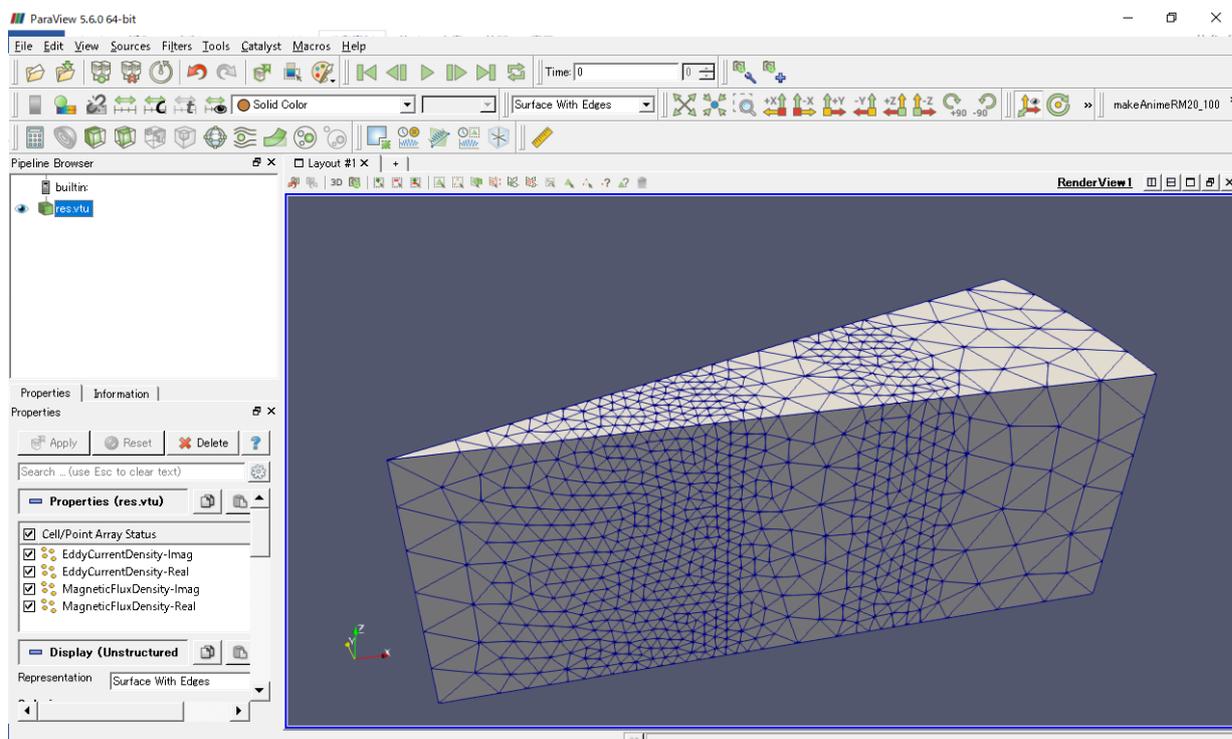


図 3.7-6 メッシュの表示

3.7.6 磁束密度の表示

「Properties」タブ内の「Coloring」もしくはツールバー内の「Solid Color」を「MagneticFluxDensity-Imag」に変更する(図 3.7-7)と、磁束密度の虚部が表示されます(図 3.7-8)。

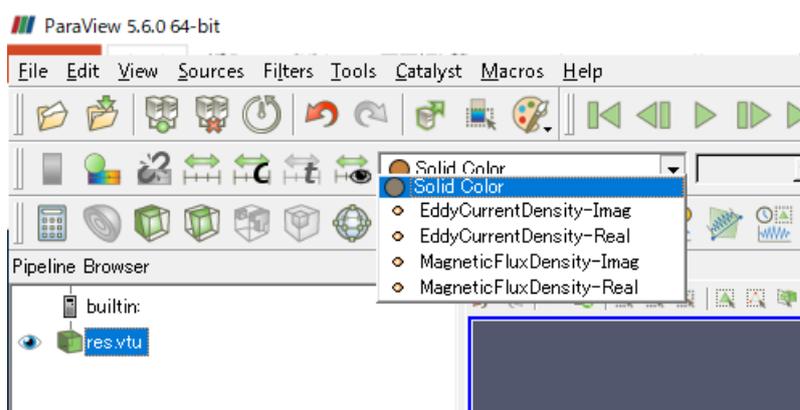


図 3.7-7 各変数の表示への切換え

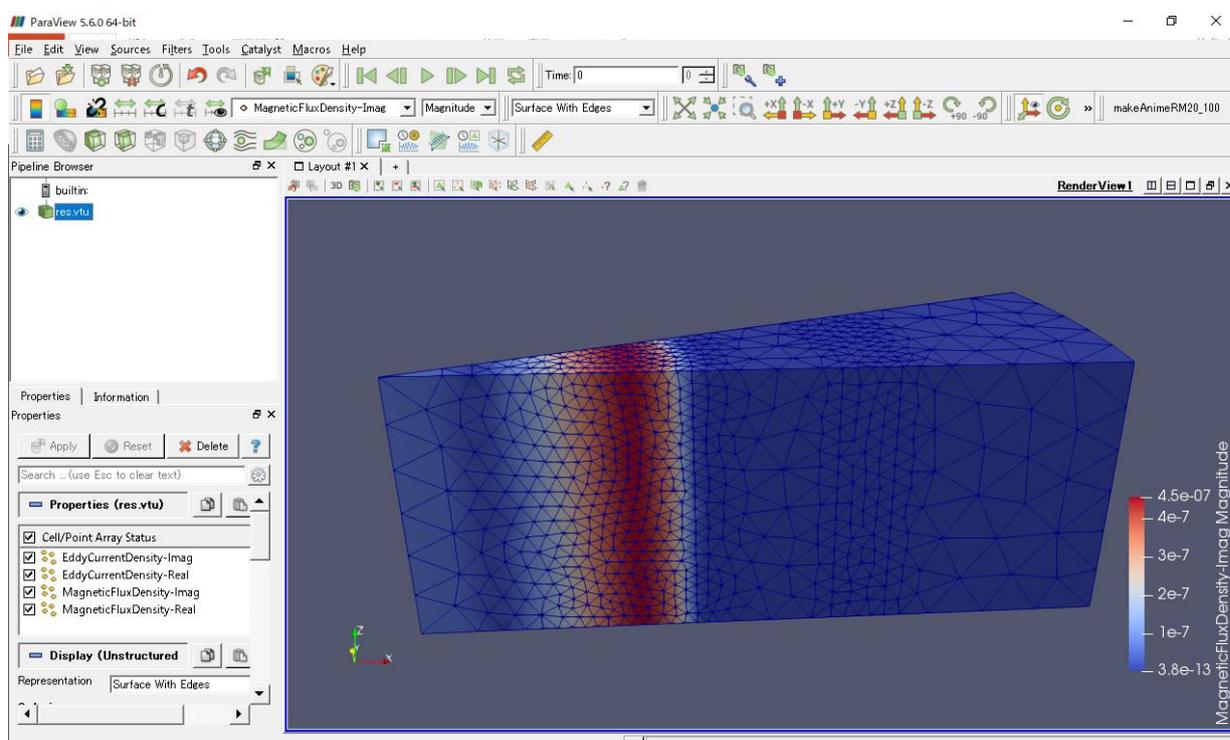


図 3.7-8 磁束密度虚部の表示

カラーマップが良く使用される物と異なるので、変更してみます。色を調整したいデータがツリー上で選択されている状態で、"Edit Color Map"  をクリックします(図 3.7-9 の赤丸)。

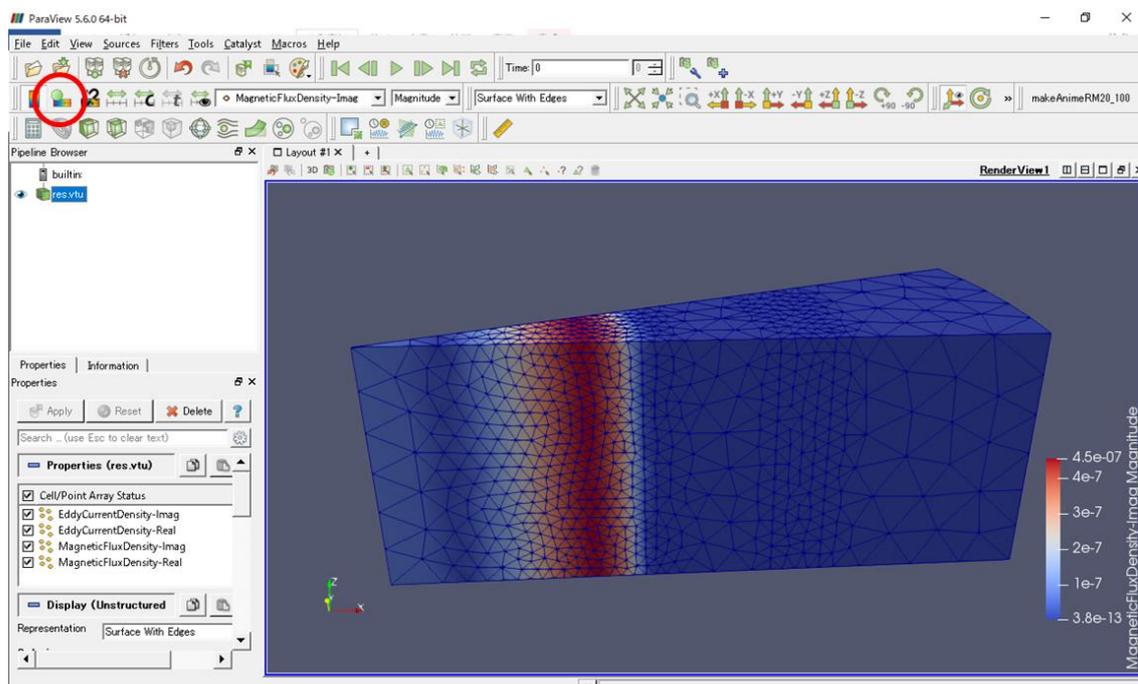


図 3.7-9 "Edit Color Map"の位置

"Edit Color Map"の詳細な設定をする場合は、歯車アイコン (図 3.7-10 の赤丸)をクリックします。

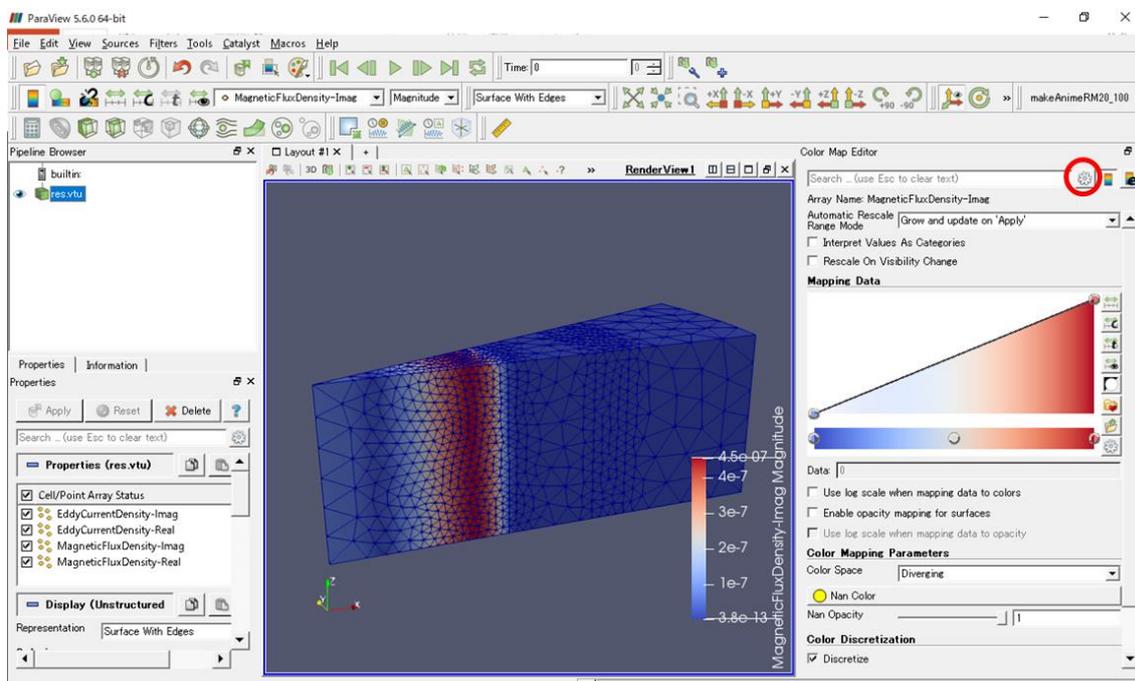


図 3.7-10 歯車アイコン

カラーマップを変更する為には、アイコンをクリックします(図 3.7-11)。

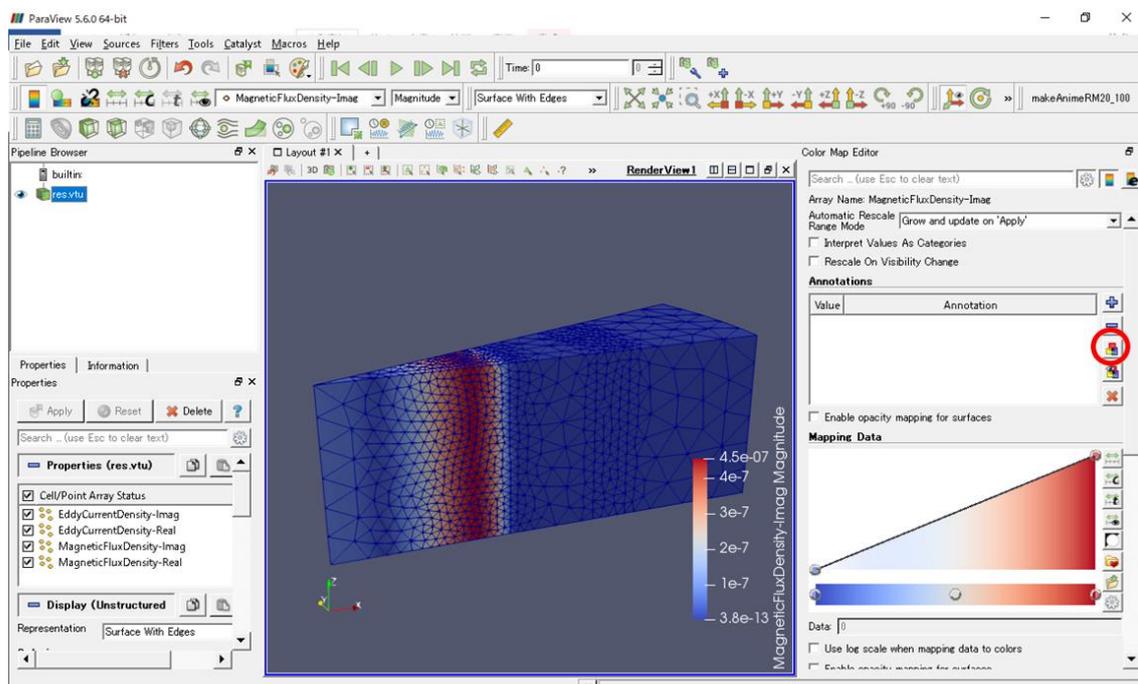


図 3.7-11 カラーマップ変更用のアイコン

表示された「Choose Preset」ダイアログ(図 3.7-12)において「jet」(赤丸①)を選択するとほぼ良く使用されるカラーマップとなります。右下の一群のボタンのうち「Apply」(赤丸②)をクリックした後、「Close」(赤丸③)でダイアログを閉じて下さい。

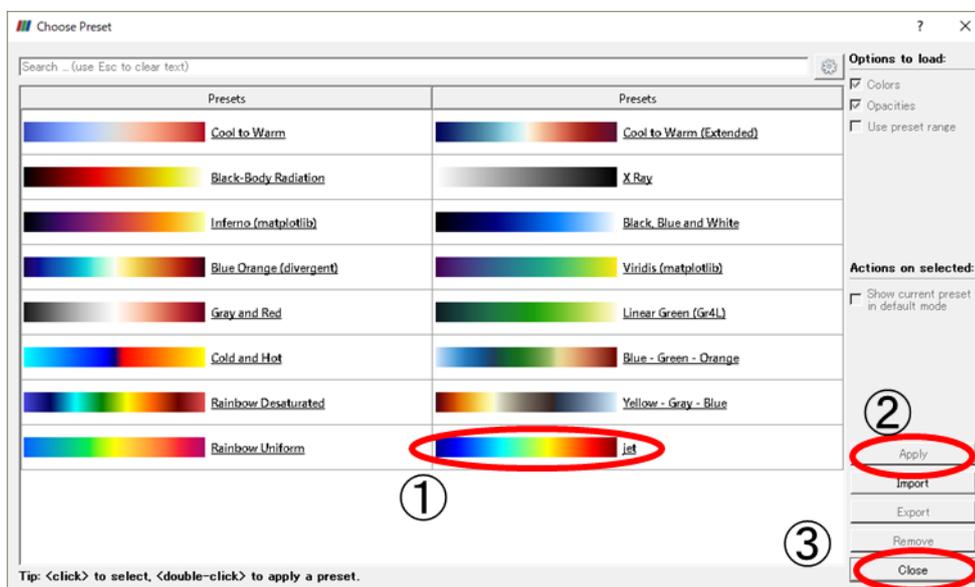


図 3.7-12 定型カラーマップ選択ダイアログ

「Color Map Editor」の右に在る×をクリックすると「Color Map Editor」は閉じられ、メイン画面は図 3.7-13 のようになります。

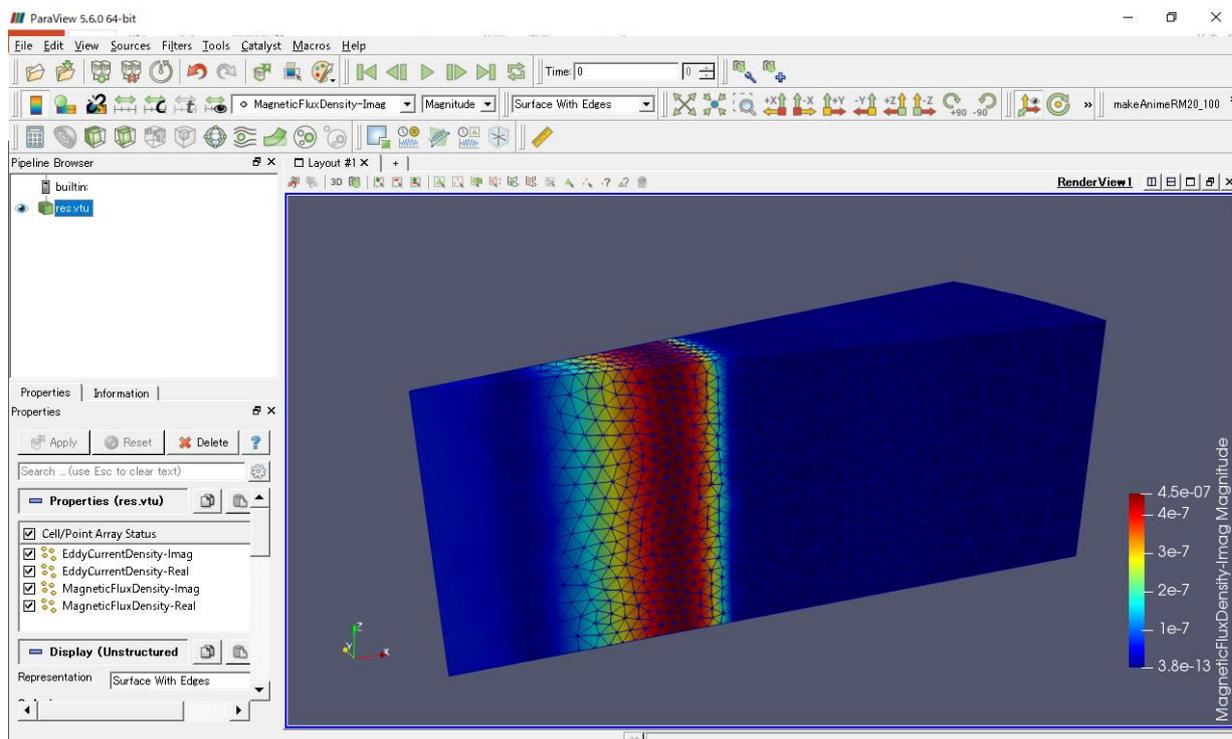


図 3.7-13 カラーマップ変更後の磁束密度の虚部

次にベクトル図を描きますが、その前にモデル全体をワイヤーフレーム表示に変更しておきます。
 図 3.7-14 のプルダウンで「Wireframe」を選びます。

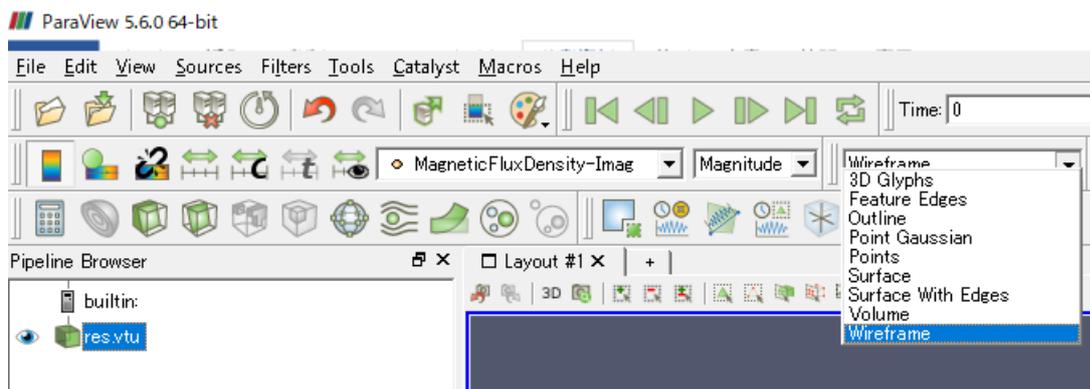


図 3.7-14 Wireframe を選ぶ

ワイヤーフレーム表示にしたところで、図 3.7-15 に赤丸で示した「Glyph」をクリックします。

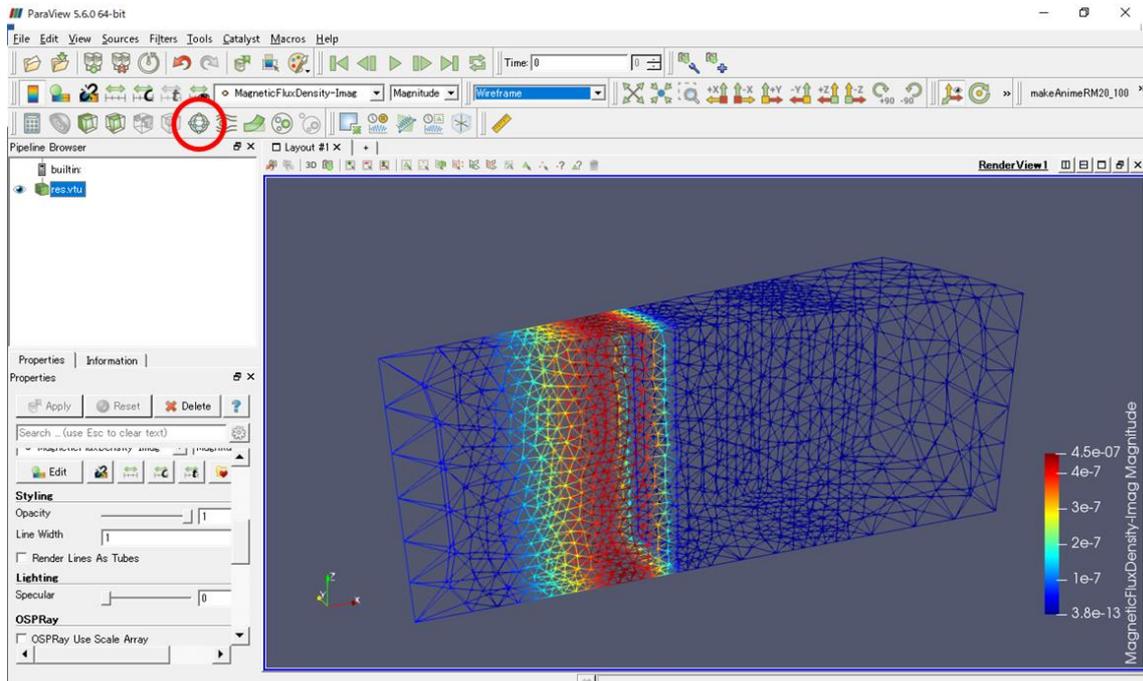


図 3.7-15 ワイヤフレーム表示で Glyph を選択

「Orientation Array」又は「Scale Array」において改めて「MagneticFluxDensity-Imag」を選択します。この結果の場合、例えば「Scale Factor」を 30,000 に設定しました。「Apply」を押すとベクトルが表示されます(図 3.7-16)。

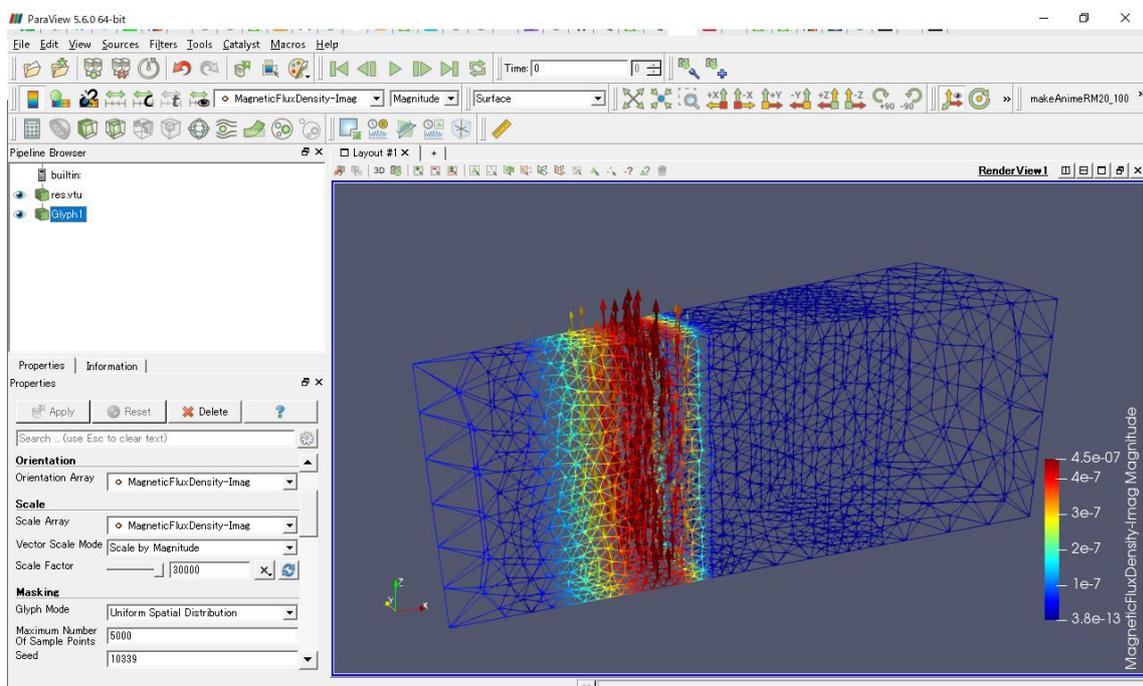


図 3.7-16 ベクトル図(磁束密度の虚部)

同様に磁束密度の実部(図 3.7-17)、渦電流密度の虚部(図 3.7-18)、及び渦電流密度の実部(図 3.7-19)を図化しました。これらについては、カラーマップとして「Blue to Red Rainbow」を採用しました。

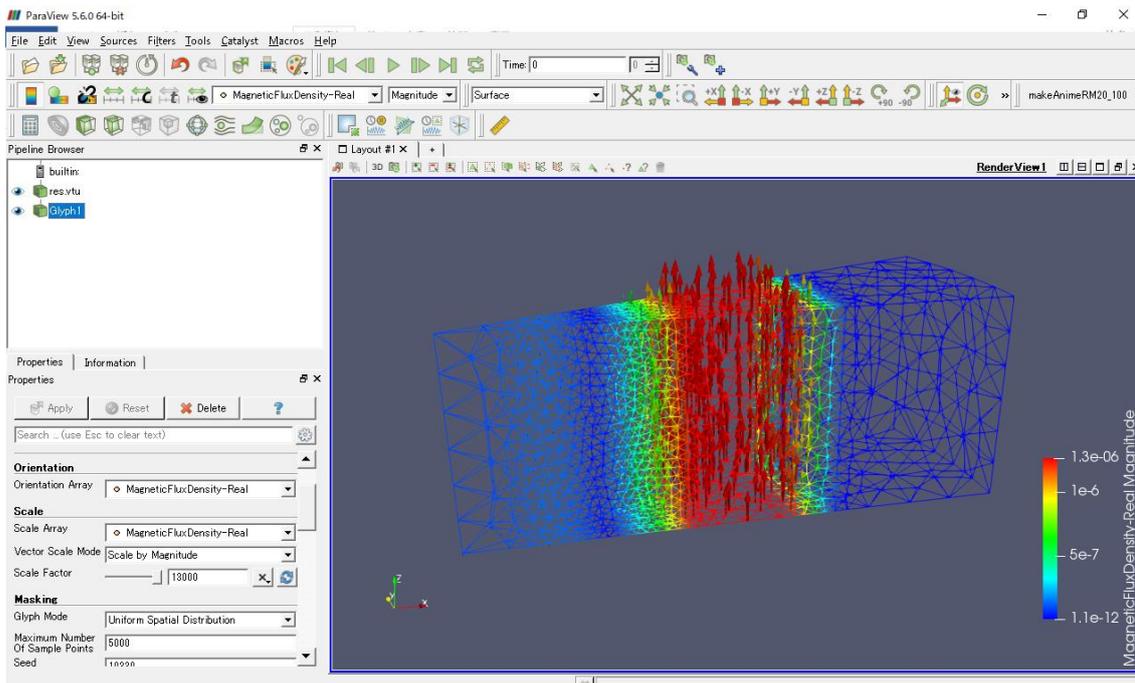


図 3.7-17 ベクトル図(磁束密度の実部)

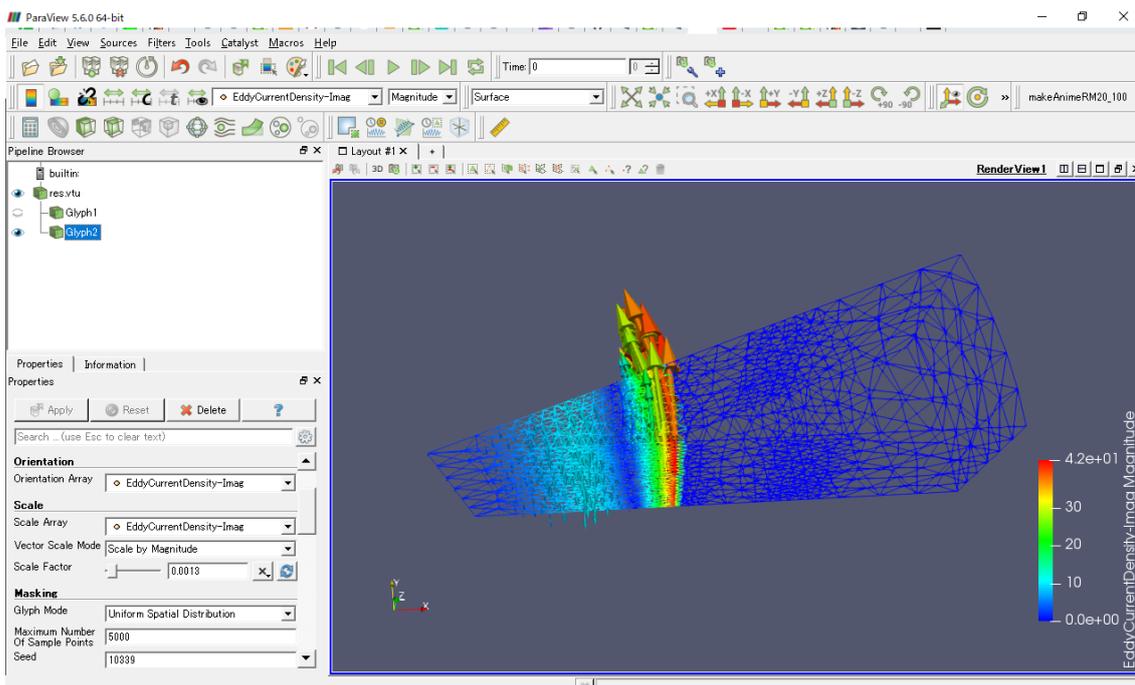


図 3.7-18 ベクトル図(渦電流密度の虚部)

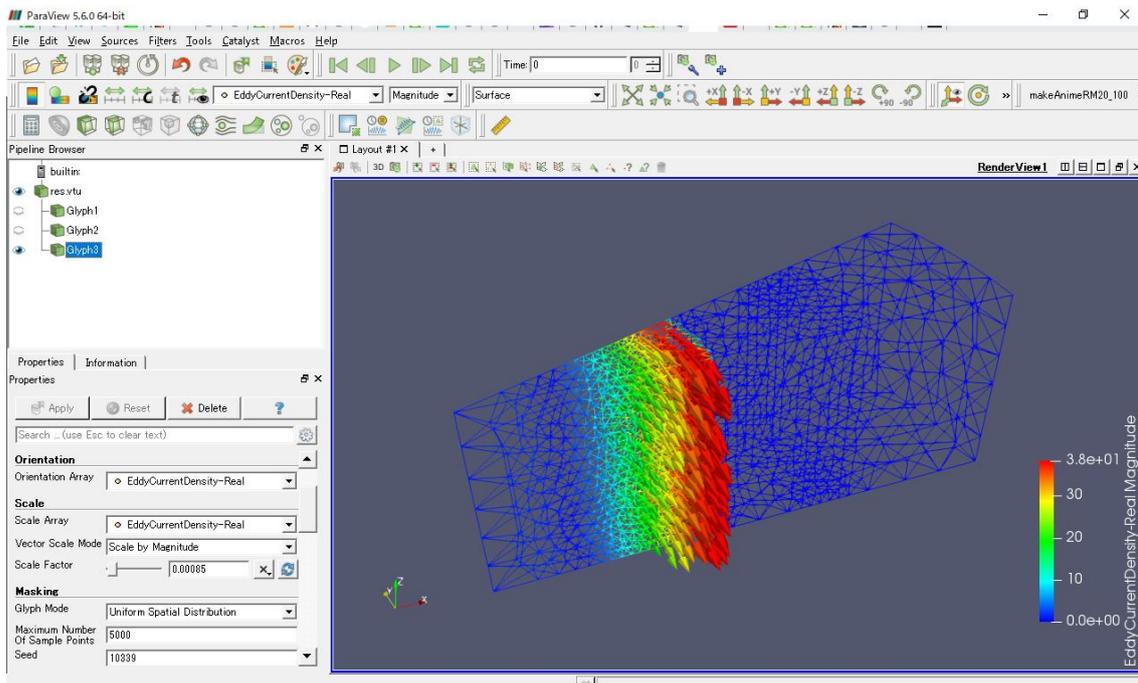


図 3.7-19 ベクトル図(渦電流密度の実部)

4 便利な機能

4.1 選択したボリュームのメッシュ抽出

複数ボリュームからなるメッシュから、選択した一部のボリュームに含まれる節点と要素からなる部分メッシュを作成します。

メッシュを作成後、「メッシュ(M)」→「選択ボリューム抽出」を選択すると、選択したボリュームのメッシュ抽出ダイアログ(図 4.1-1)が表示されます。

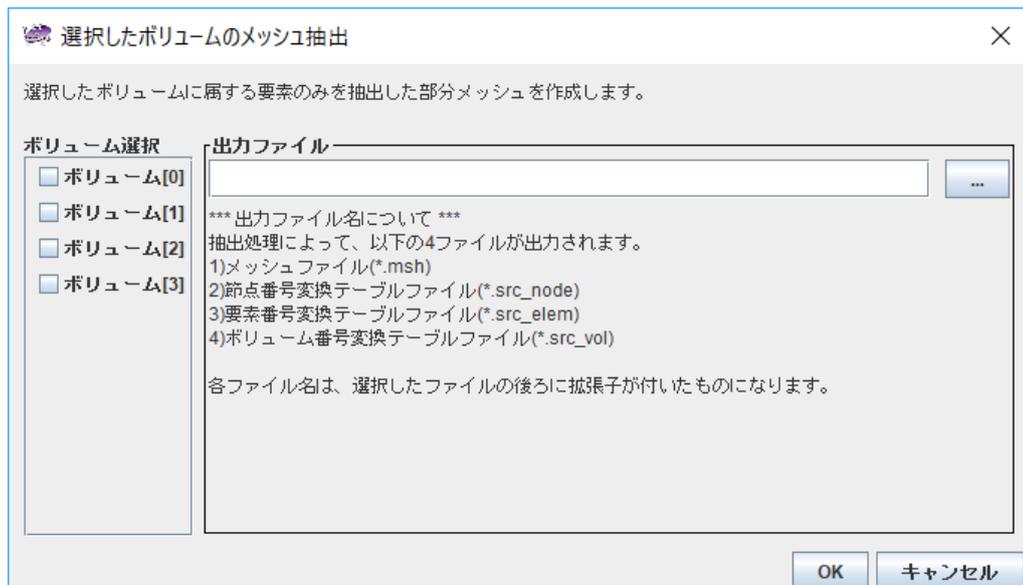


図 4.1-1 ボリューム選択画面

抽出したいボリュームを選択し、「出力ファイル」の入力欄の右横にあるボタンをクリックすると、保存ダイアログ (図 4.1-2) が表示されます。保存先のディレクトリを指定し、ファイル名を入力して「保存」をクリックしてください。ただしファイルの保存はまだ完了していません。

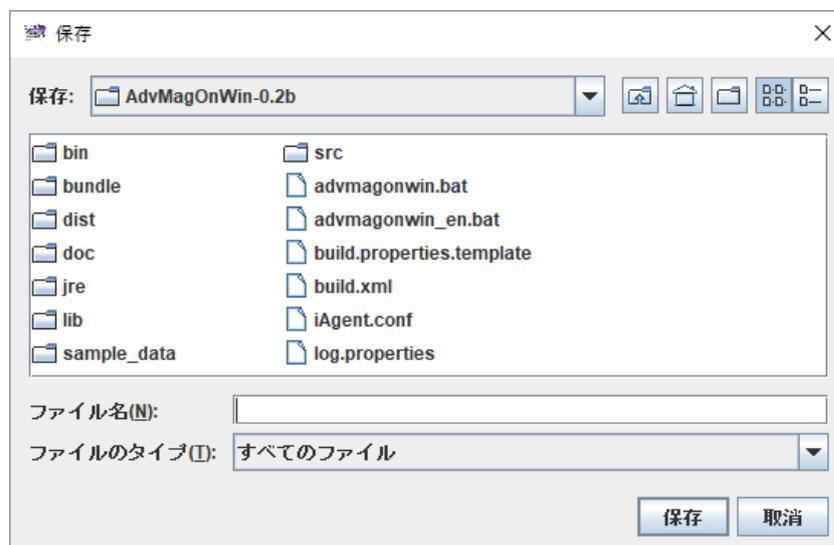


図 4.1-2 ファイルの保存先選択画面

再びボリューム選択画面に戻りますので、「出力ファイル」の欄にファイル名が入力されていることが確認できたら「OK」をクリックしてください。これで保存が完了し、「<ファイル名>.msh」「<ファイル名>.src_node」「<ファイル名>.src_elem」「<ファイル名>.src_vol」の4ファイルが出力されます。

選択したフォルダにこれらのファイルが既に存在した場合は、上書きするかどうかの確認ダイアログ(図 4.1-3)が表示されます。「OK」をクリックすると上書きします。「取消」をクリックすると元のダイアログに戻りますので、出力フォルダを指定しなおしてください。

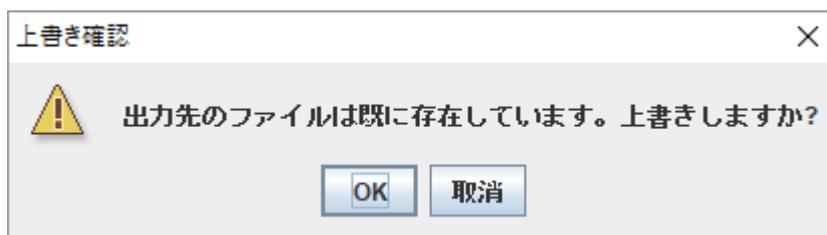


図 4.1-3 上書き確認ダイアログ

抽出例として、第2章で作成したメッシュからボリューム0のみを抽出したメッシュの可視化結果を図 4.1-4 に示します。

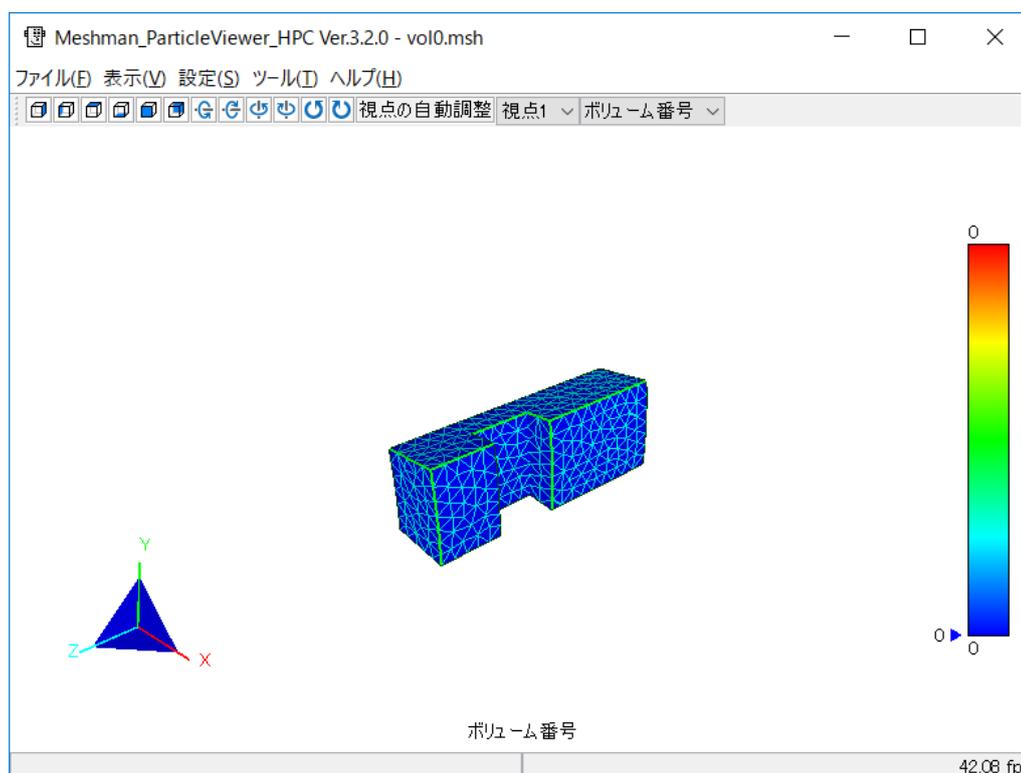


図 4.1-4 抽出したメッシュの可視化結果

4.2 B-H 曲線定義ファイルの作成

磁性体の物性である磁界の強さ $H[A/m]$ の大きさと磁束密度 $B[T]$ の大きさの関係(B-H 曲線)を、プロット結果を見ながら作成し、ファイルとして保存できます。B-H 曲線は、 B の大きさ($|B|$)と H の大きさ($|H|$)を複数指定し、それらの点をつないだ区分曲線で定義します。

4.2.1 起動

AdvMagOnWin を起動した状態で、「解析(A)」→「物性値設定(M)」→「B-H 曲線定義ファイルの作成」を選ぶと、B-H 曲線定義ファイル作成ウィンドウ (図 4.2-1) が表示されます。

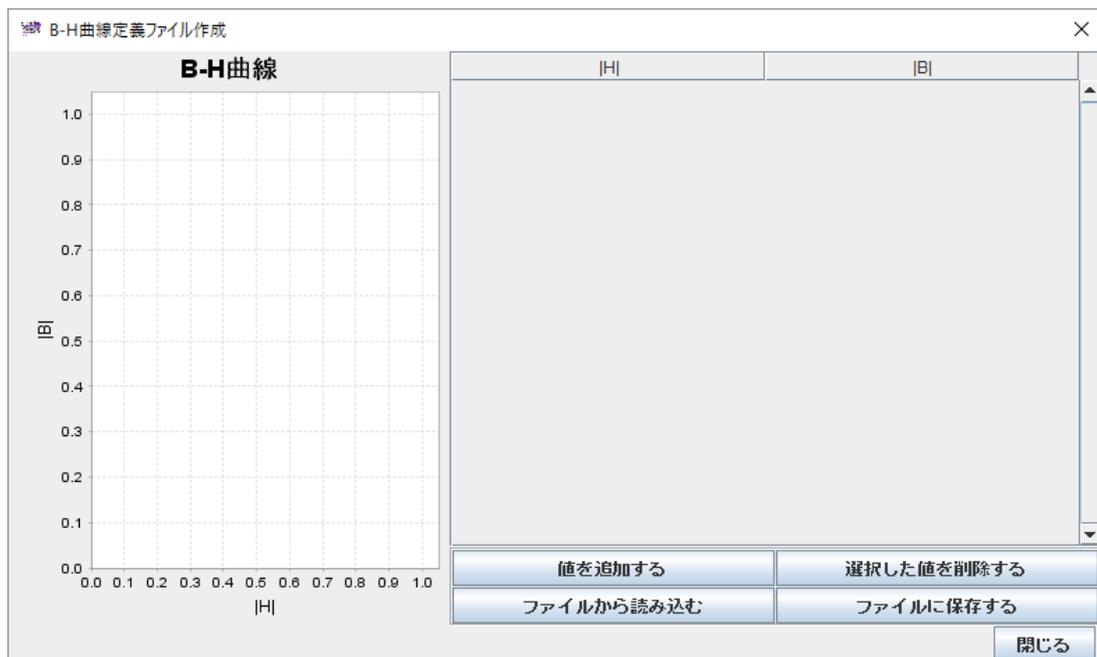


図 4.2-1 B-H 曲線定義ファイル作成ウィンドウ

画面の左側には B-H 曲線のプロットエリアが表示されます。右側には B-H 曲線の定義値のリストと、定義値操作機能のボタンが 4 つと、作成ウィンドウを閉じるボタンがあります。

4.2.2 定義値の追加

「値を追加する」をクリックすると、項目追加ダイアログ (図 4.2-2) が表示されるので、B-H 曲線の定義点の値を入力します(図 4.2-3)。 H の大きさ($|H|$)と B の大きさ($|B|$)をそれぞれ入力してください。



図 4.2-2 項目追加(初期表示)

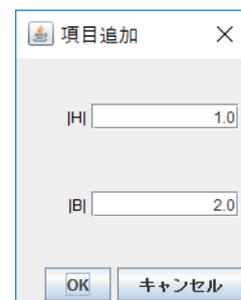


図 4.2-3 項目追加(入力後)

「OK」をクリックすると、元の画面に戻り、左側のグラフの中心に指定した点が表示され、また右側に指定した点の座標値が表示されます(図 4.2-4)。なおグラフの目盛りは指定した値の大きさによって変化します。

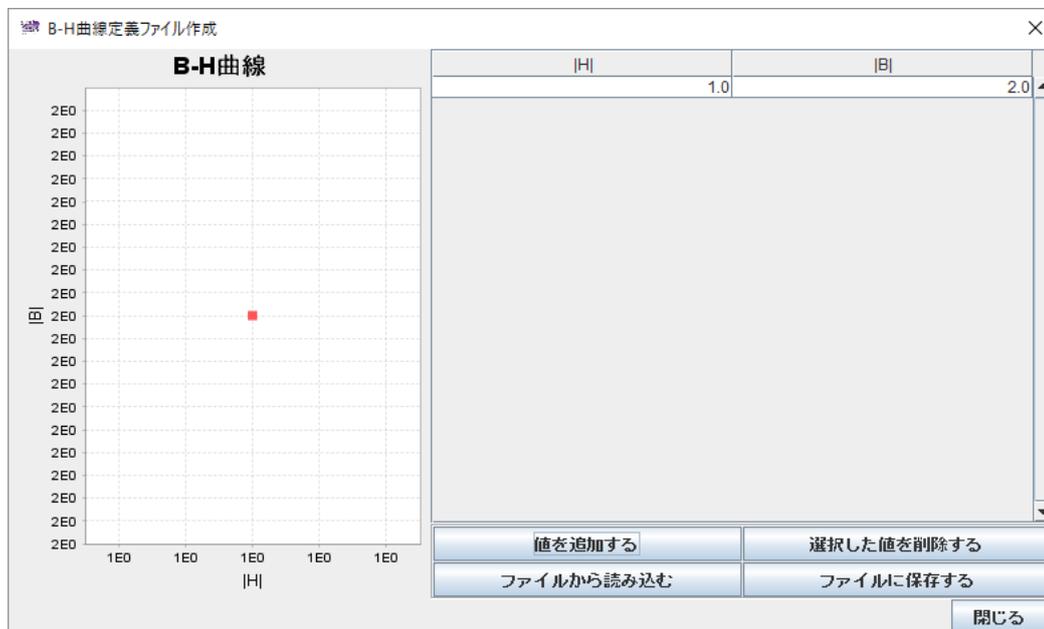


図 4.2-4 追加した定義点の表示

もう一点追加すると、グラフに追加した点も表示され、元々あった点との間に線が引かれます(図 4.2-5)。画面右側の表は、常に|H|の値で自動的に並び替えた状態になります。

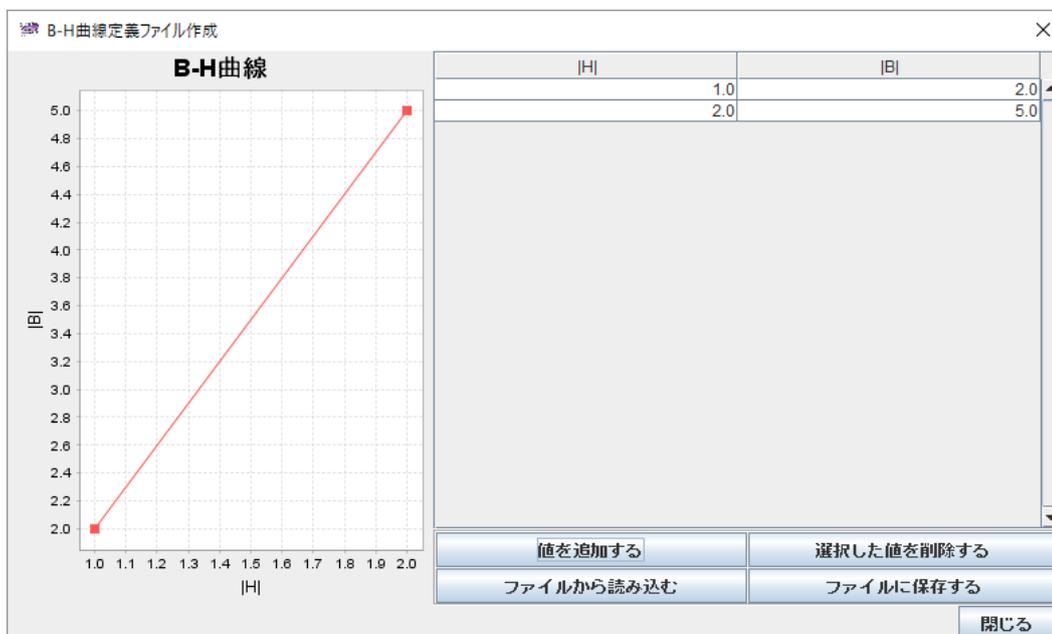


図 4.2-5 2点追加後の表示

4.2.3 定義値の削除

不要な定義値を削除するときは、削除したい定義値の行を選択した後、「選択した値を削除する」をクリックすると削除されます(図 4.2-6)。

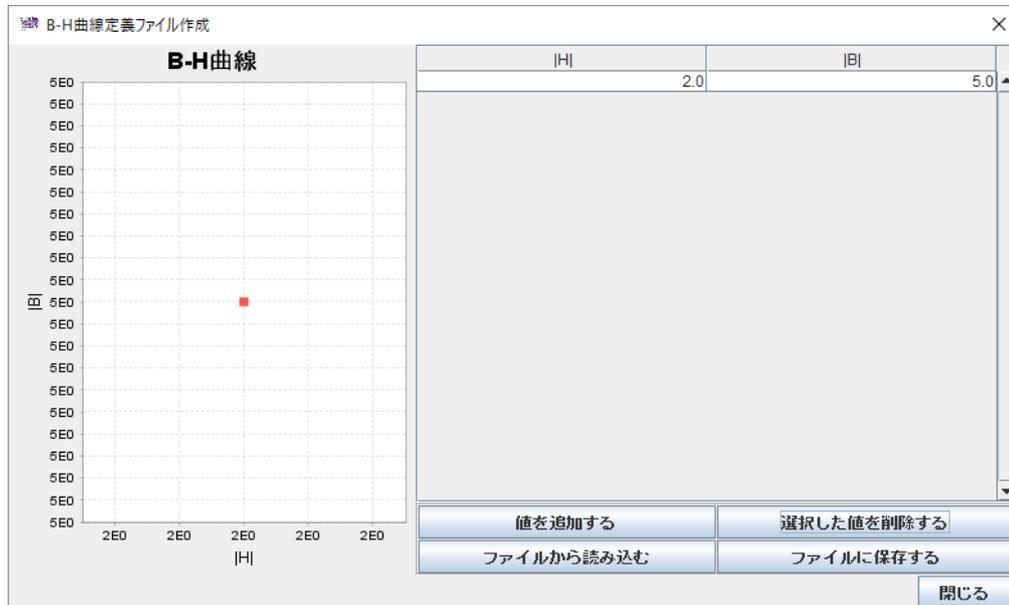


図 4.2-6 定義値(1.0, 2.0)の削除後

4.2.4 定義ファイルの読み込み

ADVENTURE_Magnetic で使用している形式の B-H 曲線定義ファイルを読み込むには、「ファイルから読み込む」をクリックし、ファイル選択ダイアログでファイルを選択します。

サンプルデータの bh_curve ファイルを読みこんだ直後の状態を図 4.2-7 に示します。

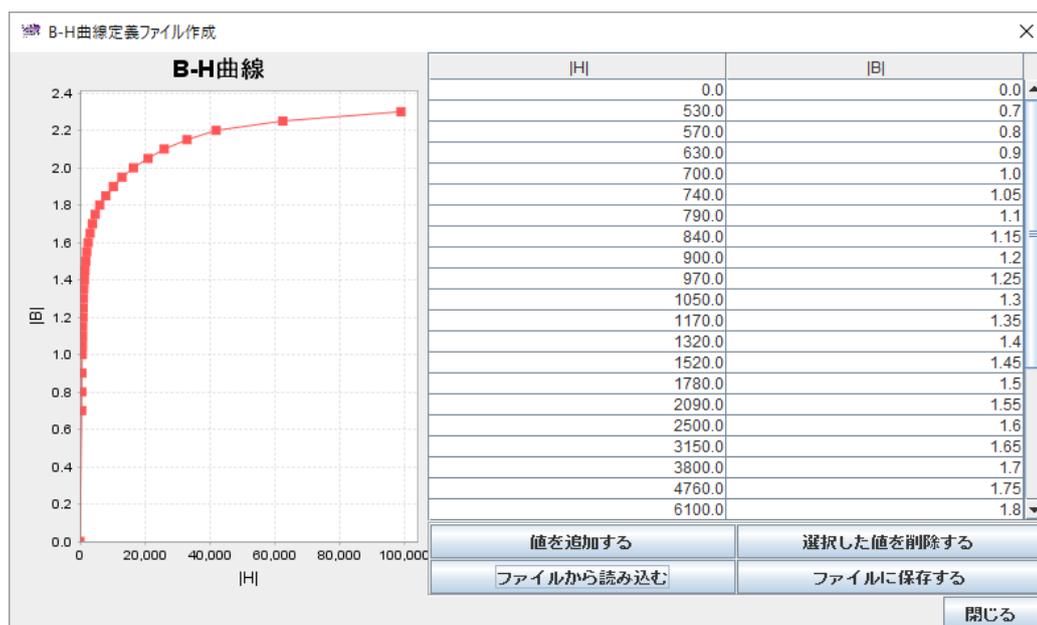


図 4.2-7 サンプルデータの bh_curve を読み込んだ状態

4.2.5 B-H 曲線定義ファイルの保存

「ファイルに保存する」をクリックすると、作成した B-H 曲線定義をファイルに保存できます (図 4.2-8)。

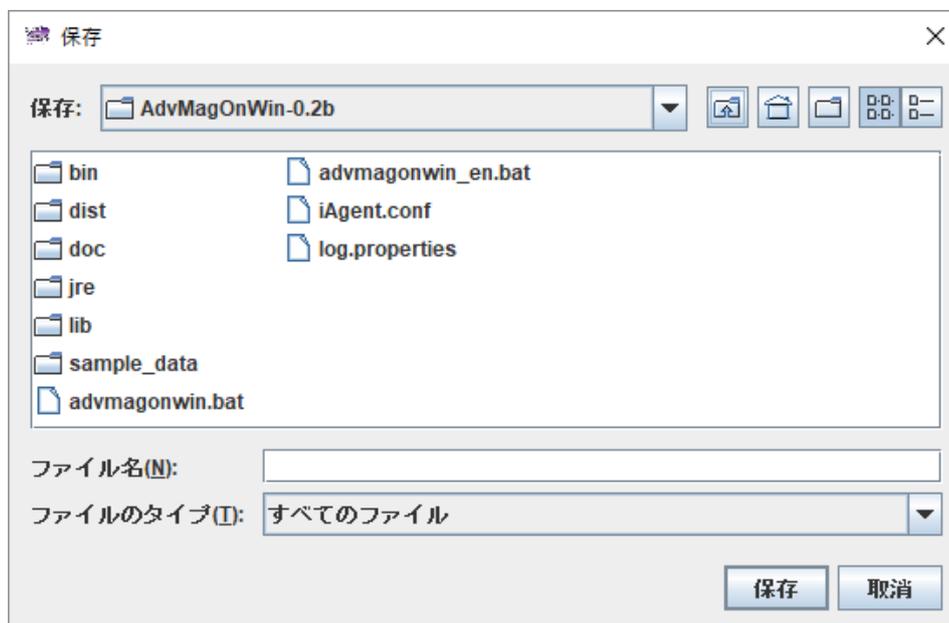


図 4.2-8 保存ダイアログ

選択したフォルダにこれらのファイルが既に存在した場合は、上書きするかどうかの確認ダイアログ(図 4.2-9)が表示されます。「OK」をクリックすると上書きします。「取消」をクリックすると元のダイアログに戻りますので、出力フォルダを指定しなおしてください。

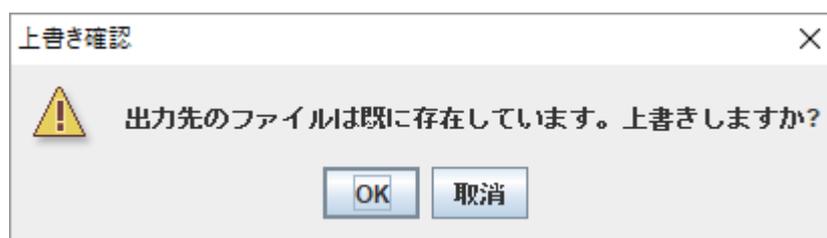


図 4.2-9 上書き確認ダイアログ

4.2.6 作成終了

B-H 曲線定義の作成を終了するときには、「閉じる」をクリックします。閉じる前に、ファイルに保存したかどうかを確認してください。