

EMSolution

Handbook

SSIL SCIENCE SOLUTIONS
INTERNATIONAL LABORATORY, INC.
サイエンス ソリューションズ 株式会社

EMSolution Handbook

2023 年 11 月 2023.11.0 版発行

サイエンスソリューションズ株式会社

〒153-0065 東京都目黒区中町 2 丁目 21 番 7 号

TEL : 03-3711-8900 FAX : 03-3711-8910

E-mail : em_solution@ssil.co.jp

URL : <http://www.ssil.com>

* 本資料の無断転載を禁じます。

* EMSolution はサイエンスソリューションズ株式会社
の登録商標です。

Index

I . Install:インストール

I-*-*

a. Linux 版.....	I-b-1
1. ロードモジュール	I-b-1
2. 使用方法	I-b-1
3. パスの付け方	I-b-1
4. テスト	I-b-1
c. Win 版.....	I-c-1
1. インストール内容	I-c-1
2. インストーラによるインストール手順	I-c-2

II . Exec:実行

II-*-*

a. Linux 版.....	II-a-1
1. 入力ファイル	II-a-1
2. 実行	II-a-2
3. リスタート	II-a-3
b. Win 版.....	II-b-1
1. 入力ファイル	II-b-1
2. リスタート	II-b-4
3. バッチ実行	II-b-5

III. Input

III-*-*

a. Analysis Type and modules	III-a - 1
b. input 入力ファイル	III-b - 1
00. PSIM 入出力データ	III-b - 2
0. リリース番号	III-b - 3
1. 実行制御	III-b - 3
2. 解析の種類	III-b - 3
3. ポテンシャルとゲージ条件	III-b - 4
4. 形状関数の次数と追加機能	III-b - 6
5. 収束条件	III-b - 8
6. ガウス積分点	III-b-10
7. 初期条件	III-b-11
8. 計算ステップ、周波数	III-b-13
8.1. 多相交流簡易 EEC 法設定領域	III-b-14
9. 出力ステップ、フェーズ	III-b-14
10. 入出力ファイル	III-b-15
10.1. 入力ファイル	III-b-15
10.2. 出力ファイル	III-b-16
11. プリント出力	III-b-22
11.1. 出力オプション	III-b-22
11.2. 鎮交磁束計算ル-b-ブ	III-b-24

11.3. 通過電流計算面	III-b-25
11.4. 磁化および電流積分による空間磁場	III-b-25
11.5. 節点力積算領域	III-b-26
11.6. 面要素の節点力出力	III-b-26
11.7. 鉄損算出入力パラメータ	III-b-27
12. ジオメトリの定義	III-b-28
12.1. 解析の次元	III-b-28
12.2. 局所座標系	III-b-29
13. 境界条件	III-b-30
14. 周期境界条件、スライド面	III-b-33
15. 直方体メッシュ自動生成	III-b-39
16. 要素特性	III-b-40
16.1. 体積要素特性	III-b-41
16.1.1. 体積要素特性<静電場解析(STATIC(2)=2,3)でない時>	III-b-41
16.1.2. 体積要素特性<静電場解析(STATIC(2)=2,3)の時>	III-b-45
16.2. 面要素特性	III-b-46
16.3 THIN_ELEMENT 適用要素特性	III-b-47
17. ソース項	III-b-48
17.1. 外部電流磁場ソース	III-b-49
17.1.1. 一様磁場	III-b-50
17.1.2. 無限直線電流	III-b-50
17.1.3. 軸対称矩形断面コイル	III-b-51
17.1.4. 直方体電流要素	III-b-51
17.1.5. 矩形断面円弧電流要素	III-b-52
17.1.6. ダイポール磁場	III-b-52
17.1.7. 直線線電流要素	III-b-53
17.1.8. 円弧線電流要素	III-b-53
17.1.9. MESHER_COIL 要素	III-b-54
17.1.10. COIL 積分要素	III-b-55
17.2. 内部電流ソース	III-b-56
17.3. 表面定義電流ソース	III-b-57
17.4. ポテンシャル電流ソース	III-b-58
17.5. 複数導体ポテンシャル電流ソース	III-b-59
17.6. 面流入電流ソース	III-b-60
17.6.1. 単一導体面流入電流ソース	III-b-60
17.6.2. 複数導体面流入電流ソース	III-b-61
17.7. 磁化ベクトルソース	III-b-61
17.7.1. 一様磁化入力	III-b-62
17.7.2. 要素毎に磁化入力	III-b-62
17.7.3. 正弦関数入力	III-b-62
17.7.4. 数式入力	III-b-64
17.7.5. 永久磁石の減磁曲線を用いた非線形解析	III-b-65
17.8. 電源と結線(CIRCUIT)	III-b-66
17.9. 電源と結線(NETWORK)	III-b-70
17.9.1. FEM シリーズ要素	III-b-72
17.9.2. 抵抗要素	III-b-72
17.9.3. インダクタンス要素	III-b-72
17.9.4. 相互インダクタンス要素	III-b-72

17.9.5. キャパシタンス (容量) 要素	III-b-73
17.9.6. 電流源要素	III-b-73
17.9.7. 電圧源要素	III-b-73
17.9.8. 非線形要素 (ダイオードタイプ 1)	III-b-73
17.9.9. 非線形要素 (ダイオードタイプ 2)	III-b-74
17.9.10. 非線形要素 (数式入力)	III-b-74
17.9.11. 非線形要素 (テーブル入力)	III-b-74
17.9.12. 初期印加電圧	III-b-75
17.9.13. 電圧源初期電流	III-b-75
17.9.14. スイッチ要素	III-b-76
17.9.15. 可変抵抗要素	III-b-76
17.10. 等電位面電場ソース	III-b-77
17.11. 節点電位ソース	III-b-77
18. 時間変化関数	III-b-78
18.1. 解析式	III-b-78
18.2. 時間テーブル	III-b-78
18.3. 交流表示	III-b-79
18.4. PSIM 連成解析データ	III-b-79
18.5. 数式入力	III-b-79
18.6. 運動方程式入力	III-b-80
18.6.1 スプリングデータ	III-b-82
18.6.2 ダンパーデータ	III-b-83
18.6.3 印加力数式入力	III-b-84
18.6.4 電磁力積算領域	III-b-84
19. 運動の定義	III-b-85
19.1. メッシュ pre_geom(2D)の運動	III-b-86
19.2. 可動部メッシュ rotor_mesh(2D)の運動	III-b-86
19.3. 変形部メッシュ deform_mesh(2D)の運動	III-b-87
20. B-H カーブ	III-b-88
20.1. 等方性 B-H カーブ	III-b-88
20.2. 温度依存 B-H カーブ	III-b-88
20.3. 二次元磁気異方性 B-H カーブ	III-b-89
20.4. 永久磁石の減磁曲線	III-b-90
20.5. 永久磁石の温度依存減磁曲線	III-b-91
20.6. 永久磁石の着磁率曲線	III-b-91
21. 温度依存導電率曲線	III-b-92
22. temperature.dat ファイル	III-b-92
23. initial_magnetization.dat ファイル	III-b-94
◆ Appendix 1 数式入力	III-b-95
◆ Appendix 2 EMSolution 電流磁場源一覧	III-b-96

IV. 2D to 3D:入力ファイル

IV-1

1. 全般の指定	IV-2
2. 拡張方向座標	IV-3
3. 物性番号指定	IV-3
4. $z(\theta)$方向にずらした面要素	IV-4

V. Mesh file: メッシュファイル

V-1

VI. Output: 出力ファイル

VI-1

1. メッシュファイル	VI-1
1.1. ファイル post_geom	VI-2
1.2. ファイル boundary_surface	VI-2
1.3 ファイル t_r_interface	VI-3
2. 分布データファイル	VI-4
2.1. ファイル magnetic	VI-4
2.2. ファイル current	VI-5
2.3. ファイル surface_current	VI-5
2.4. ファイル force	VI-6
2.5. ファイル surface_force	VI-6
2.6. ファイル force_J_B	VI-6
2.7. ファイル heat	VI-7
2.8. ファイル surface_heat	VI-7
2.9. ファイル disp	VI-7
2.10. ファイル elem	VI-8
2.11. ファイル magnetization	VI-8
2.12. ファイル electric	VI-9
2.13. ファイル iron_loss	VI-10
2.14. ファイル COIL_force	VI-10
2.15. ファイル COIL_current	VI-11
. 固定データファイル	VI-12
3.1. ファイル motion	VI-12
3.2. ファイル flux	VI-12
3.3. ファイル initial_magnetization.dat	VI-12

VII. PSIM, MATLAB/Simulink Manual :

PSIM, MATLAB Simulink 連成解析マニュアル

VII-1

1. input ファイル	VII-1
2. PSIM での入力方法	VII-2
3. MATLAB/Simulink での入力方法	VII-5

VIII. リリース主要変更点

VIII-1

◆ リリース 7.9 主要変更点	VIII - 1
◆ リリース 8.1 主要変更点	VIII - 1
◆ リリース 8.2 主要変更点	VIII - 1
◆ リリース 8.3 主要変更点	VIII - 2
◆ リリース 8.6 主要変更点	VIII - 2
◆ リリース 9.0 主要変更点	VIII - 2
◆ リリース 9.1 主要変更点	VIII - 3

◆リリース 9.2 主要変更点.....	VIII - 3
◆リリース 9.4 主要変更点.....	VIII - 3
◆リリース 9.5 主要変更点.....	VIII - 4
◆リリース 9.6 主要変更点.....	VIII - 5
◆リリース 9.7.3 主要変更点	VIII - 5
◆リリース 9.7.8 主要変更点	VIII - 5
◆リリース 9.8.1 主要変更点	VIII - 5
◆リリース 9.8.2 主要変更点	VIII - 5
◆リリース 10.0.1 主要変更点.....	VIII - 6
◆リリース 10.1.2 主要変更点.....	VIII - 6
◆リリース 10.2.5 主要変更点.....	VIII - 7
◆リリース 10.4.1 主要変更点.....	VIII - 8
◆リリース 11.0.1 主要変更点.....	VIII - 8
◆リリース 11.1.1 主要変更点.....	VIII - 9
◆リリース 11.1.2 主要変更点.....	VIII - 9
◆リリース 11.2.1 主要変更点.....	VIII - 9
◆リリース 11.2.3 主要変更点.....	VIII - 9
◆リリース 11.3.1 主要変更点.....	VIII-10
◆リリース 12.0.3 主要変更点.....	VIII-10
◆リリース 12.0.6 主要変更点.....	VIII-11
◆リリース 12.0.10 主要変更点.....	VIII-11
◆リリース 12.0.16 主要変更点.....	VIII-11
◆リリース 12.0.17 主要変更点	VIII-11
◆リリース 12.0.18 主要変更点	VIII-12
◆リリース 12.0.19 主要変更点	VIII-12
◆リリース 2023.11.0 主要変更点	VIII-12

Chapter I-a. Install (Linux)

本章では、Linux OS での、ロードモジュールをメール等で送付された場合についての使用法について説明します。なお、OS によっては以下の方法が適用できない場合があるかもしれませんので、その場合はご連絡下さい。

1. ロードモジュール

メール等で送付するロードモジュールは、次の倍精度計算用のみとさせて頂いております。

emsol.D : 倍精度計算様ロードモジュール

2. 使用方法

1. ロードモジュール圧縮ファイル **emsol.D.Z** を適当な読み書き自由な directory に binary 形式で転送してください。
2. 以下のコマンドで解凍しますと、**emsol.D** が作成されます。

```
> uncompress emsol.D.Z
```
3. ロードモジュールを格納する ‘EMSSolution directory’ (例えば./EMSSolution/bin) を希望の directory (例えば/usr/local) の下に作成し、格納して下さい。

(注)

古いモジュールが同名称で入っているときは上書きされます。保存の必要があるときは、名前を変えるか、他の directory に移動して下さい。

3. パスの付け方

必ずしもパスはつける必要はありませんが、ロードモジュール名のみにより EMSSolution を起動する場合には必要です。EMSSolution を実行する home directory にある **.bashrc** ファイルに以下を追加下さい。

```
> export EMSOLHOME=(dir_name)
> set PATH=.:$EMSOLHOME/bin
```

4. テスト

空の directory で次の様に EMSSolution を実行して下さい。

```
> emsol.D
```

次のメッセージで終了すれば正常にインストールされています。

```
**** file input cannot be opened ****
```

Chapter I-b. Install (Win)

本章では、Windows 機での、EMSolution ロードモジュール（実行モジュール）のインストール方法を説明します。Windows 機でのインストールは、付属のインストーラにより簡単に行うことができます。ここでは、インストール後のフォルダ構造とファイルの概要、インストール手順、インストール後の実行テストの手順について説明します。EMSolution の新しいリリースへの更新方法については II-c-3 を参照下さい。

1. インストール内容

EMSolution をインストールすると計算機のハードディスク上には以下の構成のフォルダが作成され、それぞれに必要なファイルが格納されます。

```
¥EMSolution
--- ¥bin --- EMSolution_x64.exe
      --- libiomp5md.dll
--- ¥dat --- ¥Problem20 --- batch.bat
--- ¥Doc --- Handbook
      --- ¥References
--- ¥Samples
--- ¥UninstallData
--- EMSolution Homepage (ショートカット)
```

¥EMSolution フォルダに全てのファイルが格納されています。EMSolution 実行には **EMSolution.exe** のみが必要ですので、他のファイルは不要でしたら消去して下さい。

¥dat¥Problem20 には、ベンチマークテストファイルが格納されています。**batch.bat** をダブルクリックする事によりバッチ実行により簡単にベンチマークテストを行うことができます。

下記 Homepage で計算内容と各種計算機での計算速度等が説明されていますので、結果を比較することができます。

参照 Web :

https://www.ssil.co.jp/product/EMSolution/case/interlinkage_magnetic_flux/

¥Doc¥Handbook は EMSolution Handbook です。入力データの作成にご参考下さい。

¥Doc¥References には、EMSolution の技術的な説明資料集が入っております。

¥Samples には、EMSolution Homepage 上の Tutorial にある解析例の幾つかのデータが入っております。Homepage に説明が載っておりますので、試計算や入力データの作成の際、EMSolution Handbook と合わせてご参考下さい。

参照 Web : https://www.ssil.co.jp/product/EMSolution/case/interlinkage_magnetic_flux/

¥UninstallData には、EMSolution アンインストールプログラムが入っております。なお、これにより EMSolution をアンインストールしても FlexNetPublisher はアンインストールされません。

2. インストーラによるインストール手順

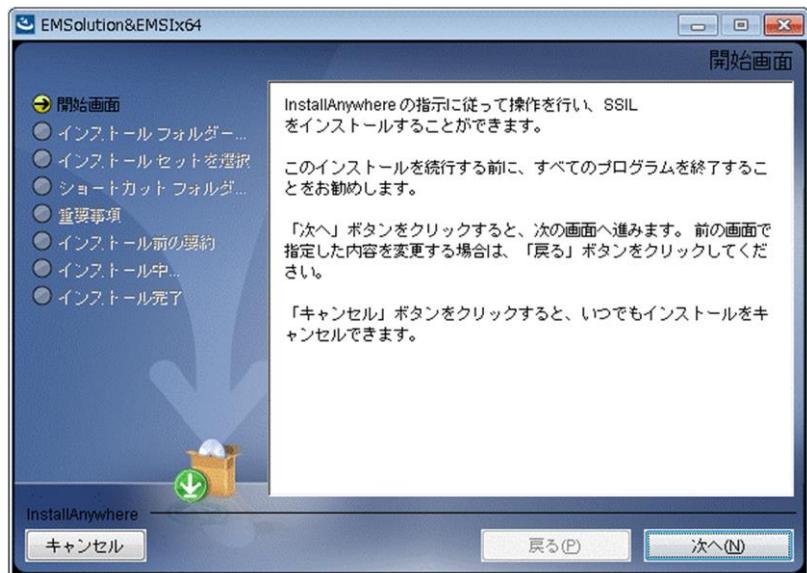
(1) EMSolution のインストール

EMSolution のインストール CD を所定の計算機の CD-ROM (DVD-ROM) ドライブに挿入してください。インストール CD の中に **Setup.exe** ファイルが存在しますので、そのファイルを起動すると、EMSolution のインストーラが起動しますので、以下の手順でインストールを行ってください。

① 開始画面

インストーラを起動すると、プログレスバーが現れ、その後言語選択ウィンドウが表示されます。「日本語」を選択し先に進んでください。以下日本語を選択した場合について説明します。

次のウィンドウが表示されたら、インストール作業に移れますので、「次へ」ボタンを押して先に進んでください。



② インストールフォルダの選択

インストール先のフォルダを選択します。まずデフォルトのインストールフォルダ (C:\Program Files\SSIL) を用いるか、あるいは、「選択...」ボタンより任意のフォルダを選択してください。選択されたフォルダ下に、前項で示した構成のフォルダが作成され、必要なファイルがコピーされることになります。

次のステップに移るためには「次へ」ボタンを押してください。



③ インストールセットの選択

インストールのセット（タイプ）を、通常、EMSSolution、最小の3つのオプションから選択してください。

通常 :

ロードモジュール、テストデータやサンプル及びPDF形式の文書ファイル等全てがインストールされます。このオプションは、EMSSolutionの入門者の方を含む一般的なユーザの方に推奨されるオプションです。約52MBのディスク容量が必要となります。

また、このオプションではEMSIもインストールされます。

EMSSolution :

上記の通常からEMSIを除いた全てをインストールします。EMSIをご使用にならない場合はこのオプションを選択してください。

最小 :

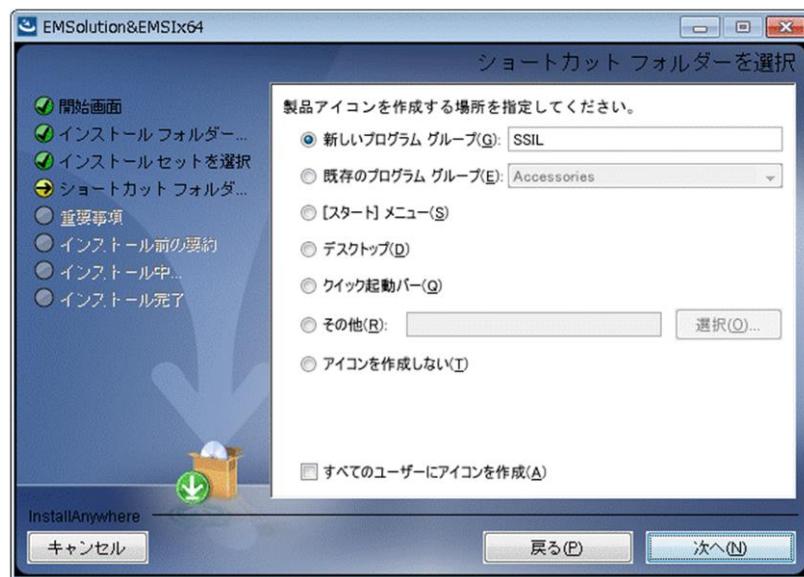
EMSSolutionのロードモジュールとライセンスキー用ドライバのみがインストールされます。約9MBのディスク容量が必要となります。このオプションは、ハードディスク容量が十分でない場合や、EMSSolutionを試験的に使用する場合であってドキュメント類を使用しない場合に推奨されるオプションです。

インストールセット選択後、「次へ」ボタンを押して先に進んでください。



④ ショートカット場所の選択

どの場所にショートカットを作成するかを選択します。
スタートメニューに追加するメニュー項目では、既存のフォルダ名称を選択する、
または新しい名称を選択することができます。デフォルト名称は **EMSolution** です。
この結果、選択された項目名称がスタートメニューに追加され、そのサブメニュー
として **EMSolution** の実行とホームページへのジャンプを行うことができます。
また、デスクトップ上に **EMSolution** アイコンを作成することもできます。



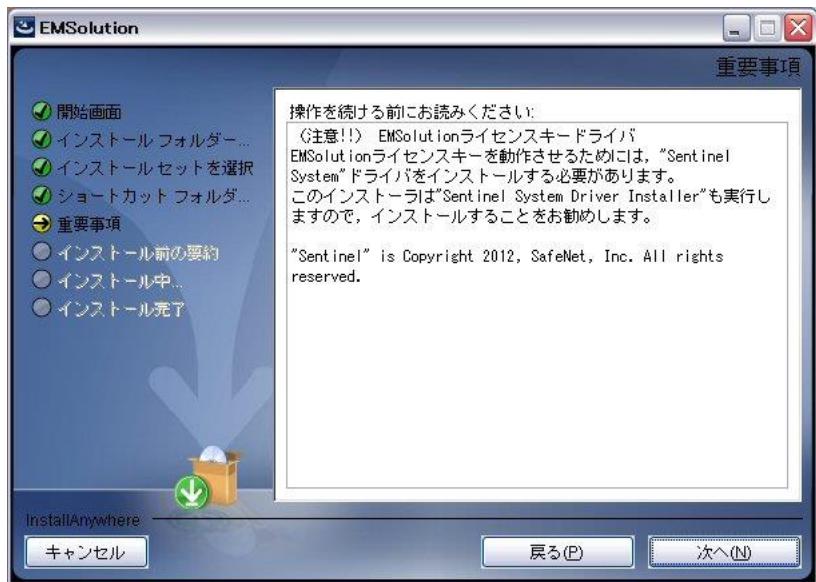
設定後に「次へ」ボタンをクリックして先に進んでください。

⑤ 重要事項

EMSsolution を実行するには FlexNetPublisher をインストールする必要があります。

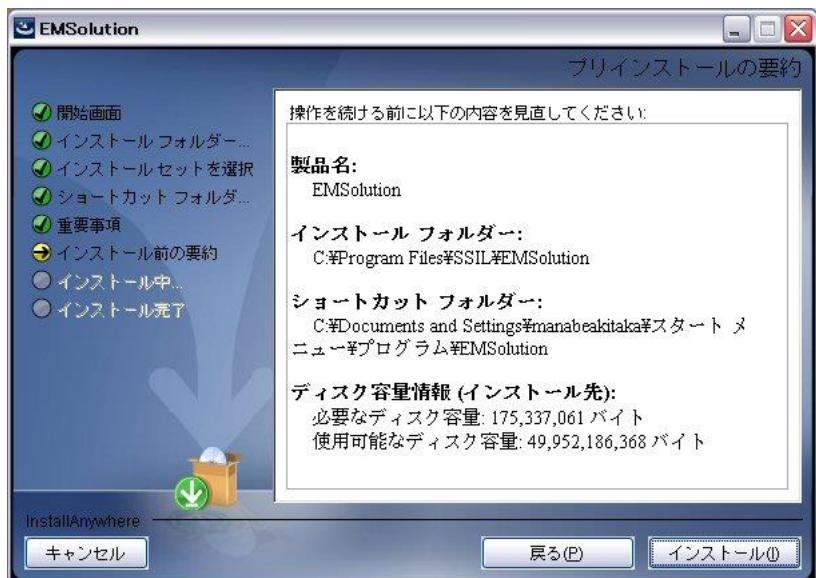
詳しくは、「FlexNet ライセンス導入マニュアル」をご参照ください。

「次へ」ボタンを押して先に進んでください。



⑥ プリインストールの要約

手順④までに選択した項目が一覧で表示され、確認することができます。

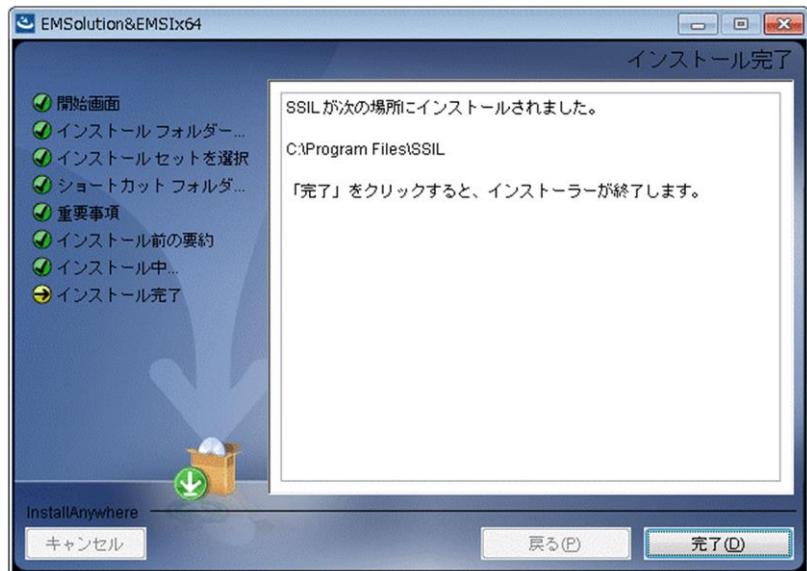


確認後、「インストール」ボタンを押すと、インストールが開始され、以下のインストール中を示す画面が表示されます。



⑦ インストール完了

全てのインストールが正常に終了すると、以下の画面が表示されますので、「完了」ボタンを押しインストール作業を終了してください。



以上により、EMSolution のインストールは完了です。

Chapter II-a. Exec (Linux)

本章では、UNIX, Linux 機による EMSolution プログラムの実行方法を示します。

1. 入力ファイル

EMSolution 実行時には、次のテキスト入力ファイルが必要です。

- **input**: 実行制御, 境界条件, 物性定義, ソース定義等メッシュ以外のデータ。
- **2D_to_3D**: 二次元メッシュデータを三次元に拡張するためのデータ。
- **pre_geom**: 三次元メッシュデータ。節点, 要素データを含む。
- **pre_geom2D**: 二次元メッシュデータ。
- **rotor_mesh**: スライド運動解析時, 運動部三次元メッシュデータ。
- **rotor_mesh2D**: スライド運動解析時, 運動部二次元メッシュデータ。
- **deform_mesh**: 変形運動解析時, 変形部三次元メッシュデータ。
- **deform_mesh2D**: 変形運動解析時, 変形部二次元メッシュデータ。

メッシュデータファイルは、ファイル形式により異なった拡張子がつけられます。これらのファイルを実行 directory (**run_dir**)に格納して下さい。実行後の出力ファイルも同じ directory に出力されます。リスタート時には、前ランの出力ファイルのいくつかが入力となります。

注)

- ① **input** ファイルは常に必要です。他のファイルが必要か否かは **input** ファイル中のオプションによります。
- ② EMSolution は、何種類かのメッシュファイルフォーマットを読み込むことができます。但し、EMSolution がそのファイルフォーマットを認識するために、メッシュデータファイル名(**pre_geom**, **pre_geom2D**, **rotor_mesh**, **rotor_mesh2D**)には、入力形式により次の拡張子が必要です。

ATLAS 形式	拡張子無し
NASTRAN 形式	.nas
I-DEAS Universal 形式	.ids
KSWAD 形式	.ksw
FEMAP neutral 形式	.neu
CADAS 形式	.cad

例えば、**NASTRAN** 形式の 3D メッシュファイルが用いられる場合には、**pre_geom.nas** となります。詳細は V 章をご覧下さい。

2. 実 行

必要な入力ファイルを作成し、その内容のチェックができたら、次の命令のいずれかにより *EMSolution* を実行します。

emsol.D [-d *run_dir*] [-f *fine_name*] [-m] [-a *n*] [&]:倍精度実行
emsol.S [-d *run_dir*] [-f *fine_name*] [-m] [-a *n*] [&]:单精度実行

ここで、[]内のパラメータはオプションで、必ずしも必要がないことを表しています。

-d *run_dir*:

実行 directory の指定。指定しない場合は、current directory が実行 directory になります。よって、入力データを格納した directory から実行して下さい。
directory 名の最後は/ (スラッシュ) として下さい。

-f *file_name*:

ファイル **input** のファイル名を指定。入力しないとき、ファイル名は **input** となります。

-m:

実行状態モニタ画面の表示を指定します。指定した場合には、解析実行状況と ICCG 反復の情報をリアルタイムに提示するモニターウィンドウを生成します。モニターウィンドウは解析が終了するまで閉じないで下さい。実行終了時にモニタは自動的に閉じます。

-a *n*:

実行時のダイナミックに確保するメモリ領域を Mbyte 単位で指定し、メモリ allocation をプログラム内で行います。前もって必要領域が分かっている場合はメモリ節約になります。前実行で使用したメモリは **output** ファイルの最後に表示されます。

-v:

ライセンス情報を表示します (r11.1.2 以降)。

&:

指定した場合、バックグラウンドで実行します。

3. リスタート

前回の実行の結果を用いて、解析を行うモードをリスタートモードと呼びます。 EMSolution には大きく分けて 4 個のプロセスがありますが、リスタート機能により、それぞれのプロセスから解析を再実行することができます。これにより、前ランで実行したプロセスの続きを実行することができます。また、一部入力データを変更した場合、前ランの結果を用いてリスタートできます。

リスタート機能により、特に同じ形状の問題を、ソース条件、計算ステップ、出力内容を変えて計算する場合には、計算時間を著しく節約することができます。

各プロセスは以下の処理を行います。以下に、各プロセスからのリスタートのケースを示します。

PRE_PROCESSING:

メッシュデータ（節点、要素）の入力。

辺要素の生成。

境界条件の処理。

要素行列、体積の計算。

(初期ラン) メッシュ分割変更時。

導電率、線形透磁率の変更時。

使用ポテンシャル変更時。

境界条件変更時。

MAKE_SYSTEM_MATRICES:

未知数、固定境界変数の割り当て。

変数並べ替え。

全体行列の生成。

ソース項の計算。

(リスタート) 静磁場解析、動磁場解析、AC 解析の変更を行ったとき。

電流、磁場ソースの変更時。

電源に接続されたソースの変更時。

動磁場解析で時間ステップ間隔変更時。

AC 解析で周波数の変更時。

ICCG 加速ファクタ変更時。

SOLVE_EQUATION:

方程式を解く。行列プレコンディショニングを含む。

(リスタート) ソースの時間変化、初期値の変更時。

非線形物性の変更時。

前結果を初期値として、ステップを継続する場合。この場合、前実行の出力ファイル **solutions** を **old_solutions** と rename (名称変更) して入力ファイルとする。

POST_PROCESSING:

結果の出力。

(リスタート) 結果の出力のみを行うとき。

注)

リスタート時は、前ランでの出力ファイルが必要ですので、リスタートに用いる可能性がある場合は基本的に生成されたファイルは消去しないこと。

前回の出力ファイルは、リスタート時に出力されるファイルにより上書きされるため、保存の必要なあるファイル（出力データファイル等）は rename (名称変更) するなどして保存しておくこと。

ヒント)

MAKE_SYSTEM_MATRICES プロセスは計算時間が小さく、再実行しても問題が少ない。

Chapter II-b. Exec (Win)

本章では、Windows 機による EMSolution プログラムの実行方法を示します。

1. 入力ファイル

EMSolution 実行時には、次のテキスト入力ファイルが必要です。

- **input**: 実行制御、境界条件、物性定義、ソース定義等メッシュ以外のデータ。
ファイル名は自由につけて下さい。
- **2D_to_3D**: 二次元メッシュデータを三次元に拡張するためのデータ。
- **pre_geom**: 三次元メッシュデータ。節点、要素データを含む。
- **pre_geom2D**: 二次元メッシュデータ。
- **rotor_mesh**: スライド運動解析時、運動部三次元メッシュデータ。
- **rotor_mesh2D**: スライド運動解析時、運動部二次元メッシュデータ。
- **deform_mesh**: 変形運動解析時、変形部三次元メッシュデータ。
- **deform_mesh2D**: 変形運動解析時、変形部二次元メッシュデータ。

メッシュデータファイルは、ファイル形式により異なった拡張子がつけられます。これらのファイルを実行 directory (**run_dir**)に格納して下さい。実行後の出力ファイルも同じ directory に出力されます。リスタート時には、前ランの出力ファイルのいくつかが入力となります。

(注)

- ① **input** ファイルは常に必要です。他のファイルが必要か否かは **input** ファイル中のオプションによります。
- ② EMSolution は、何種類かのメッシュファイルフォーマットを読み込むことができます。但し、EMSolution がそのファイルフォーマットを認識するために、メッシュデータファイル名(**pre_geom**, **pre_geom2D**, **rotor_mesh**, **rotor_mesh2D**)には、入力形式により次の拡張子が必要です。

ATLAS 形式	拡張子無し
NASTRAN 形式	.nas
I-DEAS Universal 形式	.ids
KSWAD 形式	.ksw
FEMAP neutral 形式	.neu
CADAS 形式	.cad

例えば、**NASTRAN** 形式の 3D メッシュファイルが用いられる場合には、**pre_geom.nas** となります。詳細は V 章をご覧下さい。

2. リスタート

前回の実行の結果を用いて、解析を行うモードを リスタートモード と呼びます。EMSolution には大きく分けて 4 個のプロセスがありますが、リスタート機能により、それぞれのプロセスから解析を再実行することができます。これにより、前ランで実行したプロセスの続きを実行することができます。また、一部入力データを変更した場合、前ランの結果を用いリスタートできます。

リスタート機能により、特に同じ形状の問題を、ソース条件、計算ステップ、出力内容を変更して計算したい場合には、計算時間を著しく節約することができます。

各プロセスは以下の処理を行います。以下に、各プロセスからのリスタートのケースを示します。

PRE_PROCESSING:

メッシュデータ（節点、要素）の入力。

辺要素の生成。

境界条件の処理。

要素行列、体積の計算。

(初期ラン) メッシュ分割変更時。

導電率、線形透磁率の変更時。

使用ポテンシャル変更時。

境界条件変更時。

MAKE_SYSTEM_MATRICES:

未知数、固定境界変数の割り当て。

変数並べ替え。

全体行列の生成。

ソース項の計算。

(リスタート) 静磁場解析、動磁場解析、AC 解析の変更を行ったとき。

電流、磁場ソースの変更時。

電源に接続されたソースの変更時。

動磁場解析で時間ステップ間隔変更時。

AC 解析で周波数の変更時。

ICCG 加速ファクタ変更時。

SOLVE_EQUATION:

方程式を解く。行列プレコンディショニングを含む。

(リスタート) ソースの時間変化、初期値の変更時。

非線形物性の変更時。

前結果を初期値として、ステップを継続する場合。この場合、前実行の出力ファイル **solutions** を **old_solutions** と rename (名称変更) して入力ファイルとする。

POST_PROCESSING:

結果の出力。

(リスタート) 結果の出力のみを行うとき。

注)

リスタート時は、前ランでの出力ファイルが必要ですので、基本的に生成されたファイルは消去しないでください。

リスタート時に出力されるファイルは上書きされるため、保存の必要のあるファイル（出力データファイル等）は rename するなどして保存してください。

ヒント)

MAKE_SYSTEM_MATRICES は計算時間が小さく、再実行しても問題が少ない。

3. バッチ実行

MS-DOS プロンプトより、次の命令により実行します。

[EMSol_dir\\$]EMSolution.exe -b [-m] [-d run_dir] [-f fine_name] [-a n]

ここで、[]は必ずしも必要がないことを示します。実行ファイルには path が切られて入る必要があります。あるいは、実行ファイルのパス”EMSol_dir\\$”を含めて指定ください。

-b :

バッチ実行の場合必ず指定してください。指定しない場合は、画面マニュアル実行となります。

-m :

ウインドウ画面が現れ、実行状況を表示します。ジョブ終了時に画面は自動的に閉じられます。指定しない場合は、画面は表示されません。

-d run_dir:

実行 directory の絶対あるいは相対パスを指定。指定しない場合は、current directory が実行 directory になります。よって、入力データを格納した directory から実行下さい。directory 名の最後は\\$ (バックスラッシュ) として下さい。

-f file_name:

ファイル **input** のファイル名を指定。入力しないときは **input** となります。
-d で指定した directory に格納されている必要があります。

-a n:

実行時のダイナミックに確保するメモリ領域を Mbyte 単位で指定し、メモリ allocation をプログラム内で行います。前もって必要領域が分かっている場合はメモリ節約になります。メモリ容量が不明な場合は、できるだけ大きな値としてください。ただし、大きすぎますと、allocation error で開始直後に終了しますので、このエラーが起こらない程度としてください。Windows 実行や Batch 実行でも本オプションを指定しない場合よりも大きなメモリがとれます。

注)

実行ファイルの directory 名がブランクを含む場合は、” “で囲ってください。この場合” “内の\\$ (バックスラッシュ)は\\$\\$ とする必要があります。例えば
“C:\Program files\\$\\$ssil\\$\\$EMSolution\\$\\$bin\\$\\$EMSolution.exe”

連続して実行する場合は、バッチファイル(**xxx.bat**)を作って実行してください。以下にバッチファイルの例 (**dat\\$batchtest\\$batch.bat**) を示します。

```
=====batch.bat=====
start /wait "C:\Program files\SSIL\EMSolution\bin\EMSolution.exe" -b -m -f input.1
-d dat1
move dat1\output dat1\output.1
start /wait "C:\Program files\SSIL\EMSolution\bin\EMSolution.exe" -b -m -f input.2
-d dat1
move dat1\output dat1\output.2
start /wait "C:\Program files\SSIL\EMSolution\bin\EMSolution.exe" -b -m -f input.2
-d dat1
move dat1\output dat1\output.3
```

上の例では、実行ファイルが C:\Program files\SSIL\EMSolution\bin の下に格納されています。また、実行する directory の下には dat1 directory が有り、 **input.1**, **input.2**, **input.3**, その他必要入力ファイルが格納されているものとします。それぞれの **input** ファイルを入力として計算を行い、 **output.1**, **output.2**, **output.3** として、 **output** ファイルを保存しています。同じ directory で連続して実行する場合、出力ファイルは上書きされてゆきますので、保存が必要なファイルは名前を変更するなどして保存する必要があります。start /wait は一つのジョブの実行後、次のジョブを実行するために必要とされます（Windows OS に依存します）。

Chapter III-a. Analysis Types and modules

本章では、EMSolution での解析の種類について説明します。

EMSolution は基本的に準静磁界解析である渦電流を含む磁界解析や静電界解析などを計算することができます。解析種類の選択は、**input** ファイルで指定します。

解析内容は次の通りです。

- 静磁界解析：
コイルや永久磁石を対象とした線形、非線形磁化特性を考慮可能。渦電流は考慮しない
- 交流定常解析：
渦電流を含む周波数領域解析。線形透磁率、複素透磁率を考慮可能。
- 過渡応答解析：
渦電流を含む時間領域解析。線形、非線形磁化特性を考慮可能。メッシュ移動やメッシュ変形、COIL ソース移動の解析が可能
- 定常渦電流場解析：
運動方向に一様な導体に一定磁場が印加された場合の定常渦電流解析。
- 静電界解析：
電位や電荷を印加した静電界解析
- 定常電流解析：
電位を印加した導体領域のみの直流電流解析
- 低周波誘導電流解析：
周波数が非常に低い、もしくは導電率が非常に小さく、渦電流による誘導磁場が外部磁場と比較して無視できるような場合の渦電流解析。

磁界解析との連成可能な解析内容は次の通りです。

- 運動方程式連成解析：
メッシュ移動やメッシュ変形領域の電磁力と運動方程式を連成した解析。ばねやダンパー等との連成解析も可能。
- 電気回路連成解析：
コイルが接続される電気回路との連成解析。抵抗、インダクタンスはもちろん非線形素子であるダイオードやスイッチ等も考慮した電流源、電圧源解析が可能。電気回路のみでの計算も可能。
- 外部ソフトウェア PSIM, MATLAB/Simulink との連成解析：
外部ソフトウェアで定義された電気回路や運動方程式との連成解析

考慮可能な電磁気特性は、次の通りです。

- 等方、異方性線形電磁気特性：
比透磁率や導電率の等方、三方向異方性。誘電率の等方、異方性。
- 等方、異方性非線形磁化特性：
非線形磁化特性 (BH カーブ) の等方、三方向異方性、積層鉄心 (均質化法)、ヒステリシス (Play model, Jiles-Atherton model)。
- 等方性非線形磁化特性と導電率の温度依存性：
温度ごとの BH カーブおよび導電率テーブルを用いる。

input ファイルの説明で使用するモジュール (module) との対応は、次の通りです。

◊ Static	：静磁界解析、静電界解析、定常電流解析
◊ AC	：定常電流解析 (周波数領域解析)
◊ Transient	：過渡応答解析 (時間領域解析)
◊ Motion	：メッシュや COIL 移動
◊ Deform	：メッシュ変形
◊ Dynamic	：運動方程式と電磁界解析の連成
◊ Network	：電気回路連成
◊ Steady current	：定常渦電流場解析
◊ Anisotropy2D	：二次元磁化異方性
◊ Temp-dependent material property	：磁気特性データの温度依存
◊ PM Demagnetization	：永久磁石の非線形、減磁解析
◊ Jiles-Atherton	：Jiles-Atherton model によるヒステリシス解析
◊ Hysteresis	：Play Model によるヒステリシス解析
◊ PSIM coupler	：PSIM との連成解析
◊ MATLAB/Simulink coupler	：MATLAB/Simulink との連成解析
◊ Parallel	：OpenMP による並列計算

Chapter III-b. Input

本章では、EMSolution 実行に当たって必要とされる入力ファイル **input** のデータ入力方法を示します。**input** ファイルは、物理的な観点から解析モデルを記述するための全ての情報（メッシュデータを除く）と、解析内容に関するユーザの選択を含むもので、EMSolution を用いた解析の”制御ファイル”ということができます。すなわち、**input** ファイルは節点、要素データ以外の全ての入力データを含みます。また、初期実行、リスタート実行において、一部を除きデータは共通です。

input ファイルの一般的な形式は次の通りです。

- i. 第一カラムが * で始まる行はコメント行を表し、実質的な意味を持ちません。
- ii. 入力データには文字列タイプ、実数タイプ、整数タイプの 3 つのタイプがあります。各行におけるデータの入力順序は決められており（本章でその詳細を述べます），それぞれのデータはブランクで区切り、入力します。この順序さえ守られていれば、各データの行内での位置は自由です。
- iii. 整数 0 および実数 0.0 のデータはブランクで置き換えてはいけません。
- iv. 実行制御や入出力オプション等において、特に断らない限り 0 は off (実行しない) , 1 は on (実行する) を表します。
- v. 計算によっては明かに意味を持たないデータでも特に断らない限り何等かの値を入力しておくこと。

以下の説明において、整数タイプは “I” , 実数タイプは “E” および文字列タイプは “S” で表現します。複数個のデータは Type 欄において “*データ個数” で表します。一部タイトルカード形式になっており、その場合には、先頭に文字列（大文字、小文字どちらでも良い）をおきます。変数名のカッコ()内の数字は、データ番号（表の最初の数字）です。

表中、行はデータの順を表し、必ずしも 1 行のデータではありません。Name には変数名を示しますが、タイトルの場合は入力する文字列を示します。Type には変数の型、取りうる値を示します。

* 第 1 カラム以降で使用しない項目は省略可能です。省略した場合にはゼロと判断します。

00. PSIM, MATLAB/Simulink 入出力データ

PSIM, MATLAB/Simulink 連成解析用データ。PSIM, もしくは Simulink と授受するデータでコメントアウト(行頭*)形式

Name は入力不要。EMSolution では読み飛ばされる。

<PSIM Coupler module>, <MATLAB/Simulink Coupler module>が必要です。

行	列	Type	Content
1	1	I	PSIM, Simulink からの入力データ数
2	1	I	PSIM, Simulink への出力データ数
PSIM からの入力データ数分入力			
3	1	S	PSIM, Simulink からの入力データ名 (各行に 1 データ) 入力順番が入力番号となる。
PSIM への出力データ数分入力			
4	1	S	PSIM, Simulink への出力データ名 (各行に 1 データ) 出力順番が出力番号となる。

- 解析は時刻ゼロから始まる渦電流を含む過渡磁場解析 (TRANSIENT(3)) とする。時間ステップは一定で設定すること。
- ポスト処理 (POST_PROCESSING(1)) は従来と同様に行うことができる。
- PSIM, Simulink に入出力されたデータは, PSIMout ファイルに表形式で出力される。
- PSIM, Simulink から電圧値を EMSolution の入力として受け取り, 電流値を出力として PSIM, Simulink に受け渡す。

(入力例)

```

*4      ← PSIM, Simulink からの入力データ数
*4      ← PSIM, Simulink への出力データ数
*Vu      ← PSIM, MATLAB/Simulink からの入力データ名 (各行に 1 データ)
          : U 相電圧, 入力番号=1
*Vv      ← : V 相電圧, 入力番号=2
*Vw      ← : W 相電圧, 入力番号=3
*Angle(deg) ← : 回転角度 (回転位置), 入力番号=4
*lu      ← PSIM, MATLAB/Simulink への出力データ名 (各行に 1 データ)
          : U 相電流, 出力番号=1
*lv      ← : V 相電流, 出力番号=2
*lw      ← : W 相電流, 出力番号=3
*Torque(Nm) ← : トルク (電磁力), 出力番号=4

```

* 使用例は「VII. PSIM, MATLAB/Simulink マニュアル」参照

0. リリース番号

行	列	Name	Type	Content
1	1	RLS_NO	S	EMSolution リリース番号。 input ファイルのフォーマットを指定する。

1. 実行制御

行	列	Name	Type	Content
1	1	PRE_PROCESSING	I (0,1)	前処理プロセスを実行
	2	MAKE_SYSTEM_MATRICES	I (0,1)	システム行列の作成プロセスの実行
2	1	SOLVE_EQUATION	I (0,1)	解析プロセスを実行
	2	POST_PROCESSING	I (0,1)	出力プロセスを実行

2. 解析の種類

行	列	Name	Type	Content
1	1	STATIC	I (0,1,2,3)	=1:静磁場解析。 =2:静電場解析。 =3:定常電流場解析。
	2	STEP	I (0,1)	このオプションは無効。0を指定すること。
	3	AC	I (0,1,2)	=1:交流定常解析。非線形表面インピーダンス以外、非線形性(NON_LINEAR(2)=1)が有ってはならない。 =2:複素透磁率を設定(16.1)
	4	TRANSIENT	I (0,1)	渦電流を含む過渡磁場解析。
	5	MOTION	I (0,1,2,3)	運動を含む解析。 19. 運動の定義 に設定が必要。 =1: メッシュ pre_geom(2D) の運動または COIL(17.1) ソースの運動する静磁場・過渡磁場解析 (COIL_MOTION)。 <注意> 交流定常解析では使えません。 <MOTION module>が必要です。 =2: スライド運動解析。メッシュデータは pre_geom(2D) と rotor_mesh(2D) が必要。 交流定常解析時も使える。 <MOTION module>が必要です。 =3: メッシュ変形運動解析。メッシュデータは pre_geom(2D) と deform_mesh(2D) が必要。 <u>ただし, CONTROL ELM MAT ID(19.3)を使用する場合, deform mesh(2D) は必要ない。</u> <DEFORM module>が必要です。
	6	NON_LINEAR	I (0,1)	静磁場あるいは過渡解析での非線形解析。 交流解析で非線形表面インピーダンスを使用するとき。
	7	TEMP_DEPEND	I (0,1)	磁化特性 B-H カーブ(20)および導電率の温度依存解析を行う。 <TEMP_DEPEND module>が必要です。
	8	STEADY_CURRENT	I (0,1)	直流場渦電流解析を行う。

(ヒント)
STATIC, AC, TRANSIENT, STEADY_CURRENT のいずれかが>=1 の時、他は0とすること。

3. ポテンシャルとゲージ条件				
行	列	Name	Type	Content
1	1	POTENTIAL	I (0,1,2,3,4)	<p>使用ポテンシャルの指定。</p> <p>トータルポテンシャル 変形ポテンシャル</p> <p>=0: A Ar</p> <p>=1: (不使用) A Ω_r</p> <p>=2: A + ϕ Ar</p> <p>=3: (不使用) A + ϕ Ω_r</p> <p>=4: As + ϕ</p> <p>ここで、</p> <p>A : トータル磁気ベクトルポテンシャル</p> <p>Ar : 変形磁気ベクトルポテンシャル、</p> <p>Ω_r : 変形磁気スカラポテンシャル(不使用)、</p> <p>ϕ : 電気スカラポテンシャル。</p> <p>As : COIL(17.1)印加磁場による磁気ベクトルポテンシャル。AsをCOIL(17.1)により計算して、ϕを未知数として解く低周波磁場変動下の誘導電流解析を行う。この時、TRANSIENT(2)=1とし、解析領域全体は空気を含まない導体とする。FAR_BOUNDARY_CONDITION(13)=1とする。</p> <p>=0が標準的。電気スカラポテンシャルは通常使う必要はない。静磁場解析の場合は=0。</p> <p>=2は渦電流を含む解析では推奨。</p> <p>(ヒント)</p> <ul style="list-style-type: none"> • ϕを用いると変数が多くなるが、ICCG収束が早くなる場合が多い。特に渦電流を含む解析や、SUFCUR(17.6)を用いる場合に有効 **推奨値**。
				<p>=0: 節点力計算において磁性体内の Maxwell 応力を含む。</p> <p>=1: 磁性体内の Maxwell 応力を無視する。磁性体表面に接する空気部の Maxwell 応力が計算されます。磁性体全体の力やトルクのみが必要な場合は、これで十分。また NODAL_FORCE_METHOD=0 の場合に比べ計算も速い。</p>
				<p>=0: 直流場渦電流計算 (STEADY_CURRENT(2)=1)において、ϕとして電気スカラポテンシャルの時間積分を用いる。</p> <p>=1: 直流場渦電流計算 (STEADY_CURRENT(2)=1)において、ϕとして電気スカラポテンシャルそのものを用いる。CG法の収束が早い。**推奨値**</p>
1	4	FIXED_COORDINATE	I (0,1)	<p>直流場渦電流計算 (STEADY_CURRENT(2)=1) の時有効。</p> <p>=0: 導体に固定された運動座標系を用いる。</p> <p>=1: 空間に固定された座標系を用いる。導体が接触導通して運動する場合、このオプションを指定する必要がある。</p>

行	列	Name	Type	Content
2	1	TREE_GAUGE	I (-1,0,1, 2,3)	<p>=-1:木構造によるゲージを課さない。**推奨値** =0:木構造により完全にゲージを固定する。ゼロ固定 辺は要素順に選択され、規則性はない。 =1:x 方向のツリー辺をゼロ固定する。 =2:y 方向のツリー辺をゼロ固定する。 =3:z 方向のツリー辺をゼロ固定する。 (ヒント) • 0 とすると変数が少くなり解析容量が小さくなるが、-1 の場合に比べて ICCG の収束が極端に遅くなる。 • 1,2,3 の使用は特殊で特に必要はない。</p>
	2	REGULARIZATION	I (0,1)	<p>=1: COIL(17.1), ELMCUR(17.2), SDEFCOIL(17.3)に対して、方程式の正規化を行う。ICCG 法の収束が良くなる。ただし、COIL に電流不連続性があったり、トータルポテンシャル領域に COIL が含まれていたりした場合でも収束し、不合理な結果になることもあり注意が必要。非線形計算等で、ICCG 法の収束が問題なときに使用。</p> <p><注意></p> <p>シリーズ毎に正規化されるので、各シリーズに対して電流の発散がゼロの条件が課される。</p>
	3	RENUMBERING	I (0, -1)	=-1:行列のリナンバリングを行わない。リナンバリングは ICCG 法の収束を早める場合が多いが、-1 とすると、必要容量の節減となる。
	4	SCALING	I (0, -1)	=-1:行列の対角スケーリングを行わない。スケーリングは効果が無い場合が殆どである。必要容量が低減される。
	5	LINE_SEARCH	I (0,1)	=1:非線形解析において、ニュートン・ラフソン計算時の直線探索法によるステップ幅を自動決定する。
	6	MATRIX_ ASYMMETRICITY	I (0,1)	<p>二次元非線形磁気異方性 (ANISTROPY(16.1.1)=3) と Jiles&Atherton モデル、プレイモデル (ANISTROPY(16.1.1)=4, 5) 時に使用される。</p> <p>=0:対称磁気特性とする。強制的に対称として解析する。異方性が弱いとき、対称化しても収束する。</p> <p>=1:非対称磁気特性とする。異方性が強く、対称化すると収束しない場合選択する。計算容量は大きくなる。Jiles&Atherton モデル、プレイモデルを使用するの場合、必須。</p>

4. 形状関数の次数と追加機能				
行	列	Name	Type	Content
1	1	NODE_ORDER	I (1,2)	節点形状関数のオーダ。デフォルト値:1。 =2:メッシュデータで導体部の一次要素は節点二次要素に変換される。
	2	EDGE_ORDER	I (1,2)	辺形状関数のオーダ。デフォルト値:1。 =2:6 面体に対して辺二次要素が使われる。この時, NODE_ORDER=2 である必要があり、メッシュデータ 中の要素は二次要素である必要がある。1時要素との 混在は許されない。
	3	METRIC_MOD	I (0,1,-1)	軸対称二次元計算 GEOMETRY(2)=2)時の中心軸付近の 磁場不具合を無くす。 軸対称二次元解析時は=0, 1 に関わらずデフォルトで=1 とする。 軸対称二次元計算以外では=1 であってもデフォルトで =0 とする。 軸対称二次元解析時に=-1 とすると METRIC_MOD なし =0 で計算する (確認用)。
	4	QUAD_TRI	I (0,1)	=1:四角形要素面と三角形要素面を接合する。ただし、接 合面で節点は共有され、四角形面が三角形面で二分さ れる必要がある。 =0:重なる四角形要素面と三角形要素面はそれぞれ境界 面と判断される。そのような重なりがない場合でも=1 としても良いが、重なりをサーチするための計算時間 が消費される。
	5	CALC_IND	I (0,1)	=1:COIL のインダクタンスを内部で計算する。 17.1.10. COIL 積分要素 の入力が必要。従来、CIRCUIT あるいは NETWORK で入力していたインダクタンスをゼロ とすること。
	6	THIN_ELEMENT	I (0,1)	=1:扁平・扁長要素の収束性の改善を行う。 16.3.THIN_ELEMENT 適用要素特性 に入力データが 必要。特に空気領域に扁平・扁長な要素がある場合に 有効。使用メモリがやや増える。
	7	PARALLEL_NO	I	並列数 (デフォルトは 1) =1 : 並列化を行わない (従来通りの逐次処理計算)。 >1 : 並列数で並列計算を行う。ただし、計算機の最大並 列数 (1 ノードあたりの搭載コア数) を超える場合は、 最大並列数と置き換えて計算を実行する。 <注意> OpenMP による並列計算であるため、異なるノード間、 別筐体間の計算機を使用した並列計算を行うことはで きません。 <PARALLEL module>が必要です。

行	列	Name	Type	Content
1	8	PARALLEL_OPTION	I	<p>要素行列作成の並列化オプション（デフォルトは 0）。 PARALLEL_NO>1 のとき有効です。</p> <p>=0 : 要素係数行列作成の並列化を行う。ただし、並列化用に大きな配列を必要する。</p> <p>=1 : 要素係数行列作成の並列化を行わない。並列化用に増加する配列を極力抑制することができる。</p> <p><PARALLEL module>が必要です。</p>

<注意>

- ギャップ要素等面要素やスライド運動は二次要素に対応していないので、それらが混在して使われるときは、NODE_ORDER=EDGE_ORDER=1 とすること。
- 二次元メッシュの拡張を行う場合(GEOMETRY(12,1)≠0)には、二次要素を用いることはできない。
- 節点二次要素は4面体、3角柱、ピラミッド要素の渦電流解析で精度を向上する。
- THIN_ELEMENT は表皮効果が表れる導体や磁性体の表面では効果は小さい。

(ヒント)

- PARALLEL_NO>1 とすると、check ファイルに確認メッセージを出力します。

例)

```
* NODE_ORDER * . . . * THIN_ELEM * PARALLEL_NO * PARALLEL_OPTION *
  1           . . .           0           0           4
**** Number of parallel threads: 4 ****
      priority : speed
```

5. 収束条件				
行	列	Name	Type	Content
1	1	ICCG_CONV	E	ICCG 法の収束条件。 $10^{-6} \sim 10^{-10}$ 程度が適當。
	2	ACCEL_FACTOR	E	不完全コレスキー分解において対角要素に掛けるファクタ。1.02~1.05 程度が適當。 静磁場解析(STATIC(2)), 交流定常解析(AC(2)), 過渡解析(TRANSIENT(2))の場合は 0.0 あるいは正の数を入力するとそれ以上の値で自動選択される。負数の時はその符号を変えたもので固定される。 (ヒント) ICCG が収束しない場合, このファクタを 1.2 程度に大きくすると収束する場合がある。
	3	DIV_FACTOR	E	ICCG 計算において残差が連續して DIV_ITERATION 回数以前の残差に比べて DIV_FACTOR 倍以上になったとき発散したとして計算を打ち切る。 (ヒント) <ul style="list-style-type: none">ICCG 法の収束が滑らかな場合 DIV_FACTOR=2, DIV_ITERATION=10 程度で良い。収束が不規則な場合や波打つときは DIV_FACTOR>10, DIV_ITERATION>10 (A-Ω 法の時, ゲージ固定したとき(TREE_GAUGE(3)≥0), 磁気閉回路解析のとき等)。繰り返しの初期に大きな残差が連續し, その後収束することがあるので, 繰り返しが続く様に設定すること。同じ様な計算をする場合は, 初期実行の収束状況を見て, できるだけ値を小さくする。 SOLVER(5)=1 : ICCR, IC COCR, IC QMR-COCR で残差が ICCG_CONV まで小さくならなかった場合, CR 系は最小残差がほぼ一定となるため, (残差-最小残差) が ICCG_CONV * 1/DIV_FACTOR よりも小さくなったら収束と判定して計算を打ち切る
	4	DIV_ITERATION	I	対称行列解法： =0:ICCG 法 (デフォルト) **推奨** =1:ICCR 法 注) 対称 Gauss-Seidel CG(SGSCG)法は削除 非対称行列解法： 直交流電流場計算(STEADY_CURRENT=1) および, 非線形二次元磁気異方性解析で MATRIX_ASYMMETRICITY(3)=1 を選択した場合。 =0:ILUBCG STAB 法を用いる。 **推奨値** =1:ILUBCG 法を用いる。 =2:ILUGPBCG 法を用いる。 複素行列解法<交流定常解析(AC(2)=1, 2)の時> =0:IC COCG 法 (デフォルト) =1:IC COCR 法 =3:IC QMR-COCG 法 =4:IC QMR-COCR 法
	5	SOLVER	I	時間ステップクランクニコルソン法パラメータ。 TRANSIENT(2)=1 で渦電流を含む解析で使用され, 入力の時デフォルト値 2/3 とおかれる。0<=THETA<=1
	6	THETA	E	

行	列	Name	Type	Content
1	7	THETA_NETWORK	E	回路計算におけるパラメータ。推奨値 0.5 =1 の時, 後退差分, =0.5 の時, 中心差分。 0.0 を入力するとデフォルト値 0.5 とされる。 0 <= THETA_NETWORK <= 1 非線形要素のある時は, 0.5 とすると解が振動してしまう場合があり, その場合は 1.0 とする。
	8	THETA_MOTION	E	運動計算(OPTION(18)=1,2,3)で変位に対する運動方程式を解く場合 (18.5 のデータを入力した時) のパラメータ。推奨値 0.5。 =1 の時, 後退差分, =0.5 の時, 中心差分。 0.0 入力の時デフォルト値 0.5 とされる。 0 <= THETA_MOTION <= 1 0.5 が適当な模様。
	9	MAX_ITERATIONS	I	線形計算で ICCG 反復回数の打ち切り回数を指定。 指定しない場合, 未知数回となる。
2	1	NON_LINEAR_CONV	E	非線形計算の収束条件。以下線形計算の時意味がない。 10 ⁻³ ~10 ⁻⁵ 程度が適当。ただし, 非線形収束判定を厳しくしたい場合, CHECK_B の使用を推奨する。
	2	NON_LINEAR_RELAXATION	E	非線形計算緩和係数。 通常 1.0。収束しないときは, 0.5 程度まで値を小さくする。 LINE_SEARCH(3)=1 とすると内部緩和係数が自動計算され, この値に内部緩和係数を乗じた値になる。その場合, この値は 1.0 とすること。
	3	NON_LINEAR_ITERATIONS	I	非線形計算の繰り返し打ち切り回数。20 程度が適当。打ち切り後, 次のステップが続行される。
	4	INIT_OPTION	I (0,1)	=0:ステップ計算初期値として前ステップの値を用いる。 MOTION(2)=2 でスライド面の変数も前ステップの値を用いるように改訂。 =1:ステップ計算初期値をゼロクリアする。前ステップの影響で収束が異常になる場合に効果的。
	5	ICCG_CONV_RATIO	E	≠0 の時, ICCG 法の収束値判定値を, 非線形収束値に對しこのファクタをかけたものとする。 =0:デフォルト値として, このファクタは ICCG_CONV / NON_LINEAR_CONV (= ϵ_{CG}) とされる。ICCG 法の収束を各非線形繰り返しにおいて, より強めたいときに使用する。デフォルト値で ICCG 法が収束しておらず, 非線形収束もしない場合に使用すると効果的。

行	列	Name	Type	Content
	6	CHECK_B	E	=0:無効。 ≠0:非線形繰り返しにおいて、磁場の変化分の最大値を出力する。CHECK_B 以上変化した要素の数を出力する。単位は T。 =負値の場合、磁場の変化分を非線形収束判定として使用する。 NON_LINEAR_CONV 値を収束条件として使用しない。この場合、NON_LINEAR_CONV は、ICCG_CONV_RATION のデフォルト値を決める以外、意味を持たない。 NON_LINEAR_CONV よりも非線形収束判定を厳しくすることが容易であるため、CHECK_B の使用を推奨する。
	7	DELTA_A	I (0,1)	=1: 非線形解析の初期値をゼロクリアする。電流源解析で電流がゼロの時刻の計算時に収束が異常になる場合に効果的。

6. ガウス積分点				
行	列	Name	Type	Content
1	1	POINT_IN_1D	I	一方向に対するガウス積分点数 =1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 or 12 一次要素(NODE_ORDER(4)=1)の場合 =3, 二次要素(NODE_ORDER(4)=2)の場合 =5が適当。
	2	POINT_IN_TRIANGLE	I	三角形内積分点数 = 1, -3, 3, 4, 6, 7, 12 =7 が適当だが =3 でも十分。
	3	MAT_POINTS	I (0,1)	非線形計算時における B-H 特性計算点。 =0:中心点でのみ計算。 =1:全ガウス点で計算。 通常 0 で十分。 4 面体のみの解析の場合は 0 とすること。 6 面体のみの解析の場合は 1 が効果的。ニュートン・ラフソン非線形計算が有利となる。 4 面体と 6 面体が混在する場合は、1 と設定すると、内部で 4 面体:0, 6 面体:1 として計算される。

7. 初期条件				
行	列	Name	Type	Content
	1	INITIAL_STEP	I	<p>初期条件の設定。</p> <p>=-1: 初期条件を全てゼロに設定する。すなわち、磁場および電流が全領域でゼロの状態にセットする。</p> <p>≥0: ファイル old_solutions の INITIAL_STEP 番目のステップの解を初期条件とする。</p> <p><注意></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 静解析の場合(STATIC(2)=1), solutions ファイルは、第 1 ステップから出力されている。過渡解析(TRANSIENT(2)=1)では、第 0 ステップは初期条件として出力され、第 1 ステップからが計算出力ステップとなる。 ■ 交流定常解析(AC(2)=1)では、=0 とすること。 ■ 初期実行の出力ファイル solutions を old_solutions と rename して用いる。 ■ リスタート計算ではステップカウンターがリセットされるため、当該ランでは、初期実行の INITIAL_STEP が 0 ステップとなる。
1	2	DATA_TYPE	I (0,1,2,3)	<p>INITIAL_STEP(7)≠-1 の時、有効。</p> <p>=0: 静磁場、過渡解析結果を初期値とする。</p> <p>=1: 交流定常解析結果を初期値とする。</p> <p>=2: 直流場渦電流解析結果を初期値とする。</p> <p>=3: 前計算した結果を用いて再計算する</p> <p>この時、old_solutions ファイル内のステップに対する結果はすべてのステップでの初期値として設定される。</p> <p>初期実行が STEADY_CURRENT(2)=1 かつ POTENTIAL(2)=2, PHI_OPTION(3)=1 で計算した場合、直流場渦電流解析であっても、POTENTIAL(2)=0 あるいは PHI_OPTION(3)=0 の場合は、=0 とすること。</p>
	3	INITIAL_PHASE	E	<p>INITIAL_STEP(7)≠-1, DATA_TYPE(7)>0 の時、有効。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 交流定常解析(AC(2)=1)結果を初期値とするとき、初期値とする位相(deg)を入力。 • 直流場渦電流解析 (STEADY_CURRENT(2)=1) 結果を初期値とし、過渡解析においてメッシュモデルの角度方向幅を変更したとき、直流場渦電流解析での、メッシュモデルの最小角度を入力する。
	4	MULTI	I	直流渦電流場解析 (STEADY_CURRENT(2)=1) 結果を初期値とし、過渡解析においてメッシュモデルの角度方向幅を変更したとき、メッシュモデルの倍数を入力。
	5	OUTPUT_STEP_NO	I	リスタート計算時に出力するステップ番号を設定する時、出力するステップ数の一つ前の番号を入力する。 =0: デフォルト
	6	ALL_STEP_OUTPUT	I (0,1)	=1: output ファイルに計算された全ステップ結果を出力する。

<注意>

- 初期実行の結果を初期値として、リスタートする場合は、メッシュ、ポテンシャル、回路電源構成は変更されてはならない。ただし、以下は許される。
 - ポテンシャルに電気スカラポテンシャル ϕ を追加。例えば POTENTIAL(3)=0 から 2 への変更。
 - 定電流源の定電圧源への変更。ただし、電源電流初期値を入力のこと。
- スライド運動を用いた場合は、可動部の位置が完全に一致すること。
- 直流場渦電流解析結果を初期値とし過渡解析を行う時、以下の場合がある。
 - 直流場渦電流解析と過渡解析でメッシュモデルが同じで、PHI_OPTION=0 の結果。DATA_TYPE=0 とする。INITIAL_PHASE, MULTI は不要。
Old_solutions ファイルを読み込む。
 - 直流場渦電流解析と過渡解析でメッシュモデルが同じで、POTENTIAL=2, PHI_OPTION=1 の結果。
DATA_TYPE=2 とする。INITIAL_PHASE, MULTI は不要。
old_solutions ファイルを読み込む。
 - 直流場渦電流解析と過渡解析でメッシュモデルが異なり、POTENTIAL=2, PHI_OPTION=1 の結果。
DATA_TYPE=2 とする。INITIAL_PHASE, MULTI を入力。INITIAL_STEP=1 に限られる。
Regular_mesh_pot ファイルを読み込む。
過渡解析のメッシュが回転周期対称性を持ち、直流場渦電流解析のメッシュは過渡解析メッシュの一周期を取り出した場合に限られる。
- 運動方程式連成解析結果よりリスタートする場合、**motion** ファイルを **old_motion** と rename する必要がある。
- 運動方程式との連成解析における解析結果を DATA_TYPE=3 として再解析する場合、毎ステップの変位量が変化するので注意が必要。この場合 DATA_TYPE=3 でのリスタート解析は行わない方が良い。

8. 計算ステップ, 周波数

静磁場/静電場/定常電流場(STATIC(2)=1,2,3), 過渡解析(TRANSIENT(2)=1), 直流場渦電流(STEADY_CURRENT(2)=1)の場合

行	列	Name	Type	Content
1	1	NO_STEPS	I	計算ステップ数。第0ステップを含まない。 ≥ 1
	2	INITIAL_TIME	E	第0ステップの時刻。
	3	DELTA_TIME	E	ステップ時間間隔 >0 。
	4	NO_DATA	I	計算ステップ設定データ数 (デフォルト値: 1)
	5	CYCLIC	I	COIL(17.1)磁場の一周期分のステップ数。COIL(17.1)運動の解析で有効。一周期分の磁場は cyclic_source ファイルに保存され、二周期目以降の計算に使用される。
	6	N_CORRECT	I	TP-EEC 有限要素法で補正される計算ステップ番号。 >0 :一周期性, <0 :半周期性。
	7	N_BACK	I	TP-EEC 有限要素法で N_BACK 計算ステップ戻って補正される。一周期性で収束性が悪いときに, $=N_CORRECT/2$ が有効な場合がある。
	8	TP_EEC_OPTION	I	$=1$ のとき, 簡易版 TP-EEC 有限要素法を適用する。 $N_CORRECT < 0$: 半周期性で補正。 $MOTION(2)=2$ のとき, 固定側(pre_geom(2D))とそれに接続されている回路値を補正。 <0 のとき, 多相交流簡易 TP-EEC 法で補正する多相交流数。 $=3$ のとき, dq-TP-EEC 法を適用する。
	9	TP_STEP	I	定常周期性を用いた初期値設定で使用される計算ステップ番号。 >0 :一周期性, <0 :半周期性。
	10	TP_STEP_OPTION	I	≥ 1 のとき, $TP_STEP \times TP_STEP_OPTION$ の周期から定常周期性を用いた初期値設定を使用する。 $=1$:デフォルト

NO_DATA ≥ 2 のとき, 以下, NO_DATA-1 行のデータを入力

2	1	NO_STEPS	I	計算ステップ数
	2	DELTA_TIME	E	ステップ時間間隔 >0 。 一つ前のデータに続き, DELTA_TIME 間隔で NO_STEPS 数の時刻で計算が行われる。

<注意>

- ステップ番号は, INITIAL_TIME を 0 ステップとし, ステップごとに 1 加算される。トータルのステップ数は NO_DATA 個の NO_STEPS 数を加えたものとなる。
静磁場解析では, 第 1 ステップから計算される。INITIAL_TIME は計算されない。
過渡解析では, 第 0 ステップを初期値として前進する。三点差分で時間微分を取るとき (TIME_DIFFERENCE(9)=3) は出力最終時刻より 1 ステップ余分に解析すること。
- N_CORRECT を使用する場合, 一周期もしくは半周期の時刻が DELTA_TIME \times N_CORRECT となるように設定すること。TP_EEC_OPTION=1 でも同様。

交流定常解析 (AC(2)=1) の場合

行	列	Name	Type	Content
1	1	FREQUENCY	E	交流解析における周波数を入力。

8.1. 多相交流簡易 TP-EEC 法および dq-TP-EEC 法設定領域				
N_CORRECT<0, TP_EEC_OPTION<0 の時必要				
行	列	Name	Type	Content
2	1	NO_MAT_IDS_IN_PHASE	I	一相あたりの物性番号の数。
	2	SOURCE_CORRECTION	I	=1: COIL を補正対象としたい場合に使用
	3	FUNDAMENTAL_FREQUENCY	E	基本波周波数[Hz] dq-TP-EEC 法 (TP_EEC_OPTION=3) の場合に必要。
行 2 のデータを TP_EEC_OPTION 回繰り返す。dq-TP-EEC 法 (TP_EEC_OPTION=3) の場合は 3 回繰り返す。				
3	1	MAT_ID_NOS	I * NO_MAT_IDS_IN_PHASE	相ごとの物性番号数。 TP_EEC_OPTION × NO_MAT_IDS_IN_PHASE 個必要

9. 出力ステップ, フェーズ				
静磁場/静電場/定常電流場(STATIC(2)=1,2,3), 過渡解析(TRANSIENT(2)=1), 直流場渦電流(STEADY_CURRENT(2)=1)の場合				
行	列	Name	Type	Content
1	1	INITIAL_STEP	I	出力の最初の計算ステップ番号。
	2	LAST_STEP	I	出力の最後の計算ステップ番号。
	3	STEP_INTERVAL	I	出力のステップ間隔数。 AVERAGE(10)=-1,1 での時間平均ステップ間隔数
	4	TIME_DIFFERENCE	I (2,3)	時間微分の差分点数。過渡解析時に意味を持つ。 =2 の時中心差分が行なわれ, 計算ステップの中間時刻で結果が出力される。 =3 (デフォルト) の時三点差分され, 計算ステップで結果が出力される。
	5	RESTART_FILE_OPTION	I (0,1)	=0:solutions ファイルへの結果書き込みを全ステップに対して行う。 =1:solutions ファイルへの書き込みを指定のステップのみに行う。ポスト処理は指定のステップのみにしか行えない。solutions ファイルのサイズが小さくなる。
交流定常解析(AC(2)=1)の場合				
1	1	INITIAL_PHASE	E	出力の最初の位相 (deg)
	2	LAST_PHASE	E	出力の最後の位相 (deg) > INITIAL_PHASE
	3	PHASE_INTERVAL	I	出力のフェーズ間隔 (deg) >0.
以下のファイル出力(10)およびプリント出力(11)に対する出力ステップを規定する。				

10. 入出力ファイル				
10.1. 入力ファイル				
行	列	Name	Type	Content
1	1	INPUT _MESH _FILE	I	<p>入力メッシュファイル形式の指定。</p> <p>=1:無効。代わりに MESHLESS=1 とする。</p> <p>=0:入力メッシュファイル無し。</p> <p>MESHLESS=0 の場合、直方体メッシュ自動生成データ(15)が必要。</p> <p>=1: I-DEAS Univesal file (unv,ids)</p> <p>=2: ATLAS file</p> <p>=3: Nastran file (nas)</p> <p>=4: KSWAD file (ksw)</p> <p>=5: Femap Neutral file (neu)</p> <p>=6: CADAS file (cad)</p> <p>=7: Abaqus input file (inp)</p> <p><注意></p> <p>入力メッシュファイル名 (pre_geom,pregeom_2D,rotor_mesh,rotor_mesh_2D,deform_mesh,deform_mesh2D)に ATLAS file 以外の場合、上のかっこ内の拡張子を追加する。</p> <p>注)=6 オプションは CADAS モジュールが必要です。</p> <p><u>MESHLESS=1 の時、B_integ_mesh のファイル形式を入力。</u></p>
	2	UNIT	I (0,1,2)	<p>入力メッシュファイルの節点座標の単位。</p> <p>=0:m</p> <p>=1:mm</p> <p>=2:μm</p>
	3	NO_MESHES	I	<p>スライド運動時の固定部を含めたメッシュ数。</p> <p>独立な可動部が 2 以上ある場合に入力する。可動部の数は 4 以下とする。スライド運動時においては、デフォルトは 2。</p> <p>メッシュファイルは、NO_MESHES だけ必要とされ、 pre_geom:固定部メッシュ rotor_mesh(2D):1 番目可動部メッシュ rotor_mesh(2D) 2:2 番目可動部メッシュ rotor_mesh(2D) 3:3 番目可動部メッシュ</p> <p>とする。</p> <p>二次元メッシュにはそれぞれ 2D を付ける。</p> <p>ファイル形式の拡張子を付ける。</p>
	4	MESHLESS	I (0,1)	<p>=0:INPUT_MESH_FILE で指定した形式のメッシュファイルを使用する (デフォルト)。</p> <p>=1:メッシュデータを使用しない。NETWORK(17.9)のみ, COIL(17.1)のみでの回路計算を行う際に使用。ただし、磁化および電流による空間磁束密度の出力を用いて COIL(17.1)のみの磁場分布計算を行う際には、INPUT_MESH_FILE で指定した形式のメッシュファイル(B_integ_mesh)を B_INTEG(11.1)の計算点として使用する。</p>

10.2. 出力ファイル				
行	列	Name	Type	Content
1	1	POST_DATA_FILE	I	<p>出力データファイル形式の指定 =0: データファイルへの出力無し。 =1: I-DEAS Universal file =2: ATLAS file =3:Nastran BDF file (QVOL 用) =4: KSWAD file =5: Femap Neutral file =6: CADAS file (post.cad) =8: HyperView Ascii file (post.hwascii) Abaqus input file での出力はできない。 注)=6 オプションは CADAS モジュールが必要です。 =3 オプションは post_geom ファイルを Nastran BDF file で出力します。HEAT=1 と IRON_LOSS>0 とすると QVOL カードデータとしてトータル損失 (HEAT+IRON_LOSS) を出力します。TEMP カードデータを連成解析用に損失出力領域の節点ダミーデータとして出力します。 NODAL_FORCE(11.1)=3 の時, 電磁力をファイル post_geom に追加出力する。</p>
	2	ELEM_OUT	I (0,1)	=1:要素量をファイル出力する。
	3	NODE_OUT	I (0,1)	=1:節点量をファイル出力する。
	4	NUMBER_OUTPUT_MATS	I	<p>ファイル出力する物性番号(16)の数。 post_geom ファイル, elem ファイルにも対応。 =0 の時, 全ての物性を選択。 >0 の時, 次の行(MAT_ID_NOS(10))にこの数だけの物性番号を入力する。 <0 の時, 次の行(MAT_ID_NOS(10))に指定された物性番号を除いてファイル出力する。</p>

10.2. 出力ファイル(続き)

行	列	Name	Type	Content
1	5	AVERAGE	I (-1,0,1)	<p>要素発熱量(HEAT(10.2, 11.1)と鉄損出力(IRON LOSS(10.2, 11.1))で使用される。</p> <p><要素発熱量 HEAT></p> <p>=0:時間平均しない。交流解析時(AC(2)=1)では、平均発熱量は出力されない。</p> <p>=1:過渡計算時 : STEP_INTERVAL(9)ステップの平均をSTEP_INTERVAL毎に出力。</p> <p>交流定常計算時 : 一周期平均。このとき、発熱以外は出力されない。</p> <p><鉄損算出 IRON LOSS></p> <p>=0:出力なし。</p> <p>=1:一周期の非線形静磁場解析 (STATIC(2)=1), または非線形過渡解析 (TRANSIENT(2)=1) の計算結果より, ポスト処理 (POST_PROCESSING(1)=1, PRE_PROCESSING(1)=MAKE_SYSTEM_MATRICES(1)=SOLVE_EQUATION(1)=0)による鉄損算出で使用。</p> <p>=-1:半周期の非線形静磁場解析 (STATIC(2)=1), または非線形過渡解析 (TRANSIENT(2)=1) の計算結果より, ポスト処理 (POST_PROCESSING(1)=1, PRE_PROCESSING(1)=MAKE_SYSTEM_MATRICES(1)=SOLVE_EQUATION(1)=0)による鉄損算出で使用。</p> <p>IRON LOSS(11.1)=3 のときは一周期 (=1) とする。</p> <p>詳細は VI 章を参照ください。</p> <p><ポスト処理による周波数分解 POST_FFT></p> <p>=1: 周波数分解された次数ごとの物理量をスペクトルとして出力する。</p>
	6	WIDE	I (0,1,2)	<p>=0:ポストデータの出力有効桁が 6 桁。</p> <p>output ファイルの出力有効桁が 6 桁。</p> <p>CADAS 節点座標出力の有効桁が 6 桁。</p> <p>=1: ポストデータの出力有効桁が 9 桁。</p> <p>output ファイルの出力有効桁が 9 桁。</p> <p>CADAS 節点座標出力の有効桁が 16 桁。</p> <p>=2: ATLAS 節点座標出力の有効桁が 12 桁。</p> <p>注) ATLAS 以外の入力メッシュに対する ATLAS 中間ファイルは本指定に依らず 12 桁。</p>
	7	SUF_OPTION	I (0,1)	<p>=0:面要素は、表面インピーダンス要素、ギャップ要素、非磁性薄板要素のみをポストメッシュファイル post_geom に出力する。</p> <p>=1:入力された面要素を追加する。</p>
	8	POST_COORDINATE	I	>0:出力ファイル(10.2.)のポストデータを出力する座標系番号(12.2)。出力オプション(11.1)にも適用される。

10.2. 出力ファイル(続き)				
行	列	Name	Type	Content
1	9	COIL_OPTION	I (0,1)	=0:COIL(17.1)を post_geom , t_r_interface (16.1.1)に出力する。 =1: COIL(17.1)を出力しない。
	10	POST_FFT	I (-1,0,1)	=1: ポスト処理にて周波数分解を行う。STEP_INTERVAL(9)のステップを一周期として磁束密度(magnetic)等が次数別に出力される。 =-1: ポスト処理にて電磁力 (NODAL_FORCE と FORCE_J_B) をその次数での周波数分解を行う。
NUMBER_OUTPUT_MATS(10)>0 の時, 2行が必要。				
2	1	MAT_ID_NOS	I*NUMBER_OUTPUT_MATS	ファイル出力する物性番号 MAT_ID(16), SMAT_ID(16)を指定する。
POST_FFT=1 の時, 3~5行が必要。 POST_FFT=-1 の時, 3~5行が必要				
3	1	FREQUENCY	E	周波数分解での基本波周波数 (Hz)
	2	NO_OUTPUT_FREQUENCY	I	=0 の時, 全ての周波数を出力。 >0 の時, 次の行(ORDERS)にこの数だけの周波数次数を入力する。
4	1	INITIAL_PHASE	E	出力の最初の位相 (deg)
	2	LAST_PHASE	E	出力の最後の位相 (deg) >INITIAL_PHASE
	3	PHASE_INTERVAL	I	出力のフェーズ間隔 (deg) >0.
NO_OUTPUT_FREQUENCY>0 の時, 5行が必要。				
5	1	ORDERS	I*NO_OUTPUT_FREQUENCY	ファイル出力する周波数次数を指定する。 周波数ではないことに注意。
交流定常解析(AC(2)=1)の場合と同様の設定項目				

10.2. 出力ファイル(続き)				
行	列	Name	Type	Content
	1	MESH	I (0,1)	ポスト処理用のメッシュデータファイル(post_geom)の出力オプション。
	2	CURRENT	I (0,1,2)	電流データファイル(current)の出力オプション。 導体部, ソース電流 (ELMCUR(17.2), SDEFCOIL(17.3), PHICOIL(17.4), DCCURR(17.5), SUFCUR(17.6))の電流分布(A/m ²)および発熱分布(W/m ³)を出力。表面インピーダンス (16.2 参照)に対しては, ファイル surface_current に, 面電流分布(A/m)のみを出力。 <静電場解析(STATIC(2)=2)の時> 電場データファイル(electric)の出力オプション。 =1 のとき, 電束密度(C/m ²)と静電エネルギー密度 (J/m ³)を出力。 =2 のとき, 電界強度(V/m)と静電エネルギー密度 (J/m ³)を出力。
6	3	MAGNETIC	I (-1,0,1,2, 3,11)	磁場データファイル(magnetic)の出力オプション。 =1 のとき, 外部電流磁場ソース (17.1)を加えた全磁 束密度(T)を出力。 =-1 のとき, 外部電流磁場ソース(17.1)を除いた誘起 された磁束密度(T)を出力。 二次元計算の時は, 磁束量(Wb)も出力する。 (ヒント) 磁性体と空気の境界で, 磁束密度が不連続になるが, 節点量を同時に出力すると境界で平均された磁束密 度が出力される。これを避けるためには, それぞれ の物性を指定して別計算で出力すること。 =3 のとき, 各要素の要素番号, 要素の物性番号, 中 心座標 XYZ(m), 磁束密度(T)を出力する。ファイル 出力形式は固定。 =11 のとき, =1 の時の出力データに加えて磁気エネ ルギー(J/m ³)も出力 <積層鉄心鉄部の磁束密度出力> 積層鉄心近似法である均質化法(PACKING(16.1.1))に による解析結果より, ポスト処理として積層鉄心鉄部 の磁束密度(T)を出力。 鉄損算出(IRON_LOSS=1,2)の時, =1:全体座標系で出力。 =2:局所座標系(x,y:積層面内方向, z:積層方向)で出力。

10.2. 出力ファイル(続き)				
行	列	Name	Type	Content
	4	FORCE_J_B	I (0,±1,±2)	<p>ローレンツ力 $\mathbf{J} \times \mathbf{B}$ の分布をファイル(force_J_B)に出力。導体部, ソース電流(ELMCUR(17.2), , SDEFCOIL(17.3), PHICOIL(17.4), DCCURR(17.5), SUFCUR(17.6))に対して適用する。</p> <p>節点に対して節点力(N)を出力。正値のとき, 対称面上節点に対し対称面両側の節点力を含む。負値のとき, この対称処理を行なわない。</p> <p>=±1 のとき, 要素積分力(N)を出力。</p> <p>=±2 のとき, 要素平均力(N/m³)を出力。</p> <p><注意></p> <p>この出力オプションは非磁性導体, ソース ELMCUR(17.2), SDEFCOIL(17.3), PHICOIL(17.4), DCCURR(17.5), SUFCUR(17.6)に使える。</p> <p>COIL 形式のソース(17.1)のローレンツ力は, COIL_FORCE により出力される。</p>
6	5	FORCE_NODAL	I (0,±1,±2)	<p>節点力法により求められた電磁力をファイル(force)に出力。節点に対して節点力(N)を出力。正値のとき, 対称面上節点に対し対称面両側の節点力を含む。負値のとき, この対称処理を行わない。</p> <p>要素量を出力するとき(ELM_OUT(10)=1)は,</p> <p>=±1 : 要素積分力(N)を出力。</p> <p>=±2 : 要素平均力(N/m³)を出力。</p>
	6	DISPLACEMENT	I (0,1)	運動を含む解析の時(MOTION(2)=1,2)運動部の節点変位(m)をファイル(disp)に出力する。
	7	ELEMENT	I (0,1,2)	<p>=1 : 各要素の要素番号, 中心座標 XYZ(m), 体積(m³)をファイル(elem)に出力する。ファイル出力形式は固定。</p> <p>=2 : =1 に加えて要素の物性番号を出力する。</p>
	8	HEAT	I (0,1,2)	<p>=1 : 要素平均発熱(W/m³)および発熱量(W)をファイル(heat)に出力する。時間平均するかどうかは AVERAGE(10)で入力。</p> <p>=2 : 各要素の要素番号, 要素の物性番号, 中心座標 XYZ(m), 要素平均発熱(W/m³)を(heat)に出力する。ファイル出力形式は固定。</p> <p>ソース(17)の導電率を指定した場合に発熱(W/m³)を出力</p>

10.2. 出力ファイル(続き)

行	列	Name	Type	Content
6	9	MAGNETIZATION	I (-1,0,1,2, 3,4)	=1 : 磁性体要素磁化ベクトル(T), =-1 : 磁界強度ベクトル(A/m), =2 : MAGNET(17.7)の減少率とパーミアンス係数(H)をファイル(magnetization)に出力する。 =3 : 磁性体領域の透磁率を出力。ただし、対角成分 (MU_X, MU_Y, MU_Z) のみの出力となる。 =4 : 残留磁束密度と着磁率をファイル (initial_magnetization.dat)に出力 永久磁石用 BH カーブ(20.1)と永久磁石の着磁率曲線(20.6)のデータが必要。
	10	IRON_LOSS	I (0,1,2)	IRON_LOSS(11.1)>0 の時, 有効。 積層鉄心近似の鉄損をファイル(iron_loss)に要素量(ELM_OUT(10)=1)として出力する。 =1 : 鉄損密度(W/kg)と鉄損(W)を出力。 =2 : 鉄損密度(W/m ³)と鉄損(W)を出力。 IRON_LOSS(11.1)=3 のときは=2 とすること。
	11	E	I (0,1)	不使用
	12	COIL _FORCE	I (0,1)	COIL 積分要素(17.1.9) (LOOP-,GCE-,ARC-, MESH-) の電磁力を計算し, output ファイルに 全体のローレンツ力 $J \times B$ (N)を出力。 磁化および電流積分による空間磁場(11.4)のデータ入力が必要。 MESH-(17.1.9)の場合, COIL_force ファイルに要素積分力分布(N) を出力。

11. プリント出力				
11.1. 出力オプション				
出力ファイル output に出力する項目を設定する。				
行	列	Name	Type	Content
1	1	MESH	I (0,1)	モデルメッシュ情報(節点, 要素等)の詳細情報の出力。check 用。
	2	A	I (0,1)	全辺上の磁気ベクトルポテンシャルの線積分量の出力。check 用。
	3	V	I (0,1)	全節点上の電気スカラポテンシャルの出力。check 用。
	4	B	I	不使用。 磁束密度出力は, ファイル出力の MAGNETIC(10)を使用のこと。
	5	B_INTEG	I (0,1,2,3)	磁化および電流による空間磁束密度(T)の出力。磁化および電流(渦電流, ELMCUR(17.2), SDEFCOIL(17.3), PHICOIL(17.4), DCCURR(17.5), SUFCUR(17.6)), COIL(17.1)による磁場を積分したもの。磁化および電流積分による空間磁場(11.4)のデータが必要。 =1 : 有効桁 6 桁出力 =2 : 有効桁 9 桁出力 =3 : 有効桁 16 桁出力 二次元並進対称計算(GEOMETRY(12)=1)にも対応。 <注意> MOTION(2)使用時は計算点の座標系は全体座標系(静止座標系)で計算される。
	6	J_Q	I (0,1)	不使用。 電流密度および発熱分布出力は, ファイル出力の CURRENT(10)を使用のこと。
2	1	Q_AVERAGE	I	不使用。 要素発熱量の分布出力は, ファイル出力の HEAT(10)を使用のこと。
	2	HEAT	I (0,1)	導体全体および物性毎の発熱量(W)を出力。 時間平均するかどうかは AVERAGE(10)で指定。 ソース(17)の導電率を指定した場合にソース毎の発熱量(W)を出力
	3	MAG_FLUX	I (0,1)	閉曲線と鎖交する磁束量(Wb)の出力。鎖交磁束計算ループ(11.2)のデータ入力が必要。
	4	CUR_FLUX	I (0,1)	面を通過する電流量(A)の出力。通過電流計算面(11.3)のデータ入力が必要。

行	列	Name	Type	Content
	1	FORCE_J_B	I (0,1)	$\neq 0$: ローレンツ力 $\mathbf{J} \times \mathbf{B}$ を物性毎および合計を出力する。 COIL 積分要素(17.1.9)の電磁力出力は, COIL_FORCE (入出力ファイル(10)) に変更。
	2	FORCE_NODAL	I (0,1,2,3)	=1: 節点力による電磁力を物性毎および合計を出力する。 =2: 空気を含む領域の節点力積算値の出力を加える。 節点力積算領域(11.5)のデータ入力が必要。 =3: 面物性番号の電磁力をファイル surface_force に面要素メッシュと共に出力する。 output ファイルにもトータル力を出力する。
3	3	MAGNETIC_ENERGY	I (0,1)	=1: 各領域およびトータルの磁気エネルギー(J) (energy, co_energy およびその平均(BH/2)) を出力。 変形ポテンシャルを使用している場合, その領域およびトータルの値は正しくない。また, 線形および等方非線形のみの磁気特性のみに使用できる。 $co_energy = \int \int \mathbf{B} d\mathbf{H} dv, \quad energy = \int \int \mathbf{H} d\mathbf{B} dv,$ $BH / 2 = \int \int (\mathbf{B} \mathbf{H} / 2) dv$
	4	IRON_LOSS	I (0,1,2,3)	各領域およびトータルの鉄損(W)を出力。体積要素特性(16.1.1)のデータ入力が必要。 =1: 磁束密度の最大値による算出法。鉄損算出入力パラメータ(11.6)のデータ入力も必要。 =2: 磁束密度波形による算出法。 =3: PlayModel (ANISOTROPY(16.1.1)=5) によるヒステリシス損算出。使用には< HYSTERESIS module>が必要です。 <交流定常解析(AC(2)=2)の時> =1 のとき, 磁気損失(W)を出力。

11.2. 鎮交磁束計算ループ

閉曲線、閉曲面と鎖交する磁束量の出力の場合 (MAG_FLUX(11.1)=1)、閉曲線、閉曲面ループを定義する。

行	列	Name	Type	Content
1	1	NO_LOOPS	I	閉曲線ループの数。
	2	READ_OPTION	I (0,1,2)	=0 : 節点番号入力 =1 : 線要素物性番号入力 =2 : 面要素物性番号入力。flux ファイルを出力
READ_OPTION=0 の時、行 2,3 のデータを NO_LOOPS 回繰り返す。				
2	1	NO_NODES	I	一つのループが通る節点数。始点、終点を含む。
3	1	NODE_IDS	I * NO_NODES	ループが通る節点番号を順次入力。連続する節点は辺の両端に無ければならない。 一つのループは対称性を考えて閉じていればよい。解析領域で閉じている場合は、始点と終点は一致する。 一行に記載すること。
READ_OPTION=1 の時、行 2 のデータを NO_LOOPS 回繰り返す。				
2	1	LINE_MAT_IDS	I	各ループを定義している線要素物性番号 要素方向が揃っている必要があり、線要素の向きに対して右ねじを正とした磁束量が出力される。 一行に記載すること。
READ_OPTION=2 の時、行 2 のデータを NO_LOOPS 回繰り返す。				
2	1	MAT_IDS	I	各ループを定義している面要素物性番号 要素方向が揃っている必要があり、面要素の向き(右ねじ方向)を正とした磁束量が出力される。 一行に記載すること。
<注意> ループに鎖交する外部電流磁場ソースを含む全磁束量を求めます。 READ_OPTION=1 の時は、メッシュファイル pre_geom にループを定義する線要素、もしくは面要素を含めてください。線要素、面要素を変更したときは、PRE_PROCESSING(1)を =1 してください。				
(ヒント)				
<ul style="list-style-type: none"> 線要素の場合、例えば $x=0$ 面対称性があり xy 面にある円ループを鎖交する磁束を求めるとき、$x \geq 0$ の半円部を定義すればよい。出力量は円ループを鎖交する $1/2$ になる。 二次元解析の場合 (12.1 参照) は、magnetic ファイルに出力される磁束量が、その節点を通るループの磁束量になっている。 面要素の場合、二次元解析 (12.1 参照) でも線要素を面要素物性番号として定義することで磁束量を出力可能です。また、output ファイルに面要素ごとの平均磁束密度(T)が追加されて出力されます。加えて、flux ファイルに、LOOP ID、面要素番号、面要素中心座標、面要素の磁束密度の法線成分が出力されます。 				

11.3. 通過電流計算面

面を通過する電流量の出力の場合(CUR_FLUX(11.1)=1)電流量を計算する面を定義する。

行	列	Name	Type	Content
1	1	NO_SURFACES	I	通過電流を計算する面要素の物性番号数。
2	1	MAT_ID_NOS	I* NO_SURFACES	面を構成する面要素の物性番号。 面を構成する面要素が入力メッシュデータファイル pre_geom あるいは rotor_mesh に含まれなければならない。面要素は、導体体積要素の面に一致する必要がある。面要素の向き（右ねじ方向）は、体積要素に対して外向きとする。体積要素から流出する電流量が合計される。 面要素の物性番号を負値とすると、面要素の向きを逆向きにする。二次元解析の場合有用。

11.4. 磁化および電流積分による空間磁場

磁化および電流(渦電流, ELMCUR(17.2), SDEFCOIL(17.3), PHICOIL(17.4), DCCURR(17.5), SUFCUR(17.6))による磁場の積分による空間磁束密度の出力の場合 (B_INTEG(11.1)=1) および COIL(17.1)の電磁力の計算をする場合(COIL_FORCE(10.2)=1), モデルの対称性と評価点を入力する。

行	列	Name	Type	Content
1	1	X_SYMMETRY	I (-1,0,1)	= 0 : x=0 面に対して対称性無し。 = 1 : x=0 面が Bn=0 の対称面。 =-1 : x=0 面が Ht=0 の対称面。
	2	Y_SYMMETRY	I (-1,0,1)	= 0 : y=0 面に対して対称性無し。 = 1 : y=0 面が Bn=0 の対称面。 =-1 : y=0 面が Ht=0 の対称面。
	3	Z_SYMMETRY	I (-1,0,1)	= 0 : z=0 面に対して対称性無し。 = 1 : z=0 面が Bn=0 の対称面。 =-1 : z=0 面が Ht=0 の対称面。
	4	ROTATION	I	Z 軸に対する回転対称次数。 すなわちモデルを $2\pi/ROTATION$ だけ z 軸を中心にして回転したとき, 磁場が一致する。 負の時は, 磁場が反転する。 回転対称性のないとき=1 とすること。
2	1	NO_POINTS	I	計算点数。
	2	NO_MAT_IDS	I	加算する物性番号数。
	3	NO_COIL_SERIES	I	外部電流磁場ソースシリーズ数 $NO_MAT_IDS+NO_COIL_SERIES \geq 1$
	4	INTEG_OPT	I (0,1)	=0 : 要素ガウス点での磁化あるいは電流を積分する。 =1 : 要素中心のみに対して積分を行う。 磁場計算および COIL(17.1)電磁力計算時に適用される。

行	列	Name	Type	Content
2	5	MESH_INPUT	I (0,1)	=1 : B_integ_mesh ファイルの節点データを B_INTEG(11.1) の計算点として使用する。メッシュファイルフォーマットは INPUT_MESH_FILE(10.1) と同じにすること。MESHLESS=1 でなくとも使用可能。 このとき, NO_POINTS=0 とすること。COIL(17.1) のみの解析で有効で COIL 形状データは MESH(11.1)=1 のとき post_geom に出力される。
行 3 を NO_POINTS 回繰り返す。				
3	1	XP	E	計算点 x 座標(m)
	2	YP	E	計算点 y 座標(m)
	3	ZP	E	計算点 z 座標(m)
4	1	MAT_IDS	I*NO_MAT_IDS	磁化および電流の積分を加える物性番号 MAT_ID (16)
5	1	COIL_SERIES_NOS	I*NO_COIL_SERIES	加え合わせる外部電流磁場シリーズ番号 SERIES_NO (17.1)
<注意>				
対称性は 13. 境界条件のデータと矛盾無く入力すること。 並進対称性の場合、本計算は使用できない。				
14. 周期境界条件で回転対称条件を入力した場合は、それが優先される。				
(ヒント) 解析モデル領域を x,y,z それぞれに対して対称性がある場合、モデルの反対側を加え倍にしてゆき、それを ROTATION 回 2π / ROTATION の角度のずれたものを加えあわせたとき、対称性を考えない全体モデルとなるようにする。 例えれば、 X_SYMMETRY=1, Y_SYMMETRY=1, Z_SYMMETRY=-1, ROTATION=1 は X_SYMMETRY=1, Y_SYMMETRY=0, Z_SYMMETRY=-1, ROTATION=2 と同値である。				

11.5. 節点力積算領域				
FORCE_NODAL(11.1)=2 の時、必要				
行	列	Name	Type	Content
1	1	NO_FORCE_REGIONS	I	領域数。
行 2,3 のデータを NO_FORCE_REGIONS 回繰り返す。				
2	1	NO_MAT_IDS	I	領域に含まれる物性番号の数。
3	1	MAT_IDS	I* NO_MAT_IDS	領域に含まれる物性番号。
<注>ここで含める物性番号(16.1)は空気領域でもよいが、トータルポテンシャル領域に指定されていなければならない。異なる領域に同じ物性番号が現れてもよい。				

11.6. 面要素の節点力出力				
FORCE_NODAL(11.1)=3 の時、必要				
行	列	Name	Type	Content
1	1	NO_SMAMT_IDS	I	面要素物性番号数。
行 2 のデータを NO_SMAMT_IDS 回繰り返す。				
2	1	SMAT_IDS	I	面要素物性番号。

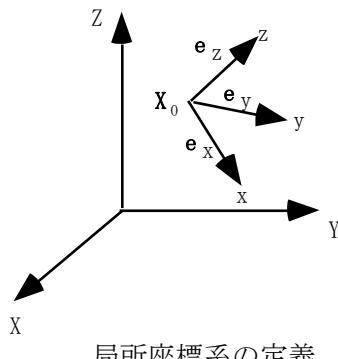
11.7. 鉄損算出入力パラメータ				
IRON_LOSS(11.1)=1 (磁束密度の最大値による算出法) の時, 必要 <交流定常解析(AC(2)=2)の時> FREQUENCY のみを設定				
行	列	Name	Type	Content
1	1	FREQUENCY	I	交番磁界の周波数(Hz)
	2	ALPHA	E	積層面内渦電流損の周波数のべき乗 α 。 デフォルトは 2.0
	3	BETA	E	積層面内渦電流損の磁束密度のべき乗 β 。 デフォルトは 2.0
	4	GAMMA	E	ヒステリシス損の磁束密度のべき乗 γ 。 デフォルトは 2.0
鉄損算出式				
積層鉄心の鉄損算出法として, 2 種類の方法を用意している。11.6. 鉄損算出入力パラメータで設定する入力パラメータは, 「磁束密度の最大値による算出法」で使用されるものである。				
単一周波数 f , 振幅 B_{max} (磁束密度の最大値) の交番磁界が印加された場合, 鉄損は以下の推定式から計算される。				
$W_i = W_{e\parallel} + (w_{e\perp} + w_h) \Delta V_i = W_{e\parallel} + (K_e f^\alpha B_{max}^\beta + K_h f B_{max}^\gamma) \Delta V_i$				
式中の f , 積層面内の渦電流損 $w_{e\perp}$ とヒステリシス損 w_h の f , B_{max} のべき乗である α , β , γ を入力する。簡易的に, $\alpha=\beta=\gamma=2.0$ が使用されている。				
<交流定常解析(AC(2)=2)の時>				
単位時間, 単位体積当たりのコアロス(W/m3)は複素透磁率の虚部 μ'' を用いて次式で計算される。				
$W = \frac{\omega}{2\pi} \int \mathbf{H} d\mathbf{B} = \frac{1}{2} \omega \mu'' \mathbf{H}_0^2$				
ここで, ω は角周波数, \mathbf{H}_0 は交流磁界の振幅 ($\dot{\mathbf{H}} = \mathbf{H}_0 e^{j\omega t}$) を表す。				

12. ジオメトリの定義				
12.1. 解析の次元				
解析の次元 (二次元(並進対称, 軸対称)と三次元) や二次元データから三次元データへの変換について指定する。				
行	列	Name	Type	Content
1	1	GEOMETRY	I (0,1,2,3,4)	=0:三次元計算。 =1:二次元並進対称計算。XY 平面で定義。 =2:二次元軸対称計算。ZX 平面で定義。 =3:解析モデルが軸対称のとき二次元メッシュより 三次元メッシュを 360 度分自動生成する。印加磁 場は軸対称でなくてもよく、三次元計算を行う。 =4:二次元メッシュを z 方向あるいは角度方向に多 層に拡張し、三次元メッシュを作成する。 2D to 3D ファイルの入力が必要。
	2	DELTA_Z / DELTA_THETA	E	GEOMETRY=1 のとき DELTA_Z は z 方向の要素長 さ。 GEOMETRY=2,3 のとき、DELTA_THETA は角度方 向要素角度。
	3	NO_LAYERS	I	GEOMETRY=3: 解析モデルが軸対称のとき二次元 メッシュより三次元メッシュを 360 度分自動生成 する際に、NO_LAYER 層指定する場合に使用。 =0 の場合 360 層作成 (デフォルト)。
	4	ADD_SYMMETRY	I (0, -1)	=-1:GEOMETRY=1 のとき XY 面, =2 のとき RZ 面 に Bn=0 面を設定しない。CYCLIC(14)で周期境界 を指定する場合に使用。 =0:Bn=0 面を指定する (デフォルト)
	5	PITCH	E	GEOMETRY=1 のときヘリカルメッシュを作成す る捻りピッチを指定する(m)。PITCH>0:右ねじ方 向, <0:左ねじ方向。
二次元計算においては、入力メッシュデータファイルで入力された面要素 (一次三角形、一 次四辺形要素) を対称方向に DELTA_Z あるいは DELTA_THETA だけ拡張し、一次体積要 素を生成し、三次元問題として解析する。 GEOMETRY=0 の時は三次元メッシュをファイル pre_geom より入力する。 GEOMETRY=1,2,3,4 の場合、いずれも入力は二次元メッシュであり、ファイル pre_geom2D を入力とする。 GEOMETRY=4 の場合、二次元モデルにおける面要素は、z 方向に拡張するとき z=0(x-y)面 で定義すること。角度方向に拡張するときは y=0(z-x)面で定義すること。 (注) GEOMETRY=1,2 の二次元解析では、メッシュ定義面で磁束密度が、メッシュ奥行き方向で (渦)電流が計算される。つまり、GEOMETRY=1 では、Bx, By と Jz が、GEOMETRY=2 で は、Bx, Bz と Jy として計算される。				

12.2. 局所座標系

局所座標系を定義する。物性の非等方性(16)や、外部電流磁場ソース(17.1)、磁化ベクトルソース(17.7)、二次元メッシュの三次元の拡張時に用いる。

行	列	Name	Type	Content
1	1	COORDINATE	S	タイトル
	2	NO COORDINATE	I	定義する局所座標系の数。全体座標系は含めない。 以下、行 2,3,4 をこの数だけ繰り返す。
行 2, 3, 4 を NO_COORDINATE 回繰り返す。				
2	1	COORD_ID	I	局所座標系の識別番号。識別番号 0 は全体座標系を示し、 入力の必要はない。
	2	TYPE	I	=1:直交(デカルト)座標系。 (x,y,z) を局所座標とする。 =2:円筒座標系。 (r,θ,z) を局所座標とする。
3	3	X0	E	局所座標系の原点の全体座標における座標 \mathbf{X}_0 の成分。
	4	Y0	E	
	5	Z0	E	
3	1	EX_X	E	局所座標系の x 方向単位ベクトル \mathbf{e}_x の全体座標に対する 成分。 $ \mathbf{e}_x =1$ とすること。
	2	EX_Y	E	
	3	EX_Z	E	
4	1	EZ_X	E	局所座標系の z 方向単位ベクトル \mathbf{e}_z の全体座標に対する 成分。
	2	EZ_Y	E	
4	3	EZ_Z	E	円筒座標系(TYPE=2)は z 軸を軸とし、角度は x 軸をゼロ とする。 $ \mathbf{e}_z =1, \mathbf{e}_x \cdot \mathbf{e}_z = 0$ とすること。



(注) 入力メッシュの座標系は全体座標系(直交座標系)として定義されており、入力の必要はない。以下、全体座標系を指定するときは、COORD_ID=0 とする事。

13. 境界条件				
行	列	Name	Type	Content
1	1	FAR_BOUNDARY_CONDITION	I (0,1,2,3)	<p>=0 : 遠方境界面(面境界条件, 周期境界条件が指定されていないモデル境界の面)において, $\mathbf{B}_n=\mathbf{0}$(磁場方向が面に沿う)条件を課す。電気壁条件。</p> <p>=1 : 遠方境界において $\mathbf{H}_t=\mathbf{0}$(磁場が面に垂直に入る)条件を課す。磁気壁条件。</p> <p>=2 : 無限境界要素条件を課す。</p> <p>=3 : 遠方境界において, 外部電流磁場ソース(COIL(17.1))の作る \mathbf{H}_tを与えて計算する。COILは計算メッシュ領域外にあり, 全領域がトータルポテンシャル領域である必要がある。</p> <p>＜注意＞ 遠方境界面がトータルポテンシャル領域にある場合はトータル磁場に対し, 変形ポテンシャル領域にあるときは外部電流磁場ソースを除いた誘起磁場に対して条件が課される。</p> <p>＜静電場解析(STATIC(2)=2)の時＞ =0 : 遠方境界面において, 電位ゼロの条件を課す。 =1 : 遠方境界において $\mathbf{D}_n=\mathbf{0}$(電場が面に平行)条件を課す。</p> <p>＜定常電流場解析(STATIC(2)=3)の時＞ =0 : 遠方境界面において, 電位ゼロの条件を課す。 =1 : 遠方境界において $\mathbf{J}_n=\mathbf{0}$(電場が面に平行)条件を課す。</p> <p>＜低周波磁場変動下の誘導電流解析(TRANSIENT(2)=1, POTENTIAL(3)=4)の時＞ =1 : 導体表面において $\mathbf{J}_n=\mathbf{0}$(電場が面に平行)条件を課す。</p>
行2はFAR_BOUNDARY_CONDITION=2の時必要				
2	1	NO_BE_TERMS	I	無限境界要素展開次数 $>=1$ 。 3程度が適当
	2	BE_CENTER_X	E	無限境界要素中心x座標 (m)
	3	BE_CENTER_Y	E	無限境界要素中心y座標 (m)
	4	BE_CENTER_Z	E	無限境界要素中心z座標 (m)
3	1	DISTANCE_JUDGE	E	節点が面あるいは線上に有るかどうかを判断する距離(m)。最小節点間距離よりも小さくすること。最小節点間距離の1/10程度が適当。
4	1	NO_DIRICHLET_PLANE	I	<p>$\mathbf{B}_n=\mathbf{0}$(磁場方向が面に沿う)条件を課す平面数。 (ヒント) 例えば上下対称・上下で逆方向に電流が流れるような場合のZ=0面。</p> <p>＜静電場解析(STATIC(2)=2,3)の時＞ 電位ゼロの条件を課す平面数。</p>

4	2	NO_DIRICHLET_SURFACE	I	FAR_BOUNDARY_CONDITION (=0) もしくは, DIRICHLET_PLANE を定義した境界面の一部を NEUMANN_PLANE (Ht=0) として定義したい場合に, 境界面上の面要素を指定して定義する。 Bn=0 面を指定するプロパティ数を入力。
5	1	PROP_IDS	I	NO_DIRICHLET_SURFACE > 0 の場合, 面要素のプロパティ ID を入力。

行 6 を NO_DIRICHLET_PLANE 回繰り返す。

行	列	Name	Type	Content
6	1	CX	E	Bn=0 の条件を課す平面を指定する。
	2	CY	E	平面は $CX * x + CY * y + CZ * z = C$ で表現される。C の単位は m。
	3	CZ	E	
	4	C	E	(ヒント) 例えば $z=0(x-y)$ 面は CX=CY=0., CZ=1., C=0. <静電場解析(STATIC(2)=2,3)の時> 電位ゼロの条件を課す平面を指定。
7	1	NO_NEUMANN_PLANE	I	Ht=0 (磁場が面に垂直に入る) 条件を課す平面数。 (ヒント) 例えば上下対称で上下で同方向に電流が流れ るような場合の Z=0 面。 <静電場解析(STATIC(2)=2)の時> Dn=0 (電場が面に平行) 条件を課す平面数の条件を課す平面数。 <静電場解析(STATIC(2)=3)の時> Jn=0 (電場が面に平行) 条件を課す平面数の条件を課す平面数。
	2	NO_NEUMANN_SURFACE	I	FAR_BOUNDARY_CONDITION (=1) もしくは, NEUMANN_PLANE を定義した境界面の一部を DIRICHLET_PLANE (Bn=0) として定義したい場合に, 境界面上の面要素を指定して定義する。 Ht=0 面を指定するプロパティ数を入力。
8	1	PROP_IDS	I	NO_NEUMANN_SURFACE > 0 の場合, 面要素のプロパティ ID を入力。

行 9 を NO_NEUMANN_PLANE 回繰り返す。

9	1	CX	E	Ht=0 の条件を課す平面を指定する。
	2	CY	E	面の指定は行 4 と同様。
	3	CZ	E	<静電場解析(STATIC(2)=2)の時>
	4	C	E	Dn=0 (電場が面に平行) 条件を課す平面を指定。 <静電場解析(STATIC(2)=3)の時> Jn=0 (電場が面に平行) 条件を課す平面を指定。

10	1	NO_A_0_LINE	I	定義された直線上（延長線上も含む）にある辺の A (磁気ベクトルポテンシャル) をゼロとする直線の数。 (ヒント) A に強制境界条件($B_n=0$)がどこにも課されておらず, A=0 の基準が無いときに課す。 対称面はないが, 回転対称性があり中心軸を持ち, 遠方境界条件 FAR_BOUNDARY_CONDITION=1 とした場合に中心軸に対し使用。 通常必要がない。	
行 11 を NO_A_0_LINE 回繰り返す。					
11	1	SX	E	直線の始点座標 (m)。	
	2	SY	E		
	3	SZ	E		
	4	EX	E	直線の終点座標 (m)。 (ヒント) 例えば z 軸は, SX=SY=SZ=EX=EY=0.,EZ=1.	
	5	EY	E		
	6	EZ	E		
$B_n=0$ の面 (FAR_BOUNDARY_CONDITION=0 としたときの遠方境界および行 6 で指定した面) においては, A_t (磁気ベクトルポテンシャルの面内成分) =0 の強制境界条件(ディレクレ条件)を課す。					
$H_t=0$ の面 (FAR_BOUNDARY_CONDITION=1 としたときの遠方境界および行 8 で指定した面) においては, A_t に対して自由境界条件(ノイマン条件)を課す。					

14. 周期境界条件, スライド面				
行	列	Name	Type	Content
1	1	CYCLIC	I (0,1,2,3,4)	=0 : 周期条件無し。 =1 : 並進周期対称。 =2 : 回転周期対称。 =3 : 回転周期と z 反転に関して対称。 =4 : ヘリカル周期対称。
	2	SYMMETRY	I (0,1)	CYCLIC(14)>0 の時, 有効。 =0 : 対称移動に関して, 磁場電場の方向が変わらない。 =1 : 対称移動に関して, 磁場電場の方向が反転する。
	3	SLIDE_NDIV	I	スライド運動解析 (MOTION(2)=2) 時の 1 周期の運動方向分割数。 この値は, 静止部と運動部のスライド面上の運動方向メッシュ分割の最大幅が, 一周期をこの値で割った値程度になるようとする。値が大きすぎると不定となるから注意すること。
	4	SLIDE_MAT_ID	I	スライド運動解析 (MOTION(2)=2) 時のスライド辺(三次元メッシュ使用時)あるいはスライド点(二次元メッシュ使用時)の物性番号。スライド辺あるいはスライド点はファイル rotor_mesh 内に線要素あるいは rotor_mesh2D 内に点要素で定義されていること。 LINE_INPUT=1 の場合は, rotor_mesh(2D) 内に定義されている必要が無く, 適当な正の ID を入力する。 スライド辺の順序, 方向は任意でよいが, 節点で繋がっている必要がある。回転運動において, 一連の辺の始点, 終点は軸上にあっても良い。この場合, 固定子, 回転子のスライド面上にある面は軸から放射状に SLIDE_NDIV 程度に分割されている必要がある。 =-1 した場合, スライド面を複数指定する。
	5	FITNESS	E	可動部のメッシュと固定部位のメッシュが一致する場合, この値以下の位置にあるとき, メッシュは完全に一致するものとする。運動方向のメッシュ間隔に対する比で与える。0.1 程度が適当。計算位置が可動部と固定部のメッシュが重なるところである場合に指定。他の場合は, =0.とする。FITNESS 以下の位置にある場合, メッシュは重なるとするので, 注意すること。
	6	LINE_INPUT	I (0,1)	=1 : スライド辺は直線状とし, 線分入力とする。
	7	N_CYCLIC	I	>=2 の時, 多重周期境界条件。(デフォルト値: 1) 最初のデータがスライド運動方向となる。

CYCLIC=1 の時、行 2 が必要。				
2	1	DX	E	並進一周期移動量の全体座標における成分 (m)。
	2	DY	E	
	3	DZ	E	
CYCLIC=2, 3 の時、行 3 が必要。				
3	1	ANGLE	E	回転一周期回転角度 (deg)。
ANGLE=180. の時、行 4 が必要。				
4	1	SEPARATE _ANGLE	E	回転周期境界面を判別するための角度 (deg)。 180 度回転周期対称の場合に必要。この値を超えた角度には、一方の回転周期境界面しか存在しないこと。 0 度から 180 度の間にメッシュが定義されて、スキーが無い場合は、90 度とすれば十分。 固定部、可動部の入力メッシュに共通に適用される。 注: メッシュのスキー角度が 180 度を超える場合は解析が不能のため境界面の再定義が必要。
CYCLIC=4 の時、行 5 が必要。				
5	1	DX	E	ヘリカル一周期移動量の全体座標における成分 (m)。ただし、角度方向の移動量は PITCH で指定するので、角度変位量を除いた成分を指定する。
	2	DY	E	
	3	DZ	E	
	4	PITCH	E	上で指定した方向における捻りピッチを指定する (m)。 PITCH>0:右ねじ方向、<0:左ねじ方向。
5	5	DEFORM	I (0,1)	直線上のモデルを内部で捻る場合に使用する。すでにヘリカル状に捻ったモデルを入力とする場合は 0 とする。デフォルト値:0。 =0: 内部ヘリカル変形なし。 =1: 内部ヘリカル変形あり。
	N_CYCLIC>=2 の時、N_CYCLIC-1 の数だけ 4,5 もしくは 6,9 行のデータ入力が必要			
6	1	CYCLIC	I (0,1,2, 3,4)	=0: 周期条件無し。 =1: 並進周期対称。 =2: 回転周期対称。 =3: 回転周期と z 反転に関して対称。 =4: ヘリカル周期対称。
	2	SYMMETRY	I (0,1)	=0: 対称移動に関して、磁場電場の方向が変わらない。 =1: 対称移動に関して、磁場電場の方向が反転する。
CYCLIC=1 の時、行 7 が必要。 (N_CYCLIC>=2 の時)				
7	1	DX	E	並進一周期移動量の全体座標における成分 (m)。
	2	DY	E	
	3	DZ	E	
CYCLIC=2, 3 の時、行 8 が必要。 (N_CYCLIC>=2 の時)				
8	1	ANGLE	E	回転一周期回転角度 (deg)。

CYCLIC=4 の時、行 9 が必要。 (N_CYCLIC>=2 の時)				
行	列	Name	Type	Content
9	1	DX	E	ヘリカル一周期移動量の全体座標における成分 (m)。ただし、角度方向の移動量はPITCHで指定するので、角度変位量を除いた成分を指定する。
	2	DY	E	
	3	DZ	E	
	4	PITCH	E	上で指定した方向における捻りピッチを指定する (m)。PITCH>0:右ねじ方向, <0:左ねじ方向。
	5	DEFORM	I (0,1)	直線上のモデルを内部で捻る場合に使用する。すでにヘリカル状に捻ったモデルを入力とする場合は 0 とする。デフォルト値:0。 =0 : 内部ヘリカル変形なし。 =1 : 内部ヘリカル変形あり。
LINE_INPUT=1, SLIDE_MAT=-1 の時、行 10 が必要				
10	1	SX	E	スライド面をスライド辺が乗っている直線の線分で指定する。MESH_NO に対応するメッシュファイルのメッシュで作られる辺が、この線分上にあり、つながっていることが必要。 線分の始点 x 座標 (m)
	2	SY	E	線分の始点 y 座標 (m)
	3	SZ	E	線分の始点 z 座標 (m)
	4	EX	E	線分の終点 x 座標 (m)
	5	EY	E	線分の終点 y 座標 (m)
	6	EZ	E	線分の終点 z 座標 (m)
	7	MESH_NO	I (0,1,2)	スライド辺を定義するメッシュファイルの番号。 =0 : pre_geom =1 : rotor_mesh =2 : rotor_mesh2
	8	NO_LINES	I	スライド辺を定義する折れ線を構成する線分の数
NO_LINES>1 の時、行 11 を NO_LINES-1 分繰り返す				
11	1	SX	E	線分の始点 x 座標 (m)
	2	SY	E	線分の始点 y 座標 (m)
	3	SZ	E	線分の始点 z 座標 (m)
	4	EX	E	線分の終点 x 座標 (m)
	5	EY	E	線分の終点 y 座標 (m)
	6	EZ	E	線分の終点 z 座標 (m)
SLIDE_MAT=-1 (スライド面が複数) の時、行 12, 13 が必要				
行	列	Name	Type	Content
12	1	NUMBER_SLIDING_FACES	I	スライド面の数。以下、行 13, (行 14, LINE_INPUT=1 の時) を NUMBER_SLIDING_FACES 組入力。
13	1	SLIDE_NDIV	I	1 周期の運動方向分割数。複数のスライド面で異なっていても良い。行 1 列 3 と同様。
	2	SLIDE_MAT	I	スライド辺(三次元メッシュ使用時)あるいはスライド点(二次元メッシュ使用時)の物性番号。行 1 列 4 と同様。
	3	FITNESS	E	行 1 列 5 と同様。

LINE INPUT=1 (スライド辺を直線入力) の時, 行 14 が必要				
行	列	Name	Type	Content
14	1	SX	E	スライド面をスライド辺が乗っている直線の線分で指定する。MESH_NO に対応するメッシュファイルのメッシュで作られる辺が, この線分上にあり, つながっていることが必要。 直線の始点 x 座標 (m)
	2	SY	E	直線の始点 y 座標 (m)
	3	SZ	E	直線の始点 z 座標 (m)
	4	EX	E	直線の終点 x 座標 (m)
	5	EY	E	直線の終点 y 座標 (m)
	6	EZ	E	直線の終点 z 座標 (m)
	7	MESH_NO	I	スライド辺を定義するメッシュファイルの番号。 =0: pre_geom =1: rotor_mesh =2: rotor_mesh2
	8	NO_LINES	I	スライド辺を定義する折れ線を構成する線分の数
NO_LINES>1 の時, 行 15 を NO_LINES-1 分繰り返す				
15	1	SX	E	線分の始点 x 座標 (m)
	2	SY	E	線分の始点 y 座標 (m)
	3	SZ	E	線分の始点 z 座標 (m)
	4	EX	E	線分の終点 x 座標 (m)
	5	EY	E	線分の終点 y 座標 (m)
	6	EZ	E	線分の終点 z 座標 (m)
STEADY_CURRENT(2)=1 あるいは直流場渦電流解析結果を初期値とし MULTI≠0 の時, 行 16,17,18 が必要。				
16	1	NO_REGULAR_MESH	I	直流場渦電流領域の数。 17行,18行のデータを NO_REGULAR_MESH 組入力する。
17	1	VELOCITY	E	直流場渦電流領域の運動速度。単位は直線運動の場合は m/sec, 回転運動の場合は deg/sec。励磁源は静止しているとし, 直流場渦電流領域の磁場源に対する相対速度を入力する。
	2	REGULAR_NDIV	I	直流場渦電流領域の運動方向の分割数。運動方向には等分割である必要がある。
	3	REGULAR_NMAT	I	直流場渦電流領域の物性番号数。
18	1	MAT_ID_NOS	I * REGULAR_NMAT	直流場渦電流領域の物性番号。 REGULAR_NMAT 個の入力。

並進あるいは回転移動に関して重なる両面は、必ずしも平面である必要は無く、メッシュ（要素の面）が重なればよい。この面に対しては、境界条件(13)の入力を行ってはならない。

磁気ベクトルポテンシャルの対称性は次の通り。

CYCLIC=1 のとき、

$$A(x+DX, y+DY, z+DZ) = +(-) A(x, y, z)$$

CYCLIC=2 のとき、

$$A(r, z, \theta + \text{ANGLE}) = +(-) A(r, z, \theta)$$

CYCLIC=3 のとき、

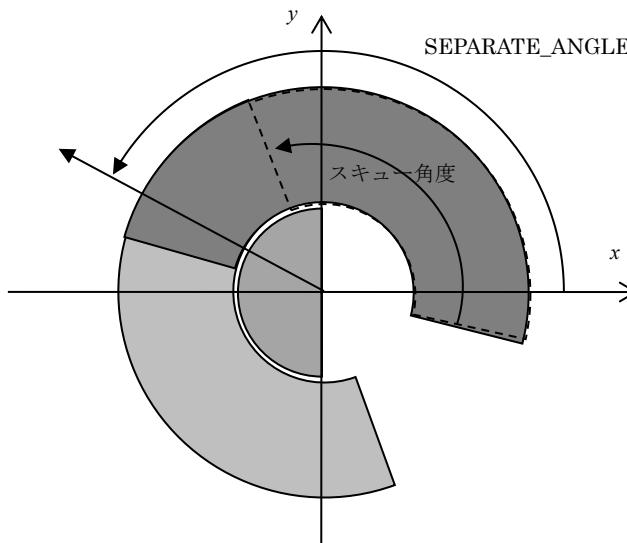
$$A_r(r, -z, \theta + \text{ANGLE}) = +(-) A_r(r, z, \theta)$$

$$A_z(r, -z, \theta + \text{ANGLE}) = -(+) A_z(r, z, \theta)$$

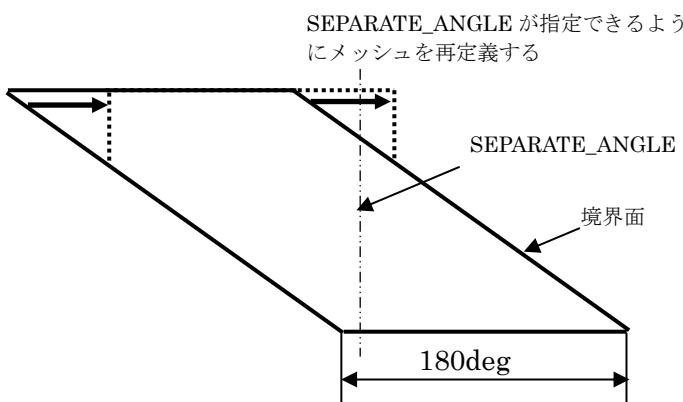
$$A_\theta(r, -z, \theta + \text{ANGLE}) = +(-) A_\theta(r, z, \theta)$$

()内は SYMMETRY=1 の時。

180 度回転周期対称の場合に入力が必要となる SEPARATE_ANGLE は、下図のように、一方の境界面と反対側の境界面が固定部、可動部とも分離できる位置に設定する。

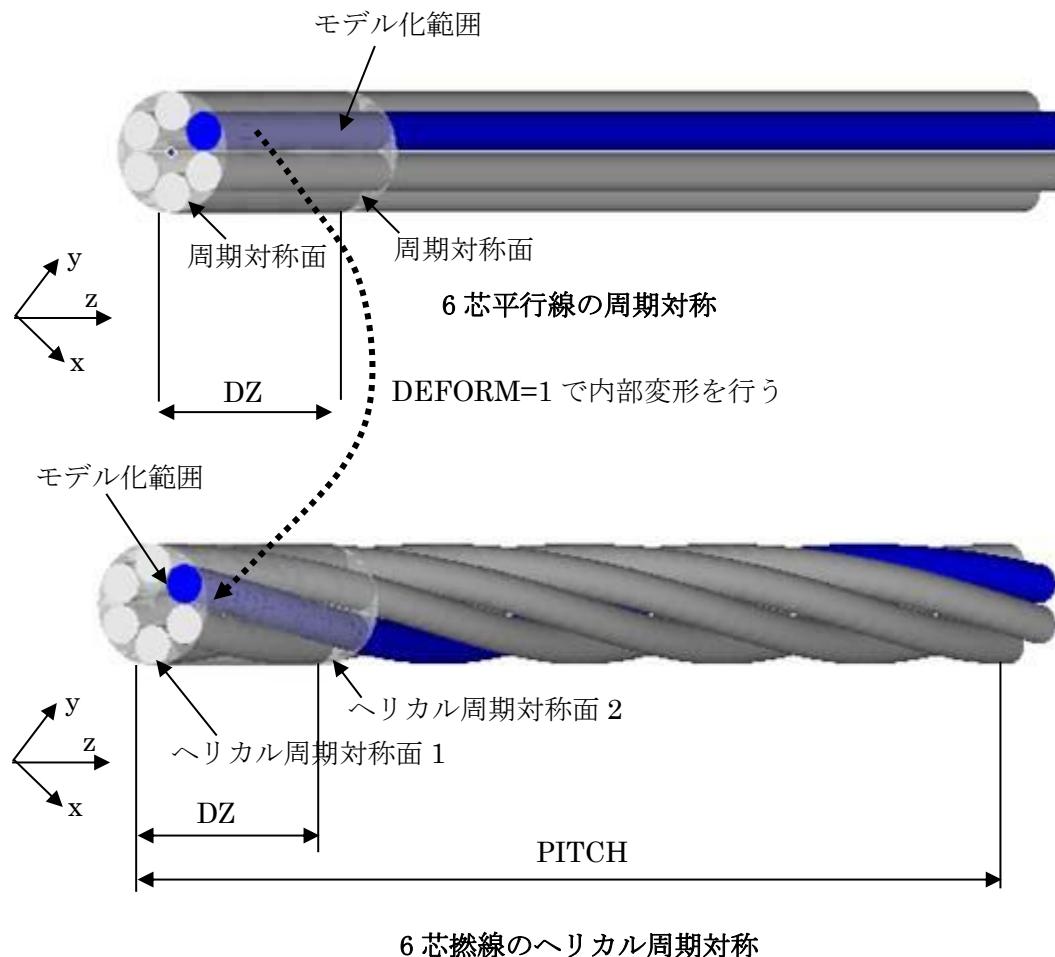


180 度を超えて境界面を定義した場合は解析が不能のためメッシュを再定義する。



境界条件として認識された境界面を面要素として **boundary_surface** ファイルに出力。

6芯撚線におけるヘリカル周期対称の使用例



ただし、ヘリカル周期対称面 2 のメッシュ分割はヘリカル周期対称面 1 のメッシュ分割を $DZ/PITCH*360^\circ$ 分回転させたものと完全に一致していること

15. 直方体メッシュ自動生成

本データは INPUT_MESH_FILE(10)=0 の場合必要であり、直方体に対して自動メッシュ生成を行うためのものである。直方体解析領域の中に直方体の導体あるいは磁性体があるものとする。導体（磁性体）領域および周りの空気領域の物性番号はそれぞれ、1, 2 とされる。

行	列	Name	Type	Content
1	1	ELEMENTS	I (0,1,2)	要素タイプ =0 : 6面体要素。 =1 : 3角柱要素。 =2 : 4面体要素。 要素次数は NODE_ORDER(4), EDGE_ORDER(4)による。 ELEMENTS=2 の時 NODE_ORDER(4)=1, EDGE_ORDER(4)=1 とすること。
	2	DIVISION_TYPE	I (0,1)	ELEMENTS=2 の時、有効。 =0 : 分割 A, =1 : 分割 B
	3	RATIO_TYPE	I (0,1)	=0: 分割比入力。 =1: 行 5, 6, 7 の分割数に負値を入力した場合、最初と最後のメッシュ幅比の入力。
2	1	X_AIR_LOWER	E	解析領域の x 方向下限 (m)
	2	X_MAT_LOWER	E	導体あるいは磁性体 x 方向下限 (m)
	3	X_MAT_UPPER	E	導体あるいは磁性体 x 方向上限 (m)
	4	X_AIR_UPPER	E	解析領域の x 方向上限 (m)
$X_{\text{AIR_LOWER}} \leq X_{\text{MAT_LOWER}} < X_{\text{MAT_UPPER}} \leq X_{\text{AIR_UPPER}}$ とすること。行 3, 4 の y,z 座標に対しても同様。				
3	1	Y_AIR_LOWER	E	解析領域の y 方向下限 (m)
	2	Y_MAT_LOWER	E	導体あるいは磁性体 y 方向下限 (m)
	3	Y_MAT_UPPER	E	導体あるいは磁性体 y 方向上限 (m)
	4	Y_AIR_UPPER	E	解析領域の y 方向上限 (m)
4	1	Z_AIR_LOWER	E	解析領域の z 方向下限 (m)
	2	Z_MAT_LOWER	E	導体あるいは磁性体 z 方向下限 (m)
	3	Z_MAT_UPPER	E	導体あるいは磁性体 z 方向上限 (m)
	4	Z_AIR_UPPER	E	解析領域の z 方向上限 (m)

行	列	Name	Type	Content
5	1	XDIV_AIR_LOWER	I	X_AIR_LOWER から X_MAT_LOWER の間の分割数。以下、分割数が正数の時は等分割、負数の時は不等分割され、分割比を行 8 で入力する。0 の時は分割されず、両端の座標が等しいとする。
	2	XDIV_MAT	I	X_MAT_LOWER から X_MAT_UPPER の間の分割数。
	3	XDIV_AIR_UPPER	I	X_MAT_UPPER から X_AIR_UPPER の間の分割数。
6	1	YDIV_AIR_LOWER	I	Y_AIR_LOWER から Y_MAT_LOWER の間の分割数。
	2	YDIV_MAT	I	Y_MAT_LOWER から Y_MAT_UPPER の間の分割数。
	3	YDIV_AIR_UPPER	I	Y_MAT_UPPER から Y_AIR_UPPER の間の分割数。
7	1	ZDIV_AIR_LOWER	I	Z_AIR_LOWER から Z_MAT_LOWER の間の分割数。
	2	ZDIV_MAT	I	Z_MAT_LOWER から Z_MAT_UPPER の間の分割数。
	3	ZDIV_AIR_UPPER	I	Z_MAT_UPPER から Z_AIR_UPPER の間の分割数。
行 5, 6, 7 の負値のものそれぞれに対し、順に行 8 の分割比を入力する。				
8	1	RATIO	E *分割数	分割比。

16. 要素特性				
行	列	Name	Type	Content
1	1	NO_MAT_IDS	I	体積要素物性番号数。メッシュ入力体積要素（二次元解析の時は面要素）にある物性総数。
	2	EXTEND_TOTAL	I (0,1)	=1：トータルポテンシャル領域を一層変形ポテンシャル領域に拡張する。節点力を求めるとき必要。節点力を求める場合には、導体や磁性体の周りに一層以上の空気領域が必要なため。また、磁性体を含む解析で、磁気スカラポテンシャルを用いる場合 (POTENTIAL(2)=1,3), 1 とする。
	3	NO_SMAT_IDS	I	面物性番号数。表面インピーダンス面要素、ギャップ要素および非磁性薄板要素の特性総数。

16.1. 体積要素特性				
16.1.1. 体積要素特性 <電磁界解析>				
行 1, (2~9) のデータを NO MAT_IDS 回繰り返す。				
行	列	Name	Type	Content
1	1	MAT_ID	I	体積要素物性番号。 ポテンシャル領域の指定。 =0 : トータルポテンシャル領域内 >=1 : 変形ポテンシャル領域内。2 領域以上で可能。 <注意> <ul style="list-style-type: none">■ 導体と磁性体の領域はトータルポテンシャル領域になければならない。■ 外部電流磁場ソース COIL(17.1)により定義されるソースは変形ポテンシャル領域でなければならないか、あるいは計算領域の外側になければならない。■ CYCLIC(14)≠0 のとき、ポテンシャル領域の境界は、周期境界面と重なってはならない。■ 変形ポテンシャルを使用する場合、固定部と可動部は異なる POTENTIAL 番号でなくてはならない t_r_interface ファイルにトータルポテンシャルと変形ポテンシャルの境界面が面要素として出力される。
	2	POTENTIAL	I	=0 : 比透磁率に対し MU を使用。(MU はこの表のカラム 5 で入力) >0 : 非線形計算(NON_LINEAR(2)=1)のとき、使用する B-H カーブ番号 BH_CURVE_ID(20)を指定。
				3
	4	SIGMA	E	
				5
	6	PACKING	E	

行	列	Name	Type	Content
1	7	ANISOTROPY	I (0,1, 2,3,4 ,5)	<p>=1:三方向独立な磁気特性を入力する。 行 2 のデータが必要。線形計算の場合は無効。 B_H_CURVE_ID,MU,PACKING は意味を持たない <交流定常解析(AC(2)=2)の時> 複素透磁率の実部と虚部の比透磁率を入力。</p> <p>=2 : 温度依存磁化特性を入力する。 B_H_CURVE_ID に T_DEPEND_B_H_MAGNET_CURVE の ID を設定する。線形計算の場合は無効。 MU,PACKING は意味を持たない 使用には<TEMP_DEPEND module>が必要です。</p> <p>=3 : 非線形二次元磁気異方性特性を入力する。 行 5 のデータが必要。第 3 軸方向とは独立とする。線形計算の場合は無効。 B_H_CURVE_ID,MU,PACKING は意味を持たない <Anisotropy2D module>が必要です。</p> <p>=4 : Jiles&Atherton モデルによる異方性を考慮したヒステリシス磁気異方性特性を入力する。 行 6~8 のデータが必要。B_H_CURVE, MU, PACKING は意味を持たない。 使用には<Jiles-Atherton model module>が必要です。</p> <p>=5 : PlayModel による等方性二次元／三次元、異方性二次元ヒステリシス特性を考慮する。 行 6 のデータが必要。また、別途、shape ファイルにヒステロンの形状関数のテーブルを用意する必要がある。二次元／三次元の設定は shape ファイルで行う (shape ファイルにおける PLAY_ID の次に=3 を指定すれば三次元特性、何も指定しないか、=2 を指定すれば二次元特性の PlayModel となる)。B_H_CURVE, MU, PACKING は意味を持たない。 使用には<HYSTERESIS module>が必要です。</p>
	8	IRON_LOSS	I (0,1)	IRON_LOSS(11.1)=1,2 の時、有効。=3 の時は入力しない。 =1 : ポスト処理として均質化法による積層鉄心の鉄損を算出する。線形材料(BH_CURVE_ID=0)には使用できない。
	9	SIGMA_DEPEND_ID	I	=0 : 導電率 SIGMA を使用 >0 : 温度依存解析(TEMP_DEPEND(2)=1)のとき、使用する導電率カーブ番号 CURVE_ID(21)を指定。 SIGMA は意味を持たない。 使用には<Temp_depend module>が必要です。

SIGMA<0, MU<0 のデータに対し、行 2 の方向性を入力。				
行	列	Name	Type	Content
2	1	COORD_ID	I	非等方性を定義する局所座標系の識別番号 COORD_ID(12.2)。0 は全体座標。
	2	FX/FR	E	非等方性ファクタ。上の座標系において、直交座標系の場合 x,y,z, 円筒座標系の場合 r,θ,z 方向の電気伝導率あるいは比透磁率がこのファクタ倍される。
	3	FY/FT	E	
	4	FZ	E	
BH_CURVE_ID≠0かつPACKING≠1.0 のデータに対し、行 3 の方向性を入力。				
行	列	Name	Type	Content
3	1	COORD_ID	I	非等方性を定義する局所座標系の識別番号 COORD_ID(12.2)。0 は全体座標。
	2	DX/DR	E	上の座標系での、積層方向の単位ベクトルの成分。積層方向は積層板面垂直方向とする。
	3	DY/DT	E	
	4	DZ	E	
ANISOTROPY=1 の時、行 4 の各方向磁気特性を入力。				
4	1	COORD_ID	I	方向性を定義する座標系番号(12.2)
	2	B_H_X(R)	I	X 方向(R 方向)の B-H カーブ番号 BH_CURVE_ID(20)を指定。
	3	B_H_Y(T)	I	Y 方向(θ方向)の B-H カーブ番号 BH_CURVE_ID(20)を指定。
	4	B_H_Z	I	Z 方向の B-H カーブ番号 BH_CURVE_ID(20)を指定。
	5	MU_X(R)	E	X 方向 (R 方向) の線形比透磁率。B_H_X(R)=0 の時有効。
	6	MU_Y(T)	E	Y 方向 (θ方向) の線形比透磁率。B_H_Y(T)=0 の時有効。
	7	MU_Z	E	Z 方向の線形比透磁率。B_H_Z=0 の時有効。
ANISOTROPY=3 の時、行 5 の各方向磁気特性を入力。二次元異方性の方向を指定の座標系で xy 面内とする。				
5	1	COORD_ID	I	方向性を定義する座標系番号(12.2)
	2	B_H_XY(R)	I	二次元面内磁気異方性データ番号 BH_CURVE2D_ID(20)を指定。
	3	B_H_Z	I	Z 方向の B-H カーブ番号 BH_CURVE_ID(20)を指定
	4	MU_Z	E	Z 方向の線形比透磁率。B_H_Z=0 の時有効。

ANISOTROPY=4, 5 のとき、行 6 の磁気特性を入力				
行	列	Name	Type	Content
6	1	COORD_ID	I	方向性を定義する座標系番号(12.2)。二次元ヒステリシス特性を有する材料に対し、MU_Z を適用する Z 方向を指定するためには使用する。等方性三次元ヒステリシス特性の材料のときは解析結果に影響しない。
	2	MU_Z	E	Z 方向の線形比透磁率。二次元ヒステリシス特性の材料に対して有効。三次元ヒステリシス特性の材料においては無視される。
	3	DB_CAL	E	Jiles&Atherton モデル、またはプレイモデルの積分における磁束密度計算幅(T)。磁場計算で予想される磁束密度の 1 ステップ変化幅より充分小さいものとする。
	4	PLAY_ID	I	プレイモデルの識別番号。「shape」の識別番号に対応。Jiles&Atherton モデルでは意味を持たない。
	5	DB_FACTOR	E	>=1 (デフォルトは 1) プレイモデル使用時に有効。 >1 : DB_CAL を DB_CAL*DB_FACTOR 倍して収束するまで非線形反復計算を行い、収束判定後 DB_CAL を入力値に戻して再度収束させる。これにより、非線形反復一回あたりの計算時間を短縮する効果が期待できる。 Jiles&Atherton モデルでは意味を持たない。
	6	MATERIAL	I	0 を指定。使用しない。
	7	B_MIN_LOSS_CORRECTION	E	>=0 (デフォルトは 0) 回転ヒステリシス損失補正を行う磁束密度の下限(T)を指定する。回転ヒステリシス損失補正をするときのみ有効。
<交流定常解析(AC(2)=2)の時>				
ANISOTROPY=1 の時、行 7 の複素透磁率の実部と虚部の比透磁率を入力。				
7	1	MU_Re	E	複素透磁率の実部 μ'_r の比透磁率
	2	MU_Im	E	複素透磁率の虚部 μ''_r の比透磁率
複素透磁率は次式で定義される。ドット (・) は複素数を表す。 $\dot{\mu} = \mu' - j\mu''$				

ANISOTROPY=4 のとき、行 7, 8 の磁気特性を入力				
行	列	Name	Type	Content
7	1	MS	E	局所座標系の X 方向における Jiles&Atherton モデルのパラメータ
	2	K	E	MS : Saturation magnetization (A/m) K : Coercive field magnitude (A/m)
	3	C	E	C : Magnetization weighting factor
	4	A	E	A : Anhysteretic form factor (A/m)
	5	ALPHA	E	ALPHA : Interdomain coupling coefficient
8	1	MS	E	局所座標系の Y 方向における Jiles&Atherton モデルのパラメータ
	2	K	E	MS : Saturation magnetization (A/m) K : Coercive field magnitude (A/m)
	3	C	E	C : Magnetization weighting factor
	4	A	E	A : Anhysteretic form factor (A/m)
	5	ALPHA	E	ALPHA : Interdomain coupling coefficient

<注意>

- ・非線形解析にラインサーチ法を適用し、収束性の改善を行うため、LINE_SEARCH(3)=1とする。
- ・ANISOTROPY=4,5 の場合、係数行列を非対称として扱うため、MATRIX ASYMMETRICITY(3)=1 とする。

IRON LOSS(16.1.1)=1 の時、行 9 の鉄損算出に必要なパラメータを入力。

行	列	Name	Type	Content
9	1	COORD_ID	I	磁束密度の成分を評価する座標系番号(12.2)。 PACKING で指定した座標系番号(12.2)と異なる座標系番号を指定してもよい。PACKING を使用しない場合は、積層方向が z 方向となるように設定する。
	2	MASS_DENSITY	E	積層鉄心の密度(kg/m ³)
	3	KE	E	渦電流損係数 K_e (W/kg/T ² /Hz ²)
	4	KH	E	ヒステリシス損係数 K_h (W/kg/T ² /Hz)

IRON LOSS(16.1.1)=2 の時、行 9 の鉄損算出に必要なパラメータを入力。

行	列	Name	Type	Content
9	1	COORD_ID	I	磁束密度の成分を評価する座標系番号(12.2)。 PACKING で指定した座標系番号(12.2)と異なる座標系番号を指定してもよい。PACKING を使用しない場合は、積層方向が z 方向となるように設定する。
	2	MASS_DENSITY	E	積層鉄心の密度(kg/m ³)
	3	KE(X)	E	X 方向の渦電流損係数 K_e (W/kg/T ² /Hz ²)
	4	KH(X)	E	X 方向のヒステリシス損係数 K_h (W/kg/T ² /Hz)
	5	KE(Y)	E	Y 方向の渦電流損係数 K_e (W/kg/T ² /Hz ²)
	6	KH(Y)	E	Y 方向のヒステリシス損係数 K_h (W/kg/T ² /Hz)
	7	KH(Z)	E	Z 方向 (積層方向) のヒステリシス損係数 K_h (W/kg/T ² /Hz)

<注意>

鉄損係数 K_e, K_h は、計測された各周波数 f 、磁束密度 B における鉄損 W_i から、鉄損分離の考え方の基、代表磁束密度 (例えば $B_m=1T$) での $f(\text{Hz}) - W_i/f(\text{W/kg/Hz})$ グラフを作成し、それを線形近似した傾きを K_e 、切片を K_h として入力する。

16.1.2. 体積要素特性 <静電場解析 (STATIC(2)=2,3) >

行 1, (2) のデータを NO_MAT_IDS 回繰り返す。

行	列	Name	Type	Content
1	1	MAT_ID	I	体積要素物性番号。
	2	EPS	E	比誘電率。空気の場合は 1.0。STATIC(2)=2 の時有効。 >0 の時等方、<0 の時非等方。
	3	SIGMA	E	導電率(S/m)。STATIC(2)=3 の時有効で、この時全領域で導電性を持つこと。 >0 の時等方、<0 の時非等方。
2	1	COORD_ID	I	非等方性を定義する局所座標系の識別番号 COORD_ID(12.2)。0 は全体座標。
	2	FX/FR	E	非等方性ファクタ。上の座標系において、直行座標系の場合 x,y,z, 円筒座標系の場合 r,θ,z 方向の比誘電率率がこのファクタ倍される。
	3	FY/FT	E	
	4	FZ	E	

16.2. 面要素特性									
行 1, (2)のデータを NO_SMAT_IDS 回繰り返す。									
行	列	Name	Type	Content					
1	1	SMAT_ID	I	面要素物性番号。 表面インピーダンス面, ギャップ面を定義する。					
	2	TYPE	I (1,2,3)	1:表面インピーダンス要素 2:ギャップ要素 3:非磁性薄板要素					
	3	SIGMA	E	導電率(S/m)。 ギャップ要素(TYPE=2)に対しては, 0.0。 TYPE=3 で SIGMA<0. の場合は方向性データが必要。					
	4	MU	E	比透磁率。ギャップ要素, 非磁性薄板要素(TYPE=2,3)に対しては, 1.0。					
1	5	IMP_TYPE または THICK	I E	TYPE=1 の時 表面インピーダンスのタイプ 0:線形 1:非線形, 磁界が正弦的 2:非線形, 電界が正弦的 3:0 と 1 の混合型 4:0 と 2 の混合型 TYPE=2, 3 の時 ギャップ厚さまたは導体厚さ ギャップ厚さ(TYPE=2 の時)>=0 導体厚さ(TYPE=3 の時)>0					
				TYPE=1, IMP_TYPE=1,2,3,4 の場合必要					
				2	1	B_H CURVE	I	対応する B-H カーブ番号 BH_CURVE_ID(20)を指定。	
					2	AGARWAL	E	Agarwal のファクタ f_{ag} 。0.75 が多く使用される。	
					3	K	E	k 値	
4	HK	E	B-H カーブの”knee point”の磁界強度(A/m) H_k						
TYPE=3 で SIGMA<0. の時									
2	1	COORD_ID	I	非等方性を定義する局所座標系の識別番号 COORD_ID(12.2)。0 は全体座標。					
	2	FX/FR	E	非等方性ファクタ。					
	3	FY/FT	E	上の座標系において, 直行座標系の場合 x,y,z, 円筒座標系の場合 r,θ,z 方向の電気伝導率あるいは比透磁率透磁率がこの					
	4	FZ	E	ファクタ倍される。					
TYPE=1 の場合, 面要素は導体から空気方向に向きを定義されている必要がある。 IMP_TYPE =1,2,3,4 オプションは交流定常解析(AC(2)=1)で非線形(NON_LINEAR(2)=1)の時有効です。 非線形インピーダンスについては以下の式を参照のこと。 パラメータが異なる非線形表面インピーダンスを同時に使用する場合は, 異なる B_H_CURVE を与えること(同じ B-H 曲線を使用する場合でも)。 ギャップ要素において節点力法を用いる場合および絶縁要素とするときは, 面要素を磁性体あるいは導体から外側に一層分広げて定義すること。									
非線形表面インピーダンス定式									

IMP_TYPE=1(磁界が正弦的)

$$Z_m = \frac{16}{3\pi} \frac{1}{\sigma\delta_{nl}} (1 + 0.5j) = 1.698 \frac{1}{\sigma\delta_{nl}} (1 + 0.5j)$$

$$\delta_{nl} = \sqrt{\frac{2H_s}{\sigma\omega f_{ag} B(H_s)}}$$

IMP_TYPE=2(電界が正弦的)

$$Z_e = \frac{27\pi^3}{2\sqrt{5}} \frac{1}{\sigma\delta_{nl}} (1 + \frac{4}{3\pi}j) = 1.786 \frac{1}{\sigma\delta_{nl}} (1 + 0.42j)$$

IMP_TYPE=3($Z_{nl} = Z_m$), 4($Z_{nl} = Z_e$)

$$Z = f(H_s)Z_l + (1 - f(H_s))Z_{nl}$$

$$f(H) = \frac{1}{1 + k \frac{H}{H_k}}, Z_l = \frac{1+j}{\sigma\delta_l}, \delta_l = \sqrt{\frac{2}{\sigma\omega\mu}}$$

16.3. THIN_ELEMENT 適用要素領域

THIN_ELEMENT(4)=1 の時, 以下のデータ入力が必要

行	列	Name	Type	Content
1	1	THIN_CRITERION	I	>THIN_CRITERION (アスペクト比) の体積要素に THIN_ELEMENT(4)が適用される。
	2	NO_MAT_IDS	I	THIN_ELEMENT(4)を適用する体積要素の物性番号数。
2	1	MAT_IDS	I*NO_MAT_IDS	体積要素の物性番号。

<注>ここで含める物性番号(16.3)は磁性体, 導体領域でもよいが, 湧電流を含む解析の場合の表皮厚さには効果が小さいため, 通常空気領域を指定する。

17. ソース項

行	列	Name	Type	Content
1	1	SOURCE	S	タイトル。 ソース項入力の開始を示す。

SOURCE 行と END 行の間に次のタイトルで始まるソースを入力する。

COIL	(17.1)
ELMCUR	(17.2)
SDEFCOIL	(17.3)
PHICOIL	(17.4)
DCCURR	(17.5)
SUFCUR	(17.6)
MAGNET	(17.7)
CIRCUIT	(17.8)
NETWORK	(17.9)
EPOTSUF	(17.10)
POTNODE	(17.11)

<STATIC=2,3 の時>

これらのデータは混在して複数組存在してもよいし、順序も問わない。ただし、CIRCUIT あるいは NETWORK は一組だけ(1回だけ)最後に入力。なお、CIRCUIT と NETWORK は一つの問題に同時に存在することはないことに注意。

COIL, ELMCUR, SDEFCOIL, PHICOIL, DCCURR, SUFCUR は任意に CIRCUIT あるいは NETWORK に組み込むことができる。ELMCUR, SDEFCOIL, PHICOIL, DCCURR は必ず CIRCUIT あるいは NETWORK に組み込む必要がある。COIL, SUFCUR を 17.8,9 の CIRCUIT と NETWORK に組み込むときは、TIME_ID を 0 としておくこと。

各ソース項に対して規格化電流あるいは規格化磁場を定義する。その電流、磁場に時間変化(18)(電源に組み込まれたソース項は電源の電流時間変化を通じて)で与えられる数値が掛けられ、印加される。

(ヒント)

例えば、N ターンの多線巻きコイルの場合、電流値を $N(A)=N(T:ターン)$ として入力し、電源の電流値を時間変化で与えるほうが考えやすい。

<静電場解析(STATIC(2)=2,3 の時)>

EPOTSUF (17.10)と POTNODE のデータを入力とする。

2	1	END	S	終了。 ソース項入力の終了を示す。
---	---	-----	---	----------------------

17.1. 外部電流磁場ソース

行	列	Name	Type	Content
1	1	COIL	S	タイトル。 外部電流磁場ソース入力の開始を示す。
	2	SERIES_NO	I	ソース項の識別番号。
	3	TIME_ID	I	時間変化を与えるデータ番号 TIME_ID(18)。 (ヒント) ソースが CIRCUIT(17.8)あるいは NETWORK(17.9)に接続される場合は 0 とすること。 CIRCUIT あるいは NETWORK に接続することを推奨する。
	4	NO_ELEMENTS	I	要素磁場データの数。要素磁場の定義は 17.1.1-17.1.8 を参照。 (ヒント) 同じ要素磁場タイプが COIL 行と END 行の間に何回あらわれても構わない。
	5	MOTION_ID	I	ソース全体の運動を表す運動データ識別番号 (MOTION_ID(19))。0 あるいはブランクは運動しないことを表す。
	6	IN_ROTOR	I	=0:固定部内 =1:可動部内 N_CORRECT(8)≠0 の場合必要。
	7	POTENTIAL	I	変形ポテンシャル番号(16.1.1) (デフォルト値:1) 固定部と可動部は異なる POTENTIAL 番号でなくてはならない

COIL 行と END 行の間に次のタイトルで始まる要素磁場データを NO_ELEMENTS 組入力する。

UNIF(17.1.1), LINE(17.1.2), LOOP(17.1.3), GCE(17.1.4), ARC(17.1.5),
DIP(17.1.6), FGCE(17.1.7), FARC(17.1.8), MESH(17.1.9),
LOOP-, GCE-, ARC-, MESH-(17.1.10)

これらのデータは混在して複数組あってもよいし、順序も問わない。局所座標を指定するために 3 行目の座標系データを任意の場所に入れることができる。このデータの後の要素磁場データは指定した座標系で定義される。座標系を指定するまでは全体座標系が採用される。

2	1	LINE_APPROX	S	タイトル。線電流近似指定を示す。
	2	LIMIT	E	矩形断面コイルの線電流近似を行う評価点から COIL までの距離に対しての比率。

LOOP, GCE, ARC で作成された矩形断面コイルの中心線から評価点までの最短距離が、コイル矩形断面の長辺の半分の長さの LIMIT 以上の場合、線電流 (FGCE, FARC) に置き換わって計算される。LINE_APPROX を設定すると、全ての COIL データに対して適用される。省略可で、デフォルト値は LIMIT=1000。

<注意>

体積電流 (矩形断面通過電流) と線電流近似の境界では、空間に対する連続性に劣化が見られる場合がある。

行	列	Name	Type	Content
3	1	COORDID	S	タイトル。座標系指定を示す。
	2	COORD_ID	I	局所座標系番号 COORD_ID(12.2)を入力。
4	1	END	S	終了。 外部電流磁場ソース場入力の終了を示す。

<注意>

- 外部電流磁場ソースで表されるデータにおいて、電流源は、トータルポテンシャル領域外（変形ポテンシャル領域(POTENTIAL(16)=1 の物性内)か解析領域外）になければならない。EXTEND_TOTAL(16)=1 の時、トータルポテンシャル領域が一層外に拡張されていることに注意すること。
- 外部電流磁場ソースを 17.8, 9 の電源に組み込むときは、TIME_ID を 0 としておくこと。
- TIME_ID=0 とし、電源に組み込むことが好ましい。

外部電流磁場ソースは、トータルして面境界条件(13)および周期境界条件(14)を満足している必要がある。個々の要素磁場はその必要はない。

17.1.1. 一様磁場				
行	列	Name	Type	Content
1	1	UNIF	S	タイトル。 一様磁場入力を示す。
	2	BX	E	一様規格化磁場（磁束密度）成分 (T)
	3	BY	E	
	4	BZ	E	
	5	A_FORM	I (0,1,2)	一様磁場の磁気ベクトルポテンシャルとしての表現法。境界条件に適合するように選ぶ。 =0: $A = (B \times r) / 2$, r は位置ベクトル。 =1: $A_x = B_y z, A_y = B_z x, A_z = B_x y$ 。 =2: $A_x = -B_z y, A_y = -B_x z, A_z = -B_y x$ 。 (ヒント) 例えば磁場が z 方向として、 $x=0, y=0$ 面において、 $B_n=0(A_t=0)$ の場合は、 $A_FORM=0$ 。 $x=a, x=b$ 面($a \neq b$)において、 $B_n=0(A_t=0)$ の場合は、 $A_FORM=1$ 。

17.1.2. 無限直線電流				
行	列	Name	Type	Content
1	1	LINE	S	タイトル。 無限直線電流入力を示す。
	2	CURRENT	E	規格化電流値 (A)
2	1	X0	E	直線の通過する点の座標 (m)
	2	Y0	E	
	3	Z0	E	
	4	DX	E	直線の方向ベクトル成分。
	5	DY	E	
	6	DZ	E	

<注意>

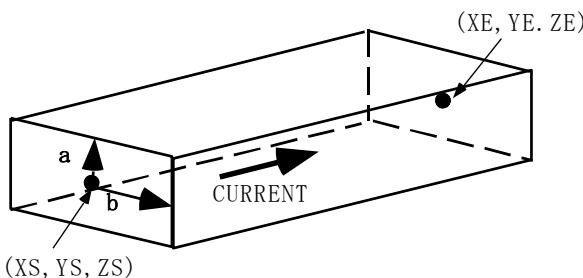
電流の断面は点としており、直線の近傍の磁場は無限大に発散する。

17.1.3. 軸対称矩形断面コイル

行	列	Name	Type	Content
1	1	LOOP	S	タイトル。 軸対称矩形断面コイル入力を示す。
	2	CURRENT	E	規格化電流値 (A)
	3	RADIUS	E	平均半径 (m)
	4	CENTER_Z	E	中心の z 座標 (m)
	5	RADIAL_W	E	径方向幅 (m)
	6	AXIAL_W	E	軸方向幅 (m)

17.1.4. 直方体電流要素

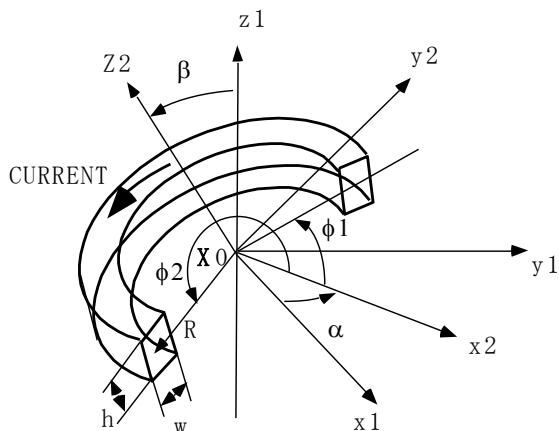
行	列	Name	Type	Content
1	1	GCE	S	タイトル。 直方体電流要素入力を示す。
	2	CURRENT	E	規格化電流値 (A)
2	1	XS	E	中心軸始点座標 (m)
	2	YZ	E	
	3	ZS	E	
	4	XE	E	中心軸終点座標 (m)
	5	YE	E	
	6	ZE	E	
3	1	W1X	E	断面半幅ベクトル a の成分 (m)
	2	W1Y	E	
	3	W1Z	E	
	4	W2X	E	断面半幅ベクトル b の成分 (m)
	5	W2Y	E	
	6	W2Z	E	



a から **b** へ回転したとき右ねじの進む方向が電流方向。

17.1.5. 矩形断面円弧電流要素

行	列	Name	Type	Content
1	1	ARC	S	タイトル。 矩形断面円弧電流要素入力を示す。
	2	CURRENT	E	規格化電流値 (A)
2	1	X	E	円弧中心座標 X_0 (m)
	2	Y	E	
	3	Z	E	
	4	RADIUS	E	円弧中心半径 R (m)
	5	AXIAL_W	E	軸方向幅 h (m)
	6	RADIAL_W	E	径方向幅 w (m)
3	1	ALPHA	E	オイラー一角 α , z_1 軸まわり (deg)
	2	BETA	E	オイラー一角 β , x_2 軸まわり (deg)
	3	PHI1	E	x_2 軸よりに始点角度 ϕ_1 (deg)
	4	PHI2	E	x_2 軸よりの終点角度 ϕ_2 (deg)



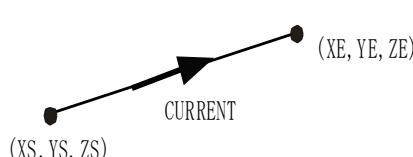
(ヒント)

全体座標の中でオイラー一角でコイルの向きを与えるより、局所座標をオイラー一角がゼロになるように指定して入力する方が簡単。

17.1.6. ダイポール磁場

行	列	Name	Type	Content
1	1	DIPO	S	タイトル。 ダイポール磁場入力を示す。
	2	DBZDX	E	z 方向磁場の x 方向への規格化磁場勾配 (T/m)。 磁場は次の式で与えられる。 $B_x = DBZDX * z, B_y = 0, B_z = DBZDX * x.$ $A_x = 0, A_y = DBZDX/2 * (x^{**2} - z^{**2}), A_z = 0.$

17.1.7. 直線線電流要素

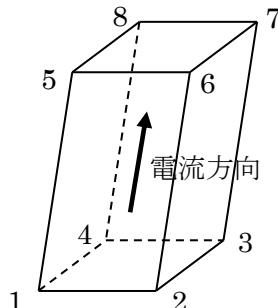
行	列	Name	Type	Content	
1	1	FGCE	S	タイトル。 直線線電流要素入力を示す。	
	2	CURRENT	E	規格化電流値 (A)	
2	1	XS	E	始点座標 (m)	
	2	YZ	E		
	3	ZS	E		
	4	XE	E	終点座標 (m)	
	5	YE	E		
	6	ZE	E		
GCE(17.1.4)の断面寸法をゼロとした要素です。線上では磁場はゼロとします。線近傍の点では磁場が非常に大きくなりますので注意下さい。GCE(17.1.4)では、折れ曲がりの所でARC(17.1.5)と接続する必要がありますが、FGCE ではその必要がありません。					
					

17.1.8. 円弧線電流要素

行	列	Name	Type	Content
1	1	FARC	S	タイトル。 矩形断面円弧電流要素入力を示す。
	2	CURRENT	E	規格化電流値 (A)
2	1	X	E	円弧中心座標 X0 (m)
	2	Y	E	
	3	Z	E	
3	4	RADIUS	E	円弧中心半径 R (m)
	1	ALPHA	E	オイラー角 α , z1 軸まわり (deg)
	2	BETA	E	オイラー角 β , x2 軸まわり (deg)
	3	PHI1	E	x2 軸よりに始点角度 ϕ_1 (deg)
	4	PHI2	E	x2 軸よりの終点角度 ϕ_2 (deg)
ARC(17.1.5)で断面をゼロとした要素です。線上では磁場はゼロとします。線近傍の点では磁場が非常に大きくなりますので注意下さい。パラメータの定義はARC(17.1.5)と同様です。 (ヒント) 全体座標の中でオイラー角でコイルの向きを与えるより、局所座標をオイラー角がゼロになるように指定して入力する方が簡単。				

17.1.9. MESHEDED_COIL 要素

行	列	Name	Type	Content
1	1	MESH	S	タイトル。 COIL のメッシュ入力を表す。コイル形状を六面体要素で作成した、 INPUT_MESH_FILE(10)で指定した形式のメッシュファイル(COIL_geom)が必要。 電磁力の出力は COIL_FORCE(10)で指定する。
	2	CURRENT	E	規格化電流値 (A)
	3	MESH_ID	I	COIL_geom 中の物性番号。 入力メッシュファイル中の 16.1.1.体積要素特性 で指定する物性番号と重複してもよい。
<ul style="list-style-type: none"> ■ 電流方向は底面 (1-2-3-4) から上面 (5-6-7-8) と定義される。底面および上面は必ずしも長方形でなくてもよいが、一平面上に定義する必要がある。 ■ GCE(17.1.4)では歪んだ六面体が定義できないが、 MESHEDED_COIL では定義できる。 ■ ARC や GCE で表現できるものであれば、 ARC や GCE で定義した方が解析的に計算で精度がよい。 ■ MESHEDED_COIL では三角柱要素で定義できないため、 レーストラック型のような形状が単純で角が三角柱である ARC(17.1.5)で作成されているものは、 GCE(17.1.4)と ARC(17.1.5)で作成した方が簡単かつ精度がよい。 ■ MESHEDED_COIL 要素の電流密度分布を COIL_current ファイルに出力 (確認用)。 				



17.1.10. COIL 積分要素

行	列	Name	Type	Content
1	1	LOOP-GCE-ARC-MESH-	S	タイトル。 LOOP(17.1.3), GCE(17.1.4), ARC(17.1.5), MESH(17.1.9)の後に負符号(-)をつけ, インダクタンスおよび電磁力の積分領域を表す。対応する LOOP, GCE, ARC, MESH と同じ COIL シリーズとして入力する。規格化電流および形状寸法は対応するものと同じように入力する。計算メッシュ領域のみの部分を入力する。すなわち, COIL 入力に対して CIRCUIT(17.8)あるいは NETWORK(17.9)の REGION_FACTOR の逆数分を入力する。電磁力のみの計算の場合は, 出力に必要な領域のみを入力しても良い。本要素は磁場を作らず, インダクタンスおよび電磁力の積分のみに用いられる。
LOOP-, GCE-, ARC-, MESH-データの後に, 行 2 を追加する。				
2	1	NDIV	I	積分要素の電流方向分割数。デフォルト値:1 MESH-の場合は, NDIV=1 と入力すること。 LOOP-で NDIV=0, 1 の場合, デフォルト値(適当値)として 12 を設定。 ARC-で NDIV=0, 1 の場合, デフォルト値(適当値)として 12/定義角度を設定。
	2	INT_X	I	X 方向 (GCE-のときベクトル a 方向, LOOP-, ARC-のとき径方向) のガウス積分点数。デフォルト値:5
	3	INT_Y	I	Y 方向 (GCE-のときベクトル b 方向, LOOP-, ARC-のとき軸方向) のガウス積分点数。デフォルト値:5
	4	INT_Z	I	Z 方向 (電流方向) のガウス積分点数。デフォルト値:3
<注意>				
<ul style="list-style-type: none"> ■ 電磁力の出力は電流方向に等間隔に NDIV 分割して出力される。 ■ コイル断面方向に分割して出力するときは, それぞれの部分を個々に定義する。 ■ 分割数, ガウス積分点数は, コイル内の磁場分布に依存するので, 計算時間と精度を考慮して決める。最大ガウス積分次数は 12。 ■ 軸対称二次元計算の場合は, DELTA_THETA(12.1)に対して, -DELTA_THETA/2 から DELTA_THETA/2 の部分を入力すること。この場合, INT_Z=1 で充分。 ■ MESH-の場合, 積分要素を定義要素以上分割できないため必ず NDIV=1 とすること。 				

17.2. 内部電流ソース

行	列	Name	Type	Content
1	1	ELMCUR	S	タイトル。 内部電流ソース入力を示す。
	2	SERIES_NO	I	ソース項の識別番号。
	3	NO_MAT_IDS	I	要素電流を与える要素の物性番号数。
	4	OPTION	I (0,1)	=0:要素の面を通過する電流量(A)で与える。 =1:電流密度(A/m ²)で与える。
	5	IN_ROTOR	I (0,1)	=0:固定部内 =1:可動部内 交流定常解析で、スライド運動でスリップがある場合、 N_CORRECT(8)≠0 の場合必要。

行2をNO_MAT_IDS組入力する。

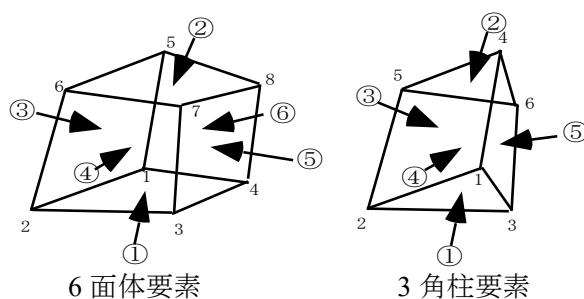
2	1	MAT_ID	I	要素電流を与える要素の物性番号(MAT_ID(16))。
	2	IN_SURFACE	I	要素における、電流が流入する面の番号。
	3	OUT_SURFACE	I	要素における、電流が流出する面の番号。
	4	CURRENT	E	一要素面を通過する規格化電流量(A)(OPTION=0 の時)あるいは規格化電流密度(A/m ²) (OPTION=1 の時)。
	5	SIGMA	E	要素の電気伝導率(S/m)。シリーズの抵抗が計算される。
	6	CAL_Je	I (0,1)	=1:コイル領域の渦電流を考慮する。導電率は SIGMA(16.1.1)で設定した値を使用する。

<注意>

- 6面体、3角柱要素において使用可。要素は、トータルポテンシャル領域にある必要がある。
- IN_SURFACE,OUT_SURFACE,CURRENTに対して異なる値を持つ要素は、異なる MAT_ID(16)を入力メッシュデータファイルで定義しておく必要がある。これらに対して、物性に対し SIGMA(16)=0., MU(16)=1.0 としておく必要がある。
- 17.8.9の電源と結線が必要。

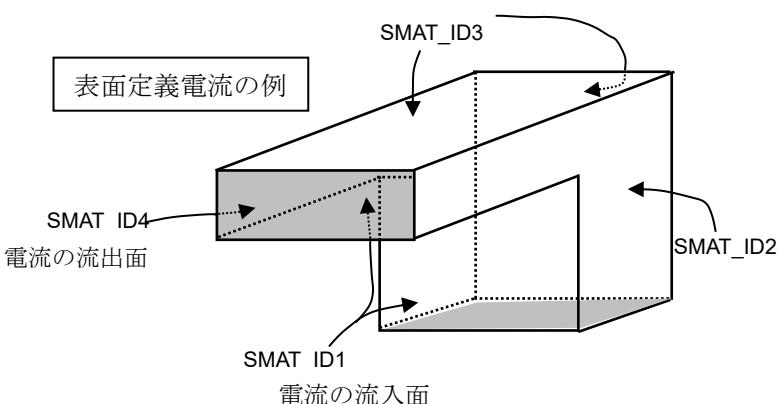
(ヒント)

- IN_SURFACEとOUT_SURFACEを逆にすると、電流方向は逆になる。
- 二次元計算では、z(θ)方向電流を与えるときは、IN_SURFACE=1,OUT_SURFACE=2と置けばよい。
- OPTION=1の時は、流入面の通過電流を内部で計算する。断面積が変化して行くコイルの場合は、OPTION=0で与えることが好ましい。
- 要素面番号は以下の図のように定義されている。



底面が①、上面が②とし、底面から上面に向かって右ねじに③④⑤⑥面が定義されている。

17.3. 表面定義電流ソース

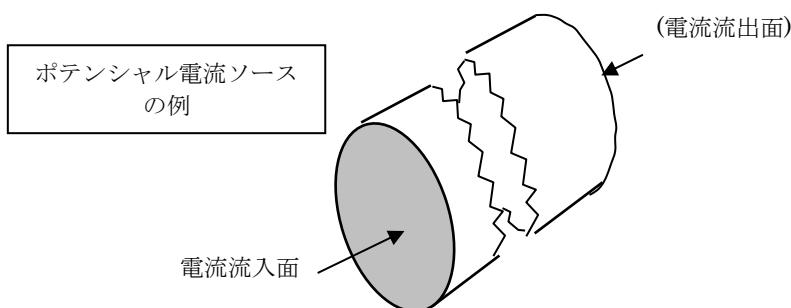
行	列	Name	Type	Content
1	1	SDEFCOIL	S	タイトル。 表面定義電流ソース入力を示す。
	2	SERIES_NO	I	ソース項の識別番号。
	3	NO_PARTS	I	部分の数。
	4	IN_ROTOR	I (0,1)	=0:固定部内 =1:可動部内 交流定常解析で、スライド運動でスリップがある場合、N_CORRECT(8)≠0 の場合必要。
行 2 を NO_PARTS 組入力する。				
2	1	MAT_ID	I	表面定義電流を与える要素の物性番号 (MAT_ID(16))。
	2	SMAT_ID1	I	導体を取り囲む面の物性番号。 電流方向に対して右ねじの順に指定する。
	3	SMAT_ID2	I	
	4	SMAT_ID3	I	
	5	SMAT_ID4	I	
	6	CURRENT	E	通過規格化電流量 (A)
	7	SIGMA	E	要素の電気伝導率(S/m)。シリーズの抵抗が計算される。
	8	CAL_Je	I (0,1)	=1:コイル領域の渦電流を考慮する。導電率は SIGMA(16.1.1)で設定した値を使用する。
<注意>				
<ul style="list-style-type: none"> 表面定義電流ソース入力は長方形断面のコイルに対し有効。要素は、トータルポテンシャル領域にある必要がある。 コイル導体の体積要素に一定の物性番号を指定する。幾つかの物性番号の異なった部分に分けてもよい。このコイル導体領域に対しそれを取り囲む表面(4面)を面要素で定義し、それぞれに異なった物性番号を指定する。面要素は、コイル導体内向きに向かう方向で定義すること。 MAT_ID(16)を入力メッシュデータファイルで定義しておく必要がある。これらに対して、物性に対し SIGMA(16)=0., MU(16)=1.0 としておく必要がある。 17.8, 9 の電源と結線が必要。 				
				

17.4. ポテンシャル電流ソース

行	列	Name	Type	Content
1	1	PHICOIL	S	タイトル。 ポテンシャル電流ソース入力を示す。
	2	SERIES_NO	I	ソース項の識別番号。
	3	NO_PARTS	I	部分の数。
	4	IN_ROTOR	I (0,1)	=0:固定部内 =1:可動部内 交流定常解析で、スライド運動でスリップがある場合、N_CORRECT(8)≠0 の場合必要。
行 2 を NO_PARTS 組入力する。				
2	1	MAT_ID	I	表面定義電流を与える要素の物性番号 (MAT_ID(16))。
	2	SMAT_ID	I	流入面を構成する面要素の物性番号。 面方向は任意。
	3	CURRENT	E	通過規格化電流量 (A)。
	4	SIGMA	E	要素の電気伝導率(S/m)。シリーズの抵抗が計算される。
	6	CAL_Je	I (0,1)	=1:コイル領域の渦電流を考慮する。導電率は SIGMA(16.1.1)で設定した値を使用する。

<注意>

- 電流流入面は解析領域の $B_n=0$ 面あるいは周期対称面に定義する。
- 曲率のあるコイルの場合は、電流の偏りができる。断面をいくつかに分割しそれぞれを別の PART として定義すれば一様性が良くなる。この時、SMAT_ID は共通していても良い。
- 周期対称面を通じて繋がっているコイルは一つの PART で定義する必要がある。この場合、流入面は一面だけを指定する。
- 誘導電流は含まない。



17.5. 複数導体ポテンシャル電流ソース

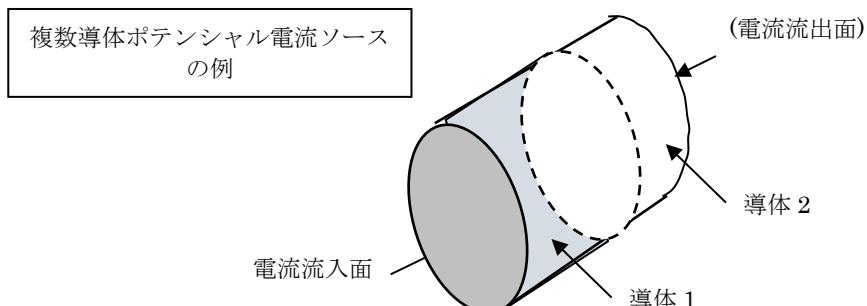
行	列	Name	Type	Content
1	1	DCCURR	S	タイトル。 複数導体ポテンシャル電流ソース入力を示す。
	2	SERIES_NO	I	ソース項の識別番号。
	3	NO_PARTS	I	部分の数。
	4	IN_ROTOR	I (0,1)	=0:固定部内 =1:可動部内 交流定常解析で、スライド運動でスリップがある場合、N_CORRECT(8)≠0 の場合必要。
2	1	MAT_ID	I	表面定義電流を与える要素の物性番号 (MAT_ID(16))。
	2	SMAT_ID	I	流入面を構成する面要素の物性番号。 面方向は任意。
	3	CURRENT	E	通過規格化電流量 (A)。
	4	SIGMA	E	要素の電気伝導率(S/m)。シリーズの抵抗が計算される。
	5	CAL_Je	I (0,1)	=1:コイル領域の渦電流を考慮する。導電率は SIGMA(16.1.1)で設定した値を使用する。

行3をNO_PARTS-1組入力する。

3	1	MAT_ID	I	表面定義電流を与える要素の物性番号 (MAT_ID(16))。
	2	SIGMA	E	要素の電気伝導率(S/m)。シリーズの抵抗が計算される。

<注意>

- 電流流入面は解析領域の $B_n=0$ 面あるいは周期対称面に定義する。
- 導体が連結している場合、流入面と接している物性番号の一面だけを行2に指定する。
- 曲率のある導体の場合は、電流の偏りができる。
- 周期対称面を通じて繋がっているコイルは一つのPARTで定義する必要がある。
- 誘導電流は含まない。



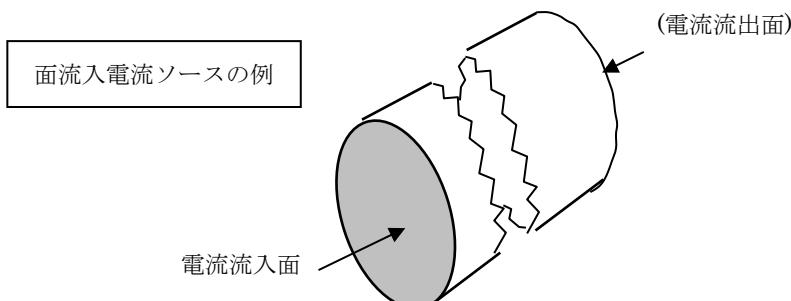
17.6. 面流入電流ソース

17.6.1 単一導体面流入電流ソース

行	列	Name	Type	Content
1	1	SUFCUR	S	タイトル。 面流入電流ソース入力を示す。
	2	SERIES_NO	I	ソース項の識別番号。
	3	TIME_ID	I	時間変化を与えるデータ番号 TIME_ID(18)。 (ヒント) ソースが CIRCUIT(17.8)あるいは NETWORK(17.9)に接続される場合は 0 とすること。CIRCUIT あるいは NETWORK に接続することを推奨する。
	4	SURFACE MAT ID	I	流入面を構成する面要素の物性番号。
	5	CURRENT	E	面を通過する規格化電流量(A)。例えば一本のコイルを上下対称として解析したような場合一本のコイルとみなしたい様な場合 0.5 とする。
	6	IN_ROTOR	I (0,1)	=0:固定部内 =1:可動部内 交流定常解析で、スライド運動でスリップがある場合、N_CORRECT(8)≠0 の場合必要。

<注意>

- SUFCUR は静磁場解析には使えません。
 - 導体で $B_n=0$ の対称面が 2 面ある場合、あるいは周期境界条件で使用可能で、一方の対称面にある導体面を流入面として定義し、他方は定義無しで流出面となる。
 - 周期境界条件で周期面から電流を流入させる場合は、16.2 面要素特性でその面にギャップ面を定義し、その物性 ID を指定する。
 - 電源(17.8, 9)に組み込むときは、TIME_ID を 0 としておくこと。
 - 電源と回路(17.8, 9)に組み込むことが好ましい。
- (ヒント)
- バルク導体に電気回路が接続された場合や、二次元解析において、全通過電流をゼロに固定するような場合に使用する。
 - 誘導電流を含む電流分布が求められる。
 - 交流解析でコイルインピーダンスの周波数特性が求められる。



17.6.2 複数導体面流入電流ソース

行	列	Name	Type	Content
1	1	SUFCUR2	S	タイトル。 面流入電流ソース入力を示す。
	2	SERIES_NO	I	ソース項の識別番号。
	3	NO_PARTS	I	部分の数。
	4	IN_ROTOR	I (0,1)	=0:固定部内 =1:可動部内 交流定常解析で、スライド運動でスリップがある場合、N_CORRECT(8)≠0 の場合必要。
行2をNO_PARTS組入力する。				
2	1	MAT_ID	I	表面定義電流を与える要素の物性番号 (MAT_ID(16))。
	2	SMAT_ID	I	流入面を構成する面要素の物性番号。 面方向は任意。
	3	CURRENT	E	通過規格化電流量 (A)。
計算時はSUFCURとして扱われます。 ポスト処理時の電気回路接続時の導体領域鎖交磁束の算出では、PHICOILとして計算された規格化直流電流分布を使用して計算されます。そのため、PHICOILの渦電流を考慮した磁場ソースと等価になります。				

17.7. 磁化ベクトルソース

行	列	Name	Type	Content
1	1	MAGNET	S	タイトル。 磁化ベクトルソース入力を示す。
	2	SERIES_ID	I	ソース項の識別番号。
	3	TIME_ID	I	時間変化を与えるデータ番号 TIME_ID(18)。
	4	NO_DATA	I	INPUT_TYPE=0, 2, 3, 4のとき、磁化ベクトルを与える要素の物性番号数。 INPUT_TYPE=1のとき、磁化ベクトルを与える要素数。
	5	INPUT_TYPE	I (0,1,2, 3,4,5)	=0:物性番号毎に入力。 =1:要素毎に入力。物性番号は一つ。READ_OPTION=1の時は物性番号が複数あってもよい。 =2:物性番号毎に正弦関数入力。 =3:物性番号毎に数式入力。 =4:減磁曲線を用いた非線形解析を行う。 使用には<PM Demagnetization module>が必要です。 =5:温度依存の減磁曲線を用いた非線形解析を行う。 使用には<TEMP_DEPEND module>が必要です。 使用には<PM Demagnetization module>が必要です。

17.7.1. 一様磁化入力

INPUT_TYPE=0 の時必要。行 1 を NO_DATA 組入力する。

行	列	Name	Type	Content
1	1	MAT_ID	I	磁化ベクトルを与える要素の物性番号 MAT_ID(16.1)。
	2	COORD_ID	I	磁化ベクトルを定義する局所座標系 COORD_ID(12.2)。
	3	MX/MR	E	局所座標系における各方向の磁化ベクトル成分 (T)
	4	MY/MT	E	
	5	MZ	E	

17.7.2. 要素毎に磁化入力

INPUT_TYPE=1 の時必要。

行	列	Name	Type	Content
1	1	MAT_ID	I	磁化ベクトルを与える要素の物性番号 MAT_ID(16.1)。
	2	COORD_ID	I	磁化ベクトルを定義する局所座標系 COORD_ID(12.2)。
	3	READ_OPTION	I	=1:ファイル initial_magnetization.dat (23)を読み込み, 磁化ベクトルとして使用。COORD_ID は意味を持たない。
READ_OPTION=0 の時, 行 2 を NO_DATA 組入力。				
2	1	ELEM_ID	I	入力メッシュデータ内の要素番号
	2	MX (MR)	E	X (R) 方向磁化 (T)
	3	MY (MT)	E	Y (θ) 方向磁化 (T)
	4	MZ	E	Z 方向磁化 (T)

17.7.3. 正弦関数入力

INPUT_TYPE=2 の時必要。

行	列	Name	Type	Content
1	1	NO_ORDERS	I	高調波次数の数
	2	NO_POLES	I	磁極数 (一周 360 度分)
	3	ANGLE	E	基準角度 (deg)
行 2 を NO_ORDERS 組入力				
2	1	ORDER	I	高調波次数
	2	AMPLITUDE	E	ORDER 次の規格化された振幅
行 3 を NO_DATA 組入力				
3	1	MAT_ID	I	基準磁化を与える要素の物性番号 MAT_ID(16.1)。
	2	COORD_ID	I	基準磁化を定義する局所座標系 COORD_ID(12.2)。
	3	MX (MR)	E	局所座標系における各方向の基準磁化成分 (T)
	4	MY (MT)	E	
	5	MZ	E	

定義：入力正弦関数は、以下で与えられる。

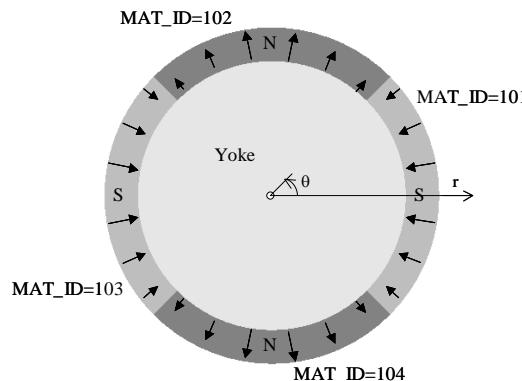
$$M_r(\theta) = M_{rs} \cdot \sum_{k=1,3,5,\dots}^{k_{\max}} b_k \sin\left(\left(\frac{m}{2}\right)k(\theta - \theta_0)\right)$$

ここで、 M_{rs} は (MX, MY, MZ), k は ORDER, b_k は AMPLITUDE, m は NO_POLES である。 k_{\max} は最大高調波次数であり、NO_ORDERS は入力する次数の数であることに注意。 θ_0 は円筒座標系での基準角度 ANGLE であり、磁化が反転する位置（磁極間）に相当する。 θ は円筒座標系での要素中心の角度。

磁化配向は、ラジアル配向（円筒座標系における径方向）、平行配向（直交座標系における任意の方向）が入力可能で、その設定は行 3 で割り当てる COORD_ID の座標系と対応。

また、上式は奇数次成分のみで表しているが、入力としては偶数次成分にも対応。

入力例として下図のモデルに、最大高調波次数 5（奇数次のみ）までの、磁極数 4、基準角度 45deg、ラジアル配向のデータ設定を示す。なお、行 2 の COORD_ID=1 は局所円筒座標の ID である。



SOURCES Definitions

SOURCE

* MAGNET * SERIES_ID * TIME_ID * NO_MAT_ID* INPUT_TYPE *

MAGNET 1 1 4 2
 * NO_ORDERS * NO_POLES * ANGLE(deg) *
 3 4 45.

* ORDER * AMPLITUDE *

1 1.0

3 0.25

5 0.05

* MAT_ID * COORD_ID * MX(MR) * MY(MT) * MZ *

101 1 1.0 0.0 0.0

* MAT_ID * COORD_ID * MX(MR) * MY(MT) * MZ *

102 1 1.0 0.0 0.0

* MAT_ID * COORD_ID * MX(MR) * MY(MT) * MZ *

103 1 1.0 0.0 0.0

* MAT_ID * COORD_ID * MX(MR) * MY(MT) * MZ *

104 1 1.0 0.0 0.0

END

17.7.4. 数式入力

INPUT_TYPE=3 の時必要。

行	列	Name	Type	Content
1		FUNCTION MX(x,y,z)		
2		FUNCTION MY(x,y,z)		
3		FUNCTION MZ(x,y,z)		
行 4 を NO_DATA 組入力				
4	1	MAT_ID	I	磁化分布関数を与える要素の物性番号 MAT_ID(16.1)。
	2	COORD_ID	I	磁化分布関数を定義する局所座標系 COORD_ID(12.2)。

行 1 の磁化分布関数は、行 4 の COORD_ID の座標系と対応。

17.7.3. 正弦関数入力式で説明した入力例を本入力で表すと、以下と等価となる。

```

* SOURCES Definitions *
SOURCE
* MAGNET * SERIES_ID * TIME_ID * NO_MAT_ID * INPUT_TYPE *
MAGNET      1           1           4           3
* FUNCTION MX(x,y,z) * x(m) or x(m) *
MX(x,y,z)=sin(2*(y-(PI/4)))+0.25*sin(6*(y-(PI/4)))+0.05*sin(10*(y-(PI/4)));
* FUNCTION MY(x,y,z) * y(m) or y(rad) *
MY(x,y,z)=0;;
* FUNCTION MZ(x,y,z) * z(m) or z(m) *
MZ(x,y,z)=0;;
*   MAT_ID * COORD_ID   *
  101      1
*   MAT_ID * COORD_ID   *
  102      1
*   MAT_ID * COORD_ID   *
  103      1
*   MAT_ID * COORD_ID   *
  104      1
END

```

17.7.5. 永久磁石の減磁曲線を用いた非線形解析

INPUT_TYPE=4 の時必要。行 1, 2 を NO_DATA 組入力する。

行	列	Name	Type	Content	
1	1	MAT_ID	I	磁化ベクトルを与える要素の物性番号 MAT_ID(16.1)。	
	2	TYPE	I (0, 1)	=0: 永久磁石の減磁曲線を用いた非線形解析を行う。 =1: 永久磁石の減磁曲線を用いた減磁解析を行う。	
	3	BH_MAGNET _CURVE_ID	I	>0: 使用する減磁曲線番号 MAGNET_BH_CURVE_ID(20)を指定。 非線形解析(NON_LINEAR(2)=1)が必須。	
	4	MU	E	非容易磁化方向の比透磁率を設定。	
2	1	COORD_ID	I	磁化方向を定義する局所座標系 COORD_ID(12.2)。	
	2	MX (MR)	E	局所座標系における磁化方向。TIME_ID(17.7)は 1(一定)とすること。 磁化として MAGNET_BH_CURVE(20)の最後のデータを使用する。	
	3	MY (MT)	E		
	4	MZ	E		
TYPE=1 の場合、減磁曲線上を動く非線形解析を行うため、減磁はしない。 TYPE=2 の場合、減磁曲線上を下降し、上昇する時はリコイル透磁率を使用する。履歴を demagnetization_solution ファイルに保存し、リスタート計算で old_demagnetization_solution と remane して使用する。 減磁曲線の温度依存を解析する場合、リスタート計算で行うため、BH_MAGNET_CURVE_ID(20)を解析したい温度のデータに変更すること。					
<ul style="list-style-type: none"> * 磁石磁化方向は、X, Y, Z 方向のいずれかになるように設定すること。例えば永久磁石が X 軸から 45 度の位置にある場合は、局所座標として 45 度方向を X 方向もしくは Y 方向となる座標を設定し、COORD_ID に設定して磁石磁化方向を設定すること。 * 使用には<PM Demagnetization module>が必要です。 					

17.8. 電源と結線 (CIRCUIT)				
行	列	Name	Type	Content
1	1	CIRCUIT	S	タイトル。 電源入力を示す。
	1	NO_SERIES	I	ソース項 (COIL(17.1), ELMCUR(17.2), SDEFCOIL(17.3), PHICOIL(17.4), DCCURR(17.5)) , SUFCUR(17.6)) で電源と結線するソース項の総数。TIME_ID を指定していないもの。
	2	NO_POWER_SUPPLIES	I	接続される独立な電源数 \leq NO_SERIES。
	3	REGION_FACTOR	E	解析されている実際の系 (全体モデル) が解析モデル領域に 対してこの倍数であることを示す。例えば、上下対称で N 回 回転対称の時は 2N。シリーズ外部インダクタンス、抵抗、 電圧を全体モデルの値で入力するために必要。出力される電 圧もこの全体モデルとなる。 この値を 1.0 と入力すると解析モデル領域を全体として入出 力する。例えば上の場合 1/2N の値を以下入力する必要がある。 出力される電圧も解析モデル領域の分となる。
	4	IN_IND	I	外部インダクタンス行列入力法 =0:下三角行列を入力 =1:対角成分のみを入力、非対角項はゼロとする。 =2:外部インダクタンスは無いとする。
2	5	IN_RES	I	外部抵抗行列入力法 =0:下三角行列を入力 =1:対角成分のみを入力、非対角項はゼロとする。 =2:外部抵抗は無いとする。 <注意> 詳細は、17.8 電源と結線の SERIES_EXTERNAL_INDUCTANCE と SERIES_EXTERNAL_RESISTANCE を参照。
	6	IN_CON	I	接続行列(CONNECTION_MATRIX)の入力法。 =0:CONNECTION_MATRIX を入力。 =1:NO_SERIES=NO_POWER_SUPPLIES の時で、電源は独立 にシリーズに接続されているとし、CONNECTION_MATRIX は単位行列とする。 <注意> 詳細は、17.8 電源と結線の CONNECTION_MATRIX を参照。
	7	REGION_PARALLEL	E	回路の並列数を設定。(デフォルトは 1) REGION_FACTOR(17.8)に全体モデルが解析モデルに対して の倍数を設定した場合、REGION_FACTOR の換算を行い、1 並列分と同様の計算ができる。その場合、output 出力に電源 は全体モデルの値、コイルやインダクタンスは 1 並列分の値 が output される。

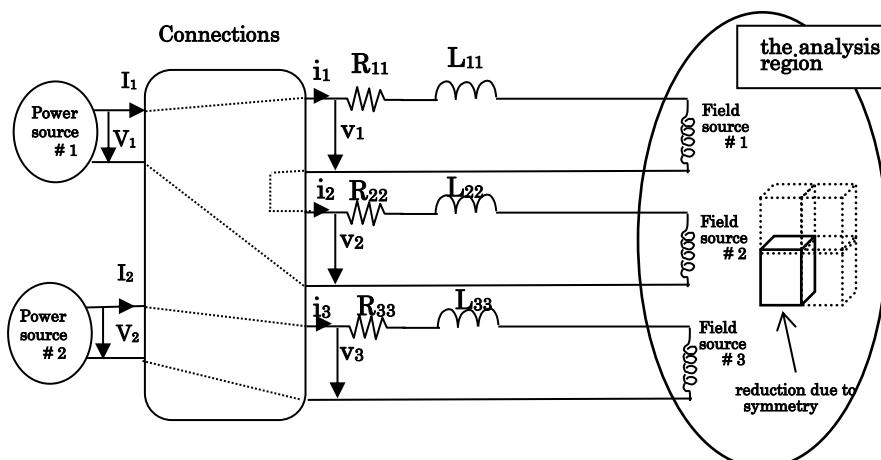
行	列	Name	Type	Content
3	1	SERIES_IDS	I	シリーズの ID 番号(SERIES_NO (17.1, 17.2, 17.3, 17.4, 17.5, 17.6))。順番が重要。
4	1	SERIES _EXTERNAL _INDUCTANCE	E	<p>IN_IND=0 の時 外部インダクタンス行列。各ソース項シリーズにおける有限要素領域外の自己および相互インダクタンス(H)。インダクタンスはソース項で与えた規格化電流値(CURRENT)で規格化された値とする。 対称マトリックスであり、下半分行列を入力する。NO_SERIES 行のデータで I 行目は I 個のデータとなる。全体のデータ数は $NO_SERIES * (NO_SERIES + 1) / 2$。</p> <p>IN_IND=1 の時 対角成分のみを入力。データ数は NO_SERIES。</p> <p>IN_IND=2 の時、不要。 <注意></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ COIL ソース項(17.1)に対しては、IND_CALC(4)=1 とし、COIL 積分要素(LOOP-,GCE-,ARC-)を入力した COIL の自己インダクタンス、およびコイル間の相互インダクタンスは内部で計算され、足しこまれる。 ■ 上の入力を行わない場合の COIL に対しては、有限要素領域には COIL の自己インダクタンスおよび COIL 間の相互インダクタンスは考慮されない。このため、入出力電圧を実際のものとするためには、外部インダクタンスとして入力する必要がある。 ■ 上の場合で外部インダクタンスを 0 とすると、トータルボテンシャル内からの誘起磁場および他のソース項からの磁場のコイル鎖交分が電圧となる。 ■ シリーズに直列に外部に繋がれたインダクタンスや漏れインダクタンスを加えて入力する。
5	1	SERIES _EXTERNAL _RESISTANCE	E	<p>外部抵抗行列。各ソース項シリーズにおける有限要素領域外の自己および相互抵抗(Ω)。抵抗はソース項で与えた規格化電流値(CURRENT)で規格化された値とする。上の入力形式はインダクタンスと同じ。</p> <p><注意></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ COIL ソースに対しては COIL 抵抗を入力すること。 ■ ELMCUR, SDEFCOIL に対しては、SIGMA の値を入力すればその抵抗は考慮される。SIGMA=0 として、本入力で抵抗を入れても同じことになる。 ■ SUFCUR に対しては有限要素領域の抵抗を本入力で加えてはならない。

行	列	Name	Type	Content
6	1	CONNECTION_MATRIX	E (行列)	<p>各シリーズと電源の接続関係を表す行列。</p> <p>IN_CON=0 の時: NO_SERIES 行, NO_POWER_SUPPLIES 列の行列である。シリーズ電流電圧ベクトル(\mathbf{i}, \mathbf{v}), 電源電圧ベクトル(\mathbf{I}, \mathbf{V})が本 CONNECTION_MATRIX T で $\mathbf{i}=T\mathbf{I}$, $\mathbf{V}=T^t\mathbf{v}$ と関連付けられる。T^t は転置行列。</p> <p>IN_CON=1 の時:入力不要。 (ヒント)</p> <ul style="list-style-type: none"> シリーズと電源が同数であり, 独立給電される場合は, 単位行列 (対角項が 1.0, 他が 0.0)。 この表末の例を参照ください。 この接続表現と行列を用いることにより, 任意のソース間の結合が可能となる。
行 7 を NO_POWER_SUPPLIES 組み入力する。				
7	1	POWER_SUPPLY_ID	I	電源の識別番号。
	2	TYPE	I (1,0)	=0:定電流電源(電流変化が与えられ電圧が未知)。 =1:定電圧電源(電圧変化が与えられ電流が未知)。
	3	TIME_ID	I	電源の電流 (TYPE=0 の時) あるいは電圧 (TYPE=1 の時) の時間変化を与えるデータ番号 (TIME_ID(18))。 0 の場合は, 一定であることを示す。
	4	INITIAL_CURRENT	E	過渡解析(TRANSIENT(2)の時の, 定電圧電源の電流初期値(A))。 リスタート時, 初期実行においても本電源が定電圧源であった場合は, =999. とすると, 初期実行の結果が初期値となる。
8	1	END	S	CIRCUIT データの終了を示す。

- 閉回路（コイル両端が短絡）の場合は、0電圧の定電圧電源が結線されていると考える。
- 開回路（コイル両端が切断）の場合は、0電流の定電流電源が結線されていると考える。
- 下図に2つの電源と3つの磁場コイルの接続例を示す。CIRCUITデータは次の通り。

```

NO_SERIES→3 ; NO_POWER_SUPPLIES→2 ; REGION_FACTOR→4.0 ;
IN_IND→0 ; IN_RES→0 ; IN_CON→0 ;
SERIES_IDS→1 2 3 ;
SERIES_EXTERNAL_INDUCTANCE→
    L11
    L12 L22
    L13 L23 L33
SERIES_EXTERNAL_RESISTANCE→
    R11
    R12 R22
    R13 R23 R33
CONNECTION_MATRIX→ 1. 0.
                    1. 0.
                    0. 1.
  
```



17.9. 電源と結線 (NETWORK)

行	列	Name	Type	Content
1	1	NETWORK	S	タイトル。 外部回路や電源を回路要素とノードで表現する。CIRCUITとの重複は許されない。
	2	REGION_FACTOR	E	解析されている実際の系が解析モデル領域に対してこの倍数であることを示す。例えば、上下対称で N 回回転対称の時は $2N$ 。シリーズ外部インダクタンス、抵抗、電圧を系全体の値で入力するため必要。出力される電圧もこの系全体となる。 この値を 1.0 と入力すると解析モデル領域を全体として入出力する。例えば上の場合 $1/2N$ の値を以下入力する必要がある。出力される電圧も解析モデル領域の分となる。
	3	REGION_PARALLEL	E	回路の並列数を設定。(デフォルトは 1) REGION_FACTOR(17.9)に全体モデルが解析モデルに対しての倍数を設定した場合、REGION_FACTOR の換算を行い、1 並列分と同様の計算ができる。その場合、output 出力に電源は全体モデルの値、コイルやインダクタンスは 1 並列分の値が出力される。

使用には<NETWORK module>が必要です。

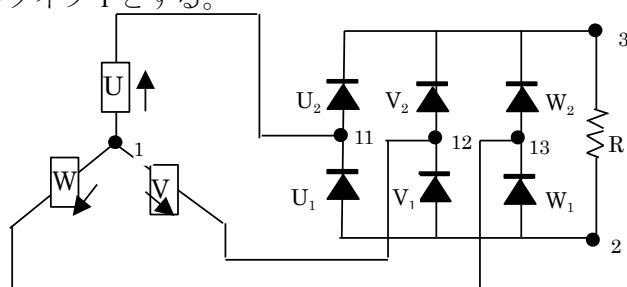
NETWORK と END 行の間に回路要素入力や設定入力をする。回路要素やノードの ID 番号は重複してはならない。特に断らない限り順序は問わない。回路要素としては、FEM, R, L, M, C, D1, D2, EQ, TAB, SWITCH, VR, CPS, VPS, がある。M を除き両端にノードを持ち、電流、電圧は始点ノードから終点ノード方向に定義される。

設定入力として、SETV, SETI があり、これらは参照する要素の後に入力すること。

過渡解析ではすべての要素が使用できるが、交流定常解析では、D1, D2, EQ, TAB の非線形要素は使用できない。また、静解析では、L, M, C が使用できない。

2 1 END S NETWORK データの終わりを示す。

例えば下の様な三相整流回路のデータを示す。ここで、U,V,W は FEM シリーズで、U1 から W2 はダイオードタイプ 1 とする。



NETWORK	4.				
FEM	1	1	11	2	
FEM	2	1	12	3	
FEM	3	1	13	1	
D2	11	2	11	1.	0.001
D2	12	11	3	1.	0.001
D2	21	2	12	1.	0.001
D2	22	12	3	1.	0.001
D2	31	2	13	1.	0.001
D2	32	13	2	1.	0.001
R	4	2	3	1.	
END					

NETWORK 使用上の注意

- 回路網を木構造を用いて解析し、独立な変数を抽出します。**output** ファイルにその情報が output されます。前の例では、以下の出力があります。

***** Network structure *****

Number of independent elements = 5

Independent elements (独立な電流を与える要素番号)

No.	ID
1	3
2	12
3	21
4	31
5	4

Node voltage dependences (ノード電圧は要素電圧降下の和で表されます。
負値は逆極性に和がとられます。)

Node ID: Element IDs

3:	22	-1	11	2
(この例ではノード2が電圧基準位置になっています。)				
13:	-32	2	11	-1
12:	2	11	-1	22
11:	11			
1:	-1	11		

Element dependences (いわゆるタイセット行列です。)

1	2	3	11	12	21	22	31	32	4
3:	0	-1	1	0	0	0	-1	0	1
12:	1	-1	0	0	1	0	-1	0	0
21:	1	-1	0	-1	0	1	0	0	0
31:	1	-1	0	-1	0	0	-1	1	1
4:	1	-1	0	-1	0	0	-1	0	0

要素 i の従属な電流は、 $I_i = \sum T_{ji} I_j$ で表されます。

- 電流源要素 CPS および SETI で初期電流の与えられる電圧源要素 VPS 源は、上の Independent elements に含まれる必要があります。このためには、これらの要素は木構造において co-tree になれる必要があります。Co-tree は、これらの要素を除いた木構造にこれらの要素を加えるとループ(環構造)ができてしまう要素です。従って、これらの要素を枝分かれ無しの直列に接続するようなことはできません。

17.9.1. FEM シリーズ要素

行	列	Name	Type	Content
1	1	FEM	S	タイトル。 FEM 領域に定義されているソースシリーズ。 COIL(17.1),ELMCUR(17.2),SDEFCOIL(17.3),PHICOIL(17.4),DCCUR R(17.5),SUFCUR(17.6)のシリーズを定義できる。
	2	ID	I	要素識別番号
	3	START	I	始点ノード番号
	4	END	I	終点ノード番号
	5	SERIES ID	I	FEM 領域ソースシリーズ番号

17.9.2. 抵抗要素

行	列	Name	Type	Content
1	1	R	S	タイトル。 電気抵抗を表す。
	2	ID	I	要素識別番号
	3	START	I	始点ノード番号
	4	END	I	終点ノード番号
	5	RESISTANCE	E	抵抗値 (Ω)

定義 : $V(I) = -RESISTANCE * I$ である。

17.9.3. インダクタンス要素

行	列	Name	Type	Content
1	1	L	S	タイトル。 インダクタンスを表す。
	2	ID	I	要素識別番号
	3	START	I	始点ノード番号
	4	END	I	終点ノード番号
	5	INDUCTANCE	E	インダクタンス値 (H)

17.9.4. 相互インダクタンス要素

行	列	Name	Type	Content
1	1	M	S	タイトル。 インダクタンスを表す。
	2	ID	I	要素識別番号
	3	L1	I	インダクタンス要素 ID
	4	L2	I	インダクタンス要素 ID
	5	INDUCTANCE	E	相互インダクタンス値 (H)

インダクタンス L1 と L2 の間に相互インダクタンスを加える。参照される L1 と L2 はこのデータの前に定義されている必要がある。

17.9.5. キャパシタンス (容量) 要素

行	列	Name	Type	Content
1	1	C	S	タイトル。 キャパシタンス (容量) を表す。
	2	ID	I	要素識別番号
	3	START	I	始点ノード番号
	4	END	I	終点ノード番号
	5	CAPACITANCE	E	容量値 (F)

初期ランの時は、必ず SETV により、初期電圧値を入力すること。

17.9.6. 電流源要素

行	列	Name	Type	Content
1	1	CPS	S	タイトル。 電流源を表す。
	2	ID	I	要素識別番号
	3	START	I	始点ノード番号
	4	END	I	終点ノード番号
	5	TIME_ID	I	時間変化識別番号(18)。単位は A となる。

17.9.7. 電圧源要素

行	列	Name	Type	Content
1	1	VPS	S	タイトル。 電圧源を表す。
	2	ID	I	要素識別番号
	3	START	I	始点ノード番号
	4	END	I	終点ノード番号
	5	TIME_ID	I	時間変化識別番号(18)。単位は V となる。

初期ランで、初期電流がゼロでないときは SETI で初期電流を入力すること。

17.9.8. 非線形要素 (ダイオードタイプ1)

行	列	Name	Type	Content
1	1	D1	S	タイトル。 非線形要素 (ダイオードタイプ1) を表す。
	2	ID	I	要素識別番号
	3	START	I	始点ノード番号
	4	END	I	終点ノード番号
	5	R1	E	正方向電流抵抗 (Ω)
	6	R2	E	負方向電流抵抗 (Ω)

定義 :

$$\begin{aligned} \text{for } I \geq 0. \rightarrow V(I) &= -R1 * I \\ \text{for } I < 0. \rightarrow V(I) &= -R2 * I \end{aligned}$$

17.9.9. 非線形要素 (ダイオードタイプ2)

行	列	Name	Type	Content
1	1	D2	S	タイトル。 非線形要素 (ダイオードタイプ2) を表す。
	2	ID	I	要素識別番号
	3	START	I	始点ノード番号
	4	END	I	終点ノード番号
	5	V0	E	電圧値 (V)
	6	I0	E	電流値 (A)
電圧降下を $V = V_0 \ln\left(\frac{I+I_0}{I_0}\right)$ で表す。ここで I は順方向電流値。				

17.9.10. 非線形要素 (数式入力)

行	列	Name	Type	Content				
1	1	EQ	S	タイトル。 非線形要素 (数式入力 Appendix 1) を表す。				
	2	ID	I	要素識別番号				
	3	START	I	始点ノード番号				
	4	END	I	終点ノード番号				
2	順方向電圧関数 $V(I)$ を数式入力する。単位は V:V, I:A							
以下の各要素は、本数式入力と等価なもので表すと次のようになる。ただし、本形式で入力すると非線形計算が行われるので、R に対しては本形式を使わない方がよい。								
R: $V(I)=-RESISTANCE*I$; D1: $[I < 0] V1(I)=-R1*I$; $[0 \leq I] V2(I)=-R2*I$; $V(I)=V1(I)+V2(I)$; D2: $IL=I0*(-0.99)$; $[I \leq IL] V1(I)=-V0*((I-IL)/(IL+I0) + \log((IL+I0)/I0))$; $[IL < I] V2(I)=-V0 * \log((I+I0)/I0)$; $V(I)=V1(I)+V2(I)$;								

17.9.11. 非線形要素 (テーブル入力)

行	列	Name	Type	Content
1	1	TABLE	S	タイトル。 非線形要素の I-V 特性のテーブルを表す。
	2	NUMBER	I	テーブル数
行 2, 3 のデータを NUMBER 組入力				
2	1	ID	I	テーブル番号
	4	NO_DATA	I	データ数
行 3 のデータを NO_DATA 組入力				
3	1	CURRENT	E	電流値 (A)
	2	VOLTAGE	E	電圧値 (V)
4	1	TAB	S	タイトル テーブル入力の非線形要素を表す。
	2	ID	I	要素識別番号
	3	START	I	始点ノード番号
	4	END	I	終点ノード番号
	5	TABLE_ID	I	テーブル番号
TABLEデータはTABデータに先行して入力する必要がある。 異なるTAB要素が同じテーブル番号を持っててもよい。				

17.9.12. 初期印加電圧

行	列	Name	Type	Content
1	1	SETV	S	タイトル。 初期印加電圧入力
	2	ID	I	要素識別番号, このデータ以前に, 対応する要素が入力されている必要がある。
	3	INITIAL _VOLTAGE	E	初期印加電圧。順方向に電圧が加わっているときが正。

過渡解析の初期ランにおいて, コンデンサ C, 抵抗 R, 非線形要素 D1, D2, D3 の初期電圧を入力する。

コンデンサに対しては, 初期ランの時は必ず入力が必要となる。リスタート時に入力すると, コンデンサ電圧が入力値にリセットされる。入力がない場合, 初期実行の値が初期値とされる。

抵抗や非線形要素に対しては, 電圧源 VPS や, コンデンサ C により電圧が加えられているときに, その印可電圧初期値を入力する。過渡解析初期ランにおいて, 入力しない場合は, 初期電圧はゼロとおかれる。このため, THETA_NETWORK(5)≠1.0 の場合, 振動解になる。リスタート時は, 入力しない場合, デフォルトとして初期実行の結果が用いられる。

17.9.13. 電圧源初期電流

行	列	Name	Type	Content
1	1	SETI	S	タイトル。 初期電流入力
	2	ID	I	要素識別番号, このデータ以前に, 対応する要素が入力されている必要がある。
	3	INITIAL CURRENT	E	初期電流(A)。順方向に電流が流れているとき正。

電圧源要素 VPS に初期電流を与える。与えない場合, 初期ランの時は 0, リスタートの場合は, 初期実行の結果を初期値とする。

17.9.14. スイッチ要素

行	列	Name	Type	Content
1	1	SWITCH	S	タイトル。 スイッチを表す。
	2	ID	I	要素識別番号
	3	START	I	始点ノード番号
	4	END	I	終点ノード番号
	5	ON_RES	E	On(閉)時の抵抗(Ω) ≥ 0
	6	OFF_RES	E	Off(開)時の抵抗(Ω) > 0
2	1	NO_DATA	I	On 時間区間数
	2	CYCLE	E	スイッチ周期(s), =0 のとき, 周期性は無いとする。 =0 のとき, 実時間入力。 =1 のとき, 位相角度(deg)入力。ゼロでない CYCLE の入力が必要。時刻 0 を位相 0 度とする。
	3	PHASE_OP	I(0,1)	時間変化識別番号(18)。On-Off 状態の時刻を時間の関数として設定する。 =0 の場合, 行 3 のデータが使用される。
	4	TIME_ID	I	
行 3 のデータを NO_DATA 組入力。				
3	1	ON_TIME	E	On 状態開始時刻。
	2	OFF_TIME	E	Off 状態開始時刻。
<ul style="list-style-type: none"> ■ CYCLE を入力した場合は, ON_TIME≥ 0, OFF_TIME\leqCYCLE ■ ON_TIME < OFF_TIME, データは時間的に昇順とする。 ■ OFF_RES は Off 状態でのスイッチに流れる電流が無視できる程度に大きな値を入力する。 ■ スイッチを含む場合は, THETA_NETWORK(5)=1 とすること。 				

17.9.15. 可変抵抗要素

行	列	Name	Type	Content
1	1	VR	S	タイトル。 時間依存可変抵抗を表す。
	2	ID	I	要素識別番号
	3	START	I	始点ノード番号
	4	END	I	終点ノード番号
	5	TIME_ID	I	時間変化識別番号(18)。抵抗(Ω)を時間の関数として表す。時間変化はステップ的に変化させても良い。

17.10. 電位面電場ソース

行	列	Name	Type	Content
1	1	EPOTSUF	S	タイトル。 等電位面電場ソース入力を示す。
	2	SERIES_NO	I	ソース項の識別番号。
	3	SURFACE MAT_ID	I	等電位面を構成する面要素の物性番号。
	4	POT_OR _CHARGE	I(0,1)	<STATIC=2 のとき> =0:導体表面に等電位面内のトータル表面電荷(C)を指定。電位は未知。 誘電体表面にトータル電荷(C)を与える場合、表面電位は未知。 =1: 電位(V)を指定。トータル電荷は未知。 <STATIC=3 のとき> =0: 等電位面を通過するトータル電流量(A)を指定。 電位は未知。 =1: 電位(V)を指定。トータル電流量は未知
	5	TIME_ID	I	時間変化を与えるデータ番号 TIME_ID(18)。 POT_OR_CHARGE に従って、電荷量(電流量)あるいは電位の時間変化を与える。
	6	UNIT_TYPE	I(0,1)	<STATIC=2 のとき> POT_OR_CHARGE=0 のトータル表面電荷の入力単位を指定 =0:(C) =1:(C/m ²)
STATIC=2,3 の時、ソースとして用いる。				

17.11. 節点電位ソース

行	列	Name	Type	Content
1	1	POTNODE	S	タイトル。 節点電位ソース入力を示す。
	2	SERIES_NO	I	ソース項の識別番号。
	3	SURFACE _MAT_ID	I	電位を与える節点を含む面要素の物性番号(オプション)。0 でも可。>0 の場合に優先的に面要素で節点を検索するため、検索時間を短縮できる。
	4	NO_NODES	I	電位を与える節点数
	5	TIME_ID	I	時間変化を与えるデータ番号 TIME_ID(18)。電位の時間変化を与える。
行 2 を NO_TIME_POINTS 組入力。				
2	1	NODE_ID	I	節点番号
	2	VALUE	E	規格化電位(V)
STATIC=2,3 の時、ソースとして用いる。				

18. 時間変化関数				
行	列	Name	Type	Content
1	1	NO_DATA	I	時間変化のデータ数。 以下行 2 と 18.1~6 のいずれかのデータを NO_DATA 組み入力
以下行 2 と 18.1~6 のいずれかのデータを NO_DATA 組み入力				
2	1	TIME_ID	I	時間変化識別番号。
2	2	OPTION	I (0,1,2, 3,4,11)	時間変化の与え方を設定するオプション =0:解析式 =1:時間テーブル =2:交流表示 =3:運動方程式を解き、時間変化を求める。 <YNAMIC module>が必要です。 =4:PSIM, MATLAB/Simulink 連成解析 <PSIM Coupler module>, <MATLAB/Simulink Coupler module>が必要です。 =11:関数の時間変化を数式入力(Appendix 1)する。
交流定常解析時は OPTION=2 に限られる。				

18.1. 解析式				
OPTION=0 の時必要。				
行	列	Name	Type	Content
1	1	C0	E	時間変化は次式で与えられる。 $f(t) = C0 + C1 * t + C2 * \exp(-t/TEXP) + C3 * \sin(2\pi t/TCYCLE) + C4 * \cos(2\pi t/TCYCLE + PHASE4*\pi/180) + C5 * \exp(-t/TEXP) * \sin(2\pi t/TCYCLE) + C6 * \exp(-t/TEXP) * \cos(2\pi t/TCYCLE)$
	2	C1	E	
	3	C2	E	
	4	C3	E	
	5	C4	E	
	6	C5	E	
	7	C6	E	
2	1	TEXP	E	単位は C1 が /sec, TEXP, TCYCLE が sec, PHASE4 が deg。
	2	TCYCLE	E	
	3	PHASE4	E	

18.2. 時間テーブル				
OPTION=1 の時必要。				
行	列	Name	Type	Content
1	1	NO_TIME_POINTS	I	時刻点数。
	2	CYCLE	E	繰り返しの周期 (sec)
行 2 を NO_TIME_POINTS 組入力。				
2	1	TIME	E	時刻 (sec)。
	2	VALUE	E	値。
CYCLE を入力した場合は、TIME=0 から TIME=CYCLE までの時間テーブルを入力する。 本時間テーブルが電圧を表す場合、二つの続く TIME を同時刻とし、異なる VALUE を入力することにより、ステップ的な変化を与えることができる。				

18.3. 交流表示

OPTION=2 の時必要。

行	列	Name	Type	Content
1	1	AMPLITUDE	E	振幅。
	2	TCYCLE	E	周期 (sec)
	3	PHASE	E	位相 (deg)

時間変化は、

$$f(t) = \text{AMPLITUDE} * \cos(2\pi t/\text{TCYCLE} + \text{PHASE} * \pi/180)$$

で表される。交流解析のときはこの形式に限られ、その場合 TCYCLE は本データの全てで等しいものとする。8. 計算ステップ、周波数の FREQUENCY と整合させること。交流解析以外でも時間変化を表すのに使用できる。

18.4. PSIM, MATLAB/Simulink 連成解析データ

PSIM, MATLAB/Simulink 入出力データ(00)の入力があり、OPTION=4 の時必要。

行	列	Name	Type	Content
1	1	PSIM_IN	I	PSIM, MATLAB/Simulink 入出力データ(00)の PSIM からの電圧の入力番号。
	2	PSIM_OUT	I	PSIM, MATLAB/Simulink 入出力データ(00)の PSIM への電流の出力番号。

18.5. 数式入力

OPTION=11 の時、時間変化の関数を数式入力する。

時間変化関数 $f(t)$ を入力。T の単位は sec とする。

18.1 解析式を本入力で表現すると、以下と等価。

$$\begin{aligned} f(t) = & C0 + C1 * t + C2 * \exp(-t/TEXP) \\ & + C3 * \sin(2\pi t/TCYCLE) \\ & + C4 * \cos(2\pi t/TCYCLE) \\ & + C5 * \exp(-t/TEXP) * \sin(2\pi t/TCYCLE) \\ & + C6 * \exp(-t/TEXP) * \cos(2\pi t/TCYCLE);; \end{aligned}$$

また、18.3. 交流表示は以下と等価。

$$f(t) = \text{AMPLITUDE} * \cos(2\pi t/TCYCLE + \text{PHASE} * \pi/180);;$$

18.6. 運動方程式入力				
OPTION=3 の時必要。回転運動に対する記述は[]内に示す。				
行	列	Name	Type	Content
1	1	INITIAL_POSITION	E	基準位置からの相対位置初期値 (m[deg])。
	2	INITIAL_VELOCITY	E	初期速度 (m/sec[deg/sec])。
	3	POSITION_ERROR	E	位置計算許容誤差 (m[deg])。 =0.0 の時は、収束計算しない。
PSIM, MATLAB/Simulink 入力データ(00)入力の時、以下のデータが必要。				
4	PSIM_IN	I	=0 のとき、運動方程式の計算を EMSolution で行う。 ≠0 のとき、PSIM で行う。この時、PSIM_IN は PSIM 入出力データ(00)の位置 (Position(m[deg])) もしくは角度 (Angle(deg)) の入力番号となる。	
5	PSIM_FORCE_OUT	I	PSIM 入出力データ(00)の PSIM への電磁力 (Force(N)) もしくはトルク (Torque(Nm)) 出力番号。PSIM_IN≠0 のとき必須。PSIM_IN=0 時も指定可能。	
6	PSIM_POS_OUT	I	PSIM 入出力データ(00)の PSIM への位置 (Position(m)) もしくは角度 (Angle(deg)) 出力番号。PSIM_IN=0 とき指定可能。PSIM_IN≠0 の時、不要 (ゼロとする)。	
7	PSIM_V_OUT	I	PSIM 入出力データ(00)の PSIM への速度 ((m/s)もしくは角速度(deg/sec)) 出力番号。PSIM_IN=0 とき指定可能。PSIM_IN≠0 の時、不要 (ゼロとする)。	
8	PSIM_CONST_F_IN	I	PSIM 入出力データ(00)の PSIM からの電磁力 (Force(N)) もしくはトルク (Torque(Nm)) の入力番号。	
2	1	LOWER_LIMIT	E	変位下限 (m[deg])。 =-999.の時、下限は無しとする。
	2	UPPER_LIMIT	E	変位上限 (m[deg])。 =999.の時上限を無しとする。
	3	LOWER_REFRECTION	E	変位下限における反射係数。 (0.≤LOWER_REFRECTION ≤1.)。
	4	UPPER_REFRECTION	E	変位上限における反射係数。 (0.≤UPPER_REFRECTION ≤1.)。
	LOWER_LIMIT≤INITIAL_POSITION ≤UPPER_LIMIT である必要がある。			

行	列	Name	Type	Content
3	1	MASS	E	質量 (kg)[慣性モーメント(kg・m ²)]。通常>0。 <0の時、4,5行目の質量の相対位置依存テーブルを入力。
	2	CONST_FORCE	E	位置および速度に関係しない外部力 (N) [トルク(Nm)]。 重力は MASS_ACCELERATION(18.6)での設定を推奨。
	3	STATIC_FRICTION	E	静止摩擦力 (N[Nm])。 静止時にこの値以上の力[トルク]が加わると運動を開始。
	4	CONST_FORCE_ID	I	時間変化する外部力(N)[トルク(Nm)]として与えるデータ番号 TIME_ID(18)。
	5	MASS_ACCELERATION	E	質量にかかる加速度(m/s ² [deg/s ²])。 重力加速度を設定するのに適している。
MASS(18.6)<0 の時、4,5行の質量の相対位置依存テーブル入力が必要。 MASS(18.6)>=0 の時、6行を入力。				
4	1	NO_DATA	I	質量の相対位置依存テーブル点数。次行のデータがこの数だけ必要。
	2	OPTION	I	=0:質量変化による速度変化なし =1:質量変化による速度変化考慮
5	1	POSITION	E	基準位置からの相対位置(m[deg])。
	2	MASS	E	POSITION 位置における質量 (kg)[慣性モーメント(kg・m ²)]。通常>0。
6	1	NO_SPRING	I	スプリング (位置依存の機械力) 定義個数。>=0。
	2	NO_DAMPER	I	ダンパー(速度依存の機械力)定義個数。>=0
	3	MATH_EQ	I (0,1)	=0:数式入力(Appendix 1)無し。 =1:印可力を位置と速度の関数で数式入力。
スプリングおよびダンパーの力[トルク]は定義域以外では0とおかれる。定義域の重なる複数のデータは加算される。以下、スプリングおよびダンパーデータをこの数だけ入力する。				
(ヒント) ファイル motion に、各時刻における位置、速度、電磁力が表形式で出力される。 <注意: PSIM, MATLAB/Simulink 連成解析> ■ PSIM_IN≠0 の時、INITIAL_VELOCITY, POSITION_ERROR は意味を持たない。 INITIAL_POSITION には PSIM における初期位置と同じ値を入力する必要がある。 PSIM_IN≠0 の時、 18.6.運動方程式入力 の他のデータは PSIM 連成しない場合と同じ形で形式的に入力しておく必要がある。 18.6.4.電磁力積算領域 のデータ以外計算に影響しない。				

18.6.1. スプリングデータ				
行 1,2 あるいは行 1,3,4 行の組が NO_SPRING 組入力。				
行	列	Name	Type	Content
1	1	SPRING_TYPE	I	スプリング定義の種類 =0:線形ばね =1:非線形バネ, テーブル入力。
	2	LOWER_RANGE	E	定義位置下限 (m[deg])。 =999.の時下限を無しとする。
	3	UPPER_RANGE	E	定義位置上限 (m[deg])。 =999.の時上限を無しとする。
SPRING_TYPE=0 の時。				
2	1	SPRING_CONST	E	バネ定数 (N/m[Nm/deg])。 通常は正值。
	2	EQUIL_POSITION	E	バネ平衡位置 (m[deg])。 位置を x とするとバネ力は, -SPRING_CONST*(x-EQUIL_POSITION)。
SPRING_TYPE=1 の時, 行 2,3 のデータが必要。				
2	1	NO_POINTS	I	非線形バネのテーブル点数。 次行のデータがこの数だけ必要。
3	1	POSITION	E	データを与える基準位置からの相対位置 (m[deg])。 昇順に入力すること。
	2	FORCE	E	POSITION 位置におけるバネ力 (N[トルク(Nm)])。

18.6.2. ダンパーデータ

行1,2,行1,3,4あるいは行1,5,6の組がNO_DAMPER組入力。

行	列	Name	Type	Content
1	1	DAMPER_TYPE	I	ダンパー定義の種類 =0:多項式表示。 =1:粘性係数を位置の関数としてテーブル入力。 =3:速度の関数テーブル入力。
	2	LOWER_RANGE	E	定義位置下限 (m[deg])。 =999.の時下限を無しとする。
	3	UPPER_RANGE	E	定義位置上限 (m[deg])。 =999.の時上限を無しとする。

DAMPER_TYPE=0 の時。

2	1	C0	E	動摩擦力(N[Nm])。速度に依存しない、速度に対して逆方向の力。通常は正值。
	2	C1	E	粘性(摩擦)係数 (N/(m/sec)[Nm/(deg/sec)])。通常は正值。
	3	C2	E	速度自乗力の係数 (N/(m ² /sec)[Nm/(deg ² /sec)])。
	4	C3	E	速度3乗力の係数 (N/(m ³ /sec)[Nm/(deg ³ /sec)])。

速度 v に対して力は
 $F = -\text{sign}(v)(C0 + C1*|v| + C2*v^2 + C3*v^3)$
 で表される。sign(v)は v が正の時 1, 負の時-1。

DAMPER_TYPE=1 の時。

行	列	Name	Type	Content
2	1	NO_POINTS	I	テーブルポイント数。次行のデータがこの数だけ必要。
3	1	POSITION	E	データを与える基準位置からの相対位置(m[deg])。昇順に入力すること。
	2	C1	E	POSITION 位置における粘性係数 (N/(m/sec)[Nm/(deg/sec)])。通常は正值。

速度 v に対して力は $F = -\text{sign}(v)*C1*|v|$ で表される。

DAMPER_TYPE=2 の時。

2	1	NO_POINTS	I	テーブルポイント数。次行のデータがこの数だけ必要。
3	1	VELOCITY	E	データを与える速度(m/sec[deg/sec])。昇順に入力すること。
	2	FORCE	E	速度 VELOCITY における粘性(摩擦)力(N[Nm])。

速度が負になる場合は負値に対しても入力が必要。

18.6.3. 印加力数式入力

MATH_EQ=1 の時、外部から加わる印加力を位置 x と速度 v の関数で数式入力する。

F(x,v)を定義する。単位は x(m[deg]), v(m/s [deg/sec]), F(N [Nm])。

18.6.1.スプリングデータ、SPRING_TYPE=0 と以下が等価。

[LOWER_RANGE<=x<UPPER_RANGE]F(x,v) = -SPRING_CONST*(x-EQUIL_POSITION);;

また、18.6.2.ダンバーデータ、DAMPER_TYPE=0 と以下が等価。

[v<0] F1(x,v) = (C0 - C1*v + C2*v**2 - C3*v**3);

[0.<=v] F2(x,v) = -(C0 + C1*v + C2*v**2 + C3*v**3);

F(x,v) = F1(x,v) + F2(x,v);;

18.6.4. 電磁力積算領域

18. 時間変化の OPTION=3 の時必要。

行	列	Name	Type	Content
1	1	MOTION_TYPE	I	運動の種類。 =0: メッシュ変形および COIL(17.1)ソース電流磁場。 =1: スライド運動。
	2	REGION_FACTOR	E	全体モデルの解析領域の比。17.8. 電源と結線の REGION_FACTOR と同様。
	3	NO_MAT_IDS	I	FORCE_TYPE=0 の時の、節点力加算領域の物性番号数。
2	4	MAT_IDS	I*NO_MAT_IDS	FORCE_TYPE=0 の時必要。節点力加算領域の物性番号(16)を入力。本領域、および要素一層外側までトータルポテンシャル領域が定義されている必要がある。

運動方程式

$$m\ddot{x} = F_0 + F_{spring} + F_{damper} + F_{math_eq} + F_{magnetic}$$

が解かれる。ここで、x はメッシュデータ(pre_geom)からの相対位置を表し、単位は直線運動度の場合(m)、回転運動の場合(deg)である。m:質量、F₀(CONST_FORCE)は位置速度によらない外力、F_{spring}は位置にのみによるスプリング力、F_{damper}は速度に依存するダンバーフ力である。F_{math_eq}は数式入力した場合の、位置および速度の関数である。F_{magnetic}は電磁力である。直線運動度の場合は力(N)、回転運動の場合はトルク(Nm)である。

運動の方向および直線か回転運動かは、本データの TIME_ID を 19.運動の定義で参照することにより決まる。

<注意>

位置関係のデータは基準位置（適当な指定の位置（入力はありません））からの相対位置。回転運動の場合は、相対角度。

19.3 変形部メッシュの運動の POSITION1, POSITION2 もこれに準じる。

19. 運動の定義

MOTION(2)=1 時のメッシュ **pre_geom(2D)** の運動または COIL(17.1)ソースの運動定義。
 MOTION(2)=2 時の可動部の並進・回転運動定義
 MOTION(2)=3 時の可動部の変形運動定義。

行	列	Name	Type	Content
1	1	MOTION	S	タイトル。 運動の定義入力を示す。
	2	NO_MOTION_DATA	I	運動のデータの数。
行 2 のデータを NO_MOTION_DAT 組入力。				
2	1	MOTION_ID	I	運動データ識別番号。
	2	X_TIME_ID	I	各方向の並進運動の時間変化識別番号 (TIME_ID(17))。
	3	Y_TIME_ID	I	
	4	Z_TIME_ID	I	
	5	PHI_TIME_ID	I	回転運動の回転角の時間変化識別番号 (TIME_ID(17))。
	6	COORD_ID	I	並進・回転運動の座標系識別番号 (12.2)。 回転運動の場合、直交座標系でも良い。この場合、z 軸周りに回転し、x 軸が角度ゼロとなる。

MOTION(2)=1,2 の使用には<MOTION module>, MOTION(2)=3 の使用には, <DEFORM module>が必要です。

MOTION(2)=1 の時は、COIL(17.1)ソースの運動と COIL ソースでの運動データ識別番号 (MOTION_ID(17.1)) と、上記運動データ識別番号(MOTION_ID(19))は一致しなければならない。このとき、並進・回転運動を組み合わせて定義しても良い。

MOTION(2)=2,3 の時は、並進・回転・変形運動を組み合わせて定義することはできない。
 MOTION(2)=2 の回転スライド運動の時は、z 軸周りの回転運動となる。

(ヒント) COIL(17.1)ソースを X 方向に並進運動させ、さらに Z 軸周りに回転運動する場合、以下のように設定する。

```
* MOTION * NO_MOTION_DATA *
MOTION    1
* MOTION_ID * X_TIME_ID * Y_TIME_ID * Z_TIME_ID * PHI_TIME_ID * COORD_ID
    1       1       0       0       2       0
* GLOBAL_MOTION_ID *
    0
```

COIL(17.1)ソースを Z 軸から離れた位置で回転運動(公転)させ、メッシュ **pre_geom(2D)** を Z 軸周りに回転運動(自転)させる場合、以下のように設定する。

```
* MOTION * NO_MOTION_DATA *
MOTION    2
* COIL の公転
* MOTION_ID * X_TIME_ID * Y_TIME_ID * Z_TIME_ID * PHI_TIME_ID * COORD_ID
    1       0       0       0       2       1
* メッシュの自転
* MOTION_ID * X_TIME_ID * Y_TIME_ID * Z_TIME_ID * PHI_TIME_ID * COORD_ID
    2       0       0       0       3       0
* GLOBAL_MOTION_ID *
    2
```

19.1. メッシュ pre_geom (2D) の運動				
MOTION(2)=1 のとき必要				
行	列	Name	Type	Content
1	1	GLOBAL_MOTION_ID	I	メッシュ pre_geom (2D) の運動を表す運動データ識別番号(MOTION_ID(19))。 メッシュが静止し, COIL ソースが運動する時は 0 とする

19.2. 可動部メッシュ rotor_mesh (2D) の運動				
MOTION(2)=2 のとき				
行	列	Name	Type	Content
1	1	ROTOR_MOTION_IDS	I	可動部の運動データ識別番号(MOTION_ID(19))。 NO_MESHES(10)-1 組(pre_geom (2D) を除く)の可動部メッシュデータが必要。各データは, 1 番目データ : rotor_mesh (2D) .xxx N 番目データ : rotor_mesh (2D) N .xxx の順番で対応付けをする。複数の場合 18.5. 運動方程式入力 に対する運動は指定できない。
	2	SUBERI_S	E	交流定常解析でスライド法を用いる場合, すべり係数 S を入力。回転子が固定子磁場に同期しているとき 0.0, 止まっているとき 1.0. 1.0 以上 (逆回転している場合) も許容される。複数に対しては適用されない。
(ヒント) 複数の可動部メッシュデータが同じ運動をする時は同じ運動データ識別番号(MOTION_ID(19))を ROTOR_MOTION_IDS に対応付け, 異なる運動をする時はそれぞれの運動データ識別番号を対応付けるとわかりやすい。				

19.3. 変形部メッシュ deform_mesh (2D) の運動				
MOTION(2)=3 のとき				
行	列	Name	Type	Content
1	1	DEFORM_MOTION_ID	I	変形部の運動データ識別番号(MOTION_ID(19))。変形部メッシュデータ deform_mesh (2D) が必要。 (注) 複数定義することはできない。
2	1	POSITION1	E	モデルメッシュデータ pre_geom (2D) 中の、メッシュが変形せずに運動する領域の基準位置からの相対位置。単位は直線運動の場合(m), 回転運動の場合(deg)。
	2	POSITION2	E	変形部メッシュデータ deform_mesh (2D) 中の、メッシュが運動する領域の基準位置からの相対位置。単位は直線運動の場合(m), 回転運動の場合(deg)。運動範囲は、 pre_geom (2D) と deform_mesh (2D) の間にすること。
	3	NO_RIGID_MAT_IDS	I	メッシュが運動する領域(マテリアル)の要素物性番号数。
	4	NO_DEFORM_MAT_IDS	I	メッシュが変形する領域の要素物性番号数。
	5	CONTROL_ELM_MAT_ID	I	=0のとき、 deform_mesh の入力を必要とする。 ≠0のとき、 deform_mesh の入力を必要とせず、POSITION2 位置でのメッシュが自動作成される。物性番号が CONTROL_ELM_MAT_ID の制御要素を pre_geom に含む必要がある。制御要素は複数の要素を含み、その節点は固定部および運動部の表面節点と共有される必要がある。変形時に移動する節点、すなわち DEFORM_MAT_IDS の要素はいずれかの制御要素に含まれる必要がある。二次元解析の場合は、制御要素は面要素であり、 pre_geom2D に含まれること。制御要素に対しては物性定義を必要としない。
3	1	RIGID_MAT_IDS	I* NO_RIGID_MAT_IDS	メッシュが運動する領域の要素物性番号。トータルポテンシャル領域内とする。
4	1	DEFORM_MAT_IDS	I* NO_DEFORM_MAT_IDS	メッシュが変形する領域の要素物性番号。トータルポテンシャル領域内で、空気領域とする。

20. B-H カーブ

20.1 等方性 B-H カーブ

行	列	Name	Type	Content
1	1	NO_CURVES	I	定義する一次元 B-H カーブの数。 行 2,3 のデータが必要。
	2	NO_T_DEPEND_CURVES	I	定義する温度依存磁化曲線の数。 <TEMP_DEPEND module>が必要です。
	3	NO_2D_B_H	I	定義する非線形二次元磁気異方性曲線の数。
	4	NO_B_H_MAGNET_CURVES	I	定義する永久磁石の減磁曲線の数。 <PM Demagnetization module>が必要です。
	5	NO_T_DEPEND_B_H_MAGNET_CURVES	I	定義する永久磁石の温度依存減磁曲線の数。 <TEMP_DEPEND module>が必要です。 <PM Demagnetization module>が必要です。

<B-H カーブ入力>

行 2, 3 のデータを NO_CURVES 組入力。

2	1	BH_CURVE_ID	I	B-H カーブ識別番号。
	2	NO_DATA	I	データ点数。B=0 を含む。

行 3 を NO_DATA 組入力

3	1	H	E	磁場強度 (AT/m)。
	2	B	E	磁束密度 (T)。

データ点数は 2 以上とし、2 点間においては線形内挿、範囲外では線形外挿される。

<注意>

最初のデータ点は、H=0., B=0. とすること。

dB/dH が μ_0 以上になるように定義すること。特に、H の大きい範囲外で傾きが μ_0 になるように定義すること。

20.2 溫度依存 B-H カーブ

行 1~6 のデータを NO_T_DEPEND_CURVES 組入力

各時刻の各要素に対する温度データファイル **temperature.dat** が必要

1	1	BH_CURVE_ID	I	温度依存 B-H カーブ識別番号。
	2	NO_DATA	I	H のデータ点数。H=0 を含む。
	3	NO_CURVES	I	温度データ数。
	4	TYPE	I(0,1)	=0:磁場強度に対する磁束密度入力 =1:温度ごとの BH カーブとして入力

TYPE=0 の場合、以下の行 2~6 の入力が必要

行 3 を H に対する温度ごと NO_CURVES の B を NO_DATA 組入力

2	1	TEMPERATURE	E	温度 (°C)。
3	1	H	E	磁場強度 (AT/m)。
	2	B	E	磁束密度 (T)。

行 4, 5, 6 は線形内挿用に必要

4	1	NO_BM_DATA	I	基準磁場強度に対する温度ごとの磁束密度の数。 NO_CURVES と等しい。
	2	HM	E	基準磁場強度(AT/m)
5	1	TEMPERATURE	E	温度 (°C)。
6	1	BM	E	HM に対する温度ごとの基準磁束密度(T)

TYPE=1 の場合、以下の行 7,8 の入力が必要				
7	1	TEMPERATURE	E	温度 (°C)。
行 8 を NO_CURVES 組入力				
8	1	BH_CURVE_ID	I	温度依存 B-H カーブ識別番号。
	2	NO_DATA	I	データ点数。
行 9 を NO_DATA 組入力				
9	1	H	E	磁場強度 (AT/m)。
	2	B	E	磁束密度 (T)。

20.3 二次元磁気異方性 B-H カーブ				
行 1,2,3 のデータ NO_2D_B_H 組入力。				
1	1	BH_2D_ID	I	二次元磁気異方性データの識別番号。
	2	NO_B_DATA	I	B 方向データ数。B=0 を含む。
1	3	NO_ANGLE_DATA	I	角度方向データ数。0 度から 90 度まで等間隔とする。
	4	TYPE	I(0,1)	=0:圧延方向および垂直方向の H(A/m)を入力。 =1:H の絶対値と方向角度を入力。
行 2 を NO_B_DATA 組入力				
2	1	B	E	磁束密度 (T)。
	2	H_ROLLING (H_ABS)	E	圧延方向 H あるいは H の絶対値を、B の角度に対して、NO_ANGLE_DATA だけ入力。 B=0 において、H_ROLLING=H_ABS=0. 角度 90 度において、H_ROLLING=0.
行 3 を NO_B_DATA 組入力				
3	1	B	E	磁束密度 (T)。行 2 の列 1 のデータと同じとする。
	2	H_TRANSVERSE (H_ANGLE)	E	圧延直交方向 H あるいは H の角度を、B の角度(deg)に対して、NO_ANGLE_DATA だけ入力。 B=0 において H_TRANSVERSE=0. 角度 0 において H_TRANSVERSE=0,H_ANGLE=0. 角度 90 度において H_ANGLE=90. 全てのデータで 0<=H_ANGLE<=90.

20.4 永久磁石の減磁曲線

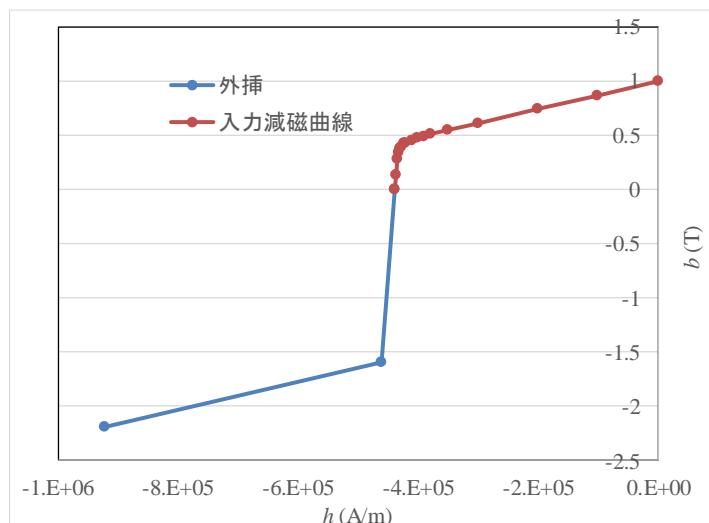
行 1, 2 のデータを NO_B_H_MAGNET_CURVES 組入力。

行	列	Name	Type	Content
1	1	MAGET_BH_CURVE_ID	I	永久磁石の減磁曲線識別番号。
	2	NO_DATA	I	データ点数。
	3	ADD_EXTEND_POINT	I (0, 1)	=1: 減磁曲線に第4象限のデータがない場合に、リコイル透磁率を使用してデータを外挿する。第4象限にもデータがある場合はこのオプションは不要。 外挿されたデータは、確認用に check ファイルに出力される。 =0: 外挿しない (デフォルト)
行 2 を NO_DATA 組入力				
2	1	H	E	磁場強度 (AT/m)。
	2	B	E	磁束密度 (T)。

減磁曲線の最後のデータに残留磁束密度 Br ($H=0$) を入力すること。

容易磁化方向のリコイル透磁率として残留磁束密度とそのひとつ前のデータの傾きを使用する。非容易磁化方向は線形材料として入力した MU を使用する。

ADD_EXTEND_POINT=1 のとき、図のように第4象限のクニック点を含めたデータを外挿します。第4象限の途中までデータがあっても構わない。



温度ごとの減磁曲線は、それぞれ MAGNET_BH_CURVE に設定し、
MAGNET_BH_CURVE_ID(17.7.5)に設定する必要がある。
使用には<PM Demagnetization module>が必要です。

20.5 永久磁石の温度依存減磁曲線

行 1~2 のデータを NO_T_DEPEND_B_H_MAGNET_CURVES 組入力

各時刻の各要素に対する温度データファイル **temperature.dat** が必要

行	列	Name	Type	Content
1	1	MAGET_BH_CURVE_ID	I	永久磁石の減磁曲線識別番号。
	2	NO_DATA	I	H のデータ点数。H=0 を含む。
	3	NO_CURVES	I	温度データ数。
	4	TYPE	I(0,1)	=0:磁場強度に対する磁束密度入力 =1:温度ごとの減磁曲線として入力
2	1	TEMPERATURE	E	温度 (°C)。

TYPE=0 の場合、以下の行 3 の入力が必要

行 3 を H に対する温度ごと NO_CURVES の B を NO_DATA 組入力

3	1	H	E	磁場強度 (AT/m)。
	2	B	E	磁束密度 (T)。

TYPE=1 の場合、以下の行 4,5 の入力が必要

行 4,5 を NO_CURVES 組入力

4	1	MAGET_BH_CURVE_ID	I	永久磁石の温度依存減磁曲線識別番号。
	2	NO_DATA	I	データ点数。

行 5 を NO_DATA 組入力

5	1	H	E	磁場強度 (AT/m)。
	2	B	E	磁束密度 (T)。

20.6 永久磁石の着磁率曲線

MAGNETIZATION(10.2)=4 の時必要。

行	列	Name	Type	Content
1	1	NO_MAGNETIZATION_CURVES	I	定義する永久磁石の着磁率曲線の数。

行 2,3 のデータを NO_MAGNETIZATION_CURVES 組入力。

2	1	CURVE_ID	I	永久磁石の着磁率曲線識別番号。
	2	NO_DATA	I	データ点数。
	3	B_H_CURVE_ID	I	着磁曲線として使用する BH カーブ識別番号 (20.1)

行 3 を NO_DATA 組入力

3	1	H	E	磁場強度 (AT/m)。
	2	RATE	E	着磁率。
	3	RECOIL_PERMEABILITY	E	リコイル透磁率。入力なしの場合は 1 として使用される。

21. 溫度依存導電率曲線

TEMP_DEPEND(2)=1 の時必要

各時刻の各要素に対する温度データファイル **temperature.dat** が必要

行	列	Name	Type	Content
1	1	NO_SIGMA_DEPENDENT_CURVES	I	定義する温度依存導電率曲線の数。 <TEMP_DEPEND module>が必要です。
行 2, 3 のデータを NO_SIGMA_DEPENDENT_CURVES 組入力。				
2	1	CURVE_ID	I	温度依存導電率曲線識別番号。
	2	NO_DATA	I	データ点数。
行 3 を NO_DATA 組入力				
3	1	TEMPERATURE	E	温度 (°C)。
	2	SIGMA	E	導電率 (S/m)。
データ点数は 2 以上とし、2 点間においては線形内挿、範囲外では線形外挿される。				

22. **temperature.dat** ファイル

TEMP_DEPEND(2)=1 の時、**input** ファイルとは別に **temperature.dat** ファイルを用意する

<TEMP_DEPEND module>が必要です。

行	列	Name	Type	Content
1	1	NO_STEPS	I	定義する時間ステップ数 =1 でステップ解析(NO_STEPS(8)>1)の場合、同じ値を使用する。
	2	TYPE	I(0,1)	=0:要素 ID に対する温度を設定 =1:プロパティ ID に対する温度を設定
	3	NO_DATA	I	TYPE=0:要素数、TYPE=1:プロパティ数
	4	INPUT_TYPE	I(0,1)	=0:固定値
	5	FORMAT	I(0,1)	=0:行 2, 3 のフォーマットで入力 =1:ATLAS post ファイルフォーマットで入力 ただし、TYPE=0:要素 ID に対する温度入力のみ
行 2, 3 のデータを NO_STEPS 組入力。				
2	1	ID	I	TYPE=0:要素 ID TYPE=1:プロパティ ID
3	1	TIME	E	時刻 (sec)
	2	TEMPERATURE	E	温度 (°C)。

<入力例>

temperature.dat ファイルは1行目のみコメント行が使用できる。

- 要素 ID 入力 TYPE=0, FORMAT=0 の場合,

```
* NO_STEPS * TYPE * NO_DATA * INPUT_TYPE * FORMAT *
  1      0      15      0      0
  1      2      3      4      5      11     12      13     14      15      21     22      23      24      25
0. 20. 20. 20. 20. 22. 22. 22. 22. 22. 24. 24. 24. 24. 24.
```

2行目：要素 ID

3行目：要素 ID に対応した温度(°C)

- プロパティ ID 入力 TYPE=1, FORMAT=0 の場合

```
* NO_STEPS * TYPE * NO_DATA * INPUT_TYPE * FORMAT *
  1      1      3      0      0
  1      2      5
0. 20. 22. 24.
```

2行目：プロパティ ID

3行目：プロパティ ID に対応した温度(°C)

- 要素 ID 入力 TYPE=0, FORMAT=1:ATLAS フォーマットの場合,

```
* NO_STEPS * TYPE * NO_DATA * INPUT_TYPE * FORMAT *
  1      0      15      0      1
STEP    (2I5,E12.0)
  1      1  0.000e+000
EVAL    1(I8,6E14.0)
  1 20.0
  2 20.0
  3 20.0
  4 20.0
  5 20.0
  11 22.0
  12 22.0
  13 22.0
  14 22.0
  15 22.0
  21 24.0
  22 24.0
  23 24.0
  24 24.0
  25 24.0
  -1
```

23. `initial_magnetization.dat` ファイル

MAGNET の要素毎に磁化入力(17.7.2)の時, `input` ファイルとは別に `initial_magnetization.dat` ファイルを用意する。固定ファイルフォーマット。

磁化ベクトル絶対値と着磁率は MAGNETIZATION=4 の出力項目であるが, 磁化入力には使用されない。

行	列	Name	Type	Content
1	1	Time	-	ダミー時刻。複数時刻のデータがあっても最初の時刻データのみ使用される。
2	2	No Prop.No Mx(T) My(T) Mz(T) M (T) Rate	-	テキスト表示用タイトル文字列。解析では使用されない。

行 3 のデータを MAGNET(17.7)の NO_DATA 組入力。

3	1	No	I	要素番号
	2	Prop. No	I	要素の物性番号
	3	Mx(T)	E	X (R) 方向磁化 (T)
	4	My(T)	E	Y (θ) 方向磁化 (T)
	5	Mz(T)	E	Z 方向磁化 (T)
	6	M (T)	E	磁化ベクトル絶対値 (オプション)
	7	Rate	E	着磁率 (オプション)

<入力例>

`initial_magnetization.dat` ファイルの 1, 2 行目はコメント行である。

三行目以降に行 3 のデータを MAGNET(17.7)の NO_DATA 数分入力する。

Time= 0.00000e+00

No	Prop.No	Mx(T)	My(T)	Mz(T)	M (T)	Rate
9212	4	1.39631865e+00	5.04268247e-01	0.00000000e+00	1.48458487e+00	1.00000000e+00
9213	4	1.42094661e+00	4.12464163e-01	0.00000000e+00	1.47959993e+00	1.00000000e+00
9214	4	1.31572447e+00	5.70265282e-01	0.00000000e+00	1.43399211e+00	1.00000000e+00
9215	4	1.32127782e+00	5.18733002e-01	0.00000000e+00	1.41945729e+00	1.00000000e+00
...						

Appendix 1 数式入力

数式入力が指定されているときには、関数を数式で入力します。入力の最後の関数定義が、各入力使用の関数を定義している必要があります。入力形式は、Fortran に近い形です。その規則について示します。

(1) コメント行

行の先頭を*とします。

(2) 式の区切り

式の区切りは ; (コロン) で示します。1 行に複数の式が入ってもかまいません。
また、一つの式が複数行にわたってもかまいません。

(3) 数式の終了

数式の最後は ;; (2 個のコロン) で示します。

(4) 定数

定数は正負の整数定数および浮動小数点定数です。文字間に空白を含めません。

(例) 123, -123, 123., 0.123, 1.23e4, -1.23e-4, 1.23E04, -1.23E+004
(使用不可) 1.23+5, 1.23d5, 1.23D-5 1.23 e-4

(5) 変数

先頭がアルファベット (大文字、小文字) で始まる連結した文字列。大文字と小文字は区別されます。数字を含んでもかまわない。_ (アンダースコア) 以外の特殊文字は使用できません。19 文字以下とします。PI は円数率で、予約されています。

(例) ABC, abc, Abc, A123, a123, a_123
(使用不可) 1abc, a-123, abc#123

(6) 式

次の通常の式が使えます。演算順序は通常の規則に従います。オペランドは、定数、変数および関数とします。

+: 加算, -: 減算, *:乗算, /:割算 (実数値で行われます。)

**:べき乗, ():括弧くくり

(例) a+b-c*d/e, -a*(b + c)**d, 2**-5
(使用不可) (-2.)**5.

(7) ライブラリ関数

以下のライブラリ関数が使用できます。定義は通常のものと同じです。定義域は通常と同じです。これらの関数を使用するときは、引数が定義域内に収まるように注意願います。

sin, cos, tan, asin, acos, atan, atan2, sinh, cosh, tanh, asinh, acosh, atanh, sqrt, exp, log, log10

(8) 代入文

左辺を変数とし、右辺を定数あるいは式とします。入力で変数と規定された変数以外は、この代入文の前に値が決まっているものとします。

(例) a=1.23;
b=sin(a*PI/180);

(9) 関数定義

入力で変数と規定された変数を入力とする関数を定義できます。

(例) $a=1.23; b=a+5;$

$f(x)=a*x+\sin(b*x^{**2});$

$g(x,t)=f(x)^{**2}+t;$

(使用不可)

$a=\sin(x); f(x)=a^{**3};;$

この例は $a(x)=\sin(x); f(x)=a(x)^{**3};;$ とすれば問題ありません。

(10) 関数定義範囲

関数の変数の範囲を以下のように定義できます。範囲定義には、`<(less)` と `<=(less equal)` が使用できます。`>`, `>=` は使用できません。定義範囲外では値はゼロとします。区分的に定義された関数を加えあわせることができます。

(例 1) $[x < -10] f1(x)=5*x;$

$[-10 <= x <= 10] f2(x)=10*x^{**2};$

$[10 < x] f3(x)=x^{**3};$

$f(x)=f1(x)+f2(x)+f3(x);;$

(例 2) $a=5; b=10;$

$[a <= x][b < y] f(x,y)=x*y;;$

Appendix2 EMSolution 電流磁場源一覧

電流磁場源の種類と説明

電流磁場源	説明
要素電流源 ELMCUR	トータルポテンシャル内に作成した導体の体積要素を指定し、一様電流を印加する。導体要素には六面体、三角柱が使用可能。六面体の電流入出面は任意の対向面、三角柱の電流入出面は1と2のみ可能。
表面定義電流源 SDEFCOIL	トータルポテンシャル内に作成した導体の体積要素を囲む方形電流路を面要素で定義し、一様電流を印加する。4つの面要素プロパティで方形電流路を定義する。導体要素には任意の種類を使用できる。
ポテンシャル電流源 PHICOIL/DCCURR	トータルポテンシャル内に作成した導体のBn=0の対称境界面の一方に面要素を定義して流入面(*1)とし、もう一方のBn=0対称面を流出面とし(流出面の面要素定義は不要)、入出力面間の導体内部の電気スカラポテンシャルの勾配から定常電流密度分布を定義する。ループ導体の一部にギャップ要素を定義して流入面を指定することも可能。
面電流源 SUFCUR	トータルポテンシャル内に作成した導体の対称境界面の一方に面要素を定義して流入面(*1)とし、もう一方のBn=0対称面を流出面とし(流出面の面要素定義は不要)、入出力間の回路電圧および周辺磁場からコイル領域を渦電流場として解いて内部電流分布を求める。ループ導体の一部にギャップ要素を定義して流入面を定義することも可能。静磁場解析には使用不可。定義面の通過電流をゼロに固定する際にも使用。
外部電流源 COIL	変形ポテンシャル内に有限要素とは別に電流磁場源を定義する。COILの一部あるいは全部が変形ポテンシャルの外側にあっても構わない。有限要素とは別に運動させることができる。

*1:電源の正側の電圧が加わる面を流入面とする

電流磁場源の選択指針

電流磁場源	適用可能なコイルの種類		種類	適用モード	二次元/三次元	使用可能な要素の種類	コイル断面の電流分布	適用コイル断面形状	定義方法	電流方向指定方法	ヒント
	巻線コイル (一様電流)	バルク導体 (分布電流)									
要素電流源 ELMCUR	○	×	内部磁場ソース 一様電流印加用	Static, AC, Transient, Steady-Current	二次元 & 三次元 二次元の方が適用しやすい	六面体 三角柱のみ*5	一様	任意断面	各要素の断面積を揃えた六面体で作成した任意断面形状に対し適用。	六面体、三角柱の要素定義 方向で電流方向を指定	流路に沿って一定の断面積を保持する必要がある。またOPTION=0のときは各要素の断面積が一定である必要がある。
表面定義電流源 SDEFCOIL	○	×	内部磁場ソース 一様電流印加用	Static, AC, Transient, Steady-Current	三次元	体積要素 (定義は面要素)	一様	方形断面 台形断面でも可*ヒント	体積要素で作成した方形コイル表面を面要素で囲う。面要素の法線方向は内向き	4つの面要素IDで右ねじ順で電流方向を指定。	巻き線コイルにはこの磁場源を使用する。台形断面は適用可能だが一様電流ではなくなる。
ポテンシャル電流源 PHICOIL/DCCURR*6	○/△*2	○/△*3	内部磁場ソース 準一様電流印加用	Static, AC, Transient, Steady-Current	二次元 & 三次元 二次元並進対称の場合は一様 二次元軸対称の場合は軸側に偏る	体積要素 (定義は面要素)	直線部は一様 曲線部は内側に偏る	任意断面	体積要素で作成したコイル断面(対称境界面)の片方に面要素を貼る。 ループコイルにはギャップ要素で定義面を指定する。	定義面要素の法線方向が正方向	定形断面以外にも適用可能だが、屈曲部で電流が分布するため、要求精度によって均質化対策必要。PHICOILでは物性番号が異なる材料を接触導通させることはできない。DCCURRで対応。
面電流源 SUFCUR	×/○*4	○	内部磁場ソース 導体内分布電流	AC, Transient, Steady-Current	二次元 & 三次元	体積要素 (定義は面要素)	渦電流を含めた分布	任意断面	Static不可。PHICOILで代用可能。 ソリッド要素で作成したコイル断面(対称境界面)の片方に電流入出面要素を貼る。 ループ導体にはギャップ要素で定義面を指定する。	定義面要素の法線方向が正方向 表皮効果を考慮した導体メッシュを作成	渦電流を含む解析のみに適用可能。定義面の通過電流をゼロに固定する解析にも使用可能。
外部電流源 COIL	○	×	外部磁場ソース 一様電流印加用	Static, AC, Transient, Steady-Current	二次元 & 三次元	有限要素を 使用しない MeshedCOILの場合、有 限要素とは別に六面体 要素で定義	一様	矩形断面 台形断面も使用可能	変形ポテンシャル領域もしくは有限要素の外部に定義する。形状を座標値で入力。もしくは六面体要素(MeshedCOIL)で作成。 電圧入力の場合、CALC_INDで空心のインダクタンスを計算する必要がある。	形状入力の場合、指定方向が正方向。 MeshedCOILの場合、六面体要素定義方向が正方向。	トータルポテンシャルと変形ポテンシャルの境界面で磁場分布をビオサバール則で計算するため磁性体とCOILが近すぎると計算精度に影響がでる。

*2: 屈曲部では分布電流になる

*3: 一定の直流電流のみに使用可能、表皮効果あるいは渦電流を考慮した分布電流を計算する場合はSUFCURを使用する

*4: 卷き線形状モデル化したときは適用不可、素線形状でモデル化したときは適用可能

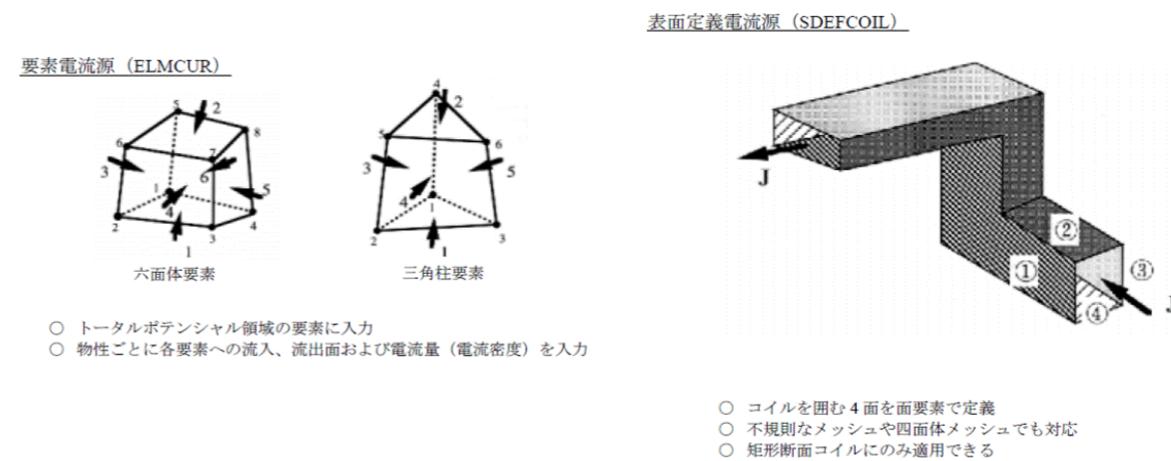
*5: 三角柱はコイル断面側が三角形の場合に使用可能、さらに要素断面積一定の原則を保持することも必要

*6: 導体の導電率が異なる部材が接触した導体に対しては、DCCURRを使用する

補足情報

項目	説明
電流とターン数の設定方法	コイルの規格化電流=ターン数とすると外部電流×ターン数=コイル断面電流となる。 電流、電圧についてはCIRCUIT/NETWORKの中で時間関数を指定する。
インダクタンス算出方法	CIRCUITやNETWORKで電源に接続した場合、outputファイルに出力される磁束(Flux)を電流(Current)で割算して算出可能。COILの空心のインダクタンスは、CALC_IND=1でoutputファイルのステップ計算前に出力される。
電流の連続条件	電流は境界条件を含めて連続でなければならない(divJ=0)。そのため、メッシュとして定義するELMCUR, SDEFCOIL, PHICOIL, SUFCURの流入出面には対称境界条件を指定する必要がある。 COILも閉じていい必要があるが、メッシュの対称条件が適用されないためフルモデルで定義する必要がある(例外有り*6)。バスバーのように遠方に入出していく場合、メッシュから十分遠方まで伸長すれば閉じていなくてもかまわない(REGULARIZATION=1が必須)。
コイル抵抗	SUFCURはバルク導体領域も渦電流場として解くため必ず導電率SIGMAを与える。導体抵抗は直接計算されず、渦電流損失heatから抵抗を評価する。ELMCUR, SDEFCOIL, PHICOILにおいてはコイル領域にSIGMAを指定しても、渦電流は考慮しない。SIGMAを指定することでターン数を考慮したコイル抵抗をoutputファイルに出力する。コイル部のジュール損失はコイル抵抗とコイル電流から I^2R として求める。また、ELMCUR, SDEFCOIL, PHICOILにおいてはSIGMAを0として、外部抵抗でコイル抵抗を指定しても良い。COILについてコイル抵抗を考慮する場合は外部抵抗を使用する。

*6: 周期境界面にΩrが接しない場合はメッシュ領域だけのCOILで対応可能 (<https://www.ssil.co.jp/product/EMSolution/case/coiltranscycle/>)



Chapter IV. 2D to 3D

本章は、二次元データを三次元データに変換し実行する時に必要とされるアスキーフォーマットの入力ファイル **2D_to_3D** の入力形式について述べたものです。

入力ファイル **2D_to_3D** は EMSolution 入力ファイル **input** の、 GEOMETRY(12.1)=4 を指定したとき必要です。このとき、ATLAS 形式入力の二次元データを、三次元メッシュデータに変換します。入力ファイルは、**pre_geom2D** であり、出力ファイルは **pre_geom** となります。ATLAS 形式以外の二次元メッシュファイルはいったん ATLAS 形式の二次元データに変換された後、三次元データに変換されます。スライド運動解析時(input MOTION(2)=2 の時)においては、可動部メッシュ二次元データ **rotor_mesh2D** が同様に三次元メッシュに変換されます。

二次元メッシュデータは節点と、平面要素（四角形および三角形要素）、二節点線要素および点要素のデータを含むものとします。拡張方向が z 方向の時(EX_DIREC=0)二次元メッシュは x-y 面で定義されているものとし、これを z 軸（局所座標において）方向に多層に拡張します。拡張方向がθ方向の時(EX_DIREC=1)、二次元メッシュは x-z 面($x \geq 0$)で定義されているものとし、これをθ（局所座標において）方向に多層に拡張します。要素は一次要素のみを用いることができ、**input** ORDER_OF_SHAPE_FUNCTION(4)=1 で解析します。

二次元と三次元の要素の対応は以下の通りです。

二次元メッシュ	三次元メッシュ
四角形要素	四角柱 6 面体要素
三角形要素	三角柱 5 面体要素
二節点線要素	四角形要素
点要素	二節点線要素

θ方向拡張の場合は、中心 z 軸に接する要素は一辺が軸上にある四角形要素とし、三角柱要素に拡張されます。また、この場合、軸上の二節点線要素、点要素は許されません。

二次元メッシュの要素に定義されている物性番号は、三次元メッシュにおいて各層に対して再定義できます。二次元メッシュで定義された要素はそのまま三次元メッシュに含まれます。ただし、面要素は正方向（節点順を回る方向としたときの右ねじの方向が $z(\theta)$ 方向となるときが正）に節点番号が変更されます。また、面要素の位置を $z(\theta)$ 方向にずらして三次元メッシュ中に配置することができます。このとき面方向を逆転することもできます。線要素から生成される面要素の方向は、線要素の始点から終点に回転したとき右ねじ方向が正方向になるように定義されます。

データの入力の形式は、ファイル **input** と同様です。

1. 全般の指定				
行	列	Name	Type	Content
1	1	NO_LAYERS	I	$z(\theta)$ 方向の要素層数
	2	NO_BASE_MAT_IDS	I	二次元メッシュから三次元に拡張する物性番号の数。
	3	NO_LAYERS_DATA	I	三次元メッシュでの物性番号指定データの数。
	4	NO_Z_DATA	I	$z(\theta)$ 方向の座標指定のデータ数。0のときは、 $z(\theta)$ 座標を NO_LAYERS+1 個昇順に指定する。
	5	COORDINATE_ID	I	三次元座標を指定する局所座標識別番号(input COORD_ID(12.2))。0の時は全体座標を示す。
	6	NO_SURFACES	I	z 方向にずらした面のデータの数。
	7	EX_DIRECT	I (0,1)	=0: z 方向に拡張。 =1: θ 方向に拡張。
	8	PITCH	E	pre_geom2D を捻って三次元に拡張する。 デフォルトは0。 EX_DIRECT 方向の捻りピッチを指定する(m)。 $PITCH > 0$: 右ねじ方向 < 0 : 左ねじ方向 捻りピッチ拡張は z 方向に拡張する場合、 $z=0$ 面が基準となる。
	9	ROTOR_PITCH	E	rotor_mesh2D を捻って三次元に拡張する。 ROTOR_PITCH の設定は上記 PITCH を参照のこと。

2. 拡張方向座標

NO_Z_DATA=0 の時、行 1 のデータを NO_LAYERS+1 組入力する。
座標値は両端を含み昇順とすること。

行	列	Name	Type	Content
1	1	Z_COORDINATE	I	z(θ)方向の節点座標。

NO_Z_DATA≠0 の時、行 2 のデータを NO_Z_DATA+1 組入力する。

2	1	LAYER_NO	I	z 座標を入力する節点層の番号。 1 から NO_LAYERES+1 の値。一番目のデータでは 1, NO_Z_DATA+1 では NO_LAYERS+1 である。
	2	Z_COORDINATE	E	LAYER_NO 節点層の z(θ)座標。
	3	DIVISION_RATIO	E	次の節点層座標までの等比分割比。負値の場合は、分割比は逆数とする。NO_Z_DATA+1 番目のデータに対しては不要。
	4	TWIST	I (-1, 1)	捻りピッチでの拡張指定。デフォルト=-1 =-1:直線拡張。 =1:捻り拡張。

<参考>

- ロータバー 34 本、ロータ軸長 42mm の誘導電動機でロータバーを 1 スロットピッチスキューさせる場合を考えると、ROTOR_PITCH=34×42=1.428m でロータバーが一周期して一致する。
- エンドリングも含めて 2D_to_3D により拡張することを考えると、下側エンドリングは Z<0 領域に TWIST=-1 で拡張し、ロータコア部は Z=0~42mm まで TWIST=1、上部エンドリングは TWIST=-1 で拡張する。

3. 物性番号指定

行	列	Name	Type	Content
1	1	BASE_MAT_IDS	I*NO_BASE_MAT_IDS	二次元メッシュで定義された物性識別番号。

行 2 のデータを NO_LAYERES_DATA 組入力する。

2	1	LAYER_FROM	I	LAYER_FROM から LAYER_TO 番目の要素の層に対して物性識別番号を BASE_MAT_IDS に対して物性番号 MAT_IDS の拡張要素を生成する。1 番目のデータでは LAYER_FROM=1、最後のデータでは LAYER_TO=NO_LAYERS である。
	2	LAYER_TO	I	
	3	MAT_IDS	I*NO_BASE_MAT_IDS	三次元メッシュにおける物性識別番号。 =0 の場合、上の要素層には要素を生成しない。

4. $z(\theta)$ 方向にずらした面要素				
行	列	Name	Type	Content
NO_SURFACES 組のデータを入力する。				
1	1	BASE_MAT_ID	I	二次元メッシュで定義された面要素の物性識別番号。
	2	SURFACE_MAT_ID	I	三次元メッシュにおける面要素の物性識別番号。
	3	LAYER_POSITION	I	LAYER_POSITION 番目の節点層に二次元メッシュと同じ面要素をコピー生成する。 <0 の時、面の方向を逆転する。
(ヒント) 3 のデータによる線要素から面要素への拡張と本データの面要素のコピーにより、表面インピーダンスや表面定義電流、面流入電流の定義において必要とされる面要素を作成する。二次元メッシュデータに含まれていた面要素はそのまま使える。				

Chapter V. Mesh file

本章では、EMSolution における入力メッシュファイルについて述べます。EMSolution では、節点データおよび要素データを種々のテキストファイル形式で入力できます。メッシュデータは m もしくは、mm で作成し、UNIT(Chapter III input 「10.1 入力ファイル」)で単位を指定します。mm のメッシュデータは EMSSolution に読み込んだ後に m に内部変換されます。mm を指定したときは、MESHED_COIL を含むメッシュデータはすべて mm 単位で用意してください。

スライド運動および変形運動を含まない場合は、**pre_geom** ファイルのみを入力します。

スライド運動を含む場合は固定部データとして **pre_geom**、可動部データとして **rotor_mesh** を入力します。

変形運動の場合は、運動範囲を含む 2 つのメッシュが必要ですが、一方を **pre_geom** とし、他方を **deform_mesh** とします。**deform_mesh** には、要素データは必要でなく、変位する節点のみデータが有れば充分です。ただし、節点データや変位しない節点のデータが含まれていても構いません。二つのメッシュは、要素節点のコネクションは同じである必要があり、節点の座標値が異なるのみとします。

節点データとしては節点の ID 番号および節点座標、要素データとしては要素の ID 番号、物性番号、節点コネクションデータのみが必要です。スライド運動を含む場合は、スライド面を表現する線要素（三次元データの場合）あるいは点要素（二次元データの場合）を **rotor_mesh (2D)** に含む必要があります。他の情報は入力ファイル **input** に入力します。

ATLAS 形式以外のファイルに対しては次の拡張子をファイル名につけます。ATLAS 形式以外のデータは EMSSolution 内部で変換され、ATLAS 形式ファイルが生成されます(Chapter III input 「10.入出力ファイル」 参照)。計算時には ATLAS 形式以外のメッシュファイルは一度 ATLAS 形式のメッシュファイルに変換され、再度読み込んで処理を行います。この際の ATLAS データの有効桁数は、WIDE(「10.1 入力ファイル」)で指定されますが、r11.2.3 より WIDE(「10.1 入力ファイル」)の指定によらず 12 桁で出力します。

=1: I-DEAS Universal 形式	.unv, .ids
=2: ATLAS 形式	拡張子無し
=3: NASTRAN 形式	.nas
	Small Field 書式, Large Field 書式, Free Field 書式に対応
=4: KSWAD 形式	.ksw
=5: FEMAP neutral 形式	.neu
	20.1 (Femap 2020.1) 書式まで対応
=6: CADAS 形式	.cad
=7: Abaqus 形式	.inp

三次元計算で二次元メッシュデータを入力し、三次元に拡張する場合そのためのデータとして、**2D_to_3D** データファイルの入力が必要です。最終的には、二次元データも三次元データに変換されます。EMSSolution 実行後、固定部、可動部をあわせたメッシュデータ **post_geom** が output されます。その出力、およびファイル形式は入力ファイル **input** の入力によります。**post_geom** ファイルには入力したメッシュデータの他に、外部電流磁場

ソースのコイル形状データも含まれ、ポスト出力できます。

rotor_mesh あるいは **deform_mesh** 内の節点の変位は、**disp** ファイルに計算後出力されます。

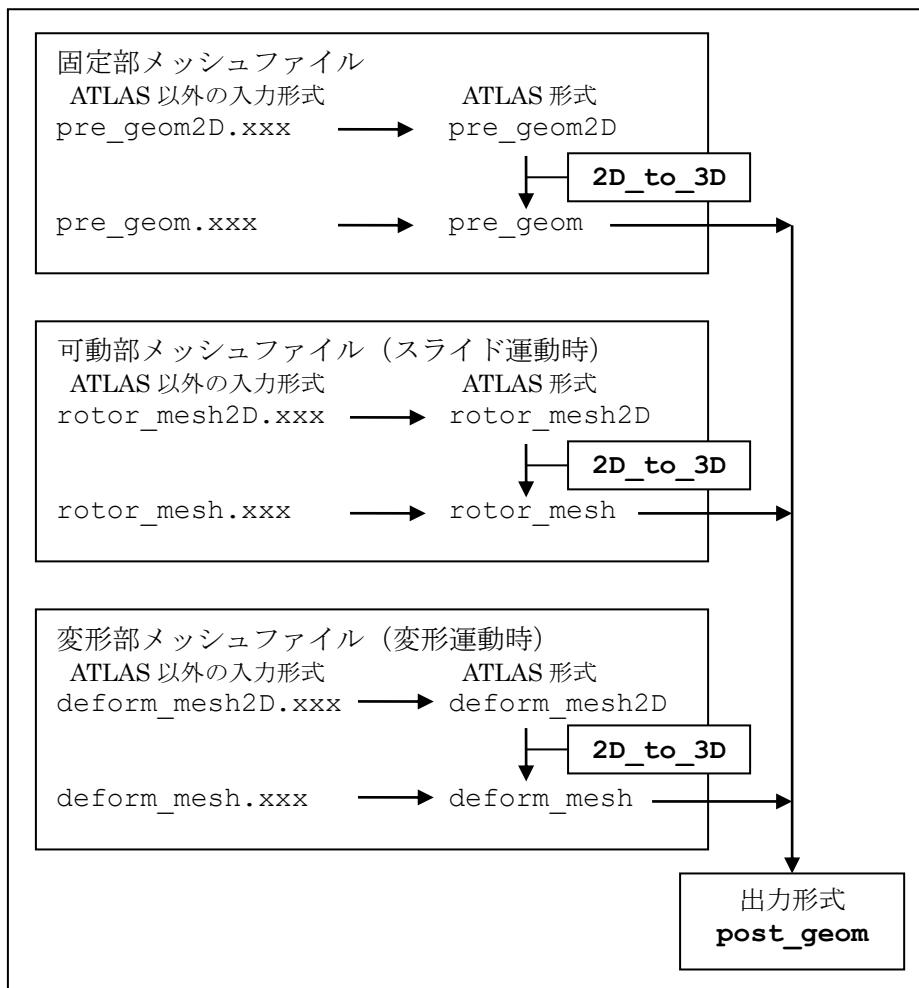


図 1. 入力メッシュデータ変換の流れ

Chapter VI. Output

本章では、 EMSolution プログラムの出力ファイルについて説明します。

EMSolution では、各種分布量を、指定のファイル形式で出力します。出力内容、出力ステップ、ファイル形式は **input** ファイルにおける **10.2 出力ファイル** で指定します。

ポストファイルを出力する際、**POST_DATA_FILE(10.2)>0** でフォーマットを指定し、出力するポストファイルを個別に指定します。

境界面の面要素出力ファイル **boundary_surface** は **POST_DATA_FILE>0** を条件として自動的に出力されます。これをビューワで表示することで、境界面が正しく設定されているかどうかを確認できます。

ポテンシャル境界面要素出力ファイル **t_r_interface** は、外部電流磁場ソース **COIL** (17.1) を使用する際に自動的に出力されます。これをビューワで表示することで、**COIL** がトータルポテンシャル内に入り込んでいないかどうかを確認することができます。

CADAS, HyperView 出力以外は、本章で述べるように各種分布量を別々のファイルで出力します。

CADAS 出力の場合は、各種分布量を、CADAS フォーマットで单一のファイル **post.cad** に出力します。ファイル **input** の **10.2.出力ファイル** で **POST_DATA_FILE=6** としますと CADAS フォーマットで出力されますので、別途出力されるメッシュファイル **post_geom** をこのファイルの前に結合する事により、CADAS 入力ファイルとなります。以下()内に CADAS ファイルでの物理量の名前(VNAME)を示しています。

HyperView 出力の場合も CADAS 同様各種分布量を、HyperView フォーマットで单一のファイル **post.hwascii** に出力します。

ポストデータファイルは、以下のいずれかのフォーマットで出力可能です。(10.2 出力ファイル **POST_DATA_FILE** 参照)。

- =1: **I-DEAS Universal** 形式
- =2: **ATLAS** 形式
- =3: **Nastran BDF** 形式 (QVOL 用)
- =4: **KSWAD** 形式
- =5: **FEMAP neutral** 形式
451 から 1051 書式に変更
- =6: **CADAS** 形式 **post.cad**
- =8: **HyperView ascii** 形式 **post.hwascii**

なお、=7: **Abaqus** 形式での出力はサポートしておりません。ただし、=8: **HyperView ascii** 形式の場合、別途出力されるメッシュファイル **post_geom** ファイルは Nastran メッシュフォーマットで出力されます。
ポストデータファイルは **ELEM_OUT(10.2)=1** のとき要素量を出力し、**NODE_OUT(10.2)=1** のとき節点量を出力します。両方とも 1 のときは両方出力します。ただし、変位量 **disp** は節点量のみの出力で、**ELEM_OUT=1, NODE_OUT=0** のときでも節点量で出力されます。

また、固定フォーマット出力される、 **18.6. 運動方程式入力<DYNAMIC module>** 使用時の出力ファイル **motion**, **11.2. 鎮交磁束計算ループ** の READ_OPTION=2: 面要素物性番号入力使用時の出力ファイル **flux** についても説明します。

1. メッシュファイル

1.1 ファイル **post_geom**

MESH(10.2)=1 を指定すると、計算に使用された三次元のメッシュデータを出力します。UNIT (10.1) の指定に拘わらず単位は m です。NUMBER_OUTPUT_MATS(10.2)=0 のときは全てのメッシュが出力されますが、NUMBER_OUTPUT_MATS>0 の数を指定すると、MAT_ID_NOS(10.2)で指定された物性番号のみを出力します。
スライド運動を含む場合は、固定部、可動部をあわせたメッシュデータが出力されます。外部電流磁場ソース COIL (17.1) を使用したときは、有限要素メッシュに加え、COIL もメッシュデータとして出力されます。ただし、MESCHED_COIL は出力されません。
COIL メッシュを出力したくないときは、COIL_OPTION(10.2)=1 とします。
16.2 面要素特性の TYPE=2 のギャップ要素は SUF_OPTION(10.2)=0 のとき出力しませんが、SUF_OPTION=1 とすることにより出力されます。
また、**5: FEMAP neutral** 形式でプロパティデータを出力します。

1.2 ファイル **boundary_surface**

出力ファイル形式 POST_DATA_FILE(10.2)>0 の場合に、指定されたメッシュ形式で境界面の面要素を boundary_surface ファイルとして出力します。面要素の物性番号 (MAT_ID) は設定した境界条件によって次のような ID が割り付けられています。なお、4.形状関数の次数と追加機能の NODE_ORDER=2: 節点二次要素が境界面に接している場合でも、一次面要素として出力します。

	MAT_ID		
	pre_geom	rotor_mesh	rotor_mesh n ($n=2 \sim 7$)
Ht=0 面	1	101	n01 (例 201)
Bn=0 面	2	102	n02 (例 202)
遠方境界面 (無限境界以外)	3	103	n03 (例 203)
表面インピーダンス	4	104	n04 (例 204)
無限境界要素面	5	105	n05 (例 205)
スライド面	11	111	n11 (例 211)
周期境界面	21, 22	121, 122	n21, n22 (例 221, 222)

この boundary_surface で、指定した面が正しく設定されているか、二重節点等によってモデル内部に遠方境界面を生じていないか等を確認することができます。

＜参考情報＞

「Ht=0 面」、「Bn=0 面」は座標で指定します (13.境界条件)。
「スライド面」はスライドする面上に定義された辺要素 (二次元メッシュは点要素) もしくは座標を使った直線座標入力で指定します (14.周期境界条件、スライド辺を参照)。
「周期境界面」は指定された回転周期角度もしくは並進周期長で移動させたときに、移動前と重なる境界面が周期境界として割り当てられます。移動によって重なる元の境界面を始点側 (例 MAT_ID=21) と認識し、重なった先の境界面を終点側 (例 MAT_ID=22) として認識しています。180° 回転周期対称の場合は始点、終点の区別ができないため、SEPARATE_ANGLE(14)を指定する必要があります。

これらの境界面を認識する際には、境界面上の節点座標が指定した座標から一定の範囲 (DISTANCE_JUDGE(13)) にあるかどうかで境界面を認識します。座標範囲を超えた節点を含む要素や、指定の無い境界面は、遠方境界面として認識されます。このため、モデル内部の不整合面や二重節点で要素が分断されている場合も、遠方境界面として認識されてしまいます。その場合、boundary_surface ファイルを表示することで意図しない遠方境界面が含まれていないかどうかについても確認できます。

なお、DISTANCE_JUDGE は最小節点間距離よりも小さい値に設定してください。

1.3 ファイル **t_r_interface**

ポテンシャル境界面要素出力ファイル **t_r_interface** は、外部電流磁場ソース COIL (17.1) を使用する際にトータルポテンシャル領域と変形ポテンシャル領域とのポテンシャル境界面を面要素で出力し、COIL メッシュも合わせて出力しますので、COIL がトータルポテンシャル領域に入り込んでいないかどうかを確認することができます。特に EXTEND_TOTAL(16)=1 でトータルポテンシャル領域を拡張したときは、ポテンシャル境界面が変化しますので、本ファイルを表示して確認することをお奨めします。ポテンシャル境界面は MAT_ID=1 で出力されます。

2. 分布データファイル

2.1 ファイル **magnetic**

磁束密度分布を出力します。磁束密度の単位は T(Wb/m²)です。

<input ファイルで ELM_OUT(10)=1 と設定した場合>

要素量(要素中心で評価します。)

磁束密度 x 方向成分 (B-X)

磁束密度 y 方向成分 (B-Y)

磁束密度 z 方向成分 (B-Z)

磁束密度絶対値 (B-SQR)

<input ファイルで NODE_OUT(10)=1 と設定した場合>

節点量(磁束密度は節点に結合する各要素節点値を単純平均します。)

磁束密度 x 方向成分 (B-X)

磁束密度 y 方向成分 (B-Y)

磁束密度 z 方向成分 (B-Z)

磁束密度絶対値 (B-SQR)

磁束量(Wb)* (FLUX)

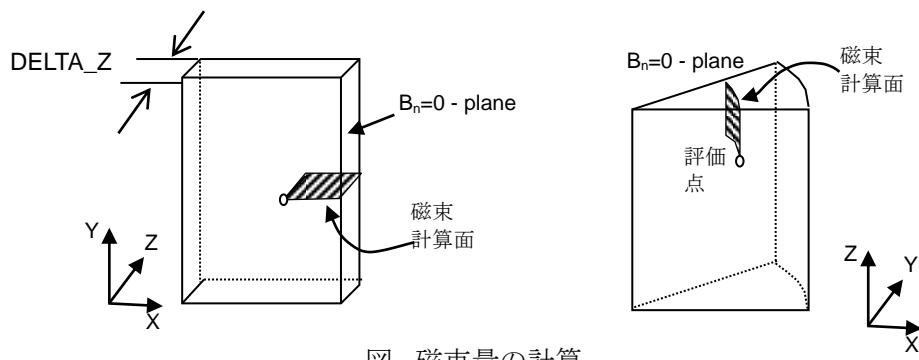
* 二次元計算時(input GEOMETRY(12)=1,2)の時)に出力。

GEOMETRY=1 の時 : DELTA_Z に通る磁束量。

GEOMETRY=2 の時 : DELTA_THETA*r に通る磁束量。

ここで、DELTA_Z(12)は input ファイルで定義します。

次図を参照ください。



2.2 ファイル **current**

電流密度分布を出力します。電流密度の単位は A/m² です。導体領域(渦電流発生領域, ELMCUR, SDEFCOIL, PHICOIL, SUFCUR 指定領域)に対して出力します。

<input ファイルで ELM_OUT(10)=1 と設定した場合>

要素量(要素中心で評価します。)

電流密度 x 方向成分	(J-X)
電流密度 y 方向成分	(J-Y)
電流密度 z 方向成分	(J-Z)
電流密度絶対値	(J-SQR)
ジュール発熱分布(W/m ³)	(Q)

<input ファイルで NODE_OUT(10)=1 と設定した場合>

節点量(節点に結合する各導体要素節点値を単純平均します。)

電流密度 x 方向成分	(J-X)
電流密度 y 方向成分	(J-Y)
電流密度 z 方向成分	(J-Z)
電流密度絶対値	(J-SQR)
ジュール発熱分布(W/m ³)	(Q)

2.3 ファイル **surface_current**

表面インピーダンス面に対する電流密度分布を出力します。電流密度の単位は A/m で面電流密度で、電流を面に垂直方向に積分した量を示します。

<input ファイルで ELM_OUT(10)=1 と設定した場合>

要素量(要素中心で評価します。)

電流密度 x 方向成分	(JS-X)
電流密度 y 方向成分	(JS-Y)
電流密度 z 方向成分	(JS-Z)
電流密度絶対値	(JS-SQR)
ジュール発熱分布(W/m ²)	(Q)

<input ファイルで NODE_OUT(10)=1 と設定した場合>

節点量(節点に結合する各インピーダンス面要素節点値を単純平均します。)

電流密度 x 方向成分	(JS-X)
電流密度 y 方向成分	(JS-Y)
電流密度 z 方向成分	(JS-Z)
電流密度絶対値	(JS-SQR)

2.4 ファイル **force**

節点力法により解析した電磁力を出力します。

<input ファイルで ELM_OUT(10)=1 と設定した場合>

要素量 (節点力を節点に結合する要素(空気を除く)に体積加重を掛けて割り振ります。FORCE_NODAL(6)=±1 の時は要素全体力で単位は N, =±2 の時は、電磁力密度 N/m³で出力します。)

電磁力 x 方向成分 (NFOR-X)
電磁力 y 方向成分 (NFOR-Y)
電磁力 z 方向成分 (NFOR-Z)
電磁力絶対値 (NFOR-SQR)

<input ファイルで NODE_OUT(10)=1 と設定した場合>

FORCE_NODAL(6)=1,2 のとき、対称面上節点に対し対称面両側の節点力を含む。
FORCE_NODAL(6)=-1,-2 のとき、この対称処理を行わない。

節点量(節点力)を N で出力します。

電磁力 x 方向成分 (NFOR-X)
電磁力 y 方向成分 (NFOR-Y)
電磁力 z 方向成分 (NFOR-Z)
電磁力絶対値 (NFOR-SQR)

2.5 ファイル **surface_force**

NODAL_FORCE=3(11.2)の面要素の節点力法による節点の電磁力を出力します。

出力内容は、**force** の設定と同じです。

節点量(節点力)を N で出力します。

電磁力 x 方向成分 (NFOR-X)
電磁力 y 方向成分 (NFOR-Y)
電磁力 z 方向成分 (NFOR-Z)
電磁力絶対値 (NFOR-SQR)

2.6 ファイル **force_J_B**

ローレンツ力の体積積分した電磁力を出力します。

<input ファイルで ELM_OUT(10)=1 と設定した場合>

要素量 (FORCE_J_B(6)=±1 の時は要素全体力で単位は N, =±2 の時は、電磁力密度 N/m³で出力します。)

電磁力 x 方向成分 (LFOR-X)
電磁力 y 方向成分 (LFOR-Y)
電磁力 z 方向成分 (LFOR-Z)
電磁力絶対値 (LFOR-SQR)

<input ファイルで NODE_OUT(10)=1 と設定した場合>

FORCE_J_B(6)=1,2 のとき、対称面上節点に対し対称面両側の節点力を含みます。
FORCE_J_B(6)=-1,-2 のとき、この対称処理を行いません。

節点量(節点力を N で出力します。)

電磁力 x 方向成分 (LFOR-X)

電磁力 y 方向成分	(LFOR-Y)
電磁力 z 方向成分	(LFOR-Z)
電磁力絶対値	(LFOR-SQR)

2.7 ファイル **heat**

各要素内の発熱密度、発熱量を出力します(HEAT(10)=1 の時)。過渡解析の場合、各ステップ(AVERAGE(10)=0)あるいは時間平均量(AVERAGE(10)=1)を出力します。交流定常解析の場合は出力フェーズ毎(AVERAGE(10)=0)、あるいは一周期平均(AVERAGE(10)=1)を出力します。

要素量

発熱密度(W/m ³)	(HEAT-DEN)
発熱量(W)	(HEAT-VOL)

各要素の要素番号、要素の物性番号、中心座標 XYZ(m)、要素平均発熱(W/m³)を出力します(HEAT(10)=2 の時)。書式は固定で、CADAS 出力の場合、post.cad 内には含みません。

要素量

要素番号	
要素の物性番号	
中心座標 x 成分	(m)
中心座標 y 成分	(m)
中心座標 z 成分	(m)
発熱密度	(W/m ³)

2.8 ファイル **surface_heat**

交流定常解析において、表面インピーダンス法を用いた場合、一周期の各表面インピーダンス要素平均発熱量を出力します(HEAT(10)=1, AVERAGE(10)=1 の時)。各要素内の発熱を体積積分します。

要素量

発熱面密度(W/m ²)	(SHEAT-DEN)
発熱量(W)	(SHEAT-VOL)

2.9 ファイル **disp**

運動を含む解析の場合、運動部の各節点の変位量を出力します(DISP(10)=1 の時)。

節点量

変位 x 成分(m)	(DISP-X)
変位 y 成分(m)	(DISP-Y)
変位 z 成分(m)	(DISP-Z)
変位絶対値(m)	(DISP-SQR)

2.10 ファイル elem

要素の中心座標、体積を出力します(ELEM(10)=1 の時)。書式は固定で、CADAS 出力の場合、post.cad 内には含みません。

要素量

要素番号	
要素の物性番号	(ELEM(10)=2 の時)
中心座標 x 成分	(m)
中心座標 y 成分	(m)
中心座標 z 成分	(m)
要素体積	(m ³)

2.11 ファイル magnetization

要素の磁化または磁界強度、MAGNET(17.6)使用時の減磁率とパーミアンス係数を出力します。

<input ファイルで MAGNETIZATION(10)=1 と設定した場合>

要素量として、磁化を T(Wb/m²)で出力します。

磁化 x 成分	(M-X)
磁化 y 成分	(M-Y)
磁化 z 成分	(M-Z)
磁化絶対値	(M-SQR)

<input ファイルで MAGNETIZATION(10)=-1 と設定した場合>

要素量として、磁界強度を(A/m)で出力します。

磁界強度 x 成分	(M-X)
磁界強度 y 成分	(M-Y)
磁界強度 z 成分	(M-Z)
磁界強度絶対値	(M-SQR)

<input ファイルで MAGNETIZATION(10)=2 と設定した場合>

要素量として、減磁率とパーミアンス係数(H)を出力します。

減磁率	(M-X)
パーミアンス係数	(M-Y)

2.12 ファイル **electric**

電位および電束密度または電場強度分布、または電流密度分布を出力します。電位の単位は V、電束密度の単位は C/m²、電場強度の単位は V/m、電流密度の単位は A/m² です。

静電場解析 (STATIC(2)=2) で (CURRENT(10)=1) の時、出力します。

<input ファイルで ELM_OUT(10)=1 と設定した場合>

要素量(要素中心で評価します。)

電束密度 x 方向成分	(E-X)
電束密度 y 方向成分	(E-Y)
電束密度 z 方向成分	(E-Z)
電束密度絶対値	(E-SQR)
静電エネルギー密度	(V)

* 仕様の関係上静電エネルギー密度は NODE_OUT の電位と同じものを使用します。

<input ファイルで NODE_OUT(10)=1 と設定した場合>

節点量(節点に結合する各要素節点値を単純平均します。)

電束密度 x 方向成分	(E-X)
電束密度 y 方向成分	(E-Y)
電束密度 z 方向成分	(E-Z)
電束密度絶対値	(E-SQR)
電位(V)	(V)

静電場解析 (STATIC(2)=2) で (CURRENT(10)=2) の時、出力します。

<input ファイルで ELM_OUT(10)=1 と設定した場合>

要素量(要素中心で評価します。)

電場強度 x 方向成分	(E-X)
電場強度 y 方向成分	(E-Y)
電場強度 z 方向成分	(E-Z)
電場強度絶対値	(E-SQR)
静電エネルギー密度	(V)

* 仕様の関係上静電エネルギー密度は NODE_OUT の電位と同じものを使用します。

<input ファイルで NODE_OUT(10)=1 と設定した場合>

節点量(節点に結合する各要素節点値を単純平均します。)

電場強度 x 方向成分	(E-X)
電場強度 y 方向成分	(E-Y)
電場強度 z 方向成分	(E-Z)
電場強度絶対値	(E-SQR)
電位(V)	(V)

定常電流場解析 (STATIC(2)=3) で (CURRENT(10)=1) の時、出力します。

<input ファイルで ELM_OUT(10)=1 と設定した場合>

要素量(要素中心で評価します。)

電流密度 x 方向成分	(E-X)
電流密度 y 方向成分	(E-Y)
電流密度 z 方向成分	(E-Z)
電流密度絶対値	(E-SQR)
ジュール発熱分布(W/m ³)	(Q)

<input ファイルで NODE_OUT(10)=1 と設定した場合>
節点量(節点に結合する各要素節点値を単純平均します。)

電流密度 x 方向成分 (E-X)
電流密度 y 方向成分 (E-Y)
電流密度 z 方向成分 (E-Z)
電流密度絶対値 (E-SQR)
電位(V) (V)

2.13 ファイル iron_loss

鉄損を計算するには、まず鉄損算出法の指定 (IRON_LOSS(11)) が必要です。IRON_LOSS(11)が 1 または 2 のときは、IRON_LOSS(16.1.1)=1 とした材料に対して KE(16.1.1), KH(16.1.1)で指定された渦電流損係数とヒステリシス損係数を使って、積層鉄心の鉄損である積層方向渦電流損とヒステリシス損、およびそれらの損失密度を時間平均量(AVERAGE(10)=1, -1)として計算します。そして IRON_LOSS(10)の指定に従つて iron_loss ファイルを出力します。非線形静磁場解析 (STATIC(2)=1), または非線形過渡解析 (TRANSIENT(2)=1) の計算結果をポスト処理して出力します。なお、IRON_LOSS(11)=1 のときは、鉄損算出入力パラメータ(11.6)の設定も必要です。鉄損算出法の指定 (IRON_LOSS(11)) が 3 のときは PlayModel によるヒステリシス解析からヒステリシス損を指定時間の積分量(AVERAGE(10)=1)として出力します。そのとき IRON_LOSS(10)=2 (W/m³) で出力します。IRON_LOSS(16.1.1)の設定は不要です。

<input ファイルで IRON_LOSS(11)=1 または 2 とし、IRON_LOSS(10)=1 と設定した場合>

要素量として、損失を W, 損失密度を W/kg で出力します。
積層方向渦電流損密度(W/kg) (EL-DEN)
積層方向渦電流損(W) (EL-VOL)
ヒステリシス損密度(W/kg) (HL-DEN)
ヒステリシス損(W) (HL-VOL)

<input ファイルで IRON_LOSS(11)=1 または 2 とし、IRON_LOSS(10)=2 と設定した場合>

要素量として、損失を W, 損失密度を W/m³ で出力します。
積層方向渦電流損密度(W/m³) (EL-DEN)
積層方向渦電流損(W) (EL-VOL)
ヒステリシス損密度(W/m³) (HL-DEN)
ヒステリシス損(W) (HL-VOL)

<input ファイルで IRON_LOSS(11)=3 とし、IRON_LOSS(10)=2 と設定した場合>
要素量として、損失を W, 損失密度を W/m³ で出力します。

ヒステリシス損密度(W/m³) (HL-DEN)
ヒステリシス損(W) (HL-VOL)

2.14 ファイル **COIL_force**

COIL 積分要素(17.1.10) (LOOP-,GCE-,ARC-,MESH-) のローレンツ力の体積積分した電磁力をプリント出力ファイル *output* に出力します。 CALC_IND (4)=COIL_FORCE(10)=1 により要素量のみ出力されます。 MESHED_COIL (17.1.9) を使用した場合のみ下に示す分布データが出力されます。なお、 MESHED_COIL は *post_geom* ファイルには出力されません。

<input ファイルで ELM_OUT(10)=1 と設定した場合>

要素量 (要素全体力で単位は N で出力します。)

電磁力 x 方向成分	(LFOR-X)
電磁力 y 方向成分	(LFOR-Y)
電磁力 z 方向成分	(LFOR-Z)
電磁力絶対値	(LFOR-SQR)

2.15 ファイル **COIL_current**

MESHED_COIL 要素(17.1.9)の電流分布を出力します (確認用)。 MESHED_COIL 要素が使用された場合、自動的に出力します。

要素量

電流密度 x 方向成分	(J-X)
電流密度 y 方向成分	(J-Y)
電流密度 z 方向成分	(J-Z)
電流密度絶対値	(J-SQR)

3. 固定フォーマットファイル

3.1 ファイル **motion**

18.6. 運動方程式入力<Dynamic module>使用時に、時刻、位置[回転位置]、速度[角速度]、電磁力[トルク]を出力します([]内は回転運動を表す)。書式は固定で、motion ファイルに出力されます。

時刻
位置(m) [回転位置(deg)]
速度(m/s) [角速度(deg/s)]
電磁力(N) [トルク (Nm)]

3.2 ファイル **flux**

11.2. 鎮交磁束計算ループの READ_OPTION=2: 面要素物性番号入力使用時に、LOOP ID、面要素番号、面要素中心座標、面要素の磁束密度の法線成分を出力します。書式は固定で、flux ファイルに出力されます。

LOOP ID (面要素の物性番号)
面要素番号
面要素の中心座標 x 成分(m)
面要素の中心座標 y 成分(m)
面要素の中心座標 z 成分(m)
面要素の磁束密度の法線成分(T)

3.3 ファイル **initial_magnetization.dat**

10.2. MAGNETIZATION=4: 残留磁束密度と着磁率とリコイル透磁率出力時に、要素番号、物性番号、磁化、着磁率を出力します。
書式は固定で、initial_magnetization.dat ファイルに出力されます。

要素番号	
物性番号	
磁化 x 成分	(M-X)
磁化 y 成分	(M-Y)
磁化 z 成分	(M-Z)
磁化絶対値	(M-SQR)
着磁率	

Chapter VII. PSIM, MATLAB/Simulink Manual

本章では、EMSolution と汎用回路・制御シミュレータ PSIM (Powersim Inc.開発、マイウェイ技研販売)、マルチドメインシミュレーション及びダイナミックシステムである MATLAB/Simulink (Mathworks Inc.) との連成解析との連成解析における使用法について示します。

なお、PSIM, MATLAB/Simulink との連成に使用する EMSolution は実行モジュール (.exe) ではなく、PSIM の場合、Dll (Dynamic Link Library: .dll)、MATLAB/Simulink の場合、MATLAB 7.0.4 (R14SP2) 以前は.Dll、R14SP3 からは.mexw32 : 32bit 用/.mexw64 : 64bit 用が必要となります。

1. input ファイル

- (1) PSIM, MATLAB/Simulink と授受するデータを以下のようにファイルの先頭(**00.PSIM**, MATLAB/Simulink 入出力データ)に定義します。先頭に*をつけたコメントアウト形式で記述する必要がありますのでご注意ください。EMSolution 自体は読み飛ばします。PSIM, MATLAB/Simulink から電圧値や位置（角度）を EMSolution の入力として受け取り、電流値や電磁力（トルク）を出力として PSIM, MATLAB/Simulink に受け渡します。

```
*4      ← PSIM, MATLAB/Simulink からの入力データ数
*4      ← PSIM, MATLAB/Simulink への出力データ数
*Vu     ← PSIM, MATLAB/Simulink からの入力データ名 (各行に 1 データ)
        : U 相電圧, 入力番号=1
*Vv     ← : V 相電圧, 入力番号=2
*Vw     ← : W 相電圧, 入力番号=3
*Angle(deg) ← : 回転角度 (回転位置), 入力番号=4
*lu     ← PSIM, MATLAB/Simulink への出力データ名 (各行に 1 データ)
        : U 相電流, 出力番号=1
*lv     ← : V 相電流, 出力番号=2
*lw     ← : W 相電流, 出力番号=3
*Torque(Nm) ← : トルク (電磁力), 出力番号=4
```

(2) 電圧源(VPS)の時間変化

PSIM, MATLAB/Simulink より電圧を入力する電圧源に対して時間変化 (**18.時間変化**) を次のように与えます。

```
* TIME_ID * OPTION *
    13      4
* PSIM_IN * PSIM_OUT *
    3       3
```

OPTION:=4: PSIM に対して入出力を行うオプション番号。

PSIM_IN: PSIM, MATLAB/Simulink 入力番号 ((1)で入力した入力データ名 Vw の入力番号)

PSIM_OUT:PSIM , MATLAB/Simulink 出力番号 ((1)で入力した出力データ名 lw の出力番号)

(3) 運動の定義

運動の定義 (**18.5.運動方程式入力**) を次のように変更します。

```
*INI_POS *INI_V *POS_ERR *PSIM_IN *PSIM_FORCE_OUT *PSIM_POS_OUT *
-3.26      0.      0.1      4      4      0
```

PSIM_IN:=0 のとき、従来どおり運動方程式の計算を EMSSolution で行います。

$\neq 0$ のとき、PSIM, MATLAB/Simulink で行います。この時、PSIM_IN は PSIM, MATLAB/Simulink からの位置 (Position(m)) もしくは角度 (Angle(deg)) の入力番号となります。

PSIM_FORCE_OUT:PSIM, MATLAB/Simulink への電磁力 (Force(N)) もしくはトルク (Torque(Nm)) の出力番号, PSIM_IN $\neq 0$ のとき必須です。PSIM_IN=0 ときも指定可能です。

PSIM_POS_OUT: PSIM, MATLAB/Simulink への位置もしくは角度の出力番号, PSIM_IN=0 とき指定可能です。PSIM_IN $\neq 0$ の時、不要(ゼロとする) です。

- PSIM_IN $\neq 0$ の時、INITIAL_VELOCITY, POSITION_ERROR は意味を持ちません。INITIAL_POSITION には PSIM, MATLAB/Simulink における初期位置と同じ値を入力する必要があります。
- PSIM_IN $\neq 0$ の時、**18.5.運動方程式入力**の他のデータは PSIM, MATLAB/Simulink 連成解析をしない場合と同じ形で形式的に入力しておく必要があります。**18.5.4.電磁力積算領域**のデータ以外計算に影響しません。

(4) 補足

- 解析は時刻ゼロから始まる渦電流を含む過渡解析 (TRANSIENT(3)) とします。時間ステップは一定とします。
- ポスト処理 (POST_PROCESSING(1)) は従来と同様に行うことができます。
- PSIM, MATLAB/Simulink に入出力されたデータは PSIMout ファイルに表形式でテキスト出力されます。

2. PSIM での入力方法

- ① PSIM を起動し、解析を行うファイル名 (.sch) を設定します。
- ② PSIM メニュー-Elements->Other->Function Blocks->General Dll Block を画面上に配置します。
- ③ 配置された Block よりダブルクリックにより Property 画面を表示します。
- ④ ダイアログに、以下の項目を入力します。

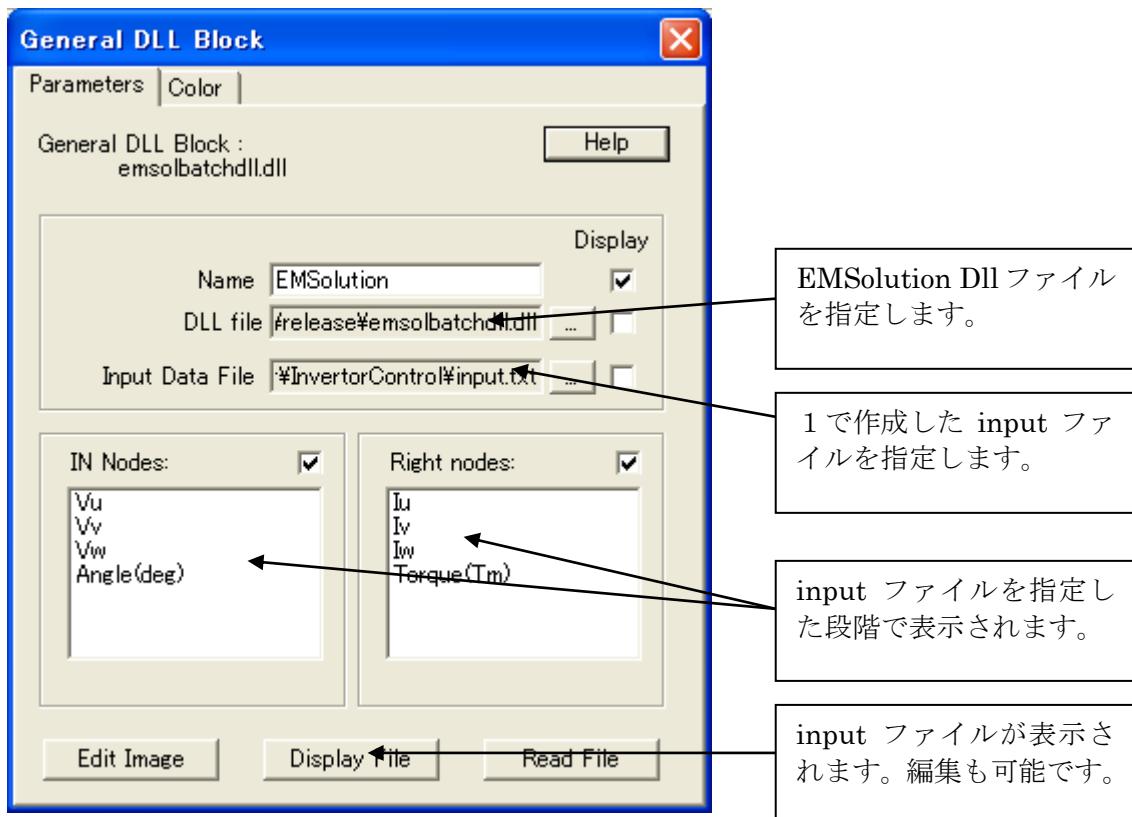


図 1 General Dll Block Dialog

- ⑤ 所用の PSIM モデルを作成し、上の Block と結線します。
- ⑥ Simulation Control Dialog を開きます（画面左上の時計をダブルクリック）。Time step と Total time を入力する Time step は EMSSolution の DELTA_TIME の整数倍としてください。Total time は EMSSolution の INITIAL_TIME+DELTA_TIME*NO_STEPS に等しいかそれより小さくしてください。小さい場合は、PSIM に設定したものが優先されます。
- ⑦ Simulate->Run Simulation で解析を実行します。PSIM の画面上で、中断、再開、停止が可能です。
- ⑧ 実行後、.txt ファイルに結果が残されています。自動的に Simview が立ち上りますので、PSIM で指定した変数の時間変化をグラフ表示することができます。
- ⑨ 再実行を行う時は、PSIM の.sch ファイルを一度閉じる必要がありますのでご注意下さい。

EMSolution

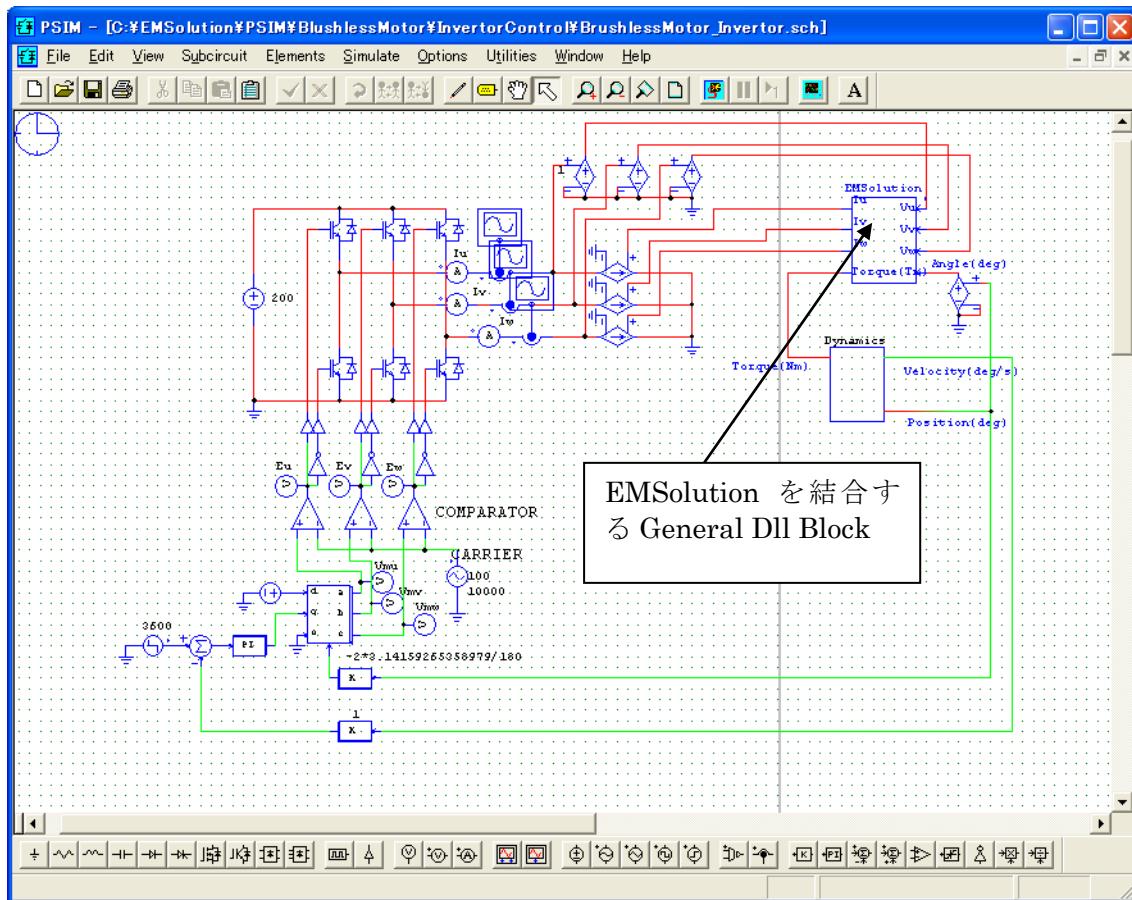


図 2 PSIM モデル例

解析例については、下記 HP 「シミュレーションツール PSIM との連成解析」をご参照ください。

<https://www.ssil.co.jp/product/EMSolution/case/psim/>

* PSIM は [Powersim Inc.](#) の登録商標です。

3. MATLAB/Simulink での入力方法

- ① Simulink を起動し、解析を行うファイル名 (.mdl) を設定します。
- ② Simulink ライブラリ ブラウザより、User-Defined Functions->S-Function を画面上に配置します。
- ③ 配置された S-Function をダブルクリックすることにより Property 画面を表示します。
- ④ ダイアログに、以下の項目を入力します。

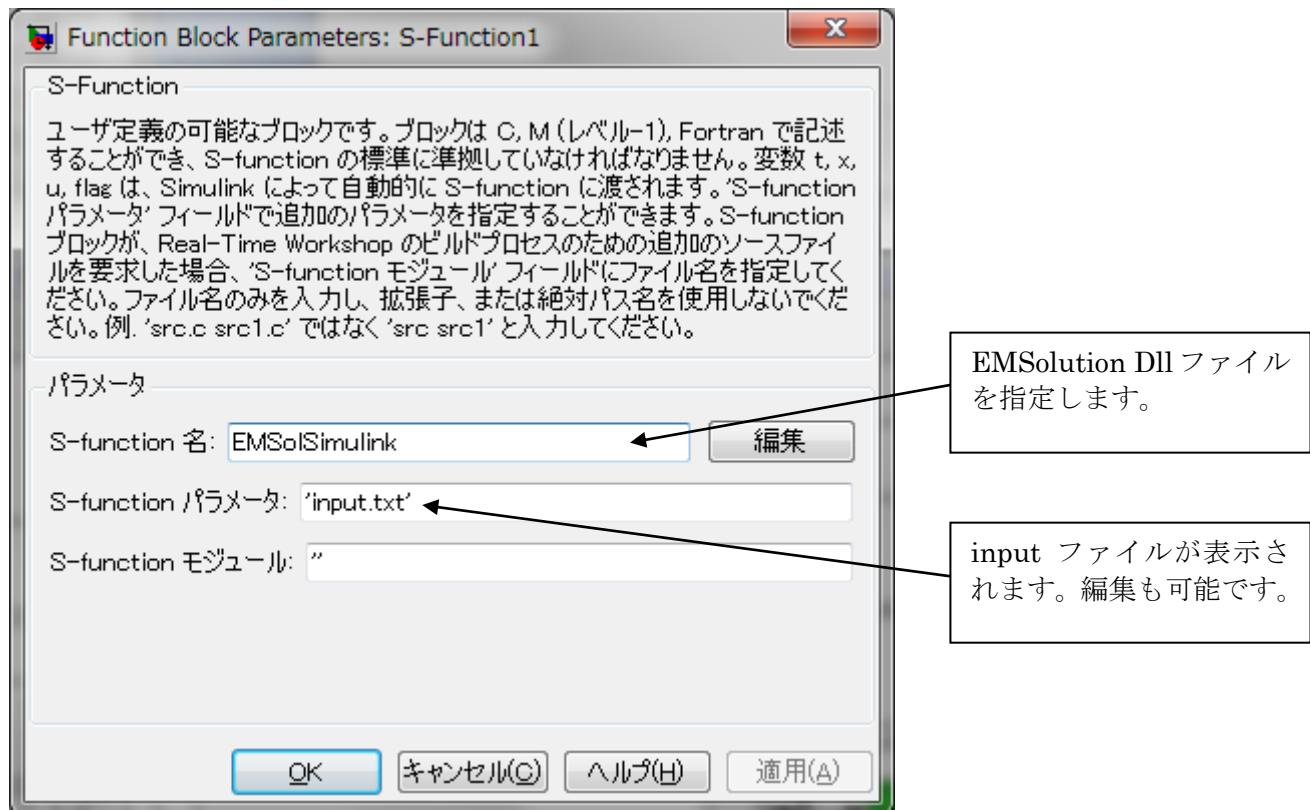


図 1 Function Block Parameters Dialog

- ⑤ 所用の Simulink モデルを作成し、上の S-Function と結線します。
- ⑥ シミュレーション→コンフィギュレーションパラメータ ダイアログを開きます。シミュレーション時間の開始時間、終了時間、ソルバオプションのタイプを固定ステップ、ソルバを「ode3(Bogacki-Shampine)」以上の高次ソルバ、固定ステップを設定してください。終了時間は EMSolution の INITIAL_TIME+DELTA_TIME*NO_STEPS に等しいかそれより小さくしてください。小さい場合は、Simulink に設定したものが優先されます。
- ⑦ シミュレーション→開始で解析を実行します。Simulink の画面上で、中断、再開、停止が可能です。
- ⑧ モニタ設定、出力設定したい項目を適宜設定し、実行してください。計算状況は画面右下のプログレスバーに表示されます。
- ⑨ 再実行を行う時は、Simulink の.mdl ファイルを一度閉じる必要がありますのでご注意下さい。

EMSolution

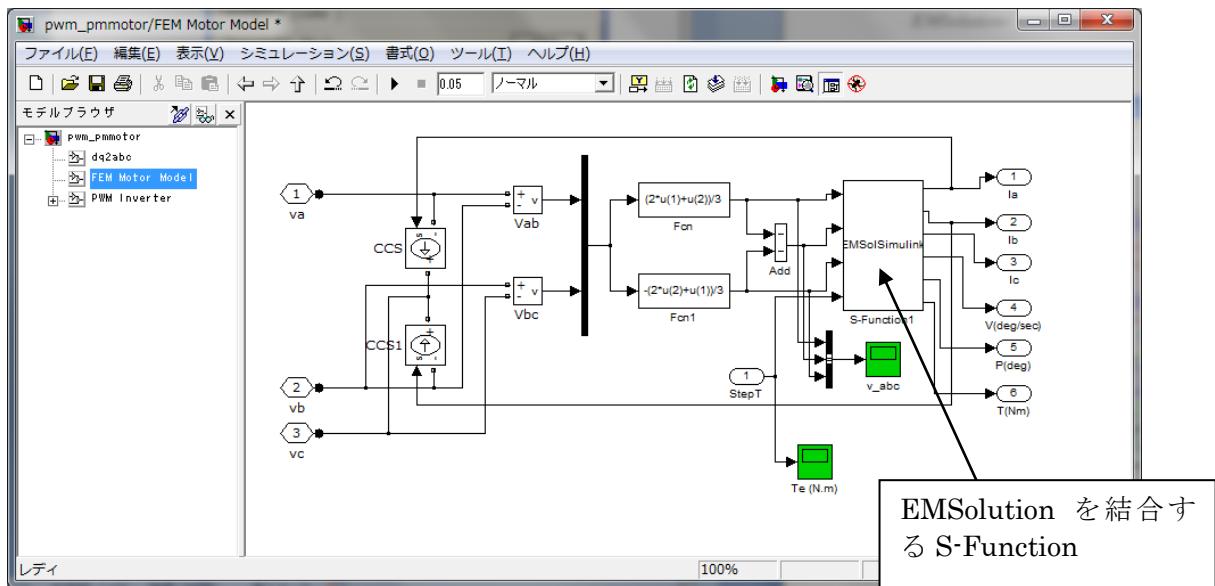


図2 Simulink モデル例

解析例については、下記 HP 「MATLAB/Simulink との連成解析」をご参照ください。
<https://www.ssil.co.jp/product/EMSolution/case/matlabsimulink/>

* MATLAB/Simulink は [Mathworks Inc.](#) の登録商標です。

Chapter VIII. Release Note

リリース 7.9 主要変更点

1. メッシュ変形運動の追加 <DEFORM module>
2. 解析の種類 MOTION=3。このとき、メッシュデータは **pre_geom(2D)** と **deform_mesh(2D)** が必要。**19. 運動の定義**データ変更が必要。
2. 運動方程式との連成の追加 <DYNAMIC module>
 18. 時間変化 OPTION=3。このとき、**18.5 運動方程式**入力のデータが必要。ファイル **motion** が outputされる。ファイル **motion** には位置、速度、電磁力が各時刻で outputされる。このファイルはポスト処理にご活用ください。
3. 電源と結線（ネットワーク型）の追加 <NETWORK module>

従来の **CIRCUIT 17.8** と置き換えて使用できる。17.9 のデータが必要。
4. **19. 運動の定義**データの変更

回転運動中心と軸の入力を座標系入力とする。データが 1 行減ります。
5. 交流定常解析でスライド法を用い、滑りを入れる場合の入力変更
 2. 解析の種類 AC=1, MOTION=2 の場合で、**19. 運動の定義** SUBERL_S ≠ 1.0 の場合。**17.7. 電源と結線** STATOR_OR_ROTOR 入力を削除し、**17.2. 内部電流ソース**、**17.3. 表面定義電流ソース**、**17.6. 面流入電流ソース**に IN_ROTOR データを追加。
6. PRE_CONDITIONING プロセスの無効化

PRE_CONDITIONING プロセスの計算を MAKE_SYSTEM_MATRICES と SOLVE_EQUATION プロセスに割り振り、当プロセスを無くした。**1. 実行制御** PRE_CONDITIONING データは必要がない。従来通り 0 or 1 が入っていても問題ない。

リリース 8.1 主要変更点

1. 数式入力の追加

以下に対して、関数数式入力(Appendix 1 参照)を追加する。

 - 1.1 **18. 時間変化**
 - 1.2 **17.9.10. 非線形要素（数式入力）**
 - 1.3 **18.5.3. 印可力数式入力**
2. **17.9. 電源と結線（ネットワーク型）** の静解析および定常交流解析での使用を可能とする。
3. **17.9.11. 初期印可電圧入力**、**17.9.12. 初期電流入力** の追加。C(17.9.5) および VPS(17.9.7) の入力形式の変更。
4. **計算ステップ**、**周波数**で交流定常解析時に周波数を入力。従来 **18.3. 交流表示**における周期より決定していたが、r8.1 より本入力が優先される。
5. **11.1. 出力オプション** FORCE_NODAL に=2 を追加。空気部を含め節点力の加算を可能とした。

リリース 8.2 主要変更点

1. **11.1. 出力オプション**の B_INTEG オプションにより、磁化だけでなく、電流（渦電流、ELMCUR, SDEFCOIL, SUFCUR）による磁場を積分加算できるものとした。

リリース 8.3 主要変更点

1. **5. 収束条件**に INIT_OPTION を追加。INIT_OPTION =1 とすると、非線形解析において、各ステップで初期値をゼロとして収束計算を行う。解析時間は遅くなる可能性がある。
2. **9. 出力ステップ**、フェーズにおいて RESTART_FILE_OPTION を追加。**solutions** ファイル出力(RESTART_FILE_OPTION=1 の時出力されます)を少なくし、サイズを縮小したいときに有効。ただし、それ以後、指定のステップしかポスト処理する事ができなくなる。

リリース 8.6 主要変更点

1. **12. ジオメトリの定義**において、GEOMETRY(12.1)=2,3,4 で角度方向に拡張するとき、軸に 1 点で接する要素を禁じていたが、その制限をなくす。
2. **10. 入出力ファイル**に **magnetization** を追加し、要素磁化ベクトルの出力をを行う。
3. **17.7 磁化ベクトルソース**において、要素ごとの入力を可能とした。
4. ギャップ面を三角要素や4面体要素を含むメッシュで、制限無く使えるものとした。ギャップ面の交差ができるものとした。薄板導体要素もギャップ面で分割可能とした。
5. 表面流入電流ソース SUFCUR をギャップ面と共に用することにより、周期境界面に SUFCUR を指定できるものとした。
6. **16.2 面要素特性**で非磁性薄板要素の導電率に異方性を入れることを可能とした。
7. **5. 収束条件**に、パラメータ ICCG_CONV_RATION と CHECK_B を加えた。
8. ピラミッド(5面体四角錐)を使用可能とした。
9. **14. 周期境界条件**にパラメータ FITNESS を追加した。

リリース 9.0 主要変更点

1. 直流場渦電流解析に関わる変更追加
 - 1.1 **解析の種類**に STEADY_CURRENT を追加。
 - 1.2 ポテンシャルとゲージ条件に PHI_OPTION を追加。
 - 1.3 **5. 収束条件** SOLVER に非対称行列解法選択を追加。
 - 1.4 **7. 初期条件**における追加と変更。
 - 1.5 **14. 周期境界条件**に直流場渦電流領域データを追加。
2. 入出力ファイルに WIDE および SUF_OPTION を追加。
3. **1**出力オプションに MAGNETIC_ENERGY を追加。領域および全体の磁気エネルギーを出力する。
4. **11.1. 出力オプション** B_INTEG=2 により、出力桁数を大きくする。

リリース 9.1 主要変更点

1. スライド面に関する変更 (14. 周期境界条件, スライド面)
 - 1.1 スライド面の複数入力を可能とした。
 - 1.2 スライド面の直線入力を可能とした (LINE_INPUT)。
 - 1.3 スライド辺のメッシュファイル(**rotor_mesh**)内で、スライド辺の順序は任意とした。ただし、一つのスライド面の辺は繋がっている必要がある。
 - 1.4 軸に連結しているスライド面を可能とした。
 - 1.5 スライド運動に対しても、外部電流磁場ソース(COIL)を使用可能とした。COIL は固定子側にあるとして、運動しないものとする。COIL を含む固定子側の領域は、変形ポテンシャル領域(POTENTIAL=1)とする必要がある。
2. 13. 境界条件 FAR_BOUNDARY_CONDITION に 3 のオプションを追加
従来、外部電流磁場ソース(COIL)を使用する場合、電流ソースがメッシュ領域外にあっても、必ず、変形ポテンシャル領域が必要であったが、その制限を無くした。遠方境界において、COIL の Ht (磁場の面内成分) を与えて解く。

リリース 9.2 主要変更点

1. ポテンシャルとゲージ条件において REGULARIZATION 入力を追加。
外部電流磁場ソース(COIL)を用い変形ポテンシャル使用時、方程式の正規化を行う。ICCG 法の収束が良くなる。ただし、COIL に電流不連続性があったり、トータルポテンシャル領域に COIL が含まれていたりした場合でも収束し、不合理な結果になることもあり注意が必要。非線形計算等で、ICCG 法の収束が問題なときに使用。
2. 19. 運動の定義において SUBERI_S に対し 1.0 以上の値を許容する。
回転子が固定子磁場に対して逆向きに回転している場合に適用される。

リリース 9.4 主要変更点

1. 行列処理、非線形計算のためのオプションを追加 (3. ポテンシャルとゲージ条件)
SCALING, RENUMBERING, LINE_SEARCH オプションを追加。
2. スライド運動において、複数の可動部を設け独立に運動できるものとする (10.1 行 3 列)。可動メッシュが 2 つ以上の場合は、NO_MESHES を入力する必要がある。また、2 番目以降の可動部のメッシュは別ファイルとして用意する。19. 運動の定義 行 3 のデータを NO_MESHES 組入力する。
3. スライド面の定義
従来は、**rotor_mesh** 内にスライド定義辺 (点) を定義し、**pre_geom** メッシュに対してスライド面を固定した。今後は、メッシュに対して固定されるスライド面は、そのメッシュ内に定義するものとする。以前と等価な解析をする場合は、**pre_geom** にスライド定義辺 (点) を定義することになる。今まで通り、**rotor_mesh** 内にスライド定義辺 (点) を定義している場合、スライド面は **rotor_mesh** に固定され、**pre_geom** に対して運動する。変更しなくとも、誤差程度の結果の変化があるかもしれないが問題とならない。
各メッシュに対してスライド面を定義できる。一つの摺り合わせ面に対して一つのスライド面を定義すること。メッシュ内部に固定したスライド面を定義できる。この場合、メッシュは運動方向に整合していなくても良い。
これに伴い、スライド面を直線入力 (14. LINE_INPUT=1) の時、MESH_NO の入力を必要とした。

4. **14. 周期境界条件, スライド面入力の変更**
(DX,DY,DZ)あるいはANGLE 入力位置を r9.0 以前と同じとする。
5. 直流渦電流場解析に関わる変更, 追加
 - 5.1 座標系の選択 (**3. ポテンシャルとゲージ条件** FIXED_COORDINATE)
接触導通して異なる速度で運動する領域がある場合, 固定座標系を指定する必要がある。
 - 5.2 直流場渦電流場領域の数を複数入力可とする。
(14. 周期境界条件, スライド面行 8~10)
各領域の速度が異なっていてもよい。
領域間は接触導通していても良い。
磁場源に対して静止している導体は REGULAR_MESH として定義をし無くても良い。
6. **11.1. 出力オプション** B_INTEG オプションの追加
B_INTEG=3 により, 有効桁 16 桁の出力を行う。
7. 三方向独立非線形性の追加 (**16.1 体積要素特性, ANISOTROPY**)
三方向の B_H 特性を入力する。一部の方向を線形とし, 非透磁率を与えることができる。三方向の磁気特性を独立としているため, 等方性の磁気特性に本計算を適用すると, 各方向の飽和磁束密度に対し, 最大 $\sqrt{3}$ 倍の磁束密度になりうるので注意すること。

リリース 9.5 主要変更点

1. 静電場解析機能を追加した。
多くの入力は線形静磁場解析と共通であるが, 静電場解析に伴う変更箇所は以下の通りである。
 - 1.1 **解析の種類** STATIC=2 の時, 静電場解析を行う。
 - 1.2 **10. 入出力ファイル** CURRENT オプションを電場データファイル(**electric**)出力オプションと見なす。他の出力オプションはオフとすること。
 - 1.3 **13. 境界条件** FAR_BOUNDARY_COND 等の静電場解析での条件。
 - 1.4 **16.1.2 体積要素特性 <静電場解析 (STATIC(2)=2) の時> : 物性定義**
 - 1.5 **17.10 等電位面電場ソース (EPOTSUF)** の追加。SOURCE には EPOTSUF のみが含まれる。
2. 磁場解析を行わず, NETWORK 機能で回路解析のみを行う
磁場との連性を考えず NETWORK 機能により回路解析のみを行う。回路のみの解析を簡易に行ったり, THETA_NETWORK 等の値による回路解析の精度をチェックしたりする場合に用いる。NETWORK モジュールのライセンスが無くても使用可。静磁場, AC 定常, 過渡解析で機能する。
実行時には **10. 入出力ファイル** INPUT_MESH_FILE=-1 として, メッシュファイル入力をオフにすること。

リリース 9.6 主要変更点

1. 非線形 2 次元磁気異方性解析の追加
 - 1.1 ポテンシャルとゲージ条件において MATRIX_ASYMMETRICITY オプションを追加。
 - 1.2 MATRIX_ASYMMETRICITY=1 の時の、マトリックスソルバの選択 (5. 収束条件)。
 - 1.3 **16.1.1 体積要素特性** ANISOTROPY=3 オプションを追加し、非線形二次元磁気異方性特性を入力可能とする。行 5 の入力が必要。
 - 1.4 **B-H カーブ**において、非線形 2 次元磁気異方性特性を定義する。
2. 対称行列解法として対称 Gauss-Seidel(SGSCG)法を追加
 - 2.1 収束条件において SOLVER=2 オプションとして追加。
 - ・ ICCG 法よりも若干収束性が劣る場合が多いが、使用メモリが少ない。
 - ・ インピーダンスがゼロの電流が未知の外部回路との結合は行えない。

リリース 9.7.3 主要変更点

1. **解析の種類** STATIC=3 を加え、定常電流場解析とした。これに付随して、**13. 境界条件**にたいし、定常場電流解析用の条件を設定できるようにした。また、**16.1.2 体積要素特性**で、電気伝導率入力を行う。**17.10 等電位面電場ソース**の変更。
2. 静電場における節点力の出力を可能とした。STATIC=2 の場合、節点力出力は静電場によるものとした。
3. **3. ポテンシャルとゲージ条件** REGULARIZATION を COIL に加えて、ELMCUR, SDEFCOIL に対しても適用されるようにした。
4. **4. 形状関数の次数**において、節点および辺形状関数の次数をそれぞれ選べるものとした。
5. **17.4. ポテンシャル電流ソース(PHICOIL)**の追加

リリース 9.7.8 主要変更点

1. **10. 入出力ファイル** NO_MESHES の定義エラーを修正。
2. **19. 運動の定義**でのエラー修正および MOTION(2)別にケース分けを行った。

リリース 9.8.1 主要変更点

1. **2. 解析の種類** STEADY_CURRENT の列を修正。
2. **10. 入出力ファイル** FORCE_J_B に節点力出力を追加。
3. **10. 入出力ファイル** FORCE_NODAL に負値を追加し、無処理節点力を出力。応力解析に直接入力可能とする。
4. **17.9.13. スイッチ要素**の追加。

リリース 9.8.2 主要変更点

1. **8. 計算ステップ、周波数** 計算ステップ入力方法を追加変更、可変のステップ間隔指定を可能とする。
2. **18.2. 時間テーブル** CYCLE を入力し、繰り返しを可能とした。電圧時間変化に対してステップ変化を入力できるようにした。

リリース 10.0.1 主要変更点

1. **4. 形状関数の次数, METRIC_MOD オプションの追加**
軸対称二次元計算時の軸付近の不具合を無くす。
2. **4. 形状関数の次数, QUAD_TRI オプションの追加**
四角形要素面と三角形要素面を接合する。6面体と4面体要素等が接合される。ただし、接合面で節点は共有され、四角形面が三角形面で二分される必要がある。
3. **4. 形状関数の次数, CALC_IND オプションの追加**
COIL ソースのインダクタンスの計算を行う。**17.1.9. COIL 積分要素**の入力が必要。
CIRCUIT あるいは NETWORK において入力される COIL 自己および相互インダクタンスに自動的に足しこまれ、従来と異なってるので注意。
4. **5. 収束条件** CHECK_B の負値入力により、反復時の磁場の変化分に対して非線形収束条件とする。
5. **10. 入出力ファイル** FORCE_J_B に負値入力を追加。従来の結果は負値のものに対応する。負値で、応力計算への節点力入力に対応している。
6. **11.1. 出力オプション**において、FORCE_J_B=2 オプションにより、COIL の電磁力計算機能を追加。**11.4. 磁化および電流積分による空間磁場**および **17.1.9. COIL 積分要素**の入力が必要。
7. **11.4. 磁化および電流積分による空間磁場**において、INTEG_OPT を追加し、積分の高速化を可能とした。
8. **17.1.9. COIL 積分要素**を追加。
9. **17.7.3. 正弦関数入力を追加。** MAGNET に磁化分布を正弦関数により入力可能とした。
10. **17.7.4. 数式入力を追加。** MAGNET に磁化分布を数式入力により入力可能とした。
11. **17.9.11. 非線形要素** (テーブル入力) を追加。NETWORK に I-V 特性に対しテーブル入力の非線形要素を追加した。
12. **19.3. 変形部メッシュの運動** CONTROL_ELM_MAT_ID を入力し、変形運動時のメッシュを自動生成する。メッシュデータに制御要素を追加する必要がある。制御要素の物性番号に対する物性定義は必要としない。

リリース 10.1.2 主要変更点

1. **3. ポテンシャルとゲージ条件** POTENTIAL オプションの拡張
低周波磁場変動下の誘導電流解析機能を追加。
2. **8. 計算ステップ, 周波数** CYCLIC オプションの追加
COIL 運動時の解析の際、一周期分の COIL 磁場をファイル出力し、二周期目以降それを使用することにより計算時間を短縮可能。
3. **10. 入出力ファイル, MESHLESS オプションの追加**
INPUT_MESH_FILE=-1 の代わりにメッシュデータを使用しない場合に使用。
INPUT_MESH_FILE=-1 は無効。
4. **10. 入出力ファイル** AVERAGE オプションの拡張
ポスト処理として計算される鉄損算出に使用。**16.1.1.体積要素特性**の鉄損算出用入力データが必要。
5. **10. 入出力ファイル** MAGNETIC オプションの拡張
16.1.1.体積要素特性の PACKING を使用した鉄損算出時において、積層鉄心鉄部の磁束密度を出力。

6. **10. 入出力ファイル IRON_LOSS オプション** (出力単位選択) の追加。
ポスト処理として積層鉄心近似の鉄損を算出して分布をファイル(**iron_loss**)に出力。出力単位を選択する。
7. **11.1. 出力オプション IRON_LOSS オプション** (算出法選択) の追加
ポスト処理として積層鉄心近似の鉄損を算出して **output** ファイルに領域ごとに出力。算出法を選択する。
8. **11.4. 磁化および電流積分による空間磁場 MESH_INPUT オプション** の追加。
MESHLESS=1, MESH_INPUT=1 のとき, **B_integ_mesh** ファイルの節点データを **B_INTEG** の計算点として使用。COIL のみの解析で有効。
9. **11.6. 鉄損算出入力パラメータ** の追加。
IRON_LOSS(11.1)=1 : 磁束密度の最大値による算出法設定時の入力パラメータ。
10. **16.1.1. 体積要素特性 IRON_LOSS オプション**と鉄損算出に必要なパラメータを追加。
ポスト処理として積層鉄心近似の鉄損を算出するための入力パラメータ。
11. **17.1. 外部電流磁場ソース** 線電流近似を行う評価点から COIL までの距離に対しての判定値入力 (LINE_APPROX) を追加。
12. **17.9.14. スイッチ要素**に On-Off 状態の時刻を時間関数として設定できる機能を追加。
13. **17.9.15. 時間依存の可変抵抗要素 (VR)** を追加。

リリース 10.2.5 主要変更点

1. **4. 形状関数の次数を 4. 形状関数の次数と追加機能と名称変更**
2. **4. 形状関数の次数と追加機能, THIN_ELEMENT オプションの追加**
扁平・扁長要素の収束性の改善。**16.3 THIN_ELEMENT 適用要素特性**に入力データが必要。
3. **8. 時間ステップ, 周波数 N_CORRECT, N_BACK, TP-EEC_OPTION オプション**の追加。TP-EEC 有限要素法の適用。
4. **10. 入出力ファイルの INPUT_MESH_FIME** に Abaqus input file の追加
5. **10. 入出力ファイル (続き) の OUTPUT_DATA_FIME** に HyperView Ascii file の追加
6. **10. 入出力ファイル (続き) の AVERAGE** に半周期鉄損算出機能を追加
7. **10. 入出力ファイル (続き) の ELEMENT** の要素使用物性番号の出力機能を拡張
8. **14. 周期境界条件, スライド面, N_CYCLIC** により多重周期性に拡張
9. **17.1 外部電流磁場ソース (COIL)** のマルチポテンシャルに拡張
変形ポテンシャル領域を複数に設定可能。**16.1.1.体積要素特性, 17.1 外部電流磁場ソース (COIL)** に入力データが必要。
10. **17.1 外部電流磁場ソース (COIL)** のメッシュ入力機能の追加
17.1 外部電流磁場ソース (COIL) を **COIL_geom** ファイル中に作成した六面体要素で入力可能。**17.1.9 MESHEDE_COIL 要素**に入力データが必要。**10. 入出力ファイル COIL_FORCE** で **COIL_force** ファイルに電磁力を出力。
11. **18.5. 運動方程式入力に外部力を与える時間関数として CONST_FORCE_TIME_ID オプションの追加**
12. PSIM 連成解析機能<PSIM Coupler module>を追加。
汎用回路・制御シミュレータ PSIM (Powersim Inc.開発, マイウェイ技研販売) との連成解析機能を追加。**input** ファイルの最初に PSIM と授受するデータ入力が必要。
13. **18. 時間変化, 18.5 運動の定義**でそれらを定義。

リリース 10.4.1 主要変更点

1. MATLAB/Simulink 連成解析機能<MATLAB/Simulink Coupler module>を追加。
マルチドメインシミュレーション及びダイナミックシステムである MATLAB/Simulink (Mathworks Inc.) との連成解析機能を追加。**input** ファイルの最初に PSIM と同様の MATLAB/Simulink と授受するデータ入力が必要。**18. 時間変化, 18.5 運動の定義**でそれらを定義。
2. **8.1 多相交流簡易 EEC 法設定領域**の追加。多相交流簡易 EEC 法の機能追加。
3. **10.2 出力ファイルの NUMBER_OUTPUT_MATS** が **elem** ファイルにも対応
4. **10.2 出力ファイル (続き)** に **POST_COORDINATE** オプションの追加
出力ファイル(10.2.)のポストデータを, 定義座標系(12.2)で出力可能
5. **10.2 出力ファイル (続き)** の **HEAT** に固定ファイルフォーマットでの要素平均発熱密度出力機能を追加。
6. **10.2 出力ファイル(続き)** の **MAGNETIZATION** に磁界強度ベクトル出力機能を追加。
7. **11.2. 鎮交磁束計算ループの READ_OPTION** に閉曲面ループ定義機能を追加
8. **16.1.1. 体積要素特性**の **ANISOTROPY** に Jiles&Atherton モデルによる異方性を考慮した 2 次元ヒステリシス磁気異方性特性, プレイモデルによる等方性, 異方性 2 次元ヒステリシス特性を考慮した解析機能を追加。ヒステリシスを直接考慮した解析が可能。
9. **17.1.9. MESHER_COIL** 要素で定義した電流密度分布を **COIL_current** ファイルに出力 (確認用)。

リリース 11.0.1 主要変更点

1. **3. ポテンシャルとゲージ条件**の **MATRIX_ASYMMETRICITY** に Jiles&Atherton モデル, プレイモデルの説明を追記
2. **4. 形状関数の次数と追加機能**に **PARALLEL_NO, PARALLEL_OPTION** の機能追加
3. **7. 初期条件**に運動方程式連成解析結果を用いたリストアート解析の説明を追記。
4. **10.2 出力ファイルの NUMBER_OUTPUT_MATS** に出力要素の除外機能を追加
5. **10.2 出力ファイル (続き)** に **POST_COORDINATE** により出力オプション(11.1)にも適用されることを追記
出力ファイル(10.2.)のポストデータを, 定義座標系(12.2)で出力可能
6. **11.1 出力オプションの IRON_LOSS** に, PlayModel によるヒステリシス損算出機能を追加。
7. **14. 周期境界条件, スライド面の NO_CYCLIC** の 4,5 行目の説明を訂正。
8. **15. 直方体メッシュ自動生成**に **DIVISION_TYPE, RATIO_TYPE** の説明を追記
9. **16.1.1. 体積要素特性**の **ANISOTROPY** の プレイ モデルを使用した場合の **DB_FACTOR** オプション機能を追加
10. **17.8. 電源と結線 (CIRCUIT)** に **REGION_PARALLEL** 機能を追加
11. **17.9. 電源と結線 (NETWORK)** に **REGION_PARALLEL** 機能を追加
12. **18.6. 運動方程式入力**に質量の相対位置依存機能を追加
13. 幾つかの箇所に説明を追加

リリース 11.1.1 主要変更点

1. **5. 収束条件**に MAX_ITERATIONS のオプション機能を追記
2. **10.2 出力ファイル (続き)** に WIDE の機能拡張を追記
3. **14. 周期境界条件, スライド面の回転周期対称**を使用した場合の SEPARATE_ANGLE のオプション機能を追記。
4. **13. 境界条件, 14. 周期境界条件, スライド面**として認識された境界面を面要素として **boundary_surface** ファイルに出力。
5. **ChapterIV.Output 1.12. ファイル iron_loss** にプレイモデルによるヒステリシス損分布の出力の説明を追記

リリース 11.1.2 主要変更点

1. **10.2 出力ファイル (続き)** の MAGNETIZATION に MAGNET の減磁率とパーミアンス係数出力オプション機能を、**ChapterIV.Output 1.12. ファイル magnetization** に減磁率分布とパーミアンス係数分布の出力の説明を追記。
2. **16.1.1. 体積要素特性**の ANISOTROPY に三次元ヒステリシス解析機能を追記。
3. **18.6. 運動方程式入力**の MASS<0 のときに、質量変化による速度変化の OPTION 機能を追加。
4. **Chapter II -c 2. ライセンス確認方法**に Windows 版/Linux 版のライセンス情報確認方法の説明を追記。

リリース 11.2.1 主要変更点

1. **5. 収束条件**の INIT_OPTION に MOTION(2)=2 でスライド面の変数も前ステップの値を用いるように改訂したことを追記。
2. **7. 初期条件**の DATA_TYPE に前ラン **old_solutions** を初期値として再解析するオプション機能を追加。
3. **10.2 出力ファイル**の NUMBER_OUTPUT_MATS を **post_geom** ファイルにも対応。
4. **10.2 出力ファイル (続き)** に COIL_OPTION オプションの追加
5. **10.2 出力ファイル (続き)** に POST_COORDINATE オプションの追記。出力ファイル (10.2.) のポストデータ、output ファイルへのモーメントの局所座標系で出力可能。
6. **16.1.1. 体積要素特性**の POTENTIAL にトータルポテンシャルと変形ポテンシャルの境界面の出力機能 (**r_t_interface** ファイル) を追加。
7. **Appendix2** に EMSolution 電流磁場源一覧を追加。

リリース 11.2.3 主要変更点

1. **4. 形状関数の次数と追加機能**における PARALLEL_NO オプションによる並列計算には、これまで MATRIX_ASYMMETRICITY(3)=0 のときに使用する対称行列解法 ICCG のみが対応していたが、 MATRIX_ASYMMETRICITY(3)=1, SOLVER(5)=0 のときに使用する非対称行列解法 ILUBCG STAB 法も対応できるようになった。これにより、二次元非線形磁気異方性 (ANISTROPY(16.1.1)=3) とプレイモデル (ANISTROPY(16.1.1)=5) によるヒステリシス解析の計算時間短縮を図ることができる。なお、並列計算には<PARALLEL module>が必要。

2. ATLAS フォーマット以外の入力メッシュは一旦 ATLAS 中間ファイルに変換されるが, ATLAS 形式は固定長フォーマットになっており, r11.0.1 までは 8 桁を超える節点番号や要素番号が取り扱えず, 桁落ちを生じることもあり, r11.1.1 において WIDE(10.1)=2 を指定すると 12 桁まで扱えるようにした。r11.2.3 からは WIDE(10.1) 指定によらず, ATLAS 中間ファイルは 12 桁で出力するようにした。
3. 電流磁場源 ELMCUR(17.2), SDEFCOIL(17.3), PHICOIL(17.4) で指定された MAT_ID(16) の SIGMA(16) に関わらず, 強制的に 0 にするよう変更。
4. POST_DATA_FILE(10.2)=1 で出力ファイルを I-DEAS Universal 形式にしたとき, 節点量あるいは要素量がゼロのときの節点あるいは要素のデータも出力するように変更。

リリース 11.3.1 主要変更点

1. **2. 解析の種類**における STATIC=3 : 定常電流場解析での出力ファイル electric (CURENT(10)で出力) の出力値の不備を修正。
2. **2. 解析の種類**における AC 解析に, AC(2)=2 として複素透磁率を設定できるように変更。複素透磁率の設定には, ANISOTROPY(16.1)=1 とし, 次行に比透磁率として実部と虚部を入力すること。IRON_LOSS(10.2)=1 とすると磁気損失を出力する。
3. **3. 形状関数の次数と追加機能**における METRIC_MOD を軸対称二次元解析 (GEOMETRY(12)=2) でデフォルト=1 とするように変更。軸対称二次元解析以外で METRIC_MOD=1 の場合, =0 として無視する。確認用に, 軸対称二次元解析で=-1 で METRIC_MOD=0 となる。
4. **5. 収束条件**における SOLVER に, 交流定常解析時(AC(2))の場合の複素行列解法として IC COCR 法=1 を追加。
5. **10.2 出力ファイル(続き)**および **11.1 出力オプション**における HEAT にてソース(17) の ELMCUR(17.2), SDEFCOIL(17.3), PHICOIL(17.4), DCCURR(17.5) 使用時に導電率を設定した場合に発熱量を出力。
6. **11.1 出力オプション**における B_INTEG にて二次元並進対称計算(GEOMETRY(12)=1) に対応。加えて MOTION(2) 使用時の計算に対応。なお, MOTION(2) 使用時の計算点の座標系は全体座標系(静止座標系)で計算される。
7. **14. 周期境界条件, スライド面**においてヘリカル周期対称条件を追加。
8. プレイモデルによるヒステリシス解析のモードとして角度依存異方性を評価版として追加。
9. プレイモデルによるヒステリシス解析時の B_MIN LOSS CORRECTION オプション追加。
10. **17.5 複数導体ポテンシャルソース**として直流電流場ソース DCCURR を追加。

リリース 12.0.3 主要変更点

1. **8. 計算ステップ, 周波数**に定常周期性を用いた初期値設定 (TP_STEP オプション, TP_STEP_OPTION オプション) を追加。
2. **8.1. 多相交流簡易 EEC 法設定領域**における入力欄の不備を修正。
3. **12.1. 解析の次元**に二次元解析でヘリカルメッシュの設定オプションを追加。
4. **14. 周期境界条件, スライド面の LINE_INPUT** の定義方法を線上から線分に変更。
5. **17.7. 磁化ベクトルソース**に永久磁石の非線形解析 (INPUT_TYPE = 4 オプション) を追加。
6. **17.7.5. 永久磁石の減磁曲線を用いた非線形解析**を追加。
7. **20. B-H カーブ**に永久磁石の減磁曲線を追加。

-
8. Chapter IV 2D_to_3D に捻りピッチ拡張を追加。

リリース 12.0.6 主要変更点

1. **2. 解析の種類**の TEMP_DEPEND を使用可能とし、磁化特性と導電率の温度依存解析機能を追加。
2. **10.1 入力ファイル**の UNIT に=2:μm を追加。
3. **16.1.1. 体積要素特性**の ANISOTROPY=2 を使用可能とし、磁化特性の温度依存解析機能を追加。
4. **16.1.1. 体積要素特性**に SIGMA_DEPEND_ID を追加し、導電率の温度依存解析機能を追加。
5. **17.10. 等電位面電場ソース**を**電位面電場ソース**とし、誘電体表面に電荷を与える機能を追加。
6. **17.10. 電位面電場ソース**に電荷の単位パラメータ(UNIT)を追加。
7. **18.1. 解析式**に COS 関数の位相(PHASE4)を追加。
8. **20. B-H カーブ**の NO_T_DEPEND_CURVES を使用可能とし、温度依存磁化特性を追加。
9. **21. 温度依存導電率曲線**を追加。併せて **21.1 temperature_dat** ファイルを追加。

リリース 12.0.10 主要変更点

1. **10.2 出力ファイル**にポスト処理における周波数分解機能 POST_FFT を追加。
2. **17.7 磁化ベクトルソース**に温度依存の減磁曲線を用いた非線形解析機能を追加。
3. **20. 永久磁石**の温度依存減磁曲線を追加。

リリース 12.0.16 主要変更点

1. **5. 収束条件**に IC COCR 法の収束判定条件を記載。
2. **7. 初期条件**に ALL_STEP_OUTPUT オプションを追加。
3. **10.2 出力ファイル (続き)**の電界解析の **electric** ファイルに電束密度分布の出力を追加。
4. **10.2 出力ファイル (続き)**の電界解析の **electric** ファイルに静電エネルギー項を追加。
5. **14. 周期境界条件**, **スライド面の LINE_INPUT**の定義方法に折れ線入力機能を追加。
6. **17.2 内部電流磁場ソース**, **17.3 表面定義電流ソース**, **17.4 ポテンシャル電流ソース**, **17.5 複数導体ポテンシャル電流ソース**に CAL_Je 機能を追加。
7. **Chapter V. Mesh file** に**=5: FEMAP neutral** 形式の対応形式を更新
8. **Chapter V. Mesh file** に**=5: FEMAP neutral** 形式の対応形式の更新とプロパティデータを出力

リリース 12.0.17 主要変更点

1. **10.2 出力ファイル (続き)**の POST_FFT の設定項目の 4,5 行目の順番を訂正。
2. **11.2 鎮交磁束計算ループ**の READ_OPTION=1, 2 の時の記述を修正。

リリース 12.0.18 主要変更点

1. **5.** 収束条件の SOLVER に ICCR 法と IC QMR-COCG 法, IC QMR-COCR 法を追加。対称 Gauss-Seidel CG 法は削除し, ICCR 法に置き換え。
2. **5.** 収束条件の ICCG_CONV と NON_LINEAR_CONV の推奨値を厳しめに変更。また非線形収束ハンチを厳しくしたい場合に CHECK_B の使用を推奨することを追記。
3. **10.2** 出力ファイル (続き) の POST_FFT の設定項目の 5 行目の出力条件を訂正。
4. **10.2** 出力ファイル (続き) の **magnetic** ファイルの出力オプション=3 を追記。また =11 で磁気エネルギーを出力するように変更。
5. **11.4.** 磁化および電流積分による空間磁場の MESH_INPUT=1 は MESHLESS=1 でなくとも使用できることを追記。
6. **16.1.1.** 体積要素特性の ANISOTROPY=1 に交流定常解析の場合に複素透磁率を設定することを追記。
7. **17.1.10.** COIL 積分要素の NDIV に LOOP- と ARC- のデフォルト値を追記。
8. **20.** B-H カーブの設定項目が多いため, 枝番で記載するように修正。

リリース 12.0.19 主要変更点

1. **8.** 計算ステップ, 周波数の TP_EEC_OPTION に, dq-TP-EEC 法を追加
2. **8.1** 多相交流簡易 TP-EEC 法および dq-TP-EEC 法設定領域に dq-TP-EEC 法の設定項目を追加。
3. **10.2** 出力ファイルに QVOL カード出力用として Nastran BDF file を追加。熱流体解析との連成解析で使用。
4. **10.2** 出力ファイルに **11.2 NODAL_FORCE=3** の時に **post_geom** に電磁力を出力することを追記。
5. **10.2** 出力ファイルの **MAGNETIZATION** に, 磁性体の透磁率出力オプションと, 着磁解析時の残留磁束密度と着磁率出力オプションとして **initial_magnetization.dat** に出力することを追記。
6. **11.1** 出力オプションの NODAL_FORCE に面要素の電磁力を **surface_force** に面要素メッシュデータと共に出力することを追記。
7. **17.11** 節点電位ソースに節点電位を与える電界ソース POTNODE を追記
8. **20.6** 永久磁石の着磁曲線に着磁解析の入力データである着磁曲線について追記。
9. **23. initial_magnetization.dat** ファイルに, MAGNET の要素毎に磁化入力 (17.7.2) の時に使用される **initial_magnetization.dat** について追記。

リリース 2023.11.0 主要変更点

1. EMSolution のライセンス管理を FlexNet に変更
2. **7.** 初期条件に OUTPUT_STEP_NO の設定項目を追加
3. **13.** 境界条件に境界面内の指定要素による Bn=0 面, Ht=0 面の設定項目を追加