

チュートリアル

著名な解析ソフトウェアNX NastranのカスタマイズプログラムのDMAPに関しての使用方を解説していきます。今回は最終回として、実際にDMAPを使用し、SOL100、および自作SOLを使用した、簡単なプログラム作成を行います。

Femap with NX Nastran – DMAP 入門 (3)

桑原 雅治

1 はじめに

前回は、DMAPの基本的なプログラム構成を、例を交えて説明しました。

今回は、実際にプログラムを行っていきます。作成する内容は、

『SOL100を使用した固有値計算機能』

および

『自作SOLを使用した固有値計算機能』

を作成します。

2 SOL100および自作SOLに関して

今回は、最初にSOL100というSOL番号でプログラムを行います。

DMAPは、SOLに任意のタイトルを使用して、好きなプログラムを構成することが可能です。

ただし、バルクデータ内に設定したデータなどを読み込む設定も、すべてプログラム内に記載する必要があります。

今回、固有値計算を行うにあたって、いくつかのデータをバルクデータから読み込みます。この読み込みをはじめから設定するのは、プログラムが煩雑になりますので、SOL100を使用して、簡便なプログラムで説明を行った後、自作SOLでのプログラムの説明を行います。

2.1 自作SOLの作成

SOL100での固有値解析プログラム説明の前に、自作SOLでのプログラムの説明を簡単に行っておきます。

記述は、以下の通りです

```
SOL   タイトル
COMPILE   タイトル
SUBDMAP   タイトル
          プログラムの内容
END
```

タイトルに関しては、英数8文字以内で設定します。Femapを使用する場合、SOLのタイトルは、前回SOL100の設定時に“100”を入力した部分に、タイトルをそのまま入力します。

それ以外は、DMAPの設定部分に入力してください。

例1) SOL TEST01メッセージ表示

```
SOL TEST01
COMPILE TEST01
SUBDMAP TEST01
TYPE PARM,,I,,A1
A1 = 10 $
MESSAGE // A1 = '/A1 $
END
```

上記の例をFemapで設定する場合、SOL番号を設定するテキストボックスに、“TEST01”と入力してください。また、COMPILEからENDまでをDMAPとして設定してください。実行すると、以下のようにメッセージがF06に表示されます。

```
^^A1 =      10
```

今回の例では、メッセージを書き出したのですが、行列の構築や、バルクデータからのデータ読み込みを追加することにより、汎用性の高いプログラムを作成することができます。

続きはWebで

日本計算工学会誌「計算工学 (Vol.25, No.1)」HP:

<http://www.jsces.org/activity/journal/>

筆者紹介



くわばら まさはる

(株) 計算力学研究センター所属。Femap with NX NastranのSEとして20年勤務。受託解析、製品サポートを担当。

3 SOL100での固有値計算

ここでは、SOL100を使用して、固有値計算を行うプログラムを作成します。

SOL100は、BULKデータから基本的な内容のみを読み込むだけの機能です。SOL100単体を実行しても、何も解析しません。

他のSOL番号を使用した場合、すでに存在する解析機能が実行されてしまいますが、SOL100では、DMAPで設定したプログラムをそのまま反映することができます。

まず、固有値計算の準備として、BULKデータから行列を呼び出す設定を行います。

$$\begin{pmatrix} 1.0 & 2.0 & 0.0 \\ 2.0 & 3.0 & 4.0 \\ 0.0 & 4.0 & 5.0 \end{pmatrix}$$

B1は、以下のマトリクスになります。

$$\begin{pmatrix} 1.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 2.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 3.0 \end{pmatrix}$$

次に、SOL100にDMAPを設定し、上記のマトリクスを取り込みます。

3.1 DMIのバルクデータ設定

解析モデルを作成せず、任意の行列をバルクデータに設定し、読み込みます。

書式が複雑なので、大規模な行列を設定するには向いていません。

表1 DMIフォーマット

	1行目	2行目以降
カラム1	DMI	DMI
カラム2	タイトル	開始列
カラム3	0	開始行
カラム4	タイプ	数値1
カラム5	入力時精度	数値2
カラム6	出力時精度	数値3
カラム7	空白	数値4
カラム8	行数	数値5
カラム9	列数	数値6

カラムは、8文字まで入力できるスペースになります。カラム間は、“;”で分けることもできます。

上記数値は、単精度の場合です。倍精度の場合、数値1+2、3+4で一つの数値を入力します。

上記表は、一番単純なフォーマットで記載しています。詳しくは、NASTRANの『Quick Reference Guide』のDMIをご参照ください。

今回は、剛性マトリクスと質量マトリクスに対応するマトリクスを設定します。

例1) DMIの設定

```
DMI, A1, 0, 1, 1, 1, ,, 3, 3
DMI, A1, 1, 1, 1, 1.0, 2.0, 0.0
DMI, A1, 2, 1, 2.0, 3.0, 4.0
DMI, A1, 3, 1, 0.0, 4.0, 5.0
DMI, B1, 0, 1, 1, 1, ,, 3, 3
DMI, B1, 1, 1, 1, 1.0, 0.0, 0.0
DMI, B1, 2, 1, 0.0, 2.0, 0.0
DMI, B1, 3, 1, 0.0, 0.0, 3.0
```

数値の入力部分は、必ず小数点“.”が必要です。小数点以降が“0”であれば、0を省略してもかまいません。

上記は、A1が以下のマトリクスになります。

3.2 DMIINの設定

バルクデータに設定したDMIを、DMAPモジュールのDMIINを使用して取り込みます。

・DMIINフォーマット

DMIIN DMI,DMINDX/

タイトル1,タイトル2,..,タイトル10

DMI,DMINDXは、決まったテーブルデータ名ですので、そのまま設定してください。

アウトプットのタイトル1から10に、バルクデータに設定したDMIのタイトルを設定します。

例2) DMIINの設定

```
DMIIN DMI,DMINDX/A1,B1,,,,,, $
```

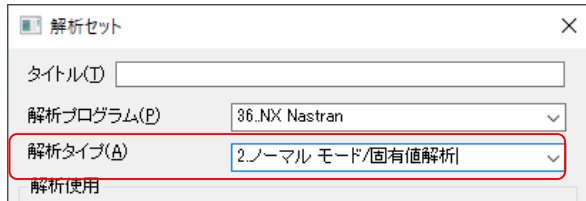
上記をDMAPに設定することにより、DMIのA1,B1のマトリクスを読み込みます。

実際に読み込んだことを確認するためのプログラムを入力し、実行してみます。

例3) DMIの読み込み確認

```
SOL 100
COMPILE USERDMAP
ALTER 2
DMIIN DMI,DMINDX/A1,B1,,,,,, $
MATPRT A1/$
MATPRT B1/$
CEND
...
BEGIN BULK
DMI, A1, 0, 1, 1, 1, ,, 3, 3
DMI, A1, 1, 1, 1, 1.0, 2.0, 0.0
DMI, A1, 2, 1, 2.0, 3.0, 4.0
DMI, A1, 3, 1, 0.0, 4.0, 5.0
DMI, B1, 0, 1, 1, 1, ,, 3, 3
DMI, B1, 1, 1, 1, 1.0, 0.0, 0.0
DMI, B1, 2, 1, 0.0, 2.0, 0.0
DMI, B1, 3, 1, 0.0, 0.0, 3.0
...
ENDDATA
```

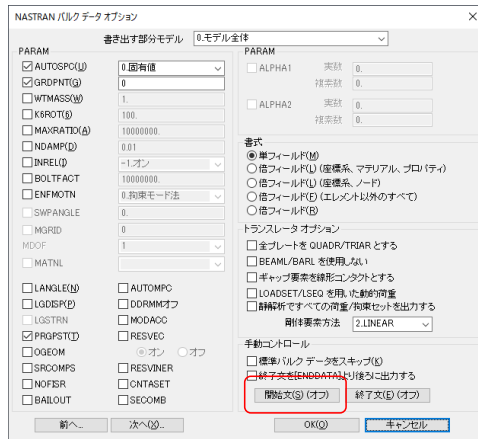
例3) を Femap で設定を行う場合には、以下の『解析セット』マネージャの [解析タイプ] に “2.. ノーマル モード/固有値解析” を選択して、設定を行ってください。



SOL 100、および COMPILE から MATPRT B1/\$ までは、前回の例と同様に、「NASTRAN 実行およびソリューションオプション」ダイアログの [解析タイプ/番号]、および [終了文] ボタンで設定を行ってください。

詳しい設定内容は、前回の例をご参照ください。

例1) の DMI に関しては、「NASTRAN 実行およびソリューションオプション」ダイアログの次に表示される「NASTRAN バルクデータオプション」ダイアログの部分に入力します。



上図の赤枠で示されているボタンを押して、表示されるダイアログに、DMI の内容を入力してください。

設定後、解析を実行すると、F06 ファイルに以下のようマトリクスデータが表示されます。

```
INTERMEDIATE MATRIX ... A1
      COLUMN      1
1.000000E+00    2.000000E+00    0.000000E+00
      COLUMN      2
2.000000E+00    3.000000E+00    4.000000E+00
      COLUMN      3
0.000000E+00    4.000000E+00    5.000000E+00
```

```
INTERMEDIATE MATRIX ... B1
      COLUMN      1
1.000000E+00    0.000000E+00    0.000000E+00
      COLUMN      2
0.000000E+00    2.000000E+00    0.000000E+00
      COLUMN      3
0.000000E+00    0.000000E+00    3.000000E+00
```

3.3 固有値計算の設定

読み込んだデータを元に、固有値計算を行います。固有値計算には READ モジュールを使用します。

今回は、以下の設定を使用します。

```
READ A1,B1,,,DYNAMICS,,,,,,,/
      LAMA,PHIX,MIX,OEIGS,,/
      'MODES'/S,N,COUNT1////1/$
```

各パラメータは、以下の内容になります。

表2 READ フォーマット

引数	タイプ	内容
A1	入力	剛性マトリクス
B1	入力	質量マトリクス
DYNAMICS	入力	求める固有値数
LAMA	出力	固有値結果
PHIX	出力	固有ベクトル
MIX	出力	モード質量
OEIGS	出力	レポート
'MODES'	オプション	固有値計算
COUNT1	オプション	固有値数
1	オプション	求解法の指定

詳しい内容は、『DMAP Programmer's Guide』の READ モジュールの項目をご参照ください。

上記のままでは、解析結果が出力されませんので、以下のプログラムを、例3の MATPRT B1 と CEND の間に入力します。

例4) 固有値計算プログラム

```
TYPE PARAM,,I,COUNT1 $
READ A1,B1,,,DYNAMICS,,,,,,,/
      LAMA,PHIX,MIX,OEIGS,,/
      'MODES'/S,N,COUNT1////1/$
TABPT LAMA/$
MATPRT PHIX
```

例3の CEND の前の行に、例4のプログラムを追加します。

また、今回のデータは、Femap を使用した場合の設定となっています。

Femap を使用せず、DAT ファイルのみで処理を行う場合には、例3の “BEGIN BULK” の下の行に、以下のカードを追加します。

```
EIGRL,1,,,10,0,,,MASS
```

設定したデータを解析すると、F06 に以下の結果が出力されます。

詳しい内容は、『DMAP Programmer's Guide』のXSORT、IFPモジュールの項目をご参照ください。

今回は、例1)の部分に、以下のプログラムを追加します。

例6) 自作SOLでの固有値計算プログラム

```
SOL TEST01
COMPILE TEST01
SUBDMAP TEST01
XSORT /BULK,/ $
IFP BULK/
GEOM1,EPT,MPT,,,DYNAMIC,GEOM2,,,EPTA,,,PVT,
DMI,DMINDX,,,,,,,,,/ $
DMIIN DMI,DMINDX/A1,B1,,,,, $
TYPE PARM,,I,,COUNT1 $
READ A1,B1,,,DYNAMIC,,,,,/
      LAMA,PHIX,MIX,OEIGS,/
      'MODES'/S,N,COUNT1////1/$
MATPRT PHIX/$
LAMX ,,LAMA/ANS1/-1/$
MATPRT ANS1/$
END
CEND
BEGIN BULK
EIGRL,1,,,10,0,,,MASS
DMI, A1 , 0 , 1 , 1 , 1 , , 3 , 3
DMI, A1 , 1 , 1 , 1.0 , 2.0 , 0.0
DMI, A1 , 2 , 1 , 2.0 , 3.0 , 4.0
DMI, A1 , 3 , 1 , 0.0 , 4.0 , 5.0
DMI, B1 , 0 , 1 , 1 , 1 , , 3 , 3
DMI, B1 , 1 , 1 , 1.0 , 0.0 , 0.0
DMI, B1 , 2 , 1 , 0.0 , 2.0 , 0.0
DMI, B1 , 3 , 1 , 0.0 , 0.0 , 3.0
ENDDATA
```

上記プログラムの赤字が、追加部分になります。
上記を実行すると、例5)と同じ結果が、F6に出力されます。

4.1.1 EIGRLカードについて

Femapを使用しない場合、追加で設定したカードとして、以下のカードがあります。

```
EIGRL,1,,,10,0,,,MASS
```

このデータは、固有値解析の条件を設定するカードで、この情報から“DYNAMIC”のテーブルデータが作成され、計算時に使用されます。

表5 EIGRL フォーマット

	1行目
カラム1	EIGRL
カラム2	ID
カラム3	最低周波数
カラム4	最高周波数
カラム5	求める固有値の個数
カラム6	診断結果
カラム7	ベクトル数
カラム8	1次モードの指定
カラム9	正規化の方法

詳しくは、NASTRANの『Quick Reference Guide』のEIGRLをご参照ください。

EIGRLは、Lanczos法で固有値計算を行う際のバルクデータカードになります。

今回、上記カード内で、固有値計算で使用するデータは、カラム5の求める固有値数です。

ここで指定した個数の固有値が求まります。

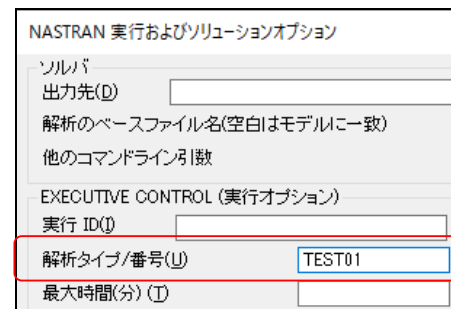
今回の場合、3×3の行列ですので、固有値は3つ出力されますが、この値を2に設定すると、2つしか結果が出力されませんので、ご注意ください。

4.2 Femapでのプログラム設定

例6)のプログラムは、すべてDATファイルに書き込み、NASTRANで実行した場合の内容ですが、Femapを使用して設定する場合には、以下のように設定を行います。

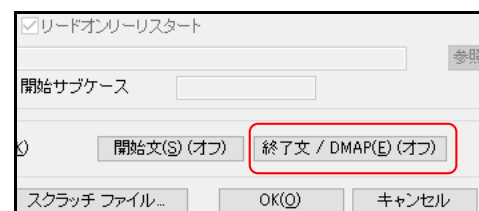
・ SOL TEST01

「NASTRAN実行およびソリューションオプション」ダイアログの[解析タイプ/番号]に“TEST01”と入力します。



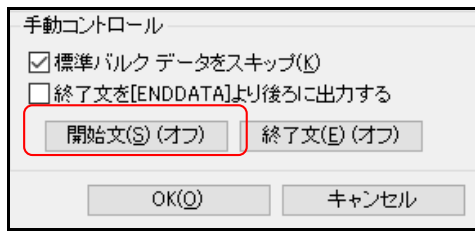
・ COMPILE TEST01からENDまで

「NASTRAN実行およびソリューションオプション」ダイアログの[終了文/DMAP]ボタンを押し、表示されるダイアログにデータを入力します。



・ DMIのA1とB1

「NASTRANバルクデータオプション」ダイアログの「開始文」ボタンを押し、表示されるダイアログにデータを入力します。



・ EIGRL データ

「NASTRANモード解析」ダイアログの「所要数」に、計算したい固有値数を設定します。



上記のダイアログで設定した内容が、「EIGRL」カードとして書き出されるため、今回の設定ではEIGRLカードを入力する必要はありません。

全ての固有値を計算したい場合、固有値数より大きければ、すべての固有値結果が出力されますので、大きめに値を入れておけば、すべての固有値が計算されます。また、Femapで設定した場合には、上記ダイアログの設定がEIGRLに反映されますので、メソッドを変更して、使用することも可能です。(その場合、別のカード名でカードが設定されます。)

5 実際のカスタマイズについて

5.1 行列計算ソフトとの機能比較

今回の例題では、DMAPの基礎的なプログラムを理解していただくために、自分で設定したマトリクスデータから計算を行うプログラムを作成しました。

自分でマトリクスを用意するのであれば、今回のプログラムの場合、行列計算のアプリケーションの方が、簡便に計算できます。

NASTRANを使用するメリットは、有限要素法の解析モデルを作成すれば、そこから自動で計算に必要なマトリクスデータを作成することにあります。

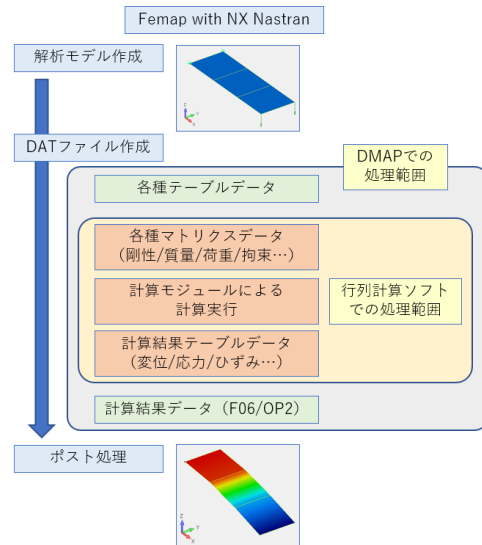


図1 ソフトウェアでの比較

図1にあるように、DMAPでは解析モデルの情報から、計算に必要なマトリクスを作成する機能があります。一方、行列計算ソフトの場合、計算に必要なマトリクスは、自分で作成する必要があるため、複雑な形状や条件の計算を行う場合、なにがしかのプログラムを作成しておかないと、マトリクスを作成すること自体出来ません。

また、解析結果の確認に関しても、DMAPの場合には、節点、要素IDの並びから、解析モデルの所定位置に結果を戻す機能があります。しかし、行列計算ソフトにはありませんので、複雑な形状での解析結果の場合、IDを予めそろえておかない限り、ポスト処理は困難になります。

5.2 DMAPでのカスタマイズ

今回のプログラムでは、固有値計算に必要なデータのみをバルクデータから取得する方法を使用しました。ですが、実際の固有値解析の場合、さらに複数のモジュールを使用して、剛性マトリクス、質量マトリクス、拘束条件を呼び出して、解析を実施します。

もし、今回のプログラムに対して、有限要素モデルからそれぞれのマトリクスを取り出すようにカスタマイズする場合、かなりの手間がかかります。(それぞれのマトリクスを取り出すのに、3~4つのモジュールを使用します。)

また、今回はマトリクスデータから計算したため、計算結果をF06に書き出しましたが、実際のモデルデータで解析を行った場合、プリポストで読み込み可能なデータに変換するにも、モジュールで実行する必要があります。

従って、DMAPでカスタマイズを行う場合、以下の手順で行うことにより、1からプログラムを作成するよりも、簡便にプログラムを行うことができます。

1. 計算に必要なマトリクスデータと、解析結果データをピックアップする。
2. 必要なデータを使用する、SOL 番号を選択する。
3. 必要なマトリクスデータを使用して計算を行い、解析結果として出力できる元のマトリクスデータを入力しなおす

注意点：

Nastran では、バージョンが異なると DIAG14 で出力したプログラムが異なります。

プログラムを修正し、挿入する場合には、ALTER で行番号を指定しますが、この行が異なる場合、プログラムは動作しなくなりますので、プログラムを実行する Nastran のバージョンにご注意ください。

6 最後に

今回で、DMAP のチュートリアルは終了となります。基本的な DMAP でのプログラム方法は、大体説明できたかと思しますので、細かい部分は、DMAP のマニュアル、および Nastran で実行して、確認してみてください。

また、現在のバージョンで一般的に使用されている SOL 番号ですが、正直機能が多岐にわたり、計算機能の確認だけを行う場合にはわかりにくいかと思います。

単純な線形静解析でも、

- リスタート解析
- 固着/接触
- 温度による膨張
- 最適化
- 初期軸力
- サポート拘束

などの機能が含まれています。

もちろん、通常の解析であれば上記設定を解析できる方がよいのですが、プログラムは複雑になります。

単純な解析機能を確認するのであれば、古い SOL 番号で確認するのも一つの手です。

表6 古い SOL 番号

SOL 番号	解析内容
1	線形静
3	実固有値
8	直接周波数
9	直接線形過渡
11	モード法周波数
12	モード法線形過渡

古い SOL 番号の方が、プログラムは単純ですので、わかりやすいかと思えます。

ぜひ、一度 DMAP でプログラムを行ってみてください。今後の Nastran の機能拡張、また FEM 解析に対する理解の一助になればと思います。