Nastran 利用の手引き

TSUBAME Computing Services, Global Scientific Information and Computing Center

2024-06-20

Table of contents

1. はじめに 3
- 1.1. 利用できるバージョン 3
- 1.2. 概要 3
- 1.3. マニュアル 4
- 1.4. テクニカルサポートIDの取得について 4

2. TSUBAME3での利用方法 5
- 2.1. Nastranの実行 5
- 2.2. Univa Grid Engineによるバッチ投入 5
- 2.3. GPU計算 5
- 2.4. ライセンス使用状況の確認 5
- 2.5. 使用上の注意事項 6

3. ファイルについて 7
- 3.1. 入力ファイル 7
- 3.2. output2ファイル(.op2) 7
- 3.3. xdbファイル 7
- 3.4. リストファイル 7
- 3.5. パンチファイル 7
- 3.6. プロットファイル 7
- 3.7. ファイル拡張子 7

4. 入力データ作成の方法 9
- 4.1. NASTRANデータの特徴 10
- 4.2. Executive Control section(EC) 12
- 4.3. Case Control Section(CC) 14
- 4.4. Bulk Data section(BD) 15

5. 例題: 片持ち梁の計算 20
- 5.1. 静解析 20
- 5.2. 固有値解析 23

6. 付録: 並列計算について 26
- 6.1. 領域分割 26
- 6.2. 入力ファイルの作り方 26
- 6.3. 並列計算の注意点 27

改訂履歴 28

1. はじめに

運用終了

TSUBAME3 は既に運用を終了しています。 TSUBAME4 のマニュアル類はこちら

本書は、Nastranを東京工業大学学術国際情報センターの TSUBAME3 で利用する方法について説明しています。 また、TSUBAME3を利用するにあたっては、TSUBAME利用の手引きもご覧下さい。 サーバの利用環境や注意事項などが詳細に記述されていますので、よく読んでください。

エムエスシーソフトウェア株式会社ではMSC製品に関するWebページを公開しています。 次のWebページをご参照ください。

- http://www.mscsoftware.com/　米国本社
- http://www.mscsoftware.com/ja　エムエスシーソフトウェア株式会社

1.1. 利用できるバージョン

TSUBAME3で利用可能な最新バージョンについてはTSUBAME計算サービスWebサイトの アプリケーション ページをご確認下さい。
研究に支障がない限り、バグ修正の入っている最新版をご利用下さい。

1.2. 概要

Nastran(NASA STRuctural ANalysis)は、 有限要素法による汎用大型構造解析プログラムです。
Nastranは下記の適用分野を含めて幅広く利用されています。

- 航空宇宙産業
- 自動車
- 造船
- 重機械
- 原子炉機器
- 土木建設
- 電気
- 精密機械
- 石油化学
- 医学

Nastranは汎用大型構造解析プログラムですので、 様々な使い方ができます。

- 設計仕様が目的に適合しているか確認する
- 現実には作れない(ありえない)条件の計算を行なう
- 最適な構造を作る過程で、試験回数(実試験体を作成する回数)を計算で補う

Nastranでは目的にあわせた様々な使い方ができます。 計算を行う場合には、目的にあわせて求解の方法を仮定してNastranが取り扱える様にモデル化を行い、 入力データを作成します。 モデル化については下記項目があります。

- 計算範囲の決定
- 荷重のモデル化
- 境界のモデル化
- 構造のモデル化

適用分野が異なっても、求めるものが同じ場合には同一の解析機能を使用して計算します。 例えば、対象物の固有振動数を求める場合、自動車の設計でも原子炉機器の設計でも固有値解析の機能での計算が可能です。

Nastranは下記の解析機能などがあります。

・静解析
・慣性リリーフを伴う静解析
・線形座屈解析
・固有モード解析
・直接複素固有値解析
・モーダル複素固有値解析
・直接周波数応答解析
・モーダル周波数応答解析
・直接過渡応答解析
・モーダル過渡応答解析
・応答スペクトル
・周期対称性解析
・スーパーエレメント解析
・モード合成法
・幾何学的非線形解析(大変形、初期荷重など)
・材料非線形解析(塑性など)
・境界非線形解析(接触など)
・非線形過渡応答解析
・伝熱解析(熱伝導解析)
・流体/構造相互作用
・流体・構造連成
・流力弾性流体要素
・付加流体質量法
・音響連成
・設計感度解析
・設計最適化解析

1.3. マニュアル

MSC / MD Nastran Docs (mscsoftware.com)

1.4. テクニカルサポートIDの取得について

テクニカルサポートIDを取得することにより、ドキュメントやセミナー情報等の 知識ベースの参照、ポータル経由での問い合わせなどが利用できるようになります。

テクニカルサポートIDの取得を希望される場合には お問い合わせフォーム よりMSC製品のテクニカルサポートID希望と明記してお問い合わせ下さい。

2. TSUBAME3での利用方法

運用終了

TSUBAME3 は既に運用を終了しています。 TSUBAME4 のマニュアル類はこちら

2.1. Nastranの実行

2.1.1. Nastranの起動

```
$ cd <利用したいディレクトリ>
$ module load nastran/2017.1
サンプルファイル (um24.dat) の場合
$ cp /apps/t3/sles12sp2/isv/msc/MSC_Nastran/20171/msc20171/nast/demo/um24.dat ./

$ nast20171 um24
```

2.2. Univa Grid Engineによるバッチ投入

```
$ cd <利用したいディレクトリ>
サンプルファイル (parallel.sh) の場合
$ qsub parallel.sh
```

サンプルスクリプト　parallel.sh

```
#!/bin/bash
#$ -cwd
#$ -N nastran_parallel_test_job
#$ -e uge.err
#$ -o uge.out
#$ -l h_node=1
#$ -l h_rt=0:10:00
#$ -V

export NSLOTS=4
echo Running on host `hostname`
echo "UGE job id: $JOB_ID"
echo Time is `date`
echo Directory is `pwd`
echo This job runs on the following processors:
echo This job has allocated $NSLOTS processors

. /etc/profile.d/modules.sh
module load cuda openmpi nastran/2017.1

mpirun -np $NSLOTS \
nast20171 parallel=$NSLOTS um24

bin/rm -f $in restrt
```

2.3. GPU計算

GPU 計算は、次のように gpuid オプションを指定して行います。

```
$ nast20171 <入力ファイル> gpuid=0 <Nastran オプション>
```

2.4. ライセンス使用状況の確認

Nastranのライセンス利用状況を以下のコマンドで確認できます。

```
$ lmutil lmstat -S MSC -c 27004@lice0:27004@remote:27004@t3ldap1
```

2.5. 使用上の注意事項

- 並列実行されることを意識してデータを作成しないと、並列化のメリットを得られません。 通常は並列実行の指定は避けて下さい。
- PATRANで入力データを作成した時は、拡張子が'.bdf'となります。 '.dat'に変更するようにして下さい。
- NASTRAN実行前に、指定した'.op2'ファイルが存在しないことを確認して実行するようにして下さい。
- NASTRANには、固有の単位系はありません。 整合性の取れた単位を用いる必要があります。
- PATRANで静解析のポスト処理を行なう場合サブケースの指定が必要です。 指定を行なわないとPATRANで形状図も表示されませ
- Implicit Nonlinear (SOL 600) User's Guideは、必ず読んで下さい。
- NASTRANの実行が終了したら、必ず計算結果ファイル(*.f06)の中身を確認して下さい ('FATAL'、'WARNING'、'ERROR'がないか確認する)。
  PATRANで入力データを作成したからといって、 正常終了するとは限りません(例えば、要素がねじれている、要素が歪んでいるなど)。

3. ファイルについて

運用終了

TSUBAME3 は既に運用を終了しています。 TSUBAME4 のマニュアル類はこちら

3.1. 入力ファイル

ファイル拡張子のデフォルトは、'.dat'です。 PATRAN(汎用プリポストプロセッサ)は、 その出力としてNASTRANの入力データが生成されます。 但し、ファイル拡張子は'.bdf'で作成されるので、 '.dat'に変更します。 入力データにおいてINCLUDE文を指定している場合は、 参照するデータも全てインタラクティブノード上に用意する必要があります。

3.2. output2ファイル(.op2)

PATRANのポスト処理用ファイルです。

3.3. xdbファイル

PATRANのポスト処理用ファイルとして利用できます。 xdbファイルでないとPATRANでポスト処理が行なえない場合があります。

3.4. リストファイル

リストファイルとして以下に示すファイルが必ず出力されます。

・.f06　解析結果の出力

・.f04　実行サマリ出力

・.log　計算のログ出力

3.5. パンチファイル

計算結果の出力指定時にパンチ出力を指定すると、カード形式(*)でファイルを作成します。 ファイルに出力します。

(*) データを紙のカードで入力していた名残でデータをカードと呼びますので説明内にあるデータカード、 カード等の単語はデータと読みかえて下さい。 カード1枚がデータ1行に相当します

3.6. プロットファイル

入力データでプロットファイルを指定した場合に出力されます。

3.7. ファイル拡張子

NASTRANの主なファイル拡張子を以下に示します。

ジョブが同一のディレクトリで複数回実行されると、前回の出力ファイルには連続番号が与えられます。 連続番号はファイル名の後に付加される整数であり、整数が同じであれば同一ジョブの出力となります。 例として作成された順にファイルリストを示します。

```
v2401.f04          v2401.f06
v2401.f04.1        v2401.f06.1
```

```
v2401.f04.2        v2401.f06.2
v2401.f04.3        v2401.f06.3
```

4. 入力データ作成の方法

運用終了

TSUBAME3 は既に運用を終了しています。 TSUBAME4 のマニュアル類はこちら

4.1. NASTRANデータの特徴

NASTRANの入力データの特徴と構成を示します。

- 入力データはテキストファイルで作成する
- データが別のデータを参照している場合が多く、参照されたデータも別のデータを参照している場合がある
- 内容別のセクションに分けられている
- セクションは順番が決められている
- データカードはほとんどの場合、順序が自由である
- 種々の座標系がある(直交座標系、円筒座標系、球面座標系)
- データフォーマットが数種類ある(小フィールド書式、大フィールド書式、フリーフィールド書式)
  データはかなり自由に設定できる反面、画一性が無くなりがちです。
- NASTRANデータの構成
  NASTRANの入力データには下記の5つのセクションがあります。
- NASTRAN statements
- File Management section
- Executive Control section(EC)
- Case Control section(CC)
- Bulk Data section(BD)
  NASTRANの入力データの構成は、内容別のセクションに分けられていて、 セクションは順番が決められています。 次頁に各セクションごとの入力項目を示します。 入力項目に対応するカードを記述することでデータが作成できますので、 データ作成手順の一つとして参考にして下さい。
- セクションごとの入力項目
- NASTRAN statements(省略可)
  実行時のパラメータをコントロールします。
- File Management section(省略可)
  データベースのサイズと割当をコントロールします。
- Executive Control section(EC)
  実行条件、解析機能、DMAP操作を指定します。
- 実行打ち切り時間の指定
- 診断結果出力の指定
- 解析機能の指定
- DMAP操作 このセクションの最後にCENDを指定します。
- Case Control section(CC)
  計算条件の選択、タイトル、結果出力等の設定を行ないます。サブケース毎に計算条件を選択できます。 選択は、Bulk Data sectionで定義されたデータから行ないます。
- タイトルの設定
- 問題制御指定の選択
- 荷重の選択
- 拘束、境界条件の選択
- 結果出力の設定
- NASPLOT用データ

・Bulk Data section(BD)
細かいデータは全てここで定義され、Case Control sectionで選択されます。 このセクションの最初にBEGIN BULKを指定します。

・パラメータ

・物性値データ

・問題制御データ

・荷重データ

・拘束、境界条件のデータ

・構造データ(節点、要素)

4.2. Executive Control section(EC)

例を示します。

```
ASSIGN OUTPUT2='ex1.op2',UNIT=12
ID    NASTRAN,V707
TIME  10
SOL   101
CEND
```

通常に使用するカードは、以下の4枚です。

1. ASSIGN OUTPUT2='ex1.op2',UNIT=12(任意)
   NASTRANのポストプロセッサ(PATRAN)標準出力ファイル名(例では、ex1.op2)を指定します。 UNIT=12は固定。.xdbファイルのみを使用してポスト処理を行なう場合は指定不要。 PATRANで入力データを作成すると、1行目のように作成されます。 1行目を省略すると、 デフォルトでex1.op2で上書きモードで割り当てられます(V70.5は省略不可)。 ASSIGN OUTPUT2='ex1.op2'、UNIT=12、STATUS='UNKNOWN'としておくと、実行の度にop2ファイルが上書きされます。 (※ 正確には、ASSIGN 文は File Management Section です)
2. ID a,b (任意) ジョブ識別用で任意指定です(計算には影響を与えません)。 aとbは8文字以内のブランクを含まない英数字を入力します。
3. TIME m (デフォルトm=1) 最大CPU使用時間(単位は分)を指定します。
4. SOL n (必須) 解析機能を指定します。 このカードは必須で1枚のみ入力します。 nの番号は下記の番号表を御参照下さい。

番号	解析機能
100	ユーザDMAP作成時の前処理指定
101	線形静解析
101	定常熱伝導解析
103	振動固有値解析
105	座屈固有値解析
106	静的非線形解析
107	直接法複素固有値解析
108	直接法周波数応答解析
109	直接法過渡応答解析
110	モーダル法複素固有値解析
111	モーダル法周波数応答解析
112	モーダル法過渡応答解析
114	周期対称法を用いた静解析
115	周期対称法を用いた振動固有値解析
118	周期対称法を用いた直接法周波数応答解析
129	非線形過渡応答解析
153	定常非線形熱伝導解析
159	非定常熱伝導解析
200	設計最適化

4.3. Case Control Section(CC)

下記に例を示します。

```
TITLE      = STATIC ANALYSIS SOL101
SUBTITLE   = BAR BENDING
SUBCASE 1
LABEL      = CASE 1 (GID:111 FORCE:1.0)
LOAD    = 1000
SPC     = 2000
OUTPUT
SET 1 = 101, 103, 104 THRU 106
DISPLACEMENT = 1
STRESS       = ALL
```

・タイトル、サブタイトル、ラベル(1、2、4行目)
出力リストの各ページの先頭行から3行、TITLE、SUBTITLE、LABELの順に出力されます。 使用できる文字は英数字です(日本語は不可)。 省略した場合は空白行が出力されます。計算に影響は与えません。

・解析ケース指定(3行目)
本例では、計算上は不要です。 PATRANでポスト処理をする為にのみ指定します。

・問題制御
静解析では、問題制御のカードは使用する必要がありません。 座屈解析、固有値解析、周期対称法解析、動解析、周波数応答解析、ランダム応答解析、 過渡応答解析、非線形解析、感度解析、最適化解析等の解析を行う場合に必要です。 計算に必要な条件を選択、指定します。 下記に選択可能なカードの一部分を示します。

項目	説明
METHOD	実固有値抽出法
CMETHOD	複素固有値抽出法
DYNRED	動的縮退
TSTEP	過渡応答時間刻み
IC	過渡応答初期条件
SDAMPING	構造減衰
FREQUENCY	周波数応答に用いる周波数
TEMPERATURE	初期温度、温度依存の材料特性

・荷重　5行目
荷重を選択します。 下記に選択可能なカードの一部分を示します。

項目	説明
LOAD	静的荷重
DLOAD	動的荷重
TEMPERATURE	温度荷重

・拘束、境界条件　6行目
下記のカードで拘束条件を選択することにより、境界条件を定義できます。

項目	説明
MPC	多点拘束
SPC	単点拘束

・結果出力(7　10行目)
結果の種類に出力範囲を設定することで出力指定になります。 下記に選択可能なカードの一部分を示します。

番号	解析機能
DISPLACEMENT	節点の変位、固有ベクトル
VELOCITY	節点の速度
ACCELERATION	節点の加速度
VECTOR	節点の固有ベクトル(DISPLACEMENTと同じ)
ELFORCE	要素力
STRESS	要素の応力
SPCFORCES	節点の拘束点反力
OLOAD	静解析における節点の負荷荷重
GPFORCE	節点力のつり合い
THERMAL	温度分布解析における節点の温度
OTIME	過渡応答解析における出力の時間を指定
OFREQUENCY	周波数応答解析における出力の周波数を指定
TSTEP	問題制御と同一のデータだが時間刻み分の出力指定になる
MODES	固有値解析で、低次から何個の固有ベクトル、応力などを出力するか指定

出力範囲は、SETで定義して部分指定する、もしくはALLを指定して全てを選択する2種類の指定が行なえます。 例の"SET 1 =101, 103, 104 THRU 106"は、DISPLACEMENTで参照され、 節点番号の101,103,104　106を指定しています。 節点番号とはBulk Data section内にある、 節点データの識別番号(GID)です。

・NASPLOT用データ
6章(付録)に、NASPLOTを使用する場合の入力例が記載されています。
サブケースで計算したい時は、以下のように指定します。

```
TITLE      = STATIC ANALYSIS SOL101
SUBTITLE   = BAR BENDING
OUTPUT
SET 1 = 101, 103, 104 THRU 106
DISPLACEMENT = 1
STRESS       = ALL
SUBCASE 1
LABEL      = CASE 1 (GID:111 FORCE:1.0)
LOAD    = 1000
SPC     = 2000
SUBCASE 2
LABEL     = CASE 2 (GID:111 FORCE:2.0)
LOAD    = 1001
SPC     = 2000
```

形状及び境界条件が同じで、荷重条件だけを数ケースサーベイしたい時などに便利です。 なお、SUBCASE1、SUBCASE2共通で、変位と応力が出力されます。

4.4. Bulk Data section(BD)

下記に例を示します。

```
BEGIN BULK
$
$ PARAMATER
$
PARAM,       POST,     -1
PARAM,    AUTOSPC,    YES
$
$ PROPERTY
```

```
$
PBAR,        1000,    1000,   9.0,   30.75,   30.75
MAT1,        1000, 1.96E+4,      ,   0.3, 8.01-10
$
$ LOAD
$
FORCE,       1000,     111,      ,   1.0,     1.0,     0.0,     0.0
$
$ BOUNDARY
$
SPC1,        2000,   123456,      101,
SPC1,        2000,      246,      102,     THRU,     111
SPC1,        2000,        3,      102,     THRU,     111
$
$ MODEL
$
GRID,        101,     ,          0.0,      0.0,       0.0
GRID,        102,     ,          0.0,      0.0,      50.0
GRID,        103,     ,          0.0,      0.0,     100.0
GRID,        104,     ,          0.0,      0.0,     150.0
GRID,        105,     ,          0.0,      0.0,     200.0
GRID,        106,     ,          0.0,      0.0,     250.0
GRID,        107,     ,          0.0,      0.0,     300.0
GRID,        108,     ,          0.0,      0.0,     350.0
GRID,        109,     ,          0.0,      0.0,     400.0
GRID,        110,     ,          0.0,      0.0,     450.0
GRID,        111,     ,          0.0,      0.0,     500.0
$
CBAR,        101,      1000,   101,     102,      0.0,       1.0,               0.0
CBAR,        102,      1000,   102,     103,      0.0,       1.0,               0.0
CBAR,        103,      1000,   103,     104,      0.0,       1.0,               0.0
CBAR,        104,      1000,   104,     105,      0.0,       1.0,               0.0
CBAR,        105,      1000,   105,     106,      0.0,       1.0,               0.0
CBAR,        106,      1000,   106,     107,      0.0,       1.0,               0.0
CBAR,        107,      1000,   107,     108,      0.0,       1.0,               0.0
CBAR,        108,      1000,   108,     109,      0.0,       1.0,               0.0
CBAR,        109,      1000,   109,     110,      0.0,       1.0,               0.0
CBAR,        110,      1000,   110,     111,      0.0,       1.0,               0.0
$
ENDDATA
```

例の2　4行の様に、先頭が"$"の行はコメントです。
この例の節点データ(例の25　35行)は座標系を定義するフィールドが空白ですので、 節点の座標は基本座標系で定義されます(基本座標系は3次元の直交座標系で NASTRANのデフォルト座標系になっています。 基本座標系のIDは0番なので座標系のIDを入力するフィールドに0か空白を設定した場合に適用されます)。
基本座標系で全てのデータを定義しても良いのですが、NASTRANでは局所的に座標系を定義できますので 構造に適した座標系を使用することによりデータ作成を効率的に行なうことができます。

座標系は直交座標系、円筒座標系、球面座標系が使え、 これらの座標系は基本座標系において定義します。
座標系定義は「クイックリファレンスガイド」のCORDカードの部分で説明されていますので御参照下さい。

- データフォーマット
  Bulk Data Sectionのカードは、下記の3フォーマットがあります。
- 小フィールド
- 大フィールド
- フリーフィールド
  「MSC/NASTRAN入門マニュアル」の3章に説明がありますので御参照下さい。
  よく使用されると思われる小フィールドのみ説明します。
- 小フィールドのフォーマット
- データの1行は、80カラム
- カードは、8カラムを1フィールドとする
- 1フィールドと10フィールドは必ず左寄せに入力する
  良く使用するカードを下記に示します。
- パラメータ

項目	説明
PARAM,POST,-1:	ポスト処理用データ(.op2)出力指定(*1)
PARAM,POST,O:	ポスト処理用データ(.xdb)出力指定(*1)
PARAM,AUTOSPC,YES:	非結合自由度の拘束設定

(*)PATRANは、.op2と.xdbの両方をサポートしています。 .op2ファイルはPATRANでDBファイルを作成すれば削除できますが、 .xdbファイルはPATRAN起動の度に読み込む必要があります(.xdbファイルを保管しておく必要がある)。 .xdbファイルでなければポスト処理が行なえないような場

合以外は使用を避けた方が良いでしょう。
詳細は「クイックリファレンスガイド」を御参照下さい。

・物性値データ

項目	説明
PBAR	梁要素の形状特性
PBEAM	ビーム要素の形状特性
PSHELL	シェル要素の形状特性
PSOLID	ソリッド要素の形状特性
MAT1	材料特性(弾性)
MATS1	材料特性(応力依存のテーブルを設定)

・問題制御データ

項目	説明
EIGRL	実固有値抽出データ定義(ランチョス法を使用)
EIGC	複素固有値抽出データ定義
DYNRED	動的縮退用データ指定
TSTEP	解法と出力に対する時間刻み幅を指定

・荷重データ

項目	説明
FORCE	集中荷重
RFORCE	遠心力荷重
GRAV	加速度荷重
SPCD	強制変位指定
PLOAD4	要素表面への圧力荷重
TEMP	節点温度

・拘束、境界条件のデータ

項目	説明
SPC1	単点拘束
MPC	多点拘束(2つ以上の自由度間の線形関係を定義)

・構造データ　節点、要素

項目	説明
GRID	節点
SPOINT	スカラー点
CBAR	一様断面梁要素
CBEAM	汎用ビーム要素
CTRIA3	三角形シェル要素
CQUAD4	四角形シェル要素
CTETRA	四面体ソリッド要素
CPENTA	五面体ソリッド要素
CHEXA	六面体ソリッド要素
CMASS2	スカラー質量要素
CONM2	集中質量要素
CELAS2	スカラーバネ要素

データはテキスト形式のファイルですので、vi等のテキストエディタで作成できます。 EC、CCの作成はテキストエディタでも作成できますが、BDの構造データはモデルが大きい場合や、 複雑な場合は作成するデータが増加しますので、テキストエディタでの作成は現実的ではありません。 このような場合には、自作の形状作成プログラム、データ作成を支援するアプリケーションの使用をお勧めします。 TSUBAMEでは、グラフィックプリ・ポストプロセッサPATRANが利用できますのでデータ作成、結果の可視化に御利用下さい。

5. 例題: 片持ち梁の計算

運用終了

TSUBAME3 は既に運用を終了しています。 TSUBAME4 のマニュアル類はこちら

5.1. 静解析

図の様な部材の曲げに対する強度を調べます。 この部材は下記の材料で作成されています。

物性値(材料特性) - 鉄 -

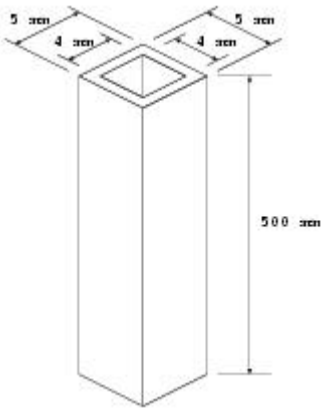
項目	値
ヤング率	1.96×10^4 kg/mm^2
ポアソン比	0.3
質量密度	8.01×10^-10 kg・s^2/mm^4

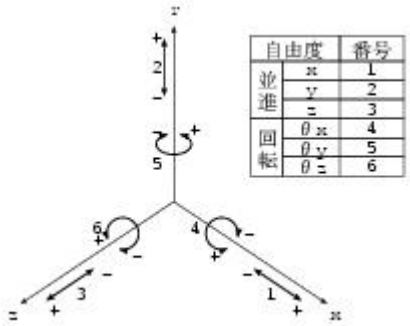
計算の仮定を行います。

- 部材全体を計算対象とする
- 上端に1.0kgの荷重をかける
- 下端を完全に固定する
- 計算の結果は変位量によって評価する

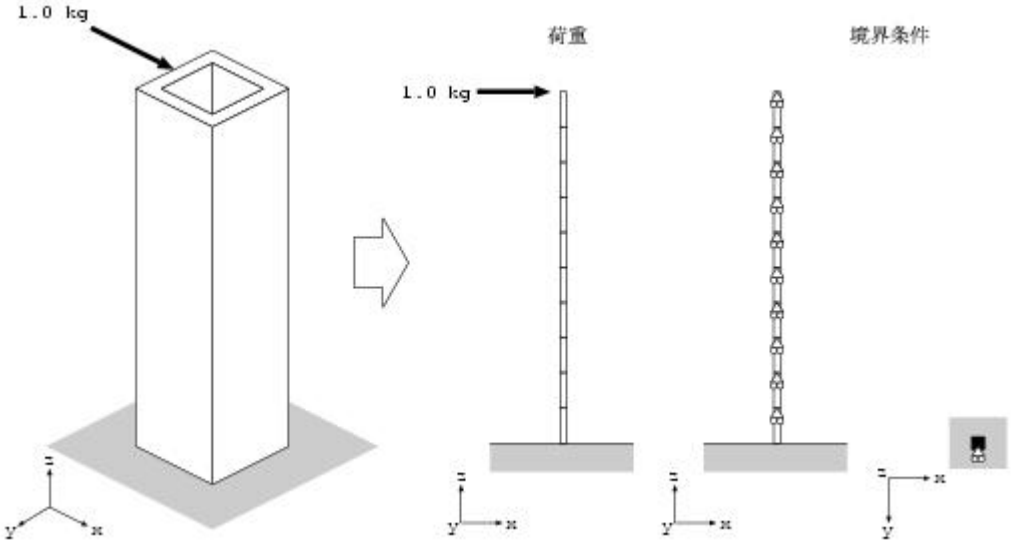
モデル化を行ない、計算条件を決定します。 * 荷重
1.0kgの荷重は集中荷重とします

- 境界条件
  下端の自由度$X, Y, Z, \theta_x, \theta_y, \theta_z$を拘束する 計算対象の変形に必要のない自由度$Y, \theta_x, \theta_z$を拘束する せん断変形と仮定し自由度Zを拘束する
- 構造
  梁要素でモデル化し、形状は断面積、断面2次モーメントで考慮する長さ方向に10分割のメッシュを作成する
- 構造 梁要素でモデル化し、形状は断面積、断面2次モーメントで考慮する長さ方向に10分割のメッシュを作成する





自由度		番号
並進	x	1
	y	2
	z	3
回転	θx	4
	θy	5
	θz	6



梁要素を使用するために形状特性を定義する必要があります。 今回の計算では断面積と断面2次モーメントが必要になりますので下記の計算で求めます。

断面積の計算

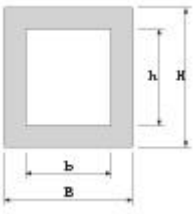
```
A = BH - bh
  = 5×5 - 4×4
  = 9.0 mm^2
```

断面2次モーメントの計算

```
I = BH^3-bh^3/12
  = 5×5^3-4×4^3/12
  = 30.75 mm^4
```

形状特性

項目	値
断面積	9.0 mm^2
断面2次モーンメント	30.75 mm^4



以下にデータを示します。この例題は、第2章のデータ作成の例題と同一データです(CCは一部の変更があります)。

```
ASSIGN OUTPUT2='ex1.op2',UNIT=12
ID   NASTRAN,2005
TIME 10
SOL  101
CEND
TITLE      = STATIC ANALYSIS SOL101
SUBTITLE   = BAR BENDING
SUBCASE 1
LABEL      = CASE 1 (GID:111 FORCE:1.0)
   LOAD    = 1000
   SPC     = 2000
 OUTPUT
   DISPLACEMENT = ALL
   STRESS       = ALL
BEGIN BULK
$
$ PARAMATER
$
PARAM,       POST,     -1
PARAM,    AUTOSPC,    YES
$
$ PROPERTY
$
PBAR,        1000,    1000,   9.0,   30.75,   30.75
MAT1,        1000, 1.96E+4,      ,   0.3, 8.01-10
$
$ LOAD
$
FORCE,       1000,     111,      ,   1.0,     1.0,     0.0,     0.0
$
$ BOUNDARY
$
SPC1,        2000,   123456,      101,
SPC1,        2000,      246,      102,     THRU,     111
SPC1,        2000,        3,      102,     THRU,     111
$
$ MODEL
$
GRID,        101,     ,          0.0,      0.0,       0.0
GRID,        102,     ,          0.0,      0.0,      50.0
GRID,        103,     ,          0.0,      0.0,     100.0
GRID,        104,     ,          0.0,      0.0,     150.0
GRID,        105,     ,          0.0,      0.0,     200.0
GRID,        106,     ,          0.0,      0.0,     250.0
GRID,        107,     ,          0.0,      0.0,     300.0
GRID,        108,     ,          0.0,      0.0,     350.0
GRID,        109,     ,          0.0,      0.0,     400.0
GRID,        110,     ,          0.0,      0.0,     450.0
GRID,        111,     ,          0.0,      0.0,     500.0
$
CBAR,        101,      1000,   101,     102,      0.0,       1.0,       0.0
CBAR,        102,      1000,   102,     103,      0.0,       1.0,       0.0
CBAR,        103,      1000,   103,     104,      0.0,       1.0,       0.0
CBAR,        104,      1000,   104,     105,      0.0,       1.0,       0.0
CBAR,        105,      1000,   105,     106,      0.0,       1.0,       0.0
CBAR,        106,      1000,   106,     107,      0.0,       1.0,       0.0
CBAR,        107,      1000,   107,     108,      0.0,       1.0,       0.0
CBAR,        108,      1000,   108,     109,      0.0,       1.0,       0.0
CBAR,        109,      1000,   109,     110,      0.0,       1.0,       0.0
CBAR,        110,      1000,   110,     111,      0.0,       1.0,       0.0
```

```
$
ENDDATA
```

・出力結果
変位は節点データで指定した変位座標で結果出力リスト(f06ファイル)に出力されます。 例題の変位座標は基本座標を選択していますので、 並進変位x, y, zがT_1, T_2, T_3、 回転変位$\theta_x, \theta_y, \theta_z$が$R_1, R_2, R_3$に対応します。 荷重点の変位を例にすると、節点番号の111番が荷重点なのでPOINT ID.が111、 TYPEがGの行が変位結果となります。並進方向xに69.13mmの変位で理論値と一致します。

理論値を示します。

```
変位 = Fl^3/3EI
     = 1.0×500^3/3×1.96×10^4×30.75
     = 69.13334439 mm
```

F: 荷重 kg
l: 完全固定点からの距離 mm
E: ヤング率 kg/mm^2
I:断面2次モーメント mm^4
結果出力リストを御参照下さい。
結果出力リスト(f06ファイル)

```
TATIC ANALYSIS SOL101                                                    JUNE  22, 2011  MD NASTRAN   7/ 9/10   PAGE     8
      BAR BENDING
0     CASE 1 (GID:111 FORCE:1.0)                                                                                  SUBCASE 1

                                          D I S P L A C E M E N T   V E C T O R

      POINT ID.   TYPE          T1             T2             T3             R1             R2             R3
           101      G      0.0            0.0            0.0            0.0            0.0            0.0
           102      G      1.002434E+00   0.0            0.0            0.0            3.940601E-02   0.0
           103      G      3.871467E+00   0.0            0.0            0.0            7.466401E-02   0.0
           104      G      8.399701E+00   0.0            0.0            0.0            1.057740E-01   0.0
           105      G      1.437974E+01   0.0            0.0            0.0            1.327360E-01   0.0
           106      G      2.160417E+01   0.0            0.0            0.0            1.555500E-01   0.0
           107      G      2.986560E+01   0.0            0.0            0.0            1.742160E-01   0.0
           108      G      3.895664E+01   0.0            0.0            0.0            1.887340E-01   0.0
           109      G      4.866988E+01   0.0            0.0            0.0            1.991040E-01   0.0
           110      G      5.879791E+01   0.0            0.0            0.0            2.053260E-01   0.0
           111      G      6.913335E+01   0.0            0.0            0.0            2.074000E-01   0.0
```

5.2. 固有値解析

静解析で使用した部材について固有振動数を求めたい場合には以下のデータを使用します。 静解析と比較して、多少のデータ変更で別の解析機能が利用できることがわかります。 強調部分がデータ変更された部分です。 固有振動数はランチョス法で3モード迄求める指定になっています。 `/apps/t3/sles12sp2/isv/samples/nastran/test7-2.dat` に同じファイルが置いてありますので、 実行する際はコピーしてご利用ください。

```
ASSIGN OUTPUT2='ex2.op2',UNIT=12
ID   NASTRAN,2005
TIME 10
SOL  103
     ^^^
CEND
TITLE      = EIGEN VALUE ANALYSIS SOL103
             ^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^
SUBTITLE   = BAR FREQUENCY
             ^^^^^^^^^^^^^
LABEL      = CASE 1
             ^^^^^^
   METHOD  = 1000
   ^^^^^^^^^^^^^^
   SPC     = 2000
 OUTPUT
   VECTOR  = ALL
   ^^^^^^^^^^^^^
BEGIN BULK
$
$ PARAMATER
$
PARAM,       POST,     -1
PARAM,    AUTOSPC,    YES
$
$ PROPERTY
$
PBAR,        1000,    1000,   9.0,   30.75,   30.75
MAT1,        1000, 1.96E+4,      ,   0.3, 8.01-10
$
$ EIGEN VECTOR
```

```
$
EIGRL,       1000,    0.0,       ,      3
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^
$
$ BOUNDARY
$
SPC1,        2000,   123456,      101,
SPC1,        2000,      246,      102,     THRU,     111
SPC1,        2000,        3,      102,     THRU,     111
$
$ MODEL
$
GRID,        101,     ,          0.0,      0.0,       0.0
GRID,        102,     ,          0.0,      0.0,      50.0
GRID,        103,     ,          0.0,      0.0,     100.0
GRID,        104,     ,          0.0,      0.0,     150.0
GRID,        105,     ,          0.0,      0.0,     200.0
GRID,        106,     ,          0.0,      0.0,     250.0
GRID,        107,     ,          0.0,      0.0,     300.0
GRID,        108,     ,          0.0,      0.0,     350.0
GRID,        109,     ,          0.0,      0.0,     400.0
GRID,        110,     ,          0.0,      0.0,     450.0
GRID,        111,     ,          0.0,      0.0,     500.0
$
CBAR,        101,      1000,   101,     102,      0.0,       1.0,       0.0
CBAR,        102,      1000,   102,     103,      0.0,       1.0,       0.0
CBAR,        103,      1000,   103,     104,      0.0,       1.0,       0.0
CBAR,        104,      1000,   104,     105,      0.0,       1.0,       0.0
CBAR,        105,      1000,   105,     106,      0.0,       1.0,       0.0
CBAR,        106,      1000,   106,     107,      0.0,       1.0,       0.0
CBAR,        107,      1000,   107,     108,      0.0,       1.0,       0.0
CBAR,        108,      1000,   108,     109,      0.0,       1.0,       0.0
CBAR,        109,      1000,   109,     110,      0.0,       1.0,       0.0
CBAR,        110,      1000,   110,     111,      0.0,       1.0,       0.0
$
ENDDATA
```

・結果出力

固有振動数は、結果出力リストのCYCLESに出力されています。 理論値と計算値の比較を行うと誤差があります。 これはデータの要素分割数が粗いためです。 精度を良くしたい場合は、要素分割数を増やして下さい。

次数	固有振動数　**Hz**　理論値	固有振動数　**Hz**　計算値
1次	20.464246	20.3730
2次	128.2564977	126.2549
3次	359.1580332	349.9775

理論値の計算を示します。

固有振動数 = $\lambda^3\sqrt{\frac{EIg}{\gamma A}}$

= $\frac{\lambda^3}{(2\pi\times500^2)}\times\frac{1.96\times10^4\times30.75\times g}{8.01\times10^-10\times g}\times9$

l: 完全固定点からの距離 mm

A: 断面積 mm^2

g: 重力加速度 mm/s^2

E: ヤング率 kg/mm^2

I: 断面2次モーメント mm^4

γ: 単位体積の質量 kgf/mm^3

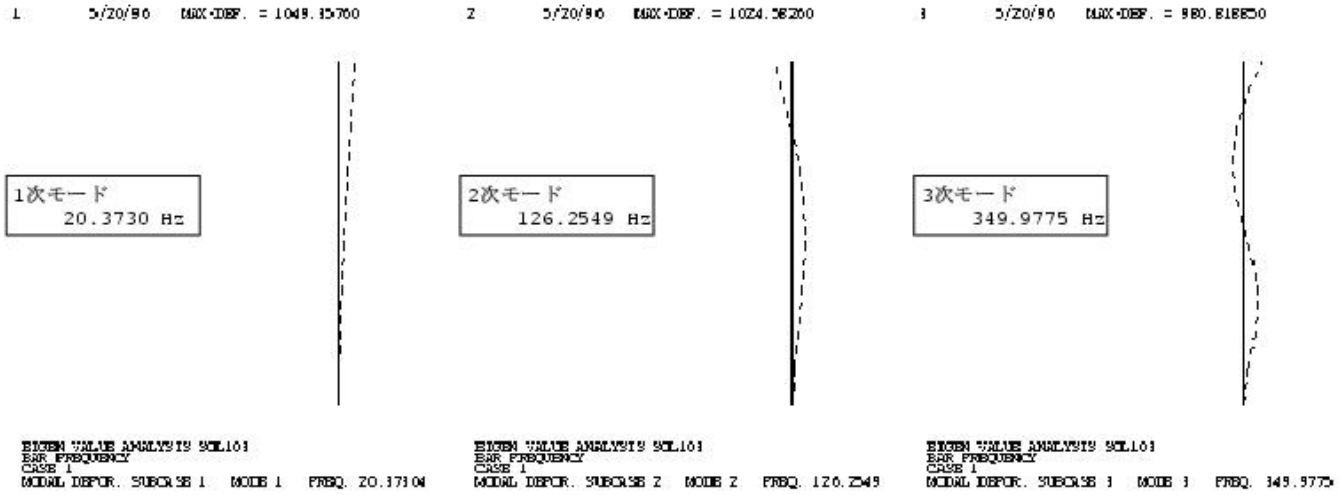
λ: 振動係数

1次 λ = 1.875

2次 λ = 4.694

3次 λ = 7.855

モードと出力リストを御参照下さい。



結果出力リスト

```
1    EIGEN VALUE ANALYSIS SOL103                                          JUNE  22, 2011  MD NASTRAN   7/ 9/10   PAGE     8
      BAR FREQUENCY
0     CASE 1

                                                R E A L   E I G E N V A L U E S
   MODE    EXTRACTION      EIGENVALUE            RADIANS             CYCLES            GENERALIZED         GENERALIZED
    NO.       ORDER                                                                       MASS              STIFFNESS
       1         1        1.638594E+04        1.280076E+02        2.037304E+01        1.000000E+00        1.638594E+04
       2         2        6.292981E+05        7.932831E+02        1.262549E+02        1.000000E+00        6.292981E+05
       3         3        4.835486E+06        2.198974E+03        3.499775E+02        1.000000E+00        4.835486E+06
```

もっと多くの例題を参照されたい方は、入門例題集、リリースノート、ユーザーガイドを御参照下さい。
ユーザーガイド・リリースノートで使用されている例題の入力ファイルのほとんどが 下記ディレクトリに格納されていますので御利用下さい。

/apps/t3/sles12sp2/isv/msc/MSC_Nastran_Documentation/20171/doc/desopt: 設計感度および最適化
/apps/t3/sles12sp2/isv/msc/MSC_Nastran_Documentation/20171/doc/dynamics: 動解析
/apps/t3/sles12sp2/isv/msc/MSC_Nastran_Documentation/20171/doc/linstat: 線形解析
/apps/t3/sles12sp2/isv/msc/MSC_Nastran_Documentation/20171/doc/thermal: 伝熱解析
/apps/t3/sles12sp2/isv/msc/MSC_Nastran_Documentation/20171/doc/relnotes: リリースノート

6. 付録: 並列計算について

以下では、NastranのDMPパラレルについての説明を行います。

DMPでは問題を高いレベルで分割することによりパラレル化を達成しており、 分割のための種々の手法が用意されています. この章では、各分割手法の説明及び入力ファイルの作り方について説明します。

6.1. 領域分割

各分割手法について、それぞれ説明します。

- 自由度領域分割
  自由度レベルで問題を分割します。 ただし、形状分割が難しい場合、自動モデル分割自体ができずに終了することがあります. 自由度領域は、モデルから全ての拘束が除去された後に残された自由度のセットとして 定義され、このセットにおいて領域分割が実行されます。
- 形状領域分割
  形状領域分割ではその名の通り、節点コネクティビティに基づいてモデルを形状的に分割します。 まず、各区分がそれぞれ独立に解かれ、 次に形状境界における求解がなされます最も計算時間に影響を与えるのがモデル形状です。
- 周波数領域分割
  周波数分割では、問題を周波数範囲を区分して分割し、 各周波数区分範囲でそれぞれ独立に解いています。 周波数ごとの結果が数学的に独立しているため、簡単にパラレル化が達成できます. 固有値解析の場合、周波数分割は各周波数の帯域で同じ固有値となるように自動分割されます. 自動分割は解析前の予測に基づくため偏りが生じることがあり、 一つのCPUプロセス計算終了待ちで、他のCPUが待たされることも考えられます。 周波数応答解析の場合、加振周波数を均等分割します。

6.2. 入力ファイルの作り方

DMPパラレルは、コマンドライン上でのdmp指定をすることで出来ます. また、入力ファイルにDOMAINSOLVERエグゼクティブ文を記述することで、 領域分割手法の選択等が可能となります. DOMAINSOLVERの詳細については『MD/MSC Nastran 2010 Quick Reference Guide P23 DOMAINSOLVER』にて 説明されているので、そちらもご参照下さい。

DOMAINSOLVER文の書式は次の通りです.

```
DOMAINSOLVER [ STAT | MODES | FREQ | ACMS ] [ ( PARTOPT = [ DOF | GRID | FREQ ], NUMDOM=int, upfact-real,
                                                TREE=[ SINGLE | MULTI ], ALLOC=[ STATIC | DYNAMIC ], PRINT=[ YES | NO ] ) ]
```

キーワードの意味は次の通りです

```
STAT   線形静解析
MODES  固有モード解析
FREQ   周波数応答解析
ACMS   自動部分モード合成法
```

パラメータの意味は次の通りです.

```
DOF  自由度領域
GRID   節点（形状）領域
FREQ   周波数領域
```

例えば、SOL101の場合は、次のような入力ファイルとなります.

```
SOL 101
DOMAINSOLVER STAT (PARTOPT=GRID)
CEND
・・・
ENDDATA
```

SOLによっては、選択できない領域分割手法があります. 例えば、SOL101は形状領域分割のみしか指定できません. また、DMP並列を行う際、DOMAINSOLVER文は必須ではなくオプショナルパラメータとなっております. DOMAINSOLVER文が無い場合は、各SOL毎にデフォルトの設定が自動的に適用されます. 例えば、SOL101の場合は、DMP MethodとしてSTAT、領域分割手法としてGRIDが適用されます.

各SOLごとにどの領域分割手法を選択できるか、各SOL毎の設定デフォルトは、 『MD Nastran Quick Reference Guide』の「DOMAINSOLVER」の項目をご確認下さい。

6.3. 並列計算の注意点

DMP法を用いて効果があるのは、規模が最大級で取り組みが困難な場合に限られます。 無闇に並列数を増やしても、逆に計算時間がかかる場合があります。

改訂履歴

改定日付	内容
2022/10/14	「2.2. Univa Grid Engineによるバッチ投入」のtypo修正
2019/08/28	mkdocs版作成
2018/03/14	初版