

M A R C

1 全般

M A R C による解析を行う場合、

・解析の種類 　・モデルの定義 　・解析条件の定義 　といった、段階的な定義が必要になる。

M A R C プログラムでは、これを 3 つの領域に分けて定義する（図 1 に M A R C のデータ構成概要を示す）。その分類は、次のようになる。

ParameterData

ModelDefinitionData

LoadIncrementationData (過去は HistoryDefinitionData と読んだ)

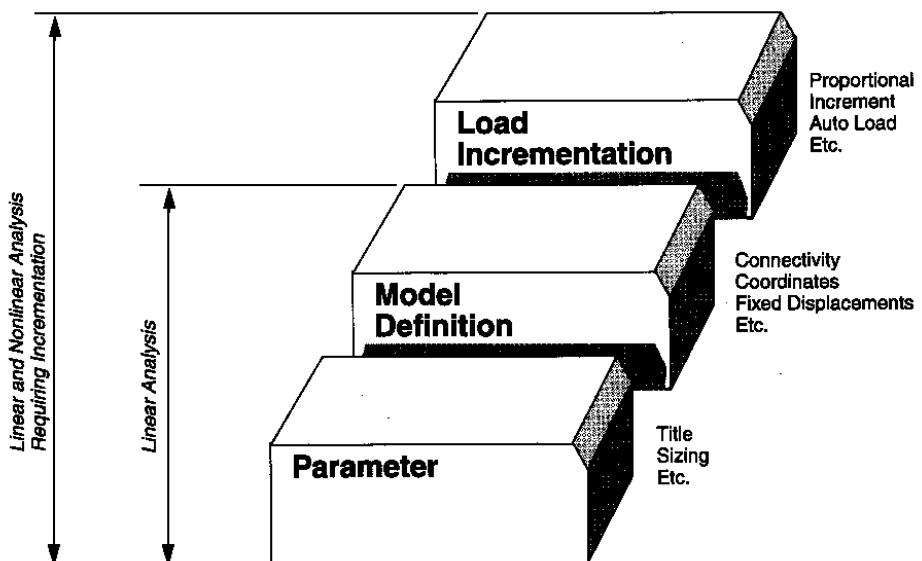


図 1 M A R C データ構成概要

代表的な変形解析用データで説明すると、

ParameterData では、解析の種類に関する定義を行う。

End Data までに、解析の種類（変形、動、振動、etc.）及び使用要素、解析に必要なメモリーを定義する。ブーツの解析では

Sizing、Element、Large_Displ (大変形解析)などの宣言を行う。

例) title job1

```
sizing      1000000 784 1160 3480
elements    84
large disp
all points
setname     10
end
```

ModelDefinitionData

End_Option までに、要素の結線情報や節点の座標、材料定数、初期の境界条件、結果出力の定義など線形領域での解析を定義する。

例) solver

```
0 0 0
optimize 9
connectivity . . . 結線情報
```

```
1 7 61 80 1 35 65 72 7 30
2 7 59 49 38 39 56 50 18 3
coordinates . . . 座標情報
3 1160
1 0.00000+0 0.00000+0 1.00000+0
2 1.42857+0 0.00000+0 2.00000+0
```

isotropic . . . 材料情報

1
2.10000+4 2.70000-1 8.0000-10 1.50000-5 0.00000+0
1 to 784

fixed disp . . . 境界条件

0.00000+0

1
1 7 15 16 17 72 73 75 c
80 112 113 114 115 119 151 152
post . . . 結果出力定義
4 16 17 1 0 19 20 0 1 0 6
17 . . . MISSES 応力
end option

Load Incrementation Data (過去はHistoryDefinitionDataと読んだ)
非線形解析の定義領域で、境界条件、荷重条件の変更や収束判定、時間刻みを定義する領域である。

例) control

99999 10 0 0 0 1 0 0 1 0
1.00000-1 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

auto load

1

time step

1.00000+0

disp change

0.00000+0

1
1 7 15 16 17 72 73 75 c
80 112 113 114 115 119 151

0.00000+0

2

1 to 40

continue

以上のようなデータで構成され、これらデータがファイル名.datというファイルに保存され、必要に応じて、サブルーチン(ファイル名.f)というファイルを引用し、次のようなコマンドで解析を行う。

[解析の実行: unixコマンド]

marc2001 -j id file_name -b n -v n [enter]

この解析の結果、正常修了すると、marc_exit_number 3004 が表示され、結果ファイル(ファイル名.t16若しくはt19)が作成される。

これらの結果をMENTATで結果処理を行う。

工学歪と解析で出力される歪の関係

工学歪から

$$G = e + 1/2 e^2$$

$$L = \ln(1 + e)$$

Greenひずみから 工学ひずみ

$$e = -1 + (1 + 2)^{-1}$$

対数ひずみから 工学ひずみ

$$e = e - 1$$
 ひずみは 全て絶対値表示

[換算表]

| 工学歪 | グリーン歪 | 対数歪 | 工学歪 | グリーン歪 | 対数歪 | 工学歪 | グリーン歪 | 対数歪 |
|------|--------|--------|------|---------|--------|------|---------|--------|
| 0.00 | 0.0000 | 0.0000 | 3.00 | 7.5000 | 1.3863 | 6.00 | 24.0000 | 1.9459 |
| 0.10 | 0.1050 | 0.0953 | 3.10 | 7.9050 | 1.4110 | 6.10 | 24.7050 | 1.9601 |
| 0.20 | 0.2200 | 0.1823 | 3.20 | 8.3200 | 1.4351 | 6.20 | 25.4200 | 1.9741 |
| 0.30 | 0.3450 | 0.2624 | 3.30 | 8.7450 | 1.4586 | 6.30 | 26.1450 | 1.9879 |
| 0.40 | 0.4800 | 0.3365 | 3.40 | 9.1800 | 1.4816 | 6.40 | 26.8800 | 2.0015 |
| 0.50 | 0.6250 | 0.4055 | 3.50 | 9.6250 | 1.5041 | 6.50 | 27.6250 | 2.0149 |
| 0.60 | 0.7800 | 0.4700 | 3.60 | 10.0800 | 1.5261 | 6.60 | 28.3800 | 2.0281 |
| 0.70 | 0.9450 | 0.5306 | 3.70 | 10.5450 | 1.5476 | 6.70 | 29.1450 | 2.0412 |
| 0.80 | 1.1200 | 0.5878 | 3.80 | 11.0200 | 1.5686 | 6.80 | 29.9200 | 2.0541 |
| 0.90 | 1.3050 | 0.6419 | 3.90 | 11.5050 | 1.5892 | 6.90 | 30.7050 | 2.0669 |
| 1.00 | 1.5000 | 0.6931 | 4.00 | 12.0000 | 1.6094 | 7.00 | 31.5000 | 2.0794 |
| 1.10 | 1.7050 | 0.7419 | 4.10 | 12.5050 | 1.6292 | 7.10 | 32.3050 | 2.0919 |
| 1.20 | 1.9200 | 0.7885 | 4.20 | 13.0200 | 1.6487 | 7.20 | 33.1200 | 2.1041 |
| 1.30 | 2.1450 | 0.8329 | 4.30 | 13.5450 | 1.6677 | 7.30 | 33.9450 | 2.1163 |
| 1.40 | 2.3800 | 0.8755 | 4.40 | 14.0800 | 1.6864 | 7.40 | 34.7800 | 2.1282 |
| 1.50 | 2.6250 | 0.9163 | 4.50 | 14.6250 | 1.7047 | 7.50 | 35.6250 | 2.1401 |
| 1.60 | 2.8800 | 0.9555 | 4.60 | 15.1800 | 1.7228 | 7.60 | 36.4800 | 2.1518 |
| 1.70 | 3.1450 | 0.9933 | 4.70 | 15.7450 | 1.7405 | 7.70 | 37.3450 | 2.1633 |
| 1.80 | 3.4200 | 1.0296 | 4.80 | 16.3200 | 1.7579 | 7.80 | 38.2200 | 2.1748 |
| 1.90 | 3.7050 | 1.0647 | 4.90 | 16.9050 | 1.7750 | 7.90 | 39.1050 | 2.1861 |
| 2.00 | 4.0000 | 1.0986 | 5.00 | 17.5000 | 1.7918 | 8.00 | 40.0000 | 2.1972 |
| 2.10 | 4.3050 | 1.1314 | 5.10 | 18.1050 | 1.8083 | 8.10 | 40.9050 | 2.2083 |
| 2.20 | 4.6200 | 1.1632 | 5.20 | 18.7200 | 1.8245 | 8.20 | 41.8200 | 2.2192 |
| 2.30 | 4.9450 | 1.1939 | 5.30 | 19.3450 | 1.8405 | 8.30 | 42.7450 | 2.2300 |
| 2.40 | 5.2800 | 1.2238 | 5.40 | 19.9800 | 1.8563 | 8.40 | 43.6800 | 2.2407 |
| 2.50 | 5.6250 | 1.2528 | 5.50 | 20.6250 | 1.8718 | 8.50 | 44.6250 | 2.2513 |
| 2.60 | 5.9800 | 1.2809 | 5.60 | 21.2800 | 1.8871 | 8.60 | 45.5800 | 2.2618 |
| 2.70 | 6.3450 | 1.3083 | 5.70 | 21.9450 | 1.9021 | 8.70 | 46.5450 | 2.2721 |
| 2.80 | 6.7200 | 1.3350 | 5.80 | 22.6250 | 1.9169 | 8.80 | 47.5200 | 2.2824 |
| 2.90 | 7.1050 | 1.3610 | 5.90 | 23.3050 | 1.9315 | 8.90 | 48.5050 | 2.2925 |
| 3.00 | 7.5000 | 1.3863 | 6.00 | 24.0000 | 1.9459 | 9.00 | 49.5000 | 2.3026 |

$$E+0.5E^2 \quad \ln(1+E)$$

パラメータ・カードと出力結果(ひずみ 応力)の関係

(1) 一般(通常)

M A R C K7.1での応力、ひずみの出力に関して説明します。

左側が out ファイルに応力、歪を出力させた時の値、そして矢印の右側がそれをポスト出力するためのpost コードです。

a) 一般材料

オプションなし

| | | ポストコード |
|-----------|-------------------------------------|--------|
| Engstr | (公称応力) | 3 1 1 |
| Engstrn | (工学ひずみ) | 3 0 1 |
| L A R G E | D I S P のみ | |
| PK2str | (ヤード・ピオラ・キルヒ応力) | 3 1 1 |
| Grnstrn | (グリーンラグランジヒズミ) | 3 0 1 |
| L A R G E | D I S P + U P D A T E | |
| Cauchy | (真応力) | 3 1 1 |
| Logstrn | (対数ひずみ) | 3 0 1 |
| L A R G E | D I S P + U P D A T E + F I N I T E | |
| Cauchy | (真応力) | 3 1 1 |
| Logstrn | (対数ひずみ) | 3 0 1 |

b) ゴムモデル(Total Lagrange法=ハーマン要素を使用した場合)

このケースにおいては常に large disp オプションが起動されます。
 また、update、finite オプションはゴムモデルに対しても無視されます。
 その為、常に応力、ひずみの出力は一定です。

| | | ポストコード |
|---------|----------------------|--------|
| PK2str | (セカンド・ピオラ・キルヒhoff応力) | 3 1 1 |
| Cauchy | (真応力) | 3 4 1 |
| Grnstrn | (グリーン・ラグランジェひずみ) | 3 0 1 |

(2) Elasticity カードを用いた場合

a) ゴムモデル(Update Lagrange法=一般要素を使用した場合)

このケースでも常に large disp オプションが起動されます。
 また、finite オプションはゴムモデルに対しても無視されます。
 その為、常に応力、ひずみの出力は一定です。

| | | ポストコード |
|---------|---------|--------|
| Cauchy | (真応力) | 3 1 1 |
| Logstrn | (対数ひずみ) | 3 0 1 |

(3) Plasticity カードを用いた場合

MARC K7.1では塑性材料に対しての解析のパラメータオプションとして
 新しく Plasticity オプションを追加しました。このパラメータを指定すれば
 LARGE DISP、UPDATE、FINITE オプションのうち、必要なものは自動的に定義します。
 ですので、この金属材料等の解析において、このオプションを定義していれば
 LARGE DISP、UPDATE、FINITE オプションの定義は不要となります。

Plasticity,1: 微小ひずみ(ミソルス法)

Plasticity,2: 微小ひずみ(ラジアルリターン法)

Plasticity,3: 大ひずみ (ミソルス法) LARGE DISP + UPDATE + FINITE

Plasticity,4: 大ひずみ (ラジアルリターン法)

Plasticity,5: 大ひずみ (FFPモデル、ラジアルリターン法)

例えば、従来と同様のプロシジャーを使用される場合は、Plasticity,3
 を定義することになりますが、その場合、LARGE DISP + UPDATE + FINITE
 は自動的に定義されます。

MARC K7.1では、例えば金属材料の解析を行う場合であればパラメータとしては
 PLASTICITY オプションを定義し、ゴム材料であれば ELASTICITY オプションを定義する
 といった定義を行い、LARGE DISP、UPDATE、FINITE はそれぞれの解析にあわせてMARC
 に自動的に決定させるという考え方になっているので、そのような定義方法を取ることを勧める。

ひずみ - 応力の定義

これらの応力とひずみの量的な違いを単軸引っ張りによって比較してみる。

初期長さ l_0 、初期断面積 A_0 の棒を考える。変形は非圧縮を仮定し、端部の変位を u 、
 荷重を F とすると、各ひずみ、応力は以下の式で表せる。

$$e = \frac{u}{l_0} \quad \text{工学ひずみ}$$

$$T = \frac{F}{A_0} \quad \text{公称応力}$$

$$E = \frac{u}{l_0} + \frac{1}{2} \frac{u}{l_0} \quad \text{グリーン・ラグランジェひずみ}$$

$$S = \frac{F}{A_0} + \frac{u}{l_0} \quad \text{セカンド・ピオラ・キルヒhoff応力}$$

$$= \frac{u + l_0}{l_0} = l_0 (1 + e) \quad \text{対数ひずみ}$$

$$= \frac{F}{A} = \frac{F}{A_0} \frac{1 + \frac{u}{l_0}}{1} = \frac{F}{A_0} (1 + e) \quad \text{コーシー応力}$$

線形の荷重 - 変位曲線 ($F = K u$) を持つ材料に対する応力 - ひずみ線図では、ひずみ量が 0.1 を越えると明かな差が認められる。

大変形解析を行う場合、解析のひずみ量を正しく予測して適切な応力 - ひずみ関係を用いなければならぬ。

Green ひずみから工学ひずみ
対数ひずみから工学ひずみ

$$e = -1 + (1 + 2)^{1/2}$$

$$e = -1$$

応力解析コントロール (増分ステップにおける収束計算アルゴリズム)

MARC プログラムでは

1. ニュートン・ラブソン法
2. 修正ニュートン・ラブソン法
3. ひずみ修正法

の 3 種類の収束計算アルゴリズムが用意されている。それぞれの特徴を考慮して、それぞれの解析に最も適したものを選択するとよい。

(1) ニュートン・ラブソン法

$K^t(u) u = P$ を解いて $u = u_1$ を得る。

$K^t(u)$ はインクリメント開始時における接線剛性。

次のイテレーション(リサイクル)では、

$K^t(u + u_1) u = R_1 = P - I$

を解いて $u = u_2$ を得る。

以上を繰り返して

$u = u_1 + u_2 + \dots$ を得る。

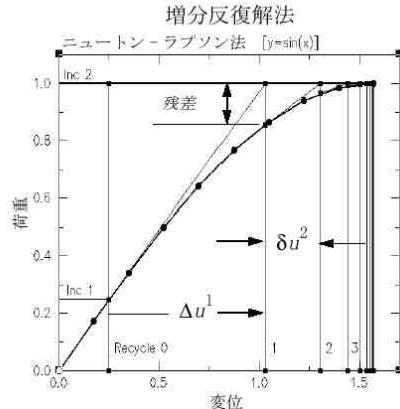
特徴

毎リサイクル接線剛性を作成する。

収束が速く、非線形性の強いものに有利である。

剛性マトリックスを毎回作成、求解を行うので計算時間がかかる。

ニュートン・ラブソン法 (デフォルト)



(2) 修正ニュートン・ラブソン法

$K^t(u) u = P$ を解いて $u = u_1$ を得る。

$K^t(u)$ はインクリメント開始時における接線剛性。

次のイテレーション(リサイクル)では、

$K^t(u) u = R = P - I$

を解いて $u = u_2$ を得る。

以上を繰り返して

$u = u_1 + u_2 + \dots$ を得る。

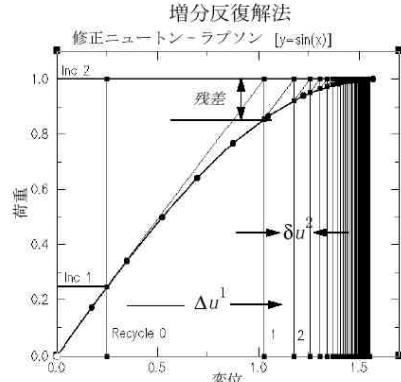
特徴

インクリメントの最初のステップでのみ接線剛性を作成し、以降のリサイクルでは同じものを用いる。

収束は遅いが、非線形性が弱いものには有利である。

剛性マトリックスは 1 回作成し、とのリサイクルでは後退代入のみ行うので計算時間が少なくてすむ。

修正ニュートン・ラブソン法



(3) ひずみ修正法

ひずみ増分 u_{ij} を u の線形部分と非線形部分に分ける。

$$u_{ij} = 1/2 \left(u_i + u_j + u_k + u_k + u_k + u_k \right)$$

$$= u_{ij}^{lin} + u_{ij}^{corr}$$

応力の計算、残差力の計算には線形部分のみを用いる。

$$S_{ij} = L_{ijkl} u_{ij}^{lin}$$

$$R = P - \nabla B_{ij} (S_{ij} + S_{ij}) dV$$

次のインクリメント、またはリサイクルで u_{ij}^{corr} は初期ひずみとして導入し、非線形部分を含めなかつた分の修正を加える。

$$u_{ij}^{corr} = L_{ijkl} u_{kl}^{corr}$$

$$R^{corr} = L_{ij} \nabla B_{ij} S_{ij}^{corr} dV$$

特徴

非線形性が幾何学的なものだけの場合、イテレーションは行わない。
陽解法であるので、増分幅を大きく取ると解が発散する可能性がある。
シェル、ビームようそなどで、曲げひずみが面内ひずみに對して卓越している場合などに有効。

バンド幅縮小機能と残差荷重修正機能

(1) バンド幅縮小機能

- ・プログラム実行に必要な記憶容量はバンド幅に比例し、計算時間は平均バンド幅の2乗に比例する。
- ・OPTIMIZE機能 (2:カットヒル・マッキーのアルゴリズム, 9:ス-ロン, 10:最小幅アルゴリズム)

(2) 残差荷重修正機能

MARCでは、各ステップで生じた誤差を各節点における部材力(内力)の不釣り合い量(残差荷重)として評価する。

誤差を精算するために、この残差荷重は次のステップにおける荷重項に組み込まれる。
すなわち、残差荷重を考慮することにより、新しい増分ステップの開始時における力の釣合いが満足される。
この方法により、増分ステップの進行に伴う不釣り合い力の集積を防ぐことができ、また、ステップ幅に対する解析の鋭敏性を弱めることもできる。

下図は、増分ステップ開始時の接線剛性を用いて解析を行うときの様子を示している。

- ・ F_i ステップ $i = 1, 2, 3$ における荷重
- ・ u_i 計算されたステップ $i = 1, 2, 3$ の変位
- ・ R_i ステップ $i = 1, 2, 3$ における残差荷重

図. 増分ステップ開始時の接線剛性を用いた解法と残差荷重の修正

残差荷重修正量は外力と内力との差であり、次式で表される。

$$R = P - \begin{smallmatrix} T \\ \cdot \end{smallmatrix} dV$$

: 变位からひずみを導く微分演算子
: 現在の一般化応力
P : 全荷重ベクトル
R : 残差荷重修正量

2 使用要素

要素番号一覧とその注意点

注) 塑性域では、定体積ひずみ (Geometryオプション) を設定。

| | 金 属 | ゴ ム |
|------------------|----------------------|--------------------|
| 軸対称ソリッド | #10 #20(ねじり考慮) | #82 #83(ねじり考慮) |
| 平面ひずみ | #11 (#19(一般化)) | #80 (#81(一般化)) |
| 3 D - S h e l l | #75 | |
| S o l i d(六面体) | #7 ¹⁾ | #84 |
| S o l i d(四面体2次) | #127 ²⁾³⁾ | #130 ²⁾ |

注意点)

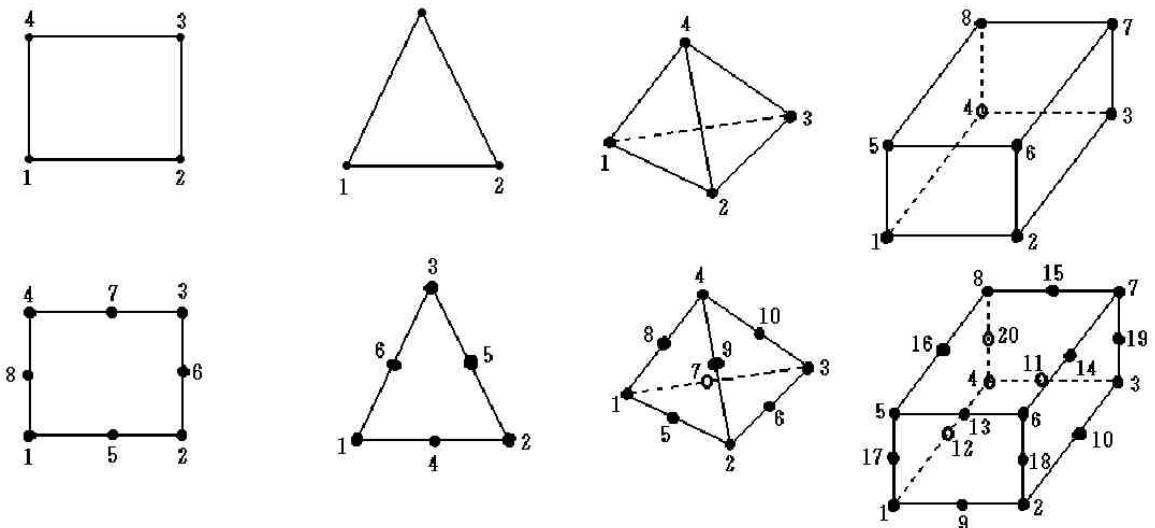
- 1) #7は、必ず想定ひずみを設定する。
- 2) #127, #130は、中間節点が接触判定されない。剛性は六面体要素と同じことが確認された。
- 3) #127は、想定ひずみを設定する必要はない。

[使用不可]

#95, #97(接触) : 曲げを考慮した軸対称要素は、反対側が可視化出来ないため、使用しない。

メッシュの作成(要素作成方法)

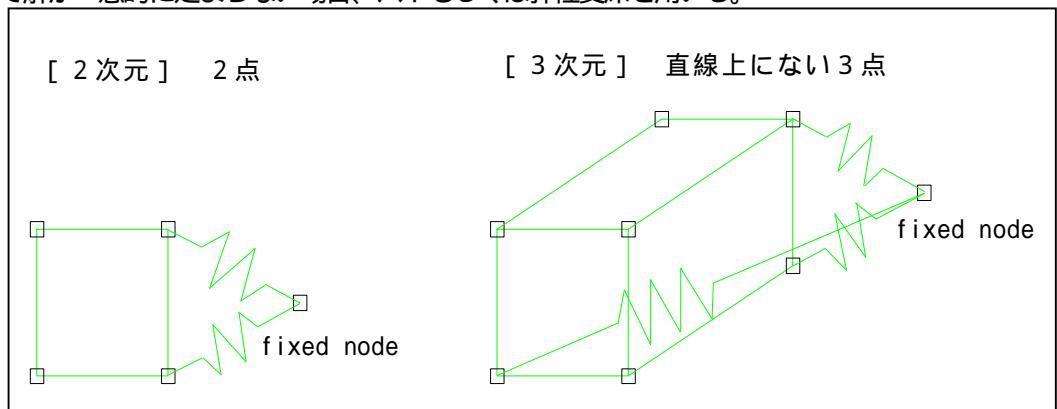
#75, #80, #10, #82 etc: 2次元要素: 反時計回り



ばね/弹性支床

(1) ばね要素

拘束条件等で解が一意的に定まらない場合、バネもしくは弹性支床を用いる。



注) 接触問題の場合は、外表面に位置する節点を使用しない。(transformation等の変換のため)
また、微弱なバネでも解に影響するものへの使用は避ける。

[方法 1]

1 SPRINGS

(1-5)

(6-10)

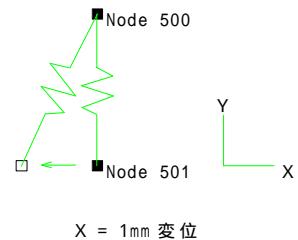
(11-15)

(16-20) (21-25) (26-30)

2 節点番号(Node 1), Node 1に対する自由度, 節点番号(Node 2), Node 2に対する自由度, バネ定数, 減衰係数,

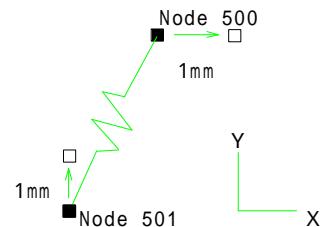
例1) SPRINGS
500,1,501,1,0.0001,

X方向に1mm変位が与えられた時、
0.0001Kgの荷重がX方向に与えられる



例2) SPRINGS
500,1,501,2,0.0001,

Node500はX方向に1mm、
Node501はY方向に1mm、
 $u = u_1 - u_2 = 1 - 1 = 0$
となりバネ力は発生しない



[方法2] サブルーチン USPRNG

SPRINGSが使用されている場合、サブルーチンは自動的に呼び出される為、パラメータ等のカードを入力する必要はない。

モデル・ディフィニション・カードでバネ/減衰を定義する。

定義した値の倍率として、USPRNGを定義する。

例) SPRINGSの2番目のカードのバネ/減衰を a / b とすると、

500,1,501,1,a,b,

サブルーチンで RANK(1) RANK(2) = 0 . 5 とすれば、

バネは $a \times 0.5$, 減衰も $b \times 0.5$ になる(サブルーチン参照)

(2) 弹性支床：ふかふかのゴムマット (E編 : E2.29、E2.36、E2.42参照)

要素タイプの変更

パラメータ・カード

ALIAS, 変更する組数, 変更前の要素タイプ, 変更後の要素タイプ,
対で、続けて入力可

例) ゴム(82.83,84) 金属

ALIAS, 1, 82, 10,

CONNECTIVITYの5番目(SOLIDは9番目)の節点は、消す必要はない。

また、SIZINGの変更も必要ない。

ただし、82 10,11 とすることは出来ない。

3 木才米斗

等方性材料の定義

- 1 isotropic
- 2 組数(プランク行)
- 3 識別番号(追番)
- 4 ヤング率, ポアソン比, 質量密度($\text{kg} \cdot \text{sec}^2/\text{mm}^4$), 線熱膨張係数, 降伏応力,
- 5 要素リスト

ムーニー材の定義

- 1 mooney
- 2 組数(プランク行)
- 3 識別番号(追番)
- 4 C_{10}, C_{01} , 質量密度($\text{kg} \cdot \text{sec}^2/\text{mm}^4$), 線熱膨張係数, C_{11}, C_{20}, C_{30} ,
- 5 要素リスト

直交異方性材料の定義

- 1 orthotropic
- 2 組数(プランク行)
- 3 識別番号(追番), 降伏条件,
- 4 ヤング率 E_{11}, E_{22}, E_{33} , ポアソン比 E_{12}, E_{23}, E_{31} , 質量密度($\text{kg} \cdot \text{sec}^2/\text{mm}^4$),
- 5 横弾性係数 G_{12}, G_{23}, G_{31} , 瞬間線熱膨張係数 $\alpha_{11}, \alpha_{22}, \alpha_{33}$,
- 6 相当(Von Mises)降伏応力, ORNL則を使用する場合10サイクル相当降伏応力, ……以下、C編参照
- 7 要素リスト

異方性材料の定義

- 1 anisotropic
- 2 組数(プランク行)
- 3 識別番号(追番), 降伏条件,
- 4 応力解析用, 相当(Von Mises), ORNL則を使用する場合, 热伝導解析用, 比熱, 質量密度, 降伏応力, 10サイクル相当降伏応力, 質量密度, ($\text{kg} \cdot \text{sec}^2/\text{mm}^4$)
- 5 要素リスト(複合材料の時、プランクカードとしてCOMPOSTEオプションで定義する。)

初期応力の定義

応力はいかなる材料非線形性も生じるものであってはいけない。

[方法1]

パラメータカード I S T R E S S
モデルディイニションカード I N I T S T R E S S

1. I N I T S T R E S S
2. データの組数(プランク行), データ入力に用いるエット番号(エット=5)
3. 応力の第1成分, 第2成分, 第3成分, 第4成分, 第5成分, 第6成分, 第7成分,
4. 要素リスト
5. 積分点リスト
6. 層のリスト(シェル・ビーム要素のみ必要)

| | # 7 | # 8 4 | # 8 0 | # 8 2 |
|---------|-----|-------|-------|-------|
| 応力の第1成分 | xx | xx | xx | zz |
| 応力の第2成分 | yy | yy | yy | rr |
| 応力の第3成分 | zz | zz | zz | |
| 応力の第4成分 | xy | xy | xy | zr |
| 応力の第5成分 | yz | yz | | |
| 応力の第6成分 | zx | zx | | |
| 応力の第7成分 | | | | |

[方法2] 直接v iにて、サブルーチン E L E V A R の結果を I N I T S T R E S S に入れる

モデルディイニションカード U D U M P

1. U D U M P
2. 最初の要素番号, 最後の要素番号, 最初の節点番号, 最後の節点番号,

サブルーチン

E L E V A R

メインファイル

```

title,job1,
sizing,1000000,4,9,54,
elements,75,
shell sect,3,
end,
solver
0,0,0,
optimize,9,
connectivity
1,75,1,2,3,4,
2,75,2,5,6,3,
3,75,4,3,7,8,
4,75,3,6,8,7,
coordinates
3,9,
1,0.00000+0,0.00000+0,0.00000+0
2,5.00000+1,0.00000+0,0.00000+0
3,5.00000+1,5.00000+1,0.00000+0
4,0.00000+0,5.00000+1,0.00000+0
5,1.00000+2,0.00000+0,0.00000+0
6,1.00000+2,5.00000+1,0.00000+0
7,5.00000+1,1.00000+2,0.00000+0
8,0.00000+0,1.00000+2,0.00000+0
9,1.00000+2,1.00000+2,0.00000+0
isotropic

1,
21000,0.3,0,0,0,0,
1 to 4
geometry

1,0,0,0,0,0,
1 to 4
fixed disp

0,0,0,0,0,0,
1,2,3,4,5,6,
1,2,3,4,7,8,
0,1,0,0,0,0,0,
1,2,3,4,5,6,
5,6,8,
udump

post
1,16,17,1,0,19,20,0,1,0,6,
end option

```

サブルーチンファイル

```

subroutine elevar(n,nn,layer,gstran,gstres,stress,pstran,
1cstran,vstran,cauchy,eplas,eqivc,swell,krtyp,prange,dt,
2gsv,ngens,ngen1,nstats,nstass,thmatr)
c
c user routine to obtain element quantities
c
implicit real*8 (a,h,o,z)
dimension gstran(ngens),gstres(ngens)
1stress(ngen1),pstran(ngen1),cstran(ngen1),vstran(ngen1),
2cauchy(ngen1),dt(nstats),gsv(1)
3,thmstr(1)
  write(50,100)stress(1),stress(2),stress(3),stress(4),
+stress(5)
  write(50,101)n
  write(50,101)nn
  write(50,101)layer
100 format( f10.3)
101 format(15)
  return
end

```

サブルーチンの例

このままだと、全てのインクリメントで出力されるので目的のインクリメントがあれば、 common ブロックの commonで inc を引いて、 IF 文を使用して、目的のインクリメントのみを出力させる必要がある。

タイイング(共通変位)

[用語] 節点Aに強制変位を与え、節点BをAと同じに移動させるとき、"A"をリテインノード、"B"をタイドノードという。

(1) タイイング

[方法1]

モル・ディイニション・カード TYING

1. TYING
2. n…データ数(省略)
3. コード番号₍₁₋₅₎, タイドノード₍₆₋₁₀₎
4. リテインノード₍₁₋₅₎,

組

コード番号: タイイングを与える自由度

× 方向 "1", y 方向 "2" …一般的(自由度は要素で異なる
複数の自由度を与える場合(X·Y=102, X·Y·Z=103 等)
"最初の自由度番号 × 100 + 最後の自由度番号"

[方法2]

モル・ディイニション・カード TYING

1. TYING
2. ブランク行
3. コード番号₍₁₋₅₎,
4. タイドノード (Cでつなぐ)
5. リテインノード(Cでつなぐ)

組

例) 節点1 ~ 10を節点11と同じ動き(自由度: X Y Z=103)をさせる場合

1. TYING
- 2.
3. 103,
4. 1 TO 10
5. 11, 11, . . . , 11, C
11, 11,

組

(2) タイイングの変更

注意) TYING条件の数が増えるとき、"TIE"を用いる。

パラメータ・カード TIE

1. TIE₍₁₋₃₎, 拘束条件の数(大きめにとる)₍₁₁₋₁₅₎, 異なるタイイングタイプの数₍₁₆₋₂₀₎,

[方法1] 一部変更及び全削除

ヒストリ・ディイニション・カード TYING CHANGE

1. TYING CHANGE
2. 1₍₁₋₅₎, n,

n : 新しい拘束条件の数

入力した数だけTYINGで定義した後の条件から順に削除
(使用法が複雑なため、方法2の再定義を使用する)

n : 0

全削除

[方法2] 再定義

ヒストリ・ディイニション・カード TYING CHANGE

1. TYING CHANGE
2. 2₍₁₋₅₎,
3. TYINGの2番目以降のカードと同形式で入力

次頁に例を示す

例) title jdb1

sizing 3000000 54 80 240

elements 20

elements 83

large disp

all points

print,3,

dynamic,1,20,

dist loads 4 54

setname 4

end

solver

0 0 0

optimize 9

connectivity

1 20 1 15 11 7

54 83 69 73 77 68 862

coordinates

3 80

14.37500+1 5.00000+1 0.00000+0

80 1.00000+2 7.65000+1 0.00000+0

isotropic

1

2.10000+4 2.90000+4 8.2000+40 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

1 to 30

mooney

2

2.00000+4 0.00000+0 1.0000+40 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

31 to 50

fixed disp

0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

1 2 3

1 15 22 31 37 41 53 58 71 c

75

0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

1 2 3

8 16 24 32 40 48 56 64 72 c

80

tying 仮定義

103,

8 16 24 32 40 48 56 64 72 c

80

6 14 21 30 35 47 52 63 67 c

78

disp charge

0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

1 2 3

1 15 22 31 37 41 53 58 71 c

75

0.00000+0 5.00000+4 0.00000+0

1 2 3

8 16 24 32 40 48 56 64 72 c

80

tying charge 全削除

1.0,

control

99999 10 0 0 0 1 0 0 0 1 0

1.00000+0 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

time step

1.00000+0

auto load

3 0

continue

disp charge

0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

1 2 3

1 15 22 31 37 41 53 58 71 c

75

0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

1 2 3

8 16 24 32 40 48 56 64 72 c

80

time step

1.00000+0

auto load

1 0

continue

tying charge 再定義

2,

103,

8 16 24 32 40 48 56 64 72 c

80

6 14 21 30 35 47 52 63 67 c

78

disp charge

0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

1 2 3

1 15 22 31 37 41 53 58 71 c

モデル・ディフィニション・カードで大きめに与え、荷重・変位等は与えない。
 タイリングを全て削除。下図の 印節点を×印方向へ移動。
 タイリングの再定義。印と×印をそれぞれタイ
 ングする。

(3) タイイング別法

(a) 変形後の座標を基準にタイイングを行う場合：コード”1000”を加える

(b) サブルーチン UFORMを用いる場合

デル・ティイニション・カード TYING

1. TYING

2. ブランク行

3. タイイングコード(任意の負の数)₍₁₋₅₎ , タイドノード₍₆₋₁₀₎4. リテインノード₍₁₋₅₎ ,

例1)

1. TYING

2.

3. -1, 99(リテイノードの個数) ,

4. 100

例2)

1. TYING

2.

3. -1 ,

4. 95, 96, 97, 98, 99,

5. 100, 100, 100, 100, 100 ,

(4) 不整合メッシュのタイイング

1. t y i n g

2.

3. 31 ,

4. 13, 6, 17 ,

5. 11, 12, 15 ,

6. 19, 20, 22 ,

1. t y i n g

2.

3. 33 ,

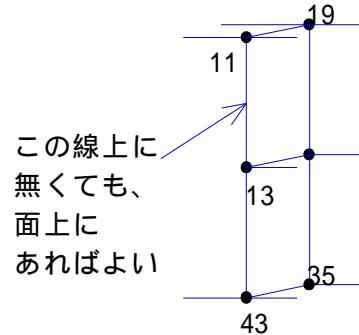
4. 13, 37, 6, 30, 17, 41 ,

5. 11, 35, 12, 36, 15, 39 ,

6. 19, 43, 20, 44, 22, 46 ,

7. 35, 11, 36, 12, 39, 15 ,

8. 43, 19, 44, 20, 46, 22 ,



(5) contactによる不整合メッシュ

MARCK71より、使用可 詳細 contactの項

不整合メッシュは contact tableで、GLUE(くっ付ける)オプションを定義。

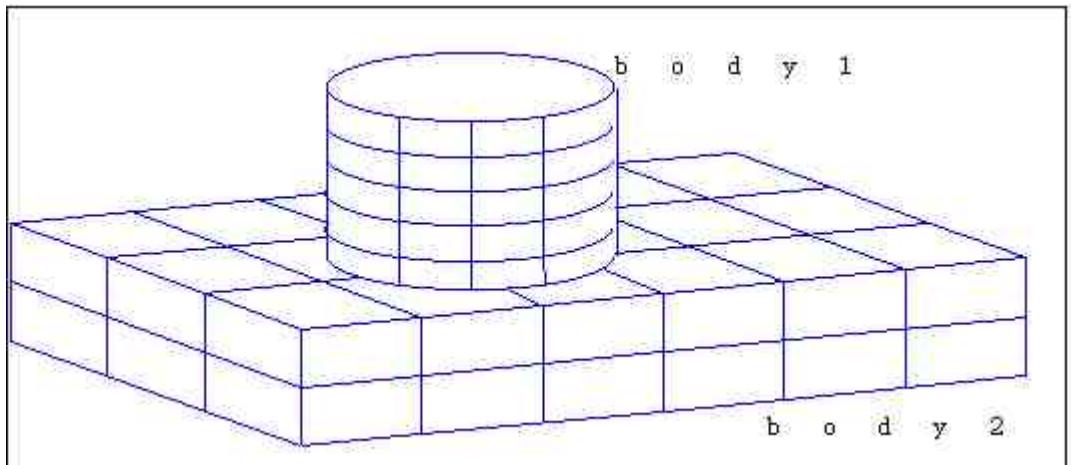
デル・ティイニション・カード CONTACT TABLE

1. CONTACT TABLE

2. ブランク行

3. 1, , 1 (3が1組: FNTOLをさく) , , , , 1 (7が1組: GLUEオプション"1"入力) ,

4. 2 ,



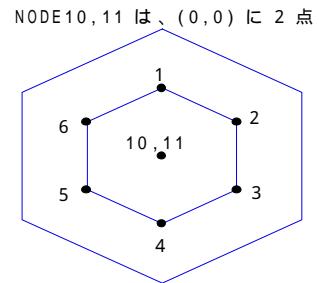
(6) 剛体リンク

例) 1. T Y I N G

```

2.
3. 8 0 , 1 ,
4. 1 0 (並進方向タイグ (並進回転)) , 1 1 (回転方向タイグ (剛体回転)) ,
5. 8 0 , 2 ,
6. 1 0 , 1 1 ,
7. 8 0 , 3 ,
8. 1 0 , 1 1 ,

```



この時、Node 10, 11への拘束(変位)を与える

```

1. F I X E D D I S P
2.
3. 0 , 0 ,
4. 1 , 2 ,
5. 1 0 ,
6. 0 ,
7. 1 ,
8. 1 1 ,

```

Node 10をX・Y方向(3次元の時、XYZ方向)

Node 11を回転拘束

注意) · 2次元の回転自由度は "1"
 · 3次元の場合: 1 = x軸, 2 = y軸, 3 = z軸まわり
 · 4 ~ 5の自由度ではない
 · 回転の単位は、"rad"と思われるが、確認が必要

荷重

[注意] · 荷重値は、増分値として与える。
 · 荷重値 = 0 (ゼロ) を与えた場合: 荷重が一定となる。
 · 荷重値 = マイナスの値を与えた場合: 荷重が減少し、0 となる。

(1) 節点荷重

デルティフィニションカード POINT LOAD
 1. POINT LOAD
 2. ブランク行
 3. 最初の自由度に対する荷重(1~10), 2番目…, 3番目…
 4. 節点リスト,

荷重の足し合わせ(MARK 72より)

同一節点に荷重を与える場合、通常、上書きになる。

2番目データ3番フィールドに "1" を入力すると足し合わせ。

例) #7でY方向に1Kg、節点1~10

```

1. POINT LOAD
2.
3. 0 , 1 , 0 ,
4. 1 TO 10

```

(2) 分布荷重

パラメータカード FOLLOW FOR [圧力を面に対して垂直に付加する場合]
 デルティフィニションカード DIST LOADS

```

1. DIST LOADS
2. ブランク行
3. 荷重タイプ(1~5), 荷重値(6~15),
4. 分布荷重を適用する要素リスト,

```

荷重タイプ(圧力等)は MENTAT で与える。

例1) 遠心力 パラメータ・カードに CENTROID(省略CENT)を定義
 材料定数の質量密度を正確に定義(金属 7.8×10^{-10})
 回転軸を定義

1. ROTATION A
 2. 0₍₁₋₁₀₎, 1₍₁₁₋₂₀₎, 0₍₂₁₋₃₀₎, 回転軸の法線方向(左の時Y軸)
 3. 0₍₁₋₁₀₎, 0₍₁₁₋₂₀₎, 0₍₂₁₋₃₀₎, 回転軸上の1点の座標
- 荷重を定義
1. DIST LOADS
 - 2.
 3. 100 [遠心力コード]₍₁₋₅₎, 回転数の2乗[rad²/sec²]₍₆₋₁₅₎,
 4. 要素リスト

例2) 重力[1 mm 3に対して 1 G 与えると、金属は 7.8×10^{-6} Kgを示す]

材料定数の質量密度を正確に定義
 荷重を定義

1. DIST LOADS
- 2.
3. 102 [重力コード],
 第1自由度方向のG(9800Kg·mm/sec²:1G),
 第2自由度方向のG, 第3自由度方向のG,
4. 要素リスト

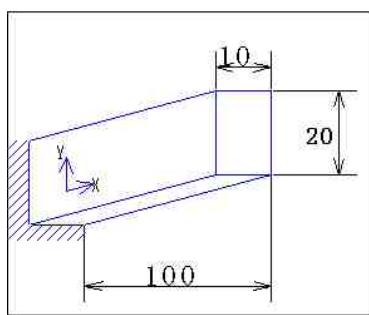
集中質量

[注意] 質量、慣性モーメントを節点に負荷して、モデルを簡略化する。
 この時、質量が二重設定されないように注意する。

モデルディイジョン・カード MASSES

1. MASSES
2. ブランク行
3. 自由度番号, 集中質量,
 自由度1~3は、"質量密度(W/g)"
 自由度4~6は、"慣性モーメント/重力加速度g"

例1) 片持ち梁での設定方法



```

TITLE      JOB1
SIZING    1000000  20  21  126
DIST LOADS  1  20
ELEMENTS   52
LARGE DISP
DYNAMIC,1,10,
END
SOLVER
  0  0  0
OPTIMIZE   2
  5
CONNECTIVITY

```

```
  1  52  1  2  ....
```

```

COORDINATES
  3  21
  1 0.0000+00 0.0000+00 0.0000+00

```

ISOTROPIC

```

  1
2.100e+04 3.000e-01 7.800e-10 ....
  1      T0      20

```

```

GEOMETRY
  (断面積)  (Ix)  (Iy)

```

```

2.000e+02 6.667e+03 1.667e+03 0.000e+00 ...
1          T0          20
FIXED DISP

0.000e+00 0.000e+00 0.000e+00
1   2   3   4   5   6
1
POST
1           1
17
END OPTION
MODAL SHAPE

CONTINUE
RECOVER
1,10,1,
CONTINUE

```

例2) 前頁のリストを集中質量計で
解析を行う為、I - D E A S で
物性を計算する。

```

Program: SDRC I - DEAS VI: Solid_Modeling
Volume      : 2000.000
Density     : 7.800000E 06 (kg/mm3)
Mass        : 0.01560000 (kg)
Center of gravity: 0.0      0.0      0.0
Moments of inertia about C.G.:
  IXX, IYY, IZZ : 0.6500000  0.6500000  0.6500000
  IXY, IYZ, IXZ : 0.0      0.0      0.0
Moments of inertia about the origin:
  IXX, IYY, IZZ : 0.6500000  0.6500000  0.6500000
  IXY, IYZ, IXZ : 0.0      0.0      0.0
Principal axis :
  1 X, Y, Z : 0.0      0.0      1.000000
  2 X, Y, Z : 0.0      1.000000  0.0
  3 X, Y, Z : -1.000000  0.0      0.0
Principal moments of inertia about C.G.: (慣性モーメント)
  I11, I22, I33 : 0.2600000  0.6500000  0.6500000

```

例3) 集中質量で解析する場合

```

TITLE      JOB1
SIZING    1000000  20  21  126
DIST LOADS 1  20
ELEMENTS   52
LARGE DISP
DYNAMIC,1,10,
END
SOLVER
  0  0  0
OPTIMIZE   2
  5
CONNECTIVITY

1  52  1  2  ....

COORDINATES
  3  21
  1 0.0000+00 0.0000+00 0.0000+00

ISOTROPIC

  1
2.100e+04 3.000e 01 7.800e -10 0.000e+00 0.000e+00 0.000e+00
  1          T0          18
2.100e+04 3.000e 01 0.000e -10 0.000e+00 0.000e+00 0.000e+00

```

20 19 a : 質量 = 0

GEOMETRY

| | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|
| 2.000e+02 | 6.667e+03 | 1.667e+03 | 0.000e+00 | ... |
| 1 | 10 | 20 | | |

MASSES

| | |
|---------------|------------------|
| 1,0.00000156, | b : 0.0156 Kgf/g |
| 20, | |
| 2,0.00000156, | b : 0.0156 Kgf/g |
| 20, | |
| 3,0.00000156, | b : 0.0156 Kgf/g |
| 20, | |
| 4,0.0000663, | b : 0.65 Kgf/g |
| 20, | |
| 5,0.0000265, | b : 0.26 Kgf/g |
| 20, | |
| 6,0.0000663, | b : 0.65 Kgf/g |
| 20, | |

FIXED DISP

| | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|---|---|---|
| 0.000e+00 | 0.000e+00 | 0.000e+00 | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | | | | | |

POST

| | | |
|----|--|---|
| 1 | | 1 |
| 17 | | |

END OPTION
MODAL SHAPE

CONTINUE

RECOVER

1,10,1,

CONTINUE

5 角界木斤

解析全般

(1) リスタート(REAUTOと組み合わせて使用)

(a) リスタート

デル・ティジョン・カード RESTART

1. RESTART
2. A, B, C,

A : 1 = リスタートデータを書き込み
2 = リスタートデータを読み込む
3 = リスタートデータを読み込み + 書き込み
B : リスタート時の書き込みステップ
C : リスタートインクリメント(ここからスタート)

RESTARTカードの入力位置

POSTの前 : リスタート前後の結果をファイルに書き込む
POSTの後 : リスタート後の結果だけをファイルに書き込む

(b) リスタート時の自動増分データの変更

デル・ティジョン・カード REAUTO

1. REAUTO
2. 新しい時間幅(動解帯時のみ指定), 自動増分内での新しい到達時間幅, n,

n = 1 : 直ちにEND OPTION以降の条件で解析
n > 1 : 別規則に従うが、n = 1としてEND OPTION以降に
再定義を行う方がよい

例1) 10 incから解析をスタートし、5 incずつ書き込んでいく

1. RESTART
2. 3, 5, 10,
3. REAUTO
4. , , 1,

直ちにEND OPTIONの次から解析スタート

例2) 5 incから解析をスタートし、5 incずつ書き込んでいく

1. RESTART
2. 3, 5, 5,
3. REAUTO
4. , , 8,

• 5 incから8 incまでは、前の条件で解析
• 9 incからは、新しいファイルのEND OPTION
以降の条件で解析

(c) 最終インクリメントのリスタートファイルを保存

デル・ティジョン・カード RESTART LAST

1. RESTART LAST
2. n,

n = 1 : リスタートファイルを書き込み
n = 2 : リスタートファイルを読み込み
n = 3 : リスタートファイルを読み込み + 書き込み

(d) リスタートテープからポストテープを作成する

デル・ティジョン・カード RESTART

1. RESTART
2. 3, A, B, , , , , C, D,
3 : リスタートデータを読み込み + 書き込み
A : リスタート時の書き込みステップ
B : リスタートインクリメント(ここからスタート)
C : 8番目のフィールドに"1"を入力
D : 9番目のフィールドに最終のインクリメント番号を入力

B ~ Dインクリメントのポストテープが作成される

例1) FILE1で解析し、FILE2でリスタートする場合

1. RESTART
2. 3, 1, 0, , , , 1, 10, 0~10incまでのポストファイル作成

- 1) リスタートテープからポストテープに書き込む
 - ・規則に従いポストテープに書き込む場合、RESTARTをPOSTの前後どちらに入れても変わらない為、POSTの後に入れる
- 2) END OPTION以降のカードは、ポストテープ書き込みの際は無効
- 3) リスタート時のポストカードの変更
 - ・RESTARTカードがPOSTカードの前にあるときは、出来ない
 - ・RESTARTカードがPOSTカードの後にあるときは、POSTカードの追加ができる

例2) FILE1で10incまで解析を行い、FILE2でポストファイルを作成(0~10inc)

この時、FILE1では

RESTART とした
1,2,

1. RESTART
2. 3, 1, 0, , , , 1, 10, リスタートファイルに奇数incまでの
情報が無いため、ポストテープは
0, 2, 4, 6, 8, 10inc

例3) FILE1で10incまで解析を行い、FILE2以降で9incのポストファイルを作成

この時、FILE1では

RESTART とした
1,2,

1. POST
2. 必要なカードを追加
3. RESTART
4. 3, 1, 8, ファイル1の8incを読み込み、1incずつ書き込み
5. REAUTO
6. , , 1,
7. END OPTION

(2) 自動増分(AUTO INCREMENT/AUTO TIME)

接触問題では、AUTO INCREMENTを使用する事ができないため、
AUTO TIMEを使用する。

AUTO TIMEは、収束性の良いリートを経て解析が行われる。

(TIME STEP, AUTO LOADの代わり)

ヒストリ・ディフィニション・カード AUTO TIME

1. AUTO TIME
2. 最小増分比率₍₁₋₁₀₎,
最大増分比率₍₁₁₋₂₀₎,
最初のステップの増分幅₍₂₁₋₃₀₎,
解析する時間₍₃₁₋₄₀₎,
時間増分変化最小値(0.5),
次のステップでの時間増分変化率の最大値₍₅₁₋₆₀₎,
最大ステップ数₍₆₁₋₇₀₎,

(3) コントロール(解析の収束と精度の管理)

ヒストリ・ディフィニション・カード CONTROL

例)

1. CONTROL
2. 9999, 10, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0,
3. 0.1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0,

2番目のカード__ 部の説明

2 3 最小リサイクル数(負の数を入力すると収束しなくても先に進む)
 2 4 残差力判定(変位判定は"1")
 2 5 相対値判定(絶対値判定は"1", 相対値+絶対値判定は"2")
 2 6 解析アルゴリズム
 2 7 "1" とするとPRINT3に相当
 2 8 弹塑性構成則(0:ミン・ノル法, 1:ラ・リターン法)
 2 10 初期応力 材料の高圧縮に対して、"2"(初期応力を考慮しない)を
 入力すると有効である。
 必要な状態で入力すると収束しない事がある。

モル・ディイニション・カード CONTROL

1. CONTROL

2. 9999, 10, 0, 0, 2 (相対値+絶対値判定), 1, 0, 0, 1, 0,
3. a, b, c, d, e, f,

a b : 相対しきい値 (b = ねじり方向)

c d : 相対値から絶対値への切り換え値 (d = ねじり方向)

e f : 絶対値判定のしきい値 (f = ねじり方向)

c d の値よりも小さいと絶対値判定になる

例)

1. CONTROL
 2. 9999, 10, 0, 0, 2, 1, 0, 0, 1, 0,
 3. 0.1, 0, 0.01, 0, 0.1, 0, 0,

(4) ポスト

(a) POST

モル・ディイニション・カード POST

1. POST

2. 1, 16, 17, 1, 0, 19, 20, 0, 1, 0, 6,
3. ポストコード₍₁₋₅₎,

2番目のカード__ 部の説明

2 4 0 : バイナリー形式(デフォルト), 1 : フォーマット形式
 2 : バイナリー形式+フォーマット形式
 2 9 出力する増分ステップ

(b) POST INCREMENT

ヒストリ・ディイニション・カード POST INCREMENT

1. POST INCREMENT

2. ポスト・テープの出力間隔₍₁₋₅₎,

ポストインクリメントを指定したインクリメントの値は、ポスト・テープへ書き込む。
 次にPOST INCREMENTで指定した増分毎にポスト・テープに書き込まれる。

例) ポストにより、5 inc毎の出力を行う。

ポスト・テープ 5 n (n = 0, 1, 2, ···)

5 0 inc後は、4 inc毎に出力する。

ポスト・テープ 5 0 + 1 + 4 m (m = 0, 1, 2, ···)

(b) 4番目以降のカード

[注意]

- ・変形体は剛体よりもボディー番号を小さくする。
- ・変形体の順序は、接触問題の注意点に記す。

2次元: 変形体の場合

モル・ティフィニション・カード

CONTACT

4 . 1 (ボディー番号: 追番), 0 (変形体の時"0") ,

5 . , , , , , μ (7が弧目) ,

6 . 変形体を構成する要素リスト

熱応力連成解析の場合

6 . 霧囲気に対する熱伝達率, 霧囲気温度, 接触面の熱通過率,

2次元: 剛体の場合

モル・ティフィニション・カード

CONTACT

4 . 4-1: 2 (ボディー番号: 追番) ,

4-2: n (入力するデータの組数: 通常 = 1) ,

4-3: 対称面として使用する場合 "1" ,

5 . 5-1: 初期の回転中心X ,

5-2: 初期の回転中心Y ,

5-3: ,

5-4: 回転中心の V_x ,

5-5: 回転中心の V_y ,

5-6: 角速度V ,

5-7: μ ,

6 . 剛体の形状定義の場合(次頁)にて別途説明 ,

熱応力連成解析の場合

6 . 热伝達率, 霧囲気温度, 接触面の熱通過率, ボディー温度,

2次元: 剛体の形状定義場合

1) 線分(その他の形状についても、全て線分で定義可)

剛体の結線は、体の内側
視点から見た左回り

6 . 1 (線分), n (点の数) ,

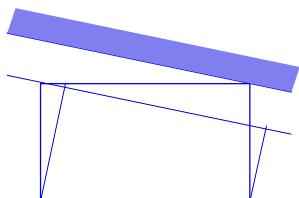
7s . 各点のX・Y座標

$X_1, Y_1,$

$X_2, Y_2,$

,

,



2) スプライン

6 . 3 (スプライン), n (点の数) ,

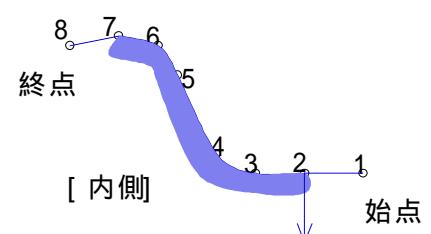
7s . 各点の座標

X_0, Y_0, \dots 始点(架空の点)

X_1, Y_1, \dots

X_{n-1}, Y_{n-1}, \dots

X_n, Y_n, \dots 終点(架空の点)



3) 円弧

方法1 始点・終点・中心

6 . 2 (円弧), 0 (方法) ,

7 . X_1, Y_1, \dots 始点

8 . X_2, Y_2, \dots 終点

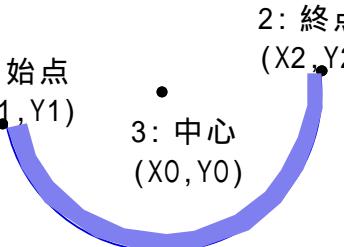
9 . X_0, Y_0, \dots 中心

10 . r (半径), 分割数 ,

1: 始点
(X_1, Y_1)

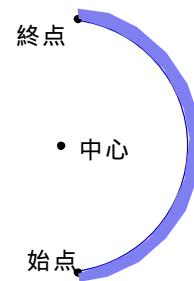
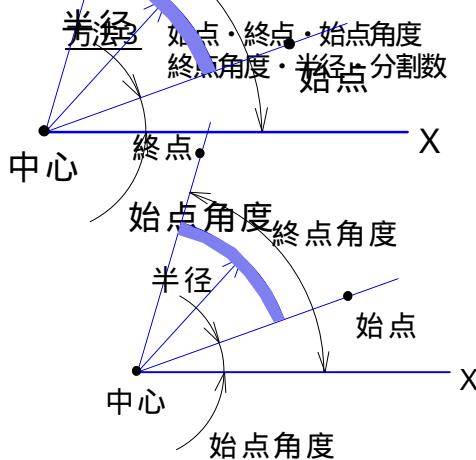
2: 終点
(X_2, Y_2)

3: 中心
(X_0, Y_0)

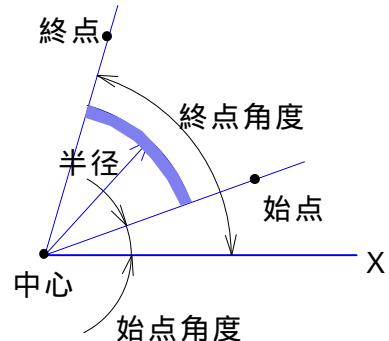


方法2 内側を剛体の外側とする場合
(半径を"マイナス"入力する)

6 . 2(円弧), 1(方法),
7 . X_1, Y_1, \dots 始点
8 . X_2, Y_2, \dots 終点
9 . X_0, Y_0, \dots 中心
10 . $-r$ (マイナス半径), 分割数
終点角度



方法4 始点・プランク・中心
円弧開き角・分割数



注意点: 分割数は、なだらかにする為、大きくすること

[注意]
・1~3番目のカードは、2次元と共通なため、別紙(前頁)参照のこと。
・現状では、特別な場合を除いて、四辺形パッチで十分解析可能であり、その方法を記す。

3次元: 变形体の場合

モデル・ディイジョン・カード CONTACT

4 . 1(ボディー番号:追番), 0(変形体の時"0"), (この剛体を対称面とする場合"1"を入力),
5 . , ,
6 . , , , , μ (7がム目),
7 . 変形体を構成する要素リスト

熱応力連成解析の場合

7 . 霧囲気に対する熱伝達率, 霧囲気温度, 接触面の熱通過率,

3次元: 剛体(四辺形パッチ)の場合

モデル・ディイジョン・カード CONTACT

4 . 2(ボディー番号:追番), n (入力するデータの組数:通常=1),
5 . 5-1: 初期の回転中心X,
5 . 2: 初期の回転中心Y,
5 . 3: 初期の回転中心Z,
5 . 4: 回転中心の速度 V_x ,
5 . 5: 回転中心の速度 V_y ,
5 . 6: 回転中心の速度 V_z ,
6 . 6-1: 回転中心の角速度 V ,
6 . 2: ,
6 . 3: ,
6 . 4: 回転軸を示す方向余弦X,
6 . 5: 回転軸を示す方向余弦Y,
6 . 6: 回転軸を示す方向余弦Z,
6 . 7: μ ,

7 . 剛体の形状定義の場合(次頁)にて別途説明,

回転軸を示す方向余弦を、 1(6 4:X), 0(6 5:Y), 0(6 6:Z),
とすると、X軸回りの回転となる。

熱応力連成解析の場合

7 . 热伝達率, 霧囲気温度, 接触面の熱通過率, ボディー温度,

3次元：剛体の形状定義場合

1) 四辺形パッチ

注意

- ・追番・節点番号は、"1"が抜けないように設定する。
 - ・四辺形パッチは、内側から見て節点が左回りに結線されていること。

四辺形パッチの設定方法

- #### 3. I - D E A S によるシェルで形状(剛体形状)を作成する

MENTATで読み込む

CONTACT ID BACKFACES

FLIP ELEMENT

外側が全て”BACK”にする。

- MENTATでMARC形式のファイルを作成する(FILE MARC:WRITE)。
 - 剛体壁として、下に示すファイルの 部を用いて、接触部(CONTACT)を整える。

例) 接触部の整え方

1. CONTACT
2. 2, 1000, 2000, 2,
3. , , , 0.99,
4. 1, 0,
5. , ,
6. , , , 0.2,
7. 1 TO 100
8. 2, 1,
9. , ,
10. , , , 0.2
11. 7, 246, 284
12.
:

```

TITLE      JOB1
SIZING    1000000  246  284  1704
ALL POINTS
DIST LOADS    0  246
ELEMENTS     75
END
SOLVER
    0  0  0
OPTIMIZE     2
    5
CONNECTIVITY

      1    75    1    3    14   10
      2    75   10   14   15   11

      245   75  282  283  278  277
      246   75  283  284  279  278
COORDINATES
      3  284
      1 1.5259+02 1.5735+01 9.0000+00
      284 5.4988+01 5.6022+01 3.0500+01
ISOTROPIC

      1
2.100e+04 3.000e-01 7.800e-10 ....
      1      T0      246

POST
      1
      17

NO PRINT
END OPTION

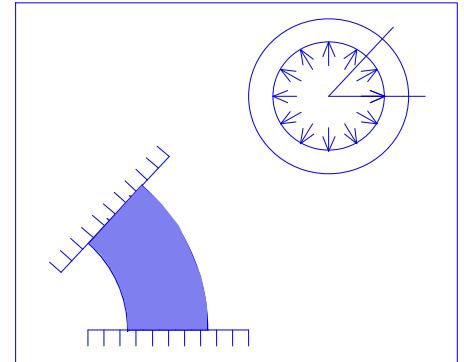
```

(2) 接触問題の注意点

(a) 縮体要素の使用について

縮体要素は、一辺の長さが”0”の四辺形要素である。

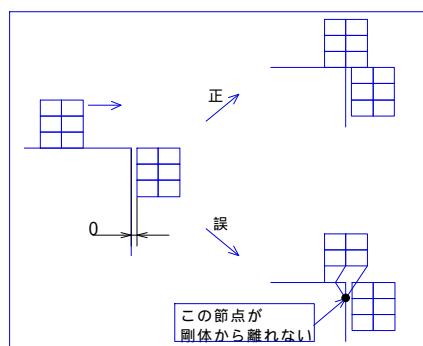
接触問題でのBody Contactの定義の場合、アウトラインに長さ”0”の一辺が存在すると”エラー”となる。



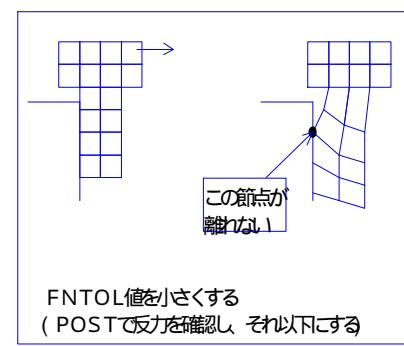
(b) FNTOL値が大きいとき

FNTOL値が大きいと、剛体と変形体が離れなくなる問題が発生する。

例1)



例2)



ヒストリ・ディフィニション・カード CONTACT TABLE (変更する)

1. CONTACT TABLE
2. (組数)
3. ボディー番号, ERROR値, FNTOL, μ ,
4. 上記ボディー番号と接触するボディーのリスト

(c) 荷重増分値の与え方

・収束しない場合、通り抜け等が発生した場合、”ERROR値 $\times 4$ > 変位増分”とする。

(d) 摩擦の相対滑り速度について

- ・これを決定するには、サブルーチン”ufri c . f”で、write文により、相対滑り速度を出力する。
- ・その1/20程度を相対滑り速度とすると良い。

(e) 接触判定距離(ERROR)

・アウトプットの中に、下のような値が示される。これを参考にして、ERROR値を決定すれば良いが、未入力で解析はOKである。

distance below which a node is considered

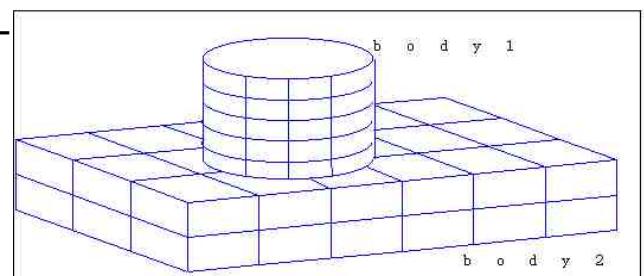
touching a surface is

1.00000E -02

(f) GLUED OPTION

2つの不整合メッシュを付けて、1つのボディー(手順で定義)する場合、

CONTACT TABLE の GLUEDオプションを用いる。



[手順] ボディー1・2をCONTACTで定義
 SEPARATE FORCE
 (FNTOL : CONTACT, CONTACT TABLE共)を大きくする
 CONTACT TABLEで
 GLUEDオプションを設定

[MENTATの設定]

CONTACT TABLEの項をGに設定する

モデル・ディイション・カード CONTACT TABLE

1. CONTACT TABLE
 2. ブランク行
 3. 1, ERROR値, FNTOL値を大きく, , , , 1 (7番目:GLUED OPTION),
 4. 2

注意) 接触の定義である為、貫通は要素に依存して発生する

- ・剛体を対称面とする場合、ボディー番号の行の3番目に”1”を入力するが、注意しなければならないのは、接触面に拘束条件を与えてはならない。(transform発生)

(3) その他

(a) GAP DATAによる方法

- ・設定方法が複雑なため、使用しない。(記録のみとする)

モデル・ディイション・カード GAP DATA

1. GAP DATA
 2. ブランク行
 3. 0.01, μ, , , , 0 (0:定方向, 1:定距離), ,

MENTATでの設定

APPLY
 PROPERTY
 GAP
 FIXED/TRUE (0/1) > 0 (定距離) or 1 (定方向)
 OPEN/CLOSED (0/1) > 0 (開) or 1 (閉)
 CLOSURE DISTANCE > 距離
 COEFFICIENT FRICTION > 摩擦係数
 CONTACT DIR STIFFNESS > デフォルト5
 以下、動解析のとき

(b) 接触判定について

CONTACT NODEで接触判定する節点のみ指定する
 EXCLUDE で接触判定からはずすセグメントを指定する。[(e)貫通についてを参照]
 CONTACT TABLEにより接触判定するボディーを指定する。
 UCONTACT(サブルーチン)で接触定義を行う。

について

モデル・ディイション・カード CONTACT NODE
 1. CONTACT NODE
 2. (組数)
 3. 变形体ボディー番号,
 4. 上記変形体の外周を構成する
 節点で判定を行う節点リスト

組

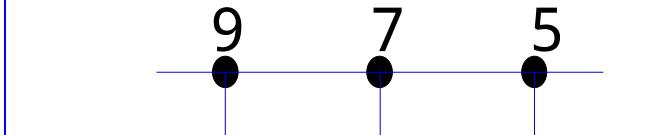
について

モデル・ディイション・カード EXCLUDE

1. EXCLUDE
2. (組数)
3. 変形体のボディー番号
4. セグメントを構成する節点リスト(接触から外すもの)

組
順序も関係するので注意する

例) 下図では 9, 7, 7, 5,
セグメントを構成する2節点を組にする



について

モル・ディイニション・カード
ヒストリ・ディイニション・カード

CONTACT TABLE

1. CONTACT TABLE
2. (組数)
3. ボディー番号, ERROR, FNTOL, μ ,
4. 上記ボディーと接触するボディー番号リスト,

(c) 2つの変形体での接触の例

図1にBody 1, 2を決める。NODE 11, 13, 15, 17はタイドノード、
NODE 4, 6, 8はリティンノードとなる。

変形を与えると、NODE 11, 13, 15, 17は接触判定されずに貫通する。

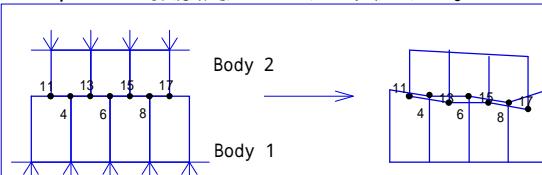


図1

ここで、Body番号を交換する。
図2のように、貫通は発生しない。
また、CONTACT TABLEにより
Single Side Contactを使用す

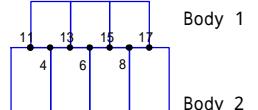


図2

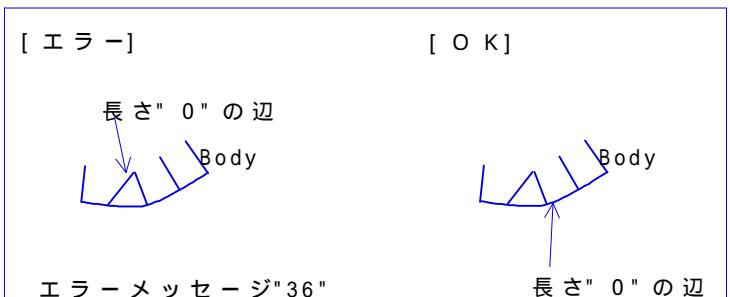
(d) 1つの変形体での接触の例

・ボディー番号を付け直すことが出来ないため、貫通が発生する。(図3)

[対策]

ルール通りに、手動で節点番号を付け直す。

CONTACT NODE, UCONTACT(ガルーチン)で判定からNODE 7, 9を外す。
EXCLUDEオプションでセグメントを判定から外す。(図4)



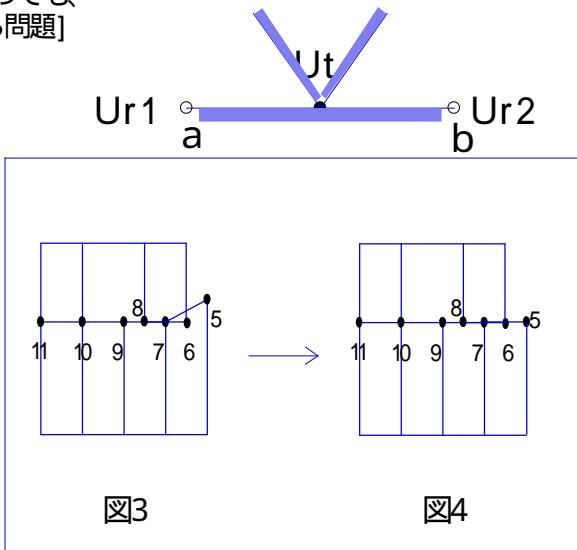
(e) 貫通(Penetration)について

変形体同士の問題

- Double side contact
- Self contact
- Not easy to Overcome(克服する)
- Limitation of tying capability [タイイングの限界]

アルゴリズム(接触判定)

- 接触節点の検出
内部節点番号の若い方から 半時計回り
- 接触チェック
若いボディー番号から
接触する節点と、節点と節点で構成されるセグメントの間に tying を付ける
- タイイングの式
 $U_t = a U_{r1} + b U_{r2}, a + b = 1$
 タイドノードは、リテインノードに成り得ない。
 タイドノードがセグメントに当たっても、
 Ignore(無視)される。[必ず起こる問題]



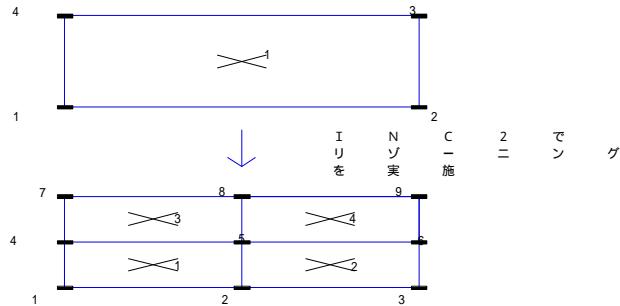
(f) 剛体の荷重制御(K 7 1)

【手順】

1. ダミーの節点を作成する。

図のNODE100のようにモデルに関係ない位置(通常、(0,0,0)で可)

M A R C ファイルでSIZINGの節点数とCOORDINATEの節点数修正及びダミー節点の座標作成



2. ダミーの節点に荷重を与える。(0 incでは荷重 = 0 を与える)

3. 剛体とダミー節点を関連付ける。

【剛体の作成方法】

方法1 . 最初からモデルに接触させておく

方法2 . 離れた位置に作成し、C O N T A C T で初期速度を入れて、0 incで接触させる。
ヒストリーに荷重制御(point load)を入れることで、1 incから、荷重制御となる。

【M A R C データ】

ダミー節点の作成

1. SIZINGの節点数を $n - n + 1$ に修正
 2. COORDINATEの節点数を $3, n - 3, n + 1$ に修正
 3. COORDINATEの最後に節点を作成

1 X_1, Y_1, Z_1
 n X_n, Y_n, Z_n
 $n + 1$ $0, 0, 0$

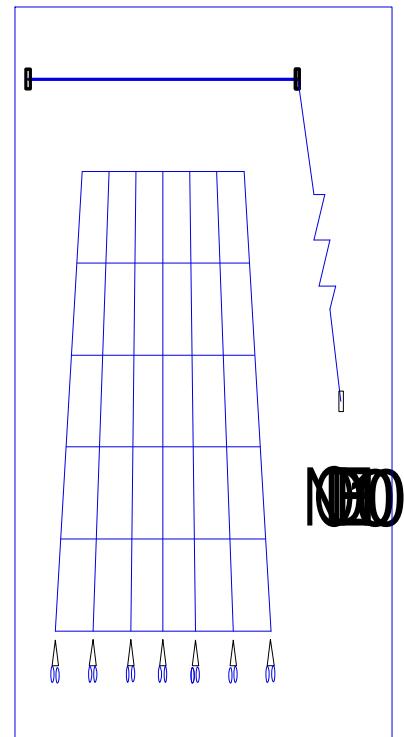
ダ荷重を節点に

4. point load
 $0, 0,$
 節点番号($n + 1$)

点えるに
剛体との関連

5. CONTACT
 $2, 200, 200, 2,$
 $, , , , 0.9,$
 $1, 0,$
 $, ,$
 $1 \text{ To } 5$
 $2, 1, , , , n + 1,$
 $, ,$
 $1, 2,$
 剛体の始点
 剛体の終点

変形体
剛体



ヒストリーで荷を重ねる

6. END OPTION
 7. point load
 $0, -0.5,$
 節点番号($n + 1$)
 8. AUTO LOAD
 TIME STEP
 CONTINUE

(g) リゾーニング時の変形体(要素)数

リゾーニング前

TITLE JOB1
 SIZING,1000000,10,20,20,
 ELEMENTS 11
 LARGE DISP
 UPDATE
 FINITE
 REZONING
 PRINT,5,
 END
 CONNECTIVITY
 $1,11,1,2,3,4,$
 COORDINATES
 $1,0,0,0,$
 $2,1,0,0,$
 $3,1,1,0,$

リゾーニング後

TITLE JOB1
 SIZING,1000000,10,20,20,
 ELEMENTS 11
 LARGE DISP
 UPDATE
 FINITE
 REZONING
 PRINT,5,
 END
 CONNECTIVITY
 $1,11,1,2,3,4,$
 COORDINATES
 $1,0,0,0,$
 $2,1,0,0,$
 $3,1,1,0,$

END OPTION
 REZONE
 CONNECTIVITY CHANGE
 $1,11,1,2,5,4,$
 $2,11,2,3,6,5,$
 $3,11,4,5,8,7,$
 $4,11,5,6,9,8,$
 COORDINATE CHANGE
 $1,0.00000,0.0,0,$
 $2,0.57670,0.0,0,$
 $3,1.15341,0.0,0,$
 $4,0.00000,0.4,0,$
 $5,0.57670,0.4,0,$
 $6,1.15341,0.4,0,$
 $7,0.00000,0.8,0,$

| | | | |
|---|---|---|--|
| 4,0,1,0, PROPERTY 1 100,0.3,,,,10, <u>1 TO 10</u> GEOMETRY | ン グ を 想 定 し て 大 き | 4,0,1,0, PROPERTY 1 100,0.3,,,,10, 1 TO 10 GEOMETRY | 8,0.57670,0.8,0, 9,1.15341,0.8,0, CONTINUE END REZONE DISP CHANGE |
| 1,1, <u>1 TO 10</u> | | 1,1, 1 TO 10 | 0, 1, |
| FIXED DISPLACEMENT 0,0, 1, 1,4, 0,0, 2, 1,2, CONTACT 2,10,10,0, ,0,01, 1,0, ,, <u>1 TO 10</u> 2,1, ,,,,-4,, 1,2, -4,1, 2,1, POST 1, 7, RESTART 1,2, PRINT CHOICE 1,,1, 1,1, 1, CONTROL 200,10, .2, END OPTION TIME STEP 0.1, AUTO LOAD 2, CONTINUE | な 値 を 設 定 す る | FIXED DISPLACEMENT 0,0, 1, 1,4, 0,0, 2, 1,2, CONTACT 2,10,10,0, ,0,01, 1,0, ,, 1 TO 10 2,1, ,,,,-4,, 1,2, -4,1, 2,1, POST 1, 7, RESTART 2,,2, REAUTO ,,1, PRINT CHOICE 1,,1, 1,1, 1, CONTROL 200,10, .2, | 1,4,7, 0, 2, 1,2,3, TIME STEP 0.1, AUTO LOAD 2, CONTINUE |

(h) ユーザーサブルーチンを用いた接触解析

モード・ディバイジョン・カード UMOTION

1. UMOTION

サブルーチン：MOTION(剛体壁の速度定義)を呼び出す

CONTACTと共に使用する

メインファイル

TITLE JOB1
SIZING,1000000,
ELEMENTS,11
LARGE DISP
UPDATE

サブルーチン MOTION

```
SUBROUTINE MOTION(X,F,V,TIME,DTIME,NSURF,INC)
  DIMENSION X(1),V(1),F(1),
  C
    DO 10 I=1,3
    10 V(I)=0.
```

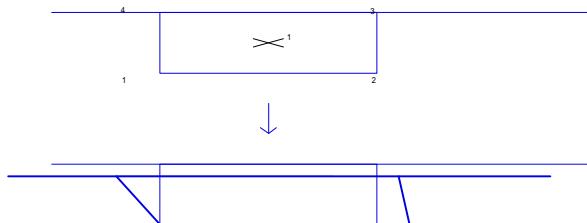
```
FINITE
REZONING
PRINT,5,
END
CONNECTIVITY
1,11,1,2,3,4,
COORDINATES
1,0,0,0,
2,5,0,0,
3,5,5,0,
4,0,5,0,
PROPERTY
1,
100,0.3,,,,10,
1,
GEOMETRY
1,
1,1,
1,
FIXED DISPLACEMENT
2,
0,
1,
1,
0,
2,
1,2,
UMOTION
CONTACT
2,10,10,1,
,0,01,
1,0,
,
1 TO 1
2,1,
,,,,,,0.3,
1,2,
-1,5,
15,5,
POST
1,
7,
PRINT CHOICE
1,,1,
1,1,
1,
CONTROL
200,10,
.1,
END OPTION
TIME STEP
0.5,
AUTO LOAD
4,
CONTINUE
```

```
IF(NSURF.NE.2)GOTO 99
C
IF(INC.LE.2) V(2)=-1,
IF(INC.GT.2) V(1)=-1,
C
WRITE(6,200) NSURF,V,
200 FORMAT(' NSURF, V , ',15,3E15.5)
99 RETURN
END
```

(i) 接触解析における外形補間

CONTACTで設定したBody番号と対応させて "SPLINE" で設定する
モデル・ディフィニション・カード SPLINE

1. SPLINE
2. ブランク行
3. 2, ... Body番号
4. 不連続なセグメントリスト



MENTAT3.1による設定

MARCデータ
MAINSPLINE
CONTACTCONTACT BODIES
2

(DESCRIPTION)

ANALYTICAL [ここで、analyticalを指定する]

OK

ELEMENT ADD [変形体を構成する要素を指定する]

(ANALYTICAL DESC. DISCONTINUITY)

NODE ADD [不連続となる節点を指定する]

この操作により、CONTACTの4番目カードの5番フィールドに
"1 (Analytical Flag)" が立つ。

リゾーニング

(1) リゾーニングの定義

パラメータ・カード

REZONING(リゾーニング)

1. REZONING

ヒストリ・ディフィニション・カード

REZONE(リゾーニング開始)

1. REZONE, 1,

1を入力 • オリジナルの形状に対して、変位を出力する場合(通常)。
 • MOONEY・OGDEN・POWDERについては、
 必ず"1"を入力

入力なし : リゾーニング後の変位のみでOKの場合

入力する位置 : END OPTION の直後に入力すること

ヒストリ・ディフィニション・カード SECTIONING(メッシュの特定部分に対するリゾーニング)

1 . SECTIONING

2 1 . 要素リストの数⁽¹⁻⁵⁾ ,

3番目カードの組数

Bor C法のとき" 0 "を入力

2 2 . 選択した要素タイプ番号⁽⁶⁻¹⁰⁾ , (B法のとき)

2 3 . 選択した材料タイプ番号⁽¹¹⁻¹⁵⁾ , (識別番号)

3 . 要素リスト

(A法の時のみ入力)

注意) ハーマン要素は、節点変数として圧力を持っている。よって、
通常の連続体要素とは、二重節点定義をして、変位同士の
タイピングで結合させておく必要がある。

厚さや材料定数に連続性がない場合、リゾーニングを順次、
行う必要がある。(多段階)

ヒストリ・ディフィニション・カード CONNECTIVITY CHANGE(コネクティビティの変更)

モデル・ディフィニション・カードのCONNECTIVITYと同じ入力方法

REZONE後の結線

ヒストリ・ディフィニション・カード COORDINATE CHANGE(節点座標の変更)

モデル・ディフィニション・カードのCOORDINATESと同じ入力方法

ヒストリ・ディフィニション・カード CONTINUE(リゾーニングデータの区切り)

ヒストリ・ディフィニション・カード END REZONE(リゾーニング終了)

CONTINUE の直後に入力すること

ヒストリ・ディフィニション・カード GEOMETRY CHANGE(幾何形状の変更)

モデル・ディフィニション・カードのGEOMETRYと同じ入力方法

ヒストリ・ディフィニション・カード ISOTROPIC CHANGE(等方性材料特性の変更)

ヒストリ・ディフィニション・カード MOONEY CHANGE(ムーニー材料特の変更)

ヒストリ・ディフィニション・カード OGDEN CHANGE(オグデン材料モデルのデータの再定義)

ヒストリ・ディフィニション・カード CONTACT CHANGE(CONTACTデータの変更)

1 . CONTACT CHANGE

CONTACTと同じ

2 . n , m , 0 , 1 ~ 5 ,

3 . , , , , 0 . 9 ,

4 . 变形体のボディー番号 , 0 ,

組

5 . 变形体の要素リスト

剛体の時、5番目のカードのみ入力

5 . 剛体のボディー番号 , 組数 ,

(2) リゾーニングの実行

```
run_marc -jid step1 -b n
MENTATのリゾーニング機能を用いて、リメッシュ(REZONE)を行う。
MARCデータを保存(file name: step2.dat)し、MARC用データを整える。
run_marc -jid step2 -rid step1 -pid step1 -b n
```

リゾーニングのMARCプログラムの例 (2次元と3次元で異なる部分はない)

| リゾーニング前 [step1] | リゾーニング後 [step2] | リゾーニング |
|--------------------------|--------------------------|--|
| TITLE JOB1 | TITLE JOB1 | END OPTION |
| SIZING,1000000,10,20,20, | SIZING,1000000,10,20,20, | REZONE |
| ELEMENTS 11 | ELEMENTS 11 | CONNECTIVITY CHANGE |
| LARGE DISP | LARGE DISP | |
| UPDATE | UPDATE | 1,11,1,2,5,4, |
| FINITE | FINITE | 2,11,2,3,6,5, |
| REZONING | REZONING | 3,11,4,5,8,7, |
| PRINT,5, | PRINT,5, | 4,11,5,6,9,8, |
| END | END | COORDINATE CHANGE |
| CONNECTIVITY | CONNECTIVITY | |
| 1,11,1,2,3,4, | 1,11,1,2,3,4, | 1,0.00000,0.0,0, |
| COORDINATES | COORDINATES | 2,0.57670,0.0,0, |
| 1,0,0,0, | 1,0,0,0, | 3,1.15341,0.0,0, |
| 2,1,0,0, | 2,1,0,0, | 4,0.00000,0.4,0, |
| 3,1,1,0, | 3,1,1,0, | 5,0.57670,0,4,0, |
| 4,0,1,0, | 4,0,1,0, | 6,1.15341,0,4,0, |
| PROPERTY | PROPERTY | 7,0.00000,0.8,0, |
| 1 | 1 | 8,0.57670,0.8,0, |
| 100,0.3,,10, | 100,0.3,,10, | 9,1.15341,0.8,0, |
| <u>1 TO 10</u> | 1 TO 10 | CONTINUE |
| GEOMETRY | GEOMETRY | END REZONE |
| 1,1, | 1,1, | DISP CHANGE |
| <u>1 TO 10</u> | 1 TO 10 | |
| FIXED DISPLACEMENT | FIXED DISPLACEMENT | |
| 0,0, | 0,0, | 1,4,7, |
| 1, | 1, | 0, |
| 1,4, | 1,4, | 2, |
| 0,0, | 0,0, | 1,2,3, |
| 2, | 2, | TIME STEP |
| 1,2, | 1,2, | 0.1, |
| CONTACT | CONTACT | AUTO LOAD |
| 2,10,10,0, | 2,10,10,0, | 2, |
| ,0,01, | ,0,01, | CONTINUE |
| 1,0, | 1,0, | |
| ,, | ,, | |
| <u>1 TO 10</u> | 1 TO 10 | |
| 2,1, | 2,1, | |
| ,,,,-1,, | ,,,,-1,, | |
| 1,2, | 1,2, | |
| -1,1, | -1,1, | |
| 2,1, | 2,1, | |
| POST | POST | |
| 1, | 1, | |
| 7, | 7, | |
| RESTART | RESTART | |
| 1,2, | 2,,2, | |
| PRINT CHOICE | REAUTO | |
| | | リスタートとの 組合せで、 ヒストリ・ディフィジョンの データを用いて、 直ちに、解析を |

```

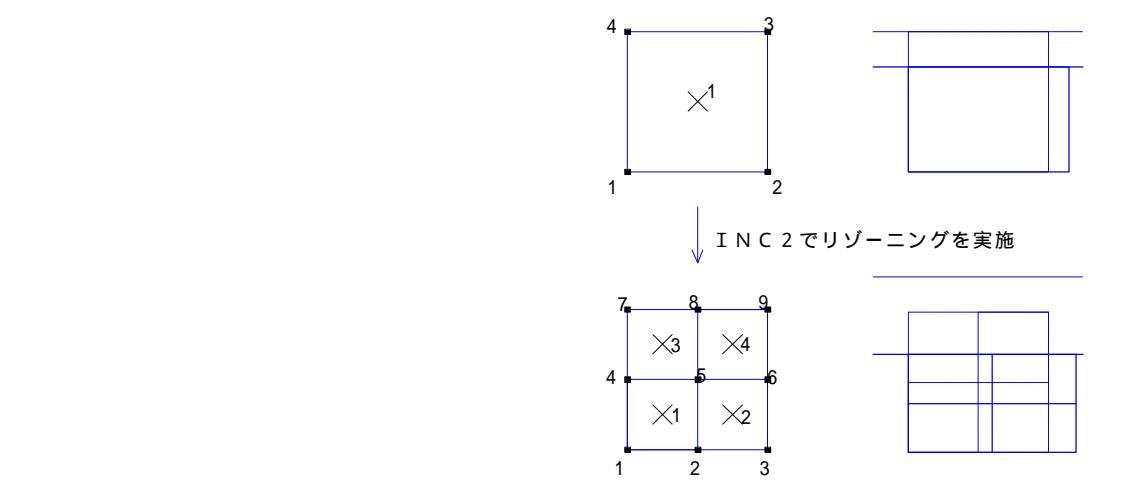
1,,1,
1,1,
1,
CONTROL
200,10,
.2,
END OPTION
TIME STEP
0.1,
AUTO LOAD
2,
CONTINUE

```

```

,,1, 続行する。
PRINT CHOICE
1,,1,
1,1,
1,
CONTROL
200,10,
.2,

```



熱応力解析

(1) 热応力解析の理論

$$= a + b \quad a = -b \quad \text{として計算}$$

a : 弹性ひずみ b : 热ひずみ

$$K u = F_a + F_b + F_c$$

F_c : 疑似荷重ベクトル

$$b = \frac{T}{T_0}$$

$$\begin{aligned} \text{thermal} &= \frac{T}{T_0} (T) dT \\ &= (T - T_0) \end{aligned}$$

: 線熱膨張係数

熱伝導解析との連結

伝導解析で求めた条件を POST ファイルを介して、1. 要素変数， 2. 節点変数 として
熱応力解析へ進むことが出来る。この時、9 : 温度， 17 : 応力， 7 : 全相当塑性ひずみ

(2) 热応力解析の定義

パラメータ・カード

Thermal (熱荷重の効果の考慮)

1. THERMAL

モデル・ディイジョン・カード

INITIAL STATE (応力解析における初期状態変数の定義)

1. INITIAL STATE

2. 1(状態変数の数), 4(方法), 1(デフォルト=1, 3~5番カードの組数),

3. 初期温度,

4. 要素リスト,

5. 積分点リスト(SHELL:1 T0 4, SOLID:1 T0 8)

モデル・ディイジョン・カード

MOONEY (ゴムの材料定数)

1. MOONEY

2. ブランク行

3. 材料識別番号,

4. C₁₀, C₀₁, 質量密度, 線熱膨張係数, C₁₁, C₂₀, C₃₀,

金属材料の場合は、ISOTROPICを使用する

線熱膨張係数 ゴムの場合：1.7E 4 程度であるが
詳細はFTS(Y00d001) FEM解析用材料DB
を参照のこと。

モル・ディイニション・カード POST(出力結果)
1. POST
2. MARCHマニュアル：C編参照のこと
3. 9(温度)，

[方法1]

ヒストリ・ディイニション・カード AUTO THERM(自動熱荷重解析)
1. AUTO THERM
2. 1 inc当たりの最大温度変化

最大温度変化の目安：降伏応力 / (ヤング率 × 線熱膨張係数)の30%以下
CHANGE STATE(節点座標の変更)
1. CHANGE STATE
2. 1(状態変数の数), 4(方法), 1(デフォルト=1, 3~5番カードの組数),
3. 求める温度,
4. 要素リスト,
5. 積分点リスト(SHELL:1 TO 4, SOLID:1 TO 8)

4~5番目のカードは、INITIAL STATEと同じにする

[方法2] POSTテープから温度を読み込む(目標温度)

ヒストリ・ディイニション・カード AUTO THERM(自動熱荷重解析)
1. AUTO THERM
2. 1 inc当たりの最大温度変化,

ヒストリ・ディイニション・カード CHANGE STATE(節点座標の変更)
1. CHANGE STATE
2-1. 1(状態変数の数),
2-2. 3(方法：POSTテープからの読み込みの場合)
2-3. ブランク,
2-4. 24(or 25),

[POSTテープを読み込むエント番号:フォーマット形式=24, バイナリ=25]
2-5. m(POSTから読み込む最初のインクリメント),
2-6. n(ステップ数: m=25, n=3の時 25~28 inc)
2-7. 1(バイナリの時は未入力),

ヒストリ・ディイニション・カード CONTINUE(終了)

例1)

1. CHANGE STATE
2. 1, 3, , 24, 25, 1, 1,
3. CONTINUE
4. CHANGE STATE
5. 1, 3, , 24, 26, 1, 1,
6. CONTINUE
7. CHANGE STATE
8. 1, 3, , 24, 27, 1, 1,
9. CONTINUE

例2)

1. CHANGE STATE
2. 1, 3, , 24, 25, 3, 1,
3. CONTINUE

25~27の各インクリメントの温度に
対する結果が求められる。

途中の26インクリメントの結果は、
必ずしもPOSTテープに書かれない。

最終結果は、例1、例2とも同じである。

(3) 解析の実行

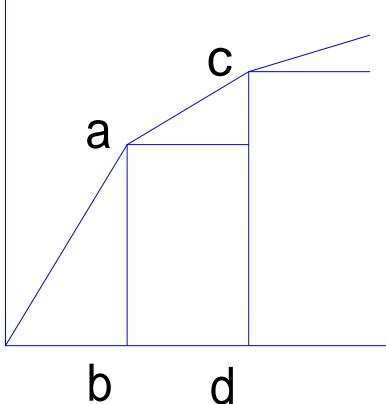
M A R C プログラムの解析実行

m a r c K 7 1 - j i d A - p i d B - b n

B.t19 : ポストテープに温度情報が存在すること

(4) 热応力解析の例

| | |
|---|---|
| <p>TITLE J O B 1 SIZING 1000000 108 137 274 ELEMENTS 82 ELEMENTS 10 LARGE DISP THERMAL(热応力解析) PRINT,3, ALL POINTS END CONNECTIVITY 1 82 1 2 3 4 COORDINATES 1 0.0000+00 0.0000+00 0.0000+00 INITIAL STATE(初期温度の設定) 1,4,1, 150, 1 TO 108 1 TO 4 MOONEY(線熱膨張係数を入力のこと) 2 1,1,1,1.7E 4,1,1,1, 1 TO 94 ISOTROPIC 21000,0.29,1,0,200,0, 95 TO 108 FIXED DISP 0.00000+0 0.00000+0 1 1 2 4 ... 0.00000+0 0.00000+0 1 2 130 T0 137 NO PRINT POST(結果 : 9 = 温度を入力のこと) ,16,17,1,0,19,20,0,1,0,6, 9, END OPTION AUTO THERM(自動熱荷重 : 最大温度変化入力) 20, CHANGE STATE(求める温度の設定) 1,4,1, 25, 1 TO 108 1 TO 4 CONTINUE(热応力解析の終了)</p> | <p>DISP CHANGE 0.00000+0 0.00000+0 1 1 2 4 ... 5.50000+0 2 130 T0 137 CONTROL 99999,10,0,0,0,1,0,0,1,0, 0.1,0,0,0,0,0, AUTO LOAD 1 0 TIME STEP 1.00000+0 CONTINUE</p> |
|---|---|



熱伝導解析

(1) 热伝導解析(定常問題)の定義

要素は、熱伝導要素(Solid: 金属・ゴム #43)を使用する

パラメータ・カード HEAT(熱伝導解析)

1. HEAT

パラメータ・カード LUMP(集中熱容量マトリックス)

1. LUMP

対角化マトリックスとする

モデル・ディイション・カード ISOTROPIC(等方性材料の定義)

1. ISOTROPIC

2. ブランク行

3. 材料識別番号,

4. 1. 热伝導率(kcal/mm·s·K),

4. 2. 比熱×G(kcal·mm/Kg·K·s²),4. 3. 質量密度×G(Kg·s²/m⁴),

4. 4. 比抵抗(ジュール解析の時のみ),

4. 5. 放射率(パラメータ・カード: RADIATIONと併用の場合入力),

5. ゴム又は金属要素リスト

モデル・ディイション・カード PROPERTY(材料定数データ: もしくはISOTROPIC)

1. PROPERTY

2. ブランク行

3. 热伝導率, 比熱, 質量密度, 比抵抗, 放射率, 0, 0, 材料識別番号,

4. 要素リスト

質量密度: 比熱との積で熱容量を決めるため必要

比抵抗: ジュール解析の時のみ

放射率: パラメータ・カード: RADIATIONと併用の場合入力

モデル・ディイション・カード INITIAL TEMP(初期温度)

1. INITIAL TEMP

2. ブランク行

3. 初期温度, ... 方法1、別法は異方性材料等に使用

4. 全節点リスト,

モデル・ディイション・カード FIXED TEMPERATURE(温度境界条件)

1. FIXED TEMPERATURE

2. ブランク行

3. 温度,

4. 3. 温度を適用する節点リスト,

モデル・ディイション・カード TEMPERATURE EFFECTS(温度依存性 - 応力解析)

1. TEMPERATURE EFFECTS, DATA(方法2のみ),

[以下、方法2]

2. 热伝導率データ数, 比熱データ数, 潜熱データ数,

3. 温度勾配a, 温度b,

c, d,

モデル・ディイション・カード FILMS(熱伝達係数)

1. FILMS

2. ブランク行

3. 热伝達タイプ, 热伝達係数, 霧囲気温度 a

4. 要素リスト

モデル・ディイション・カード POST(出力結果)

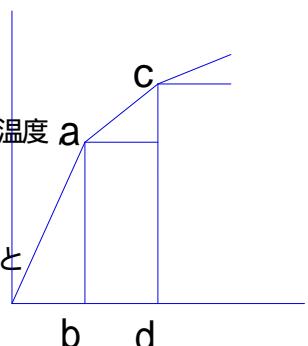
1. POST

2. MARCマニュアル: C編参照のこと

3. 180(温度),

ヒストリ・ディイション・カード CONTROL(コントロール)

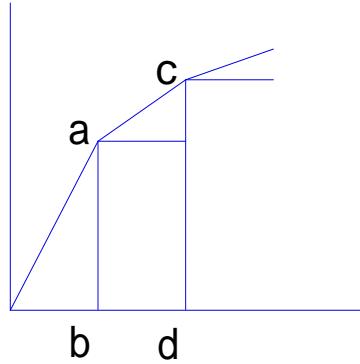
1. CONTROL



ヒストリ・ディフィニション・カード 2. 9999, 10, 0,
 3. 最大温度変化(デフォルト: 20), 最大許容変化温度(デフォルト: 100),
 TRANSIENT NON AUTO(自動熱伝導荷重)
 1. TRANSIENT NON AUTO
 2. 時刻刻み, 全時間, ,
 ヒストリ・ディフィニション・カード STEADY STATE(定常熱伝導解析)
 1. STEADY STATE

(2) 热伝導解析の例

| | |
|---|---|
| TITLE JOB1 SIZING 1000000 20 30 33 ALL POINTS DIST LOADS 3 20 FILMS 3 20 ELEMENTS 39 LUMP(熱容量マトリックスによる行列の対角化) HEAT(熱伝導解析) END CONNECTIVITY 1 82 1 2 3 4 | CONTROL 9999,10,1, 1.000E+00,5.000E+01,2.000E+01 STEADY STATE(定常熱伝導解析) FILMS 0 5.288E-06 6.000E+02 1,11, 8 7.080E-05 3.000E+02 10,20, CONTINUE |
| COORDINATES 1 0.0000+00 0.0000+00 0.0000+00 | |
| ISOTROPIC(材料定数) 1 9.150E-05,1.030E-01,9.120E-07,0,0, 1 TO 20 TEMPERATURE EFFECTS DATA(温度依存性) 3,0,0,0,0,0,1, 9.150000E-05,3.000000E+02, 8.900000E-05,6.000000E+02, 8.900000E-05,7.000000E+02, GEOMETRY 50,0,0,0,0,0, 1 TO 20 FILMS(熱伝導係数) 0 5.288E-06 6.000E+02 1,11, 8 7.080E-05 3.000E+02 10,20, INITIAL TEMP(初期温度) 3.000E+02 1 TO 33 POST(結果: 180 = 温度) 1,1,0, 180, END OPTION CONTROL(コントロール) 9999,10,1, 2.000E+01,5.000E+01,2.000E+01 | |



```

TRANSIENT(自動熱伝導荷重)
3.000E+00 3.000E+00 50
FILMS

0 5.288E -06 6.000E+02
1,11,
8 7.080E -05 3.000E+02
10,20,
CONTINUE

```

(3) 節点温度による熱伝導解析の定義

支承ゴムの加硫時の熱伝導状態を表現したデータを基にして、設定方法を説明する。

要素は、熱伝導要素を使用する

| | |
|-----------------|---|
| パラメータ・カード | HEAT(熱伝導解析) |
| | 1. HEAT |
| パラメータ・カード | LUMP(集中熱容量マトリックス) |
| | 1. LUMP |
| モデル・ディイション・カード | ISOTROPIC(等方性材料の定義) |
| | 1. ISOTROPIC |
| | 2. ブランク行 |
| | 3. 材料識別番号 , |
| | 4. 1. 热伝導率(kcal/mm·s·K) , |
| | 4. 2. 比熱 × G(kcal·mm/Kg·K·s ²) , |
| | 4. 3. 質量密度 × G(Kg·s ² /mm ⁴) , |
| | 4. 4. 比抵抗(ジュール解析の時のみ) , |
| | 4. 5. 放射率(パラメータ・カード : RADIATIONと併用の場合入力) , |
| | 5. ゴム又は金属要素リスト |
| モデル・ディイション・カード | INITIAL TEMP(初期温度) |
| | 1. INITIAL TEMP |
| | 2. ブランク行 |
| | 3. 初期温度 , |
| | 4. 全節点リスト , |
| モデル・ディイション・カード | FIXED TEMPERATURE(温度境界条件) |
| | 1. FIXED TEMPERATURE |
| | 2. ブランク行 |
| | 3. 温度 , |
| | 4. 3. 温度を適用する節点リスト , |
| モデル・ディイション・カード | FILMS(熱伝達係数) |
| | 1. FILMS |
| | 2. ブランク行 |
| | 3. 热伝達タイプ , 热伝達係数 , 霧囲気温度 , |
| | 4. 面リスト |
| モデル・ディイション・カード | CONTROL(コントロール) |
| | 1. CONTROL |
| | 2. 最大ステップ数(9999) , 最大リサイクル数(10) , 最小リサイクル数(0) , |
| | 3. 最大温度変化 , 最大許容変化温度 , 0 , |
| | 最大温度変化 : デフォルト=20 、 TRANSIENT使用の時 |
| | 最大許容変化温度 : デフォルト=100 、 |
| | 3.3 : 0 = 非線形形状の強い潜熱・放射境界条件の解析は、 |
| | 別途指示すると精度向上 |
| モデル・ディイション・カード | POST(出力結果) |
| | 1. POST |
| | 2. MARCHマニュアル : C編参照のこと |
| | 3. 180(温度) , |
| ヒストリ・ディイション・カード | CONTROL(コントロール) |
| | 1. CONTROL |
| | 2. 最大ステップ数(9999) , 最大リサイクル数(10) , 最小リサイクル数(0) , |

3. 最大温度变化, 最大許容变化温度, 0,
 ヒストリ・ディイニション・カード TRANSIENT NON AUTO(自動熱伝導荷重)
 1. TRANSIENT NON AUTO
 2. 時刻刻み, 全時間, , 0,

TRANSIENT NON AUTOをTRANSIENTとすると、
 解析結果が必要なところで落ちないことがある。

ヒストリ・ディイニション・カード CONTINUE(終了)

1. CONTINUE

ヒストリ・ディイニション・カード STEADY STATE(定常熱伝導解析)

1. STEADY STATE

ヒストリ・ディイニション・カード CONTINUE(終了)

1. CONTINUE

ヒストリ・ディイニション・カード TEMP CHANGE(温度境界条件変更)

1. TEMP CHANGE

2. 0,

3. 温度,

4. 3. 温度を適用する節点リスト, | FIXED TEMPERATUREと同じ方法で入力する

(4) 節点温度による熱伝導解析の例

```

TITLE      JOB1
SIZING      1000000 1815 2304 2304
ELEMENTS    43(SOLID・熱伝導要素：金属・ゴム)
HEAT(熱伝導解析)
ALL POINTS
LUMP(熱容量マトリックスによる行列の対角化)
END
CONNECTIVITY

  1   43   148   152   156   4   8 ...
  1815   43   2229  2242  2249  2237  2085 ...
COORDINATES
  3   2304
    1 2.10000+2 1.95000+2 1.23000+2
  2304 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0
ISOTROPIC(材料定数1)

  1 熱伝導率 比熱 質量密度
  1.92000-6 9.36000+2 7.8000-10 0,0,
    1      T0      700 (ゴム要素リスト)
ISOTROPIC(材料定数2)

  2
  3.82400-8 3.27600+3 1.1600-10 0,0,
    701      T0      1815 (金属要素リスト)
INITIAL TEMP(初期温度)

  2.50000+1
    1      T0      2304
FIXED TEMPERATURE(温度境界条件)

  1.30000+2
    1      2      3      4 ...      C
  2298   2299   2300   2301
NO PRINT
POST(結果)
  1,16,17,1,0,19,20,0,1,0,6,
  180, (温度)

```

```

END OPTION
CONTROL(コントロール)
9999 10 0
2.00000+1 1.00000+2 0.00000+0
TRANSIENT NON AUTO(自動熱伝導荷重)
60,3600,,0,,,,
CONTINUE
TRANSIENT NON AUTO(自動熱伝導荷重)
600,3600,,0,,,,
CONTINUE
STEADY STATE(定常熱伝導解析)
CONTINUE

```

熱伝導解析

(1) 热伝達係数及び雰囲気温度による熱伝導の定義

要素は、熱伝導要素を使用する

パラメータ・カード HEAT(熱伝導解析)

1. HEAT

パラメータ・カード LUMP(集中熱容量マトリックス)

1. LUMP

対角化マトリックスとする

モデル・ディフィニション・カード ISOTROPIC(等方性材料の定義)

1. ISOTROPIC

2. ブランク行

3. 材料識別番号 ,

4. 1. 热伝導率(kcal/mm·s·K) ,

4. 2. 比熱×G(kcal·mm/Kg·K·s²) ,4. 3. 質量密度×G(Kg·s²/mm⁴) ,

4. 4. 比抵抗(ジュール解析の時のみ) ,

4. 5. 放射率(パラメータ・カード : RADIATIONと併用の場合入力) ,

5. ゴム又は金属要素リスト

モデル・ディフィニション・カード INITIAL TEMP(初期温度)

1. INITIAL TEMP

2. ブランク行

3. 初期温度 ,

4. 全節点リスト ,

モデル・ディフィニション・カード FILMS(熱伝達係数) MENTATのFILM FLUXで与える

1. FILMS

2. ブランク行

3. 热伝達タイプ , 热伝達係数 , 雰囲気温度 ,

4. 面リスト

時間・温度等に依存する非線形の熱伝達条件は、

ユーザーサブルーチン FILMを用いて入力する(MARC D.2 20参照)

モデル・ディフィニション・カード POST(出力結果)

1. POST

2. MARCマニュアル: C編参照のこと

3. 180(温度) ,

ヒストリ・ディフィニション・カード CONTROL(コントロール)

1. CONTROL

2. 最大ステップ数(9999) , 最大リサイクル数(10) , 最小リサイクル数(0) ,

3. 最大温度変化 , 最大許容変化温度 , 0 ,

最大温度変化: デフォルト=20 , TRANSIENT使用の時

最大許容変化温度: デフォルト=100 ,

3 3 : 0 = 非線形形状の強い潜熱・放射境界条件の解析は、
別途指示すると精度向上

ヒストリ・ディフィニション・カード TRANSIENT NON AUTO(自動熱伝導荷重)

1. TRANSIENT NON AUTO

2. 時刻刻み, 全時間, , 0 ,

TRANSIENT NON AUTOをTRANSIENTとすると、

解析結果が必要なところで落ちないことがある。

ヒストリ・ディフィニション・カード CONTINUE(終了)
1. CONTINUE

(2) ユーザー・サブルーチン FILMの例

```

SUBROUTINE FILM(H,TINF,TS,N,TIME)
DIMENSION TS(3),N(5),FF(11),TT(11)
DATA FF/100.,600.,700.,850.,1000.,1200.,70.,250.,0.,500.,650. /
DATA TT/6*200.,400.,1600.,0.,1600.,1600. /
C* * * * *
C
C      USER SUBROUTINE TO DEFINE FILM COEFFICIENT AND SINK
C      TEMPERATURE RATIOS FOR HEAT TRANSFER.
C* * * * *
M=N(1)
INDEXH=N(4)
INDEXT=N(5)
H=1.
TINF=1.
IF(INDEXH.EQ.0.AND.INDEXT.EQ.0)GO TO 110
FAC=1./(144.*3600.)
H=FF(INDEXH)*FAC
TINF=TT(INEXT)
100 CONTINUE
110 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE FLOW(II,IFACE,N1,NBSURF,STOT,RATE,TINLET,SURFJ,TSURJ,
* HJ, TFLUID,TIMINC,CPTIME)
DIMENSION SURFJ(4),TSURJ(4),HJ(4),
C*****
C      USER SUBROUTINE FLOW FOR FLUID CHANNEL OPTION IN HEAT TRANSFER
C      ANALYSIS
C      USER INPUT OF MASS FLOW RATE(RATE), INLET TEMPERATURE(TINLET).
C      AND FILM COEFFICIENT HJ
C
C*****
FAC=1./(144.*3600.)
IF(N1.EQ.1.OR.N1.EQ.24.OR.(N1.GE.30.AND.N1.LE.37))FILM=600.
IF(N1.EQ.25)FILM=700.
IF(N1.EQ.26)FILM=850.
IF(N1.EQ.27.OR.N1.EQ.28)FILM=1000.
IF(N1.EQ.29)FILM=1200.
DO 100 LA1=1,NBSURF
HJ(LA1)=FILM*FAC
RETURN
END

```

(3) 節点温度 霧用気温度による熱伝導解析の例(積層ゴム)

```

TITLE      JOB1
SIZING    1000000 1815 2304 2304
ELEMENTS   43(SOLID・熱伝導要素：金属・ゴム)
HEAT(熱伝導解析)
ALL POINTS
LUMP(熱容量マトリックスによる行列の対角化)
FILMS    573
END
CONNECTIVITY

```

1 43 148 152 156 4 8 ...

```
1815 43 2229 2242 2249 2237 2085 ...
COORDINATES
 3 2304
 1 2.10000+2 1.95000+2 1.23000+2

2304 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0
ISOTROPIC(材料定数 1 )

 1 热伝導率          比熱          质量密度
1.65000 -5 1.00000+3 7.8000 -10 0.00000+0 0.00000+0
 1      T0      700 (ゴム要素リスト)
ISOTROPIC(材料定数 2 )

 2
3.58000 -8 3.27800+3 1.2000 -10 0.00000+0 0.00000+0
 701      T0      1815 (金属要素リスト)
INITIAL TEMP(初期温度)

2.50000+1
 1      T0      2304
FILMS(熱伝達係数)

 6 1.0000 -10 1.30000+2
 701      703      705      707      709      711 ...   C
 1811      1813      1815
12 1.0000 -10 1.30000+2
 701      702      704      706      708      710 ...   C

 1810      1812      1814
 0 1.0000 -10 1.30000+2
 1765      T0      1815
 4 1.0000 -10 1.30000+2
 701      T0      721
 0 1.00000 8 1.30000+2
 601      T0      700
 4 1.00000 -8 1.30000+2
 1      T0      100

NO PRINT
POST(結果)
1,16,17,1,0,19,20,0,1,0,6,
180,(温度)
END OPTION
CONTROL(コントロール)
9999 10 0
 2.00000+1 1.00000+2 0.00000+0
TRANSIENT NON AUTO(自動熱伝導荷重)
60,3600,,0,,,
CONTINUE
TRANSIENT NON AUTO(自動熱伝導荷重)
600,5000,,0,,,
CONTINUE
```

熱ギャップ

(1) 热ギャップの定義

パラメータ・カード

HEAT(熱伝導解析)

1. HEAT

モデル・ディフィニション・カード

PROPERTY(材料定数データ)

1. PROPERTY

2. データの組数,

3. 热伝導率, 比熱, 質量密度, 比抵抗, 放射率, 0, 0, 材料識別番号,

4. 要素リスト

質量密度: 比熱との積で熱容量を決めるため必要

比抵抗: ジュール解析の時のみ

放射率: パラメータ・カード: RADIATIONと併用の場合入力

モデル・ディフィニション・カード

TEMPERATURE_EFFECTS(温度依存性 - 応力解析)

1. TEMPERATURE_EFFECTS, DATA(方法2のみ),
[以下、方法2]

2. 热伝導率データ数, 比熱データ数, 潜熱データ数,

3. 温度勾配a, 温度b,
c, d,

モデル・ディフィニション・カード

INITIAL_TEMP(初期温度)

1. INITIAL_TEMP

2. ブランク行

3. 初期温度,

4. 全節点リスト,

モデル・ディフィニション・カード

CONRAD_GAP(対面間の対流/放射)

1. CONRAD_GAP

2. データの組数,

3. 1. 热通過方向を示す面識別番号,

3. 2. 放射率,

3. 3. スティアン・ボルツマン定数(τ フォルト= 0.1714×10^{-8} BTU/HR FT² R⁴),

3. 4. 絶対温度への変換定数(ケルビン温度=273.15 + 摂氏温度),

3. 5. 热通過率,

3. 6. ギャップ温度,

4. 要素番号リスト,

モデル・ディフィニション・カード

CHANNEL(流路の定義)

1. CHANNEL

2. データの組数,

3. 1. 構造材との接触面方向を示す面識別番号,

3. 2. 流路の入口部を構成する要素の番号,

3. 3. 流体の入口温度,

3. 4. 質量流量(質量/時間),

3. 5. 構造材に対する熱伝達率,

4. 流路部分の要素リスト,

モデル・ディフィニション・カード

FILMS(熱伝達係数) MENTATのFILM FLUXで与える

1. FILMS

2. ブランク行

3. 热伝達タイプ, 热伝達係数, 霧囲気温度,

4. 面リスト

時間・温度等に依存する非線形の熱伝達条件は、
ユーザーサブルーチン FILMを用いて入力する(MARC D.2.20参照)

ヒストリ・ディフィニション・カード

CONTROL(コントロール)

1. CONTROL

2. 最大ステップ数(9999), 最大リサイクル数(10), 最小リサイクル数(0),

3. 最大温度変化, 最大許容変化温度, 0,

最大温度変化: デフォルト=20、TRANSIENT使用の時

最大許容変化温度: デフォルト=100、

3.3: 0 = 非線形形状の強い潜熱・放射境界条件の解析は、
別途指示すると精度向上

ヒストリ・ディイニシヨン・カード TRANSIENT NON AUTO(自動熱伝導荷重)

1. TRANSIENT NON AUTO

2. 時刻刻み, 全時間, , 0,

TRANSIENT NON AUTOをTRANSIENTとすると、
解析結果が必要なところで落ちないことがある。

ヒストリ・ディイニシヨン・カード CONTINUE(終了)

1. CONTINUE

(2) 热ギャップの例

```

TITLE PROB 5.14 HEAT
TITLE STEADY STATE TEMPERATURE DISTR ~
TITLE NOZZLE (2D PLANAR MODEL)
TITLE PROB 5.14 HEAT - ELMT 39
SIZING,1000000,
ELEMENTS 39
HEAT(热伝導解析)
PRINT,7,
END
DEFINE ELEMENT SET WHOLE
1 TO 103
DEFINE ELEMENT SET GAP1
38 TO 45
DEFINE ELEMENT SET GAP2
82 TO 89
DEFINE ELEMENT SET CHANL
1 AND 30 TO 37 AND 24 TO 29
DEFINE ELEMENT SET STEEL
WHOLE EXCEPT GAP1 EXCEPT GAP2 EXCEPT CHANL
CONNECTIVITY
 103   0   1
    1   39   27   41   40   26

COORDINATES

PROPERTY(材料定数)
3, 热伝導率 比热 质量密度 比热容
1.85E 4,0.1,0.285,0.,0.,0.,0.,1,
STEEL(セット名)
0.,0.4625,0.,0.,0.,0.,0.,2,
CHANL(セット名)
0.,0.,0.,0.,0.,0.,0.,3,
GAP1 AND GAP2(セット名)
TEMPERATURE EFFECTS(温度依存性)
4,3,0,0,0,1,
1.5E -7,0.,
1.25E -7,400.,
1.15E -7,600.,
0.96E -7,800.,
1.5E 4,0.,
0.3E 4,400.,
0.45E 4,800.,
TEMPERATURE EFFECTS(温度依存性)
1,1,0,0,0,2,
4.951E -11,0.,
5.2500E 4,0,0
INITIAL TEMP(初期温度)

1,
70.,
1      T0      1442

```

CONRAD GAP(対面間の対流 / 放射)

2,
1,1.,3.,306E -15,459.7,0.,2000.,
GAP1(要素番号) 熱伝導率

1,1.,3.,306E -15,459.7,0.,2000.,
GAP2(要素番号) 熱伝導率

CHANNEL(流路の定義)

1,
2,1,2000.,0.02778,0.,
CHANL

CONTROL(コントロール)

10,
10000.,10000.,
FILMS(熱伝達係数)

TRANSIENT NON AUTO(自動熱伝導荷重)

10000.,10000.,
CONTINUE

TRANSIENT NON AUTO(自動熱伝導荷重)

10000.,10000.,
CONTINUE

(1) 热放射の定義

軸対称問題のみ使用できる

軸対称問題以外であれば 热ギャップによる定義がよい

パラメータ・カード

HEAT(熱伝導解析)

1. HEAT

パラメータ・カード

RADIATION(熱放射形態係数の算定)

1. RADIATION, 0, 0, 1 (摂氏=1 絶対温度=2 華氏=3),

モデル・ディイション・カード

PROPERTY(材料定数データ)

1. PROPERTY

2. データの組数,

3. 热伝導率, 比熱, 質量密度, 比抵抗, 放射率, 0, 0, 材料識別番号 ,

4. 要素リスト

質量密度 : 比熱との積で熱容量を決めるため必要

比抵抗 : ジュール解析の時のみ

放射率 : パラメータ・カード : RADIATIONと併用の場合入力

モデル・ディイション・カード

RADIATING CAVITY(熱放射空間)

1. RADIATING CAVITY

2. 热放射空間の数 ,

3. 閉室間の外形(反時計回り)を構成する節点のリスト ,

モデル・ディイション・カード

TEMPERATURE EFFECTS(温度依存性 - 応力解析)

1. TEMPERATURE EFFECTS, DATA(方法2のみ),
[以下、方法2]

2. 热伝導率データ数, 比熱データ数, 潜熱データ数 ,

3. 温度勾配 a , 温度 b ,

c , d ,

モデル・ディイション・カード

FIXED TEMPERATURE(温度境界条件)

1. FIXED TEMPERATURE

2. ブランク行

3. 温度 ,

4. 3. 温度を適用する節点リスト ,

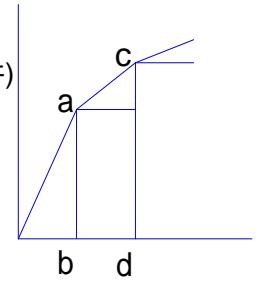
モデル・ディイション・カード

CONTROL(コントロール)

1. CONTROL

2. 最大ステップ数(9999), 最大リサイクル数(10), 最小リサイクル数(0) ,

3. 最大温度変化, 最大許容変化温度 , 0 ,

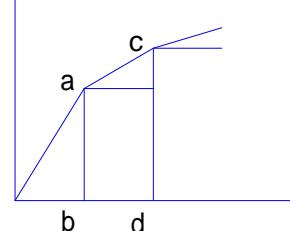


最大温度変化: デフォルト=20、TRANSIENT使用の時
 最大許容変化温度: デフォルト=100、
 3 3 : 0 = 非線形形状の強い潜熱・放射境界条件の解析は、
 別途指示すると精度向上

モード・ディフィニション・カード POST(出力結果)
 1. POST
 2. M A R C マニュアル: C 編参照のこと
 3. 9(温度),
 ヒストリ・ディフィニション・カード S T E A D Y S T A T E (定常熱伝導解析)
 1. S T E A D Y S T A T E
 ヒストリ・ディフィニション・カード C O N T I N U E (終了)
 1. C O N T I N U E

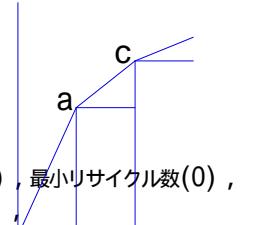
(2) 热放射の例

TITLE PROBLEM E5.15
 TITLE RADIATING CONCENTRICAL SPHRICAL BODIES ~
 SIZING,1000000
 ELEMENTS 42
 HEAT(熱伝導解析)
 RADIATION(熱放射形態係数の算定)
 END
 CONNECTIVITY
 48,,1,
 1 42 1 3 19 17 2 ...
 COORDINATES
 RADIATING CAVITY(熱放射空間)
 1,
 6,14,22,30,38,46, ~
 PROPERTY(材料定数)
 ,
 1.E 4,,,0.3,(比熱・質量密度を与えると非定常可)
 1 TO 48
 TEMPERATURE EFFECTS DATA(温度依存性)
 0,0,0,0,2,
 .3,300.,
 .5,500.,
 FIXED TEMPERATURE(温度境界条件)
 2,
 332.561,
 1 TO 193 BY 16 AND 11 TO 187 BY 16
 532.114,
 10 TO 202 BY 16 AND 16 TO 192 BY 16
 CONTROL(コントロール)
 2,20,
 1000.,1000.,0.1,
 POST(結果)
 1,
 9,(温度)
 END OPTION
 STEADY STATE(定常熱伝導解析)
 CONTINUE



分布熱流束

(1) 分布熱流束の定義

| | |
|---|---|
| パラメータ・カード | HEAT(熱伝導解析) 1. HEAT |
| モデル・ディフィニション・カード | PROPERTY(材料定数データ) 1. PROPERTY 2. データの組数, 3. 热伝導率, 比熱, 質量密度, 比抵抗, 放射率, 0, 0, 材料識別番号, 4. 要素リスト 質量密度 : 比熱との積で熱容量を決めるため必要 比抵抗 : ジュール解析の時のみ 放射率 : パラメータ・カード : RADIATIONと併用の場合入力 |
| モデル・ディフィニション・カード | FILMS(熱伝達係数) MENTATのFILM FLUXで与える 1. FILMS 2. ブランク行 3. 热伝達タイプ, 热伝達係数, 霧囲気温度, 4. 面リスト |
| 時間・温度等に依存する非線形の熱伝達条件は、 ユーザー・サブルーチン FILMを用いて入力する(MARC D.2 20参照) | |
| モデル・ディフィニション・カード | DIST FLUXES(分布熱流束) 1. DIST FLUXES 2. データの組数, 3. 热流束のタイプ(MARCマニュアルB編参照), 分布流束の大きさ(総量), , 4. 要素番号リスト, |
| FILMSによる条件の与え方が異なるのみで、通常の熱伝導と同じ。 ユーザー・サブルーチンを用いて、複雑な条件設定をしている。 | |
| モデル・ディフィニション・カード | INITIAL TEMP(初期温度) 1. INITIAL TEMP 2. ブランク行 3. 初期温度, ... 方法1、別法は異方性材料等に使用 4. 全節点リスト, |
| モデル・ディフィニション・カード | FIXED TEMPERATURE(温度境界条件) 1. FIXED TEMPERATURE 2. ブランク行 3. 温度, 4. 3. 温度を適用する節点リスト, |
| モデル・ディフィニション・カード | TEMPERATURE EFFECTS(温度依存性 - 応力解析) 1. TEMPERATURE EFFECTS, DATA(方法2のみ), [以下、方法2] 2. 热伝導率データ数, 比熱データ数, 潜熱データ数, 3. 温度勾配a, 温度b, c, d, |
| モデル・ディフィニション・カード | CONTROL(コントロール) 1. CONTROL 2. 最大ステップ数(9999), 最大リサイクル数(10), 最小リサイクル数(0), 3. 最大温度変化, 最大許容変化温度, 0 |
|  最大温度変化 : デフォルト=20 、 TRANSIENT使用の時 最大許容変化温度 : デフォルト=100 、 3 3 : 0 = 非線形形状の強い潜熱・放射境界条件の解析は、 別途指示すると精度向上 | |
| モデル・ディフィニション・カード | POST(出力結果) 1. POST 2. MARCマニュアル: C編参照のこと 3. 9(温度), |
| ヒストリ・ディフィニション・カード | TRANSIENT NON AUTO(自動熱伝導荷重) 1. TRANSIENT NON AUTO 2. 時刻刻み, 全時間, , 0, |
| TRANSIENT NON AUTOをTRANSIENTとすると | |

解析結果が必要なところで落ちないことがある。
ヒストリ・ディフィニション・カード CONTINUE(終了)
1. CONTINUE

(2) 分布熱流束の例

```

TITLE      PROB 5.8   HEAT - ELMT 41
SIZING,42000,
ELEMENTS 41
HEAT(熱伝導解析)
INPUT TAPE 1
MESH PLOT,0,
END
MESH2D
BLOCKS
 4 14 41 2 1
DEFINE
 1 4 4 2 4 3 1

BOUNDARY
 1 15.      25.
 14 6.29    5.17
MERGE
.00001
GENERATE
CONNECTIVITY
0,1,
COORDINATES
0,0,1,
FILMS(熱伝達係数)
 2 5
1,1.,1.,
1 TO 4 AND 17 TO 18 AND 25 TO 26 AND 33 TO 34
11,1.,1.,
13 TO 16 AND 23 TO 24
DIST FLUXES(分布熱流束)

12,.0001,
1 TO 13 BY 4
INITIAL TEMP(初期温度)
 1
70.,
1 TO 149
FIXED TEMPERATURE(温度境界条件)
 1
70.,
118 TO 121 AND 146 TO 149 AND 93
CONTROL(コントロール)
 50
50.    200.    50.
PROPERTY(材料定数)
 1
.000213 .105    .283
1 TO 40
TEMPERATURE EFFECTS(温度依存性)
 1 1 0
 9.26    E 8 0.
.00003    0.
POST(結果)
 1,

```

```

9(温度)
RESTART
 1 1
OPTIMIZE 2
 10
END OPTION
TITLE
  HEAT TRANSFER EXAMPLE MESH
CONTINUE
END PLOT
0,
TRANSIENT (自動熱伝導荷重)
 100 10000. 40
CONTINUE

```

座屈解析

パラメータ・カード

BUCKLE (固有値解析による座屈荷重の算定)

- 1 1. BUCKLE,
- 1 2. モード抽出最大個数,
- 1 3. 正の固有値を持つ座屈モードの抽出個数,
- 1 4. ポストテープへモード応力・固有ベクトルを書き込むときは"1"を入力,

パラメータ・カード

LARGE DISP(大変形解析)

1. LARGE DISP

線形座屈には必要ない

モード・イフィニション・カード

BUCKLE INCREMENT(座屈解析を行うインクリメントの指定)

- 1 . BUCKLE INCREMENT
- 2 1 . モード当たりの最大反復回数(デフォルト=40),
- 2 2 . 収束許容値(デフォルト=0.0001),
- 2 3 . フーリエ座屈解析の場合、"1"を入力,
- 2 4 . 固有ベクトルをポストテープに書き出す場合、"1"を入力,
- 2 5 . 自動不安定座屈解析の場合"1"を、マニュアルの場合"2"を入力,
- 2 6 . 不安定座屈解析で使用する座屈モード,
- 2 7 . 正規化座屈モードの時に掛け合わせて座標に追加するスケール係数,
- 3 . フーリエ座屈解析の場合のみ、このカードを入力する
座屈固有値を求める展開項のリスト,
- 4 . モードの抽出を行うインクリメント番号のリスト,
座屈荷重計算を行う

ヒストリ・イフィニション・カード

BUCKLE(座屈解析)

- 1 . BUCKLE
- 2 1 . モード当たりの最大反復回数(デフォルト=40),
- 2 2 . 収束許容値(デフォルト=0.0001),
- 2 3 . フーリエ座屈解析の場合のみ、このデータを入力する
座屈固有値を求める展開項の番号,
- 2 4 . 次の増分で不安定座屈を発生させる場合"1"を入力,
- 2 5 . 座屈解析で使用するモード番号,
- 2 6 . 正規化モードで掛け合わせ、次の増分で座標に追加するスケールファクターを入力,
べき乗法による収束判定値などを入力する

非線形性の非常に強いものについて、BUCKLEは正解を与えない。

よって、AUTO INCREMENTにより飛び移り座屈後の挙動を追従する。

ヒストリ・イフィニション・カード

AUTO INCREMENT(荷重増分自動調節機能)

- 1 . AUTO INCREMENT
- 2 1 . 全荷重増分に対する最初の増分量の比率,
- 2 2 . 最大ステップ数,
- 2 3 . リサイクル数(デフォルト=5),
- 2 4 . 最大増分量の全荷重増分に対する割合(デフォルト=1.0),
- 2 5 . 初期に与えられた弧長増分に対する最大弧長増分の比,
- 2 6 . 対応すべき全時間(デフォルト=1.0),

ヒストリ・ディイニション・カード RECOVER (固有値モードのポスト出力)

- 1 . RECOVER
- 2 . 1 . 始めのモード番号(デフォルト=1),
- 2 . 2 . 終わりのモード番号(デフォルト=BUCKLEで定めたモード数),
- 2 . 3 . 0 : 固有ベクトルの書き込み
1 : 反力計算
2 : 応力と反力計算(パラメータ BUCKLE の 3 番目フィールドに"1"を入力)
モード応力、固有ベクトルを制御する

例)

```

title      bu
sizing      500000  80 189
elements     7
large disp (大変形解析)
buckle,3,1, (固有値解析による座屈荷重の算定)
end
connectivity
 80  0  0
  1   7  70  90  30   1   4   5   2

coordinates
 3 189
 1 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

control
 100  3  0  0  0  1  0  0
  0.10      0.0
restart
1,1,
post
 16 17   1   0  19  20
 17
 11
 12
 13
end option
buckle (座屈解析)
40,0.001,
continue
recover (固有値モードのポスト出力)
0,100,0,
continue

```

スプリングバック解析

弾塑性の成形解析では、スプリングバックの評価を行うことがある。
releaseオプションを使用して、剛体壁のボディー番号を指定すると、
その剛体壁と接触している節点の状態を一時に接触から解離に切り換えられる。

モデル・ディイニション・カード CONTACT (接触ボディーの定義)

別紙: 接触の頁を参照のこと

ヒストリ・ディイニション・カード RELEASE (スプリングバック解析)

1 . RELEASE

2 . 接触から解離に切り換える剛体壁のボディー番号リスト、
CONTACTと組み合わせて使用する

同時に MOTION CHANGE を使用し、
剛体壁を接触面から遠ざけることが必要

ヒストリ・ディフィニション・カード MOTION CHANGE (剛体壁速度の変更: 2次元)

1. MOTION CHANGE

2. ブランク行,

3. 剛体壁のボディー番号

4. V_x, V_y , 角速度(rad/s), 摩擦係数 μ ,

ヒストリ・ディフィニション・カード MOTION CHANGE (剛体壁速度の変更: 3次元)

1. MOTION CHANGE

2. ブランク行,

3. 剛体壁のボディー番号

4. V_x, V_y, V_z , 角速度(rad/s), 摩擦係数 μ ,

例)

| | |
|--------------------------------|--------------------------|
| title,k4-1 spring back | post |
| sizing,1000000, | ,,,1, , , , , ,2, |
| elements,10, | 7, |
| large disp | 12, |
| update | 17, |
| finite | print choice |
| print,5, | 1,2,1, |
| end | 1,1, |
| connectivity | 1,1,21,21, |
| ,1, | 1, |
| coordinates | control |
| ,,1, | 1000,10, |
| property | end option |
| 20000,0.3, , , 20(塑性に関する係数), , | time step |
| 1 to 60 | 4, |
| work hard | auto load |
| 1, | 10, |
| 5000,, | continue |
| geometry | spring back前 |
| ,1, | disp change |
| 1 to 60 | spring back後 |
| fixed disp | |
| 0, | 0, |
| 1, | 1, |
| 84, | 84, |
| 0, | 0, |
| 2, | 2, |
| 1,22,43,64, | 1,22,43,64, |
| contact (接触) | release (スプリングバック解析) |
| 3,300,300, | 1,2,3, 一時的に解離に切り換える |
| ,0.1, | motion change (剛体壁速度の変更) |
| 1,0, (変形体) | 2, 剛体を素早く移動 |
| ,, | 2, |
| 1 to 60 | 1,0,0, |
| 2,3, (剛体) | 3, |
| ,, | -1,0,0, |
| 1,2, | time step |
| 5,110, | 10, |
| 5,90, | auto load |
| 2,0, | 1, |
| 5,90, | continue |
| 35,60, | |
| 35,90, | |

```

30,
1,2,
35,60,
85,60,
3,3,
,,,1,
1,2,
0,-10,
0,0,
2,0,
0,0,
-30,30,
-30,0,
30,
1,2,
-30,30,
-80,30,

```

粘弾性解析

(1) 粘弾性解析

状態方程式を用いたケルビンモデル

| | |
|--------------------|----------------------------|
| パラメータ・カード | VISCO E LAS (一般ケルビンモデル) |
| パラメータ・カード | CREEP (クリープ解析) |
| ヒストリックイニシエーション・カード | AUTO CREEP (自動クリープ解析) |
| ガルーチン | CRPVIS (粘弾性 - 一般ケルビン材料の挙動) |

履歴積分方程式をもとにしたマクスウェルモデル

(2) 大ひずみ粘弾性解析

モデル・ディイニション・カード MOONEY(ムーニー材の定義)

| | |
|-----|---|
| 1 . | MOONEY |
| 2 . | ブランク行 |
| 3 . | 材料識別番号 , |
| 4 . | C_{10}, C_{01} , 質量密度 , 線熱膨張係数 , C_{11}, C_{20}, C_{30} , |
| 5 . | 要素番号リスト , |

モデル・ディイニション・カード VISC E LMOON(大ひずみ粘弾性材料の定義)

| | |
|-----|------------------------------|
| 1 . | VISC E LMOON |
| 2 . | ブランク行 |
| 3 . | 材料識別番号(MOONEYの3番目カードと同じ番号) , |
| 4 . | エネルギー関数に対する乗数 , 緩和時間 , |

例) 大ひずみ粘弾性解析

| | | | | | | | | | |
|--------------|-----------|---------|-----|-----------|------|----|------------------------|-----------|---|
| title | load | control | id | cycle | test | 1 | no | print | |
| sizing | 1000000 | | 3 | 12 | 6 | | end | option | |
| all | points | | | | | | control | | |
| dist | loads | 4 | 3 | | | | 9999,10,1,0,0,1,0,0,1, | | |
| elements | | 82 | | | | | 1.000e-01 | 1.000e-01 | |
| end | | | | | | | time | step | |
| solver | | | | | | | 1.000e-01 | | |
| 0 | 0 | 0 | | | | | auto | load | |
| optimize | | 2 | | | | | 10 | | |
| 5 | | | | | | | dist | loads | |
| connectivity | | | | | | | 6 | 1.000e+01 | |
| 1 | 82 | 1 | 3 | 4 | 2 | 13 | 1 | to | 3 |
| coordinates | | | | | | | continue | | |
| 3 | 12 | | | | | | time | step | |
| 1 | 4.0000+00 | -1.3878 | -16 | 0.00000+0 | | | 1.000e-01 | | |
| mooney | (ゴムの材料定数) | | | | | | auto | load | |
| | | | | | | | 10 | | |
| | | | | | | | dist | loads | |

| | |
|---|-------------|
| 1 | 6 1.000e+01 |
| 8.000e+00 2.000e+00 1.000e+00 0.000e+00 | 1 to 3 |
| 1 | continue |
| viscelmoon (大ひずみ粘弾性材料の定義) | time step |
| 1 1 | 1.000e-01 |
| 6.000e-01 3.000e-01 | auto load |
| mooney (ゴムの材料定数) | 10 |
| dist loads | |
| 2 | 6 1.000e+01 |
| 8.000e+00 2.000e+00 1.000e+00 0.000e+00 | 1 to 3 |
| 2 | continue |
| viscelmoon (大ひずみ粘弾性材料の定義) | time step |
| 2 1 | 1.000e-01 |
| 6.000e-01 1.000e-02 | auto load |
| mooney (ゴムの材料定数) | 10 |
| dist loads | |
| 3 | 6 1.000e+01 |
| 8.000e+00 2.000e+00 1.000e+00 0.000e+00 | 1 to 3 |
| 3 | continue |
| viscelmoon (大ひずみ粘弾性材料の定義) | time step |
| 3 1 | 1.000e-01 |
| 6.000e-01 1.000e+05 | auto load |
| fixed disp | 10 |
| dist loads | |
| 0.000e+00 0.000e+00 | 6 1.000e+01 |
| 1 2 | 1 to 3 |
| 1 5 9 | continue |
| 0.000e+00 | time step |
| 1 | 1.000e-01 |
| 2 6 10 | auto load |
| 0.000e+00 | 10 |
| 2 | dist loads |
| 3 7 12 | |
| dist loads | 6 1.000e+01 |
| 6 0.000e+00 | 1 to 3 |
| 1 to 3 | continue |
| post | time step |
| 8,1,0, | 1.000e-01 |
| 1 | auto load |
| 2 | 10 |
| 3 | dist loads |
| 4 | |
| 11 | 6 1.000e+01 |
| 12 | 1 to 3 |
| 13 | continue |
| 14 | |

静電場解析

- a) 線形・定常解析である。
- b) 要素として半無限要素が用意されている(無限空間内での挙動の表現が可能)。
- c) 各積分点における電界ベクトル(E)及び、電束密度(D)を算定する。
- d) 節点では、スカラポテンシャル 及び電荷Qが求まる。

2次元において、電流がプラスとマイナスでは、どちらからどちらに流れるか不明である。

(1) 定義

パラメータ・カード

ELECTRO(静電場解析)

1. ELECTRO

モデル・ディイション・カード

ISOTROPIC(等方性材料の定義 - 電場解析)

1. ISOTROPIC

2. ブランク行

3. 材料識別番号 ,

4. 誘電率(F/m F : farad) ,

5. 要素番号リスト ,

誘電率

サブルーン: UEPS(異方性誘電率マトリックスの入力)を使用して入力することもできる。

電荷量 = 1 C(ケルビン) , 電位差 = 1 Vの場合

1 F(ファラッド) = 1 C / 1 V

モデル・ディイション・カード

FIXED POTENTIAL(ポテンシャル - 電場解析)

1. FIXED POTENTIAL

2. ブランク行

3. ポテンシャル ,

4. 節点番号リスト ,

モデル・ディイション・カード

DIST CHARGES(分布電荷)

1. DIST CHARGES

2. ブランク行

3. 分布電荷のタイプ(要素により異なるためMARC - B編参照) ,

3. 分布電荷の大きさ ,

3. 分布電荷インデックス(サブルーン: FLUXの中で相互参照用に使用) ,

4. 要素番号リスト ,

モデル・ディイション・カード

POINT CHARGE(節点電荷)

1. POINT CHARGE

2. ブランク行

3. 最初の自由度に与える節点電荷(C/m C : coulomb) ,

4. 節点番号リスト ,

節点電荷は、サブルーン: FORDCTを用いても設定できる

ヒストリ・ディイション・カード

STEADY STATE(定常熱伝導解析)

1. STEADY STATE

(2) 技術背景

マクスウェルの方程式: 電束密度D、及び電界ベクトルEは、

$$\cdot D = \quad : \text{電荷密度}$$

$$\times E = 0$$

保存則は D = E

スカラポテンシャルを用いると電界ベクトルEは、

$$E = -$$

仮想スカラポテンシャルを とすると、微分形の保存則は、

$$\cdot () dV = \quad dV + \quad \cdot (\quad - n) dS$$

電束密度Dの法線方向成分を自然境界条件として適用する

$$- \cdot n = D \cdot n = D_n$$

2つの均質な媒質が境界₁₂を介して接している場合、スカラポテンシャル は連続である。

また、境界面上では電場の接線成分は等しくなる。すなわち、₁₂上で

$$n \times (E_1 - E_2) = 0 \quad \text{on } \quad 12$$

また、電束密度の垂直成分の差は境界面上の自由面電荷 s に等しい。したがって、 $_{12}$ 上で

$$n \times (D_1 - D_2) = s \quad \text{on } _{12}$$

一般の有限要素法の離散化の方式に従うと、

$$= N \quad = N$$

$$K = N^T d V$$

$$F = N^T N d V + N^T N D_n d S + _{12} N^T N_s d S$$

最終的に、

$$K = F$$

(3) 例題

```

title      prob e8.20  point chage
sizing      100000  100  111
elements     39
electro (静電場解析)
end
connectivity
 100
  1   39   1   2   12   1

coordinates
 111
 1 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

isotropic (等方性材料の定義 - 電場解析)

 1
 0.100e+01      [誘電率 1.0 F/cm]
  1   2   3   4 ~ [全要素]
point charge (節点電荷)

 0.100e+01      [節点電荷 1.0 C/m]
  1               [円の中心節点]
fixed potential (ポテンシャル - 電場解析)

 0.000e+00      [ポテンシャル=0]
  11   21   31   41   51   61   71   81   91   101  111 [円の外周節点]
post (出力結果)
 5,,,2,
 130      [ポテンシャル量]
 131      [電場ベクトル成分]
 132
 134      [電位(変位)成分]
 135

end option
steady state (定常状態)
continue

```

例題

```
title      prob e8.21 point chage on a circular region  element 43
sizing      220000 100 222
elements     43
electro (静電場解析)
end
connectivity
100
1   43    1   17   15   1   2   18   16   2

coordinates
222
1 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

isotropic (等方性材料の定義 - 電場解析)

1
0.100e+01      [誘電率 1.0 F/cm]
1   2   3   4   ~  [全要素]
point charge (節点電荷)

0.100e+01      [節点電荷 1.0 C/m]
1   2           [円の中心節点]
fixed potential (ポテンシャル - 電場解析)

0.000e+00      [ポテンシャル=0]
201 202 203   ~  222      [円の外周節点]
post (出力結果)
7,,,2,
130      [ポテンシャル量]
131      [電場ベクトル成分]
132
133
134      [電位(変位)成分]
135
136
end option
steady state (定常状態)
continue
```

例題

```

title      prob e8.28 linear distribution of dipoles
sizing      500000 204 661
elements    41 (有限要素)
elements    103 (半無限要素:外側)
electro   (静電場解析)
end
connectivity
204
 1   41   1   6   18   8   2   10   17   5

coordinates
204
 1 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

isotropic (等方性材料の定義 - 電場解析)

 1
 0.885e-11          [誘電率  $8.85 \times 10^{-12}$  F/m]
 1   2   3   4   ~ 204 [全要素]
point charge (節点電荷)

 0.100e-09 [節点電荷  $1.00 \times 10^{-12}$  C/m]
 80          [X=0, Y=+0.21621]
 0.100e-09 [節点電荷  $1.00 \times 10^{-12}$  C/m]
 81          [X=0, Y= -0.21621]
fixed potential (ポテンシャル - 電場解析)

 0.000e+00 [ポテンシャル=0]
 1          [円の中心節点 X=0, Y=0]
print elem
,
all,
1,
1 to 9
post (出力結果)
 5,,,2,
 130  [ポテンシャル量]
 131  [電場ベクトル成分]
 132
 134  [電位(変位)成分]
 135
end option
steady state (定常状態)
continue

```

静磁場解析

- a) 非線形・定常解析である。
- b) 要素として半無限要素が用意されている(無限空間内での挙動の表現が可能)。
- c) 各積分点における磁界ベクトル(H)、磁束密度(B)及び、ベクトルポテンシャルを算定する。
- d) 節点では、ポテンシャル(A)及び、電流(J)が求まる。

(1) 定義

| | |
|----------------|--|
| パラメータ・カード | MAGNETO(静磁場解析) |
| | 1 . MAGNETO |
| モデル・ディイション・カード | ISOTROPIC(等方性材料の定義 - 磁場解析) |
| | 1 . ISOTROPIC |
| | 2 . ブランク行 |
| | 3 . 材料識別番号 , |
| | 4 . 透磁率(henry/m) , 透磁率の逆数 , |
| | 5 . 要素番号リスト , |
| | 透磁率 サブルーン: UMU(異方性透磁率マトリックスの入力) を使用して入力することもできる。 |
| モデル・ディイション・カード | FIXED POTENTIAL(ポテンシャル境界条件 - 磁場解析) |
| | 1 . FIXED POTENTIAL |
| | 2 . ブランク行 |
| | 3 . ポテンシャル , |
| | 4 . 節点番号リスト , |
| モデル・ディイション・カード | DIST CURRENT(分布電流) |
| | 1 . DIST CURRENT |
| | 2 . ブランク行 |
| | 3 - 1 . 分布電流のタイプ(要素により異なるためMARC - B編参照) , |
| | 3 - 2 分布電流の大きさ , |
| | 3 - 3 . 分布電流インデックス(サブルーン: FLUXの中で相互参照用に使用) , |
| | 4 . 要素番号リスト , |
| モデル・ディイション・カード | POINT CURRENT(節点電流) |
| | 1 . POINT CURRENT |
| | 2 . ブランク行 , |
| | 3 - 1 . 節点電流の大きさ(A) , |
| | 3 - 2 . 2番目の自由度方向の節点電流の大きさ(3次元のみ) , |
| | 3 - 3 . 3番目の自由度方向の節点電流の大きさ(3次元のみ) , |
| | 4 . 節点番号リスト , |
| | 節点電流は、サブルーン: FORCEDTを用いても設定できる |
| モデル・ディイション・カード | B - H RELATION(透磁率の磁束密度・磁界依存: 等方性材料の場合) |
| | 1 . B - H RELATION |
| | 2 . ブランク行 , |
| | 3 . $ H - B $ 曲線のデータ点の数, 0, 0, 0, 0, 0, 材料識別番号, , |
| | 4 . $ H $ の値, $ B $ の値 , |
| | 磁界の強さHの値を磁束密度Bの値の関数として表す場合 データ点セット $ H $, $ B $ |
| | 磁気抵抗率 $1 / \mu$ サブルーン: UMU(異方性透磁率マトリックスの入力)でも設定できる |
| モデル・ディイション・カード | PERMANENT(永久磁石) |
| | 1 . PERMANENT |
| | 2 . 0, 1, データの組数 , |
| | 3 - 1 . 最初の要素番号 , |
| | 3 - 2 . 最後の要素番号 , |
| | 3 - 3 . 最初の積分点 , |
| | 3 - 4 . 最後の積分点 , |
| | 3 - 5 . 最初の層 , |
| | 3 - 6 . 最後の層 , |
| | 4 . 磁気ベクトルの第1成分, 第2成分, 第3成分 , |

モル・ディイション・カード CONTROL (コントロール - 磁場解析)

1. CONTROL
2. 最大ステップ数(デフォルト=9999), 最大リサイクル数(デフォルト=3), 最小リサイクル数,
3. 相対値判定での最大残差電流の許容値, 絶対値判定での最大残差電流の許容値,

B - H RELATION を用いて、非線形の透磁率を
入力する場合のみに必要である。

ヒストリ・ディイション・カード STEADY STATE (定常熱伝導解析)

1. STEADY STATE

(2) 技術背景

(3) 例題

```

title      prob e8.22 point current on a circular regi
sizing      900000 100 111
elements      39
magneto (静磁場解析)
end
connectivity
 100
 1 39  1  2 12  1

coordinates
 111
 1 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

isotropic (等方性材料の定義 - 磁場解析)

 1
 0.100e+01 0.000e+00 0.000e+00  [透磁率 1.0 henry/cm]
 1  2  3  4 ~ 100  [全要素]

point current (節点電流)

1,      [節点電流の大きさ 1.0 A]
1,      [円の中心節点]
fixed potential (ポテンシャル - 磁場解析)

0.000e+00
 11  21  31  41  51  61  71  81  91  101  111  [ポテンシャル= 0]
post (出力結果)
5,,,2,
 140  [ポテンシャル]
 141  [磁束の各成分]
 142
 144  [磁束密度の各成分]
 145

end option
steady state (定常状態)
continue

```

例題(コイルの磁場 1/4モデル)

```

title prob e8.23 magnetostatic analysis of
sizing 900000 75 182
elements 109
magneto (静磁場解析)
end
connectivity
 75
  1 109  1  3  5  1  2  4  6  2
coordinates
 182
 1 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

isotropic (等方性材料の定義 - 磁場解析)

 1
 0.100e+04 0.000e+00 0.000e+00  [透磁率 1000 henry/cm]
  1  2  3  4 ~ 100  [全要素]
point current (節点電流)

0,0.5,          [節点電流の大きさ 1自由度 = 0 , 2自由度 = 0.5 A]
113,114,        [節点]
-0.309,0.951,
115,116,
-0.588,0.809,
119,120,        [節点電流の大きさ Node111 ~ 120へ -0.951 +0.951 A]
-0.809,0.588,
121,122,
-0.951,0.309,
117,118,
-0.5,0,
111,112,
fixed potential (ポテンシャル - 磁場解析)

0.000e+00 0.000e+00 0.000e+00  [ポテンシャル = 0]
 1  2  3                      [外周節点]
 1
0.000e+00 0.000e+00 0.000e+00
 1  2  3
 2
0.000e+00 0.000e+00 0.000e+00
 3
 3
0.000e+00 0.000e+00 0.000e+00
 3
 4
0.000e+00 0.000e+00 0.000e+00
 3
 5
post (出力結果)
6,,,2,
 141  [磁束の各成分]
 142
 143
 144  [磁束密度の各成分]
 145
 146
end option
steady state (定常状態)
continue

```

例題

```

title      prob e8.29 parallel wires
sizing      500000 204 661
elements    41 103
magneto (静磁場解析)
end
connectivity
204
1 41 1 6 18 8 2 10 17 5

coordinates
661
1 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

isotropic (等方性材料の定義 - 磁場解析)

1
0.126e-05 0.000e+00 0.000e+00 [透磁率  $1.26 \times 10^{-6}$  henry/m]
1 2 3 4 ~ 204 [全要素]

point current (節点電流)

1.000e+06, [節点電流  $1.00 \times 10^6$  A]
80 [X=0, Y=+0.21621]
1.000e+06, [節点電流  $1.00 \times 10^6$  A]
81 [X=0, Y= -0.21621]

fixed potential (ポテンシャル - 磁場解析)

0.000e+00 [ポテンシャル = 0]
1 [中心節点 X=0, Y=0]

post (出力結果)

5,,,2,
140 [ポテンシャル]
141 [磁束の各成分]
142
144 [磁束密度の各成分]
145

end option
steady state (定常状態)
continue

```

電磁場解析

電磁場解析 時刻歴応答解析
時刻歴応答解析 を実行できる
調和応答解析

- a) 時刻歴応答解析が実行される場合は、非線形解析である。
- b) 要素として、# 1 1 1 ~ 1 1 3 が用意されている。
- c) 各積分点情報は、磁束密度(B)及び、磁場ベクトル(H)、電束密度(D)、電場の強度からなる。
- d) 節点情報は、ベクトルポテンシャル(A)、スカラーポテンシャル(V)、電荷(Q)、電流(I)からなる。

(1) 定義

| | |
|---|---|
| パラメータ・カード | EL - MA(電磁場解析) |
| モデル・ディイション・カード | 1. EL - MA, 0 (=時刻歴応答解析) 又は 1 (=調和応答解析) , ISOTROPIC(等方性材料の定義 - 電磁場解析) 1. ISOTROPIC 2. ブランク行 3. 材料識別番号 , 4. 透磁率 μ (henry/m) , 誘電率 (F/m) , 空気の透磁率 , 空気の伝導率 , 5. 要素番号リスト , |
| 透磁率 : サブルーンUMU (異方性透磁率マトリックスの入力) でも設定できる。 | |
| 誘電率 : サブルーンUEPS (異方性誘電率マトリックスの入力、電場、電磁場解析) でも設定できる。 | |
| 伝導率 : サブルーンUSIGMA (異方性電気伝導率マトリックスの入力) でも設定できる。 | |
| モデル・ディイション・カード | FIXED POTENTIAL(ポテンシャル境界条件 - 電磁場解析) 1. FIXED POTENTIAL 2. ブランク行 3. 第1の自由度に与えるポテンシャル , 第2 ~ , 第3 ~ , 第4 ~ , 4. 自由度のリスト , 5. 節点番号リスト , |
| モデル・ディイション・カード | POINT CURRENT(節点電流) 1. POINT CURRENT 2. ブランク行 , 3. 1. 節点電流の大きさ (A) , 3. 2. 2番目の自由度方向の節点電流の大きさ (3次元のみ) , 3. 3. 3番目の自由度方向の節点電流の大きさ (3次元のみ) , 4. 節点番号リスト , 節点電流は サブルーン: FORCE DT を用いても設定できる |
| モデル・ディイション・カード | DIST CURRENT(電磁場における分布電流) 1. DIST CURRENT 2. ブランク行 3. 1. 分布電流のタイプ(要素により異なるためMARC - B編参照) , 3. 2. 分布電流の大きさ , 3. 3. 分布電流インデックス(サブルーン: FORCE M 中で相互参照用に使用) , 4. 要素番号リスト , 分布電流は サブルーン: FORCE M を用いても設定できる |
| モデル・ディイション・カード | DIST CHARGES(電磁場における分布電荷) 1. DIST CHARGES 2. ブランク行 3. 1. 分布電荷のタイプ(要素により異なるためMARC - B編参照) , 3. 2. 分布電荷の大きさ , 3. 3. 分布電荷インデックス(サブルーン: FORCE M 中で相互参照用に使用) , 4. 要素番号リスト , 分布電荷は サブルーン: FORCE M を用いても設定できる |
| モデル・ディイション・カード | B - H RELATION(電磁場解析の透磁率の磁束密度、磁界依存性) 1. B - H RELATION 2. ブランク行 , 3. $ H $ - $ B $ 曲線のデータ点の数 , 0, 0, 0, 0, 0, 材料識別番号 , , 4. $ H $ の値 , $ B $ の値 , 磁界の強さ H の値を磁束密度 B の値の関数として表す場合 データ点セット $ H $, $ B $ |
| 磁気抵抗率 $1/\mu$ サブルーン: UMU (異方性透磁率マトリックスの入力) でも設定できる | |
| モデル・ディイション・カード | CONTROL(コントロール - 磁場解析) 1. CONTROL 2. 最大ステップ数(デ' フォルト=9999) , 最大リサイクル数(デ' フォルト=3) , 最小リサイクル数 , 3. 相対値判定での最大残差電流の許容値 , 絶対値判定での最大残差電流の許容値 , B - H RELATION を用いて、非線形の透磁率を 入力する場合のみに必要である。 |

ヒストリック・ディフィニション・カード DYNAMIC CHANGE (電磁場時刻歴応答解析)

1. DYNAMIC CHANGE

2. 時間増分, 全時間幅,

時刻歴応答解析を行うとき場合に必要である。

(2) 技術背景

地盤解析

(1) 定義

1. 流体 - 地盤の相互作用

地盤解析

2. 地盤材料挙動の定義 (流体は単相で非圧縮としている為、水蒸気 - 流体 - 固体解析には適当でない)

A. 線形弾性モデル [材料定数 : SOIL (ヤング率・ポアソン比)]

乾いた地盤のモデル

B. 非線形弾性モデル

[材料定数 : SOIL (ヤング率・ポアソン比)]

(サブルーン : HYPELA 使用)

C. Cam - Clay モデル [材料定数 : SOIL (圧縮比と勾配の最低値)]

a. 間隙中の流体の圧力を計算する [間隙圧のみの解析]

使用要素 : #41, 42, 44

間隙率

INITIAL POROSITY 又は INITIAL VOID RATIO

圧力

FIXED PRESSURE

質量流量

POINT FLUX 又は DIST FLUXES

解析機能

b. 間隙圧の(流体の圧力)が直接定義され、構造解析が行われる [非連成の地盤解析]

使用要素 : #27, 28, 21

間隙圧

INITIAL PORE 又は CHANGE PORE

材料定数

SOIL

先行圧密圧力

INITIAL PC

c. 流体 - 地盤の連成解析が行われる

使用要素 : #32, 33, 35 ... ハーマン要素

材料定数

SOIL

間隙率

INITIAL POROSITY 又は INITIAL VOID RATIO

節点荷重と質量流量

POINT LOAD

分布荷重と質量流量

DIST LOADS

節点変位と間隙圧

FIXED DISP

パラメータ・カード

POR E (地盤解析)

1 1. PORE

1 2. 間隙圧のデータが入力される場合 = 0

定常間隙圧の計算をする場合 = 1

非定常間隙圧の計算をする場合 = 2

1 3. 間隙圧のみの計算をする場合(応力解析を行わない) = 0

応力解析を行う場合 = 1

例) 完全な連成解析の場合 : PORE, 2, 1,

モデル・ディフィニション・カード

SOIL (地盤解析における物性値の定義)

1. SOIL

2. ブランク行

3 1. TEMPERATURE EFFECTS、WORK HARD等に参照する材料識別番号,

3 2. 線形弾性モデルの場合 = LINEAR

HYPELAを使っての非線形弾性モデルの場合 = NON LINEAR

Cam Clayモデルの場合 = CAMCLAY

モデル・ディフィニション・カード

INITIAL POROSITY (初期間隙率の定義 - 地盤解析)

1. INITIAL PR

2. ブランク行

3. 0 incにおける初期間隙率,

4. 要素番号リスト,

5. 積分点リスト(CENTROID使用時は不要),

6. 層のリスト(ビーム・シェル要素の場合のみ必要),

| | |
|---------------------|--|
| モデル・ディイション・カード | INITIAL VOID RATIO(初期ボイド比) |
| | 1. INITIAL VOID |
| 2. ブランク行 | |
| | 3. 0 incの始めにおける初期ボイド比 , |
| | 4. 要素番号リスト , |
| | 5. 積分点リスト(CENTROID使用時は不要) , |
| | 6. 層のリスト(ビーム・シェル要素の場合のみ必要) , |
| モデル・ディイション・カード | FIXED PRESSURE(圧力境界条件) |
| | 1. FIXED PRESSURE |
| 2. ブランク行 | |
| | 3. 圧力 , |
| | 4. 節点番号リスト , |
| 熱伝導シェルを含む場合 | |
| | 3. 1番目の自由度の圧力 , 2番目の自由度の圧力 , 3番目の自由度の圧力 , |
| | 4. 自由度番号 , |
| | 5. 節点番号リスト , |
| モデル・ディイション・カード | POINT FLUX(節点熱流束 - 質量流量) |
| | 1. POINT FLUX |
| 2. ブランク行 | |
| | 3-1. 節点熱流束の大きさ , |
| | 3-2. 第2の自由度に対する節点熱流束の大きさ(熱伝導シェル要素のみ) , |
| | 3-3. 第3の自由度に対する節点熱流束の大きさ(熱伝導シェル要素のみ) , |
| | 4. 節点番号リスト , |
| モデル・ディイション・カード | DIST FLUXES(分布熱流束 - 質量流量) |
| | 1. DIST FLUXES |
| 2. ブランク行 | |
| | 3. 热流束のタイプ , 分布熱流束の大きさ(総量) , , |
| | 4. 要素番号リスト , |
| モデル・ディイション・カード | INITIAL PORE(初期間隙圧の定義 - 地盤解析) |
| | 1. INITIAL PORE |
| 2. 1, 1, , , 0, , , | |
| | 3. 最初の要素 , 最後の要素 , 最初の積分点 , 最後の積分点 , 最初の層 , 最後の層 , |
| | 4. 間隙圧の初期値 , |
| モデル・ディイション・カード | CHANGE PORE(非連成地盤解析における間隙圧の定義) |
| | 1. CHANGE PORE |
| 2. 1, 1, , , 1, , , | |
| | 3. 最初の要素 , 最後の要素 , 最初の積分点 , 最後の積分点 , 最初の層 , 最後の層 , |
| | 4. 間隙圧 , |
| モデル・ディイション・カード | INITIAL PC(先行圧密圧力の定義) |
| | 1. INITIAL PC |
| 2. ブランク行 | |
| | 3. 0インクリメントにおける圧力の初期値 , |
| | 4. 要素番号リスト , |
| | 5. 積分点リスト(CENTROID使用時は不要) , |
| | 6. 層のリスト(ビーム・シェル要素の場合のみ必要) , |
| | Cam - Clay モデルの場合に使用する |
| モデル・ディイション・カード | POINT LOAD(節点荷重 - 質量流量) |
| | 1. POINT LOAD |
| 2. ブランク行 | |
| | 3. 1番目の自由度に与える節点荷重 , 2 ~ 8番目自由度に与える節点荷重 , |
| | 4. 節点番号リスト , |
| モデル・ディイション・カード | DIST LOADS(分布荷重 - 質量流量) |
| | 1. DIST LOADS |
| 2. ブランク行 | |
| | 3. 荷重タイプ , 荷重値 , , |
| | 4. 要素番号リスト , |
| モデル・ディイション・カード | FIXED DISP(節点変位 - 間隙圧) |
| | 1. FIXED DISP |
| 2. ブランク行 | |
| | 3. 第1番目の自由度に対応する変位 , 第2 ~ , 第3 ~ , |

- 4 . 自由度の番号リスト ,
 5 . 節点番号リスト ,

(2) 技術背景

音響解析

音響解析 ... 剛な壁に囲まれた 2・3 次元空間の音響解析を行い、固有振動数、及び圧力分布を求めることが出来る

- a) 線形問題である。
- b) 各積分点における圧力及び、圧力勾配を算定する。
- c) 節点では、圧力及び、音源が求まる。

(1) 定義

| | |
|----------------|---------------------------------------|
| パラメータ・カード | ACOUSTIC(音響解析) |
| | 1 1 . ACOUSTIC |
| | 1 2 . 抽出するモードの最大数 , |
| | 1 3 . 解析フラグ(デフォルト=逆べき乗法、1 = ランチヨス法) , |
| | 1 4 . ポストテープに固有値モードを書く = 1 , |
| モデル・ディイション・カード | ISOTROPIC(等方性材料の定義 - 音響解析) |
| | 1 . ISOTROPIC |
| | 2 . ブランク行 |
| | 3 . 材料識別番号 , |
| | 4 . 体積弾性率、質量密度 , |
| | 5 . 要素番号リスト , |
| | 音響空間を構成する流体の物性定義 |
| モデル・ディイション・カード | FIXED PRESSURE(圧力境界条件) |
| | 1 . FIXED PRESSURE |
| | 2 . ブランク行 |
| | 3 . 圧力 , |
| | 4 . 節点番号リスト , |
| | 熱伝導シェルを含む場合 |
| | 3 . 最初の自由度の圧力 , 2 番目 ~ , 3 番目 ~ , |
| | 4 . 自由度番号リスト , |
| | 5 . 節点番号リスト , |
| モデル・ディイション・カード | DIST SOURCES(分布音源) |
| | 1 . DIST SOURCES |
| | 2 . ブランク行 |
| | 3 . 分布音源のタイプ , 分布音源の大きさ(増分値) , , |
| | 4 . 要素番号リスト , |

非一様な音源場合 : サブルーン FLUX を使用し、時間・位置等に依存した音源を入力できる

| | |
|-----------------|---------------------------------------|
| モデル・ディイション・カード | POINT SOURCE(節点音源) |
| | 1 . POINT SOURCE |
| | 2 . ブランク行 |
| | 3 1 . 最初の自由度に与える増分節点音源 , |
| | 3 2 . 2 番目の自由度に与える増分節点音源(熱伝導シェルのみ) , |
| | 3 3 . 3 番目の自由度に与える増分節点音源(熱伝導シェルのみ) , |
| | 4 . 節点番号リスト , |
| | サブルーン FORCDT の使用も可能である |
| ヒストリ・ディイション・カード | PRESS CHANGE(圧力境界条件の変更) |
| | 1 . PRESS CHANGE |
| | 2 . 変更・追加する境界条件の数 , |
| | 3 . 変更する境界条件の番号、節点番号リスト , 1 , 圧力値 , |
| | 複雑な条件入力の場合 : サブルーン FORCDT を使用すると便利である |

ヒストリ・ディフィニション・カード DIST SOURCES (分布音源)
モード・ディフィニション・カード デル・ディフィニション・カードのと同じ
ヒストリ・ディフィニション・カード POINT SOURCE (節点音源)
モード・ディフィニション・カードのと同じ
ヒストリ・ディフィニション・カード MODAL SHAPE (固有値解析)
[逆べき乗法]
1. MODAL SHAPE
2. 最大反復数(200), 収束許容値(0.1), 初期周波数(Hz), 最終周波数(Hz),
3. CONTINUE

求める範囲

[ランチョス法]

1. MODAL SHAPE
2. 初期周波数(Hz), 最終周波数(Hz), 求めるモード数(0 = 全モード),
3. CONTINUE

固有振動数を求めた後、DYNAMIC CHANGE
を指定すると、過渡応答解析が実行できる

ヒストリ・ディフィニション・カード RECOVER (固有モードのポスト出力)
1. RECOVER
2-1. ポストテープに書き始めるモード番号(1),
2-2. 最後のモード番号(DYNAMICで設定した抽出モード数),
2-3. 通常はプランク,
3. CONTINUE

2-3 : 0 = 固有ベクトルをポストテープに書く
1 = 反力を計算する
2 = 応力と反力を計算する

ヒストリ・ディフィニション・カード DYNAMIC CHANGE (時刻歴応答解析)
1. DYNAMIC CHANGE
2. 時間増分, 全時間幅, 最大ステップ数,
音源を時間の関数として与えられる

(2) 技術背景

(3) 例題

例1) 閉空間での音の反響

```
title      prob e8.25 acoustic problem central plate
sizing      1000000 116 142
elements    39
alias,1,11,39,
acoustic,6,1,1, (音響解析 ランチヨス法)
print,3,
end
optimize     2
connectivity
116
1   39    1   9   10    2

coordinates
142
1 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

geometry

1,
1 to 116
isotropic (等方性材料の定義 - 音響解析)

1
0.139e+06 0.120e+01  [ 体積弾性率・質量密度 ]

1      to     116
post (出力結果)
3,,,1,1,
120
121
122
end option
modal shape (固有値解析)
-10,0,6,      [ 初期周波数・最終周波数・モード数 ]
continue
recover     (固有モードのポスト出力)
1,6,0,
continue
dynamic change (時刻歴応答解析)
1e-6,1e-6,1,  [ 時間増分・全時間・最大ステップ数 ]
point source (節点音源)

0.220e+00    [ 節点音源 ]
3
continue
dynamic change
1e-3,5e-2,50,
point source

0.000e+00
3
continue
```

モード2
<時刻歴>

モード3

例2)

```

title      prob e8.26 acoustic
sizing      100000  10  22
elements     39
acoustic,5,1,1, (音響解析 ランチヨス法)
print,3,
end
solver
  0  0  0
optimize     9
connectivity
  10
  1  39  1  3  4  2

coordinates
  22
  1 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

geometry

1,
1 to 10
isotropic (等方性材料の定義 - 音響解析)

  1
  0.139e+06 0.120e+01 [ 体積弾性率・質量密度 ]

  1      to      10
fixed pressure (圧力境界条件)

  0.000e+00      [ 圧力 ]
  1      to      2
forcdt (サブルーチンf o r c d tの指定)
  21      to      22
post (出力結果)
3,,,1,1,
  120
  121
  122
control (コントロール)
1000,10,
0.1,
end option
modal shape (固有値解析)
-10,0,5,      [ 初期周波数・最終周波数・モード数 ]
continue
dynamic change (時刻歴応答解析)
3e-4,9.1e-3,30,      [ 時間増分・全時間・最大ステップ数 ]
continue

```

6 アダプティブ・メッシュ法

概要

- (1) 初期の要素分割に対して応力の集中等、各々の条件で解析途中に要素を再分割する。
 - (2) 線形(一次)要素のみに適用。
 - (3) カーブ等へのATTACHの必要性。
 - (4) 三角要素、四辺形要素、四面体要素、六面体要素に使用できる。
- 注意) POINT LOAD: 作成されない
 DIST LOADS: 作成される
 CONTACTの場合: 接触の情報を従い、剛体(2D・3D)に接触のため、
 ATTACH NODE、ATTACH SURFACEは不要

定義

| | |
|-----------------|--|
| パラメータ・カード | ADAPTIVE (アダプティブメッシュによる要素の再分割) 1. ADAPTIVE, 最大要素数, 最大節点数, 解析の打ち切りor継続, 14. 解析の打ち切りor継続 1 : 最大要素数を越えても直前の要素で継続 未入力 : 最大数を越えないところで終了 |
| モデル・ディイニション・カード | ADAPTIVE (アダプティブメッシュのクライテリア定義) 1. ADAPTIVE 2. 方法の数(いくつの方法を適用するか), 3. 方法のタイプ, 最大アダプティブを行う数, セット名, 4. 1st parameter f_1 , 2nd parameter f_2, f_3, f_4, f_5, f_6 , 3番目カードの詳細: MARCマニュアル:C編 C3 44~C3 47 参照 |
| モデル・ディイニション・カード | ATTACH NODE (アダプティブメッシュ機能使用時に表面上に存在する節点の定義) 1. ATTACH NODE 2. データセットの数, (デフォルト), 3. 定義するカーブの番号(追番), 4. カーブの定義(節点のリスト), CONTACT以外、組で定義する |
| | 例) \$ attach nodes to surface attach node 2, 1, 1 to 27 except 17 18 19 2, 4, 15, 16, 17, 18, 19, end option |
| モデル・ディイニション・カード | SURFACE (座標データの指定に使用する曲線と表面の定義) 1. SURFACE 2. 定義する曲線の数, (デフォルト), 3-1. 定義するカーブの番号(追番: ATTACH NODE と連動する), 3-2. カーブ/サーフェイスのタイプ, 4. カーブ/サーフェイスの定義(MARCマニュアル:C編 C3 50~C3 53 参照) |
| | 3-2. カーブ/サーフェイスのタイプ 1 : 2次元ポリライン 2 : 2次元円弧 3 : 2次元円 4 : 2次元NURB曲線(全データを記述) 5 : 2次元NURB曲線(内部に生成) 6 : 平面 7 : 球 8 : 円筒 9 : NURB表面(全データを記述) 10 : NURB表面(内部に生成) |

モルディフィニション・カード DEFINE(セット名の定義)

- 1 1 . DEFINE
- 1 2 . セットのタイプ
- 1 3 . SET(省略可) ,
- 1 4 . セット名 ,
- 2 . セット構成メンバーのリスト ,

| |
|----------------------|
| 1 2 . セットのタイプ |
| ELEMENT : 要素のセット |
| NODE : 節点のセット |
| NDSQ : 節点列のセット |
| INT : 積分点のセット |
| LAYER : ビーム・シェル層のセット |
| DOF : 自由度のセット |
| INCS : インクリメント番号のセット |

7 亲寸技術

I - DEASとのインターフェイス

モルディフィニション・カード SDR C(ユニバーサルファイルへの出力 * unv作成、ユニット番号40)

- 1 . SDR C
- 2 . ELEMENT
- 3 . 出力番号(下表1) , シェルの場合 : 層番号 ,
- 4 . NODAL
- 5 . 出力番号(下表2) ,

表1 . ELEMENTの場合

| | |
|---|-------------------------|
| 1 | for stresses |
| 2 | for total strains |
| 3 | for creep strains |
| 4 | for thermal strains |
| 5 | for plastic strains |
| 6 | for strain energy |
| 7 | for stress/yield stress |
| 8 | for failure indexes |

表2 . NODALの場合

| | |
|----|--|
| 1 | for displacements |
| 2 | for velocities |
| 3 | for acceleration |
| 4 | for reaction forces |
| 5 | for temperatures |
| 6 | for generalized stresses |
| 7 | for generalized strains |
| 8 | for top/middle/bottom layer stresses |
| 9 | for top/middle/bottom elastic strain |
| 10 | for top/middle/bottom plastic strain |
| 11 | for top/middle/bottom creep strain |
| 13 | for eigenmode |
| 14 | for harmonic displacement and reaction |

コントロール

ある一定の残差が示されない場合 : 相対値・絶対値判定の切り換えが可能となった

モルディフィニション・カード CONTROL(コントロール)

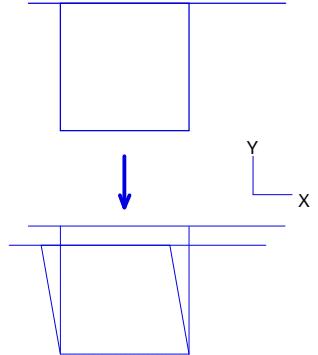
- [新] 1 . CONTROL
- 2 . , , , , 2(相対値・絶対値判定併用) ,
- 3 1 . (相対値判定のしきい値) ,
- 3 2 . (ねじり) ,
- 3 3 . (この値より大きいとき相対値、小さいとき絶対値) ,
- 3 4 . (ねじり) ,
- 3 5 . (絶対値判定のしきい値) ,
- 3 6 . (ねじり) ,

[旧] 1 . CONTROL
 2 . , , , 0 (相対値判定)or 1 (絶対値判定) ,
 3 -1 . (絶対値判定のしきい値) ,

RELEASE

反力を徐々にゼロにする機能 : 一旦、外荷重に置き換え、それを徐々に除く
 ヒストリ・ディフュイジョン・カード RELEASE (反力を徐々にゼロにする機能)

例) AUTO LOAD
 10 ,
 TIME STEP
 0.05 ,
 MOTION CHANGE
 1 ,
 2 ,
 0,1000 ,
 RELEASE , 1 ,
 2 ,
 CONTINUE



RELEASE NODE

- ・節点の拘束を解除、反力を徐々に "0" にする(FIXED DISP 等の解除)
 - ・TYINGとの併用はできない
 - ・必ず、AUTO LOADの後に入力
- ヒストリ・ディフュイジョン・カード RELEASE NODE

1 . RELEASE NODE
 2 . データ組数 ,
 3 . 自由度番号 ,
 4 . 節点番号リスト ,
 例) AUTO LOAD
 50 ,
 DISP CHANGE
 0 ,
 0 ,
 2 ,
 21 ,
 RELEASE NODE
 1 ,
 2 ,
 21 ,
 CONTINUE

ACTUATOR

トラス要素の長さをコントロールして、機構解析を行う。

ヒストリ・ディフュイジョン・カード ACTUATOR

VELOCITY CHANGE

熱伝導解析における節点速度の変更。

ヒストリ・ディフュイジョン・カード VELOCITY CHANGE

8 ユーザー・サブルーチン

FOR CDT (時間依存の荷重、変位、熱流束、温度の入力)

(1) 基本的な与え方

モルディクション・カード

FOR CDT (変位又は荷重履歴の入力)

1. FOR CDT

2. 節点番号リスト,

FOR CDTで指定できる節点は一定の定義が存在する。

例) 変位を与える節点は、"FIXED DISP"の定義がされているものに限る

MARCでは、変位・荷重は増分値である為、サブルーチン使用時も注意。

例1) 正弦波(増分)

```
subroutine forcdt(u,v,a,dp,du,time,dtim,ndeg,node,
1ug,xord,ncrd,iacflg,inc)
implicit real*8 (a,b,c,d)
c* * * * *
c
c      input of time dependent forcing functions and boundary
c      conditions.
c
c* * * * *
dimension u(3),v(3),a(3),dp(3),du(3)
dimension ug(1),xord(1)
dimension xfor(45)
pi=3.141592
f=.5
hz=50
omega=hz*2*pi
du(1)=f*sin(omega*(dtim+time))-f*sin(omega*time)      : s i n波
return
end      増分
```

(2) 座標変換

$$\begin{array}{c} x_b \\ \hline y_b \end{array} = \begin{array}{c} \cos & \sin & x_a \\ -\sin & \cos & y_a \end{array}$$

移動量は

$$x = x_b - x_a \quad y = y_b - y_a \quad \text{式1}$$

原点ではなく、任意の点Cを中心に回転した場合

Cを仮想原点とする。移動量を式1より、x、yとすれば

$$\begin{array}{c} x_b \\ \hline y_b \end{array} = \begin{array}{c} \cos & \sin & x_a - x_c \\ -\sin & \cos & y_a - y_c \end{array} + \begin{array}{c} x_c \\ y_c \end{array}$$

よって、移動量は

$$\begin{array}{c} x \\ \hline y \end{array} = \begin{array}{c} x_b - x_a & \cos & \sin & x_a - x_c & x_c - x_a \\ y_b - y_a & -\sin & \cos & y_a - y_c & y_c - y_a \end{array}$$

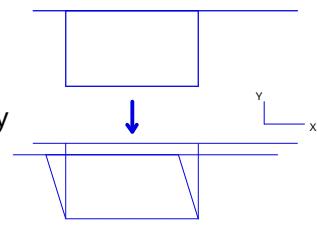
座標点より、上記計算式から、変位量(x, y)を与える。

例2) 中心O(s, t)に対して角度の回転を与える (forcdt_r.f)

```

subroutine forcdt(u,v,a,dp,du,time,dtim,ndeg,node,      ... 回転サブルーチン
1ug,xord,ncrd,iacf,lg,inc)
  implicit real*8 (a-h,o-z)
c* * * * *
c
c   input of time dependent forcing functions and boundary
c   conditions.
c
c* * * * *
dimension u(3),v(3),a(3),dp(3),du(3)
dimension ug(1),xord(3)
dimension xfor(45)
c   rotetional speed omg(rad/inc)
  omg=.0.17

```



| | | |
|---|--|--|
| c | rotational about o(a,b) s=0 t=0 | 1degの時: $3.14 \cdots / 180$ と して設定 中心C(s, t) |
| | if(inc.eq.0) then du(1)=0 du(2)=0 du(3)=0 end if if(inc.ge.1) then du(1)=cos(omg)*((xord(1)+u(1)) s) 1 +sin(omg)*((xord(2)+u(2)) t)+s -(xord(1)+u(1)) du(2)=sin(omg)*((xord(1)+u(1)) s) 1 +cos(omg)*((xord(2)+u(2)) t)+t -(xord(2)+u(2)) du(3)=0 end if write(6,*) 'x1=' ,xord(1) , 'u1=' ,u(1) , 'du1=' ,du(1) write(6,*) 'x2=' ,xord(2) , 'u2=' ,u(2) , 'du2=' ,du(2) write(6,*) 'x3=' ,xord(3) , 'u3=' ,u(3) , 'du3=' ,du(3) return end | 0 イクリメントでの変位は"0"とする 収束判定が線形領域のため 残差が大きくなる |

(3) 絞り方向の変位

原点を中心に絞る場合

```

e = xord(1)2 + xord(2)2
xord(1):xord(2):e=du(1):du(2):d
  du(1)=xord(1) × d/e × (-1)
  du(2)=xord(2) × d/e × (-1)

```

符号は必ず反対になるため" - 1"を乗ずる
中心をO(s, t)とした場合

```

e = (xord(1) - s)2 + (xord(2) - t)2
xord(1) - s:xord(2) - t:e=du(1):du(2):d
  ss=xord(1) s
  tt=xord(2) t
  とすれば
  du(1)=ss × d/e × (-1)      du(2)=tt × d/e × (-1) となる      (du(3) 0)

```

但し、移動後の xord(1), xord(2) は
XX = xord(1) + u(1)
YY = xord(2) + u(2) と置換する

例3) 原点中心 (f o r c d t _ d . f)

```

subroutine forcdt(u,v,a,dp,du,time,dtime,ndeg,node,
1ug,xord,ncrd,iacf,lg,inc)
  implicit real*8 (a,b,c,d)
C* * * * *
C
C      input of time dependent forcing functions and boundary
C      conditions.
C
C* * * * *
      dimension u(3),v(3),a(3),dp(3),du(3)
      dimension ug(1),xord(3)
      dimension xfor(45)
C      displacement(mm/inc)
      d=.1
C      displacement direction to o(s,t)
      s=0
      t=0
C
      if(inc.eq.0) then
        du(1)=0
        du(2)=0
        du(3)=0
      end if
C
      if(inc.ge.1) then
        e=((xord(1)*s)**2+(xord(2)*t)**2)**.5
C        xord(1)*s:xord(2)*t:e=du(1):du(2):d
        ss=xord(1)*s
        tt=xord(2)*t
C        from xord(1)*s:e=du(1):d
        f= ss/abs(xord(1))
C        du(1)=abs(ss*d/e)*f
        du(1)= ss*d/e
C        from xord(2)*t:e=du(2):d
        g= -tt/abs(xord(2))
C        du(2)=abs(tt*d/e)*g
        du(2)= -tt*d/e
C
        du(3)=0
      end if
      write(6,*) 'x1=' ,xord(1), 'du1=' ,du(1)
      write(6,*) 'x2=' ,xord(2), 'du2=' ,du(2)
      write(6,*) 'x3=' ,xord(3), 'du3=' ,du(3)
      return
end

```

例4) 中心O (s , t) (f o r c d t _ d 2 . f)

```

subroutine forcdt(u,v,a,dp,du,time,dtime,ndeg,node,
1ug,xord,ncrd,iacf,lg,inc)
  implicit real*8 (a,b,c,d)
C* * * * *
C
C      input of time dependent forcing functions and boundary
C      conditions.
C
C* * * * *
      dimension u(3),v(3),a(3),dp(3),du(3)
      dimension ug(1),xord(3)

```

```

dimension xfor(45)
c displacement(mm/ inc)
  d=.1
c displacement direction to o(s, t)
  s=0
  t=0
c
  if(inc.eq.0) then
    du(1)=0
    du(2)=0
    du(3)=0
  end if
c
  if(inc.ge.1) then
    existing point A(xx,yy)
    xx=xord(1)+u(1)
    yy=xord(2)+u(2)
    e=((xord(1)-s)**2+(xord(2)-t)**2)**.5
    & xx=xord(1)+u(1) yy=xord(2)+u(2)
    e=((xx-s)**2+(yy-t)**2)**.5
c
c    xord(1)-s:xord(2)-t:e=du(1):du(2):d
c      & xx=xord(1)+u(1) yy=xord(2)+u(2)
c      ss=xx-s
c      tt=yy-t
c      from xord(1)-s:e=du(1):d
c        & xx=xord(1)+u(1) yy=xord(2)+u(2)
c        f= ss/abs(xord(1))
c        du(1)= ss*d/e
c      from xord(2)-t:e=du(2):d
c        g= tt/abs(xord(2))
c        du(2)=abs(tt*d/e)*g
c        du(2)= tt*d/e
c
c        du(3)=0
  end if
  write(6,*) 'x1=' ,xord(1), 'du1=' ,du(1)
  write(6,*) 'xx=' ,xx
  write(6,*) 'x2=' ,xord(2), 'du2=' ,du(2)
  write(6,*) 'yy=' ,yy
  write(6,*) 'x3=' ,xord(3), 'du3=' ,du(3)
  return
end

```

(4) 紋り方及びねじり

(2) 座標変換と(3)紋り方向の変位を合わせたものである。 , , をモデルによって設定する。

例5)

```

subroutine forcdt(u,v,a,dp,du,time,dtime,ndeg,node,
  1ug,xord,nord,iacflg,inc)
  implicit real*8 (a,b,c,d)
c* * * * *
c
c    input of time dependent forcing functions and boundary
c    conditions.
c
c* * * * *
  dimension u(3),v(3),a(3),dp(3),du(3)
  dimension ug(1),xord(3)
  dimension xfor(45)

```

```

cc ***initial statement*****
c   displacement(mm/inc)
  d=.1
c   displacement direction to o(s, t)
  s=0
  t=0
c   rotetional spead omg(rad/inc)
  omg=3.1415927/180
c   rotatiino about o(s, t)
  s=0
  t=0
c ****
c
c *** first step(displacement=0, increment=0) ***
  if(inc.eq.0) then
    du(1)=0
    du(2)=0
    du(3)=0
  end if
c ****
c
c *** sqweeze step(disp=du, inc>=1) ****
  if(inc.ge.1) then
    e=((xord(1) s)**2+(xord(2) t)**2)**.5
    xord(1) s:xord(2) t:e=du(1):du(2):d
    ss=xord(1) s
    tt=xord(2) t
c
c   from xord(1) s:e=du(1):d
c   f= ss/abs(xord(1))
c   du(1)=abs(ss*d/e)*f
c   du(1)= ss*d/e
c   from xord(2) t:e=du(2):d
c   g= tt/abs(xord(2))
c   du(2)=abs(tt*d/e)*g
c   du(2)= tt*d/e
c
c   du(3)=0
  end if
c ****

c
c *** tortional step(torsion=omg, inc>=n) ****
  if(inc.ge.5) then
    du(1)=cos(omg)*((xord(1)+u(1)) s)
    1 +sin(omg)*((xord(2)+u(2)) t)+s -(xord(1)+u(1))
    du(2)= sin(omg)*((xord(1)+u(1)) s)
    1 +cos(omg)*((xord(2)+u(2)) t)+t -(xord(2)+u(2))
    du(3)=0
  end if

```

回転
中 心
O
(s ,
t)が
原 点
と 異
な る
場 合、
書 き
換 え
る(次
頁 參
照)。

```

c ****
  write(6,*) 'x1=' ,xord(1), 'u1=' ,u(1), 'du1=' ,du(1)
  write(6,*) 'x2=' ,xord(2), 'u2=' ,u(2), 'du2=' ,du(2)
  write(6,*) 'x3=' ,xord(3), 'u3=' ,u(3), 'du3=' ,du(3)
  return
end

```

書き換え部分 [追加 , 置換 , 置換]

```

c *** sqweeze step(disp=du,inc>=1) ****
c   if(inc.ge.1) then
c     existing point A(xx,yy)
c     xx=xord(1)+u(1)
c     yy=xord(2)+u(2)
c     e=((xord(1)-s)**2+(xord(2)-t)**2)**.5
c     & xx=xord(1)+u(1) yy=xord(2)+u(2)
c     e=((xx-s)**2+(yy-t)**2)**.5
c
c     xord(1)-s:xord(2)-t:e=du(1):du(2):d
c     & xx=xord(1)+u(1) yy=xord(2)+u(2)
c     ss=xx-s
c     tt=yy-t
c
c     from xord(1)-s:e=du(1):d
c     & xx=xord(1)+u(1) yy=xord(2)+u(2)
c     f=ss/abs(xord(1)+u(1))
c     du(1)=ss*d/e
c     from xord(2)-t:e=du(2):d
c     g=tt/abs(xord(2))
c     du(2)=abs(tt*d/e)*g
c     du(2)=tt*d/e
c
c     du(3)=0
c   end if
c ****

```

(5) その他

ねじりを 1 / 4 モデルとしたとき

A' - B' 間にねじり変位を与えると

A, B は次に示すような関係になり、
これをサブルーチンとして組み立てる。

A (x_a, y_a), B (x_b, y_b) の変位を次のように定義すると

| | X方向変位 | Y方向変位 |
|---|--------|--------|
| A | Ux_a | Uy_a |
| B | Ux_b | Uy_b |

となり、

この時、 $Ux_a = -Uy_b$, $Uy_a = Ux_a$ となる

例6) 変位 : for c d t で変位を与える節点は fixed disp で指定されている節点に限る

```

title      job1
sizing     1000000 10 44 132
all points
dist loads 2 10
elements   7
large disp
end
solver
  0 0 0
optimize   2
  5
connectivity

```

```

coordinates
 3 44
 1 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

isotropic

 1
2.100e+04 2.500e 01 1.000e+00 0.000e+00 0.000e+00 0.000e+00
 1       to      10
fixed disp

0,0,
 1   2   3
 14  24  34  44
0,0,
 1   2   3
 2   3   4
ユーザーサブルーチン f o r c d t による変位を
与える
 2   3   4
forcdt
 14  24  34  44
restart
3,4,
reauto
,,1,
post
3,,,1,1,
 1
end option
control
9999  10   1   0
 1.000e 01 1.000e 01
time step
 1.000e 00
auto load
 50
continue

```

```

subroutine forcdt(u,v,a,dp,du,time,dtime,ndeg,node,
1ug,xord,nord,iacf,lg,inc)
  implicit real*8 (a,b,c,d)
c* * * * *
c
c      input of time dependent forcing functions and boundary
c      conditions.
c
c* * * * *
      dimension u(3),v(3),a(3),dp(3),du(3)
      dimension ug(1),xord(1)
      dimension xfor(45)
      du(1)=sin(.5*(time+dtime))
      1 sin(.5*time)
      return
      end

```

例7) 節点ごとに変位を与える変位

```

title      job1
sizing      1000000    6   14   28
all points
dist loads   2     6
elements     11
large disp
dynamic,2,
end
solver
      0     0     0
optimize      9
connectivity

      1     11    4     2     1     3

coordinates
      3     14
      1 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

isotropic

      1
      2.100e+04 3.000e+01 1.000e+00 0.000e+00 0.000e+00 0.000e+00
      1      to      6
fixed disp

      0.000e+00
      1
      5      6
      0.000e+00
      1
      9      10
      0.000e+00
      2
      8
forcdt
      5      6      9      10
post
      3     16     17     1     0     19     20     0     1     0     6
      301
      17
      48
end option
dynamic change
0.01,1,
continue

```

```

subroutine forcdt(u,v,a,dp,du,time,dtime,ndeg,node,
1ug,xord,nord,iacf,lg,inc)
      implicit real*8 (a,b,o,z)
c* * * * *
c
c      input of time dependent forcing functions and boundary
c      conditions.
c
c* * * * *
      dimension u(3),v(3),a(3),dp(3),du(3)
      dimension ug(1),xord(1)
      dimension xfor(45)

```

```

    if(node .eq. 5) then
      du(1)=cos(8*(time+dt ime))
    1           cos(8*time)
    end if
    if(node .eq. 6) then
      du(1)=cos(8*(time+dt ime))
    1           cos(8*time)
    end if
    if(node .eq. 9) then
      du(1)=cos(8*(time+dt ime))
    1           cos(8*time)
    end if
    if(node .eq. 10) then
      du(1)=cos(8*(time+dt ime))
    1           cos(8*time)
    end if
    return
  end

```

例8) 荷重 : 变位拘束を与えてる節点には与えられない

```

title      job1
sizing     1000000  10  44  132
all points
dist loads  2  10
elements    7
large disp
end
solver
  0  0  0
optimize    2
  5
connectivity
  1  7  1  2  3  4  5

coordinates
  3  44
  1 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

isotropic

  1
2.100e+04 2.500e+01 1.000e+00 0.000e+00 0.000e+00 0.000e+00
  1      to      10
fixed disp
  0.000e+00 0.000e+00 0.000e+00
  1  2  3
  14  24  34  44
forcdt
  2  3      fixed disp等で指定されない節点
restart
3,4,
reauto
,,1,
post
1,1,0,
  1
control
99999  10  1  0  0  1  0  0  1

```

```

1.000e-01 1.000e-01
end option
time step
1.000e-00
auto load
300
continue

```

```

subroutine forcdt(u,v,a,dp,du,time,dtime,ndeg,node,
1ug,xord,nord,iacf,lg,inc)
implicit real*8 (a,b,c,d)
c* * * * *
c
c      input of time dependent forcing functions and boundary
c      conditions.
c
c* * * * *
dimension u(3),v(3),a(3),dp(3),du(3)
dimension ug(1),xord(1)
dimension xfor(45)
f=.1
omega=.5
dp(3)=(sin(omega*(time+dtime)))
1 sin(omega*time)
return
end

```

例9) 動解析

```

title      job1
sizing      1000000 10 44 132
all points
dist loads  2 10
elements    7
large disp
dynamic,3,
end
solver
0 0 0
optimize    2
5
connectivity
1 7 1 2 3 4 5
coordinates
3 44
1 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0
isotropic
1
2.100e+04 2.500e-01 1.000e+00 0.000e+00 0.000e+00 0.000e+00
1          to      10
fixed disp
0.000e+00 0.000e+00 0.000e+00
1 2 3
14 24 34 44
forcdt
14 24 34 44

```

```

restart
1,4,
reauto
,,1,
post
1,1,0,
1
control
99999 10 1 0 0 1 0 0 1
1.000e 01 1.000e 01
end option
dynamic change
5.000e 01 1.000e+02
continue

```

```

subroutine forcdt(u,v,a,dp,du,time,dtime,ndeg,node,
1ug,xord,ncrd,iacflg,inc)
implicit real*8 (a,b,c,d)
c* * * * *
c
c      input of time dependent forcing functions and boundary
c      conditions.
c
c* * * * *
dimension u(3),v(3),a(3),dp(3),du(3)
dimension ug(1),xord(1)
dimension xfor(45)
du(1)=sin(.5*(time+dtime))
1 sin(5*time)
return
end

```

例10) 加速度

```

subroutine forcdt(u,v,a,dp,du,time,dtime,ndeg,node,
1ug,xord,ncrd,iacflg,inc)
implicit real*8 (a,b,c,d)
c* * * * *
c
c      input of time dependent forcing functions and boundary
c      conditions.
c
c* * * * *
dimension u(3),v(3),a(3),dp(3),du(3)
dimension ug(1),xord(1)
dimension xfor(45)
iacflg=1
a(1)=sin(.5*(time+dtime))
return
end

```

例11) 速度

```

subroutine forcdt(u,v,a,dp,du,time,dtime,ndeg,node,
1ug,xord,ncrd,iacflg,inc)
implicit real*8 (a,b,c,d)
c* * * * *
c
c      input of time dependent forcing functions and boundary
c      conditions.
c
c* * * * *

```

```

dimension u(3),v(3),a(3),dp(3),du(3)
dimension ug(1),xord(1)
dimension xfor(45)
  iacf1g=1
v(1)=cos(.5*(time+dtime))
1 cos(.5*time)
return
end

```

MOTION (2・3次元剛体壁の運動の定義)

(1) 基本的な与え方

モデルディフィニションカード UMOTION (サブルーチンMOTIONの呼び出し)
1. UMOTION

サブルーチンMOTIONを使用する

例

```

title k4-1 contact analysis : with user sub
sizing,1000000,
elements 11
large disp
update
finite
print,5,
end
connectivity

```

1 11 1 2 3 4

coordinates

1 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0

property

1
100,0.3,,,10,

1,
fixed disp

2,

0,

1,

1,
0,

2,

1,2,
geometry

1,

1,1,
1,
umotion

contact

2,10,10,1,

,0.01,

1,0,
,,

1 to 1

2,1,

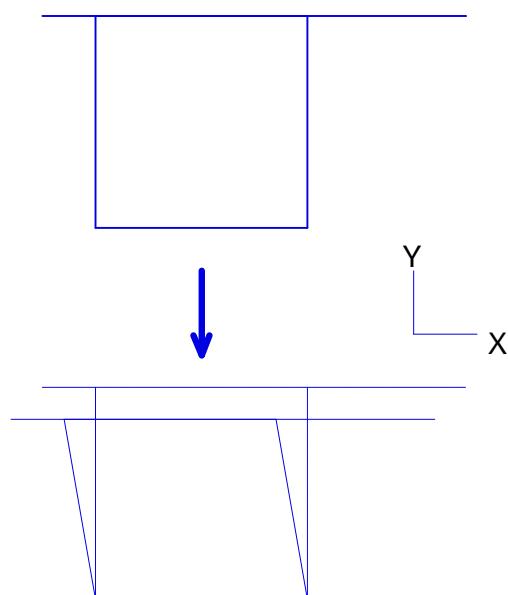
,,,,,0.3, 速度指定しない

1,2,

4,5,

15,5,

control



```

200,10,
0.1,
post
1,
7,
print choice
1,,1,
1,1,
1,
end option
time step
0.5,
auto load
4,
continue

```

```

subroutine motion(x,f,v,time,dtime,nsurf,inc)
dimension x(1),v(1),f(1),
c
10 v(1)=0
if(nsurf.ne.2)goto
c
if(inc.le.2) v(2)=-1
if(inc.gt.2) v(2)= 1
c
write(6,200) nsurf v
200 format(' nsurf, v , ',15,se15.5)
99 return
end

```

FORCEM (非等分布荷重の入力)

(1) 基本的な与え方

データイニシオ・カード DIST LOADS (分布荷重)
 1. DIST LOADS
 2. ブランク行
 3. 荷重タイプ, 荷重値,
 4. 要素番号リスト

3-1. MENTATで荷重タイプを設定し、FORCEMを使用する場合：荷重タイプ番号 + 1

| | | | |
|----|--------------------|-----------|-------------------------|
| 例) | DIST LOADS | forceMの場合 | DIST LOADS |
| | 4 (荷重タイプ), 0 (荷重), | | 5 (4 + 1), 0 (必ずゼロを入力), |
| | 1 TO 5 (要素番号) | | 1 TO 5 (要素番号) |

注意点

FOLLOW FOR(パラメータ・カード)による与える荷重値の違い
 • ある場合 : 荷重は増分ステップ終了時の全荷重
 • ない場合 : 荷重は増分値 (auto load で繰り返す)

LASTIC(パラメータ・カード)と同時に使用できない。

```

subroutine forceM(press,x1,x2,nn,n)
c      called by: consb, consc, consd, conse,
c                  consf, consg, consh,
c* * * * *
c
c      defined non uniformed distributed force on an element.
c
c      press (mptpmx)      distributed load increment magnitude
c      x1          coordinate
c      x2          coordinate

```

```

c    nn      integration point number
c    n      element number
c
c* * * * *
      dimension x1(3),x2(3),n(2)
cc
c    define pressure as proportional to second coordinate of
c    integration point
cc
      ratio=x1(2)/2.0
      value=20.0
      press=value*ratio
      write(6,9999) n(1),nn,x1(2),press
9999 format(2i5,2f10,4)
      return
      end

```

U F O R M S (拘束条件の定義)

(1) 基本的な与え方

モルデイション・カード TYING (タイイング)

1. TYING
2. ブランク行
3. タイイング・タイプ・コード - 1000 ,
4. タイド・ノード・リスト ,
5. リテインド・ノード・リスト ,

U F R I C (摩擦係数の定義)

(1) 基本的な与え方

モルデイション・カード UFRIC (サブルーチンUFRICの呼び出し)

1. UFRIC

モルデイション・カード CONTACT (接触ボディの定義、2・3次元)

詳細は、接触の項を参照

U CONTACT (ユーザー定義接触条件)

(1) 基本的な与え方

モルデイション・カード UCONTACT (サブルーチンUCONTACTの呼び出し)

1. UCONTACT

I M P D (節点変数の出力)

(1) 基本的な与え方

モルデイション・カード UDUMP (後処理用のユーザー・サブルーチン)

1. UDUMP

2. 最初の要素番号, 最後の要素番号, 最初の節点番号, 最後の節点番号 ,

E L E V A R (要素変数の出力)

(1) 基本的な与え方

モルデイション・カード UDUMP (後処理用のユーザー・サブルーチン)

1. UDUMP

2. 最初の要素番号, 最後の要素番号, 最初の節点番号, 最後の節点番号 ,

P L O T V (等高線プロットあるいは、ポスト出力の変数の定義)

(1) 基本的な与え方

モルデイション・カード POST (ポスト・テープ)

1. POST

2. ポスト・コードの数, 16, 17, 1, 0, 19, 20, 0, 1, 0, 6,

3. ポスト・コード

- 4.

P L O T V 使用時のポスト・コードは、負のコードとなる