

III MARC

1 全般

MARC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。
 MARC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MARCのデータ構成概要を示す）。
 その分類は、次のようになる。

- ① ParameterData
- ② ModelDefinitionData
- ③ LoadIncrementationData (過去はHistoryDefinitionDataと読んだ)

現在のDATファイル形式でなく、

2012～2016くらいのバージョンで、書き出し形式をOLDとすると

設定したデータの入力形式が読み解けます。

代表的な変形解析用データで説明すると、

- ① **ParameterData**では、解析の種類に関する定義を行う。
 EndData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、LargeDisp（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
    
```

- ② **ModelDefinitionData**

EndOption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 0.0000+0 0.0000+0 1.0000+0
2 1.42857+0 0.0000+0 2.0000+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

```

- ③ **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) というファウルを引用し、次のようなコマンドで解析を行う。

[解析の実行 : u n i x コマンド]
 marc2001 -jid file_name -b n -v n [enter]

この解析の結果、正常終了すると、marc_exit_number 3004 が表示され、結果ファイル (ファイル名. t 1 6 若しくは t 1 9) が作成される。

これらの結果をMENTATで結果処理を行う。

① 工学歪と解析で出力される歪の関係

工学歪から Green ひずみ $\epsilon_G = \epsilon_e + 1/2 \epsilon_e^2$
 対数ひずみ $\epsilon_L = \ln(1 + \epsilon_e)$
 Green ひずみから 工学ひずみ $\epsilon_e = -1 + \sqrt{1 + 2 \epsilon_G}$
 対数ひずみから 工学ひずみ $\epsilon_e = e^{\epsilon_L} - 1$ 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

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

② 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)

MARC 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 ファイルに出力、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
Engstn (工学ひずみ)	→	3 0 1
LARGE DISPのみ		
PK2str (セカド・ビーク・キルヒ応力)	→	3 1 1
Grnstrn (グリーン・ラグレンジゅひずみ)	→	3 0 1
LARGE DISP+UPDATE		
Cauchy (真応力)	→	3 1 1
Logstn (対数ひずみ)	→	3 0 1
LARGE DISP+UPDATE+FINITE		
Cauchy (真応力)	→	3 1 1
Logstn (対数ひずみ)	→	3 0 1

b) ゴムモデル(Total Lagrange法=ハ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は無視されます。
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・キルヒホッフ応力)	→ 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は無視されます。
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
Logstn	(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 (ミソナル法)	
Plasticity, 2	: 微小ひずみ (ラジアル法)	
Plasticity, 3	: 大ひずみ (ミソナル法)	→ LARGE DISP+UPDATE+FINITE
Plasticity, 4	: 大ひずみ (ラジアル法)	
Plasticity, 5	: 大ひずみ (F ^o F ^p モデル、ラジアル法)	

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。

③ 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。

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

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

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

$$S = \frac{F}{A_0} \left(1 + \frac{u}{l_0} \right) \quad \text{セカンド・ピオラ・キルヒホッフ応力}$$

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

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

線形の荷重-変位曲線 ($F=Ku$) 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ない。

$$\begin{aligned} \text{Greenひずみから工学ひずみ} & \quad \epsilon_e = -1 + (1 + 2 \epsilon_g)^{1/2} \\ \text{対数ひずみから工学ひずみ} & \quad \epsilon_e = \epsilon - 1 \end{aligned}$$

④ 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

$K^t(u)\Delta u = \Delta P$ を解いて $\Delta u = \Delta u_1$ 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、
 $K^t(u + \Delta u_1)\Delta u = R_1 = P - I$
 を解いて $\Delta u = \Delta u_2$ を得る。
 以上を繰り返して
 $\Delta u = \Delta u_1 + \Delta u_2 + \dots$ 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。

(2) 修正ニュートン・ラブソン法

$K^t(u)\Delta u = \Delta P$ を解いて $\Delta u = \Delta u_1$ 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、
 $K^t(u)\Delta u = R = P - I$
 を解いて $\Delta u = \Delta u_2$ を得る。
 以上を繰り返して
 $\Delta u = \Delta u_1 + \Delta u_2 + \dots$ 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、あ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済む。

(3) ひずみ修正法

ひずみ増分 $\Delta \epsilon_{ij}$ を Δu の線形部分と非線形部分に分ける。

$$\begin{aligned} \epsilon_{ij} = 1/2 \left(\frac{\partial \Delta u_i}{\partial X_j} + \frac{\partial \Delta u_j}{\partial X_i} + \frac{\partial u_k}{\partial X_i} \frac{\partial \Delta u_k}{\partial X_j} + \frac{\partial \Delta u_k}{\partial X_i} \frac{\partial u_k}{\partial X_j} + \frac{\partial \Delta u_k}{\partial X_i} \frac{\partial \Delta u_k}{\partial X_j} \right) \\ = \Delta \epsilon_{ij}^{lin} + \Delta \epsilon_{ij}^{corr} \end{aligned}$$

応力の計算、残差力の計算には線形部分のみを用いる。

$$\begin{aligned} \Delta S_{ij} = L_{ijkl} \Delta \epsilon_{ij}^{lin} \\ \underline{R} = P - \int_V \underline{B}_{ij} (S_{ij} + \Delta S_{ij}) dV \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \Delta \epsilon_{ij}^{corr} = L_{ijkl} \Delta \epsilon_{kl}^{corr} \\ \Delta R^{corr} = L_{ij} \int_V \underline{B}_{ij} \Delta S_{ij}^{corr} dV \end{aligned}$$

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対して卓越している場合などに有効。

⑤ 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 : スーロン, 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。

$$R = P - \int \beta^T \sigma dV$$

β : 変位からひずみを導く微分演算子
 σ : 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

① 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))
3D-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)

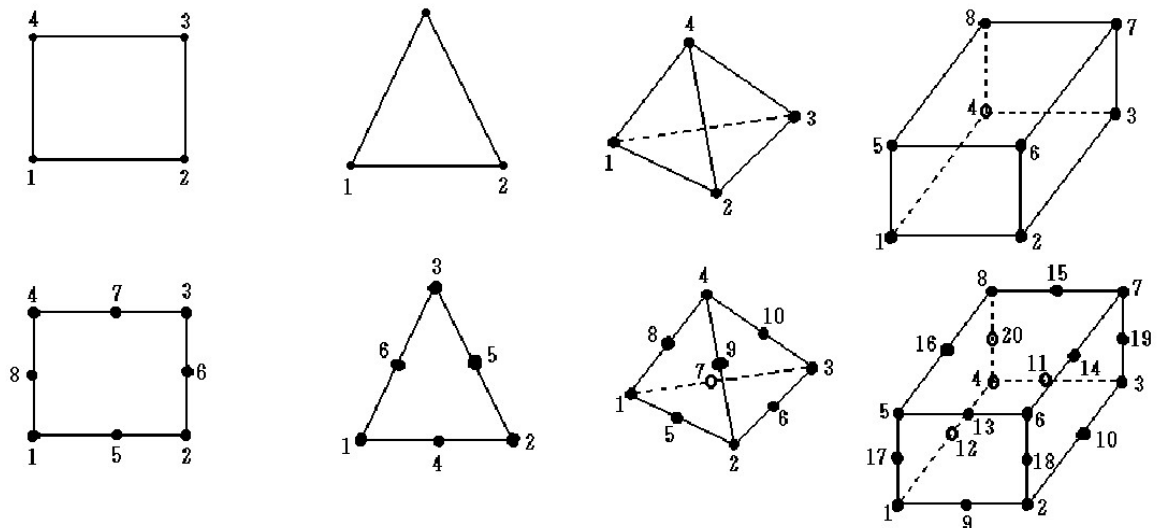
- 1) #7は、必ず想定ひずみを設定する。
- 2) #127, #130は、中間節点が接触判定されない。剛性は六面体要素と同じことが確認された。
- 3) #127は、想定ひずみを設定する必要はない。

[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。

② メッシュの作成 (要素作成方法)

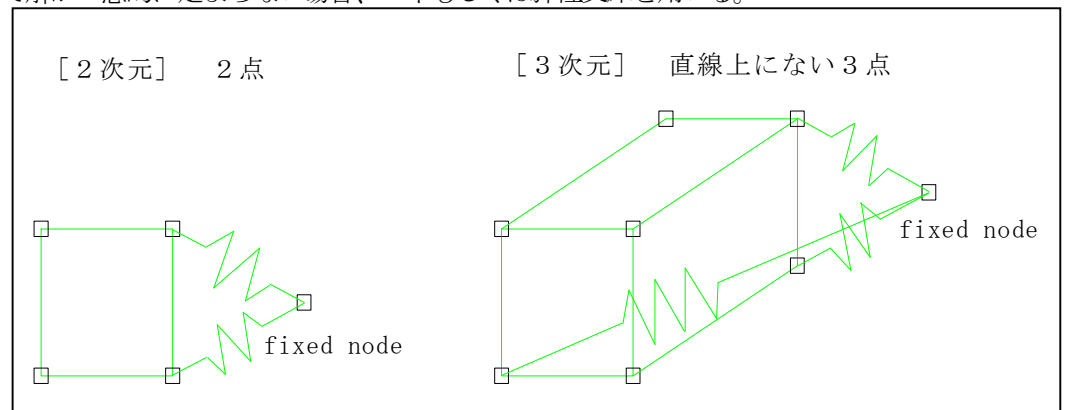
#75, #80, #10, #82 etc : 2次元要素 : 反時計回り



③ ばね/弾性支床

(1) ばね要素

拘束条件等で解が一意的に定まらない場合、バネもしくは弾性支床を用いる。



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)

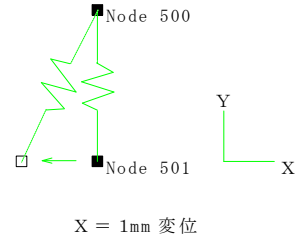
(21-25)

(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,

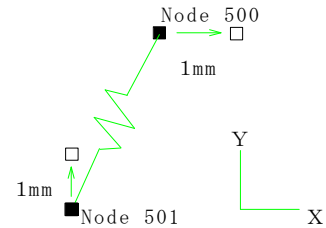
例1) SPRINGS
500, 1, 501, 1, 0.0001,

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。

- ① モデル・ディフィニション・カードでバネ/減衰を定義する。
- ② 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) 弾性支床 : ふかふかのゴムマット (E編 : E2.29、E2.36、E2.42参照)

④ 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 本材料

- ① 等方性材料の定義
 - 1 i s o t r o p i c
 - 2 組数(ブランク行)
 - 3 識別番号(追番)
 - 4 ヤング率, ポアソン比, 質量密度(kg・sec²/mm⁴), 線熱膨張係数, 降伏応力,
 - 5 要素リスト
- ② ムーニー材の定義
 - 1 m o o n e y
 - 2 組数(ブランク行)
 - 3 識別番号(追番)
 - 4 C₁₀, C₀₁, 質量密度(kg・sec²/mm⁴), 線熱膨張係数, C₁₁, C₂₀, C₃₀,
 - 5 要素リスト
- ③ 直交異方性材料の定義
 - 1 o r t h o t r o p i c
 - 2 組数(ブランク行)
 - 3 識別番号(追番), 降伏条件,
 - 4 ヤング率E₁₁, E₂₂, E₃₃, ポアソン比ν₁₂, ν₂₃, ν₃₁, 質量密度(kg・sec²/mm⁴),
 - 5 横弾性係数G₁₂, G₂₃, G₃₁, 瞬間線膨張係数α₁₁, α₂₂, α₃₃,
 - 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
- ④ 異方性材料の定義
 - 1 a n i s o t r o p i c
 - 2 組数(ブランク行)
 - 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 , 熱伝導解析用 , 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 (kg・sec²/mm⁴) (kg・sec²/mm⁴)
 - 5 要素リスト(複合材料の時、ブランクカードとしてCOMPOSITEオプションで定義する。)
- ⑤ 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・デフィニション・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(ブランク行), データ入力に用いるエント番号(デフォルト=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	#84	#80	#82
応力の第1成分	σ _{xx}	σ _{xx}	σ _{xx}	σ _{zz}
応力の第2成分	σ _{yy}	σ _{yy}	σ _{yy}	σ _{rr}
応力の第3成分	σ _{zz}	σ _{zz}	σ _{zz}	σ _{θθ}
応力の第4成分	σ _{xy}	σ _{xy}	σ _{xy}	σ _{zr}
応力の第5成分	σ _{yz}	σ _{yz}		
応力の第6成分	σ _{zx}	σ _{zx}		
応力の第7成分				

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

モデル・デフィニション・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, nm, layer, gstran, gstres, stress, pstran,
1cstran, vstran, cauchy, eplas, equivc, 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)nm
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c o n c o mでi n cを引いて、I F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。

4 条件

① 変位

(1) 変位

モデル・デフォインション・カード

FIXED DISP

1. FIXED DISP

2. ブランク行(1行)

3. 変位A, 変位B, 変位C, ⁽¹⁻¹⁰⁾ ⁽¹¹⁻²⁰⁾ ⁽²¹⁻³⁰⁾, 最大8ヶ

4. 変位Aの自由度, 変位Bの自由度, 変位Cの自由度, ⁽¹⁻⁵⁾ ⁽⁶⁻¹⁰⁾ ⁽¹¹⁻¹⁵⁾

5. 節点リスト

組

例) 節点1~5を(X, Y)=(0, 0)、節点6, 8を(X, Y)=(1, 1)

1. FIXED DISP

2.

3. 0, 0,

4. 1, 2,

5. 1 TO 5

組

6. 1, 1,

7. 1, 2,

8. 6, 8,

組

(2) 変位の変更

ヒストリ・デフォインション・カード

DISP CHANGE

1. DISP CHANGE

2. ブランク行(1行)

3. ブランク行(1行)

4. 変位A, 変位B, 変位C,,

5. 変位Aの自由度, 変位Bの自由度, 変位Cの自由度,

6. 節点リスト

組

4~6番目のカードはFIXED DISPの3~5番目と全く同じ方法
よって、v i デフォインションにより、FIXED DISP部を修正し、編集するのがよい

例) 節点1~5を(X, Y)=(0, 0)、節点6, 8を(X, Y)=(0, 0)

1. DISP CHANGE

2.

3.

4. 0, 0,

5. 1, 2,

6. 1 TO 5

組

7. 0, 0,

8. 1, 2,

9. 6, 8,

組

注意) 拘束条件が増える場合は、あらかじめパラメータカードのSIZINGのカラム31-35に拘束条件数を
大きく入れなければならない。
(入力しない場合は、FIXED DISPで指定した値となり、増加分は受け付けられない。)

(3) 拘束条件の解除(全ての条件の削除)

ヒストリ・デフォインション・カード

DISP CHANGE

1. DISP CHANGE

2. 0,

3. ブランク行(1行)

3行

※2, 3行は全てブランクで可

② 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]

モデル・デフィニション・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

- ① x方向” 1”, y方向” 2”・・・一般的(自由度は要素で異なる)
- ② 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]

モデル・デフィニション・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：XYZ=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・デフィニション・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・デフィニション・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      job1
sizing    300000 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 82
coordinates
3 80
1 4.37500+1 5.00000+1 0.00000+0
80 1.00000+2 7.65000+1 0.00000+0
isotropic
1
2 10000+4 2.90000-1 8.2000-10 0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0
1 to 30
mooney
2
2.00000-1 0.00000+0 1.0000-10 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
① tying 仮定義
100,
8 16 24 32 40 48 56 64 72 c
80
6 14 21 30 35 47 52 63 67 c
78

```

```

disp change
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+0-5.00000-1 0.00000+0
1 2 3
8 16 24 32 40 48 56 64 72 c
80
② tying change 全削除
1,0
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
time step
1.00000+0
auto load
3 0
continue
disp change
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
③ tying change 再定義
2,
100,
8 16 24 32 40 48 56 64 72 c
80
6 14 21 30 35 47 52 63 67 c
78
disp change
0.00000+0 0.00000+0 0.00000+0
1 2 3
1 15 22 31 37 41 53 58 71 c

```

- ① 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。
- ② タイピングを全て削除。下図の○印節点を×印方向へ移動。
- ③ タイピングの再定義。○印と×印をそれぞれタイピングする。

(3) タイピング別法

(a) 変形後の座標を基準にタイピングを行う場合：コード” 1 0 0 0 ” を加える

(b) サブルーチン UFORMを用いる場合

モデル・定義・カード TYING

1. TYING
2. ブランク行
3. タイピングコード(任意の負の数) ⁽¹⁻⁵⁾, タイドノード ⁽⁶⁻¹⁰⁾
4. リティンノード ⁽¹⁻⁵⁾,

例1)

1. TYING
- 2.
3. -1, 99 (リティンノードの個数),
4. 100

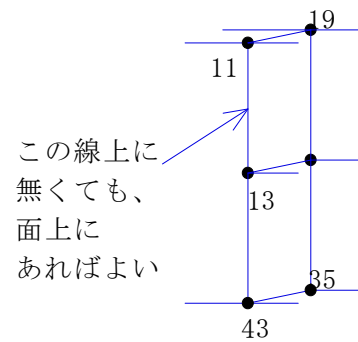
例2)

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ピング

1. t y i n g
- 2.
3. 3 1,
4. 1 3, 6, 1 7,
5. 1 1, 1 2, 1 5,
6. 1 9, 2 0, 2 2,

1. t y i n g
- 2.
3. 3 3,
4. 1 3, 3 7, 6, 3 0, 1 7, 4 1,
5. 1 1, 3 5, 1 2, 3 6, 1 5, 3 9,
6. 1 9, 4 3, 2 0, 4 4, 2 2, 4 6,
7. 3 5, 1 1, 3 6, 1 2, 3 9, 1 5,
8. 4 3, 1 9, 4 4, 2 0, 4 6, 2 2,



(5) c o n t a c t による不整合メッシュ

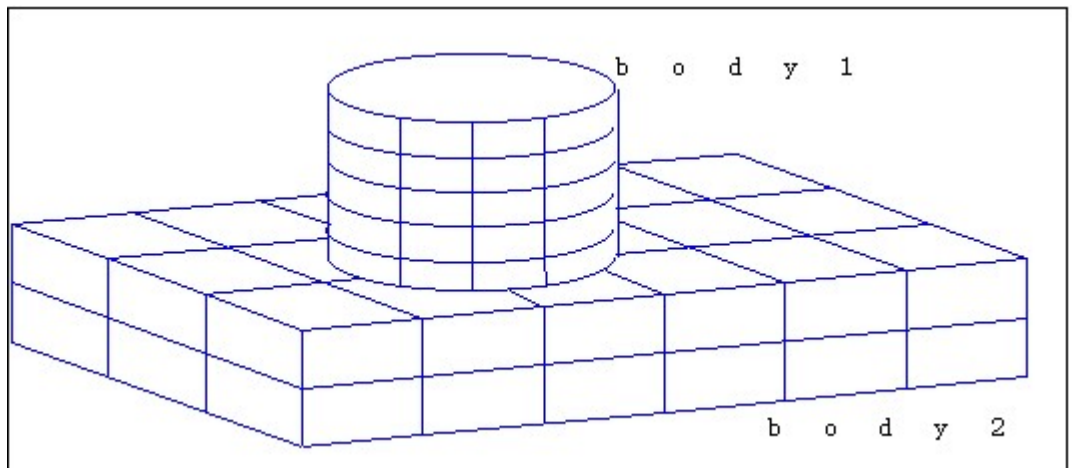
MARCK71より、使用可———詳細 contactの項

不整合メッシュは、c o n t a c t t a b l e で、GLUE(くっ付ける)オプションを定義。

モデル・定義・カード

CONTACT TABLE

1. CONTACT TABLE
2. ブランク行
3. 1, , 1 (3カラム:FNTOLを抜く), , , , 1 (7カラム:GLUEオプション"1"入),
4. 2,

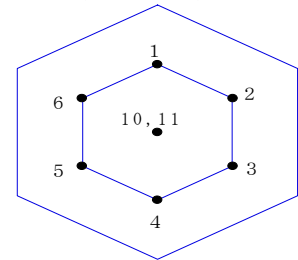


(6) 剛体リンク

例) 1. TYING

- 2.
3. 8 0, 1,
4. 1 0 (並進方向クイック (並進回転)), 1 1 (回転方向クイック (剛体回転)),
5. 8 0, 2,
6. 1 0, 1 1,
7. 8 0, 3,
8. 1 0, 1 1,

NODE10, 11 は、(0, 0) に 2 点



この時、Node 10, 11 への拘束(変位)を与える

1. FIXED DISP
 - 2.
 3. 0, 0,
 4. 1, 2,
 5. 1 0, —————Node 10 を X・Y 方向 (3次元の時、XYZ 方向)
 6. 0,
 7. 1,
 8. 1 1, —————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

③ 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

モデル定義用カード 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(MARCK 7 2 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]
 モデル定義用カード 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

- ① 材料定数の質量密度を正確に定義(金属 7.8×10^{-10})
- ② 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
- ③ 荷重を定義
 1. DIST LOADS
 - 2.
 3. 1 0 0 [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[1mm³に対して1G与えると、金属は 7.8×10^{-6} Kgを示す]

- ① 材料定数の質量密度を正確に定義
- ② 荷重を定義
 1. DIST LOADS
 - 2.
 3. 1 0 2 [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

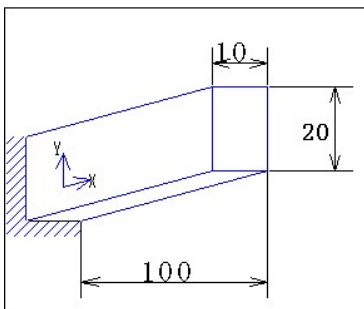
④ 集中質量

[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。

モデル定義インジョンカード 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  TO  20
GEOMETRY
(断面積)  (Ixx)  (Iyy)
    
```



```

2.000e+02 6.667e+03 1.667e+03 0.000e+00 ...
1 TO 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-DEASで物性を計算する。

```

Program: SDRC I-DEAS VI: Solid_Modeling
Volume      : 2000.000
Density     : 7.800000E-06 (kg/mm³)①
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 ② 0.6500000 ③ 0.6500000 ④

```

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 TO 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	T0	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 角解析

① 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

```

モデル・デフォインション・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

```

モデル・デフォインション・カード REAUTO

```

1. REAUTO
2. 新しい時間幅(動解算時のみ指定), 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

```

モデル・デフォインション・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

```

モデル・デフォインション・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, ———0~10インクリメント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
1, 2,

1. RESTART
2. 3, 1, 0, , , , 1, 10, ———リスタートファイルに奇数インクリメントの情報が無い為、ポストテープは0, 2, 4, 6, 8, 10インクリメント

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

この時、FILE1では

RESTART
1, 2,

1. POST
2. ←必要なカードを追加
3. RESTART
4. 3, 1, 8, ———ファイルの8 inc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、収束性の良いルートを経て解析が行われる。(TIME STEP, AUTO LOADの代わり)

履歴・デフィニション・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)

履歴・デフィニション・カード CONTROL

例)

1. CONTROL
2. 9999, 10, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0,
3. 0. 1, 0, 0, 0, 0, 0, 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PRINT 3に相当
 2-8 弾塑性構成則(0:ミン・カマル法, 1:ラジアル・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。
 必要ない状態で入力すると収束しない事がある。

モデル・定義・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

モデル・定義・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・定義・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) ① 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, ...)
- ② 50 inc後は、4 inc毎に出力する。
 ポスト・テープ 50 + 1 + 4 m (m = 0, 1, 2, ...)

② 接触

(1) 接触の定義

(a) 1～3番目のカード(2次元・3次元共通)

モデル・デフィニション・カード CONTACT

1. CONTACT

1) ボデー数 (変体+剛体) , 1つのボデーの外周を構成するセグメントの最大数 , 変体の外周を構成する節点の最大数 , 摩擦タイプ (0~5)

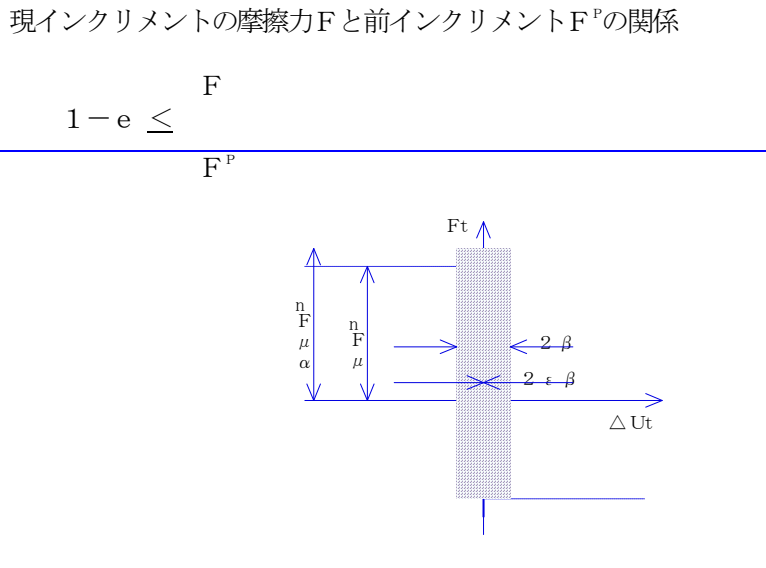
2) 3-1: 限界の面間相対滑り速度(RVCNST),
 3-2: ERROR,
 3-3: 平均ひずみ速度,
 3-4: 降伏応力が線形に"0"に落ちるひずみ速度,
 3-5: 解離の節点反力(FNTOL),
 3-6: B I A S (0~1),

1) 摩擦タイプ
 0: 摩擦なし
 1: 剪断摩擦
 2: クーロン摩擦
 5: スティックスリップ³⁾

2) 3番目のカード
 通常は とする

3) スティックスリップ
 1 CONTACT
 2 ①, ②, ③, 5 (スティックスリップ),
 3 β, ②, ③, ④, ⑤, ⑥(BIAS), α, e,

β: stick to slip transition region(default 1×10⁻⁶)
 α: friction coefficient multiplier(default 1.05)
 e: friction force tolerance (default 0.05)
 ※ 通常、設定はデフォルトを使用する



(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

モデル・デフィニション・カード

CONTACT

4. 1 (ボディー番号：追番), 0 (変形体の時"0"),
5. , , , , , μ (7カラム目),
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. 雰囲気に対する熱伝達率, 雰囲気温度, 接触面の熱通過率,

2次元：剛体の場合

モデル・デフィニション・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_θ ,
 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

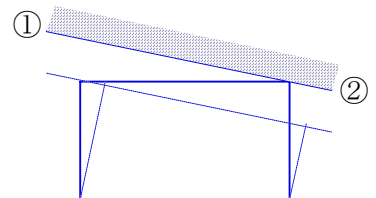
6. 熱伝達率, 雰囲気温度, 接触面の熱通過率, ボディー温度,

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)

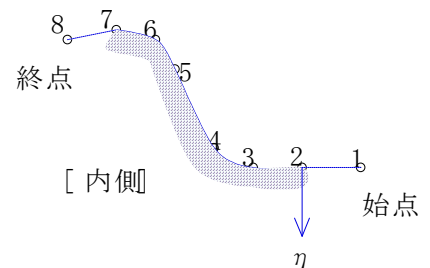
6. 1 (線分), n (点の数),
- 7s. 各点のX・Y座標
 $X_1, Y_1,$
 $X_2, Y_2,$
 , ,

剛体の結線は、体の内側視点から見た左回り



2) スプライン

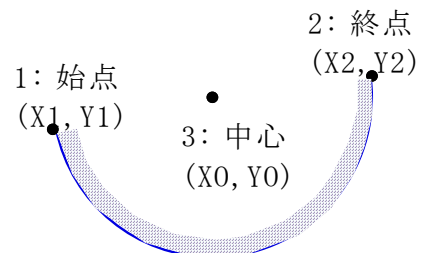
6. 3 (スプライン), n (点の数),
- 7s. 各点の座標
 X_0, Y_0, \dots 始点(架空の点)
 $X_1, Y_1,$
 , ,
 $X_{n-1}, Y_{n-1},$
 X_n, Y_n, \dots 終点(架空の点)



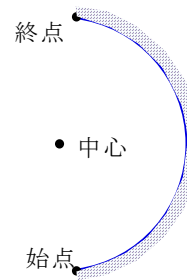
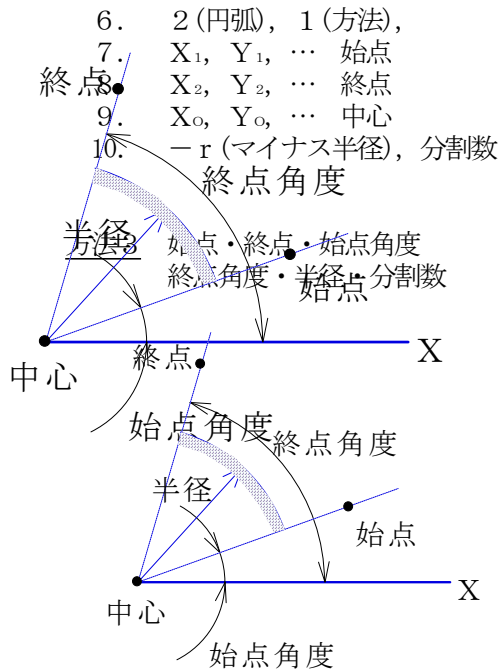
3) 円弧

方法1 始点・終点・中心

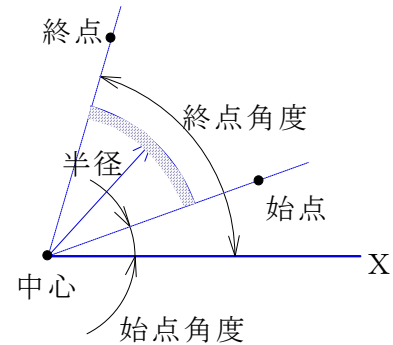
6. 2 (円弧), 0 (方法),
7. X_1, Y_1, \dots 始点
8. X_2, Y_2, \dots 終点
9. X_0, Y_0, \dots 中心
10. r (半径), 分割数,



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)



方法4 始点・ブランク・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：変形体の場合

モデル・デフォインション・カード CONTACT

4. 1 (ボディ番号: 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カラム目),
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. 雰囲気に対する熱伝達率, 雰囲気温度, 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・デフォインション・カード CONTACT

4. 2 (ボディ番号: 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_θ ,
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. 熱伝達率, 雰囲気温度, 接触面の熱通過率, ボディ温度,

3次元：剛体の形状定義場合

1) 四辺形パッチ

- 7 . 7 (四辺形パッチ), パッチの数, 節点数,
- 8 s. 1 (パッチの追番), ブランク (空白でもOK), n 1, n 2, n 3, n 4,
四辺形パッチの結線(節点番号)
- 9 s. 1 (節点番号), X座標, Y座標, Z座標,
節点1の座標

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

- ①. I-DEASによるシェルで形状(剛体形状)を作成する
- ②. MENTATで読み込む

CONTACT	→	ID BACKFACES	→	FLIP ELEMENT
---------	---	--------------	---	--------------

 → 外側が全て"BACK"にする。
- ③. MENTATでMARC形式のファイルを作成する(FILE → MARC:WRITE)。
- ④. 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

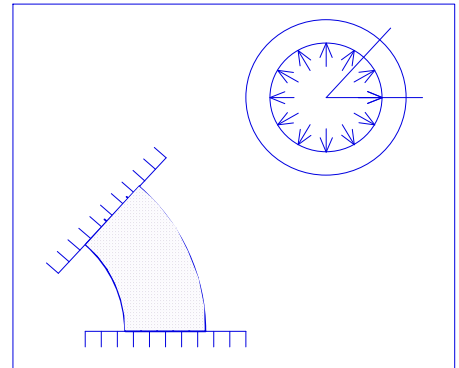
      284 5.4988+01-5.6022+01-3.0500+01
ISOTROPIC

      1
      2.100e+04 3.000e-01 7.800e-10 .....
      1 TO 246
POST
      1 1
      17
NO PRINT
END OPTION
    
```

(2) 接触問題の注意点

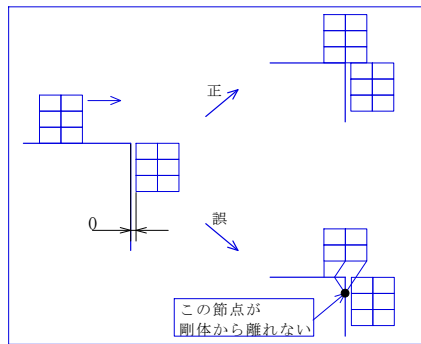
(a) 縮体要素の使用について

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。

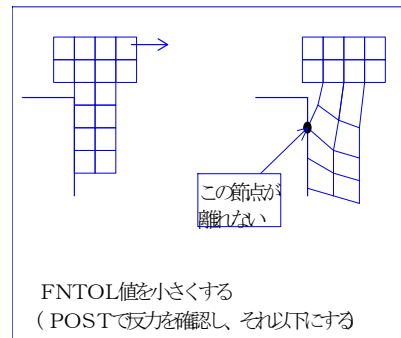


(b) FNTOL値が大きいとき
 FNTOL値が大きいと、剛体と変形体が
 離れなくなる問題が発生する。

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× 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” ufric.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。

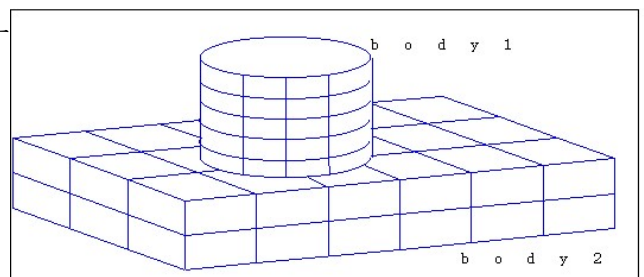
```

*****
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②で定義)する場合、

CONTACT TABLE の
 GLUEDオプションを用いる。



- [手順] ① ボディー1・2をCONTACTで定義
 ② SEPARATE FORCE
 (FNTOL : CONTACT, CONTACT TABLE共)を大きくする
 ③ 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・デフォインション・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・デフォインション・カード GAP DATA

1. GAP DATA
2. ブランク行
3. 0. 0 1, 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

- ① CONTACT NODEで接触判定する節点のみ指定する
- ② 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]
- ③ CONTACT TABLEにより接触判定するボディーを指定する。
- ④ UCONTACT (サブルーチン)で接触定義を行う。

①について

モデル・デフォインション・カード CONTACT NODE

1. CONTACT NODE
2. (組数)
3. 変形体ボディー番号,
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

②について

モデル・デフォインション・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)

※ 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

③について
モデル・デフィニション・カード
ヒストリ・デフィニション・カード

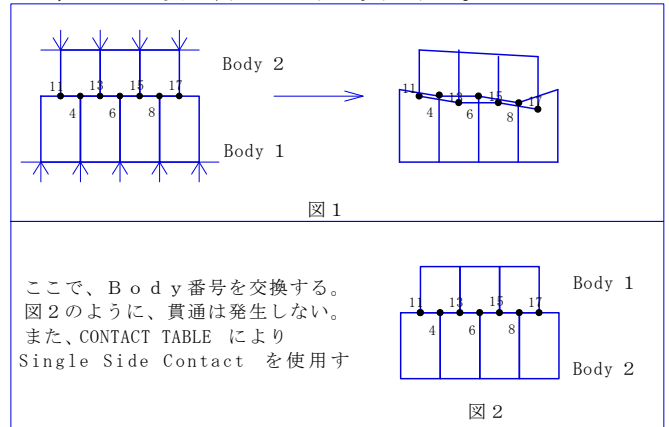
CONTACT TABLE

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。

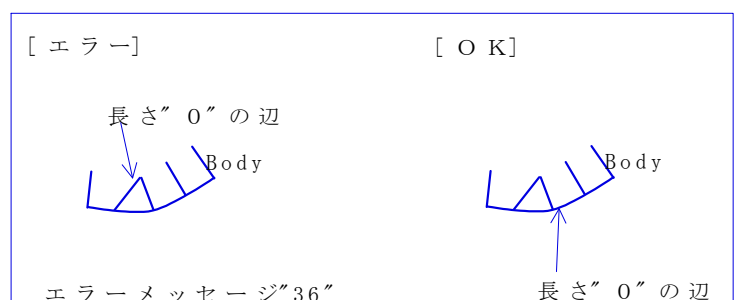


(d) 1つの変形体での接触の例

・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]

- ① ルール通りに、手動で節点番号を付け直す。
- ② CONTACT NODE, UCONTACT (サブルーチン)で判定からNODE 7, 9を外す。
- ③ EXCLUDEオプションでセグメントを判定から外す。(図4)



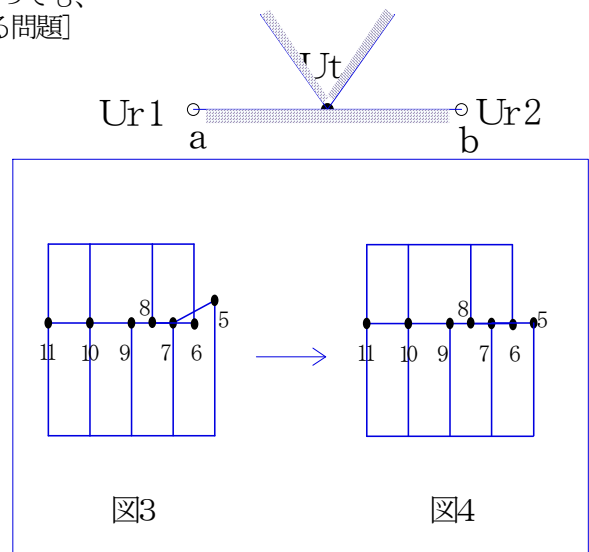
(e) 貫通(Penetration)について

変形体同士の問題

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

アルゴリズム(接触判定)

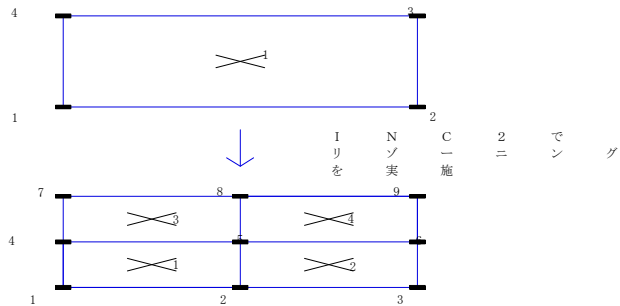
- 接触節点の検出
 - ① 内部節点番号の若い方から
 - ② 半時計回り
- 接触チェック
 - ① 若いボディー番号から
 - ② 接触する節点と、節点と節点で構成されるセグメントの間に tying を付ける
- タイイングの式
 - ① $U_t = a U_{r1} + b U_{r2}$, $a + b = 1$
 - ② タイドノードは、リテインノードに成り得ない。
 - ③ タイドノードがセグメントに当たっても、Ignore(無視)される。[必ず起こる問題]



(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)
 - ※ MARC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、CONTACT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。

【MARCデータ】

ダ
ミ
|
節
点
の
作
成

1. SIZINGの節点数を $n \rightarrow n + 1$ に修正

2. COORDINATEの節点数を 3, $n \rightarrow 3, n + 1$ に修正

3. COORDINATEの最後に節点を作成

1 X1, Y1, Z1

n Xn, Yn, Zn

n + 1 0, 0, 0

ダ
荷
ミ
重
|
を
節
与

4. point load

0, 0,
節点番号(n + 1)

点
え
に
る

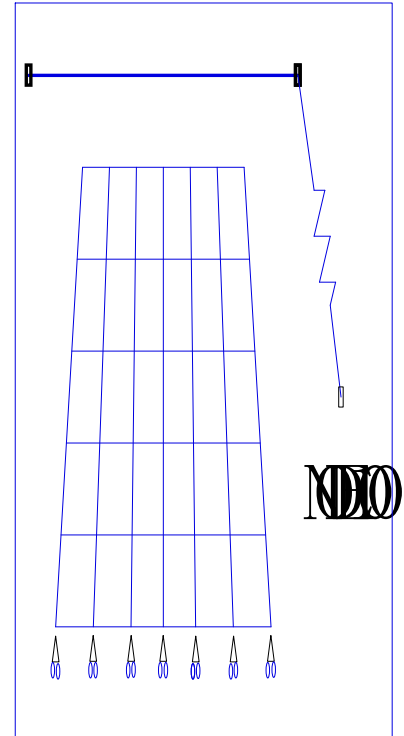
5. CONTACT
2, 200, 200, 2,
, , , , 0. 9,
1, 0,
, ,
1 To 5
2, 1, , , , n + 1,

変
形
体

剛
体
と
の
関
連

, ,
1, 2,
剛体の始点
剛体の終点

剛
体



ヒ
ス
ト
リ
ー
で
荷
を
重
与
え
る

6. END OPITON

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
ニ

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,
```

<pre>4, 0, 1, 0, PROPERTY 1 100, 0. 3, , , 10, 1 TO 10 GEOMETRY 1, 1, 1 TO 10</pre>	ングを想定して大きな値を設定する	<pre>4, 0, 1, 0, PROPERTY 1 100, 0. 3, , , 10, 1 TO 10 GEOMETRY 1, 1, 1 TO 10</pre>	<pre>8, 0. 57670, 0. 8, 0, 9, 1. 15341, 0. 8, 0, CONTINUE END REZONE DISP CHANGE 0, 1,</pre>
<pre>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, , , , , -1, , 1, 2, -1, 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</pre>	<pre>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, , , , , -1, , 1, 2, -1, 1, 2, 1, POST 1, 7, RESTART 2, , 2, REAUTO , , 1, PRINT CHOICE 1, , 1, 1, 1, 1, CONTROL 200, 10, . 2,</pre>	<pre>1, 4, 7, 0, 2, 1, 2, 3, TIME STEP 0. 1, AUTO LOAD 2, CONTINUE</pre>	

(h) ユーザーサブルーチンを用いた接触解析

モデル・デフィニション・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

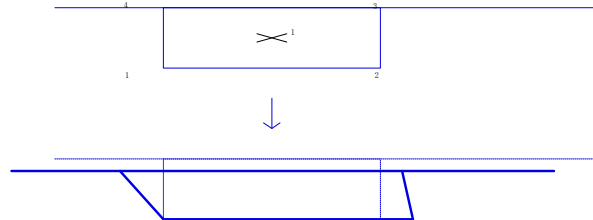
1, 0, 0, 0,
2, 5, 0, 0,
3, 5, 5, 0,
4, 0, 5, 0,
PROPERTY
1,
100, 0. 3, , , 10,
1,
GEOMETRY
1,
1, 1,
1,
FIXED DISPLACEMENT
2,
0,
1,
1,
0,
2,
1, 2,
UMOTION
CONTACT
2, 10, 10, 1,
, 0, 01,
1, 0,
, ,
1 TO 1
2, 1,
, , , , , 0. 3,
1, 2,
-1, 5,
15, 5,
POST
1,
7,
PRINT CHOICE
1, , 1,
1, 1,
1,
CONTROL
200, 10,
. 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
```

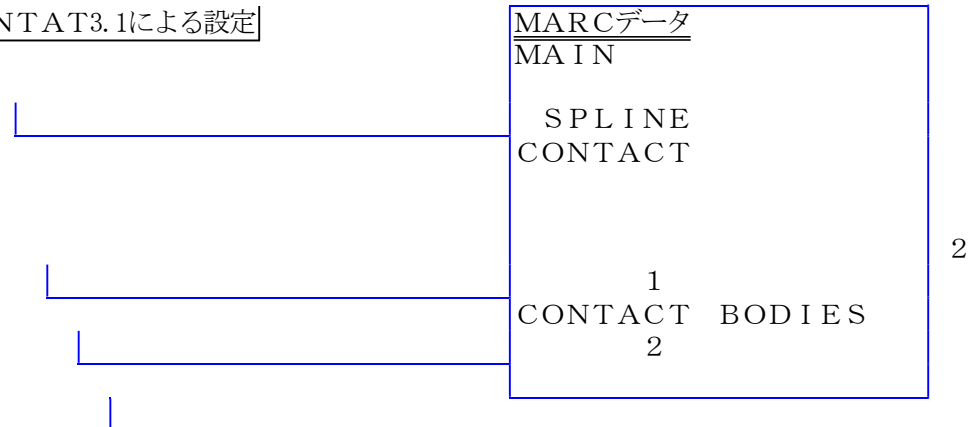

(i) 接触解析における外形補間

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



(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]

(ANLYTICAL 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。

③ リゾーニング

(1) リゾーニングの定義

- ① パラメタ・カード REZONING (リゾーニング)
 1. REZONING
- ② ヒストリ・デフィニション・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

- ③ ヒストリ・デファイニション・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
BorC法の時"0"を入力
 - 2-2. 選択した要素タイプ番号⁽⁶⁻¹⁰⁾, (B法の時)
 - 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、変位同士のタイイ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)

- ④ ヒストリ・デファイニション・カード CONNECTIVITY CHANGE (コネクティビティの変更)

モデル・デファイニション・カードのCONNECTIVITYと同じ入力方法
REZONE後の結線

- ⑤ ヒストリ・デファイニション・カード COORDINATE CHANGE (節点座標の変更)

モデル・デファイニション・カードのCOORDINATESと同じ入力方法

- ⑥ ヒストリ・デファイニション・カード CONTINUE (リゾーニングデータの区切り)

- ⑦ ヒストリ・デファイニション・カード END REZONE (リゾーニング終了)

⑥ CONTINUE の直後に入力すること

- ⑧ ヒストリ・デファイニション・カード GEOMETRY CHANGE (幾何形状の変更)

モデル・デファイニション・カードのGEOMETRYと同じ入力方法

- ⑨ ヒストリ・デファイニション・カード ISOTROPIC CHANGE (等方性材料特性の変更)

- ⑩ ヒストリ・デファイニション・カード MOONEY CHANGE (ムーニー材料特の変更)

- ⑪ ヒストリ・デファイニション・カード OGDEN CHANGE (オグデン材料モデルのデータの再定義)

- ⑫ ヒストリ・デファイニション・カード CONTACT CHANGE (CONTACTデータの変更)

- | | |
|--|-----------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> 1. CONTACT CHANGE 2. n, m, 0, 1~5, 3. , , , , 0. 9, 4. 変形体のボディー番号, 0, 5. 変形体の要素リスト | CONTACTと同じ

組 |
|--|-----------------------------|

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

- ① run_marc -jid step1 -b n
- ② MENTATのリゾーニング機能を用いて、リメッシュ(REZONE)を行う。
- ③ MARCデータを保存(file name : step2. dat)し、MARC用データを整える。
- ④ 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)

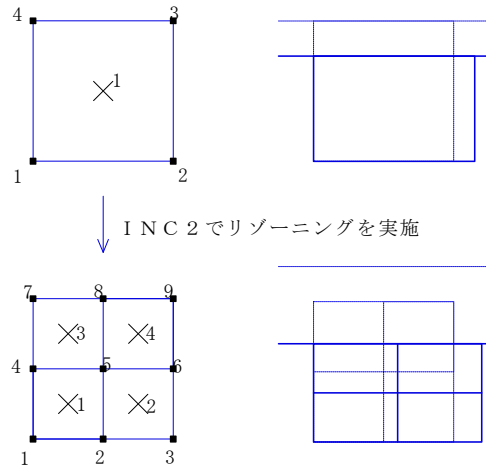
リゾーニング前 [step 1]		リゾーニング後 [step 2]	
TITLE JOB1		TITLE JOB1	リゾーニング
SIZING, 1000000, 10, 20, 20,		SIZING, 1000000, 10, 20, 20,	
ELEMENTS 11		ELEMENTS 11	
LARGE DISP		LARGE DISP	
UPDATE		UPDATE	1, 11, 1, 2, 5, 4,
FINITE		FINITE	2, 11, 2, 3, 6, 5,
REZONING		REZONING	3, 11, 4, 5, 8, 7,
PRINT, 5,		PRINT, 5,	4, 11, 5, 6, 9, 8,
END		END	COORDINATE CHANGE
CONNECTIVITY		CONNECTIVITY	
			1, 0. 00000, 0. 0, 0,
1, 11, 1, 2, 3, 4,		1, 11, 1, 2, 3, 4,	2, 0. 57670, 0. 0, 0,
COORDINATES		COORDINATES	3, 1. 15341, 0. 0, 0,
			4, 0. 00000, 0. 4, 0,
1, 0, 0, 0,		1, 0, 0, 0,	5, 0. 57670, 0. 4, 0,
2, 1, 0, 0,		2, 1, 0, 0,	6, 1. 15341, 0. 4, 0,
3, 1, 1, 0,		3, 1, 1, 0,	7, 0. 00000, 0. 8, 0,
4, 0, 1, 0,		4, 0, 1, 0,	8, 0. 57670, 0. 8, 0,
PROPERTY		PROPERTY	9, 1. 15341, 0. 8, 0,
1		1	CONTINUE
100, 0. 3, , , , 10,		100, 0. 3, , , , 10,	END REZONE
1 TO 10		1 TO 10	DISP CHANGE
GEOMETRY		GEOMETRY	
			0,
1, 1,		1, 1,	1,
1 TO 10		1 TO 10	
FIXED DISPLACEMENT		FIXED DISPLACEMENT	1, 4, 7,
			0,
0, 0,		0, 0,	2,
1,		1,	1, 2, 3,
1, 4,		1, 4,	TIME STEP
0, 0,		0, 0,	0. 1,
2,		2,	AUTO LOAD
1, 2,		1, 2,	2,
CONTACT		CONTACT	CONTINUE
2, 10, 10, 0,		2, 10, 10, 0,	
, 0, 01,		, 0, 01,	
1, 0,		1, 0,	
, ,		, ,	
1 TO 10		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	

リゾーニングを想定して大きな値を設定する

リスタートとの
組合わせて、
ヒストリ・デフィニションの
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,
```



④ 熱応力解析

(1) 熱応力解析の理論

$$\epsilon = \epsilon_a + \epsilon_b \quad \rightarrow \quad \epsilon_a = \epsilon - \epsilon_b \quad \text{として計算}$$

ϵ_a : 弾性ひずみ ϵ_b : 熱ひずみ

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

F_c : 疑似荷重ベクトル

$$\epsilon_b = \epsilon^{TH}$$

$$\epsilon_{thermal} = \int_{T_0}^T \alpha(T) dT = \alpha(T - T_0)$$

α : 線膨張係数

熱伝導解析との連結
 伝導解析で求めた条件をPOSTファイルを通じて、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) 熱応力解析の定義

- | | |
|--|---|
| <p>① パラメータ・カード</p> <p>② モデル・定義インジョン・カード</p> <p>② モデル・定義インジョン・カード</p> | <p>THERMAL (熱荷重の効果の考慮)</p> <p>1. THERMAL</p> <p>INITIAL STATE (応力解析における初期状態変数の定義)</p> <p>1. INITIAL STATE</p> <p>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),</p> <p>3. 初期温度, 組</p> <p>4. 要素リスト,</p> <p>5. 積分点リスト (SHELL:1 TO 4 , SOLID:1 TO 8)</p> <p>MOONEY (ゴムの材料定数)</p> <p>1. MOONEY</p> <p>2. ブランク行</p> <p>3. 材料識別番号,</p> <p>4. C₁₀, C₀₁, 質量密度, 線熱膨張係数, C₁₁, C₂₀, C₃₀,</p> |
|--|---|

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。

- ③ モデル・デフォインション・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),

[方法1]

- ④ ヒストリ・デフォインション・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
- ⑤ ヒストリ・デフォインション・カード 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)

- ④' ヒストリ・デフォインション・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,
- ⑤' ヒストリ・デフォインション・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. 2 4(or 2 5),
- [POSTテープを読み込むエント番号：フォーマット形式=24, バイト=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=2 5, n=3の時、2 5~2 8 inc)
 - 2-7. 1(バイナリの時は未入力),
- ⑥ ヒストリ・デフォインション・カード CONTINUE(終了)

例1)	例2)
<ol style="list-style-type: none"> 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 	<ol style="list-style-type: none"> 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

MARCプログラムの解析実行

ポストファイルがあれば、リスタートファイルは不要。

① marck71 -jid A -pid B -bn

B.t19 : ポストテープに温度情報が存在すること

(4) 熱応力解析の例

<pre> TITLE JOB1 SIZING 1000000 108 137 274 ELEMENTS 82 ELEMENTS 10 LARGE DISP THERMAL (熱応力解析) 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 TO 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 (熱応力解析の終了) </pre>	<pre> DISP CHANGE 0.00000+0 0.00000+0 1 1 2 4 ... -5.50000+0 2 130 TO 137 CONTROL 99999, 10, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0.1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, AUTO LOAD 1 0 TIME STEP 1.00000+0 CONTINUE </pre>
---	---

⑤ 熱伝導解析

(1) 熱伝導解析 (定常問題) の定義

要素は、熱伝導要素(Solid: 金属・ゴム #4 3)を使用する

- ① パラメータ・カード HEAT (熱伝導解析)
 - 1. HEAT
- ② パラメータ・カード LUMP (集中熱容量マトリックス)
 - 1. LUMP

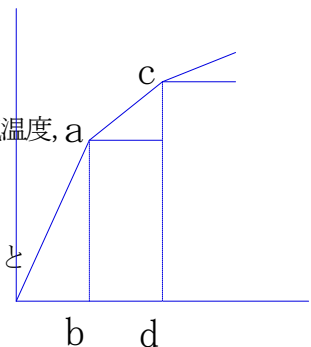
対角化マトリックスとする

- ③ モデル・デフィニション・カード I S O T R O P I C (等方性材料の定義)
 - 1. I S O T R O P I C
 - 2. ブランク行
 - 3. 材料識別番号,
 - 4-1. 熱伝導率(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・デフィニション・カード P R O P E R T Y (材料定数データ: もしくは I S O T R O P I C)

- 1. P R O P E R T Y
- 2. ブランク行
- 3. 熱伝導率, 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

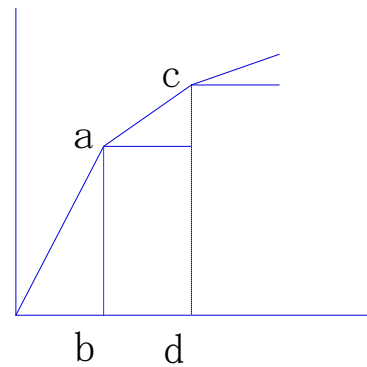
- ④ モデル・デフィニション・カード I N I T I A L T E M P (初期温度)
 - 1. I N I T I A L T E M P
 - 2. ブランク行
 - 3. 初期温度, … 方法1、別法は異方性材料等に使用
 - 4. 全節点リスト,
- ⑤ モデル・デフィニション・カード F I X E D T E M P E R A T U R E (温度境界条件)
 - 1. F I X E D T E M P E R A T U R E
 - 2. ブランク行
 - 3. 温度,
 - 4. 3. 温度を適用する節点リスト,
- ⑥ モデル・デフィニション・カード T E M P E R A T U R E E F F E C T S (温度依存性一応力解析)
 - 1. T E M P E R A T U R E E F F E C T S, DATA (方法2のみ), [以下、方法2]
 - 2. 熱伝導率データ数, 比熱データ数, 潜熱データ数,
 - 3. 温度勾配a, 温度b, c, d,
- ⑦ モデル・デフィニション・カード F I L M S (熱伝達係数)
 - 1. F I L M S
 - 2. ブランク行
 - 3. 熱伝達タイプ, 熱伝達係数, 雰囲気温度, a
 - 4. 要素リスト
- ⑧ モデル・デフィニション・カード P O S T (出力結果)
 - 1. P O S T
 - 2. MARCマニュアル: C編参照のこと
 - 3. 180 (温度),
- ⑨ ヒストリ・デフィニション・カード C O N T R O L (コントロール)
 - 1. C O N T R O L



- 2. 9999, 10, 0,
- 3. 最大温度変化(デフォルト: 20°C), 最大許容変化温度(デフォルト: 100°C),
- ⑩ ヒストリ・デフォインション・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, ,
- ⑪ ヒストリ・デフォインション・カード STEADY STATE(定常熱伝導解析)
 - 1. STEADY STATE

(2) 熱伝導解析の例

<pre> 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 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(熱伝達係数) 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 </pre>	<pre> 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 </pre>
--	--




```

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

- ① パラメータ・カード HEAT(熱伝導解析)
 - 1. HEAT
- ② パラメータ・カード LUMP(集中熱容量マトリックス)
 - 1. LUMP
- ③ モデル・定義インシジョン・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. 熱伝導率(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
- ④ モデル・定義インシジョン・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,
- ⑤ モデル・定義インシジョン・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,
- ⑥ モデル・定義インシジョン・カード FILMS(熱伝達係数)
 - 1. FILMS
 - 2. ブランク行
 - 3. 熱伝達タイプ, 熱伝達係数, 雰囲気温度,
 - 4. 面リスト
- ⑦ モデル・定義インシジョン・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°C、TRANSIENT使用の時
 最大許容変化温度 : デフォルト=100°C、
 3-3 : 0 = 非線形状の強い潜熱・放射境界条件の解析は、
 別途指示すると精度向上
- ⑧ モデル・定義インシジョン・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),
- ⑨ ヒストリ・定義インシジョン・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),

- ⑩ ヒストリ・デフォインション・カード TRANSIENT NON AUTO (自動熱伝導荷重)
 - 3. 最大温度変化, 最大許容変化温度, 0,
 - 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。

- ⑪ ヒストリ・デフォインション・カード CONTINUE (終了)
 - 1. CONTINUE
- ⑫ ヒストリ・デフォインション・カード STEADY STATE (定常熱伝導解析)
 - 1. STEADY STATE
- ⑬ ヒストリ・デフォインション・カード CONTINUE (終了)
 - 1. CONTINUE
- ⑭ ヒストリ・デフォインション・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      TO      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      TO      1815 (金属要素リスト)
INITIAL TEMP (初期温度)

      2. 50000+1
      1      TO      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
    
```

⑥ 熱伝達解析

(1) 熱伝達係数及び雰囲気温度による熱伝達の定義

要素は、熱伝達要素を使用する

- ① パラメータ・カード HEAT (熱伝導解析)
 - 1. HEAT
- ② パラメータ・カード LUMP (集中熱容量マトリックス)
 - 1. LUMP
- ③ モデル・定義インジョン・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. 熱伝導率 (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
- ④ モデル・定義インジョン・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,
- ⑤ モデル・定義インジョン・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. 熱伝達タイプ, 熱伝達係数, 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)

- ⑥ モデル・定義インジョン・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),
- ⑦ ヒストリ・定義インジョン・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°C、TRANSIENT使用の時
 最大許容変化温度 : デフォルト=100°C、
 3-3 : 0 = 非線形状の強い潜熱・放射境界条件の解析は、
 別途指示すると精度向上

- ⑧ ヒストリ・定義インジョン・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。

- ⑨ ヒストリ・デフインション・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 (INDEXT)
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→雰囲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 熱伝導率 比熱 質量密度
1.65000-5 1.00000+3 7.8000-10 0.00000+0 0.00000+0
1 TO 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 TO 1815 (金属要素リスト)
INITIAL TEMP(初期温度)

2.50000+1
1 TO 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 TO 1815
4 1.0000-10 1.30000+2
701 TO 721
0 1.00000-8 1.30000+2
601 TO 700
4 1.00000-8 1.30000+2
1 TO 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
```

⑦ 熱ギャップ

(1) 熱ギャップの定義

① パラメータカード

HEAT (熱伝導解析)

1. HEAT

② モデル・定義インシジョン・カード

PROPERTY (材料定数データ)

1. PROPERTY

2. データの組数,

3. 熱伝導率, 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

③ モデル・定義インシジョン・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. 熱伝導率データ数, 比熱データ数, 潜熱データ数,

3. 温度勾配 a, 温度 b, c, d,

④ モデル・定義インシジョン・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,

⑤ モデル・定義インシジョン・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. 熱通過方向を示す面識別番号,

3-2. 放射率,

3-3. ステファン・ボルツマン定数(デフォルト=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. 熱通過率,

3-6. ギャップ温度,

4. 要素番号リスト,

⑥ モデル・定義インシジョン・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,

⑦ モデル・定義インシジョン・カード

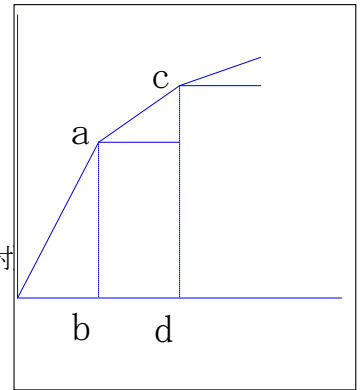
FILMS (熱伝達係数) MENTATのFILM FLUXで与える

1. FILMS

2. ブランク行

3. 熱伝達タイプ, 熱伝達係数, 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)

⑦ ヒストリ・定義インシジョン・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°C、TRANSIENT使用の時

最大許容変化温度 : デフォルト=100°C、

3-3 : 0 = 非線形状の強い潜熱・放射境界条件の解析は、

別途指示すると精度向上

⑧ ヒストリ・デフィニション・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。

⑨ ヒストリ・デフィニション・カード CONTINUE(終了)

1. CONTINUE

(2) 熱ギャップの例

```
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(熱伝導解析)
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, 熱伝導率 比熱 質量密度 比抵抗
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., 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 TO 1442
```

```

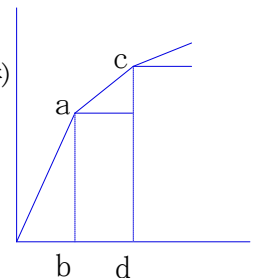
CONRAD GAP (対面間の対流/放射)
2,
1, 1, 3, 306E-15, 459. 7, 0., 2000.,
GAP1 (要素番号)
1, 1, 3, 306E-15, 459. 7, 0., 2000.,
GAP2 (要素番号)
CHANNEL (流路の定義)
1,
2, 1, 2000., 0. 02778, 0.,
CHANL
CONTROL (コントロール)
10,
10000., 10000.,
FILMS (熱伝達係数)

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) 熱放射の定義

軸対称問題のみ使用できる
 軸対称問題以外であれば、熱ギャップによる定義がよい

- ① パラメータ・カード HEAT (熱伝導解析)
 - 1. HEAT
- ② 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),
- ③ モデル・定義インジョン・カード PROPERTY (材料定数データ)
 - 1. PROPERTY
 - 2. データの組数,
 - 3. 熱伝導率, 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
- ④ モデル・定義インジョン・カード RADIATING CAVITY (熱放射空間)
 - 1. RADIATING CAVITY
 - 2. 熱放射空間の数,
 - 3. 閉室間の外形(反時計回り)を構成する節点のリスト,
- ⑤ モデル・定義インジョン・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. 熱伝導率データ数, 比熱データ数, 潜熱データ数,
 - 3. 温度勾配 a, 温度 b, c, d,
- ⑥ モデル・定義インジョン・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,
- ⑦ モデル・定義インジョン・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°C、TRANSIENT使用の時
 最大許容変化温度：デフォルト=100°C、
 3-3：0 = 非線形状の強い潜熱・放射境界条件の解析は、
 別途指示すると精度向上

- ⑧ モデル・デフィニション・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),
- ⑨ ヒストリ・デフィニション・カード STEADY STATE (定常熱伝導解析)
 - 1. STEADY STATE
- ⑩ ヒストリ・デフィニション・カード CONTINUE (終了)
 - 1. CONTINUE

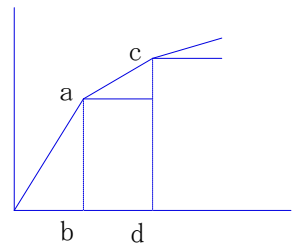
(2) 熱放射の例

```

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
    
```



⑨ 分布熱流束

(1) 分布熱流束の定義

- ① パラメータ・カード HEAT (熱伝導解析)
 - 1. HEAT
 - ② モデル・定義インジョン・カード PROPERTY (材料定数データ)
 - 1. PROPERTY
 - 2. データの組数,
 - 3. 熱伝導率, 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
 - ③ モデル・定義インジョン・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. 熱伝達タイプ, 熱伝達係数, 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)
- ④ モデル・定義インジョン・カード DIST FLUXES (分布熱流束)
 - 1. DIST FLUXES
 - 2. データの組数,
 - 3. 熱流束のタイプ(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。
- ⑤ モデル・定義インジョン・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,
 - ⑥ モデル・定義インジョン・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,
 - ⑦ モデル・定義インジョン・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. 熱伝導率データ数, 比熱データ数, 潜熱データ数,
 - 3. 温度勾配 a, 温度 b, c, d,
 - ⑧ モデル・定義インジョン・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°C、TRANSIENT使用の時
 最大許容変化温度 : デフォルト=100°C、
 3-3 : 0 = 非線形状の強い潜熱・放射境界条件の解析は、別途指示すると精度向上
- ⑨ モデル・定義インジョン・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),
 - ⑩ ヒストリ・定義インジョン・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。

- ⑪ ヒストリ・デフィニション・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

```

⑫ 座屈解析

- ① 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. ポストテープヘモード応力・固有ベクトルを書き込むときは”1”を入力,
 - ② 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
 - ③ モデル・デフィニション・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
 - ④ ヒストリ・デフィニション・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、⑤ AUTO INCREMENTにより飛び移り座屈後の挙動を追従する。
- ⑤ ヒストリ・デフィニション・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),

⑥ ヒストリ・デフォインション・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
    
```

⑬ 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多くある。
 r e l e a s e 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。

- ① モデル・デフォインション・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
- ② ヒストリ・デフォインション・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

- ③ ヒストリ・デフォインション・カード MOT I O N C H A N G E (剛体壁速度の変更：2次元)
 - 1. MOT I O N C H A N G E
 - 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 ,
- ④ ヒストリ・デフォインション・カード MOT I O N C H A N G E (剛体壁速度の変更：3次元)
 - 1. MOT I O N C H A N G E
 - 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)

<pre> title,k4-1 spring back sizing,1000000, elements,10, large disp update finite print,5, end connectivity ,1, coordinates ,,1, property 20000,0.3,,,,20(塑性に関する係数),, 1 to 60 work hard 1, 5000,, geometry ,1, 1 to 60 fixed disp 0, 1, 84, 0, 2, 1,22,43,64,21,42,69,84, contact (接触) 3,300,300, ,0.1, 1,0,(変形体) ,, 1 to 60 2,3,(剛体) ,, 1,2, 5,110, 5,90, 2,0, 5,90, 35,60, 35,90, </pre>	<pre> post ,,,1,,,,,2, 7, 12, 17, print choice 1,2,1, 1,1, 1,1,21,21, 1, control 1000,10, end option time step 4, auto load 10, continue ↑ spring back前 disp change ↓ spring back後 0, 1, 84, 0, 2, 1,22,43,64, release (スプリングバック解析) 1,2,3, 一時的に解離に切り換える motion change (剛体壁速度の変更) 2, 剛体を素早く移動 2, 1,0,0, 3, -1,0,0, time step 10, auto load 1, continue </pre>
---	---

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,	
---	--

⑭ 粘弾性解析

(1) 粘弾性解析

① 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 ELAS (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・デフィニション・カード AUTO CREEP (自動クリープ解析)
- サブルーチン CRPVIS (粘弾性一般ケルビン材料の挙動)

② 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

① モデル・デフィニション・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,

② モデル・デフィニション・カード VISCELMOON (大ひずみ粘弾性材料の定義)

1. VISCELMOON
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 d 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
1-1.0000+00-1.3878-16 0.00000+0	1.000e-01
mooney (ゴムの材料定数)	auto load
	10
	dist loads

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

⑮ 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 ϕ 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

- ① パラメータカード ELECTRO(静電場解析)
 - 1. ELECTRO
- ② モデル・デフィニション・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
サブリンク: 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=1C(クーロン), 電位差=1Vの場合

$$1F(\text{ファラッド}) = 1C / 1V$$

- ③ モデル・デフィニション・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,
 - ④ モデル・デフィニション・カード DIST CHARGES(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(サブリンク: FLUXの中で相互参照用に使用),
 - 4. 要素番号リスト,
 - ⑤ モデル・デフィニション・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、サブリンク: FORCDTを用いても設定できる
- ⑥ ヒストリ・デフィニション・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、

$$\begin{aligned} \nabla \cdot D &= \rho & \rho &: \text{電荷密度} \\ \nabla \times E &= 0 \end{aligned}$$

保存則は、 $D = \epsilon E$
スカラポテンシャルを用いると電界ベクトルEは、

$$E = -\nabla \phi$$

仮想スカラポテンシャルを Ψ とすると、微分形の保存則は、

$$\int_{\Omega} \nabla \Psi \cdot (\epsilon \nabla \phi) dV = \int_{\Omega} \Psi \rho dV + \int_{\Gamma} \Psi \cdot (\epsilon \nabla \phi - n) dS$$

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

$$-\epsilon \nabla \phi \cdot n = D \cdot n = D_n$$

2つの均質な媒質が境界 Γ_{12} を介して接している場合、スカラポテンシャル ϕ 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、 Γ_{12} 上で

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

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

$$\mathbf{n} \times (\mathbf{D}_1 - \mathbf{D}_2) = \rho_s \quad \text{on } \Gamma_{12}$$

一般の有限要素法の離散化の方式に従うと、

$$\Psi = \mathbf{N} \Phi \quad \phi = \mathbf{N} \Phi$$

$$\mathbf{K} = \int_{\Omega} \beta^T \varepsilon \beta \, dV$$

$$\mathbf{F} = \int_{\Omega} \mathbf{N}^T \rho \, dV + \int_{\Gamma} \mathbf{N}^T \mathbf{N} \mathbf{D}_n \, dS + \int_{\Gamma_{12}} \mathbf{N}^T \mathbf{N} \rho_s \, dS$$

最終的に、

$$\mathbf{K} \Phi = \mathbf{F}$$

(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 8.85×10-12 F/m]
  1  2  3  4 ~ 204  [全要素]
point charge  (節点電荷)

-0.100e-09      [節点電荷 -1.00×10-12 C/m]
  80      [X=0, Y=+0.21621]
  0.100e-09      [節点電荷 1.00×10-12 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

```

(4) 電磁気の公式

⑩ 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

- ① パラメータ・カード MAGNETO (静磁場解析)
 - 1. MAGNETO
- ② モデル・定義インジョン・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,
- ③ モデル・定義インジョン・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,
- ④ モデル・定義インジョン・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(サブリンク: FLUXの中で相互参照用に使用),
 - 4. 要素番号リスト,
- ⑤ モデル・定義インジョン・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,
- ⑥ モデル・定義インジョン・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,

透磁率
サブリンク: 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。

節点電流は、サブリンク: FORCDT を用いても設定できる

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 $1/\mu$
サブリンク: UMU (異方性透磁率マトリックスの入力) でも設定できる

- ⑦ モデル・定義インジョン・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,

- ⑧ モデル・デフィニション・カード CONTROL (コントローラー磁場解析)
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。

- ⑨ ヒストリ・デフィニション・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 [ポテンシャル=0]
  11 21 31 41 51 61 71 81 91 101 111 [外周節点]
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 1.26×10-6 henry/m]
  1 2 3 4 ~ 204 [全要素]
point current (節点電流)

-1.000e+06, [節点電流 -1.00×106 A]
  80 [X=0, Y=+0.21621]
  1.000e+06, [節点電流 1.00×106 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

```

⑰ 電磁場解析

電磁場解析 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

- ① パラメータ・カード EL-MA (電磁場解析)
 - 1. EL-MA, 0 (=時刻歴応答解析) 又は 1 (=調和応答解析),
- ② モデル・定義インシジョン・カード 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 ϵ (F/m), 空気の透磁率, 空気の伝導率 σ ,
 - 5. 要素番号リスト,

透磁率: サブルチン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: サブルチン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: サブルチン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。

- ③ モデル・定義インシジョン・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,
- ④ モデル・定義インシジョン・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、サブチン: FORCDTを用いても設定できる

- ⑤ モデル・定義インシジョン・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 (サブチン: FORCEMの中で相互参照用で使用),
 - 4. 要素番号リスト,
- ⑥ モデル・定義インシジョン・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 (サブチン: FORCEMの中で相互参照用で使用),
 - 4. 要素番号リスト,
- ⑦ モデル・定義インシジョン・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 $1/\mu$
 サブルチン: UMU (異方性透磁率マトリックスの入力) でも設定できる

- ⑧ モデル・定義インシジョン・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。

⑨ ヒストリ・デフインション・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

⑱ 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)]
(サブルチン: 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: # 4 1, 4 2, 4 4

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: # 2 7, 2 8, 2 1

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: # 3 2, 3 3, 3 5 ... 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

① パラメータ・カード

PORE (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,

② モデル・デフインション・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を使つての非線形弾性モデルの場合 = NON LINEAR
Cam Clayモデルの場合 = CAMCLAY

③ モデル・デフインション・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)、

- ④ モデル・デフォインション・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),
- ⑤ モデル・デフォインション・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,
- ⑥ モデル・デフォインション・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,
- ⑦ モデル・デフォインション・カード DIST FLUXES(分布熱流束-質量流量)
1. DIST FLUXES
 2. ブランク行
 3. 熱流束のタイプ, 分布熱流束の大きさ(総量), ,
 4. 要素番号リスト,
- ⑧ モデル・デフォインション・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,
- ⑨ モデル・デフォインション・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,
- ⑩ モデル・デフォインション・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
- ⑪ モデル・デフォインション・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,
- ⑫ モデル・デフォインション・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,
- ⑬ モデル・デフォインション・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

⑬ 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

- ① 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=ランチョス法),
 - 1-4. ポストテープに固有値モードを書く=1,

- ② モデル・定義インジョン・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

- ③ モデル・定義インジョン・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,

熱伝導シエルを含む場合

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,

- ④ モデル・定義インジョン・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: サブルチン FLUXを使用し、時間・位置等に依存した音源を入力できる

- ⑤ モデル・定義インジョン・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(熱伝導シエルのみ),
 - 3-3. 3番目の自由度に与える増分節点音源(熱伝導シエルのみ),
 - 4 . 節点番号リスト,

サブチン FORCDTの使用も可能である

- ⑥ ヒストリ・定義インジョン・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: サブルチン FORCDTを使用すると便利である

- ⑦ ヒストリ・デフィニション・カード DIST SOURCES (分布音源)
モデル・デフィニション・カードの④と同じ
- ⑧ モデル・デフィニション・カード POINT SOURCE (節点音源)
モデル・デフィニション・カードの⑤と同じ
- ⑨ ヒストリ・デフィニション・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

- ⑩ ヒストリ・デフィニション・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. 通常はブランク,
 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

- ⑪ ヒストリ・デフィニション・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 ランチョス法)
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

モード3

<時刻歴>

例2)

```

title      prob e8.26 acoustic
sizing     100000  10  22
elements   39
acoustic,5,1,1, (音響解析 ランチョス法)
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

① 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 : 接触の情報に従い、剛体(2D・3D)に接触のため、
 ATTACH NODE、ATTACH SURFACEは不要

② 定義

① 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

1-4. 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

② モデル・定義インジョン・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(いくつか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

③ モデル・定義インジョン・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

④ モデル・定義インジョン・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)

⑤ モデル・デフィニション・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 新技術

① I-DEASとのインターフェイス

モデル・デフィニション・カード SDRC (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. SDRC
- 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

② 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

モデル・デフィニション・カード CONTROL (コントロール)

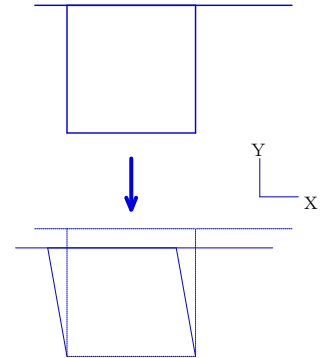
- [新] 1 . CONTROL
- 2 . , , , , 2 (相対値・絶対値判定併用),
- 3-1. (相対値判定のしきい値),
- 3-2. (ねじり),
- 3-3. (この値より大きいとき相対値、小さいとき絶対値),
- 3-4. (ねじり),
- 3-5. (絶対値判定のしきい値),
- 3-6. (ねじり),

- [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),

③ 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・デフォインション・カード RELEASE (反力を徐々にゼロにする機能)

- 例) 1. RELEASE, 1 (フラグ),
 2. 解離する剛体の番号,
 AUTO LOAD
 1 0,
 TIME STEP
 0. 0 5,
 MOTION CHANGE
 1,
 2,
 0, 1 0 0 0,
 RELEASE, 1,
 2,
 CONTINUE



④ 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・デフォインション・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
 5 0,
 DISP CHANGE
 0,
 0,
 2,
 2 1,
 RELEASE NODE
 1,
 2,
 2 1,
 CONTINUE

⑤ 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・デフォインション・カード ACTUATOR

⑥ VELOCITY CHANGE

熱伝導解析における節点速度の変更。
 ヒストリ・デフォインション・カード VELOCITY CHANGE

8 ユーザー・サブルーチン

① FORCDT (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

モデル・デフィニション・カード FORCDT (変位又は荷重履歴の入力)

1. FORCDT
2. 節点番号リスト,

FORCDT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, dtime, ndeg, node,
lug, xord, ncrd, iacflg, 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(1)
dimension xfor(45)
pi=3.141592
f=.5
hz=50
omega=hz*2*pi
du(1)=f*sin(omega*(dtime+time))-f*sin(omega*time)      : s i n波
return
end                増分
    
```

(2) 座標変換

$$\begin{matrix} x_b \\ y_b \end{matrix} = \begin{matrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{matrix} \begin{matrix} x_a \\ y_a \end{matrix}$$

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、

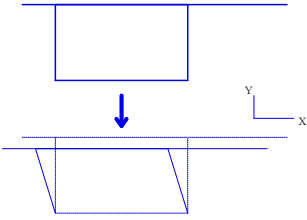
$$\begin{matrix} x_b \\ y_b \end{matrix} = \begin{matrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{matrix} \begin{matrix} x_a - x_c \\ y_a - y_c \end{matrix} + \begin{matrix} x_c \\ y_c \end{matrix}$$

よって、移動量は、

$$\begin{matrix} x \\ y \end{matrix} = \begin{matrix} x_b - x_a \\ y_b - y_a \end{matrix} = \begin{matrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{matrix} \begin{matrix} x_a - x_c \\ y_a - y_c \end{matrix} + \begin{matrix} x_c \\ y_c \end{matrix} - \begin{matrix} x_a \\ y_a \end{matrix}$$

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θの回転を与える (f o r c d t _ _ r . f)

<pre> subroutine forcdt(u, v, a, dp, du, time, dttime, ndeg, node, lug, xord, ncrd, iacflg, 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 rotational speed omg(rad/inc) omg=. 0. 17 </pre>	<p>… 回転サブルーチン</p> 
<pre> c rotational about o(a, b) s=0 t=0 </pre>	<p>1degの時:3. 14…/180 と して設定 中心C(s, t)</p>
<pre> 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 </pre>	<p>0イン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</p>

(3) 絞り方向の変位

原点を中心に絞る場合

$$e = \sqrt{xord(1)^2 + xord(2)^2}$$

$$xord(1) : xord(2) : e = du(1) : du(2) : d$$

$$du(1) = xord(1) \times d/e \times (-1)$$

$$du(2) = xord(2) \times d/e \times (-1)$$

※ 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

$$e = \sqrt{(xord(1) - s)^2 + (xord(2) - t)^2}$$

$$xord(1) - s : xord(2) - t : e = du(1) : du(2) : d$$

$$ss = xord(1) - s$$

$$tt = xord(2) - t$$

とすれば、
 $du(1) = ss \times d/e \times (-1)$ $du(2) = tt \times d/e \times (-1)$ となる $(du(3) \neq 0)$

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,
      lug, xord, ncrd, iacflg, 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   displacement(mm/inc)
      d=.1
c   displacement direction to o(s, t)
      s=0
      t=0
c
c   if(inc. eq. 0) then
      du(1)=0
      du(2)=0
      du(3)=0
      end if
c
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
c   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
c   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,
      lug, xord, ncrd, iacflg, 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 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
c existing point A(xx,yy)
    xx=xord(1)+u(1)
    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)
    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)
    ss=xx-s
    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))
    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) 絞り方及びびねじり

(2)座標変換と(3)絞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,
lug,xord,ncrd,iacflg,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)

```

```

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 rotatino about o(s,t)
c s=0
c 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
    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
    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
    du(3)=0
  end if
c *****

c
c *** torsional 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

```

- ①
- ③
- ④

回転中心 O (s, t) が原点と異なる場合、書き換える(次頁参照)。

```

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 [② 追加, ③ 置換, ④ 置換]

```

c *** squeeze step(displ=du,inc>=1) *****
① c if(inc.ge.1) then
c existing point A(xx,yy)
② c xx=xord(1)+u(1)
c yy=xord(2)+u(2)
c e=((xord(1)-s)**2+(xord(2)-t)**2)**.5
③ 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
④ 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
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	U _{x_a}	U _{y_a}
B	U _{x_b}	U _{y_b}

となり、

この時、 $U_{x_a} = -U_{y_b}$, $U_{y_a} = U_{x_b}$ となる

例6) 変位 : f o r c d t で変位を与えられる節点は、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
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

  0,0,
  1 2 3
  14 24 34 44
  0,0,
  1 2 3
  2 3 4
  14 24 34 44

forcdt
  14 24 34 44

restart
3,4,
reauto
,,1,
post
3,,1,1,
  1
end option
control
99999 10 1 0
  1.000e-01 1.000e-01
time step
  1.000e-00
auto load
  50
continue

```

ユーザーサブルーチン forcdt による変位を

```

      subroutine forcdt(u,v,a,dp,du,time,dtime,ndeg,node,
      lug,xord,ncrd,iacflg,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(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,
      lug, xord, ncrd, iacflg, 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(1)
      dimension xfor(45)

```

```

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

```

例8) 荷重 : 変位拘束を与えてい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,
      lug, xord, ncrd, iacflg, 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(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,
      lug,xord,ncrd,iacflg,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(1)
      dimension xfor(45)
      du(1)=sin(.5*(time+dtime))
      1-sin(5*time)
      return
      end

```

例1 0) 加速度

```

      subroutine forcdt(u,v,a,dp,du,time,dtime,ndeg,node,
      lug,xord,ncrd,iacflg,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(1)
      dimension xfor(45)
      iacflg=1
      a(1)=sin(.5*(time+dtime))
      return
      end

```

例1 1) 速度

```

      subroutine forcdt(u,v,a,dp,du,time,dtime,ndeg,node,
      lug,xord,ncrd,iacflg,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(1)
dimension xfor(45)
iacflg=1
v(1)=cos(.5*(time+dttime))
1-cos(.5*time)
return
end

```

② MOT I O N (2・3次元剛体壁の運動の定義)

(1) 基本的な与え方

モデル・デフイニション・カード UMOT I O N (サブルーチンMOT I O Nの呼び出し)

1. UMOT I O N

サブルーチンMOT I O N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

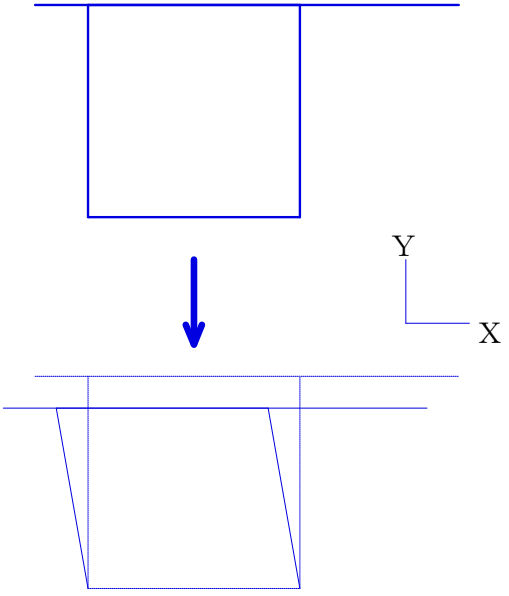
1 11 1 2 3 4

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,
-1,5,
15,5,
control

```



The diagram illustrates a contact analysis. It shows a rectangular block being pushed down by a force, resulting in a trapezoidal shape. A coordinate system with X and Y axes is shown to the right.

```

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

```

③ FORCEM (非等分布荷重の入力)

(1) 基本的な与え方

- モデル・デフィニション・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

- ① FOLLOW FOR (パラメタ・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)
- ② ELASTIC (パラメタ・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
defined non-uniformed distributed force on an element.
c
press (mptpmx) distributed load increment magnitude
c
x1 coordinate
c
x2 coodinate

```

```

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

```

④ UFORMS (拘束条件の定義)

(1) 基本的な与え方

- モデル・定義・イニシエーション・カード TYING (タイピング)
1. TYING
 2. ブランク行
 3. タイピング・タイプ・コード-1000,
 4. タイド・ノード・リスト,
 5. リテイインド・ノード・リスト,

⑤ UFRIC (摩擦係数の定義)

(1) 基本的な与え方

- モデル・定義・イニシエーション・カード UFRICTION (サブルーチンUFRICの呼び出し)
1. UFRIC
- モデル・定義・イニシエーション・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

⑥ UCONTACT (ユーザー定義接触条件)

(1) 基本的な与え方

- モデル・定義・イニシエーション・カード UCONTACT (サブルーチンUCONTACTの呼び出し)
1. UCONTACT

⑦ IMPD (節点変数の出力)

(1) 基本的な与え方

- モデル・定義・イニシエーション・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,

⑧ ELEVAR (要素変数の出力)

(1) 基本的な与え方

- モデル・定義・イニシエーション・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,

⑨ PLOTV (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

- モデル・定義・イニシエーション・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.

PLOTV使用時のポスト・コードは、負のコードとなる