

2次元伝熱流動解析プログラム「NAGARE-T」

ナトリウム機器の熱衝撃試験(XXV II)

1982年4月

動力炉・核燃料開発事業団

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせください。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター システム開発推進部・技術管理室

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section O-arai Engineering Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 4002 Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki, Ibaraki-ken, 311-13, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)

2次元伝熱流動解析プログラム「NAGARE-T」

ナトリウム機器の熱衝撃試験 (XXVII)

家田 芳明* 則松 新二* 太田 俊朗*

山本 研*

要 旨

原子炉容器上部プレナムでは、炉心からのナトリウム温度と流量の低下が生じた場合、浮力効果によりストラティフィケーション(成層化)現象が生じる可能性がある。この現象を実験的に解明するため、炉容器上部プレナムを模擬した試験体でストラティフィケーション試験が実施された。同時に解析によりこの現象を把握する目的で伝熱流動解析コード「NAGARE-T」を作成した。このコードは連続の式、運動方程式、エネルギーの式を同時に解くことにより、浮力効果が大きな影響をもつストラティフィケーション現象も解くことが可能である。このプログラムは炉容器上部プレナムの解析を目的として開発されたが、2次元非定常伝熱流動解析で取扱える他の体系に対しても適用が可能であり、座標系としては、円筒座標、Cartesian 座標が扱える。

本コードの検証は現在実施されており、その結果は後日報告される予定である。

* 大洗工学センターナトリウム技術部ナトリウム機器構造試験室

NAGARE-T—Two Dimensional Computer Code
for Thermal-Hydraulic Analysis

Thermal Shock Test on Sodium Components (XXVII)

Yoshiaki Ieda*, Shinji Norimatsu*,
Toshiharu Ohta*, and Ken Yamamoto*

Abstract

In the upper plenum of R/V "MONJU", stratification phenomenon would be caused by the buoyant force in the case that temperature and flow rate of sodium entering the plenum decrease at the same time.

Stratification test on the model of upper plenum of "MONJU" had been conducted in order to clarify this phenomenon experimentally by using Thermal Shock Test Loop.

In parallel with the test, heat and flow analysis code "NAGARE-T" had been developed to have information about this phenomenon analytically.

This code can deal with the stratification by solving continuity, momentum and energy equation simultaneously, and to treat by unsteady 2-dimensional thermal-hydraulic analysis as well as stratification. This code is able to deal with cartesian and cylindrical coordinate.

Verification works for the code are in progress at present, the results are to be seen in another report later.

* Sodium Components Section, Sodium Engineering Division, O-arai Engineering Center, PNC.

目 次

1. 緒 言	1
2. 基礎方程式と差分方程式	2
2.1 基礎方程式	2
2.2 差分方程式	3
2.2.1 連続の式	3
2.2.2 運動方程式	4
2.2.3 エネルギーの式	10
3. 境界条件	13
3.1 流れに関する境界条件	13
3.2 温度に関する境界条件	15
4. 計算方法	16
4.1 連続の式による流速の修正方法	16
4.2 計算時間短縮のための工夫	18
4.2.1 時間ステップの最適化	18
4.3 初期値の設定	19
5. プログラムの説明	21
5.1 フローチャート	21
5.2 サブルーチンの説明	21
5.3 入力データの説明	21
5.4 使用方法	21
5.4.1 計算領域の設定法	22
5.4.2 境界条件の与え方	25
6. 結 言	73
7. 引用文献	75
付 録	76

List of Figures

Fig.2- 1	Location of Variables for Typical Cell	12
Fig.4- 1	Flow Chart of Calculation	20
Fig.5- 1	Subroutines organizing "NAGARE-T"	27
Fig.5- 2	Flow Chart of Main Program	28
Fig.5- 3	Flow Chart of Subroutine MM	29
Fig.5- 4	Flow Chart of Subroutine SOLT (RCT, TN, T).....	34
Fig.5- 5	Flow Chart of Subroutine USTDY (CSTED, NSTED).....	35
Fig.5- 6	Flow Chart of Subroutine SETK (T, FK).....	36
Fig.5- 7	Flow Chart of Subroutine SETRO (T, R).....	36
Fig.5- 8	Flow Chart of Subroutine SETC (T, C).....	37
Fig.5- 9	Flow Chart of Subroutine SETMU (T, FM).....	37
Fig.5-10	Flow Chart of Subroutine OPTIMZ (TMIN, IMAX, JMAX)	38
Fig.5-11	Flow Chart of Subroutine OPTENG (TENG)	39
Fig.5-12	Procedure for Using "NAGARE-T"	61
Fig.5-13	Job Control Cards to Run "NAGARE-T"	71

List of Tables

Table 5- 1	Outline of Main Program.....	40
Table 5- 2	Outline of Subroutine MM	41
Table 5- 3	Outline of Subroutine OPTIMZ	42
Table 5- 4	Outline of Subroutine OPTENG.....	43
Table 5- 5	Outline of Subroutine SOLT	44
Table 5- 6	Outline of Subroutine USTDY	45
Table 5- 7	Outline of Subroutine SETK	46
Table 5- 8	Outline of Subroutine SETRO	47
Table 5- 9	Outline of Subroutine SETC.....	48
Table 5-10	Outline of Subroutine SETMU	49
Table 5-11	Outline of Subroutine SETEPM.....	50
Table 5-12	Outline of Subroutine SETEPH	51
Table 5-13	Outline of Subroutine SETLJ	52
Table 5-14	Outline of Subroutine SETAB2	53
Table 5-15	Outline of Subroutine SETAB	54
Table 5-16	Outline of Subroutine BCSETU.....	55
Table 5-17	Outline of Subroutine SETTIN	56
Table 5-18	Outline of Subroutine SETVIN	57
Table 5-19	Outline of Subroutine BCSETT.....	58
Table 5-20	Outline of Input Data	59

記 号

C_p	定圧比熱
$\vec{g}$	加速度ベクトル
i, I	r 方向のメッシュ番号
j, J	y 方向のメッシュ番号
k	熱伝導率
n	時間ステップの番号
p	圧 力
T	温 度
t	時 間
δt	時間ステップの間
$\vec{u}$	速度ベクトル
α, β, γ	5.4.1 (2) 参照
ϵ_H	熱の渦拡散係数
ϵ_M	運動量の渦拡散係数
μ	粘性係数
ν	動粘性係数
ρ	密 度
$\vec{\tau}$	応力テンソル
ξ	円筒座標では $\xi = 1$, cartesian 座標では $\xi = 0$ となる係数であり, 運動方程式等を, 円筒座標 cartesian 座標双方に適用できる一つの式で表現するためにもちいた。

(円筒座標)

g_r	半径方向の加速度成分
g_y	軸方向の加速度成分
r	半径方向の座標
δr	半径方向のメッシュ間
u, U	半径方向の速度成分
v, V	軸方向の速度成分
y	軸方向の座標
δy	軸方向のメッシュ間

(cartesian 座標)

g_x	x 方向の加速度成分
g_y	y 方向の加速度成分
x	x 方向の座標
δx	x 方向のメッシュ巾
u, U	x 方向の速度成分
v, V	y 方向の速度成分
y	y 方向の座標
δy	y 方向のメッシュ巾

1. 緒 言

原子炉容器上部プレナムの伝熱流動特性は、炉心上部機構、原子炉出口ノズル等原子炉囲りの構造物のみならず一次系、二次系の主要機器の熱負荷特性に対して重要な意味をもっている。すなわち、原子炉トリップ等により炉心出口のナトリウムは急激に温度変化するが、上部プレナム内のナトリウムと混合され、この温度変化が緩和されて炉容器出口ノズルに達する。出口ノズルの温度変化は主中間熱交換器(IHX)、各種弁、主ポンプ等に対し熱負荷を与え、各機器に熱応力を生じさせる。出口ノズルをはじめ、各主要機器は炉容器上部プレナム内での有効な混合を前提として定められた熱過度条件で設計されるようになっている。このように「もんじゅ」の主要機器の設計製作にとって炉容器上部プレナム内での有効ミキシング容量の決定は大きな意味をもつことになる。

炉容器上部プレナム内の伝熱流動特性を総括的に表わす有効ミキシング容量を実験で確認する目的で、炉容器出口ノズの熱衝撃試験が実施された⁽¹⁾⁽²⁾。この結果、炉心出口流速が大きい場合、完全混合に近いミキシング容量が期待できるとの結果を得、さらにこの結果を解析面で裏づけようとする努力がなされ、二次元軸対称流動解析コード「NAGARE」や「SKORT」が開発、検証された^{(3)~(5)}。

炉心出口流量が実機定格に近い場合、完全混合が期待される結果が得られたが、手動トリップ等により、炉心流量が急激に変化、定格流量の10%近くまで低下し、かつ炉心出口温度が低下すると、浮力の効果により、上部プレナム内でストラティフィケーション(成層化)〈以下ストラと略す〉が生じ実効ミキシング容量が低下する問題が生じてきた。このストラにより実効ミキシング容量は20%~30%に低下し、主要機器の設計に重要な影響を与えるといわれている。ナトリウムを利用したストラの実験は海外でも例が少なく、水あるいは塩水を利用した実験がいくつか報告されている。

ストラがどのような条件のもとに生じ、また、その結果として有効ミキシング容量がどの程度低下するか等の問題を実験的に解明するため、炉容器上部プレナムストラティフィケーション試験が大洗工学センターNa機器構造試験室の熱衝撃試験装置を用いて実施された。

このような流動状態を解析するコードは、海外、国内で開発されているが^{(4),(7)~(10)}、当室でも試験と同時にストラを解析的に明らかにするため、二次元および三次元流動伝熱コードの開発が進められてきた。

本報告書では、既存の二次元流動プログラム「NAGARE」を改良した「NAGARE-T」について報告する。

伝熱流動解析では、計算結果を視覚で把握することが便利である。「NAGARE-T」の開発と同時に解析結果の後処理用プログラム「NAPS」を作成したのでこれについても記述した。

2. 基礎方程式と差分方程式

2.1 基礎方程式

計算対象は、以下のような条件のものである。

- ① 非定常解析
- ② 2次元解析
 - ・円柱座標（軸対称）
 - ・Cartesian 座標
- ③ 炉容器に限らず、他の体系にも適用する。
- ④ 伝熱流動解析を行なう。
 - ・連続の式、運動方程式、エネルギーの式を同時に解く。
- ⑤ 流体は、ニュートン流体を扱う。
- ⑥ 粘性項への圧縮性の効果は考慮しない
- ⑦ 乱流効果は、熱の渦拡散係数、運動量の渦拡散係数により考慮する。
- ⑧ 浮力効果には、Boussinesq 近似を用いず、運動方程式を厳密に解く。
- ⑨ 重力場は、場所によらず均一な場合のみを扱う。（したがって、円柱座標の場合、重力の方向が中心軸から傾いているような体系は扱わない。）
- ⑩ エネルギーの式において散逸項は無視する。

基礎方程式は、連続の式、運動方程式、エネルギーの式からなり、以下のとおり、

(1) 連続の式

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot \rho \vec{u} = 0 \quad (2-1)$$

(2) 運動方程式

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho \vec{u} = -(\vec{\nabla} \cdot \rho \vec{u} \vec{u}) - \vec{\nabla} p - (\vec{\nabla} \cdot \vec{\tau}) + \rho \vec{g} \quad (2-2)$$

ここに

$$\tau_{rr} = -\mu' \left\{ 2 \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{2}{3} \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial v}{\partial y} + \xi \frac{u}{r} \right\}$$

$$\tau_{yy} = -\mu' \left\{ 2 \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{2}{3} \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial v}{\partial y} + \xi \frac{u}{r} \right\}$$

$$\tau_{ry} = \tau_{yr} = -\mu' \left(\frac{\partial v}{\partial r} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)$$

(3) エネルギーの式

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho C_p T = -(\vec{\nabla} \cdot \rho C_p T \vec{u}) + k' \vec{\nabla}^2 T \quad (2-3)$$

$$\text{ここで} \quad \mu' = \mu + \rho \varepsilon_M$$

$$k' = k + \rho C_p \varepsilon_H$$

$$\xi = \begin{cases} 0 & (\text{Cartesian 座標}) \\ 1 & (\text{円柱座標}) \end{cases}$$

2.2 差分方程式

差分化にあたっては、できる限り保存形を保った形で差分化するよう留意し、コントロール ボリュームによる方法を用いた。これにより、差分式各項の物理的意味づけがわかりやすく、今後の改良も扱いやすい。又、メッシュ境界の開孔比、メッシュ内の空孔率の指定ができるようにし、メッシュ分割を荒くとれるようにした。

2.2.1 連続の式

連続の式は、時間に関して後進差分、空間に関して風上差分により、差分近似した。

$$\begin{aligned} & \frac{(\rho_{i,j}^n - \rho_{i,j}^{n-1}) \cdot r_{ij}}{\delta t} + \frac{RU4 \cdot \alpha_{ij} - RU3 \cdot \alpha_{i-1,j}}{\delta r_i} \\ & + \frac{RV2 \cdot \beta_{ij} - RV1 \cdot \beta_{i,j-1}}{\delta y_j} \\ & + \xi \cdot \frac{RU4 \cdot \alpha_{ij} + RU3 \cdot \alpha_{i-1,j}}{2 \cdot r_i} = 0 \end{aligned} \quad (2-9)$$

ここで

$$RV1 = \begin{cases} \rho_{i,j-1}^n \cdot v_{i,j-1}^n & (v_{i,j-1}^n \geq 0) \\ \rho_{i,j}^n \cdot v_{i,j-1}^n & (v_{i,j-1}^n < 0) \end{cases} \quad (2-9-1)$$

$$RV2 = \begin{cases} \rho_{i,j}^n \cdot v_{i,j}^n & (v_{i,j}^n \geq 0) \\ \rho_{i,j+1}^n \cdot v_{i,j}^n & (v_{i,j}^n < 0) \end{cases} \quad (2-9-2)$$

$$RU3 = \begin{cases} \rho_{i-1,j}^n \cdot u_{i-1,j}^n & (u_{i-1,j}^n \geq 0) \\ \rho_{i,j}^n \cdot u_{i-1,j}^n & (u_{i-1,j}^n < 0) \end{cases} \quad (2-9-3)$$

$$RU4 = \begin{cases} \rho_{i,j}^n \cdot u_{i,j}^n & (u_{i,j}^n \geq 0) \\ \rho_{i+1,j}^n \cdot u_{i,j}^n & (u_{i,j}^n < 0) \end{cases} \quad (2-9-4)$$

ここで、 α_{ij} , β_{ij} , r_{ij} は、縮流境界、流動領域の減少を示す変動で、詳しくは、5.4.1(2)で述べる。

ρ , u , v 等の添字の内、右下の i, j はそれぞれ r 方向及び y 方向のメッシュ番号を示し Fig.

2-1で示した位置にあたる，右上のn, n-1は，時間ステップを示すもので，nが現在のステップ，n-1が一つ前のステップを示している。

2.2.2 運動方程式

運動方程式は時間に関して前進差分，空間に関しては，中央差分と風上差分を合わせた形で差分近似した。

$$\begin{aligned}
 u_{ij}^{n+1} = & u_{ij}^n \\
 & + \frac{2 \cdot (RU1 \cdot VR1 - RU2 \cdot VR2) \cdot \delta t}{\left(\frac{\delta y_{j-1}}{2} + \delta y_j + \frac{\delta y_{j+1}}{2} \right) \cdot \frac{r_{ij} + r_{i+1,j}}{2} \cdot \frac{\rho_{ij}^n + \rho_{i+1,j}^n}{2}} \\
 & + \frac{2 \cdot (RU3 \cdot UR3 - RU4 \cdot UR4) \cdot \delta t}{(\delta r_i + \delta r_{i+1}) \cdot \frac{r_{ij} + r_{i+1,j}}{2} \cdot \frac{\rho_{ij}^n + \rho_{i+1,j}^n}{2}} \\
 & - \xi \cdot \frac{(RU3 \cdot UR3 + RU4 \cdot UR4) \cdot \delta t}{2 \cdot (r_i + \xi \cdot \delta r_i / 2) \cdot \frac{r_{ij} + r_{i+1,j}}{2} \cdot \frac{\rho_{ij}^n + \rho_{i+1,j}^n}{2}} \\
 & - \frac{(FR1 - FR2) \cdot \delta t}{\delta y_j \cdot \frac{r_{ij} + r_{i+1,j}}{2} \cdot \frac{\rho_{ij}^n + \rho_{i+1,j}^n}{2}} \\
 & - \frac{2 \cdot (FR3 - FR4) \cdot \delta t}{(\delta r_i + \delta r_{i+1}) \cdot \frac{r_{ij} + r_{i+1,j}}{2} \cdot \frac{\rho_{ij}^n + \rho_{i+1,j}^n}{2}} \\
 & + \xi \cdot \frac{(FR3 + FR4) \cdot \delta t}{2(r_i + \xi \cdot \delta r_i / 2) \cdot \frac{r_{ij} + r_{i+1,j}}{2} \cdot \frac{\rho_{ij}^n + \rho_{i+1,j}^n}{2}} \\
 & + g_r \cdot \delta t \\
 & - \frac{2 \cdot (P_{i+1,j}^n - P_{ij}^n) \cdot \delta t}{(\delta r_i + \delta r_{i+1}) \cdot \frac{\rho_{ij}^n + \rho_{i+1,j}^n}{2}}
 \end{aligned} \tag{2-10}$$

そこで

$$\begin{aligned}
 \text{RU1} = & \left[\frac{(1+\alpha) \cdot \frac{\rho_{ij-1}^n \cdot \delta r_{i+1} + \rho_{i+1,j-1}^n \cdot \delta r_i}{(\delta r_i + \delta r_{i+1})} \cdot u_{ij-1}^n + (1-\alpha) \frac{\rho_{ij}^n \cdot \delta r_{i+1} + \rho_{i+1,j}^n \cdot \delta r_i}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} u_{ij}^n}{2} \right. \\
 & \left(\frac{\beta_{ij-1} \cdot v_{ij-1}^n + \beta_{i+1,j-1} \cdot v_{i+1,j-1}^n}{\beta_{ij-1} + \beta_{i+1,j-1}} \geq 0 \right) \\
 & \left. \frac{(1-\alpha) \frac{\rho_{ij-1}^n \cdot \delta r_{i+1} + \rho_{i+1,j-1}^n \cdot \delta r_i}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} \cdot u_{ij-1}^n + (1+\alpha) \frac{\rho_{ij}^n \cdot \delta r_{i+1} + \rho_{i+1,j}^n \cdot \delta r_i}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} u_{ij}^n}{2} \right] \\
 & \left(\frac{\beta_{ij-1} \cdot v_{ij-1}^n + \beta_{i+1,j-1} \cdot v_{i+1,j-1}^n}{\beta_{ij-1} + \beta_{i+1,j-1}} < 0 \right) \quad (2-10-1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{RU2} = & \left[\frac{(1+\alpha) \frac{\rho_{ij}^n \cdot \delta r_{i+1} + \rho_{i+1,j}^n \cdot \delta r_i}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} \cdot u_{ij}^n + (1-\alpha) \frac{\rho_{i,j+1}^n \cdot \delta r_{i+1} + \rho_{i+1,j+1}^n \cdot \delta r_i}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} u_{i,j+1}^n}{2} \right. \\
 & \left(\frac{\beta_{ij} \cdot v_{ij} + \beta_{i+1,j} \cdot v_{i+1,j}}{\beta_{ij} + \beta_{i+1,j}} \geq 0 \right) \\
 & \left. \frac{(1-\alpha) \frac{\rho_{ij}^n \cdot \delta r_{i+1} + \rho_{i+1,j}^n \cdot \delta r_i}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} u_{ij}^n + (1+\alpha) \frac{\rho_{i,j+1}^n \cdot \delta r_{i+1} + \rho_{i+1,j+1}^n \cdot \delta r_i}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} u_{i,j+1}^n}{2} \right] \\
 & \left(\frac{\beta_{ij} \cdot v_{ij} + \beta_{i+1,j} \cdot v_{i+1,j}}{\beta_{ij} + \beta_{i+1,j}} < 0 \right) \quad (2-10-2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{RU3} = & \left[\frac{(1+\alpha) \frac{\rho_{i+1,j}^n \cdot \delta r_i + \rho_{ij}^n \cdot \delta r_{i-1}}{\delta r_i + \delta r_{i-1}} u_{i-1,j}^n + (1-\alpha) \frac{\rho_{ij}^n \cdot \delta r_{i+1} + \rho_{i+1,j}^n \cdot \delta r_i}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} u_{ij}^n}{2} \right. \\
 & \left(\frac{\alpha_{i-1,j} \cdot u_{i-1,j}^n + \alpha_{ij} \cdot u_{ij}^n}{\alpha_{i-1,j} + \alpha_{ij}} \geq 0 \right) \\
 & \left. \frac{(1-\alpha) \frac{\rho_{i+1,j}^n \cdot \delta r_i + \rho_{ij}^n \cdot \delta r_{i-1}}{\delta r_i + \delta r_{i-1}} u_{i-1,j}^n + (1+\alpha) \frac{\rho_{ij}^n \cdot \delta r_{i+1} + \rho_{i+1,j}^n \cdot \delta r_i}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} u_{ij}^n}{2} \right] \\
 & \left(\frac{\alpha_{i-1,j} \cdot u_{i-1,j}^n + \alpha_{ij} \cdot u_{ij}^n}{\alpha_{i-1,j} + \alpha_{ij}} < 0 \right) \quad (2-10-3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{RU4} = & \left[\frac{(1+\alpha) \frac{\rho_{ij}^n \cdot \delta r_{i+1} + \rho_{i+1,j}^n \cdot \delta r_i}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} \cdot u_{i,j}^n + (1-\alpha) \frac{\rho_{i+1,j}^n \cdot \delta r_{i+2} + \rho_{i+2,j}^n \cdot \delta r_{i+1}}{\delta r_{i+1} + \delta r_{i+2}} \cdot u_{i+1,j}^n}{2} \right. \\
 & \left(\frac{\alpha_{ij} \cdot u_{ij}^n + \alpha_{i+1,j} \cdot u_{i+1,j}^n}{\alpha_{ij} + \alpha_{i+1,j}} \geq 0 \right) \\
 & \left. \frac{(1-\alpha) \frac{\rho_{ij}^n \cdot \delta r_{i+1} + \rho_{i+1,j}^n \cdot \delta r_i}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} \cdot u_{i,j}^n + (1+\alpha) \frac{\rho_{i+1,j}^n \cdot \delta r_{i+2} + \rho_{i+2,j}^n \cdot \delta r_{i+1}}{\delta r_{i+1} + \delta r_{i+2}} \cdot u_{i+1,j}^n}{2} \right. \\
 & \left. \left(\frac{\alpha_{ij} \cdot u_{ij}^n + \alpha_{i+1,j} \cdot u_{i+1,j}^n}{\alpha_{ij} + \alpha_{i+1,j}} < 0 \right) \right] \quad (2-10-4)
 \end{aligned}$$

$$\text{VR1} = \frac{\beta_{ij-1} \cdot v_{ij-1}^n + \beta_{i+1,j-1} \cdot v_{i+1,j-1}^n}{2} \quad (2-10-5)$$

$$\text{VR2} = \frac{\beta_{ij} \cdot v_{ij}^n + \beta_{i+1,j} \cdot v_{i+1,j}^n}{2} \quad (2-10-6)$$

$$\text{UR3} = \frac{\alpha_{i-1,j} \cdot u_{i-1,j}^n + \alpha_{ij} \cdot u_{ij}^n}{2} \quad (2-10-7)$$

$$\text{UR4} = \frac{\alpha_{ij} \cdot u_{ij}^n + \alpha_{i+1,j} \cdot u_{i+1,j}^n}{2} \quad (2-10-8)$$

$$\text{FR1} = 2 \cdot \text{MU1} \cdot \left(\frac{v_{i+1,j-1}^n - v_{i,j-1}^n}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} + \frac{u_{i,j}^n - u_{i,j-1}^n}{\delta y_j + \delta y_{j-1}} \right) \quad (2-10-9)$$

$$\begin{aligned}
 \text{MU1} = & \frac{(\mu_{i,j-1}^n \cdot \delta r_{i+1} + \mu_{i+1,j-1}^n \cdot \delta r_i) \delta y_j + (\mu_{i,j}^n \cdot \delta r_{i+1} + \mu_{i+1,j}^n \cdot \delta r_i) \delta y_{j-1}}{(\delta r_{i+1} + \delta r_i) \cdot (\delta y_j + \delta y_{j-1})} \\
 & (2-10-10)
 \end{aligned}$$

$$\text{FR2} = 2 \cdot \text{MU2} \cdot \left(\frac{v_{i+1,j}^n - v_{ij}^n}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} + \frac{u_{i+1,j}^n - u_{ij}^n}{\delta y_{j+1} + \delta y_j} \right) \quad (2-10-11)$$

$$\text{MU2} = \frac{(\mu_{i,j}^n \cdot \delta r_{i+1} + \mu_{i+1,j}^n \cdot \delta r_i) \delta y_{j+1} + (\mu_{i,j+1}^n \cdot \delta r_{i+1} + \mu_{i+1,j+1}^n \cdot \delta r_i) \delta y_j}{(\delta r_{i+1} + \delta r_i)(\delta y_j + \delta y_{j+1})} \quad (2-10-12)$$

$$\text{FR3} = \mu_{ij}^n \left\{ 2 \frac{u_{ij}^n - u_{i-1,j}^n}{\delta r_i} - \frac{2}{3} \left(\frac{u_{ij}^n - u_{i-1,j}^n}{\delta r_i} + \frac{v_{ij}^n - v_{i,j-1}^n}{\delta y_j} + \xi \frac{u_{ij}^n + u_{i+1,j}^n}{2 \cdot r_{i+1}} \right) \right\} \quad (2-10-13)$$

$$\text{FR4} = \mu_{i+1,j}^n \left\{ 2 \frac{u_{i+1,j}^n - u_{ij}^n}{\delta r_{i+1}} - \frac{2}{3} \left(\frac{u_{i+1,j}^n - u_{ij}^n}{\delta r_{i+1}} + \frac{v_{i+1,j}^n - v_{i,j-1}^n}{\delta y_i} + \xi \frac{u_{ij}^n + u_{i+1,j}^n}{2 \cdot r_{i+1}} \right) \right\} \quad (2-10-14)$$

$$v_{i,j}^{n+1} = v_{ij}^n$$

$$+ \frac{2 \cdot (RV1 \cdot VY1 - RV2 \cdot VY2) \cdot \delta t}{(\delta y_j + \delta y_{j+1}) \cdot \frac{\gamma_{ij} + \gamma_{ij+1}}{2} \cdot \frac{\rho_{ij}^n + \rho_{ij+1}^n}{2}}$$

$$+ \frac{2 \cdot (RV3 \cdot UY3 - RV4 \cdot UY4) \cdot \delta t}{\left(\frac{\delta r_{i-1}}{2} + \delta r_i + \frac{\delta r_{i+1}}{2} \right) \cdot \frac{\gamma_{ij} + \gamma_{ij+1}}{2} \cdot \frac{\rho_{ij}^n + \rho_{ij+1}^n}{2}}$$

$$- \xi \frac{(RV3 \cdot UY3 + RV4 \cdot UY4)}{2 \cdot r_i \cdot \frac{\gamma_{ij} + \gamma_{ij+1}}{2} \cdot \frac{\rho_{ij}^n + \rho_{ij+1}^n}{2}}$$

$$- \frac{2 \cdot (FY1 - FY2) \cdot \delta t}{(\delta y_j + \delta y_{j+1}) \cdot \frac{\gamma_{ij} + \gamma_{ij+1}}{2} \cdot \frac{\rho_{ij}^n + \rho_{ij+1}^n}{2}}$$

$$- \frac{(FY3 - FY4) \cdot \delta t}{\delta r_i \cdot \frac{\gamma_{ij} + \gamma_{ij+1}}{2} \cdot \frac{\rho_{ij}^n + \rho_{ij+1}^n}{2}}$$

$$- \xi \frac{(FY3 + FY4) \cdot \delta t}{2 \cdot r_i \cdot \frac{\gamma_{ij} + \gamma_{i,j+1}}{2} \cdot \frac{\rho_{ij}^n + \rho_{i,j+1}^n}{2}}$$

$$+ g_y \cdot \delta t$$

$$- \frac{2 \cdot (P_{i,j+1}^n - P_{ij}^n) \cdot \delta t}{(\delta y_j + \delta y_{j+1}) \cdot \frac{\rho_{ij}^n + \rho_{ij+1}^n}{2}} \quad (2-11)$$

そこで

$$RV1 = \left\{ \begin{array}{l} \frac{(1+\alpha) \frac{\rho_{ij-1}^n \cdot \delta y_j + \rho_{ij}^n \cdot \delta y_{j-1}}{\delta y_{j-1} + \delta y_j} v_{ij-1}^n + (1-\alpha) \frac{\rho_{ij}^n \cdot \delta y_{j+1} + \rho_{ij+1}^n \cdot \delta y_j}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} v_{ij}^n}{2} \\ \left(\frac{\beta_{ij-1} \cdot v_{ij-1}^n + \beta_{ij} \cdot v_{ij}^n}{\beta_{ij-1} + \beta_{ij}} \geq 0 \right) \\ \frac{(1-\alpha) \frac{\rho_{ij-1}^n \cdot \delta y_j + \rho_{ij}^n \cdot \delta y_{j-1}}{\delta y_{j-1} + \delta y_j} v_{ij-1}^n + (1+\alpha) \frac{\rho_{ij}^n \cdot \delta y_{j+1} + \rho_{ij+1}^n \cdot \delta y_j}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} v_{ij}^n}{2} \\ \left(\frac{\beta_{ij-1} \cdot v_{ij-1}^n + \beta_{ij} \cdot v_{ij}^n}{\beta_{ij-1} + \beta_{ij}} < 0 \right) \end{array} \right. \quad (2-11-1)$$

$$RV2 = \left\{ \begin{array}{l} \frac{(1+\alpha) \frac{\rho_{ij}^n \cdot \delta y_{j+1} + \rho_{ij+1}^n \cdot \delta y_j}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} v_{ij}^n + (1-\alpha) \frac{\rho_{ij+1}^n \cdot \delta y_{j+2} + \rho_{ij+2}^n \cdot \delta y_{j+1}}{\delta y_{j+1} + \delta y_{j+2}} v_{ij+1}^n}{2} \\ \left(\frac{\beta_{ij} \cdot v_{ij}^n + \beta_{ij+1} \cdot v_{ij+1}^n}{\beta_{ij} + \beta_{ij+1}} \geq 0 \right) \\ \frac{(1-\alpha) \frac{\rho_{ij}^n \cdot \delta y_{j+1} + \rho_{ij+1}^n \cdot \delta y_j}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} v_{ij}^n + (1+\alpha) \frac{\rho_{ij+1}^n \cdot \delta y_{j+2} + \rho_{ij+2}^n \cdot \delta y_{j+1}}{\delta y_{j+1} + \delta y_{j+2}} v_{ij+1}^n}{2} \\ \left(\frac{\beta_{ij} \cdot v_{ij}^n + \beta_{ij+1} \cdot v_{ij+1}^n}{\beta_{ij} + \beta_{ij+1}} < 0 \right) \end{array} \right. \quad (2-11-2)$$

$$RV3 = \left\{ \begin{array}{l} \frac{(1+\alpha) \frac{\rho_{i-1,j}^n \cdot \delta y_{j+1} + \rho_{i-1,j+1}^n \cdot \delta y_j}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} v_{i-1,j}^n + (1-\alpha) \frac{\rho_{ij}^n \cdot \delta y_{j+1} + \rho_{ij+1}^n \cdot \delta y_j}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} v_{ij}^n}{2} \\ \left(\frac{\alpha_{i-1,j} \cdot u_{i-1,j}^n + \alpha_{i-1,j+1} \cdot u_{i-1,j+1}^n}{\alpha_{i-1,j} + \alpha_{i-1,j+1}} \geq 0 \right) \\ \frac{(1-\alpha) \frac{\rho_{i-1,j}^n \cdot \delta y_{j+1} + \rho_{i-1,j+1}^n \cdot \delta y_j}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} v_{i-1,j}^n + (1+\alpha) \frac{\rho_{ij}^n \cdot \delta y_{j+1} + \rho_{ij+1}^n \cdot \delta y_j}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} v_{ij}^n}{2} \\ \left(\frac{\alpha_{i-1,j} \cdot u_{i-1,j}^n + \alpha_{i-1,j+1} \cdot u_{i-1,j+1}^n}{\alpha_{i-1,j} + \alpha_{i-1,j+1}} < 0 \right) \end{array} \right. \quad (2-11-3)$$

$$RV4 = \left[\frac{(1+\alpha) \frac{\rho_{ij}^n \cdot \delta y_{j+1} + \rho_{i,j+1}^n \cdot \delta y_j}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} v_{ij}^n + (1-\alpha) \frac{\rho_{i+1,j}^n \cdot \delta y_{j+1} + \rho_{i+1,j+1}^n \cdot \delta y_j}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} v_{i+1,j}^n}{2} \right. \\ \left. \left(\frac{\alpha_{ij} \cdot u_{ij}^n + \alpha_{ij+1} \cdot u_{ij+1}^n}{\alpha_{ij} + \alpha_{ij+1}} \geq 0 \right) \right. \\ \left. \frac{(1-\alpha) \frac{\rho_{ij}^n \cdot \delta y_{j+1} + \rho_{i,j+1}^n \cdot \delta y_j}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} v_{ij}^n + (1+\alpha) \frac{\rho_{i+1,j}^n \cdot \delta y_{j+1} + \rho_{i+1,j+1}^n \cdot \delta y_j}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} v_{i+1,j}^n}{2} \right. \\ \left. \left(\frac{\alpha_{ij} \cdot u_{ij}^n + \alpha_{ij+1} \cdot u_{ij+1}^n}{\alpha_{ij} + \alpha_{ij+1}} < 0 \right) \right] \quad (2-11-4)$$

$$VY1 = \frac{\beta_{i,j-1} \cdot v_{i,j-1}^n + \beta_{ij} \cdot v_{ij}^n}{2} \quad (2-11-5)$$

$$VY2 = \frac{\beta_{ij} \cdot v_{ij}^n + \beta_{ij+1} \cdot v_{ij+1}^n}{2} \quad (2-11-6)$$

$$UY3 = \frac{\alpha_{i-1,j} \cdot u_{i-1,j}^n + \alpha_{i-1,j+1} \cdot u_{i-1,j+1}^n}{2} \quad (2-11-7)$$

$$UY4 = \frac{\alpha_{ij} \cdot u_{ij}^n + \alpha_{ij+1} \cdot u_{ij+1}^n}{2} \quad (2-11-8)$$

$$FY1 = \mu_{i,j}^n \left\{ 2 \frac{v_{ij}^n - v_{i,j-1}^n}{\delta y_j} - \frac{2}{3} \left(\frac{u_{ij}^n - u_{i-1,j}^n}{\delta r_i} + \frac{v_{ij}^n - v_{i,j-1}^n}{\delta y_i} + \xi \frac{u_{i-1,j}^n + u_{ij}^n}{2r_i} \right) \right\} \quad (2-11-9)$$

$$FY2 = \mu_{i,j+1}^n \left\{ 2 \frac{v_{i,j+1}^n - v_{ij}^n}{\delta y_{j+1}} - \frac{2}{3} \left(\frac{u_{i,j+1}^n - u_{i-1,j+1}^n}{\delta r_i} + \frac{v_{i,j+1}^n - v_{ij}^n}{\delta y_{j+1}} + \xi \frac{u_{i,j+1}^n + u_{i-1,j+1}^n}{2r_i} \right) \right\} \quad (2-11-10)$$

$$FY3 = 2 \cdot MU3 \cdot \left(\frac{v_{i,j}^n - v_{i-1,j}^n}{\delta r_{i-1} + \delta r_i} + \frac{u_{i-1,j+1}^n - u_{i-1,j}^n}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} \right) \quad (2-11-11)$$

$$\text{MU3} = \frac{(\mu_{i-1,j}^n \cdot \delta y_{j+1} + \mu_{i-1,j+1}^n \cdot \delta y_j) \delta r_i + (\mu_{ij}^n \cdot \delta y_{j+1} + \mu_{ij+1}^n \cdot \delta y_j) \delta r_{i-1}}{(\delta y_{j+1} + \delta y_j) \cdot (\delta r_i + \delta r_{i-1})} \quad (2-11-12)$$

$$\text{FY4} = 2 \cdot \text{MU4} \cdot \left(\frac{v_{i+1,j}^n - v_{ij}^n}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} + \frac{u_{i,j+1}^n - u_{ij}^n}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} \right) \quad (2-11-13)$$

$$\text{MU4} = \frac{(\mu_{i,j}^n \cdot \delta y_{j+1} + \mu_{ij+1}^n \cdot \delta y_j) \delta r_{i+1} + (\mu_{i+1,j}^n \cdot \delta y_{j+1} + \mu_{i+1,j+1}^n \cdot \delta y_j) \delta r_i}{(\delta y_{j+1} + \delta y_j) \cdot (\delta r_i + \delta r_{i+1})} \quad (2-11-14)$$

ここで、添字なしの α は、0としたとき、中央差分、1としたとき、風上差分となる。 α は

$$1 \geq \alpha > \max \left\{ \left| \frac{u_{ij} \cdot \delta t}{\delta r} \right|, \left| \frac{v_{ij} \cdot \delta t}{\delta y} \right| \right\} \text{ でなければならない。}$$

2.2.3 エネルギーの式

エネルギーの式は、時間に関して前進差分、空間に関して風上差分により差分近似した。

$$\rho_{ij}^{n+1} \cdot \text{Cp}_{ij}^{n+1} \cdot T_{ij}^{n+1} \cdot r_{ij}$$

$$= \rho_{ij}^n \cdot \text{Cp}_{ij}^n \cdot T_{ij}^n \cdot r_{ij}$$

$$\begin{aligned} & - \frac{(\text{RCTV2} \cdot \beta_{ij} - \text{RCTV1} \cdot \beta_{i,j-1}) \delta t}{\delta y_i} - \frac{(\text{RCTU4} \cdot \alpha_{ij} - \text{RCTU3} \cdot \alpha_{i-1,j}) \delta t}{\delta r_i} \\ & - \xi \frac{(\text{RCTU3} \cdot \alpha_{ij} + \text{RCTU4} \cdot \alpha_{i-1,j}) \delta t}{2 \cdot r_i} \\ & + \frac{(\text{CD4} \cdot \alpha_{ij} - \text{CD3} \cdot \alpha_{i-1,j}) \delta t}{\delta r_i} + \frac{(\text{CD2} \cdot \beta_{ij} - \text{CD1} \cdot \beta_{ij-1}) \delta t}{\delta y_j} \\ & + \xi \frac{(\text{CD4} \cdot \alpha_{ij} + \text{CD3} \cdot \alpha_{i-1,j}) \delta t}{2 \cdot r_i} \end{aligned} \quad (2-12)$$

ここで

$$\text{RCTV1} = \begin{cases} \rho_{ij-1}^n \cdot \text{Cp}_{ij-1}^n \cdot T_{ij-1}^n & (v_{ij-1} \geq 0) \\ \rho_{ij}^n \cdot \text{Cp}_{ij}^n \cdot T_{ij}^n & (v_{ij-1} < 0) \end{cases} \quad (2-12-1)$$

$$\text{RCTV2} = \begin{cases} \rho_{ij}^n \cdot \text{Cp}_{ij}^n \cdot T_{ij}^n & (v_{ij} \geq 0) \\ \rho_{ij+1}^n \cdot \text{Cp}_{ij+1}^n \cdot T_{ij+1}^n & (v_{ij} < 0) \end{cases} \quad (2-12-2)$$

$$\text{RCTU3} = \begin{cases} \rho_{i-1,j}^n \cdot \text{Cp}_{i-1,j}^n \cdot T_{i-1,j}^n & (u_{i-1,j} \geq 0) \\ \rho_{ij}^n \cdot \text{Cp}_{ij}^n \cdot T_{ij}^n & (u_{i-1,j} < 0) \end{cases} \quad (2-12-3)$$

$$RCTU4 = \begin{cases} \rho_{ij}^n \cdot Cp_{ij}^n \cdot T_{ij}^n & (u_{ij} \geq 0) \\ \rho_{i+1,j}^n \cdot Cp_{i+1,j}^n \cdot T_{i+1,j}^n & (u_{ij} < 0) \end{cases} \quad (2-12-4)$$

$$CD1 = \frac{k_{i,j-1}^n \cdot \delta y_i + k_{ij}^n \cdot \delta y_{j-1}}{\delta y_{j-1} + \delta y_j} \cdot \frac{T_{ij}^n - T_{i,j-1}^n}{\frac{\delta y_{j-1} + \delta y_j}{2}} \quad (2-12-5)$$

$$CD2 = \frac{k_{ij}^n \cdot \delta y_{j+1} + k_{i,j+1}^n \cdot \delta y_j}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} \cdot \frac{T_{i,j+1}^n - T_{ij}^n}{\frac{\delta y_j + \delta y_{j+1}}{2}} \quad (2-12-6)$$

$$CD3 = \frac{k_{i-1,j}^n \cdot \delta r_i + k_{ij}^n \cdot \delta r_{i-1}}{\delta r_{i-1} + \delta r_i} \cdot \frac{T_{i,j}^n - T_{i-1,j}^n}{\frac{\delta r_{i-1} + \delta r_i}{2}} \quad (2-12-7)$$

$$CD4 = \frac{k_{ij}^n \cdot \delta r_{i+1} + k_{i+1,j}^n \cdot \delta r_i}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} \cdot \frac{T_{i+1,j}^n - T_{ij}^n}{\frac{\delta r_i + \delta r_{i+1}}{2}} \quad (2-12-8)$$

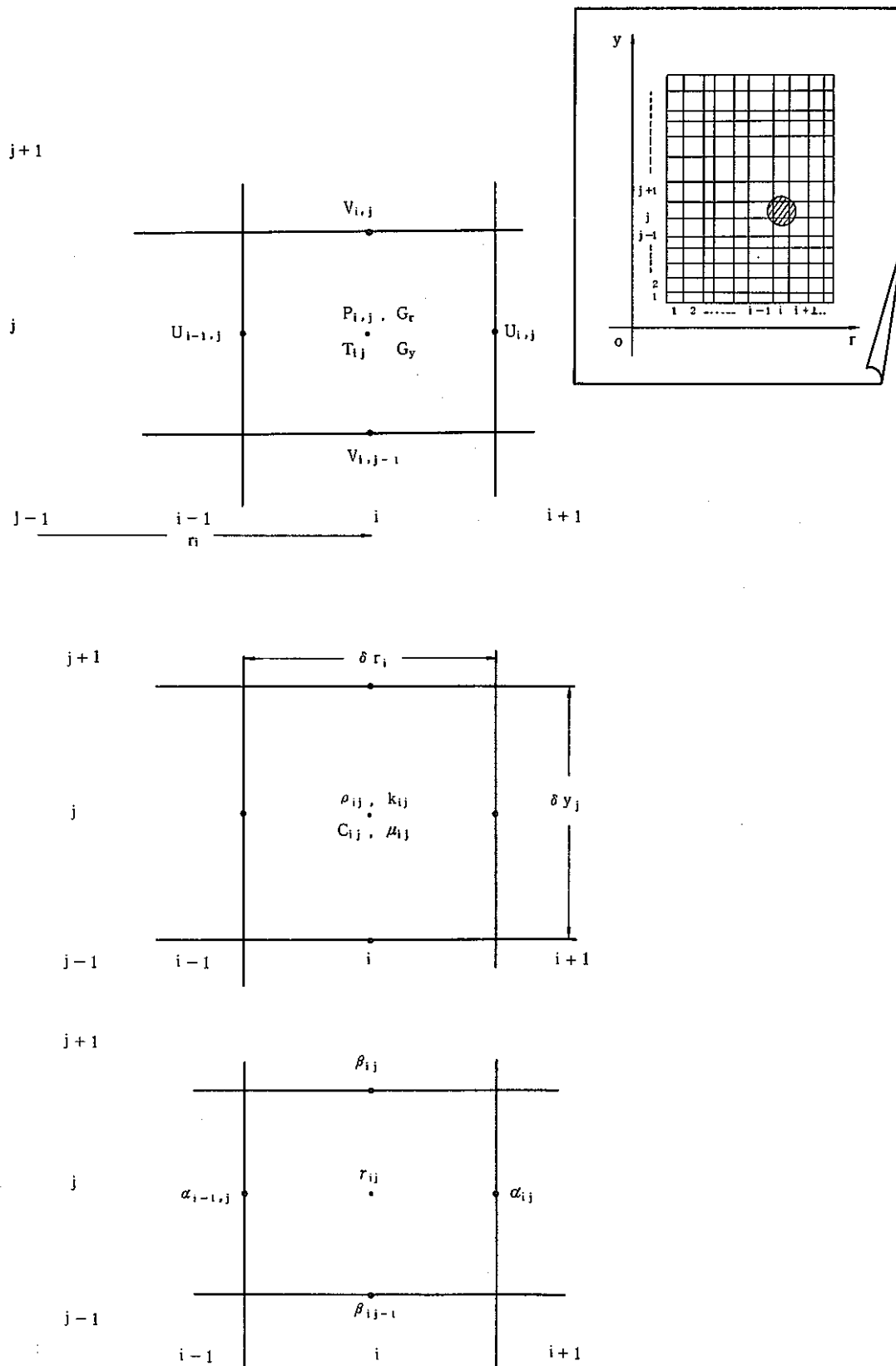


Fig.2- 1 Location of Variables for Typical Cell

3. 境界条件

第2章で示した方程式を、第4章で示す計算方法により解くわけであるが、その際、境界条件が必要となる。この章では、流れに関する境界条件 及び 温度に関する境界条件について述べる。

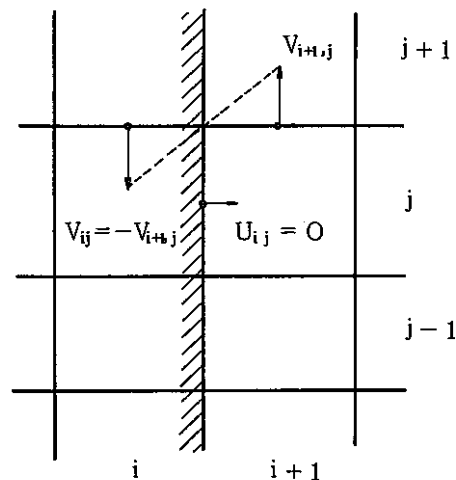
3.1 流れに関する境界条件

流れに関する境界条件の設定は、境界部の解析領域の周囲に一層、境界条件指定用のダミーのメッシュを設け、そのメッシュの流速として、適当な値を与えることにより行う。境界部の状態により、適当に設定すればよいが、代表的な与え方を以下に示す。

(1) no-slip 境界条件

境界面で、面に垂直な速度成分、平行な速度成分とも零になるような場合で、下図に示したように、境界メッシュの流速は、

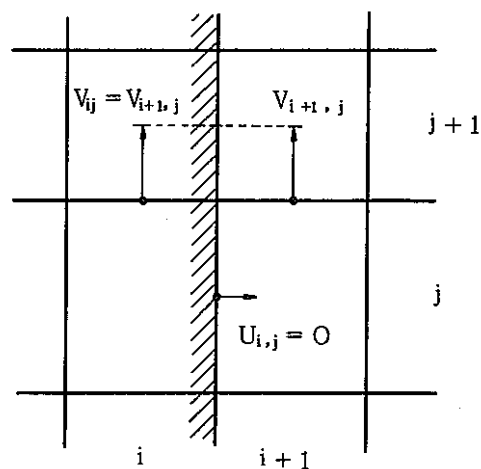
$$\begin{cases} U_{ij} = 0 \\ V_{ij} = -V_{i+1,j} \end{cases} \text{ と与える。}$$



(2) slip 境界条件

境界面で、面に垂直な速度成分が零、面に平行な速度成分の傾きが零の場合で、下図の様に、

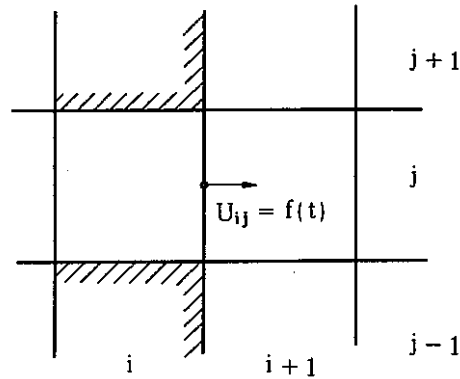
$$\begin{cases} U_{ij} = 0 \\ V_{ij} = V_{i+1,j} \end{cases} \text{ と与える}$$



(3) 入口条件

入口流速を、開孔面積を考慮して、適当な値に設定する。

時間変化させる事も可能である。



(4) 出口条件

出口条件の与え方としては、出口流速を設定してしまう方法、出口部分の流速を一つ上流の流速と等しく設定し、出口での流速の傾きを零にする方法等、何通りかその方法は考えられる。

これらは、他の境界条件と同様、出口部分の流速をサブルーチンで設定する事により与える。

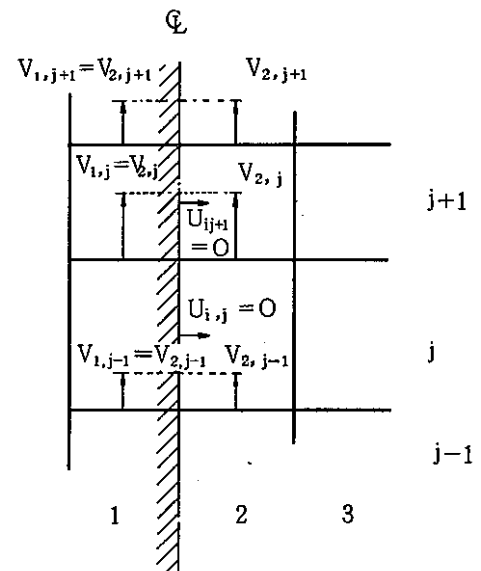
(5) 中心軸

円筒座標を選択した場合、中心軸で、軸方向の速度成分の傾きを零、径方向の速度成分を零とするため、

$$U_{1,j} = 0$$

$$V_{1,j} = V_{2,j}$$

と設定する。



(6) 巾を持たない壁

炉容器の円筒等、厚さが薄く、特に非計算領域のメッシュを設ける必要のないような場合、すなわち、巾を持たない壁を設ける際には、壁を横切る方向の流速を零とする。

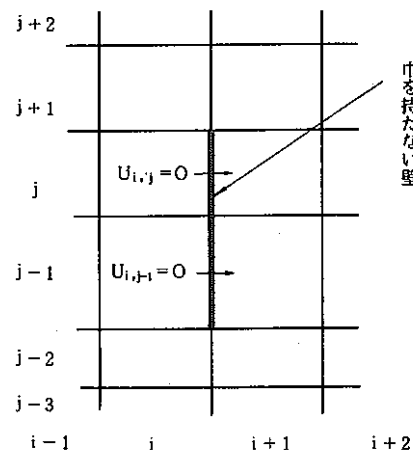
右図のような場合、

$$U_{ij} = 0$$

$$U_{ij-1} = 0$$

と設定する。

壁に沿った方向の流速については、no-slip条件と同様ダミーの流速を考え、境界面で零となるよう自動的に設定される。



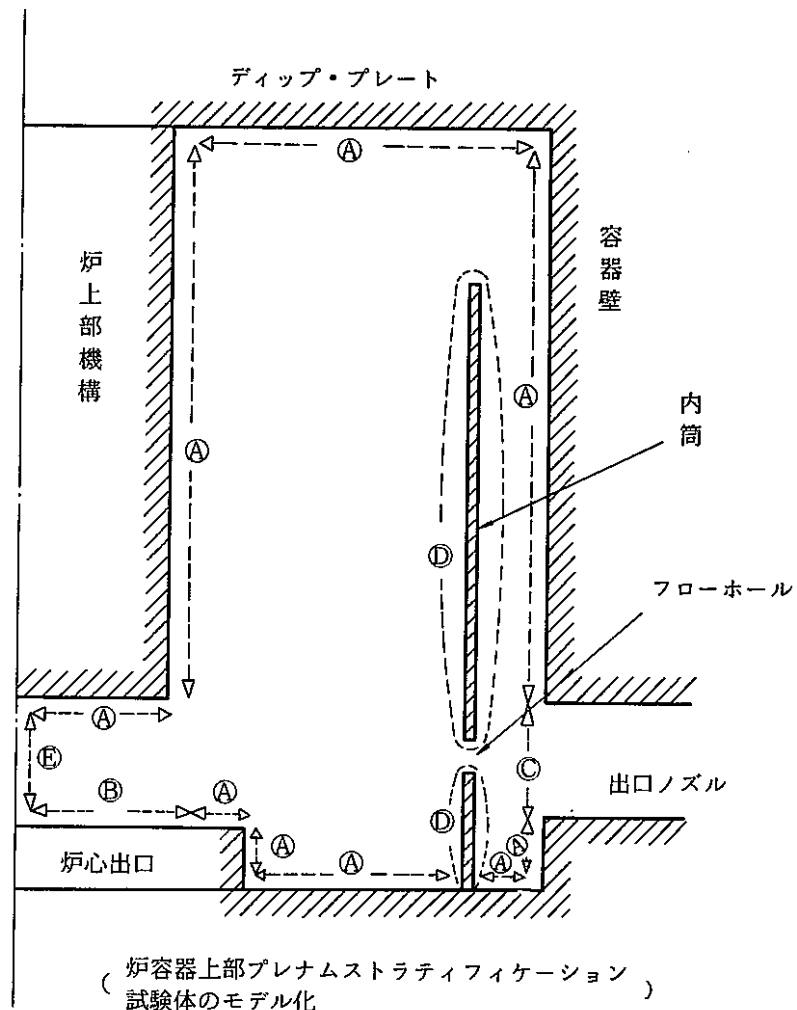
(7) 境界条件選択の一例

④

具体的なモデルについて、どのような境界条件の適用が適当であるか、例題で説明する。

右図は、炉容器上部プレナム・ストラティフィケーション試験体をモデル化したものであるが、図中④～⑥については、以下のような境界条件を用いれば良い。

- ④ no-slip 条件
(前記の(1))
- ⑤ 入口条件
(前記の(3))
- ⑥ 出口条件
(前記の(4))
- ⑦ 巾のない壁、又は、no-slip 条件
(前記の(6)又は(1))
- ⑧ 中心軸 (前記の(5))



3.2 温度に関する境界条件

現バージョンでは、境界面は、すべて断熱として計算される。入口部については、入口温度を設定する。時間変化させることも可能である。

4. 計 算 方 法

第2章で述べた差分方程式を用いて、解を求めるわけであるが、計算方法としては、「SOLA」「NAGARE」等と同様、運動方程式で求めた流速を、連続の式の収束計算で修正するという手法を用いている。計算の概略的なフローチャートをFig. 4-1に示す。この章では、連続の式による流速の修正方法 及び 計算時間短縮のための工夫について述べる。又、初期値の設定方法についても述べる。

4.1 連続の式による流速の修正方法

Fig. 4-1のフローチャートに示したように、ある時刻の流速分布を前のステップの値を基に、まず、運動方程式により求める。しかし、一般にこの解は、連続の式を満足していない。その偏差Dは次式で表わされる。

$$D = \frac{(\rho_{ii}^n - \rho_{ii}^{n-1}) r_{ii}}{\delta t} + \frac{RU4 \cdot \alpha_{ij} - RU3 \cdot \alpha_{i-1,j}}{\delta r_i} + \frac{RV2 \cdot \beta_{ij} - RV1 \cdot \beta_{i,j-1}}{\delta y_j} + \xi \cdot \frac{RU4 \cdot \alpha_{ij} + RU3 \cdot \alpha_{i-1,j}}{2 r_i} \quad (4-1)$$

RV1, RV2, RU3, RU4は(2-10)～(2-13)式参照

本来、連続の式、運動方程式（及びエネルギーの式）は、連立して解かれなければならないものであるが、ここでは、運動方程式の計算で求めた流速分布を初期値とし、下に示す連続の式と、修正した運動方程式を連立した形で収束計算をおこなう。

連続の式

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial r}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \xi \cdot \frac{\rho u}{r} = 0 \quad (4-2)$$

$$\begin{cases} \xi = 0 & (x, y \text{ 座標}) \\ \xi = 1 & (\text{円柱座標}) \end{cases}$$

修正した運動方程式

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} = -\frac{\partial P}{\partial r} + \rho g_r \quad (4-3)$$

$$\frac{\partial \rho v}{\partial t} = -\frac{\partial P}{\partial y} + \rho g_y \quad (4-4)$$

連続の式を満足しない偏差分を、圧力の変化によると考える。

$$\begin{cases} \rho u = (\rho u)_0 + \delta(\rho u) \end{cases} \quad (4-5)$$

$$\begin{cases} \rho v = (\rho v)_0 + \delta(\rho v) \end{cases} \quad (4-6)$$

$$\begin{cases} P = P_0 + \delta P \end{cases} \quad (4-7)$$

とすると,

$$\frac{\partial \cdot \delta(\rho u)}{\partial t} = -\frac{\partial \cdot \delta P}{\partial r}$$

$$\frac{\partial \cdot \delta(\rho v)}{\partial t} = -\frac{\partial \cdot \delta P}{\partial y}$$

つまり, 差分式で表わすと,

$$u'_{ij} = \left\{ RU4 + \frac{\delta P_{ij} \cdot \delta t}{(\delta r_i + \delta r_{i+1})/2} \right\} / RO4 \quad (4-8)$$

$$u'_{i-1,j} = \left\{ RU3 - \frac{\delta P_{ij} \cdot \delta t}{(\delta r_i + \delta r_{i-1})/2} \right\} / RO3 \quad (4-9)$$

$$v'_{i,j} = \left\{ RV2 + \frac{\delta P_{ij} \cdot \delta t}{(\delta y_i + \delta y_{j+1})} \right\} / RO2 \quad (4-10)$$

$$v'_{i,j-1} = \left\{ RV1 - \frac{\delta P_{ij} \cdot \delta t}{(\delta y_{j-1} + \delta y_j)/2} \right\} / RO1 \quad (4-11)$$

(注) ここで, RV1, RV2, RU3, RU4は(2-9-1)~(2-9-4)式

という式で, 流速の修正をおこなう。

$$\text{又, } RO1 = \begin{cases} \rho_{i,j-1}^n & (v_{ij-1}^n \geq 0) \\ \rho_{ij}^n & (v_{ij-1}^n < 0) \end{cases} \quad (4-12)$$

$$RO2 = \begin{cases} \rho_{i,j}^n & (v_{ij}^n \geq 0) \\ \rho_{ij+1}^n & (v_{ij}^n < 0) \end{cases} \quad (4-13)$$

$$RO3 = \begin{cases} \rho_{i-1,j}^n & (u_{i-1,j}^n \geq 0) \\ \rho_{ij}^n & (u_{i-1,j}^n < 0) \end{cases} \quad (4-14)$$

$$RO4 = \begin{cases} \rho_{ij}^n & (u_{ij}^n \geq 0) \\ \rho_{i+1,j}^n & (u_{ij}^n < 0) \end{cases} \quad (4-15)$$

(4-8)~(4-11)式を(4-1)式に代入すれば,

$$\delta P_{i,j} = -D \cdot \omega / (2 \cdot \delta t \cdot C) \quad (4-16)$$

ここで,

$$C = \frac{\alpha_{ij}}{\delta r_i (\delta r_i + \delta r_{i+1})} + \frac{\alpha_{i-1,j}}{\delta r_i (\delta r_i + \delta r_{i-1})} \\ + \frac{\beta_{ij}}{\delta y_j (\delta y_j + \delta y_{j+1})} + \frac{\beta_{ij-1}}{\delta y_j (\delta y_{j-1} + \delta y_j)}$$

$$+ \xi \frac{\alpha_{ij}}{2 \cdot r_i (\delta r_i + \delta r_{i+1})} - \xi \frac{\alpha_{i-1,j}}{2 \cdot r_i (\delta r_i + \delta r_{i-1})}$$

(注) ω は、繰返し計算の加速定数

となることがわかる。

修正した流速を、再び連続の式に代入し、偏差を求める。

$$\left| \frac{D}{\rho_{ij}^n \cdot r_{ij}} \right| < \varepsilon \quad (\varepsilon : \text{制限値}) \quad (4-17)$$

が満足されるまで繰返し計算をおこなう。

4.2 計算時間短縮のための工夫

計算時間の短縮のため、以下の機能をもつ。

- (1) 数値計算の安定条件を用いた時間ステップの最適化
 - (2) 流れが定常に達したことの判定
 - (3) エネルギーの式のみを省いた解析も可能
 - (4) 計算の再スタート機能をもつ。
- (1) について、以下に詳しく述べる。

4.2.1 時間ステップの最適化

数値計算の安定性のため、以下の3つの条件を満足しなければならない。

$$1) \quad \delta t < \min \left\{ \frac{\delta t}{|u|}, \frac{\delta y}{|v|} \right\} \quad (4-18)$$

$$2) \quad \nu \cdot \delta t < \frac{1}{2} \frac{(\delta r)^2 \cdot (\delta y)^2}{(\delta r)^2 + (\delta y)^2} \quad (4-19)$$

ν : 動粘性係数

- 3) エネルギーの式の差分式(2-12)の、右辺の $T_{ij}^n, T_{i-1,j}^n, T_{i+1,j}^n, T_{ij,i-1}^n, T_{ij,i+1}^n$ の係数がすべて正

3)の条件は、(2-12)式より、 δt の制限として以下のように与えられる。

$$\delta t < \frac{r_{ij}^n \rho_{ij}^n C_{ij}^n}{C1}$$

ここで

$$C1 = -f_1 \cdot v_{ij-1}^n \cdot \rho_{ij}^n \cdot Cp_{ij}^n \frac{\beta_{ij-1}}{\delta y_j} + f_2 \cdot v_{ij}^n \cdot \rho_{ij}^n \cdot Cp_{ij}^n \frac{\beta_{ij}}{\delta y_j}$$

$$- f_3 \cdot u_{i-1,j}^n \cdot \rho_{ij}^n \cdot Cp_{ij}^n \alpha_{i-1,j} \left(\frac{1}{\delta r_i} - \frac{\xi}{2 r_i} \right)$$

$$\begin{aligned}
& + f_4 \cdot u_{ij}^n \rho_{ij}^n \cdot Cp_{ij}^n \alpha_{ij}^n \left(\frac{1}{\partial r_i} - \frac{\xi}{2 r_i} \right) \\
& + \frac{2 (k_{ij-1}^n \delta y_j + k_{ij}^n \delta y_{j-1})}{(\delta y_{j-1} + \delta y_j)^2} \frac{\beta_{ij-1}}{\delta y_j} \\
& + \frac{2 (k_{ij}^n \delta y_{j+1} + k_{ij+1}^n \delta y_j)}{(\delta y_j + \delta y_{j+1})^2} \frac{\beta_{ij}}{\delta y_j} \\
& + \frac{2 (k_{i-1j}^n \delta r_i + k_{ij}^n \delta r_{i-1})}{(\delta r_{i-1} + \delta r_i)^2} \alpha_{i-1j} \left(\frac{1}{\delta r_i} - \frac{\xi}{2 r_i} \right) \\
& + \frac{2 (k_{ij}^n \delta r_{i+1} + k_{i+1j}^n \delta r_i)}{(\delta r_i + \delta r_{i+1})^2} \cdot \alpha_{ij} \left(\frac{1}{\delta r_i} + \frac{\xi}{2 r_i} \right)
\end{aligned}$$

ここで

$$\begin{aligned}
f_1 &= \begin{cases} 1 & (v_{ij-1} \leq 0) \\ 0 & (v_{ij-1} > 0) \end{cases} \\
f_2 &= \begin{cases} 0 & (v_{ij} \leq 0) \\ 1 & (v_{ij} > 0) \end{cases} \\
f_3 &= \begin{cases} 1 & (u_{i-1j} \leq 0) \\ 0 & (u_{i-1j} > 0) \end{cases} \\
f_4 &= \begin{cases} 0 & (u_{ij} \leq 0) \\ 1 & (u_{ij} > 0) \end{cases}
\end{aligned}$$

計算時間を考慮して、効率良く計算を進めるためには、上記の条件を満足する範囲内で、 δt をでき得る限り、大きくすることが望ましい。「NAGARE-T」は、1)の条件から最適な δt を求めるサブルーチンOPTIMZと、2)の条件から最適な δt を求めるサブルーチンOPTENGを持っている。これらを使用するかどうかは、ユーザが選択できるようになっている。

4.3 初期値の設定

加速度 g_r, g_y に零以外の値を与えた場合、温度差、流体の流入等がなくても、(2-11)、(2-11)から明らかなように、流れの時間変化が生じてしまう。この効果を防ぐため、下式のように初期の圧力分布を設定する。

$$P = \rho g_r \cdot r + \rho \cdot g_y y \quad (4-21)$$

この操作は、プログラムで自動的になされるようになっている。

その他の変数で、ユーザが特に初期値を設定しない場合は、すべて零と設定される。

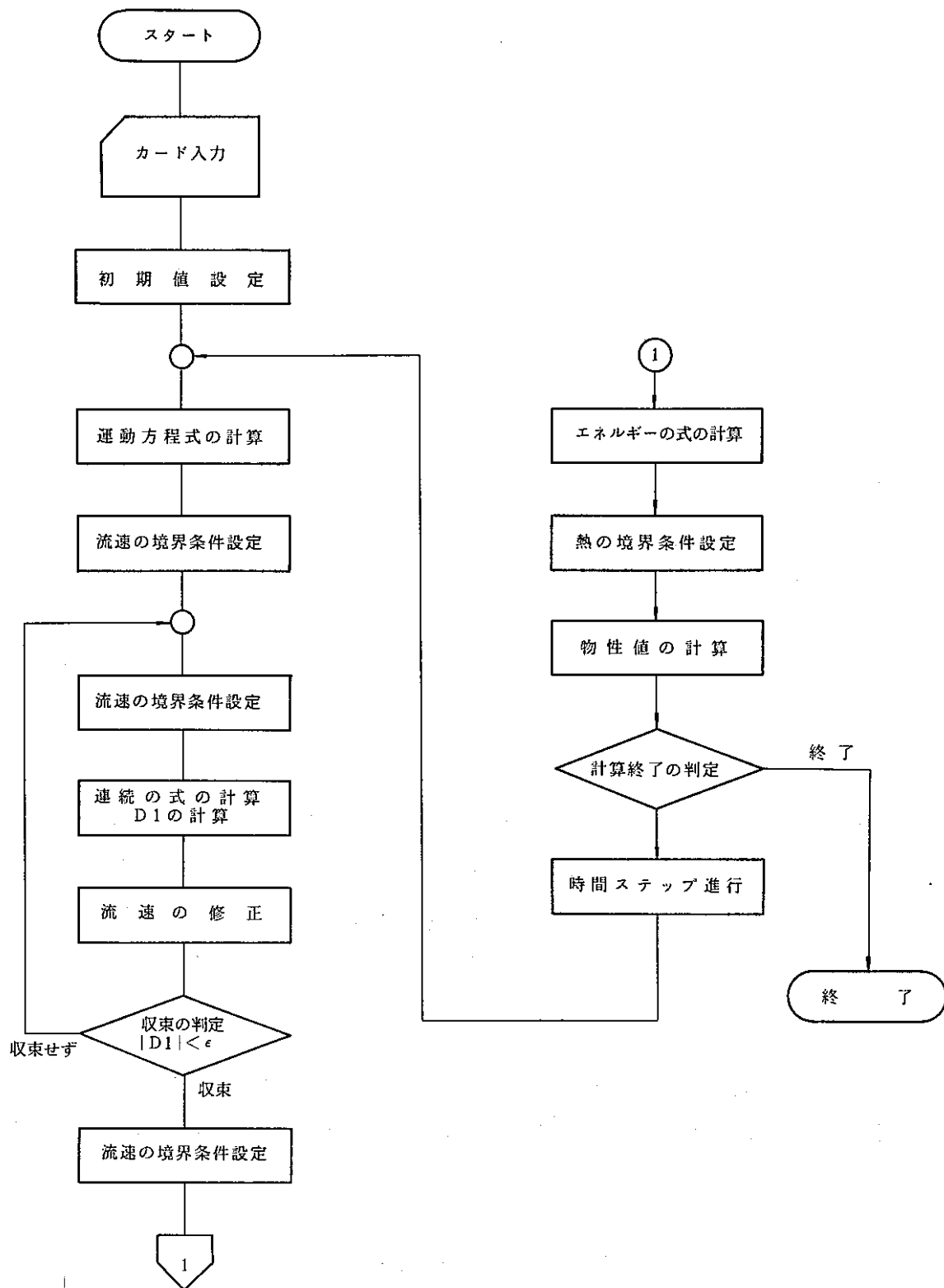


Fig.4- 1 Flow Chart of Calculation

5. プログラムの説明

「NAGARE-T」は、Fig.5-1に示すようなサブルーチンで構成されている。この章では、メインプログラム 及び サブルーチンのフローチャート、各サブルーチンの概要の説明、入力変数の説明及び使用方法について述べる。

5.1 フローチャート

メインプログラム 及び 各サブルーチンのフローチャートをFig.5-2～Fig.5-11に示す。これらの内、SOLT, SETK, SETRO, SETC, SETMUは、物性値を変更する場合、ユーザが変更する必要がある。SETEPM, SETEPH, SETIJ, SETAB2, SETAB, BCSETU, SETTIN, SETVIN, BCSETTは、ユーザが作成せねばならないサブルーチンであるため、フローチャートを示さない。しかし、SETTIN, SETVINについては、すでに作成されたものがあり、それをそのまま用いることが可能であり（5.2節で概要を説明する。）必要に応じ作成し直すか、一部変更すればよい。

5.2 サブルーチンの説明

Table 5-1～5-19に、メインプログラム 及び 各サブルーチンの目的、引数、コモン変数等を示す。ユーザが作成すべきサブルーチンについては、引数、コモン変数等に注意して作成されねばならない。

5.3 入力データの説明

ユーザが入力せねばならない入力データの変数のデータ形式、説明をTable 5-20に示す。ユーザは、これらの変数をもれなく入力せねばならない。入力方法は、NAMELISTによる。入力変数はすべて「DATA」という入力ブロック名で定義されている。

5.4 使用方法

「NAGARE-T」の使用手順をFig.5-12に示す。ユーザは、このフローチャートに従って、サブルーチンの作成 及び 入力変数の決定をおこなえばよい。又、動燃大洗工学センターに設置されているM-200を使用して計算する場合のカード構成例をFig.5-13に示す。この例の場合、プログラムの内、ユーザーサブルーチンを除く部分は「D4135. IE01. FORT (NAGARE)」という名のデータセットにカタログされており、計算結果は「D4135. NAGA2」という名のデータセットに収納している。

サブルーチン作成法の内、形状の設定法 及び 境界条件の与え方について、さらに詳しく述べる。

5.4.1 計算領域の設定法

計算しようとする体系の形状に応じて、非計算領域の指定、縮流境界、流動領域の減少等の設定が必要となる。これらについて以下に述べる。

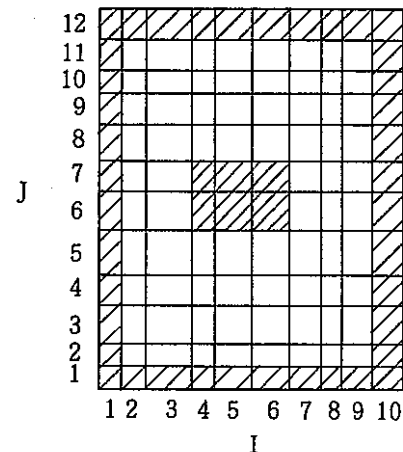
(1) 非計算領域の指定

非計算領域は、サブルーチンSETIJで指定する。一番外側一層に設ける境界条件設定用のメッシュを除く、計算領域中に存在する非計算領域については、この指定が必要である。指定の方法は、非計算領域のIJFLG(I, J)を、0に設定する。

右図のような場合

$$IJFLG(I, J) = 0 \quad \left(\begin{array}{l} I = 4, 5, 6 \\ J = 6, 7 \end{array} \right)$$

と指定されるよう、サブルーチンSETIJを作成すればよい。非計算領域の指定がされたメッシュでは、運動方程式、連続の式及びエネルギーの式の計算が実行されず、境界条件の設定のみがなされる。



(2) 縮流境界、流動領域の減少等の設定

ここでは、実効面積がメッシュ面積より小さい場合及び一つのメッシュ内に、流動領域と非流動領域の両方を含む場合の指定方法について述べる。

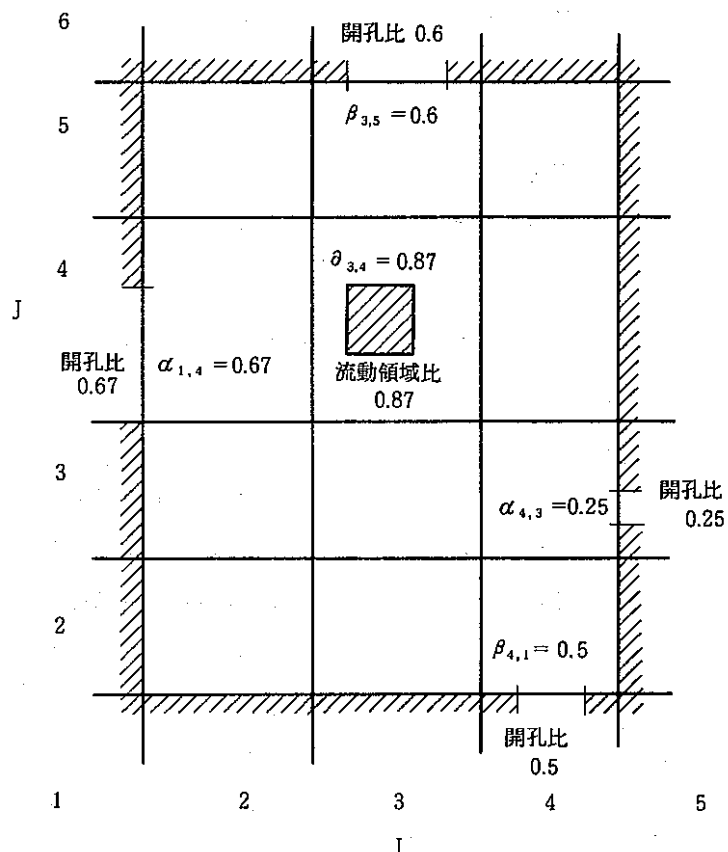
これらの指定は、サブルーチンSETABで、変数AL(I, J), BL(I, J), GAMMA(I, J)を設定することによっておこなう。AL(I, J)は、X(R)方向境界の有効開孔面積比、BL(I, J)は、Y(Z)方向境界の有効開孔面積比、GAMMA(I, J)は、メッシュの有孔流体体積比を示す。

右図のような場合

$$AL(1, 4) = 0.67$$

$$AL(4, 3) = 0.25$$

$$BL(4, 1) = 0.5$$



$$BL(3,5) = 0.6$$

$$GAMMA(3,4) = 0.87$$

となるよう、サブルーチンSETABで指定すればよい。

これらの部分については、第2章で示した差分式に従って計算される。差分式中、 α_{ij} が $AL(I,J)$ に、 β_{ij} が $BL(I,J)$ に、 γ_{ij} が $GAMMA(I,J)$ に対応している。差分式は、保存式を満足するよう考慮して作成されている。

(3) 出入口 及び 巾を持たない壁

出入口及び壁については、計算上、特別な考慮をすべきであるので、サブルーチンSETAB 2で指定する。指定方法としては、X(R)方向の境界に、出入口、壁があるときは変数 $AL2(I, J)$ 、Y(Z)方向の境界に、出入口、壁があるときは変数 $BL2(I, J)$ で指定する。壁は0. 入口は2. 出口は3. と指定する。サブルーチンSETIJで指定した非計算領域及び、一番外側の境界条件設定用の非計算領域の壁については、プログラムで自動的に $AL2$ 、 $BL2$ を設定するので、ユーザーが特に設定する必要はない。炉容器の内筒等、厚さが薄く、特に非計算領域のメッシュを設けず、境界での質量、運動量、エネルギーの授受のみをなくすような場合、すなわち、巾を持たない壁を設ける場合、 $AL2$ 、 $BL2$ の設定が必要である。

右図のような場合

$$BL2(10,1) = 2.$$

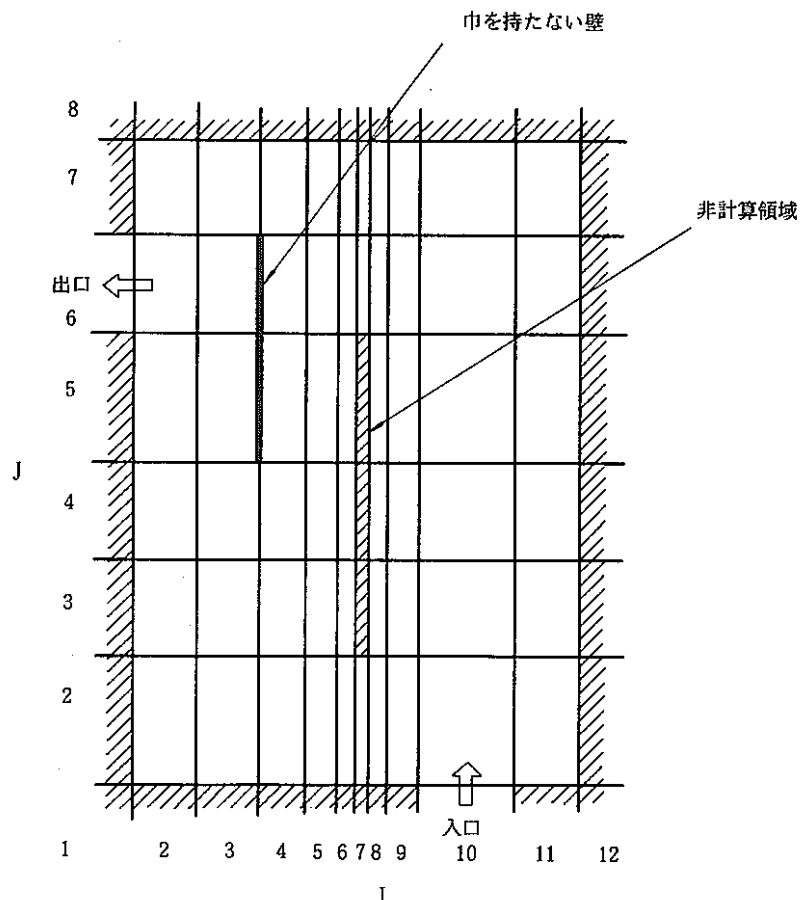
$$AL2(1,6) = 3.$$

$$AL2(3,5) = 0.$$

$$AL2(3,6) = 0.$$

となるよう、サブルーチンSETAB2で設定すればよい。壁および出入口以外の境界についてはプログラム上、自動的に1.に設定される。

$AL2$ 、 $BL2$ が1. 以外に設定された部分については、2.2節で示した運動方程式、エネルギーの式は、以下のような変更を加えて計算される。



i) 運動方程式

それぞれの変数が定義されている
場所は、右図のとおりである。

ここでは、2.2節で示した差分式
の修正箇所について述べる。

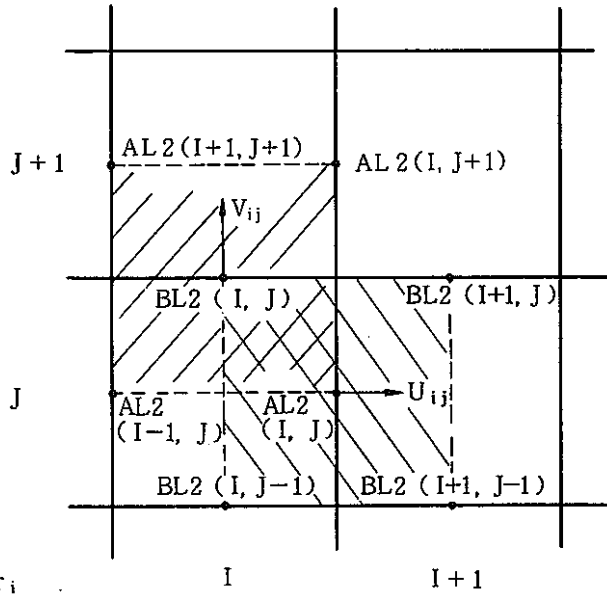
・ U_{ij} の計算

$AL2(I, J) \neq 1$ のとき

U_{ij} の計算は行わない。

$BL2(I, J-1) \neq 1$ or

$BL2(I+1, J-1) \neq 1$ の時



$$MU1 = \frac{\mu_{ij}^n \delta r_{i+1} + \mu_{i+1j}^n \delta r_i}{\delta r_i + \delta r_{i+1}}$$

$$- \frac{\frac{\mu_{ij+1}^n \delta r_{i+1} + \mu_{i+1j+1}^n \delta r_i}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} - \frac{\mu_{ij}^n \delta r_{i+1} + \mu_{i+1j}^n \delta r_i}{\delta r_i + \delta r_{i+1}}}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} \delta y_j \quad (5-1)$$

$$FR1 = 2 \cdot MU1 \cdot \left(\frac{v_{i+1j-1}^n - v_{ij-1}^n}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} + \frac{u_{ij}^n - 0}{\delta y_j + \delta y_{j-1}} \right) \quad (5-2)$$

$BL2(I, J) \neq 1$ or $BL2(I+1, J) \neq 1$ のとき

$$MU2 = \frac{\mu_{ij}^n \delta r_{i+1} + \mu_{i+1j}^n \delta r_i}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} + \frac{\frac{\mu_{ij}^n \delta r_{i+1} + \mu_{i+1j}^n \delta r_i}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} - \frac{\mu_{ij-1}^n \delta r_{i+1} + \mu_{i+1j-1}^n \delta r_i}{\delta r_i + \delta r_{i+1}}}{\delta y_{j-1} + \delta y_j} \delta y_j \quad (5-3)$$

$$FR2 = 2 \cdot MU2 \cdot \left(\frac{v_{i+1j}^n - v_{ij}^n}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} + \frac{0 - u_{ij}^n}{\delta y_{j+1} + \delta y_j} \right) \quad (5-4)$$

・ V_{ij} の計算

$BL2(I, J) \neq 1$ のとき

V_{ij} の計算をおこなわない。

AL2 (I-1, J) $\neq$ 1. or AL2 (I-1, J+1) $\neq$ 1. のとき

$$\begin{aligned} \text{MU3} = & \frac{\mu_{ij+1}^n \delta y_j + \mu_{ij}^n \delta y_{j+1}}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} \\ & - \frac{\frac{\mu_{i+1j+1}^n \delta y_j + \mu_{i+1j}^n \delta y_{j+1}}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} - \frac{\mu_{ij+1}^n \delta y_j + \mu_{ij}^n \delta y_{j+1}}{\delta y_j + \delta y_{j+1}}}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} \delta r_i \end{aligned} \quad (5-5)$$

$$\text{FY3} = 2 \cdot \text{MU3} \cdot \left(\frac{v_{ij}^n - 0.}{\delta r_{i-1} + \delta r_i} + \frac{u_{i-1j+1}^n - u_{i-1j}^n}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} \right) \quad (5-6)$$

AL2 (I, J) $\neq$ 1. or AL2 (I, J+1) $\neq$ 1. のとき

$$\begin{aligned} \text{MU4} = & \frac{\mu_{i-1j}^n \delta y_{j+1} + \mu_{i-1j+1}^n \delta y_j}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} \\ & + \frac{\frac{\mu_{i-1j}^n \delta y_{j+1} + \mu_{i-1j+1}^n \delta y_j}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} - \frac{\mu_{ij}^n \delta y_{j+1} + \mu_{ij+1}^n \delta y_j}{\delta y_j + \delta y_{j+1}}}{\delta r_{i-1} + \delta r_i} \delta r_i \end{aligned} \quad (5-7)$$

$$\text{FY4} = 2 \cdot \text{MU4} \cdot \left(\frac{0. - v_{ij}^n}{\delta r_i + \delta r_{i+1}} + \frac{u_{ij+1}^n - u_{ij}^n}{\delta y_j + \delta y_{j+1}} \right) \quad (5-8)$$

ii) エネルギーの式

AL2 (I-1, J) $\neq$ 1. のとき CD3 = 0.

AL2 (I, J) $\neq$ 0. のとき CD4 = 0.

BL2 (I, J-1) $\neq$ 1. のとき CD1 = 0.

BL2 (I, J) $\neq$ 1. のとき CD2 = 0.

5.4.2 境界条件の与え方

境界条件については第3章でも述べたが、ここでは境界条件に関連するサブルーチンの作成の仕方、サブルーチン間の関係等について述べる。

(1) 流れに関する境界条件

流れに関する境界条件は、サブルーチンBCSETU(N)で与える。3.1節で述べたように、境界部の状態に応じて設定法を選択すればよい。このサブルーチンで、U(I, J), V(I, J)を適当に指定してやればよい。引数Nは、サブルーチンMMの中で、このサブルーチンが呼び出される場所を示し、N=1は、運動方程式の計算の後、N=2は、連続の式の計算一回ごとの前、N=3は、連続の式の収束が終了した後を示す。特に3.1節(4)で示した例のような場合、

この引数を利用すればよい。

入口部については、入口温度の時間変化を設定する必要があるが、これは、サブルーチン SETVIN (T) でおこなう。引数 T は時刻を示し、与えられた時刻における入口流速を VIN (K) (K は 1～5 であり、つまり 5 通りの入口流速を設定できる。) で戻せるようサブルーチンを作成すればよい。現バージョンでは、VIN (1) については、入力変数 NPIV, TPIV, PIV を用いて与えるようになっている。サブルーチン BCSETU (N) では、VIN (K) を参照し、入口部流速を設定すればよい。BCSETU (N) の中で、SETVIN (T) を呼び出す必要はなく、サブルーチン MM の中で、自動的に呼び出すようになっている。

(2) 温度に関する境界条件

温度の設定が必要な部分については、サブルーチン BCSETT で、温度の設定をおこなう。現バージョンでは、主に入口部温度の設定の場合に必要である。入口温度の時間変化の設定はサブルーチン SETTIN (T) でおこなう。引数 T は、時刻を示し、与えられた時刻における入口温度を TIN (K) (K は、1～5 であり、つまり 5 通りの入口温度を設定できる。) で戻せるようサブルーチンを作成すればよい。現バージョンでは、TIN (1) については、入力変数 NPITMP, TPITMP, PITMP を用いて与えられるようになっている。サブルーチン BCSETT では、TIN (K) を参照し、入口部温度を設定すればよい。BCSETT の中で、SETTIN (T) を呼び出す必要はなく、サブルーチン MM の中で、自動的に呼び出すようになっている。

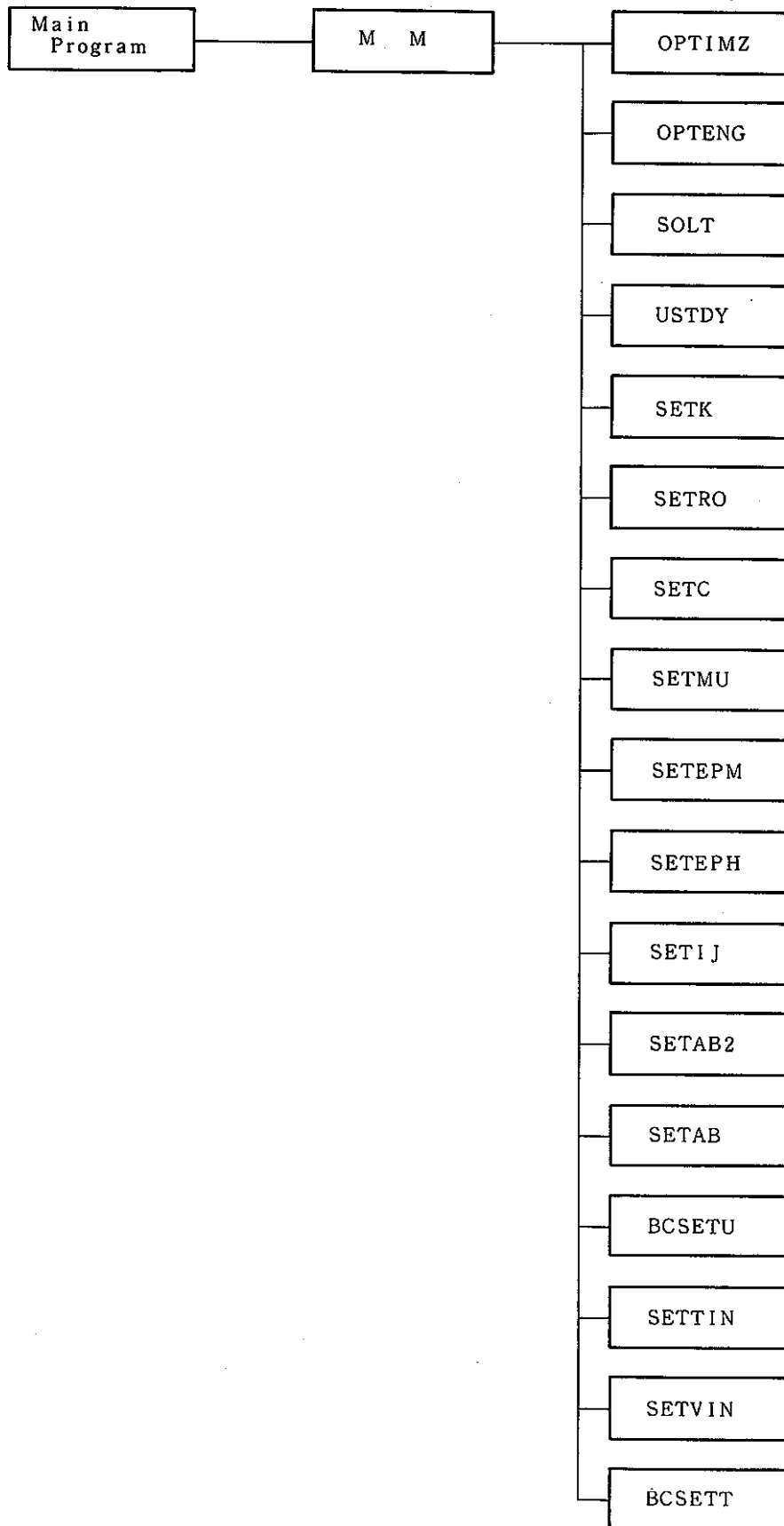


Fig.5- 1 Subroutines organizing "NAGARE-T"

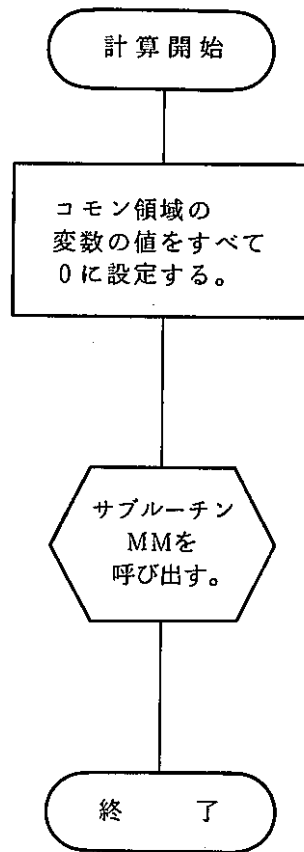


Fig.5- 2 Flow Chart of Main Program

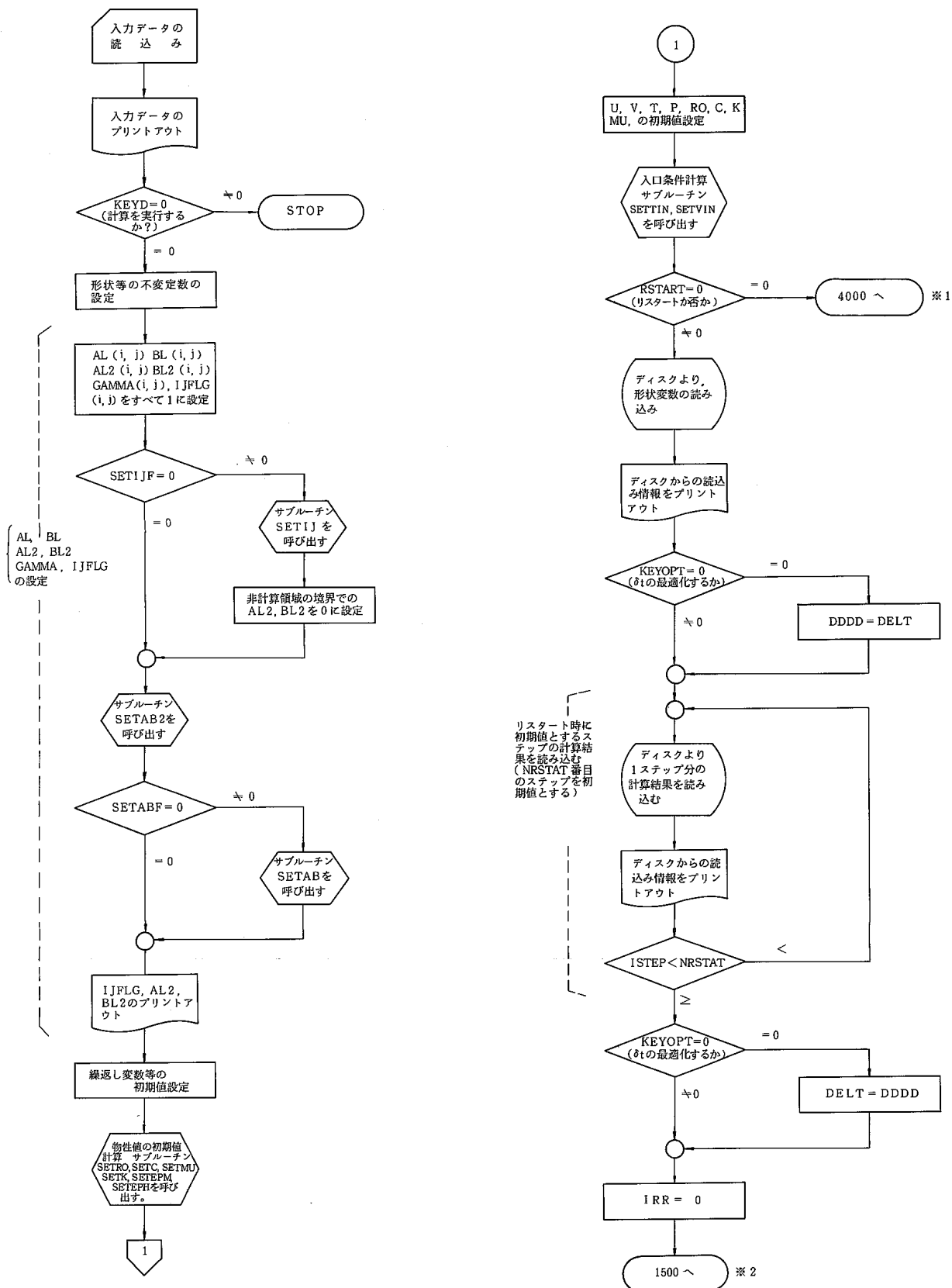
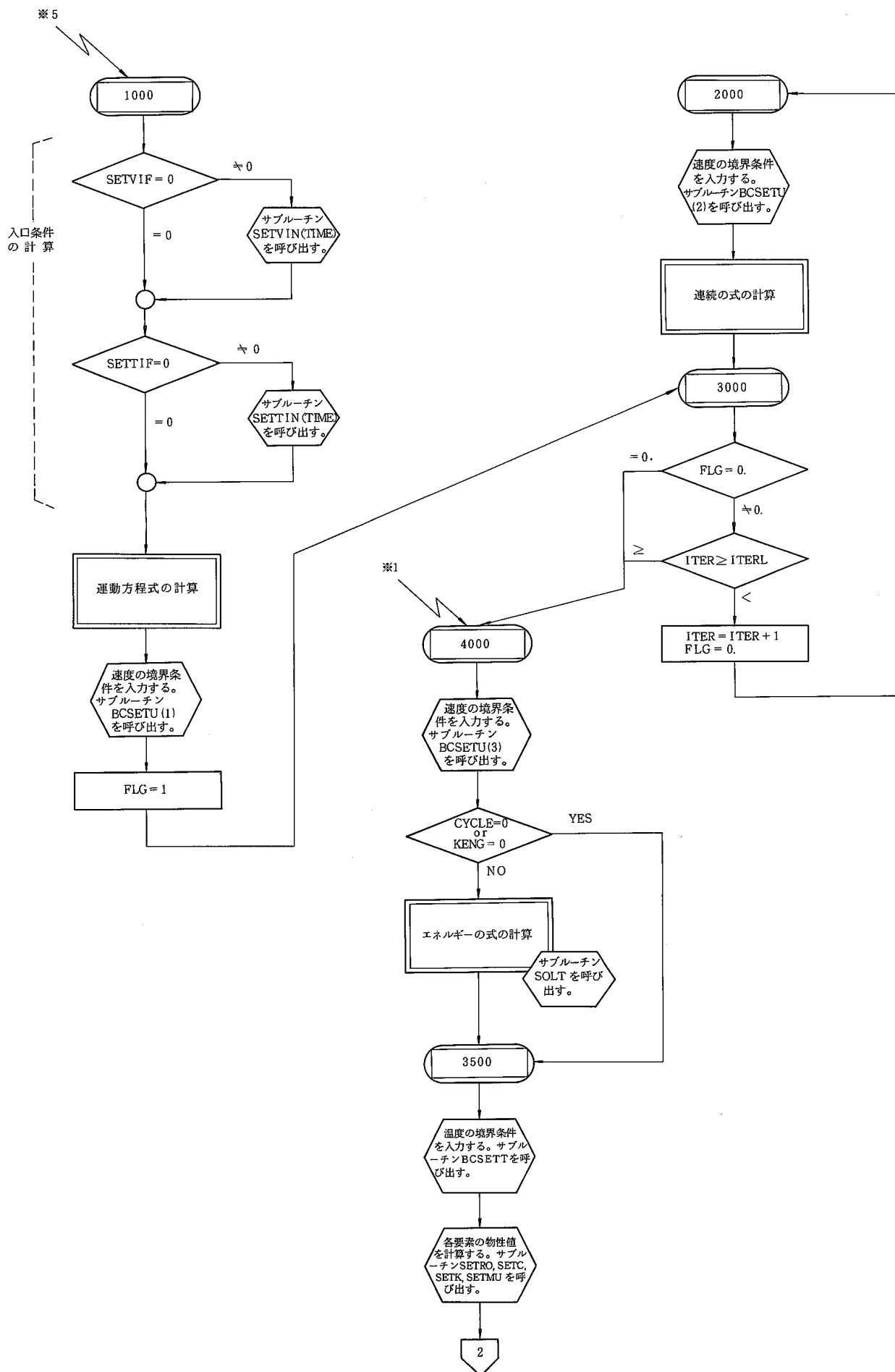
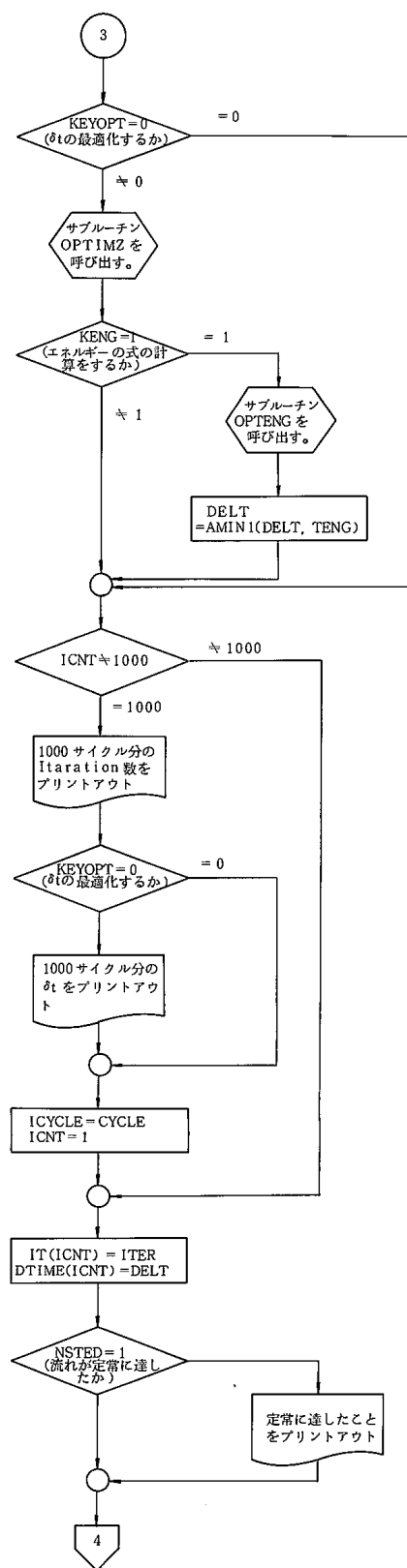
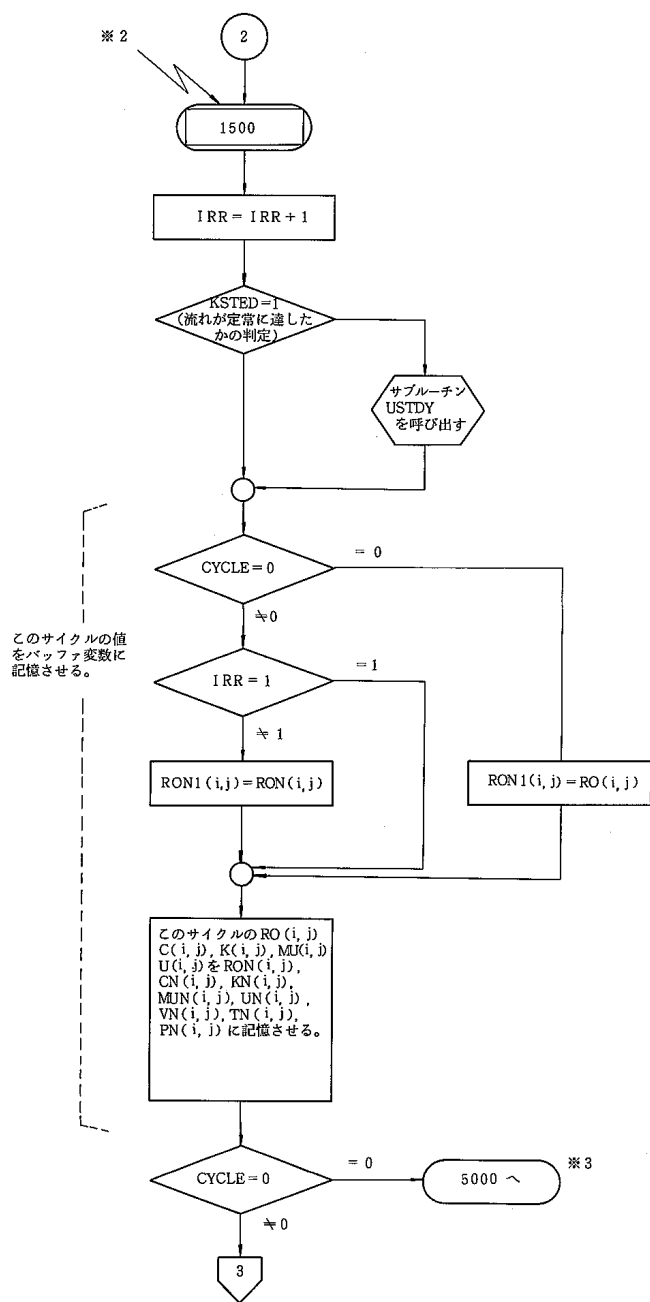
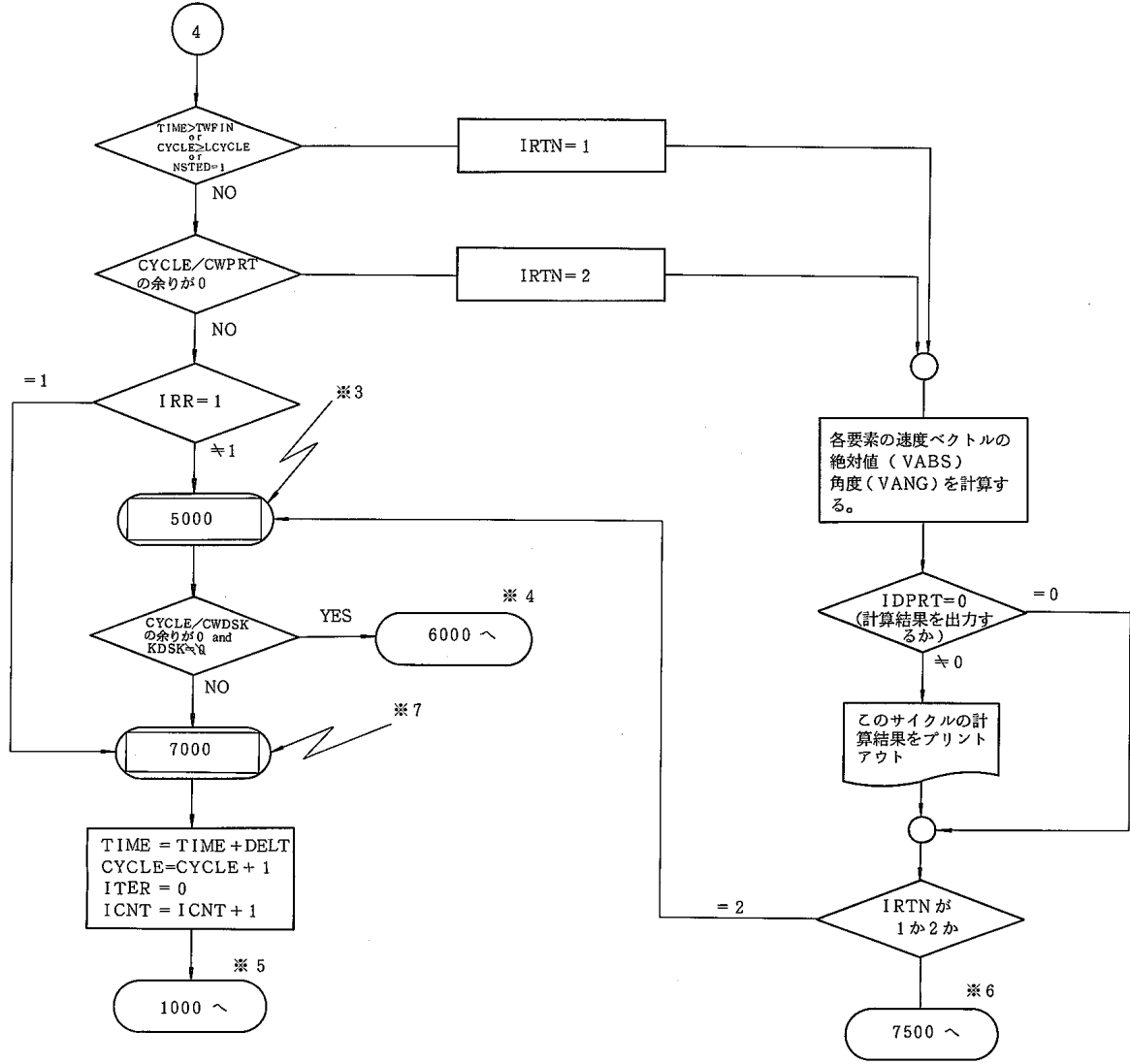
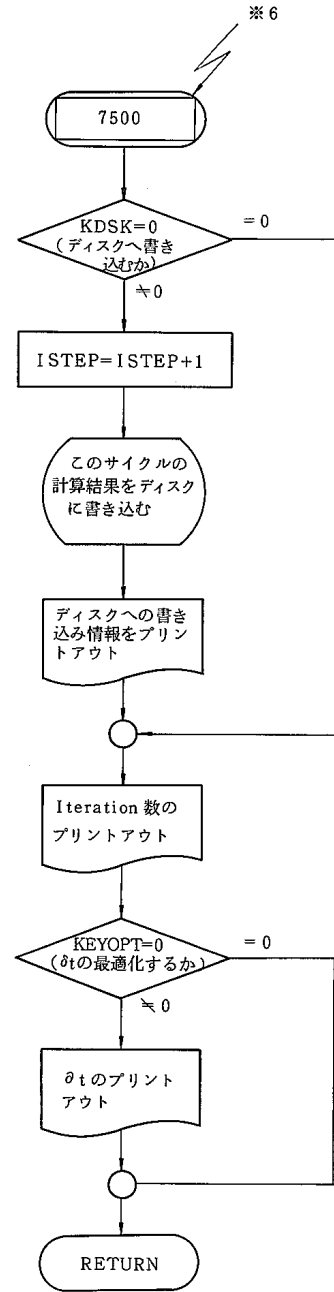
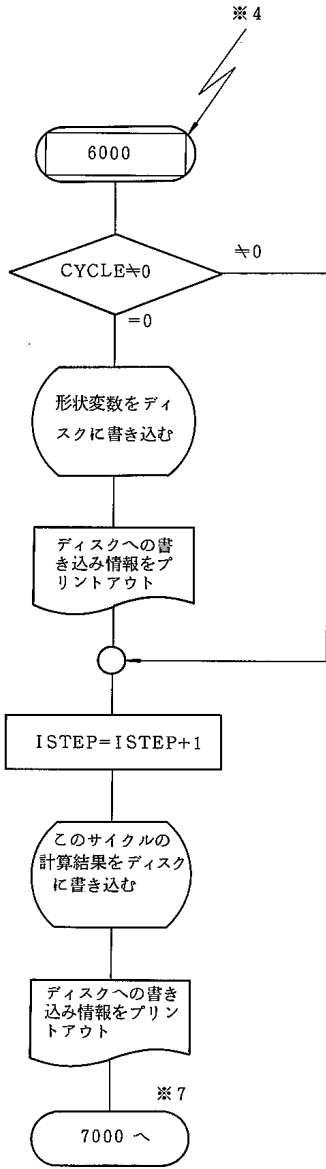


Fig.5- 3 Flow Chart of Subroutine MM









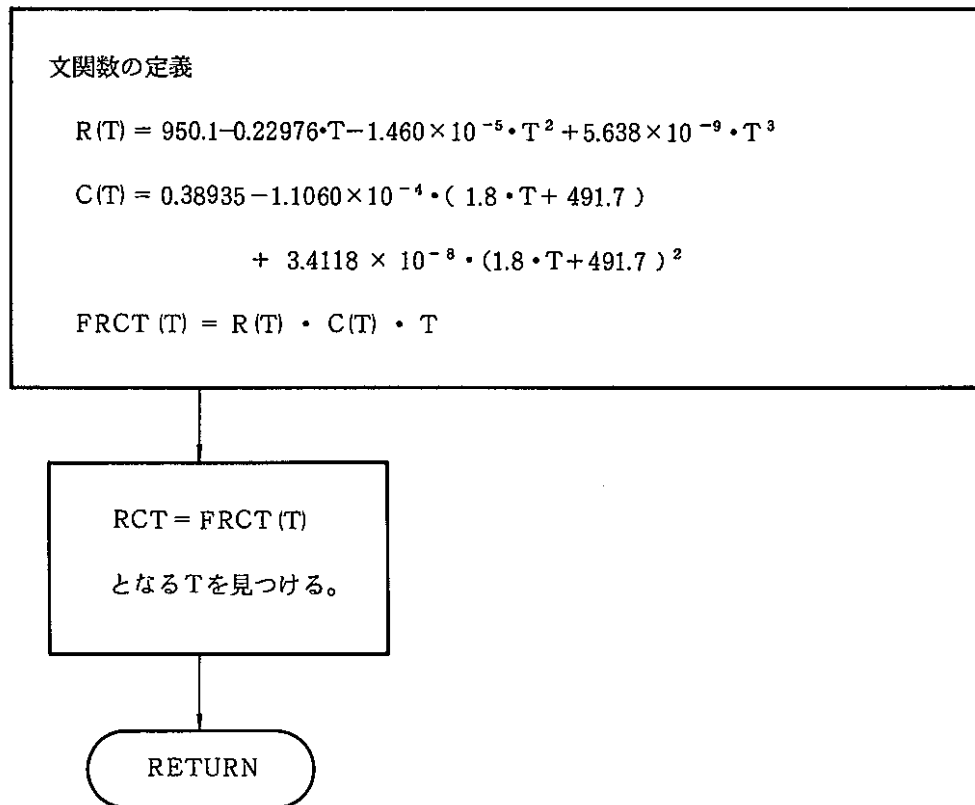


Fig.5- 4 Flow Chart of Subroutine SOLT (RCT, TN, T)

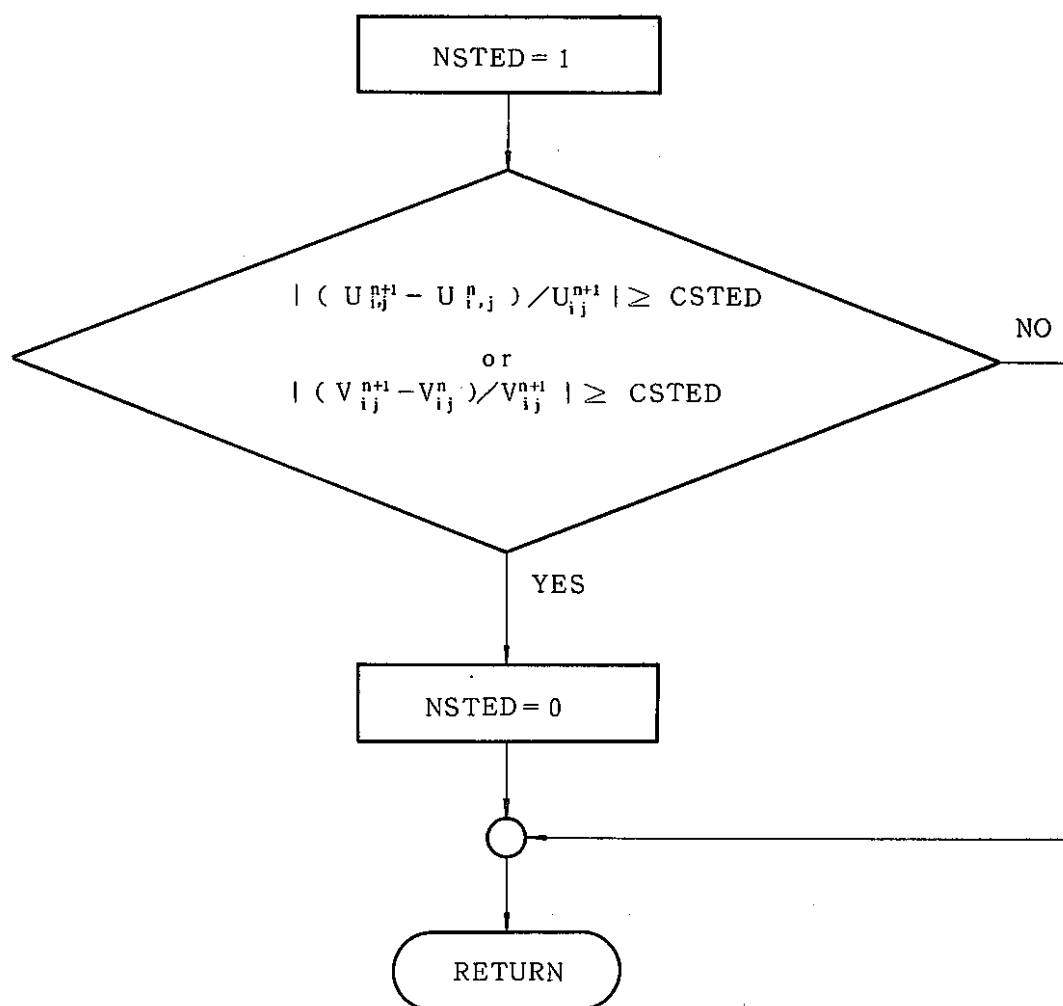


Fig.5- 5 Flow Chart of Subroutine USTDY (CSTED, NSTED)

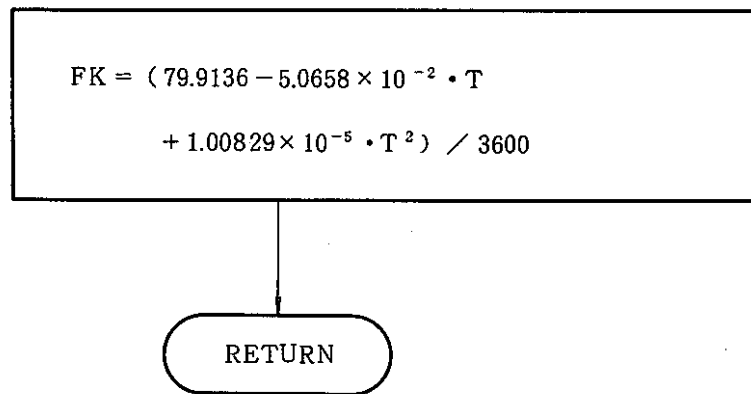


Fig.5- 6 Flow Chart of Subroutine SETK (T, FK)

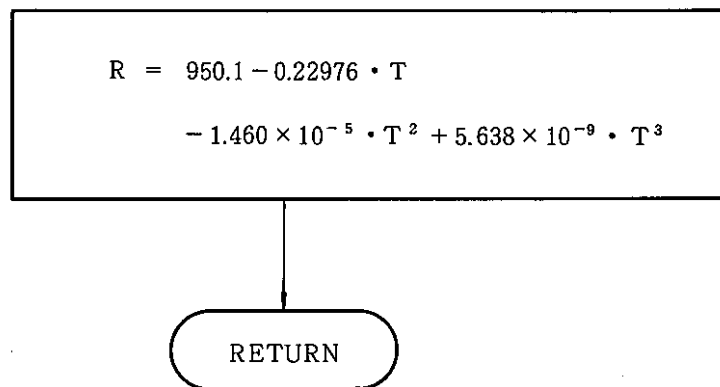


Fig.5- 7 Flow Chart of Subroutine SETRO (T, R)

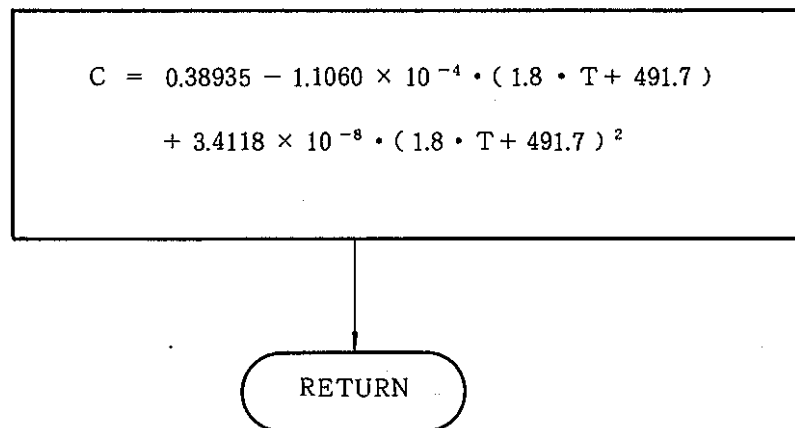


Fig.5- 8 Flow Chart of Subroutine SETC (T, C)

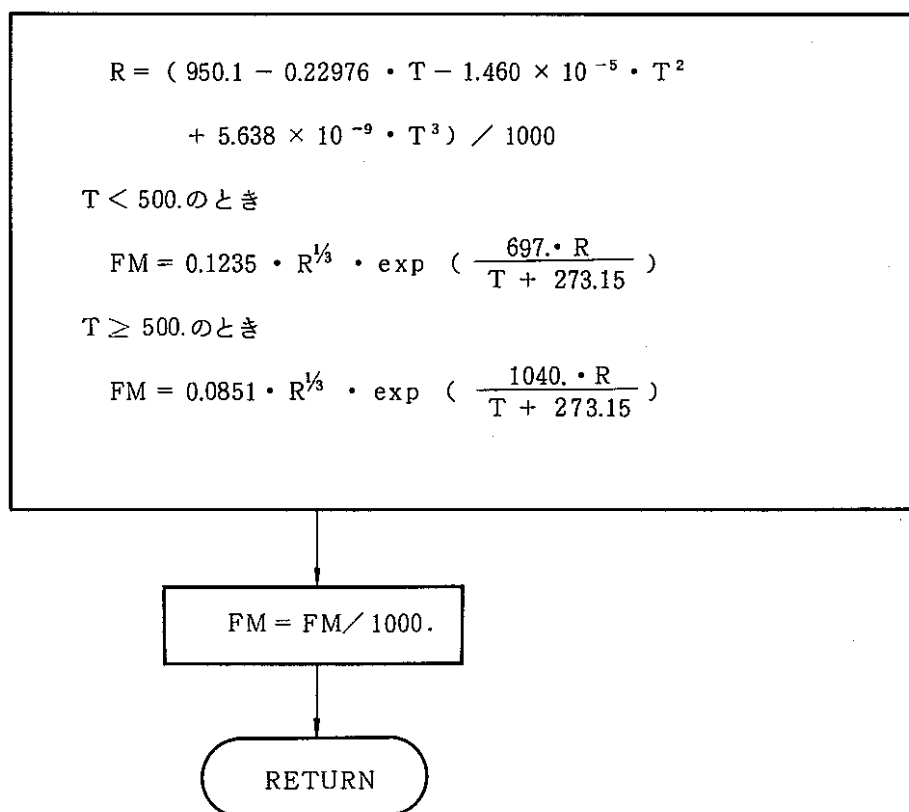


Fig.5- 9 Flow Chart of Subroutine SETMU (T, FM)

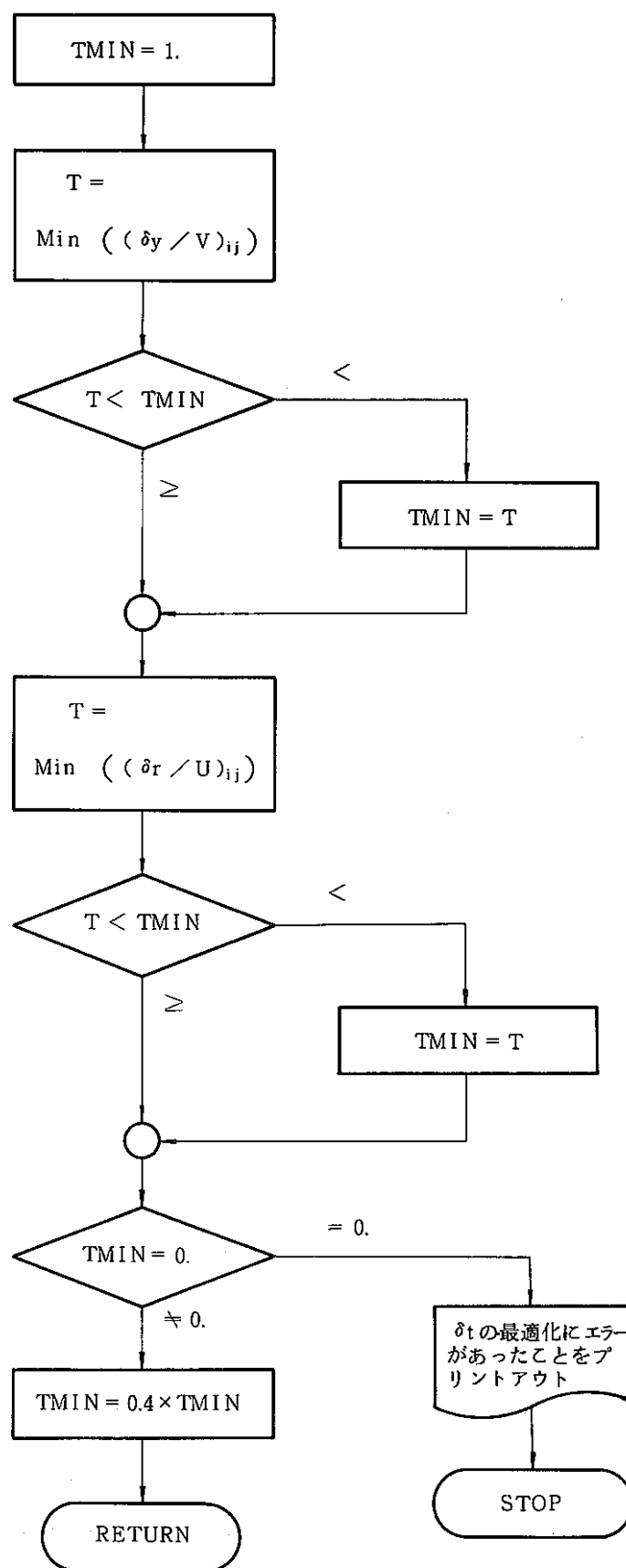


Fig.5-10 Flow Chart of Subroutine OPTIMZ (TMIN, IMAX, JMAX)

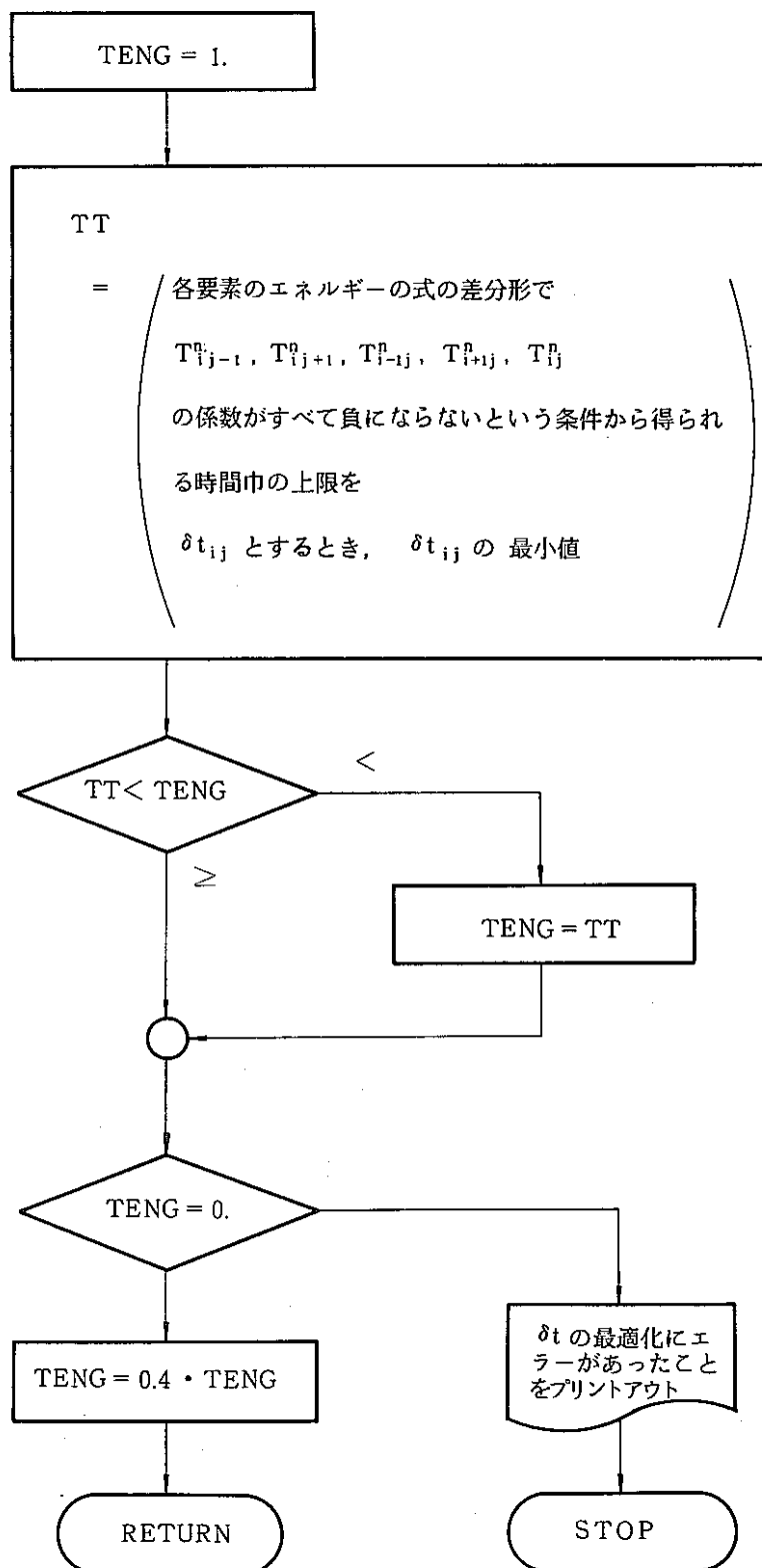


Fig.5-11 Flow Chart of Subroutine OPTENG (TENG)

Table 5- 1 Outline of Main Program

Main Program	
目 的	各変数の値を0にした後、サブルーチンMMを呼び出す。
コ モ ン	/BL 1/A (65) /BL 2/B (315) /BL 3/C (9450) /BL 4/D (4200) /BL 5/E (6300) /BL 6/F (3150) /BL 7/G (3151) /BL 8/O (2100) /BL 9/IA(1050) /BL10/P (1000) /BL11/IB(1030) /BL12/Q (10) /BL13/IC(4) /BL14/R (35) /BL15/S (2100) /BL16/ID(2), T(200)

Table 5- 2 Outline of Subroutine MM

MM	
目 的 コ モ ン	以下のような主要な計算は、すべて、このサブルーチンでおこなう。又、他のサブルーチンの制御を実施する。 ◦ データの入、出力(カードリーダー、ラインプリンター、ディスクを用いる) ◦ 各変数の初期値の設定 ◦ 運動方程式の計算 ◦ 連続の式の計算 ◦ エネルギーの式の計算 ◦ 計算ステップ進行の制御 /BL 1 /DELR(30), DELY(35) /BL 2 /RDR(30), RDR 2(30), RDY(35), RDY 2(35), RDR3(30), RDY 3(35), R(30), RA(30), RR(30), RRA(30) /BL 3 /RO(30, 35), U(30, 35), V(30, 35), U 2(30, 35), V 2 (30, 35), UN(30, 35), VN(30, 35), RON(30, 35), RON 1 (30, 35) /BL 4 /MU(30, 35), P(30, 35), MUN(30, 35), PN(30, 35) /BL 5 /C(30, 35), K(30, 35), T(30, 35), CN(30, 35), KN(30, 35), TN(30, 35) /BL 6 /DW(30, 35), VANG(30, 35), VABS(30, 35) /BL 7 /AL(30, 35), BL(30, 35), GAMMA(30, 35), CYL /BL 8 /AL 2(30, 35), BL 2(30, 35) /BL 9 /IJFLG(30, 35) /BL10 /DTIME(1000) /BL11 /IT(1000), IAB(30) /BL12 /TIN(5), VIN(5) /BL13 /IM1, JM1, IMAX, JMAX /BL14 /Y(35) /BL15 /CEPM(30, 35), CEPH(30, 35) /BL16 /NPITMP, NPIV, TPITMP(50), PITMP(50), TPIV(50), PIV(50)

Table 5- 3 Outline of Subroutine OPTIMZ

OPTIMZ(TMIN, IMAX, JMAX)	
目 的	数値計算の安定性を満足する範囲内で、できるだけ大きな時間幅 δt を決定する。この時間幅を計算に用いることにより、計算上のリアルタイムの進行を速くすることを意図したものである。 安定条件 $\delta t < \min \left(\frac{\delta x}{ U }, \frac{\delta y}{ V } \right)$
引 数	TMIN, IMAX, JMAX
コ モ ン	/BL1/DELR(30), DELY(35) /BL3/RO(30, 35), U(30, 35), V(30, 35), U2(30, 35), V2(30, 35), UN(30, 35), VN(30, 35), RON(30, 35), RON1(30, 35) /BL9/IJFLG(30, 35)

Table 5- 4 Outline of Subroutine OPTENG

OPTENG (TENG)	
目 的	数値計算の安定性を満足する範囲内で、できるだけ大きな時間幅 δt を決定する。この時間幅を計算に用いることにより、計算上のリアルタイムの進行を速くすることを意図したものである。サブルーチンOPTIMZは、流速に関する安定条件を基にしているのに対し、このサブルーチンは、エネルギーの式に関する安定条件を基にしている。したがって、エネルギーの式の計算を行なわない場合は、このサブルーチンを呼び出さない。 判定条件：エネルギーの式の $T_{ij-1}^n, T_{ij+1}^n, T_{i-1,j}^n, T_{i+1,j}^n, T_{ij}^n$ の係数がすべて正の値
引 数	TENG
コ モ ン	/BL1/DELR(30), DELY(35) /BL2/RDR(30), RDR2(30), RDY(35), RDY2(35), RDR3(30), RDY3(35), R(30), RA(30), RR(30), RRA(30) /BL3/RO(30, 35), U(30, 35), V(30, 35) /BL5/C(30, 35), K(30, 35), T(30, 35) /BL7/AL(30, 35), BL(30, 35), GAMMA(30, 35), CYL /BL9/IJFLG(30, 35) /BL13/IM1, JM1, IMAX, JMAX

Table 5- 5 Outline of Subroutine SOLT

S O L T (R C T , T N , T)	
目 的	エネルギーの式の計算からは、$n + 1$ サイクル目の $\rho(I, J) \cdot C(I, J) \cdot T(I, J)$ が得られるが、密度 ρ 及び比熱 C は、温度 T の関数であるため、$\rho \cdot C \cdot T$ の積の形から、$n + 1$ サイクル目の温度 T を求める。
引 数	R C T , T N , T 注) ユーザーが、必要に応じ(物性値が異なる場合)、このサブルーチンを変更する際は、密度、比熱の温度依存性を示す文関数 $R(T)$、$C(T)$ を定義しなおせばよい。

Table 5- 6 Outline of Subroutine USTDY

USTDY (CSTED, NSTED)	
目 的	流動状態が定常に達した時点で、計算を打切るために、定常状態の判定を行なう。 判定条件 $ (U^{n+1}(i, j) - U^n(i, j)) / U^{n+1}(i, j) < CSTED$ $ (V^{n+1}(i, j) - V^n(i, j)) / V^{n+1}(i, j) < CSTED$
引 数	CSTED, NSTED
コ モ ン	/BL3/RO(30, 35), U(30, 35), V(30, 35), A(2100), UN(30, 35), VN(30, 35) /BL13/IM1, JM1, IMAX, JMAX /BL9/IJFLG(30, 35)

Table 5- 7 Outline of Subroutine SETK

SETK(T, K)	
目 的	ある温度Tに対する熱伝導率kを求める。Naの熱伝導率をMKS単位で求めるサブルーチンであり、ユーザーの必要に応じ、材料、単位を変更したサブルーチンに変換すればよい。 使用した式 $k(\text{kcal/m} \cdot \text{sec} \cdot \text{deg}) = (79.9136 - 5.06588 \times 10^{-2} \cdot T + 1.00829 \times 10^{-5} \cdot T^2) / 3600$ (Tの単位: °C)
引 数	T, FK 注) ユーザーが、必要に応じ、このサブルーチンを変更する際は、引数Tで入力した温度に対し、引数FKで熱伝導率を与えるように作成する。

Table 5- 8 Outline of Subroutine SETRO

SETRO (T, R)	
目 的	ある温度Tに対する密度ρを求める。Naの密度をMKS単位で求めるサブルーチンであり、ユーザーの必要に応じ、材料、単位を変更したサブルーチンに変換すればよい。 使用した式 $\rho (\text{kg/m}^3) = 950.1 - 0.22976 \cdot T - 1.460 \times 10^{-5} \cdot T^2 + 5.638 \times 10^{-9} \cdot T^3$ (Tの単位: °C)
引 数	T, R 注) ユーザーが、必要に応じ、このサブルーチンを変更する際は、引数Tで入力した温度に対し、引数Rで密度を与えるように作成する。

Table 5- 9 Outline of Subroutine SETC

SETC (T, C)	
目 的	ある温度Tに対する比熱Cを求める。Naの比熱をMKS単位で求めるサブルーチンであり、ユーザーの必要に応じ、材料、単位を変更したサブルーチンに変換すればよい。 使用した式 $C (\text{kcal/kg} \cdot \text{deg})$ $= 0.38935 - 1.1060 \times 10^{-4} \cdot (1.8 \cdot T + 491.7) + 3.4118 \times 10^{-8} \cdot (1.8 \cdot T + 491.7)^2$ (Tの単位: °C)
引 数	T, C 注) ユーザーが必要に応じ、このサブルーチンを変更する際は、引数Tで入力した温度に対し、引数Cで比熱を与えるように作成する。

Table 5-10 Outline of Subroutine SETMU

SETMU(T, FM)	
目 的	ある温度Tに対する粘性係数μを求める。Naの粘性係数をMKS単位で求めるサブルーチンであり、ユーザーの必要に応じ、材料、単位を変更したサブルーチンに変換すればよい。 使用した式 $T < 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\mu(\text{kg/m}\cdot\text{sec}) = 1.235 \times 10^{-4} \cdot \rho^{1/3} \exp(697 \rho / (T + 273.15))$ $T \geq 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\nu(\text{m}^2/\text{s}) = 8.51 \times 10^{-5} \cdot \rho^{1/3} \cdot \exp(1040 \cdot \rho / (T + 273.15))$ 但し、 $\rho = (950.1 - 0.22976 \cdot T - 1.46 \times 10^{-5} \cdot T^2 + 5.638 \times 10^{-9} \cdot T^3) / 1000$ (Tの単位: $^{\circ}\text{C}$)
引 数	T, FM 注) ユーザーが必要に応じ、このサブルーチンを変更する際は、引数Tで入力した温度に対し、引数FMで粘性係数を与えるように作成する。

Table 5-11 Outline of Subroutine SETEPM

S E T E P M	
目 的	各部の乱流拡散係数 ϵ_M を与える。ユーザーが適当な値を選び、このサブルーチンを作成する必要がある。 $\mu'(I, J) = \mu(T) \cdot (1 + C E P M(I, J))$ $\mu'(I, J)$: 要素(i, J)の乱流を考慮した粘性係数 $\mu(T)$: サブルーチン S E T M U で求められる要素(I, J)の温度Tに対する粘性係数 $C E P M(I, J)$: ユーザーが、このサブルーチンで適当な値に設定する。 という形で与える。
コ モ ン	/BL13/IM1, JM1, IMAX, JMAX /BL15/C E P M(30, 35), C E P H(30, 35)

Table 5-12 Outline of Subroutine SETEPH

SETEPH	
目 的	各部の乱流拡散係数 ϵ_H を与える。ユーザーが適当な値を選び、このサブルーチンを作成する必要がある。 $k'(I, J) = k(T) + C(T) \cdot \nu(T) \cdot CEPM(I, J) \cdot CEPH(I, J)$ $k'(I, J)$: 要素(I, J)の乱流を考慮した熱伝導率 $k(T)$: サブルーチンSETKで求められる要素(I, J)の温度Tに対する熱伝導率 $C(T)$: サブルーチンSETCで求められる要素(I, J)の温度Tに対する比熱 $\nu(T)$: サブルーチンSETMUで求められる要素(I, J)の温度Tに対する動粘性係数 $CEPM(I, J)$: サブルーチンSETEPMで与える値 $CEPH(I, J)$: ユーザーが、このサブルーチンで適当な値に設定する。 という形で与える。
コ モ ン	$\text{/BL13/ IM1, JM1, IMAX, JMAX}$ $\text{/BL15/ CEPM(30, 35), CEPH(30, 35)}$

Table 5-13 Outline of Subroutine SETIJ

S E T I J	
目 的	要素のうち非計算領域を設定する。ユーザーが，自ら計算しようとしている体系に応じて，作成する必要がある。非計算領域の I J F L G (I , J) を 0 に設定する。
コ モ ン	/ B L 9 / I J F L G (30 , 35)

Table 5-14 Outline of Subroutine SETAB2

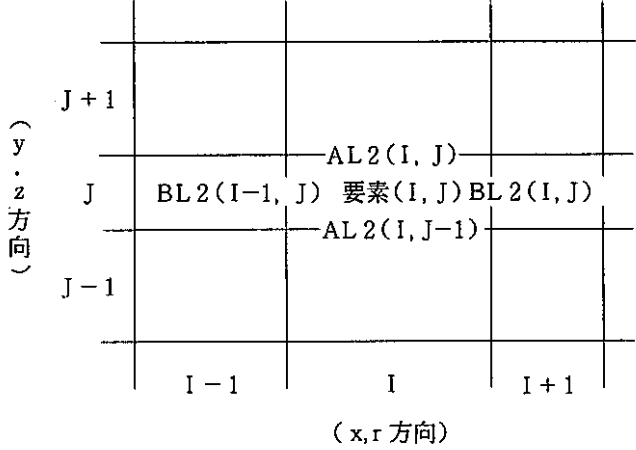
SETAB2	
目 的	流体の出入口箇所の指定をおこなう。指定は、$AL2(I, J)$, $BL2(I, J)$に適切な値を与えておこなうが、それらの定義は、下図のとおり。  入口部は2., 出口部は3., 壁は0., その他は1.に設定する。ただし、ユーザーが指定しない箇所については、$IJFLG(I, J) = 0$の要素の境界は0., その他は1.に自動的に指定されている。ユーザーが、自ら計算しようとする体系に応じて、このサブルーチンを作成せねばならない。
コ モ ン	／BL8／AL2(30, 35), BL2(30, 35)

Table 5-15 Outline of Subroutine SETAB

SETAB	
目 的	要素境界の有効開孔面積比($AL(I, J)$, $BL(I, J)$)で指定), 要素の有効流体体積比($GAMMA(I, J)$)で指定)を指定する。変数の定義は下図の通り。 $0 \leq AL(I, J), BL(I, J) \leq 1$であり, (境界の有効開孔面積) / (境界の全面積)で与える。 $0 \leq GAMMA(I, J) \leq 1$であり, (要素の有効流体部分の体積) / (要素の全体積)で与える。 ユーザーが, 自ら計算しようとする体系に応じて, このサブルーチンを作成せねばならない。ユーザーが指定しない場所については, 全て, 1.と指定される。
コ モ ン	/BL 7 /AL (30, 35), BL (30, 35), GAMMA (30, 35)

Table 5-16 Outline of Subroutine BCSETU

BCSETU (N)	
目 的	流速に関する境界条件を設定する。ユーザーが、自ら計算しようとする体系に応じてこのサブルーチンを作成せねばならない。
引 数	N
コ モ ン	/BL 3 /RO(30, 35), U(30, 35), V(30, 35), A(2100), UN(30, 35), VN(30, 35) /BL12 /TIN(5), VIN(5)

Table 5-17 Outline of Subroutine SETTIN

SETTIN(T)	
目 的	入口部温度変化を時間Tの関数として与える。TIN(1)～TIN(5)の5通り与えることができるが、TIN(1)については、データカードでTPITMP(I),PITMP(I)を入力すれば、数点を直線で結んだ形で与えることができる。TIN(2)～TIN(5)については、ユーザーが、このサブルーチンを適当に延長させることにより与えられる。
引 数	T
コ モ ン	／BL12／TIN(5), VIN(5) ／BL16／NT, NV, TT(50), TMP(50), TV(50), V(50)

Table 5-18 Outline of Subroutine SETVIN

SETVIN(T)	
目 的	入口部流速変化を時間Tの関数として与える。VIN(1)～VIN(5)の5通り与えることができるが、VIN(1)については、データカードでTPIV(I), PIV(I)を入力すれば、数点を直線で結んだ形で与えることができる。VIN(2)～VIN(5)については、ユーザーがこのサブルーチンを適当に延長させることにより与えられる。
引 数	T
コ モ ン	/BL12/TIN(5), VIN(5) /BL16/NT, NV, TT(50), TMP(50), TV(50), V(50)

Table 5-19 Outline of Subroutine BCSETT

BCSETT	
目 的	温度に関する境界条件を設定する。ユーザーが、自ら計算しようとする体系に応じて、このサブルーチンを作成せねばならない。
コ モ ン	/BL 5/A(2100), T(30, 35) /BL12/TIN(5)

Table 5-20 Outline of Input Data

入力変数名	データ形式 ^{*)}	内 容
I BAR	I	X(R)方向のメッシュ数(境界指定セルを含まない)
J BAR	I	Y(Z)方向のメッシュ数(境界指定セルを含まない)
DEL R(i)	R, A	X(R)方向のメッシュ幅(境界指定セルを含む) (m)
DEL Y(J)	R, A	Y(Z)方向のメッシュ幅(境界指定セルを含む) (m)
DEL T	R	時間きざみ幅 δt (sec)
GR	R	X(R)方向の加速度 (m/sec ²)
GY	R	Y(Z)方向の加速度 (m/sec ²)
U I	R	速度成分Uの初期値 (m/sec)
V I	R	速度成分Vの初期値 (m/sec)
T I	R	温度の初期値 (°C)
P I	R	圧力の初期値 (kg/m·sec ²)
CYL	R	CYL = 1. 軸対称モデル CYL = 0. X-Y座標モデル
EPS i	R	連続方程式の収束判定条件
OMG	R	連続計算を行なう場合の収束を早くするための加速定数 ω $0 < \omega < 2.0$
FALPN	R	運動方程式の差分式における α (2.2.2項参照)
KEYD	I	KEYD = 1 入力データのプリントアウトのみで計算を実行しない。 KEYD = 0 計算を実行する。
KEYOPT	I	KEYOPT = 1 時間きざみ幅 δt の最適値を求め、その値をその次のステップのDEL Tとする。 KEYOPT = 0 δt の最適化を実行しない。
ITERL	I	連続計算において繰返しを行なう場合の最大許容繰返し回数を与える。
KENG	I	KENG = 1 エネルギーの式の計算をおこなう。 KENG = 0 エネルギーの式の計算をおこなわない。 (温度変化がない場合)
KSTED	I	KSTED = 1 各部の流速変化が小さくなり、定常に達したと判定したとき計算を打切る。 (すべての場所で $ (U^{n+1}(I, J) - U^n(I, J)) / U^n(I, J) < \text{CSTED}$ のとき) KSTED = 0 定常状態での計算の打切りをおこなわない。

*) I: 整数 R: 実数 A: 配列変数

入力変数名	* データ形式	内 容
CSTED	R	流速が定常に達したかどうかの判定条件
IDPRT	I	IDPRT = 1 計算結果をプリントアウトする。 IDPRT = 0 計算結果をプリントアウトしない。
CWPRT	I	計算結果をプリントアウトさせるインターバル
KDSK	I	KDSK = 1 データをディスクに格納する。 KDSK = 0 データをディスクに格納しない。
CWDSK	I	計算結果をディスクに格納させるインターバル。
RSTART	R	中断された解析結果を初期値とし、解析をスタートさせるか否かの判定 RSTART = 0. Restartでない。時刻 $t=0$ から解析を始める。 RSTART = 1. Restartを行なう。
NRSTAT	I	Restartの際に、初期値として用いるデータのステップ番号
LCYCLE	I	計算をストップさせるサイクル数
TWFIN	R	計算をストップさせる時間
NPITMP	I	入口温度 $TIN(1)$ の時間変化を、数点を直線で結んだ形で近似する場合の点数
TPITMP(I)	R . A	入口温度 $TIN(1)$ を、数点で近似する際の、I 番目の点の時刻(sec)
PITMP(I)	R . A	入口温度 $TIN(1)$ を、数点で近似する際の、I 番目の点の温度($^{\circ}\text{C}$)
NPIV	I	入口流速 $VIN(1)$ の時間変化を、数点を直線で結んだ形で近似する場合の点数
TPIV(I)	R . A	入口流速 $VIN(1)$ を、数点で近似する際の、I 番目の点の時刻(sec)
PIV(I)	R . A	入口流速 $VIN(1)$ を、数点で近似する際の、I 番目の点の流速(m/s)
SETIJF	R	サブルーチンSETIJをコールするか否かの判定 $\begin{cases} \text{SETIJF} = 0. & \text{コールしない。} \\ \text{SETIJF} = 1. & \text{コールする。} \end{cases}$
SETABF	R	サブルーチンSETABをコールするか否かの判定 $\begin{cases} \text{SETABF} = 0. & \text{コールしない。} \\ \text{SETIJF} = 1. & \text{コールする。} \end{cases}$
SETVIF	R	サブルーチンSETVIN(T)をコールするか否かの判定 $\begin{cases} \text{SETVIF} = 0. & \text{コールしない。} \\ \text{SETVIF} = 1. & \text{コールする。} \end{cases}$
SETTIF	R	サブルーチンSETTIN(T)をコールするか否かの判定 $\begin{cases} \text{SETTIF} = 0. & \text{コールしない。} \\ \text{SETTIF} = 1. & \text{コールする。} \end{cases}$

*) I : 整数 R : 実数 A : 配列変数

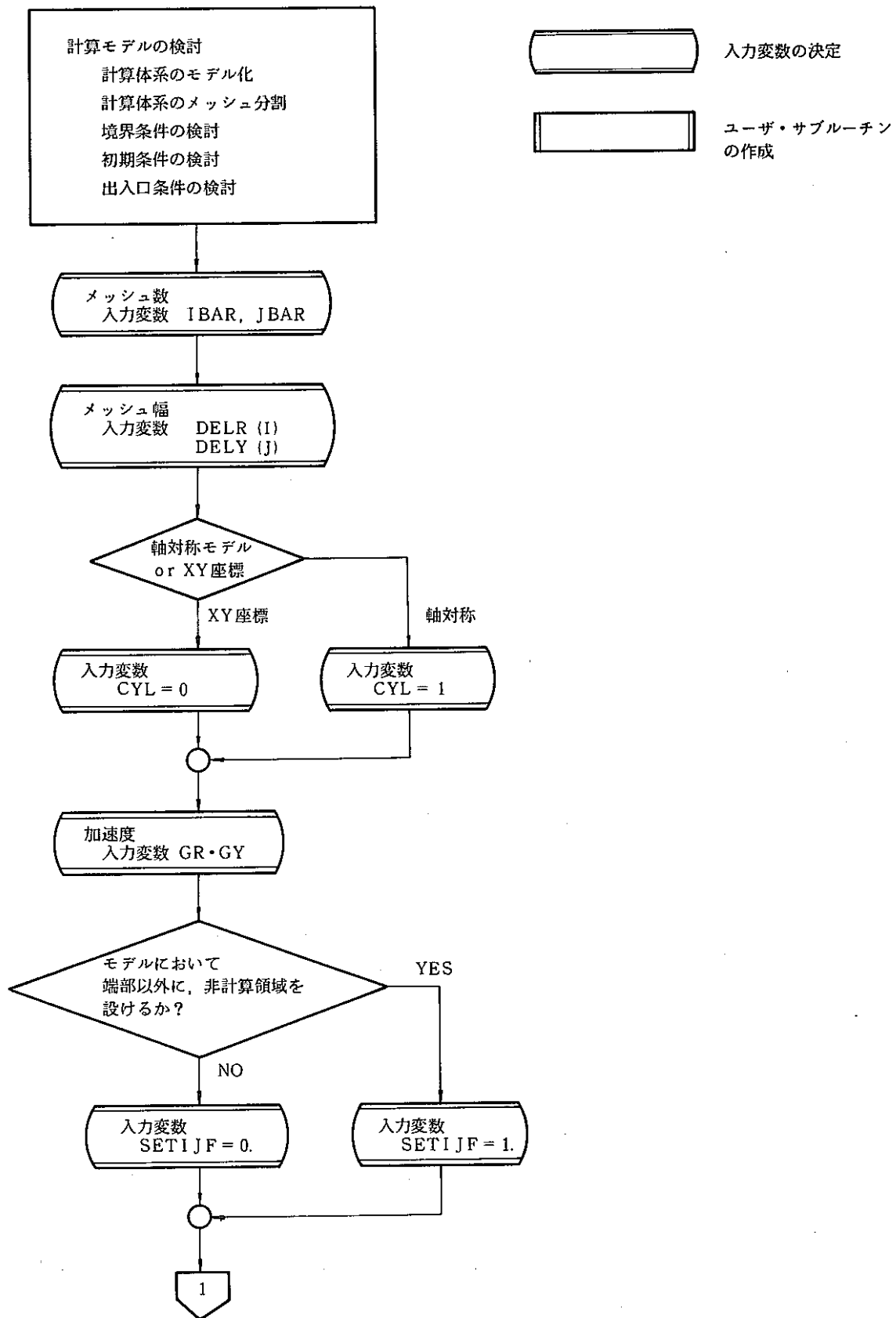
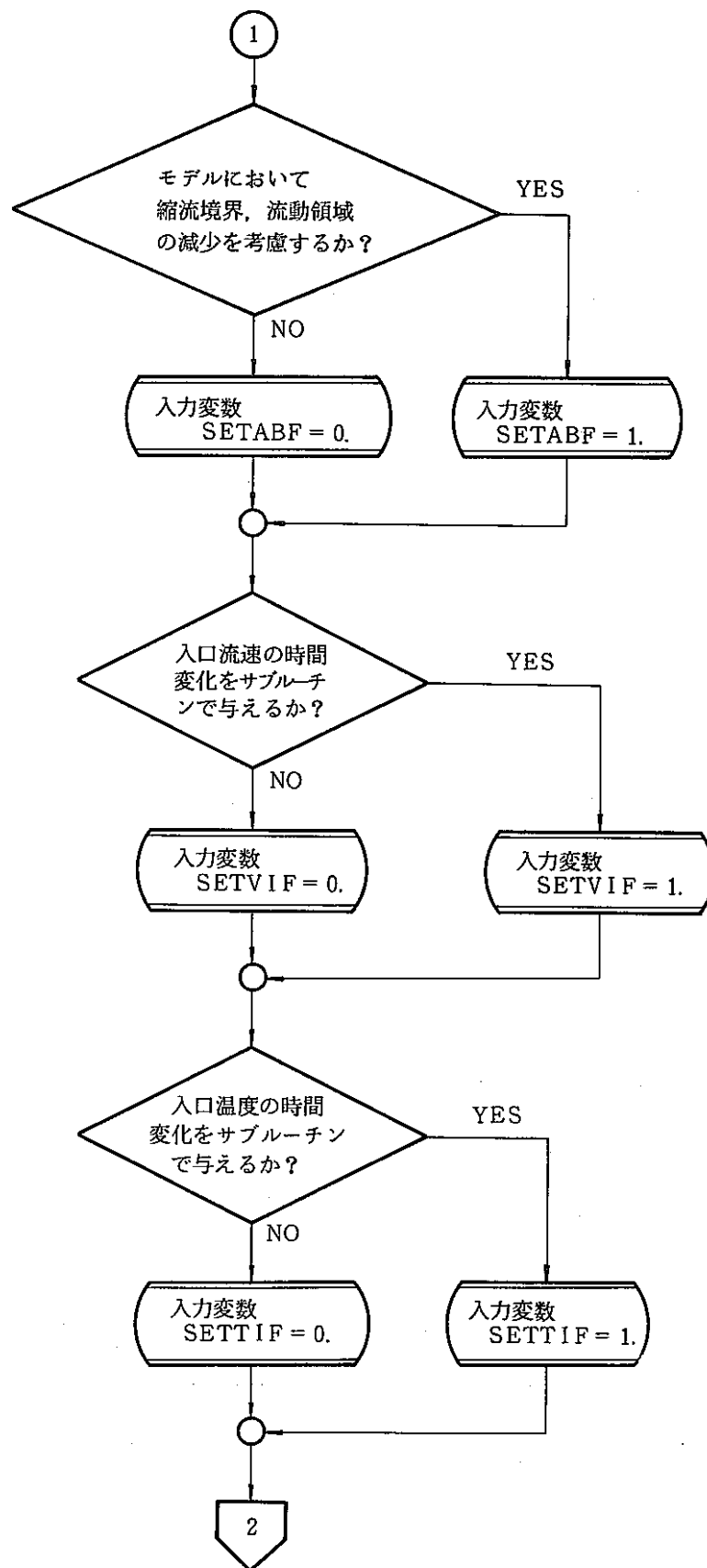
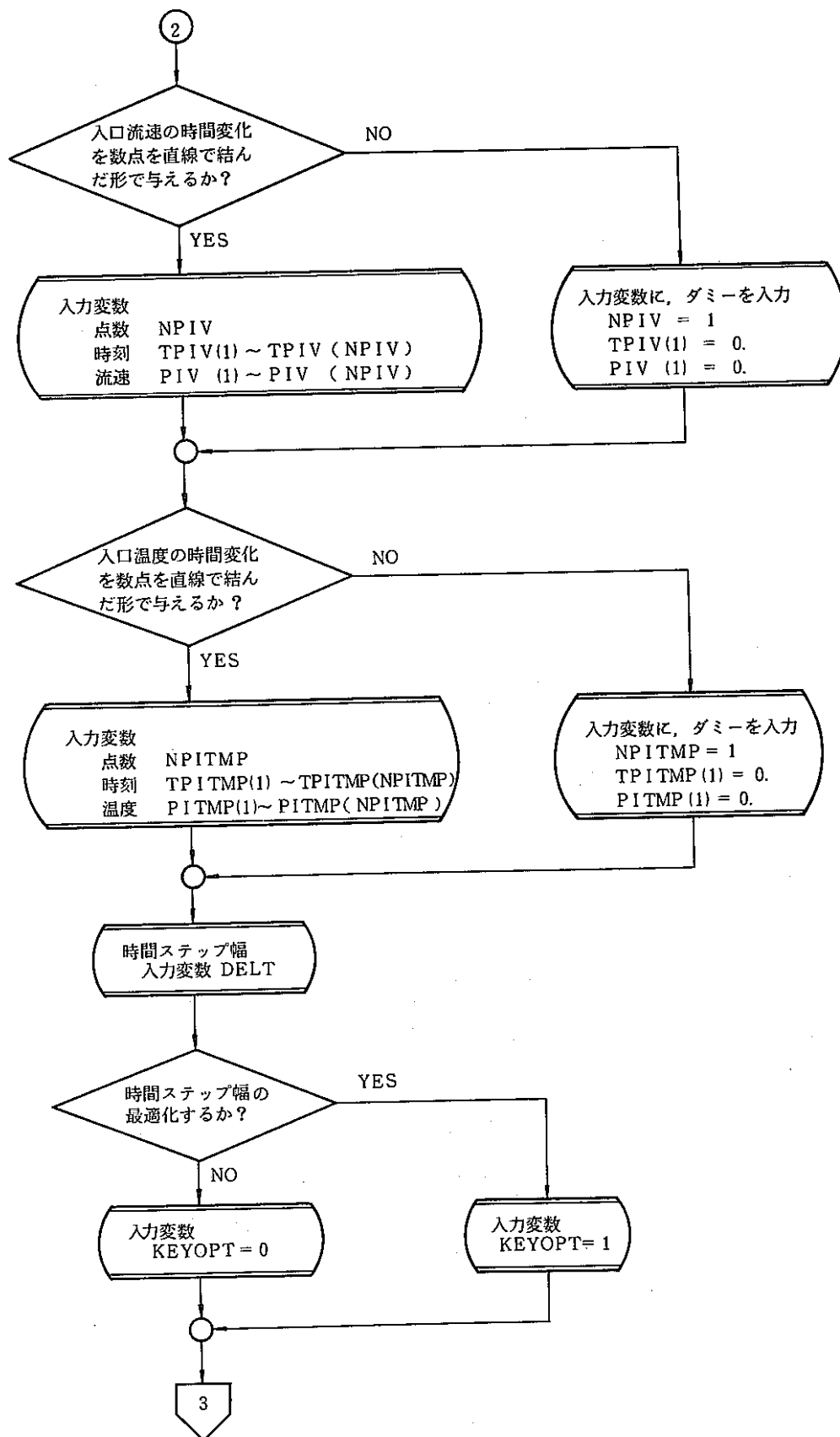
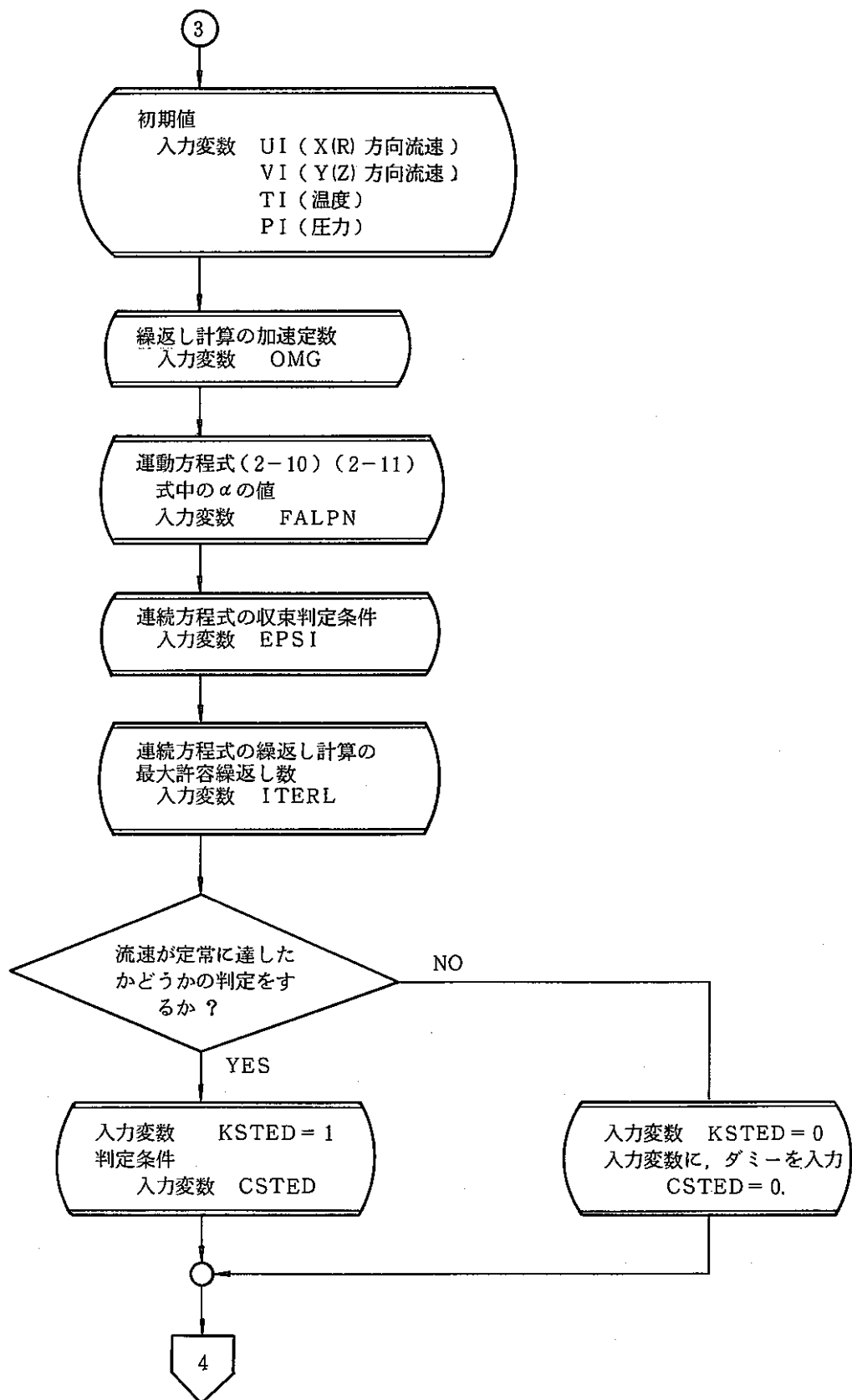
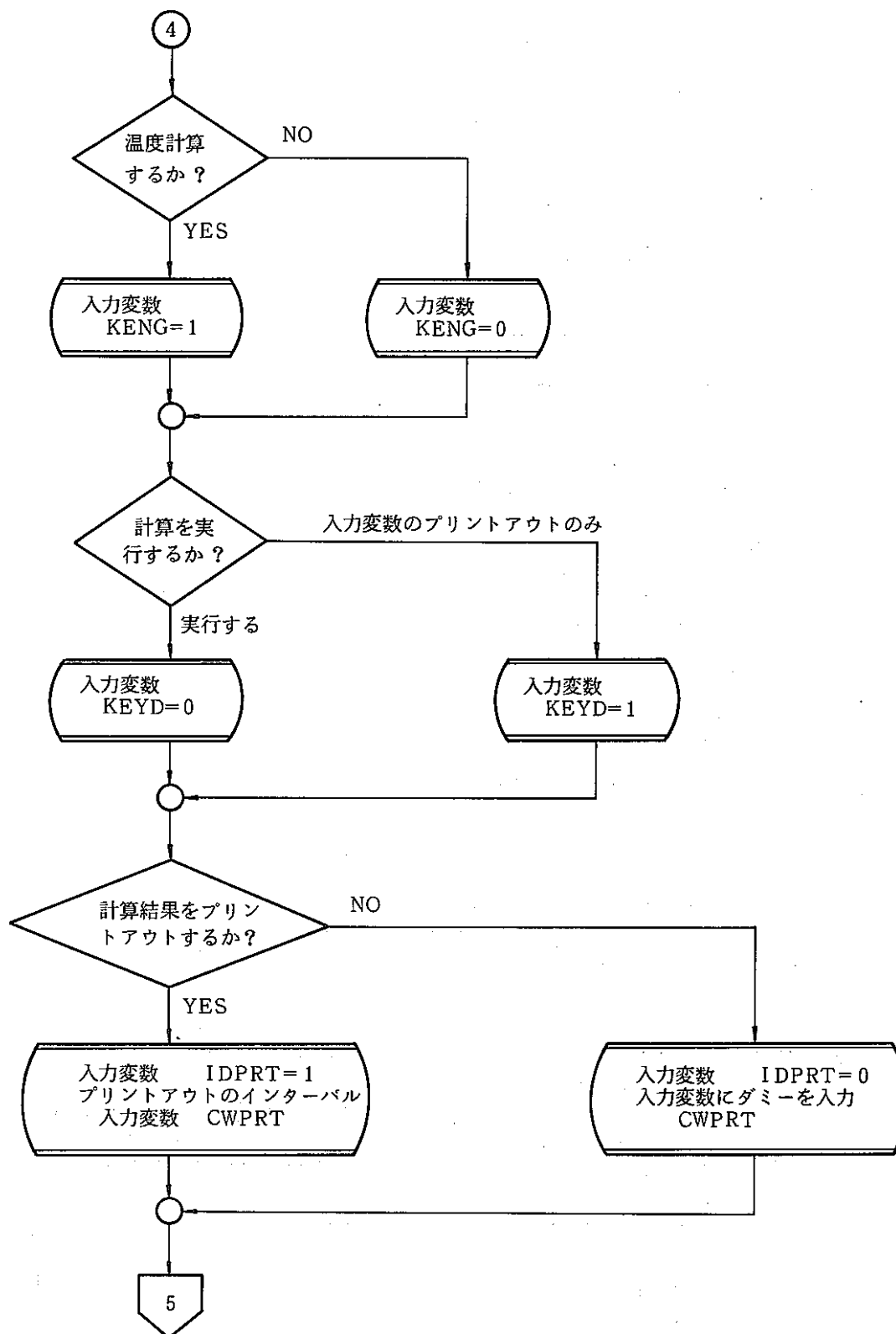


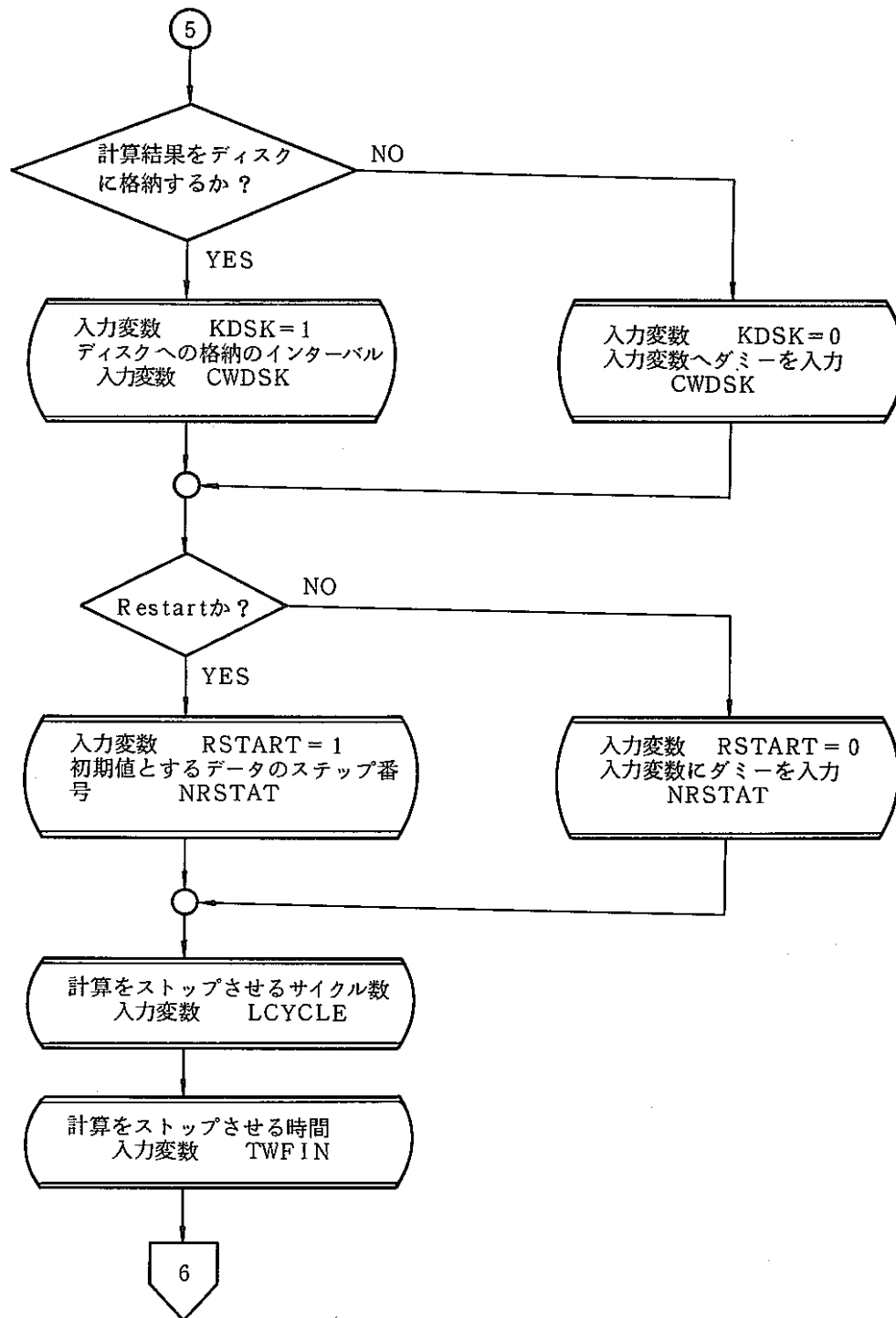
Fig.5-12 Procedure for Using "NAGARE-T"

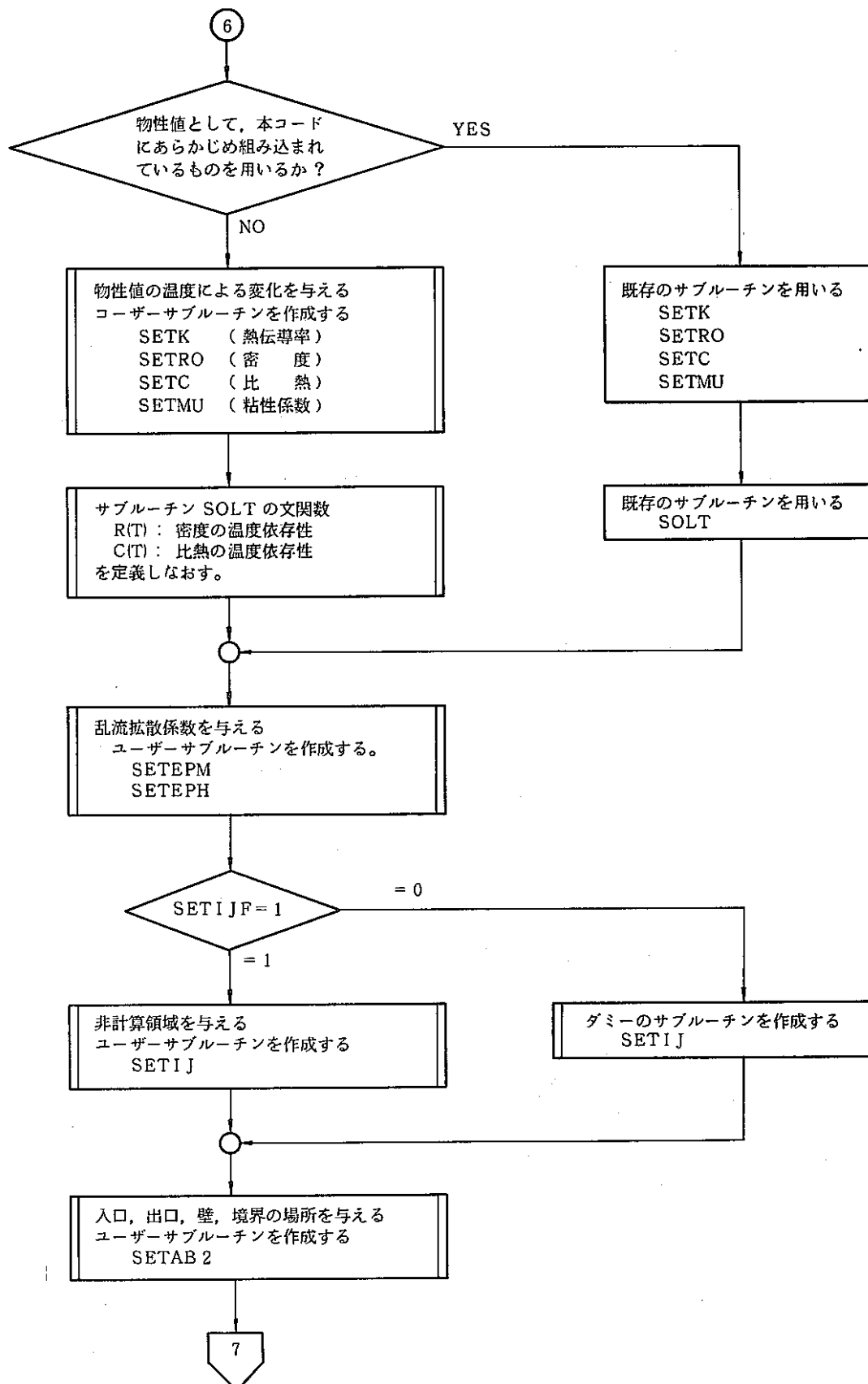


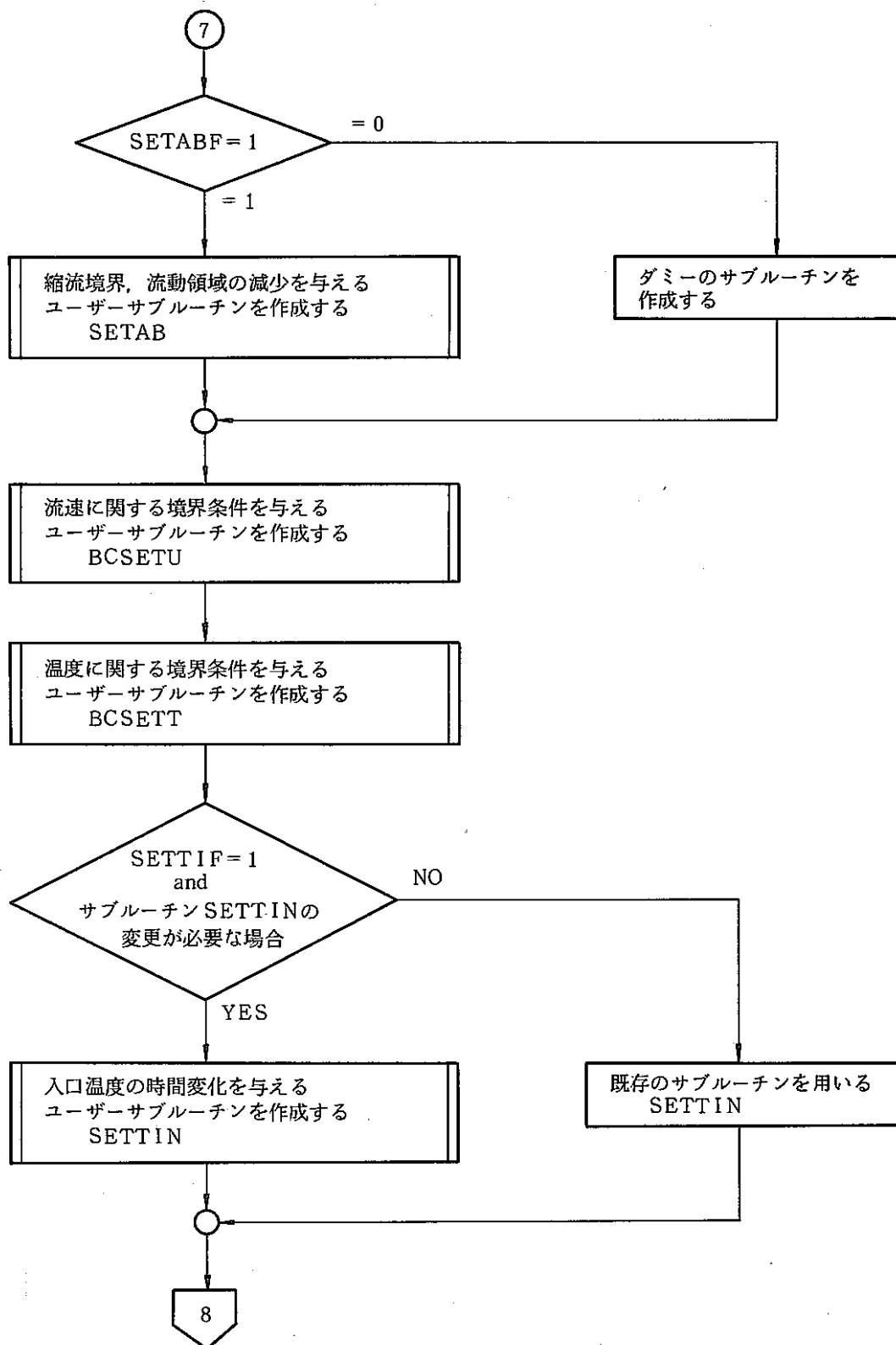


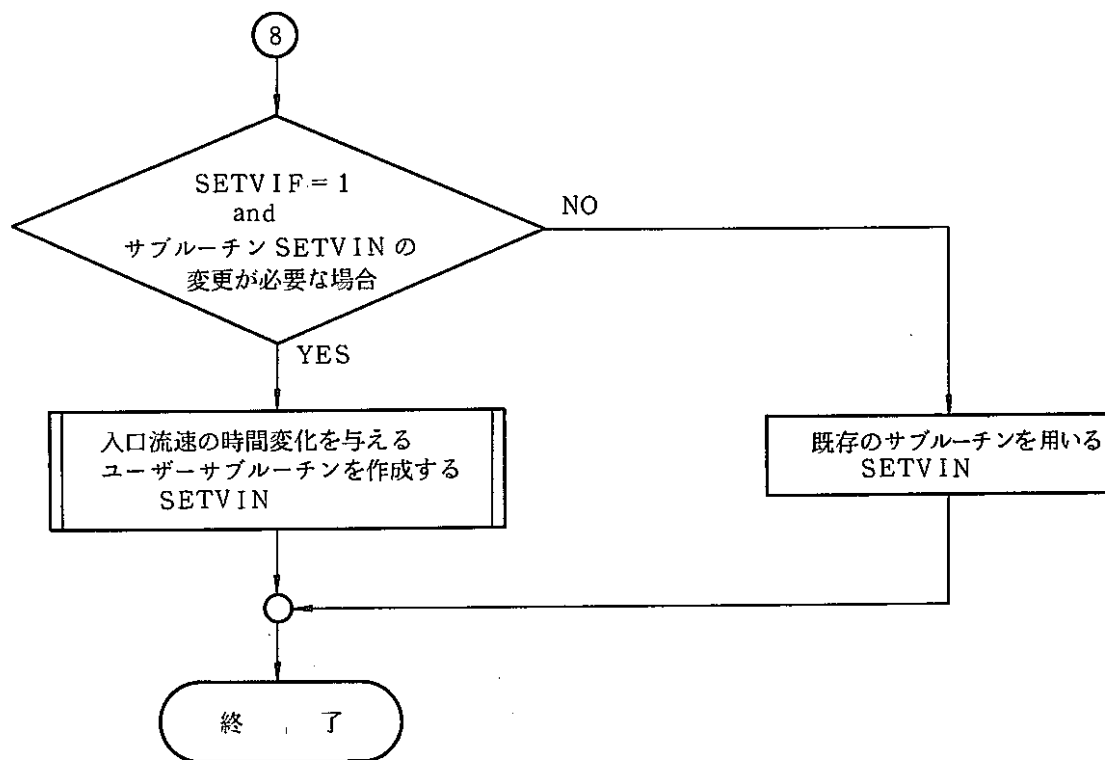












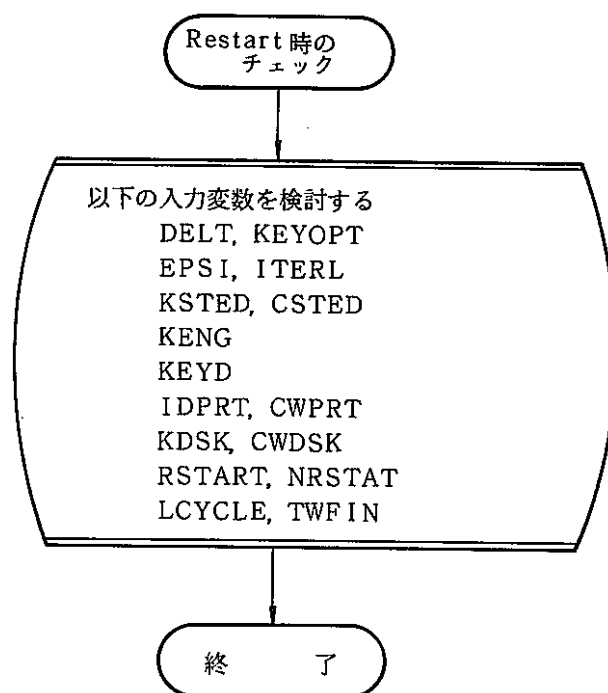


Fig.5-13 Job Control Cards to Run "NAGARE-T"

```

//D4135SKI JOB ( ), RCR, CLASS=B, MSGLEVEL=(1,1), MSGCLASS=A,
//      REGION=1024K,
//      ATTR=(13,C2,W2)
// EXEC FORTCLG,PARM.FORT='GOST(1)'
//FORT.SYSPRINT DD DUMMY
//FORT.SYSIN DD DSN=D4135.1E01.FORT(NAGARE), DISP=SHR
//      DD *,DCB=BLKSIZE=3600
SUBROUTINE SETIJ
COMMON/BL9/IJFLG(30,35)
[ ]
RETURN
END
SUBROUTINE BCSETT
COMMON/BL5/A(2100),T(30,35)
COMMON/BL12/TIN(5)
[ ]
RETURN
END
SUBROUTINE SETAB2
COMMON/BL8/AL2(30,35),BL2(30,35)
[ ]
RETURN
END
SUBROUTINE SETAB
COMMON/BL7/AL(30,35),BL(30,35),GAMMA(30,35)
[ ]
RETURN
END
SUBROUTINE BCSETU(N)
COMMON/BL3/RO(30,35),U(30,35),V(30,35),A(2100),UN(30,35),VN(30,35)
COMMON/BL12/TIN(5),VIN(5)
[ ]
RETURN
END
SUBROUTINE SETTIN(T)
COMMON/BL12/TIN(5),VIN(5)
COMMON/BL16/NT,NV,TT(50),TMP(50),TV(50),V(50)
TE(TP1,TP2,TI1,TI2,TIME)
A  =(TP1*(TIME-TI2)-TP2*(TIME-TI1))/(TI1-TI2)
DO 10 I=1,NT-1
  IF(T.GE.TT(I).AND.T.LE.TT(I+1))
    A  TIN(I)=TE(TMP(I),TMP(I+1),TI(I),TT(I+1),T)
10 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE SETVIN(T)
COMMON/BL12/TIN(5),VIN(5)
COMMON/BL16/NT,NV,TT(50),TMP(50),TV(50),V(50)
VE(VL1,VL2,TI1,TI2,TIME)
A  =(VL1*(TIME-TI2)-VL2*(TIME-TI1))/(TI1-TI2)
DO 10 I=1,NV-1
  IF(T.GE.TV(I).AND.T.LE.TV(I+1))
    A  VIN(I)=VE(V(I),V(I+1),TV(I),TV(I+1),T)
10 CONTINUE
RETURN
END

```

[] 変更すべき場所

[] ユーザー・サブルーチン

/*

//GO. SYSIN DD *

%DATA

データ・カード

%END

/*

//GO. FT10F001 DD DSN=D4135.NAGA2, DISP=SHR

//

6. 結 言

運動方程式と連続の式を解く流動解析プログラム「NAGARE」にエネルギーの式を加え、熱の効果も含めて解析できる伝熱流動解析プログラム「NAGARE-T」を作成した。これにより浮力効果の大きな条件での流動解析も可能になった。このプログラムは、炉容器上部プレナムストラティフィケーション試験の流動状況及び温度分布等の解析を目的に開発したが、2次元非定常伝熱流動解析で取扱える他の体系に対しても適用できる。座標系としては、cartesian座標及び円筒座標を取扱える。

今後は、以下のような点について検討をおこなっていきたい。

- (1) 熱的境界条件としては、現在、断熱のみを扱っているが、壁の熱容量等の効果をいかに考慮するか。
- (2) オリフィスプレート等の圧損の効果をどのように考慮するか。
- (3) 乱流の効果の考慮の方法について等。

なお、プログラムの検証結果については、別途報告する予定である。

謝 辞

本研究に際して御協力をいただいたF B R本部の吉見宏孝氏，仲村 氏に深く謝意を表します。

7. 引 用 文 献

- (1) 則 松 他「もんじゅ」炉容器出口ノズルの熱衝撃試験(1) PNC SN 941 77-01
- (2) 門 前 他「もんじゅ」炉容器出口ノズルの熱衝撃試験(2) PNC SN 941 77-87
- (3) 則 松 他：流動解析プログラム "NAGARE" PNC SN 941 77-187
- (4) 長 沼 他：原子炉容器出口ノズル熱衝撃試験解析コードの作成 S J 206 76-16
- (5) 長 沼 他：二次元流動解析コードの検証成果報告書 S J 206 78-29
- (6) J. J. Lorenz et al : An Investigation of LMFBR Outlet Plenum Thermal-Hydraulic Behavior during Reactor Scram Transients
ANL-CT-76-18
- (7) C.W.Hirt et al : SOLA-A Numerical Solution Algorithm for Transient Fluid Flows Los Alamos Scientific Laboratory report LA-5852
- (8) B. D. Nichols et al : SOLA-VOF A Solution Algorithm for Transient Fluid Flow with Multiple Free Boundaries Los Alamos Scientific Laboratory report LA-8355
- (9) H.M. Domanus et al: COMMIX-2 A Steady/Unsteady Single-Phase/Two-Phase Three-Dimensional Computer Program for Thermal-Hydraulic Analysis of Reactor Components NUREG/CR-1807
ANL-81-10
- (10) 佐藤光雄他：原子炉上部プレナム3次元流動解析コードの作成 S J 201 78-67

付 録

1. プロットプログラム NAPS の使用説明
2. プリントプログラム PRINT の使用説明
3. " NAGARE - T " ユーザサブルーチン作成例

1. プロットプログラムNAPSの使用説明

1.1 機能及び特徴

NAPS では次の図形処理が可能である。

1. メッシュ図
2. 速度ベクトル図
3. 温度コンター図
4. X-Yプロット図
 - 時間変化図
 - 断面内分布図

機種はCal Compのプロットイング・システムに適用可能である。

各プロット図をとおして共通の特徴として次の事があげられる。

- 用紙のサイズはユーザが指定したサイズである。
- タイトルはユーザが与えたタイトルをプロットする。
- 実際の図のプロット可能な範囲は、次に示す長さだけ小さくなる。

用紙の横が縦より長い時

横方向 8 cm

縦方向 4 cm

用紙の縦が横より長い時

横方向 3 cm

縦方向 8 cm

- 図のタイトルはユーザの指定した図のタイプに応じて、プロットする。
- データに誤まりがある場合は、プロットは無視される。
- 単位についてはプロットしない。
- チェック・プリントの機能

ポスト・ファイルの内容をプリントする。ユーザはプリントする成分及びステップを指定できる。またチェック・プリントの機能には次の3とおりがある。

	チェック・プリント	プロット
①	×	○
②	○	×
③	○	○

この3種は、C 1、C 2 及び C 3 カードにおいて、それぞれNGRAP、NVAL の値により決定する。

NGRAP or NVAL	タイプ
= n	①のタイプ
= -n	②のタイプ
= 100 + n	③のタイプ

* n = 1, 2 or 3

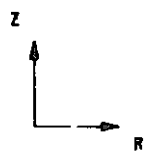
1.1.1 メッシュ図

- メッシュ図には2とおりのタイプがある。
 - ① すべてのメッシュのラインをプロットし、メッシュの中央にIJFLGの値(0 or 1)をプロットする。
 - ② IJFLG=1 のメッシュのラインをプロットする。
- オプションによりメッシュのI番号、J番号をプロットする。
- 座標系の種類をプロットする。座標系に応じて(X, Y)または、(R, Z)をプロットする。
- メッシュのスケールはユーザの指定した用紙のサイズ及び実際の座標データにより自動的に行なわれる。
- スケール・ファクターはプロット上で2 cmの実際の値としてプロットされる。
- プロットするメッシュの範囲を指定できる。無指定の場合は、最小から最大までの番号のメッシュをプロットする。

PLOT NO. 1

CHECK RUN FOR NAPS

9	0	0	1	0	0	1	0	0
7	0	1	1	0	0	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	0	0
6	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	0	1	1	1	1	1	0
1	0	0	1	1	0	0	1	0
	1	2	3	4	5	6	7	8

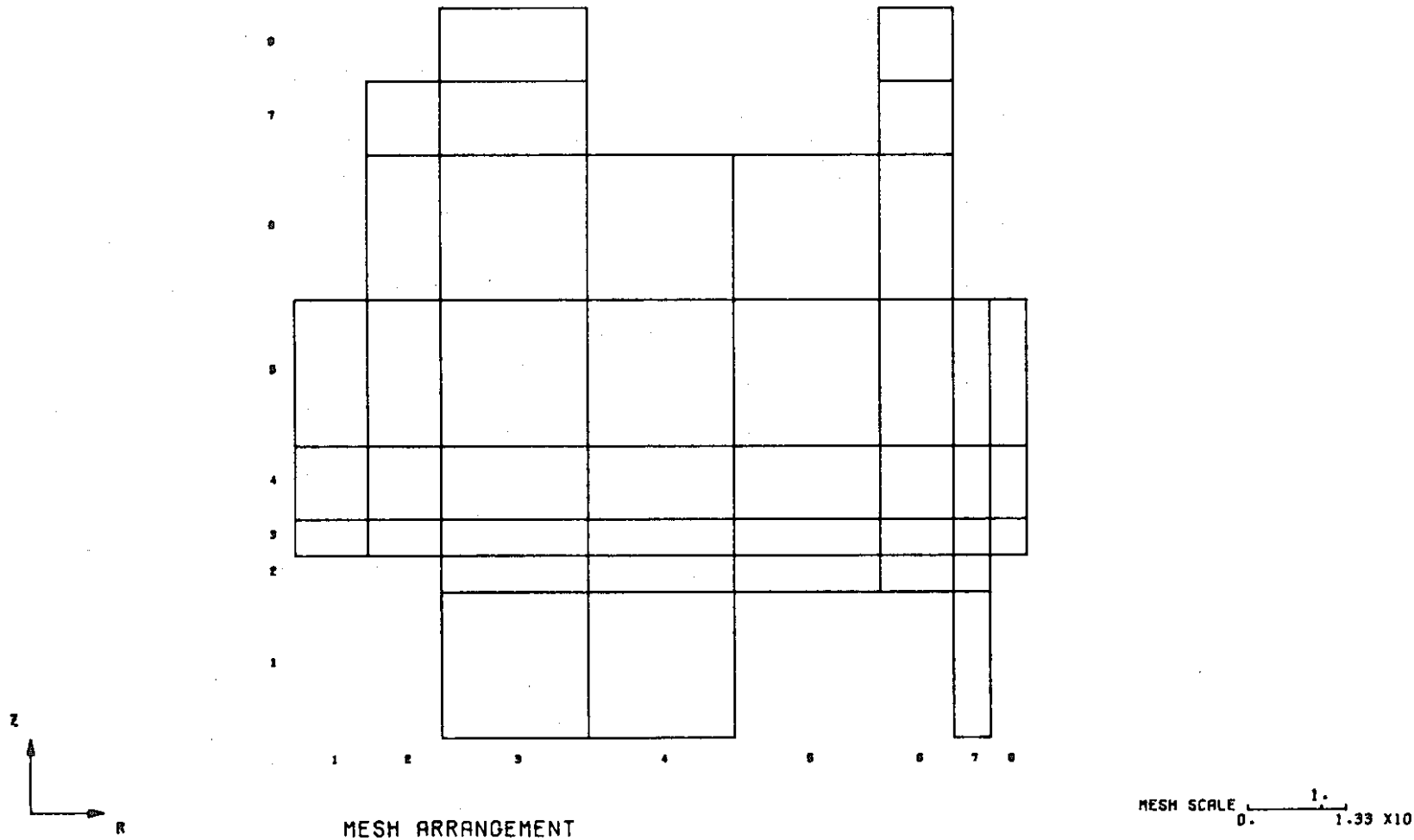


MESH ARRANGEMENT

MESH SCALE $\frac{1.}{0.} \times 10$

PLOT NO. 2

CHECK RUN FOR NAPS



1.1.2 速度ベクトル図

- 速度ベクトルはメッシュ図上にプロットされるが、このメッシュ図には2とおりのタイプがある。
 - ① IJFLG=1のメッシュのラインをプロットする。
 - ② IJFLG=1のメッシュの外形のラインのみプロットする。
- オプションによりメッシュのI番号, J番号をプロットする。
- 座標系の種類をプロットする。座標系に応じて(X, Y)または, (R, Z)をプロットする。
- メッシュのスケールはユーザの指定した用紙のサイズ及び実際の座標データにより自動的に行なわれる。
- メッシュのスケール・ファクターはプロット上で2 cmの実際値としてプロットされる。
- プロットするメッシュの範囲を指定できる。無指定の場合は, 最小から最大までの番号のメッシュをプロットする。
- ベクトルの矢印のスケールはユーザの指定した値が1 cmとなるように行なわれる。無指定の場合は最大値を2 cmとしてスケールされる。
- ベクトルのスケール・ファクターはプロット上で2 cmの実際の値がプロットされる。
- ベクトル図をプロットするステップ番号はユーザが指定したステップである。最大10ステップ(10図)まで指定できる。

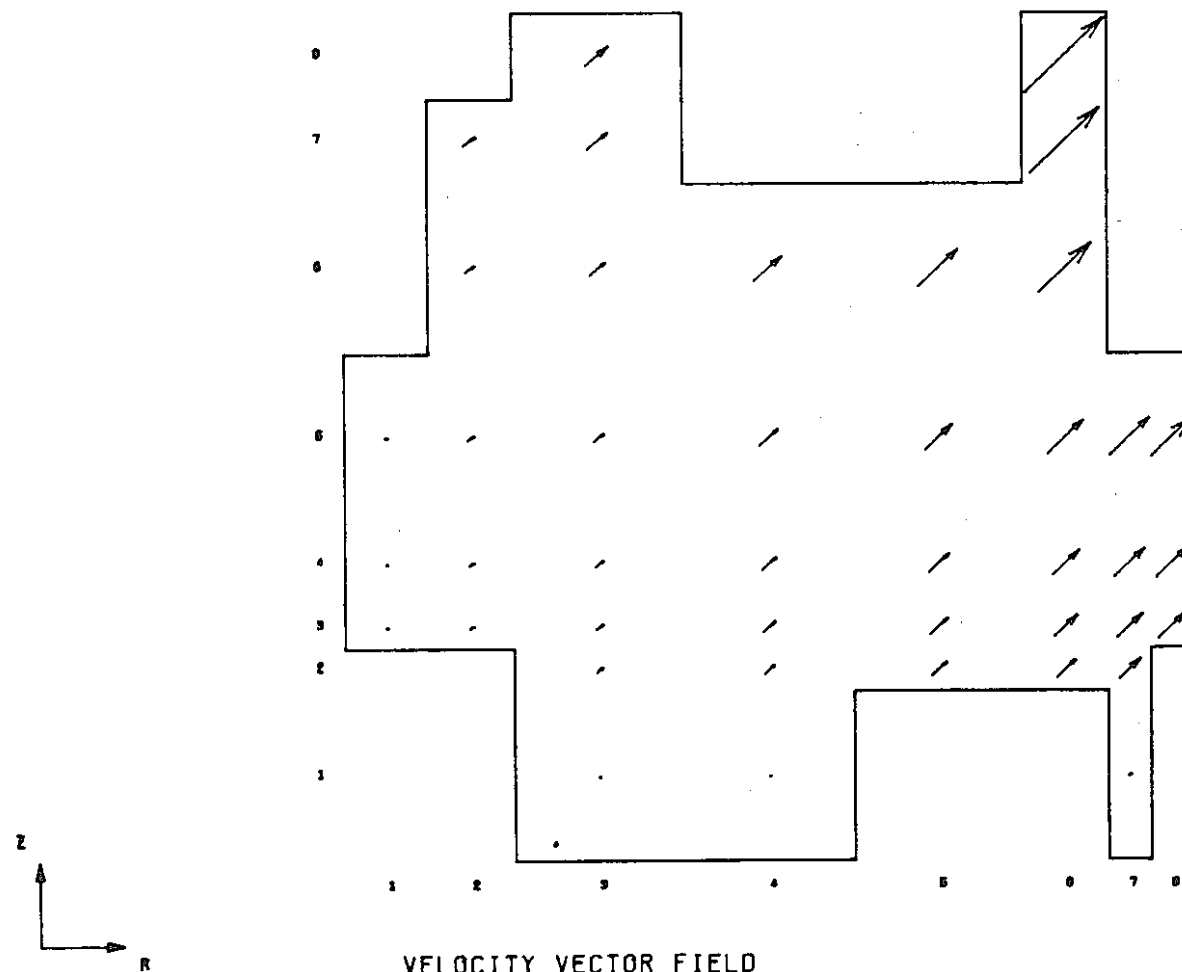
PLOT NO. 3

STEP 6 TIME 60.00

VECTOR SCALE

→ 7.00 x 10⁵

CHECK RUN FOR NAPS



VELOCITY VECTOR FIELD

MESH SCALE 0. 1. 1.33 x 10

1.1.3 温度コンター図

- 温度コンターはメッシュ図上にプロットされるが、このメッシュ図には2とおりのタイプがある。
 - ① IJFLG = 1 のメッシュのラインをプロットする。
 - ② IJFLG = 1 のメッシュの外形のラインのみプロットする。
- オプションによりメッシュのI番号、J番号をプロットする。
- 座標系の種類をプロットする。座標系に応じて (X, Y) または、(R, Z) をプロットする。
- メッシュのスケールはユーザの指定した用紙のサイズ及び実際の座標データにより自動的に行なわれる。
- メッシュのスケール・ファクターはプロット上で2 cm の実際の値としてプロットされる。
- プロットするメッシュの範囲を指定できる。無指定の場合は、最小から最大までの番号のメッシュをプロットする。
- コンター・ラインの本数はユーザが指定した本数である。無指定の場合は12本である。最大は20本である。
- コンター・バリューは最大値と最小値の差を (コンター・ラインの本数 + 1) 等分して決定される。コンター・バリューはプロットされる。
- コンター・ライン上にコンター・バリューの番号がプロットされる。
- 温度コンター図をプロットするステップ番号はユーザが指定したステップである。最大10ステップ (10図) まで指定できる。

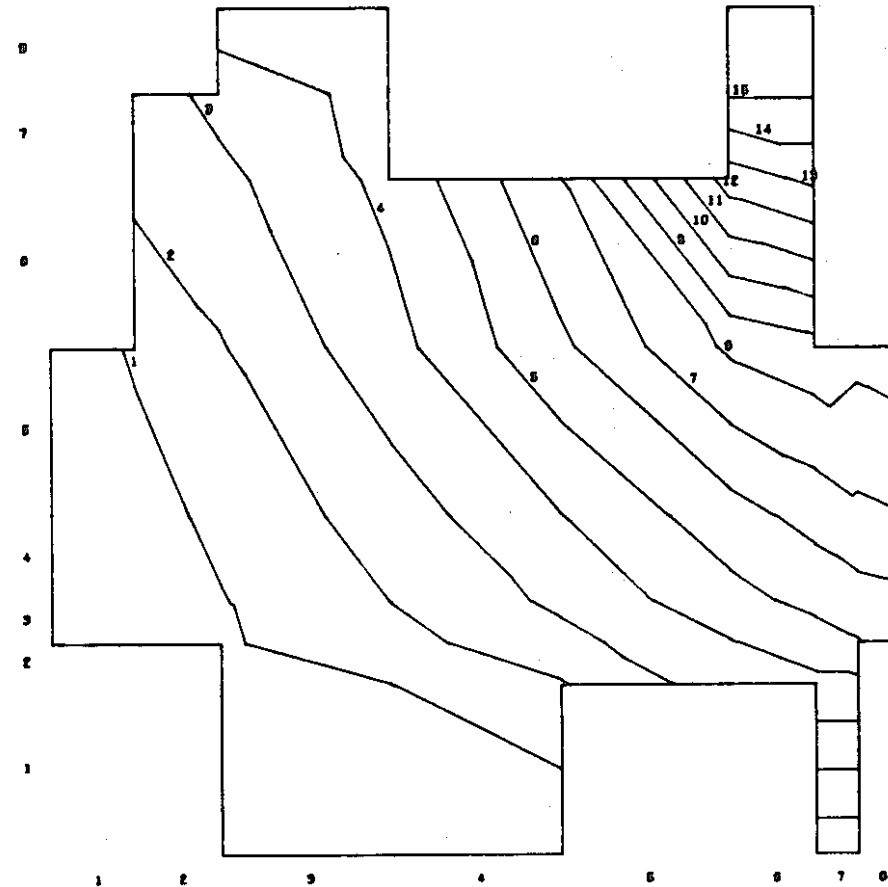
PLOT NO. 4

CHECK RUN FOR NAPS

STEP 6 TIME 60.00

CONTOUR VALUE $\times 10^4$

1	3.267
2	6.230
3	9.192
4	12.154
5	15.117
6	18.079
7	21.041
8	24.003
9	26.966
10	29.928
11	32.890
12	35.853
13	38.815
14	41.777
15	44.740



TEMPERATURE CONTOUR LINE

MESH SCALE $\frac{1.}{0.} 1.33 \times 10$

1.1.4 X-Yプロット図

- X方向, Y方向の格子の本数は, ユーザが指定したデータの最大値, 最小値, 及び1目盛りの値により決定される。したがって, $(\text{最大値} - \text{最小値}) / 1 \text{目盛りの値} = \text{整数}$ となるようにユーザは指定する必要がある。
- 図の大きさは(格子の数×1目盛りの長さ)cmとなる。この大きさが用紙の作図可能範囲をこえるとプロットされない。作図可能範囲は, ユーザの指定した用紙サイズより

横長の用紙サイズの時

横(×)方向 8 cm 縦方向 4 cm

縦長の用紙サイズの時

横(×)方向 3 cm 縦方向 8 cm

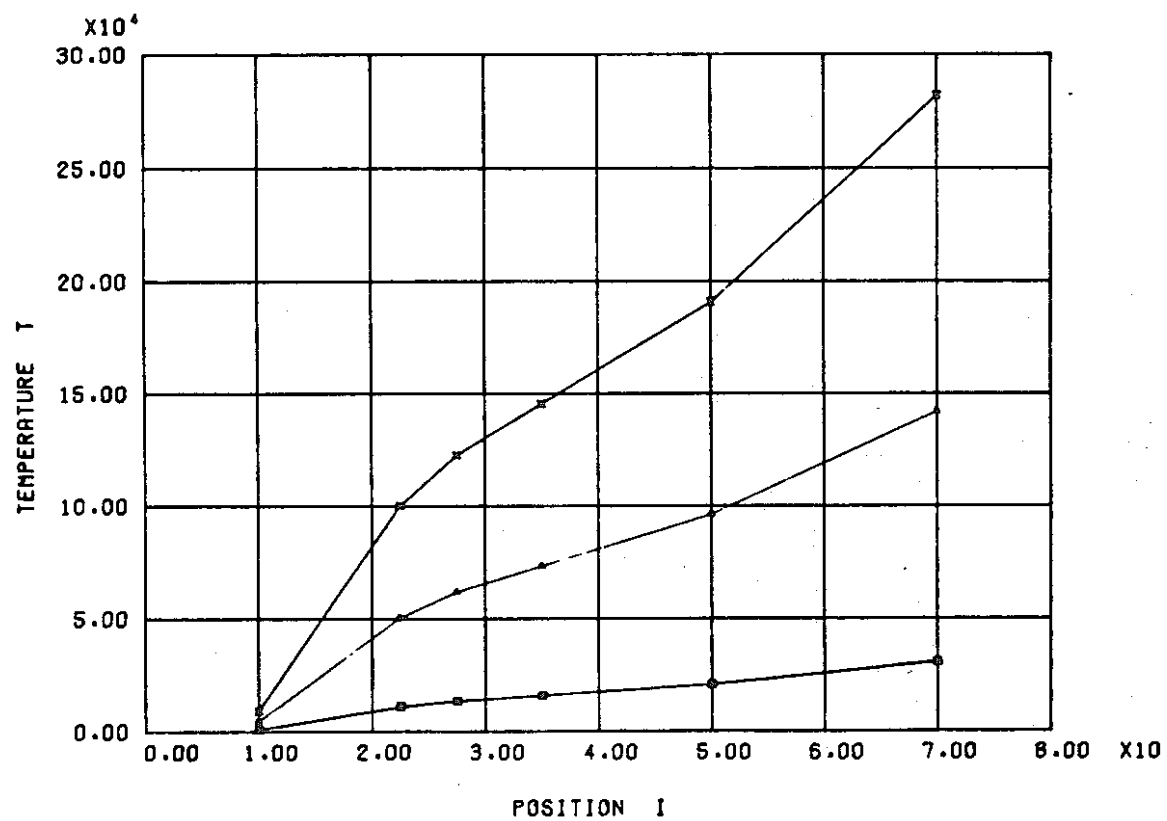
小さくなる。

- プロットするラインは最大5本である。
- ユーザの指定によりペン3本まで使用可能である。
- ユーザの指定によりシンボル5種類がラインごとにプロットされる。
- ラインの説明及びラインの種類がプロットされる。
- データがユーザの指定した範囲をこえた場合はプロットされない。

PLOT NO. 6

CHECK RUN FOR NAPS

I NUMBER	STEP	TIME
1	1	10.00
5	5	50.00
10	10	100.00



DISTRIBUTION OF T

1.2 入力データ

入力カードの構成はA, B, C, ENDの4種類よりなる。

- A タイトルを入力する。
- B プロットする図のタイプ及び用紙のサイズの指定を行なう。
- C Bカードにより指定された図のタイプによりC 1, C 2, C 3の3種類のカードのカードに分かれる。Bカード上で

IPLOT (1) = 1 の時 C 1 カード

IPLOT (2) = 1 の時 C 2 カード

IPLOT (3) = 1 の時 C 3 カード

が必要である。

- C 1 メッシュ図, ベクトル図, コンター図のプロットの指示を行なう。

C 1カードは常に2枚1組であり, この組が繰り返される。

C 1カードの終りはNGRAP = 0である。

- C 2 時間変化図のプロットの指示を行なう。

C 2カードはプロットするラインの数により1組が2枚から6枚である。この組は繰り返される。

C 2カードの終りは, NVAL = 0である。

- C 3 断面内分布図のプロットの指示を行なう。

C 3カードはプロットするラインの数により1組が2枚から6枚である。この組は繰り返される。

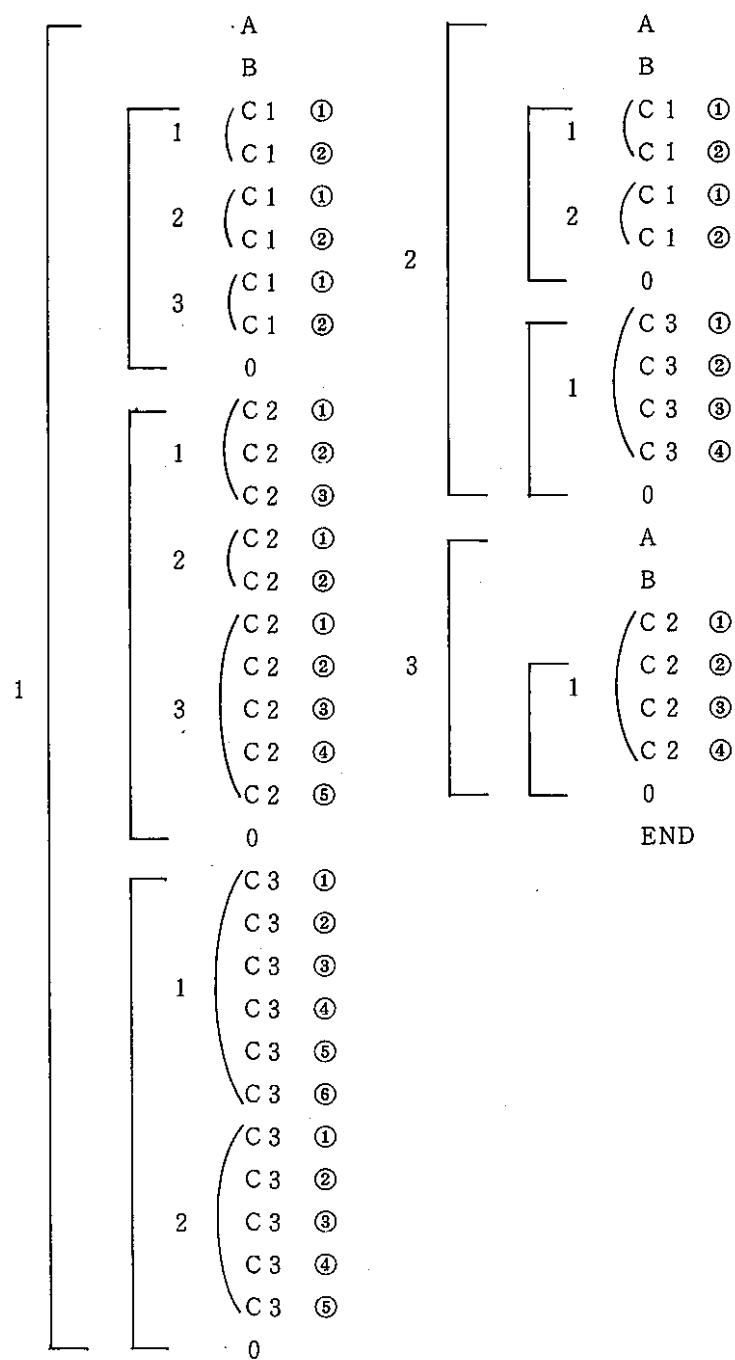
C 3カードの終りは, NVAL = 0である。

- END プロットの終りを指示する。

A～Cのカードの組はENDがくるまで繰り返される。

C 1, C 2, C 3カードはこの順番でなければならない。

カードの構成例



Aカード

INPUT DATA SHEET

PAGE OF

PROBLEM										JOB No.										JOB NAME										PROGRAMMER										DATE										
																																								19 . .										
01	ITITL																				(10A4)																													
02																																																		
03											ITITL : タイトル (40文字以内)																																							
04																																																		
05																																																		
06																																																		
07																																																		
08																																																		
09																																																		
10																																																		
11																																																		
12																																																		
13																																																		
14																																																		
15																																																		
16																																																		
17																																																		
18																																																		
19																																																		
20																																																		

PNC—Sodium Components Test Facility

Bカード

INPUT DATA SHEET

PAGE OF

PROBLEM										JOB No.										JOB NAME										PROGRAMMER										DATE 19 . .																																							
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0																													
IPLOT(1) IPLOT(2) IPLOT(3)										XPAPER										YPAPER										(3 1 5, 2 F 1 0, 0)																																																	
02																																																																															
03																																																																															
04											IPLOT(1) = 0										メッシュ図, 速度ベクトル図, 温度コンター図をプロットしない。																																																										
05											= 1										メッシュ図, 速度ベクトル図, 温度コンター図をプロットする。																																																										
06																																																																															
07											IPLOT(2) = 0										(温度-速度)一時間線図 をプロットしない。																																																										
08											= 1										(温度-速度)一時間線図 をプロットする。																																																										
09																																																																															
10											IPLOT(3) = 0										断面内の温度, 速度分布図 をプロットしない。																																																										
11											= 1										断面内の温度, 速度分布図 をプロットする。																																																										
12																																																																															
13											XPAPER										X方向の用紙のサイズの指定										(単位 : cm)																																																
14											YPAPER										Y方向の用紙のサイズの指定																																																										
15																																																																															
16																																																																															
17																																																																															
18																																																																															
19																																																																															
20																																																																															
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0																													
1										2										3										4										5										6										7										8									

PNC-Sodium Components Test Facility

C1カード (BカードでIPLOT(1)=1の時必要)

INPUT DATA SHEET

PAGE OF

PROBLEM										JOB No.										JOB NAME										PROGRAMMER										DATE 19 . . .																																																																																
01	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																									
02	NGRAP										I 1										I 2										J 1										J 2										NOUTLN										NNUM										NCONT										VECT										(8 I 5, F 10. 0)																													
03	NSTEP										IST 1										IST 2										IST 3										IST 4										IST 5										IST 6										IST 7										IST 8										IST 9										IST 10										(5 X, 10 I 5)									
04																																																																																																																								
05																																																																																																																								
06																																																																																																																								
07																																																																																																																								
08																																																																																																																								
09																																																																																																																								
10																																																																																																																								
11																																																																																																																								
12																																																																																																																								
13																																																																																																																								
14																																																																																																																								
15																																																																																																																								
16																																																																																																																								
17																																																																																																																								
18																																																																																																																								
19																																																																																																																								
20																																																																																																																								

C1カードは2枚1組であり、NGRAP=0がくるまでくり返す。NGRAP=0の時は、2枚めのカードは不要である。NGRAP=1の時は、2枚めのカードとしてブランク・カードが必要である。

プロットするX方向の最初のグリッド番号
 プロットするX方向の最後のグリッド番号
 プロットするY方向の最初のグリッド番号
 プロットするY方向の最後のグリッド番号
 プロットする図のレンジの指定を行なう。ブランクの場合は I 1, J 1はそれぞれ最小の番号, I 2, J 2は最大の番号がとられる。

PNC—Sodium Components Test Facility

INPUT DATA SHEET

PAGE OF

PROBLEM										JOB No.										JOB NAME										PROGRAMMER										DATE 19 . .																				
01																																																												
02											NOUTL										= 0										NGRAP = 1										の時										すべてのメッシュのラインをプロットし、メッシュの中央に									
03																																																			IJFLGの値(=0 or 1)をプロットする。									
04																															NGRAP = 2 or 3										の時										IJFLG = 1のメッシュのラインをプロットする。									
05																																																												
06																					= 1										NGRAP = 1										の時										IJFLG = 1のメッシュのラインをプロットする。									
07																															NGRAP = 2 or 3										の時										IJFLG = 1のメッシュの外形ラインのみをプロットする。									
08																																																												
09											NNUM										= 0										グリッド番号 I, J をプロットしない。																													
10																					= 1										"										プロットする。																			
11																																																												
12											NCONT										= n										温度コンターの本数, 最高温度と最低温度を (n + 1) 等分する。NGRAP = 3を指定した場																													
13																																									合のみ必要である。																			
14																																																												
15											VECT										= α										ベクトルの矢印の長さ 1 cm に対する値。 $\alpha = 0$ の時は最大値を 2 cm としてスケールする。																													
16																																																												
17											NSTEP										= n										速度ベクトル図, 温度コンター図をプロットするステップの総数																													
18																																																												
19											IST _i										= n										速度ベクトル図, 温度コンター図をプロットするステップ番号 (1 ≤ i ≤ NSTEP)																													
20																																																												

PNC—Sodium Components Test Facility

C 2 カード (B カードで I P L O T (2)=1 の時必要)

INPUT DATA SHEET

PAGE OF

PROBLEM										JOB No.										JOB NAME										PROGRAMMER										DATE 19 . .																																																												
01	NVAL										NLINE										IS1										IS2																																																																					
02	XMAX										XMIN										XDATA										XLENG										YMAX										YMIN										YDATA										YLENG																													
03	INUM										JNUM										IPEN										ILIN																				(4 I 5)																																																	
04																																																																																																				
05																																																																																																				
06																																																																																																				
07											NVAL										= 0										C 2 カードの終わり																																																																					
08																					= 1										温度 - 時間線区																																																																					
09																					= 2										速度 U - 時間線区																																																																					
10																					= 3										速度 V - 時間線区																																																																					
11																															1, 2, 3 のうちでプロットする図のタイプ番号を記入する。NVAL=0のカードがくるまでC 2カードはくり返される。																																																																					
12																															NVAL=0の時, 2枚め以降のカードは不要である。																																																																					
13																																																																																																				
14											NLINE										= n										1図にプロットするラインの数 (n ≤ 5)																																																																					
15																																																																																																				
16											IS1										= n										プロットする最初のステップ番号																																																																					
17											IS2										= n										" 最後の "																																																																					
18																																																																																																				
19																																																																																																				
20																																																																																																				

PNC-Sodium Components Test Facility

INPUT DATA SHEET

PAGE OF

PROBLEM										JOB No.										JOB NAME										PROGRAMMER										DATE 19 . .																				
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0										
01																																																												
02											XMAX(YMAX)										X(Y)方向の座標軸の値の最大値																																							
03											XMIN(YMIN)										"										最小値																													
04											XDATA(YDATA)										"										1目盛りの座標値																													
05											XLENG(YLENG)										"										" 長さ (単位: cm)																													
06																																																												
07											I NUM i																				)プロットするグリッドのI, J番号																													
08											J NUM i																																																	
09																																																												
10											I PEN i										=0										1 番ペンを使用する。																													
11																					=1										2 番ペン "																													
12																					=2										3 番ペン "																													
13																																																												
14											I LINE i										=0										実線によりラインをプロットする。																													
15																					=1										" プロットし、マークを入れる。																													
16																																																												
17																																																												
18																																																												
19																																																												
20																																																												

PNC—Sodium Components Test Facility

INPUT DATA SHEET

PAGE OF

PROBLEM										JOB No.										JOB NAME										PROGRAMMER										DATE 19 . .																																							
1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
01	*	チ	ェ	ッ	ク	・	プ	リ	ン	ト	の	機	能																																																																		
02																																																																															
03																																																																															
04																																																																															
05																																																																															
06																																																																															
07																																																																															
08																																																																															
09																																																																															
10																																																																															
11																																																																															
12																																																																															
13																																																																															
14																																																																															
15																																																																															
16																																																																															
17																																																																															
18																																																																															
19																																																																															
20																																																																															

PNC—Sodium Components Test Facility

C3カード (BカードでIPL0T (3)=1の時必要)

INPUT DATA SHEET

PAGE OF

PROBLEM										JOB No.										JOB NAME										PROGRAMMER										DATE 19 . . .																																																		
01	NVAL										NLIN										IG										JG										(8I5)																																																	
02	XMAX										XMIN										XDATA										XLENG										YMAX										YMIN										YDATA										YLENG																			
03	ISTEP										IPEN										ILINE										(5X, 4I5)																				(8F10.0)																																							
04																																																																																										
05																																																																																										
06											NVAL										= 0										C2カードの終わり																																																											
07																					= 1										温度の分布図																																																											
08																					= 2										速度Uの分布図																																																											
09																					= 3										速度Vの分布図																																																											
10																															1, 2, 3のうちでプロットする図のタイプ番号を記入する。NVAL=0のカードがくるまでC2カードはくり返される。																																																											
11																															NVAL=0の時, 2枚目以降のカードは不要である。																																																											
12																																																																																										
13											NLIN										= n										1図にプロットするラインの数										(n ≤ 5)																																																	
14																																																																																										
15											IG																				グリッド番号IGの断面についてのプロットを行なう。																																																											
16											JG																				グリッド番号JG										"										"																																							
17																																																																																										
18																																																																																										
19																																																																																										
20																																																																																										

PNC—Sodium Components Test Facility

INPUT DATA SHEET

PAGE OF

PROBLEM										JOB No.										JOB NAME										PROGRAMMER										DATE 19 . .										
01																																																		
02											XMAX (YMAX)										X (Y) 方向の座標軸の値の最大値																													
03											XMIN (YMIN)										" "										最小値																			
04											XDATA (YDATA)										" "										1目盛りの座標値																			
05											XLENG (YLENG)										" "										長さ (単位: cm)																			
06																																																		
07											ISTEP i																				プロットするステップの番号																			
08																																																		
09											IPEN i										= 0										1 番ペンを使用する。																			
10																					= 1										2 番ペン "																			
11																					= 2										3 番ペン "																			
12																																																		
13											ILINE i										= 0										実線によりラインをプロットする																			
14																					= 1										" プロットし, マークを入れる。																			
15																																																		
16																																																		
17																																																		
18																																																		
19																																																		
20																																																		

PNC—Sodium Components Test Facility

INPUT DATA SHEET

PAGE OF

PROBLEM										JOB No.										JOB NAME										PROGRAMMER										DATE 19 . .																				
01	* チェック・プリントの機能																																																											
02																																																												
03											NVAL										= -1										温度Tをプリントする。プロットはしない。																													
04																					= -2										速度Uを										"										"									
05																					= -3										速度Vを										"										"									
06																					= 101										温度Tを										"										プロットも行なう。									
07																					= 102										速度Uを										"										"									
08																					= 103										速度Vを										"										"									
09																																																												
10																																																												
11																																																												
12																																																												
13																																																												
14																																																												
15																																																												
16																																																												
17																																																												
18																																																												
19																																																												
20																																																												

PNC—Sodium Components Test Facility

PAGE OF

[illegible]

PNC—Sodium Components Test Facility

1.3 JCL カード構成

「NAPS」をランさせ、カルコンプ又は、バーサテックでプロットする場合の JCL カード構成例を図 1-1, 1-2 示す。

動燃大洗工学センターに設置されている M-200 を使用する場合は、「NAPS」のソースプログラムは、`D 4135. NAPS. FORT ( VERSION 2 )` という名のデータセットにカタログされており、`D 4135. NAGA 2` という名のデータセットに収納されている計算結果を処理して `D 4135. PLOTA` という名の磁気テープにおとしている。その他に、`D 435. AT04`, `D 4135. AT 11`, `D 4135. AT 12`, `D 4135. AT 13`, `D 4135. AT 14` という一時データセットを使用している。

```
//D4135NAP JOB ( ), MSGLEVEL=(1,1),
//  ATTR=(TO,C2,W3)
// EXEC FORTCLG,PARM.FORT='GOSTK1'
//FORT.SYSPRINT DD DUMMY
//FORT.SYSIN DD DSN=D4135.NAPS.FORT(VERSION2), DISP=SHR
/*
//LKED.SYSLIB DD DSN=SYS1.FORTLIB, DISP=SHR
//      DD DSN=SYS1.CALCOMP, DISP=SHR
//GO.FT05FOO1 DD *
```

NAPS用データカード

```
/*
//GO.FT01FOO1 DD DSN=D4135.NAGA2, UNIT=DASD, DISP=SHR
//GO.FT04FOO1 DD DSN=D4135.ATO3, UNIT=SYSDA, DISP=(NEW,DELETE),
//      SPACE=(TRK,(10,10),RLSE), DCB=BLKSIZE=3200
//GO.FT11FOO1 DD DSN=D4135.AT11, UNIT=SYSDA, DISP=(NEW,DELETE),
//      SPACE=(TRK,(10,10),RLSE), DCB=BLKSIZE=3200
//GO.FT12FOO1 DD DSN=D4135.AT12, UNIT=SYSDA, DISP=(NEW,DELETE),
//      SPACE=(TRK,(10,10),RLSE), DCB=BLKSIZE=3200
//GO.FT13FOO1 DD DSN=D4135.AT13, UNIT=SYSDA, DISP=(NEW,DELETE),
//      SPACE=(TRK,(10,10),RLSE), DCB=BLKSIZE=3200
//GO.FT14FOO1 DD DSN=D4135.AT14, UNIT=SYSDA, DISP=(NEW,DELETE),
//      SPACE=(TRK,(10,10),RLSE), DCB=BLKSIZE=3200
//GO.FT21FOO1 DD UNIT=MTD, VOL=PRIVATE, DSN=D4135.PLOTA,
//      DCB=(BLKSIZE=482, RECFM=F, DE=3)
/*
//
```

変更すべき箇所

Fig.1-1 Job Control Cards to Run "NAPS" (at Using CALCOMP)

```

//D4135NAP JOB ( ), MSGLEVEL=(1,1),
//  ATIR=(TO, C4, W3)
// EXEC VFORTCLG
//FORT.SYSPRINT DD DUMMY
//FORT.SYSIN DD DSN=D4135.NAPS.FORT(VERSION2), DISP=SHR
/*
//GO.FT05F001 DD *

```

NAPS用データカード

```

/*
//GO.PLOTPARM DD *
  &PLOT
  XMAX=
  YMIN=
  &END

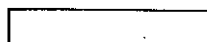
```

← バーステック用データ

```

/*
//GO.FT01F001 DD DSN=D4135.NAGA2, UNIT=DASD, DISP=SHR
//GO.FT04F001 DD DSN=D4135.AT04, UNIT=SYSDA, DISP=(NEW, DE) ETE),
//      SPACE=(TRK, (10, 10), RLSE), DCB=BLKSIZE=3200
//GO.FT11F001 DD DSN=D4135.AT11, UNIT=SYSDA, DISP=(NEW, DE) ETE),
//      SPACE=(TRK, (10, 10), RLSE), DCB=BLKSIZE=3200
//GO.FT12F001 DD DSN=D4135.AT12, UNIT=SYSDA, DISP=(NEW, DE) ETE),
//      SPACE=(TRK, (10, 10), RLSE), DCB=BLKSIZE=3200
//GO.FT13F001 DD DSN=D4135.AT13, UNIT=SYSDA, DISP=(NEW, DE) ETE),
//      SPACE=(TRK, (10, 10), RLSE), DCB=BLKSIZE=3200
//GO.FT14F001 DD DSN=D4135.AT14, UNIT=SYSDA, DISP=(NEW, DE) ETE),
//      SPACE=(TRK, (10, 10), RLSE), DCB=BLKSIZE=3200
//GO.FT21F001 DD UNIT=MTG, VOL=PRIVATE, DSN=D4135.PLOT4,
//      DCB=(BLKSIZE=482, RECFM=F, DEN=3)
/*
//

```



変更すべき箇所

Fig.1-2 Job Control Cards to Run "NAPS" (at Using VERSATEC)

2. プリントプログラム「PRINT」の使用説明

プログラム「PRINT」は、ディスクに格納された「NAGARE-T」の計算結果のうち、必要なものを選択して、ラインプリンターに出力させるためのプログラムである。

データの入力、NAMELISTによりおこなうようプログラムされている。入力変数の説明を表2-1に示す。入力データにより、出力したいデータのステップ番号、出力したいI方向及びJ方向のメッシュ範囲を指定する。

「PRINT」をランさせる場合のJCLカード構成例を図2-1に示す。動燃大洗工学センターに設置されているM-200を使用する場合で、`D4135・NAGA3`とい名のデータセットに収納されている計算結果を出力する。

Table 2-1 Explanation of Input Variables

入力変数名	データ形式 ^{*)}	内 容
NSTEP	I	出力するデータ・ステップの合計数 (ISで入力するステップのトータル数)
IS	I, A	出力するデータのステップ番号
IWMIN	I	} I方向の出力範囲
IWMAX	I	
JWMIN	I	} J方向の出力範囲
JWMAX	I	

*) I: 整数 R: 実数 A: 配列変数

3. 「NAGARE - T」ユーザサブルーチン作成例

Fig. 3 - 1 に示したモデルについて作成したユーザサブルーチンを示す。

```
//D4135PRI JOB ( ), RCR, CLASS=B, MSGLEVEL=(1,1), MSGCLASS=A,
//  ATTR=(TO,C4,W4)
// EXEC FORTCLG, PARM.FORT='GOSTMT'
//FORT.SYSPRINT DD DUMMY
//FORT.SYSIN DD *
```

メインプログラム

```
/*
//GO.SYSIN DD *
%DATA
IWMIN=
JWMIN=
IWMAX=
JWMAX=
NSTEP=
IS=
%END
/*
//GO.FT10FOO1 DD DSN=D4135.NAG43, DISP=SHR
//
```

データカード

変更すべき箇所

Fig.2-1 Job Control Cards to Run "PRINT"

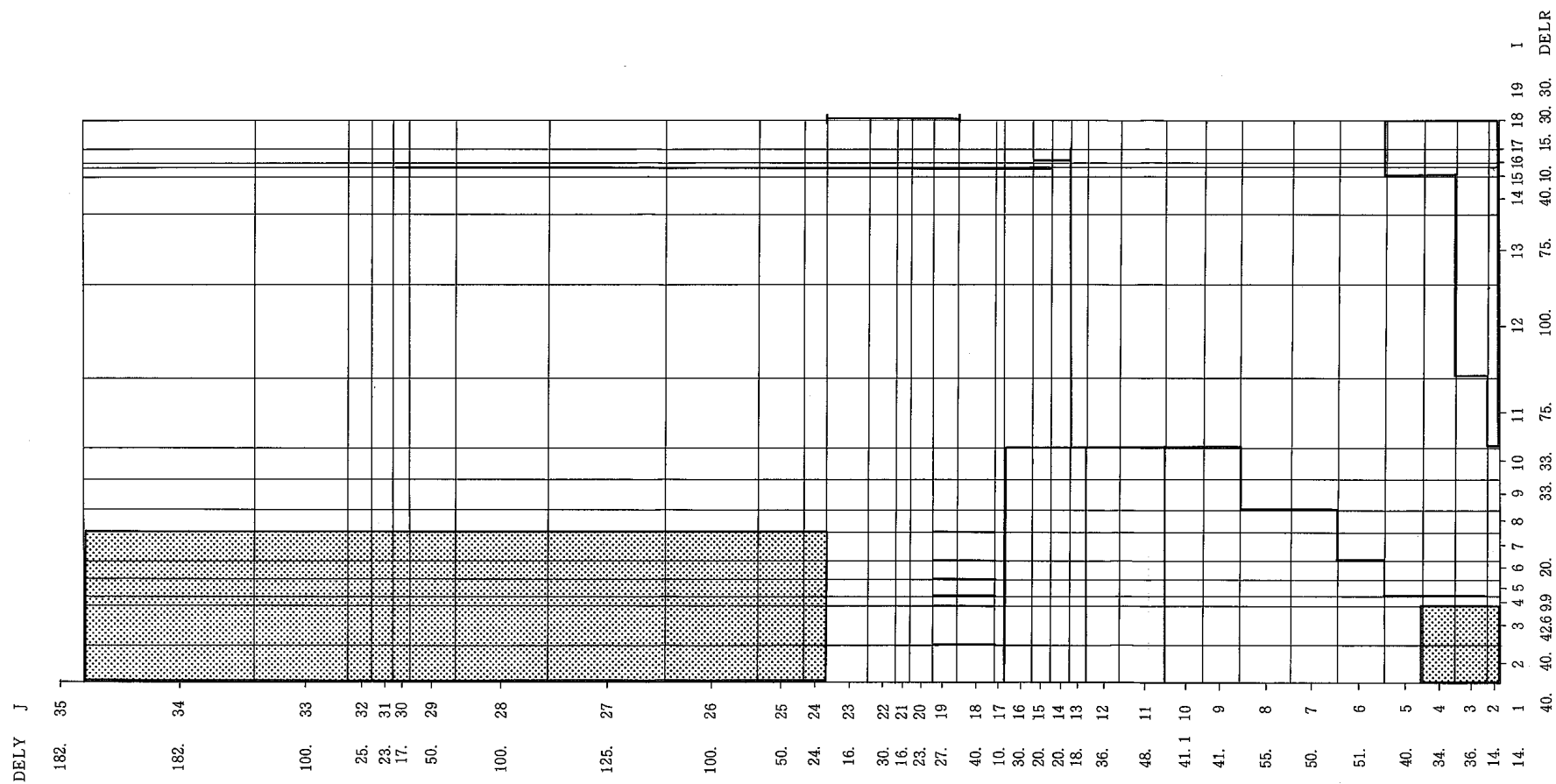


Fig.3-1 Example of Calculation Model

```

SUBROUTINE SETIJ
COMMON/BL9/IJFLG(30,35)
DO 10 I=2,7
DO 20 J=24,34
IJFLG(I,J)=0
20 CONTINUE
10 CONTINUE
DO 30 I=2,3
DO 40 J=2,4
IJFLG(I,J)=0
40 CONTINUE
30 CONTINUE
DO 50 I=15,18
DO 60 J=2,5
IJFLG(I,J)=0
60 CONTINUE
50 CONTINUE
DO 70 I=12,14
DO 80 J=2,3
IJFLG(I,J)=0
80 CONTINUE
70 CONTINUE
IJFLG(11,2)=0
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE BCSETT
COMMON/BL5/A(2100),T(30,35)
COMMON/BL12/TIN(5)
DO 10 I=2,3
T(I,4)=TIN(1)
10 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE SETEPM
COMMON/BL13/I=1,J=1,IMAX,JMAX
COMMON/BL15/CEPM(30,35),CEPH(30,35)
DO 10 I=1,IMAX
DO 20 J=1,JMAX
CEPM(I,J)=100.
20 CONTINUE
10 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE SETEPH
COMMON/BL13/I=1,J=1,IMAX,JMAX
COMMON/BL15/CEPM(30,35),CEPH(30,35)
DO 10 I=1,IMAX
DO 20 J=1,JMAX
CEPH(I,J)=1.
20 CONTINUE
10 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE SETAB2
COMMON/BL2/AL2(30,35),FL2(30,35)
DO 10 I=2,3
    BL2(I,4)=2.
10 CONTINUE
DO 20 J=19,23
    AL2(18,J)=3.
20 CONTINUE
DO 30 J=3,5
    AL2(4,J)=0.
30 CONTINUE
    BL2(5,5)=0.
    BL2(6,5)=0.
    AL2(6,6)=0.
    BL2(7,6)=0.
    BL2(8,6)=0.
    AL2(8,7)=0.
    AL2(8,8)=0.
    BL2(9,8)=0.
    BL2(10,8)=0.
DO 40 J=9,16
    AL2(10,J)=0.
40 CONTINUE
DO 45 I=9,10
    BL2(I,10)=0.
    BL2(I,12)=0.
    BL2(I,16)=0.
45 CONTINUE
DO 50 I=2,7
DO 60 J=18,19
    AL2(I,J)=0.
60 CONTINUE
50 CONTINUE
DO 70 I=11,17
    BL2(I,13)=0.
70 CONTINUE
    AL2(16,14)=0.
    AL2(16,15)=0.
DO 80 J=15,20
    AL2(15,J)=0.
80 CONTINUE
DO 90 J=22,30
    AL2(15,J)=0.
90 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE SETAP
COMMON/BL7/AL(30,35),BL(30,35),GAMMA(30,35)
  AL(15,21)=0.175
  AL(18,19)=0.061
  AL(18,20)=0.099
  AL(18,21)=0.11
  AL(18,22)=0.109
  AL(18,23)=0.072
  DO 10 I=1,8
    BL(I,10)=0.658
    BL(I,12)=0.658
    BL(I,16)=0.363
  10 CONTINUE
  DO 30 J=3,5
    AL(4,J)=0.
  30 CONTINUE
    BL(5,5)=0.
    BL(6,5)=0.
    AL(6,6)=0.
    BL(7,6)=0.
    BL(8,6)=0.
    AL(8,7)=0.
    AL(8,8)=0.
    BL(9,8)=0.
    BL(10,8)=0.
  DO 40 J=9,16
    AL(10,J)=0.
  40 CONTINUE
  DO 45 I=9,10
    BL(I,10)=0.
    BL(I,12)=0.
    BL(I,16)=0.
  45 CONTINUE
  DO 50 I=2,7
  DO 60 J=18,19
    AL(I,J)=0.
  60 CONTINUE
  50 CONTINUE
  DO 70 I=11,17
    BL(I,19)=0.
  70 CONTINUE
    AL(16,14)=0.
    AL(16,15)=0.
  DO 80 J=15,20
    AL(15,J)=0.
  80 CONTINUE
  DO 90 J=22,30
    AL(15,J)=0.
  90 CONTINUE
  RETURN
END

```

```

SUBROUTINE ACSETU(N)
COMMON/BL3/RD(30,35),U(30,35),V(30,35),A(2100),UN(30,35),VL(30,35)
COMMON/BL12/TIN(5),VIN(5)
DO 10 J=3,5
    U(4,J)=0.
10 CONTINUE
    V(5,5)=0.
    V(6,5)=0.
    U(6,6)=0.
    V(7,6)=0.
    V(8,6)=0.
    U(8,7)=0.
    U(8,8)=0.
    V(9,8)=0.
    V(10,8)=0.
DO 15 I=9,10
    V(I,10)=0.
    V(I,12)=0.
    V(I,16)=0.
15 CONTINUE
DO 20 J=9,16
    U(10,J)=0.
20 CONTINUE
DO 30 I=2,7
DO 40 J=18,19
    U(I,J)=0.
40 CONTINUE
30 CONTINUE
DO 50 I=11,17
    V(I,13)=0.
50 CONTINUE
    U(16,14)=0.
    U(16,15)=0.
DO 60 J=15,20
    U(15,J)=0.
60 CONTINUE
DO 70 J=22,30
    U(15,J)=0.
70 CONTINUE
DO 80 I=4,10
    V(I,1)=0.
80 CONTINUE
    V(11,2)=0.
DO 90 I=12,14
    V(I,3)=0.
90 CONTINUE
DO 100 I=15,19
    V(I,5)=0.
100 CONTINUE
DO 110 I=2,7
    V(I,23)=0.
110 CONTINUE
DO 120 I=8,18
    V(I,34)=0.
120 CONTINUE
DO 130 J=2,4
    U(3,J)=0.
130 CONTINUE

```



```

      U(11,2)=0.
      U(11,3)=0.
      U(14,4)=0.
      U(14,5)=0.
      DO 140 J=6,18
        U(18,J)=0.
140 CONTINUE
      DO 150 J=24,34
        U(18,J)=0.
150 CONTINUE
      DO 160 J=5,23
        U(1,J)=0.
160 CONTINUE
      DO 170 J=24,34
        U(7,J)=0.
170 CONTINUE
      V(2,4)=VIN(1)
      V(3,4)=VIN(1)
      IF(N.NE.1) GO TO 180
      DO 190 J=19,23
        U(18,J)=UN(18,J)
190 CONTINUE
      DO 200 J=18,23
        V(19,J)=VIN(19,J)
200 CONTINUE
180 CONTINUE
      DO 210 I=1,2
        U(1,4)=0.
210 CONTINUE
      DO 220 I=3,10
        U(1,1)=0.
220 CONTINUE
      U(11,2)=0.
      DO 230 I=12,15
        U(1,3)=0.
230 CONTINUE
      DO 240 I=15,18
        U(1,5)=0.
240 CONTINUE
      DO 250 I=1,6
        U(1,24)=0.
250 CONTINUE
      DO 260 I=7,18
        U(1,35)=0.
260 CONTINUE
      DO 270 J=1,3
        V(3,J)=0.
270 CONTINUE
      DO 280 J=4,23
        V(1,J)=V(2,J)
280 CONTINUE
      DO 290 J=24,34
        V(7,J)=0.
290 CONTINUE
      V(11,1)=0.
      V(12,2)=0.
      V(15,3)=0.
      V(15,4)=0.

      DO 300 J=5,17
        V(19,J)=0.
300 CONTINUE
      DO 310 J=24,34
        V(19,J)=0.
310 CONTINUE
      RETURN
      END

```

```

SUBROUTINE SETTIN(T)
COMMON/BL12/TIN(5),VIN(5)
COMMON/BL16/NT,NV,TT(50),TMP(50),TV(50),V(50)
TE(TP1,TP2,TI1,TI2,TIME)
A   =(TP1*(TIME-TI2)-TP2*(TIME-TI1))/(TI1-TI2)
DO 10 I=1,NT-1
  IF(T.GE.TT(I).AND.T.LE.TT(I+1))
A   TIN(I)=TE(TMP(I),TMP(I+1),TT(I),TT(I+1),T)
10 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE SETVIN(T)
COMMON/BL12/TIN(5),VIN(5)
COMMON/BL16/NT,NV,TT(50),TMP(50),TV(50),V(50)
VE(VL1,VL2,TI1,TI2,TIME)
A   =(VL1*(TIME-TI2)-VL2*(TIME-TI1))/(TI1-TI2)
DO 10 I=1,NV-1
  IF(T.GE.TV(I).AND.T.LE.TV(I+1))
A   VIN(I)=VE(V(I),V(I+1),TV(I),TV(I+1),T)
10 CONTINUE
RETURN
END

```