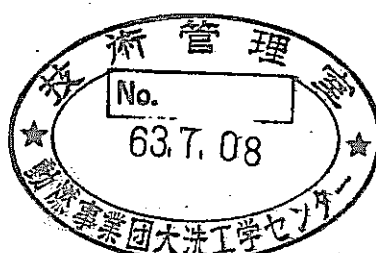


SPIRALコードの機能追加および検証

成果報告書

(その1)



1988年3月

技術資料コード	
開示区分	レポートNo.
	PNC TN9410 88-199
この資料は 図書室保存資料です 閲覧には技術資料閲覧票が必要です 動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター技術管理室	

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター
安全工学部

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)

SPIRALコードの機能追加および検証*

清水 武司** 穴戸 啓*** 二ノ方 寿****
坪井 靖*****

要 旨

高速増殖炉燃料集合体内多次元定常熱流動解析コードSPIRALに乱流計算機能および熱計算時のラッパ管外面境界条件処理機能を追加し、妥当性検討のための試計算を実施した。

乱流計算機能は無限ピン束体系（タイプ7）に組み込んだが、それに先だって使用する乱流モデル及びテンソル変換等の諸アルゴリズムの適用性を検討するためにKfKのRehmeの乱流実験データの解析計算を行った。この解析のためにKfK実験体系の解析機能（タイプ4）をSPIRALコードに追加した。解析は、実験体系にしたがって主流2次元解析体系で行った。ここで採用した半経験式に基づく乱流モデルは、主流が卓越した十分発達した乱流流れを対象としたモデルである。

温度境界条件処理機能は3次元ピンバンドル体系（タイプ6）に追加した。加えて従来の要素分割のやり方では解が収束しないため、タイプ5の分割法に従って要素分割法を変更した。タイプ5の分割法では7本ピンバンドル体系の試計算が実施されており、ワイヤと被覆管の接触点近傍での有限要素の歪が小さくなるように工夫してある。

* 本報告書は株式会社東芝が動力炉核燃料開発事業団より請け負い、日本原子力事業株式会社が実施した研究作業の成果である。

** 日本原子力事業株式会社 総合研究所 炉心工学部

*** 検査開発株式会社

**** 動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター 原子炉工學室

***** 株式会社東芝 エネルギー事業本部 原子力事業部 動力炉開発部

目 次

1. 概 要	1
2. 半経験式に基づく乱流モデル	2
2.1 熱流動基礎式の導出	2
2.2 時間平均法に基づく乱流基礎式の導出	5
2.3 渦拡散係数相関式の座標交換	7
3. K f K乱流実験解析機能の追加と検証	12
3.1 主流解析の基礎式と離散化	12
3.2 渦拡散係数相関式	15
3.3 実験解析用プログラムの追加	20
3.4 乱流実験データ	21
3.5 解析計算結果	31
4. 3次元無限ピン配列体系への乱流解析機能の追加と試計算	40
4.1 乱流基礎式の離散化	40
4.2 乱流解析プログラムの追加・修正	42
4.3 試計算結果	43
5. 温度計算時のラッパ管外面境界条件取扱い機能の追加と試計算	47
5.1 ディリクレ, ノイマン型境界条件の取扱いと定式化	47
5.2 境界条件処理	48
5.3 試計算結果	49
6. まとめ	51
参考文献	53
A P P E N D I X A インデックス配列 I O P (1 0 0) の内容	54
A P P E N D I X B 要素データファイル	58

List of Tables

Table 3.1	Average velocities in the quadrants	24
Table 3.2	Average wall shear stresses in the quadrants	24
Table 3.3	Characteristic Ratios of Velocities	29
Table 3.4	Experimental Friction Factors	29

List of Figures

Fig. 3.1	Presentation of wall perpendicular averaged azimuthal eddy viscosities $\overline{\epsilon_p^+}$, Rehme's experimental data and a first prediction	16
Fig. 3.2	Wall perpendicular distribution of the normalized wall parallel eddy viscosity $\epsilon_p^+(y)$	17
Fig. 3.3	Cross section of the rod bundle	23
Fig. 3.4	Velocity contours in four quadrants at $L/D_h = 97.4$	25
Fig. 3.5	Shear stress distribution on the rod walls in four quadrants	26
Fig. 3.6	Shear stress distribution on the channel walls in four quadrants	27
Fig. 3.7	Cross section of bundle	29
Fig. 3.8	Velocity distribution	30
Fig. 3.9	Measured and computed wall shear stresses at the rod wall related to the average wall shear stress of both subchannels	30
Fig. 3.10	Measured and computed wall shear stresses at the channel walls related to the average wall shear stress of both subchannels	30
Fig. 3.11	Mesh scheme of analysis domain in symmetric geometry	33
Fig. 3.12	Wall shear stress distribution in symmetric geometry	34
Fig. 3.13	Contour map of relative axial velocity in symmetric geometry	35
Fig. 3.14	Mesh scheme of analysis domain in asymmetric geometry	36
Fig. 3.15	Wall shear stress distribution in asymmetric geometry (pin wall)	37

Fig. 3.16	Wall shear stress distribution in asymmethic geometry (channel wall)	38
Fig. 4. 1	Mesh scheme of test calculation in infinite pin arrangement	45
Fig. 4. 2	発散ケースの反復計算の状況	45
Fig. 4. 3	径方向主流流速分布 ($\theta = 0^\circ$, $Re=4613$)	46
Fig. 5. 1	Mesh scheme of test calculation in single pin bundle geometry	50
Fig. 5. 2	Mesh scheme of test calculation in wrapper tube	50

1. 概 要

乱流モデルについては、無限ピン束体系（タイプ7）に組み込むのに先立って使用する乱流モデル及びテンソル変換等の諸アルゴリズムをK f KのR e h m eの乱流実験データ[1]，[2]に基づき、その適用性を検証した。この実験解析のために、有限要素分割機能の追加および流動計算機能を追加した（タイプ4）。

ピンバンドル体系に於ける冷却材の乱流構造は強い非等方性を（特にギャップ付近で）持つことが実験から確認されている。従ってここでは等方乱流を仮定した輸送モデルよりも実験データの蓄積の多い半経験式に基づく乱流モデルを採用することにした。この半経験式に基づく乱流モデルは、主流が卓越した十分発達した乱流流れを対象としたモデルである。

また3次元ピンバンドル体系（タイプ6）における温度計算時のラッパ管外面境界条件処理機能を追加した。加えて、従来の有限要素分割法では多数本ピンバンドル体系で解が収束しないため、分割法をタイプ5の手法を応用して修正した。解が収束しない原因は従来手法ではワイヤと被覆管の接触点付近の有限要素の歪が大きいためと考えられる。要素分割をより詳細にすれば、要素歪を小さくすることができるが、計算時間およびコアサイズ、ディスクサイズの点で現状より分割を細かくすることは不可能に近く、現状程度の要素分割数で歪が小さくなるような分割法を採用する必要がある。収束性については、タイプ5で試計算を行っている。タイプ5と異なった点はワイヤの断面形状であり、6角形から8角形に変更した点である。これは、ワイヤの温度計算要素として従来の27節点要素が使用できるようにするためである。

2. 半経験式に基づく乱流モデル

本章では、今回 S P I R A L コードに追加した半経験式に基づく乱流モデルについて基礎式の導出から説明する。また実験に基づく乱流渦拡散係数相関式が極座標系で表わされるのが一般的であり、数値計算上の座標系と異なる場合には変換が必要となる。

ここでは、直角座標系への応力テンソル変換から渦拡散係数の変換式の導出方法を説明する。この乱流モデルは主流が卓越し、十分乱流場が発達したピン束体系の熱流動問題へ適用する。

基礎式の導出にあたっては、一般的な3次元問題を念頭に置いて導出するが、渦拡散係数の説明はピン束体系に限定する。

2.1 熱流動基礎式の導出

単相流の運動量保存式、質量保存式は、以下のように表わされる。

$$\frac{\partial \rho u_i}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i u_j}{\partial x_j} - \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} - \rho g_i = 0 \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial \rho E}{\partial t} + \frac{\partial \rho E u_j}{\partial x_j} - \frac{\partial u_i \tau_{ij}}{\partial x_j} + \frac{\partial q''_j}{\partial x_j} - \rho u_i g_i - Q = 0 \quad (2.3)$$

ここで以下の仮定を採用する。

- (1) 非圧縮性
- (2) ニュートン流体（線形粘性流体）
- (3) 運動エネルギーと内部エネルギーとの交換は無視できる。
- (4) 圧力による仕事は無視できる。

仮定(1)より運動中の体積素片の密度変化は無視できるので $D\rho/Dt = 0$ であり、質量保存式(2.2)は、

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_j} = 0 \quad (2.4)$$

と書ける。また仮定(2)より運動量保存式(2.1)の応力テンソル τ_{ij} は次の線形応力-歪み関係式で表すことができる。

$$\tau_{ij} = (-P + \lambda^* e_{kk}) \delta_{ij} + 2\mu^* e_{ij} \quad (2.5)$$

λ^* , μ^* は、弾力体のラメの定数に対応する物質定数であり、

$$\zeta = \lambda^* + 2\mu^* / 3, \quad \mu^* = \mu \quad (2.6)$$

として変形すると、

$$\tau_{ij} = (-P + \zeta e_{kk}) \delta_{ij} + 2\mu (e_{ij} - e_{kk} \delta_{ij} / 3) \quad (2.7)$$

と書き直すことができる。 μ は剪断運動に対する粘性係数であり、または体積変化運動に対する粘性係数である。 P は圧力を表し δ_{ij} はクロネッカーのデルタである。 e_{ij} は歪み速度テンソルであり、

$$e_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (2.8)$$

ここで非圧縮性の仮定(1)から $e_{kk} = 0$ を考慮すると τ_{ij} は、

$$\tau_{ij} = -P \delta_{ij} + \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (2.9)$$

と書き直せる。したがって運動量保存式(2.2.1)は、

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho u_i}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i u_j}{\partial x_j} + \frac{\partial P}{\partial x_i} - \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right\} \\ - \rho g_i = 0 \end{aligned} \quad (2.10)$$

と書ける。

次にエネルギー保存式(2.3)で E は単位質量当たりの全エネルギー(運動エネルギー+内部エネルギー)を表わす。 E はエンタルピー h と次式のように関係付けられる。

$$E = h + \frac{u_j u_j}{2} - \frac{P}{\rho} \quad (2.11)$$

(2.11) 式を(2.3)式に代入して整理すると、

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho h}{\partial t} = & \tau_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{\partial \rho h u_j}{\partial x_j} - \frac{\partial q_j}{\partial x_j} + \frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\partial P u_j}{\partial x_j} + Q \\ & - u_i \left\{ \frac{\partial \rho u_i}{\partial t} - \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \frac{\partial \rho u_i u_j}{\partial x_j} - \rho g_i \right\} \quad (2.12) \end{aligned}$$

上記変形操作においては、(2.2)式を $(\rho u_k u_k / 2) \partial u_j / \partial x_j = 0$ のように変形し、(2.3)式の両辺に加えた。

(2.12)式の右辺第7項の $\{ \}$ 内は運動量保存式(2.10)の左辺と一致しており、結局零となる。また仮定(3)、(4)から右辺第1項と第4、5項は削除でき、エネルギー保存式は以下のように書き直せる。

$$\frac{\partial \rho h}{\partial t} + \frac{\partial \rho h u_j}{\partial x_j} + \frac{\partial q''_j}{\partial x_j} - Q = 0 \quad (2.13)$$

熱流束 q'' は、熱伝導率 λ と温度こう配から

$$q''_j = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x_j} \quad (2.14)$$

と表わせ、

$$\begin{aligned} dh &= C_p dT \\ D\tau / Dt &= 0 \end{aligned} \quad (2.15)$$

の関係式を使って最終的に(2.13)式は、

$$\begin{aligned} \tau C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \tau C_p \frac{\partial T u_j}{\partial x_j} - \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x_j} \right) - Q = 0 \end{aligned} \quad (2.16)$$

と書くことができる。ここで単位合わせの為、密度 ρ を比重量 τ で置き変えた。

基礎式(2.4)、(2.10)と(2.16)の各記号の意味を以下に示す。

x_i : i 方向座標	(cm)	h : エンタルピー	(w · sec/g)
u_i : i 方向流速成分	(cm/sec)	T : 温度	(℃)
t : 時間	(sec)	λ : 熱伝導率	(w/cm/℃)
P : 圧力	(g/cm ²)	Q : 体積発熱密度	(w/cm ³)
ρ : 密度	(g · sec ² /cm ⁴)	τ : 比重量	(g/cm ³)

μ : 粘性係数 (g・sec/cm²) g : 重力加速度 (cm/sec²)
 g_i : i 方向重力加速度成分 (cm/sec²) C_p : 低圧比熱 (w・sec/g/°C)

2.2 時間平均法に基づく乱流基礎式の導出

ここで乱流渦拡散係数の概念を導入し、乱流計算基礎式を導出する。主要変数は、時間平均量として再定義する。

再度、運動量保存式 (2.10)、連続の式 (2.4) とエネルギー保存式 (2.16) を $D\rho/Dt = 0$ の関係式を使って変形し以下に示す。

$$\rho \frac{\partial u_i}{\partial t} + \rho \frac{\partial u_i u_j}{\partial x_j} + \frac{\partial P}{\partial x_i} - \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right\} - \rho g_i = 0 \quad (2.17)$$

$$\frac{\partial u_j}{\partial x_j} = 0 \quad (2.18)$$

$$r C_p \frac{\partial T}{\partial t} + r C_p \frac{\partial T u_j}{\partial x_j} - \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x_j} \right) - Q = 0 \quad (2.19)$$

流速、圧力、温度の各変数を以下のように近似する。

$$\left. \begin{aligned} u_i &= \overline{u_i} + u_i' \\ \rho &= \overline{\rho} + \rho' \\ T &= \overline{T} + T' \end{aligned} \right\} \quad (2.20)$$

$\overline{(\quad)}$ は乱流場内の時間平均量を表わし、 $(\quad)'$ は変動成分を表わす。

乱流場は $(\quad)'$ で表されるランダムな変動量で記述されるものとする。

密度等物性の変動は無視できる。(2.20) 式を (2.17) ~ (2.19) 式に代入し、時間平均操作を行うと、時間平均量に対する方程式が得られる。この平均操作の時間積分区間の巾はランダムな変動量の積分値が十分に零に近づく程度の時間巾とする ($\overline{(\quad)'} = 0$)。

$$\rho \frac{\partial \overline{u_i}}{\partial t} + \rho \frac{\partial \overline{u_i u_j}}{\partial x_j} + \rho \frac{\partial \overline{u'_i u'_j}}{\partial x_j} + \frac{\partial \overline{P}}{\partial x_j} - \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \mu \left(\frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j} + \frac{\partial \overline{u_j}}{\partial x_i} \right) \right\} - \rho g_i = 0 \quad (2.21)$$

$$\frac{\partial \overline{u_j}}{\partial x_j} = 0 \quad (2.22)$$

$$\begin{aligned} & r C_p \frac{\partial \overline{T}}{\partial t} + r C_p \frac{\partial \overline{T u_j}}{\partial x_j} + r C_p \frac{\partial \overline{T' u'_j}}{\partial x_j} \\ & - \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\lambda \frac{\partial \overline{T}}{\partial x_j} \right) - Q = 0 \end{aligned} \quad (2.23)$$

(2.21) ~ (2.23) 式を (2.17) ~ (2.19) 式と比較すると、新たに $\rho \partial (\overline{u'_i u'_j}) / \partial x_j$ と $r C_p \partial (\overline{T' u'_j}) / \partial x_j$ の項が、現れたのがわかる。これらは乱流場を特徴付ける項であり、前者は、Reynolds stressと呼ばれる。これら新たに加わった未知項の為に乱流基礎式 (2.17) ~ (2.19) 式はこのままでは数学的に閉じていない。数学的に閉じるにはこれら未知項をモデル化する必要がある。ここでは乱流渦拡散係数の概念を導入しモデル化する。すなわち、

$$\rho \overline{u'_i u'_j} = -\rho \varepsilon_{ijk} \cdot \frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_k} \quad (2.24)$$

$$r C_p \overline{T' u'_j} = r C_p \varepsilon_{jik} \frac{\partial \overline{T}}{\partial x_k} \quad (2.25)$$

と近似する。ここで乱流による運動量拡散とエネルギー拡散のメカニズムが類似と仮定した。(2.24), (2.25) 式を (2.21) ~ (2.23) 式に代入すると、乱流計算基礎式が得られる。

$$\rho \frac{\partial u_i}{\partial t} + \rho u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial P}{\partial x_i} - \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \rho \epsilon_{mjk} \frac{\partial u_i}{\partial x_k} + \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right\} - \rho g_i = 0 \quad (2.26)$$

$$\frac{\partial u_j}{\partial x_j} = 0 \quad (2.27)$$

$$\gamma C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \gamma C_p u_j \frac{\partial T}{\partial x_j} - \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\gamma C_p \epsilon_{Tjk} \frac{\partial T}{\partial x_k} + \lambda \frac{\partial T}{\partial x_j} \right) - Q = 0 \quad (2.28)$$

ここで時間平均の記号 $(\quad)$ は簡単のため省略し、対流項は連続の式を使って変形した。

(2.26) ~ (2.28) 式は乱流渦拡散係数 ϵ_m , ϵ_T が零であれば、層流問題の基礎方程式に一致する。

2.3 渦拡散係数相関式の座標交換

乱流渦拡散係数 ϵ_m , ϵ_T としては、乱流実験データに基づく相関式を使用する。ここではピンバンドル体系を対象とし、主流 u_z が十分卓越し、かつ十分発達した乱流場を仮定する。この仮定により乱流拡散の対象となるのは主流の運動量であり、

$$\epsilon_{mjk} \gg \epsilon_{mjk}^n \sim \epsilon_{mjk}^y \quad (2.29)$$

と近似できる。また主流の運動量の主流方向の乱流拡散は、主流自身が輸送する運動量に比べ無視する。したがって必要な乱流渦拡散係数は、

$$\epsilon_{mxk}, \epsilon_{mxy}, \epsilon_{myk}, \epsilon_{myy} \quad (2.30)$$

の4つである。

エネルギー乱流拡散についても同様の近似により

$$\epsilon_{Txk}, \epsilon_{Txy}, \epsilon_{Tyk}, \epsilon_{Tyy} \quad (2.31)$$

を使用する。これらは渦比 Ψ を使用して、

$$\epsilon_T = \Psi \epsilon_m \quad (2.32)$$

より求める。ここで渦比は、入力定数とするが、これは、青木の式〔7〕を使用して決

める。

$$\Psi = 0.014 \cdot x \cdot \{1.0 - \exp(-71.8/x)\} \quad (2.33)$$

$$x = \text{Re}^{0.45} \text{Pr}^{0.2}$$

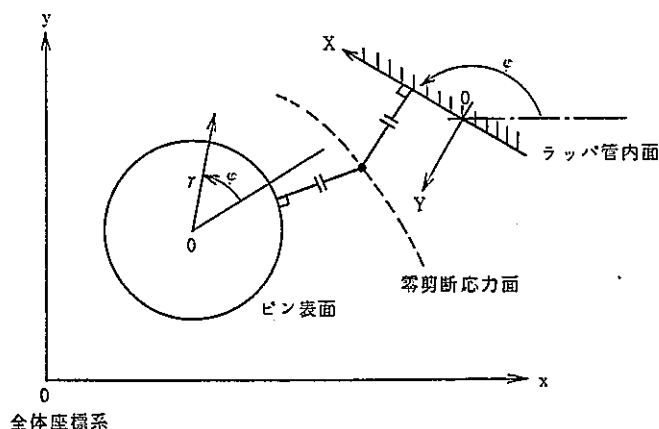
以上述べたように、乱流基礎式は、(2.30)の運動量渦拡散係数の各成分が決まれば解くことができる。以下、これら各成分をピン束体系の乱流実験データに基づく相関式から導く方法について説明する。

実験に基づく相関式は、 z 方向を主流方向として、 z 軸に垂直な断面内の $\varepsilon_{r,r}$ 、 $\varepsilon_{r,\phi}$ の2つである。

$\varepsilon_{r,r}$ はピン表面と垂直な方向に主流の運動量を輸送する効果を、 $\varepsilon_{r,\phi}$ はピン表面に添った方向への輸送効果をあらわす。これらはピン中心を原点とする極座標系で表されており、基礎式を記述した直角座標系に変換する必要がある。以後、前者を局所座標系、後者を全体座標系と呼ぶことにする。

燃料ピン束体系全体には、このひとつの全体座標系が適用される。全体領域は、境界形状に従って複数の局所領域に分割され、各局所領域には、個別の局所座標系が割当てられる。これら局所領域境界は幾何学的零剪断応力面とする。幾何学的零剪断応力面とは、固体壁面から等距離の点の集合として定義する。

このように燃料ピン周辺、ワイヤ周辺、ラップ管周辺に局所領域が定義できる。各局所領域には前記の相関式 $\varepsilon_{r,r}$ 、 $\varepsilon_{r,\phi}$ が適用できる。但しラップ管近傍の局所領域は極座標間の変換が行われる。相関式 $\varepsilon_{r,r}$ はラップ管内面に垂直方向の運動量拡散 $\varepsilon_{r,r}$ 、 $\varepsilon_{r,\phi}$ はラップ管内面に沿った方向の運動量拡散 $\varepsilon_{r,\phi}$ をあらわすものとする。下図に局所極座標系と局所全体座標系および全体座標系の例を示す。



運動量保存式の乱流拡散項は全体座標系では以下のように書ける。

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial x} \left(\rho \varepsilon_{mxx} \frac{\partial u_z}{\partial x} + \rho \varepsilon_{mxy} \frac{\partial u_z}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\rho \varepsilon_{myx} \frac{\partial u_z}{\partial x} \right. \\ & \left. + \rho \varepsilon_{myy} \frac{\partial u_z}{\partial y} \right) \end{aligned} \quad (2.34)$$

局所座標系で(2.34)式を書き直す。関係 ϕ の全微分は、極座標系では $d\phi = \partial\phi/\partial r dr + \partial\phi/\partial\phi d\phi$ であり、これから以下の関係式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial\phi}{\partial x} &= \frac{\partial\phi}{\partial r} \frac{\partial r}{\partial x} + \frac{\partial\phi}{\partial\phi} \frac{\partial\phi}{\partial x} \\ \frac{\partial\phi}{\partial y} &= \frac{\partial\phi}{\partial r} \frac{\partial r}{\partial y} + \frac{\partial\phi}{\partial\phi} \frac{\partial\phi}{\partial y} \end{aligned} \right\} \quad (2.35)$$

また両座標系間の関係式

$$\left. \begin{aligned} r &= \sqrt{(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2} \\ \phi &= \tan^{-1}[(y-y_c)/(x-x_c)] \end{aligned} \right\} \quad (2.36)$$

を(2.35)式に代入して

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial\phi}{\partial x} &= \cos\phi \frac{\partial\phi}{\partial r} - \frac{\sin\phi}{r} \frac{\partial\phi}{\partial\phi} \\ \frac{\partial\phi}{\partial y} &= \sin\phi \frac{\partial\phi}{\partial r} + \frac{\cos\phi}{r} \frac{\partial\phi}{\partial\phi} \end{aligned} \right\} \quad (2.37)$$

が得られる。(2.36)式で (x_c, y_c) は極座標系の原点の全体座標系での座標値である。(2.37)式を使って(2.34)式を極座標系で表わすと、

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial r} \left(\rho \varepsilon_{mr r} \frac{\partial u_z}{\partial r} + \rho \varepsilon_{mr\phi} \frac{\partial u_z}{r \partial\phi} \right) + \frac{\partial}{r \partial\phi} \left(\rho \varepsilon_{m\phi r} \frac{\partial u_z}{\partial r} \right. \\ & \left. + \rho \varepsilon_{m\phi\phi} \frac{\partial u_z}{r \partial\phi} \right) \end{aligned} \quad (2.38)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \varepsilon_{mrr}^z &= \varepsilon_{mxx}^z \cos^2 \phi + (\varepsilon_{mxy}^z + \varepsilon_{myx}^z) \sin \phi \cos \phi + \varepsilon_{myy}^z \sin^2 \phi \\
 \varepsilon_{mr\phi}^z &= -\varepsilon_{mxx}^z \sin \phi \cos \phi + \varepsilon_{mxy}^z \cos^2 \phi - \varepsilon_{myx}^z \sin^2 \phi + \varepsilon_{myy}^z \sin \phi \cos \phi \\
 \varepsilon_{m\phi r}^z &= -\varepsilon_{mxx}^z \sin \phi \cos \phi - \varepsilon_{mxy}^z \sin^2 \phi + \varepsilon_{myx}^z \cos^2 \phi + \varepsilon_{myy}^z \sin \phi \cos \phi \\
 \varepsilon_{m\phi\phi}^z &= \varepsilon_{mxx}^z \sin^2 \phi - (\varepsilon_{mxy}^z + \varepsilon_{myx}^z) \sin \phi \cos \phi + \varepsilon_{myy}^z \cos^2 \phi
 \end{aligned} \right\} \quad (2.39)$$

が得られる。(2.39) 式で $\varepsilon_{mr\phi}^z$ と $\varepsilon_{m\phi r}^z$ は異方向の相関であり、 ε_{mrr}^z 、 $\varepsilon_{m\phi\phi}^z$ に比べて無視できるものと仮定する。これから $\varepsilon_{mxy}^z = \varepsilon_{myx}^z$ なる関係式が得られ、(2.39) 式は次式のように書き直せる。

$$\left\{ \begin{array}{ccc} \cos^2 \phi & 2 \sin \phi \cos \phi & \sin^2 \phi \\ -\sin \phi \cos \phi & \cos^2 \phi - \sin^2 \phi & \sin \phi \cos \phi \\ \sin^2 \phi & -2 \sin \phi \cos \phi & \cos^2 \phi \end{array} \right\} \begin{bmatrix} \varepsilon_{mxx}^z \\ \varepsilon_{mxy}^z \\ \varepsilon_{myy}^z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{mrr}^z \\ 0 \\ \varepsilon_{m\phi\phi}^z \end{bmatrix} \quad (2.40)$$

(2.40) 式を解くと

$$\left. \begin{aligned}
 \varepsilon_{mxx}^z &= \varepsilon_{mrr}^z \cos^2 \phi + \varepsilon_{m\phi\phi}^z \sin^2 \phi \\
 \varepsilon_{mxy}^z &= \varepsilon_{myx}^z = (\varepsilon_{mrr}^z - \varepsilon_{m\phi\phi}^z) \sin \phi \cos \phi \\
 \varepsilon_{myy}^z &= \varepsilon_{mrr}^z \sin^2 \phi + \varepsilon_{m\phi\phi}^z \cos^2 \phi
 \end{aligned} \right\} \quad (2.41)$$

が得られる。

次に局所直角座標系では、関数 ϕ について

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{\partial \phi}{\partial x} &= \frac{\partial \phi}{\partial X} \frac{\partial X}{\partial x} + \frac{\partial \phi}{\partial Y} \frac{\partial Y}{\partial x} \\
 \frac{\partial \phi}{\partial y} &= \frac{\partial \phi}{\partial X} \frac{\partial X}{\partial y} + \frac{\partial \phi}{\partial Y} \frac{\partial Y}{\partial y}
 \end{aligned} \right\} \quad (2.42)$$

なる関係式が得られる。全体座標系 x 軸に対する局所座標系 X 軸の傾きを ϕ とし、局所座標系原点の全体座標系での座標値を (x_0, y_0) として、両座標系の関係式を

$$\left. \begin{aligned}
 X &= \cos \phi (x - x_0) + \sin \phi (y - y_0) \\
 Y &= -\sin \phi (x - x_0) + \cos \phi (y - y_0)
 \end{aligned} \right\} \quad (2.43)$$

と表わすと、(2.42) 式は、

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \phi}{\partial x} &= \cos \phi \frac{\partial \phi}{\partial X} - \sin \phi \frac{\partial \phi}{\partial Y} \\ \frac{\partial \phi}{\partial y} &= \sin \phi \frac{\partial \phi}{\partial X} + \cos \phi \frac{\partial \phi}{\partial Y} \end{aligned} \right\} \quad (2.44)$$

と書き直せる。(2.44)式を使って(2.34)式を局所直角座標系で表わし、上記と同様の操作を行うと、

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{mxx}^z &= \varepsilon_{mxx}^z \cos^2 \phi + \varepsilon_{myy}^z \sin^2 \phi \\ \varepsilon_{mxy}^z &= \varepsilon_{myx}^z = (\varepsilon_{mxx}^z - \varepsilon_{myy}^z) \cos \phi \sin \phi \\ \varepsilon_{myy}^z &= \varepsilon_{mxx}^z \sin^2 \phi + \varepsilon_{myy}^z \cos^2 \phi \end{aligned} \right\} \quad (2.45)$$

が得られる。

(2.41) と (2.45) の変換式により、実験相関式から (2.30) 式の渦拡散係数を求めることができる。

3. K f K 乱流実験解析機能の追加と検証

3.1 主流解析の基礎式と離散化

(2.26) (2.27) 式において, $u_z \gg u_x, u_y$, かつ十分発達した流れ場を仮定すると, 定常主流解析の基礎式が得られる。

$$\frac{\partial \tau_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_y}{\partial y} = - \frac{\partial P}{\partial z}$$

$$\begin{cases} \tau_x = - (\mu + \rho \epsilon_{xx}) \frac{\partial u_z}{\partial x} - (\mu + \rho \epsilon_{xy}) \frac{\partial u_z}{\partial y} \\ \tau_y = - (\mu + \rho \epsilon_{yx}) \frac{\partial u_z}{\partial x} - (\mu + \rho \epsilon_{yy}) \frac{\partial u_z}{\partial y} \end{cases} \quad (3.1)$$

ここで $\epsilon_{xx}, \epsilon_{xy}, \epsilon_{yx}, \epsilon_{yy}$ は, (2.41) (2.45) 式の変換により, $\epsilon_{rr}, \epsilon_{\phi\phi}$ と関連付けることができる。

主流流速 u_z を双 3 次関数で近似する。有限要素は 9 節点四角形要素を使う。

$$u_z = \sum_{i=1}^9 \phi_i(x, y) \cdot u_z^i \quad (3.2)$$

(3.2) 式を (3.1) 式に代入し, その荷重残差積分を零と置いて整理すると, (3.3) 式が得られる。

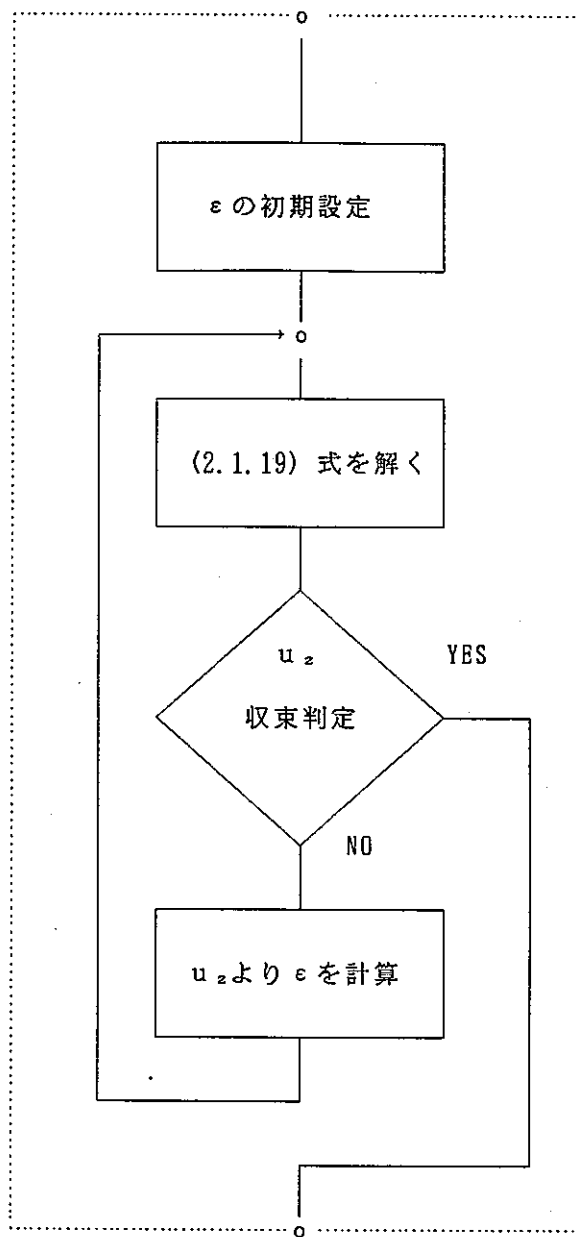
$$\int \left\{ \frac{\partial w}{\partial x} \left[(\mu + \rho \epsilon_{xx}) \frac{\partial \phi_i}{\partial x} + (\mu + \rho \epsilon_{xy}) \frac{\partial \phi_i}{\partial y} \right] u_z^i + \frac{\partial w}{\partial y} \left[(\mu + \rho \epsilon_{yx}) \frac{\partial \phi_i}{\partial x} + (\mu + \rho \epsilon_{yy}) \frac{\partial \phi_i}{\partial y} \right] u_z^i \right\} dV = - \frac{\partial P}{\partial z} \int w dV \quad (3.3)$$

ここで $\partial P / \partial z$ は十分発達した乱流流れの仮定から断面内一様分布で近似する。乱流渦拡散係数も同じ双 2 次関数で近似する。 ϵ^i については次節で述べる。

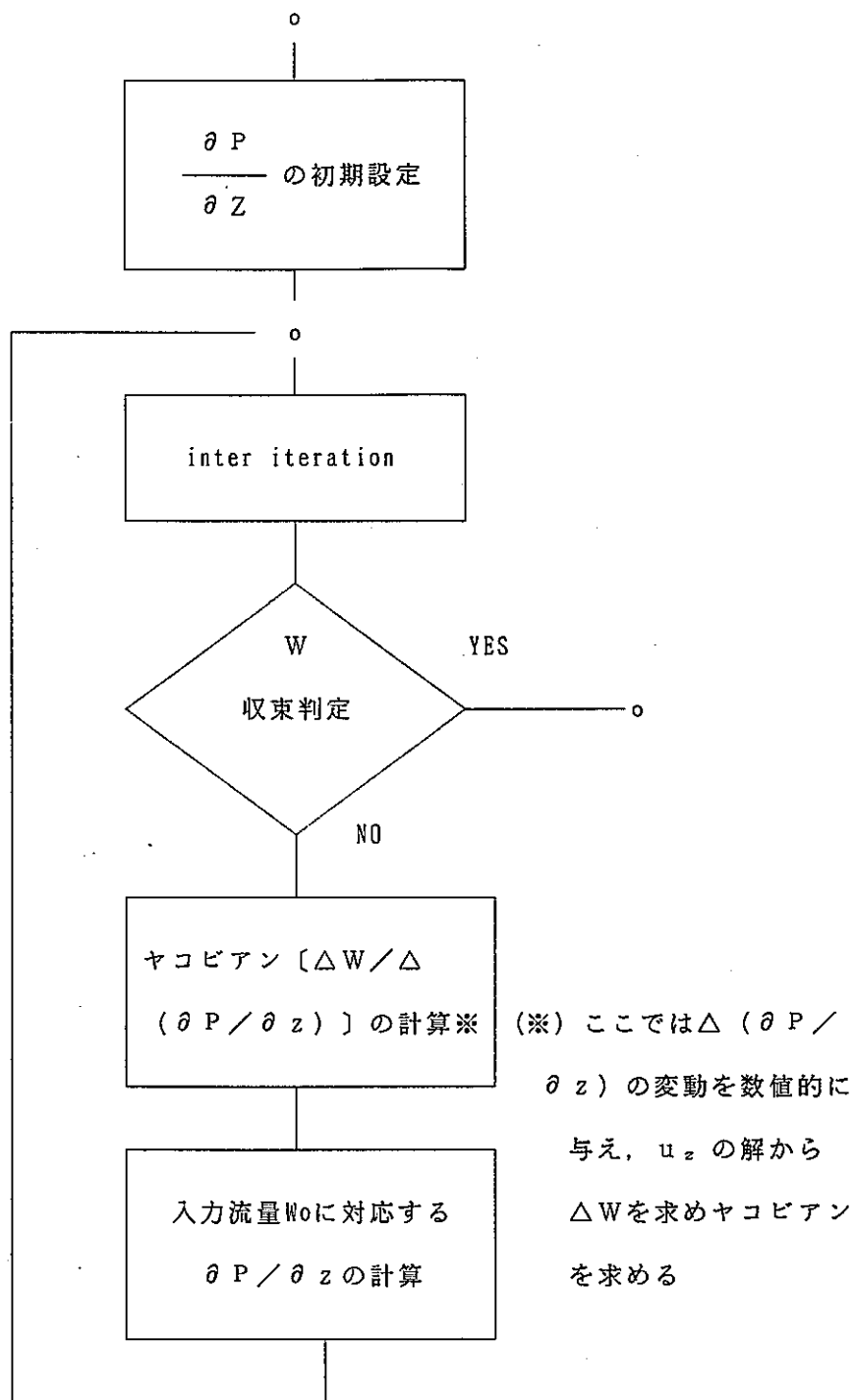
$$\epsilon = \sum_{i=1}^9 \phi_i(x, y) \cdot \epsilon^i \quad (3.4)$$

離散化式 (3.3) は $\partial P / \partial z$ を与えて解く。この時 ϵ は流速の関数であり, 非線形方程式となる。解法は, Picard iteration (ϵ を既知として線形化) を使用する。

反復手順を以下に示す。これを inner iteration と呼ぶ。



計算条件として流量又は入口流速を与えて解く場合には $\partial P / \partial z$ は未知数である。したがって $\partial P / \partial z$ を求めるための反復計算が必要となる。この反復計算はNewton-Raphson法を使用し, outer iterationと呼ぶことにする。以下にouter iterationの手順を示す。



3.2 渦拡散係数相関式

SPOTBOWコード〔4〕で「もんじゅ」局所高温点評価に使用した相関式は、

$$\varepsilon_{rr} = \left[1 - \exp \left(-k \frac{y}{\hat{y}} \right) \right] \exp \left(-e \frac{y}{\hat{y}} \right) \hat{y} u^* \quad (3.5)$$

$$k = 0.407, \quad c = 0.07, \quad e = \ln \left[(1 - \exp(-k)) / c \right]$$

$$\varepsilon_{\psi\psi}^* = 0.154 \hat{y} u^* \quad (3.6)$$

である。 $\varepsilon_{\psi\psi}$ は非等方パラメータ α を使って、

$$\varepsilon_{\psi\psi} = \alpha \varepsilon_{\psi\psi}^* \quad (3.7)$$

とした。 α は運動両方程式で2, エネルギー方程式で2~3を使用した。ここでは α として領域内一定値を使用している。これらの値は, Eifler, Nijssing等の研究を参考としたものである。

(3.6)式は, VELASCOコードで使用されている相関式である。

その後のRehme, Moeller等の実験解析(SPOTBOW)を通して α は領域内の形状に大きく依存することがわかった。

S/C中心に比べて, ピン間ギャップと壁-ピン間ギャップでは, 大きな値となる。SPOTBOWによる解析の時点では, S/C中心方向とギャップ部で α の値が, Rehmeにより測定されており, ピン湾曲時の局所高温点評価では, この結果に基づき,

$$\alpha = [A + (1 - A) \psi / \psi_{\max}] \quad (3.8)$$

なる周方向に線形な分布を使用した。

現在では, Fig. 3.1, 3.2に示すようにより詳細な分布が決定できる程のデータが蓄積されている。〔3〕

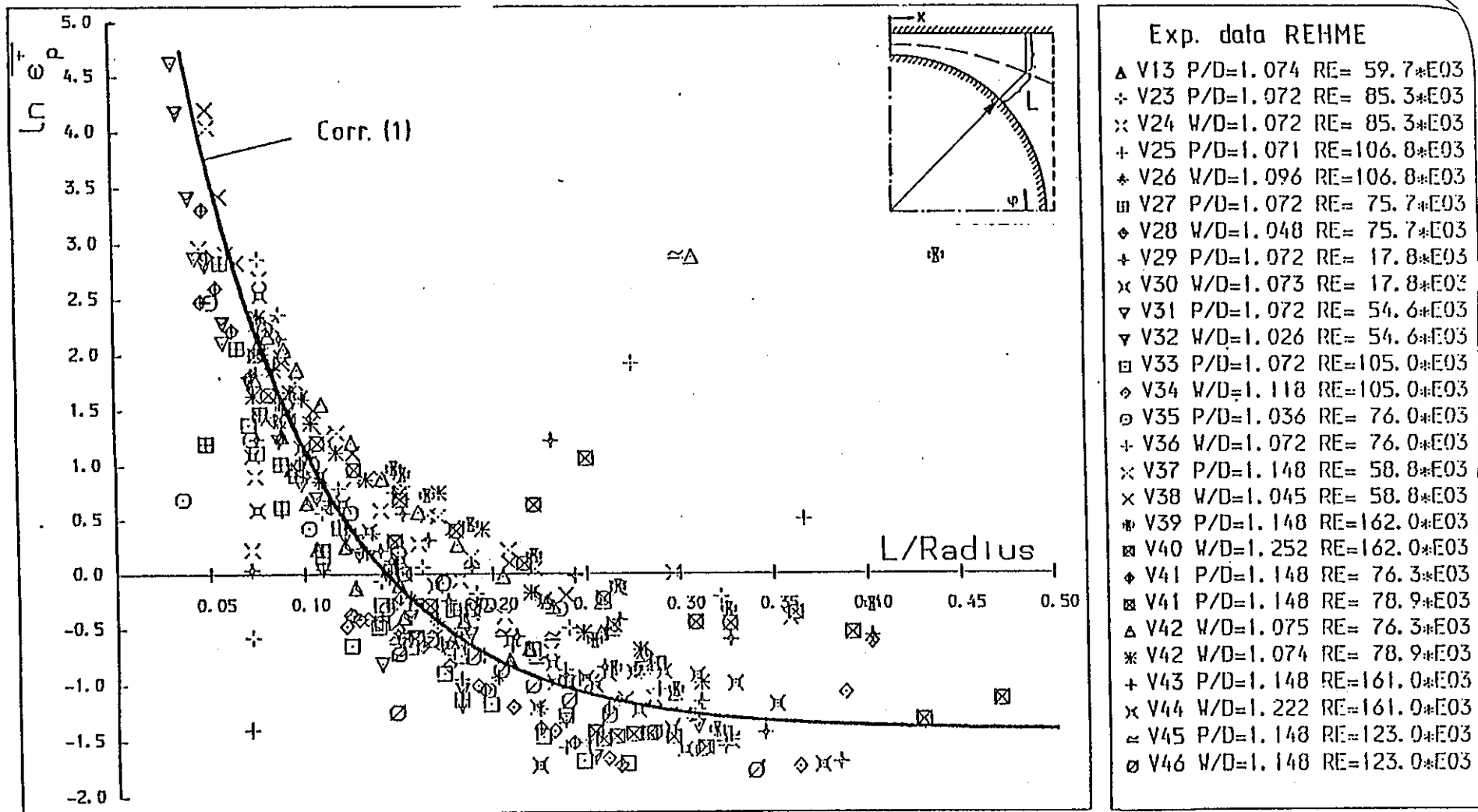


Fig. 3.1 : Presentation of wall perpendicular averaged azimuthal eddy viscosities $\overline{\epsilon_p^+}$.

Rehme's experimental data and a first prediction. (Reference [3] Fig. 3)

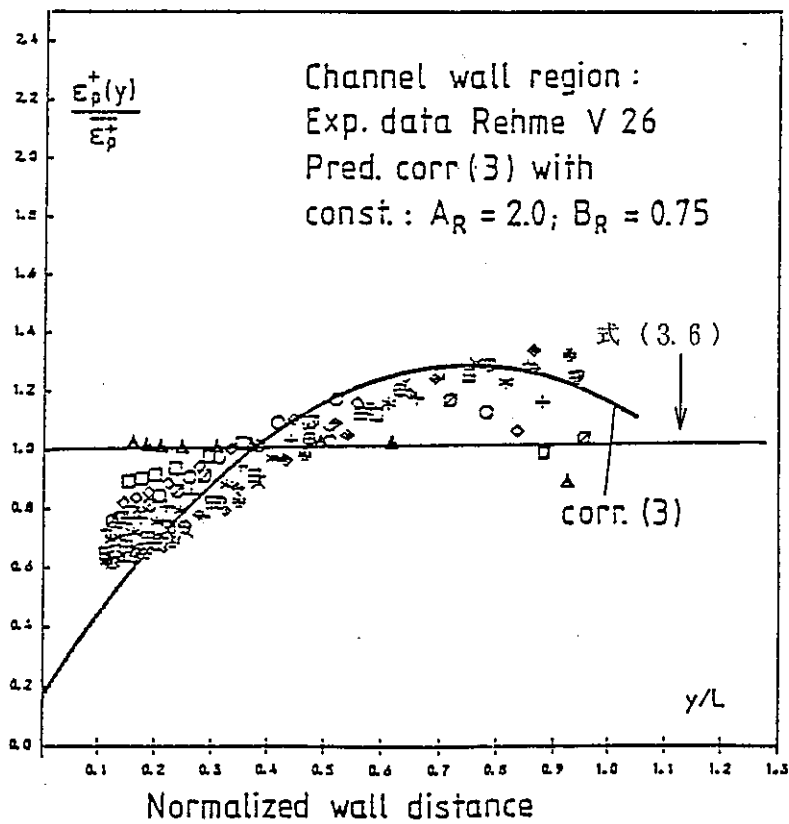
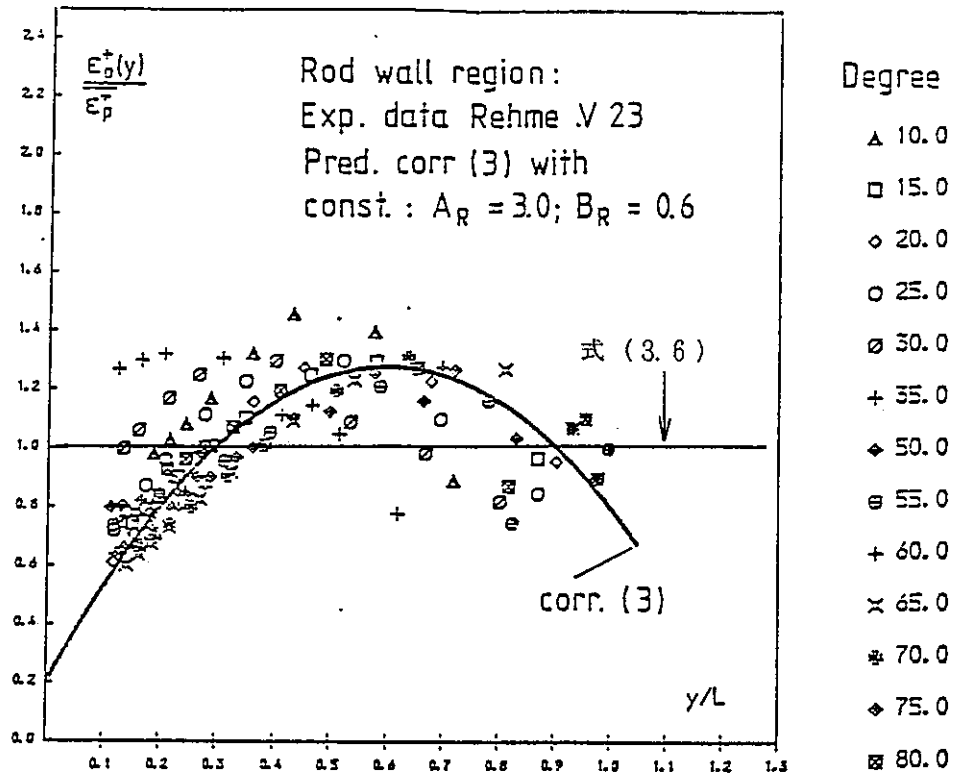


Fig. 3.2 : Wall perpendicular distribution of the normalized wall parallel eddy Viscosity $\epsilon_p^+(y)$ (Reherence [3] Fig. 8)

<VELASCO-BS>

VELASCOの最新バージョンであり、新しい $\varepsilon_{\phi\phi}$ 相関式が組み込まれた。この相関式は、Fig. 3.1, 3.2等のRehmeのデータに基づく。

W. Zeggel, N. Nealen, "Validation of a Wall Parallel Eddy Viscosity Formulation", IAHR, 5th S.M. 1986, Grenoble

この中では、2種の相関式が紹介されており、ひとつは、BSバージョンに実際に組み込まれている詳細版であり、他は、その簡易版である。

$$\varepsilon_{\phi\phi} = \overline{\varepsilon_{\phi\phi}} [1 + A_R (B_R^2 - B_R + 1/3) - A_R (B_R - y/\hat{y})^2]$$

$$\text{rod wall : } A_R = 3.0, B_R = 0.6$$

$$\text{channel wall : } A_R = 2.0, B_R = 0.75 \quad (3.9)$$

$$\ln \overline{\varepsilon_{\phi\phi}} = u_1 \cdot \exp(u_2 \cdot \hat{y}/R + u_3) + u_4 \quad (3.10)$$

$$\text{簡易版} \begin{cases} u_1 = 0.118, & u_2 = -13.8 \\ u_3 = 4.47, & u_4 = -1.43 \end{cases} \quad (3.11)$$

$$\text{詳細版} \begin{cases} u_1 = 0.118, & u_2 = -13.8 \\ u_3 = (D_{hyd}/R)^{0.236} + 3.52 \\ u_4 = 0.215(D_{hyd}/R)^{3.4} + 5.1 (Pe_{loc}/D_{hyd})^{0.149} - 6.94 \end{cases} \quad (3.12)$$

$$\varepsilon_{\phi\phi} = \overline{\varepsilon_{\phi\phi}} \cdot \hat{y} u^* \quad (3.13)$$

これら乱流渦拡散係数相関式の表示形式は、

$$\varepsilon = \varepsilon^* \hat{y} u^* \quad (3.14)$$

と表わされる場合が多い。ここで $\hat{y}$ は壁面から幾何学的零剪断応力面までの距離、

u^* は摩擦速度である。実験からは、無次元化された分布 ε^* が与えられる。

u^* は、以下のように表わされ、

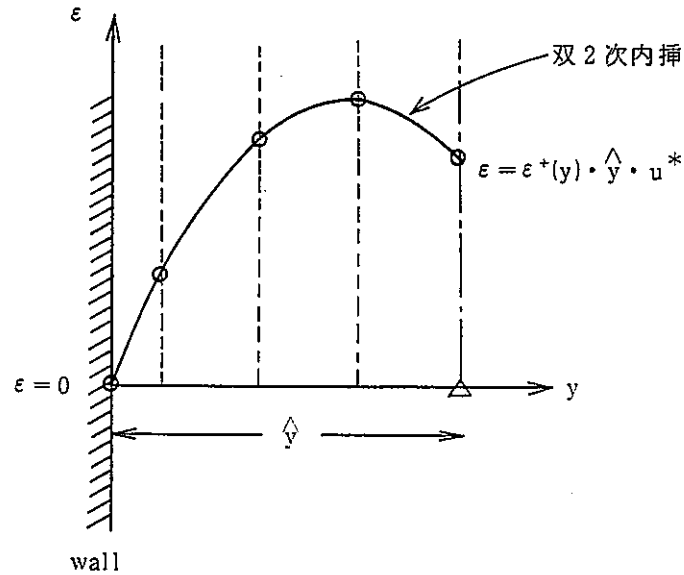
$$u^* = \sqrt{\frac{\tau_w}{P}} \quad (3.15)$$

壁面剪断応力 τ_w で決まる。 τ_w は、主流の壁面と垂直方向のこう配、

$$\tau_w = \mu \left| \frac{\partial u_z}{\partial r} \right|_{r=\text{wall}} \quad (3.16)$$

で表わされ、壁面近傍の主流分布に強く支配される。この為、壁面近傍のメッシュ分

割の乱流場計算値に与える影響は大きい。またSPIRALコードでの3次元解析では、計算時間の点から十分詳細な要素分割が難しい為、粗メッシュでもturbulence core部の乱流渦拡散係数の取扱い精度が向上するよう分布定数として扱う手法を採用した。



(3.16) 式は差分による離散化を行い、下式より求める。

$$\tau_w = \mu^* \frac{u_z(y = \Delta y)}{\Delta y} \quad (3.17)$$

ここで μ^* は2次元平行流理論〔8〕より $\mu^* = \rho (\nu - u'_z u'_r)$ とする。

3.3 実験解析用プログラムの追加

3.3.1 プリプロセッサ関連

実験解析用有限要素分割オプションはタイプ4とした。分割入力、メッシュ効果等の検討の為に汎用性を持たせた。また形状入力についてもある程度の汎用性を持たせ、ピン位置、ギャップ巾等の設定が任意に行えるようにした。以下に修正・追加した主要ルーチンおよび各々の機能の概要を示す。

E G E N 4 X : 有限要素分割, 番号付け, 形状決定等の処理を制御するヘッドルーチンでメインプログラムからcallされる。

N U M B 4 X : 節点番号付け, 要素特性テーブル (要素およびその中の節点の特性—媒質, 境界等) を作成する。

M E S H 4 X : 曲線座標系による内部節点座標決定の為にポアソン方程式の境界条件の設定, および流動計算時の境界条件を設定する。

T R A N 4 X : 曲線座標系に基づき, 内部節点座標をSORで計算する。ポアソン方程式は有限差分法で離散化した。詳しくは〔6〕参照。

T U R B 4 X : 乱流計算に必要な各種形状データを節点毎に計算する。

各節点の局所座標, 壁面からの距離等 ε^+ , τ_w の計算に必要なデータ。局所座標領域は入力に従う。

Z E R O S X : 幾何学的零剪断応力線の決定と, 各節点位置での γ の内挿計算を行う。内挿は線形内挿。

E L E M 4 X : 以上の各ルーチンで作成した諸データに基づき, 有限要素毎の特性データを編集して要素データファイルを作成する。

修正・追加に関連して, インデックス配列IOP(100)と要素データファイル形式の修正版をAppendix A, Bに示す。

3.3.2 ソルバー関連

流動解析部で修正, 追加した主要ルーチンおよびその機能を以下に示す。

H E A D 1 Z : 主流解析の制御を行う。主に3.1節で説明したouter iterationを制御する。

VZCALC : 主に3.1節で説明したinner iterationの制御を行う。

このルーチンはouter iterationの中でcallされる。

E1F1DS : 要素係数行列方程式 (層流) を組み立てる。

E1F1DT : 乱流係数行列 (3.3), (3.4) 式を追加する。

PRCALC : 主流の断面平均圧損値を計算する為のNewton Raphson反復の制御を行う。

VZCALR : Newton Raphson反復計算に使用する圧損変化に対する主流量変化のヤコビアン ($\Delta W / \Delta (\partial P / \partial z)$) を計算する。

E2F1DS : 数値的にヤコビアンを計算する為の圧損変動に対する要素係数行列方程式の右辺定数ベクトルを計算する。

ERCHK1 : inner iterationの収束判定を行う。主流流速解の相対収束誤差による判定。

TURBCZ : TURBTZのvariable dimensionの制御

TURBTZ : 乱流諸量の内挿計算, 座標変換および渦拡散係数の計算を行う。

TURBPZ : TURBPPのvariable dimensionの制御

TURBPP : 乱流関係諸量の編集とプリント出力を行う。

3.4 乱流実験データ

KfKのRehmeによる4本ピンバンドル体系の一連の乱流実験の中から, ピンを対称に配置した体系と非対称に配置した体系各々1ケースずつ計2ケースの実験を選択した。

本節では各ケースの実験データをまとめた。

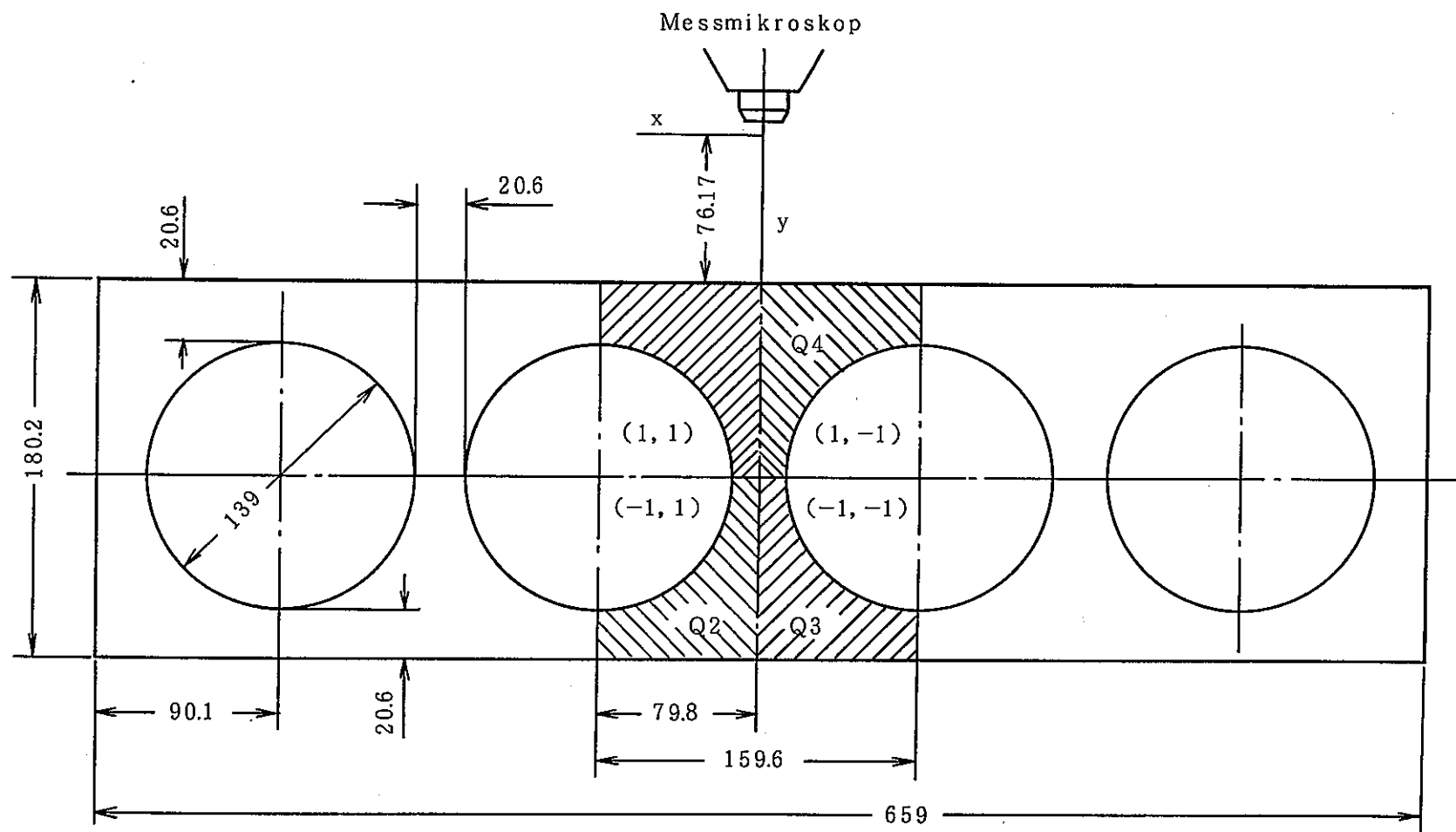
3.4.1 対称ピン配列〔1〕

実験体系は, 直径139mmの円柱をピッチー直径比1.148で一列に並べ直方体形状のダクト内に配置しており, ダクト壁とのギャップー直径比も1.148にしてある。試験部下方から上方に向かって空気を流し局所的流速と壁面剪断応力は各々Pitot tubeとPreston tubeで自動測定している。Reynolds stress tensorについてはhot-wireを使用して測定している。測定領域は, 軸方向 $L/D_n = 48.7, 73.0$ と 97.4 の3断面内の

Q 1～Q 4 の 4 つの 90 度セクター領域で行っている (Figure 3. 3 参照)。

各測定領域における平均流速と平均壁面剪断応力を Table 3. 1 と 3. 2 に示す。最上断面においても流動特性に若干の非対称性が残っている。 $L/D_h = 97.4$ での軸方向流速分布測定値を Fig. 3. 4 に、ピン周辺およびダクト壁面の剪断応力分布を Fig. 3. 5 と Fig. 3. 6 に示す。図中の A, B, C のグラフは、軸レベルを表わし、C が最上断面である。

ここで D_h は水力等価直径。 $D_h = 71.89\text{mm}$



$$P/D=W/D=1.148$$

(ix, iy) Kennzeichnung der auszumessenden Quadranten

Fig. 3.3 Cross section of the rod bundle [Reference 1 Fig.1]

Table 3.1 : Average velocities in the quadrants

[Reference 1 Table 1]

Quadrant	L / D _h		
	48.7	73.0	97.4
Q 1	0.974	0.998	1.007
Q 2	1.001	1.000	0.996
Q 3	1.035	1.012	1.000
Q 4	0.990	0.990	0.997
U, av/ms ⁻¹ /	25.26	25.52	25.86

Table 3.2 : Average wall shear stresses in the quadrants

[Reference 1 Table 2]

Quadrant	L / D _h		
	48.7	73.0	97.4
Q 1	0.958	1.001	1.023
Q 2	0.998	0.998	0.980
Q 3	1.062	1.019	1.000
Q 4	0.982	0.982	0.997
$\tau_{w,av}$ / Pa /	1.638	1.662	1.674

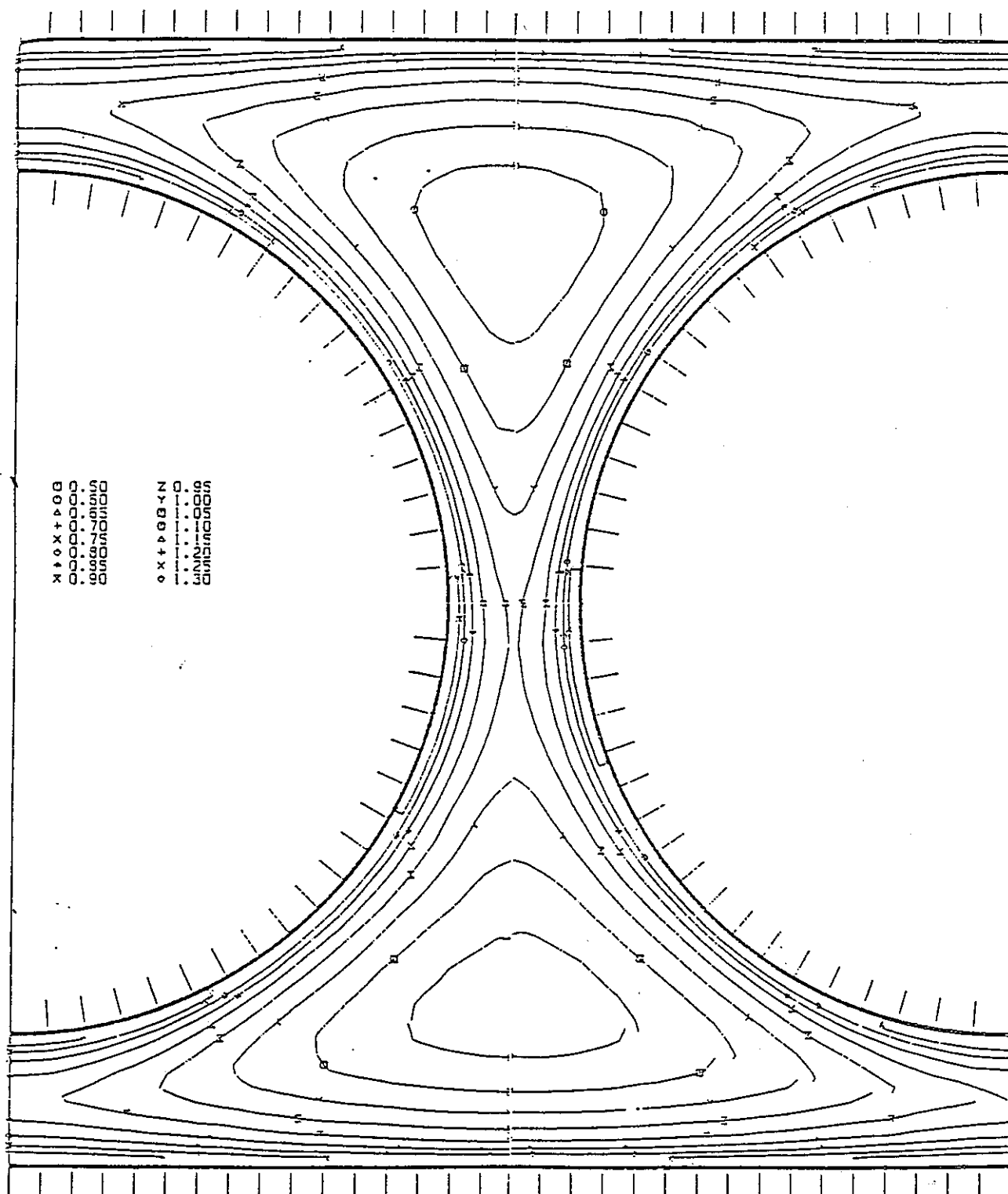


Fig. 3. 4 Velocity contours in four quadrants at $L/D_n=97.4$

[Reference 1 Fig. 5]

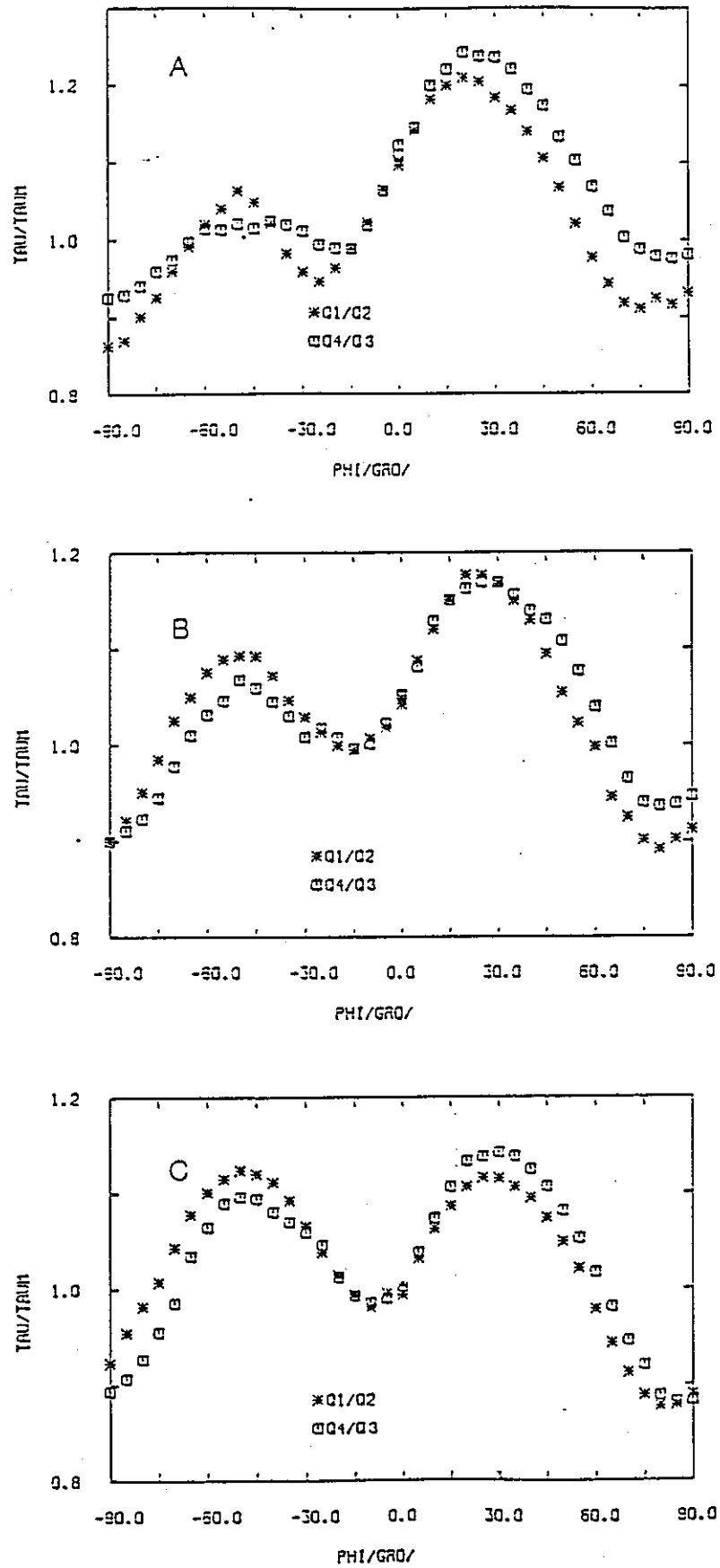


Fig. 3.5 Shear stress distribution on the rod walls in four quadrants

[Reference 1 Fig. 6]

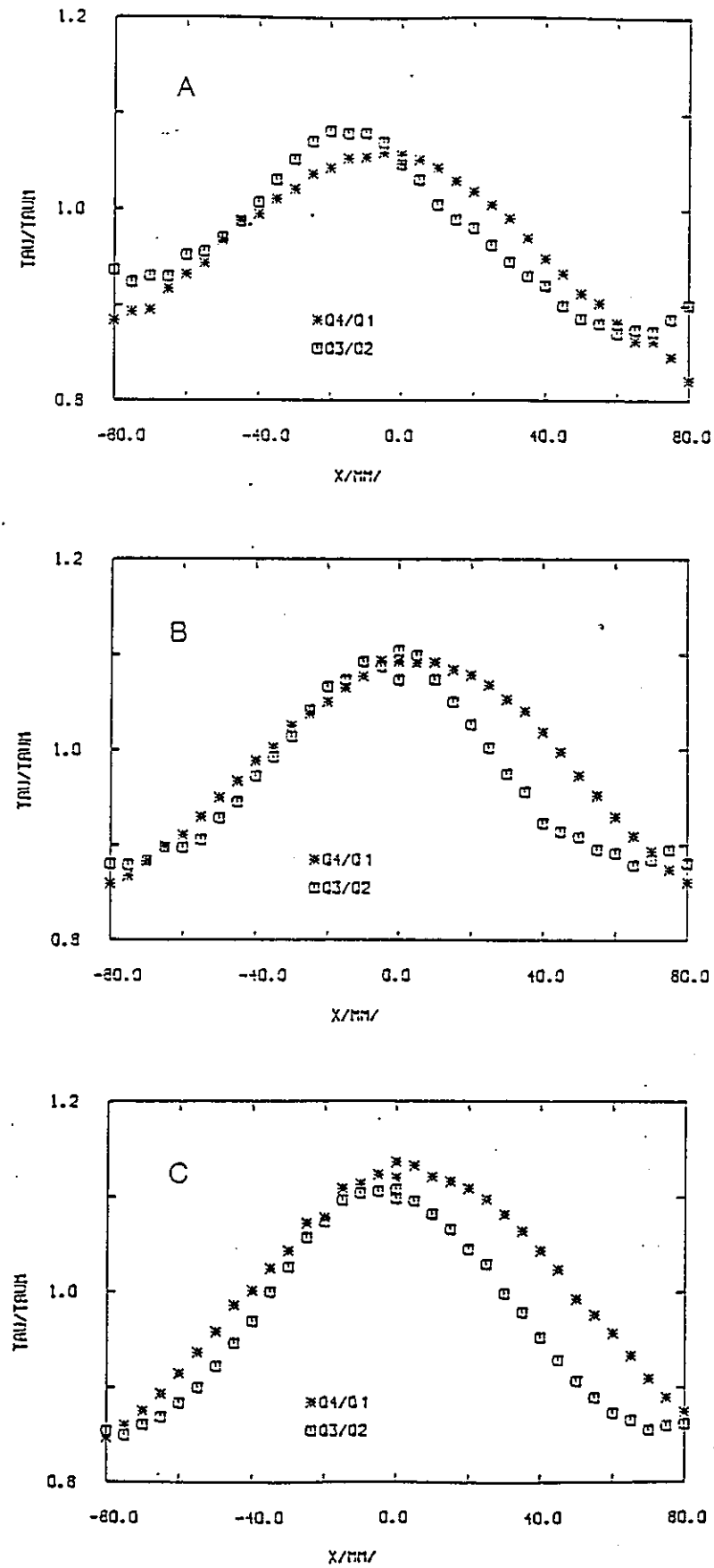


Fig. 3. 6 Shear stress distribution on the channel walls in four quadrants

[Reference 1 Fig. 7]

3.4.2 非対称ピン配列〔2〕

実験体系は直径157.5mmの円柱をピッチー直径比1.072で1列に並べ、直方体形状のダクト内に配置しており、ダクト外壁とのギャップ巾ー直径比を1.096/1.048と、流路断面形状が非対称となるように組まれている。

測定手段、方法は、前節の対称ピン配列体系の場合と同じである。

Fig. 3.7 に体系の断面図を示した。主流流速のcontour図をFig. 3.8に、壁面剪断応力分布をFig. 3.9 と3.10に示した。実験条件をTable 3.3 に、Friction Factorの測定値をTable 3.4 に示した。

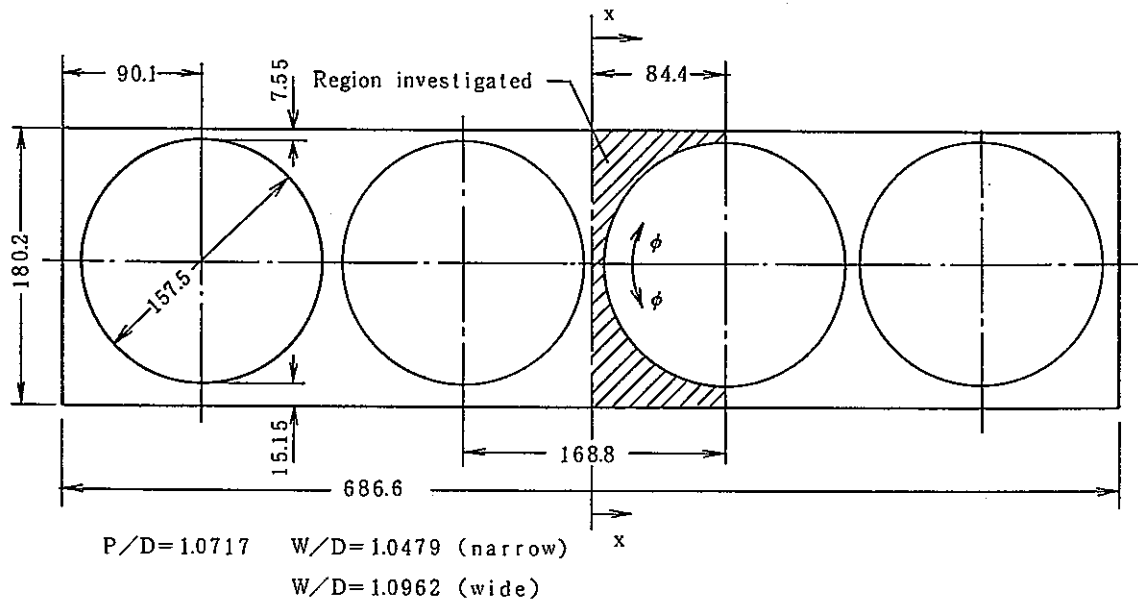


Fig. 3.7 Cross section of bundle. [Reference 2 Fig.1]

Table 3.3 Characteristic Ratios of Velocities

W/D	u_m ($m \cdot s^{-1}$)	u_{max} ($m \cdot s^{-1}$)	$\frac{u_{max}}{u_m}$	$\frac{u_{max}}{u_{maxR-W}}$	$\frac{u_{max}}{u_{maxR-R}}$
1.096	28.51	36.29	1.273	1.398	1.482
1.048	25.57	31.69	1.239	1.521	1.294
1.072 (Ref. 16)	25.64	32.03	1.252	1.395	1.299

[Reference 2 Table I]

Table 3.4 Experimental Friction Factors

W/D	D_h (mm)	$Re \cdot 10^{-4}$	λ	λ / λ_T
1.096	58.71	10.68	0.01723	0.960
1.048	46.46	7.57	0.01828	0.947
1.072 (Ref. 16)	52.55	8.73	0.01816	0.970

[Reference 2 Table II]

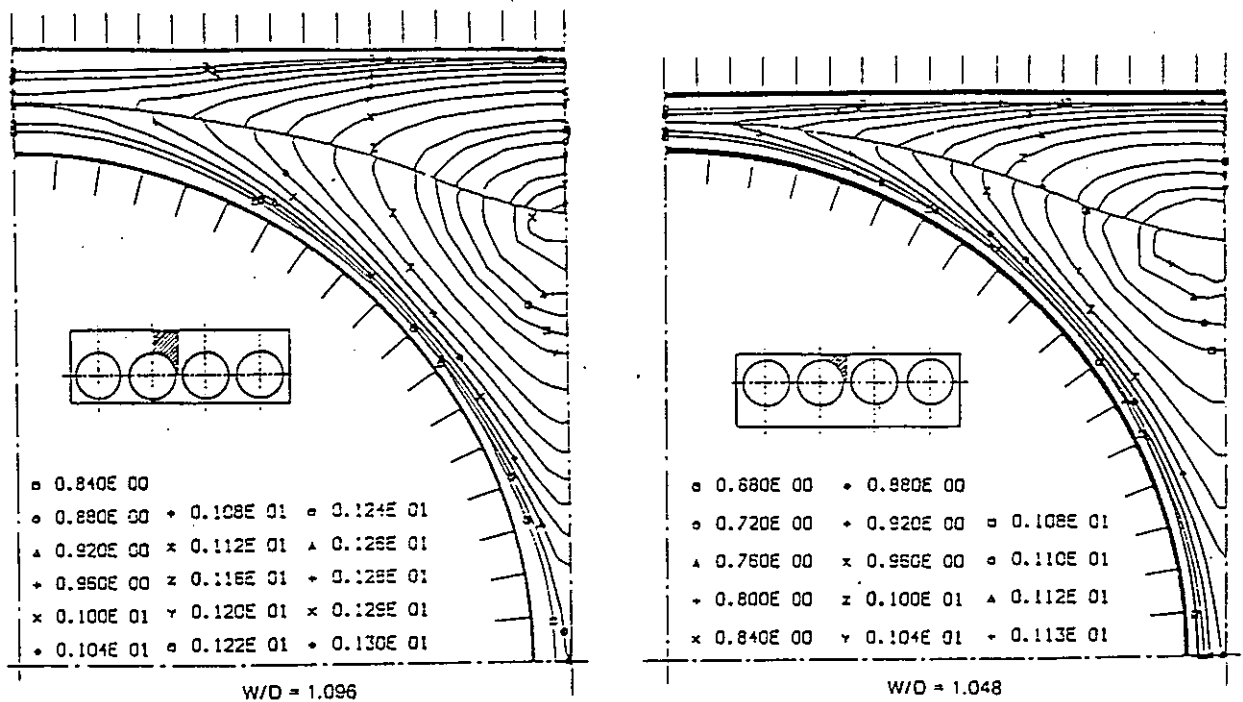


Fig. 3.8 Velocity distribution (contour plots): local velocities related to a reference velocity ($U_{REF} = 27.80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) [Reference 2 Fig. 2]

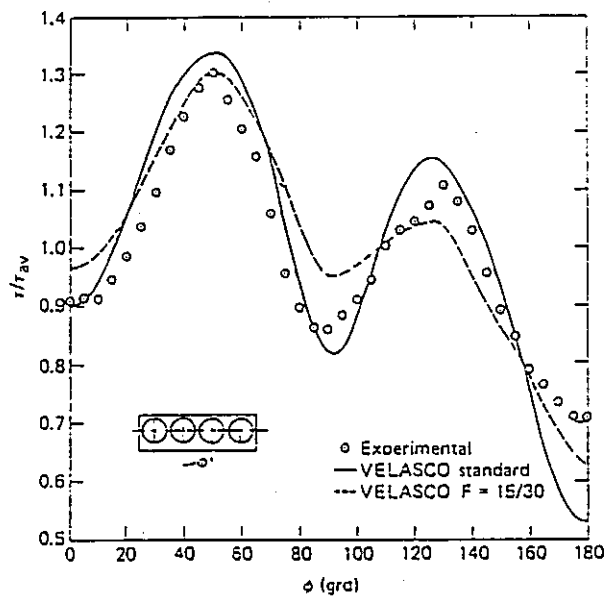


Fig. 3.9 Measured and computed wall shear stresses at the rod wall related to the average wall shear stress of both subchannels [Reference 2 Fig. 10]

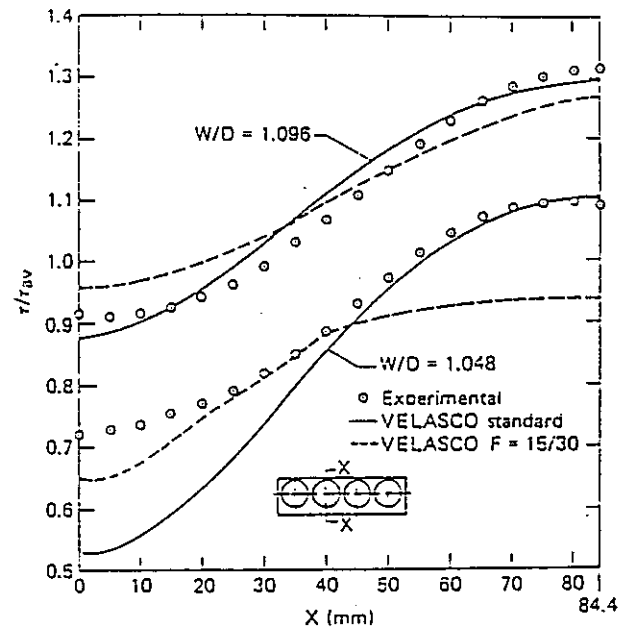


Fig. 3.10 Measured and computed wall shear stresses at the channel walls related to the average wall shear stress of both subchannels [Reference 2 Fig. 11]

3.5 解析計算結果

実験で使用している流体は空気であり、室外空気を取り込んで試験部に送っている。試験部の流体温度に関する情報がない為、解析では、室温空気に対する以下の物性値を使用した。

$$\rho = 1.166 \times 10^{-3} \quad \text{g/cm}^3$$

$$\nu = 0.156 \quad \text{cm}^2/\text{sec}$$

3.5.1 対称ピン配列

解析体系は、流路断面の対称性からFig. 3.11の90°セクターとした。要素分割、特に壁面近傍の分割に関しては、数種の分割のやり方を試み、最終的に壁面の平均剪断応力が実験値 ($\tau_{w,av} = 1.674 \text{ Pa}$) に近い値を予測できるものを選択した。分割上特に注意を払った所は層流底層 ($y^+ < 5$) と遷移層 ($5 < y^+ < 30$) であり、Fig. 3.11の要素分割では $y^+ < 5$ を2分割している。

計算では、渦拡散係数 ϵ_{rr} は同一の相関式 (Eifler, Nijssingの式) を使用し、 $\epsilon_{\phi\phi}$ の相関式を変えて非等方性の効果を見ることにし、以下の3ケースを選んだ。

case-S1 : $\epsilon_{\phi\phi} = \epsilon_{rr}$ (3.5) 式 : 等方乱流

case-S2 : $\epsilon_{\phi\phi} = \text{VELASCO}$ の標準相関式 (3.6) 式

case-S3 : $\epsilon_{\phi\phi} = \text{VELASCO-BS}$ の簡易相関式 (3.11) 式

case-S1は等方乱流とした計算であり、case-S2はSPOTBOWコードで使用している相関式 (但し非等方パラメータを1.0とした場合に相当する) である。

Fig. 3.12に相対剪断応力分布 ($\tau_w / \tau_{w,av}$) を示す。横軸はFig. 3.11に示した局所座標系を表わす。

比較した実験結果は、 $L/D_h = 97.4$ の最も入口から遠い測定位置での結果であるが、まだ完全には発達していないことが、測定結果からわかっており、計算条件 (十分発達した乱流場) とは若干異なる。

周方向渦拡散係数各相関式の差は歴然としており、非等方性を考慮することによって、より現実的な剪断応力分布が予測可能であることがわかる。また最近までのRhemeの実験データの蓄積によりcase-S2からcase-S3と予測結果の精度はより高くなってきた。

軸方向流速の等高線図をFig. 3.13に示す。Fig. 3.4の測定結果と比較すると一致は不良であり、 ε/ν 値が計算では小さい傾向にある。これは、剪断応力分布（case-S3と測定値）の比較においても同様の傾向が現われており、すなわち計算の方がRe数が小さな流動を計算していることに相当する。

壁面平均剪断応力は、実験では、1.674 Paであった。計算では

case-S1 1.38 Pa

case-S2 1.40 Pa

case-S3 1.42 Pa

であった。計算の方がまだ16%前後低目である。

3.5.2 非対称ピン配列

解析体系は流路断面の対称性からFig. 3.14の180°セクターとした。壁面近傍の有限要素分割は、前節の対称体系の分割に順じた。

計算ケースは、前節対称体系の解析と同一とし以下のようにした。

case-U1 : $\varepsilon_{\phi\phi} = \varepsilon_{rr}$ (3.5)式 : 等方乱流

case-U2 : $\varepsilon_{\phi\phi} = \text{VELASCOの標準相関式 (3.6)式}$

case-U3 : $\varepsilon_{\phi\phi} = \text{VELASCO-BSの簡易相関式 (3.11)式}$

Fig. 3.15と3.16に壁面相对剪断応力分布 (τ_w/τ_{wav}) を示す。ここでも等方乱流と非等方乱流相関式で明瞭な差が表わされており、非等方性を考慮することによって予測結果は測定結果と良く合うようになる。但し narrow gap の channel wallでの分布からまだ、若干乱流拡散が低目であることがわかる。

これはFig. 3.17の軸方向流速分布を見るとわかるが、測定結果Fig. 3.8と比較すると乱流核領域の相対流速が計算の方が高目に出ている。

friction factorは、測定では、wide gapに近いS/Cで0.01723, narrow gapに近いS/Cで0.01828 である。計算では、

case-U1 0.02178

case-U2 0.02212

case-U3 0.02338

であった。これらの値は両S/Cの平均値である。

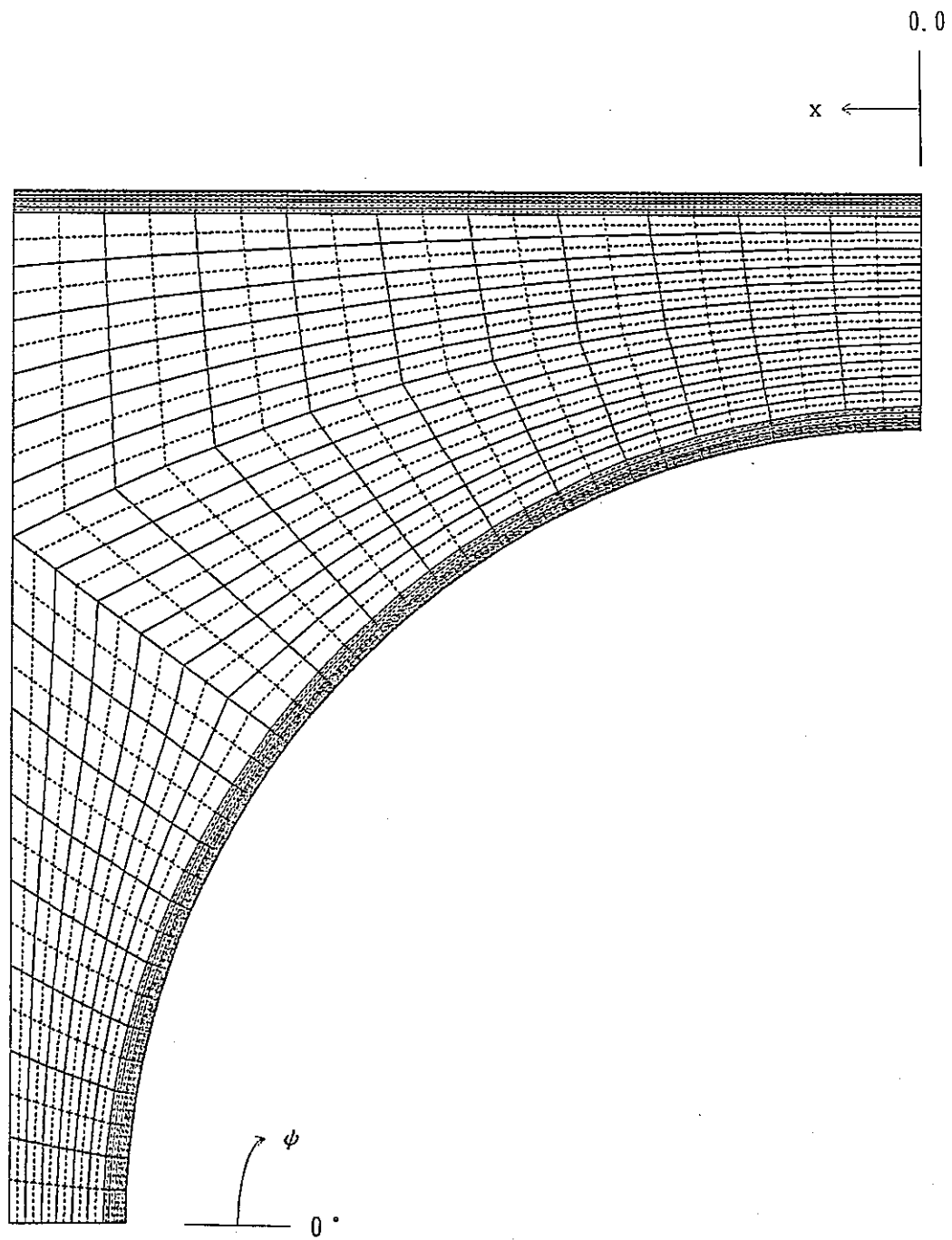


Fig. 3.11 Mesh scheme of analysis domain in symmetric geometry

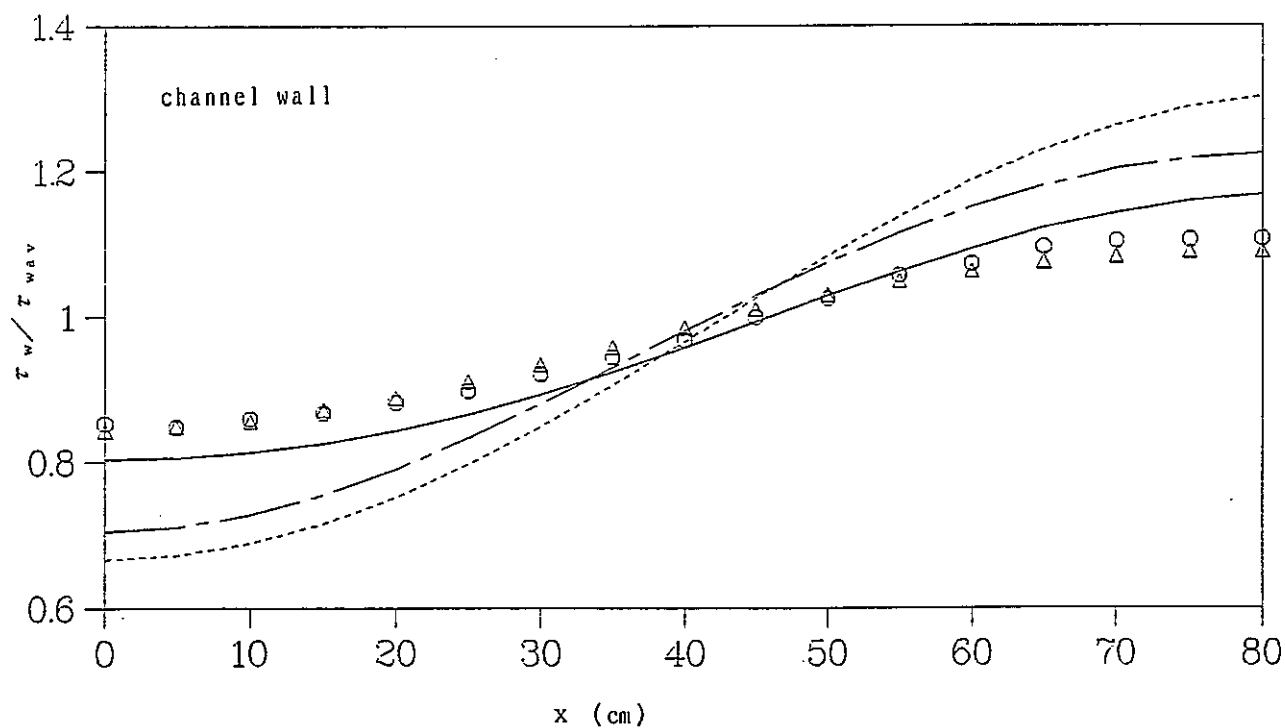
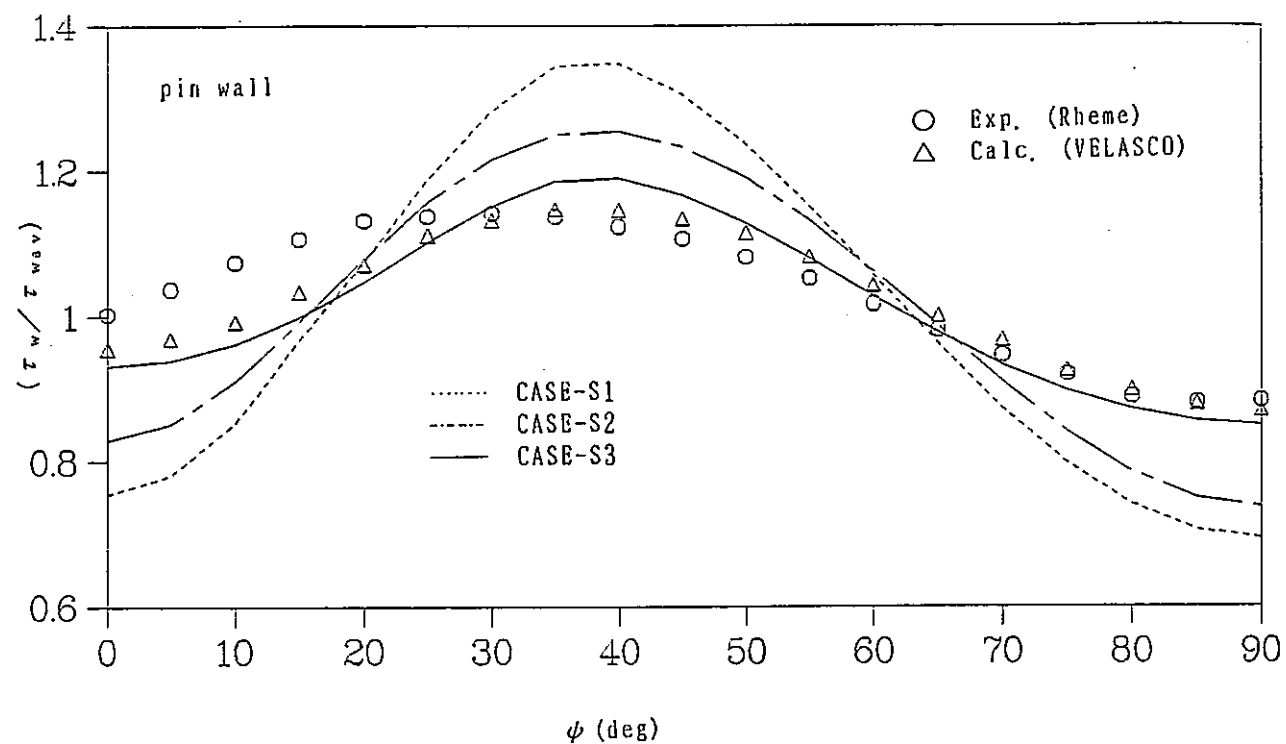


Fig. 3.12 Wall shear stress distribution in symmetric geometry

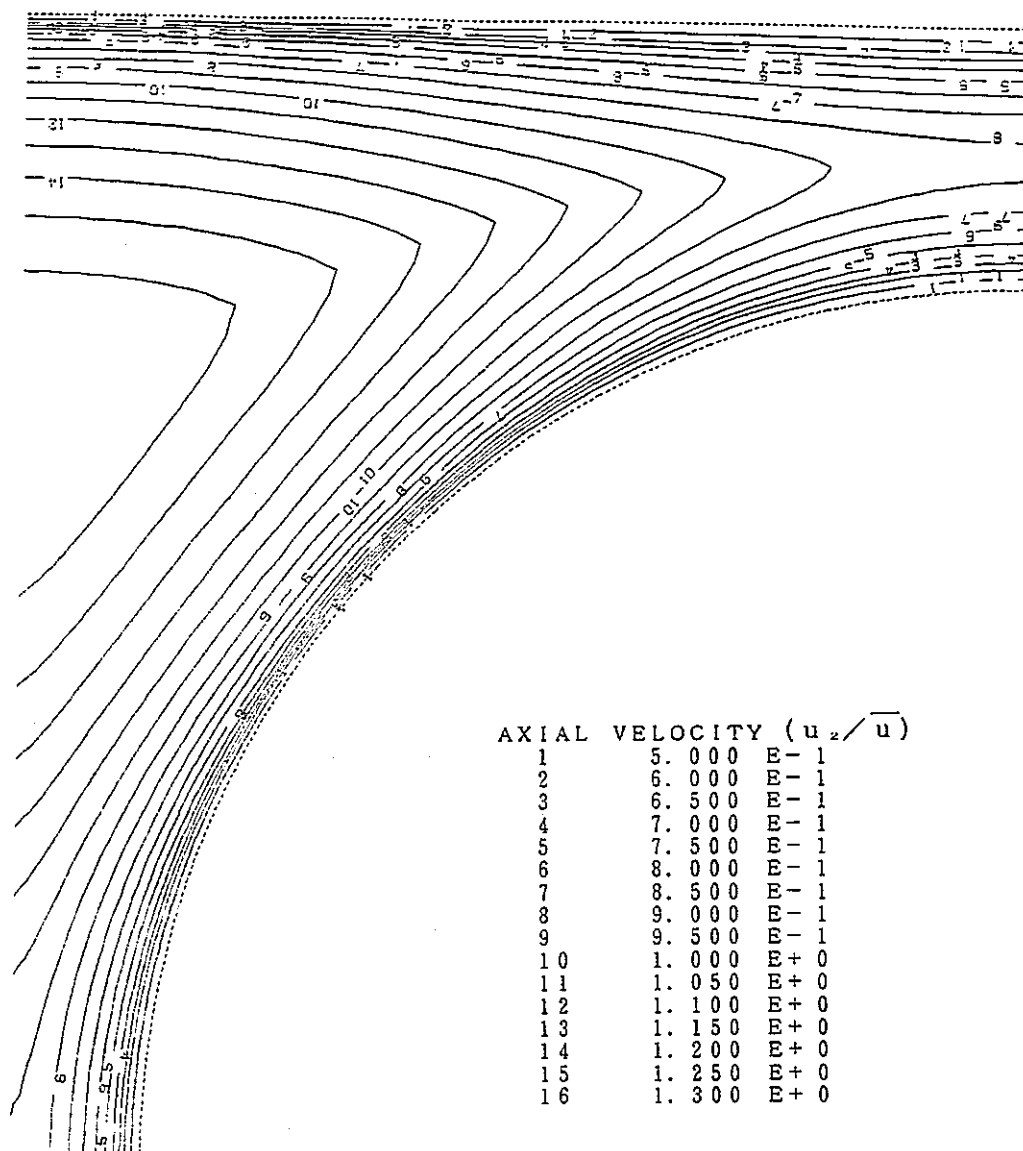


Fig. 3.13 Contour map of relative axial velocity in symmetric geometry

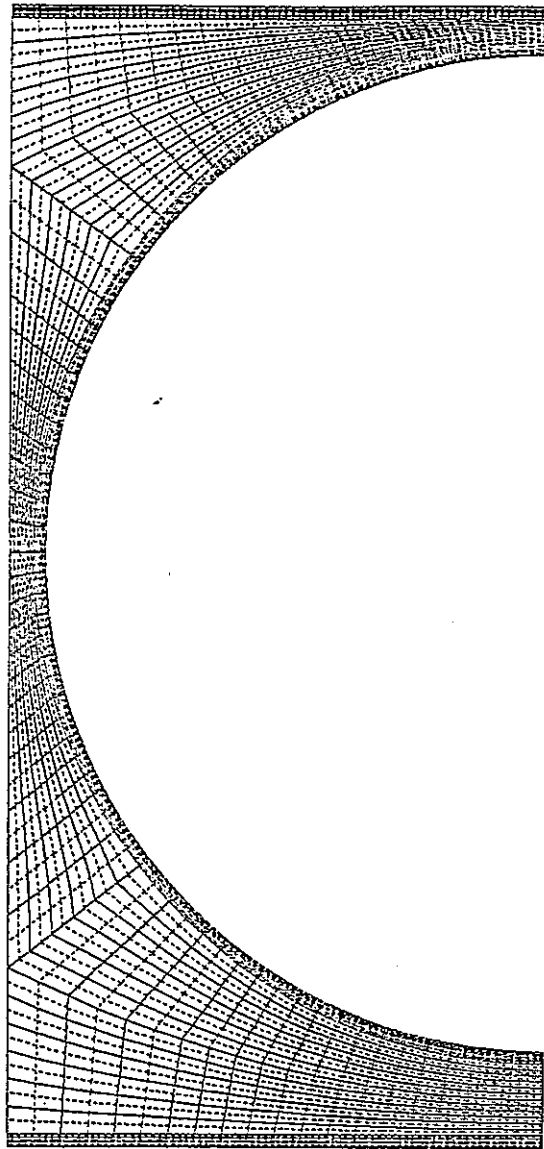


Fig. 3.14 Mesh scheme of analysis domain in asymmetric geometry

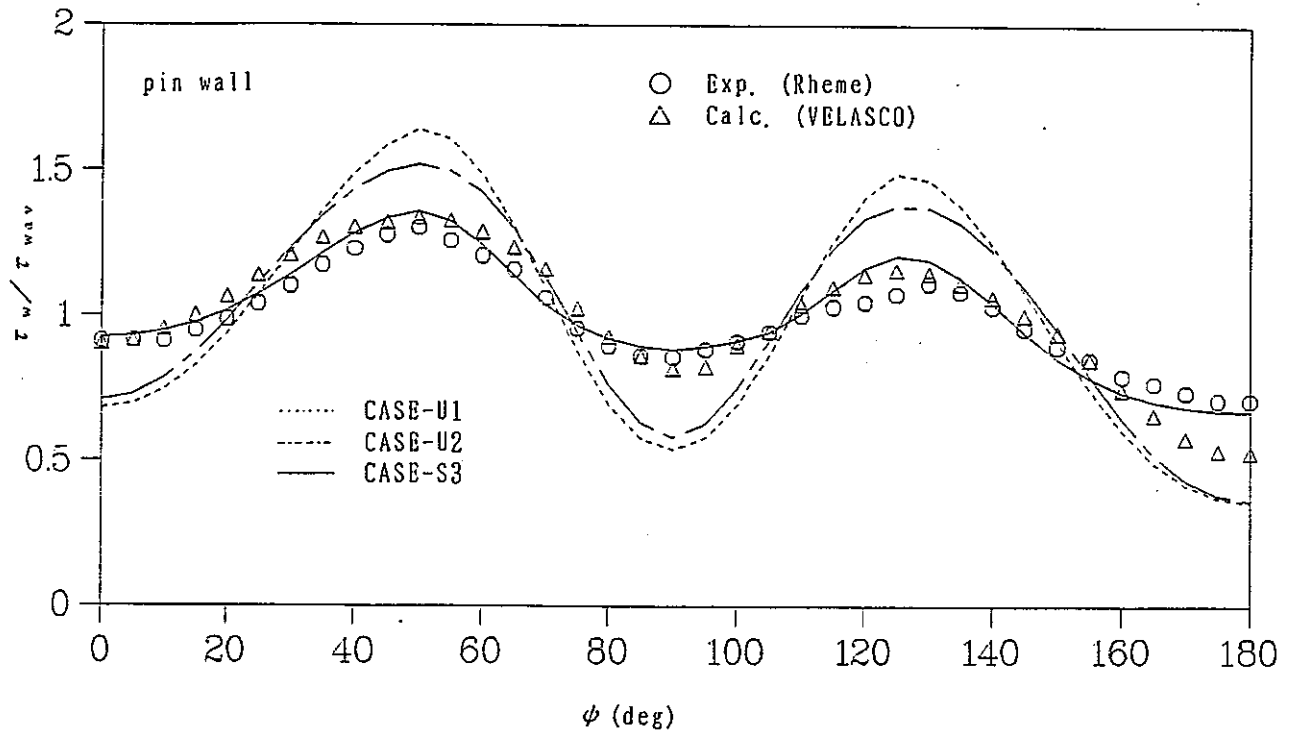


Fig. 3.15 Wall shear stress distribution in asymmetric geometry(pin wall)

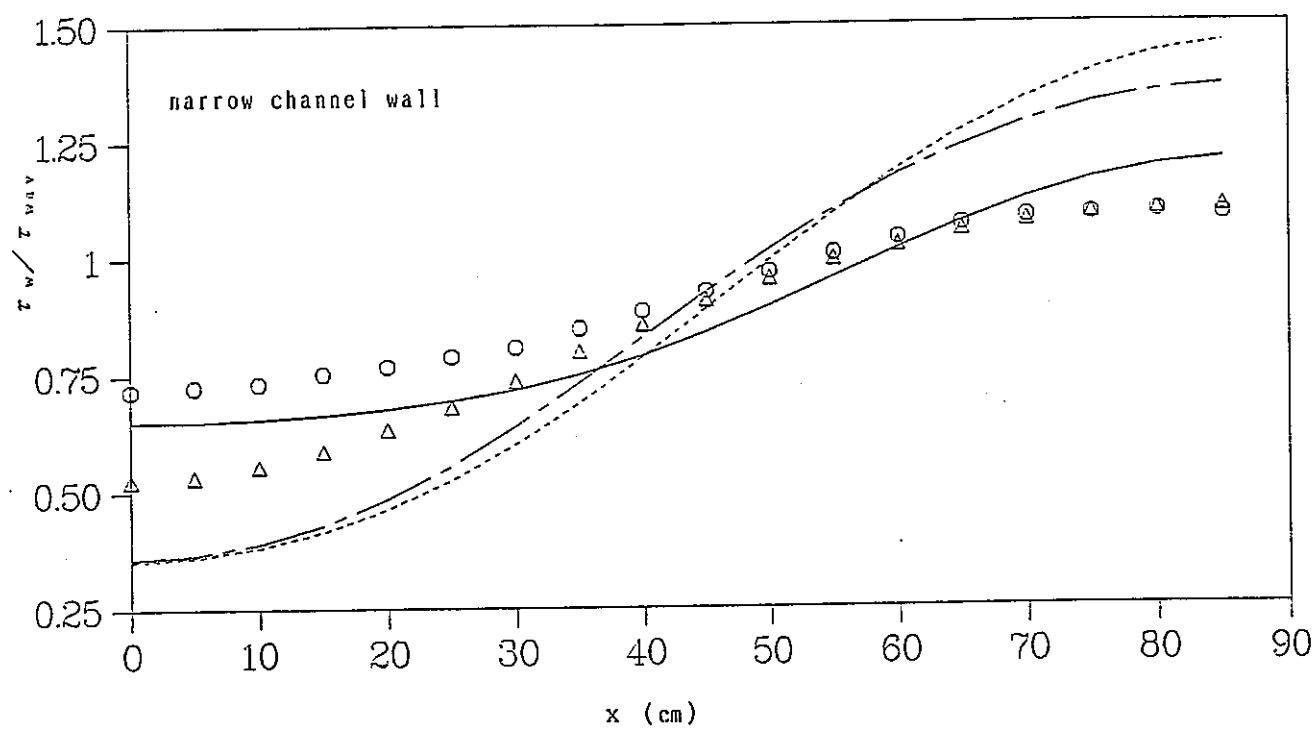
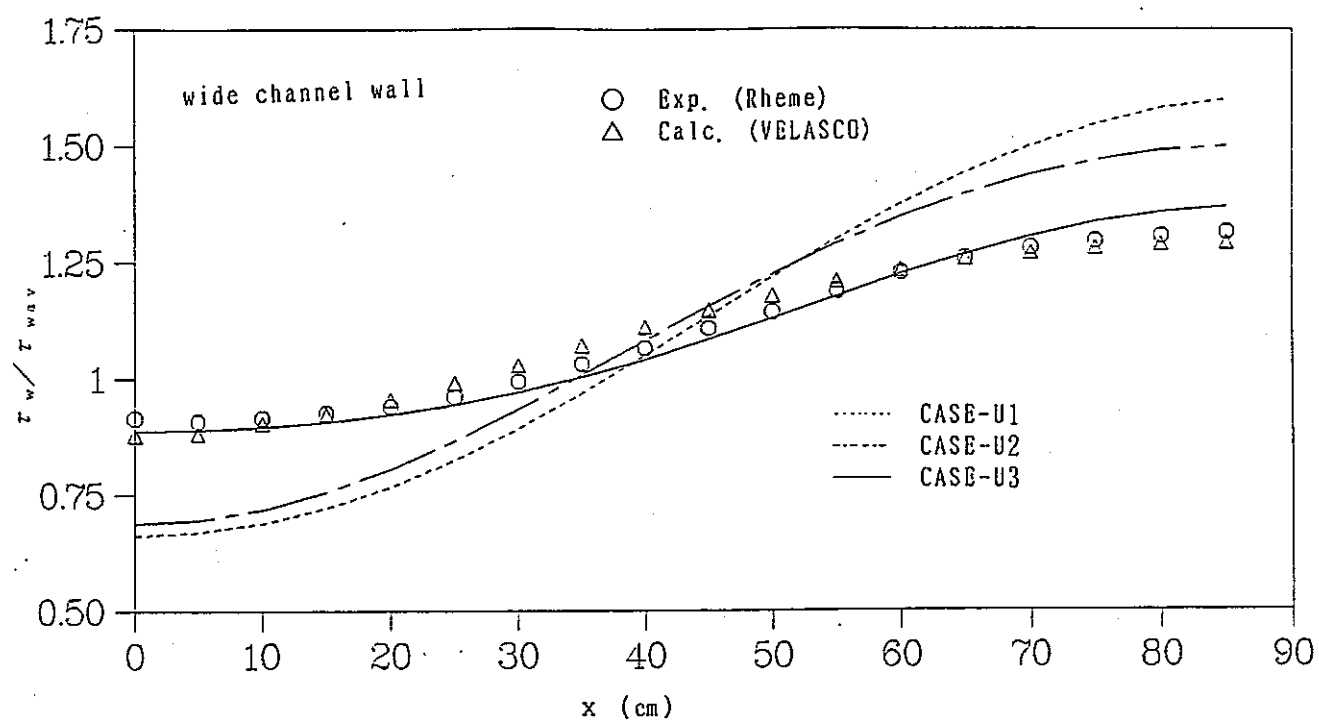


Fig. 3.16 Wall shear stress distribution in asymmetric geometry(channel wall)

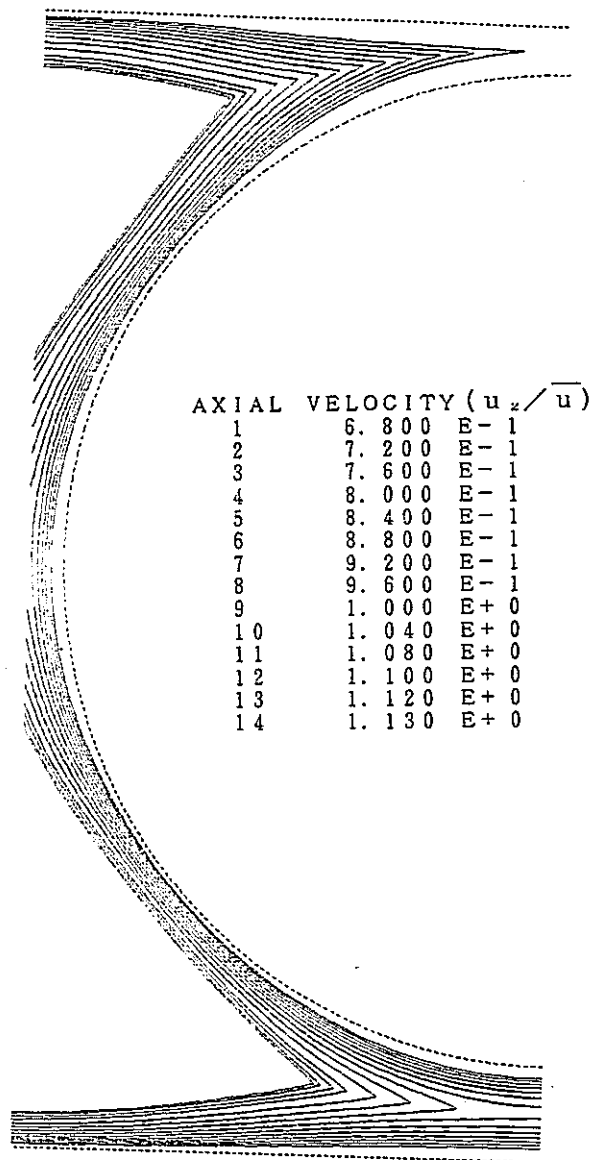


Fig. 3.17 Contour map of relative axial velocity in asymmetric geometry

4. 3次元無限ピン配列体系への乱流解析機能の追加と試計算

解析体系タイプ7に半経験式に基づく乱流モデルを組み込む。

4.1 乱流基礎式の離散化

乱流計算の基礎式 (2.26) ~ (2.28) は定常問題では,

$$\rho u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial P}{\partial x_i} - \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \rho \varepsilon_{mjk} \frac{\partial u_i}{\partial x_k} + \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right\} - \rho g_i = 0 \quad (4.1)$$

$$\frac{\partial u_j}{\partial x_j} = 0 \quad (4.2)$$

$$\gamma C_p u_j \frac{\partial T}{\partial x_j} - \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \gamma C_p \varepsilon_{Tjk} \frac{\partial T}{\partial x_k} + \lambda \frac{\partial T}{\partial x_j} \right\} - Q = 0 \quad (4.3)$$

と書き表わすことができる。流速, 圧力, 温度を形状関数を使って次のように近似する。

$$\left. \begin{aligned} u_i &= \phi_i \cdot u_i^f \\ P &= \Psi_m \cdot P^m \\ T &= \phi_m \cdot T^m \end{aligned} \right\} \quad (4.4)$$

流速, 温度は27節点双2次要素の形状関数, 圧力は8節点双1次要素の形状関数を使用する。

(4.1) ~ (4.3) 式に重み関数 ω を掛けて, ガラーキン法の定式化に従って有限要素内の荷重残差積分をとり, 零と置く。

$$\int_V \omega \left\{ \rho u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial P}{\partial x_i} - \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\rho \varepsilon_{mjk} \frac{\partial u_i}{\partial x_k} + \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] - \rho g_i \right\} dV = 0 \quad (4.5)$$

$$\int_V \omega \frac{\partial u_j}{\partial x_j} dV = 0 \quad (4.6)$$

$$\int_V \omega \left\{ \tau C_p u_j \frac{\partial T}{\partial x_j} - \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\tau C_p \varepsilon_{Tjk} \frac{\partial T}{\partial x_k} + \lambda \frac{\partial T}{\partial x_j} \right] - Q \right\} dv = 0 \quad (4.7)$$

(4.5) ~ (4.6) 式の粘性項および伝導項 (2 階微係数) を Green の定理を用いて 1 階微係数に変える弱定式化の操作を行い (4.4) の近似式を代入して整理すると,

$$\begin{aligned} \rho < \omega_L \phi_\varepsilon \frac{\partial \phi_n}{\partial x_j} > u_j^f u_n^f + < \omega_L \frac{\partial \Psi_m}{\partial x} > P^m - \rho g_x < \omega_L > \\ + \mu \left\{ < \frac{\partial \omega_L}{\partial x_j} \frac{\partial \phi_\varepsilon}{\partial x_j} > u_n^f + < \frac{\partial \omega_L}{\partial x_j} \frac{\partial \phi_\varepsilon}{\partial x} > u_j^f \right\} = 0 \end{aligned} \quad (4.8)$$

$$\begin{aligned} \rho < \omega_L \phi_\varepsilon \frac{\partial \phi_n}{\partial x_j} > u_j^f u_y^f + < \omega_L \frac{\partial \Psi_m}{\partial y} > P^m - \rho g_y < \omega_L > \\ + \mu \left\{ < \frac{\partial \omega_L}{\partial x_j} \frac{\partial \phi_\varepsilon}{\partial x_j} > u_y^f + < \frac{\partial \omega_L}{\partial x_j} \frac{\partial \phi_\varepsilon}{\partial x} > u_j^f \right\} = 0 \end{aligned} \quad (4.9)$$

$$\begin{aligned} \rho < \omega_L \phi_\varepsilon \frac{\partial \phi_n}{\partial x_j} > u_j^f u_z^f + < \omega_L \frac{\partial \Psi_m}{\partial z} > P^m - \rho g_z < \omega_L > \\ + \mu \left\{ < \frac{\partial \omega_L}{\partial x_j} \frac{\partial \phi_\varepsilon}{\partial x_j} > u_z^f + < \frac{\partial \omega_L}{\partial x_j} \frac{\partial \phi_\varepsilon}{\partial z} > u_j^f \right\} \\ + \rho \left\{ < \frac{\partial \omega_L}{\partial x} \phi_n \frac{\partial \phi_\varepsilon}{\partial x} > \varepsilon_{mx}^{zn} + < \frac{\partial \omega_L}{\partial y} \phi_n \frac{\partial \phi_\varepsilon}{\partial y} > \varepsilon_{ny}^{zn} \right. \\ \left. + \left[< \frac{\partial \omega_L}{\partial x} \phi_n \frac{\partial \phi_\varepsilon}{\partial y} > + < \frac{\partial \omega_L}{\partial y} \phi_n \frac{\partial \phi_\varepsilon}{\partial x} > \right] \right. \\ \left. \varepsilon_{ny}^{zn} \right\} u_z^f = 0 \end{aligned} \quad (4.10)$$

$$< \omega_L \frac{\partial \phi_\varepsilon}{\partial x_j} > u_j^f = 0 \quad (4.11)$$

$$\begin{aligned}
& \gamma C_p \langle \omega_L \phi_e \frac{\partial \phi_n}{\partial x_j} \rangle u_j T^n - Q \langle \omega_L \rangle + \lambda \langle \frac{\partial \omega_L}{\partial x_j} \frac{\partial \phi_n}{\partial x_j} \rangle \\
& T^n + \gamma C_p \left\{ \langle \frac{\partial \omega_L}{\partial x} \phi_e \frac{\partial \phi_n}{\partial x} \rangle \varepsilon_{xx} + \langle \frac{\partial \omega_L}{\partial y} \phi_e \frac{\partial \phi_n}{\partial y} \rangle \right. \\
& \left. \varepsilon_{yy} + [\langle \frac{\partial \omega_L}{\partial x} \phi_e \frac{\partial \phi_n}{\partial y} \rangle + \langle \frac{\partial \omega_L}{\partial y} \phi_e \frac{\partial \phi_n}{\partial x} \rangle] \varepsilon_{xy} \right\} \\
& T^n = 0 \tag{4.12}
\end{aligned}$$

なる離散化式が得られる。ここで ε_n 、 ε_T については、(2.30)の成分のみ残した。

乱流計算では、軸方向運動量保存式(4.10)とエネルギー保存式の係数行列に新しい項が加算される。

以上の定式化において形状関数、ガラーキン法等については、文献〔6〕に詳述してある。

4.2 乱流解析プログラムの追加・修正

4.2.1 プロセッサ関連

タイプ7無限ピン体系に乱流解析機能を組み込む為、乱流計算に必要な形状データを要素データファイルに追加する処理機能を追加した。修正追加した主要ルーチンとその機能を以下に示す。

EGEN7X：有限要素分割の制御を行う。処理制御の修正を行った。

CURV7X：曲線座標系による内部節点座標決定の為のラプラス方程式の境界条件の設定、節点番号付け、熱流動計算の境界条件の指定を行う。
壁面近傍に等間隔詳細メッシュを付加する機能を追加。

EDIT7X：要素特性データの編集と要素データファイル作成の制御。乱流解析に必要なデータ形式に要素データファイルの形式を変更。詳しくはAppendix B 参照。

ELM3DX：要素特性データを要素データファイルに書き込む。

節点の局所座標の設定および乱流計算関係のフラグを設定。詳しくはAppendix B 参照。

Y H A T 7 X : $\hat{y}$ の計算および要素データファイルへの書き込み。

4.2.2 ソルバー関連

追加, 修正したルーチンとその機能を以下に示す。

H E A D 7 Z : 3次元乱流計算の制御を行う。乱流渦拡散係数再評価を行う

outer iteration および非線形基礎方程式を解く

inner iteration の制御を行う。

E D D Y C Z : sub. EDDYTZのadjustable dimensionの制御。

E D D Y T Z : 乱流諸量の内挿計算, 座標変換を行う。

T B C L 7 Z : 非線形乱流基礎方程式 (4.8) ~ (4.12) の解法の制御を行う。

E N F 2 7 S : Newton Raphson法による運動量方程式の要素係数行列方程式を作成する。乱流項を追加。

E N T 2 7 S : Newton Raphson法によるエネルギー方程式の要素係数行列方程式を作成する。乱流項を追加。

E N M 2 7 S : Newton Raphson法による運動量/エネルギー方程式の要素係数行列方程式を作成する。乱流項を追加。

E R C K 7 2 : 乱流反復計算の収束判定を行う。

E D D Y P R : sub. EDDYPZのadjustable dimensionの制御。

E D D Y P Z : 乱流諸量の編集とプリント出力。

F I N T R P : 線形内挿ルーチン (乱流諸量の内挿計算を行う。)

乱流計算時の非線形解法は, Newton Raphson法とした。層流計算オプションを指定した時は, 指定した反復計算法に従ってHEADNR, HEADPI等のルーチンで計算の制御が行われる。

4.3 試計算結果

半試験式に基づく乱流モデルを使用した3次元流動試計算を実施した。

4.3.1 試計算体系と計算条件

計算体系は, Fig. 4.1 に示したワイヤー無し無限ピン束体系であり, 計算時間の都合で軸方向2メッシュを使用した。境界条件は十分発達した乱流場を模擬するため出

入口圧力境界条件とし、入口流速分布には条件を課さないようにした。ピン径等の形状は、もんじゅ相当とした。

計算メッシュは、径方向に 8 分割、周方向 24 分割とした。

計算手順は、出入口圧力差を順次増加させるやり方で、リスタート計算を繰り返し、 Re 数を増加させるようにした。

4.3.2 試計算結果

乱流非線形の反復計算 (outer iteration) は、全般的に安定性が悪く、出入口圧力差 ΔP を急激に増加させると発散する傾向を示した。従って、試計算は ΔP を小刻みに増加させることにした (但し、リスタート計算の回数が増え計算の効率は悪くなる)。試計算の最高到達 Re 数は、4613 であった。この時の各反復計算の収束誤差は -5 乗以下であった。その後のリスタート計算では収束解が得られなかった。このケースの反復計算の収束状況を Fig. 4.2 に示す。ここで inner iteration は対流非線形の反復計算であり、Newton Raphson 法を使用している。誤差データは、軸方向流速解に対する連続した反復計算結果の間の最大節点解誤差を表わす。outer iteration の誤差データは、乱流渦拡散係数再評価後の inner iteration 収束解と前回の同収束解の間の最大節点解誤差である。outer iteration の 3 回までは収束傾向を示しており inner iteration の収束性も良好である。4 回目の inner iteration はほとんど収束していないがその後 7 回目の outer iteration までは収束性は改善されている。しかし、8 回目以降収束性が悪化し、12 回から発散傾向を示す。

Re 数 = 4613 のケースにおける主流流速の径方向分布と対数則分布を Fig. 4.3 に示す。方向は、0 度方向すなわちサブチャンネルの中心方向である。

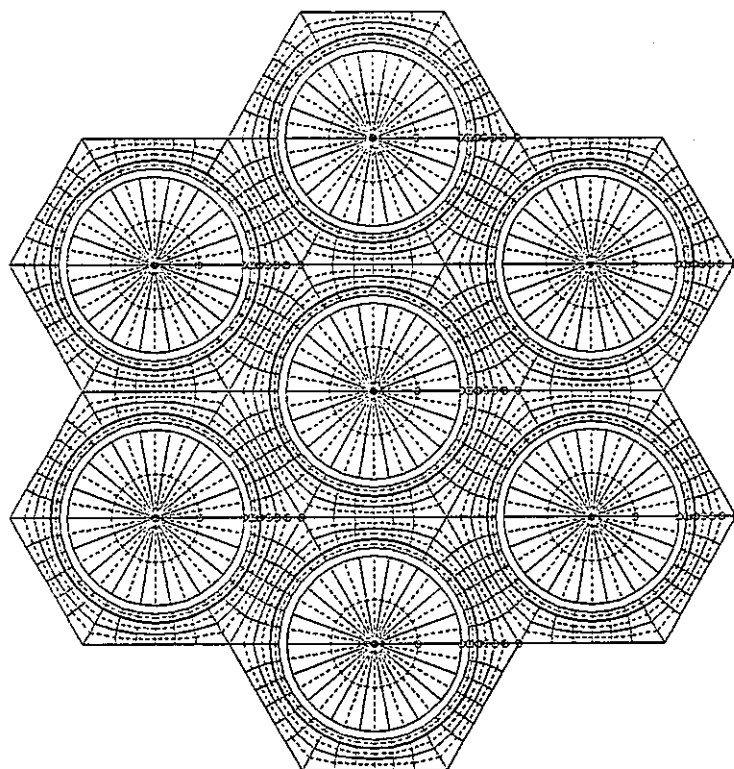


Fig. 4.1 Mesh scheme of test calculation in infinite pin arrangement

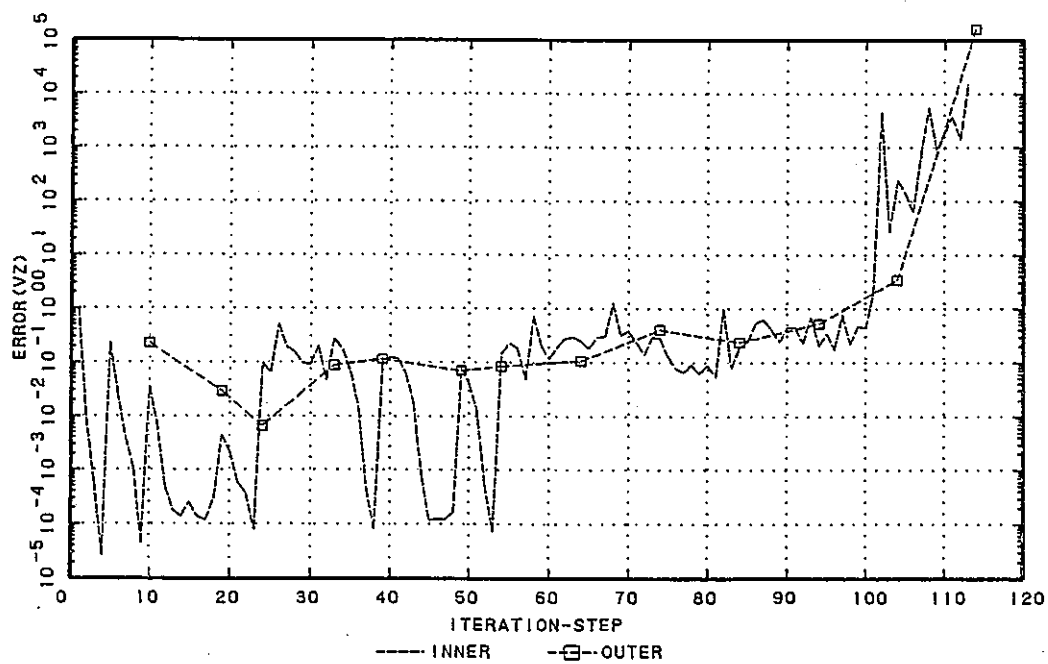
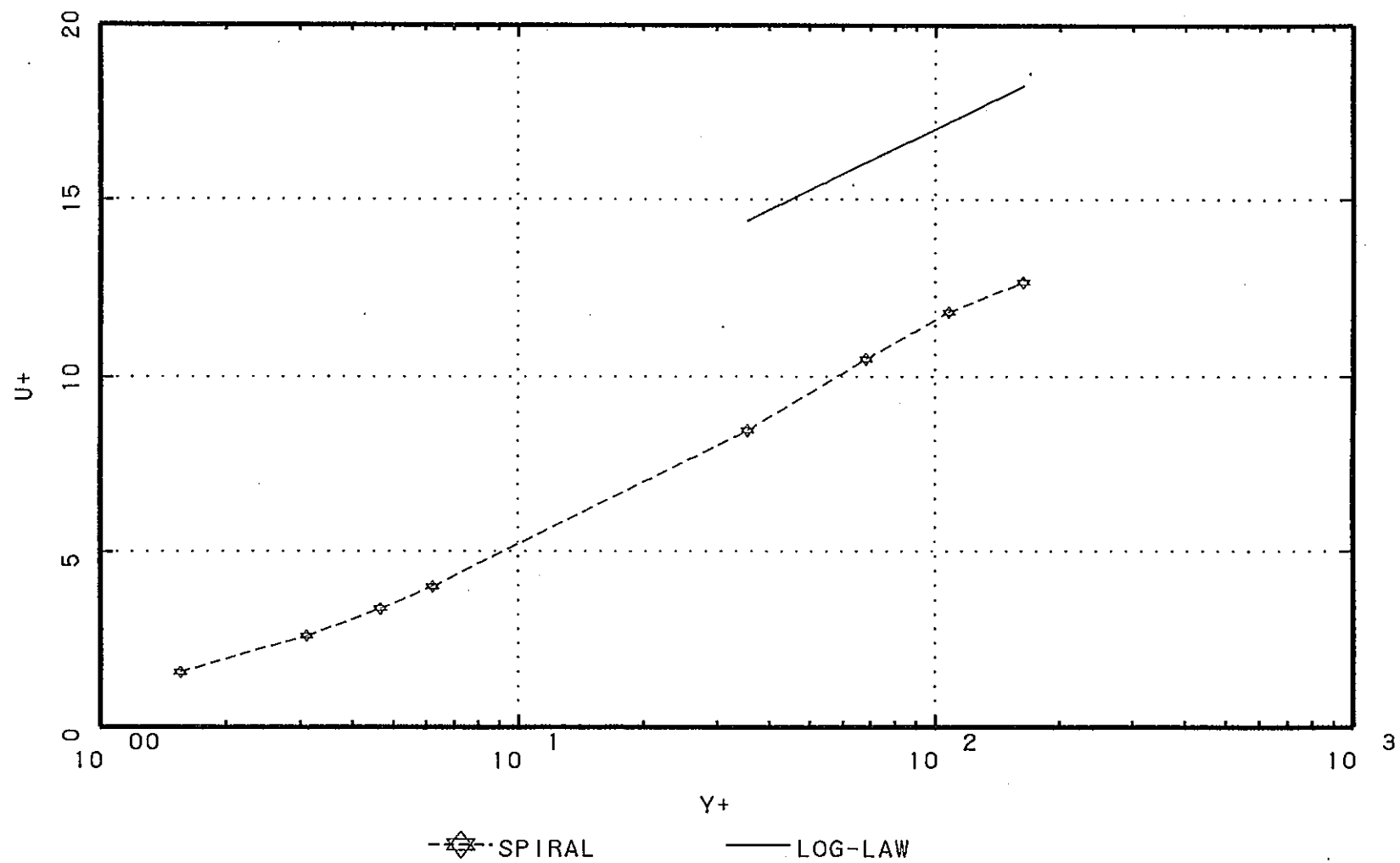


Fig. 4.2 発散ケースの反復計算の状況

Fig. 4.3 径方向主流流速分布 ($\theta = 0^\circ$, $Re = 4613$)

5. 温度計算時のラップ管外面境界条件取扱い機能 の追加と試計算

ラップ管外面における分布形温度境界条件と分布形熱流速境界条件を与える為の処理機能を追加する。

5.1 ディリクレ、ノイマン型境界条件の取扱いと定式化

構造材の熱伝導方程式は

$$-\frac{\partial}{\partial x_j} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x_j} \right) - Q = 0 \quad (5.1)$$

で表わされる。

熱伝導方程式をガラーキン有限要素法で離散化する。温度を

$$T = \Sigma \phi_e \cdot T^e \quad (5.2)$$

で内挿し、弱定式化の操作を行って荷重残差積分式から離散化式を導出する。 ϕ_e は27節点双2次要素の形状関数である。

$$\begin{aligned} \lambda \left\{ \int_V \frac{\partial \omega_L}{\partial x_j} \frac{\partial \phi_e}{\partial x_j} dV \right\} T^e - Q \int_V \omega_L dV \\ - \int_S \omega_L \left\{ \lambda \frac{\partial T}{\partial x_j} \right\} n_j dS = 0 \end{aligned} \quad (5.3)$$

ラップ管外側境界で熱流速 q_0 ($q_0 > 0$ は熱のもれを表わす) を境界条件として扱う問題はノイマン型境界条件と呼ばれ1次微係数を境界条件とする。有限要素法では、境界熱流速は(5.3)式の面積分項で表わされ、数値計算上はソース項として扱う。

$$\lambda \left\{ \int_V \frac{\partial \omega_L}{\partial x_j} \frac{\partial \phi_e}{\partial x_j} dV \right\} T^e = Q \int_V \omega_L dV - \int_S \omega_L q_0 dS \quad (5.4)$$

行列表示をすれば

$$\{A\} \{T\} = \{Q - q_0\} \quad (5.5)$$

の形式で表わされる。 $\{A\}$ は係数行列, $\{T\}$, $\{Q - q_0\}$ は各々, 温度ベクトル, ソースベクトルである。

次にラッパ管外面境界で温度 T_0 を境界条件として扱う問題はディリクレ型境界条件と呼ばれ、温度変数を境界で固定する。(5.5)式の行列解法時に条件が処理される。

5.1.1 面積分処理

(5.4)式の面積分項の求め方について説明する。スカラー量の面積分なので面の方向性は考えなくともよいが、実面積を正確に評価する必要がある。3次元体系中での2次元面を下の内挿関数で定義する。

$$x_i = \phi_\ell(\xi, \eta) x_i^f \quad (i = 1, 2, 3) \quad (5.6)$$

ここで $\phi_\ell(\xi, \eta)$ は9節点双2次四角形要素の形状関数を使う。 ℓ は3次元27節点要素の一境界面を構成する9つの節点に対応する。アイソパラメトリック要素の変換と同様な変換を行う。ここでは、変換空間 (ξ, η, ζ) 内で $\partial\phi/\partial\zeta = 0$ であるから、ヤコビアン行列は

$$\{J\} = \begin{Bmatrix} \partial x / \partial \xi & \partial y / \partial \xi & \partial z / \partial \xi \\ \partial x / \partial \eta & \partial y / \partial \eta & \partial z / \partial \eta \\ 0 & 0 & 0 \end{Bmatrix} \quad (5.7)$$

となり、この随伴行列 $\beta^{\nu\lambda}$ は、

$$\{\beta^{\nu\lambda}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 & \partial y / \partial \xi \cdot \partial z / \partial \eta - \partial y / \partial \eta \cdot \partial z / \partial \xi \\ 0 & 0 & \partial x / \partial \xi \cdot \partial z / \partial \eta - \partial x / \partial \eta \cdot \partial z / \partial \xi \\ 0 & 0 & \partial x / \partial \xi \cdot \partial y / \partial \eta - \partial x / \partial \eta \cdot \partial y / \partial \xi \end{Bmatrix} \quad (5.8)$$

と書ける。したがって面積分は、

$$\int_S \omega_L q_0 \, ds = \int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} \omega_L q_0 \sqrt{\beta^{\nu\kappa} \beta^{\nu\kappa}} \, d\xi \, d\eta \quad (5.9)$$

と表わされる。

5.2 境界条件処理

5.2.1 プリプロセッサ関連

ラッパ管外面の境界条件として温度分布又は熱流速分布はプリプロセッサの入力として与える。これらのデータはサブルーチンWRAPBDで内挿処理され、要素データファ

イルに書き込まれる。

また、同ルーチン内で入力分布確認用の等高線図による分布作画処理を行う。この機能はタイプ6解析体系で使用が可能である。

5.2.2 ソルバー関連

境界条件を付加して熱流動計算を行う為の処理機能を以下のサブルーチンに追加又はサブルーチンを新設した。

Sub. SETBDC	:	境界条件の設定
Sub. HEADPI, HEADNR	:	計算制御
Sub. EPC27B, ENC27B	:	ソースベクトルに熱流速を加算する。

5.3 試計算結果

ラップ管外面境界条件のテスト計算を実施した。

5.3.1 試計算体系と計算条件

温度境界条件に対する試計算体系を、Fig. 5.1に示す。図中には軸方向3断面の要素分割図を示した。また、熱流速境界条件に対する試計算体系を、Fig. 5.2に示す。ピン形状は、もんじゅ相当とした。試計算は以下の2ケース実施した。

ケース1：ラップ管外面に一様温度分布を与え、温度計算オプションを指定して、体系内に一様温度場が形成されるか確認する。冷却材入口には同一の一様温度場を境界条件として与え、他の面は断熱とした。

ケース2：ラップ管外面に一様熱流速分布を与え、径方向ラップ管内温度分布を、一次元熱伝導解析解と比較する。ラップ管内面は、一様温度境界条件を与え、他の面は断熱とした。

5.3.2 試計算結果

物性値は、一定値を入力し線形問題として扱った。計算オプションはPicard反復オプションを使用した。線形問題のため解は一回の反復で得られた。

ケース1：体系内温度分布は、一様分布となりラップ管外面温度境界条件が正しく設定されていることを確認した。

ケース2：ラップ管は、スラブ体系ではないのでコーナーでは一次元解析解とはず

れた分布を与えるが、側面の中央部はスラブ体系で近似できる。結果は、与えた熱流速値に応じた径方向温度勾配を持つ分布が得られ、ラッパ管外面熱流速境界条件が正しく設定されていることを確認した。

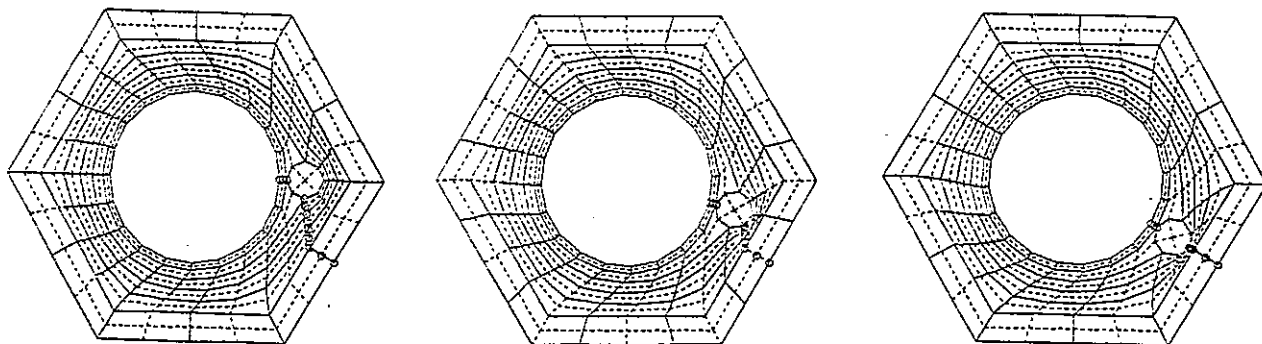


Fig. 5.1 Mesh scheme of test calculation in single pin bundle geometry

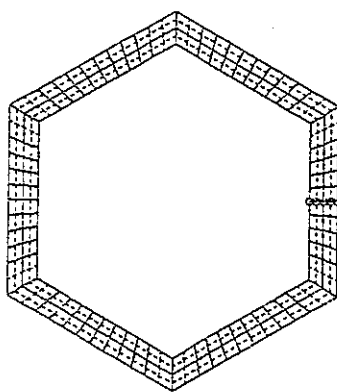


Fig. 5.2 Mesh scheme of test calculation in wrapper tube

6. まとめ

実験解析結果と試計算結果を以下にまとめる。

6.1 K f K 乱流実験解析

対称形状及び非対称形状体系について、SPOTBOWコードの乱流渦拡散係数相関式及びVELASCO-BSコードの相関式を使って解析計算を行なった。この結果、十分蓄積した実験データに基づくVELASCO-BSコードの相関式を使用したほうが、非等方性が流路内で大きく変わらないSPOTBOWの相関式より非等方乱流場をより良く予測することができた。特に、壁面相対剪断応力分布のギャップ近傍での分布形予測は他の相関式より優れていることを確認した。3次元無限ピン束体系の乱流渦拡散係数としては、この相関式を使用することにした。

6.2 3次元無限ピン束体系乱流試計算結果

軸方向ワイヤー1ピッチに相当する3次元体系の計算は、VP100計算機でも高Re数までリスタート計算を繰り返すのには、数10時間のcpuが掛かるため、軸方向3断面(2分割)の体系で試計算を実施した。

最高Re数は4613であった。解が発散するケースの反復計算の各ステップの相対収束誤差の推移について調べた。この結果、反復計算の初めから発散傾向を示すのではなく、発散傾向は反復計算の途中から現われることがわかった。この計算では、クロスフロー成分は主流に比べ極めて小さいためクロスフローの変動成分同志の相関(レイノルズ応力)は考慮していないが、これが原因とは考えにくい。6.1の2次元解析ではRe数が10万以上まで計算可能であり、3次元計算との相違はメッシュ分割の違いだけである。メッシュ分割は2次元計算に比べてまだまだ粗いが、より詳細な分割をするためには、コア容量、ディスク容量および計算速度がけた違いに優れたスーパー計算機が必要になる。

現時点で可能な対応としては、メッシュ分割の粗さが主原因であることの確認のためより単純な3次元体系(円柱体系対称セクター)でのテスト計算を実施し、確認した場合には粗メッシュでも安定な数値計算法を検討する必要がある。その一つとして風上化

有限要素法（ペトロフガラーキン法）の導入による運動量方程式の安定化が考えられる。

6.3 3次元ピン束体系ラッパ管外面境界条件処理の試計算結果

温度境界条件並びに熱流速境界条件について正しく処理されていることを確認した。

参考文献

- [1] K. Rehme, "Structure of turbulence in a wall subchannel of a rod bundle in three axial planes down-stream of the entrance" 5th IAHR International Specialists Meeting on Liquid Metals Thermal-Hydraulics, Grenoble, June 23-26, 1986
- [2] K. Rehme, "Distribution of velocity and turbulence in a parallel flow along an asymmetric rod bundle" Nuclear Technology vol.59, Oct. 1982
- [3] W. Zeggel, N. Neelen, "Validation of a wall parallel eddy viscosity formulation" 5th IAHR International Specialists Meeting on Liquid Metals Thermal-Hydraulics, Grenoble, June 23-26, 1986
- [4] T. Shimizu, et al., "Development of a detailed thermal and hydraulic analysis code for fuel pin bundles under irradiation (Ⅲ)", PNC SJ201 83-04(1), March, 1983
- [5] T. Shimizu et al., "Development of a three-dimensional detailed thermal-hydraulic analysis code SPIRAL based on the finite element method for LMFBR fuel subassemblies (I)", PNC SN941 85-105, July 1985
- [6] T. Shimizu et al., "Development of a three-dimensional detailed thermal-hydraulic analysis code SPIRAL based on the finite element method for LMFBR fuel subassemblies (II)", PNC N9410 86-097, Aug. 1986
- [7] S. Aoki, Bulletin of Tokyo Inst. Tech. (1963)
- [8] 谷一郎編, "乱流" 丸善 p 92.

APPENDIX A インデックス配列 IOP (100) の内容 (その1)

番地	内 容
1	解析体系タイプ番号
2	解析体系の次元数
3	局所領域総数 (プリント出力用)
4	要素データファイルに格納されている有限要素総数
5	要素データファイルに格納されている有限要素の最大節点番号
6	使用する形状関数の次数 (= 2 に固定)
7	要素データファイルに格納されている有限要素の境界面総数
8	曲線座標決定反復計算の最大反復回数
9	曲線座標決定反復計算の反復回数カウンター
10	PRE-PROCESSERの入力オプション (要素データファイル入力オプション) = 0 : 要素データファイルを新規に作成する。 ≠ 0 : IOP(11)~IOP(15)で指定したデータのみ入力用要素データファイルからコピーする。
11	節点座標値
12	節点境界条件
13	解
14	物性値
15	要素体積発熱密度
16	2次元体系解析用座標系 = 1 : X-Y座標系 = 2 : R-Z座標系 (R=>X , Z=>Y)
17	ワイヤーピッチ数
18	解析体系タイプ2の分割オプション = 0 : 等メッシュ分割 ≠ 0 : 不等メッシュ分割
19	実行時のコアメモリーの1語当りのバイト数 REAL*4 : 4 REAL*8 : 8
20	PRE-PROCESSER に於けるNF4ファイルのOPEN/CLOSEフラッグ
21	PRE-PROCESSER に於けるCLASS-1データ入力フラッグ
22	PRE-PROCESSER に於けるCLASS-2データ入力フラッグ
23	PRE-PROCESSER に於けるCLASS-3データ入力フラッグ
24	PRE-PROCESSER に於けるCLASS-4データ入力フラッグ
25	PRE-PROCESSER に於けるCLASS-5データ入力フラッグ
26	PRE-PROCESSER に於けるCLASS-6データ入力フラッグ
27	PRE-PROCESSER に於けるCLASS-7データ入力フラッグ
28	PRE-PROCESSER に於けるCLASS-8データ入力フラッグ
29	PRE-PROCESSER に於けるCLASS-9データ入力フラッグ
30	PRE-PROCESSER に於けるCLASS-10データ入力フラッグ
31	PRE-PROCESSER に於けるCLASS-11データ入力フラッグ
32	PRE-PROCESSER に於けるCLASS-12データ入力フラッグ
33	PRE-PROCESSER に於けるCLASS-13データ入力フラッグ
34	PRE-PROCESSER に於けるCLASS-14データ入力フラッグ
35	PRE-PROCESSER に於けるCLASS-15データ入力フラッグ
36	実行時の要素データファイル (NF4) のバッファ長 (DEFAULT = 10000)
37	実行時の要素データファイル (NF4) の記録長 (DEFAULT = 20000)
38	実行時の要素データファイル (NF4) の記録数 IOP(38) = IOP(36)*IOP(19)/IOP(37)
39	要素データファイル番号 (DEFAULT = 4)

インデックス配列 I O P (100) の内容 (その2)

番地	内 容
40	SOLVER熱流動計算オプション = 1 : 流動計算のみ = 2 : 温度計算のみ (流速データは要素データファイル内のデータが使用される。) = 3 : 流動・温度結合計算
41	要素I方向 (ξ座標) 数値積分点数
42	要素J方向 (η座標) 数値積分点数
43	要素K方向 (ζ座標) 数値積分点数
44	K方向メッシュ総数
45	非線形解法選択オプション = 1 : NEWTON RAPHSON METHOD = 2 : PICARD ITERATION METHOD
46	行列解法選択オプション = 1 : WAVE FRONT (I) = 2 : C-G = 3 : IN CORE SOLVER = 4 : WAVE FRONT (II) (3次元解析専用)
47	非線形反復法の最大反復回数
48	非線形反復法の初期値選択オプション = 0 : 零値一様分布 = N : N回のPICARD ITERATIONで得られた分布を初期値とする
49	非線形反復法の収束判定法選択オプション = 0 : 節点解の最大相対収束誤差 ≠ 0 : 節点解の相対収束誤差ベクトルのユークリッドノルム
50	非線形反復法の反復回数カウンター
51	SOLVERに於けるCLASS-1データ入力フラッグ
52	SOLVERに於けるCLASS-2データ入力フラッグ
53	SOLVERに於けるCLASS-3データ入力フラッグ
54	SOLVERに於けるCLASS-4データ入力フラッグ
55	SOLVERに於けるCLASS-5データ入力フラッグ
56	SOLVERに於けるCLASS-6データ入力フラッグ
57	SOLVERに於けるCLASS-7データ入力フラッグ
58	SOLVERに於けるCLASS-8データ入力フラッグ
59	SOLVERに於けるCLASS-9データ入力フラッグ
60	SOLVERに於けるCLASS-10データ入力フラッグ
61	行列反復解法の反復回数決定用データ
62	行列反復解法の収束判定法選択オプション = 0 : 相対収束誤差 ≠ 0 : 方程式残差
63	行列反復解法の反復回数カウンター
64	solverに於けるワークファイルのOPEN/CLOSEフラッグ
65	冷却材動粘形係数 (= 0 : 内蔵式 (Na), ≠ 0 : 入力)
66	冷却材比重量 (= 0 : 内蔵式 (Na), ≠ 0 : 入力)
67	冷却材定圧比熱 (= 0 : 内蔵式 (Na), ≠ 0 : 入力)
68	冷却材熱伝導率 (= 0 : 内蔵式 (Na), ≠ 0 : 入力)
69	構造材熱伝導率 (= 0 : 内蔵式 (SUS), ≠ 0 : 入力)
70	燃料ペレット熱伝導率 (= 0 : 内蔵式 (MOX), ≠ 0 : 入力)
71	燃料ペレット理論密度比 (= 0 : 内蔵式 (無し), ≠ 0 : 入力)
72	ボンド層ギャップコンダクタンス (= 0 : 内蔵式 (無し), ≠ 0 : 入力)

インデックス配列 I O P (100) の内容 (その3)

番地	内 容
73	冷却材体膨張率 (= 0 : 内蔵式 (無し), ≠ 0 : 入力)
74	3次元要素内の数値積分点総数
75	2次元要素内の数値積分点総数
76	3次元要素境界面内の数値積分点総数
77	2次元要素境界面内の数値積分点総数
78	初期値問題に於ける軸方向計算ステップ数
79	初期値問題に於ける計算ステップカウンター
80	PRE-PROCESSERのプリント出力オプション
81	PRE-PROCESSERのプロット出力オプション
82	SOLVER/POST-PROCESSERのプリント出力オプション
83	POST-PROCESSERのプロット出力オプション
84	1次元要素の数値積分点数
85	等高線図作成ルーチン選択オプション = 0 : = 1 : = 2 :
86	SOLVERの解法選択オプション = 1 : 境界値問題 = 2 : 初期値問題 = 3 : 未使用
87	C G法の反復計算収束状況のプリント間隔
88	C G法の最大反復回数補正值 反復回数 = IFRED*IOP(61)+IOP(88) IFRED ... 未知自由度
89	直接解法の誤差補正反復回数
90	乱流計算オプション = 0 : 層流計算 = N : 乱流計算 N = 1 : 渦拡散係数の一様分布入力 N = 2 : 半経験式モデル (ピンバンドル体系用)
91	出入口境界面の条件指定 = 0 : TRACTION FREE (ZERO SHEAR STRESS) ≠ 0 : SHEAR STRESS条件は与えない。
92	ラッパ管外面境界条件 = 0 : 断熱 = 1 : 熱流速指定 = 2 : 温度指定
93	出力ファイルへの局所座標データ追加オプション (K f K実験解析体系で使用)
94	SPACE MARCHINGの反復回数
95	PENALTY METHODに於ける次数低減化積分の積分点数
96	未使用
97	圧力弱定式化オプション = 0 : しない。 ≠ 0 : する。
98	PENALTY METHODオプション = 0 : 使用しない。 ≠ 0 : 使用する。

インデックス配列 I O P (100) の内容 (その4)

番地	内 容
99	SPACE MARCHING解法オプション = 0 : 逐次代入法 ≠ 0 : 直接結合
100	FRONT ADDRESSの取扱い = 0 : FREEDOM WISE ≠ 0 : NODE WISE

APPENDIX B 要素データファイル

要素データファイル (NF10) は, SPIRALコードの各プログラム間のデータ結合を担当するもっとも重要なファイルである。ここでは, この要素データファイルのレコード形式と各レコード内データの内容について説明する。

要素データファイルのレコード形式を以下に示す。

Record NO.	
1	LNGWD, (WKD(I), I=1, LNGWD)
}	}
n	LNGWD, (WKD(I), I=1, LNGWD)
n+1	NND, NCD1, NCD2, NCD3, NKC1
n+2	NND, (LOCALS(I, 1), I=1, NND)
	, ((GEOMTB(J, I, 1), I=1, 3), I=1, NND)
	, ((CLCPN(J, L, 1), J=1, 3), L=1, NCD1)
	, ((CLCWS(J, L, 1), J=1, 3), L=1, NCD2)
	, ((CLXYW(J, L, 1), J=1, 3), L=1, NCD3)
	}
n+NKC1+1	

ここで, 1 ~ n Recordは, 後出の要素特性データファイル (NF 4 : ランダムアクセスファイル) であり, LNGWDはデータブロックのワード数を表わす。

n+1 Record以降はタイプ4の乱流計算用データであり, 以下の意味を持つ。

なお, タイプ7の乱流データは, 前記の要素特性データファイル内に格納されており, n+1 Record以降は持たない。

NND : 各 I - J 断面内の冷却材節点数
 NCD1 : 局所極座標系の総数 (ピン)
 NCD2 : 局所極座標系の総数 (ワイヤ)
 NCD3 : 局所直角座標系の総数
 NKC1 : 軸方向断面の総数

LOCALS(I, K) : K断面内の節点番号 I の節点に対応する局所座標系番号 L と局所座標系の種類を表わす。

====> (N-1)*100+L

N=1: 局所極座標系 (ピン)

N=2: 局所極座標系 (ワイヤ)

N=3: 局所直角座標系

GEOMTB(J, I, K) : K断面内の節点番号 I の節点に対応する局所座標値等のデータ

J=1: ϕ または x 座標値

J=2: y

J=3: $\hat{y}$

CLCPN(J, L, K) : K断面内の局所極座標番号 L の情報

J=1: 原点の x 座標値 (全体座標系)

J=2: 原点の y 座標値 (全体座標系)

J=3: ピンまたはワイヤの半径

CLXYW(J, L, K) : K断面内の局所直角座標番号 L の情報

J=1: 原点の x 座標値 (全体座標系)

J=2: 原点の y 座標値 (全体座標系)

J=3: 局所座標系と全体座標系とのなす角

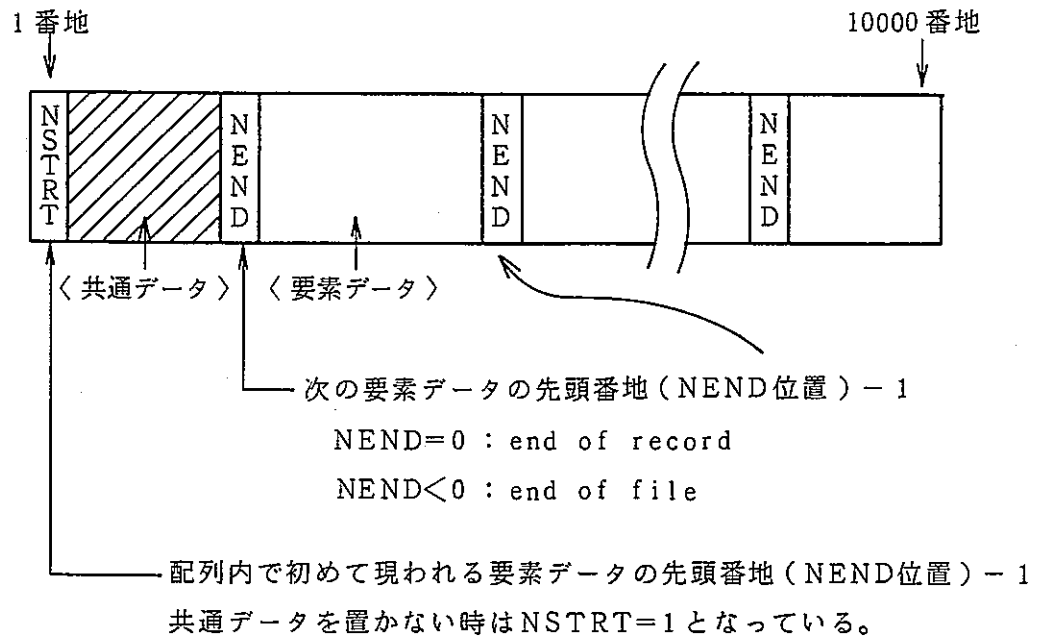
※ これらのデータはタイプ 4 の解析体系に対して作成される。

要素データファイルの書き込みは、サブルーチンの OUTF L, OUTCD, 読み込みは、サブルーチン FLREAD, FLMDFY で行われる。Record 1~n の内容は、実行時には要素特性データファイル (ファイルコード 4, ダイレクトアクセスファイル, 固定長ブロック形式 [F]) にコピーされて使用される。

〈要素特性データファイル〉

デフォルト値として I/O 単位は 20000 バイトを使用している。物理的 I/O 単位としては、10000 語を設定している (Fortran READ/WRITE)。したがって単精度計算では、1 回の読み/書きで 2 記録長、倍精度計算で 4 記録長のアクセスが行われる (1 記録長はデフォルト 20000 バイト)。

物理的 I / O 単位は要素データファイル (NF 10) の配列 W K D に対応する。W K D の構成は以下の



〈共通データ〉 (通常第 1 データブロックの先頭に置かれる)

データ形式を次頁に示す。

〈要素データ〉

有限要素の特性データを全て含む。

データ形式を次頁以降に示す。

共通データ形式（第一データブロック）

データ 番号	データ名	先 頭 番 号 (共通データ内の相対番地)	内 容
1	NSTRT	1	(第一要素データの先頭番号) - 1
2	NDIM	2	解析体系の次元数 (2 または 3)
3	NKCOL1	3	3次元解析体系の軸メッシュ総数
4	NSDM	4	局所領域総数
5	NLCTB(2, 3)	5	乱流計算用データ NLCTB(I, J) I=1 : 局所領域数 I=2 : 内挿テーブル長 J=1 : ピン周辺局所座標系 J=2 : ワイヤ周辺局所座標系 J=3 : ラッパ管周辺局所座標
6	DUMMY(474)	11	予約領域
7	NSDIJ(3, NSDM)	485	局所領域の I, J メッシュ総数と領域結合タイプ 1 ... ID1 2 ... JD1 3 ... 0 : 結合無し 1 : I 方向結合 2 : J 方向結合
8	IOP(100)	3*NSDM+485	インデックス配列
9	NPLOT	3*NSDM+585	プロット図の重ね書き回数指定
10	(X(I), Y(I), I=1, NPLOT)	3*NSDM+586	プロット図の重ね書き位置
11	HD	2*NPLOT+3*NSDM+586	水力等価直径
		IEND=2*NPLOT+3*NSDM+586	

要素データ形式 (その1)

データ 番号	データ名	先 頭 番 号 (共通データ内の相対番地)	内 容
1	NEND	1	(次の要素データの先頭番地) - 1 = 0 : レコード終了 < 0 : ファイル終了
2	NCAL(3)	2	解析対象要素(.NE.0) NCAL(1) : 流速計算 NCAL(2) : 温度計算 NCAL(3) : 結合計算
3	NEQS	5	媒質指定 1 ... COOLANT 2 ... CLADDING 3 ... WIRE 4 ... WRAPPER TUBE 5 ... BOND LAYER 6 ... PELLET (I) 7 ... PELLET (II) 8 ... PELLET (III) 9 ... OTHER STRUCTURE
4	NSBD	6	局所領域番号 (プリント出力用)
5	NPIN	7	燃料ピン番号
6	NELM	8	有限要素タイプ番号 ※SOLVERのSUB. FLMDFY で設定形 状関数選択用データ
7	NODE	9	要素節点数 ※SOLVERのSUB. FLMDFY で設定形 状関数の定義節点数
8	NFRD	10	要素層自由度数 ※SOLVERのSUB. FLMDFY で設定解 析対象によって異なる。
9	NDUM	11	最大要素節点数 2-D 基本要素 : 9節点 3-D 基本要素 : 27節点 3-D 接合要素 : 18節点
10	NFNUM(NDUM)	12	流速計算用節点番号
11	NTNUM(NDUM)	NDUM+12	温度計算用節点番号
12	NDTYP(NDUM)	2*NDUM+12	節点タイプ番号 0 : 境界外節点 8 : ラッパ管内面 1 : 入口境界 9 : ラッパ管外面 2 : 出口境界 10 : ワイヤ・被覆管接 3 : 被覆管外面 触点 4 : 被覆管内面 11 : ワイヤ・被覆管接 5 : ペレット表面 触点 6 : ペレット中心 12 : ラッパ管頂点 7 : ワイヤ-表面
13	IJKTBL(3, NDUM)	3*NDUM+12	節点の I J K 座標
14	XYZTBL(3, NDUM)	6*NDUM+12	節点の X Y Z 座標
15	NSNUM(6)	9*NDUM+12	要素側面番号 (未使用)

要素データ形式 (その2)

データ 番号	データ名	先頭番号 (共通データ内の相対番地)	内 容
16	NLAMI	9*NDUM+18	壁面隣接要素指定 (≠ 0)
17	NINOT	9*NDUM+19	出入口要素指定 (≠ 0)
18	NFLBD	9*NDUM+20	熱流束境界条件指定 (≠ 0)
19	NSFBD	9*NDUM+21	(未使用)
20	NTURB	9*NDUM+22	乱流計算要素指定 (≠ 0)
21	NSTYP (6)	9*NDUM+23	要素境界指定 0 ... 同種媒質と接触 1 ... INLET 2 ... OUTLET 3 ... COOLANT/CLADDING 4 ... BOND LAYER/CLADDING 5 ... BOND LAYER/PELLET 6 ... PELLET 中心 7 ... WIRE/COOLANT 8 ... WRAPPER TUBE/COOLANT 9 ... ラッパ管外面 10 ... WIRE/CLADDING
22	NSBND (6)	9*NDUM+29	面境界条件指定 ※データ番号18が非零の時参照
23	SFBND (6)	9*NDUM+35	面熱流束条件値
24	NDBND (5, NDUM)	9*NDUM+41	節点境界条件 =0 : 自由境界 =N : 境界条件値のデータ番号 =100: 零値境界条件 =200: ラッパ管外面温度条件 ※温度データはデータ番号30の値 が使われる。
25	NPWR	14*NDUM+41	要素体積発熱密度データ番号
26	PFAC	14*NDUM+42	発熱分布相対値
27	PROP (15)	14*NDUM+43	要素物性値データ 1: 密度 ρ G*SEC**2/CM**4 2: 粘性係数 μ G*SEC/CM**2 3: 比熱 C_p τ W*SEC/CM**3/°C 4: 熱伝導率 λ W/CM/°C 5: 体積発熱密度 q''' W/CM**3 6: 体膨張率 β 1/°C 7: 熱伝達率 h_g W/CM**2/°C 8: 渦比 ψ (ND) 9: 比等方パラメータ α (ND) 10: 比重量 γ G/CM**3
28	NFRTB (5, NDUM)	14*NDUM+58	節点自由度番号
29	NEDTB (NDUM)	19*NDUM+58	乱流拡散係数節点番号 ※同一節点でも異なった局所座標 系に属する要素であれば異なっ た番号が与えられる。
30	TMPBD (NDUM)	20*NDUM+58	ラッパ管外面温度境界条件値

要素データ形式 (その3)

データ 番号	データ名	先 頭 番 号 (共通データ内の相対番地)	内 容
31	EDDY (3, NDUM)	21*NDUM+58	運動量乱流拡散係数 1 ... ϵ_{mxx} 2 ... ϵ_{mxy} 3 ... ϵ_{myy}
32	SNEW (5MNDUM)	24*NDUM+58	計算結果 1 ... u_x 2 ... u_y 3 ... u_z 4 ... P 5 ... T
33	NPRTB (NDUM)	29*NDUM+58	圧力指定用節点番号
*** 以下のデータはデータ番号20が非零値 *** [NTURB≠0] の時のみ書き込まれる。			*** ***
34	LOCALS	30*NDUM+58	局所座標指定 = (L1-1)*100+L2 L1 = 1: PIN L1 = 2: WIRE L1 = 3: WRAPPER TUBE L2: 局所領域番号
35	RD	30*NDUM+59	ピンまたはワイヤ半径, あるいは隣 接ピン半径
36	XPHI	30*NDUM+60	局所/全体座標 X 軸のなす角
37	X (3)	30*NDUM+61	局所座標原点 X 座標値
38	Y (3)	30*NDUM+64	局所座標原点 Y 座標値 (X(K), Y(K)) K : 軸メッシュ相対番号
39	GEOMTB (3, NDUM)	30*NDUM+67	節点情報 1 ... ϕ または x 座標値 2 ... y 3 ... ψ
40	NLBNDF (NDUM)	33*NDUM+67	τ_w の計算点指定
41	JND (3)	34*NDUM+67	τ_w の内挿テーブル長 JND(K) K : 軸メッシュ相対番号
IEND=34*NDUM+69			

SPIRALコードの
機能追加および検証

成果報告書

(その2)

昭和63年3月

S P I R A L
ユーザーズマニュアル

S P I R A Lコードの機能追加および検証*

ユーザーズマニュアル

清水武司**

宍戸 啓***

二ノ方 寿****

坪井 靖*****

要 旨

本マニュアルは、F B R燃料集合体内多次元定常熱流動解析コードS P I R A Lの使用マニュアルである。内容は、今年度作業に関する追加入力と従来入力を取りまとめたものである。

* 本研究は株式会社東芝が、動力炉核燃料開発事業団より請け負い、日本原子力事業株式会社が実施した。

** 日本原子力事業株式会社 総合研究部 炉心工学部

*** 検査開発株式会社

**** 動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター 原子炉工学室

***** 株式会社東芝 エネルギー事業本部 原子力事業部 動力炉開発部

目 次

1. はじめに	69
2. TSS/BATCH JOBのJCL	72
2.1 TSS	72
2.2 BATCH	73
3. 入力仕様	76
3.1 有限要素分割 (プリプロセッサ)	81
3.2 熱流動計算 (solver)	114
3.3 図形処理 (post processor)	125
4. 内蔵物性値	129
5. プログラムサイズの変更方法	131
6. サンプル計算結果	137
 Appendix A TSSによる別の実行方法	149
Appendix B PDPPFの会話型TSSジョブ 実行時の入力例	159

1. はじめに

本報告書は、FBR燃料集合体内多次元定常熱流動解析コードSPIRALの使用マニュアルである。内容は、今年度作業に関する追加入力と従来入力をまとめたものである。

SPIRALコードシステムは、3つのプログラムから構成されている。

- ① プリプロセッサ : 9種類の解析体系について有限要素分割を行ない、要素特性データファイルを作成する。

問 題	使用計算機		
2次元	FACOM	M380	TSS
3次元	FACOM	M380	BATCH

- ② ソルバー : ①で作成した要素データファイルに基づき定常熱流動計算をおこなう。

問 題	使用計算機		
2次元	FACOM	M380	TSS
	FACOM	VP100	BATCH
3次元	FACOM	VP100	BATCH

※ スカラー計算では、ベクター計算の10倍（2次元）から15倍（3次元）のCPU TIMEを必要とする。

- ③ ポストプロセッサ : ②で得られた解から要素データファイルを介して流速ベクトル図、圧力、温度等高線図を作成する。

問 題	使用計算機		
2次元	FACOM	M380	TSS
3次元	FACOM	M380	BATCH

以上の3つのプログラムは、各々独立に動かすが、使用する計算機はそれぞれの機能を十分に発揮できるように選択する必要がある。

TSSで使用できるのは、あくまで2次元の小さな体系に限られる。

これら3つのプログラム間のデータの受渡しは以下のファイルを介して行なう。

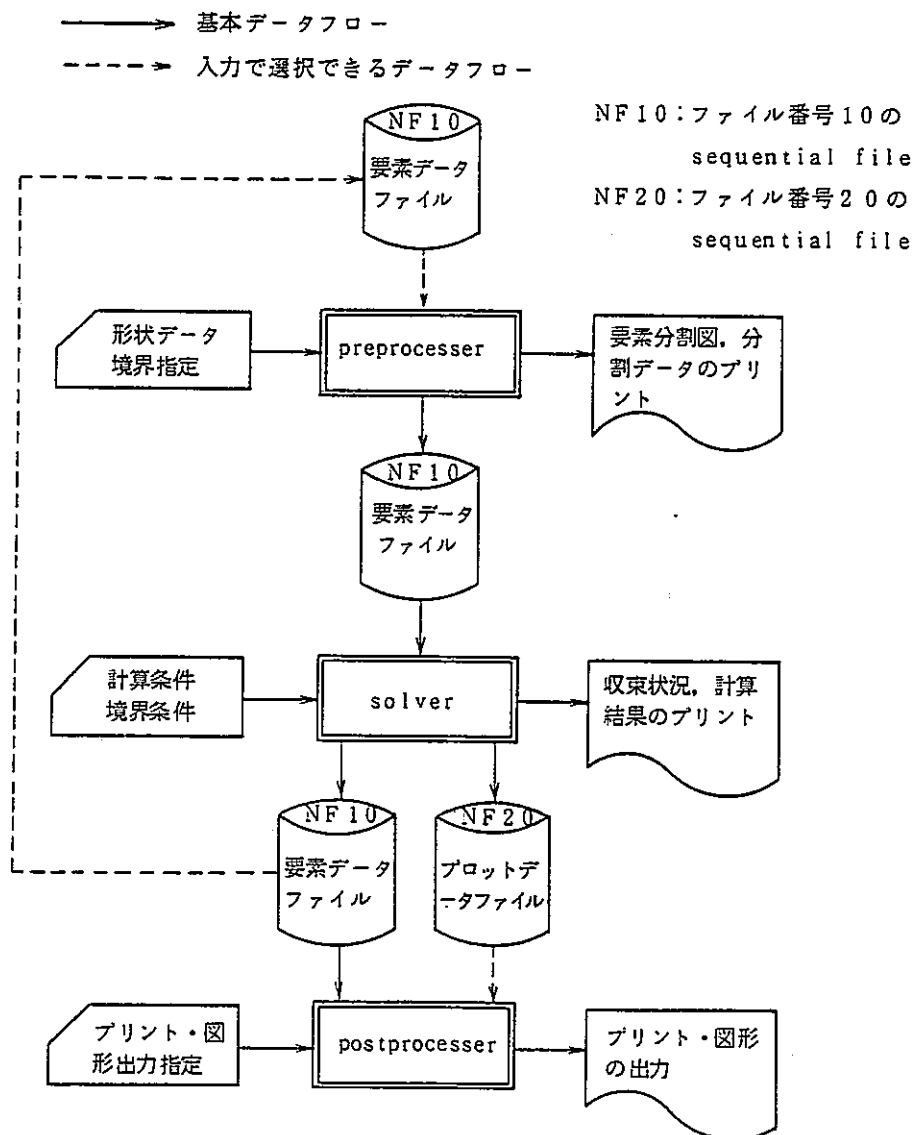
- 【Ⅰ】 要素データファイル（ファイルコード 10） : 要素特性データ及び計算結果が格納される。
- 【Ⅱ】 プロットデータファイル（ファイルコード 20） : 複数ケースの計算を行なう場合、各ケースのデータが格納される。

【使用手順】

- ① 要素データファイル用の領域をパーマネントファイル上に確保する。
 - ② プリプロセッサー用の入力データを作成する。
 - ③ プリプロセッサーを動かす。（M380 TSS/BATCH）
 - ④ 要素分割図、境界条件のチェック。
修正の必要があれば②に戻る。
 - ⑤ ソルバー用の入力データを作成する。②の境界条件番号に対応するように境界条件値を設定すること。
 - ⑥ 【※1】 ソルバーを動かす。（VP100 BATCH）
 - ⑦ 結果の収束等のチェック。未収束でもさらに計算を進めれば収束すると判断できるときは、⑥に戻ってリスタート。要素分割、境界条件に問題があると判断できるときは、②に戻る。
 - ⑧ ポストプロセッサー用の入力データを作成。
 - ⑨ ポストプロセッサーを動かす。（M380 TSS/BATCH）
 - ⑩ ベクトル図の矢印の長さ、等高線図の高さを変更して作図したいときは⑧に戻る。
- ⑥の実行中に指定したCPU TIMEを越えたときは、ソルバー内で自動的に検出し、その時点の反復計算結果を要素データファイルに書き出し、ジョブを終了させる。ユーザはリスタート計算を行なうことによって反復計算を継続させることができる。
- 【※1】 ワーク領域不足で異常終了したときは、ソルバーのロードモジュールを作り直す必要がある。詳しくは第5章を参照のこと。

実行方法については第2章を，入力データの作成方法については第3章を参照して頂きたい。

なお，サンプル入出力を第6章に示した。また全体のデータフローを下图に示す。



2. TSS/BATCH JOBのJCL

2.1 TSS

TSSで動かすには、計算室でサポートしているコマンド”PFDP”のオプション8.1を使用する。詳しくは、PFDPのマニュアルを参照して頂きたい。

オプション8.1の画面では次のコマンドが用意されている。

- CL : ソースプログラムをコンパイルしロードモジュールを作成する。
ベクトル計算用のロードモジュールも作成可能。
- CLG : ソースプログラムのコンパイルから実行までを行なう。
- G : ロードモジュールから実行する。
- DEF : 実行時に必要なファイルを指定する。
- JCL : TSSの実行環境に対応したBATCH JOBのJCLを自動作成する。

上記コマンドを選択すると各々に必要な情報を入力する画面が現われる。

最低限必要な入力が高輝度表示されているものであり、その他の入力は設定されているデフォルト値を使用すればよい。但し、オブジェクトファイルの大きさだけは、設定値より大きめにする。

使用例を Appendix B に示す。

2.2 BATCH

<pre processor用 JCL>

```

//T107E JOB (SIM),SHIMIZU,MSGCLASS=U,MSGLEVEL=(1,1),
//  ATTR=(T3,C6,W7)
//*****SPIRAL/PREPROCESSER*****
//PRE EXEC PGM=HWR,SYSTEM=FEP2
//STEPLIB DD DSN=T107E.SPIRAL.PRE.LOAD,DISP=SHR
//FT05F001 DD DDNAME=SYSIN
//FT06F001 DD SYSOUT=(U,RUR40),
//  DCB=(RECFM=FA,BLKSIZE=137)
//FT01F001 DD DSN=&&TAPE01,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(1,1)),
//  DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS)
//FT02F001 DD DSN=&&TAPE02,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(1,1)),
//  DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS)
//FT03F001 DD DSN=&&TAPE03,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(1,1)),
//  DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS)
//FT04F001 DD DSN=&&TAPE04,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(50,2)),
//  DCB=(RECFM=F)
//FT08F001 DD DSN=&&TAPE08,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(1,1)),
//  DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS)
//FT10F001 DD DSN=T107E.ELEM.DATA,DISP=SHR
//FT11F001 DD DSN=&&TAPE11,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(1,1)),
//  DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS)
//FT12F001 DD DSN=&&TAPE12,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(1,1)),
//  DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS)
//GDDFILE DD SYSOUT=(U,XNGWTR)
//PLOTLOG DD SYSOUT=U
//PLOTPRM DD DUMMY
//SYSIN DD *
  STRT
HWR TEST PROGRAM *** PIPE ELBOW ***NTYPE=2
  1      CLASS-1
  8      1      4      100      1      1      1      1      1
1.0      E-10
*      2
  0      0
10.0      10.0      5.0      5.0      1.0      1.0
  10      CLASS-10
  12      2      5      8      5      2
1.00      10.0      10.0      5.00      90.0      0.7
  1      1      2      0      0
  0      0      0      1      0
EXEC
*****      END JOB      *****
STOP
/*
//

```

< solver用 J C L >

```

//T107E JOB (SIM),SHIMIZU,MSGCLASS=U,MSGLEVEL=(1,1),
// ATTR=(T5,C9,W7)
//*****SPIRAL/SOLVER*****
//SOLV EXEC PGH=MWR,SYSTEM=8EP1
//STEPLIB DD DSN=T107E.SOLV.VP.LOAD,DISP=SHR
//VPSYS DD SUBSYS=(VPCS,'SIZE=(1H,6H)')
//FT05F001 DD DDNAME=SYSIN
//FT06F001 DD SYSOUT=(U,RUR40),
// DCB=(RECFM=FA,BLKSIZE=137)
//FT01F001 DD DSN=&&TAPE01,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(1,1)),
// DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS)
//FT02F001 DD DSN=&&TAPE02,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(50,10)),
// DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS)
//FT03F001 DD DSN=&&TAPE03,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(50,50)),
// DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS)
//FT04F001 DD DSN=&&TAPE04,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(50,10)),
// DCB=(RECFM=F)
//FT08F001 DD DSN=&&TAPE08,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(50,10)),
// DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS)
//FT09F001 DD DSN=&&TAPE09,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(600,50)),
// DCB=(RECFM=F)
//FT10F001 DD DSN=T107E.ELEM.DATA,DISP=SHR
//FT11F001 DD DSN=&&TAPE11,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(7,2)),
// DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS)
//FT12F001 DD DSN=&&TAPE12,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(8,2)),
// DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS),DISP=(,PASS)
//FT13F001 DD DSN=&&TAPE13,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(8,2)),
// DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS)
//FT14F001 DD DSN=&&TAPE14,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(1,1)),
// DCB=(RECFM=F)
//FT15F001 DD DSN=&&TAPE15,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(1,1)),
// DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS)
//FT16F001 DD DSN=&&TAPE03,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(50,50)),
// DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS)
//FT17F001 DD DSN=&&TAPE17,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(4,1)),
// DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS)
//FT20F001 DD DSN=&&TAPE20,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(4,1)),
// DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS)
//GDFILE DD SYSOUT=(U,KNGWTR)
//PLOTLOG DD SYSOUT=U
//PLOTPRM DD DUMMY
//SYSIN DD *
STRT
MWR TEST PROGRAM *** INFINITE TUBE BANK ****
1 CLASS-1
1 2 5 5 1 5 1 1 2 12
10 -1 1 100 2
1.0 E-041.0 E-041.0 E-041.0 E-021.0 E+00
1.0 E-051.0 E-061.0 E+00
2 CLASS-2
1 1
10.0 10.0 3.0 3.0 1.0 1.0
3 CLASS-3
500.0
0.0 1.0
0.0
0.0
0.0
4 CLASS-4
1 1.0
2 1.0
3 1.0
4 1.0
5 1.0
6 1.0
7 1.0
8 1.0
9 1.0
5 CLASS-5
0.0 0.0 0.0
EXEC
***** END JOB *****
STOP
/*
//

```

< post processor用 J C L >

```

//T107E JOB (SIN),SHIMIZU,MSGCLASS=U,MSGLEVEL=(1,1),
//  ATTR=(T3,C6,W7)
//*****SPIRAL/POSTPROCESER*****
//PRE EXEC PGM=MWR,SYSTEM=FEP2
//STEPLIB DD DSN=T107E.SPIRAL.POST.LOAD,DISP=SHR
//FT05F001 DD DDNAME=SYSIN
//FT06F001 DD SYSOUT=(U,RUR40),
//  DCB=(RECFM=FA,BLKSIZE=137)
//FT01F001 DD DSN=&&TAPE01,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(1,1)),
//  DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS)
//FT02F001 DD DSN=&&TAPE02,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(1,1)),
//  DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS)
//FT03F001 DD DSN=&&TAPE03,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(1,1)),
//  DCB=(BLKSIZE=19000,RECFM=VBS)
//FT04F001 DD DSN=&&TAPE04,UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(50,2)),
//  DCB=(RECFM=F)
//FT10F001 DD DSN=T107E.ELEM.DATA,DISP=SHR
//GDFILE DD SYSOUT=(U,KNGWTR)
//PLOTLOG DD SYSOUT=U
//PLOTPRM DD DUMMY
//SYSIN DD *
STRT
#  GRAPHICS
*  1
      1      1      1      0      0      -10      -10      -10
15.0      15.0      1.0      1.0      1.0      1.0
0.5
EXEC
**** END JOB ****
STOP
/*
//

```

00010000
00020000
00030004
00040003
00050000
00070000
00080000
00090000
00100000
00110000
00120000
00130000
00140000
00150000
00160000
00170000
00180002
00190000
00200000
00210000
00220000
00230004
00240004
00250004
00260004
00270004
00280004
00290004
00300004
00310004
00400000
00410000

3. 入力仕様

本章ではS P I R A L Preprocessor/solver/postprocessorのデータ入力形式および使用上の注意と制約について説明する。入力データは、各プログラム毎にグループ分けされており、各グループのデータをクラスデータと呼ぶ。各クラスデータには識別番号が付けられ、データの先頭に置かれたクラスカードからこの識別番号を読み取り、必要な入力処理が行われる。実行時には必要なクラスデータのみ入力すればよく、不要なデータ、又はdefault値を使用する場合には入力する必要はない。またクラスデータのオーバーレイが可能であり、同一クラスのデータを複数入力した場合には、最後のクラスデータが使用される。但し、各プログラムともclass-1のデータは制御データであり、必ず先頭に置かなければならない。

実行時には、以上のクラスカードと、対応するデータカードの他に、ケースカードとタイトルカードが必要である。ケースカードはクラスデータの入力制御、実行開始、実行終了を指定する。入力データはこれらの各カードを組合わせて作成する。以下に計算ケースが、1ケースの場合と2ケース（連続ケース）の場合についてカードのセットアップを示す。

1. 計算ケースが1ケースの場合

B S T R T (Case card) (Bはブランクを表わす。)

Title card

Class card

(Date card)

Class card

(Date card)

⋮

Class card

(Date card)

B E X E X (Case card)

ブランクカード (or Title card)

B S T O P (Case card)

2. 計算ケースが2ケースの場合

B S T R T (Case card)

Title card

(Class card と Date card)

B E X E C (Case card)

Title card

(Class card と Date card)

(注) 第1ケースで入力済みで、変更しないclassのデータは
入力不要

B E X E C (Case card)

ブランクカード (or Title card)

B S T O P (Case card)

実行時、入力データは基本的なチェックを受ける。例えば、指定範囲を越えたオプション、一般的に妥当でない入力値等々。異常なデータについては、入力データチェックプリントにおいて星印でユーザに示される。また実行上、必要なデータが不足している場合〔default値使用により満足される場合は除く〕には、以下のエラーメッセージを出力して実行を中止する。

"CLASS No. n DATA CARDS MISSING"

この場合は、class nのデータを追加するか、見直す必要がある。データは入力されているが、入力したデータの中に上記のような基本的なデータエラーがある時は、以下のエラーメッセージを出力して実行を中止する。

"CLASS No. n INPUT DATA ERROR"

ケースカード、タイトルカード、クラスカードの入力順序、またクラスデータの入力形式が間違っている時にも、上記いずれか又は両方のメッセージが出力される場合がある。

次頁にケースカードの入力形式と諸注意を示す。又、各プログラムのクラスデータのデータ形式を以下の各節で説明する。

データの単位入力形式は、整数型データが I 5、浮動小数点型データが E 10.0とする。

Table 3.1 に解析可能な機能の一覧表を示す。

Case card

	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																														
01	X	1	C	A	S	E																																																																										
02																																																																																
03																																																																																
04																																																																																
05																																																																																
06																																																																																
07																																																																																
08																																																																																

1 CASE (1 X, A 4) ケースオプション

= "S T R T" 入力カード読み込み開始。

= "E X E C" 入力カード読み込み終了, 実行開始。

= "S T O P" 全ての処理を終了させる。

- (注意)
1. Case cardは連続して置いてはならない。2枚以上続いた時は, 2枚目はTitle cardとみなされる。
 2. 入力カードの先頭には, "S T R T" を置く。
 3. 入力カードの途中に "E X E C" があると, それまでに読み込んだデータを入力として実行を開始する。

4. "S T O P" があると, その時点で入力および実行は終了する。

5. "S T O P" 以外のCase cardに引き続くカードはTitle cardとみなされる。

6. Title cardの後のカードはClass card又はCase cardとみなされる。

7. 入力カードの途中に "S T R T" があると, それまで読んだデータは消去され, default値がセットされる。

Table 3.1 Analysis domains and program function

解析体系 機能	1	2	3	4	5	6	7	8	9
流れ場の次元	2	2	2	1	3	3	3	3	2
空間の次元	2	2	2	2	3	3	3	3	2
流速計算	○	○	○	○	○*	○*	○*	○*	○
温度計算	○	○	×	×	×	○*	○*	×	○
連成計算	○	○	×	×	×	△*	△*	×	○
乱流半経験式	×	×	×	○	×	×	○	×	×
一様乱流モデル	○	○	○	○	○	○	○	○	○

* コアメモリーによる制限がある。

○ 有り

×

△ 浮力による連成は無し

3.1 有限要素分割（プリプロセッサ）

初めに、解析体系の選択を行なう。S P I R A Lで取り扱うことのできる解析体系を下の表に示す。

解析体系の タイプ番号	解 析 体 系	関連する入力データ クラス番号
1	2次元汎用（Ⅰ） ※ 1	3
2	2次元汎用（Ⅱ） ※ 1	4
3	2次元管群	5
4	K f K実験解析用体系	6
5	3次元ピンバンドル（正規配列） ※ 2	7
6	3次元ピンバンドル（湾曲配列） （正規配列）	8, 11, 12, 13
7	3次元無限ピン配列（正規配列）	9, 11
8	3次元曲管体系	10
9	2次元汎用（Ⅲ）	14

※ 1 タイプ 1, 2 の入力形式に比べタイプ 9 の方が汎用性に富んでいるので、タイプ 9 の解析体系を使用することを奨める。

※ 2 タイプ 6 は、ワイヤ断面形状を除きタイプ 5 を包含しているのでタイプ 6 を使用することを奨める。

ここで取り扱うクラスデータは全部で14種類ある。C L A S S - 1 と 2 は各解析体系に共通な入力である。

次頁以降にクラスデータの入力形式を示す。各クラスデータの先頭のカードがクラスカードである。class-1のデータは必ず先頭に置かなくてはならない。主な注意事項としては、

class-1 制御データ

解析体系に対応する形状データ入力用のクラス番号を前頁に示した。

但し、タイプ6のclass-12と13のデータは、入力しなければdefault値がとられる。[class-12未入力→ラッパ管外面断熱条件, class-13未入力→正規ピン配列形状]

IOP(19)は、単精度で動かすときは4、倍精度で動かすときは8を指定する。ソルバーおよびポストプロセッサは、この入力に応じて単精度または倍精度でコンパイルしたものを使用すること。誤った組合せを使用した場合には、無限ループに入ることがある。

IOP(8)は、曲線座標系決定用の反復計算の許容回数であるが、零を指定した場合には、線形内挿による分割が行なわれる。

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER										MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS																																								
PROBLEM SPIRAL preprocessor										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																																																		
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																																																		
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
02																																																																						
03	X																																																																					
04																																																																						
05																																																																						
06																																																																						
07																																																																						
08																																																																						
09																																																																						
10																																																																						
11																																																																						
12																																																																						
13																																																																						
14																																																																						
15																																																																						
16																																																																						
17																																																																						
18																																																																						
19																																																																						
20																																																																						

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER										MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS									
PROBLEM										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																			
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																			

	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																																																												
03	X																																																											
04																																																												
05																																																												
06																																																												
07																																																												
08																																																												
09																																																												
10																																																												
11																																																												
12																																																												
13																																																												
14																																																												
15																																																												
16																																																												
17																																																												
18																																																												
19																																																												
20																																																												

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER										MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS									
PROBLEM										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																			
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																			

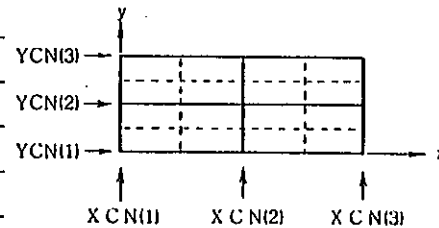
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
01																																																																					
02																																																																					
03	X																																																																				
04																																																																					
05																																																																					
06																																																																					
07																																																																					
08																																																																					
09																																																																					
10																																																																					
11																																																																					
12																																																																					
13																																																																					
14																																																																					
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	9	0										
1										2										3										4										5										6										7										8									

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER										MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS																																								
PROBLEM										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																																																		
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																																																		
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	I X F L V (L)										境界面Lのuxに対する節点境界値番号																																																											
02	I Y F L V (L)										境界面Lのuyに対する節点境界値番号																																																											
03	I P R L V (L)										境界面LのPに対する節点境界値番号																																																											
04	I T M L V (L)										境界面LのTに対する節点境界値番号										※: 境界条件を指定しない時は0とする。																																																	
05	I X F C V (N)										頂点Nのuxに対する節点境界値番号										境界値番号はS.P.I.R.A.L. solverの入力																																																	
06	I Y F C V (N)										頂点Nのuyに対する節点境界値番号										データに対応する。																																																	
07	I P R C V (N)										頂点NのPに対する節点境界値番号																																																											
08	I T M C V (N)										頂点NのTに対する節点境界値番号																																																											
09																																																																						
10	I O P 00										分割オプション=0: 等分割=0: 不等分割																																																											
11	X C N (I), Y C N (J)										(1) 頂点Nのx-y座標値 (cm) (I, J=1, 4) I O P 00=0の場合。																																																											
12											(2) 要素境界座標値 (cm) (I=1, I D I V+1, J=1, J D I V+1) I O P 00≠0の場合。																																																											
13											※ subdomain形状は長方形とし、側面はx軸、y軸と平行でなければならない。																																																											
14																																																																						
15											Y C N (3)																																																											
16											Y C N (2)																																																											
17											Y C N (1)																																																											
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 9 0										



例: I D I V=J D I V=2
の場合の入力指定

INPUT DATA FORM

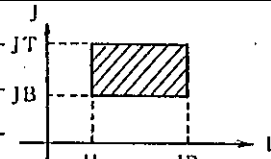
PAGE OF

JOB NUMBER		MAIN PROGRAM LABEL		KEYPUNCH RECORD DATE		NO OF CARDS	
PROBLEM		MODIFICATION		KEYPUNCHED BY			
CODED BY		DATE		VERIFIED BY			

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																																																																					
02																																																																					
03	X																																																																				
04																																																																					
05																																																																					
06																																																																					
#1 07																																																																					
08																																																																					
#2 09																																																																					
10																																																																					
#3 11																																																																					
12																																																																					
#4 13																																																																					
14																																																																					
#5 15																																																																					
16																																																																					
#6 17																																																																					
18																																																																					
19																																																																					
20																																																																					

INPUT DATA FORM

PAGE _____ OF _____

JOB NUMBER										MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS																																								
PROBLEM										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																																																		
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																																																		
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	#1カード										点 (I S, J S) 点 (I E, J E) 間の節点座標を端点の座標 (X S, Y S) と (X E, Y E) より等分割線形内挿により決定する。これを組み合わせることにより複雑形状を折れ線で近似することができる。																																																											
02																																																																						
03	#2カード										点 (I S, J S) 点 (I E, J E) 間の節点座標を中心 (X C, Y C) 半径 R の円周上等分割で決定する。ANG は始点-終点間の角度 (deg)。																																																											
04											I C I R C は境界の向きを示す。#1カードとの混用も可能。																																																											
05											I C I R C = { -1 時計回り										※使用上の注意……このカードを使う時は事前に始点の座標値が指定されていなければ、																																																	
06											1 反時計回り										ならない。																																																	
07	#3カード										点 (I S, J S) 点 (I E, J E) 間の境界条件を指定する。																																																											
08											I X F V										ux の節点境界値番号																																																	
09											I Y F V										uy の節点境界値番号										※: 境界条件を指定しない時は0とする。全て0の時は入力不用。																																							
10											I P R V										P の節点境界値番号										境界条件番号は S P I R A L solver の入力データに対応する。																																							
11											I T M V										T の節点境界値番号																																																	
12											コーナ点を表わす時は I S = I E, J S = J E とする。#1, #2 の領域と一致させる必要はない。																																																											
13	#4カード										内部境界指定。I L, I R, J T, J B で変換空間における内部境界 (長方形) を指定する。																																																											
14											境界条件 I X F V, I Y F V, I P R V, I T M V は #3 と同様。																																																											
15																																																																						
16																																																																						
17																																																																						
18	#5/6カード										#4で指定した長方形の実空間での形状を指定する。																																																											
19											円の場合は#5カードで指定。ANG L は (I L, J B) の角度 (deg), その他は#2カードと同様。																																																											
20											#6カードは#1と同様。																																																											
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										

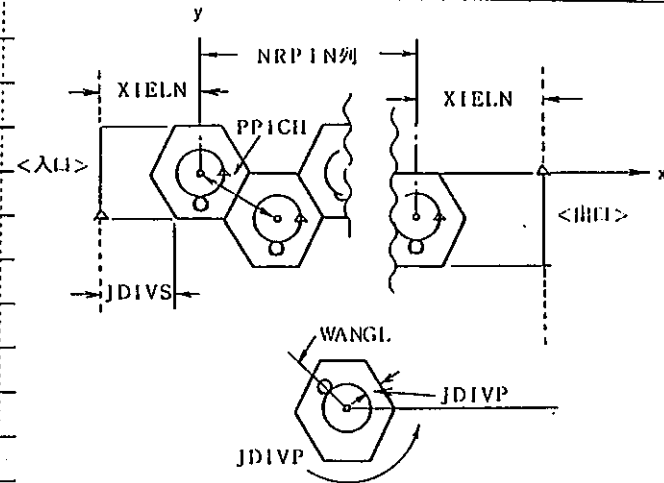
INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER										MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS									
PROBLEM										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																			
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																			

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																																																											
03	X			5																																																							
04																																																											
05																																																											
06																																																											
07																																																											
08																																																											
09																																																											
10																																																											
11																																																											
12																																																											
13																																																											
14																																																											
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	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

- ## ② 要素分割データ

IDIV = I 方向分割数 (中間節点を含めて I 方向全節点数は $2 \times \text{IDIV} + 1$ となる)

JDIV = J 方向分割数 (中間節点を含めて J 方向全節点数は $2 \times \text{JDIV} + 1$ となる)

※ 以下の入力データにおける (I, J) 座標値は,

$$I \rightarrow 1 \sim 2 * IDIV + 1$$
$$J \rightarrow 1 \sim 2 * JDIV + 1$$

とすること。

[illegible]

③ 局所領域・局所座標系の指定（カード③はカード②又は⑥と対で使用し、一つの局所領域を指定する）

IL, IR, JB, JT	局所領域境界座標指定。右図参照
NORG	局所領域番号
NOSC	局所領域を含むサブチャンネル番号
NCOD	局所座標系指定。= 1 : 極座標系, = 3 : 直交座標系
NEQS	媒質=11 : 冷却材, = 0 : 解析対象外

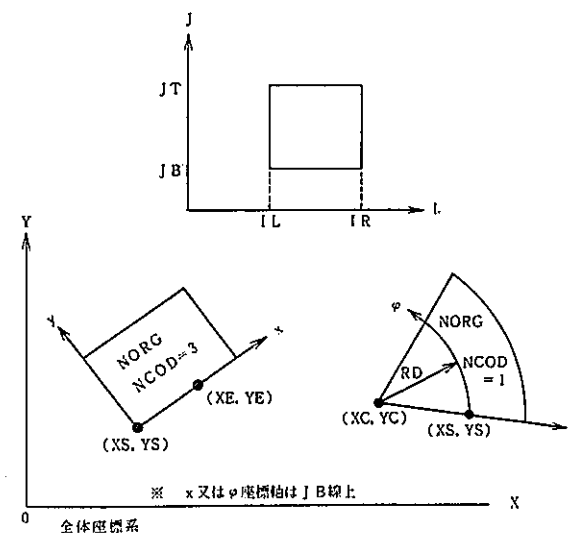
② 局所極座標系の指定（右図参照）

X C, Y C	極座標原点座標
R D	ピン半径
X S, Y S	ピン表面上 $\phi = 0$ 点座標

⑥ 局所直交座標の指定（右図参照）

X_S, Y_S	直交座標原点座標
X_E, Y_E	x 軸正方向の任意の点の座標

③ 局所領域入力終了の指定



	1										2										3										4										5										6										7										8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
①	I	S									J	S																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												</

④ 境界座標の指定（カード④又は⑤で指定する）

④ 直線境界の指定（単一節点の座標指定も可能）

点（I S， J S）一点（I E， J E）間の節点座標を端点の座標（X S， Y S）と（X E， Y E）より等分割線形内挿により決定する。

⑤ 円弧境界の指定

点（I S， J S）一点（I E， J E）間の節点座標を中心（X C， Y C），半径Rの円周上等分割で決定する。

ANGは始点－終点間の角度（deg.）

ICIRCは境界の向きを指定する。＝－1：時計回り，＝1：反時計回り

※ このカードを使う時は事前に始点の座標値を指定しておく必要がある。

⑥ 境界座標入力終了の指定

[illegible]

⑤ 幾何学的零剪断応力線の指定

(IS*, JS*) - (IE*, JE*) で指定した境界を零剪断応力線上に設定する。

NSTP/NETPで零剪断応力線の始点と終点のタイプを指定する。

= 1 : 0 ピン表面と壁面との中点。ピンと壁面をカード@で指定する。

= 2 : 3 ピンの表面から等距離な点。ピンをカード⑥で指定する。

= 3 : 2 ピンの表面と壁面から等距離な点。ピンと壁面をカード©で指定する。

= 4 : 2 ピンの表面から等距離な点。ピンをカード⑥で指定する。

(X 1, Y 1) - (X 2, Y 2) 壁面指定

(XC, YC), RD ピン中心と半径の指定

※ * = 2 を指定した時はカード⑥と同様に境界結合が行われる。

④ 入力終了指定

⑥ 局所領域境界の結合データ
境界 (IS1, JS1) - (IE1, JE1) を他の境界 (IS2, JS2) - (IE2, JE2) と連続的に結合する。

② 結合データの入力終了指定

⑦ 境界条件指定
(I S, J S) - (I E, J E)間の節点境界条件値番号を指定する。
境界条件指定をしない外部境界又は、I Z F V = 0の時は零剪断応力条件がとられる。

⑧ 入力終了指定

[illegible]

NRG	対象とする局所領域番号
NPT	attraction pointの総数
NLI	I方向のattraction line総数
NLJ	J方向のattraction line総数

attraction dataをカード②で入力する。
attraction dataをカード⑥で入力する。
attraction dataをカード③で入力する。

I P, I L	I 座標
J P, J L	J 座標
A P, A I, A J	amplitude
D P, D I, D J	decay factor
I DUM	5 カラムの無入力領域

④ 入力終了指定

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER										MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS																																																											
PROBLEM										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																																																																					
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																																																																					
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																													
CLAS: S-7										3次元ピンバンドル体系 (1) タイプ5										(流動計算のみ)																																																																					
X 7																																																																																									
NFP: IN										N: I COL										N: J COL										N: J CLD										N: J PLT										N: J WAP										N: P ICH																													
DFPLT										DCLDI										DCLDO										DWIRE										WPICH										PPICH																																							
FDIST										RCORN										WIDTH																																																																					
(ANG: IN (1))										I=1; NFP: IN																																																																															
(IWRAP (1))										I=1; NFP: IN																																																																															
N: INF: X										N: INF: Y										N: INF: Z										N: INP: R																																																											
NEX: FX										NEX: FY										NEX: FZ										NEX: PR																																																											
NFP: IN										ピン本数																																																																															
N: I COL										ピン周辺局所領域周方向分割数 (6の倍数)																																																																															
N: J COL										ピン周辺局所領域冷却材部径方向分割数																																																																															
N: J CLD										被覆管径方向分割数																																																																															
N: J PLT										ペレット径方向分割数																																																																															
N: J WAP										ラップ管径方向分割数																																																																															
N: P ICH										軸方向ワイヤピッチ数 (10P (17))																																																																															
DFPLT										ペレット外径 (cm)																																																																															
DCLDI										被覆管内径 (cm)																																																																															
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																			

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER										MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS									
PROBLEM										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																			
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																			

	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										
01	DCLDO										被覆管外径										(cm)																																																											
02	DWIRE										ワイヤ径										(cm)																																																											
03	WPICH										ワイヤ巻付けピッチ										(cm)																																																											
04	PPICH										ピンピッチ										(cm)																																																											
05	FDIST										ラップ管内対面管距離										(cm)																																																											
06	RCORN										ラップ管コーナーR										(cm)																																																											
07	WIDTH										ラップ管肉厚										(cm)																																																											
08	ANGIN (I)										ピンIのワイヤ巻始め角度										(deg)										(ピン番号はクラス11参照)																																																	
09	IWRAP (I)										ワイヤ巻付け指定										+1::counterclockwise, 0::bare rod, -1::clockwise																																																											
10	NINFX, NINFY, NINFZ, NINPR																				入口部の流速3成分, 圧力境界値番号指定。																																																											
11	NEXFX, NEXFY, NEXFZ, NEXPR																				出口部の流速3成分, 圧力境界値番号指定。																																																											
12																																																																																
13																																																																																
14																																																																																
15																																																																																
16																																																																																
17																																																																																
18																																																																																
19																																																																																
20																																																																																

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER										MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS									
PROBLEM										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																			
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																			

	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																																																												
03	X																																																											
04	N	F	P	I	N	N	I	C	O	L	N	J	C	O	L	N	J	C	L	D	N	J	P	L	T	N	J	W	A	P	X	X																												
05																																																												
06																																																												
07																																																												
08																																																												
09	N	I	N	F	X	N	I	N	F	Y	N	I	N	F	Z	N	I	N	P	R	N	I	N	T	P																																			
10	N	E	X	F	X	N	E	X	F	Y	N	E	X	F	Z	N	E	X	P	R	N	E	X	T	P																																			
11																																																												
12																																																												
13																																																												
14																																																												
15																																																												
16																																																												
17																																																												
18																																																												
19																																																												
20																																																												

PAGE OF

JOB NUMBER										MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS																														
PROBLEM										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																																								
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																																								
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
																</																																												

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER	MAIN PROGRAM LABEL						KEYPUNCH RECORD DATE	NO OF CARDS
PROBLEM	MODIFICATION						KEYPUNCHED BY	
CODER BY	DATE						VERIFIED BY	
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 C L A S S - 9	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 無 限 ペンバ	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 ン ド ル 体 系	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 	
X . : 9								
N I C O L N J C O L N J C L D N J P L T I W I R E N L A M I I O P (1 7)								
D F P L T D C L D I D C L D O D W I R E W P I C H P P I C H								
W A N G L D L A M I								
N I N F X N I N F Y N I N F Z N I N P R N I N T P								
N E X F X N E X F Y N E X F Z N E X P R N E X T P								
N I C O L	ピン周辺局所領域周方向分割数: (6の倍数)							
N J C O L	ピン周辺局所領域冷却材部径方向分割数:							
N J C L D	被覆管径方向分割数:							
N J P L T	ペレット径方向分割数:							
I W I R E	ワイヤ巻付け指定:							
= 1 c o u n t e r c l o c k w i s e								
= 0 b a r e r o d								
= - 1 c l o c k w i s e								
N L A M I	被覆管表面近傍の径方向分割数: (詳細は次頁参照)							
I O P (1 7)	軸方向ワイヤピッチ数:							
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 2	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 3	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 4	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 5	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 6	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 7	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 8	

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER										MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS									
PROBLEM										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																			
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																			

	1										2										3										4										5										6										7										8																			
01	D F P L T										ベレット径										(cm)																																																																					
02	D C L D I										被覆管内径										(cm)																																																																					
03	D C L D O										被覆管外径										(cm)																																																																					
04	D W I R E										ワイヤ径										(cm)																																																																					
05	W P I C H										ワイヤ巻付けピッチ										(cm)																																																																					
06	P P I C H										ピンピッチ										(cm)																																																																					
07	W A N G L										ワイヤ巻始め角度										(d e g)																																																																					
08	D L A M I										被覆管表面からの径方向距離 (cm)																																																																															
09											表面近傍領域をこれで定義する。この部分がN L A M I 分割される。(実際の径方向分割数はN I J C O L + N L A M I)																																																																															
10											※ 乱流モデルを使用する時のみ指定する。																																																																															
11	N I N F X										N I N F Y										N I N F Z										N I N P R										N I N T P										入口部の流速3成分										圧力										温度										境界値番号									
12	N E X F X										N E X F Y										N E X F Z										N E X P R										N E X T P										出口部の流速3成分										圧力										温度										境界値番号									
13																																																																																										
14																																																																																										
15																																																																																										
16																																																																																										
17																																																																																										
18																																																																																										
19																																																																																										
20																																																																																										

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER		MAIN PROGRAM LABEL							KEYPUNCH RECORD DATE		NO OF CARDS	
PROBLEM		MODIFICATION							KEYPUNCHED BY			
CODED BY		DATE							VERIFIED BY			

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 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
02	CLASS=1:0	3次元 pipe: elbow							
03	X 1:0								
04	NICOL	NJCOL	NKCIN	NKCEL	NKCOT	NTYPE			NTYPE=3
05	PDIAM	PLINL	PLOTL	ERAD	ANGL	ZDIAM			
06	NINFX	NINFY	NINFZ	NINPR	NINTP				
07	NEXFX	NEXFY	NEXFZ	NEXPR	NEXTP				
08									
09	NICOL								
10	NJCOL								
11	NKCIN								
12	NKCEL								
13	NKCOT								
14	PDIAM								
15	PLINL								
16	PLOTL								
17	ERAD								
18	ANGL								
19	NINFX	NINFY	NINFZ	NINPR	NINTP				
20	NEXFX	NEXFY	NEXFZ	NEXPR	NEXTP				

パイプ断面の周方向分割数:

パイプ断面の径方向分割数:

入口部 (PLINL) の長手方向分割数:

エルボー部の長手方向分割数:

出口部 (PLOTL) の長手方向分割数:

パイプ径: (cm)

入口部の長さ: (cm)

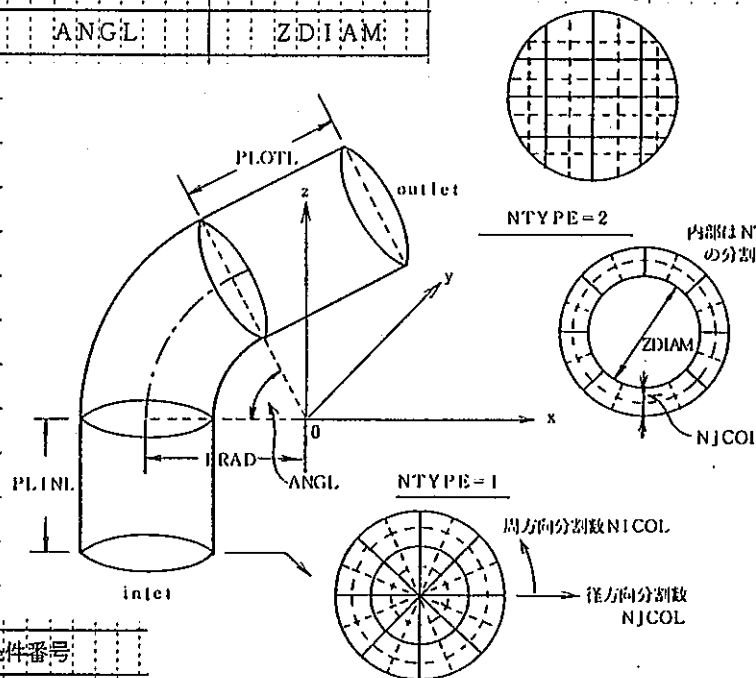
出口部の長さ: (cm)

エルボー部曲りの中心とパイプ中心間の距離: (cm)

エルボー部曲りの角度: (deg)

入口境界条件番号

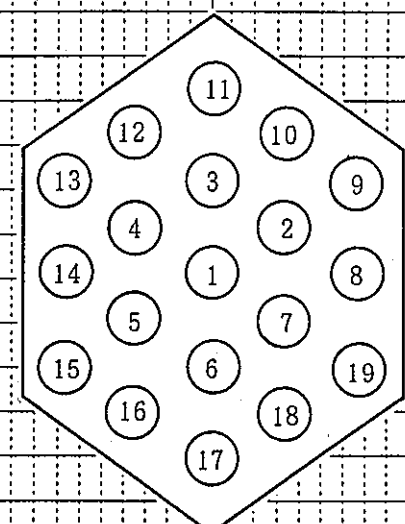
出口境界条件番号



INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER										MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS																																																											
PROBLEM										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																																																																					
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																																																																					
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	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
02	CLAS:S-11										ピン発熱分析										※タイプ7では1番のピンのみ指定する。																																																																				
03	X	1	1																																																																																						
04	NHEAT										NPRA:D										NPAXZ										PFC:L:D																																																										
05	(ZHE:I:G:T (I)										ZD:I:ST (I)										I=1										NPAXZ)																																																										
06	(RD:I:ST (I)										I=1										NPRA:D)																																																																				
07																																																																																									
08	NHEAT										ピン出力データ番号																																																																														
09	NPRA:D										径方向出力分布入力指定																																																																														
10											=0										一様分布 (RD:I:STを入力してはならない)																																																																				
11											≠0										分布はRD:I:STで指定 (ピン本数分指定する NPRA:D=NPPI:N)																																																																				
12	NPAXZ										軸方向出力分布入力数 (≥2)																																																																														
13	ZD:I:ST (I)										軸方向相対出力																																																																														
14	ZHE:I:G:T (I)										上記に対応する軸方向相対位置 (NP:I:CH*WP:I:CHで1.0に規格化)																																																																														
15	RD:I:ST (I)										ピンIの相対出力 (※NPRA:D=0の時は入力してはならない)																																																																														
16	PFC:L:D										被覆管のr heating 寄与率																																																																														
17											※ 実際の出力は $P = PWR \cdot (NHEAT) \cdot ZD:I:ST \cdot RD:I:ST \cdot (1 - PFC:L:D)$										ベレット																																																																				
18											$P = PWR \cdot (NHEAT) \cdot ZD:I:ST \cdot RD:I:ST \cdot PFC:L:D$										被覆管																																																																				
19											より算出する。PWRはsolverでの入力値。																																																																														
20																																																																																									



INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER		MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS																																																																												
PROBLEM										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																																																																														
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																																																																														
	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		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
01																																																																																																		
02																																																																																																		
03	X																																																																																																	
04																																																																																																		
05																																																																																																		
06																																																																																																		
07																																																																																																		
08																																																																																																		
09																																																																																																		
10																																																																																																		
11																																																																																																		
12																																																																																																		
13																																																																																																		
14																																																																																																		
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	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																		

INPUT DATA FORM

PAGE OF

[illegible]

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER										MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS									
PROBLEM										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																			
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																			

	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																																																												
03																																																												
04																																																												
05																																																												
06																																																												
07																																																												
08																																																												
09																																																												
10																																																												
11																																																												
12																																																												
13																																																												
14																																																												
15																																																												
16																																																												
17																																																												
18																																																												
19																																																												
20																																																												

INPUT DATA FORM

PAGE OF

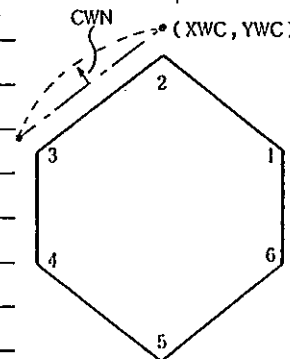
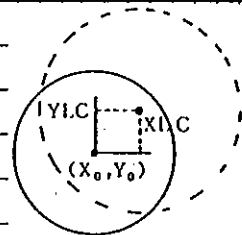
JOB NUMBER		MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS									
PROBLEM		MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																			
CODED BY		DATE										VERIFIED BY																			
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 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	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	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0														
01		(CWN: (1: 1: 1) , I=1: N:S)																													
02																															
03		(CWN: (1: 1: NK) , I=1: N:S)																													
04																															
05																															
06		(CWN: (1: 6: 1) , I=1: N:S)																													
07																															
08		(CWN: (1: 6: NK) , I=1: N:S)																													
09																															
10	NK		軸方向入力データ点数 (端点を含む) ※等分割点に対応するデータを入力する。																												
11		> 0	以下の入力データに基づきバンドル形状を決定する。																												
12	NK	= 0	CLASS-8のデータに基づき、正規配列としてバンドル形状を決定する。(以下のデータは入力不要)																												
13		< 0	ファイルN:F:8から変形形状データを読み込みバンドル形状を決定する。(以下のデータは入力不要)																												
14	N:S		ラック管側面毎の周方向データ点数 (端点を含む) ※等分割点に対応するデータを入力する。																												
15	N:S	> 0	以下のデータに基づきラック管形状を決定する。																												
16	N:S	≤ 0	ラック管形状CLASS-8のデータに基づき、正規形状とする。(ラック管関連データ入力不要)																												
17			ピン局所座標系総数																												
18	N:L:C:D	> 0	以下のデータに基づきピン配列形状を決定する。(N:L:C:DはN:F:P:I:Nに一致させること。)																												
19		≤ 0	ピン配列形状は CLASS-8のデータに基づき、正規配列とする。(ピン関連データの入力不要)																												
20		※	ピン局所座標系番号は CLASS-1:1のピン番号に対応する。																												
	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	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	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0														

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER										MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS									
PROBLEM										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																			
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																			

	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																																																																						
02																																																																						
03																																																																						
04																																																																						
05																																																																						
06																																																																						
07																																																																						
08																																																																						
09																																																																						
10																																																																						
11																																																																						
12																																																																						
13																																																																						
14																																																																						
15																																																																						
16																																																																						
17																																																																						
18																																																																						
19																																																																						
20																																																																						



※入力データ作成にあたってはピン、ワイヤ
ラップ管が互いに接触、又はくい込むよう
な形状データにならないように注意するこ
と。

[illegible]

I D I V, J D I V

変換空間上での I - , J - 方向要素分割数

この時中間節点を含めメッシュ点座標 (I, J) は,

$$I = [1, 2 \cdot IDIV + 1]$$

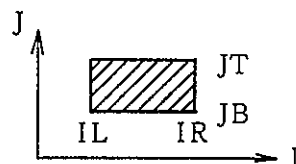
$$J = [1, 2 \cdot JDIV + 1]$$

となる。以下の入力でメッシュ点座標を指定する時は上記範囲内に限られる。

① <解析領域指定>カード

 I_L, I_R, J_B, J_T

解析領域を指定する長方形の左右端 I 座標と、上下端 J 座標



NEQS

媒質指定 = 0 : 解析対象外指定, =10 : 解析領域

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 ¹										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 ²										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 ³										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 ⁴										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 ⁵										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 ⁶										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 ⁷										1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 ⁸																													
<境界座標指定>										IS=9999で入力終了																																																																																									
タイプ1										(直線境界)																																																																																									
IS				JS				IE				JE				XS						YS						XE						YE						O																																																											
タイプ2										(円弧境界)																																																																																									
IS				JS				IE				JE				XC						YC						R						ANG				ICIRC																																																													

② <境界座標指定>カード

タイプ1: 点 (IS, JS) - 点 (IE, JE) 間の節点座標を端点の座標 (XS, YS) と (XE, YE) より等分割線形内挿により決定する。これを組み合わせることにより複雑形状境界を折れ線で近似することができる。

タイプ2: 点 (IS, JS) - 点 (IE, JE) 間の節点座標を中心 (XC, YC), 半径 R の円周上等分割で決定する。

ANGは始点-終点間の角度 (deg)。ICIRCは始点→終点の向きを示す。

ICIRC = -1 : 時計回り

ICIRC = 1 : 反時計回り

このカードを使用する時は、始点 (IS, JS) の座標値が、それ以前にタイプ1又はタイプ2のカードで指定されている必要がある。

※ タイプ1と2の混用，またタイプ1で点の座標指定も可能

[illegible]

③ <境界結合指定>カード

変換空間上では連続でない境界を実空間上で連続境界として扱う時又は、くり返し境界を指定する時に使用する。

境界 $(IS1, JS1) - (IE1, JE1)$ と境界 $(IS2, JS2) - (IE2, JE2)$ を結合する。

- (1) 実空間で幾何学的にも連続な結合条件を与えたい時は,

DXCOD, DYCOD, DPCOD

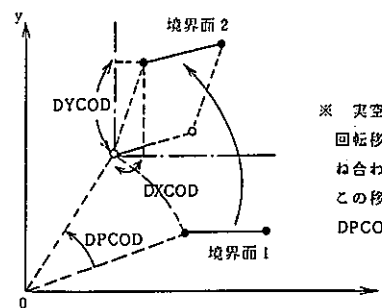
の各値を零とする。

- (2) 実空間では幾何学的には不連続、境界条件は連続になるようにしたい時は、不連続の状況をDXCOD, DYC OD, DP CODで与える。各入力値の意味を右下図に示した。

但し、境界座標指定カードで固定した座標値をそのまま使用する時は、これらの入力是不要。曲線座標計算時に、この不連続性を保ったまま、最適な境界形状を決定したい時は、これらの値を設定し、さらに後出の⑤free point 指定カードで、固定条件をはずす必要がある。

LP : 圧力条件指定 = 0 : 全ての量を連続とする。

= 1 : 圧力のみ連続条件を
はずす。



※ 実空間上で2つの境界面は、
回転移動と平行移動により重
ね合わせることができる。
この移動量をDXCOD,DYCOD,
DPCODで表わす。

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	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
〈境界条件指定〉										IS=999で入力終了																																																																															
IS		JS		IE		JE		IXFV		IYFV		IPRV		ITMV																																																																											
〈曲線座標決定時のfree point指定〉										IS=999で入力終了																																																																															
IS		JS		IE		JE																																																																																			

④ 〈境界条件指定〉カード

境界 (IS, JS) - (IE, JE) 間の境界条件を指定する。

IXFV	u_x の節点境界値番号	} ※境界条件を指定しない自由度に対しては零を与える。
IYFV	u_y の節点境界値番号	
IPRV	P の節点境界値番号	
ITMV	T の節点境界値番号	

全て 0 の時は入力不要

境界値番号は、ソルバーの入力データ class - 3 の各値の入力順番に対応させる。

⑤ 〈曲線座標決定時のfree point指定〉カード

(IS, JS) - (IE, JE) 間の固定点を自由にする。

※この指定は、境界座標、境界結合を指定した点は、必ず固定点となる為、その指定をはずす時に使用する。

3.2 熱流動計算 (solver)

次頁以降にクラスデータの入力形式を示す。先頭のカードがクラスカードである。
主な注意事項としては、

class - 1 制御データ

解の近似関数の次数 I O P (6) は、必ず 2 とすること。

数値積分点数は、境界値問題で通常 3 以上

又、初期値問題では、4 以上とする。

非線形解法 I O P (5) は通常 1 (Newton Raphson) を使用する。

行列解法 I O P (6) は通常 1, 7 本ピンバンドルを境界値問題
で解く場合は 4 を使用する。

初期値指定 I O P (8) は、リスタートの時は負値を指定する。

初期値が悪く Newton Raphson 法で発散する時は、 $N > 0$ を指定
して、Picard iteration により初期値を求める。

説明の中で outer iteration は非線形反復計算を、inner
iteration は、行列解法の反復計算を意味する。

class - 2 出力オプション

プロット出力オプションの使用はできない。

class - 3 境界条件指定, 初期条件指定

代表温度 TEMP I N は、ブジネスク近似の代表温度として
も使用される。

出入口境界条件 I O P (4) は通常は 0 とする。

class - 4 物性値データ

ペレット理論密度化, ボンド層ギャップ熱伝達率, 冷却材体
膨張率は、内蔵式を含まないので入力すること。

class - 5 諸定数

このデータを入力しない時は、重力項は考慮されない。

class - 6 乱流データ

class - 1 で乱流計算オプションを指定した時入力する。

class - 7 kfk実験解析用データ

変更の可能性があるので、一般ユーザーは使用しないこと。

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER										MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS																																																																						
PROBLEM SPIRAL preprocessor										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																																																																																
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																																																																																
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	CLASS -1										計算制御																																																																																									
02																																																																																																				
03	X 1																																																																																																			
04	I:O:P(40)										I:O:P(6)										I:O:P(41)										I:O:P(42)										I:O:P(43)										I:O:P(44)										I:O:P(45)										I:O:P(46)										I:O:P(47)										I:O:P(48)									
05	I:O:P(49)										I:O:P(50)										I:O:P(51)										I:O:P(52)										I:O:P(53)										I:O:P(54)										I:O:P(55)										I:O:P(56)										I:O:P(57)										I:O:P(58)									
06	ERRORV										ERRORP										ERRROT										ERRROE										ALFOL																																																											
07	ERRRIS										ERRRIR										ALFIL																																																																															
08																																																																																																				
09	I:O:P(40)										熱流動計算オプション (1: 流動計算, 2: 温度計算, 3: 混合計算)																																																																																									
10	I:O:P(6)										解の近似関数の次数 (1: 双1次, 2: 双2次) ※この入力は、必ず2とする。																																																																																									
11	I:O:P(41)										数値積分点数 (x方向)																																																																																									
12	I:O:P(42)										数値積分点数 (y方向)																																																																																									
13	I:O:P(43)										数値積分点数 (z方向)																																																																																									
14	I:O:P(44)										乱流計算オプション (0: 層流計算, 1: 0方程式モデル, 2: 半経験式 (ピンバンドル体系用))																																																																																									
15	I:O:P(45)										非線形解法 (1: Newton-Raphson法, 2: Picard iteration)																																																																																									
16	I:O:P(46)										行列解法 (1: wave front法, 2: CIG法, 3: 内積型ガウス法LU分割, 4: 7pin用wave front法 (II))																																																																																									
17	I:O:P(47)										非線形解法 (outer iteration) 最大反復数許容値 (≠0の場合はstokes flow として計算する。)																																																																																									
18	I:O:P(48)										非線形解法 (outer iteration) 初期値指定 (0: 零値, <0: 入力ファイルの値使用, N>0: Picard iteration)																																																																																									
19	I:O:P(49)										非線形解法 (outer iteration) 収束判定法 (0: 節点解相対収束誤差, ≠0: 節点解相対収束誤差のユークリッドノルム)																																																																																									
20	I:O:P(50)										行列直接解法の誤差補正の回数 (通常0とする)																																																																																									
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																														

PAGE OF

JOB NUMBER										MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS																																																	
PROBLEM SPIRAL preprocessor										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																																																											
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																																																											
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										I O P 001										行列解法 (inner iteration)										最大反復回数許容値は: [未知自由度数×I O P 001 + I O P 002] とする。																																																	
02										I O P 002										収束判定法 (0: 節点解相対収束誤差, ≠0: 方程式残差)																																																											
03										I O P 003										反復回数補正値																																																											
04																																																																															
05																																																																															
06										E R R O R										outer iteration										節点流速解相対収束誤差最大許容値																																																	
07										E R R O P										outer iteration										節点圧力解相対収束誤差最大許容値																																																	
08										E R R O T										outer iteration										節点温度解相対収束誤差最大許容値																																																	
09										E R R O E										outer iteration										節点解収束誤差ユークリッドノルム最大許容値																																																	
10										A L F O L										outer iteration										加速因子 (Picard iteration)にのみ有効)																																																	
11																																																																															
12										E R R I S										inner iteration										相対収束誤差最大許容値																																																	
13										E R R I R										inner iteration										方程式残差最大許容値																																																	
14										A L F I L										inner iteration										加速因子 (未使用)																																																	
15																																																																															
16										I O P 004										基本解法 (1: 境界値問題, 2: 初期値問題, (3:Dのみspace marching)																																																											
17										I O P 005										I O P 004=2の時指定する。 space marchingの反復回数																																																											
18																				※各断面の反復計算は、非線形解法の入力による。																																																											
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 9 0																			
1										2										3										4										5										6										7										8									

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER										MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS									
PROBLEM SPIRAL preprocessor										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																			
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																			

	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																																																		
03	X																																																	
04																																																		
05																																																		
06																																																		
07																																																		
08																																																		
09																																																		
10																																																		
11																																																		
12																																																		
13																																																		
14																																																		
15																																																		
16																																																		
17																																																		
18																																																		
19																																																		
20																																																		

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER										MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS									
PROBLEM SPIRAL preprocessor										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																			
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																			

	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																																																																						
02																																																																						
03	X	:																																																																				
04																																																																						
05																																																																						
06																																																																						
07																																																																						
08																																																																						
09																																																																						
10																																																																						
11																																																																						
12																																																																						
13																																																																						
14																																																																						
15																																																																						
16																																																																						
17																																																																						
18																																																																						
19																																																																						
20																																																																						

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER		MAIN PROGRAM LABEL		KEYPUNCH RECORD DATE		NO OF CARDS	
PROBLEM SPIRAL preprocessor		MODIFICATION		KEYPUNCHED BY			
CODED BY		DATE		VERIFIED BY			
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
02							
03	X 4						
04	I:O:P(65)	V:I:S:F:LW					
05	I:O:P(66)	D:N:F:LW					
06	I:O:P(67)	C:P:F:LW					
07	I:O:P(68)	C:D:F:LW					
08	I:O:P(69)	C:D:C:LAD					
09	I:O:P(70)	C:D:P:L:T					
10	I:O:P(71)	D:P:L:T					
11	I:O:P(72)	H:G:B:N:D					
12	I:O:P(73)	A:L:F:V:L					
13							
14							
15							
16	I:O:P(65)	冷却材動粘性係数 (0: 内蔵式, ≠0: V:I:S:F:LW (cm/sec) を使用)					
17	I:O:P(66)	冷却材比重量 (0: 内蔵式, ≠0: D:N:F:LW (g/cm) を使用)					
18	I:O:P(67)	冷却材定圧比熱 (0: 内蔵式, ≠0: C:P:F:LW (w·sec·g/°C) を使用)					
19	I:O:P(68)	冷却材熱伝導率 (0: 内蔵式, ≠0: C:D:F:LW (W/cm/°C) を使用)					
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 9 0

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER		MAIN PROGRAM LABEL							KEYPUNCH RECORD DATE		NO OF CARDS	
PROBLEM SPIRAL preprocessor		MODIFICATION							KEYPUNCHED BY			
CODED BY		DATE							VERIFIED BY			

	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	I O:P(6)										構造材熱伝導率 (0: 内蔵式 1:0 C:D:C:L:A:D (W/cm/℃) を使用)																																																																															
02	I O:P(7)										ペレット熱伝導率 (0: 内蔵式 1:0 C:D:P:L:T (W/cm/℃) を使用)																																																																															
03	I O:P(7)										ペレット理論密度比 (0: 内蔵式 1:0 D:P:L:Tを使用)																																																																															
04	I O:P(7)										ギャップ熱伝達率 (0: 内蔵式 1:0 H:G:B:N:D (W/cm/℃) を使用)																																																																															
05	I O:P(7)										冷却材体膨張率 (0: 内蔵式 1:0 A:L:F:V:L (1/℃) を使用)																																																																															
06																																																																																										
07																																																																																										
08																																																																																										
09																																																																																										
10																																																																																										
11																																																																																										
12																																																																																										
13																																																																																										
14																																																																																										
15																																																																																										
16																																																																																										
17																																																																																										
18																																																																																										
19																																																																																										
20																																																																																										
	1										2										3										4										5										6										7										8																			

PAGE OF

[illegible]

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER										MAIN PROGRAM LABEL										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS									
PROBLEM SPIRAL preprocessor										MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																			
CODED BY										DATE										VERIFIED BY																			

	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																																																												
03	X																																																											
04																																																												
05																																																												
06																																																												
07																																																												
08																																																												
09																																																												
10																																																												
11																																																												
12																																																												
13																																																												
14																																																												
15																																																												
16																																																												
17																																																												
18																																																												
19																																																												
20																																																												

[illegible]

I O P 60	入力値タイプ指定	
	= 1 平均流速	(cm/sec)
	= 2 流量	(g/sec)
	= 3 圧損	(g/cm ²)
VALUE	入力値	
HDIA	水力等価直径	(cm)
AREA	流路断面積	(cm ²)
RDPIN	ピン半径	(cm) ※ NTPSL = 2 を選択した時必要となる。
NTRSL	ϵ_{rr} の選択	1 : Eifler, Nijssing
NTPSL	$\epsilon_{\psi\psi}$ の選択	1 : VELASCO, 2 : VELASCO-BS
NAISO	($\epsilon_{\psi\psi}/\epsilon_{rr}$) 値の選択	(= 1) 1 : ϵ_{rr} , $\epsilon_{\psi\psi}$ 各々の相関式使用, 2 : $\epsilon_{\psi\psi} = A EDDY * \epsilon_{rr}$
NPRNP	プリント出力点数	
NPRNW	プリント出力点数	

3.3 図形処理 (post processor)

次頁以降にクラスデータの入力形式を示す。先頭のカードがクラスカードである。

このプログラムのクラスデータは一種類である。主なる注意事項を以下に示す。

- (1) 作図は基本的に $x-y$ 座標面に平行な断面上で行われる。但し、タイプ 8 の解析体系では、パイプの長手方向に垂直な断面内で処理される。したがって、3次元体系の作図は、軸方向断面毎の図が出力される。
- (2) プロットオプション $IOP \text{ (4)} = N < 0$ を指定すると解析体系の部分作図ができる。作図領域は、部分領域番号 $NSBD$ および、部分領域の変換空間座標 I, J で指定する。
- (3) ベクトル図作成オプション $LVEC$ で矢印の形が指定できる。 $LVEC > 0$ の時はベクトル長にかかわらず矢印の大きさは固定で作図される。流速の遅い領域で矢印の向きが知りたい時使用する。 $LVEC = 0$ の時は、ベクトル長に応じて矢印の大きさを変えて作図する。流速が優勢の領域のみ作図したい時使用する。
- (4) 等高線の高さ指定 $LCNT$ では最大 100 本までの線を指定することができる。
 $LCNT < 0$ の時は、最大／最小値を等分割により自動的に高さが設定される。
 $LCNT > 0$ の時は、 $DEL V$ で高さを入力できる。
- (5) 等高線図作成オプション $IOP \text{ (4)}$ は通常 1 を指定する。

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER		MAIN PROGRAM LABEL		KEYPUNCH RECORD DATE		NO OF CARDS	
PROBLEM SPIRAL preprocessor		MODIFICATION		KEYPUNCHED BY			
CODED BY		DATE		VERIFIED BY			
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
02	C L A S S = 1	制御データ					
03	X 1						
04	I O P 00 I O P 02 I O P 03 I O P 05	L V E C L C N T (1) L C N T (2) L C N T (3)	I P F L I S T P 1 I S T P 2 I S T P 3				
05	S C L N X S C L N Y	B A S E X B A S E Y	F A C T X F A C T Y				
06	S C A L E						
07	(D E L V (J : 1) J = 1, L C N T (1))						
08	(D E L V (J : 2) J = 1, L C N T (2))						
09	(D E L V (J : 3) J = 1, L C N T (3))						
10	N S B D	I L F T I R H T J B T M J T O P					
11	I O P 00	作図対象 = 1 : 流速計算結果, = 2 : 温度計算結果, = 3 : 両者, = 4 : メッシュ分割図					
12	I O P 02	結果のプリント出力オプション (= 0 プリントしない)					
13	I O P 03	結果のプロット出力オプション (> 0 全体領域作図, = 作図しない, N < 0 部分領域作図, N = 領域指定数)					
14	L V E C	ベクトル図作成オプション (> 0 矢印の大きさを固定, = 0 ベクトル長から決定)					
15	L C N T (1)	流速contour 図等高線本数 (> 0 高さは入力, < 0 高さは等分割)					
16	L C N T (2)	圧力contour 図等高線本数 (> 0 高さは入力, < 0 高さは等分割)					
17	L C N T (3)	温度contour 図等高線本数 (> 0 高さは入力, < 0 高さは等分割)					
18	S C L N X S C L N Y	作図領域の X, Y 方向の大きさ指定 (cm)					
19	B A S E X B A S E Y	作図領域の原点 (左下点) (cm)					
20	F A C T X F A C T Y	X 方向の拡大, 縮小係数					
	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

プロット領域上の原点

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER		MAIN PROGRAM LABEL 1										KEYPUNCH RECORD DATE										NO OF CARDS									
PROBLEM SPIRAL preprocessor		MODIFICATION										KEYPUNCHED BY																			
CODED BY		DATE										VERIFIED BY																			
	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	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	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0														
01	SCAC E	ベクトル図の最大ベクトル長 (cm) (未入力の場合はdefault 値1 cm)																													
02																															
03																															
04	DE LV: (J, 1)	流速contour 図の高さ指定 (LCNT(1) ≤ 0 の時は指定してはならない)																													
05	DE LV: (J, 2)	圧力contour 図の高さ指定 (LCNT(2) ≤ 0 の時は指定してはならない)																													
06	DE LV: (J, 3)	温度contour 図の高さ指定 (LCNT(3) ≤ 0 の時は指定してはならない)																													
07																															
08	I O P 3	contour 図作成ルーチンの選択																													
09		=0 } 内挿関数は線形内挿 (default 値)																													
10		=1 }																													
11		=2 内挿関数としてshape function使用																													
12																															
13	NSBD	サブメイン番号																													
14	ILFT: I RFT:	部分領域の左・右端I座標 } I O P 3 < 0 の時のみ I O P 3 組指定する。																													
15	J BTM: J TOP:	部分領域の下・上端J座標 } 指定された領域のみ作図対象となる。																													
16																															
17	IPFL	入力ファイルとしてN F 2 0 (連続job の解ファイル) を使用する時≠0。																													
18	I STP:1	処理する最初のjob stepNo.																													
19	I STP:2	処理する最後のjob stepNo.																													
20	I STP:D	処理する間隔 (=2 の時は2 step毎に処理されている)																													
	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	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	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0														

INPUT DATA FORM

PAGE OF

JOB NUMBER		MAIN PROGRAM LABEL		KEYPUNCH RECORD DATE		NO OF CARDS	
PROBLEM SPIRAL preprocessor		MODIFICATION		KEYPUNCHED BY			
CODED BY		DATE		VERIFIED BY			
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
02	CLASIS-2	データ編集用入力	(デバッグ用入力につき、一般ユーザは使用しないこと。)				
03	X 2						
04	LDATANFUNC	NDATA	LSBDM	IS	JS	IE	JE
05							
06	LDATA	データ番号	(9:9:9で入力処理終了)				
07		同一データ番号の入力カードが複数ある時は、各領域を結合した全体で平均装作を行う。					
08	NFUNC	平均装作の種類					
09		=1	領域平均				
10		=2	境界平均 (スカラー量の平均)				
11		=3	境界平均 (ベクトル量の法線方向成分の平均) ※				
12	NDATA	処理データ					
13		=1::u, =2::u, =3::u, =4::P, =5::T					
14		=6::w					
15	LSBDM	局所領域番号					
16	IS JS IE JE	積分範囲					
17							
18		※ 法線方向がどちら向きになるか注意すること。					
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 9 0

4. 内蔵物性値

本章では、S P I R A Lコードに内蔵された各種物性値およびそれらの出典について述べる。

4.1 (P u U) O₂

- 熱伝導率 (W/cm/℃)

$$\lambda = 0.01169 + 7.214 \times 10^{-13} \times T^3$$

$$+ \frac{1}{\left[0.06717 + \frac{0.0222 \times (1 - \rho)}{O/M - 1.90} \right] \times T}$$

ρ : 対理論密度比 (0.84~0.99)

T : 温度 (℃) (800 ~ 2800℃)

O/M : 化学量論比

出典 G E A P - 13967 (1973)

4.2 S U S 3 1 6

- 熱伝導率 (W/cm/℃)

$$\lambda = 0.132 + 1.3 \times 10^{-4} \times T$$

T : 温度 (℃)

出典 "Mechanical and Physical Properties of the Austenitic Chromium Nickel Stainless Steels at Elevated Temperatures" International Nickel Co. (1963)

4.3 Sodium (Na)

◦ 比重熱 (G/cal)

$$r = 0.95001 - 2.2977 \times 10^{-4} \times T - 1.4605 \times 10^{-8} \times T^2 + 5.6380 \times 10^{-12} \times T^3$$

T : 温度 (°C) (100~1400°C)

出典 ANL-7273の式を換算

◦ 定圧比熱 (W·sec/g/°C)

$$C_p = 4.1861 \times (0.343253 - 1.38686 \times 10^{-4} \times T + 1.1055 \times 10^{-7} \times T^2)$$

T : 温度 (°C)

出典 ANL-7323の式を換算

◦ 動粘性係数 (cm²/sec)

$$\nu = \frac{10^{**} \left[\frac{220.65}{T + 273.15} - 2.4892 \right]}{(T + 273.15)^{0.4925 \times r}} \times 10$$

T : 温度 (°C)

出典 ANL-7323の式を換算

◦ 熱伝導率 (W/cm/°C)

$$\lambda = 0.01163 \times (79.9136 - 5.06588 \times 10^{-2} \times T + 0.00829 \times 10^{-5} \times T^2)$$

T : 温度 (°C) (93~1371°C)

出典 ANL-7323の式を換算

5. プログラムサイズの変更方法

solverで最も大きな作業領域は、

COMMON/FRONT4Z/F (MFL)

である。この配列の必要最大長は、フロント行列の要素数であり、プログラムサイズ (ATTRパラメータのC値) は、ほぼこの大きさから決まる。solverのプログラムサイズは、ほぼ

$1 + MFL * 4 * 10^{-6} \text{Mbytes}$ (単精度)

より計算できる。フロント行列の大きさは、solverを動かすと、subroutine CHKFSZの情報としてプリント出力される。十分な作業領域がない時は、この情報を出力して終了する。この時ユーザーは、プログラムサイズを拡張して再実行するか、要素分割を変更して、これに対応する必要がある。本章ではプログラムサイズの変更方法について説明する。

プログラムサイズ変更用プログラムCONVCRのソースリストを次頁以降に示す。さて、CHKFSZの情報のうち、フロント行列サイズMFRに注目する。変更はパラメータ文の内容の書き換えであり、関連するパラメータとしては、

MFL = MFR * MFR

MCOL = MFR

MROW = MFR

MFP = MFR

MFR = MFR

の5種類である。プログラムCONVCRのDATA文IKAZとNKAZをこれに応じて変更する。各々5種のデータから成り、順番は、INAMで指定したパラメータの順番に対応する。添付したプログラムではMFR=1800としてある。NKAZは、IKAZで指定した数字を表す為に必要な文字数である。

```

CCONVCR                                00000100
C                                       00000200
C                                       00000300
C                                       00000400
C-----00000500
      CHARACTER*1  ICHR(80),JCHR(80),NAME(10) 00000600
      CHARACTER*1  IPAR(10)                    00000700
      DATA  IPAR/'P','A','R','A','M','E','T','E','R','(' 00000800
      CHARACTER*1  INAM(10,5)                  00000900
      DATA  INAM/'M','F','L','=',' ',' ',' ',' ',' ',' ' 00001000
2          , 'M','F','R','=',' ',' ',' ',' ',' ',' ' 00001100
3          , 'M','C','O','L','=',' ',' ',' ',' ',' ',' ' 00001200
4          , 'M','R','O','W','=',' ',' ',' ',' ',' ',' ' 00001300
5          , 'M','F','P','=',' ',' ',' ',' ',' ',' ' 00001400
      DIMENSION  NNAH(5)                      00001500
      DATA  NNAH/ 4,4,5,5,4/                 00001600
      CHARACTER*1  IKAZ(10,5)                  00001700
      DATA  IKAZ/'3','2','4','0','0','0','0',' ',' ',' ' 00001800
2          , '1','8','0','0',' ',' ',' ',' ',' ',' ' 00001900
3          , '1','8','0','0',' ',' ',' ',' ',' ',' ' 00002000
4          , '1','8','0','0',' ',' ',' ',' ',' ',' ' 00002100
5          , '1','8','0','0',' ',' ',' ',' ',' ',' ' 00002200
      DIMENSION  NKAZ(5)                      00002300
      DATA  NKAZ/ 7,4,4,4,4/                 00002400
      DATA  NCHK/ 5/                          00002410
      CHARACTER*1  IBLK,KAKO1,KAKO2            00002500
      DATA  IBLK/' ','KAKO1',' ','KAKO2',' ' 00002600
C-----00002700
C  FILE N1 ..... INPUT FILE                 00002800
C  FILE N2 ..... COMMON CARD FILE            00002900
C  FILE N3 ..... WORKING FILE                 00003000
C  FILE N4 ..... OUTPUT FILE                 00003100
C-----00003200
      N1 = 1                                  00003400
      N4 = 4                                  00003500
      REWIND N1                               00003600
      REWIND N4                               00003700
100  CONTINUE                                00003800
      DO 1000 I=1,80                          00003900
          JCHR(I) = IBLK                      00004000
1000  CONTINUE                                00004100
      READ (N1,8000,END=330) (ICHR(I),I=1,80) 00004200
      IF (ICHR(1).NE.IBLK) GO TO 310          00004300
      IF (ICHR(2).NE.IBLK) GO TO 310          00004400
      IF (ICHR(3).NE.IBLK) GO TO 310          00004500
      IF (ICHR(4).NE.IBLK) GO TO 310          00004600
      IF (ICHR(5).NE.IBLK) GO TO 310          00004700
      IF (ICHR(6).NE.IBLK) GO TO 310          00004800
      DO 3000 I=7,72                          00004900
          IF (ICHR(I).EQ.IBLK) GO TO 300      00005000
          IP = I                               00005100
          IF (ICHR(IP).NE.IPAR(1)) GO TO 300  00005200
          DO 2000 L=1,10                      00005300
              CONTINUE                        00005400
              IF (ICHR(IP).NE.IBLK) GO TO 130 00005500
              IP = IP+1                      00005600
              IF (IP.GT.72) GO TO 300         00005700
              GO TO 120                      00005800
          130  CONTINUE                        00005900
              IF (ICHR(IP).NE.IPAR(L)) GO TO 300 00006000
              IP = IP+1                      00006100
2000  CONTINUE                                00006200
          DO 2100 L=1,IP-1                    00006300
              JCHR(L) = ICHR(L)              00006400
2100  CONTINUE                                00006500
          JP = IP-1                          00006600
C-----00006700
          ICHK = 0                            00006800
          KAKO = 1                            00006810
200  CONTINUE                                00006900
          LP = 1                              00007000
220  CONTINUE                                00007100
          IF (ICHR(IP).NE.IBLK) GO TO 230     00007200
          JP = JP+1                          00007300
          JCHR(JP) = ICHR(IP)                00007400
          IP = IP+1                          00007500
          IF (IP.GT.72) GO TO 320             00007600
          GO TO 220                          00007700

```

230	CONTINUE	00007800
	IF (ICHR(IP).EQ.KAKO1) KAKO = KAKO+1	00007810
	IF (ICHR(IP).EQ.KAKO2) KAKO = KAKO-1	00007820
	IF (ICHR(IP).EQ.'=') GO TO 240	00007900
	JP = JP+1	00008000
	JCHR(JP) = ICHR(IP)	00008100
	NAME(LP) = ICHR(IP)	00008200
	LP = LP+1	00008300
	IP = IP+1	00008400
	GO TO 220	00008500
240	CONTINUE	00008600
	JP = JP+1	00008700
	JCHR(JP) = ICHR(IP)	00008800
	NAME(LP) = ICHR(IP)	00008900
	DO 2300 N=1,NCHK	00009000
	IF (LP.NE.NNAM(N)) GO TO 250	00009100
	DO 2200 L=1,LP	00009200
	IF (NAME(L).NE.INAM(L,N)) GO TO 250	00009300
2200	CONTINUE	00009400
	NP = N	00009500
	GO TO 260	00009600
250	CONTINUE	00009700
2300	CONTINUE	00009800
252	CONTINUE	00009900
	IP = IP+1	00010000
	JP = JP+1	00010100
	JCHR(JP) = ICHR(IP)	00010200
	IF (ICHR(IP).EQ.KAKO1) KAKO = KAKO+1	00010201
	IF (ICHR(IP).EQ.KAKO2) KAKO = KAKO-1	00010202
	IF (ICHR(IP).EQ.KAKO2.AND.KAKO.EQ.0) GO TO 320	00010203
	IF (IP.GT.72) GO TO 320	00010300
	IF (ICHR(IP).NE.',') GO TO 252	00010400
	IP = IP+1	00010500
	GO TO 200	00010600
260	CONTINUE	00010700
	ICLK = ICHK+1	00010800
	DO 2600 L=1,NKAZ(NP)	00010900
	JP = JP+1	00011000
	JCHR(JP) = IKAZ(L,NP)	00011100
2600	CONTINUE	00011200
262	CONTINUE	00011300
	IP = IP+1	00011400
	IF (ICHR(IP).EQ.KAKO1) KAKO = KAKO+1	00011401
	IF (ICHR(IP).EQ.KAKO2) KAKO = KAKO-1	00011402
	IF (ICHR(IP).EQ.KAKO2.AND.KAKO.EQ.0) GO TO 270	00011410
	IF (IP.GT.72) GO TO 270	00011500
	IF (ICHR(IP).NE.',') GO TO 262	00011600
	JP = JP+1	00011700
	JCHR(JP) = ICHR(IP)	00011800
	IP = IP+1	00011900
	GO TO 200	00012000
270	CONTINUE	00012100
	JP = JP+1	00012200
	JCHR(JP) = ')'	00012300
	GO TO 320	00012400
300	CONTINUE	00012500
3000	CONTINUE	00012600
310	CONTINUE	00012700
	WRITE(N4,8000) (ICHR(I),I=1,80)	00012800
	GO TO 100	00012900
320	CONTINUE	00013000
	IF (ICLK.EQ.0) GO TO 310	00013100
	IF (JP.EQ.72) GO TO 325	00013200
	DO 3100 L=JP+1,72	00013300
	JCHR(L) = IBLK	00013400
3100	CONTINUE	00013500
325	CONTINUE	00013600
	DO 3200 L=73,80	00013700
	JCHR(L) = ICHR(L)	00013800
3200	CONTINUE	00013900
	WRITE(N4,8000) (JCHR(I),I=1,80)	00014000
	WRITE(6,9100) ICHK,(ICHR(I),I=1,80)	00014100
	WRITE(6,9200) (JCHR(I),I=1,80)	00014200
	GO TO 100	00014300
330	CONTINUE	00014400
	STOP	00014500
8000	FORMAT(80A1)	00014600
9000	FORMAT(T5,80A1)	00014700

```
9100 FORMAT(T5,I5,5X,80A1)
9200 FORMAT(T5,5X,5X,80A1)
END
```

```
00014800
00014900
00015000
```

〈使用手順〉

- (1) ソースプログラムをPSタイプに変換する。この時ソースは、データセット
 “SPIRAL.SOLV.PS.FORT” に格納されているものとする。
- (2) TSSでCONVCRのロードモジュールを作成する。ロードモジュール名は、
 “INIT” とする (Appendixの使用例2 参照)。

```

EX SPIRAL
===== MENU OF FUNCTION ===== 15:47:42 =====
CLG ...  COMPILE, LINK AND GO      CL ....  COMPILE AND LINK
C ....  COMPILE(OBJECT FILE)      LG ....  LINK AND GO
L ....  LINK                        G .....  GO
S .....  MODIFIED CLG              SCL ...  MODIFIED CL
SUB ...  SUBMIT                     DBGS ..  MODIFIED DBG
DBG ...  COMPILE, LINK AND GO (DEBUG MODE)
INIT ..  DECK CARD INSERTION FOR CREATION RUN
              (OUTPUT FILE = @SOURCE.FORT)
HCRE ..  HISTRIAN CREATION RUN
              (INPUT FILE = @SOURCE.FORT)
HCL  ..  HISTRIAN + COMPILE + LINK
HCLG .. HISTRIAN + COMPILE + LINK + GO
=====
KEY IN OPTION ==> CL
/// YOU SELECTED 'CL' OPTION
SCALER(S) OR VECTOR(V) COMPILER ? ==> S
/// YOU SELECTED SCALER COMPILER
SINGLE(S) OR DOUBLE(D) PRECISION ? ==> S
/// YOU SELECTED SINGLE PRECISION
TYPE IN DATASET NAME (PROGRAM SOURCE)
CONVCR.FORT
TYPE IN DATASET NAME (LOAD MODULE)
INIT
  
```

- (3) オプション “INIT” を使ってソースを変更する。変更されたソースプログラム
 は、@ SOURCE.FORT に出力される。

```

EX SPIRAL
===== MENU OF FUNCTION ===== 15:48:54 =====
CLG ...  COMPILE, LINK AND GO      CL ....  COMPILE AND LINK
C ....  COMPILE(OBJECT FILE)      LG ....  LINK AND GO
L ....  LINK                        G .....  GO
S .....  MODIFIED CLG              SCL ...  MODIFIED CL
SUB ...  SUBMIT                     DBGS ..  MODIFIED DBG
DBG ...  COMPILE, LINK AND GO (DEBUG MODE)
INIT ..  DECK CARD INSERTION FOR CREATION RUN
              (OUTPUT FILE = @SOURCE.FORT)
HCRE ..  HISTRIAN CREATION RUN
              (INPUT FILE = @SOURCE.FORT)
HCL  ..  HISTRIAN + COMPILE + LINK
HCLG .. HISTRIAN + COMPILE + LINK + GO
=====
KEY IN OPTION ==> INIT
/// YOU SELECTED 'INIT' OPTION
SOURCE CARD FILE ==> SPIRAL.SOLV.PS.FORT
  
```

(4) @ SOURCE. FORTをPOタイプに変更する。

以上で、プログラムサイズを変更した新しいソースプログラムが得られた。

6. サンプル計算結果

解析体系タイプ8を使用した場合の計算を例として、preprocessor, solver, post processorの入力データを示し、それに対する代表的な出力結果を示す。

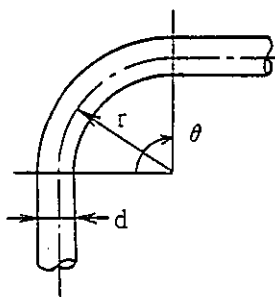
入力例1 SPIRAL preprocessorの入力データ

***** CHECK YOUR INPUT DATA *****

```

I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I
STRT
3-D BENT PIPE FLOW                                00410000
CLASS- 1 CLASS-1
  8  1  4 200  0  0  0  0  0  0  0  0            00430003
1.0E-05                                           00440000
CLASS- 2 CLASS-2
  1  1
 20.0 20.0  0.0  0.0  1.0  1.0            00460000
                                           00470001
CLASS-10 CLASS-10
 12  2  3  5  3  2
   1.0 15.0 15.0  5.0 90.0  0.6            00490004
                                           00500006
   1  1  2  0  0
   0  0  0  1  0            00510001
                                           00520001
EXEC
I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I

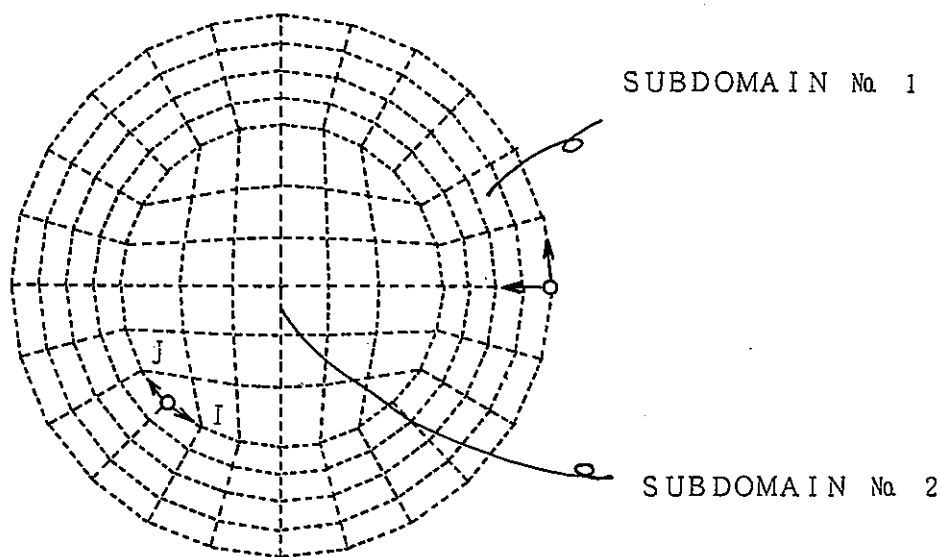
```



。 曲管3次元体系 (TYPE8) の入力データを上に示す。

上に示す入力データでは $d = 1.0\text{cm}$, $r = 5.0\text{cm}$, $\theta = 90^\circ$ の曲管体系が作成される。

。 出力される体系図は, PART IV 試計算結果の解析番号Ⅷ-1に示すものと同様。



管断面タイプ2メッシュ図

入力例 2 SPIRAL solverの入力データ

[illegible]

- 。 入力例 1 で作成された曲管体系についての入力データを上に示す。

上に示す入力データでは、非線形解法Newton Raphson法、行列解法Wave front法で流動計算が行われる。

- 。 出力される計算結果の一部 (AXIAL LEVEL=11) を次項より示す。

AXIAL LEVEL=11: 管入口から11番目の断面

SUBDOMAIN No. 1 : 管断面外側の領域

SUBDOMAIN No. 2 : 管断面内側の領域

* 次項より示す計算結果は、後出の解析番号Ⅷ-1の断面図 ($\theta = 36^\circ\text{C}$) に対応する。

VELO-X

- 140 -

*** VELO-Y ***

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	-1.974E-03	-6.119E+00	-8.476E+00	-2.981E+01	-3.935E+01	-3.249E+01	-1.097E+01	2.486E+01	4.826E+01	5.382E+01	5.147E+01
3	-3.985E-03	-1.967E+01	-2.944E+01	-5.599E+01	-5.972E+01	-4.071E+01	-1.157E+01	3.184E+01	5.586E+01	6.097E+01	5.930E+01
4	-4.587E-03	-3.225E+01	-4.509E+01	-6.576E+01	-6.069E+01	-3.813E+01	-1.753E+01	1.585E+01	3.837E+01	4.000E+01	3.988E+01
5	-3.187E-03	-3.240E+01	-4.027E+01	-4.830E+01	-4.232E+01	-2.311E+01	-7.985E+00	1.064E+01	2.884E+01	2.761E+01	2.553E+01
2	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2.721E+01	1.476E-03	-2.720E+01	-5.147E+01	-5.382E+01	-4.826E+01	-2.487E+01	1.097E+01	3.249E+01	3.935E+01	2.981E+01
3	2.963E+01	3.060E-03	-2.962E+01	-5.931E+01	-6.098E+01	-5.586E+01	-3.184E+01	1.157E+01	4.071E+01	5.971E+01	5.599E+01
4	1.747E+01	4.888E-03	-1.746E+01	-3.988E+01	-4.000E+01	-3.836E+01	-1.585E+01	1.753E+01	3.812E+01	6.069E+01	6.575E+01
5	8.393E+00	4.370E-03	-8.390E+00	-2.553E+01	-2.760E+01	-2.884E+01	-1.064E+01	7.986E+00	2.312E+01	4.232E+01	4.830E+01
3	23	24									
1	0.0	0.0									
2	8.473E+00	6.115E+00									
3	2.943E+01	1.966E+01									
4	4.509E+01	3.224E+01									
5	4.027E+01	3.240E+01									

*** VELO-Z ***

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	7.511E+01	7.830E+01	8.601E+01	9.535E+01	1.250E+02	1.461E+02	1.627E+02	1.970E+02	1.994E+02	2.250E+02	2.144E+02
3	1.353E+02	1.490E+02	1.655E+02	1.902E+02	2.484E+02	2.974E+02	3.409E+02	3.978E+02	4.196E+02	4.539E+02	4.463E+02
4	1.842E+02	2.061E+02	2.305E+02	2.667E+02	3.291E+02	3.817E+02	4.264E+02	4.782E+02	5.201E+02	5.625E+02	5.872E+02
5	2.201E+02	2.451E+02	2.729E+02	3.073E+02	3.613E+02	4.070E+02	4.454E+02	4.860E+02	5.288E+02	5.695E+02	6.091E+02
2	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2.235E+02	2.567E+02	2.235E+02	2.144E+02	2.250E+02	1.994E+02	1.970E+02	1.627E+02	1.461E+02	1.250E+02	9.535E+01
3	4.493E+02	4.915E+02	4.493E+02	4.463E+02	4.540E+02	4.196E+02	3.978E+02	3.409E+02	2.974E+02	2.484E+02	1.902E+02
4	5.962E+02	6.161E+02	5.962E+02	5.872E+02	5.625E+02	5.201E+02	4.782E+02	4.264E+02	3.817E+02	3.291E+02	2.667E+02
5	6.301E+02	6.376E+02	6.301E+02	6.091E+02	5.695E+02	5.288E+02	4.860E+02	4.454E+02	4.070E+02	3.613E+02	3.073E+02
3	23	24									
1	0.0	0.0									
2	8.601E+01	7.830E+01									
3	1.655E+02	1.490E+02									
4	2.305E+02	2.061E+02									
5	2.729E+02	2.450E+02									

*** PRESSURE ***

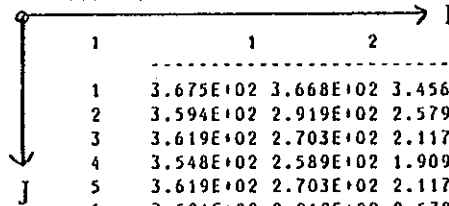
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.0	3.499E+02 0.0	3.466E+02 0.0	3.497E+02 0.0	3.663E+02 0.0	3.857E+02 0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0
3	0.0	3.502E+02 0.0	3.467E+02 0.0	3.476E+02 0.0	3.602E+02 0.0	3.794E+02 0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0
5	0.0	3.485E+02 0.0	3.451E+02 0.0	3.447E+02 0.0	3.524E+02 0.0	3.671E+02 0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	3.946E+02 0.0	3.946E+02 0.0	3.857E+02 0.0	3.663E+02 0.0	3.497E+02 0.0	3.466E+02 0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0
3	3.912E+02 0.0	3.912E+02 0.0	3.794E+02 0.0	3.602E+02 0.0	3.476E+02 0.0	3.467E+02 0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0
5	3.765E+02 0.0	3.765E+02 0.0	3.671E+02 0.0	3.524E+02 0.0	3.447E+02 0.0	3.451E+02 0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	23	24									
1	0.0	3.499E+02									
2	0.0	0.0									
3	0.0	3.502E+02									
4	0.0	0.0									
5	0.0	3.485E+02									

=====

SUBDOMAIN NO. 2

=====

VELO-X



	1	2	3	4	5	6	7
1	3.675E+02	3.668E+02	3.456E+02	3.252E+02	2.875E+02	2.262E+02	1.692E+02
2	3.594E+02	2.919E+02	2.579E+02	2.289E+02	1.823E+02	1.485E+02	1.305E+02
3	3.619E+02	2.703E+02	2.117E+02	1.759E+02	1.266E+02	1.077E+02	1.042E+02
4	3.548E+02	2.589E+02	1.909E+02	1.585E+02	1.086E+02	8.970E+01	8.542E+01
5	3.619E+02	2.703E+02	2.117E+02	1.759E+02	1.266E+02	1.077E+02	1.042E+02
6	3.594E+02	2.919E+02	2.579E+02	2.289E+02	1.823E+02	1.485E+02	1.305E+02
7	3.675E+02	3.668E+02	3.456E+02	3.252E+02	2.875E+02	2.262E+02	1.693E+02

VELO-Y

	1	2	3	4	5	6	7
1	-2.760E+01	-2.884E+01	-1.064E+01	7.986E+00	2.312E+01	4.232E+01	4.830E+01
2	-2.553E+01	-2.602E+01	-1.196E+01	-7.796E+00	1.740E+00	1.568E+01	4.027E+01
3	-8.390E+00	-8.221E+00	-3.072E+00	-3.289E+00	-1.001E+00	1.023E+01	3.240E+01
4	4.370E-03	1.158E-03	2.747E-03	2.681E-03	2.962E-03	1.090E-03	-3.187E-03
5	8.393E+00	8.221E+00	3.074E+00	3.290E+00	1.004E+00	-1.023E+01	-3.240E+01
6	2.553E+01	2.602E+01	1.196E+01	7.797E+00	-1.739E+00	-1.568E+01	-4.027E+01
7	2.761E+01	2.884E+01	1.064E+01	-7.985E+00	-2.311E+01	-4.232E+01	-4.830E+01

VELO-Z

	1	2	3	4	5	6	7
1	5.695E+02	5.288E+02	4.860E+02	4.454E+02	4.070E+02	3.613E+02	3.073E+02
2	6.091E+02	5.306E+02	4.571E+02	4.030E+02	3.474E+02	3.200E+02	2.729E+02
3	6.301E+02	5.267E+02	4.231E+02	3.588E+02	2.956E+02	2.876E+02	2.450E+02
4	6.376E+02	5.283E+02	4.114E+02	3.442E+02	2.779E+02	2.701E+02	2.201E+02
5	6.301E+02	5.267E+02	4.230E+02	3.588E+02	2.956E+02	2.876E+02	2.451E+02
6	6.091E+02	5.306E+02	4.571E+02	4.030E+02	3.474E+02	3.200E+02	2.729E+02
7	5.695E+02	5.288E+02	4.860E+02	4.454E+02	4.070E+02	3.613E+02	3.073E+02

*** PRESSURE ***

1	1	2	3	4	5	6	7
1	3.671E+02 0.0	3.524E+02 0.0	3.447E+02 0.0	3.451E+02			
2	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0	0.0	0.0	
3	3.765E+02 0.0	3.520E+02 0.0	3.458E+02 0.0	3.485E+02			
4	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0	0.0	0.0	
5	3.765E+02 0.0	3.520E+02 0.0	3.458E+02 0.0	3.485E+02			
6	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0	0.0	0.0	
7	3.671E+02 0.0	3.524E+02 0.0	3.447E+02 0.0	3.451E+02			

入力例 3 SPIRAL post processorの入力データ

```
***** CHECK YOUR INPUT DATA *****
```

I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---

STRT
SPIRAL POST PROCESSOR
CLASS- 1 CALSS-1

1	0	1	0	-1	-10	-10	-10	0	1	7	1
	5.0		5.0		0.0		0.0		1.0		1.0
	0.5										

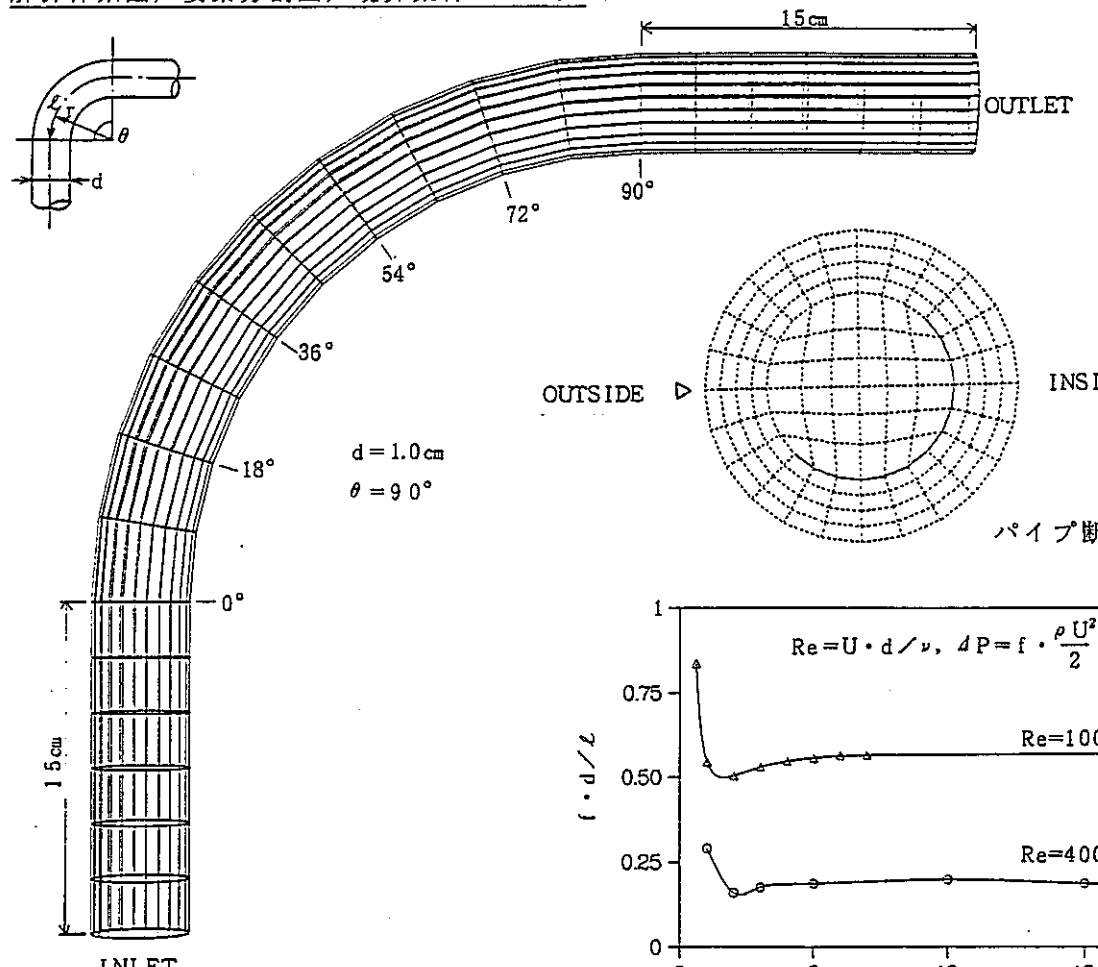
EXEC

I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---I---

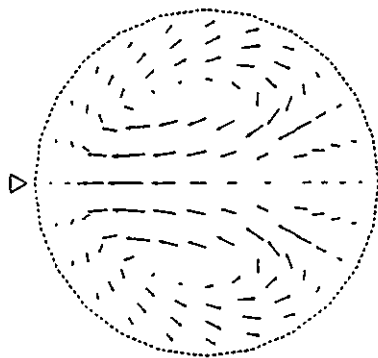
- SPIRAL solverの流速計算結果を作図処理するデータを上に示す。

上に示す入力データでは、作図範囲 $5 \times 5 \text{ cm}$ 、 $X/Y = 1/1$ 、流速ベクトル最大長さ 0.5 cm のサイズで流速、圧力分布図が出力される。

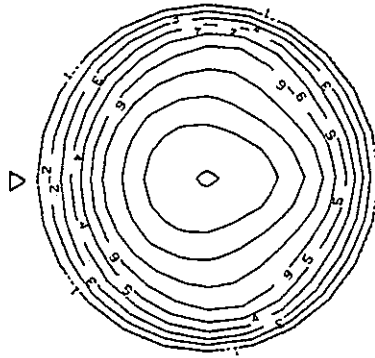
※ 入力例2で示した計算結果を上を示す入力データで処理した出力図は、PARTIV
試計算結果、解析番号Ⅷ-1で示す流速、圧力分布図と同様。

解析 番号	Ⅷ-1	解析 内容	曲管内の流れ (90° ベンド管)			
計算法	境界値問題 / space marching		乱流モデル	層 流		
非線形反復法	Newton Raphson	解析体系タイプ	8 (2 D / (3 D))	使用計算機	FACOM VP100	
解析体系図, 要素分割図, 境界条件 e t c .						
 パイプ断面メッシュ図						
主なる結果 ・ 計算結果より求めた90°ベンド管の圧損係数 (Re = 100, 400) を上図に示す。 $r/d = 2$ 付近に圧損係数が最小となる傾向が見られる。 ・ $r = 5.0\text{cm}$ の90°ベンド管内の流れと圧力分布 (Re = 400) を次項より示す。 中心軸を含む平面について対象な2次うずが見られる。						
要素数	3 6 3	節点数	3 3 3 5	未知自由度数	8 4 2 6	cpu time 41sec/step

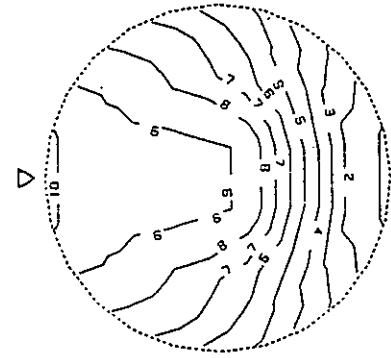
$\theta = 0^\circ$



— 3.305 E+1 CM/SEC

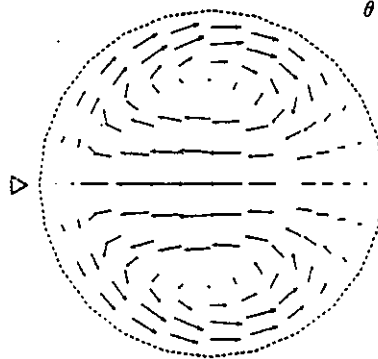


AXIAL VELOCITY (CM/SEC)
1 7.357 E+0
10 7.284 E+2

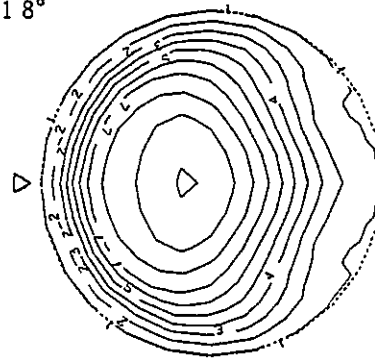


PRESSURE (G/CM==2)
1 3.854 E+2
10 3.890 E+2

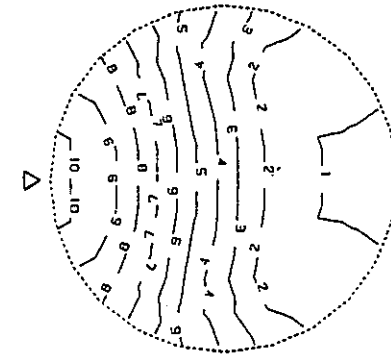
$\theta = 18^\circ$



— 1.459 E+2 CM/SEC

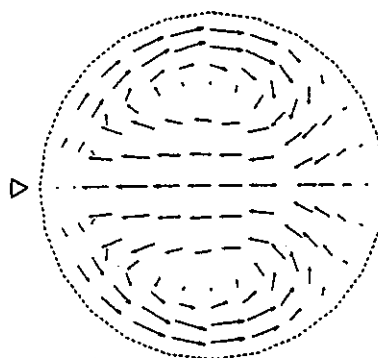


AXIAL VELOCITY (CM/SEC)
1 7.182 E+0
10 7.110 E+2

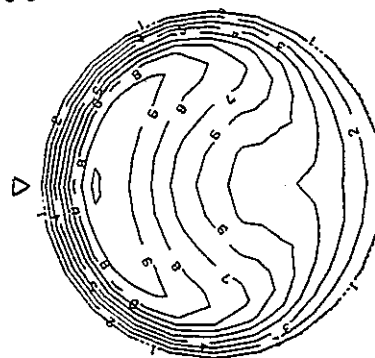


PRESSURE (G/CM==2)
1 3.568 E+2
10 4.229 E+2

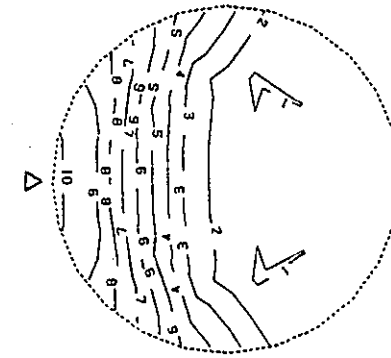
$\theta = 36^\circ$



— 1.143 E+2 CM/SEC

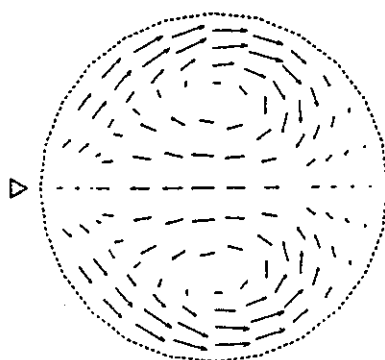


AXIAL VELOCITY (CM/SEC)
1 7.118 E+0
10 7.144 E+2

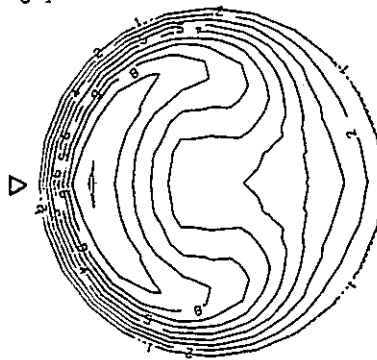


PRESSURE (G/CM==2)
1 3.452 E+2
10 3.941 E+2

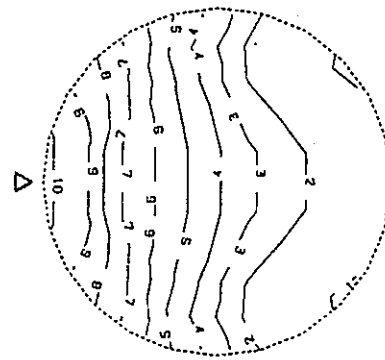
$\theta = 54^\circ$



— 1.044 E+2 CM/SEC

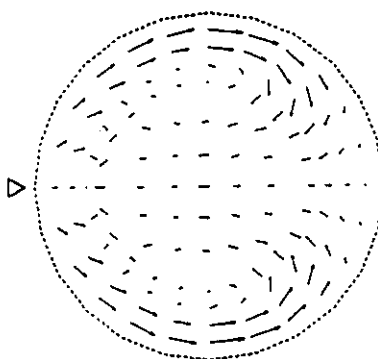


AXIAL VELOCITY (cm/sec)
1 7539 E+0
10 7463 E+2

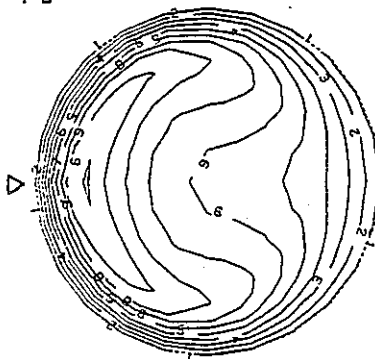


PRESSURE (G/cm²)
1 3.029 E+2
10 3.451 E+2

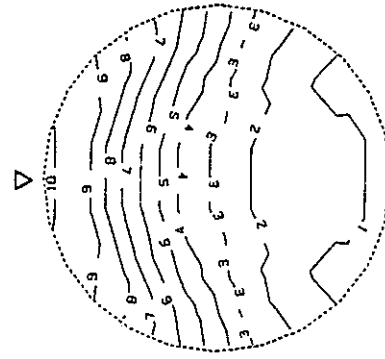
$\theta = 72^\circ$



— 7.248 E+1 CM/SEC

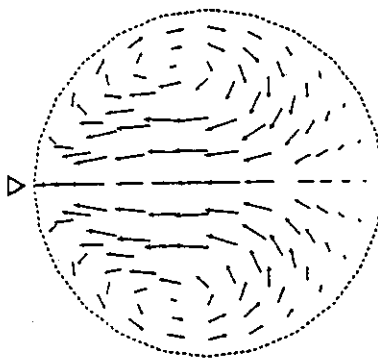


AXIAL VELOCITY (cm/sec)
1 7.071 E+0
10 7.001 E+2

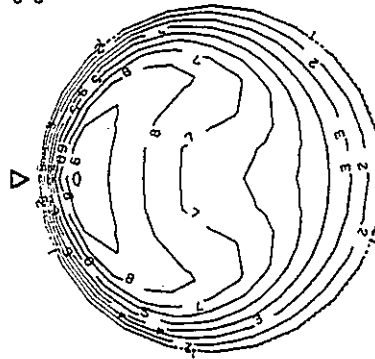


PRESSURE (G/cm²)
1 2896 E+2
10 3279 E+2

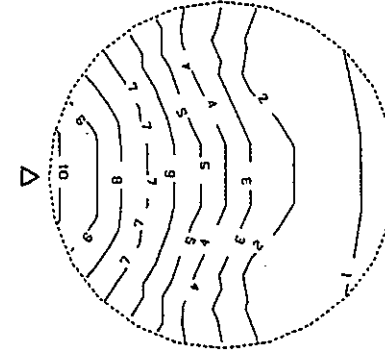
$\theta = 90^\circ$



— 6.308 E+1 CM/SEC



AXIAL VELOCITY (cm/sec)
1 7.071 E+0
10 7.001 E+2



PRESSURE (G/cm²)
1 2896 E+2
10 3279 E+2

Appendix A T S S による別の実行方法

T S S を使用して SPIRAL コードを動かす為に次頁以降に示すような、多機能 T S S コマンドが用意されている。使用法を説明する為の準備として、

- (1) 次頁以降の T S S コマンドがデータセット "SPIRAL.CLIST" に格納されている。
- (2) データセット "INCL" が用意されている。その内容は、

```

INCLUDE  LMOD (MWR)

ENTRY    MAIN

NAME     MWR1 (R)

```

- (3) 結果の出力ファイル "RED.LIST" が用意されている。
- (4) preprocessor のソースデータがデータセット "SPIRAL.PRE.FORT" に格納されている。
PO ファイル。
- (5) solver のソースデータがデータセット "SPIRAL.SOLV.FORT" に格納されている。PO
ファイル。
- (6) post processor のソースデータがデータセット "SPIRAL.POST.FORT" に格納されている。
PO ファイル。
- (7) 入力データがデータセット "SPIRAL.DATA" に格納されている。

```

PROC 0
SET &OBJ='T107E.02.OBJ'
/* ----- MENU OF FUNCTION ----- */
WRITE ===== MENU OF FUNCTION ===== &SYSTIME =====
WRITE CLG ... COMPILE, LINK AND GO CL .... COMPILE AND LINK
WRITE C .... COMPILE(OBJECT FILE) LG .... LINK AND GO
WRITE L .... LINK G ..... GO
WRITE S ..... MODIFIED CLG SCL ... MODIFIED CL
WRITE SUB ... SUBMIT DBGS .. MODIFIED DBG
WRITE DBG ... COMPILE, LINK AND GO (DEBUG MODE)
WRITE INIT .. DECK CARD INSERTION FOR CREATION RUN
WRITE (OUTPUT FILE = &SOURCE.FORT)
WRITE HCRE .. HISTRIAN CREATION RUN
WRITE (INPUT FILE = &SOURCE.FORT)
WRITE HCL .. HISTRIAN + COMPILE + LINK
WRITE HCLG .. HISTRIAN + COMPILE + LINK + GO
WRITE =====
WRITENR KEY IN OPTION ==>
READ &R
WRITE /// YOU SELECTED '&STR(&R) ' OPTION
/* ----- GO TO EACH FUNCTION ----- */
IF &R=C THEN GOTO LCMP
IF &R=CL THEN GOTO LCMP
IF &R=CLG THEN GOTO LCMP
IF &R=LG THEN GOTO LEDT
IF &R=L THEN GOTO LEDT
IF &R=G THEN GOTO LRUN
IF &R=S THEN GOTO LCMP
IF &R=SCL THEN GOTO LCMP
IF &R=SUB THEN GOTO LSUB
IF &R=DBG THEN GOTO LCMP
IF &R=DBGS THEN GOTO LCMP
IF &R=INIT THEN GOTO LINIT
IF &R=HCRE THEN GOTO LHCRE
IF &R=HCL THEN GOTO LHCL
IF &R=HCLG THEN GOTO LHCL
WRITE OPTION &STR(&R) IS NOT AVAILABLE
GOTO LEND
/* ----- COMPILER ----- */
LCMP: WRITENR SCALAR(S) OR VECTOR(V) COMPILER ? ==>
READ &V
IF &V=S THEN WRITE /// YOU SELECTED SCALAR COMPILER
IF &V=V THEN WRITE /// YOU SELECTED VECTOR COMPILER
IF &V=S THEN GOTO LAB1
IF &V=V THEN GOTO LAB2
WRITE IRREGAL KEY WORD.
GOTO LCMP
LAB1: WRITENR SINGLE(S) OR DOUBLE(D) PRECISION ? ==>
READ &A
IF &A=S THEN WRITE /// YOU SELECTED SINGLE PRECISION
IF &A=D THEN WRITE /// YOU SELECTED DOUBLE PRECISION
IF &A=S THEN GOTO LABN2
IF &A=D THEN GOTO LABN2
WRITE IRREGAL KEY WORD.
GOTO LAB1
LAB2: WRITENR SINGLE(S) OR DOUBLE(D) PRECISION ? ==>
READ &A
IF &A=S THEN WRITE /// YOU SELECTED SINGLE PRECISION
IF &A=D THEN WRITE /// YOU SELECTED DOUBLE PRECISION
IF &A=S THEN GOTO LABN2
IF &A=D THEN GOTO LABN2
WRITE IRREGAL KEY WORD.
GOTO LAB2
LABN2: WRITE TYPE IN DATASET NAME (PROGRAM SOURCE)
READ &S
IF &S= THEN SET &S=SPIRAL.PRE2.FORT
IF &R=C THEN GOTO LABC11
IF &R=CL THEN GOTO LABC1
IF &R=CLG THEN GOTO LABC1
IF &R=DBG THEN GOTO LABC1
WRITE TYPE IN 'NAME' OF MODIFIED MEMBER
READ &S1
IF &S1= THEN GOTO LABC1
WRITE MORE?
READ &S2
IF &S2= THEN GOTO LABC1
WRITE MORE?
READ &S3

```

```

IF &S3= THEN GOTO LABC1
WRITE MORE?
READ &S4
IF &S4= THEN GOTO LABC1
WRITE MORE?
READ &S5
IF &S5= THEN GOTO LABC1
WRITE MORE?
READ &S6
IF &S6= THEN GOTO LABC1
WRITE MORE?
READ &S7
LABC1: WRITE TYPE IN DATASET NAME (LOAD MODULE)
READ &L
IF &L= THEN SET &L=PRE
IF &R=CL THEN GOTO LABC2
IF &R=SCL THEN GOTO LABC2
WRITE TYPE IN DATASET NAME (INPUT DATA)
READ &D
WRITE TYPE IN DATASET NAME (FT10F001)
READ &OF
LAB0T: +
WRITENR FILE OPTION (C=CATALOG,N=OLD,W=WORK FILE) ====>
READ &CA
IF &CA=C THEN GOTO LABC2
IF &CA=N THEN GOTO LABC2
IF &CA=W THEN GOTO LABC2
GOTO LAB0T
LABC11: WRITE TYPE IN DATASET NAME (OBJECT FILE)
READ &OBJ
LABC2: OEL &OBJ
/* ----- ALLOCATE OBJECT FILE ----- */
FREE ATTR(BCD)
ATTR BCD BL(3200) LR(80) RECFH(F,B)
ALLOC DA(&OBJ) NE UNIT(DASD) SP(1,1) CY CA US(BCD)
IF &V=V THEN GOTO LABC3V
IF &A=D THEN GOTO LABC3
/* ----- COMPILER (SINGLE PRECISION) ----- */
IF &R=S THEN GOTO LC4S
IF &R=SCL THEN GOTO LC4S
IF &R=DBG THEN GOTO LC4D
IF &R=DBGS THEN GOTO LC4DS
/* ----- CL AND CLG ----- */
FORT77 &S EL(*) NONUM OB(&OBJ) OP(3) FLAG(I) LIN(72) ISN(D)
SET &E=&LASTCC
GOTO LABC4
/* ----- S AND SCL ----- */
LC4S: FORT77 &S EL(&S1,&S2,&S3,&S4,&S5,&S6,&S7) +
NONUM OB(&OBJ) OP(3) FLAG(I) LIN(72) ISN(D)
SET &E=&LASTCC
GOTO LABC4
/* ----- DBG ----- */
LC4D: FORT77 &S EL(*) +
NONUM OB(&OBJ) OP(3) FLAG(I) LIN(72) ISN(D) DEBUG(SUBCHK)
SET &E=&LASTCC
GOTO LABC4
/* ----- DBGS ----- */
LC4DS: FORT77 &S EL(&S1,&S2,&S3,&S4,&S5,&S6,&S7) +
NONUM OB(&OBJ) OP(3) FLAG(I) LIN(72) ISN(D) DEBUG(SUBCHK)
SET &E=&LASTCC
GOTO LABC4
/* ----- COMPILER (DOUBLE PRECISION) ----- */
LABC3: +
IF &R=S THEN GOTO LC8S
IF &R=SCL THEN GOTO LC8S
IF &R=DBG THEN GOTO LC8D
IF &R=DBGS THEN GOTO LC8DS
/* ----- CL AND CLG ----- */
FORT77 &S EL(*) NONUM OB(&OBJ) OP(3) FLAG(I) LIN(72) ISN(D) +
AUTODBL(15337) NOAE
SET &E=&LASTCC
GOTO LABC4
/* ----- S AND SCL ----- */
LC8S: FORT77 &S EL(&S1,&S2,&S3,&S4,&S5,&S6,&S7) +
NONUM OB(&OBJ) OP(3) FLAG(I) LIN(72) ISN(D) +
AUTODBL(15337) NOAE
SET &E=&LASTCC
GOTO LABC4

```

```

00790001
00800001
00810001
00820001
00830001
00840001
00850001
00860001
00870001
00880001
00890001
00900001
00910001
00920001
00930001
00940001
00950001
00960001
00970001
00980001
00990001
01000001
01010001
01020001
01030001
01040001
01050001
01060001
01070001
01080001
01090001
01100001
01110001
01120007
01130001
01140001
01150001
01160001
01170001
01180001
01190001
01200001
01210001
01220001
01230001
01240001
01250001
01260001
01270001
01280001
01290001
01300001
01310001
01320001
01330001
01340001
01350001
01360001
01370001
01380001
01390001
01400001
01410001
01420001
01430001
01440001
01450001
01460001
01470001
01480001
01490001
01500001
01510001
01520001
01530001
01540001
01550001
01560001

```

```

/* ----- DBG ----- */
LC8D: FORT77 &S EL(*) +
NONUM OB(&OBJ) OP(3) FLAG(1) LIN(72) ISN(D) DEBUG(SUBCHK) +
AUTODBL(15337) NOAE
SET &E=&LASTCC
GOTO LABC4
/* ----- DBGS ----- */
LC8DS: FORT77 &S EL(&S1,&S2,&S3,&S4,&S5,&S6,&S7) +
NONUM OB(&OBJ) OP(3) FLAG(1) LIN(72) ISN(D) DEBUG(SUBCHK) +
AUTODBL(15337) NOAE
SET &E=&LASTCC
GOTO LABC4
/* ----- VECTOR COMPILER ----- */
LABC3V: +
IF &A=0 THEN GOTO LABC4V
IF &R=S THEN GOTO LV8S
IF &R=SCL THEN GOTO LV8S
IF &R=DBG THEN GOTO LV8D
IF &R=DBGS THEN GOTO LV8DS
/* ----- CL AND CLG ----- */
FORT77 &S EL(*) NONUM OB(&OBJ) OP(3) FLAG(1) LIN(72) ISN(D) +
VP AE MAP
SET &E=&LASTCC
GOTO LABC4
/* ----- S AND SCL ----- */
LV8S: FORT77 &S EL(&S1,&S2,&S3,&S4,&S5,&S6,&S7) +
NONUM OB(&OBJ) OP(3) FLAG(1) LIN(72) ISN(D) +
VP AE MAP
SET &E=&LASTCC
GOTO LABC4
/* ----- DBG ----- */
LV8D: FORT77 &S EL(*) +
NONUM OB(&OBJ) OP(3) FLAG(1) LIN(72) ISN(D) DEBUG(SUBCHK) +
VP AE MAP
SET &E=&LASTCC
GOTO LABC4
/* ----- DBGS ----- */
LV8DS: FORT77 &S EL(&S1,&S2,&S3,&S4,&S5,&S6,&S7) +
NONUM OB(&OBJ) OP(3) FLAG(1) LIN(72) ISN(D) DEBUG(SUBCHK) +
VP AE MAP
SET &E=&LASTCC
GOTO LABC4
/* ----- END OF COMPILER----- */
/* ----- VECTOR COMPILER ----- */
LABC4V: +
IF &R=S THEN GOTO LV8S
IF &R=SCL THEN GOTO LV8S
IF &R=DBG THEN GOTO LV8D
IF &R=DBGS THEN GOTO LV8DS
/* ----- CL AND CLG ----- */
FORT77 &S EL(*) NONUM OB(&OBJ) OP(3) FLAG(1) LIN(72) ISN(D) +
VP AE MAP +
AUTODBL(15337)
SET &E=&LASTCC
GOTO LABC4
/* ----- S AND SCL ----- */
LV8S: FORT77 &S EL(&S1,&S2,&S3,&S4,&S5,&S6,&S7) +
NONUM OB(&OBJ) OP(3) FLAG(1) LIN(72) ISN(D) +
VP AE MAP +
AUTODBL(15337)
SET &E=&LASTCC
GOTO LABC4
/* ----- DBG ----- */
LV8D: FORT77 &S EL(*) +
NONUM OB(&OBJ) OP(3) FLAG(1) LIN(72) ISN(D) DEBUG(SUBCHK) +
VP AE MAP +
AUTODBL(15337)
SET &E=&LASTCC
GOTO LABC4
/* ----- DBGS ----- */
LV8DS: FORT77 &S EL(&S1,&S2,&S3,&S4,&S5,&S6,&S7) +
NONUM OB(&OBJ) OP(3) FLAG(1) LIN(72) ISN(D) DEBUG(SUBCHK) +
VP AE MAP +
AUTODBL(15337)
SET &E=&LASTCC
/* ----- END OF COMPILER----- */
LABC4: +
WRITE ***** COMPILER TERMINATED ***** +

```

```

CONDITION CODE = &STR(&E)
IF &E GT 4 THEN GOTO LEND
IF &R=C THEN GOTO LEND
GOTO LABL1
/* ----- LINKAGE EDITOR ----- */
LEDT: WRITE TYPE IN DATASET NAME (LOAD MODULE)
READ &L
IF &R=L THEN GOTO LABL1
WRITE TYPE IN DATASET NAME (INPUT DATA)
READ &D
WRITE TYPE IN DATASET NAME (FT10F001)
READ &OF
LABDT1: +
WRITENR FILE OPTION (C=CATALOG,N=OLD,W=WORK FILE) ====>
READ &CA
IF &CA=C THEN GOTO LABL1
IF &CA=N THEN GOTO LABL1
IF &CA=W THEN GOTO LABL1
GOTO LABDT1
LABL1: DEL @FFF.LINKLIST
IF &R=S THEN GOTO LABL2
IF &R=SCL THEN GOTO LABL2
IF &R=OBGS THEN GOTO LABL2
/* ----- LINKAGE EDITOR (FULL) ----- */
DEL &L..LOAD
FREE ATTR(LMOD)
FREE ATTR(LLLL)
FREE ATTR(ABC)
ATTR ABC BL(13030) LR(0) RECFM(U)
ALLOC DA(&L..LOAD) NE UNIT(DASD) SP(50,10) TR DIR(1) +
CA US(ABC)
ATTR LLLL LR(132) BL(2640) RECFM(F,B)
ALLOC US(LLLL) DA(@FFF.LINKLIST) UNIT(DASD) SP(5,3) TR NE CA
WRITE ***** LINKAGE EDITOR START *****
LINK (&OBJ) MAP XREF LO(&L..LOAD(MWR)) +
LIB('SYS1.FORTLIB' 'SYS9.NLPLIB' 'SYS9.CENTER.LOAD') +
PRINT('T107E.@FFF.LINKLIST') LET
SET &E=&LASTCC
WRITE ***** LINKAGE EDITOR TERMINATED ***** +
CONDITION CODE = &STR(&E)
IF &E GT 4 THEN GOTO LEND
GOTO LABL3
/* ----- LINKAGE EDITOR (MODIFY) ----- */
LABL2: +
FREE ATTR(LMOD)
FREE ATTR(LLLL)
ATTR LLLL LR(132) BL(2640) RECFM(F,B)
ALLOC US(LLLL) DA(@FFF.LINKLIST) UNIT(DASD) SP(5,3) TR NE CA
ALLOC DA(&L..LOAD) F(LMOD) SHR
WRITE ***** LINKAGE EDITOR START *****
LINK (&OBJ 'T107E.INCL') LO(&L) +
LIB('SYS1.FORTLIB' 'SYS9.NLPLIB' 'SYS9.CENTER.LOAD') +
PRINT('T107E.@FFF.LINKLIST') LET
SET &E=&LASTCC
WRITE ***** LINKAGE EDITOR TERMINATED ***** +
CONDITION CODE = &STR(&E)
DEL &L..LOAD(MWR)
REN &L..LOAD(MWR1) &L..LOAD(MWR)
CONDENSE &L..LOAD
IF &E GT 4 THEN GOTO LEND
/* ----- END OF LINKAGE EDITOR ----- */
LABL3: DEL &OBJ
IF &R=L THEN GOTO LEND
IF &R=CL THEN GOTO LEND
IF &R=SCL THEN GOTO LEND
GOTO LABG1
/* ----- EXECUTION ----- */
LRUN: WRITE TYPE IN DATASET NAME (LOAD MODULE)
READ &L
WRITE TYPE IN DATASET NAME (INPUT DATA)
READ &D
WRITE TYPE IN DATASET NAME (FT10F001)
READ &OF
LABDT2: +
WRITENR FILE OPTION (C=CATALOG,N=OLD,W=WORK FILE) ====>
READ &CA
IF &CA=C THEN GOTO LABG1
IF &CA=N THEN GOTO LABG1

```

```

IF &CA=W THEN GOTO LABG1
GOTO LABDT2
LABG1: IF &CA=C THEN GOTO LAB19
GOTO LAB20
LAB19: +
DEL &OF
FREE AT(LELM)
ATTR LELM LR(1000) BL(1000) RECFM(V,B,S)
ALLOC US(LELM) DA(&OF) UNIT(DASD) SP(10,S) TR NE CA
LAB20: +
FREE FI(FT01F001)
FREE FI(FT02F001)
FREE FI(FT03F001)
FREE FI(FT04F001)
FREE FI(FT05F001)
FREE FI(FT06F001)
FREE FI(FT08F001)
FREE FI(FT09F001)
FREE FI(FT10F001)
FREE FI(FT11F001)
FREE FI(FT12F001)
FREE FI(FT13F001)
FREE FI(FT14F001)
FREE FI(FT16F001)
FREE FI(FT17F001)
FREE FI(FT20F001)
FREE FI(GDFILE)
FREE FI(PLOTLOG)
FREE FI(PLOTPRM)
FREE AT(LWRK)
FREE AT(LWRD)
ATTR LWRK LR(1000) BL(1000) RECFM(V,B,S)
ATTR LWRD RECFM(F)
ALLOC FI(FT01F001) US(LWRK) UNIT(WORK) SP(1,1) CY
ALLOC FI(FT02F001) US(LWRK) UNIT(WORK) SP(50,10) CY
ALLOC FI(FT03F001) US(LWRK) UNIT(WORK) SP(50,10) CY
ALLOC FI(FT04F001) US(LWRD) UNIT(WORK) SP(50,10) CY
IF &D= THEN GOTO LAB21
ALLOC FI(FT05F001) DA(&D) SHR
LAB21: +
ALLOC FI(FT06F001) DA(RED.LIST)
ALLOC FI(FT08F001) US(LWRK) UNIT(WORK) SP(1,1) CY
ALLOC FI(FT09F001) US(LWRD) UNIT(WORK) SP(100,50) CY
IF &CA=W THEN GOTO LAB22
ALLOC FI(FT10F001) DA(&OF)
GOTO LAB23
LAB22: ALLOC FI(FT10F001) US(LWRK) UNIT(WORK) SP(50,10) CY
LAB23: +
ALLOC FI(FT11F001) US(LWRK) UNIT(WORK) SP(1,1) CY
ALLOC FI(FT12F001) US(LWRK) UNIT(WORK) SP(1,1) CY
ALLOC FI(FT13F001) US(LWRK) UNIT(WORK) SP(1,1) CY
ALLOC FI(FT14F001) US(LWRD) UNIT(WORK) SP(10,1) CY
ALLOC FI(FT16F001) US(LWRK) UNIT(WORK) SP(1,1) CY
ALLOC FI(FT17F001) US(LWRK) UNIT(WORK) SP(1,1) CY
ALLOC FI(FT20F001) US(LWRK) UNIT(WORK) SP(5,1) CY
ALLOC FI(PLOTLOG) DUMMY
ALLOC FI(PLOTPRM) DUMMY
WRITE ***** EXECUTION START *****
LPALLOC GDFILE SYSOUT(U) PGM(KNGWTR)
CALL &L..LOAD(HWR)
SET &E=&LASTCC
WRITE ***** EXECUTION TERMINATED ( LHOD= &STR(&L) ) ***** +
CONDITION CODE = &STR(&E)
FREE FI(FT01F001)
FREE FI(FT02F001)
FREE FI(FT03F001)
FREE FI(FT04F001)
FREE FI(FT05F001)
FREE FI(FT06F001)
FREE FI(FT08F001)
FREE FI(FT09F001)
FREE FI(FT10F001)
FREE FI(FT11F001)
FREE FI(FT12F001)
FREE FI(FT13F001)
FREE FI(FT14F001)
FREE FI(FT16F001)
FREE FI(FT17F001)

```

FREE FI(FT20F001)	03870023
FREE FI(GOFILE)	03880001
FREE FI(PLOTLOG)	03890001
FREE FI(PLOTPRH)	03900001
NLPQUTE RED.LIST	03910008
GOTO LEND	03920001
LSUB: WRITE TYPE IN DATASET NAME(CNTL)	03930001
READ &B	03940001
IF &B= THEN SET &B=FIT.CLIST(RSOLV)	03950001
WRITENR JOB NAME ? ==>	03960001
READ &N	03970001
SUBMIT &B J(&N)	03980001
GOTO LEND	03990009
LINIT: WRITENR SOURCE CARD FILE ==>	04000018
READ &SOURCE	04010001
FREE FI(FT01F001)	04020001
FREE FI(FT02F001)	04030001
FREE FI(FT03F001)	04040001
FREE FI(FT04F001)	04050001
FREE FI(FT06F001)	04060002
FREE AT(LWRK)	04070001
DEL @SOURCE.FORT	04080010
ATTR LWRK LR(80) BL(3200) RECFM(F,B)	04090007
ALLOC FI(FT01F001) DA(&SOURCE)	04100003
ALLOC FI(FT02F001) US(LWRK) UNIT(WORK) SP(1,1) CY	04110003
ALLOC FI(FT03F001) US(LWRK) UNIT(WORK) SP(1,1) CY	04120003
ALLOC FI(FT06F001) DA(RED.LIST)	04130016
ALLOC US(LWRK) DA(@SOURCE.FORT) UNIT(DASD) SP(10 5) TR NE CA	04140010
ALLOC FI(FT04F001) DA(@SOURCE.FORT)	04150010
WRITE ***** EXECUTION START (MODIFICATION CREATION RUN)	04160001
CALL INIT.LOAD(MWR)	04170001
SET &E=&LASTCC	04180001
WRITE ***** EXECUTION TERMINATED ***** +	04190001
CONDITION CODE = &STR(&E)	04200001
FREE FI(FT01F001)	04210001
FREE FI(FT02F001)	04220001
FREE FI(FT03F001)	04230001
FREE FI(FT04F001)	04240001
FREE FI(FT05F001)	04250009
FREE FI(FT06F001)	04260009
GOTO LEND	04270018
LHCRE: +	04280018
WRITENR NPL FILE ==>	04290018
READ &NPL	04300018
WRITENR FILE OPTION (C=CATALOG,N=OLD,W=WORK FILE) ==>	04310018
READ &NPLT	04320018
FREE FI(FT21F001)	04330005
FREE FI(FT22F001)	04340005
FREE FI(FT23F001)	04350005
FREE FI(FT24F001)	04360005
FREE FI(FT25F001)	04370005
FREE FI(FT26F001)	04380005
FREE FI(FT27F001)	04390005
ALLOC FI(FT05F001) DA(@SOURCE.FORT)	04400010
ALLOC FI(FT06F001) DA(RED.LIST)	04410008
IF &NPLT=C THEN GOTO LHCRE1	04420009
IF &NPLT=W THEN ALLOC FI(FT22F001) US(LWRK) UNIT(WORK) SP(10 5) TR	04430009
IF &NPLT=N THEN ALLOC FI(FT22F001) DA(&NPL)	04440009
GOTO LHCRE2	04450009
LHCRE1: DEL &NPL	04460009
FREE AT(LDAC)	04470017
ATTR LDAC LR(4080) BL(4080) RECFM(F)	04480017
ALLOC US(LDAC) DA(&NPL) UNIT(DASD) SP(10 5) TR NE CA	04490017
ALLOC FI(FT22F001) DA(&NPL)	04500009
LHCRE2: +	04510009
DEL @COMPIL.FORT	04520010
ALLOC US(LWRK) DA(@COMPIL.FORT) UNIT(DASD) SP(10 5) TR NE CA	04530011
ALLOC FI(FT23F001) DA(@COMPIL.FORT)	04540010
WRITE ***** EXECUTION START (HISTORIAN CREATION RUN)	04550009
CALL 'T201#.HISTOR.LOAD(HISTX)'	04560005
SET &E=&LASTCC	04570005
WRITE ***** EXECUTION TERMINATED ***** +	04580005
CONDITION CODE = &STR(&E)	04590005
FREE FI(FT06F001)	04600005
FREE FI(FT05F001)	04610005
FREE FI(FT21F001)	04620005
FREE FI(FT22F001)	04630005
FREE FI(FT23F001)	04640005

FREE FI(FT24F001)	04650005
FREE FI(FT25F001)	04660005
FREE FI(FT26F001)	04670005
FREE FI(FT27F001)	04680005
GOTO LEND	04690014
LHCL: WRITENR OLOPL FILE ====>	04700014
READ &OPL	04710014
LEND:END	04720005

使用例1 preprocessorをソースから動かす。

READY表示の時①のコマンドを入力して、C/Rキーを押すと以下のメニューが表示される。

- ① EX SPIRAL
- ```

===== MENU OF FUNCTION ===== 13:49:40 =====
CLG ... COMPILE, LINK AND GO CL COMPILE AND LINK
C COMPILE(OBJECT FILE) LG LINK AND GO
L LINK G GO
S MODIFIED CLG SCL ... MODIFIED CL
SUB ... SUBMIT DBGS .. MODIFIED DBG
DBG ... COMPILE, LINK AND GO (DEBUG MODE)
INIT .. DECK CARD INSERTION FOR CREATION RUN
 (OUTPUT FILE = @SOURCE.FORT)
HCRE .. HISTRIAN CREATION RUN
 (INPUT FILE = @SOURCE.FORT)
HCL .. HISTRIAN + COMPILE + LINK
HCLG .. HISTRIAN + COMPILE + LINK + GO
=====

```
- ② KEY IN OPTION ==> CLG <----- ソースからコンパイル, ロードモジュール作成, 実行の機能  
 /// YOU SELECTED 'CLG' OPTION
- ③ SCALAR(S) OR VECTOR(V) COMPILER ? ==> S <--- スカラーコンパイラの指定  
 /// YOU SELECTED SCALAR COMPILER
- ④ SINGLE(S) OR DOUBLE(D) PRECISION ? ==> S <--- 単精度の指定  
 /// YOU SELECTED SINGLE PRECISION  
 TYPE IN DATASET NAME (PROGRAM SOURCE)
- ⑤ SPIRAL.PRE.FORT <----- ソースプログラムの指定  
 TYPE IN DATASET NAME (LOAD MODULE)
- ⑥ PRE <----- ロードモジュール各の指定。ロードモジュールは、PRE.LOAD(MWR)に作られる。  
 TYPE IN DATASET NAME (INPUT DATA)
- ⑦ SPIRAL.DATA <----- 実行時の入力データの指定。  
 TYPE IN DATASET NAME (FT10F001)
- ⑧ ELEM.DATA <----- 結果の出力ファイル(要素データファイル名)
- ⑨ FILE OPTION (C=CATALOG,N=OLD,W=WORK FILE) ==> C <--- 出力ファイルをカタログする。

以下を入力すると、実行までTSSを処理される。2度目の実行では、すでにロードモジュールは作成されているので、“G”オプションを選択する。“G”オプションは実行のみ行うもので、この時TSSは⑥以降のデータを要求してくる。

solver, post processorをTSSで動かす時もこれと同じ手順で処理できる。

N: すでに出力ファイルが存在する時指定する。

W: 出力ファイルを保存する必要のない時指定する。

実行の結果は“RED.LIST”に格納されると同時に、NLPに出力される。

使用例2 solverのベクター計算用ロードモジュール作成

READY表示①のコマンドを入力してC/Rキーを押すと以下のメニューが表示される。

```

① EX SPIRAL
===== MENU OF FUNCTION ===== 14:16:35 =====
CLG ... COMPILE, LINK AND GO CL COMPILE AND LINK
C COMPILE(OBJECT FILE) LG LINK AND GO
L LINK G GO
S MODIFIED CLG SCL ... MODIFIED CL
SUB ... SUBMIT DBGS .. MODIFIED DBG
DBG ... COMPILE, LINK AND GO (DEBUG MODE)
INIT .. DECK CARD INSERTION FOR CREATION RUN
 (OUTPUT FILE = @SOURCE.FORT)
HCRE .. HISTRIAN CREATION RUN
 (INPUT FILE = @SOURCE.FORT)
HCL .. HISTRIAN + COMPILE + LINK
HCLG .. HISTRIAN + COMPILE + LINK + GO
=====
② KEY IN OPTION ==> CL <----- ソースからコンパイル, ロード
 /// YOU SELECTED 'CL' OPTION モジュール作成機能
③ SCALER(S) OR VECTOR(V) COMPILER ? ==> V <--- ベクターコンパイラ指定
 /// YOU SELECTED VECTOR COMPILER
④ SINGLE(S) OR DOUBLE(D) PRECISION ? ==> S <--- 単精度指定
 /// YOU SELECTED SINGLE PRECISION
 TYPE IN DATASET NAME (PROGRAM SOURCE)
⑤ SPIRAL.SOLV.FORT <----- ソースプログラムの指定
 TYPE IN DATASET NAME (LOAD MODULE)
⑥ SOLV.VP <----- ロードモジュール名の指定。
 ロードモジュールはSPIRAL.VP.
 LOAD(MWR)に作られる。

```

以上を入力すると、ロードモジュールが作成される。実行は、次節に示すBATCHE用JCLを使用する。

リンク時の情報は@FFF.LINKLISTに書き込まれているので、BATCHのJCLで必要な、拡張コア領域の大きさ等の情報をあらかじめ確認しておくこと。

## Appendix B P D P F の会話型 T S S ジョブ実行時の入力例

T S S 端末のコマンド入力待ち状態 (READY 状態) で “PFDP” とキー入力すると、通常の P F D と似たメニュー画面が現われる。オプション 8 以外は通常の P F D のオプションと同一の機能を持つ。

- (1) ここで “8. 1” とキー入力すると以下の機能選択画面が現われる。

```
-----< FORTUTY PRIMARY OPTION MENU >--
SELECT ==>
```

```

H : HISTORIAN
C : COMPILE
CL : COMPILE LINK
CLG : COMPILE LINK GO
G : GO
JCL : JCL CREATION AND SUBMIT
DEF : DEFINE FILE FOR GO STEP
TSS : EXECUTE TSS COMMAND OR CLIST UNDER PFDPNC

```

- (2) ユーザは実行したいプログラムの ‘ソースファイル’ と実行時の ‘入力データファイル’ を持っているものとする。例として、SPIRALコードのプリプロセッサを動かしてみる。

ソースファイル                    “SPIRAL. PREX. FORT”

入力データファイル            “SPIRAL. DATA (TYPE 7)”

ここで “CLG” をキー入力する。次頁のようなロードモジュール作成までに必要な入力を要求する画面が、現われる。

## -----&lt; CLG OPTION MENU &gt;-----

TSS COMMAND ==&gt;

\*\*&lt;COMPILER&gt;\*\*\*\*\*

- SOURCE DATASET NAME ==&gt; SPIRAL.PREX.FORT

MEMBERS ==&gt; \*

MODE ==&gt; S (S:SCALAR V:VECTOR) PRECISION ==&gt; S (S:SINGLE D:DOUBLE)

OTHER COMPILER OPTIONS ==&gt; FLAG(1),ISN(D),OPT(3),LINE(78)

SYSOUT FILE NAME ==&gt; DUMMY

SPACE1 ==&gt; 10 (TRK) SPACE2 ==&gt; 2 (TRK) DIR ==&gt; 5

\*\*&lt;OBJECT MODULE&gt;\*\*\*\*\*

OBJECT SPACE1 ==&gt; 50 (TRK) SPACE2 ==&gt; 10 (TRK)

LKED OPTIONS ==&gt; LET,MAP

SYSOUT FILE NAME ==&gt; DUMMY

SPACE1 ==&gt; 10 (TRK) SPACE2 ==&gt; 2 (TRK) DIR ==&gt; 5

\*\*&lt;LOAD MODULE&gt;\*\*\*\*\*

LOAD MODULE NAME ==&gt; PREX.LOAD

MEMBER NAME ==&gt; PRE ENTRY NAME ==&gt; MAIN

SPACE1 ==&gt; 20 (TRK) SPACE2 ==&gt; 5 (TRK) DIR ==&gt; 1

LOAD MODULE CONDENCE ==&gt; YES (YES/NO)

OTHER LIBRARY NAME ==&gt;

INCLUDE LOAD MODULE ==&gt;

MEMBER NAME ==&gt;

CONTROL CARD DSN ==&gt;

GRAPH ==&gt; YES (YES/NO) SYSOUT CLASS ==&gt; U

- ① ソースファイル名を入力する。 ※ 先頭の “ ” の位置に “E” をキー入力するとソースファイルをエディットできる。
- ② ソースファイルが P O タイプの時全メンバーをコンパイルする指定 “\*” を入力する。 ※ 部分コンパイルの時はメンバー名入力。
- ③ OBJECT SPACE1 をデフォルト値より大きく設定する。ここでは “50” とした。 ※ SPIRAL の場合
- ④ ロードモジュールファイル名をキー入力する。ここでは “PREX.LOAD” とした。
- ⑤ ロードモジュールメンバー名をキー入力する。ここでは “PRE” とした。
- ⑥ 図形出力の有無，プリント出力先を指定する。

※ これ以外はデフォルト値を使用する。 —————> 全ての入力終了したら ENTER Key を押す。(次頁に続く)

```

-----< DEF OPTION >-----
TSS COMMAND ==>
 PARM ==>
 FL DSN FORM LREC BLK SP1 SP2
 S 1 WORK VBS 26793 3600 100 20
 S 2 WORK VBS 26793 3600 100 20
 S 3 WORK VBS 26793 3600 100 20
 S 4 WORK F 20000 20000 500 2
 S 5 SPIRAL.DATA(TYPE7) FB 80 3600 10 2
 S 6 RED.LIST FBA 137 3562 50 10
 S 7 WORK VBS 26793 3600 10 2
 S 8 WORK VBS 26793 3600 10 2
 S 9 WORK F 20000 20000 5000 2
 S 10 ELEM.TYPE7.DATA VBS 26793 3600 50 10
 S 11 WORK VBS 26793 3600 100 2
 S 12 WORK VBS 26793 3600 100 2
 S 13 WORK VBS 26793 3600 100 2
 S 14 WORK VBS 26793 3600 100 2
 S 15 WORK F 20000 20000 100 2
 S 16 WORK VBS 26793 3600 100 2
 S 17 WORK VBS 26793 3600 100 2
 S 18 WORK VBS 26793 3600 100 2
 S 19 WORK VBS 26793 3600 100 2
 S 20 WORK VBS 26793 3600 100 2

```

↑ ↑ ↑  
 ↑ ファイル名を指定する。

※ ファイルコード6をプリンターに出力する時は  
 ファイル名のかわりに "SYSOUT(U)" とする。  
 センタ出力の時は "SYSOUT(A)" とする。

↑ ↑ ↑  
 ↑ 実行時のファイルコードをキー入力する。

↑ 実行時に実際に使用するファイルをラインコマンド "S"  
 で指定する。

→ 全て設定が終了したらENTER Key を  
 押す。(コンパイル→実行までが行われる)

↑ ↑  
 ↑ ファイル容量の増分指定

↑ アロケーション時に確保するファイル容量

↑ ↑  
 ↑ ファイルのレコード長とブロック長を指定する。

※ よくわからない時は、ここは空白にしておき、ファイル  
 形式を入力後、"SET" コマンドを実行すると、デフォ  
 ルト値が、自動設定される。

↑ ↑  
 ↑ ファイル形式

バイナリーファイル : VBS  
 ダイレクトアクセスファイル : F  
 プリント出力ファイル : FBA  
 カード入力ファイル : FB