

JAERI-M

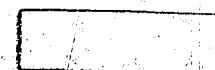
4941

数値計算によるトカマクプラズマの時間、空間
変化の解析

1972年8月

田島 邦彦・竹田 崑興・伊藤 智之

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute



この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問合せは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）にて、お申しつください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

JAERI-M

4941

数値計算によるトカマクプラズマの時間、空間
変化の解析

1972年8月

田島 勝彦・竹田 長興・伊藤 智之

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

JAERI-M 4941

数値計算によるトカマクプラズマの時間、空間変化の解析

日本原子力研究所東海研究所核融合研究室

田島 謙彦・竹田 貴興・伊藤 智之

(1972年8月3日受理)

トカマクプラズマの時間、空間変化を2流体モデルを用いて数値計算を行なった。モデルは軸対称円柱プラズマとし電気抵抗率および電子の熱伝導率に異常係数を導入し Crank-Nicolson の差分法を採用して方程式を解いた。計算結果は T-3 や ST の実験結果とほぼ一致する。また新たな事柄としてプラズマ全電流の減少域における負の電流密度分布の可能性、および実験におけるエネルギー閉じ込め時間 τ_B の評価に関する問題点について述べた。

JAERI-M 4941

**Numerical Calculation of the Space-Time
Evaluation of Tokamak Discharge Plasmas**

Teruhiko TAZIMA, Tatsuki TAKEDA and Satoshi ITOH

Thermonuclear Fusion Lab., Tokai, JAERI

(Received August 3, 1972)

A two-fluid numerical model, including the effects of current penetration and thermal diffusion, is used to follow the temporal evolution of radial profiles in the Tokamak discharge plasmas. Anomalous resistivity and anomalous electron thermal conductivity are introduced in the axisymmetric cylindrical plasma. The equations for a plasma column are solved with a Crank-Nicolson's finite difference method. The results of calculation are in agreement with those of experiments (T-3 and ST). The possibility of a negative current density during the decreasing phase of total plasma current and the problem of estimation of the experimental energy confinement time τ_E are also discussed.

目 次

記号一覧	1
1. まえがき	3
2. 計算の方法	5
2.1 計算モデル	5
2.2 基礎方程式	5
2.3 数値計算法	7
3. 計算結果	12
3.1 (新)古典理論によるシミュレーション	12
3.2 異常現象	12
3.3 T_e, T_i 分布	13
3.4 j 分布と ℓ_i	13
3.5 τ_E の評価	14
3.6 V と V_p	14
3.7 i_p 特性とプラズマパラメーター	15
3.8 JFT-2 のプラズマ	15
4. シミュレーション条件一覧および計算結果のグラフ	16
5. まとめおよび検討	23
6. 引用文献	23
付 錄	25
I 各パラメーターの説明	25
II プログラムマニュアル	29
II-1 Code - 1 のフローチャート	29
II-2 Code - 2 のフローチャート	30
II-3 INPUT マニュアル	31
II-4 OUTPUT マニュアル	34
II-5 プログラムとその INPUT, OUTPUT 例	36

本文中に使われる記号一覧

記号	記号内 容	単位
a	交流器巻数比	/
A	イオン質量数	/
B _t	トロイダル磁場	Wb · m ⁻²
B _p (t, r)	ボロイダル磁場	Wb · m ⁻²
C(t)	コンデンサー容量	F
i _p (t)	プラズマ全電流	A
i _o (t)	交流器励磁電流	A
i ₁ (t)	交流器 1 次側電流	A
i ₂ (t)	交流器 2 次側電流	A
i _{ei} (t)	ライナー電流	A
j(t, r)	プラズマ電流密度	A · m ⁻²
K	エネルギー換算係数: 6.2418×10^{18}	eV · J ⁻¹
L _t	漏洩磁場インダクタンス	H
L _i (t)	プラズマ内部インダクタンス	H
β _i (t)	無次元プラズマ内部インダクタンス	/
M	交流器 1 次側と 2 次側との相互インダクタンス	H
n _e (r)	電子密度	個 · m ⁻³
n _i (r)	イオン密度	個 · m ⁻³
P _{in} (t)	プラズマへの単位時間当たり入力エネルギー	J · s ⁻¹
P _{e-i} (t)	電子とイオン間の単位時間当たり交換エネルギー	J · s ⁻¹
q(t, r)	安定係数	/
r	計算するメッシュ点の位置	m
r _p	プラズマ半径	m
Δr	空間メッシュ幅	m
λ	交流器 1 次側抵抗	Ω
R _t	トロイダル半径	m
T _e (t, r)	電子温度	eV
T _i (t, r)	イオン温度	eV
t	時間	s
Δt	時間メッシュ幅	s
U _e	電子のドリフト速度	m · s ⁻¹
V _{the}	電子の熱速度	m · s ⁻¹
V _p	プラズマの抵抗による電圧降下	V
V	プラズマ周電圧	V
V _c	コンデンサー電圧	V

記号	記号 内 容	単位
$W(t)$	プラズマの全エネルギー	J
$W_e(t)$	電子の全エネルギー	J
Z	イオンの電荷数	/
$\tau_{\text{gl}}(t)$	エネルギー閉じ込め時間	s
$\tau_p(t)$	粒子の閉じ込め時間	s
$\tau_{\text{eq}}(t, r)$	エネルギー等分配時間	s
$\eta(t, r)$	プラズマ抵抗率	$\Omega \cdot m$
$\chi_e(t, r)$	電子の熱伝導率	$m^{-1} \cdot s^{-1}$
$\chi_i(t, r)$	イオンの熱電導率	$m^{-1} \cdot s^{-1}$
R_{li}	ライナー 1 周抵抗	Ω
$R_p(t)$	プラズマ全抵抗	Ω
$r_\eta(t, r)$	プラズマ抵抗の異常係数	/
$r\chi_e(t, r)$	電子の熱伝導率の異常係数	/ A
$\beta_p(t, r)$	ボロイダルペーター値	/
μ	真空での透磁率: $4\pi \times 10^{-7}$	$H \cdot m^{-1}$
δ	密度分布半径と温度分布半径のずれ	/

1 ま え が き

近年、目覚しいトカマクの実験結果の発表とともに、トカマクプラズマのエネルギー・バランスの数値解析が盛んになってきた。^{1)~6)} これらの計算の目的のひとつはトカマクにおいて通常行われているジュール加熱過程において、いかなる輸送理論が良く実験結果を説明し得るかをなるべく実験条件に近いモデルで検証することにある。また種々の輸送係数のパラメーター依存性を仮定して、個々の質量について実験値の予想を行なつた結果は実験の進行上有効に利用される。⁶⁾ 更に中性粒子入射等ジュール加熱以外の加熱法の検討^{7)~8)} にもこの種の数値計算は有効である。

トカマクプラズマについては現在のことろ、種々の輸送係数の局所値の精密な測定は行なわれていない。このため輸送理論の実験的な検証には各物理量の空間分布の形から輸送係数を推定することがひとつの有効な手段となつてゐる。実験的に最も良く局所値の測定されているのは電子温度、電子密度である。

イオン温度に関しては新古典理論によつて実験結果と良く一致する結果を得てゐるとされてゐるが、¹¹⁾ 一方今プラズマ抵抗およびエネルギー等分配時間は古典理論に依るものとし、熱伝導は新古典理論¹⁰⁾²²⁾ に依るものとした場合数値計算の結果は電子温度分布、電流密度分布に強い表皮効果が現われる³⁾ (図24, 25)。電子温度分布の測定ではそのように強い表皮効果は観測されていない(図6~8, 20に点線で示した実験値参照)。このように(新)古典理論で予想される表皮効果が実験的には観測されていない事実は通常異常表皮効果と呼ばれる。輸送現象に関するこの異常表皮効果の他に重要な問題点として、トカマク型装置であるソ連のT-3(図6~8)と米国プリンストンのST(図20)での電子温度分布測定結果に見られる差異が上げられる。すなわち前者は放物線型の分布であるのに対し、後者は中心付近に強いピークのある分布をしている。これらの問題に関しては異常抵抗および異常熱伝導によつて説明しようとする試み^{1)~5)} あるいは捕捉粒子によるピンチ現象¹²⁾ 、また中性粒子によるプラズマ境界付近の冷却現象³⁾ を考えることによつて説明する試みがあるが未だ明白な因果関係はつかめておらず、今後の実験および理論の研究が待たれている。

本報告書は当研究室において行つた文献1), 2), 4), 5)と同様の数値計算結果を報告するものである。すなわちモデルとしては軸対称円柱プラズマを仮定し、粒子拡散による損失は小さいとして、静止流体と扱う。また電子とイオンの2流体モデルとして不純物、中性粒子の影響は考慮しない。このモデルに基いて数値計算を行ない(新)古典理論では電子温度分布、電流密度分布に強い表皮効果が現わることを示し、次にいかなる異常係数をプラズマ抵抗、電子熱伝導率に導入すればT-3, STの実験結果に合うようになるかその検討を行なつた。

文献1), 2), 4), 5)および本論のそれそれにおける違いは主として異常係数にある。実験に見られる電気抵抗および熱伝導率の異常性を良く説明出来うる理論がないところから、それぞれ人為的な異常係数を導入している。

Duchs et al.³⁾ はプラズマ抵抗率には異常係数を導入せず(ただしZの影響は考慮)、熱伝導率に対しては $\chi_e = 10^3 (r/r_p)^2 \chi_e |_{neoclas.}$ としている。またMercier et al.⁴⁾ は抵

抗率には一様な常数(これは実験で測定された平均的な異常係数)を $\eta_{\text{class.}}$ に乘じ、また $\chi_e = 5 \times 10^3 \chi_e|_{\text{class.}}$ または $\chi_e = 30 \chi_e|_{\text{neoclass.}}$ ⁵⁾としている。また Winder and Dory⁵⁾は $\eta = (1 \sim 4) \eta_{\text{class.}}$, $\chi_e = (2 \sim 10) \chi_e|_{\text{neoclass.}}$ としている。一方これらの異常係数に対し、なるべく現象論的に実験の異常度に合致するような異常係数を考えてみれば、 η および χ_e に関する異常係数はそれぞれ空間分布を持つのが妥当と思われまたそれらは時間変化もするべきであろうし、それらの断面において平均した値は実験において推定されている平均異常度に合致しなければならないであろう。そしてまた特に η の異常度は電子のドリフト速度 U_e と電子の熱速度 V_{the} の比の関数として実験値が整理されているところから $\eta = f(U_e/V_{\text{the}}) \eta_{\text{class.}}$ とするのが適当である。以上のような条件を満す異常係数を導入したのが Dnestrovski et al.¹⁾⁽²⁾であり我々も同様に考えた。ただし Dnestrovski et al. は $\eta = f_1(U_e/V_{\text{the}}) \eta_{\text{class.}}$, $\chi_e = f_2(U_e/V_{\text{the}}) \chi_e|_{\text{neoclass.}}$ としているが $f_1 = f_2$ としている。しかし実験結果では断面で平均した値では η と χ_e の異常度は等しくなく、 χ_e の異常度の方がはるかに大きい故 $f_1 \neq f_2$ とするのは不適当と思われる。そこで我々は $f_1(U_e/V_{\text{the}}) < f_2(U_e/V_{\text{the}})$ となるように異常係数を考慮している。

数値計算結果は本論および各文献ともほぼ同様であるが、本論で新たに負の電流密度の領域があらわれることおよび τ_E の評価についての問題点を指摘した。また本報告は以上の計算に加えて装置回路系を記述する方程式とプラズマのエネルギーバランスの方程式を連立させて数値的に解き、装置のオペレーションとプラズマの諸物理量の時間、空間変化の関係についての検討をしてみた。

粒子拡散の導入、中性粒子および不純物の影響等も考慮したより詳しいモデルについての検討は今後に予定している。

2 計 算 の 方 法

計算コードとしては下記の2つがある。

(1) 与えられた時間変化をもつプラズマ全電流 $i_p(t)$ の下に、プラズマの方程式を解くことによつて、プラズマの電子温度 $T_e(t, r)$ 、イオン温度 $T_i(t, r)$ 、電流密度 $j(t, r)$ 等を求める (Code-1と名づける)。

(2) 装置の回路方程式とプラズマの方程式を連立させて解き、 $T_e(t, r)$, $T_i(t, r)$, $j(t, r)$ のみならず $i_p(t)$ 等も求める (Code-2と名づける)。

2.1 計算モデル

モデルとして軸対称円柱プラズマを仮定する。トロイダル効果は解析的に与えられた輸送係数の中に含まれる。また粒子拡散による損失がプラズマ全損失に対して占める割合は小さい(すなわち $\epsilon_B \ll 1^{(13)}$)としてプラズマを静止流体として扱いプラズマ密度およびその空間分布は時間的に変化させない。また損失は熱伝導によるもののみを考え輻射損失、電離損失等は無視する。

これらの損失の効果は T-3, ST等現在のトカマクプラズマのパラメーター領域では大きな影響は与えないと考えられる。

2.2 基礎方程式

Maxwell の方程式

$$\text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\text{rot } \vec{B} = \mu \vec{j}$$

これにより磁場 \vec{B} を消去すれば電流密度 $j(t, r)$ についての方程式が得られる。

$$\mu \frac{\partial j}{\partial t} = -\text{rot rot } \vec{E} = \Delta \vec{E}_z - \text{grad div } \vec{E}_z = \Delta(\eta j)$$

$$\therefore \mu \frac{\partial j}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left\{ r \frac{\partial}{\partial r} (\eta j) \right\} \quad (1)$$

$$(\because \vec{E}_r = \vec{E}_\theta = 0, \vec{E}_z = \eta j, \text{div } \vec{E} = 0)$$

電子温度 $T_e(t, r)$ に対しては

$$\frac{3}{2} n_e \frac{\partial T_e}{\partial t} + \frac{3}{2} \frac{n_e (T_e - T_i)}{\tau_{eq}} - \frac{3}{2} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\chi_e r \frac{\partial T_e}{\partial r} \right) = K \eta j^2 \quad (2)$$

とかける。ここで左辺第2項はイオンとの衝突によつて単位時間に電子からイオンに移るエネルギー、左辺第3項は電子の熱伝導を表わし、右辺はジュール加熱項である。またイオン温度 $T_i(t, r)$ に対しても同様に

$$\frac{3}{2} n_i \frac{\partial T_i}{\partial t} - \frac{3}{2} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (\chi_i r \frac{\partial T_i}{\partial r}) = \frac{3}{2} \frac{n_e (T_e - T_i)}{r_{eq}} \quad (3)$$

と表わされる。(1)(2)(3)式を整理すれば

$$\frac{\partial j}{\partial t} = \frac{1}{\mu r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial}{\partial r} (\eta j) \right) \quad (4)$$

$$\frac{\partial T_e}{\partial t} = \frac{1}{n_e r} \frac{\partial}{\partial r} (\chi_e r \frac{\partial T_e}{\partial r}) - \frac{(T_e - T_i)}{r_{eq}} + \frac{2K}{3n_e} \eta j^2 \quad (5)$$

$$\frac{\partial T_i}{\partial t} = \frac{1}{n_i r} \frac{\partial}{\partial r} (\chi_i r \frac{\partial T_i}{\partial r}) + \frac{n_e}{n_i} \frac{(T_e - T_i)}{r_{eq}} \quad (6)$$

式(4)～(6)の境界条件としては

$$r = 0 \text{ で } \frac{\partial}{\partial r} = 0 \quad (7)$$

$$r = r_p \text{ で } T_e = T_i = j = 0 \quad (8)$$

$$\lim_{r \rightarrow r_p} \frac{\partial(\eta j)}{\partial r} = \frac{\mu}{2\pi r_p} \frac{di_p}{dt} = k_o(t) \quad (9)$$

(9)式は(4)式に $2\pi r dr$ を掛けて r につき 0 から r_p まで積分し $\int_0^{r_p} j 2\pi r dr = i_p$ の条件を使用して求まる。

計算は完全電離したプラズマについて行なう。初期条件としてはまず i を適当に決め(たとえば、 $t_0 = 1 \text{ mS}$)、そのときの T_e^0 , T_i^0 , j^0 を次のように仮定する。

$$n_i(r) = \alpha_1 \bar{n}_i \left[1 - \left(\frac{r}{(1+\delta)r_p} \right)^{\alpha_2} \right]^{\alpha_3} \quad (10)$$

$$n_e(r) = z n_i(r)$$

$$T_e(t_0, r) = \alpha_1 \bar{T}_e^0 \left\{ 1 - \left(\frac{r}{r_p} \right)^{\alpha_2} \right\}^{\alpha_3} \quad (11)$$

$$T_i(t_0, r) = \alpha_1 \bar{T}_i^0 \left\{ 1 - \left(\frac{r}{r_p} \right)^{\alpha_2} \right\}^{\alpha_3} \quad (12)$$

ここで \bar{n}_i , \bar{T}_e^0 , \bar{T}_i^0 は各物理量のプラズマ断面についての平均値であり、数値計算における入力データである。 α_2 , α_3 は実験結果に合うように定め、 α_1 はそれにより決まる定数である。初期電流密度 $j(t_0, r)$ は $j^0 = b = \text{const.}$ として次のように求める。すなはち

$$i_p^0 = \int_0^{r_p} j^0 2\pi r dr = b \int_0^{r_p} \left(\frac{1}{\eta_0} \right) 2\pi r dr$$

から

$$b = \frac{i_p^0}{\int_0^{r_p} \left(\frac{1}{\eta_0} \right) 2\pi r dr}$$

ここで $\eta_0(t_0, r) = f(T_0^*, n_0)$ であるから b は求まり、
 $j(t_0, r) = b/\eta(t_0, r)$
 となる。

またトカマク型核融合実験装置である JFT-2 (JAERI FUSION TORUS No. 2) の回路系を等価回路で表わし図 3.6 に示した。code-2 ではこの回路系も連立させて解くわけであるが、その回路方程式を示せば

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta i_1 + aM \frac{di_0}{dt} + \frac{1}{C} \int i_1 dt = V_0 \\ aR_2 i_2 + a \frac{d(L_t' + L_i) i_2}{dt} + aM \frac{di_0}{dt} = 0 \\ i_0 = i_1 + i_2/a \\ i_2 = i_{t1} + i_p \\ \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_{t1}} + \frac{1}{R_p} \end{array} \right. \quad (14)$$

これを下記のように整理し Runge-Kutta-Gill 法によつて数値計算を行う

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dt}{dt} = 1 \\ \frac{di_0}{dt} = i_d \\ \frac{di_2}{dt} = -[(R_2 + L_i') i_2 + M i_d]/(L_t' + L_i) \\ \frac{di_d}{dt} = \frac{1}{aMC} (\frac{1}{a} i_2 - i_0) - \frac{a}{aM} \cdot - \frac{a}{a^2 M} [(R_p + L_i') i_2 + M i_d]/(L_t' + L_i) \end{array} \right. \quad (15)$$

2.3 数値計算法

(4), (5), (6)式は非線形の 2 階偏微分方程式であり、数値計算によつて以下に示すように解を求める。境界条件としての(7), (8), (9)式、初期条件としての(10), (11), (12)式の下に差分法で解くこととする。イクスピリシット (explicit) な方法で解くことはその数値的不安定性また時間ステップ Δt を非常に小さくとらねばならぬことから不適当である。したがつてインピリシット (implicit) な方法を採用することとし、Crank-Nicolson の方法⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾によるものとする。ここで主なる物理量である T_0, T_1, j に対する係数 $\eta, r_{eq}, \chi_1, \chi_2$ はそれぞれ主なる物理量の関数でもあるが、ここでは 1 ステップ前の時間における物理量の値によつて決まるとして Δt 間での線形化を行なう。緩和法 (relaxation method) を用いて $\eta, r_{eq}, \chi_1, \chi_2$ をも未知数として求めることができ一般には望ましいが、その場合計算時間が莫大となる。しかし 1 ステップ間の線形化を行なつても計算結果に及ぼす大きな累積誤差はないことが確かめられたので本計算では緩和法は用いなかつた。すなわち Δt を 3 倍程度変化させて計算を行なつても

結果には数多くの差異しか現われないことが確かめられた。

Crank-Nicolson の方法はいわば時間に関する平均差分法と見なされるが、また空間に関する平均差分をも考えて差分式を次のようにとる。

$$\begin{aligned}
 & \frac{j(t, r) - j(t - \Delta t, r)}{\Delta t} \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\mu_r} \left[\frac{(r - \Delta r) + r}{2\Delta r} \left\{ \frac{\eta(t - \Delta t, r - \Delta r) j(t, r - \Delta r) - \eta(t - \Delta t, r) j(t, r)}{\Delta r} \right\} \right. \\
 &\quad \left. - \frac{r + (r + \Delta r)}{2\Delta r} \left\{ \frac{\eta(t - \Delta t, r) j(t, r) - \eta(t - \Delta t, r + \Delta r) j(t, r + \Delta r)}{\Delta r} \right\} \right] \\
 &\quad + \frac{1}{2} [t \rightarrow t - \Delta t] \tag{16}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{T_e(t, r) - T_e(t - \Delta t, r)}{\Delta t} \\
 &= \frac{1}{2} \left[\frac{1}{n_e(r) r} \left\{ \frac{\chi_e(t - \Delta t, r - \Delta r)(r - \Delta r) + \chi_e(t - \Delta t, r)r}{2\Delta r} \left(\frac{T_e(t, r - \Delta r) - T_e(t, r)}{\Delta r} \right) \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. - \frac{\chi_e(t - \Delta t, r)r + \chi_e(t - \Delta t, t + \Delta r)(r + \Delta r)}{2\Delta r} \left(\frac{T_e(t, r) - T_e(t, r + \Delta r)}{\Delta r} \right) \right\} \right. \\
 &\quad \left. - \frac{T_e(t, r) - T_i(t, r)}{\tau_{eq}(t - \Delta t, r)} + \frac{2K}{3n_e(r)} \eta(t - \Delta t, r) j(t, r)^2 \right] \\
 &\quad + \frac{1}{2} [t \rightarrow t - \Delta t] \tag{17}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{T_i(t, r) - T_i(t - \Delta t, r)}{\Delta t} \\
 &= \frac{1}{2} \left[\frac{1}{n_i(r) r} \left\{ \frac{\chi_i(t - \Delta t, r - \Delta r)(r - \Delta r) + \chi_i(t - \Delta t, r)r}{2\Delta r} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. - \frac{\chi_i(t - \Delta t, r)r + \chi_e(t - \Delta t, t + \Delta r)(r + \Delta r)}{2\Delta r} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. \left(\frac{T_i(t, r - \Delta r) - T_i(t, r)}{\Delta r} \right) \right\} + \frac{n_e(r)}{n_i(r)} \left\{ \frac{T_e(t, r) - T_i(t, r)}{\tau_{eq}(t - \Delta t, r)} \right\} \right] \\
 &\quad + \frac{1}{2} [t \rightarrow t - \Delta t] \tag{18}
 \end{aligned}$$

(14), (15), (16) 式より

$$a_{n+1} j(t, r-\Delta r) + a_n j(t, r) + a_{n+1} j(t, r+\Delta r) = b_n \quad (16')$$

$$c_{n+1} T_e(t, r-\Delta r) + c_n T_e(t, r) + c_{n+1} T_e(t, r+\Delta r) + d_n T_i(t, r) = e_n \quad (17')$$

$$g_{n+1} T_i(t, r-\Delta r) + g_n T_i(t, r) + g_{n+1} T_i(t, r+\Delta r) + h_n T_e(t, r) = s_n \quad (18')$$

これより r に関するメッシュ数を N とすれば $3(N-1)$ 元連立一次方程式が得られ、これを解くことによって $j(t, r)$, $T_e(t, r)$, $T_i(t, r)$ が求まる。

Crank-Nicolson のインプレシットな方法の安定性は証明されており $\Delta r, \Delta t$ をイクスピリシットな方法に較べ大きくとれる。またその数値計算誤差は $(\frac{\Delta t}{\Delta r})^2$ の任意の整数に対し $(\Delta r)^4$ のオーダーである。¹⁵⁾

ここで(8)式の境界条件より

$$j(t, r_p) = T_e(t, r_p) = T_i(t, r_p) = 0$$

であり、また(7)式より $r = 0$ において軸対称な滑らかな関数を考え、 $y = mr^2 + n$ と近似する ($y = j, T_e, T_i$)。すなわち

$$\begin{aligned} y_{N+1} &= y_N - \left(\frac{y_{N-1} - y_N}{r_{N-1}^2 - r_N^2} \right) r_N^2 = y_N - \left(\frac{y_{N-1} - y_N}{3} \right) = \frac{4y_N - y_{N-1}}{3} \\ j(t, 0) &= j(t, r_{N+1}) = \left\{ \frac{4j(t, r_N) - j(t, r_{N-1})}{3} \right\} \\ T_e(t, 0) &= T_e(t, r_{N+1}) = \left\{ \frac{4T_e(t, r_N) - T_e(t, r_{N-1})}{3} \right\} \\ T_i(t, 0) &= T_i(t, r_{N+1}) = \left\{ \frac{4T_i(t, r_N) - T_i(t, r_{N-1})}{3} \right\} \end{aligned} \quad (19)$$

連立方程式を示せば

$$\begin{pmatrix} a_{22} & a_{23} & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_{43} & a_{44} & a_{45} & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & & & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & a_{N+1N} & a_{N+1N+1} & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} j(t, r_2) \\ j(t, r_3) \\ j(t, r_4) \\ \vdots \\ j(t, r_{N+1}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ \vdots \\ b_{N+1} \end{pmatrix} \quad (20)$$

$$\begin{pmatrix} c_{22} & c_{23} & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ c_{32} & c_{33} & c_{34} & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & c_{43} & c_{44} & c_{45} & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & & & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & c_{N+1N} & c_{N+1N+1} & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_e(t, r_2) \\ T_e(t, r_3) \\ T_e(t, r_4) \\ \vdots \\ T_e(t, r_{N+1}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e_2 \\ e_3 \\ e_4 \\ \vdots \\ e_{N+1} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} h_{22} & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & h_{33} & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & h_{44} & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & h_{N+1N} & h_{N+1N+1} & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_i(t, r_2) \\ T_i(t, r_3) \\ T_i(t, r_4) \\ \vdots \\ T_i(t, r_{N+1}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s_2 \\ s_3 \\ s_4 \\ \vdots \\ s_{N+1} \end{pmatrix}$$

(21)

ここで係数は、 $k_1 = \Delta t / 4 \pi r_n \Delta r^2$, $k_2 = r_{n-1} + r_n$, $k_3 = r_n + r_{n+1}$ とすれば

$$\begin{cases} a_{nn-1} = k_1 k_2 \eta(t-\Delta t, r_{n-1}) \\ a_{nn} = 1 + k_1 k_2 \eta(t-\Delta t, r_n) + k_1 k_3 \eta(t-\Delta t, r_{n+1}) \\ a_{nn+1} = -k_1 k_3 \eta(t-\Delta t, r_{n+1}) \\ b_n = j(t-\Delta t, r_n) + k_1 [k_2 (\eta(t-\Delta t, r_{n-1}) j(t-\Delta t, r_{n-1}) - \eta(t-\Delta t, r_n) j(t-\Delta t, r_n)) \\ \quad - k_3 (\eta(t-\Delta t, r_n) j(t-\Delta t, r_n) - \eta(t-\Delta t, r_{n+1}) j(t-\Delta t, r_{n+1}))] \end{cases} \quad (22-1)$$

境界条件(8), (9)式より:

$$\begin{cases} a_{22} = 1 + k_1 k_3 \eta(t-\Delta t, r_2) \\ b_2 = j(t-\Delta t, r_2) + k_1 [k_2 k_0 (t-\Delta t) \Delta r - k_3 (\eta(t-\Delta t, r_2) j_2(t-\Delta t, r_2) + \\ \quad \eta(t-\Delta t, r_3) j(t-\Delta t, r_3))] + k_1 k_2 k_0 (t) \Delta r \end{cases} \quad (22-2)$$

また(19)式の境界条件より

$$\begin{cases} a_{NN+1} = 4 \times a_{NN-1} + a_{NN} \\ a_{NN+1+1} = a_{NN+1} - 3a_{NN-1} \\ b_{NN-1} = b_N \end{cases} \quad (22-3)$$

また

$$k_4 = \frac{\Delta t}{4 n_e(r_n) r_n \Delta r^2}, k_5 = \chi_e(t-\Delta t, r_{n-1}) r_{n-1} + \chi_e(t-\Delta t, r_n) r_n,$$

$$k_6 = \chi_e(t-\Delta t, r_n) r_n + \chi_e(t-\Delta t, r_{n+1}) r_{n+1}, k_7 = \frac{\Delta t}{2 \tau_{eq}(t-\Delta t, r_n)}$$

$$k_8 = \left\{ \frac{K \eta(t-\Delta t, r_n)}{3 n_e(r_n)} \right\} \Delta t \text{ とすれば}$$

$$c_{nn-1} = -k_4 k_5,$$

$$c_{nn} = 1 + k_4 k_5 + k_4 k_6 + k_7$$

$$c_{nn+1} = -k_4 k_6$$

$$d_{nn} = -k_7$$

$$e_n = T_e(t-\Delta t, r_n) + k_8 j^2(t, r_n) + k_4 [k_5 \{T_e(t-\Delta t, r_{n-1}) - T_e(t-\Delta t, r_n)\} \\ \quad - k_6 \{T_e(t-\Delta t, r_n) - T_e(t-\Delta t, r_{n+1})\}] - k_7 \{T_e(t-\Delta t, r_n) - T_i(t-\Delta t, r_n)\} \\ \quad + k_8 j^2(t-\Delta t, r_n) \quad (22-4)$$

$$\text{また } k_9 = \frac{\Delta t}{4 n_i(r_n) r_n \Delta r^2}, k_{10} = \chi_i(t-\Delta t, r_{n-1}) r_{n-1} + \chi_i(t-\Delta t, r_n) r_n,$$

$$k_{11} = \chi_i(t-\Delta t, r_n) r_n + \chi_i(t-\Delta t, r_{n+1}) r_{n+1}, k_{12} = \left\{ \frac{n_e(r_n)}{n_i(r_n)} \right\}$$

$$\left\{ \frac{\Delta t}{2 \tau_{eq}(t-\Delta t, r_n)} \right\}$$

とすれば

$$\left\{ \begin{array}{l} g_{nn-1} = -k_9 k_{10} \\ g_{nn} = 1 + k_9 k_{10} + k_9 k_{11} + k_{12} \\ g_{nn+1} = -k_9 k_{11} \\ h_{nn} = -k_{12} \\ s_n = T_i(t-\Delta t, r_n) + k_9 [k_{10} \{T_i(t-\Delta t, r_{n-1}) - T_i(t-\Delta t, r_n)\} - \\ \quad k_{11} \{T_i(t-\Delta t, r_n) - T_i(t-\Delta t, r_{n+1})\}] + k_{12} \{T_i(t-\Delta t, r_n) - T_i(t-\Delta t, r_n)\} \end{array} \right. \quad (22-5)$$

(19)式の境界条件より

$$\left\{ \begin{array}{l} c_{N+1N} = 4 \times c_{NN-1} + c_{NN} \\ c_{N+1N+1} = c_{NN+1} - 3 \times c_{NN-1} \\ d_{N+1N+1} = d_{NN} \\ e_{N+1} = e_N \\ g_{N+1N} = 4 \times g_{NN-1} + g_{NN} \\ g_{N+1N+1} = g_{NN+1} - 3 \times g_{NN-1} \\ h_{N+1N+1} = h_{NN} \\ s_{N+1} = s_N \end{array} \right. \quad (22-6)$$

が得られる。

3 計 算 結 果

3.1 (新)古典理論によるシミュレーション

η, τ_{eq} は古典理論、 χ_i, χ_e は新古典理論に依るものとして Code-1 のプログラムで計算した結果を図 24, 25 に示す。これは p.1.6 の表の II に示した ST の実験条件に基いてシミュレートしたものであるが $T_e(r), j(r)$ に強い表皮効果が現われる。これは T-3 等の実験をシミュレートした場合も同様であった。しかし $T_i(r)$ に関しては目立つた表皮効果は現われずほぼ図 22 に同じである。

3.2 異常現象

(新)古典理論に依つてトカマクの輸送現象を良く説明するには困難な点があり、特にプラズマ断面で平均した値で χ_e に関しては約 7~10 倍¹⁶⁾、 η に関しては約 2~3 倍¹⁷⁾ 実験値の方が大きい。また図 6~8 に点線で示したが、T-3 の実験¹⁸⁾においてレーザーで測定された電子温度分布 $T_e(r)$ には (新)古典理論で予想されるような強い表皮効果は見られない。この説明として埋論的に種々の試みがなされているが、我々は計算を行ひ際に人為的な異常係数を導入しいかなる異常係数を輸送係数に乘すれば実験結果と良く一致するか種々の検討を行つた。

今 η, χ_e に対する異常係数をそれぞれ r_η, r_{χ_e} とする。

3.1 で述べたような (新)古典理論による異常表皮効果をなくして実験に合うようにするにはまず r_η を導入することが考えられる。 r_η が η に随して増加関数となるようにしておけば $j(r)$ の表皮効果が抑えられ、 T_e へのジュール加熱項が減り $T_e(r)$ の表皮効果が少くなることが予想される。しかし計算結果では $\eta(r)$ の増加分程には $j^2(r)$ は減少せず、結局 η^2 のジュール加熱項は増加することとなつてかえつて $T_e(r)$ の表皮効果を増す。

一方 r_{χ_e} のみを導入して直接 $T_e(r)$ の表皮効果を減少させることが考えられる。しかし T_e が低くなれば η が増しその増加分程には j^2 も少せずやはり加熱項が大になつて T_e を上げるようなフィードバックが働き、 r_{χ_e} のみでは $T_e(r)$ の表皮効果をなくすには充分でない。したがつて $T_e(r)$ の表皮効果を直接なくすために r_{χ_e} を、また $j(r)$ の表皮効果を直接なくすために r_η を同時に導入すれば良いことが考えられる。また T_i に関しては T_e, j の分布に余り影響されず、また \bar{T}_i は実験と良く一致するので χ_i, τ_{eq} は (新)古典理論でほぼ説明出来ると考えてもよいであろう。

そこで我々は平均値としての $\bar{r}_\eta(t), \bar{r}_{\chi_e}(t)$ が実験値とほぼ合うように定め（すなわち $\bar{r}_\eta = 2$ 前後、 $\bar{r}_{\chi_e} = 1.0$ 前後程度）、次のような $r_\eta(t, r), r_{\chi_e}(t, r)$ を導入して計算を行つた。

$$\bar{r}_\eta = \{ 4 (\bar{U}_e / \bar{V}_{the}) + 0.05 \} / 0.09$$

$$r_\eta = F (U_e / V_{the})^2 + 1$$

ここで F は

$$\bar{r}_\eta = \int r_\eta \eta dS / \int \eta dS \quad \text{の関係式より求まる。}$$

また

$$\bar{r}_{\chi_e} = 10^3 (\bar{U}_e / \bar{V}_{the})$$

$$T_{\chi_0} = G \left(\frac{U_e}{V_{the}} \right)^2 + 1$$

ここで G は

$\bar{T}_{\chi_0} = \int T_{\chi_0} \chi_0 ds / \int \chi_0 ds$ の関係式より求まる。ここで U_e は電子のドリフト速度であり、 V_{the} は電子の熱速度である。すなわち

$$U_e = j / en_e \quad [m \cdot s^{-1}]$$

$$V_{the} = 5.93 \times 10^5 (T_e)^{1/2} \quad [m \cdot s^{-1}]$$

ただし ST のシミュレーションのみ、その初期の実験¹⁹⁾は不純物が多いことを考慮して \bar{T}_e を大きくとることとした。

$$\bar{T}_e = 9 \left(\frac{\bar{U}_e}{\bar{V}_{the}} \right) / 0.09$$

$T-3$ をシミュレートした時の \bar{T}_e , T_e , \bar{T}_{χ_0} , T_{χ_0} を図 12~15 に、また ST でのそれを図 30~33 に示した。

3.3 T_e , T_i 分布

図 1~15 は Anashin et al. が報告した¹⁸⁾ $T-3$ での実験を p. 16 の表の I の計算に基いてシミュレートしたものである。

すなわち図 1 の点線で示した実験値としての i_p を実線のように近似して与え、また \bar{v} に関する同様に図 2 の実験のように近似して与える。 \bar{T}_e , \bar{T}_i 等の時間変化は図 3 に示した通りで実験値とはほぼ合うが、時間が経過するにつれ多少計算値の方が大きくなる。

図 6~8 にレーザーで測定した $T_e(r)$ を点線で示したが、前述した \bar{T}_e , T_{χ_0} を導入することにより計算結果は実験値に良く一致している。ここで \bar{T}_e , \bar{T}_{χ_0} , T_e , T_{χ_0} を図 12~15 に示した。また $T_i(r)$ は図 5 に示した通りであり $T-3$ での分布も ST (図 22) での分布も良く似ており、それほど T_e , j の分布に影響されない。

一方 ST での実験¹⁹⁾を p. 16 の表の II の計算条件に基いてシミュレートした結果、図 19, 20 に示したように $\bar{T}_i(r)$, $T_i(r)$ は比較的合うのに対し $\bar{T}_e(r)$, $T_e(r)$ は実験結果にあまり一致しない。特に本計算に用いられた仮定の基では $T_e(r)$ が中心に強いピークをなすようにシミュレートすることとは難かしい。

3.4 j 分布と i_p

Mirnov の報告した $T-3$ での実験²⁰⁾を p. 16 の表の III の計算条件に基いてシミュレートした計算結果を図 34, 35 に示した。無次元化したプラズマの内部インダクタンス $\ell_1 (= \bar{B}_p^2 / B_p^2)$ の変化は、 $T-3$ の一例である図 34 を見ても一般にプラズマ全電流 i_p の減少する領域で大きくなる傾向があり、またその値はしばしば 1 を越える。 ℓ_1 が大きくなることまた 1 より大であるということは、 $j(r)$ が r に関してフラットな分布から (このとどま ~0.5 横座標) 中心にピークをなすような分布かまたは図 4, 35 に示したようにプラズマ境界付近で負となるような分布かそのどちらかになつて行くことである。計算結果は後者のよう分布につしていくことを示しているが、現在我々は実験における $j(r)$ の測定特に i_p の減少する領域での情報を得ていずこの実験的な検証はされていないが、このような負の電流が存在する可能性は考えられる。

3.5 τ_E の評価

図10,34 にも示したように計算値としての τ_E は実験値に比較して約1ケタ大きい。今

$$\tau_E = \frac{W}{P_{in} - \frac{dW}{dt}}$$
 であるが $W, \frac{dW}{dt}$ が実験値と殆んど同じ（差異は10%以内）になるシミ

ュレーション結果の場合も同様であつた。 τ_E の計算値と実験値との差異は主としてプラズマへのエネルギー入力項である P_{in} の違いから生じていると思われる。すなわち P_{in} の正確な定義は計算にも使用しているとおり $2\pi R_i \int \eta j^2 ds$ である。しかし $\eta(r), j(r)$ の情報が得られないところから実験の場合は近似的な P_{in} として $V_p i_p$ を採用している。 $\eta(r)j(r) = \text{const.}$ の時は $V_p i_p = 2\pi R_i \int \eta j^2 ds$ となるが $\eta j \approx \text{const}$ であろう。また計算結果では $2\pi R_i \int \eta j^2 ds < V_p i_p$ の場合が多い。また P_{in} と $\frac{dW}{dt}$ の各項のオーダーが等しい場合がしばしばあり、その場合 ($P_{in} - \frac{dW}{dt}$) および τ_E の値は P_{in} のわずかな差異によつて大きく変る。

一方計算値の P_{in} にも次のような疑点が生ずる。すなわち我々は今拡散、輻射、電離等による損失を無視しているが実際にはこれらの損失が大きい事も考えられる（たとえば $\tau_E \sim \tau_n^{(1)}$ が正しい場合），このように実際のエネルギー損失をかなり小さく評価したモデルであるとした場合実験値に合うような温度を達成させるにはエネルギー入力項も小さくてすむこととなる。

したがつて計算値の $W, \frac{dW}{dt}$ が実験値に良く合うとしてもそのときの P_{in} が正しいとは限らないことがわかる。しかし $V_p i_p$ の誤差は小さいと仮定してその $V_p i_p$ に等しくなるよう $2\pi R_i \int \eta j^2 ds$ を考えてみると、 $\eta > 10$ かまたは強い表皮電流を考えねばならなくなるがこれは容認しがたい。

これより実験において求められた P_{in} としての $V_p i_p$ の誤差は無視出来得るほど小さくないことが予想される。

以上のことより τ_E の評価は注意深く行なわなければならないことがわかるが $V_p i_p$ はどの程度の誤差を含んでいるのか、またそれが τ_E の評価にどの程度影響するか今後更に詳しく検討しなければならない問題である。

3.6 V と V_p

プラズマ表面での一周電圧 $V = V_p + \frac{d(L_i i_p)}{dt}$ とプラズマ抵抗による電圧降下 $V_p = R_p i_p$ の実験値および計算値との比較を図29に示す。計算ではプラズマ全抵抗 R_p は直接には求まらない。 $V = 2\pi R_i \eta(r_p) j(r_p) = R_p i_p + \frac{d}{dt} (L_i i_p)$ であるから $R_p = \{2\pi R_i \eta(r_p) j(r_p) - \frac{d}{dt} (L_i i_p)\} / i_p$ と定義出来るが、我々のモデルでは $\lim_{r \rightarrow r_p} \eta(r) \rightarrow \infty$ また $\lim_{r \rightarrow r_p} j(r) \rightarrow 0$ としている。したがつて $\eta(r_p) j(r_p)$ の値は定義しがたい。また一方このような数値計算において $\eta(r_p) j(r_p)$ の値がある妥当な有限値となるモデルを考えることは甚だ困難である、たとえば電流半径と温度半径を異なるなどの手段が考えられるがそれがどの程度実際の現象に合致しているか確認しやすく意味あるモデルと認定する判定が出来得ない。この意味において R_p は直接に求まらないが、一方 T_e より類推した R_p と今假に $V_p i_p = R_p i_p^2 \sim 2\pi R_i \int \eta j^2 ds$

として $R_p = 2\pi R_s \int \eta j^2 ds / i_p^2$ の式より求めた R_p を比較してみると良く一致している。しかしこれらの類推された R_p がどの程度誤差を含むか判明していない。

3.7 i_p とプラズマパラメーター

すでに述べて来たようにプラズマパラメーターの変化はプラズマ全電流 i_p の時間変化に強く依存し、Mirnov の実験²⁰⁾にも見られるとおり i_p が変化するに従つてプラズマパラメーターは大きく変化する。 i_p 特性として図 1 のような T-3 の場合と図 16 のような ST の場合と大きく異なるそれについてシミュレートした結果次のようなことが推定される。

i_p 变化の影響を最も大きく受けるのは $j(r)$ である。 $j(r)$ の拡散式およびその境界条件を見てもわかるとおり、電流の拡散の速さと di_p/dt とのかねあいで $j(r)$ 分布が決まる。 i_p の立上り領域では温度は比較的低くとも大きいが、 i_p の立上りが速ければ速い程表皮効果が現われる。一方温度が高くなり i_p が小さくなつて電流の拡散が遅くなる領域でも di_p/dt が小さければ（たとえば ST のように後半ゆるやかに i_p を増加させる場合）徐々に表皮効果は減少して行く。また温度の高くなつた領域で T-3 のように i_p を減少させれば $j(r)$ は境界付近より減少して行き、ついには負の値となる。これらの変化は i_p に 2 度立上りを持たせた Mirnov の実験のシミュレーションを見ると良くわかる（図 34）。すなわち初めの立上り領域で表皮効果が現われ（4ms），やがて i_p が減少して最小値になる 11ms では境界付近が負の電流分布となり、2 度めの立上り領域では徐々に前のような分布に戻り（16ms），やがて最後の i_p 減少域では再び負の電流分布が現われる（26ms）。

このような負の電流分布がある場合の平衡、不安定性の問題や、また i_p の減少領域において T_E が大きくなるという実験結果に関連させることは残された問題のひとつでもある。

一方 $T_e(r)$ 变化は $j(r)$ 程 i_p 变化に依存しない（図 6～8 と図 20, 21 の比較），しかし i_p の立上りを速くすれば $T_e(r)$ に強い表皮効果が現われる事は予想される。

3.8 JFT-2 のプラズマ

1972年3月に建設を終り初期実験を始めたJFT-2のプラズマパラメーターの予測を p. 16 の表の IV の計算条件に基いて code-2 プログラムで計算を行つた。

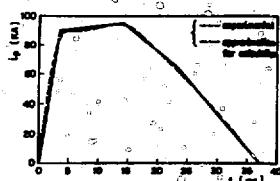
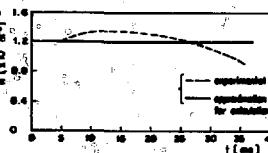
1 次回路系は実際にはクローバーさせ、またコンデンサ配列を種々変えることによつて種々の $i_p(t)$ 特性を持たせる予定であるがこのシミュレーションでは最も簡単なコンデンサの積み方を採用した。

図 37 に i_p 特性とライナー電流 i_{lin} 特性を示した。放電初期ではプラズマ抵抗よりライナー抵抗の方が小さく大きな i_{lin} が流れるが、プラズマ温度が上ると共に i_{lin} が増え i_p は急激に減少して行く。この時のコンデンサ電圧 $V_c(t)$ の変化を図 40 に示す。また図 38 に $\bar{T}_e(t)$ 、図 39 に $(q)_{r=r_p} \beta_p$ の時間変化を示した。

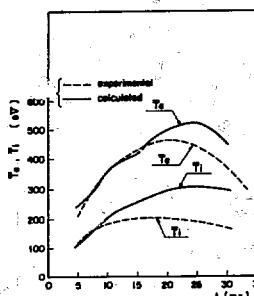
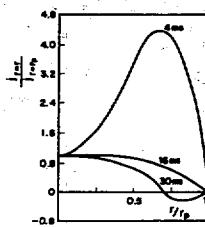
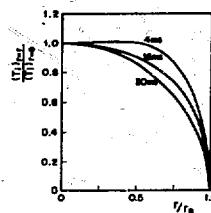
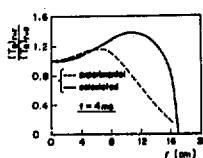
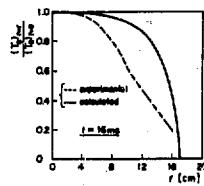
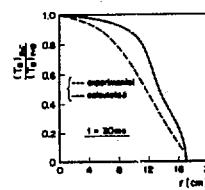
4 シミュレーション条件一覧および計算結果のグラフ

次に一覧表にして各シミュレーションの計算条件を記す。Iは図1～15に示したAnashin et al. のT-3 実験、IIは図16～33に示したDimock et al. のST 実験、IIIは図34～35に示したMirnov のT-3 実験¹⁹⁾、IVは図36～40に示したJFT-2のそれぞれのシミュレーションを指す。

パラメーター	I	II	III	IV
装置	T-3	ST	T-3	JFT-2
プラズマ半径 r_p [m]	0.17	0.12	0.12	2.5
トロイダル半径 R_t [m]	1.0	1.09	1.0	0.9
トロイダル磁場 B_t [Wb · m ⁻²]	2.5	2.7	2.5	1.0
平均イオン密度 \bar{n}_i [m ⁻³]	1.2×10^{19}	2×10^{19}	2×10^{19}	1×10^{19}
1.オン電荷数 Z	1	1	1	1
初期平均電子温度 \bar{T}_e [eV]	10	10	10	10
初期平均イオン温度 \bar{T}_i [eV]	5	5	5	5
α_1	2.0	2.0	1.5	2.0
α_2	2.0	2.0	4.0	2.0
α_3	1.0	1.0	1.0	1.0
δ	0.1	0	0	0
空間メッシュ数 N	17	24	24	25
シミュレート時間 t_{max} [ms]	35	16	29	100
時間メッシュ数	1245	1200	2303	1931
繰返し計算回数	903	1983	4398	3046
計算時間 [s]	60.1	48.5	180.1	180.1
巻数比 a				200
相互インダクタンス M(H)				0.25
漏洩インダクタンス L _{leak} (H)				1.5×10^{-6}
1次側抵抗 R ₁ [Ω]				0.0842
ライナー抵抗 R _{lin} [Ω]				0.006
コンデンサ数 NC [個]				4
第1コンデンサ充電電圧 V _c [V]				10000
第2 "				5000
第3 "				2000
第4 "				500
第1 コンデンサ容量 C [F]				0.00005
第2 "				0.00145
第3 "				0.00945
第4 "				0.01185

図1 プラズマ全電流 i_p の時間変化。図2 平均プラズマ密度 n の時間変化。
(ここで $n = \bar{n}_e = \bar{n}_i$ である)

(Code-1のプログラムを使用し, Anashin et al. のT-3実験¹⁰をシミュレートした結果を示す。すなわちP16の表のIに示した計算条件に基き, また i_p として図1, \bar{n} として図2に点線で表わした実験値を実線のように近似して与える。図3~15にこの計算結果を示す。ここで $\eta = r_y \eta_{class}$, $\chi_e = r_{xe} \chi_{e|class}$ である。)

図3 平均電子温度 T_d , 平均イオン温度 T_i の時間変化。図4 電流密度分布 j の時間, 空間変化。図5 イオン温度分布 T_i の時間, 空間変化。図6 $t=4\text{ ms}$ での電子温度分布 T_e 。図7 $t=16\text{ ms}$ での電子温度分布 T_e 。図8 $t=30\text{ ms}$ での電子温度分布 T_e 。

(図6~8に点線で示した実験値はレーザーで測定されたものである。)



図 9 無次元プラズマ内部インダクタンス β_0 、ポロイダルベーター値 β_p の時間変化。

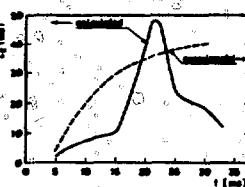


図 10 エネルギー閉じ込め時間 t_E の時間変化

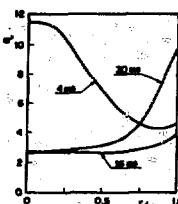


図 11 安定係数 q の時間、空間変化

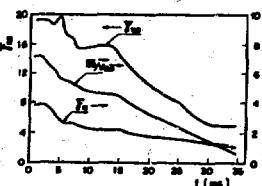


図 12 $\bar{U}_0 / \bar{V}_{the}$ 、プラズマ抵抗率の平均異常係数 \bar{r}_p 、電子熱伝導率の平均異常係数 \bar{r}_{xe} の時間変化。

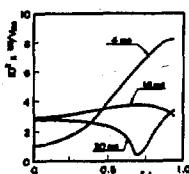


図 13 U_0 / V_{the} の時間、空間変化。
(電子ドリフト速度 U_0 と
電子熱速度 V_{the} の比)

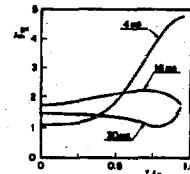


図 14 プラズマ抵抗率の異常係数 r_p の時間、空間変化。

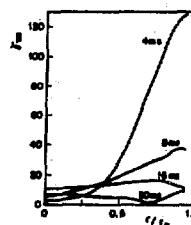
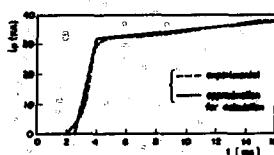
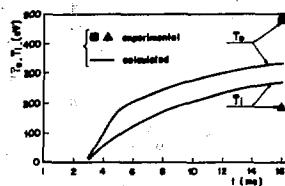
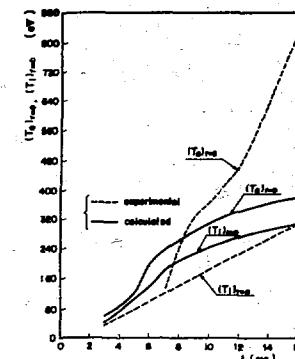
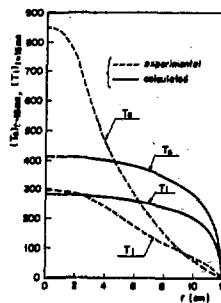
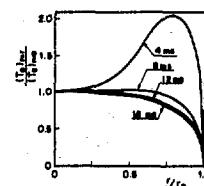
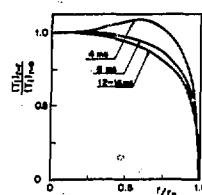
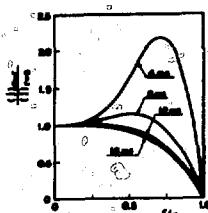
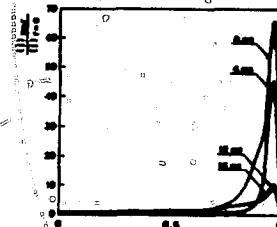
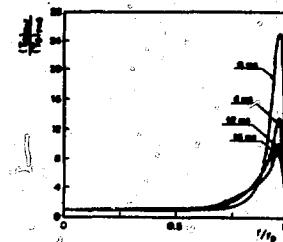


図 15 電子熱伝導率の異常係数 r_{xe} の時間、空間変化。

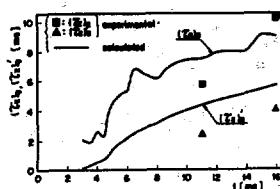
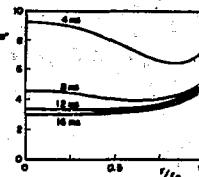
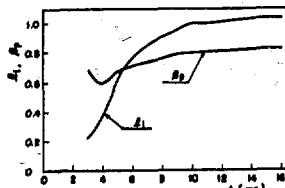
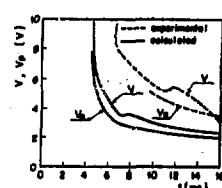
図 1.6 プラズマ全電流 i_p の時間変化。図 1.7 平均電子密度 \bar{n}_e の時間変化。

(Code - 1 のプログラムを使用し, Dimock et al. の ST 実験¹⁹をシミュレートした結果を示す。すなわち P 1.6 の表の II に示した計算条件に基き, また i_p として図 1.6, \bar{n}_e として図 1.7 に点線で示した実験値を実線のように近似して与え数値計算を行ひ。図 1.8~3.3 に計算結果を示す。ここで $\gamma = \gamma_e \gamma_{clas}$, $\chi_e = \chi_e \chi_{eclas}$ である。ただし図 2.4, 2.5 のみは $\gamma_e = 1$, $\gamma_{x_0} = 1$ とした結果。)

図 1.8 平均電子温度 \bar{T}_e , 平均イオン温度 \bar{T}_i の時間変化。図 1.9 プラズマ中心での電子温度 $(T_e)_{r=0}$, イオン温度 $(T_i)_{r=0}$ の時間変化。図 2.0 $t = 16$ ms での電子温度分布 T_e , イオン温度分布 T_i 図 2.1 電子温度 T_e の時間, 空間変化図 2.2 イオン温度 T_i の時間, 空間変化。

図 2.3 電流密度 j の時間、空間変化。図 2.4 電流密度 j の時間、空間変化。図 2.5 電子温度 T_e の時間、空間変化。

(図 2.4, 2.5 は 8 T の実験のシミュレーション結果であるが、 $r_{pe}=1, r_{xe}=1$ として(新)古典理論によつて計算したもので、あり強い表皮効果が現われる。)

図 2.6 電子のエネルギー閉じ込め時間 $(\tau_E)_e, (\tau_E)_e'$ の時間変化。図 2.7 安定係数 q の時間、空間変化。図 2.8 ポロイダルベータ値 β_p と無次元内部インダクタンス l_i の時間変化。図 2.9 プラズマの 1 周電圧 V とプラズマ抵抗による電圧降下 V_p の時間変化。

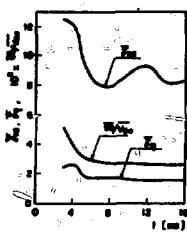


図3.0 \bar{U} , $\bar{V}_{t\tilde{e}k}$, プラズマ抵抗率の平均異常係数 γ_r , 電子熱伝導率の平均異常係数 γ_{ke} の時間変化。

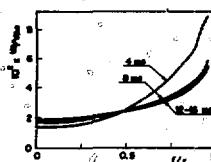


図3.1 $U_e/V_{t\tilde{e}k}$ の時間, 空間変化。
(電子ドリフト速度 U_e と電子熱速度 $V_{t\tilde{e}k}$ の比。)

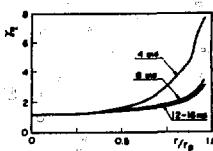


図3.2 プラズマ抵抗率の異常係数 γ_r の時間, 空間変化。

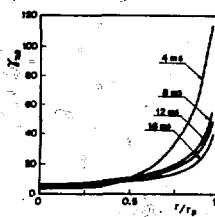


図3.3 電子熱伝導率の異常係数 γ_{ke} の時間, 空間変化。

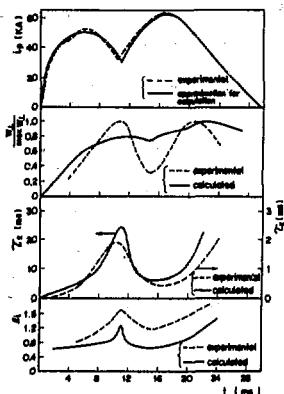


図3.4 プラズマ電流 i_p , $W_e/\max W_e$, エネルギー閉じ込め時間 t_B , 無次元プラズマ内部インダクタンス l_i の時間変化。

(Code-1のプログラムを使用して, MirnovのT-3実験²⁰をP16の表の並の計算条件に基いてシミュレートした結果を図3.4, 3.5に示したものである。)

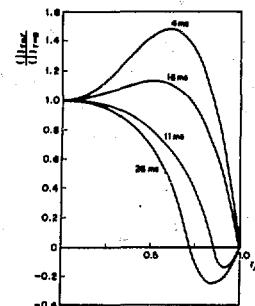


図3.5 電流密度の時間, 空間変化。

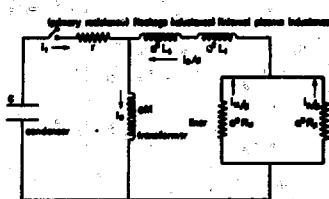
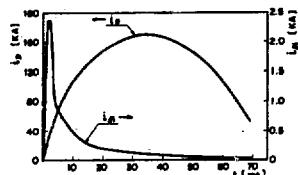
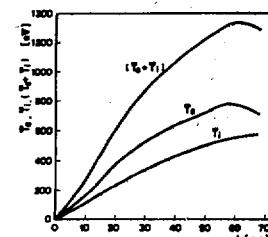
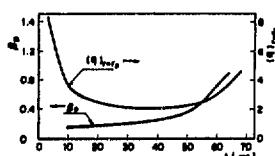
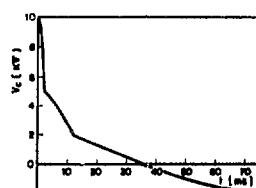


図 3.6 JFT-2 実験装置の等価回路図

(Code-2 のプログラムを使用して図 3.6 に示した回路系とプラズマの方程式を P 1.6 の表の N の計算条件に基いて計算した結果を図 3.7~4.0 に示す。)

図 3.7 プラズマ全電流 I_p とライナ電流 I_{pi} の時間変化。図 3.8 平均電子温度 T_e , 平均イオン温度 T_i , $T_e + T_i$ の時間変化図 3.9 安定係数 $q |_{r=r_p}$, ポロイダルベーター値 β_p^p の時間変化。図 3.10 コンデンサ電圧 V_c の時間変化。

5 まとめおよび検討

トカマクプラズマの時間、空間変化を輪対称円柱モデルを採用し静止流体としてシミュレートした。(新)古典理論では電子温度、電流密度の半径方向分布に強い表皮効果が現われる。そのような強い表皮効果は実験において測定された電子温度分布ではなく、定性的にも定量的にも実験値に合うよう輸送係数に人为的な異常係数を導入した。電気抵抗率 η または電子の熱伝 χ 。単独に異常係数を導入するのは不充分で両者に導入した。またそれらの異常係数は電子のドリフト速度と電子の熱速度の比の関数とし半径方向に分布をもたせ、またそれら異常係数の平均値は実験値に合うように定めた(χ に関しては10前後、 η に関しては2前後)。

計算結果は実験と良く合致する。プラズマ全電流 i_p の減少域では電流密度 $j(r)$ に負の分布が現われる、しかしこれは未だ実験的には確かめられてはいない。またエネルギー閉じ込め時間 τ_E は計算値の方が約1ケタ程度大きくなる。この実験値との差異は主としてエネルギー入力項の定義の違いによる。実験値として採用している入力項 $V_p i_p$ は誤差を含んでいる。現在 i 分布、 j 分布は実験的に測定されていず、どの程度の誤差が $V_p i_p$ に延いては τ_E に含まれているか判明していない。

今回の計算は粒子拡散の影響を無視し(すなわちソ連のグループの主張する $\tau_E \ll \tau_i$ を前提としているが、米国プリンストンのグループの主張する $\tau_E \sim \tau_i$ が正しければ無視出来得なくなる)、またその他の損失である放射損失、電離損失等も無視している。また中性粒子、不純物の影響も検討していない。これらの諸因子をどのように取入れるかは今後に残されているが、果してこれらの諸因子を導入することすなわちよりモデルを精密化することによって実験における異常現象が説明出来るのか、あるいは実際に異常現象が起きていて何らかの異常輸送理論に依らなければならないのかは今後の理論および実験の成果に負う所大である。

末筆ながら本報告を作製するに当つて種々の討論をして戴き幾多の問題点を指摘して下さいました、客員研究員百田弘京都大学助教授および原研核融合研究室の田中正俊、吉川允二、藤沢登、松田慎三郎の諸氏に感謝致します。

なお終始御指導、御鞭撻下さいました森茂室長に厚く御礼申し上げます。

6 引用文獻

- 1) Yu.N.Dnestrovski , D.P.Kostomarov and H.L.Pavlova : 4th European Conference on Controlled Fusion and Plasma Physics p17 (1976).
- 2) Yu.N.Dnestrovski , D.P.Kostomarov and H.L.Pavlova : Atomnaya Energiya 32, 301 (1972)
- 3) D.F.Duchs, H.P.Furth and P.H.Rutherford : Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research (IAEA, Vienna, 1971) vol I p369.
- 4) O.Mercier, Soubbaramayer and J.P.Boujot : Plasma Physics and Con-

- trolled Nuclear Fusion Research (IAEA, Vienna, 1971) vol I p.425.
- 5) M.M.Winder and R.A.Dory : ORNL-TM-3498(1971).
 - 6) T.Takeda and S.Itoh : JAERI-memo 4186(1970).
 - 7) C.F.Barnett et al. : Plasma Physics and Nuclear Fusion Research (IAEA, Vienna) vol I p.247 (1971).
 - 8) 大塚道夫, 矢野謙郎 : JAERI-memo 4805 (1972).
 - 9) L.Spitser,Jr. "Physics of Fully Ionized Gases" (2nd Ed., Interscience, New York 1967) p.139.
 - 10) A.A.Galeev and R.Z.Sagdeev : JETP 26 233 (1968).
 - 11) L.A.Artsimovich, A.V.Glukhov and M.P.Petrov : ibid. 11, 304 (1970).
 - 12) A.A.Ware : Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research (IAEA, Vienna 1971) vol I p.411.
 - 13) L.A.Artsimovich et al. : Nuclear Fusion, Special Supplement(1969).
 - 14) 川上一郎 : IPPJ-DT-23 (1970).
 - 15) 山口昌哉, 野木達夫 "数値解析の基礎" 共立出版(1969).
 - 16) L.A.Artsimovich : JETP Letters 13-70 (1971).
 - 17) M.J.Forrest, N.J.Peacock & V.V.Sannikov : OLM-R107 (1970).
 - 18) A.M.Anashin et al. : Zh. Eksp. Teor. Phys. 60, 2092 (1971).
 - 19) D.Dimock et al. : Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research (IAEA, Vienna 1971) vol I p.451.
 - 20) S.V.Mirnor : Nuclear Fusion 9, 57 (1969).
 - 21) S.I.Braginskii "Reviews of Plasma Physics" (Consultants Bureau, New York 1966) vol I p.215.
 - 22) M.N.Rosenbluth and R.D.Hazeltine : The Physics of Fluids 15, 116 (1972).
 - 23) D.F.Duchs : NPL Report 7340 (1971).
 - 24) D.Pfirsich and A.Schlüter : Max-Planck-Institut Report MPI/PA/1 (1962).

付録

I 各パラメーターの説明

ここで η , χ , χ_1 , τ_{eq} 等の輸送係数, r_e , q , B_p , β_p , V_p 等の特性パラメーターについて述べる。

① プラズマ物性値

プラズマは完全電離として扱う。古典理論によればプラズマ抵抗率 $\eta(t, r)$ は

$$\eta = \left(\frac{10^2}{2.63} \right) \left(\frac{Z}{C_1} \right) \frac{\ell n \Lambda}{(1.16 \times 10^4 \times T_e)^{3/2}}$$

$$\ell n \Lambda^{21} = \begin{cases} 2.54 - 1.15 \times \log(n_e \times 10^{-6}) + 2.3 \times \log(T_e) & \text{at } T_e \leq 50 \text{ [eV]} \\ 2.34 - 1.15 \times \log(n_e \times 10^{-6}) + 3.45 \times \log(T_e) & \text{at } T_e > 50 \text{ [eV]} \end{cases}$$

$$C_1 = 0.58 (z=1), 0.68 (z=2), 0.79 (z=4), 1.0 (z=\infty)$$

エネルギー等配時間 $\tau_{eq}(t, r)$ は古典理論によれば

$$\tau_{eq} = \begin{cases} \frac{3.3 \times 10^{14} (\frac{A}{Z}) T_e^{3/2}}{n_e \ell n \Lambda}, \quad \frac{T_e}{m_e} \gg \frac{T_i}{m_i} \\ \frac{5.2 \times 10^2 (\frac{1}{A^2 Z^2}) T_i^{3/2}}{n_e \ell n \Lambda}, \quad \frac{T_e}{m_e} \ll \frac{T_i}{m_i} \end{cases}$$

熱伝導率 $\chi(t, r)$, $\chi_1(t, r)$ はプラトーよりバナ領域では捕捉粒子の影響を考慮した新古典理論²²⁾²³⁾に依るものとし、古典領域は Praginskii (文献 21) p. 217) の熱伝導率に Pfirsch-Schulüter 係数²⁴⁾を乗じた古典理論に依るものとする。すなわち

$$\chi_s = \begin{cases} [\beta_{s1} \epsilon^{-\frac{3}{2}} q^2 \nu_s \rho_e] n_s, \nu_s < \nu_2; & \text{バナ領域} \\ [\beta_{s2} \frac{1}{R} q C_{B0} \rho_e] n_s, \nu_2 \leq \nu_s < \nu_1; & \text{プラトー領域} \\ [\beta_{s3} (1 + 1.6 q^2) \nu_s \rho_e^2] n_s, \nu_1 \leq \nu_s; & \text{古典領域} \\ s = e, i \end{cases}$$

ここで

$$\nu_1 = \frac{1}{R_t} q^{-1} V_{th}, \quad \nu_2 = \epsilon^{\frac{3}{2}} \nu_1, \quad \epsilon' = \left(\frac{r}{R_t} \right)$$

$$q = \left(\frac{r}{R_t} \right) \left(\frac{B}{B_p} \right), \quad C_{B0} \begin{cases} C_{B0} = \frac{T_e}{B_0}, \\ C_{B1} = \frac{T_i}{B_1} \end{cases}$$

$$\text{係数} \left\{ \begin{array}{l} \beta_{01} = 1.81 \\ \beta_{02} = 0.48 \\ \beta_{03} = \frac{3}{2} (\pi)^{\frac{1}{2}} \\ \beta_{11} = \frac{3}{2} (\pi)^{\frac{1}{2}} \\ \beta_{12} = 2.33 \\ \beta_{13} = 0.71 \end{array} \right.$$

また

$$\text{熱速度 } V_{th} \left(\frac{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{m}^2} \right) \left\{ \begin{array}{l} V_{th} = 5.93 \times 10^5 (T_e)^{\frac{1}{2}} \\ V_{th} = 1.36 \times 10^4 \left(\frac{T_i}{A} \right)^{\frac{1}{2}} \end{array} \right.$$

$$\text{衝突周波数 } \nu \left(\frac{1}{\text{Hz}} \right) \left\{ \begin{array}{l} \nu_e = \frac{n_e \ell n A}{3.3 \times 10^{11} T_e^{\frac{1}{2}}} \\ \nu_i = \frac{n_i \ell n A}{1.4 \times 10^{13} \left(\frac{A^2}{Z^4} \right) T_i^{\frac{3}{2}}} \end{array} \right.$$

$$\text{ラーマー半径 } r_L \left(\frac{\text{m}}{\text{m}} \right) \left\{ \begin{array}{l} r_L = 3.37 \times 10^{-6} \left(\frac{T_e^{\frac{1}{2}}}{B_1} \right) \\ r_L = 1.45 \times 10^{-4} \left(\frac{A^{\frac{1}{2}}}{Z} \right) \left(\frac{T_i^{\frac{1}{2}}}{B_1} \right) \end{array} \right.$$

② 特性パラメータ

- エネルギー閉じ込め時間
- $\tau_E(t)$
- [ms]

$$r_L = \left\{ \begin{array}{l} (\tau_E)_1 = \frac{W}{(P_{in})_1 - \frac{dW}{dt}} \\ (\tau_E)_2 = \frac{W}{(P_{in})_2 - \frac{dW}{dt}} \end{array} \right.$$

$$W = \left[\frac{3}{2K} \int_0^{r_p} (n_e T_e + n_i T_i) 2\pi r dr \right] 2\pi R_i$$

$$\frac{dW}{dt} = \left[\frac{3}{2K\Delta t} \int_0^{r_p} (n_e \Delta T_e + n_i \Delta T_i) 2\pi r dr \right] 2\pi R_i$$

$$P_{in} = \left\{ \begin{array}{l} (P_{in})_1 = 2\pi R_i \int_0^{r_p} \eta j^2 2\pi r dr : \text{計算} \\ (P_{in})_2 = V_p i_p : \text{実験} \end{array} \right.$$

- 電子のエネルギー閉じ込め時間
- $(\tau_E)_e(t)$
- [ms]

$$(\tau_E)_e = \frac{W_e}{(P_{in})_1 - P_{out} - \frac{dW_e}{dt}}$$

$$(r_p)_1 = \left\{ \begin{array}{l} (r_p)_{12} = \frac{W_0}{(P_{1x})_2 - P_{e-i}} \frac{dW_0}{dt} \\ (r_p)_{13} = \frac{W_0}{(P_{1x})_3} \end{array} \right.$$

$$(r_p)_{13} = \frac{W_0}{(P_{1x})_3}$$

$$W_0 = \left[\frac{3}{2K} \int_0^{r_p} (n_e T_e) 2\pi r dr \right] 2\pi R_i$$

$$\frac{dW_0}{dt} = \left[\frac{3}{2K\Delta t_0} \int_0^{r_p} (n_e \Delta T_e) 2\pi r dr \right] 2\pi R_i$$

$$P_{e-i} = \left[\frac{3}{2K} \int_0^{r_p} \left(\frac{n_e (T_e - T_i)}{r_{eq}} \right) 2\pi r dr \right] 2\pi R_i$$

• ポロイダル磁場 $B_p(r, t)$ [Wb·m⁻²]

$$B_p = \frac{\mu i}{2\pi r} = \frac{\mu \int_0^r j 2\pi r dr}{2\pi r} = \frac{\mu \int_0^r j r dr}{r}$$

• 安定係数 $q(t, r)$

$$q = \frac{r}{R_i} \frac{B_t}{B_p}$$

• ポロイダルベータ値 $\beta_p(t, r)$

$$\beta_p = \frac{P}{(\frac{B_p^2}{2\mu})} = \frac{2\mu(n_e T_e + n_i T_i)}{K B_p^2}$$

ただし

$$\beta_p|_{r=r_p} = \frac{\bar{P}}{\left(\frac{(B_p|_{r=r_p})^2}{2\mu} \right)} = \frac{2\mu(\bar{n}_e \bar{T}_e + \bar{n}_i \bar{T}_i)}{(B_p|_{r=r_p})^2}$$

図に示した β_p は $\beta_p|_{r=r_p}$ である。

• プラズマ内部インダクタンス $L_i(t)$ [H]

$$L_i = \frac{4\pi^2 R_i}{\mu} \left(\frac{\int_0^{r_p} B_p^2 r dr}{i_p^2} \right)$$

• 無次元プラズマ内部インダクタンス $\ell_i(t)$

$$\ell_i = \frac{\bar{B}_p^2}{B_p^2}$$

• プラズマ全抵抗 $R_p(t)$ [Ω]

$$R_p = \left\{ \begin{array}{l} (R_p)_1 = \left(\frac{2\pi R_i}{\pi r_p^2} \right) \bar{\eta} = \frac{2R_i}{r_p^2} \bar{\eta}, \text{ ただし } \bar{\eta} = f(\bar{T}_e) \\ (R_p)_2 = 2\pi R_i \int_0^{r_p} \eta j^2 2\pi r dr / i_p^2 \end{array} \right.$$

$(R_p)_2$ は $(P_{in})_1 = (P_{in})_2$ と仮定して求めている。

- ・ プラズマ 1 層電圧 V (V) およびプラズマ抵抗による電圧降下 V_p (V)

$$V = V_p + V_L$$

$$V_p = \begin{cases} (V_p)_1 = (R_p)_1 i_p \\ (V_p)_2 = (R_p)_2 i_p \end{cases}$$

$$V_L = \frac{d}{dt} (L_i i_p)$$

- ・ 電子のエネルギー保存則のチェック (単位長さ当たり)

$$(E_e)_1 = (E_e)_2 + (E_e)_3 + (E_e)_4$$

$$(E_e)_1 = \left(K \int_0^{r_p} \eta j^2 2\pi r dr \right) \Delta t$$

$$(E_e)_2 = -\frac{3}{2} \left\{ 2\pi r_p (\chi_e)_{r=r_p} \left(\frac{\partial T_e}{\partial r} \right)_{r=r_p} \right\} \Delta t$$

$$(E_e)_3 = \frac{3}{2} \left\{ \int_0^{r_p} \left(\frac{T_e - T_i}{r_{eq}} \right) n_e 2\pi r dr \right\} \Delta t$$

$$(E_e)_4 = \frac{3}{2} \int_0^{r_p} \Delta T_e n_e 2\pi r dr$$

- ・ イオンのエネルギー保存則のチェック (単位長さ当たり)

$$(E_i)_3 = (E_i)_1 + (E_i)_2$$

$$(E_i)_1 = -\frac{3}{2} \left\{ 2\pi r_p (\chi_i)_{r=r_p} \left(\frac{\partial T_i}{\partial r} \right)_{r=r_p} \right\} \Delta t$$

$$(E_i)_2 = \frac{3}{2} \int_0^{r_p} \Delta T_i n_i 2\pi r dr$$

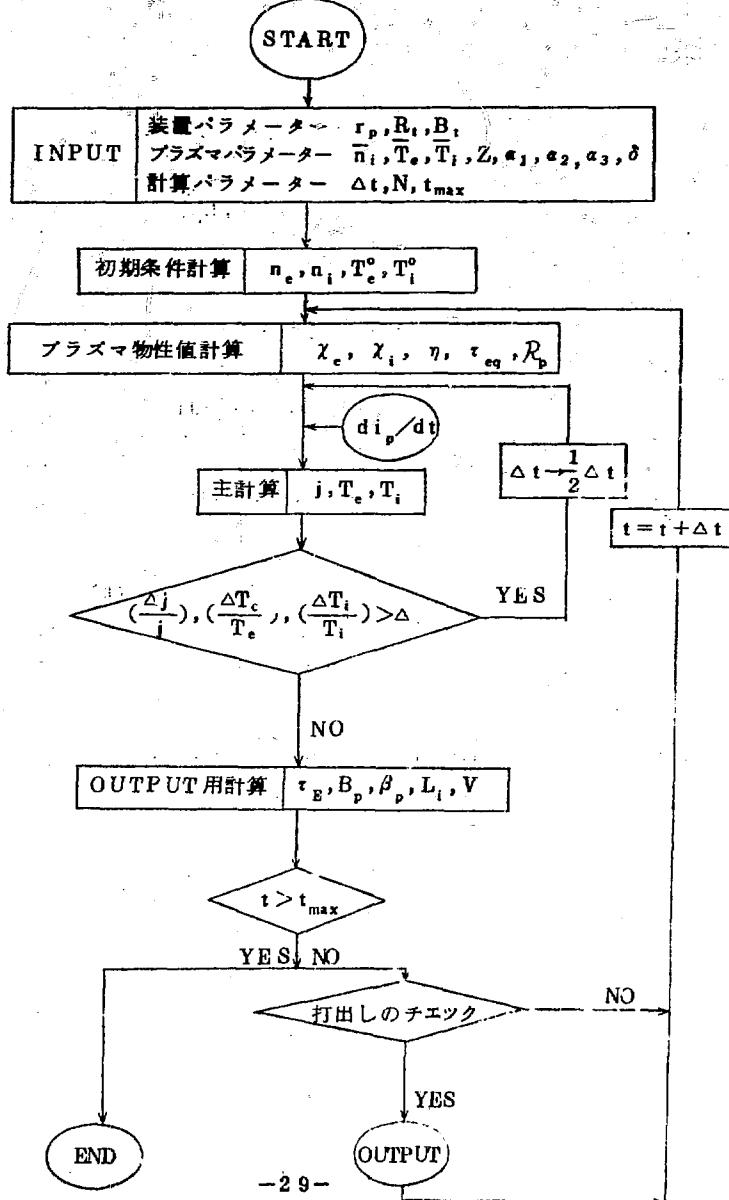
(注) 計算における電子、イオンのエネルギー保存則のチェックパラメーターとしての $EE = ((E_e)_1 - (E_e)_2 - (E_e)_3) / (E_e)_4$ および、 $EI = ((E_i)_3 - (E_i)_1) / (E_i)_2$ はそれぞれ EE , $EI \sim 1.0$ となつていなければならぬが、 OUTPUT 例をみてもわかるとおり一般に成立していない。これは主に $(E_e)_2$ および $(E_i)_1$ の計算に大きな誤差が含まれているからである。すなわち $(\chi_e)_{r=r_p}, (\chi_i)_{r=r_p}$ の値は定義出来ないので便宜上 $(\chi_e)_{r=r_p - \Delta r}, (\chi_i)_{r=r_p - \Delta r}$ の値をもつて代用しているからである。

従つて $EE, EI \sim 1$ となるような $(E_e)_2, (E_i)_1$ を求めプラズマ境界からの伝導によるエネルギー損失を類推する一助とした方が適切であろう。

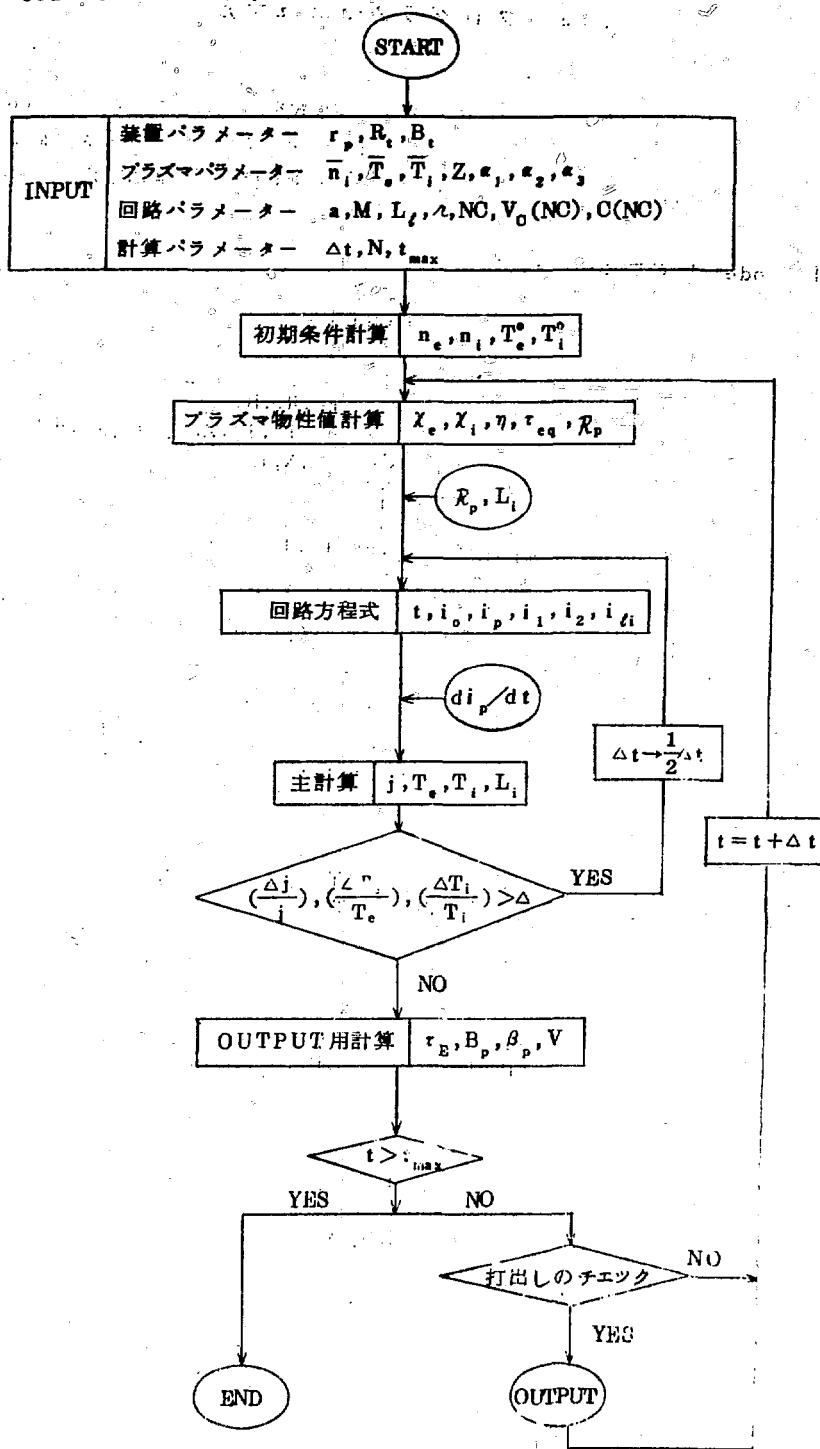
II プログラムマニュアル

与えられたプラズマ全電流 i の下にプラズマの方程式を解くプログラムである code-1, および回路方程式も同時に解くことによつて上記 i のみならず全パラメーターを self Consistent IC 求めるプログラムである code-2 のそれぞれについて説明する。

II-1 code-1 のフローチャート



II-2 code-2 のフローチャート



II-3 INPUTマニュアル

記号	記号内容	単位	タイプ	備考
RP	プラズマ半径(r_p)	m	F 8.4	
RT	トロイダル半径(R_t)	m	F 8.4	
BT	トロイダル磁場(B_t)	Wb · m ⁻²	F 8.4	
CM	相互インダクタンス(M)	H	F 8.4	
CL	漏洩インダクタンス(L _o)	H	E 12.5	
CR	1次側抵抗(r)	Ω	F 8.6	
CRL	ライナー抵抗(R_{fl})	Ω	F 8.6	Code-2のみ
NC	コンデンサー数	/	I 2	
VOL(1)	コンデンサ充電電圧(V ₀)	V	F 8.2	
VOL(6)				
CAP(1)	コンデンサー容量(C)	F	F 8.5	
CAP(6)				
ADI	イオン平均密度(\bar{n}_i)	個 · m ⁻³	E 12.5	
Z	荷電数(Z)	/	F 4.0	
ATE	電子平均温度(初期値: T_e^0)	eV	E 12.5	
ATI	イオン " (" : T_i^0)	eV	E 12.5	
H	初期時間メッシュ(Δt^0)	s	E 12.5	10^{-8} sec 程度
N	空間メッシュ数	/	I 4	15~30 程度
NTOT	総時間メッシュ数	/	I 8	
DPRN	打出し時間単位	s	E 12.5	ms 毎
TOT	計算打切時間	s	E 12.5	
T	時間初期値	s	E 12.5	0.2~0.5 ms 程度
DA	α_1	/	F 8.4	
P5	α_2	/	F 8.4	
P6	α_3	/	F 8.4	
AC	δ	/	E 12.5	
CYP	任意のパラメーター	/	E 12.5	現在はCode-1のみ使用
FW	任意のパラメーター	/	E 12.5	

INPUT DATA FORM I

PAGE OF

氏名 例 姓 名	日付 / / 電話	プログラム名 <u>HPTE-(3)-</u> <u>Code-2</u> 実行データ名	JOB NO. IRJOB DECKNAME	カード色指定 番号	PUNCH 73-80 YES <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			
1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 2 3 4 5 6 7 8 9			
RP	RT	BT	CA	CM	CL	CR	CRL	WD
•	•	•	•	•	•	Et	•	•
VOL(1)	VOL(2)	VOL(3)	VOL(4)	VOL(5)	VOL(6)			
CAP(1)	CAP(2)	CAP(3)	CAP(4)	CAP(5)	CAP(6)			
•	•	•	•	•	•			
ADJ	E	ATE	ATI	H	N	NTOT	DPRN	
•	Et	•	Et	Et	Et	•	Et	•
TOT	T							
•	Et		Et					
DA	PS	PE						
•	•	•						
1 2 3 4 5 6 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
1	2	3	4	5	6	7	8	9

D-1

* 25: DATAFILE 76: SEQUENTIAL NUMBER

JANRUE-M 1941

II-4 OUTPUT ニュアル

記号	記号内容	単位	備考
T	時間 (t)	s	
IK	時間ステップ数	/	
IKK	計算回数	/	
H	時間メッシュ (Δt)	s	
AATE	平均電子温度 (\bar{T}_e)	eV	$\bar{T}_e = \int T_e n_e ds / \int n_e ds$
AATI	平均イオン温度 (\bar{T}_i)	eV	$\bar{T}_i = \int T_i n_i ds / \int n_i ds$
YP	プラズマ全電流 (i_p)	A	
CJP	j 計算チェックパラメーター	/	$CJP = \Delta i_p / \int \Delta j ds$
TDJ	"	/	$TDJ = \int j ds / i_p$
OP	プラズマ全抵抗 (R_p)	Ω	$(R_p)_1$
CPP	"	Ω	$(R_p)_2$
AETA	プラズマ平均抵抗 ($\bar{\eta}$)	$\Omega \cdot m$	$\bar{\eta} = \frac{R_p}{2R_t} (R_p)_1$ より
EETA	"	$\Omega \cdot m$	$\bar{\eta} = \frac{R_p^2}{2R_t} (R_p)_2$ より
DYP	プラズマ全電流の時間微分 ($\frac{di_p}{dt}$)	$A \cdot s^{-1}$	
CLI	プラズマの内部インダクタンス (L_i)	H	
ALI	プラズマの無次元内部インダクタンス (ℓ_i)	/	
VP	プラズマの1周電圧 (V)	V	$V = (V_p)_1 + V_L$
VVP	"	"	$V = (V_p)_2 + V_L$
VL	$dL_i i_p / dt$	$H \cdot A \cdot s^{-1}$	
CETA	プラズマ抵抗の平均異常係数 ($\bar{\gamma}_\eta$)	/	
XY	F	/	
CXE	電子の熱伝導率の平均異常係数 ($\bar{\gamma}_{ye}$)	/	
YX	G	/	
EEC1	$\bar{U}_e / \bar{V}_{the}$	/	
EE	電子のエネルギー保存則のチェックパラメーター	/	
EI	イオン "	/	
T1	エネルギー閉じ込め時間 ($((\tau_E)_1)$)	s	
T2	" $((\tau_E)_2)$	s	ただし $(P_{in})_2 = (V_p)_1 i_p$
T3	" $((\tau_E)_3)$	s	ただし $(P_{in})_2 = (V_p)_2 i_p$
TE1	電子のエネルギー閉じ込め時間 ($((\tau_E)_{e1})$)	s	
TE2	" $((\tau_E)_{e2})$	s	
TE3	" $((\tau_E)_{e3})$	s	
EE1	ジュール加熱項 ($(E_e)_1$)	$J \cdot m^{-1}$	
EE2	電子の熱伝導による損失 ($(E_e)_2$)	$J \cdot m^{-1}$	
EE3	イオンとの交換エネルギー ($(E_e)_3$)	$J \cdot m^{-1}$	
EE4	電子の温度上昇 ($(E_e)_4$)	$J \cdot m^{-1}$	

記号	記号内容	単位	備考
EE5	$(E_e)_1 - (E_e)_2 - (E_e)_3$	$J \cdot m^{-1}$	
EI1	イオンの熱伝導による損失($(E_i)_1$)	$J \cdot m^{-1}$	
EI2	イオンの温度上昇($(E_i)_2$)	$J \cdot m^{-1}$	
EI3	$(E_e)_2 - (E_i)_1$	$J \cdot m^{-1}$	
TA1	プラズマ全エネルギー(W)	$J \cdot m^{-1}$	
TA2	ジュール加熱項($(P_{in})_1$)	$J \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$	
TA3	プラズマのエネルギー増加($\frac{dW}{dt}$)	$J \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$	
TA4	電子の全エネルギー(W_e)	$J \cdot m^{-1}$	
TA5	イオンとの交換エネルギー(P_{e-i})	$J \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$	
TA6	ジュール加熱項($(P_{in})_2$)	$J \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$	ただし($P_{in})_2 = (V_p)_1 i_p$
TA7	" " ($(P_{in})_2$)	$J \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$	ただし($P_{in})_2 = (V_p)_2 i_p$
YO	交流器励磁電流(i_o)	A	
YD	di_o/dt	$A \cdot s^{-1}$	
Y1	交流器1次側電流(i_1)	A	
YL	ライナー電流(i_{in})	A	
VO	コンデンサ充電電圧	V	
ETA	プラズマ抵抗($\eta(t, r)$)	$\Omega \cdot m$	
TE	電子温度($T_e(t, r)$)	eV	
TI	イオン温度($T_i(t, r)$)	eV	
YJ	電流密度($j(t, r)$)	$A \cdot m^{-2}$	
TAUEQ	エネルギー等分配時間($\tau_{eq}(t, r)$)	s	
X	イオンの熱伝導率($\chi_i(t, r)$)	$m^{-1} \cdot s^{-1}$	それぞれの各メッシュ毎の値を OUTPUT している
XE	電子 " " ($\chi_e(t, r)$)	$m^{-1} \cdot s^{-1}$	
BP	ボロイダル磁場($B_p(r, t)$)	$Wb \cdot m^{-2}$	
TQ	安定係数($q(r, t)$)	/	
TBI	ボロイダルベータ 値($\beta_p(t, r)$)	/	
EJ	プラズマの局所電場(η_j)	$V \cdot m^{-1}$	
EEC	U_e/V_{the}	/	
EMC	電気抵抗の異常係数($\eta(t, r)$)	/	
ECO	電子の熱伝導率の異常係数($\chi_e(t, r)$)	/	

(注) 計算時間(FACOM-230-60 使用)は15~30メッシュで1ケース当たり8~30分程度である。特にMirnovの実験のシミュレーションのように $i_p(t)$ が複雑なほど計算時間は多くなる。

• SOURCE STATEMENT (STHAIN) 20

COLLATION 72-03-24 PAGE 3

FACON 250-60 FORMAN D - 110110-0001-03

-102- *WYOMING STATE LIBRARY*

1287 E-127Y

1-2003

• SOURCE STATEMENT (PTM) 39

$T_e(r), T_i(r), j(r)$ 等于 $T_e(r_0)$
SUBROUTINE

2 SOURCE STATEMENT SETMAIN 3

```

      B1(I1)=ETA(I1)
      B2(I1)=TEC(I1)/TEC(1,NN)
      B3(I1)=TIC(I1)/TIC(1,NN)
      B4(I1)=YJC(I1)/YJC(1,NN)
      B5(I1)=TAUB(I1)
      B6(I1)=XK(I1)
      B7(I1)=RE(I1)
      B8(I1)=RQ(I1)
      B9(I1)=RT(I1)
      B10(I1)=TR(I1)
      B11(I1)=ETA(I1)*YJC(I1)/(ETA(NN)*YJC(NN))
      B12(I1)=ECC(I1)
      B13(I1)=HNC(I1)
      B14(I1)=ECC(I1)
      B0 CONTINUE
      B2(30)=TEC(1,NN)
      B3(30)=TIC(1,NN)
      B4(30)=YJC(1,NN)
      B5(30)=TAUB(30)/2.0PAI(BP)
      B10(30)=444TEC(30)*XK(30)*B13(30)/ECC(30*B14(30))

```

八四

197 B7 FORMAT(13X,4H#TA+6*(E12.9;X), 4/(17X, 6*(E12.5;X))//
3 14X, 3HTB-1 6*(E12.9;X), 4/(17X, 6*(E12.5;X))//
4 14X, 3HTB-1 6*(E12.9;X), 4/(17X, 6*(E12.5;X))//

JANRI-M 4941

FARM 230-08 PERTHSHIRE - T30610-0007-08

ANSWER

W.B. 30 240

• SOURCE STATEMENT (2000-2001)

FACOM 230-68 PORTMAN P 710110 0007-03

COMPILATION

73-03-14 PAGE

*** SOURCE STATEMENT ***

```

1 SUBROUTINE CONTC4(AB1,C1,RP,ABE,A) ← 変数宣言
2 IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A,B,C,D,E)
3 COMMON /MMH1/ ICK,CHMU,PAI,PNL,PNE
4 COMMON /MMH2/ C1,CHMV,PAI
5 DATA AB1/1.6159/ ← K
6 CHMV = 1.5708E-01 ← M
7 C1=2.8264E+01 ← K
8 PAI=PI*FLOAT(10) ← PI
9 PNL=PI*FLOAT(10) ← PI
10 ABE=1.0D0
11 IF(C1<0.01) C1=0.002
12 IF(C1>2.0) C1=0.005
13 IF(C1>5.0) C1=0.008
14 IF(C1>10.0) C1=0.01
15 IF(C1<0.02) ABE=0.0
16 RETURN
17 END

```

FACOM 330-60 FORTRAN 5 -718110- 0009-01

COMPILATION

72-93-14 Page

* SOURCE STATEMENT *

JACKI-M 4941

FACOM 230-60 FORTRAN D -710110- 0009-03

COMPILE TIME 72:03:14 PAGE 8

* SOURCE STATEMENT (PARAM 30)

```

      97      AMBDEB=0
      98      DO 190 11=1,N
      99      BB=1.0*(1.0+ABC1*(TCL(11)-1))+2.0*FLOAT(NN-11)+2.0*PN2
     100      ABC1=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     101      ABC2=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     102      ABC3=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     103      ABC4=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     104      ABC5=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     105      ABC6=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     106      ABC7=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     107      ABC8=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     108      ABC9=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     109      ABC10=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     110      ABC11=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     111      ABC12=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     112      ABC13=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     113      ABC14=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     114      ABC15=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     115      ABC16=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     116      ABC17=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     117      ABC18=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     118      ABC19=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     119      ABC20=(TCL(11)-1)*TCL(11)/2
     120      CONTINUE
     121      ABC1=ABC1/AMBDEB
     122      ABC2=ABC2/AMBDEB
     123      ABC3=ABC3/AMBDEB
     124      ABC4=ABC4/AMBDEB
     125      ABC5=ABC5/AMBDEB
     126      ABC6=ABC6/AMBDEB
     127      ABC7=ABC7/AMBDEB
     128      ABC8=ABC8/AMBDEB
     129      ABC9=ABC9/AMBDEB
     130      ABC10=ABC10/AMBDEB
     131      ABC11=ABC11/AMBDEB
     132      ABC12=ABC12/AMBDEB
     133      ABC13=ABC13/AMBDEB
     134      ABC14=ABC14/AMBDEB
     135      ABC15=ABC15/AMBDEB
     136      ABC16=ABC16/AMBDEB
     137      ABC17=ABC17/AMBDEB
     138      ABC18=ABC18/AMBDEB
     139      ABC19=ABC19/AMBDEB
     140      ABC20=ABC20/AMBDEB
     141      RETURN
     142      END
  
```

FACOM 230-60 FORTRAN D -710110- 0009-03

COMPILE TIME 72:03:14 PAGE 9

* SOURCE STATEMENT *

```

      1      SUBROUTINE FCP(I,K,Z,R1,RP,C1,DE,ADE,D1,T,E,AATE,T1,ROG,ETA,AETA, — 2, 8, 9, 10
      2      CETA,CP,V,Y,V,Y,EN)
      3      IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
      4      DIMENSION DE(110),ETAC(110),ROG(110),TE(3, 110),
      5      TE(3,110),DI(110),V(JC3,110),EMC(50),ETA1(50)
      6      COMMON NMNN,MN1,MN2,CK,CHYU,PA1,PN1,PN2
      7      LE=100
      8      LT=100
      9      DO 180 11=2,MN
     10      EE=PA1/(FLOAT(NN+K-1)/2+0.5*FLOAT(NN-11)+2.0*PN2+2
     11      IF(TCL(11).LE.0.) ETAC(11)=0.
     12      IF(DE(11).LE.0.) ETAC(11)=0.
     13      IF(TCL(11).LE.50.) ROG(11)=25.5+1.15*DLG610(DE(11)) +1.E-06
     14      IF(TCL(11).GT.50.) ROG(11)=30.5+1.15*DLG610(DE(11)) +1.E-06
     15      EE=PA1/(Z*ROG(11)*1.15*DLG610(TCL(11)))
     16      ETAC(11)=(Z*ROG(11)*1.15*DLG610(TCL(11))/EE)
     17      ETAC(11)=ETAC(11)+12*ETAC(11)/2
     18      ABC1=(V(JL,11-1)-V(JL,11))/2,
     19      ABC2=(V(JL,11-1)-V(JL,11))/2,
     20      AET=AET+8*ABC1*ABC2+0.2
     21      100      CONTINUE
     22      EEC1=1.05*3.14*V(Y,V)/(PA1*RP**2+ADE*D807(AATE))
     23      XY1=(4.+EEC1*0.-0.05)/0.09
     24      AET=0.
     25      DO 120 11=2,MN
     26      ETAC(11)=ETAC(11)
     27      SE=PA1/(FLOAT(NN+K-1)/2+0.5*FLOAT(NN-11)+2.0*PN2+2
     28      EEC1=1.05*3.14*V(Y,V)/(Z*(TCL(11)/DE(11)*D807(TCL(11)))
     29      ETAC(11)=ETAC(11)+0.5*ABC1
     30      ABC1=(ETAC(11)-12*ETAC(11))/2,
     31      ABC2=(V(JL,11-1)-V(JL,11))/2,
     32      AET=AET+8*ABC1*ABC2+0.2
     33      120      CONTINUE
     34      CETA=AETA/AET
     35      K1=(V(Y,V)-CETA)/XY1,LE=0,2) GO TO 121
     36      XY1=Y,V,V/CETA)
     37      GO TO 122
     38      121      CONTINUE
     39      IF(AATE.LE.50.) RRG=25.5-1.15*DLG610(ADE)+1.E-06*2.3*DLG610(AATE)
     40      IF(AATE.GT.50.) RRG=25.5+1.15*DLG610(ADE)+1.E-06*3.45*DLG610(AATE)
     41      CP=0.45*(AATE+2.2)/((C1*2.43*(AATE+1.14E4)**1.5)
     42      CP=CP*V(Y,V)/(RP**2)
     43      CP=CETA*CP
     44      RETURN
     45      END
  
```

JANRI-M 4941

FACOM 230-63 FORTNIGHT D -730410- 0000-03

COMPILED BY T.D. & J.S. PAGE 14

• SOURCE STATEMENT •

$\leftarrow T_1(t), T_2(t), J(t)$ 並に J'

FACOM 230-10 FORTRESS D -710119- 0009-03

COMPLIATION 73-03-14 PAGE 1

* SOURCE STATEMENT (PRIF) 2*

```

38 BN(N)=BN(NM)
39 CALL TRIDIAG(AN1,AN2,AN3,BN,AMB) ← 37670 * SUBROUTINE
40 DO 100 I=1,N
41 Y(I)=(I-1)*AMB(1)
42
100 J=(I-1)/P+1
43 Y(I)=Y(I)-Y(J)+(I-N)*Y(J+(N-1)/P) ← J(I,J)P * 37670
44 TT=J
45 DO 200 I=1,N
46 S=PA(I)/FLOAT(NM-1)*P+2 - FLOAT(N-1)*P+2 + FN8002
47 ABC=C*(Y(J+(I-1)*P+1)) * (Y(J+(I-1)*P+1))/P+2
48 TT=TT*JS800*ABC
49
200 CONTINUE
50 C=M/(Y(N)+Y(NP))/TTJ
51 IF(CC.EQ.0) GO TO 998
52 DO 201 I=2,N
53 Y(I)=(I-1)*P+1+C*W(Y(I-1))-P1(I)
54
201 CONTINUE
55 END

```

• j(t) + k(t) = 3\sqrt{t} + 1 \text{ (次方根)}
• f(x) = x^2 + 3x + 1

```

54 201 CONTINUE
55 998 RETURN
56 C-----CONTINUE TEMP, -----
57 C-----CONTINUE TEMP, -----
58 DO 142 I=2,NH
59   AK(1,I)=M/2.0D+0.0E+0.0*RR(1,I)*FN0(1,I)
60   AK(2,I)=P0(1,I)*SIN(RH(1,I)-1.0)+P0(1,I)*RR(1,I)
61   AK(3,I)=P0(1,I)*COS(RH(1,I))+F0(1,I)*RR(1,I)
62   AK(4,I)=C0(1,I)*SIN(FN0(1,I))
63   AK(5,I)=M/2.0D+0.0E+0.0*RR(1,I)*FN0(1,I)
64   AK(6,I)=P0(1,I)*SIN(RH(1,I)+1.0)+P0(1,I)*RR(1,I)
65   AK(7,I)=P0(1,I)*COS(RH(1,I))+F0(1,I)*RR(1,I)
66   AK(8,I)=D0(1,I)*SIN(FN0(1,I)+0.5*PI(1,I))
67 142 CONTINUE
68 143 167 I=1,NH
69   CM(1,I)=AK(1,I)*AK(2,I)*AK(3,I)
70   CM(2,I)=AK(4,I)*AK(5,I)*AK(6,I)*AK(7,I)
71   CM(3,I)=AK(8,I)*AK(1,I)*AK(2,I)
72   DM(1,I)=AK7(1,I)
73   EN(1,I)=P0(1,I)*2.0D+0.0*AK8(1,I)*FN0(1,I)+1.0
74   EN(2,I)=P0(1,I)*P0(2,I)*2.0D+0.0*AK8(2,I)*FN0(2,I)+1.0
75   EN(3,I)=P0(1,I)*P0(2,I)*P0(3,I)*2.0D+0.0*AK8(3,I)*FN0(3,I)+1.0
76   GM(1,I)=AK9(1,I)*AK10(1,I)
77   MH(1,I)=AK11(1,I)
78   SN(1,I)=P0(1,I)*2.0D+0.0*AK8(1,I)*FN0(1,I)+1.0
79   SN(2,I)=P0(1,I)*P0(2,I)*2.0D+0.0*AK8(2,I)*FN0(2,I)+1.0
80   SN(3,I)=P0(1,I)*P0(2,I)*P0(3,I)*2.0D+0.0*AK8(3,I)*FN0(3,I)+1.0
81   CK(1,I)=CM(1,I)*CM(2,I)*CM(3,I)+3.0*CM(1,I)*MH(1,I)
82   DM(1,I)=BN(1,I)
83   EN(1,I)=BN(1,I)
84   GM(1,I)=BN(1,I)
85   SN(1,I)=BN(1,I)*BN(2,I)*BN(3,I)
86   SN(2,I)=BN(1,I)*BN(2,I)*BN(3,I)
87   SN(3,I)=BN(1,I)*BN(2,I)*BN(3,I)+3.0*BN(1,I)*BN(2,I)*BN(3,I)
88
89 143 CONTINUE
90
91 CM(1,I)=CM(1,I)*CM(2,I)*CM(3,I)+3.0*CM(1,I)*MH(1,I)
92 DM(1,I)=BN(1,I)
93 EN(1,I)=BN(1,I)
94 GM(1,I)=BN(1,I)
95 SN(1,I)=BN(1,I)*BN(2,I)*BN(3,I)
96 SN(2,I)=BN(1,I)*BN(2,I)*BN(3,I)
97 SN(3,I)=BN(1,I)*BN(2,I)*BN(3,I)+3.0*BN(1,I)*BN(2,I)*BN(3,I)

```

$T_0(t)$, $T_1(t)$ を求めるには、
2 種の初期条件の計算

J A E R I - M 4941

FACOM 230-60 **FONTAAN D** -T10110- 0007-03

COMPILED T2.03.14 BY PAGE 12

```

* SOURCE STATEMENT (PDIF) 30
81 CALL DMINIT(N,CH1+CH2+CH3+DN,IN,GN1,GN2,GN3,EN,SN,ANSL,ANS2)
82 DO 160 II=1,N
83 T2=(I-1)*ANS1(1)
84 T3=(I-1)*ANS2(1)
85 160 CONTINUE
86 TE(I,IN)=A4+TEC(I,IN)-TEC(I,M-13)/S
87 TIC(I,IN)=A4+TIC(I,IN)-TIC(I,M-13)/S
88 160 CONTINUE
89 TE(I,IN)=A4+TEC(I,IN)-TEC(I,M-13)/S
90 TIC(I,IN)=A4+TIC(I,IN)-TIC(I,M-13)/S
91 160 CONTINUE
92 DO 146 II=2,NH
93 IF(TC(I,II).LE.-0.2 GO TO 178
94 IF(TC(I,II).LE.-0.8 GO TO 178
95 IF(DABSC(TC(I,II)).LE.-1.E5 GO TO 145
96 IF(DABSC(TC(I,II))-F2(I))/F2(I),.67-.01) GO TO 178
97 IF(DABSC(TC(I,II))-F2(I))/F2(I),.67-.01) GO TO 178
98 145 CONTINUE
99 IF(DABSC(TC(I,II))-F2(I))/F2(I),.67-.01) GO TO 178
100 IF(DABSC(TC(I,II))-F2(I))/F2(I),.67-.01) GO TO 178
101 144 CONTINUE
102 145 CONTINUE
103 146 CONTINUE
104 170 CONTINUE
105 171 CONTINUE
106 IF(HLE,1.E-19) STOP
107 CPH0,
108 DO 180 II=1,NW
109 YJC(I-1,II)=F1(I,1)
110 TEC(I-1,II)=F2(I,1)
111 TIC(I-1,II)=F3(I,1)
112 ETC(I-1,II)=F4(I,1)
113 EAUEC(I-1,II)=F5(I,1)
114 XEC(I-1,II)=F6(I,1)
115 XC(I-1,II)=TC(I,II)
116 180 CONTINUE
117 RETURN
118 177 CONTINUE
119 IF(IK+LE,5) GO TO 166
120 IF(IK+LE,5) GO TO 166
121 GO TO 187
122 186 CONTINUE
123 TDJ=0.
124 AAE=0.
125 AATJ=0.
126 ADD=0.
127 ADDJ=0.
128 ESI=0.
129 EEE2=0.*PA1*RP0 -(F6(2)*F2(2)+HE(2)*TE(I,2))/FN2
130 EES=0.
131 EEA=0.
132 E1=0.*PA1*RP0 -(F7(2)*F3(2)+K(2)*T1(I,2))/FN2
133 E12=0.
134 E13=0.
135 TA1=0.
136 TA3=0.
137 TA4=0.
138 TA5=0.
139 DO 300 II=1,N

```

JG,TC
EHRZ
EHLZ

私の計算式11行目時の実数部置換

打出し用テ-7

八九の計算を以て之の実教習機

J(r), T₀(r), T₁(r) = 12V, 加熱の発热量が10%
で燃費の3倍の計算精度を上げる為、△T = E
 $\frac{1}{2}kT_0^2$ 計算(112.3, 9.9発热量の1%)

OUTPUT用各パラメータ

FACOM 230-60 FORTRAN D -710110- 0009-03

COMPILED 72-03-14 PAGE 1

* SOURCE STATEMENT (PDIF)

```

SS= PA1=((FLOAT(N-1))>2-FLOAT(N-1))&(N>2) FN2#2
ABC1=(ECE1||)+((EFC1||)>2);
ABC2=((EFC1||)>0||)*((EFC1||)>2);
ABC3=((EFC1||)>0||)*((EFC1||)>2);
ABC4=((EFC1||)>0||)*((EFC1||)>2);
ABC5=((EFC1||)>0||)*((EFC1||)>2);
ABC6=((EFC1||)>0||)*((EFC1||)>2);
ABC7=((EFC1||)>0||)*((EFC1||)>2);
ABC8=((EFC1||)>0||)*((EFC1||)>2);
ABC9=((EFC1||)>0||)*((EFC1||)>2);
ABC10=((ETAC1||)>0||)*((ETAC1||)>2);
ABC11=((FSC1||)>0||)*((FSC1||)>2);
ABC12=((TAUE1||)>0||)*((TAUE1||)>2);
ABC13=((TEC1||)>0||)*((TEC1||)>0||)*((F2C1||)>0||)/2;
ABC14=((TEC1||)>0||)*((TEC1||)>0||)*((T1C1||)>0||)*((F5C1||)>0||)/2;
AATE=AATE+SS*ABC5+ABC2
AATI=AATI+SS*ABC4+ABC1
AADE=AADE+SS*ABC1
AADI=AADI+SS*ABC2
E11=E11+SS*  

    ((ABC9*ABC3#2*ABC10*ABC4#2)/2+
    ABC1*SS*((ABC5-ABC7)/ARC11+(ABC6-ABC8)/ABC12))/2
E13=E13+1.5*(ABC1*SS*((ABC5-ABC7)/ARC11+(ABC6-ABC8)/ABC12)/2
E12=E12+1.5*(ABC2*SS*ABC1/4
EE4*EE4+1.5*(ABC1*SS*ABC13/4
TA2=TA2+1.5*(ABC10*SS*ABC12/2)
TA3=TA3+1.5*(SS*ABC14*ABC15*ABC8)/ABC12
T0C1||)=RR(||)+S7((HTabP(||))
THP(||)=((HC1||*ABC6*ABC2*ABC3)*((2.+CHYU)/(CKe#P(||)*2))
TDj=TDj+SS*ARC4
300 CONTINUE
TDj=TDj/Y/P
E22=E22*CK
E33=E33*CK
E44=E44*CK
E55=E55*CK
E12=E12*CK
TA1=1.5*(CAATE+AATI)/CK
TA3=E13+E12
TA4=1.5*AATF/CK
TA5=TA5/CK
AATE=AATE/ADF
AATI=AATI/AD1
E5=E5+1.5*E2#E3
EE=EE*EE*EE
F1=F3*EE*E11
E1=E13/E12
T1=TA1/((TA2-TA3))
T1=T1*TA1/((TA2-FF4-TA5))

```

TDJ=TDJ*SS*ABC4

300 CONTINUE
T3=INT(T2/100)

EE2=EE2/Ck

$E_{\text{E3}} = E_{\text{E3}}/\text{CR}$
 $E_{\text{E4}} = E_{\text{E4}}/\text{CR}$

E11=E11/CK
E12=E12/CK

$TAI = 1.5 * (AA TE + AA TI) / CR$

TA3=EE4+E12
TA4=1.5888/E/C6

TA3=TA5/CX

AATE=AATE/AADF
AAII=AAII/AADI

$E\bar{C}^2 = E\bar{E}1 - E\bar{E}2 + E\bar{E}3$

EF4EE5/E4
F13=EF3-E11

$$E_1 = E_{13}/E_{12} \quad , \\ T_{13T11}/(T_{12}-T_{11})$$

$T_{E1} = T_A^4 / (T_A^2 + F_E^4 - T_B^2)$

2, R_P, T_{C2} vs f₂

JAEKI-M 4941

FACOM 290-66 FORTRAN A -710010- (V=93,L=14)

COMPILED 72-00-33 PAGE 24

*** SOURCE STATEMENT (PDI)**

```

190 DO 110 I=2,N
191 X(I)=X(I)-H*(Y(I)-Y(J))
192 X(I)=X(I)+H*(Y(I)-H*T-DE*I)+(1.-RHO)*A(2)
193 X(I)=X(I)-H*(Y(I)-H*T-DE*I)+(1.-RHO)
194 CONTINUE
195 X(M)=X(M)+A(1)*(X(M-1))/S,
196 X(M)=X(M)+(4.+HE(N))-X(M-1))/S,
197 A=MPO,
198 DO 212 I=M,MN
199 S=PA1*(FLOAT(I+2)-1)*e2-FLOAT(MN-1)*e2)*F2e02
200 X(I)=X(I)-RE(I)
201 ARE=ABe+S*(X(I)-I+2+RE(I))/2,
202 C=1.0
203 F2e02=(1.053*13.*YD)/(PA1*N**2*A0*D0*S*MT(AATE))
204 Y11=(C1,F2e02)/(C1,-1.*F2e02)=10.-FECL
205 C=1.0
206 CONTINUE
207 X(M)=X(M)-S*(X(M-1))+C*(X(I)-1.)
208 X(M)=X(M)+S*(X(I)-1.+C*(X(I)-1.),
209 C=1.0
210 DO 213 I=M,MN
211 X(I)=X(I)+C*(X(I-1))
212 S=PA1*(FLUAT(I+2)-1)*e2-FLOAT(MN-1)*e2)*F2e02
213 EFC(I)=1.0*PA3*PA3*DABSY(C1,I))/((DE(I)*O*MTCT(I,I)))
214 EFC(I)=EFC(I)-PA3*PA3*DABSY(C1,I-2),
215 EFC(I)=EFC(I)-(PA3*PA3*DABSY(C1,I-1)-
216 X(I)*X(I))+X(I)*(C1+C*(C1));
217 X(M)=X(M)+S*(X(I)-1.+C*(X(I)-1.),
218 PA1=PA1+S*Y(I)/MFC(I-1)+X(I)*C*(X(I)-1.),
219 CONTINUE
220 C=0.0
221 C=C*PA1/(C1-X(I)*C*(X(I-1))+LE-0.2) GO TO 225
222 X=M*X(I)/C
223 GO TO 110
224
225 CONTINUE
C-----INDUCTA=CE-----.
226 Z=M*PO,
227 ZHJ=Z*PO,
228 DO 134 I=1,N
229 S=PA1*(FLUAT(MN-1)*e2-FLUAT(MN-1)*e2)*F2e02
230 ARNC=Y(C1,I))/Y(C1,I+1)*Z/2,
231 ZHJ=ZHJ+SS*ARNC
232 ZHJ=ZHJ*Z*SS*PO*(I+1)*e2
233
234 CONTINUE
235 C1=(Z,M*PA1/HY/CHYU)+(ZHJ2/ZRHJ1)*e2
236 DE=CC1*(C1/HY)
237 A1=(Z,M*PA1/HY)*(1.+PA1)/HY
238 CHYU,
239
240 L11 RETURN
241 END.

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -710110- 0009-03

COMPILATION 72.03.34 PAGE 15

*** SOURCE STATEMENT ***

```

1 SUBROUTINE CAL(T1,RT,P0,YP,CP,CPP,V0+VPL,CL1+CC1I,EETA) ← OUTPUT 開始
2          T2,T3,T41,T42,T43,T44,T45,T46,T47,T48,T49,EETA)
3          IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
4          COMMON NIN,NINH,I1,I2K,CHNU,PA1,FNLN,FM2
5          CPP=PPA1*RT+TAZ*YP**2
6          EETA=CPP*PPA1*EETA*(Z1+RT)
7          IF(K1.NE.91 GO TO 1
8          UML=VPL/VPT
9          GO TO 2
10         VL=(CL1+CC1I)+YP/H
11         2 CONTINUE
12         VP=VPL
13         VPL=CPP*VPL
14         TA6=(CPP*VL)*YP/(Z1+PPA1*RT)
15         TA7=(VPL-VL)/VPL/(Z1+PPA1*RT)
16         T2=T41/T46-T43)
17         T3=T41/T42
18         TE2=TA4/(TA6-EETA-TA5)
19         TE1=TA6/TA2
20         RETURN
21         ENO.

```

} $V_{ip} = R_p j^2 = \frac{2}{\pi} R_p \int_{-R_p}^{R_p} j^2 ds \approx \frac{2}{\pi} R_p V_i V_p, (T_E)_e, (T_E)_e$ 等の計算

FACSIM 220-60 FORTRAN IV -710110- 0001-03

COMPILED 72-03-14 PAGE 11

• SOURCE STATEMENT •

```

FUNCTION TTAUEU(L2,DE,DT,E,T1,ROG,A) ← Tag 7 K 43
  IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A,B,C,D)
  DIMENSION DE(110),DT(110),E(110),T1(110),T2(110)
  COMMON/NINH/LL,CK(14),PFLN,PNZ
  LN=1
  IF(DE(111).LE.0.) GO TO 232
  IF(DT(111).LE.0.) GO TO 232
  IF(ROG(1)).NE.0.01 GO TO 212
  IF(E(111).LT.0.11E-35).OR.(E(111).GT.1.E+23).OR.(A(1).LT.1.673E-23)) GO TO 210
  TTAUEU=A(1)*LN*(A(2)/LN)+(R(1)*LN*A(3)/LN)/DE(111)+ROG(1))
  210 TTAUEU=(5.2E-2*LN*(L2+2*A(2)*DE(111))+C(T1(111))*LN*1.5/(D(111)+ROG(1))) +
  211 GO TO 211
  212 TTAUEU=0.
  213 GO TO 211
  END

```

JAERI-M 4961

FACOM 230-60 FORTRAN L -710810- (V=03.L=16)

COMPILE TIME 72.08.23 PAGE 17

* SOURCE STATEMENT *

```

1      FUNCTION AX(1,2,RP,RT,BP,AT,DI,TI,RHO,A,Z) ← (X1)meas. E1 の値
2      IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,I-O-Z)
3      DIMENSION U(110),R(110),T(10),TE(3),BP(110)
4      COMMON NNH,NH,CH,CMYU,PA1,FN1,FN2
5      L=1
6      IF(T(1,L),LE,0.2 GO TO 233
7      IF(M(1,L),LE,0.3 GO TO 233
8      M(1,L)=0.2*LN(1.0+1.97)*M(1,L)
9      VTP=1.0+1.97*(T(1,L)+1.5)
10     EXP=-RT
11     FD2=VTP*(P(1,L)/RHO(1))
12     FD1=EXP*(S(1,L)/RHO(1))
13     S1=EXP*(T(1,L)/T(1))
14     TAUE1=(S1**3.0*D(R(1,L))/T(1,L))**0.5/(7.0*DE(1,L)*RHO(1))
15     RHO1=TAUE1*5.01*4.9*FN2
16     CR1=T(1,L)/T(1)
17     TAUE2=TAUE1
18     EXP=RHO1*BP(1,L)
19     IF(T(1,L),GE,0.3 GO TO 230
20     XE=1.0+(1.6*DE(1,L))-0.2*T(1,L)*TAUR*RHO1*2.0*DE(1,L) ← /177 横城
21     GO TO 231
22     IF(T(1,L),GE,0.2 GO TO 232
23     XXE=1.0*D(S(1,L)/T(1,L))*CR1*RHO1*DE(1,L) ← 77 手 - 横城
24     GO TO 231
25     IF(T(1,L),LE,0.3 GO TO 233
26     XXE=0.71*(1.1,1.6*DE(1,L)*TAUR*RHO1*2.0*DE(1,L)) ← 古東 横城
27     GO TO 231
28     233 XXE=0.
29     231 RETURN
30     END

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -710810- (V=03.L=14)

COMPILE TIME 72.08.23 PAGE 18

* SOURCE STATEMENT *

```

1      FUNCTION XKF(1,RP,RT,BP,AT,DE,TE,RHO) ← (X2)meas. E2 の値
2      IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,I-O-Z)
3      DIMENSION U(110),R(110),T(10),TE(3),BP(110)
4      COMMON NNH,NH,CH,CMYU,PA1,FN1,FN2
5      L=1
6      IF(T(1,L),LE,0.2 GO TO 233
7      IF(D(1,L),LE,0.1) GU TO 233
8      VTP=1.0+1.97*(T(1,L)+1.5)
9      RHO=D(1,L)*FLUTATION(1,L)*4.9*FN2
10     EXP=RHO*RT
11     FD2=VTP*(P(1,L)/RHO)
12     FD1=EXP*(S(1,L)/RHO)
13     S1=EXP*(T(1,L)/T(1))
14     TAUE1=(S1**3.0*D(R(1,L))/T(1,L))**0.5/(DE(1,L)*RHO)
15     RHO1=TAUE1*5.72*4.9*FN2*0.7
16     CR1=T(1,L)/T(1)
17     TAUE2=TAUE1
18     EXP=RHO1*BP(1,L)
19     IF(T(1,L),GE,0.3 GO TO 230
20     XE=1.0+(1.6*DE(1,L))-0.2*T(1,L)*TAUR*RHO1*2.0*DE(1,L) ← /177 横城
21     GO TO 231
22     230 IF(T(1,L),GE,0.2 GO TO 232
23     XXE=1.0*D(S(1,L)/T(1,L))*CR1*RHO1*DE(1,L) ← 77 手 - 横城
24     GO TO 231
25     232 IF(T(1,L),LE,0.3 GO TO 233
26     XXE=0.71*(1.1,1.6*DE(1,L)*TAUR*RHO1*2.0*DE(1,L)) ← 古東 横城
27     GO TO 231
28     233 XXE=0.
29     231 CONTINUE
30     RETURN
31     END

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -T10110- 0009-03

COMPILE TIME 72.03.14 PAGE 19

* SOURCE STATEMENT *

```

1      FUNCTION BPP(1,Y) ← Bp(Y) E1 の値
2      IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,I-O-Z)
3      DIMENSION Y(JC1,110)
4      COMMON NNH,NH,CH,CMYU,PA1,FN1,FN2
5      L=1
6      K=NN-11
7      DO 500 K=N,1,K
8      K=N-K
9      SS=PA1*(FLOAT(NN-KK)*2.0*FLDAT(N=KK)*2.0)*FN2*2.0
10     A=(C(1,L)-K1)*(Y(JL,KK+1))/2.0
11     BPP=A+SS*BC
12     500 CONTINUE
13     BPP=CMYU*BPP/(FLOAT(NN-1)*FN2*2.0*PA1)
14     RETURN
15     END

```

JAEKI-M 4941

FACOM 238-60 FORTAM D -719110- 8089-83

COMPILED ON 72-03-14 PAGE 30

*** SOURCE STATEMENT ***

```

1      FUNCTION CRNT(T,CW,AC,FH) ←(t) と CW, AC, FH の関数実装部分を記述
2      IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
3      COMMON /C1/ C1(100),C2(100),C3(100),C4(100)
4      DATA C1/1.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0/
5      DATA C2/0.0D+0,1.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0/
6      DATA C3/0.0D+0,0.0D+0,1.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0/
7      DATA C4/0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,1.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0,0.0D+0/
8
9      IF(T .LE. 3.5E-2) CRNT=(C1(1)+C2(1)*T+C3(1)*T*T+C4(1)*T*T*T)/6.67T
10     IF(T .GT. 3.5E-2) CRNT=(C1(5)+C2(5)*T+C3(5)*T*T+C4(5)*T*T*T)/6.67T
11     IF(T .GT. 1.2E-2) CRNT=(C1(10)+C2(10)*T+C3(10)*T*T+C4(10)*T*T*T)/9.63E-3
12     IF(T .GT. 2.9E-2) CRNT=(C1(19)+C2(19)*T+C3(19)*T*T+C4(19)*T*T*T)/4.65E-3
13
14     RETURN
15
16 END

```

FACOM 230-40 FORTRAN D -310110- 0009-03

COMPILED BY 78-09-14 PAGE 2

SOURCE STATEMENT

```

1      SUBROUTINE TRIDI(A(N)+B+C+D+ANS) → 3項方程式の解き直し子ルーチン
2      IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A=M'D=Z)
3      DIMENSION A(N),B(N),C(N),D(N),W(1000),S(1000)
4      W(1)=C(1)/B(1)
5      S(1)=A(1)-B(1)*W(1)
6      DO 1 I=2,N
7      D(I)=A(I)-B(I)*W(I-1)
8      D(I)=D(I)/C(I)
9      S(I)=S(I)+D(I)*W(I-1)
10     ANS(N)=S(N)-A(N)*W(N-1)/(B(N)-A(N)*W(N-1))
11     DO 2 I=N-1,1
12     J=N-I
13     2 ANS(J)=S(J)-W(J)*ANS(J+1)
14     RTURN

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -710118- 0009-09

COMPILED ON 72.09.14 PAGE 2

* SOURCE STATEMENT *

```

1 SUBROUTINE DIVNTHXIN (A,B,C,D,E,F,G,H,S,T,ANS1,ANS2) ← Te, Ti 求める直線(一次方程式の解)
2 IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H=0.2)
3 DIMENSION A(N),B(N),C(N),D(N),E(N),F(N),G(N),H(N),ANS1(N),ANS2(N),
4 S(N),T(N),U(1000),V(1000),W(1000)
5
6 BF D == ANS1 S
7 ANC D = 1 ANS1 S
8 ARC D = 1-N 1 S
9 AB D = -1 1 = S
10 E SH FGH 1-N ANS2 T
11 F FGH 1-N 2 T
12 G FGH 1 2 T
13 E FGH -1 2 T
14
15 DIM=1.0/D(N)
16 S(N)=S(N)/DIM
17 A(N)=A(N)/DIM
18 B(N)=B(N)/DIM
19 C(N)=C(N)/DIM
20 D(N)=D(N)/DIM
21 E(J)=E(J)/DIM
22 F(J)=F(J)/DIM
23 G(J)=G(J)/DIM
24 H(J)=H(J)/DIM
25 W(J)=C(J)/DIM
26
27 W1=(F1)*B1-A1 --- A,B,C
28 G1=(F1)*C1-B1 --- S
29
30 CALL FTUTV(N,F,G,H,S,W)
31 ON 2 J=N+H
32 2 W(J)=W(J)+T(J)
33 B2=G1 --- W
34
35 CALL FTUTP(N,F,G,H,A,B,C,U,U(1),ANS1,ANS2,T)
36 B2*W1 --- U(1)*ANS1*ANS2*T *** PENTA DIAGONAL ***
37 ON 3 J=N+H
38 W(J)=W(J)+A1*(ANS1(-J)-E(J))
39
40 CALL FTUTD(N,U,U(1),ANS1,ANS2,T,W,F)
41 (B2*W1+A2)*(-1)*(B2*G1-K2)*G2*Z2 --- F
42 CALL FTUTV(N,A,B,C,T,G)
43 W1*Z2 --- 0
44 ON 4 J=N+H
45 ANS2(J)=F(J)
46 A ANS1(J)=S(J)-W(J)
47 B ANS2(J)=Z2 --- ANS1
48 Z2*W2 --- ANS2
49
50 RETURN
51 END.

```

JAERI-M 4941

FACOM 230-60 FORTRAN D -710110- 0009-03

COMPILE 72-03-14 PAGE 26

* SOURCE STATEMENT *

```

1      SUBROUTINE DIVMTX(A,B,C,D,E)
2      BC      DF      XYXY
3      ABC     DEF     UVWXY
4      ABC     DEF     UVWXY
5      ABC     DEF     UVWXY
6      ABC     DEF     UVWXY
7      ABC     DEF     UVWXY
8      ABC     DEF     UVWXY
9      ABC     DEF     UVWXY
10     IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A=M=0=Z)
11     DIMENSION A(N),B(N),C(N),D(N),E(N),F(N),ANS(N),AL(500),BL(500),
12     AL(1)=0,BL(1)=0
13     DO 1 I=2,N-1
14     ZI=(A(I)+B(I))+C(I)+D(I)+E(I)
15     ZI=ZI+(A(I+1)+B(I+1)+C(I+1)+D(I+1))
16     RETURN
17   END

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -710110- 0009-03

COMPILE 72-03-14 PAGE 27

* SOURCE STATEMENT *

```

1      SUBROUTINE PENTAD(M1,A,B,C,D,E,F,M2)
2      IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A=M=0=Z)
3      DIMENSION A(M),B(M),C(M),D(M),E(M),F(M),ANS(M),AL(500),BL(500),
4      AL(1)=0,BL(1)=0
5      BE(1)=F(1)/C(1)
6      AF(1)=D(1)/C(1)
7      GA(1)=F(1)/C(2)
8      DM(1)=D(1)+AL(1)+C(2)
9      AF(2)=D(2)/C(2)
10     AF(2)=BE(1)*BE(2)*DUM
11     GA(2)=(F(2)-BE(1)*BE(2))/DUM
12     DO 1 I=3,N-2
13     DI(M-1)=D(M-1)+(AL(I-2)+AL(I-1)+BE(I-2)+BE(I-1)+C(I))
14     RF(I)=F(I)*DUM
15     DM(2)=AL(I)+AL(I-2)+C(I)
16     AF(3)=D(3)/C(3)
17     AF(3)=BE(2)*BE(I-1)+BE(I-2)*DUM
18     GA(3)=F(3)/C(3)
19     CONTINUE
20     IN=1
21     DM=M-1/(AF(1)*(AL(1-2)+AL(1-1)+BE(1-2)+BE(1-1)+C(1)))
22     AL(1)=DM2*B(1)-(C(1)+C(2))*DUM
23     AI(1)=DM2*A(1)-(C(1)+C(2))*DUM
24     GA(1)=DM2*(C(1)+C(2))-F(1)*DUM
25     DM=M-1/(AF(2)*(AL(1-2)+AL(1-1)+BE(1-2)+BE(1-1)+C(1)))
26     AL(2)=DM2*B(2)-(C(2)+C(3))*DUM
27     AI(2)=DM2*A(2)-(C(2)+C(3))*DUM
28     GA(2)=DM2*(C(2)+C(3))-F(2)*DUM
29     ANS(N)=AL(N-1)*ANS(N)+GA(N-1)
30     DO 2 I=2,N-1
31     JN=I
32     2 ANS(J)=AL(J)+ANS(J+1)+BE(J)+ANS(J+2)+GA(J)
33     RETURN
34   END

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -710110- 0009-03

COMPILE 72-03-14 PAGE 28

* SOURCE STATEMENT *

```

1      SUBROUTINE FTTTP(N,A,B,C,D,E,F,U,V,W,X,Y) ← DIVMTX & SUBROUTINE
2      BC      DF      XYXY
3      ABC     DEF     UVWXY
4      ABC     DEF     UVWXY
5      ABC     DEF     UVWXY
6      ABC     DEF     UVWXY
7      ABC     DEF     UVWXY
8      IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A=M=0=Z)
9      DIMENSION A(N),B(N),C(N),D(N),E(N),F(N),U(N),V(N),W(N),X(N),Y(N)
10     W(1)=E(1)+C(1)*D(2)
11     X(1)=F(1)+C(1)*E(2)
12     Y(1)=C(1)*F(2)
13     V(1)=W(1)*E(1)+F(1)*D(2)
14     W(2)=W(1)+F(1)*H(2)*F(2)+C(2)*D(3)
15     X(2)=X(1)+F(2)*C(2)+C(3)*F(3)
16     Y(2)=Y(1)+C(3)*D(2)+A(N)*F(N-1)
17     U(N)=W(N)*D(N-1)
18     W(N)=A(N)*F(N-1)+B(N)*F(N)
19     U(N-1)=A(N-1)*D(N-2)
20     V(N)=A(N-1)*E(N-2)+B(N-1)*D(N-1)
21     W(N-1)=A(N-1)*F(N-2)+B(N-1)*E(N-1)+C(N-1)*D(N)
22     X(N)=A(N-1)*F(N-1)+C(N-1)*E(N)
23     Y(N)=A(N-1)*D(N-1)
24     U(1)=A(1)*D(1)
25     V(1)=A(1)*E(1)+B(1)*D(1)
26     W(1)=A(1)*F(1)+B(1)*E(1)+C(1)*D(1)
27     X(1)=B(1)*F(1)+C(1)*E(1)
28     Y(1)=C(1)*F(1)
29     RETURN
30   END

```

164 *Anti-Slavery*

JAFERI-M 424

FACOM 230-40 FORTRAN D 710110-0000-03 COMPILE T2-03.14 PAGE 1

1. SOURCE STATEMENT

Code - 2

```

1      HEATING PHASE OF TOKAMAK - (-)-
2
3      IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
4      DIMENSION VOL(14),CAP(9),RNMT(110),TE(110),ROE(110),
5      ETAL(110),TAUET(110),X(110),XL(110),TEC(110),TBP(110),
6      T(110),Y(110),Z(110),RNML(5),BP(110),TR(110),TPB(110),
7      S1(50),G2(50),G3(50),S2(50),S3(50),G4(50),G5(50),G6(50),S4(50),
8      G7(50),G8(50),G9(50),G10(50),G11(50),G12(50),G13(50),G14(50),
9      EFC(50),EMC(50),ECCE(50)
10
11      COMMON /MMN/H11,CET,HTW,PA1,TPH1,VN2
12
13      =====INPUT=====
14
15      3 READ(5,1) RP, RT, BT, CA, CH, CL, CR, CRL,NC
16      1 FORMAT(5F8.4,1D12.5,F8.6,1D2)
17      READ(5,2) /VOL(J),J=1,4/(CAP(J),J=1,6),AD1,2,ATE,AT1,
18      M, N, NMNTOT, DPNR
19      2 FORMAT(5F8.4,F8.5)    / E12.5, F4.0, 3E12.5, 1e-18, E12.5, 1
20      READ(5,3) DTOT,T
21      3 FORMAT(5E12.5)
22      READ(5,4) DA1,P6
23      4 FORMAT(5F8.4)
24      WRITE(6,5) RP,RT,BT,CA, CH, CL,CR,CRL, NC,(VOL(J),CAP(J),J=1,6
25      1 AD1,2,ATE,AT1,DA1,P6,NMNTOT,DPNR,DTOT,
26      5 FORMAT(2I4,2I3)(-1,20X,-) // 20X, HEATING PHASE OF TOKAMAK - (-)-
27      1 /132*(1H7)*13K1,13CH7)= 20X, SHIMP1,13CH7,13K1,13IN1= 20X,
28      2/132*(1H7)*13K1,13CH7,13K1,13IN1= 20X, SHIMP1,13CH7,13K1,
29      3/SHIMP1,13K1,13IN1= 20X, THIMP1,13K1,13IN1= 20X, SHCA1,13K1,
30      4/SHCA1,13K1,13IN1= 20X, THCA1,13K1,13IN1= 20X, SHCR1,13K1,
31      5/3K,4K,CHRL1,FM=6//20X,
32      6/SHNC1,12, 6K/37K, 4HIVOL1,FB=2, 6K, AMCPAC1,FB=5,13K1
33      7/SHAD1,12,5, 1K, 6H/10K3, 3K,2K,FB=1, F4.0 // 20X,
34      8/SHATE1,12,2, 2K,4K,SHAT1,E12,3 // 20X,
35      9/SHOAT1,FB=4,7K,TH3P5,FB=4,7K,TH3P5,FB=4,21K,
36      10/ZHMP1, E12,3, 7K,4K,THMP1,FB=4,7K,4K,THMP1,FB=4,21K,
37      11/ZHMP1, E12,3, 7K,4K,THMP1,FB=4,7K,4K,THMP1,FB=4,21K(-1)

```

(註) Code-2 の内部は Code-1 と
構造と同じである。Code-1 では
上記の問題点を除いて、Code-2
では同様のもの同時に解く事は
可能である。
Code-2 は、2つの Program の
部分（つまり内角で開いた所）
における直角を小計 SUB. の件
が載った。

JAHR I - M 14941

FACOM 130-10 FORTRESS D - T 10120 - 0009-06

COMPLIATION 72-03-14 PAGE 4

* SOURCE STATEMENT (PTMAIN) 30

FACOM 230-60 FORTRAN D -T10110- 0009-03

COMPILED 77-03-14 PAGE 9

* SOURCE STATEMENT (F7MAIN)

Digitized by srujanika@gmail.com

0 2004 014041 INDIA 71000 00-000-00000 0 0000000 00-000 00000

- JOURNAL OF CLIMATE -

144 *Reviews*

27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2089
2090
2091
2092
2093
2094

• SUBJECT STATEMENT

卷之三

卷之三

Наша - 0,20909333 (все числа - дроби сокращены)

۲۸

COMPLAINT 79-03-14 PAGE 11

卷之三

प्राचीन शिल्पों का विवरण

FACOM 230-60 FORTRAN D -710110- 0009-03

• SOURCE STATEMENT •

JANRI-M 4941

HEATING PHASE OF THERMOCOUPLE -130°

INPUT Code-2 & INPUT #1

RP= 0.7500 M	RIV= 0.0000 M	RT= 1.0000 M/deg
CA=200.0000	CIN= 0.7500	CL= 0.10400E-02 CR=0.000000 CAL=0.000000
NCH= 4		
VIN=10000E-03	CIN= 0.000000	
VIN= 0.000000	CIN= 0.000000	
ABIN= 0.100000 20 /NHC3 To 1.		
ATIN= 0.100000 02 ATIN= 0.100000 01		
BAR= 2.0000	PIN= 2.0000	PIN= 1.0000
HR= 0.100000 07	NC= 24	NTOT= 10000
TOT= 0.100000 00	To 0.100000E-03	DPIN= 0.200000E-02

OUTPUT Code-2 & OUTPUT #1

T= 0.650000E-01	IKE= 1.820	IKE= 2.088	HR= 0.38970E-04
ATIEP= 0.73670E-01	ATIEP= 0.73670E-01	ATIEP= 0.73670E-01	DPIN= 0.100000E-02
CL= 0.19361E-01	CPIN= 0.73670E-01	CL= 0.19361E-01	DPIN= 0.100000E-02
CTAP= 0.10980E-01	ALIN= 0.10980E-01	CTAP= 0.10980E-01	VL= 0.100000E-01
CTAP= 0.14013E-01	XIN= 0.10980E-01	CTAP= 0.14013E-01	EECL= 0.100000E-01
EEC= 0.79000E-01	EIN= 0.10980E-01	EEC= 0.79000E-01	
EIC= 0.59990E-01	ETIN= 0.10980E-01	EIC= 0.59990E-01	
ETIN= 0.73649E-01	TEIN= 0.10980E-01	ETIN= 0.73649E-01	
EIN= 0.73649E-01	EEDP= 0.73649E-01	EIN= 0.73649E-01	EEC=-0.41398E-04 EEC=-0.33059E-03
EIN= 0.49234E-01	EIDP= 0.49234E-01	EIN= 0.49234E-01	
TAIN= 0.62006E-01	TAIN= 0.73649E-01	TAIN= 0.34712E-01	
TAIN= 0.26134E-01	TAIN= 0.19361E-01	TAIN= 0.17365E-01	
YDIN= 0.100000E-01	YDIN= 0.14143E-02	YDIN= 0.200000E-02	YL= 0.200000E-02 VC= -0.16894E-04
ETAE= 0.0	0.134770E-02	0.073988E-06	0.40981E-06 0.23991E-06 0.13070E-06
0.840000E-07	0.35800E-07	0.35675E-07	0.35284E-07 0.31443E-07 0.18185E-07
0.44916E-07	0.47972E-07	0.47049E-07	0.46420E-07 0.45320E-07 0.44880E-07
0.44553E-07	0.46117E-07	0.43754E-07	0.43392E-07 0.43216E-07 0.43046E-07
0.42943E-07	0.42914E-07	0.0	0.0 0.0 0.0
TE= 0.0	0.16377E-00	0.25114E-00	0.30216E-00 0.35490E-00 0.26230E-00
0.48377E-00	0.0	0.25114E-00	0.31752E-00 0.36422E-00 0.26423E-00
0.47972E-00	0.0	0.25114E-00	0.30914E-00 0.36675E-00 0.26930E-00
0.49234E-00	0.0	0.25114E-00	0.30902E-00 0.36994E-00 0.26669E-00
0.100000E-01	0.0	0.0	0.0 0.0 0.0
TI= 0.0	0.50210E-00	0.43466E-00	0.70707E-00 0.76010E-00 0.68663E-00
0.84645E-00	0.0	0.49704E-00	0.92744E-00 0.94662E-00 0.84828E-00
0.97074E-00	0.0	0.49788E-00	0.93030E-00 0.95676E-00 0.91300E-00
0.98715E-00	0.0	0.49831E-00	0.93902E-00 0.95993E-00 0.93977E-00
0.49997E-00	0.0	0.0	0.0 0.0 0.0
VJ= 0.0	-0.15183E-00	-0.74800E-00	-0.35190E-00 0.37594E-00 -0.32326E-00
-0.10142E-00	0.0	0.55429E-00	0.75639E-00 0.86800E-00 0.64750E-00
0.10043E-01	0.0	0.11043E-01	0.10822E-01 0.10863E-01 0.10850E-01
0.10741E-01	0.0	0.10614E-01	0.10471E-01 0.10193E-01 0.10093E-01
0.10028E-01	0.0	0.0	0.0 0.0 0.0
TAUEB= 0.0	0.81005E-01	0.19704E-01	0.17392E-01 0.18860E-01 0.18893E-01
0.294000E-01	0.0	0.32300E-01	0.32180E-01 0.33517E-01 0.33409E-01
0.79164E-01	0.0	0.50677E-01	0.57046E-01 0.61496E-01 0.61496E-01
0.74074E-01	0.0	0.23173E-01	0.23164E-01 0.22530E-01 0.22537E-01
0.53237E-01	0.0	0.32387E-01	0.32387E-01 0.0 0.0
K= 0.0	0.49864E-18	0.41619E-19	0.23290E-19 0.30353E-19 0.35902E-19
0.41097E-18	0.40404E-19	0.37488E-19	0.49687E-19 0.44942E-19 0.10468E-19
0.12801E-18	0.13202E-19	0.19705E-19	0.24744E-19 0.31412E-19 0.30468E-19
0.33073E-18	0.31195E-19	0.39865E-19	0.14686E-19 0.19341E-19 0.16923E-19
0.70307E-18	0.31195E-19	0.0	0.0 0.0 0.0
RS= 0.0	0.30001E-19	0.41619E-19	0.80749E-19 0.59663E-19 0.29846E-19
0.10175E-00	0.10186E-00	0.14600E-00	0.10363E-00 0.91998E-01 0.94657E-01
0.88839E-01	0.88784E-01	0.15705E-01	0.68886E-01 0.81537E-01 0.94339E-01
0.47164E-01	0.40074E-01	0.33110E-01	0.26375E-01 0.19570E-01 0.12078E-01
0.44674E-01	0.0	0.0	0.0 0.0 0.0

JAERI-M 4941

TB=	0.19900E+01	0.36915E+01	0.32287E+01	0.28291E+01	0.24630E+01	0.21617E+01	0.18551E+01
	0.19500E+01	0.18250E+01	0.17074E+01	0.16746E+01	0.16307E+01	0.16306E+01	0.16430E+01
	0.16210E+01	0.16152E+01	0.16152E+01	0.16210E+01	0.16308E+01	0.17194E+01	0.17300E+01
	0.16500E+01	0.16750E+01	0.16915E+01	0.17066E+01	0.17194E+01	0.17300E+01	0.17300E+01
	0.17342E+01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TAP=	0.16734E+01	0.10234E+00	0.11746E+00	0.22644E+00	0.26417E+00	0.32042E+00	
	0.18331E+00	0.14995E+00	0.12522E+00	0.17088E+00	0.16830E+00	0.16012E+00	
	0.10948E+01	0.15950E+01	0.16644E+01	0.21961E+01	0.27689E+01	0.36675E+01	
	0.90070E+01	0.70682E+01	0.14284E+02	0.17061E+02	0.31302E+02	0.71263E+02	
	0.28863E+03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.14664E+01	
EJ=	0.0	-0.37081E+01	-0.43032E+01	-0.33291E+01	-0.22727E+01	-0.12012E+01	
	-0.27037E+00	0.44778E+00	0.35778E+00	0.49370E+00	0.11044E+01	0.11044E+01	
	0.14154E+01	0.14154E+01	0.11718E+01	0.15157E+01	0.15392E+01	0.15371E+01	
	0.11112E+01	0.10614E+01	0.10477E+01	0.16045E+01	0.16246E+01	0.16121E+01	
	0.10039E+01	0.10000E+01	0.0	0.0	0.0	0.44104E-01	
EEC=	0.10000E+01	0.87721E+01	0.67396E+01	0.52831E+01	0.39900E+01	0.25572E+01	
	0.58507E+02	0.14135E+01	0.21991E+01	0.24916E+01	0.23984E+01	0.26195E+01	
	0.25991E+01	0.23644E+01	0.27796E+01	0.24057E+01	0.23275E+01	0.22422E+01	
	0.21707E+01	0.20074E+01	0.20366E+01	0.19728E+01	0.19235E+01	0.18904E+01	
	0.16669E+01	0.17814E+01	0.10000E+01	0.10000E+01	0.10000E+01	0.10000E+01	
EMC=	0.10000E+01	0.35746E+01	0.24048E+01	0.18628E+01	0.14923E+01	0.12022E+01	
	0.10104E+01	0.19617E+01	0.11449E+01	0.11819E+01	0.13087E+01	0.12121E+01	
	0.12052E+01	0.12009E+01	0.11991E+01	0.11784E+01	0.11674E+01	0.11562E+01	
	0.11457E+01	0.11360E+01	0.11273E+01	0.11203E+01	0.11244E+01	0.11109E+01	
	0.11080E+01	0.11071E+01	0.10000E+01	0.10000E+01	0.10000E+01	0.10000E+01	
ECC=	0.10000E+01	0.61259E+02	0.39422E+02	0.22892E+02	0.13491E+02	0.61303E+01	
	0.12883E+01	0.25644E+04	0.67930E+01	0.58692E+02	0.62964E+01	0.43821E+01	
	0.18727E+02	0.60000E+04	0.12252E+01	0.55392E+02	0.52784E+01	0.49645E+01	
	0.58866E+01	0.45560E+01	0.42344E+01	0.40225E+01	0.39074E+01	0.38624E+01	
	0.77392E+01	0.77118E+01	0.10000E+03	0.10000E+03	0.10000E+03	0.10000E+03	