

# 研究員報告書

第 1 号

(1980.3)

岡山理科大学  
情報処理センター資料室

発 刊 に あ た り

情報処理センター所長

塚本 幸雄

研究員制度の発足に伴い、研究員各位の研究および技術開発に関する報告書が掲載される運びとなりました。もとより報告書寄稿の目的は、筆者の研究・技術開発の成果を公表し、今後の研究開発に寄与することであることは申すまでもありません。

情報処理技術関係の研究・開発はその研究領域が広く、また開発速度の非常に速い分野であります。この公的記録がユーザの研究の一助になれば幸いです。

今後さらに充実した刊行物になることを望みます。研究員の御活躍と積極的な協力をお願いする次第です。

目 次

1. Molecular Dynamicsによる表面構造の計算機シミュレーション  
理学部応用物理学科教授 山村 泰 道  
教 養 部 助 手 竹 内 渉 . . . 1
2. 数式処理 I  
—量子統計力学におけるファイマンダイアグラムの自動生成—  
理学部応用数学科助教授 坂 本 薫  
" " 助 手 青 江 俊 夫 . . . 3
3. SL-1言語による現実通信システムのシミュレーションと性能解析  
理学部電子理学科助教授 宮 垣 嘉 也  
" " 助 手 小 西 憲 一 . . . 7
4. Low Energy Electron Diffraction spectraのMultiple  
statting calculation  
理学部化学科講師 森 重 国 光 . . . 7
5. 錯体の反応速度と平衡の計算  
理学部化学科講師 柴 原 隆 志 . . . 8
6. 共鳴粒子の崩壊に関する計算  
理学部機械理学科助教授 田 代 勤 . . . 11
7. CMTによるデータ処理方法の研究・開発  
理学部電子理学科助手 山 本 勲  
理学部応用物理学科助手 中 村 改 樹  
情報処理センター専任助教授 木 村 宏 . . . 20
8. 確率的制御系の最適化  
—致達確率を最大にするBang-Bang制御系の構成法—  
理学部電子理学科教授 塚 本 幸 雄  
" " 助 手 太 田 垣 博 一 . . . 32

付 録

1. プログラム(ソース・リスト) 折込

# 1. Molecular Dynamicsによる表面構造の計算機シミュレーション

理学部応用物理学科教授      山 村 泰 道  
教 養 部 助 手                竹 内 渉

Molecular Dynamics による単結晶表面のシミュレーションには、任意の結晶面における原子の位置決定が必要であり、それに必要な primitive vector 及びそれに付随する逆格子ベクトルのサブルーチンを作成したので報告します。

## プログラム名                CRYSTL

1. 目 的                FCC, BCCの結晶における primitive vector , 逆格子ベクトルを決定する。(面は任意)
2. 使用言語            FORTRAN IV
3. 入力仕様            IBMのNAMELIST形式で面のミラー定数とBCC, FCCの区別  
例  
$$\text{INDEX (3)} = 1, 0, 0$$
$$\text{LATIS} = 1$$
BCC (100) 面を X-Y 平面に bulk 方向を Z 軸にした場合の各種の計算
4. 計算内容            (100) を X-Y 面とした場合の primitive vector を ( $\mathbf{a}_1$ ,  $\mathbf{a}_2$ ,  $\mathbf{a}_3$ ) とすると (lmk) 面でのそれは (100)  $\rightarrow$  (lmk) への回転の変換matrix を T を計算すれば容易に次式で与えられる。

$$\mathbf{a}'_1 = \mathbf{T}\mathbf{a}_1$$

$$\mathbf{a}'_2 = \mathbf{T}\mathbf{a}_2$$

$$\mathbf{a}'_3 = \mathbf{T}\mathbf{a}_3$$

逆格子ベクトルは通常の公式

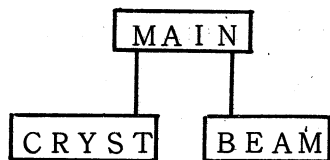
$$\mathbf{b}'_1 = \mathbf{a}'_2 + \mathbf{a}'_3 / [\mathbf{a}_1 \mathbf{a}_2 \mathbf{a}_3]$$

$$\mathbf{b}'_2 = \mathbf{a}'_3 + \mathbf{a}'_1 / [\mathbf{a}_1 \mathbf{a}_2 \mathbf{a}_3]$$

$$\mathbf{b}'_3 = \mathbf{a}'_1 + \mathbf{a}'_2 / [\mathbf{a}_1 \mathbf{a}_2 \mathbf{a}_3]$$

により決定してある。

## 5. プログラム構成



SUBROUTINE CRYST

(100)面のprimitive vectorをBCC, FCCに対して決定する  
ROUTINE

SUBROUTINE BEAM

これは本来の目的以外に結晶軸方向を方向余法で, また方向余法で与えられればそれに対応する結晶軸をミラー指数で表わす

SUBROUTINE

## 2 数式処理 I

### —量子統計力学におけるファイマンダイアグラムの自動生成—

理学部応用数学科助教授 坂本 薫

理学部応用数学科助手 青江 俊夫

ファイマンダイアグラムは、電子、光子、フォノン等の相互作用の過程を記述するある種のダイアグラムであり、固体物理学、量子統計力学、量子電磁気学に於いて、本質的な役割をする。ダイアグラムの数は摂動の次数と共に増加するので、多くの研究者〔1-3, 6〕はファイマンダイアグラムに対して、コンピュータを使用している。私達は、量子統計力学に現れるファイマンダイアグラムのコンピュータによる生成を研究した。

粒子間に2体力の相互作用があるとき、 $H$ は

$$H = H_0 + H'$$

と書ける。ここで、 $H_0$ は運動エネルギーで $H'$ は相互作用

$$H' = \frac{1}{2V} \sum_{r,s,r',s'} (rs|v|rs') a_r + a_s + a_{s'} + a_{r'}$$

である。 $H_0$ を非摂動項とし、 $H'$ を小さな摂動項とし、展開する。物理量の計算には、 $A_i$ を生成演算子 $a^+$ か消失演算子 $a$ のいずれかとし、 $\langle \dots \rangle_0$ を自由粒子の大正準集合に対する平均とすると、 $\langle A_1 A_2 \dots A_{2n} \rangle_0$ を計算することが重要である。以下では、フェルミ統計のみ取扱う事とする。Bloch - De Dominicis の定理〔4, 5〕によって、 $\langle A_1 A_2 \dots A_{2n} \rangle_0$ を演算子の対の自由粒子の大正準集合に対する平均で次のように展開する。

$$\begin{aligned} & \langle A_1 A_2 \dots A_{2n} \rangle_0 \\ &= \sum (-1)^{\delta(p)} \langle A_{i_1} A_{i_2} \rangle_0 \langle A_{i_3} A_{i_4} \rangle_0 \dots \langle A_{i_{2n-1}} A_{i_{2n}} \rangle_0 \end{aligned}$$

ここで、 $\sum$ は $i_1 < i_2 < i_3 < i_4, \dots, i_{2n-1} < i_{2n}$ ;

$i_1 < i_3 < i_5 \dots < i_{2n-1}$ の条件下での和であり、 $\delta(p)$ は $1, 2, \dots, 2n$ を $i_1, i_2, \dots, i_{2n}$ に並べ代える置換数である。以上述べた相互作用 $H'$ について考えると、 $A_1, A_2, \dots, A_{2n}$ の間で生成演算子 $a^+$ と消失演算子 $a$ の数が等しくなる。

そこで全体の  $A_1 A_2 \cdots A_{2n-1} A_{2n}$  を生成演算子の組  $(A'_1, A'_2, \dots, A'_n)$  と消失演算子の組  $(A''_1, A''_2, \dots, A''_n)$  を入力して, Bloch-De Dominicis の定理によって展開する関数  $\text{contractions}$  をリスプKでプログラムした。

2つの生成演算子と2つの消失演算子が相互作用する1次の例では,

$$\begin{aligned} \text{contractions} & \{ (1 \ 2) ; (2 \ 1) \} \\ & = (((1 \ (1 \ 2)(2 \ 1)))(0 \ (1 \ 1)(2 \ 2))) \end{aligned}$$

となり, ここで0は正を1はマイナスを表わす。

第1項  $((1 \ 2)(2 \ 1))$  と第2項  $((1 \ 1)(2 \ 2))$  は図1のaとbのように図示される。次に第1項と第2項を符号をつけて和をとる。

2次の相互作用では生成演算子の組  $(1 \ 2 \ 3 \ 4)$  消失演算子の組  $(2 \ 1 \ 4 \ 3)$  のように入力する。結果は図2のように図示される。

以上生成したファイマンダイアグラムをあらわすリストを互いにつながったループに分けるために、関数  $\text{connection}$  で処理する。たとえば,

$$\begin{aligned} \text{connection} & \{ ((1 \ 4)(2 \ 1)(3 \ 3)(4 \ 2)) \} \\ & = (((3 \ 3))((1 \ 4)(4 \ 2)(2 \ 1))) \end{aligned}$$

$\text{connection}$  によって処理されたファイマンダイアグラムをあらわすリストは容易に作図される。以上により任意の次数のファイマンダイアグラムが得られるが, 3次以上になると, 計算時間が長くなり, プログラムの改良が必要であり, またトポロジー的に等価なファイマンダイアグラムを除去する問題が残されている。

1. SASAKI, T. Automatic Generation of Feynman Graphs in QED, J. Comp. phys. 22, 2 (Oct. 1976) 189-214.
2. Campbell, J., A. AND HEARN, A. C. Symbolic Analysis of Feynman Diagrams by Computer, J. Comp. Phys. 5, 2 (April 1970) 280-327.
3. CALMET, J. AND PERROTTE, M. An Attempt to evaluate Renormalized Radiative Corrections by Computer, J. Comp. Phys. 7, 2 (April 1971), 191-200.
4. PARRY, The Many Body Problems, Clarendon Press, Oxford (1973).
5. 阿部龍蔵, 統計力学 (1966) 東大出版会
6. HEARN, A. C. REDUCE - 2 User's Manual, Univ. of Utah (March 1973).

$((1\ 2)(2\ 1))\ ((1\ 1)(2\ 2))$

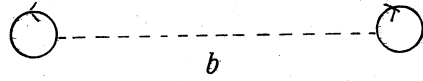
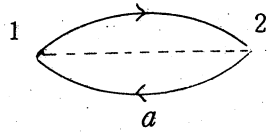
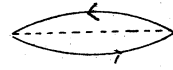
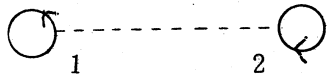
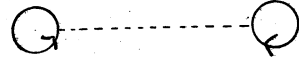
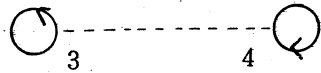
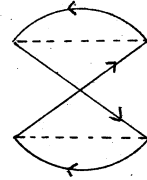
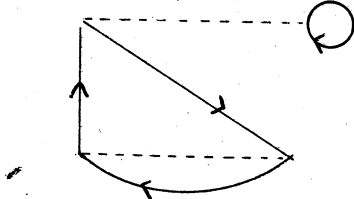


图 1

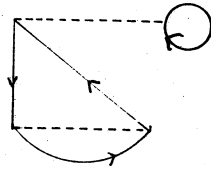
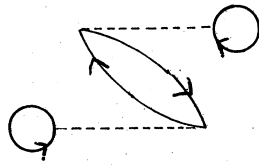
$((1\ 1)(2\ 2)(3\ 3)(4\ 4))\ ((1\ 2)(2\ 1)(3\ 3)(4\ 4))$



$((1\ 3)(2\ 1)(3\ 2)(4\ 4))\ ((1\ 4)(2\ 1)(3\ 2)(4\ 3))$



$((1\ 1)(2\ 3)(3\ 2)(4\ 4))\ ((1\ 2)(2\ 3)(3\ 1)(4\ 4))$



$((1\ 3)(2\ 2)(3\ 1)(4\ 4))\ ((1\ 4)(2\ 2)(3\ 1)(4\ 3))$

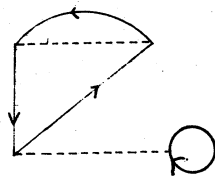
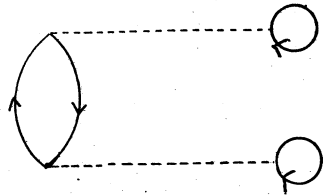
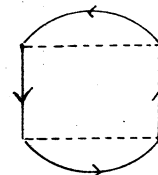
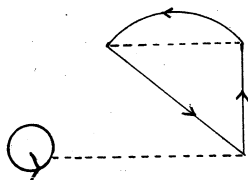
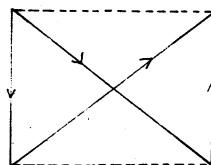
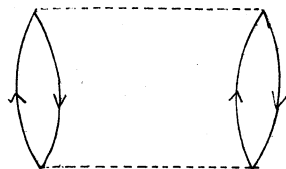


图 2-1

$((1\ 1)(2\ 4)(3\ 2)(4\ 3))\ ((1\ 2)(2\ 4)(3\ 1)(4\ 3))$

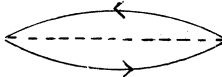
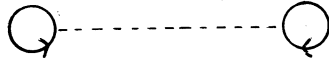
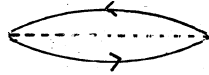
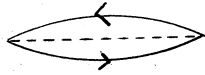


$((1\ 3)(2\ 4)(3\ 1)(4\ 2))\ ((1\ 4)(2\ 3)(3\ 1)(4\ 2))$





((1 1)(2 2)(3 4)(4 3))    ((1 2)(2 1)(3 4)(4 3))



((1 3)(2 1)(3 4)(4 2))    ((1 4)(2 1)(3 3)(4 2))

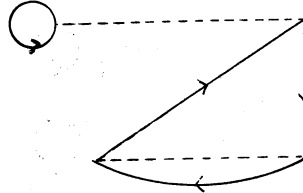
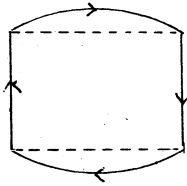
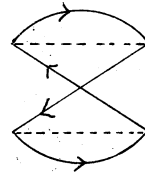
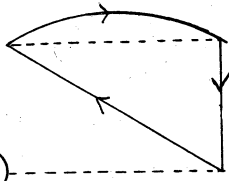
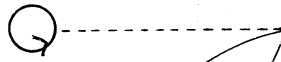
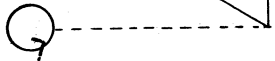


图 2-2

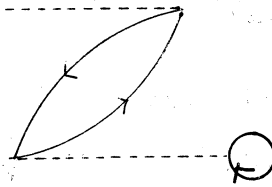
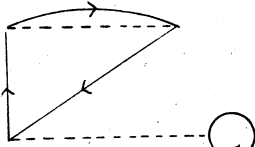
((1 1)(2 3)(3 4)(4 2))    ((1 2)(2 3)(3 4)(4 1))



((1 3)(2 2)(3 4)(4 1))    ((1 4)(2 2)(3 3)(4 1))



((1 1)(2 4)(3 3)(4 2))    ((1 2)(2 4)(3 3)(4 1))



((1 3)(2 4)(3 2)(4 1))    ((1 4)(2 3)(3 2)(4 1))

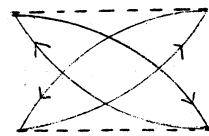
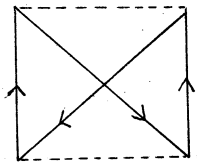
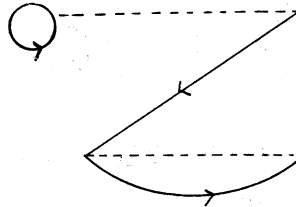
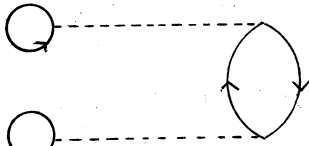


图 2-3

### 3. SL-1 言語による現実通信システムのシミュレーションと性能解析

理学部電子理学科助教授 宮垣 嘉也  
理学部電子理学科助手 小西 憲一

上記課題に関する研究を予定していたが、解析的に解くべき問題が発生し、他の研究情勢、緊急度、重要さなどを考えた結果、上記課題は後まわすべきであると考えたので、それに関しては、SL-1 言語文法の修得と簡単な例題による練習を行ったにとどまり報告すべき成果はない。しかし、この課題については、継続申請が承認されるなら、次年度に成果を公表したい。

### 4. Low Energy Electron Diffraction spectra の Multiple statting calculation

理学部化学科講師 森重 国光

Van Hove and Tsong の「Surface Crystallography by LEED」という成書を基にして上記課題に必要なLEEDプログラムの作成を試みた。基本的なサブ・プログラム群を作成することはできたが、他の方面の研究が忙しくなったため、メイン・プログラムの作成は途中で終わってしまった。

## 5. 錯体の反応速度と平衡の計算

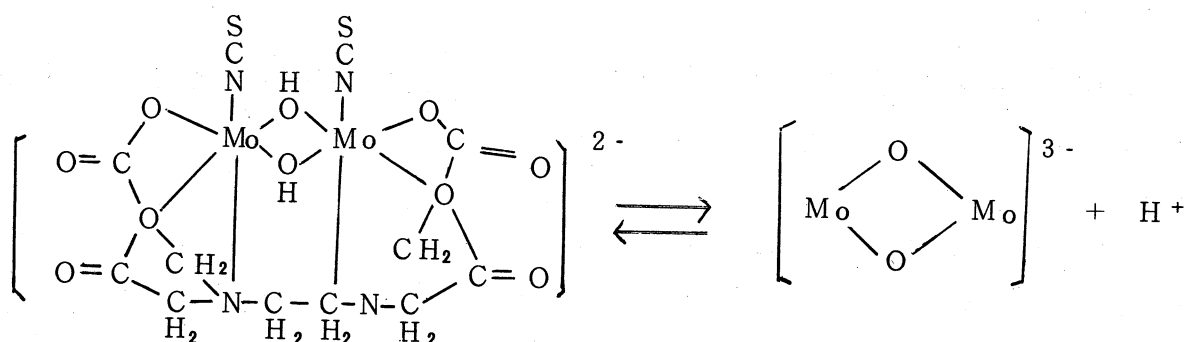
理学部化学科講師

柴原隆志

ある種のⅢ価のモリブデン錯体ならびにⅢ価のコバルト錯体が、水素イオンを出し酸として働くことが知られている。今回いくつかのMoおよびCo錯体を合成し、その酸解離定数を測定した。その際、計算に必要なプログラム作成を行った。また異なる温度においても測定を行ない熱力学的パラメータを算出した。以下にその結果を用いたプログラムを記す。

I) Mo (Ⅲ) 錯体

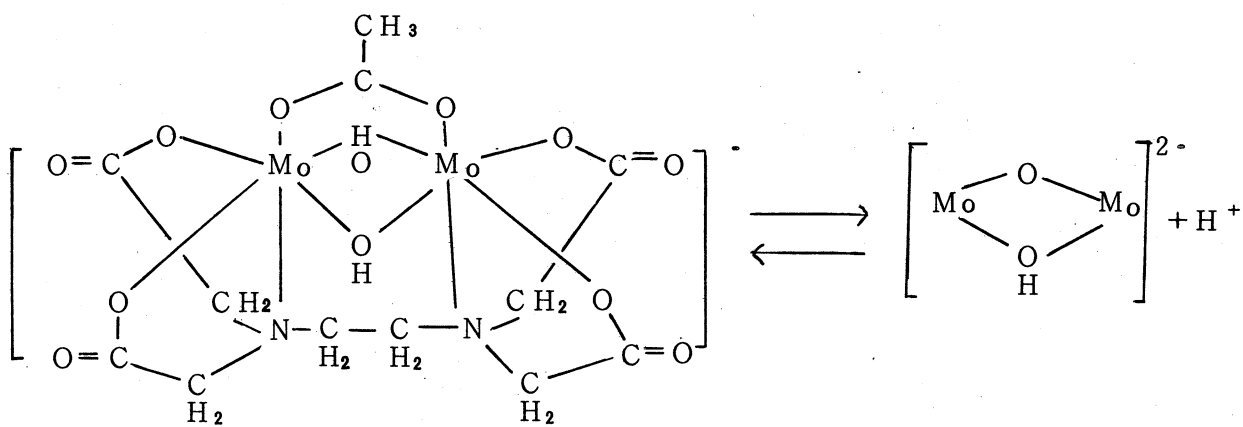
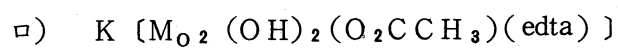
イ)  $K_2 [Mo_2(OH)_2(NCS)_2(edta)]$



温度 (°C)	pKa
5	7.176
10	7.117
15	7.067
20	7.013
25	6.981
30	6.919

$$\Delta H = 3.9 \pm 0.1 \text{ Kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta S = -18.9 \pm 0.9 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

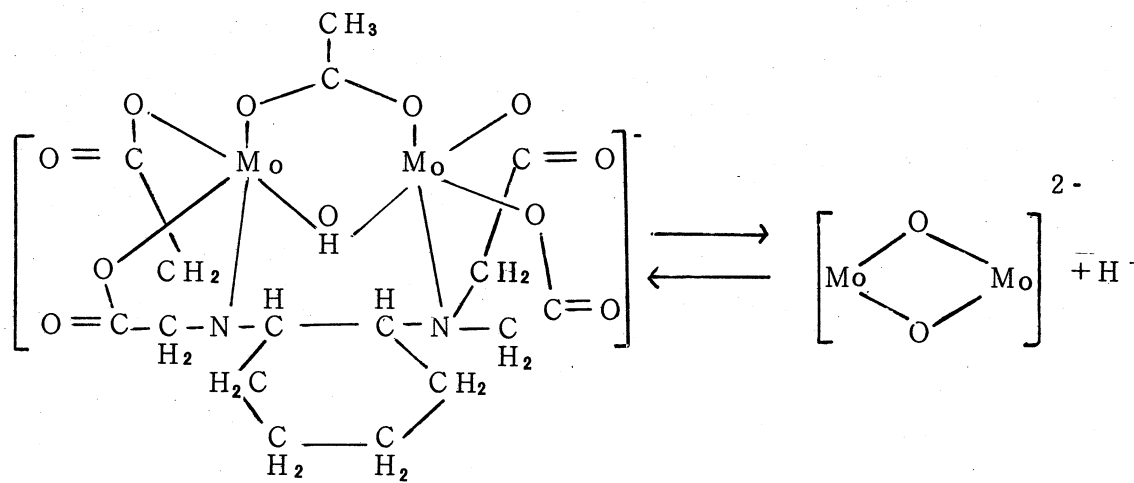
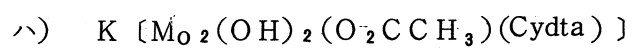


温度 (°C)

pKa

5

7.81



温度 (°C)

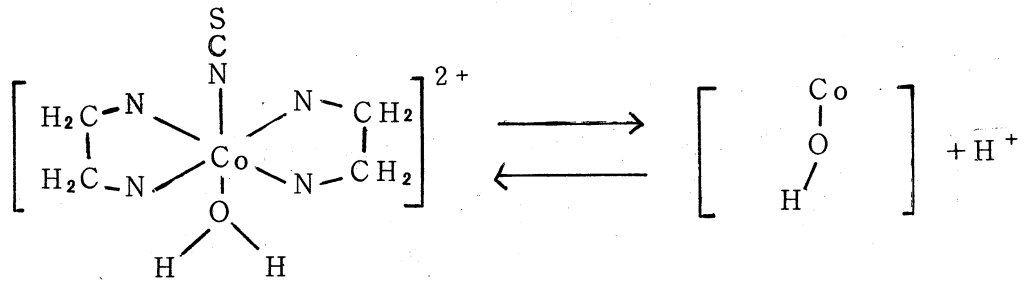
pKa

5

7.70

II)  $\text{Co}$  (III) 錯体

イ)  $\text{trans} - [\text{Co}(\text{NCS})(\text{OH}_2)(\text{en})_2]\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$



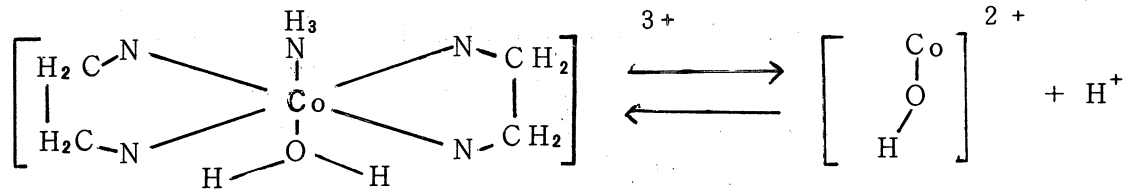
温度 (°C)

pKa

20

5.37

ロ)  $\text{trans} - [\text{Co}(\text{NH}_3)(\text{OH}_2)(\text{en})_2](\text{NO}_3)_3$



温度 (°C)

pKa

20

5.69

(上記構造式中において、簡明のため一部省略してあります。)

## 6. 共鳴粒子の崩壊に関する計算

理学部機械理学科助教授 田代 勤

高エネルギーハドロンハドロン衝突における粒子生成には、直接生成される部分と共鳴粒子が崩壊して出来る部分がある。共鳴粒子の影響を調べる際に共鳴粒子の崩壊の位相積分を計算する必要がある。2体崩壊は解析的に求まるが、3体以上は数値計算をしなければならない。また途中超幾何関数の計算が必要になった。以下にこれらのプログラムを報告します。

### § 1 モンテカルロによる n 体崩壊の位相積分の計算

#### 1. 計算式

素粒子反応における共鳴粒子の影響を調べる際に、n 体崩壊の位相空間積分を計算する必要がある。ここでは共鳴粒子が等方的に崩壊するとして計算する。共鳴粒子 R の n 体崩壊  $R \rightarrow 1 + 2 + \dots + n$  は図 1 のように、2 体崩壊が次々に起って、n, n-1, ..., 1 番目の粒子をつくるものとする。i 番目の 4 次元運動量を  $P_i$ 、質量を  $m_i$  とする。共鳴粒子の 4 次元運動量、質量をそれぞれ  $k_n$ 、 $M_n = M_R$  とし  $k_i$ 、 $M_i$  を次のようにとる、

$$\begin{aligned} k_i &\equiv P_1 + P_2 + \dots + P_i, \\ k_i^2 &\equiv M_i^2, \\ \mu_i &\equiv m_1 + m_2 + \dots + m_i \leq M_i \leq M_{i+1} - m_{i+1} \end{aligned}$$

n 体崩壊の位相空間積分は  $R_n = \int \prod_{i=1}^n \frac{d^3 P_i}{2 E_i} \delta(k_n - \sum_{i=1}^n P_i)$  (1) で定義され

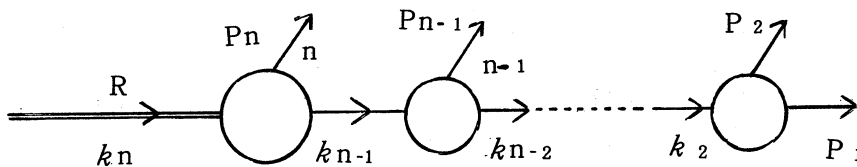


図 1

$$\begin{aligned}
R_n &= \frac{1}{2MR} \int_{\mu_{n-1}}^{M_n - m_n} dM_{n-1} d\Omega_{n-1} \frac{P_n}{2} \dots \int_{\mu_2}^{M_3 - m_3} dM_2 d\Omega_2 \frac{P_3}{2} \int d\Omega_1 \frac{P_2}{2} \\
&= \frac{(2\pi)^{n-1}}{2MR} \int_{\mu_{n-1}}^{M_n - m_n} dM_{n-1} \int_{\mu_{n-2}}^{M_{n-1} - m_{n-1}} dM_{n-2} \dots \int_{\mu_2}^{M_3 - m_3} dM_2 \prod_{i=2}^n P_i \\
&= \frac{(2\pi)^{n-1}}{2MR} \int_0^1 dr_{n-1} \dots \int_0^1 dr_2 P_i \prod_{i=3}^n P_i (M_i - \mu_i), \quad (2)
\end{aligned}$$

$$M_i = \mu_i + (M_{i+1} - m_{i+1} - \mu_i) r_i \quad (3)$$

となる。ここで  $P_i = \lambda^{\frac{1}{2}} (M_i^2, M_{i-1}^2, m_i^2) / (2M_i)$ ,  $\lambda(x, y, z) = x^2 + y^2 + z^2 - 2(xy + yz + zx)$ ,  $d\Omega_i = \sin\theta_i d\theta_i d\varphi_i$

で,  $P_{i+1}$  および  $\theta_i, \varphi_i$  はそれぞれ  $K_{i+1} = 0$  の係における3次元運動量

$P_{i+1} = -K_i$  の大きさ及び方向である。考えている座標系 (例えば考えている反応の質量中心系) での共鳴粒子の3次元運動量 ( $K_x, K_y, K_z$ ) を与えて,  $R_n$  および  $\frac{dR_n}{dP_{nz}}$  を求める。考えている座標系 ( $oxyz$ ) での共鳴粒子Rの3次元運動量  $K$  の方向を  $\theta, \phi$  で表わす。共鳴粒子の静止系 ( $o'x'y'z'$ ) における  $n$  番目の粒子 (観測粒子) の4次元運動量を  $(\sqrt{m_n^2 + k^2}, k \sin\theta_n \cos\phi_n, k \sin\theta_n \sin\phi_n, k \cos\theta_n)$  とすると,  $oxyz$  系での  $n$  番目の粒子の4次元運動量は,

$$\begin{pmatrix} P_{no} \\ P_{nx} \\ P_{ny} \\ P_{nz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\phi \cos\theta & -\sin\phi \cos\theta \sin\theta \\ 0 & \sin\phi \cos\theta & \cos\phi \sin\theta \sin\theta \\ 0 & -\sin\theta & 0 & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \text{ch}\xi & 0 & 0 & \text{sh}\xi \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \text{sh}\xi & 0 & 0 & \text{ch}\xi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sqrt{m_n^2 + k^2} \\ k \sin\theta_n \cos\phi_n \\ k \sin\theta_n \sin\phi_n \\ k \cos\theta_n \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$\text{ch}\xi = \sqrt{M_R^2 + k^2} / M_R, \text{sh}\xi = K / M_R$$

となる。共鳴粒子の静止系 ( $o'x'y'z'$ ) における  $n$  番目の粒子の3次元運動量の大きさ  $K$  は

$$k = P_n = \lambda^{\frac{1}{2}} (M_R^2, M_{n-1}^2, m_n^2) / (2M_R) \quad (5)$$

である。

## 2. 計算法とプログラム

(1)  $R_n$  を求めるには  $(n-2)$  個の  $0 \sim 1$  の一様乱数  $r$  ( $i=2, \dots, n-1$ ) を発生して (3) 式から  $M_i$  を求め, (2) 式の被積分関数を計算する。この操作を  $N$  回くり返して, 被積分関数の和を  $N$  で割ればよい。

(2)  $\frac{dR_n}{dP_{nz}}$ 。  $\Theta = 0$  の場合には  $Z$  軸に関して軸対称であるから, 一様乱数  $r_2, r_3, \dots, r_{n-1}$  から前と同様に  $M_i$  をつくりさらに  $r_n$  を発生させて  $\cos \theta_n = 2r_{n-1}$  を求め  $P_{nz}$  を計算する。  $oxyz$  における  $P_{nz}$  の大きさを,  $-K$  から  $K$  までを  $2K/\Delta P_{nz}$  等分した箱に分配する。  $i$  番目の箱に入る回数を  $n_i$  個とすると  $\frac{dR_n}{dP_{nz}}$  は (2) 式により

$$\frac{dR_n}{dP_{nz}} \Delta P_{nz} = \frac{(2\pi)^{n-1}}{N^2 M_R} \sum_{j=1}^{n_i} P_2 \prod_{i=3}^n P_i (M_i - \mu_i) \quad (6)$$

となる。  $\Theta \neq 0$  の場合には  $r_2, \dots, r_{n-1}, r_n$  の他に  $\tilde{r}$  を発生して  $\varphi_n = 2\pi\tilde{r}$  として (4) 式から  $P_{nz}$  を求めればよい。  $n$  体崩壊関数  $D_n(x)$  は ( $x = P_{nz}/K$ )

$$D_n(x) \equiv \frac{K}{R_n} \frac{dP_n}{dP_{nz}} = \sum_{j=1}^{n_i} P_2 P_n \prod_{i=3}^{n-1} P_i (M_i - \mu_i) / \sum_{j=1}^N P_2 P_n \prod_{i=3}^{n-1} P_i (M_i - \mu_i), \quad (7)$$

となる。  $\frac{dP_n}{dP_{nx} dP_{ny} dP_{nz}}$  等も同様に計算できる。

最後にプログラムの簡単な説明を加えておく。図2は計算結果である。

④  $N$ :  $n$  体崩壊の  $n$ ,  $ND$ :  $x$  のきざみ数, 回数, 乱数の初期値をよむ。

⑧ 共鳴粒子の質量  $M_R$ , 3次元運動量  $K_x, K_y, K_z$  を読む。

12  $CTR = \cos \Theta$ ,  $STR = \sin \Theta$ ,  $PRK = |K|$

⑯  $M(I)$ :  $i$  番目の崩壊粒子の質量  $m_i$  を読んで書く。

⑳

23  $WWM = \sum_{i=1}^n m_i$

24 質量中心系における共鳴粒子のエネルギーの2乗を計算する。

25  $FLAM(x, y, z) = \lambda(x, y, z)$ ,  $PMAX = k$  の最大値。

28  $P_{nz}$  の最大値

29  $P_{nz}$  の最小値

34  $PD(I) = -K$  と  $K$  の間を  $ND$  等分したときの  $i$  番目の箱の  $P_{nz}$  の値



[37]  $k$  の最大値を書く。

[38]  $P_{nz}$  の最小値と最大値を書く。

[40] 崩壊粒子の質量の平均値を書く。

46 DO 10 で  $\frac{(2\pi)^{n-1}}{2M_R} P_2 \prod_{i=3}^n P_i (M_i - \mu_i)$  の計算をする。

51  $WM = \mu_{n-i}$ , RANDUN = 乱数のサブプログラム。  $W(I) = M_i$ ,

CT =  $\cos \theta_n$ , ST =  $\sin \theta_n$ , CPF =  $\cos \phi_n$ , AK =  $k$

65  $PZ(N) = P_{nz}$

67  $SL = (2\pi)^{n-2} \prod_{i=3}^n P_i (M_i - \mu_i)$

70  $V_3 = \frac{(2\pi)^{n-1}}{2M_R} P_2 \prod_{i=3}^n P_i (M_i - \mu_i)$

75 DO 100 で  $PZ(N) = P_{nz}$  を値により  $-K$  から  $K$  までを  $ND$  等分した箱に分配する。

[90]  $V(I) = i$  番目の箱の  $\frac{dR_n}{dP_{nz}}$  を出力する。

[91]  $VV = R_n$  と回数を入力する。

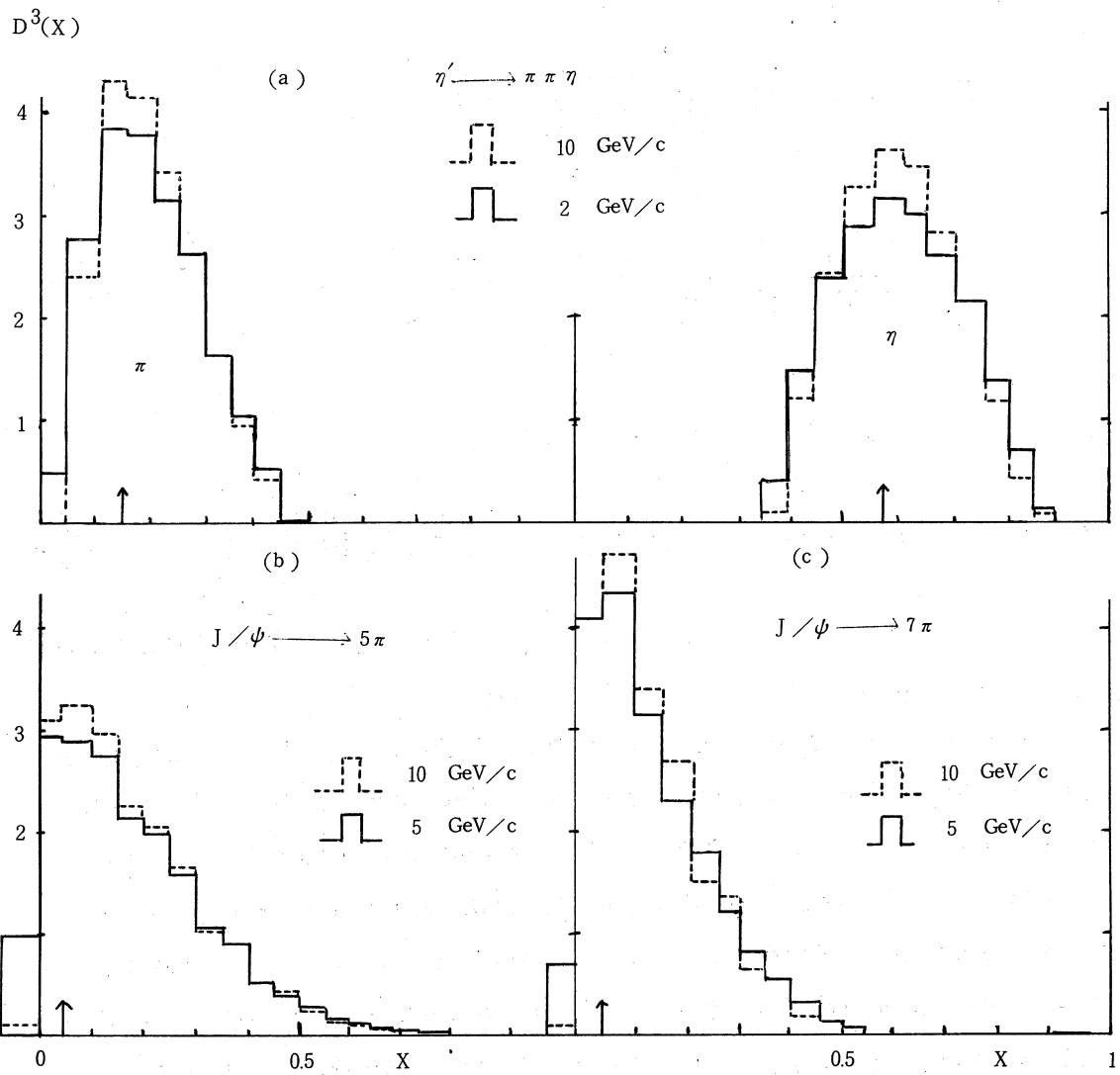
[92]  $VX(I) = i$  番目の  $D_n(x_j) R_n$  を出力する。

[98]  $XZ(I) = i$  番目の  $x$  の値  $x_j = P_{nz} / K$  を打出す。

[100]  $VR(I) = i$  番目の  $D_n(x_j)$  を書く。

[101]  $XB, X2B, VVXX$  を打つ。

[103]  $XB = \bar{x} = \langle x \rangle = \sum_{j=1}^{KAI} x_j / KAI$ ,  $X2B = \bar{x}^2$  を書く。



⊠ 2

§ 2. 超幾何関数

超幾何関数  $F(\alpha, \beta, r; z)$  は

$$F(\alpha, \beta, r; z) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\alpha)_k (\beta)_k}{k! (r)_k} z^k \quad (1)$$

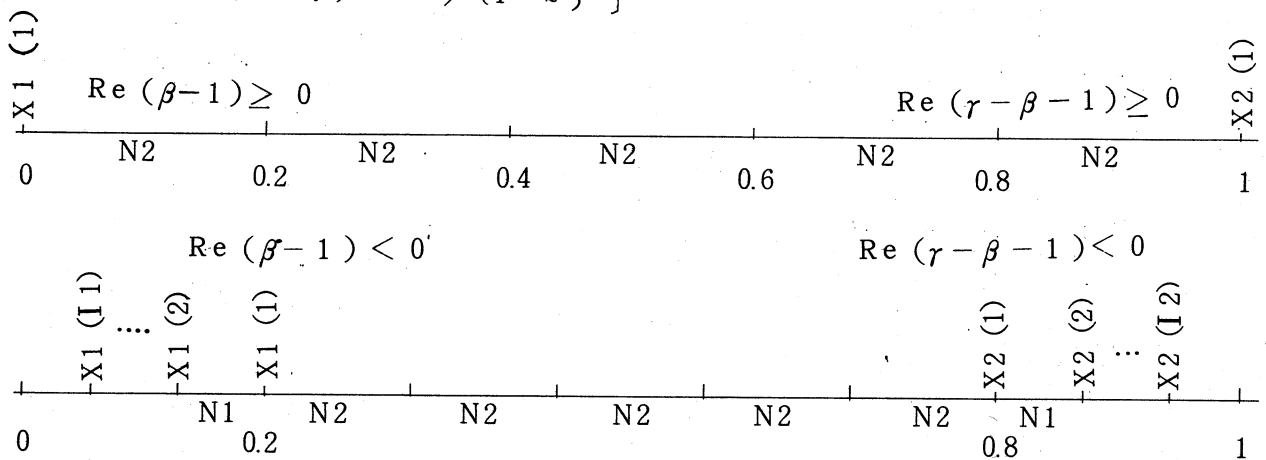
$$= \frac{\Gamma(r)}{\Gamma(\beta)\Gamma(r-\beta)} \int_0^1 \frac{t^{\beta-1} (1-t)^{r-\beta-1}}{(1-zt)^\alpha} dt, \quad (2)$$

$$(\alpha)_k = \alpha(\alpha+1)\cdots(\alpha+k-1), (\alpha)_0 = 1$$

と表わされる。積分  $\Phi(a, b, c, d, e, f, z) = \int_0^1 \frac{s^{b-1} (1-s)^{c-b-1}}{(1-zs)^a} \int_0^1 \frac{t^{e-1} (1-t)^{f-e-1}}{(1-zst)^d} dt ds$

を計算する必要があるので、(1), (2) 式のプログラムを作ってみた。FUNCTION FHG(A, B, C, Z) は (1) 式そのものである。

(2) 式の計算には複素  $\Gamma$  関数と積分のプログラムが必要である。 $\Gamma$  関数は文献 2) を利用する。積分は Gauss - Legendre 積分を使う。Legendre 関数  $P_n(x)$  の 0 点の値と係数を求めるプログラムは 1979 年度の卒研生山崎宏君の作った積分のサブルーチン GL(FUNC, RS, RB, M, SEKI, MSR) を利用する。このサブルーチンは  $M \neq MSR$  ならば、その都度 0 点と係数の値を計算するようにしてある (M は分点の数)。 (2) 式の積分範囲のきざみ方は  $B = \beta$  および  $C = r$  の値により図 3 のように決める。 $\text{Re}(\beta-1)$  [ $\text{Re}(r-\beta-1)$ ] が負の場合には被積分関数を  $t \approx 0$  [ $t \approx 1$ ] のところで  $t^{\beta-1} [(1-t)^{r-\beta-1} / (1-zt)^\alpha]$  で近似した。



以下各 FUNCTION および SUBROUTINE の必要事項と簡単な説明を加える。  
 例として  $X = 0.05, 0.15, \dots, 0.95$  の  $F(0.5, 0.5, 1.5; x)$ ,  $F(0.5,$   
 $0.5, 0.501; x)$ ,  $F(1., 1., 1.001; x)$  の計算結果を最後にかかげる。

### メインプログラム

- 3 TFUN はガウス積分のゼロ点および係数を求めるために使う関数で何でもよい。
- ④  $x = 0, 1$  側でのガウス積分の分点数  $N1$  と中央の積分の分点数  $N2$  を読む。
- ⑤  $N1$  と  $N2$  を出力する。
- ⑦ 計算すべき  $Z$  の値のきざみの実数部  $XX$  を読む。
- ⑨ 計算する  $Z$  の値の個数  $N$  を読む。
- ⑩  $F(A, B, C; Z)$  の  $A, B, C$  を読む。
- ⑪  $D, E, F$  (今は使っていない) を読む。
- 17 GL を使って分点数  $N1$  に対応したガウス積分のゼロ点  $X(i)$  と  $HHI(i)$  を計算する。
- ⑬ TFUN の積分値を出力する。
- 19 HGFI ( $A, B, C, Z$ ) で使うゼロ点  $P(1), \dots, P(N1)$  と係数  $CP(1)$   
 22  $\dots, CP(N1)$  を決める。
- 23 GL を使って分点数  $N2$  に対応したガウス積分のゼロ点  $X(i)$  と  $HHI(i)$  を計算する。
- ⑭ TFUN の積分値を出力する。
- 25 HGFI ( $A, B, C, Z$ ) で使うゼロ点  $P(N1+1), \dots, P(N1+N2)$  と  
 28 係数  $CP(N1+1), \dots, CP(N1+N2)$  を決める。
- ⑮  $F(A, B, C; Z)$  の  $A, B, C$  と使用していない  $D, E, F$  を出力する。
- 30  $F(A, B, C; Zi)$  を HGFI ( $A, B, C, Z$ ) と FHG ( $A, B, C, Z$   
 35 ) を使って  $Zi = 0.05, 0.15, \dots$  の所で計算する。
- ⑯ きざみ  $XX$  を出力する。
- ⑰  $ZZ(I) = HGFI(A, B, C, Zi)$  の値を出力する。
- ⑱  $Z1(I) = FHG(A, B, C, Zi)$  の値を出力する。

td

+X2(1)

1

+

1

## COMPLEX FUNCTION HGF I (A, B, C, Z)

A, B, C, Zは complex

MAINでII (22), P (230), CP (230), N1, N2 を指定する。

P (230), CP (230) を決めるにはGL (FUNC, RS, RB, M, SEKI, MSR) が必要である。 CGAMMA (Y) が必要。

16~28 X1 (5), X2 (5) はそれぞれ  $\text{Re } \beta < 0, \text{Re } (r - \beta) < 0$  の場合に

43~54  $t \approx 0$  および  $t \approx 1$  での積分範囲を指定するためのもの。(図2)

6 P (230), CP (230) は Gauss - Legendre の0点および係数を貯蔵している。II (N) はその貯蔵の位置を示す。N1とN2はそれぞれ  $t \approx 0, 1$  と中央 (X1 (1) ~ X2 (1)) の積分の分点数 (図3)。

9~15 Z, B =  $\beta$ , C = r の値により計算するかしないか判定する。

16~42  $t \approx 0$  側の積分範囲を決める。F1, F2は被積分関数を境界で0になるようにとるために計算する。 $t \approx 0$  側の積分を行う。

43~68  $t \approx 1$  側の積分範囲を決め積分を行う。

69~92 中央の積分を行う。

96~102  $t \approx 0, t \approx 1$  の補正を行う ( $\text{Re } (\beta - 1), \text{Re } (r - \beta - 1) < 0$  の場合)。

## SUBROUTINE GL (FUNC, RS, RB, M, SEKI, MSR)

FUNC, SEKI は complex である。FUNCは被積関数。RS, RBは積分範囲の下限および上限。Mは分点数。SEKI は求める積分値。M  $\neq$  MSRならその都度分点X (i) および係数HHI (i) を計算しSEKI を求めMSR = Mとする。日立のLibrary POLRTN およびSUBROUTINE KAI (K, U) [U = K!] とSUBROUTINE KUMI (K, L, S) [S =  ${}_K C_L$ ] が必要。

10~31  $P_M (X)$  のXのべき乗の係数を求める。

32~45  $P_M (Y) = 0$  の根X (i) をPOLRTNを使って求める。

48~94 係数  $\overline{HHI}(i)$  を求める。

95~101 , 積分を行う。

### COMPLEX FUNCTION CGAMMA(Y)

Yは complex 。  $\Gamma(Y)$  の計算をする。

### FUNCTION FHG(A, B, C, Z)

A, B, C, Z, FHGは complex 。  $F(A, B, C; Z)$  を (1) 式を使って計算する。

### 参考文献

- 1) E . Byckling and K . Kajantie , Particle Kinematics , John Wiley & Sons ,  
1973
- 2) 小柳義夫, 素粒子論研究, 42巻 3号, 225

## 7. CMTによるデータ処理方法の研究・開発

理学部電子理学科助手 山本 勲  
理学部応用物理学科助手 中村 改 樹  
情報処理センター専任助教授 木村 宏

### 1. 研究の目的と成果

本研究は、最近のマイクロ・コンピュータの普及・進歩を反映して、本学の実験系研究室でラボラトリ・オートメーションを導入する傾向がみられるので、我々が統一規格に基づいたマイコン・システムの導入を進言してきたことから始まった。

主に経済的理由から重装備マイコン（ミニコン）の独自システムを各個研究室が導入するより、統一規格に準拠した簡易型システムを導入し、基本的な計測制御データ集録をマイコンで行ない、後のデータ処理は本学センターの大型機を用いて行なう方法を提言したのである。こうすることにより、無駄な多重投資をさけ、かつマイコン用のソフトウェアの共有化、ハードウェアの互換性の維持がはかれるので、結局はユーザにとってメリットが多いと判断したのである。幸いにも、この提言は多くの研究室で受け入れられ、既に14セットが企画、製作されるに至った。

この構想の要点の一つに、各マイコン・サブシステムとセンターの大型機の間をデジタル・カセット・テープ（CMT）を介して結ぶことがあげられる。CMTを選択した理由は、低価格であること、マイコン側のソフト負荷が少ないこと、及びセンター側でカセット・テープ装置付端末をTSS端末として一般の利用に供することができる点を重視したからである。

本研究は、このサブシステムとセンターの接点の部分を受けもつソフトウェアの開発が主テーマであり、既にその一部は実働している。但し、センターでの研究員としての研究期間内では、細かい仕様が確定できなかった所があるので、取りあえずこの研究員報告では1980年4月現在のソフトウェアについて報告することにした。従って、ここで述べるソフトウェア「READCT」は、更に改訂作業が継続されており、1980年度のセンター研究員の研究テーマとして申請する予定であることを付記しておく。

### 2. CMT入力プログラム「READCT」の概要

CMTに集録されたデータをセンター側へ移植するプログラムを「READCT」と呼ぶ。このプログラムの動作環境は、Fig. 1で示すようにTSS処理のみを対象としている。

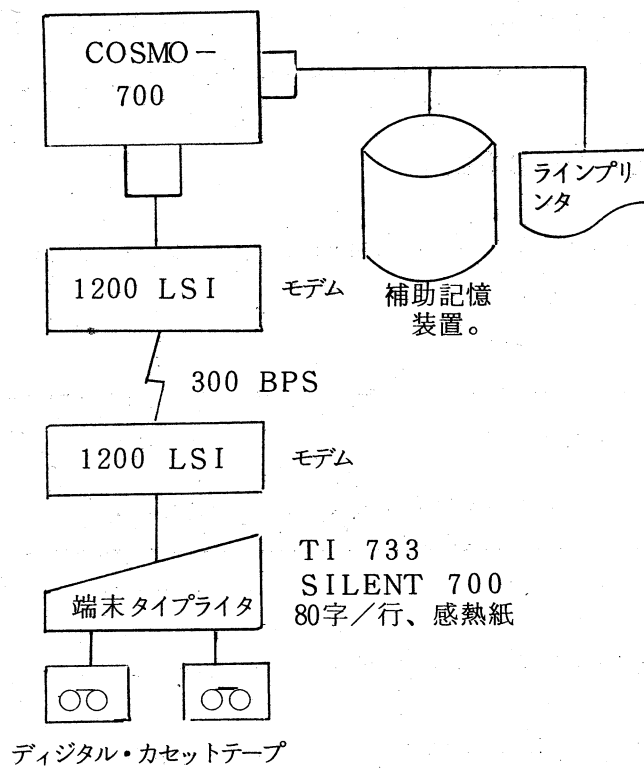


Fig. 1 CMTつき端末と、センター・マシンとの関係

端末機は、デュアル・デジタル・カセットを装備したTI社の SILENT 700 (733 ASR) であり、300 ボーのモデムを経由して COSMO 700 と接続されている。

このハードウェア構成を用いるユーザとしては、

- ① マイコン・サブシステムで標準ファイル形式のデータを作成し、センター側へ移す者及びセンター側で作成したマイコン用ソフトウェアをマイコンへ移植する者。
- ② マイコン・サブシステムで非標準ファイルを作成し移す者。
- ③ TI 733をオフライン端末として用いて、テープファイルを作成し、オンラインでファイル転送をする者。

などが考えられる。READCTは、これらの各ユーザの要求を満すように設計した。処理は、TSSモードで全て会話形式で進行するが、プルーフ・リスト等は指定に従いセンター側のラインプリンタにも出力ができるようになっている。また、レコード転送は8ビットデータの列として扱うので、純2進データファイル及びASCII文字列ファイルの処理が可能である。テープは常にトランスペアレント方式で入力している。



なお、センター側から端末への送信については、現在テスト版のサブルーチン群が完成しているが、改良を加えたい点があるので今年度は報告をしない。

### 3. カセットテープ・ファイルの形式

SILENT 700 が受けつけるテープ上の物理的レコード形式は、Fig. 2 に示すような固定長形式となっている。

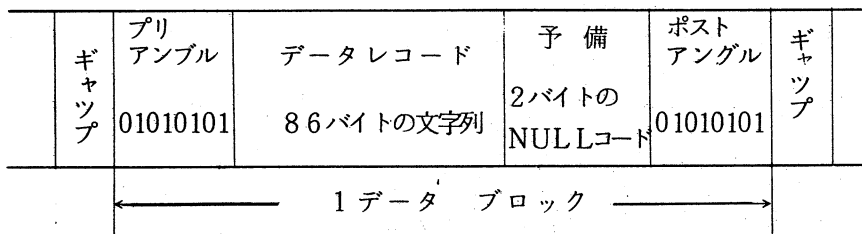


Fig. 2 SILENT 700 の磁気テープ記録形式

一方、マイコン側のCMTはTEAC社のMT-2であり、可変長レコードの入力及びテープマーク(TM)の記録検出ができるようになっている。こうした事情から両者での互換性の確立をはかるため、テープファイルの形式を以下のように規定した。

#### (1) 標準形式:ラベル付テープ

主にマイコン・サブシステムが用いる形式を標準形式と呼ぶ。

##### ① ファイル形式の種類

Fig. 3の2形式を設けた。図において、

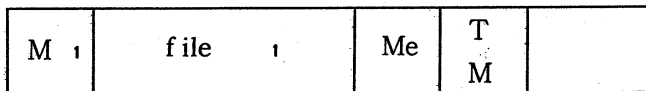
M<sub>i</sub> : ファイルラベル

Me : 終了ラベル

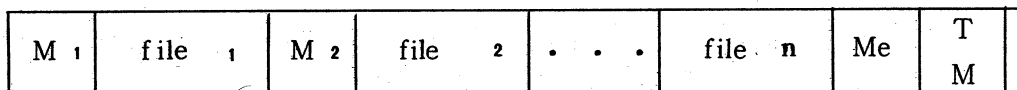
file i : ファイルの本体

TM : MT-2の意味でのテープマーク

を示す。



単一ファイル/リール形式



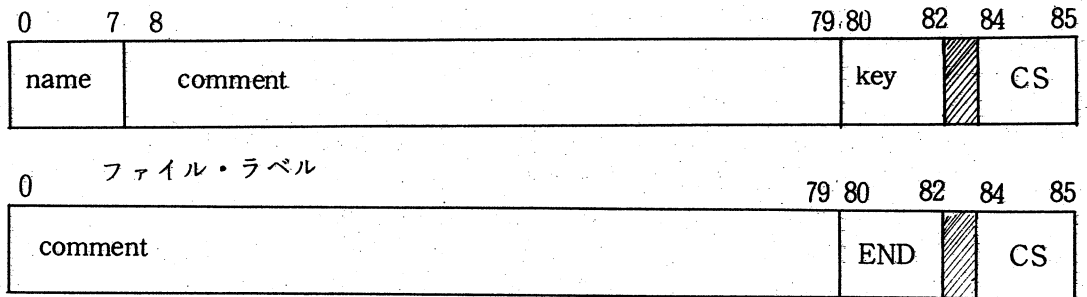
複数ファイル/リール形式

Fig. 3 テープファイル形式

単一ファイル/リール形式は最も多く利用され、テープ片面に1個のファイルを記録したものである。複数ファイル/リール形式は、片面に2個以上のファイルを記録した場合の形式であり、ファイル名でテープ内のファイルを識別選択することを意図している。主に、マイコン用のソース・プログラムを記録することを想定している。

② ラベル・レコードの形式

ファイルを区切るラベル類は、Fig. 4の形式とする。



終了ラベル

Fig. 4 テープラベルの形式

図中の各項目は、以下のとおりである。

**name:** ファイル名; 最大8桁のASCIIコードによる英数字の列とし、少なくともテープ片面内ではユニークでなければならない。

**comment:** 任意の文字列、通常は空白

**key:** ファイルの型を示すキーワード; ASCIIコードで次の文字を入れる。

**BIN**.....2進データファイルであることを示す。このファイルは何の変換も受けず忠実にコピーされる。

**ASC**.....ASCIIストリングのファイルであることを示す。この型のファイルは、ソース・プログラムの記録に用いる場合が多いので、いくつかの制御コードは意味をもち、それに従った解釈が行なわれる。

**END**.....ファイル終了レコードを示し、この後には論理レコードが存在しないものとみなされる。

**CS:** オプションのチェックサム項目; 第0バイトから第83バイトまでの各バイトの桁上り無視の和をとり、その1バイト情報をASCII文字で16進数表現したものである。これにより、データの送受信に関する転送エラーの検出ができるが、これまでの経験ではCSなしでも充分正確に転送されている。

③ データ・レコードの形式

データ・レコードの形式をFig. 5に示す。

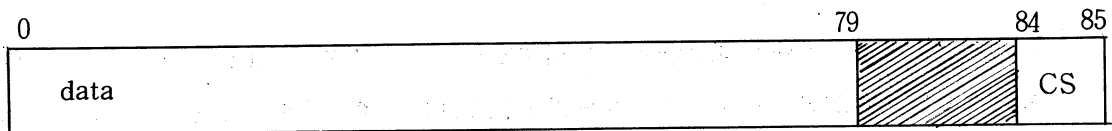


Fig. 5 データ・レコードの形式

2進ファイルの場合は、80バイト長の2進データ列を記録する。センター側からの送信時には制御コードが端末機で勝手に解釈されてしまうので、通常は受信専用を用いるものとする。

一方ASCIIファイルの場合は、80バイトのASCIIストリングを記録し、センター側で受信する時には、制御コードを表1のように解釈する。これらの制御コードは入力レコード上には残らないが、各々独特の作用をもつので注意が必要である。特に、HTコード(TAB)は、このプログラムの動作環境として事前に設定されたTAB条件を用いて処理し、必要な個数の空白に変換される。

NUL SOH STX ETX EOT ENQ ACK BEL LF VT FF SO SI DLE DC1 DC2 DC3 DC4 NAK SYN ETB EM SUB FS GS RS US	無 視
BS	直前の文字を削除
HT	タブコードとして解釈
CR	入力行終了
CAN	入力行の削除
ESC X	CANと同様
ESC F	入力ファイルの終了
DEL	直前の文字を削除
others	有効文字とする

表1. ASCIIコードの解釈表

(2) 非標準形式：ラベルなしテープ

① 2進テープ

ここで述べたマイコン・サブシステム以外で作成されたテープファイル等を強制的に入力することも必要になる。そうした例外的な場合を想定した、ラベルをもたない86バイトの純2進レコード列がこれである。処理は、レコードの個数を指定して行なう。

なお、この場合もCSを設けることができるようになっている。

② ASCIIテープ

オフライン端末として、SILENT 700を用いるユーザ向けのファイル形式である。レ

コードは、86バイトのASCII スtringを含んでおり、標準テープの'ASC'ファイルと同様な制御コードの解釈が行なわれる。2進テープと異なる点は、最終レコードをマークレコードと呼び、ファイルの論理的終了を示すための10桁以内の英数字で構成した終了マークが認識できることである。また、CSを設けることもできる。

オフライン端末として、SILENT 700を用いるユーザは、カードパンチの代りにこれを用いる。その場合、キーインミスを通常ユーザは直ちに認識することが多いので、削除コードを含めたデータテープを作成して、後に READCTを用いて磁気ディスクへコピーし、必要に応じてTSSで再修正を行なうという手順が有効であろう。

#### 4. READCTの機能

READCTの処理は、Fig. 6の概要フローチャートに示したように行なう。これに従い簡単に解説を行なう。

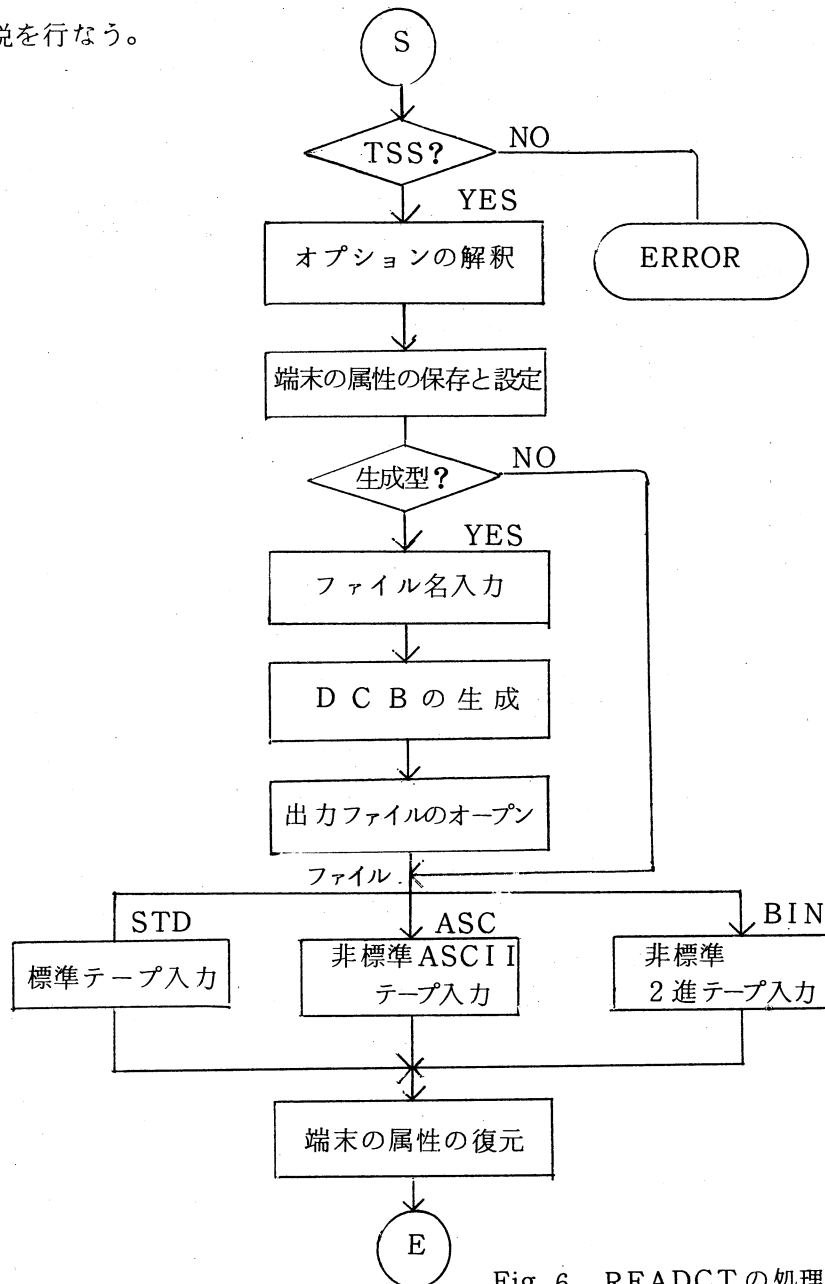


Fig. 6 READCTの処理の流れ

- ① まず実行時に、このプログラムがTSSモード以外で処理されているとエラーとする
- ② 次にコントロール・オプションの解析を行なう。オプションの構文は、以下のとおりとする。

**! READCT** Δ (((**typ**)[, (**opt**)[, (**l**)[, (**chk**)]]))

ここで [ ] は省略可能であることを示す超記号である。! READCTはTELに対するこのプログラムの呼び出しコマンドである。また各オプション・キーワードは以下のものを許している。

**typ** は、ファイルの型を指定する。

- 1 又は STD……標準ファイル (default)
- 2 又は ASC……ASCII非標準ファイル
- 3 又は BIN……2進非標準ファイル

**opt** は、処理モードを指定する。

- COPY……ファイルのコピーとプルーフリスト印刷 (default)
- NOLS……ファイルのコピーのみ
- LIST……ファイルの内容の印刷のみ
- MARK……標準ファイルのファイル・ラベルのみ印刷
- DALL……全レコードのダンプ出力

**l** は、印刷装置の種類を選択する。

- LP……ローカル・ラインプリンタ
- ME……端末装置

**chk** は、チェック・サムの有無及びチェック動作を指定する。

- CHK……チェック・サムのチェックを行う。
- NCHK……チェック・サムのチェックを行わない。

ここで、これらの組合せの許可、不許可とdefault値について表2に示す。表において、○は許される指定、×は許されない指定を表わす。

処理 ファイル	CTD	ASC	BIN	印刷装置
COPY	○	○	○	LP
NOLS	○	○	○	LP
LIST	○	○	○	LP
MARK	○	×	×	ME
DALL	○	○	○	LP
チェック ・サム	CHK	NCHK	NCHK	

表2・オプションのdefault値

### ③ 端末の属性の設定

TI 733 は、現在 DEC LA 36 とモデムの後で切換スイッチを介して共通回線に接続されている。従って、プログラム上では、LA36でオペレーションを行っていて急拠 TI 733 に切換えてもよいような対策を立ててある。それはまず端末の旧属性を保存してから、新たに TI 733 用に設定しなおし、プログラムの出口で元の状態に戻すという手順で行っている。

TI 733 用に設定した属性は、以下のとおりである。

型名	TTY37
プラテン巾	80
全二重	ON
タイミング・アルゴリズム	2
タブシミュレーション	ON
ページ・サイズ	1
BREAKカウント	任意
その他の属性	OFF

こうすることにより、オペレータは何ら装置について思いわずらうことなく操作ができる。なお、属性上の紙テープ機能がASR端末としてのCMT入力機能に相当するが、これはプログラム上でDC1、DC3コードにより必要な時点でのみ、ON、OFFしているので、基本的にはOFFにしておかねばならないことに注意せよ。もしこれをONにしておくと、常

にキーイン要求に対する応答がCMTから続き取られるような動作を起こしてしまう。

④ ファイル名の入力、DCBの設定、及びファイルのオープン

通常ユーザ作成プログラムが標準のCRとLP(TSSでは端末)以外の入出力装置(又はファイル)を用いる場合、当該プログラムの実行開始に先立ってそのファイルの指定をASSIGNカード又はSETコマンドで設定しておかねばならない。このことは、TSSの場合特にわずらわしいので、ここでは処理の中でファイル名を与え、DCBを構成し、ファイルのオープンを行なうようにした。勿論、その際、出力ファイルの保存に対する対策は立ててあり不用意に既存のファイルを破壊することがないようにしてある。

⑤ 標準テープの処理

この部分は研究員の期間内に仕様の確定しなかった所なので、取りあえず今回の報告からは除くことにした。

⑥ 非標準2進テープの処理

非標準2進テープには、何ら終了を示すレコードを設けないので、入力レコード数をあらかじめキーインさせ、その個数だけCMTからレコードを入力し、オプションで指定された処理を行なう。2進の場合、LISTとDALLとは、全く同一の印刷を行なう。

⑦ 非標準ASCIIテープの処理

この場合は、非標準2進テープの処理ルーチンにASCII→EBCDICコード変換機能を追加し、制御コードのいくつかに独特の意味づけを行うことで処理を進める。この意味づけは、表1のとおりであるが、これはCOCハンドラの解釈を流用しているのでTSSの利用者はすぐ使用できるはずである。

このようにした理由は、非標準ASCIIテープの利用者が、TI 733を単にカードパンチの代りに用いる場合が多いであろうと考えたからである。入力文字削除、又は1行抹削などの機能を許しておく、かなりのミスキーインを即座に修正できCMT→DISCの時点で整理できるので、結構便利なようである。

ここで、TABコードの利用方法について特に説明しておく。MELCOMのTSSでは、任意のカラム位置に対するソフトウェアTAB設定が、!TABSコマンドで可能である。OSは、M:UC DCB上にこの情報を保存しておき、TABコードの入力時にこれを参照して適当な個数のスペースに変換する手順をとっている。この方法をここでも流用し、TABシミュレーションを行っている。READCTはCMTからの

入力を常にトランスペアレントモードで行っているため、直接TABコードを検出でき、その時点でM: UC上の情報と照合している。但し、TAB解釈を行った最終結果のストリングが80バイトを超える場合、超過分は削除されるが、編集バッファが88バイト分あるので、8バイトだけはガード・バイトとしての働きを行うようになっている。

## 5. READCTのプログラム・リストと処理例

READCTはMETASYMBOLで記述されており、別添資料のとおりである。処理例として、2例、Fig.7とFig.8に示す。

```
! TABS 10, 20, 35
! S READCT (ASC, LIST, ME)
LOAD CASSETTE TAPE.  PLAYBACK ON AND LINE.
READY?  REPLY Y/N.  Y
KEY IN STOPPER.  MAX 10 CHARS.  DEFAULT IS "◆END◆".
? _
◆◆◆ ASCII TAPE PROCESSING ◆◆◆   LIST MODE
1.  ◆ CHECK JOB MODE
2.          LC          JIT
3.          BCS, 8      TSS          IF TSS, OK
4.          KI, 1       ER1          NON TSS MODE ERROR
5.          B           ERR
6.  ◆END◆
OF TAPE RECORDS : 6
◆◆◆ END OF PROCESSING ◆◆◆
```

Fig. 7 ASCII非標準テープの処理例



IS READCT (BIN. COPY. ME)

ENTER OUPUT FILE NAME. MAX 10 CHARS. ALPHAMERIC ONLY.

? ROM

DELETE OLD FILE? REPLY Y/N. Y

LOAD CASSETTE TAPE. PLAYBACK ON AND LINE.

READY? REPLY Y/N. Y

KEY IN #OF RECORDS (MAX 1800). 6

◆◆◆ BINARY TAPE PROCESSING ◆◆◆ COPY MODE

1.	0	2A202020	43484543	4B204B7F	4A4F4220	◆◆ CHECK K. JOB ◆
	16	4D4F4445	0A8D0000	00000000	00000000	◆MODE.....◆
	32	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	48	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	64	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	80	00000000	0000			◆.....◆
2.	0	094C4309	4A49540A	8D000000	00000000	◆ LC JIT.....◆
	16	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	32	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	48	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	64	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	80	00000000	0000			◆.....◆
3.	0	09424353	2C380954	53530949	46205453	◆ BCS. 8TTS. IF TS ◆
	16	532C204F	4B0A8D00	00000000	00000000	◆S. OK.....◆
	32	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	48	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	64	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	80	00000000	0000			◆.....◆
4.	0	094C492C	31094552	31094E4F	4E205453	◆ LI, 1, ER1. NON TS◆
	16	53204D4F	44452045	457F5252	50527F7F	◆S MODE EE. RRPR. ◆
	32	4F520A8D	00000000	00000000	00000000	◆OR.....◆
	48	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	64	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	80	00000000	0000			◆.....◆
5.	0	09420945	52520A8D	00000000	00000000	◆ B. ERR.....◆
	16	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	32	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	48	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	64	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	80	00000000	0000			◆.....◆
6.	0	2A454E44	2A200A8D	00000000	00000000	◆◆END◆.....◆
	16	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	32	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	48	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	64	00000000	00000000	00000000	00000000	◆.....◆
	80	00000000	0000			◆.....◆

#OF TAPE RECORDS : 6

#OF DISC RECORDS : 6

OUTPUT FILE NAME : ROM

◆◆◆ END OF PROCESSING ◆◆◆

Fig. 8 2進非標準テープの処理例

これは同一のテープを2進テープ及びASCIIテープの両者に見立てて処理している。  
下線部が操作時の利用者の応答である。

## 6. おわりに

一部積み残した機能もあるが、取りあえずCMTからのデータ入力を行うプログラムは、公開され実働している。今後、機能拡張及び改良を継続してゆくつもりであり、多くの利用者の方々に活用していただくことを願っている。

なお、機能の詳細等についてのお問い合わせは、情報処理センターの木村が応じることにしている。

### 参考文献

1. UTS / VS タイムシェアリング説明書 NM-SR 00-42A 三菱電機
2. UTS / VS バッチ処理説明書 NM-SR 00-40A 三菱電機
3. UTS / VS システム・プログラミング説明書 NM-SR 00-46A 三菱電機
4. Model 733 ASR/KSR Data Terminal Operating Instructions  
959227-9701, Rev. C, Texas Instrument Inc., 1978
5. TEACカセット磁気テープ装置MT-2レファレンス・マニュアル
6. 8080系のクロスアセンブラについて、木村宏、岡山理科大学情報処理センター  
・ニュース Vol. 1, P4, 1979

## 8. 確率的制御系の最適化

### — 致達確率を最大にするBang—Bang制御系の構成法 —

理学部電子理学科教授 塚本 幸雄

“ “ 助手 太田垣 博一

本研究において、 $n$  次元状態空間  $R^n$  で記述された制御系の状態変数がある有限の制御時間内にその可制御領域 ( $DCR^n$ ) にとどまりながら、確率過程として与えられる目標多様体 ( $PCDCR^n$ ) に致達する確率  $\varphi$  を最大にする操作量の大きさに制限がある場における最適制御方策を決定するために計算機を用いている。

$R^n$  における伊藤型確率微分方程式で記述される制御系の問題を確率論的考察により Kolmogoror の後向き方程式といわれる線型放物型偏微分方程式の境界値問題に帰着させその解を Feynman—Kac の公式を用いて解析的に表現し境界上で定義された未知の境界関数を用いて表わしている。境界関数は連立 Volterra 型積分方程式を満足し計算機によって数値的に求めることができる。この結果を用いて評価汎関数としての  $\varphi$  を数値計算することにより最適制御方策を決定している。

#### 1. 一次系

$\dot{x} = ax + bu + g\xi$  ( $a, b, g$ : 定数  $|u| \leq 1$   $\xi$ : 白色雑音過程) で記述される系の最適制御問題について考察しよう。状態変数を  $x$ , 目標多様体を  $\varepsilon = 0$  可制御領域の境界  $D_0 = \pm 1$  とすると致達確率  $\varphi$  は Kolmogoror の後向き方程式

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \tau} + \frac{1}{2} g^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + (ax + bu) \frac{\partial \varphi}{\partial x} = 0 \quad (1-a)$$

および境界条件

$$\lim_{\tau \rightarrow \Gamma} \varphi(\tau, x, \Gamma) = 0 \quad (1-b)$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \varphi(\tau, x, \Gamma) = 1 \quad (1-c)$$

$$\lim_{x \rightarrow \pm 1} \varphi(\tau, x, \Gamma) = 0 \quad (1-d)$$

を満足する。境界値問題の解としての  $\varphi$  は境界上での未知関数  $\psi_\varepsilon$ ,  $\psi_\ell$  を用いて

$$\varphi = \int_0^{\sigma_\Gamma} \frac{\partial \phi_\varepsilon}{\partial n} (x; \sigma_\Gamma - s) \psi_\varepsilon(s) ds + \int_0^{\sigma_\Gamma} \frac{\partial \phi_\ell}{\partial n} (\ell - x; \sigma_\Gamma - s) \psi_\ell(s) ds$$

$$\sigma_\Gamma = \Gamma - \tau \quad (2)$$

で与えられる。ただし  $\partial \phi_\varepsilon / \partial n$  および  $\phi_\ell / \partial n$  はそれぞれ Kolmogorov 後向き方程式の境界  $\varepsilon$  および  $1$  に関する二重層ポテンシャルを表わしている。境界条件を用いると Volterra 型連立積分方程式

$$\psi_\varepsilon(\sigma_\Gamma) \int_0^{\sigma_\Gamma} \frac{\partial \phi_\ell}{\partial n} (\ell, \sigma_\Gamma - s) ds = 1 \quad (3-a)$$

$$\int_0^{\sigma_\Gamma} \frac{\partial \phi_\varepsilon}{\partial n} (1; \sigma_\Gamma - s) ds - \psi_\ell(\sigma_\Gamma) ds = 0 \quad (3-b)$$

を得、これを解いて

$$\psi_\varepsilon(\sigma_\Gamma) = 1 + \sum_{m=1, r}^{\infty (*)} \int_0^\sigma \left(\frac{1}{2g^2}\right)^m (-1)^r F^{*7} \left(\frac{1}{2}\right)^\nu \frac{1}{\sqrt{2\pi}}$$

$$\times D_{2\nu} \left(\frac{2m(\ell - \varepsilon)}{g\sqrt{\sigma - u}}\right) \left(\frac{1}{\sigma - u}\right)^{\nu+1} \exp \left[ \frac{(\ell + \varepsilon)^2}{g^2(\sigma - u)} \right] du \quad (4-a)$$

$$\psi_\ell(\sigma_\Gamma) = \sum_{m=0, r}^{\infty (*)} \left(\frac{1}{2g^2}\right)^{m+\frac{1}{2}} (-1)^r F^{*7} \left(\frac{1}{2}\right)^\nu \frac{1}{\sqrt{2\pi}} D_{2\nu}$$

$$\times \left(\frac{(2m+1)(\ell - \varepsilon)}{g\sqrt{\sigma - u}}\right) \left(\frac{1}{\sigma - u}\right)^{\nu+1} \exp \left[ \frac{(2m+1)^2(\ell - \varepsilon)^2}{4g^2(\sigma - u)} \right] du \quad (4-b)$$

を得る。ただし  $D(\ )$  は Weber 関数、 $\nu = -(\Gamma + 2\Gamma_1 + \Gamma_2 + \Gamma_3 + \Gamma_4 + \Gamma_5 + 1) / 2F^{*7}$  は既知の定数  $\Sigma^{(*)}$  は 7 重和を表わしている。

(4-a) 式および (4-b) 式の数値計算およびその結果を用いて評価汎関数としての  $\varphi$  を計算するプログラムが 図 1 および 図 2 に示めされている。

岡山理科大学情報処理センター

岡山市理大町1-1

TEL (0862) 52-3012(代)