NAL TM- 2

UDC 518.5

航空技術研究所資料

TM－2

航空技術研究所計数型電子計算機設備
プログラムライブラリー
I

樋口一雄・戸川隼人・三好　甫・高橋利之
能美　力・板垣芳雄・鳥海良三・佐藤保子

1962 年 2 月

航　空　技　術　研　究　所

航空技術研究所計数型電子計算機設備 プログラムライブラリー

I

樋口一雄・戸川隼人・三好　甫・高橋利之
能美　力・板垣芳雄・鳥海良三・佐藤保子

まえがき

この資料は当所の電子計算機設備データトロン205のライブラリー・プログラムの使用法を要約したものである。主として電子計算機を実際に使用する人のために作られたものであるが，そうでない人が読んでも電子計算機の計算能力とか計算所要時間，精度などについてある程度のまとまった知識を得ることができよう。

編集の方針としては中級以上のプログラマーに便利なように，ライブラリー・プログラムを使う上で必要となる事項をできるだけ見やすい形で簡潔に表現するように留意した。もっと初歩的な問題，たとえばサブルーチンの前後のプログラムの書きかた，データーテープの作り方，使用例などについては先に刊行したテキスト「電子計算機使用法」に詳しく述べてあるから参照していただきたい。

ページ数があまり多くならないように，そして手軽に携帯でき，必要な項目がすぐ見つけ出せるようという点にもわれわれは注意を払った。この意味から，本資料では非常に特殊な分野だけに使用されるプログラムおよび固定小数点方式で計算されるプログラムの大部分は採録しなかった。また，同じ理由から数値計算法的な内容は説明せず，参考文献をあげるにとどめた。この詳細についてはいつか別の資料として発表したいと思う。

ここに採録したプログラムの一部は米国のバローズ社から提供されたものである。当所ではこれを十分にチェックして安心して使用できるようにし，あるものについては当所の仕事に適するように改造した。また，これらの提供されたものではカバーできない分野の新しいプログラムを開発してライブラリーに加えた。しかし，航空関係の各種の高度な技術計算の要求にこたえるためにはまだまだ不十分であるから，今後もプログラムの開発を続け，ライブラリーを充実させてゆくつもりである。

なお，当所のライブラリー・プログラムの基礎は昨年転勤された小沢五郎技官に負うところが少なくない。同技官はライブラリーの担当者として，その整理，開発に力をつくされた。ブ

ログラムを利用する者一同より心からの感謝をおくる。

項 目 の 配 列

原則として一つのプログラムに関する事項は一ページにまとめた。項目の配列の順序はつぎのとおりである。

プログラムの番号
タイトル
小数点方式
サブルーチンの形式
所要スペース
機　能
計算法
使用法
停止条件
適用範囲
精　度
所要時間
製作者名，製作年月

この最後の項目は当所で開発されたものについてはその製作者名を，また，バローズ社から提供されたものに対しては原作者（原作者不明のものは記載された文献名）と当所の検査担当者の名を記した。使用上，わからない点があった場合には製作者または検査担当者に照会されたい。

プログラムの番号

当所ではプログラムをつぎのように分類して取り扱っている。（左側の英字はその項目の分類コードを示す。）

E　初等関数の値を求めるルーチン
F　特殊関数の値を求めるルーチン
A　代数方程式，非線型方程式の根を求めるルーチン
C　最小二乗法などで近似曲線を求めるルーチン
I　積分の値を計算するルーチン

L　マトリックスの演算，連立一次方程式，固有値問題等を扱うルーチン

P　偏微分方程式の数値解を求めるルーチン

Q　常微分方程式の数値解を求めるルーチン

R　オペレーションズ・リサーチに関するルーチン

S　統計的問題に関するルーチン

N　その他の数値計算に関するルーチン

(以上は計算のルーチン)

D　ディバッギングのためのルーチン

X　オートマティック・コーディングのアセンブラー，インタープリーター，コンパイラー等

Y　入出力に関するルーチン

各プログラムにはそれの所属する分類項目を表わす分類コードと，その項目内でのプログラムの番号（3桁）とからなるコードネームをつけてある。この番号は各項目ごとに，登録された順に 000 番からはじまる一連の番号をつけることになっている。ただし，固定小数点演算のプログラムは特に区別するために 900 番台の番号をつけてある。

本資料ではプログラムはコードネームに従って配列してある。すなわち，分類項目別に

E F A C I L P Q R S N D X Y

の順に配列し，各分類項目内ではプログラム番号順とした。ただし，固定小数点演算のプログラムは本資料に採録しなかったものがあるので番号が一部とんでいる所がある。

なお，オートマティック・コーディングのプログラムに関しては，すでに別個に使用説明書が作られており，その要点だけを記しても相当の紙数を必要とするので本資料では省略し，以下にそのタイトルだけをあげておくことにする。

X-000　DATACODE I

X-001　DATACODE II

X-002　CALTECH COMPILER

X-003　ALGOL '58 (paper tape version)

X-004　ALGOL '58 (magnetic tape version)

用語の説明

コンプリート・ルーチンとは他のプログラムと接続することを全く考慮しないで書かれたルーチンで，データーだけを入れてやれば結果のプリントまで全部やってくれるというようなプ

ログラムである。

クローズド・サブルーチンとはメインプログラムへのリンクオーダーをサブルーチンの内部で作るようになっているもので，当所では CUBR によるリンク方式だけを用いている。

オープン・サブルーチンとは上記以外のサブルーチンで，かつ演算終了後プログラムがイニシャライズされるものをいう。ただし，演算終了後のコントロールはサブルーチンのすぐ次のロケーションに移るのではなく，プログラムの中途に出口が作ってあって，あらかじめそこにリンクオーダーをセットして使うようになっている。この点がオープン・サブルーチンの一般の定義とは異なるから注意していただきたい。

トレランスとは許容誤差限界のことである。ただしこれは答えそのものの誤差範囲を指定することもあり，また繰返し計算の打切り条件を指定することもあるので，各プログラムのトレランスの定義をよく理解することが必要である。

当所のプログラミングの慣習ではサブルーチンでBレジスターを使用しても復元しないことになっている。したがって，サブルーチンを使ったら，Bレジスターの内容はかならず失われると考えてよい。特にBレジスターを復元したり，あるいは全く使用していないサブルーチンにはその旨を記しておいた。

記号の説明

WS　ワーキング・スペース

OF　オーバーフロー

rA　Aレジスター

rB　Bレジスター

rC　Cレジスター

rR　Rレジスター

L4　4000 ループ

L5　5000 ループ

L6　6000 ループ

L7　7000 ループ

$\mathcal{R}_e\, z$　zの実数部

$\mathcal{I}_m\, z$　zの虚数部

(n)　n番地の内容

n*　相対番地のn番

PCC　カードコンバーター

固定小数点で表現される数値の小数点の位置は多くの場合，ワードの左端または右端にある。ワードの左端に小数点がある（すなわち純小数の）場合は「左端小数点」，ワードの右端に小数点がある（すなわち整数の）場合は「右端小数点」または $n\times10^{-10}$ のように記してある。これは左端小数点が機械小数点としての正規のものだからそれを標準として 10^{-10} のスケーリングをしたという意味である。同様に $n\times10^{-2}$ は左から２桁目に小数点があることを示す。

目　　次

E-000

平　方　根

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0032*（相対番地）

rB は使っていない。

WS　L7

計算法　Newton の方法による。

使用法　データ　(rA)=x

開　始　CUBR 0000*

結　果　rA に出る。

停　止　0006*；$x<0$ なら OF

備　考　$x=1000000000$ なら STOP せず

$x=9909999999$ なら答出ず。

適用範囲　$10^{-50}<x<10^{50}$

精　度　8桁

所要時間　0.23 秒

(S. Shragowitz, 板垣, 36, 1)

E-001

e^x

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0109*（相対番地）

WS　L7

計算法　Hasting の近似式による。

文献［1］参照

使用法　データ　$(rA)=x$

開　始　CUBR 0000*

結　果　rA に出る。

停　止　0019*; $|x|>112.5$ なら OF

0078*; $|x|>110$ なら OF

適用範囲　$|x|\leqq 110$

精　度　7 桁

所要時間　0.4 秒

（S. Shragowitz, 板垣, 36, 1）

E-002

$\log x$, $\ln x$

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0068*（相対番地）

WS　L7

計算法 Hasting の近似式による。

文献［1］参照

使用法 データ　$(rA)=x$

開　始　$\log x$ を計算する場合 CUBR 0000*

$\ln x$ を計算する場合 CUBR 0004*

結　果　rA に出る。

停　止 0011*; $x=0$ なら STOP 0020,

0012*; $x<0$ なら OF

適用範囲 $0<x<10^{50}$

精　度 6桁

所要時間 0.25 秒

(S. Shragowitz, 板垣, 36, 1)

E-003

$\sin x$, $\cos x$

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0061*（相対番地）

計算法　Hasting の近似式による。

x の単位はラジアンとして計算される。

文献［1］参照

使用法　データ　$(rA)=x$

開　始　$\cos x$ を計算する場合 CUBR 0000*

$\sin x$ を計算する場合 CUBR 0001*

結　果　rA に出る。

適用範囲　$10^{-50}<|x|<10^{50}$

精　　度　5 桁

所要時間　0.25 秒

(S. Shragowitz, 板垣, 36, 1)

E-004

arctan x, arccot x

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0064*（相対番地）

WS　L7

計 算 法　Hasting の近似式による。

arctan の場合は　$-\frac{\pi}{2} \leqq y \leqq \frac{\pi}{2}$

arccot の場合は　$0 \leqq y \leqq \pi$

の間の値（ラジアン）が得られる。

文献［1］参照

使 用 法　データ　$(rA)=x$

開　始　arccot を計算する場合 CUBR 0000*

arctan を計算する場合 CUBR 0007*

結　果　rA に出る。

適用範囲　$10^{-50}<|x|<10^{50}$

精　　度　$|y|<1$　のとき　$|\varepsilon| \leqq 5\times10^{-8}$

$|y|>1$　のとき　$|\varepsilon| \leqq 2\times10^{-7}$

所要時間　0.25 秒

(S. Shragowitz, 板垣, 36, 1)

E-005

arcsin x, arccos x

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0085*（相対番地）

WS　L7

計算法　Hasting の近似式による。

得られる値は，arcsin の場合　$-\frac{\pi}{2} \leqq y \leqq \frac{\pi}{2}$

arccos の場合 $0 \leqq y \leqq \pi$ の値である。

単位はラジアン。

文献［1］参照

使用法　データ　(rA)$=x$

開　始　arcsin を計算する場合 CUBR 0000*

arccos を計算する場合 CUBR 0005*

結　果　rA=arcsin, arccos

停　止　0080*; $|x|>1$ なら OF

適用範囲　$-1 \leqq x \leqq 1$

精　度　$|\varepsilon| \leqq 10^{-6}$

所要時間　0.4 秒

(S. Shragowitz, 板垣, 36, 1)

E-007

x^y

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*~0121*（相対番地）

WS　L7

使用法　データ（rA）に x を置き，CUBR の次の番地に y を置く。

開　始　CUBR 0000*

結　果　rA に出る。

停　止　0008*; $x<0$ なら OF

備　考　このルーチンの精度は指数が大きくなるほど落ちる。したがって，たとえば 2^{30} を計算するより，4^{15} を計算する方が賢明である。

適用範囲　$x \geqq 0$,　$-51<y \log x<48$

精　度　5桁

所要時間　0.475 秒

(S. Shragowitz, 板垣, 36, 1)

E-008

10^x

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0063*（相対番地）

WS　L7

計 算 法　Hasting の近似式による。

文献［1］参照

使 用 法　データ　$(rA)=x$

開　始　CUBR 0000*

結　果　rA に出る。

停　　止　0005*; $|x| \geqq 48$ なら OF

適用範囲　$-48<x<48$

精　　度　7 桁

所要時間　0.2 秒

(S. Shragowitz, 板垣, 36, 1)

E-009

n 乗 根 $x^{1/n}$

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0091*（相対番地）

WS　L7

計 算 法　Newton-Raphson の iteration

$$y_{k+1}=\frac{1}{n}\left[(n-1)y_k+\frac{x}{y_k{}^{n-1}}\right]$$

文献［2］p. 480 参照

使 用 法　データ　x は rA に置き，n は CUBR の次の番地に入れておく。

開　始　CUBR 0000*

結　果　rA に出る。

停　　止　n が偶数で，x が負のとき（0089）*

STOP 7777

備　　考　n は整数でなければならない。浮動小数点で書く。

適用範囲　$2\leqq n$（整数）

式の上では $n<10^8$ なら計算可能。

精　　度　$n=2\sim5$ 程度ならば，7 桁まで正確。n が大になるとともに精度は落ちる。

所要時間　場合によるが，1 秒前後。

くり返しの各段階において $y_k{}^{n-1}$ を求めるため，n の違いによって異なる。

（板垣，36，11）

E-010

n 乗根 $x^{1/n}$

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース 0000*～0091*（相対番地）

WS L7

計算法 Newton-Raphson の iteration

$$y_{k+1}=\frac{1}{n}\left[(n-1)y_k-\frac{{y_k}^{n-1}}{x}\right]$$

文献［2］p. 480 参照

使用法 データ x は rA に置き，n は CUBR の次の番地に入れておく。

開　始　CUBR 0000*

結　果　rA に出る。

停　止 n が偶数で，x が負のとき 0089*

STOP 7777

備　考 n は整数でなければならない。浮動小数点で書く。

適用範囲 $2\leqq n$（整数）

式の上では，$n<10^8$ なら計算可能。

精　度 8 桁目で $\varepsilon\leqq 3$ $(n=2\sim5)$。

n が大になるとともに精度は落ちる。

所要時間 場合によるが，1 秒前後

くり返しの各段階において ${y_k}^{n+1}$ を求めるため。

（板垣，36，11）

階　乗　($N!$)

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0019*（相対番地）

rB は使わない。

WS　L7

使用法　データ　(rA)$=N$

開　始　CUBR 0000*

結　果　rA に出る。

適用範囲　$1<N\leqq 40$

精　度　$N\leqq 13$ では　8桁

$14\leqq N$ では　6～7 桁

所要時間　1データにつき平均 0.26 秒

（佐藤，36，12）

E-900

平　方　根

固定小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0025*（相対番地）

WS　L7

機　　能　$\sqrt{x}$ を求める。

計 算 法　Newton の方法による。

使 用 法　データ　(rA)$=x$（左端小数点）

開　始　CUBR 0020*

結　果　rA に出る。（左端小数点）

停　　止　0003*; $x<0$ なら (rC)=12 7000 (7005) で OF。

適用範囲　$0 \leqq x < 1$

精　　度　$|\varepsilon| \leqq 1 \times 10^{-10}$

所要時間　0.25 秒

（文献［12］，佐藤，36，12）

n 乗 根

固定小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*~0045*（相対番地）

WS　L6, L7

機　能　$\sqrt[n]{x}$ を求める。

計算法　Newton-Raphson の方法による。

使用法　データ　(rA)$=x$（左端小数点）

(rB)$=n$（右端小数点）

開　始　CUBR 0040*

結　果　rA に出る。（左端小数点）

停　止　0007*; $n=0$ なら (rC)=99 9999 (7008)

(rB)=9999 で Forbidden Combination Indicator が ON

0029*; $x<0$, $n=$(偶数) なら (rC)=73 7002 (6031) で OF

0032*; $x<0$, $n=$(偶数) なら (rC)=60 6038 (6034) で OF

適用範囲　$-1<x<1$, $n>0$

精　度　$|\varepsilon|\leqq 3\times 10^{-10}$

所要時間　0.49 秒

（文献 [12], 佐藤, 36, 12）

E-903

e^x

固定小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0045*（相対番地）

WS　L6, L7

計算法　$e^x=\sum_{p=0}^{4}\frac{\alpha_p}{\beta_p}$　ただし，$\begin{cases}\alpha_0=x, & \alpha_p=\dfrac{x^2}{4(4p^2-1)} \\ \beta_0=1-\dfrac{x}{2}, & \beta_p=1\end{cases}$

使用法　データ　(rA)$=x$（左端小数点）

開　始　CUBR 0040*

結　果　$e^x=Y\cdot 10^\sigma$ として

(rA)$=Y$（左端小数点），(rB)$=\sigma$

適用範囲　$-1<x<1$

精　　度　$|\varepsilon|\leqq 6\times 10^{-9}$

所要時間　0.21 秒

（文献［12］，佐藤，36，12）

E-906

$\log x$, $\ln x$

固定小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0099*（相対番地）

WS　L6, L7

計算法　連分数展開による。

使用法　データ　$(rA)=x$

開　始　$\log x$ のとき CUBR 0092*

$\ln x$ のとき CUBR 0090*

結　果　rA に出る。(左端小数点)

停　止　0065*; $x<0$ なら idle indicator が ON

$(rC)=08\ 0008\ (6066)$

適用範囲　$1\times10^{-10}\leqq x<1$

精　度　$|\varepsilon|\leqq 2\times10^{-9}(\log x)$

$|\varepsilon|\leqq 2\times10^{-8}(\ln x)$

所要時間　$\log x$ のとき 0.3 秒

$\ln x$ のとき 0.31 秒

（文献［12］，佐藤，36，12）

E-907

e^x, sinh x, cosh x

固定小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0113*（相対番地）

WS　L6, L7

計算法　連分数展開による。

使用法　データ　(rA)＝x（左端小数点）

開　始　e^x　のとき CUBR 0056*

sinh x のとき CUBR 0108*

cosh x のとき CUBR 0102*

結　果　結果を $y\times10^{-\sigma}$ とするとき

(rA)＝y（左端小数点）

(rB)＝0000 または 0001

適用範囲　$-1<x<1$

精　度　$|\varepsilon|\leqq2\cdot10^{-9}$

$x<0$ なる e^x に対しては $|\varepsilon|\leqq4\cdot10^{-10}$

所要時間　e^x　では 0.34 秒

sinh x では 0.385 秒

cosh x では 0.38 秒

（文献［12］，佐藤，36，12）

E-909

sin x, cos x

固定小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0056*（相対番地）

WS　L7

計 算 法　Hasting の近似式による。

文献［1］参照

使 用 法　データ　(rA)=X（左端小数点），$X=x\cdot10^{-1}$

開　始　sin x は CUBR 0003*

cos x は CUBR 0000*

結　果　rA に出る。（左端小数点）

適用範囲　$-2\pi\leqq x\leqq2\pi$

精　　度　$|\varepsilon|<10^{-8}$

所要時間　0.2 秒

（文献［12］，佐藤，36，12）

E-911

arcsin x

固定小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0053*（相対番地）

WS　L6, L7

計 算 法 Hasting の近似式による。

文献［1］参照

使 用 法 データ　(rA)$=x$（左端小数点）

開　始　CUBR 0047*

結　果　rA に出る。±|　|　|　|　|　|　|　|　|　|　|
△

適用範囲 $-1<x<1,\quad -\frac{\pi}{2}\leqq y\leqq\frac{\pi}{2}$

精　　度 $|\varepsilon|<5\times10^{-8}$

所要時間 0.41 秒

（文献［12］，佐藤，36，12）

E-913

$\tan x$

固定小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0045*（相対番地）

WS　L6, L7

計算法　$\tan x = \tan \frac{\pi\theta}{2}$

$$\cong \frac{a_0\theta}{1-\theta^2} + \frac{a_1\theta}{1-\frac{\theta^2}{9}} + \sum_{k=1}^{5} b_n \theta^{2k-1}$$

$$= \frac{a_0\theta}{\mu_0} + \frac{a_1\theta}{\mu_1} + P(\theta)$$

$$= f_0 + f_1 + P$$

使用法　データ　(rA)$=x$（ラジアン，左端小数点）

開　始　CUBR 0039*

結　果　rA に出る。（左端小数点）

停　止　$|x| \geqq \frac{\pi}{4}$ なら OF

(rC)=70 6035 (7014)

適用範囲　$-\frac{\pi}{4} < x < \frac{\pi}{4}$

精　度　$|\varepsilon| < 3 \times 10^{-10}$

所要時間　0.23 秒

（文献［12］，佐藤，36，12）

E-916

$\tan^{-1}\dfrac{y}{x}$

固定小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0049*

WS　L6, L7

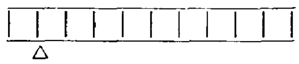
計 算 法　Hasting の近似式による。

文献［1］参照

使 用 法　データ　$(6000)=y$,　$(6001)=x$

開　始　CUBR 0000*

結　果　rA に出る。 ±



適用範囲　$0 \leqq \dfrac{y}{x} < 1$

精　　度　$|\varepsilon| < 4\times 10^{-8}$

所要時間　0.225 秒

（文献［12]，佐藤，36，12）

F-000

ガンマ関数

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0075*（相対番地）

WS　L7

機　能　$\Gamma(z)=\int_0^\infty e^{-t}t^{z-1}\,dt$

を求める。

計算法　$0<z<1$　のとき　$\Gamma(z)=\frac{1}{z}\Gamma(1+z)$

$1\leqq z\leqq 2$　のとき　$\Gamma(z)=\Gamma\{1+(z-1)\}$

$z>2$　のとき　$\Gamma(z)=(z-n)(z-n+1)\cdots\cdots(z+1)\Gamma(z-n)$　$(1\leqq z-n<2)$

$\Gamma(1+x)\fallingdotseq 1+a_1x+a_2x^2+a_3x^3+\cdots\cdots+a_8x^8$

文献［1］参照

使用法　データ　$(\mathrm{rA})=z$

開　始　CUBR 0000*

結　果　L7

停　止　$z=0$　なら　STOP 0020 (7002)

$z<0$　なら　STOP 7019 (7004) で OF

適用範囲　$0<z<41.15$

精　度　$|\varepsilon|<2.5\times10^{-7}$

(R. Collinge & H. Fox, 小沢, 36, 1)

F-001

第一種，第二種ベッセル関数

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース（相対番地）

プログラム　0000*～0347*

WS　0350*～0389*　L4, L5, L6, L7

機　能　$J_p(x)$, $Y_p(x)$ を求める。

計算法　$J_p(x)=\left(\dfrac{2}{\pi x}\right)^{1/2}[A\cos\theta+B\sin\theta]$

$$Y_p(x)=\left(\frac{2}{\pi x}\right)^{1/2}[A\sin\theta-B\sin\theta]$$

ただし，

$$\theta=x-\frac{p\pi}{2}-\frac{\pi}{4}$$

$$A=1+\sum_{r=1}^{\infty}\frac{(-1)^r(4p^2-1^2)(4p^2-3^2)\cdots\cdots(4p^2-(4r-3)^2)}{(2r-1)!\ (8x)^{2r-1}}$$

$$B=\sum_{r=1}^{\infty}\frac{(-1)^r(4p^2-1^2)(4p^2-3^2)\cdots\cdots(4p^2-(4r-3)^2)}{(2r-1)!\ (8x)^{2r-1}}$$

文献［3］参照

使用法　データ　(rA)$=x$

(6000)$=p$

開　始　CUBR 0000*

結　果　$(A)=(6000)=J_p(x)$

$(6005)=Y_p(x)$

停　止　$x=0$　のとき　STOP 7777

$x<0$ のとき STOP 1111

STOP 9669 OF

備　　考 xの大きい範囲でのみ精度が良い。

適用範囲 $x \gg p$, $x/p>2$.

精　　度 x と p の値で変わる。

$J_0(10)$ なら7桁。

何桁まで正しいかは，6010 番の上から2桁目に出る。

所要時間 (例) $J_0(10)$ の場合 2.6 秒

(A. Batson, 戸川, 36, 5)

F-002

ガウスの曲線

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0027*（相対番地）

WS　L7

機　　能　$f(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{1}{2}x^2}$ を求める。

計 算 法　Hasting の近似式による。

文献［1］参照

使 用 法　データ　(rA)$=x$

開　始　CUBR 0000*

結　果　rA に出る。

適用範囲　$-\infty<x<\infty$

精　　度　$|\varepsilon|<2.5\times10^{-4}$

所要時間　0.26 秒

（小沢，36，1）

F-003

第一種完全楕円積分

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0128*（相対番地）

WS　L7

機　能　$f(k)=\int_0^{\pi/2}\frac{d\varphi}{\sqrt{1-k^2\sin^2\varphi}}$ を求める。

計算法　Hasting の近似式による。

文献［1］参照

使用法　データ　(rA)=k

開　始　CUBR 0000*

結　果　rA に出る。

停　止　0007*; $k<0$ なら OF

0008*; $k\geqq 1$ なら OF

備　考　0060* より E-002 使用。

適用範囲　$0\leqq k<1$

精　度　$|\varepsilon|<2\times 10^{-8}$

所要時間　0.72 秒

（小沢，36，1）

F-004

第二種完全楕円積分

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0128*（相対番地）

WS　L7

機　能　$f(k)=\int_0^{\pi/2}\sqrt{1-k^2\sin^2\varphi}\,d\varphi$ を求める。

計 算 法　Hasting の近似式による。

文献［1］参照

使 用 法　データ　$(rA)=k$

開　始　CUBR 0000*

結　果　rA に出る。

停　止　0007*; $k<0$ なら OF

0008*; $k\geqq 1$ なら OF

備　考　0060* より E-002 使用

適用範囲　$0\leqq k<1$

精　度　$|\varepsilon|<2\times 10^{-8}$

所要時間　0.7 秒

（小沢，36，1）

F-005

確 率 積 分

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0031*（相対番地）

WS　L7

機　能　$f(x)=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^x e^{-x^2}dt$

計算法　Hasting の近似式による。

文献［1］参照

使用法　データ　(rA)＝x

開　始　CUBR 0000*

結　果　rA に出る。

停　止　0007*；$x<0$ なら OF

適用範囲　$0\leqq x<\infty$

精　度　$|\varepsilon|<3\times10^{-7}$

所要時間　0.34 秒

（小沢，36，1）

F-006

指 数 積 分

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*~0169*（相対番地）

WS　L7

機　能　$f(x)=\int_x^\infty \frac{e^{-t}}{t}dt$ を求める。

計算法　Hasting の近似式による。

文献［1］参照

使用法　データ　(rA)$=x$

開　始　CUBR 0000*

結　果　rA に出る。

停　止　0006*; $x<1$ なら OF

備　考　0060* より E-001 使用。

適用範囲　$1\leqq x<\infty$

精　度　$|\varepsilon|<1\times10^{-6}$

所要時間　0.91 秒

（小沢，36，1）

F-007

第一種変形ベッセル関数 I_0

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0250*（相対番地）

WS　L6, L7

計算法　$|x| \leqq 3.75;\ I_0(x)=\sum_{i=0}^{6} a_i\left(\frac{x}{3.75}\right)^{2i}$

$x>3.75\ ;\ I_0(x)x^{1/2}e^{-x}=\sum_{i=0}^{8} b_i\left(\frac{3.75}{x}\right)^{i}$

使用法　データ　(rA)$=x$

開　始　CUBR 0020*

結　果　rA に出る。

備　考　0100*～0132* に E-000, 0140*～0249* に E-001 が入っている。

適用範囲　$-3.75 \leqq x < \infty$

精　度　1×10^{-7}

所要時間　$|x| \leqq 3.75$　0.5 秒

$x>3.75$　1.5 秒

（三好, 36, 12）

F-008

第一種変形ベッセル関数 I_1

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0250*（相対番地）

WS　L6, L7

計算法　$|x| \leqq 3.75;\ I_1(x)/x = \sum_{i=0}^{6} a_i \left(\frac{x}{3.75}\right)^{2i}$

$x > 3.75\ ;\ I_1(x) \cdot x^{1/2} e^{-x} = \sum_{i=0}^{8} b_i \left(\frac{3.75}{x}\right)^{i}$

使用法　データ　(rA)$=x$

開　始　CUBR 0020*

結　果　rA に出る。

備　考　0100*～0132* に E-000 を使用。

0140*～0249* に E-001 を使用。

適用範囲　$-3.75 \leqq x < \infty$

精　度　1×10^{-7}

所要時間　$|x| \leqq 3.75$ のとき 0.5 秒

$x > 3.75$　のとき 1.5 秒

（三好, 36, 12）

F-009

第二種変形ベッセル関数 k_0

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0444*（相対番地）

WS　L6, L7

計算法　$0<x\leqq 2$ のとき

$$k_0(x)+I_n\left(\frac{x}{2}\right)I_0(x)=\sum_{i=0}^{6}a_i\left(\frac{x}{2}\right)^i$$

$2\leqq x<\infty$ のとき

$$k_0(x)e^x x^{1/2}=\sum_{i=0}^{6}a_i\left(\frac{2}{x}\right)^i$$

使用法　データ　(rA)$=x$

開　始　CUBR 0020*

結　果　rA に出る。

備　考　0360*～0426*　に　E-002

0200*～0232*　に　E-000

0240*～0350*　に　E-001　が入っている。

適用範囲　$0<x<\infty$

精　度　1×10^{-6}

所要時間　$0<x<2$　のとき 3～2.5 秒

$2\leqq x<\infty$ のとき 2 秒

（三好，36，12）

F-010

第二種変形ベッセル関数 k_1

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0445*（相対番地）

WS　L6, L7

計算法　$0<x\leqq 2$ のとき

$$\left\{k_1(x)-I_n\left(\frac{x}{2}\right)I_1(x)\right\}x=\sum_{i=0}^{6}a_i\left(\frac{x}{2}\right)^{2i}$$

$2\leqq x<\infty$ のとき

$$k_1(x)e^x x^{1/2}=\sum_{i=0}^{6}a_i\left(\frac{x}{2}\right)^{2i}$$

使用法　データ　(rA)$=x$

開　始　CUBR 0020*

結　果　rA に出る。

備　考　0360*～0426*　に　E-002

0200*～0232*　に　E-000

0240*～0350*　に　E-001　が入っている。

適用範囲　$0<x<\infty$

精　度　1×10^{-6}

所要時間　$0<x<2$　のとき　2.5～3 秒

$2\leqq x<\infty$ のとき　2 秒

（三好, 36, 12）

A-000

代数方程式の根

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0325*（相対番地）

WS　0326*～0499*，L4, L5, L6, L7

機　能　このプログラムは，最高次の係数が1であるような偶数次の代数方程式

$$x^n+a_1x^{n-1}+a_2x^{n-2}+\cdots\cdots+a_{n-1}x+a_n=0$$

のすべての根（実根，複素根とも）を計算する。

計算法　Bairstow の方法。

文献［2］参照

使用法　奇数次の方程式を解きたい場合は，両辺に x を掛けて偶数次にしてから，このプログラムを使用する。

係数 $a_1, a_2, \cdots\cdots, a_n$ の絶対値は，いずれも20より小でなければいけない。また，そのうち少なくとも一つは，0.1 より大でなければいけない。原式がこの条件を満足していない場合は変数変換によってスケーリングしなければいけない。

文献［5］参照

データは次のように入れておく。

$(4980)=a_1$

$(4981)=a_2$

・

・

・

$(4999)=a_{20}$　a_n まで入れればよい。

$(5000)=a_{21}$

$(5001)=a_{22}$

・

・

・

$(5019)=a_{40}$

$(6018)=n\times10^{-10}$ (固定小数点)

$(6019)=T$ (浮動小数点)

ただし, T は因子分解のときの許容剰余限界で, 普通の場合 10^{-4} 程度にすればよい。

開　始　CUBR 0033*

結　果　ドラムにストアされ, 同時にフレキソライターでプリントされる。

計算された n 個の根を

u_1+v_1i

u_2+v_2i

・　　　　(実根の場合は $v_i=0$)

・

・

u_n+v_ni

とすれば, プリント・フォームは,

u_1	v_1
u_2	v_2
・	・
・	・
・	・
u_n	v_n

ドラムのストア形式は,

$(0340^*)=u_1$,　$(0341^*)=v_1$

$(0342^*)=u_2$,　$(0343^*)=v_2$

・　　　・

・　・

・　・

である。

停　　止　オーバーフローで停止した場合には，クリア・ボタンを押し，CUB 0209* で再開させてやるとよい。

適用範囲　$n \leqq 40$

精　　度　ケースによって異なる。T を小さくすれば精度がよくなる。しかし，T を小さくし過ぎると iteration が終らなくなってしまう。

所要時間　n, T，係数の値等により異なる。普通１分ないし５分。

(H. Fox & J. N. Franklin, 戸川, 35, 9)

A-001

複素係数二次方程式の求根

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0172*（相対番地）

WS　L4, L5, L7

機　能　複素係数二次方程式

$$Az^2+Bz+C=0$$

の2根 α, β を計算する。

計算法　二次方程式の根の公式による。

使用法　データ　$(4000)=\mathcal{R}_e A$,　$(4001)=\mathcal{I}_m A$

$(4002)=\mathcal{R}_e B$,　$(4003)=\mathcal{I}_m B$

$(4004)=\mathcal{R}_e C$,　$(4005)=\mathcal{I}_m C$

に入れる。

開　始　CUBR 0000*

結　果　$(4006)=\mathcal{R}_e \alpha$,　$(4007)=\mathcal{I}_m \alpha$

$(4008)=\mathcal{R}_e \beta$,　$(4009)=\mathcal{I}_m \beta$

に出る。

備　考　L4は，4000～4009のみ，

L5は，5000，5001のみを使用。

適用範囲　$10^{-51} \leqq |A, B, C$ の実部，虚部$| < 10^{49}$

精　度　8桁

所要時間　1.5秒

（高橋，36，11）

A-002

$f(x)=0$ の実根

浮動小数点

コンプリート・ルーチン

所要スペース　0000*～0034*（相対番地）

WS　6004～6006 L7,（rB は使っていない）

計算法 かん詰決定法による。

$x=a$ から，最初きざみ h_1 で $f(x)$ を求めてゆき，符号の変ったところで，1桁小さいぎざみで同じ計算を行ない，以下最終のきざみ h_2 で計算して，根を出す。

区間 $\langle a,b\rangle$ の実根が，$f(x)$ のプログラムの精度で得られる。

使用法 データ　(6000)$=a$

(6001)$=b$

(6002)$=h_1$

(6003)$=h_2$

補助ルーチン　x から $f(x)$ を求める補助ルーチンを 0040* よりストアする。

(rA)$=x$ とし，$f(x)$ のルーチンのリンクは，CUBR 0040* となっている。補助ルーチンからのリターンは CU 命令とし，$f(x)$ は rA に出すようにする。

開　始　CU 0000*

結　果　フレキンライターでプリントされる。

備　考 $f(x)$ は，x からその値が求められるような関数なら，どんなものでもよい。h_1 が大き過ぎて，2根の距離が小さいとき，ともに求まらぬ場合もある。

h_1, h_2 は，$h\times10^n$（h は h_1, h_2 に共通）で表わされる数値でなければならない。

精　度 $f(x)$ を求めるプログラムの精度と，h_2 による。$f(x)$ が多項式の場合は，8桁はほぼ確実。

A-002

所要時間 類似のいわゆる補間法による求根よりは，a, b の指定によっては，より時間がかかるようである。

（板垣，36，7）

A-003

$\begin{cases} f(x,y)=0 \\ g(x,y)=0 \end{cases}$ の実根

浮動小数点

オープン・サブルーチン

所要スペース　0000*~0098*（相対番地）

WS　6008, 6009, 6016, 6017, L7,（rB は使っていない）

計算法　かん詰決定法による。

x の値を，指定された範囲を指定されたきざみで変え，それに対する f, g の根 y が等しくなるところを探す。

使用法　データ

$(6000)=a$

$(6001)=b$

$(6002)=h_1$

$(6003)=h_2$

$(6004)=a'$

$(6005)=b'$

$(6006)=h_1'$

$(6007)=h_2'$

補助ルーチン　$f(x,y)$ を求めるものと，$g(x,y)$ を求めるものと二つの補助ルーチンが必要である。いずれも x は 6008，y は 6009 にあるものとして計算し，結果は rA に出すようにする。$f(x,y)$ のルーチンのリンクは CUBR 0100*，$g(x,y)$ へのリンクは CUBR 0300* となっている。

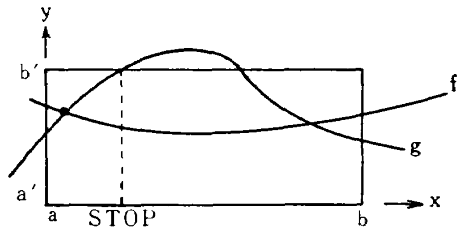
補助ルーチンからのリターンは，CU 命令とする。

開　始　CUB(CU) 0000*

結　果　フレキソライターでプリントされる。

備　考　$h_1, h_2(h_1', h_2')$ は，$h(h')\times 10^n$（h は h_1, h_2 に共通）で表わされる数値。

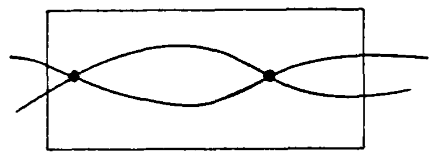
A-003

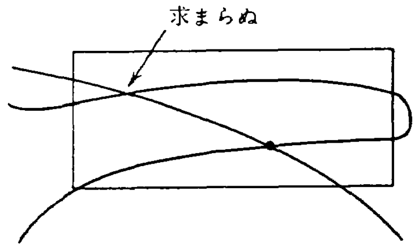


曲線は $a \leqq x \leqq b$ の範囲では，$a' \leqq y \leqq b'$ の中に含まれていなければならない。

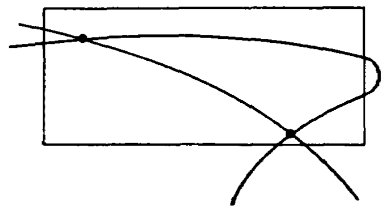
そうでないと，STOP 1111。

そのときは，$a' \sim b'$ の巾を大きくとるか，x, y を入れかえることによって求まる可能性もある。





$a \leqq x \leqq b$ なる x に対して，もし式を満足する y が 2 つ以上ある場合は，a' に近い方だけが求まる。そのときは，a' を適当に変えることによって求まる可能性もある。



計算時間が非常にかかるので，最初は 1 桁の精度で求めるなりして評価しておき，だんだん精度を上げてゆく方が良い。

精　　度　h_2, h_2' で指定。

所要時間　h_i の指定によって異なる。

（板垣，36，8）

A-004

複素係数代数方程式の求根

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0160*～0591*(相対番地)

WS　0000*～0159*,　L4, L5, L6, L7

計算法 Lehmer の解法による。

文献 [4] 参照

機　能 複素係数の代数方程式

$$\alpha_0 z^n + \alpha_1 z^{n-1} + \cdots\cdots + \alpha_n = 0$$

のすべての根を求める。

使用法 データ　$(6000) = n \times 10^{-10}$ (n は次数)

$(6001) =$ tolerance (浮動小数点)

係数 $\alpha_k = a_k' + a_k'' \cdot i$ を

$$(4000+k) = a_k'$$

$$(5000+k) = a_k''$$

と入れる。

開　始　CUBR 0160*

結　果　$z_k = x_k + i \cdot y_k$ を

$$x_k = (0080^* + k)$$

$$y_k = (0100^* + k)$$

にストアし，次のようにプリントする。

x_{n-1}	y_{n-1}
x_{n-2}	y_{n-2}
·	·
·	·

A-004

x_0 y_0

備　　考 プリントの必要のないときは，スキップスイッチを ON にする。

適用範囲 $n \leqq 19$

精　　度 $|f(z_i)| \leqq |\alpha_0| \tau$,

τ は，tolerance で，0.0001 のとき 5 桁。

所要時間 3 次で 3 分。4 次で 9 分。

5 次で 20 分。7 次で 40 分。

（鳥海，36，9）

A-005

$f(x)=0$ の実根

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0239*（相対番地）

WS　L4, L5, L6, L7

計算法　二次補間による。

文献［10］参照

使用法　補助ルーチン　x の値から $f(x)$ を計算する補助ルーチンを 0240* から書く。補助ルーチンには CUBR 0240* で入り，そのとき rA に x が入っている。これを用いて $f(x)$ を計算し，その結果をrA に置いて，CU で帰るようにする。

開　始　第一近似値 x_0 を rA に置いて CUBR 0000* で入る。x_0 は0であってはいけない。

結　果　rA に出る。

停　止　実根がない場合は，STOP 0169 で停止する。この場合，ステップボタンを二回押せば極小点の x の値が rA に現れる。

備　考　補助ルーチンは，一時的に rB, L4, L5, L6 を使ってもよい。ただし，次回までは保存されない。

また，このプログラムはスキップ・スイッチを使っている。ON にすると計算中の中間結果がライン・プリンターでプリントされる。

精　度　4桁（さらに高精度を必要とする場合は，0138* に許容誤差限界を入れればよい）。

所要時間　一回の近似進行に，約 350 ms＋(補助ルーチンの一回の時間)

（戸川，36，10）

C-000

最小自乗法による曲線のあてはめ

浮動小数点

コンプリート・ルーチン

所要スペース　0000～1478（絶対番地）

データ，WS　L4, L5, L6, L7

その他，全メモリー

計算法　$(X_1, X_2, \cdots\cdots, X_m)$ と Y との間に，一次関係

$$\sum_{j=1}^{m} a_j X_j = Y + V \quad (V \text{ は誤差}) \tag{1}$$

を仮定する。$(X_1, X_2, \cdots\cdots, X_m)$ の n 個の実現値

$$(x_{i1}, \cdots\cdots, x_{im}), \quad (i=1, \cdots\cdots, n)$$

に対し $y_i (i=1, \cdots\cdots, n)$ が得られた時，誤差 v_i として，(1) は

$$\sum_{j=1}^{m} a_j x_{ij} = y_i + v_i \quad (i=1, \cdots\cdots, n) \tag{2}$$

バローズのスペシィフィケーションおよびプログラムに合わせるため，x_{ij} を a_{ij}，a_j を x_j，y_i を l_i とおくと，(2) は

$$\sum_{j=1}^{m} a_{ij} x_j = l_i + v_i \quad (i=1, \cdots\cdots, n) \tag{3}$$

$A=(a_{ij})$，$X=(x_j)$；$L=(l_i)$，$V=(v_i)$，ただし X は $m\times1$，L, V は $n\times1$ とすると，(3) は

$$AX = L + V \tag{4}$$

v_i の分散に逆比例する重み p_i および $P=(p_{ij})$，$p_{ij}=p_i\delta_{ij}$ を考えて，

$$\sum_{i=1}^{n} p_i v_i^2 = V'PV \tag{5}$$

が最小になるように，X を決定する。

(5) を最小にするには，正規方程式

$$A'PAX = A'PL \tag{6}$$

を解けばよく，$B=A'PA$ とおくと

$$X = B^{-1}A'PL \tag{7}$$

$$V'PV = L'PL - X'A'PL \tag{8}$$

となる。また，重み1の l_i の平均誤差の推定値は，

$$S = (V'PV/n-m)^{1/2} \tag{9}$$

x_j の標準偏差の推定値は

$$S(x_j) = [(B^{-1})_{jj}]^{1/2}S \tag{10}$$

である。

計算された B^{-1} を R_1 として，それに対する error matrix を E_1 とする。

$$E_1 = R_1B - I \text{ (定義)},\ I \text{ は単位行列}$$

$$B^{-1} = (I+E_1)^{-1}R_1 \approx (I-E_1)R_1 \equiv R_2$$

そこで，

$$R_{i+1} = R_i - E_iR_i$$

によって B^{-1} を改善してゆく。

結　果　結果のプリントアウトは Part 1, Part 2 からなる。しかし，Part 2 をするかしないかは任意である。Part 1 は short プリントアウトと long プリントアウトにわかれる。

short の場合はスキップスイッチ ON, long の場合は OFF

プリントアウト，Part 1

(i) short (スキップスイッチ ON)

X，標示記号 M.04，未知係数，

$L'PL$，標示記号 $l'pl$，l_i の重みをつけた平方和，

$V'PV$，標示記号 $v'pv$，v_i の重みをつけた平方和，

S，重み 1 の l_i の平均誤差の推定値

$S(x_j)$，標示記号 sdx，x_j の標準偏差の推定値

(ii) long (スキップスイッチ OFF)

short の全てと次のもの

B，標示記号 M.03，正規方程式の左辺の matrix

$A'PL$，標示記号 M.05，右辺，

$BX-A'PL$，標示記号 M.00，計算された X を正規方程式に代入したと

きの誤差

B^{-1}, 標示記号 M.02, B の逆行列。

プリントアウト Part 2 (任意)

v_i, 標示記号なし, 20 ケごとに改行を入れる

$V'PV$, 標示記号 $v'pv$, dir, Part 2 で得られた V から直接計算されたもの

diff, 上の $V'PV$ と Part 1 で方程式 (8) から得られたもととの差。

使用法 データ　Initial Section

(1) $(m-1)\times 10^{-10}=(1521)$

(2) $n-m=(1524)$; 浮動小数点

(3) 次に 6 CU 1530 を入れ, ブランクを入れる。

(4) a. $P=I$ のときは 6 CU 1530 を 6 CU 1533 に代える。

b. 入力データに対するサムチェックをサプレスしたいときは 6 CU 1530 を 6 CU 1534 に代える。(P は I でも I でなくてもよい)

方程式 (3) を 20 個ずつ (最後以外) のグループごとに列別に入れる。

$a_{11}=(3600)$

$a_{21}=(3601)$

.

.

.

$a_{12}=(3620)$

$a_{22}=(3621)$

.

.

.　　3600～3999 (maximum)

$l_1=(3000)$

$l_2=(3001)$

・

・

・　　3000～3019 (maximum)

$p_1=(1560)$

$p_2=(1561)$

・

・

・　　1560～1579 (maximum)

$P=I$ のときは 1560～～1579 は何も入れないでよい。

入力データのサムチェックをしたいときは，そのグループの各マトリックスあるいはベクターの全ての和（浮動小数点を固定小数点と考えて加え，オーバーフローしたものは無視する）を次のように入れる。

(1527)$=L$ の 20 行の全ての和,

(1528)$=A$ の 20 行の全ての和,

(1529)$=P$ の 20 行の全ての和,

$P=I$ のときは，(1529) には何も入れなくてよい。

次に 6 CU 1531 とブランクを入れる。

各グループについてこの形式をとり，最後のグループの方程式の数 n' が $n'<20$ のときは，$(n'-1)\times10^{-10}$ を 1520 にストアする。そしてその次に 6 CU 1531 とブランクを入れる。

B^{-1} の改善を 1 回以上行ないたいときは，改善の回数 $(i-1)$ で $(i-2)\times10^{-10}$ を 1523 にストアし 6 CU 1532 を入れて Data section は終る。1 回の改善は自動的であり，それでよいときは 1523 には何も入れないでよい。

操作法 コントロールスイッチ

ブレークポイント; OFF

出力; フレキソライターまたは高速テープパンチ（長いプログラムに対し）

スキップスイッチ; ON (short print out), OFF (long print out)

C-000

フレキソライター; Grouping and Counter OFF

1. プログラムを読み込む。
2. サムチェックののちストップ 1234 でストップ。
3. データテープを読み込む。
4. 各グループのサムチェックがなされ
   (i) 成功のとき計算に進む
   (ii) 失敗のとき STOP 5555 で停止
5. Part 1 のプリントアウトののち STOP 2124 で停止。
6. Part 2 を始めるにはデータテープを新たにオプティカルリーダにおき
7. 6 CUB 0174 をキーボードより入れて開始
8. PTR 3600 で停止したらデータテープを読み込む。
9. Part 2 の終りは STOP 0000 で停止。
10. 重み，サムチェックに関して同じ選択をするなら，Part 1 の short あるいは long プリントアウトあるいは Part 2 のいずれの後でも次の問題に移ることができる。

    それには 6 CUB 0000 をキーボードから入れ，STOP 1234 で停止したら新しいデータを読み込む。

適用範囲 (1) $m \leqq 20$
(2) $n > m$

備　考 プログラムを修正して，AおよびBを Part 2 でプリントするようにできる。

Aをプリントするには，0187 に CUBR 1020 をストアする。

Lをプリントするには，0206 に PTW 0510 を，0209 に PTW 0810 をストアする。

方程式 (3) の各グループに対し，A の 20 行を matrix 7 としてプリントし，L も出すときは，その次に l_i, v_i を一行として 20 行をプリントする。

(D. W. Smith, 鳥海, 36, 1)

C-001

最小自乗法による曲面の2次元多項式近似

浮動小数点方式

コンプリート・ルーチン

所要スペース（絶対番地）

プログラム	0000～0459, 0700～0799, 2000～2248
WS	0800～1119, 1800～1999, 2320～3999,
	L4, L5, L6, L7,
データー	1200～1799, 2300～2319

計 算 法

$$f(M, T)=\sum_{i=0}^{t}\sum_{j=0}^{m}A_{ij}M^jT^i \quad \text{として}$$

$$\sum_{k=1}^{n}[H_k-f(M_k, T_k)]^2=\sum_{k=1}^{n}\epsilon_k^2$$

が最小になるように $A_{ij}(i=0, \cdots\cdots, t;\ j=0, \cdots\cdots, m)$ を決定する。ここに，H は従属変数，M, T は独立変数，n は (H_k, M_k, T_k) の数である。

すなわち，$\displaystyle\sum_{k=1}^{n}M_k^j\,T_k^i f(M_k, T_k)=\sum_{k=1}^{n}H_k\,M_k^j\,T_k^i$

$$(i=0, \cdots\cdots, t;\ j=0, \cdots\cdots, m)$$

を L-000 によって解く。

使 用 法 データ $(1200)=H_1$

$(1201)=H_2$

・

・

・

$(1400)=T_1$

$(1401)=T_2$

・

・

・

C-001

$(1600)=M_1$

$(1601)=M_2$

.

.

.

$(2300)=(m+1)(t+1)\times 10^{-10}$

$(2301)=+0$

$(2302)=n\times 10^{-10}$

$(2303)=m\times 10^{-10}$

$(2304)=t\times 10^{-10}$

$(2305)=2m\times 10^{-10}$

$(2306)=2t\times 10^{-10}$

$$(2307)=\begin{cases}20 & ((m+1)(t+1)\leqq 20)\\ 40 & ((m+1)(t+1)>20)\end{cases}$$

$(2308)=(m+1)\times 10^{-10}$

開　始　CUB 2000

結　果　ドラムにストアされ，同時にフレキソライターでプリントされる。

プリント形式は，

A_{00}

A_{01}

.　　$A_{00}+A_{01}M+\cdots\cdots A_{0m}M^m$

.

.

A_{0m}

A_{10}

A_{11}

.　　$(A_{10}+A_{11}M+\cdots\cdots+A_{1m}M^m)T$

.

.

$$\begin{array}{l} A_{1m} \\ \circ \\ \circ \\ \circ \\ \left.\begin{array}{l} A_{t0} \\ A_{t1} \\ \circ \\ \circ \\ \circ \\ A_{tm} \end{array}\right\} (A_{t0}+A_{t1}M+\cdots\cdots+A_{tm}M^m)T^t \end{array}$$

最後に　$\sum_k \epsilon_k{}^2$

スキップスイッチがオフのときは，さらに

$$H \quad T \quad M \quad f(M,T) \quad H-f(M,T)$$

を $n\times 5$ 行列のようにラインプリンターに出す。

ドラムのストア形式は（ただし，第5列はフイックスで引く）

$$(2260)=A_{00}$$
$$(2261)=A_{01}$$
$$\circ$$
$$\circ$$
$$\circ$$

順序はプリント形式と同じである。

適用範囲　$n\leqq 200$，$(m+1)(t+1)\leqq 40$

精　　度　結果がプリントされて，(rC)＝08 2012 でストップしたときは，H_k の代りに ϵ_k が 1200 から入っている。そこで計算を再開すれば精度を改善することができる。その際得られるものは，ϵ_k に対する係数を $\varDelta A_{ij}$ とし，$\varDelta A_{ij}$ に対する $f(M,T)$ を $\varDelta f(M,T)$ とすれば，

$$A_{ij}+\varDelta A_{ij}$$

C-001

$$\sum_{k=1}^{n}(H_k-f(M_k,T_k)-\Delta f(M_k,T_k))^2 \quad 及び$$

$$f(M,T)+\Delta f(M,T)$$

であり，H, T, M は元のものである。

オペレーション

1. スキップスイッチをオフにするときは，ワード/カード・アウトを5にセットする。
2. L-000 を 0000 番より読み込む。
3. C-001 を読み込む。(rC)=08 2000 でストップ。
4. データテープを読み込む。(rC)=08 2000 でストップ。
5. コンティニュアスボタンを押すと，(rC)=08 2012 でストップ。
6. コンティニュアスボタンを押す。
7. プリントを終ると (rC)=08 2012 でストップ。
8. 精度を改善するには，さらにコンティニュアスを押す。

所要時間 $m=t=3$, $n=200$ のとき 15 分

(L. Houle, 鳥海, 36, 12)

不等間隔に分布したデータ・ポイントに関する直交多項式系を用いた最小自乗近似

浮動小数点

コンプリート・ルーチン

所要スペース　0000*～0499*（相対番地）

WS　(2M+60)*,　L4, L5, L6, L7

機　能　　$P_k=\sum_{i=1}^{k}\gamma_i x^i,\ \sum_{\mu=1}^{M}\{P_k(x_\mu)-y_\mu)\}^2=Min$

なるような直交多項式系 P_k を見いだす。

使用法　データ　(6000)$=k\times10^{-10}$　　k; 多項式の次数（$\leqq$19）

(6001)$=M\times10^{-10}$　M; データの数

$0\leqq M\leqq 860,\ k+2<M$

$B=[M/20]\quad ;\ M\equiv0 \bmod 20$

$\quad [M/20]+1\ ;\ M\not\equiv0 \bmod 20$

とし，プログラムの STORE される最初のロケーションを（bbbb）とすると，

(bbbb+500)～(bbbb+500+20B−1),　X

(bbbb+500+20B)～(bbbb+500+40B−1),　Y

のようにデータが入る。

データーテープは次のように作る。

7　　CUB　　0040

x_1

x_2

・

・

・

C-002

x_M

CUB　0000

（ブラン・テープ，30 cm）

y_1

y_2

・

・

・

y_M

7　CUB　0000

rB を bbbb に set しプログラムを読ませる。

レジスターをクリアし rB を bbbb に set しデータテープを読ませると計算が始まる。

結　果　1. 多項式の係数 γ_i

2. x_μ　y_μ　y_μ の計算値 y_μ'　$y_\mu - y_\mu'$

3. $$\frac{\sum_{\mu=1}^{M}\{P_k(x_\mu)-y_\mu\}^2}{\sum_{\mu=1}^{M} y_\mu^2}$$

が print される（フレクソライター）。

停　止	(0044)*	$k>19$	rC=08 1111
	(0052)*	$k+2>M$	rC=08 2222
	(0060)*	$M=0$	rC=08 3333
	(0082)*	bbbb+500+80B+60>4000	rC=08 4444

(S. Wersan, 三好, 36, 1)

I-000

$f(x)$ の積分

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0090*（相対番地）

データ　0100*～（使用法参照）

WS　L5, L6, L7

（L5, はプリンリトのときのみ）

機　能　$\int_0^0 f\,dx,\ \int_0^h f\,dx,\ \int_0^{2h} f\,dx, \cdots\cdots \int_0^{nh} f\,dx$ を求める。

計算法　Simpson の公式による。

使用法　データ　$(0100)^* = (n-3)\times 10^{-10}$

$(0101)^* = h$

$$\left.\begin{array}{l}(0102)^* = \\ (0103)^* = \\ \quad\circ \\ \quad\circ \\ \quad\circ \\ (0116)^* = \end{array}\right\}\ \text{ワーキングスペース}$$

$(0200)^* = f_0$

$(0201)^* = f_1$

・

・

・

$(0200+n)^* = f_n$

開　始　CUBR 0000*

I-000

結　果　次のようにストアし，プリントする。

$$(0600)^* = \int_0^0 f\,dx$$

$$(0601)^* = \int_0^h f\,dx$$

$$(0602)^* = \int_0^{2h} f\,dx$$

$$\cdot$$

$$\cdot$$

$$\cdot$$

$$(0600+n)^* = \int_0^{nh} f\,dx$$

備　　考　プリントする必要がないならば，

(0060)*=2 0000 30 0072　を

2 0000 30 0090　にする。

適用範囲　$n \leqq 399$

精　　度　$0(h^5 f^{(4)}(\xi))$

（小沢，36，1）

L-000

連立一次方程式

浮動小数点

コンプリート・ルーチン

所要スペース　0000～0788（絶対番地）

WS　L4, L5, L6, L7

機　能　n次行列 A，$n \times N$ 行列 B が与えらたとき，連立方程式 $AX=B$ を消去法によって解く。特に $B=I$ とすれば，$X=A^{-1}$ となり，逆行列を求めるのにも使える。

計算法　ジョルダン対角化法による。

使用法　データ　$A=(a_{ij})$，$B=(b_{ij})$ とするとき，

$$
\left\{
\begin{array}{ll}
a_{i1}: & (P) \sim (P+(n-1)) \\
a_{i2}: & (P+S) \sim (P+S+(n-1)) \\
\cdot & \cdot \\
\cdot & \cdot \\
\cdot & \cdot \\
a_{in}: & (P+S(n-1)) \sim (P+S(n-1)+(n-1))
\end{array}
\right.
$$

$$
\left\{
\begin{array}{ll}
b_{i1}: & (Q) \sim (Q+(n-1)) \\
b_{i2}: & (Q+S) \sim (Q+S+(n-1)) \\
\cdot & \cdot \\
\cdot & \cdot \\
\cdot & \cdot \\
b_{iN}: & (Q+S(N-1)) \sim (Q+S(N-1)+(n-1))
\end{array}
\right.
$$

$(6000)=(n-1)\times 10^{-10}$

$(6001)=(N-1)\times 10^{-10}$

$(6017)=P\times 10^{-10}$

$(6018)=Q\times 10^{-10}$

L-000

$(6019) = R \times 10^{-10}$

P, Q, R は，フリー・スペースの中で（相互の制限を除いて）自由に選べる。ここに，P は a_{11} のアドレス，Q は b_{11} のアドレス，R は $X=(x_{ij})$ とするとき，x_{11} のアドレスを表わす。また，S はデータとして与える必要がなく，次のようにプログラム上ですでに与えてある。

$$S = \begin{cases} 20 & (n \leqq 20) \\ 40 & (20 < n \leqq 40) \\ 60 & (40 < n \leqq 52) \end{cases}$$

開　始　CUB　0000*

結　果　計算チェック σ_j および数値解 $\tilde{X}=(\tilde{x}_{ij})$ がプリントされる。なお，$\tilde{X}$ は次のようにストアされる。

$\tilde{x}_{i1}$ ：　$(R) \sim (R+(n-1))$

$\tilde{x}_{i2}$ ：　$(R+S) \sim (R+S+(n-1))$

・　　　・

・　　　・

・　　　・

$\tilde{x}_{iN}$ ：　$(R+S(N-1)) \sim (R+S(N-1)+(n-1))$

停　　止　$\tilde{x}$ の列ベクトルごとの計算およびプリントが行なわれ，全列が完了して，STOP 0000.

適用範囲　$n \leqq 52$, $N \leqq 52$

精　　度　σ_j は，一つの目安となる。

$$\sigma_j = \sum_i \left| \sum_k a_{ik} \tilde{x}_{kj} - b_{ij} \right| / \sum_i |b_{ij}|$$

所要時間　$n=6$ ：　　12 秒

$n=15$ ：　1 分 30 秒

$n=25$ ：　6 分 40 秒

一般に，約 0.026n^3 秒かかる。

備　考 このプログラムで逆行列を求めるときには，特に制限があり，$n \leqq 40$。しかし，単位ベクトルを次々に紙テープから続けて読みこませてゆけば，$n \leqq 52$ でよい。
テープ II を利用すれば，サブルーチンとして使うことができ，テープ I を用いて reduced matrix をテープにとれば，計算時間を短縮できる。

(J. Warga, H. Fox, 能美，37，1)

L-001

行列の固有値および固有ベクトル

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0020～1330（絶対番地）

WS　1500～，L4, L5, L6, L7

計算法　n 次行列 A に対して，その固有方程式（ベクトル式）

$$(\lambda I - A)\boldsymbol{V} = \boldsymbol{O}$$

を Lanczos-Bairstow の固有多項式法によって解く。

使用法　データ　$A=(a_{ij})$ とするとき，

$$\begin{cases} a_{i1}: & (1540)\sim(1540+(n-1)) \\ a_{i2}: & (1560)\sim(1560+(n-1)) \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ a_{in}: & (1540+20(n-1))\sim(1540+20(n-1)+(n-1)) \end{cases}$$

$(0810)=n\times10^{-10}$

開　始　CUBR 0795

（コンプリート・ルーチンとして使う場合は，CUB 0798）

結　果　次に示すものがプリントされる。

（i）　マトリックス A

（ii）　固有多項式 $f(\lambda)$ の係数

（iii）　固有値が実数の場合

固有値 λ，対応する固有ベクトル $\boldsymbol{V}$ およびトレランス・チェック σ，ただし，

$$\sigma = \|(\lambda I - A)\boldsymbol{V}\|^2 / \|A\boldsymbol{V}\|^2$$

（iv）　固有値が複素数の場合

固有値 λ, λ

ただし，次のロケーション・フラッグの調節によって，操作制御が可能である。すなわち，次に示すロケーションに，1×10^{-10} を入れれば，右に示した操作を実行し，0 を入れれば，それを行なわせないようにできる。

$$\begin{cases} (0811)=f(\lambda) & \text{のプリント} \\ (0812)=A & \text{のプリント} \\ (0813)=\boldsymbol{V} & \text{の計算} \\ (0814)=\boldsymbol{V} & \text{のプリント} \\ (0815)=\lambda & \text{のプリント} \end{cases}$$

停　止　$n\times10^{-10}$ を (810) に入れ忘れると，STOP 5555。

適用範囲　$n\leqq20$

精　度　固有多項式 $f(\lambda)$ のトレランス：10^{-4}

所要時間　1)　A から $f(\lambda)$ を導くに要する時間

$n=5$：35 秒

$n=10$：2 分 00 秒

$n=15$：4 分 30 秒

$n=20$：8 分 45 秒

2)　$f(X)=0$ を解くに要する時間

$n=10$：1 分

$n=15$：5 分

$n=20$：8 分

3)　ただし，1) の段階では，プログラム上第 1 トライアル・ベクトルとして，$\widetilde{\boldsymbol{V}}_0=(1, 1, \cdots, 1)$ を用いるから，A によっては，この $\widetilde{\boldsymbol{V}}_0$ では $f(\lambda)$ が，初め与えてあるトレランスに対して，なかなか求まらない（収束が遅い）場合もある。このような悪条件（A 自身または $\widetilde{\boldsymbol{V}}_0$ の与え方における）が生じているとき

には，備考 5)〜7) に示すような方法をとってみる必要がある。

備　考 1) 実数の固有値 λ については，その絶対値が 10^{-5} より小さいときには，全て0とみなされる。

2) ブレーキポイントおよびスキップスイッチは，いずれも OFF にしておく。

3) 計算結果のストア先

(i) $f(\lambda)=\lambda^n+c_1\lambda^{n-1}+\cdots\cdots+c_{n-1}\lambda+c_n$

$(1440)=c_1$

$(1441)=c_2$

・

・

・

$(1440+(n-1))=c_n$

(ii) 実数固有値

$(1500)=\lambda_1$

$(1501)=\lambda_2$

・

・

・

$(1500+(p-1))=\lambda_p$

$(1122)=p-1$

(iii) 複素数固有値 $\lambda_k=\alpha_k+i\beta_k$

$(1460)=\alpha_1$

$(1461)=\beta_1$

$(1462)=\alpha_2$

$(1463)=\beta_2$

・

・

・

$(1460+2(q-1))=\alpha_q$

$(1461+2(q-1))=\beta_q$

(iv) 固有ベクトル

$V_k={}^t(v_{k1}, v_{k2}, \cdots\cdots v_{kn})$ とするとき，

$(2400)\sim(2400+(n-1))=v_{1j}$

$(2420)\sim(2420+(n-1))=v_{2j}$

・

・

・

$(2400+20(p-1))\sim(2400+20(p-1)+(n-1))=v_{pj}$

(v) トレランス・チェック σ_k

$(1520)=\sigma_1$

$(1521)=\sigma_2$

・

・

・

$(1520+\gamma-1))=\sigma_r$

4) マトリックスAは，計算および出力操作が終っても消えないでそのつど残るから，必要ならば直ちに同操作を繰返すことができる。

5) 悪条件が起こったときの対策について。

悪条件というのは，このプログラムにとってトラブルの原因となるものを指しているのだが，それには次のようなものが考えられる。

(i) $\tilde{V}_0$ の選び方が不適当な場合

(ii) A 自身が悪条件なため，$f(\lambda)$ が正確に導かれない場合（解が出ても，きわめて精度の悪いものとなる）

(iii) $f(\lambda)=0$ がきわめて解き難い（このプログラム手法によって）ような場合

主として (i), (ii) に対する対策（$\sigma>0.01$ なるようなときには有効）

5-1) ブレーキポイントを4にセットして　CUB 0798

L-001

5-2) ブレーキポイント4で止った後，$\tilde{V}_0$ を修正する。これは L4 にストアされているから，$4000\sim4000+(n-1)$ 番地の各内容を適当に変更すればよい。次に，ブレーキ・ポイントを OFF にしてから，CUB 0876。

主として (iii) に対する対策。

5-3) $f(\lambda)=0$ を解くに用いるトライアル2次要子に関するトレランス T は，816 番地に初め 10^{-4} で与えてあるが，これを変えることができる（具体的にいうと，より大きな値に直せばよい）。大体，$f(\lambda)$ の係数が 10^k 位であるときには，T として 10^{k-5} 位の値を与えるのが普通である。

6) 固有値の値，またはその大体の近似値が初めわかっている場合には，次のような手続きをとることによって計算時間を短縮できる。いま，トライアル2次要子を $\lambda^2+a\lambda+b$ とするとき，

6-1) ブレーキ・ホイントを4にセットして CUB 0798。

6-2) 最初の BK-4 は，止っても無視する。

6-3) 次の BK-4 ストップで，a を 6000 番地に，b を 6001 番地にセットし，CUB 0151。

7) 5-3) を施しても，なお収束しそうもない場合（時間が異常にかかっているとき）または，オーバーフロー・ストップをした場合には，

7-1) 計算機を一度ストップし，クリア・ボタンを押す。

7-2) CUB 0292 で再度開始。

(J. Christopher, H. Fox, 能美, 36, 12)

L-002

行列の固有値

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000～0634（絶対番地）

データ　1180～

WS　0635～1179，L4, L5, L6, L7

機　能　n 次行列 A に対して，その固有方程式（固有値式）

$$\det(\lambda I - A) = 0$$

を解く。

計算法　マトリックス縮少化による反復法。

使用法　データ　$A=(a_{ij})$ とするとき，

$$\begin{cases} a_{i1}=(1180)\sim(1180+(n-1)) \\ a_{i2}=(1200)\sim(1200+(n-1)) \\ \cdot \qquad\qquad\qquad \cdot \\ \cdot \qquad\qquad\qquad \cdot \\ \cdot \qquad\qquad\qquad \cdot \\ a_{in}=(1180+20(n-1))\sim(1180+20(n-1)+(n-1)) \end{cases}$$

$(1160)=n\times10^{-10}$

$(1161)=\varepsilon^2$　（ε はトレランス）

ただし，データは次のような制限が設けられているので，スケーリングを行なう必要がある。

$$0.1 \leqq \max_i \sum_j |a_{ij}| \leqq 1.0$$

開　始　CUBR 0033

（コンプリート・プログラムとして使う場合は，CUB 0036）

結　果　固有値 λ およびその逆数（すなわち，A^{-1} の固有値）がプリントされる。

L-002

停　止　ブレーキ・ポイント：1, 2, 4 の場合

各プリントおよびリダクションの後にストップする。

特に，ブレーキ・ポイント2の場合

トレランス・チェックを行なわずに，5回の反復をしてストップするので，この間にトレランスを変更することができる。

適用範囲　$n \leqq 20$

精　度　トレランス $\varepsilon=10^{-5}$

所要時間　20×20 で約 30 分。

備　考　1)　各固有値が求められるたびに，reduced matrix A_k が作られてゆくが，その次数を k とするとき，$A_k=(a_{ij}{}^{(k)})$ は次のようにストアされる。

ただし，$k=n-$(これまで求まった固有値の個数)

$$\left\{\begin{array}{ll} a_{i1}{}^{(k)}=(0740)\sim(0740+(k-1)) \\ a_{i2}{}^{(k)}=(0760)\sim(0760+(k-1)) \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ a_{ik}{}^{(k)}=(0740+20(k-1))\sim(0740+20(k-1)+(k-1)) \end{array}\right.$$

2)　固有値は，その絶対値の大きいものから順次求められてゆくがこのプログラムの一限界として，次のような場合に遭遇すれば，それ以前の段階までの根しか求まらない（オーヴァフロー・ストップする）点を初め了解しておく必要がある。すなわち，同じ絶対値を有する3個以上の固有値が存在して，その絶対値が他の残りの固有値のそれよりも大である場合，2つの実根でその絶対値が相等しく，他の残りの固有値のそれよりも大なるものが存在する場合，このような場合には，レデュースド・マトリックスを読み出して，その固有値問題を別途に解くことが考えられる。

3) 幸いにして，$n-1$ 個の固有値が全て求められプリントされた場合には，第 n 根を求める時に自動的なオーヴァフロー・ストップを起こすから，直ちに 740 番地の内容を読み出せば，それが求める最後の根となっている。

(J. N. Franklin, 能美, 36, 12)

L-003

線型計算(3種)

浮動小数点

コンプリート・ルーチン

所要スペース（絶対番地）

プログラム　0000～0399

データ　0400～3999

WS　L4, L5, L6, L7

機　能 1. 連立一次方程式の求解（1～59 元）

2. 行列の逆転（1～40 次）

3. 行列式の値の計算（1～60 次）

計算法 消去法

操作法 （1） 本テープをフォトリーダから読みこむ。

フレキソライタの小文字側シフトが行なわれ，rC に ‘STOP 6002’ が現われて停止したら，

（2） クリア・ボタンを押し，データテープをフォトリーダーから読みこむ。

データ・テープの作成法

（1） 連立一次方程式

$$\sum_{j=1}^{m} a_{ij} x_j = b_i \quad (m \geqq i \geqq 1,\ 59 \geqq m \geqq 1)$$

なる連立一次方程式の場合は，次のようにパンチすればよい。

	ブランク	↕	テープ	
	4	PTR	6000	
プリセット パラメータ		PTR	00MM	MM$=m$
		PTR	0001	

L-003

	PTR	00RR	RR=[m/20+1]×20
4	PTR	0400	([x] は x を越えない最大の整数を表わす)
	a_{11}		
	a_{12}		
	a_{13}		
	·		
	·		
	·		
	a_{1m}		
	b_1		
4	PTR	(400+RR)	
	a_{21}		
	a_{22}		
	·		
	·		
	·		
	a_{2m}		
	b_2		
4	PTR	(400+2RR)	
	a_{31}		
	a_{32}		
	·		
	·		
	·		
	a_{3m}		
	b_3		
4	PTR	(400+3RR)	
	·		
	·		

・

4　PTR　$\{400+(m-1)RR\}$

a_{m1}

a_{m2}

・

・

・

a_{mm}

b_m

6　CUB　0000

ブランク ↕ テープ

（2） 行列の逆転

$$A=(a_{ij})\quad (i, j=1, 2, \cdots\cdots, m, 40 \geqq m \geqq 1)$$

を逆転する場合には，次のようにパンチすればよい。

ブランク ↕ テープ

4　PTR　6000

プリセットパラメータ
- PTR　00MM　$MM=m$
- PTR　00MM　$MM=m$
- PTR　00RR　$RR=[(2m-1)/20+1]\times 20$

4　PTR　0400

a_{11}

a_{12}

a_{13}

・

・

・

a_{1m}

4　PTR　$(400+RR)$

a_{21}

a_{22}

・

・

・

a_{2m}

4　　PTR　　(400+2RR)

a_{31}

a_{32}

・

・

・

a_{3m}

4　　PTR　　(400+3RR)

・

・

・

4　　PTR　　$\{400+(m-1)RR\}$

a_{m1}

a_{m2}

・

・

・

a_{mm}

6　　CUB　　0220

ブランク ↕ テープ

（3） 行列式の値の計算

$|A|,\ A=(a_{ij})\quad (i,j=1,2,\cdots\cdots,m,\ 60\geqq m\geqq 1)$

の値を計算する場合には次のようにパンチする。

L-003

ブランク ↕ テープ

	4	PTR	6000	
プリセットパラメータ		PTR	00MM	$MM=m$
		PTR	0000	
		PTR	00RR	$RR=[(m-1)/20+1]\times 20$
	4	PTR	0400	

a_{11}

a_{12}

a_{13}

・

・

・

a_{1m}

4 PTR (400+RR)

a_{21}

a_{22}

・

・

・

a_{2m}

4 PTR (400+2RR)

a_{31}

a_{32}

・

・

・

a_{3m}

4　PTR　(400+3RR)

・
・
・

4　PTR　{400+($m-1$)RR}

a_{m1}

a_{m2}

・
・
・

a_{mm}

6　CUB　0260

ブランク ↕ テープ

結　果（1） 連立一次方程式

次のように $x_1 \sim x_m$ を1行に5個ずつ，浮動小数点表示でタイプする。

$$
\begin{array}{ccccc}
x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 \\
x_6 & x_7 & x_8 & \cdot & \cdot \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
\cdot & \cdot & \cdot & x_m &
\end{array}
$$

（2） 行列の逆転

次のように1列，2列，……，m 列の順に1行ずつあけて浮動小数点表示でタイプする。

$$
\begin{array}{ccccc}
a_{11} & a_{21} & a_{31} & a_{41} & a_{51} \\
a_{61} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
\cdot & \cdot & \cdot & a_{m1} &
\end{array}
$$

1行 → $\boxed{}$

L-003

a_{12} a_{22} a_{32} a_{42} a_{52}

a_{62} ・ ・ ・ ・

・ ・ ・ a_{m2}

1行 → $\boxed{\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad}$

a_{13} a_{23} a_{33} a_{43} a_{53}

・ ・ ・ ・ ・

・ ・ ・ ・ ・

・ ・ ・ ・ ・

a_{1m} a_{2m} a_{3m} a_{4m} a_{5m}

a_{6m} ・ ・ ・ ・

・ ・ ・ ・ ・

・ ・ ・ ・ ・

・ ・ ・ a_{mm}

（3） 行列式の値の計算

次のように浮動小数点表示でタイプする。

±x x x x x x x x x x x

停　止 1. 不定のとき STOP 8888

不能のとき STOP 9999

2. 行列が特異のとき

STOP 8888 または STOP 9999

備　考 （1） ブレークポイント・スイッチを‘4’にセットすると，逆行列の計算の場合，右辺に必要な単位行列をストアしたところで停止する。

（2） 連立一次方程式と行列の逆転の場合は，計算結果のタイプが終了したとき，プログラムは initialize されているので，引き続き次のデータについて計算したいときには，データテープのみを読みこませればよい。

さらに，6000 ～ 6002 にセットする3個のパラメータが不変のときは，これらのパンチを省略してもよい。

L-003

精　　度	1.	1～16 元で 6～7 ケタ
	2.	1～ 7 次で 8　ケタ
	3.	1～ 7 次で 8　ケタ

所要時間	1.	12 元が 2 分 18 秒（計算のみ）
	2.	7 次が　50 秒（　〃　）
	3.	7 次が　31 秒（　〃　）

（高橋，35，8）

L-004

行列の固有値，固有ベクトル

浮動小数点

コンプリート・ルーチン

所要スペース　0000～0151（絶対番地）

データ　　　　0160～0599（　〃　）

WS　L4, L5, L6, L7

計算法　Iteration method による。

異なった実数の固有値が存在するとき，その固有値とそれに対応して互に直交する固有ベクトルを計算する。

文献 [6], [7] 参照

使用法　データ　(6000)＝$n\times 10^{-10}$（行数 n）

(6001)＝tolerance（浮動小数点）

マトリックス

$$\begin{pmatrix} 200 & 201 & \cdot & \cdot & \cdot \\ 220 & 221 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 580 & 581 & \cdot & \cdot & \cdot \end{pmatrix}$$

出発値

$$\begin{pmatrix} 160 \\ 161 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{pmatrix}$$

開　始　CUB 0000

結　果　固有値，固ベクトルの順で，計算ごとにタイプする。

停　　止　STOP 8421 はプログラム終了。

STOP 7777 は途中固定点が0になった場合で，固定点を n 行目にしたいときは，

(0041)＝CAD 4000

を CAD 4000＋n－1 にすればよい。

出発値を各回変えるには，(0020) で STOP させる。

備　　考　場合によって答えが正しく出ない。出発値，tolerance を変えてためすとよい。

適用範囲　$n \leqq 20$

精　　度　3×3 では7桁。

所要時間　3×3，tolerance　＋431 0000000 で 40 秒

（板垣，36，11）

P-000

放物型および楕円型偏微分方程式

浮動小数点

コンプリート・ルーチン

所要スペース　0000～0177（絶対番地）

WS　L6, L7

180～$(182+nn-1+3\times nn)$　ただし，nn は任意アドレス

計算法

$$u_i(t+\Delta t)=u_i(t)+\frac{\Delta t}{C_i}\left(\sum_j \frac{u_j-u_i}{R_{i,j}}+\sum_j S_{i,j}(u_j{}^4-u_i)\right) \qquad (1)$$

$R_{i,j}$ は格子点 i と j との間の距離

C_i は格子点 i における熱伝導率

$S_{i,j}$ は格子点 i,j 間における熱輻射のボルツマン常数

任意の格子点について，その格子点の全ての近傍格子点との間で $C_i, S_{i,j}, R_{i,j}$ を定める。

使用法 1. データ記入法

(0180)；　$nn\times10^{-10}$　nn は node の数 ≦99

(0181)；　$\sigma\sigma\sigma\sigma\times10^{-10}$　nn 個のワーキングスペースの最初の番地

(0182)～$(0182+nn-1)$；　$u_i(t)$ の初期値

$(0182+nn)$～；　passive node に関する $C_i, R_{i,j}, S_{i,j}$ が $C_i, R_{i,j}, R_{i,j+1}\cdots\cdots S_{i,k}, S_{i,k+1}\cdots\cdots C_{i+1}, R_{i+1,e}, R_{i+1,e+1}\cdots\cdots S_{i+1,m}, S_{i+1,m+1}\cdots\cdots$ の順に並ぶ。passive node とは，その node における u_i の値が式 (1) により計算される node であり，active node とはその node においては u の値が式 (1) により計算されないものをいう。

注　active node とは境界点のことである。

C_i は 0xxaaaaalii の形で記入される。0xxaaaaa はフローティングによる数値，ii は node number

$R_{i,j}, S_{i,j}$ は　0xxaaaaabjj　の形で記入される。0xxaaaaa　はフロ

ーティングによる数，bは2または3で2ならば $R_{i,j}$, 3ならば $S_{i,j}$ を表わす。jj は $S_{i,j}, R_{i,j}$ の j を表わす。データの終りは0をおく。

2. このサブルーチンは

1) $u(t)$ の最大値を見つける。

2) $u(t)$ の最大値により

$$\Delta t=\min_{i}\left[\frac{C_i}{\sum_{j}\frac{1}{R_{i,j}}+4u^3\sum_{j}S_{i,j}}\right]$$ を計算する。

3) $u(t+\Delta t)$ を計算する。

の3つにわかれている。

1) 2) 3) を全部やらせたい時は

CAD　x x x x

STC　0 0 0 0

CUB　0 0 0 1

x x x x には出口が Set され，各 t の u の計算が終れば 0000 にかえってくるので，そこからプリントルーチンへとばし，また CUB 0069 で2の部分へいくようにする。

2, 3 だけを実行させたい時 max $u(t)$ か既知の場合は

CAD　x x x x　（x x x x）には出口が入っている。

STC　0 0 0 0

BT6　0 1 5 3

CAD　y y y y　（y y y y）には $u(t)$ の最大値をおく。

STC　6 0 0 7

CUB　0 0 1 2

3のみを実行させたい時，すなわち Δt が既知のときは (0160) に Δt を初めからいれておき

CAD　x x x x　（x x x x）には出口が入っている。

STC　0 0 0 0

CUB　0 0 6 9

P-000

全ての場合を通じて（0000）の出口からでたならばそれにプリントルーチンをつけ，プリント終了後メインへかえるようにする。

（H. H. Love, 三好, 36, 12）

P-001

一次元放物型偏微分方程式混合境界値問題

浮動小数点

コンプリート・ルーチン

所要スペース　0000~0234（絶対番地）

WS　L4, L5, L6, L7, 3280~3979

機　能　$p(x,t)u_{xx}+q(x,t)u_x+r(x,t)u+f(x,t)=u_t$

第1種，第2種，第3種境界値を両端点で与える。初期値　$u(x,0)=\varphi(x)$

計算法　h は x 方向の mesh size, k は t 方向の mesh size, $\lambda=k/h^2$, n は分点の数とする。

$$\frac{1}{12}\frac{u_{i+1,j+1}-u_{i+1,j}}{k}+\frac{5}{6}\frac{u_{i,j+1}-u_{i,j}}{k}+\frac{1}{12}\frac{u_{i-1,j+1}-u_{i-1,j}}{k}$$

$$=\frac{p_{i,j}}{2h^2}(u_{i+1,j+1}-2u_{i,j+1}+u_{i-1,j+1}+u_{i+1,j}-2u_{i,j}+u_{i-1,j})$$

$$+q_{i,j}\frac{u_{i+1,j}-u_{i-1,j}}{2h}+r_{i,j}u_{i,j}+f_{i,j}$$

により iteration を行ない第一近似は，

$$u_{i+1,j}=\lambda p_{i,j}(u_{i+1,j}+u_{i-1,j})+\frac{\lambda h q_{i,j}}{2}(u_{i+1,j}-u_{i-1,j})+r_{i,j}u_{i,j}+f_{i,j}$$

により定める。

使用法　データ　次のパラメーターを用意する。

(0000)=0

(0001)=0

(0002)=0

(0003)=h

(0004)=k

(0005)=λ

P-001

(0006) $= (n+1-3)\times 10^{-10}$

(0007) $= (n+1$ より大なる最小の 20 の倍数$)\times 10^{-10}$

(0008) $= 20\times 10^{-10}$

(0009) = iteration tolerance

(0010) = (print 間の k の数) $\times 10^{-10}$

(0011) $= 1\times 10^{-10}$

(0012)～(0014) = 0

(0015) = 5212000000

(0016) = 5210000000

(0017) = 5160000000

(0018) = 5110000000

(0019) = 5120000000

(0020) $= \frac{n+1}{w}$0 54 3872 　　$\left(\frac{n+1}{w}\right.$は 3 桁で行数セット$\left.\right)$

(0021) $= \frac{n+1}{w}$8 54 3872 　　(〃)

(0022) = CUBR x x x x $p(x,t)$ の計算ルーチンへ, $p(x,t)=0$ ならば CU 0061 をいれる。

(0023) = CUBR x x x x $q(x,t)$ の計算ルーチンへ, $q(x,t)=0$ のときは CU 0062 を入れる。

(0024) = CUBR x x x x $r(x,t)$ の計算ルーチンへ, $r(x,t)=0$ のときは CU 0063 を入れる。

(0025) = CUBR x x x x $f(x,t)$ の計算ルーチンへ, $f(x,t)=0$ のときは CU 0064 を入れる。

(0026) = CUBR x x x x 境界条件ルーチンへ, 境界値は 3760 および $3760+n$ に Store する。

(0027) = BT5 $3640+n+1$ より大なる最小の 20 の倍数を入れる。

$p(x,t), q(x,t), r(x,t), f(x,t)$ 境界条件のルーチンを作る。

初期条件を 3880～3979 に入れて CUB 0040 で計算に入る。

結　果　407 で print される。

備　　考 x 方向の分点は 100 点までとれる。

（三好，36，1）

P-002

一次元放物型偏微分方程式混合境界値問題

浮動小数点

コンプリート・ルーチン

所要スペース　0940～1155（絶対番地）

WS　0040～0939，L4, L5, L6, L7

データ　0000～0024

機　能　$$p(x,t)u_{xx}+r(x,t)u+f(x,t)=u_t$$

第一種，第二種，第三種境界値を両端点で与える。初期値を $t=0$ で与える。

計算法　h は X 方向の mesh size，k は t 方向の mesh size，$\lambda=k/h^2$，格子点を (i,j) で表わす。

$$u_{i,j+1}=u_{i,j}+\frac{1}{\frac{1}{12}\left(\frac{1}{p_{i+1,j}}+\frac{10}{p_{i,j}}+\frac{1}{p_{i-1,j}}\right)}\left\{\lambda(u_{i+1,j}-2u_{i,j}+u_{i-1,j})\right.$$

$$+k\frac{r_{i,j}}{p_{i,j}}\frac{u_{i+1,j}+10u_{i,j}+u_{i-1,j}}{12}+k\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{r_{i,j}}{p_{i,j}}\right)\frac{u_{i+1,j}-u_{i-1,j}}{24}$$

$$\left.+k\cdot\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left(\frac{r_{i,j}}{p_{i,j}}\right)\frac{u_{i+1,j}+3u_{i,j}+u_{i-1,j}}{60}+\frac{k}{12}\left(\frac{f_{i+1,j}}{p_{i+1,j}}+10\frac{f_{i,j}}{p_{i,j}}+\frac{f_{i-1,j}}{p_{i-1,j}}\right)\right\}$$

ただし　$\lambda=\frac{1}{2}\times\frac{1}{p_j}$　　$p_j=\max_i(p_{i,j})$

使用法　データ　(0000)＝0

(0001)＝h

(0002)＝0

(0003)＝0

(0004)＝5050000000

(0005)＝5260000000

(0006)＝5224000000

(0007)＝5212000000

P-002

(0008)=5210000000

(0009)=5120000000

(0010)=5110000000

(0011)=$\left[1000-\frac{n}{8}\right]$CDW 0040

(0012)=CUBR x x x x $p(x,t)$ の補助ルーチンの始まるアドレス

(0013)=CUBR x x x x $r(x,t)$ の 〃 〃

(0014)=CUBR x x x x $f(x,t)$ の 〃 〃

(0015)=CUBR x x x x initial value の 〃 〃

(0016)=CUBR x x x x 境界値のルーチンの始まるアドレス

(0017)=CUB 1045 $\gamma(x,t)\equiv 0$ のときは CUB 1094

(0018)=CUB 1026 $f(x,t)\equiv 0$ のときは CUB 1045

(0019)=$(n-1)\times 10^{-10}\leqq 99$

(0020)=$(n-2)\times 10^{-10}\leqq 98$

(0021)=0

(0022)=1×10^{-10}

(0023)=$N\times 10^{-10}$

n は分点の個数 N は k が N 回進むごとにプリントをするための数，$n\leqq 100$ である。

備　考 初期値，境界値，$p(x,t)$, $r(x,t)$, $f(x,t)$ のための補助ルーチンは，プログラムで使用しないどこのアドレスを使ってもよいが

初期値は $(40)\sim(40+n-1)$ に Store するように

境界値は $(40)\sim(40+n-1)$ に Store するように

$p(x,t)$ は $(240)\sim(240+n-1)$ に Store するように

$r(x,t)$ は $440\sim(440+n-1)$ に Store するように

$f(x,t)$ は $(540)\sim(540+n-1)$ に Store するように

補助ルーチンを作る。もし，$r(x,t)\equiv 0$ ならば (0013) に CU 0965 を入れ $f(x,t)\equiv 0$ ならば (0014) に CU 0966 を入れる。

P-002

補助ルーチン，パラメータを読ませ，次にプログラムテープを読ませ CUB 0940 で始まる。

(三好，36，12)

P-003

放物型偏微分方程式混合境界値問題

浮動小数点

コンプリート・ルーチン

所要スペース　0000～0466（絶対番地）

WS　2800～3999, L4, L5, L6, L7

機　能　$p(x,t)u_{xx}+r(x,t)u+f(x,t)=u_t$ を解く。

計算法　第一近似値を簡単な explicit formula により求め，implicit formula で iteration method により，精度を上げる。

文献［11］参照

プリセット・パラメーター

(2800)＝CUBR　x x x x　initial value 計算の補助ルーチンへジャンプする命令。

(2801)＝CUBR　x x x x　$p(x,t)$ 計算の補助ルーチンへジャンプする命令。

(2802)＝CUBR　x x x x　$r(x,t)$ 計算の補助ルーチンへジャンプする命令。

(2803)＝CUBR　x x x x　$f(x,t)$ 計算の補助ルーチンへジャンプする命令。

(2804)＝CUBR　x x x x　境界値計算の補助ルーチンへジャンプする命令。

(2805)＝$f(x,t)\not\equiv 0$ なる時 CUB 0148　　$f(x,t)\equiv 0$ なる時 CUB 0181

(2807)＝$r(x,t)\not\equiv 0$ なる時 CUB 0181　　$r(x,t)\equiv 0$ なる時 CUB 0252

(2808)＝$r(x,t)\not\equiv 0$ なる時 CUB 0308　　$r(x,t)\equiv 0$ なる時 CUB 0350

(2809)＝プリント命令 aaaa CDW 2860

aaaa はプリントの行数を示す数字。

(2811)＝$(n-1)\times 10^{-10}$　n は mesh point の数 $\leqq 60$

P-003

$(2815)=(n-3)\times 10^{-10}$

$(2816)=N\times 10^{-10}$　N はプリント間かくを示す。

$(2821)=k$　t 方向の mesh size

$(2822)=h$　x 方向の mesh size

$(2823)=\lambda$　$\lambda=k/h^2$

$(2833)=\epsilon$　iteration の tolerance

(0446) は方程式が準線型の場合に限り CUB 0307 を入れる。

補助ルーチン　(470)～(2799) に次の補助ルーチをつくる。

main program とのリンクは 2800～2804 の CUBR 命令により行なわれる。

initial value は　(2860)～(2949)

$p(x,t)$ は　(3040)～(3099)

$r(x,t)$ は　(3160)～(3219)

$f(x,t)$ は　(3280)～(3339)

境界値は　(2920)～$(2920+n-1)$

にそれぞれ Store するようにする。

オペレーション　補助ルーチン，メインプログラムの読み込み後 CUB (0000) により計算に入る。

結果はラインプリンターにプリントされる。

(三好，36，12)

常微分方程式 (Runge-Kutta)

浮動小数点

オープン・サブルーチン

所要スペース　0000*～0199*（相対番地）

WS　0200*～0359*,　L4, L5, L6, L7

機　能 連立一階微分方程式の初期値問題の数値解を計算する。高階の常微分方程式を解く場合は，連立一階の形に書き直してからこのルーチンを用いればよい。

積分間隔は，一定の精度を保証するように自動的に調整される。

計 算 法 Runge-Kutta 法による。

文献［2］参照

使 用 法 データ　解くべき方程式を

$$z_i'=f_i(z_1, z_2, \cdots\cdots, z_n, t)$$

とする。($i=1, 2, \cdots\cdots, n$)

(6000)＝プリント間の積分回数（固定小数点）

(6001)＝チェック間の積分回数（　〃　）

(6002)＝区間 h

(6003)＝変数の上限

(6004)＝tolerance

(6009)＝方程式の数（$n\times10^{-10}$）

(6010)＝0　0000　C0　0000　プリントの行数 C

(6011)＝0　0000　00　0001

(6012)＝0　5140　00　0000

(6013)＝0

(6014)＝0

(6015)＝0　5110　00　0000　常　数

Q-000

(6016)＝0　5050　00　0000
(6017)＝0　5120　00　0000
(6018)＝0　5160　00　0000

(6019) は使用していない。

初期値は，

$(200^*)=t$

$(201^*)=z_1$

・
・
・

$(200+n)^*=z_n$　　　ただし，$n \leqq 19$

補助ルーチンの作り方（クローズド）

$f_i(z_1, z_2, \cdots\cdots, z_n, t)$ を求めるルーチンを 0360* からストアする。

ただし，　$(5000)=t$

$(5001)=z_1$

・
・
・

$(5000+n)=z_n$

$(4001)\quad=z_1'$

$(4002)\quad=z_2'$

・
・
・

$(4000+n)=z_n'$

開　始　CUB 0000*

メインへのリンク命令は，0188* に入れる。（t が 6003 番で指定された値に達すれば，メインに帰る。）0188* に特に何も入れなければ，終了後ストップする。

結　果　カード・パンチかライン・プリンターで，次のごとく作表される。

t	z_1	z_2	·	·	·	（初期値）
$t+\alpha h$	z_1	z_2	·	·	·	
$t+2\alpha h$	z_1	z_2	·	·	·	
·	·	·				
·	·	·				
·	·	·				

停　　止　$t \geqq tn$ $(n>0)$ なら，最初のプリントで止まる。

適用範囲　$n \leqq 19$

精　　度　積分の各段階で，$|\varepsilon| \leqq h^5$

所要時間　$T=N(0.80+0.14n)+4t_f$ 秒

ただし，N は区間の総数

t_f は補助ルーチンによる時間

(J. Christopher，三好 36，1)

Q-001

常微分方程式 (Runge-Kutta)

浮動小数点

オープン・サブルーチン

所要スペース　0000*～0086*（相対番地）

データ　0100*～

WS　L4, L5, L6, L7

機　能　常微分方程式を数値的に解く。

計算法　Runge-Kutta 法による。

使用法　式を次のように変形する。

$$y_1'=f_1(x, y_1, y_2, \cdots\cdots, y_n)$$

$$y_2'=f_2(x, y_1, y_2, \cdots\cdots, y_n)$$

$$\vdots$$

$$y_n'=f_n(x, y_1, y_2, \cdots\cdots, y_n)$$

補助ルーチンの作り方 $x, y_1, y_2, \cdots\cdots$ から，$y_1', y_2', \cdots\cdots$ を計算し，ストアするプログラムを 200*～ から入れておく。

番地は，

$$(5000)=x$$

$$(5001)=y_1 \qquad (4001)=y_1'$$

$$(5002)=y_2 \qquad (4002)=y_2'$$

$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$

リンクは CUBR で入り，クローズド。出口は CUB。

データ　初期値　$(100^*)=x_0$

$(101^*)=y_1(x_0)$

$(102^*)=y_2(x_0)$

・

・

・

$(6000)=(n-1)\times 10^{-10}$

$(6001)=$区間h

$(6002)=h/2$

$(6003)=$(プリント間の積分回数)$\times 10^{-10}$

$(6004)=x$ の上限

(6005) は，WS

開　始　CUB 0077* で入ると，出発値をプリント。

CU 0000* で入ると出発値をプリントしない。

結　果　ライン・プリンターで words/line を $n+1$ にセット。

ただし，$n>7$ のときは，

(0080*) 09990 CDW 0100

の行数指定を 998 に変える。

文献［5］参照

停　止　メインへのリンクは，0085* に入れる。何も入れなければ，計算終了後 STOP 1111。

備　考　L4, L5 の残りの番地は，使用可。

区間を一定にして計算結果をストアしておき，途中の計算なども後に必要な場合などに有効である。

適用範囲　$1\leqq n\leqq 19$

精　度　h のとり方による。

Q-001

所要時間　tolerance によるインターバル変更を行なわない分だけ，Q-000 より速い。

（板垣，36，2）

常微分方程式 (Milne)

浮動小数点

オープン・サブルーチン

所要スペース　0000*～0076*（相対番地）

WS　0100*～0299*,　L4, L5, L6, L7

機　能　常微分方程式の初期値問題を数値的に解く。4点の出発値が必要なので不便であるが，高階の非線型を解く場合，ルンゲ・クッタ法より精度がよい。

計算法　Milne の second difference procedure による。

文献［9］参照

使用法　補助ルーチンの作り方

$x(5000)$, $y_1(5001)$, $y_2(5002)$, …… から, $y_1'(4001)$, $y_2'(4002)$, …… を計算し，結果をストアする。

リンクは，CUBR で入り，CU で出るようにする。

データ　出発値　$x_0, y_1(x_0), y_2(x_0)$, ……

$x_1, y_1(x_1), y_2(x_1)$, ……

$x_2, y_1(x_2), y_2(x_2)$, ……

$x_3, y_1(x_3), y_2(x_3)$, ……

を

100*, 101*, 102*, ……

140*, 141*, ……………

180*, 181*, ……………

220*, 221*, ……………

にストアする。

$(6000)=(n-1)\times 10^{-10}$

$(6001)=$区間h

Q-002

(6002)＝tolerance（備考参照）

(6003)＝x の上限

結　果　各積分ごとに，ライン・プリンターでプリント。

セットは（n+1) words/line.

ただし，n>7 のときは，CDW の行数指定部分の修正を要す。

開　始　CUB 0000*

メインへのリンクは 0064* に入れること。そのままの場合は STOP 8421。

備　　考　修正子による前の値との差が，fix で tolerance の値以下になるまで計算をくり返す。

L4, L5 の余っている所は使用可。

適用範囲　$1 \leqq n \leqq 19$

精　　度　tolerance による。

所要時間　問題による。

（板垣，36，8）

Q-003

三階常微分方程式

浮動小数点

オープン・サブルーチン

所要スペース　0000*～0172*（相対番地）

WS　L5, L6, L7（rB は，使用してない）

計算法　文献 [8]，p. 70 参照。

使用法　データ　(6000)＝区間

(6001)＝プリントをサプレスする回数

(6002)＝x の上限

補助ルーチンの作り方

(5000)＝x，(5001)＝y，(5002)＝y'，(5003)＝y'' がストアされているとして，それから rA に y''' を作るルーチンを 200* よりストアする。リンクは CUBR 0200* で入り，CUB で出るようにする。

開　始　CUB 0000*

メインのリンク命令は 0170* に入れる。そのままの場合は，STOP 8421。

結　果　ライン・プリンターを 4 words/line とセット。左から x, y, y', y'' とプリント。

備　考　5016～5019，6004～6019 は使用可。

（板垣，36，8）

S-000

平均値 $(\bar{x})$, 標準偏差 (σ)

浮動小数点

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0092*（相対番地）　60*～は E-000 が入っている。

WS　L7

計算法

$$\bar{x}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i$$

$$\sigma=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n}}$$

ただし，

$\left\{\begin{array}{l} x_i \text{ はデータ} \\ n \text{ はデータの個数} \end{array}\right.$

使用法　データ　(4000)$=n$（浮動小数点）

(4001)$=n-1$（固定小数点）

(rA)$=+0000\ 00$ ****

ただし，**** は最初のデータの番地

開　始　CUBR 0000*

結　果　(4002)$=\bar{x}$，(4003)$=\sigma$

備　　考（1）$\bar{x}$ のみを必要とするときは，スキップ・スイッチを OFF

$\bar{x}, \sigma$ ともに必要のときは，ON

（2）σ を求めた場合は，データの入っていた番地には中間結果 $(x_i-\bar{x})^2$ が入っているから，二度使う時には注意。

所要時間　$\bar{x}, \sigma$, の 2 つを求めて，データが 100 個の場合で 0.1 秒。

（佐藤，36，7）

D-000

オートモニター（フレキソライター）

ディバッギング用モニタールーチン

所要スペース　0000*～0199*（相対番地）

機　能　被検査プログラムを，モニタールーチンでコントロールしながら一ステップずつ実行し，各ステップの実行後のレジスターの内容をフレキソライターでプリントする。

使用法　被検査プログラムを先にドラムに入れておいて，その開始番地を 0199*（オートモニターの）に

+000000xxxx

の形でマニュアル・セットし，D-000 のテープを読み込ませる。このテープの最後には

7　CU　0169

がパンチされているので，ただちにモニターが開始される。

プリントの読みかた

左から順に

命令のロケーション

命令の演算コードとアドレス部分

実行後の A レジスターの内容

実行後の R レジスターの内容

実行後のオペランド・アドレスの内容

備　考　スキップスイッチを ON にしておくと，ジャンプ命令とストア命令を実行したときにのみプリントされる。

所要時間　1ステップにつき約5秒。

（文献［12］，戸川，35，8）

D-001

オートモニター（ラインプリンター）

ディバッギング用モニタールーチン

所要スペース　0000*～0299*（相対番地）

L4, L7 は使用するが復元される。

機　能　被検査プログラムを，モニタールーチンでコントロールしながら一ステップずつ実行し，各ステップの実行後のレジスターの内容やオーバーフローの有無などの情報をラインプリンターでプリントする。

使用法　被検査プログラムとモニタールーチンをドラムにストアし，エクスターナルスイッチをラインプリンター側にセットし，本体のパネルで C レジスターに

21　xxxx　yyyy

（ただし，xxxx はモニタールーチンの入口 0000* のアドレス，yyyy は被検査プログラムの開始番地）をセットしてスタートボタンを押す。

モニターを中止したいときはスキップスイッチを ON にする。そうすると STOP 命令で止まる。そのままスタートボタンを押せばモニタリングなしで続きの演算が実行される。

プリントの読み方

左から順に

実行後の rA の内容

実行後の rR の内容

実行後の rB の内容

実行後のオペランド・アドレスの内容

命令

ロケーション

オーバーフロー（1 ならば OF，0 ならば OF なし）

オペレーションコード

D-001

所要時間　1ステップにつき約 0.8 秒

（文献 [12]，戸川，35，8）

D-002

セレクティヴ・オートモニター

ディバッギング用モニタールーチン
所要スペース　0000*～0299*（相対番地）

機　能　サブルーチンを使っているプログラムとか，ループのくりかえしの多いプログラムなどは，まともにモニターすると非常に時間がかかって損であるから，プログラムの中の指定された部分だけをモニターするようにしたもの。たとえば，補助ルーチンだけをモニターする，というようなことも可能である。プリントにはラインプリンターを使用する。

使用法　被検査プログラムとこのオートモニターをドラムにストアし，モニターすべき区間を次項の要領でマニュアルにセットしてプログラムを開始する。

モニター区間の指定　このモニターは CUB 命令の所からモニターを開始するようになっている。モニター開始点を指定するのにはプログラムの CUB 命令

CUB　y y y y

を

y y y y　CUR　x x x x

に変えておく。x x x x はオートモニターの最初のアドレス（0000*）である。プログラムが進行してこの CUR まで来るとモニタールーチンに入ってモニターが開始される。CUB y y y y はモニターに入った時にその中で実行される。
モニター終了は符号部に 8 または 9 を付けた命令で示す。たとえば

8　0000　DB　7001

としておけば，この DB の実行後，モニタールーチンから出て，そのあとのプログラムは普通に実行される。もとの命令の符号部が 0 ならば 8 を，1 ならば 9 を用いる。モニター開始点に 8 を付けて

8　y y y y　CUR　x x x x

とすれば CUB y y y y を通過したというだけのモニターとして使用できる。

モニター区間はプログラムの中に何ケ所入れてもよい。ただし，一つのモニター区間の中にさらに他のモニター開始命令

yyyy　CUR　xxxx

があると，その点からオートモニター自身をモニターしてしまう結果になるから複雑なブランチのある場合特に注意すること。

プリントの読みかた

左から順に

オーバフローの有無（無なら 0，有で CC が次にあるとき 1，CC がなければオール 9）

オペレーションコード

ロケーション

rB の内容（実行後）

命令

オペランド（実行後）

rA の内容（実行後）

rR の内容（実行後）

注　意 1. スキップスイッチの状態はモニターできない。（常に OFF とみなされる）

2. ADSC，SUSC はモニターできない。

3. このルーチンにはエクスターナル・スイッチのセットが含まれていないから，あらかじめラインプリンターの方に切り換えておくこと。

所要時間　モニター区間内では一ステップにつき 0.8 秒

（文献［12］，戸川，35，8）

D-003

オールメモリータイプ

コンプリート・ルーチン

所要スペース　0000*～0159*（相対番地）

機　能　メモリー中の語群を，指定された番地から，順次コーディング・シートに記入する命令の形式でタイプする。

使 用 法　（1）rB にメインの読みこみ開始番地 XXXX（20の倍数である必要はない。）をセットして，テープを読みこむ。

rC に 'STOP XXXX' が現われて停止したら，

（2）クリアボタンを押し，rC に

| 21 | XXXX | YYYY |

（YYYY＝プリント開始番地）

（7999 ≧ YYYY ≧ 0）

をセットして，

（3）開始させる。

タイプ様式　LLLL□S□CCCC□AAAAA□YYYY

LLLL　はロケーション

S　は符号（0～9）

CCCC　はコントロールディジット

AAAAA　は命令の英字

YYYY　は番地

□　は1字分のスペース

（例）

（例）	0084	0	0001	CUB	0088
	0101	0	0000	FM	6016
	5000	0	0000	PTW	8010
	6018	8	0007	CAD	4003

D-003

7013　1　0004　FDIVA 6002

備　　考 本ルーチンは 1 度読みこんでおけば，それをこわさないかぎり何回でも使用できる。

所要時間 1命令につき　6秒

（高橋，36，1）

D-004

フレキソライタ用トレーサー

ディバッギング用トレース・ルーチン

所要スペース　0000*～0352*（相対番地）

機　能　プログラム中の命令を1個ずつ実行し，その直後の各レジスタの内容をフレキソライタでタイプする。

これによって，プログラムミスの検出，訂正のための資料を与える。

動作様式　チェックしようとするプログラム中のオーダーを順次1個ずつ実行し，実行直後の rA, rR, rB（もしあれば），オペランドの内容を下記のように，オーダーとそのロケーションを添えてフレキソライタでタイプする。

Loc.　Order　rA　rR　rB　Operand

使用法　（1）　読みこみ開始番地（トレーサーによって上書きされてもさしつかえない範囲に選定すれば任意のメイン・アドレスでよい。）を rB にセットし，トレーサーのテープをフォトリーダーから読みこませる。

前節に記したような項目をタイプして，'STOP 1111' で停止したら，

（2）　クリアボタンを押し，必要があれば，開始直前の rA, rR の内容を 93*, 94* にストアし，（これを行なわなければ，開始直前の rA, rR の内容はともにすべての桁が '0' と解釈される。）rB の内容を rB にセットし，rA の下4桁にトレース開始番地 XXXX をセットし，Order register に '20' を Address register に '0100*' をセットして，Console の continuous button を押すか，Supervisory control panel の continuous-step スイッチを continuous にして start button を押すかして開始させる。

注　意

（1）　ある order で 'あふれ' が生じた場合，その直後の order が 'CC', 'CCR', 'CCB', 'CCBR' であるときには，左端に黒で 'Overflow' とタイプし，これら以外であるときには，赤で 'Overflow' とタイプした後に，次行にあふれ

を起こした order の実行記録をタイプする。

(2) スキップ・スイッチを ON にすると，分岐関係の order 'CU'，'CUR'，'CUB'，'CUBR'，'CC'，'CCR'，'CCB'，'CCBR'，'CNZ'，'NOR'，'DB'，およびあふれを起こした order に限ってタイプする。

(3) プログラム中に 'PTR' があるときには，その記録の直前に rC に 'PTR' が現われるから検出できる。

トレースがプログラム中の 'STOP' order に到達すると，その order の実行記録のタイプの前にその 'STOP' order が rC に現われて停止する。この後，continuous button を押すと，まず 'STOP' order の実行記録のタイプが行なわれてその後のトレースを続行する。

(4) すでにストアされているトレーサーを2度以上使用する場合に，もし項目タイプが必要ならば，rC に 'CU 0329*' をセットしてスタートさせ，項目のプリントが終了したら，前記手順でトレースを開始すればよい。

(5) トレースされているプログラム中の分岐関係以外のある命令が，breakpoint digit をもっているとき，break point switch をそれに対応する位置にセットしておけば，この命令の実行記録のタイプの直前に停止する。このとき continuous button を押せば，トレースは続行される。

(高橋，35，8)

D-005

407 用トレーサー I

ディバッギング用トレース・ルーチン
所要スペース　0000*~0329*（相対番地）

機　　能　プログラム中の命令を指定された番地から順次1個ずつ実行し，その直後の各レジスタの内容を407ラインプリンタでプリントする。これによって，プログラムミスの検出，訂正のための資料を提供する。

使用法　動　作　チェックしようとするプログラム中の command を指定された番地から順次1個ずつ実行し，実行直後の rA，rR，rB（もしあれば）operand の内容を，command, location, overflow sign を添えて下に示すような順序で1行に407ラインプリンタでプリントする。

Overflow sign　Loc.　Command　rA　rR　rB　Operand

オペレーション

（1）PCC の words/card out のスイッチを7または8にセットし，407ラインプリンタの準備をする。

（2）rB に読みこみ開始番地 XXXX（トレーサーのルーチンが，チェックしようとするプログラムをこわさない範囲に選定すれば，任意のメイン・アドレスでよい。）をセットして，トレーサーのテープを Photoreader から読みこむ。

（3）rC に 'STOP XXXX' が現われて読みこみが終了したら，clear する。

（4）必要があればトレース開始命令の実行直前の rA, rR の内容をそれぞれ303*, 304* にストアし，rB の内容を rB にセットする。（これらの操作を行なわなければ，トレース開始命令の実行直前の rA, rR, rB の内容はすべて '00……0' である。）

（5）rC に次のようにセットする。

（i） プログラムをスキップ・スイッチ OFF の条件下でトレースしたいとき

| 21 | XXXX | YYYY |

XXXX: トレーサーの読みこみ開始番地

YYYY: トレースの開始番地

（ii） プログラムをスキップ・スイッチ ON の条件下でトレースしたいとき

| 21 | ZZZZ | YYYY |

ZZZZ＝XXXX＋3

（6） consol または supervisory control panel からトレースを開始させる。

（注意）

（1） overflow sign は，それと同一の命令によって，

（i） あふれを生じないとき，‘＋0’ であり，

（ii） あふれを生じたがその命令の直後に ‘CC～’ 命令があるとき，‘＋00……01’ であり，

（iii） あふれを生じ，その命令の直後が ‘CC～’ 命令でないとき ‘＋00……09’ である。

（2） consol のスキップ・スイッチ OFF のときは全命令の実行記録をプリントするが，これを ON にすると，‘CU’，‘CUR’，‘CUB’，‘CUBR’，‘CC’，‘CCR’，‘CCB’，‘CCBR’，‘CNZ’，‘NOR’，‘DB’ および直後に ‘CC～’ 命令をもたない，あふれを生じた命令に限ってその実行記録をプリントする。

（3） プログラム中の ‘STOP’ 命令にトレースが到達するとその実行記録のプリントの前にそれが rC に現われて停止する。このときスタートボタンを押せば，まずこの ‘STOP’ 命令の実行記録のプリントが行なわれた後，トレースは続行される。また，トレースがプログラム中の ‘PTR’ 命令に到達すると，そのプリントの前にそれが rC に現われるから検出できる。

（4） PCC の words/card out のスイッチを 6 にセットすれば ‘operand’ のプリントがない。

（5） トレースされているプログラム中の分岐関係以外のある命令がブレーク・ポイントディジットをもっているとき，ブレーク・ポイント・スイッチをそれ

D-005

に対応する位置にセットしておけば，その命令の実行記録のプリントの直前に停止する。このときスタート・ボタンを押せばトレースは続行される。

（6） トレーサーのルーチンは1度読みこんでおけば，それをこわさない限り前述の手順によって何回でも使用できる。

所要時間 1命令につき 1.3 秒

（高橋，36，1）

D-006

407 用トレーサー II

ディバッギング用トレース・ルーチン
所要スペース 0000*～0416*（相対番地）

機　能 プログラム中の命令を指定された番地から順次1個ずつ実行し，その直後の各レジスタの内容を 407 ラインプリンタでプリントする。主としてプログラムミスの検出，訂正のための資料を得るために使用する。

使用法 1. 動作

チェックしようとするプログラム中の command を指定された番地から順次1個ずつ実行し，実行直後の rA, rR, rB（もしあれば）operand の内容を，command, location, overflow sign, command の実行形を添えて，下に示すような順序で1行に 407 ラインプリンタでプリントする。

Overflow sign　Loc.　Command　rA　rR　rB　Operand　Command executed

2. オペレーション

（1） PCC の words/card out のスイッチを7または8にセットし，407 ラインプリンタの準備をする。

（2） rB に読みこみ開始番地 XXXX（トレーサー--のルーチンが，チェックしようとするプログラムをこわさない範囲に選定すれば，任意のメインアドレスでよい。）をセットして，トレーサーのテープを photoreader から読みこむ。

（3） rC に 'STOP XXXX' が現われて読みこみが終了したら，clear する。

（4） 必要があればトレース開始命令の実行直前の rR の内容を 284* にストアし，rA, rB の内容をそれぞれ rA, rB にセットする。（これらの操作を行なわなければ，トレース開始命令の実行直前の，rA, rR, rB の内容はすべて '00……0' である。）

（5） rC を次のようにセットする。

（i） プログラムをスキップ・スイッチ OFF の条件下でトレースしたいとき

D-006

|21|XXXX|YYYY|

XXXX: トレーサーの読みこみ開始番地

YYYY: トレースの開始番地

(ii) プログラムをスキップ・スイッチ ON の条件下でトレースしたいとき

|21|ZZZZ|YYYY|

ZZZZ=XXXX+4

(6) Console または supervisory control panel からトレースを開始させる。

(注意)

(1) 'CU', 'CUR', 'CUB', 'CUBR' 命令の制御部の最上位の数字が '9' のときは必ず,また 'CC', 'CCR', 'CCB', 'CCBR', 'CNZ', 'NOR', 'DB', 命令の制御部の最上位の数字が '9' のときはそのアドレスへコントロールが移行したときに限って,その制御部の第2位からの2桁を 'XX' その命令の location を 'LLLL' とするとき,その命令の実行記録のプリントの終了後,コントロールがトレーサーから離れてトレースされているプログラムが本来の速度で実行され,初めて 'LLLL+XX' 番地に到達したときからコントロールがトレーサーにもどり,トレースが再開される。

これによって,そこにミスがないことが判然としているプログラムの構成分(たとえば,ライブラリーサブルーチン)をトレースの途中でスキップすることができ,トレースの効率を高めることができる。

必ずしも前もって '9XX' を準備しておく必要はなく,トレース直前に control panel からでもストアすればよい。

(2) overflow sign は,それと同一行の命令によって,

(i) あふれを生じないとき,'+0' であり,

(ii) あふれを生じたが,その命令の直後に 'CC~' 命令があるとき,'+000……01' であり,

(iii) あふれを生じ,その命令の直後に 'CC~' 命令があるとき,'+00……09' である。

(3) console のスキップスイッチ OFF のときは全命令の実行をプリントするが,

これを ON にすると，‘CU’, ‘CUR’, ‘CUB’, ‘CUBR’, ‘CC’, ‘CCR’, ‘CCB’, ‘CCBR’, ‘CNZ’, ‘NOR’, ‘DB’ および直後に ‘CC～’ 命令をともなわないあふれを生じた命令に限ってその実行記録をプリントする。

(4) プログラム中の ‘STOP’ 命令にトレースが到達すると，その実行記録のプリントの前にそれが rC に現われて停止する。このときスタートボタンを押せば，まずこの ‘STOP’ 命令の実行記録のプリントが行なわれた後，トレースは続行される。
また，トレースがプログラム中の ‘PTR’ 命令に到達すると，そのプリントの前にそれが rC に現われるから検出できる。

(5) PCC の words/card out のスイッチを 7 にセットすると ‘命令の実行形’ のプリントが落ちる。6 以下にセットすれば前記プリント項目が右から順次落ちていく。

(6) トレースされているプログラム中のある命令がブレーク・ポイント・ディジットをもっているとき，ブレーク・ポイント・スイッチをそれに対応する位置にセットしておけば，その命令の実行記録のプリントの直前に停止する。このときスタート・ボタンを押せばトレースは続行される。

(7) トレーサーのルーチンは 1 度読みこんでおけば，それをこわさない限り前述の手順によって何回でも使用できる。

所要時間　1 命令につき 1.3 秒

（高橋，36，8）

D-007

コンパレーター

ディバッギング用ルーチン
所要スペース
Part I　7000～7009，L4
Part II　7000～7019
WS　0000*～0999*（相対番地）

機　能　実行前と実行後のプログラムの内容を比較して，変更を受けた命令や常数をプリントする。
他人が作ったコンプリートプログラムをサブルーチンとして使う場合に便利である。

使用法
1. 被検査プログラムを 0000 番から入れる。
2. rB にワーキングスペースの最初のアドレスをセットする。
3. コンパレータ Part I のテープを読ませる。
4. 被検査プログラムを実行させる。
5. rB にワーキングベースの最初のアドレスをセットする。
6. コンパレータ Part II のテープを読ませる。

停　止　オーバーフローで止まったら，OF reset ボタンを押し，連続スタートボタンを押す。

備　考　変更されたもののみ，結果は次の形式でプリントされる。

XXXX	±XXXXXXXXXX	±XXXXXXXXXX
アドレス	実行前の内容	実行後の内容

適用範囲　0000～0999 番の内容がチェックされる。ループの内容はチェックされない。

所要時間　変更を受けた命令の箇数による。普通は5分位である。（適当なところで止めること）

（戸川，36，9）

D-008

チェックポイント・モニター

浮動小数点

クローズド・(コンプリート) ルーチン

所要スペース　0000*～0059*（相対番地）

(rB は使用していない)

機　能 (1) プログラムで指定したチェック・ポイントで，チェックポイント番号，rA の内容，rB の内容の順でプリントする。

(2) プログラムで指定したチェックポイントで，L7 の内容をプリントする。

(3) チェックの必要がなくなったときに，主記憶装置に入っているワードで，下 8 桁が，0p CUR 0000* のもの全部を +000p CR 0000 に変える。

(p はブレーキポイント，あるいはスキップスイッチ)

使用法 開　始 (1) +XX0p　CUR　0000*

XX は，チェックポイントの番号でたくさんある場合に，場所がわかるためである。(XX ≧ 1 なる整数)

(2) +000p　CUR　0000*

(3) CUB　0040*（プログラムに入れなくても本体からもできる。）

結　果 (1) (2) はフレキソライターで，プリントされる。

備　考 (3) は，プログラムでスキップスイッチを使ってない場合は，スキップスイッチを使うことによって，(3) は必要ない。

また，データでたまたま下 8 桁が 0p 21 0000* なる数値があれば，+ 0000 CR 0000 に変わるが，フローティングで与えた場合はこの可能性はない。

(佐藤，36，12)

X-005

複素数演算ルーチン

浮動小数点

インタープリティブ・ルーチン

所要スペース　0000*～0439*（相対番地）

WS　L5, L6, L7

1. 複素数演算のプログラム

演算に使用する複素数は，メインまたは L4 の相隣る2つの cell にストアされなければならない。すなわち，実部は手前の cell に，虚部はその直後の cell にストアされる。そして複素数の指定はその実部のアドレスによって行なう。また，演算は浮動小数点方式である。

複素数演算のプログラムの構成は，すべて1語からなる命令の配列であり，これらの命令の大部分は後に説明するように機械の命令とコードを異にする。

複素数演算のプログラムは，通常の機械の命令からなるプログラムの随所に挿入することができる。通常のプログラムから複素数演算のプログラムに入ると，コントロールは複素数演算ルーチンに移り，本ルーチンは複素数演算のプログラムを構成する命令を，あたまから順次解釈しつつ実行してゆき，普通のプログラムにもどる命令に出会うと，コントロールを機械に渡す。

複素数演算ルーチンはプログラム上の rA として5000番地（実部）および5001番地（虚部）を使用し，rB として 5002 番地の下4ケタを使用する。これらを以後単に rA, rB と記す。また，本ルーチンは作業用として L5, L6, L7 を使用するので，プログラムでデータのストアなどに使用できるのは L4 のみであり，プログラムは常にメインにストアされていなければならない。

通常のプログラムから複素数演算ルーチンにコントロールを移す方法は，本ルーチンの読みこみ開始番地を XXXX（20 の倍数であるメインアドレス）とするとき，メインからの ‘CUBR XXXX’ 命令による。また，通常のプログラムへ出るためには，後に説明する ‘EXIT’ 命令による。

複素数演算のプログラム中の命令語の sign が ‘1’ のときは，そのアドレス（下

位４ケタ）に rB の内容が加わったものが実効アドレスになること，その制御部（上位４ケタ）の最下位の数字が 1~7 であれば，ブレークポイント 1～7 を，8 であればその命令の実行のスキップを表わすことは機械の命令語の場合と同一である。

2. 複素数演算の命令

以下複素数演算のプログラムで使用可能な命令を一つ一つ略記する。

すでに '1' で説明したので命令の sign はその一般形から省略し（sign=0 として説明し），ブレークポイントディジット p については説明しない。各命令の英字による表現の右に '(　)' で囲んで示した２ケタの数字はその命令のコードで，紙テープへのパンチはこれによる。

C(~) は ~ の内容である複素数を示すものとする。

（1） CAD (40)

一般形　YYYp　CAD　XXXX

意　味　C (XXXX) ⟶ rA

YYY は無関係。（以後その命令の機能に無関係の部分はとくに断わらない）

（2） FAD (41)

一般形　YYYp　FAD　XXXX

意　味　C(rA)+C(XXXX) ⟶ rA

（3） CSU (42)

一般形　YYYp　CSU　XXXX

意　味　−C(XXXX) ⟶ rA

（4） FSU (43)

一般形　YYYp　FSU　XXXX

意　味　C(rA)−C(XXXX) ⟶ rA

（5） FM (44)

一般形　YYYp　FM　XXXX

意　味　C(rA)×C(XXXX) ⟶ rA

（6） FDIV (45)

X-005

一般形　　YYYp　FDIV　XXXX

意　味　　C(rA)÷C(XXXX) ──→ rA

(7)　STC (50)

一般形　　YYYp　STC　XXXX

意　味　　C(rA)──→XXXX,　0──→rA

(8)　ST (51)

一般形　　YYYp　ST　XXXX

意　味　　C(rA)──→XXXX

(9)　CU (60)

一般形　　YYYp　CU　XXXX

意　味　　無条件で XXXX 番地へとべ

(10)　CNZ (61)

一般形　　YYYp　CNZ　XXXX

意　味　　C(rA)≠0 なら XXXX 番地へとび，C(rA)=0 なら直後の命令へ。

(11)　CZ (62)

一般形　　YYYp　CZ　XXXX

意　味　　C(rA)=0 なら XXXX 番地へとび，C(rA)≠0 なら直後の命令へ。

(12)　CC (63)

一般形　　YYYp　CC　XXXX

意　味　　この直前の命令であふれを生じたら，XXXX 番地へとび，あふれを生じなかったら直後の命令へ。

(13)　CALL (64)

一般形　　YYYp　CALL　XXXX

意　味　　XXXX 番地（メインの任意のアドレス）からストアされている（複素数演算のプログラムの）サブルーチンへとべ。

複素数演算のメインプログラムが使用するサブルーチンは，その最初の location を復帰命令（CALL 命令によってストアされる）のために当て，次の location から実行され，最後に最初の location にとんで復帰するように

書かれていなければならない。こうすると，サブルーチンのサブルーチンを何個でも付加することができる。

(14) COMP (65)

一般形　YYYp　COMP　XXXX

意　味　この命令のアドレスを LLLL とするとき，LLLL+1 番地の内容である正の浮動小数点数 ε と，$|C(rA)|$ との大小を比べ，

$|C(rA)| \geqq \varepsilon$ なら XXXX 番地へとび，

$|C(rA)| < \varepsilon$ なら LLLL+2 番地へとべ。

この命令は複素数列の収束の判定などに使用される。

(15) SB (70)

一般形　YYYp　SB　XXXX

意　味　'XXXX' $\longrightarrow$ rB

(16) TB (71)

一般形　YYYp　TB　XXXX

意　味　C(rB) $\longrightarrow$ XXXX 番地の下位 4 ケタ

(17) IB (72)

一般形　YYYp　IB　XXXX

意　味　C(rB)+YYY $\longrightarrow$ rB を行ない，その結果，

C(rB)≠0 なら XXXX 番地へとび，

C(rB)=0 なら直後の命令へ。

(18) DB (73)

一般形　YYYp　DB　XXXX

意　味　C(rB)−YYY $\longrightarrow$ rB を行ない，その結果，

C(rB)≠0 なら XXXX 番地へとび，

C(rB)=0 なら直後の命令へ。

(19) PTW (80)

一般形　YYYp　PTW　XXXX

意　味

（1） XXXX ≧ 9000 のとき

C(rA) を次のようにフレキソライタでタイプする。

実　部　　　　虚　部

±XXXXXXXXXX□±XXXXXXXXXX

ここに‘□’は1字分のスペースを表わす。

（2） XXXX < 8999 のとき

XXXX 番地から始まる YYY 個の複素数を順次フレキソライタで1行に2個（実部と虚部の間は1字分のスペース，複素数間は2字分のスペース），5行で1節（節と節の間は1行のブランク）の書式でタイプする。（タイプの開始前と終了後に1回ずつキャリッジリターンを行なう）

(20) EXIT (90)

一般形　YYYp　EXIT　XXXX

意　味　機械の rR をクリアし，その上位4ケタにこの命令の直後の命令の location を入れ，‘CUXXXX’ で XXXX 番地から始まる通常のプログラムへ出る。

(21) STOP (08)

一般形　YYYp　STOP　XXXX

意　味　機械の rC に ‘STOP XXXX’ が現われて停止する。このとき CONT. を押すと直後の命令から続行される。

(22) PTWF (07)

一般形　YYYp　PTWF　0X00

意　味　X = 5, 6, 8 に応じてそれぞれ1回のキャリッジリターン，1回のタブレーション，1字分のキャリッジの移動が行なわれる。

(23) BF4 (24)

一般形　YYYp　BF4　XXXX

意　味　4XXX 番地 ～ 4XXX+19 番地

──→XXXX 番地 ～ XXXX+19 番地

(24) BT4 (34)

一般形　YYYp　BT4　XXXX

意 味　XXXX 番地 ～XXXX＋19 番地

$\longrightarrow$ 4XXX 番地 ～4XXX＋19 番地

3. 注　意

（1） 本ルーチンのテープを読みこむと，フレキソライタの小文字側シフトおよび1回のキャリッジリターンが行なわれた後，機械の rC に ‘STOP 7003’ が現われて停止する。

（2） プログラム中のある命令（アドレス　LLLL）によってあふれが生じ，その命令の直後に ‘CC’ 命令がないとき，機械の rC に ‘STOP LLLL’ が現われて停止し，CONT. を押すとその直後の命令から続行される。

4. プログラム例（次頁）

複素係数4次式

$$f((Z)=AZ^4+BZ^3+CZ^2+DZ+E$$

$$\begin{cases} A=2-3i \\ B=4+5i \\ C=6-2i \\ D=1+3i \\ E=\ \ -4i \end{cases}$$

の表を，

$$Z=1.0+1.5i(0.3+0.2i)4.0+3.5i$$

で作製するプログラムを通常のプログラムの間に挿入した例を示す。（ただし，複素数演算のルーチンは 1000 番地からストアされているものとする。）

適用範囲　$10^{-51} \leqq$ |複素数の実部，虚部| $< 10^{49}$

精　　度　8桁

（高橋，35，11）

プ ロ グ ラ ム

LOCATION		S	CONTROL	OPERATION CODE	OPERATION ALPHA	ADDRESS	REMARKS
·							
·			(通常のプログラム)				
·							
351				31	CUBR	1000	複素数演算のルーチンを呼び出す
352	→			34	BT4	0373	定数→L4
353	→			40	CAD	4387	Z
354				07	PTWF	0500	キャリッジ リターン
355				80	PTW	9000	Z タイプ
356				07	PTWF	0800	2字分のスペースをあける
357				07	PTWF	0800	
358				44	FM	4373	A
359				41	FAD	4375	B
360				44	FM	4387	Z
361				41	FAD	4377	C
362				44	FM	4387	Z
363				41	FAD	4379	D
364				44	FM	4387	Z
365				41	FAD	4381	E
366				80	PTW	9000	f(Z) タイプ
367				40	CAD	4387	Z
368				41	FAD	4383	ΔZ
369				51	ST	4387	Z＋ΔZ→Z
370				43	FSU	4385	$Z_{last}+\Delta Z$
371				61	CNZ	0353	
372	389←			90	EXIT	0389	通常のプログラムへ出る
373		+	5120	00		0000	A_R
374		−	5130	00		0000	A_I
375		+	5140	00		0000	B_R
376		+	5150	00		0000	B_I
377		+	5160	00		0000	C_R
378		−	5120	00		0000	C_I
379		+	5110	00		0000	D_R
380		+	5130	00		0000	D_I
381		+	0000	00		0000	E_R
382		−	5140	00		0000	E_I
383		+	5030	00		0000	ΔZ_R
384		+	5020	00		0000	ΔZ_I
385		+	5143	00		0000	$(Z_{last}+\Delta Z)_R$
386		+	5137	00		0000	$(Z_{last}+\Delta Z)_I$
387		(+	5110	00		0000)	$(Z_{first})_R$
388		(+	5115	00		0000)	$(Z_{first})_I$
389	372→		(通常のプログラム)				
·	·		·	·	·	·	
·	·		·	·	·	·	
·	·		·	·	·	·	

Y-000

紙テープ穿孔

必要に応じて紙テープからインプットして用いる特殊ルーチン

所要スペース　L4, L5, L6, L7

機　能　主記憶装置の一連のロケーションの内容を，あとでインプットテープとして使用できるような形式で紙テープにパンチする。

使用法　プリセットパラメター

データーロケーションの最初のアドレスnを 6010 番に

データーのワード数 m を 6011 番に置く。(いずれも fix point)

開　始　出力選択スイッチを TAPE にして，プログラムテープを読ませると，プログラムテープの最後にパンチされている

4　PTR　4000

により，ただちに実行に移る。

結　果　次の形式でパンチされる。

4　PTR　n

C(n)

C(n+1)

・

・

・

C(n+m−1)

4　PTR　7000

サムチェック・ルーチン (15 語)

6　PTR　7000

所要時間　100 ワードにつき 20 秒

(文献 [12], 戸川, 35, 8)

Y-001

タイム シェアリング用モニター

コンプリート・ルーチン

所要スペース　3900～3999（絶対番地）

機　能　リアル タイム データ処理が風胴実験・計測装置の故障または次の実験の準備などにより，一時中断された場合，計算機を休止させることなく，他の仕事を実行させるための制御を行なう。（データ処理の中断の間に実行できる仕事の数は 1～10 個で，それぞれ JOB 1～10 と名づけられる。）

使 用 法　A　JOBN(N=1～10) のプログラムの書き方

JOB 番号 N はそのプログラムを計算機に入力する際にオペレーターが定めるもので，そのときあいている番号から適当に選ばれる。したがって，プログラマーはコーディングのとき JOB 番号を考える必要はない。通常のプログラムとほぼ同様にコーディングすればよい。

通常のプログラムと異なるところは，プログラムのところどころにモニターへコントロールを移すためのリンク命令，

0　0008　CUR　3900

を挿入することである。

各 JOB はコンソールのスキップスイッチ ON の条件下で実行され，これを OFF にすると時間的に最短距離にあるリンク命令からコントロールがモニターに渡り，リアル タイム データ処理が再開される。したがって，JOB のプログラム中では他の目的にスキップスイッチを使用できない。また，リアル タイム データ処理ルーチンとの交代が敏速に行なわれるために，相隣るリンク命令の時間的距離は 1 分以内であることが望ましい。

ある JOB を次のリアル タイム データ処理中断時に続行する際には，前回にコントロールをモニターに移したリンク命令の直後の命令から実行が開始され，モニターはこの開始命令の実行直前の rB の内容しか復元しないから，rA, rR の内容が失なわれてもよいような位置にリンクを挿入しなければならない。モニターへのリ

ンクはメイン，ループのいずれからでも可能である。

JOB のプログラムはモニターを消すことがなければ，任意のメモリを使用できる。すなわち，3900～3999 を除く任意のメモリを使用できる。

モニターのリールは Unit 2 に掛かっているので JOB のプログラムが Unit 2 を指定することはできないが，これ以外の任意の Unit を指定し，読み出し，書きこみができる。

各 JOB とも 523 カードパンチがセレクトされている状態で開始されるから，407 ラインプリンターへ出力する必要があるときには，JOB のプログラム中にプリンターをセレクトする 'EXC' 命令がなければならない。

各 JOB はコンソールの出力選定スイッチが 'INT FORMAT' にセットされた条件下で実行されるので，'PTWF 0900' でフレキソライタを，'PTW 0100' で高速テープパンチを自由に選ぶことができる。各 JOB とも開始時はフレキソライタが選ばれている。

B　オペレーション

(1)　スキップスイッチ ON にし，'Monitor Read' ルーチンによって Unit 2 からモニターを読み出す。

(2)　キーボードから '0' を入れてリアル タイム データ処理ルーチンを読み出し，開始する。

風胴から中断のシグナルを受け取ったら，

(3)　スキップスイッチ OFF にし，リアル タイム データ処理ルーチンを Unit 2 にストアし，スキップスイッチ ON にする。

(4)　ここで，キーボードから (a) 'N0C', (b) 'N1C', (c) '22C' を入れるとそれぞれ次のことが行なわれる。

(a)　Unit 2 から JOBN のプログラムを読み出し，前回の続きを実行する。

(b)　オプティカルリーダーから新たな JOBN と名づけられたプログラムテープを読みこみ開始する。

(c)　モニターを Unit 2 にストアする。(これはその回のタイムシェアリング終了を意味する。)

[ここに 'C' と表わしたのは，その前の 2 ケタが正しくキーボードから入った

Y-001

かどうかをチェックするためのディジットで，正しく 2ケタが入ったときは C＝0 をセットし，誤まったときは C≠0 をセットして初めから入れなおす。]

(4) の (a)，(b) の場合，風胴からデータ処理再開のシグナルがきたら，スキップスイッチ OFF にして JOBN のプログラムを Unit 2 にストアし，スキップスイッチ ON にして，(2) にもどる。

(高橋，36，7)

Y-002

カードリーダ

コンプリート・ルーチン
所要スペース　0000*〜0152*（相対番地）
L4（4000〜4007 のみ）

機　能　カード上にパンチされたプログラムまたはデータを順次読みこんで適当な形に変換し，ストアする。

1. カードのパンチ方式

コーディング・シートに記入された，プログラムまたはデータを構成する各ワードをあたまから順次，

1枚目のカードのフィールド 1,2,3,……,8
2枚目のカードのフィールド 1,2,………,8
・　・　・　・　・　・
・　・　・　・　・　・
・　・　・　・　・　・

とパンチしていき，最後のカードの途中のフィールドはすべてのパンチが終了したら，残りのフィールドはすべてブランクにしておけばよい。

2. Phase

本ルーチンには A, B 2つの phase があり，ルーチンがどちらの phase にあるかによってカードから読みこんだワードの処理方式が異なる。

（1） phase A

これは絶対番地のみで書かれたプログラムおよびデータの入力のための phase で，カード上のワードが何の変形も受けずにそのままメモリーにストアされる。

（2） phase B

これは主として相対番地で書かれたプログラムの入力と後に述べる制御指令の処理のための phase で，下の左列のようなカード上のワードは右列のように変形され

てストアされる。

カード上のワード				メモリー中のワード			
0	CCC0	AA	XXXX	0	CCC0	AA	XXXX
0	CCC1	AA	XXXX	0	CCC0	AA	YYYY
0	CCC2	AA	XXXX	0	CCC2	AA	XXXX
0	CCC3	AA	XXXX	0	CCC2	AA	YYYY
0	CCC4	AA	XXXX	0	CCC4	AA	XXXX
0	CCC5	AA	XXXX	0	CCC4	AA	YYYY
0	CCC6	AA	XXXX	0	CCC6	AA	XXXX
0	CCC7	AA	XXXX	0	CCC6	AA	YYYY
0	CCC8	AA	XXXX	0	CCC8	AA	XXXX
0	CCC9	AA	XXXX	0	CCC8	AA	YYYY
1	CCC0	AA	XXXX	1	CCC0	AA	XXXX
1	CCC1	AA	XXXX	1	CCC0	AA	YYYY
1	CCC2	AA	XXXX	1	CCC2	AA	XXXX
1	CCC3	AA	XXXX	1	CCC2	AA	YYYY
1	CCC4	AA	XXXX	1	CCC4	AA	XXXX
1	CCC5	AA	XXXX	1	CCC4	AA	YYYY
1	CCC6	AA	XXXX	1	CCC6	AA	XXXX
1	CCC7	AA	XXXX	1	CCC6	AA	YYYY
1	CCC8	AA	XXXX	1	CCC8	AA	XXXX
1	CCC9	AA	XXXX	1	CCC8	AA	YYYY

$$YYYY = XXXX + ZZZZ$$

ZZZZ: 後にオペレーションのところで説明するようにして，あらかじめセットされた相対番地で書かれたプログラムのストア開始番地。

3. コントロールワード

本ルーチンによって解釈され，実行されるがストアされない制御指令としてのカード上のワードをコントロールワードとよぶ。コントロールワードには下記の左列の

ようなものがあり，右列のような機能をもつ。

コントロールワード	機　能
0 CCCC 94 XXXX	以下の語群を XXXX 番地からストアする。
0 CCCC 95 XXXX	'STOP 1111' でカードからの入力を一時停止する。XXXX が rA の下位4ケタに入る。
0 CCCC 96 XXXX	'CU XXXX' でストアされたプログラムの実行を開始する。
0 CCCC 97 XXXX	'CUB XXXX' でストアされたプログラムの実行を開始する。
0 CCCC 98 XXXX	'STOP 2222' で停止し，CONT. ボタンを押すと 'CU XXXX' でプログラムを開始する。
0 CCCC 99 XXXX	'STOP 3333' で停止し，CONT. ボタンを押すと 'CUB XXXX' でプログラムを開始する。
1 CCCC 94 XXXX	以下の語群を YYYY 番地からストアする。
1 CCCC 95 XXXX	'STOP 1111' でカードからの入力を一時停止する。YYYY が rA の下位4ケタに入る。
1 CCCC 96 XXXX	'CU YYYY' でストアされたプログラムの実行を開始する。
1 CCCC 97 XXXX	'CUB YYYY' でストアされたプログラムの実行を開始する。
1 CCCC 98 XXXX	'STOP 2222' で停止し，CONT. ボタンを押すと 'CU YYYY' でプログラムを開始する。
1 CCCC 99 XXXX	'STOP 3333' で停止し，CONT. ボタンを押すと 'CUB YYYY' でプログラムを開始する。
1 0000 00 0000	phase を変える。

'YYYY' については 'phase' のところで述べた説明参照。

4. オペレーション

（1） PCC の words/card in のスイッチを8にセットする。

Y-002

（2） 528 リーダに入力したいプログラムまたはデータのパンチされたカードを準備する。

（3） rB に本ルーチンの読みこみ開始番地 XXXX（適当に選定されたメインアドレスで必ずしも 20 の倍数でなくてもよい。）をセットし photoreader から本ルーチンのテープを読みこむ。

（4） rC に 'STOP XXXX' が現われて読みこみが終了したら，クリアする。

（5） 入力しようとするプログラムが相対番地を使用したものであるとき，rA の下 4 ケタにそのプログラムのストア開始番地 YYYY をセットする。

（6） rC に次のようにセットする。

20	XXXX	～

'～' はそこに何が入っていてもよいことを示す。

（7） CONT. ボタンを押して入力を開始する。

（注意）

（1） 本ルーチンを読みこむと，初めは phase B になっている。

（2） 前述のことからわかるように相対番地で書かれたプログラムにおいては，命令の制御部の最下位の数字が 0, 2, 4, 6, 8 のいずれかであるものしかストアされない。

（3） 相対番地で書かれたプログラム以外について，本ルーチンを 1 度読みこんでおけば何回でも使用できる。

（4） 1 枚目のカードのフィールド 1 のワードは '94' のコードのコントロールワードでなければならない。

（高橋，35，9）

Y-003

浮動→固定小数点プリント・ルーチン

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*~0139*（相対番地）

rB は使用しない。

L7 を使用するが restore される。

機　能　浮動小数点の数値を固定小数点の形に変換してプリントする。整数部桁数，小数部桁数を任意に設定できることが大きな特長である。

使用法　データ　(A)=x（浮動小数点）

開　始　$iiff$　CUR　0000*

ただし，ii=整数部桁数

ff=小数部桁数

この CUR は L7 から実行してもよい。rB も変更されないので，既成プログラムの PTW の所に代入して使用できる。

結　果　前にプリントした数値との間に2字分スペースが入る。符号は，正の場合はスペース，負の場合はマイナス（－）。

ff=0 の場合は小数点をプリントしない。

ii=0 なら .XX……

停　止　$|x| \geqq 10^{ii}$　ならば　STOP 0039*

備　考　復帰改行はメインプログラムの方ですること。

適用範囲　$|x|<10^{ii}$, $0 \leqq ii \leqq 10$, $0 \leqq ff \leqq 10$

所要時間　フレキソライターのタイプ速度と同じ。

変換のための時間は無視できる。

（戸川，35，10）

Y-004

本体のパネルによるインプット・ルーチン

所要スペース　0000*～0019*（相対番地）

機　能　計算機本体のパネルで，ドラムの内容をみたり，内容を変更したりする操作を簡単にすみやかに行なうことを目的として作られたもの。rC の内容をセットする必要がなく，またチェック・プリントのとれることが特長である。

使用法　開　始　CU 0000*

このルーチンに入ると

→　STOP　1111　(0002)*

で止まる。アドレスを rB にセットしてスタートボタンを押すと，その番地の内容が rA に出て

STOP　2222　(0009)*

で止まる。内容をみて(必要があれば変更して)スタートボタンを押せば

結　果　変更された場合は，新しい内容がドラムにストアされる。なお，チェックのために，番地，旧内容，新内容がフレキライタでタイプされる。（新内容は変更したときだけ）

備　考　メインで実行しているので，L7 の内容もチェック可能。

（戸川，35，10）

Y-005

DAD インプット・ルーチン

クローズド・ルーチン (1,2,4)

ディバッギング用ルーチン (3,5)

所要スペース　0000*～0099* (相対番地)

WS　L7

機　能 1. プログラムの途中で，1ワードをキーボードよりインプット。

2. 同上。ただし，旧内容チェックが可能。

3. ドラムの内容のチェック・プリント。必要があれば変更が可能。

4. ドラムの内容 N ワードをプリント。(プログラム・コントロール)

5. 4. と同じ。(キーボードでコントロール)

使 用 法 機能 1　CUBR 0000* で入る。DAD の命令で停止する。キーボードから最初に符号，次に数値 10 桁を入れる。(このとき，F のキーを押してはならない。)

今，入れた数値が，rA に表示され，再び DAD 命令 (コード 10) で停止する。これをチェックして

それでよかったら　0

まちがっていたら　1

を押す。

まちがっていれば，このプログラムの始めに帰るから，もう一度符号と 10 桁を入れる。再びチェックで停止するから，0 か 1 を押す。

インプットが終了すると，自動的にメインプログラムに帰る。

(注意)　CUBR のとき，rA の下 6 桁はゼロでなければならない。

機能 2　インプットしてストアすべき行先のアドレスを rB にセットして，CUBR 0020* で入る。

そうすると，そのアドレスの旧内容が rA に表示されて，DAD で止る。

そこで

{ その内容を変えないでよい場合は　0
  変える必要のある場合は　1

を押す。

0を押した場合は，そのまま，メインプログラムに帰る。

1を押すと，DAD 命令で停止するから，あとは機能1と同じ操作で正しい数値を入れる。

機能3　CUB 0040* で開始すると，DAD 0003 の命令で止る。

チェックしたい番地 XXXX をキーボードで入れる。フレキソライターが

XXXX　±XXXXXXXXXX
番地　旧内容

をタイプし，rA に旧内容が表示されて，DAD 0000 で止まる。

それが，OK ならばキーボードの0を押す。(プリントされた旧内容の右に OK とプリントされる。)

変更したい時には，1を押す。

1を押した場合は，再び DAD 命令で停止する。そこで新しい内容をキーボードからインプットする。(符号と 10 桁)

その内容が，rA に表示されて，DAD 命令で止る。インプットが正しければ 0，まちがっていれば1を押す。

(このようにして，内容が変更された場合には，新しい内容が先にプリントされた旧内容の右に赤字でプリントされる。) OK または赤字新内容がプリントされた後，計算機は DAD 0003 で停止する。そこで先の操作をくり返せば，任意の番地の内容をチェックしながら，それを正しい形に変えてゆくことができる。

機能4　何番地から何番地までをプリントするか

+　XXXX　00　****
最初の番地　最後の番地

の形で rA に置いて，CUBR 0060* で入ると，XXXX 番から **** 番までの内容が，フレキソライターで

+　XXXX　±YYYYYYYYYY

・　　　　　・
・　　　　　・
・　　　　　・

のようにプリントされる。

機能 5　CUB 0080* で入ると，DAD で止る。

キーボードより

0　XXXX　00　****　0
最初の番地　　最後の番地

を入れる。

プリント形式は，4の場合と同じ。

(戸川，36，10)

Y-006

固定小数点を浮動小数点に変換

クローズド・サブルーチン

所要スペース　0000*～0030*（相対番地）

WS　L7

機　能　ストアされて固定小数点のデータを浮動小数点表示にし，ストアされていた番地に戻す。

使用法　データ　****　番より　|||||||||||　の形でストア。（備考参照）

(rA)＝＋0 0　XXXX　****

ただし　XXXX は {(データの数)－1}

**** はデータのストアされている最初の番地。

開　始　CUBR 0000*

結　果　固定小数点でストアされていた番地にストアされる。

備　考　固定小数点の位置を変えたい場合は，0015* の ＋0000000055 を変えればよい。

例　|　　　　　　　| のときは　＋0000000050

|　　　　　　　| のときは　＋0000000060

変換を必要とするのは，大量のデータの場合であるから，データは連続的な番地にストアするとよい。

所要時間　1データにつき 0.05 秒

（佐藤，36，7）

文　　献

[1] C. Hasting, Jr.: Approximations for Digital Computers, Princeton, (1955).
[2] F. B. Hildebrand: Introduction to Numerical Analysis, McGraw-Hill (1957).
[3] G. N. Watson: A Treatise on the Theory of Bessel Functions (2nd. ed.), McGraw-Hill, (1945).
[4] D. H. Lehmer: A Machine Method for Solving Polynomial Equations, JACM, Vol. XIII (1961).
[5] 計算研究室編: 電子計算機使用法, 航空技術研究所 (1961).
[6] 森口・高田: 数値計算法 II, 岩波講座, 現代応用数学 (1957).
[7] A. S. Householder: Principles of Numerical Analysis, McGraw-Hill (1953).
[8] L. Collatz: The Numerical Treatement of Differential Equations (3rd. ed.), Springer-Verlag, Berlin (1960).
[9] W. E. Milne: Numerical Solutions of Differential Equations, Wiley (1955).
[10] 戸川: 非線型方程式の解法について, 所内研究発表会資料 (1962).
[11] 樋口・三好: 放物型偏微分方程式の混合境界値問題の差分法による数値解法, 航空技術研究所報告 TR-16.
[12] Technical Information Binder, Burroughs Cooperation.

NAL TM-2
航空技術研究所
航空技術研究所計数型電子計算機設備プログラム・ライブラリー I

1962 年 2 月　　145 頁

航空技術研究所で現在使用している電子計算機データトロン 205 のライブラリー・プログラムの使用法を解説したものである。各種の数値計算のための基本的なプログラム 72 種を蒐録，各プログラムについて，そのデータやパラメータの入れ方，リンクの方法，計算の精度，所要時間等を記す。

I. 樋口一雄
戸川隼人
三好　甫
高橋利之
能美　力
板垣芳雄
鳥海良三
佐藤保子
II. NAL TM-2
III. 518.5

NAL TM-2
航空技術研究所
航空技術研究所計数型電子計算機設備プログラム・ライブラリー I

1962 年 2 月　　145 頁

航空技術研究所で現在使用している電子計算機データトロン 205 のライブラリー・プログラムの使用法を解説したものである。各種の数値計算のための基本的なプログラム 72 種を蒐録，各プログラムについて，そのデータやパラメータの入れ方，リンクの方法，計算の精度，所要時間等を記す。

I. 樋口一雄
戸川隼人
三好　甫
高橋利之
能美　力
板垣芳雄
鳥海良三
佐藤保子
II. NAL TM-2
III. 518.5

NAL TM-2
航空技術研究所
航空技術研究所計数型電子計算機設備プログラム・ライブラリー I

1962 年 2 月　　145 頁

航空技術研究所で現在使用している電子計算機データトロン 205 のライブラリー・プログラムの使用法を解説したものである。各種の数値計算のための基本的なプログラム 72 種を蒐録，各プログラムについて，そのデータやパラメータの入れ方，リンクの方法，計算の精度，所要時間等を記す。

I. 樋口一雄
戸川隼人
三好　甫
高橋利之
能美　力
板垣芳雄
鳥海良三
佐藤保子
II. NAL TM-2
III. 518.5

NAL TM-2
航空技術研究所
航空技術研究所計数型電子計算機設備プログラム・ライブラリー I

1962 年 2 月　　145 頁

航空技術研究所で現在使用している電子計算機データトロン 205 のライブラリー・プログラムの使用法を解説したものである。各種の数値計算のための基本的なプログラム 72 種を蒐録，各プログラムについて，そのデータやパラメータの入れ方，リンクの方法，計算の精度，所要時間等を記す。

I. 樋口一雄
戸川隼人
三好　甫
高橋利之
能美　力
板垣芳雄
鳥海良三
佐藤保子
II. NAL TM-2
III. 518.5

既　刊　資　料

航空技術研究所資料　2号

昭和37年2月　発行

発行所　航空技術研究所
東京都三鷹市新川700
電話武蔵野(0422)(3)5171(代表)

印刷所　笠井出版印刷社
東京都港区芝南佐久間町1の53