

EPMA DATA 処理の半自動化の試み

川 寄 智 佑

京都大学理学部地鉱教室
(1975年1月4日受付)

§ はじめに

EPMA (electron probe X-ray microanalyzer) を使用して、造岩鉱物の定量分析を行う場合、莫大な量のデータが、アウトプットされる。

例えば、5種類の鉱物について、9元素(Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K)を各鉱物ごとに10点ずつ、各元素毎に5回ずつ測定する場合を考えてみよう。

スタンダード及びスタンダードのバックグラウンドの測定で、 $5 \times 9 \times 4$ 個、一つの鉱物については、バックグラウンドの測定も含め、 $5 \times 9 \times 10 + 5 \times 9 \times 2$ 個、結局、この場合には、 $5 \times 9 \times 4 + (5 \times 9 \times 10 + 5 \times 9 \times 2) \times 5 = 2,880$ 個のデータがアウトプットされる。これらのデータを、後にのべる計算に従って処理する場合、卓上計算器を使用すれば、約 10^4 回のキー操作を必要とし、約20時間程データ処理に費す事になる。しかも、キー操作上のミスもあり、全ての計算結果が完全に、正確に処理できるとは言いがたい。

コンピューターを使用して、データ処理を行う場合でも、不感時間の補正、バックグラウンド補正を卓上計算器で行い、それらの補正した値をコンピューターで処理するというシステムを採用する限り、コンピューターにインプットするデータは、 $9 \times 50 = 450$ 個あり、それをパンチしなければならない。又、卓上計算器で不感時間の補正、バックグラウンドの補正を行う訳であるから、この部分についても、2,880個のデータを処理しなければならないのである。このシステムでも、全ての処理を卓上計算器で行うシステムとは、労力の上からも、不正確さの上からも、五十歩百歩である。

今回の試みは、当研究所に導入された小型コンピューター (OKITAC 4500C) を使用して、EPMA (JXA-5A) からアウトプットされる大量のデータを迅速にかつ、正確に、処理しようとする試みである。この試みでは、EPMAから紙テープにサン孔して、アウトプット

されたデータ^{*}を、コンピューターの外部表現 (ISO CODE) に変換し、データ処理プログラムに従って編集し、計算終了まで、約2時間で行えるようになった。

以下に、このEPMAデータ処理の省力化の試みをのべる。

§ BLOCK DIAGRAM

EPMA (JXA-5A) で測定して、計算結果を手にするまでの手順は次の通りである。

1. 測定。
2. データのアウトプット。
3. JEOL CODEをISO CODEに変換。
4. データの編集。
5. 計算。
6. 計算結果をアウトプット。

以上の手順を図1に、ブロックダイアグラムで示す。

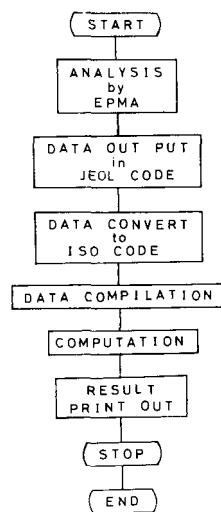


Fig. 1

* JEOL CODEで表現されている。

§ 測 定

当研究所では、3元素同時測定可能なEPMA[®]を使用しており、1元素につき5回測定を行い、1回ずつの測定値(10秒間におけるカウント数)に、不感時間の補正を加えるという方法をとっている。スタンダードについては、定量分析しようとする鉱物の分析の前後に測定する。n番目に測定した鉱物に対するスタンダードの値は、最初に測定したスタンダードの値と最後に測定したスタンダードの値との比例配分で求めている。

バック・グラウンドの測定に関しては、測定している元素に対して、最大の強度を示すスペクトロメーターの位置から、長波長側、短波長側にそれぞれ、適量ずら

し、長波長側のカウント数と短波長側のカウント数との比例配分で求めた値を採用している。

§ コード変換

当研究所のEPMAには、アウトプット装置としてオン・ライン・テレタイプが付属している。このテレタイプは、JEOL CODEで測定したデータを紙テープにサン孔する。このJEOL CODEでかかれたデータを、OKITAC 4500Cのコード(ISO CODE)に変換しなければならない。今回の試みでは、CODE変換に、沖電気岡山営業所 森本誠二氏作成のCODE CONVERT PROGRAMME^{*}を使用した。

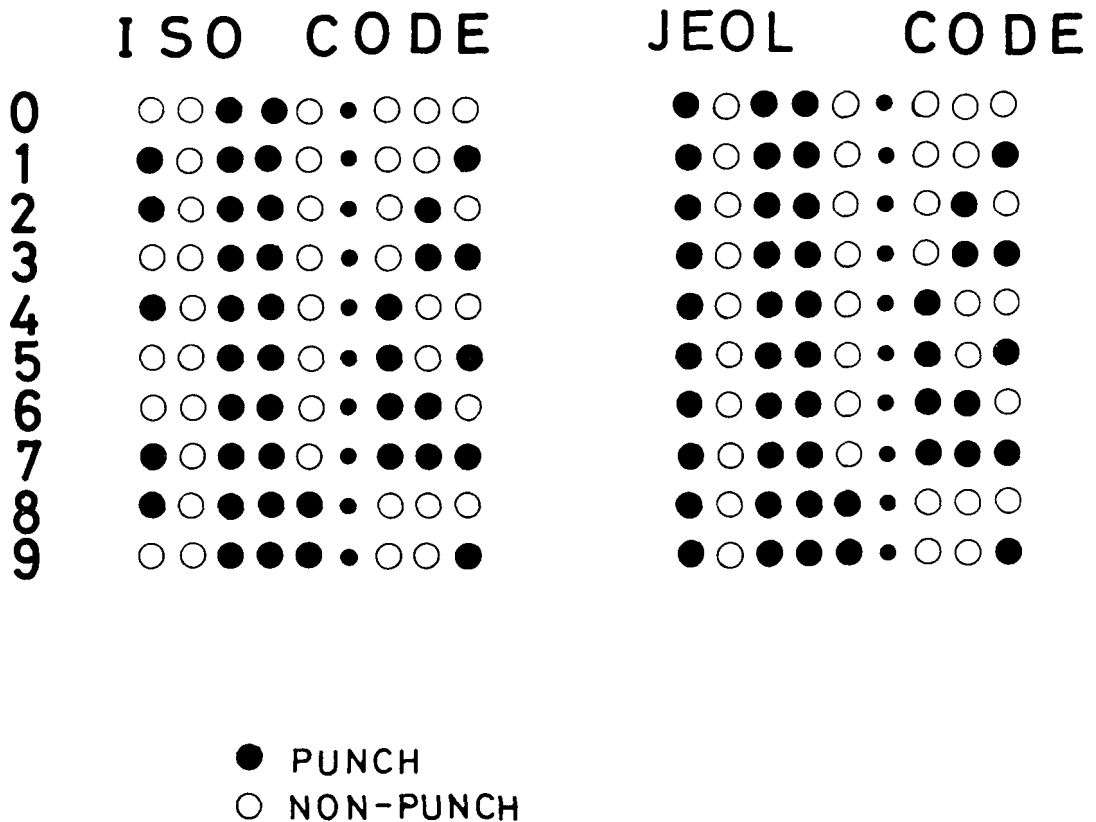


Fig. 2

* OKITAC LOADER 45 B言語(機械語)で記述されている。

§ データ処理の基本式

この試みでは、1) DEAD TIME補正 2) BACK GROUND補正 3) BENCE & ALBEEの方法⁽¹⁾による補正、4) 示性式

の以上4つの計算を行う。以下に計算式を順にのべる。

1) DEAD TIMEの補正

A元素について、*i*番目(一つの元素について、この試みでは、5回ずつ測定する)の測定の1秒間におけるカウント数を C_i^A とする。 C_D^{Aj*} を測点 *j* におけるA元素に対するカウント数を不感時間の補正を行った5回測定の平均値とする。

μ を1秒間当りの不感時間とすると次の式が成立する。

$$C_D^{Aj} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \frac{C_i^A}{1 - C_i^A \cdot \mu} \quad (1)$$

2) BACK GROUND

バックグラウンドは、最大のピークを示すスペクトロメーターの位置から、+側、-側に、適当量スペクトロメーターを動かした時にキャッチされるカウント数を使って接線法によって求めている。

最大のピークを示すスペクトロメーターの位置から、+側に B^{A+} (mm)、-側に B^{A-} (mm) ずらし、+、-側でそれぞれ、 C_D^{A+} 、 C_D^{A-} の値をとるとする** (図3)

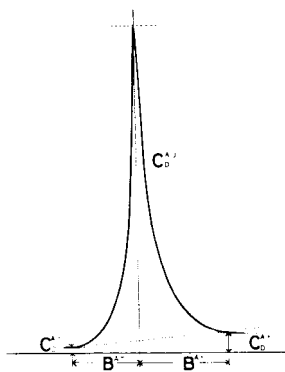


Fig. 3

* サフィックス *j* は測点と、測定順序を示す。

** C_D^{A-} 、 C_D^{A+} は(1)の DEAD TIME補正を行った値。これは、各鉱物ごとに(スタンダードも含めて)求める。

*** スタンダードは、鉱物の分析の前後に測定する。鉱物分析直前に測定したスタンダードの値を S_1^A とし、直後に求めたスタンダードの値を S_2^A で示す。

**** αE 、 O_x は元素Eの発するX線に対して酸化物 O_x が与える吸収、蛍光効果を補正する経験的係数。

測点 *j* で、バックグラウンド補正を行った値を $C_{D \cdot B}^{Aj}$ とすると次の式が成立する。

$$C_{D \cdot B}^{Aj} = C_D^{Aj} - \frac{C_D^{A-} \times B^{A+} + C_D^{A+} \times B^{A-}}{B^{A+} + B^{A-}} \quad (2)$$

3) BENCE & ALBEE法による補正

1)、2)で全ての測点において、不感時間の補正、バックグラウンドの補正を完了した。

1)、2)の補正を行ったA元素のスタンダードの値を S^A とする。*** 測点 *j* でのA元素の相対強度を $K_j^{A \cdot 0}$ とすると、次の式が成立する。

$$K_j^{A \cdot 0} = \frac{C_{D \cdot B}^{Aj} \cdot W^A}{S_1^A + (S_2^A - S_1^A)(j - 1) / (N - 1)} \quad (3)$$

ここで、 W^A は、ワーキングスタンダードの C_β 値を示し、*N* は、全測点数を示す。

BENCE & ALBEE法による補正を *n* 回行うと、測点 *j* でのA元素の値 K_j^{An} について次の漸化式が成立する。

$$\begin{bmatrix} K_j^{1,n+1} \\ K_j^{2,n+1} \\ \vdots \\ K_j^{A,n+1} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sum_A K_j^{A,n}} \begin{bmatrix} K_j^{1,0} & & 0 \\ & K_j^{2,0} & \\ & & \ddots \\ 0 & & & K_j^{A,0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K_j^{1,n} \\ K_j^{2,n} \\ \vdots \\ K_j^{A,n} \end{bmatrix} \quad (4)$$

ここで $[\alpha]$ は、BENCE & ALBEE法で示された経験的補正パラメーター (α factor) αE 、 O_x を要素とする行列 (*j* 行 *j* 列) であり、BENCE & ALBEEの値、Nakamura & Kushiro⁽³⁾(1970)の値のどちらでも使用できるようにした。又、この補正は *n* = 10まで行った。****

4) 示性式

測点 *j* が鉱物 *x* であり、酸素数 *N* で示性式を計算する。全ての補正計算が完了した測点 *j* でのA元素の重量%を

$K_j^{A,10}$, 又, 酸化物の形でA元素を A_mO_n の形で表わす. 酸化物の分子量を W_A と表現すると, 次の式が成立する.

$$F_j^{A,X} = \frac{\frac{K_j^{A,10}}{W_A} N^{mA}}{\sum_A \frac{K_j^{A,10}}{W_A} l_A} \quad (5)$$

ここで, $F_j^{A,X}$ は鉱物Xで, 示性式に直した時のA元素の値を示す.

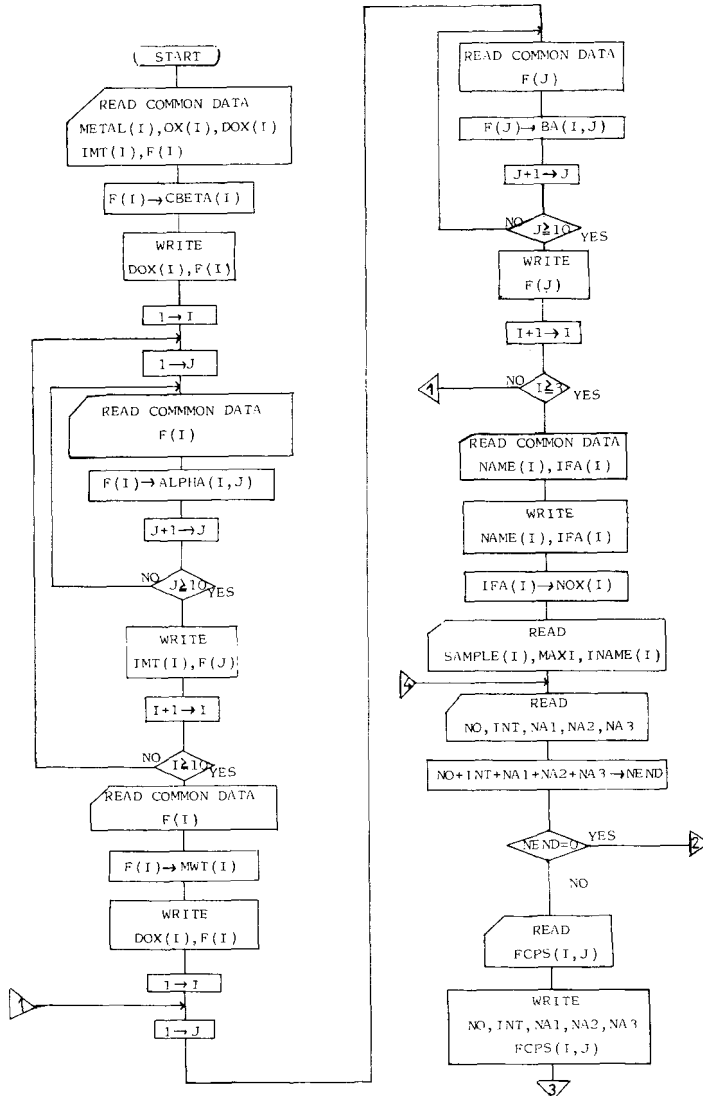
これで全ての計算が完了した.

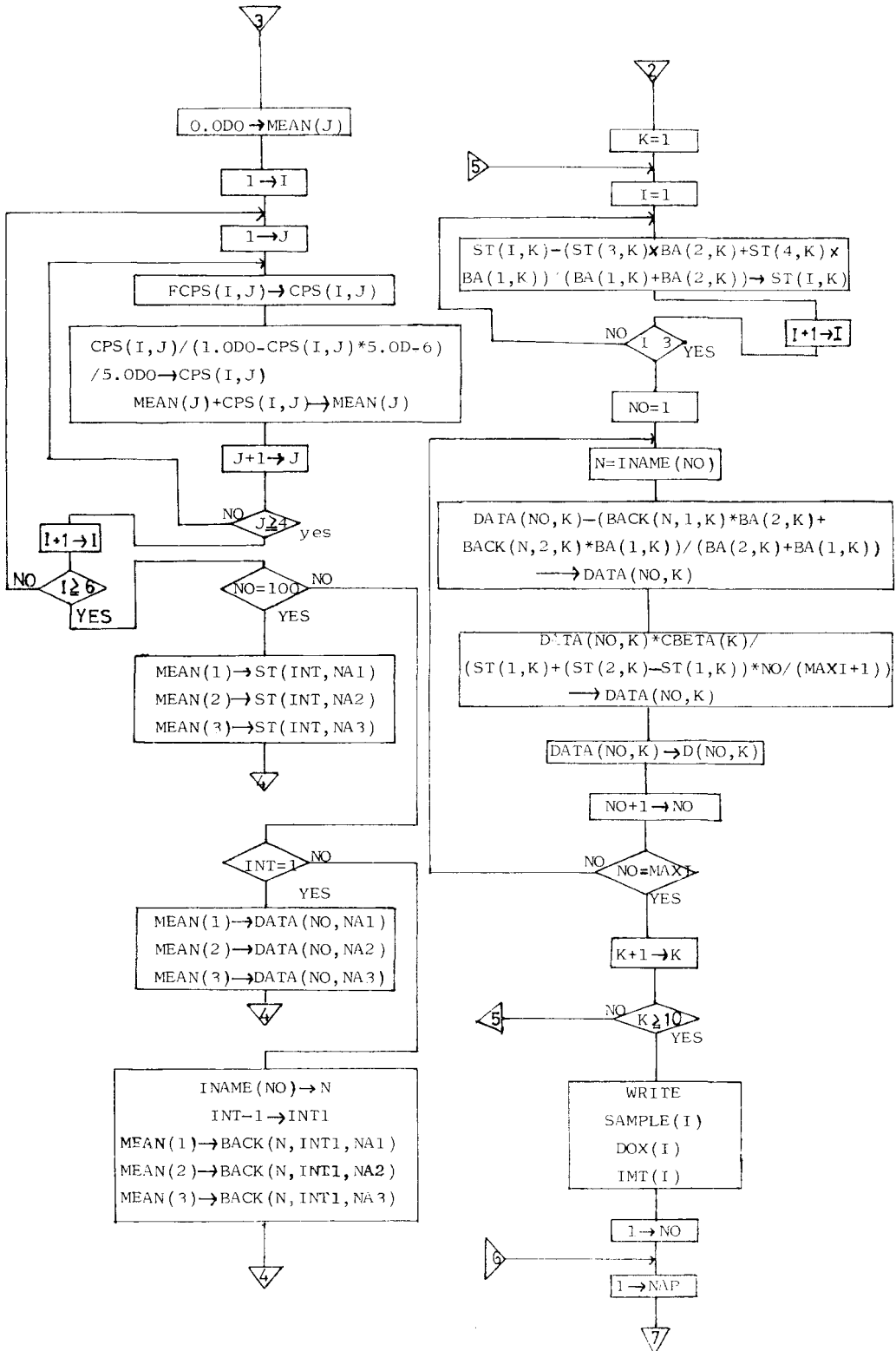
§ FLOW CHART 及び PROGRAMME

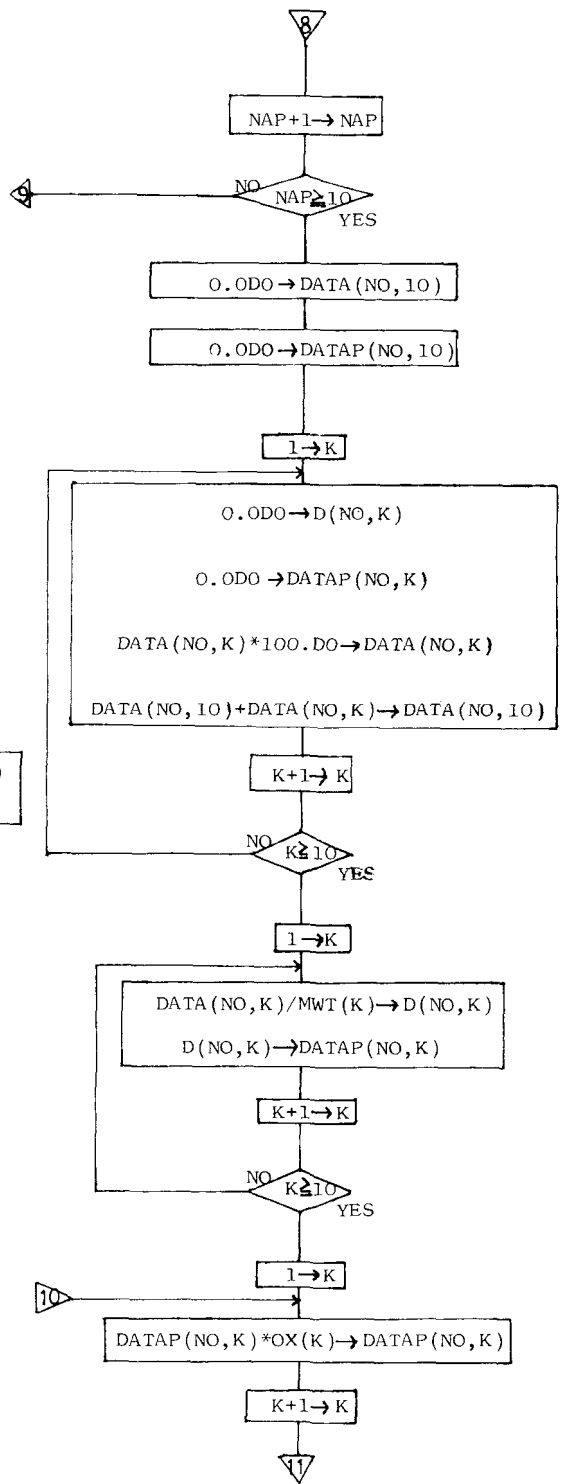
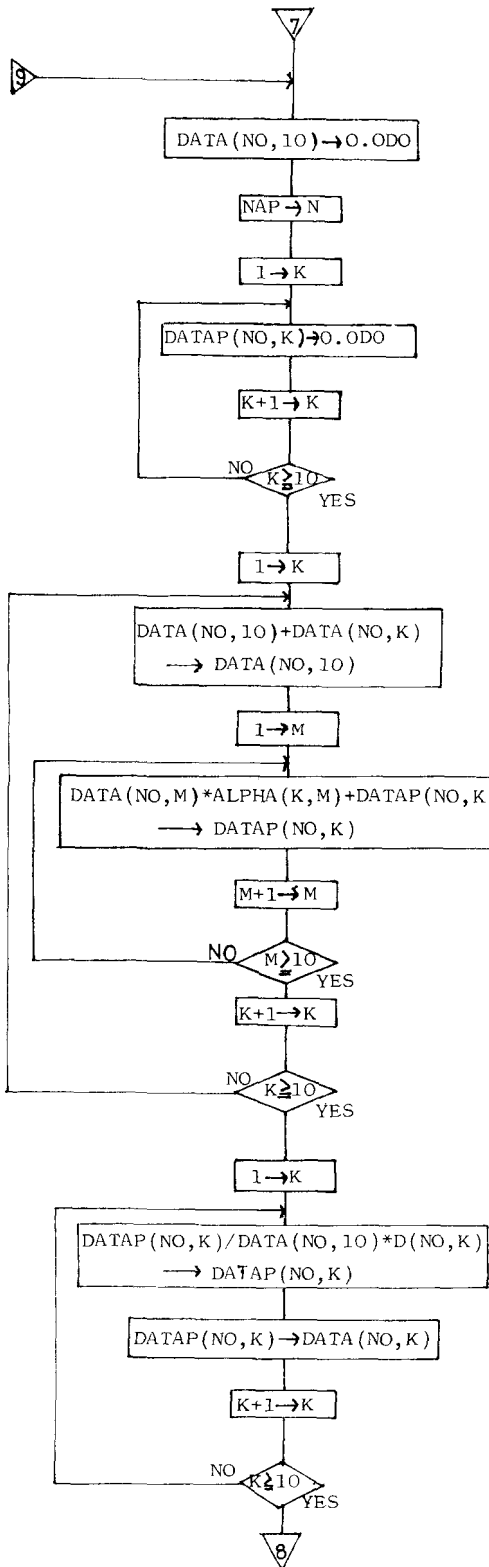
以上のべた計算手順に従って, FLOW CHART (図4) と PROGRAMME (図5) を示す.

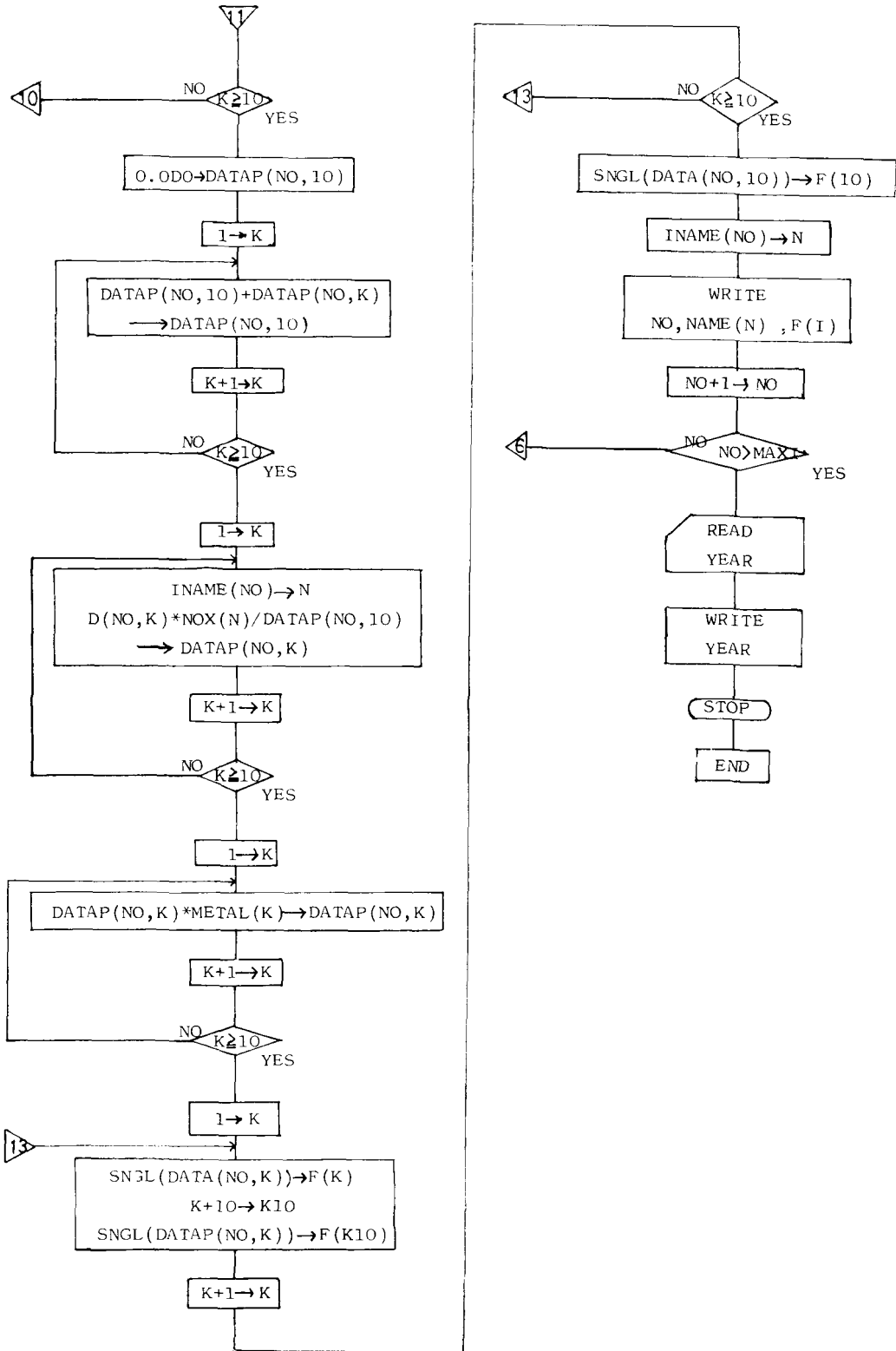
このFLOW CHARTとPROGRAMMEは, 9元素用 (Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K) であり, 演算を精度よく行うために, 倍精度実数型を採用しているが, 演算結果は単精度型で印字するようになっている.

FLOW CHART
of
EPMA DATA COMPUTATION









```

OKITAC 4500 FORTRAN SOURCE PROGRAM LIST DATE 74/12/27 PAGE 0003 VER-NO 5.10

LINE-NO ERROR CODE STATEMENT
0101 40 IF (INT-1)43,44,43
0102 44 DATA(N0,NA1)=MEAN(1)
0103 DATA(N0,NA2)=MEAN(2)
0104 DATA(N0,NA3)=MEAN(3)
0105 GO TO 42
0106 43 N=I NAME(N0)
0107 INT1=INT-1
0108 BACK(N,INT1,NA1)=MEAN(1)
0109 BACK(N,INT1,NA2)=MEAN(2)
0110 BACK(N,INT1,NA3)=MEAN(3)
0111 GO TO 42
0112 34 DO 50 K=1,9
0113 DO 500 I=1,2
0114 ST(I,K)=ST(I,K)-(ST(3,K)*BA(2,K)+ST(4,K)*BA(1,K))/(BA(1,K)+BA(2,K)
0115 )
0116 500 CONTINUE
0117 DO 51 N0=1,MAXI
0118 KN=N0
0119 N=I NAME(N0)
0120 DATA(N0,K)=DATA(N0,K)-(BACK(N,1,K)*BA(2,K)+BACK(N,2,K)*
0121 BA(1,K))/(BA(2,K)+BA(1,K))
0122 DATA(N0,K)=DATA(N0,K)/(ST(1,K)+(ST(2,K)-ST(1,K))*(X*MAXI-1.000)
0123 +(XN-1.000))*METAL(K)
0124 D(N0,K)=DATA(N0,K)
0125 51 CONTINUE
0126 50 CONTINUE
0127 WRITE(6,52)(SAMPLE(I),I=1,9),(PERSON(J),J=1,3)
0128 52 FORMAT(1H0,100X,23# COUNTS PER 10 SECONDS/1H ,100X,27H* ACCELERAT
0129 1NF VOLTAGE 15KV/1H1,9AB,2X,3AB)
0130 WRITE(6,53)(DOX(I),I=1,9)
0131 53 FORMAT(1H0,3HNO,1,2X,4HNAME,6X,9AB,3X,5HTOTAL)
0132 DO 54 N0=1,MAXI
0133 DO 55 NAP=1,10
0134 DATA(N0,10)=0.000
0135 N=NAP
0136 DO 56 K=1,10
0137 DATAP(N0,K)=0.000
0138 56 CONTINUE
0139 DO 57 K=1,9
0140 DATA(N0,10)=DATA(N0,10)+DATA(N0,K)
0141 DO 58 M=1,9
0142 DATAP(N0,K)=DATA(N0,M)*ALPHA(K,M)+DATAP(N0,K)
0143 58 CONTINUE
0144 57 CONTINUE
0145 DO 59 K=1,9
0146 DATAP(N0,K)=DATAP(N0,K)/DATA(N0,10)+D(N0,K)
0147 DATA(N0,K)=DATAP(N0,K)
0148 59 CONTINUE
0149 55 CONTINUE
0150 DATA(N0,10)=0.000

```

```

OKITAC 4500 FORTRAN SOURCE PROGRAM LIST DATE 74/12/27 PAGE 0004 VER-NO 5.10

LINE-NO ERROR CODE STATEMENT
0151 DATAP(N0,10)=0.000
0152 DO 61 K=1,9
0153 D(N0,K)=0.000
0154 DATAP(N0,K)=0.000
0155 DATA(N0,K)=DATA(N0,K)+100.000
0156 DATA(N0,10)=DATA(N0,10)+DATA(N0,K)
0157 61 CONTINUE
0158 DO 62 K=1,9
0159 D(N0,K)=DATA(N0,K)/WT(K)
0160 DATAP(N0,K)=D(N0,K)
0161 62 CONTINUE
0162 DO 63 K=1,9
0163 DATAP(N0,K)=DATAP(N0,K)*DX(K)
0164 63 CONTINUE
0165 DATAP(N0,10)=0.000
0166 DO 64 K=1,9
0167 DATAP(N0,10)=DATAP(N0,10)+DATAP(N0,K)
0168 64 CONTINUE
0169 DO 65 K=1,9
0170 N=I NAME(N0)
0171 DATAP(N0,K)=D(N0,K)*NOX(N)/DATAP(N0,10)
0172 65 CONTINUE
0173 DO 66 K=1,9
0174 DATAP(N0,K)=DATAP(N0,K)*METAL(K)
0175 66 CONTINUE
0176 DO 67 K=1,9
0177 F(K)=SGL(DATAP(N0,K))
0178 K10=K*10
0179 F(K10)=SGL(DATAP(N0,K))
0180 67 CONTINUE
0181 F(10)=SGL(DATAP(N0,10))
0182 N=I NAME(N0)
0183 WRITE(6,68)N0,N,NAME(N),(F(I),I=1,9)
0184 68 FORMAT(1H ,13,2X,AB,9F9.2,3X,FB,2/1H ,15X,9FB,4)
0185 54 CONTINUE
0186 READ(5,70)YEAR
0187 70 FORMAT(A8)
0188 WRITE(6,71)YEAR
0189 71 FORMAT(1H0,100X,9HANALYZED,2X,A8)
0190 STOP
0191 END

```



```

OKITAC 4500  FORTRAN  SOURCE PROGRAM LIST      DATE 74/12/27      PAGE 0001      VER-NO 5.10

LINE-NO  ERROR CODE      STATEMENT
0001      DOUBLE PRECISION METAL(9),DX(9),DDX(9),CBETA(9),ALPHA(9,9),MWT(9),
0002      1BA(2,9),NDX(6),SAMPLE(9),MEAN(3),CPS(5,3),ST(4,10),DATA(50,10),
0003      ZBACK(6,2,10),D(50,10),DATAP,NAME(6),YEAR,NAME(6),XMAX1,XR,
0004      3PERSON(3)
0005      DIMENSION IMT(9),F(19),IFA(6),I,NAME(50),FCPS(5,3)
0006      READ(5,3)(METAL(J),I=1,9)
0007      3 FORMAT(9D3.1)
0008      READ(5,4)(DX(I),I=1,9)
0009      4 FORMAT(9D3.1)
0010      RFAD(5,5)(DOX(I),I=1,9)
0011      5 FORMAT(9A8)
0012      READ(5,6)(IMT(I),I=1,9)
0013      6 FORMAT(9A2)
0014      DO 7 J=1,9
0015      F(J)=0.0
0016      7 CONTINUE
0017      READ(5,8)(F(I),I=1,9)
0018      8 FORMAT(9F6.4)
0019      DO 9 I=1,9
0020      CBETA(I)=F(I)
0021      9 CONTINUE
0022      WRITE(6,10)(DOX(J),I=1,9),(F(J),J=1,9)
0023      10 FORMAT(10,10= C/PETA */1H,5X,9A8/1H ,3X,9F8.4)
0024      READ(5,11)(PERSON(I),I=1,3)
0025      110 FORMAT(3A8)
0026      WRITE(6,11)(PERSON(I),I=1,3),(DOX(I),I=1,9)
0027      11 FORMAT(1H0,15H= ALPHA FACTOR ,3A8/1H,4X,9A8)
0028      DO 12 I=1,9
0029      DO 13 J=1,9
0030      READ(5,14)F(J)
0031      14 FORMAT(F6.4)
0032      ALPHA(I,J)=F(J)
0033      13 CONTINUE
0034      WRITE(6,15)IMT(I),(F(J),J=1,9)
0035      15 FORMAT(1H ,A2,9F8.4)
0036      12 CONTINUE
0037      READ(5,16)(F(I),I=1,9)
0038      16 FORMAT(F10.4)
0039      DO 17 I=1,9
0040      MWT(I)=F(I)
0041      17 CONTINUE
0042      WRITE(6,18)(DOX(I),I=1,9)
0043      18 FORMAT(1H0,26H= OXIDE MOLECULAR WEIGHT */1H ,3X,9(A8+2X))
0044      WRITE(6,19)(F(I),I=1,9)
0045      19 FORMAT(1H ,9F10.4)
0046      WRITE(6,20)(DOX(I),I=1,9)
0047      20 FORMAT(1H0,22H= BACK GROUND (M.M.) */1H ,5X,9A8)
0048      DO 20 I=1,2
0049      DO 21 J=1,9
0050      READ(5,22)F(J)

```

```

OKITAC 4500  FORTRAN  SOURCE PROGRAM LIST      DATE 74/12/27      PAGE 0002      VER-NO 5.10

LINE-NO  ERROR CODE      STATEMENT
0051      22 FORMAT(F3.1)
0052      IFA(I,J)=F(J)
0053      21 CONTINUE
0054      WRITE(6,23)(F(J),J=1,9)
0055      23 FORMAT(1H ,9F8.1)
0056      20 CONTINUE
0057      READ(5,24)NAME(I),I=1,6)
0058      24 FORMAT(6A)
0059      READ(5,25)IFA(I),I=1,6)
0060      25 FORMAT(6I2)
0061      WRITE(6,26)NAME(I),I=1,6)
0062      26 FORMAT(1H0,34H=NAME OF MINERAL ,N OXYGENS BASED/1H,5X,AB+6X,
0063      14H=I2/1H ,5X,AB+6X,3HN=4/1H ,5X,AB+6X,3HN=6/1H ,5X,AB+6X,
0064      23HN=4/1H ,5X,AB+6X,4HN=24/1H ,5X,AB+6X,4HN=23)
0065      DO 27 I=1,6
0066      READ(5,28)IFA(I)
0067      27 CONTINUE
0068      READ(5,29)SAMPLE(I),I=1,9)
0069      28 FORMAT(A4)
0070      READ(5,29)MWT(I)
0071      29 FORMAT(I2)
0072      XMAXI=MAXI
0073      READ(5,30)I,NAME(I),I=1,MAXI)
0074      30 FORMAT(I2)
0075      WRITE(6,31)
0076      31 FORMAT(1H,60(1H-),1X,4H=DATA LIST,1X,61(1H-)/1H0,3HNO.,1X,4HINT.,
0077      11X,5HMINI,1X,9X,5(1X,20HCHAN.) CHAN,2 CHAN,3)
0078      42 READ(5,32)ND,INT,NA1,NA2,NA3
0079      12 FORMAT(5I3)
0080      NEND=ND+INT+NA1+NA2+NA3
0081      IF(NEND)53,54,33
0082      READ(5,35)(FCPS(I,J),J=1,3),I=1,6)
0083      35 FORMAT(3F7.1)
0084      WRITE(6,36)NEND,INT,NA1,NA2,NA3,(FCPS(I,J),J=1,3),I=1,6)
0085      36 FORMAT(1H ,5I3+6X,15F7.1)
0086      DO 37 J=1,3
0087      MEAN(J)=0.000
0088      37 CONTINUE
0089      DO 38 I=1,6
0090      DO 39 J=1,3
0091      CPS(I,J)=FCPS(I,J)
0092      CPS(I,J)=CPS(I,J)/(1.000-CPS(I,J)+5.00-6)/5.000
0093      MEAN(J)=MEAN(J)+CPS(I,J)
0094      39 CONTINUE
0095      38 CONTINUE
0096      IF(NEND)33,41,40
0097      ST(INT,NA1)=MEAN(1)
0098      ST(INT,NA2)=MEAN(2)
0099      ST(INT,NA3)=MEAN(3)
0100      GO TO 42

```


INT	NO=11	NO=12
1	FIRST ANALYZED OPS	OPS
2	SECOND ANALYZED OPS	+ BACK GROUND
3	+ BACK GROUND	- BACK GROUND
4	- BACK GROUND	

Fig. 8

1 Si	2 Ti	3 Al	4 Fe	5 Mn
6 Mg	7 Ca	8 Na	9 K	10 BLANK

Fig. 9

c) N1, N2, N3

N1, N2, N3はそれぞれ第1, 第2, 第3チャンネルの元素名を示す。元素名は図9に示す。

ここで図9で, 10 BLANK と記入されているものは次の意味を持つ。

当研究所のEPMA (JXA-5A) は3チャンネル同時測定可能であるが, 何時も, 3チャンネルを同時に使用している訳ではない。(例えば, スタンダードの測定などの時) プログラム上, 使用していないチャンネルは, 使用していないと明記されなければならない。(5 I 3の形式で, DATA READしているから)。その事を, シンボライズしたものが□10という3ケタの数字の並びである。

16. 測定した日付

英数文字8字で測定した日付をインプットする。

§ ま と め

OKITAC 4,500Cを使って, EPMA (JXA-5A) のデータ処理の省力化を試みた。

DATA処理に要する時間は次の通りである。

CODE CONVERTに約20分

データの編集に約1時間半

OKITAC 4,500Cで計算終了に約5分

合計約2時間でデータ処理が完了する。これは, 卓上計算器を使用する場合や, DEAD TIME, BACKGROUNDOの補正した値をPUNCH OUTした後に, コンピューターで, データ処理を行うという方式に比較すると, 画期的な省力化といえよう。

しかしながら, 今回の試みは, あくまでも半自動化に

滞っており, データ処理の完全自動化ではない。

現在, JXA-5AのオンラインレタイブのコードをJEOL CODEから, ISO CODEへ変更する事を検討中である。もし, このCODE変更が実現されると, データ処理に要する時間は, 多目に見積っても10分以内となるであろう。

今回の試みでは, 9元素用のプログラムについて, のべてきた。しかしながら, 常に9元素用プログラムを必要としているわけではない。当研究所では, 目的に応じたプログラムで, データ処理を行うというシステムを採用している。

現在, DISKに5元素 (Si, Al, Fe, Mg, Ca) と, 今回の試みでのべた9元素用のプログラムを記憶させている。又, 12元素 (Si, Ti, Al, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, Co, Ca, Na, K) 用のプログラムも作成中である。

この様にDISKに記憶させておいて, 必要に応じたプログラムを呼び出して計算させる場合は, 計算の毎ごとに, プログラムをコンピューターに読ませる必要はなく, 必要としているプログラムの呼び出し命令さえ, 与えれば良い。この方法は, 非常に経済的なコンピューターの使用法と言えるであろう。

最後に, 筆者が, olivine-garnet間のFe, Mg分配実験で得られたolivineとgarnetの分析値を計算例として示す。(図10)

§ 謝 辞

沖電気通山研究所森本誠二氏には, CODE CONVERT PROGRAMMEを作成していただいた。当研究所田崎耕市氏には, DATA処理に関する貴重な助言を賜わった。当研究所松井義人氏には, DISK PACK PROGRAMMEと, CALL PROGRAMMEを作成していただいた。

併せて, ここに厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) BENGE, A. E. & ALBEE, A. L. (1968) Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicates and oxides. *J. Geol.* 76, 382-403
- 2) NAKAMURA, Y. & KUSURO, I. (1970) Compositional relations of coexisting orthopyroxene, pigeonite and augite in a

tholeiitic andesite from Hakone volcano. SEMI-AUTOMATIC PROCESSING OF
Contr. Mineral. and petrol. 26. 265-275 EPMA DATA.

by Toshiyuki Kawasaki, Department of
Geology and Mineralogy, Kyoto University.

X-RAY MICRO ANALYZER DATA COMPUTATION
FOR HIGH PRESSURE SYNTHESIZED PRODUCTS
(THE SYSTEM S102-AL203-FEO-MGO-CAO)
OLIVINE-GARNET PROJECT PROGRAMME NO.3
PROGRAMMED BY HEKOKIST
1974.8.28

* C/BETA *

Table with 5 columns: S102, AL203, FEO, MGO, CAO. Values: 0.5051, 1.0000, 0.8744, 1.0000, 0.4395

* ALPHA FACTOR (YAKAPURA & KUSHIRO) *

Table with 5 columns: S102, AL203, FEO, MGO, CAO. Values: 1.0000, 1.4300, 1.2600, 1.3700, 1.0500

* OXIDE MOLECULAR WEIGHT *

Table with 5 columns: S102, AL203, FEO, MGO, CAO. Values: 60.0848, 101.9612, 71.8464, 40.3044, 56.0794

* BACK GROUND (P.P.M.) *

Table with 5 columns: S102, AL203, FEO, MGO, CAO. Values: 4.0, 4.0, 4.0, 4.0, 4.0

*NAME OF MINERAL N OXYGEN BASED

Table with 2 columns: Mineral Name, N OXYGEN BASED. Values: GARNET N12, OLIVINE N14, PYROXENE N56, SPINEL N58

UNIT LIST

Main data table with columns: No. INT., OXIDE, CHAN#1, CHAN#2, CHAN#3, CHAN#4, CHAN#5, CHAN#6, CHAN#7, CHAN#8, CHAN#9, CHAN#10, CHAN#11, CHAN#12, CHAN#13. Contains numerical data for various oxides and channels.

