

# 会話型データ処理—その15—

## GEOCAPSの岩石学・鉱物学への応用と展望

吉井 守正・佐藤 岱生 (鉱床部)  
Morimasa YOSHII Taisei SATO

### 1. はじめに

これまでに GEOCAPS (地球化学データ解析プログラムシステム) の機能や特徴などというもつぱら基礎的な面を中心に述べて来たので 今回はその利用技術の一端を紹介しよう。とくに このシステムならではの使用方法とその結果の出力例を 岩石学および鉱物学の分野に的を絞って示そう。

### 2. 岩石学への応用

ひと口に岩石と言っても 申すまでもなく多種に亘る。仮りに筆者らの所属する鉱床部に限ったとしても 鉱床成因に係る火成活動を研究対象とするとき その範囲は超塩基性岩から酸性岩に及び 深成岩も火山岩も含まれる。このほかに堆積岩や変成岩の研究も必要であり現に行われている。当然それらの研究方法も異なるしデータの処理法もさまざまである。このような種々雑多な要望に応え得る柔軟なプログラムを作るには それなりの努力と経験を要することは これまでも何度か強調して来た。

例えば火成岩の化学組成をもとにした CIPW ノルム計算を  $Cr_2O_3$  および  $NiO$  を含む超塩基性岩も それらを

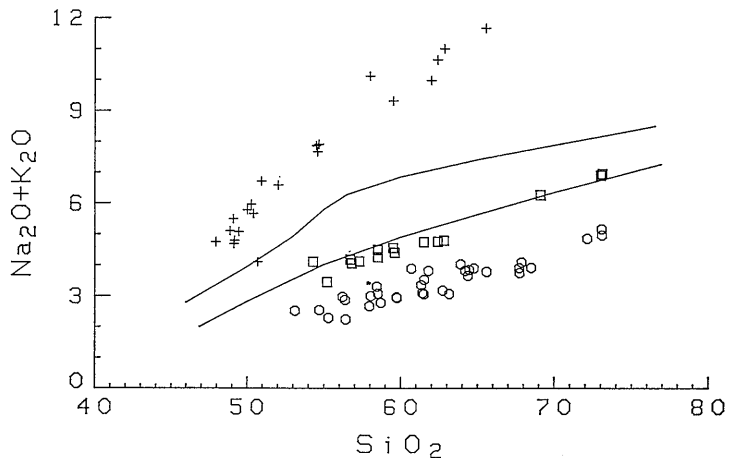
含まない岩石も 同一のルーチンで実行する方法が考案された (吉井, 1977)。その副産物として ノルム計算プログラムの“虫とり”用テストデータも作られた (吉井・平野, 1977)。さらに  $Fe_2O_3$  と  $FeO$  から Total  $Fe_2O_3$  または Total  $FeO$  を自動的に算出し これらをあたかも 1成分であるかのように取り扱う手法が実現したのも 研究担当者からの要望をプログラムに採り入れたからである。そして最終的に到達したのが前回に本誌 357号で述べた成分式の計算ルーチンであった (吉井・佐藤, 1984b)。

では つぎに 2, 3 の具体例について述べる。

#### a) 補助線付き X-Y 相関図など

火山岩の化学分析値を KUNO (1965) による  $SiO_2$ — $Na_2O+K_2O$  系の相関図あるいは MIYASHIRO (1974) による Total  $FeO/MgO$ — $SiO_2$ 系相関図に投影して比較する方法は今日でもしばしば行われる。これらの図には それぞれ曲線 (または直線) が付いている。

曲線付きの相関図を作ることは プログラミングとして問題がないけれども 用途の限定された図を特製する点については GEOCAPS の汎用性と簡便性の理念に照らして消極的にならざるを得なかった。しかし関係者の強い要望もあり つぎの方法で長年の懸案を解



第1図  
 $Na_2O+K_2O$ — $SiO_2$  図

1: 恐山 (富樫, 1977) 2: 浅間 (OKAMOTO, 1979) 3: 濟州島 (LEE et al., 1982) の火山岩類。

KUNO (1965) によるアルカリ玄武岩系列と高アルミナ玄武岩系列との境界 (上側の線) と高アルミナ玄武岩系列とソレイト系列との境界 (下側の線) が描き加えられている。

○: 1 □: 2 +: 3  
CHISHITSU NEWS 1984.5.1.

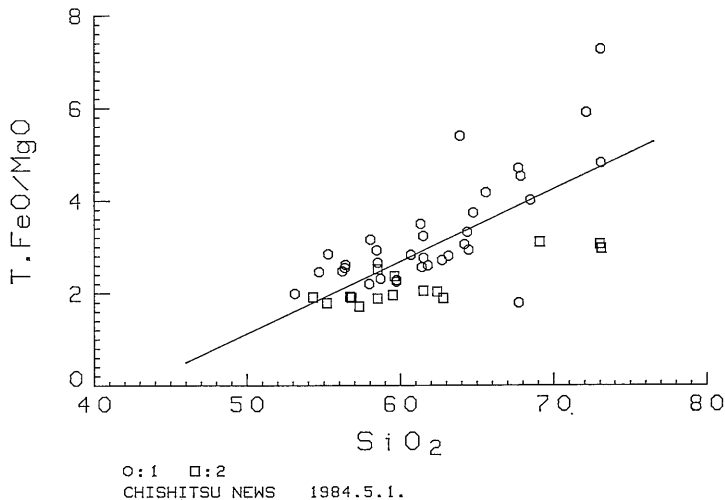
決した。その例を第1～3図に示す。

すなわち X-Y 相関図では 従来のように点としてプロットする機能に加えて 各座標値間を折れ線で結ぶこともできるようにした。目下のところは 使用者が任意の行程で Line=1 を手動で入力することで この機能が使えることにしてある (元への復帰は Line=0)。

図に描くべき線の座標値はデータの形で用意しておけばよい。このようにすれば 図の大きさや X, Y 各軸の数値範囲および目盛間隔をどのように変化させても必ず所定の位置に補助線を引くことができる。曲線部分は直線で近似させてあるが データの数をふやせばさらにより曲線への近似もできよう。

この境界線用のデータは 著者の1人(佐藤)の考案によるもので GEOCAPS に限らずすべてのプログラムでの図形表現に利用できるのが特徴である。これを第1表に示す。データには ARAMAKI et al. (1972) による日本産花崗岩類の D.I. 値別平均値と TAKAHASHI et al. (1980) による花崗岩類の S タイプと I タイプの境界値も組み込まれている。その内容を試料の通し番号別に記そう。

- 1～11. ARAMAKI et al. による日本産花崗岩類の D.I. 値別平均値。
- 12～21. KUNO によるアルカリ玄武岩系列と高アルミナ玄武岩系列との境界 (第1図の上側の線) および MIYASHIRO によるソレライト系列とカルクアルカリ岩系列との境界 (第2図) のそれぞれ座標値。
- 22～29. KUNO による高アルミナ玄武岩系列とソレライト系列との境界 (第1図の下側の線) および

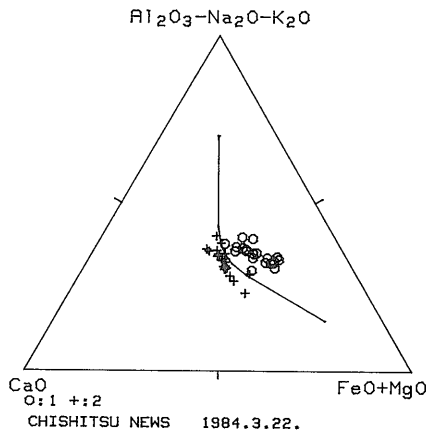


TAKAHASHI et al. による花崗岩類の S タイプと I タイプとの境界 (第3図) のそれぞれ座標値。

ここで ARAMAKI et al. 以外のデータでは その合計値が 100% となるように線引きには無関係な成分である  $P_2O_5$  の値で調整してある。これによって プロットするデータの合計値を 100% に再計算しても 境界線の座標値は影響されない。

**b) ヘキサダイアグラム**

ヘキサダイアグラムは もともと水質分析用だが 6成分系のモル比を各試料について比較できるので 岩石化学的な表現法として利用価値がありそうだ。その例を第4図に示す。データは  $SiO_2$  の増加順にソートしてあるので  $SiO_2$  の増加に伴い また岩系の違いによって パターンの変化する様子がわかる。第4図では 陽イ



第3図 IタイプとSタイプ花崗岩の境界線を入れた ACF 図。  
データはオーストラリア Kosciusko パソリス (HINE et al., 1978)。

第2図  
T. FeO/MgO— $SiO_2$  図  
データは第1図と同じ。  
MIYASHIRO (1974) によるソレライト系列と高アルミナ玄武岩系列との境界線を加えた。直線より上方がソレライト系列の領域。

第1表 各種境界線用データ

Data for Boundary-Lines

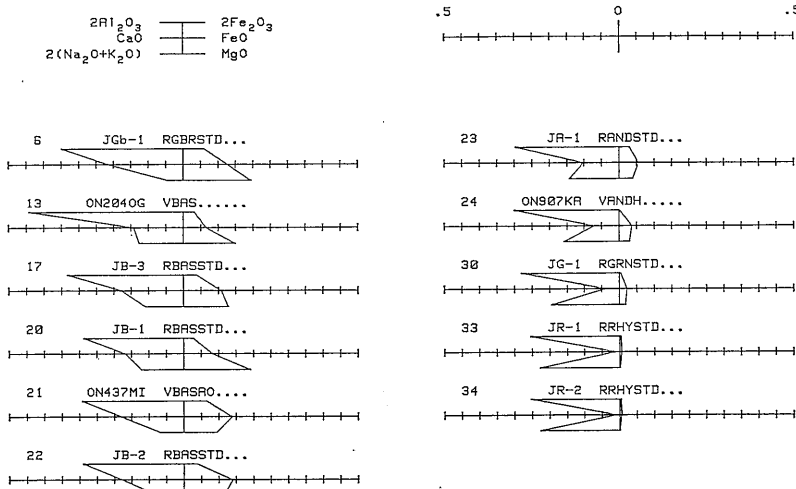
Ser.	No.	Code	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Total
1	A100	ARAJP100	78.75	0.00	12.50	.25	0.00	.03	0.00	0.00	4.07	4.50	0.00	100.10
2	A95	ARAJP1.95	76.76	.06	13.02	.42	.44	.03	0.00	.51	3.97	4.18	0.00	99.39
3	A90	ARAJP1.90	74.77	.14	13.53	.59	.92	.04	.20	1.17	3.87	3.87	0.00	99.10
4	A85	ARAJP1.85	72.78	.23	14.05	.76	1.41	.05	.54	1.82	3.78	3.55	0.00	98.97
5	A80	ARAJP1.80	70.78	.31	14.57	.93	1.89	.06	.89	2.47	3.68	3.24	0.00	98.82
6	A75	ARAJP1.75	68.79	.39	15.09	1.10	2.38	.07	1.23	3.13	3.58	2.92	0.00	98.68
7	A70	ARAJP1.70	66.80	.47	15.61	1.27	2.86	.07	1.57	3.78	3.49	2.61	0.00	98.53
8	A65	ARAJP1.65	64.81	.56	16.12	1.44	3.35	.08	1.91	4.43	3.39	2.29	0.00	98.38
9	A60	ARAJP1.60	62.82	.64	16.64	1.61	3.83	.09	2.26	5.09	3.29	1.98	0.00	98.25
10	A55	ARAJP1.55	60.83	.72	17.16	1.78	4.32	.10	2.60	5.74	3.19	1.66	0.00	98.10
11	A50	ARAJP1.50	58.83	.80	17.68	1.95	4.80	.11	2.94	6.39	3.10	1.35	0.00	97.95
12	KUN/MYA01	AKN1MYA...	46.00	...	...	0.00	.50	...	1.00	...	2.79	0.00	49.71	100.00
13	KUN/MYA02	AKN1MYA...	50.00	...	...	0.00	1.13	...	1.00	...	3.95	0.00	43.92	100.00
14	KUN/MYA03	AKN1MYA...	53.00	...	...	0.00	1.59	...	1.00	...	4.93	0.00	39.48	100.00
15	KUN/MYA04	AKN1MYA...	55.00	...	...	0.00	1.91	...	1.00	...	5.81	0.00	36.28	100.00
16	KUN/MYA05	AKN1MYA...	56.50	...	...	0.00	2.14	...	1.00	...	6.29	0.00	34.07	100.00
17	KUN/MYA06	AKN1MYA...	60.00	...	...	0.00	2.69	...	1.00	...	6.86	0.00	29.45	100.00
18	KUN/MYA07	AKN1MYA...	65.00	...	...	0.00	3.47	...	1.00	...	7.42	0.00	23.11	100.00
19	KUN/MYA08	AKN1MYA...	70.00	...	...	0.00	4.25	...	1.00	...	7.89	0.00	16.86	100.00
20	KUN/MYA09	AKN1MYA...	75.00	...	...	0.00	5.03	...	1.00	...	8.36	0.00	10.61	100.00
21	KUN/MYA10	AKN1MYA...	76.50	...	...	0.00	5.27	...	1.00	...	8.50	0.00	8.73	100.00
22	KUN/ACF11	AKN2ACF...	46.89	...	10.00	...	1.01	...	0.00	.79	2.00	0.00	39.31	100.00
23	KUN/ACF12	AKN2ACF...	50.00	...	10.00	...	2.49	...	0.00	1.94	2.82	0.00	32.75	100.00
24	KUN/ACF13	AKN2ACF...	55.00	...	10.00	...	2.04	...	0.00	1.52	4.02	0.00	27.43	100.00
25	KUN/ACF14	AKN2ACF...	60.00	...	10.00	...	1.35	...	0.00	.94	4.91	0.00	22.79	100.00
26	KUN/ACF15	AKN2ACF...	65.00	...	10.00	...	.58	...	0.00	.37	5.65	0.00	18.40	100.00
27	KUN/ACF16	AKN2ACF...	70.00	...	13.00	...	2.71	...	0.00	1.40	6.36	0.00	6.53	100.00
28	KUN/ACF17	AKN2ACF...	75.00	...	12.50	...	3.11	...	0.00	.52	7.02	0.00	1.84	100.00
29	KUN/+++18	AKN2.....	76.90	...	...	...	...	...	...	...	7.27	0.00	15.83	100.00
Number of Samples			29	11	18	21	28	11	28	18	29	29	29	29
Mean Value			64.22	.39	13.41	.58	2.41	.07	.86	2.33	4.91	1.11	15.76	99.53
Standard Deviation			9.83	.27	2.65	.69	1.47	.03	.83	1.98	1.88	1.57	16.51	.72
Maximum Value			78.75	.80	17.68	1.95	5.27	.11	2.94	6.39	8.50	4.50	49.71	100.10
Minimum Value			46.00	0.00	10.00	0.00	0.00	.03	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	97.95

通し番号1~11は ARA-MAKI et al. (1972)による花崗岩類の D.I. 値別平均組成値 (第3サブコードで識別). 12~21は KUNO (1965) の図の上側の線 およびMIYASHIRO (1974) による境界線座標値. 22~28は KUNO の下側の線と TAKAHASHI et al. (1980) によるSタイプ/Iタイプ花崗岩の ACF 図中の境界線の座標値に共用できる. 後者はつねにモル数で処理. 12以降のデータは合計値が100%となるように 図表現に無関係な成分である P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> の値で調整してある.

By Taisei SATO

(LIST END)

- 1 -



第4図

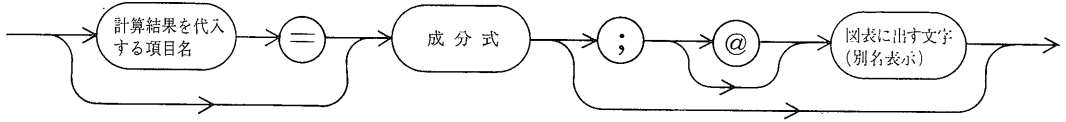
ヘキサダイアグラムの岩石化学への応用例

データはSiO<sub>2</sub>の増加順に配列されており処理はモル数で行われている.

この図では右辺に苦鉄質成分がまとめられているので SiO<sub>2</sub>が増すに伴い右辺の成分に乏しくなるのがわかる.

ちなみに通し番号6がはんれい岩 以下13~22が玄武岩23~24が安山岩 30が花崗岩 33~34が流紋岩である.

同じ玄武岩でもアルカリ岩系のもの (13, 20) とカルクアルカリ岩系 (21, 22) とをパターンで区別できる.



第5図 成分式指定の書式

ここで@は コード別印刷プログラムでだけ有効。 この記号を付けると 自動的に前項との間に1行分の空白行が作られ 表が見易くなる。

オン比が直読できるよう成分に必要な係数が掛けてある。  
ヘキサダイアグラムでの検討は 計算機の演算および作図機能と 人間のパターン認識力との協同作業という趣が強い。

### 3. 鉱物学への応用

鉱物は岩石の構成要素であるから データ処理および出力に関して基本的には 上に述べた事柄と共通点が多い。しかし GEOCAPSの機能を活用すると 鉱物の化学分析値から化学式(実験式)を多量に算出することができるし 結晶内のイオン比や置換関係も調べられる。これらについて パラ輝石 (rhodonite) の化学分析データ (DEER et al., 1963; MOMOI, 1964; YOSHII, 1978; 吉村, 1967) を例にして述べてみよう。

#### a) 成分同士の計算プログラムによる実験式の算出

鉱物の化学式は当然 化学分析値をモル数に換算して求める。パラ輝石の理想式は  $\text{CaMn}_4\text{Si}_5\text{O}_{15}$  であって主成分の Mn を Fe と Mg が また Ca を主に Mn が置換している (PEACOR and NIIZEKI, 1963)。したがって一般には  $(\text{Ca}, \text{Mn}) (\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Mg})_4 \text{Si}_5\text{O}_{15}$  と書くことができる。では酸素数を15とした場合の実験式を各試料ごとに算出してみよう。

従来から行われて来た筆算による計算手順は

- ア 化学分析値をモル数に換算する。
- イ 各成分の陽イオン数を求める。
- ウ 各成分の陰イオン数を合計する。
- エ 酸素数をこの合計値で割った比率を算出する。
- オ イで求めた陽イオン数に この比率を掛けたものが 実験式での各陽イオン数となる。

この計算を GEOCAPS では“成分同士の計算”プログラムで実行すると簡単にできる。プログラムの冒頭で モル数による処理を選択すれば アの作業は自動的に行われ イはオと同時に行われるので 実際にはウの行程から始まる。プログラムでは11本(タイプライタ 1984年12月号

出力用では15本) までの成分式が指定できる。計算結果をデータ処理に用いない項目へ代入することもできる。また 計算式そのものは数表に書かず その内容を別名で表示できる(吉井・佐藤, 1984 a)。成分式を指定する場合の書式を第5図に示す。

では 実験式算出に必要な成分式を順に記す。計算の中間結果は処理に関係しない“Total”の項へ代入しよう。

$$\text{第1式(行程ウ)}: \text{Total} = 2\text{SiO}_2 + 3\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO} + \text{CaO}; \text{T. Anion}$$

Total に代入された値は次の式からは変数に使えるので

$$\text{第2式(行程エ)}: \text{Total} = 15/\text{Total}; 15/\text{Tot.}$$

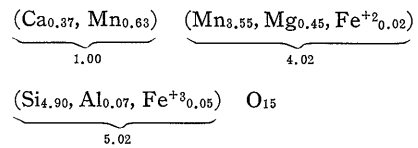
$$\text{第3式(行程イ, オ)}: \text{SiO}_2 * \text{Total}; \text{Si}$$

$$\text{第4式(同)}: 2\text{Al}_2\text{O}_3 * \text{Total}; \text{Al}$$

∴  
∴

$$\text{第9式(同)}: \text{CaO} * \text{Total}; \text{Ca}$$

以上の手順で求められた実験式の例を第2表に掲げる。ちなみに 表の末尾にある試料 (No. 07-706 R) について実験式を求めると



となる。

化学分析値と陽イオン数とをひとつの数表にまとめるには “コード別印刷”プログラムを使うとよい。このプログラムでは 分析値のあとに 上に述べた表の場合と同じ数の成分式を追加できる。その例を第3表に示す。

ただし この場合は化学分析値そのものも表示する都合で 処理は重量百分率を選択して行う。その一方でイオン数の計算も必要だから 前よりも成分式は複雑化する。さらに Total の項も表示させるので代入先には

第2表 パラ輝石の陽イオン比

Serial	No.	Code	T.Anion	15/Tot.	Si	Al	Fe <sup>III</sup>	Fe <sup>II</sup>	Mn	Hg	Ca
29	IN.CHIKLA.	RRDN...DHZ	2.301	6.520	4.933	.035	-	.087	4.645	.089	.262
30	J.TAGUCHI.	RRDN...M64	2.275	6.595	4.875	.106	.033	.140	4.634	.087	.180
31	J.ZOMEKI..	RRDN...M64	2.263	6.629	4.852	.121	.022	.054	4.595	.127	.305
33	J.CHIZU...	RRDN...M64	2.278	6.583	4.711	.276	-	.204	4.431	.023	.505
34	NZ.ARROW..	RRDN...DHZ	2.322	6.459	4.990	.009	.009	.134	4.336	.147	.375
35	J.TAMAIWA.	RRDN...M64	2.322	6.461	4.915	.108	.063	.190	4.299	.011	.414
36	J.AKIMOTO.	RRDN...M64	2.289	6.552	4.933	.066	.010	.025	4.356	.041	.601
37	J.KIURA...	RRDN...M64	2.245	6.681	4.894	.125	-	.102	4.393	.123	.407
42	J.YOSHIDA.	RRDN...M64	2.340	6.410	4.936	.124	.039	.027	4.161	.068	.626
43	J.NODATAMA	RRDNBa0Y67	2.302	6.515	5.057	.023	.022	.044	4.222	.002	.551
45	07-9018R..	RRDN...Y78	2.331	6.435	5.001	.019	-	.038	4.161	.246	.524
46	J.HORIGOSH	RRDN...M64	2.281	6.577	4.902	.041	.040	.200	4.247	.023	.605
54	J.YAMATO..	RRDN...M64	2.221	6.753	4.835	.030	.019	.025	4.330	.270	.630
55	07-706R...	RRDN...Y78	2.335	6.423	4.898	.115	.051	.016	4.118	.449	.371
Number of Samples			14	14	14	14	14	14	14	14	14
Mean Value			2.293	6.542	4.910	.086	.022	.092	4.352	.122	.454
Standard Deviation			.035	.102	.082	.071	.021	.070	.174	.125	.145
Maximum Value			2.340	6.753	5.057	.276	.063	.204	4.645	.449	.630
Minimum Value			2.221	6.410	4.711	.009	-	.016	4.118	.002	.180

酸素数を15としたときの値。 T.Anion と 15/Tot. の値は陽イオン比を算出するまでの中間結果を示す。

第3表 パラ輝石の化学分析値と陽イオン比

Chemical Analyses of Rhodonite and  
Numbers of Ions on the Basis of 15-Oxygens

Serial	29	30	31	33	34	35	36	37	42	43
No.	IN.CHIKLA.	J.TAGUCHI.	J.ZOMEKI..	J.CHIZU...	NZ.ARROW..	J.TAMAIWA.	J.AKIMOTO.	J.KIURA...	J.YOSHIDA.	J.NODATAMA
Code	RRDN...DHZ	RRDN...M64	RRDN...M64	RRDN...M64	RRDN...DHZ	RRDN...M64	RRDN...M64	RRDN...M64	RRDN...M64	RRDNBa0Y67
SiO2	45.46	44.42	43.98	43.00	46.42	45.71	45.23	44.01	46.27	46.64
Al2O3	.27	.82	.93	2.14	.07	.85	.51	.95	.99	.18
Fe2O3	-	.40	.27	-	.11	.78	.12	-	.48	.27
FeO	.96	1.52	.58	2.23	1.49	2.11	.27	1.10	.30	.48
MnO	50.54	49.85	49.17	47.74	47.62	47.20	47.16	46.64	46.05	45.97
MgO	.55	.53	.77	.14	.92	.07	.25	.74	.43	.01
CaO	2.25	1.53	2.58	4.30	3.26	3.59	5.14	3.42	5.48	4.74
H2O+	-	.44	.66	.33	.....	.16	1.27	1.65	.....	.64
H2O-	-	.24	.22	.10	.18	.16	.29	.01	.....	.36
Others	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.46
Total	100.03	99.75	99.16	99.98	100.07	100.63	100.24	98.52	100.00	99.75
Si	4.933	4.876	4.853	4.712	4.990	4.915	4.933	4.894	4.937	5.058
Al	.035	.106	.121	.276	.009	.108	.066	.125	.124	.023
Fe <sup>III</sup>	-	.033	.022	-	.009	.063	.010	-	.039	.022
Fe <sup>II</sup>	.087	.140	.054	.204	.134	.190	.025	.102	.027	.044
Mn	4.645	4.634	4.595	4.430	4.336	4.299	4.356	4.393	4.161	4.222
Mg	.089	.087	.127	.023	.147	.011	.041	.123	.068	.002
Ca	.262	.180	.305	.505	.375	.414	.601	.407	.626	.551

From: Deer et al. (1963), Momoi (1964), and Yoshimura (1967)

-1-

第2表で示した T.Anion および 15/Tot. の計算は行われているけれども これらの項目は表として印刷する際に除外されている。

使えない。このようなときのために 代入専用の項目をあらかじめ用意しておくことをお勧めする。今回はそれをxとしよう。

目下のところ GEOCAPS の計算ルーチンでは 係数も含めて1本の式に10項までしか書けないので この場合上記ウの行程も2本の式に分けねばならない。

なお 算式の項数は単に配列変数の規模で規制されているに過ぎない(吉井・佐藤, 1984b)。したがって つぎの例は限られた項数の中でのやりくりの方法を示したもので 計算機のメモリー容量と折り合う限り 項数の増加は容易である。

- 第1式(行程ウ) :  $x = \text{SiO}_2/30.04 + \text{Al}_2\text{O}_3/33.99 + \text{Fe}_2\text{O}_3/53.23 + \text{FeO}/71.85 + \text{MnO}/70.94$ ; X
- 第2式(同つづきおよび行程エ) :  $x = 15/(x + \text{MgO}/40.3 + \text{CaO}/56.08)$ ; RATIO
- 第3式(行程イ, オ) :  $\text{SiO}_2 * x/60.08$ ; Si
- 第4式(同) :  $\text{Al}_2\text{O}_3 * x/50.98$ ; Al
- ⋮
- 第9式(同) :  $\text{CaO} * x/56.08$ ; Ca

各式での数値は それぞれ分子量を酸素数で割ったものである。

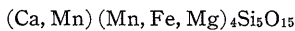
数表を印刷するプログラムでは小数点以下の表示けた数を9以上に指定すると その項目を数表から省略できる。したがって第1式と第2式のような舞台裏の算式は数表には出さずに済む(第3表)。

**b) 陽イオン置換関係の図示**

バラ輝石中の Ca を主として Mn が置き換えている様子を積層型 X-Y 相関図に示す。 x 軸側の成分式を

$$4\text{CaO}/(\text{MnO} + \text{FeO} + \text{MgO})$$

と書く。なぜならば バラ輝石の化学式は



と表わされるので Ca の位置を Ca が完全に占める場合は

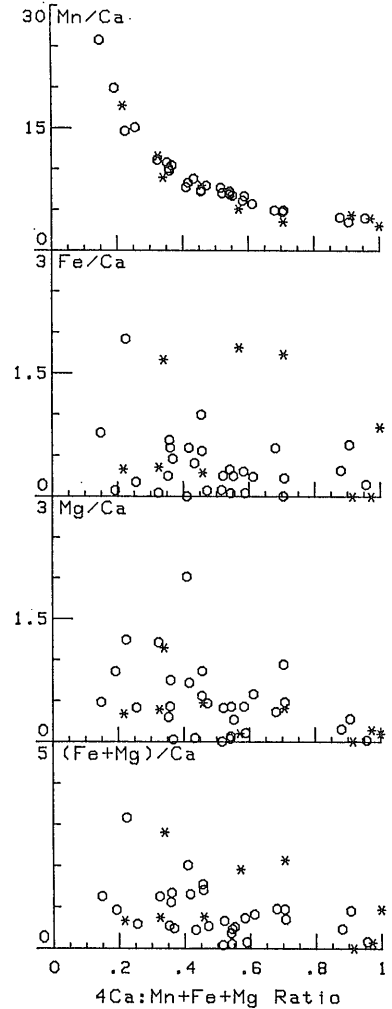
$$\text{Ca} : \text{Mn} + \text{Fe} + \text{Mg} = 1 : 4$$

つまり  $4\text{Ca} = \text{Mn} + \text{Fe} + \text{Mg}$

の関係が成り立つと考えてよいからである。

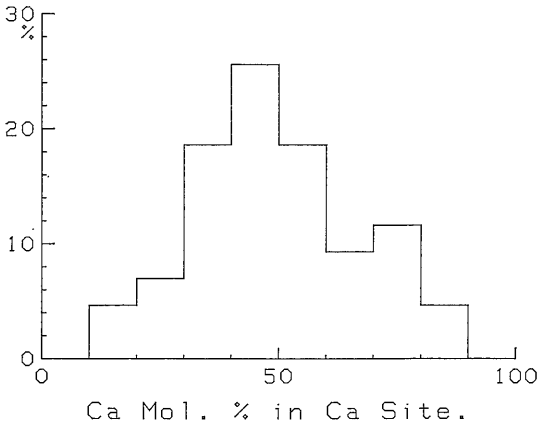
y 軸側の成分式には Mn/Ca Fe/Ca Mg/Ca を与えて比べた。第6図からもわかるとおり Mn/Ca の図

1984年12月号



\*:10:2  
Rhodonite 1984.2.25.  
第6図 バラ輝石での陽イオン比関係図  
X軸側の計算処理は  $4\text{CaO}/(\text{MnO} + \text{FeO} + \text{MgO})$  の式に従って行われている。  
Mn/Ca の値との間に明らかな反比例関係が認められる。ただし 図だけからは即断できない。  
図の中で\*印は外国産 ○印は日本産の試料を示す。

では 双曲線上に点が配列し ほかの図では一定の傾向が認められない。もちろん Mn は主成分で ほかの陽イオンに比べて 圧倒的に多いので この図だけからは Ca をもっぱら Mn が置き換えていると即断することはできない。しかし 化学分析値の統計的なデータからこのような現象を見出したならば それを新たな研究への端緒として 例えばX線的な手法など (PEACOR and NIIZEKI, 1963) で確認するという展開が期待される。



Rhodonite 1984.2.24.

第7図 バラ輝石のCa位置でのCa占有百分率を示す度数分布図

度数百分率で表現されている。ここで与えた成分式は  $400 \text{CaO}/(\text{MnO}+\text{FeO}+\text{MgO})$ 。Ca位置の約半数が主にMnOで置換されているのがバラ輝石の平均像らしい。

上記のx軸成分を100倍した式 すなわち

$$400\text{CaO}/(\text{MnO}+\text{FeO}+\text{MgO})$$

をCa位置でのCaの占有率(%)とみなした度数分布図を第7図に示す。ちなみに取扱ったバラ輝石125試料についての平均値は44% 標準偏差は16%である。

このように GEOCAPS は鉱物化学の分野にも十分活用できそうである。

#### 4. 最近追加された機能など

GEOCAPSは 必要の都度改訂されており 本誌での紹介が追いつかないのが実情である。細かい点はさておき ここでは これまでに述べなかった新機能や新型計算機について触れておこう。

##### a) RS-232C による外部プリンタへの出力

最近計算機に制御されるタイプライタやプリンタの価格が下がり デイジーホイール式の機種で10万円台のものも現われた。GEOCAPSで用いている計算機(YHP-9845Tおよびあとで述べる9836A)からの出力方式はHP-IB (Hewlett-Packard Interface Bus) またはRS-232C (Recommended Standard 232 Connector) 経由である。そこで 上記の出力機器は RS-232C方式のものを選定し機種としてブラザー HR15 およびHR 35を使用している。これら外部プリンタは 活字の取り替えが簡単な上にその印字は計算機専用の感熱式ドットプリンタに比べて

格段に鮮明であり また1行当たりの文字数も150字まで打てるなど 出力されたものがそのまま印刷原稿にできる利点大きい。今回の第1~3表は これらの機器によるものである。印刷原稿となるように表題(左右中央組)と脚注(左詰め)各60字以内を 両者合わせて5行まで書けるようにプログラムされている。

##### b) デジタイザによる位置情報の入力

試料採集地点などの緯度経度の値を キーボードから度および分で入力する方法は これまでに作られていたが このたび デジタイザを用いて地形図から直接計算機へ入力できるようになった。図面上の入力誤作を考慮すると 5万分の1以上の大縮尺地形図からの入力の実用的である。この機能は“データの入力プログラム”(吉井, 1983a)に装備されており キーボードからのデータ入力と平行して行うかまたはあらかじめデータだけ先に入力しておき そのあと各試料の採集地点をまとめてデジタイザから入力する。緯度(lat.)と経度(lon.)および縮尺(Scale)の項目は成分名ファイル中に存在する必要があるので ファイル作成のときにあらかじめ登録しておく。もし これらの項目を追加する場合は “データの編集プログラム”(吉井, 1983b)で成分の追加をしてから入力操作に移る。

##### c) データファイルのコピー

最近 新たにプログラムが1本追加された。それはすでに作られてあるデータファイルの内容から 必要なデータをコード別に取り出して 別のファイルに収容するプログラムである。データを収容しようとするファイルは 新しく作成(CREATE)してもよいし 在来のファイルの余地にデータを追加することもできる。またデータは計算機内にあるものの中から移転するほかに成分名ファイルの内容が同一である限りにおいて 外部記憶から次々に入力して ファイルへ転送することもできる。これによって

ア. 1つのファイルから複数のファイルへのデータの“株分け”

イ. 複数のファイルに分散していたデータの“一本化”

の作業がそれぞれ手易く行える。これによって データが整理されるので 処理能率も向上する。

##### d) YHP-9836A の登場

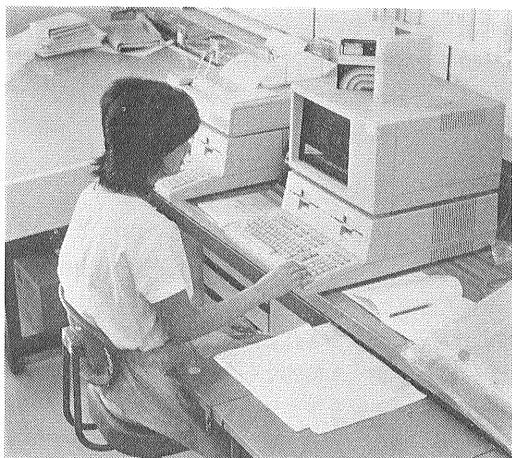
鉱床部の新規特別研究(深部鉱物資源のポテンシャル性評価に関する研究)が 1983年4月から開始され GEOCAPS

APS がデータ処理の主軸として活躍することになった。この研究に用いる最初の備品として 新鋭機である YHP-9836 A が導入された (第 8 図)。

この計算機は RAM による BASIC または PASCAL が言語として使える。メモリーの規模は BASIC 搭載後に約 1.4メガバイトあり YHP-9845 T の約 7 倍ある。演算速度も約 5 倍速い。この新機種にも GEOCAPS を組み込み プログラムの構造や操作方法も極力同じにして 同一の手引書で 9845T と 9836A が使えるようにした。

9836A の外部記憶は 8 インチおよび 5 インチフロッピーディスクなのでテープカトリッジを使っている 9845T のデータは 直接 9836A には使用できない。両者の計算機間でのデータの転送は技術的にはできるが 当面はそれほど必要ない。だが近い将来 SRM (Shared Resource Management) によりハードディスクなどの外部記憶を複数の計算機で共用できるようになる。その準備としても GEOCAPS の操作やデータの構造などは 計算機種によらず統一しておく必要がある。

9836A の出力は HP-IB も RS-232C も同じコマンドで実行できるので 同一プログラムで内部と外部のプリンタを対等に使い分けできる。他方 9845 T での RS-232 C による出力はコマンドや手続きが異なるためタイプライタ出力専用のプログラムテープを特製しなければならぬので 9836A の登場でシステムは簡素化された。さらに工業技術院の研究情報処理システム (RIPS) と交信して GEOCAPS でさらに多量のデータを処理する足掛りもできたことになる (古宇田, 1984)。



第 8 図 新鋭機 YHP-9836A を操作しているところ。

RAM による BASIC または PASCAL が言語として使える。強力なデータ通信機能をもつ。将来 GEOCAPS の PASCAL 版を作れば ソフトおよびデータを他の計算機と簡単に転送し合える道が開ける。

## 5. 未来に向けて

GEOCAPS とその前身のシステムを利用した研究論文はすでに多数公表されて来ている (ISHIHARA, et al., 1984; 片田ほか, 1982; 加藤・佐藤, 1983; NANYARO, J. T. et al., 1983; 佐藤 (興)・石原, 1983; 佐藤 1983; 佐藤 (岱)・石原, 1983; 湯浅・玉木, 1982 など)。では このような時代への研究者側の対応について 少し意見を述べたい。

これまでも繰り返して来たように GEOCAPS はプログラムの知識が乏しい人でも データさえ持っていれば それをもとに複雑な計算処理ができ 多種類の図表が容易に得られる。これが会話型処理の魅力でもあり威力でもある。したがって 研究者は GEOCAPS へ入力するデータの集積と準備とをじっくり行えばよい。

GEOCAPS を用いての今後の研究を大局的にみると つぎの 2 段階があると思う。

1. 従来報告されているデータを再検討して 新たな角度からの研究を加える。
2. GEOCAPS によるデータ処理を念頭に置いたデータの収集を行い 新しい研究方法の発見も含む次世代への研究の足掛りを作る。

つまり 計算機の演算力と作図力を利用して 従来にも増して精度の高い研究結果が出し易くなったと言えよう。ということは 試料の採取方法や調製 および化学分析などの技術の良し悪しを計算機が評価してしまう時代になったのである。すなわち研究者自身の人手と責任に属する部分の良否が すぐ結果に反映するのである。したがって精度の高いデータを地道に集積した者が勝ちとなる。

研究というシステムの流れを眺めると GEOCAPS 全体が後処理の行程と言える。換言すれば最終行程まで一貫して一定の水準を保つためには “山の歩き方” も変らざるを得ないと思う。これまでとは趣を異にしたもっと定量的な研究方法へ 地学分野が改革されてゆきかけを GEOCAPS が与えることを筆者らは願う。

さて 鉱床部では古宇田 (1983 a, 1983 b) によるデータ転送技術の成果と 9836A など新鋭機の参入とで GEOCAPS も いわゆる VAN (Value Added Network) すなわち付加価値通信網のようなシステムに加わる時代を迎えた (古宇田, 1984)。GEOCAPS は、もともと個人的利用を目的として設計されたものなので 現在持ち合わせている性能を下回らず さらに広範囲の利用に耐えるように転進させて行くかは 目下筆者らの研究課題でもある。



このように データ通信によってデータベースを構築し 利用して行く次世代へ向けて 研究者自身もデータに対する認識を新たにする必要があろう。

例えば 各所からさまざまなデータが容易に入手されるようになったとすると 質や精度の異なるデータをごちゃ混ぜにして議論するような安易なコンパイルーションが行われる危険も生じる。 化学分析技術の進歩を無視して 機械的に同一ファイルに分析値を収容してしまえば 精度の悪い方へ全体が引きずられて せっかくの最新情報まで台無しになってしまうだろう。 また 現在の GEOCAPS では 数値の単位に関する辞書ファイルがないので 同じ化学分析値でも それが%なのか ppm なのかなどの区別は 研究者本人以外は必ずしも確実に知り得ない。 だから例えば地質時代の泥岩中の Ni の量を現世のマンガンジュール中の Ni 量と比較するときには 一方のデータにしかるべき係数を掛けた上でなければ比較できないことにもなる。

以上は GEOCAPS を今後改良すべき点というソフトウェア技術に関する問題である。 これに対して データベースを各研究者がどのように利用し合っていくかはまた別の大問題である。 例えば仮りに 他人が粒々辛苦して集積した試料や標本を 当人に無断で利用し あたかも自分の成果であるかのように発表し そのことが判明したら その研究者は 世のひんしゅくを買うのは勿論 ひいては研究者としての生命を断たれても致し方あるまい。 試料や標本なら まだ実体があるので このようなことが行われたかどうか調べる手段もあろうがそれらから引き出された情報が データという無形のものとして そのような者の手近にあるとき 問題はかなり微妙になる。

“研究”という美名に隠れて 他人のふんどしで相撲を取るようなことが データベースを舞台に流行するような事態になれば ついにはデータベースそのものを枯死させてしまうであろう。 以上は研究上のモラルの問題であるが とかくないがしろにされ勝ちの地道にデータを集積する水面下の研究を これからどのように盛り立てて行くか考えてみなければならない。

計算機とソフトウェアが長足の進歩を続けている今の時代こそ 研究者の真の資質を問われるときであろう。 これらの事柄も含めたコンピュータの広義の利用技術について 十分な論議が急がれる時期が到来していると思う。

ともあれ コンピュータが一般研究者の手近な存在に

なるとともに 未知の新時代への様々な形での対応をせまられる思いがする。

## 6. あとがき

会話型データ処理シリーズが始まって足掛け5年 電卓シリーズの第1回から数えて7年に亘る長い連載となった。 刷り上りページ数の都合や特集号との兼ね合いもあって 本誌上では飛び飛びとなり あたかも特急列車に抜かれながら走る長距離普通列車の趣があった。

分進歩砂と言われるコンピュータの進歩とは裏腹だった。 地学関係の多岐に亘る研究担当者からの要望に極力応えて GEOCAPS を熟成させ だれにでも使い易いシステムにできたことと 多数の方々がこれを利用し また注目しておられる点について 筆者らは心からうれしく思う。

ところで このような様々な用途に対応できて しかも気易く使えるプログラムにする筆者らの理念が 実は意外なことに日本文化の伝統的部分であることを知った。 インダストリアルデザイナーの栄久庵憲司氏 (GKインダストリアルデザイン研究所) によると 日本人は“欲ばり”で 多様なものを巧みに統一し それを大衆化して来たのだという\*。 同氏はその実例を多数挙げておられたが その中にわが国の高い技術水準を駆使して作られる“パカヨンカメラ”が含まれていた。 GEOCAPS はまさにそれを目指したものであり その使い易さが研究者に心のゆとりを与え 試行錯誤の実験の推進に貢献したと思う。 GEOCAPS はまだまだ未完の部分があり 同氏の言う華道精神を純粋化し大衆化した“一輪差し”の域にまでは達していない。 しかし 多彩なおかずをコンパクトに詰め合わせた“幕の内弁当”的水準にはあるだろう。 ともあれ 一見次世代を伺う会話型システムが日本文化の底流と深く係っていたというのは興味深い。

謝辞：ちょうど10年前 当時はまだパソコンなどという用語すらなかった時代に 初代の会話型機 (YHP-9820 A) の導入に当たり 厳しい所内情勢にもかかわらず 部員の意を汲んで尽力された当時の鉱床部長大町北一郎氏 (現山形大学教授) 本格的な利用者第1号として多量なデータ処理のテーマを下さり これまでコードによるデータの分類や 数値なしの“値”の考案のきっかけを作った当時の地質部片田正人技官 (現岩手大学教授) に

\* NHK 第2放送「文化講演会」の番組で昨1983年10月2日21時 (同9日11時再) 放送 「日本のかたち 多様と統一」から引用させていただいた。

それぞれ深謝の意を表したい。

水質分析用プログラムの開発に当たっては 技術部の後藤隼次技官に CIPW ノルム計算ルーチンとそのテストデータに関して鉱床部の平野英雄技官に データ通信を主とするソフトウェア全般について同じく古宇田亮一技官に それぞれ様々な形でお世話になった。

もちろんそのほかの利用者諸氏からも実際の使用を通じて多大なご忠言を賜わり システムの改善がされて来たことは申すまでもない。 これらの方々にも謝意を表す。 なお今回の境界線付き図のデモンストレーション用データの選定に当たっては 当部氏家治技官のお知恵を拝借した。

関係の皆様方 どうもありがとうございました。(完)

### 引用文献

安藤 厚・大森貞子・寺島 滋 (1983) : 地質調査所発行の10種の標準岩石試料とその化学組成。1983年度日本地球化学会年会講演要旨集 p.168-169, 日本地球化学会・日本化学会。

ARAMAKI, S., HIRAYAMA, K., and NOZAWA, T. (1972) : Chemical composition of Japanese granites, part 2. Variation trends and average composition of 1200 analyses. *Jour. Geol. Soc. Japan*, vol. 78, p. 39-49.

DEER, W. A., HOWIE, R. A., and ZUSSMAN, J. (1963) : Rock-forming minerals, vol. 2, Chain silicates. 379 p., Longmans.

HINE, R., WILLIAMS, I. S., CHAPPELL, B. W., and WHITE, A. J. R. (1978) : Contrasts between I- and S-type granitoids of the Kosciusko Batholith. *Jour. Geol. Soc. Australia*, vol. 25, p. 219-234.

ISHIHARA, S., ULRIKSEN, C. E., SATO, K., TERASHIMA, S., SATO, T., and ENDO, Y. (1984) : Plutonic rocks of the North-Central Chile. *Rept. Res. Dev. Coop. IITIT Pro.*, no. 7911.

片田正人・後藤隼次・吉井守正・東野徳夫 (1982) : 南部北上山地の古生層礫岩・砂岩・泥岩の微量成分。岩手大学教育学部年報, vol. 41, p. 97-118.

加藤碩一・佐藤岱生 (1983) : 信濃池田地域の地質。地域地質研究報告 (5万分の1図幅) 93p. 地質調査所

古宇田亮一 (1983 a) : RIPS-TSS 端末のインテリジェント化とその効用——地質データ処理における一例——。RIPS ニュース no. 6, p. 2-4.

———— (1983 b) : ターミナル・エミュレータ “TSS-45” と分散処理データ通信。地質調査所月報, vol. 34, p. 593-626.

———— (1984) : GEOCAPS とデータ通信。地質ニュース no. 362, p. 36-41.

KUNO, H. (1965) : Fractionation trends of basalt magmas in lava flows. *Jour. Petrology*, vol. 6, p. 302-321.

LEE, M. W., YOSHIDA, T., and AOKI, K. (1982) : Trace element behavior in fractional crystallization of Jeju alkaline lavas, Korea. *Res. Rep. Lab. Nuc. Sci.*

Tohoku Univ., vol. 15, p. 249-256.

MIYASHIRO, A. (1974) : Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 274, p. 321-355.

MOMOI, H. (1964) : Mineralogical study of rhodonites in Japan, with special reference to contact metamorphism. *Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ., Ser. D, Geology*, vol. 15, p. 39-63.

NANYARO, J. T., ISHIHARA, S., HIRANO, H., and SASAKI, A. (1983) : Precambrian granitoids from two areas in western Tanzania: the Archean Bukoli Pluton and the Proterozoic Kate Batholith. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 34, p. 535-551.

OKAMOTO, K. (1979) : Geochemical study on magmatic differentiation of Asama volcano, central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, vol. 85, p. 525-535.

小野晃司 (1962) : 日本産火山岩の化学成分 441p. 地質調査所。

PEACOR, D. R. and NIIZEKI, N. (1963) : The redetermination and refinement of the crystal structure of rhodonite, (Mn, Ca) SiO<sub>3</sub>. *Zeit. Krist.*, vol. 119, p. 98-116.

佐藤興平・石原舜三 (1983) : 甲府花崗岩体の帯磁率と化学組成。地質調査所月報 vol. 34, p. 413-427.

佐藤岱生 (1983) : 餓鬼岳—常念岳—有明山地域の花崗岩類。MAGMA, no. 67, p. 37-44.

————・石原舜三 (1983) : 西南日本外帯と北海道日高帯の花崗岩類の主成分化学組成による比較。岩石鉱物鉱床学会誌, vol. 78, p. 324-336.

富樫茂子 (1977) : 恐山火山の岩石学的研究。岩石鉱物鉱床学会誌, vol. 72, p. 45-60.

TAKAHASHI, M., ARAMAKI, S., and ISHIHARA, S. (1980) : Magnetite-series/Ilmenite-series vs. I-type/S-type granitoids. *Mining Geol., Spec. Iss.*, no. 8, p. 13-28.

YOSHII, M. (1978) : Geology and manganese deposits of the Kunohe area, the North Kitakami Mountains. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 29, p. 289-346.

吉井守正 (1977) : 卓上型電子計算機によるいくつかの計算例その3 CIPWノルム計算。地質ニュース, no. 277, p. 24-30.

———— (1983 a) : GEOCAPS でのデータの入力とソート。地質ニュース, no. 349, p. 58-63.

———— (1983 b) : GEOCAPS でのデータの編集。地質ニュース, no. 352, p. 56-63.

————・平野英雄 (1977) : ノルム計算プログラム用テストデータの考案。地質調査所月報, vol. 28, p. 401-412.

————・佐藤岱生 (1984 a) : GEOCAPS でのデータ処理手順(1)——処理条件の設定。地質ニュース, no. 356, p. 40-48.

————・———— (1984 b) : GEOCAPS でのデータ処理手順(2)——とくに成分式の演算。地質ニュース, no. 357, p. 24-34.

吉村豊文 (1967) : 日本のマンガン鉱床補遺 前編。九州大学理学部研究報告, 地質学之部, vol. 9, 特別号, no. 1, 485p.

湯浅真人・玉木賢策 (1982) : 火山列島 南硫黄島の玄武岩。地質調査所月報 vol. 33, p. 531-540.