

地質体の構造に関する幾何学的データの コンピュータグラフィック

林 武広・吉村典久・吉野言生
(1987年9月10日受理)

I はじめに

地学分野の研究・教育におけるパーソナルコンピュータ(以下, パソコン)の活用については, 多くの研究報告がされるようになってきている。例として, 情報地質第8号(1983)~第11号(1986), 稲森ほか(1986), 根岸(1986), 島貫ほか(1987)などがある。これらの研究から, パソコンの機能を最大限使い, 研究教育に大いに利用しようとする傾向がうかがわれる。パソコンの持つ機能の内, グラフィックは非常に便利な機能の一つであり, 近年益々その機能が強化・充実されてきている。地学分野においては, データを各種分布図やダイアグラムで表現することが多い。それらの作業は, 多くの時間と労力を必要とする。そこでこのような作業において, 上記のグラフィック機能を利用し, 作業が迅速かつ正確に進められることができれば研究, 教育上非常に有益である。しかし, 地学分野のデータ処理・表現には独特な方法を含むことが多い。そのため一般に市販されているようなソフトウェアでは十分対応することができない。それゆえ, 上記のような目的にそったパソコン利用法の開発が急務であると考えられる。このような主旨に基づいた試みのひとつとして林は花崗岩質岩石のデータベースについて報告した(林, 1986)。筆者らは引き続き進めている一連の研究の一つとして, コンピュータグラフィックによるシュミット投影における統計的処理のためのプログラムを開発した。使用の結果, 一応の成果が得られたので, プログラムの概要, 使用法および結果について報告する。

なおプログラムはN₈₈ BASIC (MS-DOS版, Ver3.0)で書かれている。

本研究を進めるにあたり, プログラム作成に関し有益な御助言を頂いた広島大学学校教育学部物理学的研究室, 前原 俊信教官に厚く御礼申し上げます。また, 野外調査の際, 協力していただいた広島市立観音小学校, 藤川 義範教諭にも厚く御礼申し上げます。

II 地学分野における空間的データとその処理

地学分野では, 事物・現象の空間的なデータを扱うことが多い。野外で観察される層理, 葉理, 片理, 断層, 岩脈, 節理等にあらわれる面的構造および礫層の礫の配列や地層の褶曲等にあらわれる線的構造等のほか偏光顕微鏡下で観察される岩石のファブリック等に関して, それぞれ, それらの姿勢が幾何学的データで示される。このような幾何学的データにあらわれる配列の規則性が, 地質体中の特定のドメインにおいて吟味されるのである。

これらの構造要素は球面上に投影され, その図形は通常, ステレオ投影またはシュミット投影(等積投影)によって平面上の図形で表される。両者とも, それらは基円内の点や円などで代表させられる。

これらのデータを統計的に処理する場合はシュミット投影を用いる。

シュミット投影図上の統計的処理はシュミット投影のコンター図を描くことで完了する。それは, 実際にはシュミットネットを用いた手作業による図の処理である。そのプロセスは煩雑・複雑で多くの時間を要する。また表現の精度を高めるためには, さらに多くの時間を要する。そのため, その煩雑さを避けるためデータ数を少なくしたり,

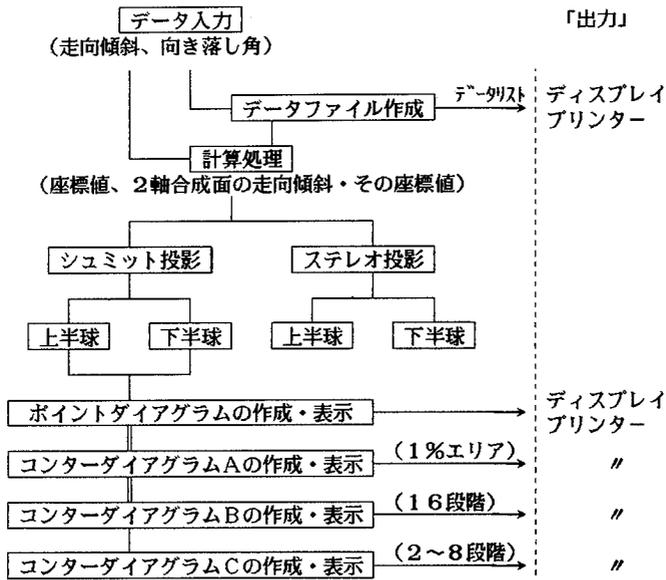


図1 処理の流れ (—— は、互いに合成表示可能なものを示す)

さらにはこの投影での処理を敬遠しがちとなることもあるであろう。しかしこの投影法は、特に野外調査を中心とした研究を進める場合には欠くことができない。そこで、筆者はこれらのプロセス総てをパソコンによって処理する方法を考察した。

III データの入力・処理

本プログラムの簡単な流れ図を図1に示す。本プログラムではシュミット投影の処理が中心であるが、加えてステレオ投影の処理も可能である。また、測定された面的構造や線の構造から直接、シュミット投影処理を実行するのみでなく、2軸を含む面も求められる。例えば碟のa軸、b軸からa、b面を求めるような計算処理も可能である。そのようにして求めた面構造についても、シュミット投影の処理が可能である。

ここでは主として、走向傾斜の値で与えられた“面”のシュミット投影の処理を中心に述べる。

A データの入力

データは野外または室内で測定・記録されたままの形式で入力する。走向傾斜(面)のデータの場合であれば、例えば、走向N70W、傾斜45Sを“N70W45S”の形式そのまま入力する。また、それぞれのデータにそのデータの性質を表す適当なコードを付けることができる。

入力されたデータの集まりは、それぞれファイルとしてディスクに保存しておく。

なお、データ入力に関わるプロセスは一つの独立したプログラムであり、次に述べる実際に統計処理を行うプロセスは別のプログラムとした。そのため、データ入力後、直ちに処理を行うことなく、データ入力のみ行っておき、後に処理・出力のみ行うこともできる。

B データの計算処理

上記ファイルから読み込んだデータから(あるいはデータ入力後直ちに)、シュミット投影における平面上の座標値を算出する。

“面構造”のデータからシュミット投影上の“極”の値を求める場合、まず走向傾斜の値から、走向方位角 δ 、傾斜角 θ として下記の式によって r を求める。

$$r = \sqrt{2} R \sin \frac{\theta}{2}$$

(R : シュミット投影の基円の半径)

次に、座標値(X , Y)を次の式によって求める。

$$X = \pm r \cos \delta, \quad Y = \pm r \sin \delta$$

(\pm は傾斜の方向、走向の方向および上半球か下半球投影かによってその組合せが異なる) また、 $r > 0.9R$ である場合には、(X , Y)に加えて座標値(X' , Y')を次の式で求めておく

$$X' = -X (2R - \sqrt{X^2 + Y^2}) / (\sqrt{X^2 + Y^2})$$

$$Y' = -Y (2R - \sqrt{X^2 + Y^2}) / (\sqrt{X^2 + Y^2})$$

なお、データは上記のプログラムによって入力したファイルのみでなく、すでに報告した花崗岩質岩石のデータベース（林，1986）からでも読み込むことが可能である。

C コンターダイアグラムの作成・表示

求められた座標値から各々のデータに対応する、シュミット投影上のポイントを pset 文（実際には circle 文で、ごく小さい半径の円を描いた方がわかりやすい）によってディスプレイスクリーン上に表示できる（ポイントダイアグラム）。しかし、シュミット投影の統計的処理のためには、上で述べたように投影によって得られた、これらの“ポイント”の分布密度に対するコンターダイアグラムを描かねばならない。

その描き方は簡便なものから複雑なものまで何種類か考えられている。パソコンを利用する例として塩野ほか（1985 a, 1985 b）が格子データによるコンターマップの作成を提案している。

ここで、採用したものは、上記の方法とは異なり、むしろ手作業でなされるプロセスをパソコンに置き換えた趣をもつものである。

手作業で行おうとする場合、この方法は最も煩雑であるが、方法として客観的であり、データの頻度を正確に表現できる。よく知られている方法であるが、このプログラムにとって中心となるプロセスであるので、その手順を簡単に記しておく。

- 1 各々のデータに対するシュミット投影上のポイントを中心に、基円の10分の1の直径を持つ小円（1%エリア）を、コンパス等で描く（100個のデータがあれば100個の小円を描くことになる）。
- 2 それらの小円同士の重なりを調べ、重なった部分は何個の円の重なりで構成されているかを、重なった部分一つ一つについてその数を記録していく。
- 3 重なり数が同じ部分ごとに、着色あるいは模様をいれる。
- 4 場合によって、段階ごとにいくつかの部分をとめる。

この方法は理想的であるにもかかわらず、プロセスが煩雑であるため、敬遠されていることが多い。特に2の作業が煩雑で、多くの円が重なった部分では、重なり数を正確に数えることはかなりの労力を伴う。

本プログラムでは、上記の1の処理をプロセス1、2と3を合わせてプロセス2、さらに4をプロセス3とする。

プロセス1では、求められた座標値（X, Y）を中心に CIRCLE 文によって、1%エリアを示す、0.1Rの直径の小円を描く。但し、上記のように $r > 0.9R$ である場合には、（X', Y'）を中心に、同様の小円をもう一つ描く（コンターダイアグラムA）。

プロセス2では、重なりを“色の違い”で表すことにした。そこで、1個のポイントごとに、circle 文によって円を描き、さらに、その円を paint 文によって着色すればよいように考えられるが、実際には paint 文は重ね塗りをした場合、後に塗った色で塗りかえられてしまう。そのため、重なった部分は何個の円で構成されているか判別できない。そこで一つの小円の円内を構成する全ての点を、point 関数で一つ一つの点が何色であるかを求め、その色によって下記のように対応する色を pset 文により、一つ一つ点で描いていく。結果として、小円が重なっている範囲とその重なり数が色によって判別できる（コンターダイアグラムB）。

色	重なり数	新たな色	新たな重なり数
黒	0	→ 灰	1
灰	1	→ 黄灰	2
黄灰	2	→ 黄	3
黄	3	→ オレンジ	4
オレンジ	4	→ 朱	5
朱	5	→ 赤褐	6
赤褐	6	→ 桃	7
桃	7	→ 紫	8
紫	8	→ 紺	9
紺	9	→ 青	10
青	10	→ 空	11
空	11	→ 青緑	12
青緑	12	→ 緑	13
緑	13	→ 黄緑	14
黄緑	14	→ 白	15
白	15	→ 白	15 ~

point 関数はスクリーン座標（画素数最大640×400）に対して有効である。そのため、一つの円（1%エリア）を構成する画素数は1130余りである。

このように、全く円がないところは黒のまま、例えば14個の円が重なった範囲は、黄緑色で表されることになる。全体として16個の円の重なりまでは判別できる。この数は、グラフィック画面（カラー表示がアナログタイプのパソコンで、かつ拡張グラフィックモードをもつもの、例えばNEC、PC-9801VM21など。8色同時表示のものでもオプションの装着で簡単にこのモードにできる。）に同時表示できる最大の数を示している。この数を増やしたい場合は、さらに多くの色を同時表示できるボードをオプションで装着すればよい。

プロセス1、プロセス2とも単独でも実行できるが、プロセス1を実行し、続いてプロセス2を実行することもできる。その場合は、プロセス1で描かれた図とプロセス2で描かれた図とが合成されて表示される。なお、基円よりはみだして描かれた部分は、PAINT文で消去する。

プロセス2で得られた図は、1%エリアが1%に満たない場合にその部分を消したり、あるいは2つの円が重なった範囲と3つの円が重なった範囲とをまとめて1色の範囲で表示するようなことがある。その場合には、COLOR文でカラーパレットを変える。つまり、2段階を1段階にまとめようとすれば、どちらか一方のカラーパレットをもう一方のカラーパレットと同一にすべく、対応するパレット番号とカラーコードを入力する（コンターダイアグラムC）。

D 出力

結果の出力は、上で述べたように、ポイントダイアグラム、各コンターダイアグラムともディスプレイへの表示、およびプリンターによる画面のカラーハードコピーである。カラーハードコピーの場合、何色も表示できるプリンターも最近になって発売され始めているが、現在のところ8色表示が標準である。そのため、上で述べたように、ディスプレイ上で8段階以下にまとめておき、それをハードコピーすることが適当であろう。

IV 結果

これまで述べてきたプログラムを用い、異なる2つのドメインについて節理系のデータを処理してみた。

なお、使用した機種はNEC、PC-9801VX21（CPUは80286使用）である。

両データとも広島県山県郡戸河内町打梨付近から得たものである。

上記地域の花崗岩体では、そこに発達する節理について、12地点にわたり、地点毎に性質の異なる節理面の方向を測定した。測定総数は合計60個である。図2はそれらの節理面の方向のポイントダイアグラムである。このポイントダイアグラムからコンターダイアグラム（図版I、図1）が描かれる。

処理に要した時間は、データ入力時間は別として、ポイントダイアグラムが約2秒、コンターダイアグラム（プロセス3）が約8分であるが、BASIC Compilerを使用した場合、約3分に短縮された。

このダイアグラムには灰色（1.67%）から青緑（20%）までの範囲が示されている。主として3つの節理系が顕著であり、2つの垂直な節理系が優勢である。

上記地域の花崗岩一流紋岩境界部では、両岩体にまたがる30地点で、上記と同様に節理面を測定した。測定総数は合計140個である。このデータに対応するポイントダイアグラムが図3であり、コンターダイアグラムが図版I、図2である。

このデータの処理に要した時間は、データ入力時間は別として、ポイントダイアグラムが約4秒、コンターダイアグラム（プロセス3）が約18分であるが、BASIC compilerを使用した場合、約7分に短縮された。

このデータの場合、0.7%の範囲は消去した（つまり黒に塗り変えた）。このダイアグラムには灰黄色（1.43%）から紺色（6.43%）までの範囲が示されている。この節理には、全体として垂直またはそれに近い面が多く、中でもNW-SE系が顕著である。そのほか、NE-SW方向に分散する節理の系統も認められる。

これらの結果から、上記地域のこれらの節理系は、吉村ほか（1979）、吉村・林（1983）が述べているように断層や地形との関係が考えられるが、それらの考察については稿をあらためて報告したい。

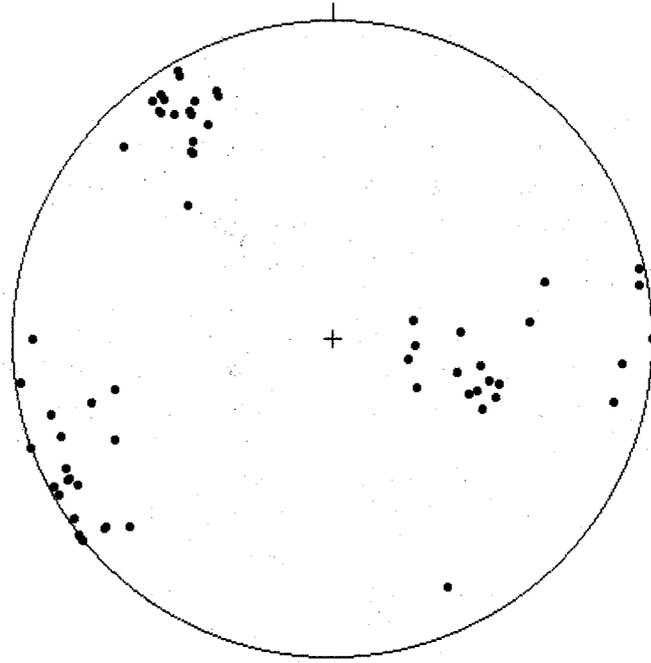


図2 花崗岩の節理のポイントダイアグラム、
広島県山県郡戸河内町打梨付近

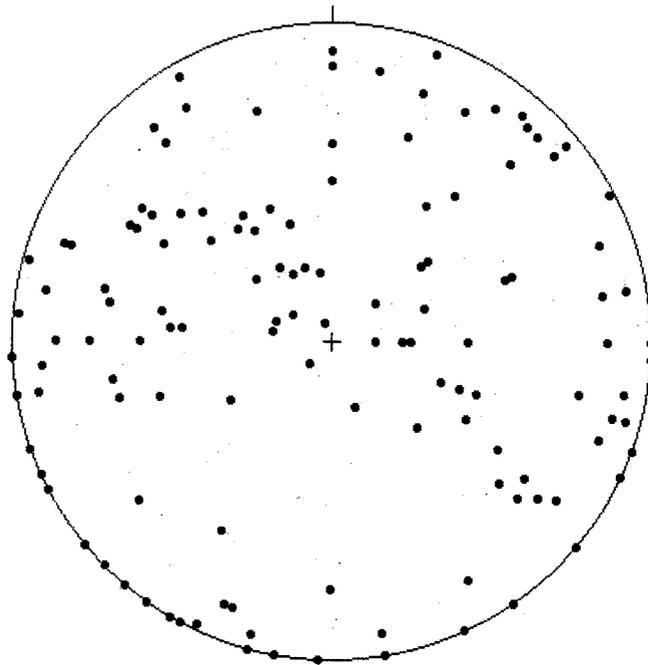


図3 花崗岩一流紋岩の節理のポイントダイアグラム
広島県山県郡戸河内町打梨付近

V おわりに

これまで述べてきた幾何学的データの統計処理プログラムは、使用の結果、処理が速いこと、正確であること、手軽に使用できることなどの点から、研究・教育にとって非常に有益とみなすことができる。特に多量のデータを処理する場合に大きな効果がみられた。さらに処理速度が上がればより効果的である。そのためプログラム言語を換えることも検討中である。

一方、コンターダイアグラムにおいて、高密度の部分は、明確に表示できないこともある。現段階では、16段階の表示で十分であるが、さらに精度が必要なこともあると考えられる。その場合には、グラフィック画面が1120×750モードの機種を利用するなどの対応が考えられる。

先に述べたように、本プログラムにおいては、コンターダイアグラムをグラフィック画面において作成している。パソコンが十分なメモリーを備えるようになれば、それがメモリー上で行われるようになり、上記のような問題もかなり改善できるであろう。

参考文献

林 武広 (1986) : 花崗岩質岩石および随伴岩類

の観察に関するデータベース。広島大学学校教育学部紀要第2部, 第9巻。

稲森 潤・岡村三郎・榊原雄太郎・本間久英 (1986) : マイコンによる結晶作図法について。

地学教育, 第39巻, 4号。

情報地質第8号 (1983), 9号 (1984), 10号 (1985), 11号 (1986) : 情報地質研究会。

根岸 潔 (1986) : パソコンの天文教育への応用。

地学教育, 第39巻, 4号。

塩野清治・弘原海 清・升本真二 (1985 a) : パソコンによる格子データのコンターマップ作成プログラム。情報地質, 10号。

塩野清治・弘原海 清・升本真二 (1985 b) : パソコンによるステレオ図のコンター表現。情報地質, 10号。

島貫 陸・浅井嘉平・浦野 弘・嘉村策磨・根岸 潔・丸山健人・水野孝雄 : (1987) : 地学教育において開発が望まれるコンピュータのソフトウェア。地学教育, 第40巻, 2号。

吉村典久・片山貞昭・楠見 久 (1979) : 弥栄峡とその周辺地域の構造地形。弥栄峡の自然, 名勝弥栄峡学術調査委員会。

吉村典久・林 武広 (1983) : 滝山峡における花崗岩の節理。滝山峡 (自然と生活), 滝山峡総合学術調査委員会。

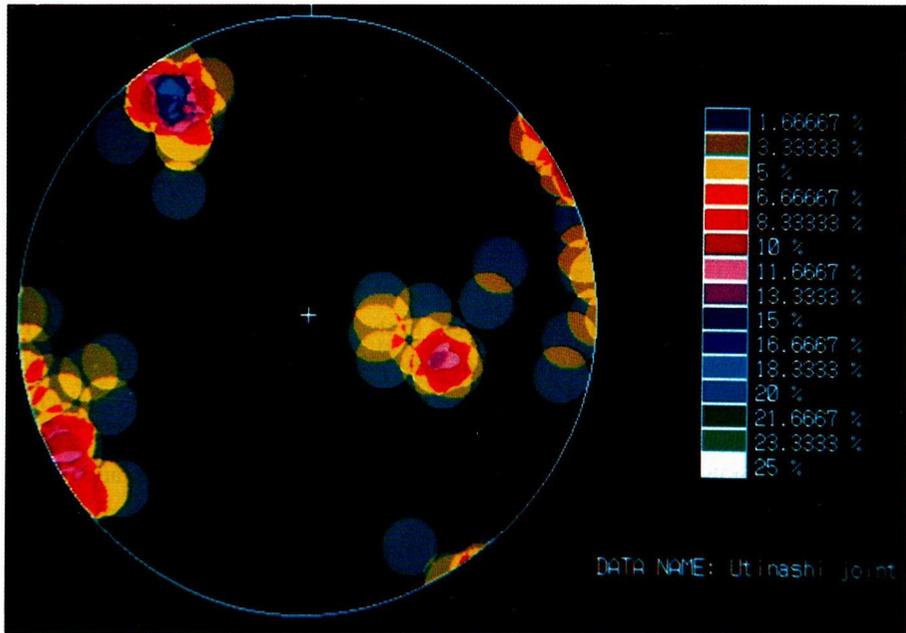


図1 花崗岩の節理のコンターダイアグラム，広島県山県郡戸河内町打梨付近

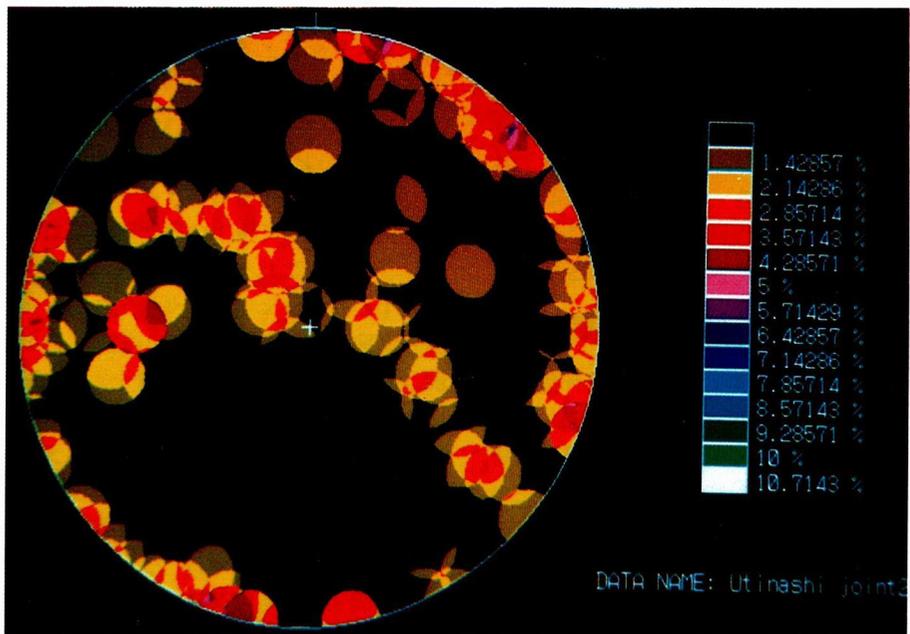


図2 花崗岩-流紋岩の節理のコンターダイアグラム，広島県山県郡戸河内町打梨付近

An Example of Processing Geometric Data from Geological Body on a Personal Computer.

Takehiro HAYASHI
Norihiisa YOSHIMURA
Gensei YOSHINO

This paper deals with an example of processing geometric data from geological body on a personal computer (NEC PC9801VX21).

Orientation diagrams, being familiar to the study in geology, are made by computer graphics. This program has been composed of BASIC.

Large masses consisting of rhyolite and granite occur in the Tateiwa district of Hiroshima Prefecture. For each of joint surfaces observed on the outcrops of these masses, the attitude was determined by measuring the strike and dip. The point diagram and contour diagram of these measurements, which are plotted on the lower hemisphere of equal-area-net, are shown on computer display.

In this contour diagram of the graphics, 16 grades defining degree of preference in orientation are represented by different kinds of color. Each circle (one percent area) inscribed about each point is painted one by one, then, areas of overlapping other circles are repainted with the color choiced according to overlapping numbers. 16 colors are arranged for the repainting.

The time needed to complete the contour diagram of 100 points is about 10 minutes (with BASIC Compiler).