多目的データベースとしての六甲山地の ディジタル・マップの作成

平 野 昌 繁*

HIRANO, Masashige*: Preparation of a disital
map of the Rokko Mountains as a multi-purpose
data-base

I. ま え が き

地形・地質・土質データを総合ファイル化するに当たっての基本的な考え方およびそれを六甲山地の一部地域に試験的に適用した結果については、すでに若干紹介したが(平野・横田, 1976a), この場合にデータベースとして何らかのマップが必要となる。これは地表に関するデータ一般に関して言えることであり、地図があれば既存のデータの整理のみならず、データに関係ある地形情報などを比較的容易に導入することが可能である。

この場合どの様なものを用いるかについては何通りかの考え方があるが、地球上のある地点で得られるデータに関する限り、結局それは地形図(topographic map)のかたちをとらざるを得ない。それを電子計算機に導入する方法としてはディジタルマップ(disital map; 数値地図)を用いるのがひとつの解決法である。もちろん、地形そのものは本来アナログ量であり、アナログ→ディジタル変換の過程で何らかのデータの損失が避けられないことは既に指摘されている通りである。しかし、従来はアナログ型で処理されてきた地形データ(例えば土地条件図における斜面型の分類など)を迅速かつ定量的に扱えるなど、電子計算機によるディジタル型データの処理にはそれ相応のメリットがある。このような目的に即して作成された一定地域の地形モデルはDisital Terrain Model(略してDTM)

とも呼ばれている。

ここでいうdisital mapは、本来、航空写真から直接X, Y, Z成分を図化機でよみとって作成するものであるが、筆者は設備・費用・時間などの制約を考えて、既存の大縮尺地形図に方眼をかけ、それにもとづいて数値をよみとることにした。このように用意したデータベースとしてのディジタルマップの作成過程及びその特色の一端について、技術的側面に重点をおき、以下に紹介したい。

なおこれは、文部省科学研究費(試験研究1)「六甲山地の地形・地質・土質データにもとづく総合ファイルの作成」(研究代表者、平野昌繁; 課題番号189015)ならびに特定研究1「学際研究用データ・ベース・システムの開発と地学および環境学での応用」(研究代表者、弘原海清; 課題番号111719)の一部を用いて、それらの一環として特に筆者が担当して行った地形データ関係の研究成果の一部である。システムの設計に当っては、大阪市立大学計算センターのFACOMを利用することを前提とし、言語としてはFortranを用いている。本研究を進めるに当り、大阪市立大学理学部の藤田和夫教授、弘原海清助教授には種々の御便宜を計っていただいた。また、同学理学院の横田修一郎氏ならびに文学部地理学教室の院生・学生諸君にも御協力いただいた。記して感謝の意を表したい。

II. ベースマップ

ベースマップ選定の段階で、どの程度の縮尺の

* 大阪市立大学文学部 地理学教室

ものを用いるか、その採用している図法（地図投影法）は何であるか、したがって、用いている座標系はどのようなものであるかという問題が生じる。これについて、一般の1/2.5万や1/5万の地形図が用いているUMT（ユニバーサル横メルカトル）図法による経緯度表示と、1/1万の市町村図もしくは1/5,000～1/2,500の国土基本図の用いている平面直交座標のちがいが重要な点となる。前者をベースアップとしてすでに、緯線・経線を用いた標準メッシュが設定されており、その特性等についてはすでに論じられている（たとえば西村（1971）の191～196参照）。ここでは、現地調査に当たって最も精度のよい大縮尺地形図を用いるのが通例であるという事実から出発し、後者を対象として考える。そのために、座標系としてはある程度必然的にガウス・クリューゲル図法による平面直交座標系を用いることになる。

以上に述べた事は同時に、ベースマップ上におけるサンプリング地点の間隔（換言すればデジタル化の精度）及びサンプリング方法にも関係する。ランダムサンプリングによる地形データの収集とその処理はすでに試みられているとはいえ、技術的に問題をはらむ場合もある（たとえば、計算機の容量と演算速度など）ので、システムティックサンプリングを前提とすると、データの精度は格子点間隔の問題に帰着される。格子点間隔を小さくして精度を上げることはのぞましいが作業量は膨大となる。結果的にはデータをコンパイルして1/2.5万～1/5万の地形図にしたときの精度が関係するが、ひとつの基準として1/5万地形図上で1mm間隔は十分な精度といえるのではないだろうか。

このような考えにたつて、ベースマップとしては六甲山地全域を比較的一様な精度でカバーしている国土地理院作成の1/5,000写真地図を用いることにした。現在となつてはこれは作成年次が1964年とやや古いのが難点だが、地形変化の著しい地域については今後部分的にでも修正補足することを考えたい。本図で採用されているのはガ

ウス・クリューゲル図法の第Ⅴ座標系であるので、この系によるXY座標で位置をきめ、50mごとの方眼線をひいた。したがって、経緯度座標にもとづくデータ（いわゆるメッシュデータや1/2.5万や1/5万の図幅名やそれからの計測値）との対応づけのためには座標変換が必要である。しかし、数学的な手法（補間法その他）を用いて内挿その他を行う際には、XY座標の採用は大きなメリットをもつ。なお、2つの座標系の変換には従来、経緯度換算表が用いられてきたが、電子計算機用プログラムを用意することは比較的やすい。

対象とする六甲山地のデータの区分整理については、かつて地質調査のために大阪市立大学地学教室藤田研究室で用いられたシステム（笠間、1968）をそのまま踏襲することにした。このシステムは神戸市作成の1/1万地形図をベースマップとしているが、この地形図は投影法と座標系において写真地図と同じで、コンター間隔が5mであることと、神戸市域外で精度が悪くなることを除けばあまり問題はない。

このシステム（六甲座標系と以下で呼ぶ）ではデータ整理のため、六甲山地を東西2.5km×南北2kmの区画にわけ、その各々に個々の名称を与えている。各々の区画はさらに500m×500mの正方形部分20ヶにわけられ、それらはA～Tの記号を与えられている。正方形部分は50mおきの計測点100ヶおよびそれに付随する50m×50mの方眼を同数含む。これらの相互関係および、1/5,000写真地図の図幅番号との関連を第1図に示す。

Ⅲ. 地 形 デ ー タ

ベースマップから読取れる地形データのなかには1点で定義できるもの、方眼（一定面積）内で定義されるもの、ある線上で定義されるもの、の3つが少なくとも区別できる。従来行なわれてきた地形計測を過不足なく行なうことを前提としてここでとりあげたのは、第1のタイプのものとして格子点の高度（HGRID）、X座標、Y座標；第2のタイプのものとして格子点の左下（南西）

第1図 六甲山地の地形データ整理のための座標系。とくに、単位図画と写真地図の相互関係と、単位図画内の細分法を示す。

第2図 六甲山地の地形データ処理のためのフローチャート，太枠内は電子計算機による作業ステップを示す。

に付随する方眼内の最高点高度 (HMAX), 同じく最低点高度 (HMIN); 第3のタイプのものとして格子点の左 (西) にある長さ50 mの線分を切るコンター数 (NX), 下方 (南) にある長さ50 mの線分を切るコンター数 (NY); である。なお, NX, NYの数え方については, コンターが格子線を切るときと接する場合で問題が生じるが, 接し方に従って2重根など配慮すれば限りがないのでいずれも1本に数えた。

なお, 六甲山地内の地点を定義する区画名や正方形単元のアルファベットには第1図に例示されているようにそれぞれ個有の数値を与えてコード化した。また, 今後, 地質データ・土質データ等が導入されてゆくので, 地形データであることを示すコードも追加した。

これら1/5,000地形図からよみとった数値ならびにキーコードをコーディングシートに記入し, カードに穿孔した。その際, 入力カードのFormatとしては昭和51年当時の大阪市大計算センターの機種であったFACOM 270-20/30の性能を考慮して, 整数型4桁の固定長(20I4)ですべて取扱うこととし, カード上におけるデータの穿孔位置をきめた。したがって, 昭和52年度以降の機種であるFACOM 230-60/70にとってはやや無駄の多いFormat設計となった。即ち, 270-20/30では4桁の整数を用いたときあふれがなく, 最も大きなdimensionをとれたが, 230-60/70では整数10桁はとれるので, たとえば, 20I4のかわりに8I10として変数のdimensionをへらすことができた。しかし, 4桁固定長は文字型入出力の利用を今後考えるような場合, さほど不当なものでもないように思う。

このようにして作成したデータカードに対する電子計算機による一連の処理においては, 極めて大量のデータを扱い, かつ, 処理も並行して行なわれるので, 作業段階をわけて体系的に作業をすすめないと混乱が生じるおそれがある。そこで, 第2図のフローチャートに示されたようなステップにわけて作業を実行した。図において太い枠で

つつんだ部分がひとつのプログラムユニットを用いた作業ステップである。この図における作業ステップについて以下に若干の説明を加えたい。なお, これらの作業はすべて六甲座標系の1区画を単元として行なわれている。

IV. CD-CHECK

カードに穿孔されたデータを読み込み, そのまま出力させてリストを作る作業段階がCD-CHECKである。六甲座標系の一区画に含まれる2,000枚のカードを作業単元としている。この段階で読み取り不可能なカードはcheckできるので, それがあれば修正穿孔する。明らかに間違いとわかるような桁ずれカードについても修正しておき, カードの配列, とくにその欠落や重複にも注意する。地点番号に関するミスはあとの作業に影響するので, できるだけcheckする。この段階で問題となったカードは原則として色違いのカードを用いて修正穿孔し, カードデッキに加える。

カードに穿孔されたデータ内容はそのままLine printerで出力させる。その際, カード1枚の内容を1行に印刷させる。このタイプの印刷出力をLP₀型と以下で呼ぶことにする。

V. MT-WRITE & CHECK

データカードを最後まで読み込むことができたなら, それを磁気テープ(MT)にかき込み, それが終った段階で書き込まれた内容を再びよみだしてLP₀型のラインプリンター出力としてcheckする。この作業ステップがMT-WRITE & CHECKである。

データ書き込みは六甲座標系の1区画(full dataで2,000点, 対応する変数でIA(20, 2,000)となる)を単元として行なう。書き込みの際, 単位区画ごとに記録内容にファイル名をつける。ファイル名は六甲座標系における区画名をローマ字におきかえ, FD文の制約にしたがって適当にピリオドで区切ったもので, たとえば, 「東六甲」→HIGASHI.ROKKO, 「石楠花山」→

305 (YAMATECHO)

41 (M)

HGRID		NX	
* 500*	482* 454*	422*	380*
* 478*	484*	465*	432*
* 438*	446*	432*	421*
* 418*	406*	400*	392*
* 408*	392*	368*	357*
* 368*	311*	285*	268*
* 317*	311*	317*	325*
* 370*	338*	312*	283*
* 500*	506*	493*	465*
* 478*	486*	484*	465*
* 438*	447*	406*	401*
* 408*	405*	401*	384*
* 397*	400*	394*	384*
* 341*	377*	317*	328*
* 375*	370*	349*	312*
* 394*	384*	367*	344*
* 451*	478*	452*	412*
* 419*	438*	432*	418*
* 389*	406*	398*	392*
* 380*	392*	369*	357*
* 363*	392*	369*	348*
* 379*	347*	348*	350*
* 313*	299*	241*	217*
* 334*	317*	288*	277*
* 370*	338*	312*	283*

305-66

305-65

第4図 作業ステップPRINT1における地形データの出力例(その2)。これは本文におけるLP8型出力の例で、アルファベット正方形内における地形データの平面分布が示されている。

SHAKU. NAGE. YAMA, 「土橋」→DOBASHI などとなる。これらファイル名と対応する数値コードは第1図に記入されている。

作業にかかると、第2図に示されたように何通りものMTが同時に使用されるので、磁気テープへの書き込みに当っては physical unit を用い書式なしで記入している。したがって、プログラム中では

```
WRITE(MT) ((IA(I, J), I=1, 20),
             J=1, 2, 000)
```

となり、MTには80から90までの数値がわりあてられる。このようにして作成されるのが第1次磁気テープ(MT1)である。

書き込みが終了した時点で内容チェックのためMT1の中味をよみ出しラインプリンターで印刷させ、さきほどのべたLP₀型のリストを作成する。これを前の作業段階における出力内容と比較して書き込みミスが起っている場合には、さらにNO2, NO3などの文字をファイル名に追加してファイルを補充することがある。そして、補充されたデータファイルについて同じ作業をくりかえす。大きな問題がなければ次のステップに進む。このときまだ残っているミス(とくに地点番号に関するものなど)は次の段階へひきつぐ。

VI. PRINT 1

以上のようにして作成したMT1からデータをよみ出すが、その際、まだ残されたミスを修正するためのプログラムカードを補う。修正されたデータについて、主として1枚のカード内で論理的に見出すことのできる特定のデータミスをサブルーチンERROR1によって検出し、内容によっては自動修正する。修正内容は次の通りである。

- i) カードの配列順序と照合して地点番号のミスを修正する。
- ii) 地点番号にもとづきX, Y座標のミスを修正する。
- iii) 高さに関してはHGRID, HMAX, HMINの大小関係を判定し、矛盾があるときには一

定の限度内で修正する。

とくに最後の場合、作業の性質上HGRIDが地形図からもっとも正確に読み取られているので、HMAXやHMINがそれぞれHGRIDより小さかったり大きかったりした場合、その差が50 m未満であれば、それらの値をHGRIDの値に自動的に揃えるよう修正する。差が50 m以上のものについてはコンター、特に計曲線の読み取りに明らかにミスがあると考えられるので、自動修正は行わずコメントをつけて次にもちこす。また、HMAXとHMINの値が逆転しているものについてはやはり問題があるので、これも自動修正を行わず、コメントをつけて次回にもちこす。

自動修正後のデータについてHDIFF=HMAX-HMINを求め、それが75 m以上であればコメントと共に出力させる。このようにして作業をすすめ、エラーの検出された地点とその内容、自動修正の有無などはすべて通し番号をつけて、ひとつのエラーを1行にラインプリンターで出力させる(LP₁型出力)。

以上のステップを経たデータ内容を各区画のアルファベットごとに数表(PRINT1A, LP₂型出力)あるいは平面分布(PRINT1B, LP₃型出力)としてラインプリンターで出力させる。出力の例は第3図、第4図に示されている。ここで、出力結果はそのまま2つ折りにして製本できるようにデータ配列、ページ数の記入など工夫してある。プリントしたデータ内容はそのまま第2次磁気テープ(MT2)に書き込む、この時のファイル名その他はMT1におけるそれらに準じて行なう。かきこみミスが生じた時の処置等についても以前と同様である。

VII. PRINT 2

前の段階(ERROR1のリスト)で残っていたミスをベースマップと比較して確認し、その修正プログラムを追加したうえでMT2からデータをよみ出す。このデータについて再度エラーチェックを行なうことにする(サブルーチンERROR2),

ここでの修正内容は ERROR 1 とほぼ同じであるが、さらにデータを空間的配列におきかえたときにはじめて見出せるエラーの検出が追加されてい

る。

たとえば、格子点高度が隣接する南北および東西 4 つの格子点高度の平均値に較べて 50 m 以上

807 (HGRID)

807 (HMAX)

807 (HMIN)

807 (HDIF)

第5図 地形データのなかの見てわかるミスを修正するために描いたブロックダイアグラムの例。ただし、数字は単位図画のコードで、この例では 807 = 菊水山。また、HGRID, HMAX, HMIN, HDIF はそれぞれ格子点高度、方眼内最高点高度、同最低点高度、同高度差に対応。HGRID と HDIF は南西から、HMAX は東南から、HMIN は北東からそれぞれながめたもの。

大きい小さいときにはコメントをつけてエラーリストに出力させる。また、方眼の4辺を切る等高線の数が15をこえる場合にもコメントをつけて同様に処理する。エラーリストとして出力された結果は、ERROR 1の段階にくらべて大幅に改良されていて、NO ERRORのコメントが印刷されて作業が終了する場合もある。

データはこの段階で若干の地形計測的処理をうける。即ち、50 m×50 mの単位方眼についての起伏量、方眼の四辺を切るコンター数とそれにもとづいてホートン法で求めた方眼内平均傾斜がそれである。これらをXY座標のかわりに加えたデータはPRINT 2AおよびPRINT 2B（それぞれLP₂型およびLP₃型の出力）として印刷される。出力リストがそのまま製本できるように工夫されていることはPRINT 1A、PRINT 1Bの場合と同様である。地形計測値をそれまでのデータに加えた内容は第3次磁気テープ（MT3）に記入される。ファイル名その他のとりあつかいはこれまでのステップに準じて行なうが、エラーの修正はとくに徹底的に行ない、それが完全になくなるまで作業をくりかえす。

ここまで作業をすすめても、電子計算機の論理構造でみつけれずミスの残っている場合がある。ミスが残っていると、さらに進んだ地形計測を行なう際に深刻なトラブルとなるので、これまでと質的に異なる方法でエラーチェックを再度行なう必要が生じる。それが次のステップである。

VII. BLOCK と MT-COMPILE

以上の段階を経て作成された形式的（論理的）にはミスのないデータの一部をblock diagramとしてvisibleなかたちで出力させる。即ち、第3次MTからデータを読み出し、それを筆者が用いているプログラム（平野、1977）によってXYプロッターに描かせる。現在のところHGRID、HMAX、HMIN、HDIFの4つだけをgraphic displayの対象としている。これ以外のものについては数値の性質から眼にみえ

るかたちでデータの不自然さのチェックを行なうのがむづかしいからである。

ブロックダイアグラムを描く場合には、種々の方角から眺めた図を作ることとし、縦横比についてはnatural scaleを用いることを原則とする。投影方向を変えるのは地形の特徴に対応してエラーを見出すのが容易な方向やそうでない方向があるからである。このようにして得られたXYプロッター出力の一例を第5図に示す。これらプロッタダイアグラムの作成に用いたデータは同時に作業用磁気テープ（MT4）に記入しておく。

この段階でのデータミスの修正を容易にするため各データを1桁の数値に変換して、1区画まとめて平面分布にしてラインプリンターで出力させ（LP₄型出力）たものと、データをそのままLP₀型で出力したものを用意する。そして、これら3つを比較してミスの残っている地点とその内容を確認し、ベースマップと照合して修正を行う。データ修正のためのプログラムカードを補ってこの操作をくりかえす。その結果、不自然さのないブロックダイアグラムが完成したら、それに対応するMT4の内容を一部配列がえを行なって完成データとし、第5次磁気テープ（MT5）にコンパイルする。この時点におけるデータ（(IA(I, J),

第1表 第5次磁気テープ（MT5）におけるデータ内容。データは配列((IA(I, J), I=1, 20), J=1, 2,000)で与えられ、フルデータでJ=2,000まで、そうでないものはJ=1からはじめて前につめて記入してある。

I	内 容	I	内 容
1	単位図画名	11	(ブランク)
2	アルファベット	12	
3	地点番号	13	
4	カード種別	14	↓
5	HGRID	15	NX
6	HMAX	16	NY
7	HMIN	17	方眼の4辺を切る コンター数
8	HDIF	18	傾斜の1,000倍
9	↑	19	X座標
10	↑	20	Y座標

$I=1, 20$), $J=1, 2,000$) の内容は表1のようになっている。表のブランク部分は今後、地形計測値や、たとえば土地利用データの補充などの目的に利用できるよう余裕をもたせるためである。

Ⅸ. あとがき

以上のような作業ステップを経て作成されつつある六甲山地の地形データファイルもしくは Digital Terrain Model について、データ内容からも明らかなように、従来の地形計測は容易に行なえる。たとえば、方眼法による接峯面、接谷面、起伏量やホートン法による方眼内平均傾斜の場合には、方眼の一边の長さを 50 m の倍数であれば任意にえらべて、かつ、方眼の中心を 50 m ずつ移動させてゆくことができる。これらの作業を行なうためにすでに MORPHO, SLOPE という 2 つのプログラムがテストランの段階にある。同様に、山地斜面を部分的に 2 次曲面で近似してそのタイプわけ(谷型、尾根型の区別)と傾斜区分を行なうプログラム FORM もデバック中である。すでにふれた地形の傾向面分析や 2 重フーリエ級数による分析(平野・横田, 1976b) も当然可能である。

いずれにせよ地形データについて現在の段階でとくに強調しておきたい事は、これについて行った地形計測作業結果の客観性と普通性という点である。従来の手作業による地形計測データは六甲山地に限ってもこれまでに何人かの手で作られているが、ここでのべた程度に原データを作成しておけば、少なくともこの地域についてはこれから導かれる計測値が今後とも standard として使えるであろうと思われる。即ち、大規模な人工

的な地形改変が行なわれている部分の修正を除けば、この精度のものは 2 度と作成する必要はないであろう。ただし、水系や尾根パターン、さらには流域ごとの処理に代表されるような位相的な要素のつよいデータの導入の問題は残されるが、これについても今後とりくんでゆきたい。

地形データは現在全域の約 80 % が完成しており、地形計測データがこれにつけ加えられるのは時間の問題である。これらが完成した段階でデータの共同利用への方向についても検討したいと考えている。なお、地質データについてもかなりの部分についてパンチカードになっており、そのファイル化やその分析、もしくは地形データとの関連性の検討もすでに一部報告したように(平野・横田, 1976a) 進みつつあることを最後に付け加えておきたい。

引用文献

- 平野昌繁(1977), 電子計算機によるブロックダイアグラムの作成。大阪市大文学部紀要(人文研究), **28**(2): 131—143.
- ・横田修一郎(1976a), 六甲山地の地形・地質情報処理のためのデータ・ファイル(RKTOPF, RKGEOF)の形成。文部省科研「広域大量情報の高次処理」総括班報告(第Ⅴ分冊): 1106—1110.
- ・——(1976b), 西南日本に例をとった電子計算機による地形数値解析。地理評, **49**(7): 440—454.
- 笠間太郎(1968), 六甲山地の花崗岩類。地質雑, **74**(3): 147—158.
- 西村蹊二(1971), 地図の利用法。朝倉書店, 212pp。