



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	三次元グラフィックスに関する砂防学的研究
Author(s)	東, 三郎; HIGASHI, Saburo; 中村, 太士 他
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 42(1), 109-132
Issue Date	1985-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/21130
Type	departmental bulletin paper
File Information	42(1)_P109-132.pdf



三次元グラフィックスに関する 砂防学的研究*

東 三郎** 中村太士** 荻野 厚***

Studies on the Three Dimensional Graphics
for Sabō Planning*

By

Saburo HIGASHI**, Futoshi NAKAMURA**
and Atsushi OGINO***

目 次

1. 問題と方法	110
2. 地形の表現法	111
1) 立体表現の必要性	111
2) 絵画的表現	113
3) 透視図法	114
4) 等尺投影図法	117
3. コンピューターによる三次元グラフィックス	118
1) 入力段階	118
2) 出力段階	119
4. 立体地形図の適用	123
1) 活火山の地形変化	123
2) 扇状地の形態と変動	124
3) 地すべり地形の特徴	126
4) 改変地形の把握	127
5) 水源空間の形態的特徴	128
6) 森林施業への展開	130
5. 結 論	130
参考文献	131
Summary	132

* 1984年8月31日受理 Received August 31, 1984.

** 北海道大学農学部砂防工学講座

** Laboratory of Erosion Control Engineering, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

*** 長野県土木部土尻川砂防工事事務所

*** Dojirigawa Sabō Office, Sabō Division of Nagano Prefectural Government.

1. 問題と方法

土地利用に関する価値観は時代とともに多様化し、社会的な合意や個人的な欲望を満足させることはきわめてむずかしくなってきた。

すなわち、自然災害や環境破壊などの社会的問題は、自然空間において改変された人工空間の位置と規模にかかわって発生するのであって、両者の相対的関係が正しく認識されない限り解決の見込みはないものと思われる。

とくに、最近の機械文明の発達は、低山地帯の地形改変や沖積扇状地の市街地化を促し、居住空間の拡大をおし進めており、まれに起こる地震・豪雨・なだれに際して、甚大な山地災害を招く原因になっている。それに対して、災害復旧を主軸とする国土保全事業が、たんに事後の処理に止ることなく、あくまでも予防的措置として客観化され、社会的要請にもとづいて行動するには、あらためて、自然の見かたや技術的限界についても十分吟味される必要があると思われる。

このような予防的措置を支える予測の論理の展開、つまり防災の方法は、たんに構造物の形態・規模・数量・配列によって満足させられるものではなく、土地利用計画や都市計画段階における「場の認識」を出発点とし、人工改変後の「安全空間の評価」によって完結する一貫した理論の展開にまたなければならないのである。それには、土地の実態を具体的に表現した地形図・写真等の資料にもとづいて討議することが必要になるが、在来のものでは縮尺や視点の関係から適用範囲が限られ、客観性の高い情報を作りあげるのに難点がある。

最近の航空写真をもとにした航測技術は、地表の立体視を可能にし、この問題に一応の結着をもたらしたかのようにみえるが、なお具体的な表現法・描写法に未解決の部分が残されている。とくに微地形を対象にし、きわめて現実的な時間スケールで解析することを不可欠としている砂防学分野においては、地表の動的認識にもとづく現場情報に関して、土地利用者と防災専門家のあいだに共通の理解が得られることが重要であって、相互のイメージを表現し伝達する具体的手段に工夫をこらさなければならないのである。

北海道大学農学部砂防工学研究室においては、これまで植生指標²⁾や堆積地形^{1,10)}、ならびに石れき指標⁴⁾による時間的・空間の情報から、沖積地の変動過程を歴史的に解釈できるとし、砂防施設の実験的方法³⁾として、無機物(大気、水、土石)の運動と森林の生物集団の関係について論じてきた。すなわち、長い年月のあいだに、地質条件は地形に反映し、地表の侵食現象は植生に表現されているとみてきたのである。

そこで、この種の情報を、防災の現場において明示するために、地表の立体的認識を一般化することが先決条件であるとして、前述したように航空写真の立体視に重点をおいたが、第三者へのイメージ伝達に問題が残り、砂防学的適用に限界があった。たまたま、1977年の有珠山噴火に際して、土石流災害の防止に広く世間の関心が集まるに及んで、当該地域の地理的条

件, 社会的条件を一目のもとに把握できると思われる鳥瞰図 (Bird's-eye view) の有効性が提示されたが, ごく一部の利用に止まり大きな進展はみられなかった。

その後, コンピューター技術の目ざましい発達により, 物体の三次元グラフィック化が進み, 立体図の作成に関するソフト・ウェアの開発も行われ, 国土地理院発行の地形図も漸次立体的に表現されてきた。つまり, このような立体化された地形図によると, 一目して土地の相対的高低が読みとれることから, 水害, 土砂害の危険区域を判別し, 生産空間の位置を確認し, 防災空間を設定する場合に有効となるのである。

もっとも, 土木・建築・機械などの工学分野においては, すでに古くから, 構造物・建物・機械・器具の完成予想図を「姿絵」として示し, ユーザーの同意を求めてきた。将来において砂防学分野が予測の論理を展開するとするならば, とくに地元住民に対して, 諸施設の配置もたらずであろう防災の可能性を示す意味において, 施工地周辺の地形変化を予測し, 具体的に表示することが必要である。

これまでの研究過程¹⁴⁾において, いわゆる立体地形図に対する第三者の反応が, きわめて速くかつ適切であると思われるので, 従来の砂防計画手法に最近のコンピューター技術の成果を結合させ, 防災に関する新しい方法を提唱し, 関係者の批判を仰ぐこととした。本論文の作成に当たって, 地形図判読に多くの労力を注いできた本学砂防工学研究室の学生諸君に心から謝意を述べ, この手法の限りなき発展のために今後の協力を期待したい。

2. 地形の表現法

1) 立体表現の必要性

従来の砂防計画は対象地の地形や構造物を, 平面図, 縦断面図, 横断面図で表現し, 土砂生成の実態や砂防施設の配置, 形態などを示し, 現場の見取り図や情景写真を添えて参考に供してきたが, 現地取材者と図上計画者とのあいだには, 当該現場に対する一致したイメージが得られないといううらみがあった。したがって, 水や土石の下降運動は, 重力作用に支配されているという事実が明らかであるにもかかわらず, 投入される構造物の形態・規模・数量に高い客観性が認められず, 経験による主観的判断に頼るケースが多かった。この弊害を克服するためには, 種々の自然認識法が提示され, あわせて構造物の力学的特性が論じられてきた。

砂防学的立場からすると土地改変に係わる目的と手段には, 自然の全体性・歴史性をとらえる方向で進められなければならないと考えられるのであって, 部分的かつ一時的介入によって所期の成果を挙げることはできないといえることができる。その意味において, まず, 対象となる土地を立体的空間として表現することにより, 時間的・空間的変化のパターン認識が必要とされるのである。本研究においては, これまでの二次元的表現に立体表現法の独自性を加え, 微地形解析の可能性を見いだすことにした。

水は高いところから低い方へ流れ, 一般に拡散する傾向をもっているが, 地形的条件に制

約されて一時的に集合する。この集合水は、地表においては主に集水区域内に支配されているが、単独峰の火山のような場合には、一般の流域と異なって、その境界を明確に定めることができない。すなわち、ふつうの流域はふところが広いが、火山の斜面に発達しているガリーでは、一般に水源部の集水域が狭くなっている。いま、流域面積の大小にこだわらず、集水域のパターンだけを示すと、図-1のように表される³⁾。

ふつうの流域(A)は地形学の概念に沿って、流域面積、起伏量、谷密度、河床勾配、水系パターンなどのようにその特性が示される。いずれも二次元的表示をとることになるが、たとえば河床勾配や溪床勾配から流域の立体感を得ようとするとき、図(B)に示すように、平面形は異なっても縦断面形に類似性が認められるということになり、全体像の把握を誤るおそれがある。その点、横断面形をみると、明らかに両者の地形に違いのあることがわかる。つまり、水と土砂の運動過程を、三次元空間においてとらえることが重要であり、砂防計画にそのことが十分反映していなければならないのである。

トロエ (F. R. TROEH)¹⁵⁾ は 1965 年に縦断面形の曲線と等高線の曲線とを組合わせて、

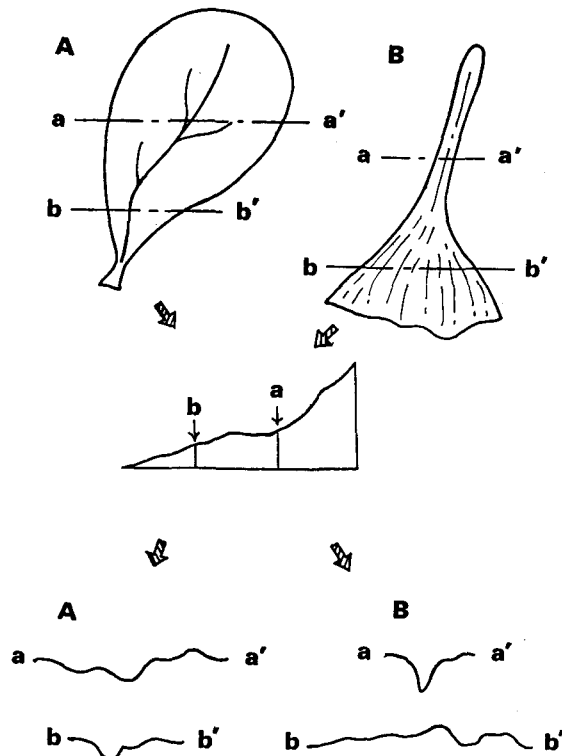


図-1 流域概念のちがひ

A: 普通の流域 B: 単独峰のガリーと扇状地

Fig. 1. The difference of river basin.

A: Ordinary river basin B: Volcano river basin

図-2に示すような斜面の図形分類を行っている。この図には、水平軸によって凹形等高線をもった集水斜面(第I, II象限)と凸形等高線をもった散水斜面(第III, IV象限)が区別され、垂直軸によって、匍行の卓越する凸形縦断面形の斜面(第II, III象限)と雨洗の卓越する凹形縦断面形の斜面(第I, IV象限)とが区別されている。このような各斜面の成分要素はそれぞれ結合して、下段のブロック・ダイアグラムのように、波形の尾根や凹凸のある山腹となっている。

この種の立体的表現は、砂防学分野において植生の消長を判別する場合に有効であり、水や土石の運動を面的に処理する方法を一般化するのに必要であるといえることができる。

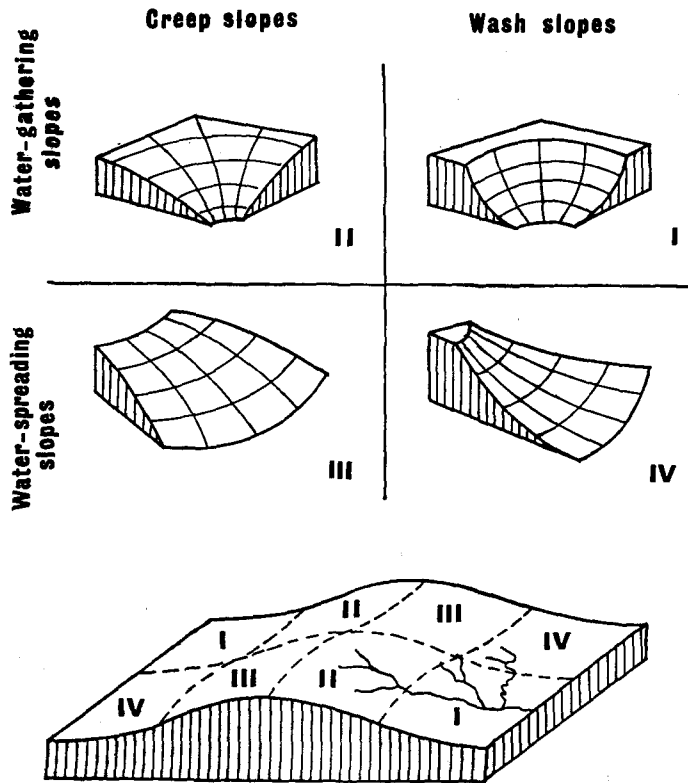


図-2 形態と作用による地形の斜面要素の分類 (TROEH, 1965)

Fig. 2. Classification of slope elements of a landscape according to their form and processes (From TROEH, 1965).

2) 絵画的表現

絵画とは、一枚の紙に事物が立体的に表現され、光の当たり具合が巧みに陰影として処理されたものである。その表現法には、多分に主観的な手法が許されているが、相対的な距離・高低差・傾斜度などを理解するのに効果がある。

地形学分野においては、古くから地貌の絵画的表現がとられ、地表の複雑性を巧妙に記載

してきた。たとえば加賀谷(1931)⁷⁾によると、図-3に示すように台地の侵食地形(a)、谷地形(b)、火山地形(c)が参考例としてあげられ、一応の訓練によって客観性のある地貌表現が可能であるとされている。

しかし、このような絵画的手法には、相当に熟達した技術が必要であり、個人差をともなうために万人向きの方法であるということとはできない。また、作業の手間、時間的制約を受けやすいことから、特定の視点に限られる場合が多く、土地に対する多様な見かたを許し、自由な発想を支える資料とするのには難点がある。

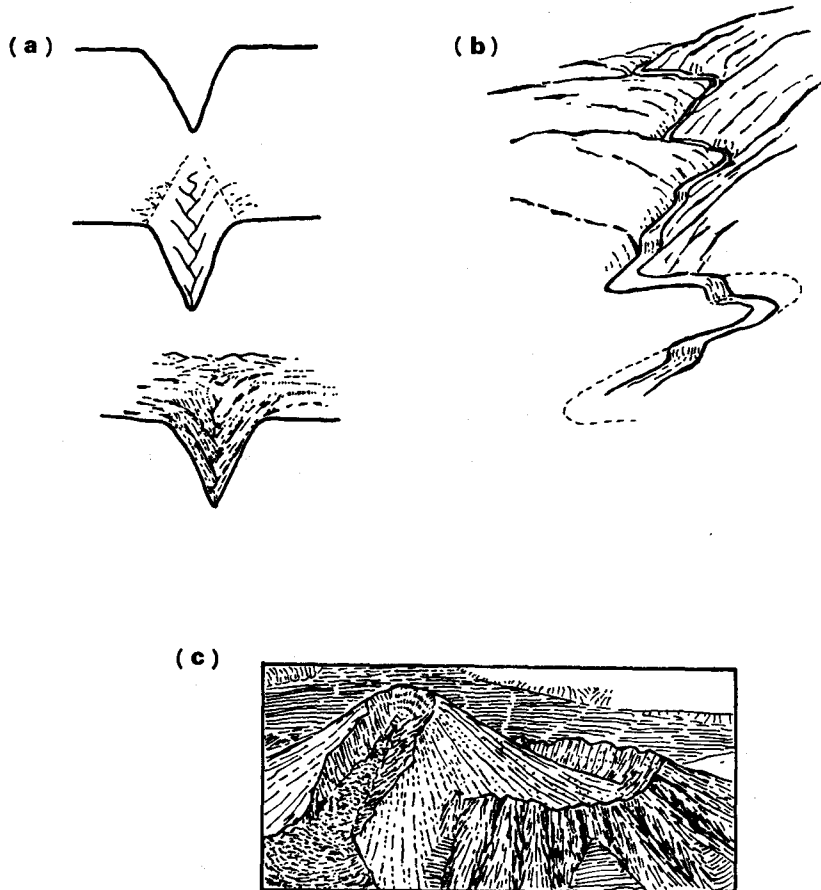


図-3 地貌の絵画的表現 (加賀谷, 1931)

Fig. 3. Landscape discription (From KAGAYA, 1931).

3) 透視図法

建築家は設計図のなかにも透視図(Perspective)を加える。これは遠近画法ともいわれ、施工前と施工後の建物の形態を、あらゆる視点からとらえ、設計者のイメージを紙上に表したり、発注者の希望を明確にするときに描かれ、建物の空間性を印象づけるために利用されている⁹⁾。

もっとも、この方法は山や川や人体のような不整形の曲面によって空間性を論ずることはむずかしいが、建物のような直線と平面を主な構成要素とする場合には適している。しかも透視図法は、空間表現の方法として多様な形を発達させているので、絵画のもっている空間性の微妙な違いを論ずるのにふさわしいといえることができる。

そのひとつの方法として、まずブロック・ダイアグラム (Block diagram) をあげなければならない。ブロック・ダイアグラムは立体模型 (Stereogram) と同意義に用いられ、ある地域をあたかも飛行機上より斜め下に見おろしたように、地表の高低を立体的に描写する図法であって、地貌の絵画的表現と地下構造の地質的表現を合わせた目的をもって利用され、地質学、地理学にとって不可欠の資料となっている⁷⁾。

ブロック・ダイアグラムを描くには、最初にその基礎となる正方形もしくは長方形のブロックを作り、その上面を基準として、その上に地貌の立体的描写図を加える。この基礎ブロックは透視図法あるいは等尺投影図法 (Isometric diagram) によって作成される。

透視図法による方法には図-4に示すように、平行透視図法 (Parallel perspective) と有角

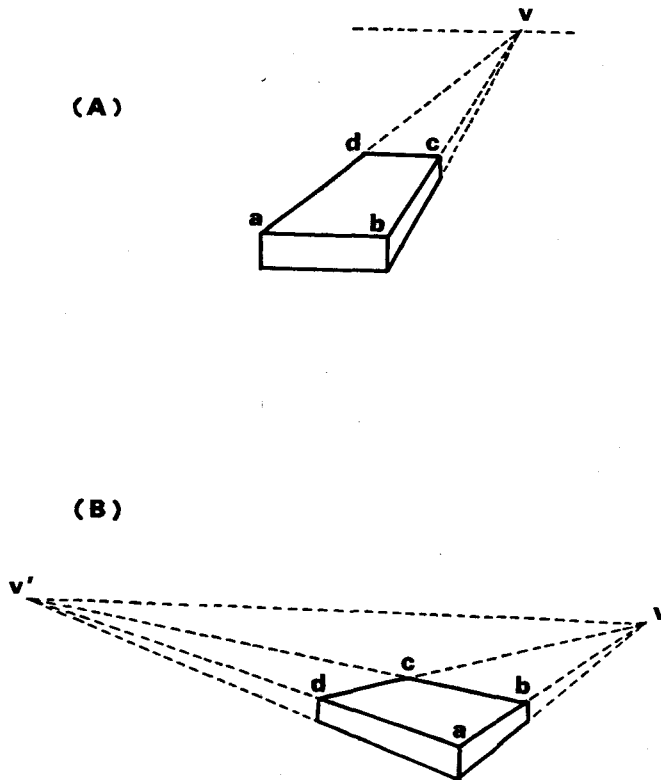


図-4 透視図法の種類

(A) 平行透視 (B) 有角透視

Fig. 4. Kinds of perspective.

(A) Parallel perspective (B) Angular perspective

透視図法 (Angular perspective) がある。われわれが一本の真っすぐな道路を見る場合に、前方の道幅は漸次狭くなり、地平線上の一点において消えることを知っているが、この点のことを透視図法では消点 (Vanishing point) と称している⁷⁾。

図-4(A)は、長方形(a, b, c, d)を平行透視した場合に、ad線とbc線の間隔がしだいに狭くなり、その延長上のV点において交わることを示している。これは消点の一つであるから一点透視 (One-point perspective) と称している。また、図-4(B)のように、長方形の一边が画面とある角度をなして置かれた場合、有角透視となりV, V'の2個の消点ができる。これは二点透視 (Two-points perspective) といわれている⁷⁾。

これらの透視図法によるブロックは、幅と高さが消点に近づくにつれて、しだいに小さく表されることになる。すなわち、消点に近づくにしたがい長さの変化による割合を示す消尺度 (Vanishing scale) によって描くことが要求されるのである。たとえば、この消尺度によると、1,000 mの高度は、図-5に示すように遠くの位置ほど縮小されて描かれなければならない⁷⁾。実際問題として、この作業はきわめて手間がかかり出来上りもよくないという欠点がある。

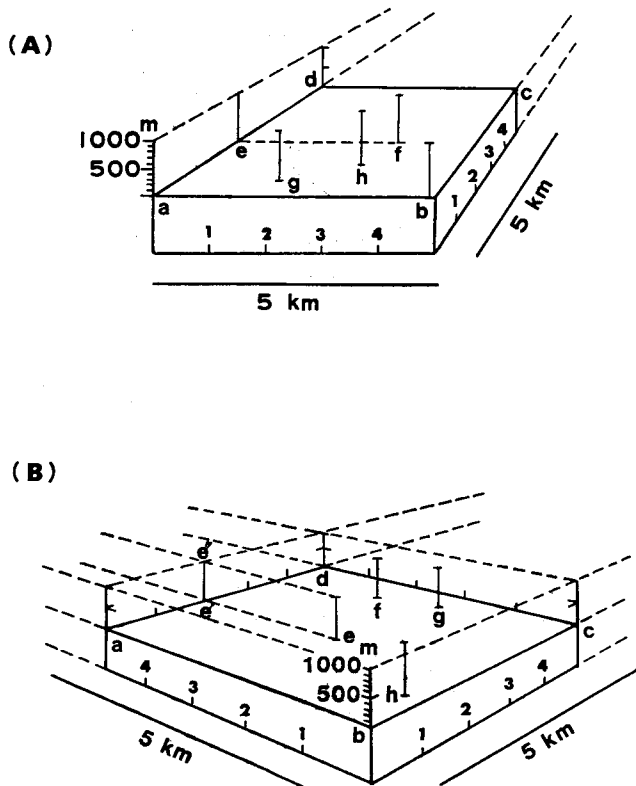


図-5 透視図法の垂直縮尺

(A) 平行透視 (B) 有角透視

Fig. 5. Vertical scale of perspective.

(A) Parallel perspective (B) Angular perspective

つまり単純な物体と複雑な地形とを、立体的に表現するのに、原理的には同じであっても、相対的に凹凸の著しいものを、縮尺の度合を加味して的確に表現することはできない。したがって原理と適用の隔りをなんらかの方法で埋めなければ、実用に供するわけにいかないのである。

4) 等尺投影図法

この方法是一种の便宜的投影法によるものであって、各地点の高度を同一の垂直縮尺によって描写することを原則としている。この図法は、とくに小地域の地形描写や小型のブロックを表現するのに適している。

その代表例として、図-6に示すように等尺で作成された複数の地形断面図を配置し、土地の相対的高度を表現する方法をあげることができる。もっとも、この場合の水平縮尺は垂直縮尺と同一にする必要はなく、立体感を高めるように適宜にとるようにしてある。しかし、この方法は地表の連続性を描写するのに難点があり、それを克服した立体地形図の表現法に研究の手が伸ばされつつある。

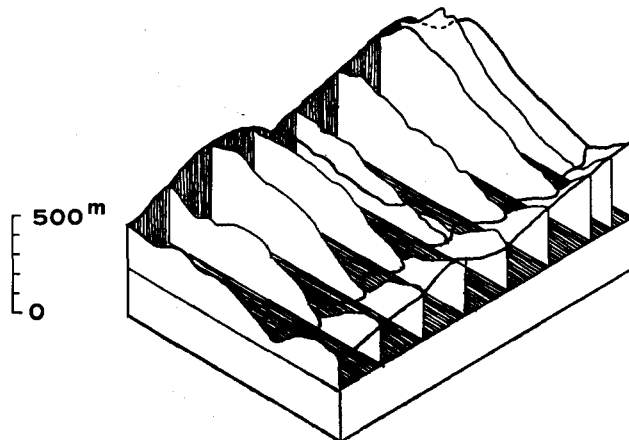


図-6 等尺投影図法による立体表現

Fig. 6. The cubic description of landscape by a series of cross sections.

図-7に示した立体地形図(c)は、ふつうの地形図(a)にメッシュを切り、交点の標高を読みとり、基線を画面と60°に置き(b)、垂直縮尺を水平縮尺の2倍にとって描いたものである⁷⁾。このような等尺投影図法による立体的な等高線図は、手作業や機械的な手法(加賀谷1931)が案出されているが、いずれもおおまかな表現に止まり、なお作業上の煩雑さがあり、日常的な利用に達していないといえることができる。

しかし、メッシュを切り、交点の標高を読みとる作業によると、そのデータは、こんにち発達しつつあるコンピューターに入力し、その後の図形処理を自動化できるという点で、新しい構想が生まれ得るものになるのである。すなわち、コンピューターによる三次元グラフィックス

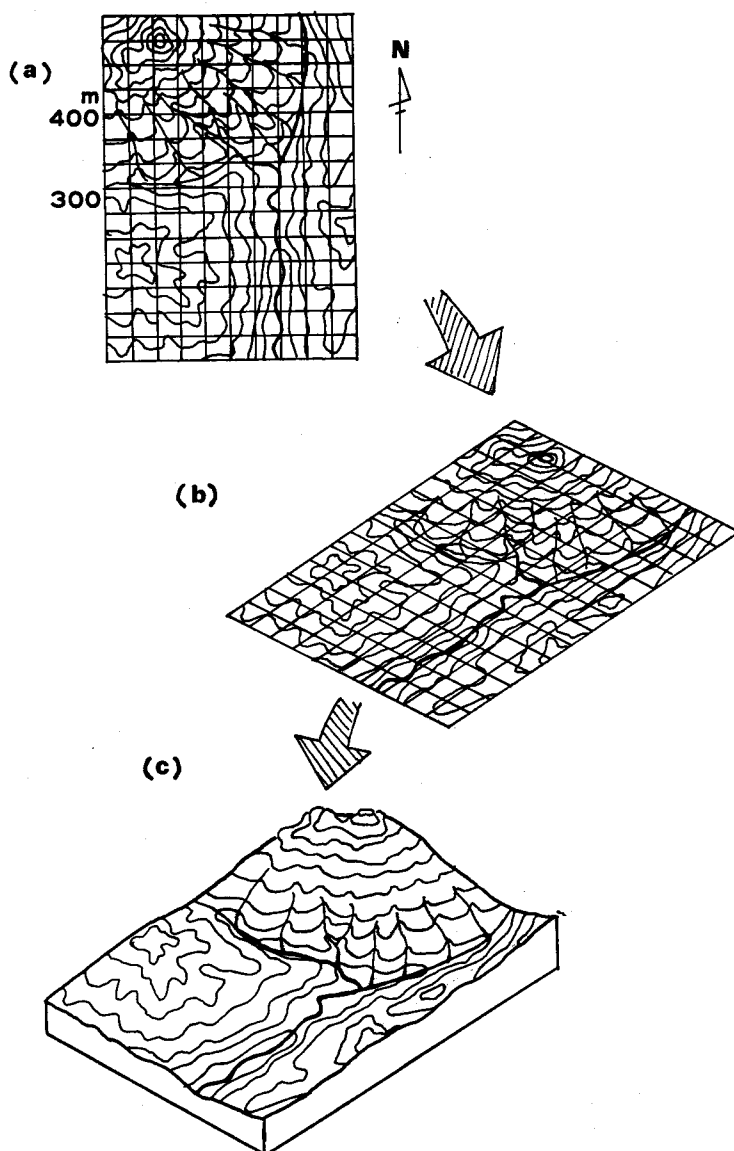


図-7 等高線の立体化

Fig. 7. The cubic discription of landscape by contour lines.

の応用により、短時間で利用目的の明確な立体地形図を作成できるようになったのである。

3. コンピューターによる三次元グラフィックス

1) 入力段階

立体地形図をコンピューターによって作成する場合、まず地形データを数値地図 (Digital map) の形で入力しなければならない。これは地表に一定の経緯度メッシュまたは方眼をかけ、

メッシュの高度を逐次読みとって入力していくもので、作業の正確さを期するためには空中写真図化機で行なうのが通例であるが、既存の地形図にメッシュをかけて等高線から高度を読みとる方法も広く行われている(図-8)¹⁴⁾。総括的な地貌の特徴を立体地形図によってとらえる場合、後者の方法でも充分表現可能で作業能率も良い。本論文で使用した地形データはすべて地形図から読み取ったもので、以下この作業過程について述べる。

入力に際しては、メッシュのx, y座標とともにその地点の高度がコンピューターに記憶され、三次元データとして保存される。実際に作業するにあたっては、使用する地形図とメッシュの大きさが重要な問題となる。使用する地形図は、立体地形図を作成したい地域の大きさによって異なり、メッシュの大きさは、表現したい起伏度に応じて広狭が決定される。メッシュ間隔は細かいほど精度が高くなると考えられやすいが、実際には作業量が膨大なものとなり時間的にも経済的にも困難である。また、等高線の精度も各縮尺の地形図によってほぼ決められているわけで¹¹⁾、いたずらに細かくすることは無意味である。筆者らが比較検討した結果、正方形区とした場合1cmのメッシュ間隔で、縦60×横60個、合計3,600程度が作業量も適当であり、各縮尺の地形図にも対応で

きると考えられる。すなわちこのメッシュ間隔によれば、砂防学上重要な1/1,000~1/5,000の大縮尺地形図においてXY平面上の変化を10~50m間隔で知ることが可能となる。

現在は地形データのみがコンピューターに入力されているが、今後土地利用、地質条件、植生指標、石れき指標を記号のかたちで入力し¹³⁾、三次元データを四次元、五次元と高次元化してゆけば、地形情報と広義の環境情報がつながり、データベースとしての利用価値を高めることができる。

2) 出力段階

入力された三次元データを立体地形としてXYプロッターに出力するためには、方位角、俯角および垂直倍率(V/H)を決定しなければならない。コンピューターによる立体地形図は、

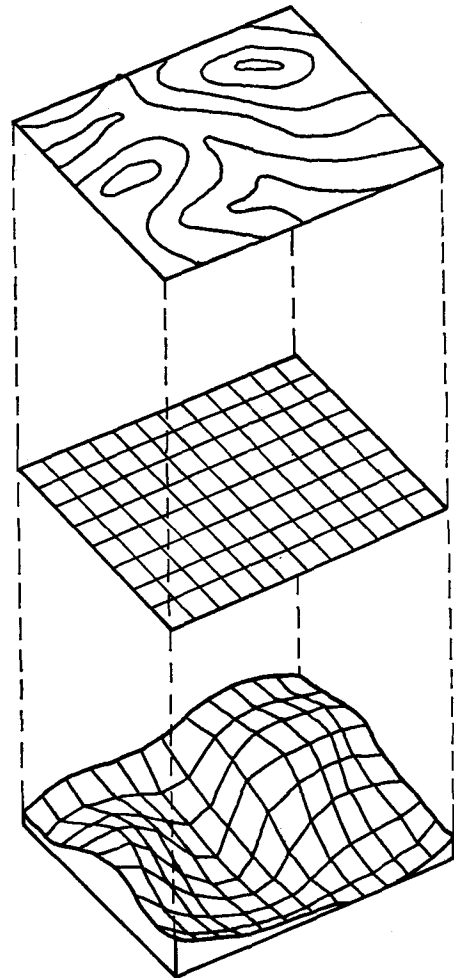


図-8 立体地形図の作成法
Fig. 8. Process to draw a three dimensional map.

ひとたび区域内のデータが入力されれば、あらゆる方位から眺めた図形の出力が可能となるため、目的に応じて鳥瞰する方位を設定することができる。図-9に長野県軽井沢町離山を四方向から眺めた立体地形図を示した。同一地域であるにもかかわらず、視点を変えることにより、異なった景観を映し出すことができる。方位角の変化による景観の違いは、風景計画上重要な意味をもつものと考えられ、この方面での利用が期待される。

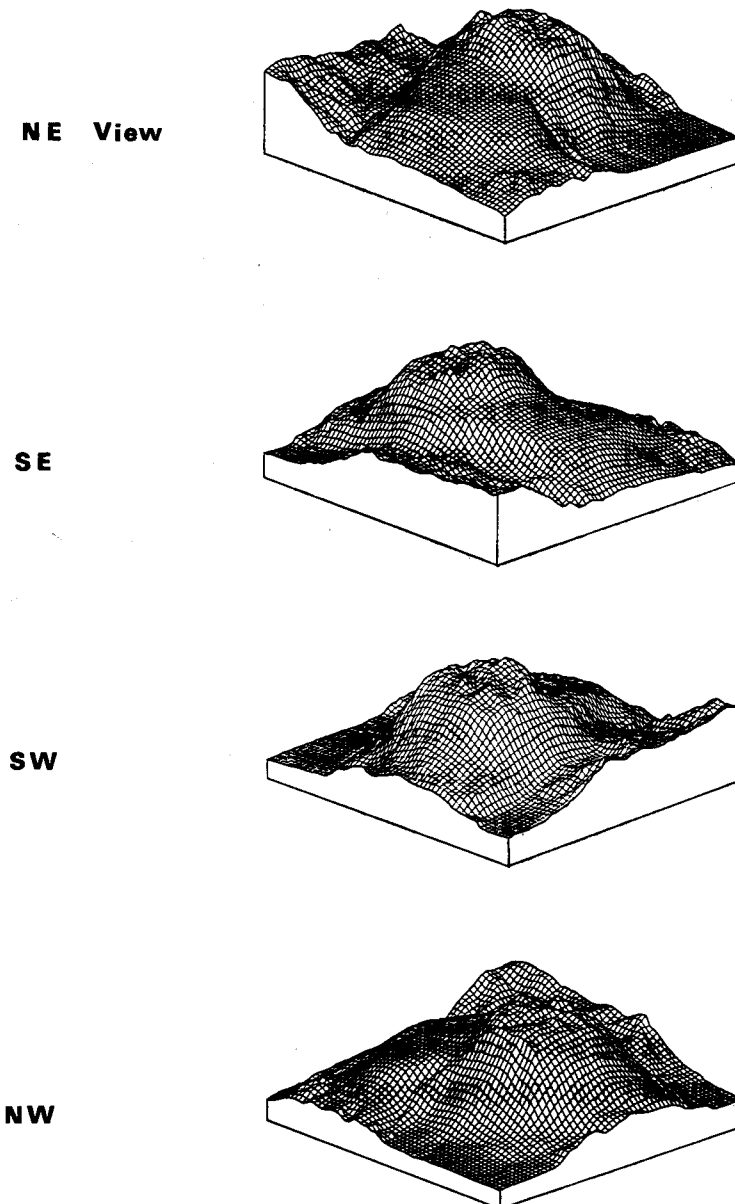


図-9 方位別の地形表現

Fig. 9. Different view depending on the direction.

次に俯角についてみると、これも方位角と同様目的によって設定する角度が異なってくる。俯角を大きくすればするほど、視覚的起伏度は小さくなる(図-10)。起伏の少ない地形を大きな俯角で眺める場合、後述する V/H 比によって起伏度を強調することも考えられる。鳥瞰図として立体視する場合、一般的には 30° 前後が起伏感も表現され適当であると考えられるが、景観・風景計画には小さな俯角で眺めることも必要となる。

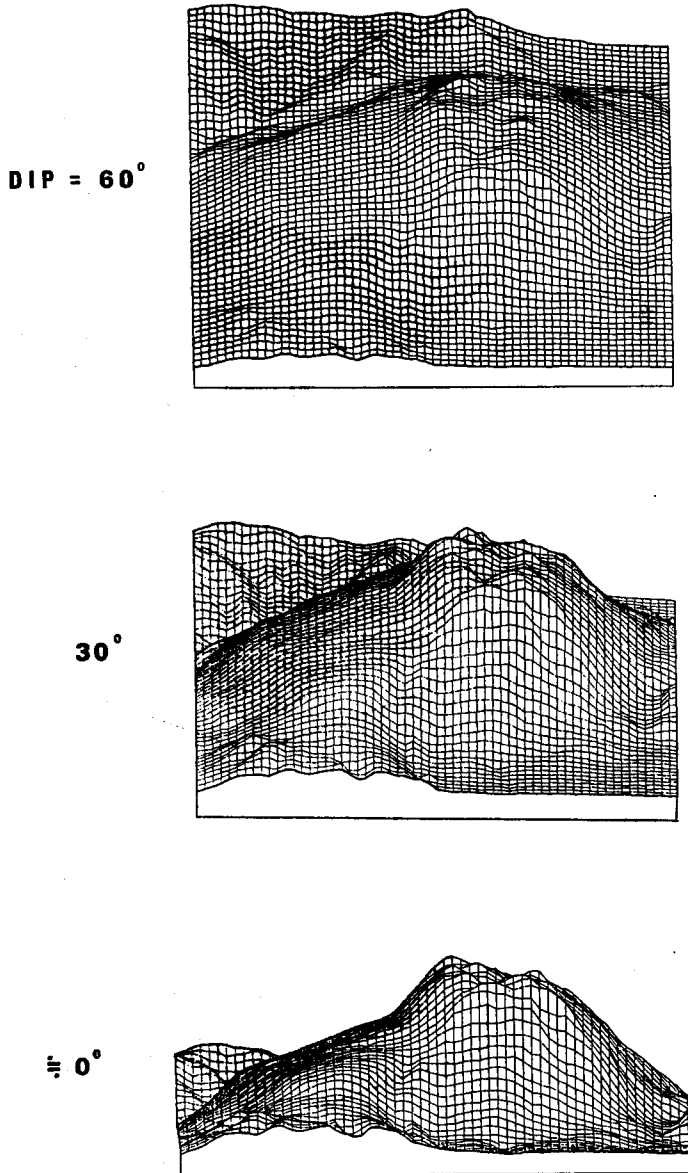


図-10 俯角別の地形表現

Fig. 10. Different view depending on the dip.

最後に垂直倍率 V/H が問題となるが、立体地形図の場合、倍率なしではほとんど起伏があらわれないのでかえって使いにくい。また日本のような地形のところでは倍率を10~20倍にすると特に孤立した火山などでは山形が必要以上に突出して、かえって扱いにくい¹¹⁾。図-11に V/H による起伏の変化を示したが、山岳地帯においては3倍前後が適当であると考えられ

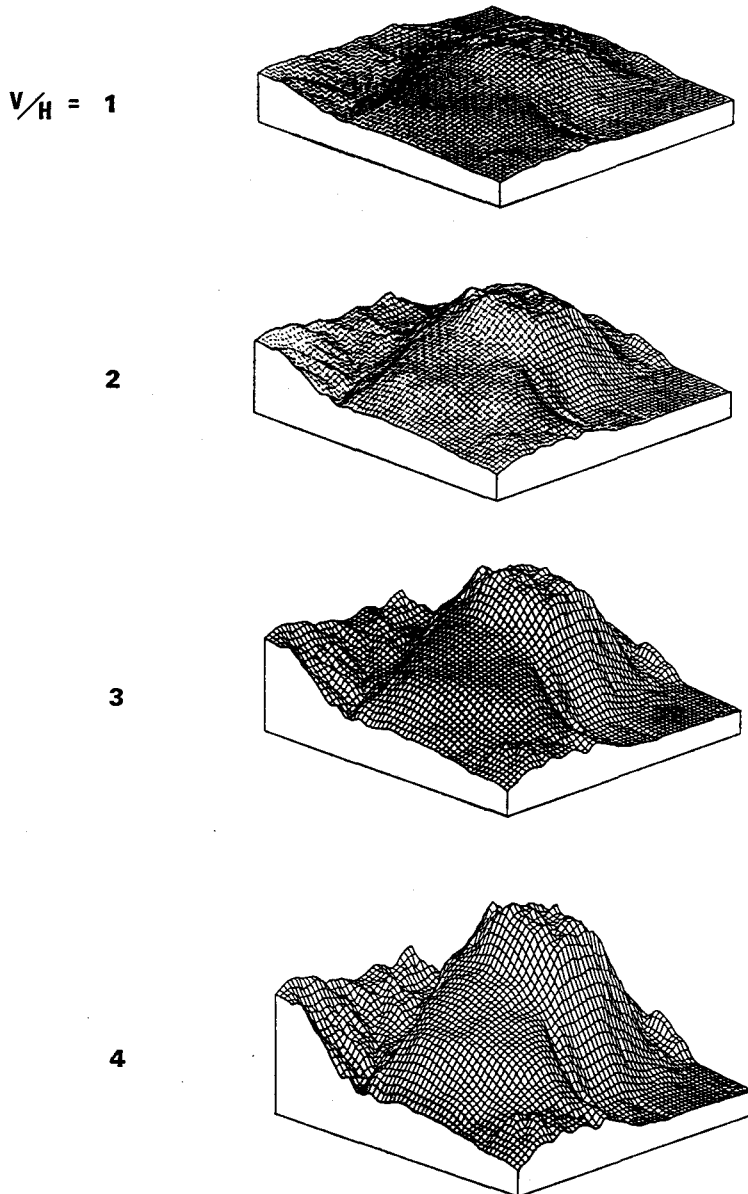


図-11 垂直倍率 (V/H) と起伏表現

Fig. 11. Different view depending on the rate of vertical and horizontal length (V/H).

る。また起伏量の小さい地形(平野, 海岸, 島)を対象にして表現する場合, 5倍前後にすれば一般的に好ましい結果が得られる。

立体図形の三次元データをXYプロッターに出力する場合, 陰線処理等の問題を解決しなければならないが, 本論文で掲載した立体地形図は北海道大学大型計算機センターにおいて, プロットシステム〈PLOT79〉を利用し陰線処理したうえで出力したことを附記する。

4. 立体地形図の適用

地形の変化は地学的時間で論じられ, 過去の現象として推察されることになっているが, 現実には発生する地表変動は, 多くの場合自然災害という社会現象として扱われやすく, 両者の関係を整合させた議論は少ない。したがって, 地形と変動は別の次元で解釈され, リアル・タイムで発生する侵食現象が累積されて現地形になっている点が十分に理解されていない。これは地学と砂防学のタイム・スケールの違いであるとするには, なお多くの問題があり, ここに示すような地表の三次元情報にもとづいて吟味すれば, おのずから同一の次元で論じあうことができるものと思われる。その意味において, 筆者らがこれまでに得た材料をもとにして, 立体地形図の適用について述べてみたい。

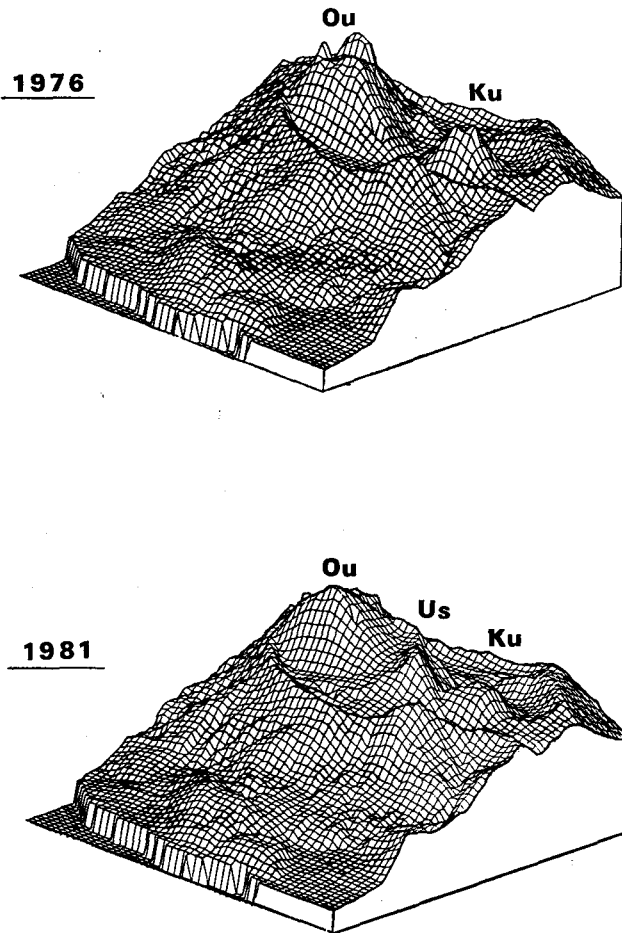
1) 活火山の地形変化

1977年8月7日北海道の有珠山は, 32年振りに突如噴火した。おびただしい降灰とそれにとともなる土石流の発生は, 山麓に広がる観光地に甚大な災害をもたらしたが, 各関係機関の総合的な活火山地域防災対策により, 数年をまたずして平静な環境にもどった。

ここでは, 火口原における有珠新山の隆起にともなって, 地盤変動が続き, 公共施設, 病院, 住宅, 森林, 田畑に倒壊, 決壊などの被害があらわれ, 社会不安をつのらせたのであるが, その根源となった山体の変化は, 図-12に示すように, 噴火前(1976)と噴火後(1981)では著しい違いが認められる。すなわち, 有珠新山は約180m隆起して成長を止め, 逆に大有珠の山頂部は破壊され, 小有珠は沈下現象を起こしている。この模様は, この図を比較することによって容易に理解できる¹⁶⁾。

また新山の隆起によって, 在来の外輪山は北東方向へ約170m押し出され, 山腹は極度に破壊され, 脆弱化した岩塊, 土石はその後の土石流の材料として, 不安定な状態におかれている。この立体地形図により, そのような山体の破壊状況まで読みとることはできないが, 動的現象の過程を類推するうえで有効であると思われる。すなわち, 微細な地形図から全体を推察することはできないが, 全体像のなかで部分的指摘がなされると, フィード・バックした思考をとることができるようになり, 客観的な認識を得やすいことになるのである。

この図は活火山の地形変化が, 過去の地形形成の一駒をモデルとして示しているようなもので, 水の流れ, 土石の移動, 植生の定着などを意味づけるのに役立つと思われる。



図—12 噴火前後の地形変化 (有珠山)

(Ou: 大有珠, Us: 有珠新山, Ku: 小有珠)

Fig. 12. Topographic change of Mt. Usu after the eruption.

(Ou: Oousu, Us: Usushinzan, Ku: Kousu)

2) 扇状地の形態と変動

扇状地とは山地から運ばれてきた風化岩層が、溪流の出口で広く扇状に堆積している場所をさした地形学的用語であるが、その規模、形態、材料(土石の種類)などに厳密な区別をしているわけではない。しかし、現実的に変動を繰返しているようなところに対しては、沖積扇状地とか扇状堆積地と称され、砂防事業の対象地としてとりあげられることが多い。つまり、上流地帯からの土砂供給が活発で、土地利用上、防災上必要性のあるところに現実的な扇状地対策がとられているのである。

火山山麓は一般に脆弱な堆積層が厚く広がり、いわゆる「尻無し川」を形成しているが、いったん豪雨にあうと、おびただしい土砂流出が起り、扇状地自体の洗掘、再堆積現象を加

えて、著しく変動する性質をもっている。しかし、ふだんは深い緑に覆われ、そのような自然の激動を察知することはむずかしい状況を呈している。したがって、温泉の湧出する火山地域においては、温泉をめぐる観光施設が発達し、いつしか尻無し川の上にも、居住空間が進出するようになる。その具体的な例は、さきあげた有珠山一帯にもみられる⁶⁾。

そこで、これらの歴史的経過と土地のもつ宿命的な条件を合体させて表現してみると、

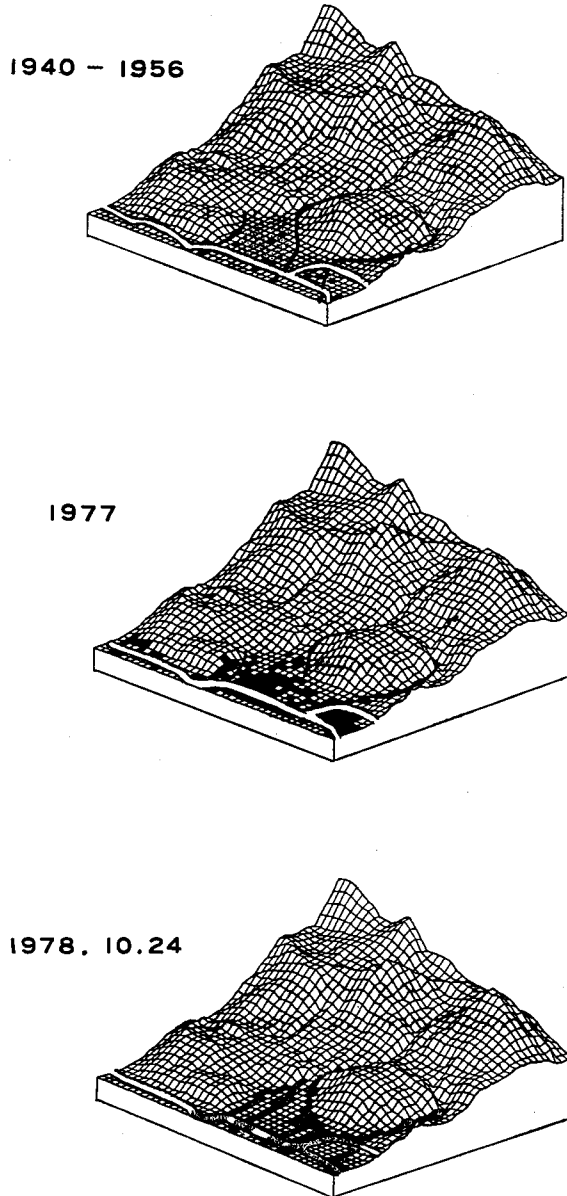


図-13 市街地の拡大と土石流氾濫

Fig. 13. Disaster by mudflow due to the extension of residence.

図-13のように示される。図に明らかなように、山腹、溪流、扇状地の相対的な位置と、観光施設の拠点、進出、拡大、限界が空間的に知覚できる。経済施設が自然流路を抹殺している姿が噴火前の図に示され、さらに、1978年10月24日発生 of 土石流が、古い時代の流路に沿って流動し、かつ湖岸の低凹部に氾濫していることを具体的に知ることができる¹⁶⁾。

このように立体的情報と時間的情報が組合わされることにより、今後の防災計画に第三者を納得させるにいたる論理がもちこまれることは疑いのないところである。

また、山岳愛好家のメッカともいべき日本アルプスの山間部には、多種多様な扇状地が発達し、ときに大規模な土石流発生をみているが、下流河川へ直接に土砂を流入させる供給源として、その対策が論ぜられるとき、扇状地自体の実態を動的に把握することが先決であり、そのために、植生指標、石れき指標から得た情報をのせなければならないが、対象地区を立体的に表示することにより、きわめて効果的に組合わせることができる。

その実例を、図-14のように、上高地梓川流域の奥又白沢、下又白沢の両扇状地を中心に描写してみた(A)。いうまでもなく、水や土石は重力に支配されて高いところから低い方へ運動するが、その運動様式、持続時間はまちまちであり、一概に勾配や流量の概念から割り出すことはできないほど複雑である。しかし、土石流動を抑制するという立場からすると、(B)に示すように低ダム群の配置により、人工的な安定空間を設け、上・下流の運動に質的变化を期待することができるのである⁵⁾。

ここでは、このような空間工法の概念をパターン認識の方法によって伝達することが可能である点のみを強調しておきたい。

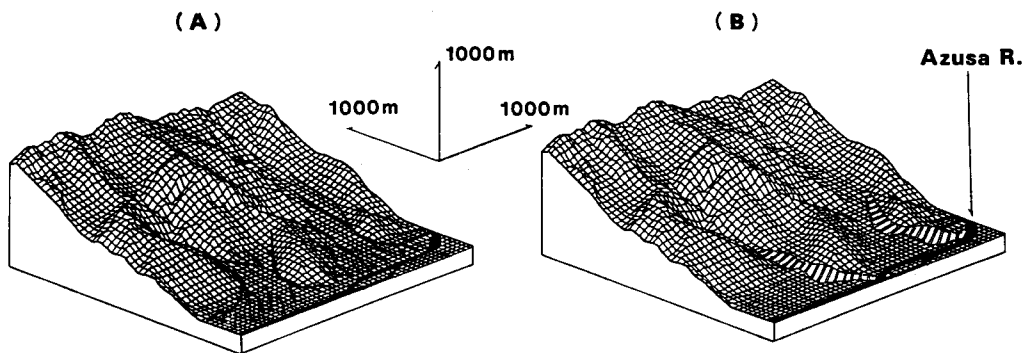


図-14 扇状地の地形(A)と低ダム群工法(B)
Fig. 14. Consolidation of the surface of the fan by cross-dikes.

3) 地すべり地形の特徴

自然界に理想的な平面はない。まして地表に直線あるいは平滑な面が存在するはずはないが、人間の自然改造はなるべく平坦、平滑な地表を創出し、生産、生活の場を拡大しようとしてきている。実際問題として、山地はその生成の時点において、すでに凹凸のはげしい複雑な面で覆われていることが、新しい火山の誕生によって明らかであるにもかかわらず、動かざる

こと山の如しという常識が強く根づいている。しかし、地すべり地と称せられている地域においては、現象自体が生活に密接な関係をもっているために、土地を変動空間として認識し、防災的対応がなされている。

しかし、このような生活感情を、未経験の第三者に伝えることはむずかしいことであり、過去の履歴を説明する場合においても、その作業には多くの困難をとまなうということが出来る。幸い、最近の航空写真の発達は、地すべり地帯の地形的特徴を浮き彫りにしており、第三者への情報伝達に役立つようになってきているが、いま、これを一步おし進めるとするならば、この種の情報を立体地形図にのせることであると思われる。

その意味において、一般的な地すべり地形図からモデル的な立体地形図を作成したのが図-15である。一見してわかるように、正方形のメッシュの微妙な歪みは、斜面の凹凸となって表現されている。このような地形は土層が、ブロック状に、かつ交互に下降運動していることを示している。その運動過程を知るのには、地下の集水状況、土質条件に影響されていることも無視できないが、あわせて、地下の岩盤、集水形態などの立体的構造にも注目しなければならない。

防災的見地からすると、この種の斜面に対する生産行為、道路開設などには、慎重な空間計画が必要とされるということが出来る。

4) 改変地形の把握

自然は不可逆的变化をしているとみることが出来る。したがって、自然への人為介入は、その変化を加速することになり、いったん破壊された自然はもとに戻ることはないの

である。多くの開発行為が自然の人工化にあるとすれば、もとに戻らなくなった自然環境が、あらためて人間の活動を阻害することにもなりかねない。こんにちの自然保護運動、環境保全思想は、この種の現象を社会問題としてとりあげているということも出来るだろう。

そこで、改変された土地の姿を、人為介入の前後で正しく把握することは、将来ともに必要なことであると思われるが、そのひとつの手法として、これまで述べてきたような立体地形図の適用を提唱したい。とくに景観に対する人々の価値観は千差万別であり、開発の是非を

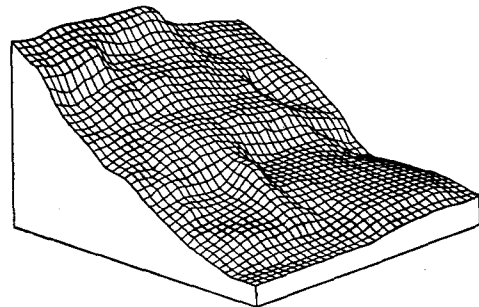
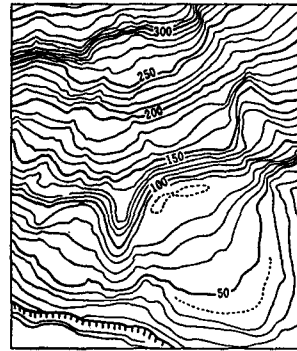


図-15 地すべり地形の特徴
Fig. 15. Three dimensional discription of land slide.

ぐって論議は尽きないものがあると思われるが、より客観性の高い資料として立体地形図が示されるならば、新しい議論の展開をみることも期待できるだろう。

図-16は採石あと地の修景緑化のプランニングに用いられる立体地形図である。図によってわかるように、自然界に存在しない直線と平面が、人工的に創出されると、きわめて不自然な状態が強調されるという結果になる。もし、この階段面に植栽や芝付けが行われたとしても、人工化された幾何学模様は消えることにはならない。つまり、より自然に近いすがたに復元しようとするならば、斜面自体に凹凸を導入することが不可欠となるのである。このことは、植生景観が地盤の個性に従属していること、地学的条件に支配されていることを如実に物語っている。

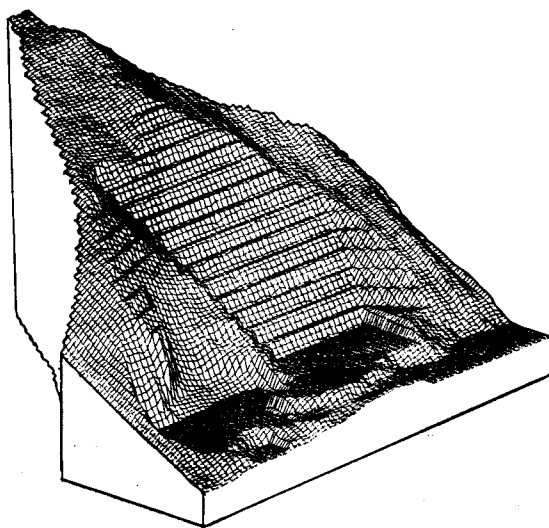


図-16 採石あと地の人工斜面

Fig. 16. Man-made slope by quarrying.

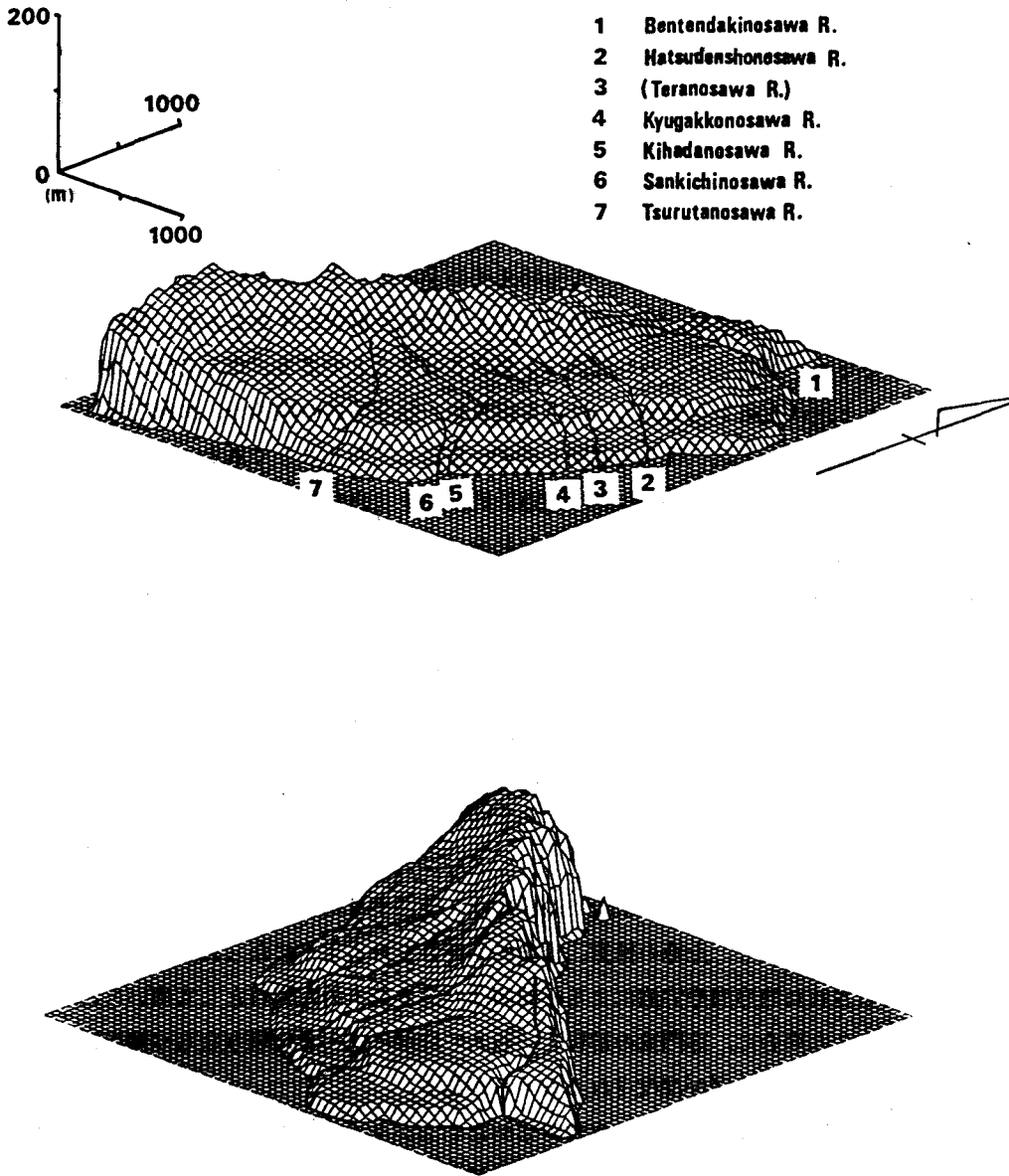
5) 水源空間の形態的特徴

森林は降水の受け皿として他に替えがたい特徴をもっている。したがって極度に人工化された都市空間は、その隣接地になるべく人工化されていない自然空間つまり森林環境を置かなければ、水利用の点で破綻を来すことになる。このようにこんにち各地で水源地帯の森林に空間価値が認められるようになってきたが、水源林としては、多くの水を集め持続的に供給することが要求されるわけであり、時間の目でみれば流出遅延の有効性を期待されているということになる。したがって、広い空間ほどこの期待を満足させることになり、置かれる位置、規模などについて客観性の高い空間認識が必要になる。

当研究室においては、目下水源林と水ききんの関係を追究している。そのひとつの試みとして、毎夏水枯れに悩む北海道天売島の実態と対策について検討してきた。根布谷・東(1984)¹²⁾が提示した島の立体地形図(図-17)によると、相対的な土地の高低や集水区域を明確にとらえ

ることができ、森林の復元によって原生林時代の流況を再現できるのではないかという見かたも生まれる。

図は天売島を南東および北東からみたもので、V/H比を6倍にとり、一見平坦な地表の凹凸を強調して、地表水の流れる方向や停滞の位置、規模をとらえるようにしてある。今後の水源林造成計画にとって、新しい資料として有効性を発揮すると思われる。



図—17 起伏度を強調した離島地形 (天売島: 根布谷 1984)

Fig. 17. Topography of Teuri island (NEBUYA, 1984).

6) 森林施業への展開

従来、林業的に利用されている林相図や環境問題で用いられている植生図は、物的情報を二次元的に表現してあるだけで、樹木をはじめとする植物の来歴に係わる情報を示しているものではない。たとえば林業的にみて材価の低い木材の生産地が、いわゆる地べり性の土地であることや、植物Aと植物Bの存在が空間的にどのような関係にあるかを知ることができない。すなわち、生存基盤の動的性質を無視して作成しているのである。

このことは、天然林からの収穫行為と人工林の造成のあいだにみられる土地に対する自然認識のギャップを度外視していることであって、これからの森林施業の遂行上好ましいとはいえない。そこで、過去の生産行為によって経験的に得られた知見を、これまで述べてきたような立体地形図の上に表現するならば、真に意味のある生産計画を、長期的な展望のもとに明示することができると思われる。

つまり、的確な土地情報にもとづいて生物生産の歩みをすすめるということになる。試みのひとつとしては、三次元情報に時間の概念を加えて四次元情報にすることと、立体的表現に色彩を施してさらに一段高いパターン認識へと発展させることである。たとえば、生産的にみた一等地、それと逆に生産不適地あるいは更新困難地、保存地域の類別や、水源空間、土石流抑止のための遊砂空間などが一目して判別しやすい形にしておくことである。

このような図面のうえで、林道計画、索道計画、防災計画などがのせられることによりはじめて森林施業の内容が理解されるものと思われる。これらの行為はあくまで森林とそれをめぐる管理法への理解を深めるためのもので、専門家だけの情報に止めないところに意義深いものがある。

5. 結 論

地形的特徴を表現する方法はこれまでも種々研究され、実用に供されつつあるが、航空写真の発達により、立体的な映像化と精密な地形図化が行われるようになって、一段と土地に関する情報が蓄積の度を速めている。

とくに、最近の地域開発や産業構造の改善には、該当する地区の実態を広い視野のもとにとらえることが重要であり、土地の性質、歴史にも注目されるようになった。このようななかであって、市販された地形図や実測による平面図は、最も基本的な資料として用いられているが、実際問題とした場合に、専門家の解釈と一般人の理解には大きな隔りをもつ傾向にあり、その段階において貴重な情報が埋没されるおそれがある。

砂防学分野においては、もともと現実対応的な場面が多く、生まの情報が埋没するとの的確な対策をたてることができない。したがって、一般人の認識と方法的に一致した見かたをとることも必要になるが、それらの表現法に互換性がみられるならば、きわめて好都合なことであると思われる。

すなわち、砂防学的立場でみると、土地の高低は水の運動に直接関係のある自然要素であり、保全対象の存在位置によっては、防災計画第一にマークしなければならないものである。たとえば、最近の都市化は市街地を拡張し、土砂害のおそれの多い山すそや扇状地にはいりこんでいる。もはや防災構造物の力に頼ることが許されないほど危険な位置に定着しつつある。もちろん、部分的には防災措置を施されているかもしれないが、背後地形や改変された地盤の全体像をながめるとき、自然の法則を無視した人工空間の存在には承服しがたいものがある。

このような土地利用と防災の関係をごく一般的に理解するためには、災害発生前に正しい地学常識としてとらえうる何ものかが必要であると考えられるのである。そこで筆者らは、立体地形図の砂防学的適用を意図し、具体的な現場を選び検討を重ねてきた。

ようやく最近のコンピューター技術に支えられて、三次元情報の図形化が可能になり、立体地形図によると現地に足をふみ入れたことない者にも、概略の情景を察知できることが明らかになり、限界をわきまえた利用の道を考察するにいたった。

要するに、メッシュの歪みが視覚的に立体感をもたらすことになったのである。したがってメッシュの組み方、俯角、V/Hをそれぞれ目的に応じて選択することから始められ、視点を変えたシミュレーションならびに周辺情報の上のせなどによって、各種の微地形解析を行い、第三者への伝達を可能にすることが明らかになった。今後は、時間的情報や色彩的手法による質的情報を加えることにより、客観的な表現法に成長させることができるものと思われる。本研究は昭和59年度文部省科学研究費補助金特定(1)比較河川学の研究の費用による。

参 考 文 献

- 1) 馬場仁志： 溪流における堆積域の形成と土石移動過程に関する研究。北大農。砂防修論，1982。
- 2) 東 三郎： 地表変動論。北大図書刊行会，1979。
- 3) 東 三郎： 低ダム群工法の原理と効用に関する実証的研究。文部省科研報告，1980。
- 4) 東 三郎： 石れき指標に関する砂防学的研究。北大演報，40，1，pp. 197-228，1983。
- 5) 東 三郎・荻野 厚・北村泰一・松井 泉： 山岳景勝地における扇状地固定の方法。昭和59年砂防学会大会講演集，1984。
- 6) 池谷 浩： 土地利用形態の変化と土砂災害。新砂防，111，1979。
- 7) 加賀谷文治郎： ブロックダイヤグラムの描き方。古今書店，1981。
- 8) 木村正信： 沖積扇状地の砂防工法に関する基礎的研究。岐阜農演報，1，pp. 83-169，1984。
- 9) 黒田正己： 透視画。歴史と科学と芸術，美術出版社，1965。
- 10) 中村太士： 溪流地形と土石滞留現象。北大農。砂防修論，1983。
- 11) 中野尊正： 地図学。朝倉地理学講座3，朝倉書店，1971。
- 12) 根布谷禎一・東 三郎： 天売島における濁水期の流出量。日林支講，33，1984。
- 13) 西村藤二： 地図の利用法。朝倉書店，1971。
- 14) 荻野 厚： 立体地形図の砂防学的応用に関する研究。北大農。砂防研論，1983。
- 15) TROEH, F. R.: Landform equations fitted to contour maps. Am. Jour. Sci., V. 263, pp. 616-627, 1965.
- 16) 吉田 勇： 有珠山における砂防対策に関する研究。北大農。砂防修論，1983。

Summary

Recently the three dimensional (3D) discription tends to be used in scientific field to seize the whole shape from several directions. Particularly in the field of geomorphology, the method to express the landscape as "Block Diagram" has been developed with discription like a picture. But actually this method requires a great deal of skill and takes a long time to draw (Fig. 1-7).

Comparing the above method, the computer drawing system easily give us the required 3D discription when once the data are inputted. The configuration data have to be inputted as digital map to draw the 3D map by the XY plotter.

The digital map is made by the procedure of reading height that is (1) making a mesh covering a topographic map and (2) reading the height of cross point of mesh from the contour line. The appropriate mesh size and number of meshes counted are considered as 1.0 cm and 60×60 respectively from a point of view of work efficiency (Fig. 8).

The direction (N, S, E, W), dip and the rate of vertical and horizontal length (V/H) should be inputted to output the 3D map by XY plotter. Though the direction would be decided corresponding the aim of using 3D map, dip and V/H have to be discussed. The proper dip we recommended to express up and down configuration is around 30° , V/H is around 3 in mountainous area and around 5 in less changing area of configuration such as alluvial fan and seaside landscape (Fig. 9-11).

Considering further extension of these data base, it is very important to add other information about vegetation, soil, geology and land use. For instance, expressing the vegetation distribution that indicates the history of the surface moving of the earth on the 3D map make sense for understanding the relation between the vegetation and topographic change along time. By developing the 3D map, this kind of data base would help the environmental information connect with micro-relief for sabō (erosion control) planning (Fig. 12-17).