

## 立体視化による地学教材の開発

流田 勝夫 ・ 内田 善雄<sup>\*</sup>  
金子 弘二 ・ 村岡 嗣文

### Development of Teaching Materials in Earth Science Education by means of Spectroscopic Vision

Katuo Nagareda, Yoshio Utida

#### 要 約

立体視することで、より判明できる事象・より理解を促す事象が地学領域では多くある。そのような対象物を多人数で一度に立体視できれば、その場でその事象に関して討論できるので、授業に採り入れることによって教育効果の向上が望めよう。

このような目的で、幾つかの事例を教育現場に普及しつつあるパーソナル・コンピュータで描いた図やあるいは自然現象を撮影し、その投影像を立体視化することを試みた。

図形を描くコンピュータ・プログラムは、地学領域以外でも使用できるので教育現場で活用して頂きたい。

There are many events and phenomena which become clearer or are easy to understand in earth science education when we adopt to take a view of them stereoscopically. The authors think that scores of achievement tests improve as many students are able to discuss and understand about the structure and the origin of such events and phenomena, if they can look them stereoscopically at the same time during a lesson. For such a purpose, we attempt to a take view stereographically of image of natural phenomena that are taked a photograph and of image of artificial events that are drawn by the use of personal computers which are spreading rapidly into the junior or the senior high school.

As the computer programs, which the authors developed lately, are available tools to make many teaching matereals graphically, please put to practical use at schooling in another educations of science besides earth science.

#### 始めに

地質・地形・植生・気象等に関しては、航空写真・ランドサットやひまわり等の人工衛星からのデータあるいは各種地図等から非常に多くの情報を引き出すことができる。とりわけ、最近では、情報を数値化し、データベースの形でこれ等の情報が提供される体制が種々の分野での機関で整いつつある。この数値情報を必要に応じて組合せ、地質・地形・植生・気象等の解析を行う。その結果をグラフや図として視覚化すれば、教材として利用することができる。視覚化する場合に立体視

化の方が事象の本質を直観的に把握できる場合が多い。それ故、この立体視化を多くの人が一度にできれば、考えている事象の構造・成因等についての検討・討論が可能となるので、そのような立体視するシステムを授業に組み入れることで平面図形から事象を立体化することに慣れていない生徒・学生の教育に役立てることができよう。複雑な図形ほど立体視化することで、理解を促すことが以下の例で示されるであろう。

この時、提供された数値情報を利用するのではなく、数値化作業も以下の節で述べる機材でかなり簡単に教育現場で行えるので、教師自身による教材作成もかなり容易になる。しかしながら、逆に時間をかけた手作業での情報の数値化を行うこと自体が教育の本質に成り得る場合もかなり多いので、この機材および既製の数値情報の利用法は慎重に検討すべきであろう。

中学・高校・大学の地学領域の教材開発の一つとして、今回宮崎県内のいくつかの事象を取り上げ、パーソナル・コンピュータで作成した図および自然現象を撮影し、立体視化することを試みた。

コンピュータでの使用言語は、教育現場で最近コンピュータを利用し始めた教師でも以下で説明するプログラムを理解または改良できるように、処理速度を無視して、全てMS-DOS上のN88-日本語BASICで書かれている。

## 立体視化の方法

ステレオ角(6°-10°)だけ離れた2地点からある同一の対象物を撮影し、それを平面に投影し、その像を立体視する方法には4通りある。

第1のものは、対象物をステレオ角だけ離れて見た図形を直接に左右の夫々の目で眺める方法である。これは実体鏡の原理であるが、この方法の欠点は、一人一人しか実体鏡を利用できない事・器具自体が高価な事・人の瞳間距離に個人差があり立体視の困難な人がかなりいる事である。このため、この方法での多人数の立体視化を授業に組み込むことは時間的にみて難しく、現場教育での使用にはふさわしくない。この方法による立体視の可能性に関する大学生を対象にした我々の調査では、1~2割程度の学生が立体視ができないか又はしづらいという結果を得た。

第2のものは、第1の方法と同様にして赤・青の2色で描いた夫々の図形を、それと同じ色の光を透過する左右の眼鏡を通して見る方法である。この方法の欠点は、図形に書き込まれた各種の情報毎に種々の色付けをしたとしてもそれを立体視した像は単色のままである事である。

第3のものは、夫々の図形を目の残像時間に応じて左右の目で交互に見る方法である。この方法の欠点は、短い残像時間に対応して左右の目に交互にシャッターをかける装置が目の前に必要となり、現状ではこの装置はやや大がかりであることである。動画の立体視では、この方法が主流となる。

第4のものは、以下のようにする。互いに90°異なる偏光面を持つように2枚の偏光板をセットし、2方向から夫々の図形をこの偏向板を通して高反射率のブラックスクリーン(偏光スクリーン)に投影する。投影光と同じ偏光面を持つ反射光が通過するようした偏光メガネで、それぞれの像を眺める方法である。偏光スクリーンとは、偏光した入射光を同じ位相で反射させるスクリーンのことである。[図3を参照]この方法だと、スクリーンから見て左右に約45°の扇形の領域に居る多人数が一度に立体視化でき、更に対象物のカラー映像の立体視化が可能になる。この方法の欠点は、各偏光板で投影光が50%程カットされるため明るい照明の下で行えないこと、及び長時間の偏光メガネの使用がメガネに慣れない人には不快感をもたらすことの2点である。

しかしながら、授業等の多人数での同時立体視化という点を重視すれば、第4の方法を採用する

ことが望ましい。それ故、今回は、第4の方法を採用した。

### 装置の概要

撮影時に使用した機材は、8mmカメラ・35mm判カメラ・6×4.5判カメラ・固体素子TVカメラである。この内、6×4.5判カメラは、カラーの航空写真とパーソナル・コンピュータの高解像度ディスプレイ画面の撮影に使用した。航空写真・ディスプレイ画面とも撮影面に含まれる情報量が多いため、35mm判フィルムではその細かい情報が捉えられなくて、ある程度平均化された情報しか得られないからである。又、このときのレンズは撮影視野の周辺歪が少ないマクロタイプの標準レンズを用いた。CRT上の像の撮影には、80mm F4レンズを用い1秒露出で行う。輝度の強い色の時は絞り値5.6、その他の時は8が適当である。

8mmカメラ・35mm判カメラは雲の移動を連続的に撮影するのに使用した(図1を参照)。一方、

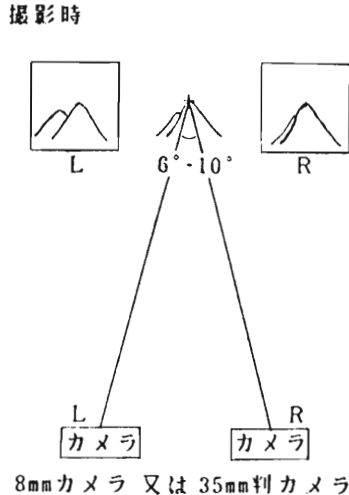


図1 撮影システムの構成

L (左側) R (右側)

雲の撮影済みの画像をイメージ・プロセッサを通してホスト・コンピュータに取り込んで、考えている画素の位置と濃度を測るといった画像の処理を行ったが、この時、取り込み用に周辺歪が少ない固体素子TVカメラを使用した。

撮影したスライド・フィルムの投影には、偏光板を照射レンズの前面に取り付けたかなり明るいスライド・プロジェクター(650Wハロゲンランプ使用)2台や偏光板を載せた明るいOHP(650Wハロゲンランプ使用)2台あるいは8mm・プロジェクター2台の投影器具類に偏光スクリーンを組み合わせて使用した。偏光メガネは紙製のフレームに薄い偏光板を付けた市販のものを使用した。プロジェクター・OHP共に2台の同時使用時には100V・15Aの電力が必要なので、電源の容量に注意して欲しい。

投影する時、2台のOHPあるいはプロジェクターを同一場所から投影しても構わない。OHPのシステムの方を利用すれば、教師一人でも簡単に操作できる。投影システムの構成は、図3を参照して頂きたい。図2には、OHPを使用する場合の偏光板の取り付け方を示している。OHPでスライドに描かれた図を使用する時は、OHP専用の拡大装置が必要である。

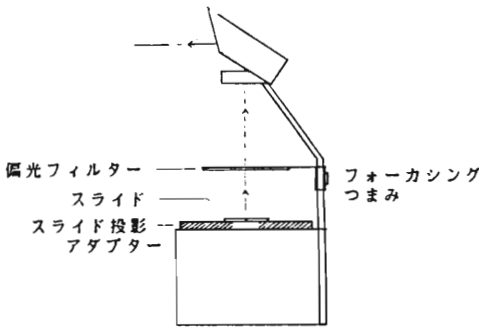


図2 OHP使用時の構成図

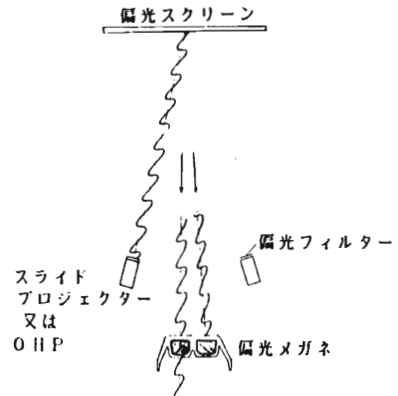


図3 立体視化の原理

立体視化した対象物の選定と立体視の例

以下の立体視化した地域および撮影地点の場所を図4に示す。

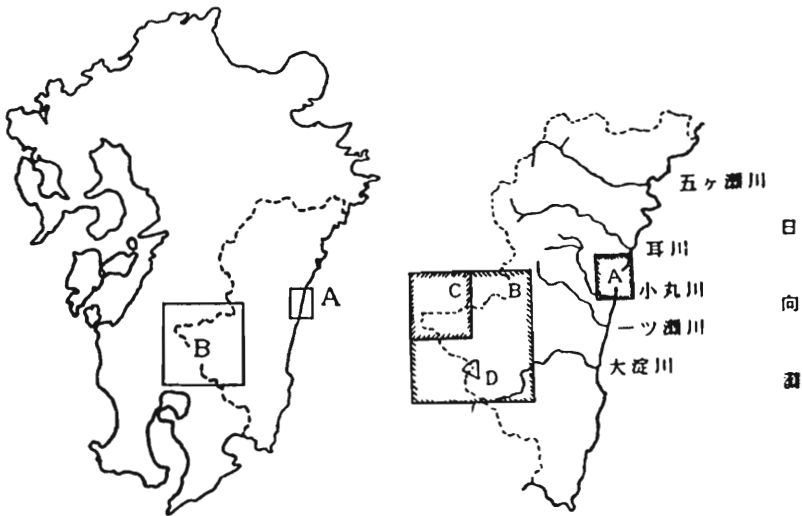


図4-a

図4-b

立体視化した地域

[この冊子の立体図を立体的に見るには、左の図は左目で右の図は右目で見るようにハガキを左右2つの図の間にたてるか、又は、図を切り取り左右の夫々の図を実体鏡で眺めて頂きたい。図をスライドにして上に述べた投影システムで眺めれば、大きな臨場感の立体視ができる。]

第一番目は、図4にAで示している宮崎県の中中部海岸に位置する都農・高鍋地区で小丸川以北、石並川以南、尾鈴山瀑布群以東で囲まれる東西14km×南北21.5kmの地域に発達している海岸段丘地形と扇状地々形である。一般に扇状地々形は、急な傾斜地から緩い傾斜地に移行する場所で発生する複数回の土石流の積み重なったものであるが、その間あるいはその後の海水準の変動等に起因する複雑な侵食作用の変化によって、さらには幾つかの扇状地が複合されて、現実の地形は教科書的

なモデル地形からかなり修飾されてしまっているのが普通である。そのため、地形図の等高線から扇状地々形を思い描くには地形図の読み方にかなり習熟していないと難しく、等高線の複雑さに惑わされがちである。又、航空写真で立体視しようとしても、複数の写真を繋ぎ合わせねばこれ等の地形の全体像が捉えられない場合が多い。それ故、必要な大きさの領域の地形を以下に述べるプログラムを利用してパソコンで描き、その像を立体視化すればこの点に関しての改善が行えよう。改善の1例として、この地域の地形および地形区分と表層地質を地形立体図に色付けして立体視化した。表層地質図は、遠藤(6), (7)を利用した。

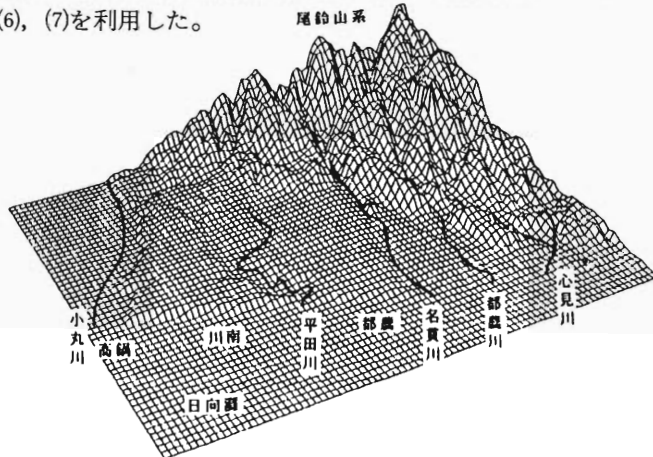


図5 都農・高鍋地区の地形説明図

この地域に250m単位の方眼を掛けて以下の立体図を作成した。図5は都農・高鍋地区の地形説明図である。図6～図9は、この地域のコンピュータによる処理図である。図6は標高400m以下の地形の立体図であり、川南・都農地区の段丘と平田川、名貫川の両岸に広がる扇状地の地形がよく見分けられる。図7は、地形区分の境界を際立たせるように、標高データにロバートのマスク処理を行ったものである。図6と見比べれば、谷地形、段丘面、扇状地、山麓面等の境界が明瞭に示されている。とりわけ立体視することにより、細かいところまで境界が非常にはっきりと見いだされる。図8-1は、山麓地、Ⅶ面、Ⅵ面、Ⅴ面、Ⅳb面、Ⅳa面、Ⅲ面、Ⅱc面、Ⅱb面、Ⅱaの各段丘面、段丘斜面、自然堤防、低地の地形区分毎に色付けしたものである。図6、7と比べてみると山麓地以外の地形区分を視覚的にはっきりと認識できるのが見てとれる。図8-2は、レイ・トレーシング法によるドットパターンで描いた地形区分図である(写真上が南になっている)。図8-1のワイヤー・フレームで描いた立体図に比べると地域の全体象が一度に掴めると共に、航空写真よりも広い地域が一目で且つその高度差が判別できる。図8-2に描かれている+、・印は、図を立体視するための左右の視点中央の位置を示しており、左右の目で夫々の図を見て+、・の2つの印夫々が一致するように左右の図を動かせば像が浮き上がってくるようになっている。更に、これ等の全ての図の作成には、標高データさえあれば開発したプログラムで地形区分の大略が簡単にできるようになっている。図9-1は、沖積世堆積物、低位、中位、高位の河岸段丘堆積物、Ⅵ面堆積物、通山層、それ以外の洪積世堆積物、宮崎層群、尾鈴山酸性岩類、加久藤火砕流堆積物に区分した同地域の表層地質図である。図9-2はドット・パターンで描いた同じ表層地質図である。地形と地質との依存関係が立体的に捉えられているのが判る。この方法は全ての地形・地質・植生分布図等に 응용でき、適当な題材を選べば理解し易い教材ができよう。

第二番目は、図4にB、Cで示した熊本県人吉・鹿児島県大口市・宮崎県の南西部にかけて位置す

る加久藤カルデラ壁（カルデラでなく陥没断層帯という説(8)もあるが、ここでは、カルデラ説(9)を採用しておく。）と旧加久藤湖内の堆積地形およびカルデラ形成後にできた霧島火山帯のNW—SEに走る20余りの火山から流出した溶岩が作っている溶岩段丘地形である。地形図をみてもカルデラとは認識しにくい程にこの25km×25kmの地域は、原地形が修飾されてしまっており、パソコンで描いて初めてその存在が認められる。図10・11は、この地域の地形説明図である。B地域は500m

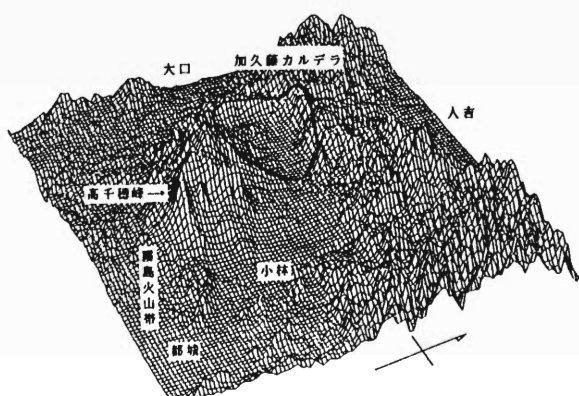


図10 図4のB地域の地形説明図

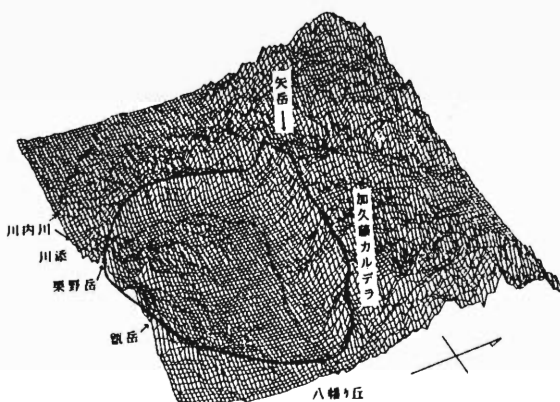
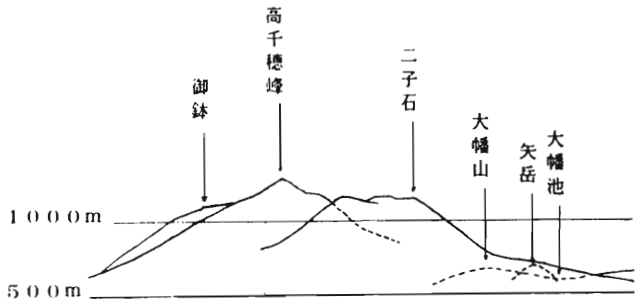


図11 図4のC地域の地形説明図

の単位の方眼、C地域は250mの単位の方眼を掛けて図を作成した。加久藤カルデラでは、中生代～古第3紀の基盤岩（四万十層：図中の北東部分に位置する悪地形の山々を形成している）の凹地の上に新第3紀の旧安山岩類及び新安山岩類が形成され、カルデラ壁や外輪山として残されている。図12-1, 12-2 および図13-1, 13-2等の地形立体図で、この地形の大略が知れよう。盆地状の旧加久湖内には、えびの層群第4紀の複数回の火砕流の堆積物（加久藤層群）及びその後の段丘堆積物や二次堆積物が川内川流域にあること、更に、川内川南側にこれ等と前後して或は後に第4紀の安山岩質の霧島溶岩類が溶岩段丘を形作っているのがよく見てとれる。又、盆地内の旧川内川が、カルデラ壁を作っている旧安山岩類の鍋倉相当層溶岩を鹿児島県川添地区で切り進み旧加久藤湖の排水を行ったと思われる。その状況が、それより下流で大口方向に大きく蛇行する川内川の流路からよく推測できる。図14は、地形境界を強調したものであり、旧加久藤湖内で行われた段丘等の堆積地形および長江川等の現在の小さな河川流路が明瞭に読み取れる。図15-1は、地形勾配の値で分けけた等勾配値曲線図である。図の3°, 8°, 15°, 20°, 30°, 40°の値は地形区分を行うための勾配値である。図15-2は、図15-1の地形勾配を一度平滑化したものに疑似カラーを付したもので、地形区分図の作成が簡単に行えるようにしたものである。

第三番目は、冬期、北西風の卓越する霧島火山地帯で、その最高峰である高千穂の峰に駆け登る乾燥気流が、峰の上空で断熱雲を発生する様相を、峰から南東の方向のP, Qの2地点にステレオ角だけ離れて設置した2台の8mmカメラで1秒毎のコマ落し撮影を行うと共に2台の35mm判カメラで5分毎撮影したものである。峰の北西部に位置する九州山地の地形を走ってきた気流の相（大地形に沿った大きな振幅の1次波動を形成）と霧島火山地形に沿って走る気流の相（微地形に沿った小さな振幅の2次波動）の境界面で作られる山岳波が断熱雲を形成すると推測される。高千穂の峰で断熱雲を発生した後の都城盆地々形上空でもこの波動現象は幾分残っており、盆地上空で鎖状に連なった雲の塊が見られる場合が多い。図16は、片方のQ地点から撮影した高千穂の峰の地形説明



夏尾(標高280m)より

図16 高千穂峰の地形説明図

図である。図17は、1962年12月15日14時40分10秒に撮影した山岳波雲の1コマである。この気象現象を立体視化し、雲の高さ・サイズ・場所を求め、流体力学方程式を適用してこの推論を検証することができる。図18に、この時の雲の高さ・サイズ・場所を与えている。撮影場所の設定が良くな

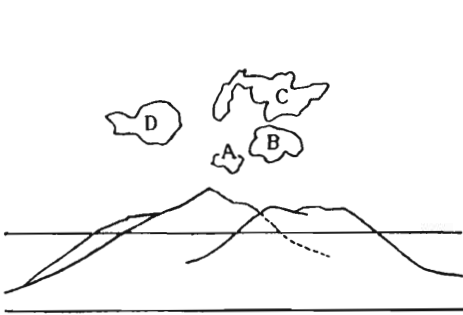


図18-1 山岳波の雲の説明図

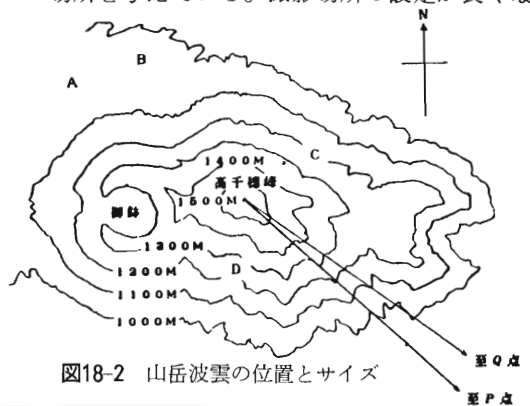


図18-2 山岳波雲の位置とサイズ

雲の名前	水平方向のサイズ(m)	垂直方向のサイズ(m)	雲の中心の高さ(m)
A	670	95	2140
B	630	180	2240
C	760	300	2270
D	600	170	1860

かったためステレオ角が大きく採れなかったことと、天候に恵まれず数回に渡る今期の撮影では満足のいく山岳波雲が撮影できなかったので、ここに掲げた写真では十分な立体視はできないかもしれない(解析には十分なステレオ角である)。この気象の解析と結果は、別の論文で行う予定である。

### 立体図法とプログラム

フィルム面上の対象物(雲・地形)の位置の読み取りには、マイクロメーター付きの工場顕微鏡で行うか、又は工場顕微鏡上のフィルムを画像処理機を通した後、ホスト・コンピュータで読み取

った。高い精度の位置の読み取りが必要でない時には、ディジタイザー上にスライドを投影してスタイラスペンでの位置指定で十分である。

地形図での標高の読み取りには、ディジタイザーを用いた。地形図上の等高線は途切れているので予め代表的な等高線を色鉛筆でなぞらえておく。これをディジタイザー上に乗せスタイラスペンでこの等高線を入力する。作成したプログラムでは適当なサイズの方眼の網を掛けた地図で、その方眼の格子点上の標高が、与えられた等高線高度データからの1次補間でコンピュータにより計算されるようになっている。

格子点上の標高値データを用い、考えている任意の格子点の周りの8近傍の格子点の標高データを利用して、その格子点での地形勾配・曲率、地形の平滑化、境界の強調等が自由に行えるように各種のマスク処理プログラムを用意した。地形勾配は、8近傍の横、縦、斜めの格子点で勾配値が最大となるものを採用している。又、この処理によって得られた結果を視覚的に捉え易いように、マスク処理後の図形データに疑似カラーを付けるプログラムも用意してある。

立体図の作成には、ワイヤー・フレーム法、ドット・パターンで描いたレイ・トレーシング法等がある。この2つのタイプの立体図の作成プログラムを作成し、地形図を描いた。

レイ・トレーシング法による立体図の作成は、以下の説明および図19のように行われる。〔ワイヤー・フレーム法については流田(4)を参照〕

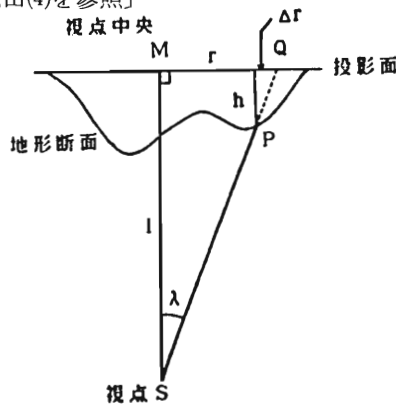


図19 レイ・トレーシング法の説明図

上空の視点Sから地形を見下ろす時、視点から投影面に垂線を下ろしその足をMとすれば、Mが視点中央となる。今、S、Mと任意の地形点Pを含む地形断面図を考える。S、Pを延長し、投影面との交点をQとする。SMの距離がl、点Pの標高がh、点Pから直線SMまでの距離がrである時、直線SMと直線SQのなす角 $\lambda$ は

$$\lambda = \tan^{-1} (r/[l-h])$$

で与えられる。

この時、視点中央Mから投影点Qまでの距離は

$$r + \Delta r = l \tan \lambda$$

になる。

今、地形図上で点M、Pの座標をM ( $x_0, y_0$ ), P ( $x, y$ ) とすると、

$$x - x_0 = r \cos \theta \quad y - y_0 = r \sin \theta$$

であり、点Pの投影点Qの座標をQ ( $x', y'$ ) は図20のように



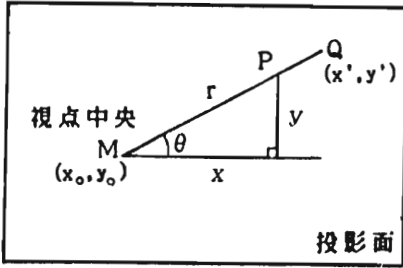


図20 投影点の位置の説明図

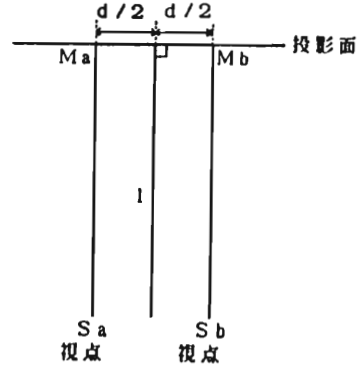


図21 視点中央の作成図

$$x' - x_0 = (r + \Delta r) \cos \theta \quad y' - y_0 = (r + \Delta r) r \sin \theta$$

となる。

それ故、視点中央Mの位置と視点Sの高さlを与えれば、高さhの各格子点上の標高点Pの投影点Qの座標が計算される。

また、立体視するためには、ステレオ角を $\alpha$ とする時、同一地形に2つの視点 $S_A$ 、 $S_R$ を図21のように視点距離dを

$$d = 2l \tan \alpha$$

に採り、dだけ離れた夫々の視点から眺めた時の投影点Qの座標を計算すれば良い。この時、投影面は、地形上空で視点より下にあっても良い。この場合は、航空写真と同じになる。又、2つの視点の位置関係は、任意の方角であっても良い。

これ等のプログラムでは、上記の方眼の網の格子点上の標高をデータとして採用している。ワイヤー・フレーム法では、上空に視点がある場合には単に方眼がいびつに描かれるだけであるので、上空から見る場合はレイ・トレーシング法の立体図を用いた。写真そのものはレイ・トレーシング法によって対象物を細密にドット・パターンで描いたものである。1枚の航空写真より広い範囲の地域の地形立体図を描く場合には、このレイ・トレーシング法のプログラムが最適であろう。ドット・パターンの色を、例えば表層地質毎に指定することにより地質図の立体図形が得られるが、ワイヤーフレーム法で描いたもの程鮮明な立体図にはならない。この点の改良は今後の課題である。作成したプログラムでは立体視化を強調するために、図の左斜め上 $40^\circ$ 又は $50^\circ$ の高度から人工光を当て、ディスプレイ画面のドット・パターンを日向用と日陰用とそれ以外とに分けて用意してある。

教材用に作成したその他のプログラムとして、任意の方向の直線に沿った地形断面図を描く断面図作成プログラム、この直線に垂直な方向に断面図を少しずつずらして断面図を作り、それ等を重ねて作った立体図の作成プログラム、複数の任意地点の標高から適当なサイズの方眼の格子点上の標高を補間法で求めるプログラム、逆に、与えられた方限の格子点上の標高から等高線を描く等高線作成プログラム等がある。OHP用に、全ての図をXYプロッターで8色に描くプログラムも用意してある。これ等の一連のプログラムは地形だけでなく多くの分野の教育で利用できる。プログラムの説明・利用法の詳細は流田(2)~(5)を参照されたい。

## 考 察

立体視するためにここで掲げた例は、実際の授業に使用するのに必ずしもふさわしいものではないかもしれないが、教育現場に適した題材を選んで立体視することにより、特に複雑な地形・図形ほど視覚的に捉え易くなり、生徒により理解を促せよう。更に、上に述べたいくつかの処理プログラムを利用すれば、単に図を演示する以外の教材が作れる。それ等の作成した図をスライドにし、OHPで映し出すことにより教室内の生徒が同時に立体視できる点を活用して、立体像を描くのに不慣れた生徒の訓練に、又、地形ならば、その構造や成因に関する討論の場を設定するなどして教材作成に役立てられる。

雲の撮影の際、2台の8mmカメラの撮影時の同期化が完全でないこと、および8mm投影機の映写ブレが8mmフィルムの送り穴の構造上の点から立体視の精度の粗さの問題が発生する。この問題は、今後改良すべき点である。

更にカラー撮影に応じた画像の処理の改良にも対応したい。又、雲あるいは星雲・銀河等の境界が不明朗な被写体の画像処理を行う際には、工場顕微鏡の低倍率対物レンズ使用時の光源ムラが画面取り込みに大きな障害となる。この透過光の均一性に改良を加えたい。予め、種々の濃度のNDフィルターによって光源ムラを調べておき、撮影フィルム濃度からコンピュータで前もって差し引く操作を現在は行っているが、どのNDフィルターを採用すべきかの根拠がないので光源本体の改良が急務であろう。

立体視化することに意義のあるテーマを選び、多くの事例で立体視化を試みてみると同時に、中学校および大学での授業実践でこの立体視化の評価を調べたい。

航空写真の立体視化の授業実践については長澤(1)を参照のこと。

## 付録 立体図作成プログラムの利用の仕方

### (1) ワイヤーフレイム法

カメラで物体の写真を撮るのと同じで、物体と視点との間にカメラのファインダ・スクリーン(画面)に写る像を立体図とする。この時、物体の底辺は $x$ および $y$ 軸に接した長方形とする。

入力するパラメーターは、

1.  $x$ ,  $y$ 方向の格子点の数, 2.  $x$ -軸を水平方向にどの方向から眺めるかの角度( $-y$ の方向から反時計回りに $360^\circ$ まで測る), 3. 物体の原点を視点から鉛直方向に見込む伏角, 4. 物体の原点と画面までの距離, 5. 視点から画面までの距離, 6. 標高の縮尺の逆数の6つである。これ等の値を入れれば、CRT画面一杯に希望する像が描かれる。但し、希望する地形高度が強調された像が出来上がるまで、6番目のパラメーターの値は試行錯誤で決定するようになっている。〔詳細は、流田(4)を参照〕

### (2) ドット・パターンによるレイ・トレーシング法

物体の底辺を $x$ および $y$ 軸に接した長方形とする。先に説明したように、航空写真を撮る場合の、物体と視点との間にあるカメラのファインダ・スクリーン(画面)に写る像を立体図に採用することに対応する。

入力するパラメーターは、

格子点上の地形の高度データを読み込んだ後、CRT-画面に表示されている地形の最大高度差を考慮して、1. 単位格子間々隔に対する高度スケール・ファクター（縮尺因子）、2. 左目で見たとときの視点中央 $M_1$ の座標（ $x$ 、 $y$ ）、3. ステレオ・アングル（やや大きめの値がよい）、4. 右目で見たとときの視点中央 $M_2$ と左目の時の視点中央 $M_1$ を結ぶ直線が $x$ 軸となす角、5. 投影面（ファインダ・スクリーン）から視点までの距離、6. 人工光を当てる角度 $40^\circ$ 又は $50^\circ$ の6つである。

これ等の値を入れると、CRT-画面に画面ドットに1対1に対応して象が小さく描かれるので、希望する大きさの象を改めて描くプログラムも用意されている。

#### 付記

この論文は、昭和61年度教育研究学内特別経費の1部の適用を受けて作られた。

#### 参 考 文 献

- (1) 長澤良太 1986 地理 Vol.31 No.8 pp97
- (2) 流田勝夫 1984 日本理科教育学会研究紀要 Vol.25 No.2 pp57
- (3) 流田勝夫他 1985 宮崎大学教育学部紀要自然科学 Vol.57 pp23
- (4) 流田勝夫他 1985 宮崎大学教育学部紀要自然科学 Vol.58 pp1
- (5) 流田勝夫他 1986 日本理科教育学会九州支部大会紀要
- (6) 遠藤 尚 1984 土地分類基本調査〔都農〕
- (7) 遠藤 尚 1982 土地分類基本調査〔妻・高鍋〕
- (8) 長谷義隆他 1972 熊本大学理学部研究報告 No.2 pp1
- (9) 太田良平他 1971 防災科学技術総合研究報告 No.26 pp26

(1987年4月30日受理)

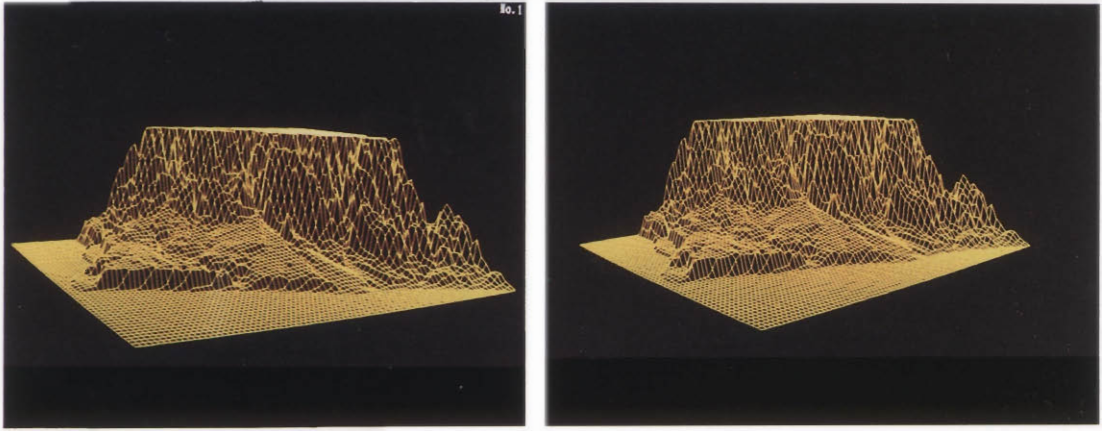


図6 都農・高鍋地区の地形図

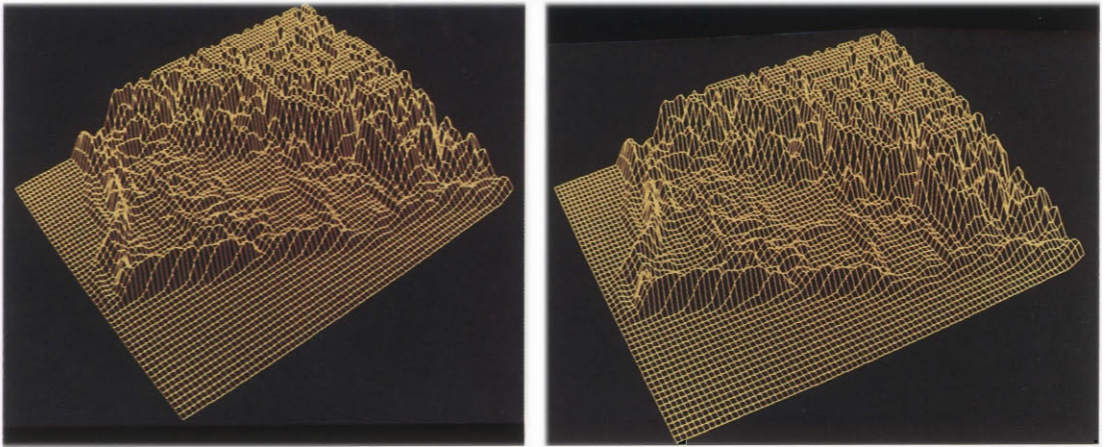


図7 ロバートのマスク処理図

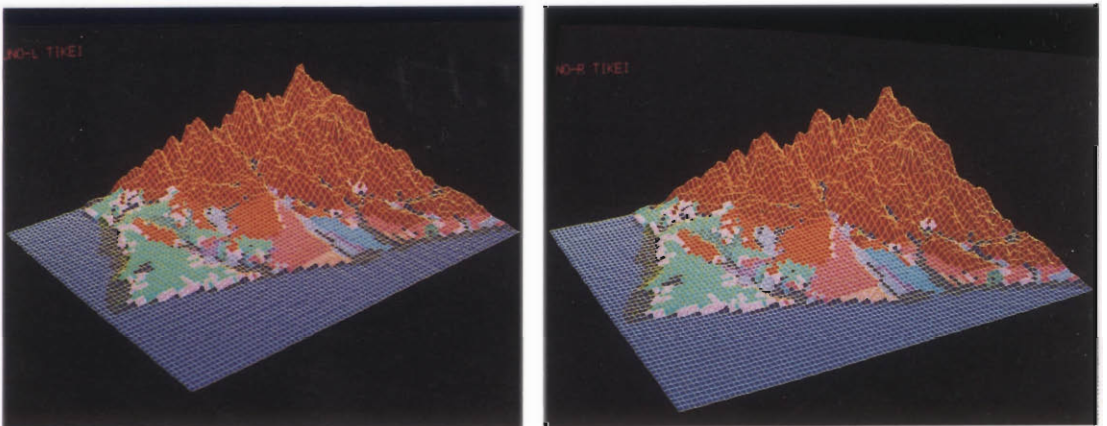


図8-1 地形区分図

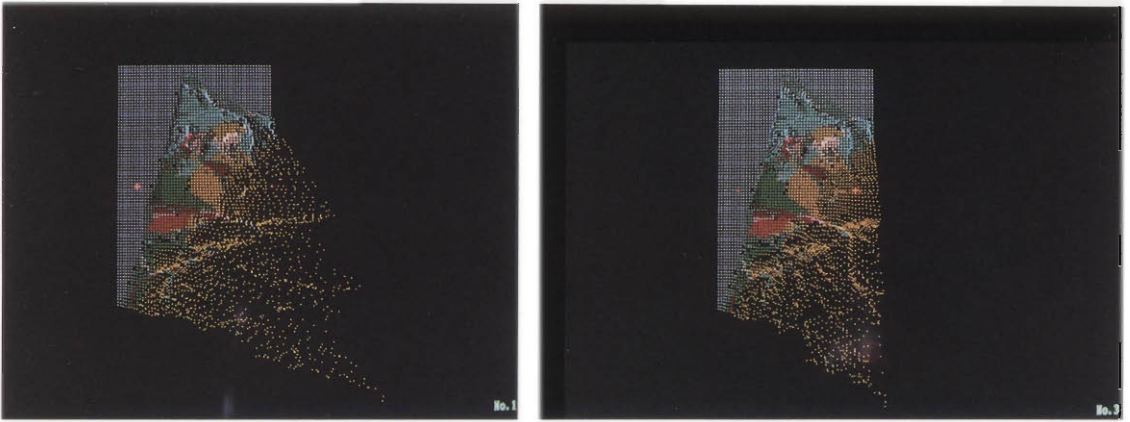


図8-2 レイ・トレーシング法での地形区分図

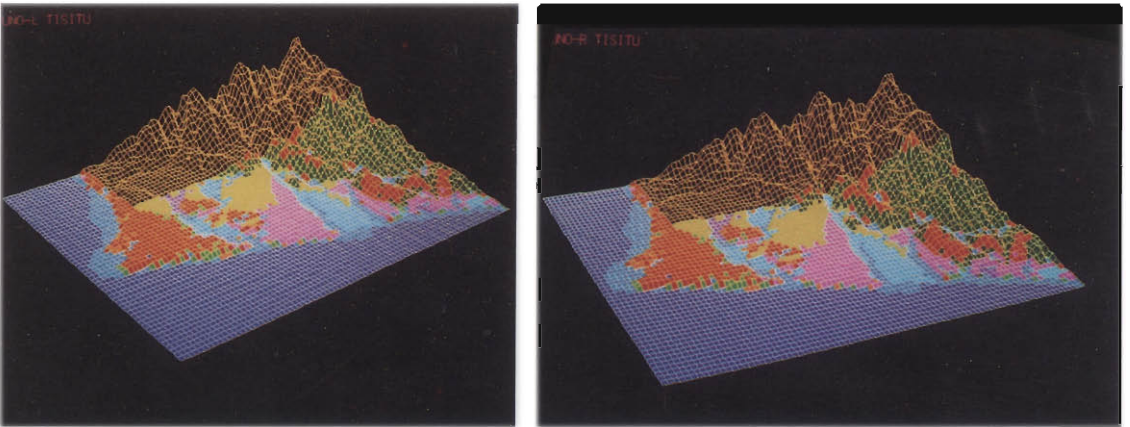


図9-1 表層土質図

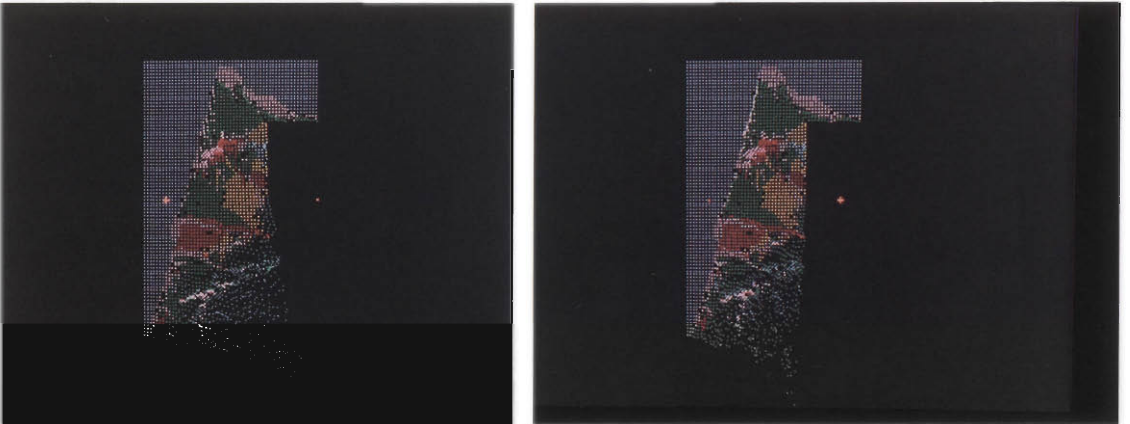


図9-2 レイ・トレーシング法での表層地質図

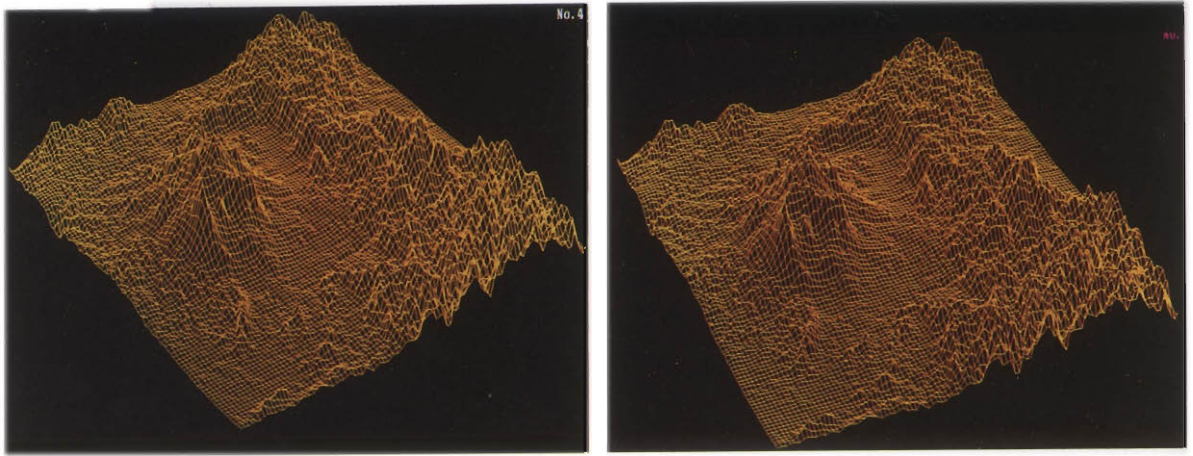


図12-1 霧島—加久藤地域の地形図

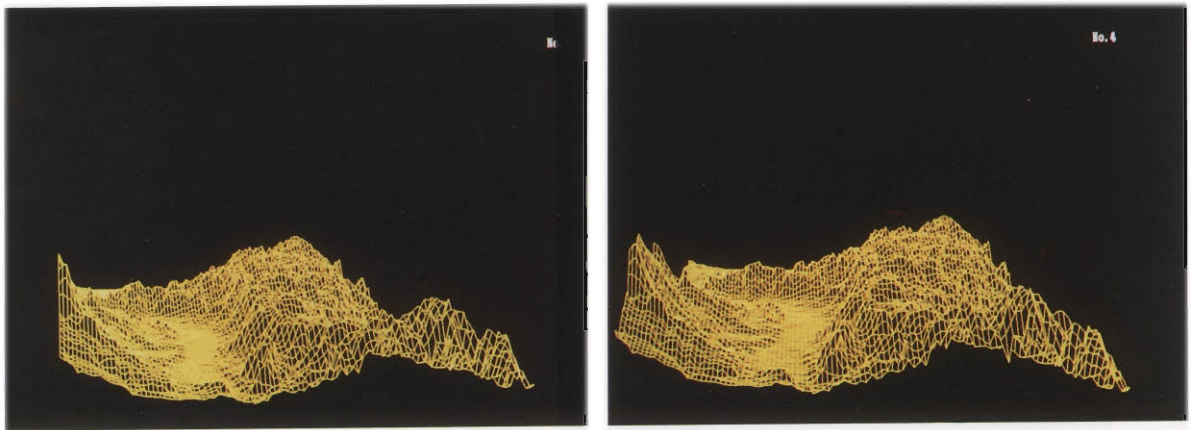


図12-2 加久藤地域の地形図

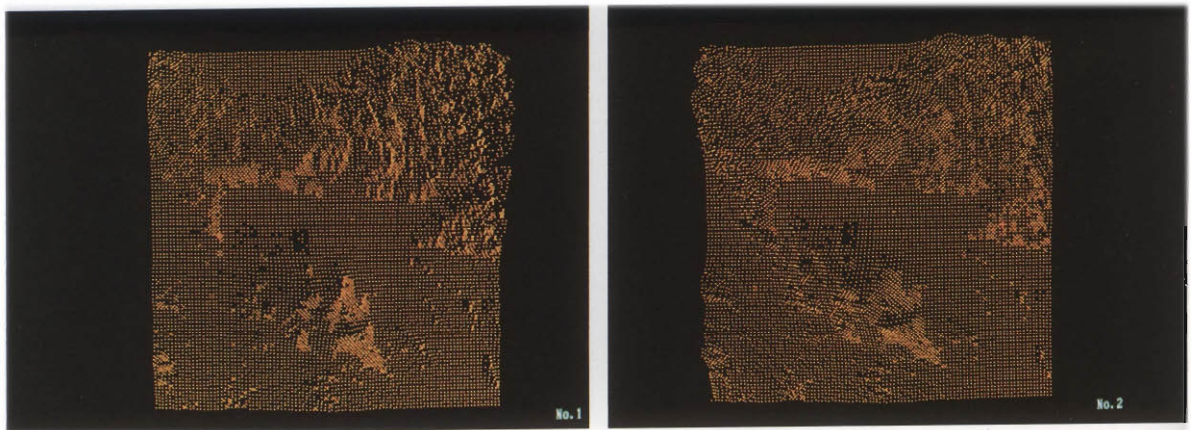


図13-1 図12-1のレイ・トレーシング法での地形図

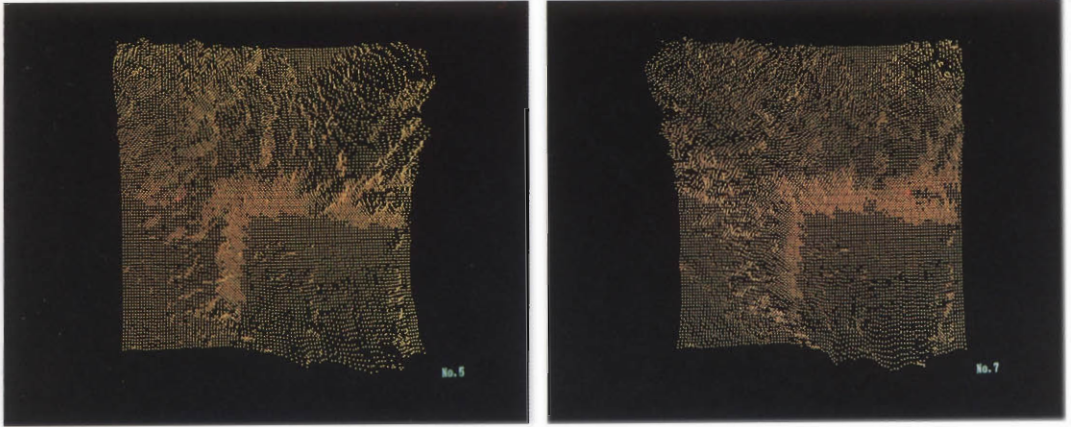


図13-2 図12-3のレイ・トレーシング法での地形図

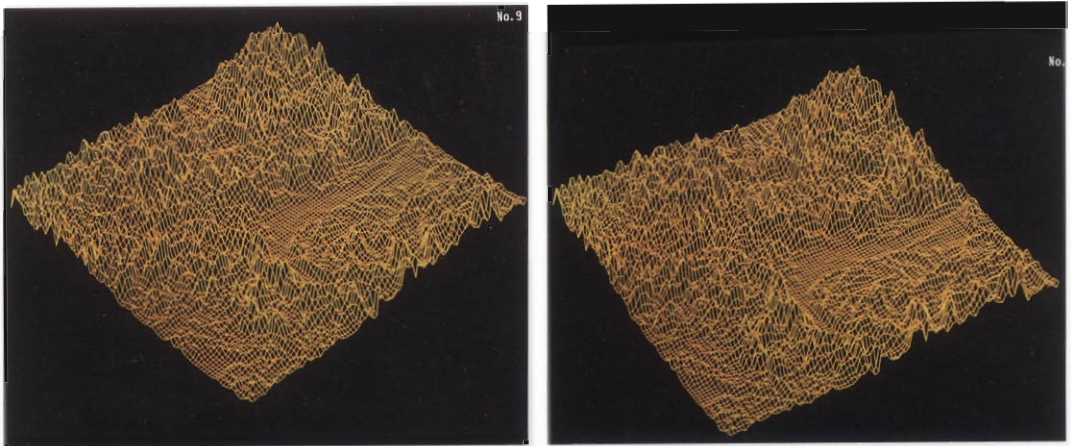


図14 ロバートのマスク処理図

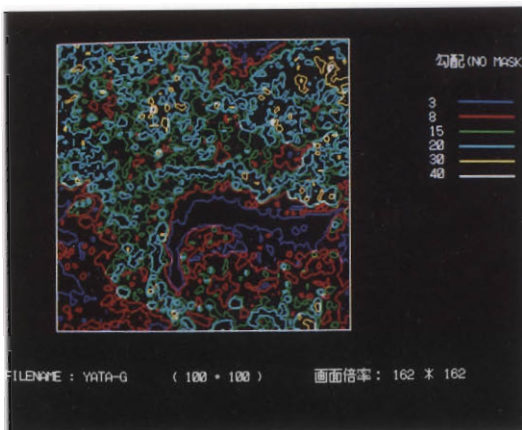


図15-1 等勾配曲線図

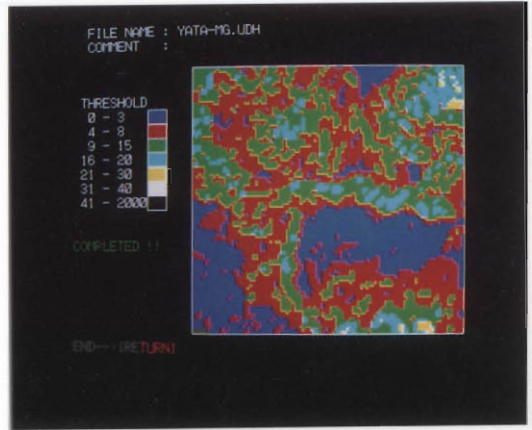


図15-2 疑似カラー地形区分図



図17 1986年12月15日午後2時40分10秒の山岳波撃