

#### 4. 立体画像のB/H比と抽出可能なリニアメント (58×59×60)

##### 4.1 概説

宇宙から広い範囲を一度に観察できる衛星画像は、リニアメント等の地形情報抽出に適しており、衛星画像からのリニアメント抽出に関する研究がこれまで活発に行われてきた。(34)×(35)×(36)×(61)×(62) リニアメントとは、地表で観測できる線状特徴のうち、断裂(断層や割れ目)の地表軌跡または地下の断裂の反映と考えられるものことであり、(63) 断層を発見し、地下資源探査や原子力発電所立地選定等を行うために利用される。

リニアメント抽出には空中写真やSAR画像も用いられるが、それぞれ次の特徴がある。

- 空中写真 ..... 微小なリニアメント抽出ができるが大構造リニアメント抽出には多数の写真を接合しなければならず、不向きである。
- SAR画像 ..... 地形情報が強調されており、地形として表われたリニアメント抽出に有効であるが、レーダ・ビームの照射方向によって抽出されるリニアメントが大幅に変るという問題がある。(64)

これまでの研究で、リニアメント抽出に衛星画像が有効であることが実証されたが、これらの研究は殆どLANDSATのMSSやTMといった平面画像を用いたものであった。しかしリニアメント抽出には画像を立体視した方が、しない場合に比べて格段に多くの情報が得られるということが空中写真で知られており、衛星画像の場合も同様の効果があるものと考えられる。ここでは、衛星画像を立体視してリニアメント抽出を行う場合、最も有効な立体画像のB/H比はいくらかということに関する研究を行った。

## 4.2 LFC宇宙写真からの各種B/H比立体画像の作成

### 4.2.1 LFC宇宙写真の正射写真画像化

資源探査で利用できる広域の写真としては、飛行機やスペースシャトルから撮影した写真や、人工衛星から取得した画像があるが、ここではまず、スペースシャトルからLarge Format Camera(LFC)で撮影した宇宙写真を用いて、立体画像のB/H比と抽出可能なりニアメントに関する研究を行った。LFC宇宙写真はフィルムの大きさが46cm×23cmであり、80%オーバーラップさせて順次撮影されているので、もともと立体視が可能であるが、ここではその中の1枚を選択して正射写真画像に変換し、そこから評価に必要な各種B/H比の立体画像を作成してリニアメント抽出実験を行った。写真4.1は、本研究に用いた伊豆半島のLFC宇宙写真で、撮影日は1984年10月8日である。この写真を正射写真画像に変換する方法を図4.1に示す。図において、LFC宇宙写真(1)をドラムスキャナでA/D変換してデジタル画像(2)を作成し、指標の位置から、宇宙写真とデジタル画像間のアフィン変換式(3)を求めた。また、宇宙写真の外部標定要素(5)を空中写真の場合と同様にして、LFC宇宙写真とGCPの位置データ(4)から求めた。DEM(8)は地形図(6)から等高線のみデジタル画像(7)を作成し、内挿計算して求めた。DEMにおける各格子点の位置を、正射写真画像(9)における各画素の位置と一致させておき、各格子点における画素値をデジタル画像から求めると、正射写真画像ができ上がる。地形図としては5万分の1のものを用い、伊豆半島全体の正射写真画像を空間分解能18.3mで作成した。以下にこの内容をさらに詳しく説明する。

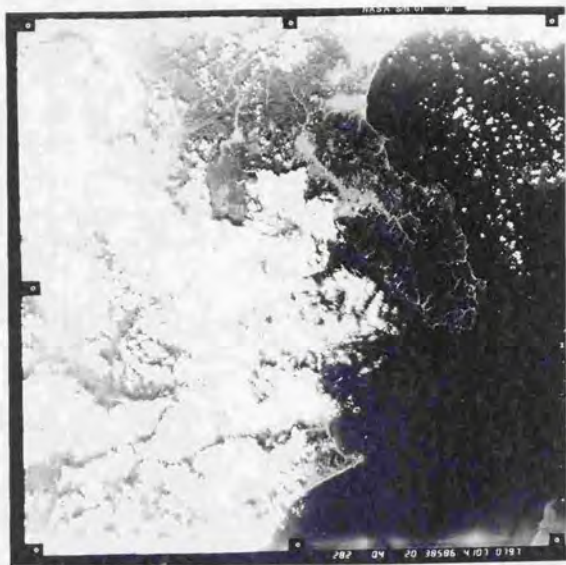


写真4.1 スペースシャトル搭載LFCで撮影した伊豆半島の宇宙写真

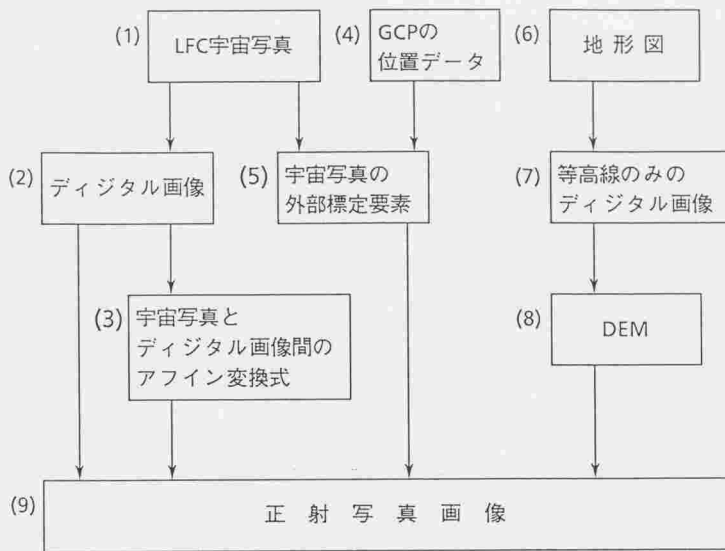


図4.1 LFC宇宙写真の正射写真画像化法

a. デジタル画像の作成

LFC宇宙写真ネガフィルムから、2倍伸しポジプリントを作り、これを反射型ドラムスキャナにまきつけて走査し、A/D変換してデジタル画像を作成した。2倍伸ばしのLFC宇宙写真の縮尺が約3万5千分の1であり、ドラムスキャナにおけるサンプリング間隔が $50\mu\text{m}$ であったので、デジタル画像の1点は約18.8m四方に相当する。このデジタル画像から伊豆半島全域を切り出すと、その大きさは東西方向3200画素,南北方向3700画素であった。1点の量子化は8ビット(256レベル)で行った。

b. 宇宙写真の外部標定要素抽出

写真4.1に示した伊豆半島のLFC宇宙写真のネガフィルムから、密着ポジフィルムを作成し、空中三角測量により写真の外部標定要素を求めた。表4.1にその結果を示す。これらの値はUTM座標系54系で求めたが、中央経線の位置が東経 $141^\circ$ と伊豆半島から少し離れており、伊豆半島の上で経線が少し曲るので、ここではこれらの値を東経 $139^\circ$ ,北緯 $35^\circ$ を原点とする局地座標系(直交3次元座標系)の値に変換し、以後の処理は局地座標系の上で行った。

c. DEMの作成

伊豆半島全域の5万分の1地形図(7図葉)の等高線原板をドラムスキャナで走査し、5m間隔のデジタル等高線データを作成した。次にこの等高線データの切れた部分を接続し、計算機処理で18.3m間隔のDEMを作成した。写真4.2はこのようにして作成したDEMを、高い所程明るくして表示したものである。

表 4.1 LFC宇宙写真の外部標定要素抽出結果

UTM座標系(54系)

外部標定要素		標定値
レンズ中心の位置	$X_0$ (北)	3,817,721 m
	$Y_0$ (東)	331,045 m
	$Z_0$ (高度)	228,679 m
撮影軸の傾き	$\omega$ (ロール角)	-0.227164 ラジアン
	$\varphi$ (ピッチ角)	-0.005959 ラジアン
	$\kappa$ (ヨー角)	0.869760 ラジアン

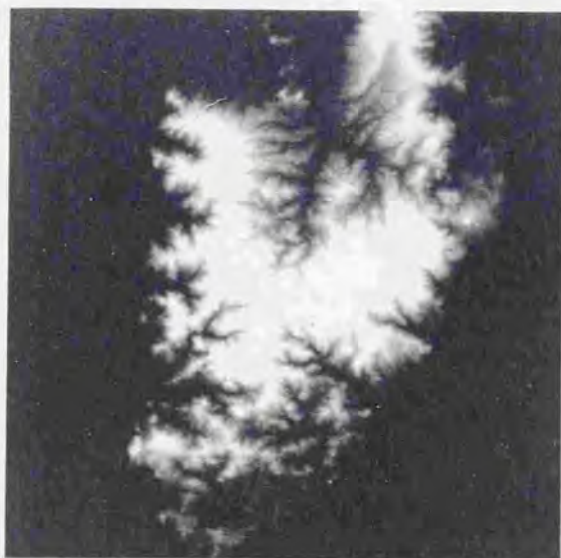


写真 4.2 伊豆半島の18.3m間隔DEM

d. 宇宙写真とデジタル画像間のアフィン変換式

LFC宇宙写真には、四隅と辺に合計12個の指標が写込まれているが、この指標を用いて、画像座標系と写真座標系間の座標変換式を求めることができる。つまり、写真をドラムスキャナで走査し、デジタル画像を作成する時、少なくとも3個の指標が画像に含まれるようにし、各指標の画像座標系での座標値  $(u_i, v_i)$  と写真座標系での座標値  $(x_i, y_i)$  をそれぞれ計測し、その計測値から座標変換式を求める。画像座標系と写真座標系の間には次のアフィン変換式が成立する。

$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \end{bmatrix}$$

上記計測した指標の座標値を上式に代入すると、係数  $g_{11}, g_{12}, g_{21}, g_{22}, h_1, h_2$  が決まり、画像座標系と写真座標系間の座標変換式が決まる。

e. 正射写真画像の作成

今回作成した分解能18.3mの伊豆半島の正射写真画像は、デジタル画像、DEM、宇宙写真の外部標定要素、宇宙写真とデジタル画像間のアフィン変換式を用いて作成した。DEMの各点の位置が、出力である正射写真画像の各点の位置と一致しているので、DEMと外部標定要素を用いて、正射写真画像における各点がLFC宇宙写真上でどここの位置になるかを決定する。しかしこの位置は写真座標系における座標値であるので、デジタル画像から画素値を決定するために写真座標系と画像座標系間の座標変換式を用いて画像座標系における座標値に変換する。通常この変換後の座標値はデジタル画像の画素と画素の間の位置であるので、まわりの画素値からその位置における画素値を内挿して求めなければならないが、ここでは最近隣内挿により求めた。このようにして正射写真画像上のすべての点について、その画素値がデジタル画像から求められると、再配列された正射写真画像が完成する。

#### 4.2.2 各種B/H比衛星立体画像の作成

前節で述べた正射写真画像からは、各種のセンサや写真で得られる立体画像が作成可能であるが、ここではJERS-1と同じ前後視方式の衛星立体画像作成を行った。図4.2はその作成法である。センサとしては、直線上に多数のセンサ素子を持つリニアアレイセンサを仮定した。図において、B/H比(3)が与えられると、立体画像を取得する2本のセンサの前後視角度等が計算でき、これらの値と衛星の軌道姿勢パラメータ(2)とから、各時刻に各センサ素子が検知している光束の方向が決定でき、この光束とDEM(1)との交点として、各時刻における各センサ素子の観測位置(5)が求まる。次に、これらの観測位置における画素値を正射写真画像(6)から求めると、衛星から取得できる前方視画像(7)ができ上る。以下にさらに詳しく説明する。

##### a. 伊豆半島における地球半径

地球半径は次式で求められる。

$$R = R_e \cdot \frac{\sqrt{1 - e^2}}{\sqrt{1 - e^2 \cos^2 \psi}}$$

ただし  $R_e$  : 赤道半径 (6378km)

$e^2$  : 地球回転楕円体の離心率の2乗 (0.00676866)

$\psi$  : 地心緯度

伊豆半島付近の地心緯度は35°であるので、伊豆半島付近における地球半径Rは上式より

$$R = 6371\text{km}$$



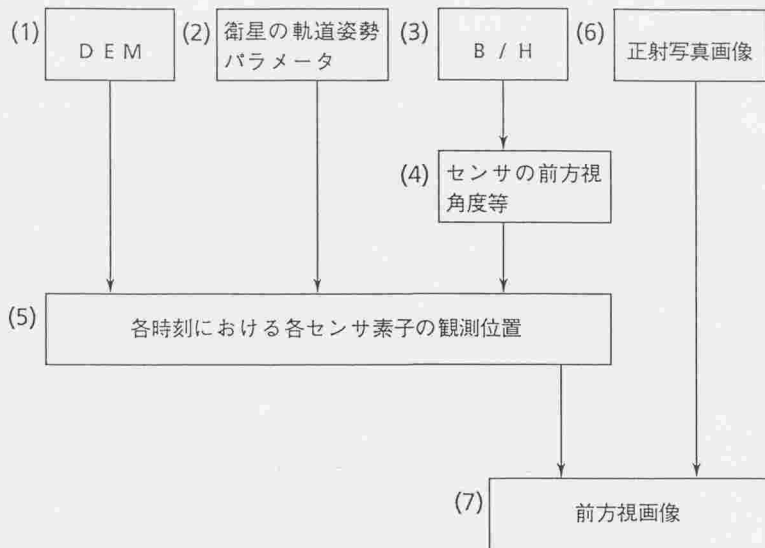


図 4.2 任意 B/H 比の衛星立体画像作成法

b. センサの前方視角度等

図4.3はJERS-1の衛星高度を使用し、B/H比が与えられた時に、一方のセンサが直下を観測しているとして、他方のセンサの前方視角度(オフナディア角)等を求める方法を示したものである。

図において、衛星位置がP点の時の前方視画像とQ点の時の直下視画像が同一地点Q'を見ているとすると、B/H比はPQの長さBとPQの中点Sから地表面に下した垂線の長さHの比として定義される。今B/Hとしてある値aが与えられると

$$\frac{B}{H} = a \quad \dots\dots (4.1)$$

$$\text{また } (R+h)^2 = \left(\frac{B}{2}\right)^2 + (R+H)^2 \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

これらの式よりBとHの値が求まる。また、

$$\left. \begin{aligned} \frac{B}{m} &= \frac{R+h}{R} \\ \delta &= 90^\circ + \frac{\beta}{2} = 90^\circ + \sin^{-1} \frac{\frac{B}{2}}{R+h} \\ l^2 &= h^2 + m^2 - 2hm \cos \delta \\ \frac{\sin \gamma}{m} &= \frac{\sin \delta}{l} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4.3)$$

(4.3)式よりオフナディア角 $\gamma$ や $\beta$ や前方視距離 $l$ が求まる。 $l$ は得られる画像の地上分解能に関係する。

c. 各時刻における各センサ素子の観測位置

図4.4は衛星の軌道姿勢パラメータを用いて、地上座標系に対する任意時刻の衛星の位置と姿勢を求め、衛星上の各センサ素子がどの方向の光束を検知しているかを求めるものである。図において(X,Y,Z)は地上座標系、(Xst,Yst,Zst)は衛星上で定義された衛星座標系であり、X-Z平面とXst-Zst平面を一致させ、Xstの方向を衛星の

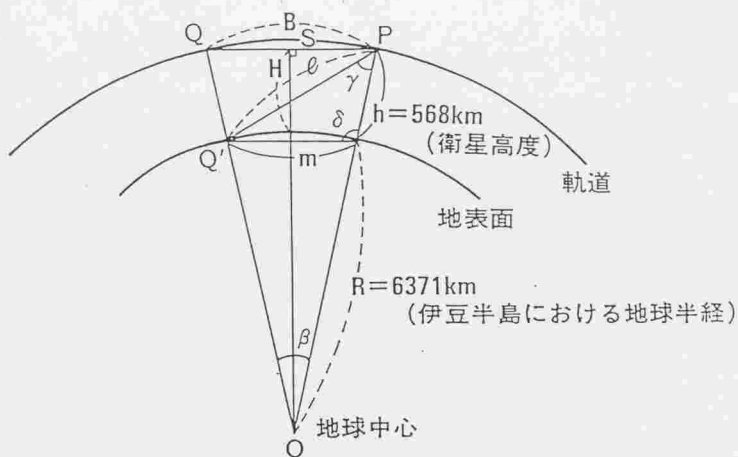


図4.3 B/H比が与えられた時のオフナディア角( $\gamma$ ), 前方視距離( $l$ )等の求め方

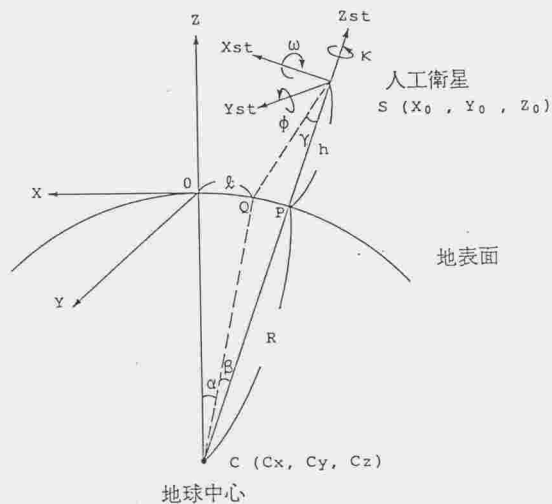


図4.4 地上座標系に対する衛星の位置と姿勢

進行方向に、Zstを鉛直方向にとっている。衛星は常に地上に向けられているので、地球を1回転すると自身も1回転する。従って衛星の位置( $x_0, y_0, z_0$ )と姿勢( $\omega, \phi, \kappa$ )は地上座標系で表すと次式になる。

$$\left. \begin{aligned} x_0 &= Cx + (R + h) \cos \left( \frac{\pi}{2} + \alpha + \beta \right) \\ y_0 &= Cy \\ z_0 &= Cz + (R + h) \sin \left( \frac{\pi}{2} + \alpha + \beta \right) \\ \omega &= \kappa = 0 \\ \phi &= -(\alpha + \beta) \end{aligned} \right\} \dots\dots (4.4)$$

ここで $\beta$ は図4.3で示された角度であり、 $\alpha$ は地上座標系の原点と前方視センサが観測している地上点Qの間の距離 $l$ から求まる値である。(4.4)式を用いると、衛星座標系で定義された投影中心と各センサ素子の位置を地上座標系における位置に変換できるので、各センサ素子に入力する光束の方向を地上座標系で表すことが可能となる。

図4.5は前記光束とDEMの交点を漸近法で求め、各時刻における各センサ素子の観測位置を決定する方法を示したものである。図において、まず与えられた初期高度と光束との交点Mが求められ、その位置における真の高度Nとの差 $\Delta Z$ が求められ、その値から2回目の高度が決定される。このようにしてこの作業が繰り返されて、 $\Delta Z$ が十分小さくなるとその時の位置が光束とDEMとの交点とみなされる。

各時刻における各センサ素子の観測位置が判ると、その位置における明るさ(画素値)が正射写真画像から内挿計算で求められるので、それらの値を並べて前方視画像を作成することができる。

写真4.3~4.7は、写真4.1で示した伊豆半島のLFC宇宙写真から作成した正射写真画像を用い、JERS-1の衛星高度を用いて、以上で述べた方法で作成した模擬衛星画像である。写真4.3は直下視画像、写真4.4,4.5,4.6,4.7は写真4.3と組み合わせてB/H比が0.1,0.3,0.5,1.0となる前方視画像である。地上分解能はすべて18.3mである。

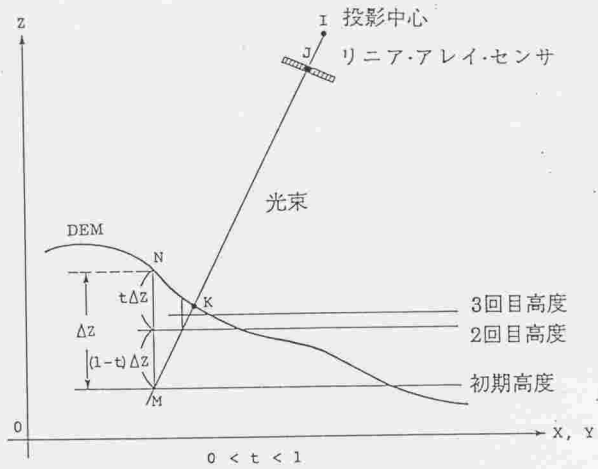


図 4.5 漸近法を用いた光束とDEMの交点の求め方



写真 4.3 伊豆半島の直下視画像



写真 4.4 伊豆半島の前方視画像 1

(B/H=0.1)



写真 4.3 伊豆半島の直下視画像



写真 4.5 伊豆半島の前方視画像 2

(B/H=0.3)



写真 4.3 伊豆半島の直下視画像



写真 4.6 伊豆半島の前方視画像 3  
(B/H=0.5)



写真 4.3 伊豆半島の直下視画像



写真 4.7 伊豆半島の前方視画像 4  
(B/H=1.0)

### 4.3 急傾斜地におけるリニアメント抽出実験

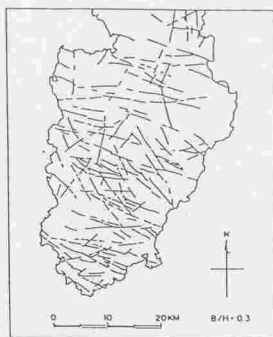
前節で説明した伊豆半島の立体画像を用いてリニアメント抽出実験を行った。立体画像としては、直下視画像と組み合わせてB/H比が0.1, 0.3, 0.5, 1.0となる4組の画像を用いた。伊豆半島の地形がかなり険しいので、これらの画像からは急傾斜地におけるB/H比と抽出可能なリニアメントに関する情報が得られる。リニアメントの抽出は、地質の専門家が反射実体鏡を用いて目視判読で行った。図4.6はこれらの立体画像からリニアメントを抽出した結果であり、表4.2はその中のリニアメントの本数と総延長をまとめたものである。図4.7は伊豆半島活断層図、図4.8は伊豆半島断層図、図4.9はこれらのローズダイアグラムである。ローズダイアグラムの上半はリニアメントの数の割合、下半は長さの割合を示している。リニアメントと既知断層等との対比も地質専門家に依頼した。伊豆半島におけるリニアメント抽出実験から、以下の事が判った。

- 1) 立体視した各画像における過高感は、B/H=0.1の画像はやや不足し、B/H=0.3では良、B/H=0.5で最良と感じられる。B/H=1.0では地形の急峻部で過高感過剰となり、リニアメントの抽出がかえって困難になる。
- 2) 表4.2から明らかなように、抽出されたリニアメントの本数、総延長共にB/H比0.5が最大である。しかしJERS-1に搭載予定の0.3であっても十分な過高感が得られ、リニアメントが抽出でき、十分実用価値がある。
- 3) B/H=0.5と1.0の立体画像からは、B/H=0.3以下の画像では抽出されない北東-南西系の微弱な不連続線が伊東市付近から西伊豆町付近にかけて観察される。本不連続線は図4.10 伊豆半島地質構造・重力探査結果関係図に示された、伊東-宇久須構造線の南側直近を併走し、伊豆半島中部域における85ミリガル前後の重力分布の不連続線とほぼ一致する。
- 4) とりわけB/H=1.0の立体画像からは、他の画像では微弱で抽出され得ないリニアメントが抽出される。この画像から得られる情報は、抽出図

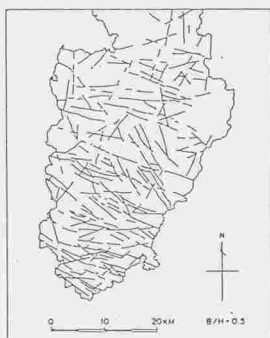




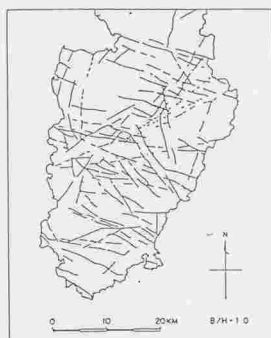
(a)  $B/H = 0.1$



(b)  $B/H = 0.3$



(c)  $B/H = 0.5$



(d)  $B/H = 1.0$

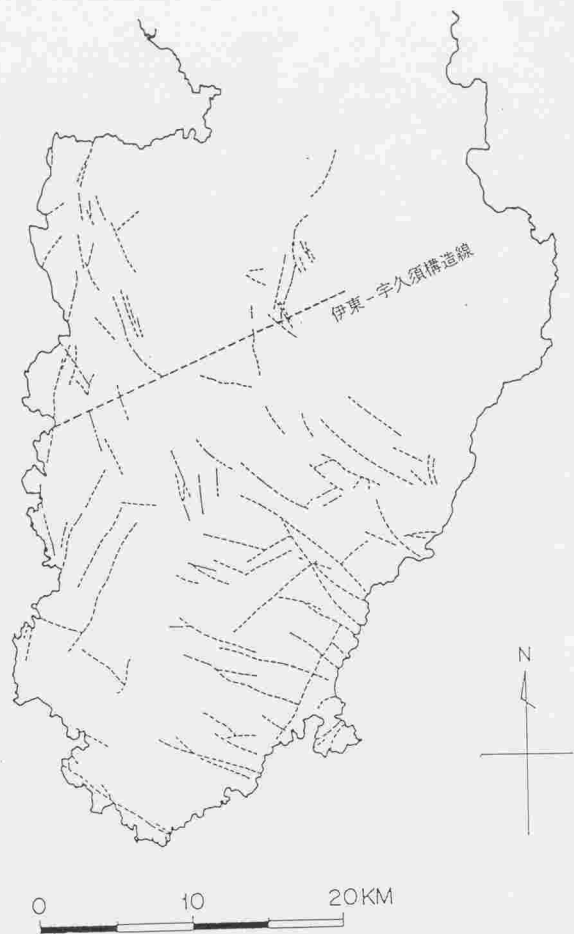
図 4.6 B/H比が異なる伊豆半島立体画像からのリニアメント抽出結果

表4.2 各種 B/H比 伊豆半島立体画像から抽出したリニアメントの統計量

画像種類		模擬立体画像 (LFC宇宙写真使用)			
縮尺		1/20万			
地表分解能		18.3 m			
B/H比		0.1	0.3	0.5	1.0
リニアメント	本数	135	284	330	262
	総延長(km)	305.86	594.13	730.10	610.36

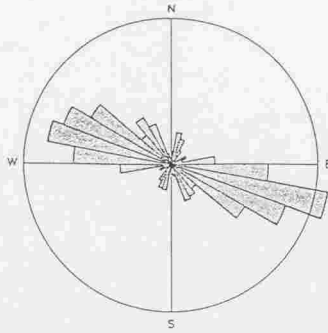


图 4.7 伊豆半島活断層図

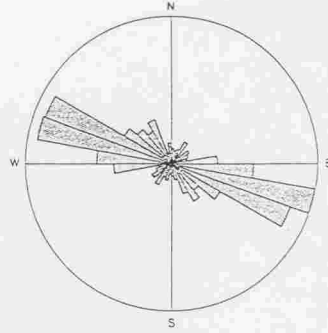


(伊豆地域広域調査資料  
 (金屬鉱業事業団：1987)による)

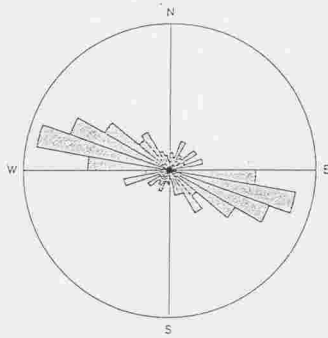
図 4.8 伊豆半島断層図



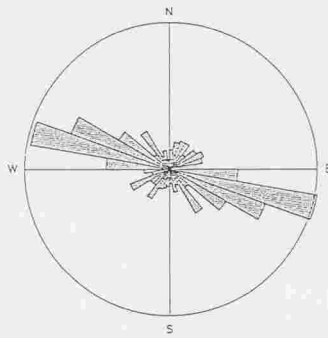
(a)  $B/H=0.1$  リニアメント抽出図



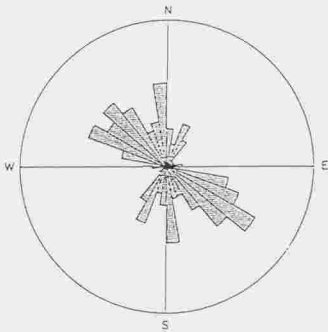
(b)  $B/H=0.3$  リニアメント抽出図



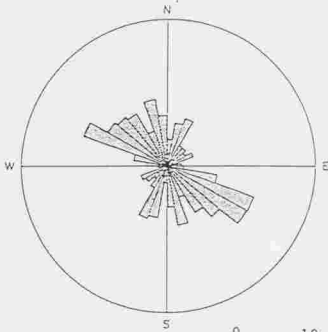
(c)  $B/H=0.5$  リニアメント抽出図



(d)  $B/H=1.0$  リニアメント抽出図



(e) 伊豆半島活断層図



(f) 伊豆半島断層図



図 4.9 伊豆半島におけるリニアメント及び断層のローズダイアグラム



(伊豆地域広域調査資料  
(金屬鉱業事業団：1987))

図4.10 伊豆半島地質構造・重力探査結果関係図

上におけるリニアメントの分布からも明らかなように他のB/H比のものと多少性格が異なるようである。

- 5) 図4.8 伊豆半島断層図との比較では、北部の南北系丹那断層、南部の石廊崎断層、上賀茂断層等の主要活断層に相当すると考えられるリニアメントは抽出されている。しかし、図4.9から判るように、リニアメントの最卓越方向は $N70^{\circ}\sim 80^{\circ}W$ であり、既知断層図における $N60^{\circ}\sim 70^{\circ}W$ とわずかに斜交する。この原因としては、写真1の雲の影から判るように、太陽光が南南西から照射していた事、南北に伸長した伊豆半島では東西方向をもつ開析谷が卓越して地形によく反映されている事が考えられる。
- 6) 図4.11 伊豆半島地質図と比較すると、リニアメント抽出密度は、半島中央部の最下位層とされる湯ヶ島層群の分布域では大で、半島北部の遠磨山および大室山~天城山北東部の第四紀火山噴出物分布域では小さい。従ってリニアメント抽出密度はその地区の地質時代の古さを推定する指標として使える可能性がある。
- 7) 図4.12はB/H比0.3の立体画像から抽出されたリニアメントと、伊豆半島の主要な鉱脈と温泉をコンバイルしたものであるが、ほとんどの鉱脈がリニアメント高密度帯およびその縁辺部に分布すること、温泉はリニアメント高密度帯の外縁部に分布する傾向があること等がわかる。

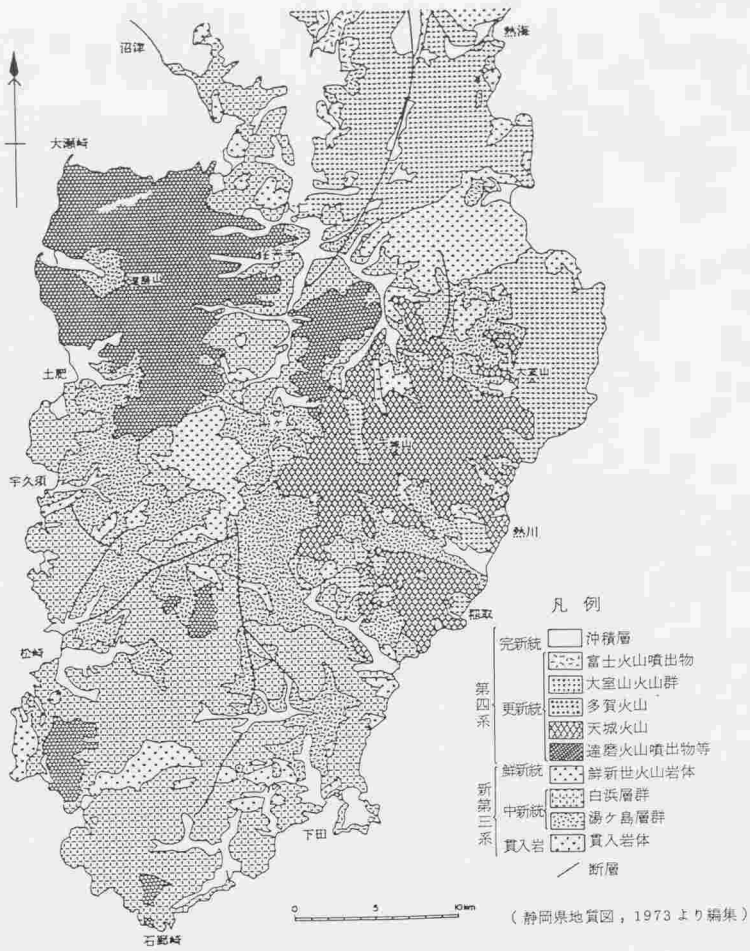


図 4.11 伊豆半島地質図



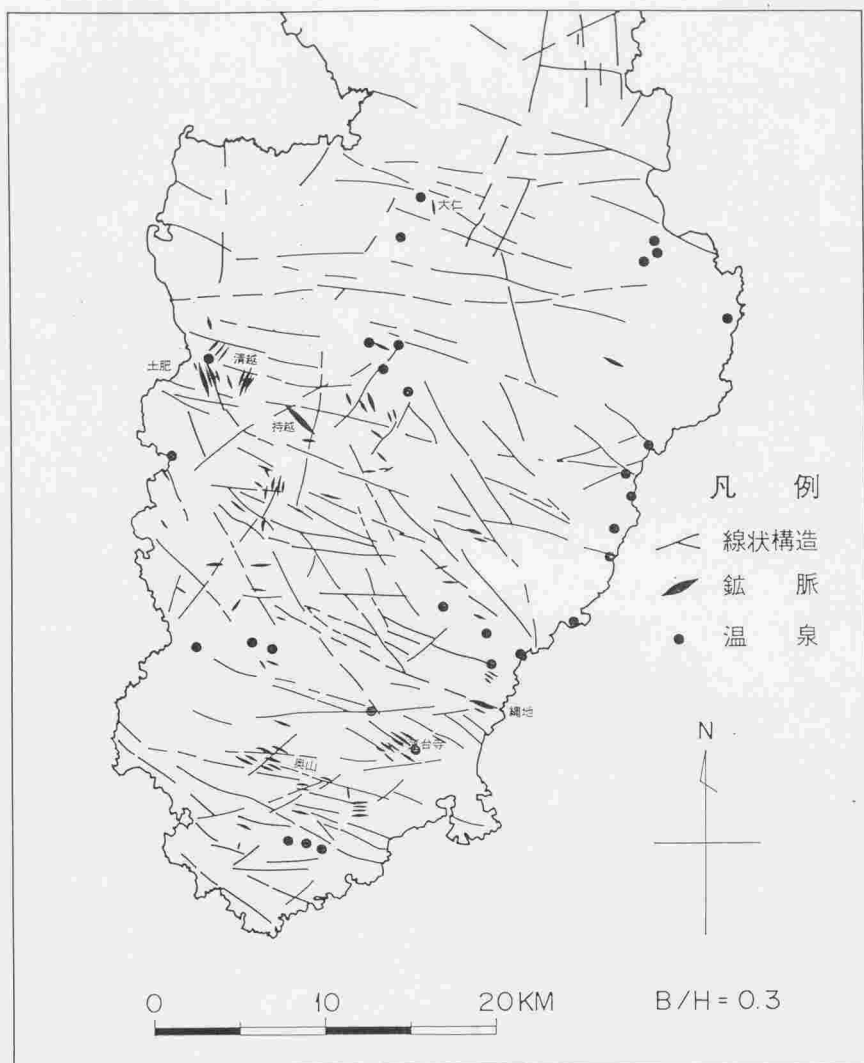


图 4.12 鉞脈・温泉・線状構造分布图

#### 4.4 SPOT画像からの各種B/H比立体画像の作成

4.2節では資源探査で広く用いられる写真の一つとしてのLFC宇宙写真から立体画像を作成する方法について述べたが、ここでは衛星画像の一つとしてのSPOT画像から立体画像を作成する方法について述べる。写真は中心投影であるが、衛星画像は進行方向(AT方向)に平行投影で、進行方向と直角に交る方向(CT方向)に中心投影であるので、正射写真画像作成法は両者で異なる。

図4.13は衛星画像の正射写真画像化法を示したものである。図において、まず衛星画像(1)と地形図(2)から地上基準点(GCP)として利用できる点を選び、GCPの計測位置(3)を両者で求める。衛星画像は衛星が飛行しながら1ラインずつ取得されてゆくの、衛星画像の外部標定要素(5)はラインの関数となる。ここでは衛星の位置をラインの一次式、姿勢をラインの三次式と仮定し、その係数をGCPの計測位置と衛星の軌道姿勢データ(4)から求めた。地形図(6)から等高線のためのデジタル画像(7)を作成し、そこからDEM(8)を抽出するのは、図4.1のLFC宇宙写真の場合と同じである。DEMの各格子点の位置を、正射写真画像(9)における各画素の位置と一致させておき、各格子点の高さと外部標定要素からそれらの点が衛星画像のどの位置に対応するかを計算し、それらの位置における画素値を衛星画像から計算して順番に並べてゆくと正射写真画像ができ上がる。

ここでは地形図(2)としては2万5千分の1のものを用い、地形図(6)としては5万分の1のものを用いた。正射写真画像の空間分解能はLFC宇宙写真の場合と同じ18.3mとした。この正射写真画像から各種B/H比の立体画像を作成する方法は4.2.2節で述べた方法と同じである。

入力画像としては、第3章で使用したのと同じ、南九州のSPOTパンクロマチック画像を用いた。従って外部標定要素はそこで求めたものと同じである。この中の金山で有名な菱刈地域で各種B/H比の立体画像を作成したが、その位置を図4.14に示す。図4.15はその位置を詳細な地図上で示したものである。写真4.8は上述の方法で作成した菱刈地域の直下視画像

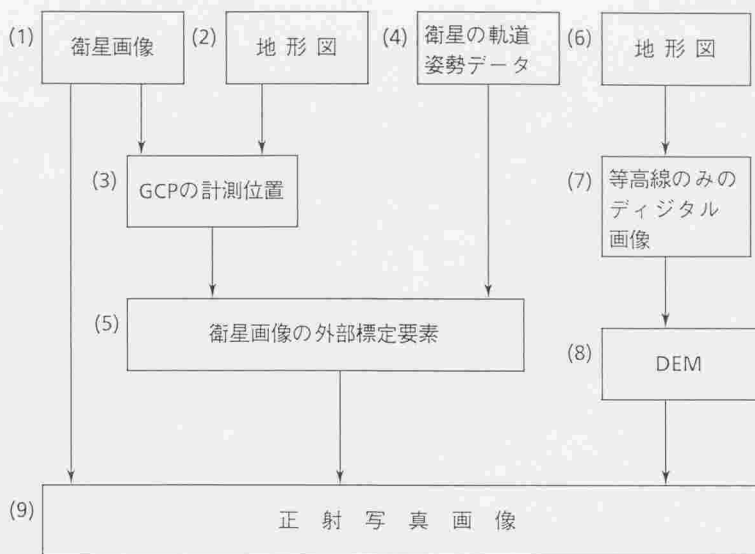


図 4.13 衛星画像の正射写真画像化法

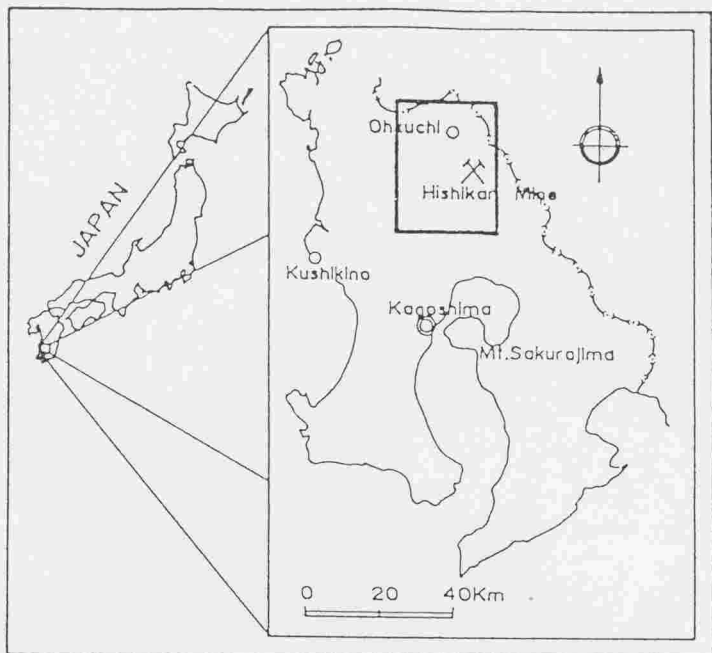
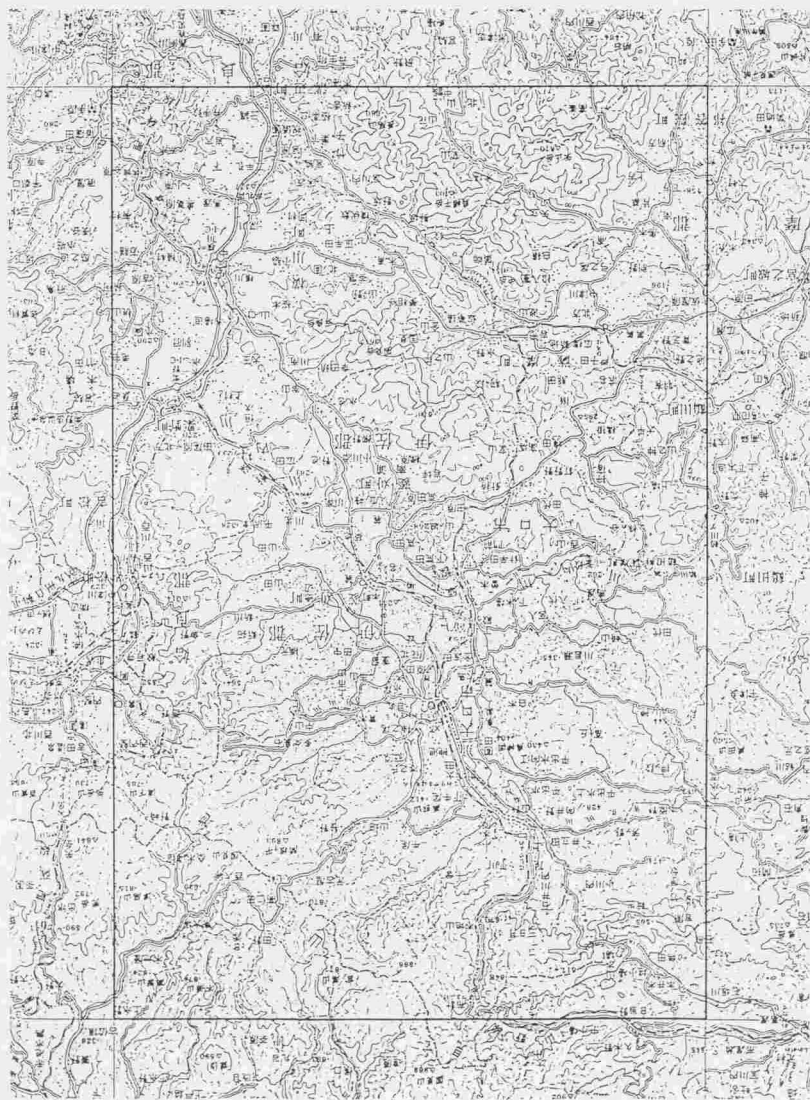


図 4.14 立体画像を作成した菱刈地域の位置図

図 4.15 立体画像作成範囲



であり、写真4.9, 4.10, 4.11, 4.12は写真4.8と組み合わせてB/H比が0.1, 0.3, 0.5, 1.0となる前方視画像である。



写真 4.8 菱刈地域の直下視画像

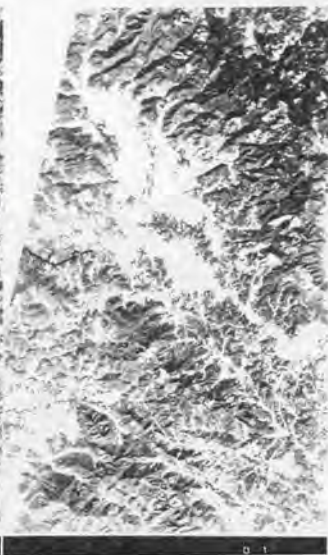


写真 4.9 菱刈地域の前方視画像 1  
( $B/H=0.1$ )



写真 4.8 菱刈地域の直下視画像



写真 4.10 菱刈地域の前方視画像 2  
( $B/H=0.3$ )



写真 4.8 菱刈地域の直下視画像



写真 4.11 菱刈地域の前方視画像 3  
(B/H=0.5)

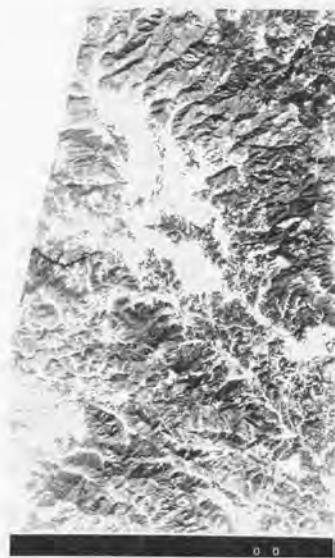


写真 4.8 菱刈地域の直下視画像



写真 4.12 菱刈地域の前方視画像 4  
(B/H=1.0)



#### 4.5 緩傾斜地におけるリニアメント抽出実験

前節で説明した菱刈地域立体画像からのリニアメント抽出実験を行った。菱刈地域は地形が大変なだらかであるので、ここでは緩傾斜地におけるB/H比と抽出可能なリニアメントに関する情報が得られる。B/H比は伊豆半島の場合と同じ0.1, 0.3, 0.5, 1.0の4種類とした。図4.16はこれらの立体画像からリニアメントを抽出した結果である。ここでは環状構造の抽出も同時に行った。表4.3は図4.16の中のリニアメントの本数と総延長および環状構造の個数をまとめたものである。図4.17は図4.16に示されたリニアメントのローズダイアグラムである。菱刈地域におけるリニアメント抽出実験から、以下の事が判った。

- 1) 表4.3から判るように、B/H比1.0の画像がリニアメント抽出量、環状構造抽出個数共に1位である。B/H比0.5がこれに次ぎ、0.3と0.1では、過高感において0.1がやや不足と感じられるものの、リニアメント抽出量においてはあまり差がなく、B/H比1.0の画像の半分程度である。
- 2) 九州南部で観察される主要なリニアメントは、NE系、NW系、NS系の3方向があり、NE系とNS系は基盤岩の構造方向、NW系は九州-パラオ海嶺の延長上に位置する左横ずれ推定断層の方向に一致すると考えられている。菱刈地域は、地質図上で断層が1本も引かれていない地域であるが、今回作成した立体画像では、NE系が最も卓越するほか、NNE系とNW系のリニアメントが抽出されており、南九州の一般的なりニアメント方向とはほぼ一致していると言える。菱刈鉾山付近で実施された精密重力探査の結果、四万十累層群の起伏を示すと考えられる重力基盤の構造はNE系とNW系が卓越する事が判明している。

従って、本地域のNE系とNW系のリニアメントは、地下の基盤岩の構造が地形に反映されたものである可能性がある。

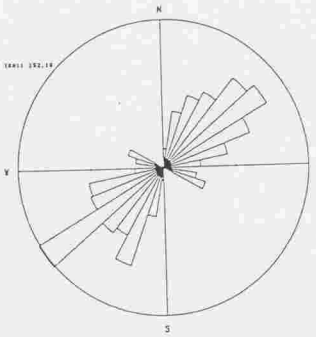


図 4.16 B/H比が異なる菱刈地域立体画像からのリニアメント抽出結果

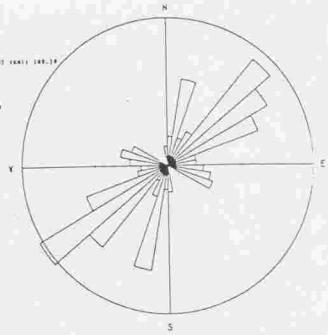
表 4.3 各種 B/H 比 菱刈地域立体画像から抽出したリニアメントの統計量

画像種類		模擬立体画像 (SPOTパナクロモードデータ使用)			
縮尺		1/20万			
地表分解能		18.3m			
B/H比		0.1	0.3	0.5	1.0
リニアメント	本数	78	76	103	164
	総延長 (km)	152.18	189.18	249.43	309.58
環状構造 (個数)		1	4	4	6

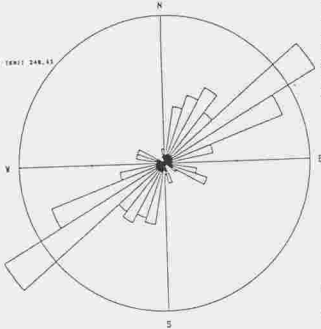
FILE NAME:SPOTS.1  
 AREA NAME: MIL AREA  
 NUMBER OF DATA: 24  
 TOTAL LENGTH OF LINESMENT (KM): 132.14  
 ONE RANGE OF ANGLES: 18  
 VECTOR AVERAGE: 47.6  
 CONCENTRATION RATE: 81.4



FILE NAME:SPOTS.3  
 AREA NAME: MIL AREA  
 NUMBER OF DATA: 79  
 TOTAL LENGTH OF LINESMENT (KM): 149.19  
 ONE RANGE OF ANGLES: 18  
 VECTOR AVERAGE: 47.9  
 CONCENTRATION RATE: 88.4



FILE NAME:SPOTS.6  
 AREA NAME: MIL AREA  
 NUMBER OF DATA: 145  
 TOTAL LENGTH OF LINESMENT (KM): 246.45  
 ONE RANGE OF ANGLES: 18  
 VECTOR AVERAGE: 48.7  
 CONCENTRATION RATE: 88.7



FILE NAME:SPOTS.8  
 AREA NAME: MIL AREA  
 NUMBER OF DATA: 145  
 TOTAL LENGTH OF LINESMENT (KM): 246.54  
 ONE RANGE OF ANGLES: 18  
 VECTOR AVERAGE: 54  
 CONCENTRATION RATE: 88.4

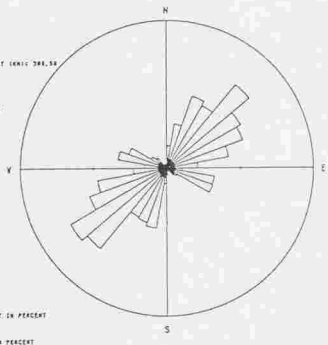
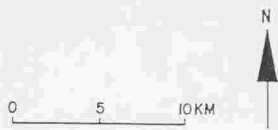
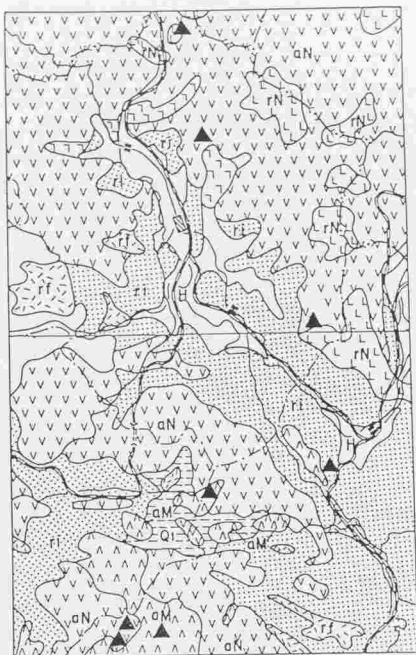


図 4.17 B/H比の異なる菱刈地域立体画像から抽出されたりニアメントのローズダイアグラム

- 3) リニアメントが最も高密度で抽出されているのは、地域中央部東側の菱刈鉞山を含む地区であり、地質は図4.18から判るように、更新世の安山岩と石英安山岩よりなる。この地区のリニアメントはNE系とENE系が卓越し、これらの方向は菱刈既知鉞床とほぼ平行な方向である。
- 4) 鉞脈とリニアメントの卓越方向は一致するものの、両者の位置的な一致性は悪く、鉞脈直上ではほとんどリニアメントが抽出されていない。菱刈鉞床と大口鉞床の大部分については半潜頭性鉞床であるため、鉞脈を胚胎する裂か系の主要部が地表にまで達しておらず、立体視で抽出できる程度に鉞脈を胚胎する裂か系が地形に反映されていないためであると考えられる。



凡 例 LEGEND

- |   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| 完新世<br>Holocene                               | <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">H</span>    | 沖積層<br>Alluvium   |  |
| 更新世後期<br>Late Pleistocene                     | <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">rN</span>   | 流紋岩(船良火砕流)<br>Rhyolite (Aira Pyroclastic Flow)  |  |
|   | <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">rNL</span>  | 流紋岩およびデイサイト(火砕流)<br>Rhyolite and dacite (pyroclastic flow)  |  |
|   | <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">rNL</span>  | 流紋岩およびデイサイト<br>Rhyolite and dacite  |  |
| 鮮新世-更新世前期<br>Pliocene to early<br>Pleistocene | <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">vqNv</span> | 安山岩<br>Andesite   |  |
|   | <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">S</span>    | 砂岩・泥岩および凝灰岩(口の沖・入吉・西久保・水野澤など)<br>Sandstone, mudstone and tuff (Kuchimatsu,<br>Hitoyoshi, Kakuta, Nagano and other formations) |  |
|   | <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">rM</span>   | 流紋岩およびデイサイト<br>Rhyolite and dacite  |  |
|   | <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">aM</span>   | 安山岩<br>Andesite   |  |
| 中新世中期<br>Middle Miocene                       | <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">aL</span>   | 安山岩<br>Andesite   |  |
| 白亜紀後期<br>Late Cretaceous                      | <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">SCs</span>  | 砂岩および頁岩、玄武岩および凝岩を伴なう<br>Sandstone and shale, with<br>basalt and conglomerate  | 四万十層群下部<br>Lower part of<br>Shimanto<br>Supergroup |
|   | ▲  | 金銀鉱脈 Au-Ag-vein   |  |

(地質調査所1980鹿兒島地質図を一部改訂)

図 4.18 菱刈地域の地質図

#### 4.6 まとめ

急傾斜地および緩傾斜地における各種B/H比立体画像よりリニアメント抽出実験を行い、次の検討結果が得られた。

- 1) 地形がかなり急峻な伊豆半島では、B/H比1.0は過高感過剰であり、B/H比0.5の画像から最大量のリニアメントが抽出された。しかし地形が緩やかな菱刈地域では、B/H比1.0の画像から最大量のリニアメントが抽出された。このようにリニアメント抽出における最適B/H比は地形の急峻さに依存する。
- 2) 立体画像のB/H比が不適當な場合、抽出できるリニアメントの量は最適な場合の半分程度となる。
- 3) 伊豆半島におけるB/H比1.0の画像からは、B/H比が小さい他の画像では抽出できない微弱なリニアメントが抽出できた。
- 4) 地形が急峻な伊豆半島では、リニアメント抽出に太陽光の照射方向の影響が出た。
- 5) リニアメントは地質時代の古い地区から多く抽出され、新しい地区からはあまり抽出されなかった。
- 6) ほとんどの鉱脈はリニアメント高密度帯およびその縁辺部に分布しており、その走行方向が一致していた。

## 5. デジタル立体画像処理システムの応用

### 5.1 概説

前章で述べた各種B/H比立体画像よりリニアメントを抽出する実験で、リニアメント抽出に最適なB/H比が地形の急峻さに依存することや、B/H比をさらに大きくすると、全体として抽出できるリニアメントの量は減るものの、微弱なリニアメントの抽出が可能であること等が判った。これらのことは、リニアメント抽出に最適なB/H比が対象地域毎に異なること、また、できれば同一地域を数種類のB/H比の立体画像で行うのが良いことを示しており、衛星から得られる一律なB/H比の立体画像だけでは必ずしも満足のできる結果が得られないということを示唆している。そこでここでは、まずDEMを用いて任意B/H比の立体画像を作成することを試みた。DEMは第3章で述べた方法を用いて、このシステムで作成することができる。またこのシステムには三次元ディスプレイがあるので、立体画像を立体視しながら各種画像強調処理を行い、立体画像上にマウスを用いてリニアメントを書き込むといったことが可能である。従来の画像処理システムは、三次元ディスプレイを持っていないので、鳥瞰図を用いて立体的に表現する程度で、本格的な立体画像処理機能を持っていない。三次元グラフィックシステムやデジタルプロッターの中に三次元ディスプレイを持っているものもあるが、まだ立体表示が中心で、立体画像処理機能は殆どない。ここでは、立体画像処理システム上に各種の立体画像処理機能を開発し、資源探査やマイクロ波通信等のルート選定に用いることを試みた。



## 5.2 立体画像処理機能の開発

### 5.2.1 従来のリモートセンシング画像処理システム

ここでは立体画像を立体視しながら各種処理を行うことができる立体画像処理機能の開発を目的としているが、その説明の前に平面画像を対象とした従来のリモートセンシング画像処理システムについて簡単に説明する。

1972年にLANDSAT-1号が打ち上げられて以来、この衛星で得られるマルチスペクトル画像を処理するシステムの研究が各地で活発に行われ、製品発表も各社から相次いだ。<sup>(65)(66)</sup> その後1978年にシーサットが打ち上げられ、合成開口レーダ(SAR)の生データホログラムが得られるようになると、その生データから画像を再生するSAR画像再生処理システムの開発も各社で競って行われた。<sup>(67)(68)</sup> 画像処理は一般に膨大な量の演算とメモリ容量を必要とし、高性能なコンピュータシステムが要求されるが、SAR画像再生処理において特にその傾向が著しい。<sup>(69)(70)</sup> 図5.1はマルチスペクトル画像処理とSAR画像再生処理の両方ができるシステムの一例であるが、<sup>(71)</sup> SAR画像再生処理には図5.2に示すデータフロープロセッサ・TIPが用いられている。データフロープロセッサは非ノイマン型プロセッサの1つであるが、TIPは可変長パイプライン方式を採用しており、特に画像処理に向いている。<sup>(72)(73)</sup> ホストコンピュータはミニコンピュータであり、カラーイメージディスプレイ・N 7835にはマルチスペクトル画像データを高速に処理するハードウェアが多数装備されている。このシステムを用いると、1シーンのSEASAT・SARデータの画像再生処理が3時間30分で実行でき、4バンドLANDSAT・MSSデータの歪補正処理が10分で実行できるが、価格は1億円以上とかなり高価である。最近ではこのような高価なリモートセンシング画像処理専用システムでは

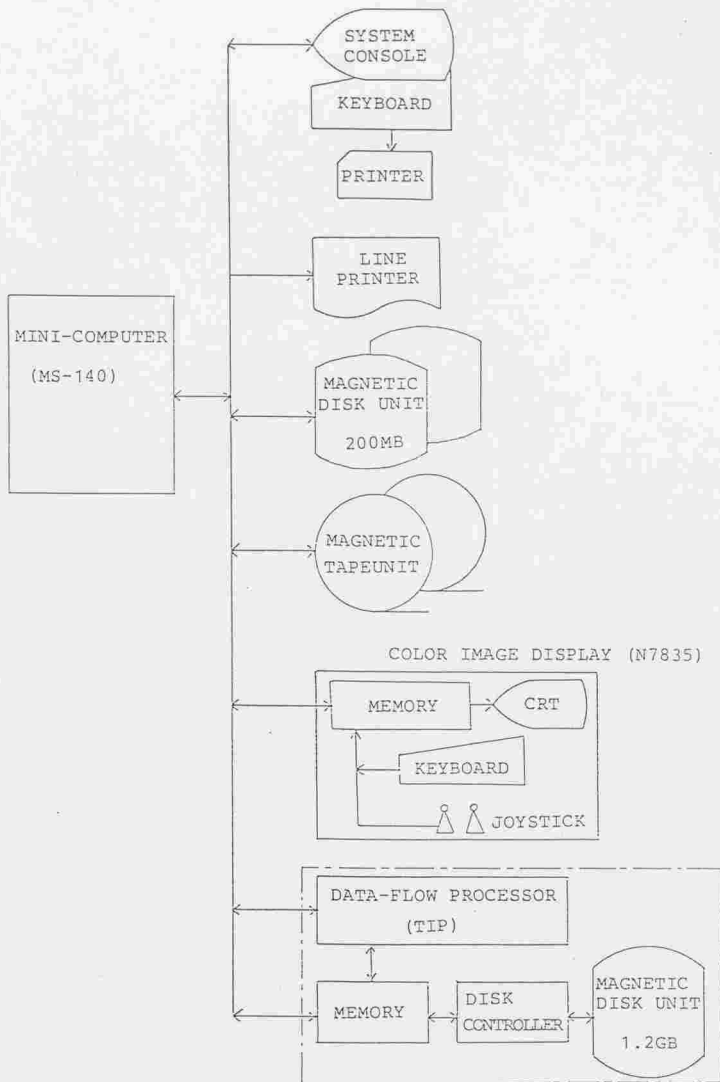
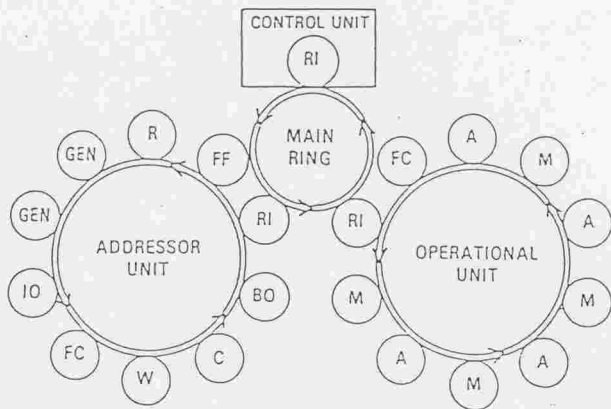


図 5.1 従来の画像処理システムの一例



MODULES

- FF : FLOATING-FIX CONVERTER
- W : WRITER
- R : READER
- GEN : GENERATOR
- RI : RING INTERFACE
- FC : FLOW CONTROLLER
- M : MULTIPLIER
- IO : INTEGER OPERATOR
- C : CONCATENATOR
- BO : BIT OPERATOR
- A : ADDER

図 5.2 データフロープロセッサ・TIPの構成

なく、医用画像処理や地理情報処理等も併用してできる安価なシステムの開発の方が活発である。

### 5.2.2 立体画像処理汎用ソフトウェアの開発

資源探査や土地利用計画等の分野では、衛星から得られる画像を立体視しながら処理したいという要求が非常に強い。しかし立体画像を立体視しながら、各種処理ができる立体画像処理システムがなかったことから、このような要求は実現されず、ただ立体画像を写真に焼いて反射実体鏡で観察し、必要な情報は手書きで写真上に書き込むといった昔ながらの方法に頼るしかなかった。そこでここでは、前記三次元計測用立体画像処理システムの上に、このような立体画像処理機能を開発し、このシステムが両方の目的で併用できるようにしたが、本節ではまず立体画像処理汎用ソフトウェアについて述べる。

従来のリモートセンシング画像処理システムを参考にし、ここでは最低限必要なものとして、次の汎用ソフトウェアを開発した。

- 1) 拡大・縮小プログラム
- 2) 画像強調プログラム
- 3) アフィン変換プログラム
- 4) 画像間の演算処理プログラム
- 5) 縮小画像を用いた切り出し場所選定プログラム

以下にこれらについて順次説明する。

#### a. 拡大・縮小プログラム

注目地点を詳しく調べる時には画像を拡大表示することが有効であり、注目地点の周りの概況を調べる時には広い地域を縮小して、ディスプレイに一度に表示することが必要となる。ここでは磁気ディスクやフ

ロッピーディスクに記憶された画像を拡大または縮小して画像表示用メモリに書き込むプログラムを開発した。1組の立体画像に同じ処理をして画像表示用メモリに書き込み、本システムで立体表示すると立体画像の拡大または縮小表示ができる。本プログラムでは最大4000×4000画素(JERS-1のフルシーンの大きさ)の画像が扱えるようにした。

#### b. 画像強調プログラム

画像の中の特定の情報を明るく表示して見やすくしたり、画像の色合いを変えてある情報を強調したりする時に画像強調プログラムを用いる。このような画像強調処理は、図5.3に示すゲインとオフセットを変えることにより行う。ゲインとは図に示すように明暗の差を拡大または縮小する係数であり、オフセットとは画像全体を一律に明るくしたり暗くしたりする係数である。赤、緑、青の3原色について独立に行うことができるので、画像の中の特定の情報を明るくしたり、画像の色合いを変えたりすることができる。このプログラムと前記の拡大縮小プログラムは共通部分が多いため、まとめて1本のプログラムとして開発した。図5.4はそのプログラムにおけるデータの流れを示したものである。プログラムが起動されると、まず各種パラメータについて聞いてくるので、それらをキーボードより入力し、パラメータファイルに格納する。すべてのパラメータの入力が終わると次に画像データがファイルから読み出され、必要な処理が施され、画像メモリに書き込まれて、ディスプレイで表示される。

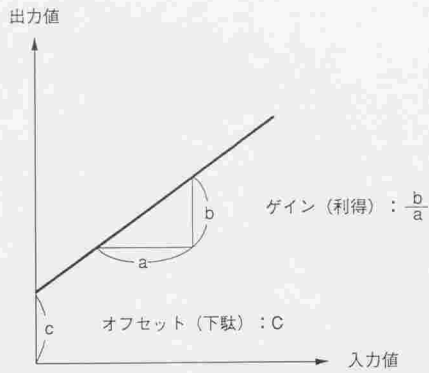


図 5.3 ゲインとオフセット

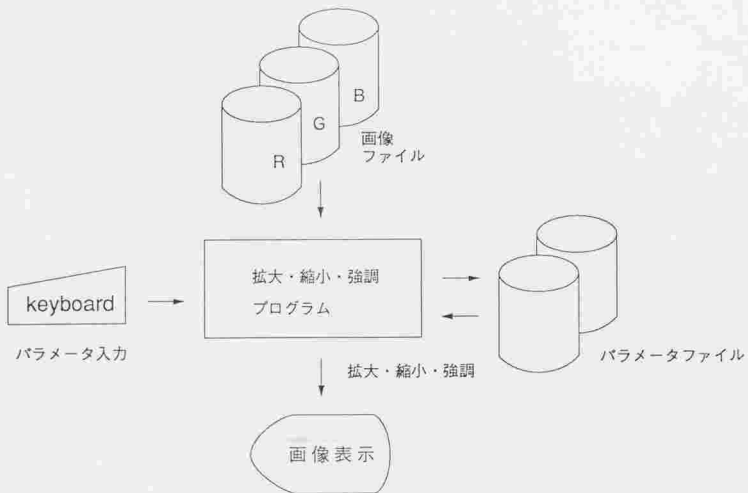


図 5.4 プログラムでのデータの流れ

c. アフィン変換プログラム

一般に違った方向から撮影した写真は、アフィン変換により重ね合わせることができる。基準画像の座標系 $xy$ から任意の画像の座標系 $uv$ へアフィン変換する変換式を次に示す。

$$\begin{cases} u = ax + by + c \\ v = dx + ey + f \end{cases} \quad (5.1)$$

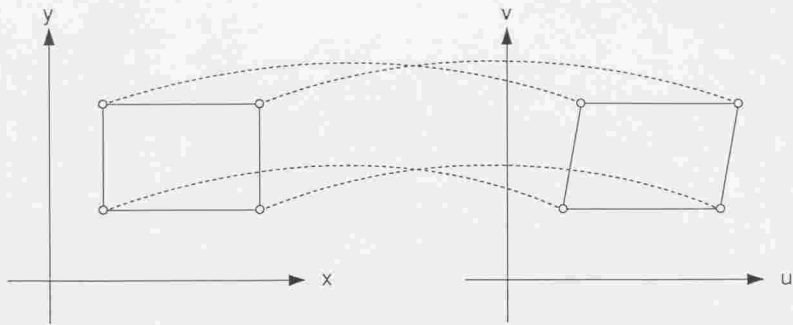
図 5.5 はアフィン変換式により、 $xy$ 座標系上の点が $uv$ 座標系上の点に変換される様子を示したものである。このようにアフィン変換とは、平行性は保存されるが、角度は保存されない変換である。アフィン変換式における未知係数は、画面像における既知の点(GCP)の座標値から求めることができる。

図 5.6 はこのアフィン変換式を用いてアフィン変換を行なう方法を示したものである。変換して新しく作りたい画像の座標系を $xy$ とし、変換される画像の座標系を $uv$ として、 $xy$ 座標系における格子上的点の位置を $uv$ 座標系にアフィン変換式を用いて変換する。次に変換された位置での画素値を $uv$ 座標系でバイリニア法で求め、その値を元の $xy$ 座標系における格子上的点の位置での画素値とする。

このようにして、 $xy$ 座標系におけるすべての格子上的点の画素値が求まると、1枚の画像がアフィン変換されたことになる。以上で述べた方法で1枚の画像を他の方向から撮影した画像にアフィン変換で重ね合わせることができるが、図 5.7 はこの間の処理を簡単に説明したものである。

次にこのアフィン変換プログラムを用いてアフィン変換した例を示す。図 5.8 は伊豆半島の断層図であるが、この図をスキャナで走査し、デジタル化したものが図 5.9 である。

次にこの図をアフィン変換し、写真 5.3 の伊豆半島の正射写真画像と重なるようにしたものが図 5.10 である。写真 5.1 と写真 5.2 は、このようにして作られた伊豆半島の断層図と活断層図のアフィン変換後の写真で



$$\begin{cases} u = ax + by + c \\ v = dx + ey + f \end{cases}$$

図 5.5 アフィン変換

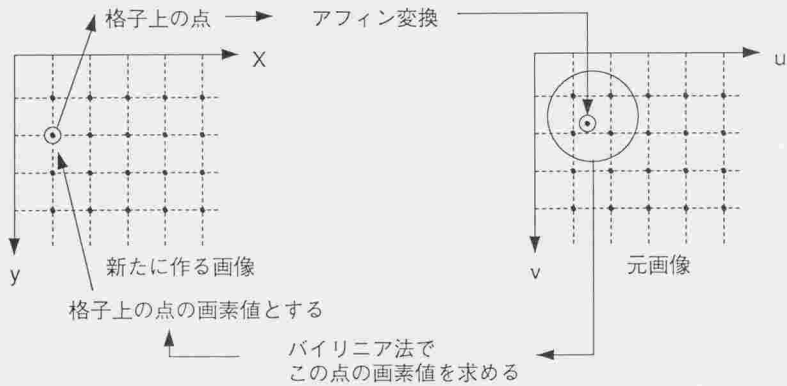


図 5.6 アフィン変換の方法



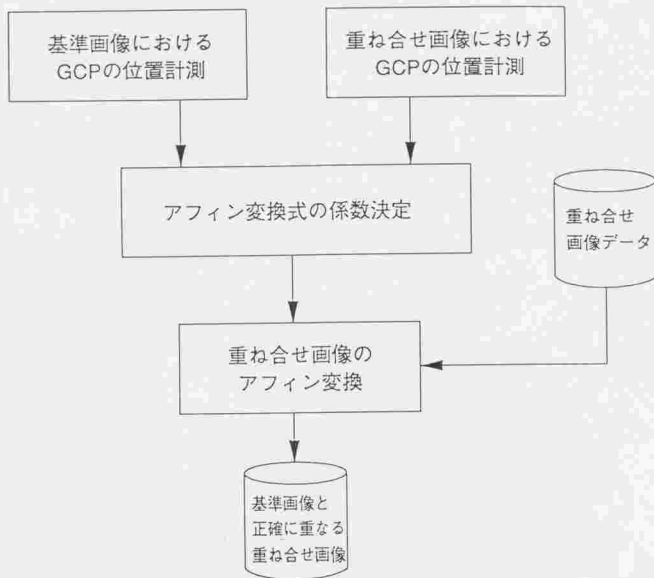
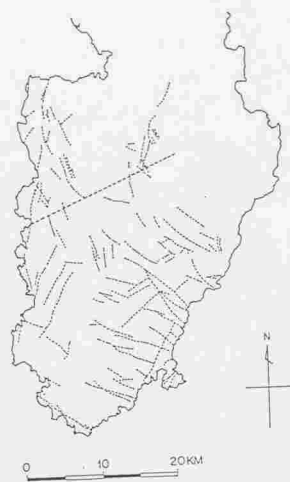


図 5.7 アフィン変換による画像の重ね合せ法



(伊豆半島地質調査資料  
 (資料番号: 1987) 頁 25)

図 5.8 伊豆半島の断層図



図 5.9 デジタル化画像

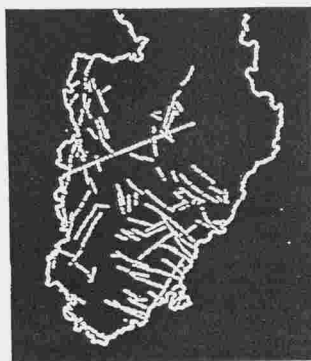


図 5.10 アフィン変換画像



写真 5.1 伊豆半島の断層図



写真 5.2 伊豆半島の活断層図



写真 5.3 伊豆半島の正射写真画像



写真 5.4 重ね合せ画像

あり、これらの写真と写真5.3の伊豆半島の正射写真画像を重ね合わせて同時に表示したものが写真5.4である。この写真から、2枚の図形のアフィン変換が正確に行なわれ、3枚の画像が正確に重なっていることが確かめられる。

d. 画像間の演算処理プログラム

同一サイズの2枚の画像における対応画素間、または画像と定数の間で演算を行うプログラムを開発した。演算の種類は四則演算とANDとORである。これらの演算は、たとえば画像間の加算は画像の重ね合わせに用いられ、減算は変化した部分を検出する時に用いられ、乗算や除算は異なるスペクトルの画像間で行ってある種の特徴を強調するために用いられる。出力は0~255(8ビット)とし、演算結果が0以下の場合には0、255以上の場合は255に固定した。

e. 縮小画像を用いた切り出し場所選定プログラム

ディスプレイに表示できる画像の大きさが400×400画素と限られているので、これより大きな画像の場合は、どの部分を表示するのかを選定する必要がある。ここでは、画像全体を縮小して400×400画素以内とし、もとの画像で400×400画素の大きさに相当するボックスカーソルと共に表示し、そのボックスカーソルを縮小画像上でマウスで移動して、切り出し場所を選定するプログラムを開発した。立体画像のそれぞれから対応する部分を切り出し、立体表示または重ね合わせ表示を行うことができる。切り出す画像の位置の微小な変更は、キーボード入力で行うこともできるようにした。

### 5.3 DEMを用いた任意B/H比立体画像の作成

4章における実験結果より、立体画像からのリニアメント抽出にはその地域の地形の傾斜に最適なB/H比の立体画像を用いることが非常に大切なことが判った。そこでここでは、DEMを用いて1枚の画像からこのような立体画像を作成するプログラムを開発した。図5.11はこのプログラムの流れ図である。立体画像作成時間を短縮するため地表面の観測は、十分遠くにあり、東西方向に置かれたリニアアレイセンサで1ライン毎に行うものとした。従って地表面では光束の方向が平行となる。また地球の湾曲を無視した。光束の方向を選んでこのプログラムで2枚の画像を作ることにより、任意B/H比の立体画像を作成することができる。写真5.5と5.6はこのようにしてLANDSATのTM画像から作成したB/H比1.0の屋久島の立体画像である。

SPOTやJERS-1からはもともと立体画像が取得できるが、SPOTには2枚の画像を異なった日に取得しなければならないので、画質や雲の位置等に違いが生じるという問題があり、JERS-1にはB/H比が固定で0.3であるとか、画像を寝かさないと立体視できないといった問題がある。写真5.7と写真5.8は4章で示した方法で作成した伊豆半島のJERS-1模擬立体画像である。南北方向に飛行する人工衛星に前後視方式のステレオセンサを搭載して立体画像を取得すると、このように南北方向を横にして置かないと立体視できない立体画像が得られる。実験の結果このような立体画像からも、4章で示した北が上の立体画像の場合と同様にリニアメントの抽出が可能であるが、他の地図等と比較する場合に不便である。一枚の画像からここで開発したプログラムで立体画像を作成すると、任意B/H比で北が上のきれいに立体視できる立体画像が得られるので、地形情報が必要な解析作業には、このような立体画像の方が便利である。

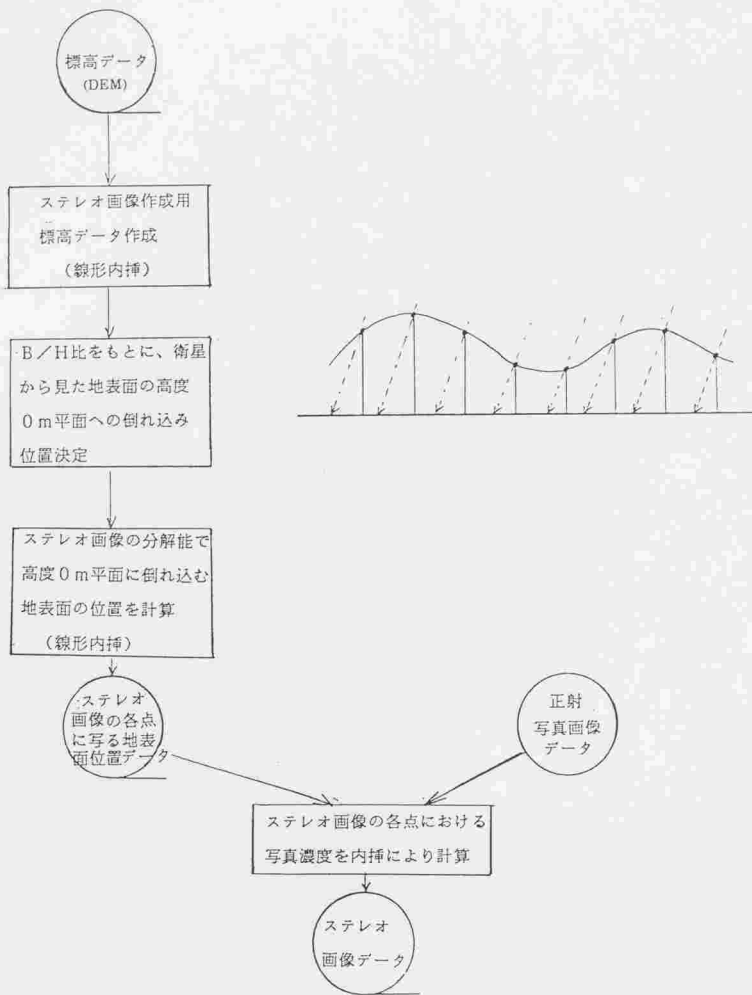


図 5.11 立体(ステレオ)画像作成作業の流れ

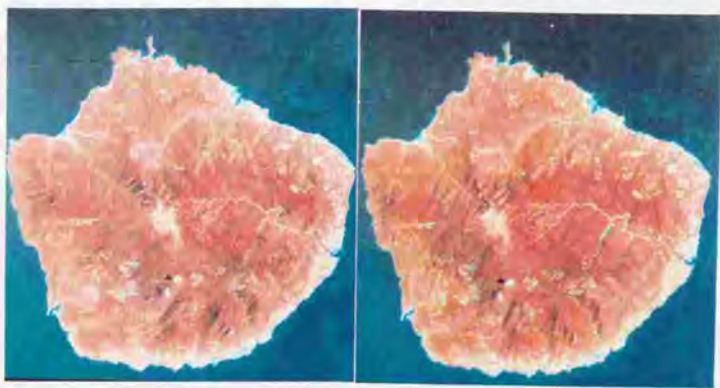


写真 5.5 屋久島の左画像

写真 5.6 屋久島の右画像  
(B/H=1.0)

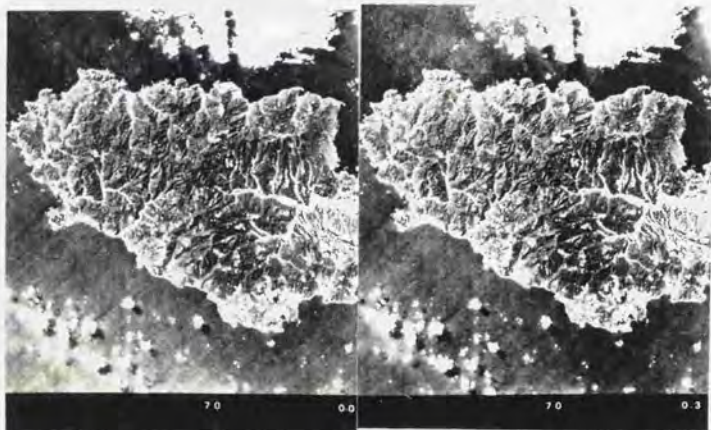


写真 5.7 JERS-1 模擬直下視画像

写真 5.8 JERS-1 模擬前方視画像  
(B/H=0.3)

#### 5.4 画像と各種情報の重ね合わせ立体表示 (74)

画像や地図データを重ね合わせて、各種解析を行うシステムとして、地理情報システム(GIS)の研究開発が現在活発に行われているが、(75) これらのシステムには三次元ディスプレイがないため、地形情報は等高線で表示するしかなく、詳細な地形情報の表示が困難である。しかし前節で述べた方法で一枚の画像を立体画像に変換し、三次元ディスプレイで立体視すると、画像情報と詳細な地形情報が同時に得られ、地形に関する正確な解析が可能となる。だがこの場合、画像情報にさらに重ね合わせたい情報があると、それらの情報も立体画像に変換する必要が生ずる。ここでは画像といくつかの情報を重ね合わせて立体表示する方法について検討する。

画像と各種の情報を重ね合わせて立体表示する場合、それらの情報を重ね合わせたステレオペアを作る必要があるが、その作り方としては次の2つが考えられる。

- 1) 1枚の画像と各種情報を重ね合わせた上、そのステレオメイト(ステレオペアを構成するもう一方の画像)を作成する。
- 2) 画像と各種情報を書き込んだ複数の図形について別々にステレオメイトを作り、それらのステレオペアを重ね合わせる。

1)の方法は、画像や図形を記憶するメモリ量は少なくてすむが、違った組合せの重ね合わせ画像を作るたびにステレオメイト作成作業を行わねばならないので、処理時間がかかる。2)の方法は、画像や図形をステレオペアで記憶するため、必要メモリ量は多くなるが、あとの重ね合わせステレオペアの作成は容易である。この検討では2)の方法を用いた。図5.12はステレオメイトの作成法である。数値標高モデル(DEM)を用いて、正射写真画像のステレオメイトを本立体画像処理システムで作成している。図5.13は3組のステレオペアの重ね合わせ表



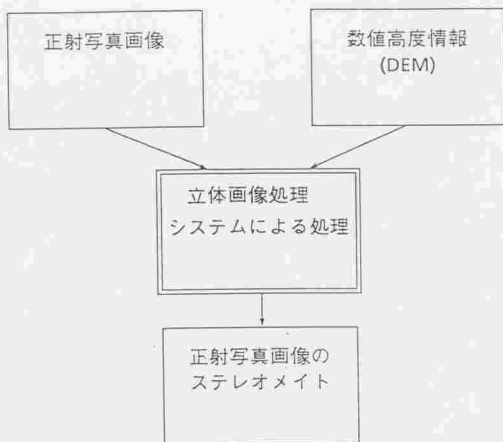


図 5.12 ステレオメイトの作成法

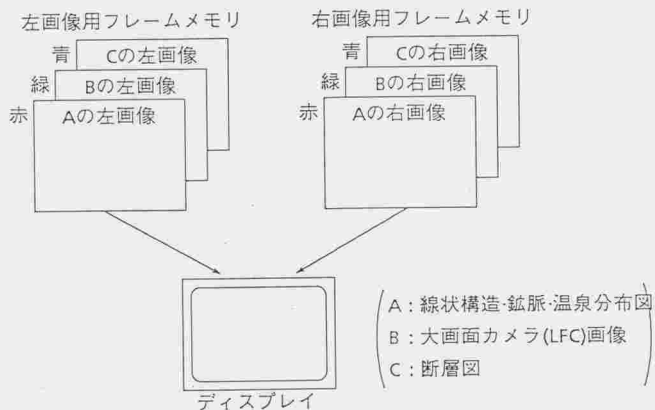


図 5.13 3組のステレオペアの重ね合せ表示例

示例を示したものである。ここでは、A,B,C,3組のステレオペアが、左画像用フレームメモリと右画像用フレームメモリの赤,緑,青の各バンドにそれぞれ記憶される様子を示している。この状態で左画像用フレームメモリの内容と、右画像用フレームメモリの内容を交互にディスプレイに表示し、ディスプレイと同期した液晶シャッターメガネで観測すると、3組の画像を同時に立体視することができ、3組の画像の重ね合わせ立体映像を得ることができる。このA,B,C,3枚の画像として、図4.12に示したりニアメント・鉱脈・温泉分布図,写真5.3に示した伊豆半島の正射写真画像,図4.8に示した伊豆半島断層図を用いると、左画像,右画像それぞれの重ね合わせ画像は写真5.9と写真5.10に示したものとなる。写真5.11は、これらの画像を交互表示したものであり、この表示を液晶シャッターメガネを通して観測すると、ディスプレイ上の画像を直接立体視することができる。写真5.12は図5.13における画像Aとして図4.7に示した活断層図を用い、また、画像Cを、青と赤の両方で表示して見やすくした重ね合わせ画像の交互表示である。なお、これまでの例では、ステレオメイトを基線高度比が0.3となるように作ったが、他の任意の値で作ることも可能である。

このように、このシステムを用いると、各種情報を重ね合わせた上立体的に見れるので、重ね合わせ情報の上にさらに詳しい地形情報を加えることができ、より総合的な判断ができるようになる。

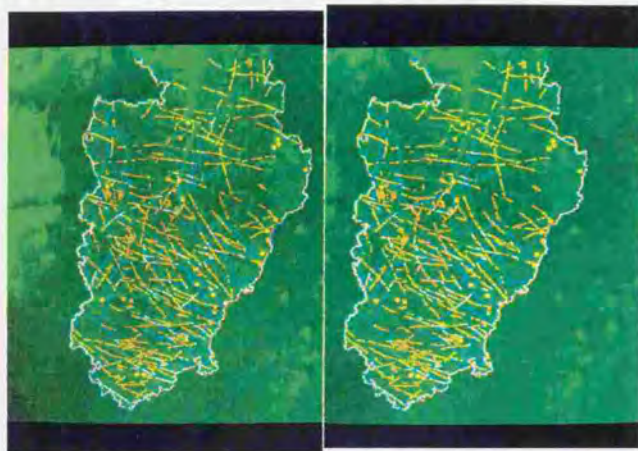


写真 5.9 左画像の重ね合せ

写真 5.10 右画像の重ね合せ  
( $B/H=0.3$ )

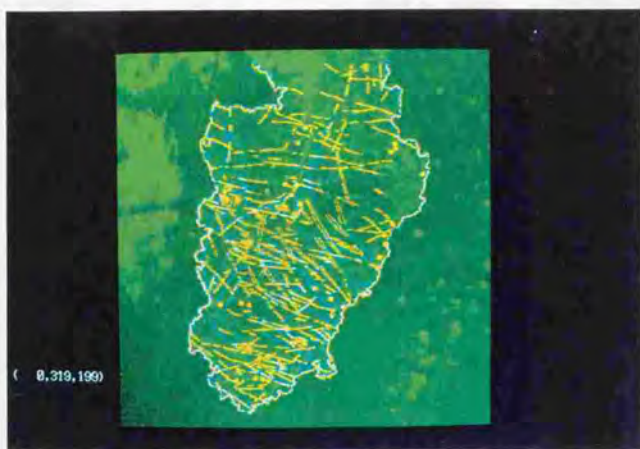


写真 5.11 重ね合せ画像の交互表示 (1)

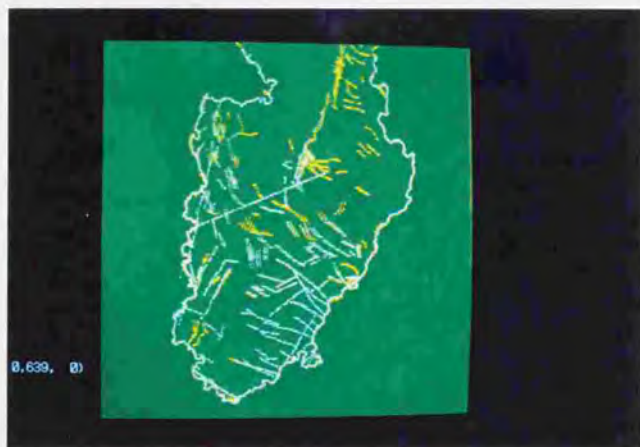


写真 5.12 重ね合せ画像の交互表示 (2)

## 5.5 立体画像の資源探査への応用 (76)

ここまで説明してきた立体画像処理システムのソフトウェアを用いると、立体画像からの資源情報抽出が非常に有効に行えるようになるが、その方法を図5.14を用いて説明する。

図において、立体画像(1)からDEM(2)を抽出し、そのDEMを用いて画像・写真(3)を同じ縮尺の正射写真画像に変換する。この変換は4章の図4.1と図4.13で示した方法で行うことができる。DEMの抽出は地形図の等高線から行ってもよい。画像と重ね合わせたい既知鉱山の位置、国境線、主要道路網等の地図(4)はアフィン変換で正射写真画像と重ね合わせる。これらの同じ縮尺の正射写真画像と地図(5)から、4章の図4.2で示した方法で、DEMを用いて最適B/H比の立体画像と立体地図(6)を作成し、これらの中から場合に応じて最適な画像と地図を選択し、重ね合わせ立体画像(7)を作成し、三次元ディスプレイに表示して、地下資源に関する情報(8)を抽出する。

このようにここで示した方法を用いると、各種の画像・写真や地図を重ね合わせ、任意B/H比の立体画像として観測できるので、資源探査に関する情報を抽出する上で非常に有効である。

前節の写真5.9と5.10はこのようにして作成した重ね合わせ立体画像の一例である。この立体画像を立体視すると、既知の断層と鉱脈と温泉が立体画像から抽出されたリニアメントと共に地表面に描かれた状態で観測できるので、地下における地層の推定を、従来より大変容易に、高精度に行うことができる。

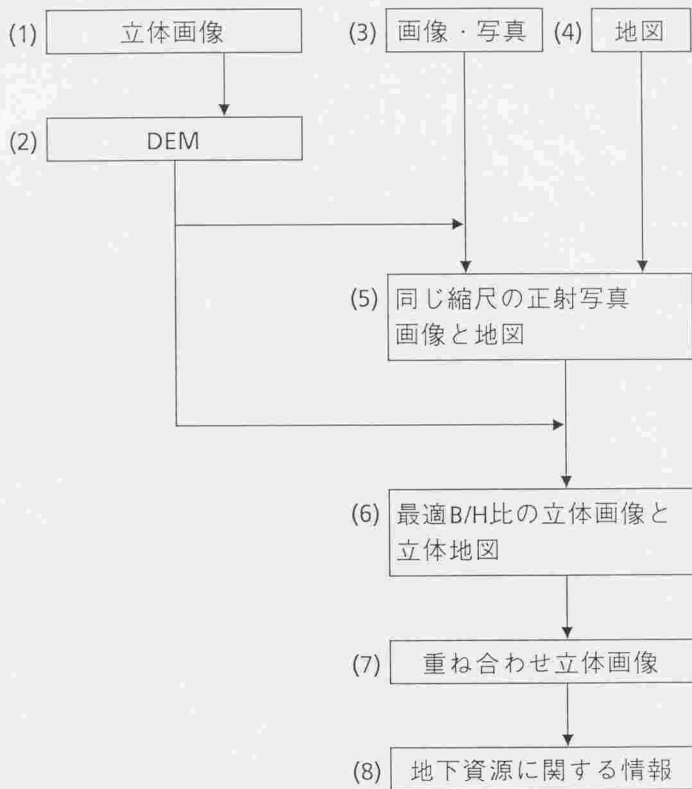


図5.14 重ね合わせ立体画像を用いた資源情報抽出法

## 5.6 立体画像のルート選定への応用

立体画像の他の応用例として、ここではルート選定への応用について述べる。高圧の送電線や長距離の道路等のルート選定には広域の情報が必要であり、これまで衛星画像や空中写真が用いられてきた。(77) また、このようなルート選定では地形情報が特に重要であり、DEMを中心にしたルート選定の試みも報告されているが、(78) 一般的には解析図化機や反射実体鏡で立体写真を実体視したり、地形図の等高線を用いたりして地形情報を得ている。三次元ディスプレイを持つ本立体画像処理システムは、このようなルート選定作業にも大変適しており、ここでは一例として、マイクロ波通信ルート選定作業をこのシステムで行う方法について述べる。

マイクロ波通信は、山の上に設置された中継用のパラボラアンテナを次々と経由して行われるが、新しいルートを開設する時、中継用のアンテナをどこに設置するかは難しい問題である。マイクロ波は直進するので、中継用の2つのアンテナ間に見通しがあること(2点を結ぶ直線上に邪魔物がないこと)が必要であるが、見通しがあっても途中で高い山があったり、反射点(マイクロ波が一度地表面に当り、反射して先方のアンテナに達する経路の地表の点)の反射係数が水面のように大きかったりすると通信品質が悪くなる。これまでこのような検討は、等高線地形図のある所では等高線から各ルート直下の地形断面図を作成し、ない所では現地に出かけて行って実地測定をして行われていたが、非常に多くの時間と費用を要する大変な作業であった。しかしこのような三次元的な位置の検討には本システムが最適であり、本システムを用いてこのような検討の時間と費用を大幅に削減することができる。

パラボラアンテナ設置場所の選定には、マイクロ波通信品質だけでなく、アンテナ設置場所の基盤の強さ、資材搬入や建設、保守時の通行の容易さなども考慮しなければならないが、ここでは立体画像に断層と活断層の位置を重ね合わせて表示し、このような検討の一助とした。写真5.13は

重ね合わせ立体画像を60Hzで交互表示しているところであり、画像は緑、断層は黄、活断層は青で表示されている。この表示を液晶シャッターメガネをかけて観察すると、断層と活断層は画像の地表面に沿って描かれているように見える。これらの断層情報や、水面や主要道路等の画像から得られる情報を参考にして、立体像を眺めながらアンテナ設置候補地を決定する。2つの候補地間のマイクロ波通信品質は、写真5.14に示したように、2点間を直線で結び、直線直下の地形の状態を目で観察することによりだいたい知ることができるが、もしその地域のDEMがあれば、直線直下の地形断面図を自動的に抽出することもできる。写真5.14では、この地形断面図を青い格子と共に描いた白い線で示している。このようにこのシステムを用いると、アンテナ設置の候補地を大幅に絞ることができ、アンテナ設置場所選定のための時間と費用を大幅に削減することができる。

このようにこのシステムには立体画像に対する情報の入出力機能があるので、このようにして会話形式で作業を進めてゆくことが可能であり、作業効率を大幅に高めることができる。



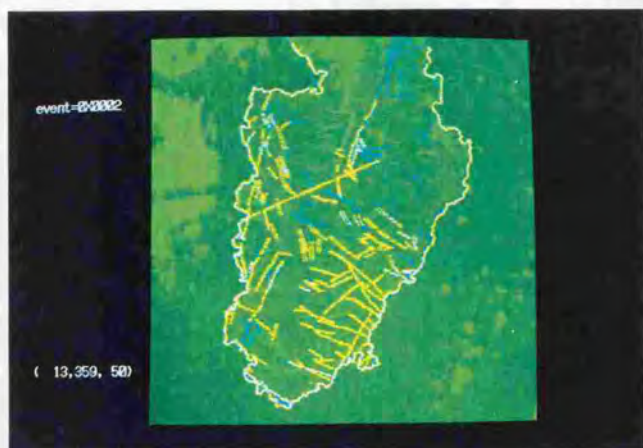


写真 5.13 断層と活断層を重ね合せた立体画像

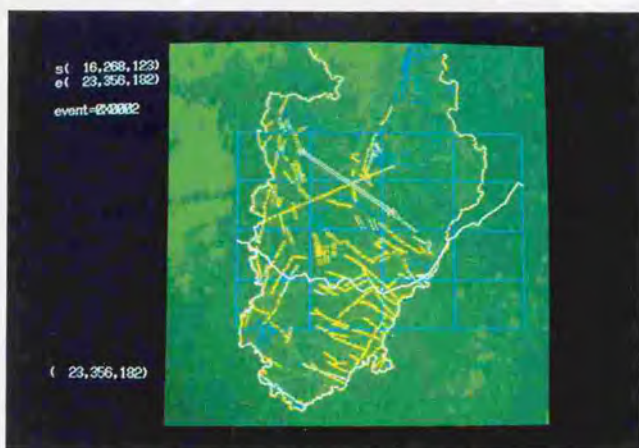


写真 5.14 マイクロ波通信ルートの選定と直下の地形断面図作成

## 5.7 まとめ

従来の画像処理システムには三次元ディスプレイがなく、立体画像の処理ができないが、三次元地形計測を目的として開発した立体画像処理システムの上に一般の立体画像処理機能を開発し、立体画像の新たな利用法について検討した。

ここで開発した一般画像処理機能は以下のものである。

- 1) 汎用立体画像処理機能
  - i) 拡大・縮小 機能
  - ii) 画像強調機能
  - iii) アフィン変換機能
  - iv) 画像間の演算処理機能
  - v) 縮小画像を用いた切り出し場所選定機能
- 2) DEMを用いた任意B/H比立体画像作成機能
- 3) 画像と各種情報の重ね合わせ立体表示機能

これらの機能を用いて下記立体画像の応用実験を行った。

- 1) 立体画像の資源探査への応用
- 2) 立体画像のマイクロ波通信ルート選定への応用

これらの実験の結果、本システムが地形情報を必要とする多くの分野で極めて有効に利用できることが判った。

## 6. 結論

本研究で得られた結論を以下に述べる。

1) デジタル立体画像から地形情報を抽出するデジタル立体画像処理システムを開発した。その特長は従来のシステムと比較して次の優れた機能を有することである。

(i) 立体画像に対する入出力が容易にできる。

三次元グラフィックディスプレイのグラフィック画面と立体画像を重ね合わせて表示する立体画像表示モジュールを開発したが、このモジュールには立体画像に対するマンマシンインターフェースの強力な能力がある。このモジュールを用いると、立体画像上の任意の点の三次元位置計測やマニュアルによる等高線描画がマウスで容易に行うことができる。

(ii) 簡便な操作で高精度な出力が得られる。

計算機が自動的に決定したステレオ対応点を立体画像と共に立体画像表示モジュールに表示し、自動決定の誤りを目視で検査、修正できるので、最終出力の精度を大幅に高めることができる。またこの検査、修正には熟練を要しないので、誰にでも容易に高精度地形情報の抽出ができる。

(iii) システム構成がシンプルである。

液晶シャッターメガネを用いた時分割式三次元ディスプレイの採用により、モニタが一台で良く、システム構成が大変シンプルになった。またモニタを2台使った時に起る、2台のモニタの位置精度や、経年変化による表示位置のずれ等の問題もなくなった。

(iv) システムの取り扱いが容易で安価である。

パーソナルコンピュータを中心とした安価な汎用機器で構成

しているので、システム価格は数百万円程度と大変安く、かつ容易に使いこなすことができる。

- (v) 衛星データを直接取り扱うことができる。

解析図化機の場合のように、デジタル形式の衛星画像をフィルムに焼く必要がないため、フォトプリンタが不要であり、余分な工数がかからず、また新たな歪み加わることもない。

- (vi) 複数の人が同時に立体視できる。

本システムでは4人までが同時に立体視できるため、意見交換や教育に大変便利である。

2) 本研究で開発したデジタル立体画像処理システムの応用可能性と有用性を確認するため、次の二つの応用研究を行った。

- (i) 立体画像のB/H比と抽出可能なリニアメントに関する研究を行い、リニアメント抽出に最適なB/H比が対象地域の地形の険しさによって変ること、B/H比が不適当な場合、抽出できるリニアメントの量が最適な場合の半分程度になること等が判明した。これは本システムが地質学への応用に利用可能であることを示すものである。

- (ii) マイクロ波通信ルートのルート選定をケーススタディとして、本システムの利用を試みた結果、地形情報が重要な役割を果たす設計作業においては、三次元的情報を常に把握しながら詳細検討ができる利点が明らかにされた。

以上を要するに、本研究はパーソナルコンピュータに液晶シャッターメガネの時分割式三次元ディスプレイのハードウェア、およびその利用を容易にするソフトウェアの開発を独自に行ったものであり、二、三の応用例によりその有用性を検証したものと見える。

今後の研究課題としては、三次元地形情報抽出ソフトウェアをさらにユーザが使いやすいものとして、世界各地への普及を図ること、本システムをローカルエリアネットワーク(LAN)の中に組み込み、機能の大幅な向上を図ること、本システムの工場や野外における一般三次元計測への応用について検討すること等がある。

[参考文献]

第1章 参考文献

- (1) 土屋 清, 建石, 信田; LANDSATステレオ画像による3次元座標測定の実験; 写真測量学会年次講演会, PP39~42, 1984
- (2) 大嶋 太市, 宮下, 他3名; スペースラブによる宇宙写真の標定と精度に関する検討; 写真測量学会年次講演会, PP85~88, 1985
- (3) Frederick J. Doyle, 訳 村井 俊治; スペースシャトル搭載用大画面カメラ; 写真測量とリモートセンシング, Vol.16, No.4, PP26~30, 1977
- (4) 村井 俊治; 宇宙からの地形の3D計測と画像処理; PIXEL, 1984年5月号
- (5) 村井 俊治, 柴崎 亮介; リニアアレイセンサによる数値地形モデルの自動作成に関するシミュレーション; 写真測量とリモートセンシング, Vol.23, No.3, PP13~21, 1984
- (6) 内田 修; ステレオSPOT画像の標定と自動計測; 写真測量とリモートセンシング, Vol.28, No.3, PP30~41, 1989
- (7) Bertrand Galtier, 訳 建石 隆太郎; SPOT画像を用いた1:50,000地形図の作成; 写真測量とリモートセンシング, Vol.27, No.1, PP45~49, 1988
- (8) 秋山 実; SPOT画像を用いた地図作成技術; 写真測量とリモートセンシング, Vol.28, No.3, PP24~29, 1989
- (9) 竹内 章司; スポット画像による地図作成の海外における事例; 写真測量とリモートセンシング, Vol.28, No.3, PP19~23, 1989
- (10) 荒木 春視; EWS処理でSPOT衛星DTM作成; 写真測量とリモートセンシング, Vol.30, No.1, PP48~49, 1991

- (11) 秋山 政幸 ; NCMシステムにおけるDTMの作成及び、それを用いた地形シミュレーション ; 第3回AUTOCARTO JAPAN, PP89~92, 昭62
- (12) スキット ヴィセシン ; 等高線地形地図の断面走査によるDTMの自動作成 ; 第4回AUTOCARTO JAPAN, PP36~41, 1988
- (13) スキット ヴィセシン, 村井, 柳田 ; ラスター化地図データからの等高線認識 ; 写真測量学会年次講演会, PP113~116, 1988
- (14) 梶原 康司, 建石 ; 地形図コンター版を用いた標高値付与 ; 第4回AUTOCARTO JAPAN, PP42~46, 1988
- (15) 稲葉 和雄 ; 等高線からDTMを作成する時の特徴 抽出法 ; 写真測量学会秋学会, PP61~64, 1990
- (16) 星 仰, 森 ; 画像処理による等高線の接続法 ; 写真測量学会秋学会, PP65~68, 1990
- (17) 平田 渥美, 鈴木 ; 3次元ディスプレイ種々の方式とテレビジョンへの応用一 ; テレビジョン学会誌, Vol.41, No.7, PP610~618, 1987
- (18) 大越 孝敬 ; 三次元画像工学 ; 産業図書, 昭和47年
- (19) 日下 秀夫 ; 3次元画像技術の動向 ; 電子情報通信学会誌, Vol.74, No.6, PP577~584, 1991
- (20) 瀬川 哲, 井上, 熊本 ; 3次元ステレオ・グラフィック・システムの試作 ; 第1回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム, PP101~104, 1985
- (21) 西川 進 ; 立体視CGシステムのシミュレーション ; NIKKEI COMPUTER GRAPHICS, 1986年12月号, PP100~110
- (22) 正路 徹也 ; パソコンによる対話型3次元立体視法 ; NIKKEI COMPUTER GRAPHICS, 1987年9月号, PP124~129

- (23) Richard DeHoff, Ph, D ; 次世代の三次元コンピュータ・グラフィックス ;  
ソニー・テクノロジクス大崎ニューシティ-CGセンタ開設記念セミナー,  
PP1~8
- (24) 出澤 正徳 ; 立体視技術とその動向 ; 情処講演会資料, Vol.89, No.3,  
PP11~17,  
平成元年
- (25) 日下 秀夫 ; 3次元情報の基礎 ; テレビジョン学会誌, Vol.41, No.7,  
PP604~609, 1987
- (26) 尾崎 幸男 ; 写真測量 ; 森北出版K.K., 1984
- (27) M. Boulianne, P. - A. Gagnon, J. - P. Agnard, C. Nolette ; Large Scale  
Map Revision Using a PC - Based Videoplotter ; ISPRS TSUKUBA,  
PP273~279, 1990
- (28) P. LOHMANN, G. PICHT, J. WEIDENHAMMER, K. JACOBSEN, L.  
SKOG ; The design and development of a digital photogrammetric  
stereo workstation ; ISPRS Journal, 44, PP215~224, 1989
- (29) 大谷 仁志 ; ステレオ画像解析システム ; 映像情報, Vol.21, No.25,  
PP49~54, 1989
- (30) 加藤 愛雄 他 ; リモートセンシング・ノート ; 技報堂出版K.K., 昭50
- (31) 村井 俊治 他 ; 画像の処理と解析 ; 共立出版K.K., 昭56
- (32) 辻内 順平 他 ; 応用画像解析 ; 共立出版K.K., 昭56
- (33) 森山 欽司 他 ; REMOTE SENSING ; キヤノンK.K., 昭49



- (34) 土屋 清, 建石, 智 ; ランドサットデータによる朝鮮半島北部のリニアメントに関する研究 ; 日本リモートセンシング学会誌, Vol.4, NO.3, PP35~46, 1984
- (35) 古宇田 亮一, 小川, 嶋崎, 佐藤, 小野 ; ランドサットMSS画像のデジタル処理による九州南部の地形・地質構造解析 ; 日本リモートセンシング学会誌, Vol.4, No.4, PP5~24, 1984
- (36) 岩下 篤, 下田, 坂田 ; TMデータによるリニアメント抽出の最適化 ; 写真測量とリモートセンシング, Vol.30, No.2, PP17~24, 1991
- (37) 堀 義直 ; 立地・環境調査のためのリモートセンシングシステム ; 電力土木, No.158, PP2~7, 昭和54年
- (38) 竹下 信也 他 ; リモートセンシング技術の現状と電気事業への適用 ; 電気学会技術報告, II部第204号, 昭和60年

第2章 参考文献

- (39) 森 宣彦, 村井, 川上, 瀬川, 伊藤 ; 立体画像処理システムの開発とその応用 ; 写真測量とリモートセンシング, Vol.30, No.1, pp24~29, 1991
- (40) ソニー・テクトロニクスk.k. ; 活き活き感動の立体像,新製品4126型; ソニー・テクトロニクスk.k. カタログ, 1987
- (41) 岩崎 賢二 ; 立体視技術の医療分野への応用 ; 情処講習会資料, Vol.89, No.3, pp19~27, 1989
- (42) 日本電気k.k. ;  $\mu$ PD 7220A, GDC ; 日本電気k.k.ユーザーズ・マニユアル, 1989
- (43) 日本電気kk ; MS-DOSTM 3.3Bプログラマーズリファレンスマニユアル Vol.2 ; 日本電気k.k.
- (44) Nobuhiko Mori, Murai, Kawakami, Segawa, Ito ; PC-based three dimensional measurement system using liquid crystal shutter glasses ; ISPRS 筑波, pp414~421, 1990
- (45) 森 宣彦, 岩下, 村井 ; パソコンシステムによる等高線抽出実験; 写真測量学会秋学会, pp41~46, 1990

第3章 参考文献

- (46) 村井 俊治, 河合 ; 空中写真ステレオ画像の自動認識とDTMの自動作成 ; 写真測量学会年次講演会, PP13~18, 1983
- (47) Nobuhiko Mori, Murai, Kawakami, Segawa, Ito ; A personal computer system for processing of digital stereoscopic imagery ; The tenth ACRS, PP. Q-6-1~Q-6-6, 1989
- (48) 森 宣彦, 田川, 村井 ; 立体画像処理システムを用いた三次元計測 ; 写真測量学会秋学会, PP95~100, 1991
- (49) D. Marr, T. Poggio ; A Theory of Human Stereo Vision ; A. I. Memo, No.451, MIT, AIL, Nov.1977
- (50) 海野 展靖, 森, 服部 ; ステレオマッチングにおける多段階内挿法の実験的検討 ; 写真測量学会年次講演会, PP49~54, 1987
- (51) 森 忠次, 服部, 内田 ; 分割画像ごとの相関法による空中写真からの自動図化 ; 写真測量とリモートセンシング, Vol.24, No.1, PP13~22, 1985
- (52) 大谷 仁志, 服部, 村井 ; サポート関数によるエッジのマッチング ; 写真測量学会年次講演会, PP59~62, 1987
- (53) 服部 進, 村井, 大谷 ; 膜の歪エネルギー最小によるステレオマッチング ; 写真測量学会年次講演会, PP91~98, 1988
- (54) 建石 隆太郎 ; ランダム配置データから格子データへの変換 ; 写真測量とリモートセンシング, Vol.24, No.3, PP3~13, 1985
- (55) 長尾 真, 向井, 杉村, 綾部, 新井, 中沢 ; 衛星データによる高度算出における異常高度点対応策の研究 ; 写真測量学会年次講演会, PP87~90, 1988

- (56) 森 宣彦, 岩下, 榊田, 村井 ; 立体視画像における高さ計測精度の推定 ; 写真測量学会秋学会, PP15~20, 1989
- (57) J. Saastamoinen ; Refraction ; Photogrammetric engineering, PP799~810, 1972

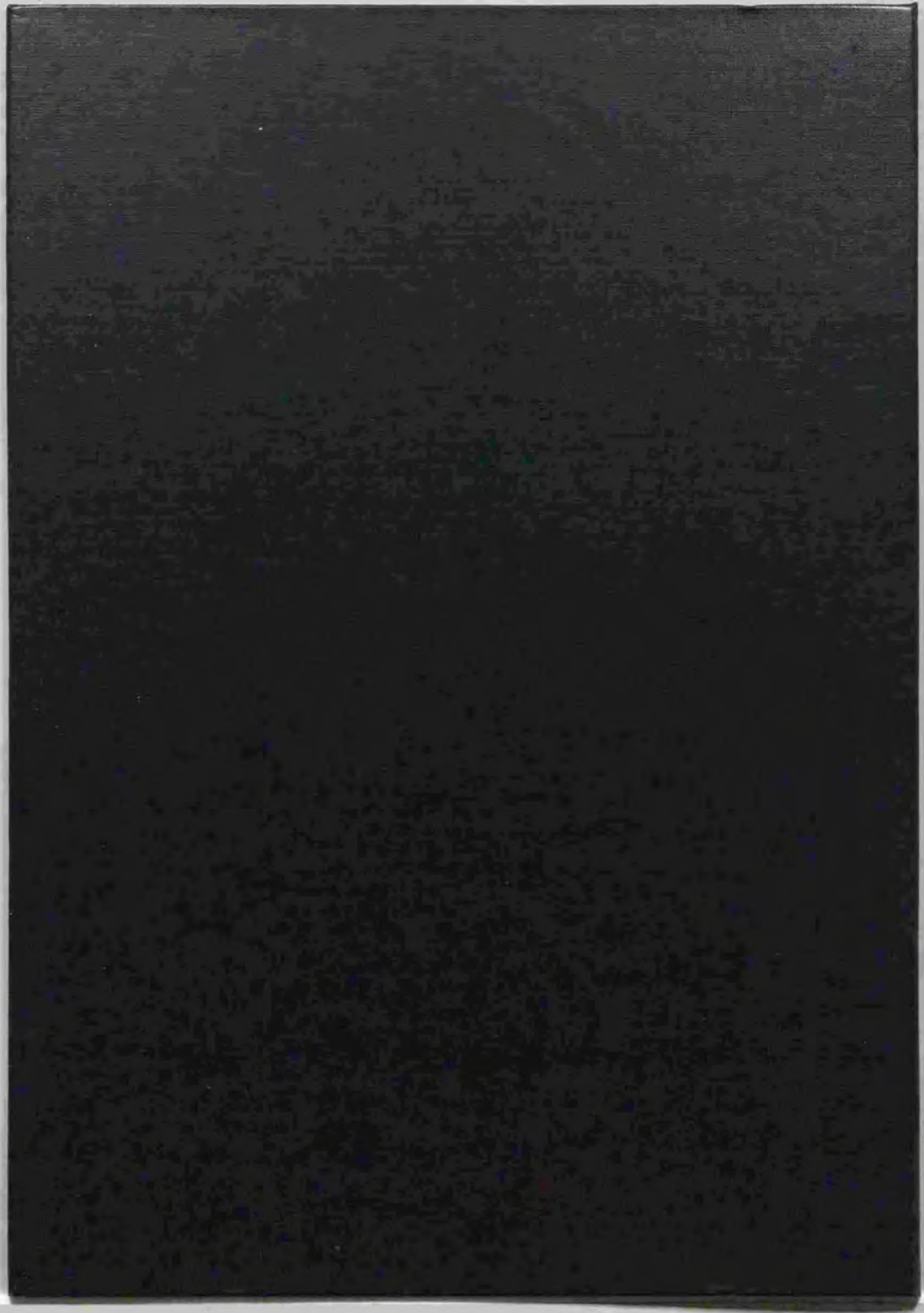
第4章 参考文献

- (58) Nobuhiko Mori, Takaoka, Tonoike, Komai, Murai ;  
Investigation of the effectiveness and applications of Japanese  
ERS-1 stereoscopic images ; ISPRS Kyoto, Vol.27, Part B1,  
Com.1, pp109~119, 1988
- (59) 森 宣彦, 駒井 ; ERS-1模擬立体視画像の作成と評価 ; 写真測量学会  
秋学会, pp117~122, 1988
- (60) 森 宣彦, 高岡, 榊田, 村井 ; 立体画像のB/H比と抽出可能なリニア  
メントに関する研究 ; 日本写真測量学会誌 応募中
- (61) 金 定圭, 下田, 坂田 ; LANDSATと標高データを併用したリニア  
メント抽出 ; 写真測量学会年次講演会, pp143~146, 1984
- (62) 水落 幸広, 広瀬 ; 各種画像におけるリニアメントの比較と評価 ;  
写真測量学会年次講演会, pp129~131, 1985
- (63) 資源観測解析センター ; 資源探査のためのリモートセンシング実用  
シリーズ別冊 用語辞典 ; 資源観測解析センター, 1989
- (64) 山口 靖 ; リニアメント解析における低俯角SAR画像の照射方向の  
効果 ; リモセン学会誌, Vol.4, No.1, pp5~15, 1984

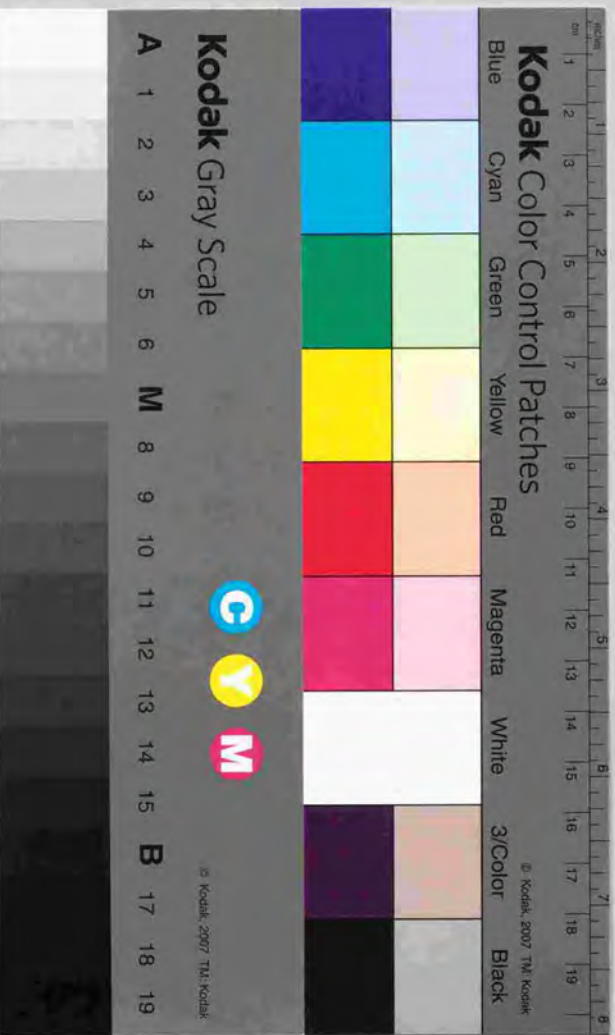
第5章 参考文献

- (65) 反町 義興 他 ; LANDSATデータ画像解析システムELIAS ;  
日本電気技報, No.136, pp92~96, 1980
- (66) 花木 真一 ; リモートセンシングにおけるデジタル画像処理 ;  
光学, 第10巻, 第4号, pp228~236, 1981
- (67) 福泉 圭一 他 : 合成開口レーダー信号のデジタル画像処理 ;  
NEC技報, Vol.34, No.3, pp34~39,1981
- (68) 花木 真一, 内藤 ; 合成開口レーダーのデジタル処理 ;  
テレビジョン学会誌, Vol.36, No.6, pp490~497, 1982
- (69) 福泉 圭一 他 : データフロープロセッサを用いた合成開口レーダ  
高速画像処理システム ; NEC技報, Vol.36, No.2,  
pp55~60, 1983
- (70) 天満 勉 ; 画像処理プロセッサの現状と動向 ; 映像情報,  
Vol.13, No.15, pp22~28, 1981
- (71) Nobuhiko Mori, Nohmi ; High speed satellite image  
processing system for optical sensor image's distortion  
correction and SAR data processing ; IV Japan-Brazil.  
symposium on science and technology, Vol.5, pp129~140,  
1984

- (72) T.Temma, Mizoguchi, Hanaki ; Template-controlled Image Processor TIP-1 Performance Evaluation ; IEEE Computer society, CVPR , PP468~473, 1983
- (73) M.Iwashita , et al ; Modular data flow image processor; IEEE Computer society, Spring'83 COMPCON, pp464~467, 1983
- (74) Nobuhiko Mori, et al ; Development of a new method attaching precise topographic information to GIS by using 3D display ; ACRS, ppH-2-4-1~H-2-4-6, 1990
- (75) 瀬戸島 政博, 堀内, 赤松 ; パソコンを用いた画像のオーバーレイシステムの検討 ; 写真測量学会年次講演会, pp43~48, 1988
- (76) Nobuhiko Mori, Tagawa, Murai, Ito ; DTM extraction and its application using a digital stereoscopic image processing system with 3D display ; ACRS, pp.P-8-1~P-8-6, 1991
- (77) 横川 孝, 高橋 ; 解析図化機を使用した送電路線選定のシミュレーション ; 写真測量学会年次講演会, pp133~136, 1982
- (78) 横川 孝, 高橋 ; DTMをベースにした送電線ルートの選定 ; 日本写真測量学会年次講演会, pp51~56, 1985







# Kodak Color Control Patches

Blue Cyan Green Yellow Red Magenta White 3/Color Black

# Kodak Gray Scale

A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

C Y M

© Kodak, 2007 TM Kodak