

ERTS 映像による地質構造解析

～エッジ強調処理 (edge enhancement) 技法の応用～

1 はじめに

ERTS-A が 915km の高さの地球軌道に打上げられてからすでに 2 年半を経過した。そしてそのグローバルな規模での観測データ (映像) が 何らの制限もなく世界中で利用されるようになっていく。したがってこの映像データの利用面について多くの研究がなされその利用効果について数多くの事実が判明している。これは地質調査や資源探査の分野においても同様でありとくにこれらの分野では ERTS 映像の大観性——一度に 185km × 185km 34, 225km² の範囲の観測が可能——が果す役割には著しいものがある。

わが国のような温暖多湿で表層および植生被覆の厚い地域における ERTS 映像データの地質調査あるいは地質図作成への応用として第一に挙げられるのは地形にあらわれた断裂系 (断層や破碎帯など) の把握である (松野 1974)。一般的にみて ERTS 映像のうえで識別される線状の特徴は従来知られている断層や破碎帯の数よりはるかに多い。そのなかで実在はするがこれまでに発見されていなかったものが多数あることが報告されている (星野・松野 1974, SHORT 1973)。

以上から ERTS 映像上で線状の特徴を識別しこれらを実際に検討することによって既存の地質図が改訂される可能性は充分ある。また未調査地域の地質図

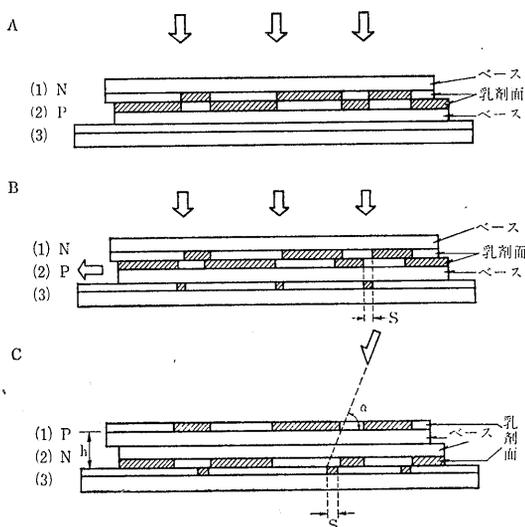
松野久也* 田島大三** 星野一男*** 山田修兵**
を作成するに当って主要な断層や破碎帯の反映である線状の特徴が予め把握されることによって地上調査が効率的に行なわれかつ精度の高い結果が得られることになる。

筆者らはこのような線状の特徴を ERTS 映像データからできるだけ客観的にかつ機械的に抽出する方法についていろいろな角度から検討を続けてきた。その一方法としてエッジ強調処理 (edge enhancement) 技法が有効であるという結論に達した。以下ここでその詳細について述べる。

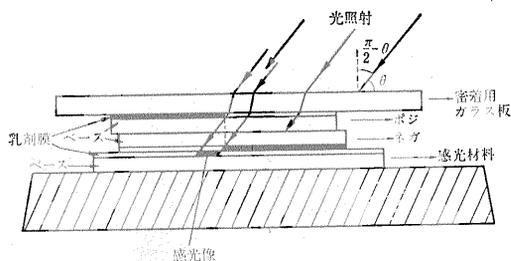
2 エッジ強調処理 (edge enhancement)

普通写真のような黒白連続調の映像中にある方向の線状の特徴すなわち写真地質線形 (松野 1968) が見られるということはその線に沿って黒白のコントラストが連続して見られるということである。ある手段によってこのような線形を分離抽出しあるいは線形以外の部分をできるだけ消去しようとする技法がここにいうエッジ強調処理技法である。

現在行なわれているエッジ強調処理技法は次のような原理に基づいている (第 1 図 A ~ C)。単純な場合を考えてここに白と黒との 2 つのトーンだけから構成されている写真があるとす。すなわち第 1 図 A の

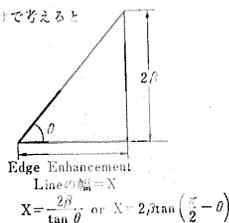


第 1 図 エッジ強調処理技法の原理



いま膜厚を考慮しないでベース厚だけで考えると

乳剤膜厚 = α
ベース厚 = β とする。



$$X = \frac{2\beta}{\tan \theta} \text{ or } X = 2\beta \tan \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right)$$

実際には、 $X = \frac{2(\alpha + \beta)}{\tan \theta}$ or $X = 2(\alpha + \beta) \tan \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right)$

第 2 図 トーンライン処理 (説明図)

(2)Pである。このときこれはフィルムに焼付けられた透明陽画(ポジ)である。次に膜面と膜面とを重ねて陰画(ネガ)を作ると黒と白とが逆になる(第1図A(1)N)。この(1)Nと(2)Pとを重ねて密着させて矢印方向の光線によって印画紙(3)に焼付けたとする。このとき(1)と(2)は完全に重合してどの部分も黒となって光線を通さない。したがって印画紙は感光しないでただの白紙が結果として得られる。ところがここで一寸工夫をして(1)と(2)とをある方向に相対的に少々ずらしてみる(第1図B)。そして再び印画紙(3)に焼付けてみよう。今度は(1)と(2)の黒の部分の間にずらした距離(S)だけ“すき間”ができるのでその部分は黒く写り他の部分は(1)と(2)の黒の部分にさえぎられて光を通さないで白く写るはずである。すなわち陽画の白と黒との境界のところしかもその一方の縁辺(エッジ)部だけが印画紙(3)に抽出されるのである。この場合ずらす方向によって抽出される境界線が異なることはいうまでもない。

陽画と陰画とをある方向に相対的にずらす代りに第1図Cのようにフィルムの乳剤面と乳剤面とを背中合せて重ねて両方の間にフィルムベースの厚さに相当する間隔をおいて斜方向から光線をあてても同様な効果が得られる。このとき光線の角度を α (度)膜面間

$$S = h \cot \alpha$$

の間隔を h (mm)とするとずれの距離 S (mm)は



写真1 関東山地・フォッサマグナ地域 (ERTS MSS-7 1972年12月15日撮像)

前者のように相補的な関係にある一組の透明ポジおよび透明ネガを重ねさせて両者を相対的にある方向にずらして線画像を得る方式をレリーフ法 (relief method) と称する。これに対して同様な一組の透明ポジおよび透明ネガをある間隔をおいて重ねさせて斜光線を与え線画像を得る方式をトーンライン法 (tone line method) と称する(第2図)。

3 ERTS 映像によるエッジ強調処理

ERTSは太陽同期軌道の衛星であって常にほぼ同じ地方時に同一地域を反覆観測している。さらに映像上で地形的起伏を陰影効果 (shadow effect) によって表現するために低い太陽高角度で撮像しその昇交点時間(南から北に向って赤道を横ぎる時間)は21時30分(地方時)である(松野 1970)。したがってわが国の主要部の撮像はその反対側の地方時9時30分から数10分おくれた10時すぎであり太陽方位南々西(約150°)同高角度は低角度(約30°)で行なわれている。したがって山稜の南東側斜面は明るく北西側斜面は陰影部として暗くあらわされている。

極く限られた例外を除いて一般に断層線あるいは破碎線は弱線となりここから侵食が進み地形的には線状の凹部をなし谷線として表現される。したがって線状の地形的凹部ないし谷線を強調して地質構造をマッピングするためのエッジ強調画像を得るためにはレリーフ法においてはずらしの方向トーンライン法においては光線を与える方向が重要なファクターとなる。

3.1 処理方法

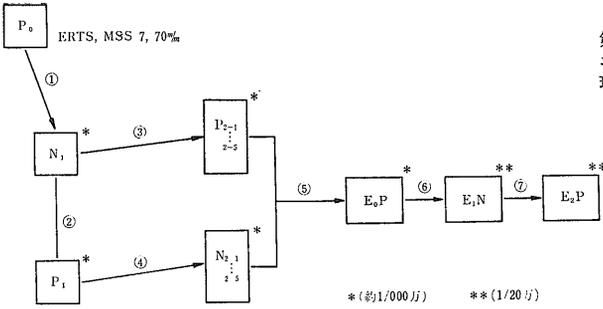
今回れわれが試みたERTS映像からの線状構造の写真手法による抽出法について具体的に述べる。

使用映像はERTSのバルク処理透明ポジフィルム1972年12月15日撮像 関東山地からフォッサマグナ地域を含むものである。これは星野・松野(1974)の報告に用いられたものであって太陽方位153°同高角度25°である(写真1)。原画としてMSS-7バンド(0.8~1.1 μ)が使用された。これはMSS-7バンドの映像が空中における光線の散乱がなく地質構造その他地形に関する要素をもっともよく反映しているからである。

写真法によるエッジ強調処理の工程は第3図に示す通り

①ERTS映像・バルク・ポジ(P_0)から透明ネガの拡大原稿(N_1)の作成

②透明ネガ(N_1)から密着ポジ(P_1)の作成



- ③エッジ強調画像作成用透明ポジ原板 (P₂) の作成
- ④エッジ強調画像作成用透明ネガ原板 (N₂) の作成
- ⑤エッジ強調画像 (E₀P) の作成

の5工程からなる。

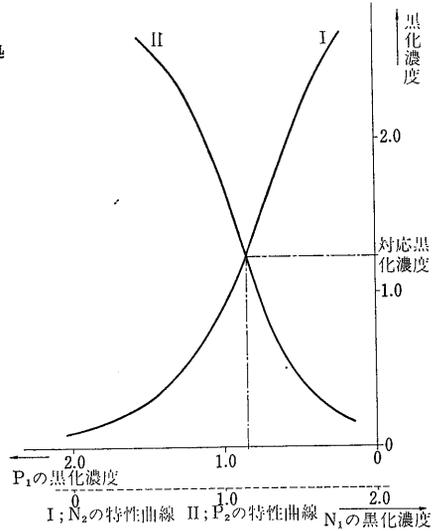
エッジ強調画像の作成は 第2図に示すように 一組の透明ポジ原板 (P₂) と透明ネガ原板 (N₂) を乳剤面と乳剤面とを背中合わせにして 画像を完全にマッチさせ感光材料 (写真印画紙あるいはフィルム) のうえにおき上に圧着用ガラス板をかぶせる。こうして 一定の斜め方向からの光を照射すると フィルムベースのすき間を通った光によって 感光材料上に線画像が形成される。

エッジ強調画像作成に当って 重ね合わせる透明ポジ原板 P₂ および透明ネガ原板 N₂ の対応黒化濃度によって形成される写真画像が決まる。ここで対応黒化濃度中心は P₂ および N₂ の濃度範囲を示す特性曲線の交点である (第4図)。対応黒化濃度は 対応黒化濃度の中心である両特性曲線の交点を基準として 図に示すように 両特性曲線に限定される左右の黒化濃度範囲にある。そして 線画となって再現される画像部は 対応黒化濃度範囲であるとみなされる。このために今回の試みでは P₂ N₂ とともにそれぞれ露光度を変えた数枚の原板 (P₂₋₁₋₅ N₂₋₁₋₅ とする) を作り それぞれについて特性曲線を作成して 対応黒化濃度が1.0に近い組合せを採用した。この結果 たとえば P₂ の第3原板と N₂ の第4原板という組合せによるエッジ強調画像に対しては P₂₋₃+N₂₋₄ という記号を与えることにする。

次に重要なことは 写真のコントラストである。第1図 エッジ強調処理技法の原理の説明では 便宜上 もっとも簡単な例として 写真が黒と白だけの対照的な2つのトーンで構成されている場合を例にとったのであるが 実際の写真では黒から白までのトーンの変化は連続的であり 黒化濃度も連続的に変化する。原則的には 連続トーン画像を線分解する写真手法においては

第3図 エッジ強調処理工程図

第4図 N₂ P₂ 対応黒化濃度特性曲線図



原画像のトーンをすべて透明ポジおよびネガが原板に再現した上で 各々の原板を重ね合せ 硬調の感光材料にその縁辺部のみを再現した画像を形成する手法である。したがって ここで用いられる透明ポジおよびネガ原板の写真特性が その後に再現されるエッジ強調画像の再現性に大きな影響を与える。そこで どのような感光材料が適当であるかについての検討が必要である。この研究では 試みとして P₀ から P₂ N₂ を作成する過程では主としてフジ・グラビヤ・フィルム (タイプ・ウルトラソフト PT100 およびノーマル PT135) を用い適宜より硬調なフジ・リスオルソフィルム (タイプV) が検討の対象として用いられた。

エッジ強調画像 (E₀P) は 透明ポジとして作成されその縮尺は約100万分の1である。これから最終的製品 (透明ポジあるいは印画紙焼付画像) を作成するのであるが 対象が地球表面に関するものであることから 所定の縮尺の標準地図投影に変換が必要である。したがって 次の2工程が加わる (第3図)。

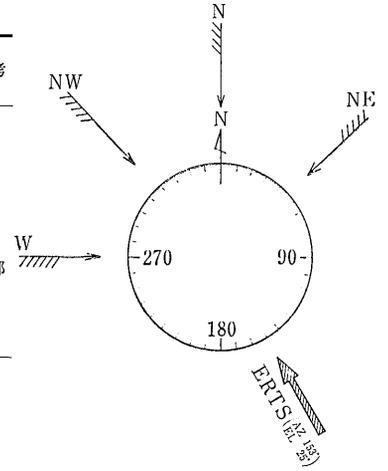
- ⑥エッジ強調画像 (E₀P) の縮尺・投影変換透明ネガ (E₁N) の作成
- ⑦E₁Nの反転 (透明ポジあるいは印画紙焼付ポジ)

この場合 ERTS 映像の地上分解能が約80mであることから これに見合う縮尺として 1:500,000 ないし 1:200,000が考えられる。さらに わが国の全土を系統的に (1°×40'区画) カバーしている 1:200,000 地勢図の場合は 地図投影が多面体投影であるため 面倒な投影変換の工程を必要としないで かなり正確に ERTS

第1表 エッジ強調処理試験一らん表

方式	記号	種類	重合の ずれ S(mm)	重合の 板 P ₂ +N ₂	感光材料							備考
					①	②	③④	⑤	⑥	⑦		
Relief 法 (Re)	b-1S	E ₀ P	0.3	4+4	G100	G100	G150	G100				写真2 写真6 写真5 写真7 写真8 関東南部 写真11 写真10 写真9
	-1E	"	"	"	"	"	"	"				
	B-1S	E ₂ P	0.8-1.0		"	"	"	"				
	-1E	"	"	"	"	"	"	"				
	-1SW	"	"	"	"	"	"	"				
	-1SE	"	"	"	"	"	"	"				
	B-2S	"	"	"	"	"	"	"				
	-2E	"	"	"	"	"	"	"				
	-2SW	"	"	"	"	"	"	"				
-2SE	"	"	"	"	"	"	"					
回 転 Tone-Line 法 (R)	a-1	E ₀ P		2+2	"	"	"				写真4	
	-2	"		2+3	"	"	"					
	-3	"		"	"	"	"					
	-4	"		3+2	"	"	"					
	-5	"		4+4	"	"	"					
	-6	"		"	"	"	"					
Tone-Line 法 (TL)	C-1N	E ₀ P	0.52	1+2	"	"	L	L			写真3	
	-1W	"	"	"	"	"	"	"				
	-1NE	"	"	"	"	"	"	"				
	-1NW	"	"	"	"	"	"	"				
	C-2N	"	"	3+2	"	"	"	"				
	-2W	"	"	"	"	"	"	"				
	-2NE	"	"	"	"	"	"	"				
	-2NW	"	"	"	"	"	"	"				
	d-1N	E ₀ P	0.23	2+2	"	"	G135	"				
	-1W	"	"	"	"	"	"	"				
	-1NE	"	"	"	"	"	"	"				
	-1NW	"	"	"	"	"	"	"				
	D-1N	E ₂ P	(1.15)	2+2	"	"	"	"	G135	L		
	-1W	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
	-1NE	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
-1NW	"	"	"	"	"	"	"	"	"			
E-1N	"	"	"	"	"	"	"	L	L			
-1W	"	"	"	"	"	"	"	"	"			
-1NE	"	"	"	"	"	"	"	"	"			
-1NW	"	"	"	"	"	"	"	"	"			

注：Relief 法における S E SW SE などの記号はポジのずらし方向
Tone-Line 法における N W NW NE などの記号は投射光の方向



第5図 トーンライン法における投射光の方向

て 山腹斜面では 北々東側に陰影を生ずる. 以上から 第5図に示すとおり ERTS 映像の撮像時の太陽方位(この場合153°)に直交する方位63°の線に対して 北側から斜交する4つの方向から投射光を与えて それぞれ4つのエッジ強調画像を作成した. すなわち 北方(N) 北東(NE) 北西(NW) および 西(W) 方向からの4つの投射光によるトーンライン法(記号TL)である(第1表). このほか 投射光の方向を一定にしたまま第3図のトーンライン装置全体を露光時間中一定の速度で回転させる方法を試みた. これは すべての方向の線状の特徴を線画像として一度に強調する

映像を合致させることができるという利点がある(日本情報開発協会 1974).

先にも触れたように 線状の地質構造線(断層 破碎帯など)を強調して抽出するエッジ強調画像(E₀P)を作成する場合 光の投射方向がもっとも重要なファクターとなる. 一般的にいて 断層あるいは破碎線は弱線であって ここから侵食が進み 線状の凹地あるいは谷線となる. したがって 山腹斜面の陰影部の谷側のエッジを線画像として表現しなければならない. わが国土をカバーする ERTS 映像の撮像は 太陽方位約150° 同高角度約30° でなされる. すなわち 南々東方向からの比較的低角度の太陽光線によって. したがっ

る管である. この方法を回転トーンライン法(記号R)と呼ぶことにする. 一方 トーンライン法における投射光の方向と180°反対方向に ネガに対してポジをずらせて 真上からの投射光を与えることによって トーンライン法と全く同様な効果が得られる. これをレリーフ法(記号Re)という. このとき ずらせの方向は南(S) 南西(SW) 南東(SE) および東(E) の4方向である.

この研究において 実験的に作成されたエッジ強調画像は 第1表に示すとおり36種である. これらのうち縮尺1:200,000の大きさに引伸したものは16種であり 秩父盆地を中心とする関東山地北部および秦野付近を中心とするものが大部分である.

3.2 処理効果と影響因子

前述の通り ERTS は準回帰軌道太陽同期衛星であり常にほぼ同じ地方時に赤道を横切る。したがって常にほぼ同じ太陽光の照射条件で映像が反覆して得られる。そしてその昇交点時間が21時30分であることからわが国の映像は 南々東(ほぼ150°)方向からの比較的低い高角度(ほぼ30°)の太陽光照射条件で撮像される。したがって 北々西に向いたほぼ30°より急な斜面が陰影部となる。実際の映像をみると 通常山岳地帯では ほぼ斜面部分だけが陰影部となっており問題はないが 高峻な山地では 陰影部が広大な死角を作り その範囲内の情報が全く得られないという欠点がある。

写真1の御坂山地から丹沢山地(塔岳-檜岳 道志山塊など) 奥多摩(大嶽山-御前山-三頭山) 奥秩父主脈(雲取山付近 甲武信-国師岳など)の山嶺は その北側斜面が広大な陰影部に覆われている。この陰影が写真2~4に掲げた異った3つの方法によって作成されたエッジ強調画像上で そのまま白色部となる。このような影響は 小範囲には大きな問題となるが ERTS 映像の1区画に含まれるような広大な地域を対象とする場合には 局所的なものとして 大きな問題とはならない。写真4は 回転トーンライン法によって作成されたエッジ強調画像であるが とくにこの画像では 入射光が画像の中心を軸として あらゆる方向から入ることになるために 谷側だけでなく陰影部のあらゆる縁辺(エッジ)線が抽出される。さらに 細部の情報が消去されて終うという欠点がある。これらの欠点を防ぐ

ためには 回転式トーンライン法によるよりも ある方向からの入射光を選択的に採用する必要がある。このためには ERTS 映像の撮像時における太陽方位(約150°)に直交する約60°の方向に対して 北側から斜交する方向からの入射光によるトーンライン法 あるいはこれに対応する方向にずらしたレリーフ法によることが望ましい。作業を機械的に行ないかつあらゆる方向の

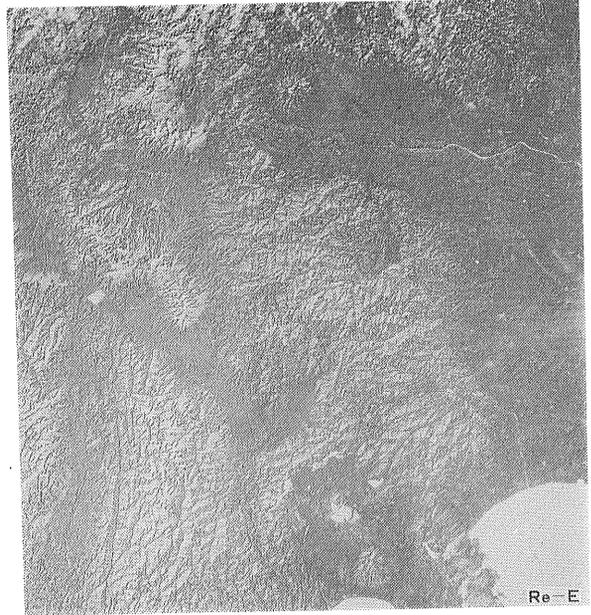


写真2 エッジ強調画像 (P₂₋₁+N₂₋₄ Re-E) N-S 性の断裂系がよく強調される

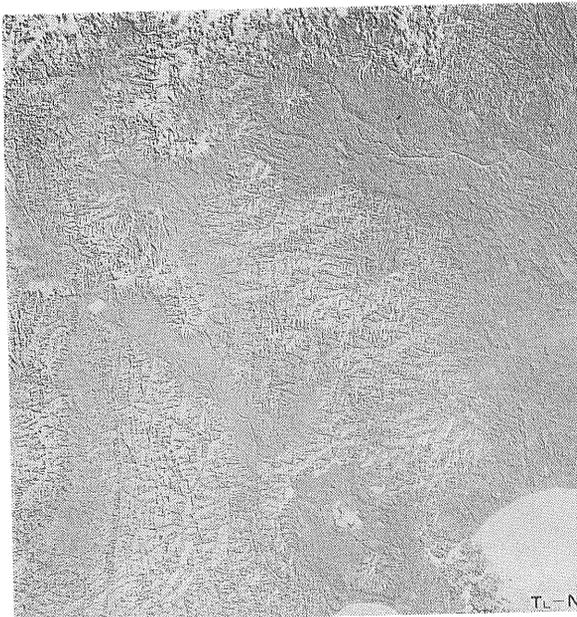


写真3 エッジ強調画像 (P₂₋₁+N₂₋₂ TL-N) E-W 性の断裂系の方がN-S性のそれより強調される。フォッサマグナは黒化線画像として表現されず 東西方向の細かい線画像の側方を区画する線として強調される。

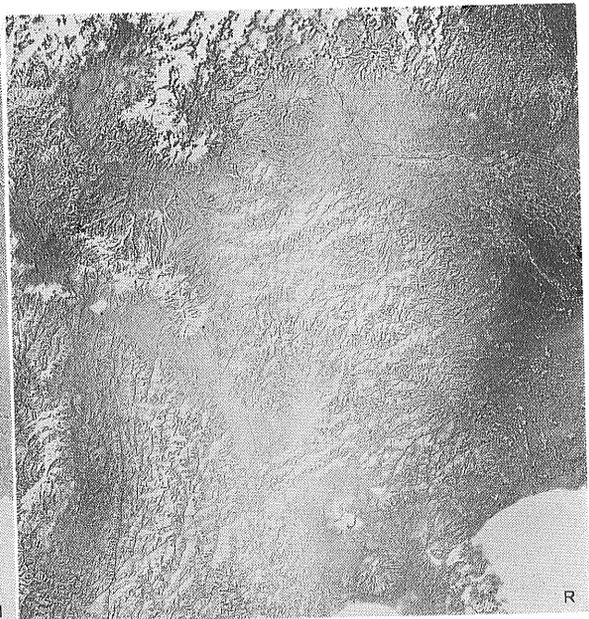


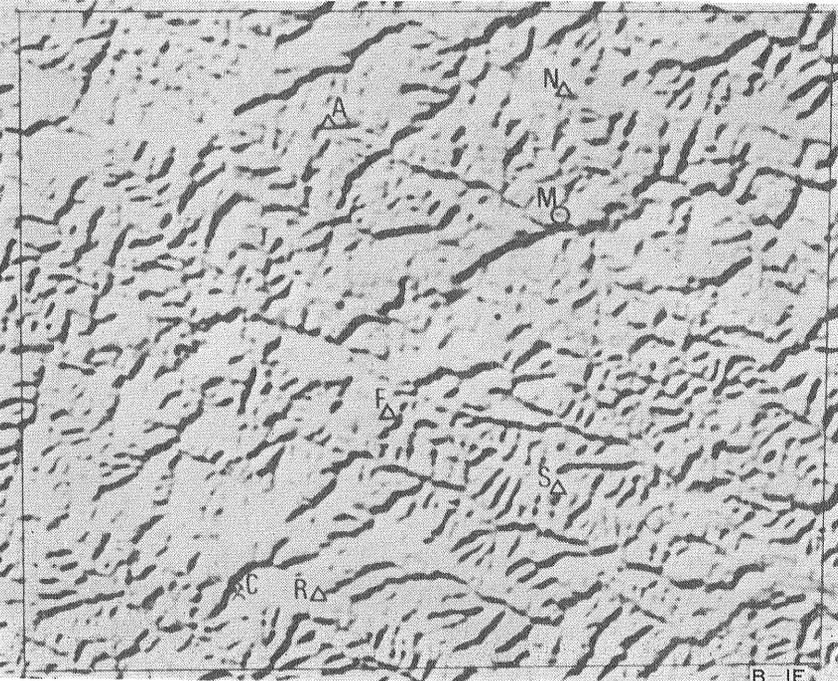
写真4 エッジ強調画像 (P₂₋₂+N₂₋₂ R)

線状の地質構造を抽出するためには 第5図に示す4つの方向からの投射光 およびこれに対応する4つの方向のずらしを採用した。この場合NE方向からの入射光による画像は 東西方向の谷線が線画像として強調されると同時に 南北方向の稜線も同じく強調されることになり 補助的なものと考えの方が妥当であろう。一般的にレリーフ法によるエッジ強調画像作成においては ポジ〜ネガの両画像間のずらしに正確な量を与えることが非常に困難である。これに対して トーンライン法

では 投射光の位置および角度の調節だけで 均等なずらしを与えたと同様な効果が得られる点で 作業としては容易である。

3.3 解析例

関東山地は さいきんの地質資料の少ないところである。このなかで万場付近は 5万分の1地質図幅(大久保・堀口 1969)が刊行されており 山中地溝帯をはじめ 西北西—東南東方向の構造線と これらより後生の南北性の断層群が明らかにされている(第6図)。この地質図幅に含まれる地域のレリーフ法によるエッジ強調画像を写真5~8に掲げる。これらのうち ネガに対してポジのずらしの方向(以下同じ)が SWおよびS方向の画像(写真6~7)において 山中地溝帯の南北両側を限る断層線をはじめとして 西北西—東南東方向の断層群がよく表現される。これらの断層は必ずしも連続していないが 地域内に東西方向によく追跡される。これと同方向の三波川系と秩父古生層を境する断層も 西御荷鉾山から南東方向にかけて線画像として 地質図に示された位置に識別される。白石山—二子山—叶山にわたって分布する石灰岩体を連ねて走る構造線は 稜線の連続として追跡され 一般的な傾



第6図
万場図幅地質構造図(大久保・堀口 1969) □は5万分の1地形図の範囲

写真5
エッジ強調画像(Re-E) 万場地域 □は5万分の1地形図の範囲(以下写真6-11まで同じ)

向——弱線＝谷線——とは逆な形で表現されている。

南北性ないし北北西——南々東方向の断層群の表現である線状の特徴は ずらせの方向がSおよびSE方向の画像(写真5 8)において把握される。この方向の断層群はこれらの写真の例だけではなく 関東山地全体を通じて 西北西—東南東方向の断層に比べて より断続的に表現されている。すなわち エッジ強調画像上では 前述の比較的長い線画像パターンに対して斜交する形で これらの屈曲部を結ぶ線あるいは細かな線画像の断続的直線状配列に接する線として追跡される。いかえれば 連続する1本の線として認められるものではない。これは ERTS 映像撮像時の太陽方位に起因するものである。というのは この方向の谷線(弱線)は 太陽方位角と一致し 両側の山

腹斜面の何れにも陰影を生じない。しかしながら 上述の谷から派生して両側の山腹を刻む小支流群においては その南側の斜面に陰影が認められ この陰影の北側あるいは北々西側のエッジが強調される画像(SおよびSE方向のずらせ)において その直線状配列に接する

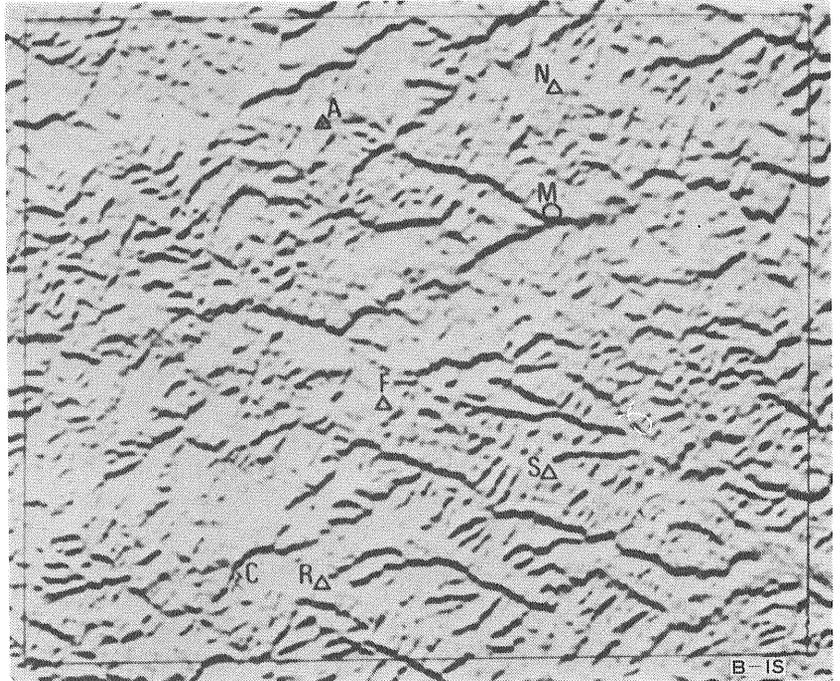


写真6 エッジ強調画像(Re-S) 万場地域



写真7 エッジ強調画像(Re-SW) 万場地域

線の形で直線状の谷線すなわち線状構造を反映する。北東—南西方向でしかも南—北方向に近い線状構造はずらしの方向がSおよびSWの画像において もっともよく強調抽出できることになる。これらは他の方向の線状構造を切るような形であられることが多く また顕著な線（画像中）の屈曲部および小さな線の配列の一方の側面の接線（直線状）の連続として かなり長い距離にわたって追跡される。この事実は 南北性の断層が西北西—東南東方向のそれを切っているという大久保

・堀口（1969）の記述とも一致する。

一例をあげると 赤久縄山頂の西から やや西寄りに南北にのびて秩父鉾山付近を通る断層が地質図に描かれているが エッジ強調画像上でも注意すれば追跡することができる。さらにこれと平行する同様な線が画像上でいくつか認められるが これらは秩父鉾山の主要鉾床である大黒鉾床に密接に関係している大黒断層と同じ系列のものであろう（第7a b図）。秩父鉾山における

主要断層のほとんどがこの方向であり 鉾床もこの断層系の発達著しい地域に多い（大久保・堀口 1969 日室鉾業 1971）。西御荷鉾山から万場の東を通り白石山北方にのびる断層が地質図に示されているが これも注意すれば エッジ強調画像のうえで同じ位置に追跡される。

これはEおよびSE方向のずらしの画像（写真5 8）において比較的よく追跡できる。これは ずらしの方向がSおよびSWの画像では 東西方向の断層が強く強調されすぎ 相対的に認識しにくいというのではなく 目的とする方向によってずらしの方向が重要な意味をもつ1つの例ということができる。

第8図は秩父鉾山を中心とした地域 すなわちこの地域の南東部の地表露頭における顕著な割れ目（大きな節理や小断層）をシュミットネットの下半球に投影したものである。

秦野 付近

丹沢山地を含む5万分の1地形図「秦野」の範囲も地質資料の少ないところである。しかし断層系に関しては すでに公表されたものとして KANERO(1964) 松田 (1966) がある。総合的な地質図として垣見他

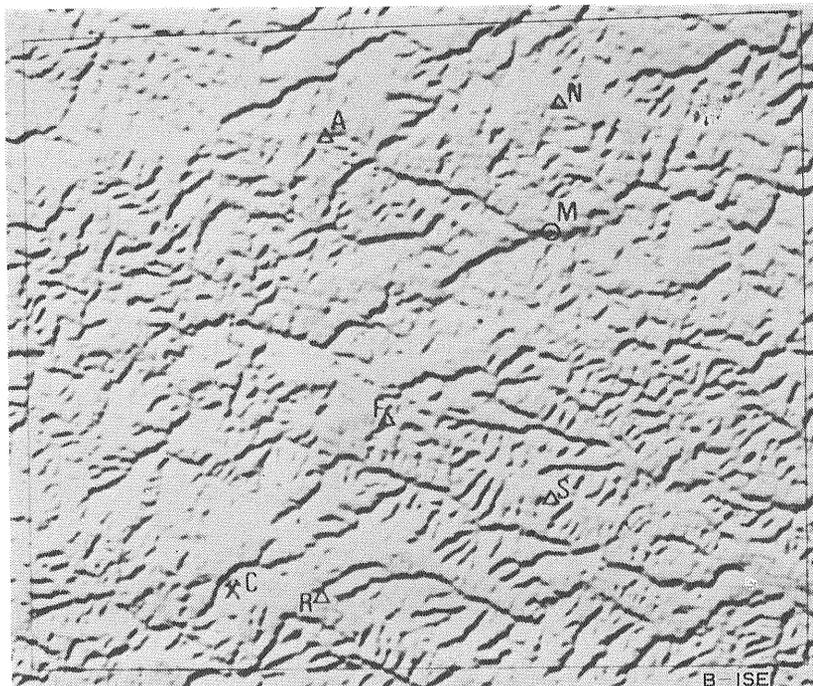
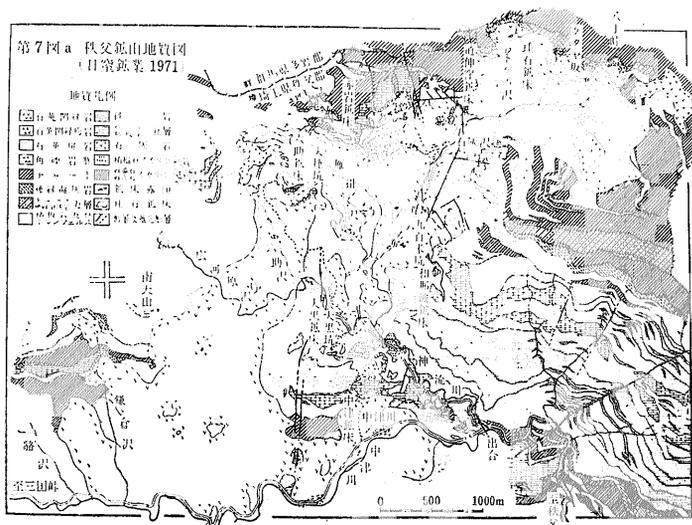
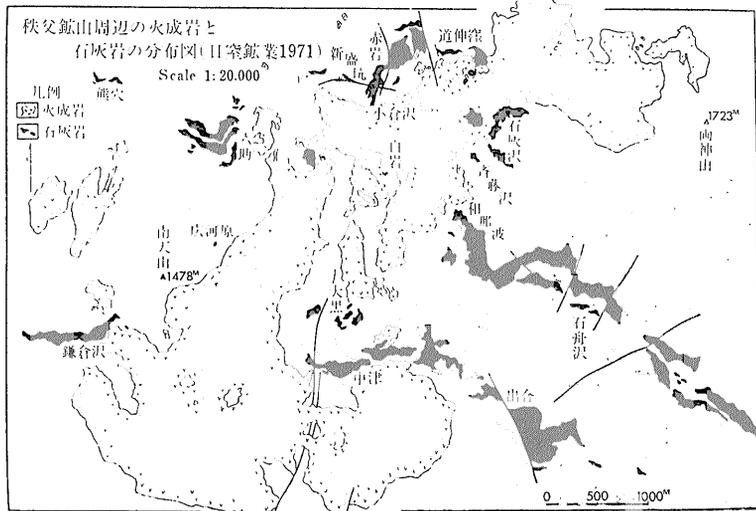
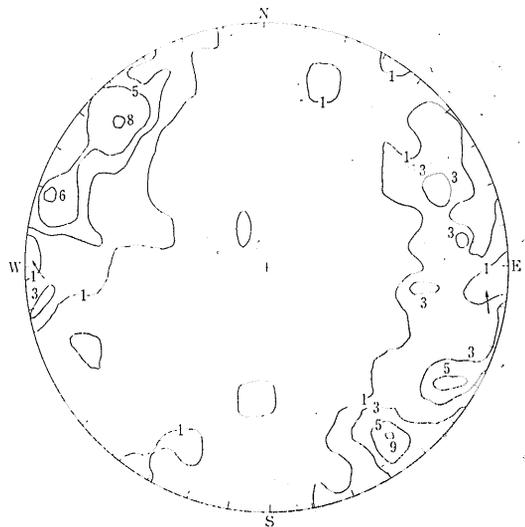


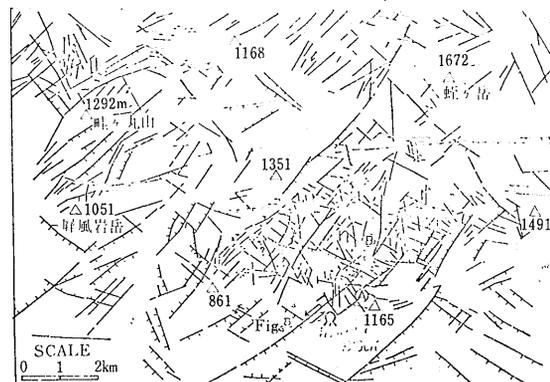
写真8 エッジ強調画像 (Re-SE) 万場地域



第7図b 秩父鉾山周辺の火成岩と石灰岩分布図(日室鉾業 1971)



第8図 万場図幅 中津川付近 95個の割れ目方向頻度図(シュミットネット下半球投影)



第9図 航空写真判読による丹沢山地断裂系図(KANEKO 1964)

(1973)がある。筆者らの1人星野はさいきんこの地域の断裂系を研究しつつあり これについては本稿とは別に発表する予定であるが ここでは上述の既発表の資料と今回のエッジ強調処理画像とを比較してみることにする。

この地域には 北東—南西方向の線状構造が卓越している。したがって ずらしの方向が SE 方向であるエッジ強調画像(写真9)がもっとも有効である。第9図は KANEKO (1964) による航空写真判読から得られた断裂系図である。両者を比較してみると 卓越する北東—南西方向の断裂系に併せて 哇が丸岳から東方蛭ヶ岳北部にいたる

東西方向の線 および屏風岩岳から前者に平行して東西にのびる線(写真9で玄倉の南を通る線)が全く一致して追跡できる。しかし KANEKO の図では その後 ERTS 映像上で見出された南北性の線状構造が全く見逃されている。これは松田(1966)の図でも同様である(第10図)。南北方向の線状構造は ずらしの方向が SW方向のエッジ強調画像(写真10)で抽出できる。これは この地方のそれらが むしろ北々東—南々西方向であることに起因するものである。写真11はE方向のずらしによる画像であるが 写真9とほぼ変らないパターンを示している。これらと写真10とを比較してみると、南北方向の線状構造は 北東—南西方向のそれを切ったような形で出現していることが明らかである。第11図に ERTS 映像(MSS—7)から 直接手作業で抽出した南北性線状構造を示す。この一帯は KANEKO (1964)の図(第9図)では 線状構造の少ない地域となっており 松田(1966)の図(第10図)では若干南北性のそれが見出されているにすぎない。第12図に玄倉付近の230個の割れ目の方向頻度図を示す。これによると 南北方向の割れ目が卓越することが明らかである。この地域における南北方向の線状構造は スケールの大きな1本の断層によって示されてなく ある幅をもった破砕帯であって しかも小断層の集合からなるものではなかろうかと考えられる。

北西—南東方向の線状構造が KANEKO (1964) および松田(1966)によって航空写真から抽出されている(第9・10図)が 写真9 10 11に示す画像上で注意すれば 追跡抽出することができる程度で 前述の方向のそれらに比べて 表現ははるかに微弱である。これはも

との ERTS 映像の撮像時の太陽方位に起因するものである。とくに写真10 (SW方向のずらし)では 南北性の線状構造に併せて 連続性に乏しい短い線状の特徴として強調されている。

うして強調抽出される線状構造は 従来の手法——航空写真判読——による写真地質線形図と まず同じ結果が得られる。

普通の航空写真による通常の判読方法では 個人差が

以上は レリーフ法による画像の解析であるが トーンライン法によっても原理的には同一であるので 同様な結果が得られる。何れの場合にしても 強調しようとする線状構造の方向によって 投射光あるいはずらしの方向が重要なファクターとなる。また 解析に当って ERTS 映像の撮像時の太陽光の方向が線状構造の反映である画像のパターンを根本的に支配する。すなわち 太陽光の方向とこれに対応する地形的特徴との関係について 注意を払わなければならない。こ

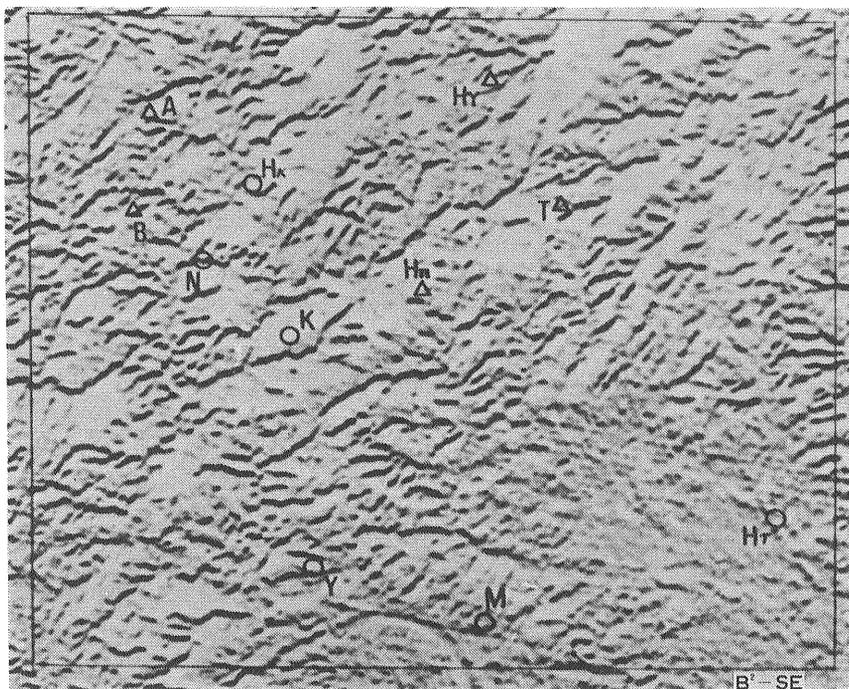


写真9
エッジ強調画像 (Re—SE) 秦野
付近
Hr: 蛭ヶ岳 (1673m) T: 塔
ヶ岳 (1567m) Hn: 檜岳 (1167
m) A: 蛙ヶ丸山 (1293m)
B: 屏風岩山 (1052m) N: 中
川温泉 Hk: 箒沢 K: 玄倉
Ht: 秦野 M: 松田 Y: 山北



写真10
エッジ強調画像 (Re—SW) 秦野
付近
Hr: 蛭ヶ岳 (1673m) T: 塔
ヶ岳 (1567m) Hn: 檜岳 (1167
m) A: 蛙ヶ丸山 (1293m)
B: 屏風岩山 (1052m) N: 中
川温泉 Hk: 箒沢 K: 玄倉
Ht: 秦野 M: 松田 Y: 山北

かなり入り 見逃しもさげられないという欠陥があることは否定できない。また 航空写真そのものの撮影方法からみても 広大な地域を均一な太陽光照射条件で撮影することができない。これをモザイクして広大な地域を一葉の映像とすることができるが これには多大の労力と時間とを必要するばかりでなく 全体を同一のトーンに調整することは全く不可能である。

ERTS 映像自体およびそれから処理される各種の写真は 上述のような航空写真のもつ欠陥を補い きわめてすぐれた利用効果をもつものであることは確実である。

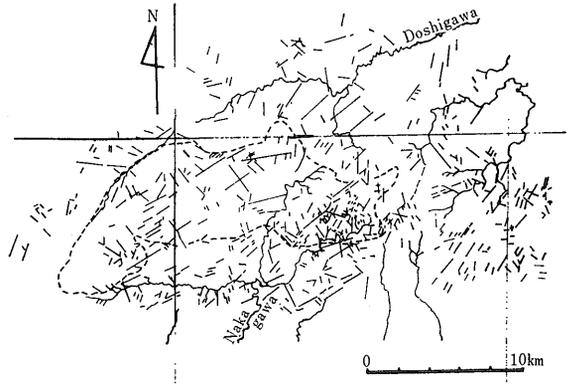
4 エッジ強調処理技法の特質と利点

以上から 適当に処理されたエッジ強調画像は そのまま線状地質構造図 (lineament map) とみなすことができる。このような図は 従来航空写真判読からも作成され 写真地質線形図 (photo-geologic lineament map) と呼ばれ 線状地質構造の調査において基本的な手段の1つとしてすでに長い歴史をもっている。通常 1:20,000~1:40,000の中縮尺の航空写真を利用して作成される写真地質線形図と ERTS 映像(縮尺1:3,690,000) から作成される線状地質構造図とを比較すると 後者は次のような利点をもっている。

- 1) 通常の航空写真によって一定地域をカバーするには 多くの枚数の写真を必要とする。そして それぞれの写真の撮

影条件が異なるばかりでなく 現像処理においても条件が一定でない。そして その線状地質構造の反映である写真地質線形の抽出も 目視観察によって手作業でなされる。したがって そこに個人差が入り また地域によってもムラが生じることになる。この点 185km×185km の範囲にわたって 均一な条件で撮像された ERTS 映像から機械的に処理されたエッジ強調画像では 上記の欠点をさけて より客観的な結果が得られる。

- 2) 作業が極めて能率的である。かりに通常の航空写真によって 5万分の1地形図の範囲について写真地質線形図を作るとすると、おそらく数日を要するであろう。しかしながら ここで述べた方法では 写真処理さえ終了すれば 5万分の1地形図の範囲を埋めるには 殆んど時間を要しないばかりか その60枚数分に匹敵する地域のそれを 一度に同一処理条件のデータに基づいて作成できるのである。



第10図
航空写真判読による丹沢付近断
裂系図(松田 1966)

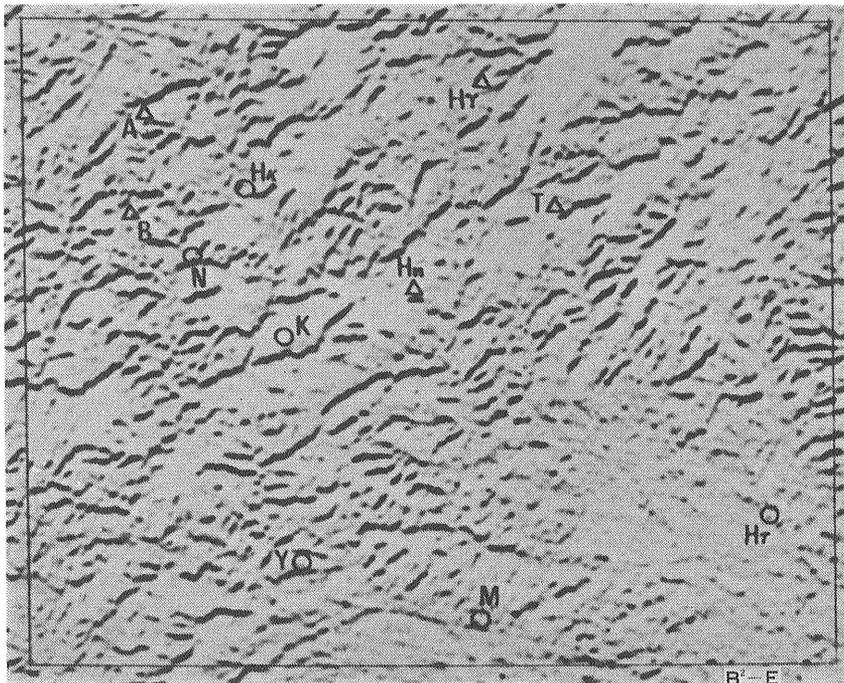
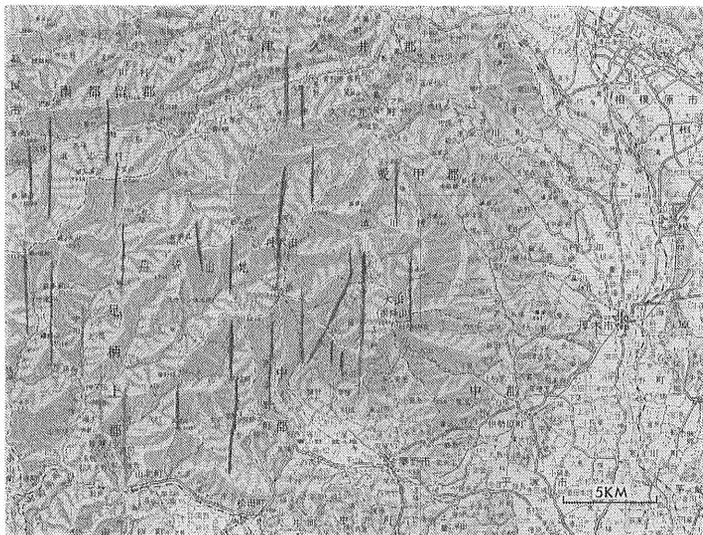


写真11
エッジ強調画像(Re-E)秦野付
近
Hr: 蛭ヶ岳 (1673m) T: 塔
ヶ岳 (1567m) Hn: 檜岳 (1167
m) A: 畦ヶ丸山 (1293m)
B: 屏風岩山 (1052m) N: 中
川温泉 Hk: 笹沢 K: 玄倉
Ht: 秦野 M: 松田 Y: 山北



第11図 ERTS 映像から抽出された南北性線状構造

ERTS 映像からエッジ強調処理技法によって最終的製品として作成される画像の縮尺を1：200,000としたがこれは映像の地上分解能（約79m）からみた限度である。また1：200,000縮尺の地勢図は 系統的にわが国土をカバーする基本図であることも その縮尺決定の理由の1つである。 1：200,000縮尺の地図上での1mm の長さは実長にして200mである。 エッジ強調画像で表現される線の太さを 非常に小さくすることは困難であり平均して1mm 内外である。 したがって線として画像上で認識される長さは この数倍以上である。 したがって 現実的には1km以上の長さの断層あるいは破碎線

が識別されることになる。 ERTS 映像からのエッジ強調画像上で表現できる単元がある限度 (km 単位) 以上であることと 上に述べたような広範囲 (185km×185km) についてのデータが得られることから航空写真調査さらに実際の地質調査にとりかかる前の予備調査に これが用いられればその効果は実に大きい。 遠隔の未踏査地域の地質調査 とくに広大な範囲がその対象であるときには ERTS 映像を所定の縮尺に引伸すことによって 応急的ながら最新の地図情報をもった平面図が得られることも大きな利点である。 これにエッジ強調処理画像を併用することによって 大きな地質構造の枠組が予め把握され 調査に要する日時を大幅に短縮することができるばかりでなく 現地調査が効率よく実施できるという利点がある。

エッジ強調処理画像から その効果としてさらに期待できそうなことは 断層系の地質学的成因あるいはその性格を判定できる可能性のあることである。 たとえば横ずれ断層のずれの方向 量 破碎帯の幅などである。 これらは パターンの細部にわたる検討によって可能となるとともに 実際に現地で調査する要点的把握にも大きな助けとなる。 これらは 処理技法の改良にもつながるものとして 今後の重要な研究課題である。

ERTS 映像をもとにしたエッジ強調画像では 高峻な山岳地帯において 陰影部が大きくなり その範囲内の情報を欠くという弱点もある。 これを解決するには 地域によって最適な太陽高角度での撮像が可能となればよい。 しかしながら 現在のシステムでは不可能である。 この点 SLAR (Side Looking Airborne Radar) (駒井二郎 1974) によって解決できる道はある。

エッジ強調処理技法は 要するに写真技術の1つである。 これをここに述べたような特定の目的に用いるためには 写真処理技術面と利用面との両方の対話が重要である。 今回の検討によって 線状地質構造の解析にもっとも有効な写真処理条件についてかなり明らかにすることができた。 これは関東山地に関してであるが 地質条件には地域性がある。 この地域性に応じて またその構造特性に応じて その都度最良の画像が利用できるよう 今後研究・検討を続けて行く必要があることが強く認識される。



第12図 玄倉付近230個の割れ目方向角度図 シュミットネット下半球投影

5 おわりに

筆者らのグループは ERTS 映像データの地質学の分野への応用について いろいろな角度からの検討を行なっているが ここにその成果の1つを発表することができた。ERTS 計画は アメリカ合衆国地質調査所の主管する EROS (地球資源観測衛星=Earth Resources Observation Satellite) 計画の第1段階である。そしてこの研究の実施に関して 5つの作業グループが設けられている。すなわち

- i) 地図学的応用および作図要件
- ii) 地質・鉱物および土地資源
- iii) 水資源
- iv) 海洋資源 および
- v) 地理・人間および文化資源

の5項目である。EROS 計画における研究に関しては わが国も科学技術庁研究調整局を国の窓口として ERTS データの応用研究に参加しており そのデータの配布をうけている。ERTS データの応用に関するそれぞれの研究項目には 探知装置(センサー)から地球物質とその物理的条件と波長応答との関係を経て データの処理 解釈およびその表示までが含まれる。したがって 研究はこれらの各分野に関する専門家の協力なしに進めることは不可能である。

筆者らが このような協力のもとに研究を進めるにあたって そのきっかけあるいは素地を作り かつ ERTS データの入手を始めとして いろいろな形で御支援をいただいた財団法人日本情報開発協会 産業エコロジー研究開発部 中村良保部長にとくに感謝の意を表する。また映像データの処理については オリエンタル写真工

業株式会社の研究部および製品開発部の関係各位から有益な指針と援助を受けたことをここに銘記して 感謝の意を表する次第である。

(筆者らは*応用地質部**オリエンタル写真工業(株)**燃料部)

引用文献

- 長谷敏和 1973: アーツ衛星データから識別された線構造 地質ニュース No. 230 pp. 6.
- 星野一男・松野久也 1974: アーツ映像より見た南関東の断裂系——とくに南北性断裂について—— 地質ニュース No. 235pp. 1~13.
- 垣見俊弘・衣笠善博・木村政昭 1973: 後期新生代地質構造図(50万分の1) 「東京」 地質調査所
- KANEKO, S. 1964: Tectonic relief in South Kanto, Japan, Trans. Roy. Soc. New Zealand, Vol. 2. No. 13, pp. 187~203.
- 駒井二郎 1974: Side Looking Airborne Radar (SLAR) ——24時間全天候型のリモートセンシング——①~② 地質ニュース No. 235 pp. 18~35 No. 238 pp. 18~27.
- 松田時彦 1966: 地蔵平付近の地質 とくに進入岩類について 神奈川県温泉研究報告 No. 4 pp. 21~30.
- 松野久也 1968: 空中写真による地質構造の判読——断裂系の取扱いについて—— 地熱 No. 17 pp. 14~21.
- 松野久也 1970: 地球資源技術衛星 地質ニュース No. 200 pp. 6~10.
- 松野久也 1974: アーツ写真の地質学分野への応用 宇宙から見た日本列島 読売新聞社 pp. 134~138.
- 日本情報開発協会 1974: 環境問題への新しい試み —ERTS データの利用によるアプローチ 映像情報 '74年臨時増刊 pp. 10~16.
- 日室鉱業KK・秩父鉱業所探査課 1971: 秩父鉱山探査概要 (社内資料)
- СНОУТ, N. M. 1973: View from 570 miles, Geotimes, May, pp. 16~20.
- 大久保雅弘・堀口万吉 1969: 5万分の1地域地質研究報告 万場地域の地質 地質調査所

新刊紹介

REMOTE SENSING

(宇宙 高空 地上におけるリモートセンシング技術の研究開発と応用)

人口問題 資源問題 環境問題 その他数々の社会問題が織りなす中で暗中模索しているのが われわれの現実の姿でしょう。ことにわが国においては人口増加 エネルギー危機 環境破壊等はそれぞれ深刻な問題として捉えられていることはここで改めて申すまでもありません。しかもそれらは世界的な動きから見ても そのテンポはかなり加速化されており、今後その傾向をたどるだろうと想定されます。

このような状況下にあつてわれわれは今ここで何をなさねばならないか。どのような方法で住みよい地球を取り返すことができるか 特に日本がなし得る方法は何か——ということ

が 緊急にしかも具体的に取り組まねばならない重要な課題となっております。日本が名実ともに住みよい社会に発展するには それらの問題を回避したり遅延したりすることは もはや許されません。技術面での解決策としての「リモートセンシング技術」は まさに新しい時代の黎明を告げ 一つの起点として評価されるビッグサイエンスといえるでしょう。

本書はわが国の第一線技術研究者18名により わが国初の本格的リモートセンシング技術書として貴重な資料を豊富に掲載し できうる限りビジュアルな構成を採り 幅広い読者にお読みいただくための資料となるよう努力しました。

著者 松野久也・丸安隆和・中島巖ほか
 サイズ・頁数 B5変形 484P
 図版 610点(カラー 白黒写真 2色図面等)
 頒価 13,000円
 発行 キヤノン株式会社
 販売 (株)創造出版研究所

東京都港区高輪2-16-25 小林ビル
 Tel (03) 447-3723