

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～

星野一男・松野久也

1. ま え が き

1972年7月24日に打上げられたいわゆる“アーツ衛星”の映像が自由に入手できるようになった。昨年12月中旬 その1部である関東 中部および近畿地方をカバーする映像が到着した。今回その1部を 今まで地表面質調査や在来の航空写真から調査した結果と対照してみた。その結果 当然のことではあるが 衛星からの映像データから得られた資料と非常によく調和した結果を示してくれたばかりでなく 従来の他の方法では得られなかった 新しい重要なデータを提供していることがわかった。そこで衛星データの地質構造調査への利用の1例として、また 地震予知や環境問題で さいきん話題となっている南関東地域の地質構造 とくに断裂系についてのノートとして 以下とりあえず報告することにする。

“アーツ衛星”は正確には 地球資源技術衛星(ERTS=Earth Resources Technology Satellite)と呼ばれる。この衛星は 1966年にアメリカ合衆国内務省によって公表された EROS (Earth Resources Observation Satellite) 計画の前段階としての実験衛星としての意味もっている。すなわち マーキュリー計画(1958年10月～1963年5月)やジェミニ計画(1964年4月～1966年11月)の有人衛星から手持カメラで撮影された多くの地球表面の写真によって このような宇宙高度からの観測が地球環境および資源の調査・監視に非常にすぐれた利用度があるものであることが判明し 1960年4月から実用段階に入った気象衛星によって 全地球表面の反覆観測とそのデータと即時通信伝達が可能であることが実証され これらを組合せた実験衛星がアーツであると理解すればよい。

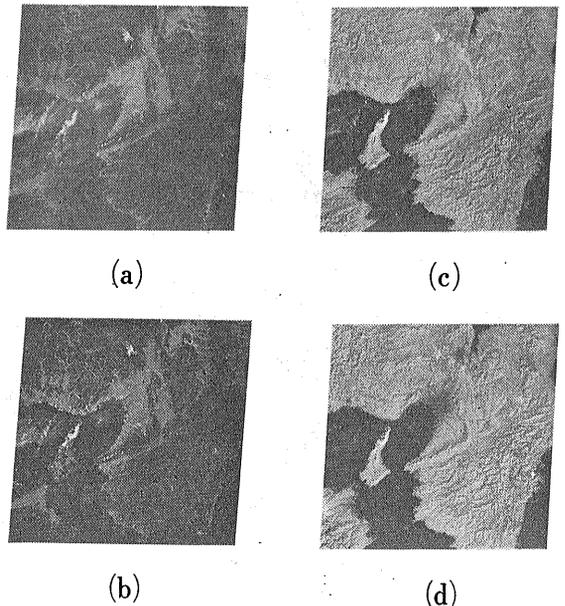
現在 アーツの映像データとして 地球資源および環境調査への応用研究のため 広く一般に配布されているものは MSS データと称せられるものである。アーツには 本来2つの映像表示型センサーが搭載されている。その1つは RBV (Return Beam Vidicon) カメラすなわちテレビカメラであるが 本装置は打上げ後第146周目に電源に故障をおこして 現在のところ作動していない。MSS (Multi-Spectral Scanner) は 対物

面走査方式の映像表示型センサーであって 4チャンネル(緑:0.5～0.6 赤:0.6～0.7 近赤外:0.7～0.8および近赤外:0.8～1.1 μ)の映像データ(第1図)が同時に同一地域について得られるものである。

MSSでは 衛星の軌道に沿って その直下185kmの幅について 連続したふく射エネルギー強度データが得られる。このデータは一度ビデオテープに記録された後 地上ステーションで受信され 特別な処理装置によって 70mmフィルム上に映像として表示される。

70mmフィルムに表示された映像の縮尺は1:3,369,000であって これを通常の航空写真の区画(23cm×23cm)に引伸すと 縮尺1:1,000,000となる。これらの映像の地上分解能は 装置の機能とデータ獲得高度(910km)とだけから算出すると 約70mとなる。すなわち 地球上の70m以上の大きさをもったものが識別されるのである。

この衛星の映像データを利用するに当って もう1つ注意すべき重要な点は 準帰軌道太陽周期衛星であって 常に同じ地方時に赤道を横切る。したがって 常に同じ太陽照射条件で映像が得られる利点がある。わ



第1図 ERTS映像(近畿地方) 次のような4波長帯域についての映像が同時に送られる(原画は70mmフィルム)。(a) 緑: 0.5～0.6 μ (MSS-4); (b) 赤: 0.6～0.7 μ (MSS-5); (c) 近赤外: 0.7～0.8 μ (MSS-6); (d) 近赤外: 0.8～

が国をカバーする映像においては 太陽方位約 150° （つまり南々西方向）太陽高角度約 30° （つまり低い太陽角度）での映像データとなる。したがって 太陽方位に直交する方向（東西性）の地質構造に支配される地形的起伏が 陰影効果によって強調してとらえられるという利点をもっている。

わが国で アーツ映像が広く公表されたのは 関東地方についてであって 東京の中心部を横断する線形が活断層ではないかとして大きな話題となった。これらについては すでに長谷（1973） 福田（1973）などの報告がある。本稿では これらとは別に 関東平野周縁部の山地の映像を対象にして考察するものである。

2. 房総半島中部の断裂系

白石ら（1967）は 航空写真によって房総半島中部の断裂系の構造解析を行なった。航空写真にスポット的な地表調査を併用することによって 当時としては かなりの広範囲にわたる断裂構造の実態をまとめることができた。この時に使用した航空写真は 1947～48年に米軍によって撮影された縮尺4万分の1の $23\text{cm} \times 23\text{cm}$ の区画のものである。この航空写真から作成されたモザイク写真によるチェック調査や 立体鏡下での観察によって線状構造を抽出したものである。

その後も房総・三浦にかけて 各種の断裂構造についての研究が進み 資料も多くなっている（垣見他 1966



第2図A アーツ映像写真 関東地方

MSS 7 (0.8~1.1 μ) *印はフィルムの傷による

；衣笠他 1969；村井 1956；KANeko 1969）。航空写真判読によって広域的に描かれた断裂構造に対してこれらの地表調査による直接的な局地データを加えることによってかなりの範囲の断裂系の性格がわかってきた。

白石ら (1967) は断裂を A 型 B 型 C 型に分けた (第 4 図)。

A 型 走向 (断裂は地殻中では面としての存在である。断裂面と地表面との交線が走向である。単純には断裂の地表における方向と考えてもよい) が $N25^{\circ}$ から $40^{\circ}E$ である。主として内陸部の上総層群に分布している。

B 型 は走向が南北から $N25^{\circ}E$ である。このほぼ南北方向の断裂系は調査地北部 層準的には上総層群中によく発達しており 佐久間層群より古い地層にはきわめて少ない。

C 型 は調査地の南部である保田から鴨川・小湊にかけてよく発達し 走向は東西あるいは東北東—西南西である。層準的には B 型と対照的に佐久間層群より古い地層によく発達する。

衣笠ら (1969) は東海岸の大原から勝浦に至る沿岸の小断層を調べた。これによれば この付近の小断層は



第2図B アーツ映像写真 甲信地方

NS系およびEW系がある（正確な意味でそれぞれの走向がすべて南北あるいは東西ということを示すものではない）。またほぼ東西方向の逆断層系がありこの逆断層系との前後関係からNS-EW系とも逆断層系より古いものと新しいものがある。

衣笠らが分類した小断層系を一応上記の分類にあてはめるとすればNS系はA型およびB型に相当するであろう。ただし第4図にみるように勝浦一大原の海岸地帯ではA型の発達はまだよくない上に走向がB型に近づくので両者を見分け難い。したがってこの付近のみでは2つの型に分ける理由はないとも言えるが内陸部ではA型とB型は走向の面で分れるので区別して

おいた方がよいと思われる。またあとで触れるように成因的相違もあると考えられる。A-B型の分布が若い地層にC型の分布が古い地層にそれぞれ対照的に発達していることから前者は後者よりも新しい断層系であることが考えられる。衣笠らはEW系がもっとも新しいと述べているがこの小断層群は衣笠らも述べているように勝浦付近に局限して発達した地層面に直交する縦わり断層（cross faults）であって上に述べたC型とは別のものではないかと筆者らは考える。

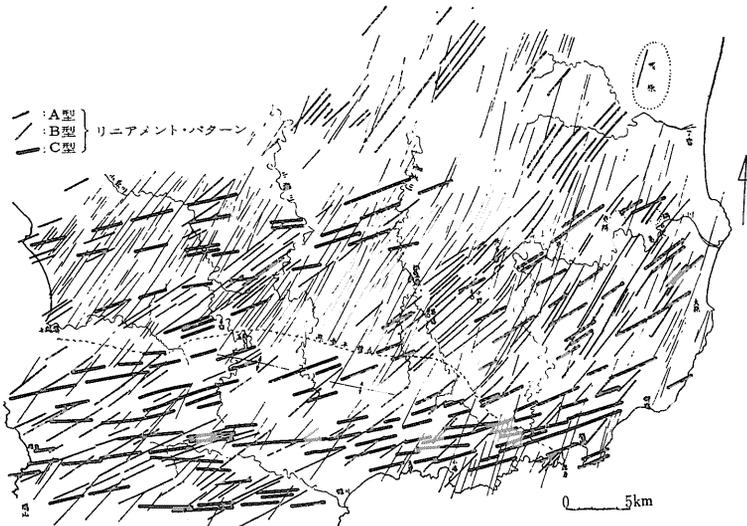
さて既資料はこのくらいにしてアーツ衛星の映像を眺めてみよう。第4図の範囲を拡大した写真が第5図である。まず下端に東西方向の2本の強い線形（photogeologic lineament）がみえる。保田一小湊勝山一鴨川と走るこれらの線形は古くから知られた清澄一旅名背斜構造や嶺岡隆起帯中の断層群を反映するものでとくにこの写真に見られる2本の線形はKANeko (1969)に略図化されている鴨川地溝帯の南北の両断層帯を現わすものであろう（第7図）。これらはおそらく縦ずれ断層である（白石他 1967；KANeko 1969；松田 1970）。平行する線構造がその付近でよく見られる。

これは上でみたC型にほかならない。第4図に示されたパターンがそっくりそのままに忠実にここに再現されていることが注意すればすぐ読みとれるであろう。たとえば保田と上総湊の中間点から走向がやや北に偏って伸びる様子清澄背斜付近から東海岸の大東岬にかけて走向が東西から東北東に変わって行く様子がアーツ映像にもよく示されている。

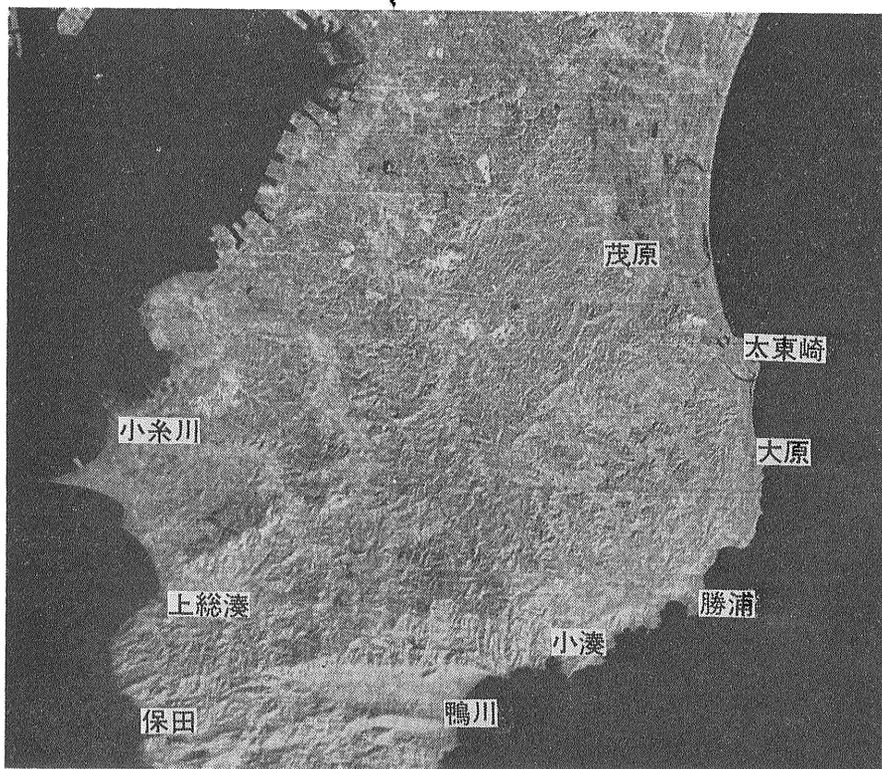
次にその北方に移ってほぼ北東-南西に走るこれも2本の線形が顕著である。この線形も第4図によく記載されているものに一致する。すなわち同図にA型として記されているものであってここでは上総



第3図 通常の航空写真判読によって作られた房総半島中部の線型構造 白石ら (1967) による



第4図 第3図より地表調査の結果を加味して作られた同地域の断層系系統図 白石ら (1967) より



第5図 アーツ映像 房総・三浦部分 第2図Aの拡大図 第4図と比較せよ

湊付近から北東に伸びる帯と 茂原の南から南西に下る帯と2本の発達部がすでに認められているが その場所は今回衛星の映像上で読み取れる所とよく一致する。

衛星写真あるいは映像では普通の航空写真よりも一層大きな範囲で かつ同一太陽照射条件での観察ができる点に利点があるわけであるが 両図のパターンを地質図と対応させると 興味あることに これらはそれぞれ上総層群最上部（笠森層付近）および秋元亜層群基底部（梅ヶ瀬層）に相当することである（第6図）。

このように見てくると C型 A型に属する断裂はいずれも地層の走向にほぼ平行していることがわかる。これは 調査時にある程度予想されていたことであったが 今回アーツ映像によって明瞭にされたわけで1つの成果であるといえよう。

この種の割れ目は たとえば節理に対しては走向節理 (strike joints あるいは longitudinal joints) と呼ばれて地層走向に現われる性格の節理 (たとえば Billings, Structural Geology, 1961) とされているものと同じ種類のもので 堆積盆地において地層が沈積 圧緊の過程を進めて行く中に固化作用が進み 割れ目ができる条件が熟したときに 盆地内の走向に平行 および直交する主応力系下に 生成された割れ目であると考えてよいであ

ろう。

残るB型はどうか。第4図では 黒滝不整合よりも北部の方に広く現われるのだが アーツ映像ではむしろ保田—小湊の線の北側の清澄背斜部に強く現われている。

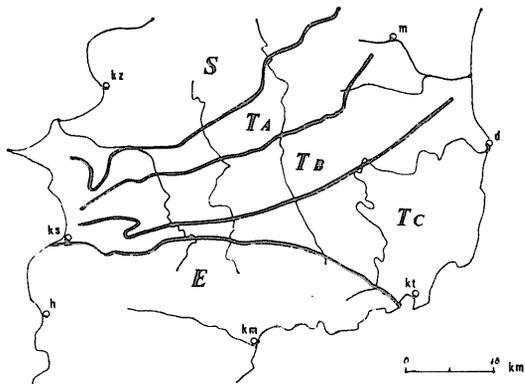
しかし 全体的に見れば 北方の上総層群中にも広く見ることができる。ここでも第4図と第5図のみごとな一致が見られるわけである。

B型は茂原ガス田地域まで追跡することができ 従来よりこの地域で知られていた南北性の正断層群（石和田他 1971）

と連続し 同系統の

ものである。衣笠らがNS性とした東海岸の小層の多くもB型に含まれるのであろう（一部はA型 すなわち走向性割れ目に入る可能性がある）。

以上で見るようにアーツの映像によって判読できる断裂系のパターンは 従来の航空写真や地表調査によって求められたパターンとまったく一致しており さらに広い範囲を均一な照明条件で見ることができるために 従



第6図 房総半島中部地質図 S 下総層群; T 上総層群; TA 周南佐貫 笠森 長浜 万田野 長南の諸層; TB 柿ノ木台 市宿国本 梅ヶ瀬の諸層; TC 黄和田 大田代層; E 三浦層群地名; m 茂原 d 大東崎 kt 勝浦 km 鴨川 h 保田 ks 上総湊 kz 木更津 20万分の1千葉県地質図(深田研編)および三梨他(1973)より

来ははっきりしなかったことも もっと明確にする手がかりとなり得る可能性を秘めていることが解った。以上をまとめると A C型が地層の走向と密接に関係しているのに反して B型は地層構造とは無関係であり他の原因が考えられなければならない。ところでアーツ映像には このB型走向(南北性)の線形がさらに明瞭に現われている地域があるのである。

3. 関東山地・富士川流域における南北性断層系

第2図Aは 北は赤城 榛名山および長野市の線から南は箱根・富士 そして西は木曾山脈までの大きな地域を含んでいるが 一見して 関東山地や赤石山地に多くの南北方向の断層を示唆する線形がかなり細かく走っていることに気づかれるであろう。従来から赤石山地には中央構造線(N10°E) 韮崎—静岡線(N5—8°W)のような南北方向の構造線が走っていることは熟知されていたことであったが 関東山地からは このような構造線ないし断層の類は知られてなかったといつてよいであろう。関東山地で第1級の構造線と考えられたものたとえば御荷鉢線 仏像線や山中地溝帯などはほぼ N70°W 方向であって わずかに秩父盆地の両辺に限る断層が南北方向である程度しか知られていなかった。関東山地の東縁は地形的に南北方向にほぼ直線状に切られているので ここに南北性断層が存在する可能性は古くから言われていたが推定の域を脱しなかった。もちろん これらの既知の構造線は映像に明確に現われているのだが 南北性の断層はそれ以上に目立っている。まえがきに書いたように本映像では 東西性のものが強調

される効果を持っており 逆に南北性線形像はむしろ弱められる性質のものである。にもかかわらずこれが このように強くでているということは 顕著な地体構造を反映していると考えなくてはならない。それでは この南北性の断層は何であろうか。まずその分布範囲を写真上でもっといいいに見てみよう。

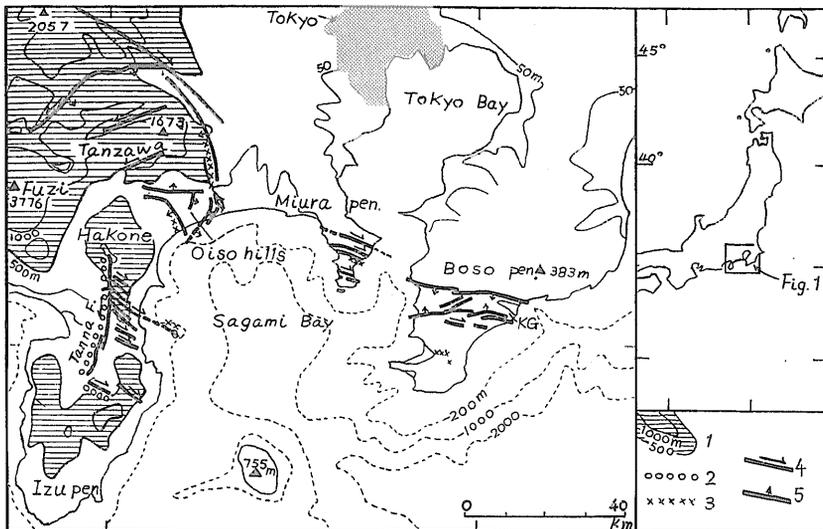
関東山地一帯には晋く 非常に明瞭に分布している。北は碓氷峠を越えて鼻曲山にまで延びている。南は相模川(桂川)を越して 丹沢山地に連続している。また 富士周辺の御坂・身延両山地にも分布している。北方には 高崎・熊谷を越え 利根川を越して 桐生付近のおそらく洪積層を切っているのが観察される。しかし 足尾山地には発達していないようである。西の境界は はっきりしないが 木曾山脈や松本東方の巨摩山地に移ると あまりよく発達していないように見受けられる。こうしてみると

1. この南北性の断層は関東山地 赤石山脈を中心に幅 100—150km の範囲に顕著に発達している。
なお 次の様な重要な特長がある。
2. 浅間 蓼科 八ツ岳 富士 箱根の如き第四紀火山岩地帯には見られない。
3. 一般に中・古生層や変成岩中に非常に強く発達し 中新統 鮮新統と時代が若くなるにつれて弱くなる。沖積層分布域にはほとんどみられない。

ここで 南関東(フォッサ・マグナを含む)地域において 従来の研究から知られているおもな構造単元をみてみよう。

4. 南関東の主要構造と新期の断層系

南関東地域についての構造や断層系のおもなまとめは地震予知研究の進展にもなって最近急激に増えている(たとえば 松田 1970; 村井 1970; 垣見他 1966; 垣見 1971; 垣見他 1971; 木村 1971, 1973; KANEKO 1969, 1971; 三梨 1973など)。また 垣見 衣笠 木村によってほぼこの地域全体をカバーする50万分の1の地質構造図も 1973年にまとめられたばかりである。これらの文献によって アーツの映像



第7図 南関東の活断層系 KANEKO (1969) による

と各地の断層系との関係を検討してみよう。

第7図は KANEKO (1969) によってまとめられた当時までに知られた南関東の活断層である。また第8図は三浦半島の拡大図である。三浦半島にはこのように西北西から東南東方向の何本かの右横ずれ断層がありその1つの南下浦断層はここ3万年内に平均100年に3mmの割合で垂直変動を行っている(垣見ほか 1971)。房総半島中部で現在顕著な断層として認められるのは清澄 嶺岡丘陵の付近を東西に走る断層群である。現在これらの断層は 縦ずれ成分の多い正断層であり地溝(グラベン)構造を呈している。木村(1971)によればこの断層群に属する那古断層は西方へ続き城ヶ島沖の陸棚斜面に追跡できる。

衛星映像でみるところでは三浦半島の右横ずれ断層で示される断裂方向は房総半島ではC型断層系へと連なるように見受けられる。これは清澄 嶺岡丘陵の正断層群が三浦半島の横ずれ断層群に連なるという意味ではなく両半島における三浦層群の走向が円周を描いているかのように彎曲しつつ連つてみえるということである。三浦半島における西北西—東南東の断裂系は房総中部におけると同様に地層走向とほぼ平行しており走向性割れ目に起源を有する可能性がきわめて大きい。しかし個々の断裂は北武 南下浦断層をのぞいては映像上でそれほどはっきりと識別されるわけではない。

KANEKO (1971) は大磯から相模湾にかけての断層系を第9図のようにまとめている。この付近で大きな構造要素とされているのは松田から国府津を走るいわゆる国府津—松田断層である。国府津—松田断層は東側隆起のおそらく右ずれ成分を伴った逆断層(松田 1970)

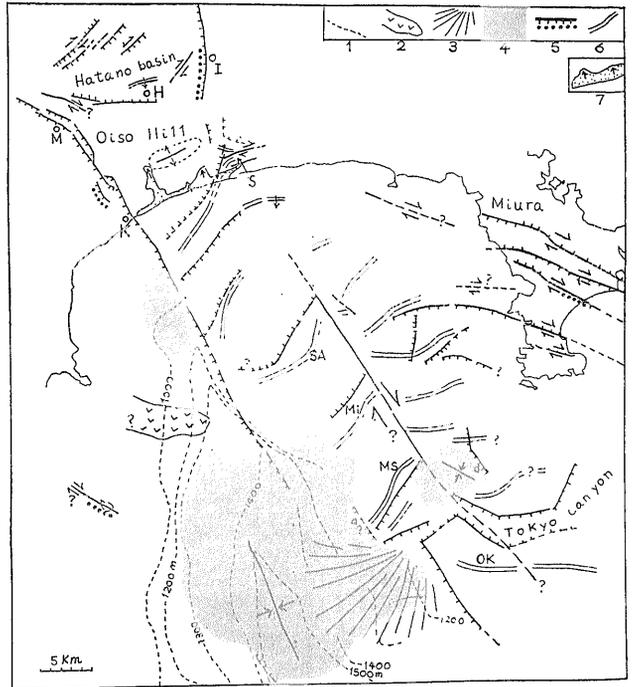
であって 相模湾底では相模海溝に沿った海底断層崖として追跡できる(茂木 1955)。最近の音波探査によってこの海底下断層の存在が確かめられた(木村 1971)。木村(1971)はこの一帯の構造要素が糸魚川—静岡線に匹敵する重要性を持つものとして相模構造線という名を与えた。

いずれにせよこの一帯が過去の南関東における地震活動の巣であったことは間違いのないところである。1923年の関東大地震も震源が相模湾にあったことは当時の資料で明かにされていることだが最近金森 安藤(1973)は当時の波動データと地殻変動データを再検討して第10図のように相模海溝に沿って北西—南東に走る断層が長さ85km 深さ55km 傾斜北東に30°の面で水平変位右ずれで6m 縦ずれ南側落ち3mの変動をしたという推定をしている(測地モデル)。このモデルは以前になされた地質的データよりの予想とよく調和する(松田 1970; KANEKO 1971)。同じ関東大地震の時に相模海溝から20km離れた三浦半島で武山断層や南下浦断層に沿って fissures や崩落が記録されていてこれらの右ずれ断層群が深部で活動した可能性が考えられる。松田(1970)は三浦半島の横ずれ断層群は独立した地震発生源を形成し独自の発生周期をもつという考えを述べている。

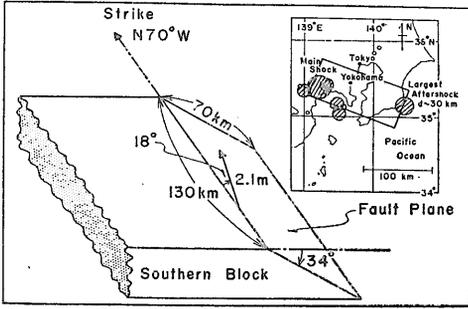
丹沢山地の東縁に沿って走る 藤ノ木—愛川線は最近佐藤ら(1973)により北方への延長も含めて鶴川破碎帯



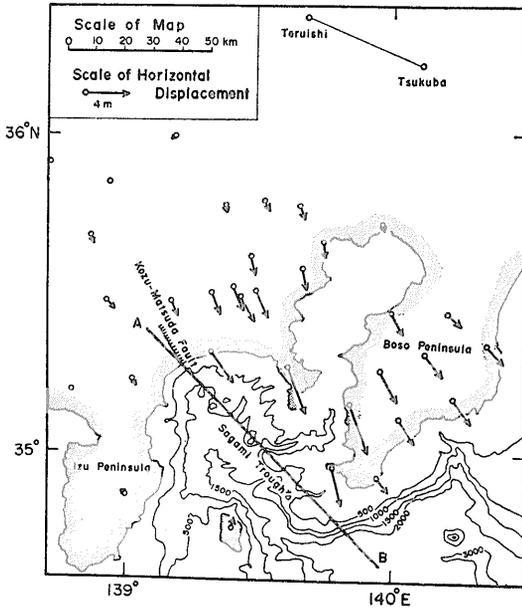
第8図 三浦半島の活断層系 KANEKO (1969) 原図 松田(1970)による I 衣笠断層; II 北武断層; III 武山断層; IV 南下浦断層



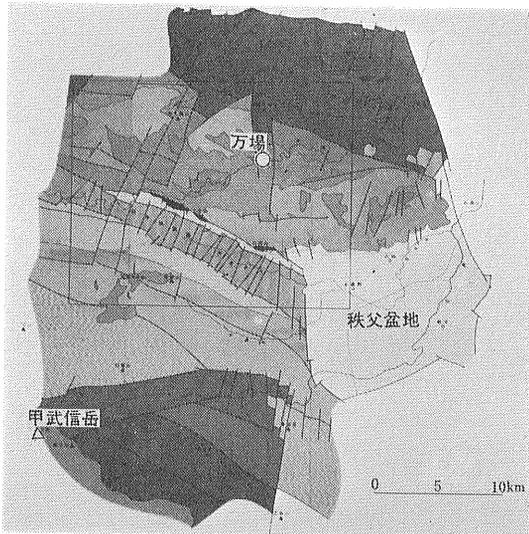
第9図 大磯丘陵と相模湾の構造図 凡例; 1 等深線; 2 熔岩流; 3 デルタ状地形; 4 南相模層; 5 1923年時の断層; 6 海底崖



第10図A 関東大地震(1923)時の地震断層 地震モデル 金森ほか(1973)による



第10図B 関東大地震(1923)時の地震断層 測地モデル 金森ほか(1973)による



第11図 関東山地北東部の断層 大久保・堀口(1969)による

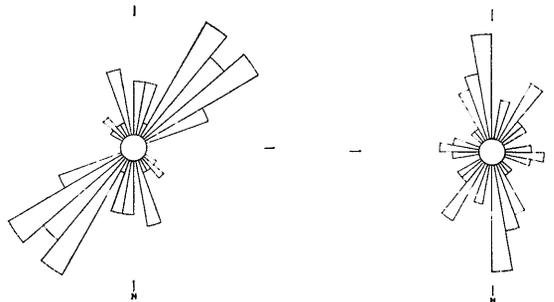
と呼ばれた。この破砕帯の最近の運動は 同じく右横すべりと考えられ(佐藤ら 同上) また国府津—松田断層とほぼ平行した走向を持っている。

丹沢山地の付近では この他に東西性の断層・構造線がある。同山地東南の秦野盆地では東西方向の渋沢断層が南縁を走り 地畳状の構造を作っている(KANEKO 1971)。その西方に 走向ほぼ東西でいわゆる丹沢の逆断層と呼ばれている断層群がある。相模川の上流は相模湖よりほぼ東西に向きを変えるが 平行して古くから桂川衝上断層と呼ばれている断層が走る。これらの構造はアーツ映像上でもよく認められる。いずれにしても以上のように三浦半島から相模湾 丹沢山地にかけて従来認められている大きな断層や最近の活断層は東西—北西—南東 あるいは西北西—東南東であって アーツ映像で特に著しく認められる南北方向のものは存在しないかのようなのであるが これは何を意味するのだろうか。それでは 多少意識的に南北方向の断裂系あるいはその他の構造要素を探ってみよう。

南北方向の構造要素として最大のものは言うまでもなく赤石山地を縦断する 中央構造線と葦崎—静岡線である。葦崎—静岡線と富士川にはさまれた地域は 平行した南北性の断層が数km 間隔で網目状に走り地層を断断している。これらの断層は現在衝上断層であり 断層面は多くの場合40°から60°西へ傾き(垂直)変位は1から5kmに達する(松田 1961)。

埼玉県秩父盆地に分布する第三紀層の東側 西側はほぼ南北性の正断層によって基盤岩類と接していることは古くから知られている(たとえば第11図参照)。

もっとも興味ふかいは 1930年(昭和5年)11月26日の北伊豆地震のときに現われた伊豆半島の地震断層群である。このときの主断層というべきものは 丹那断層であって走向はほぼ南北で 長さは断続しながらも約20km つづき 変位が1から2mに及ぶいずれ水平断層



第12図 丹沢山地 地蔵平付近の節理の方向頻度分布 松田(1966)による (左)東部 (右)西部

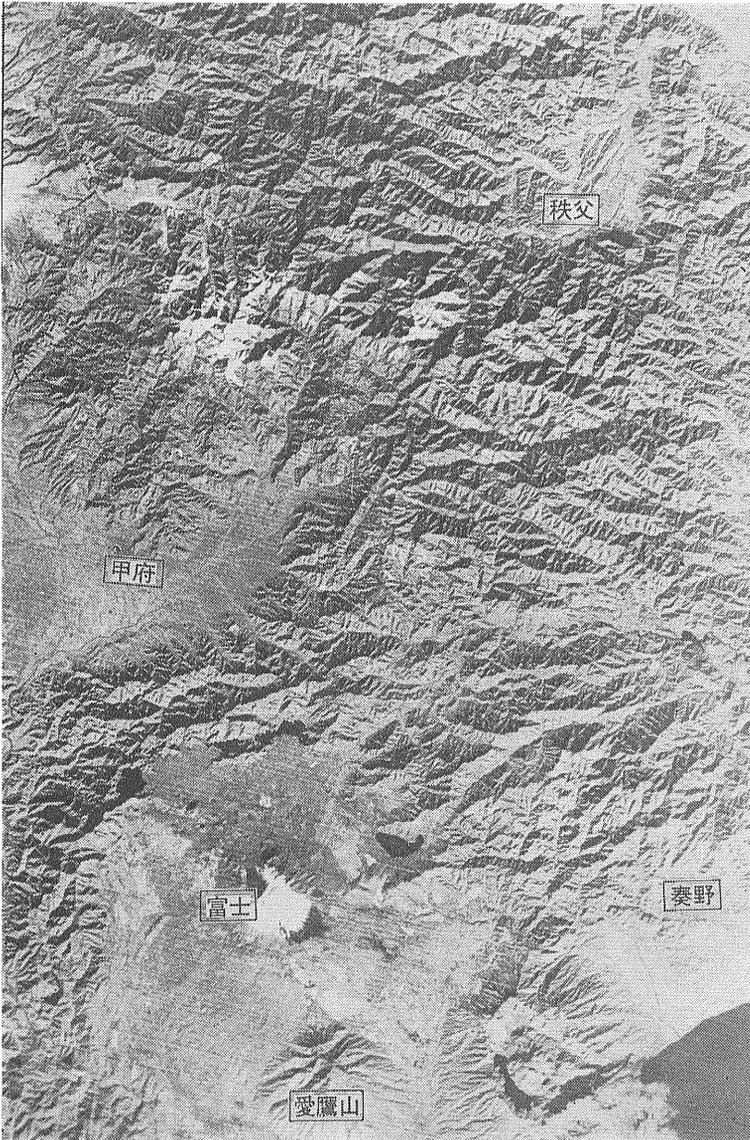
であった(田山 1939 第14図参照)。これらが今までの資料から見た大きな南北性断裂構造である。関東山地やフォッサ・マグナにおける断裂系の研究はまだまだ非常に少ないのだが、これまで発表されている文献を調べて見るともっと小さな構造要素でも南北性のものがありあるのである。最近の文献から例を挙げてみよう。

第11図は最近刊行された5万分の1地質図幅“万場”(大久保 堀口 1969)に添付された関東山地西部の地質図であるが、西北西-東南東に走る地層境界や断層とともに南北方向の断層が非常に多いことに気がつかれるであろう。大久保・堀口によれば南北方向の断層は西北西-東南東の構造要素を胴切りにしている。

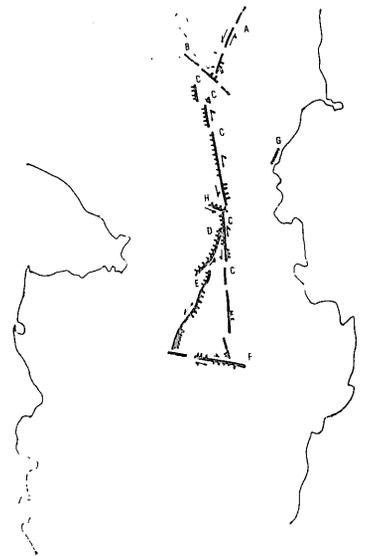
KIMURA (1966)によれば、韭崎-静岡線より西側の瀬戸川層群中の節理は3種類ある。N10°Eの走向で西に55°傾くもの、N45°Eの走向で南に55°傾くもの、およびN70°Wの走向も北へ70°傾くものである。このうち後者の2種は主断層一先に出てきた南北方向の衝上断層に斜交する。最初の一種は地層走向に対しても平行である。これが主断層と平行し、同一系統に属するものであることは先の松田(1961)の記載と比較しても明らかであろう。

丹沢山地中にも南北方向の顕著な断裂が存在することを松田(1966)は報告している。松田によれば、この丹沢山地のほぼ中央に当たる地域では、岩脈節理、小断層などの方向は北東方向がもっとも多く、次いで南北方向が卓越する(第12図)。

このように見てくると、南関東に南北性の断裂があったとしてもおかしくはない。しかし、アーツ映像で見られる南北性の断裂を示唆するパターンは、単に顕著な断裂方向が見出されたというだけにとどまらず、その断裂系の性格についてもあるヒントを示しているように思われる。分布上、どのような特長があるかは前頁に記



第13図 関東山地のアーツ映像拡大図 第2図Bより



第14図 北伊豆地震(1930)の時に地表に現われた活断層系 A 芦湖(NE性)断層; B 芦湖(NW性)断層; C 丹那断層; D 下畑断層; E 加殿断層; F 炬湯断層; G 熱海断層; H 池ノ山断層 田山(1939)より

したが 既知の断裂系と比較して 今度新しく“発見”されたこの南北性線形パターンが アーツ映像の上で示す特長を次にまとめてみよう。

1. 既知の断層などは地形的特徴の線状配列として表現されており これらの映像での表現がときに若干カーブしたりして“円み”を帯びているのに対して この南北性断裂は非常に sharp な線で表現される。
2. さらに具体的な考察を試みると この南北性断裂を示唆する線形は非常に密度の大きい状態で分布しながら 個々の線は短かく かつ すどい直線状を呈しているのので 節理とか 小断層とか比較的小規模な断裂に関係しているのではないと思われる。
3. 他の地形的要素や地質構造要素をすべて切っているように見られる。もし この観察が正しいとすると最も新しい断裂系か あるいは極めて新しい断裂系であると言えよう この事は今迄知られている地質的資料ともよく調和する。
4. 分布する範囲が広く かつ 方向 頻度がその広い範囲で極めて安定していることは この断裂系の原因となったものが かなり広域的なものであることを思わせる。

このように考えると 南関東で地質年代的に新しい時期の断裂は 走向性断裂のようにもっぱら堆積構造に関係するものを除いては (1) 西北西—東南東 (2) 南北の2種がもっとも重要なものとしてよいのではないだろうか。

5. 再び南北性断裂系について若干の考察

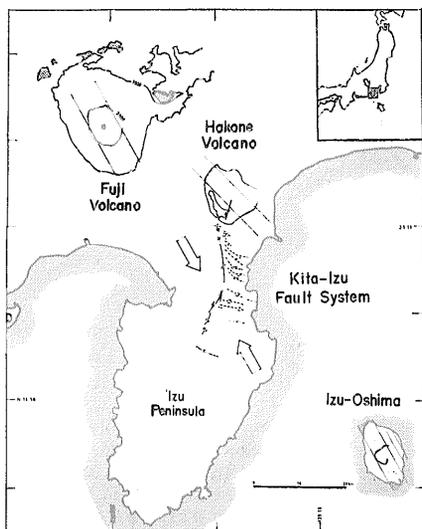
南北性断裂が新しい時期のものであろうということは以上に考察した通りだが 第3節に述べたように この

断裂系は第四紀火山岩地帯には及んでいないのである。さらに詳しく見ると 富士東南の愛鷹山とか蓼科山のように開析の進んだ火山にも断裂系は及んでいないが 甲府北方の帯那山付近とか 妙義山北方の霧積山付近とかの第三紀後期とされる火山質堆積岩は切っているようである。したがって この系の主要な活動時期は第三紀後期から第四紀にかけての頃ではないかと一応考える。

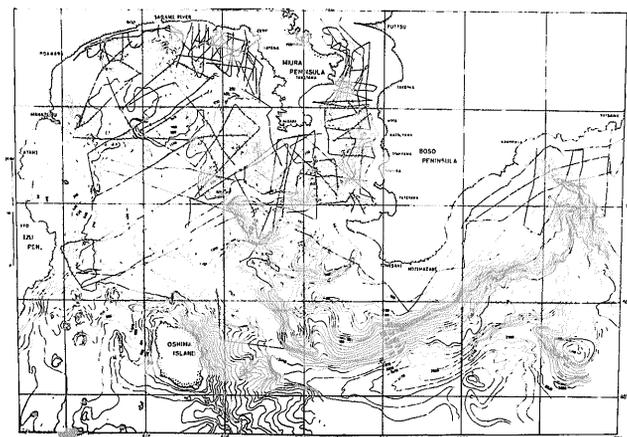
第3節で挙げた特長のうち 中 古生層に強く発達し中新統 鮮新統と時代が若くなるほど弱くなるということは岩石の物性の差 すなわち これらの若い堆積岩ほど圧緊作用が未熟な段階にあるために brittle (脆的) な性質が弱く 割れ目を形成する能力が低いからである。これに反して 火山岩は brittle な性質が強いのでこのようなことはない。したがって周辺の地層に見られる断裂が火山岩に及んでいないということは 火山岩の噴出以前にその断裂が作られたと考えてよいであろう。

さらに 北伊豆地震における丹那断層などの活断層の出現 利根川上流流域(沖積層?)や榛名山東麓に現出していることは この断裂系の活動がその後もある場所では続いていることを思わせる。

関東山地から丹沢山地にかけての断裂系の発達状況を地質図と対照しながら見ると 断裂の密度 間隔 写真上での現われ方などは 岩質 地層区分に関係なく一様である。この地域を構成する地層は周知のように 三波川変成岩類 秩父古生層 鳥巢石灰岩を含む中生層 小仏層群(古第三系—白亜系) および丹沢の御坂層とそれを貫く石英閃緑岩である。これらの地層を構成する岩石はいずれもかなり brittle な性質が強いので断裂系が強いパターンで現われることは首肯できるが このように多岐にわたる岩石の種類に関係なく発達状況がきわめて普遍的なことは分布が広範囲であることと併せ考



第15図 伊豆半島およびその近傍における火山測火口分布(点線部分)と推定される地殻主応力の方向(矢印) 中村(1969)より



第16図 相模湾および東京湾南部の海底地形 南北方向の海底崖地形が各所にみえる 木村(1973)より

えて 断裂系の原因となった営力がかなり深部からもたらされたものではないかと思わせる。

さて このような筆者らの推定が正しいとすれば 南北性の要素はおそらく第四紀以降の地質現象や地形にも何らかの形で反映されているべきであろう。

北伊豆地震における活断層（第14図）は著者らにとってもっとも都合のよい例である。地震直後に調査した田山によれば丹那断層は一続きのものではなく西北西—東南東方向の右ずれ断層により いくつかに分断されている。この西北西—東南東断層の変位の性格は三浦半島の活断層と同じセンスである。

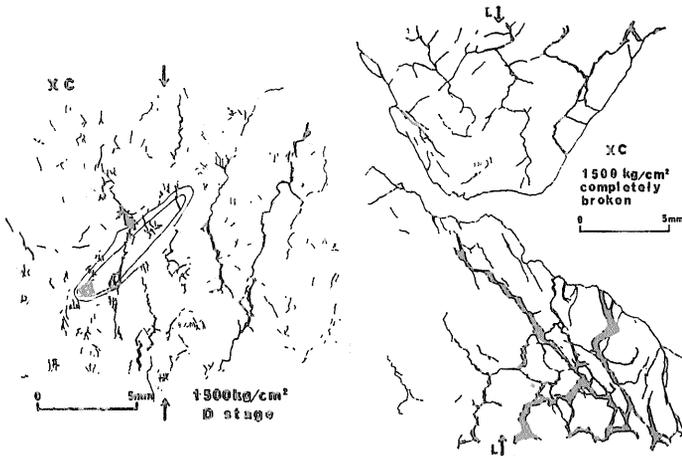
関東山地の東縁には古くから南北方向の断層が潜在していることが予想されていた（たとえば垣見ほか50万分の1地質構造図 1973）。今回 映像ではこの種の断層の位置を与えるような線状構造は はっきりとは見出せなかった。わずかに厚木市の東方2~3kmに中津—愛甲に沿って南北方向の線形が見られ この種のものに属する疑いがある。しかし 東縁に沿って基盤岩中に南北性断層のあることは十分に可能性のあることだといつてよいであろう。相模川の流路が下溝より河口まで約25km にわたって 山地部の南北性の断裂系と正確に平行していることはきわめて印象的である。

秩父盆地から丹沢山地を通る地帯の南北性断層は非常に顕著で幅約30kmの広さで 断層が鬼石・御荷鉢山あたりから発し 秩父盆地の下を潜って武甲山 天目山・雲取山など奥多摩・奥秩父の山嶺を貫き 丹沢山地を縦断して長さ100kmに及ぶ距離に伸びているのが映像上良く観察される。この断裂系は そして箱根連山の下に潜り抜けようとしているかのように消え失せるのである。これを見る人は恐らく誰でも 箱根火山およびその南に南北に連る湯河原 多賀 宇佐美などの諸火山が

この南北性断層と関係して 次々と噴出したのではないかと考えたい誘惑にかられるであろう。

中村（1969）は富士火山 大島火山 箱根火山における側火山の配列がほぼ北西—南東に配列することから これらの火山を含む地域が この火山活動の時期（現在～数万年前）に北西—南東方向を最大圧縮応力とする広域的応力場にあったことを推定している。北伊豆活断層系から推定される主応力場（中村 同上）も関東大地震時の主応力場（金森ら 1973）も同様な応力場を示している。このモデルを採ると南北性の断層は左まわりの水平ずれ断層であり 剪断性割れ目である。しかし房総 関東山地 あるいは富士川流域にみられる同方向の地質時代断層はむしろ縦ずれの性格を持っている。これについては 以前には異った性格の割れ目として生成されたものが 広域応力場の変動によって変位の性格を変えるようになったと考えられる。

関東大地震時の活断層と推定される相模湾の断層は7頁で述べたように いろいろな資料から北西—南東方向とされているが 相模湾の海底調査（木村 1973）によると 湾の中央を走る海底崖や海底谷には南北方向の成分が多く このような地形面に反映されている南北方向の要素はおそらく 同湾の活断層系にも当然何らかの関連を持っているであろうと推定される（第16図）。金森ら（1973）は 測地モデル（第10図B）とともに初動分布などの地震的データによる断層モデル（第10図A）を提出しているのだが この地震モデルの断層面は走向N70°W 傾斜北々東34°である。この走向は三浦半島や北伊豆の右ずれ活断層群の走向にほぼ類似している。北伊豆地震のときと同じように 関東大地震の海底活断層も南北性左ずれと西北西—東南東右ずれの組合わせであり 関東大地震のときには後者の活動の方が大きかったのではないだろうか。第17図は室内実験で剪断破壊を行なう岩石中で破壊がどのように進んで行ったかを示すものであるが（HOSHINO and KOIDE 1970）大破壊直前に見える共役割れ目（同図左）のどちらが大破壊に連なるかは どちらの方向が力学的に弱いかによって決まるのである。北伊豆では南北性が弱く 相模湾では西北西—東南東が弱いと考えられまいだろうか。もし ある断裂系が現在活動中であるとすれば地震活動の中に当然反映されているはずである。関東地方の微小地震活動をまとめた津村（1973）



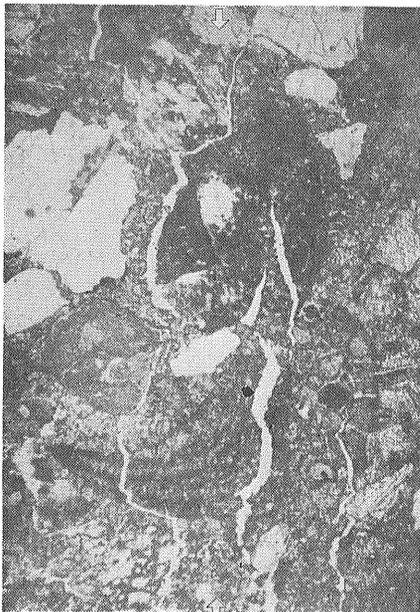
第17図 室内実験で確められた主破壊と微小破壊の割れ目の関係 左は主破壊寸前 右は主破壊終了後 主破壊を形成する大断層は方向の異なる小断層のイナズマ状組合せで構成されていることに注目されたい HOSHINO and KOIDE (1970) より

によれば大変興味深い結果が報告されている。深度別に作られた微小地震の分布図によると深度 100km 付近より震源は南北方向に配列する傾向が目立ってくる(第19図A)。このような深発地震の層構造(津村 1973)は 走向ほぼ南北のまま西に行くにしたがって深度を深し 深度 150~180km で 映像上で南北性の断裂がもっとも強く明瞭であった秩父一丹沢帯の直下に位置するようになる(第19図C)。筆者らはさきに述べたように南北性の断裂は広域かつ深部の営力に関係するであろうという予想を持ったのだが 地殻深部における地層断裂の機構に未知の要素が多い現在 果して Benioff 帯上における地震活動が地表の断裂系と直接の関係があるのかあるとしてもどのような機構なのかについてまではこれ以上の議論は差控えたい。

ここでみた南北性の断裂は以上に考察したように実態は節理・小断層などの小規模断裂である可能性が大きいが 大構造にも何らかの意味で関連があると思われる。ところで この南北性断裂はなぜいままでの航空写真には気づかれなかったのだろうか。アーツ映像で南北性断裂の間隔を計ってみると線型の間隔は 2 から 3km である。これを 4 万分の 1 の縮尺で考えると 5.0 から 8.5 cm である。このように大きい間隔では従来の航空写真でなかなか認められなかったのも当然であろう。

6. あとがき

衛星写真あるいは映像がわれわれに非常に興味深い情報を与えてくれるであろうということは筆者らが期待し



第18図 第17図の微小割れ目の顕微鏡写真

ていたことであつたが 実際に手にしてみるとまず意外なという印象が先であった。筆者らだけでなく 南関東中部にこれほど強い南北性断裂系があるとはおそらく本稿を読まれるだれも予想していなかったのではないだろうか。

当初は衛星写真の地質学的問題解決への応用の効果はどんな工合であろうか 今までのデータとまず比較してみようではないかという軽い気持ちであつた。アーツ映像の利用法についての紹介というのが本稿執筆の動機であつたし 映像を検討する契機でもあつた。それが思いがけない方向に外れてしまった。この南北性のパターンは一体何だろうかという強烈な好奇心が先行して本稿は アーツ映像の紹介記事にしては偏つてしまひ といつて副題に掲げた南北性断裂系についても徹底しない感のある まことに中途半端なものになってしまった。

いずれ後者についてはあらためて報告を行なうつもりである。しかしながら 筆者らとしては 今回 南北性に関する既知のデータについては一応利用できるものは当り それは何であるかという問題に対してはなし得る限りの考察をしたつもりである。さらに南北への延長はどうなるのか。早急に残りの他地域の映像についても検討を行なつてみたいと考えている。

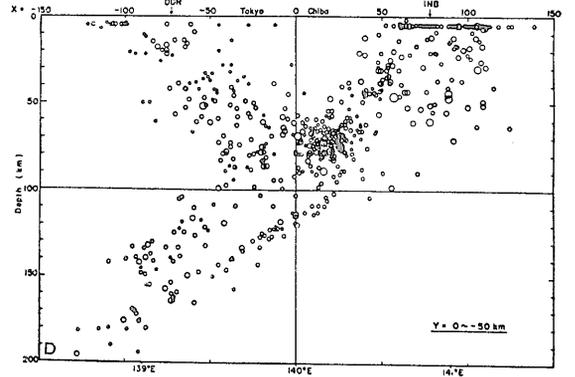
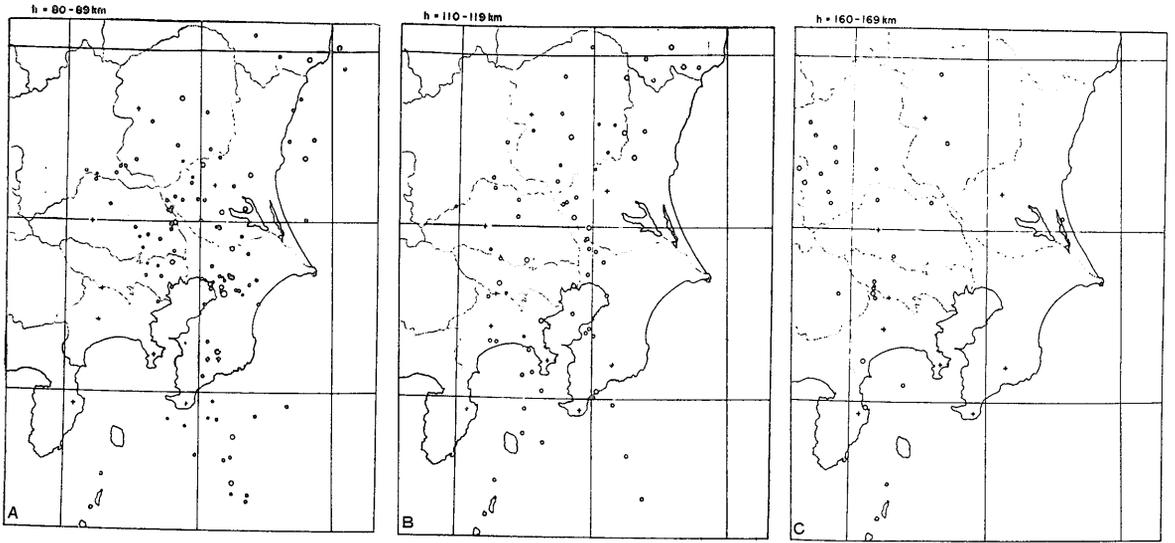
本稿はアーツ映像の利用と南関東の断裂系についての新しいデータについてのニュースとしてまず報告しようということでもとめた。足りないところ 至らないところについて各位の御叱正をいただければ幸である。

最後に一言感想として追加しておきたいことは 一度に 185km×185km という広い範囲の一望が可能となったということである。また従来の調査法では 点と線の観察から全体がまとめられていたのに対して このようなシノプティックな観察では大きな枠組みが予測(限度があることは当然であるが)できる点である。大きな枠組みの予想に立って従来の調査法がより効果的に推進でき また点と線の調査では不可能な観察ができるということである。

(筆者らは燃料部 応用地質部長)

引用文献

- 福田理 1973: 足もとを見よ〜首都圏地震線論争への提言
地質ニュース 230号 28—31頁
- 長谷紘和 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 230号 6頁
- HOSHINO, K. and KOIDE, H. 1970: Process of deformation of the sedimentary rocks, Proc. 2nd. Cong. ISRM. 2—13.
- 石和田靖章ほか 1971: 日本油田ガス田図 茂原 地質調査所
垣見俊弘・平山次郎・影山邦夫 1966: 小断層から求めた三浦



半島北部の造構的応力場 地質学雑誌 72巻 10号 469—489頁

垣見俊弘 1971: 三浦半島の断層系 測量 21巻11号 4—11頁
垣見俊弘ほか 1971: 南下浦断層の変位の性格 とくに垂直変位量について 第四紀研究 10巻 3号 81—91頁

金森博雄・安藤雅孝 1973: 関東大地震の断層モデル 関東大地震50周年論文集 89—101頁 地震研究所

KANERO, S. 1969: Right-lateral faulting in Miura Peninsula, south of Tokyo, Japan, Jour. Geol. Soc. Jap., vol. 75, p. 199—208.

KANERO, S. 1971: Neotectonics of Oiso Hills and contiguous districts in south Kanto, Japan, Journ. Geol. Soc. Jap., vol. 77, p. 345—358.

木村政昭 1971: 南関東の地殻モデルに関する一考察 地質ニュース 204号 1—10頁

木村政昭 1973: 陸上地質を相模湾底に追う 科学7月号 420—426頁

KIMURA, T. 1966: Tectonic movements in the southern Fossa Magna, Central Japan, analyzed by the minor structures in its southwestern area, Jap. Jour. Geol. Geol., vol. 37, p. 63—85.

衣笠善博・垣見俊弘・平山次郎 1969: 房総半島東海岸の小断層 地調月報 20巻 1号 13—38頁

松田時彦 1961: 富士川谷新第三系の地質 地質学雑誌 67巻 79—96頁

松田時彦 1966: 地蔵平附近の地質 とくに進入岩類について 神奈川温泉研報告第4号 21—30頁

松田時彦 1970: 南関東の地質と活断層 震研 地震予知観測センター資料 第1号 9—16頁

松野久也 1973: リモート・センシング 一空中・宇宙空間からの地球環境・資源の観測— 計測と制御 12巻 8号 38—48頁

三梨昂 1973: 南関東・新潟地区における中新世から洪積世にいたる堆積盆地の変遷 地球科学27巻 2・3号 48—65頁

茂木昭夫 1955: 相模湾東部および西部の海底地形 水路要報増刊号 17巻 115—127頁

第19図 関東地方における微小地震震源(1971年7月—1972年6月)
A; 深度80—89km B; 深度110—119km C; 深度160—169 km D; 東西断面。 津村(1973)より

村井勇 1965: 房総半島勝浦附近に発達する節理と断層 震研 彙報 43号 829—869頁

村井勇 1970: 南関東の地質構造的応力場 震研 地震予知観測センター資料 第1号 17—24頁

中村一明 1969: 広域応力場を反映した火山体の構造—側火山の配列方向— 火山 第2集 第14巻 8—20頁

大久保雅弘・堀口万吉 1969: 5万分の1地質図幅 万場 佐藤正ほか 1973: 鶴川破碎帯について 地質学会年会(仙台) 講演要旨 297頁

白石辰己・星野一男・老田絃一 1967: 構造解析を目的とした航空写真の利用について—房総半島中部地域を例として— 佐々保雄教授還暦記念論文集 701—718頁

田山利三郎 1939: 北伊豆地震と地質構造との関係 斉藤報恩会 11号

津村建四郎 1973: 関東地方の微小地震活動 震研 関東大地震50周年論文集 67—87頁 地震研究所

YAMAZAKI, N. 1926: Physiographical studies of the great earthquake of the Kwanto district. 1923, Jour. Fac. Sci, Imp. Univ. Tokyo., Sect. 2, vol. 2, pt. 2, p. 77—119.