

東濃地域を対象としたリニアメント調査(その1)

(動力炉・核燃料開発事業団 委託業務成果報告書)

1994年3月

アジア航測株式会社

この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、特に限られた関係者だけに開示するものです。ついては、複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう特に注意してください。

本資料についての問合せは下記に願います。

〒509-51 岐阜県土岐市泉町定林寺字園戸959-31

動力炉・核燃料開発事業団

中部事業所 技術開発課

東濃地域を対象にしたリニアメント解析（その1）

山井忠世*，角南基亮*，小林公一*

要 旨

我が国の広域地下水流動を把握するための調査技術・解析技術の開発の場である東濃地域において、リニアメントの情報から岩盤中の割れ目系の分布特性を推定する解析手法を開発するための基礎資料として、本地域のリニアメント判読図および、リニアメントによる構造区分図を作成した。

リニアメント判読図(1:2,500, 1:25,000, 1:100,000)を、SPOT衛星画像(1:100,000)、LANDSAT衛星画像(1:200,000)、国土地理院撮影の航空写真(1:40,000)の3種類の画像を用いて、それぞれの画像ごとに作成し、あわせて判読に用いた画像の違いによるリニアメントの特徴の差異について検討した。またリニアメントの分布特性等から、本地域の構造区分を行いその特徴を把握した。

3種類の画像ごとに判読されたリニアメントを比較すると、まず発達方向は、航空写真によるリニアメントが、北西方向に卓越しているのに対し、SPOT, LANDSAT画像によるリニアメントが北東、北西方向に集中しているが、比較的同様の傾向を示している。また、リニアメントの空間分布についてボックスカウンティング法によりフラクタル性をみると、特に差は認められない。

本地域は、リニアメントの地域的な方向性の違い、切断関係、肌理の差異などから、10の構造区に区分できる。この構造区分は、地形分類や地質図とも調和的である。

また、露頭で計測された割れ目のトレース長とリニアメントの長さの頻度分布は、フラクタル性に従うと推定される。

本報告書は、アジア航測株式会社が動力炉・核燃料開発事業団との契約により実施した業務の成果である。

契約番号：05C1173

事業団担当部課室および担当者：中部事業所，技術開発課 小出 馨

*：防災・地質部 水文地質課

Lineament Analysis in the Tono area (Part 1)

Tadayo Yamanoi^{*}, Motoaki Sunami^{*}
Koichi Kobayasi^{*}

Abstract

Lineament maps were made in the Tono area which is a test field in Japan for development of investigation method for groundwater flow over a wide area, and division of the area was carried out. Those maps supply fundamental data for development of analytical methods to predict distribution of fracture systems in rocks by using information of lineament.

Three types of lineament maps (scale; 1:2,500, 1:25,000, 1:100,000) were made from SPOT images (1:100,000), LANDSAT image (1:200,000) and air-photographs (1:40,000) published by Geographical Survey Institute, and those maps were examined their difference in characteristics of the lineaments due to the difference in images. Natures of the lineaments in the district were grasped, as well, by means of dividing the district into the subareas based on the different distribution patterns of the lineaments.

A lot of lineaments interpreted by air-photographs strikes NW, and there are many lineaments that interpreted by SPOT images and LANDSAT image commonly striking NE or NW.

But they are mutually similar in their direction, although their degree of concentration is different to each other.

As to the fractal properties in spatial distribution of the lineaments, no district difference was recognizable among those three maps, as far as it was examined by the box counting method.

The studied area can be divided into 10 subareas based on the distribution pattern (strike, continuity, texture) of lineaments. Characteristics of each subarea were described. The division of the area shows relatively good agreement with topographical and geological divisions. The distribution of lineaments and fracture trace seen on the surface of rockmass shows approximately the fractal distribution.

Work performed by Asia Air Survey Co.,Ltd under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation

PNC Liaison : Technology Development Section, Chubu Works, Kaoru Koide

* Asia Air Survey Co.,Ltd, Dept. of Hydrogeology

目 次

1. はじめに	1
1.1 調査目的	1
1.2 調査概要	1
1.3 成果品	3
1.4 地形・地質概要	4
2. 各画像によるリニアメント判読の概要	9
2.1 SPOT画像判読調査	9
2.1.1 判読方法	9
2.1.2 判読結果	10
2.2 LANDSAT画像判読調査	13
2.2.1 判読方法	13
2.2.2 判読結果	13
2.3 航空写真判読調査	16
2.3.1 判読方法	16
2.3.2 判読結果	18
3. 解析	21
3.1 判読対象画像の違いによるリニアメントの特徴の差異	21
3.2 地質とリニアメント分布との関係	26
3.3 リニアメントによる構造区解析	33
3.4 構造区分と各構造区の特徴	47
3.4.1 構造区境界の設定と各構造区の地形・地質	47
3.4.2 割れ目分布の特徴	57

4. 評価・検討	66
4.1 リニアメント判読における各画像の有効性	66
4.2 構造区分上の有効性	68
4.3 割れ目のトレース長による頻度の推定	68
4.4 課題	68
5. まとめ	70

目 次

図-1.1	解析対象領域位置図	2
図-1.2	解析対象領域周辺の地形分類図	5
図-1.3	地形分類図凡例	6
図-1.4	解析対象領域周辺の地質図	7
図-1.5	地質図凡例	8
図-2.1	SPOT衛星画像によるリニアメント判読図	11
図-2.2	SPOT衛星画像によって抽出されたりニアメントのローズダイアグラム	12
図-2.3	LANDSAT衛星画像によるリニアメント判読図	14
図-2.4	LANDSAT衛星画像によって抽出されたりニアメントのローズダイアグラム	15
図-2.5	航空写真によるリニアメント判読図	19
図-2.6	航空写真によって抽出されたりニアメントのローズダイアグラム	20
図-3.1	リニアメントの長さによる累積頻度	22
図-3.2	ボックスカウンティング法による各画像でのフラクタル次元	23
図-3.3	SPOT衛星画像によるリニアメントと地質	27
図-3.4	SPOT衛星画像によるリニアメントと地形区分	28
図-3.5	LANDSAT衛星画像によるリニアメントと地質	29
図-3.6	LANDSAT衛星画像によるリニアメントと地形区分	30
図-3.7	航空写真によるリニアメントと地質	31
図-3.8	航空写真によるリニアメントと地形区分	32
図-3.9	メッシュの大きさとリニアメントの平均長の関係	35
図-3.10	SPOT衛星画像によって抽出されたりニアメントの方向別密度分布	36
図-3.11	LANDSAT衛星画像によって抽出されたりニアメントの方向別密度分布	37
図-3.12	航空写真によって抽出されたりニアメントの方向別密度分布	38
図-3.13	構造区分図	40
図-3.14	構造区と地質の関係	41
図-3.15	構造区と地形の関係	42
図-3.16	コンパイル・リニアメント判読図における構造区別ローズダイアグラム	43

図-3.17	SPOT衛星画像によって抽出されたりニアメントの 構造区別ローズダイアグラム	44
図-3.18	LANDSAT衛星画像によって抽出されたりニアメントの 構造区別ローズダイアグラム	45
図-3.19	航空写真によって抽出されたりニアメントの構造区別ローズダイアグラム	46
図-3.20	f 地区での割れ目のローズダイアグラム	58
図-3.21	f 地区におけるリニアメントおよび花崗岩露頭の割れ目についての ボックスカウンティング法によるフラクタル次元	63
図-3.22	f 地区における花崗岩露頭の割れ目についての ボックスカウンティング法によるフラクタル次元	64
図-3.23	f 地区におけるリニアメントの長さおよび、花崗岩露頭での割れ目の トレース長による累積頻度	65

表 目 次

表-2.1	SPOT衛星画像諸元	9
表-2.2	LANDSAT画像諸元	13
表-3.1	割れ目調査地点露頭状況一覧(1)	61
表-3.2	割れ目調査地点露頭状況一覧(2)	62

付 図

付図-1	割れ目スケッチ図(P-6, P-7, P-8)
付図-2	割れ目スケッチ図(P-9, P-10, P-11)
付図-3	割れ目スケッチ図(P-1, P-2, P-3)
付図-2	割れ目スケッチ図(P-4, P-5)

1. はじめに

1.1 調査目的

我が国の広域地下水流動を把握するための調査技術・解析技術の開発の場である東濃地域において、リニアメントの情報から岩盤中の割れ目系の分布特性を推定する手法開発に必要なリニアメント判読図を作成し、判読されたリニアメントの地質的な位置づけを検討することを目的とした。

1.2 調査概要

(1) SPOT衛星画像を用いたリニアメント判読

SPOT衛星画像(HRVセンサー、パナロマチックモード、ステレオ)を用いて、図-1.1 に示す解析対象領域内(約30km×30km)のリニアメントを判読した。

(2) LANDSAT衛星画像、SPOT衛星画像、1/4 万航空写真のリニアメント判読図作成

各画像のリニアメント判読図並びにこれらの判読結果をコンパイルしたリニアメント判読図を作成した。

(3) 判読対象画像の違いによるリニアメントの特徴の差異の検討

(2) のリニアメント判読図を基に、各画像によって判読されたリニアメントの特徴(分布、方向、抽出要素、密度など)の差異をまとめた。

(4) リニアメント分布と地質との関係の検討

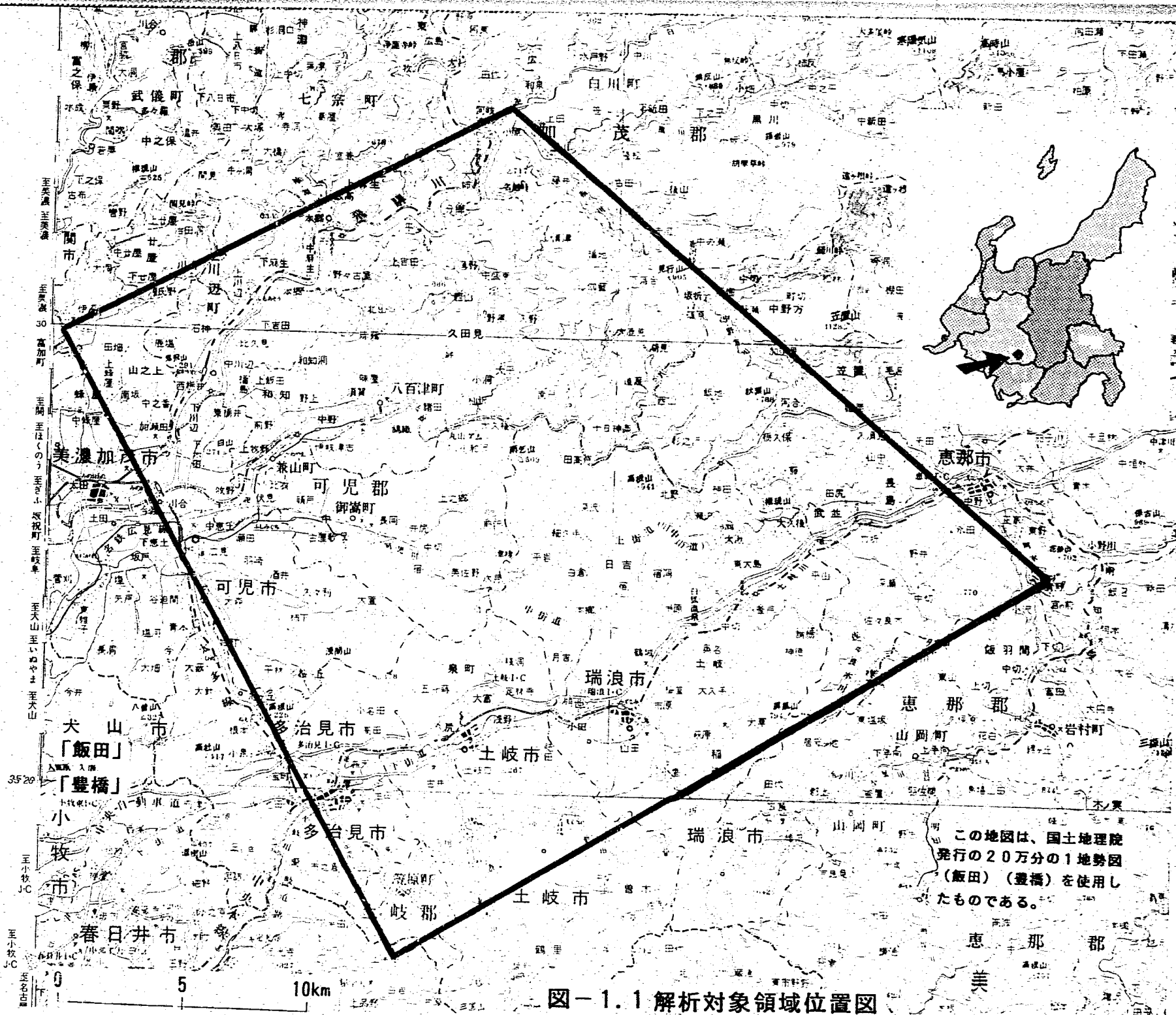
図-1.1 の解析対象領域内の地形、地質と抽出されたリニアメント分布特性の関係を明らかにした。

(5) リニアメントによる構造区分析

以上の解析結果を基に、解析対象領域内、すなわち「航空写真等による水埋地質構造の解析(昭和62年)」で設定されたA地区の細区分を行った。また、構造区分にあたっては、リニアメントの分布特性項目の内、構造区分に有効と考えられる項目についての検討を行い、その項目を明らかにするとともに、その妥当性について考察した。

(6) 各構造区の地形・地質および割れ目分布の特徴の抽出

(5) の解析結果を基に、区分された領域ごとのリニアメントの分布特性、およ



この地図は、国土地理院
発行の20万分の1地勢図
(飯田) (豊橋) を使用し
たものである。

図-1.1 解析対象領域位置図

び地形・地質の特徴をまとめた。また、過去に事業団が実施した花崗岩露頭での割れ目調査の地点を含む構造区においては、リニアメントとこの現地で計測された割れ目との関係について検討した。

1.3 成果品

① リニアメント判読図

- ・ SPOT衛星画像によるリニアメント判読図 (1: 25,000)
- ・ SPOT衛星画像によるリニアメント判読マイラー図 (1: 25,000)
- ・ SPOT衛星画像によるリニアメント判読マイラー図 (1:100,000)
- ・ LANDSAT 画像によるリニアメント判読図 (1: 25,000)
- ・ LANDSAT 画像によるリニアメント判読マイラー図 (1: 25,000)
- ・ LANDSAT 画像によるリニアメント判読マイラー図 (1:100,000)
- ・ 航空写真によるリニアメント判読図 (1: 25,000)
- ・ 航空写真によるリニアメント判読マイラー図 (1: 25,000)
- ・ 航空写真によるリニアメント判読マイラー図 (1:100,000)
- ・ 上記3種類のコンパイル・リニアメント判読図 (1: 25,000)
- ・ 上記3種類のコンパイル・リニアメント判読マイラー図 (1: 25,000)
- ・ 上記3種類のコンパイル・リニアメント判読マイラー図 (1:100,000)
- ・ SPOT衛星画像によるリニアメント判読図 (1:2,500;表層水理調査領域)
- ・ SPOT衛星画像によるリニアメント判読マイラー図 (1:2,500;表層水理調査領域)
- ・ LANDSAT 画像によるリニアメント判読図 (1:2,500;表層水理調査領域)
- ・ LANDSAT 画像によるリニアメント判読マイラー図 (1:2,500;表層水理調査領域)
- ・ 航空写真によるリニアメント判読図 (1:2,500;表層水理調査領域)
- ・ 航空写真によるリニアメント判読マイラー図 (1:2,500;表層水理調査領域)
- ・ 上記3種類のコンパイル・リニアメント判読図 (1:2,500;表層水理調査領域)
- ・ 上記3種類のコンパイル・リニアメント判読マイラー図 (1:2,500;表層水理調査領域)

② 構造区分図

- ・ 構造区分図マイラー図 (1:200,000)
- ・ 構造区分図マイラー図 (1:100,000)

- ・構造区分図マイラー図 (1:25,000)
 - ・構造区分図 (1:2,500;表層水理調査領域)
 - ・構造区分図マイラー図 (1:2,500;表層水理調査領域)
- ③ 判読に用いたSPOT衛星画像 (3 シーン)

1.4 地形・地質概要

解析領域は、日本の中部地方の濃尾平野の東方にあり、図-1.2¹⁾に示す通り、美濃高地と東濃丘陵にまたがっている。解析領域の木曽川より北側は美濃高地に区分されており、おもに起伏量 200～400mの小起伏山地となっている。ここでの山頂部は、標高が約 400～600 m程度で平坦化されているが、木曽川、飛騨川の流域には緩斜面や段丘面等の発達が悪く、河川の下刻地形がみられる。木曽川の南側には東濃丘陵があり、起伏量 200m以下の丘陵地が発達し、土岐川、可児川流域や美濃太田盆地には、段丘や扇状地性低地が分布する。解析領域の東南側の境界付近には東濃丘陵と明瞭な遷緩線で接する美濃三河高原があり、北東－南西方向に尾根が伸び、その標高は約 700mとなっている。

本領域周辺の地質図を図-1.4^{2) 3)}に示すが、地形分類と比較良い対応がみられる。木曽川より北側の美濃高地には古生代の堆積岩類がほぼ東西方向の一般走向で分布、露出しているが、赤川流域付近から北東側には濃飛流紋岩が広がる。木曽川より南側の東濃丘陵でも古生代の堆積岩類を基盤としているが、10km四方の白亜紀後期の花崗岩体や、武並付近には濃飛流紋岩があり、さらにこれらを覆って中新世の瑞浪層群、鮮新世の瀬戸層群が分布している。また、地形分類と同様に遷緩線を境にその南側の美濃三河高原には、広く花崗岩類が分布している。

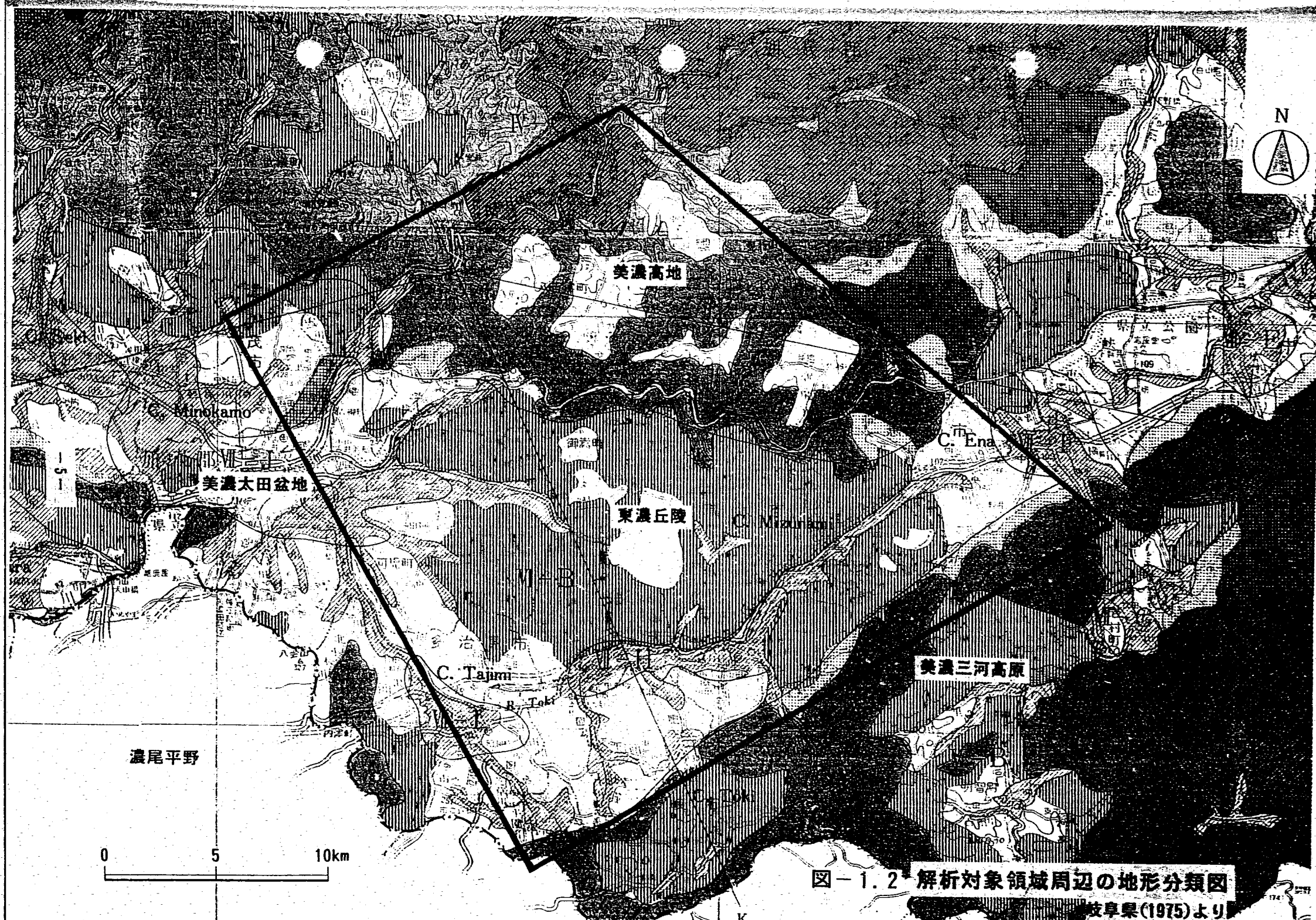
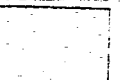
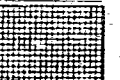


図-1.2 解析対象領域周辺の地形分類図

岐阜県(1975)より

図-1.3 地形分類図凡例

山地		大起伏山地	起伏量600m以上の山地で、本県の東、北、西を取囲む県境の山地にみられる。高峻な山岳地帯を含む、海拔高度の大きい山地で、一般に河谷に深く刻まれ、起伏量、谷密度、山腹傾斜とも大である。
		中起伏山地	起伏量400~500mの山地で、本県の北部では東西の県境山地にはさまれた中間の山地、南部では県境山地の本県側に続く山地にみられる。一般に、標高1000~1500mの山を含む山地で、谷密度、起伏量、山腹傾斜は大起伏山地より小である。
		小起伏山地	起伏量200~400mの山地で、本県北部の中ほど、南部東西中起伏山地の間、南端部の県境付近の山地にみられる。一般に、谷密度、山腹傾斜などは中起伏山地よりさらに小で、山頂部には緩斜面が多くみられる。花崗岩、流紋岩、砂岩、粘板岩などの山地に多い。
丘陵地		大起伏丘陵地	起伏量100~200mの丘陵地で、東濃地方に広くみられ、中新世の端浪層群や、鮮新世の瀬戸層群よりなるところである。西美濃地方のこの丘陵地は古生層の粘板岩、砂岩などよりなるところである。
		小起伏丘陵地	起伏量100m以下の丘陵地で、東濃地方に広くみられるが、瀬戸層群の土岐砂礫層よりなるところが多い。西美濃地方の養老山地と鈴鹿山地の間の丘陵地は多良層群よりなるところで、関盆地、美濃太田盆地周辺の丘陵は古生層の粘板岩、砂岩よりなる。
台地・段丘		砂礫台地段丘(上位面)	上位面砂礫台地段丘に相当するものは本県には少ない。わずかではあるが、飛騨川が木曾川に合流する地点の北にある上野平がその代表的なもので、その他断片的に木曾川の兼山より上流の山地の山腹にみられる。
		砂礫台地段丘(中位面)	美濃太田盆地の木曾川左岸の伏見、今渡間、右岸の長良川流域と分水界をなす加茂野台地、山地をでた右岸の各務原台地などがこれに相当する代表的なところである。その他、木曾川上流などに断片的にみられる。
		砂礫台地段丘(低位面)	山間盆地周辺に比較よく発達する。高原川の神岡盆地における本郷台地・野首台地、高山盆地の上野平、飛騨川の萩原から下呂にかけて、木曾川の坂下盆地・美濃太田盆地などである。多くは数段の段丘が発達する。
低地		扇状地性低地	美濃平野で、長良川、根尾川、揖斐川、相川、牧田川などの山地の出口に緩勾配の扇状地を発達させ、それらが複合して扇状地地帯を形成している。その他、養老山地東麓に急勾配の小扇状地が連なり、山間盆地にも小扇状地をみるところがある。

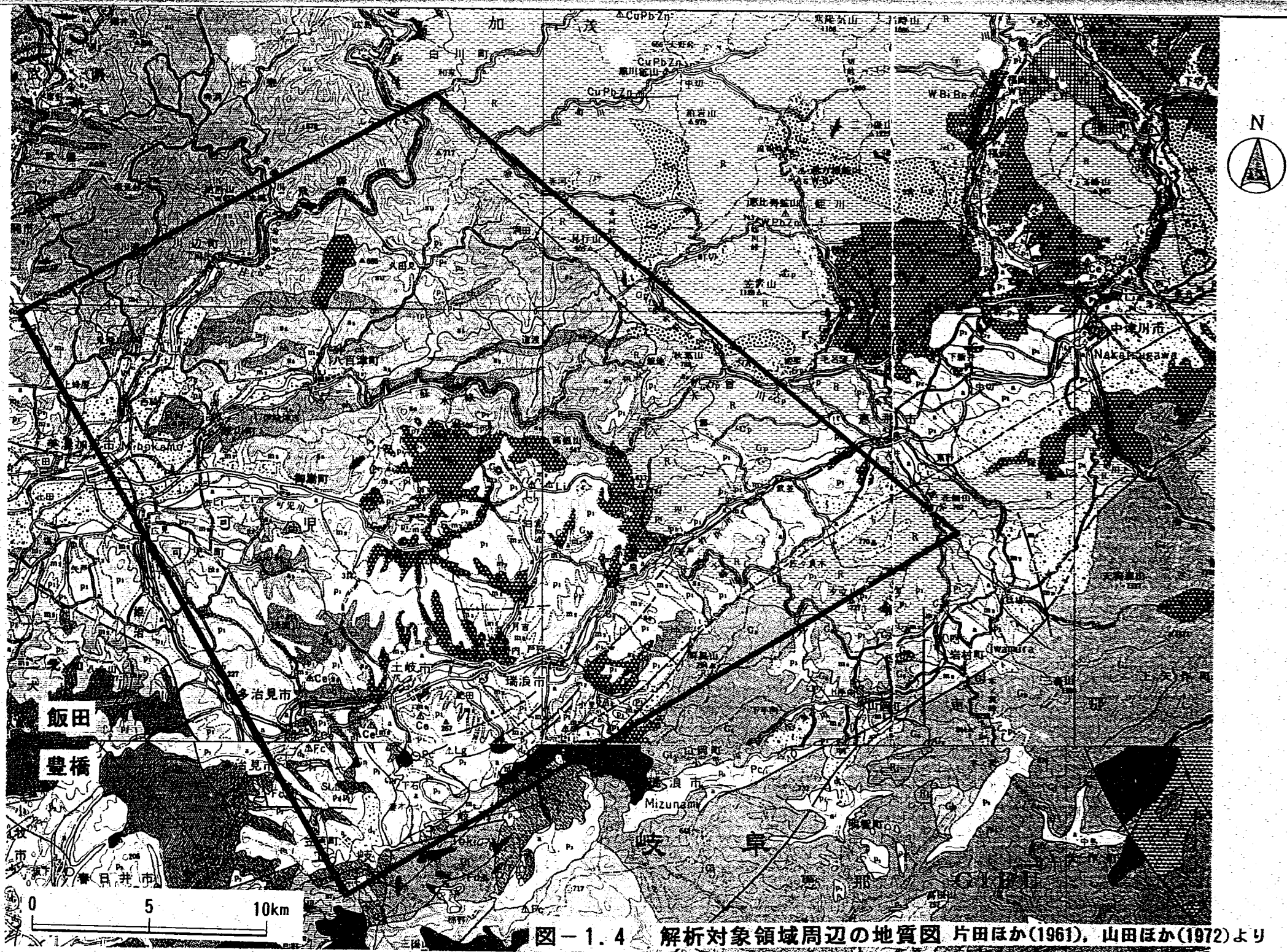


図-1.5 地 質 図 凡 例

2) 3) 4)

時代		「飯 田」 (片田ほか, 1961)		「豊 橋」 (山田ほか, 1972)	
現 世 更新世	沖 積 層		礫・砂および粘土	沖 積 層	礫・砂および粘土
	段丘及び崖錐		礫・砂・粘土および火山灰	上 部 更 新 統	礫・砂および粘土
新 第 三 紀	鮮新世	伊 那 層	礫・砂および粘土		
		瀬 戸 層 群	礫・砂および粘土	瀬 戸 層 群	礫・砂・粘土および凝灰岩 粘土および砂
	中新世	瑞 浪 層 群	砂岩・泥岩および礫岩	瑞 浪 層 群	砂岩・泥岩および礫岩
白 亜 紀 後 期	苗木・上松花崗岩など		黒雲母花崗岩 角閃石黒雲母花崗斑岩	苗木・上松花崗岩など	黒雲母アダメロ岩
	濃飛流紋岩類		(角閃石) 黒雲母流紋岩など		
	阿寺層		礫岩・火山砕屑岩類および頁岩		
	伊奈川花崗岩・天竜峡花崗岩および片麻状花崗岩		粗粒角閃石黒雲母花崗斑岩	伊奈川花崗岩	角閃石黒雲母花崗閃緑岩および 角閃石含有黒雲母アダメロ岩
					花 崗 斑 岩
白亜紀前期	領家変成岩類		雲母片状ホルンフェルス (雲母片岩) など		
ジュラ紀後期 三疊紀	美濃帯		石灰岩	美濃帯	頁岩・砂岩およびチャート
			チャート 粘板岩・砂岩など 未区分層		

2. 各画像によるリニアメント判読の概要

2.1 SPOT画像判読調査

2.1.1 判読方法

今回判読に用いたSPOT画像の諸元は、表-2.1 の通りで、縮尺1/10万の白黒プリントを購入した。この組合わせは、過高感を示めす B/H （ B ：基線長、 H ：撮影高度）が1に近く、特に丘陵地域での判読に適し、また撮影時期が接近しているため、立体視融合も比較的良好であった。

表-2.1 SPOT衛星画像諸元

PATH-ROW	SAT	SENSOR	DATE	QUAL	GAIN	INPUT ANGLE
325-279	S2	HP	93/05/27	G	7	L24.4
326-279	S2	HP	93/03/17	G	7	R30.4
327-279	S2	HP	93/05/27	G	6	L28.2

本調査ではSPOT衛星画像の特徴である立体視で判読をおこなっているため、リニアメントの抽出基準は後に述べる航空写真によるものに準じている。すなわち、鞍部・地形急変部・直線状の谷・三角末端面などが、ある直線上に配列しているものをリニアメントとして抽出している。また航空写真とは異なり、一度に広範囲に渡る判読が可能であるため、尾根や谷の配向の地域的な差異や地形の肌理（テクスチャ；面としての性質が均質な領域のもつ特徴）の違いが抽出しやすいため、これらの違いの境界線をリニアメントの判断に利用できる。

航空写真では活断層の抽出が数多く試みられているが、SPOT画像での分解能は10 mで、航空写真より劣るため活断層の判読要素となる第四紀層の低崖や撓曲などの変位地形の抽出は困難である。したがって今回の判読では、リニアメントが活断層であるか否かの区分はおこなっていない。地形指標は、地質的要因と風化・侵食作用の履歴によってその形状が決まるため、同一の長さ・破碎帯幅の断裂でも、当然その明瞭度に差が生じてくる。特に風化・侵食作用が進行し、起伏が小さくなると地形の不連続性は不明瞭になる。ここではこのような指標に乏しいリニアメントも

精度上の問題はあるものの構造区分上不可欠と考え抽出した。また、抽出には長さによる制限は設けていない。これはフラクタル次元を検討する上でも必要となる。

SPOT画像でのリニアメント判読をおこなうにあたり、下記の判読基準を設けた。

① リニアメント A (明瞭なリニアメント)

画像上の線状模様を境にして、尾根・谷の伸長方向、地形の肌理が不調和で、鞍部・急崖・地形急変部・直線状の谷がその線状模様上に位置し、それらの指標が明瞭なもの。

② リニアメント B (不明瞭なリニアメント)

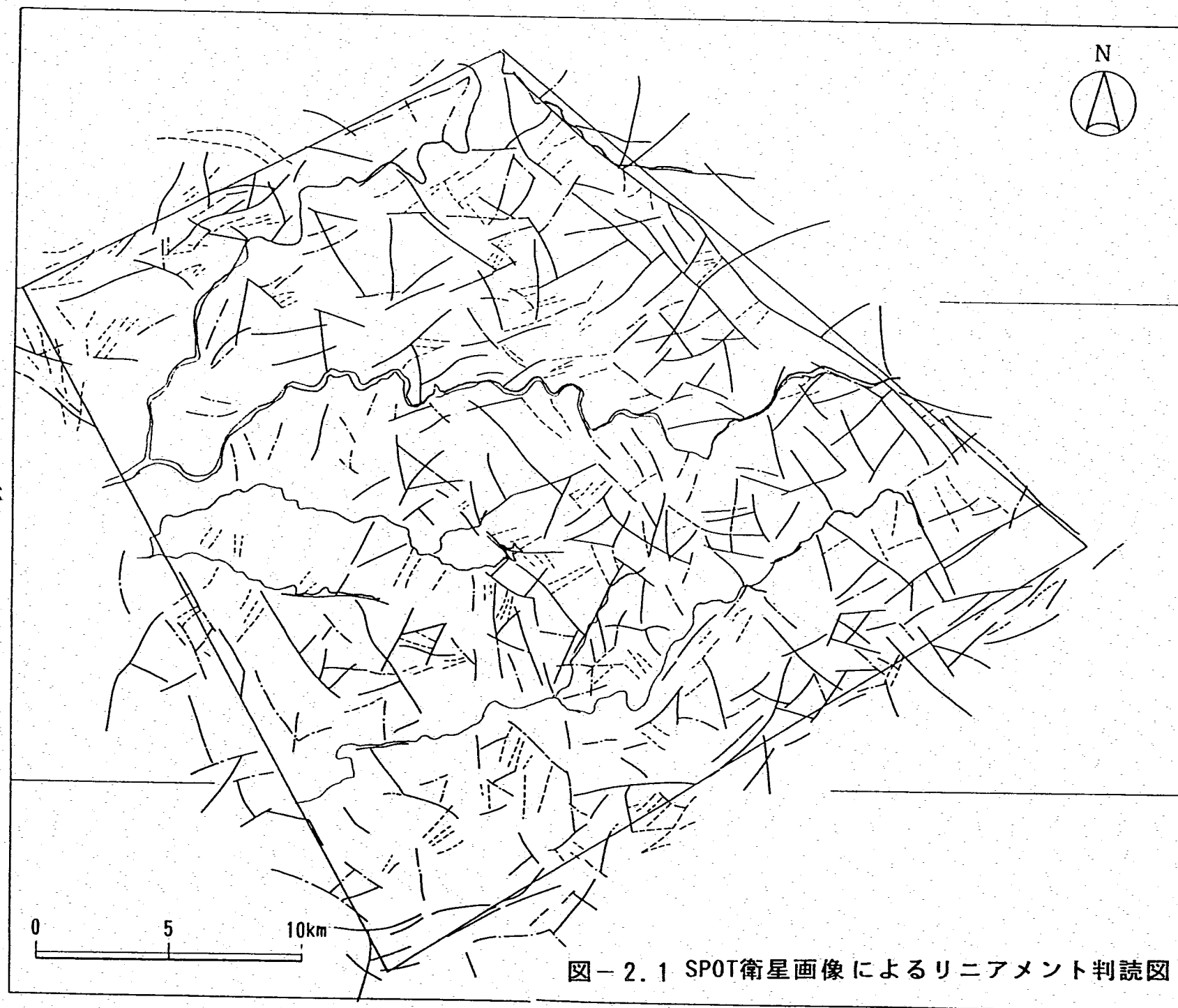
上記の指標に乏しいか、あるいは河川の側方侵食・切土など、地質的要因ではなく表層に2次的に形成された可能性があるもの。

③ リニアメント C

リニアメントと認められるものには断層・節理・層理(片理)があるが、地質構造解釈をおこなうには断層・節理といった断裂と層理が区別できることが望ましい。しかし、リニアメントを示す地形要素のみからは節理と層理を区別できないため、これらをリニアメント C として抽出した。具体的には、節理あるいは層理(片理)と推定されるもので単一ではなく、系統的にある一定の間隔で平行に数本程度認められ、その線状模様を境にした肌理に差が認められないもの。なお、ここでいう節理とは、画像上のスケールで変位が識別できないものとした。

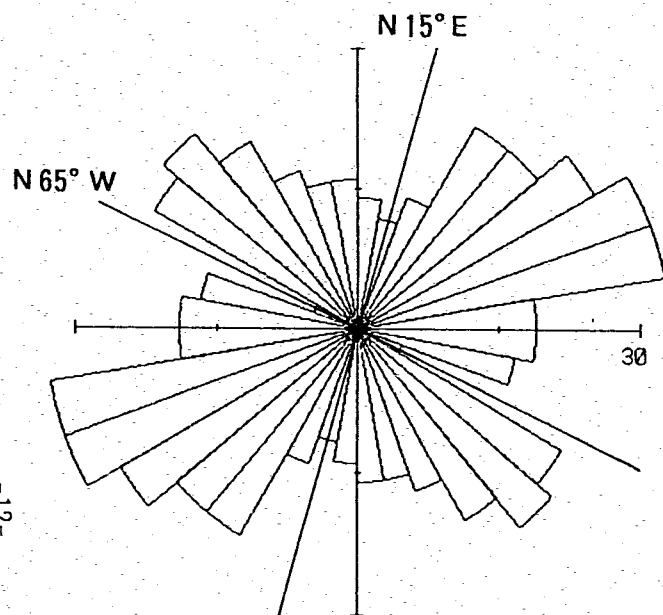
2.1.2 判読結果

図-2.1 にSPOT衛星画像によるリニアメント判読図を、図-2.2 にそのローズダイアグラムを示す。なおこのローズダイアグラムにはリニアメント C に区分されたリニアメントは含めていない。また以降の定量的な解析にも用いていない。このリニアメントには、花崗岩分布域に存在するものなど節理に区分できるものもあるが、ここではリニアメントによる構造区分を目的とし、応力場を反映したリニアメント



凡 例	
——	リニアメント A (明瞭)
---	リニアメント B (不明瞭)
---	リニアメント C (節理・層理)

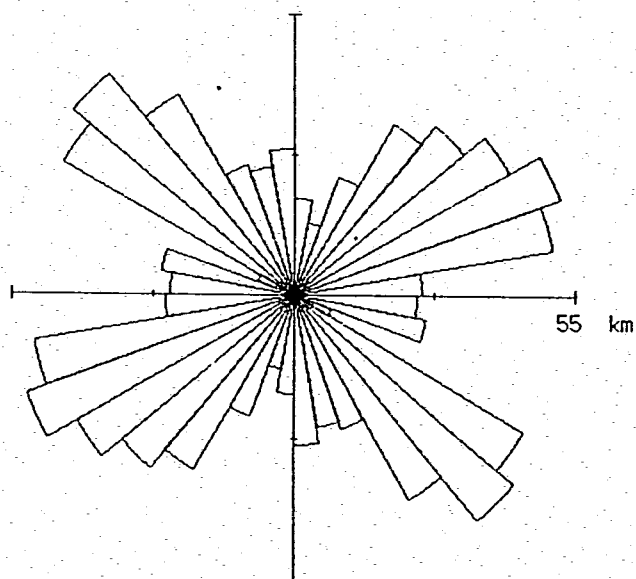
図-2.1 SPOT衛星画像によるリニアメント判読図



方向別本数分布

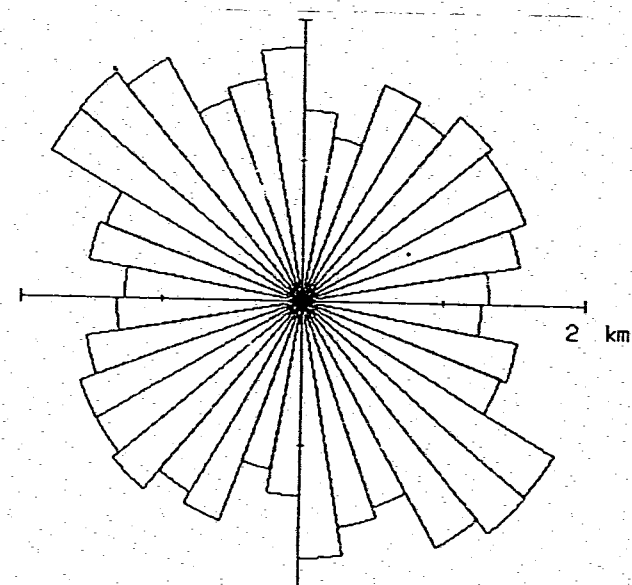
総本数 371本

方位の数字は、リニアメントを
2区分したときの境界方位



方向別累積長さ

総累積長さ 614km



方向別平均長さ

全体の平均長さ 1.6km

図-2.2 SPOT衛星画像によって抽出されたリニアメントのローズダイアグラム

のみで解析をおこなう必要があり、堆積岩分布地域と同様の評価が必要であるため除いてある。

リニアメントの発達方向は、北東ないし東北東方向、北西方向である。北東ないし東北東方向のものは、木曽川の北側や花崗岩からなる美濃三河高原に特徴的にみられる。北西方向のものは、特に密にみられる地域はないが、他の方向のものより連続性が良い。リニアメントは、美濃三河高原や瑞浪市日吉町付近などの花崗岩分布域に比較的密に分布している傾向がある。逆に美濃太田盆地など、沖積層の分布域や段丘ではあまりみられない。

2.2 LANDSAT画像判読調査

2.2.1 判読方法

本調査で解析に用いているLANDSAT 画像判読図は、「航空写真等による水理地質構造の解析（昭和62年）」⁵⁾で判読されたものを、移写して作成したものであるの
でここでは概略を述べるにとどめる。表-2.2 に判読に用いたLANDSAT 画像の諸元を示す。

表-2.2 LANDSAT 画像諸元

SAT	SENSOR	PATH-ROW	SUBSCENE	DATE	BAND
LANDSAT 5	TM	109-035	D	85/11/21	2.3.4
LANDSAT 5	TM	109-036	B	85/11/21	2.3.4

用いた画像は、縮尺1/50万のサブシーンを2.5倍に引伸ばした縮尺1/20万の画像である。LANDSAT 画像では、一般にその分解能の点から航空写真のように各々の断層地形・変位地形を判読するのではなく、それらがマスとして形成する、画像上の階調・山体規模・水系模様による肌理などの違い、直線状の地形配列などを判読キーとしてリニアメントを抽出している。

2.2.2 判読結果

図-2.3 にLANDSAT 衛星画像によるリニアメント判読図を、図-2.4 にそのロー

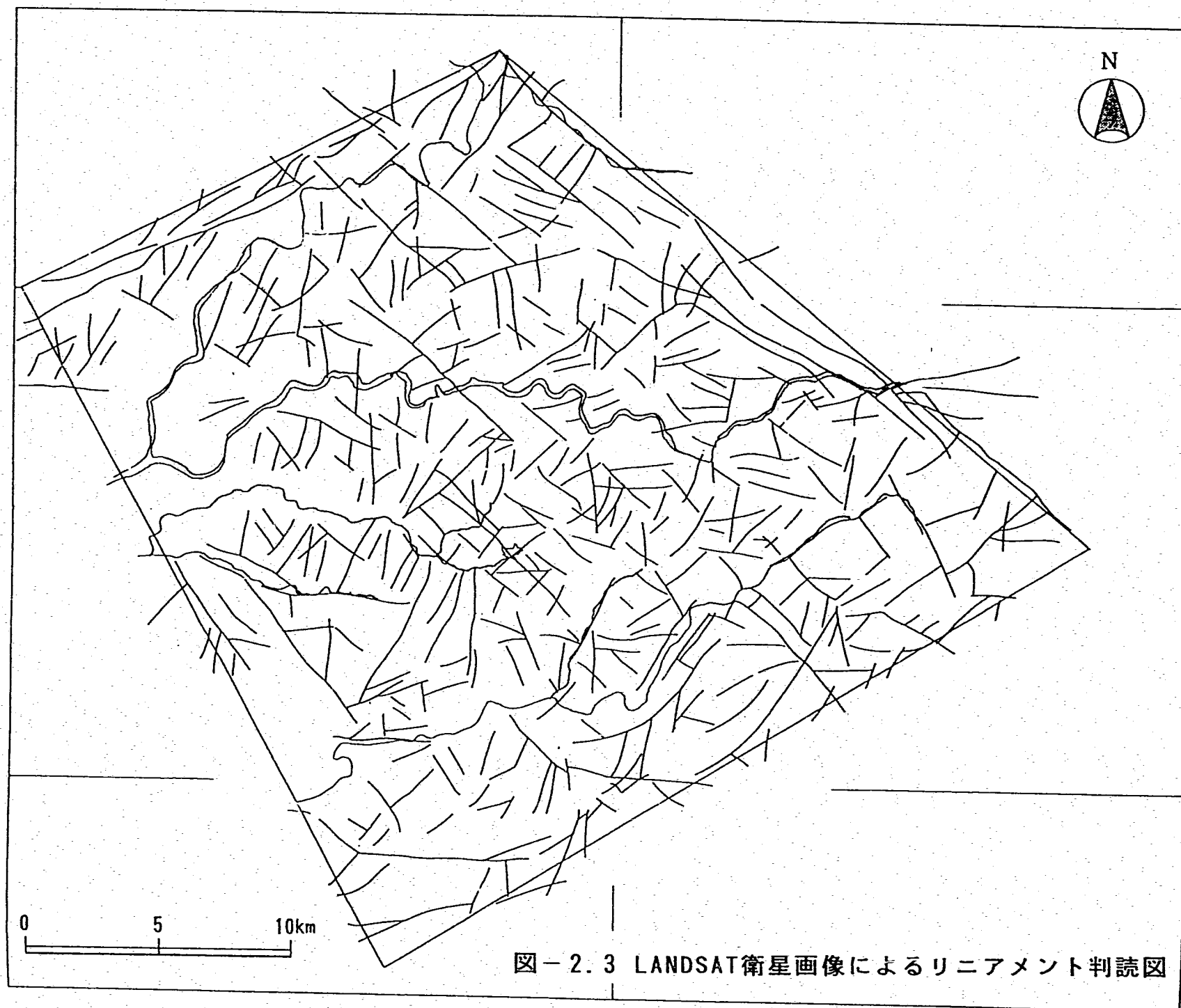
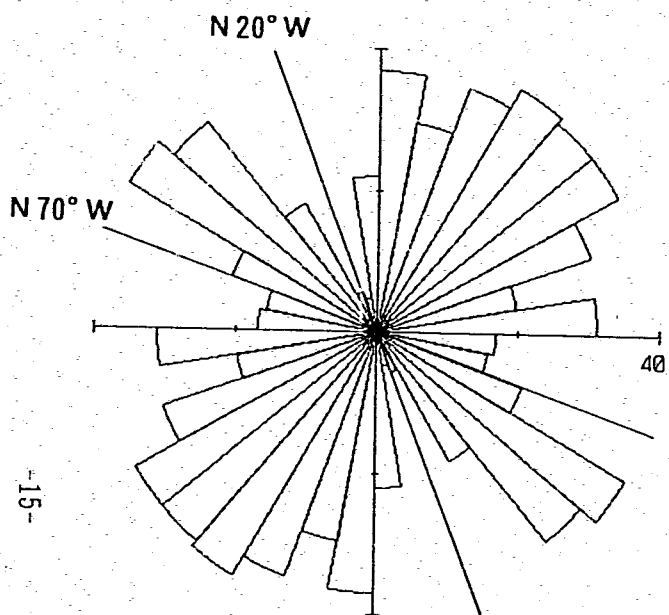


図-2.3 LANDSAT衛星画像によるリニアメント判読図

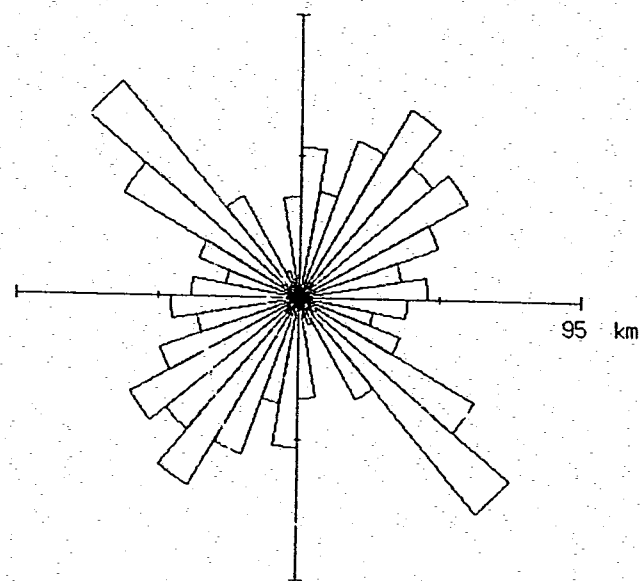


方向別本数分布

総本数 493本

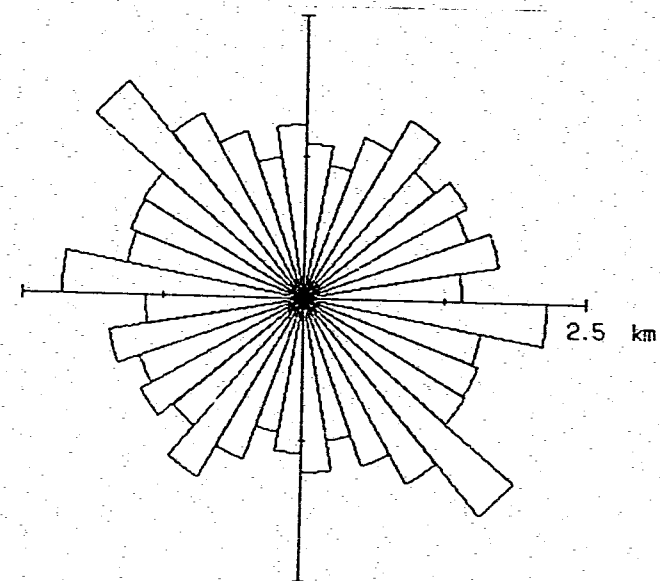
方位の数字は、リニアメントを

2区分したときの境界方位



方向別累積長さ

総累積長さ 814km



方向別平均長さ

全体の平均長さ 1.7km

図-2.4 LANDSAT衛星画像によって抽出されたリニアメントのローズダイアグラム

ズダイアグラムを示す。リニアメントの発達方向は、SPOT画像によるものと似たような傾向を示すが、北-南方向から東方向にかけてのリニアメントは、本数では特に卓越した方向は認められないものの、累積長さでは北東方向のものが長くなっている。一方北西方向のものは、N50~60°Wに集中がみられ、SPOT画像によるものと同様に他の方向のものより連続性が良い傾向にある。判読図上でも北西方向のものは直進性が良く、低地や段丘以外で一様にみられるが、北東方向のものは湾曲しているものが多く、地域ごとに伸長方向にわずかな違いがある。

2.3 航空写真判読調査

2.3.1 判読方法

本調査で解析に用いている航空写真判読図は、「中部地方における広域地質環境評価のための断層系調査（平成2年）」⁶⁾で判読されたものを、移写して作成したものである。このリニアメントの抽出基準は、その報告書に詳述されているので、ここでは概略のみを記す。

- 基本的な抽出基準は「日本の活断層（活断層研究会，1980）」に準拠する。
- 本解析の目的は断層をはじめとする断層系の把握であることから、断層以外の要因で形成されたリニアメントは対象外とする。
- 本解析の判読結果は、あくまでも写真上に示されている情報（事実）を主とすることとし、地質的解釈は必要最低限に押さえ、できる限り生データに近いものとする。
- 活断層と推定されるリニアメント以外は、1 km以上の延長を持つリニアメントを採用する。したがって他の画像との比較やフラクタル次元の検討にあたっては、この点を考慮する必要がある。

具体的な抽出基準としては以下のものがある。

- ア. 横ずれ地形：数箇所以上に単独で存在する尾根・河川等の横ずれした地形
- イ. 横ずれ地形：横ずれした地形がある区間連続して存在するもの
- ウ. 崖地形：段丘面などの平坦面に認められる比高の小さな崖地形

- エ. 三角末端面：尾根先端部の三角状をなす崖地形
- オ. 鞍部：尾根上の鞍部（ケルンゴル）
- カ. 地形急変部：山腹斜面に認められる傾斜変換点
- キ. 直線状の谷：河川の流路が著しい直線状を示すもの
- ク. 凹地・陥没地
- ケ. 凸地・地塁
- コ. 崩壊、地すべり、湖沼等の連続
- サ. 植生：周辺とは異なる植生の直線状配列

さらにリニアメントは、以下の通り分類されている。

① 活断層

確実度 1：活断層であることが確実なリニアメント。「日本の活断層」の基準に準拠する。

確実度 2：活断層と推定されるリニアメント。「日本の活断層」の基準に準拠する。但し、変位地形が 1箇所でも認められた場合は、このランクに分類する。

② 地質断層

確実度 1：地質断層と推定されるリニアメント。写真上で断層を示す地形的な特徴を有しているリニアメントのうち、既存文献に記載されているもの。

確実度 2：地質断層と推定されるリニアメント。写真上で断層を示す地形的な特徴を有するが、既存文献に記載されていないもの。

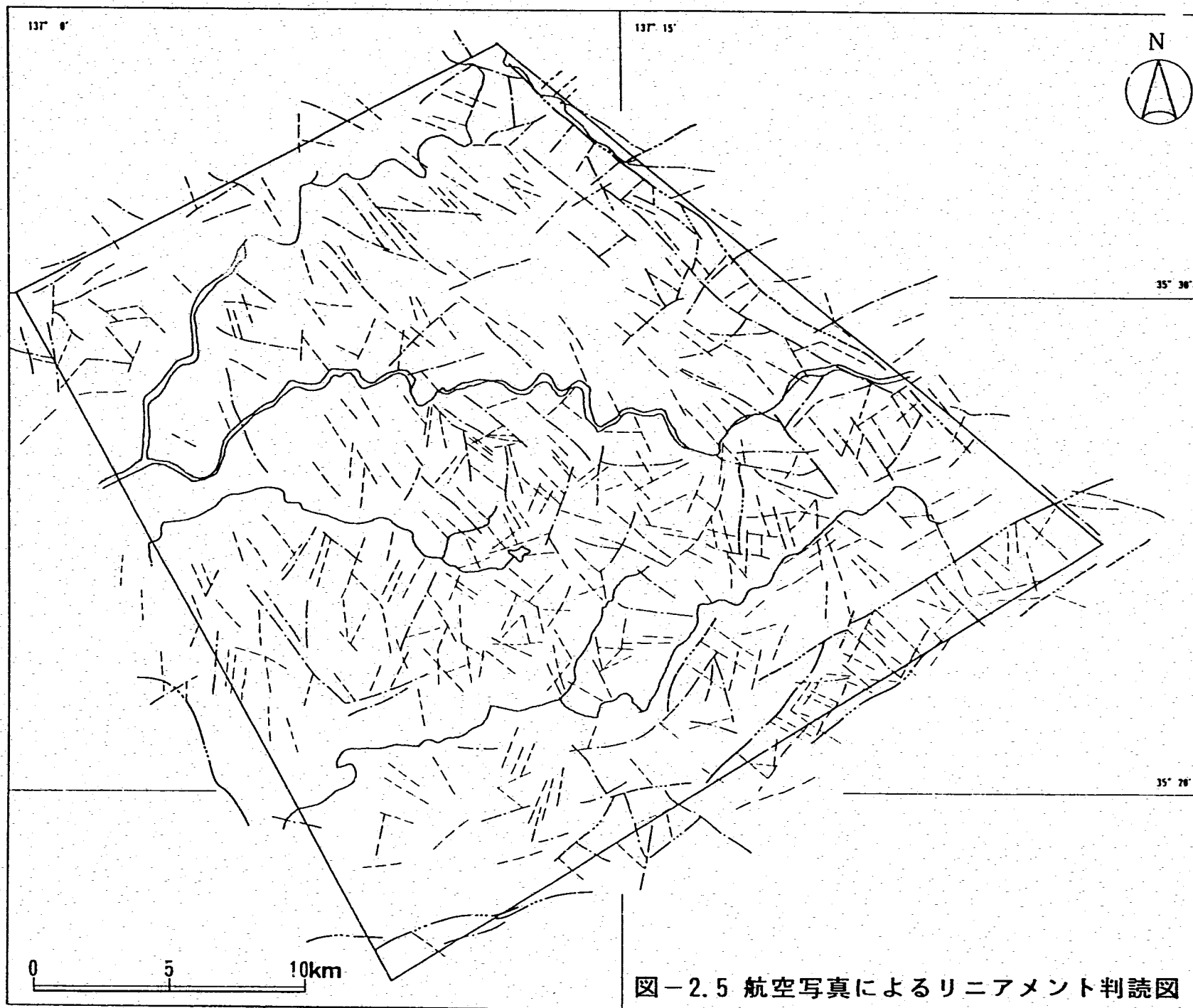
③ その他のリニアメント

断層以外の割れ目系と推定されるリニアメント。活断層、地質断層以外の断裂系に起因すると考えられるリニアメントは、このランクに分類される。

2.3.2 判読結果

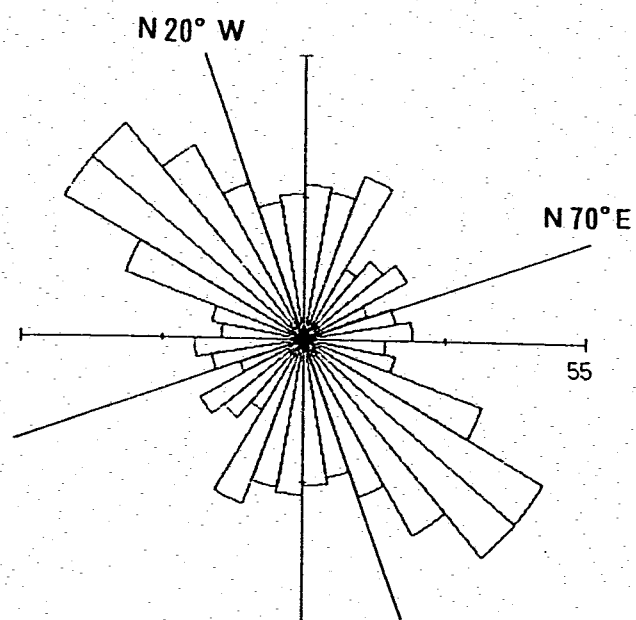
図-2.5 に航空写真によるリニアメント判読図を、図-2.6 にそのローズダイアグラムを示す。

ローズダイアグラムは、活断層、地質断層に分類されたものだけでなく、その他のリニアメントも含めている。SPOT画像、LANDSAT 画像とは異なり、北西方向のリニアメントが卓越しているが、その他のリニアメントがこの方向に多数みられ、活断層、地質断層に限ると、必ずしも北西方向に集中しているわけではない。リニアメントは、花崗岩の分布している御嵩町美佐野や美濃三河高原のほか、赤川流域や武並などの濃飛流紋岩の分布域にも多い。



凡 例	
——	活断層 1
- - -	活断層 2
——	地質断層 1
- - -	地質断層 2
- - -	そ の 他

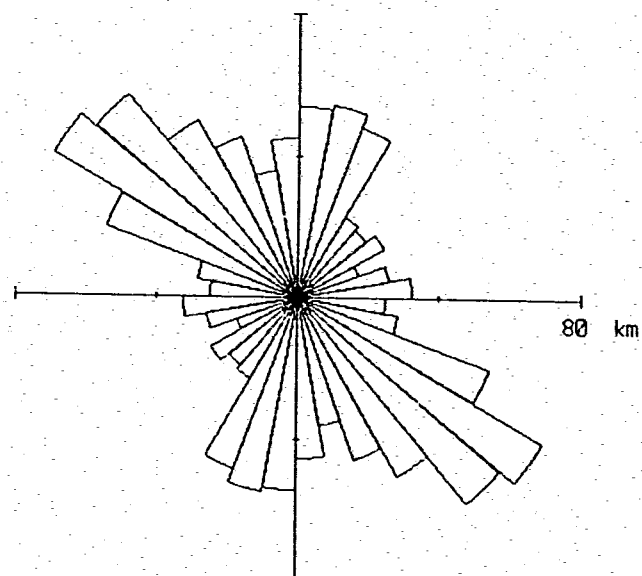
図-2.5 航空写真によるリニアメント判読図



方向別本数分布

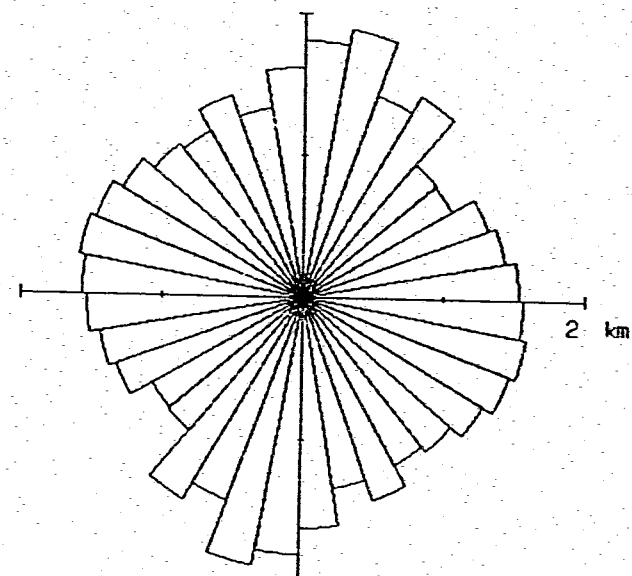
総本数 513本

方位の数字は、リニアメントを
2区分したときの境界方位



方向別累積長さ

総累積長さ 773km



方向別平均長さ

全体の平均長さ 1.5km

図-2.6 航空写真によって抽出されたリニアメントのローズダイアグラム

3. 解析

3.1 判読対象画像の違いによるリニアメントの特徴の差異

各画像におけるリニアメントの判読基準は、2章で述べたように各々の画像の特性に違いがあるため同一のものとはなっていない。しかし、ここではとりあえずSPOT画像によって判読・区分されたリニアメントC以外を断裂に起因するリニアメントとして同等に取扱い、その結果にもとづいて各画像ごとのリニアメントの差異を解析する。

画像の違いによるリニアメントの集中方向の差は、その集中度に差はあるが、北西方向のものと北東方向のものに分けられ、おおむね同様の傾向を示す。

図-3.1 に各画像ごとのリニアメントの長さによる累積頻度を示す。このグラフでは、途中で湾曲して方向が変化するリニアメントを、2本以上に分けて計測している。その影響もあってか、3つの画像でのリニアメントの頻度分布曲線は似た形状を示し、いずれも1 km付近から短いものは少ない。もっとも航空写真での判読では、活断層に区分したリニアメント以外で1 km未満のものはリニアメントとして抽出していないことが主たる原因である。航空写真での判読では画像の縮尺が1/4万で、SPOT画像・LANDSAT画像より大縮尺の判読が可能であるため、1 km以下のリニアメントもある程度の長さまでは抽出可能と思われ、実際は航空写真でのリニアメントは、他の2つの画像によるものよりも直線に近付くと推定される。また、SPOT画像、LANDSAT画像は、おのおの1/10万、1/20万の縮尺を用いているが、このスケールでは1 km程度の長さが抽出の限界と推定される。湾曲するリニアメントなどがあるため、リニアメントの長さをどう定義づけるかは難しいが、判読図からは、LANDSAT画像によるものは概して湾曲しながら長く、航空写真では逆に直線的で短く、SPOT画像によるものは両者の中間的なものとなっている傾向が伺える。これは、対象地域を異なる縮尺で判読することのスケール効果が生じているためと考えられる。

図-3.2 は本地域におけるリニアメントの二次元平面での分布をボックスカウンティング法により、フラクタル性をみたものである。ここでは大西・鍵本(1985)⁷⁾で定義したフラクタル次元を検討した。片辺の長さ η の正方格子網で解析範囲を覆

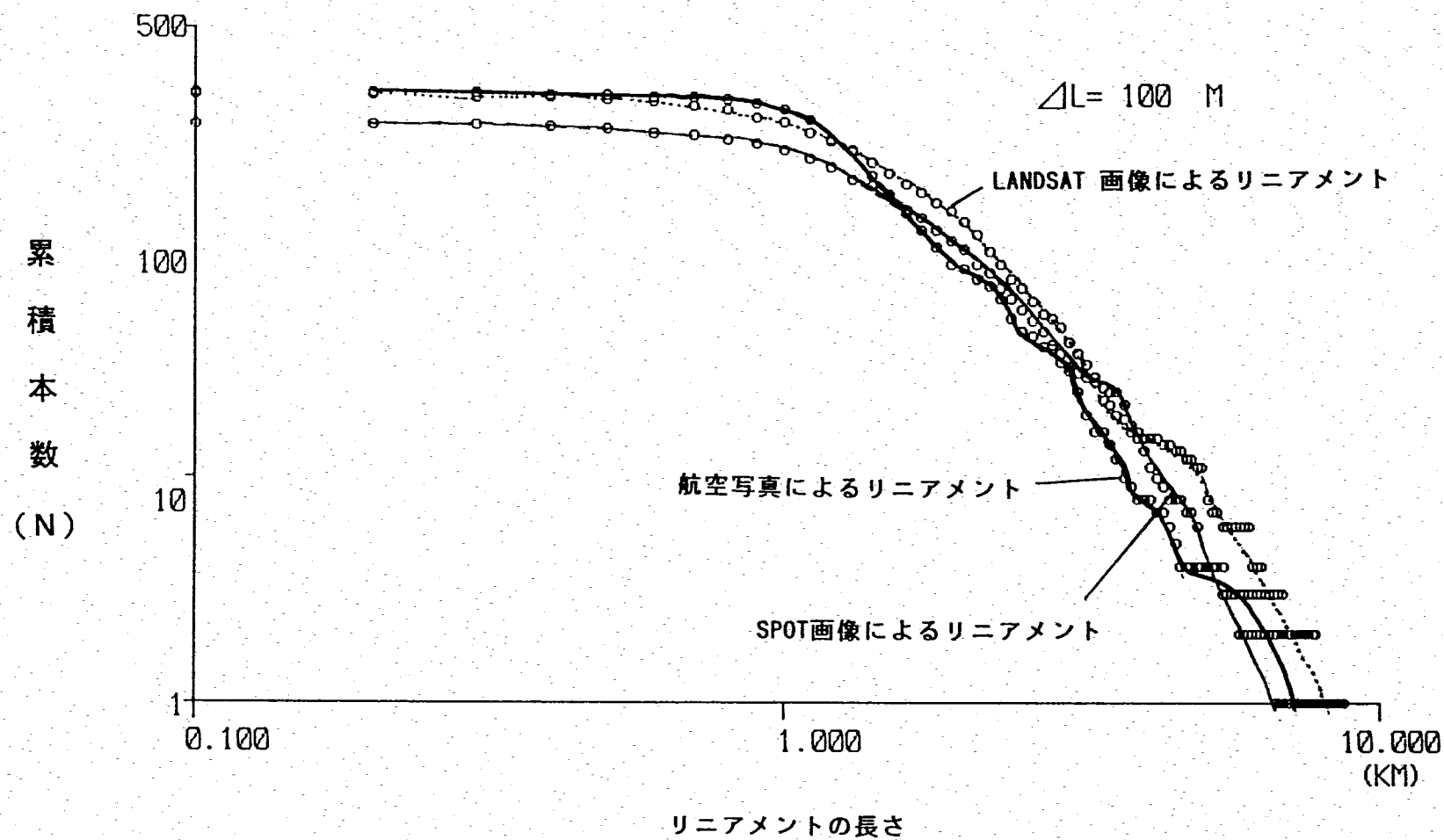


図-3.1 リニアメントの長さによる累積頻度
(ある長さ以上のリニアメントの本数)

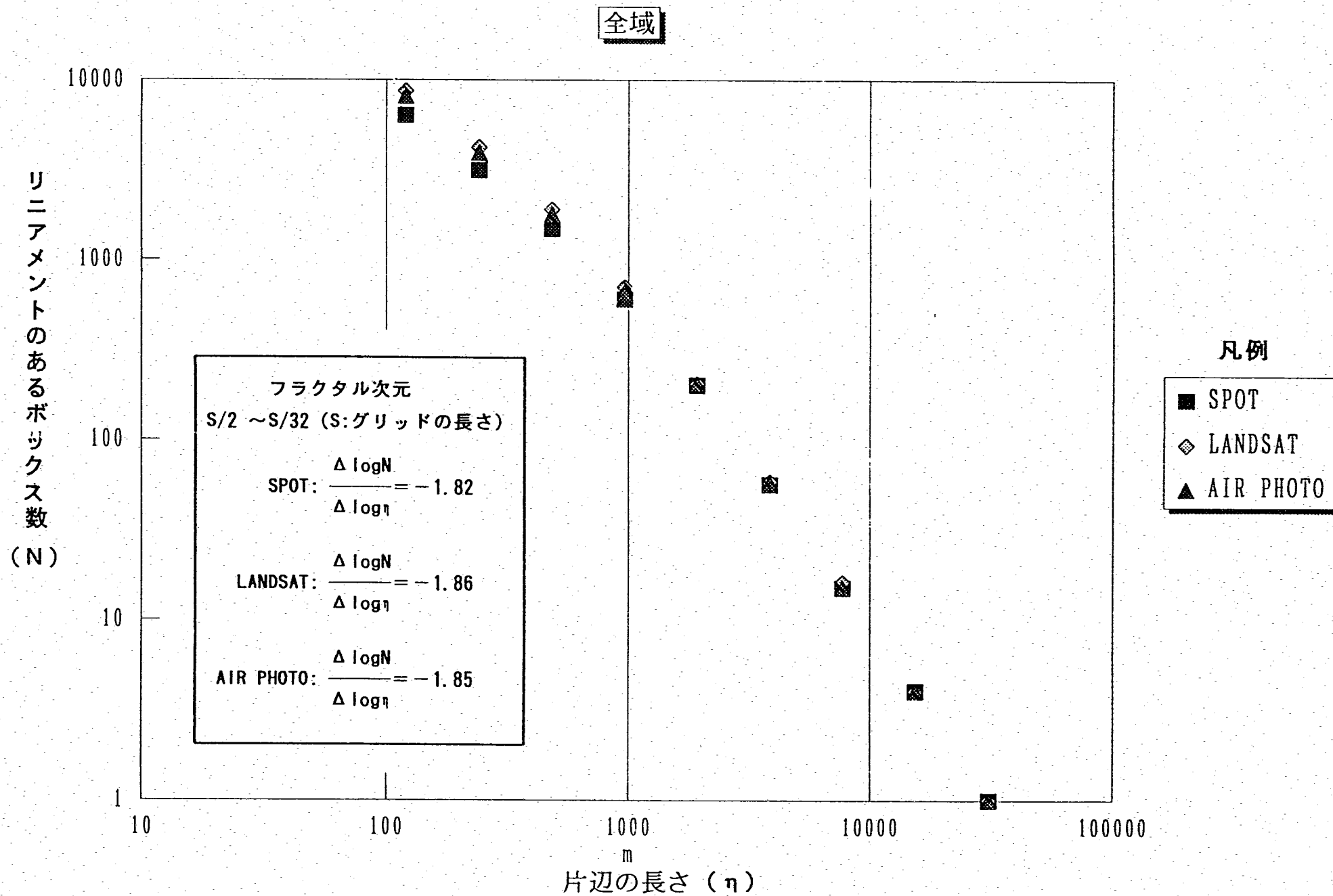


図-3.2 ボックスカウンティング法による各画像でのリニアメントのフラクタル次元

い、リニアメントと交差した格子の数 $N(\eta)$ とすると、フラクタル次元 D は、

$$D = -d \log N(\eta) / d \eta$$

と定義される。ただしここではフラクタル性を検討することより、解析領域における3画像の判読結果の差異を検討することを目的としているため、正方格子網は、3種類とも解析領域を含んだ範囲に設定している。

一般に、リニアメントの分布密度が一様であれば、フラクタル次元 D はどの区間でも同じ値になるが、図-3.2 に示すように、片辺の長さが 1,000m より小さくなるとリニアメントを含まないボックスの割合が増加し、リニアメントを含むボックスの割合が小さくなり、包絡線の勾配が緩くなっている。

ボックスカウンティング法での解析領域全体での分布密度は、LANDSAT 画像によるリニアメントがもっとも高く、SPOT画像によるものが小さい傾向にあるが、全体としては分布のパターンに特に差はみらない。

大野・小島(1992)⁸⁾ は、フラクタル次元 D を求める η の区間として、経験的に (ボックスの片辺の長さ) / (グリット辺の長さ S) = $1/2 \sim 1/32$ が適当としている。これにより、この区間について回帰によりおのおのの画像ごとに D を求めると、 $-1.82 \sim -1.86$ となり、極めて近い値を示す。

赤川沿いにあり、赤河峠を通り、恵那市に至るリニアメント (赤河断層⁹⁾) や、古生代の堆積岩類と濃飛流紋岩との境界をなすリニアメント (権現山断層⁹⁾ に部分的に一致) は全ての画像で抽出されている。また、屏風山の北側の山地脚部での花崗岩と瑞浪層群との境界でもすべての画像で抽出されているリニアメント (屏風山断層⁹⁾) が多い。

以上のことから、リニアメントは、どの画像でも、地域の大局的な方向、長さ、分布については同様に抽出されると考えて良い。

画像上で判読されたリニアメントは、1:25,000の地形図に移写し、これに基づいてコンパイル・リニアメント判読図を作成しているが、3種類の画像によるコンパイルマップをみると各画像によるリニアメントの合致状況は必ずしも良くない。これは各画像のリニアメントの抽出のための判読要素の違いによると推定される。

LANDSAT 画像による判読は単写真でおこなうため、陰影や色調からの地形の推定がまず必要となる。リニアメントの抽出は、

- ・直線状の陰影もしくは色調変化を示す谷地形や遷緩線
- ・尾根もしくは谷の食い違い（伸長方向のずれ・肌理の差異）の連続線をなす谷地形や遷緩線

などを指標としている。したがってリニアメントの抽出は、陰影や色調差による影響を受けており、陰影を生じるだけの地形の起伏量あるいは地形・地質を反映した色調変化が不可欠で、陰影や色調差がないと、断層地形が連続してもリニアメントとしては抽出されない。また、逆に断層地形を成していなくても、これらの条件が満たされれば、リニアメントとして抽出される。

SPOT画像による判読は、実体視でおこなっており、その判読要素は航空写真によるものと似た内容である。LANDSAT 画像による判読と違い、陰影はむしろ判読の障害となり、地形要素に基づいたリニアメント判読が可能となっている。本調査で実際に指標となった地形要素は、

- ・三角末端面
- ・鞍部
- ・地形急変部
- ・直線状の谷

である。これらの地形要素が、ある線上に配列している場合、この線をリニアメントとして抽出している。横ずれ地形、凹地、崩壊地などは判読されていないが、本地区の場合、あとに述べる航空写真でも判読されていない。SPOT画像では、これらの地形要素は、その画像の縮尺や分解能の限界以上の規模であれば問題なく判読でき、この規模の違いでの変位地形や断層地形の抽出は可能である。しかし鞍部と判読したものが1/25,000の地形図では幅の狭い谷地形になっている場合があるなど、微地形の判読には限界がある。

航空写真による判読は、一般的には2章に述べたような地形要素に基づいて判読がなされ、本地域においてもその地形要素でリニアメントが抽出されている。同じようにSPOT画像によって抽出されたりニアメントとの違いは、判読している地形要素の規模の違いである。SPOT画像で抽出されたりニアメントで、航空写真での判読で抽出されていないリニアメントは、SPOT画像で目立たなかった粗度がかなり目立ち、直進性が認められなくなっている。また、SPOT画像で抽出されず、航空写真で

判読されるリニアメントは、その判読要素の比高は小さい。これらは縮尺による影響と推定される。

また、移写過程で位置を正確に落とし切れていないこともある。例えば、LANDSAT TM画像では分解能は30mであり、起伏の著しい山地では、陰影に頼る目視判読では1:25,000で表現される谷・尾根地形を判読することは困難である。10mの分解能を持つSPOT画像でも、谷密度が高いとリニアメントの正確な1:25,000地形図への移写は困難であった。

さらに、同一の断裂による断層地形であっても、そのどの位置にリニアメントを判読するかは、画像の状況（撮影時期・太陽光線の入射角、および方位角・処理方法）、縮尺により差が生じてしまう。例えば直線状の谷地形であっても、やや開析が進み谷幅が広くなるとリニアメントを左岸側に判読するか、右岸側に判読するかによってずれてくる。三角末端面や傾斜変換点などもリニアメントをその頂部に判読するか脚部に判読するかによって差が生じる。1/20万の小縮尺ではこれらの誤差は、位置確定の精度以下であるので問題とならないが、1/5万以上の縮尺で衛星画像のリニアメントの位置を議論をする場合、リニアメントの位置にある程度の幅を持たせる必要がある。

なおLANDSAT 画像の判読者と航空写真の判読者は同一であり、SPOT画像の判読者は、航空写真の判読において前者とクロスチェックをおこなっているため、判読の個人差は問題になるほど大きいとは考えられない。

3.2 地質とリニアメント分布との関係

図-3.3 ~3.8 に各リニアメント判読図と地質および地形分類との関係を示す。以下に古生代の堆積岩、濃飛流紋岩類、白亜紀の花崗岩の主な分布域ごとにリニアメントの特徴を述べる。

(1) 古生代の堆積岩類分布域

木曽川付近から北側の分布域では、SPOT画像やLANDSAT 画像では北西方向と北東方向のリニアメントが判読されているが、空中写真では北東方向のものはほとんど抽出されていない。地質図には北東方向の層理面があり、この方向のリニア

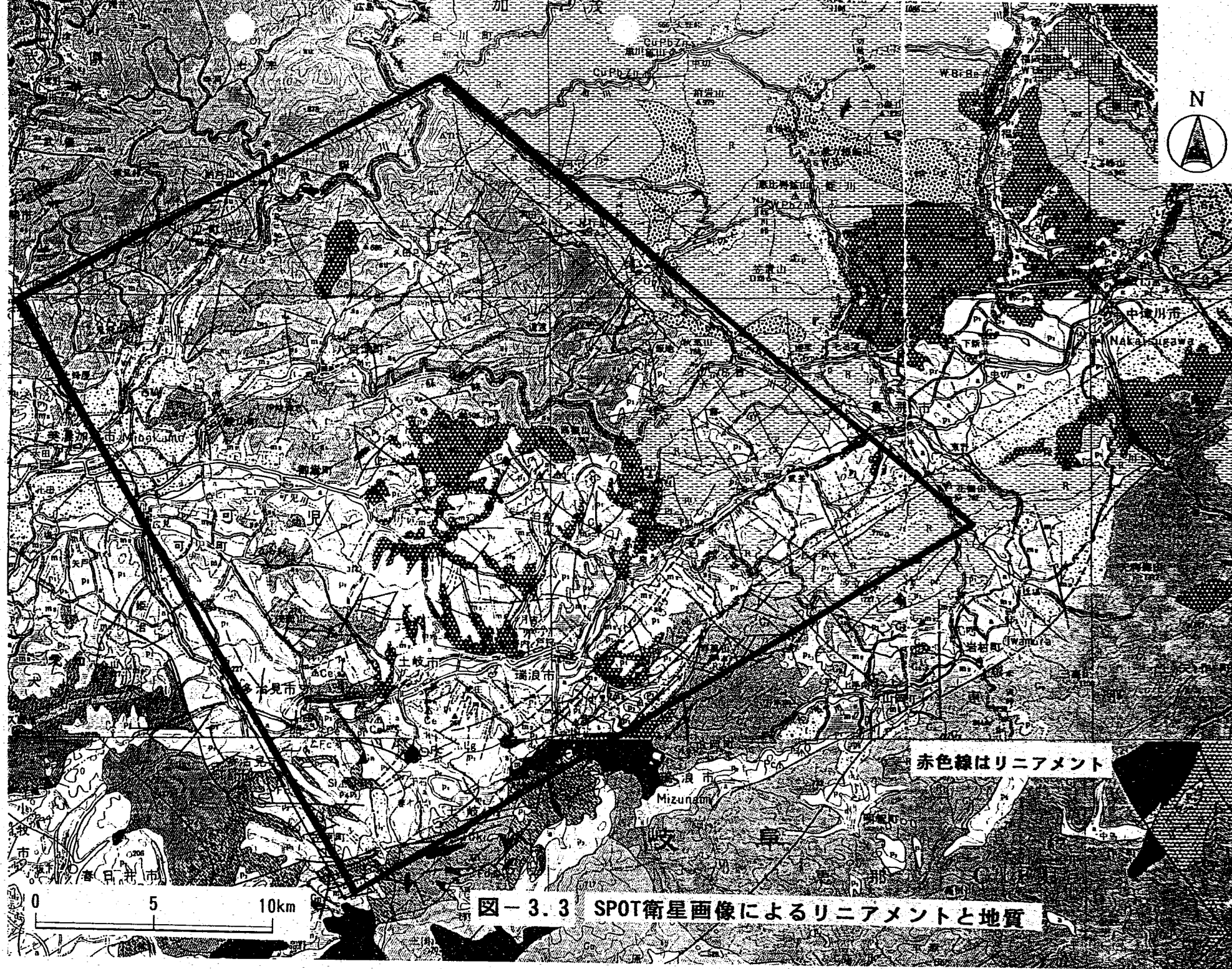
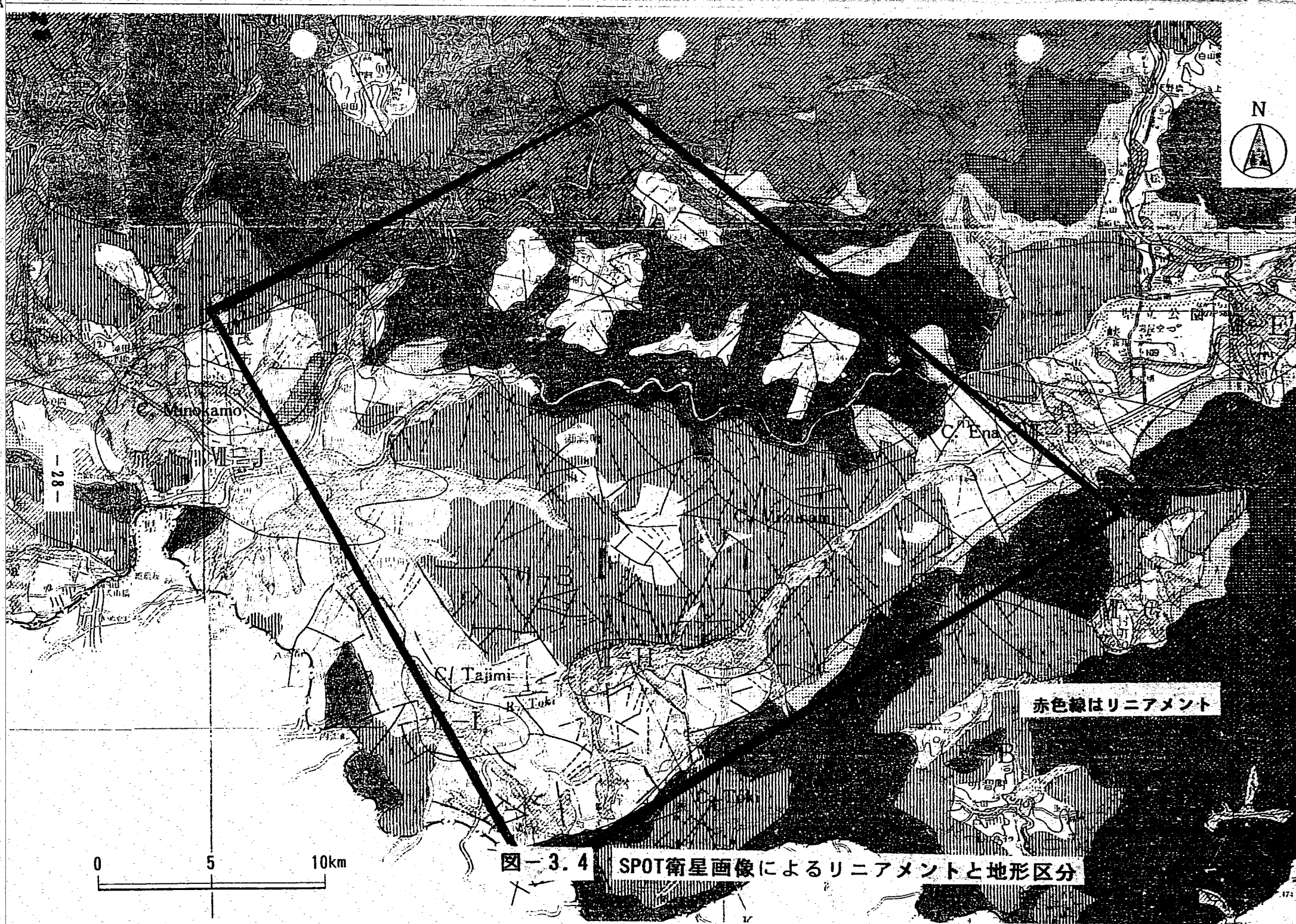
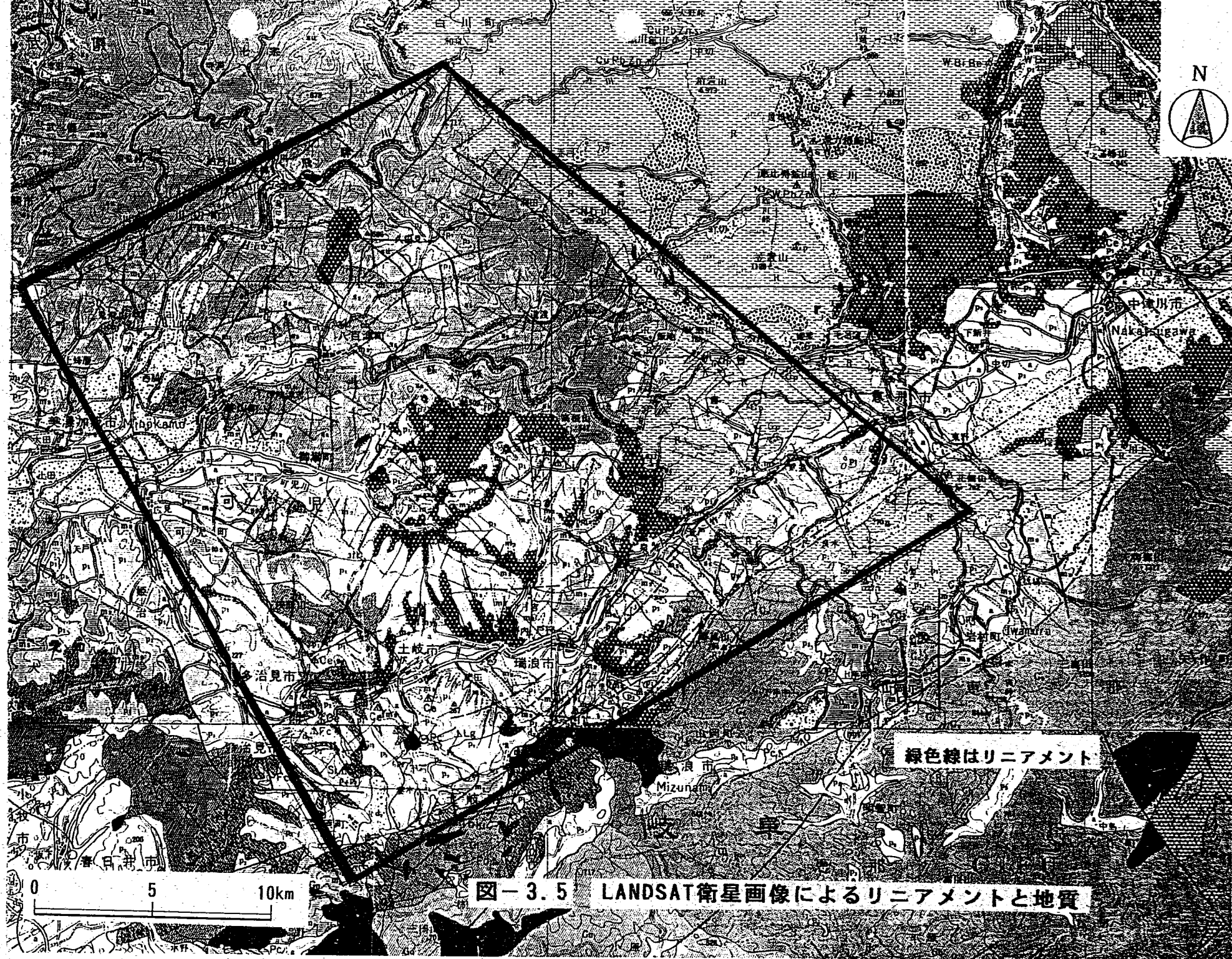


図-3.3 SPOT衛星画像によるリニアメントと地質





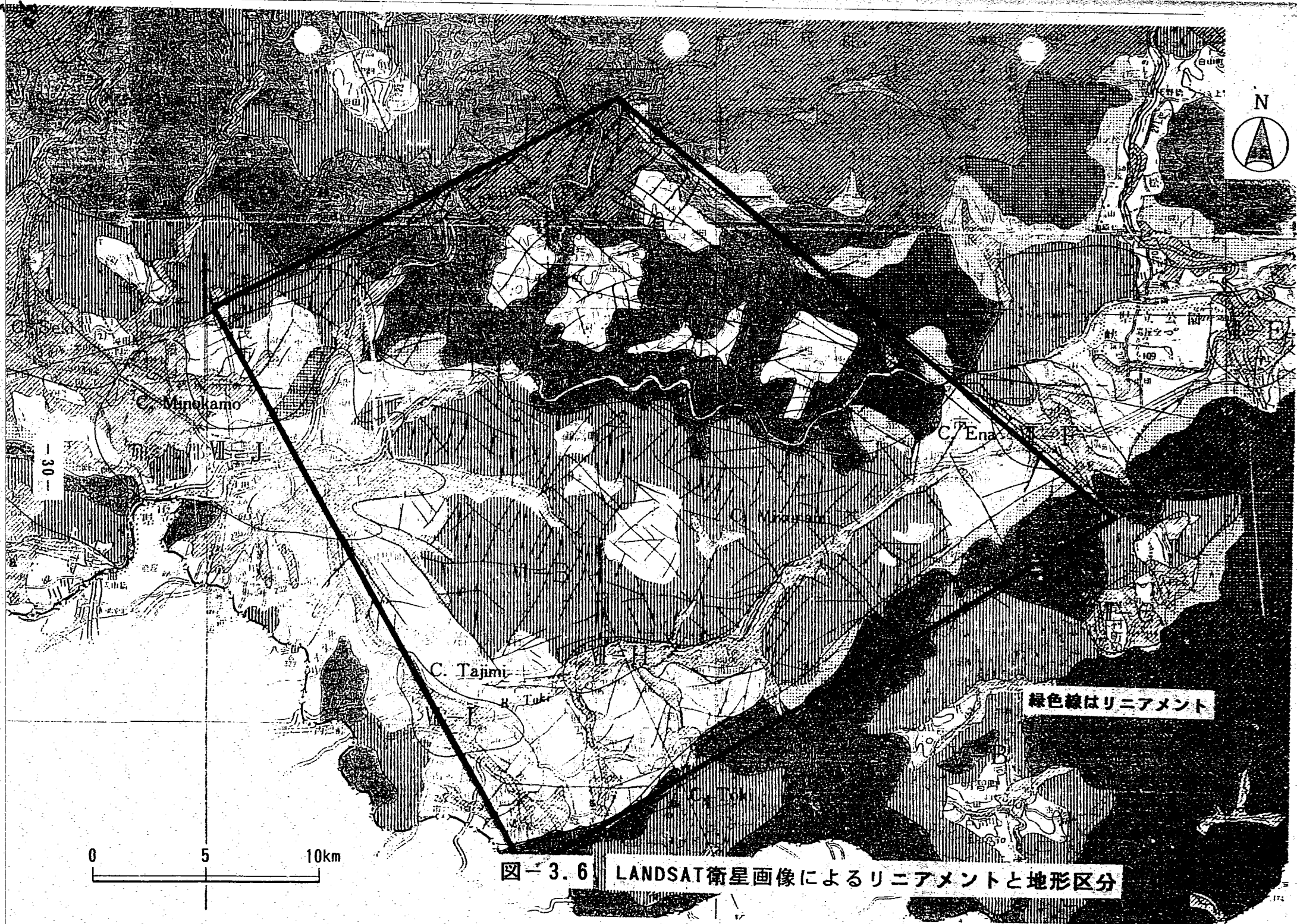


図-3.6 LANDSAT衛星画像によるリニアメントと地形区分



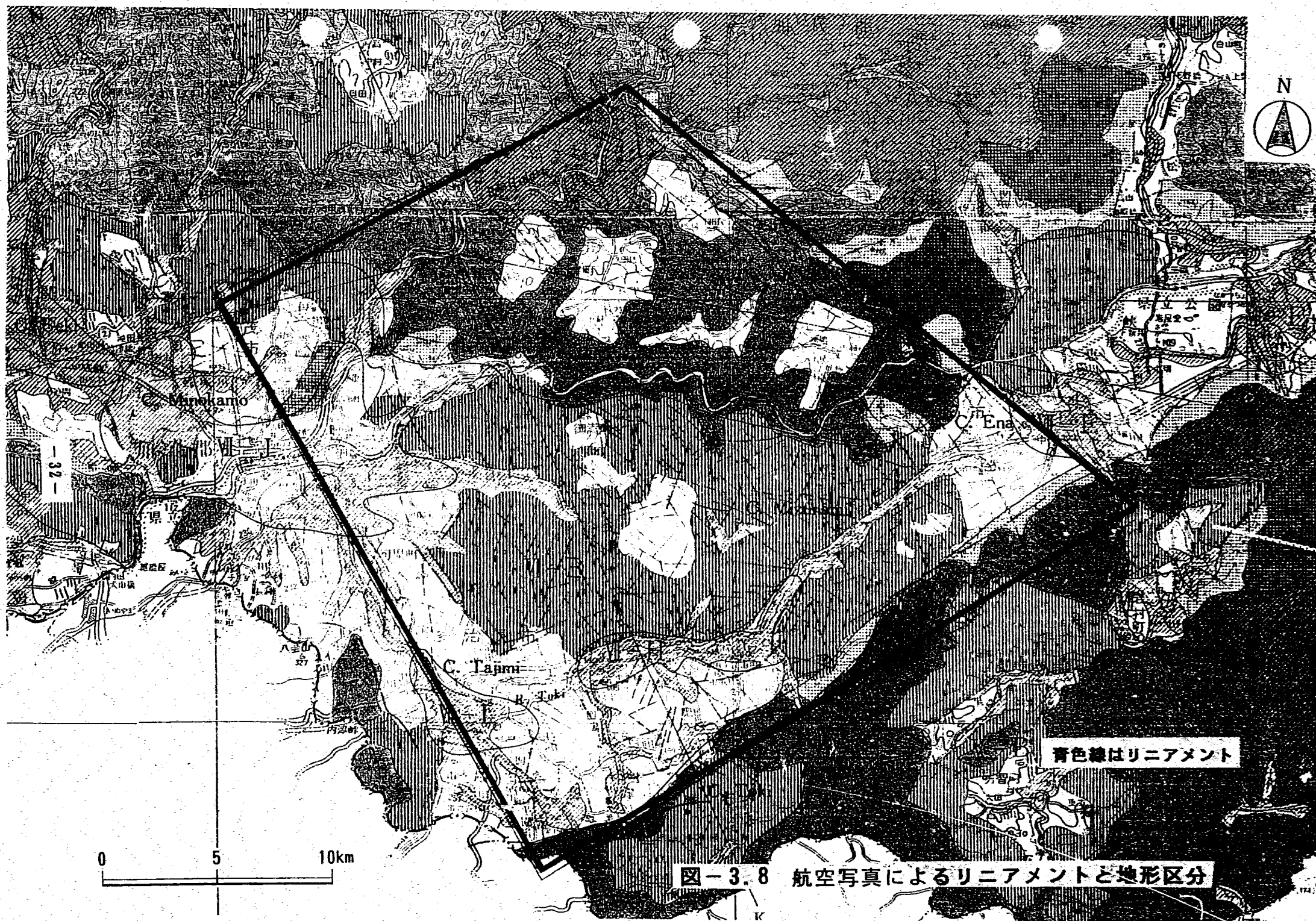


図-3.8 航空写真によるリニアメントと地形区分

メントを層理面として判読し、抽出していないのと、航空写真では、粗度が大きく認識されるためと思われる。御嵩町、可児市付近から多治見市にかけての丘陵地では3画像とも北西方向、および北東方向のリニアメントが分布する。土岐川から美濃三河高原間の丘陵では、瑞浪層群や瀬戸層群が古生界の上に堆積し、濃飛流紋岩との地質境界の方向と調和的なリニアメントや谷と調和的な北西方向のリニアメントが判読されている。

(2) 濃飛流紋岩類分布域

解析領域の東側の赤川流域から恵那市にかけての濃飛流紋岩類の分布域では、3本の明瞭なリニアメントがいずれの画像でも判読されている。1本目は北西方向で、赤川流域から赤河峠を経て恵那市へ至る赤河断層に一致し、2本目はこれに平行な古生界との境界をなす断層と一致する。3本目は屏風山断層に一致する北東方向のリニアメントである。この分布域では、3画像とも北西方向、および北東方向のリニアメントが分布している。

(3) 白亜紀の花崗岩分布域

解析領域のほぼ中央の黒雲母花崗岩の分布域では、瑞浪層群、瀬戸層群が載る丘陵地となっている。3画像とも北西方向のリニアメントが主に判読されているが、SPOT画像、LANDSAT 画像では、さらに北北東方向のものも判読される。

解析領域の南側の美濃三河高原に分布する花崗岩ではその北側の古生界との境界に屏風山断層に一致するリニアメントが判読される。

これらの花崗岩の分布域は、解析領域の中でリニアメントの密度の高い地域である。

3.3 リニアメントによる構造区分解析

ここでいう構造区分とは、基盤において、おおむね同様の構造特性を有する断層系に支配されていると推定される岩体ごとに区分することである。断層は、三次元的な方向性、長さなどの連続性、破碎幅などの開口性などから総合的に判断する必要があるが、リニアメントは二次元の方向性およびトレース長、地形的指標の情報

しかもたらさない。したがって構造区分の手法は、リニアメントがもたらす情報とそれと対応する断裂の力学的・水理的特性との相関を明らかにしておく必要がある。しかし現段階ではこれらの相関はまだ明らかになっていないので、以下の観点から構造区分をおこなった。

- ①断裂は造構運動に伴う応力によって形成されるので、応力場を反映している断裂の方向が同じであれば、同一の構造特性とみなせる。したがって各構造区内でのリニアメントの方向性に地域的偏りが小さくなるように構造区を設定する。ただし、侵食作用による地形面の平滑化や新期の堆積物の被覆による抽出精度を考慮する。
- ②リニアメントの規制（切断）関係から共役関係も考慮して構造区の境界を設定する。
- ③地形形状の大規模な境界線となるリニアメント、連続性の良いリニアメントは断裂としての規模が大きく、構造区境界をなしている。
- ④節理などの微小な断裂の反映である肌理の差異。

構造区分は、結果的に地形・地質的な分布や特性に支配されとしても、まずは以上の基準で解析をおこなった。

図-3.10~3.12に、各画像で得られたリニアメントを各々、2群（NE系、NW系）に分け、それぞれについて4kmメッシュごとにリニアメントの本数を計測して作成した密度分布を示す。メッシュサイズの設定は、領域内の任意の点を中心としたメッシュの大きさの変化による、そのメッシュ内のリニアメントの平均長の変化を示す成長曲線から判断した（図-3.9）。各画像とも、屏風山断層付近でNW系のリニアメントの密度が高い。また、解析領域のほぼ中央部の花崗岩分布域で概してリニアメントの密度が高い。一方、盆地や沖積平野など第四紀層の分布域ではリニアメントの密度は小さい。航空写真によって抽出されたリニアメントでは、NW系の密度が解析領域の北西側で密度が小さいのに対して南東側で高くなっている。

構造区分は、赤河断層や密度分布と調和的な屏風山断層を示す明瞭なリニアメントを構造区境界としてまず設定した（もっとも屏風山断層は既に「航空写真等による水理地質構造の解析(1987)で本調査の解析領域であるA地区とこの南側のC地区

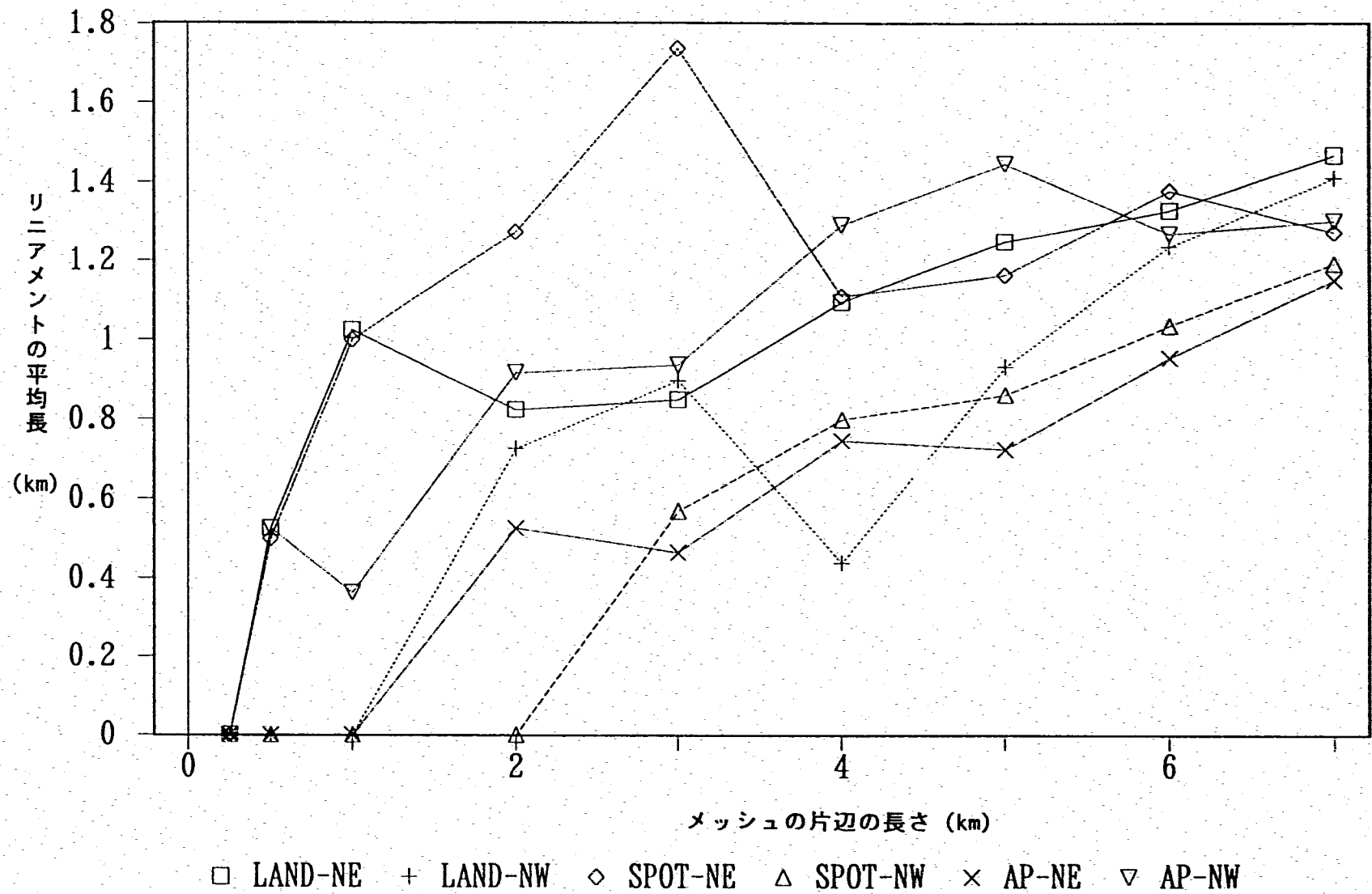
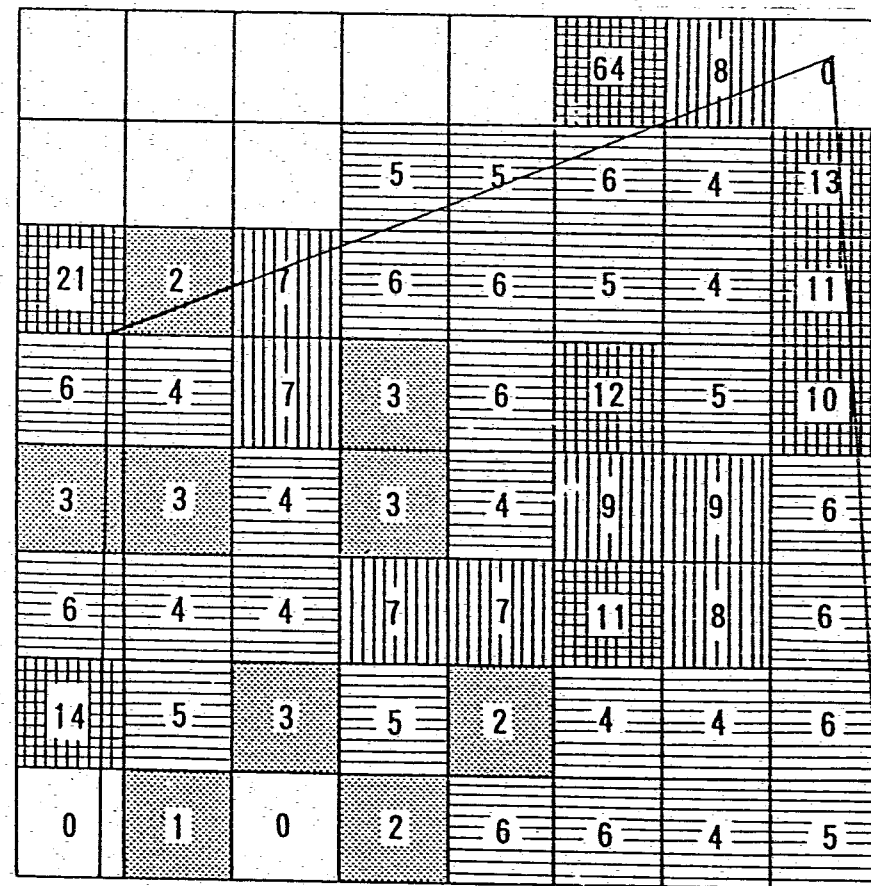
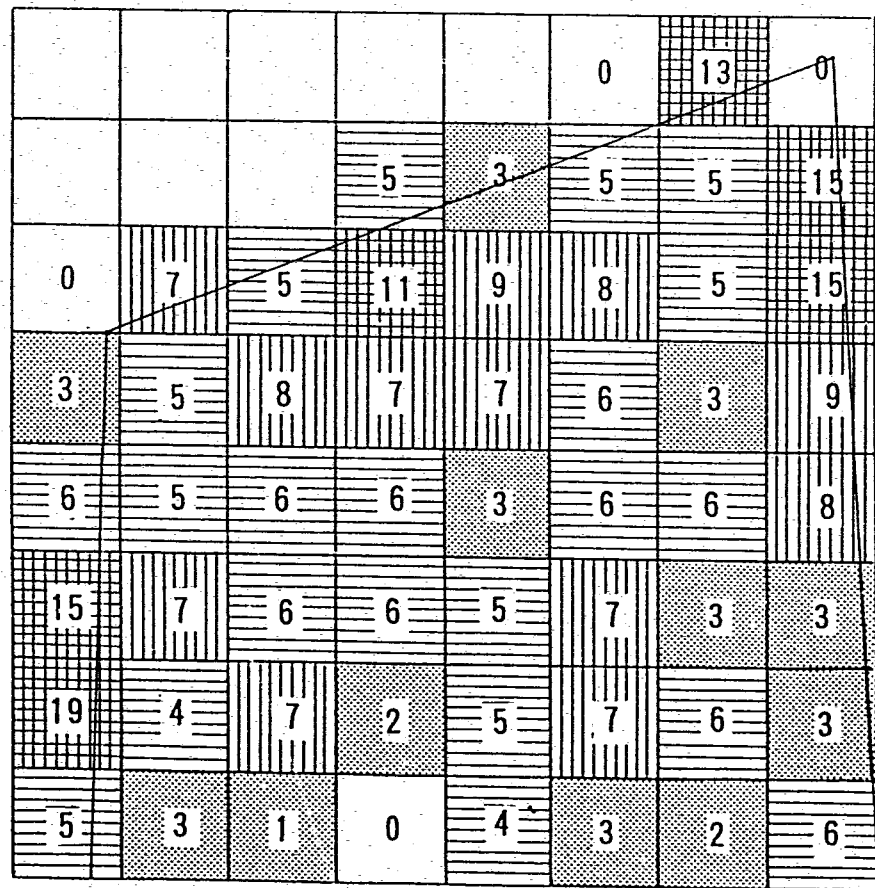
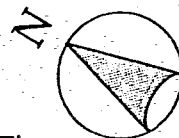


図-3.9 メッシュの大きさとリニアメントの平均長の関係

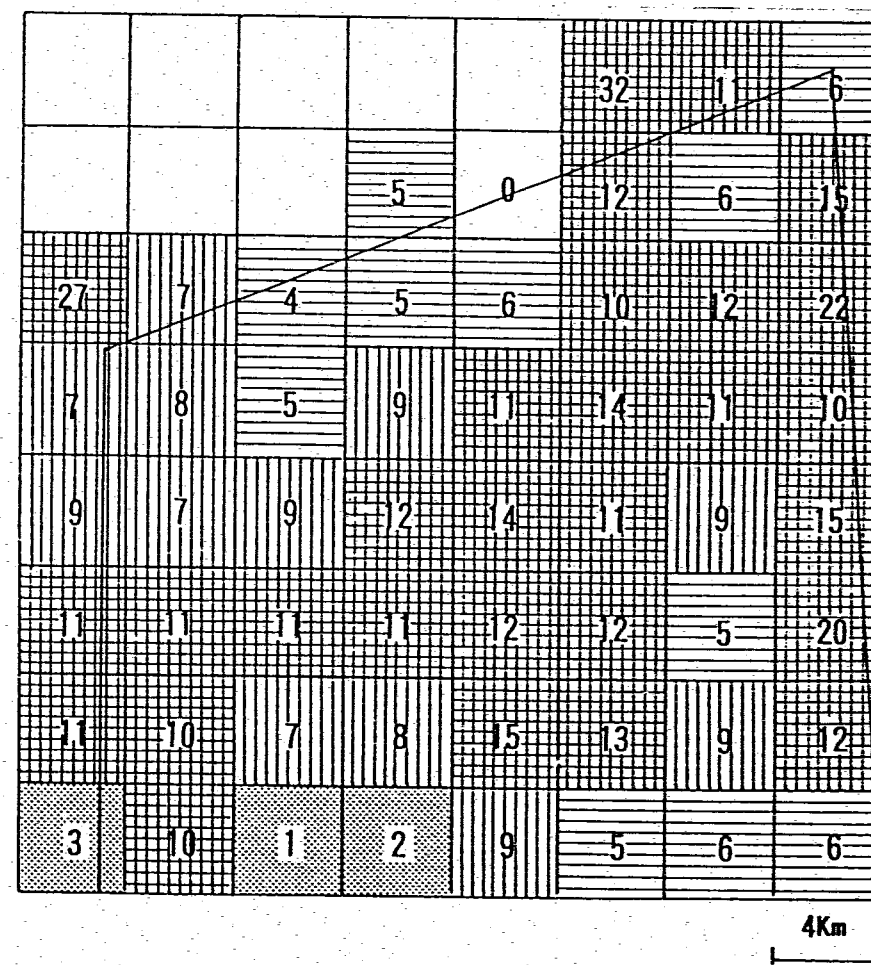
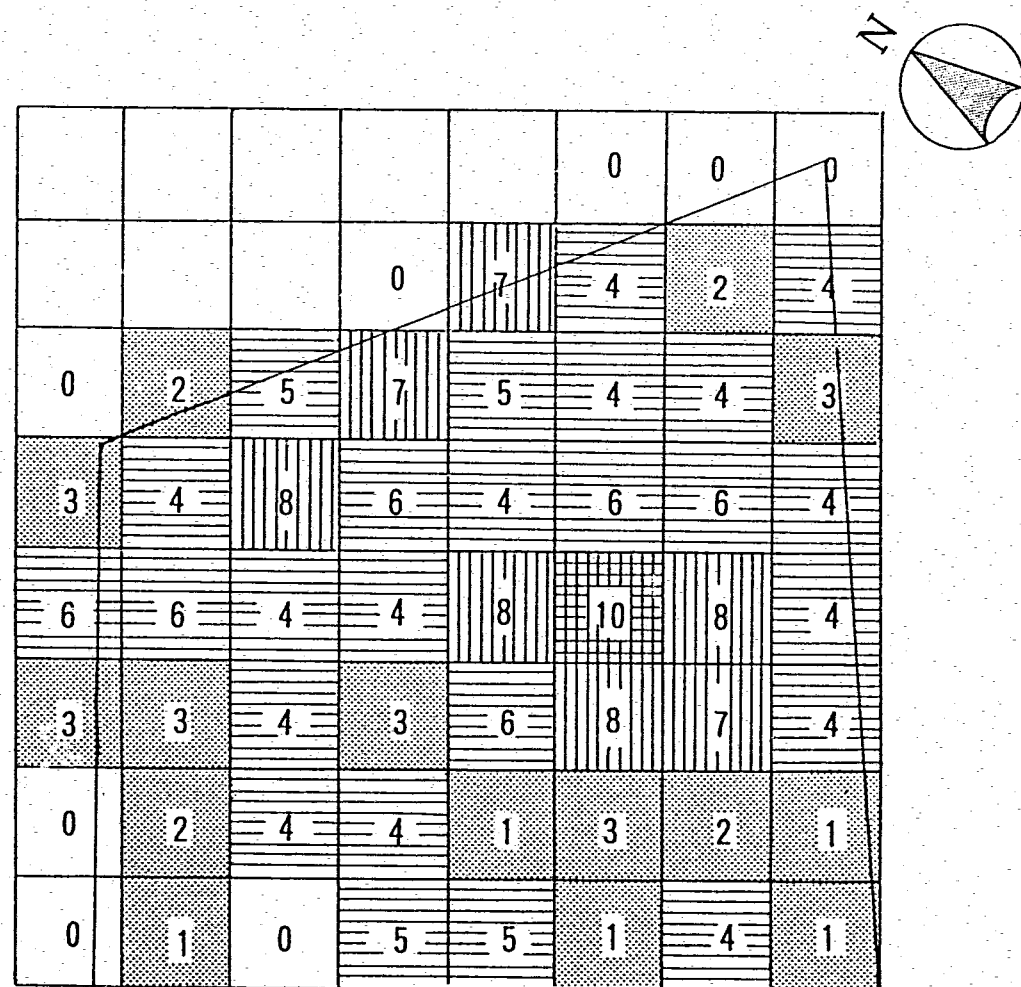


4Km

NE系リニアメント密度分布
(E-W~N65°W, N15°E~E-W)

NW系リニアメント密度分布
(N65°W~N15°E)

図-3.10 SPOT衛星画像によって抽出されたりニアメントの方向別密度分布
数字は16km² (1メッシュ) におけるリニアメントの本数



NE系リニアメント密度分布
(E-W ~ N70°W, N20°W ~ E-W)

NW系リニアメント密度分布
(N70°W ~ N20°W)

図-3.11 LANDSAT 衛星画像によって抽出されたリニアメントの方向別密度分布

数字は16km² (1メッシュ) におけるリニアメントの本数

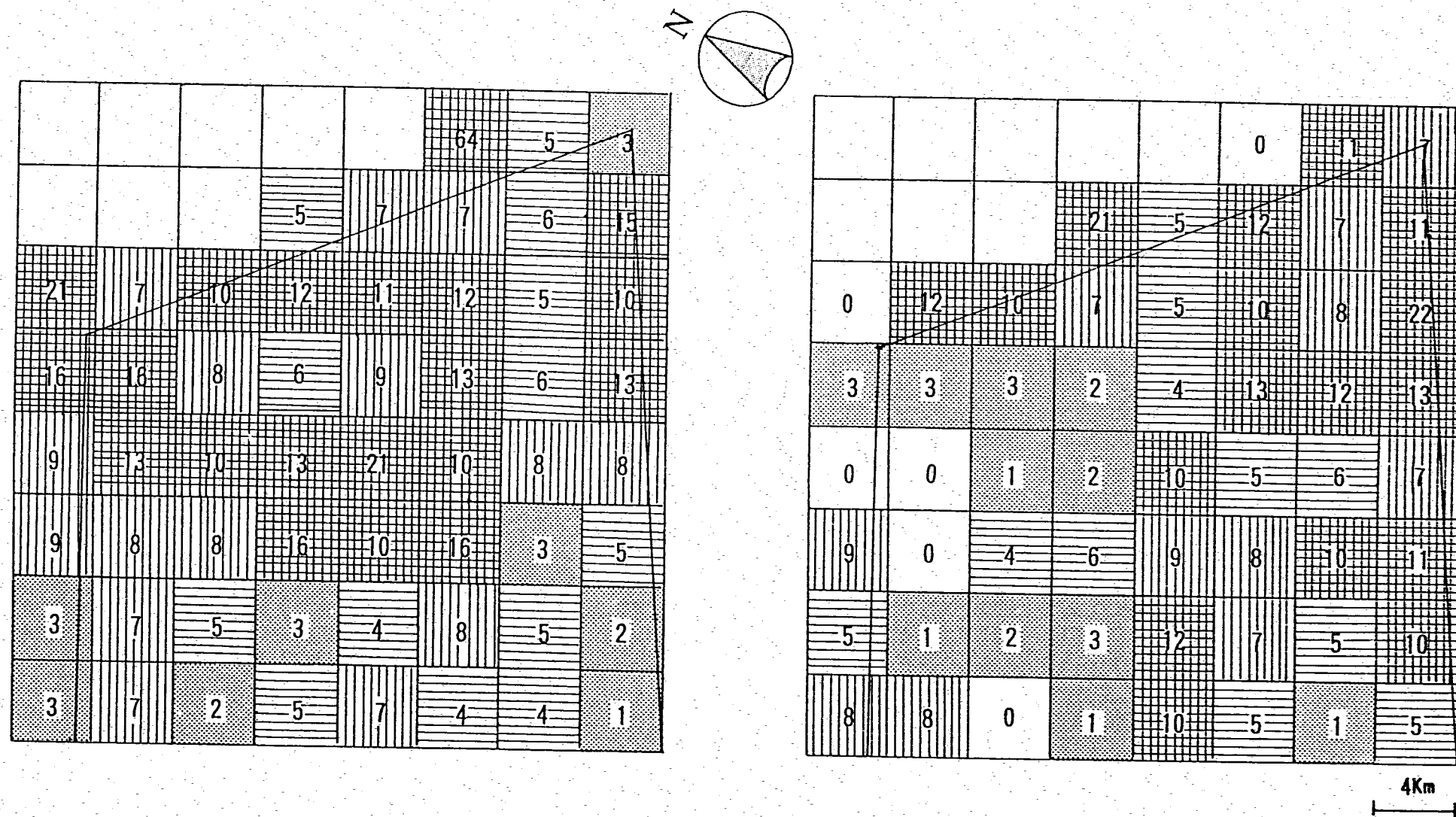


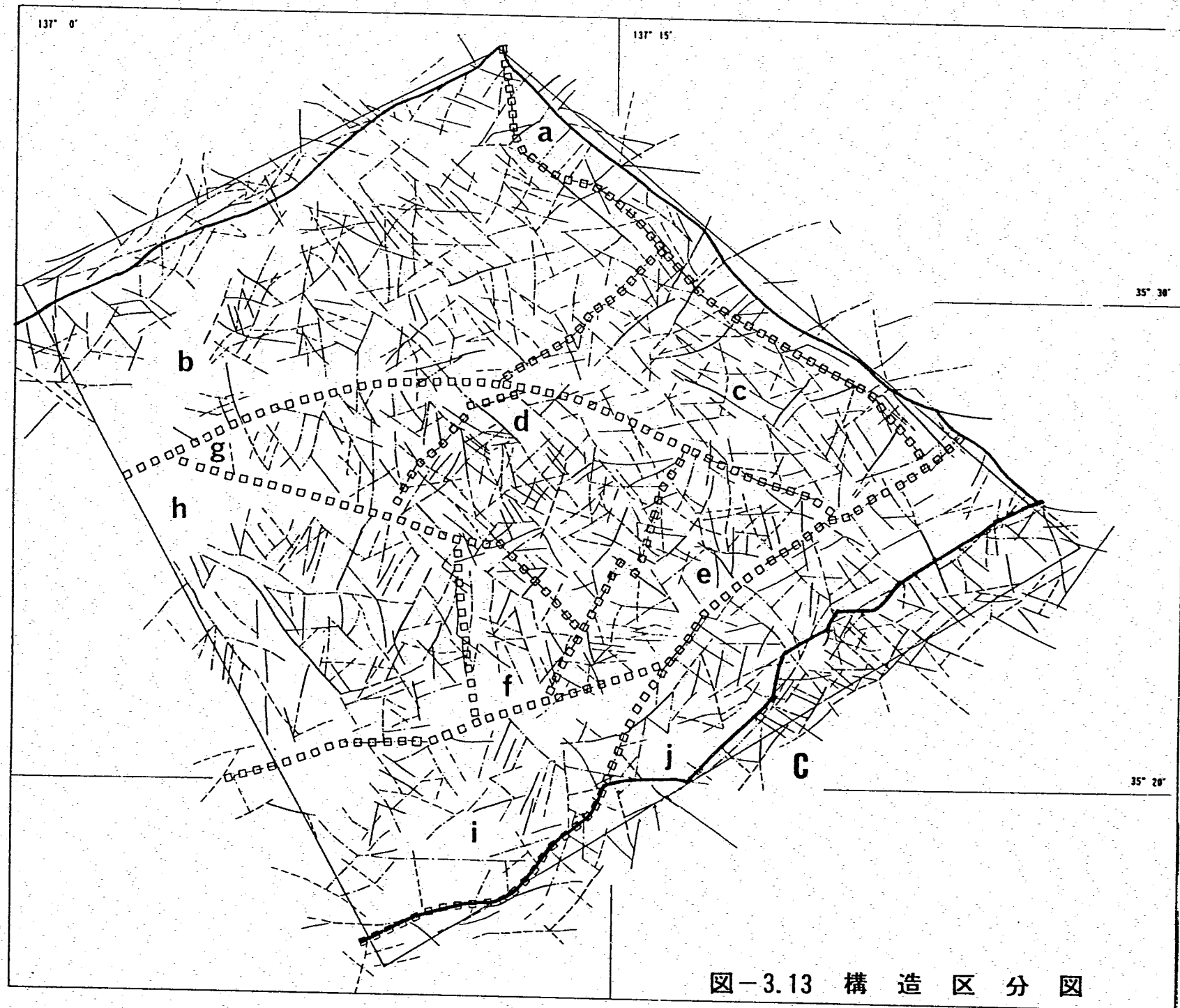
図-3.12 航空写真によって抽出されたりニアメントの方向別密度分布
数字は16km² (1メッシュ) におけるリニアメントの本数

の境界として設定されている)。その他の地域については、密度分布の解釈が困難であるため、おもにリニアメントの方向性のまとまりを基本に地域を分け、地形的な不連続線を示すリニアメントを構造区境界として設定した。また、構造区分は各々の画像から判読されたリニアメント判読図ごとにまず検討し、最終的には、どのリニアメント判読図においても妥当とされる構造区分を設定した。

図-3.13に構造区分図を示す。また、図-3.14に構造区と地質の関係、図-3.15に構造区と地形の関係を、図-3.16~3.19に各画像から抽出されたリニアメントの各構造区におけるローズダイアグラムを示す。

図-3.15によれば地質と地形分類とは良く調和している。ただし、c地区、e地区、j地区では異なる基盤地質から構成されている。これについてリニアメントの分布特性に地質による差異がないか再度検討した。c地区は、北西部に古生界が、南東部に濃飛流紋岩が分布するが、地質境界付近にリニアメントは判読されていない。また、北西方向のリニアメントが、南部でやや南北方向に振れるが、a地区でも同様の傾向がみられ、破壊を生じない程度の屈曲によるものと考えられ、差は認められない。e地区には花崗岩・濃飛流紋岩類が分布するが、この境界線に一致するリニアメントはなく、逆にリニアメントは境界線を横切って連続している。j地区は濃飛流紋岩類・古生界・花崗岩の基盤からなり、濃飛流紋岩類と古生界の境界にはリニアメントがSPOT, LANDSAT画像で抽出されている。北西方向のリニアメントも地質境界付近を境に伸長方向に若干の差が認められる。しかし、地質境界に一致するリニアメントは、本地区の他の同方向のリニアメントに比べて明瞭度が高いわけではなく、北西方向のリニアメントの伸長方向の変化も、本地区の南縁をなす屏風山断層と調和的であるため、構造区分を設定する根拠に欠ける。

以上のように、地質の違いに起因するリニアメントの特性の違いを示すこともできるが、リニアメントの分布特性から地質境界を確実に推定することは困難である。本調査は、リニアメントによる構造区分の妥当性を検討するのが目的であるので、c地区、e地区、j地区では、地質によるリニアメント特性の違いが明瞭でないため、いずれも分割せず取り扱う。



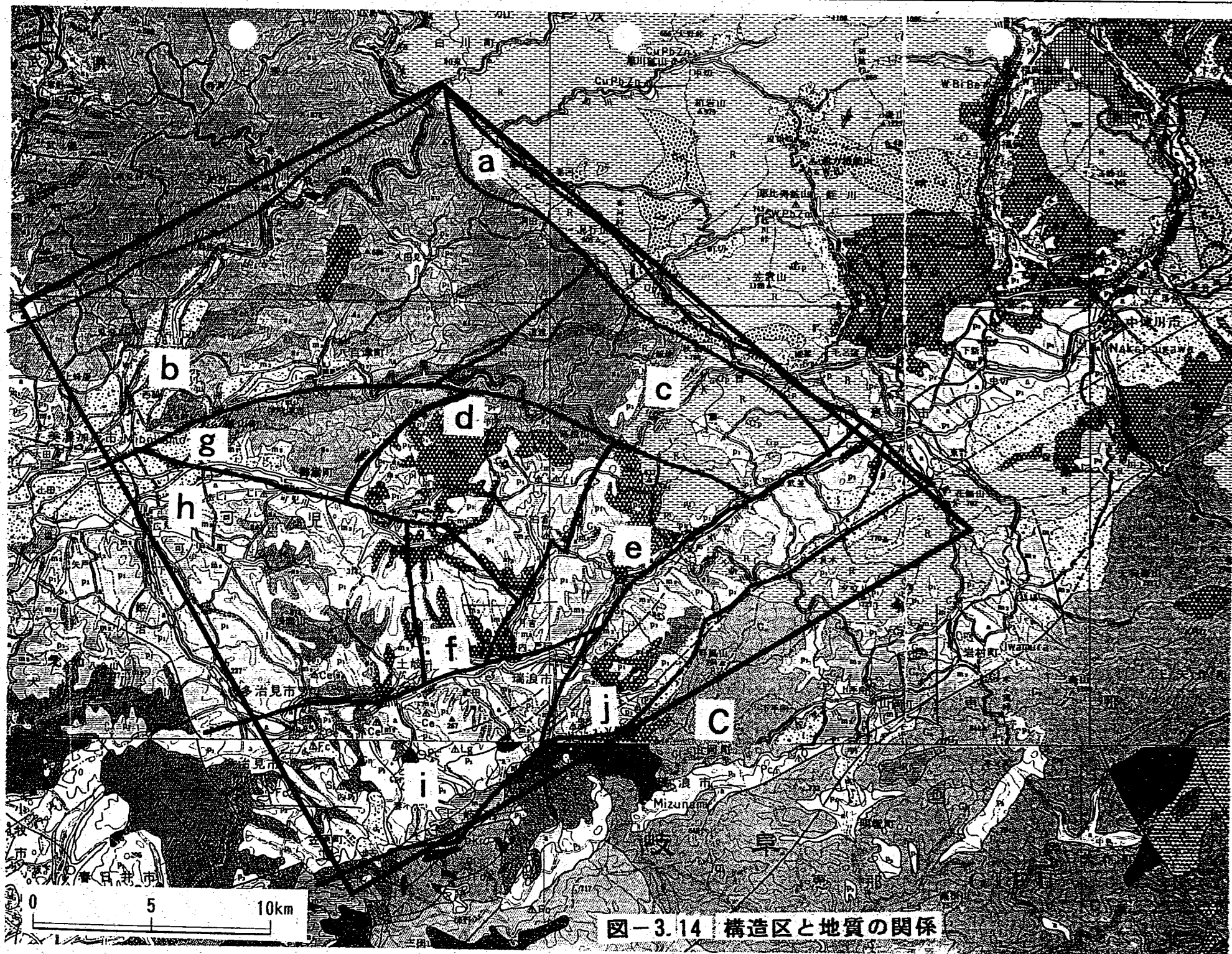


図-3.14 構造区と地質の関係

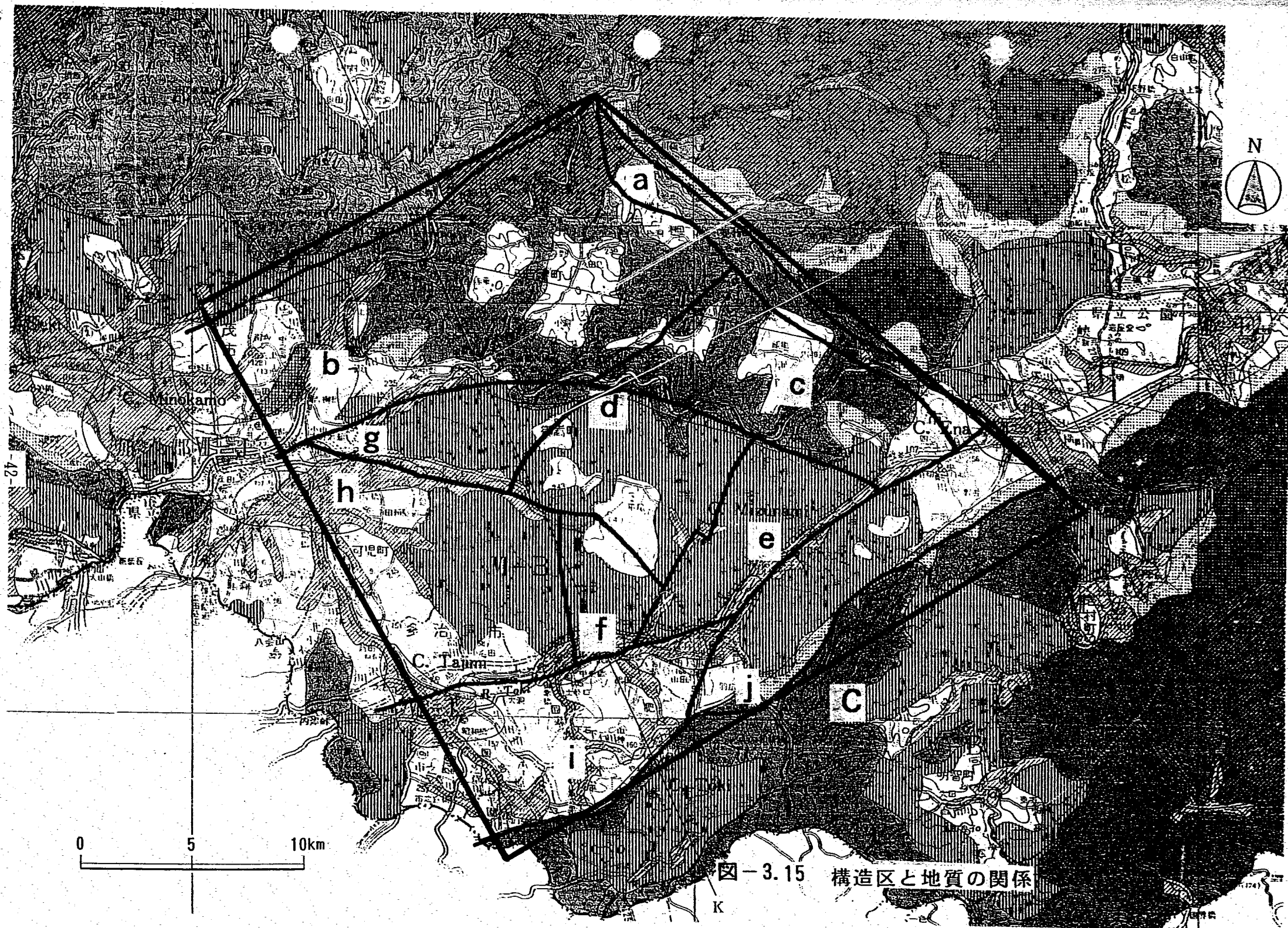
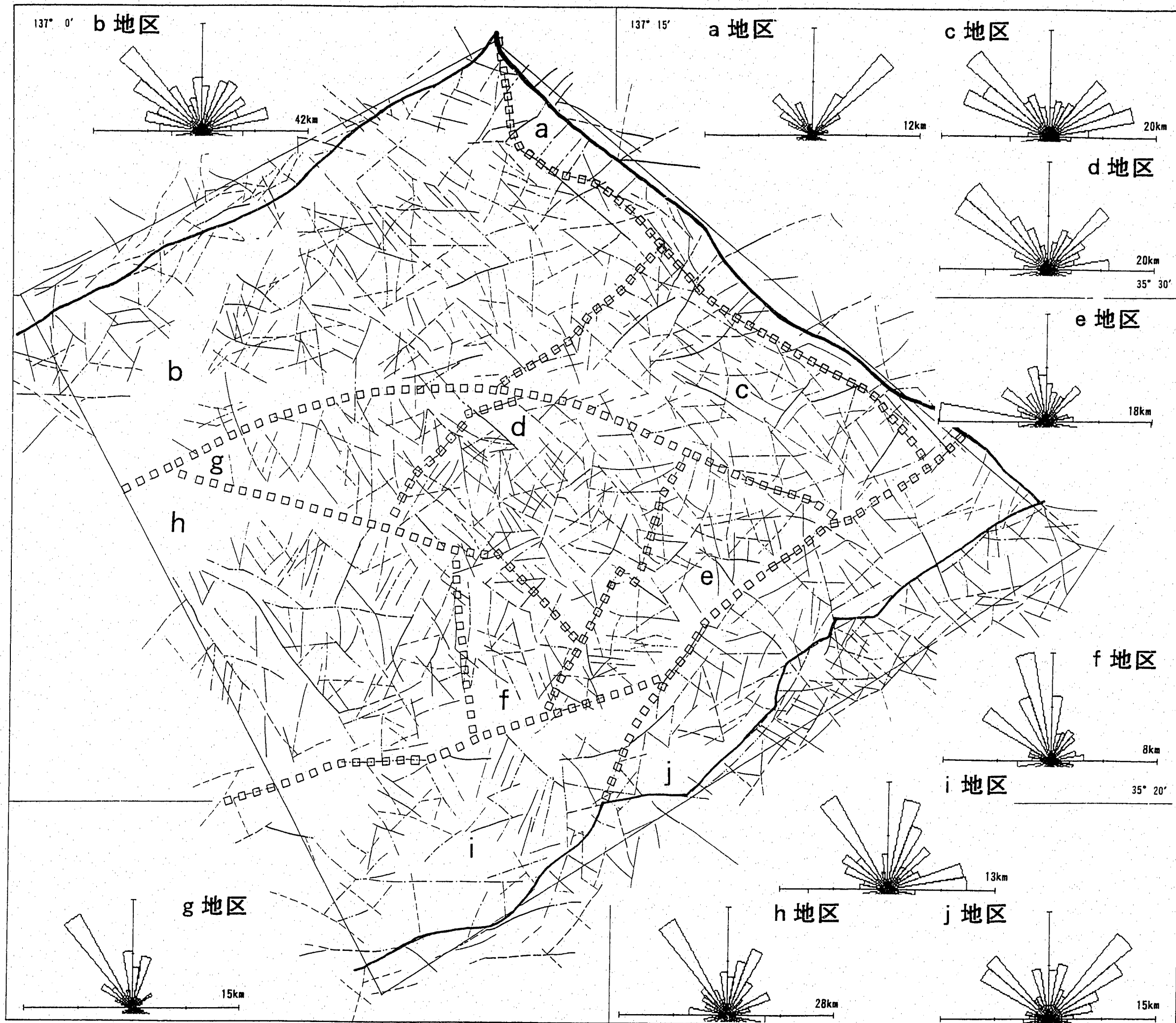


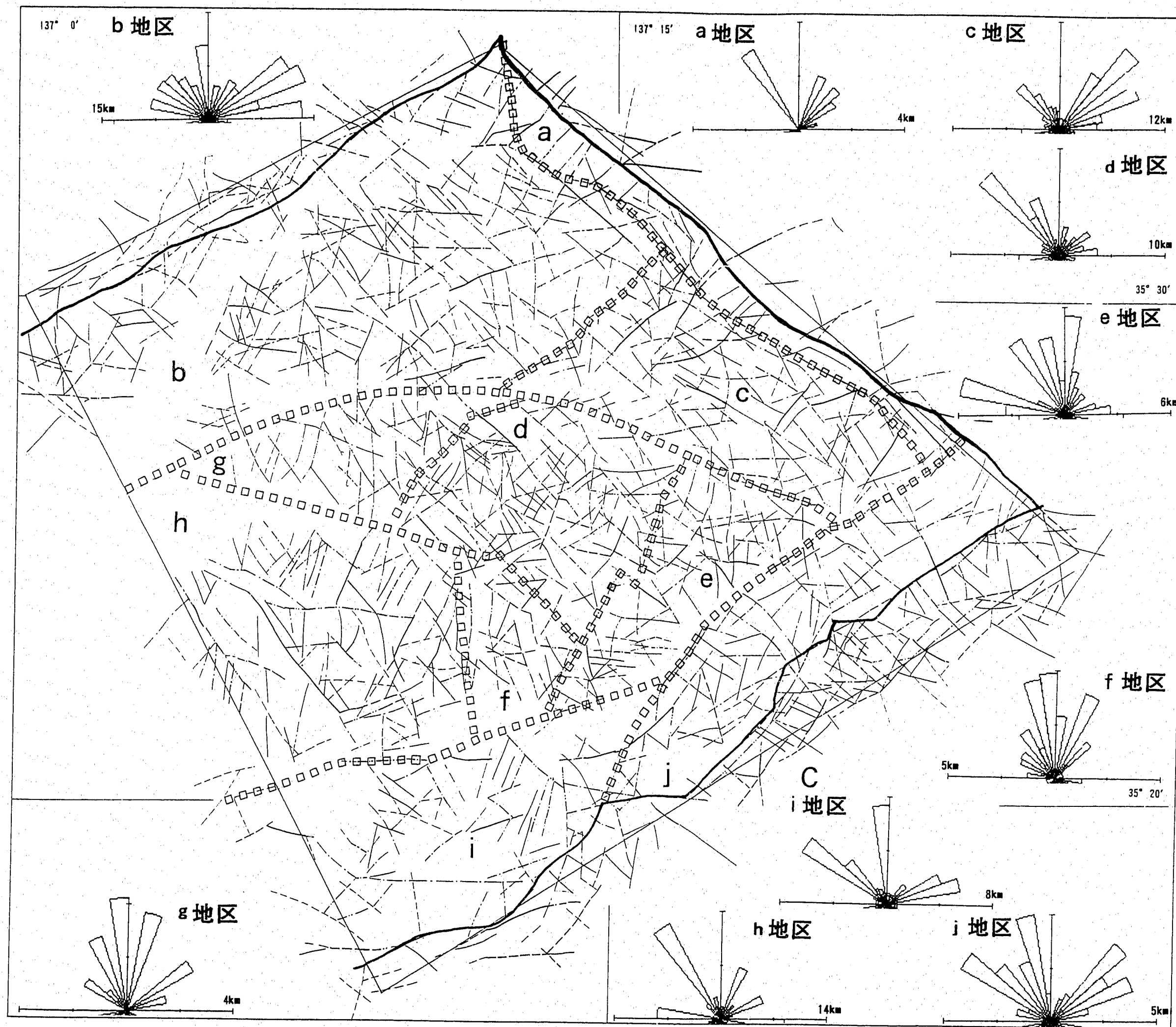
図-3.15 構造区と地質の関係



地区	リニアメント 密度 (km/km ²)
a	1.72
b	1.91
c	2.31
d	2.67
e	2.43
f	2.04
g	1.80
h	1.72
i	1.34
j	1.84

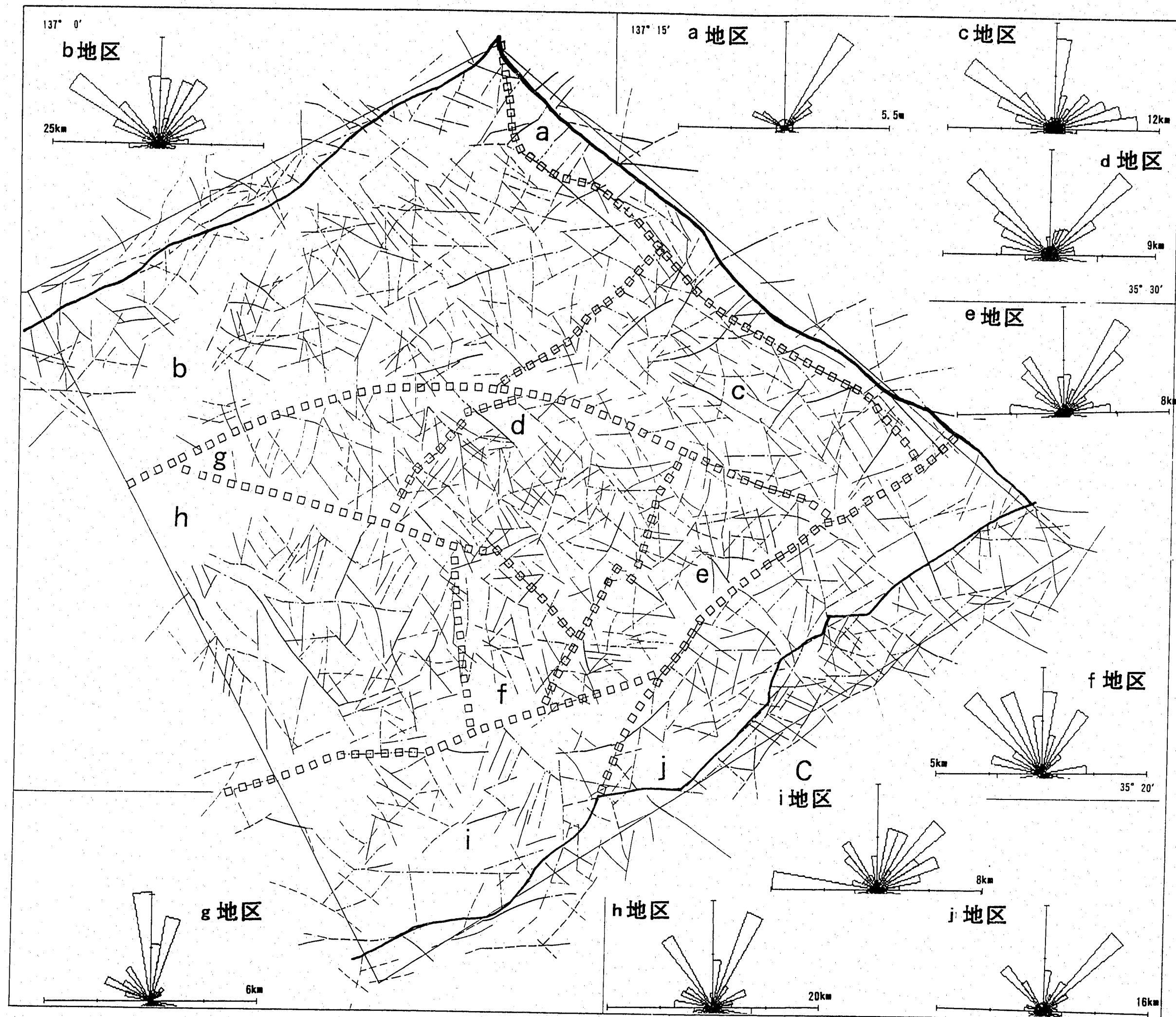
・ローズダイアグラムは10° ことの
リニアメントの累積長さで示した。

図-3.16 コンパイルリニアメント判読図における構造区分別ローズダイアグラム



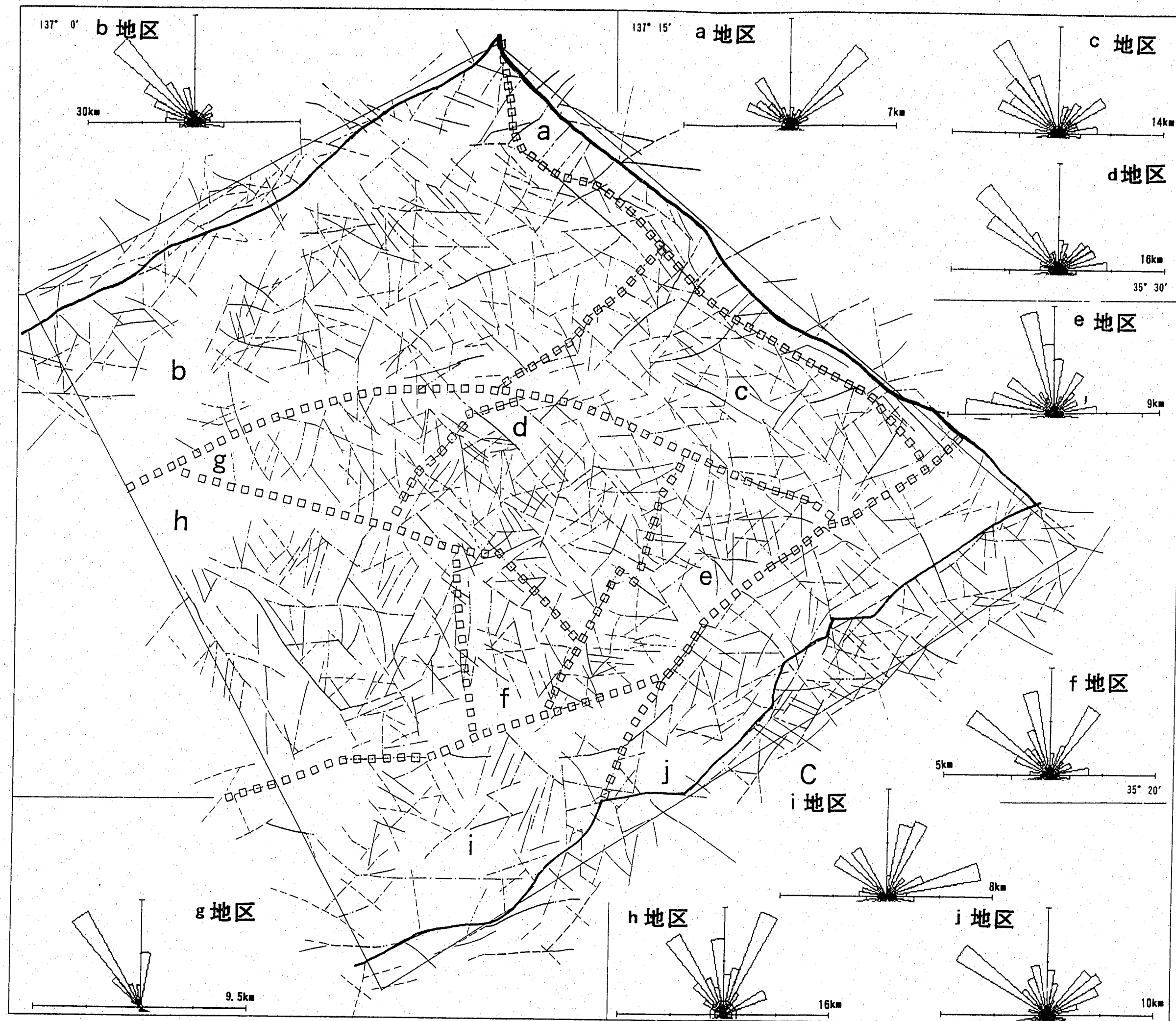
・ローズダイアグラムは10° ごとの
リニアメントの累積長さで示した。

図-3.17 SPOT衛星画像によって抽出されたリニアメントの構造区分別ローズダイアグラム



・ローズダイアグラムは10° ごとの
リニアメントの累積長さで示した。

図-3.18 LANDSAT 衛星画像によって抽出されたリニアメントの構造区分別ローズダイアグラム



・ローズダイアグラムは10° ことの
リニアメントの累積長さで示した。

図-3.19 航空写真によって抽出されたリニアメントの構造区分別ローズダイアグラム

3.4 構造区分と各構造区の特徴

3.4.1 構造区境界の設定と各構造区の地形・地質

以下に構造区ごとに、構造区境界の設定の根拠、リニアメントの分布特性および地形、地質について述べる。なお、リニアメント分布特性ではリニアメント密度を示すが、これは、コンパイルリニアメント判読図に示したリニアメントを各地区ごとに総延長を算出し、その地区の面積で除したものである。

(1) a 地区

①構造区境界

i) 北東縁

「航空写真等による水理地質構造の解析（昭和62年）」で設定されたA地区の北東側境界線で、赤河断層に一致する地形的に極めて明瞭なリニアメントが構造区境界となる。

ii) b・c 地区との境界

濃飛流紋岩類と古生界との境界をなす断層と一致する、地形的に明瞭なリニアメントが境界となる。

iii) j 地区との境界

土岐川に沿った連続性の良い北東方向のリニアメントが境界となる。

②リニアメント分布特性

リニアメント密度は $1.72\text{km}/\text{km}^2$ で、北西方向の2本の地形的に極めて明瞭なリニアメントが構造区境界となり、この2本のリニアメントに規制された北東方向のリニアメントが分布する。

③地形

美濃高地の山地地形に位置し構造区境界をなす北西方向のリニアメントに挟まれて同方向に尾根が伸び、北東方向のリニアメントは、この尾根をなす斜面上のガリーによって判読されている。

④地質

濃飛流紋岩が分布し、地区の南東側はリニアメントと一致する断層で古生界と接する。

(2) b 地区

①構造区境界

i) 北西縁

北西側は、「航空写真等による水理地質構造の解析（昭和62年）」⁵⁾で設定されたA地区の北西側の境界線で、SPOT画像やLANDSAT 画像で判読されている比較的連続性の良いリニアメント群により設定される。

ii) a 地区との境界

濃飛流紋岩類と古生界との境界をなす断層と一致する、地形的に明瞭なリニアメントが境界となる。

iii) c 地区との境界

SPOT画像とLANDSAT 画像によって抽出されたりニアメントにより区分される。このリニアメントを境に北西方向のリニアメントが不連続になる。

iv) g 地区との境界

航空写真やLANDSAT 画像で判読されたりニアメントの方向に大きな違いはなく、境界線となるようなリニアメントは抽出されていないが、b地区に比べてg地区にはより細かな肌理が形成されており、これによりg地区とは区分される。

②リニアメント分布特性

コンパイル・リニアメント判読図では北西方向が優勢である。リニアメント密度は $1.91\text{km}/\text{km}^2$ で、ほぼ平均的な密度であるが、美濃大田盆地などに沖積層が分布していることを考慮すると実際はより密度が高いと思われる。

③地形

地区の大部分は美濃高原の山地地形からなるが、西部には美濃太田盆地があり、この付近の低地や段丘面ではリニアメントの密度は小さい。リニアメントは、比高の大きい谷地形ぞいや山頂平坦面に形成されている小起伏の谷地形ぞいに判読されている。

④地質

美濃太田盆地に第四紀堆積物が分布するほかは、古生界が大部分を占める。古生界に特徴的な直線状の尾根・谷が北東方向に伸び、SPOT画像やLANDSAT

画像ではこの層理をリニアメントとして判読している可能性もある。

(3) c 地区

①構造区境界

i) a 地区との境界

濃飛流紋岩類と古生界との境界をなす断層と一致する、地形的に明瞭なリニアメントが境界となる。

ii) b 地区との境界

SPOT画像とLANDSAT 画像によって抽出されたリニアメントにより区分される。このリニアメントを境に北西方向のリニアメントが不連続になる。

iii) d 地区との境界

境界をなすリニアメントはないが、リニアメントの明瞭度や肌理に違いがある。c 地区では深い谷や平行ないし斜交状の肌理をなしているが、d 地区では起伏は小さく方状の肌理をなしている。

iv) e 地区との境界

両地区のリニアメントが不連続となるリニアメントが境界となる。

v) j 地区との境界

土岐川沿いのリニアメントが境界で、このリニアメントは地形単元の境界にもなっている。

②リニアメント分布特性

コンパイル・リニアメント判読図では、北西方向、東北東方向のリニアメントが優勢である。リニアメント密度は $2.31\text{km}/\text{km}^2$ で、高い方に属する。

③地形

a、b 地区と同様に山地地形からなる。リニアメントは、比高の大きい谷ぞいや傾斜変換線などが判読されている。

④地質

地区のほぼ中央を流れる木曾川付近を境に北側に古生界、南側に濃飛流紋岩類が分布する。この地質境界付近にはリニアメントは抽出されておらず、またリニアメントの方向性に違いはみられない。

(4) d 地区

①構造区境界

i) c 地区との境界

境界をなすリニアメントはないが、リニアメントの明瞭度や肌理に違いがある。c 地区では深い谷や平行ないし斜交状の肌理をなしているが、d 地区では起伏は小さく方状の肌理をなしている。

ii) e 地区との境界

いずれの画像から抽出されたリニアメントにおいても方向性に違いがあり、またこの差を区分する北東方向のリニアメントが、SPOT画像、LANDSAT 画像から抽出されている。このリニアメントを境界としているが、途中で北西方向のリニアメントにより不連続になるので、境界線は階段状になっている。

iii) f 地区との境界

いずれの画像から抽出されたリニアメントにおいても方向性に違いがあり、明瞭で連続性の良いリニアメントを境界とした。

iv) g 地区との境界

航空写真で抽出されたリニアメントでは方向性に大きな差はないが、SPOT 画像、LANDSAT 画像より抽出されたリニアメントでは違いがみられ、さらに航空写真ではリニアメント密度に明らかな差が認められる。また肌理も d 地区が不明瞭なのに対し、g 地区は明瞭なエッジを呈している。

これらの差異をなす境界には北東方向のリニアメントが抽出されている。

v) h 地区との境界

可児川を横断して連続するリニアメントがないため、可児川を境界とした。

②リニアメント分布特性

リニアメントは北西方向が卓越し、密度も最も高く $2.67\text{km}/\text{km}^2$ である。

特に航空写真によるリニアメントが多く変位の小さい花崗岩の割れ目を反映したものと思われる。

③地形

東濃丘陵に位置し起伏量は小さい。リニアメントは比高の小さい直線状の谷やこれらに連続する傾斜変換点により抽出されている。

④地質

花崗岩が基盤をなし、瑞浪層群・瀬戸層群が載る。

(5) e 地区

①構造区境界

i) c 地区との境界

両地区のリニアメントが不連続となるリニアメントが境界となる。

ii) d 地区との境界

いずれの画像から抽出されたリニアメントにおいても方向性に違いがあり、またこの差を区分する北東方向のリニアメントが、SPOT画像、LANDSAT 画像から抽出されている。このリニアメントを境界としているが、途中で北西方向のリニアメントにより不連続になるので、境界線は階段状になっている。

iii) f 地区との境界

e 地区では東西方向のリニアメントが卓越しているのに対し、f 地区では北北西方向が卓越しており、リニアメントの方向性に違いがある。また日吉川に沿ってSPOT画像、LANDSAT 画像で判読されているリニアメントがあり、これを境界とした。

iv) i 地区との境界

e 地区に対して i 地区では北北東方向、北西方向、東西方向でばらついていて、境界線はリニアメントの方向性の不連続部である土岐川沿いに設定した。

v) j 地区との境界

e 地区では東西方向のリニアメントが卓越しているのに対し、j 地区は、北東方向、北西方向が卓越している。リニアメントの方向性の不連続部である土岐川沿いにはリニアメントが判読されており、このリニアメントを境界とした。

②リニアメント分布特性

コンパイル・リニアメント判読図では東西方向が卓越し、リニアメント密度は $2.43\text{km}/\text{km}^2$ で、比較的高い。ここでも d 地区と同様に花崗岩露出域でリニ

アメントが発達する傾向がある。

③地形

d 地区と同様、東濃丘陵に位置し起伏量は小さい。リニアメントは尾根・谷の伸びの方向（地形的配向）とは無関係に直線状の谷やこれらに連続する鞍部により抽出されている。

④地質

花崗岩・濃飛流紋岩を基盤とし、花崗岩の上には瑞浪層群・瀬戸層群が載る。

(6) f 地区

①構造区境界

i) d 地区との境界

いずれの画像から抽出されたリニアメントにおいても方向性に違いがあり、明瞭で連続性の良いリニアメントを境界とした。

ii) e 地区との境界

e 地区では東西方向のリニアメントが卓越しているのに対し、f 地区では北北西方向が卓越しており、リニアメントの方向性に違いがある。また日吉川に沿ってSPOT画像、LANDSAT 画像で判読されているリニアメントがありこれを境界とした。

iii) h 地区との境界

両地区の境界となるリニアメントはないが、リニアメントの方向性が不連続となり尾根・谷地形の伸長方向の変化部を境界とした。

iv) i 地区との境界

f 地区のリニアメントは南北を中心とした方向に伸びているが、i 地区には東西方向がみられる。両地区の間には境界となるリニアメントはないが、i 地区と e 地区の境界と同様、リニアメントの方向性の不連続部である土岐川沿いに設定した。

②リニアメント分布特性

全体としては北北西方向が優勢であるが、画像によるばらつきがみられる。構造区でもっとも面積が小さく、本数が少ないことが影響していると推定され

る。リニアメント密度は $2.04\text{km}/\text{km}^2$ で平均的な値を示している。

③地形

d、e 地区と同様、東濃丘陵に位置し起伏量は小さい。リニアメントは直線状の谷や傾斜変換線により抽出されている。

④地質

花崗岩と瑞浪層群・瀬戸層群が分布する。花崗岩露出域では、谷に沿ったリニアメントが判読されている。

(7) g 地区

①構造区境界

i) b 地区との境界

航空写真やLANDSAT 画像で判読されたリニアメントの方向に大きな違いはなく、境界線となるようなリニアメントは抽出されていないが、b 地区に比べて g 地区にはより細かな肌理が形成されており、これにより d 地区とは区別される。

ii) d 地区との境界

航空写真で抽出されたリニアメントでは方向性に大きな差はないが、SPOT 画像、LANDSAT 画像より抽出されたリニアメントでは違いがみられ、さらに航空写真ではリニアメント密度に明らかな差が認められる。また肌理も d 地区が不明瞭なのに対し、g 地区は明瞭なエッジを呈している。

これらの差異をなす境界には北東方向のリニアメントが抽出されている。

iii) h 地区との境界

両地区はともに北西方向のリニアメントが優勢で、境界となるようなリニアメントもないが、可児川を挟んで連続するリニアメントがないことからこの可児川沿いに境界を設定した。

②リニアメント分布特性

コンパイル・リニアメント判読図や航空写真より抽出されたリニアメントでは、北西方向が卓越している。リニアメント密度は $1.80\text{km}/\text{km}^2$ で密度はやや小さい。

③地形

東濃丘陵に位置し起伏量は小さい。リニアメントは比高の小さい直線状の谷やこれらに連続する傾斜交換点により抽出されている。

④地質

大部分を古生界が占めているが、a、b地区とは異なり、丘陵地形をなしているため両地区に比べ傾斜交換点は明瞭ではない。

(8) h 地区

①構造区境界

i) d 地区との境界

可児川を横断して連続するリニアメントがないため、可児川を境界とした。

ii) f 地区との境界

両地区の境界となるリニアメントはないが、リニアメントの方向性が不連続部となり尾根・谷地形の伸長方向の変化部を境界とした。

iii) g 地区との境界

両地区はともに北西方向のリニアメントが優勢で、境界となるようなリニアメントもないが、可児川を挟んで連続するリニアメントがないことからこの可児川沿いに境界を設定した。

iv) i 地区との境界

h地区のリニアメントは北西方向に優勢であるが、i地区ではさらに東西方向のものが分布する。両地区の境界は土岐川沿いの東北東のリニアメントとした。

②リニアメント分布特性

北北東方向と、谷に沿った北西方向のリニアメントが分布する。またi地区との境界付近には、北西方向に規制された東北東方向のリニアメント群が特徴的にみられる。リニアメント密度は $1.72\text{km}/\text{km}^2$ でやや小さい。b地区と同様に沖積層の分布によるものと思われる。

③地形

東濃丘陵に位置するが、地区の北西端には美濃太田盆地が含まれる。リニア

メントは、鞍部を伴う直線状の谷地形や、段丘崖を伴う谷地形を地形要素にして抽出されている。

④地質

基盤岩の大部分は古生界であるが、東部には花崗岩も分布する。さらにこれらの上に瑞浪層群・瀬戸層群が載る。古生界と花崗岩との境界を示すようなリニアメントは判読されず、またどちらも北西方向と北東方向の系統的なリニアメントが抽出されている。

(9) i 地区

①構造区境界

i) e 地区との境界

e 地区に対して、i 地区では北北東方向、北西方向、東西方向でばらついている。境界線は、リニアメントの方向性の不連続部である土岐川沿いに設定した。

ii) f 地区との境界

f 地区のリニアメントは南北を中心とした方向に伸びているが、i 地区には東西方向がみられる。両地区の間には境界となるリニアメントはないが、i 地区と e 地区の境界と同様、リニアメントの方向性の不連続部である土岐川沿いに設定した。

iii) h 地区との境界

h 地区のリニアメントは北西方向に優勢であるが、i 地区ではさらに東西方向のものが分布する。両地区の境界は、土岐川沿いの東北東のリニアメントとした。

iv) j 地区との境界

境界は、j 地区内に特徴的に分布する屏風山断層と並行した北東方向のリニアメントが消失する、e 地区と j 地区との境界をなすリニアメントの西方への延長上に設定した。

v) 南東縁

美濃三河高原との境界となる屏風山断層があり、「航空写真等による水理

地質構造の解析（昭和62年）」では、これより南側をC地区としている。

②リニアメント分布特性

リニアメントは屏風山断層に調和的な東北東方向のほか、北北東方向、北西方向のものが分布する。リニアメント密度は $1.34\text{km}/\text{km}^2$ で、最も密度が小さい。

③地形

東濃丘陵の段丘地形上に位置し、起伏が小さくまた、人工改変が進んでいるためリニアメントの密度は、解析領域の中でもっとも小さい地区となっている。そのためリニアメントは、ほとんどが直線状の谷地形の判読によっている。

④地質

古生界の上に瀬戸層群が載る。他の古生界分布域に比べリニアメントの密度は小さいが、侵食と人工改変による断裂の不明瞭化によると考えられる。

(10) j 地区

①構造区境界

i) a 地区との境界

土岐川に沿った、連続性の良い北東方向のリニアメントが境界となる。

ii) e 地区との境界

e 地区では東西方向のリニアメントが卓越しているのに対し、j 地区は北東方向、北西方向が卓越している。リニアメントの方向性の不連続部である土岐川沿いにはリニアメントが判読されており、このリニアメントを境界とした。

iii) i 地区との境界

境界は、j 地区内に特徴的に分布する屏風山断層と並行した北東方向のリニアメントが消失する、e 地区と j 地区との境界をなすリニアメントの西方への延長上に設定した。

iv) 南東縁

この南側の美濃三河高原との境界には屏風山断層があり、「航空写真等による水理地質構造の解析（昭和62年）」⁵⁾では、これより南側をC地区とし

ている。

②リニアメント分布特性

この屏風山断層に沿っては、明瞭な傾斜変換線が第四紀堆積物に切られながらも連続している。本地区のリニアメントは3画像とも集中度の差はあるものの、北東方向と北西方向のものが分布する。リニアメント密度は $1.84\text{km}/\text{km}^2$ でほぼ平均的なものである。

③地形

土岐川と美濃三河高原の間の丘陵地形で、リニアメントは直線状の谷地形や地形の伸長方向に平行に配列する傾斜変換点により判読されている。

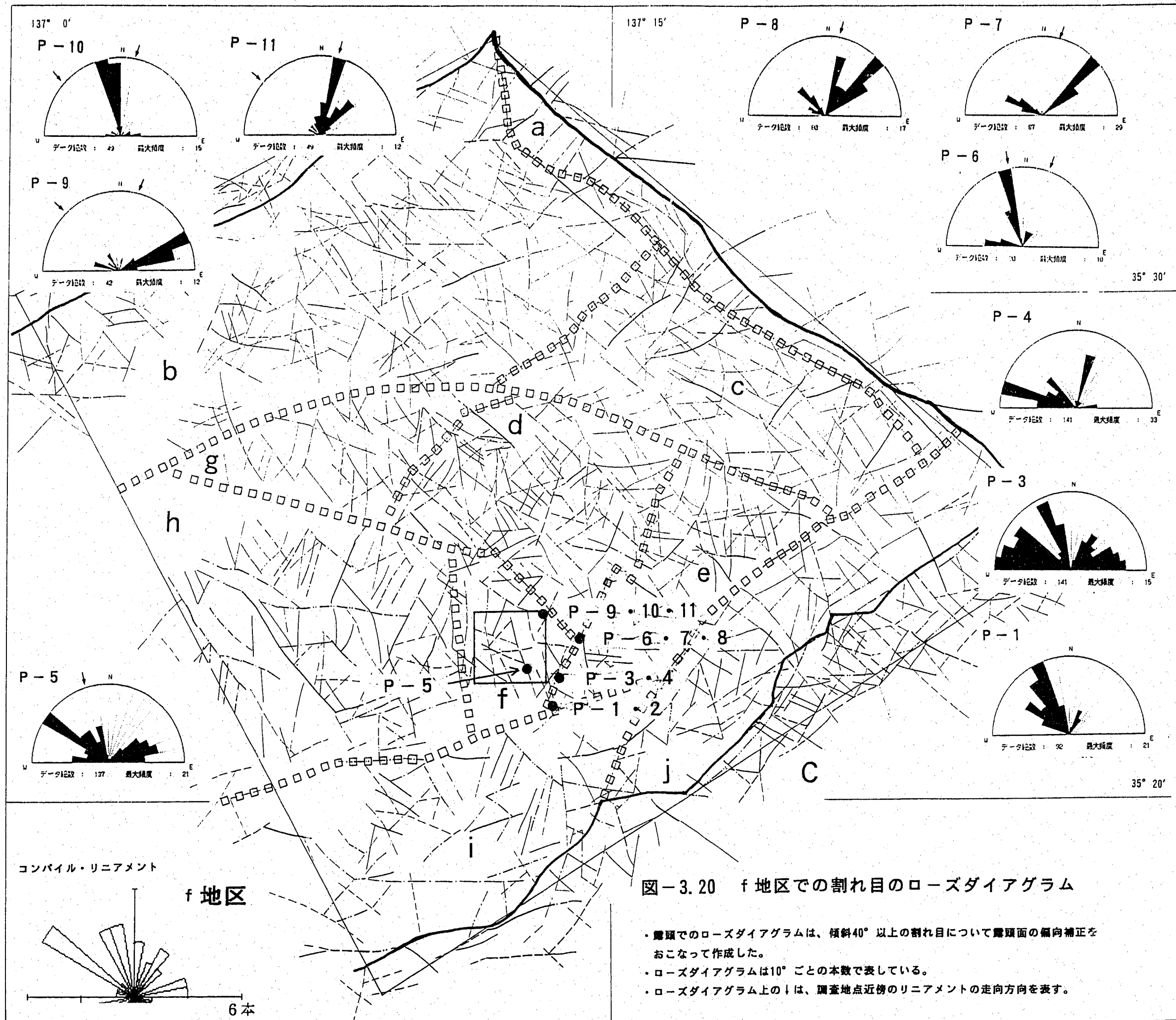
④地質

基盤は濃飛流紋岩類・古生界・花崗岩と多様で、その上に瑞浪層群・瀬戸層群が載る。花崗岩の分布域は小さく、リニアメントの分布特性に影響を与えていないが、濃飛流紋岩類と古生界の境界にはリニアメントが抽出されている。しかし、前述の通り画像上からはそれぞれの岩体の分布域の特徴は区別されない。

3.4.2 割れ目分布の特徴

区分された構造区のうち、f地区を中心とした地域において、花崗岩の露頭の割れ目のサンプリング調査^{10) 11)}を11地点でおこなっているのもので、ここではその結果を含めてリニアメントと地表の割れ目の関係を検討した(表-3.1.3.2に露頭状況の一覧表を示す。またスケッチ図を付図-1～4に示す)。図-3.20は、f地区周辺での露頭で確認された割れ目のうち、傾斜 40° 以上の高角の割れ目の走向と、f地区における各画像のローズダイアグラムを示したものである。

リニアメント近傍に位置する地点は、P-5、P-6、P-7、P-8、P-9、P-10、P-11の7地点であるが、この内リニアメントの方向の10度以内の幅での走向を示す割れ目が認められるのは、P-5、P-6、P-8、P-11の4地点で残り3地点ではリニアメントの方向に調和的な走向の割れ目が卓越したものとなっていない。また、P-9・10・11は構造区分界をなすリニアメント付近に位置しながら、これと調和的な方向の割れ目は認められていない。このことは、割れ目のサンプリング調査¹¹⁾で示されたように、リニアメントを反映した割れ目の分布域は、その規模にもよるが、実際に



はかなり狭いのと、地形的な位置と実際の割れ目の位置に多少のずれがあるためと推定される。

次にリニアメントと露頭での割れ目とのフラクタル性を検討した。P-6・7・8は構造区境界に位置するために除き、空間分布に関するフラクタル性も検討するため、ほぼ水平に近い露頭であるP-9・10・11の3地点について検討した。この3地点がf地区に入るのか、d地区に入るのか、問題はあるが、本調査では、境界をなすリニアメントとの位置関係から、この3地点をf地区内にあるとした。

図-3.21、3.22はf地区におけるボックスカウンティング法によるフラクタル次元を示している。フラクタル次元を示すグラフの傾きは、ボックスの片辺の長さがある長さより小さくなると緩くなる。これは、空間における分布が一様でないことを示している。 $(\text{ボックスの片辺の長さ } \eta) / (\text{グリットの辺の長さ } s) = 1/2 \sim 1/32$ の範囲で回帰分析によりフラクタル次元を求めると、リニアメントが1.33、露頭での割れ目が1.41～1.70となる。露頭での割れ目のフラクタル次元が、リニアメントより大きいのは、調査地点として、割れ目が比較的密な場所を選んでいることによる

図-3.23は、特に大きな断裂の影響を受けていないと判断した、P-9・10・11地点で計測された割れ目の長さ、3画像で判読されたf地区でのリニアメントの長さをともに作成した累積頻度グラフである。長さのフラクタル次元を求めるトレース長の区間について、大野ほか(1988)¹²⁾ は、計測領域内で最も頻度の高いトレース長と、領域の辺の長さの0.8倍程度の長さの区間をとるのが妥当としている。それは、この区間より短いトレース長の割れ目は、短いことに起因する取りこぼしが発生し、区間より長いトレース長の割れ目は、メッシュの大きさによってトレース長が規制されるため、トレース長と頻度の正確な対応関係になっていないことによる。しかし、ここではおのおのの計測対象ごとに、ほぼ直線となる区間について回帰分析により傾きを求めた。露頭で計測されたものは、-1.64～-1.84、画像によるリニアメントでは、-1.82～-2.11の幅をとり、両者は同様の値を示した。

したがってf地区では、リニアメントの長さと割れ目のトレース長との間には、フラクタルによって近似される相関性が推定されることから、リニアメントの長さのフラクタル次元から地表の割れ目のトレース長毎の割れ目本数が推定できると思われる。しかし、フラクタル次元を算出する区間設定については、なお検討必要で、また、花崗岩以

外の岩体についても調査する必要がある。

表-3.1 割れ目調査地点露頭状況一覧(1)¹⁰⁾

露頭番号	位 置			露頭 面積 (㎡)	露頭の 走 向 傾 斜	割れ目 記録数	風化程度ほか
	水系	地 形	標高(m)				
P-1	日吉川	切土法面	165	49.9 (50)	N20°W, 7°W	56	表面は褐色を呈し、ハンマーの打撃でややぶい音を発する
P-2	"	自然斜面	169	39.7 (50)	N7°W, 75°W	47	比較的新鮮であるが割れ目沿いにやや風化している
P-3	"	切土法面	179	38.6 (50)	N1°W, 64°W	151	"
P-4	"	河 床	175	7.7 (8.8)	ほぼ水平	107	新鮮であり、風化はあまり見られない
P-5	賤洞川	切土法面	231	13.5	N49°W, 68°W	117	ハンマーの打撃でくずれる程度に風化している

* 露頭面積は被覆層に覆われた箇所は除く。()内の数値は露頭面積

表-3.2 割れ目調査地点露頭状況一覧(2)¹¹⁾

露頭番号	位 置			露頭規模 (㎡)	計測面の 走向・調査	割 れ 目 記 録 数	岩級区分
	地区	地 形	標高(m)				
P-6	日 吉 川	河 床	191	14.1 (16.0)	N16°W8°W	56	C _M
P-7	"	河 床	194	14.4 (16.0)	水 平 面	100	C _H
P-8	"	河 床	198	12.9 (16.0)	N34°W6°W	78	C _H
P-9	柄 石	河 床	265	6.0 (6.0)	N2°E11°E	55	C _M
P-10	"	河 床	266	4.0 (4.0)	N8°E6°E	56	C _M
P-11	"	河 床	270	11.3 (12.0)	N80°W7°S	93	C _M

*露頭規模は被覆部を除いたもの。()内は設定された計測面の面積。

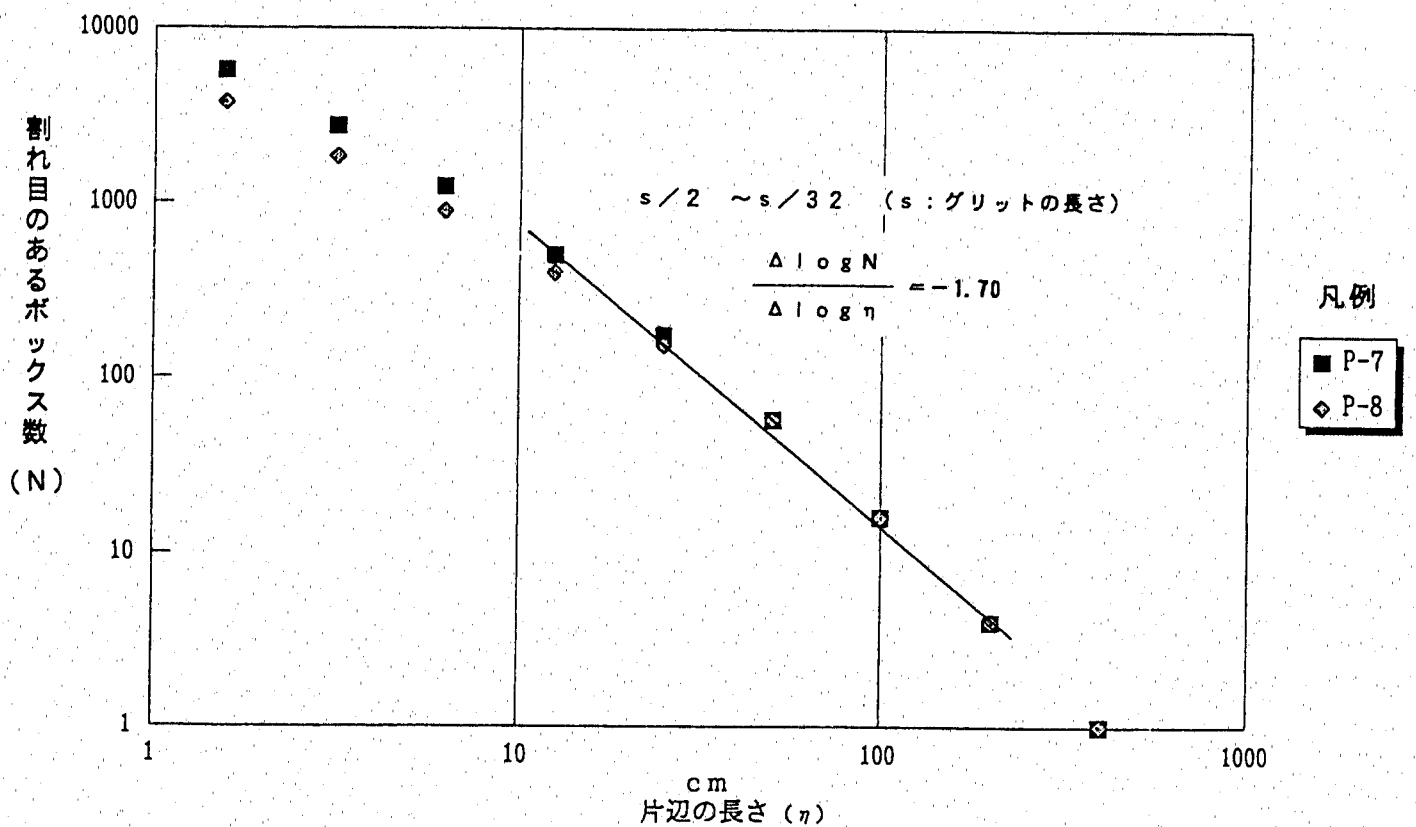
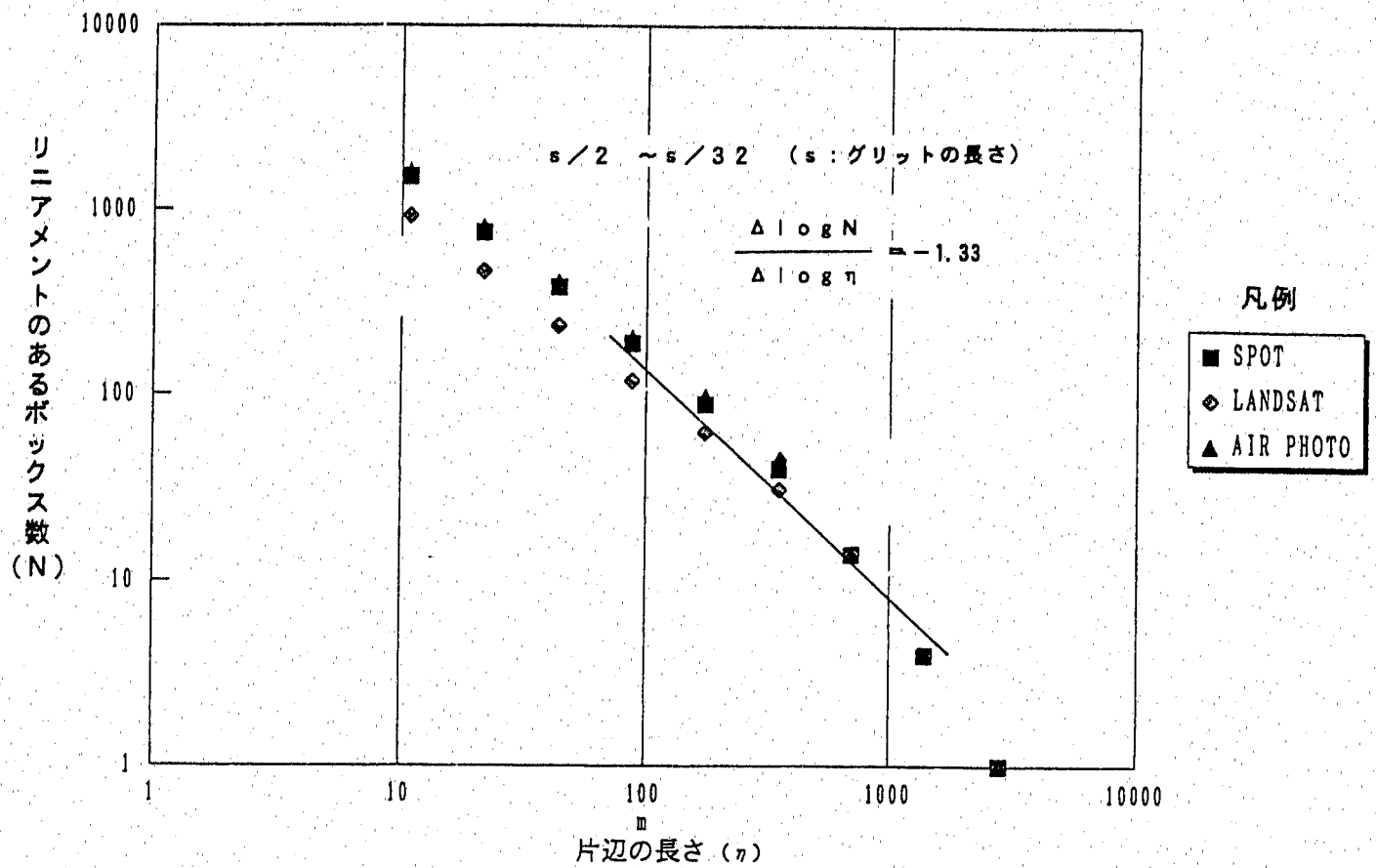


図-3.21 f 地区におけるリニアメントおよび花崗岩露頭の割れ目についてのボックスカウンティング法によるフラクタル次元

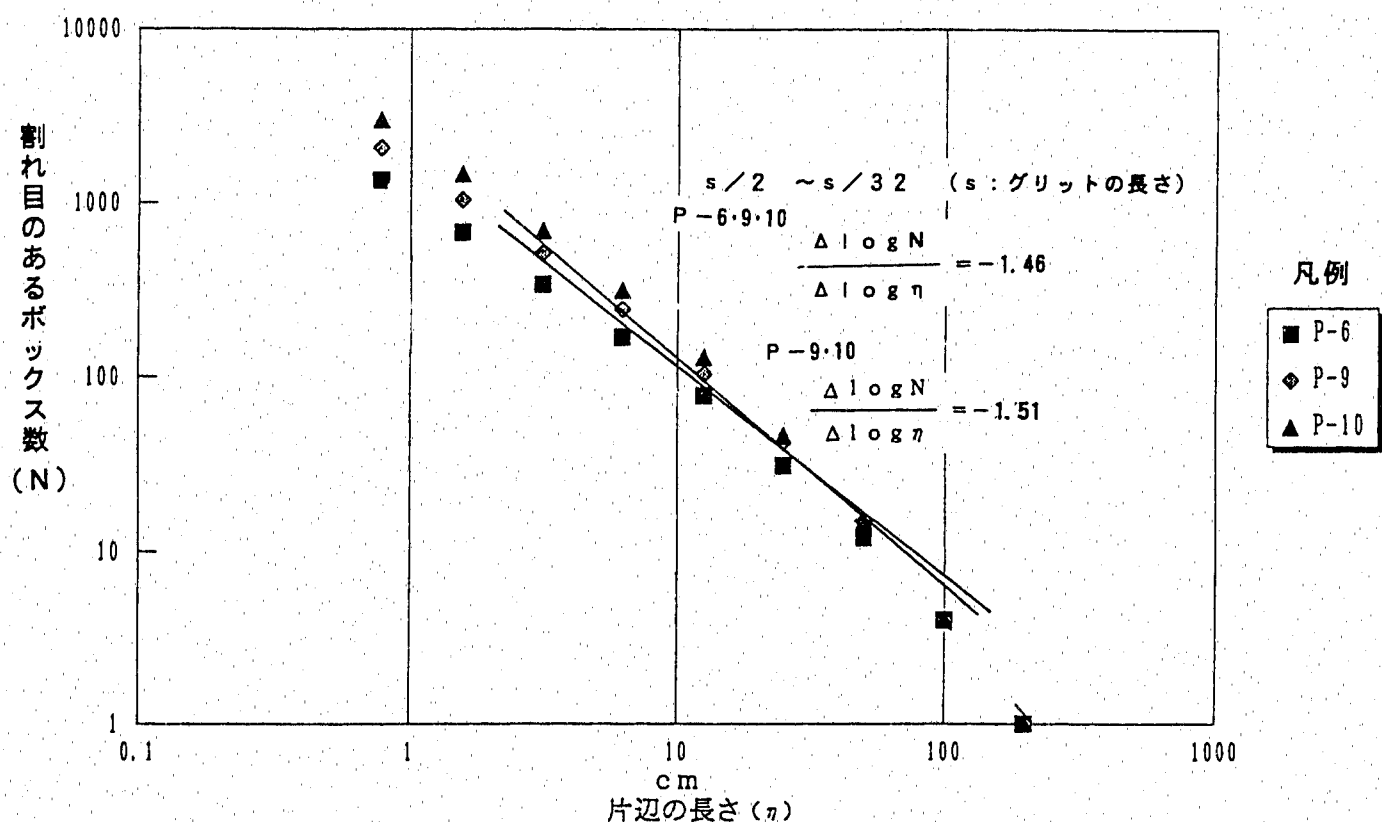
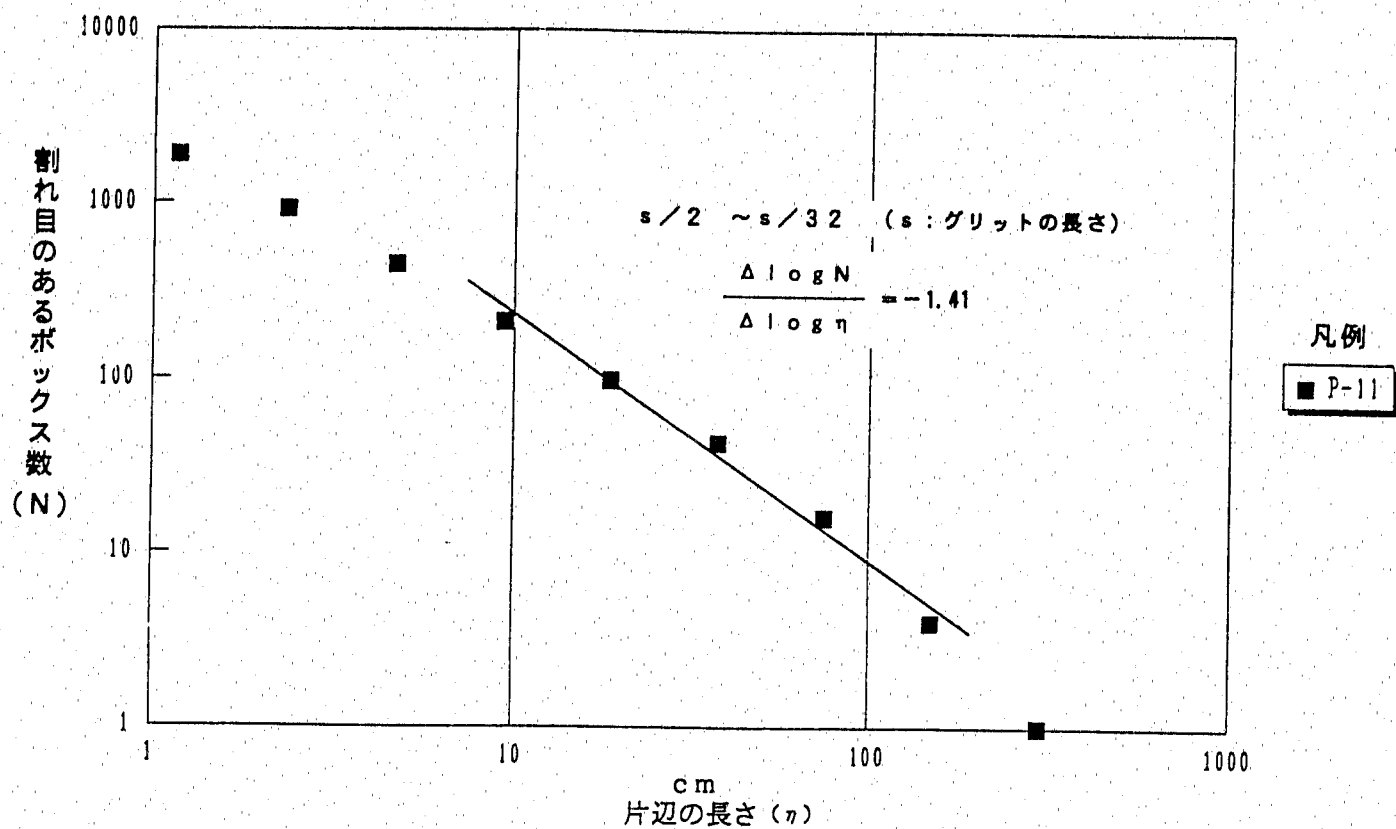


図-3.22 f 地区における花崗岩露頭の割れ目について
ボックスカウンティング法によるフラクタル次元

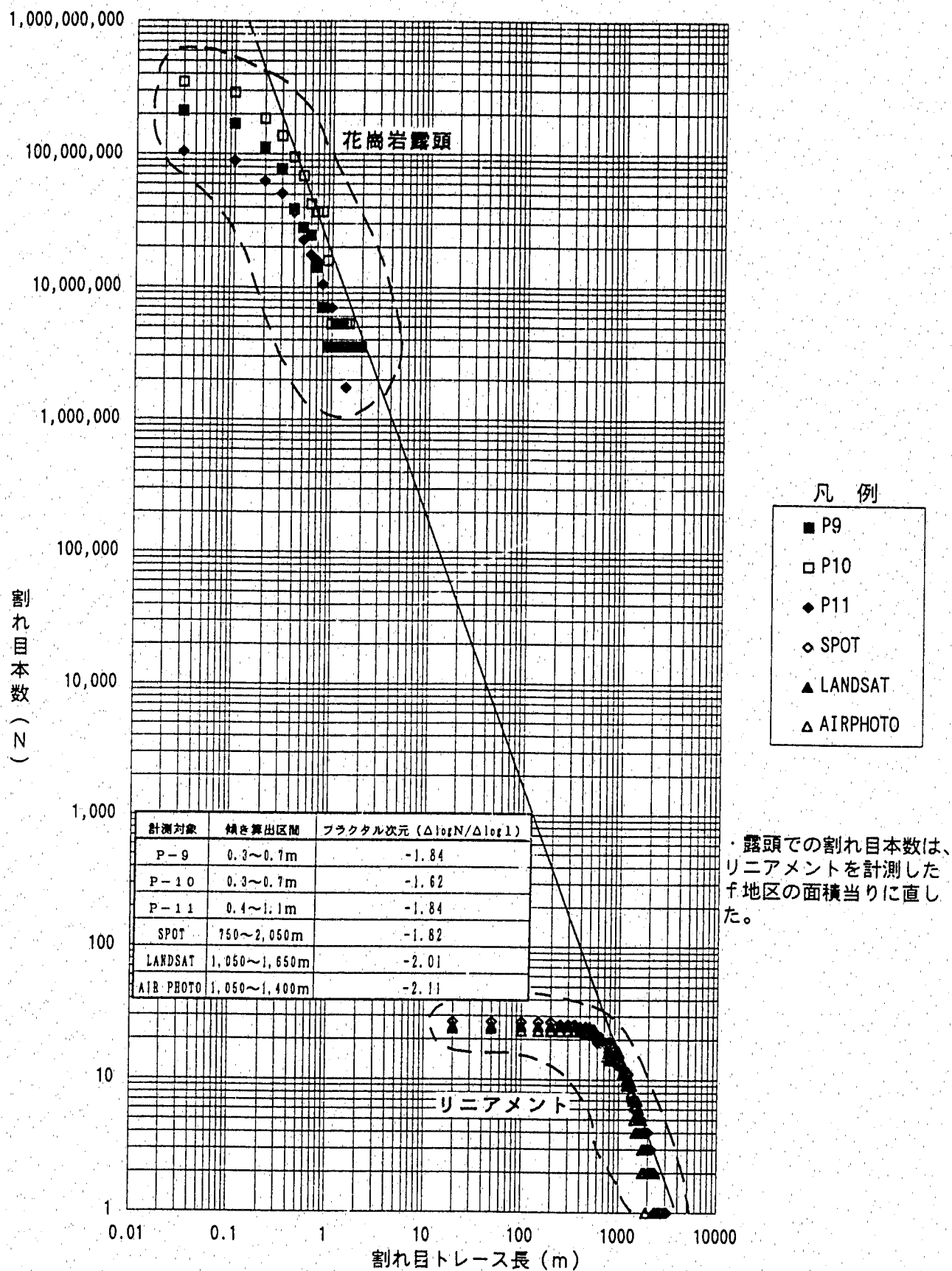


図-3.23 f地区におけるリニアメントの長さおよび、花崗岩露頭での割れ目のトレース長による累積頻度

4. 評価・検討

4.1 リニアメント判読における各画像の有効性

ここでは各々の画像の特性を踏まえ、それぞれの画像ごとに、得られるリニアメントの質・適用範囲・経済性について評価する。

LANDSAT 画像は、現在もっとも利用されている画像である。SPOT画像に比べ、解像度の点で劣るものの、スペクトル情報が豊富で、1シーンの画像の範囲も広いことが理由と考えられる。しかしLANDSAT 画像によるリニアメント判読は、単画像でしか判読できないため、鞍部や傾斜変換点を抽出のキーにすることはできず、必然的に陰影から地形形状を認識し、地形のエッジを手かりに、SPOT画像や航空写真に比べてよりオーダーの大きい地形的不連続線を判読要素とせざるをえない。さらに陰影の影響が大きいため、太陽光線の入射角や方向の違いによる影響を考慮する必要がある。また、リニアメントの地形図への移写もかなり誤差の大きいものになる。しかし、数十kmオーダーの地質構造解析には充分利用可能で、微地形が無視される分、より大局的な地質構造の解析が可能である。

SPOT画像は、単画像での判読だけでなく、ステレオペアがあれば実体視が可能であり、大縮尺の画像を用いれば、傾斜変換点や鞍部といった地形要素も抽出できる。今回の解析では、1/10万の縮尺で長さ1km程度のリニアメントまでは問題なく抽出できた。また画像の縮尺を変えることで、様々なスケールでの立体視による判読ができる。すなわち、解析対象領域全体を1モデルで実体視することも可能で、このことは定性的な構造区分をおこなう上で、重要なことと考えられる。大縮尺のSPOT画像は、かなり航空写真に近い精度が得られるものの、本解析では航空写真で判読されながら、SPOT画像で抽出されていないリニアメントもかなりあった。これは、一つは用いた縮尺が異なることによる、直線模様の認識の違いと思われる、もう一つはSPOT画像のそのものの分解能が航空写真より低いことによる、比高の小さい地形要素の見落としによるものと思われる。

1/4万の航空写真は、今回用いた画像の中で最も分解能が高く、詳細な地形の把握に適したものである。したがって地形要素を判読キーにして抽出されたリニアメントは、3画像中で最も確実度が高いと推定される。しかし、他の画像に比べ、マ

クロな視野から地形状況を把握することが困難であるため、周辺の地形とは不調和な谷地形や、侵食作用により幅の広がった谷地形では、抽出漏れの可能性がある。本地域においても、大部分は判読分類上の「その他のリニアメント」となっており、リニアメントとしての明瞭度は良くない。また、地形での全体的な断裂系の分布性状を画像から直接捕らえることができないため、構造区分などの地質構造解析にはあまり適していないと思われる。

以上のことからリニアメントを割れ目の情報として捕らえたときのデータとしての有効性、問題点についてまとめると次のようになる。

(1) LANDSAT 画像から抽出されたリニアメント

有効性： 大局的な地質構造の把握

問題点： 地形的不連続によるもののほかは、実体視でなければ認識されない地形要素（鞍部など）が抽出されない。

明瞭なリニアメントであっても、地形形状の把握に限界があるため、断層による変位地形が大規模でない限り、リニアメントの活断層としての判読は困難。また縮尺1/20万で、1 km（画像上で0.5cm）より短いリニアメントは抽出されにくい。

(2) SPOT画像（実体視）から抽出されたリニアメント

有効性： 大局的な構造方向も把握できるほか、単写真では認められない変位地形・断層地形も判読可能で、断裂系としての確実度は高い。

問題点： 変位量がかなり大きな活断層でない限り、活断層としての判読は困難。分解能が航空写真ほど高くないので、起伏量の小さい所での抽出は難しい。縮尺1/10万で、1 km（画像上で1 cm）より短いリニアメントは抽出されにくい。

(3) 1/4万航空写真から抽出されたリニアメント

有効性： 詳細な地形判読が可能であるため、抽出されたリニアメントの断裂としての確実度は最も高い。

問題点： 1モデルでの判読範囲がもっとも小さいため、大局的な地形形状の把握が困難で、連続した構造線としての評価がしにくい。

4.2 構造区分上の有効性

本調査ではリニアメントの方向性や密度を定量的に評価し、さらに断裂の形成史を念頭に置いたリニアメントの連続性や切断関係、地形を指標とした断裂としての規模を定性的に検討して同様のリニアメント特性を有する広がりをも一つの構造区として構造区分をおこなった。

本解析領域は、もともと LANDSAT画像により一つの構造区として区分されているので、全域に渡ってリニアメントの方向性や密度に極端な偏りはないが、メッシュごとの方向別のリニアメントの密度分布では、地形分類境界をなす断層付近や花崗岩分布域でリニアメントの密度が高い傾向が認められるなど、これによりおよその地域性を把握することができた。

また、地形形状の大規模な境界線としてのリニアメントは、地質境界と一致するなど、構造区分上、有効な指標となっている。その他、リニアメントの切断関係や肌理の差異を用いた境界線の設定によってなされた構造区分は、地形分類と良く一致しており、変動地形などでは有効な指標となると思われる。地質についても古生界、花崗岩や瑞浪層群・瀬戸層群の分布域と比較的調和しているが、j 地区で古生界と濃飛流紋岩類の境界が構造区域として設定できなかった。一般に基盤岩の形成期、岩種が異なればそこに形成されている断裂系の水理地質的特性にも違いがあると仮定したほうが自然であるので、構造区分の際には、リニアメント情報に地質図等の情報を補って区分するのが妥当と思われる。

4.3 割れ目のトレース長による頻度の推定

f 地区において、露頭で計測された割れ目のトレース長と、リニアメントの長さのおおのこのフラクタル次元が極めて近い値を示している。フラクタル次元を求める際の長さ・トレース長の区間の設定方法の検討は必要であるが、リニアメントの長さのフラクタル次元から、地表面における割れ目のトレース長と頻度の推定が可能であると思われる。

4.4 課題

今後の課題として、これらの区分の妥当性を検証することがあげられるが、手法

としては、露頭で割れ目を計測し、区分された構造区におけるリニアメントの方向やフラクタル次元等との関係について地質などのデータを含めて検討する必要がある。したがって、f 地区以外の構造区においても、露頭での割れ目調査を実施していく必要がある。

5. まとめ

今回の調査によって以下のことが明らかになった。

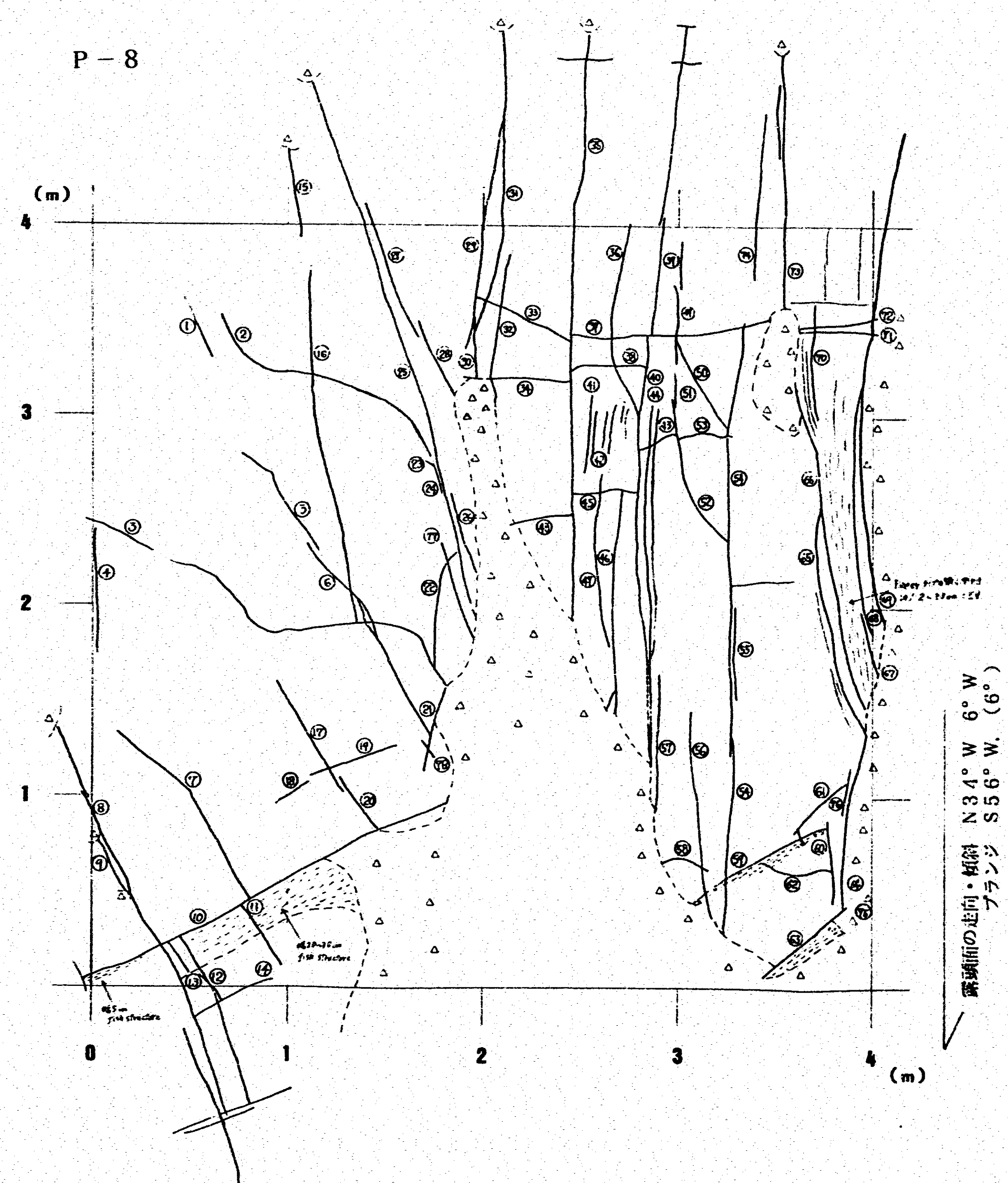
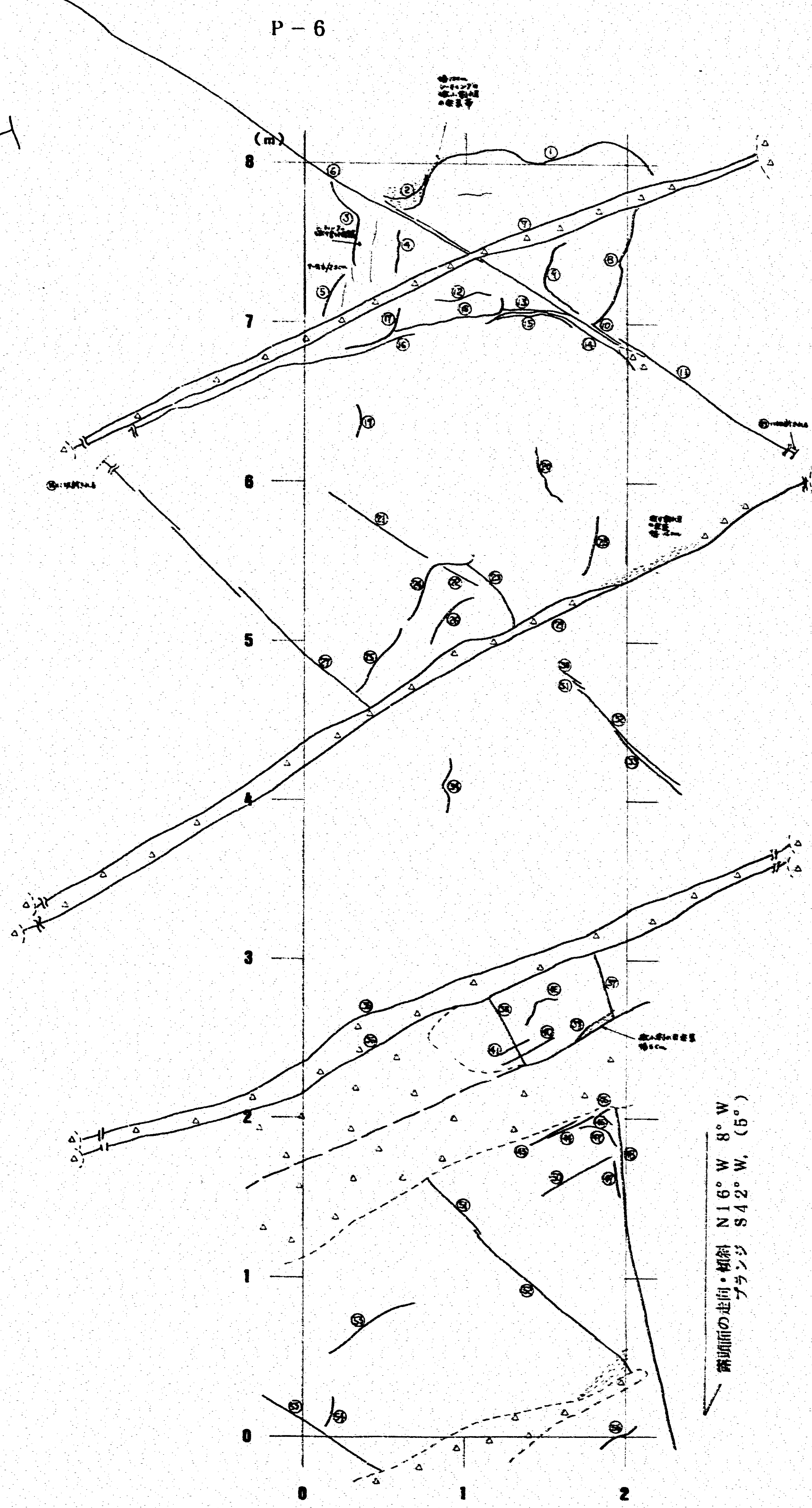
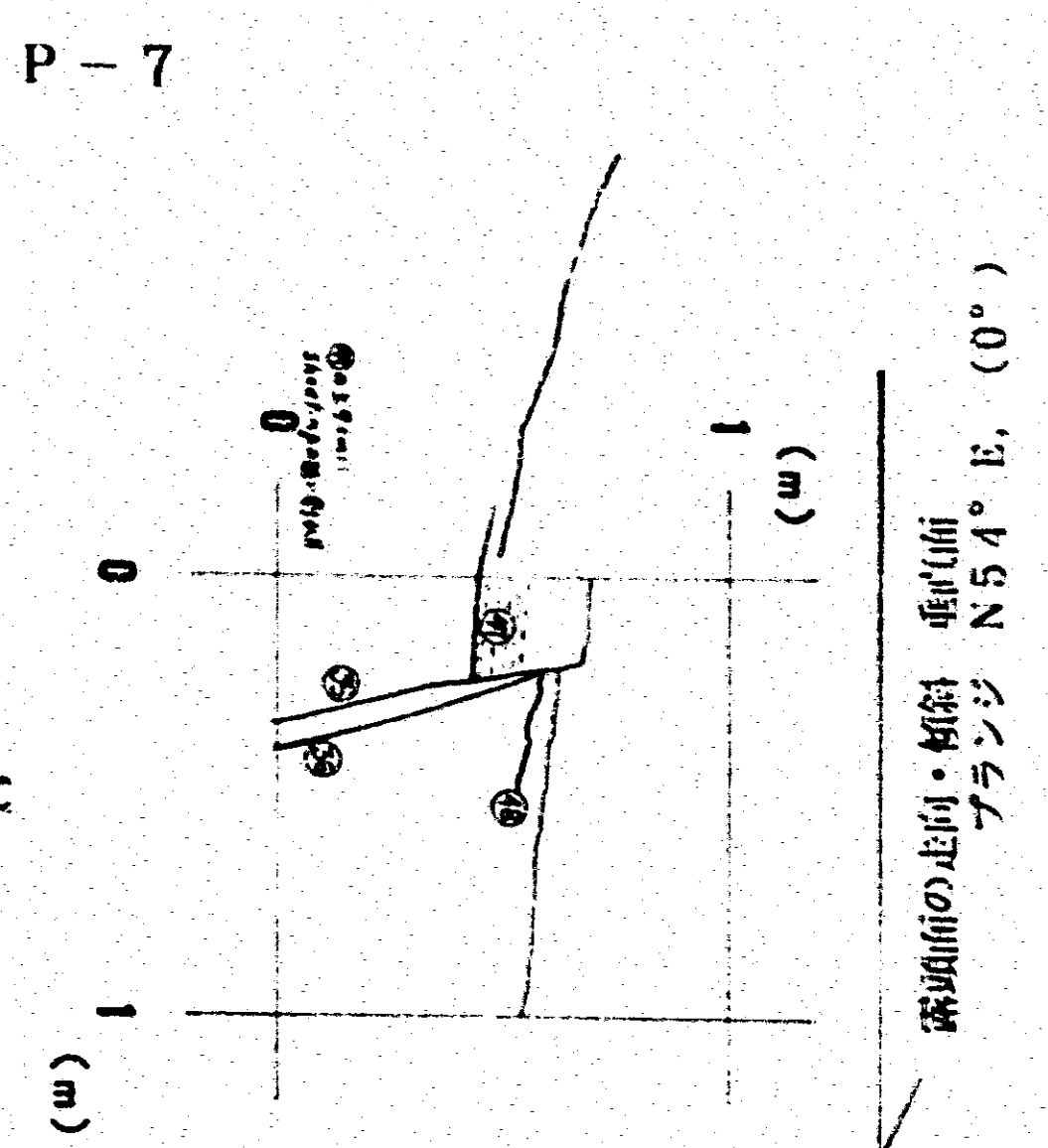
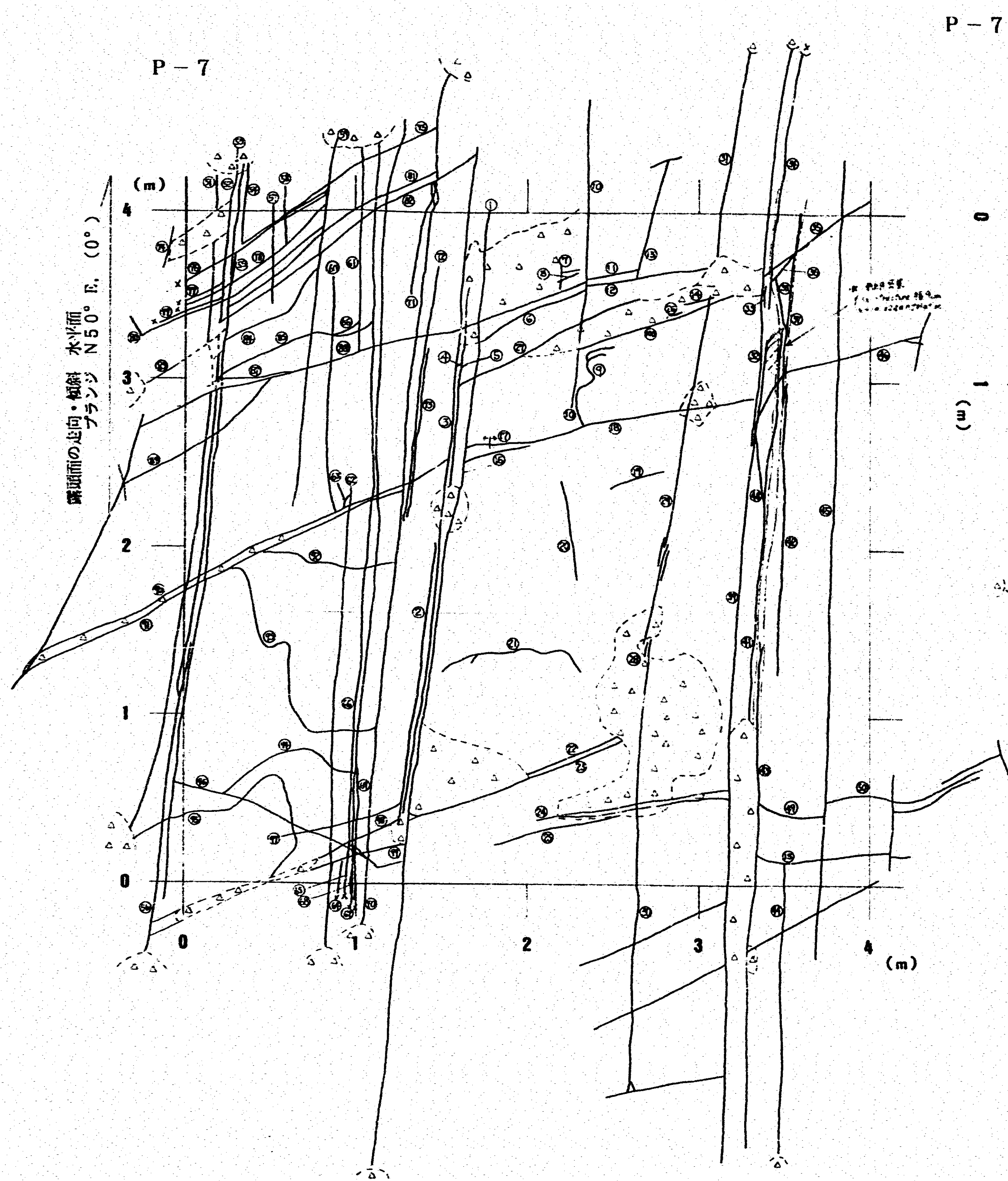
- ① 各画像ごとのリニアメントの方向性は、その集中度に差はあるが、おおむね同様の傾向を示し、北西方向のものと、北東方向のものに分けられる。
- ② 縮尺1/10～1/20万のSPOT画像、LANDSAT 画像では、1 km程度の長さのリニアメントが判読の限界と推定される。
- ③ リニアメントの分布をボックスカウンティング法により、フラクタル性をみると、各画像ごとの空間分布に特に差はみらない。
- ④ 航空写真で活断層として抽出されたリニアメントは、SPOT画像、LANDSAT 画像の両方でも抽出されている。
- ⑤ リニアメントの抽出には、3 画像とも一長一短がある。それは主に縮尺・解像度と一度に認識できる広さによるもので、LANDSAT 画像は広域を対象とした構造方向の把握に、SPOT立体画像は地形形状に基づくLANDSAT 画像より質の高いリニアメントが抽出できる。航空写真によって抽出されたリニアメントは、最も確実度が高く活断層の抽出が可能である。したがって上記の画像を組み合わせ、総合的に解析をおこなうのが最も適切である。
- ⑥ 構造区分は、リニアメントと既存の地質図の情報を用いることにより、より精度の高い解析が可能となる。
- ⑦ 構造区分の妥当性について(今後の課題である。今後、各構造区での割れ目の計測を実施し、構造区分ごとにリニアメントと割れ目の対比・検討をおこなう必要がある。
- ⑧ SPOT画像、LANDSAT 画像、1/4万航空写真を用いたリニアメント判読により、本地域は10地区に区分できる。
- ⑨ 花崗岩分布域では、リニアメントの長さと、露頭の割れ目のトレース長との間には、フラクタルによって近似される相関性が推定され、リニアメントの長さのフラクタル次元から地長の割れ目のトレース長毎の本数が推定できる可能性がある。

参 考 文 献

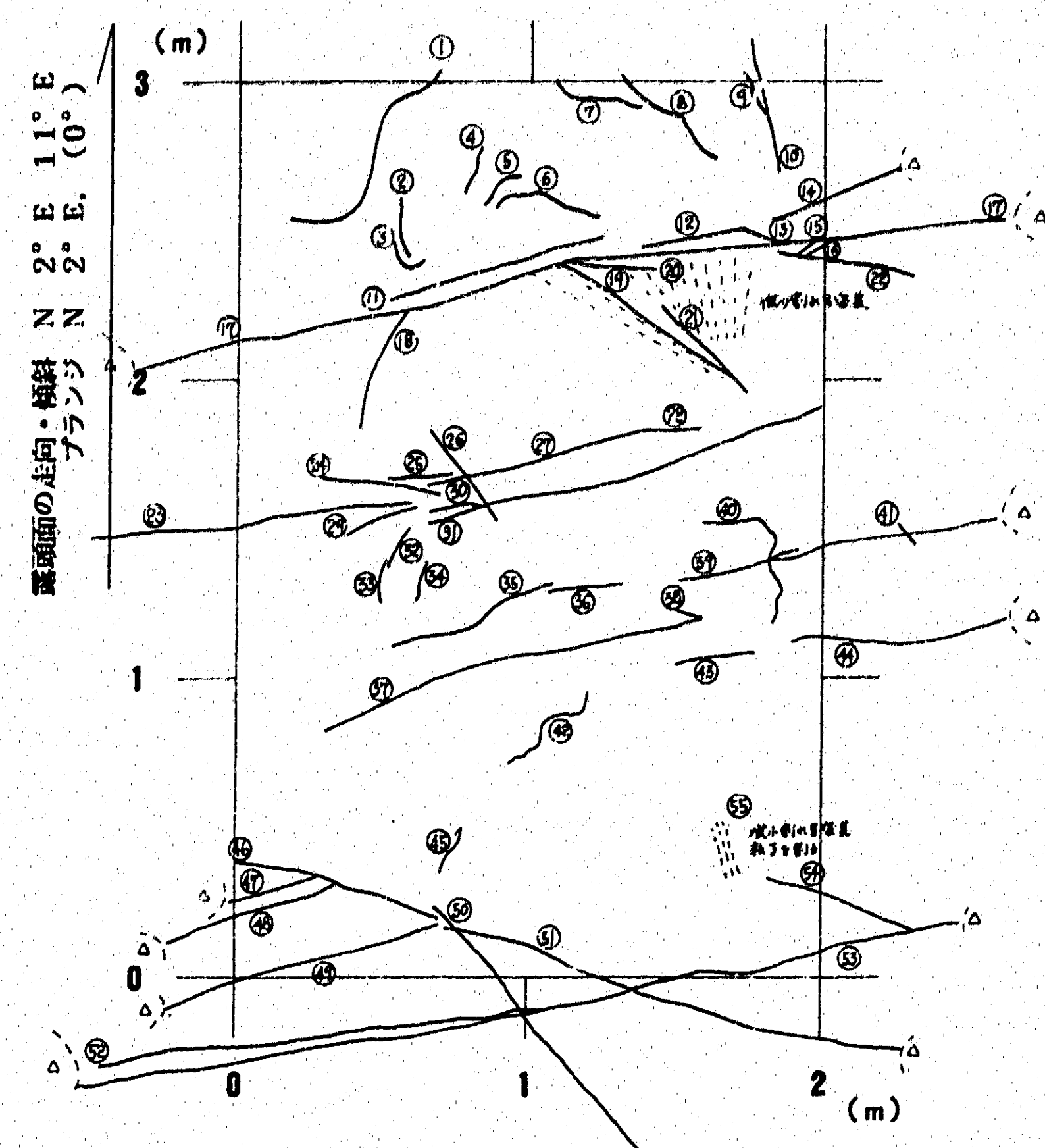
- 1) 岐阜県, 土地分類図(岐阜県), (財)日本地図センター, 東京(1975)
- 2) 片田正人・河田清雄・坂本亨・山田直利・村山四郎・磯見博, 20万分の1地質図, 「飯田」, 地質調査所(1961)
- 3) 山田直利, 片田正人, 坂本亨, 20万分の1地質図「豊橋」: 2版, 地質調査所, (1972)
- 4) 日本の地質『中部地方Ⅱ』編集委員会編, 日本の地質5 中部地方Ⅱ、共立出版、東京(1988)
- 5) 動力炉・核燃料開発事業団, 航空写真等による水理地質構造の解析(1987)
- 6) 今村遼平・加藤芳郎, 中部地方における広域地質環境評価のための断裂系調査: PNC ZJ7361 90-001(1990)
- 7) 大西有三・鍵本広之, フラクタル幾何学の岩盤工学の適用についての基礎的検討: 岩盤力学に関するシンポジウム, PP.319~324(1986)
- 8) 大野博之・小島圭二, 岩盤割れ目のフラクタル(その1): 応用地質, Vol.33, NO.3, pp11~24(1992)
- 9) 活断層研究会編, 新編日本の活断層, 東京大学出版会, 東京(1991)
- 10) 動力炉・核燃料開発事業団, アジア航測株式会社, 現地調査による水理地質構造の解析(1990)
- 11) 山井忠世・角南基亮・安野雅満・小林公一・鹿野浩司・岡崎彦哉・小汐真由美, 広域地下水流動に関する研究(その5): PNC PJ7361 93-001(1993)
- 12) 大野博之・小島圭二, 岩盤中の割れ目系にみられるフラクタル: 応用地質, Vol.29, NO.4, pp11~18(1988)

付 名	東濃地域を対象にしたリニアメント調査(その1)		
調査年度	平成5年度		
図面名	割れ目スケッチ図 (P-6, P-7, P-8)		
縮 尺	1:20	図面号	付図-1
動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所 技術開発課			

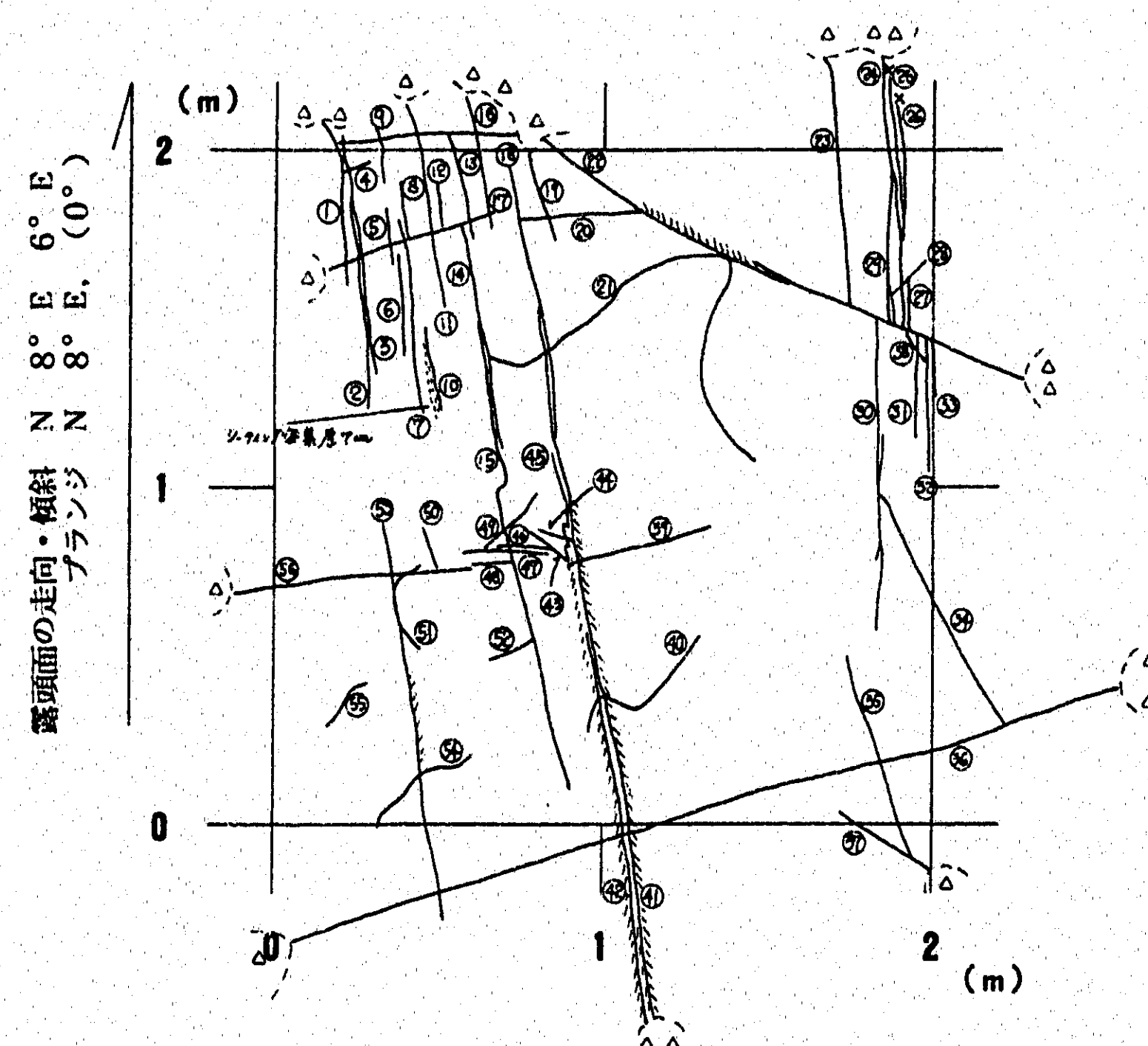
凡 例	
	割れ目
	割れ目番号
	異なる割れ目の交差した部分
	境界



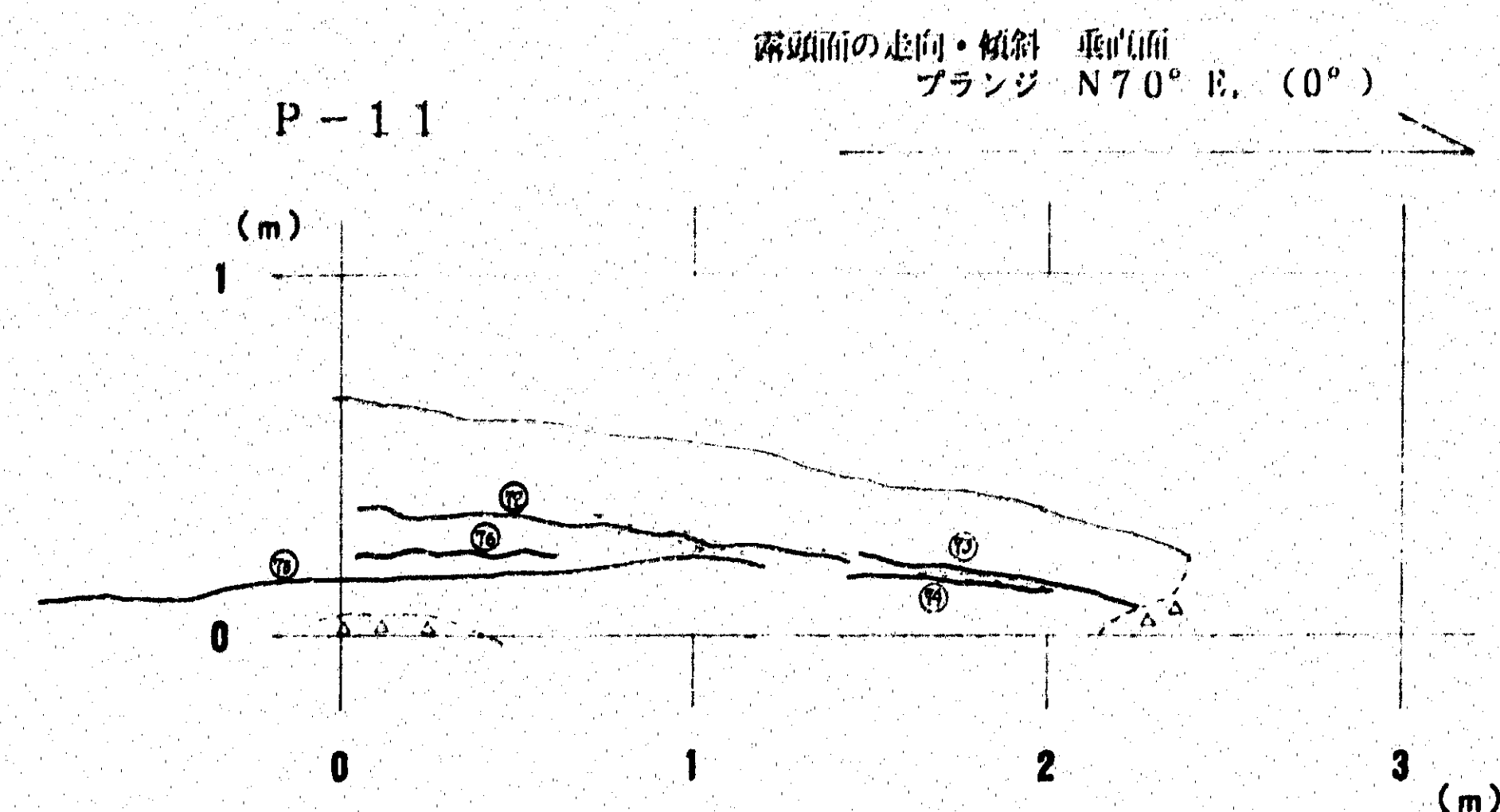
P-9



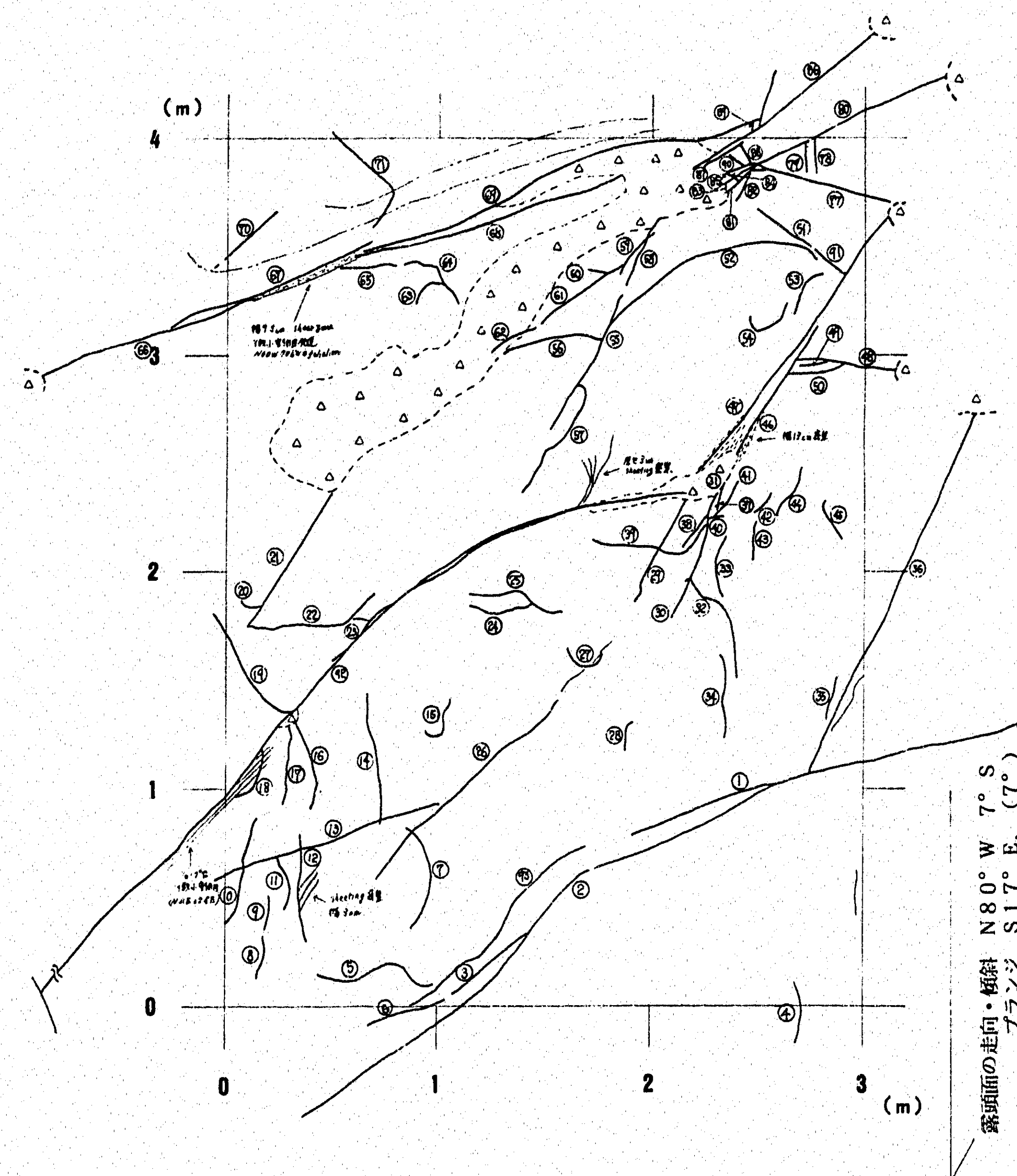
P-10



P-11



P-11



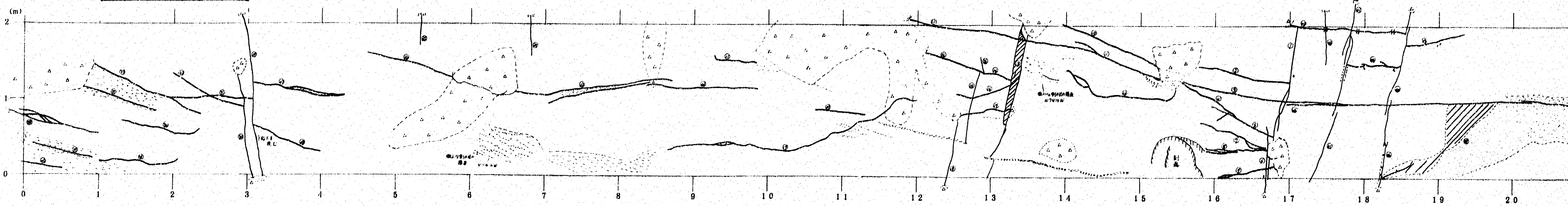
凡 例

- 割れ目
- 割れ目番号
- 微細な割れ目の卓越した部分
- 被覆

作 名	東濃地域を対象にしたリニアメント調査(その1)		
調査年度	平成5年度		
図 面 名	割れ目スケッチ図 (P-9, P-10, P-11)		
縮 尺	1:20	図番号	付図-2
動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所 技術開発課			

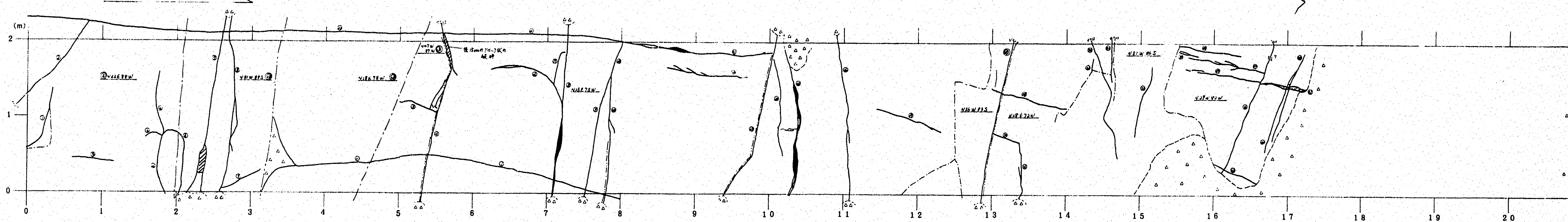
P-1

露頭面の走向・傾斜 N20° W71° W
プランジ S10° E, (2°)



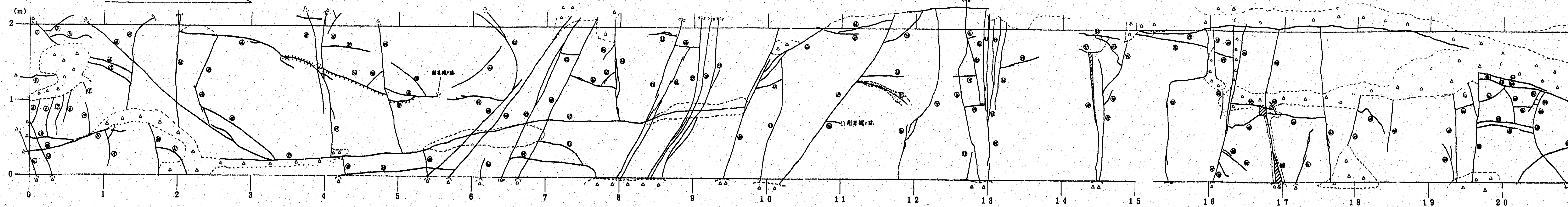
P-2

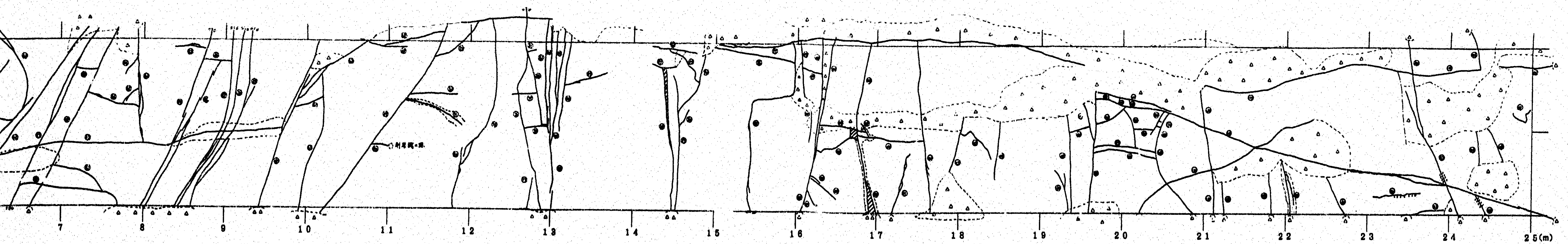
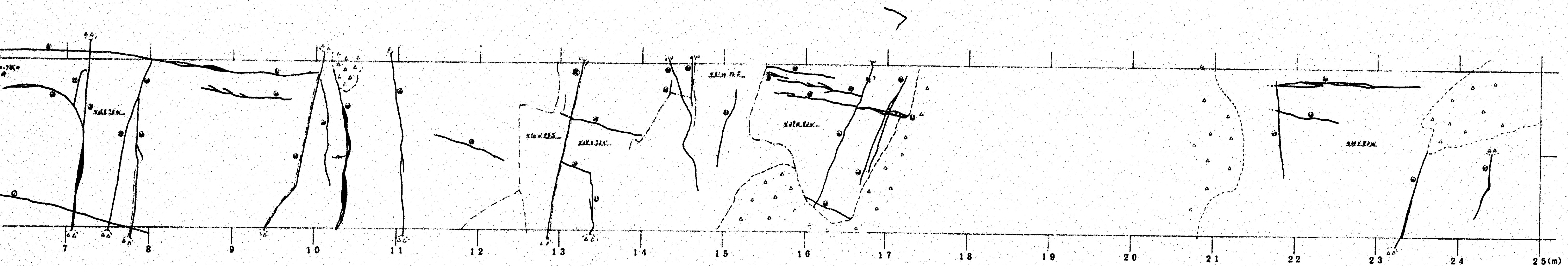
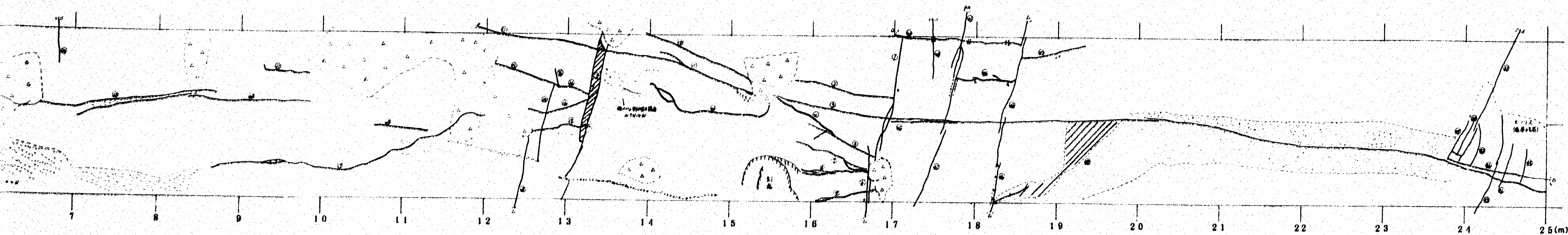
露頭面の走向・傾斜 N 7° W75° W
プランジ S 7° W, (0°)



P-3

露頭面の走向・傾斜 N 1° W64° W
プランジ S 1° W, (2°)





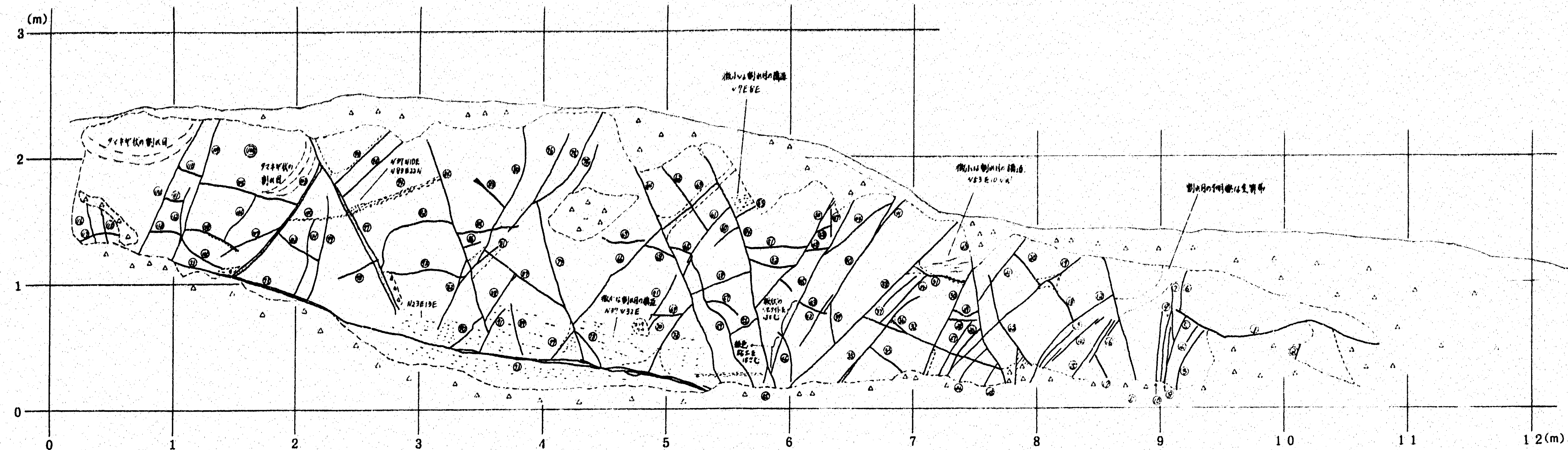
凡 例

- 割れ目
- ① 割れ目の番号
- ② 割れ目の番号
- 割れ目の最凸部
- 割れ目の最凹部
- X 水のしみ出しが認められる部分
- 著しい変質を認める部分
- 微小な割れ目を連続した部分

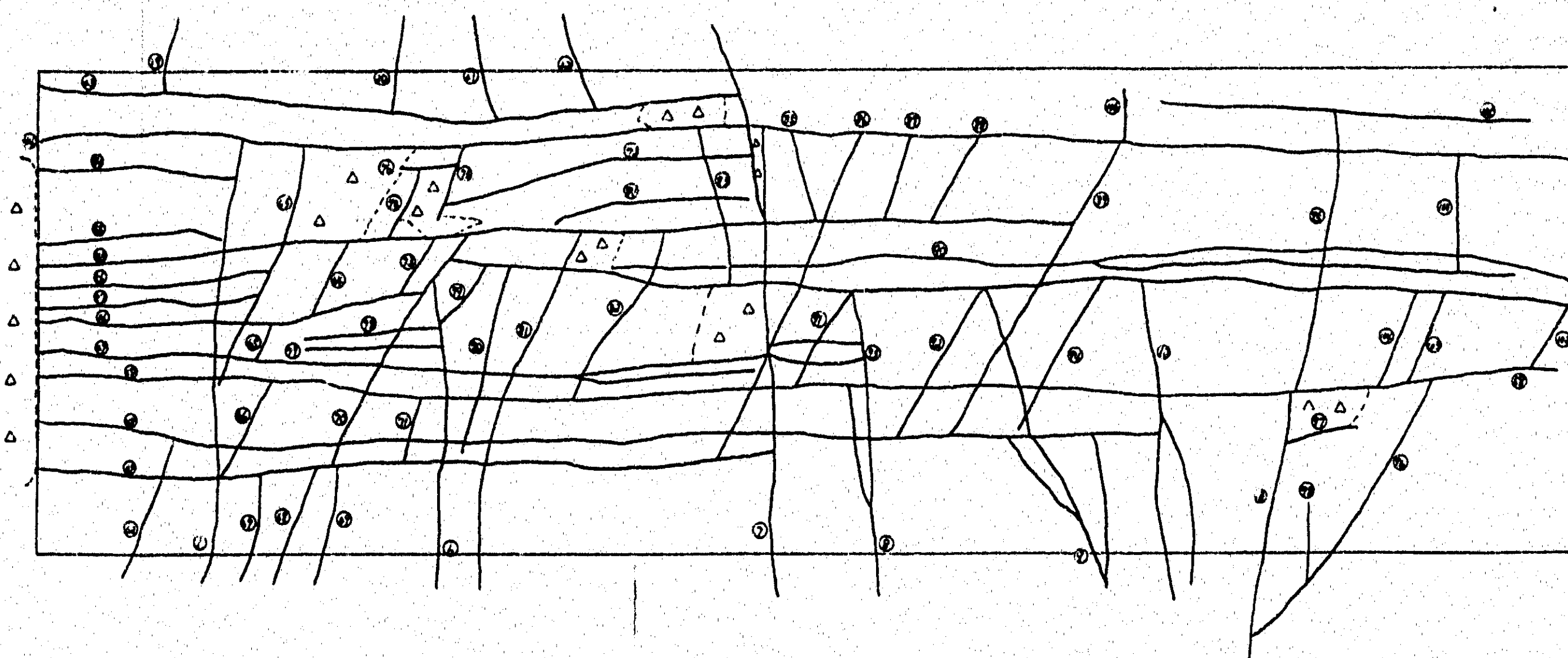
作 名	東海地域を対象にしたリアメント調査(その1)		
調査年度	平成6年度		
調査名	割れ目調査スケッチ図 (P-1, P-2, P-3)		
縮 尺	1:20	調査号	付図-3
動力部・核燃料開発事業団 中部事業所 技術開発課			

P - Б

露頭面の走向・傾斜 N 49° W 68° W
プ ラ ン ジ S 46° E. (7°)

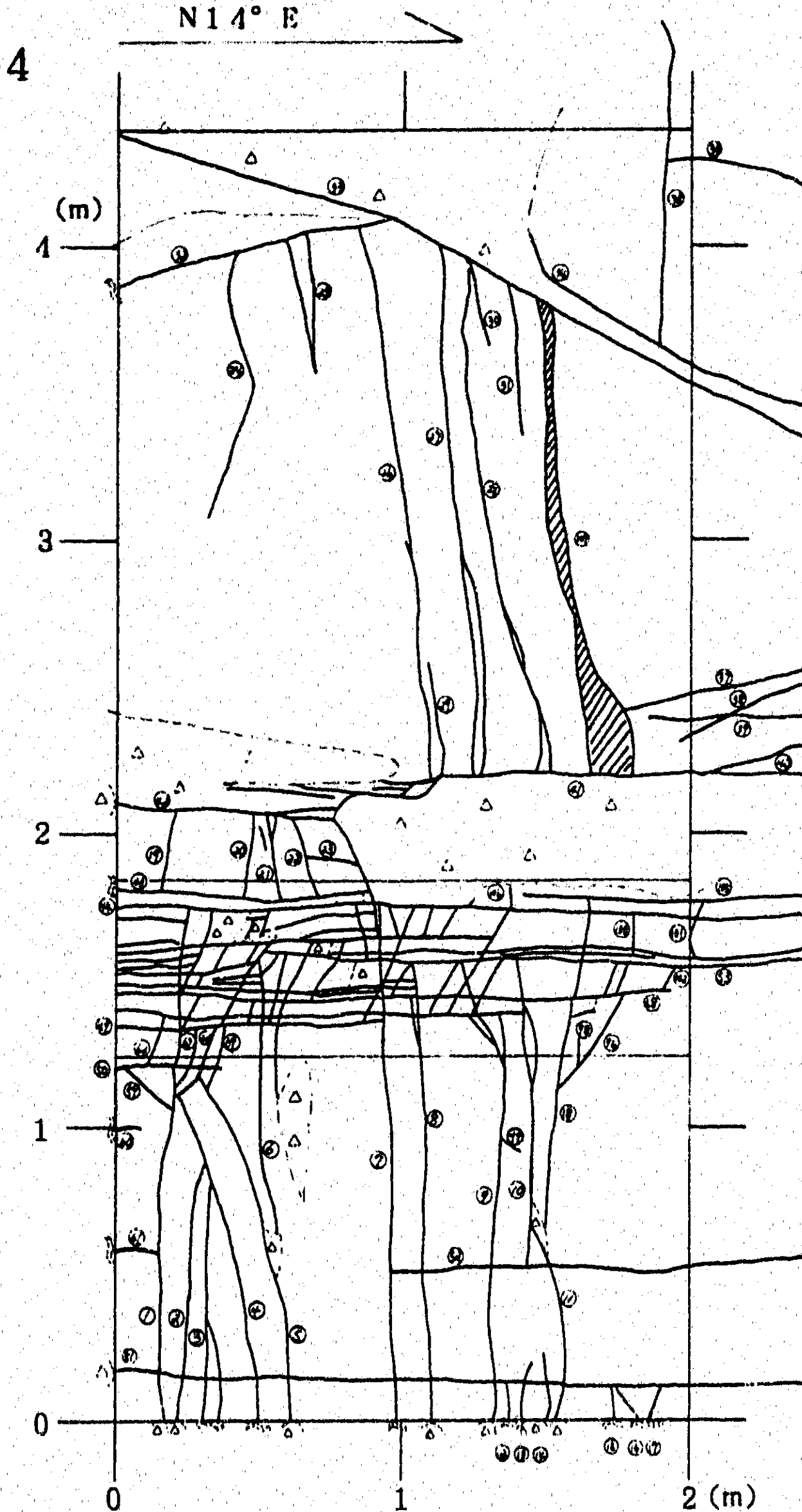


P-4 部分拡大図



露頭面は、ほぼ水平
N 14° E

P - 4



凡 例

- | | |
|---|------------------|
|  | 割れ目 |
| ⑦ | 割れ目の番号 |
| ⑦⑦ | 露頭面を形成している割れ目の番号 |
|  | 露頭面の最凸部 |
|  | 露頭面の最凹部 |
| × | 水のし出しが認められる部分 |
| | 著しい変質を呈す部分 |
| | 微小な割れ目の卓越した部分 |

件 名	東濃地域を対象にしたリニアメント調査(その1)		
調査年度	平成5年度		
図 面 名	割 付 ス ケ ッ チ 図 (P. 4, P. 5)		
縮 尺	1 : 2 0	図番号	付図- 4

動力炉・核燃料開発事業団
中部事業所 技術開発課