

5


八咫—臺灣南部地域

資源開発協力臺灣調査報告書

(第2年次)

平成9年3月

JICA LIBRARY



J1137871181

國際協力事業團
臺灣調査事業團

前編
C12
B7-071

ペルー共和国東部地域

資源開発協力基礎調査報告書

(第2年次)

平成9年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



1137871 (8)

は し が き

日本国政府はペルー共和国政府の要請に応え、同国の東部地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、既存データ解析及び衛星画像解析などの鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。本調査は平成7年度を第1年次とする2年次にあたり、金属鉱業事業団は4名の調査団を編成して平成8年9月3日から平成8年10月31日まで現地に派遣した。

現地調査は、ペルー共和国政府機関、エネルギー鉱山省所轄の地質鉱物冶金研究所の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、本年度の調査結果をとりまとめたものである。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたペルー共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在ペルー日本国大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

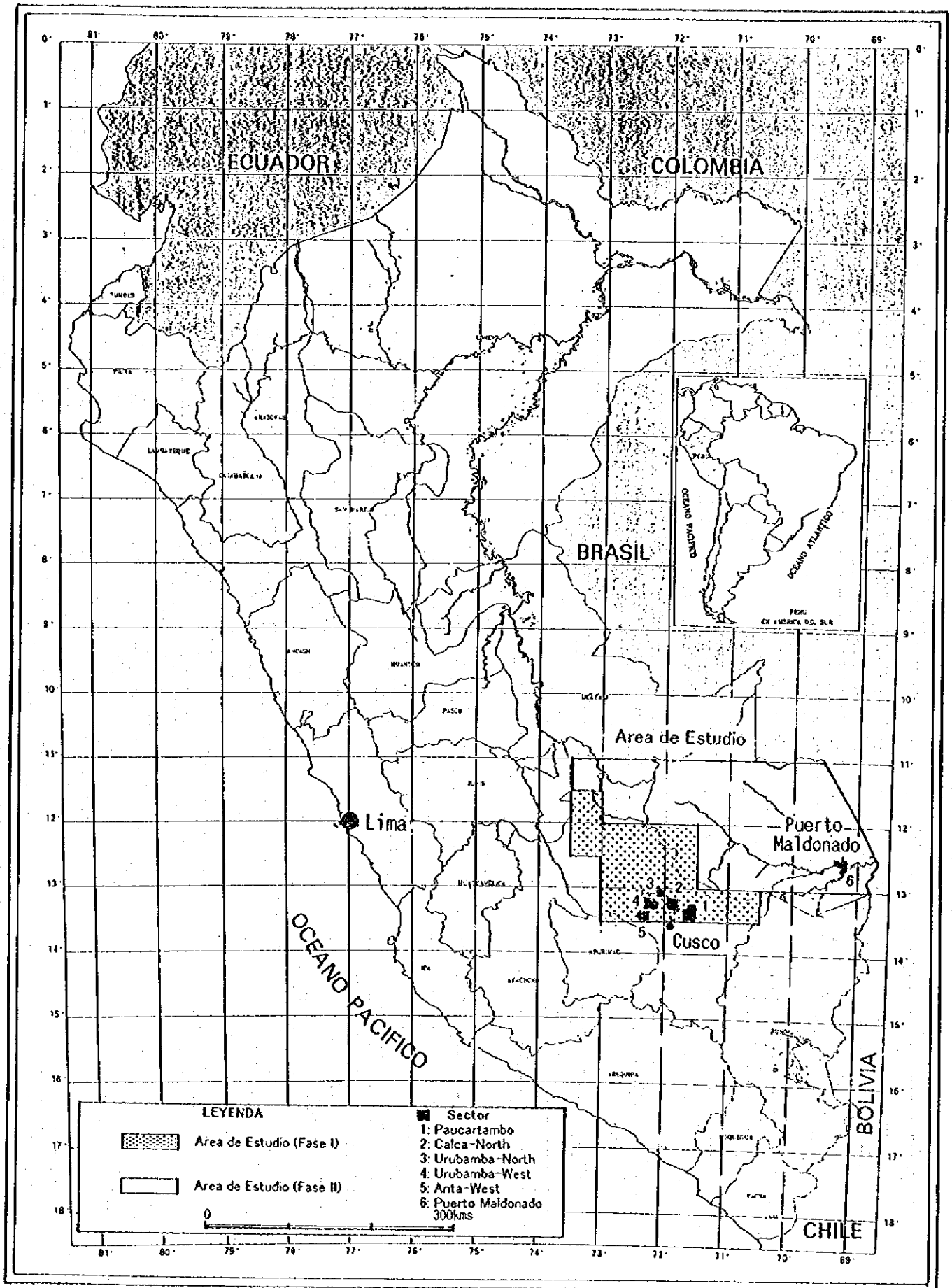
平成9年3月

国際協力事業団

総 裁 藤 田 公 郎

金属鉱業事業団

理事長 清 瀧 昌 三 郎



第1図 調査地域位置図

要 約

本報告書はペルー共和国東部地域に於いて実施した資源開発協力基礎調査の第2年次の調査結果をとりまとめたものである。調査の目的はペルー共和国東部の主として東アンデス山岳地帯と、アマゾン川上流の鉱床区分帯の詳細が明らかにされていない地帯において、衛星画像解析及び既存データ解析を実施し、得られた結果を総合的に解析し、短期的かつ効果的に広大な範囲から鉱床賦存有望地区を抽出することを目的とした。現地調査は平成8年9月3日から平成8年10月31日にかけて実施された。

本年度調査は、全調査面積 120,000km² のうちの 75,000km² について、地質・鉱床に関する既存データの収集、解析と JERS-1/SAR データによる写真地質学的地質単元判読と、リニアメント解析及び LANDSAT/TM データによる変質帯抽出等の衛星画像解析と1年次調査において抽出された鉱床賦存有望地の現地地質調査を実施した。

調査結果を要約すると以下のとおりである。

(1) JERS-1/SAR データによる写真地質学的判読結果は、既存の地質図 (INGEMMET, 1995) の地質区分より単元が細分できた。リニアメントは、“Abancay 屈曲” といわれるアンデストレンドが NW-SE 方向から E-W 方向へ変化する調査地域西部では、この構造に調和的なものが卓越するが、東部のセルバ地帯では密度は低いが NW-SE 方向のものが卓越してくる。リニアメントの密度はセルバ中の第四紀層中は特に低い傾向がある。

(2) 調査地域内の Cusco 周辺には現在操業中の鉱山は存在しないがいくつかの採掘跡が認められた。しかしながら、今回の調査にて採取された試料の分析値はいずれも低品位であった。

(3) 岩石試料中の金含有量は岩相毎の比較では Formación Paucartambo 及び Formación San José 等のオルドビス系～デボン系の粘板岩、頁岩、砂岩類中に多い傾向が認められる。このことはこれらの地層の一部が層準規制型の金鉱床が胚胎するとされている Puno 県の Formación Ananea に対比されることから、当地区にも同様の層準規制型の金鉱床が胚胎する可能性があることを示唆しているものと考えられる。

(4) Puerto Maldonado 周辺の Río Tambopala と Río Madre de Dios には漂砂金鉱床が認められる。特に Río Madre de Dios では零細な金採掘業者が多数金の採掘を行っている。本地区の金胚胎層は現河川底の砂利層及び Depósito de Terraza 中の礫層である。本地区の上流には Huacpetuhe に代表される漂砂金鉱床群があり盛んに採掘が行われている。

これら Río Madre de Dios 及びその支流域に胚胎する金鉱床の砂金の源は、東アンデス山岳地帯の金を胚胎する古生層中の金に由来するものと考えられるが定かではない。

(5) 調査地区内の山岳地帯からセルバへの移行地帯の Puquiri, Huacpetuhe, Caychihue,

Puerto Carlos の各地区及びセルバの Río Madre de Dios では金の漂砂鉱床の報告があり、多数の採掘業者が人力又は機械化により金の採掘を行っている。今後の調査によっては山岳地帯からセルバへの移行地帯や未開のセルバ地帯において大規模採掘可能な金の漂砂鉱床が発見される可能性がある。

(6) 1年次調査結果及び2年次調査結果の地質データをデジタル化し縮尺 1/200,000 の地質単元区分図，リニアメント図を作成した。

(7) 解析結果を総合すると以下に挙げる地区が鉱床賦存有望地区として抽出される。

- ・ 層準規制型の金鉱床を対象として Paucartambo, Calca 北方の Formación Paucartambo 及び Formación San José等のオルドビス系～デボン系の粘板岩，頁岩，砂岩類の分布する地区。
- ・ 漂砂金鉱床を対象として山岳地帯からセルバへの移行地帯や未開のセルバ地帯。

以上の結果を踏まえて今後の調査については以下の提言が出来る。

(1) JERS-1/SAR データは雲量の多い地域の地質単元区分及びリニアメント解析等の衛星画像解析には有効なデータと考えられる。同一地質条件を備えていると考えられる本地域の北方延長部の調査には有効な手段であると考えられる。

(2) 衛星画像解析結果を基に地質単元及びリニアメント等の確認のためグランドトゥールースを実施し地質図を完成させることが必要である。

(3) 第1年次調査及び第2年次調査において抽出された以下の鉱床賦存有望地区に対して新鉱床発見を目的に調査を実施することが望まれる。

- ・ 層準規制型の金鉱床を対象として，Paucartambo 及び Calca 北方の Formación Paucartambo 及び Formación San José等のオルドビス系～デボン系の粘板岩，頁岩，砂岩類の分布する地区。
- ・ 漂砂金鉱床を対象として，山岳地帯からセルバ移行地帯や未開のセルバ地帯。

平成8年度資源開発協力基礎調査報告書

(鉱物資源広域調査ヘルベ共和国東部地域)

目 次

は し が き
調査地域位置図
要 約

第 I 部 序 論

第1章 調査概要	
1-1 調査の経緯及び目的	1
1-2 第1年次調査の範囲及び作業の概要	1
1-3 第2年次調査の範囲及び作業の概要	2
1-4 調査団の編成	3
1-5 調査期間及び調査量	4
第2章 調査地域の地理	
2-1 位置及び交通	7
2-2 地形及び水系	7
2-3 気候及び植生	8
第3章 調査地域の既存地質情報	
3-1 既存調査の概要	9
3-2 地質概要	9
3-3 既知鉱床概要	10

第 II 部 各 論

第1章 衛星画像解析	
1-1 解析の目的	13
1-2 写真地質学的判読	13
1-3 変質帯抽出	23
1-4 考察	24
第2章 地質調査	
2-1 調査地区地質概要	61
2-2 Paucartambo 地区	61
2-3 Calca-North 地区	69
2-4 Urubamba-North 地区	73
2-5 Urubamba-West 地区	74
2-6 Anta-West 地区	80
2-7 Puerto Maldonado 地区	84
2-8 岩石、鉱石分析結果検討	87
2-9 考察	96
第3章 既存データ解析	
3-1 解析の目的	103
3-2 地質	103

3-3	鉱床	106
3-4	考察	108
第4章 地質データデジタル化		
4-1	幾何的補正	139
4-2	データ入力	139
4-3	編集作業	139
4-4	出力用データの作成	139
第5章 総合解析		141

第 III 部 結論及び提言

第1章 結論		147
第2章 将来への提言		149
参考文献及び収集データ		151

【挿入図目次】

- 第1図 調査地域位置図
- 第2図 地質概略図
- 第3図 衛星画像解析範囲図
- 第4-1図 JERS-1/SAR 画像(図画 24-q)
- 第4-2図 LANDSAT/TM 画像(図画 24-q)
- 第4-3図 地質単元判読図(図画 24-q)
- 第4-4図 リニアメント判読図(図画 24-q)
- 第5-1図 JERS-1/SAR 画像(図画 24-r)
- 第5-2図 LANDSAT/TM 画像(図画 24-r)
- 第5-3図 地質単元判読図(図画 24-r)
- 第5-4図 リニアメント判読図(図画 24-r)
- 第6-1図 JERS-1/SAR 画像(図画 26-u)
- 第6-2図 LANDSAT/TM 画像(図画 26-u)
- 第6-3図 地質単元判読図(図画 26-u)
- 第6-4図 リニアメント判読図(図画 26-u)
- 第7-1図 JERS-1/SAR 画像(図画 26-v)
- 第7-2図 LANDSAT/TM 画像(図画 26-v)
- 第7-3図 地質単元判読図(図画 26-v)
- 第7-4図 リニアメント判読図(図画 26-v)
- 第8図 LANDSAT/TM 画像
- 第9図 調査地区地質模式層序図
- 第10-1図 Paucartambo 地区地質図(縮尺 1/100,000)
- 第10-2図 Paucartambo 地区地質断面図(縮尺 1/100,000)
- 第11図 Calca - North 地区地質図及び地質断面図(縮尺 1/100,000)
- 第12図 Urubamba - North 地区地質図及び地質断面図(縮尺 1/100,000)
- 第13図 Urubamba - West 地区地質図及び地質断面図(縮尺 1/100,000)
- 第14図 Anta - West 地区地質図及び地質断面図(縮尺 1/100,000)
- 第15図 Puerto - Maldonado 地区地質図(縮尺 1/100,000)
- 第16図 鉍石分析値累積頻度図
- 第17図 Paucartambo, Calca-North 地区鉍石分析しきい値以上分布図
- 第18図 Urubamba-North, Urubamba-West, Anta-West 地区鉍石分析しきい値以上分布図
- 第19図 岩石分析値累積頻度図
- 第20図 Paucartambo, Calca-North 地区岩石分析しきい値以上分布図
- 第21図 Urubamba-North, Urubamba-West, Anta-West 地区岩石分析しきい値以上分布図
- 第22図 Río Madre de Dios 主要鉍床, 鉍微地位置図
- 第23図 総合リニアメント図
- 第24図 総合地質単元及びポテンシャル評価図

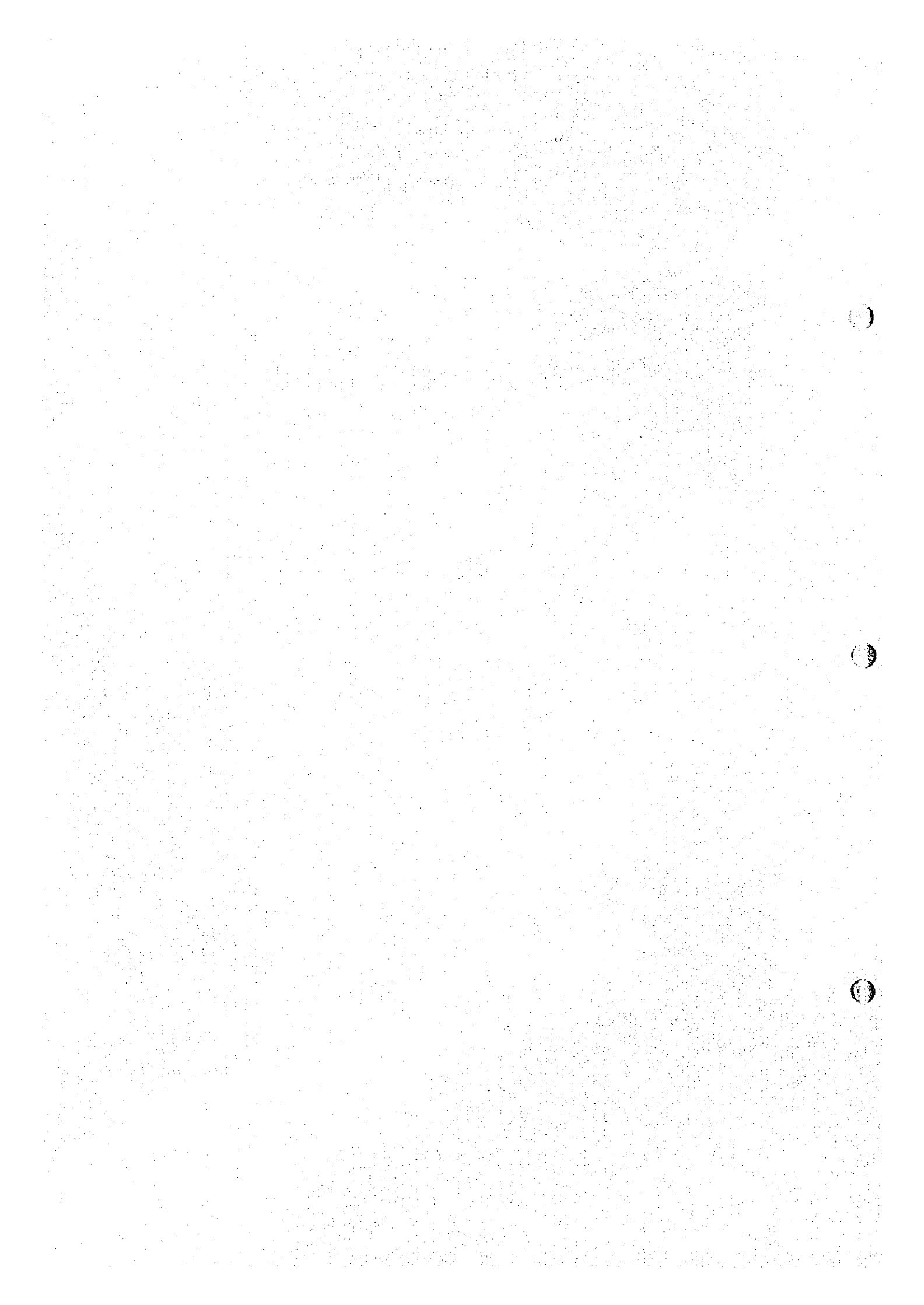
【挿入表目次】

第1表	事前協定・折衝調査団
第2表	現地調査団
第3表	調査期間
第4表	調査数量
第5表	室内試験数量
第6表	調査地付近の主要市町村の地理情報
第7表	調査地域内の気温及び降水量
第8表	衛星画像使用データ
第9表	JERS-1/SAR 画像判読地質单元総括表
第10表	Mina Elsa 試料分析値
第11表	Mina Huancarani 試料分析値
第12表	Mina Azul 試料分析値
第13表	Escarabajo 試料分析値
第14表	磁鉄鉱スカルン分析値
第15表	Río Tambopata 河川堆積物分析値
第16表	Río Madre de Dios 河川堆積物分析値
第17表	鉱石分析統計諸値及びしきい値
第18表	岩石分析統計諸値及びしきい値
第19表	岩相毎平均含有量比較
第20表	採掘跡一覧表(確認分)
第21表	層準規制型鉱床を胚胎する可能性を有する母岩
第22表	鉱床、鉱微地一覧表
第23表	鉱種別、型別の鉱微地数一覧表
第24表	Puquiri 地区他鉱量表

【巻末資料目次】

- A. 採取試料一覧表及び位置図
- B. 岩石薄片検鏡結果一覧表及び顕微鏡写真
- C. 鉱石研磨片検鏡結果一覧表及び顕微鏡写真
- D. 化学分析結果一覧表
- E. X線回折試験結果一覧表
- F. K-Ar 法年代測定結果一覧表

第 I 部 序 論



第 1 章 調査概要

1-1 調査の経緯及び目的

ペルー共和国は、世界でも有数の地下資源の豊富な国である。国土はおよそ 1,285,000km² の広さを有し、太平洋側から東に向かって地形、地質区分、金属鉱床区はおおむね平行な帯状分布を示す。これらのうち金属鉱床区は、太平洋岸から 1) 南部海岸山脈鉄鉱床帯、2) 太平洋岸山麓銅鉱床帯、3) 高原地域多金属鉱床帯、4) 東アンデス多金属鉱床帯とその東部のセルバといわれるアマゾン川上流の鉱床区分帯の詳細が明らかにされていない地帯からなる帯状分布を示す。

本調査はペルー政府の要請を受け同国東部の主として東アンデス多金属鉱床帯とアマゾン川上流の鉱床区分帯の詳細が明らかにされていない地域において、衛星画像解析及び既存データ解析を実施し、得られた結果を総合的に解析し、短期的かつ効果的に広大な範囲から鉱床賦存有望地区を抽出することを目的とする。

また、調査期間を通してカウンターパートである INGEMMET (インゲメット: ペルー共和国エネルギー・鉱山省地質・鉱物冶金研究所; Instituto Geológico Minero y Metalúrgico) に対し調査・解析手法の技術移転を図ることを目的とする。

調査は 1995 年 12 月 14 日付けで調印された Scope of Work に基づき開始された。

1-2 第 1 年次調査の範囲及び作業の概要

国際協力事業団及び金属鉱業事業団と INGEMMET との間にて取り交わされた Scope of Work では調査対象範囲は 120,000km² となっている。第 1 年次調査では衛星画像データの処理は調査対象範囲全体について実施し、既存データ解析と画像解析はこれらの内の南西部の山岳地帯を主とする 45,000km² (第 1 図) の範囲について実施した。調査は以下の要領で行った。

衛星画像データ処理と画像解析及び判読作業は LANDSAT/TM データ及び JERS-1/SAR データと 100,000 分の 1 地形図 (一部は衛星画像モザイク) を入手後、主として日本国内において実施した。一方、既存データ解析はペルー国内において地質情報と鉱山、鉱微地の資料を入手した後に日本及びペルー国内リマ市において実施した。なお、現地調査期間中には INGEMMET において衛星データの処理技術の技術移転を行った。

衛星画像解析と既存データ解析を行うことによって、リニアメント解析図、変質帯抽出結果図、既知鉱微地一覧、総合ポテンシャル評価図等を成果物として作成した。

1-3 第2年次調査の範囲及び作業の概要

本年度調査では第1年次に実施された45,000km²を除く75,000km²の既存データ解析と画像解析及び1年次調査で鉱床賦存の可能性が高い地区として抽出された Calca(カルカ), Urubamba(ウрубアンバ)付近5地区の現地地質調査と Puerto Maldonado(プエルト・マルドナド)地区の地質概査である(第1図)。本調査によって得られた地質データのデジタル化を行った。

調査は以下の要領で行った。

1-3-1 衛星画像解析

第1年次作業と同様の手法において実施した。

1-3-2 現地地質調査

① 目的

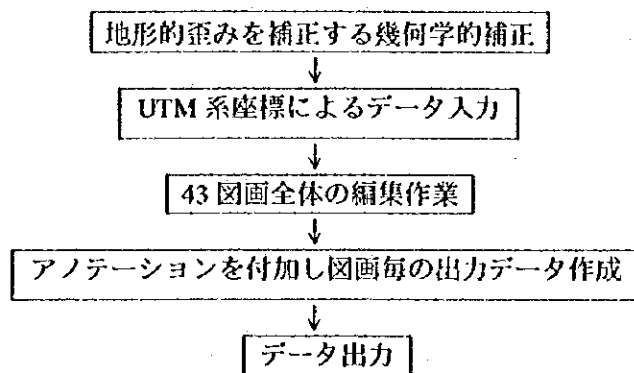
第1年次調査結果において抽出された Paucartambo(パウカルクタンボ)地区, Calca-North 地区, Urubamba-North 地区, Urubamba-West 地区, Anta (アンタ) -West 地区の既存データとの対比を目的に現地調査を行い,地質構造を解明し鉱化作用との関係を明らかにする。更に, Puerto Maldonado 周辺の漂砂鉱床の賦存状態の概要を調査した。

② 現地調査

- 1) Paucartambo, Calca-North, Urubamba-North, Urubamba-West 及び Anta-West 地区
 - ・ 衛星画像解析結果及び既存データを活用し,現地調査を実施して既存地質図のリバイスを行った。
 - ・ 調査は日本人技師1名とカウンターパート1名を1班とし,3班編成で行った。移動には4輪駆動車,馬を活用した。
 - ・ 踏査に当たっては縮尺1/100,000の地形図を1/50,000に拡大したものを扱い,ルートマップを作成,踏査ルートは既存データを十分検討し,安全対策も考慮し決定した。
 - ・ 位置の確認にはGPSを併用した。
 - ・ ルートマップは具体的に諸観察事項を記載し,重要な露頭はスケッチ及びカラー写真撮影を行った。
 - ・ 各地区の調査結果は,縮尺1/100,000の地質図にまとめた。
- 2) Puerto Maldonado 地区
 - ・ 調査方法等は1)に準じる。
 - ・ 調査は1班のみにて実施し,移動にはモーターボートも活用した。

1-3-3 地質データデジタル化

調査地域全域43図画分の判読作成された地質単元区分図・リニアメント図をデジタル化した。作業は以下の手順で行った。



1-4 調査団の編成

調査団の編成は、事前協定・折衝調査団と現地調査団からなり、それぞれ第1表と第2表のとおりである。

第1表 事前協定・折衝調査団

日本側			ペルー共和国側		
(氏名)	(所属)		(氏名)	(所属)	
富永 潤一	金属鉱業事業団		Ing. Hugo Rivera	INGEMMET	
小池 昭夫	金属鉱業事業団		Ing. José León	INGEMMET	
高橋 健一	国際協力事業団		Ing. Antonio Guzmán	INGEMMET	
下田 仁	金属鉱業事業団		Ing. Marco Lara	INGEMMET	

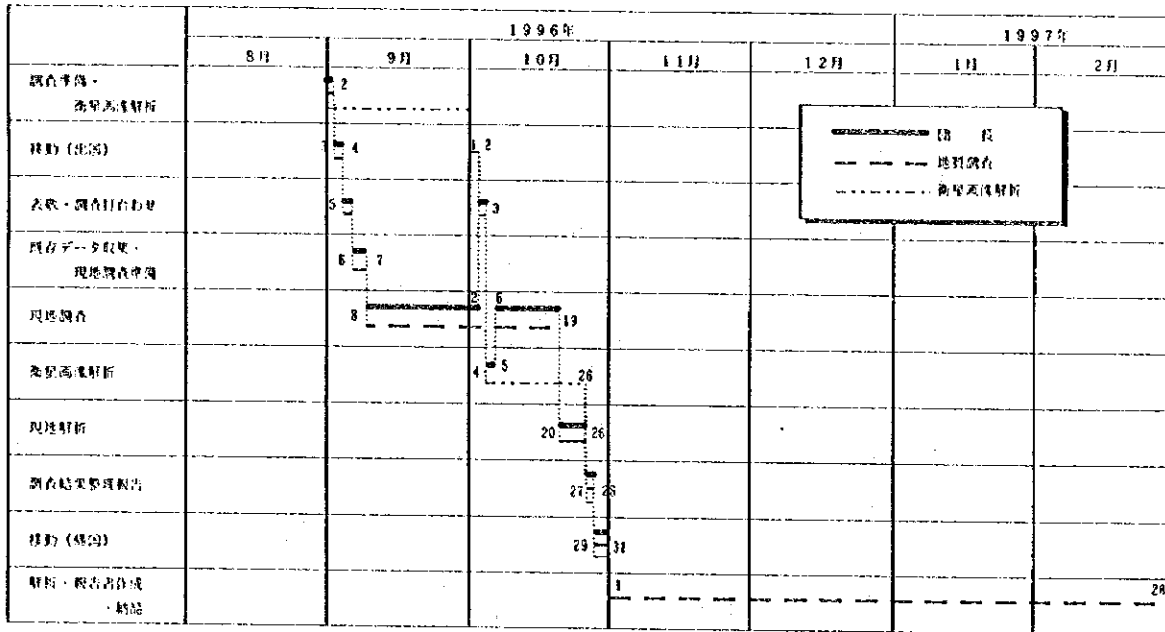
第2表 現地調査団

日本側				ペルー共和国側			
(氏名)	(役割)	(所属)		(氏名)	(役割)	(所属)	
山田 毅	(団長)	MINDECO		Ing. Marco Lara	(総括)	INGEMMET	
原田 陽夫	(地質)	MINDECO		Ing. Washington Larico	(地質)	INGEMMET	
汲田 章司	(地質)	MINDECO		Ing. Jorge Chira	(地質)	INGEMMET	
渡辺 英久	(画像解析)	MINDECO		Ing. Victor Lipa	(地質)	INGEMMET	

1-5 調査期間及び調査量

調査期間は第3表のとおりである。

第3表 調査期間



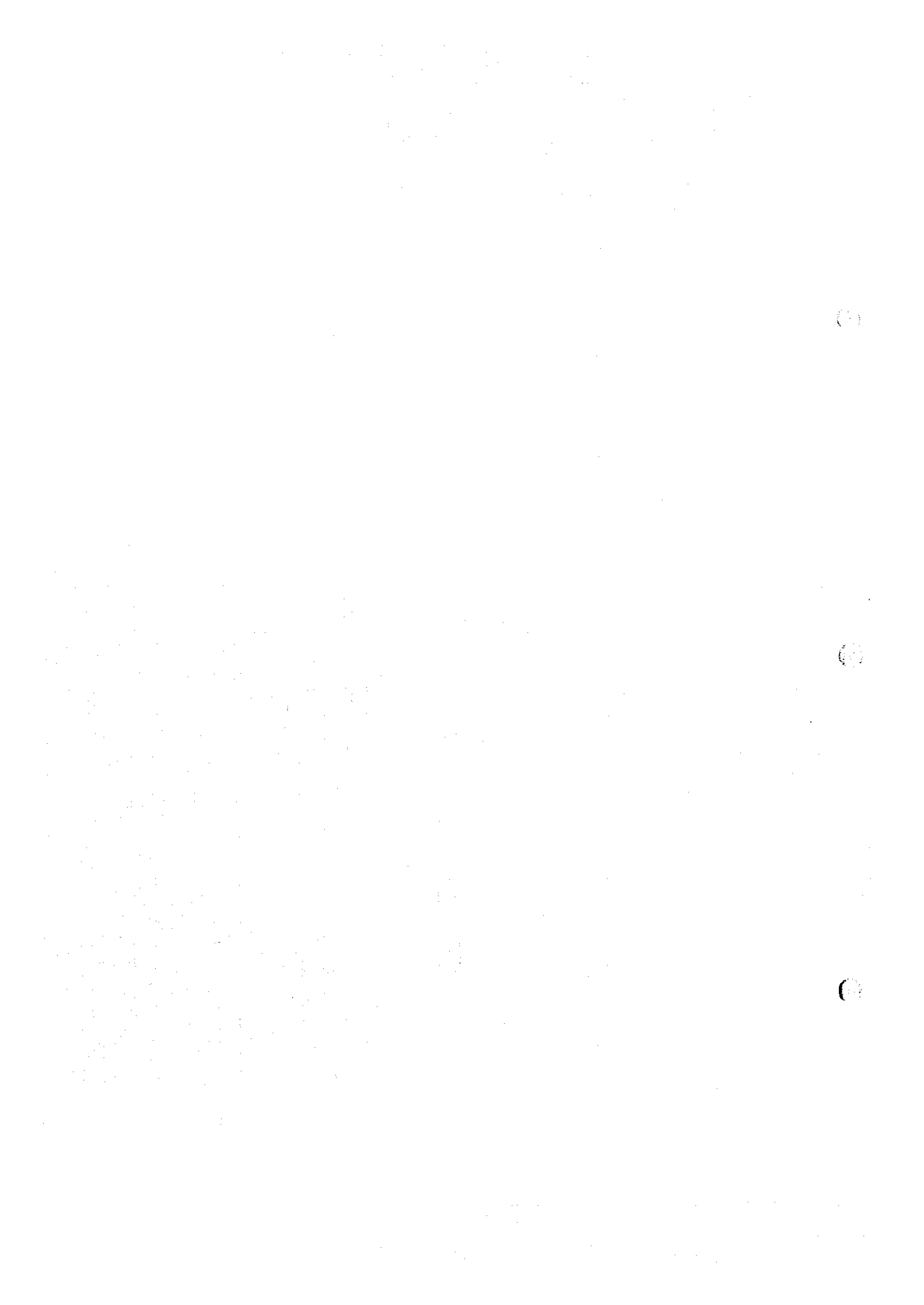
調査数量及び室内試験数量は第4表、第5表のとおりである。

第4表 調査数量

調査内容及び調査地区	調査数量	
衛星画像解析	調査面積	75,000km ²
地質調査	調査面積*	1,482km ²
	踏査距離	400.1km
	既存データ解析	5日
備考	*地質調査面積	面積 (km ²)
	・ Paucartambo	576
	・ Calca-North	256
	・ Urubamba-North	60
	・ Urubamba-West	220
	・ Anta-West	220
	・ Puerto Maldonado	150

第5表 室内試験数量

分析項目及び成分	数量
岩石薄片作成	15件
鉍石研磨片作成	15件
X線回折	15件
化学分析	
(1) 岩石 Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sn, W, Ni, Co	50件
(2) 鉍石 Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sn, W, Ni, Co	100件
年代測定 K-Ar法	5件



第2章 調査地域の地理

2-1 位置及び交通

調査対象地域は、東西は首都 Lima (リマ) 市の東方約 400km (西経 73 度 30 分) からボリビア国境 (西経 68 度 40 分) までの約 500km, 南北は Cusco 周辺 (南緯 13 度 30 分) から北方に約 300km (南緯 11 度) にわたるうちの 120,000k m²である (第1図)。

調査地域内に含まれる主要行政区分と主要都市は Cusco 県と Madre de Dios (マドレ・デ・ディオス) 県であり, それぞれ Cusco (調査地域南縁に接する), Quillabamba (キリャバムバ) と Puerto Maldonado, Madre de Dios, Manú (マヌ) 等がある。

調査地域に至る交通手段は Lima 市から Cusco または Puerto Maldonado には定期航空路が開設されている。Lima (リマ) と Cusco 間は約 1 時間, Cusco と Puerto Maldonado 間は約 30 分を要する。

地域内の移動は 4 輪駆動車か小型飛行機またはヘリコプターの借り上げとなる。Cusco と Quillabamba 間は鉄道で 7~8 時間, 4 輪駆動車で約 10 時間を要する。

本年度現地調査を行った地区の主要市町村地理情報は第 6 表のとおりである。

第 6 表 調査地付近の主要市町村の地理情報

市町村名	Cusco から の距離	自動車所要 時間 (時間)	道路状況	人口 (人)	標高 (m)
Paucartambo	106km	3	A y B(1)	2,500	2,906
Calca	50km	1.5	A	7,500	2,928
Urubamba	72km	2.5	A	6,000	2,875
Anta	25km	1	A	4,500	3,400
Lares	92km	4	A y C(2)	2,500	2,800

A: 舗装道路 B: 未舗装道路 C: 自動車通行可能山道
 (1) 約 30km 未舗装道路 (2) Urubamba から自動車通行可能山道
 (3) 約 40km 未舗装道路

2-2 地形及び水系

調査地域の地形区分は概略すると西から Cordillera Oriental (コルディエラ・オリエンタル…東部山脈) といわれるアンデス山脈東縁部の山岳地帯から, 東はセルバ地帯として総称されるうちの, Llanura de Madre de Dios (ジャマラ・デ・マドレ・デ・ディオス) といわれるアマゾン川上流の Río Madre de Dios の低地帯までが含まれる。

山岳地帯の調査地域南西部には標高が海拔 6,271m の Nevado Salcantay (ネバド・サルカントイ) を有する, 地形の急峻な Cordillera Vilcabamba (ビルカバムバ) と Cordillera Urubamba が Río Urubamba をはさんで北西~南東方向に併走している。この山岳地形は北東ないし東方に進むにつれ高度を下げ, Río Madre de Dios 流域では海拔 500m~300m 程度に下がり, アマゾン河上流の低地となる。

水系は、調査地域南西部の山岳地帯では山脈の連続方向に平行な北西～南東方向の川が卓越する。Río Madre de Dios 流域は全体的には北西～南東方向の川が卓越するが、河川の蛇行が顕著に認められる。

2-3 気候及び植生

気候は山岳地帯の Cordillera Oriental とセルバ地帯共に雨期と乾期の区別があり、5月から9月頃が乾期、12月から3月頃までが雨期となる。気温は山岳地帯の海拔4,000mを越える高地では乾期に氷点下になるが、晴れた日の日中は概して暖かい。セルバ地帯では日中の寒暖差はあるが湿度が高く概して暑い。

山岳地帯を代表する Cusco とセルバ地帯を代表する Puerto Maldonado の気温及び降水量を第7表に示す。

第7表 調査地域内の気温及び降水量

気温

(°C)

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Cusco	13.6	13.9	13.1	11.4	10.6	10.3	11.1	13.1	14.2	14.5	14.2	12.8
Puerto Maldonado	26.9	26.7	26.3	26.3	25.6	24.4	24.2	26.3	27.3	27.3	27.6	26.7

降水量

(mm)

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Cusco	163	150	109	51	15	5	5	10	25	66	76	137
Puerto Maldonado	259	257	274	134	119	63	55	43	90	146	157	301

植生は山岳地帯とセルバ地帯ではその様相を全く異にする。

山岳地帯の海拔5,000m以上はほぼ氷河を有し、植生はこけ類を除いて認められない。海拔約5,000m～3,000m間に変化に富み、海拔4,000m以下の谷や河川の流域ではユウカリや落葉樹の巨木が生え耕地も存在する。水の供給の乏しい山地では、背丈の低い草本類が疎らに生えている。以下高度が下がるに従って植生は密となり、セルバ地帯では熱帯雨林のジャングルとなる。

第3章 調査地域の既存地質情報

3-1 既存調査の概要

調査地域の地質及び鉱山調査は地形上の制約から、山岳地帯とセルバ地帯では調査経緯が異なる。

山岳地帯は、古くはインカ文明より以前から貴金属、銅等の採掘が行われていた。その後、植民地時代には貴金属を求めて鉱山の探査が組織的ではないが活発に行われ、多量の金、銀が産出された。しかしながら、本調査対象地域は山容が急峻であり、山腹には密な植生があることから、総合的な地質調査は La Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (資源評価庁、略称 ONERN (オネルン)、現在 INRENA (天然資源庁)) による調査地域東部地帯及び西部の Río Urubamba 沿いの天然資源調査、調査地域南部及び南東延長部の分水嶺域に分布する含金鉱床帯及び南西部の山岳地帯で、フランスとの協力調査が実施されたのみで調査地域内での組織的な調査は進展していない。局地的な調査は INGEMMET, Banco Minero del Perú (ボンコ・ミノ・デル・ペルー (ペルー鉱業銀行)), Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (クスコ大学), 民間鉱山会社等により実施されている。これらの結果を総合したものとして 100 万分の 1 の地質図が INGEMMET (1973) によって編纂されている。

セルバ地帯は交通の不便さから情報も少ない。地質及び鉱産物の調査は 1950 年代からの石油の調査 (航空写真判読、衛星画像判読及びグランドツルースを主とする石油会社の調査) から始まり、Petroleos del Perú (ペトロレオス・デル・ペルー……以下 Petroperú (ペトロペルー) という)、ONERN 等が関与した。漂砂金鉱床を対象とした調査は民間鉱山会社によって進められていたが、零細砂金採掘者の保護、資源の有効活用を目的とした、大統領令 D.S.No.010-74-EM/DGM に基づき、Banco Minero del Perú による総合評価が実施され、砂鉱床の賦存状況及び本地帯における産金量とが解明された。調査地域の地質図としては SLAR 図及び INGEMMET の編纂による 10 万分 1 の地質図及び International Petroleum Company Ltd. (1967) による 10 万分の 1 の地質図がある。後者の範囲は調査地域の約 4 分の 3 をカバーする。

INGEMMET は本調査地域の縮尺 1/100,000 の地質図編纂事業を積極的に行っている。

3-2 地質概要

INGEMMET (1995) 編纂のペルーの地質 (第 2 図) によれば、調査地域内の山岳地帯を構成する地質は、プレカンブリア紀の変成岩を基盤とし、オルドビス紀の Formación Contaya (コンタヤ層) ~ シルル紀とデボン紀下部の Formación Ananca (アナナカ層) の堆積岩、中

生代三疊紀の Grupo Pucará (フカ層群) の石灰岩, 白亜紀下部の Grupo Goyllarisquizga (ゴイヤリスキサ層群) の砂岩, 珪岩, 粘板岩及び Grupo Oriente (オリエンテ層群) の火山性碎屑岩類等とデボン紀に対比される Plutones Eohercínicos (エシニア前期) 花崗岩類, 二疊紀~三疊紀の活動と考えられる Plutones Tardihercínicos (エシニア後期) 深成岩類の花崗岩, 花崗閃緑岩, 中新世の活動とされる花崗岩類及びこれらを覆う氷河堆積物よりなる。

セルバ地帯を構成する地質単元は, Río Madre de Dios の支流 Río de las Piedras (リオ・デ・ラス・ピエドラス) の北東流域からボリビア, ブラジル国境にかけて古第三紀の Grupo Huayabamba (ウヤバムバ層群) の堆積岩類が分布する他は, Río Madre de Dios 及び Río Urubamba 流域の第四紀の Formación Madre de Dios の河岸堆積物を除けば, 新第三紀の Formación Ipururo (イプルロ層) の堆積岩類からなる。

3-3 既知鉱床概要

ペルー共和国の地質鉱床区分では, Cordillera Oriental は東アンデス鉱床帯に属し, 古生代から新生代までの地質単元が分布し, 金, 銀を含む銅, 鉛, 亜鉛等の金属鉱床鉱微地及び錫, タングステン, ニッケル, コバルト等のレアメタルの鉱微地が知られている。セルバ地帯は地質鉱床区分では明確に区分されていないがブラジル盾状地の西縁に発達した, 第三紀及び第四紀の堆積岩類が広く分布し, 石油, 天然ガスの示徴や金, レアメタル等の漂砂鉱床が知られている。

山岳地帯の鉱床は一般に小規模ないし中規模の裂隙充填型の鉱床, 鉱微地が知られている。交代鉱床型, 鉱染型, 赤色層型の銅鉱床が存在している場合も見られる。この鉱床区の北部には, 金の濃集を伴った漂砂鉱床の存在が知られている。山岳地帯は金, 銅及び鉛, 亜鉛の新規の鉱床を開発するについて有望な可能性を有している。また, Cordillera Vilcabamba 中には超塩基性岩の存在が指摘され, レンズ状のニッケル, コバルト, 白金の鉱微があると報告されており (INGEMMET, 1969), これらの経済性のある鉱床を発見する可能性もあるとされていたが, 現在では超塩基性岩は本地域には分布しないとされ, これらのレアメタルの鉱微は熱水性鉱化作用に由来するものと解されている。

現時点では当地帯では生産を行っている鉱山の報告はない。

セルバ地帯の鉱床は石油, ガス及び砂金鉱床である。石油, ガスについては, Petroperú 及び石油会社によって 1950 年代から 1970 年代にかけて調査が実施されていたが, 現在は調査活動が下火になっている。調査地域の西部には Camisca (カシカ) ガス田がシェル石油等により発見され (1983 年 3 月) ている。一方, 砂金鉱床については Río Madre de Dios 及びその支流において, 第三紀, 第四紀の河床堆積物中の漂砂鉱床を対象に多数の大小の鉱業権者が鉱区出願及び採掘を行っている。

第 II 部 各 論

第1章 衛星画像解析

1-1 解析の目的

衛星画像の写真地質学的判読作業を行い、調査地域の広域的な地質構造を把握するとともに、地域内の広域的なポテンシャル評価のための基本図を作成する。作成する図画は、緯度・経度とも30'の幅を1図画とする Instituto Geográfico Nacional (ベル国土地理院・以下IGNという)の縮尺1/100,000の地形図区画相当の30図画である。

1-2 写真地質学的判読

1-2-1 使用データ

解析に使用したデータは第3図と第8表に示した。

1-2-2 画像処理

(1) ノイズ低減処理：地質構造の判読作業を容易にするために、SAR データに含まれるスペクトルノイズを低減すると同時に、エッジを強調できる選択平均化メディアンフィルター処理を16ビットの生データに施す。

(2) 8ビット再量子化：画像出力を行うために(1)の処理後、そのヒストグラムを基に16ビットデータを8ビットに再量子化する。

(3) デジタル・モザイク画像の作成：各画像データのヘッダーに記録されている、画像四隅の緯度・経度を参照して、対象地域の全域をカバーするように(2)の画像をUTM座標系でデジタル的につなぎ合わせたモザイク画像を作成する。

(4) 画像出力：各図画毎に縮尺1/200,000のモノクロペーパープリントとして画像を出力する。

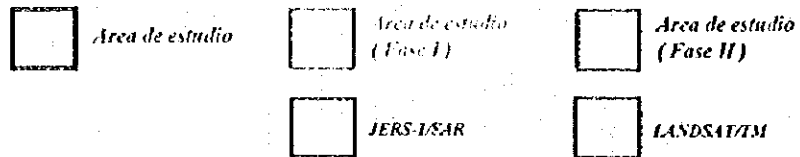
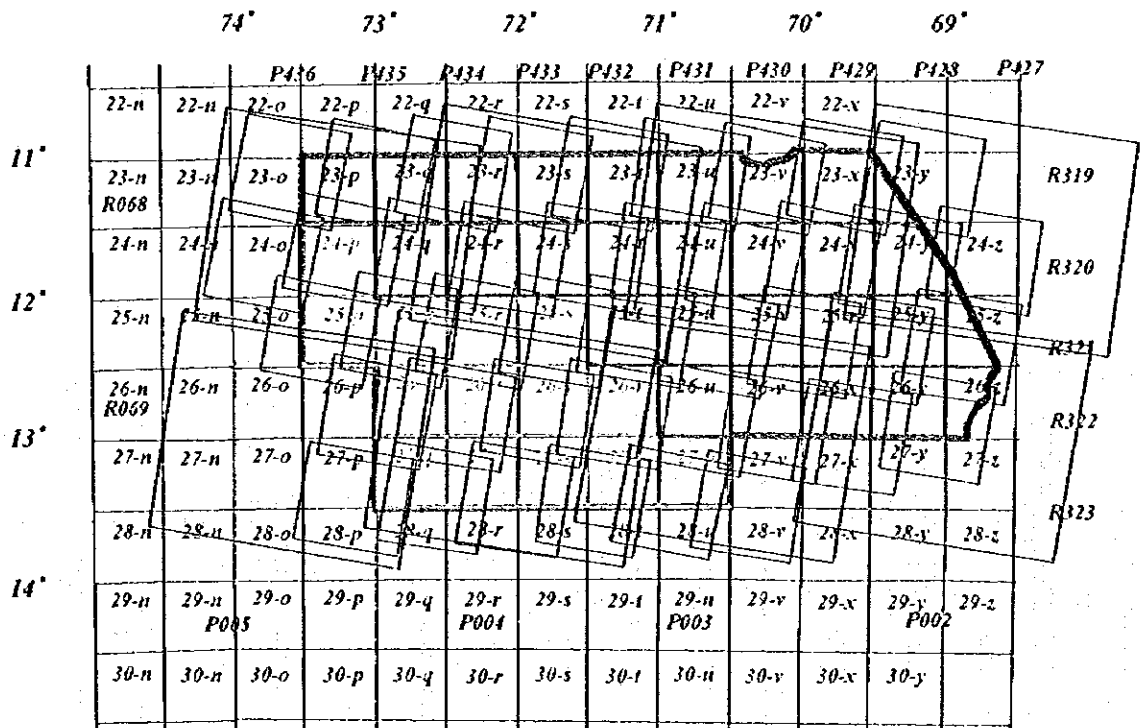
1-2-3 判読結果

判読作業は、既存の100万分の1地質図(INGEMMET, 1995)を参考として実施した。地質単元の区分は、既存地質図の単元区分を参考として画像から判読される地質情報を可能な限り記入した。各単元の記号は、既存地質図の時代区分記号を参考とし、その中で判読により細分された単元に下位から通し番号(上下関係が不明な場合はアルファベット)を付した。既存地形図を参考として主要道路及び主要都市の位置を記入した。

判読図中の地質単元と既存地質図の地質単元の対比を第9表に示す。

第8表 衛星画像使用データ

Sensor	Path	Row	Observed date
JERS-1/SAR	427	320	1995-05-22
	427	321	1995-05-22
	427	322	1995-05-22
	428	319	1994-07-06
	428	320	1994-07-06
	428	321	1994-07-06
	428	322	1994-07-06
	429	319	1995-05-24
	429	320	1995-05-24
	429	321	1995-05-24
	429	322	1995-05-24
	429	323	1995-05-24
	430	319	1992-10-30
	430	320	1992-10-30
	430	321	1992-10-30
	430	322	1992-10-30
	430	323	1992-08-03
	431	319	1992-10-30
	431	320	1992-10-30
	431	321	1992-10-30
	431	322	1992-10-30
	431	323	1994-04-12
	432	319	1992-11-01
	432	320	1992-11-01
	432	321	1992-11-01
	432	322	1992-11-01
	432	323	1993-10-19
	433	319	1993-03-14
	433	320	1992-11-02
	433	321	1992-11-02
	433	322	1992-11-02
	433	323	1996-02-03
	434	319	1992-11-03
	434	320	1992-11-03
	434	321	1992-11-03
	434	322	1992-11-03
434	323	1994-07-12	
435	319	1992-11-04	
435	320	1994-08-26	
435	321	1994-08-26	
436	319	1994-03-04	
436	320	1994-03-04	
LANDSAT/TM	002	068	1991-07-27
	002	069	1991-07-27
	003	068	1991-10-14
	003	069	1991-10-14
	004	068	1990-09-16
	004	069	1990-09-16
	005	068	1986-07-26
	005	069	1986-07-26



第3图 卫星画像解析範圍图



第9表 JERS-1/SAR 画像判読地質単元総括表

No.	判読単元	既往地質図単元 (INGEMMET, 1995)	岩相
1	Q3	Qh-c	第四系沖積層・段丘面 Depósitos Aluviales
2	Qplc2	Qpl-c	第四系
3	NpQ		Fms. Madre de Dios
4	NQ	NQ	新第三系/第四系
5	NQ2	Nu-c	新第三系
6	NQ1		Formación Ipururo
7	Pp	P-c	白亜系/古第三系
8	KP2		Formación Yahuarango
9	Kis	Kis	白亜系 Grupo Oriente
10	Ki	Ki	白亜系 Grupo Goyllarisquizga
11	CP	CsP	石炭系 Grupo Copacabana
12	LPe	0	オルドビス系 Formación Contaya

以下に各地質単元の特徴を述べる。

(1)単元 Q3 :

河川沿いに見られる平坦地、沖積層で主に砂礫、泥を含むと推定される。大きな河川沿い及び河川下流域の平坦地では三日月湖が顕著に見られる。

(2)単元 Qplc2 :

沖積層～洪積層。Q3 より幾分比高が高い。河岸段丘面を形成する場合もある。NpQ と比べると表面がやや粗く、旧河川の形跡（三日月湖形跡）が見られる。

(3)単元 NpQ :

第四紀の沖積層又は洪積層で低地部及び河岸段丘面を形成する。Q3 より幾分比高が高い。水系パターンは樹枝状で密度は低から中くらいである。また、Q3 に比較してやや高い浸食抵抗を示すことから、砂礫層を主体とする地層と推定される。

(4)単元 NQ :

新第三紀上部から第四紀下部層である。調査地域の北東部 Inaparí(仁パリ)付近に分布する。本単元は、単元 Qplc 及び単元 Q3 と比較してより粗い表面組織及び暗い色調などの特徴を示すことからこれらと区別できる。

(5)単元 NQ2 :

新第三紀層の下位層として判読地域のほぼ全域に広く分布する。地形は平坦～緩やかな起伏を示す。表面組織は粗く、樹枝状～平行状水系パターンを基調とする細かな水系が発

達している。緩やかな褶曲構造を示し、場所によっては層理が発達している。主として細粒の砂質岩から成るものと推定される。

(6) 单元 NQ1 :

調査地域の西部において、单元 KP2 と NQ2 との境界部で明瞭な層理構造を示す部分が見られるため、このグループを既存地質図单元 Nm-c 中から单元 NQ2 の部層とみなし单元 NQ1 とした。

(7) 单元 Pp :

古第三紀層。台地の平坦面及び緩斜面を形成する。調査地域北東部の水系パターンはほとんど識別できない位に細かい。調査地域南東部の水系パターンはやや不明瞭な樹枝状で密度も单元 Nm-c より粗い。場所によりやや不明瞭な層理が認められ層厚も厚い。地形は細かく起伏し、表面組織も細かい。主として細粒砂岩・泥岩から成るものと推定される。

(8) 单元 KP2 :

山麓部低地において帯状に分布している。層理が発達しており、水系は層理面に沿って平行状に形成されている。低位平坦部での水系は、ほとんど識別できない位に細かい。表面組織は粗く、細かな起伏に富む。

(9) 单元 Kis :

山麓部において斜面下部を縁取るように帯状に分布している。斜面方向に傾斜し、“flat-iron 状”の地層面が明瞭に見える。画像上では水系パターンはほとんど識別できない。表面組織は滑らかである。層厚は单元 KP2 より薄いと考えられる。砂質岩を主とするものと推定される。

(10) 单元 Ki :

单元 Kis と接し山稜を形成している。周縁部で層理は明瞭であるが、山頂部は塊状となっている。表面組織はやや粗く、水系は樹枝状～平行状パターンを呈し、その密度は低い。砂質岩を主体とするものと推定される。

(11) 单元 CP :

单元 Ki の下位に分布する地質单元。層理は不明瞭で塊状である。水系パターンは樹枝状で密度は低い。地形起伏の比高は大きい。長く連続する尾根を形成することが特徴的で、それに平行する谷も深く長い。

(12) 单元 LPe :

表面組織が比較的滑らかで、層理らしき線状模様が見られるところもある。

本年度調査地区の全体的な水系パターンは樹枝状又は平行で密度は低い。地形起伏の比高は西辺部を除いて小さい。平坦部では蛇行や三日月湖を形成することが特徴的である。

判読結果の一部を第4-3図、第5-3図、第6-3図及び第7-3図に24-q, 24-r, 26-u及

び26-v図画の地質単元判読図としてそれぞれ示す。また、第4-4図、第5-4図、第6-4図及び第7-4図に同図画のリニアメント判読図を示す。本調査にて解析を実施した全図画(43図画)のリニアメント判読図を後述の第23図に、地質単元判読を総合ポテンシャル評価図として第24図に示す。以下に本年度の行った各図画ごとの判読結果について述べる。

(1) 23-p

単元 NQ2 は緩やかな褶曲構造を呈しながら図画内全域に分布する。北西部では NNW-SSE 方向の褶曲軸をもつドーム状の背斜軸部に単元 NQ2 の最下位層が露出する。図画の中央部から東側では、地層の一般走向が NNW-SSE 方向から E-W 方向に変化する。

(2) 23-q

図画 23-p の場合と同様に単元 NQ2 が支配的である。地形の起伏は緩やかである。地層の一般走向は NNW-SSE 方向ないし N-S である。この傾向は、23-p における一般走向と調和しないため、Río Urubamba 付近の沖積層に覆われた地域で一般走向が N-S 方向に変化していると考えられる。

(3) 23-r

図画 23-p と同様に単元 NQ2 が支配的である。地形の起伏は緩やかである。一般走向は N-S 方向ないし NNE-SSW である。図画の中央部から北部にかけて、南北に帯状の低地部が存在するが、侵食によるものか構造的なものかは不明である。

(4) 23-s

単元 NQ2 が全域に広く分布する。地形の起伏は緩やかである。層理は極めて不鮮明であるが、N-S 系のリニアメントが目立つ。抽出されたりニアメントの幾つかは走向を捉えたものである可能性がある。

(5) 23-t

単元 NQ2 が全域に広く分布する。地形の起伏は緩やかである。地層の走向は N-S 系が顕著に見られる。Río de las Piedras の南側では、同河川に平行なりニアメントが発達するが、これらは層理面である可能性がある。

(6) 23-u

単元 NQ2 が全域に広く分布する。地形の起伏は緩やかである。地層の走向は、図画内の西部では N-S 方向が卓越するが、北東部では Río Tahuamanu(リウ・タマヌ)に平行する WNW-ESE 方向となり、図画の東端部で再び N-S 方向に屈曲する。

(7) 23-v

単元 NQ2 が全域に広く分布する。地形の起伏は緩やかである。地層の走向は、図画内の西部で NW-SE 方向が顕著であるが、中央部及び東部では N-S 方向と変化している。更に、図画内の西部では緩やかな背斜構造が、また東部では向斜構造が認められる。

(8) 23-x

全体として台地部であるが特徴的構造は認められない。図画北部では NNW-SSE から NNE-SSW 系のリニアメントが卓成し、南部では ENE-WSW 系のリニアメントが認められる。全体に単元 Pp が主に分布する。図画の北西と南西部に単元 NQ2 が部分的に分布する。河川沿いには単元 NQ が分布する。

(9) 23-y

図画 23-x と同じく特徴的構造は認められない。リニアメントは図画全体に NNW-SSE から NNE-SSW 系が卓成する。西側の図画 23-x の続きである単元 Pp が西中央に分布し、それを単元 NQ2 が囲んでいる。図画南側の Rfo Tahuamanu 沿いに、単元 NQ と単元 Q3 が分布する。

(10) 24-q

図画中の北部に単元 NQ2 が広く分布する。中央部から南部では単元 KP2 から単元 Ki までの各地層が分布し、E-W 方向の軸を持つ褶曲構造を形成している。E-W 方向の長大な断層が発達しているとみられ、単元 Ki の北縁部は衝上断層構造を示す。

(11) 24-r

図画 24-q でみられる構造が連続している。単元 NQ2 との境界部では褶曲軸の方向が E-W から NNW-ESE 方向に徐々に変化している。E-W 方向の断層構造が存在する可能性もある。この図画南部には単元 LPe が分布する。

(12) 24-s

南西隅に単元 Kis、単元 KP2 が分布する。他は単元 NQ2 が広く分布する。単元 NQ1、単元 NQ2 のように明瞭な層理を示す部層は認められない。全体に層理構造が不明瞭なのは、単元 NQ2 がこの地域ではほぼ水平であるためと考えられる。

(13) 24-t

単元 NQ2 が分布する。層理構造が不明瞭なため、部層の抽出は困難である。

(14) 24-u

図画 24-t と同様に全体に単元 NQ2 が分布する。層理構造が不明瞭なため、部層の抽出は困難である。

(15) 24-v

図画 24-t、24-u と同様に全体に単元 NQ2 が分布する。

(16) 24-x

全体として台地状である。リニアメントは図画の西側に NNW-SSE 系から NNE-SSW 系、北部及び南部には ENE-WSW 系が認められる。図画中央西に小さい崩壊地形が認められる。

図画西中央から北部、南部にかけて単元 Q3、単元 Pp が分布し、東部にかけて単元 Q3、単元 Pp、単元 NQ2 などが分布する。図画の南東部に単元 NpQ が分布する。単元 Pp の中には

連続性に欠けるが急傾斜の層理面が認められる。単元 Pp の中央部にしばしば崩壊地形を形成する単元 Q3 が WNW-ESE 方向に伸長している。地質構造と崩壊地形の分布から背斜谷の可能性が高いと考えられる。図画南部の現河川沿いには単元 Q3 が細長く分布する。

(17) 24-y

他の図画と同じく台地状地形である。リニアメントとしては、NNW-SSE から NNE-SSW 系が認められる。

図画の北西及び南西の一部に明るい色調の粗い表面組織及び羽毛状水系を持つ単元 NQ2 が分布する。図画の南西の一部には単元 NpQ が分布する。河川沿いに単元 Q3 が分布し、残りの全域には単元 Qplc2 が分布する。特徴的な地質構造は判読できなかった。

(18) 24-z

図画の大部分は単元 Qplc2 が分布する。図画中の北部及び北西部には単元 NQ2, 河川沿いには単元 Q3 が部分的に分布する。リニアメントは NNW-SSE~NE-SW 系が認められる。特徴的な地質構造は判読できなかった。

(19) 25-t

図画全体に単元 NQ2 及び第四紀層の単元 NpQ と単元 Q3 が広く分布する。図画の南西端部には NW-SE の走向を示す単元 KP2, Ki, CP の各単元が見られる。全体に NE 方向の地層傾斜を示す。

(20) 25-u

図画全体に単元 NQ2 及び第四紀の単元 NpQ, 単元 Q3 が広く分布している。単元 NQ2 の層理構造は不明瞭である。

(21) 25-v

図画 25-u と同様に全体に単元 NQ2 及び第四紀の単元 NpQ, 単元 Q3 が広く分布している。単元 NQ2 の層理構造は不明瞭である。

(22) 25-x

NW-SE から NNE-SSW 系リニアメントが認められる。それらの中でも NW-SE 系のリニアメントが最も明瞭で、図画の南部に同系の右ずれ断層が認められる。

図画の西から東にかけて単元 Pp と単元 Qplc2 が順に分布する。北東部の一部に単元 NpQ が分布する。ほぼ EW 方向の河川沿いに単元 Q3 が分布し、それらの南側と図画西中央に単元 NQ2 がほぼ EW 方向に細長く分布する。単元 Pp と単元 NQ2 が繰り返す分布からみると、褶曲構造の影響である可能性がある。しかし、画像から褶曲構造を判読することはできなかった。

(23) 25-y

NW-SE 系と少数の NNE-SSW 系のリニアメントが認められる。図画の西側には NW-SE 系右ず

れ断層2本が認められたが全体的地質構造の判読は困難である。

図画の西側に単元 Pp, 単元 Qplc2 と単元 NpQ が低地部及び斜面を, 東側に単元 Qplc2 が低地部を作って分布する。単元 Qplc2 中の河川沿いの崩壊地形は単元 Pp 中よりも著しい。Río de las Piedras は蛇行移動地形を形成し, 河川沿いには単元 Q3 が分布する。その他の河川沿いにも単元 Q3 が分布する。

(24) 25-z

NNW-SSE から NNE-SSW 系のリニアメントが認められる。図画の中央部には NW-SE 系断層が認められた。

図画の全体は平坦な地形で単元 Qplc2 が分布し, 河川沿いには蛇行移動地形と蛇行切断を作る単元 Q3 が分布する。

(25) 26-t

NW-SE 系の構造が顕著で, 東部に NNW-SSE 系の2つの背斜構造が抽出される。これらの内, 東側の背斜構造は単元 CP と Kis から構成される。西側の背斜構造は単元 CP と Kis 及び KP2 から構成される。東の背斜構造から北東部へ向かい単元 KP2, NQ1, NQ2 及び Q3 が分布する。図画中央部の単元 NQ1 中に羽毛状水系パターンが認められる。図画の南西部分には単元 LPe と Q3 が分布する。

(26) 26-u

全体に単元 NQ2 及び第四紀の単元 NpQ, Q3 が広く分布する。図画の南西端部に単元 CP が分布する。走向 NW-SE の層理面が見られるが傾斜方向は不明瞭である。単元 NQ2 は, 単元 CP との境界部付近で層理らしき線構造が認められる。これらは図画中の西部で区分された単元 NQ2, 単元 NQ1 に対比される可能性がある。しかし, 線構造の連続性がよくないため断定はできない。

(27) 26-v

図画 25-u, 25-v と同様に単元 NQ2 及び第四紀の Q3, NpQ が広く分布する。単元 NQ2 中には多くの線構造が発達するが層理構造は不明瞭である。

(28) 26-x

特徴的な断層構造は認められないが, 図画の中央部に不明瞭な環状構造を持つ地形が認められる。

全体として台地状地形を呈し, 北側の一部に単元 Pp, 河川沿いに単元 Q3, 残りの大部分に単元 Qplc2 と単元 NpQ が分布する。

(29) 26-y

リニアメントは NNW-SSE から NNE-SSW 系のものが認められる。全体に平坦な地形で単元 Qplc2 及び単元 Q3 が分布する。

(30) 26-z

NNW-SSE から NNE-SSW 系リニアメントと少数の NE-SW 系リニアメントが認められる。図面の南西部に NNE-SSW 系左ずれ断層が認められる。全体に平坦地形を呈す单元 Qplc2 が分布し、河川沿いに单元 Q3 が分布する。单元 Qplc2 中に南北方向に伸長した单元 Nmc が分布し、单元 Qplc2 と色調の違いにより区別することができるが、明瞭な境界は認められず、地質構造の判読は困難であった。

1-3 変質帯抽出

1-3-1 使用データ

解析に使用したデータは第3図と第8表に示す LANDSAT/TM データである。

1-3-2 画像処理

(1) デジタル・モザイク画像の作成：各画像データのヘッダーに記録されている、画像四隅の緯度・経度を参照して、対象地域の全域をカバーするように画像を UTM 座標系でデジタル的につなぎ合わせたモザイク画像を作成する。モザイク画像を作成時に、以後に行うスペクトル解析においてシーン毎にばらつきが生じないように、各シーンの DN 値のヒストグラムを解析の中心となる Path004/Row069 の DN 値のヒストグラムに合うように各バンドごとに変換する。

(2) スペクトル解析：(1)にて作成した画像に対して、既存鉱化変質帯に留意して各種バンド組み合わせによるスペクトル強調処理（Logarithmic residual 法）を施し、その中で変質帯抽出に最適となるような処理結果を選択する。

Logarithmic Residual 法は反射率に対して乗法因子と仮定する地形効果及び太陽照度等を相乗平均を用いて除去し、全反射率データの平均からの各データの変動を強調することにより、地表面反射率パターンを推定する手法である。

画素 i バンド λ の輝度値 $X_{i\lambda}$ が次式で表わされると仮定する。

$$X_{i\lambda} = T_i \times \rho_{i\lambda} \times I_\lambda$$

但し、

T_i : 画素 i における地形ファクター

$\rho_{i\lambda}$: 画素 i に対応する地表面のバンド λ における反射率

I_λ : バンド λ における太陽照度等の影響

ここから、 T_i 及び I_λ を以下の手順により消去する。

- (1) 画素 i のバンド間平均 X_i と $X_{i\lambda}$ との比 a を求める。
- (2) バンド λ の全画素平均 X_λ と全バンド、全画素の平均 X との比 b を求める。
- (3) a と b との比を求める
- (4) 全体をまとめて対数をとる。

ここで、対数をとるのは計算を多項式に分解して計算速度を早めるためである。
変換後の輝度値 Y_{ia} は次式により算出される。

$$Y_{ia} = \log X_{ia} - \log X_i - \log X_j + X$$

(3) 画像出力：各図画毎に縮尺 1/200,000 のカラーペーパープリントとして画像を出力した。

1-3-3 抽出結果

Logarithmic Residual 処理を施した LANDSAT/TM データについて、バンド 1,2,3 をそれぞれ青、緑、赤に配色したカラー合成画像を作成した。

磁鉄鉱、赤鉄鉱、針鉄鉱等の酸化鉄鉱物は 600nm 以下の波長域 (TM のバンド 1 からバンド 2 に対応) に広い吸収特性を有するため、酸化鉄鉱物を多く含むゴッサンは、これらの画像において黄色から橙色の発色を示すと推定される。しかし、本年度の調査範囲は全域が植生に覆われ露頭がほとんど確認されず変質帯の抽出は困難であった。そのため、バンド 7, 4, 5 をそれぞれ青、緑、赤に配色したフォールスカラー画像を作成し、SAR 画像と補完しながら地質単元判読を行った。一般に熱帯雨林地域のように植生が高密度で広範囲に繁茂している地域では、樹冠からの可視域での反射放射輝度が高くなる傾向があるため、LANDSAT/TM のバンド 1 からバンド 3 では非常にノイズの多いデータとなって有用な情報が得られなくなることがある。

本年度の調査範囲はこのような地域であり、バンド 1 からバンド 3 までのデータの質は悪かったため、近赤外、短波長赤外域によるバンド組み合わせ (バンド 7, 4, 5) を採用した。植生域は緑、岩石、土壌は紫、変質部は赤で表現される (第 8 図)。

1-4 考察

JERS-1/SAR データによる写真地質学的判読は地質単元区分とリニアメント判読を実施した。

地質単元区分は既存の地質図(INGEMMET,1995)を参考として実施した。

判読結果は地質図の古第三系(P-c)とされている単元が単元 KP2 と単元 Pp に区分された。単元 KP2 は、山麓部低地において帯状に分布する層理が発達し水系が層理面に沿って平行に形成され、表面組織が粗く細かな起伏を含むものである。単元 Pp は台地の平坦面及び緩斜面を形成する。表面組織は細かく、水系パターンもほとんど識別できない。主として細粒砂岩、泥岩からなるものと考えられる。既存地質図の新第三系(Nm-c)とされているものは、単元 NQ1 と単元 NQ2 に細区分された。単元 NQ1 は明瞭な層理構造を示し、単元 NQ2 の表面組織が粗く樹枝状~平行伏水系パターンを基調とする細かな水系が発達するものと区分された。さらに地質図の第四系(Qpl-c) は、低地部及び河岸段丘面を形成する、水系パターンが樹枝状で密度が中くらいのを単元 NpQ とし、表面組織がやや粗く、旧河川の形跡が認められるものを単元 Qplc2 として区分した。

リニアメントは、いわゆる“Abancay 屈曲”といわれるアンデストレンドが NW~SE 方向から

E-W 方向へ変化する調査地域西部では、この構造に調和的なものが卓越するが、東部のセルバ地帯では密度は低いが NW-SE 方向のものが卓越してくる。リニアメントの密度はセルバ中の単元 NpQ 中は特に低い傾向がある。

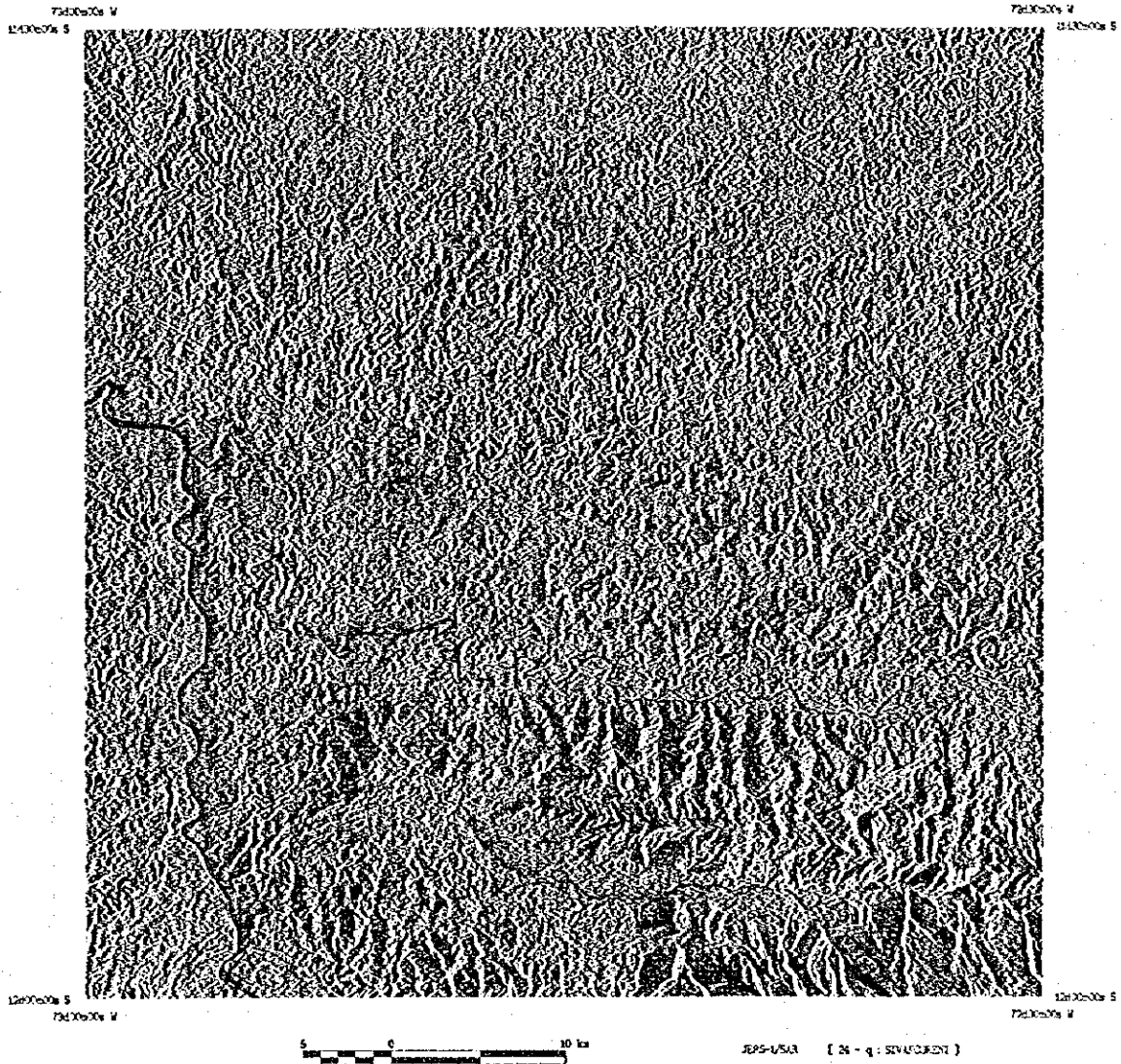
特異な形状を示すリニアメントとして以下のものが判読された。

環状構造……………図画 24-u, 26-x

地滑り……………図画 24-x

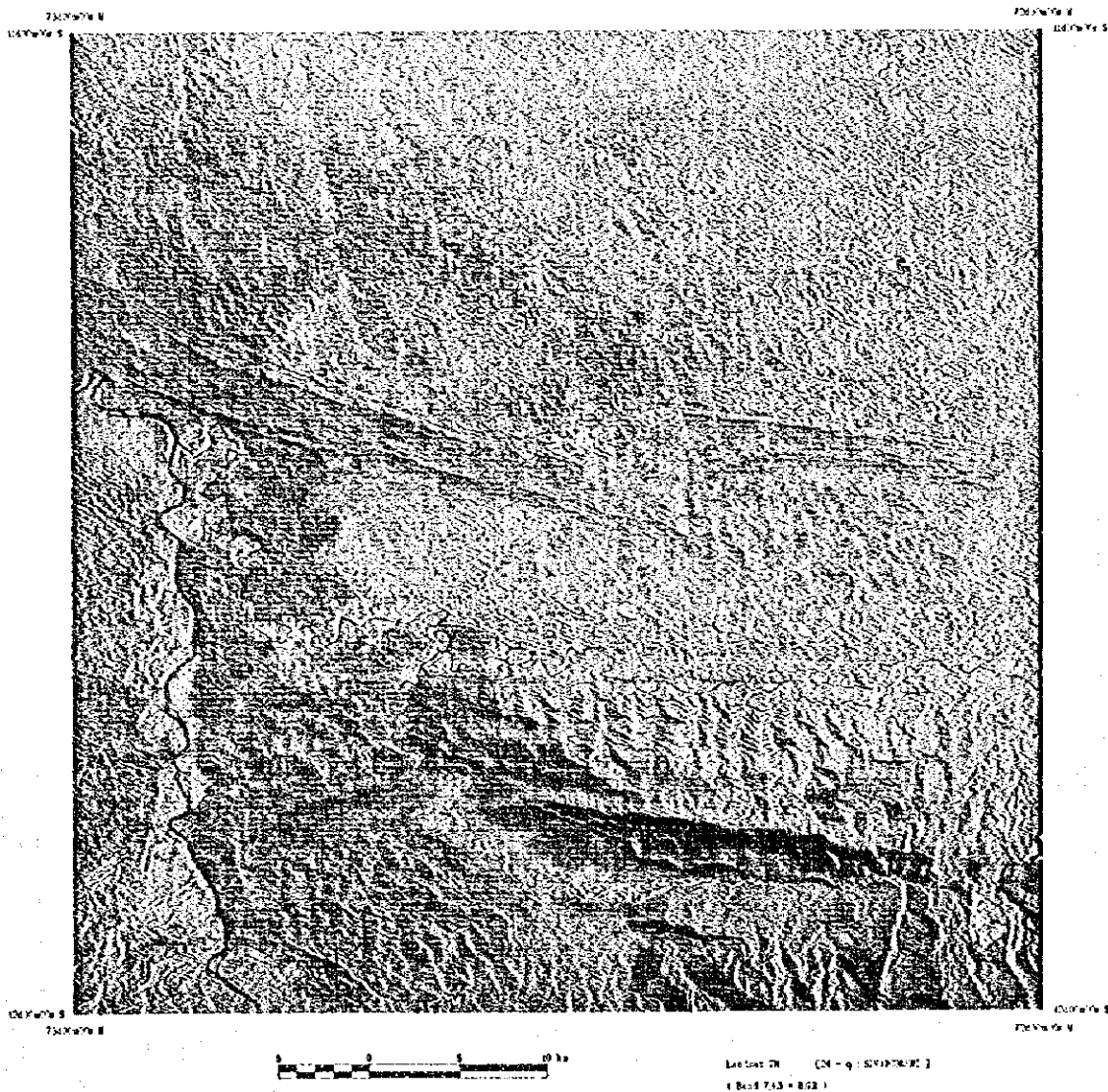
断層……………図画 24-q, 24-r, 25-y





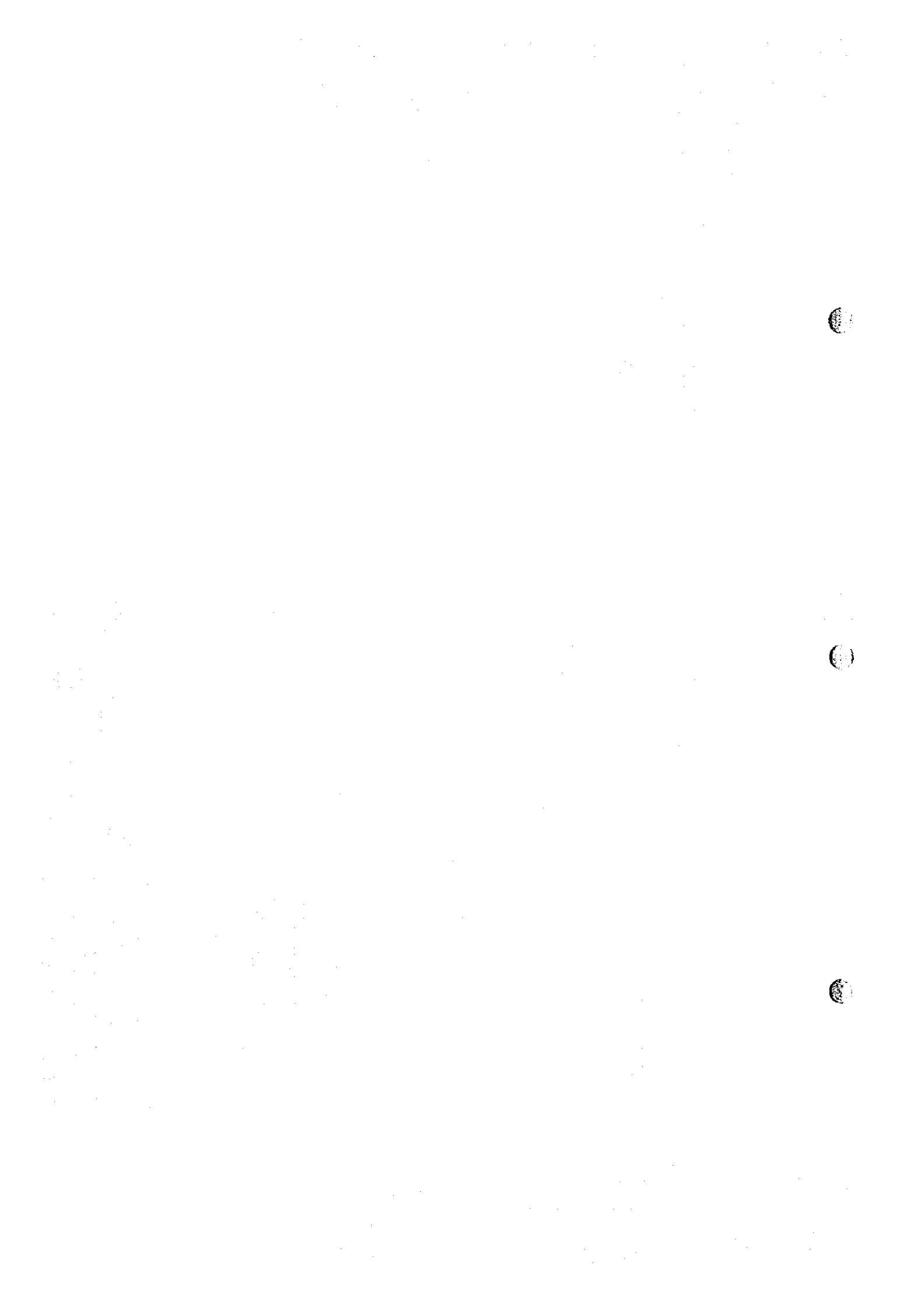
第 4 - 1 図 JERS-1/SAR 画像(図画 24-q)





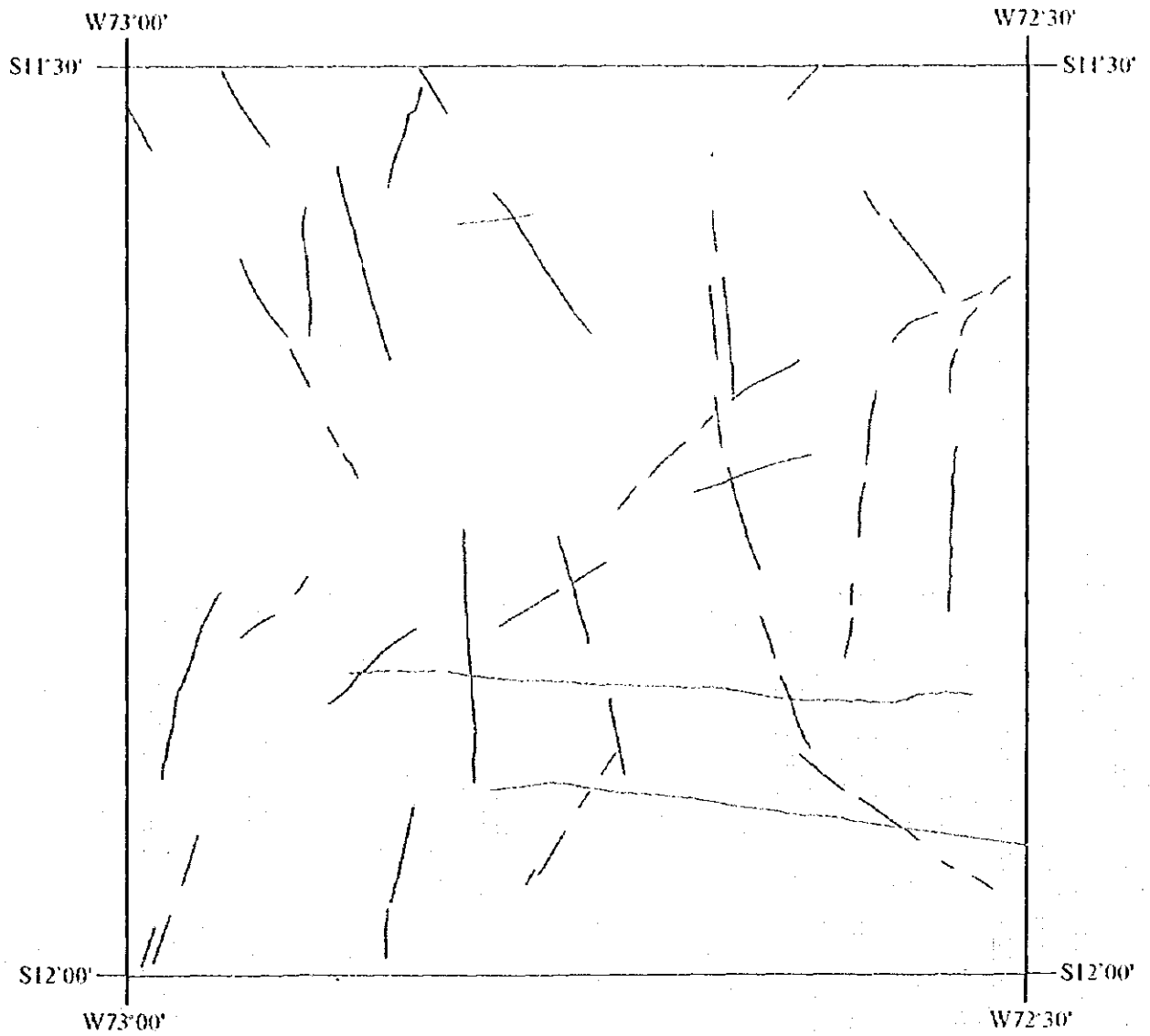
第 4 - 2 图 LANDSAT/TM 图像(图例 24-q)



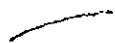


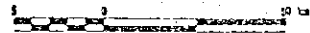
24-Q

(Sivancoreni)

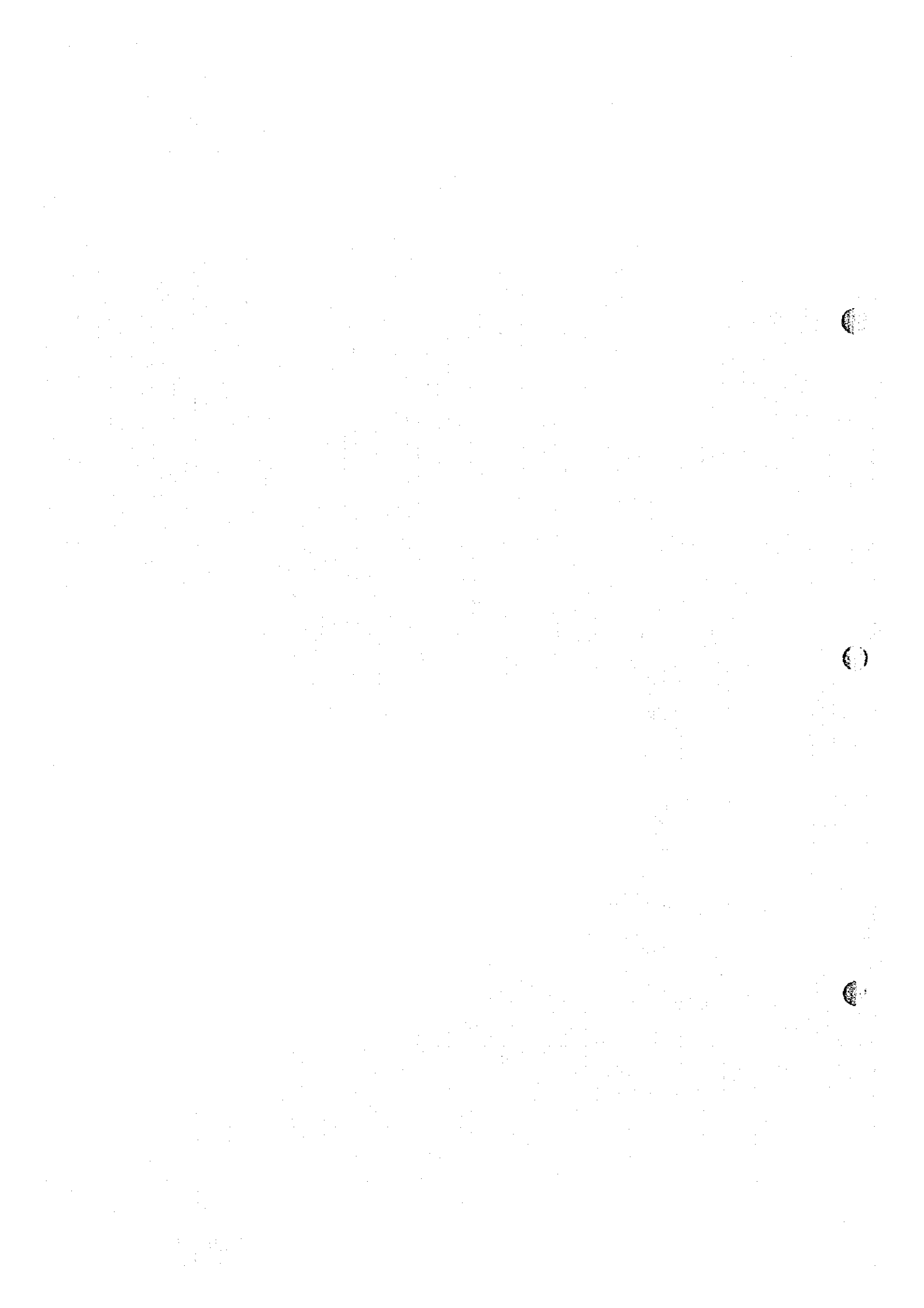


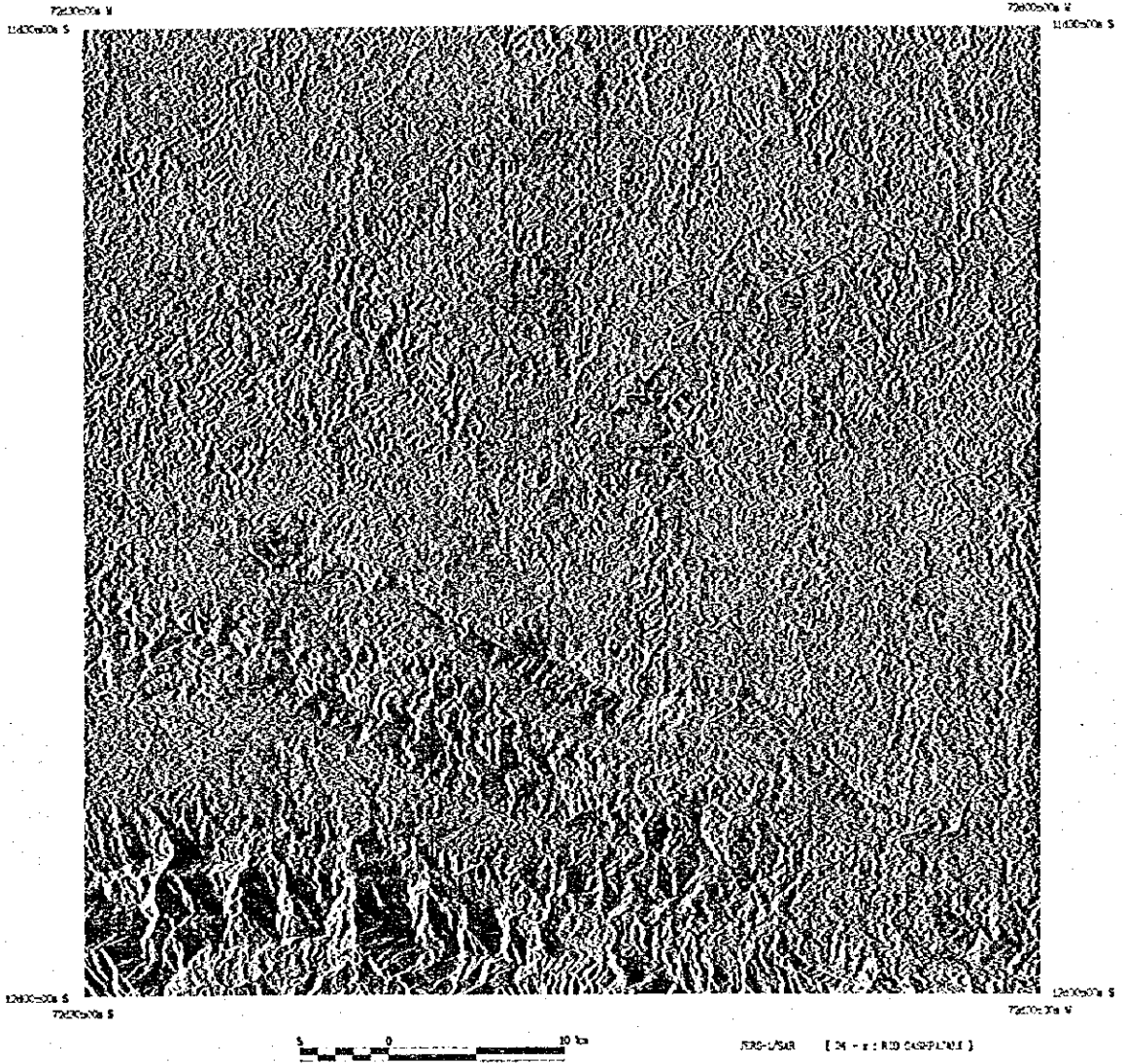
LEYENDA

 lineamiento



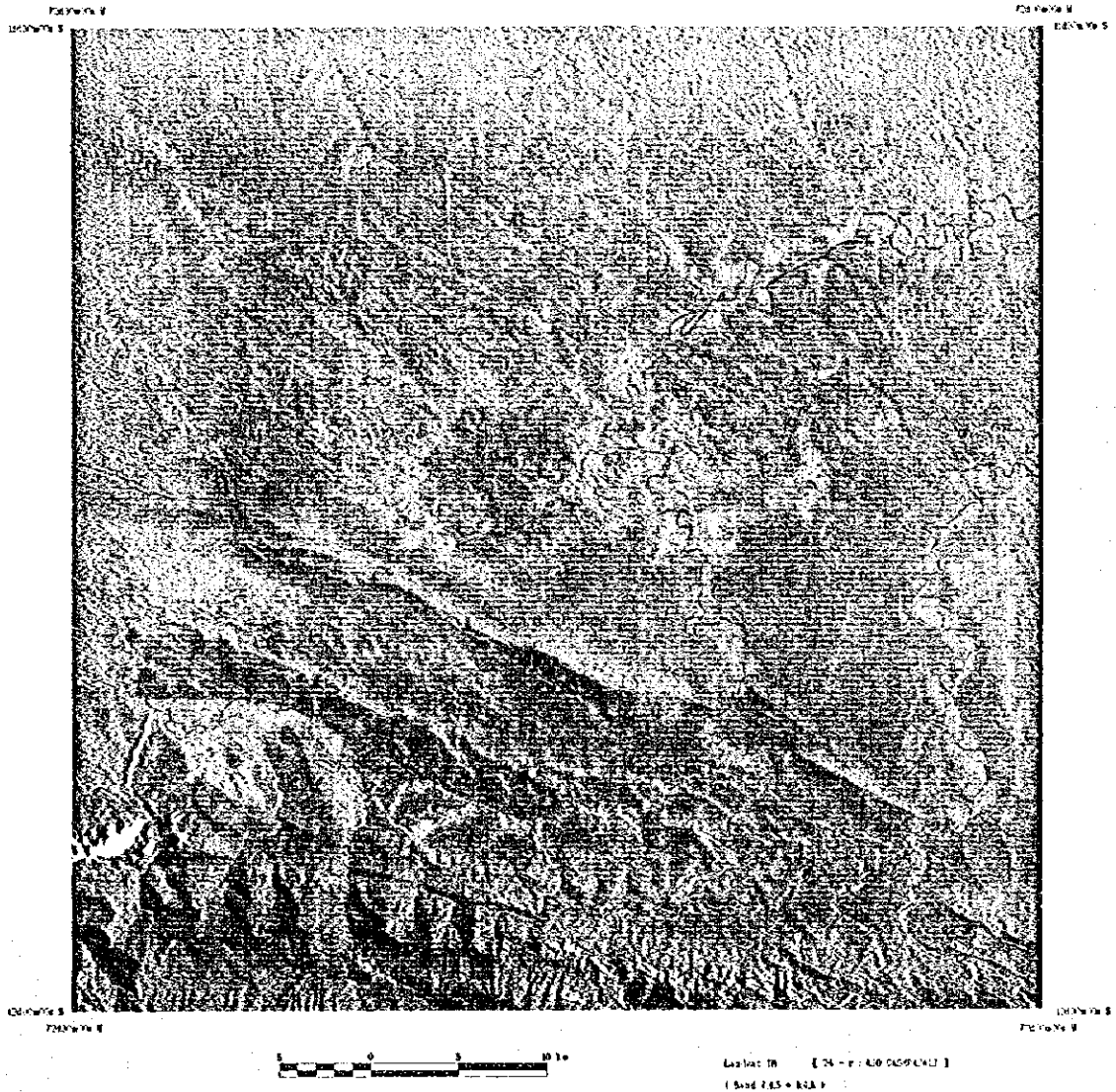
第 4 - 4 図 リニアメント判読図(図面 24-q)





第5-1図 JERS-1/SAR 画像(図面 24-r)



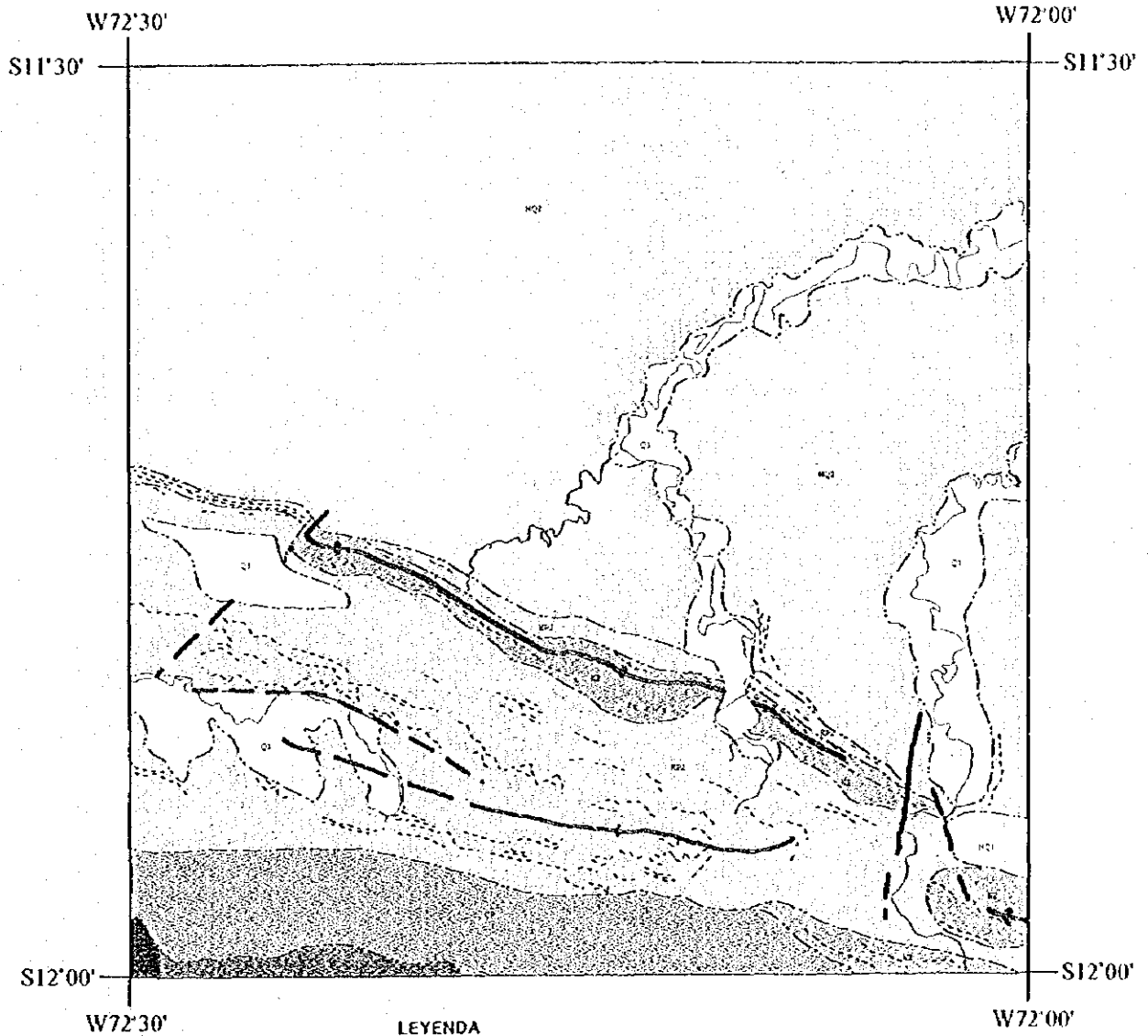


第5-2図 LANDSAT/TM 画像(図画 24-r)



24-R

(Rio Gaspajali)



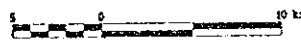
W72°30'

LEYENDA

W72°00'

No.	Nombre de Unidad	Escala de 1:50,000 que del Pto. 1979 y 1991 Escala 1:100,000
1	g1	Formación Pichincha
2	g2	Formación Nudo de Dios
3	g3	Formación El Gallo
4	g4	Formación El Gallo
5	g5	Formación El Gallo
6	g6	Formación El Gallo
7	g7	Formación El Gallo
8	g8	Formación El Gallo
9	g9	Formación El Gallo
10	g10	Formación El Gallo
11	g11	Formación El Gallo
12	g12	Formación El Gallo
13	g13	Formación El Gallo
14	g14	Formación El Gallo
15	g15	Formación El Gallo
16	g16	Formación El Gallo
17	g17	Formación El Gallo
18	g18	Formación El Gallo
19	g19	Formación El Gallo
20	g20	Formación El Gallo
21	g21	Formación El Gallo
22	g22	Formación El Gallo
23	g23	Formación El Gallo
24	g24	Formación El Gallo
25	g25	Formación El Gallo
26	g26	Formación El Gallo
27	g27	Formación El Gallo
28	g28	Formación El Gallo
29	g29	Formación El Gallo
30	g30	Formación El Gallo
31	g31	Formación El Gallo
32	g32	Formación El Gallo
33	g33	Formación El Gallo
34	g34	Formación El Gallo
35	g35	Formación El Gallo
36	g36	Formación El Gallo
37	g37	Formación El Gallo
38	g38	Formación El Gallo
39	g39	Formación El Gallo
40	g40	Formación El Gallo
41	g41	Formación El Gallo
42	g42	Formación El Gallo
43	g43	Formación El Gallo
44	g44	Formación El Gallo
45	g45	Formación El Gallo
46	g46	Formación El Gallo
47	g47	Formación El Gallo
48	g48	Formación El Gallo
49	g49	Formación El Gallo
50	g50	Formación El Gallo

- contacto y nombre de unidad
- contacto infundido y nombre de unidad
- contacto de foliación
- eje de pliegue anticlinal y su plonge
- eje de pliegue sinclinal y su plonge
- falla truncante
- falla normal
- lineamiento
- pueblito
- pueblito
- laguna
- camino
- animalia superficial (LANDSAT TM)



SIMBOLOGIA METALOGENETICA

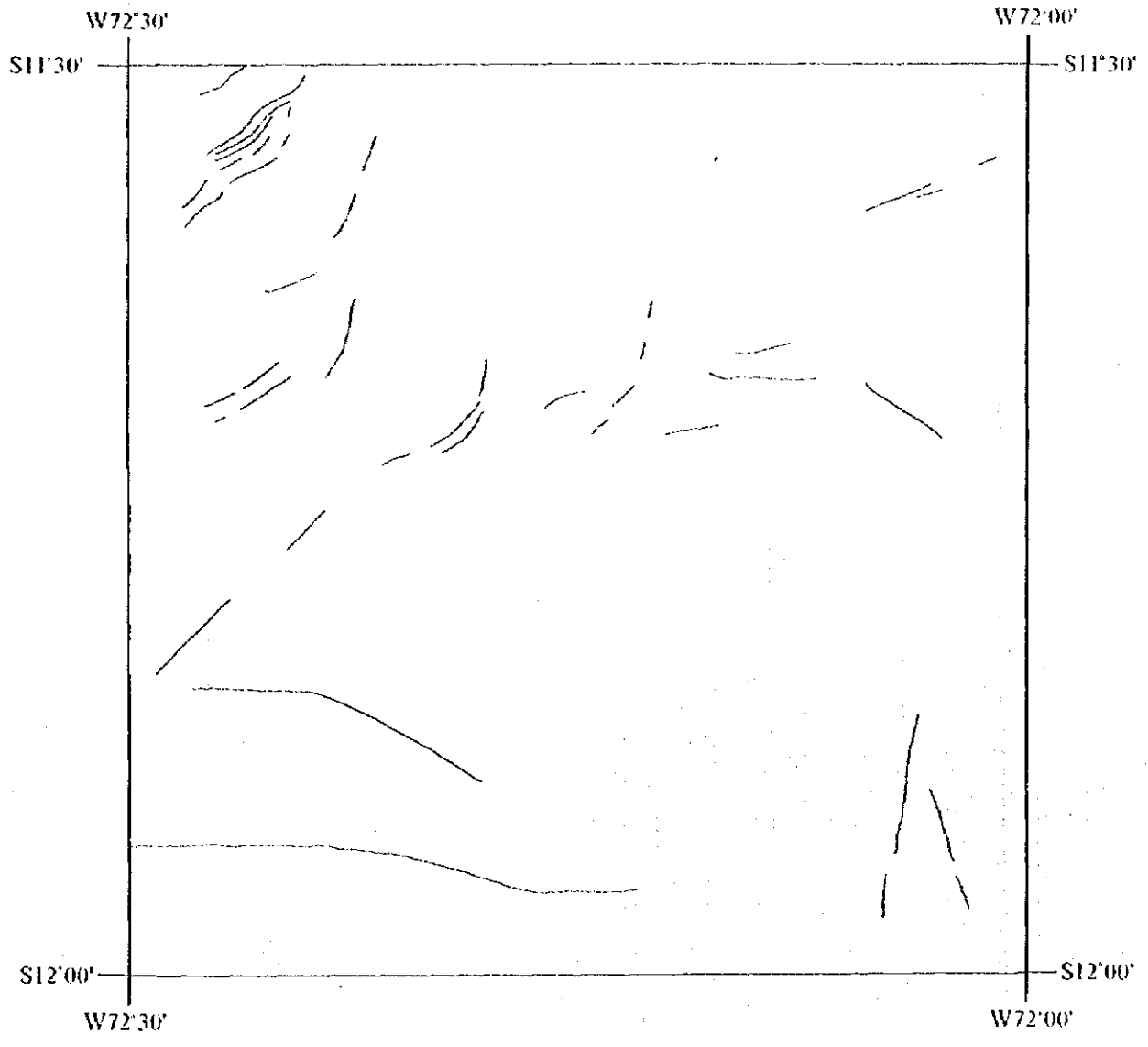
Clasificación	Tipo	Plomo	Vela	Contacto
As, Ag	⊙	⊙	⊙	⊙
Potencial (Cu, Pb, Zn, Ag)	▲	▲	▲	▲
Cu	⊙	⊙	⊙	⊙
Cu, Ni	⊙	⊙	⊙	⊙
Otros	⊙	⊙	⊙	⊙
Sin influencia	⊙	⊙	⊙	⊙

第5-3图 地質单元判読图(図画 24-r)



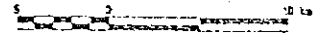
24-R

(Rio Gashpajali)



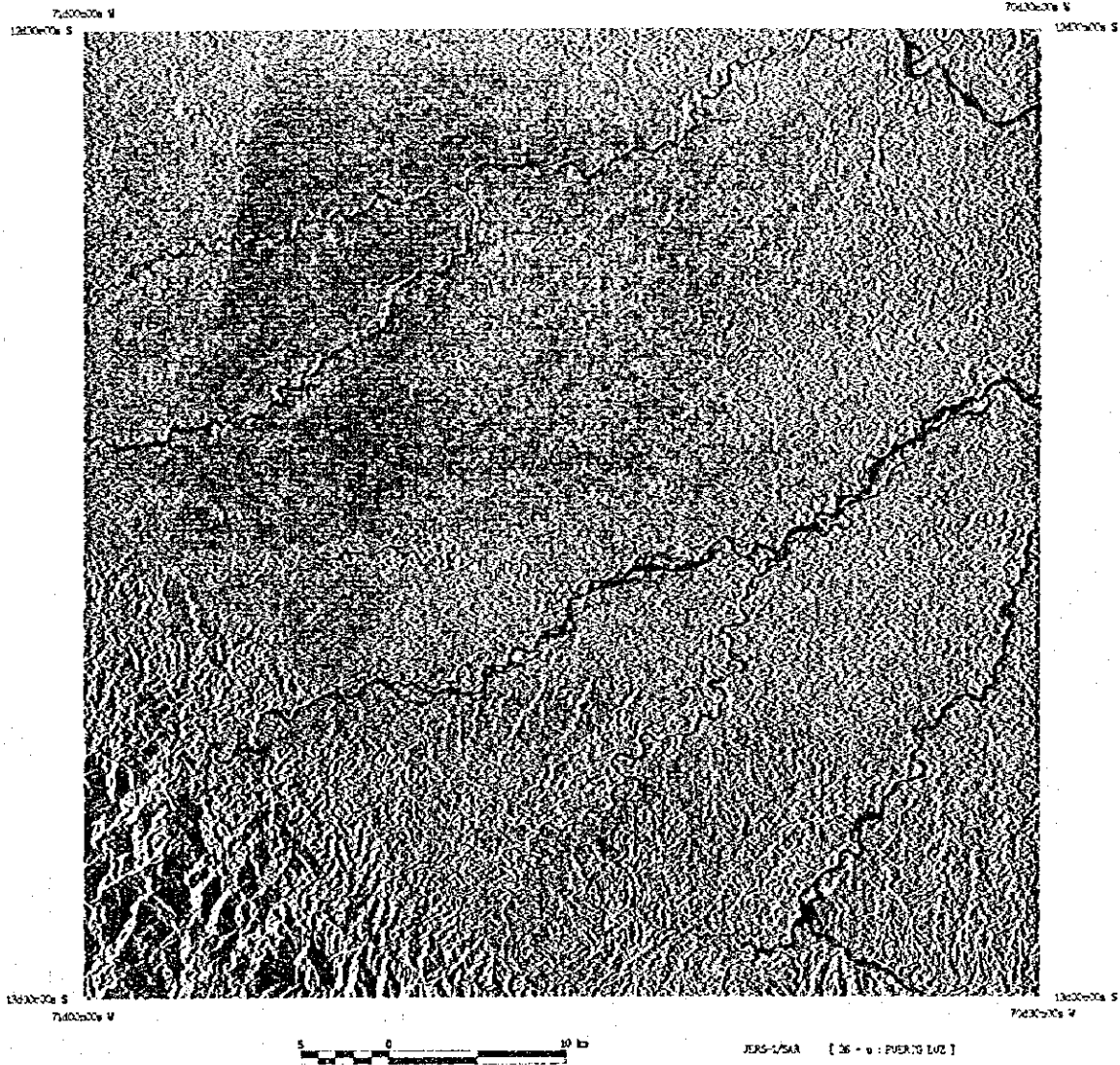
LEYENDA

lineamiento

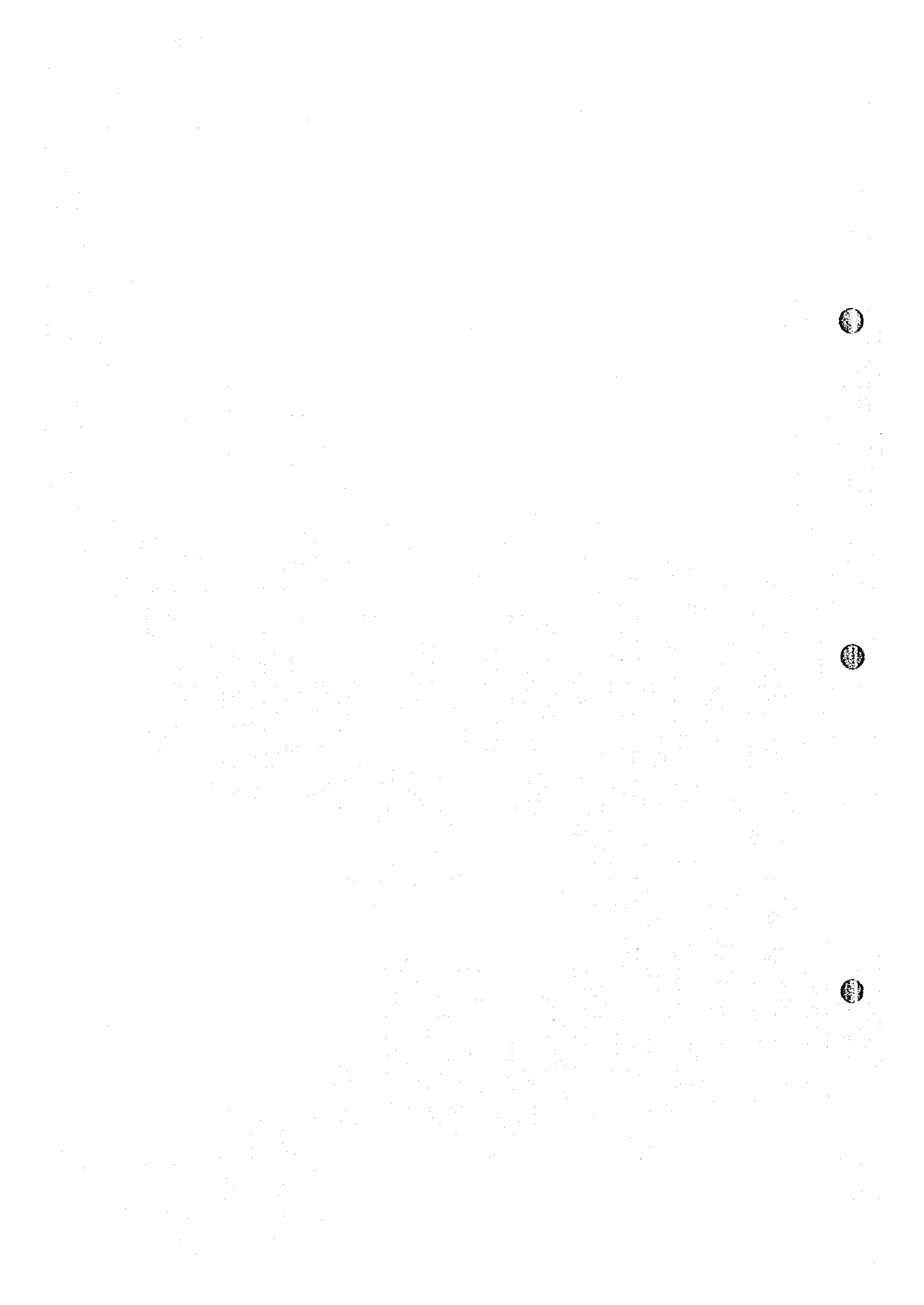


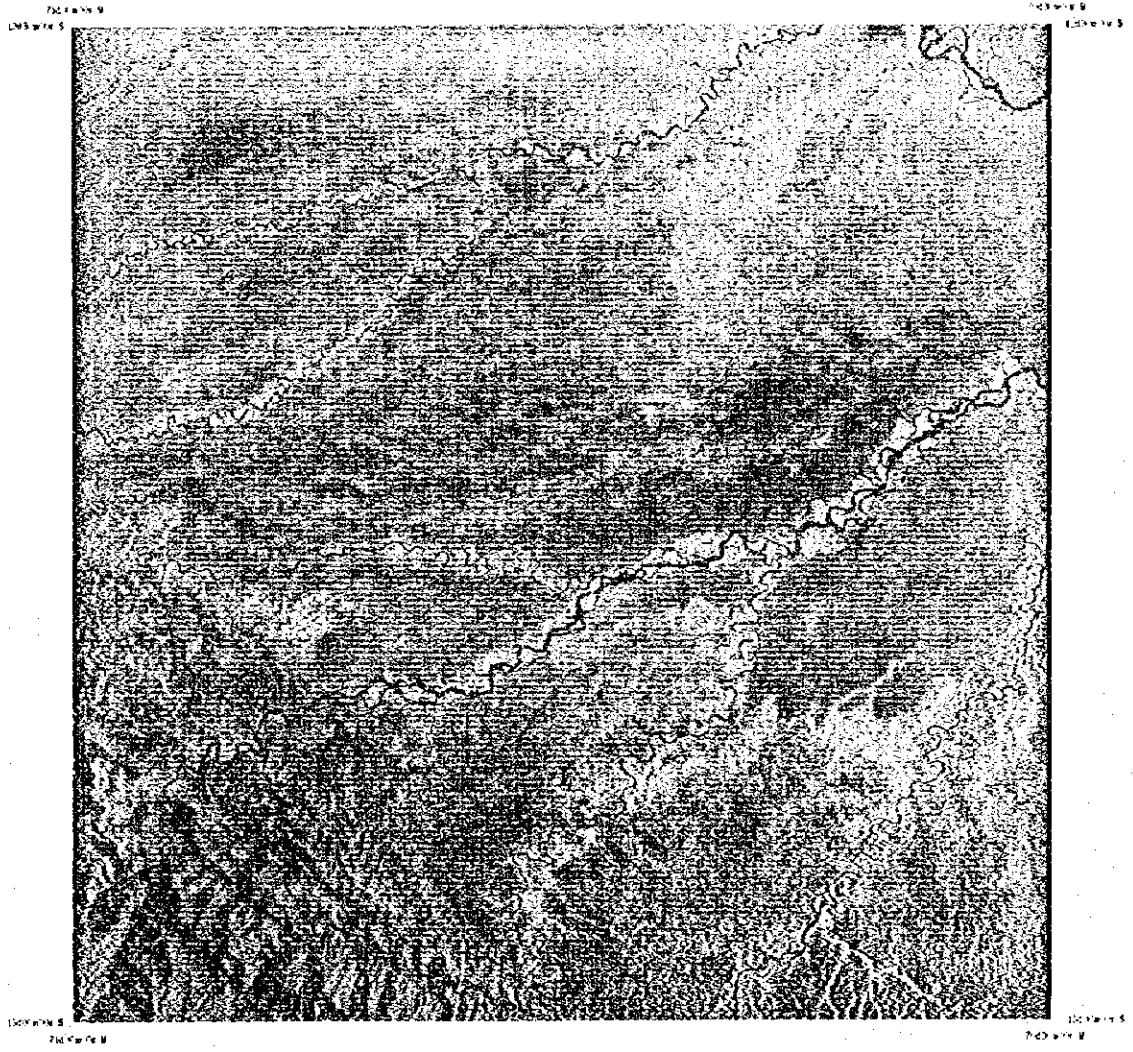
第 5 - 4 図 リニアメント判読図(図画 24-r)



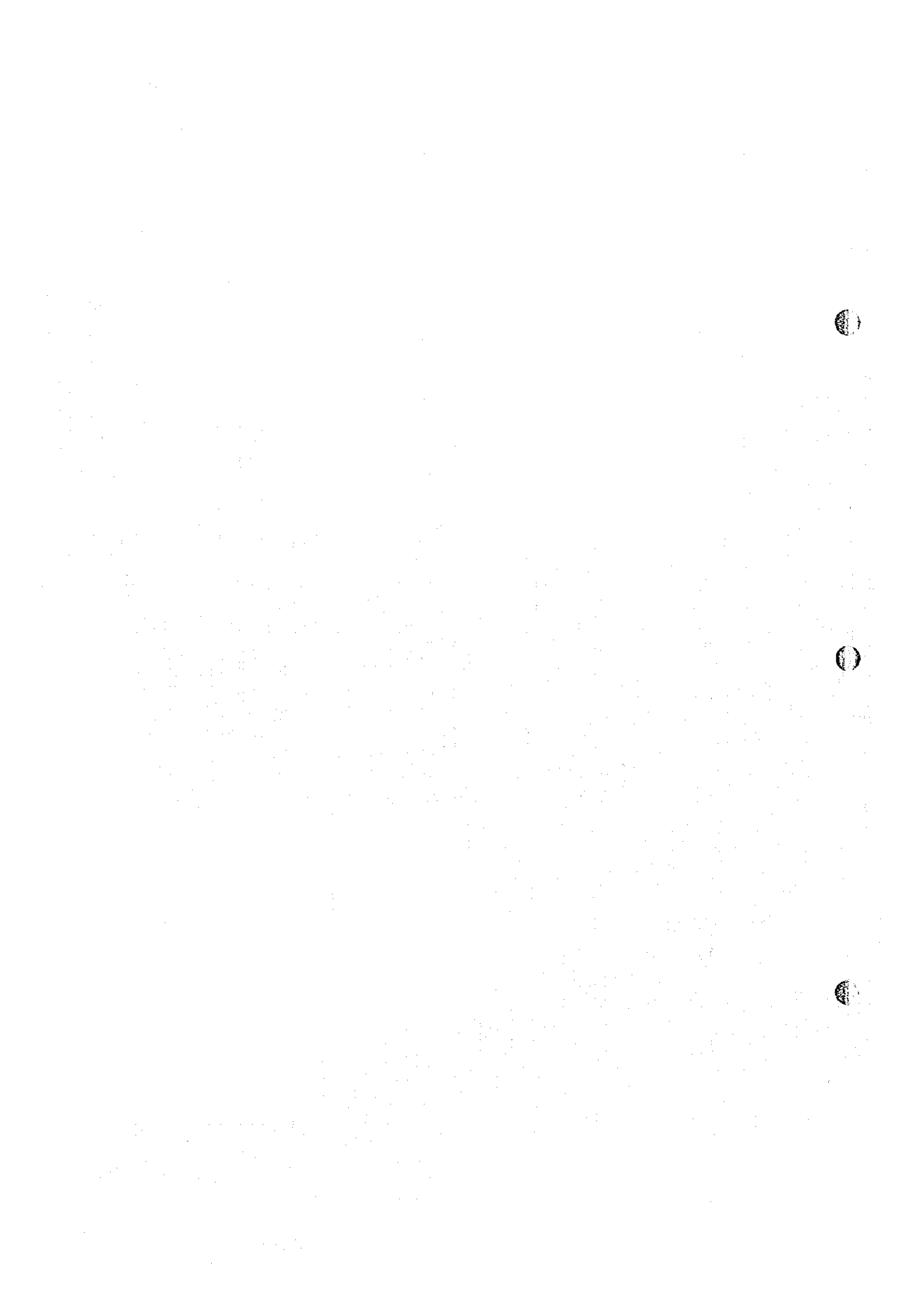


第 6 - 1 図 JERS-1/SAR 画像(図画 26-u)





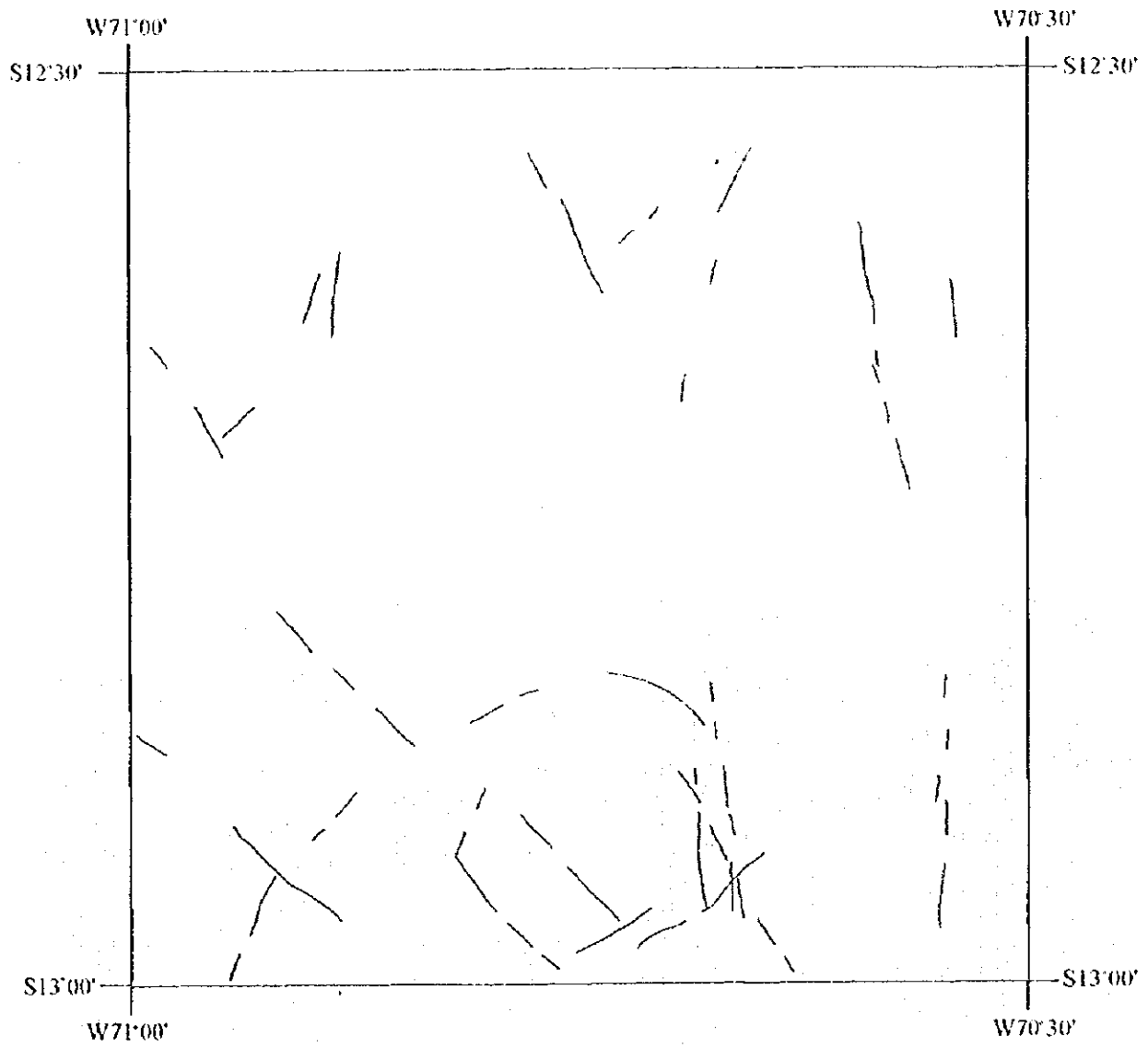
第 6 - 2 図 LANDSAT/TM 画像(図画 26-u)





26-U

(Puerto Luz)



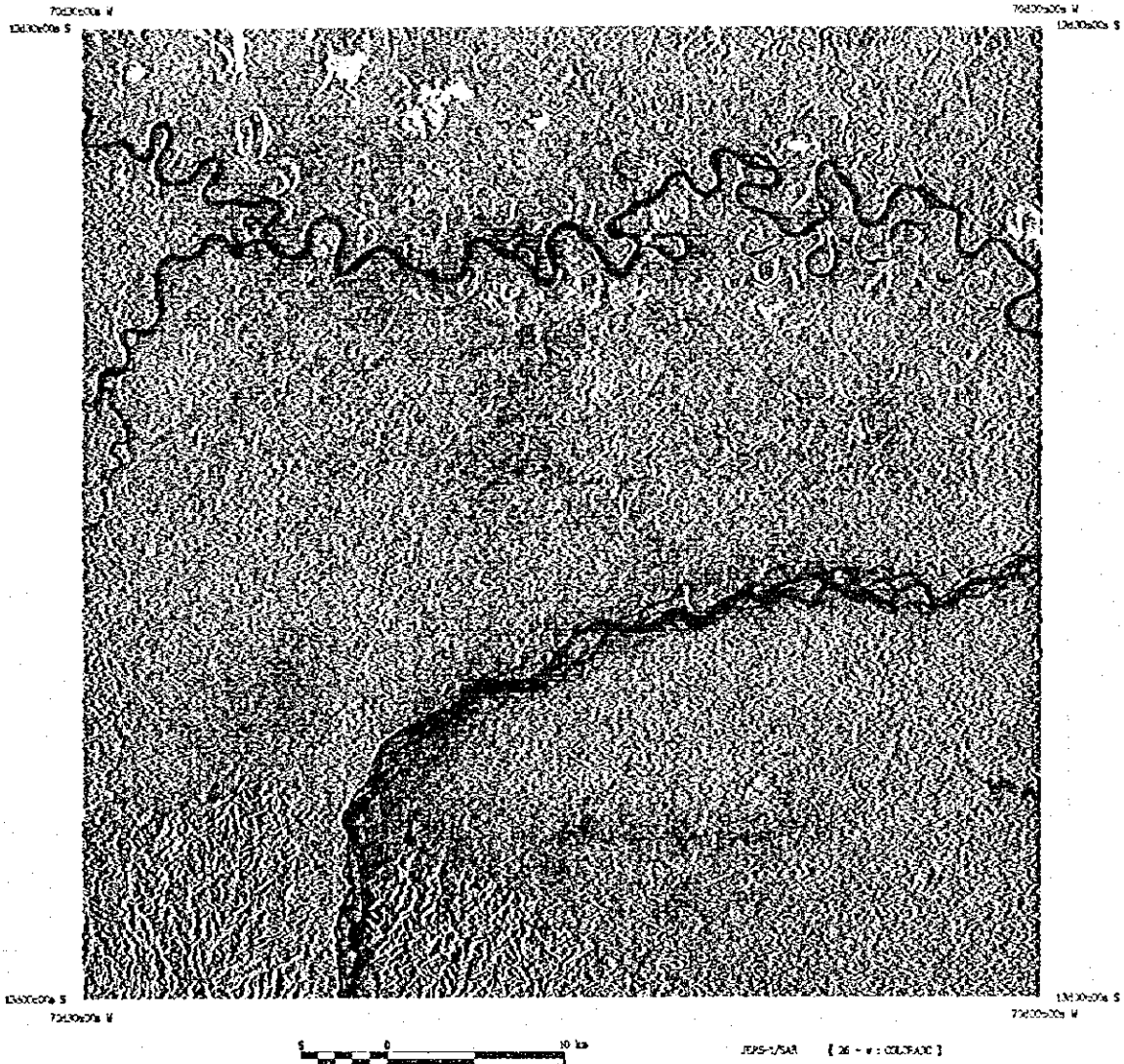
LEYENDA

lineamiento

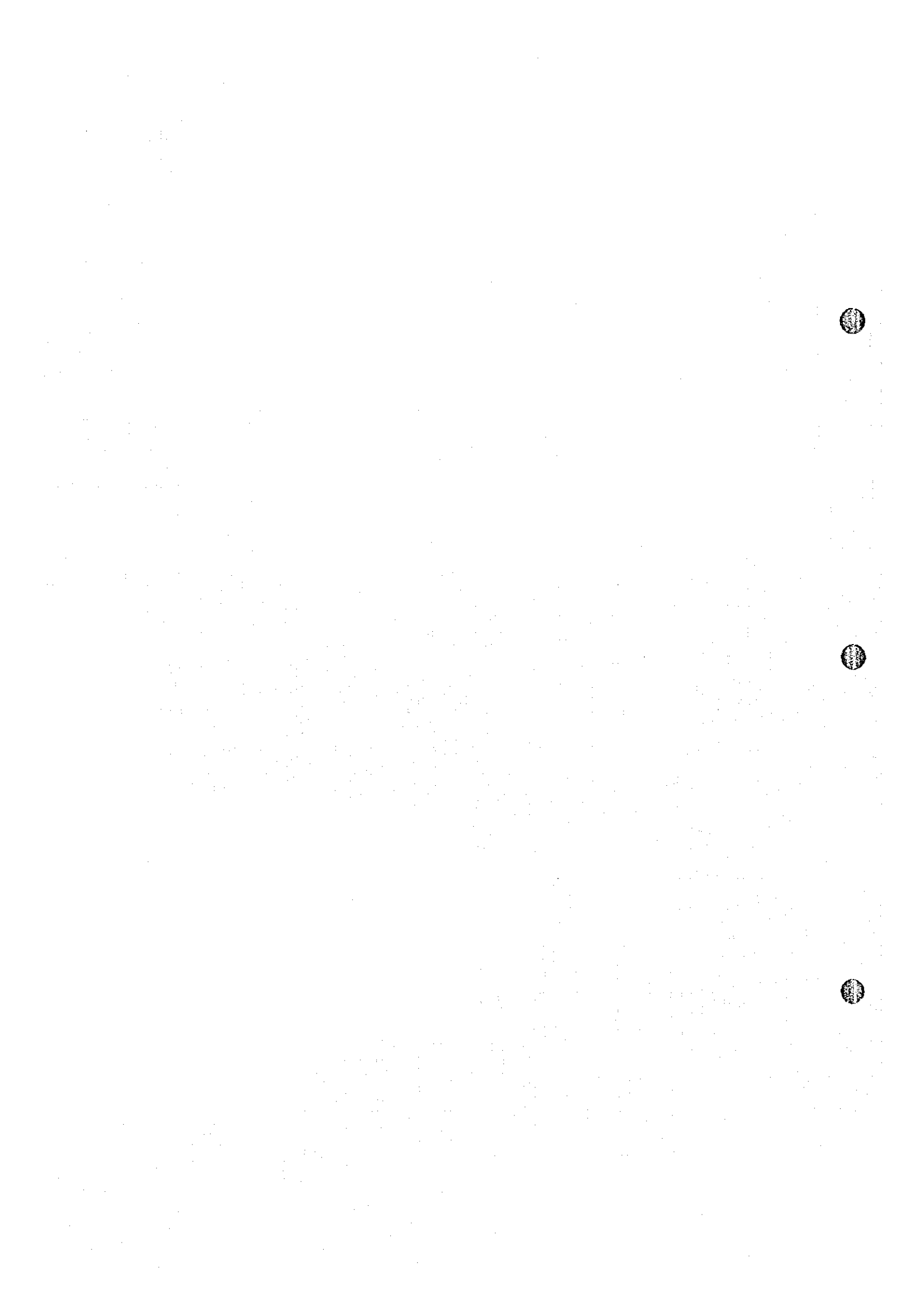


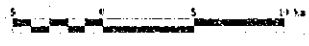
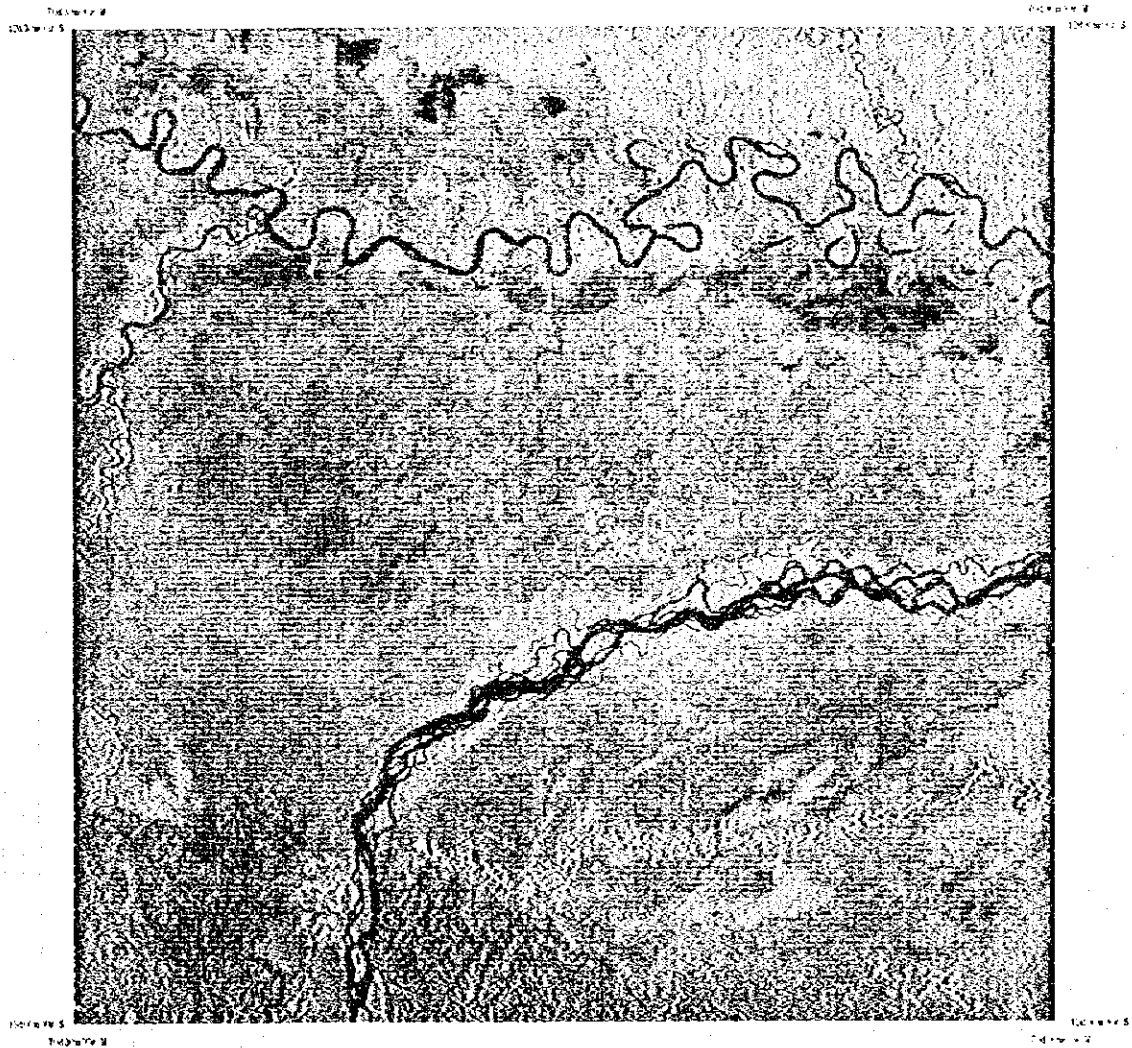
第6-4図 リニアメント判読図(図面 26-u)





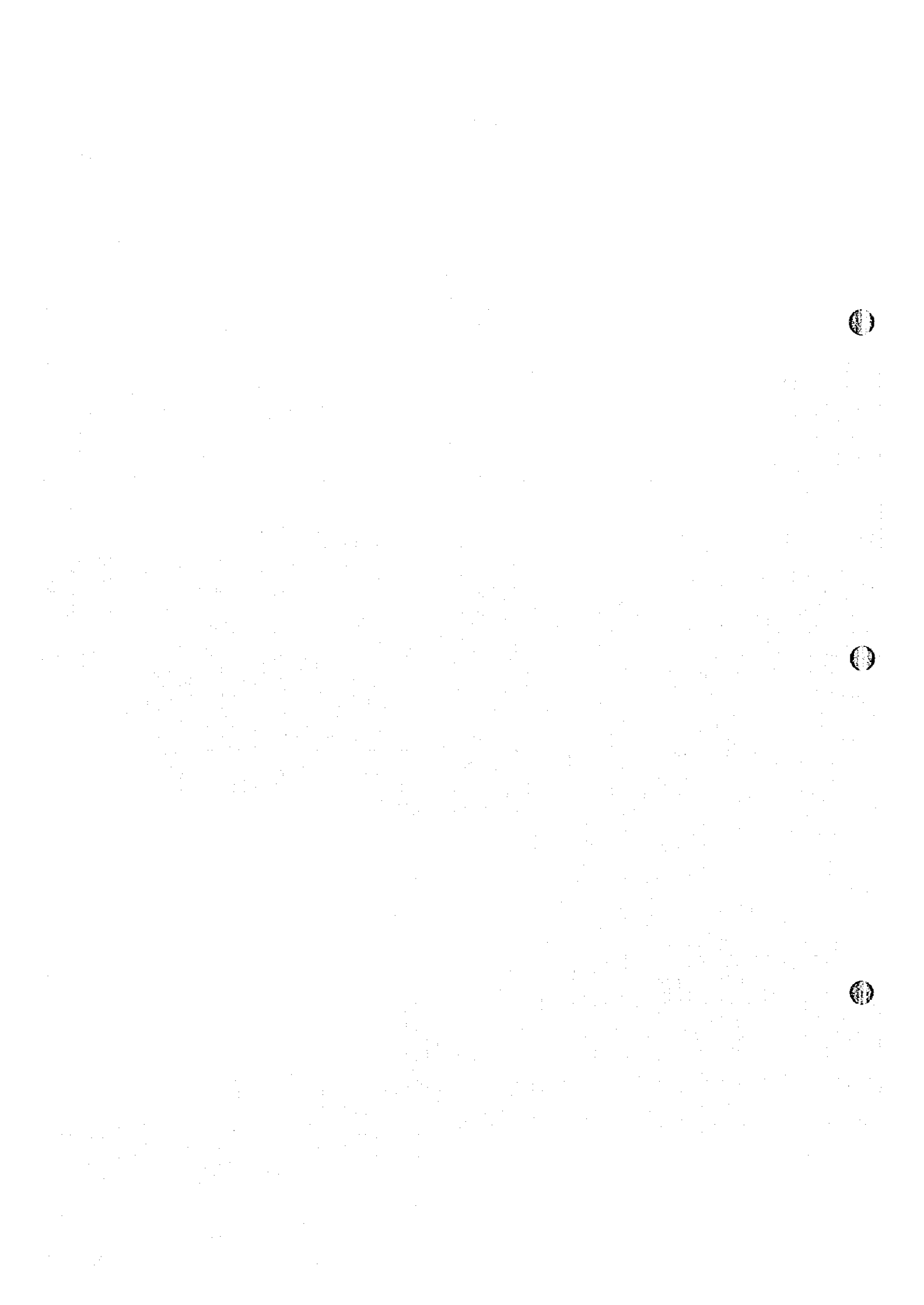
第7-1図 JERS-1/SAR 画像(図面 26-v)

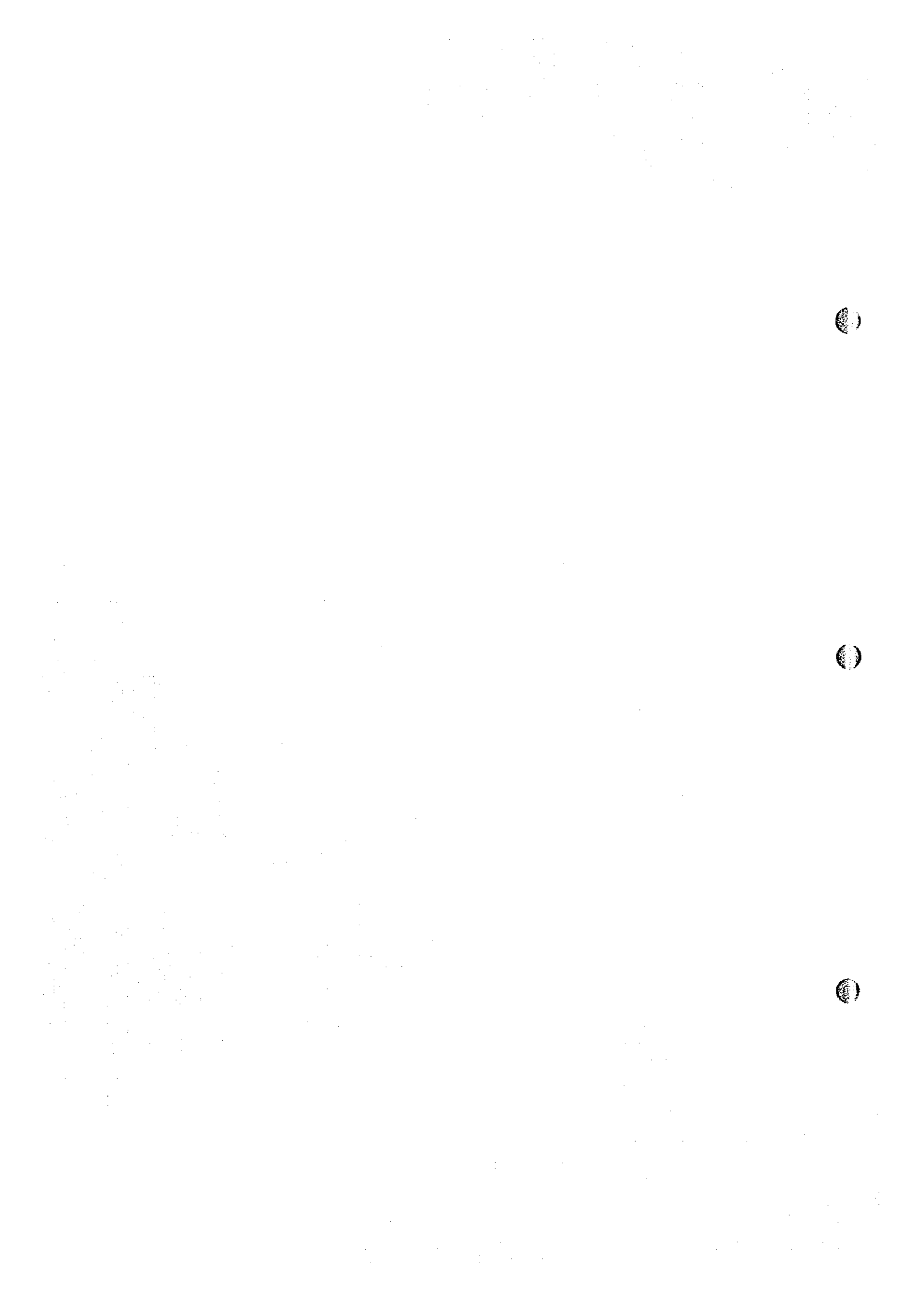




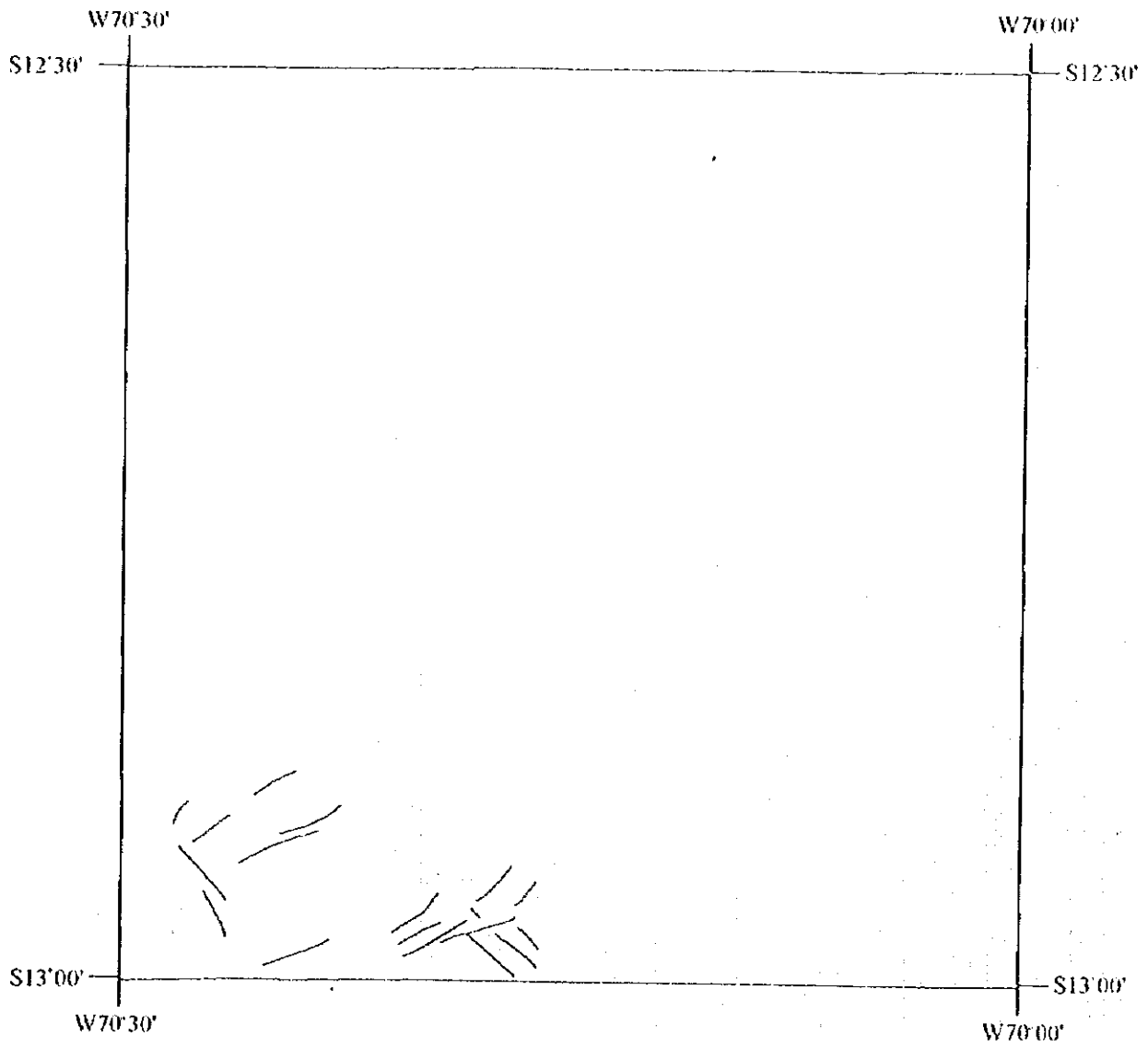
LANDSAT TM (N=17, W=10, R=0)
 (R=1715, W=0.4)

第7-2图 LANDSAT/TM 画像(图面 26-v)

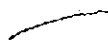




26-V
(Colorado)



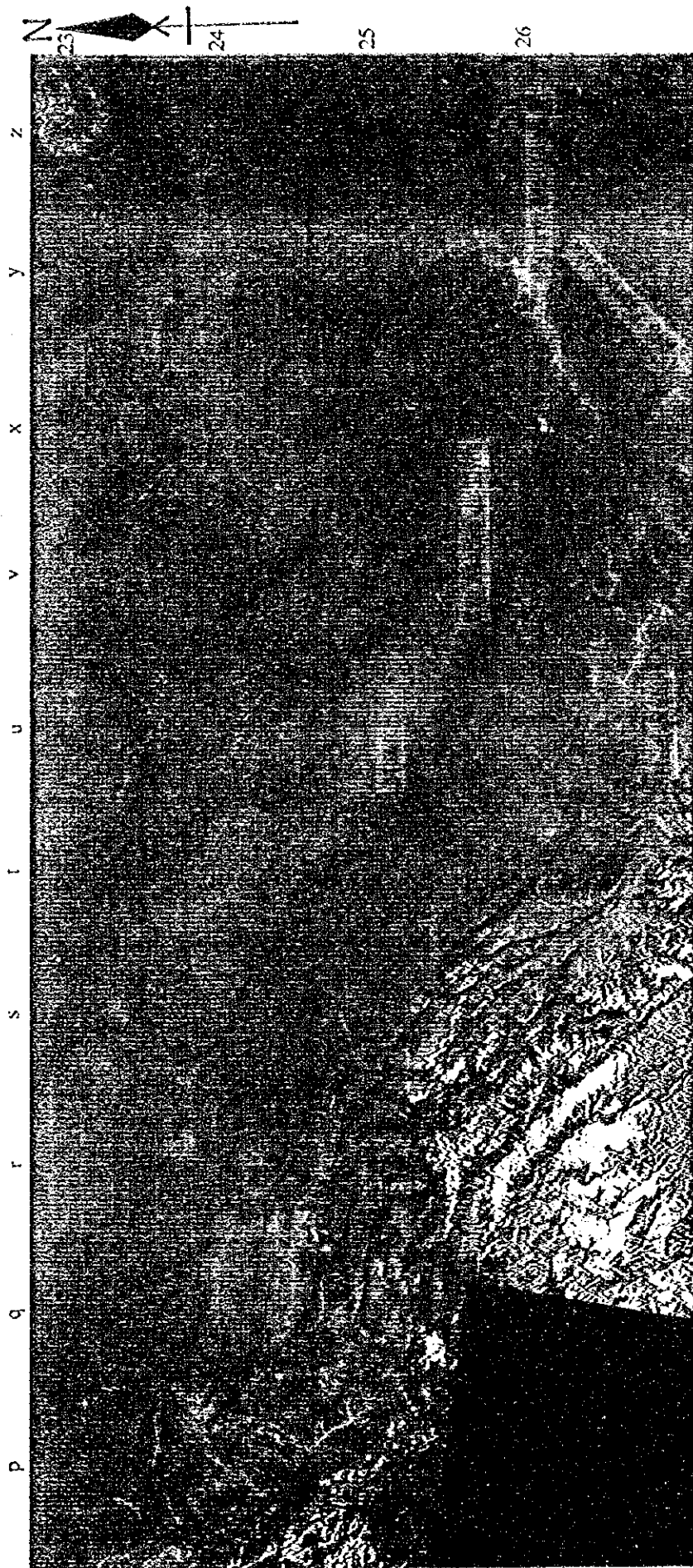
LEYENDA

 lineamiento



第7-4図 リニアメント判読図(図画 26-v)





第8图 LANDSAT/TM 画像

