

第2章 クリブ-メジェズ-エルバブ地域

2.1 調査地域の地質背景

2.1.1 テュニジア共和国の一般地質

(1) 地質及び地質構造

チュニジアの地質は大きく北部と南部に二分される。北部はモロッコとアルジェリア北端に連なるアトラス山脈の東端に位置し、アルプス造山帯(アトラス帯)に属しており、中生界及び新生界が分布する。南部は北アフリカに広がるサハラ砂漠の北端に位置し、新生界、中生界及び古生界が分布する。

チュニジア南部では、サハラ砂漠を形成する風成砂丘などの陸成堆積物及び陸成の第三系が広く被覆し、中生界及び古生界は局所的に露出する。古生界はアフリカ北部に広範囲に分布する陸成又は浅海成の楕状地堆積物、中生界は以下に述べるチュニジア北部と同様の堆積岩類である。

チュニジア北部では、主に堆積岩からなる中生界と新生界が広く分布し、これらは層序的に連続する。中生界及び新生界の地質構造は北東-南西系の大構造を示し、いくつかの構造帯に区分される。構造帯は北西側から順に、ナップ帯、ドーム帯、トラフ帯、N-S帯、東プラットフォーム帯に区分される(Orgeval, 1994)。チュニジア共和国北部の地質図を図3に、地質構造区分図を図4に示す。

チュニジア北部の中生界は三畳系(ドロマイト、マール、泥岩、砂岩、石灰岩、粘土、石膏、岩塩)、ジュラ系(石灰岩、ドロマイト、マール、泥岩、砂岩)、白亜系(石灰岩、マール、泥岩、砂岩、ドロマイト)からなる。白亜系は北部の全域に分布するが、三畳系はあるゾーンにまとまって分布し、ジュラ系は局所的に分布する。火成岩は非常に少なく、チュニジア最北端に相当し地中海にあるGalite島を形成する花崗岩質岩と北端のナップ帯に小規模に分布する新第三紀の玄武岩がある。

三畳系はテュニスから南西に伸びるドーム帯に主に分布する。三畳系は蒸発岩ダイアピル又はドームを形成し、北東-南西方向に断続的に配列する。各岩体とも北東-南西方向に伸長する形状を示す。ジュラ系は小規模に窓状に点在しており、テュニスの南方において、ほぼ南北方向に伸びるN-S軸帯に多く分布し、ドーム帯にはほとんど分布しない。白亜系はドーム帯とトラフ帯に広く分布する。白亜系の堆積構造は三畳系のダイアピル貫入により乱されているが、主要な走向方向は三畳系の分布構造に平行する北東-南西系である。中生界にみられる衝上断層や褶曲などの大構造は北東-南西系であり、断層系の断裂構造は北西-南東系が卓越する。

新生界は古第三系(暁新統、始新統、漸新統)、新第三系(中新統、鮮新統)、第四系の堆積岩類からなる。第三系は北端部のナップ帯ではフリッシュ性の堆積物(マール、泥岩、石灰岩、砂岩)を主体とし、ドーム帯及びトラフ帯では石灰岩、泥岩、砂岩、マール及び陸成の砂岩からなる。第三系の地質構造はナップ帯では衝上断層や褶曲などが複合した複雑な構造を呈し、ドーム帯では

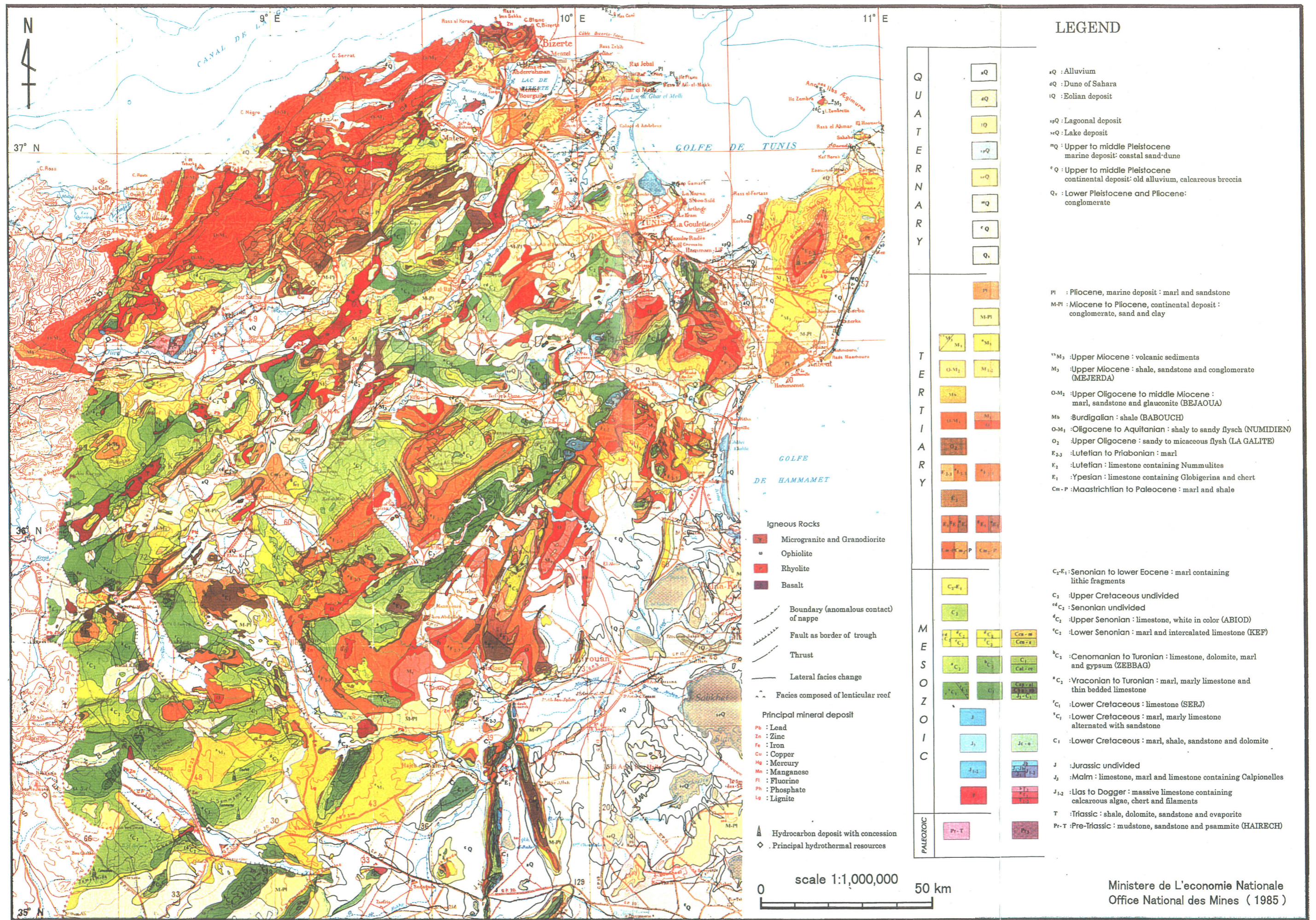
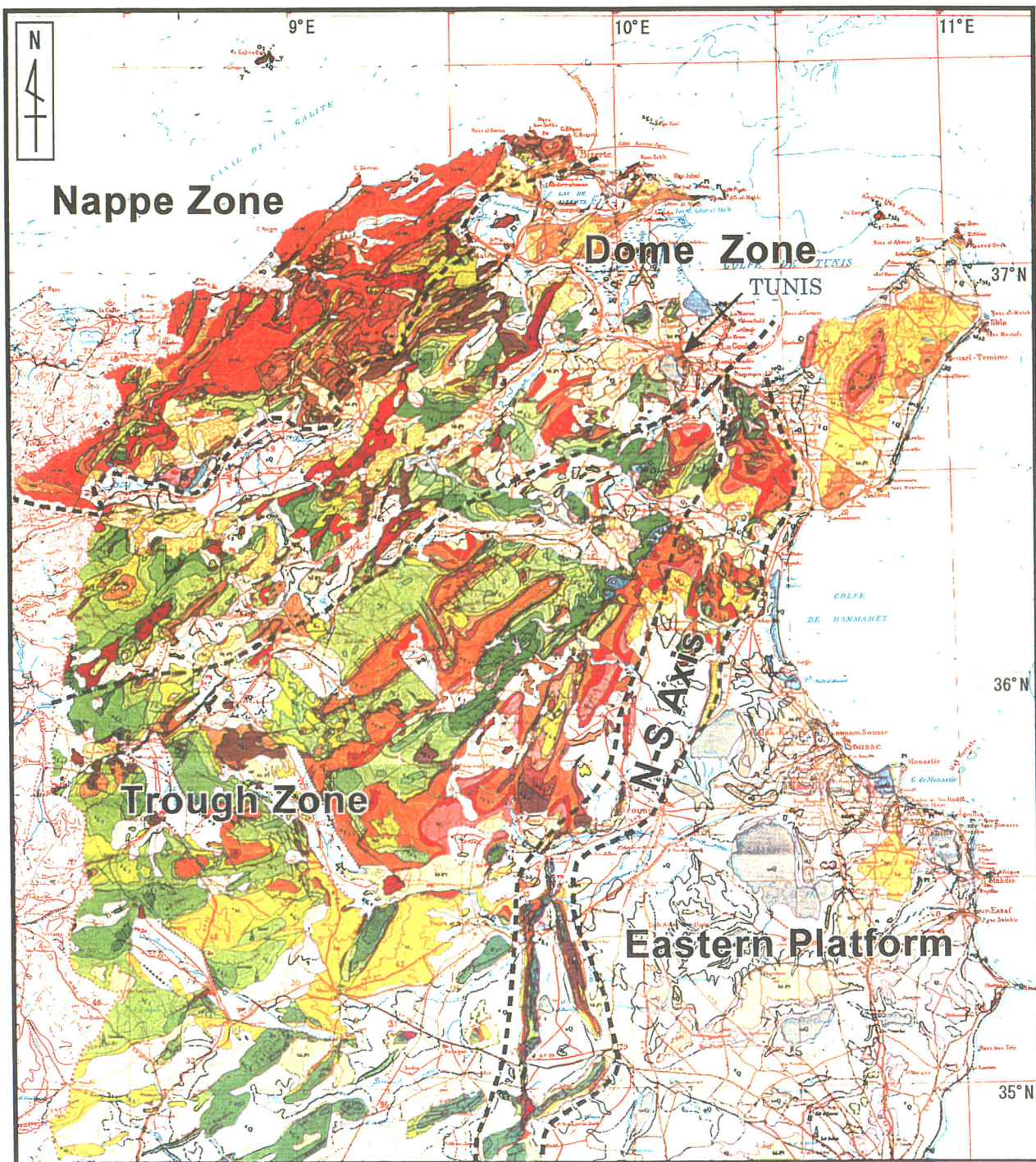


図3 テュニジア共和国北部の地質図



Structural division simplified is quoted from J.J. Orgeval (1994).

Geological base map is published in 1985 by Ministère de L'économie Nationale. (Legend of the map is shown in Figure 2)

図4 テュニジア共和国北部の地質構造区分図

三畳系のダイアピル貫入により乱されている。ドーム帯における第三系の地質構造は白亜系の地質構造と同様に、北東-南西系の走向と北西-南東系の断裂が主体である。第四系は礫岩、陸成砂岩、砂丘、沖積層、崖錐性堆積物などからなる。

チュニジアに存在する金属鉱床は鉛亜鉛鉱床が圧倒的に多く、このほかに銅、鉄、水銀鉱床などがある。非金属鉱床としては磷酸塩、螢石鉱床などが知られている。鉛亜鉛鉱床はチュニジア北部のドーム帯を中心に数多く分布する。これらの鉱床は三畳系のダイアピルと白亜系又は第三系の接触部付近に形成されており、ミシシッピバレータイプの鉱床と考えられている。

銅鉱床及び水銀鉱床は主にナップ帯に存在する花崗岩質岩又は三畳系及び第三紀火成岩に関連して形成されたものである。磷酸塩鉱床は白亜紀～始新世の海成堆積鉱床で、チュニジア中部に分布する。

(2) 地 史

チュニジア南部では、古生代には、安定した先カンブリア楕状地を覆い楕状地堆積物が堆積した。この楕状地堆積物はアルジェリアではカンブリア-オルドビス系と石炭系の海成層、リビアでは同時代の陸成砂岩と海成層の互層からなる。これらの古生界は規模の大きな堆積盆に堆積したもので、古生代後期のバリスカン造山の影響を受け緩やかに褶曲するが、堆積構造はあまり乱れておらず、水平に近い傾斜を示す。

チュニジア北部を含む北アフリカのアトラス帯では、中生代三畳紀には、大陸的な環境下で陸成層がその沈降域に堆積した。ジュラ紀には、ただ一つの超大陸パンゲアにまとまっていた地球上のすべての陸地は南北に分裂をはじめ、北側のユーラシア大陸と南側の Gondwana 大陸となり、大陸の間にテチス海と呼ばれる海が形成された。

アトラス帯は Gondwana 大陸の縁辺部に相当し、テチス海の大規模な侵入により、石灰岩相に富む海成層が厚く堆積した。その中心部ではジュラ紀中期に海退が始まり、白亜紀には造構運動が始まった。

テチス海の海進に伴い形成された浅海成堆積物は第三紀始新世まで広範囲に堆積したが、白亜紀ではアフリカ大陸がユーラシア大陸の方へ移動し始め、アルプス造山を生じた。この造構運動は第三紀漸新世に最盛期となり、アトラス帯では北上するアフリカ大陸による広域的な変動を受け、著しい褶曲や衝上断層などがみられる。さらに、漸新世初期と中新世末期にはアトラス帯北部に北方から供給された多数のナップ群が形成された。

現在のような高いアトラス山脈が形成されたのは鮮新世以降である。アトラス帯に非常に特徴的な地質構造である蒸発岩のダイアピルは三畳系の岩塩及び石膏層によって形成されたもので、ダイアピリズムは白亜紀中期に始まりアルプス変動の影響を受けながら第四紀まで続いた。このダイアピル構造に伴い数多くの鉛亜鉛鉱床が形成された。

2.1.2 クリブ-メジェズ・エルバブ地域の一般地質

クリブ-メジェズ・エルバブ地域はチュニスから南西に伸びるドーム帯に位置する。ドーム帯は幅 50km 前後、延長約 200km 北東-南西方向に延びており、北東側は地中海に没し、南西側はアルジェリアに連続する。ドーム帯には三畳系ダイアピルが北東-南西方向に断続的に分布し、大局的に 3~4 列のダイアピル列が存在する。本地域はその中のもっとも南東側の列に相当し、ドーム帯南東縁のほぼ中央に位置する。

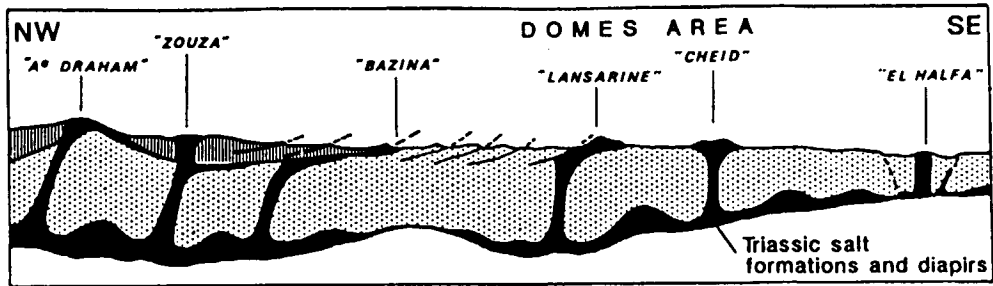
本地域の地質層序は下位から三畳系、白亜系、古第三系、新第三系及び第四系である。三畳系はダイアピルを形成しており、ダイアピリズムの結果、白亜系~新第三系の地層と貫入関係で接触しており、ときにこれらを覆うこともある。

三畳系は石膏、粘土、ドロマイト、泥岩、砂岩、石灰岩からなる。三畳系は全般に不均質で、堆積構造は乱れていることが多い。ジュラ系は地表には分布しない。白亜系は白亜紀前期の Barremian 階から最末期の Maastrichtian 階までが層序的に連続する。それらは石灰岩、泥岩、マール、砂岩、ドロマイトからなる。白亜系の一般的な走向は北東-南西系であるが、三畳系の末端部周辺ではダイアピルや断層の構造によって乱される。第三系は暁新統、始新統、漸新統、中新統、鮮新統が整合的に連続する。暁新統は泥岩、始新統は礫岩及び石灰岩、漸新統は砂岩、中新統は砂岩、鮮新統は砂岩からなる。第三系の一般的な走向は白亜系と同様の北東-南西系であるが、ダイアピルや堆積盆の構造に支配される。三畳系ダイアピルに貫かれてこの近傍に分布する白亜系及び第三系の地層は捲れ上がり、逆転層又は垂直層となっていることが多い。第四系は砂岩、礫岩、沖積層、崖錐性堆積物などからなる。

本地域には規模の大きな 3 つのダイアピル岩体が存在し、これらは北東側から順に Jebel Mourra, Jebel ech Cheid, Jebel Bou Khil と呼ばれている。このほか、これらの岩体の周囲には小規模なダイアピル岩体がいくつか分布している。ほとんどのダイアピルは北東-南西方向に伸長した形状を呈する。これらの三畳系ダイアピルと接する地層及びダイアピルの周辺には、多くの鉛亜鉛鉱床・鉱徴地が存在する。ほとんどの鉛亜鉛鉱床はダイアピルの南東側及びダイアピルの先端部に賦存しており、その分布には鉱床の偏在性が認められる。この 3 つのダイアピル岩体の概要を以下に示す。

Jebel Mourra 岩体 ; 5km×3 km の角の取れた長方形を呈する。その断面はきのこ状を呈する。岩体南東側は主に白亜系と接するが、一部では始新統及び漸新統と接する。これ以外の部分は第四系に覆われている。岩体南東側には Kef Lasfar 鉱徴地と Oued Jebes 鉱徴地が存在する。

Jebel ech Cheid 岩体 ; 23 km×5 km の羽根状で、その断面はきのこ状を呈する。岩体南西部は白亜系と北東部は始新統、漸新統及び中新統と接する傾向がある。岩体中央では、岩体頂部に漸新統と中新統のルーフペンダントが存在する。岩体南東側一帯には、Koudiat Tilet, H'zama Lassoued, Argoub Adhama, Koudiat Soda, Koudiat Safra, Bazina Kebira など、南端にはラクワットの多くの鉱床・鉱徴が存在する。



Simplified cross section, from the Nappe zone to central Tunisia, showing the distribution of Triassic structures and the progressive dying out of the tangential tectonics from northwest to southeast. The Domes area corresponds to the Lansarine and Cheid diapirs. (After Perthuisot 1978)

図5 ダイアピル構造の模式的な断面(J. J. Orgeval, 1994)

Jebel Bou Khil 岩体 ; 7 km×3 km の弧状を呈する。岩体南東側は白亜系、漸新統及び鮮新統と接しており、北西側は白亜系に覆われる。岩体南東中央にはブキル鉱床、岩体北東端には Jebel Ouiba 鉱徴地が存在する。

なお、調査範囲外であるが、Bou Khil 岩体の北西方約 10 km には Fedj el Adoum 岩体があり、現在チュニジアで稼行中の 2 つの鉛垂鉛鉱山のうちの 1 つである Fedj el Adoum 鉱山が位置している。

ナップ帯からドーム帯を横切り三畳系ダイアピルの模式的な構造を表した断面を図 5 に示す。ダイアピルは様々な規模と形態をもち、活動時期も一様ではないが、ドーム帯における大局的なダイアピリズムは Orgeval(1994)によって以下のように考えられる。

白亜紀中期に始まった初期のダイアピリズムは、白亜系の堆積に従い生じた三畳系と白亜系の密度差に伴う三畳系の上昇運動である。ドーム帯では、白亜紀前期には北東-南西方向に卓越する堆積盆が形成されており、初期のダイアピリズムはすでにこの構造に支配されていたと考えられる。白亜紀後期には構造運動の影響を受けつつダイアピリズムは進行し、白亜紀末期には現在のようなダイアピル岩体の基礎が形成された。ダイアピルの発達に伴い、白亜系の層厚はダイアピルの周囲では薄く、ダイアピルより離れるに従い厚くなった。白亜紀のいくつかの段階で白亜系を突き抜けて地表又は海底に出現したダイアピルも存在した。古第三紀にアルプス造山が始まり、新第三紀鮮新世にダイアピリズムは最も活発となった。新第三紀のダイアピリズムは南北方向の圧縮応力場における衝上断層や褶曲の影響を受けやや複雑な運動となり、ダイアピルの形状は単純で対称形のドーム状やきのこ状ではなく、非対称形や折り曲げられた形状に進展したと考えられる。

2.2 衛星画像解析

2.2.1 目的及び解析対象範囲

衛星画像解析の目的は、写真地質学的判読作業により、調査対象地域の広域的な地質構造を把握し、岩相を区分することである。

解析対象範囲は表 6 の緯度・経度を囲む図 6 に示す範囲であり、解析対象面積は 550km² である。

表 6 衛星画像解析対象範囲の緯度・経度

Corner	Longitude	Latitude
Upper Left	9° 40' 10.3" E	36° 39' 05.0" N
Upper Right	9° 43' 02.6" E	36° 36' 13.9" N
Lower Left	9° 03' 10.4" E	36° 16' 03.4" N
Lower Right	9° 10' 24.6" E	36° 10' 44.6" N

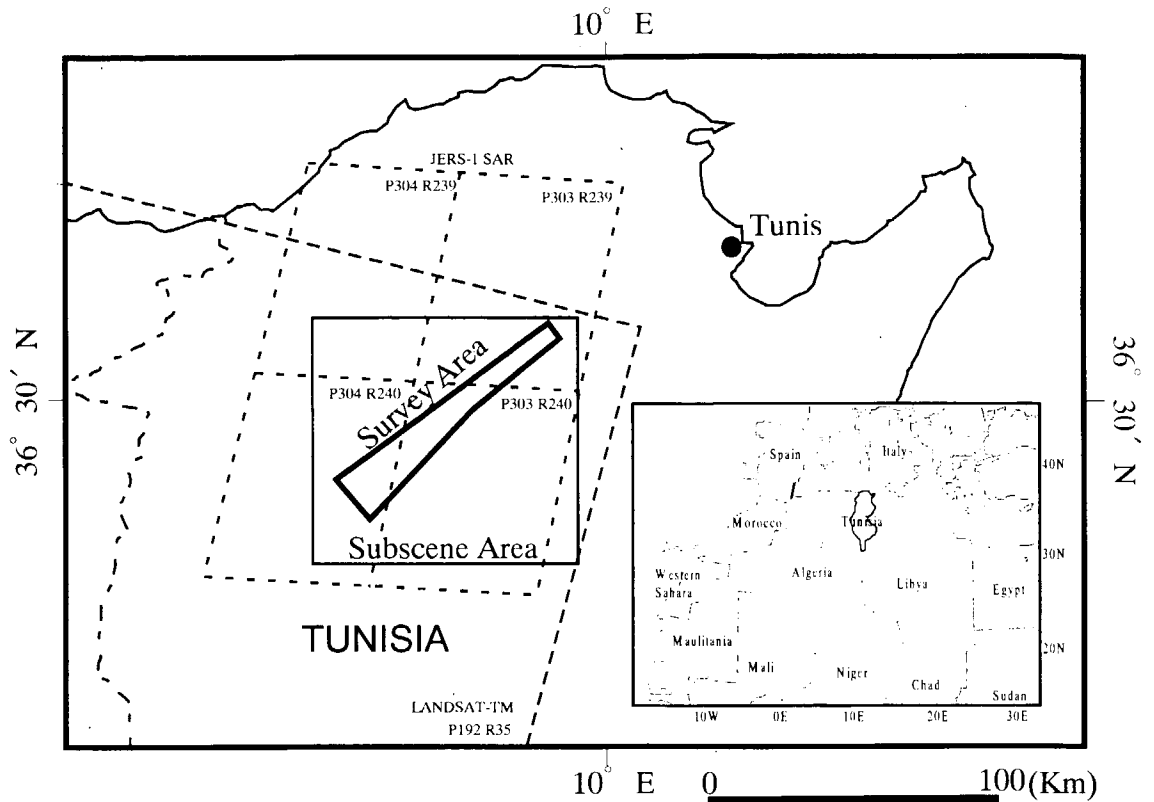


図6 衛星画像位置及び解析範囲図

2.2.2 LANDSAT-TM 画像解析

(1) 使用データ

表7に本画像解析に使用したLANDSAT-TMデータの諸元を示す。LANDSAT-TMデータは対象地域において植生の活性度がもっとも低い乾季(9月)のデータを使用した。

表7 LANDSAT-TM データ諸元

センサー	パス(Path)	ロウ(Row)	データ取得日
LANDSAT-TM	192	35	1987.09.13

LANDSAT-TMデータは、表8に示したように、可視近赤外域に4バンド(バンド1~4)、短波長赤外域に2バンド(バンド5, 7)、熱赤外域に1バンド(バンド6)を持つ多バンドデータである。可視近赤外域のバンド1~4は遷移金属の電子エネルギー準位の遷移に伴う反射スペクトルが現れ、特に赤鉄鉱、鉄明ばん石、針鉄鉱、褐鉄鉱などの鉄酸化物の吸収をバンド1(0.45~0.52 μ m)において観測可能である。短波長赤外域のバンド7(2.08~2.35 μ m)において、各種粘土鉱物及び炭酸塩鉱物の吸収を観測可能である。

表 8 LANDSAT-TM の観測波長域及び地表分解能

バンド	波長帯 (μm)	分解能 (m)	走査幅 (km)
1	0.45~0.52	30	185
2	0.52~0.60	30	185
3	0.63~0.69	30	185
4	0.76~0.90	30	185
5	1.55~1.75	30	185
6	10.40~12.50	120	185
7	2.08~2.35	30	185

(2) 画像処理

LANDSAT-TM フルシーンから解析対象範囲を含む 2,685 ピクセル×2,628 ラインを切り出し、表 9 に示した地図投影パラメータによって各種フォールスカラー画像及び主成分圧縮画像を作成した。

表 9 LANDSAT-TM 地図投影パラメータ

Coordination	UTM
Zone	32
Projection	Transverse Mercator
Earth Model	WGS84
Center Longitude	9.00000
Upper Left	500,000.000E; 4,057,938.798N
Lower Right	575,277.425E; 3,984,270.969N

(3) フォールスカラー画像

① RGB=3・2・1 (図 7)

肉眼に近いイメージを表現するバンド組み合わせのフォールスカラー画像である。対象地域の画像では、植生地域が黒色、暗褐色を呈し、裸地では白色、淡緑色、淡褐色を呈し、耕作地において褐色、淡褐色、淡灰色を呈する。この画像では、地形、地質構造を読み取ることは可能であるが、岩相を識別することは困難である。

② RGB=7・4・1 (図 8)

金属鉱床に伴われる粘土化変質帯・炭酸塩岩類及び鉄酸化帯の抽出をねらったバンド組み合わせのフォールスカラー画像である。バンド 7 によって粘土化変質帯・炭酸塩岩類、バンド 1、4 によって鉄酸化帯の識別を目的としている。可視近赤外域のみのフォールスカラー画像(図 7)に比べて色彩のバラエティーに富む画像となった。画像上では、山地において緑色、暗緑色、紫色、黄色、淡緑色、淡灰色などを呈し、岩相の違いを表しているものと考えられる。地形、地質構造、土地利用状況なども読み取ることが可能である。

(4) 主成分圧縮画像 (図 9)

主成分分析を画像解析に使用する目的としては、多バンドデータの情報を圧縮し、同時に複雑

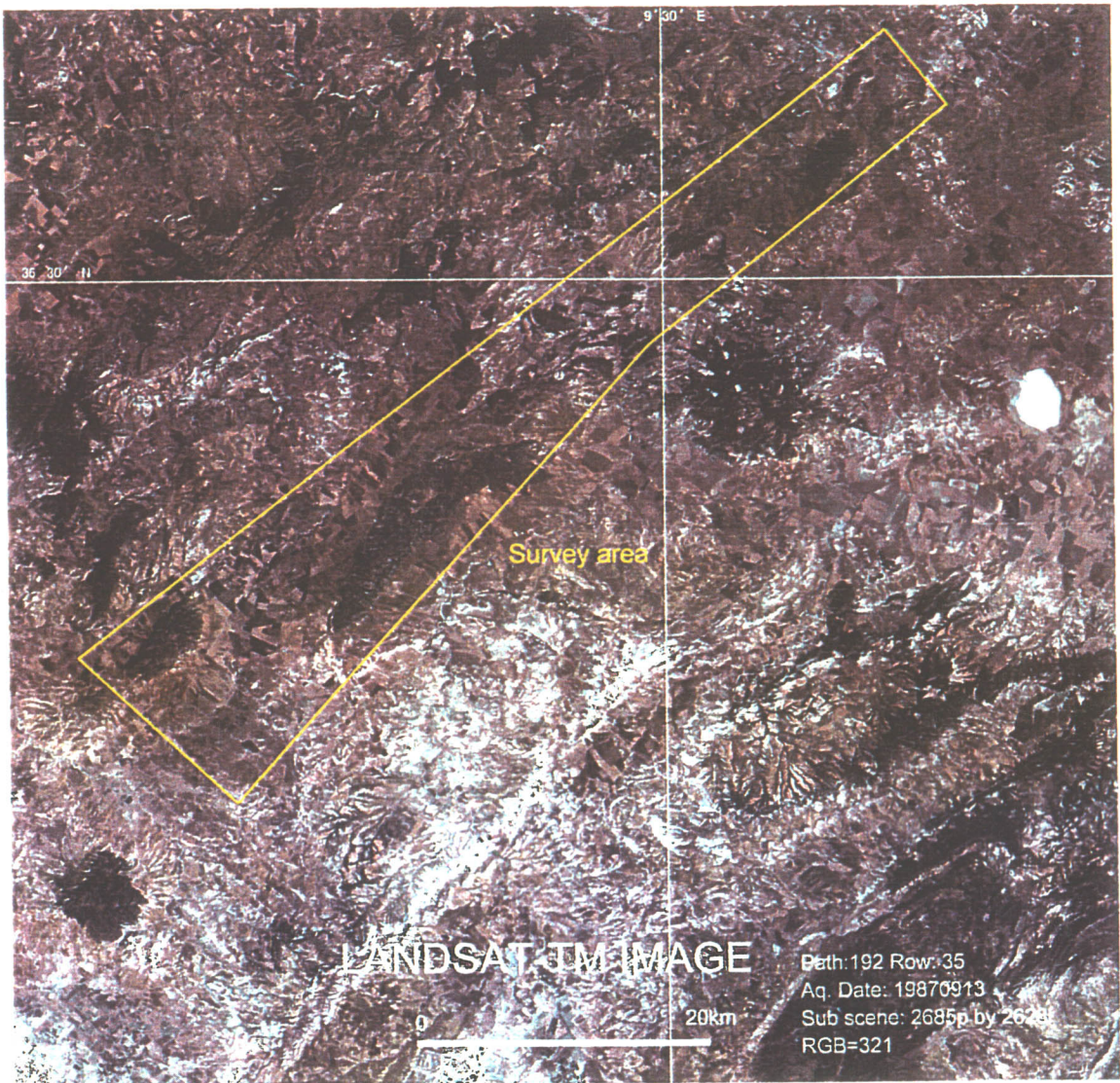


図7 フォールスカラー画像 (RGB=3・2・1)

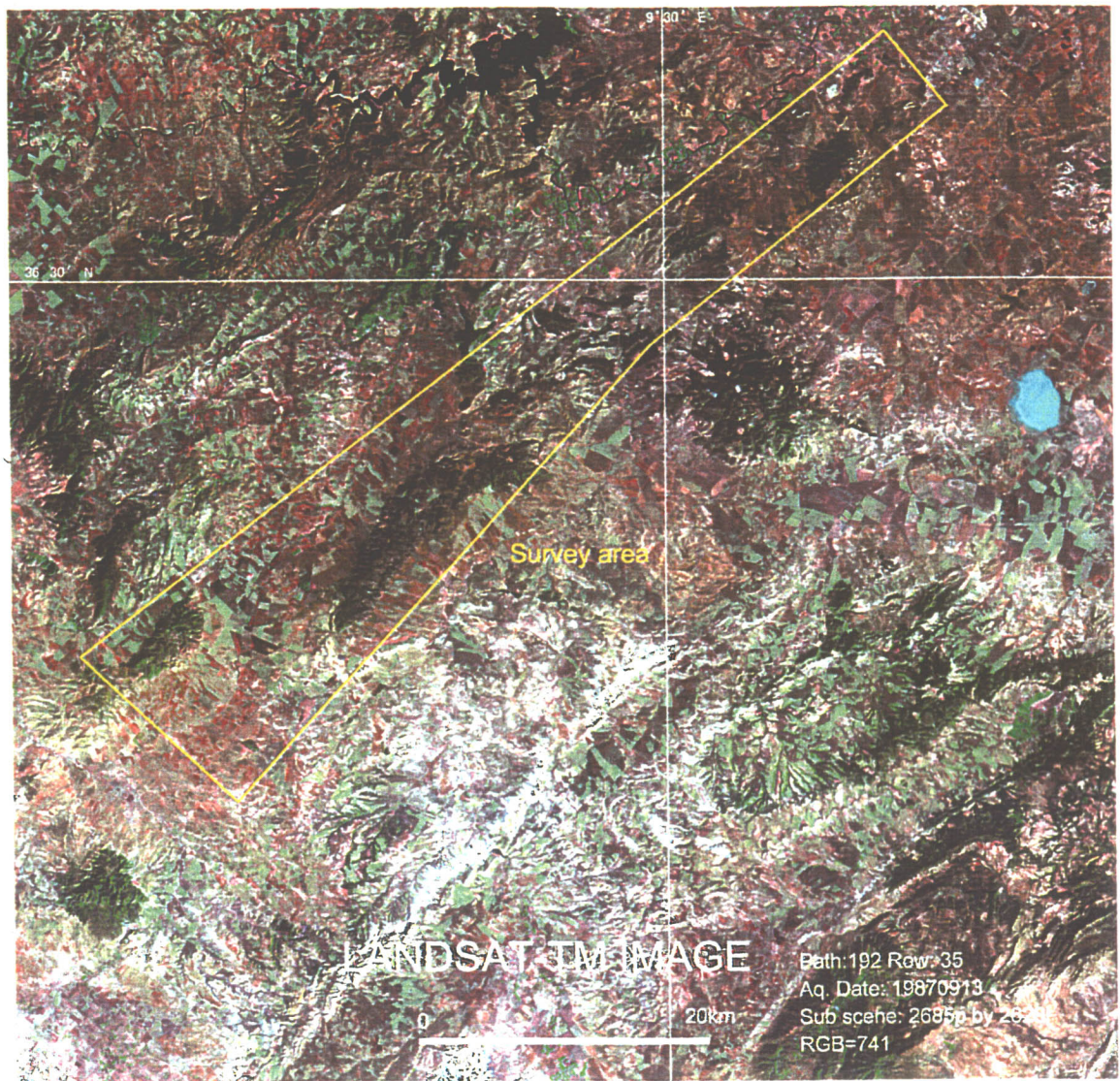


図8 フォールスカラー画像 (RGB=7・4・1)

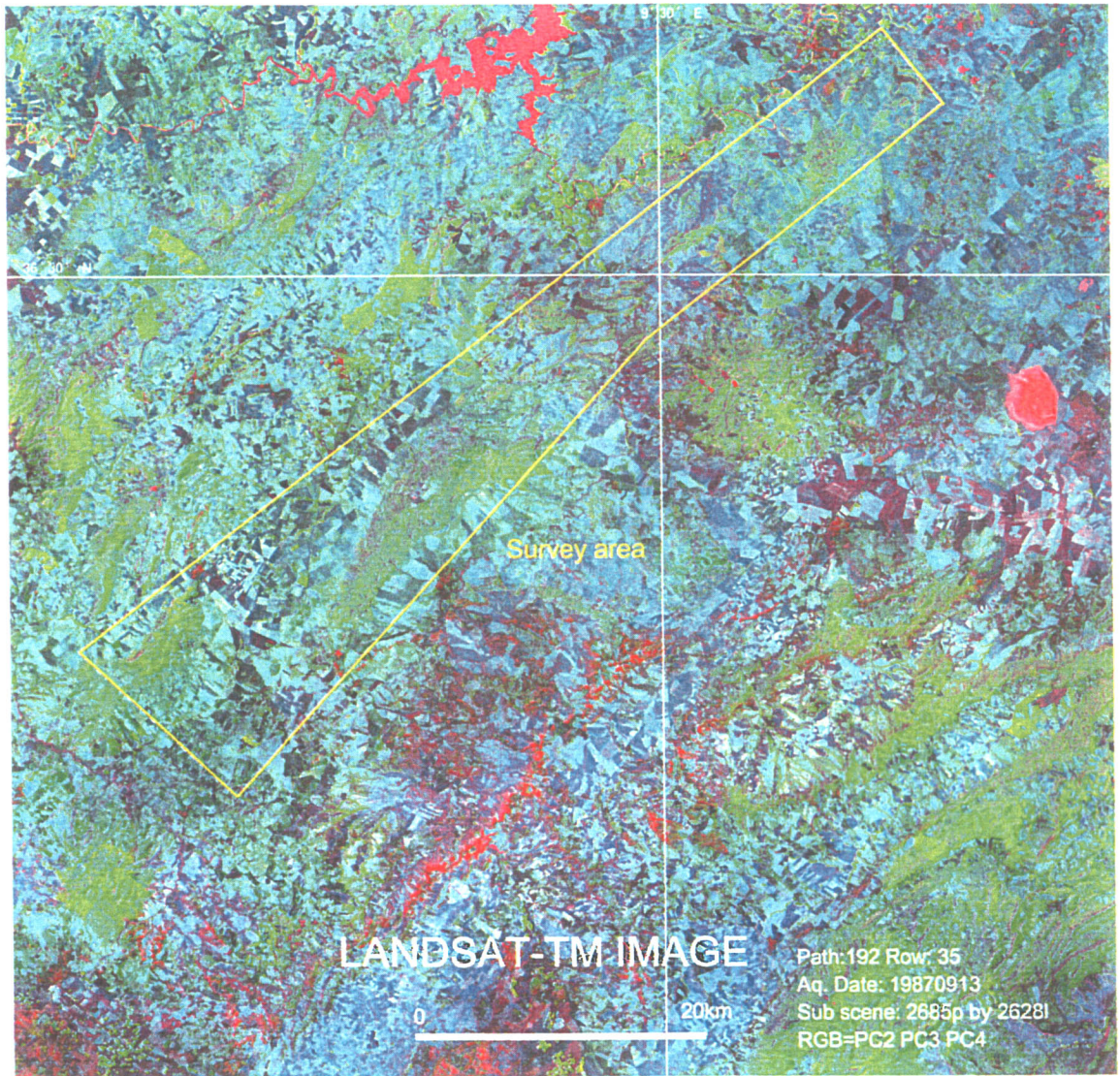


图9 主成分压缩画像 (RGB=PC2·PC3·PC4)

な情報を整理・選択して解釈することである。フォールスカラー画像上には3バンドの情報しか反映させることができないが、主成分分析によって得られた3つの主成分をカラー合成することによって、多バンドの情報(複数の鉱物のスペクトル特徴)をまとめて反映することができ、必要な情報のみを選択することができる。

本画像解析においては主成分分析の入力成分として、バンド1, 2, 3, 4, 5及び7の6バンドを使用した。

表10に主成分分析の結果得られた各主成分の固有値及び寄与率を示し、表11に各主成分の固有ベクトルを示す。

表10 各主成分の固有値及び寄与率

Eigenchannel	Eigenvalue	Deviation	Contribution
PC1	3308.2209	57.5171	90.84%
PC2	224.3998	14.98	6.16%
PC3	71.4512	8.4529	1.96%
PC4	22.8297	4.778	0.63%
PC5	12.4711	3.5314	0.34%

表11 各主成分の固有ベクトル

	Band_1	Band_2	Band_3	Band_4	Band_5	Band_7
PC1	0.31187	0.23429	0.42717	0.3041	0.65672	0.37633
PC2	0.49195	0.33167	0.38159	0.29643	-0.51948	-0.38032
PC3	-0.40257	-0.18396	-0.06769	0.75454	0.20107	-0.43562
PC4	-0.14969	-0.00997	0.46023	-0.49694	0.36215	-0.62256
PC5	0.60781	-0.03198	-0.61225	-0.04084	0.34804	-0.36318

第1主成分(PC1)は全バンドの固有ベクトルが高い正の値を示し、寄与率が90.84%と非常に高いことから、主に地形の陰影(アルベド)に起因する主成分であると考えられる。

第2主成分(PC2)はバンド7及びバンド5の固有ベクトルが高い負の値を示し、主にこれらのバンドに吸収を示す炭酸塩鉱物や粘土鉱物に起因する主成分であると考えられる。

第3主成分(PC3)はバンド4の固有ベクトルが高い正の値を示し、バンド1及びバンド7の固有ベクトルが高い負の値を示すことから、主にこれらのバンドに高反射及び吸収を示す植物及び鉄酸化物に起因する主成分であると考えられる。

第4主成分(PC4)はバンド7の固有ベクトルが高い負の値を示すことから、主にこのバンドに吸収を示す粘土鉱物及び炭酸塩鉱物に起因する主成分であると考えられる。

第5主成分(PC5)はバンド1とバンド3の固有ベクトルの絶対値が高い値を示すことから、主にこれらのバンドに高反射及び吸収を示す鉄酸化物に起因する主成分であると考えられる。

図6に主成分圧縮画像(RGB=PC2・PC3・PC4)を示す。本画像は主に地形の陰影(アルベド)に起因する主成分であると考えられる第1主成分(PC1)を使用していないため、地形の陰影(アルベド)の

影響が除去され、主に植生及び地質(岩相)の情報が反映された画像であると考えられる。

各主成分の解釈から、赤及び青系統の発色域は炭酸塩鉱物や粘土鉱物が分布し、緑系統の発色域は植物及び鉄酸化物が多く分布することを示している。

(5) 写真地質学的判読

写真地質学的判読作業には、最も地質、地質構造、岩相を反映した画像であると考えられるフールスカラー画像(RGB=7・4・1)を使用した。既存の 1:500,000 の地質図を参考として整理した判読結果を地質判読図にまとめた。

表 12 に判読チャートを示し、図 10 に地質構造解析図を示す。

判読の結果、地質単元は 10 に区分された。判読された各地質単元ごとに画像上での特徴を以下にまとめる。

① 単元 T

対象地域内において、北東-南西走向に伸長するドーム状構造を呈し、他の地質単元と容易に区別できる。色調は暗緑色、暗褐色を呈し、肌合いは中程度である。部分的に層理も認められる。三畳系の堆積岩類、炭酸塩岩類、蒸発岩類(T)に対比される。

② 単元 C1

色調は暗緑色、緑色、淡緑色、暗褐色、紫色を呈し、肌合いは中程度である。層理が発達し、岩石の抵抗度が高い。白亜系の堆積岩類(泥灰岩など)、炭酸塩岩類(aC2, C1)に対比される。

③ 単元 C2

主に対象地域南東方に広く分布する。色調は淡緑色、紫色、白色、赤褐色を呈し、肌合いは細かい。層理は中程度認められ、単元 C1 に比べ岩石の抵抗度が低い。白亜系の堆積岩類(泥灰岩など)(C2-E1, C2)に対比される。

④ 単元 P

対象地域南西方に分布する。色調は淡緑色、淡褐色、桃色、白色を呈し、肌合いは中程度である。層理は稀に認められ、岩石の抵抗度が低い。暁新統の堆積岩類(Cm2-P)に対比される。

⑤ 単元 E

色調は褐色、赤褐色、緑色、暗褐色を呈し、肌合いは細かい。層理は稀に認められ、岩石の抵抗度は低い。始新統の堆積岩類(E2-3, aE2-3, E1, aE1)に対比される。

⑥ 単元 O

色調は暗緑色、暗褐色、紫色を呈し、肌合いは中程度である。層理は稀に認められ、岩石の抵抗度は中程度である。漸新統の堆積岩類(M1, O-M1, O, O1)に対比される。

⑦ 単元 M

色調は淡緑色、淡褐色、淡黄色、桃色、淡灰色を呈し、肌合いは中程度である。層理は中程度認められ、岩石の抵抗度は中程度である。中新統の堆積岩類(M3)に対比される。

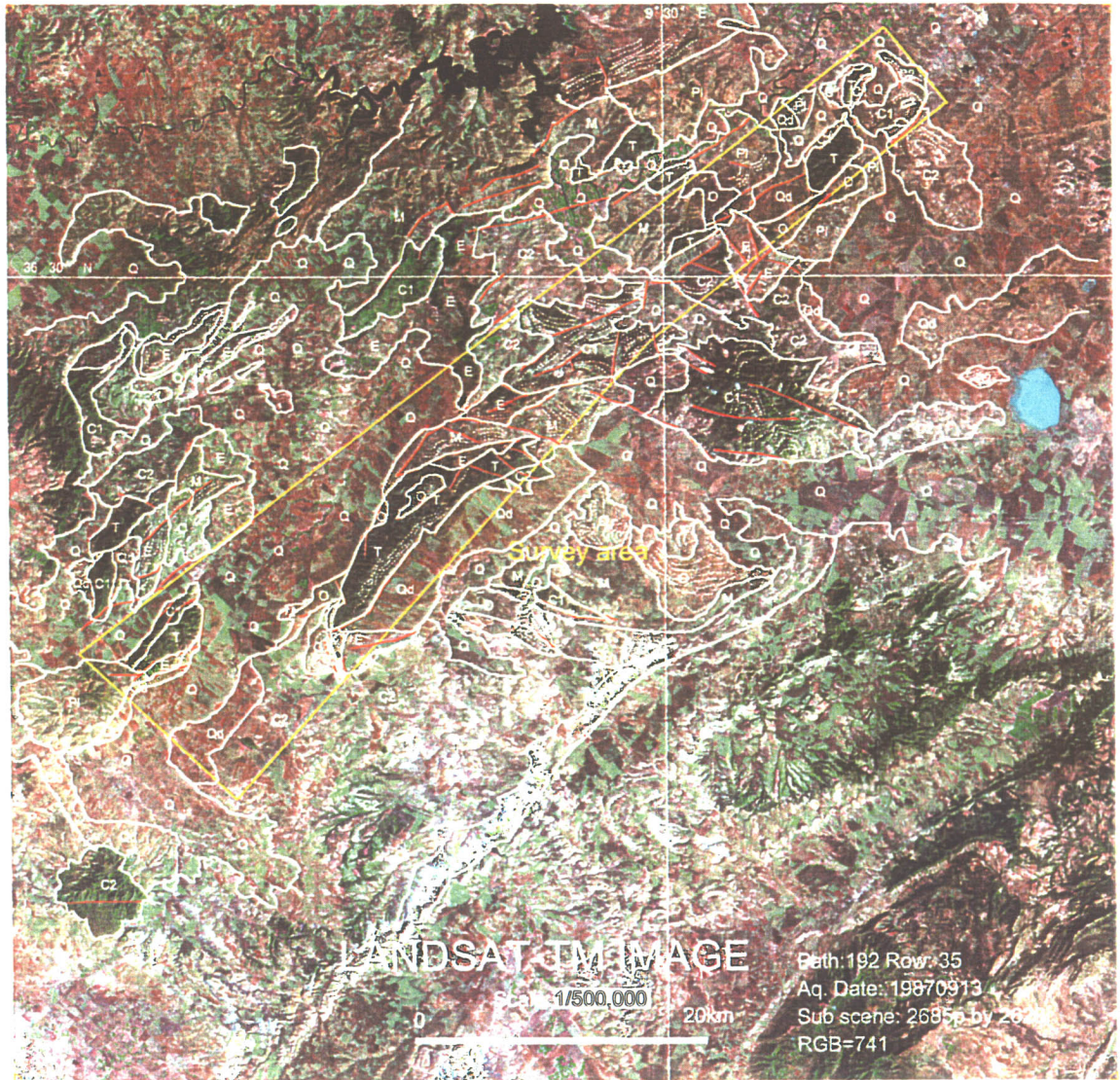


图 10 LANDSAT-TM地質構造解析图

⑧ 単元 Pl

色調は淡緑色，黄色，淡黄色を呈し，肌合いは中程度である。層理は稀に認められ，岩石の抵抗度は中程度である。鮮新統の堆積岩類(Pl, M-Pl)に対比される。

⑨ 単元 Qd

山地の斜面に分布する。色調は褐色，淡緑色を呈し，肌合いは非常に細かい。岩石の抵抗度は非常に低い。第四系の砂堆(dQ)に対比される。

⑩ 単元 Q

河川沿いの平地に広く分布し，耕作地として利用されている。色調は褐色，桃色，緑色，淡緑色，紫色を呈する。第四系(aQ)に対比される。

表 12 LANDSAT-TM 判読チャート (RGB=7・4・1)

Photogeologic units	Image characteristics		Geomorphological features				Correlation with Geologic map
	Tone	Texture	Drainage		Rock resistance	Bedding	
			pattern	Density			
Q	brown, pink, green, light green, violet	none	---	---	---	none	aQ
Qd	brown, light green	very smooth	parallel	low	very low	none	dQ
Pl	light green, yellow, light yellow	intermediate	pinnate	high	moderate	rare	Pl, M-Pl
M	light green, light brown, light yellow, pink, light grey	intermediate	dendritic	moderate	moderate	moderate	M3
O	dark green, dark brown, violet	intermediate	dendritic	moderate	moderate	rare	M1, O-M1, O, O1
E	brown, reddish brown, green, dark brown	smooth	dendritic	low	low	rare	E2-3, aE2-3, E1, aE1
P	light green, light brown, light yellow, pink, white	intermediate	dendritic	moderate	low	rare	Cm2-P
C2	light green, violet, white, reddish brown	smooth	dendritic	moderate	low	moderate	C2-E1, C2
C1	dark green, green, light green, dark brown, violet	intermediate	dendritic	moderate	high	well	aC2, C1
T	dark green, dark brown	intermediate	dendritic	high	high	moderate	T

2.2.3 JERS-1 SAR 画像解析

(1) 使用データ

表 13 に本画像解析に使用した JERS-1 SAR データの諸元を示す。

表 13 JERS-1 SAR データ諸元

センサ	パス (Path)	ロウ (Row)	データ取得日
JERS-1 SAR	303	239	19960910
	303	240	19960910
	304	239	19920624
	304	240	19920624

JERS-1 SAR センサの仕様を表 14 に示す。JERS-1 SAR センサは，サイドルッキング方式の合成開口レーダーの一つである。

表 14 JERS-1 SAR センサの仕様

バンド	1 (Lバンド)
周波数	1275MHz
分解能	18m
走査幅	75km
オフナディア角	35°
偏 波	HH

(2) 画像処理

JERS-1 SAR データを画像化する際、前処理として3×3 ピクセルのメディアンフィルターを適用し、リニアメント判読が容易となるようエッジ強調処理を各データに施した。表9に示した地図投影パラメータによって、JERS-1 SAR の4シーンのデータを画像化した後、デジタルモザイク処理によって1画像とし、このデジタルモザイク画像から解析対象範囲を含む5330ピクセル×5205ラインを切り出し、写真地質学的判読作業に供した。

(3) 写真地質学的判読

起伏の東側が明るく、フォアショートニングが認められる。これは、この画像が東の方向から撮像されたものであることを示している。

SAR 画像にはマイクロ波の後方散乱による反射の強度が現れる。したがって、ラフネス(roughness)が強い場合画像上で明るくなり、ラフネスが弱い場合画像上で暗くなる。調査地域におけるラフネスの違いは、主に植生及び岩相の違いが反映されているものと考えられる。画像上では植生が多い山地で明るく、地表に凹凸の少ない平地で暗い。植生が多い川沿いは明るく、水系の判読が容易である。また、湖や貯水ダムでは、鏡面反射によって後方散乱が起こらず、画像上で暗黒を呈する。

図11にリニアメント解析図を示す。リニアメントは三畳系～第三系分布域に多く認められ、北東-南西系のものが最も多く、北西-南東系、東西系のものも認められる。既知鉱床が分布し、本調査の精査地区であるラクワット-アルグブ-アダマ地区、ブキル地区、バジナ-ケビラ地区及びウエド-ジェブス地区には、北西-南東系のリニアメントが卓越する。

図12にLANDSAT-TMの判読によって得られた地質判読結果を、JERS-1 SAR画像上に再投影した地質単元区分図を示す。JERS-1 SAR画像では、LANDSAT-TM画像よりも地質識別能力が劣る。これはLANDSAT-TM画像が多バンドのスペクトル情報を有することに対し、JERS-1 SAR画像は、ラフネスや水系パターンなど地表の形状情報しか反映しないことが原因であると考えられる。

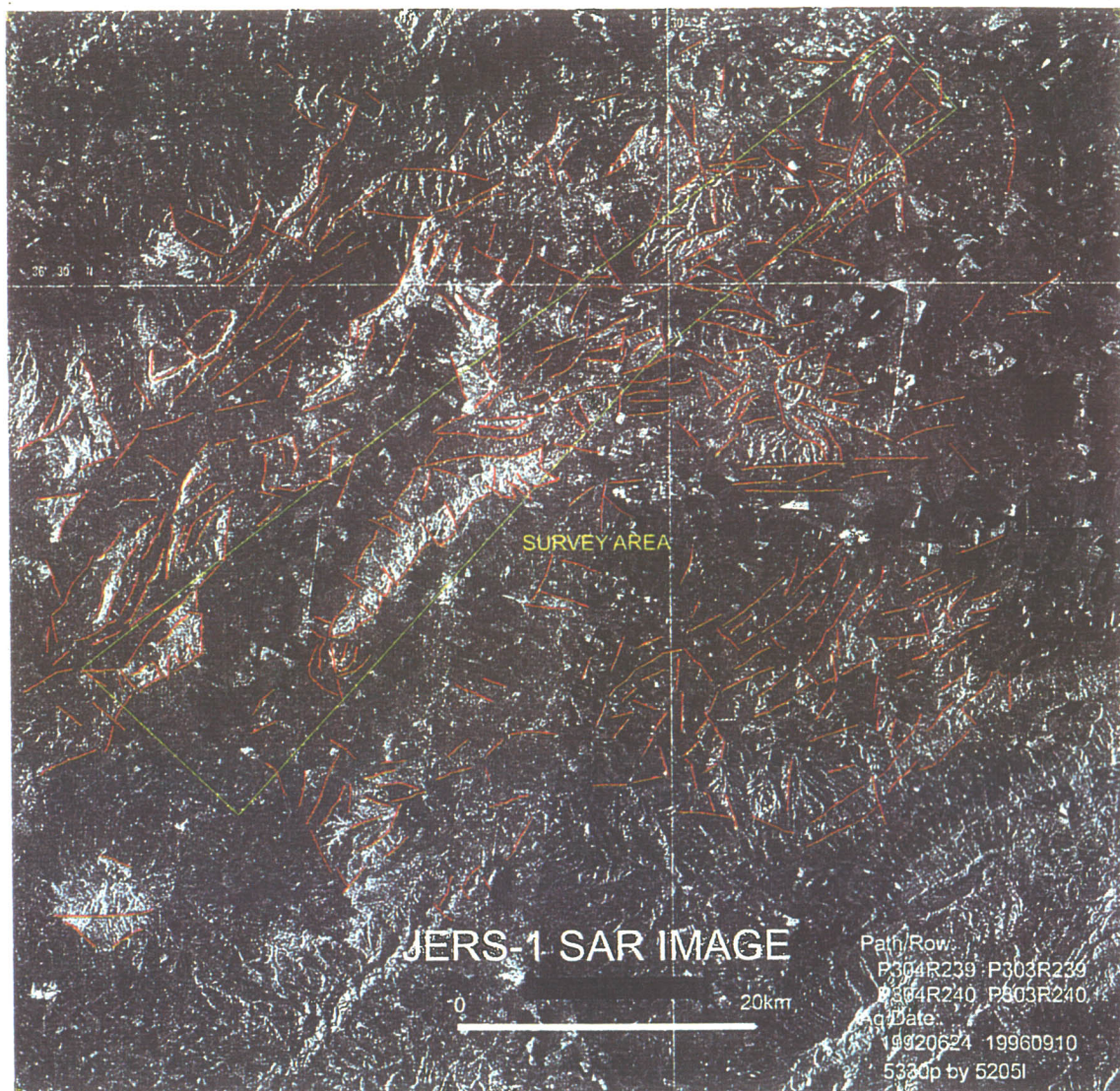


図 11 SAR 画像リニアメント解析図

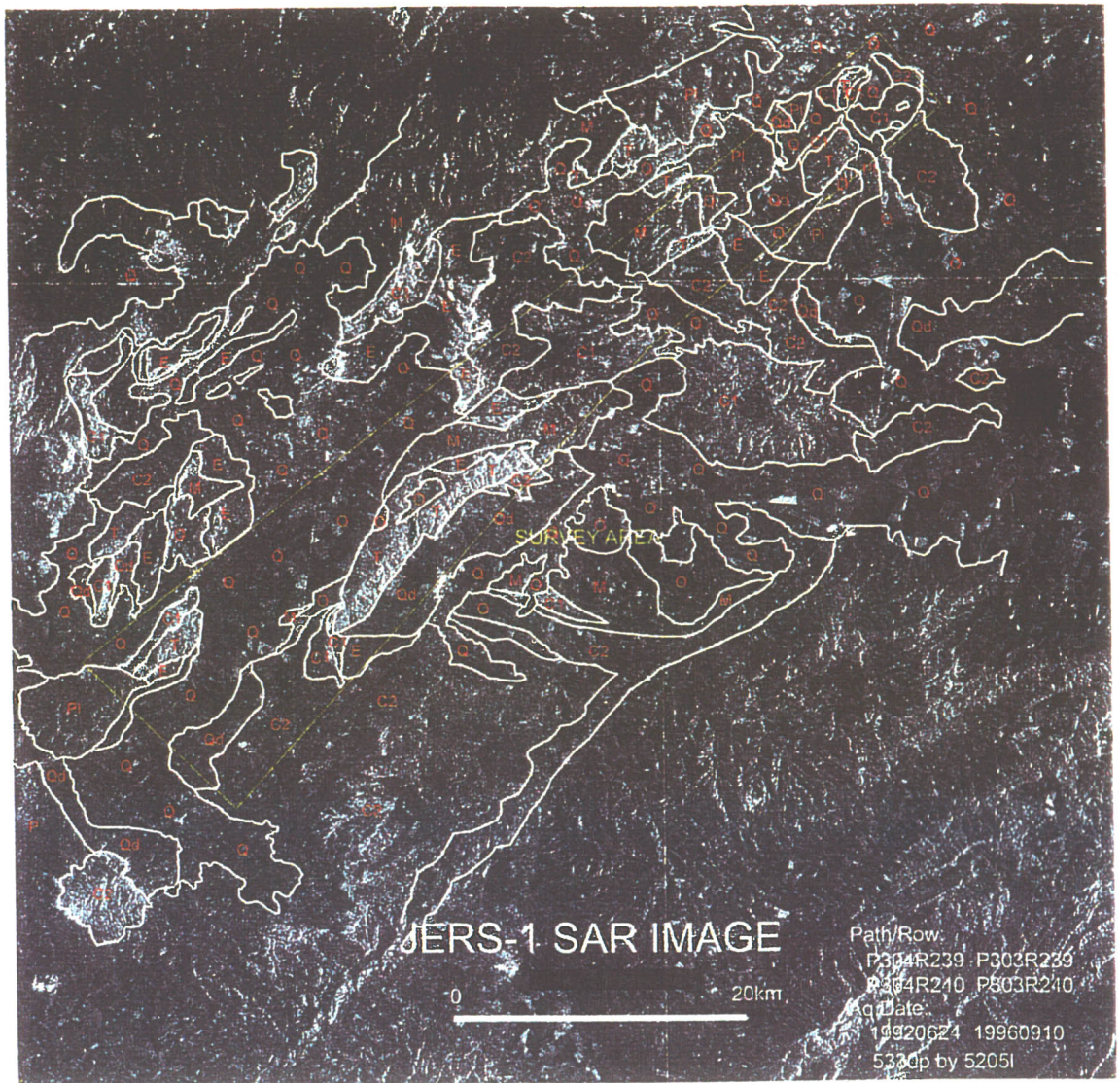


图 12 SAR 画像地質单元区分图