

第 II 部 各論

第Ⅱ部 各論

第1章 既存データ解析

1-1 既存データ収集対象機関

既存データは、モンゴル国鉱物資源管理庁地質情報センター（Geological Information Center, Mineral Resources Authority of Mongolia : GIC, MRAM）で収集した。地質情報センターでは、社会主義時代にモンゴルで行われた地質調査・鉱物資源探査データの全て、および1990年の民主化以降にモンゴル国が実施した地質調査・鉱物資源探査データが保管されている。保管されている報告書および関係図面のオリジナルは一部のみで、閲覧は自由であるものの地質情報センター外への持ち出しは禁止されている。また、Erdenet 鉱山およびその周辺の既存データについては、Erdenet 鉱山会社（Erdenet Mining Corporation）および同鉱山に過去勤務していたモンゴル人地質技師よりコピーを譲り受けた。

文献については、国内の JICST 文献検索および上記地質情報センターで収集し、重要と思われるロシア語文献は英語へ翻訳した。

1-2 既存データの種類

入手した既存データの種類の多岐に亘り、以下に分類される。またデータの詳細については、分類ごとにリストにまとめた（Appendix）。データの範囲は基本的にモンゴル国中央北部地域である。

◎文献（Appendix Table A-1）

◎鉱床・鉱徴地データ（Appendix Table A-2）

本年度調査範囲内の合計 398 の鉱徴地リスト（モンゴル語）を英語でまとめた。

◎縮尺 1/50 万地形図（6 葉；Appendix Table A-3）

標高コンターの上に地勢が色付けされている。国境、主要道路、主要市町村名、河川名、山名、湖名の記載あり。言語はモンゴル語。

◎縮尺 1/10 万地形図（48 葉；Appendix Table A-3）

調査鉱徴地周辺のみ。白黒。標高コンターおよび主要市町村名、河川名、山名の記載あり。言語はモンゴル語。

◎縮尺 1/100 万地質図（2 葉；Appendix Table A-4）

◎縮尺 1/50 万地質図（1 葉；Appendix Table A-4）

1900 年代に旧ソ連邦と共同で作成。

◎縮尺 1/50 万鉱物資源図（6 葉、凡例を含む；Appendix Table A-4）

◎縮尺 1/20 万地質図（20 地区；Appendix Table A-4, Fig.A-1）

1989 以前に旧ソ連邦と共同で調査・作成したもの（言語はロシア語）と 1990 年以降にモンゴル国単独で調査・作成したもの（言語はモンゴル語）がある。付帯報告書があり、第 1 章は地質構造、第 2 章は鉱物・鉱床、第 3 章はまとめおよび今後の展望、の構成となっている。第 3 章についてのみ英訳した。

◎調査範囲内、縮尺 1/5 万地質図（11 地区；Appendix Table A-4, Fig.A-2）

内容については上記の縮尺 1/20 万地質図と同様で付帯報告書がある。

◎鉱徴地周辺地質図（29 鉱徴地；Appendix Table A-5）

第 1 年次調査鉱徴地を含む周辺の地質図。

◎鉱徴地ファイル（19 鉱徴地）

第 2 年次に Tariat 地区、Tosontsengel 地区、Tsagaan uul 地区および Murun West 地区で調査を実施した鉱徴地データおよび地質図等をまとめたファイル。カウンターパートが作成（英語）。

◎鉱徴地周辺地質図およびボーリング柱状図（Appendix Table A-6）

第 2 年次に調査を実施した鉱徴地の地質図および既往調査結果（ボーリング柱状図等）。凡例や記載を英語に翻訳。

◎Erdenet 鉱山およびその周辺の地質図、地化学探査・物理探査結果図面
（Appendix Table A-7）

縮尺は様々。白黒およびカラー。平面図および断面図。調査・作成は主として 1980 年代。

◎調査範囲内 物理探査（Appendix Table A-8, Fig.A-3）

電気探査（比抵抗、IP）、電磁探査、磁気探査、空中磁気探査、空中放射能探査。

1-3 既存データの解析

鉍徴・鉍床地リストの銅および金鉍徴地の記載をグラントルース地点の選定に利用した。特に品位（基準 $\text{Cu} \geq 0.02\%$, $\text{Au} \geq 0.01\text{g/t}$ ）や変質帯の規模・記載に着目した。

現地調査期間中は、グラントルース地点周辺のデータ（地質図、地化学探査、物理探査図面）を活用し、調査の効率化を計った。

第2章 衛星画像解析

2-1 JERS-1/SAR 画像処理・作成

2-1-1 序論

(1) 調査目的

モンゴル国中央北部の、北緯 48° ~ 52° 、東経 96° ~ 105° の範囲（一部ロシア領を除く）について、JERS-1/SAR データを用いてデジタルモザイク画像を作成する。モザイク画像は、南北 1° × 東西 1.5° の図画単位とする。また、同時に全域のモザイク画像も作成する。

(2) 調査内容

調査内容および方法の概要は以下のとおりである。

- ① JERS-1/SAR データについて、ビット変換、トレンド補正、相対位置関係の計算およびシーン接合・濃度調整を施し、デジタルモザイク画像を作成する。
- ② ジタルモザイク画像と地形図を対比し、画像に対して地理座標系を割り付けた後、南北 1° × 東西 1.5° の図画単位で画像の切り出しをする。
- ③ 各図画を接合し、対象地域全域のモザイク画像を作成する。

(3) 対象地域の概要

対象地域は、モンゴル国中央北部の、北緯 48° ~ 52° 、東経 96° ~ 105° の範囲（一部ロシア領を除く）の、面積約 $250,000\text{km}^2$ の範囲である（Fig.II-2-1）。この地域はバイカル湖の西部にあたり、南部は草原や湿地帯が多いが、北部のロシア国境付近は標高 $3,000\text{m}$ を超える山岳地帯である。

2-1-2 使用衛星データ

対象地域を矩形で表すと、それをカバーする JERS-1/SAR データは 141 シーンである。しかし、一部ロシア領にかかる部分があるため、北西隅と北東隅が欠けた凸型の範囲となる。従って、実際にモザイク作成に使用した衛星データは 130 シーンである（Table II-2-1, Fig.II-2-2）。

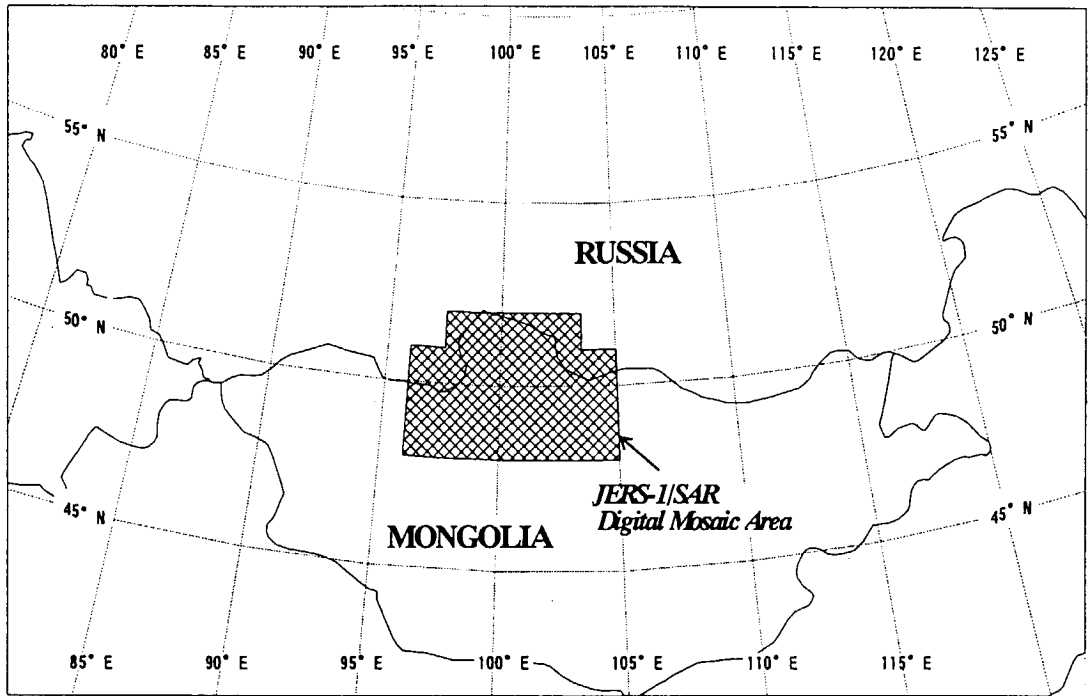


Fig. II-2-1 Location of satellite image analysis

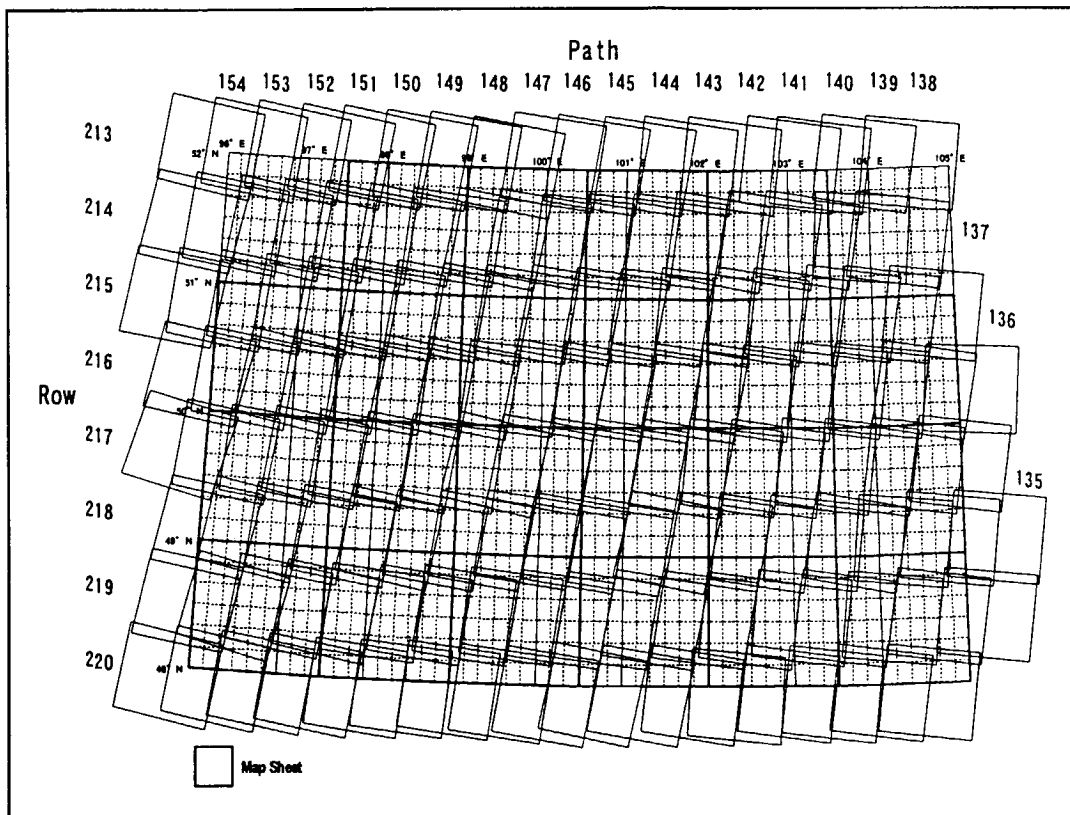


Fig. II-2-2 Index map of JERS-1/SAR data

Table II-2-1 List of JERS-1/SAR data

Path	Row	Date	N/U
135	218	1997/04/24	※
	219	1997/04/24	
	220	1997/04/25	
136	216	1997/04/25	
	217	1997/04/25	
	218	1997/04/25	
	219	1997/04/25	
	220	1997/04/26	
137	215	1997/04/26	
	216	1997/04/26	
	217	1997/04/26	
	218	1997/04/26	
	219	1997/04/26	
138	213	1997/04/27	※
	214	1997/04/27	※
	215	1997/04/27	
	216	1997/04/27	
	217	1997/04/27	
	218	1997/04/27	
	219	1997/04/27	
139	213	1994/01/26	※
	214	1995/07/08	
	215	1995/07/08	
	216	1995/07/08	
	217	1995/07/08	
	218	1995/07/08	
	219	1995/07/08	
140	213	1997/04/29	
	214	1997/04/29	
	215	1997/04/29	
	216	1997/04/29	
	217	1997/04/29	
	218	1997/04/29	
	219	1997/04/29	
141	213	1995/01/15	
	214	1993/05/09	
	215	1993/05/09	
	216	1993/05/09	
	217	1993/05/09	
	218	1993/05/09	
	219	1997/04/30	
220	1997/05/01		
142	213	1997/05/01	
	214	1997/05/01	
	215	1997/05/01	
	216	1997/05/01	
	217	1997/05/01	
	218	1997/05/01	
	219	1997/05/01	
	220	1997/05/02	
143	213	1997/05/02	
	214	1997/05/02	
	215	1997/05/02	
	216	1997/05/02	
	217	1997/05/02	
	218	1997/05/02	
	219	1997/05/02	
144	213	1997/05/03	
	214	1997/05/03	
	215	1997/05/03	
	216	1997/05/03	
	217	1997/05/03	
	218	1997/05/03	
	219	1997/05/03	
145	213	1994/02/01	
	214	1994/02/01	
	215	1994/02/01	
	216	1994/02/01	
	217	1994/02/01	
	218	1994/02/01	
	219	1994/02/01	
146	213	1994/02/02	
	214	1994/02/02	
	215	1994/02/02	
	216	1994/02/02	
	217	1994/02/02	
	218	1994/02/02	
	219	1994/02/02	
147	213	1997/05/06	
	214	1997/05/06	
	215	1997/05/06	
	216	1997/05/06	
	217	1997/05/06	
	218	1997/05/06	
	219	1997/05/06	
220	1997/05/07		
148	213	1997/05/07	
	214	1997/05/07	
	215	1997/05/07	
	216	1997/05/07	
	217	1997/05/07	
	218	1997/05/07	
	219	1997/05/07	
149	213	1997/05/08	
	214	1997/05/08	
	215	1997/05/08	
	216	1997/05/08	
	217	1997/05/08	
	218	1997/05/08	
	219	1997/05/08	
150	213	1997/05/09	
	214	1997/05/09	
	215	1997/05/09	
	216	1997/05/09	
	217	1997/05/09	
	218	1997/05/09	
	219	1997/05/09	
151	213	1997/05/10	
	214	1997/05/10	
	215	1997/05/10	
	216	1997/05/10	
	217	1997/05/10	
	218	1997/05/10	
	219	1997/05/10	
152	213	1997/05/11	※
	214	1997/05/11	※
	215	1997/05/11	
	216	1997/05/11	
	217	1997/05/11	
	218	1997/05/11	
	219	1997/05/11	
153	213	1997/05/12	※
	214	1997/05/12	※
	215	1997/05/12	
	216	1997/05/12	
	217	1997/05/12	
154	213	1997/05/13	※
	214	1997/05/13	※
	215	1997/05/13	※

Mark ※ in N/U column shows JERS-1/SAR data that is not used for production of the mosaic image

2-1-3 使用機器およびソフトウェア

使用機器 : HP9000 シリーズ J200 (OS:HP-UX10.01)
ソフトウェア : ERDAS Imagine (Ver8.2)、三菱マテリアル資源開発株式会社開発画像処理ソフトウェア

2-1-4 データ処理

(1) デジタルモザイクの作成

デジタルモザイク作成フローを Fig.II-2-3 に示す。モザイクは、南北 1° ×東西 1.5° の図画単位で作成した。データの基礎的な情報を把握するため、全てのデータについて、16bit データでのヒストグラムを出力し、また目視により画像の状態を確認した。

(1-1) ビット変換処理

JERS-1/SAR のレベル 2.1 データは符号付き 16 ビットで提供されるため、データの基本統計量を算出した後 8 ビットデータに変換した。JERS-1/SAR データは、16 ビットデータそのものが物理量を示しているため、個々のシーンを異なる幅で 8 ビットに変換すると、原データの物理量としての相対的な関係を損なう恐れがある。これは、画像を接合する際に画像間で濃度の差と言う形で現われる。そこで、全てのデータについて同じ幅でストレッチをかけて 8 ビットに変換した方が良い。ビット変換に当たっては、16 ビット状態でのデータのヒストグラム形態が左右非対称であることを考慮し、湿地帯から山岳部までの代表的なヒストグラムを比較し、これらの地域でなるべく原データの画像特性を残す範囲をストレッチ幅とした。使用したストレッチ幅は 0 から 2800 である。

(1-2) トレンド補正

JERS-1/SAR 画像には、アジマス方向（衛星の軌道方向）に平行レンジ方向（レーダー照射方向）に変化するトレンドが存在する。このトレンドを補正するために、画像からそのトレンドを抽出し、画像全体の平均値からの差を求めてその値を元の画像から引き去ることによってトレンドを補正した。トレンドの抽出に当たっては、画像データのうち湖や山岳部などがあまりない部分、即ち画像上で変化が少ない部分を利用した。トレンドが抽出できない画像については、別の画像から抽出したトレンドを用いて補正を施した。

(1-3) 相対位置関係の計算

一般的には、衛星画像のモザイクでは、各シーン単位で GCP(Ground Control Point : 地上基準点)をとり、地理座標系を割り付けた後に貼り合わせを行う。しかし、対象となる地域の地形図の精度が悪かったり、地表の特徴があまり無く GCP がとりにくい場合は、その影

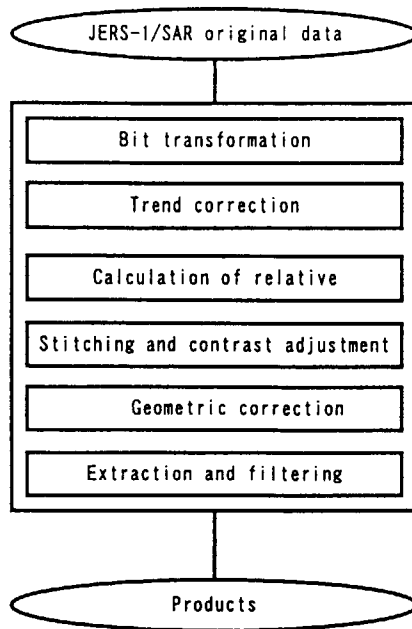


Fig. II-2-3 Flow chart of producing JERS-1/SAR mosaic image

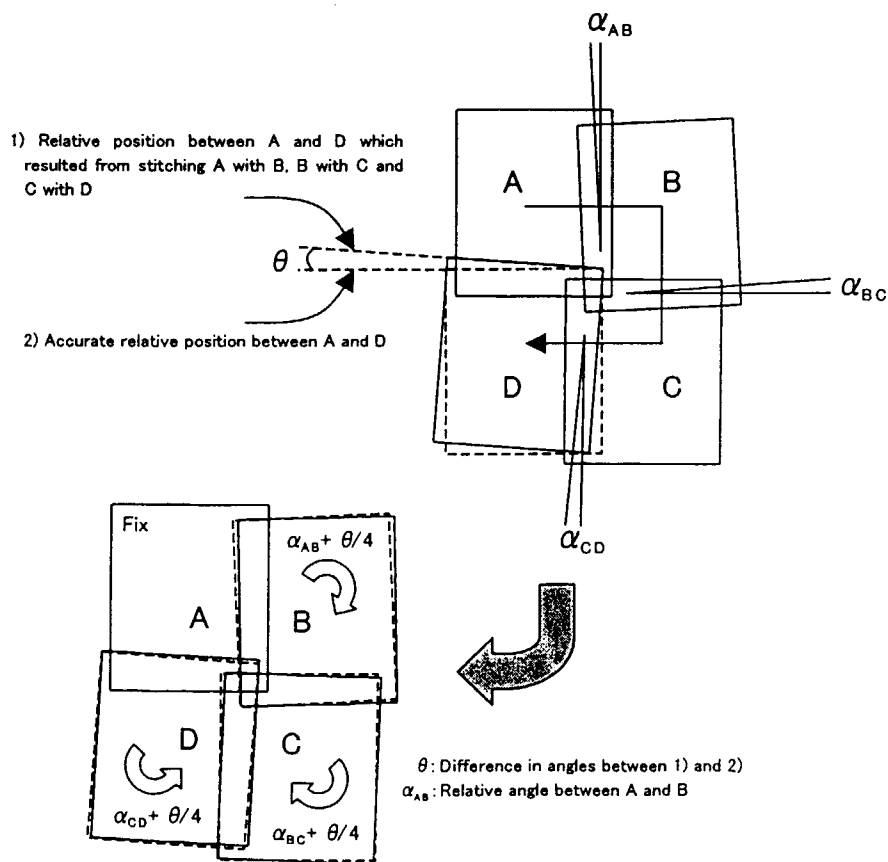


Fig. II-2-4 Process of stitching 4 scenes of JERS-1/SAR data

響がモザイク画像の一部に皺寄せされて歪みを生じ、接合精度が極端に落ちる。また、JERS-1/SAR 画像は UTM 座標系に投影されているが、衛星の軌道のぶれ等による画像間の位置ずれが生じている場合がある。そこで、画像間の相対位置関係を回転成分として算出し、画像を回転させることでずれを解消するという方法を適用した。その際に画像相互の回転により、ずれが一ヶ所に集中しないように、Fig.II-2-4 に示すプロセスで位置合わせを行った。

まず、隣り合う 4 シーンの画像データを 1 組として相互の回転角 α_{AB} 、 α_{BC} 、 α_{CD} 、 α_{DA} を求める。次に、4 つの画像データをその角度で回転させたときに発生する最終的な角度差 θ の 1/4 を 4 つの画像の回転角に再配分して、その回転角度に従って各画像データを回転させる。結果的に、4 つの画像に再配分した角度差の 1/4 θ が、この 4 画像接合上のエラーとなる。

(1-4) シーンの接合および濃度調整

相対位置関係を求めて画像回転を施した画像データは、求められた位置関係に従って接合した。接合する画像間では、データの取得時期の違い等による濃度の差があることから、画像間の濃度調整を施して接合した。濃度調整は、接合するシーンが重複する部分について統計量を取り、互いの平均値と標準偏差を一致させる方法をとった。

(2) モザイクの幾何補正

作成したモザイクに地理座標系を割り付けるために、地図データとの対比を行い幾何補正を行った。本地域では、TPC (Tactical Pilotage Chart) の縮尺 1/50 万地形図がデジタル化されていたため、このデータを用いて GCP を取り、幾何補正を行った。GCP は 1 図画当たり 10 点から 12 点とし、出来る限りモザイク画像の外周付近で取り、内部にも数点取った。また、出来るだけ均一に配置するように心がけた。

幾何補正には 3 次のアフィン変換を用い、Total RMS Error は 1 桁以内に収まるようにした。リサンプリングは元データの統計量をなるべく崩さない為に、最近隣法を用い、最終的なピクセルサイズは元のデータと同じく 12.5m とした。

座標系は UTM (ユニバーサル横メルカトル図法) とし、楕円体は Krasovsky を用いた。UTM では、中央経線から東西に 3° の幅でゾーンが設定されており、本地域の場合、東経 102° がゾーン番号 47 と 48 の境界線であることから、東経 102° 以西の 15 図画はゾーン 47、これより東の 7 図画はゾーン 48 とした。

(3) 切り出しおよびフィルター処理

座標系を割り付けたモザイクは、南北 1° × 東西 1.5° で切り出しを行った。切り出す際には、北西隅から北と西方向に、また南東隅から東と南方向にそれぞれ $5'$ の重複部分を取るようにした。また、プリント出力する際には、そのまま出力すると SAR 特有のスペckルノイズの影響で表面がざらついてしまい、細かい情報が見えなくなってしまう為、3 ピクセル × 3 ピクセルのメジアンフィルターを施し、タイトル、スケール等を付加して 1:200,000 でプリント出力した。

各図画の図画名は、その図画内での主要市町村もしくは湖の名称とした。各図画の一覧とインデックスを Table II-2-2 および Fig.II-2-5 に、また、出力例を Fig.II-2-6 に示す。

(4) 全域モザイク画像の作成

南北 1° × 東西 1.5° の図画のほかに、全域のモザイク画像も作成した。各図画には既に座標系が割り付いているが、UTM 座標系で 2 つのゾーンにまたがっている為、全域でモザイク画像を作成する為には 1 つの座標系に統一しなければならない。UTM のどちらかのゾーンに統一することも出来るが、本地域のような高緯度では中央経線から離れるに従って座標の歪みが大きくなることから、中緯度地域の投影に適したランベルト正角図法を使用した。プリント出力ではタイトル、スケール等を付加し、縮尺は 1/100 万とした。全域モザイク画像を Fig.II-2-7 に示す。

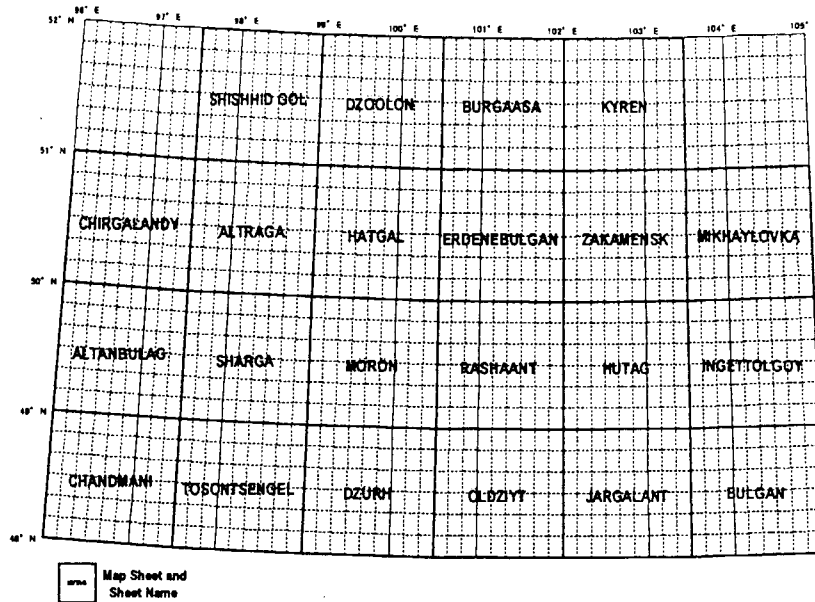


Fig. II-2-5 Index map of JERS-1/SAR mosaic images

Table II-2-2 List of JERS-1/SAR mosaic images

Image Unit	Corner of the left upper side		Corner of the right upper side		UTM Zone
	Longitude	Latitude	Longitude	Latitude	
SHISHHID GOL	N97°30'	E52°00'	N99°00'	E51°00'	N47
DZÖÖLÖN	N99°00'	E52°00'	N100°30'	E51°00'	N47
BURGAASA	N100°30'	E52°00'	N102°00'	E51°00'	N47
KYREN	N102°00'	E52°00'	N103°30'	E51°00'	N48
CHIRGALANDY	N96°00'	E51°00'	N97°30'	E50°00'	N47
ALTRAGA	N97°30'	E51°00'	N99°00'	E50°00'	N47
HATGAL	N99°00'	E51°00'	N100°30'	E50°00'	N47
ERDENE BULGAN	N100°30'	E51°00'	N102°00'	E50°00'	N47
ZAKAMENSK	N102°00'	E51°00'	N103°30'	E50°00'	N48
MIKHAYLOVKA	N103°30'	E51°00'	N105°00'	E50°00'	N48
ALTANBULAG	N96°00'	E50°00'	N97°30'	E49°00'	N47
SHARGA	N97°30'	E50°00'	N99°00'	E49°00'	N47
MÖRÖN	N99°00'	E50°00'	N100°30'	E49°00'	N47
RASHAANT	N100°30'	E50°00'	N102°00'	E49°00'	N47
HUTAG	N102°00'	E50°00'	N103°30'	E49°00'	N48
INGETTOLGOY	N103°30'	E50°00'	N105°00'	E49°00'	N48
CHANDMANI	N96°00'	E49°00'	N97°30'	E48°00'	N47
TOSONTSENDEL	N97°30'	E49°00'	N99°00'	E48°00'	N47
DAÜR	N99°00'	E49°00'	N100°30'	E48°00'	N47
ÖLDZIYT	N100°30'	E49°00'	N102°00'	E48°00'	N47
JARGALANT	N102°00'	E49°00'	N103°30'	E48°00'	N48
BULGAN	N103°30'	E49°00'	N105°00'	E48°00'	N48

INGETTOLGOY

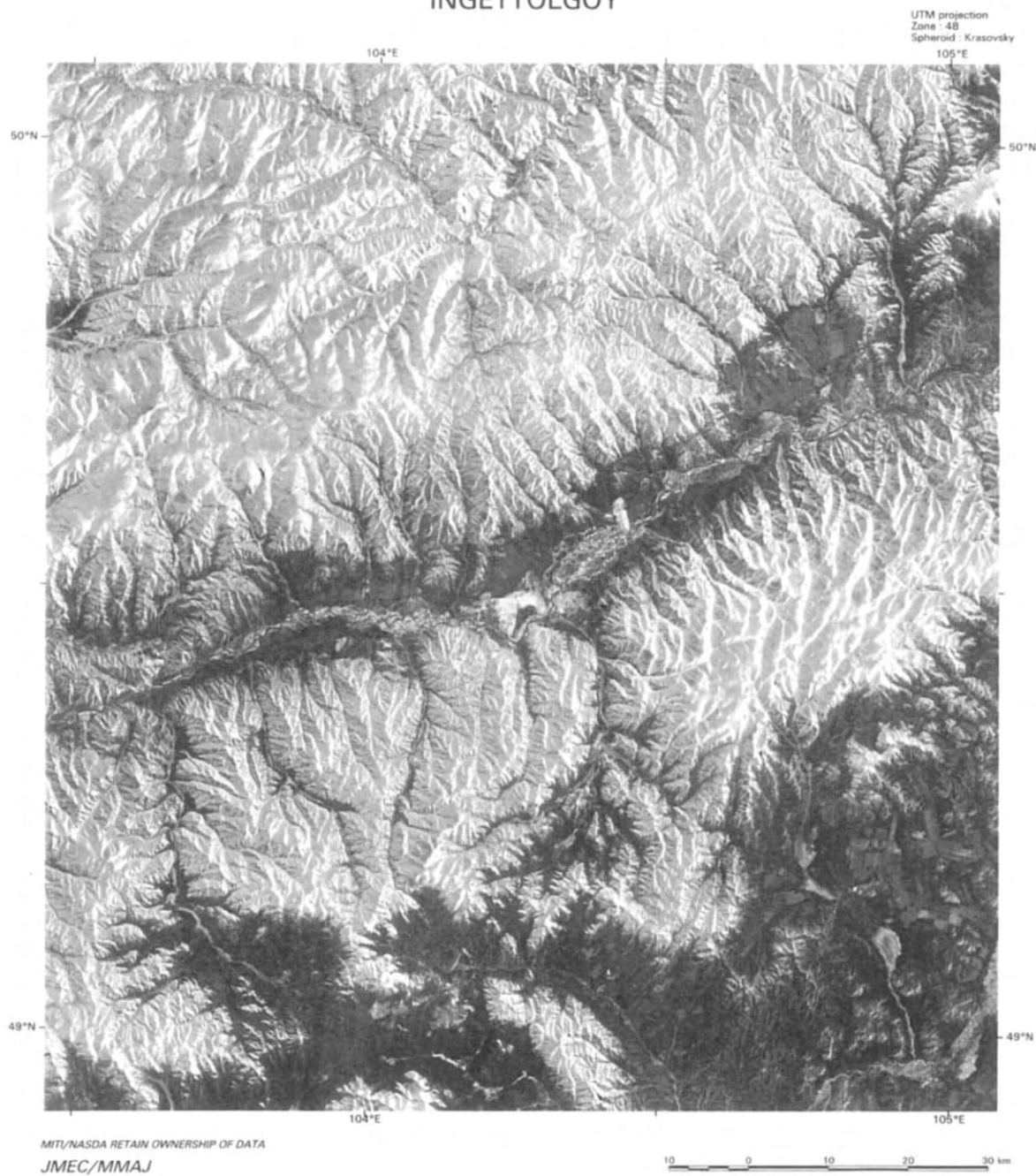


Fig. II-2-6 Example of 1:200,000 JERS-1/SAR mosaic image

Lambert Conformal Conic Projection
Standard Parallels N49° 20' and N54° 40'



JERS-1/SAR MOSAIC IMAGE
(generating from 130 scenes SAR data)

MITI/NASDA RETAIN OWNERSHIP OF DATA
JICA/MMAJ

Fig. II-2-7 JERS-1/SAR mosaic image of the central north area

2-2 画像判読・解析

2-2-1 概要

画像解析の対象地域は、モンゴル国の中央北部の北緯 48° ~52°、東経 100° 30' ~105° の範囲であるが、北部の境界はロシア連邦との国境である。本地域は首都であるウランバートルの西方に位置し、フヴスグル (Khuvsgul)、ブルガン (Bulgan)、アルハンガイ (Arkhangay) の各県 (aimag) を含む。本地域の北部は、標高 2,200m~3,351m のフヴスグル山岳地帯からなり、極めて急峻な地形を示す。これに対し南部は、大半がなだらかな丘陵地帯からなっており、広い草原が広がっている。

本対象地域にはタイガと呼ばれる針葉樹林が広く分布しており、また寒冷地のため雪や氷に覆われる期間が長い。今回の解析作業は全地域を対象としており、非常に広い面積をカバーするものである。このような条件に対して、光学センサーのデータでは有効なもの入手が困難であることから、JERS-1 の SAR (合成開口レーダー) データを用いた。

判読解析に用いた画像は、南北 1 度、東西 1.5 度を 1 図画として作成したデジタルモザイク画像で、第 1 年次は対象地域の東半分の 11 葉を、第 2 年次は対象地域の西半分の 11 葉を判読した。画像の縮尺は 1/20 万である。

2-2-2 判読・解析方法

画像の判読・解析では地質ユニットの区分とリニアメントを含む地質構造の判読・解析を行った。このうち地質ユニットの区分にあたっては、レーダー画像上の写真地質学的判読要素である写真的特徴および地形的特徴の各々について下記の基準を設定して判読を行った。それぞれの項目の判読結果に基づいてタイプ分けを行い、地質ユニットに区分した。

(1) 写真的特徴

色調：暗色、暗灰色、灰色、明灰色

肌理：粗い、中間的、滑らか

(2) 地形的特徴

水系パターン：樹枝状、平行状、亜樹枝状、亜平行状、直線状

水系密度：高い、中間的、低い、極めて低い

抵抗性：高い、中間的、低い、極めて低い

尾根の形：尖っている、丸い、平坦

層理の発達度：明瞭、不明瞭、塊状

2-2-3 判読・解析結果

(1) 地質ユニット区分

判読結果に基づくユニット区分にあたっては、既存の縮尺 1/50 万の地質図を参照して判読分類ユニットと既存の地層区分との対比を行い、地質図中で使用されている地層および岩体の記号に準じて地質ユニット名を決定した。なお、各地質ユニットの写真的特徴および地形的特徴は Table II-2-3 に示すとおりである。

今回の解析では、主として地形的特徴に基づいて区分を行った。本地域は針葉樹林帯、草原地帯、湿地、裸地など植生の変化が大きいため、レーダー画像上の写真的特徴はほとんど植生（特に樹木）密度の差を示すものである。つまり樹木が密生しているところではレーダー波の散乱が大きいため画像上で明るいトーンとして表現され、草原や裸地では散乱がほとんどないことから暗いトーンとして表現されるからである。

以下に地形的特徴のうち本判読・解析で特に重要視した抵抗性と水系密度について述べる。

(1-1) 抵抗性

これは浸食に対する地層あるいは岩体の抵抗の度合を意味している。

高い抵抗性を有する地質ユニットというのは、高い空隙率や発達した割れ目によって地層あるいは岩体としての透水係数が高いために、浸透する雨水の量が多く、それによって地表を流れる量が少なくなり、浸食を受ける度合が低く、高地を形成するものである。これに対して低い抵抗性を有する地質ユニットは、透水係数が低いために地表を流れる雨水の量が多く、この地表水の影響で浸食を強く受け、低地を形成するものである。

高い抵抗性を有する岩石の代表例として、粗粒砂岩、礫岩、石灰岩、割れ目の少ない花崗岩などがある。本地域に分布する地質ユニットでは、二畳紀の酸性火山岩類 (P1v(h))、礫岩 (P2)、石炭紀の堆積岩類 (C1、C2)、デボン紀の堆積岩類 (D、D1-2、D2)、カンブリア紀の堆積岩 (C1hs)、原生代の変成岩類 (R2、R3、PR1、AR2-PR1)、古生代初期の花崗岩類 (γ PZ1) および原生代の花崗岩質片麻岩類 (γ PR1) が代表的である。

一方低い抵抗性を有する岩石の代表例は泥岩、細粒凝灰岩、未固結堆積岩などである。本地域に分布する地質ユニットでは、第四紀の未固結堆積物および玄武岩溶岩 (Q2~Q5、N1) およびジュラ紀から白亜紀にかけての堆積岩類 (J1-2、J3-K1、K1) が代表的である。

(1-2) 水系密度

水系密度も上述した抵抗性と同様に、地表を流れる雨水の量と密接な関係があり、地表水が多いと水系が発達し、少ないと乏しくなる。したがって一般的な傾向として、水系密度が高いユニットは抵抗性が低く、逆に水系密度が低いユニットは抵抗性が高い。ただし第四紀の堆積物のように未固結でルーズな地層は、水系密度が低くて抵抗性が低い。

本地域において水系密度が高いのは、二畳紀の玄武岩類 (P2v)、カンブリア紀からオル

Table II-2-3a Characteristics of photogeologic units (sedimentary and volcanic rocks)

(1)

Unit	Photo-characteristics		Morphologic Expression				Comparison with existing map	
	Tone	Texture	Drainage		Rock Resistance	Ridge Type	Bedding	Geologic Unit
			Pattern	Density				
Q5	dark to medium grey	rough	colinear	very low	very low	flat	none	Quaternary: sand, gravel, clay basalt
Q4	dark to light grey	smooth	meandering, anastomotic sub-dendritic	low	very low	flat	none	QIV, (QIII-IV)
Q3	dark	smooth	colinear	very low	very low to low	flat	none	QIII-IV, QIII
Q2	dark	smooth	colinear	very low	very low to low	flat	none	QII-III
N1	dark grey to medium grey	medium to rough	sub-dendritic	low	moderate	flat	(lava flow band)	Quaternary (Pliocene): trachy-basalt, basalt
K1	dark grey to medium grey	smooth	sub-dendritic, sub-parallel	medium	low	sharp(wide)	unclear	Cretaceous: conglomerate, sandstone, mudstone
J3-K1	dark to medium grey	smooth	sub-parallel	low	low	sharp(tight)	rare	Jurassic to Cretaceous: conglomerate, sandstone, sandstone
J1-2	medium grey to dark grey	smooth	sub-parallel	low	low	round	unclear	J1-2, J1-2sh
T3-J1	dark grey to medium grey	medium	sub-dendritic	medium	low to moderate	sharp(wide)	partly bedded	T3-J1mg
T2-3	dark grey to medium grey	medium	sub-parallel	medium	moderate to high	sharp(wide)	unclear	T2-3, T2-3ab1~4
P2-T1	medium grey to light grey	rough	sub-dendritic	low to medium	high	subround to sharp(tight)	unclear	P2-T1hr3
P2v	dark grey to medium grey	medium to rough	dendritic	high	low to moderate	sharp(tight)	massive	P2hr4
P2	medium grey	medium	sub-parallel	medium	high	round	unclear	P2
P1v(h)	dark to medium grey	rough	dendritic	high to medium	moderate to high	sharp(tight)	massive	P1-2hn2+3, P1hn2, P1hn1, P1-2hn3
P1v(l)	dark to medium grey	rough	dendritic	high to medium	low	sharp(tight)	massive	P1-2hn2+3, P1hn2, P1hn1, P1-2hn3

Table II-2-3a Characteristics of photogeologic units (sedimentary and volcanic rocks)

(2)

Unit	Photo-characteristics		Morphologic Expression				Comparison with existing map	
	Tone	Texture	Drainage Pattern		Rock Resistance	Ridge Type	Bedding	Geologic Unit
			Density	Density				
C2	medium grey	medium	sub-dendritic, sub-parallel	medium	high	sharp(wide)	partly bedded	C2ar Carboniferous: sandstone, conglomerate
C1	medium grey	smooth	sub-dendritic	low	high	round	unclear	C1 Carboniferous: conglomerate, sandstone, siltstone
C1ur	dark to medium grey	medium	sub-dendritic	low to medium	low to moderate	sharp(wide) to round	partly bedded	C1ur1, C1ur2 Carboniferous: siltstone, conglom- erate, sandstone
D	medium grey	rough	sub-dendritic, sub-parallel	low to medium	high	subround to sharp(wide)	unclear	D Devonian: conglomerate, sand- stone, tuff, siltstone
D1-2	medium grey	smooth	sub-dendritic	low	high	round	unclear	D1-2 Devonian: siltstone, sandstone conglomerate
S-D1	medium grey	rough	sub-dendritic	medium	moderate	sharp(wide)	unclear	S-D1, S-D1hr Silurian to Devonian: andesite dacite, rhyolite, tuff
€3-0	medium grey	rough	dendritic	low to medium	high	round	unclear	€3-0 Cambrian to Ordovician: shale siltstone, phyllite, sandstone
€2-01 (h)	medium grey	medium	sub-dendritic	high	moderate to high	sharp(tight)	unclear	€2-01 Cambrian to Ordovician: sand- stone, siltstone, phyllite, shale
€2-01 (l)	medium grey	medium	sub-dendritic, sub-parallel	very high	low	sharp(tight)	unclear	€2-01 Cambrian to Ordovician: sand- stone, siltstone, phyllite, shale
€1	medium grey to light grey	rough	sub-dendritic	high	moderate to high	subround to sharp(wide)	unclear	€1, €1br, V- €1hs, V- €1, V- €1eg Cambrian: limestone, dolomite
R3	medium grey	rough	sub-dendritic	medium	high	subround to sharp(wide)	partly bedded	R3, R3-V Proterozoic: dolomite, quartzite limestone
R2	medium grey	rough	sub-dendritic	low to medium	high	subround to sharp(wide)	partly bedded	R2 Proterozoic: metaeffusive rocks metatuff, metasandstone
PR1	medium grey to light grey	rough	sub-dendritic	medium	high	sharp(wide)	unclear	PR1 Proterozoic: shale, amphibolite marble
AR2-PR1	medium grey to light grey	rough	sub-dendritic	low	high	sharp(wide) to round	unclear	AR2-PR1 Proterozoic: gneiss, amphibolite marble

Table II-2-3b Characteristics of photogeologic units (intrusive rocks)

Unit	Photo-characteristics			Morphologic Expression				Comparison with existing map		
	Tone	Texture	Drainage		Rock Resistance	Ridge Type	Bedding	Geologic unit	Geologic Age and Main Lithology	
			Pattern	Density						
γJ	medium grey to dark grey	rough	sub-parallel	high	moderate	sharp(tight)	none	γJ	Jurassic: granite, granite porphyry, diorite, granodiorite	
$\gamma T3-J1$	medium grey to dark grey	medium	sub-dendritic	low	moderate	sharp(wide)	none	$\gamma T3-J1$	Triassic to Jurassic: granite, granodiorite	
$\pi \gamma P2-T1$	medium grey to dark grey	medium	sub-dendritic	low	low	round	none	$\pi \gamma P2-T1$	Permian to Triassic: granite porphyry, plagioporphyry	
$\gamma P2-T1$	medium grey to light grey	rough	sub-dendritic	high	high	sharp(wide)	none	$\gamma P2-T1, \gamma \epsilon P2-T1$	Permian to Triassic: granite, granodiorite, gabbro	
$\gamma P2$	medium grey	rough	sub-dendritic	high	moderate to high	sharp(tight)	none	$\gamma P2$	Permian: monzonite, syenite monzosyenite, granodiorite	
$\epsilon \gamma P$	light grey	rough	sub-dendritic	medium	high	subround	none	$\epsilon \gamma P$	Permian: alkaline granite, syenite, granosyenite	
γP	dark to medium grey	medium	sub-dendritic, sub-parallel	medium	low to high	round	none	γP	Permian: granite, granodiorite	
$\gamma \delta C2-3$	medium grey	rough to smooth	sub-dendritic	medium	high to moderate	sharp(tight) to sharp(wide)	none	$\gamma \delta C2-3, \gamma C2-3$	Carboniferous: granite, granodiorite, diorite, gabbro	
$\epsilon PZ2$	medium grey	rough	sub-parallel	high	high	sharp(tight)	none	$\epsilon PZ2$	Middle Paleozoic: syenite, nordmarkite, palasite	
$\gamma D2$	medium grey	medium	sub-dendritic	medium	moderate to high	subround to sharp(tight)	none	$\gamma D2$	Devonian: granite, granosyenite	
$\gamma \delta S$	medium grey	rough	sub-dendritic	medium	high	sharp(wide)	none	$\gamma \delta S$	Silurian: granodiorite	
γS	dark	smooth	sub-parallel	low	low	sharp(tight)	none	γS	Silurian: granite, adamellite	
$\gamma - \gamma \delta PZ1$	light grey to dark grey	rough to medium	sub-dendritic	medium	high to low	sharp(tight)	none	$\gamma - \gamma \delta PZ1$	Early Paleozoic: granite, granodiorite, diorite	
$\gamma PZ1$	medium grey to light grey	rough	dendritic	medium	high	sharp(tight)	none	$\gamma PZ1$	Early Paleozoic: biotite granite, plagiogranite	

(1)

Table II-2-3b Characteristics of photogeologic units (intrusive rocks)

(2)

Unit	Photo-characteristics		Morphologic Expression				Comparison with existing map		
	Tone	Texture	Drainage Pattern	Density	Rock Resistance	Ridge Type	Bedding	Geologic unit	Geologic Age and Main Lithology
$\gamma \delta PZ1$	light grey	medium	sub-dendritic	medium	high	round to subround	none	$\gamma \delta PZ1$	Early Paleozoic: adamellite, granodiorite, tonalite
$\nu \delta PZ1$	medium grey	rough	sub-dendritic	medium	moderate to high	sharp(tight) to subround	none	$\nu \delta PZ1$	Early Paleozoic: gabbro, gabbroic diorite, diorite
$\sigma R3- \epsilon 1$	medium grey	rough	sub-parallel	medium	high	round	none	$\sigma R3- \epsilon 1$	Riphean to Cambrian: dunite, harzburgite, wehrlite
τR	light grey to dark	rough	sub-dendritic	medium	high	subround	none	τR	Riphean: leucocratic granite, gneissose granite
$\nu \delta PR$	light grey to dark	medium	sub-dendritic	low	high	subround	none	$\nu \delta PR$	Proterozoic: anorthosite, gabbroic anorthosite
$\tau PR1$	medium grey	medium	sub-dendritic	low to medium	high	sharp(tight)	(schistose)	$\tau PR1$	Proterozoic: granitic gneiss, migmatite, granite

ドビス紀にかけての堆積岩類 (C2-O1(h), C2-O1(l))、二疊紀から三疊紀にかけての花崗岩類 (γ P2, γ P2-T1) などである。

一方水系密度が低いユニットは、第四紀の未固結堆積物および玄武岩溶岩 (Q2~Q5, N1)、ジュラ紀の堆積岩類 (J1-2)、原生代の変成岩類 (AR2-PR1)、原生代の花崗岩質片麻岩類 (γ PR1) などである。

(2) 地質構造判読・解析

地質構造の判読・解析では、リニアメントと環状構造の抽出を行った。リニアメントのうち、画像上で断層と確認できるものおよび既存の地質図上で断層と記載されているものは、断層として判読結果図に示した。

(2-1) 断層並びにリニアメント

① 対象地域東半分

中央部を東流する Selenge 川の流域と、その北側および南側で異なったりニアメントの抽出結果が得られた。

中央部は、E-W 系の連続性が良い顕著なリニアメントが卓越しており、その他に NW-SE 系の短いリニアメントを伴っている。北部は抽出密度は低く、短い NW-NE 系と E-W 系のリニアメントが認められる。これらに対し、南部は NW-SE 系と N-S 系のリニアメントが卓越し、特に南東部で抽出密度が高い。

上述したいずれの部分でも NW-SE 系のリニアメントが認められるが、これらは南東部の「Bulgan」図画から北西部のフヴスグル湖の南部およびその南方にかけて約 200km の幅を持って集中して分布しており、中央部の E-W 系のリニアメントと斜交している。

② 対象地域西半分

中央部を東流する Selenge 川から西方に向って、東西方向の断裂が発達する。その南部と北部では断裂の発達状況が異なる。

南部の「Dzurh」図画では、主に NW-SE 並びに NE-SW 方向の断裂が発達する。また、地域南部では E-W 方向のリニアメントも発達する。この傾向は「Tosontsengel」図画まで西方に連続するが、「Chandmani」図画の東部で NW-SE 方向の断裂が優勢になる。その西部ではリニアメント密度が極端に低下する。

「Moron」図画は密度の高い E-W 方向の断裂で特徴づけられ、その北部に向い断裂の密度は低下する。この E-W 方向の断裂は西方の「Sharga」図画に連続するが、その中央部でリニアメント密度の低下が認められる。またその北西部では延長が短い NW-SE 方向の断裂が高密度で発達する。この傾向はその西方の「Altanbulag」図画に連続する。

「Hatgal」図画は E-W 方向の断裂の北側に位置し、NW-SE、NE-SW 方向の断裂に加え、フヴスグル湖の伸長方向に一致する N-S 方向の断裂が発達する。その西方の「Altraga」図画では同傾向が続く。

「Dzoolon」図画では、フヴスグル湖西岸から北部の国境沿いに NW-SE、NE-SW、N-S、

E-W の各方向の断裂が発達するが、地域中央部の第四紀堆積物の分布地域では、その密度が極端に低下する。「Shishhid Gol」図画では、同方向の断裂が中程度の密度で分布する。

(2-2) 環状構造

① 対象地域東半分

本地域には、以下のようにいくつかの環状構造が認められた。これらのうち、「Jarganant」図画の西部と「Hutag」図画の南東部で抽出されたものは、小規模岩体の貫入によって形成されたものである可能性とそれが変質帯を伴っている可能性があり、興味深い。

a. 「Erdenebulgan」図画の中央部

原生代初期の花崗岩質岩類 ($\gamma \delta$ PZ1) の分布域に直径 2km の環状構造が 1 箇所抽出された。

b. 「Rashaant」図画の北端部

カンブリア紀の地層 (C1) の分布域に直径 4km の環状構造が 1 箇所抽出された。

c. 「Ingettolgoy」図画の北部

原生代の片麻岩類 (AR2-PR1) が分布する地域に、直径 15km の半環状の構造が 1 箇所抽出された。

d. 「Jarganant」図画の西部

二疊紀のアルカリ岩質花崗岩類 (γ P2) の分布域に、直径 10km の環状構造が 1 箇所抽出され、その中央部にはカルデラ状の凹地が認められた。

e. 「Hutag」図画の南東部

二疊紀の酸性火山岩類 (P1v(l)) の分布域に、直径 15km の環状構造が 1 箇所抽出され、その中央部には東西方向に横断するリニアメントが認められた。また中央部はスリバチ状に窪んでいる。

d.および e.の環状構造付近のレーダー画像を Fig.II-2-8 に示す。

② 対象地域西半分

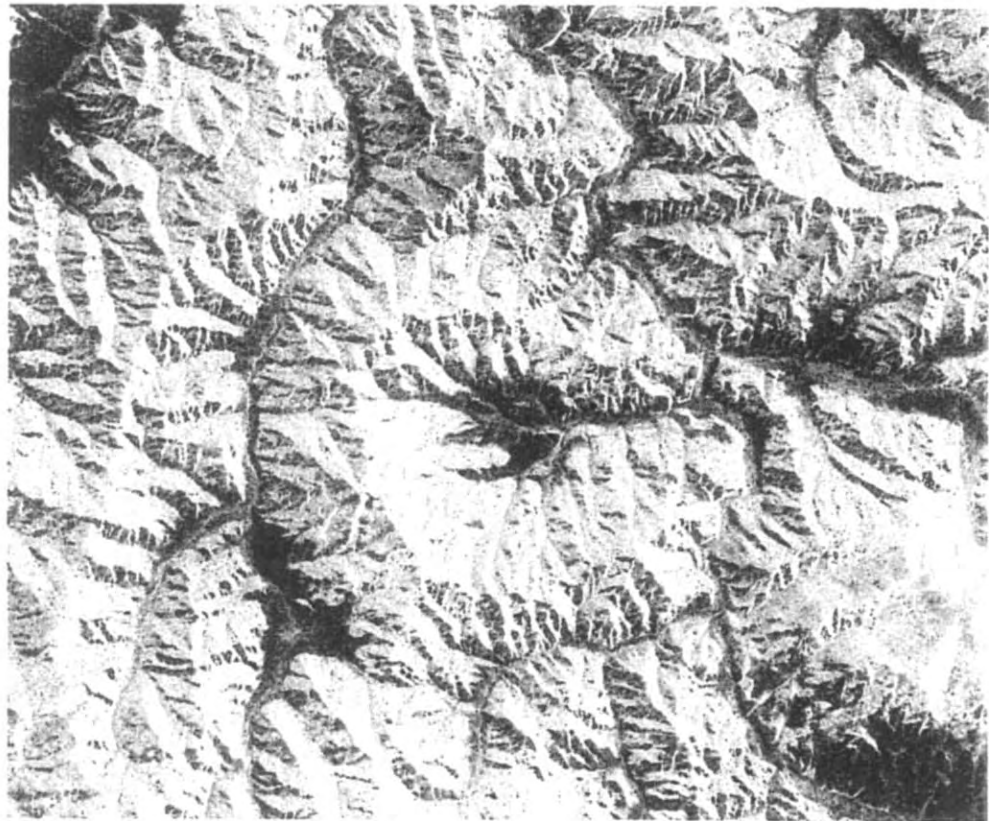
対象地域には、以下のようにいくつかの環状構造が認められた。これらのうち「Tosontsengel」図画、「Hatgal」図画で抽出されたものは、断裂帯の近傍や交差部に位置すること特徴を有する。

a. 「Dzurh」図画の南西部

原生代初期の花崗岩質岩類 ($\gamma \delta$ PZ1) の分布域に直径 18km の不明瞭な環状構造が抽出された。

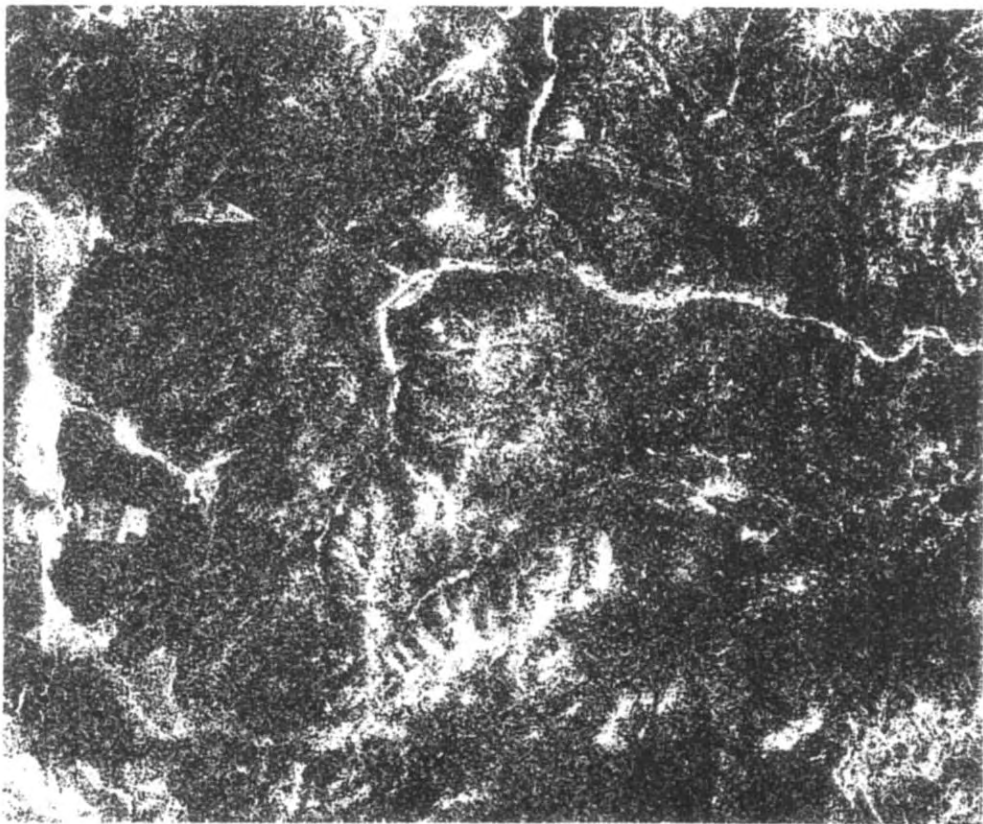
b. 「Tosontsengel」図画の東部

原生代初期およびデボン紀の花崗岩質岩類 ($\gamma \delta$ PZ1、 γ D2) の分布域に直径 10km の環状構造が抽出された。この環状構造は E-W 方向の断裂帯の南端に位置する。



0 10km

from Hutag image unit



0 10km

from Jarganant image unit

Fig. II-2-8 Circular feature extracted from JERS-1/SAR mosaic image (Hutag unit and Jarganant unit)

c. 「Chandmani」 図画の南東部

デボン紀の花崗岩質岩類 (γ D2) が分布する地域に、直径数 km~6km の環状構造が北東から南西方向に配列する。

d. 「Hatgal」 図画の西部

原生代初期の花崗岩質岩類 (γ δ PZ1) の分布域に、直径 5km 以下の不明瞭な環状構造が集中する。本地域は NE-SW および NW-SE 方向の断裂帯の交差部にあたり、複雑な地質構造を呈する。

e. 「Hatgal」 図画の南端

デボン紀の花崗岩質岩類 (γ D2) の分布域に、直径 8km の 2 重の環状構造が抽出された。この環状構造は NW-SE 方向の断裂帯の近傍に位置する。

b. および d. の環状構造周辺のレーダー画像を Fig.II-2-9 に示す。

2-2-4 鉱徴地分布

これまでの調査によって報告されている金、銅およびモリブデンの鉱徴地の分布をモザイク画像上にプロットしたものが Fig.II-2-10 である。この図から鉱徴地の分布は次のようにまとめられる。

(1) 金鉱徴地

対象地域東半分では、北東端、中央北部および南東端に分布しており、中央北部では全域で銅の鉱徴を伴っている。対象地域西半分では、北東部から、中央部および南東部に分布している。中央部では多数の鉱徴地が集中しており、その産状はストックワーク並びに石英脈であることが多い。

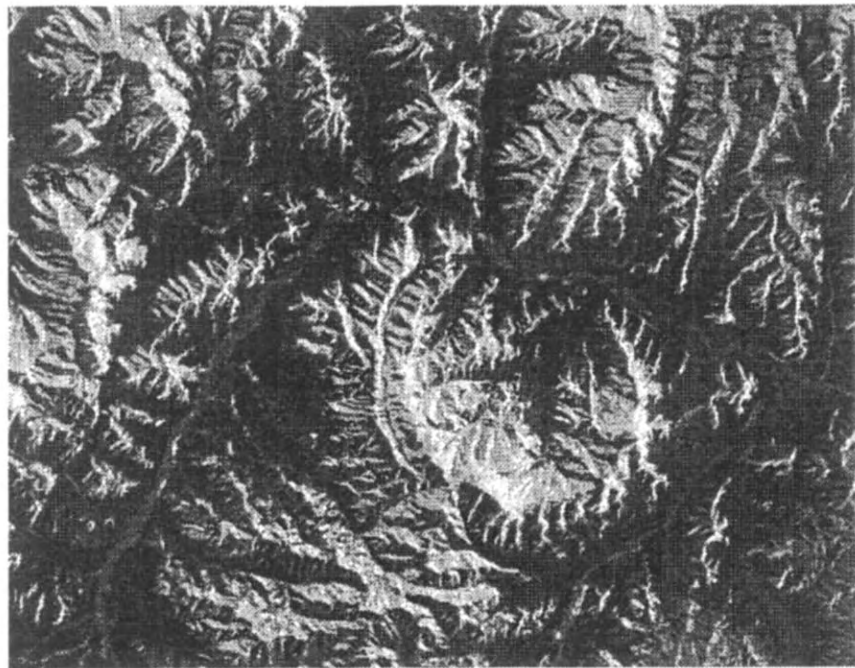
(2) 銅鉱徴地

対象地域東半分では、南部全体に分布するほか、中央部にも北西-南東系のリニアメントに沿うように分布している。対象地域西半分では、南部全体に広く分布する他、中央東部にも分布する。その産状はストックワーク並びに石英脈が主流であるが、僅かながら変質帯を伴う鉱徴地も認められる。

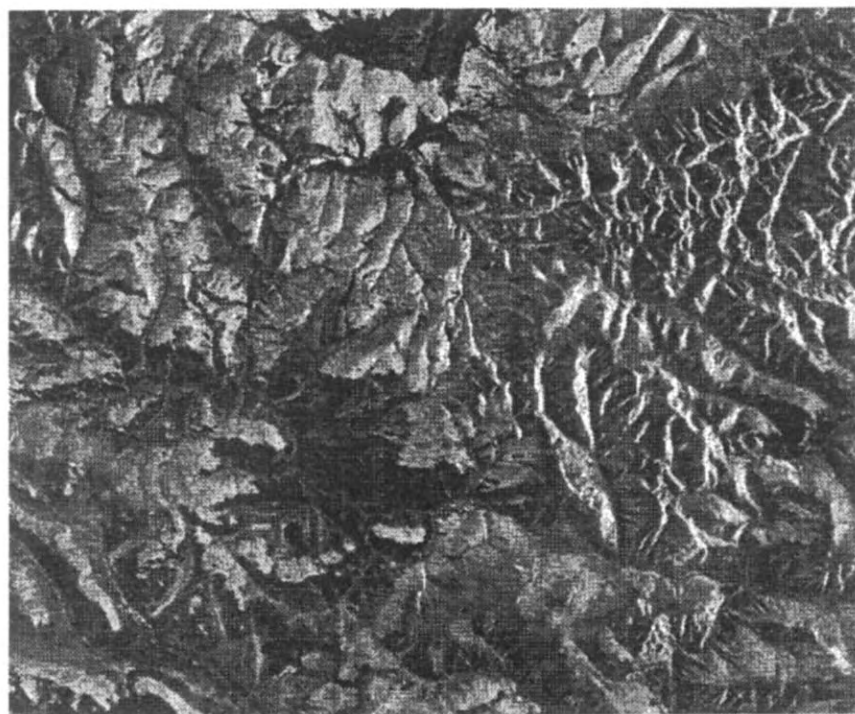
(3) モリブデン鉱徴地

対象地域東半分では、中央南部に銅の鉱徴に伴われてややまとまって分布しているが、その他は散在的な分布である。対象地域西半分では、金および銅の鉱徴地に伴って分布する傾向があり、中央部から中央東部にかけて分布する。南部に広く分布する鉱徴地は銅の鉱徴に伴われることが多い。産状は、モリブデン単体の場合にはストックワーク、石英脈、

「TOSONTSENGEL」



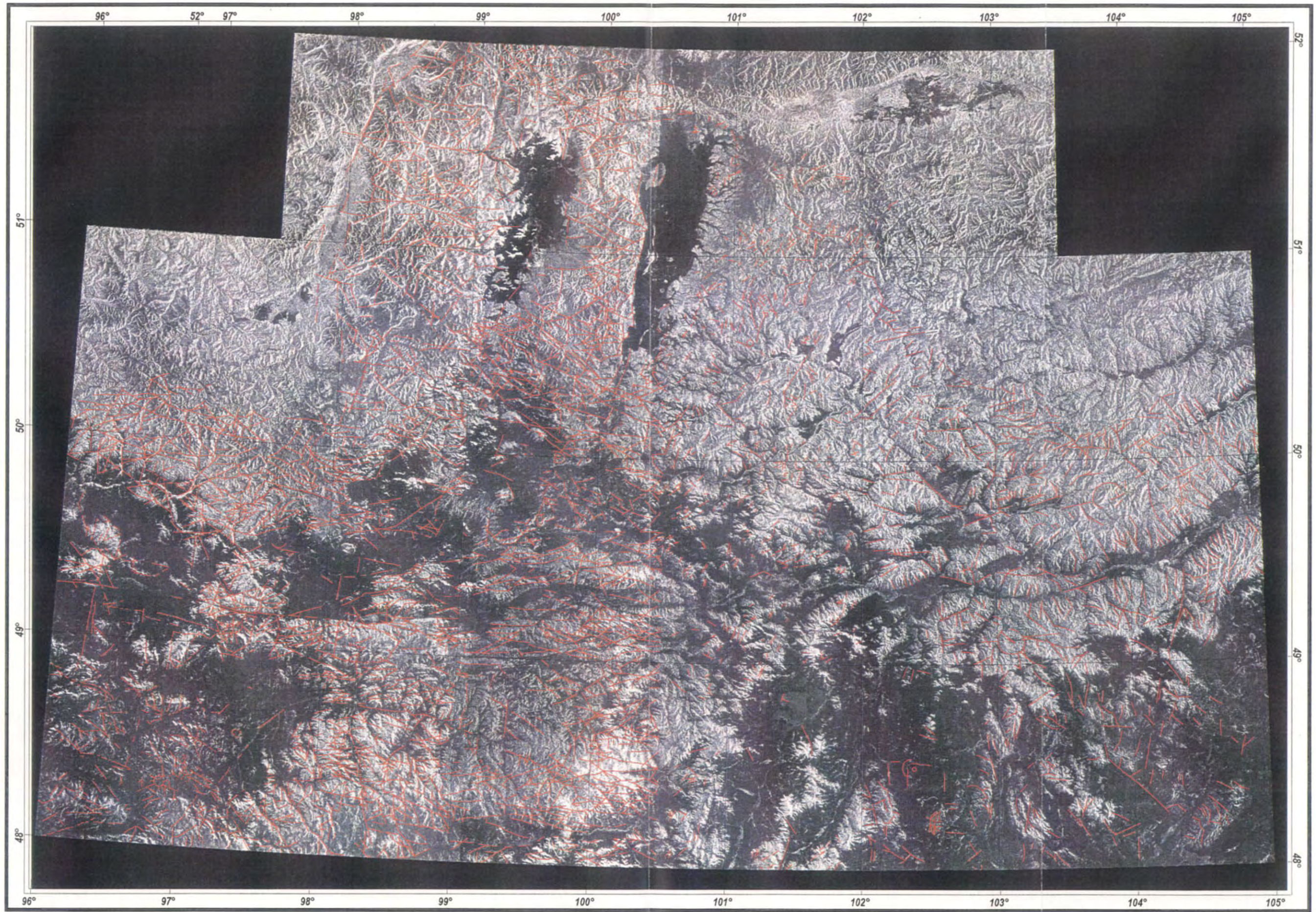
「HATGAL」



10km



Fig. II-2-9 Circular feature extracted from JERS-1/SAR mosaic image (Tosontsengel unit and Hatgal unit)



LEGEND

- Structure
- Lineament



Base image: JERS-1/SAR digital mosaic image

Fig. II-2-10 Liniament and circular feature extracted from JERS-1/SAR mosaic image