

# LANDSAT映像から地質情報を読む

石井 武政 (環境地質部)

## はじめに

本誌表紙の LANDSAT データのフオールカラー合成映像は 1977年末アメリカ合衆国の EARTH SATEL-LITE CORPORATION から松野環境地質部長宛に送られてきたユタ州中部 Wasatch Plateau 東部の映像 (ID No. 1068—17364) の一部 San Rafael Swell 周辺のものである (第1図)。この映像は表紙裏の説明とおり CCT からのデジタル処理による4バンド (青) 5バンド (緑) および7バンド (赤) の合成カラー出力である (原図は縮尺約 1 : 500,000)。

この映像を見て まず最初にその像の鮮明なことに驚かされる。我が国で一般に入手可能なこの種の映像は 70mm 白黒フィルムから写真的に合成処理されたものであつて いかにか細心の注意を払つても このような鮮明な映像は得られない (佐藤・松野 1978)。次に大陸の地質構造の雄大さとその全体像を 宇宙からの映像データが大観的に かつ迫真的に見せてくれることも素晴らしい。1枚の映像に含まれる範囲は 185km × 185km 面積にして 34,225km<sup>2</sup> 日本の総面積の約11分の1に相当する。San Rafael Swell の大きさは 南北約 120km 東西約 60km で 我が国の20万分の1地勢図1枚強に含まれる面積に匹敵するものである。

今まで LANDSAT 映像データの地質調査 ひいては地質学の研究および鉱物・エネルギー・資源の探査へ応用して有効なことは 種々の角度から論じられているが 具体的に答えているものは 我が国においてはほとんどないといつてもよい。しかし現在 LANDSAT 映像は世界の陸地の全てをカバーしているのである。

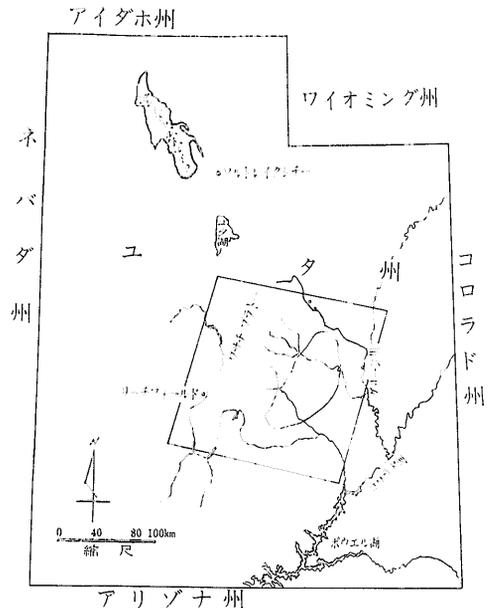
世界の陸地総面積 145 × 10<sup>6</sup> km<sup>2</sup> のうち 非常に乾燥した地域 5.8 × 10<sup>6</sup> km<sup>2</sup> (4%) 乾燥地域 21.7 × 10<sup>6</sup> km<sup>2</sup> (15%) 半乾燥地域 21.2 × 10<sup>6</sup> km<sup>2</sup> (14.6%) など 乾いた地域が全陸地の3分の1を占めている (GLENNIE 1970)。これらの地域の多くは人の居住には不適であつて 満足な地形図さえ得られないところも多く 地質情報においてはなおさらのことであらう。海外における大きなプロジェクトとして進行中の 動力炉燃料開発事業団によるサハラ砂漠におけるウラン調査 (朝日新聞連載) も乾燥地域での事業である。このような地域の地質調査

における LANDSAT 映像データの有効性を検討する意味で映像データから——対象地域に全く経験・知識のない筆者が——果たしてどれだけの地質情報が得られるかを試みた次第である。

## 対象地域の概要

対象地域の映像を入手したら まずその地理的位置を把握し かつ得られる既存資料を検討して ある程度の地質学的条件について土地カンをつかんでおくのがよいだろう。合衆国の比較的詳細な地図を開いてみれば 当該地域は コロラド川の支流 San Rafael River と Muddy River の流域 およびその西方の Wasatch Plateau からなることがわかる。

San Rafael Swell はその名の示すとうり 幅広いドーム状隆起を示し HAWLEY and others (1968) によれば ペンシルバニア紀から白亜紀までの堆積岩および第三紀の岩脈から構成されている。地形的には全般に砂漠化した地域で メサ (mesa) リーフ (reef) およびそれらを下刻する深い峡谷が見られる (WILLIAMS and COVINGTON 1973)。



第1図 LANDSAT 映像 (ID No. 1068—17364) 位置図

一方 USGS (1932) によれば Wasatch Plateau は白亜紀および始新世の堆積岩からなり 南部には第三紀の火山岩が分布している(第2図)。Wasatch Plateau 西側の山地間を埋める低平地は Great Salt Lake (大塩湖) の湖成層の分布地の一部で アメリカインディアンの洪水伝説との係わりが論じられている(金子 1975) ところである。

地質単元の識別

以上のような概略的情報を頭に入れて 映像を観察するとどうであろうか。LANDSAT 映像の場合 太陽光線は南東方向から低角度(30~35°)で当たっており 陰影効果によって地表の起伏を判定できる。また写真上の色・きめ・模様・階調あるいは被写体の形態・大きさそれらの組み合わせで 条件が良ければ地層および岩体などの地質単元 地層の走向および傾斜方向の識別さらには層序・地質構造などの解釈が可能である(松野 1965)。

映像に含まれる範囲を大まかにみると San Rafael Swell 周辺では 色調の多様性と それらの帯状分布 Wasatch Plateau とその南部では 地表の形態すなわち侵食の違いが目立っている。このような識別される各単元の間には透水性や植物被覆の相違 地形的起伏の差が認められる。これらが間接的に岩質の差 蒙った地質学的作用の変遷の差を示すものであれば それぞれの境界を丹念に追跡して 地層および岩体の境界を設定できる。特に San Rafael Swell 周辺では かなり明瞭に地層区分が可能で 大小の背斜および向斜構造も読みとれる。BAYLEY and MUEHLBERGER (1968) の基盤

岩図 および GILLULY (1929) の地質構造図と対照してみれば映像の観察結果から 基本的な構造を映像上で 確実にかつ迅速に把握できることは明白である。

他方 Wasatch Plateau とその南部では 西方に一部ケスタ状地形が見られる程度で 火山岩地域と堆積岩地域の区分は大まかには可能であるが 境界は漠然としている。これは San Rafael Swell 周辺が砂漠であるのに対して Wasatch Plateau が森林や耕作地で覆われているためである。

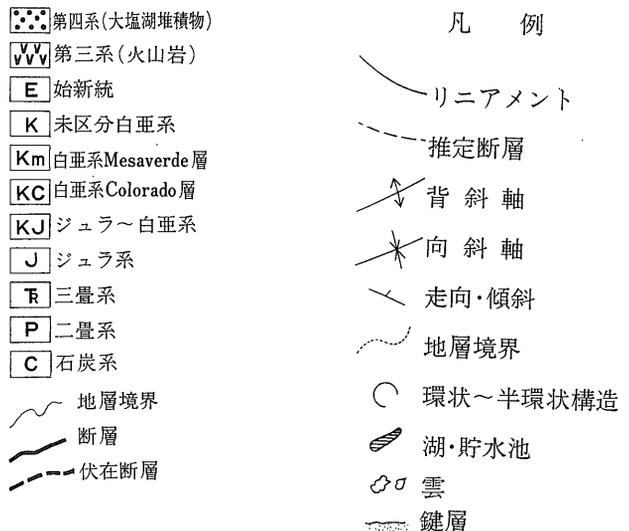
リニアメント

Wasatch Plateau とその南部地域では 非常に多くの N-S 性ないし NW-S E 性のリニアメントが認められる。リニアメントの多くは構造谷と考えられる直線状の谷筋 山地内の裂か状の湖 互いに接近した二重の稜線(double ridge) などから認識できる。それからのうち エシエロン状にあるいは平行に密集した線として認められるものは 全体的には南北に連続し 構造線の反映と考えられる。リニアメントの多くは第2図の断層線と その位置方向ともに一致している。しかし幅広い谷では谷底堆積物に覆われて 第2図中の断層がリニアメントとして識別不可能である。また個々のリニアメントからずれのセンスなど 断層の性格を知るのはむずかしい。これは 1:500,000 という小縮尺であることも原因しているのかもしれない。

San Rafael Swell ではその中央部に 主に E-W 性のリニアメントがあり 断裂を表現しているようである。北東端には背斜構造を伴った断層があり おそらく東側の地層を西方に衝上させている。



第2図 映像地域の地質図 (USGS [1932] を簡略化)



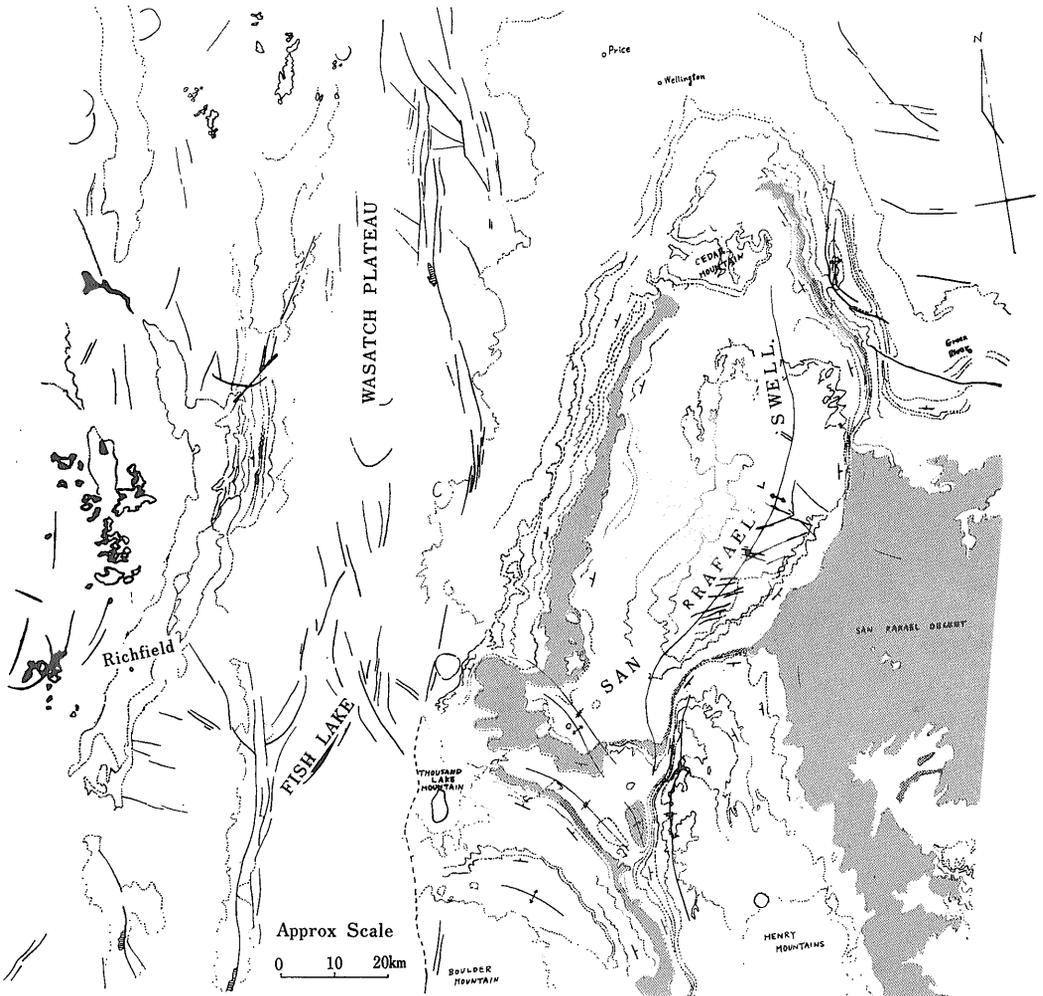
第3図の凡例

さて判読した結果が第3図であるが 岩質 たとえば  
 どの地層が頁岩であり あるいは石灰岩であるという指  
 摘はできない。しかし第2図と比較すると LAND-  
 SAT 映像がかなり 有効に使えることがわかる。す  
 なわち広範囲の地域の概要を短時間でカバーでき (筆  
 者の場合 第3図の原図作成に4時間程費した) しかも  
 条件さえ良ければ 野外調査を大幅に軽減でき 各単  
 元の平面位置の精度も極めて高い。さらに既存資料や野  
 外調査データを併せ活用すれば 地域的な地質学的検討  
 の時間を大きく短縮できるのである。このことは 大  
 縮尺の地質図の完成を待つことなく 地域的な小縮尺の  
 地質図の作成あるいは修正が可能となることを意味し  
 ている。対象地域の事情に詳しい者が観察すれば より  
 高いレベルで種々の判断を下すことができることは い  
 まさら言うまでもない。

あ と が き

我が国に初めて衛星映像が入ったのは 1972年の暮近  
 くのことである。その地質調査・資源探査への有効性  
 は種々の角度から論じられ リモートセンシング全般に  
 わたって多くの文献 報告がある (松野 1977)。

日本のように植物被覆が多く かつ地質構造をはじめ  
 として 自然および人工のパターンが複雑な狭い国土で  
 は 衛星映像は大して役に立たないという意見もある。  
 しかし映像データの広域性 同時性 反覆性をもった情  
 報収集能力を考えれば これを全く無視できるものでは  
 ない。また逆に観察・調査に対して 映像が万能であ  
 るというわけでもない。現地での検討も不可欠である。  
 対象地域の自然環境および社会的条件に応じてその有効  
 性が評価されなければならないことは勿論である。さ  
 らに他の観測技術を併用して その活用を図るのが本筋  
 であろう。



第3図 映像から読みとれる地質情報

U. S. SENATE (1976) にも述べられているように 衛星映像は地質・資源・環境・地図など多方面にわたって利用できるものである。世界の全陸地にわたって小縮尺の地図としての役目を十分に果たし このような映像データが得られることは地図の全くない地域にとっては地表面に関するかけがえのない情報である。日本のようなところでは表紙の地域ほど地質情報を直接映像から得られるところはきわめて少ないであろうが 世界的にみると大構造の認識や活断層の発見 新たな地質学的視野の展開につながる期待が大きいものと考えられる。

参 考 文 献

BAYLEY, R. W. and MUEHLBERGER, W. R. (1968) : Basement Rock Map of the United States, 1/2, 500, 000 USGS  
 GILLULY, J. (1929) : Geology and Oil and Gas Prospects of Part of the San Rafael Swell, Utah. USGS, Bull., no. 806, p. 69~130.

GLENNIE, K. W. (1970) : Desert Sedimentary Environment Development in Sedimentology, no. 14, Elsevier Publishing Co., 222 p.  
 HAWLEY, C. C., ROBECK, R. C. and DYER, H. B. (1968) : Geology, Altered Rocks and Ore Deposits of the San Rafael Swell, Emery County, Utah. USGS, Bull., no. 1239, 115 p.  
 金子史郎 (1975) : ノアの大洪水 講談社現代新書 204 p.  
 松野久也 (1965) : 写真地質 実業公報社 284 p.  
 松野久也 (1977) : 地質リモート・センシング文献集 RES-TEC, vol. 2, no. 1, p. 62~66.  
 佐藤真也・松野久也 (1978) : カラー合成写真 (Color Composite Photograph) ~LANDSAT の MSS 映像データのカラー合成写真処理~ 地質ニュース no. 281, p. 2~14.  
 USGS (1932) : Geologic Map of the United States, 1/2, 500, 000.  
 U. S. SENATE (1976) : Hearing before the Committee on Aeronautical and Space Sciences. U. S. Senate, 94th Congress, 2nd Session S. 2864, Part 2, p. 1430~1443.  
 WILLIAMS, R. L. and COVINGTON, H. R. (1973) : Folio of the Salina Quadrangle, Utah. USGS, MAP I-591-0

地 学 と 切 手



アイスランド  
 ヘイマエイの噴火切手

P. Q.

1963年11月から66年6月までの2年半にわたり アイスランドの南方ヴェストマン群島の南西に海底噴火が起こり スルツェイ島が誕生したことはよく知られている。その活動はほぼN35°Eの方向を示すものであった。それから6年経った1973年1月 今度は群島最大の島であるヘイマエイ島 (Heimaey) のフェルカフェル火山で同じ北北東-南々西方向で 延長約2 km におよぶ割れ目噴火が起こり 約6ヶ月続いた。フェル

カフェルは5~6,000年前に噴火した火山と考えられている。島の港であるヘイマエイは島の東北部にあり アイスランドの水産物の20~25パーセントを水揚する漁港である。噴火が始まったのは1月23日午前2時頃で 北側山腹に数十の小火口が活動をはじめその先端は海にまで達していた。活動は溶岩噴泉 (lava fountain) の形式で 次に溶岩が流れ始めた。当時ヘイマエイには 約5,400人が住んでおり 割れ目からわずか30mの所に家があり 割れ目は町のすぐ傍を走っていた。

ただちに住民の避難が決定され 1時間で救援機が到着し 5~6時間で移転がほぼ完了したが300~500人が残留した。1月の終りには割れ目の両端の活動が弱まり 中心噴火の形をとるようになったが この頃は溶岩のために73軒の家が埋まり 39軒が焼失した。新火山は次第に高くなり2月初めには200mの高さとなりフェルカフェルとほぼ同じになった。はじめ溶岩の成分はハワイの火山に似たソレイアイトであったが 2月に入るとスルツェイ島と同じアルカリ橄欖石玄武岩に近づいて来た。2月8日には港へ溶岩が180mと迫ったので 溶岩に海水を注いで方向を変えようとした。結果的には港が溶岩によって使用不能となることは避けられたが 3月には流出した溶岩の量は約1億5千万m<sup>3</sup> 島の面積は1.7km<sup>2</sup> 広くなったと見積もられている。

6月に入ってから噴火は静まったが最終的には町の 1,100戸のうち400戸が溶岩により埋められた。

切手は1973年10月18日にデンマークとグリーンランドで同一図案による付加金付切手が発行されたが アイスランドではそれより遅れて 2年目の1975年1月23日に20krと25krの2種が発行された。20krには初期の割れ目噴火の火のカーテンが25krには中心噴火の様相が画かれている。