

EROS 計画と第一回 W.T. PECORA 記念シンポジウム

長谷 紘 和 (環境地質部)

はじめに

わが国の地質調査所とほぼ等しい年代(1879年)に創設された米国地質調査所(US Geological Survey 以下略して USGS という)は 今日 9,200 名をかかえる大世帯で その機構は所長室の下に 7 つの総部(小野晃司訳に従う)と 3 つの特別プロジェクトから構成される。

特別プロジェクトの 1 つとして 1966 年 9 月公表された地球資源観測計画(Earth Resources Observation Systems Program 以下 EROS 計画という)は リモートセンシング技術の資源探査・管理への応用を目的としたもので 1973 年 8 月 恒久的な EROS データセンターが南ダコタ州スーフォールス(Sioux Falls)に建設された。この Sioux Falls の地において 昭和 50 年 10 月 28 日～31 日までの 4 日間 第 1 回 William T. PECORA 記念シンポジウムが開催された。筆者はこのシンポジウムに出席する機会が与えられ シンポジウム終了後あわただしい旅程ではあったが 地学分野におけるリモートセンシング研究に従事している USGS 大学の専門家と意見を交換する機会を持った。

リモートセンシングという単語はわが国でもかなり広く知られるようになり 一種の流行語の感すら呈してきた。米国のアポロ計画の一側面として発展したリモートセンシング技術の同国での成果に対する過度の期待感と その技術がそのままわが国の実情にあてはまらないことからくる失望感とによって リモートセンシングに対する評価には大きな開きがあるが 今日ではわが国独自の同分野の発展を目指す努力も始められている。

シンポジウムは LANDSAT(旧称 ERTS)映像の地質・資源探査への応用に関するものが主テーマであったが少なくとも米国では EROS 計画における LANDSAT 映像データの利用目標は明確であり 今後のセンサー等ハード面の開発もこの目標に合致するよう計画されている。論文発表は LANDSAT 衛星映像の鉱物・エネルギー資源探査への応用に関するものももっとも多く 映像解析など方法論に関するものがこれに次いだ。シンポジウムでの発表内容は USGS 特別報告として後日公表される予定である。シンポジウムは地学関連 7 学会機関が協力し 参加者数 600 名をこえる盛会で ソ連を含めて諸

外国からの参加者があった。わが国からは筆者の他には鳴尾高等学校の秋元氏が自費参加されただけでこの点は残念であった。

本文では EROS データセンターとシンポジウムを中心に紹介するとともに 訪問する機会があった USGS の新装なった バージニア州レストンの本所(National Center)についても簡単にふれてみたい。

EROS 計画と米国航空宇宙局の地球環境調査計画

EROS 計画の主目標は

- 1) 資源に関する各省庁間の研究の統合
- 2) 資源および環境管理について各省庁の役割を高めること
- 3) 国内外および南極における資源探査管理上の要望と需要に対処し得る資質の向上をはかること

の 3 点に置かれている。これらのうち 今回直接ふれることができたのは第 3 点であるが 筆者の印象がとくに強かったのは 米国が鉱物・エネルギー資源探査およびその管理に対し 地球規模の視野で LANDSAT 衛星データを中核とする各種リモートセンシングデータをシステムティックに利用する体勢を固めつつある事実であった。この点については EROS 計画発足時の USGS の見解にすでに表明されており 別に驚くにはあたらない。しかしこの見解が空念仏に終ることなく実施に移され しかも地球規模での資源需要対処策として外部とくに発展途上国へのリモートセンシング技術の教育訓練に力が入れていることは 将来米国を中心とする資源需要増加量に見合う量の確保と 主たる資源供給源である発展途上国における対立感情解消のために米国がなみなみならぬ決意をもってこれに当らうとしていることを物語るものであろう。

USGS 国際地質部長の J. A. REINEMUND は 基調講演の中で 発展途上国に対し 現存する LANDSAT データを利用し資源探査へ応用する技術援助に力を入れるべきであることをとくに強調した。この技術援助は最初は比較的簡単な技術レベルから入り 最終的にはコンピューターシステムを利用して高度の利用効果が得られるよう方向づけを行なうべきであって 技術トレーニ

ングに力を入れ 発展途上国のために寄与することが最終的には米国の利益につながるものであることを指摘した。そしてリモートセンシング利用技術の裾野を広げる努力を 今後も精力的に続けることができなければその結果は 悲劇的なものになろうと結んだ。

確かに技術訓練にはこれまで大きな努力がはらわれており 発展途上国を対象にしたリモートセンシングのセミナーがこれまで20回(アジア地域9回 アフリカ地域4回 ラテンアメリカ地域7回)行なわれている他 後述するように EROS データセンター(5コース130時間)や国連 米国航空宇宙局(NASA) ミシガン大学等の機関でトレーニングコースが開かれている。

他方 NASA は LANDSAT 衛星データが 鉱物・エネルギー資源探査 食糧・水等の管理に有益な結果を提供していることに鑑み 今後ともセンサーの改良を含む人工衛星情報取得手段の改良と 必要情報の迅速抽出解析システムの技術開発 ならびにデータ利用者へのハンドリングシステム開発に努力する方針であることがゴダード宇宙飛行センターの W. NORDBERG から表明され 次の計画案が発表された。

(1) LANDSAT 衛星:1977年に3号が打ち上げられる計画である。また 現在未承認ではあるが 1981年には4号を打ち上げる計画があり これが実現されれば

2個の LANDSAT 衛星による地球情報が 9日毎の間隔で得られるようになるだろう。LANDSAT 衛星の地上受信施設は 現在米国の他にカナダ ブラジル イタリア が持っているが イラン ザイールが新たに施設を建設することに同意し ノルウェーも考慮中である。

(2) 熱容量マッピング(Heat Capacity Mapping Mission HCMM):地表面の土壌湿分分布パターン 岩石・土壌組成分布に関するデータを得るため 日変化による地表面温度の最高・最低時にそれぞれ周期を合せた熱赤外センサー搭載人工衛星打上げが1977年に計画されている。

(3) センサー開発:Thematic Mapper と呼ばれる多波長帯域センサーが開発途中にある。このセンサーは熱赤外バンドを含めて6バンドの多波長域で高精度の地球情報取得が可能である。精度はラジオメトリックな精度0.5%以内 地表面分解能30~40mを目指しており 1980年までには開発完了予定である。ただしこのセンサーを搭載する人工衛星打上げ計画は現在承認されていない。この点に関連して USGS の Colvocoresses から 人工衛星データに精度を追求することは 経費と面積効果の点から疑問であるとの発表もなされ 内部でも将来使用が想定される新しいセンサーの仕様について

表1 地球資源および環境調査衛星(W. NORDBERG, Director of Applications, NASA/Goddard Space Flight Center による)

・1975年10月現在すでに稼働のもの		
LANDSAT 1(旧称 ERTS 1)	1972年打上げ	
LANDSAT 2	1975年打上げ	
NOAA 3	1973年打上げ	海面温度 水雪 調査用
NOAA 4	1974年打上げ	
・準備中(IN PSEPARATION)のもの		
LANDSAT 3	1977年打上げ予定	
APPLICATION EXPLORER	1977年打上げ予定	熱容量マッピング
NIMBUS 7	1978年打上げ予定	海洋調査用
SEA SAT 1	1978年打上げ予定	海水および海況調査用
・計画中(PLANNED)のもの		
APPLICATION EXPLORER 3	1979年打上げ予定	磁気調査
LANDSAT 4	1981年打上げ予定	
・1980年代中期の打上計画		
SEASAT	シリーズで調査続行予定	
CLIMATE MONITORING	天候モニター衛星	
SHUTTLE SPACE LAB	宇宙実験室衛星	
GRAVSAT	重力場測定衛星	
SEOS	海洋調査衛星	

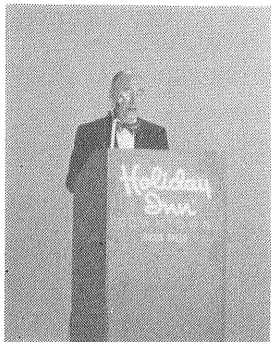


図1
開会の辞をのべる USGS の V. E. MCKELVEY 所長

は 最終的な結論が出ていないようである。

その他 地球資源および環境調査に関連する衛星とそれらの今後の打上げ計画を表1に示す。

第一回 W. T. Pecora 記念シンポジウム

William T. PECORA は1965年秋 前代米国地質調査所長 Thomas B. NOLAN を継いで第八代所長に就任し 1971年内務次官として現所長 Vincent E. MCKELVEY にバトンタッチをするまで同職を務めた。PECORA の在職中 米国では著しい資源需要の増加に対し とくに重鉱物の生産が追いつかず そのような状態がつづけば同国の将来にとって深刻な事態が予測された。このため USGS では 1964年から NASA と共同で地球資源の実態調査を人工衛星高度で行なうためのフィービリティスタディを ジェミニ計画等から得られた地球写真をもとに重ねてきた。その見通しが得られたことから EROS 計画として発足させたもので 実現にあたっては PECORA の尽力が大きかった。PECORA はしかしながら EROS 計画が実るのを待たずに他界し 関係者が氏の業績を称えて記念シンポジウムを企画 開催が実現されることになった。こうして第一回シンポジウムのテーマにはリモートセンシングデータの地学分野への応用が取り上げられ 新しく完成した EROS データセンターのある Sioux Falls で開催されることになったものである。本シンポジウムの開催にあたっては 米国鉱業会(American Mining Congress) がスポンサーとなり USGS 石油地質家協会(AAPG) 写真測量学会(ASP) 地理学会(AAG) 地質学会(GSA) 鉱床地質協会(SEG) が協賛した(図1)。シンポジウム発表論文はすべて招待論文で 4日間 2セッションに分かれて34論文が発表された。

主催者側は当初 200名程度の参加人員を予想していたが 実際にふたを開けてみると参加者数 600名をこえる盛会となった。リモートセンシングの地学分野への応

用に関するテーマだけで このように多数の参加者があったことは かつてないことであったが 主催者側にとってもそれは意外だったらしい。その最大の理由は これまでに米国内および国外の資源探査において LAN DSAT映像が当面する問題の解決に対して大きく貢献している事例が発表され 資源探査にたずさわる鉱山地質石油地質技術者に大きな関心を呼びおこしたためである。その他関連学会の協賛による各学会々員へのニュースの周知徹底 新築なった EROS データセンターへの興味等が原因しているということである。

Sioux Falls は南ダコタ州最大の街ではあるが 人口は約7万人程で ゆるい起伏をもつ広漠とした大平原の真っただ中に開けた農村都市である。デンバーとミネアポリスからローカル線の航空便があり デンバーからの乗り換えだと約2時間の空の旅だが 両都市の間に山岳標準時間(MST)と中央標準時間(CST)の境界があり3時間かかることになる。筆者が米国に着いたのは10月26日であるが この日から米国では冬時間期間に入り 全国一せいに時計針が1時間遅らされる。夏時間冬時間制はかつてわが国でも実施されたことがあるが廃止されて久しいので全然知らない人も多いだろう。この時間制(米国では daylight saving time といい 夏時間は4月26日から始まる)にまつわる失敗談はよくきくところなので 変り目に米国旅行をする人は注意が要る。

シンポジウムが行なわれたのは わが国でもよく名前をきく ホリディンというモーターで Sioux Falls 市の中心地にある。新しい建物で 場所不相応に立派な国際会議場を持っているのは 明らかに EROS データセンターを意図して建てられたものなのだろう(図2)。後で詳しくふれるが データセンター用地は同市が連邦



図2 第一回 W. T. Pecora 記念シンポジウム会場となった米国南ダコタ州スーフールズ市のホリディン

政府に寄付したもので、そのためか市民も EROS データセンターには関心が深い。シンポジウムの合間には昼食会 レセプション 宴会が企画され、一面には USGS の EROS データセンター開設祝賀会的な雰囲気もあってその席上、上院議員(ユタ ニューメキシコ選出)市長といった人々から EROS 計画の意義が強調された。また同じく来賓の一人としてスピーチを行なった NASA の R. SCHWEICKART 宇宙飛行士の講演は、地球 人類全体が直面している種々の問題にふれるといった幅広いものであり、より良い未来社会を築くために、地球的視野に立って事物を評価することの必要性を説いた内容のものであった。その認識は実際に地球軌道を周回した経験に基づく深いもので、聴衆にも感銘を与えた。

EROS データセンター

EROS 計画の進行に伴い、収集される地球表面の映像情報はぼう大な量に達する。これらを整理し効率のよい利用をはかるため、データセンターが1971年に創設され恒久的施設として、1973年8月、南ダコタ州 Sioux Falls に建設された。市内とはいってもデータセンターは市の中心から更に北東方向に約 25km (車で約30分) 隔った平原の中にある。氷河堆積物で覆われたゆるい波状の牧草地、とうもろこし畑がはてしなくうちつづく風景の中に孤立してセンターの建物が視野に入ってくる (図3、4)。

LANDSAT 衛星の信号受信局から周波数ノイズを最小限にして受信するため、データセンター建設適地は米国中西部のだ円形地域に限定される。この域内に位置する Sioux Falls 市では、地元のロータリークラブ等が中心となって資金を集め、約 129 ヘクタールの土地をデータセンター用地として連邦政府に提供したものであ

る。

EROS データセンターは写真処理工場を含め、建坪 11,200m² あり、USGS 米国航空宇宙局 (NASA) 等16機関からのリモートセンシング映像データを取り扱う総合データバンクとしての機能を持ち、次のような業務と役割を果たしている。

1) EROS データ照合ファイルによる一般へのサービス業務：米国領土は LANDSAT 衛星映像によって撮像時期こそ違いはするものの、雲の全くない映像によって全域がカバーされた (わが国では全域カバーには約50シーンの LANDSAT 映像が必要であるが、LANDSAT 1 による雲の全くないシーンはごくわずかしかな撮像されていない)。このような米国内の LANDSAT 衛星映像データを整備し、マイクロフィルムコピーにして全米12ヶ所に配備し、利用者は付設のビューワーで希望の映像が選択できるシステムが完備されている。データセンターには LANDSAT 衛星映像の他、NASA の宇宙計画によって撮影された、ジェミニ、アポロ宇宙写真、スカイラブ映像、同航空機計画による高高度空中写真等、それに USGS および連邦政府他機関で撮影された空中写真等の原図保管庫が設置され、その保管量は現在約 280 万シーンに達する。今後は LANDSAT 衛星映像以外のそれらのぼう大なデータについても、迅速かつ効率的な利用システムが検討されている (図5)。

2) 映像データの販売：データセンターでは映像データの販売にも力を注いでおり、ここに保管されている映像データはすべて買い求めることができることになっている。センターには写真処理装置10台 (カラー用5台、白黒用5台)、プリンター18台が設置され、最大

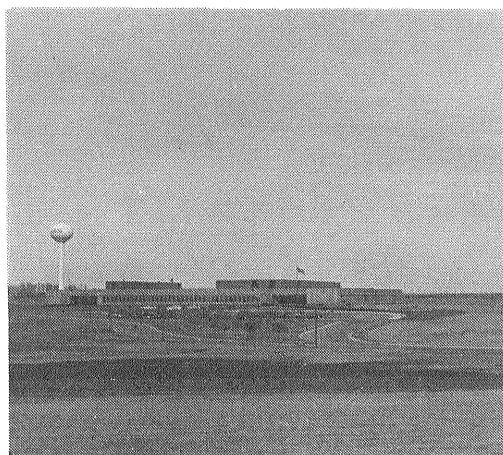


図3 EROS データセンター全景



図4 データセンター入口付近

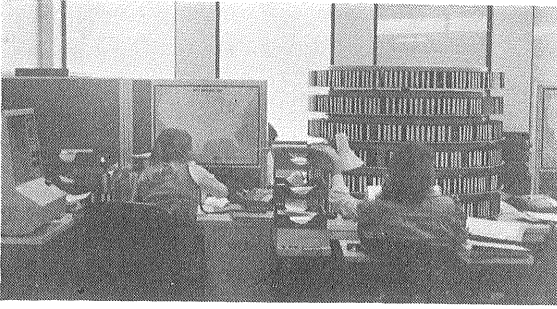


図5 全米の LANDSAT 衛星データを取めたマイクロフィルムコピー（右の円形棚）と効率的な応需システム

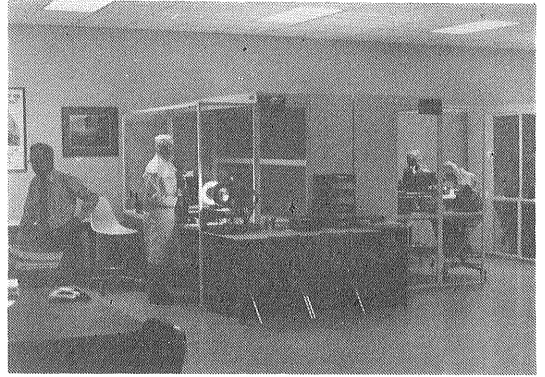


図6 写真映像処理中の職員 防塵服の着用が義務づけられている。

40インチ画角までの写真映像の再生が可能である。写真処理能力は 週5日制で月間 3.5~4 万シーンということである。この写真焼増しはセンターのマスターフィルムを用いてなされ 作業は除塵室の中で行なわれる(図6)。LANDSAT 衛星映像の主な利用者は 連邦

政府機関29% 民間産業界27% 大学等学術関係機関15% 個人11% 外国11% その他7%である。LAND

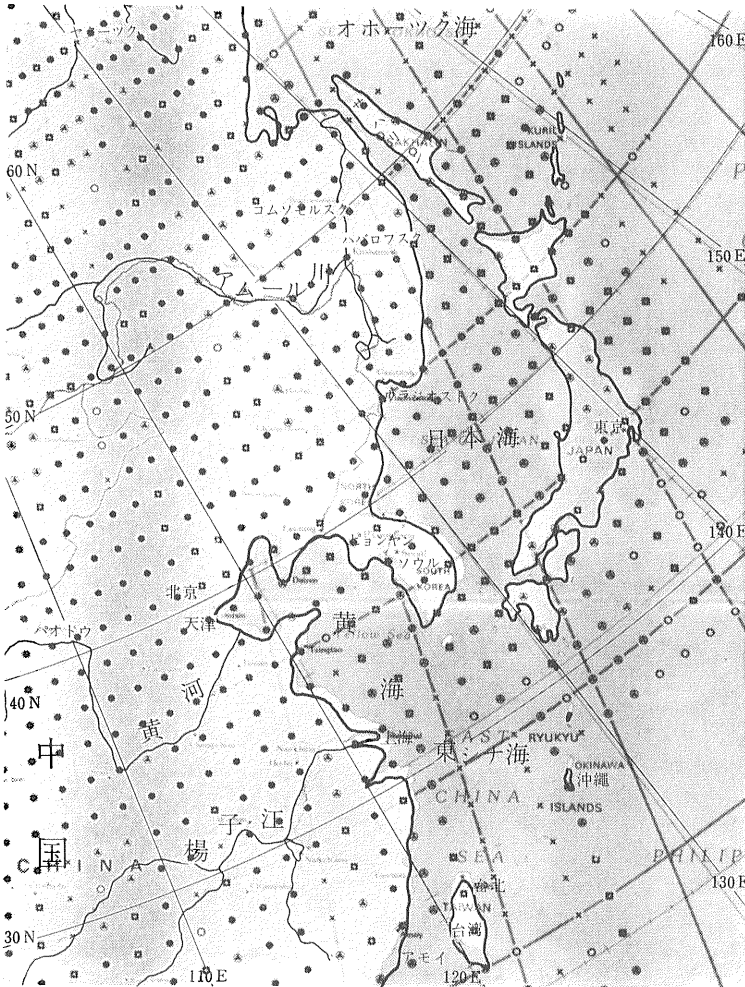
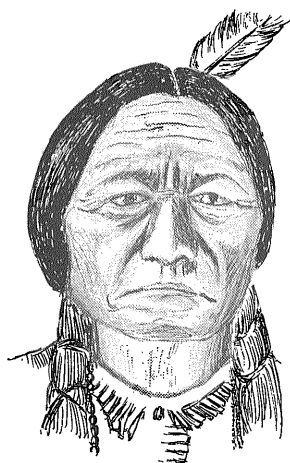


図7 アジア東部の LANDSAT 衛星映像カバー図 (INDEX TO LANDSAT COVERAGE, USG Sより一部抜粋)
● 雲カバー率0%
□ 10%
⊙ 20~30%
○ 40~50%
× 60~100%



Sioux 族の酋長 Sitting Bull
スーフォールズ市 Pettigrew
博物館展示写真からスケッチ

金をそえて（チェックで） EROSデータセンターに直接郵送するようになっていた。コンパイル図からみるとアジア東縁部は良好な映像が得られているようである（図7）。参考のためデータセンターの住所を下に記す。

**EROS DATA CENTER, Sioux Falls, South Dakota
57198, USA**

米国と米国以外地域の2種類のカatalogがデータセンターから出版され 継続的に LANDSAT 衛星映像を使用する方はこれを買求めておくと便利であろう。LANDSAT 1 の分については米国以外地域は4分冊で郵送料こみで5米ドルで得られる。

SAT 衛星データは 写真処理映像の他に デジタル化された CCT (Computer Compatible Tape)としても販売できる態勢が整えられつつあり 1975年末には1日5シーンの生産量であるが 1976年末には1日20シーンの生産が可能になるということである。将来は CCTが現在のフィルムの映像にとって代わるであろう。

LANDSAT 衛星データは わが国の分については財団法人 日本情報開発協会（東京都千代田区霞が関3-2-5 霞が関ビル30階 TEL 581-6401）が原板のフィルムコピーを入手し カラー画像処理等を行なっている。また CCT データも関東 近畿 四国を逐次入手しつつある。わが国以外の地域の映像データも直接EROSデータセンターに申し込めば 映像の得られていない地域を除き入手が可能である。ただしこの場合国情等の理由によって必ずしも全ての地域という訳にはいかないのが実情のようである。全地域はコード化され 申込みは所定の申込み用紙に必要事項記入の上 代

3) 映像利用のためのトレーニング：前にも述べたように LANDSAT 衛星データをより有効に利用するため 利用者の裾野を拡げることが重視されEROSデータセンターでも定期的に一週間程度のトレーニングコースが開催される他 外国人を対象に3週間のコースが組まれている(図8 9)。このトレーニングを通じて簡単な立体鏡など手作業を主とするデータ解釈法から CCT データによる高度な解析技法に亘るまで一とおりの訓練が行なわれる。

話は全く余談になるが EROSデータセンターのある南ダコタ州は 平原インディアン スー族が多くの部族に分れて生活し バッファローを追う狩猟生活を営む場であった。しかし白人達が移住するに及んで 彼等は次第に西方へ追いやられていった。一方同州の西縁はワイオミング州につづく有名な Black Hills で 一般には大統領の彫刻があるラシュモア山で良く知られるが「地上でもっとも価値ある100平方マイル」の異名がつけられるほどの富鉱地帯である。ここで1874年金が発

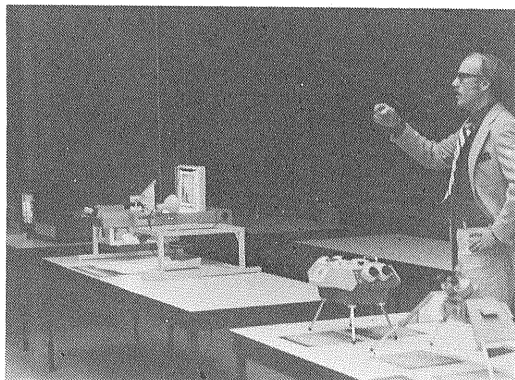


図8 比較的簡単なトレーニング器具



図9 コンピューターによる画像処理

見されてから白人のインディアンに対する圧迫はますます激しくなっていた。これに大きな抵抗を示したのが酋長 Sitting Bull らに率いられた誇り高きスーインディアンであった。

Sioux Falls 市には Pettigrew という古びた博物館があり シンポジウム会場とは近距離にあるので シンポジウム終了後ここを訪れる機会があった。インディアンのコレクションが豊富で その道では有名な博物館であることが後程わかった。ここでは19世紀のスーインディアンの風俗を伝える貴重な写真や 討伐軍との戦いの記録などが見られる。

Sitting Bull はこれまで分散していた スー族やシャイアン族の力を統合すべく モンタナ州の Little Big-horn 川に2,500名の戦士を集結しつつあった。一方この情報をキャッチしたカスター將軍らは Sitting Bull を追ってついにその一部と接触 226名で攻撃をかけたが圧倒的な大軍に 將軍以下全員悲惨な最後を遂げたことは西部史上余りにも有名である。酋長 Sitting Bull はまじない師で 実戦にはそれほどたづさわらなかつたとも言われている。

今日 勇者の子孫達は地理条件の悪いインディアン保護地域内で困難な生活を送っているのである。

シンポジウム発表論文から

論文発表は当初32論文の予定であったが 最終日にソ連から2篇の追加発表があり 合計34論文が発表された。論文発表第2日目から2つのセッションに分れて行なわれたため 全ての発表をきくことはできなかった。当日配布された資料は 講演要旨のみで 本論文は後日 USGS の Professional Paper として発表されることになっている。

論文内容は大別して 地質リモートセンシングの方法論に関するもの 10篇 LANDSAT 衛星映像の応用に関するもの 14篇 基礎的研究 2篇 その他 8篇 に分けられる。

1) 方法論に関するもの: この中には前述の NASA の将来計画等も含まれる。LANDSAT 衛星映像の高度の利用をはかるための効果的手法として発表されたのは 多波長帯域各バンド (MSS) の比率映像化法である。比率映像は CCT データからラジオメトリックな補正を行なった映像をもとにしたものが発表され 写真技法によるものはみられなかった。この手法によって 植生のない乾燥地域では変質鉱物による Halo の検知が LANDSAT 衛星データを用いてかなりの高精度で可能になることが示された。研究を進めているのは L.

Rowan から USGS およびジェット推進研究所のグループで スペクトロメーターを用いて野外で変質鉱物の反射率測定実験を LANDSAT からの撮像と同時にこなしている。その結果 変質鉱物の多くが $0.45\sim 0.50\mu\text{m}$ $0.85\sim 0.95\mu\text{m}$ および $2.2\mu\text{m}$ 付近で吸収幅の広い吸収帯を形成することが明らかにされつつある。LANDSAT の MSS 映像は各バンドとも帯域が広く しかも最長波長が $1.1\mu\text{m}$ までなので この吸収特性を十分に映像濃度に反映することはできない。しかし MSS の4バンドの比率映像を用いることにより ある程度の診察的結果を得ることが可能である。試験的に行なった比率映像でもっとも効果が上ったのは 次のバンド組合せである。

MSS 4/5 を青に発色 MSS 5/6 を黄色に発色 MSS 6/7 をマゼンタに発色させる合成カラー。

この組合せで変質地帯は緑色および茶色に表現され LANDSAT 衛星映像解析結果と現地チェックの結果は約80%の高精度を示した。

Rowan らの成功例は しかしながらネバダ州中央部の植生のないモデルフィールドでの結果であって わが国のような潤潤地帯では このように高い精度でのマッピングは期待できない。植生被覆のある地域では逆に 鉱化植物の概念から 植物被覆の反射スペクトル異常を手がかりにマッピングの可能性が追求されている。鉱化樹の重要性は Lyon らによって注目され また彼を中心に組織的な研究が進められている。Lyon らスタンフォード大学グループは LANDSAT 衛星の CCT データから ラジオメトリックな補正を行なった映像を利用し 同大学で開発した鉱床探査用パターン認識プログラム (STANSORT と呼ばれる) を用いて 裸地 半裸地 植生被覆地の順に鉱化異常パターン抽出実験を行なった結果について発表を行ない注目された。この研究は継続中であるが 上記 CCT データの使用と 最適季節で撮像されたデータの入手 基礎研究の蓄積によって 将来有効な情報をもたらすことが期待される。この種の研究には統計学 エレクトロニクス技術 植物生態学 微気象学等を含む真に学際的な研究へのアプローチが要求される。

その他空中方式の手法として 紫外域利用のフラウンホーファー線法 エアボーン地化学法 レーダー映像法などに関する発表がなされた。

2) LANDSAT 衛星映像の資源探査への応用に関するもの: 発表論文中もっとも多く 14篇を占めた。海外とくにアフリカ メキシコ イラン等乾燥地域では 判読

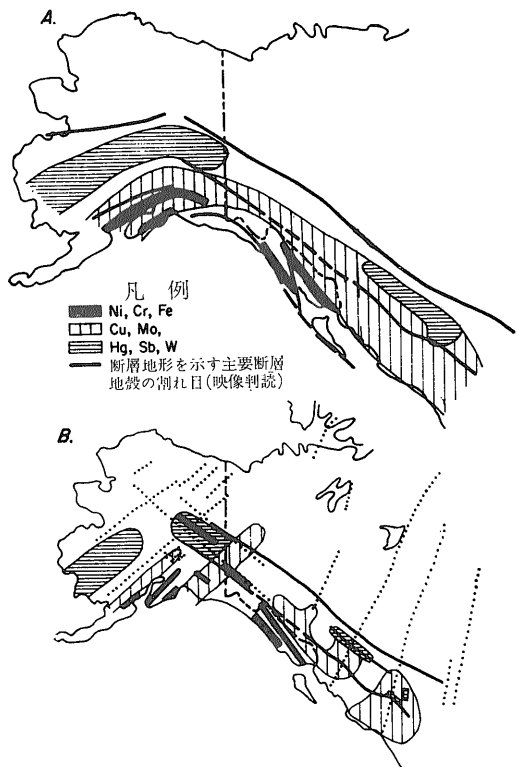


図10 アラスカおよびカナダ西部の鉱床区概念図 (LATHRAM による)
 A: 従来の考え方
 B: LANDSAT 衛星映像等の判読から導き出された新概念

効果も高く 調査の初期段階での利用および試錐計画に入る前の 各種調査資料のコンパイル 総合判定の際に LANDSAT 衛星映像がとくに利用されているようである。

LANDSAT 衛星映像の判読は主にマクロな地質現象の判読による概査段階での利用のためになされるが 割れ目の情報に関してはそれ以上の効果を果すものである。この点についてはこれまで映像を手にとって判読を行なった多くの専門家からたびたび指摘されているので省略するが 特筆すべきことは 地表で地形的特徴をもたない 映像濃度の差違によって識別される線状パターンが存在であろう。そのようなパターンはアラスカでは他の空中物理探査方式 たとえば空中磁気探査図などと対比すると良くマッチし 基盤構造を推定する上できわめて重要な役割を果しつつある。

かつて関東地方を横断するこの種の線構造が「アーツ断層」としてマスコミににぎわしたことがある。線構造の東半については 地震探査 音波探査等のデータから 基盤の割れ目の反映であろうと考えたが 西半については関東平野の盆状構造が深く 基盤の既存データもないことから余り積極的に地質に関連するパターンであ

ると主張できなかった。しかしシンポジウムでの発表例から見ても このような濃度「異常」によって識別できる線構造は 基盤の割れ目の反映による地質学的なものであると積極的に判断してよいのではないかと考える。ただし「活構造」か否かまで推定することには飛躍があるろう。

USGS の SCHMIDT はパキスタンにおけるポーフィリー銅鉱床探査に LANDSAT 衛星の CCT データを利用し 2,100km² からコンピューターが抽出した「鉱化帯」23地区のうち19地点で実際地表調査を行なってそのうち5地点で 硫化物の鉱染を受けた変質した石英—長石斑岩の存在を確かめた旨の発表を行なった。この発表はその迅速性からいって 鉱区の申請等を伴う実際の探査という観点からみると実に意義深い発表であるとの印象を受けた。

3) 理論的なもの: LANDSAT 衛星映像によって識別される地質現象のうちでもっとも顕著なものは 大規模な線状～環状構造である。複数の LANDSAT 衛星映像(一葉は 185×185km)に亘って発達する大規模な地質構造は 人工衛星映像のように 広域を一樣な太陽光入射条件の下でカバーした映像データ以外の方法によっては それらを識別し客観的に説明することがほとんど不可能であろう。

海洋底物理学の進歩によって提唱された プレートテクトニクスに対して 地質学分野からは 地球的な規模で陸域からこの説に対して吟味を加えるための手段に欠けていたことは否定できない。LANDSAT 衛星映像は 広域地質家にうってつけの情報を提供している。米国では すでに全土が雲のない LANDSAT 衛星映像でカバーされモザイク映像が完成した。そして予察的な割れ目・環状構造図が既にでき上がっている。やがてその結果は 統一的に解釈され アカデミックな場に登場してゆくことであろうが 現状ではむしろ鉱床生成やエネルギー資源胎胚の場の解釈という経済的な側面に興味が集まっている。広域的地質現象を対象にしてきた HODGSON, KUTINA らはシンポジウムでも発表を行なったが 彼等はまさに水を得た魚のように生々としているのが印象的である。門外漢の筆者にはよく分らないが広域的鉱床胎胚の場を深部裂かの発達 とくにその交差部に関連づけて解釈しようという試みが 米国には伝統的にあるようである。USGS の LATHRAM らのグループもそのような観点から アラスカ～カナダ北西部における鉱床区に対して大胆な新概念を提唱している(図10)。これはすでに LATHRAM によって公表されており この

たびのシンポジウムで初めて提唱された概念ではないが永年アラスカの地質調査に携さわれてきた彼等は 同地域における鉱床成因論の展開に LANDSAT, NIMBUS 衛星等からの映像データが重要な役割を果し得ることを認めた。 後日カリフォルニア州 Menlo Park にある研究室を訪ねる機会があったが LATHRAM らが特に注目している LANDSAT 衛星映像の線状構造は 地表で地形的特徴をもつものではなく 濃度差によって識別されるものである (地形的特徴を示すものは既存の地表調査でも把握されていることから LANDSAT 衛星映像によるそれらの把握が上記概念に寄与するところはそれほど大きくなかったという)。 氏が指し示す線構造の濃度「異常」は微弱であるが連続性は長大で その存在は LANDSAT 衛星モザイクによって 漸く把握し得る程度のものであった。

米国地質調査所の近況

Sioux Falls でのシンポジウムが終了した後 USGS のナショナルセンター (バージニア州レストン) デンパー支所 (コロラド州) メンローパーク支所 (カリフォルニア州) を訪問し EROS 計画部門の施設見学と関係者との意見交換を行なった。 USGS では EROS 計画のスタートによってリモートセンシング関係の施設が



図11 デンパー支所のEROS関係者がいるしうしやな新ビルディング 1974年9月連邦センタービルから移転した。

整備拡充された。 デンパー支所では リモートセンシング部門は 同市の西部にある連邦センタービル (合同庁舎) から更に西 コロラド鉱山大学のあるゴールデン付近に快適な建物が建設されそこに昨夏移転した(図11)。

USGS はわが国の地質関係者にとっても関心の深い機関であるが 本所が首都ワシントンから同市郊外のバージニア州レストンに移転して以後の状況は これまで本誌にふれられていないので紹介したい。 ただし本題と

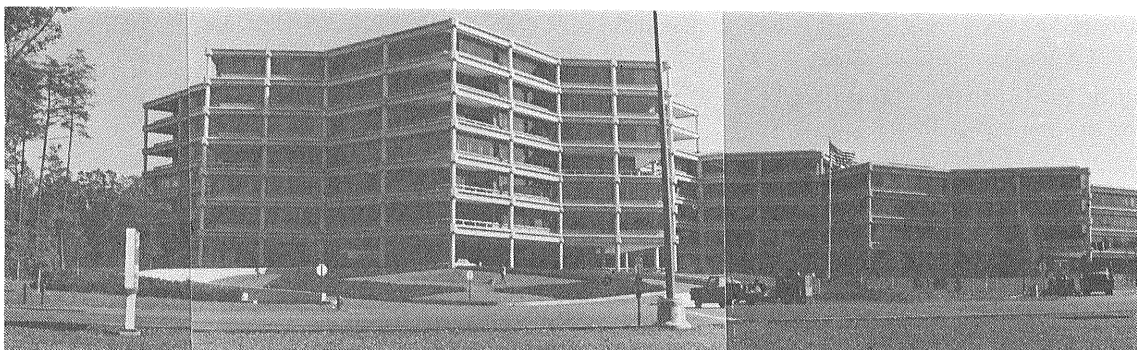


図12 USGS ナショナルセンター正面 (バージニア州レストン)



図13 ナショナルセンター裏手 左にのびる2階建は工作地形図印刷工場 右手の別棟は冷暖房施設



図14 正面玄関わきのロビー

もはなれるので ごく簡単な紹介記事にとどめたい。

移転直前の USGS はホワイトハウスの近くに一角を占める内務省ビルを中心に 首都圏30ヶ所以上のビルに分散間借生活をしのんできた。このため 庁舎の一本化は長年の念願で 1973年8月 念願かなって現在地に移転完了した(図12 13)。

新ビルディングは John Wesley POWELL 連邦ビルと呼ばれ 約2,200名の職員が勤務する。POWELL は USGS の二代目所長であり 彼による グランドキャニオンおよびコロラド峡谷の探検は米国人に広く知られている。1869年のことである。彼の偉業を記念して100年後の1969年「コロラド川地域と John W. POWELL」という立派な本が USGS の特別報告として単行本形式で出版されているので ご存知の方もいるだろう。

このナショナルセンターのあるバージニア州レストンは首都ワシントンの中心から北西に約30km はなれたところにあり これも新しく開港した Dulles 空港に程ちかい。いずれにしても大衆交通機関の少ない米国ではわれわれ旅行者にとって便利な場所ではないが 内務省

の玄関口から約1時間ごとに車の便(シャトルサービス)があるのでこれを利用するのがよい。

ナショナルセンターをとり囲む自然環境は素晴らしい。美しく紅葉する深々とした森と澄み切った湖の中にあつては センターの白い建物と1,600台の車を収容する駐車場がむしろ不調和を感じさせるほどである。ゆるくうねる平坦な地形は氷河地形を反映したもので 母岩は中生代三畳紀の Manassas 砂岩である。その他付近には同じく三畳紀の輝緑岩 古生代下部の Wissahickon 片岩などが分布する。

図12 13に見られるように 中央ビルディングは地上7階地下1階建で円形の鉄筋コンクリート柱で支えられている。上方から見ると方形を組み合わせた星形の建物の輪郭は 城郭を思わせて美しいが機能的にはどうか。回転式のドアを押して中に入ると正面は広々としたロビーになっており 沐けい用のソファが配置されている(図14)。また正面には アポロ計画の月面調査で活躍した月面車と同型のものが展示してある(図15)。数百名を収容する大講堂 野外調査用機器収納所などが1階の主な施設である。広く高い天井の廊下の壁には USGS の活動状況が展示されている。

各階の主要な配置は 次のとおりである。

- 地下 カフェテリア 岩石等保管庫
 - 1階 ロビー 講堂(工作 機器収納庫)
 - 2階 測地総部(地形図印刷工場)
 - 3階 地質総部
 - 4階 図書館 地質総部
 - 5階 水資源総部
 - 6階 管理部門 出版 コンピューター 水資源総部
 - 7階 所長および総部々長室 資源保全総部
- () は中央ビルの横につき出した2階建建物内にある別棟
- 1 固体物理研究室 鉱物研究関係
 - 2 冷暖房施設

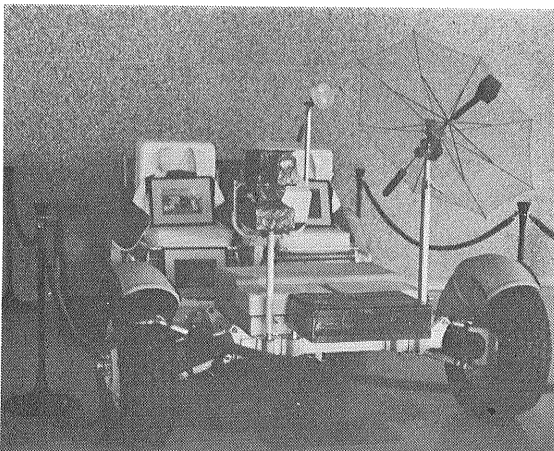


図15 入口正面に展示された月面車と同型モデル

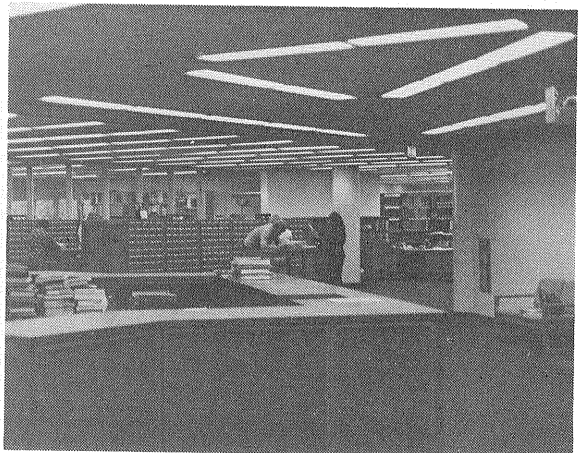


図16 広々とした図書館は同センターの誇りである

特筆すべきは4階にある図書館で 地球科学に関しては世界で有数の蔵書数を誇る(図16)。他の2支所およびアリゾナの Flagstaff にある蔵書数と合すると60万冊地図類20万枚 論文など30万点以上に及ぶぼう大なものである。

おわりに

第一回 W. T. PECORA 記念シンポジウム出席を通じて米国における EROS 計画の現状に接することができた。人工衛星高度からの映像データによる地質リモートセンシングの評価は 地球規模において正当になされ得るといのが実感である。LANDSAT 衛星映像に代表されるマクロな映像データの直接利用効果は わが国の場合自ら限定される。地質学的な考慮を除いて単純に面積的比較を試みよう。世界全地域で LANDSAT 衛星データがもたらす情報をもっとも顕著な効果を与える地質現象が400であると仮定する。顕著であればあるほど発見が早いとすれば これらの多くは何らかの形で公けにされているはずであるから LANDSAT 衛星打上げ後3年半以上経った今日の結果発表の実情からみるとこの数はそう少ないとは言えない。わが国の面積が全地球の陸域に占める割合は0.24%であるから 400件のうち1件は 日本で顕著な効果が明らかにされる可能性があるという答が出る。これまで LANDSAT 衛星映像でもっとも関心がもたれたのは「関東アーツ断層」でこれは完全に確認されるには至っていないが 顕著な「発見」に含められるであろう。そうなるわが国では地質現象に限れば LANDSAT は既に直接的役割の過半を果したことになる。米国にはアラスカという地質調査のきわめて困難な未開地があり 資源探査の面からも LANDSAT 衛星を打ち上げ そのデータを評価するに値する広大な地域をかかえていることは基本的な違いであろう。

EROS 計画のさらに大きな役割は LANDSAT 衛星映像を通じて 地球の有限さを世界中の人々に認識させたことにあるのではないだろうか。この認識がより深まることがきわめて重要であることは言うまでもない。過激なナショナリズム ゼノフォビア意識は深刻な危機につながるものであり 危険な刃にもなり得る LANDSAT 衛星映像について 公開利用推進の立場をとった米国の方針は賢明である。LANDSAT 衛星映像の販売によって上る収益は1976会計年度見込で 約9億円(300万ドル) このうち国外からの収益はその約10%の1億円足らずであるが EROS 計画のおよぼす 巨視的影響力は非常に大きく 今後広域地質・地下資源分野で米国

がさらに指導性を増してくることは 必然と見なければならぬまい。

シンポジウムに提出された論文からうかがえる 地質リモートセンシングの研究について感じられたことは 成果の評価の違い といったものであった。今日 科学・科学技術分野は専門化が進み 専門分野の壁をのりこえる学際的研究の必要性がますます強調されているもの それは現実がむしろ反対の方向へ進んでいることを示す証でもある。研究対象がマクロからマイクロへと推移することは必然の流れではあろうが 地質リモートセンシング研究 とくに人工衛星高度のそれでは 地質現象の広がり 変化をいかに早く把握するかが最大のテーマとなっている。求められる解は近似或いは相似解である。このような広がりを求める分野は 元来層位学で培われてきたものである。この広がり正しく理解するための 岩石・土壌と電磁波の相互関係は野外で求められなければならないが その結果は実験室におけるように厳密ではなくなるが その代り 気象学的 植物学的な要素を考慮することが不可欠である。この点リモートセンシングに共通していえることで 学際的研究が真に望まれるところである。

1969年から70年にかけて米国に滞在し 地質リモートセンシングに接してきた。それから2年後には LANDSAT (旧称 ERTS) が打ち上げられ このたびのシンポジウムは LANDSAT 衛星映像による地質・資源探査目的への利用についての一段階を画すための意義もつものであった。わが国でもすでに海外での調査資料として LANDSAT 衛星映像は積極的に利用されてきている。人工衛星のみならず 航空機高度の地質リモートセンシングに対して われわれ地質家が注目していくことは 今後とも必要であろう。

おもな参考文献

- A Brief History of the U. S. Geological Survey (1974): USGS INF 74-2, 27P.
 The EROS Data Center (1974): USGS INF 74-43, 28P.
 林昇一郎 (1965): 米国地質調査所の概要とその長期計画 地質ニュース no. 125 pp. 46-55.
 Index to LANDSAT Coverage, Eurasia-WPS-1, Edition 1 (1975): U. S. Geological Survey.
 LATHRAM, E. H. (1974): Geologic Application of ERTS Imagery in Alaska, Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, Goddard Space Flight Center, Wash. D. C. paper G3.1 pp. 1-12.
 小野見司 (1973): アメリカ合衆国地質調査所 機構と地質図の紹介 地調月報 vol. 24 pp. 39-46.