

# Purdue 大学で開催された「リモート・センシング技術 および応用に関するセミナー」\*

落 合 弘 明\*\*

## 1. まえがき

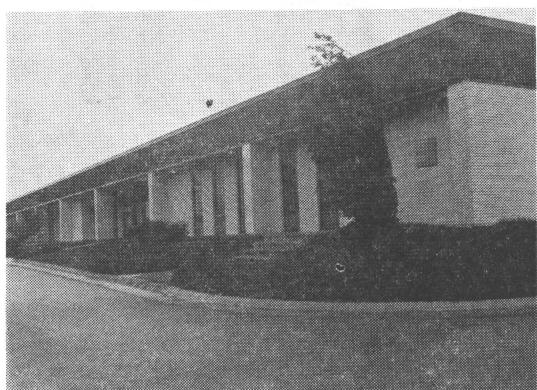
EROS (Earth Resources Observation Satellite) 計画の進展に伴い、リモート・センシングに対する関心がわかつに高まった。とくに ERTS (Earth Resources Technology Satellite) の打上げ成功で一層その気運が高まった。気象庁ではすでに宇宙方式による気象衛星資料を予報に利用しているが、わが国においては本格的なリモート・センシングはまだ行われていない。EROS計画に対しては、科学技術庁が中心となって「資源衛星資料判読技術検討会」が設けられているが、航空機方式は手つかずの状態である。リモート・センシングは測定もさることながら、データ判読も非常に重要である。気象、海洋、大気および水質汚濁、植生、土地利用、地質などその応用分野は非常に幅広いが、いずれもデータ判読の占める比率は相当高い。筆者は、ERTS-1 および1973年5月打上げ予定の EREP (Earth Resources Experiment Package Sky Lab ともいう) の研究メンバーに加わったのを機会に、アメリカにおけるリモート・センシングのデータ判読をじかに確めて見ようと、1972年7月31日から8月11日にかけて、Purdue 大学において開催された「Remote sensing Technology and Applications」というセミナーに参加した。Purdue 大学には LARS (Laboratory for Agricultural Remote Sensing) が設けられ、早くから主として農業、植生、土壤、水質などに関するリモート・センシングに取組んでいる。その判読システムは Michigan 大学の Willow Run Laboratories と好一対といわれている。

## 2. 参加者およびセミナーの目的

参加者は約70名で、3分の2がアメリカ国内から、残り3分の1が外国からであった。オランダ、フランス、ドイツ、スペインなどのヨーロッパ勢およびカナダが多く

く、アジアからは筆者のみであった。アメリカ国内からは、NASA の Goddard Space Flight Center や Kenedy Space Center やの技術者をはじめ、NOAA の海洋研究官、USDA の技術者などの政府関係者が多かった。Michigan 大学、Kansas 大学、Illinoi 大学などリモート・センシング講座をもつ大学の若手研究者や IBM、Lockheed、Bendix などの民間企業の技術者も多かった。外国からの参加者は、写真研究所、情報処理機関、航空測量研究所など政府機関から派遣されたものと大学の研究者が殆んどであった。セミナーは第1表に示すような日程で進められ、会場は工学部の電気工学科に属する特設スタジオ、Information center および LARS で行なわれた。セミナーの目的は、EROS 計画の実施に伴い、データ判読に従事する技術者に対するデータ収集、自動処理法によるデータ処理および定量解析に焦点が合わされていた。したがって主催者は Purdue 大学となっているものの、NASA の強力な後押しがあるのはいうまでもない。各セッションにおいて、NASA の実情、計画などが NASA からの参加者から発言があり、打上げられたばかりの ERTS-1 の MSS 映像など豊富な資料が配布された。

セミナーの担当者は Purdue 大学のリモート・センシング・プロジェクトに参加しているスタッフをはじめ、



第1図 LARS の全景

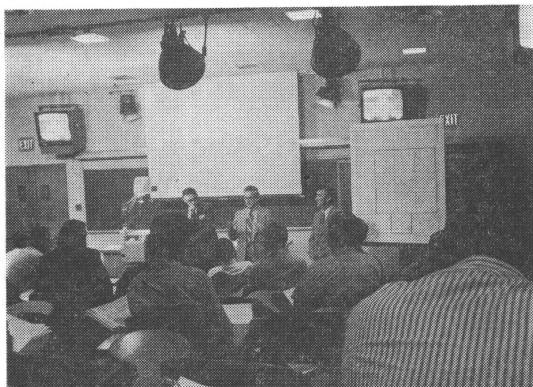
\* Seminar on Remote Sensing Technology and Applications, Purdue University.

\*\* H. Ochiai 鳥羽商船高等専門学校

—1973年2月21日受理—

第1表 セミナーの日程と内容

DAILY SCHEDULE					
FIRST WEEK			SECOND WEEK		
Physical Basis of Remote Sensing			Analysis of Remote Sensing Data by Automatic Techniques		
Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	
—Introduction	—Photography: Systems, Cameras, Filters, Films	—Data Handling	—Aircraft Systems and Flight	—SLAR (Side Looking Airborne Radar);	
—Radiation and Sensor Characteristics	—Photography: Color	—Data Analysis	—Mission Requirements	—“Brute Force,”	
—Infrared System Design	Infrared Interpretation, Atmospheric Effects	—Effectiveness of Automated Data Processing Techniques	—Field Instruments	—Synthetic Operations	
—Spectral Characteristics	—Scanner Systems:	—Sampling Requirements	—Surface Observations	—Other Remote Sensing Instrument Systems	
	Thermal, Multispectral, Special Purpose	—Dinner, The Hills, 6:30 p.m.	—Calibration Techniques	—An Integrated Remote Sensing Experiment, the Corn Leaf	
			—Blight Watch Experiment; Organization, Procedures, Methods, etc.	—Remote Sensing, Impact on the Future	
8 : 00 a.m. — 11 : 45 a.m.			August 7 — August 11		
1 : 15 p.m. — 5 : 00 p.m.					



第2図 特設スタジオにおける討論

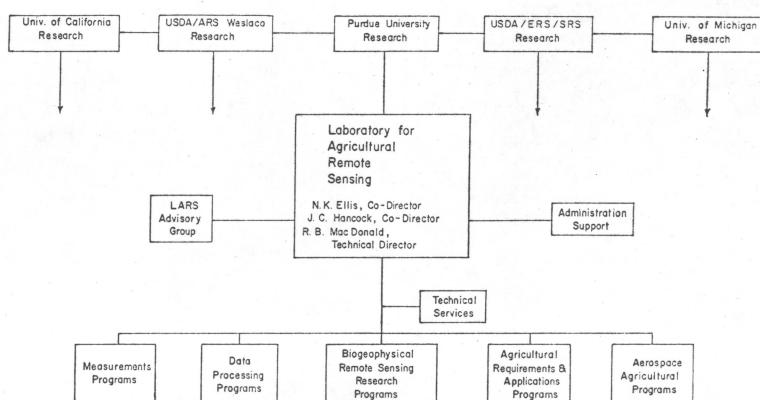
Michigan 大学、カナダの Saskatchewan 大学などからも応援があった。会場が 3 カ所に別れているのはセッションに合わせて移動するためで、第2図に示すように特設スタジオにおける模様は circuit TV により常時大学中に流されていた。セミナーに出席できない大学関係者は、研究室において見ることが仕組である。前半はリモート・センシングのシステム、データ処理、観測などが、また後半はデータ処理および各種実習が盛り沢山に行なわれた。朝 8 時から 17 時とかなりきつい日程であったが、参加者全員大学構内の club (部屋数が 300 近いホテル並み) に宿泊しているので夜間の討論も可能であった。Purdue 大学をはじめとする講師をまじえての中・夕食は、アメリカで最も豊かといわれる Mid-East だけにメニューも豊富で、夕食後ときには 12 時近くまで討論が続けられたが全く苦痛を感じなかった。

アメリカにおけるリモート・センシングで気がつくことは、日本におけるのと違ってスタッフに電気関係やコンピューター関係の技術者が非常に多いことである。これはすでにリモート・センシング体制が確立しているためで、宇宙方式、航空機方式を問わず、目的に応じたプロジェクトの在り方が完成されているからである。第3図は LARS におけるリモート・センシング体制である。大がかりな観測の場合は、LARS のみでなく他の研究機関のリモート・センシングと共同で行なうが、LARS の体制としては 5 つプログラムが組まれている。第4図はそれぞれのプログラムの研究分野を示したものであるが、実に綿密な研究体制ができ上っている。わが国においては、リモート・センシングといえば観測のみという考えが強いが、LARS の体制からいえば、Measurement Program があるに過ぎない。しかも Instrumentation Research などは殆んど行なわれていないといえるから、実質的にはかなり片手落ちの観測体制が考えられていることがわかる。Aerospace Agricultural Program とあるのは、航空機方式と宇宙方式を併用するケースが非常に多いためである。EROS 計画に備えてすでに完全な組織作りが終っていると考えられる。リモート・センシングとはまずその組織作りが先決であることを痛感させられた。

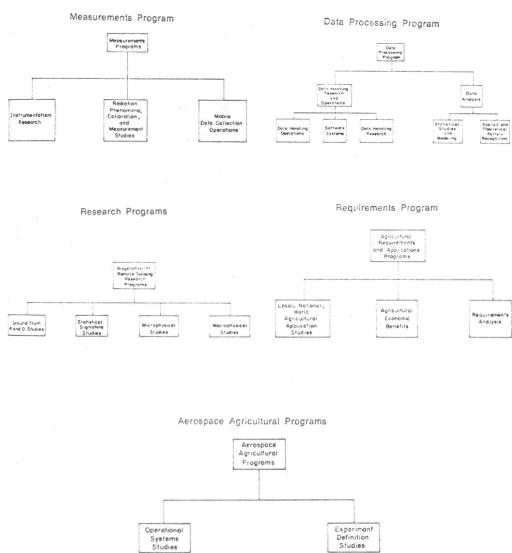
### 3. リモートセンシングと観測計器

LARS で使用されている観測計器は非常に種類が多い。航空機搭載用ばかりでなく、Ground truth を検知する計器についても非常に研究が進んでいる。第5図は使用されている MSS (Multi Spectral scanner) の概要

Organization of L A R S

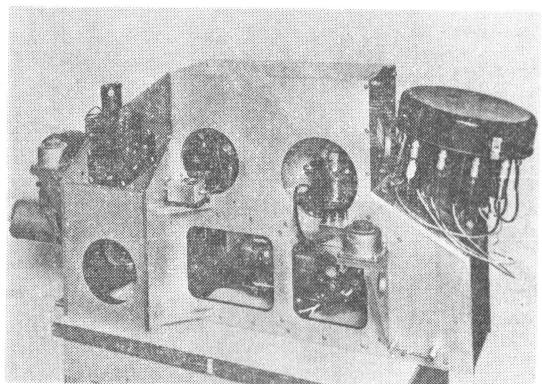


第3図 LARS における研究体制

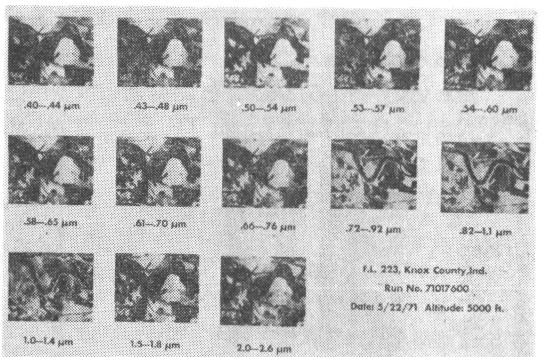


第4図 LARSにおける研究プログラム

を示すものであるが、セミナーでは Thermal mapper を含んで MSS のシステムが何度も取上げられたのが目立った。MSS は可視領域を 10 の波長帯に分けられさらに赤外領域が加えられている。第 6 図は各波長でとらえた地表の映像である。波長によって映像にかなりの変化があることに気付く。大気汚染や病虫害による樹木や農作物の被害調査に大きく貢献している実例がいくつもあげられた。MSS はわが国にはまだ 1 台もない。しかし遠からず必要に迫られる日がやって来るのは目に見えている。リモート・センシングは広大な国土のある国にとってこそ有効な手段という考え方を改め、一日も早く MSS の基礎研究に取組むべきであると痛感させられた。Pro-

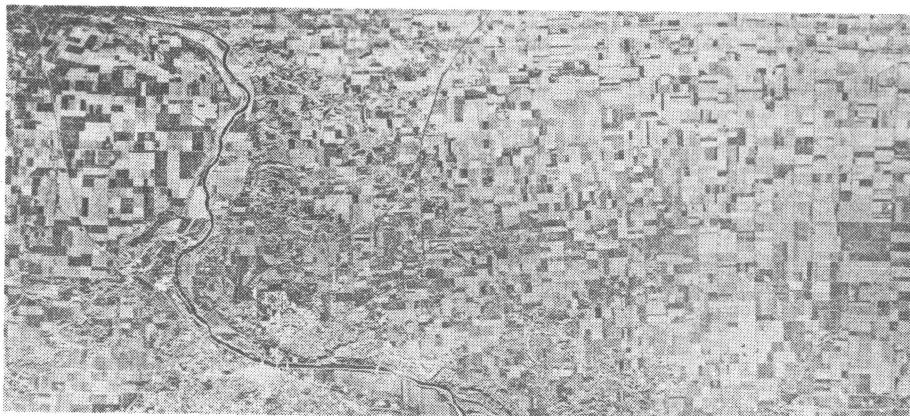


第5図 Multi spectral scanner



第6図 Multi spectral scanner でとらえた地表の映像。

gram leader を始めとする関係者は電子工学の専門家が多い。民間のデータ処理会社の研究機関から LARS のスタッフに加ったといわれるが、こうした経歴の技術者があつて始めて充実した体制が確立されるといえる。



第7図 SLARによる映像（植生）

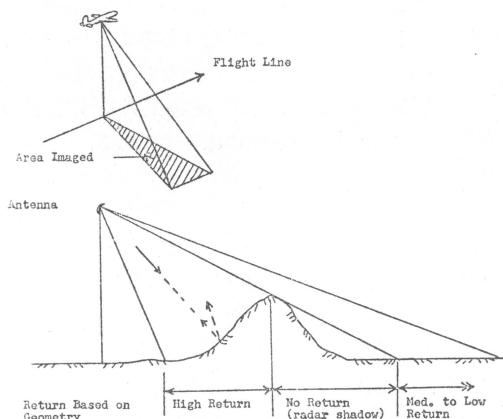
MSS 同様わが国にはまだ 1 台もない（軍事用としては不明）SLAR (Side Looking Airborn Radar) についてもシステムおよびその応用についてのセッションが設けられたが、その基礎研究が非常に進んでいるのに驚いた。従来の Geologic な調査のほか Land Use, Soil, Surface drainage という面での研究が進んでいる。第 7 図は植生をとらえた映像であるが、天候に支配されないで観測できる強味がある。第 2 表はバンドと波長の関係を示したものであるが、現在実用化されているのは X および K バンドである。

第 2 表 SLAR の周波数と波長

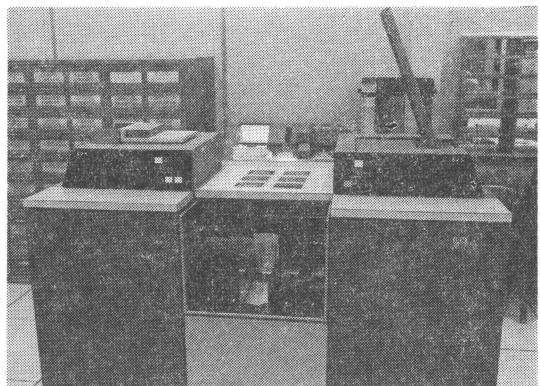
Radar Frequency Bands

Designation	Frequency Limits Megacycles	Wavelength Cm.
P	225—390	133.3—76.9
L	390—1550	76.9—19.3
S	1550—3900	19.3—7.69
C	3900—6200	7.69—4.84
X	6200—10900	4.84—2.75
K	10900—36000	2.75—0.83
Q	36000—46000	0.83—0.65
V	46000—56000	0.65—0.54

および K バンドの 2 バンドである。K バンドでは 99 パーセント雲を透過できることが確認されている。したがって氷山や波浪の観測など海洋学の分野での有効性に富んでいる。天候に左右されずに観測が可能だからである。SLAR による観測で問題になるのは Radar shadow である。第 8 図に示すように、対象面の凹凸によって映像に影ができることがある。Purdue 大学の school of



第 8 図 SLAR 映像の反射条件



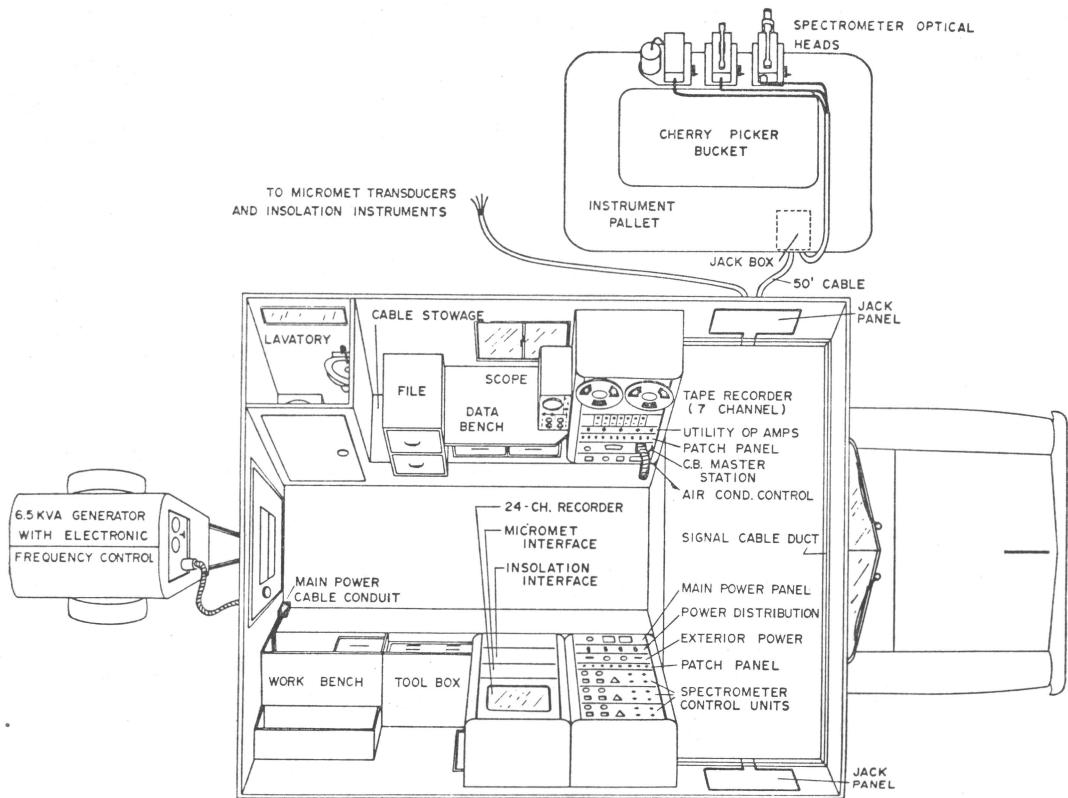
第 9 図 精密濃度計による Multi Band 写真の解析

Civil Engineering では、SLAR に関するあらゆる研究論文をまとめた文献集が出されており、U. S. Army Engineer Topographic Laboratories と常に協力体制で進んでいるようである。また LARS では MBC (Multi Band Camera) による観測を早くから行なっており非常に重要視している。樹木や農作物の病虫害や汚染による活性度の低下をつきとめる調査や土壤水分の調査などに使用されている。モノクローム、エクタクローム、赤外、カラー赤外の 4 種のフィルムによる同時写真映像が比較されている。そして第 9 図に示すような装置によりそれぞれの濃度が比較され、コンピューター用のパンチ・カードに記録される。

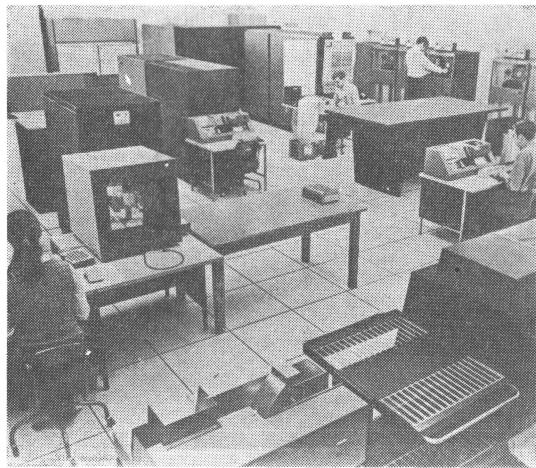
地表面における Ground truth data 検出の作業にも力が入れられており、cherry-picker と呼ばれる専用の観測用自動車が用意されている。第 10 図はその内部の概要を示すもので、外部には消防自動車のような移動自在なプラットフォーム付きのクレーンが設けられている。地表面における波長と反射強度の調査が空からの観測と同時に実施されている。

#### 4. データ処理

リモート・センシングにおいてデータ取得以上に重要なのはデータ処理である。リモート・センシングの目的である判読を達成するためにはデータ処理が決め手となる。EROS 計画推進のため、NASA では Godard Space Flight Center のほか新たに EROS Data Center を開設しているように、データ処理が非常に重要視されている。LARS においても第 11 図に示すような情報処理施設が設けられている。常駐の研究員のほか、十数人の技術者が作業に取組んでいる。第 12 図は MSS によるデータ処理のプログラムであるが、4 項目に分けて処



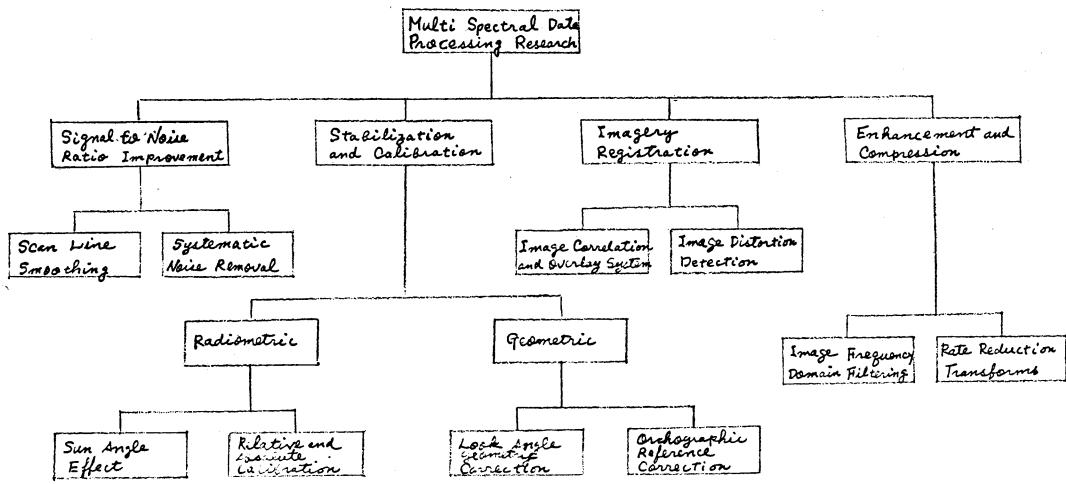
第10図 Ground truth data 測定用車の内部



第11図 LARS のデータ処理センター

理されていることがわかる。まず雑音信号に対しての処理がある。機器自体による雑音の除去のほか走査線の安定化がはかられる。つぎに映像の安定と位置付けが行わ

れる。その内訳は放射量の問題と幾何学的処理に分れている。放射エネルギーに関してはさらに太陽効果と絶体値の追求が行なわれる。第13図は第6 チャンネルでとらえた同一地域における地表の Spectral response を示したものである。朝、昼過ぎ、午後といずれも違った分布を示している。太陽の影響がかなりあることがわかる。すなわち太陽の位置によってその影響が変る点に注目しなければならない。また定量的な位置付けをするためには絶体値の検出が要求されるのは当然である、一方 calibration については、センサーに入る black level, fixed illumination および solar insolation の3要素が利用される。black level calibration からは reference level が設定できるから、fixed illumination および solar insolation のやりとりが可能となる。つぎに映像の幾何学的な修正については、角度補正と正射影法上の補正が必要である。3番目の Image registration の項では、Image correlation と Image distortion が処理される。Image correlation については第3表に示したような項目



第12図 Multi spectral scanner のデータ処理

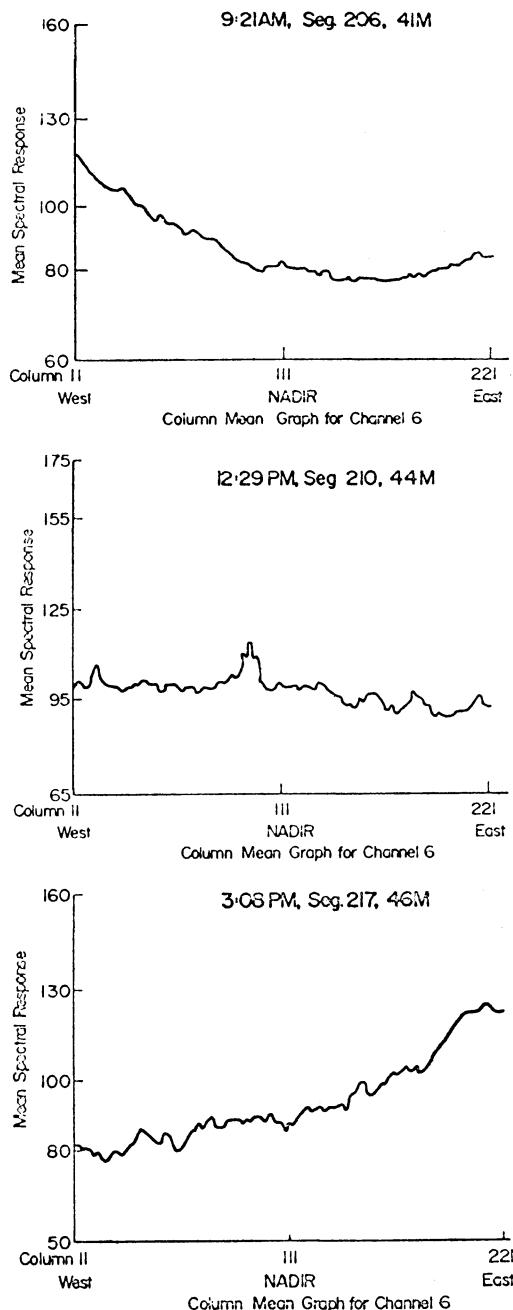
第3表 Image Correlation

- a. Direct Calculation of the Correlation Function
- b. Correlation in the Frequency Domain
  - i. Convolution Theorem
  - ii. Transform Array Structure
  - iii. Output Array Structure
- c. Correlation Function
  - i. Choosing Maxima
  - ii. Heuristic Criterion for Accepting Results
  - iii. Computation Time Comparisons
- d. Correlation Analysis of ScannerData
  - i. Interchannel Correlation of Individual Crop Types
  - ii. Global Correlation Between Channels
  - iii. Global Correlation as a Function of Time

### 5. アメリカにおけるリモート・センシングの現状

セミナーを通じてアメリカにおけるリモート・センシングの現状を把握することができた。現段階では NASA が中心となって推進されているといつてもよい。そして大きく分けて、Air and aerospace, Oceanography, Agriculture, Geology の4部門に統制されているようである。NASA が発行しているリモート・センシングの Annual report (毎年1回 NASA が主催するリモート・センシングのシンポジウムで発表されたものを収録したもの) はこの4部門に分れている。そして大学における研究について(あらゆる分野に亘る)は別冊としてまとめられている。アメリカの大学におけるリモート・センシングの研究が非常に進んでいることがわかる。それは NASA から多額の研究費が配分されていることによる。基礎研究、応用研究を問わず、常に NASA と協力している姿勢が伺える。それぞれの部門の中心的役割を果す大学、たとえば宇宙や海洋関係の Michigan 大学、農業関係の Purdue 大学や California 大学、地質関係の Nevada 大学や Stanford 大学がしばしばシンポジウムを開催して地域的な啓蒙をはかっている。EROS 計画による地球の環境調査が進展すれば、コロラド州立大学のように生態学についてのリモート・センシング研究を進めている大学も新しい中心的存在となるであろう。アメリカにおいては、気象についてはすべて宇宙方式によるリモート・センシングであり、他の部門のように航空機方式を併用することは比較的少ない。国士が非常に広いという国情かも知れない。わずかに大気汚染につい

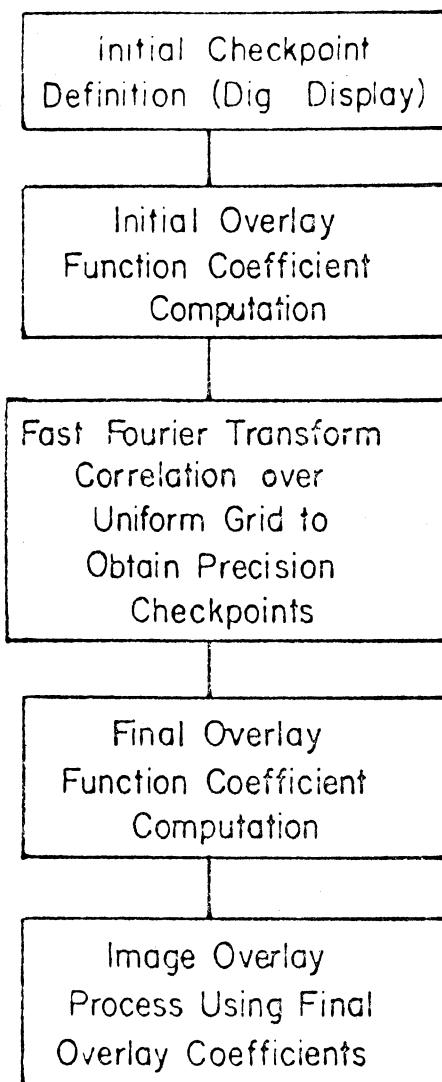
についての究明、また Image Overlay について第14図に示したようなシステムが必要である。最後の Image enhancement と compression の項では、gradient methods による edge enhancement に重点がおかかれている。また Data compression については第15図に示すような方法が採られている。Image frequency についても究明されている。MSS によるデータのみについて以上のべたような処理が行われており、このほか MBC や SLAR が併用された場合はそれぞれについてのデータ処理が行われるから、映像の相互関係を求めるプログラムがさらに必要である。リモート・センシングにおけるデータ処理の重要性が強調されるゆえんはここにある。



第13図 太陽位置による Spectral response の変化

てのみ航空機方式が採り入れられているようである。Chicago 大学のように中規模気象に力を入れている大学では、ERTS や EREP による研究成果が非常に期待さ

## Image Overlay Procedure

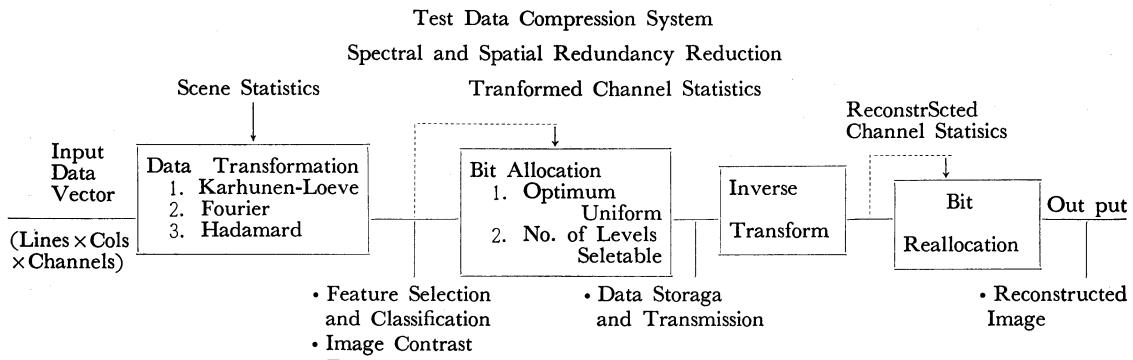


第14図 Image Overlay の手順

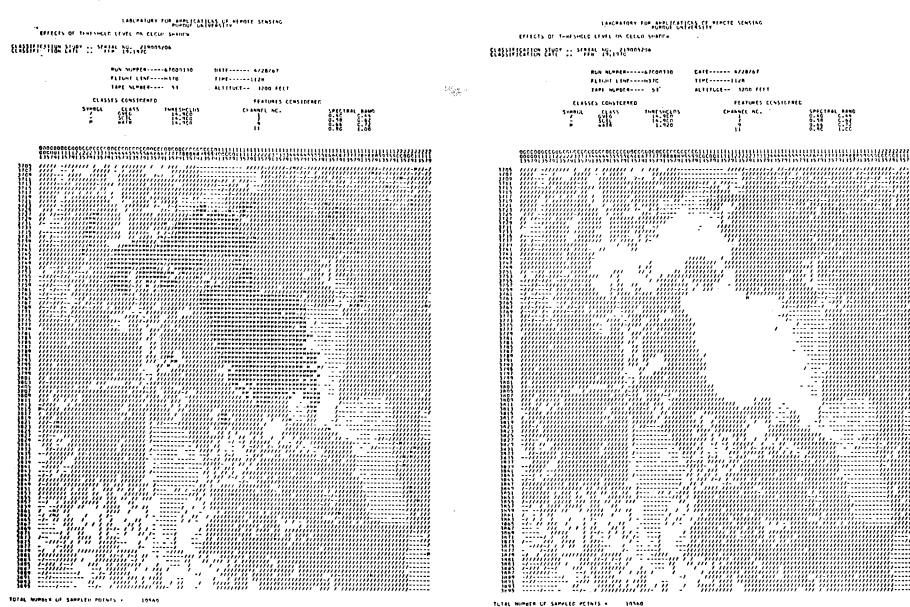
れているというが、いわゆる宇宙方式によるリモート・センシングであることはいうまでもない。

### 6. まとめ

振り返ってわが国の現状を見つめるとき、アメリカにおける NASA のような中心的存在がないことがはっきりしている。この点ではアメリカ以外の国は大同少異といえる。しかしカナダやブラジルのように、リモート・



第15図



(a)

第16図 判読された地表のclassification

(b)

- a. 中央の M の部分は雲の影の部分
- b. Water category を強めたもの

センシングに対して積極的に取組んでいる国を見習う必要がある。というのはわが国においては、現段階ではあらゆる分野においてきわめて受動的である。リモート・センシングは最終的にはかなりの経費を必要とする。当然国家機関が中心となってその推進をはからなければならぬ。わが国においては、現在開発中の気象衛星が軌道に乗ったとき本格的なリモート・センシングが開始されるといわれている。しかし EROS 計画はすでに軌道に乗っている。気象をも含めたあらゆる分野における利用が可能である。それには航空機方式によるリモート・

センシングの併用を迫られる。またデータ処理という重要な部門の立ち遅れも気懸りである。他国のように軍用機の利用が非常に困難な情況のわが国においては、航空機方式によるリモート・センシングについて抜本的に対策を講じないと、近い将来発展途上国に追い抜かれる可能性が強い。最後に Purdue 大学には大学所有の立派な飛行場があり、ジェット機の定期便にも利用されていることをあえて付記しておく。またセミナーを通じ Hoffer 教授が非常に便宜をはかけて下さったうえ、帰国に際してはスタッフ一同で飛行場まで見送って頂いたことを報

告します。なおセミナー参加に際して京都学園大学渡辺貫太郎教授および気象庁土屋清技官にお骨折願ったことを感謝します。

### 文 献

- 1) A.G. Wacker and D. A. Landgrebe: Minimum Distance Classification in Remote Sensing, LARS Note, 030772, 1-16.
- 2) Stephen J. Whitist: Random Noise in Multispectral Classification, LARS Note, 102670, 1-10.
- 3) T. E. Riemer: Image Enhancement Through Pattern Processing, LARS Note, 102171, 1-7.
- 4) David Landgrebe and staff: Advancements in Large Scale Pattern Processing Systems for Remote Sensing, LARS Note, 012572, 4-16.
- 5) D. Paul E. Anuta: Digital Registration of Multispectral Video Imagery, USDA Note 12-14-100-9549, 7-8.
- 6) D. Paul E. Anuta and Robert J. Mackdonald: Crop Surveys from Multiband Satellite Photography Using Digital Techniques: Remote Sensing of Environment No. 2, 53-69.
- 7) David Landgrebe: System Approach to the Use of Remote Sensing, LARS Note, 041571, 1-8.
- 8) Roger M. Hoffer, and staff: Application of ADP Techniques to Multiband and Multieulsion Digitized Photography, LARS Note, 091071, 1-8.

## 昭和48年度松永賞および三宅賞受賞候補者の 推薦について

松永記念科学振興財団および地球化学研究協会よりそれぞれ下記要項による推薦依頼がありましたので、推薦を希望する会員又は他会員を推薦しようとする会員は、それぞれの要項にしたがって、候補者氏名；生年月日；研究題目；会員氏名；連絡先（郵便番号、宛先、電話番号）を記入し担当理事、北川信一郎（〒338 浦和市下大久保255 埼玉大学理工学部 TEL 0488-52-2111）に申出下さい。推薦の選定は常任理事会で行ないます。

### 松永賞推薦要項

1. 1件を推薦し、気象学会締切は**5月31日**（担当理事必着）とする。
2. 自然科学（理学、工学）の分野における基礎的研

究で学術上の業績の顕著なもの、個人研究でも共同研究でもよい。

3. 対称者は大学に在職し昭和3年12月1日以後に生れたもの。
4. 賞は1口100万円とし、本年度は3口以内を予定する。

### 三宅賞推薦要項

1. 1件を推薦し、気象学会締切は**9月5日**（担当理事必着）とする。
2. 地球化学の研究に顕著な業績をおさめた科学者。
3. 本賞（賞状）に賞牌および賞金30万円をそえ、贈呈は1年1件とする。