

リモートセンシング技術の応用 (その1)

—— ランドサットから見た世界の農地 ——

深山 一 弥*



写真-1 宇宙から見た八郎潟 (ランドサットTMデータ, シーン番号108-32より, 観測日1984年6月4日)

I. リモートセンシングとは

私たちは宇宙から地球を見ることができる。地球観測衛星ランドサットは、写真-1に示すような、驚くほど鮮明な画像を私たちに送り続けている。このような画像データから、コンピュータを用いた画像処理・解析などによって、われわれの社会生活や生産活動に有用な情報を得る技術がリモートセンシング(隔測, 遠隔探査)であり, 次のように定義されている。

“リモートセンシングとは, 航空機や人工衛星などのプラットフォームに搭載されたリモートセンサを用いて, 地表の対象物から反射または放射される電磁波を収集し, それらのデータを用いて対象物や現象に関す

る情報を得る技術である”。

地球表面には植物, 土壌, 水, 人工構造物などさまざまな物体があり, 電磁波を反射または放射している²⁾。これらの電磁波エネルギーをとらえ, 対象物や現象によりことごとく異なる電磁波反射・放射特性を利用して, 対象物の位置, 種類, 状態, 現象などに関する情報を得る。

このような空中からの地上調査技術がリモートセンシングであり, 農業, 地形・地質, 資源調査, 水産・海洋, 環境など多くの分野において利用・応用研究が行われ, 小麦の生産量予測や緑の環境調査など, 一部ではすでに実用技術として使われている。

II. 講座の主旨と全体構成

リモートセンシングは進歩・発展が著しく, 最近では広く一般に知れるところとなっている。農業土木分野に

* 農水省農林水産技術会議事務局(みやま かずや)

キーワード

リモートセンシング, 赤外線, 可視光線

においても応用研究が少なからず実施されており*, 多くの農業土木技術者にとって, 現場での利用, 実用化の期待が大きい。しかし, 農業土木分野での実用化研究は, 他分野に比べ, 研究の蓄積や研究者, 技術者数などから見ると, 今一步という観がある。

そこで, 本講座は, リモートセンシングの入門講座ではなく, 農業土木に関連した多方面の分野における研究や具体的な応用例を紹介することに重点を置き, 農業土木技術者各位が自らのまわりに, 有効な利用方法・可能性を見出していただくためのきっかけとなることを期待したい。

講座の全体構成および内容の概要は次のとおりである。

(その1) —ランドサットから見た世界の農地—

- ・講座の主旨, 概要の紹介
- ・衛星リモートセンシングの概要
- ・世界および日本の農業地帯の画像紹介

(その2) —農作物調査への応用—

- ・作物の生育診断や広域栄養診断
- ・生産量, 収量調査や被害調査
- ・将来の農作物調査への利用法

(その3) —土壌調査への応用—

- ・土壌分類や土壌水分調査など土壌情報の収集
- ・土壌図作成例 (十勝, インドネシア, ブラジル)

(その4) —土地利用・土地被覆調査への応用 (I)

- ・大型電算機利用とパソコン利用の事例
- ・土地利用分類における具体的問題点, 課題等

(その5) —土地利用・土地被覆調査への応用 (II)

- ・土地利用と複合シーン
- ・識別手法
- ・縮尺レベルと土地利用, 土地被覆分類

(その6) —水資源・農業用水管理への応用—

- ・NOAAデータの概要と利用方法
- ・広域の水資源・農業用水管理への利用

(その7) —海外の農業開発への応用—

- ・インドネシア R/S プロジェクトについて
- ・主題図, 評価図の作成等

(その8) —リモートセンシングデータの取得と画像処理の実際—

- ・データの種類と取得 (購入) 方法
- ・画像処理の実際と画像処理システム

(その9) —林業分野への応用—

- ・森林資源解析, 森林資源管理
- ・森林モニタリング, 流域環境評価

(その10) —漁業分野への応用—

- ・漁場海況解析, 漁海況速報
- ・クロロフィル濃度の測定, 赤潮モニタリング
- ・沿岸藻場調査
- ・宇宙基地利用「海洋情報速時通報システム」の展望

(その11) —世界規模の広域調査への応用—

- ・広域植生変動, 砂漠化危険地域の調査
- ・海洋物理への応用

(その12) —農業分野での今後の利用方向—

III. 地球観測衛星ランドサット

リモートセンシングでは, 人工衛星データばかりでなく航空機データやバルーン (気球) データなども使用されるが, ここでは, 広域データとしての有効性が注目されているランドサット衛星データ^{7), 8)} について紹介する。

ランドサット衛星は, アメリカ航空宇宙局 (NASA) が1972年から継続して打上げている地球観測用の人工衛星である。現在はランドサット4号, 5号が運用中である。ランドサットで得られた観測データは, 全世界のユーザに有償で提供されている。

1. ランドサットデータの購入方法

日本付近の観測データは, 埼玉県にある宇宙開発事業団・地球観測センターで受信される。受信できる観測範囲は, 図-1 に示すような, 日本を中心に北千島, 中国東北地方を含む広大な円形区域内である。このような地上受信局は世界に15カ所ほどあり, さらに数カ所の建設計画がある。

受信されたデータの配布は, 財団法人・リモートセンシング技術センター (略称 RESTEC, 東京都港区六本木7-15-17, TEL 03-403-1761) が行っており, 日

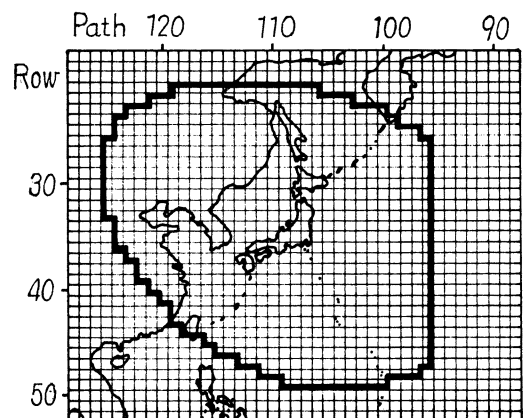


図-1 地球観測センターにおけるランドサットの観測範囲

* たとえば, 筆者は参考文献3)~6)のような研究を実施した。

本および全世界の受信局で得られた観測データの提供窓口となっている。ランドサットデータの利用を希望する者は、リモートセンシング技術センターを通じて、データ検索やデータ購入などのサービスを、だれでも受けることができる。

2. ランドサットデータの概要

(1) 観測周期は16日である ランドサット衛星は、赤道にはほぼ直角に北極と南極を結ぶ軌道を、高度 700 km で回っている。1日に15回地球を回り、16日後に同じ地域の上空に帰る軌道である。そのため、観測データは16日周期で得られるが、現在は4号、5号の2個のランドサットが運用されているため、8日周期でデータが得られる。観測データは 180×170 km を1シーンとして提供され、シーン番号は図-1に示したような、衛星軌道を示すパス (PATH) 番号と、南北の位置を示すロウ (ROW) 番号で決められている。

(2) MSSデータとTMデータの2種類がある ランドサット衛星には、MSS (マルチスペクトルスキャナ) およびTM (セマティックマップ) と呼ばれる2種類のセンサが搭載されている。これらのセンサは、衛星の進行方向に対し直角方向に地表を走査しながら観測し、表-1に示すような複数の波長帯 (バンド) の画像を同時に得る装置である。すなわち、これらのセンサで得られたデータは、画像中のすべての画素 (ピクセル*) について、観測波長帯別に地表の放射輝度に関する値が記録されており、マルチスペクトルなデジタル画像データである。なお、MSSは1号から5号に至るすべてのランドサット衛星に搭載されたが、TMは4号 (1982年打上げ) および5号 (1984年打上げ) にのみ搭載されたセンサである。

ランドサットMSSデータは、可視領域が2バンド、近赤外領域が2バンドのデジタル画像データであり、地上分解能 (1ピクセルの大きさ) は80mである。このデータはランドサット1号以来、全世界の豊富なデータ蓄積があり、多方面に利用されている。アメリカの行ったLACIE (Large Area Crop Inventory Experiment) プロジェクト⁹⁾が、ランドサットMSSデータを利用した主要小麦生産国の生産量予測技術を確立し、全世界的な食糧需給計画や、いわゆる食糧戦略に有用な情報を提供していることは有名である。

ランドサットTMデータは、可視3バンド、近赤外1バンド、中間赤外2バンド、熱赤外1バンドの合計7バンドのデジタル画像データである。地上分解能は、熱

表-1 ランドサットMSSおよびTMセンサの観測波長帯

センサ	波	長	帯	分解能
MSS	バンド4	0.5~0.6 μ m	緑色	80m
	バンド5	0.6~0.7 μ m	赤色	80m
	バンド6	0.7~0.8 μ m	近赤外	80m
	バンド7	0.8~1.1 μ m	近赤外	80m
TM	バンド1	0.45~0.52 μ m	青色	30m
	バンド2	0.52~0.60 μ m	緑色	30m
	バンド3	0.63~0.69 μ m	赤色	30m
	バンド4	0.76~0.90 μ m	近赤外	30m
	バンド5	1.55~1.75 μ m	中間赤外	30m
	バンド6	10.40~12.50 μ m	熱赤外	120m
	バンド7	2.08~2.35 μ m	中間赤外	30m

赤外バンドが120m、他の六つのバンドは30mである。観測波長帯の増加や地上分解能の向上などにより、MSSに比較し、情報量が飛躍的に増大している。とくに、植物の含水量や地質判読に有効といわれる中間赤外バンド、さらに地上の熱環境調査が可能な熱赤外バンドの有効利用などが期待されている。

(3) ユーザへはCCTまたは写真画像で提供される ランドサットデータは、1シーン (180×170 km) を単位に、CCT (Computer Compatible Tape) または写真画像の形でユーザに提供される。CCTには画像データがデジタル値で記録されている。写真画像はレーザービームレコーダによる出力画像であり、観測バンド別の白黒写真画像と、3バンドを使用したフォールスカラー**合成写真画像とがある。

上記の1シーン単位のCCT以外に、TMデータではサブシーン (1/4シーン) 単位のデータ提供も行われている。また、普及のめざましいパーソナルコンピュータでの利用を考慮し、フロッピーディスクの形でのデータ提供も行われている。この場合は、1枚のフロッピーディスクに512ピクセル $\times$ 400ライン $\times$ 4バンド (ランドサットMSSデータでピクセル・ラインの間引きのない場合は、約29 $\times$ 23 kmをカバーする) のデータが記録されている。

3. ランドサット観測画像例

口絵写真-1~3 および本文中の写真-1~3に、ランドサットから見た日本および世界の農業地帯の画像を例示した。口絵写真はカラー画像であるが、本文中の写真は印刷の都合上、カラー画像を白黒で示した写真である。

口絵写真-1は、1984年9月17日のTMデータ (シー

** 擬似カラーとも呼ばれ、任意の3バンドをそれぞれ赤、緑、青に対応させ、各バンドデータに応じた強さで光学的に加色合成したものである。したがって、人間が通常見ている天然色とは異なった色で出力されるが、3バンドの選択によってはリアルカラー (天然色) の画像を合成することもできる。

* picture element からの造語であり、画像の解像度を規定する。ピクセルが面的に透き間なく並び、画像を構成する。

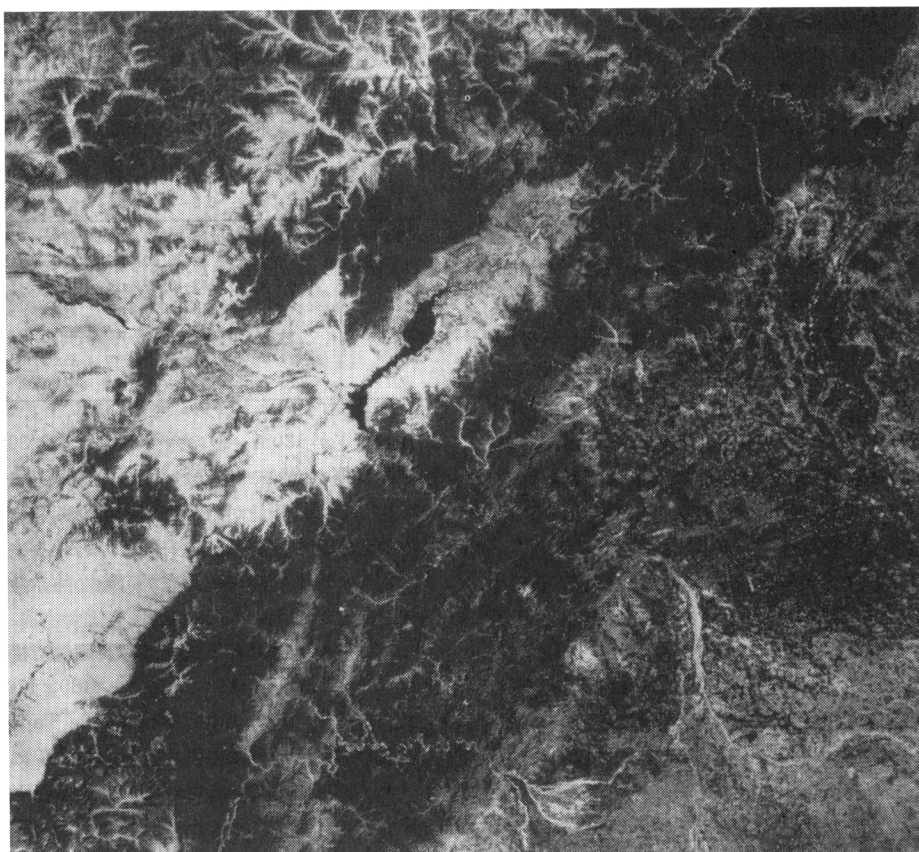


写真-2 北京周辺のランドサットMSS画像(1975年5月24日)

ン番号107-30) から石狩平野地域の約 44×66 km エリアを抽出し、フォトプリンタにより、TMのバンド3, 4, 5をそれぞれ青, 緑, 赤で発色・合成したフォールスカラー画像である。画像の左下部に広がる150万都市札幌(濃紫)や、画像左上部の石狩湾に流れ込む石狩川の流れがよくわかる。水田地帯は石狩川に沿って広がっているが、収穫を間近にひかえた水田圃場(緑)、収穫直後で圃場面に稲わらや稲株が残っている水田(白っぽい紫)、収穫が終了裸地状態、または9月上・中旬に秋播き小麦が播種された転換畑圃場(赤紫)など、さまざまな圃場利用の状況が判読できる。

口絵写真-2は、ランドサットMSSデータのフルシーン画像であり、アメリカ・カリフォルニア州南部のインペリアルバレーである。サルトン湖南東には、コロラド川の水資源開発により、砂漠の中に出現した大灌漑農業地帯(赤)が広がっている。この灌漑農業地帯には、アメリカとメキシコの国境線が走っている。国境線を境として、農地の区画規模や作物の生育状況がかなり異なっていることが判読できる。なお、この写真は、MSSの

バンド4, 5, 7を、それぞれ青, 緑, 赤で発色・合成したものであり、植生が多いほど赤く発色される。

口絵写真-3は、1984年6月4日のTMデータ(シーン番号108-32)から、八郎潟干拓地の周辺約 35×26 kmのエリアを抽出し出力したものである。出力はTMバンドの2, 3, 4を、それぞれ青, 緑, 赤で発色・合成した画像であり、前述の口絵写真-1と異なり、植生部は赤で示される。水田はデータ観測日の6月4日では田植えが終わり完全な湛水状態で、なおかつ稲はまだ小さいため、各バンドとも反射が小さく画像では暗く示されている。また、水田内の転換畑(赤)の分布や、約1km間隔で配置された干拓地内の幹線農道の状況などがよくわかる。

本文中の写真-1は、前述の口絵写真-3のカラー画像を白黒で印刷したものである。写真-2は1975年5月24日の北京周辺のランドサットMSSデータ(画像中心は北緯 $40^{\circ}10'$, 東経 $115^{\circ}51'$)、写真-3は1975年7月3日のイタリア・ポー川流域の農業地帯およびヨーロッパアルプス地域を観測したランドサットMSSデータ(画像



写真-3 イタリア・ポー川流域の農業地帯とヨーロッパアルプス (1975年7月3日)

中心は北緯 $45^{\circ}56'$ 、東経 $8^{\circ}51'$ である。写真-2, 3も原画は 口絵写真-2 と同様なカラー画像である。また両写真とも、約 180 km 四方の広大なエリアを示している。

IV. 地球観測衛星の打上げ計画

フランスは1986年2月に、地球観測衛星SPOTの打上げに成功した¹⁰⁾。SPOTに搭載された電子走査型センサは、地上分解能が10mのパンクロマチックモードと、同じく20mのマルチスペクトルモード(可視2バンド、近赤外1バンド)で観測できる。また、このセンサは衛星の真下方向ばかりでなく斜め方向の観測も可能であり、観測周期の短縮や立体視のできる画像データも取得できる。このように、高解像度や立体視などがSPOTデータの特徴であり、衛星リモートセンシングの新たな応用分野を切り開くものとして注目されている。なお、SPOTデータも、前述のランドサットデータと同様に、リモートセンシング技術センターを通じて一般ユーザへの有償配布が開始されている。

わが国では、1987年初めに海洋観測衛星MOS-1の打

上げが予定されている。MOS-1には可視近赤外放射計(4バンド、分解能50m)、可視熱赤外放射計、マイクロ波放射計が搭載され、海洋および陸域に関するマルチスペクトルなデータ観測が可能である。さらに1990年ごろには、分解能20m程度の高解像度放射計や能動型センサである合成開口レーダなどが搭載された地球資源衛星ERSの打上げが計画されている。

アメリカのランドサットは、1988年または1989年に第6号が打上げられる予定である。さらに、欧州宇宙機関(ESA)やカナダにおいても、1990年ごろまでに地球観測衛星の打上げが予定されている。このように、多くの打上げ計画があり、新しいセンサによる有用情報の収集や、複数個の衛星によるデータ観測周期の短縮などが期待できよう。また将来においては静止衛星の利用や、連続した波長帯でのスペクトル観測ができる撮像分光法¹¹⁾などが考えられており、リモートセンシングに大きな革新をもたらすものと期待されている。

衛星リモートセンシングは全世界のデータ収集が可能である。そのため、国としてのプライバシーや観測デー

タの共有などの問題が提起されており、リモートセンシングの発展と有効利用のためには、国際的な協力や共同研究の推進が必要不可欠であると考えられる。

V. 講座「リモートセンシング技術」への期待

農業土木は、その基本である農地の造成・整備や基幹水利施設の計画・設計の分野ばかりでなく、農村の環境整備や国土資源の有効利用・維持増進など、まさに農村地域工学として新しい総合技術分野を形成しつつある。農村地域の広大な面的広がりと、そこにおける自然現象や人々の営みの多様性を考えると、リモートセンシングという新しい広域診断技術は、農村地域工学としての農業土木の発展を一層確たるものにすると考えられる。

また、農業土木は海外への技術協力の場面を通して、国際的にもその評価が高まっている。この分野におけるリモートセンシング技術の有効利用も、農業土木にとって重要な課題である。

このような農業土木をめぐる最近の状況を考えて、本講座で紹介する多方面の分野におけるリモートセンシングの研究例や具体的な応用例が、農業土木技術者・研究者各位にとり何がしかの参考となるとともに、診断技術としてのリモートセンシングと治療技術としての農業土木との技術的な連携により、農村地域工学的な分野に

おける、リモートセンシングの実用化の契機となることを期待したい。

引用文献

- 1) 日本リモートセンシング研究会編：リモートセンシングノート，p. 2，技報堂（1977）
- 2) 和達清夫他：リモートセンシング，pp.110～120，朝倉書店（1976）
- 3) 深山一弥・高畑滋・福原道一：航空機 MSS データによる有珠山噴火農地被害のデジタル解析，写真測量とリモートセンシング，18（1），pp.12～22（1979）
- 4) 深山一弥・佐藤博・安田嘉純・江森康文：農用地調査へのリモートセンシング技術の適用性に関する研究，農土論集，105，pp. 27～35（1983）
- 5) 深山一弥：リモートセンシングによる農用地の基盤調査，土壌の物理性，47，pp.15～21（1983）
- 6) Kazuya MIYAMA and Hiroshi SATO : Remote Sensing of Growing Conditions of Rice Plant by Landsat MSS Data and Color IR Aerial Photograph, JARQ, 19(2), pp.77～85（1985）
- 7) 宇宙開発事業団地球観測センター編：地球観測データ利用ハンドブック，リモートセンシング技術センター（1982）
- 8) Nicholas M. Short : The Landsat Tutorial Workbook, NASA Scientific and Technical Information Branch（1982）
- 9) R. Brvan Erb, Robert. E. Tokerud and Robert B. Mac Donald : The Outlook for Sattellite Remote Sensing for Crop Inventory, Proceeding of plenary session, The LACIE Symposium, pp.125～131（1978）
- 10) 村中泰志：SPOT 衛星打ち上げに成功，日本リモートセンシング学会誌，6（1），p.76（1986）
- 11) 横井幸一：撮像分光法，RESTEC, 16，pp.26～34（1986）

〔1986. 6. 2. 受稿〕

掲 示 板

「地域農学の国際的役割」に関するシンポジウム開催について

1. 主 催 日本学術会議地域農学研究連絡委員会
2. 日 時 昭和61年 9 月 30 日（火）
13:00～16:00
3. 場 所 日本学術会議大会議室（2 階）
（地下鉄「千代田線」乃木坂駅下車）
（☎ 03—403—6291）
4. 次 第
 - (1) 開会挨拶
後藤 寛治（日本学術会議第 6 部会員）
（地域農学研究連絡委員会委員長）
 - (2) 熱帯農業研究の実際
河野 和男（国際熱帯農業センター（CIAT）

- 育種家）
- (3) アフリカにおける農業
島田 周平（東北大学理学部助教授）
- (4) 熱帯農業の地域的多様化
田中 明（北海道大学農学部教授）
- (5) 総合討論
（司会）水間 豊（日本学術会議第 6 部会員）
（地域農学研究連絡委員会幹事）
- (6) 閉会挨拶
長 智男（日本学術会議第 6 部会員）
（地域農学研究連絡委員会幹事）