

## リモートセンシングによる農用地の基盤調査

深山 一 弥\*

Survey technique of agricultural infrastructure  
using remote sensing

Kazuya MIYAMA

Hokkaido National Agricultural Experiment Station

## I はじめに

農地は水と土と太陽の恵みにより、生命活動の原動力である食糧を我々に提供してくれる。人々は豊かな食糧生産をめざして、常に農地を見守り、農地に働きかけ、また農地の改良や創造を行ってきた。すなわち、広大な農地・農作物の迅速かつ正確な実態把握（監視）と、それに基づく適切な対処（農業労働の投下や農地の改良）こそ農業生産活動の基本といえよう。農地の迅速かつ正確な実態把握、ここにリモートセンシングという新しい情報収集技術を導入する意義があると考えられる。このような視点から、筆者は農業分野でのリモートセンシング技術の利用・応用研究<sup>1)</sup>を実施している。本報告では、農用地基盤の構成要素である農地の“土”、“水”、“植物”の実態把握を目的としたリモートセンシング技術について、筆者の研究事例を中心に報告する。本報告が土壌物理をはじめとする専門分野各位の研究進展に何がしかの参考になれば幸いである。また各位の御批判、御指導をお願いする次第である。

## II リモートセンシングとは

Remote sensing は“隔測”、“遠隔探査”などの訳語が当てられているが、通常は原語がそのまま用いられる。一般的なリモートセンシングの定義は次のようにいわれている。

“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又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<sup>2)</sup>。”

リモートセンシングは航空機から撮影された空中写真データとその利用方法を想定すればわかりやすい。しかし、それは単なる写真測量技術を意味するものではなく、可視域をはじめ赤外領域、マイクロ波領域などに及

ぶ広範な電磁波領域の分光情報（マルチスペクトルなデータ）を利用した、より広い認識行為である。可視域のみでは取得不可能な多くの有益な情報がリモートセンシングデータに含まれている。たとえば赤外カラー写真やマルチスペクトルスキャナ（MSS）データなどが持つ赤外領域のデータは、単に地上の物体の幾何学的な位置関係ばかりでなく、植物活性度や地上の熱環境など、物体の性質や状態に関するさまざまな情報を我々に提供してくれる。リモートセンシングデータは、多様性、広域・同時性、迅速性、経時記録性にすぐれたデータといえよう。主なリモートセンサとその利用波長帯を Table 1 に示した。

我々の利用できるリモートセンシングデータは、アナログ画像データとデジタル画像データに大別できる。一般の空中写真や赤外カラー写真などはカメラを用いてフィルム上にデータが記録されたアナログ画像データであり、空間的な分解能にすぐれたデータとして写真測量や目視による写真判読、また光学的なアナログ解析に利用される。一方、MSS データなどはデジタル画像データである。これはセンサが地上を順次スキャンしながら得られたデータであり、1画素（1スキャンラインに数百から数千個の画素が並ぶ）ごとのマルチスペクトルなデジタルデータの集合である。MSS データはセンサの機能上、写真映像データに比較し解像度は劣るが、記録波長域の広いことが特徴の一つである。磁気テープなどに記録されたデジタル画像データは、コンピュータによるデジタル画像処理・解析に使用されるのが一般的である。また解析や視覚的表現などの都合上、デジタルからアナログへ、またアナログからデジタルへの画像変換もよく行なわれる。

## III 人工衛星からのリモートセンシング

衛星リモートセンシングは、NASA（アメリカ航空宇宙局）の打ち上げた地球資源探査衛星 LANDSAT が有

\* 北海道農業試験場

Table 1 Remote-sensors and spectral range.

Type		Sensors		Spectral range ( $\mu\text{m}$ )
Passive	Photographic systems	Camera	Panchromatic film	0.4 ~ 0.7
			Color film	0.4 ~ 0.7
			Infrared film	0.7 ~ 0.9
			Infrared color film	0.5 ~ 0.9
	Multiband camera		0.4 ~ 0.9	
	Scanner systems	Infrared scanner		3 ~ 14
Multispectral scanner (MSS)		0.3 ~ 14		
LANDSAT MSS		0.5 ~ 1.1		
LANDSAT TM		0.45 ~ 12.5		
Microwave radiometer		0.5cm ~ 30cm		
Active	Radar systems	Radar		0.8cm ~ 100cm
		Side-looking radar (SLAR)		0.8cm ~ 100cm

名である。その第1号は1972年に、最近では第4号が1982年7月に打ち上げられ、全世界に貴重なデータを提供している。LANDSAT 4号は地上約700 kmの軌道上から全世界の陸域・水域を観測している。地表観測幅は約185 km、回帰日数は16日（16日周期で同一地域を同一時刻に観測する）であり、MSS及びTM（セマティックマップ）というセンサを搭載<sup>3)</sup>している。これらのセンサはそれぞれ82 m、30 mという地上分解能を持ち、可視から赤外領域にわたるマルチスペクトルなデジタル画像データを送信してくる。

農業分野でのLANDSATデータ利用としては、アメリカの実施したLACIE (Large Area Crop Inventory Experiment) 計画が有名である。これは世界各地の穀物収量予測にLANDSATデータを利用したものであり、その成果の一例としてFig.1に示すようなソ連の小麦収量予測の結果<sup>4)</sup>が発表されている。同図に示すようにおどろくべき精度の収量予測が可能であり、このような調査結果がアメリカの食糧戦略上、また世界の農業生産計画などにおいて重要な意味を持つことはいままでのない。

#### IV リモートセンシングデータの解析例

リモートセンシングデータの解析は、その目的によってさまざまな方法がある。ここでは主に分光情報の利用を中心に、デジタル画像データ (LANDSAT MSS データ、航空機 MSS データ、赤外カラー空中写真のデジタル化データ) を用いた解析例について紹介する。

1. 航空機 MSS データを用いた土壌含水比分布の判読  
土壌含水比は農地の排水性や作物生育などの指標として重要である。この農地での土壌含水比分布の判読に航空機 MSS データの利用を試みた<sup>5)</sup>。使用したデータは

1980年6月28日に高度約1600 m (地上分解能4 m) から観測したものである。

対象区域は石狩平野泥炭地水田地帯 (空知郡北村) に位置する約1 km四方のエリアであり、圃場整備施工中の場所である。そのため完全な裸地状態であり、しかも土壌表面が湿潤な部分 (切盛均平作業中や地下水湧出部など) や比較的乾燥した部分 (均平作業完了部) が存在し、土壌含水比判読のテストサイトとして好条件の場所であった。なお表面土壌は過去の客土工事による粘質土 (泥炭まじりの植壊土など) であり、一部の圃場は新規の客土が施工中であった。

MSS データの観測時間に合わせて表面土壌 (表層~3 cm) のサンプリングを行い、含水比を測定した。この含水比実測データと、土壌サンプリング位置の MSS データとの相関をみたものが Fig. 2, 3 である。SI, TZ は MSS データの比演算値であり、筆者らの研究成果<sup>6), 7)</sup>に基づく土壌の特徴抽出のための比演算手法である。な

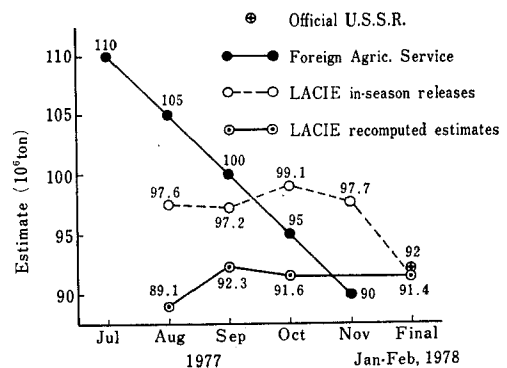


Fig. 1 Estimating wheat production in U.S.S.R. (by LACIE project)<sup>4)</sup>

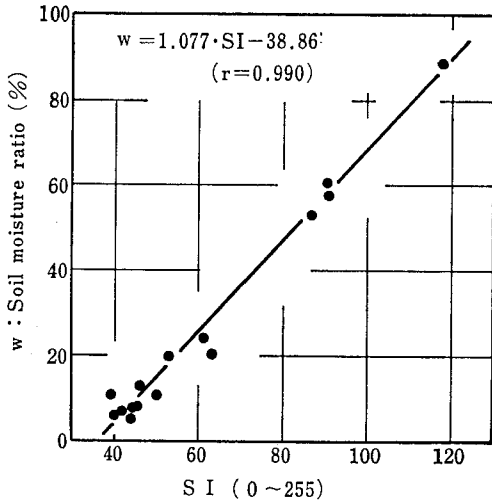


Fig. 2 Correlation between soil moisture ratio and SI.

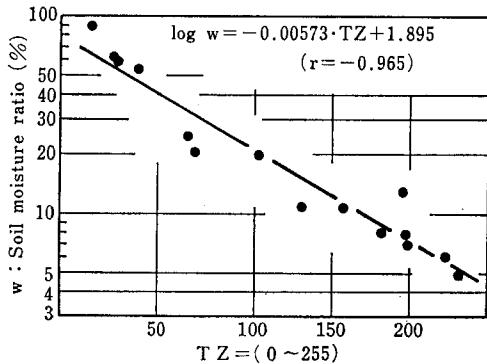


Fig. 3 Correlation between soil moisture ratio and TZ.

お SI, TZ の計算値は 0~255 の 8 ビットデータに変換して使用した。

$$SI = (PIR - ch. 9) / (ch. 7 - PR) \quad \dots\dots(1)$$

$$TZ = ch. 5 + ch. 7 + ch. 8 + ch. 9 \quad \dots\dots(2)$$

- ch. 5: MSS のチャンネル 5 (550~600 nm) の CCT 値
- ch. 7: MSS のチャンネル 7 (650~690 nm) の CCT 値
- ch. 8: MSS のチャンネル 8 (700~790 nm) の CCT 値
- ch. 9: MSS のチャンネル 9 (800~890nm) の CCT 値
- PIR: 植物被覆 100% の場所の ch. 9 の CCT 値
- PR: 植物被覆 100% の場所の ch. 7 の CCT 値

SI, TZ は土壌含水比と高い相関があり、含水比分布の判読に有効であることが明らかである。SI を用いた対象区域の土壌含水比分布判読例を Photo 1 に、その部分拡大図を Fig. 4 に示した。

2. 農業地帯の土地被覆・土地利用の判読

石狩平野ではおよそ30~50%の水田が転換畑利用されている(転換率は市町村により異なる)。主な転換作物

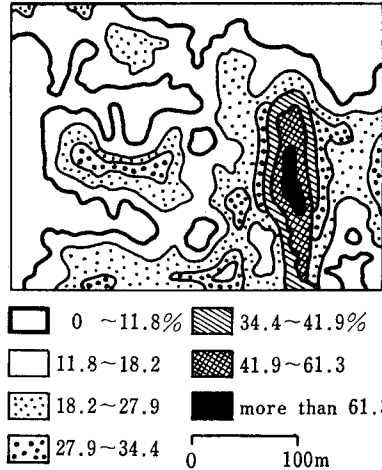


Fig. 4 Distribution map of soil moisture ratio.

は麦、豆、飼料作物、野菜などである。水田と畑利用の混在した複雑な土地利用形態の出現は、土壌物理性や排水機能の改善、また水田地帯の土地利用のあり方など新しい問題を提起していることは周知の通りである。このような水田地帯における土地利用の実態把握や、作物の生育状況の調査、圃場の土地生産力評価や比較などにリモートセンシングデータが有効に利用できると考えられる。

(1) 赤外カラー空中写真デジタル化データを用いた土地被覆分類

Photo 2 は赤外カラー空中写真(1982年7月10日撮影、空知郡北村~岩見沢市)のデジタル化データを用いた土地被覆分類の結果である。この画像は約 1 km x 1.3 km の範囲を示している。この一帯はすべて水田圃場であるが、水稻のほか畑作物の麦、大豆・小豆、玉ネギ、ビートが見られ、転換畑の面積やその集団化の状況が判読できる。さらに麦圃場の状況をみると、①ほとんど全面が麦に判別されている圃場(全面が赤)、②麦と裸地に判別されている圃場(赤と白のまだら)、③麦と草に判別されている圃場(赤と青緑のまだら)の3種に大別できる。これは麦の生育状況の差や雑草の混入が原因であることが現地調査から確認されており、麦圃場の土地生産力の大小や栽培管理の良否を示している。なお Photo 2 は 1 画素(地上分解能)が約 1.25 m である。

(2) LANDSAT データを用いた土地利用分類

Photo 3 は LANDSAT MSS データ(LANDSAT 2号 1980.9.19、札幌)を用いた石狩平野主要部の土地利用分類結果<sup>8)</sup>である。Photo 3 は約 50 km x 60 km の広大なエリアである。平野部の土地利用として水田利用(赤)と畑・草地利用(黄)の混在状態や、市街地の状況(画像左下の白色部が札幌市)が容易に判読でき、広域にわた

る土地利用形態の調査やその変化の解析などに有効である。

LANDSAT MSS データは地上分解能が約 80 m であるため、これ以下の面積単位の土地被覆・土地利用の判別には適さない。しかし Photo 2 に示したように、石狩平野水田地帯はその大部分が 30 m×100 m から 50 m×200 m という大圃場区画であり、しかも数筆以上の転換畑集団化が一般的である。それ故、石狩平野における農地の土地被覆・土地利用の判読に、LANDSAT MSS データはかなりの精度で使用できよう。このことは Photo 3 に示した土地利用分類の平均判別効率（トレーニングフィールド内<sup>注1)</sup>）が 96.7% であったこと、また地上調査データとの照合の結果などからも明らかであった。

(3) 分類に用いた判別解析法

Photo 2, 3 に示した土地被覆や土地利用分類は、最尤法による“教師あり分類”を用いた。この分類法は、最初に地上調査等に基づき、分類クラスが既知であるフィールド（トレーニングフィールド）を解析画像内に選定する。次にこれらのフィールド内の画像統計量（平均値ベクトル、共分散行列など）を算出してコンピュータに入力し、この情報を教師としてコンピュータが判別計算を行うところから教師あり分類と呼ばれている。判別計算は次式による最尤法判別<sup>9)</sup>が一般的である。

$$g_i(\mathbf{X}) = \log_e p(w_i) - \frac{1}{2} \log_e |\Sigma_i| - \frac{1}{2} (\mathbf{X} - \mathbf{U}_i)^T \Sigma_i^{-1} (\mathbf{X} - \mathbf{U}_i) \dots \dots (3)$$

- $\mathbf{X}$  : 分類しようとする画素の画像データベクトル
- $\mathbf{U}_i$  : クラス i の平均値ベクトル
- $\Sigma_i$  : クラス i の共分散行列
- $|\Sigma_i|$  :  $\Sigma_i$  のデターミネント
- $p(w_i)$  : クラス i の事前確率

すなわち式(3)を用いて各クラスの  $g_i(\mathbf{X})$  を計算し、 $\mathbf{X}$  は  $g_i(\mathbf{X})$  の値の最大となるクラス i に分類する。この判別計算を 1 画素づつ実施することにより、解析画像全体の分類が行われる。なお  $p(w_i)$  は未知であるため各クラスとも等しいと仮定し、この項を省略して計算する場合が多い。

3. 航空機 MSS データを用いた有珠山噴火降灰厚分布の判読

有珠山の大噴火（1977年 8 月 7～14日）は周辺の農地に多大の被害をもたらした。このような農業災害の実態調査には、迅速性及び広域性という意味においてリモートセンシングが非常に有効な調査方法である。

Photo 4 は航空機 MSS データ（1977. 8. 30, 地上分解能 9 m）の各コースの画像をつなぎ合わせたモザイク写真である。この写真は MSS の可視（550～600 nm）、近赤外（800～890 nm）、熱赤外（9.5～12 μm）の各チャネルデータをそれぞれ青、緑、赤で発色させたフォールスカラー合成画像であり、降灰地域は灰の熱赤外放射のため赤味を帯び、降灰のない所は植物体の近赤外反射により緑色に発色している。この写真から有珠山の北西及び南東方向へのびた降灰分布の概要を知ることができ、地上調査の目標地点選定などに非常に有益であった。

Photo 5 は洞爺湖北側の畑作地帯について、降灰厚 1～10 cm 弱の地域（約 5.5 km×9 km）の降灰厚分布を判読<sup>10)</sup>した例である。降灰厚さは MSS データの ch.10 - ch.7<sup>注2)</sup>の演算値と高い相関があることが地上調査から明らかとなり、この関係を用いて対象地域全体の降灰厚分布を判読したものが Photo 5 である。判読結果は地上調査による降灰厚さ分布とよく一致していることが確認された。

4. 航空機 MSS データを用いた水田水温分布の判読

温度測定にはサーマルスキャナや MSS の熱赤外チャネル（8～14 μm）のデータが使用される。黒体からの熱放射については Planck の公式や Stefan-Boltzmann の法則などがある。

Planck の公式

$$W_\lambda = (2\pi hc^2/\lambda^5) \cdot [\exp(ch/\lambda kT) - 1]^{-1} \dots \dots (4)$$

- $W_\lambda$  : 分光放射強度 ( $W \cdot cm^{-2} \cdot \mu m^{-1}$ )
- $\lambda$  : 波長 ( $\mu m$ )
- $T$  : 黒体の絶対温度 ( $^{\circ}K$ )
- $h$  : プランクの定数 ( $6.626 \times 10^{-34} W \cdot sec^2$ )
- $c$  : 光速 ( $2.998 \times 10^{10} cm \cdot sec^{-1}$ )
- $k$  : ボルツマン定数 ( $1.380 \times 10^{-23} W \cdot sec \cdot ^{\circ}K^{-1}$ )

Stefan-Boltzmann の法則

$$W = (2\pi^5 k^4/15c^2 h^3) \cdot T^4 = \sigma T^4 \dots \dots (5)$$

- $W$  : 放射強度 ( $W \cdot cm^{-2}$ )
- $\sigma$  : シュテファン-ボルツマン定数 ( $5.67 \times 10^{-12} W \cdot cm^{-2} \cdot ^{\circ}K^{-4}$ )

これらの法則及び、センサの基準黒体の温度、熱赤外線の大気透過率補正、地上物体の放射率などが考慮され、熱赤外データの温度換算が行われる。

以上のような解析で得られた水田水温分布の判読例<sup>9)</sup>を Fig. 5 に示した。これは航空機 MSS の熱赤外チャネルデータ（9.5～12 μm, 1980. 6. 28, 空知郡北村）の解析例であり、水口付近の低温水部や水田各筆ごとに水温分布状況に違いがあることなどが判読できる。なお Fig. 5

注1) 地上調査により土地利用形態が確認されているフィールド。このフィールド内の画像情報を教師としてコンピュータに入力し、コンピュータをトレーニングすることにより分類計算を行う（次節参照）。

注2) ch. 10 は 920～1,100 nm, ch. 7 は 650～690 nm のデータ値を示す。

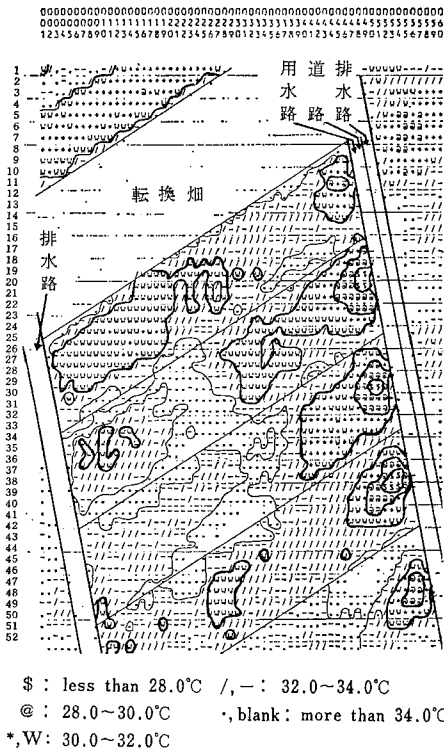


Fig. 5 Distribution map of water temperature in paddy fields. (Kitamura, 1980, 6, 28)

はラインプリンタによる出力のため1画素の縦横比が異なり、長方形区画(30m×190m)の水田が変形して出力されている。

地上の熱環境の測定は、水温分布をはじめ作物体温や土壌温度など、農用地基盤に関する有用な情報を提供してくれよう。今後、熱赤外領域のリモートセンシングは一層盛んになるものと思われる。

5. LANDSAT MSS データを用いた水稻冷害分布の解析

1980年は全国的な冷害にみまわれ、石狩平野水田地帯においても水稻作況指数が60~90という著しい被害であった。この水稻冷害分布の把握に LANDSAT MSS データを用いた解析例<sup>9)</sup>が Photo 6 である。使用した LANDSAT MSS データは1980年9月19日に観測されたものである。石狩平野での水稻収穫時期は10月上旬頃である。そのため、解析した LANDSAT データは水稻収穫予定の10~20日前のデータであり、冷害状況のほぼ確定した時期のデータである。

Photo 6 に示した収量値は式(6)に示した水稻収量の重回帰モデルから計算したものである。このモデルは農水省発表の市町村別水稻収量データと、LANDSAT MSS

データの各市町村エリア内での平均値データから導いたものである。

$$\begin{aligned}
 \text{収量 } Y (\text{kg}/10 \text{ a}) &= 7673.5 - 61.4 \cdot \text{band } 5 + 67.2 \cdot \\
 &\text{band } 6 - 62.4 \cdot \text{V.I.} \quad \dots\dots(6) \\
 &(\text{重相関係数 } R=0.91^{**})
 \end{aligned}$$

band 5 : MSS のバンド 5 (600~700 nm) の CCT 値  
 band 6 : MSS のバンド 6 (700~800 nm) の CCT 値  
 V.I. : 植生指数 (式 7 による)

説明変数として用いた V.I. は、植物の特徴抽出に有効<sup>11)</sup>とされている比演算手法であり、次式による。

$$\begin{aligned}
 \text{V.I.} &= (\text{band } 6 - \text{band } 5) / (\text{band } 6 + \text{band } 5) \quad \dots\dots(7) \\
 &(\text{但し V.I. 値は } -1 \sim +1 \text{ の値を } 0 \sim 255 \text{ に換算した。})
 \end{aligned}$$

式(6)に示す重回帰モデルを、Photo 3 に示した土地利用分類で抽出された水田ピクセル(画素)すべてに適用した。そして計算された各水田ピクセルの収量値を、4段階のカラーズライスで表示したものが Photo 6 である。水田ピクセル以外はすべて黒で発色させてある。この写真によれば、1980年冷害の特徴であった寒冷な偏東風の風道<sup>12)</sup>に沿った被害の地域性や、同一地域内でも被害程度に大きな差があったことなどが判読できる。さらにこの収量分布解析データから、Fig 6 に示すような各市町村の被害度別水田面積分布の情報なども抽出可能であり、土地改良等の冷害対策の必要な面積や地域分布などの調査にも使用できる。

V おわりに

リモートセンシングは広域にわたる地上の状況や現象を、迅速かつ経済的に調査し記録する能力がある。また、今までの点や線の調査を面の調査へ広げる能力もある。このため日本国内での利用はもとより、海外技術協力などにおいても大いに有効な技術といえよう。

農業分野におけるリモートセンシング技術の利用・応用研究は、まだ基礎的な研究の段階である。本報告で紹介した事例も、農業土木的あるいは地域工学的な視点からの基礎的研究事例の一部である。今後の研究方向としては、第1にどのような情報がどのような解析法によって得られるかという基礎的研究の蓄積、第2に他の既存データや調査法と組み合わせ、リモートセンシングを中核とする新しい広域調査法の確立が考えられる。

さらに、リモートセンシング技術は“農業資源管理システム”の創造に重要な役割を果たすものと思われる。このシステムは総合的な情報収集・提供・利用システムであり、農地と国土を常に監視し、迅速かつ適切な施策や計画立案を可能とするであろう。リモートセンシング技術の中核に多くの専門分野が有機的に結合した高次元のシステムであるともいえる。このような技術開発目標

注) Photo 6 の画面右下から平野部を通過し、左上の石狩湾へ吹き抜ける。

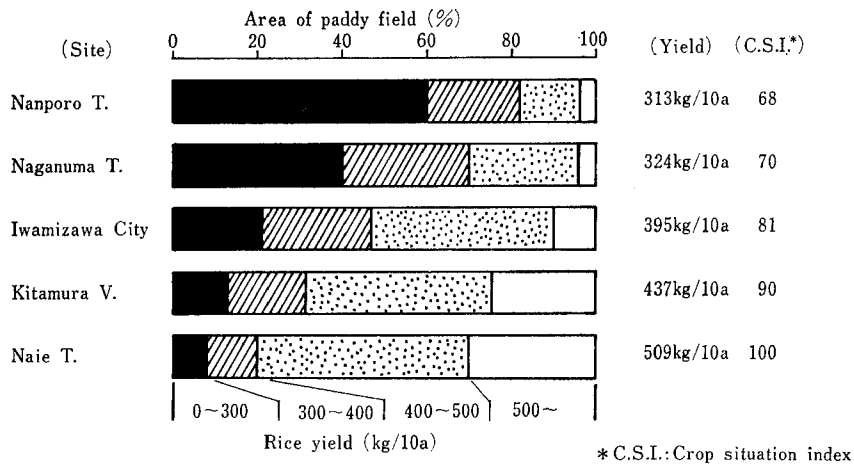


Fig. 6 Percentage of paddy field area in proportion to rice yield.  
(by LANDSAT MSS data, 1980. 9. 19)

のもとに、リモートセンシングに関する研究やその有効利用に、多方面の専門分野の人々が参加されることを願う次第である。

最後に、本報告の発表に際し並々ならぬ御援助をいただいた筑波大学農林工学系多田敦助教授をはじめ、土壌物理研究会シンポジウム運営委員各位に感謝の意を表するものである。またリモートセンシングデータの解析に際し多大の御指導・御協力を得た千葉大学工学部江森康文教授、安田嘉純助教授に厚く感謝するものである。なお使用した LANDSAT データは宇宙開発事業団地球観測センターデータ提供室から提供を受けたものであり、航空機 MSS データは日本造船振興財団日本国土海洋総合学術診断プロジェクトに参加して得られたデータである。関係各位に厚く御礼申し上げる。

#### 引用文献

- 1) 深山一弥, 高畑 滋, 福原道一 (1981) : 農業分野におけるリモートセンシング情報利用技術に関する調査, 北海道農試研究資料, 20, p.15~79.
- 2) 日本リモートセンシング研究会 (1977) : リモートセンシングノート, 技報堂, 東京, p.2.
- 3) 長 幸平 (1982) : ランドサット-D ミッションの概要, RESTEC, 9, p.16~27.
- 4) R. Bryan Erb, Robert E. Tokerud and Robert B. MacDonald (1978) : The outlook for satellite remote sensing for crop inventory, Proceeding of plenary session, The LACIE Symposium, NASA, p.125~131.
- 5) 深山一弥 (1981) : 航空機 MSS による水田地帯のリモートセンシング, 日本国土海洋総合学術診断昭和55年度技術報告集, 日本造船振興財団, p.181~194.

- 6) 福原道一, 深山一弥, 林 成周, 塩崎尚郎 (1980) : 農用地の調査, 昭和54年度ランドサット等人工衛星データ利用実証総合研究, 科学技術庁, p.12~16.
- 7) Fukuhara M., Hayashi S., Yasuda Y., Emori Y. and Iizaka J. (1980) : Soil moisture analysis for soil mapping, Proc. of Symp. on Machine Processing of Remotely Sensed Data, p.1~10, Purdue Univ.
- 8) 深山一弥, 佐藤 博, 安田嘉純, 江森康文 (1983) : 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, 農業土木学会論文集, 105, p.27~35.
- 9) Philip H. Swain, Shirley M. Davis (1978) : Remote Sensing; The Quantitative Approach, McGRAW-HILL, p.152~158.
- 10) 深山一弥, 高畑 滋, 福原道一, 斉藤元也, 林成周 (1978) : リモートセンシングによる有珠山噴火農地被害調査に関する研究, 北海道農試研究報告, 123, p.127~146.
- 11) 江森康文, 安田嘉純, 林 成周, 福原道一 (1979) : 畑地のリモートセンシングにおける計測と画像処理システムに関する研究, 農林水産業特別試験研究費補助金による研究報告書, 千葉大学工学部, p.97~109.

#### 質疑応答

中野 (東京大) 地面, 水面とも深さはどの位のところまでの情報をとり出しているのか。

深山 センサーで得られる情報は土壌表面の分光反射のみである。可視領域, 近赤外領域である限りは表面である。マイクロ波等では 10 cm ぐらいの深さまでの情報が得られるであろう。しかし圃場整備前の河川や水路の跡などの旧河川や構造物の跡は, 工事完了後も土壌表面が微妙に変化しており, 我々の経験でも赤外カラー写

真で読み取ることができた。目ではわからない場合でも、近赤外領域などの波長を選べば微妙な工事の跡や隠れた構造物・遺跡などの発見が可能な場合がある。これはあくまでも表面情報を使ってその下にあるものを類推することである。土壌の状態や熱環境などが表面からどのように変化していくのかという粕渕氏の報告のような知識も活用して解析を行えば、表面下の情報についてかなりのことがわかるであろう。

八田(熱研) 土壌水分が10%ぐらいということについては、写真から判定したのか、他の方法なのか。つまり写真から直接なのか、何かインタープリットするものが必要なのか。

深山 上からのデータ、すなわちリモートセンシングデータは航空機マルチスペクトルスキャナー(MSS)でとったデジタルデータで1ピクセルが4mのものである。下、すなわち地上では位置を決め含水比をサンプル調査でとっている。上と下のデータを同一場所のものについて対応させ相関をとっている。この相関モデルを使って、上のMSSのCCT値を含水比に計算し直して画像として出したのがPhoto 1またはFig. 4である。

八田 MSSによるデータ収集及びデジタル画像解析装置は金額的にいくらぐらいか。

深山 航空機M, S, Sを持つ会社はわが国では2~3社しかなく、かなり費用がかかると思う。ただし、赤外カラー写真はほとんどの航測会社で撮影が可能であり、それをB, G, R三色に分解して、デジタルデータに直して解析することができる。この場合、データの収集コストは普通のカラー写真撮影よりいくらかかかる程度(1.5倍くらい)である。画像解析装置の価格は、その能力により非常に幅があるが、2千万円程度出せば基本的なシステム構成は可能である。

宇都宮(公害研) LARSYS (Laboratory for Application of Remotesensing System) はよく知らないが、どのような手法でソ連の穀物収量予測をしているのか。十勝平野の土壌水分は降雨後何日目に調査しているのか、また水分はどの方法でだしたのか。土地利用の判別は航空機、ランドサットにせよどのようにして行うのか。土壌水分の推定に際し、道路などのように推定できない場合どう処理しているのか。

深山 LARSYSは農業を目的とした汎用解析プログラムである。LACIE計画では、作付面積をランドサットから得、これにこれまでの土地生産力のデータやその年の気象データなどを重ね合わせ再計算し、この地域ではこのぐらい収量が上がると推定しこれをソ連全土に適用して収量予測を行っている。ランドサットデータと収量との関係は、全米各地でモデルサイトを設け検討している。土壌水分の判読は、十勝平野でなく石狩平野で行ったものであり、1週間から10日間晴天の続いた状態である。しかし、地表面は、ブルドーザによる均平作業などのためにかなり攪乱されている。水分は重量含水比で出している。ただし、複数の土壌型が存在する場合は、重量含水比との相関は悪く、福原氏(北海道農業試験場畑作部)のデータでは容積含水比の方が土壌の違いをこえて高い相関が得られるという報告がある。土地利用の判別は教師あり分類(Supervised classification)という手法を用いた。道路は砂利道かまたは土道であるので一諸にしている。分離の方法としては、はじめに水田、道路、裸地などに分類しておいて、裸地の部分だけを含水比モデルにあてはめ、含水比分布を表示するなどのやり方がある。先程の水稲冷害分布では、水田だけを抽出して重回帰モデルを適用し、収量別に色表示した例である。