

# 技術情報教育研究部門リモートセンシング解析室における研究事例

一関工業高等専門学校 機械工学科 佐藤清忠

リモートセンシングとは、遠く離れた場所から測定を行うことで、昨今では、惑星探査や軍事衛星など、人工衛星を使う衛星リモートセンシングが注目されています。

岩手県南技術研究センターでは、人工衛星により撮影した画像を使い、地上に何がどのように見えるか、解析研究をしています。人工衛星は、「ふよう1号」という日本の衛星で撮影した画像と、もうひとつは米国のランドサット衛星画像です。最初に、ふよう1号(JERS-1)に関するリモートセンシング研究の紹介をし、次にランドサット衛星画像について説明をします。

## 1 JERS-1 (ふよう1号) 人工衛星画像によるリモートセンシング研究事例<sup>1)</sup>

ふよう1号の衛星画像は、マイクロ波レーダー画像です。最初に、測定の原理を説明しましょう。

まず、衛星から地球に向かって1.3ギガヘルツ(Lバンドと呼ぶ)のマイクロ波FM電波を発射し、地表で電波が散乱させます。散乱電波の一部は、宇宙空間の衛星に再び帰ってきます。これを後方散乱といいます。この後方散乱はたいへん微弱な電波ですが、高度な信号処理と、衛星の進行に伴うドップラー効果を巧みに組み合わせることにより、結果として、数kmの大きなアンテナで電波を受けたかのような処理を行います。これを合成開口処理とよび、この結果、地表で約18mの精密な画像が得られます。

マイクロ波は、雲があっても地上を撮影することができ、地形の特徴や、鉱物資源の探査、また森林調査に利用できることが知られています。県南センターでは、この画像を、稲の生育調査に使えるかどうか研究しました。

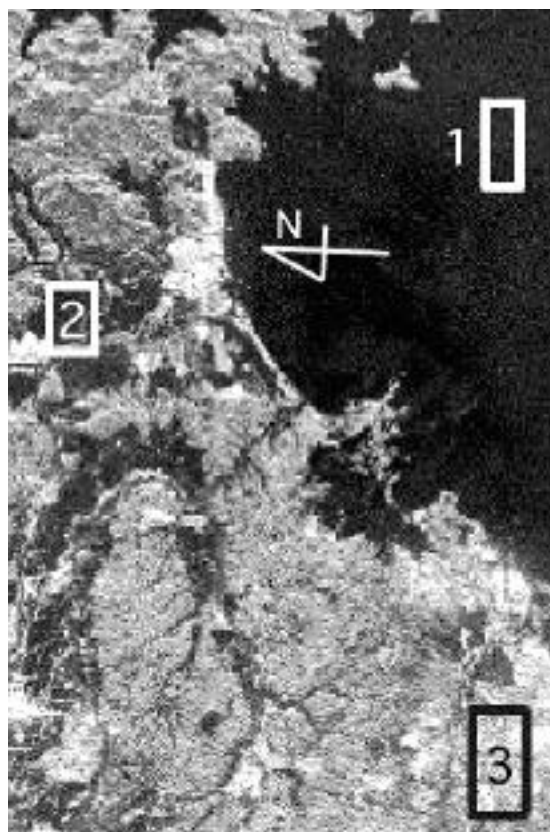
図1には、平成10年5月に、日本リモートセンシング学会で紹介した宮城県北の合成開口衛星画像を示します。数字1のところは石巻湾で、海に照射したマイクロ波は、鏡面反射してしまい、後方散乱として衛星に帰ってくる成分がほとんどありません。その結果、反射電波が弱い=暗い画像になっています。

2の箇所は、桃生町の水田地帯です。水田は平らで、やはり鏡面反射に近い状態になります。しかし稲が生育していますので、中程度の後方散乱が生じ、海よりは白っぽい画像になります。3は仙台市街地です。乾いた建物が多く、こうしたでこぼこの地表構造物は、多くの後方散乱を発生させ、画像は大変輝度が高くなり、白くなります。

1、2、3地域の統計量を調べると、図2のようになります。人工衛星は、その撮影位置により、微妙に画像の輝度が異なってきます。この「ぶれ」をなんらかの方法でキャンセルしないと、測定対象の調査が正確にできません。

そこで新しいアイデアを提案しました。海や市街地は季節問わず、だいたい同じ間隔の平均値であるようなので、その平均値の差に対して、水田の後方散乱の平均値がどこに位置するか、という調査のしかたです。これを水田比率、と名付けましたが、この比率を使って7月、8月、9月、11月の同じ場所の後方散乱係数の比を示したのが図3です。水田比率(Paddy Ratio)が高ければ、それだけ水田は都市の特徴に近づき(すなわち、でこぼこで乾燥している)、低ければそれだけ海面(水面)の特徴に近くなります。これらの調査が、場所によって変

図1 ふよう1号による宮城県北付近の画像



化しないように、またレーダー画像には原理上、点状雑音が多く含まれているので、その影響をキャンセルする目的で、それぞれの標本数を、平均値が一定値になる個数以上に設定しました。念を入れて、海面ではなく伊豆沼水面を使ったり、築館町や金成町水田でも確認し、図3と同じになることを確認しました。

図3の意味するところは、7月の稲は、まだ丈も小さく、1.3ギガヘルツの電波は、そこにはなにもないかのように透過したことを示しています。実際、植物ですと、この周波数の電波なら、簡単に透過してし、結果的には水面に近い性質を示します。また11月には、刈り取りが終わり、稲田の表面は稲株のでこぼこがあらわになります、都市部ほどのでこぼこさではないですが、水面の性質から遠ざかっていきます。

さて興味のあるところは8月の結果です。8月のこの時期は出穂期で、水田にはまだ水がたっぷりあります。透過力のある電波ですから、水面に近い性質になることを予想していました。ところが図のように、9月の時期と同じ結果になったのです。この時の後方散乱反射は何を意味しているのでしょうか。正確には、実験確認しないとわかりませんが、稲の生育状態の、なんらかの情報、すなわち茎の太さとか丈の大きさが反映されたのでは、と推測しているのです。

この結論はまだ出ていません。しかし水面上の植生の構造や内部の状況により、レントゲン画像のように衛星画像の輝度値が変化するなら、研究の意義は大変大きいのです。つまり、稲だけではなく、そのような作物に関する体積や、生育状況の推定などに応用が広がるからです。こうした利用は、写真画像のようになるランドサット衛星ではできません。

### 1 ランドサット人工衛星画像によるリモートセンシング研究事例<sup>2)</sup>

次にランドサット衛星画像に関する研究の紹介をします。図4には、一関地域のランドサット衛星画像の例を示します。1つの画素が30mの大きさであり、1回の写真撮影で、全部で7種のフィルターを使って、青色、緑色、赤、また赤外までの画像が得られます。この画像を使用して、地上の被覆物（森林や建物、水など）がどうなっているのか調査するのが目的です。そのために、植生図や標高データを準備する必要があります。県南センターにはこの調査を行う高度なソフトウェア、ERDASがありますが、標高データを組み込んだ解析はできません。このため独自のソフトを、CやUNIXシェルスクリプトにより作成して、画像解析する必要が出てきました。

図5には、岩手大学と共同で研究し、平成10年11月に日本リモートセンシング学会に紹介する北上山地の植生図を示します。これは地図データをデジタイザという装置で作成したもので、研究目的である

図2 海(Water,1)、水田(Paddy,2)、市街地(Town,3)領域における相対ヒストグラム

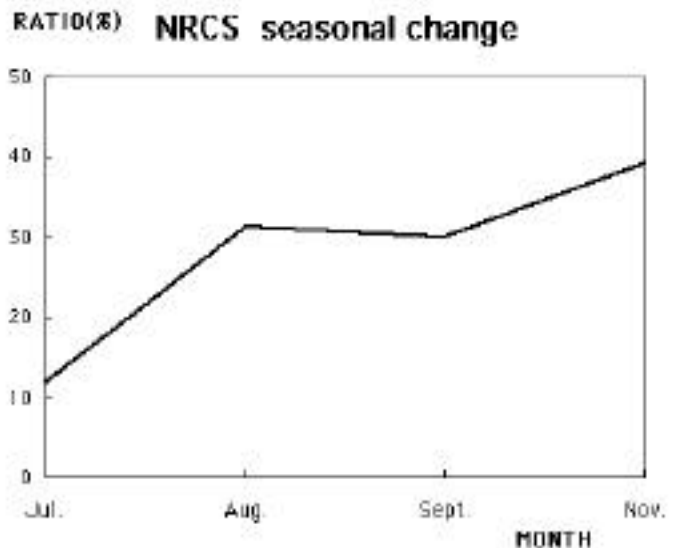
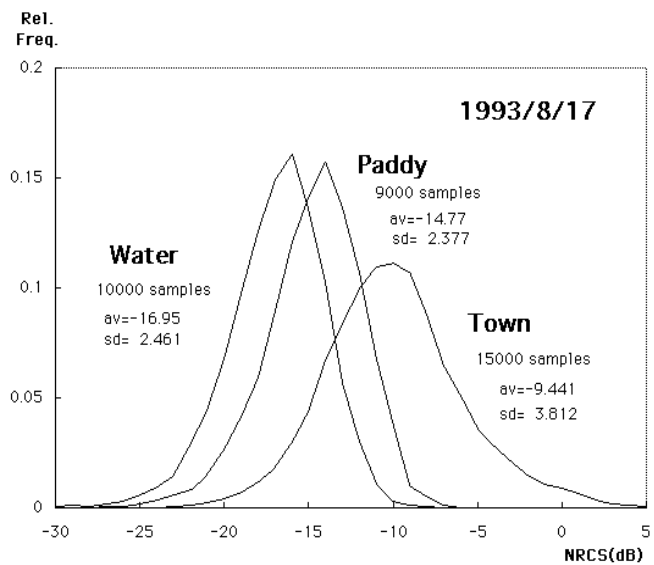


図3 後方散乱値の水田比率

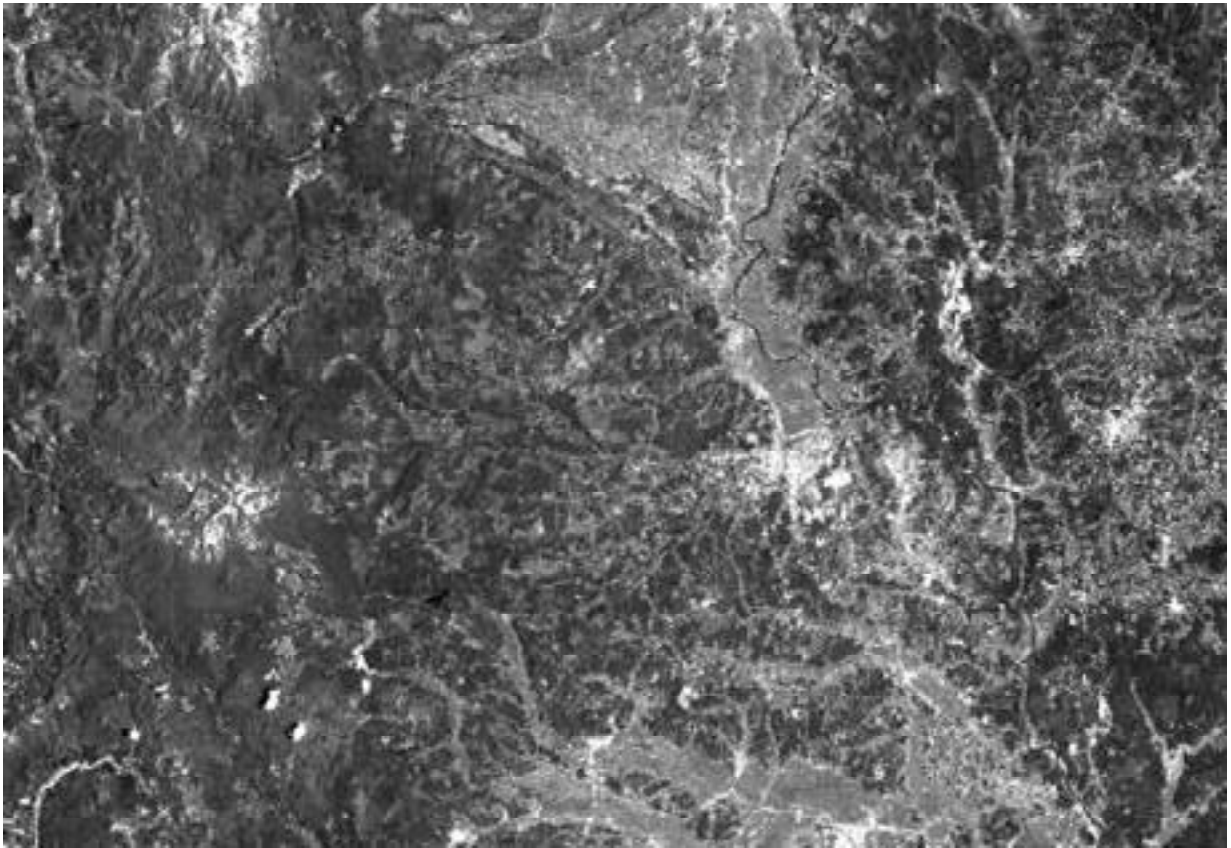


図4 ランドサットによる一関付近の衛星画像

広葉樹（コナラ等）と、針葉樹（カラマツ等）また草地（ススキ群生等）に、マージ（項目の合併）をしたものです。研究の目的は、衛星画像の新しい分析手法を提案し、いかにこの図と一致するか評価するのです。対象地域は標高差が最大1000mもある起伏の激しい場所で、そのまま使用すると、太陽の影や、パ斯拉ディアンズ（拡散光）等の影響が現れ、分類目的には使用できません。そこで新しい処理手法を岩手大学飯倉善和助教授が考案しました。

まず、使用する衛星画像は、あらかじめ約1000点のGCP調査を行い、デジタル標高データ（DEM）により正確な正射投影図になるように幾何補正します。この衛星画像を、大気モデルシミュレータ6Sというものを使用します。最後に飯倉助教授の提案した修正コサイン手法を用い、太陽入射照度やパ斯拉ディアンズの補正を行い、結果としてあたかも標高差のない、平原状にあるかのような画像を作成します。こうすると、自動分類の精度は格段に向上します。

修正コサイン法による画像は、引き続いて、ピラミッド・リンクによる画像前処理と、ISODATAという教師なし分類によるクラスタ分類処理を行います。その結果得られた画像には、コンピュータが勝手に割り当てた特徴あるかたまり（クラスタ）によるデータが割り当てられ、これが何を意味するのか、評価判断表(confuse matrix)で、人為的に判断作業をします。

その結果、あるクラスタは針葉樹だとか広葉樹だ、ということが判明し、その対応関係により、カテゴリ割り当てを行います。共同研究では、修正コサイン法による分離精度は、それを行わない時に比べて、定量的にどれだけ改善されるか、誤差行列を用いて示しています。

以上の手法は、いったん計算手法が確立すると、一定精度内で自動的に土地被覆分類が可能になるものです。応用例としては、人手のかかる森林資源の実態調査への応用などが考えられます。

#### <参考文献>

- 1) 佐藤、横山 稲の生育に対する多時期JERS-1 SAR データの解析  
日本リモートセンシング学会 第24回学術講演会
- 2) 佐藤、飯倉、横山 修正コサイン法を用いた衛星画像の地形効果補正による土地被覆分類の改善  
日本リモートセンシング学会 第25回学術講演会

図5 北上山地大川地区植生図例（4項目分類）

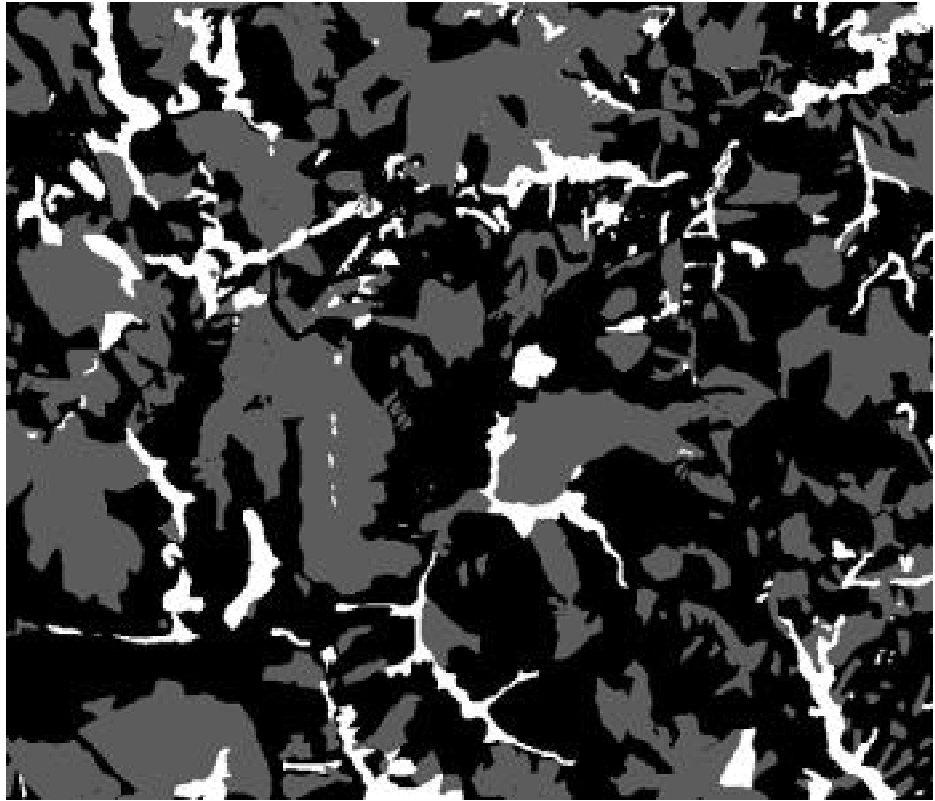


図6 クラスタ分析による植生カテゴリー対応結果

