

Xバンドレーダ衛星の時系列観測による水稻生育情報の抽出に関する検討

環境リモートセンシング研究室 倉品 泰佑
指導教員 力丸 厚、高橋 一義、坂田 健太

1. はじめに

良質米の安定生産のため実施される水稻生育調査は、主に人手に依存した現地調査により把握されている。この調査手法は多大なる時間と労力が必要であり、広範囲にわたる生育状態の把握が難しい。

そのため、リモートセンシング技術の応用に期待が寄せられているが、光学センサを用いた生育状態の推定手法は天候に左右されるなどの問題がある。その点、SAR 衛星は昼夜問わず全天候において観測が実施できる。全天候で観測できるというこの利点から、年間を通じて一定基準でデータ取得が可能であり、過去のデータとの互換性がある。

マイクロ波の散乱特性は波長によって異なる。地上で実施された水稻の X バンド後方散乱基礎計測実験結果¹⁾によると、水稻の生長に伴い後方散乱が変化する。さらに、Xバンドは波長が短いため水稻の上層部で散乱しやすいことが報告されている。しかし、水稻の X バンド後方散乱の時系列変化をレーダ衛星で観測した例は報告されていない。

そこで本研究は、高空間分解能 X バンド合成開口レーダ (SAR) 衛星「TerraSAR-X」を用いて水稻の後方散乱を時系列観測した。その結果を地上基礎計測実験結果¹⁾および、草丈、茎数、葉令、SPAD などの水稻生育情報と比較することにより、レーダ衛星の後方散乱観測値と水稻生育情報との関係を総合的に検討することを目的とした。

2. 研究の全体像

研究の全体像を図 1 に示す。観測事項として、TerraSAR-X を用い 2008 年 6 月～8 月の 5 シーンと 2009 年 8 月～9 月の 6 シーンの合計 11 シーンの衛星観測を実施した。また、衛星観測と同時期に水田において草丈、茎数、葉令、SPAD などの生育情報を現地観測で取得した。

これらの観測で取得した結果を用い、レーダ衛星の後方散乱観測値と水稻生育情報との関係を解析した。2008 年と 2009 年の衛星観測結果を用い、水稻の移植後から収穫前までの後方散乱観測値の時系列解析を実施した。2008 年、2009 年の衛星観測結果と、同時期に取得した現地観測結果の関係をそれぞれ解析した。2009 年については、衛星観測結果と光学センサデータの正規化植生指標 (ALOS AVNIR-2) および食味データ (米粒蛋白含有量、米粒アミロース含有量) の関係を解析した。

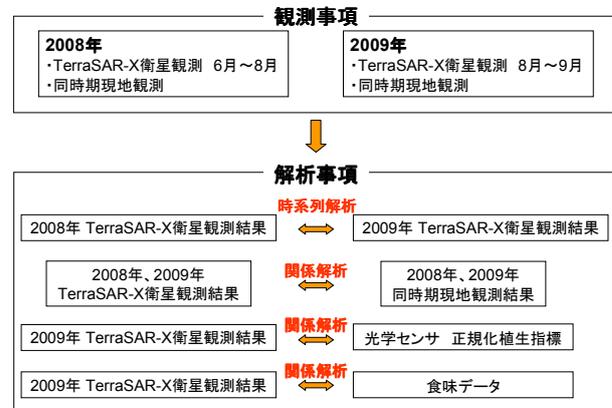


図 1. 研究の全体像

3. 対象地域と観測衛星

研究対象地域は長岡市越路地域とした。対象地域の田植えは、概ね 5 月上旬から中旬にかけて行われ、出穂時期は 8 月上旬から中旬、刈り取り時期は 9 月上旬から下旬である。圃場の平均的な大きさは約 30m × 100m である。

観測衛星 TerraSAR-X は 2007 年に運用開始されたドイツの衛星で、高空間分解能で観測可能な商業 SAR 衛星である。本研究では、空間分解能 6.6m で HH および VV 偏波の観測を注文した。HH とは、SAR から水平偏波を送信し、水平偏波で受信する観測方式であり、VV は垂直偏波の組み合わせを示す。

4. 使用データ

1) 現地水稻生育調査データ

水稻生育情報の取得のため、対象地域の現地圃場において水稻生育調査を実施した。調査項目は、草丈、茎数、葉数、SPAD、葉重量、穂重量である。同時に水稻の様子を 5m の高さから対象地域の衛星入射角である 35° で撮影している。

2) 光学センサデータ

水稻登熟期の葉の活性度とレーダ後方散乱の関係と比較検討するために、2009 年 8 月 16 日に観測した ALOS AVNIR-2 データを使用データとした。

3) 食味データ

水稻登熟期の止葉 (穂直下葉) の葉身窒素濃度と米粒蛋白含有率の間には高い正の相関がある。そこで、刈り取り集荷後の米粒蛋白含有量を媒介して、衛星データと葉身窒素含有率の比較を実施した。

5. 解析方法

衛星観測データと使用データとの解析方法を図 2 に示す。取得した観測衛星データは UTM 座標系に幾何補正され、DEM 補正がなされている。現地調査圃場の特定には、農地区画ベクタデータを用いた。この 2 つのデータを重ねあわせ、同一圃場内の生育段階が同じだと仮定し、各圃場内の後方散乱観測値の平均値を算出した。この処理を衛星観測した全 11 シーンで実施し、使用データと比較解析した。

6. 結果

1) 水稻の後方散乱観測値の変化

水稻の後方散乱観測値の変化を事前に取得している各調査圃場の作付け日からの日数でみた。図 3 および 4 に 2008 年と 2009 年のデータをあわせた後方散乱の時系列推移を示す。その結果、Inoue らの基礎地上計測実験¹⁾の結果(図 5)を衛星データで裏付けることができた。

水稻の後方散乱は作付け後 40 日付近から減少し、80 日付近から増加する。この増加は VV 偏波で顕著に現れた。対象地域の平均的な出穂は 8 月初旬であり、この時期は作付け開始から 80 日付近にあたる。

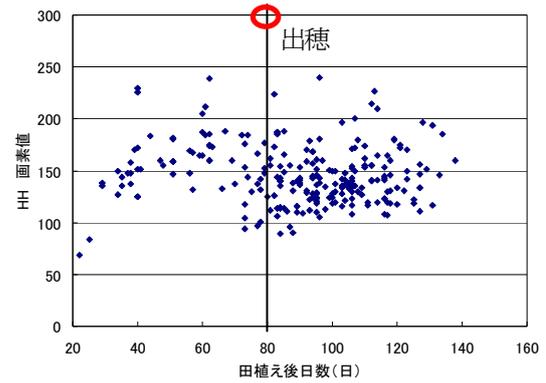


図 3. HH 偏波後方散乱の時系列変化

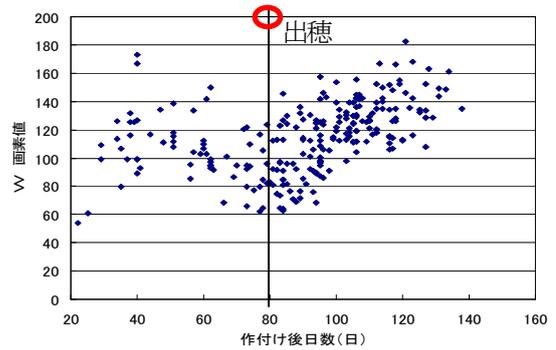


図 4. VV 偏波後方散乱の時系列変化

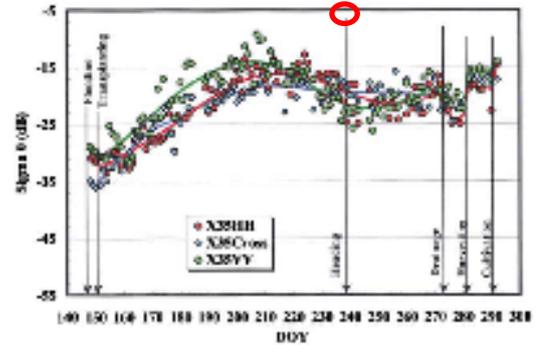


図 5. 地上基礎計測実験結果¹⁾

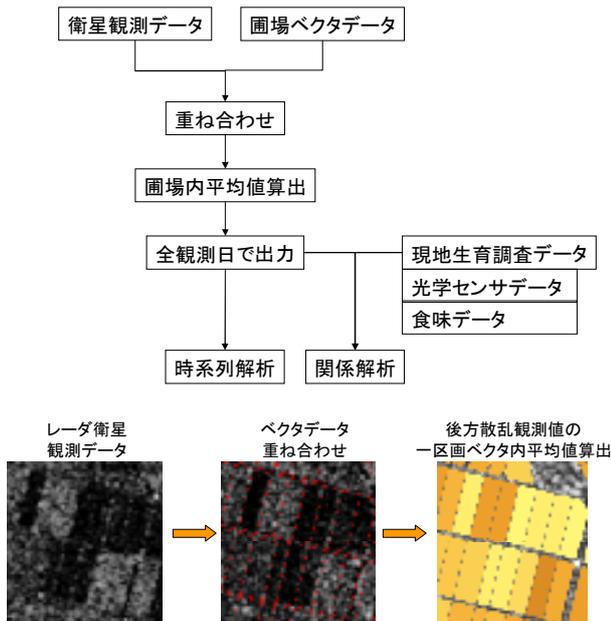


図 2. 解析方法

2) 水稻生育情報との関係

2008 年の現地水稻生育調査で取得した草丈、茎数、葉数、SPAD と後方散乱観測値の関係を調査した。その結果、葉令の増加と VV 偏波後方散乱の減少の間で弱い負の相関関係がみられたが、明確な相関関係を把握するには至らなかった(図 6)。現地水稻生育調査を実施した各圃場は、栽培密度や作付方向と衛星観測方向の成す角が異なる。さらに、圃場周辺の構造物や畦道によるノイズ成分を含む可能性がある。このような現地の状況によって、統計的に明確な相関関係を確認できなかったと考えられる。

3) 水稻生育情報との関係 (圃場別)

図7に2008年の現地水稻生育調査結果と衛星観測結果を圃場別にまとめた一圃場の例を示す。後方散乱観測値は水稻の生長に伴い減少し、圃場の表層部が面的に構成される時期から上昇していた。Xバンドは稲体の表層部で散乱しやすいため、後方散乱観測値は圃場の表層部の状態と関係すると考えられる。

7. まとめ

Xバンドレーダ衛星を用いて水稻の後方散乱を時系列把握した結果、Inoueら¹⁾の地上基礎計測実験結果を衛星データで裏付けることができた。

しかし、水稻の後方散乱観測値は各圃場のノイズ成分を含む結果となった。そのため、水稻生育情報と衛星観測結果の明確な相関関係は確認できなかった。

圃場ごとの水稻生育情報と衛星観測結果の関係から、後方散乱観測値は圃場の表層部の状態と関係すると考えられる。

今後は、個々の圃場のノイズ成分を考慮することで、Xバンドレーダ衛星の観測によって水稻生育情報を抽出できる可能性がある。

参考文献

- 1) Y. Inoue, Season-long daily measurements of multifrequency (Ka, Ku, X, C, and L) and full-polarization backscatter signatures over paddy rice field and their relationship with biological variables, Remote Sensing of Environment 81, p194-204, 2002

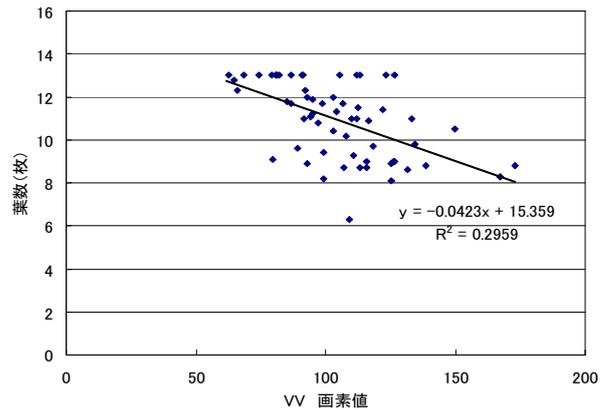


図6. 葉令とVV偏波観測値の関係

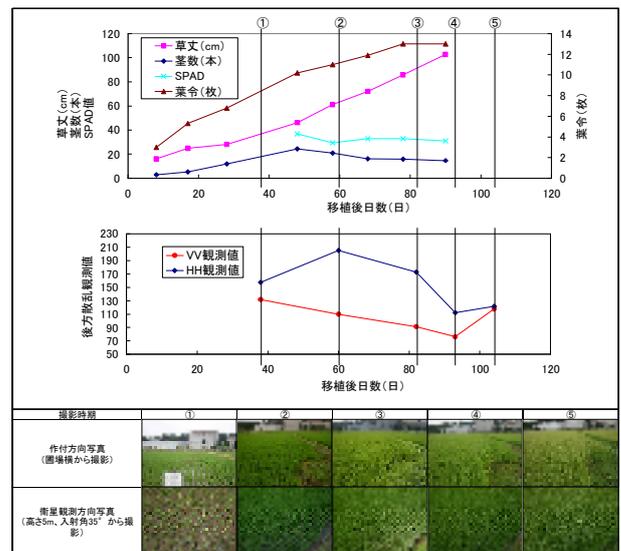


図7. 圃場別 現地水稻生育調査結果と衛星観測結果 [圃場 No. 9] (2008)