

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 会田健太郎

本論文は、衛星搭載型多偏波合成開口レーダ(SAR)の実運用状況を踏まえ、低頻度ではあるが情報量の多い多偏波観測モードと高頻度の単偏波観測モードを組み合わせて土壌水分の定常的な観測手法を開発したものである。

土壌水分は、大気-陸面での水・熱輸送を通して気候システムに影響を与え、また洪水や渇水の初期条件に深く関与しており、水資源管理や農業生産においても重要な役割を担っている。全球スケールではマイクロ波放射計による観測手法が提案されているが、圃場での用水管理などの利用には数 m の高分解能を持つ SAR の利用が有望ではあるが、その定常的な土壌水分観測手法は確立していない。特に、SAR は時間分解能が低いため、いかに高い頻度の観測を実現できるかが鍵となる。

土壌水分の算定には、水分に対する誘電特性が高く、地表面粗度のおよび植生の影響を受けにくく、土壌内部の情報の取得も可能な L バンド SAR が有利である。また SAR で得られる情報は、土壌水分に加え、土壌の表面、体積散乱特性が深く関係しているため、独立した多パラメータでの観測が有用となる。2006 年に宇宙航空研究開発機構(JAXA)から打ち上げられた陸域観測技術衛星(ALOS)搭載のフェーズドアレイ方式 L バンド合成開口レーダ(PALSAR)は 4 偏波を同時に観測できるモードを持つ L バンド SAR であり、2014 年には ALOS2/PALSAR2 が後継として打ち上げられている。本研究ではこの ALOS/PALSAR シリーズを用いた高空間分解能、高頻度の土壌水分観測手法の開発を目指している。

本研究では L バンドの特性を生かし、植生を無視できる裸地を仮定し、地表面における表面散乱と土壌内部における体積散乱それぞれの理論モデルを組み合わせたマイクロ波散乱モデルを用いている。このモデルは、土壌水分に加えて、表面散乱にかかる 2 つの粗度パラメータ、体積散乱にかかる土壌特性を表す 2 つの土壌パラメータを含んでおり、計 5 つの未知数を求めなければならない。一方、ALOS/PALSAR では多偏波モードによって、偏波の組み合わせによる 3 つの独立が観測できるので、5 つの未知数のうち 2 つは現地観測を含めた何かしらの方法で同定しておく必要がある。

そこで本研究では土壌パラメータを土性や土地利用などが同じ範囲であれば時空間的に一定であると仮定して 3 つのステップからなるアルゴリズムを開発している。ここでは、第一に多偏波 SAR 観測と同期して土壌水分と粗度を計測し、マイクロ波散乱モデルを用いて現地データから計算される後方散乱係数と SAR 後方散乱係数の差を最小とするように土壌パラメータの値を同定している。次に得られた土壌パラメータは空間的に均一として、多偏波 SAR データに適用して土壌水分と 2 つの粗度パラメータの空間分布を推定している。この場合は観測頻度の少ない多偏波モードによる観測にしか適応できないため、第三

段階として得られた粗度パラメータの空間分布と、空間一定とした土壌パラメータを用いて観測頻度の高い単偏波観測データに適用して土壌水分を算定している。以上一連のアルゴリズムの流れで、高空間分解能の土壌水分観測が比較的高頻度で実施可能となる。

本アルゴリズムの開発研究及び検証はカンボジア北西部のバタンバン州に広がる水田地域にて実施され、2地点における検証結果では、推定された土壌水分が現地連続観測データと良く適合していることを確認している。さらに膨潤特性を有する粘土質の土壌の特異性も考慮し、また農事歴に合わせて粗度を選定することによって土壌水分推定精度の向上を確認するなど、現地に利用可能な手法も開発している。

以上のように本論文は、土壌水分観測に対する自然科学的および社会のニーズを踏まえ、新たに利用可能になった衛星データの特性とマイクロ波放射伝達特性を考慮して、現地観測を一部組み入れたアルゴリズムを開発して、高空間分解能で高頻度の土壌水分観測手法を確立し、検証によってその有用性を示し、さらに対象域の特殊性にまで考慮した手法を開発している。これらは高い学術的価値が認められるうえ、河川水資源管理や食料生産管理、営農支援など社会的にも有用性に富む独創的な研究成果と評価できる。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。