

論文の内容の要旨

論文題目 人工衛星データを用いた陸面データ同化手法による土壌水分推定手法の
広域適用可能性に関する研究

氏名 玉川 勝徳

地球規模での水循環を把握するうえで、広域の土壌水分量は地表面の熱収支に影響を及ぼす観点から重要な水文量の一つである。また、農業活動においても必要としている情報であり、これらを時空間的に定量的に推定することは非常に重要である。

地球規模での土壌水分量を広域に高時間分解能で定量的に把握する手法として、「人工衛星に搭載されたマイクロ波放射計のデータ」と地表面からのマイクロ波放射輝度温度を推定するモデル「マイクロ波放射伝達モデル(RTM)」、また、地表面での土壌水分や地温などの状態量を予測するモデル「陸面モデル(LSM)」とを組み合わせ、モデル誤差と観測誤差を最小化することで妥当な土壌水分を推定する「陸面データ同化手法(LDAS)」が有効である。

本研究では、Yangら(2007)により開発された、衛星搭載マイクロ波放射計データを用いた「陸面データ同化手法(LDAS-UT)」を用いて広域に精度良く土壌水分を推定するための適用研究を実施した。特に LDAS-UT を広域に適用する際の問題点について、衛星搭載マイクロ波放射計(AMSR-E/AMSR2)の 6.9GHz のフットプリント領域(AMSR-E:43km x 75km, AMSR2:35km x 62km)における「粗な植生」と「水域」の不均一性に着目し、LDAS-UT の改善点を指摘、また、得られる土壌水分推定結果の解釈、さらには、同化のために入力する衛星観測輝度温度の改善をし、高頻度で高精度な土壌水分量を推定するため検討と検証を目的とした。

そこで、AMSR-E/AMSR2 の 6.9GHz のフットプリントの「眼」で観て、

- (1) 地表面が均一なサイト
- (2) 地表面に「粗な植生」が分布するサイト
- (3) 地表面に「水域」が分布するサイト

を対象として検討を実施した。

まず、AMSR-E の 6.9GHz のフットプリント内において、植生も少なく水域も存在しない地表面が均一であるチベット高原の Gaize 気象観測所において、地表面の表面散乱を考慮したマイクロ波放射伝達モデルを用いた陸面データ同化システム (LDAS-UT(AIEM)) を適用し、湿潤期(8 月)では土壤水分の推定値が観測値と合うことを示した。一方、6 月、7 月の降雨が少ない乾燥期においては、土壤水分を高め推定することが示された。乾燥期における低い土壤水分を表現するために、LDAS-UT の放射伝達モデルに乾燥土中の体積散乱効果を考慮することが必要であることを指摘し、土中の体積散乱を考慮した陸面データ同化システム (LDAS-UT(DMRT)) を適用することにより、低い土壤水分を推定することができ、地表面状態が均一な半乾燥地域において LDAS-UT が適用可能であることを示した。

次に、フットプリント内の「粗な植生」が土壤水分推定に及ぼす影響の理解を目的とし、半乾燥地域でありながら耕作地的な土地利用をしている中国北東部に位置する Tongyu サイトと、フットプリント内に複数の土壤水分観測地点が設置されているモンゴル国ウランバートル市の南側 300km に位置する水循環地上観測試験地に適用した。Tongyu サイトでは、LDAS-UT で推定された土壤水分が観測値と比較して低い値を示している原因について、衛星搭載熱赤外データ (MODIS 地表面温度データ) を用いた観測地点のフットプリント内における空間代表性、また、衛星から推定される植生指標 (MODIS NDVI データ) と陸面モデル (LSM)、放射伝達モデル (RTM) を用いた、植生の空間不均一性が土壤水分推定に及ぼす影響を数値シミュレーションにより評価し、観測「点」と LDAS-UT で推定された「面」の土壤水分を比較するに当たり、観測地点の代表性の検討が必要なこと、また、植生がフットプリント内に不均一に分布することにより、土壤水分の推定精度にも影響を及ぼすことを定性的に示した。このフットプリント内における植生の空間不均一性の定量的な検証のためには、フットプリント内に複数の土壤水分観測地点が存在するサイトでの検証が必要となることが示唆され、100km x 160km の領域に、12 の ASSH (土壤水分・地温計測装置) と 6 基の AWS (自動気象観測装置) を備えたサイトであるモンゴルを対象に適用検討し、個々の観測ステーションでは過大、過小に算定されたステーションが存在したが、それらの観測土壤水分の平均と LDAS-UT の推定値の平均を比較することで妥当な値が示され、LDAS-UT の推定結果は、粗な植生を含む場合でも AMSR-E フットプリント内の平均的な値であることを示した。

最後に、植生以上にその存在が土壤水分推定精度に大きく影響を及ぼす「水域」の

フットプリント内における不均一性に着目した。オーストラリアの南東部に位置し半乾燥地帯でありながら、ダムやため池等の水を利用し営農活動をしている Murrumbidgee(マランビジー)流域と、熱帯地域で湖面面積が雨季と乾季で劇的に変動するカンボジア中央部に存在するトレンレサップ湖に着目し、その西部に位置する Pursat(プルサット)観測サイトに適用し検討を行った。まず、Murrumbidgee 流域におけ 8 つの観測サイトに LDAS-UT を適用したところ、フットプリント内に水域が含まれる 2 つのサイトにおいて土壤水分が過大に推定され、水域の存在が土壤水分推定に与える影響が大きいことを定性的に示し、フットプリント内における水域の影響を除去し、陸域のみにおける土壤水分推定手法検討の必要性を提起した。そこで、湖が季節とともに縮小拡大し「水域」の評価をしやすい、カンボジアのトレンレサップ湖西部に位置する Pursat 観測サイトを対象に、1) AMSR-E/AMSR2 の高分解能の 89GHz のデータを用いて水域・陸域を判別する手法、2) 6.9GHz のフットプリント内に判別した水域がどの程度含まれるかを示す、6.9GHz 内の水域面積率を計算する手法、3) 水域における 6.9GHz の輝度温度を推定する手法、さらには、4) 灌漑域が土壤水分推定に及ぼす影響を検討し、これら 1)~4)を用いて 6.9GHz フットプリント内における水域と灌漑域の影響を除去した、陸域のみの輝度温度を推定する手法を確立した。この水域と灌漑域の影響を除去した陸域のみの輝度温度を LDAS-UT に適用し土壤水分を推定し、Pursat 観測サイトとの比較を行い、2013 年 8 月~2014 年 7 月において土壤水分推定精度が改善することを示した。

以上のように、「粗な植生」と「水域」が土壤水分推定へ及ぼす影響を定性的に、また、定量的に評価する手法を検討するとともに、「水域」については、その影響を除去した陸域のみの土壤水分を推定する手法を確立し、陸面データ同化手法(LDAS-UT)の広域適用可能性を示した。特に、フットプリント内における「水域」の影響を除去した、陸域のみの土壤水分推定手法を確立したことにより、大河川や湖沼のような「水域」をフットプリント内に含む地域や、日本のような島国で海岸線をフットプリント内に含む沿岸部の地域において、今まで精度良く推定することができなかった、もしくは、マスクアウトするしか手段が無かった水際における「陸域のみ」の長期の土壤水分量を定量的に推定する可能性を示した。

これにより、営農活動として農家が必要としている土壤水分や、流出モデルを走らせ流量を計算する際の初期値としての水際の土壤水分という、新しい情報が推定可能となるとともに、気候変動を考慮する上で重要な 2002 年の AMSR-E データ取得開始以降の水際の長期の土壤水分を高時間分解能で推定する可能性を示した。