

衛星搭載マイクロ波放射計による 土壌水分算定手法の高度化に関する研究

(株)新井組 正 員 下茂 力
長岡技術科学大学 正 員 小池 俊雄

1 研究背景と目的

陸域地表面の水分の存在状態は、長期的・短期的に、さらに広域的・局所的にもその形態を変化させながら、大気との水・エネルギー循環をコントロールしており、更に地球規模での気候変動・環境変動に大きな影響を与えている。

現在の衛星による土壌水分観測では陸域地表面の水文量を正確に把握することは困難である。その困難さの原因の1つとして挙げられる事は、地表面付近の植生や地表面の粗さがマイクロ波伝達に及ぼす影響が定量的に把握されていない事である。

そこで、本研究の目的は、地表面付近の植生や地表面の粗さがマイクロ波伝達に及ぼす影響を考慮した土壌水分算定アルゴリズムを構築し、土壌水分の定量的な算定を行なう事である。

2 土壌水分算定アルゴリズム

マイクロ波放射計で観測される輝度温度 T_{bp} は式(1)で表される。

$$T_{bp} = T_{bsp}e^{-\tau_c} + (1 - \omega_c)(1 - e^{-\tau_c})T_c \quad (1)$$

ここで、 T_{bsp} は地表面から射出されるマイクロ波輝度温度であり、 τ_c 、 ω_c 、 T_c は植生層の光学的厚さ、単一散乱アルベド、物理温度である。式(1)の第1項は植生によって減衰される地表面からの放射であり、第2項は植生からの上向きの放射である。輝度温度は多くのパラメータの関数であるが、それらのうち輝度温度に与える影響が大きい未知のパラメータとして土壌水分量、地表面の物理温度、植生含水量の3つが挙げられる。原則的には異なる波長や偏波に関して、3つの連立方程式によりこれらの未知量を求める事ができるが、非線形性が非常に強いので本研究では、地表面物理温度の影響を取り除く事のできる独立した指標を導入し、逆解析により土壌水分量と植生含水量の2

つの未知のパラメータを求めるアルゴリズムを構築した。

2.1 土壌水分量を表す指標 I_{sw}

本研究では、式(2)に示すような Index of Soil Wetness とよばれる輝度温度と土壌水分量についての関係式を用いて、地表面物理温度の影響を無くし、土壌水分算定アルゴリズムに用いる。

$$I_{sw} = \frac{T_{B_i} - T_{B_j}}{\frac{1}{2}(T_{B_i} + T_{B_j})} \quad (2)$$

ここで、 $i, j (i > j)$ は周波数を表す。よって、 T_{B_i} は、周波数 i のときの輝度温度である。この指標は、水の放射率の周波数依存性を考慮した物である。つまり、高周波数帯側の輝度温度と低周波数帯側の輝度温度の差を取り、さらに両者の平均で除する事によって、地表面の物理温度の影響を取り除き、輝度温度を放射率として取扱えるようにしたものである¹⁾。したがって、この指標は土壌水分量の大小を表す事ができる。

2.2 植生水分量を表す指標 PI

本研究では、式(3)に示す指標 (Polarization Index) を用いて、地表面物理温度の影響を無くし、植生状態の評価を行なった²⁾。

$$PI = \frac{T_{Bv} - T_{Bh}}{\frac{1}{2}(T_{Bv} + T_{Bh})} \quad (3)$$

この指標は、同じ周波数帯の垂直偏波と水平偏波の輝度温度の差を取り、さらに両者の平均で除する事によって輝度温度を放射率として扱えるようにしたものである。通常裸地では垂直偏波の放射率が水平偏波の放射率よりも大きく、植生が有る場合は植生による消散や植生からの射出の影響で PI 値が減少する性質を利用している。従って、この指標は植生含水量の大小の情報を含んでおり、 PI 値が小さいほど植生含水量が大きい事を意味している。

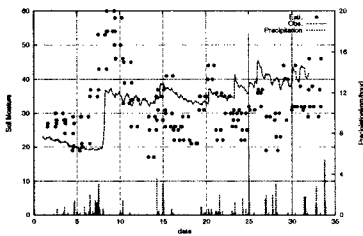


図 1: Amdo,7月における土壌体積含水率の推定値と観測値

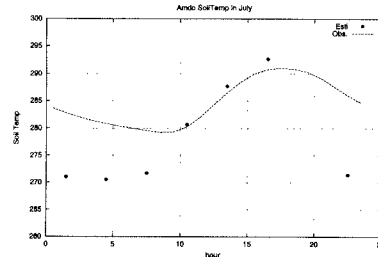


図 2: Amdo,7月における地表面温度の推定値と観測値

3 アルゴリズムの検証

3.1 検証概要

本研究では対象領域を比較的植生量の少ないチベット高原の中央に位置する Amdo とし、対象期間を地面が融解しており土壌水分などの観測データが有効な 1998 年の 7 月とした。検証のための観測データとして、本研究では GAME(アジアモンスーンエネルギー水循環研究観測計画) で得られた土壌水分、地表面温度、植生含水量のデータを用いた。

本研究で用いたマイクロ波放射計 TMI(TRMM Microwave Imager) は人工衛星 TRMM(Tropical Rainfall Measuring Mission) に搭載されており、10.65,19.35,21.3,37.0,85.5GHz の計 5 周波数帯での観測が可能である。

3.2 検証結果

図 1 は 1998 年 7 月に地表面が比較的滑らかな Amdo における、地中 4cm の土壌体積含水率の観測結果(破線)と TMI の輝度温度から得られた推定値(黒丸)の比較である。なお、この地点では、降水量の観測も行なわれていたので、時間毎の降水量を縦棒で示す。土壌水分上昇する時、観測値よりも推定値のほうが時間的に早く上昇しているが、その原因は推定値がマイクロ波の性質上、地中数ミリメートルの土壌水分を評価しているのに対し、観測値は地中 4cm のものであるので、降水が地中 4cm まで浸透するに時間差がある事である。降雨が無い時期では、推定値が観測値よりも小さな値になっているが、その時期においては日射により地表面の土壌が土中 4cm の土壌よりも乾いているのが原因である。

また、7 月においてアルゴリズムによって得られた植生含水量の推定値の平均は $0.102kg/m^2$ で

あり、観測値 ($0.88kg/m^2$) と良く一致している。

図 2 は、先ほど得られた土壌体積含水率と植生含水量の値から地表面の物理温度を推定し、7 月の月平均日周変化を示したものである。実線が観測値を、点が推定値を示す。観測値と推定値には最大で 10K 程の差がみられるが、推定値は表面温度の日周変化を良く表している。

4 結論

本研究で得られた知見をまとめると以下のようになる。

- マイクロ波放射計から得られる輝度温度から土壌体積含水率、植生含水量、地表面温度を推定するアルゴリズムを構築した。
- TMI 観測において、本アルゴリズムを用いてチベット高原の土壌体積含水率、植生含水量、地表面温度の定量的推定が可能である事が分かった。

本研究は文部省科学研究費、重点領域「衛星計測」、長岡技術科学大学-宇宙開発事業団共同研究による研究の成果の一部である。また、使用した地上データは GAME プロジェクトを通して得られたものである。

参考文献

- 1) 小池俊雄：マイクロ波放射計による陸域水文観測の基礎，気象研究ノート，vol.187，pp23-36，1996
- 2) Shimonetta Paloscia, Paolo Pampaloni: Microwave Polarization Index for Monitoring Vegetation Growth, Geoscience and Remote Sensing, Vol.26, No.5, pp617-621, September 1988