

土壌植生大気のマイクロ波放射伝達モデルを利用した土壌水分量推定アルゴリズム

(P-31)

通信総合研究所 ○ 瀬戸 心太
総合地球環境学研究所 沖 大幹

1. 背景

マイクロ波放射計の面的な土壌水分量観測への応用は以前から研究が多く行われてきた (Owe et al., 1992; Njoku and Li, 1999)。1ヶ月以上のより長い期間を対象にした数値予報において土壌水分量の初期値設定が重要な問題であると認識されており、一方で GPM(全球降水観測計画) など国際的な計画のもとで利用可能な衛星搭載マイクロ波センサの数は今後増加するとみられる。こうしたことから、より正確な土壌水分量推定アルゴリズムの開発が重要であり、そのためには物理的なマイクロ波放射伝達モデルの利用がかかせない。本発表では、土壌植生大気の各層を結合した放射伝達モデルと、それを利用した表層土壌水分量推定アルゴリズムについて紹介する。

2. 放射伝達モデル

既往のマイクロ波放射計による土壌水分量推定のための研究のほとんどは、すでに簡略化された放射伝達モデルを利用している。植生層については、光学的厚さと単一散乱アルベドの2つのパラメータで表現することが多く、大気層については、考慮しない(透明とみなす)ことがほとんどである。これに対して、本研究ではとくに植生層と大気層について詳細に取り扱った。以下に、各層の概要を説明する。

土壌層については、土壌表面での反射および射出のみを考える。土壌内部へのマイクロ波の浸透は、現在衛星観測で利用可能な周波数帯では一般に土壌による減衰が強いため考慮していない。このため、土壌水分量として定義されるのは表層のものである。理想的に滑らかな土壌からの射出率に、土壌の粗度を考慮して補正を行っている。植生層については、Choudhury(Choudhury et al., 1990) の論文を参考とした。鉛直分布は考慮せずに1層として扱った放射伝達モデルの消散、散乱、射出の各項を、植生を構成する葉、幹、枝の各パラメータから計算する。葉に関するパラメータは、葉面積指数、葉の厚さ、葉の傾きの分布に関する指標である。消散係数には、葉面積指数(LAI)と葉の傾きが影響し、散乱のうち透過には葉の厚さが影響する。幹と枝については、それぞれ地表面に垂直な円錐および地表面に平行な円柱としてモデル化されており、幹面積指数(SAI)と幹枝投影面積比(B/S)がパラメータとなる。さらに、植生全体に共通な植生含水率が、散乱および葉の厚さに影響する。大気層の放射伝達は、Liu(Liu, 1998)により作成されたモデルを利用している。気温、気圧、湿度および降水量、降雪量、雲水量、雲氷量の鉛直プロファイルについて、地上から高度15kmまでについて与えることで、各層での下向き、上向きの各偏波の放射強度を計算できる。土壌および植生層のモデルから計算された植生層上端での射出率 A と、物理温度 T_0 をこのモデルの下部境界条件として与えて、大気上端での上向き輝度温度を計算している。

この放射伝達モデルについて、各パラメータの感度分析を行うと次のことがわかる。単一のチャンネルで計測される輝度温度に対しては、物理温度の影響が最も大きい。同一周波数での偏波間での輝度温度の差(PD)をとると、物理温度の影響は大きく減少できる。PDを利用した場合には、もっとも影響が大きいのはLAIである。そのほか、土壌の粗度、葉の厚さ、SAI、B/S、植生含水率も土壌水分量と同程度の影響をもつことが分かる。周波数が高くなるほど、土壌水分量に対する感度は低くなる。PDの代わりに、同一偏波での周波数間の輝度温度の差(FD)を利用した場合にも、同様な傾向が見られる。

一方で、大気パラメータの影響は、周波数が高いほど強くなり、とくに、降水量の影響がもっとも強い。降水量が弱いまたは周波数が低い場合には、降水粒子による吸収、射出の効果が卓越するが、降水量が強いまたは周波数が高い場合には、散乱の効果が卓越するようになる。そのほか、気温、湿度、気圧および雲水量などは、10GHz程度ではほとんど影響がないが、周波数が高くなるとその影響が次第に無視できなくなる。

3. 土壌水分推定アルゴリズム

上記の放射伝達モデルをもとにして、熱帯降雨観測衛星(TRMM)に搭載されたマイクロ波放射計(TMI)に適用するための、土壌水分推定アルゴリズムを作成した。TRMMは1997年12月に打ち上げられ2003年5月現在も順調に観測を続けている。太陽非同期軌道(観測の地方時が一定しない)で南北35度以内を主な観測範囲としている。TMIは、およそ10,19,37,85GHzでの水平垂直両偏波での観測と、21GHzでの水平偏波による輝度温度を観測している。

土壌水分推定アルゴリズムは、できるだけ地上データなどの補助データを必要とせず、一般的に利用できるものとするため、まず地表面の物理温度の情報を与えなくても良いように、単一の輝度温度ではなくPDまたはFDを利用することとした。次に、大気の影響を避ける意味では、より低い周波数の10GHzを利用するのが有利である。このために、実質利用できる指標は10GHzのPDのみであり、土壌水分以外のパラメータは事前に与えておく必要がある。LAIについては、NOAA/AVHRRより得られたNDVIからLAIを算出して月単位で与えた。次に、比較的影響の大きい粗度、葉の厚さ、SAI、B/S、植生含水率の5つのパラメータについては、各グリッドごとに推定される土壌水分量が0から50%の現実的な範囲に収まるようにチューニングした。そのほかのパラメータについては、時間的にも空間的にも一定の値を与えている。

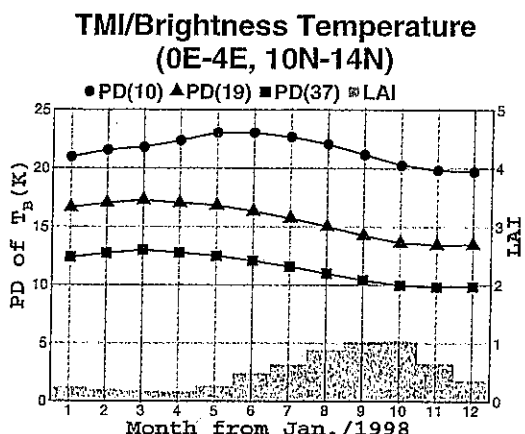


図-1 推定に利用する LAI と PD の時系列 (サヘル領域; 0E, 10-14N)

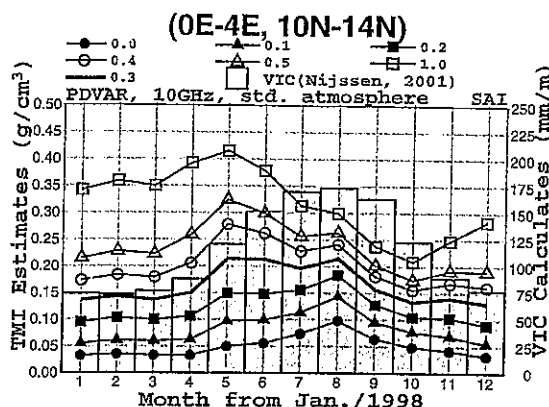


図-2 SAI を変化した場合の土壌水分量推定結果 (背景の棒グラフは VIC モデルによる計算された土壌水分量)

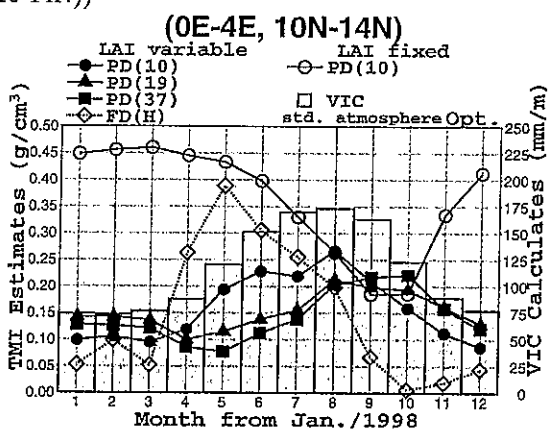


図-3 異なる推定手法による土壌水分量推定結果の比較

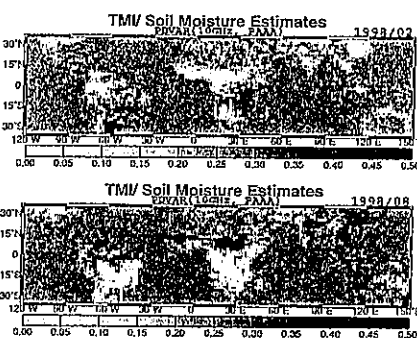


図-4 熱帯域における土壌水分量推定地図 (上; 1998年2月, 下; 1998年8月)

ここでは、1998年のサヘル(10-14N, 0-4E)における結果を示す。この領域においては、5月から10月にかけての雨季に LAI が増加する。PD の月単位時系列は、10GHz だけやや異なった季節変化パターンを示している(図-1)。図-2は、異なる SAI を与えて計算した土壌水分量推定値の結果である。SAI を変化させることで、推定される土壌水分量の季節変化パターンが大きく変化する。Nijssen(Nijssen et al., 2001)により、VIC モデルで計算された土壌水分量(1980-1993年の平均値)と比較すると、SAI を小さく設定した場合が妥当であると考えられる。実際に、この地域はサバンナであり、幹の量を示す SAI は小さいと考えられる。SAI 以外のほかのパラメータも同様に、土壌水分量推定値の季節変化パターンに与える影響が大きい。また、LAI を時間的に固定して与えた場合には、土壌水分量推定値の季節変動が大きくずれている。さらに、10GH の PD の代わりに、19GHz、37GHz の PD や、37GHz と 10GHz の水平偏波から計算された FD を利用した場合も、季節変化パターンが大きくずれる(図-3)。図-4は、TMI で観測可能な熱帯域全域に適用した結果である。妥当な季節変化パターンは再現されているが、絶対値の信頼性を議論するには改良する点も多い。

10GHz より高い周波数帯は、大気に対して透明と考えることができないために、大気変動による補正を行う必要がある。そうすることで、複数の指標が同時に利用可能となり、LAI を外部データに頼らない独立した推定アルゴリズムに発展させることが今後の課題の一つである。

参考文献

Choudhury, B. J., J. R. Wang, A. Y. Hsu, and Y. L. Chien, Simulated and observed 37GHz emission over Africa, *International Journal of Remote Sensing*, 11, 373-398, 1990.

Liu, G., A Fast and Accurate Model for Microwave Radiance Calculations, *Journal of Meteorological Society of Japan*, 76, 335-343, 1998.

Nijssen, B., R. Schnur, and D. P. Lettenmaier, Global Retrospective Estimation of Soil Moisture Using the Variable Infiltration Capacity Land Surface Model 1980-1993, *Journal of Climate*, 14, 1790-1808, 2001.

Njoku, E. G., and L. Li, Retrieval of Land Surface Parameters Using Passive Microwave Measurements at 6-18GHz, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 37, 79-93, 1999.

Owe, M., A. A. VanDeGriend, and A. T. C. Chang, Surface moisture and satellite microwave observations in semiarid southern Africa, *Water Resources Research*, 28, 829-839, 1992.

キーワード マイクロ波リモートセンシング、放射伝達モデル、土壌水分量、LAI、大気補正