

衛星観測表層土壌水分から推定した深層土壌水分情報による 季節降水量再現精度の向上

東京大学大学院 学生会員 平林 由希子 瀬戸 心太
東京大学生産技術研究所 正会員 鼎 信次郎 沖 大幹 虫明 功臣

1. 研究の背景と目的

土壌水分は、大気陸面間の水及び熱の交換に大きく影響を与える物理量である。数値気候モデルによる過去の研究から、陸面の土壌水分が降水に強く影響を与えることが指摘されており^[1]、また、数値気候モデル (General Circulation Model, 以下 GCM) に初期値や境界値として土壌水分を与えることは、降水量のような GCM で再現される気候の精度を向上させることが示されてきた ([2, 3] など)。しかし、土壌水分の現地観測には時間空間的に限界があるため、GCM に初期値や境界値として与えるのに十分な広域土壌水分の観測値は存在しない。一方、近年マイクロ波リモートセンシングによる土壌水分の定量的な算定が意欲的に試みられており、今後の広域土壌水分の観測手段としての期待が大きい。しかし、マイクロ波センサでは地表面の表層の情報しか観測できないため、GCM や水文循環の研究に必要な植物の根の届く程度の深層の土壌水分量に関しては、観測値が得られないままであるため、観測された表層の土壌水分量から深層の土壌水分量を推定する手法が必要である。

そこで本研究では、衛星で観測された表層土壌水分を GCM に導入するにあたり、全球土壌水分プロジェクト (GSWP) で得られた土壌水分推定値の解析を行い、表層土壌水分量から深層土壌水分量を推定する手法を構築した。さらにその手法を TRMM/PR によって推定された熱帯域の土壌水分データ^[4] に適用して衛星観測に基づく深層土壌水分量分布情報を作成し、この土壌水分量が CCSR/NIES AGCM による季節降水量再現精度に与える影響について調べた。

2. GSWP による土壌水分

全球土壌水分プロジェクト (GSWP) は、全球 1 度 × 1 度での土壌水分データセットを作成することを目的とした研究プロジェクトである。本研究では ICC (Inter-Comparison Center, (<http://www.tkl.iis.u-tokyo.ac.jp:8080/DV/gswp/>)) から入手可能なデータのうち、表層と全層の土壌水分量を唯一公開している JMA/SiB の表層 5cm と植物の根の深さまでの深層の土壌水分インデックスを使用した。

3. 表層土壌水分量からの深層土壌水分量の推定

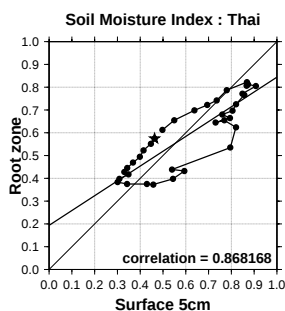


図 1 表層と深層の土壌水分量の関係。(JMA/SiB GSWP の 1987 年, 1988 年の平均値.)

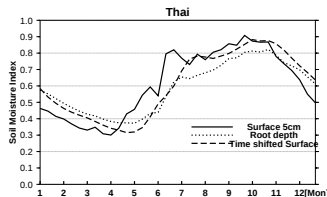


図 2 表層と深層の土壌水分量の時間変化。(JMA/SiB GSWP の 1987 年, 1988 年の平均値.)

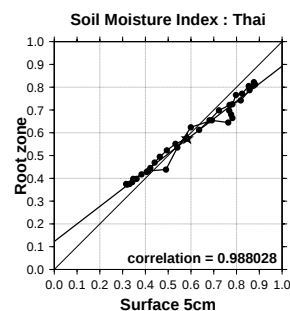


図 3 時間差をシフトした後の表層と深層の土壌水分量の関係。(JMA/SiB GSWP の 1987 年, 1988 年の平均値.)

表層の土壌水分と全層の土壌水分の関係を調べる為に、まず JMA/SiB の 2 年分の平均値の表層と全層の土壌水分量を比較した。ここで使用する土壌水分量の単位は、土壌水分インデックスであり、0 から 1 の範囲をとる無次元量である。

図 1 は各領域の平均の土壌水分について、縦軸に全層、横軸に表層をとって比較したものである。図 1 の個々の点の数は、それぞれ 10 日平均の土壌水分の値を示し、1 年間の 36 点を順に直線で結んでいる。1 月の最初の 10 日間の平均値は 0 で示されている。また 45 度の直線と共に表層と全層の土壌水分量の 1 年分のデータによる線形回帰直線を引き、相

関係数をグラフの下方に示した。この図から、表層と深層の土壌水分の関係が1年でループを描くことがわかる。このループは表層と深層の土壌水分の変動の時間差によるものである。図2では図1と同じ箇所での土壌水分の時間変動を示したものであり、実線が表層、点線が深層の値である。2変量の季節変化の形は似ているが、ピークなどに注目すると表層の方が早く変化するという時間差が見られる。

図3は、この時間差を乾燥と湿潤の2過程に対して別個に計算し、図2の点線に示されるように表層土壌水分量の時間変化が深層の土壌水分量の時間変化と合うように水平移動を行った後の、深層土壌水分量との関係である。この図から、時間変化のシフトによって図1に見られたループがなくなり、表層と深層の土壌水分量の関係が線形となったことが見てとれる。この線形回帰直線を利用することで、表層の土壌水分量から深層の土壌水分量を求めることができることが判明した。以上の結果をもとに、1度×1度の各グリッドごとに対して、時間変動のシフトと線形回帰という表層土壌水分量から深層土壌水分量を求めるアルゴリズムを決定した。この変換アルゴリズムはJMA/SiBモデルの土壌水分データに依存したものであるが、積雪の影響の大きい高緯度帯を除いた全球範囲の土壌水分について適用可能である。

4. 衛星観測表層土壌水分から求めた深層土壌水分の季節降水量予報への応用

次に、この推定手法をTRMM/PRによる衛星観測データから作成された表層土壌水分に実際に適用することで深層の土壌水分値に変換し、1998年夏の季節降水量予報実験に境界値として与えた実験を行った。使用した数値気候モデルはCCSR/NIES AGCMであり、6月1日から8月31日までの3ヶ月間の積分計算を行った。

図4aは、TRMM/PRで観測された表層土壌水分の値を、深い土壌水分の値も反映していると仮定してそのままGCMに境界値として与えた実験(T98)の結果であり、図4bは、TRMM/PRによる観測値を本研究の手法を用いて深層の土壌水分量に変換してGCMに与えた実験(N98)の結果である。横軸にはそれぞれの実験の積算降水量のエラーを、縦軸にはGSWPによる2年平均の土壌水分平均値を与えた実験(M87)による積算降水量のエラーをとった。この図から、T98ではM87よりも降水量の算定精度のエラーが大きいのにに対し、N98ではそのエラーが見られなくなり、M87に等しい精度が得られることが判明した。また図5はN98、T98、M87それぞれの熱帯域における積算降水量の観測値との正規化相関係数を示す。N98ではT98よりも大幅な改善が見られること、また、特に衛星による土壌水分を与えた熱帯域においてはM98よりも降水量の算定精度が向上したことが判明した。

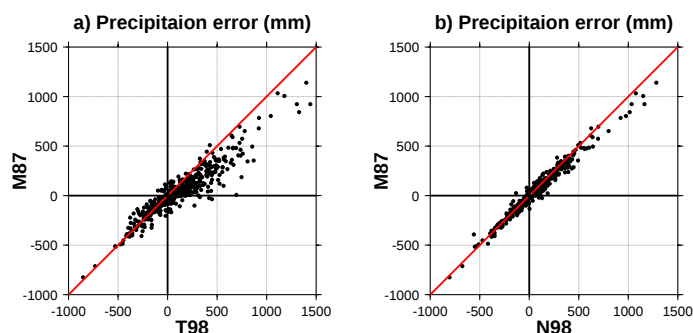


図4 1998年6, 7, 8月の3ヶ月の積算降水量のエラー (シミュレーション値 - 観測値)
: a) M87とT98の比較; b) M87とN98の比較。それぞれの点はTRMM/PRが30Nから30SまでのGCM内の各グリッドの値を示す。

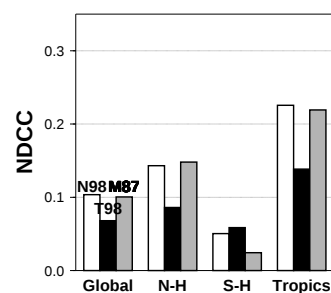


図5 降水量の正規化相関係数 (NDCC)

5. まとめ

表層土壌水分から深層土壌水分を推定するアルゴリズムを構築し、これを衛星観測による表層土壌水分データに適用し、その値をGCMに境界値として与えた。その結果、衛星観測による観測値をそのまま与えた実験で見られたエラーが大幅に減少し、特に熱帯域では数値気候モデルの季節降水量の再現性を向上させるという結論が得られた。

参考文献

- [1] J. Shukla and Y. Mintz. Influence of land-surface evapotranspiration on the earth's climate. *Science*, Vol. 215, pp. 1498-1501, 1982.
- [2] P. R. Rowntree and J. A. Bolton. Simulation of the atmospheric response to soil moisture anomalies over Europe. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, Vol. 109, pp. 501-526, 1983.
- [3] C. Schär, D. Lüthi, and U. Beyerle and E. Heise. The soil-precipitation feedback: A process study with a regional climate model. *J. Climate*, Vol. 12, pp. 722-741, 1999.
- [4] 瀬戸心太. 衛星搭載降雨レーダを用いた熱帯域の土壌水分季節変動のグローバルな推定, 2000. 東京大学工学系研究科修士論文.