第II部門　　土壌水分観測情報を用いた平滑化手法の陸面過程モデルへの導入

京都大学工学部　学生会員　○野田貴頌
京都大学大学院工学研究科　正会員　萬　和明
京都大学大学院工学研究科　正会員　立川康人
京都大学大学院工学研究科　正会員　市川　温
筑波大学大学院生命環境科学研究科　正会員　浅沼　順
広島大学大学院総合科学研究科　正会員　開發一郎

1　はじめに　蒸発散の観測地点数は少なく、陸面過程モデルによって推定されている。しかしモデルでの計算結果には誤差が付きまとう。土壌水分を観測情報として蒸発散の推定精度が向上できれば、蒸発散が観測されていなくても、土壌水分が観測されている地点で蒸発散の再解析が可能になる。本研究では、陸面過程モデル SiBUC[1] に粒子フィルタによる平滑化手法[2] を導入し、土壌水分を観測情報として平滑化を行うことで、蒸発散の再解析精度の向上に取り組んだ。

2　平滑化手法の陸面過程モデルへの導入

2.1　陸面過程モデル SiBUC　生物圏の陸面過程モデル SiB (Simple Biosphere) に都市と水体の効果を加え、陸面過程モデルの精度を向上することを目的に開発された陸面過程モデルが SiBUC である。本研究では SiBUC を用い、飽和度とマトリックポテンシャルを関係づける土壌パラメータ b を未知数として、土壌水分と潜熱フラックスを推定する。

2.2　粒子フィルタによる平滑化手法　粒子フィルタは汎用性の高いデータ同化手法であり、粒子と呼ばれる多数の実現値で状態量の確率分布を近似し、観測値が得られれば各粒子が持つ重みを更新し事後分布を推定する手法である。また、ある時刻に各粒子が持つ重みを過去の時刻に適用することで、現在及び過去の状態をより厳密に推定できる平滑化手法へも容易に拡張することができる。

2.3　導入方法　状態モデルに SiBUC、状態量として土壌水分、観測値として地表面から 3 cm の深度で現地観測された土壌水分を用いる。なお、本研究ではシステムノイズは与えていない。まず、粒子フィルタによるフィルタリングの方法を述べる。

1. 土壌パラメータ b の初期分布は 1.0~13.0 の間で 12 個の粒子に一様に与える。
2. それぞれの粒子について、SiBUC を用いて土壌水分を推定する。計算は 30 分毎として 1 日分行う。
3. 推定された土壌水分を観測された土壌水分と比較して尤度および重みを求める。
4. 重みをその時点の粒子に乗じ、重み付き平均を求める。そして 2. に戻って対象期間でこの操作を繰り返す。

次に、本研究で用いた粒子フィルタによる平滑化手法について述べる。

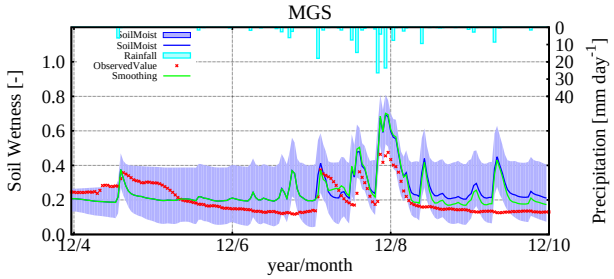
1. 土壌パラメータ b の初期分布は 1.0~13.0 の間で 12 個の粒子に一様に与える。
2. それぞれの粒子について、SiBUC を用いて土壌水分を推定する。計算は 30 分毎として 1 日分行う。
3. 推定された土壌水分を観測された土壌水分と比較して尤度および重みを求める。
4. 重みをその時点から 48 期前 (1 日分) までの粒子に乗じ、重み付き平均を求める。そして 2. に戻って対象期間でこの操作を繰り返す。

3　導入事例

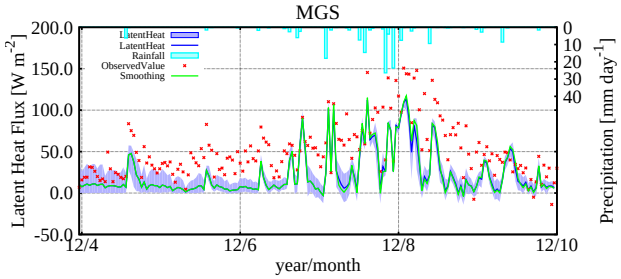
3.1　対象地点および期間　モンゴル中央部に設置された JAXA と筑波大学の共同研究による AMSR2 地上検証試験地のマンダルゴビサイト (MGS) を対象地点とする。MGS は東経 106° 15' 52.2"、北緯 45° 44' 34.9" で、標高は 1393m に位置する。対象期間は、2012 年の 3 月 1 日から 9 月 30 日である。

3.2　平滑化による推定方法およびその結果　初期の段階で粒子に偏りがでることを防ぐため、土壌水分の観測値に時間変化がみられる 2012/7/10 0:00 から 2012/9/30 23:30 にかけてデータ同化を行う。土壌水

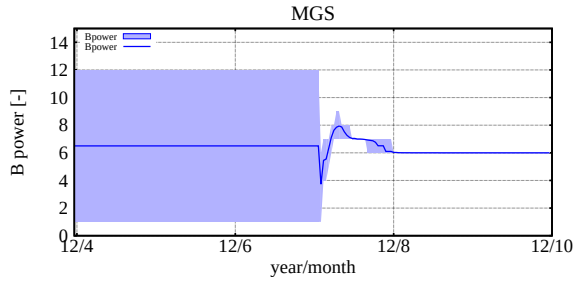
Takanobu NODA, Kazuaki YOROZU, Yasuto TACHIKAWA, Yutaka ICHIKAWA, Ichiro KAIHOTSU and Jun ASANUMA
noda.takanobu.83r@st.kyoto-u.ac.jp



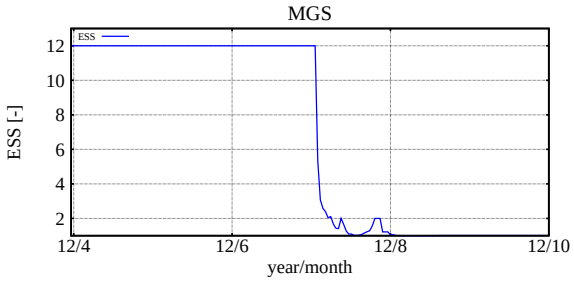
(a) 平滑化による土壌水分の推定結果



(b) 平滑化による潜熱フラックスの推定結果



(c) 平滑化による土壌パラメータ b の推定結果



(d) ESS の変動

図 1　土壌パラメータ b を未知数、土壌水分を観測情報として平滑化を行った結果：青色帯は平滑化を行っていない時の上下 5 % を除いた範囲、青色線は平滑化を行っていない時の全粒子の平均値、黄緑線は平滑化を行ったときの全粒子の平均値、赤点は観測値、水色帯は降水量である

分、潜熱フラックス、土壌パラメータ b の推定結果および ESS の計算結果を図 1 に示す。青色帯は平滑化を行っていない時の上下 5 % を除いた範囲、青色線は平滑化を行っていない時の全粒子の平均値、黄緑線は平滑化を行ったときの全粒子の平均値、赤点は観測値、水色帯は降水量である。ESS は粒子が持つ重みの偏り具合を示し、重みが均等であれば粒子数と等しく、1 つの粒子に重みが偏った場合には 1 となる変数である。

3.3　考察　図 1 より、平滑化により土壌水分の推定値は観測値に近くなり、平滑化の効果が見られる。その一方で、土壌水分と比べ平滑化の効果が見られなかった。なお、潜熱フラックスには推定値と観測値の間には相関が見られるものの、全期間を通して過小評価である。これは、表面温度の推定値が観測値と比べて過大評価されているため、顕熱フラックスが過大評価となったためだと考えられる (図省略)。

次に土壌パラメータ b は、データ同化開始直後は変動するが、8 月以降は一定の値となっている。粒子の偏り具合を判断する指標である ESS を見てみると、平滑化を開始すると同時に値がほぼ 1 になってしまっている。これは粒子の重みがすぐに 1 つの粒子に偏ったことを示している。そのため、今後は粒子の重みを再分配するリサンプリングの必要性が感じられる。

4　まとめ　粒子フィルタによる平滑化手法を陸面過程モデル SiBUC に導入した。導入の際には、飽和度とマトリックポテンシャルを関連づける土壌パラメータ b を未知数とみなした。データ同化の観測情報に土壌水分を用いて平滑化を行い、土壌水分および潜熱フラックスの推定精度向上に取り組んだ。平滑化手法の導入により、観測値に近い土壌水分を推定することができたが、潜熱フラックスの推定精度の向上は限定的であった。今後は粒子の重みを再分配するリサンプリングの導入や粒子の数を増やした実験などに取り組む予定である。

謝辞

本研究で使用したデータは JAXA(共同研究番号：JX-PSPC-382060) による支援を受けました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1) Tanaka, K.: Development of the new land surface scheme SiBUC commonly applicable to basin water management and numerical weathe prediction model, *doctoral dissertation*, Kyoto University, 2005.

2) 北川源四郎: モンテカルロフィルタおよび平滑化について, 統計数理, 第 44 巻, 第 1 号,pp.31-48,1996.