

リモートセンシングと熱収支法の併用による 広域表層土壌水分推定法の検証

千葉工業大学工学部建築都市環境学科 松島 大

1. はじめに

近年モンゴルでは夏季の無降水日と降水量の減少、土壌水分量の減少が見られるようになってきている (Azzaya et al. 2006)。表層土壌水分は地上植生の成長に直接効果を及ぼすほかに、地下水涵養と密接に関連していると考えられる。衛星データを用いた広域の表層土壌水分量を推定する方法としては、地表面から放射されるマイクロ波放射の輝度温度をとらえる方法が実用化されつつあり、モンゴル国内でも衛星搭載マイクロ波放射計 AMSR-E による表層土壌水分推定値の地上検証実験が行われている (Yamanaka et al. 2005)。本研究は各種波長帯の衛星データを熱収支法とともに用いて詳細な表層土壌水分分布を推定しようとする試みである。AMSR-E などのマイクロ波放射計による表層土壌水分量の空間分解能は現状で 10km 程度であるが、本研究の方法では衛星搭載の熱赤外センサーの分解能 (MODIS や AVHRR で 1-2km 程度) による推定が可能になる。本研究では、草原における土壌熱慣性推定値を表層土壌水分量の地上観測値や AMSR-E による土壌水分量推定値と比較検証する。

2. パラメータ推定

本研究で用いる熱収支モデルはバルク式と force-restore モデルを組み合わせたもので植生キャノピーと土壌の二層からなっている。このモデルに日射量や地上気象データの時系列を入力するとキャノピー層と土壌層の表面温度が出力される。モデルのパラメータのうち表層土壌水分に関係しているのは土壌層の熱慣性である。これは土壌の熱容量と熱伝導率の積の平方根であり、土壌水分量が多いほど土壌熱慣性の値は大きくなる。この性質を利用して、熱収支モデルのパラメータの最適化により表層土壌水分量の推定が可能と考えられる。本研究ではこのパラメータの最適化を、大気補正を行った衛星による地表面の放射温度を基準にしてシンプレックス法というアルゴリズムを用いて行った。モデルやアルゴリズムの詳細は Matsushima (2007) を参照できる。

3. データ

パラメータ最適化の基準とする地表面放射温

度データには、極軌道衛星に搭載されたセンサーである MODIS の Level 1B の熱赤外データ (Ch. 31) を用いた。このデータは米国航空宇宙局のウェブページから無料で取得できる (<http://ladsweb.nascom.nasa.gov/>)。日射量の空間分布を得るために静止気象衛星 GOES-9 のデータを用いた。これは無料で取得できる高知大学で編集されているデータベースを用いた (<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>)。地上気象データと土壌熱慣性検証のための表層土壌水分量測定値には RAISE プロジェクトで取得したもの (Sugita et al. 2007) やモンゴル国の水文気象研究所で編集されたモンゴル各地の観測所のデータを用いた。本研究で対象とする領域は北緯 46.5-49 度、東経 107.5-112.5 度で囲まれる部分であり、主にトブ県東部とヘンティ県が含まれている。

4. 土壌熱慣性と表層土壌水分量との関係

図 1 は典型草原に位置するヘンティ県ウンドルハーン市における土壌熱慣性推定値 (赤) と表層土壌水分量測定値 (青・深さ 3cm) の時系列を比較したものである。降水量 (薄紫) が多いほど土壌水分量がスパイク状に急に大きくなるが、土壌熱慣性値の変化はこれによく追従している。このように本モデルによる土壌熱慣性推定値は表層土壌水分量の測定値と定性的に正の相関を示すことが分かった。

図 2 は 2003 年 8 月に対象領域において熱収支モデルで推定された土壌熱慣性と AMSR-E 土壌水分推定量を比較したものである。マークは平均値で誤差棒は両者の差の標準偏差を示し、これらは概ねサンプル数 20-60 に対応するものである。平均値では両者はほぼ比例関係にあることが認められる。図では 8 月の前半と後半に分けて示したが、両者で大きな差は認められない。この結果より、各推定値は月平均値程度で一致することが分かった。

図 3 は熱収支モデルの空間分解能が異なる場合について、図 2 と同様の比較を示したものである。空間分解能が 6km の場合は 12km の場合に比べて土壌水分量測定値に対してあまり敏感ではなくなっている。この原因は不明で今後の検討課題である。

5. まとめと今後の課題

衛星データを用いた熱収支モデルの最適化によって表層土壌の熱慣性を推定し、これを表層土壌水分量の直接測定値及び衛星推定値と比較した。その結果、土壌熱慣性推定値は土壌水分量の直接測定値と正の相関を示し、衛星推定値とは月平均値程度で比例関係が見られた。今後は週平均値程度でも両者の比例関係が成立するように推定精度を向上させることが求められる。また、熱収支モデルの空間分解能の違いによる比例関係の相違を解消する必要がある。

謝辞

本研究は科学技術振興機構による戦略的創造研究推進事業の水循環領域課題「北東アジア植生変遷域の水循環と生物・大気圏の相互作用の解明(略称 RAISE)」において行われたものである。本研究の遂行に際してはモンゴル国水文気象研究所の支援を受けた。

引用文献

- Azzaya, D., B. Gantsetseg and D. Munkhzul, The agroclimatic resource change in Mongolia, *Proceedings of 2006 International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia*, 4, 3, 2006.
- Matsushima, D., Estimating Regional Distribution of Surface Heat Fluxes by Combining Satellite Data and a Heat Budget Model over the Kherlen River Basin, Mongolia, *J. Hydrol.*, **333**, 86-99, 2007.
- Sugita, M., J. Asanuma, M. Tsujimura, S. Mariko, M. Lu, F. Kimura, D. Azzaya and Ts. Adyasuren, An overview of the rangelands atmosphere-hydrosphere-biosphere interaction study experiment in northeastern Asia (RAISE), *J. Hydrol.*, **333**, 3-20, 2007.
- Yamanaka, T., I. Kaihotsu, D. Oyunbaatar and Ts. Ganbold, Regional-scale variability of the surface soil moisture revealed by the AMPEX monitoring network, *Ground Truth for Evaluation of Soil Moisture and Geophysical/Vegetation Parameters Related to Ground Surface Conditions with AMSR and GLI in the Mongolian Plateau*, 33-42, 2005.

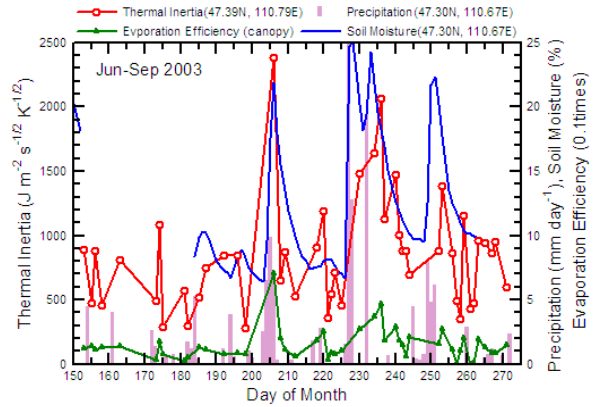


図1 ヘンティ県ウンドルハン市における土壌熱慣性推定値(赤)と表層土壌水分量測定値(青)の比較。薄紫は日降水量で緑はキャノピー層の蒸発効率を示す。

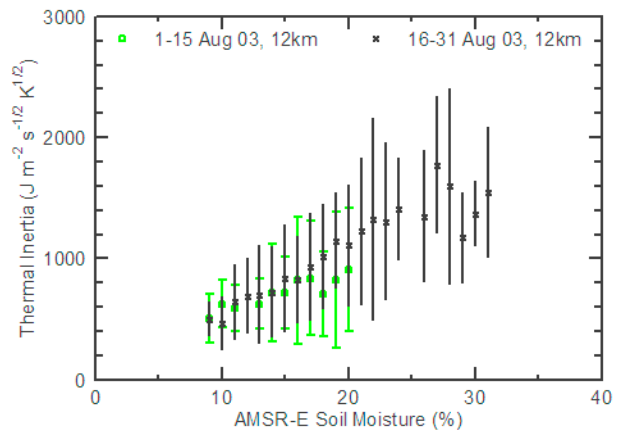


図2 AMSR-E 土壌水分推定量と熱収支モデルによる土壌熱慣性推定値の比較。2003年8月の前半(緑)と後半(黒)に分けて示した。マークは両者の差の平均値で誤差棒は差の標準偏差を示す。

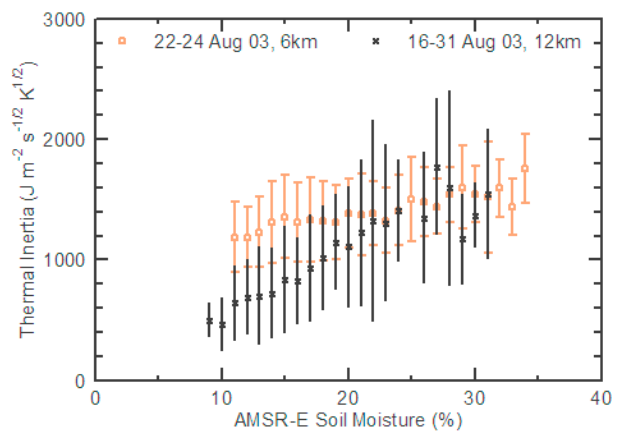


図3 図2と同様。ただし、空間分解能 6km(橙)と 12km(黒)の場合の比較。