

# モンゴル国の草原における表層土壌熱慣性の経年変化

松島 大(千葉工業大学工学部)・浅沼 順(筑波大学陸域環境研究センター)・樋口篤志(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)

## 1. 背景・目的

### ・研究の背景

表層土壌水分量  
 一植生・風食・蒸発散・地下水等、水循環や生態系にかかわるパラメータ  
 広域分布を把握するには衛星リモートセンシングが必要  
 地表面温度と熱収支式を用いて熱慣性を抽出し、表層土壌水分量の動態を推定  
 マイクロ波に比べて空間分解能が細かい、長期変化の推定が可能  
 量上には弱い

### ・土壌熱慣性と土壌水分量の関係

土壌の体積熱容量と熱伝導率は、いずれも土壌水分量が多いほど大きくなるため、これらの積である熱慣性も大きくなる。

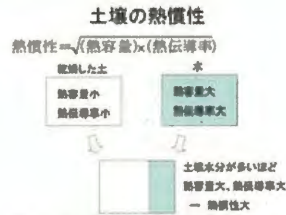


図1 土壌熱慣性と土壌水分量の関係に関する説明図。

### ・研究の目的

表層土壌熱慣性(モンゴル国草原・夏季)の経年変化、及び地域別の特徴を示す

## 2. データ・方法

### ・衛星リモートセンシングによる表層土壌水分量の推定法

地表面温度は地表面・放射・気象条件によって変化。そこで、熱収支モデルの利用。つまり、放射・気象条件には観測・推定データを与え、地表面条件は地表面温度によって最適化。最適化パラメータに表層土壌の熱慣性が含まれる。

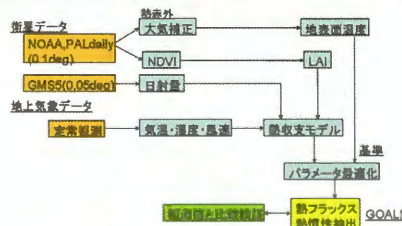


図2 熱慣性抽出のフロー。

### ・熱収支式 force-restore 法とバルク式の組み合わせ (Matsushima, 2007)

$$\frac{dT_s}{dt} = A \cdot T_s + B$$

$T_s$  は地表面温度。 $S^{\downarrow}$  は日射、 $L^{\downarrow}$  は大気放射、 $T_a$  は気温、 $q_a$  は比湿、 $U_a$  は風速で、以上5変数は入力変数である。  
 係数ベクトル A, B はアルベド、バルク係数、蒸発効率、熱慣性等のパラメータを含む。

### ・最適化 - アルゴリズムにシンプレックス法を用いて以下のように行う

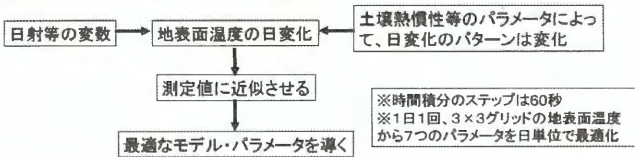


図3 パラメータ最適化のフロー。

### ・データ

地表面温度・NDVI : NOAA/NASA PAL-daily (千葉大学CeRES収集)  
 地表面温度は split-window によって大気補正  
 地上気象 : モンゴル国水文気象研究所による定常観測 (RAISE Database 収録)  
 日射量計算に用いる静止衛星データ : GMS5 (高知大学・東京大学収録)

### ・対象地点・期間

モンゴル国のアイマグ(日本における県相当)中心都市 (Ulgii, Sukhbaatar, Zuummodを除く)、及び Ulaanbaatar の計18地点  
 1996~2000年各年の5~9月(ただし、1996年は8,9月のみ)

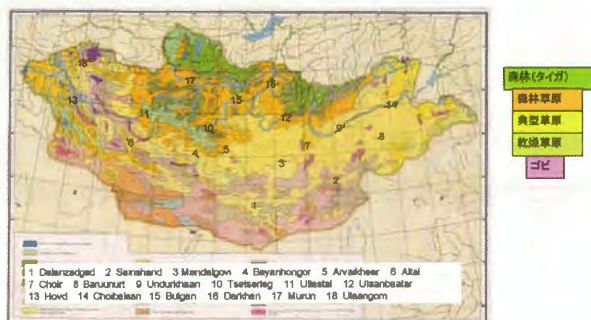


図4 対象地点及びモンゴル国の主な植生区分。

## 3. 結果と考察

### ・熱慣性推定値と表層土壌水分観測値との相関(松島ほか, 2009)

草原における集中観測データ(鳥取大学による)を用いた計算結果。  
 熱慣性は表層土壌水分量と概ね相関がある。

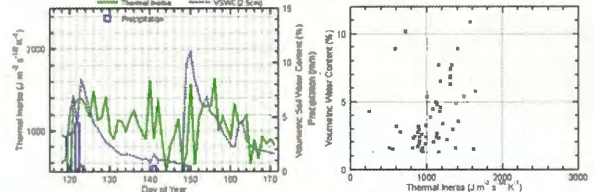


図5 (左) 日々の熱慣性推定値、深さ2.5cmにおける体積含水率、降水量の時系列 (右) 日々の熱慣性推定値、深さ2.5cmにおける体積含水率の散布図。

### ・熱慣性・降水量・NDVIの対応(図6)

熱慣性は降水量の変動にほぼ追従。ただし、ある程度の変動があり、異常値も生じる。熱慣性とNDVIはおおよそ正の相関があるが、気温の低い5月前半・9月後半には追従が弱い。

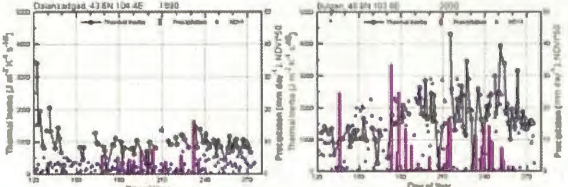


図6 熱慣性・降水量・NDVIの時系列。(左) 1998年のDalanzadgad, (右) 2000年のBulgan

### ・熱慣性季節変化の年・地域ごとの違い(図7)

ゴビ(Dalanzadgad)、乾燥草原(Mandalgovi)、典型草原(Undurkhaan)、森林草原(Tsetserleg, Murun)について。1999, 2000年には9月に熱慣性が極大になる傾向があるが、降水量との相関に乏しい。

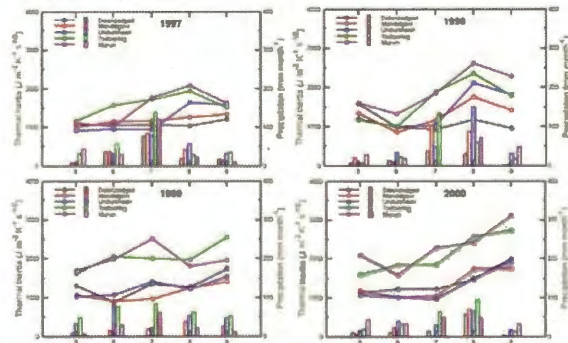


図7 1997-2000年における各地域の熱慣性・降水量の月平均・積算値。

### ・月平均熱慣性値と月積算降水量との対応(図8)

特に9月は降水量が多いほど熱慣性が大きくなる傾向にある。  
 逆に7, 8月は降水量が多くても熱慣性はあまり大きくならず、蒸発が盛んか。  
 5月は凍土融解の影響が残る年もあるため相関がはっきりしない。

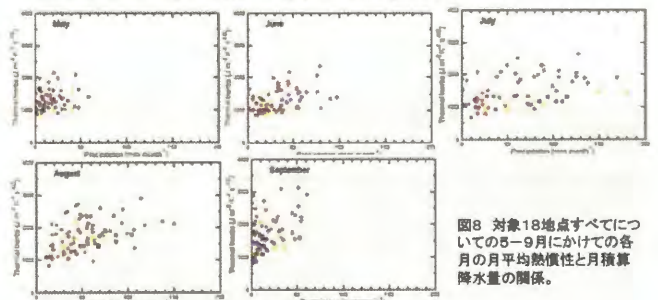


図8 対象18地点すべてについての5-9月にかけての各月の月平均熱慣性と月積算降水量の関係。

## 4. 今後の課題

- ・長期間・広範囲の推定に拡大
- ・土壌水分量・風食条件の推定への拡張

### 参考文献

Matsushima, D.: Estimating regional distribution of surface heat fluxes by combining satellite data and a heat budget model over the Kherlen River Basin, Mongolia, Journal of Hydrology, Vol. 333, 86-99, 2007.  
 松島 大・木村玲二・篠田雅人: 飛砂境界風速と熱慣性値との関係について, 鳥取大学乾燥地研究センター平成21年度共同研究発表会要旨, 25-28, 2009.