

# モンゴル草原における地表面熱輸送の特徴

科学技術振興機構 小谷亜由美

## 1. 熱輸送パラメータと地表面状態

大気・陸面間での熱・水・物質交換を表す熱輸送パラメータ（本研究では地表面粗度長）は、大気モデルでの陸面過程や、衛星リモートセンシングデータを用いた地表面フラックスの推定に用いられる。これまでに、様々な地表面について輸送係数（コンダクタンス、抵抗、粗度長など）が評価されている。本研究では、モンゴルの粗密度草原での熱輸送パラメータを植生指標を用いて表現することを目的とする。

## 2. データ処理

モンゴル北東地域のヘルレン川流域の草原地域にて実施された RAISE プロジェクト(Sugita et al, 2007)の観測データを使用する。Kherlen bayaan-Ulan(KBU) 村付近の草原において測定された気象・水文データのうち、地表面フラックス（運動量、熱）、風速、放射、温湿度などの30分平均値を解析に用いた。また、RAISE 対象地域内の4つの草原観測サイトでの同様のデータ（フラックスは短期観測）もあわせて使用した。これらを接地境界層相似則 (Brutsaert, 1982 など) に適用して、地表面粗度を逆算した。また、これらの観測サイト近傍での植生調査により LAI,草丈などが測定された (Kojima, 2004; Urano, 2004)。

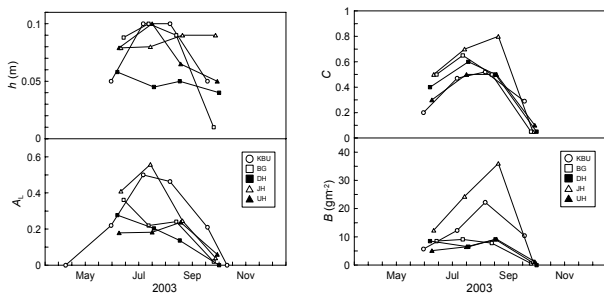


図1 植物高 (h), LAI (AL), 被度 (C), 地上バイオマス (B) の季節変化. BG,DH,JH,UH は草原観測サイトの名称.

## 3. 地表面粗度の季節/日変化

はじめに、地表面粗度と地表面状態すなわち植生の成長状態との関係を図2, 3に示す。運動量粗度  $z_{0m}$  および熱粗度  $z_{0h}$  は、気象観測値を用いて計算した30分代表値である。LAI ゼロ付近では、植物生育期に比べて  $z_{0m}$  は小さく、 $z_{0h}$  は大きくなる。 $z_{0m}$  は LAI 増加に対してほぼ一定であり、植物成長による地表面形態の変化の効果は小さい。

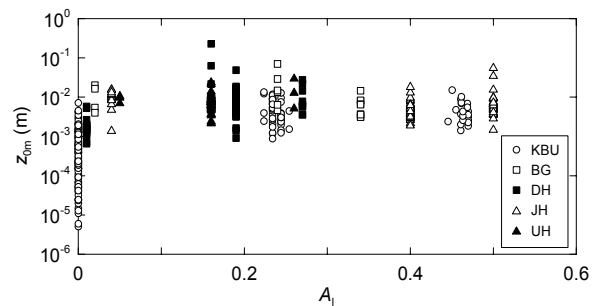


図2 運動量粗度( $z_{0m}$ )と LAI ( $A_L$ ) の関係

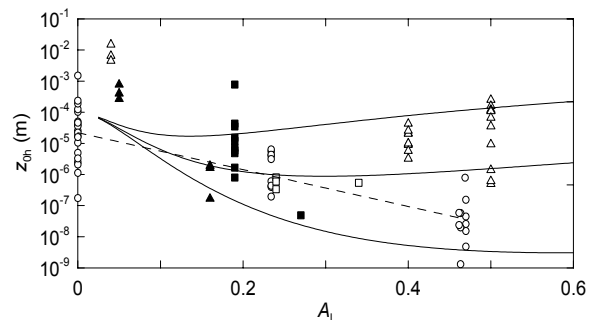


図3 熱輸送粗度( $z_{0h}$ )と LAI ( $A_L$ ) の関係. 実線は Watanabe(1994)に基づくモデル, 破線は KBU 測定値の近似. 凡例は図2と同じ.

一方で、 $z_{0h}$  は LAI 0.3-0.4 までは減少するが、LAI が大きくなるとその傾向が不明瞭になる。KBU では LAI に伴って減少をつづけるが、草原観測サイトのひとつ (JH) では、増加に転じる。LAI が小さい領域での  $z_{0h}$  減少は、熱源として土壌面と植物を考慮したモデル (Lhomme et al, 2000; Massman, 1999 ; Watanabe, 1994 など) により表される。す

なわち LAI が小さい場合には, 土壌面の寄与が大きく植物キャノピーは輸送の妨げになるが, ある程度のキャノピー規模になると乱流輸送が促進されて粗度が大きくなる. Watanabe (1994) では, モデルのパラメータとして葉面運動量輸送係数と葉面熱輸送係数の比を用いている. これは葉などの植物要素のキャノピー内配置や方向に依存するもので, 直接的な評価は困難であるが, 実測した植生パラメータから質的な違いを類推できる. すなわち, KBU サイトと JH サイトでは LAI は同程度であるが, JH のバイオマスは KBU の約 2 倍であることから, JH では葉以外の要素(茎など)を多く含む複雑なキャノピー構造が形成されているといえる. この違いにより, 熱輸送粗度の傾向が異なっていると考えられる.

#### 4. 地表面粗度のパラメタリゼーションとフラックスの推定

フラックス推定に用いられる熱輸送粗度を観測値などから推定するためのパラメタリゼーションを検討する. 上記モデルには実測では得られないパラメータが含まれるために使用が困難であることが多く, 代替として様々な地表面を対象とした粗度長推定式が提案されている. 熱輸送粗度については, LAI, 風速, 地表面温度, 運動量粗度, 太陽高度, 太陽放射などをパラメータとしている. ここでは, LAI の関数として, KBU データを用いた推定式を検討した. これにより推定した粗度長と気象観測値を用いて顕熱フラックスを算出したところ, 実測したフラックスとの二乗平均誤差が  $18\text{Wm}^{-2}$  であった. 同じ推定式を他の草原サイトのデータに適用すると, 植生特徴が異なる JH (前述) 以外の 3 サイトでは  $23\text{Wm}^{-2}$  で, JH も含めた 4 サイトでは  $48\text{Wm}^{-2}$  となった(図 4).

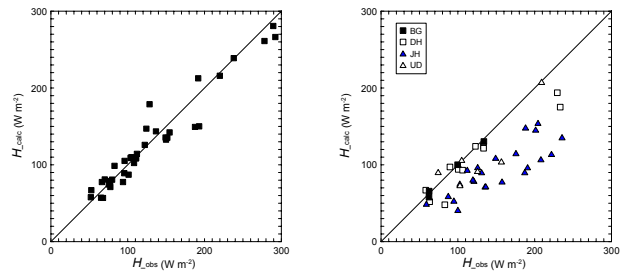


図 4 顕熱フラックス実測値  $H_{obs}$  と推定値  $H_{calc}$  との比較 (左: KBU サイト, 右: 他の草原サイト)

#### 5. まとめ

植物生育ピーク時においても, 葉面積指数 (LAI) 0.5, 植物高 20cm という植物量の少ないモンゴルステップ草原での観測値を用いて, 地表面輸送パラメータと植生指標との関係を検討した. 植物生育期間中に運動量輸送粗度はほぼ一定であったのに対して, 熱輸送粗度は植物成長に伴い減少した. この関係を用いて顕熱フラックスを推定したところ, KBU と類似したステップ草原では適用可能であった.

本研究は, 科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業「水の循環系モデリングと利用システム」による RAISE プロジェクト(代表: 杉田倫明)の一部として実施した

キーワード: 地表面フラックス, 疎密度植生

#### 参考文献

- Brutsaert, W. (1982): *Evaporation into the Atmosphere*, Reidel, 299p.
- Kojima, T. (2004): MS thesis, University of Tsukuba, 85p.
- Lhomme, J. P., Chehbouoni, A., and Monteny, B. (2000): *Bound.-Layer Meteorol.*, 97, 31-457.
- Massman, W. J. (1999): *J. Hydrol.*, 223, 27-43.
- Sugita, M., Asanuma, J., Tsujimura, M., Mariko, S., Lu, M., Kimura, F., Azzaya, D., and Adyasuren, T. (2006): *J. Hydrol.* 333,
- Urano, T. (2005): MS thesis, University of Tsukuba, 45p.
- Watanabe, T. (1994): *Bound.-Layer Meteorol.*, 70, 13-35.