

モンゴル・ヘルレン川流域における地表面熱・水・炭素収支

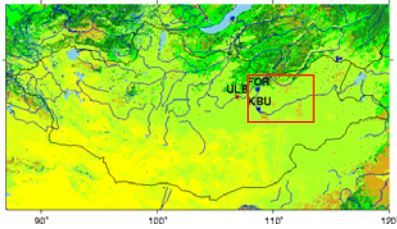


図0. 1: 北東アジアの植生と対象流域

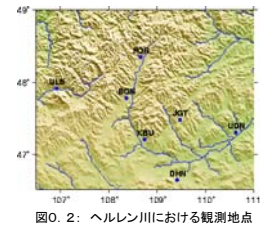


図0. 2: ヘルレン川における観測地点

筑波大学陸域環境研究センター
千葉工業大学工学部建築都市環境学科
科学技術振興機構／筑波大学
筑波大学大学院生命環境科学研究科
筑波大学生命環境科学研究科

浅沼 順
松島 大
李 勝功・小谷 亜由美
加藤 秀和
杉田 倫明

はじめに

モンゴル・ヘルレン川流域における地表面熱・水・炭素収支を以下のような方法で調べた。
A. 流域の代表的な土地被覆(森林、乾燥ステップ)において、タワー観測を行い、長期的なデータを取得した。特に、草原での放牧の影響を調べるために、保護柵を設けて放牧のない区域を設けた。
B. 以下の3つの広域熱収支推定手法から、2つの観測地点の代表性を調べた
1)衛星リモートセンシングと数値モデルの組み合わせによる地表面熱フラックスとパラメータの推定
2)混合層分散モデルによる顕熱フラックス推定
3)シンチロメータを用いた広域顕熱フラックスの計測

A. 熱・水・炭素収支のタワー観測

手法:
森林、および草原2サイトにおいて渦相関法で計測された顕熱、潜熱および二酸化炭素フラックスの30分値を以下のプロセスを経て、精度の良い日、月、年平均(積算)値を計算した(Li et al, 2005a, 2005b参照)。

1. 計器の補正
 2. 品質管理(QC)
 3. Gap-filling
- このデータ処理は、フラックスネット(FluxNet)プロジェクト指定の手法と同じである。

結果:

1. 森林(ヘルレン川上流部)が系統的に降水量が多い
 - ・重要な地下水・河川の涵養源の可能性
2. 森林と草原での熱収支構造の違い
 - 森林の蒸発散量は降水に追従
 - 森林では安定した蒸散
 - 草原では一定した蒸発散量
 - 草原では土壌水分の乾燥による蒸発抑制
3. 森林・草原の炭素収支
 - ・森林・草原双方とも、二酸化炭素の吸収源
4. 保護柵内外でバイオマスに差が出ている。
 - ・内>外、差に年々の変動あり。
 - ・Dead vegetationの差は一定
5. 保護柵内外に熱収支の差がある。
 - ・Rn 内>外: アルベドの差(内<外)による
 - ・顕熱 内>外: 粗度(内>外)とRnによる
 - ・潜熱 変化なし: 土壌水分に支配



図1. 1: 観測サイト。森林(左)と乾燥ステップ(右)

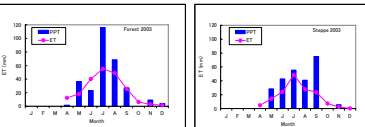


図1. 2: 森林(左)と乾燥ステップ(右)における1年間の降水量と蒸発量(2003年)

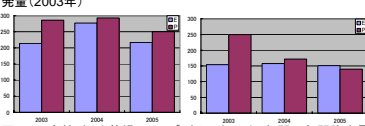


図1. 3: 森林(左)と乾燥ステップ(右)における3年間の年間降水量と蒸発量

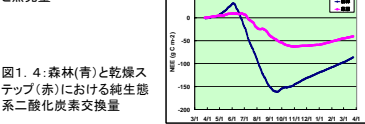


図1. 4: 森林(青)と乾燥ステップ(赤)における純生態系二酸化炭素交換量



図1. 5: KBUに設置された保護柵

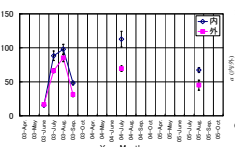


図1. 6: 保護柵内外のバイオマス。

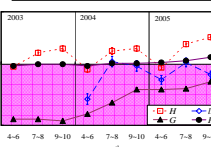
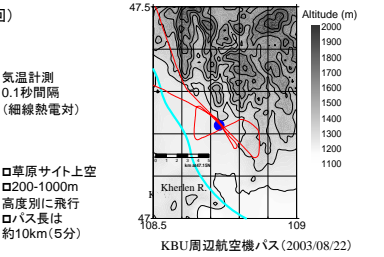


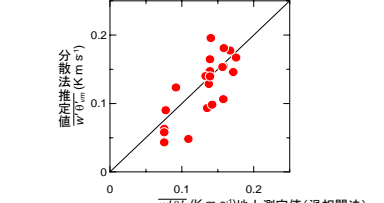
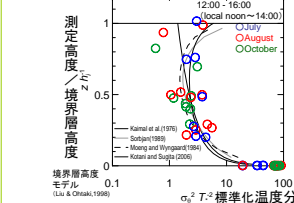
図1. 7: 保護柵内外の熱収支

2) 混合層分散モデルによるフラックス推定

航空機観測(2003年6, 7, 8, 10月, 計11回)



KBU周辺航空機バス(2003/08/22)



境界層中下層では一般的な分散プロファイルモデルに適用可能(湿潤期に比較的ぼんつき大)
境界層上層では自由大気場との関係によりモデルから外れる

$$\frac{\sigma_w^2}{T_s^2} = F(w' \theta'_0, w' \theta'_k, z/h, \dots)$$

地表面 境界層 境界層高度
フラックス フラックス

分散プロファイル式から地表面フラックスを逆算(z/h=0.8のデータ使用)
モデル定数の最適化、パラメータの追加(水平温度移流や温度勾配)により30Wm⁻²の差で推定可能
10kmスケールの地表面を代表するフラックス

まとめ

1. 森林・草原での長期にわたる熱・水・炭素収支観測が行われた。
2. 水・熱・炭素収支の支配要因として、
 - ・植生
 - ・放牧圧
 - ・土壌水分
 が挙げられる。
3. 2地点の計測値は、近傍地域の代表性を十分持つ。
4. 広域フラックス推定値の誤差は100-200W/m²程度

1) リモセンシングと数値モデルの組合せによる地表面熱フラックスとパラメータの推定

地表面熱収支モデルを衛星計測による地表面温度によって最適化し、熱フラックスや関連するパラメータを推定する(図1)。

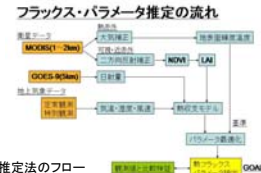


図1 フラックス・パラメータ推定法のフロー

熱フラックス・パラメータの空間分布

熱フラックス各成分とともに、土壌の熱慣性、蒸発効率等のパラメータの空間分布も推定された(図2)。なお、土壌熱慣性は草原・森林の土壌水分分布を概ね反映している。

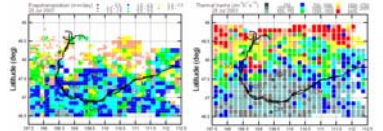


図2 (左)日蒸発散量、(右)土壌熱慣性の分布(2003年7月28日)

フラックス観測代表性の検証

フラックス推定値の領域平均値を観測値と比較した結果、草原では代表性が確認されたが、森林では代表性を確認できなかった。これは森林サイトが森林の縁辺に存在したことによる(図3)。

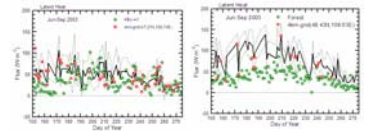


図3 草原(左)、森林(右)におけるフラックス観測値、グリッド推定値(赤)、領域平均値(折れ線)の比較(2003年7-9月)。

パラメータと物理量の相関

土壌熱慣性の推定値が表層土壌水分量の観測値に、森林のバルク係数(推定値)がNDVI(衛星計測値)と相関が高いことが示された(図4)。

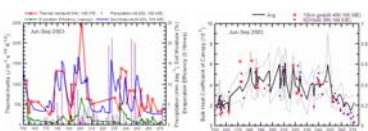
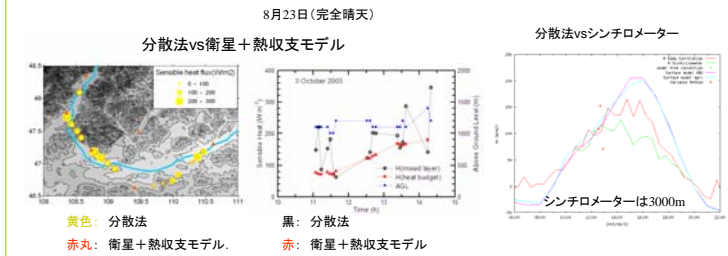


図4 (左)土壌熱慣性(赤・推定値)、蒸発効率(緑・推定値)、表層土壌水分量(青・観測値)の比較、(右)バルク係数(赤・グリッド推定値、折れ線・領域平均値)とNDVI(衛星計測値)の比較。

4) 広域顕熱フラックスの相互比較

それぞれの手法の不確実性を示している。



3) シンチロメータによる広域顕熱フラックスの測定

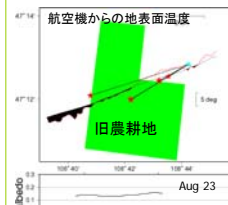
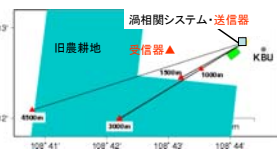
大口径シンチロメータ

- ・顕熱フラックス計測用の光学器械
- ・送信機から赤外光を発信、受信機で光強度の変動("ゆらぎ")を計測。
- ・"ゆらぎ"から顕熱フラックスを計算。
- ・バス平均(0.5~5km)の顕熱フラックスが計測可能。



まとめ

- ・シンチロメータによるHは渦相関によるHと同じ程度。大まかな一致。
- ・両者の差異は、土地被覆による地表面熱収支の違いによるものと考えられる。
- ・顕熱フラックスの空間分布をとらえている
- ・問題点: 一様な地表面に適用可能な方法が、一様でない地表面にどの程度適用可能か?



H(赤)とH(青)の相関

