

# モンゴル草原における大気 - 地表面相互作用に関する 時間 - スケール解析の試み

筑波大学陸域環境研究センター 浅沼 順  
(独) 科学技術振興機構、筑波大学生命環境科学研究科 李 勝功

## 1. はじめに

地表面からの蒸発散や地表面による大気加熱、大気中の二酸化炭素の植生による吸収 (以下地表面フラックス) は、大気と地表面植生間の相互作用の結果であり、日射を外部強制力、土壌水分や植物応答特性を内部支配要因とする。外部条件が1年と1日の強い周期性を持つことから、地表面フラックスも同じ周期性を強く示すこと一方で、その間の時間スケールすなわち、数日から数ヶ月の周期での周期性 (スケール依存性) は、降雨などの外部条件のスケール依存性と内部条件の応答特性によって決定されと考えられる。よって、このような時間スケールでの地表面フラックスの変動特性を明らかにすることは、大気 - 地表面相互作用の支配要因を明らかにすることにつながる。

本研究では、モンゴル草原における1年間にわたるフラックス観測データを対象に、ウェーブレット変換を用いた時間 - スケール解析によって、北東アジアにおける半乾燥草原での陸面過程の支配要因を明らかにすることを目標とするものである。

## 2. ウェーブレット変換

時系列  $f(t)$  のウェーブレット変換は以下のように表される (Foufoula-Georgiou and Kumar, 1994)。

$$W_f(\lambda, t) = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau) \psi\left(\frac{\tau - t}{\lambda}\right) d\tau \quad (1)$$

ここで  $\psi(x)$  はウェーブレット関数と呼ばれ、比較的短い時間でゼロに収束する関数であり、本研究では図1に示すメキシカンハットと呼ばれる関数を用いる。 $W_f(\lambda, t)$  はウェーブレット係数と呼ばれ、時刻とスケールの関数である。ウェーブレット変換は時刻情報を保ちながら、時系列中のなかからスケール (周期) に関する情報を抽出することができる。本研究において変動の強さを表す目的で用いる、ウェーブレット係数の2乗  $|W_f(\lambda, t)|^2$  は、スケーログラムと呼ばれ、時刻  $t$  におけるスケール  $\lambda$  の現象の強度を表す。

## 3. 解析データ

解析対象データは、モンゴル国の Kherlen 川流域の Kherlen-Bayaan-Ulan (KBU) における地表面フラックス観測の結果 (Li et al., 2005) である。この地域

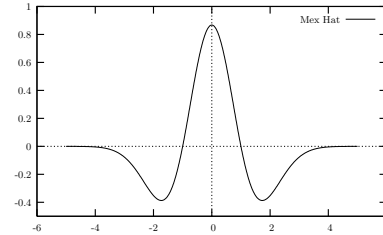


図 1: ウェーブレット関数の例 . メキシカンハット関数 .

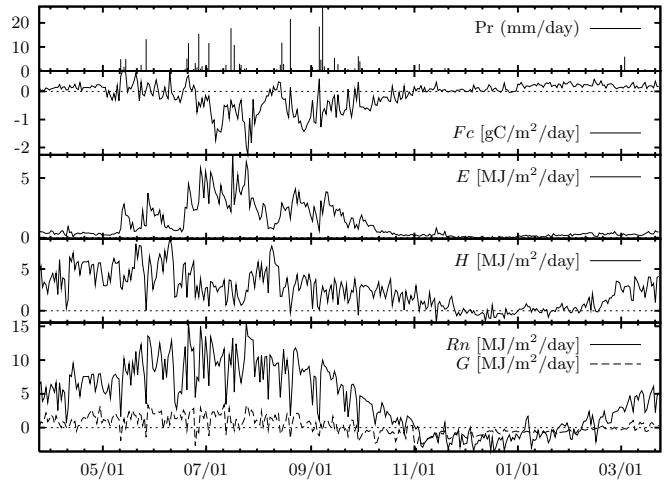


図 2: 解析対象データ . 横軸は 2003 年の日付

は流域北方のタイガ林地帯からゴビ砂漠に至るドラスティックな植生変遷地帯に位置し、典型的な半乾燥草原地帯に位置する。KBU においては、RAISE (Raingelands Atmosphere-Hydrosphere Interaction Study Experiment in Northeastern Asia) プロジェクトによって、渦相関法と放射観測などによる地表面フラックス観測が 2003 年 3 月より続けられている。その中から、地表面フラックス (顕熱  $H$ 、潜熱  $E$ 、二酸化炭素フラックス  $F_c$ ) と放射 4 成分計による放射収支量  $Rn$ 、熱流板による地中伝導熱  $G$  および降水量  $Pr$  の 30 分平均値および日積算値を解析対象とする。解析対象期間は 2003 年 3 月 25 日から 1 年間である。用いた全データを図 2 に示す。

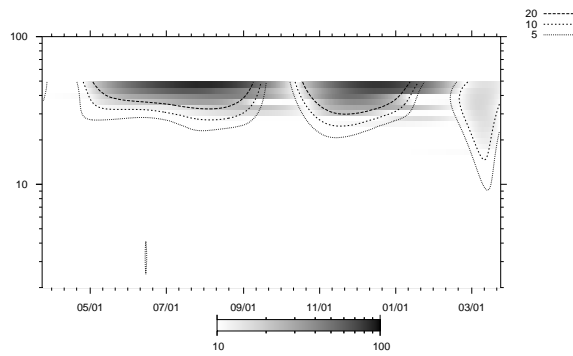


図 3:  $Rn$  のスケーログラム．横軸は時刻，縦軸は変動のスケール (単位：日) を表す，コンター及びハッチの濃淡は変動の各時刻・各スケールでの変動の強度を示す．

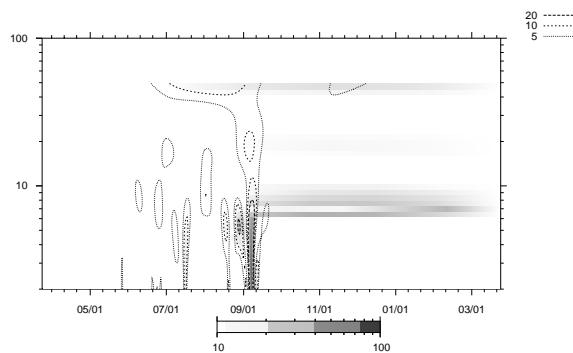


図 4: 図 3 に同じ．ただし  $Pr$  について．

#### 4. 解析結果

図 3, 4 はそれぞれ，分散で無次元化した  $Rn$ ,  $Pr$  のスケーログラムである。 $Rn$  においては，数 10 日以上スケールでの変動が顕著であるのに対し， $Pr$  の変動は暖候期の数日スケールでの変動が支配的である。 $E$  のスケーログラム (図 6) では，年周期の変動に加えて 1 週間から 10 日程度の変動が顕著に見られることがわかる。このような特徴は  $H$  や  $F_c$  にも見られた。地表面フラックスの 1 週間から 10 日スケールでの変動は 6 月から 9 月にのみ存在し，降水のスケールの細かい変動と時刻を同じくする。これは，この草原における蒸発散と光合成活動が，降水と蒸発による土壌水分の変動によって強く支配されているからである。降水の変動スケールよりも乱流フラックスの変動スケールが大きいのは，土壌水分のメモリーを通して，降雨よりも長いスケールで地表面フラックスへの影響が残ることに他ならない。地表面フラックスの 1 週間から 10 日スケールの変動は，この季節の降雨の間隔に相当する。

一方，20–30 日程度のスケールでの  $H$  (図 5) と  $E$

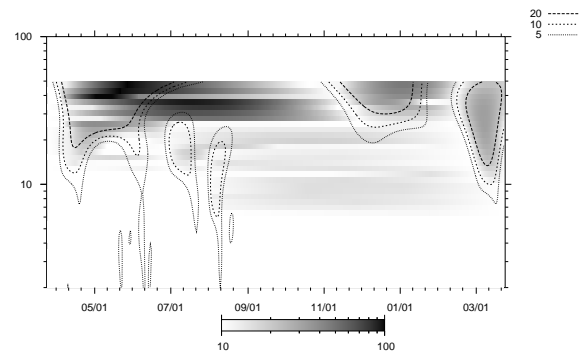


図 5: 図 3 に同じ．ただし  $H$  について．

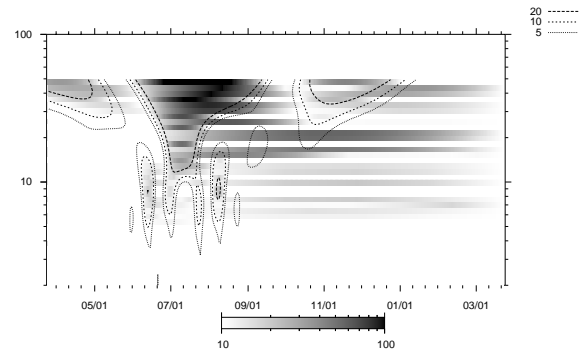


図 6: 図 3 に同じ．ただし  $E$  について．

(図 6) を比較すると，両者の変動量の大きさが 6 月中旬から下旬にかけて互いに補完的に大小関係が交代していることがわかる。これは，降水量が増え出す雨季の始まりを示す。

このようにウェーブレット変換を用いて，地表面フラックスの変動特性のスケール依存性を明確に抽出することができる。

#### 謝辞

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)、およびアサヒビール術振興財団研究助成 (代表：浅沼) の研究成果である。

キーワード：蒸発散, ウェーブレット変換, 地表面熱収支, 陸面過程, 水循環変動

#### 参考文献

- Foufoula-Georgiou E. and Kumar P. (editors) (1994): Wavelets in Geophysics, volume 4 of *Wavelet Analysis and Its Application*. Academic Press
- Li S.G., Asanuma J., Kotani A., Eugster W., Davaa G., Oyunbaatar D. and Sugita M. (2005): Global Change Biology. (submitted)