

降水－蒸発過程における長期観測情報の空間代表性に関する研究

京都大学大学院工学研究科 正員 中北英一
阪神高速道路公団 正員 長澤光弥
京都大学防災研究所 フェロー 池淵周一

1. はじめに 広域を代表する潜熱フラックス推定へ向けての試みの一つとして、降水－蒸発過程における長期的な地点観測情報を空間的な代表性をもつ情報へと変換するための基礎的な検討を行なう。手法としては、降水現象を確率過程であるとしてとらえ、その確率構造を保存するように降水の時間・空間分布をシミュレートし、陸面過程モデルを介することにより、蒸発量の時間・空間分布に変換し、降水と蒸発量の時間・空間的な特性を比較、考察する。また、その際の空間代表性の検討方針を図1に示す。

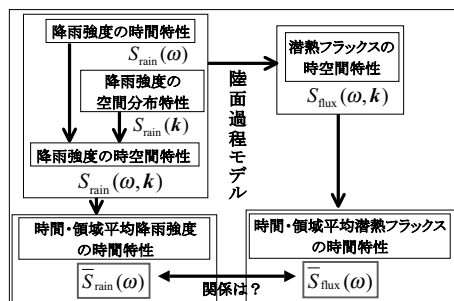


図1：空間代表性の検討方針

2. 降水量の時・空間シミュレーション法

2.1. 降水量の時間特性 本研究では、パワースペクトルを保存するようなかたちでの降水量時系列のシミュレーションを試みたが、それでは降水－蒸発過程を考えるにあたって重要となる日降水量の間歇性をうまく表現できない。そこで、降雨日から次の降雨日までの間隔と、降雨日に観測される日降水量分布を保存するようなかたちでの降水量時系列をマークポイントプロセスを用いて発生させる。

2.2. 降水量の空間特性 降水量の空間構造として、まず、地点日雨量の期待値および空間的な分布の標準偏差は領域内では空間的に一様であることを仮定する。また、2地点間の日降水量の自己相関係数 ρ はその距離にのみ依存し、方向には無関係であることを仮定する。そのもとで、日降水量の空間相関の相関係数をベッセル型の関数を用いて与える。

2.3. 降水量のシミュレーション法 2.1. で発生させた降水量時系列を、その日における領域内の各地点における降水量の期待値 $m(t)$ であると仮定し、そ

の日の領域分布の標準偏差を $\sigma(t)$ として、日降水量の空間分布時系列を次式、

$$\xi(\mathbf{u}) = \sigma(t) \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{i=1}^N \cos(\mathbf{u}^T \mathbf{W}_i + \theta_i) + m(t) \quad (1)$$

を用いることにより発生させる。ここで、 $\mathbf{u}$ は位置ベクトル、 $\mathbf{W}_i$ は周波数、 θ_i は位相のずれを表わす。

3. 陸面過程モデル 本研究は、降水量が陸面過程を介して蒸発量に変換される際に、その時間・空間構造がどのように変化するかということについての基礎的な知見を得ることを目的としている。そこで、研究の第一段階としては精密なモデルを用いることにより、時間・空間構造が様々な要因により変化し、その因果関係が曖昧になるよりも、簡略化したモデルを用いて、因果関係がはっきりする方がよいとの判断から、陸面過程モデルとしてはバルク式による簡単なモデル¹⁾を採用し、さらにその方程式系を解く際には、土壌水分量以外の物理量（地温、気温、大気比湿、バルク係数）はすべて時間、空間的に一定値としている。降水量から蒸発量への変換過程を考える際に、まずは他の変動要因をシャットアウトしたいとの理由から、このような設定を採用した。

4. 適用および考察

4.1. 日雨量分布時系列のシミュレーション 2. で述べた手法を用いて日雨量空間分布時系列を5100日分発生させ、最初の100日分は土壌水分量の初期値に強い影響を受けているとみなして除外し、残りの5000日分の算出結果をもって、例えば、100日の時系列ならば50標本あるとみなす。乱数により偏りなく標本を発生させているので、このような取り扱いに問題はない。その際、日降水量時系列の発生においては、彦根における1961年1月1日から1994年9月30日までの約30年間の日雨量時系列データを用い、その結果を各日の領域内各点における降水量の期待値として、各時系列標本に対し空間分布を100標本発生させた。

4.2. 降水－蒸発モデル 3. で述べたように、土壌水分量以外の物理量は一定値としている。その値としては、降水および蒸発の相互作用によって、土壌水

キーワード：降水－蒸発過程、空間代表性、時間・空間特性、地点観測情報

京都大学大学院工学研究科環境地球工学専攻（〒606-8501 京都市左京区吉田本町、TEL/FAX 075-753-5109）

分量が適度に変化し、蒸発量が変動するような値を調査し、設定している。

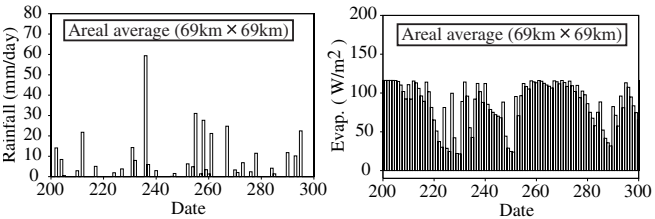


図 2：シミュレーションされた降水量，蒸発量の全領域平均時系列の一例

4.3. 考察 上記のように発生させた降水量，蒸発量の全領域平均時系列の一例を図 2 に示す。まず，各地点における蒸発量と降水量の日時系列から，地点値・時間平均なしの時系列を作成し，そのパワースペクトルをとったのが図 3 であり，地点値・8 日平均，地点値・16 日平均の時系列を作成し，それらのパワースペクトルをとったのが図 4 である。また，同様に，51km×51km 領域平均・時間平均なし，69km×69km 領域平均・時間平均なしの時系列を作成し，それらのパワースペクトルをとったのが図 5 である。

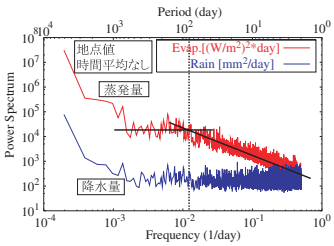


図 3：降水量時系列，蒸発量時系列のパワースペクトル（地点値，時間平均なし）

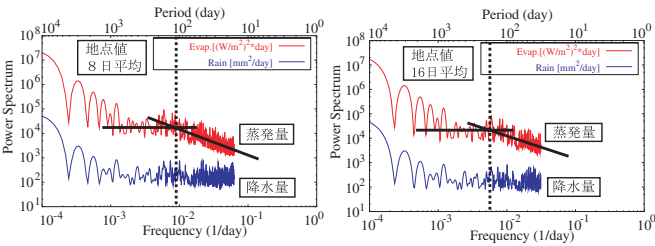


図 4：時間平均をした降水量時系列，蒸発量時系列のパワースペクトル（地点値）

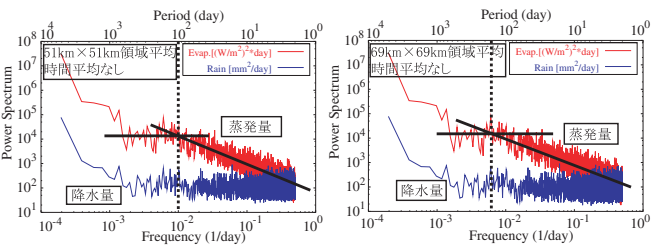


図 5：領域平均をした降水量時系列，蒸発量時系列のパワースペクトル（時間平均なし）

ここでは，パワースペクトルの傾き（以下では右下がり方を正として β で表わす）に着目し，考察する。これらの図に共通する特徴として，どの図において

も降水量の β は 0 であり，また，蒸発量については，高周波側からある周波数までは $\beta > 0$ ，それ以下の周波数帯では， $\beta \sim 0$ になるということが挙げられる。そこで，その境界となる周期をまとめたものを，表 1 に示す。これより，平均する時間や領域を大きくするに従い，境界となる周期が長くなることがわかる。これは，時間平均することにより，領域平均した時と同様の特性変化を見出せるということであり，地点データを時間平均することにより空間代表性を見出せる可能性を示唆している。

表 1：パワースペクトルの境界周期

(地点値) (時間平均なし)	(地点値) (8 日平均) 110 日	(地点値) (16 日平均) 180 日
	(51km×51km 領域平均値) (時間平均なし) 100 日	(69km×69km 領域平均値) (時間平均なし) 170 日

(参考) ランダムウォーク： $\beta = 0$

次に，各地点における降水量，蒸発量，地表面土壌水分量，地中土壌水分量の日時系列から，地点値・時間平均なしの時系列を作成し，そのパワースペクトルをとったグラフを図 6 に示す。この図より得られた各物理量の β をまとめたものを表 2 に示す。

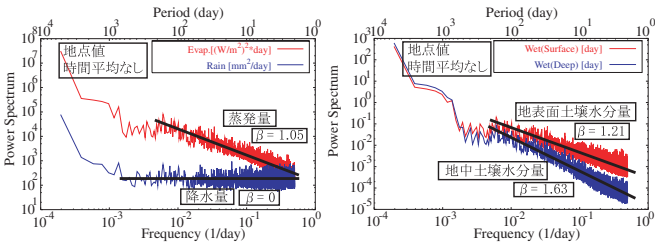


図 6：降水量，蒸発量，地表面水分量，地中水分量の各時系列のパワースペクトル（地点値，時間平均なし）

表 2：各物理量のパワースペクトルの傾き

	降水量	蒸発量	地表水分量	地中水分量
β	0	1.05	1.21	1.63

β によって，各物理量に対する降水量時系列の履歴効果の強さを表現されるので，本研究で用いた陸面モデルにおいては，地中土壌水分量，地表面土壌水分量，蒸発量の順に履歴効果が強いことがわかる。

5. おわりに 以上，地点観測情報を時間積分することにより，面平均量時系列の代表性が得られ，また，本研究で用いた陸面モデルにおいては，地中水分量，地表水分量，蒸発量の順に降水量時系列の履歴効果が強いという知見を得た。

[参考文献]

1) Noilhan, J. and S. Planton: A Simple Parameterization of Land Surface Processes for Meteorological Models, *Mon. Wea. Rev.*, **117**, pp.536-549, 1989.