

## 移流モデルによる予測降雨場の誤差構造のモデル化と降雨場の発生

京都大学防災研究所 正会員 ○立川康人

京都大学大学院工学研究科 学生会員 小松 良光  
京都大学防災研究所 正会員 寶 馨

**1 はじめに** 本研究では、短時間降雨予測モデルによる予測降雨場の誤差構造をモデル化し、それによって模擬的な降雨場を発生させることを目的としている。降雨予測モデルとしては椎葉ら[1]の提案している移流モデルを用いた。降雨の実時間予測値が得られ、その予測誤差構造をモデル化することができれば、発生すると考えられる降雨を多数発生させ、それを分布型流出モデルに入力することによって多地点での河川流量を実時間で確率的に予測することが可能と考える。誤差構造の解析にあたっては予測相対誤差

$$E = (R - R')/R' \quad (1)$$

を考え、その頻度分布および空間相関を調べた。ここで、 $R$ :観測降雨強度、 $R'$ :予測降雨強度(mm/hr)である。降雨強度データは深山レーダー雨量計のレーダーデータを用いた。分析の結果、予測相対誤差 $E$ は、距離によって定まる空間相関構造をもつ対数正規確率場としてモデル化できることが分かった。ここで、立川・椎葉[2]の提案する共分散行列の平方根分解による対数正規確率場の発生法を用い、 $E$ を発生させ(2)式によって

$$R = R' \times E + R' \quad (2)$$

予測降雨場を模擬発生させた。

**2 用いたレーダー雨量データ** 本研究では、深山レーダー雨量計によって1989年8月1日午前10時から9月30日午後6時までの仰角固定観測により観測されたデータのうち、レーダーサイトを中心とする半径120km円内の定量観測域に含まれるデータを用いている。また、3km×3km、5分間隔の平均降雨強度を空間的に単純平均して単位セルが6km×6km、12km×12km、24km×24kmの空間平均データをそれぞれ作成した。時間的にも単純平均して15分平均、30分平均、60分平均の時間平均データを作成し解析に用いた。

**3 結果と考察** 現在時刻から15分前までの5分間隔のレーダー雨量データを用いて移流ベクトルを算定し、5分ごとに1時間先までの予測値を算定した。図1は、60分先までの60分間平均予測降雨強度と60分間の観測平均降雨強度から3km×3kmの単位セルごとに予測相対誤差 $E$ を求め、それを用いて横軸に距離(km)、縦軸に相関係数を取り $E$ の空間相関を調べたものである。図1から10km以上の距離では $E$ はほとんど相関がないことが分かった。異なる空間平均データ、時間平均データを用いた場合についても同様の結果であった。ここで $E$ の空間相関を(3)式

$$C(h) = C(0) \exp\left(-\frac{h^2}{a^2}\right) \quad (3)$$

にあてはめ、相関長さ $a$ を最小二乗法を用いて決定した。ここで、 $C(h)$ :相関係数、 $C(0)$ :分散、 $h$ :距離(km)、 $a$ :相関長さ(km)である。

次に、 $E$ の空間相関構造の時間的持続性を調べた。図2は1時間ごとに(3)式の相関長さ $a$ を求め、横軸に時間(hr)、縦軸に相関長さ(km)を取り、その時間変化を示したものである。図2より $a$ の値は時間変動は小さく、空間相関構造は持続していると考えてよいことが分かる。異なる空間平均データ、時間平均データを用いた場合も $a$ の時間的持続性が見られた。

また、 $E$ の頻度分布を調べた。図3は60分先までの60分間平均予測降雨強度と60分間の観測平均降雨強度から3km×3kmの単位セルごとに予測相対誤差 $E$ を求め、それらについて $E$ のヒストグラムを示したものである。図3より、 $E$ は下限値が-1の対数正規分布に近い形状を示すことが分かる。また、図3で用いた降雨データを予測降雨強度によって、弱降雨(～4mm/hr)、中降雨(4～10mm/hr)、強降雨(10mm/hr～)の3つの階層に分類し、それぞれの階層ごとに $E$ の頻度分布を調べたところ、これらも対数正規分布に近い分布形状を示した。図3の頻度分布をもとに定める対数正規分布関数が予測降雨強度の階層によらず適合するとしてよいかを検定するため、コルモゴロフ・スミルノフ検定を用いたところ、表1の結果を得た。

キーワード:移流モデル レーダー雨量計 降雨場

連絡先:京都市宇治市五ヶ庄611-0011, Tel:0774-38-4126, fax:0774-38-4130

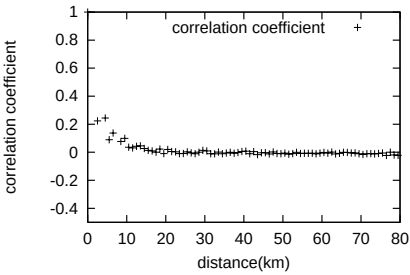


図 1 :予測相対誤差  $E$  の空間相関  
(60分先予測)

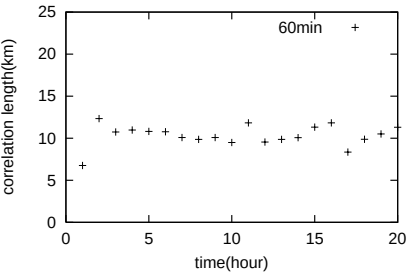


図 2 :相関長さ  $a$  の時間変化  
(60分先予測)

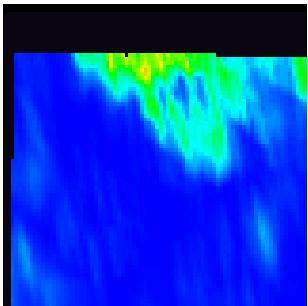


図 5 :予測降雨場  $R'$  (60分先予測)

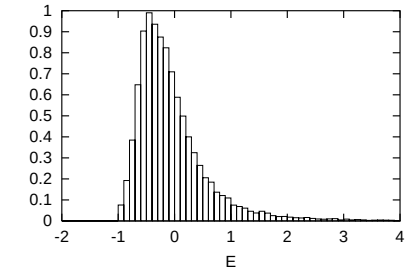


図 3 :予測相対誤差  $E$  の頻度分布  
(60分先予測)

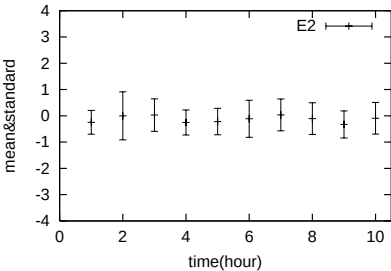


図 4 :時系列でみた  $E$  の平均値と  
標準偏差 (60分先予測)

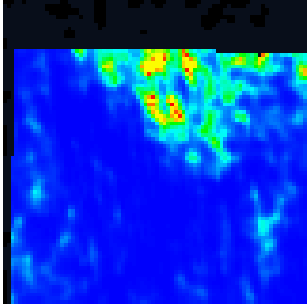


図 6 :模擬発生した予測降雨場  
(60分先予測)

表 1 :各データを使用したときの適合度検定結果

| データ平均<br>時間  | セルの<br>大きさ | 5分<br>予測 | 15分<br>予測 | 30分<br>予測 | 45分<br>予測 | 60分<br>予測 |
|--------------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 5分平均<br>データ  | 3km×3km    | ○        | ○         | ×         | ×         | ×         |
|              | 6km×6km    | ○        | ○         | ○         | ×         | ×         |
|              | 12km×12km  | ○        | ○         | ○         | ○         | ×         |
| 15分平均<br>データ | 3km×3km    | -        | ○         | ×         | ×         | ×         |
|              | 6km×6km    | -        | ○         | ○         | ×         | ×         |
|              | 12km×12km  | -        | ○         | ○         | ○         | ○         |
| 30分平均<br>データ | 3km×3km    | -        | -         | ×         | -         | ×         |
|              | 6km×6km    | -        | -         | ×         | -         | ×         |
|              | 12km×12km  | -        | -         | ○         | -         | ○         |
| 60分平均<br>データ | 3km×3km    | -        | -         | -         | -         | ○         |
|              | 6km×6km    | -        | -         | -         | -         | ○         |
|              | 12km×12km  | -        | -         | -         | -         | ○         |

表1は各予測時間ごとに全体のデータを用いて得られた対数正規分布関数が、各階層(弱降雨、中降雨、強降雨)の  $E$  の分布と適合しているかをコルモゴロフスミルノフ検定の5%有意水準で評価し、各階層(弱降雨、中降雨、強降雨)のすべてにおいて適合していれば、適合可として○と表記し、ひとつでも満たさなければ×と表記している。3km×3km、5分平均データを用いた場合、30分先予測以上に関して不適合であったが、用いるデータの平均時間を長くし、また、空間平均して、大きな単位セルを用いた場合の方が適合結果はよく、60分平均データを用いた場合、60分先予測に関しても適合した。

また、空間相関と頻度分布とから予測相対誤差を発生させようと考えているため、分布が持続していることが必要であり、 $E$  の分布形状の時間的持続性を調べた。図4は横軸に時間(hr)、縦軸に  $E$  の平均値

と標準偏差をエラーバーで示したものである。図4より、一雨程度の短時間においては  $E$  の平均値、標準偏差の時間変動は小さく、頻度分布は持続すると考えてよいことが分かる。異なる空間平均データ、時間平均データを用いても予測時間にかかわらず同様に分布の持続性を示す結果が得られた。

3km×3km、60分積算データを用い60分先予測について、 $E$  の空間相関を(3)式で、頻度分布を対数正規分布にあてはめて  $E$  を発生させ、(2)式によって降雨場を発生させた一例を示す。図5は240km×240kmの深山レーダー観測域の60分間平均雨量の予測値であり、図6は図5の予測値をもとに  $E$  を発生させ、(2)式を用いて作成した降雨場である。

**謝辞:**本研究で用いたレーダーデータは国土交通省淀川ダム統合管理事務所より提供頂いた。また、移流モデルのプログラムは京都大学工学研究科中北英一助教授に提供していただき、助言を得た。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

[1] 椎葉充晴・高棹琢磨・中北英一：移流モデルによる短時間降雨予測手法の検討，第28回水理講演会論文集，pp.423-428,1984.  
[2] 立川康人・椎葉充晴：共分散行列の平方根分解をもとにした正規確率場および対数正規確率場の発生湯法，土木学会論文集 No656/2-52，pp.39-46，2000.