

移流モデルによる降雨予測誤差の評価に関する研究

京都大学工学部 学生員 ○ 賈 玉石 京都大学防災研究所 正会員 立川康人
 京都大学防災研究所 正会員 宝 馨

1 はじめに 降雨の予測誤差の研究に関して、小松らによって提案されている予測相対誤差式 K_E (下の左式, 小松, 2002) が挙げられる。移流モデルによる予測降雨と観測降雨との予測誤差の構造はこの研究によってある程度モデル化されたものの、予測誤差を定式化する際、予測降雨がゼロとなる場合を考慮していない。これは、予測降雨がゼロだが、実際には降雨が存在している場合を無視するという危険側を見逃していることとなる。

$$K_E = \frac{R_o - R_p}{R_p} \quad J_E = \frac{R_o - R_p}{R_p + \alpha}$$

R_o : 観測降雨値 (mm/hr) R_p : 予測降雨値 (mm/hr) $\alpha > 0$

従って、本研究では、予測降雨 $R_p = 0$ のとき、予測相対誤差に対してどの程度の影響を及ぼすかを調べ、予測降雨 $R_p = 0$ の場合を考慮する新たな予測相対誤差 J_E (上の右式) を定式化することを目的とする。

2 移流モデルの概要 短時間降雨予測モデルとして椎葉らの移流モデル (1984) を用いる。

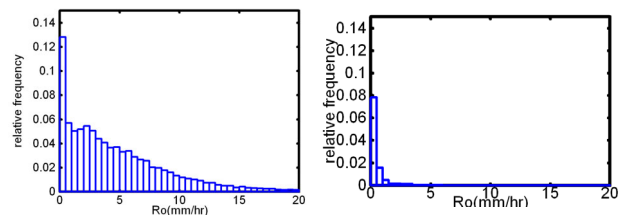
$$\frac{\partial z}{\partial t} + u \frac{\partial z}{\partial x} + v \frac{\partial z}{\partial y} = w \quad (1)$$

ここで、 (u, v) は雨域の移流ベクトル、 w は雨域の移動に伴う発達・衰弱量、 x, y は空間軸、 t は時間を表す。

3 レーダ雨量データ 建設省が京都府と大阪府との県境にある深山に設置した深山レーダ雨量計のレーダデータを用いる。観測範囲はレーダサイトを中心とする半径 120km 以内である。レーダ雨量観測データを座標変換し、空間分解能 $3\text{km} \times 3\text{km}$ 、時間分解能 5 分間のデータが得られる。このデータを時間・空間的に平均化し、空間分解能は $3\text{km}, 6\text{km}, 12\text{km}$ の 3 通り、時間分解能は 5 分, 15 分, 30 分, 60 分の 4 通りを考え、それらの組み合わせで合計 12 種類のデータを作成した。以降、ここでは 1989 年 9 月 3 日午前 7 時から午後 3 時の間の雨量データを解析した。

4 降雨予測誤差の解析

4.1 解析手法 図 1 に $R_p = 0$ かつ $R_o > 0$ となる降雨が全体に占める割合を示す。これを考慮するために、予測相対誤差 J_E を考える。



(1) R_o の全体の分布 (2) $R_p = 0$ かつ $R_o > 0$
 図 1 R_o の頻度分布 ($3\text{km} \times 3\text{km}$, 60 分間積算データ)

J_E の統計的な性質を調べる際に、 $\alpha = 0.1, 0.5, 1, 10$ を用い、対数正規分布の適合性を調べたところ、 $\alpha = 1 (\text{mm/hr})$ の場合に最も良い適合性が得られた。以下、 $\alpha = 1$ を用いて

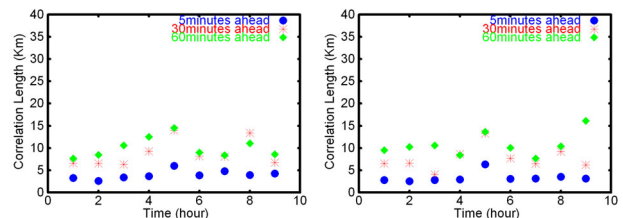
$$J_E = \frac{R_o - R_p}{R_p + 1} \quad (\alpha = 1) \quad (2)$$

を新たな評価式とし、 J_E の統計的な性質を K_E と比較し評価する。

4.2 予測相対誤差の統計的性質 予測相対誤差の空間相関と頻度分布から降雨場を発生させることを考えているので、 K_E と J_E の空間相関と頻度分布の統計的性質及び一雨中における持続性が重要となる。以下は K_E と J_E それぞれに解析を行う。

(1) 空間相関及びその持続性

空間相関を調べたところ、20km 程度の距離内にあると正の相関が見られたが、他はほとんど相関が見られなかった。また、空間相関に対する J_E と K_E の違いはほとんど見られなかった。



(1) K_E (2) J_E
 図 2 $K_E, J_E (\alpha = 1)$ の相関長さの時間変化

各時間の予測相対誤差 K_E, J_E の空間相関を下式の Gauss 関数 (式 (3)) に当てはめて、相関長さ a を求め、その特性を調べた。

$$C(h) = C(0) \exp(-h^2 a^2) \quad (3)$$

キーワード: 移流モデル, 短時間降雨予測, 予測誤差, 空間分布

宇治市五ヶ庄 tel. 0774-38-4126, fax. 0774-38-4130

降雨場は時々刻々と変化するため、一雨中の K_E 、 J_E の相関長さ a (図2) は多少変動があった。予測時間長くなるほど、相関長が大きくなるが、時系列で見ると、 a の値はほぼ一定である。

(2) 頻度分布

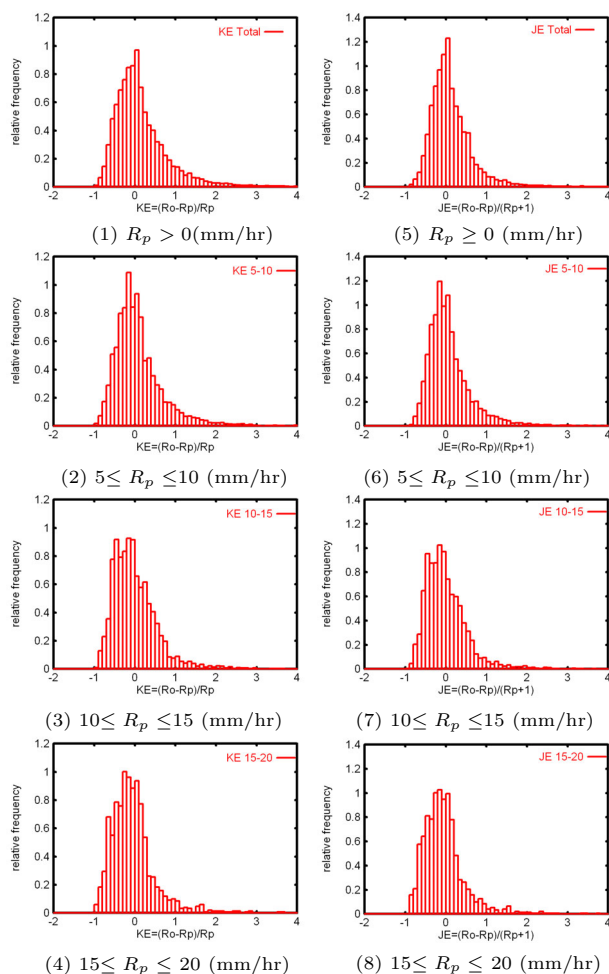


図3 K_E (左)、 J_E (右)の降雨強度ごとの頻度分布(5分先予測, 3km × 3km セル, 5分間データ)

図3左側 K_E の全体の分布(1)と、予測降雨強度毎に階層化した分布(2)から(4)を比べると、予測降雨強度毎にかかわらず下限値が等しくすべて対数正規分布に近い分布になっている。(5)~(8)の J_E は K_E と比べてほとんど違いが見られない。

(3) 平均値と分散の安定性

頻度分布については、 K_E と J_E との間に大きな違いが見られなかったが、予測時間を長くするほど同様な分布に従うとは言えなかった。また、予測降雨強度 10mm/hr 以下と 10mm/hr 以上では標準偏差の違いが大きいという結果を得た。

(4) 分布の代表性の適合検定

コルモゴロフスミルノフ(K-S)検定を適合度の検定法として用いる。各予測時間毎に全体の分布と弱降雨(～4mm/hr)、中降雨(4～10mm/hr)、強降雨(10mm/hr

～)とのK-S検定による結果を表1、2に示す。5%有意水準を満たせば、適合可として○と表記している。また、5%有意水準を満たせないが、1%有意水準を満たせば、△と表記している。いずれの有意水準も満たさなければ×と表記している。

J_E は K_E と比べて、 $R_p = 0$ かつ $R_o > 0$ とき (R_o のほとんどは $R_o < 4\text{mm/hr}$) を考慮しているために、弱降雨に対して影響を与えていることが分かった。しかし、強降雨の場合は5%有意水準と1%有意水準のいずれも満たせず、よい結果を与えない。原因として、強降雨のサンプルの数量が弱降雨、中降雨と比べて非常に少ないと考えられる。

表1 各データを用いたときの K_E の適合度検定結果

積算時間	セルの大きさ	5分予測 弱中強	15分予測 弱中強	30分予測 弱中強	60分予測 弱中強
5分積算	3km × 3km	○ ○ ○	○ ○ ×	○ ○ ×	× × ×
	6km × 6km	○ ○ ○	○ ○ ×	○ ○ ×	× ○ ×
	12km × 12km	○ ○ ○	○ ○ ×	○ ○ ×	× ○ ×
15分積算	3km × 3km	—	○ ○ ×	○ ○ ×	× ○ ×
	6km × 6km	—	○ ○ ○	○ ○ ×	× × ×
	12km × 12km	—	○ ○ ○	○ ○ ×	○ ○ ×
30分積算	3km × 3km	—	—	○ ○ ×	○ ○ ×
	6km × 6km	—	—	○ ○ ○	○ ○ ×
	12km × 12km	—	—	○ ○ ×	○ ○ ×
60分積算	3km × 3km	—	—	—	× ○ ×
	6km × 6km	—	—	—	○ ○ ×
	12km × 12km	—	—	—	○ ○ ×

表2 各データを用いたときの J_E ($\alpha = 1$) の適合度検定結果

積算時間	セルの大きさ	5分予測 弱中強	15分予測 弱中強	30分予測 弱中強	60分予測 弱中強
5分積算	3km × 3km	○ ○ ○	○ ○ ×	○ ○ ×	○ ○ ×
	6km × 6km	○ ○ ○	○ ○ ×	○ ○ ×	○ ○ ×
	12km × 12km	× ○ ○	○ ○ ×	○ ○ ×	○ ○ ×
15分積算	3km × 3km	—	○ ○ ×	○ ○ ×	○ ○ ×
	6km × 6km	—	○ ○ ○	○ ○ ×	○ ○ ×
	12km × 12km	—	○ ○ ○	○ ○ ×	○ ○ ×
30分積算	3km × 3km	—	—	○ ○ ×	○ ○ ×
	6km × 6km	—	—	○ ○ ○	○ ○ ×
	12km × 12km	—	—	○ ○ ×	○ ○ ×
60分積算	3km × 3km	—	—	—	○ ○ ×
	6km × 6km	—	—	—	○ ○ ×
	12km × 12km	—	—	—	○ ○ ×

(5) 分布の持続性

一雨中(この場合1989年9月3日午前7時から午後3時まで)の K_E 、 J_E の分布を調べたところ、各時間毎の変化が大きい。60分積算データを対象とする場合には、比較的持続性を示す結果を得た。

5 結論及び今後の課題 全体的に J_E ($\alpha = 1$) と K_E との間に大きな違いは見られなく、分布の適合性で J_E は K_E より優れていることが分かった。しかし、分布の適合性でいずれの誤差評価式も強降雨の場合で良い結果を与えなかった。新たな誤差評価式を検討するとともに、より高い分解能のレーダ雨量データを用いて検討することも必要である。

謝辞 本研究で用いたレーダ雨量データは国土交通省淀川ダム総合管理事務所から提供いただきました。

ここに、謝意を表します。

参考文献

- [1] 小松 良光: 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, 京都大学修士論文, 2002.
- [2] 椎葉充晴・高埴琢馬・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.