第Ⅱ部門　　レーダ雨量予測の誤差構造に関する研究

近畿大学大学院　学生員　○吉田正紀
近畿大学理工学部　正　員　江藤剛治

1．はじめに

我国の都市雨水貯留施設の主たる機能は治水機能である。そのほかの直接的な機能として，初期雨水の貯留・処理による放流先水域の水質保全機能，貯留雨水を利用する利水機能がある。治水機能と，水質保全機能とは競合する。雨量予測を利用することができれば，常時は治水容量の一部を，水質保全・利水容量に当てておき，大きな流出が予測されるときに予備放流を行うことにより，本来の治水容量を確保すれば，より有効に都市雨水貯留施設の機能を発揮させることができる。

しかし，雨量予測には常に大きな誤差が伴う。本報告ではまず，レーダ雨量計から得たデータを用いて予測雨量と実測雨量の関係について検討を行う。また，その検討をもとにレーダ降雨予測値のまわりに分布する実際に降る可能性にある多数の降雨時系列を電子計算機上で発生させる手法を提案する。

2．予測誤差の評価式

2．1　予測雨量と実測雨量の関係

図-1に八重岳レーダ雨量計のデータを用いて，昭和60年から62年の3ヶ年主要12降雨を対象に，移流モデルを用いて計算した予測雨量と実測値の平均値 r_p の関係を示している(データは文献1)のp. 112)。本来45° の線上に並ぶはずであるが，予測時間(リードタイム)が長くなると，予測雨量より実測値の平均値の方が小さい値となる傾向がある。

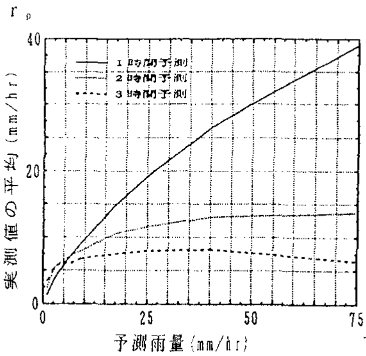

図-1 移流モデルの予測雨量 $\overline{r}$ と実測値の平均(予測値) r_p の関係

2．2　文献1)の予測誤差の評価式

文献1)では，予測値 r_p まわりの標準偏差 σ を予測誤差としている。多くの資料解析の結果，σ は予測値 r_p とリードタイム ℓ の平方根 $\sqrt{\ell}$ に比例するとしている。プロットされた点にこの仮定を当てはめると次式になる。

$$\sigma = a\sqrt{\ell}\, r_p \qquad (1)$$

これを確かめたものが図-2である。この時 a = 0.465である。図-2より式(1)は，ある程度実測値 σ の特性を表していることが分かる。しかしながら，リードタイムが大きくなるに従って，実測値のプロットと式(1)の適合性は悪くなることが分かる。

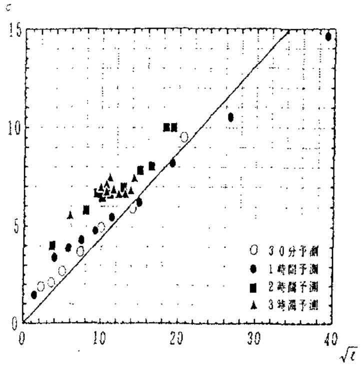

図-2 予測値 r_p, リードタイム ℓ と予測誤差 σ の関係(文献1)より再整理して作図, 実線は式(1))

文献1)では平均値まわりの実測雨量の分布に，雨量の負の部分がカットされた正規分布をあてはめている。しかし実際のレーダ雨量計による降雨予測値まわりの実測値の分布については，ガンマ分布状に発生することが分かっている。

ガンマ分布のあてはめには，式(2)に示すように，形状母数 α と尺度母数 β を求める必要がある。α，β は平均値と標準偏差から求まる。

$$f(x) = \beta / \Gamma(\alpha) * x^{\alpha-1} * e^{-\beta x} \qquad (2)$$

Masaki YOSHIDA, Takeharu ETOH

ここで，α；形状母数$=\mu^2/\sigma^2>0$,

β；尺度母数$=\mu/\sigma^2$,

μ；平均値，　σ；標準偏差

図-3に予測のリードタイムℓ ＝1時間に対して，予測雨量が2～4mm/hrのときの実測雨量の頻度分布を示している。ガンマ分布が非常に良く適合していることが分かる。

実測雨量の頻度分布をガンマ分布にあてはめて式(2)のαを求めると，αは一定でないことがわかる。$\alpha=r_p{}^2/\sigma^2$は一定ではないのでr_pとσは比例しない。これは式(1)が成り立たないことを意味する。

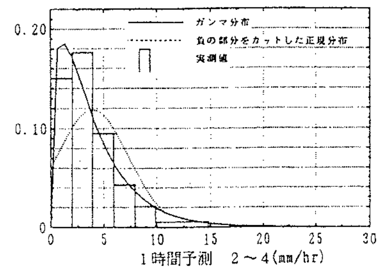

図-3 1時間予測の予測値2～4mm/hrのときの実測雨量の頻度分布

2．3 新しい誤差構造式

この問題点を解決するために，文献1)のデータを再整理してみた。$\sigma/\sqrt{\ell}$ とr_pとの関係をプロットしたのが図-4である。両対数紙上にプロットすると(図-1に比較して)見事に一直線上に乗る。このとき次の式が成り立つ。

$$\log_{10}(\sigma/\sqrt{\ell})=b\log_{10}r_p+c \qquad (3)$$

すなわち，以下の関係が得られる。

$$\sigma/\sqrt{\ell}=a\,r_p{}^b \qquad (4)$$

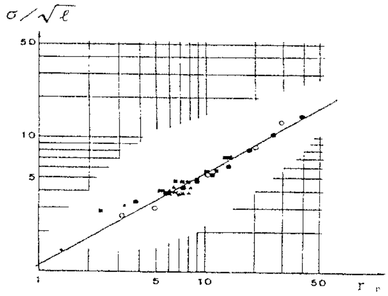

図-4 リードタイムℓ ，予測値r_pと予測値まわりの誤差σの関係

図-4に対してはa=1.37，b=0.67である。ここでb=1(σとr_pが比例)でないことが重要である。これにより，同一のℓ に対してr_pが大きくなるときαが大きくなって，ガンマ分布の形状を再現できる。

bの値は1よりもむしろ0.5（r_pの平方根）に近い。

3．誤差を含む雨量系列の模擬発生

一例として30分ごとの予測雨量を0.7，3.4，6.9，3.5，0.0，0.0mm/(30分)（実測降雨の例）とし，予測誤差構造を式(4)の形で与えて，1000系列の降雨を電子計算機上で模擬発生させた。平均値，標準偏差は当然与えたr_p，σにほぼ一致した。　表-1に1000系列のうち，総雨量の大きかったものを上位から選んで示す。表-2はピーク雨量の大きかったものである。

表-1　模擬発生した降雨の例（総雨量（mm）の大きいもの）

順位	降雨番号	30分後	60分後	90分後	120分後	150分後	180分後	総雨量
	降雨予測値	0.700	3.400	6.900	3.500	0.000	0.000	4.500
1	571	0.564	0.924	21.914	28.325	0.000	0.000	51.726
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
4	281	0.954	0.829	31.736	16.419	0.000	0.000	49.938
5	997	0.225	0.889	35.529	6.0781	0.000	0.000	42.723
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

表-2　模擬発生した降雨の例（ピーク雨量（mm/30分）の大きいもの）

順位	降雨番号	30分後	60分後	90分後	120分後	150分後	180分後	総雨量
	降雨予測値	0.700	3.400	6.900	3.500	0.000	0.000	4.500
1	997	0.225	0.889	35.529	6.0781	0.000	0.000	42.723
2	281	0.954	0.829	31.736	16.419	0.000	0.000	49.938
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
6	571	0.564	0.924	21.914	28.326	0.000	0.000	51.728
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

4．まとめ

①予測誤差σは，予測のリードタイムℓ ，予測値r_pなどに関係する。文献1)のデータの再整理により予測誤差構造について，より合理的な構造式を与えた。この式は次の式で表される。

$$\sigma=a\sqrt{\ell}\,r_p{}^b$$

今回のデータ整理ではa=1.37，b=0.64であった。

②予測値まわりの実績降雨のバラツキは，ガンマ分布で良く近似できることを示した。

5．参考文献

1)上林好之：レーダ雨量計を利用した洪水流出予測に関する研究，河川情報センター，1990，pp.108-121.

2)井沢竜夫：2変数のガンマ分布について(続)，気象と統計，第4巻，第2号，1953，pp.15-19.

3)長尾正志・角屋　睦：2変数ガンマ分布とその適用に関する研究，京大防災年報，13号，14号，1970，1971.