

短時間都市規模地上降雨の実時間予測について

九州大学工学部 学生員 ○測上 康英
九州大学工学部 正 員 河村 明
九州大学工学部 正 員 神野 健二

1. はじめに

市街化等に伴う急激な都市流出の実時間予測は、下水管からの氾濫等の浸水問題を最小限に食い止め、下水道システムの実時間最適運用を行う上で重要な問題となっている。この場合、都市規模(1~50km²)降雨現象の短時間間隔での実時間予測が必要不可欠となってくる。本報では、図-1に示すような流域面積25.2km²の都市域に平均1.3km間隔で合計12の地上雨量計を設置し、1分間隔で降雨データを収集しているスウェーデンのルンド市を例にとり、確率移流分散モデルにより短時間都市規模地上降雨分布を実時間で予測する手法¹⁾を適用し、その予測精度を検討することにより本モデル本手法の実用性についての検討を行う。

2. 予測手法の定式化¹⁾

雨域の移動方向に関する風向、風速の情報は気象データとして事前に入手できることを積極的に活用し、ここでは次式に示すような雨域の移動方向にx軸を取った場合の定係数2次元確率移流分散方程式を短時間降雨現象のモデルとして適用する。

$$\frac{\partial R(x, y, t)}{\partial t} + u \frac{\partial R(x, y, t)}{\partial x} = D_x \frac{\partial^2 R(x, y, t)}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 R(x, y, t)}{\partial y^2} - \gamma R(x, y, t) + \varepsilon(x, y, t) \quad (1)$$

ここに、R: 降雨強度(m/min) x, y: x軸、y軸上の座標(m)

u: x軸方向の降雨の移動速度 γ : 1次反応係数(1/min)

D_x, D_y : x, y軸方向の分散係数(m²/min) t: 時刻

ε : 平均0、分散 σ^2 の正規性白色雑音(m/min²)

ここで、Rおよび ε を2重フーリエ級数に展開して、フーリエ係数に関する連立常微分方程式に変形し、拡張カルマンフィルターにより、各時点毎に物理パラメーターおよびフーリエ係数を逐次同定しながら降雨分布の実時間予測を行う。

3. 適用例

本報では1979年6月から1980年9月までの1分間降雨データにおいて10分間降雨強度が大きかったものから10降雨を取り出し、この10降雨に対して上記の手法を適用した。以下において、スウェーデンのルンド市に降雨強度が大きく北もしくは北北東方向に雨域が移動する夏型の降雨である1980年7月13日10時47分から11時33分までの47分間にわたって観測された1分間隔降雨データで、2つの降雨ピークをもつ降雨番号3の現象について詳しく述べる。風速は388(m/min)で、風は北から時計回りに11度の方向に吹いていた。12観測点のうち2観測点においては何らかの原因(雨量計の故障など)でデータが収集できなかった。よって、10観測点の内の4観測点の降雨時系列を図-3の棒グラフで示し、下から上に観測地点のx座標が大きくなるように並べている。2重フーリエ級数における離散時間間隔 $\Delta t=0.1$ (min)、x軸方向の基本波長30000(m)、y軸方向の基本波長10000(m)、フーリエ級数の項数はx軸、y軸方向共5として降雨分布強度の予測を行った。この場合、本計算に用いた式(1)の物理パラメーターの初期値としては、 $u=338$ (m/min)、 $D_x=2.0 \times 10^5$ (m²/min)、 $D_y=1.0 \times 10^5$ (m²/min)、 $\gamma=0.0$ (1/min)を与えた。また式(2)のフーリエ係数の初期値は、図-1に示した原点に対し座標(-4800, -2400)の地点の20m×20mの正方形に雨量強度100(m/min)の降雨が発生したとして、その雨が式(1)に従って10分間移流分散した場合の降雨形状をフーリエ級数展開し、このフーリエ係数を初期値とした。また、カルマンフィルターのシステム雑音の分散には初期状態量の5%の2乗、観測雑音のそれには0.02mm/minの2乗を与えた。さらに、状態量の誤差共分散行列の初期値には初期状態量の積を与えた。図-3の○印に観測点における1分先降雨予測の結果を示し、図-2に物理パラメーターおよびフーリエ係数

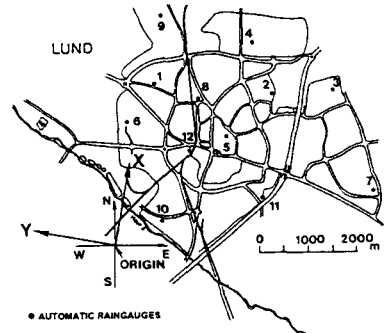


図-1 ルンド市における雨量計の配置図

A₀₀の同定結果を示している。また、図-4には降雨番号3の1980年7月13日10時56分において1分先を予測した10時57分の予測降雨分布を示している。(観測点番号の横の数値は10時57分における実測値を示している)表-1には、10降雨に対して、前述の本手法を用いた場合の観測点における降雨量の予測値と観測値の差の2乗和の平均の平方根で求められる1分先および5分先の予測誤差を示している。

4. 考察

図-2に示す物理パラメーターを変動させ、図-3の降雨変化に予測値を追従させていて、かなり精度良く予測している。またこの場合10点の観測点の値から実際の降雨分布形状を描くのはかなり難しいので、図-4の予測降雨分布を直接実際の降雨分布と比較できないが2山のピークをもつ分布を予測しており、かなり実際の降雨分布に即しているのではないかと考えられる。表-1より1分先予測は精度良く行われているといえる。5分先予測は降雨番号により精度がバラつくものの、カルマンフィルターのシステム状態量の初期値の精度のよい推定により予測精度の向上が可能なのことがわかった。

5. むすび

本研究で、都市域における降雨予測に対する本手法の有効性が、明かとなった。今後さらに、予測時間を数分先まで延ばし、さらに他の多くの降雨現象に本手法を適用することにより、本手法の実測降雨データに対する特性を確かめてゆくつもりである。

参考文献

1)河村 明・神野健二・吉永宙司：移流分散確率過程で表される降雨分布の実時間予測について、水文・水資源学会1990年研究発表会要旨集、pp.102-105、1990年8月。

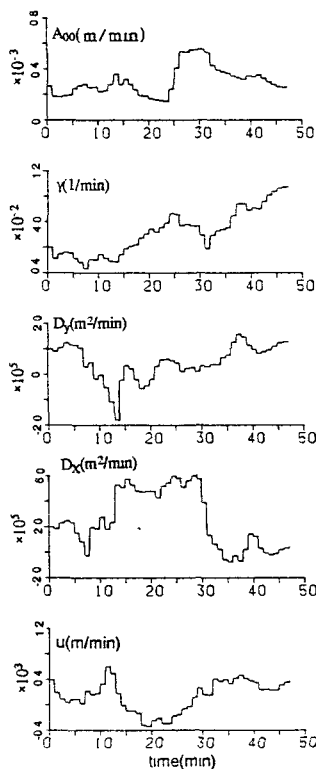


図-2 物理パラメーターの同定結果

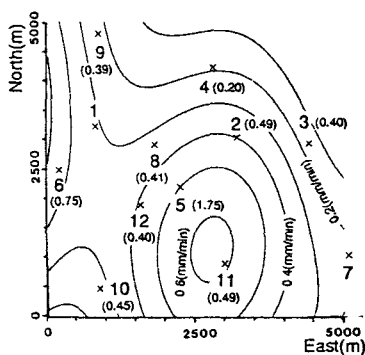


図-4 11時56分における1分先予測降雨分布

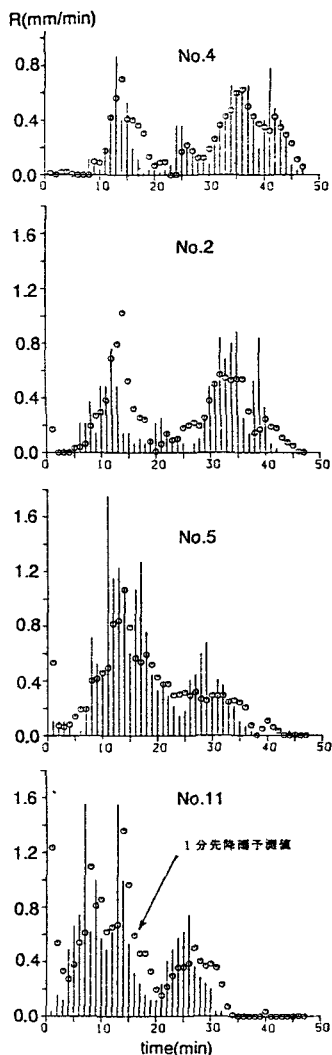


図-3 実測降雨時系列および1分先降雨予測値

表-1 降雨予測誤差

降雨番号	予測誤差 (1分先) (mm/min)	予測誤差 (5分先) (mm/min)
1	0.16	0.76
2	0.19	5.46
3	0.18	0.30
4	0.17	24.30
5	0.12	3.72
6	0.11	0.17
7	0.16	0.31
8	0.11	0.27
9	0.12	0.26
10	0.12	0.44