

# 細密レーダ雨量計による降雨移動予測技術

上西範久、近藤真一、結城博司

(株) 東芝 東京システムセンター  
東京都府中市片町3-22

## 概要

レーダ雨量計によるリアルタイム（現在値）データの利用だけでは下水道処理場やポンプ場における下水道支援応用に限界がある。

レーダ雨量計リアルタイム（現在値）データだけではなく過去のデータも演算要素に含めながら、地域分割して求めた移動ベクトルを一定のメッシュ単位で管理し、移動方向を予測する。また、モデルを作成すると同時に高速で移動方向を目視できる検証ツールを作成し、ワークステーション上にて演算、検証を行う。

移動方向の予測の結果は、都市化により雨水流入量が増加し、その処理時間が問題となる下水道処理場等の下水道支援応用に對して有効な技術となる。

## キーワード

レーダ雨量計、降雨移動予測、ポンプ運転支援、降雨移動ベクトル、相互相関関数法

## 1 はじめに

下水道処理場やポンプ場における運転支援では短時間（5～30分）でかつ細密での降雨予測が要求される。それに伴い、近年の下水道向けレーダ雨量計は一辺250～500mと非常に細かく密で観測周期も2.5分と短周期で観測可能となっている。この細密レーダ雨量計という観測装置を利用し、下水道支援に役立つ予測モデルを独自に作成する。

この作成した予測モデルで実データを利用し、ワークステーション上にて演算、検証を行う。

## 2 細密レーダ雨量計測定の特徴

近年、導入が図られてきた下水道向けレーダ雨量計には、その使用目的や機能において特徴がある。また、レーダ雨量計の発展には計算機の寄与する所が多いが、計算機ハードウェア及びワークステーションを中核とするマンマシン技術の発達により運用方法にも変化をもたらしている。従来の気象観測のレーダ雨量計と下水道向け細密レーダ雨量計の相違点をまとめると次のようになる。

- (1) 観測範囲のメッシュサイズを比べると気象観測用レーダは一辺3Km程度と広いが細密レーダ雨量計は250mから500mと観測メッシュが細かい。250mメッシュの場合、3Kmメッシュに対して14.4倍の細かさで観測可能となる。
- (2) 下水道支援の為に迅速な情報処理が必要とされる。気象観測用レーダは15分程度のスパンの観測周期であるのに対して細密レーダ雨量計は2.5分という短周期の観測周期を実現している。

### 3 下水道向けレーダ雨量計システムにおける降雨移動予測

レーダ雨量計では地上雨量計において不可能であった平面的な降雨の状況が把握できる。このレーダ雨量計測定データを利用し予測値を演算することで最終的に下水道運転支援に結びつけることに有効となる。

舗装化率の高い都市降雨においては降り始めから下水処理場、ポンプ場に雨水が流入するまでの時間が数分から数十分と短時間である。この場合、しばしば実績降雨量を使用した支援（流入予測）だけでなく、数十分後の予測降雨量を使用した予測演算が必要となる。よって下水道支援演算を実施する場合、降雨移動予測は必要な技術となる。

上記により下水道向けレーダ雨量計システムにおける降雨移動予測は、長時間に高密度の地域降雨傾向を予測するものではなく、最大30分程度で細密度の地域降雨量の予測演算を実施する必要がある。

### 4 下水道向け降雨移動予測の特徴

気象レーダを利用した数時間後までの広い密度での移動予測では他の気象条件要素を加えて使用することもある。下水道支援用の降雨情報システムでは前記の移動予測とは機能と目標で違いがある。特徴をまとめると次のようになる。

- (1) 気象レーダ短時間予測とは1～3時間先の予測を意味しているが下水道運転支援や下水道流域の流下、流入時間を考慮すると下水道向けの降雨予測は5分から30分後の予測が重要である。
- (2) 高速自動演算の為に人間の判断なしに演算可能なことが必要である。
- (3) 降雨パターンにより予測演算不可能な場合、観測範囲外からの初期予測不可能な場合等を自動で判断することが必要である。
- (4) 最終的に利用する流入予測演算の為に地点予測降雨量の高い精度が必要となり同時に降雨域地点位置の正確さも要求される。

これらから下水道向けの降雨移動予測は、従来の降雨移動予測に対して予測時間が短い点や予測範囲が狭い等比較的易しいところもあるが観測密度が細かい為、演算手法、地域性、精度の面で解決すべき多くの課題が存在する。

### 5 降雨移動予測モデルの特徴

#### 5.1 降雨推移の特徴

降雨予測を行うに当たって、移動方向を算出するためには何に注目すべきであるか検討する必要がある。

降雨の推移をよく観察すると観測域全体が一定方向に変化していない事がわかる。そこでよく観察してみると雨域単位や降雨強度別に推移していることが多いことがわかる。さらに、この点に注意してみると雨域が比較的小さい場合は、上記のことがいえるが、大きな雨域は同じ雨域でも方向が異なり、雨域よりも地域性の高い事がわかる。

雨域の移動は、降雨の画面表示では降雨の有無に左右されるが、特に弱い雨は雨域の発生消滅が激しく、狭い範囲だけでは方向を判断するのが困難である。また強い雨は雨域の変化という点では変動が少ないが降雨強度の変化が激しい事がわかる。

降雨は移動だけでなく雨域の形状、大きさも変化しており、移動だけを考慮した予測では、特に雨域の変化の激しい局所的な豪雨では精度が著しく低下するため雨域の拡大、縮小も考慮する。

このように雨は様々な形態が混じり合って時々刻々と変化する。降雨の予測を行うためには、これらの性質（レーダ雨量計観測結果の特性）を十分に考慮に入れて行う必要がある。

#### 5.2 降雨移動予測技術

降雨情報をデータ監視するという利用形態だけでなく、高度に活用していくためには予測技術の充実が不可欠である。以下に降雨予測基本手法、シミュレーション結果について述べる。

前述したが短時間降雨予測は、一般的には3時間後までの予測を指しているが、下水道に応用する場合は、30分後程度の予測を指す。

降雨予測手法は従来から、雨域追跡法、相互相関関数法、重心法が代表的である。また、最近ではニューロ等の新しい手法も検討されているが自然現象を扱う予測は非常に難しく、それぞれに一長一短がある。

ここでは相互相関関数法をベースとした降雨移動予測について概要説明するとともにシミュレーション結果を示す。

相互相関関数法は、現在時刻の降雨強度分布  $R_r(x, y, t)$  と、過去の  $c$  分前の降雨強度分布を任意に  $(a, b)$  メッシュ移動させた降雨強度分布  $R_r'(x-a, y-b, t-c)$  との相関係数が最も良く(最大)なった場合を、移動方向とする。将来の移動方向はここで求められた方向を外挿する。相関係数は次式で表される。

$$\text{相関係数 } r = \frac{\sum (R_r - \overline{R_r}) \cdot (R_r' - \overline{R_r'})}{\sqrt{\sum (R_r - \overline{R_r})^2} \cdot \sqrt{\sum (R_r' - \overline{R_r'})^2}}$$

図5. 2. 1に移動方向算出の様子を示す。

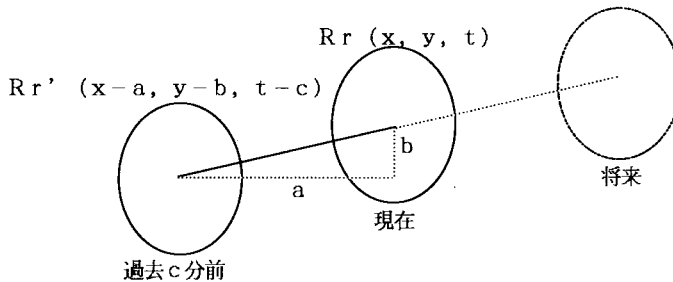


図5. 2. 1 移動方向算出の様子

これらの相互相関関数法をベースとした降雨移動予測モデルを作成し、検証した結果を図5. 2. 2、図5. 2. 3に示す。

ここで図5. 1. 2は現在観測データで一辺500mで表示している。そのデータを移動予測モデルにて演算した結果が図5. 1. 3である。細かい線が一辺2.5Kmで表現した移動方向(演算結果)で上空気流の方向と強さ(ベクトルの長さ)を表現している。丸印からのびている線が雨域の移動予測ベクトルで2.5Km毎に地域分割して表現している。予測時間は15分後の結果で15分後の実データの移動方向を高速履歴再生にて目視にて確認しても移動方向が一致している。

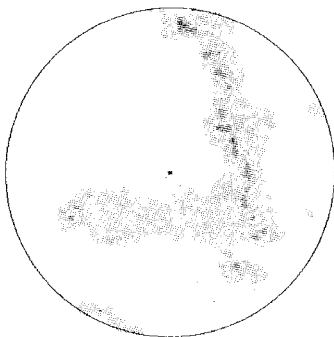


図5. 2. 2 現在観測データ

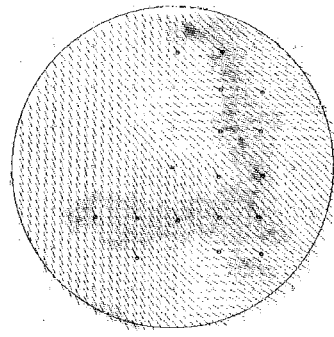


図5. 2. 3 15分後予測演算データ

## 6 まとめ

代表的なパターンの移動ベクトルにおいて、15分後までの予測は高精度に演算可能なことが実証できた。特に降雨域形状変化の少ない降雨は定量値も含めて30分程度まで予測可能である。ただし、降雨域の形状の変化が激しいものは移動方向(定性的)は演算可能であるが雨域や雨量値の精度は低くなる傾向にある。また、計算機の発展により細かいメッシュ単位での演算もオンラインで実用可能となり、下水道支援のひとつである人員配備計画等では十分実用可能となることを確認できた。

