

狭域レーダ雨量計による雨域移動方向の計測

近藤真一

(株) 東芝 府中工場 情報処理応用システム部
東京都府中市東芝町1丁目

概要

狭域観測用のレーダー雨量計は、一部の自治体においては既に導入が計られ、また計画中の自治体も数多くある。従来のレーダ雨量計に比較して、これらのレーダ雨量計は観測のメッシュが、一辺当たり250～500mと非常に小さく非常に詳細な観測が可能となり、また観測周期も2.5分程度と短時間である。従来のレーダ降雨量計の場合、3kmメッシュの観測であり、観測周期は15分程度である。ここから得られた2次元の降雨量データを入力として、計算機により雨域の移動方向を演算で求める手法を開発、実データで検証した。計算モデルとしては、移動ベクトルは、時間的に連続する降雨量のパターン認識により計算し、計算対象範囲が100km以内程度の狭い範囲について実施する。移動方向の計測の結果は、都市化が進み雨水の流入量の増加と、時間の余裕がなくなってきた下水処理場のポンプ運転等の支援に有効に利用可能となる。

今回実データを元にした、計算モデルの開発、検証を実施し、狭域レーダ雨量計による雨域移動方向の計測が実用に可能なことを確認できた。

キーワード

レーダ降雨量計 降雨移動予測 下水道ポンプ運転支援 都市降雨 降雨移動ベクトル

1. レーダ雨量計の降雨の特徴

近年下水処理運転支援の一貫として導入の検討や実施が行われているレーダ雨量計は、従来設置、運用されてきたレーダ雨量計と、原理的にはその測定方法や運用方法は同様であるが、その使用目的や機能において下水道用のレーダ雨量計の特徴がある。またレーダ雨量計の実現には、デジタル計算機の寄与する所が多いが、計算機の最近のハードウェア及びエンジニアワークステーションを中核とするマンマシオン技術の発展により、その運用方法に変化をもたらして来ている。従来の気象観測のレーダ雨量計と下水道用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、メッシュサイズが従来のレーダ降雨量計は、一辺3Km程度であるが、後者は250mから1Km程度と観測単位が狭い。250mメッシュの場合3Kmメッシュに比較して144倍の細かさで観測可能となる。
- (2) ポンプ運転支援などを利用するため、オンライン処理が基本となり、降雨移動予測等も計算機による自動化が必要。
- (3) ポンプ運転などは、豪雨時1分1秒を争う運転操作を求められる為、高速にデータ処理を実施し末端の雨量表示端末画面に、できるだけ時間遅れがなくデータを伝送する必要がある。
- (4) 雷雨等の狭域のすばやい天候の変化を観測することが、重要な目的となるのでその動きに対応可能な観測ピッチが必要となる。下水道用では、2.5分ピッチ程度になっている。

2. レーダ雨量システムにおける降雨移動予測の位置付け

レーダ雨量計では、地上雨量計では不可能であった平面的な降雨の状態が把握できる。このデータの利用により最終的にはポンプの運転支援に結びつけることが目標となる。その為には、時系列の降雨パターンより、将来の降雨予測が可能であれば、ポンプ運転に非常に有効である。

都市の舗装化率の向上等により、下水処理場やポンプ場に流入するまでの時間が、数分から数十分の環境では、実績降雨を使用した流入予測だけではなく、数十分後の予測降雨量を使用した流入量予測計算が必要となる。したがって、ポンプ場の流入予測計算を実施する場合、降雨移動予測は必要な技術となる。また下水道用のレーダ雨量計システムにおける降雨移動予測は、長時間の降雨の傾向を予測するものではなく、最大限1時間程度までの、1つの下水処理場が管轄する範囲の狭域における降雨の予測を実施する必要がある。

3. 下水道用降雨移動予測の特徴

従来の降雨移動予測は、気象予測で行われているような数時間後までの広い地域における移動予測である。またその予測には、気象学的な要素を使用することもある。下水道用の降雨観測システムでは、それらの移動予測とは機能と目標で違いがあり、特徴をまとめると次のようになる。

- (1) 従来短時間予測は、1～6時間先の予測を表しているが、ポンプの運転制御や下水の管轄する流域の流下時間から考慮すると、下水道用の降雨予測は5分～60分の予測が重要である。
- (2) ポンプ場の流入計算に最終的には使用するため、予測降雨量にたいして定量的に高い精度が必要となる。
- (3) ポンプ運転支援の為、降雨移動予測も、現在降雨量の配信と同様に、オンラインでできるだけ高速に配信する必要がある。
- (4) 降雨の状態は、前線型、台風型や雷雨型などいろいろなものがあるが、高速自動演算のため、人間の判断なしに計算可能なこと。
- (5) 雷雨などの、降雨域が狭く従来正確な観測が不可能で、従って降雨移動予測も不可能であった、降雨に対する降雨状況について予測する必要がある。

以上のように下水道用の降雨移動予測は、従来の降雨移動予測と比較して予測時間が短い点や、予測範囲が狭い等易しい面もあるが、観測メッシュ単位が小さいために、計算手法、計算精度の面で解決すべき多くの課題が存在する。

4. 降雨移動予測モデルの特徴

4. 1 前提条件

上記の要求を満足する、下水道用の短時間降雨予測手法を実データを元に開発を行い、その有効性を検証した。

開発の前提条件としては、降雨パターンの移動を追跡する事を目標として、人間の視覚による移動方向の認識が最も優れているものとした。降雨パターンを降雨量で色分けし、そのパターンを高速で履歴再生表示し、人間の視覚で降雨の移動が認識可能か試験を行い次のような結論を得た。

- (1) 台風型の降雨については、はっきりその移動方向が認識可能であり、一定時間降雨の形が持続する。
- (2) 前線型の降雨については、降り始め降り終わり時には、降雨移動が容易に把握可能であるが、降雨の最中では、移動の有無及び方向が認識できにくい、かろうじて認識可能である。
- (3) 雷雨型の移動は、移動が観測可能であるが持続時間が短く、予測精度を向上するためには、適切な地域分割が必要である。
- (4) 降雨の移動は、短時間においては過去の傾向を継続する。

以上の結論に基づいて、視覚で認識できた移動ベクトルを、デジタル的に処理可能な、次のようなモデルを開発した。

4. 2 移動モデル概要

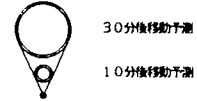
- (1) 移動ベクトルは、時系列的に連続する降雨パターンの比較で求める。
- (2) 予測範囲が、狭域で短時間の予測であるから、降雨域の形状変化はないとし、降雨の増加減は観測地域全体の降雨量の和について、スプライン関数で予測する。
- (3) 比較する2つのデータにおいて、一方のデータを適切にずらして、他方のデータと相関係数を計算する。複数のずらしを行い最も相関の高い場合の、ずれ方向からそれを移動ベクトルとする。
- (4) ずらす方向は計算回数の削減の為に、その一回前に計算したベクトルの延長線より、移動の可能性のある範囲を絞って計算する。

4. 3 相関係数

相関係数は、種々検証したが計算時間の短さ、及び人間の視覚と一致する点から以下のような関数 f を採用した。

$$f = (a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2 + \dots + \dots + (a_n - b_n)^2$$

a_n : 移動前の降雨のメッシュのデータ
 b_n : 移動後の降雨のメッシュのデータ



5. 実データによる検証結果

図1に、雷雨型の降雨パターンを示す。112 Km * 112 Kmの範囲を表示している。局地的に非常に強い降雨域がある。雷雨の大きさは南北7 km、東西50 km程度であり、50 mm/h程度の強さの降雨である。降雨が有る地域とない地域がはっきりしている雷雨独特の降雨パターンであり、ポンプ運転にはもっとも警戒すべき降雨である。図1において黒丸の線分は降雨の移動ベクトルを表している。黒丸は10分毎の移動を示す。降雨は、南南東に40 Km/h程度の速度でほぼ一定速度で移動していることが計算され、その値を画面上に表示したものである。30分前に、移動ベクトルが曲がっているが、降雨が強い場所が急激に雷雨の降雨内で移動したためである。但しこのとき降雨の形状は余り変化していない。

この降雨移動ベクトルを元に10分後、及び30分後の移動を計算しその結果を、それぞれ円で表している。移動方向は、南南西の方向に連続的に移動する。30分後には、相模湾に強い雨域が移動すると画面から予測できる。図2に30分後の実際の降雨の様子を示す。図1の降雨移動で予測したように相模湾に雷雨が移動している。降雨の形状も東側が多少降雨が強くなっているが、ほぼ似たような形状になっている。

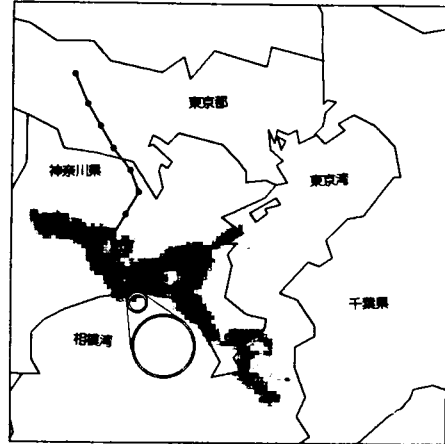


図1 雷雨時のレーダ降雨計測値と降雨移動ベクトル

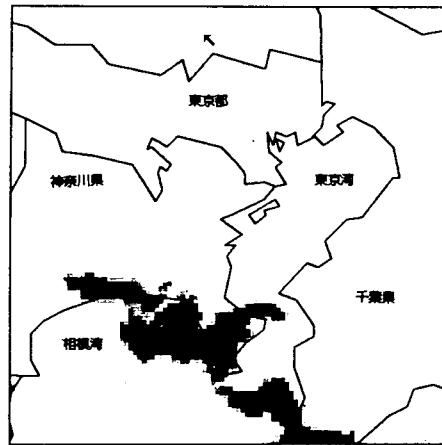


図2 30分後のレーダ降雨計測値

6. まとめ

台風、雷雨時移動ベクトルは、高精度に演算可能なことが実証できた。降雨域の形状変化の少ない雷雨時は、30分程度まで雷雨を予測可能である。但し台風等は、降雨域の形状変化が激しく、移動ベクトルは計算可能であるが将来の降雨予測域の精度が低くなる可能性があり、何らかの方法で降雨域の形状の予測が必要である。

計算機による計算時間も、移動予測方向の絞り込みにより、オンラインでの予測として十分実用になること確認できた。

