

レーダ雨量情報による降雨移動予測 の現状と雨水対策への活用

松川一貴*, 川崎直*, 有沢雄三**

* 川崎市建設局下水道建設部計画課
川崎市川崎区宮本町1番地

** 財団法人日本気象協会開発調整部
東京都豊島区東池袋3-1-1 サンシャイン 60 55F

概要

川崎市では、平成3年度に開局した広域レーダ雨量情報システム「レインネットかわさき」を、雨水対策に活用しており、現在では、雨水貯留施設の効率的な運転管理などのためにも、局地的な地形の影響や雨雲自身の運動を考慮した、短時間降雨移動予測の開発が望まれている。本稿では、川崎市と日本気象協会の協力により開発された、広域レーダ雨量情報システムの5分毎の観測データを用い10分間隔で90分先の降雨分布まで予測する、ニューラルネットワーク手法を適用した短時間降雨移動予測について報告する。

キーワード

レーダ雨量情報, 気象予測, 短時間降雨移動予測, 雨水施設の運転管理

1 はじめに

多摩丘陵の辺縁部に位置する川崎市は、東西 30.82 km、南北 19.23 kmと東西に細長く、海面からの高度は、傾斜地の多い西北部で最高 148.0m、低平地からなる東南部で最低 0.5841mとなっており、丘陵地と低平地から構成されている。

川崎市の下水道は、低地域の浸水対策として昭和6年に着手され、現在までに4つの処理場を整備し、人口普及率は97.3%(平成11年度末)にまで達している。市内4つの処理区の内、東南の低平地に位置する“入江崎処理区”及び“加瀬処理区”は合流式で、西北の丘陵地に位置する“等々力処理区”及び“麻生処理区”は分流式で整備が行われている。

近年では、急激な都市化の進展に伴う雨水浸透域の減少や、降雨特性の変化等により、新たな都市型水害も多発しており、下水道の担う役割は高度化しつつある。現在では、従来の“速やかに排除する下水道”に加え、大規模な雨水貯留管などの雨水貯留施設も順次整備され、これらを組み合わせることにより都市の浸水安全度の向上を図っているところである。

このような、雨水対策には、流域全体の定量的な降雨分布の把握が必要であり、川崎市では市西北の丘陵地にレーダ雨量計を設置し、平成3年度から広域レーダ雨量情報システム「レインネットかわさき」として運用を開始しており、雨水施設の運転管理や、防災関連情報として役立てている。しかしながら、従来の「レインネットかわさき」では、リアルタイム或いは過去の降雨情報が得られるのみであり、適切な雨水施設の運転管理や、迅速かつ確実な雨水貯留施設の制御、さらに大降雨時における適切な早期動員体

制の確立などのためには、降雨移動予測の開発が急務であった。

本稿は、川崎市と(財)日本気象協会の協力により開発した「短時間降雨移動予測」について報告するものである。

2 レインネットかわさき

川崎市の広域レーダ雨量情報システム「レインネットかわさき」(表-1、図-2)は、市西北部にあるレーダ基地局で、半径100kmの観測範囲(図-1)を2分30秒周期で連続して観測しており、この観測データは、約20km離れた等々力水処理センター内の中央管理局に、下水道暗渠内に布設された光ファイバー(以下「下水道光ファイバー」という)を通じてリアルタイムに伝送され、さらに中央管理局ではオンラインで接続された市内14箇所の地上雨量計のデータを活用しキャリブレーションを行い精度向上が図られている。

「レインネットかわさき」では、観測されたデータを、500mメッシュ単位の降水強度データに変換し、パターン表示しており、このデータは下水道光ファイバーで、市内各地に点在する処理場や主要なポンプ場、下水道事務所、市役所本庁舎に配信され、雨水対策や防災情報として活用されている。

またこの情報は、半径100km圏の観測範囲を有しているため、川崎市へ移動する雨域の移動速度を30~40km/hrと考えると、市内に降雨が到達する約3時間前から雨域を観測できるものであり、雨水対策の動員体制やポンプ場などの雨水施設の運転管理を行う上での観測範囲としては、十分なエリアをカバーしていることとなる。

表-1 「レインネットかわさき」の緒元

所在地	川崎市麻生区栗木台5丁目
標高	アンテナ標高 TP164.6m (地上 52.35m)
周波数, 出力	9770MHz, 70kW
観測範囲	定量 100km, 定性 120km
レドーム直径	約7m
アンテナ直径	3m円形パラボラ
観測単位	距離方向 500m/1000m
メッシュ	方位方向 360° /256(約1.4°)
観測周期	2分30秒
降雨強度算出	0~255mm (1mm/hr)

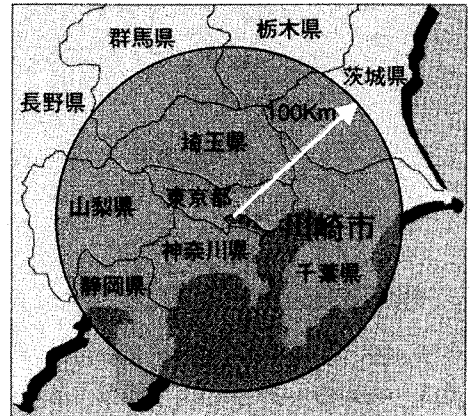


図-1 「レインネットかわさき」の観測範囲

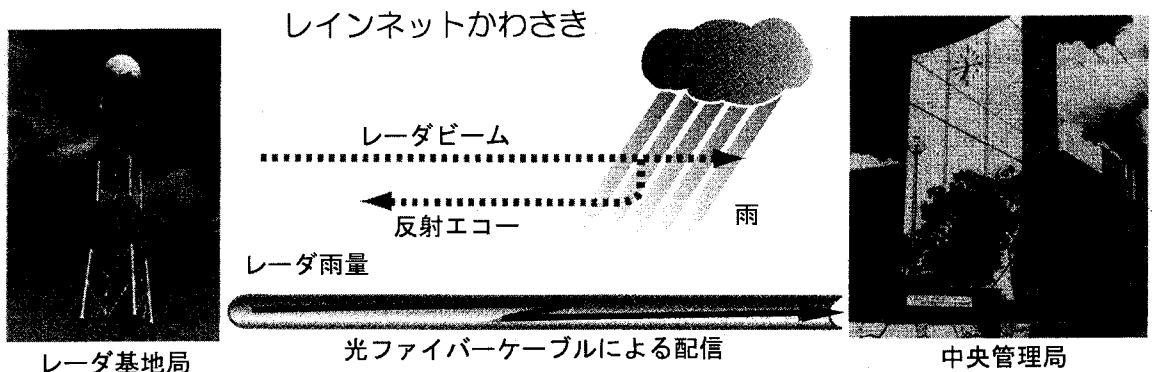


図-2 「レインネットかわさき」のイメージ

3 短時間降雨移動予測（ニューロ予測）

近年特に発生が目立つ、局所的な集中豪雨などの短時間に強い降雨をもたらす雨雲は、通常の降雨のように上層の風系に乗って移動するとは限らず、局地的な地形の影響や雨雲自身の運動により、複雑な動きを示すことも多く、都市内の雨水対策に活用する降雨移動予測では、広域のレーダで実績のある、地形効果と上層風を加味した外挿法では、十分な精度の出ないことが予想された。

川崎市では、他県において河川の水位予測をニューラルネット手法で行うことで、良好な実績が得られている事例³⁾や、比較的小地域のレーダエコーの移動予測への適用実績⁴⁾もあることから、短時間降雨移動予測へのニューラルネット手法の適用性を調査し、既存のデータを対象とした適用結果から、実用に耐えるものと判断し、現在では、表-2に示す概要の短時間降雨移動予測を実施し、予測結果を市役所本庁舎に配信し、防災情報として活用している。今後、さらに下水道光ファイバーで接続された「レインネットかわさき」の端末を設置している各施設へも配信し、雨水対策の重要な情報として有効に活用していく計画である。

表-2 短時間降雨移動予測の概要

基礎データ	<ul style="list-style-type: none"> ◆「レインネットかわさき」レーダ雨量データ ◆川崎市内地上雨量計データ ◆気象庁レーダアメダス合成雨量データ
適用手法	ニューラルネットワーク手法
情報のフロー	川崎市レーダ基地局(観測)→ →川崎市中央管理局(情報処理)→ →NTTサイバーソリューション研究所(予測解析)→ →川崎市本庁、その他(活用)
予測の活用先	<ul style="list-style-type: none"> ◆川崎市雨水対策 <ul style="list-style-type: none"> ・早期動員体制, ・雨水貯留施設の運転管理, ・ポンプ場運転管理, ・その他防災関連情報 ◆ 近隣自治体及びその他一般の防災情報

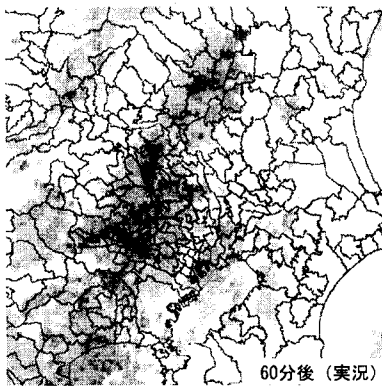
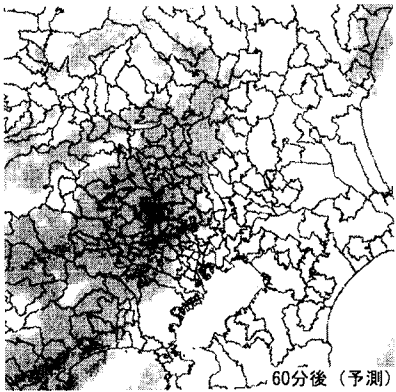
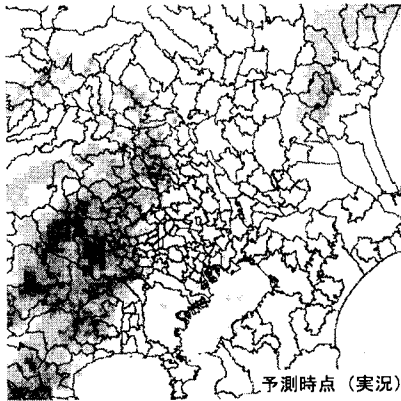
ニューラルネットによる短時間降雨移動予測の元となる「レインネットかわさき」のデータは、川崎市内の地上雨量計とのキャリブレーションは行っているが、市外の精度を向上する必要があることと、雨域の動きをより正確に把握するために、市の周辺部分については気象庁の「レーダアメダス合成雨量データ」を付加している。ニューラルネット手法では、データ解析に高速な並列処理が要求されるため、川崎市では、ソフトウェア開発を行った「NTTサイバーソリューション研究所」（横須賀市）にデータを専用回線で送信し、解析結果を受信する形で得ており、また、この予測結果は、民間気象会社を通じて公開され、近隣自治体やその他一般にも広く防災情報として利用されている。

データの流れと原理を表-3に示す。（レーダデータに適用しているニューラルネットワーク手法の詳細は文献5）を参照されたい。）

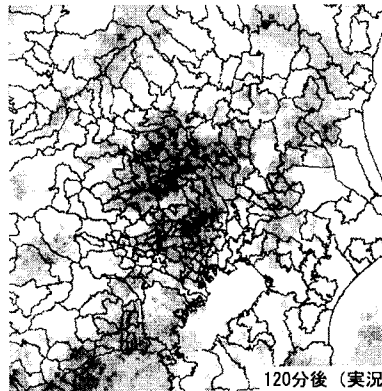
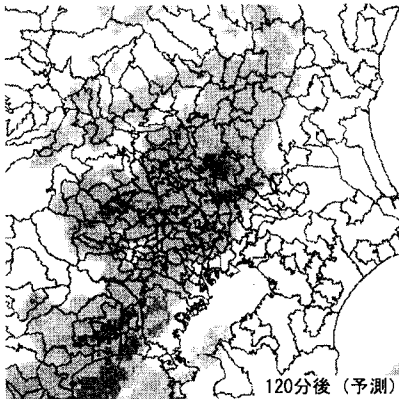
このニューラルネットによる短時間降雨移動予測分布画像の例を図-3示す。現時点では十分な事例の蓄積がなく、定量的な精度検証については行っていないが、気象庁発表の降水短時間予測では十分把握しきれない局地的な降雨分布の極短時間予測として活用することができ、予測と実況画像はよく類似した雨域と降雨強度が示されている。対象流域の予測降雨量を把握する上では実用に耐え得るものと考えられるが、データの蓄積とシステムの学習が進んだ時点で定量的な精度検証を行う予定である。

図-3 短時間降雨移動予測（ニューロ予測）画像
と実況画像との比較例

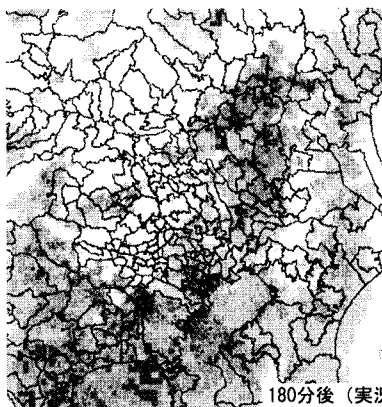
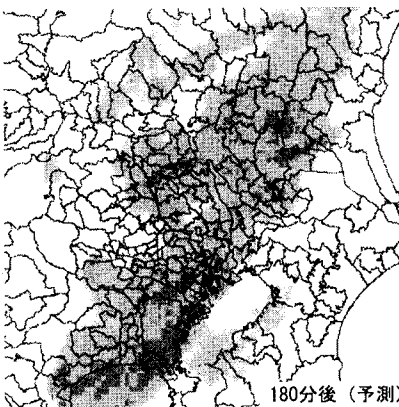
2000年7月25日, 18時30分実況に基づく
60, 120, 180分先の予測



「レインネットかわさき」
のデータを入力値として
行ったニューロ予測 (60
分後)
降雨分布は非常に近似
している。



「レインネットかわさき」
を元データとしたニュー
ロ予測結果を入力値とし
て行ったニューロ予測 (予
測時間の延長, 120分後)
この段階でも降雨分布
は, かなり近似している。



同上 (予測時間の延長,
180分後)
誤差が目立ってはいる
ものの, まずまずの近似が
得られている。

表-3 ニューロ予測の手順

使用データ	元データは2.5分間隔であるが、エコーの移動距離が短すぎるため、5分毎のデータを使用。データは256段階の強度表現とする。
入力範囲	ある時刻の予測地点の降雨量は、1時刻前(5分前)における予測地点とその近傍の降雨量から推定できると考えられる。また、5分間での雨域の移動は最大でも3.5km(移動速度40km/h)程度と考え、予測地点を中心とする周囲4kmの範囲の地点の降水量を入力要素とする。
学習過程	1時刻前の近傍地点降雨量と対象時刻の対象地点の降雨量との関係は、あらかじめ5分差ある2つのエコーデータを組で多数用意し、これをニューラルネットワークの入出力データとして学習させることで獲得しておく。この関係は新しいデータの入力により学習が強化され、精度が向上していく。また、予測に用いる関係は各格子点毎に求めるため、地形の影響による降雨の増強や減衰も含み得るものとなっている。 なお、過去データの中に含まれる関係を抽出して予測に利用するので、これまで現れたことのない変化パターンは原理的に予測できないが、ある程度の期間のデータ蓄積により実用的な精度に達する。
予測時間	計算は超並列計算機(CM200a, 4096プロセッサ)で行い、5分間隔の予測は可能だが、実用的には10分おきの予測で十分と判断し、現在は10分おきに最新のデータによる予測を行い、90分先の降雨分布まで予測。
延長時間	予測された降雨分布を入力値として同様に予測計算を行うことで、予測時間の延長ができ、180分先の降雨分布の予測も可能。
精度	他地域での試験では、従来型の予測手法(持続予報及び相互相関法)に比べて誤差が約2/3に減少することが示されている。

4 短時間降雨移動予測の雨水対策への活用

川崎市では、これまで既定計画である5年確率(52mm/h)の雨水整備を実施してきたが、雨水浸透域の減少による雨水流出量の増大を勘案すると、実質の雨水施設の能力は2年確率程度にまで低下しているものと考えられる。また、平成4年度には、市長の諮問機関である「川崎市総合雨水排水対策検討委員会」から「川崎市における総合雨水排水対策のあり方に関する答申」がなされ、現在では、この答申にしたがい、雨水整備水準の長期計画目標を10年確率(58mm/h)として施設整備を進めているところである。

10年確率の雨水整備手法としては、地域特性を考慮し、より経済的で高い効果が期待できる対策を計画しており、低平地でかつ古くから下水道整備が行われてきた合流地区では、そのほとんどが密集した市街地であるために、面的な増補管や新たなポンプ場などの建設は極めて困難であるため、既設管の能力を超過する雨水を一時的に雨水貯留管などに貯留し、グレードアップを図る手法を採用している。現在では、このような「量対策」としての雨水貯留管が15箇所計画されており、このうち5箇所が完成し、3箇所について建設が進められている。一方、丘陵地に位置する分流地区では、汚水整備を先行して行ってきた経緯もあり、新たな雨水管の整備などにより、雨水整備水準の向上を図る計画としている。

一方、環境面での意識が向上している現在では、

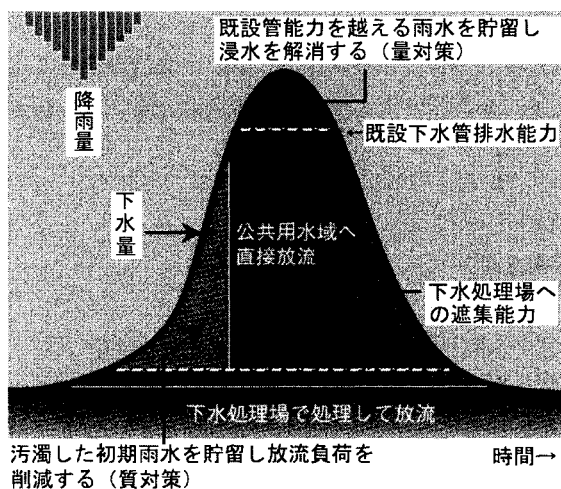


図-4 質・量対策の貯留概念

合流地区における初期雨水を原因とした公共用水域の水質汚濁が問題となっており、合流式下水道からの雨天時越流水による総放流負荷量の削減を目的に、“質対策”として、流域 10mm 相当の初期雨水を貯留する「雨水滞水地」や図-4 に示す概念の「量対策と併用利用する雨水貯留管」の整備が進められており、現在までに、4 箇所雨水滞水池が完成しており、3 箇所の雨水貯留管の建設が進められている。

質対策と量対策を併用利用する雨水貯留施設では、通常は質対策量が流入してくるが、量対策が必要な場合には、必要対策量を空けて待機する必要がある。そこで、量対策の必要性の判断が必要となってくるが、量対策が必要となるような降雨は、過去の降雨を考察すると、台風などの大降雨であり、比較的予測がしやすく、「レインネットかわさき」による“面的な降雨観測”と“短時間降雨移動予測”により、約 3 時間前にその必要性が判断できることとなる。これによって、雨水貯留施設の計画降雨に対する事前の運転準備ができることとなる。

また、川崎市のポンプ場のほとんどは、常時は無人で、巡回方式による管理体制をとっているため、大降雨時には事前の動員体制を的確に行う必要があり、「レインネットかわさき」の降雨情報や降雨予測はその判断の重要な情報となるものである。

5 まとめ

川崎市の雨水施設の運転管理には、降雨予測は必要不可欠なものであるが、この要求に耐え得る精度や分解能を有する降雨予測は、従来存在しなかった。今回、川崎市のレーダデータにニューラルネットワーク手法を適用することにより、比較的高い精度で短時間の降雨移動予測情報が得られることとなり、雨水施設の運転管理に活用できることとなった。

一方、降雨移動予測の元データとなる「レインネットかわさき」の精度向上も現在進められており、今後、より精度の高い降雨移動予測が期待できる。現時点では、十分な予測事例数が得られていないので、今後、蓄積された予測データと実況とを対比して誤差分析し精度検証を行う予定である。

また、精度向上された予測データを活用した雨水施設の運転管理システム等についても、さらに高度な利用方法について検討を進めていく計画であり、資産の集積が著しく浸水ポテンシャルの高い都市域における、浸水安全度の向上に寄与することが期待できる。

さらに、川崎市では下水道管理の高度情報化として整備が進められている下水道光ファイバーが、一般行政利用としても平成 13 年度から供用されることとなり、市民の訪れる機会の多い各区役所などとも接続されることから、各区役所などへも「レインネットかわさき」や「短時間降雨移動予測」などの気象情報を配信し、市民が浸水被害に対して自己防衛できるような情報環境の整備にも取り組んでいきたいと考えている。また同時に、浸水被害の危険性を市民に訴えることで市民の防災意識への啓発ができるものと考えている。

【参考文献】

- 1) 大川昌俊：「レーダ雨量計のキャリブレーションについて」第 30 回下水道研究発表会講演集，pp787-791，1993
- 2) 大川昌俊，藤倉茂起：「レーダ雨量計の精度検証」第 32 回下水道研究発表会講演集，pp128-130，1995
- 3) 磯部勇，大河戸輝夫，羽生田英彦，小田誠一，後藤祐輔：「ニューラルネットワークによる水位予測システムの開発」，水文・水資源学会誌，Vol.7，No2，pp90-97，1994
- 4) 篠沢一彦，藤井雅彦，曾根原登：「局所並列計算による降雪レーダ予測方式の検討」，電子情報通信学会論文誌，Vol.J78-D-II，No.7，pp1144-1149，1995
- 5) 落合慶広，鈴木英人，鈴木智，曾根原登，徳永幸生：「ニューラルネットを用いた気象レーダ画像による降雨・降雪予測」電子情報通信学会論文誌，Vol.J81-D-II，No.7，pp1631-1638，1998