

〈研究発表〉

下水道施設への X バンド MP レーダの導入と活用

星野 晃¹⁾、柏木 俊治²⁾、田辺 啓³⁾

¹⁾(株)東芝 水・環境システム技術第二部
(〒 212-8585 川崎市幸区堀川町 72-34 E-mail: koichil.hoshino@toshiba.co.jp)

²⁾(株)東芝 電波応用技術部
(〒 212-8581 川崎市幸区小向東芝町 1 E-mail: shunji.kashiwagi@toshiba.co.jp)

³⁾(株)東芝 水・環境システム技術第一部
(〒 212-8585 川崎市幸区堀川町 72-34 E-mail: hiraku.tanabe@toshiba.co.jp)

概要

浸水から市民の生命・財産を守るために、下水道施設は降雨状況を的確に把握し、雨水を排水する重要な役割を担っている。当社では、降雨時における雨水ポンプの運転支援を目的として、降雨を観測するための X バンド (9 GHz 帯) MP (マルチパラメータ) レーダを下水道施設に納入した。今回納入したレーダは、従来のレーダの課題を改善し、精度の高い雨量情報の提供が可能である。今後は、この高精細な雨量情報を活用した雨水対策技術により、浸水リスクの低減に取り組んでいく。本稿では、MP レーダ導入の利点と当社の雨水対策技術である雨水ポンプダイナミック制御活用の効果について報告する。

キーワード：X バンド、二重偏波レーダ、雨水排水
原稿受付 2016.7.11

EICA: 21(2・3) 114-116

1. はじめに

近年、気象庁の統計では時間 50 mm 以上の非常に激しい雨の年間発生回数は年々増加傾向¹⁾にあり、都市の浸水リスクは高まっている。そのため下水道施設の雨水排水機能の重要度は益々高まり、その機能を十分に発揮するためには、降雨情報の入手が必要不可欠である。

降雨情報の取得方法としては、地上雨量計による観測が挙げられるが、測定原理上、降り始めの観測精度が悪く、リアルタイム性に乏しいため、降雨の傾向を捉えることに難点があった。それに対し、雨量レーダによる観測は、リアルタイムに広域の降雨情報を入手できるため、大規模降雨への事前対策として、人員配備態勢を整えることが可能となり、浸水リスクの低減に大きく貢献している。

本稿では、雨量レーダの中でもより高精細な観測が可能で MP (マルチパラメータ) レーダの下水道施設への導入の利点を報告する。また、高精細な雨量情報を活用した雨水排水技術として、当社で開発した雨水ポンプダイナミック制御を紹介する。

2. MP レーダ導入による雨量情報の高精細化

従来のドップラーレーダでは、水平偏波のみを用いて、降雨により反射した電波の受信電力から降雨強度

を算出する手法で観測を行っていた。新たに導入した X バンド MP レーダは、水平、垂直偏波の 2 つを用いて、雨粒の形態判別や粒径分布の推定が可能になり、観測精度を高めることが可能となった。表 1 に従来レーダであるドップラーレーダとの代表的な仕様比較を示す。

表 1 ドップラーレーダと MP レーダの比較

項目		ドップラーレーダ	MP レーダ
空中線装置	アンテナ	直径 3m 円形パラボラ	直径 3m 円形パラボラ
	偏波面	水平偏波	水平、垂直偏波
	ビーム幅	0.8° 以下	0.8° 以下
	回転数	3min ⁻¹	3min ⁻¹
送受信装置	送信尖頭出力	70kW	1.2kW
	送信周波数	X バンド帯	X バンド帯
	送信方式	マグネトロン	半導体
データ処理	距離分解能	250m	150m
	方位分解能	1.4°	0.8°
	更新周期	1分	1分

MP レーダに更新したことによる、雨量観測における利点を、以下の 3 項目の視点で述べる。

(1) 細密化

従来のレーダの観測距離による分解能は、0~20 kmの範囲において250 m×250 m、また、20~50 kmの範囲においては500 m×500 mであった。MPレーダへの更新に伴い、装置の処理能力も向上し、観測距離0~50 kmの全域で150 m×150 mの分解能で観測が可能となり、より細密な降雨観測が行えるようになった。

(2) 精度向上

従来の受信電力の大きさを用いた降雨強度の算出方法では、強い降雨によって電波が減衰した場合、強い降雨よりも遠方の降雨からの受信電力は実際よりも小さくなるため、強い降雨において観測精度が低下する課題があった。

MPレーダは、水平、垂直の二重偏波の位相差によって降雨強度を算出する。図1のように、雨滴は大きくなるにつれ、風の圧力で扁平した形状になっている。電波の速度は空気中と水中で異なるため、この扁平した雨滴により、二重偏波のうち、水平偏波は垂直偏波よりも位相が遅れる。これにより、雨滴の空間分布を観測情報により反映させることができ、観測精度が高くなる。また、強い雨によって電波が減衰しても、強い降雨より遠方の降雨による二重偏波間の位相差は減衰しないため、従来のレーダに比べ観測精度を改善することが可能となった。

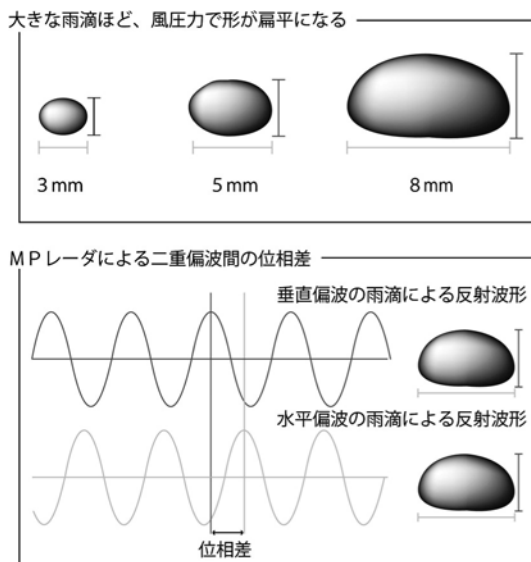


図1 MPレーダの観測概念図

(3) 表示分解能の改善

従来のレーダはマグネトロンを用いて送信パルスを生成していたが、送信パルスの安定度が低いため、受信電力のばらつきが大きいことから、時間1 mm以下の降雨は観測精度が低く、降雨としての表示していな

かった。MPレーダは半導体を用いることで、送信パルスの安定度が改善したため、時間1 mm以下の降雨についても観測精度が向上し、降雨表示が可能となった。

3. 高精細雨量情報の下水道施設への活用²⁾

(1) 下水道施設におけるポンプ運転の課題

下水道施設の雨水ポンプ場において、雨水ポンプの起動、停止の制御は、予め設定されたポンプ井の水位を条件として行っていることが多い。雨水ポンプ井の水位が高い状態で、雨水ポンプの吐出能力を超える雨水が流入すると、都市の浸水リスクは高まる。その対策として、雨水ポンプの起動水位の設定を低くすることが考えられるが、小雨時の流入が少ない状況では、雨水ポンプを起動してもすぐにポンプ井水位が低下し、停止することになる。ポンプの起動と停止を繰り返す運用では、機械的寿命を縮めるデメリットがあるだけでなく、小雨から大雨に状況が変化した際に、ポンプの再起動までに時間がかかり、排水のスタートが遅れることで、結果的に浸水リスクを高めることが懸念される。

(2) 雨水ポンプダイナミック制御活用の効果

雨水ポンプダイナミック制御は、MPレーダの雨量情報や下水管渠内情報などから、雨水ポンプ場への流入量をリアルタイムに把握し、流入量に応じた適切な雨水ポンプの起動、停止水位に動的(ダイナミック)に変化させる制御である(図2)。

雨水ポンプの起動、停止水位の設定を適切に変化させるためには、収集した情報から求められる流入量の正確な演算が重要であり、その演算に用いる情報の精度が、本制御の重要な要素となる。降雨情報を高精細に把握できるMPレーダは、本制御の効果を高める

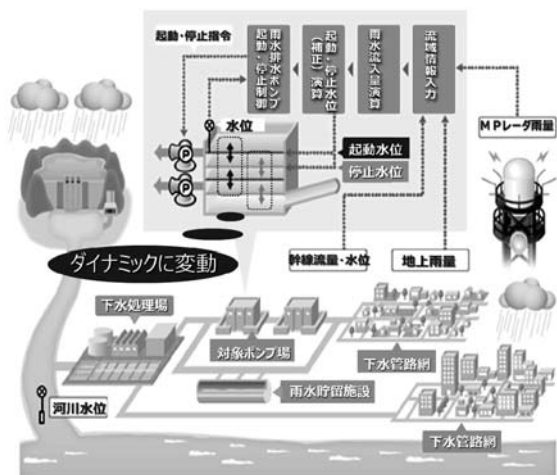


図2 雨水ポンプダイナミック制御の概要²⁾

上で、非常に有効であると言える。本制御の導入により、既存の施設、機器のハード能力を最大限に活用することで、浸水リスクを低減できる。

4. 終わりに

下水道施設の雨水ポンプ運転支援として、X バンド MP レーダ導入による利点とその活用の報告を行った。

X バンド MP レーダを導入することで、従来のレーダと比較し、降雨を観測する上で、(1)細密化、(2)精度向上、(3)表示分解能の改善を図ることができ

た。今後は、レーダにより高精細な降雨情報を活用した雨水ポンプダイナミック制御の導入を推進し、浸水リスク低減に向け、運転支援技術の拡充を図っていく。

参考文献

- 1) 気象庁 HP. <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/heavy_raintrend.html> “アメダスで見た短時間強雨発生回数の長期変化について”
- 2) 平岡由紀夫他. “浸水などのリスク低減に貢献する雨水対策ソリューション” 東芝レビュー Vol. 71, No. 4 (2016)