

VIL ナウキャストへのインプットデータの違いが予測結果に与える影響 The Effects of differences in input data to VIL Nowcast on prediction results

中央大学大学院 学生会員 ○青木 啓祐 中央大学大学院 学生会員 干場 希乃
中央大学大学院 学生会員 清水 啓太 中央大学研究開発機構 正会員 寺井 しおり
中央大学大学院（現：土木研究所）正会員 諸岡 良優 東芝インフラシステムズ（株）正会員 吉見 和紘
中央大学 フェロー会員 山田 正

1. はじめに

近年都市部を中心に、雨が降り始めてから10分後には降雨強度が50mm/h以上に達するような局地的大雨が多発している。¹⁾この局地的大雨は、大きな人的・物的被害および経済損失をもたらす社会に多大なインパクトを与えている。2008年8月5日に東京都豊島区雑司が谷で発生した下水道事故では、現場近くにある豊島出張所の地上雨量計で、午前11時45分に降雨が初めて観測されたが、5分後には約60mm/hに相当する非常に激しい雨が降っていた。その結果、5名の作業員が流され、亡くなる惨事となった。この事故を契機として、数分先、数十分先の雨量を少しでも早く正確に予測することの重要性が再認識された。水難事故・災害をもたらす豪雨は、いずれもごく狭い範囲において突然発生し、急激に発達して、短時間で極めて強い雨が降るものである。こうした局地的に降る大雨の時空間スケールは小さいため、現在の短時間降水予測技術では、十分なリードタイムをもって局地的大雨の発生や発達を予測することは困難である。

本研究で扱う二重偏波フェーズドアレイ気象レーダ（以下、MP-PAWR）（図-1）は、局地的大雨や竜巻を、わずか30秒で立体的に観測することが可能である。現在一般的に用いられているXバンドMPレーダ（パラボラ型アンテナ）は、アンテナの仰角を段階的に上げていくため、3次元空間データの観測時間に5分間を要する。それに対して、MP-PAWRを用いれば、高速、且つ高精度で降雨を立体的に観測することが可能である。図-2にMP-PAWRで観測された3次元降水分布の一例を示す。

本研究では、MP-PAWRによる高速、且つ高精度な降雨の立体観測によって、上空の雨を1分1秒でも早く検知できる強みを活かした気象・水文予測システムを構築し、いち早く水害リスク情報を提供することを目的としている。

本論では、MP-PAWRによる観測値から得た鉛直積算雨水量（以下VIL、詳細は3章にて後述する）を用いて、VILから算出した予測値の精度向上を目的とし、予測値とMP-PAWRによる実測値の統計的な精度評価を行った。

2. 対象流域と対象降雨イベント

本研究では、渋谷川流域（流路延長2.6km、流域面積14.0m²）を対象流域とする。対象降雨イベントは

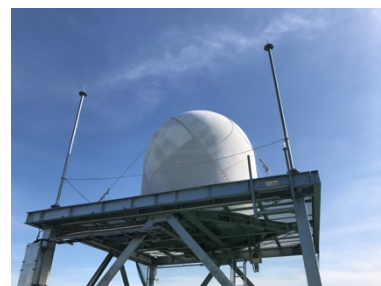


図-1 埼玉大学に設置されたMP-PAWR
(著者撮影)

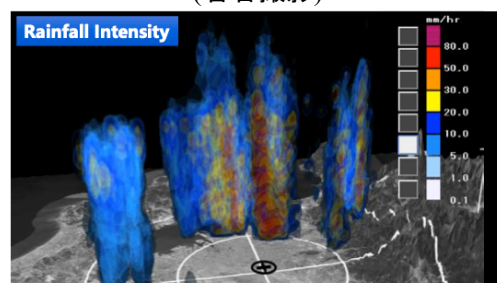


図-2 MP-PAWRで観測した
3次元降水分布の一例²⁾

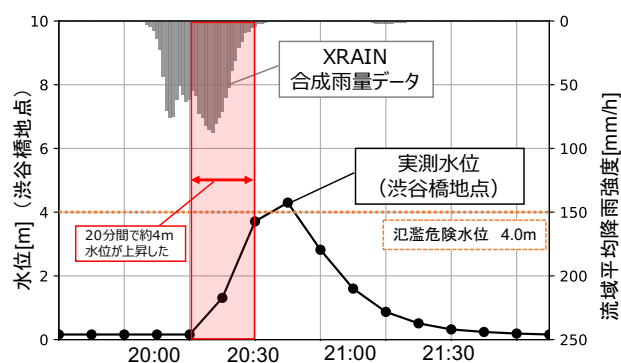


図-3 2018年8月27日 19時30分から
22時00分の降雨イベント（渋谷橋地点）

2018年8月27日19時40分から22時00分までの降雨である。この降雨に伴う洪水では、渋谷橋地点において、20分間で約4m水位が上昇していた。

（図-3）

3. VILを用いた解析手法

VILは、雨水量を高さ方向で積分した、ある地点における上空の水分量である。VILは三次元的に分布している降水雲の特徴を二次元的に表現できる豪雨や降雹など激しい気象現象の発生を示唆するパラメータの一つとして古くから注目されてきた。本研

キーワード 局地的大雨、鉛直積算雨水量、VIL ナウキャスト、予測雨量、FSS

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27 中央大学理工学部 Tel 03-3817-1805 E-mail : a14.n7rr@g.chuo-u.ac.jp

究で用いた VIL ナウキャストは、平野ら³⁾によって開発された局地的大雨の早期予測を目的とした予測手法である。VIL ナウキャストは以下の条件を仮定している。

- ① ある空間の気柱に含まれる雨水量の時間変化が環境から供給される雨（雲粒凝結・併合成長、氷粒子の融解などによる雨滴生成）の量と、雨滴が地表面に落下した量との差に等しいこと。
 - ② VIL と降雨強度の関係が線形であること。
- VIL の時間変化は (1) 式により表される。

$$\frac{d(VIL)}{dt} = S(t) - P(t) \quad (1)$$

ここに、 VIL ：鉛直積算雨水量 $[\text{kg m}^{-2}]$ 、 S ：雨滴生成率 $[\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}]$ 、 P ：降雨強度 $[\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}]$ である。 VIL と降雨強度の関係が線形であると仮定したものを(2)式に示す。

$$VIL(t) = \tau(t) \cdot P(t) + \beta(t) \quad (2)$$

ここに、 τ ：VIL から地上の降雨への変換時間 $[\text{s}]$ 、 β ：地上に降雨が到達するまでに単位面積当たりの気柱に許容できる雨水の量 $[\text{kg m}^{-2}]$ である。(2) 式を(1)式に代入すると、(3)式を得る。

$$\frac{d(VIL)}{dt} + \frac{VIL(t)}{\tau(t)} = S(t) + \frac{\beta(t)}{\tau(t)} \quad (3)$$

(3)式の非同次常微分方程式を解くと、(4)式に示す VIL の予測式を得る。

$$VIL(t+dt) = VIL(t) \cdot e^{-\frac{dt}{\tau(t_0)}} + \tau(t_0) \left(S(t_0) + \frac{\beta(t_0)}{\tau(t_0)} \right) (1 - e^{-\frac{dt}{\tau(t_0)}}) \quad (4)$$

ここに、 t_0 ：解析開始時刻 $[\text{s}]$ である。(4)式を降雨強度に変換すると、次時刻における降雨強度を予測することができる。³⁾

予測雨量の評価手法として FSS を用いた。FSS は、分散化された観測値と予測値によって記述される二乗平均誤差 (MSE) のスキルスコアである。FSS は、ある範囲において降水量の出現割合の一致を 0 から 1 の範囲で示すスコアである。

4. インพุットデータの違いによる予測結果

インพุットデータの解析時間間隔を変えて解析を行った。インพุットデータとする変化量 VIL を 1 分前、移動量 VIL を 5 分前の VIL を用いて 10 分先を予測したものと、変化量 VIL を 5 分前、移動量 VIL を 10 分前の VIL を用いて 10 分先の雨量を予測した。

図-4 は、渋谷川流域における 10 分先予測降雨強度および予測 10 分間累積雨量の FSS を示している。同図より、予測降雨強度は、過去の VIL (変化量 VIL を 5 分前、移動量 VIL を 10 分前) をインพุットとすると FSS のスコアが高いことがわかった。予測 10 分

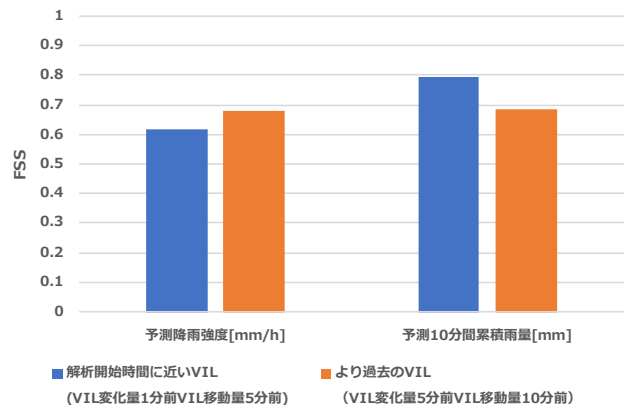


図-4 予測降雨強度および
予測 10 分間累積雨量の FSS

間累積雨量は、解析開始時間に近い VIL (変化量 VIL を 1 分前、移動量 VIL を 5 分前) をインพุットとすると、FSS のスコアが高いことがわかった。

5. まとめ

本研究では、MP-PAWR による高速 3 次元観測から算出した観測値から VIL を算出し、予測値と MP-PAWR (実測値) の統計的な精度評価を行った。その結果、

- ① より過去の VIL をインพุットとすると、予測降雨強度は FSS のスコアが高いことがわかった。
- ② 予測 10 分間累積雨量は、解析開始時間に近い VIL (変化量 VIL を 1 分前、移動量 VIL を 5 分前) をインพุットとすると、FSS のスコアが高いことがわかった。

以上より、FSS のスコアから、予測雨量を概ね予測できていることが示された。

6. 今後の課題と展望

降雨イベントを増やして解析を進めていき、予測値と実測値の傾向を捉える必要があると考えられる。また、気象解析だけでなく上空の雨を 1 分 1 秒でも早く検知できる強みを生かした水文解析を行い、河川水位・流量を予測する。また、気象解析や流出解析の組み合わせることで、都市型水害を対象とし、10 分前から 1 時間前に危険な情報を予測する枠組みの提示を目指す。

謝辞

本研究を進めるにあたり、国立研究開発法人防災科学技術研究所平野洪賓氏の助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 気象庁: 全国 (アメダス) の 1 時間降水量 50mm 以上の年間発生回数
http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html
- 2) Tetsuya Kobayashi et.al.: Development of Multi-Parameter Phased-Array Weather Radar, American Meteorological Society, 99th ANNUAL MEETING, Jan, 2019.
- 3) Kohin Hirano, Masayuki Maki: Imminent Nowcasting for Severe Rainfall Using Vertically Integrated Liquid Water Content Derived from X-Band Polarimetric Radar, pp.201-220, Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol.96, 2018.