

MP レーダによる偏波観測に基づいた 豪雨発生時の降水粒子分布構造の解析

法政大学デザイン工学部 ○学生員 岡田 翔太
法政大学 正会員 鈴木 善晴

1. 目的・背景

近年，地球温暖化や都市化に起因すると見られる記録的な集中豪雨や短時間のうちに急激に積乱雲が発達する局所的な大雨が頻繁に発生するようになっている．このような豪雨が今後も発生すると考えられる中，時間・空間的にきめ細やかな情報を得ることが出来る気象レーダの役割がますます重要となってきた．国土交通省では，既存の C バンド在来型レーダ（以下，C バンドレーダ）に代わる新たな気象レーダとして X バンド MP レーダ（以下，MP レーダ）の平成 25 年度からの実用化を予定している（現在試験運転中）．MP レーダの主な利点として，C バンドレーダに比べ，短い周波数の電波を発射しているため，観測範囲が狭くなるが，より繊細な情報を短い時間間隔で観測できること．C バンドレーダでは水平方向 1 種類のみの電波を発射しているのに対し，MP レーダでは水平方向と鉛直方向の電波を発射し，位相差など様々な偏波パラメータを得られることが挙げられる．

このような背景の中，本研究では局地的豪雨メカニズム解明に寄与する，豪雨発生時における降水粒子の分布構造の解析を目的とし，MP レーダから得られる偏波パラメータをもとに，上空の降水粒子の判別および雨滴粒径の推定を行った．特に，今年度夏季に発生した東京と大阪での集中豪雨に関しては，MP レーダから得られる情報以外のデータも用いた解析を行った．本稿では，主に推定雨滴粒径による解析について述べる．

2. MP レーダによる偏波パラメータの概要

本研究では現在試験運転されている 10 地域 26 基のレーダのうち，三大都市圏のレーダを対象として，その観測データの解析を行った．例として，関東レーダと新横浜レーダを重ね合わせた 8 月 26 日の合成雨量を 図-1 に示す．

MP レーダにおいて得られる偏波パラメータは，雨が強くなると，雨滴の形状が空気抵抗により扁平な形になるという原理に基づく．以下，降雨強度推定と雨滴粒径を推定する際に必要なパラメータについて述べる．

- RR (推定降水強度): 時間当たりの降雨量 (mm/h) .
C バンドレーダでは反射因子から求めていたが，この方法では雨滴の大きさから生じる誤差が大きく，地上の雨量計による補正が必要であった．MP レーダでは雨滴の情報も考慮している比偏波間位相差 (K_{DP})

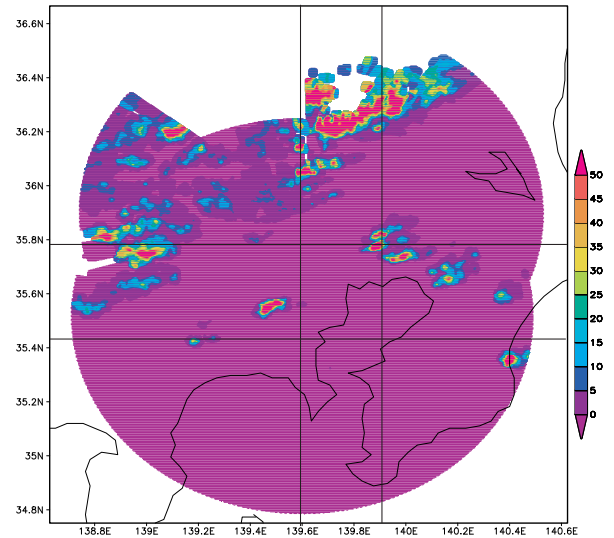


図-1 MP レーダによる合成雨量の一例（関東）

から求めており地上の雨量計による補正は必要としない． $RR = \alpha K_{DP}^\beta$.

- Z_{HH}, Z_{VV} (レーダ反射因子): 水平，垂直偏波面が雨に反射し戻ってくる電波の強度 (dBZ) . 値は雨粒の量に比例して大きくなる .
- Z_{DR} (反射強度偏波比): 水平方向と垂直方向の跳ね返りの強さの比 (dB) . 降雨が強いほど値はおおきくなる . $Z_{DR} = 10 \log(Z_{HH}/Z_{VV})$.

3. MP レーダによる雨滴粒径の推定

雨の降り方には上空の雨滴粒径が密接に関係する¹⁾と言われているが，C バンドレーダでは雨滴に関する情報を得ることは不可能であった．しかし，MP レーダでは反射強度偏波比 (Z_{DR}) など，雨滴に関する偏波パラメータを得ることができ，その偏波パラメータを組み合わせることにより，雨滴粒径の推定を行うことが可能である．

本研究では Z_{DR} と Z_{HH} の値から雨滴粒径の平均値（以下，雨滴粒径）を推定する方法²⁾を用いた．推定式を以下に示す．

$$dm = 0.54 Z_{HH}^{10} Z_{DR} \quad (1)$$

また，本研究では，降雨が観測された領域内で平均値を求め，解析に用いた．

Key Words: MP レーダ, 集中豪雨, 雨滴粒径分布

162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学デザイン工学部 都市環境デザイン工学科 TEL 03-5228-1389

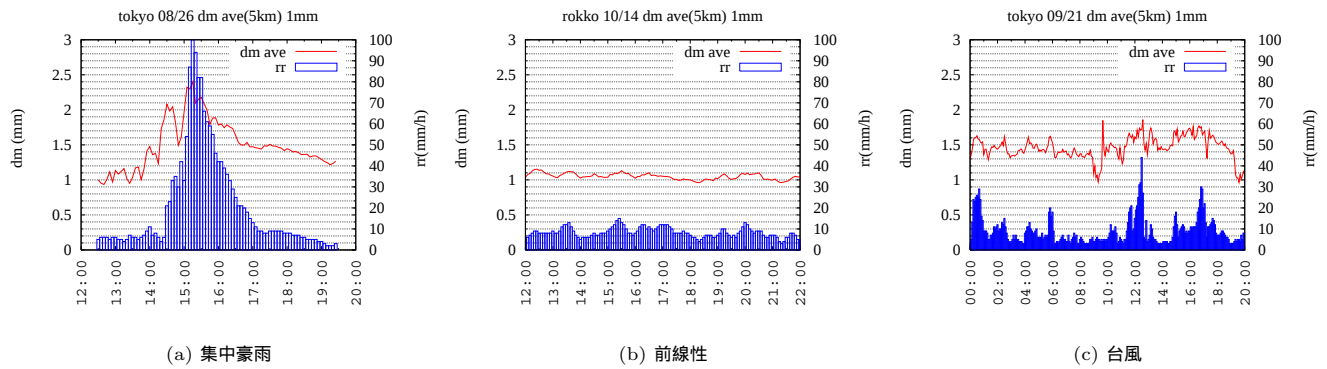


図-2 降雨タイプ毎の雨滴粒径

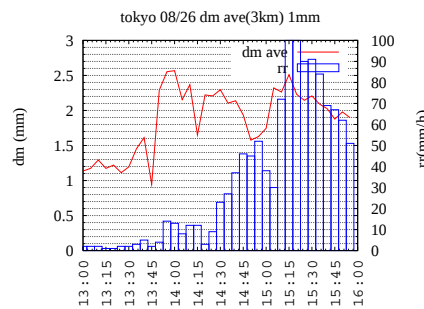


図-3 豪雨発生時の雨滴粒径

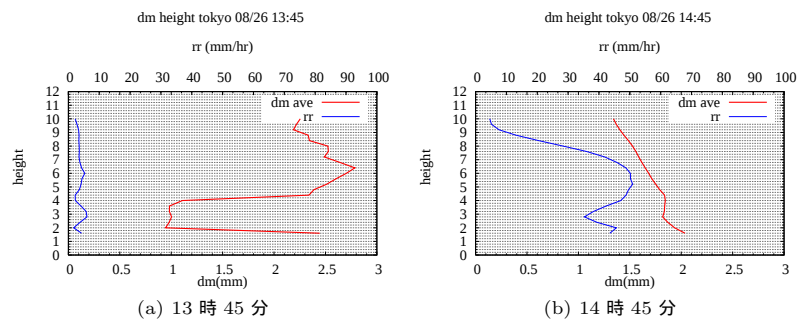


図-4 雨滴粒径の鉛直分布

4. 雨滴粒径による降雨の構造解析

まず始めに、前線性降雨や集中豪雨などの降雨種類毎による分類を図-2に示した。降雨種類により、雨滴粒径の特徴に違いがあることが確認出来る。集中豪雨(図-2(a))に関しては次に詳しく述べるが、降雨強度が急激に大きくなるのに伴い、雨滴粒径の変化も激しい。前線性の降雨(図-2(b))では雨滴が比較的小さい値を示しており、変化も少ない。台風(bf(図-2(c)))では集中豪雨ほどではないが、前線性の降雨と比べ、変化が大きい。

次に、集中豪雨の降り始めに焦点を絞った解析を行う。図-3は、8月26日に東京で発生した局地的集中豪雨の高度3kmで雨の降り始めから最後の降雨ピークを迎えた時刻までの雨滴粒径の時間的変移である。14時15分頃まで、図-1の四角で囲んだエリアの右上に発生している積乱雲のみを捉えている。

まだ降雨量の少ない13時45分頃に雨滴が急激に大きく変化しているのがわかる。これは積乱雲の発達に伴い、激しい上昇気流が発生している中、粒子同士の激しい結合により、上昇気流によって支えられないほどの質量をもった大きな粒子が次々と生まれ、降雨として落下しているからであると考えられる。降雨の1度目のピークを迎える14時5分から14時10分頃、雨滴は小さくなっていく。これは上昇気流が弱まるにつれ、大きな粒子でなくても降雨として落下しているからであると考えられる。降雨が少なくなる14時15分頃、雨滴も最小の値をとっている。これは

上昇気流が微小となり、粒子間同士の結合が弱まり、大きな粒子の降雨が観測されなくなる。雨滴粒径が急激に大きな値をとった時刻から30分たったことを考えると、1つ目の降雨サイクルの終わりを表していると考えられる。

その後、今回ほどの大きな変化は少なくなるが平均して大きな値をとっている。これは、降雨とともに地表面にもたらされた上空の冷たい空気により、新たに次々と積乱雲が発生しているからであると考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究では、MPレーダによる偏波パラメータから推定した平均雨滴粒径を用いて、降雨種類毎による特徴の違いを検証した。特に、集中豪雨発生時においては、鉛直分布や時間的変移による解析を行い、積乱雲の発達状況と雨滴粒径の対応関係について検討した。

今後の課題として、局地的豪雨の発生メカニズムの解明および発生予測のため、引き続き事例を増やすこと。降水粒子の種類(雨や雹など)によって、雨滴粒径に変動が見られる可能性があるため、降水粒子判別も考慮した解析を行うことが挙げられる。

参考文献

- 1) 中北英一，山口広誠ら：レーダ情報を用いたゲリラ豪雨の卵の解析，京都大学防災研究所年報，第52号B，平成21年6月
- 2) 中北英一，金原知穂ら：Xバンド偏波レーダによる雨滴粒径分布の時空間構造の推定と非偏波レーダへの利用，京都大学防災研究所年報，第54号B，平成23年6月