

局地的豪雨発生時における降水粒子分布構造および大気場の解析

法政大学デザイン工学部
法政大学デザイン工学部

学生員 岡田 翔太
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リアルタイムで得ることの出来る気象レーダの役割はますます重要となってきている。国土交通省では平成19年度から、既存のCバンド在来型レーダ(以下、Cバンドレーダ)とは別の新たな気象レーダとして、Xバンドマルチパラメータレーダ(以下、MPレーダ)の導入、整備を始めている(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、より詳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するので、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、局地的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レーダによる上空の雨滴粒径の推定および降水粒子の判別を行った。また、気象庁から配信されているGPV情報を用いて豪雨発生前の大気場に関して考察を行った。MPレーダによるゲリラ豪雨をもたらす積乱雲の卵の早期発見の研究¹⁾は進められているが、どのような大気条件の際にその卵が発達するのかなど、まだ解明されていない点が多い。本研究では、GPV情報を用いた大気場の考察を行うことにより局地的豪雨のメカニズム解明を試みた。

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、東京、名古屋、大阪の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。一例として、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、関東レーダから得た反射強度偏波比(Z_{DR})の高度6kmでの水平断面を図-1に示す。既存のCバンドレーダでは、反射因子(Z_{HH})から降雨量の推定を行うが、この方法では雨滴粒径が未知であること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レーダでは雨滴粒径との関係が強い比偏波間位相差(K_{DP})を考慮して雨量を推定しており、地上の雨量計による補正は理論上必要としない。これらのMPレーダから得られる偏波パラメータは、雨滴が大気中を落下する際に空気抵抗の影響で扁平となることに基づく。

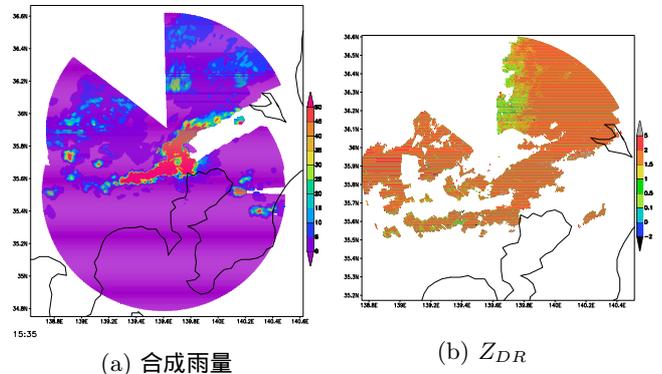


図-1 MPレーダによる偏波パラメータの一例
(8/26 東京 高度6km)

3. 解析方法

まず初めに雨滴粒径の推定を行った。上空の雨滴粒径は降雨の生成過程や積乱雲の発達状況に密接に関係している。雨滴粒径の時間的変動を調べることで、降雨タイプや積乱雲の発達状況を推測することが出来る。本研究では、既存の研究²⁾を参考に編波パラメータの1つである反射強度偏波比(Z_{DR})を用いることで雨滴粒径の平均値を推定した。

次に、中北ら³⁾を参考にファジー理論による降水粒子判別を行った。ファジー理論とはあいまいさを含む情報をあいまいなまま理解し、定量的に取り扱う手法である。降水粒子(雨、あられ、氷晶、雪片)の混在具合や偏波パラメータが取りうる値の曖昧さをファジー理論を用いて表現した。なお、ファジー理論において、ある偏波パラメータが粒子タイプに属する割合をメンバーシップ関数 μ_j^x によって評価し、メンバーシップ関数の値が1に近いほど属する割合が高いことを示し、0に近ければ低いことを示す。メンバーシップ関数の入力データとして、反射因子(Z_{HH})、反射強度偏波比(Z_{DR})、偏波間相関係数(R_{HV})、比偏波間位相差(K_{DP})、融解層高度(MLH)がある。このうち、融解層高度に関してはMPレーダの情報のみで判定することが困難であったので、GPVによる気温情報を用いた。

さらに、局地的豪雨発生前の大気場の状況を考察するため、気象庁が配信しているGPV(Grid Point Value)情報のmsmデータを使用した。msmデータとは、格子間隔5kmで3時間毎の情報である。気温や気圧などの情報も得ることが出来るが、本研究では積乱雲の発達に関連すると思われる相対湿度と風に関して考察を行った。

Key Words: MPレーダ, 集中豪雨, 雨滴粒径, 降水粒子判別

〒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 & FAX: 03-5228-1389

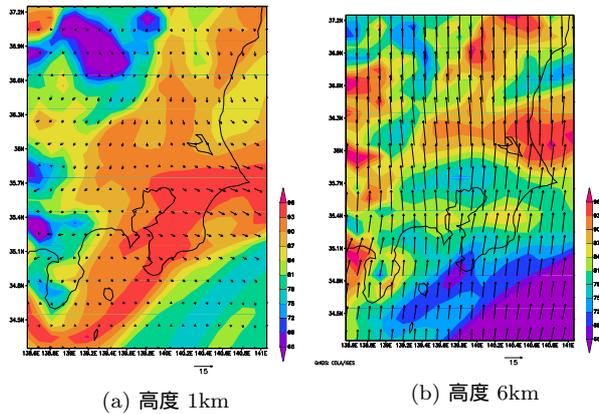


図-2 8/26(東京)の事例における豪雨発生前の大気状況

4. 局地的豪雨に対する解析

昨年度夏季に発生した局地的豪雨 2 事例に関して解析を行った。本概要では、2011 年 8 月 26 日に東京で快晴の天気から一転して雷を伴う猛烈な雨が降り、練馬区の観測所では 8 月の極値を更新する 1 時間 90.5mm の雨を観測した事例について述べる。

豪雨発生前の大気状況を図-2 に示す。高度 6km といった中層に相対湿度 75%前後の湿度の低い乾燥した冷気があり、中層に重たい冷気が存在するため、大気が鉛直方向に不安定となっている。さらに、上昇の乾燥した大気の熱断減率の高さが余計に大気を不安定とさせ、下層の湿度が 95%前後と高いので、上昇気流に伴って発生した積乱雲が発達しやすい状況となっている。風に注目すると、下層の風が南向きであるのに対し中層の風が北向きと真逆であり、図-2 (a) の中央付近に風の収束が見られ上昇気流が発生しやすくなっている。また、下層の風が弱いため積乱雲衰退期に発生する冷気のドームが同じ地点に留まり、これに乗り上げる形で新たな積乱雲が形成され、中層の強い風によって同じ方向に流され続けるので、強い雨が約 3 時間に渡って降り続いたと考えられる。

豪雨発生時における雨滴粒径と降水粒子の分布割合の時間的変動を図-3 に示す。図に示してある棒グラフは高度 7km での降水量である。降水量の変動が激しいことに伴い雨滴粒径の変動も激しくなっている。特に高度 3km や 7km といった上空では地上で雨が観測される前の時間に変動が見られる。高度 3km では、地上で雨が観測される 1 時間前、14 時頃に最初の降雨生成のピークを迎えており、この際、雨滴粒径に 5 分間で 0.95mm から 2.29mm と 2 倍近い大きな変動が見られる。また、この際の降水粒子の種類として霰といった粒径の大きい粒子の割合が多いことも特徴である。高度 7km でも同じく雨滴粒径に大きな変動が見られる際に霰の割合も増加している。その後、1 度目の降雨生成のピークが過ぎると、高度 3km と高度 7km 共に雨滴粒径が小さくなる。この際に氷晶といった粒径の小さい粒子の割合が増加している。さらにその後、再び雨滴が大きくなることに伴い、氷晶が減少し霰が増加していることを考えると、これらの氷晶は後に霰に成長していると考えられる。このように MP レーダによる偏波パラメータを組み

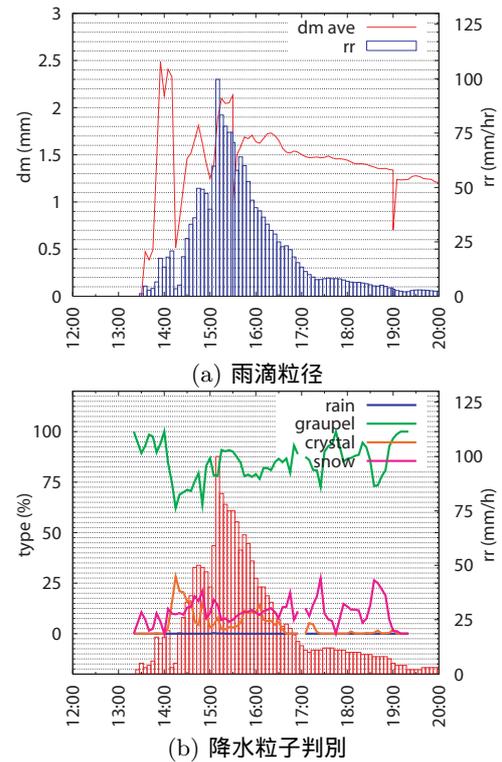


図-3 8/26(東京)の事例における高度 7km の降水粒子分布構造の時間的変動

合わせることで、豪雨発生前の積乱雲内部における降水粒子の分布構造の変動を確認することが出来た。

5. まとめと今後の課題

本研究では、豪雨発生時における降水粒子の分布構造および大気場の解析を目的とし、MP レーダによる上空の雨滴粒径の推定、降水粒子の判別および GPV 情報による豪雨発生前の大気場の考察を行った。

豪雨発生前の大気に関しては、積乱雲の発達に関連すると思われる相対湿度と風向き、風速に関して考察を行うことで、どのような大気条件が要因で積乱雲が発達し豪雨をもたらされたのか検討した。降水粒子の分布構造に関しては、MP レーダから得られる偏波パラメータを組み合わせることで、豪雨発生時の積乱雲内部における雨滴粒径、降水粒子の分布を推定し、その変動を確認した。

今後の課題として、引き続き事例を増やすとともに、積乱雲が発生しない場合と発達する場合の大気条件の違いの考察、今回推定した雨滴粒径と降水粒子判別の精度の検証があげられる。

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, 竹畑栄伸ら: C バンド偏波レーダによる降雨量推定アルゴリズムの構築に関する研究, 水工学論文集, 第 52 巻, 2008 年 2 月
- 3) 中北英一, 山口広誠ら: 最新型偏波レーダを用いた氷相降水粒子タイプの混在状態推定に関する研究, 京都大学防災研究所年報, 第 53 号 B, 平成 22 年 6 月