

Xバンド偏波レーダによる降水粒子情報を用いた発達する積乱雲の特徴解析  
 Analysis of developing isolated thundercloud characteristics using hydrometeor information  
 estimated from X-band polarimetric radar observations

○増田有俊・中北英一

○Aritoshi MASUDA, Eiichi NAKAKITA

We analyzed a feature of storm cell in initial and developing stage based on the cell tracking and hydrometeor classification algorithm using X-band polarimetric radar observations which is installed by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Isolated storm cells were extracted by referring to the TITAN algorithm (Dixon and Wiener 1993). In order to classify the hydrometeor, the fuzzy logic classification scheme (Park et al. 2009) is applied for the X-band polarimetric radar observations. One of the features of this scheme is the presence of big drop category. The presence of big drop is implied the convective updraft. The big drop existed at the initial stage of storm cells. Moreover, Zdr column which is extending above the freezing level was found in developing storm cells. Zdr column were formed about 5-10 min prior to the onset of heavy rainfall on the ground. This result is good agreement with previous study (Adachi et al. 2013).

## 1. 研究の背景と目的

近年、突発的な局地的豪雨による都市域の水災害が問題となっている。国土交通省 水管理・国土保全局では、局地的豪雨の現況監視強化のためにXバンドMPレーダ(XRAIN)の配備を進めている。ここで、MP(マルチパラメータ)とは偏波機能を表している。XRAINでは、高頻度(1分、従来は5分)、高分解能(250m、従来は1km)の観測が実現しており、都市域における局地的豪雨の監視能力は格段に向上している。

XRAINは、時空間解像度の高い高精度の降雨観測が可能であることに加えて、3次元の偏波観測値が得られる点に大きな特徴がある。中北ら(2013)は、3次元観測値を活用することで地上に先行して上空で発生する豪雨のタマゴを捉えることが可能であることを示した。また、偏波レーダにより得られる偏波観測値( $Z_H$ ,  $Z_{DR}$ ,  $\rho_{HV}$ ,  $K_{DP}$ )は、降水粒子の形状や混在度合いによって異なる値を示すため、これらの特性を利用した降水粒子の判別に関する研究も行われている(例えば、中北ら, 2009; Park et al., 2009)。

本研究では、降水セルの発生初期～成長期に着目し、増田・中北(2014)で開発した「降水セル追跡手法」と「粒子判別手法」を組み合わせることで、降水セル内における各降水粒子の存在状況や発達する降水セルの特徴に関する解析を行った。

XRAIN観測値から、発達する積乱雲の特徴を知ることができれば、局地的豪雨をもたらす積乱雲の早期探知や30分程度先までの短時間降雨予測精度の高度化に大きく寄与すると考えている。

## 2. 降水セル追跡手法と粒子判別手法

### (1) 降水セル追跡手法

本研究では、閾値以上の降雨強度で囲まれた連続したメッシュを降水セルと定義した。時刻 $t$ における降水セル $j$ と時刻 $t - \delta t$ における降水セル $i$ の類似度を判定する指標 $C_{ij}$ を導入することで降水セルの追跡を行った。 $C_{ij}$ は、現時刻と前時刻のセル重心位置の距離 $D_{ij}$ と面積差 $A_{ij}$ により算出される指標であり、この値が最も小さいセル $i$ とセル $j$ を同一のセルと識別することで追跡が可能となる。

### (2) 粒子判別手法

ファジー理論により粒子判別を行った Park et al.<sup>3)</sup>を参考に、XバンドMPレーダへの適用を試みた。本手法は、雨やあられ、氷晶といった一般的な粒子タイプに加えて、大粒子(Big Drop)が存在する点に特徴がある。大粒子とは、数密度は少ないものの粒径の大きな雨滴(> 3mm)が存在する一方で、小さな雨滴はほとんど存在しない状況を表している。このような場所では上昇流の存在が示唆されるため(Park et al., 2009)、成長期の降

水セルにおいて大粒子が存在することが期待される。参考にした Park et al.の手法では、0°C高度より上空において大粒子は存在し得ないアルゴリズムとなっている。本研究では、強い上昇域では0°C高度より上空にも大きな雨滴が存在し得ると考え、どの層においても大粒子が判定可能なアルゴリズムに改良した。

発生から消滅まで追跡することができた孤立した降水セル（降雨強度 5mm/h 以上の領域をセルと定義）について、セル内の平均的な降雨強度とセルを構成する各降水粒子の存在状況を Fig.1 に示す。Fig.1 の上図より、降水セルの追跡初期（12:23~12:24）において、0度高度（約 4.5km）よりも上空に大粒子が存在していることがわかる。更に、上空で発生・発達した大粒子や強雨は、5~10 分の時間をかけて地上に落下している様子が示されている。

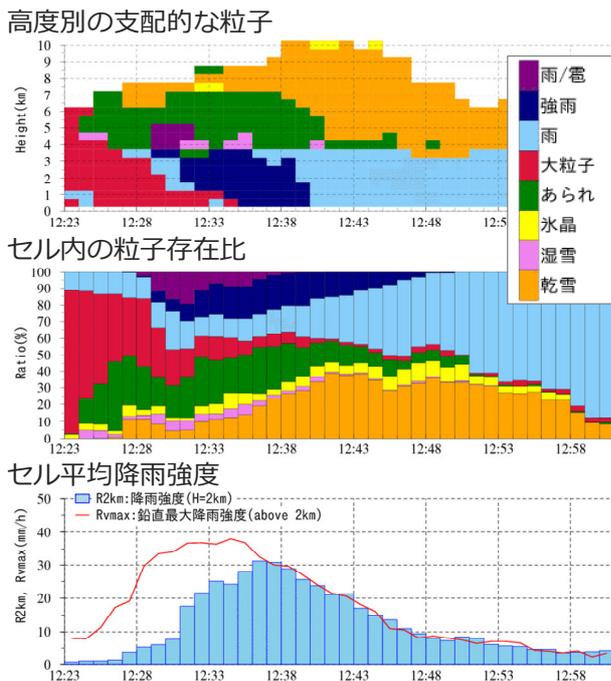


Fig.1 Hydrometer information about the storm cell

### 3. 発達する積乱雲の特徴

強い上昇流域を伴った積乱雲内では、大きな（扁平した）雨滴が上空に運ばれるため、0°C高度よりも上空に大きな正の  $Z_{DR}$  ( $Z_{DR}$  カラム) が観測されることが知られている (Adachi et al., 2013)。

筆者らが開発した手法を活用することで、粒子判別結果だけでなく降水セル内における  $Z_{DR}$  の高度時間断面を得ることができる (Fig.2)。14:02 に地上に強雨が到達 (Fig.2 上図) する 5~10 分

前に、1dB を超える大きな  $Z_{DR}$  が 0°C 向上よりも上空に存在していることが明らかになった (Fig.2 下図の a や b)。

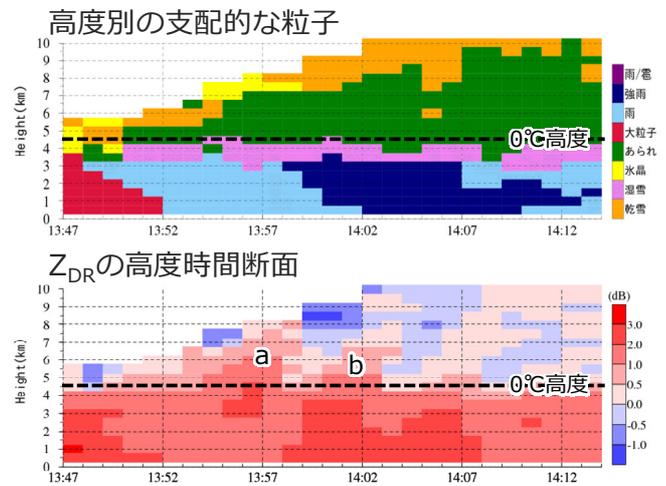


Fig.2 Time-height cross section of hydrometer information and  $Z_{DR}$  (a, b :  $Z_{DR}$  Column)

### 参考文献

- (1) 中北英一・西脇隆太・山邊洋之・山口弘誠：ドップラー風速を用いたゲリラ豪雨のタマゴの危険性子予知に関する研究，土木学会論文集，B1(水工学)，第 57 巻，pp. 325-330，2013
- (2) 中北英一・山口弘誠・隅田康彦・竹畑栄伸・鈴木賢士・中川勝広・大石哲・出世ゆかり・坪木和久・大東忠保：偏波レーダーとビデオゾンデの同期観測および降水粒子タイプ判別，土木学会水工学論文集，第 53 巻，pp. 361-366，2009.
- (3) 増田有俊・中北英一：X バンド偏波レーダを用いた降水セルのライフステージ判別手法の開発，土木学会論文集，B1(水工学)，第 58 巻，pp. 493-498，2014.
- (4) Hyang Suk Park, A. V. Ryzhkov, D. S. Zrnić, Kyung-Eak Kim: The Hydrometeor Classification Algorithm for the Polarimetric WSR-88D: Description and Application to an MCS. Weather and Forecasting, 24:3, 730-748, 2009
- (5) A. Adachi, T. Kobayashi, H. Yamauchi, and S. Onogi: Detection of potentially hazardous convective clouds with a dual-polarized C-band radar, Atmos. Meas. Tech., 6, 2741-2760, 2013