

## 最新型偏波レーダーを用いた降水粒子タイプの判別手法の構築

京都大学大学院工学研究科	学生員	隅田康彦
京都大学防災研究所	正会員	中北英一
京都大学生存基盤科学研究ユニット	正会員	○山口弘誠

## 1. 目的

最新型の偏波レーダー（MPレーダーと総称される場合もある）は、降水粒子の大きさだけではなく形や傾き、相、落下形態などの特性に敏感な観測パラメータを得ることができるため、雨滴・氷晶・雪片・霰といった降水粒子のタイプを判別できることが期待されている。降水雲内の粒子タイプを知ることは、1) 降水過程の理解、2) 地上レーダーや人工衛星搭載の降水レーダー・マイクロ波放射計による降水量推定精度の向上、3) 数値気象モデルにデータ同化することによる短時間降水予測精度の向上、4) 雨雪判別による道路や河川の災害の軽減、5) あられ判別による雷の予測、の理由で極めて重要である。本研究では、特に3)への利用を意識して、対流性システムや層状性システムといったどのような降水現象においても適用可能で、かつ、現実の大気で存在しうる複数種類の混在状態を表現可能とする判別手法を構築することを目的とする。

## 2. 沖縄集中観測と用いるデータセット

本研究に先立ち、2007年11月2008年5、6月、2009年5、6月に実施した沖縄集中観測では、偏波レーダーCOBRAによる観測を実施し、さらに大気上空で、どういった大きさ・種類の降水粒子が分布しているかを明かにするためビデオカメラを搭載したゾンデ（ビデオゾンデ）によって直接観測を行い、それらを同期させて観測を実施した。本研究では、降水粒子タイプ判別手法の構築するにあたり、偏波レーダーの観測パラメータであるレーダー反射因子 $Z_{HH}$ 、レーダー反射因子差 $Z_{DR}$ 、偏波間相関係数 $\rho_{HV}$ 、伝搬位相差変化率 $K_{DP}$ と、ビデオゾンデ観測による雨滴・氷晶・雪片・霰のいずれかに分類した粒子判別情報を用いた。

## 3. ファジー理論を用いたベーシックな降水粒子判別手法

降水粒子種類はある境界値できれいに分けられるものではなく混ざり合った状態で存在しているが、そのあいまいさを表現できないという問題がある。これに対し近年行われている降水粒子の判別方法にファジー理論を用いた方法がある（Straka,2000など）。ファジー理論は、あいまいさを含んだ情報をあいまいなまま理解し、あいまいな形で判断する人間の思考方法をモデル化し、これを定量的に取り扱う手法である。このファジー理論によって、境界付近でのあいまいさや混在具合を表現することができる。

降水粒子をファジー理論で推定するにあたって、入力とするデータは、COBRAによって得られる4つの偏波パラメータ、また推定する降水粒子のタイプはビデオゾンデで特定した雨、あられ、氷晶、雪片の4種類であり、ある粒子を表す場合、添え字 $j$ で表すものとする。ファジー理論では、メンバーシップ関数によってある属性にどの程度属しているかを表す。ビデオゾンデで観測された降水粒子数を用いて、メンバーシップ関数をその出現頻度によって決定した。以上のようにして決定されたメンバーシップ関数を用いて、降水粒子ごとの評価値を次式により定義する。

$$Q_j = \mu_j^h(h) \times (\mu_j^{Z_{HH}}(Z_{HH}) + \mu_j^{Z_{DR}}(Z_{DR}) + \mu_j^{\rho_{HV}}(\rho_{HV}) + \mu_j^{K_{DP}}(K_{DP}))$$

この評価値が最大である粒子種類に1つに判別する手法がベーシックな判別手法であるが、本研究では、評価値が近ければ複数種類が混在しているとして判別をおこなう。

## 4. 降水粒子の混在状態判別手法の構築

## 4.1 観測事例の違いを考慮に入れたメンバーシップ関数の作成

本研究では、構築する判別手法の一つ目的として、どのような降水現象についても適用可能であることであることをめざす。そこで、事例（観測年）ごと、および、複数年を組み合わせたメンバーシップ関数を作成し、

キーワード 偏波レーダー、降水粒子種類、ファジー理論

連絡先 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所 気象水象災害研究部門水文気象災害研究分野 TEL0774-38-4262

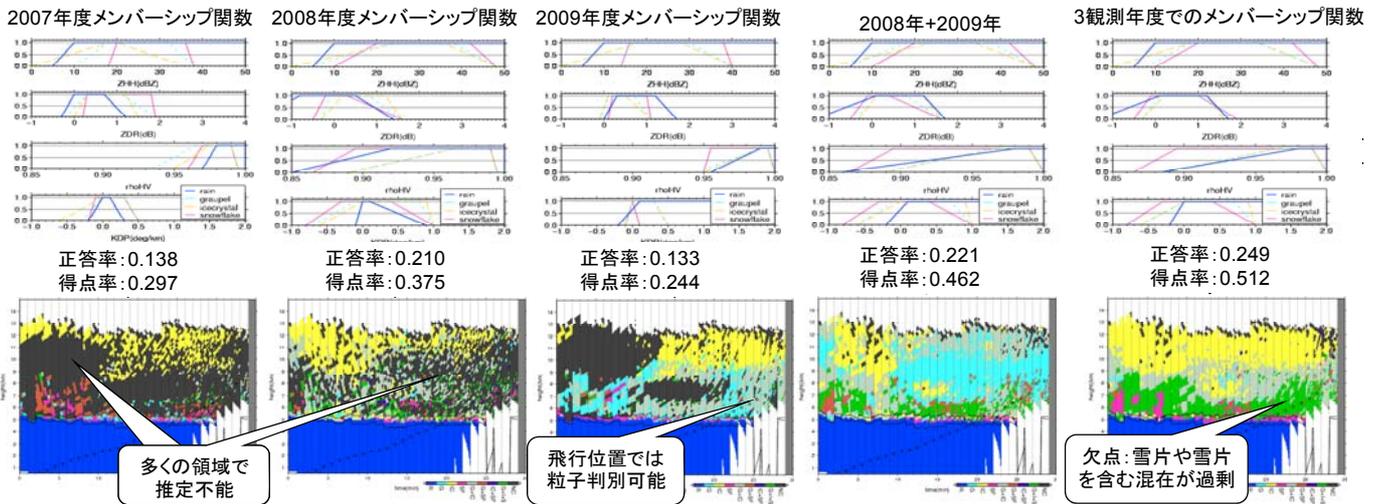


図1 観測年別に作成したメンバーシップ関数(上段)と降水粒子タイプ判別の結果(下段), スコア(中段)

1つの降水事例に適用した結果を図1に示す。3年間で作成されたメンバーシップ関数による粒子判別では、単年の降水粒子判別結果よりも良いスコアを示した。特徴は、比較的広い範囲で3種類の氷相降水粒子が混在しているという判別や雪片が卓越するという判別を下している。しかしながら、雪片はこれほど多くの領域では観測されておらず、全体的にやや不合理な判別となってしまっている。

4.2 雪片のメンバーシップ関数の見直し

その原因は、雪片のサンプル数の少なさに起因しているものと考えられる。あられや氷晶のサンプル数が数千個以上存在しているにもかかわらず、雪片はせいぜい100個程度である。加えて、雪片のサンプルの多くは2008年の事例であり、他年の観測事例を加えてもメンバーシップ関数の形状は2008年の降水事例の影響を強く受けてしまう。このような要因で、雪片のメンバーシップ関数の適切な形状を求めることができず、雪片のメンバーシップ関数は広い偏波パラメータの範囲で他の降水粒子よりも大きな値をとり、判別結果は多くの領域で雪片中心となってしまったと考えられる。そこで、雪片のメンバーシップ関数の裾野の幅を従来の10%から20%に増加させることによって、雪片と判別される領域を減少させた。

4.3 位相差変化率  $K_{DP}$  の感度と有効範囲

$K_{DP}$  の氷相降水粒子との関係は未だ不明な点が多く、得られたメンバーシップ関数の値をそのまま使い降水粒子判別を行うことは、 $K_{DP}$  の感度の点で危険である。そこで、 $K_{DP}$  を説明変数から除外して判別した結果を図2の中央列に示す。2008年 No.3 事例を比べると、従来手法では氷晶が卓越する領域を確認することができるが、 $K_{DP}$  を説明変数から除外して判別した手法ではそれが見られない。この領域は、 $K_{DP}$  が高い値をとっており、

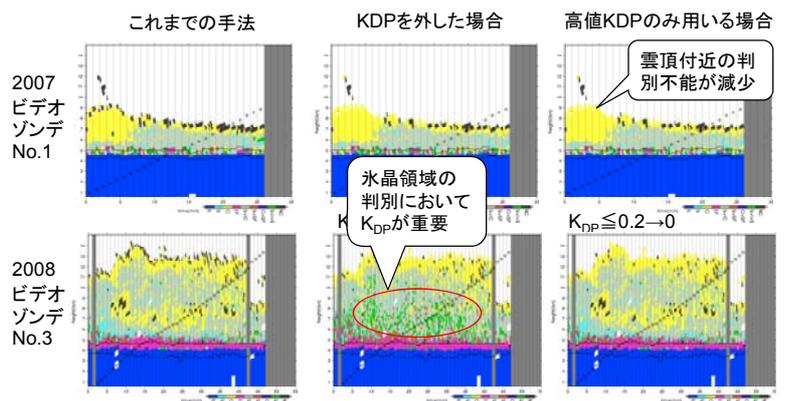


図2  $K_{DP}$  の使用範囲の相違による粒子判別結果

ビデオゾンデで観測された粒子は、氷晶をはじめ数多くの氷相粒子が確認されている。そこで、 $K_{DP}$  の閾値を  $0.2^\circ / km$  として、閾値未満の値は  $0^\circ / km$  とし説明変数から省くようにした結果、このように  $K_{DP}$  の閾値を適切に設ければ、降水粒子の判別に大きく影響を与えない。また、雲頂付近で判別不能とされていた領域が減少する利点も示された。以上によって、どのような降水現象においても適用可能で、かつ、現実の大气で存在しうる複数種類の混在状態を表現可能とする判別手法を構築した。

参考文献: J.M. Straka, D.S. Zanic, and A.V. Ryzhkov: Bulk Hydrometeor Classification and Quantification Using Polarimetric Radar Data: Synthesis of Relations: J. Appl. Meteor., Vol.39, pp.1341-1372, 2000.