

第II部門 偏波レーダー・ビデオゾンデによる同期観測および降水粒子タイプ判別に関する基礎的研究

京都大学工学部地球工学科 学生員 ○ 隅田康彦 京都大学大学院工学研究科 学生員 山口弘誠
 京都大学大学院工学研究科 学生員 竹畑栄伸 京都大学防災研究所 正会員 中北英一

1 背景と目的 日本における現業用次世代気象レーダーとして期待されるCバンド(5cm波)偏波レーダーは現在世界で4機しかなく、その1つが情報通信研究機構(NICT)沖縄亜熱帯計測技術センターで開発され、実験運用されているCOBRA(C-band Okinawa Bistatic polarimetric RAdar)である。COBRAの観測では、水平、垂直偏波面におけるレーダ反射因子 Z_{HH} 、 Z_{VV} ならびにその反射因子差 Z_{DR} といった従来の二偏波レーダーで観測されるパラメータに加えて、直線偏波抑圧比 LDR 、偏波間相関係数 ρ_{HV} 、伝播位相差変化率 K_{DP} といった偏波パラメータも得ることができる。このような偏波パラメータの情報から、降水粒子の粒径分布や雨や雪といった種類を推定することが可能であると言われている¹⁾。そこで、過去に例のない偏波レーダーとビデオゾンデ²⁾の同期観測を通じて、降水粒子タイプと偏波パラメータの関係性を分析し、降水粒子タイプの推定、特に粒子タイプの混在についての可能性を探る。

2 沖縄集中観測 本研究に先立ち、2007年11月に実施した沖縄集中観測では、偏波レーダーCOBRAによる観測を中心として、様々な地上観測が行われた。それだけでなく、どういった大きさ・種類の降水粒子が上空に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った。この観測においては、ビデオゾンデが飛行し粒子を撮影しているポイントを偏波レーダーで探索するために、ビデオゾンデの移動を予測しその位置を偏波レーダーをRHI走査する手法を構築した。これによって、偏波レーダーとビデオゾンデの同期観測を可能にした。

3 ビデオゾンデで撮影される粒子 今回の観測期間中、ビデオゾンデを6台放球し、数多くの降水粒子が観測された。本研究では図1のように降水粒子を、雨、あられ、氷晶および雪片の4種類に分類した。降水粒子ごとの質量濃度の高度分布を図2に示す。雨の領域とあられ、氷晶及び雪片の氷粒子の領域ははっきり分かれて分布しており、また氷粒子は粒子同士が混ざり合っており存在していることがわかる。

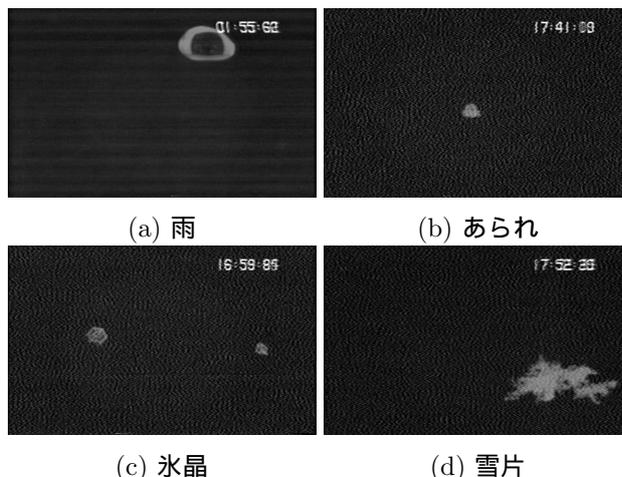


図1 ビデオゾンデによって観測される粒子の例。画像の縦のサイズは13mmである。

4 ファジー理論による粒子判別 ファジー理論は「暑い」や「高い」などあいまいさを含んだ情報をあいまいなまま理解、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偏波パラメータが持つ異常値を除去することができる。降水粒子をファジー理論で推定するにあたっては、入力するデータとしてCOBRAによって得られ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 ρ_{HV} 、伝搬位相差変化率 K_{DP} の4つの偏波パラメータおよび高度 h を使用し、ビデオゾンデで観測された雨、あられ、氷晶、雪片の4種類を推定した。それぞれの降水粒子にどの程度属しているのかを表すメンバーシップ関数をビデオゾンデの観測情報を用いて偏波パラメータごとに図3のように作成した。そして、作成したメンバーシップ関数と次の評価式を用いて判別する粒子を決定した。

$$Q_j = \mu_j^h(h) \times \left(\mu_j^{Z_{HH}}(Z_{HH}) + \mu_j^{Z_{DR}}(Z_{DR}) + \mu_j^{\rho_{HV}}(\rho_{HV}) + \mu_j^{K_{DP}}(K_{DP}) \right). \quad (1)$$

ここで、 μ はメンバーシップ関数を表し、添え字 j は粒子のタイプを表す。この評価式 Q_j を観測された偏波パラメータの組(Z_{HH} , Z_{DR} , ρ_{HV} , K_{DP} , h)に対して粒子タイプ j ごとに求め、最大の値を持つ j 、すなわ

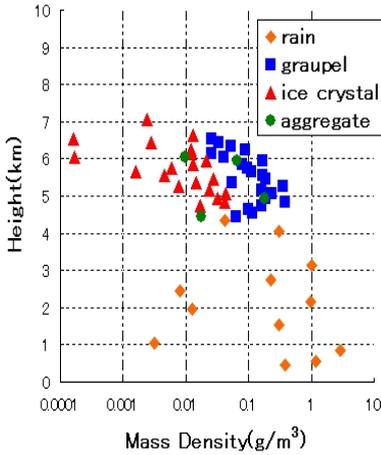
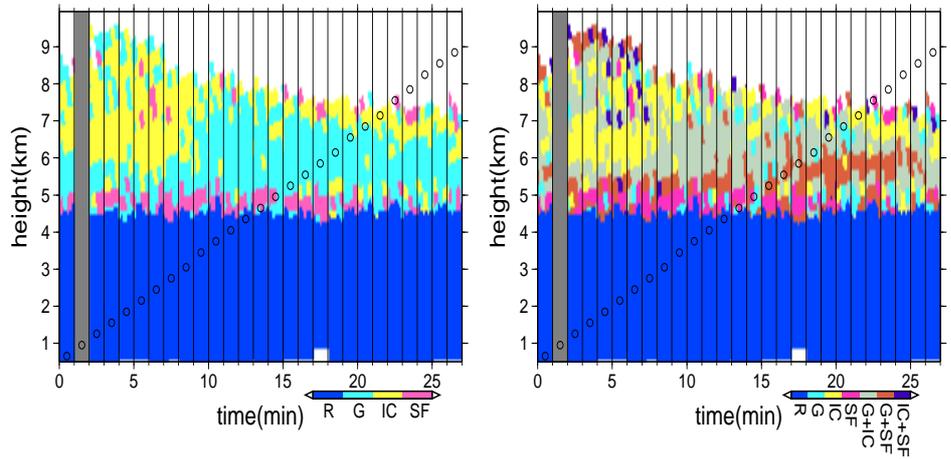


図2 質量濃度



(1) 一意的に粒子タイプを決定 .

(2) 粒子の混在状態を推定 .

図4 粒子判別結果 . R は雨 , G はあられ , IC は氷晶 , SF は雪片を表している .
○印はビデオゾンデの飛行位置を示す .

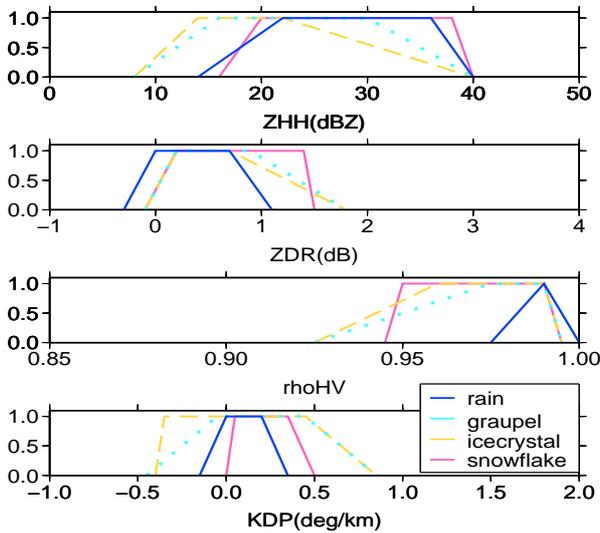


図3 作成したメンバーシップ関数 .

ち降水粒子を選択する . 一方 , 偏波間相関係数 ρ_{HV} は融解層において最小値を取ることが知られており , ρ_{HV} により地点ごとに融解層の上下端を特定し , 高度のメンバーシップ関数を求めた . これにより , 融解層の上空で雨 , 融解層より下層で氷粒子といった矛盾した判別をなくすることができる .

5 結果 式 (1) により粒子判別を行ったものが図 4 (1) である . 融解層近辺で雪片が卓越している様子やさらに上空であられ , 氷晶が分布している様子が再現できた . しかしビデオゾンデの観測により降水粒子は , 雨を除き , 空間的に偏在しているのではなく混ざり合った状態で存在していることが明らかとなっている . そこで降水粒子タイプを一種類に決定してしまうのは適切ではないため , 評価式 Q_j が近い値を持つ場合は降水粒子が混在しているとして , あられ + 氷晶 , あられ + 雪片 ,

氷晶 + 雪片の 3 つの分類を加えて降水粒子の混在具合を表現した (図 4 (2)) . 高度 4km 付近の融解層において雪片が卓越している領域やあられ + 雪片の分類がなされている領域が多く見られる . またあられ + 氷晶の領域が雲の広い範囲に見られる . いずれも実際のビデオゾンデの観測と一致している .

6 結論 本研究では , 偏波レーダー COBRA とビデオゾンデの同期観測によって明らかになった降水粒子と偏波パラメータの関係性により , 偏波パラメータのみから降水粒子タイプの判別が可能であることを示した . 特に , 従来の研究においては特定される粒子は分類数を増加させるだけで , 最終的に 1 種類の降水粒子を特定するだけであったが , 降水粒子の混在を偏波レーダーを用いた判別の中で表現できる可能性を示した . ただし , 観測データが限られているため , 降水粒子のタイプと偏波パラメータを関係付けるメンバーシップ関数の設定に不十分な部分が残っているため , 今後もこの同期観測を継続する予定である .

参考文献

- 1) S . Lim , V . Chandrasekar , and V . N . Bringi (2005): Hydrometeor Classification System Using Dual-Polarization Radar Measurements: Model Improvements and In Situ Verification , *IEEE Transaction On Geoscience And Remote Sensing* , Vol.43 , No.4 , 2005
- 2) T. Takahashi (2006): Precipitation mechanisms in east Asian monsoon: Videosonde study , *J. Geophys. Res.* , Vol.111 , 2006