



固体素子二重偏波レーダーを利用した 雨水(うひょう)と凍雨の検知

※1南雲信宏, ※1足立アホロ, ※2, ※1併任山内洋

気象研究所気象衛星・観測システム研究部※1, 気象庁観測部※2



はじめに

- ・気象研究所では重点研究「顕著現象監視予測技術の高度化に関する研究」において、固体素子二重偏波レーダーによる降水粒子判別アルゴリズムの開発を行っている。
- ・雨は必ずしも0°C以下になっても凍結しない(図1)。雨水とは氷点下の中で雨として降り地面や木などの物体に付着することをきっかけに凍結する現象で、凍雨は氷点下の上空で凍結して氷粒として地上に降る現象である。ひとたび雨水や凍雨が連続すると、地上や上空での凍結被害により自動車事故や航空機トラブル・倒木被害、さらには停電などの電力障害が発生する可能性があるため、雨水と凍雨の監視は重要である。
- ・気象研究所の固体素子二重偏波レーダーは2016年1月29日の関東の雨水・凍雨事例をとらえ、そのときの気温分布や地上のひと粒ひと粒の粒子形状や落下速度のデータ取得にも成功した。この事例を解析することでみえてきた、レーダーを利用した雨水と凍雨の検知の可能性について報告する。

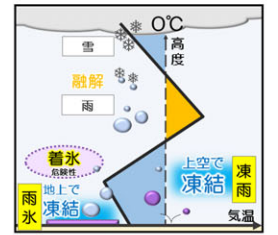


図1: 雨水と凍雨の形成過程の一例

手法

本研究は、2016年1月29日のつくばの雨水・凍雨事例(図2)の解析結果を示す。雪片が融解し再び凍結することができる環境であることをつくば(館野)のゾンデ気温分布から確認し、その時間帯の二重偏波レーダーの観測データの特徴を調査する。そして二重偏波レーダーの特徴の要因を、個々の降水粒子の状態・形状データから検証する。

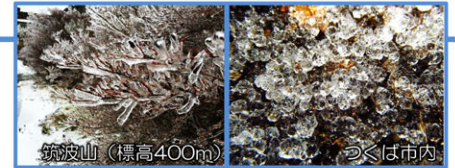


図2: 雨水(左)と凍雨(右)

固体素子二重偏波レーダー

気象庁の新しい固体素子レーダーは、二方向の偏波(垂直・水平)を送受信することで、降水粒子から様々な情報を取得することが出来る。

観測要素の一例

- ・反射因子 (Z) … 反射の強さ (従来の要素)
- ・反射因子差 (Z_{DR}) … 粒子の扁平形状
- ・偏波間相関係数 (ρ_{hv}) … 空間内の粒子の均一性

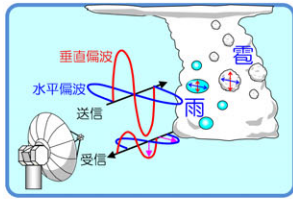


図3: 二重偏波レーダー観測概念図

2DVD

二次元光学式降水粒子計 (2D-Video-Distrometer)

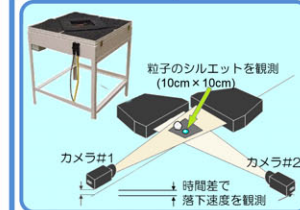


図4: 2DVD観測概念図

地上での観測要素

- ・粒子形状
- ・直径
- ・扁平率
- ・数
- ・落下速度

結果と考察

固体素子二重偏波レーダーが示す凍雨と雨水の位置

地上測器(図4)/気温分布(図5)から推定される降水

	地上で凍雨 (21:27-23:44)	地上で雨 (その他の時刻)
上空		雪
融解層		みぞれ/雨
氷点下	凍結 凍雨	雨水
地上		雨

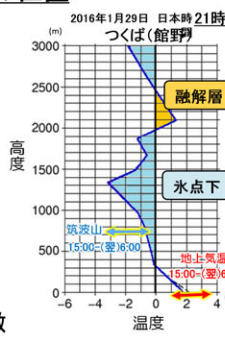


図5: 温度鉛直分布と前後の時間の下層温度

凍雨(つくば付近)・雨水(関東上空)発生時の特徴

- ・図6a: 反射因子に特徴的シグナルはない。
- ・図6b: 凍雨・みぞれ: [Z_{DR} 大(扁平)]
⇒雨水・雨・雪: [Z_{DR} 小(球状)]
- ・図6c: 凍雨・みぞれ: [ρ_{hv} 小] ⇒ 融解・凍結時に均一性低下。

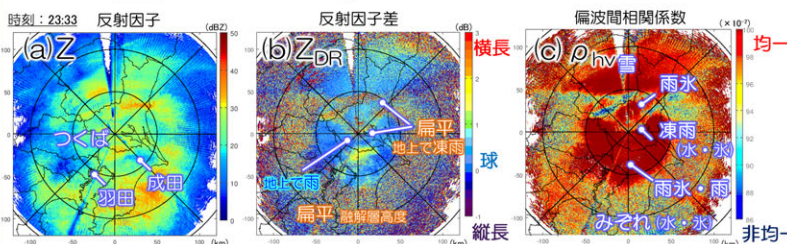


図6: つくばで凍雨時の固体素子二重偏波レーダーの観測結果(仰角1.5度):

(a)反射因子, (b)反射因子差, (c)偏波間相関係数。

仰角1.5度では、中心から約40kmが高度1000m, 中心から約80kmが高度2000mに相当する。

凍雨の扁平シグナル(図6b)の要因

2DVDは二種類の凍雨の存在を示唆

- 表面が濡れた氷粒
- 表面が乾き、空気を含んだ氷粒

※降水粒子の直径-落下速度関係は粒子の表面状態(抵抗係数)と密度に依存する。水の密度や水・氷の抵抗係数が既知なため粒子の状態(表面・密度)が推定できる(図7) [Nagumo and Fujiyoshi, 2015].

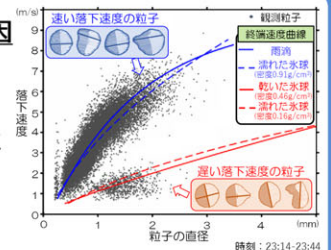


図7: 凍雨時の直径-落下速度関係と代表的な粒子形状

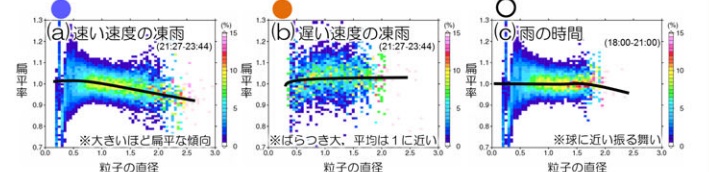


図8: 直径-扁平率関係:(a)速い落下速度の粒子, (b)遅い落下速度の粒子, (c)雨の時間

- ・表面が濡れた凍雨は横長姿勢の粒子が多く存在(図8a)。
- ・表面が乾いた凍雨(図8b), 雨の時間の粒子(図8c)は球に近い。→地上付近の Z_{DR} 増大は凍結開始時の濡れた凍雨に対応する。

凍雨時に空間内の粒子の均一性が低下する(図6c)要因

直径-落下速度関係(図7)は二分化し、一方は「比較的密度の高い濡れた氷球か雨滴」、他方は「乾いた氷球か、密度の低い濡れた氷粒」の特徴を有する。凍結初期は表面が濡れた凍雨と乾いた凍雨が混在していることが示唆される。

まとめ

- ・従来のレーダー(Z)は、凍結のシグナルを示さないが、二重偏波レーダーの Z_{DR} ・ ρ_{hv} は、凍雨と雨水を検知できる可能性を示した。
- ・ Z_{DR} 増大は、凍結時の濡れた凍雨の横長の落下姿勢に対応していた。
- ・ ρ_{hv} 低下は、凍結時の異なる落下速度、異なる表面状態の凍雨の混在に対応していた。

謝辞

本研究は経常研究「顕著現象監視予測技術の高度化に関する研究」の支援を受けています。

参考文献

Nagumo and Fujiyoshi. (2015), Microphysical properties of slow-falling and fast-falling ice pellets formed by freezing associated with evaporative cooling, *Mon. Wea. Rev.*, **143**, 4376-4392.