

平成 21年 6月 1日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19560433
 研究課題名（和文） 3次元降雪プロファイルを用いた雪質および降雪強度予測システムの研究
 研究課題名（英文） A new forecasting system for snowfall rates and kinds of snow particles using 3-d snowfall profiles
 研究代表者
 椎名 徹（SHIINA TORU）
 富山工業高等専門学校・電気工学科・教授
 研究者番号：80196344

研究成果の概要：

本研究では、降雪粒子が降雪雲から地上付近に落下してくるまでの降雪過程を詳細に捕らえ、局所的な降雪予測を行うことを目的とした。

小型垂直ドップラーレーダとスペクトル・アナライザを用いて、鉛直方向の降雪プロファイルの測定および地上付近水平面上の降雪プロファイル測定装置の開発を試みた。次に、画像処理手法により、地上付近を落下する降雪粒子の雪質と形状、落下速度、密度および降雪強度等の物理量の両方の測定を行うシステムの開発を行った。さらに、同期計測システムを作成して冬季期間連続測定を行い、種々の降雪現象をデータベース化した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：ドップラーレーダ、自然現象観測・予測、リモートセンシング

1. 研究開始当初の背景

2005年から2006年の冬期は、記録的な豪雪で「平成18年豪雪」と呼ばれ、全国的な低温現象など、雪氷災害が各地に発生した。

現在の気象予報では、数時間後の積雪深についてのみ予測が行われており、より詳細な降雪予測を行うためには、降雪の3次元空間

分布、時間変化を詳細に測定する必要がある。特に、衛星や地上に設置された気象レーダを用いた地球環境計測は重要である。

我々は、小型垂直ドップラーレーダと地上付近の降雪粒子情報および降雪強度との関係から、雪質および降雪強度等のより高度な降雪予測を行うためには、下層大気圏下の降雪

過程を詳細に測定することが重要であることを確信した。これには、以下のようなレーダによる3次元的な降雪プロファイルの測定が必要不可欠である。

(1)鉛直方向の降雪プロファイル

本研究の小型垂直レーダは鉛直方向の降雪プロファイルを詳細に測定することが可能であり、レーダを2台近接併用することにより、鉛直方向降雪プロファイルのステレオ測定が可能である。

(2)地上付近水平面上の降雪プロファイル

レーダから放射された電磁波は様々な高度の降雪粒子にて散乱され、地上付近に到達する電磁波反射エコーは高度と共により広い領域に拡散する。地上付近の電磁波反射エコーの水平分布には3次元降雪プロファイルの情報が多く含まれている。

そこで、これら2種類の解析結果を局所的な降雪予測システムへ取り込む着想を得た。

2. 研究の目的

本研究では、降雪粒子が降雪雲から地上付近に落下してくるまでの降雪過程（3次元降雪プロファイル）を詳細に捕らえ、局所的な降雪予測（雪質および降雪強度）を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、主に以下の項目に分けて、研究を行った。

(1)デュアルドップラーレーダを用いた3次元降雪プロファイル測定装置の開発

小型垂直ドップラーレーダとスペクトル・アナライザを用いて、鉛直方向の降雪プロファイルの測定を行い、地上付近水平面上の降雪プロファイル測定装置の開発を試みる。

(2)画像処理手法による降雪粒子雪質測定システムの開発

画像処理手法により、地上付近を落下する降雪粒子の雪質（雪結晶の構成具合等）と形状、落下速度、密度および降雪強度等の物理量の両方の測定を行うシステムの開発を行う。

(3)雪質および降雪強度予測の試み

(1)および(2)の同期計測システムを作成して冬季期間連続測定を行い、種々の降雪現象

に関するデータベースシステムを構築する。

4. 研究成果

(1)デュアルドップラーレーダを用いた3次元降雪プロファイルの測定

小型垂直ドップラーレーダとスペクトル・アナライザを用いて、鉛直方向および水平方向の降雪プロファイルの測定を行った。

小型垂直ドップラーレーダを用いて測定したレーダ反射因子Zの時間変化を図1に示す。図は縦軸が高度、横軸が時刻であり、レーダ反射因子を色で表示している。赤に近ければ降水粒子が多く降っており、青は降水量が少ないことをあらわしている。この図では12時半ごろから降雪粒子が降ってきている測定結果である。

図2に高度ごとのレーダ反射因子の時間変化を示す。各高度でのレーダ反射因子のピーク時間が異なることから、そのピークの移動時間を相関解析する。

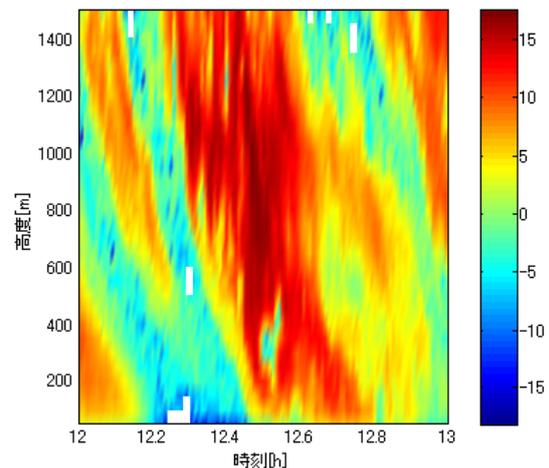


図1 レーダ反射因子の時間変化

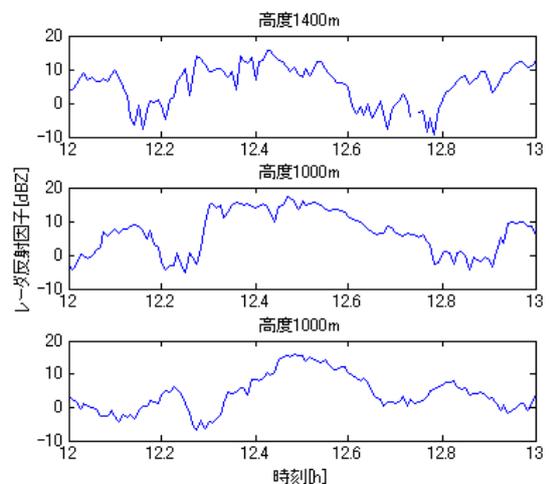


図2 高度ごとのレーダ反射因子の時間変化

各高度におけるピークの移動時間を図3に示す。この直線から降雪雲内の粒子が地上付近に落下するまでに要する時間を算出し、降雪の短時間予測が可能である。

次に、降水種類別の落下速度分布を図4に示す。降水粒子の種類によって落下速度分布に大きな違いがみられる。図中の実線はガンマ分布関数で近似した曲線を表す。ガンマ分布関数の二つのパラメータを用いることにより、降水粒子の分類が可能である。

図5にガンマ分布関数のパラメータ a, b と降雪粒子の種類の関係を示す。パラメータを用いることにより、降雪の種類を判定することが可能である。

(2)画像処理手法による降雪粒子雪質測定システムの開発

画像処理手法により、地上付近を落下する降雪粒子の雪質（雪結晶の構成具合等）と形状、落下速度、密度および降雪強度等の物理量の両方の測定を行うシステムの開発を行った。

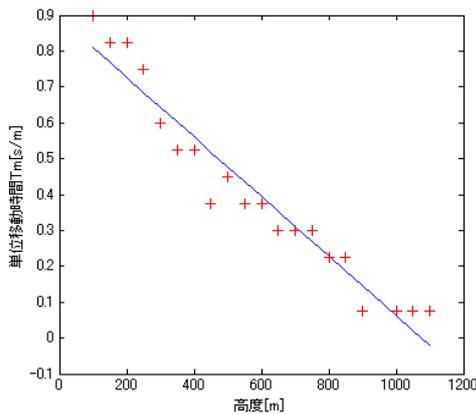


図3 各高度における移動時間

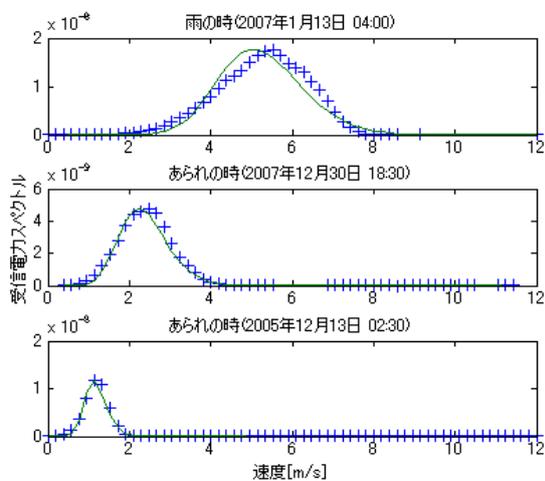


図4 降水粒子の落下速度分布

図6に新たに開発した装置の外形を示す。本装置にて測定した降雪粒子の粒径分布と落下速度分布を図7に示す。

本システムを用いることにより、降雪粒子の形状と落下速度を求め、個々の粒子の質量を算出する。更に、これらの時間積分を行うことにより、降雪強度の測定が可能である。また、個々の降雪粒子の質量・密度から、降雪粒子の雪質が得られる。図8に空間数密度の時間変化を示す。

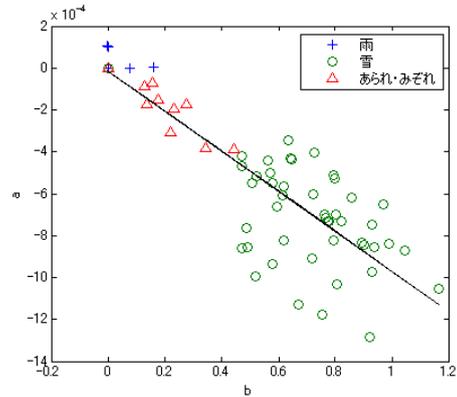


図5 各高度における移動時間

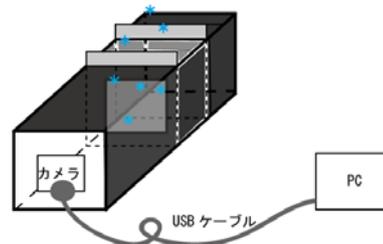


図6 降雪粒子観測装置

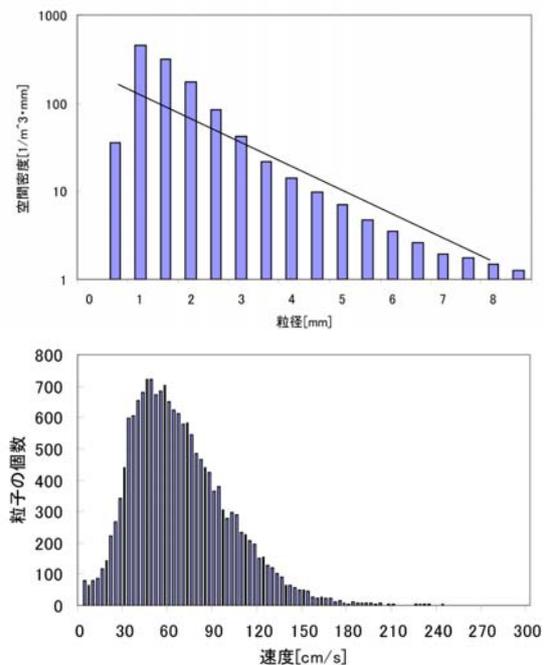


図7 降雪粒子の粒径と落下速度分布

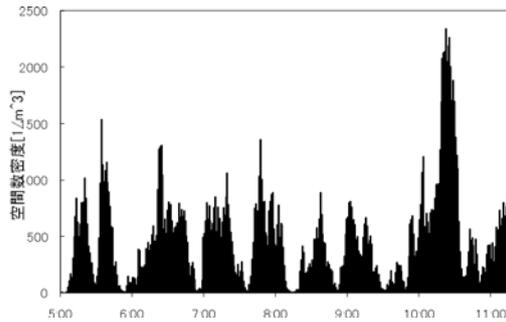


図8 降雪粒子の粒径と落下速度分布

(3)雪質および降雪強度予測システムの開発

(1)および(2)の同期計測システムを作成して冬季期間連続測定を行い、種々の降雪現象に関するデータベースシステムを作成する。

最初に、ファイルサーバに保存されている各種観測データをデータベース化して、データを統合する。これにはDBMS (DataBase Management System)のひとつであるMySQLを利用する。解析プログラムの統一に関しては、WebアプリケーションのひとつであるPHPを用いて開発を行う。

MySQLによって観測データの管理方法と記録媒体を統一し、一括管理する。これによりデータ処理の操作性が向上し、解析作業の効率化が期待できる。また、観測データ同士の連携が容易となる。

解析プログラムをPHPによって統合し、OSの依存性が解消され、解析プログラムの汎用性が向上する。また、Webを利用するため、解析作業を行う際に場所を選ばず、観測データの外部公開も同時に行うことが可能である。

図9に統合システムのデータフロー図を示す。統合システムは、DBMSによりデータ管理を行う「データベースサーバ」を中心に据える。データベースへのデータ格納は、観測データを処理しているPCから、「データ格納

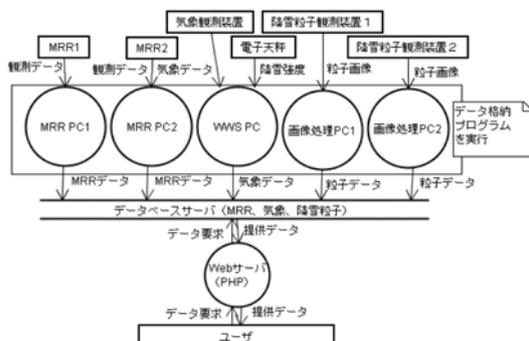


図9 統合データベースシステム

プログラム」を通じて行われる。また、閲覧者などがデータベースにアクセスするために、Webアプリケーションを用いた「Webサーバ」を設置する。Webサーバ上では「データ閲覧プログラム」のほかに、観測機器の監視を行う「監視ツール」、データベースから取り出したデータを解析する際にその支援を行う「解析ツール」、DBMSをシステム全体の管理を行う「管理ツール」の3つの機能を提供する。

データベースを利用して、降水現象ごとのレーダ反射因子および気象要素データ、降雪粒子情報を総合解析することが可能である。

図10に各種降水粒子のガンマ分布パラメータを示す。水色が降雨粒子、黒色が降雪粒子である。

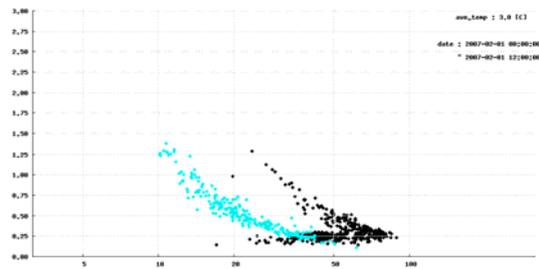


図10 降雪種類の分類

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計4件)

- ① 椎名徹、安村優希、左近雄介、降雪粒子データベースの構築、日本雪氷学会、2008年9月24日、東京大学工学部
- ② 天藤由希子、熊倉俊郎、石坂雅昭、椎名徹、画像処理手法を用いた自動観測による降雪粒子の自動判別、日本雪氷学会、2008年9月24日、東京大学工学部
- ③ 石坂雅昭、熊倉俊郎、中井専入、岩本勉之、佐藤篤司、椎名徹、降水フラックスを考慮した降雪粒子の判別、日本雪氷学会、2008年9月24日、東京大学工学部
- ④ 椎名徹、左近雄介、大崎大輝、小型ドップラーレーダを用いた降雪情報の取得、日本雪氷学会、2007年9月27日、富山大学

6. 研究組織

(1)研究代表者

椎名 徹 (SHIINA TORU)

富山工業高等専門学校・電気工学科・教授
研究者番号：80196344

(2)研究分担者 無
(3)連携研究者 無