



報道発表

平成 30 年 3 月 22 日
気 象 研 究 所

シチズンサイエンスによる高密度雪結晶観測の試み

～市民の協力で得られた雪結晶ビッグデータで雪雲を読み解く～

首都圏の降雪現象の実態把握を目的に、スマートフォンとソーシャル・ネットワークング・サービス等を組み合わせたごく簡易な雪結晶観測・データ収集手法を確立し、シチズンサイエンス（市民参加型の研究）による雪結晶観測を実施しました。これにより 2016～2017 年冬季に 1 万枚以上の雪結晶観測データを収集でき、これまでにない高密度な雪結晶観測が実現され、首都圏の降雪現象における雪雲の動態を解析することができました。この研究成果は 3 月 15 日付で科学誌「雪氷」に掲載されました。

首都圏では少しの雪でも交通等に甚大な影響が及びますが、その正確な予測は難しいのが現状です。首都圏降雪現象の正確な予測や理解のためには、まず実態把握が不可欠であり、これまで詳細な観測例の少ない雪雲の特性（気温や水蒸気量、気流、雲・降水粒子特性）を明らかにすることが有効です。

観測手段の一つとして、地上で観測された雪結晶の形や状態からは、その結晶の成長した雲の特性を推定することができます。このため、気象研究所では、首都圏に雪を降らせる雲の特性を理解することを目的とし、首都圏にお住いの皆様から降雪時の雪結晶画像を募集する「#関東雪結晶 プロジェクト」を平成 28 年度から実施しています。このような市民参加型の研究は、シチズンサイエンスと呼ばれています。本プロジェクトにおいては、雪結晶の撮影にスマートフォンのカメラを採用してごく簡易な雪結晶観測手法を確立するとともに、Twitter などのソーシャル・ネットワークング・サービス（SNS）やメールを用いた画像収集を行うことで効率的な観測データ収集を実現しました。この手法を用いて首都圏の各地で観測された雪結晶データから、首都圏に雪を降らせる雲の特性を調べました。

その結果、2016～2017 年冬季で 1 万枚以上の雪結晶画像を収集でき、このうち 73%が雲の解析に利用可能でした。本研究のような広域での高密度な雪結晶観測は世界でも初めての取り組みであり、雪結晶ビッグデータとも呼べる観測

結果を用いて首都圏での雪雲の動態を解析することができました（詳しい解説は別添）。こうした観測事例を蓄積し、首都圏降雪現象の理解を進め、将来的には予測の改善に繋げていきたいと考えています。

今回の研究成果は、科学的に興味深く、新しい観測研究のあり方を提案するものとして、日本雪氷学会の科学誌「雪氷」に掲載されました。今後も観測事例の蓄積が必要であることから、引き続き「#関東雪結晶 プロジェクト」による首都圏降雪現象の実態解明に取り組み、防災気象情報の高度化に資する研究を進めていく予定です。

問合せ先： 気象研究所企画室（広報担当）

電話 029-853-8535 FAX 029-853-8545

本研究の成果の詳しい解説

首都圏では少しの雪でも交通等に甚大な影響が及びますが、その正確な予測は難しいのが現状です。首都圏降雪現象の正確な予測や理解のためには、まず実態把握が不可欠であり、これまで詳細な観測例の少ない雪雲の特性（気温や水蒸気量、気流、雲・降水粒子特性）を明らかにすることが有効です。このため、気象研究所では、首都圏に雪を降らせる雲の特性を理解することを目的とし、首都圏で降雪時に市民から雪結晶画像を募集する「#関東雪結晶 プロジェクト」を実施しています。本研究では、2016～2017年冬季の観測結果から、シチズンサイエンス（市民参加型の研究）を通じた雪結晶観測の有効性を確かめ、雪雲の動態把握を試みました。

本研究では雪結晶の撮影にスマートフォンのカメラを採用し、ソーシャル・ネットワーキング・サービス（SNS）やメールを用いた画像収集を行いました。スマートフォンのカメラで倍率を最大にして接写すれば雪結晶が判別可能であり、近年 100 円均一の小売店でも販売されている倍率約 10 倍の安価なスマートフォン用マクロレンズを使用すればより鮮明な雪結晶画像を撮影可能です（図 1）。これらにより、ごく簡易な雪結晶観測手法を確立し、シチズンサイエンスとして効率的な観測データ収集を実現しました。この結果、2016～2017年冬季には、合計 1 万枚以上の雪結晶画像が得られました（表 1）。このうち観測時刻や場所の情報があり、画像が鮮明で解析可能なものは 73%でした。

最も観測データ数の多かった 2016 年 11 月 24 日の関東降雪事例では、人口の多い都心部を中心に高密度な雪結晶観測ができていました（図 2）。当日 8～9 時の間には広い範囲で雲粒付着のない樹枝状結晶や扇状結晶による雪片が多く観測されましたが（図 3b）、11～12 時にかけては関東北部では雪結晶に大きな変化はなかったものの、関東南部を中心には針状結晶（図 3d②-2、⑧-1）や濃密雲粒付結晶（図 3d⑦）、霰状雪（図 3d②-3、⑧-2、⑨、⑩）が多く観測されました。「雪は天から送られた手紙である」（物理学者・中谷宇吉郎博士）といわれるように、雪結晶はその結晶が成長する雲の気温や水蒸気の量によって形が変化するため（図 4）、地上で観測された雪結晶の形や状態を確認することで雲の性質を調べることができます。本事例では、関東南部では樹枝状結晶や扇状結晶から針状結晶へと代表的な雪結晶が変化したことから、湿潤な雲内で雪結晶の成長する温度が $-20\sim-10^{\circ}\text{C}$ から $-10\sim-4^{\circ}\text{C}$ へと変化したことがわかります。また、濃密雲粒付六花や霰状雪の存在から、当日昼にかけて関東南部では対流性の雪雲が上空を通過したことが読み取れます。

本研究では、2016～2017年冬季に観測された首都圏降雪 4 事例について雪結晶観測データによる解析を行いました。その結果、雪結晶の時空間変化から雲内で雪結晶の成長する温度が変化したことを確認でき、雲粒付着の程度から上空の過冷却の水雲の動態についても議論が可能となったほか、雪雲の多層構造を推定することもできました。

ただし、2016～2017年冬季の観測結果からは、人口の多い都心部で雪が降らないと観測データ数が多くならないという特徴が見られたため、より多くの市民の皆様に参加していただき、観測データ数を増やす必要があります。また、首都圏では雪の降る機会が多

くはないことから、実際に雪が降った際に市民の皆様がスマートフォンを使った雪結晶のマクロ撮影でピントを合わせるのが難しいという問題がありました。これらを踏まえ、多くの市民の皆様には雪結晶観測の取組を知っていただき、雪結晶のマクロ撮影技術向上のための練習として、冬季の朝に高頻度に観測可能な霜結晶（雪結晶と同程度のサイズ）を撮影して SNS に投稿する「#霜活」という取り組みを行っています（図 5 左・中央）。これに加え、暖候期には朝露を撮影対象とする「#露活」も行っています（図 5 右）。また、今後は IoT・AI 技術等を利用した雪結晶自動判別手法の確立やオンラインの地理情報システム（Web-GIS）を用いた効率的な観測データ共有・雪結晶解析のしくみの構築も必要です。

このような高密度な雪結晶観測データを他の観測データなどと組み合わせることで、首都圏の降雪現象の実態解明にとどまらず、数値予報モデルの検証を通じた降雪予測精度向上や、二重偏波レーダーを用いた降水種別判別手法の高精度化にも活用していきたいと考えています。今後も観測事例の蓄積が必要であることから、引き続き「#関東雪結晶 プロジェクト」による首都圏降雪現象の研究を進めていく予定です。

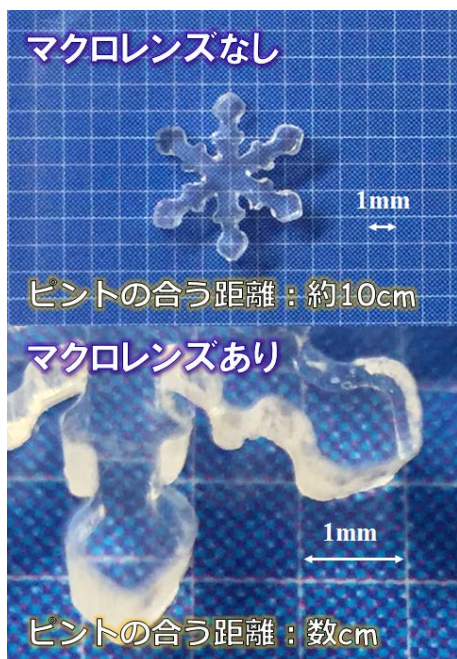


図1. スマートフォンのカメラによる撮影例。マクロレンズを用いない場合（上）と倍率10倍のマクロレンズを使用した場合（下）。カメラで最大倍率にして、プラスチックで作成した人工雪結晶を撮影。1マスは1mm。

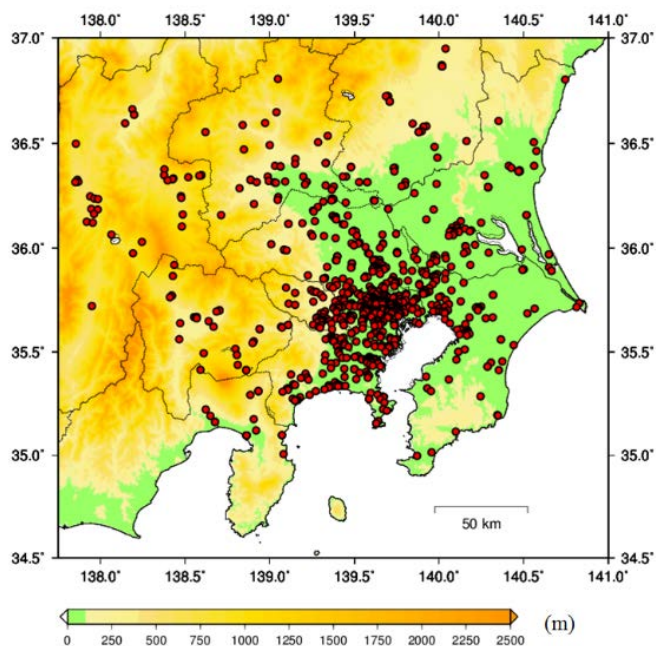


図2. 2016年11月24日に「#関東雪結晶 プロジェクト」によって雪結晶が観測された地点分布。人口の多い東京都心を中心に多くの観測データが得られた。

表1. 2016～2017年冬季の主な首都圏降雪事例と、「#関東雪結晶 プロジェクト」により得られた雪結晶画像数一覧。特に平野部を中心に雪が降った事例で観測データ数が増大している。

事例日	画像数	時刻 位置あり	解析 可能	降雪の概況
2016年11月24日	5,267	4,367	3,777	南岸低気圧により広範囲で降雪。
2017年1月8日	29	27	18	南岸低気圧により内陸部中心に降雪。
2017年1月20日	1,314	1,264	950	複数の低気圧により平野部中心に降雪。
2017年2月9日	2,563	2,425	1,848	南岸低気圧により広範囲で降雪。
2017年2月10日	467	428	336	関東南部中心に降雪。
2017年2月24日	20	17	15	関東南部で局地的・一時的に降雪。
2017年3月27日	19	11	9	低気圧により内陸部中心に降雪。
その他	1,003	959	863	※雪結晶画像で時刻・位置ありは89%、 解析可能は73%。
総数	10,682	9,498	7,816	

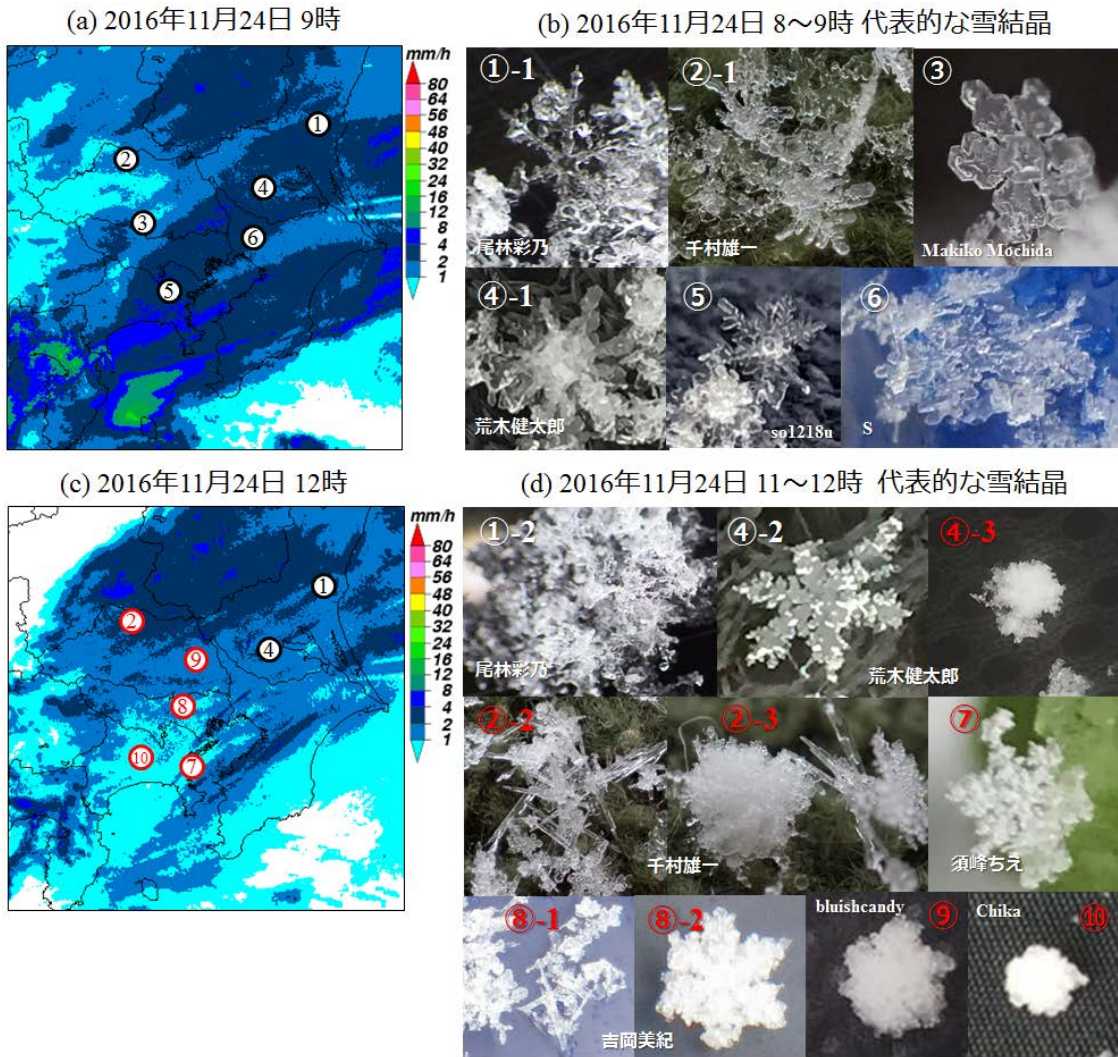


図3. 2016年11月24日の降水分布と「#関東雪結晶 プロジェクト」で観測された代表的な雪結晶。(a) 9時、(b) 8~9時、(c) 12時、(d) 11~12時。降水分布は高解像度降水ナウキャストによる降水強度分布 (mm h^{-1})。 (b)、(d) の雪結晶画像中の番号はそれぞれ (a)、(c) 中の位置と対応しており、画像毎に撮影者名を記載している。(c)、(d) の赤字で示す雪結晶は、(b) の時点と比べて降雪粒子特性が変化したことを意味している。

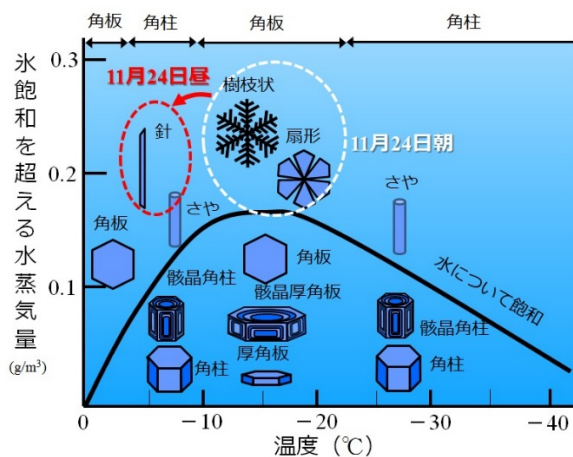


図4. 雪結晶の種類と気温・水蒸気量との関係 (小林ダイヤグラム: Kobayashi, 1961 を改変)。地上で観測された雪結晶の種類からその結晶の成長した雲の気温・水蒸気量を推定でき、雲粒付着の程度から雲内の過冷却雲粒の存在について調べることができる。2016年11月24日の関東南部では、樹枝状結晶や扇状結晶から針状結晶へと代表的な雪結晶が変化したことから、湿潤な雲内で雪結晶の成長する温度が $-20 \sim -10^{\circ}\text{C}$ から $-10 \sim -4^{\circ}\text{C}$ へと変化することがわかる。



図 5. 市民の皆様の雪結晶撮影技術向上と、観測参加者数を増やすための取り組み。「#霜活」で撮影した霜結晶（左）、凍結水滴（中央）、「#露活」で撮影した朝露（右）。いずれもスマートフォンに安価なマクロレンズを取り付けて撮影したもの。

○雪氷 3月15日付で掲載された論文

荒木健太郎, 2018: シチズンサイエンスによる超高密度雪結晶観測「#関東雪結晶 プロジェクト」. 雪氷, **80**, 115-129.

2018年3月15日オンライン発表:

http://www.mri-jma.go.jp/Dep/fo/fo3/araki/data/Araki2018_Snowcrystals.pdf

○気象庁気象研究所「#関東雪結晶 プロジェクト」

<http://www.mri-jma.go.jp/Dep/fo/fo3/araki/snowcrystals.html>

謝辞

本研究を実施するにあたり、「#関東雪結晶 プロジェクト」の雪結晶観測に非常に多くの方にご参加いただきました。この場をかりて心からお礼を申し上げます。本研究は、気象研究所重点研究「A1 メソスケール気象予測の改善と防災気象情報の高度化に関する研究」（平成26～30年度）の「副課題3：顕著現象の実態把握・機構解明に関する事例解析的研究」と、文部科学省科学研究費補助事業「首都圏の高精度雨雪判別手法確立に向けた降雪機構の実態解明」（課題番号：17K14394）の一環として実施したものです。