石狩平野に局地的大雪をもたらす雪雲の構造と降雪過程: 2022 年 2 月 5 日の事例について

三樹圭亮¹⁾·馬場賢治¹⁾²⁾

Structure of snow clouds and snow fall process caused local heavy snow fall over Ishikari plain: Case of 5 February 2022

> Keisuke MIKI¹⁾ and Kenji BABA¹⁾²⁾ (Accepted 9 December 2024)

1 はじめに

冬季石狩湾では、季節風に由来する降雪雲が石狩 平野へ上陸時に局地的な大雪をもたらし、札幌市を はじめとして交通などの人間活動に大きな影響を与 えることが知られている。北海道西岸で見られる季 節風に伴う降雪雲にはいくつか種類があり、季節風 が弱まる時に西寄りの季節風と内陸からの東寄りの 風の間に形成される収束線、小低気圧に伴う帯状収 束雲(例えば岡林 1967)、および季節風に平行な筋 状雲(例えば Yoshimoto *et al.* 2000) などが挙げら れる。

局地的大雪をもたらす降雪雲についての先行研究 は、観測や数値実験に基づいた研究が多く行われて いる。その一つである北海道西岸に発生する帯状収 東雲は、内陸と海上の温度勾配によって海上に下層 収束帯が形成され(佐々木・出口 1988),その上空 に発生する。藤吉ら(1988)はドップラーレーダー 1台を用いて帯状収束雲の観測を行い、レーダーエ コー構造および力学的構造について調べた。強いエ コー域は風の不連続線の西側でほぼ平行に存在しな がら東進しており、個々のセルは南東進していた。 この時、海上の相対的に暖湿な北西気流と陸地由来 の冷乾な空気塊との間に700 m ほどの厚さのシア 層が存在し、冷気塊が後退していく温暖前線型の不 連続線であった。帯状収束雲をはじめとした降雪雲 の多くは複数の対流セル(セル)で構成されており、 Yamada et al. (2004) は冬季の季節風時に石狩湾上 にて発生する降雪雲について、 ドップラーレーダー の観測結果から構造及び鉛直シアの場を基にセルの 分類を行い、構造変化が急激で且つ弱い鉛直シアの 大きい Rs タイプ,構造変化が急激で且つ弱い鉛直 シアRwタイプ,および,構造変化が緩やかなSタ イプの3タイプを示した。また, Tsuboki et al. (1989) では、冬季石狩平野海岸部では陸風がしばし ば観測され、海岸沖にて北西季節風との間に陸風前 線を形成していることを示した。前線付近では降雪 雲エコーの強化と消滅が起こるため、個々のセルは 一般風の速さで移動しているにもかかわらず強いエ コーが前線付近で停滞しているように見え、結果的 に局地的豪雪となることを指摘した。Takeda et al. (1982)は、北陸地方においてレーダーを用いて上陸 前後の降雪雲の観測を行い、上陸直前および上陸後 の2段階にわたってレーダーエコーが一様な変質過 程を示していることを示した。1段階目の変質は、 降雪雲の反射強度極大域が上陸直前に示度を増し. 且つ, その高度が低下し, 上陸後は急速に反射強度 が小さくなっていた。これは、海岸付近の鉛直シア の変化によって霰が生成し、海岸付近で落下した事 が要因とした。2段階目の変質として、上陸後に広

Graduate school of Dairy Science, Rakuno Gakuen University 582, Bunkyodai Midorimachi, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, JAPAN
 2) 酪農学園大学 農食環境学群 環境共生学類 気象・気候学研究室
 北海道江別市文京台緑町 582 番地

Laboratory of Meteorology and Climatology, Department of Environmental Sciences, College of Agriculture, Food and Environment Sciences, Rakuno Gakuen University 582, Bunkyodai Midorimachi, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, JAPAN

責任筆者:馬場賢治 Corresponding Author: Kenji BABA Email: kbaba@rakuno.ac.jp 日本気象学会

 ¹⁾ 酪農学園大学大学院酪農学研究科酪農学専攻 北海道江別市文京台緑町582番地

い範囲にわたって反射強度が増大している事を指摘 している。これは上陸時に十分な反射強度が観測さ れていなかった降水粒子が併合過程を経て大きく なった結果,強い反射強度になったと考察した。

先行研究により,降雪雲の構造は沿岸付近におい て陸風をはじめとした陸地に由来する様々な影響を 受けることが明らかにされてきた。そのため、札幌 圏のセル構造と降雪過程についても陸地に由来する 要因の影響が考えられる。また、観測による調査が 困難な大気環境場について、数値実験に基づいた研 究が行われている。本研究では、対象地域の札幌圏 に大雪をもたらす降雪雲のセル構造や降雪過程につ いて調査するため、実際に同地域に大雪をもたらし た2022年2月5日の事例を基に、主にXバンド偏 波レーダーの反射強度データおよび雲解像モデル CReSSを用いて解析した。

2 方 法

対象地域は、札幌市周辺を含む北緯 42.7 度~

43.6度, 東経140.7度~141.7度をとした。図1に 本研究で使用する地名および解析対象のセルが見ら れた領域(赤枠)を示す。対象地域の北西部には石 狩湾があり、南東部には石狩平野が広がっている。 また、本研究では複数のセルで構成された降雪雲を 解析対象としている。そのため、札幌管区気象台(気 象台) で観測された降雪量の多かった 2000JST~ 2100JST における高度 1000 m の平均反射強度(図 2)を基に、降雪雲を分割する3つの領域を定義し た。北西~南東にかけて筋状エコーが見られた北緯 43.1 度~43.3 度, 東経 140.8 度~141.1 度の範囲を 領域1とし、海岸付近で南北に伸びる帯状エコーが 見られた北緯 43.1 度~43.5 度, 東経 141.2 度~ 141.5 度を領域2.および前述の帯状と筋状のエ コーが交わる北緯 43.1 度~43.5 度, 東経 141.1 度~141.5度を領域3と定義した。研究対象期間 は、降雪雲が札幌周辺を通過した2月5日 1900JST~2355JST とした。



図1 研究対象地域および使用する名称。なお、札幌は札幌管区気象台を示す。赤枠:本研 究で定義した領域、青破線円:レーダー設置地点を中心とした半径 30 kmの円、黒 円:レーダー設置地点を中心とした半径 60 kmの円。



2.1 X-MP

Xバンド偏波レーダー(X-MP)は降水レーダー の一種であり、本研究では観測によって得られた反 射強度値を用いた。「Xバンド」はレーダーで用い る周波数の種類を表しており、「偏波」とは水平偏波、 垂直偏波の2種類を用いて観測を行うレーダーであ ることを表す。水平分解能は250mであり、同じく 降水粒子の観測を目的として使用されるCバンド (1km)と比較して高い分解能を持つ。対象地域に おける X-MP の設置箇所(図1)は、石狩レーダー 及び北広島レーダーの2台が札幌市を挟み込む形で 設置されており、札幌市近郊及び石狩平野の降雪雲 を観測することに適している。レーダーを中心とし て半径 60 km 範囲が観測可能であり、対象地域の大 部分を覆っている。

2.2 CReSS

本研究では、Tsuboki and Sakakibara (2002)の 解像モデル CReSS (Cloud Resolving Storm Simulator)を用いて事例当時の大気環境場を解析 した。雲物理過程を可能な限り取り入れている一方 で、ドライのモデルとして詳細な流れの場をシミュ レーションすることも可能である。力学過程の基礎 方程式系は非静力学・圧縮系で、地形に沿う座標系 の3次元領域で計算を行う。本研究で行った数値実 験の概要を表1に示す。水平スケールが数 km 程度

表1 本研究で使用する CReSS の数値実験設定

計算領域	東経 136-148 度/北緯 40-47 度
格子数	1947×1555×53 層
積分間隔	1秒
データ出力間隔	10分
初期時刻	2022年2月4日2100JST
格子間隔	500 m

のセル構造に着目していることから,格子間隔 500 m と高い水平解像度でシミュレーションを行った。

2.3 セルの定義

降雪雲内の発達した領域に着目するため、反射強 度が25 dBZ 以上の領域を解析対象とした。また、 中心部が30 dbZ 以上を示す反射強度の極大域をセ ルと定めた。反射強度はレーダーが降水粒子を観測 して得る値であり、モデルを用いた場合は別の物理 量からセルを定義する必要がある。多くの先行研究 では、シミュレーション結果から反射強度を求める 場合、計算された降水粒子の混合比を用いている (Haser and Amayenc 1986,清水・前坂 2007 など)。 また、シミュレーションした降水系内のセルは降水 粒子の混合比を用いて表す場合も多い(例えば吉崎 1993)。そこで、本研究では CReSS のシミュレー ション解析結果から、霰または雪混合比分布を用い てセルを定義した。

3 結 果

アメダスの観測値による2月5日の累計降雪量 は、石狩平野西部~南西山岳地域付近にかけて集中 していた(図3)。この日、気象台では20時に日最 大値である14 cm の前1時間降雪量を記録した(図4)。また,前後の時間はそれぞれ2,3 cm であり, 短時間且つ局地的な大雪事例であった。続いて,対 象期間における大気の安定度を示す各指標を調べる ために,鉛直方向の気温および露点分布をプロット した Skew-T ダイアグラム,および高度ごとの風向



図3 2022年2月5日アメダスによる研究対象地域の日降雪量 [cm]。



風速を表すホドグラフを図5に示した。5日 2100JSTはLCL(Lifted Condensation Level:持ち 上げ凝結高度)がほぼ1000hPaを示しており,下層 大気が湿っていたことがわかる。CIN(Convective INhibition:対流抑制)の面積は600hPaまで小さく なっており,対流を抑制するエネルギーが小さい層 が地上~600hPaにかけて形成されていた。風向風 速は主に三段階の変化をしていた。900hPa以下で 風は弱く,風向のばらつきが大きかった。900~600 hPaでは風速が最大で30knot程度と強くなり,北 西寄りの風が卓越した。600hPa以上ではさらに西 寄りの風となった。

図6に、領域1で出現したセルの鉛直断面図を示 す。セルの進行方向前方以外に高い反射強度の分布 は見られず、孤立したセルであった。セルは海岸線 付近の海上で発生し(図6a)、5分後には示度を増 しつつ地上まで範囲を拡大し、セル上部が進行方向 後方に傾いた形状となった(図6b)。1145JSTにセ ルが完全に上陸し、地表付近の中心部に34 dBZを 超えるこのセル最大の反射強度が見られた(図6c)。 セルの寿命は短く、上陸して10分後(図6d)には 衰退がはじまり、示度の低下と合わせてエコー頂も 低くなった。

次に,領域2で見られたセルの鉛直断面を図7に 示す。発生当初のセルは石狩湾上に位置した(図 7a)。1125JST になるとセルの一部は陸地に差し掛 かり,30 dBZ 以上の強反射強度領域が拡大してお り,エコー頂も高くなったことがわかる(図7b)。 領域1のセル同様,上陸後地表まで30 dBZ を越え る高反射強度領域が拡大したが,セル上部の傾きが 進行方向前方となっており,領域1とは逆の構造と なった。その後,エコー頂が低くなり衰退した(図 7c, d)。

筋状,帯状エコーの交点である領域3で見られた セルの断面を図8に示す。およそ25 dBZの反射強 度の高度は2km程であり,この高度は追跡期間を 通じて大きな変化は見られなかった。地表付近の中 心部に34 dBZ程度の高い値が見られ,高反射強度 の分布は追跡した20分間持続しており,海岸付近 のセルと比較して最大反射強度値,持続時間共に大 きくなった。1950JST~2000JSTにおいてセル中心 部周辺の30 dBZ程度の範囲も広く(図8a~8c),期 間を通じて中心部の値は35 dBZを超えた。

本研究では、雲解像モデル CReSS を用いて研究



図5 札幌上空における2月5日2100JSTのSkew-Tダイアグラムおよびホド グラフ。Skew-T図…グレー斜線:等温線,黒線:上昇気塊の温度,赤線: 気温,青線:露点,赤破線:乾燥断熱減率,青破線:湿潤断熱減率,緑破 線:等飽和混合比線,青影:CIN,黒点:LCL,矢羽根:水平風[knot]。 ホドグラフ(右上,knot)…縦軸:南北風成分,横軸:東西風成分,下層~ 上層にかけて紺~黄を表す。



図6 2035JST~2050JSTにおいて領域1で見られたセルの反射強度分布 [dBZ]の移動方向に平行な鉛直断面。

対象地域の大気環境場および降雪過程を調査した。 降雪雲は実際の時刻よりも数時間早く再現されてい たため,計算結果の時刻については初期時刻の2月 4日 2100JST から10分間隔の値であるTを用い て表す。

シミュレーション結果より得られた前1時間平均 降雪強度(図9)から、南北に伸びる帯状の降雪域 が札幌圏を通過していく様子が再現されていた。帯 状の降雪域について、図9a,bでは気象台西側に ピークが位置していた。1時間後(図9c),降雪域 のピークは気象台上に到達し、対象領域西部に北 西~南東に指向する筋状の降雪域が現れた。さらに 1時間後、帯状の降雪域は衰退しつつ気象台東側へ 移動した(図9d)。同図には、雪粒子の単位質量あ たりの個数を表す数密度[/kg]を1時間平均した 分布を図示している。雪数密度は降雪強度と似た分 布をしていたが、いずれの時刻においても沿岸部で 大きく,内陸部で小さい傾向があった。気象台上に 降雪強度ピークが位置した図9cでは,降雪強度ピー クの風上に相当する沿岸部に4.0×10⁵/kgの雪数密 度ピークが解析された。また,南北に伸びる帯状分 布に着目すると,いずれの時間においても雪数密度 分布は降雪強度分布に対して東側に大きい値が広が る傾向が見られた。

図9より, CReSS を用いたシミュレーションでは おおよそ T=123~129 にかけて札幌市上空を通過 する降雪雲が再現されたため、今後はこの期間を対 象期間に定め、2月5日 2000~2100JST の状況と して解析した。対象期間の総降水量(雪+霰,図10) は、気象台周辺に降雪量のピークが分布し、対象事 例における平均レーダー反射強度(図2)と整合的 であった。図11 に気象台に降雪のピークが位置し た時間帯における、高度 250 m の水平収束場、水平 風および水蒸気混合比の分布を示す。水平収束場は



図7 2020JST~2035JST において領域2で見られたセルの反射強度分布 [dBZ]の移動方向に平行な鉛直断面。

負の値であるほど強い収束を表している。T123 (図 11a) では石狩北部の海岸に沿う北寄りの風と共に, 2.2g/kg 程度の水蒸気混合比の空気塊が気象台に 向かって流入していた。対応して、およそ東経 141.2 度沿いに-1.0×10³/s 程度の比較的強い収束 域が帯状に分布した。その後、収束帯が気象台付近 まで指向し、対応して2.2g/kgを超える水蒸気混 合比分布の領域が気象台周辺で広がった(図11c)。 セルの分布を調べるため、図12に霰および雪の混 合比の分布を示した。霰、雪ともに石狩湾から札幌 市上空へ指向する収束場の時間変化(図12)に対応 する分布が解析された。T123 (図 12b) では海岸付 近で 2.0×10 g/kg 程度の極大値が見られ、その他 にも海上~海岸付近にかけて1.0×10g/kg以上を 示す霰のセルが多く分布した。霰混合比は時間経過 と共に東進していたほか、海岸周辺で大きい値とな る傾向があり、内陸部では下層収束と対応するよう

に相対的に小さい値が分布した。一方,T126(図 12c)では気象台周辺で霰混合比の値が大きくなり, 1.0×10g/kgを超える霰混合比のセルも複数解析 された。雪混合比について,0.5~4.0g/kg程度の 低い値が広域に分布していた。雪混合比分布の極大 域は気象台周辺~内陸にかけて分布し,T123(図 12b)には気象台南側で4.0g/kg,T126(図12c)に は気象台南南東側に4.5g/kgのピークが見られた。 霰と雪の分布傾向を比較すると,期間中を通じて霰 は狭い領域に大きい値が分布しているのに対し,雪 は水平方向に広がって分布し,値も小さい傾向が あった。また,霰は沿岸部~気象台周辺にピークが 分布している一方,雪は特に気象台以南で大きい値 となっていることが特徴的であった。

図12で示したとおり,沿岸部~気象台にかけて 霰混合比に基づくセルの帯状分布が再現された。図 13に霰混合比,雪数密度,水平-鉛直風ベクトル,お



図8 1950JST~2005JST において領域3で見られたセルの反射強度分布 [dBZ]の移動方向に平行な鉛直断面。

よびセルの移動に対する相対風の南北-鉛直断面を 示す。着目したセルは緑破線で囲った。また、相対 風とは、セルに直接影響した風を調べるために、水 平風成分からセルの移動速度を差し引いた風であ る。図13で追跡したセルは海岸付近で発生し、中 心部は0.8g/kgを示した(図13a)。この時、セル 周辺の相対風は上向き成分を示していた。10分後 の T116 において、上陸と共にセルの高さは 3300 m を超え、中心部は1.6g/kgまで増大した(図13b)。 セル内部の相対風より、内部では上昇流が卓越して いたことがわかる。T117になると、中心部の値は さらに大きくなった一方, 相対風で見た上昇流の軸 はセル後方へずれ、中心部の高度は1300m程度ま で下降した(図13c)。以降, T118では再び上昇流 がセル内部に見られたものの,高さや霰混合比の値 は減少し、セルは衰退した。続いて、セル周辺にお ける雪の数密度分布の時間変化を調べた。セル発生 当初,周辺に目立った分布は見られなかった。陸地 に差し掛かり,セルが発達すると共に上空 3000 m 付近に最大で1.0×10⁵/kgの分布が現れた。時間経 過を経ても数密度のピークはセル上部に位置してお り,下層ではほとんど見られなかった。数密度は, セルの最盛期 T118 で最大1.8×10⁵/kg(図13c)と 大きくなり,衰退時には減少した(図13d)。

鉛直積算した雪混合比の分布(図12)より,内陸 になるにつれて雪が広く分布し,霰は海岸付近~気 象台周辺に集中している。そのため,雪の混合比を 基にセルを定め,南北-鉛直断面をそれぞれ図示し た(図14)。T119(図14a)では高度900m付近に 0.3g/kgの中心部が位置しており,10分後にはお よそ1500mまで上昇した(図14b)。セルの中心部 は30分程かけて徐々に下降し,内陸まで移動した。 追跡したセルは,雪数密度が多く分布する領域の真 下に見られた。雪混合比の値は0.2~0.4g/kgで推



 図9 CReSSの計算結果による,前1時間平均の高度3500m以下鉛直積算雪数密度(/kg,等値線)および降雪 強度(雪+霰,mm/h,カラー)。各図のTは,初期時刻である2月4日2100JSTからの10分間隔の値を 表す。●印は札幌管区気象台を表す。

移し,形状も大きな変化は見られなかった。また, 相対風からはセル周辺の上昇流はほとんど見られ ず,これは衰退時まで同様であった。

4 考 察

2022年2月5日に札幌市周辺に短時間で局地的 な大雪をもたらした降雪過程の概念図を図15に示 す。図2および図9cより,札幌市周辺は南北に伸 びる帯状雲と北西側から指向する筋状の降雪雲の交 点であることがわかった。領域1のセル(図6)は 海岸手前で発生し,上陸後に反射強度が増大,セル 上部が進行方向後方に傾きつつ衰退する構造変化を 示していた。反対に,領域2のセル(図7)は進行 方向前方に倒れるように衰退していた。この構造変 化の違いについて考察した。CReSSのシミュレー ション結果から得られた風,収束場(図11)では, 降雪雲が札幌市周辺を通過中,領域1では北西寄り の風が卓越していた一方.領域2では南北に伸びる 収束帯が形成されていた。以上より、領域1のセル 発生要因は北西風や地形といった時間変化が小さい 要素であったことが伺える。このため、落下時に北 西風によって風下に流されたものの、セルを構成す る降水粒子の生成領域が大きく変化せず、進行方向 後方に傾く反射強度分布を示したと考えられる。他 方,領域2のセルは下層に収束帯が形成され、それ 伴う上昇流によってセルが形成されたと推測され る。下層収束帯は東進していたことから、セル発生 領域自体も東進していたと推察される。図11では 下層収束帯の西側では北西寄りの風が卓越していた ため、セル上層は北西寄りの風によっても流されて いたと考えられる。そして、下層はセル進行方向に あまり移動することなく霰等の高反射強度値を示す



2.5

1.9 1.6

1.3

(g/kg)











図 12 T123~T129における,高度 3500 m 以下で鉛直積算した霰および雪の混合比。●印:札幌管区気象台,等値線(0.5 間隔):雪混合比 [g/kg],カラー:霰混合比 [g/kg]。各図のTは図9と同様。

降水粒子が落下した結果, セル上部が進行方向前方 に傾く構造となったと推測できる。また、これらの 沿岸部のセルによって上空に多量の雪結晶が生成さ れていたことが、図13の霰混合比のセルおよび雪 数密度分布から推察される。ここで生成された雪結 品は、

北西風および北寄りの風によって札幌市周辺 や、さらに内陸へ運搬されたと考えられる。雪結晶 が落下する際、結晶同士が衝突することで併合し、 雪片へと変化することが知られている。より大きな 粒子となることで落下速度が速くなった結果,図12 で示されたように,気象台周辺~気象台南側にかけ て雪混合比のピークが形成されたと推察される。ま た、収束帯に沿って霰混合比のセルが気象台周辺へ 到達していたことがわかる。気象台以南には分布を 拡大していないことに加え、図10では気象台に降 雪量ピークが形成されていることを考慮すると、 霰 は気象台周辺に多く落下したと考えられる。レー

ダーによる観測(図8)では,高さ2km 程度の扁平 な構造が札幌市周辺で観測された。中心部を除き, 扁平な領域はおよそ25~30 dBZ を示していた。こ のことは、シミュレーション結果より得られた雪の 混合比分布(図12)が、霰混合比分布と比較すると 水平方向に広がる傾向にあったことと整合的であ る。また、中心部で30 dBZ を超える領域が存在し た。冬季北海道において、30 dBZ 以上の強い反射 強度を示す降水粒子は霰であると推測できるため、 実際に札幌市周辺には霰が落下していたと考えらえ る。

以上より,札幌周辺で短時間の大雪となったこと について,南北に伸びる帯状の降雪雲の他に筋状の 降雪雲が北西側より指向していたこと,雪片による 降雪のほかに霰が集中的に落下したことが要因とし て示唆された。



図13 T115~118において領域1付近で見られたセルの南北-鉛直断面。高度:1~3500m・緯度:北緯43.0~43.3度,等値線:雪数密度[/kg],カラー:雪混合比[g/kg],黒ベクトル:南北-鉛直風[m/s],赤ベクトル:相対風(南北-鉛直風)[m/s](セルの移動速度を南向き9.25m/sと仮定),緑破線域内は着目したセル。各図のTは図9と同様。

5 まとめ

本研究では2022年2月5日の降雪雲の事例を基 に、札幌圏で見られるセルの構造と降雪過程を明ら かにする事を目的として、X-MPの反射強度からセ ルの発達過程の調査および CReSS を用いた大気環 境場の考察を行った。気象台アメダスで20時台に 14 cmの降雪を観測しており、短時間で局地的な大 雪の事例であった。レーダーの反射強度より、海岸 付近のセルは中心部が10分程度の短時間で下降し、 反射強度がおよそ5dBZ 増減する、大きな構造変化 をしていた。一方、内陸部のセルは高度2000 m 程 度の平坦な形状を示し、30 dbZ 以上の強い反射強度 を20分以上維持する小さな構造変化であった。構 造に違いが見られた要因を、CReSS を用いたシミュ レーション結果より考察した。降水粒子の混合比分 布より、内陸で降雪強度の極大域が見られた時刻は 沿岸部〜気象台周辺にかけて霰のセルが分布してい ることが分かった。内陸になるにつれ、雪混合比の 極大域が分布した。雪数密度分布と雪混合比分布を 比較すると、数密度は沿岸部で大きな値となり、内 陸になるにつれ小さな値が分布していた一方、混合 比は沿岸部で小さな値で内陸にかけて大きな値が分 布した。ここから、沿岸部では小さな雪結晶が多く 分布し,内陸の降雪強度の極大域にかけて雪片が分 布していることが示された。雪数密度分布のピーク は霰主体のセルと分布が対応しており、セルが発達 時に雪結晶を生成して一般風の風下である内陸へ雪 結晶を供給していたことが考えられた。シミュレー ション結果より、本研究対象事例では収束帯が札幌 圏に指向しており、対応して帯状雲が形成されてい た。また、収束帯に伴い霰主体のセルが気象台以南 まで分布を拡大しており、沿岸部に霰の分布が留ま る筋状雲の事例とは異なることが分かった。以上よ



図14 T119~122において領域3付近で見られたセルの南北-鉛直断面。高度:1~3500m・緯度:北緯42.8~43.2度,等値線:雪数密度[1/kg],カラー:雪混合比[g/kg],黒ベクトル:南北-鉛直風[m/s],赤ベクトル:相対風(南北-鉛直風)[m/s](セルの移動速度を南向き17m/sと仮定),緑破線域内は着目したセル。各図のTは図9と同様。

り,雪片による降雪に加え,霰が沿岸部を越えて札 幌市まで進出,落下したため,内陸に降雪強度の極 大域が形成されたと考えられる。

謝 辞

ご多忙にもかかわらず本稿の確認および,適切な コメントをしていただきました,匿名校閲者二名の 方々に深く感謝申し上げます。本研究で使用した X-MPによる観測値のデータは文部科学省が管理・ 提供しているデータ統合・解析システム DIAS (https://diasjp.net)から取得しました。図の作成に は,GMT (Wessel and Smith, 1998),GrADS (COLA) を使用しました。本研究の成果は、名古屋大学 HPC 計算科学連携研究プロジェクト,および、名古屋大 学宇宙地球環境研究所「一般共同研究」の支援を受 けました。

文 献

- 藤吉康志, 坪木和久, 小西啓之, 若濱五郎, 1988: 北海道西岸帯状収束雲のドップラーレーダー観 測(I) ―温暖前線型―, 天気, 35, 427-439.
- Hauser, D., and P. Amayenc, 1986: Retrieval of cloud water and water vapor components from Doppler radar measurements, J. Atmos. Sci., 15, 452–466.
- 岡林俊雄,1967:気象衛星から見た小低と雪雲について、北部管区気象研究会誌、昭和42年度版,48-51.
- 佐々木秀孝,出口悟,1988:冬季北海道に形成され る収束帯の数値実験,天気,35,723-729
- 清水慎吾,前坂剛,2007:三次元風速場の推定のた めの変分法を用いた複数台ドップラーレーダ データの解析手法,防災科学技術研究所研究報



図 15 2022 年 2 月 5 日 2000~2100JST における降雪過程の概念図。風は、上層~下層にかけての一般風を示す。

告, 第70号.

- Takeda, T., K. Isono, M. Wada, Y. Ishizaka, K. Okada, Y. Fuziyoshi, M. Maruyama, Y. Izawa, and K. Nagaya, 1982: Modification of convective snowclouds in landing the japan sea coastal region, J. Meteor. Soc. Japan, 60, 967–977.
- Tsuboki, K. and A. Sakakibara, 2002: Large-scale parallel computing of cloud resolving storm simulator, High Performance Computing, 243– 259.
- Tsuboki, K., Y. Fuziyoshi and G. Wakahama, 1989: Structure of a land breeze and snowfall enhancement at the landing edge, J. Meteor.

Soc. Japan, 67, 757-770.

- Yamada, H., H. Uyeda and K. Kikuchi, 2004: Dualdoppler radar observations on factors causing differences in the structure of snow clouds durring winter monsoon surges, J. Meteor. Soc. Japan, 82, 179–206.
- Yoshimoto, N., Y. Fujiyoshi and T. Takeda, 2000: A Dual-Doppler Radar Study of Longitudinal-Mode Snowbands Part II: Influence of the Kinematics of a Longitudinal-Mode Snowband on the Development of an Adjacent Snowband, J. Meteor. Soc. Japan, 78, 381-403.

Abstract

The Sea of Japan in Hokkaido receives localized heavy snowfall owing to convective snow clouds. Herein, the cell structure of convective snow clouds that caused heavy snowfall over Sapporo in February 5, 2022, as well as the heavy snowfall process over the Ishikari Plain were investigated. The reflection intensity of X-band polarization radar and the Cloud Resolving Storm Simulator (CReSS) results were used for these investigations. Radar reflectivity revealed that the snow clouds passed over Sapporo from 1900 JST to 2100 JST. CReSS results revealed a horizontal convergence band reaching over Sapporo between northwest and northerly winds at a height of 250 m; the cells derived based on graupel and snow mixing ratios were concentrated along the coast and inland areas, respectively. The vertical summations of snow number concentrations were larger near the coast and around the Sapporo District Meteorological Observatory and smaller near the inland, consistent with the snowfall intensity distributions. Consequently, snow crystals that form snowflakes were produced in large quantities during coastal cell development and transported inland by northwesterly winds. The graupel mixing ratio cell distribution expanded as the convergence zone oriented toward Sapporo. These results collectively suggest that the snowfall maxima were observed in the inland areas.