

地上観測データを用いた雲解像モデル CReSS における雪と霰の割合の検証

* 篠田太郎⁽¹⁾・加藤雅也⁽¹⁾・久保 守⁽²⁾・瀬戸一希⁽²⁾・村本健一郎⁽²⁾・

藤吉康志⁽³⁾・大東忠保⁽¹⁾・坪木和久⁽¹⁾・上田 博⁽¹⁾

⁽¹⁾ 名古屋大学 地球水循環研究センター ⁽²⁾ 金沢大学 理工学域 電子情報学類 ⁽³⁾ 北海道大学低温科学研究所

1. はじめに

名古屋大学地球水循環研究センターでは、2005 年より雲解像モデル Cloud Resolving Storm Simulator (CReSS) を用いて、日本周辺域を対象とした毎日のシミュレーション実験を実施している。また、CReSS における雲微物理過程の改良のために、これらの毎日のシミュレーション実験の結果を、定量的に検証する手法の開発も行っている。現在、我々の研究室で取り組んでいる検証方法は以下の 3 つである。

- AMeDAS を用いて地上における降水量、気温、風向・風速、日射量についての検証を行う。
- 静止衛星や極軌道衛星から取得される赤外輝度温度を用いて雲頂高度の推定を行う。また、極軌道衛星から取得されるマイクロ波放射計の輝度温度を用いて、主に海上において推定される可降水量、積算液水量、積算氷水量についての検証を行う。CReSS の出力結果に対して、名古屋大学地球水循環研究センターで開発を進めている Satellite Data Simulator Unit (SDSU: <http://precip.hyarc.nagoya-u.ac.jp/sdsu/sdsu-main.html>) を適用して、衛星データと比較できる値に変換を行う。
- 地上における降雪粒子識別観測の結果を用いて雪と霰による降水量の比較・検討を行う。

このうち、特に 3 番目の手法は、CReSS における霰の形成過程や雪から霰への変換過程の検討を行う場合に有効であると考えられる。そこで、本研究では、金沢大学に設置されている降雪粒子観測システムにより取得された雪と霰の体積の割合を用いて、雲解像モデル CReSS により出力された固体降水における雪と霰の割合の検証を行った結果を報告する。。

2. 金沢大学降雪粒子観測システムと雪と霰の判別方法

金沢大学降雪粒子観測システムは降雪粒子を CCD ビデオカメラで撮影する。2008-2009 年のシステムでは、 128×96 mm の領域を 1280×960 ピクセルで表現するため、1 ピクセルが 0.1 mm に相当することとなる。シャッタースピードは $1/10000$ 秒、フレームレートは 1 秒当たり 7 枚である。なお、撮影領域の奥行きは 250 mm である。このようにして得られた画像データに対してデジタル化を行い、画像の濃淡から個々の粒子の特徴（形状、粒径、落下速度、空間数濃度）などをリアルタイムでデータベース化している（村本 2005）。

データベースに保存された粒子毎に雪と霰の判別は、1000 ピクセル以上の粒子を対象とした。各粒子に対して、複雑度（粒子の周囲長と等価円の円周長の割合）と孔の数を計算した。複雑度は粒子の断面の形状が円形

に近いほど 1.0 に近い値を示す。また、孔がある粒子は結晶の集合体であると考えられる。本研究では、複雑度が 1.21 未満で孔がない粒子を「霰」、それ以外の粒子を「雪」として分類した。そして、側面から撮影されている各粒子の面積より等価面積円を仮定して粒子の体積を計算し、雪と霰のそれぞれに対して 1 分毎に積算することで総体積とした。この値を検証用データとして用いる。

3. CReSS を用いた毎日のシミュレーション実験

2008 年 12 月 24 日から 2009 年 4 月 7 日までの間、名古屋大学地球水循環研究センターでは北陸地方（石川県）におけるマルチパラメータレーダ観測に合わせて、中部日本海全域を対象とした水平解像度 5 km と、それにネストする形で石川県周辺の領域を水平解像度 1 km の毎日のシミュレーション実験を実施した。シミュレーション実験では、金沢大学角間キャンパス（北緯 36.55 度、東経 136.71 度）を含む格子点において 1 分間毎の雪と霰の降水量を出力した。雪と霰の降水量の比を体積比と考え、観測結果と比較を行う。降雪粒子観測システムを用いた体積比の観測結果が得られている 2009 年 1 月 13 日、1 月 15 日、1 月 24 日、2 月 16 日の計 4 日間について比較を行い、CReSS の出力結果における雪と霰の体積比の検証を行う。

4. 雪と霰の割合についての検証結果

シミュレーション実験の結果の例として、図 1 に 2009 年 1 月 13 日 15 時（日本時：計算開始 12 時間後）の水平解像度 1 km の地上降水量と地上風の水平分布を示す。併せて同時刻・同領域の気象庁レーダによる降水強度も示す。気象庁レーダによる観測結果と CReSS によるシミュレーションとも降水域の場所は異なるものの、日本海から数本の降水セル列が能登半島周辺に侵入している様子が見て取れる。

図 2 に 2009 年 1 月 13 日 00 時から 24 時に金沢大学降雪粒子観測システムで取得された雪と霰の 1 分毎の積算体積の時系列と、同期間の CReSS（水平解像度は 1 km）により計算された金沢大学の位置する格子点における雪と霰による 1 分毎の降水量の時系列を示す。単位面積を考慮することにより、数値実験における降水量は積算体積に相当すると考えられる。観測では間欠的に雪や霰の積算体積が増加しており、降水セルの通過により雪や霰粒子がもたらされたと考えられる。また、観測ではこの期間中しばしば、雪による固体降水が見られるが、数値実験の結果ではほとんど霰による降水の割合が大きい。また、観測されなかった雨による降水もあることが見て取れる。

比較を行った計 4 日間の 1 時間毎の雪と霰の割合を

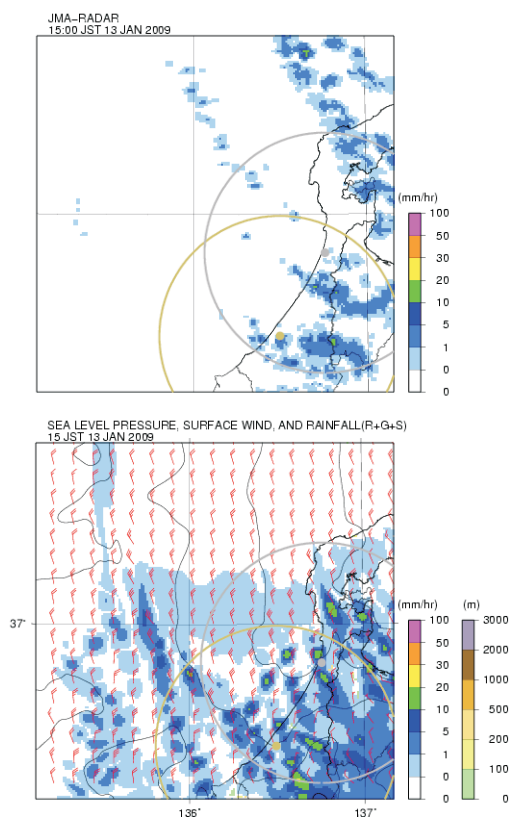


図1 (上図) 2009年1月13日15時00分の気象庁レーダにより取得された降水分布。(下図) 同時刻のCReSSを用いた数値実験の結果から得られた降水分布(色)と地上風(矢羽根)。

散布図で示す(図3)。観測、数値実験の結果とも雪と霰の積算体積の和に対する霰の積算体積の割合を示している。分布が散布図の左上側に寄っていることから、数値実験の結果では雪に比べて霰の存在割合が過剰であることが見て取れる。すなわち、CReSSで用いている冷たい雨過程では、霰を多く形成してしまう傾向があることが示唆される。

5. まとめ

CReSSにおける冷たい雨過程の検証を行うために、金沢大学降雪粒子観測システムにより取得されたデータベースから雪と霰の積算体積比を出力し、CReSSを用いた数値実験により取得された雪と霰の降水量(体積)の割合との比較を行った。その結果、CReSSで用いている冷たい雨過程では、霰を過剰に形成してしまう傾向があることが示唆された。今後は比較を行う日数を増やすなどしてさらなる検証を行うとともに、他の手法を用いた検証結果との照合を行い、CReSSの冷たい雨過程の特徴を示すとともに、その改良に着手する予定である。

参考文献

村本健一郎, 2005: 雪片の自動観測と画像処理技術, 気象研究ノート「雪片の形成と融解」(藤吉康志編), 207, 9-32.

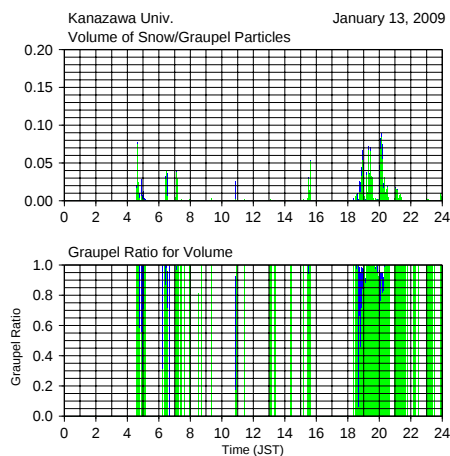


図2 2009年1月13日00時00分~24時00分に金沢大学降雪粒子観測システムにより取得された雪(青色)と霰(緑色)の1分間の積算体積の時系列(上図)および雪と霰の総体積に占める霰の体積の割合(下図)を示す。

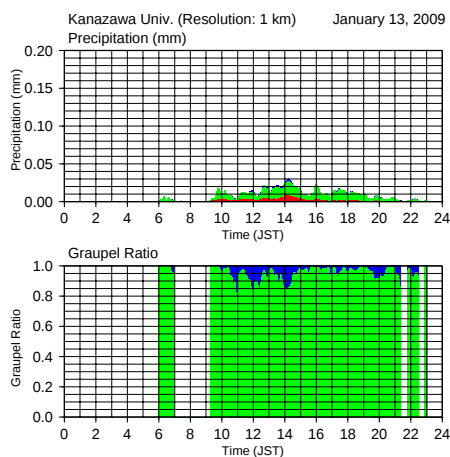


図3 図2と同じ。ただし、CReSS-1kmの結果を示す。上図において赤は雨による降水量(体積)を示す。

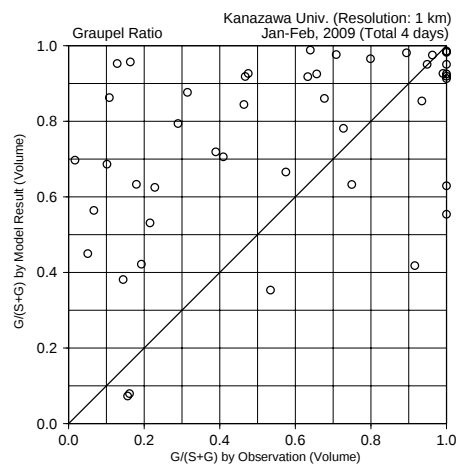


図4 対象とする4日間の雪と霰の積算体積の和に対する霰の割合の散布図。横軸は観測値、縦軸は数値実験の結果で、どちらの値も1時間積算値である。