

2017年3月27日の那須雪崩をもたらした低気圧の予測可能性
Predictability of an Extratropical Cyclone Causing Snow Avalanche at Nasu on
27th March 2017

吉田 聡^{1),2)}
A. Kuwano-Yoshida^{1),2)}

¹⁾京都大学防災研究所 白浜海象観測所

¹⁾*Shirahama Oceanographic Observatory, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University*

²⁾京都大学防災研究所 潮岬風力実験所

²⁾*Shionomisaki Wind Effect Laboratory, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University*

Abstract: On 27th March 2017, a snow avalanche occurred at Nasu. Seven high school students and a teacher became victimized by the snow avalanche. Before then, an explosive extratropical cyclone passing the south coast of Japan precipitated a massive snow rapidly. Statistical predictability analysis of weekly ensemble prediction system of Japan Meteorological Agency shows that the system tends to underestimate explosive cyclone's development passing the south coast compared with cyclones developed over the northern part of Japan. The Nasu case could not be predicted until four days before, the position shifted northwestward even in one day prediction. However, moisture flow pattern to Nasu which is snow origin were predicted from five days before, while the moisture amount is less than observations. The predictability depended on an antecedent ridge. In failed prediction, the weak development of ridge caused weak development of the following cyclone.

Key words: Extratropical cyclone, Predictability, Moisture flux, Numerical weather prediction (max: 5)

1 はじめに

これまでの調査で、2017年3月27日に那須高原で発生した雪崩は日本南岸を通過した低気圧をもたらした急激な積雪の増加が要因の一つと報告されている。しかし、気象庁の週間アンサンブル予報では、南岸低気圧は日本海で発達する低気圧に比べ、予測精度が低いことが指摘されている(吉田 2018)。今回の低気圧とそれに伴う降雪がどのくらい前から予測できていたかを明らかにすることは、防災上重要である。そこで本研究では、気象庁週間アンサンブル予報における、今回の低気圧の発達とそれに伴う水蒸気移流の予測可能性を調査した。

2 データと手法

用いたデータは京都大学生存圏研究所にアーカイブされている気象庁週間アンサンブル予報データである。アンサンブルメンバー数は27で、日本付近は水平解像度 1.25° 、6時間毎、全球データは 2.5° 、12時間毎の予報が保存されている。毎日00UTCと12UTCを初期値として11日間予報をしている。今回は8日予報までのデータを利用した。日本付近の予報値はジオポテンシャル高度、気温、東西風、南北風の925 hPa, 850 hPa, 500 hPa面、湿度の925 hPa, 850 hPa面が、全球予報値はジオポテンシャル高度、気温、東西風、南北風の850 hPa, 500 hPa, 300 hPa面、湿度の850 hPa面が保存されている。

低気圧の発達指標として、地表気圧の24時間変化率を緯度60度で規格化したLDR24 (Kuwano-Yoshida, 2014)

$$\text{LDR24} = -\frac{p_s(t) - p_s(t - 24h)}{24h} \left| \frac{\sin 60^\circ}{\sin \theta} \right|$$

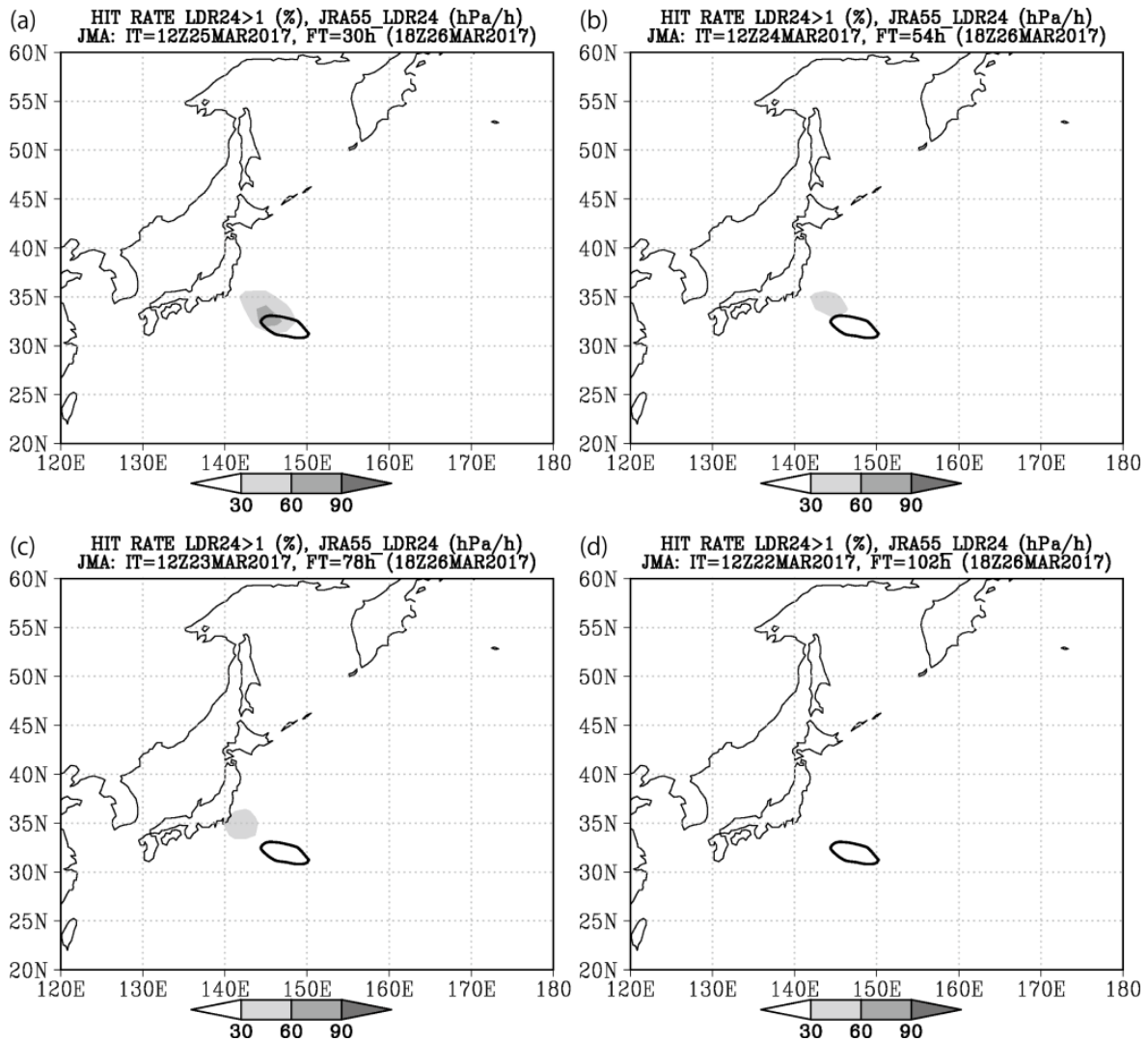


図1. 2017年3月26日18UTCに気象庁週間アンサンブル予報でLDR24 \geq 1となるメンバーの割合（陰影，%）とJRA-55のLDR24=1（太実線）．それぞれ（a）2017年3月25日12UTC，（b）24日12UTC，（c）23日12UTC，（d）22日12UTC初期値．

を利用し，LDR24 \geq 1 hPa/hを爆弾低気圧とした．ここで p_s は地表面気圧， t は時間， θ は緯度である．予報精度評価のため，気象庁長期再解析データJRA-55（Kobayashi et al., 2015）を比較データとして用いた．JRA-55の水平解像度は1.25度で6時間毎の解析値を用いた．

3 結果

今回，那須雪崩の要因の一つとなった低気圧は2017年3月25日00UTCに九州南方沖で発生した．その後，東進しながら26日18UTCに関東の南東沖で急発達し，爆弾低気圧に相当する発達率（LDR24 \geq 1）を示した．アンサンブル予報の各格子で全メンバーのうちLDR24 \geq 1となったメンバーの割合を的中率として，異なる初期時刻からの予報結果を図1に示す．22日12UTC初期値からの予報では当該低気圧の急発達を予報したメンバーは一つもなく（図1d），23日12UTC初期値以降に急発達を予報するメンバーが現れ始めている（図1c）．しかし，その割合は30%程度で推移し，直前の25日12UTC初期値の予報でも60%程度であった（図1a）．また，急発達が起こる位置は実際の発達位置に比べて北西方向にずれる傾向があり，低気圧の発達予報としては難しい事例であった．しかし，日本付近の海面気圧の空間分布について，アンサンブル予報の各メンバーとJRA-55との空間相関を調べると，22日00UTC初期値まではアンサンブルメンバー間のばらつきは大きいですが，22日12UTC以降の初期値では，予報のばらつきが小さくなっていった（図2）．この結果は，個々の低気圧の発達強度の予報可能性は1日

程度しかなかったが、水蒸気の流れを決める海面気圧の空間パターンは4日程度前から予測できていたことを示している。

実際、急激な積雪の増加の要因となった低気圧から那須高原上空への水蒸気流入の予測を調べると、21日00UTC初期値の予報では東からの水蒸気フラックスは見られず、那須上空の水蒸気量の増加も予報できていなかった(図3a, b)。一方、海面気圧の空間分布の予報ができてきた22日12UTC初期値からの予報では、東からの水蒸気フラックスが予報され始めている。しかし、その大きさは解析値よりも弱かった(図3c, d)。雪崩発生直前の25日12UTC初期値からの予報では水蒸気量は立ち上がり、ピーク時刻が遅れる傾向があるものの、東からの大きな水蒸気フラックスと水蒸気量の急激な増加が高い確率で予測されていた(図3e, f)。また、低気圧発達前の乾燥状態の予報は21日12UTC初期値でも精度よく予報されていることから、低気圧の発達予測が水蒸気流入を左右していることがわかる。

この予測精度の急激な変化の要因を明らかにするため、那須上空の水蒸気量予報の不確実性が大きく改善した21日12UTC初期値とその直前の21日00UTC初期値の予報を比較した。22日00UTCの300hPaジオポテンシャル高度予報を見ると、21日12UTC初期値からの予報の方がカスピ海南東で高度場が高く、カスピ海南部のスプレッドが小さくなっていた(図4a, b)。その後、東経80度付近で大きくスプレッドが減少し、アンサンブル平均場には北東方向に延びる波列パターンが形成されていた(図4c, d)。那須で雪崩が発生した頃の27日00UTCでは、日本上空でスプレッドの小さい低高度偏差が現れていた(図4e, f)。爆弾低気圧は上空のトラフの接近をきっかけとして急発達することから、この結果は、対流圏上空の高度場偏差の不確実性がカスピ海付近で弱まったことで、その後の日本付近での低気圧発達をもたらす上層トラフの不確実性が小さくなったことを示している。

以上の結果より、那須雪崩の要因となった低気圧の正確な予測は直前まで予測が難しく、積雪の増加をもたらした水蒸気流入もピーク時刻が遅れる傾向があり、流入量も過小評価されていた一方で、那須への東からの水蒸気流入傾向は4日程度前から確度が高かったことがわかった。

4 まとめ

那須雪崩の要因となった低気圧とそれに伴う水蒸気流入の予測可能性について、気象庁週間アンサンブル予報データを用いて解析した。低気圧そのものの発達には4日前の時点では全く予報されておらず、1日前でも北西方向にずれて予報される傾向を持ったまま、水蒸気流入も過小に予報されていた。しかし、水蒸気流入を決める海面気圧の空間パターンは4日前から精度よく予報されていた。ただし、水蒸気流入量の予測は直前でも過少評価傾向にあり、数日程度のリードタイムをもって、雪崩当日の急激な積雪の増加を予想するのは難しい事例であった。現在の予報技術では南岸低気圧は比較的予報のリードタイムが短く、雪崩の誘因となる降雪量の急激な増加を数日前から予測することは難しいことを考慮した対策が必要である。

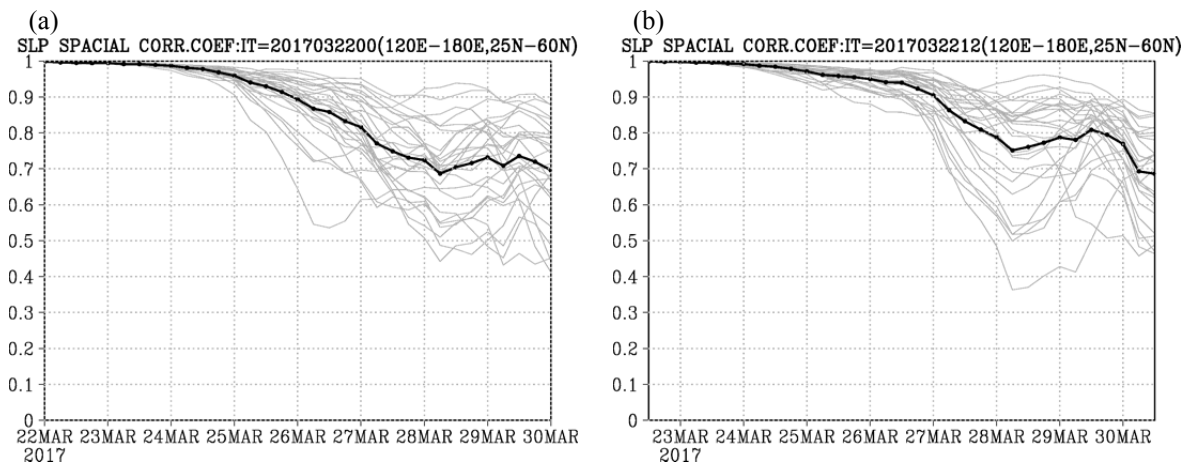


図2. 日本付近(東経120度~180度, 北緯25度~60度)の海面気圧のアンサンブル予報とJRA-55との空間相関. 黒: 平均, 灰色: 各メンバー. (a) 2017年3月22日00UTC初期値, (b) 22日12UTC初期値.

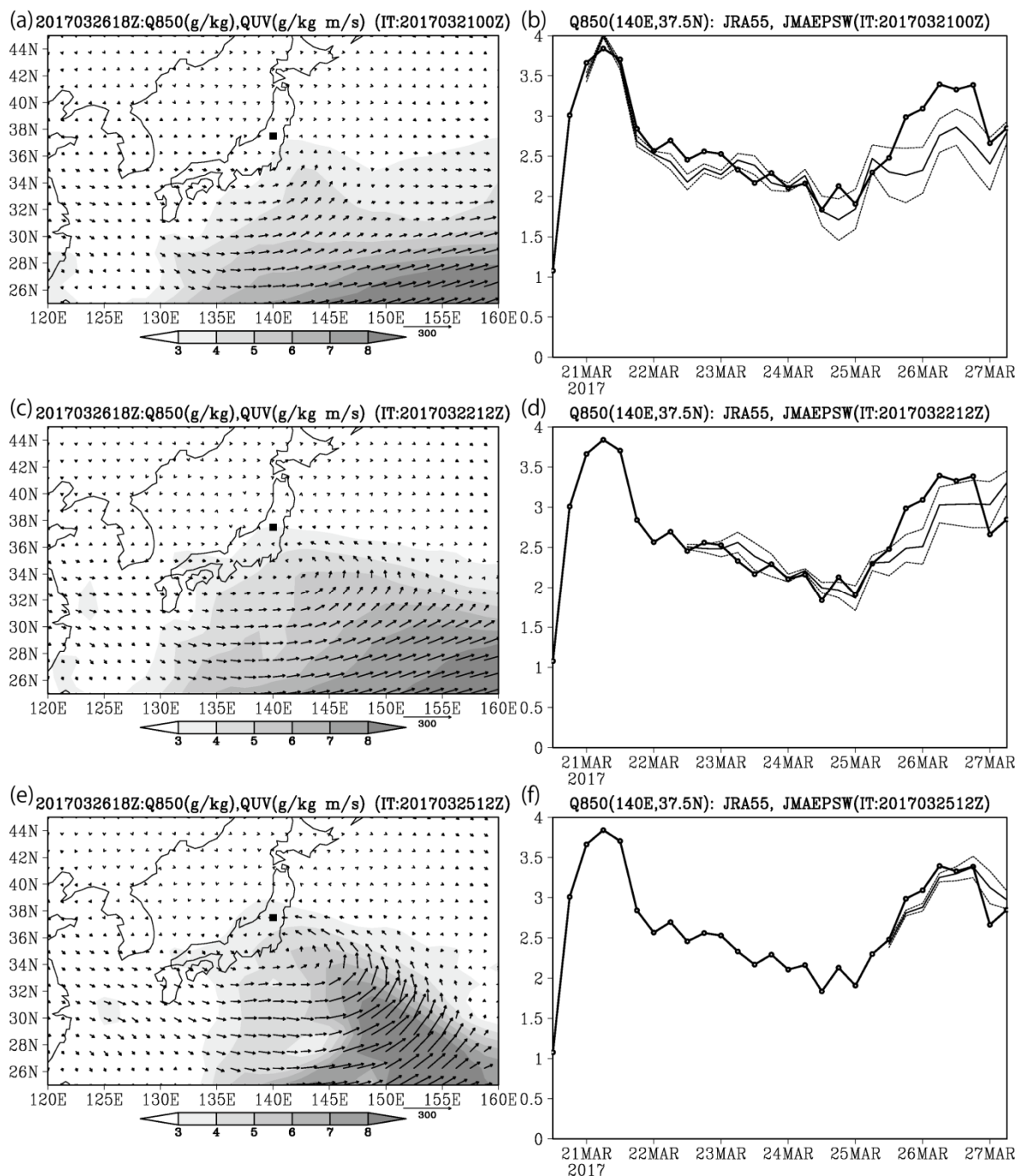


図3. (左) 2017年3月26日18UTCの850hPaの比湿(陰影, g/kg)と水平水蒸気フラックス(矢印, g/kg m/s), (右) 那須高原直近の格子(140°E, 37.5°N)の850hPa比湿の時系列: JRA-55(太実線), アンサンブル予報平均(細実線)と±0.5標準偏差(破線). (a) (b) 21日00UTC, (c) (d) 22日12UTC, (e) (f) 25日12UTC初期値.

引用文献

吉田 聡, 2018, 爆弾低気圧の予測可能性, 気象研究ノート「南岸低気圧による大雪」, 印刷中.
 Kobayashi, S., and Coauthors, 2015: The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics. *J. Meteorol. Soc. Japan. Ser. II*, **93**, 5–48, doi:10.2151/jmsj.2015-001.
 Kuwano-Yoshida, A., 2014: Using the Local Deepening Rate to Indicate Extratropical Cyclone Activity. *SOLA*, **10**, 199–203, doi:10.2151/sola.2014-042.

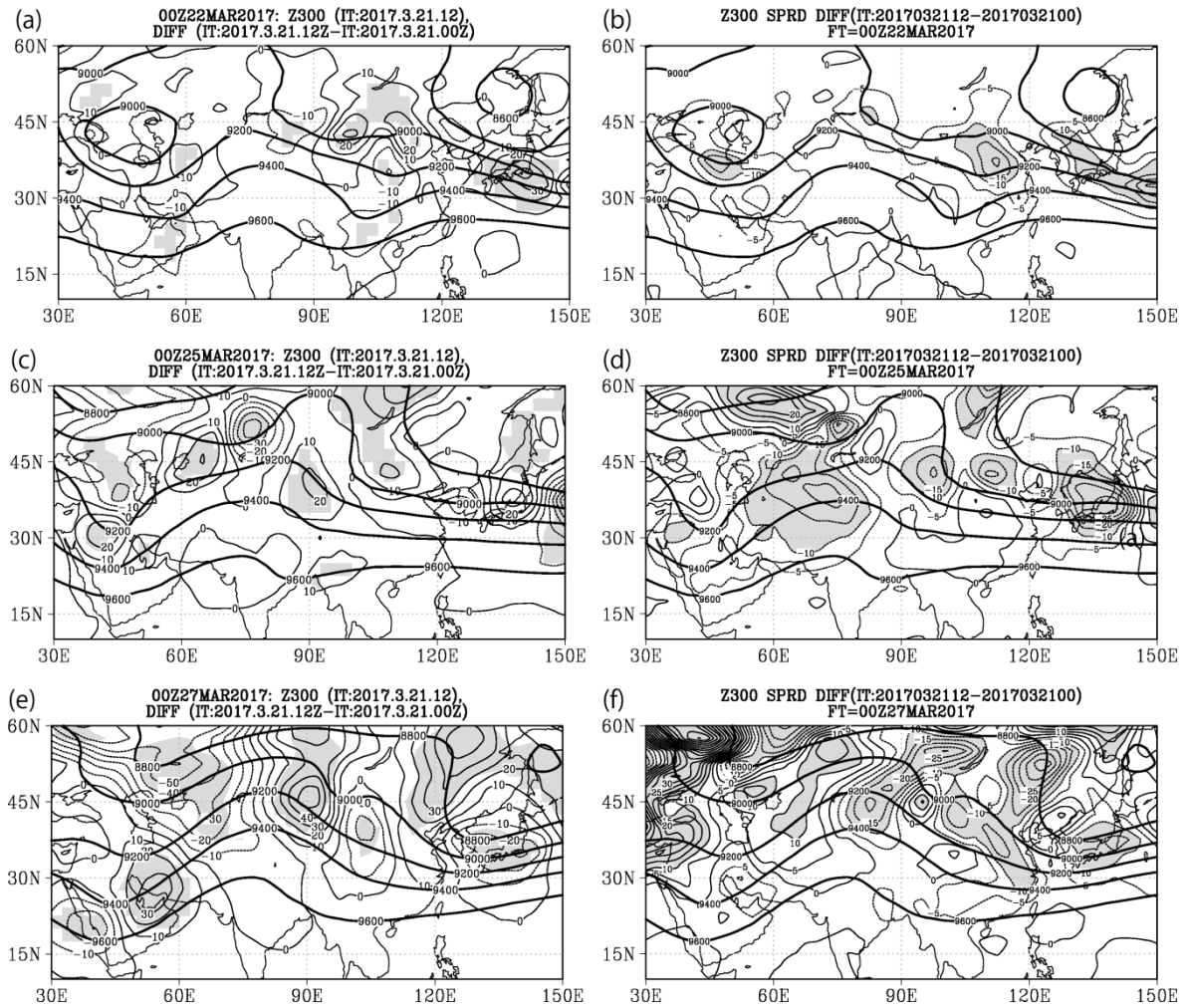


図4. 2017年3月21日12UTC初期値と20日UTC初期値の300hPaジオポテンシャル高度 (m) 予報の差 (細実線) と21日12UTC初期値の予報値 (太実線). (左) アンサンブル平均 (陰影は95%有意かつ差が10m以上), (右) アンサンブルスプレッド (陰影は差が10m以上). (a) (b) 22日00UTC, (c) (d) 25日00UTC, (e) (f) 27日00UTC.