

日本付近における二つ玉低気圧と水蒸気輸送の関係

永山聡一郎（筑波大学大学院生命地球科学研究群）

釜江陽一（筑波大学生命環境系）

見延庄士郎（北海道大学理学研究院）

1. はじめに

二つ玉低気圧は、上空の気圧の谷に伴い、地上では日本海と太平洋側の海域に、同時に低気圧が現れるものの俗称である（小倉 2015）。単一の低気圧と比べ、各々の低気圧の発生や構造、相互の強さなどの違いから、二つ玉低気圧が各地にもたらす天候は様々であり、ときに悪天が広範囲に及び、大雨・強風災害をもたらす（櫃間 2006）。このように、二つ玉低気圧は日本付近において重要な現象の1つであるとされている。

二つ玉低気圧と同様な現象は日本以外でも広く観測されており、北大西洋域での複数の低気圧に関する調査 (Sodemann and Stohl 2013) では、ノルウェーで発生した大気の川 (AR) を伴う極端降水をもとに、単一の低気圧通過時の大気の川に加え、二つ玉低気圧が AR を介して南側の低気圧から引き継ぐように北側低気圧へ水蒸気が輸送される様子 (handover AR) を示した。しかし、このように大きな影響をもたらす二つ玉低気圧が南方からの水蒸気輸送とどのように対応しているのかについての日本付近における研究は、個々の事例解析 (e.g. Yamamoto 2018) にとどまり、統計的な研究は行われていない。本研究では、日本付近に発生する二つ玉低気圧に対して、水蒸気輸送の特性に着目し、AR の存在する割合やその有無、また二つ玉低気圧の位置関係や水平風分布をはじめとする構造、二つ玉低気圧通過時の降雪量、降水量の関係等について統計的な特徴を明らかにした。

2. 使用データと解析手法

本研究では、対象解析期間を 1959 年から 2019 年の 10 月から 3 月とし、北緯 30 度～45 度、東経 130 度～150 度の範囲 (図 1) で、JRA55 (Japanese 55-year Reanalysis; Kobayashi et al. 2015) の海面更正気圧 (SLP) を用いたトラッキングを行い、青枠の範囲に 1 つ、オレンジの枠の範囲にもう 1 つの低気圧が共に 6 時間以上存在し続ける時、二つ玉低気圧として抽出した。また、二つ玉低気圧として抽出された低気圧のうち、図 1 中の青枠での存在条件を満たした低気圧を日本海低気圧、オレンジの枠での存在条件を満たした低気圧を南岸低気圧とする。これらの二つの低気圧間の AR の分布をもとに 3 種類 (AR なし、single AR、handover AR) に分類する。AR の抽出には、JRA55 の 6 時間値の比湿、水平風のデータを利用し、1000～300 hPa の鉛直積算水蒸気フラックスの絶対値を求め、気候

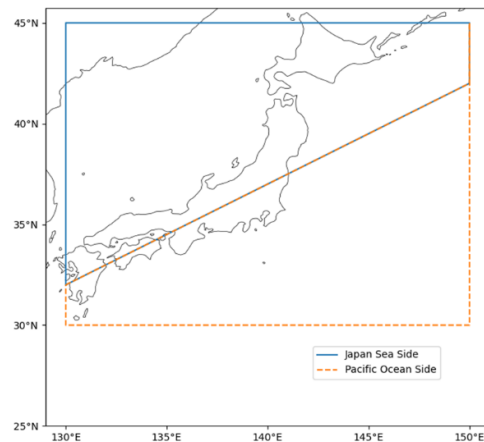


図 1 二つ玉低気圧の抽出範囲。青枠は日本海低気圧の定義域、オレンジの枠は南岸低気圧の定義域。

値との比較を行う Mundhenk et al. (2016)で開発されたアルゴリズムを用いた。このように抽出、分類した二つ玉低気圧を対象に、日本付近通過時の低気圧の構造、降水に注目した解析を行った。構造については、JRA55 のデータを用い、南岸低気圧の中心を基準として、AR の存在割合や水蒸気フラックス、温度移流等のコンポジット解析を行った。この際に基準とする時刻は、南側低気圧の中心が東経 140 度を過ぎる直前の時間ステップとした。降水、降雪については、気象庁の地上観測データを用い、コンポジット解析の基準とした時刻を含む日付（基準日）の前後 2 日の日降水量、日降雪量から上記の AR の形状ごとに平均値を求め、解析を行った。なお、本研究では東経 127 度～東経 148 度、北緯 30 度～北緯 48 度の領域に含まれる地点を対象とした。

3. 結果と考察

61 年間で二つ玉低気圧は 725 事例抽出された。図 2 に事例全体の SLP および AR の発生

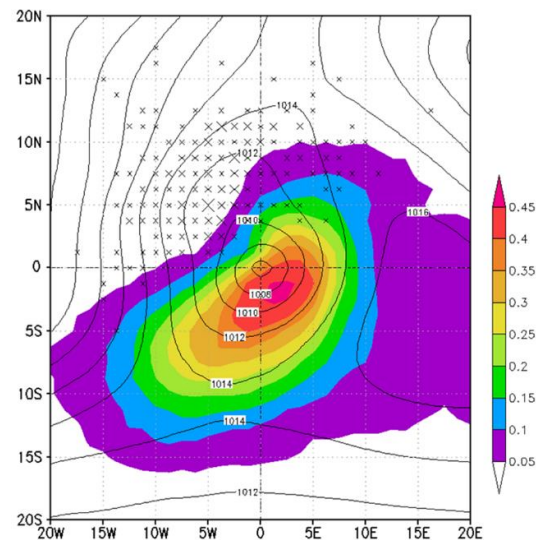


図 2 二つ玉低気圧の AR 存在頻度（陰影）。南岸低気圧の中心を横軸、縦軸の中心に揃えた相対的な分布を表している。等値線は SLP (hPa)、バツ印は日本海低気圧の中心位置を示す。

頻度のコンポジット解析結果を示す。AR の最大発生域は南岸低気圧の南東部に位置し、最大値は 45%ほどを示していた。日本海低気圧の位置に注目すると、全体の約 80%が北西域に集中していた。

handover AR タイプ（図 3）では、single AR タイプよりも北側への強い水蒸気輸送が生じていた。また、日本海低気圧の中心位置は事例全体の傾向と異なり、北域に集中していた。この結果から、南岸低気圧に対し日本海低気圧が北部に存在する時、北側への効率的な水蒸気輸送が行われると言える。

各気圧面における温度移流、相当温位偏差を確認すると、single AR タイプ（図 4）では、500hPa 面において、南岸低気圧の後方に負の相当温位偏差域がみられ、下層に向かうにつれ、その領域が南に広がっている。また、大陸側から広い範囲で南東向きの寒気移流も生じていた。一方 handover AR タイプ（図 5）では、925hPa 面、850hPa 面において、南岸低気圧の前方に北向きの暖気移流がみられ、single AR タ

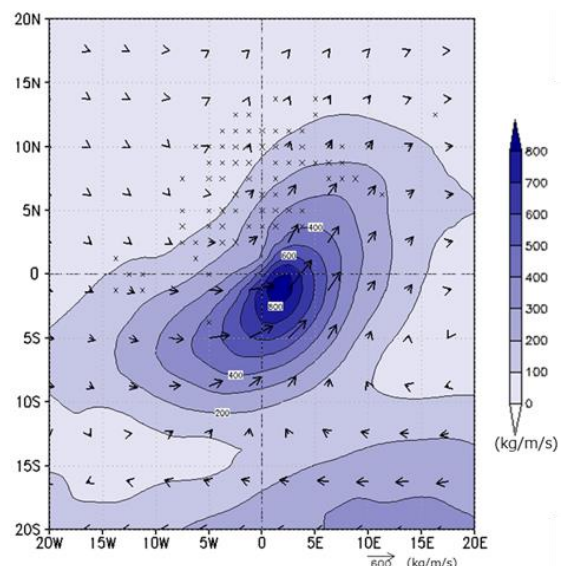


図 3 handover AR タイプの鉛直積算水蒸気フラックス（陰影、ベクトル、kg/m/s）。バツ印は日本海低気圧の中心位置を示す。

イブと異なり南岸低気圧の北域まで、広がっている。その結果、正の相当温位偏差域は北東へ伸びており、上層にかけてそのピークは北東側にシフトし、値も大きくなっている。

二つ玉低気圧がもたらす影響を評価するために、事例別の降水量、降雪量 (図 6、7) を解析した。基準日の降水量を確認すると、handover AR タイプは、日本全国に 10mm 以上の降水を広くもたらしており、single AR タイプと比較して、本州付近の約 90% の地点で 95% の信頼度で有意な差がみられた。また、本州南岸を中心に強い降水が生じており、30mm を超える地点も存在した。基準日の前後 2 日間の降雪量では、single AR タイプでは、日本海沿岸や北海道地方に積算降雪量が多い地域が広

く分布していた。基準日の降雪量においては、北海道地方を中心に 2cm 以上を記録した地点が分布していた。対象領域内 (東経 127 度～東経 148 度、北緯 30 度～北緯 48 度) の未降雪地点は 1 地点のみとなり、handover AR タイプの 23 地点を大きく下回った。これらの結果は、single AR タイプの強い寒気移流や handover AR タイプでみられた北側へ効率的に高相当温位の空気塊を引き込む結果と整合的となった。

4. 結論

解析の結果から、二つ玉低気圧の分類ごとに循環場が大きく異なり、日本での降水降雪の傾向にも大きな影響を与える可能性が示唆された。single AR タイプでは、大陸上空から下降を

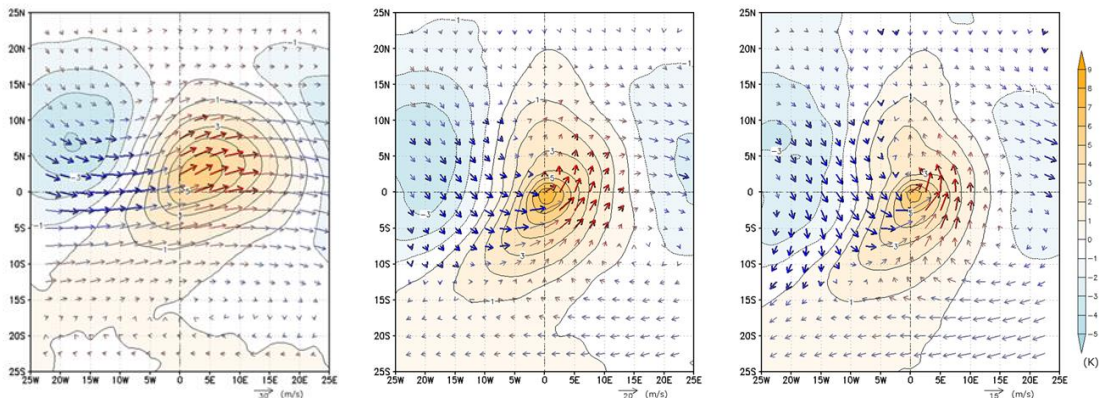


図 4 single AR タイプの温度移流および相当温位偏差 (陰影, K)。ベクトルの大きさは水平風 (m/s)、色は温度移流 (赤色は暖気移流、青色は寒気移流) を示す。(左) 500hPa 面、(中) 850hPa 面、(右) 925hPa 面。太いベクトルは、 $\pm 1\text{K}/6\text{h}$ を超える温度移流を示している。

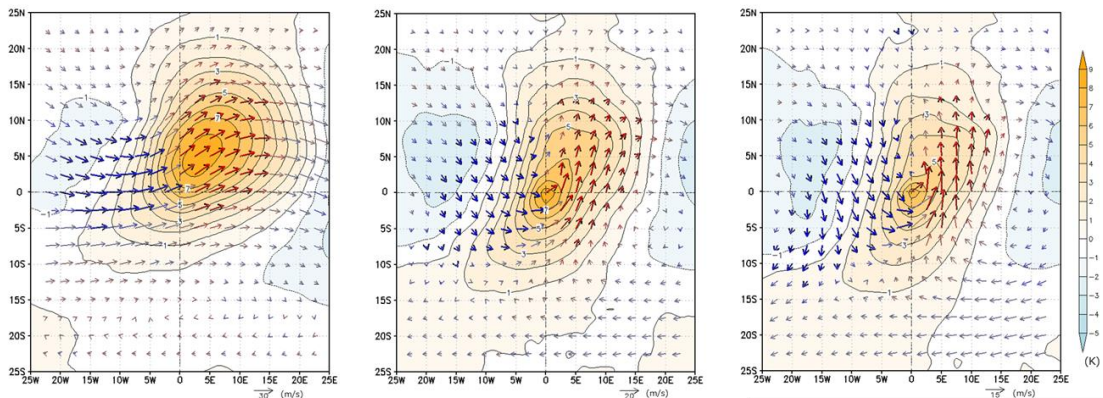


図 5 図 4 に同じ。ただし、handover AR タイプ。

伴いながら連なる北西風、西風が、強い寒気を引き込み、日本全国の広い範囲に降雪をもたらしていた。handover AR タイプでは、南岸低気圧の前方から日本海低気圧にかけて連なるように吹走する南西風と南風により、北側へ効率的に高相当温位の空気塊をもたらす傾向にあり、日本全国に降水をもたらし、特に本州南岸で強い降水が確認された。

参考文献

櫃間道夫, 2006: 二つ玉低気圧. 天気, **53**, 519-523.
 Kamae, Y., Mei, W., and Xie, S-P. 2017: Climatological relationship between warm season atmospheric rivers and heavy rainfall over East Asia. *J. Meteor. Soc. Japan*, **95**, 411-431.
 Kobayashi, S., Y. Ota, Y. Harada, A. Ebata, M. Moriya,

H. Onda, K. Onogi, H. Kamahori, C. Kobayashi, H. Endo, K. Miyaoka, and K. Takahashi, 2015: The JRA-55 Reanalysis: General specifications and basic characteristics. *J. Meteor. Soc. Japan*, **93**, 5-48.

小倉義光, 2015: 日本の天気: その多様性とメカニズム. 東京大学出版会, 426pp.

Mundhenk, B., E. Barnes, and E. Maloney, 2016: All-season climatology and variability of atmospheric river frequencies over the North Pacific. *J. Climate*, **29**, 4885-4903.

Sodemann H., and A. Stohl, 2013: Moisture origin and meridional transport in atmospheric rivers and their association with multiple cyclones. *Mon. Wea. Rev.*, **141**, 2850-2868.

Yamamoto, M., 2018: Migration of contact binary cyclones and atmospheric river: Case of explosive extratropical cyclones in East Asia on December 16, 2014. *Dyn, Atmos, Oceans*, **83**, 17-40.

謝辞

本研究は科研費 (19H05704) の支援を受けた。

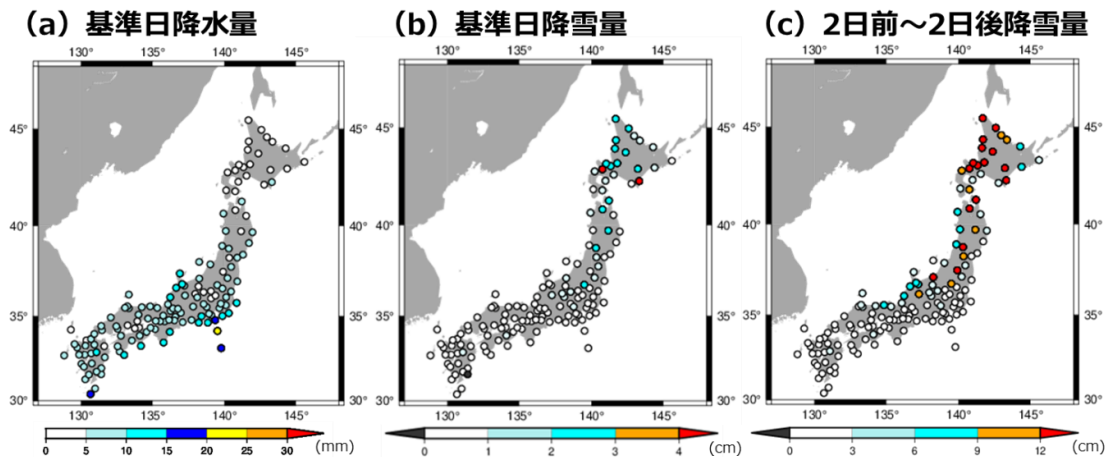


図 6 single AR タイプの降水量 (mm)、降雪量分布 (cm)。(a) 基準日の日降水量、(b) 基準日の日降雪量、(c) 基準日の 2 日前から 2 日後までの積算降雪量。

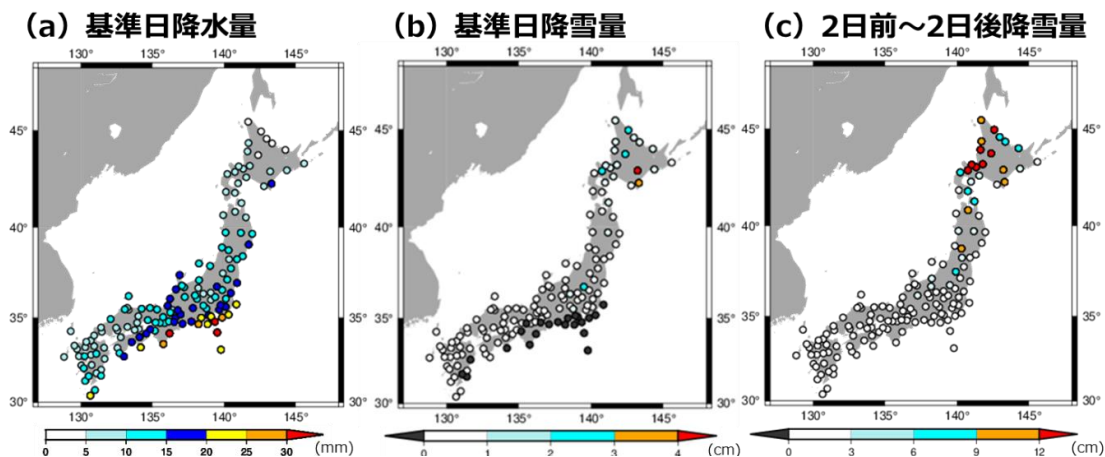


図 7 図 6 に同じ。ただし、handover AR タイプ。