

夏季に日本を通過する大気の川に対する台風の遠隔影響

山田将喜（筑波大学理工情報生命学術院）

釜江陽一（筑波大学生命環境系）

1. はじめに

大気の川とは、温帯低気圧に伴う寒冷前線の前面に沿って、南方から流入した水蒸気が中緯度帯を細長く流れる現象である（Zhu and Newell 1998）。大量の水蒸気と強い下層風が特徴であり（Gimeno et al. 2014）、上陸し斜面に沿って上昇することで、大雨、またそれに伴う洪水を引き起こすことが知られている（Ralph et al. 2006）。

春から秋にかけての東アジアでは、大気の川がもたらす降水が総降水量および極端な豪雨（日降水量 100 mm 以上）の発生事例の内の多くを占めることが明らかになっており、特に夏季の大気の川および豪雨については南の海上の台風との関連が示唆されている（Kamae et al. 2017b; Guo et al. 2021）。熱帯低気圧からの水蒸気塊流入によって熱帯低気圧本体から北側に離れた場所に形成される 100 mm/24 h 以上の降雨帯は、北米で PRE（Predecessor Rain Event）と呼ばれており（Cote 2007）、同様の

現象が大気の川形成時にも起きている可能性がある。

本研究では、台風の遠隔影響について、夏季に日本を通過する大気の川やそれに伴う豪雨にどの程度影響しているか、事例発生時の環境場に着目しながら多角的に評価した。

2. データと解析手法

大気の川の抽出、および環境場の解析には、気象庁 55 年長期再解析データ（Japanese 55-years Reanalysis: JRA-55; Kobayashi et al. 2015）を用いた。また、台風位置の確認と豪雨閾値の算出のために、それぞれ RSMC Tokyo 提供のベストトラックデータ、高解像度日本域日降水データセット（APHRO_JP; Kamiguchi et al. 2010）を利用した。

まず、大気の川の抽出のために、以下の式を用いて鉛直積算水蒸気フラックス（vertically Integrated water Vapor Transport: IVT）を計算した。

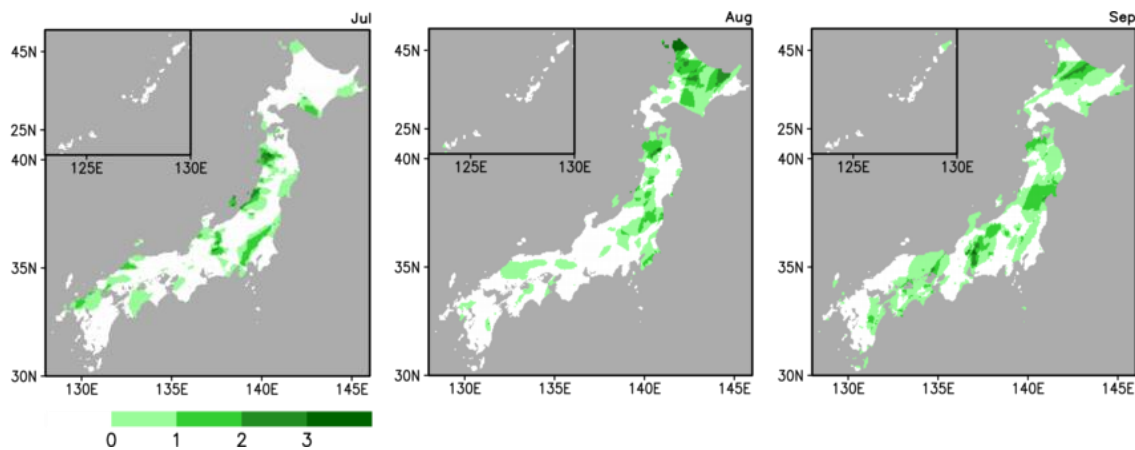


図 1 台風の遠隔影響による大気の川豪雨発生回数の空間分布。（左）7 月，（中）8 月，（右）9 月。

$$IVT = \sqrt{\left(-\frac{1}{g} \int_{1000}^{300} qu dp\right)^2 + \left(-\frac{1}{g} \int_{1000}^{300} qv dp\right)^2} \quad (1)$$

IVT の気候値からの偏差の絶対値や領域の形状をもとに、Kamae et al. (2017a) の手法に従って大気の水蒸気を抽出した。台風の遠隔影響に関しては、15° N~35° N, 110° E~150° E の範囲に台風中心が存在する日において、台風中心から 500 km 以上離れた領域を台風の遠隔影響範囲とした。また、解析期間における各格子点での日降水量上位 1% を豪雨と定義した。

本研究では、1977 年~2015 年の 7 月~9 月において、同日に大気の水蒸気と豪雨の両方に該当する格子点と、その上流側の台風が 300 kg/m/s を超える IVT で繋がっている事例を抽出し、解析を行った。

3. 結果

合計で 108 事例を抽出した。8 月の事例数が 39 事例と最も多かったが、他の月も 30 事例以上発生しており、大きな差は見られなかった。一方で総台風日数に対する総事例日数の割合を確認すると、7 月が 9.1% と月別では最も大きかった。この割合の 7 日間移動平均を日別に

細かく見ると、7 月中旬に 17% に達しており、事例発生と梅雨期の環境場との関連が示唆された。

次に、事例日における大気の水蒸気発生回数の空間分布を確認した (図 1)。7 月と 8 月は東日本を中心に発生回数が多く、特に 7 月は東北地方日本海側、8 月は北海道地方で発生回数が多い。一方で 9 月は西日本でも大気の水蒸気発生回数が増えており、太平洋側から北側へ帯状に発生回数の多い範囲が分布していた。

さらに、事例発生日の IVT の平均の東西・南北成分、台風存在日数の空間分布、5880 m 特定高度線の平均位置を確認した (図 2)。7 月と 8 月は、IVT の大きな領域が南シナ海から沖縄、日本海を経由して東日本へ伸びており、図 1 での空間分布と対応していた。一方で 9 月は四国の南に IVT の極大値があり、太平洋側への水蒸気流入が顕著であった。台風は南シナ海から南西諸島付近、小笠原諸島付近まで広く分布している一方で、いずれの月も 25° N, 130° E 付近に多くが集中している。

4. 考察

月ごとに異なる結果となった要因を明らか

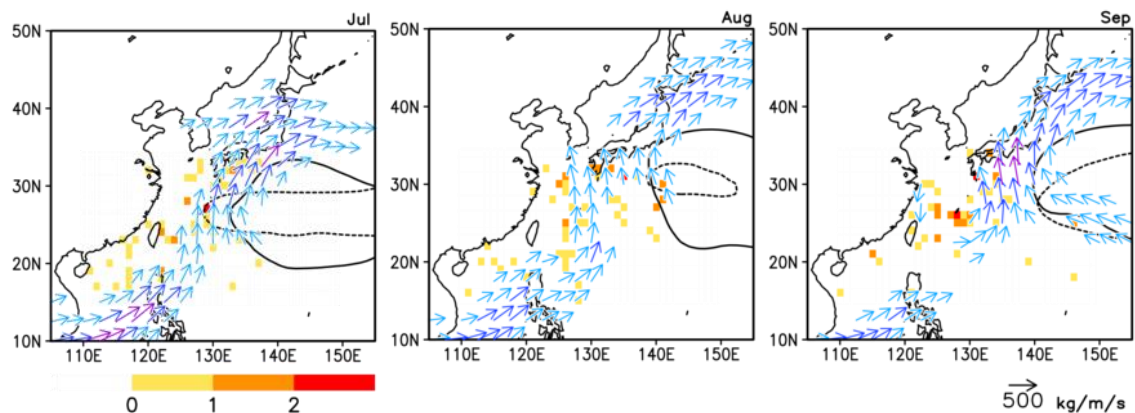


図 2 台風の遠隔影響による大気の水蒸気発生回数の IVT の平均の東西・南北成分 (ベクトル, $\geq 300 \text{ kg/m/s}$ を表示), 台風存在日数の空間分布 (陰影) および 5880 m 特定高度線の平均位置 (等値線, 点線は気候値を示す). (左) 7 月, (中) 8 月, (右) 9 月.

にするために、事例発生日における平均の環境場の様子を確認した。まず図2を見ると、いずれの月も5880 m 特定高度線が気候値よりも南北に張り出している。このことから、事例発生日はサブハイの勢力が強いことが分かる。また、IVT の大きな領域がこのサブハイの縁と対応していることから、サブハイの張り出し方が水蒸気経路に関与している可能性が考えられる。

次に、上層大気からの影響を診断するため、350 K 等温位面における渦位の偏差を確認した。なおここでは、事例発生日の平均的な力学的圏界面として、350 K を仮定し用いている。いずれの月も日本上空は渦位の有意な負偏差が見られ、台風による低渦位域の北への流入によってリッジが強化されていることが考えられる。一方で中国東北付近には有意な正偏差が確認でき、特に8月は顕著である。これは8月における上層トラフの影響が大きいことを示唆しており、正偏差域の南東側では大気状態がより不安定であった可能性がある。

これと併せて、500 hPa における温度偏差を確認した(図3)。9月は日本上空が広く有意な正偏差であり、台風起源の暖気流が大きく影響していることが示唆される。これは、350 K 等

温位面における渦位の偏差の図において、リッジ強化が9月に顕著であったことも整合的である。8月は華北から中国東北にかけて有意な負偏差が分布しており、これが先述した渦位の有意な正偏差の原因である可能性が高い。

最後に、事例発生日の前線位置を明らかにするため、850 hPa における相当温位水平勾配偏差を確認した(図4)。7月は山陰沖や津軽海峡、8月はオホーツク海南部に有意な正偏差があり、この領域の南側に前線が多く存在していたことが推察される。また、この領域と事例日の大気の川豪雨発生日が概ね対応している(図1)。9月に見られる正偏差は範囲が広く、かつ大きいものの、図3からも分かるように台風から流入した暖気流が原因であると考えられる。

5. 結論と今後の課題

台風の遠隔影響と大気の川豪雨の関連性について、環境場に注目しながら多角的に評価した。いずれの月もサブハイの強化が見られ、これが水蒸気輸送経路に影響している可能性がある。また、大陸にはトラフの存在が示唆され、特に8月は寒気の影響が大きいと推察される。7月および8月は前線位置と事例発生日位置に対

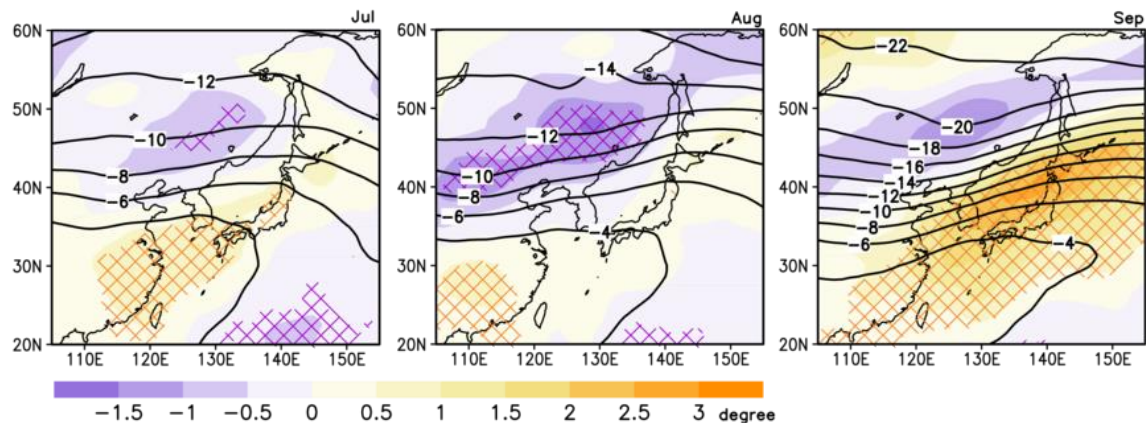


図3 台風の遠隔影響による大気の川豪雨事例発生日の500 hPa 温度の平均値(等値線, °C)および台風存在日からの偏差(陰影, 網掛けは統計学的に95%有意な範囲を示す)。(左)7月, (中)8月, (右)9月。

応が見られ、影響の大きさがうかがえた。

今後は、事例発生日までの環境場の時間変化を確認する予定である。また、実際の事例においてどのような挙動を示しているのか、事例解析を行って明らかにする予定である。

参考文献

- Cote, M. R., 2007: Predecessor rain events in advance of tropical cyclones. M.S. thesis, Department of Atmospheric and Environmental Sciences, University at Albany, State University of New York, 198pp.
- Gimeno, L., F. Dominguez, R. Nieto, R. Trigo, A. Drumond, C. J. C. Reason, A. S. Taschetto, A. M. Ramos, R. Kumar, and J. Marengo, 2016: Major mechanisms of atmospheric moisture transport and their role in extreme precipitation events. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, **41**, 3.1–3.25.
- Guo, X., Zhao, N., Kikuchi, K., Nasuno, T., and Annamalai, H., 2021: Atmospheric rivers over the Indo-Pacific and its associations with the boreal summer intraseasonal oscillation. *J. Climate*, **34**, 9711–9728.
- Kamae, Y., Mei, W., Xie, S-P., Naoi, M., and Ueda, H., 2017a: Atmospheric rivers over the Northwestern Pacific: climatology and

interannual variability. *J. Climate*, **30**, 5605–5619.

- Kamae, Y., Mei, W., and Xie, S-P., 2017b: Climatological relationship between warm season atmospheric rivers and heavy rainfall over East Asia. *J. Meteor. Soc. Japan*, **95**, 411–431.
- Kamiguchi, K., O. Arakawa, A. Kitoh, A. Yatagai, A. Hamada, and N. Yasutomi, 2010: Development of APHRO_JP, the first Japanese high-resolution daily precipitation product for more than 100 years. *Hydro. Res. Lett.*, **4**, 60–64.
- 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.
- Ralph, F. M., P. J. Neiman, G. A. Wick, S. I. Gutman, M. D. Dettinger, D. R. Cayan, and A. B. White, 2006: Flooding on California's Russian River: Role of atmospheric rivers. *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L13801.
- Zhu, Y., and R. E. Newell, 1998: A proposed algorithm for moisture fluxes from atmospheric rivers. *Mon. Wea. Rev.*, **126**, 725–735.

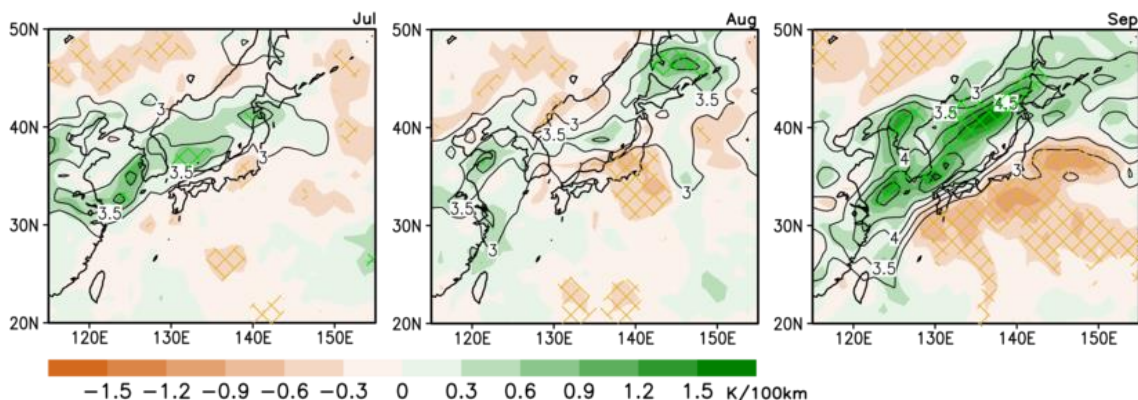


図4 台風の影響による大気中の川豪雨事例発生日の850 hPa相当温位水平勾配の平均値（等値線，K/100km）および台風存在日平均からの偏差（陰影，網掛けは統計学的に95%有意な範囲を示す）。（左）7月，（中）8月，（右）9月。