

黒潮大蛇行が及ぼす海上の落雷分布の変化

気象・気候ダイナミクス研究室 518319 加藤 実紗

指導教員：立花 義裕 教授

Keywords：落雷、黒潮大蛇行

1. 序論

雷は美しく、神秘的な現象の一つであり、我々の想像を遙かに超える自然の力の現れである。しかし時に人類に対し牙を剥き、多くの被害をもたらす。

事実、地球上では1分間に平均50もの雷が発生する。これにより年間10%の人々が被害に遭い、そのうち20~25%が死亡する^[1]。そのような雷に対し、我々は身近な危険の一つとして認識を強め、加えてより詳細な発生機構の理解が急がれる。

日本の落雷の先行研究はほとんどが事例解析であり、今まで気候学的な視点で研究が行われた例は少ない。さらにその対象は陸上で発生したものであり、海上で発生した落雷について述べたものはごくわずかである。その一つであるIwasaki (2014)は2009~2012年の平均的落雷分布を示し、黒潮流域に沿って落雷が発生する^[2]ことを述べた。ただしこの研究は数年間の平均的分布を示すにとどまり、長期変化は調べられていない。近年は黒潮大蛇行が発生しており、それに伴った海面水温の変動が大気に影響を及ぼす^{[3][4][5]}。また、大蛇行時に発生する冷水塊、暖水塊は沿岸部の異常気象の一因となることが指摘されている^[6]。これらの先行研究から黒潮大蛇行は落雷分布に影響すると予想される。しかし、黒潮から大気への影響を高解像度の雷データを用いて検証したものは存在しない。

そこで本研究では、日本周辺の海上の落雷について黒潮大蛇行に着目し、大蛇行が起こることで落雷分布にどのような変化があるかを考察した。

2. 使用データと解析手法

本研究では、日本周辺での雷データとして、株式会社フランクリン・ジャパンからご提供いただいた高解像度の月平均落雷数データ^[7]を使用した。海面水温のデータとしてOISST(日平均)、降水量のデータとしてPERSIANN-CDR(日平均)を用いた。ERA5予報・再解析データから潜熱フラックス、気温、風速、CAPE(対流有効位置エネルギー)の月平均データを使用した。すべての変数において使用期間は2011~2020年である。

本研究では、2011~2016年を非大蛇行期間、2018~2020年を大蛇行期間として、それぞれの変数において2期間の年平均の差、また大蛇行時と非大蛇行時の比を計算した。

また、月ごとの変化を知るために大蛇行、非大蛇行期間において全領域(図1中①)、暖水塊、冷水塊それぞれの領域で平均した変数の月推移を考察した。

3. 結果・考察

3-1. 大蛇行、非大蛇行時の海面水温の差

東海沖で暖水塊、四国沖で冷水塊が確認できた(図略)。これは黒潮大蛇行時の特徴をよく反映している。

3-2. 大蛇行、非大蛇行時の落雷分布の比

大蛇行時は非大蛇行時と比べ、暖水塊の海域で落雷数が約5倍以上増加、冷水塊で約2分の1以下に減少していることがわかった(図1)。

3-3. 大蛇行、非大蛇行時の他の変数の差

ほぼ全ての変数で暖水塊の海域で上昇、冷水塊で低下が見られたが、降水量は明瞭な差が見られなかった(図略)。

3-4. 大蛇行、非大蛇行時の落雷数の月推移

全領域では、大蛇行時に非大蛇行時と比べ夏に落雷数が多くなり、冬はほぼ同程度であった(図略)。暖水塊では、大蛇行時に10月に約15倍の増加が見られた(図2, 上)。年平均の結果を考慮すると、冷水塊では大蛇行時は落雷数が少なくなるはずだが、9, 10, 11月には多くなった(図2, 下)。

3-5. 大蛇行、非大蛇行時の降水量とCAPEの積の月推移

陸上の落雷数は降水量とCAPEの積に比例する^[8]が、大蛇行時と非大蛇行時の降水量×CAPEの比は落雷数の結果と比べ異なった。特に暖水塊ではその違いが顕著(図3)であり、陸上とは異なる落雷の発生環境が存在する可能性がある。

4. まとめと今後の展望

本研究では、黒潮大蛇行が暖水塊、冷水塊の落雷数をそれぞれ増加、減少させる可能性を示した。その原因は以下のように考察できる。暖水塊では海面水温、地上気温が上昇し風速が強くなることにより海

から大気への熱，水蒸気輸送が活発となる．この結果上昇気流が起き，落雷が発生しやすい環境場になったと考えられる．冷水塊ではその逆のプロセスをたどる．つまり，黒潮大蛇行により落雷数の分布が変化することを意味する．黒潮大蛇行は数年スケールで続くことが多いため，今まで例のなかった落雷数の長期予報が可能となることが考えられる．落雷数の月推移においても大蛇行時と非大蛇行時では変化があった．また，暖水塊と冷水塊では大蛇行と非大蛇行の比が落雷数と降水量×CAPE で一致しないことにより，海上の落雷の発生原理を理解する重要性を示した．

今後は月推移での変化の理由を探るためにより詳しい解析を進めていきたい．また，今回は近年の黒潮大蛇行での結果を示したが，他の大蛇行期間でも同じ結果となるか確認していく．

5. 謝辞

本研究を進めるにあたり，ご指導をいただきました立花義裕教授には深く感謝いたします．また，数多くの助言をくださった新潟大学の安藤雄太特任助教，同研究室の春日悟研究員，加藤茜氏，中村祐貴氏，竹端光希氏，松田佳奈氏，山中晴名氏，そしてその他研究室の皆様にご感謝の意を表します．

また，今回の日本周辺の落雷数につきまして，株式会社フランクリン・ジャパン様の JLDN (Japanese Lightning Detection Network) の観測データを使用しました．データを提供して頂きました事に深く感謝いたします．

6. 参考・引用文献

[1] A. Kalair, N. Abas and N. Khan, 2013: Lightning Interactions with Humans and Lifelines. *Journal of Lightning Research*, **5**, 11-28

[2] Hiroyuki Iwasaki, 2014: Preliminary Study on Features of Lightning Discharge around Japan Using World Wide Lightning Location Network Data. *SOLA*, **10**, 98-102

[3] Xu, H., H. Tokinaga, and S.-P. Xie, 2010: Atmospheric effects of the Kuroshio large meander during 2004-05. *J. Climate*, **23**, 4704-4715

[4] Nakamura, H., Nishina, A., & Minobe, S, 2012: Response of storm tracks to bimodal Kuroshio path states south of Japan. *J. Climate*, **25**, 7772-7779

[5] Nonaka, M., and S. P. Xie, 2003: Covariations of sea surface temperature and wind over the Kuroshio and its extension: Evidence for ocean-to-atmosphere feedback. *J. Climate*, **16**, 1404-1413

[6] Sugimoto, S., B. Qiu, and N. Schneider, 2021: Local atmospheric response to the Kuroshio large meander path in summer and its remote influence on the climate of Japan. *J. Climate*, **34**, 3571-3589

[7] 株式会社フランクリン・ジャパン JLDN 全国雷観測ネットワーク (<https://www.franklinjapan.jp/network/jldn/>) (参照 2022-2-11)

[8] David M. Roms, Jacob T. Seeley, David Vollaro and John Molinari, 2014: Projected increase in lightning strikes in the United States due to global warming. *Science*, **346**, 851-854

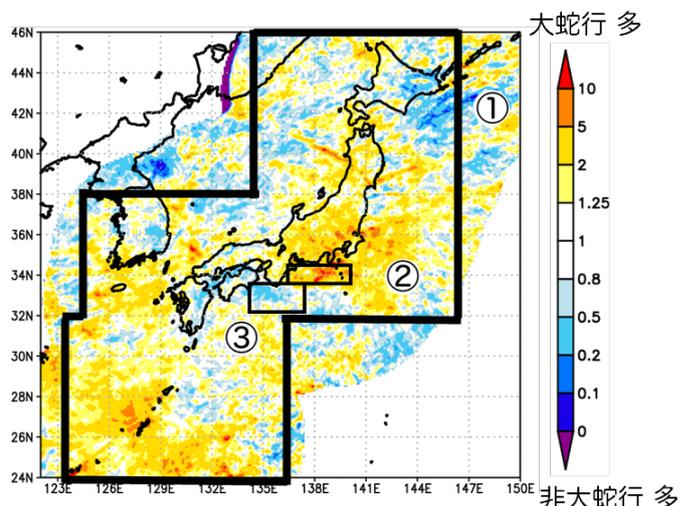


図1 大蛇行 (2018~2020年) と非大蛇行 (2011~2016年) の落雷数の比 ①全領域, ②暖水塊, ③冷水塊

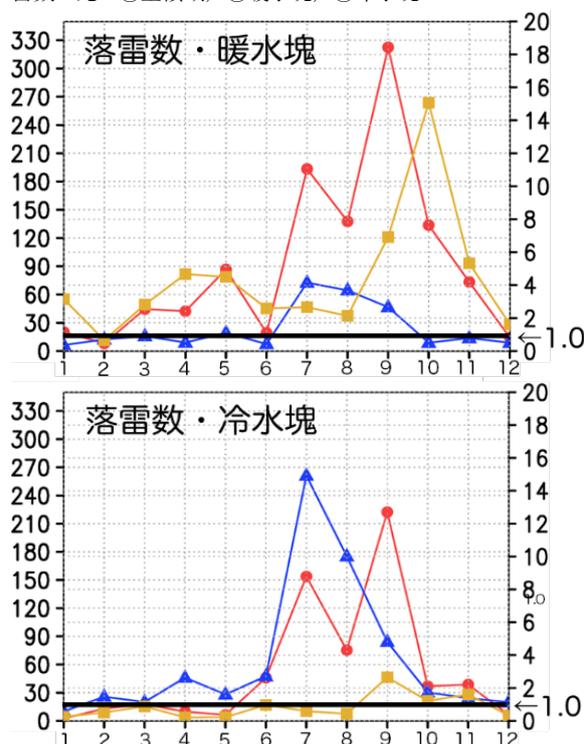


図2 (上) 暖水塊 (下) 冷水塊における大蛇行 (赤) と非大蛇行 (青) の年平均落雷数の月推移とその比 (黄)

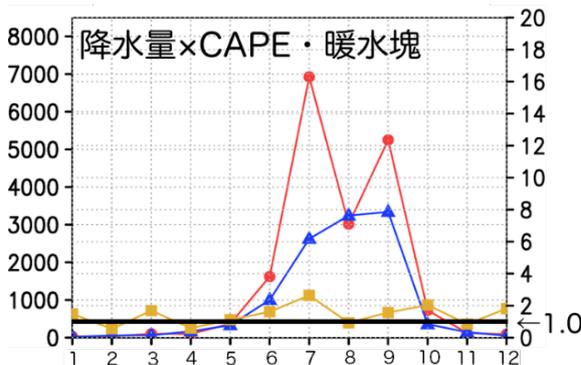


図3 大蛇行 (赤) と非大蛇行 (青) の年平均の降水量×CAPEの月推移とその比 (黄)