

台風発生時に活発化する雷活動について Intensification of lightning activity during the tropical cyclone genesis

久保田尚之^{*1}, 高橋幸弘^{*1}, 佐藤光輝^{*1}

Hisayuki KUBOTA, Yukihiro TAKAHASHI, Mitsuteru SATO

Lightning activity is related to the tropical cyclone (TC) intensity. Lightning observation network are deployed over the western north Pacific by five very long frequency events trigger measurements called V-POTEKA under the ULAT (Understanding Lightning and Thunderstorm) of SATREPS (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development) in the Philippines. Lightning activity was drastically increased around the TC during the TC genesis stage. We called this phenomenon as “lightning burst”. About 75% of TCs observed lightning bursts during the TC genesis stage over the Philippine Sea in 2020. Lightning bursts tend to occur when TC generates near the coast of the Philippines. Rich graupel profile environment associated with land-based aerosol will be necessary for lightning bursts and more lightnings in the TCs.

1. はじめに

活発な積乱雲内では強い上昇気流によって雷が発生する。近年積乱雲内の雷の活動度が対流活動の指標として用いられている。台風周辺の活発な積乱雲内で雷が発生している。台風が急速強化する際、急速に発達した積乱雲内で雷活動が非常に活発になり、雷頻度が最盛期となり、その後台風強度の最盛期となる。このことから台風内の雷活動が台風強度の最盛期の先行指標として注目されている(Price et al. 2009)。JICA と JST による地球規模課題対応国際科学技術協力プログラムの研究課題「フィリピンにおける極端気象の監視・情報システムの開発」では、フィリピンと西太平洋域に雷放電観測網を展開しており、フィリピン海で発生した台風周辺での雷放電を調査した。台風発生時に観測した急激に増加する雷活動について報告する。

2. データ

雷放電を受信する VLF 帯の電波受信機をグアム、フィリピンのマニラ、沖縄県瀬底島、インドネシアのスルボンに設置し、リアルタイムで雷放電の時刻、振幅を観測している。2020 年の 4 地点の雷放電データを用いて、雷放電の到達時間差か

ら雷の位置評定を実施した。台風の位置は気象庁ベストトラックデータを用いた。雲はひまわり 8 号の赤外放射輝度温度のデータを用いた。

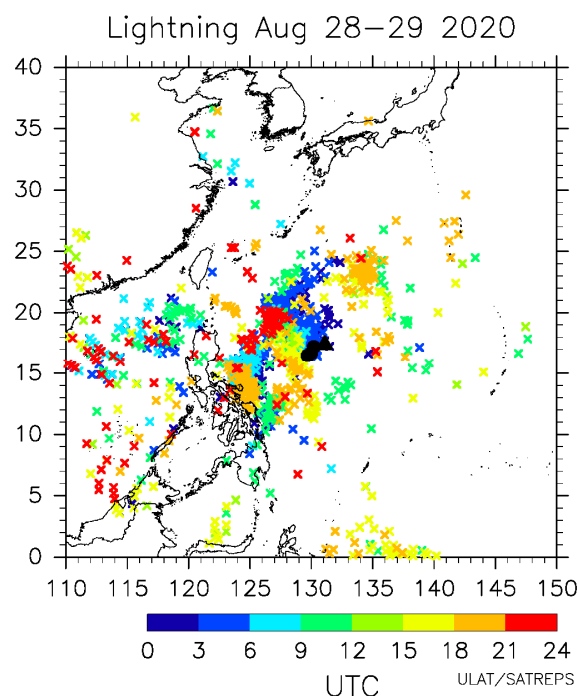


図 1 : 2020 年 8 月 28 日 00Z-29 日 00Z の 24 時間の雷分布。3 時間ごとに色分けする。▲, ■は 6 時間ごとの熱帯低気圧と台風 9 号の位置。

^{*1} 北海道大学理学研究院
Faculty of Science, Hokkaido University
hkubota@ep.sci.hokudai.ac.jp

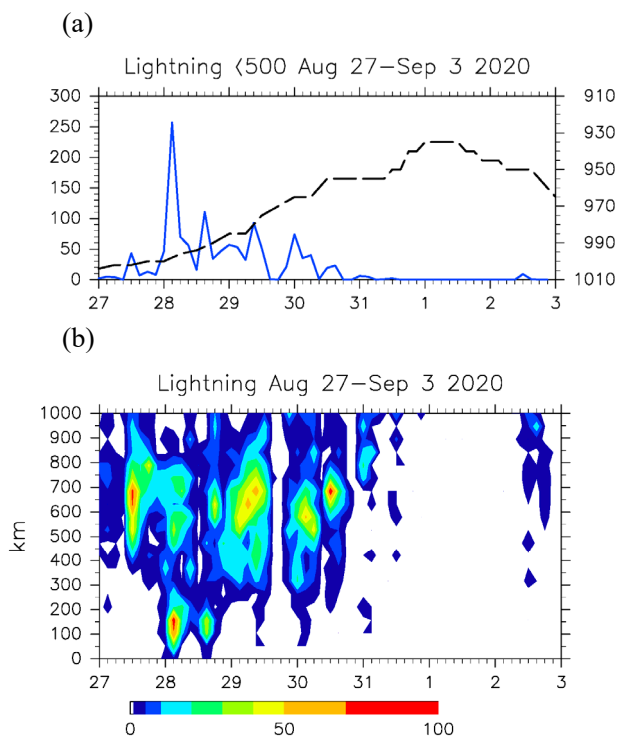


図 2 : 2020 年 8 月 27 日 - 9 月 3 日の台風 9 号と台風発達前の熱帯低気圧の最低気圧(黒破線、右軸 hPa)と半径 500km 以内の雷頻度(青実線、左軸 3 時間の頻度)(a)。半径 1000km 以内の雷頻度(色コンター、3 時間の頻度)(b)。

3. 結果

図 1 は、2020 年 8 月 28 日 00Z-29 日 00Z の 24 時間の雷分布を示す。台風 9 号は 8 月 28 日 06Z に発生している。台風周辺には多くの雷が発生していることがわかる。台風 9 号の半径 500km 以内で発生した雷頻度と台風強度について 8 月 27 日-9 月 3 日の時系列を図 2a に示す。雷頻度は台風発生時に急激に増加し、最も多く観測した。台風発達中も雷活動は活発だが、台風の強さが一定になると雷活動は弱まっている。ただし、9 月 1 日以降は雷観測の範囲外に台風が進んだため、雷を検出できていない。図 2b は台風 9 号の半径 1000km 以内の雷頻度分布を示す。台風発生時は中心から 200km 以内に雷が集中していることがわかる。台風発生時前後 24 時間に半径 500km 以内に見られた活発な雷活動を雷バーストと定義した。

雷活動が最も活発な 8 月 28 日 04Z の雷と雲分布を図 3 に示す。台風 9 号に発達前の熱帯低気圧の中心付近に雷が集中し、雲頂温度が 190K 以下に達する非常に活発な積乱雲域に見られることがわかる。雷が最も活発な時間帯の熱帯低気圧中心

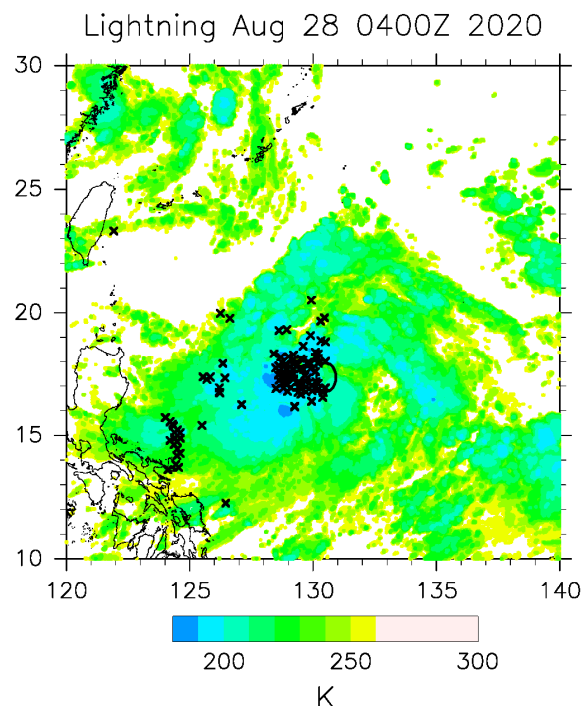


図 3 : 8 月 28 日 04Z の雲頂温度(色コンターK)と 1 時間の雷分布(×印)。D は熱帯低気圧の中心。

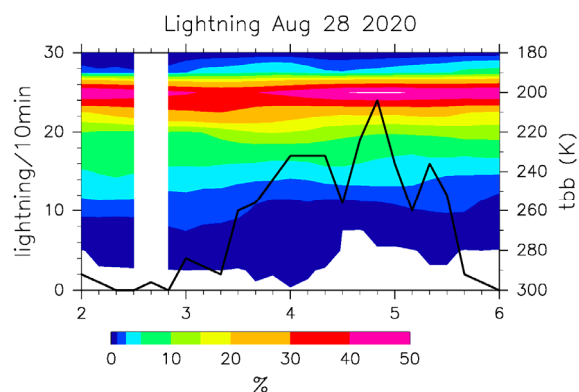


図 4 : 8 月 28 日 02-06Z の北緯 16-19 度、東経 128-131 度での 10 分ごとの雷頻度(黒線)と雲頂温度頻度分布(色コンター%)。

付近の北緯 16-19 度、東経 128-131 度での 10 分ごとの雷と雲頂温度時系列を図 4 に示す。この間対流活動は非常に活発で雲頂温度は 200K 付近を中心に広がっている一方で、雷頻度は 03:30-05:30Z に集中して増加している。気象庁はこのあと 06Z に台風 9 号発生と判定した。台風中心付近の対流活動が発生直前に特に活発だったことが雷観測から推定することができる。

台風発達期には内部コアの壁雲で雷活動が活発になり、台風強度と正の関係があることが示されている(Molinari et al. 1994; Stevenson et al. 2018)。台風の最盛期を過ぎると雷頻度が内部コアから移り、アウターバンドで増加する (Zhang et al. 2019)。

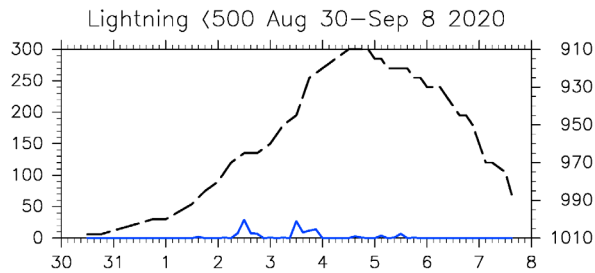


図 5 : 2020 年 8 月 30 日 - 9 月 8 日の台風 10 号と台風発達前の熱帯低気圧の最低気圧(黒破線、右軸 hPa)と半径 500km 以内の雷頻度(青実線、左軸 3 時間の頻度)。

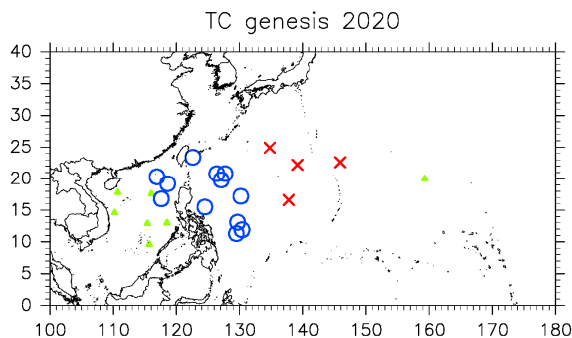


図 6 : 2020 年に発生した台風のうち、発生時に雷バーストを観測した台風(青丸)、雷バーストを観測しなかった台風(赤×)、雷観測範囲対象外で発生した台風(緑三角)。

それに対して台風発生時前後の雷に関する議論はなく、雷バーストに関して指摘されていない。一方で、台風 10 号の半径 500km 以内で発生した雷頻度と台風強度の 8 月 30 日 - 9 月 8 日の時系列を図 5 に示す。台風の中心気圧は 910hPa まで発達し、台風 9 号より強くなったが、台風発生時の雷活動は弱く、期間を通して雷活動が不活発だったことがわかる。これは台風により雷活動の活発、不活発があることを示している。ただし、9 月 6 日以降は台風が雷観測範囲外を進んだため、雷が検出できていない。

2020 年に発生した 23 個の台風の発生時の雷バーストの有無を調べた。雷観測の対象範囲内で発生した台風は 16 個だった。このうち台風発生時雷バーストを観測した事例は 12 個あり、75%に達した。雷バーストの有無による台風発生位置は図 6 に示す。雷バーストが見られた台風はフィリピン周辺海で発生していることがわかる。台風強度よりも地理的条件が雷バーストに関係していること

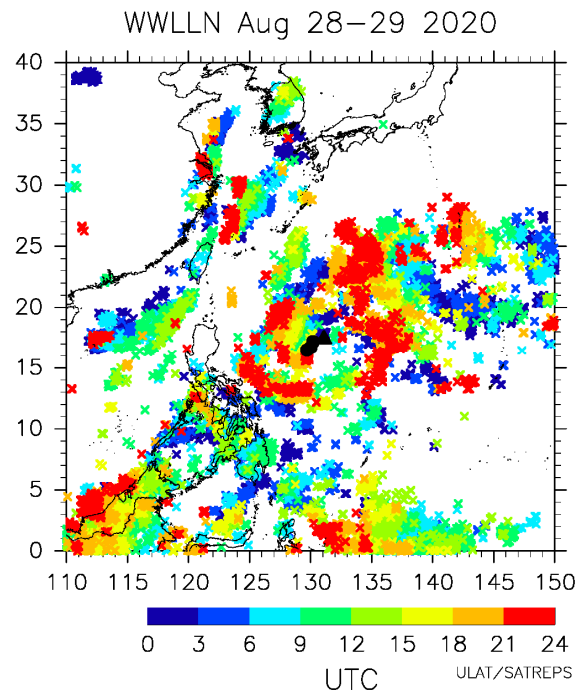


図 7 : 図 1 と同じ 2020 年 8 月 28 日 00Z-29 日 00Z の 24 時間の雷分布。ただし、WLLN の雷データを用いた。

が考えられる。Takahashi (2006)はビデオゾンデを用いて降水粒子の鉛直分布を観測し、雷発生に有用な霰は大陸から日本、フィリピン沿岸までが多く、外洋では霰が少なく凍結氷が多いことを示した。このため雷頻度は霰分布の地理的な違いで現れることを指摘している。台風内の積乱雲に対してもこの地理的な違いによる雷頻度の強弱が考えられ、台風発生時の雷バーストがフィリピン周辺海に集中している要因と推測することができる。

4. 雷観測頻度の品質検証

雷頻度を観測したデータに関して、世界的な雷観測網 WLLN (World Wide Lightning Location Network)と比較した。いずれも地上で VLF 帯の電波を複数の地点で観測し、雷放電の到達時間差から位置評定を実施している。図 7 は図 1 と同じ 2020 年 8 月 28 日 00Z-29 日 00Z の 24 時間の雷分布を WLLN での観測を示す。我々の雷観測は受信機の地点が少ないため、雷頻度を過小評価している。ただし、フィリピンの東側の台風周辺での雷は我々の観測でも捉えられている。台風発生時の雷バーストは WLLN でも同様に見られ、解析結果に差は見られなかった(図略)。一方で、WLLN のデータでは台風発達時も台風発生時と同等の雷頻度が観測されていた。台風発生時の雷

バーストが見られる台風は、WWLLN のデータにおいても南シナ海からフィリピンの東海域に限定され、外洋では雷バーストが見られない特徴も一致していた。

5. まとめ

JICA と JST による地球規模課題対応国際科学技術協力プログラムの研究課題「フィリピンにおける極端気象の監視・情報システムの開発」では、フィリピンと西太平洋域に雷放電観測網を展開し、フィリピン海で発生した台風周辺での雷放電を調査した。2020 年台風 9 号の発生時に中心から 200km 以内での雷が急激に増加し、雷バーストと定義した。2020 年に発生した台風のうち、雷観測網で捉えた台風の 75% が台風発生前後に雷バーストを観測した。雷バーストはフィリピンの陸地に近い海域で台風発生時に一般的に見られた。雷バーストをもたらす台風内の積乱雲の活発な雷は、大気中に霰の存在が欠かせないことから、陸上起源の霰の豊富な氷晶分布が要因として考えられ、外洋では霰が少ないため雷活動が弱く、雷バーストが見られないことが考えられる。

謝 辞

本研究は、地球規模課題対応国際科学技術協力プログラムの研究課題「フィリピンにおける極端気象の監視・情報システムの開発」 ULAT/ SATREPS の支援により実施した。

参 考 文 献

- Molinari, J., P. K. Moore, V. P. Idone, R. W. Henderson, and A. B. Saljoughy, 1994: Cloud-to-ground lightning in Hurricane Andrew, J. Geophys. Res., 99, 16665-16676.
- Price, C. M. Asfur, and Y. Yair, 2009: Maximum hurricane intensity preceded by increase in lightning frequency. Nature Geoscience, DOI:10.1038/ngeo477.
- Stevenson, S. N. and K. L. Corbosiero, 2018: A 10-year survey of tropical cyclone inner-core lightning bursts and their relationship to intensity change. Wea. Forecasting, 33, 23-36.
- Takahashi, T., 2006: Precipitation mechanisms in east Asian monsoon: Videosonde study. J. Geophys. Res., 111, D09202,

doi:10.1029/2005JD006268.

Zhang, W., S. A. Rutledge, W. Xu, and Y. Zhang, 2019: Inner-core lightning outbreaks and convective evolution in super typhoon Haiyan (2013). Atmos. Res., 219, 123-139.