

雷を直接考慮した気象雷モデルの予測可能性

富岡 拓海, 佐藤 陽祐 (北大院理), 林 修吾 (気象研)

1. はじめに

積乱雲内で雲粒の電荷の分離が起こり、それによって生じた雲の電氣的な偏りを中和するために起こる放電現象を雷放電（以下、雷と表記）と呼ぶ。雲粒の電荷分離が起こる原因には様々な説があるが、霰と氷晶の衝突により、それぞれに正または負の電荷が移動するという、着氷電荷分離機構が大きく寄与していると考えられている (Takahashi, 1978)。現業では雷予測は、発雷確率ガイダンスや雷ナウキャストといった方法が用いられており、これらは予報モデルや観測結果から雷を診断する手法である。これらの手法は、雷の発生確率を予測するもので、発雷の予報確率は高いが、雷の回数を予測するものではない。そこで、本研究では積乱雲内の氷物質の質量から雷回数を計算する診断手法を数値モデルの結果に適用し、雷の分布や回数の再現性を調べた。その上で、雷を直接計算する気象雷モデルの結果とも比較し、気象雷モデルの予測可能性について考察した。

2. データと手法

対象とした事例は平成 29 年 7 月九州

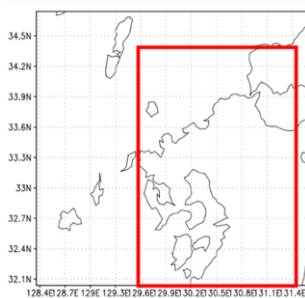
北部豪雨と平成 30 年 7 月豪雨である。どちらも梅雨前線に伴い発生した豪雨であるが、雷頻度は前者の方が高い一方、後者は豪雨があったにもかかわらず雷の頻度は低かった (川野ら 2018)。

利用した数値モデルは Scalable Computing for Advanced Library and Environment (SCALE: Nishizawa et al. 2015, Sato et al. 2015) に雷モデル (Sato et al. 2019) を実装したものをを用いた。初期値境界値には MANL を用い、計算領域と解析領域は図 1 とした。水平解像度は 1 km で、鉛直解像度は平成 29 年 7 月九州北部豪雨では 40 m ~ 683 m の 60 層（下層ほど細かくモデル上端は 21545 m）、平成 30 年 7 月豪雨では 40 m ~ 651 m の 57 層（下層ほど細かくモデル上端は 19528 m）とした。実験期間はそれぞれの事例で 2017 年 7 月 5 日 00:00 UTC ~ 7 月 6 日 00:00 UTC と、2018 年 7 月 6 日 21:00 UTC ~ 7 月 8 日 00:00 UTC とし、実験開始後 6 時間を除いた期間を解析した。

雷を診断するために、Hayashi et al. (2020) で提案された、観測の結果から得られた雲内の氷物質の質量と雷回数の以下の関係式を用いた

$$TTL = 8.29 \times 10^{-8} \times ALICMS - 13.62 \quad (1)$$

平成29年7月九州北部豪雨



平成30年7月豪雨

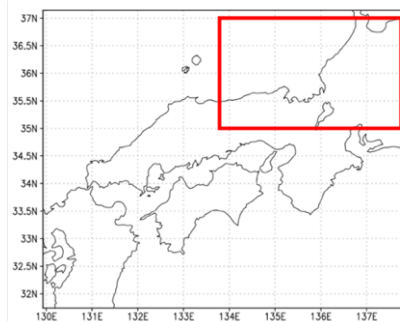


図 1 各事例の計算領域。赤線内は解析領域を示す。

ここで、TTL は 5 分あたりの発雷回数、ALICMS は積乱雲内に存在する氷物質の総質量である（単位は kg）。本研究では、発雷確率ガイダンスを参考に 20 km 格子毎の ALICMS と発雷回数を計算し

観測データと比較した。

検証のための観測データは、気象庁の雷監視システム LIDEN(Ishii et al. 2014)で観測されたデータである。

3. 結果

3.1. 雷診断手法の結果

図 2 (a, b, c, d) はそれぞれの事例における雷回数の診断結果と LIDEN の観測結果である。診断手法では発雷回数の多い領域の分布と、二つの事例の相対的な発雷頻度の違いが表現されている。しかし、各地点での発雷回数は過大評価しており、特に平成 30 年 7 月豪雨において、観測では発雷のなかった地点でも一定量の雷が診断されている。この原因として、用いた関係式の不確実性や、個々の積乱雲と雷の関係式を 20 km の格子に適用したこと、平成 30 年 7 月豪雨でも、平成 29 年 7 月豪雨と比較すると少ないが、雷が診断されるには十分な質量の霰などの氷物質が存在していたことなどが考えられる。

3.2. 診断手法と雷モデルの比較

気象雷モデルは、物理モデルに従い雲

内の電荷や電場、それに伴う雷を直接計算するモデルである。Sato et al. (submitted to ASL) で、雷モデルを用いて本研究と同じ実験設定で行われた雷の数値計算結果を図 2 (e, f)に示す。図 2 (a, b, c, d)と比較して、雷の回数は観測のオーダーと一致しており、分布も平成 30 年 7 月豪雨において、診断手法に比べて再現性が高くなっている。これらから、この 2 つの事例について、雷を予測するために診断手法ではなく雷モデルを用いることは有効であると言える。

4. まとめ

本研究では雷回数と積乱雲内の氷物質の質量の関係式を数値計算の結果に適用し、平成 29 年 7 月豪雨と平成 30 年 7 月豪雨について、診断した雷の回数や分布を観測データと比較、検証した。その結果、本研究で適用した診断手法は二つの豪雨の雷頻度の相対的な違いや、発雷の多い領域を診断することはできたが、雷の回数やその分布を正確に診断することはできなかった。また、雷を直接計算する気象雷モデルの結果とも比較すると、診断手法よりも雷モデルの方が雷の回数や分布の再現性が高く、両事例についての雷モデルの有用性が示された。

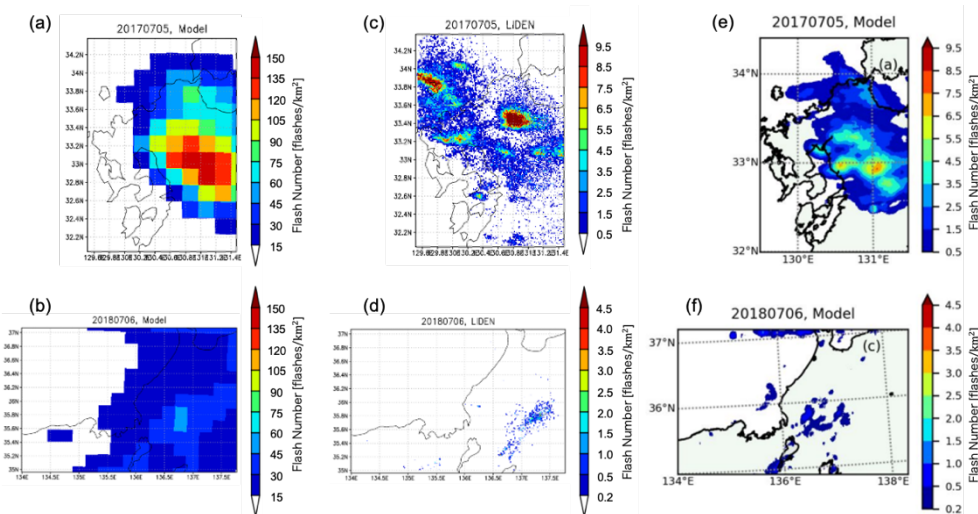


図 2 上段 (a, c, e) が平成 29 年 7 月豪雨、下段 (b, d, f) が平成 30 年 7 月豪雨の雷回数の水平分布。(a, b) が診断手法、(c, d) が LIDEN による観測、(e, f) が雷モデルの結果を示す。(e, f) は Sato et al. (submitted to ASL) より引用。