

# 気象雷モデルを用いた数値予報のための予備的数値実験

佐藤陽祐・稲津 将・佐藤光輝（北大院理）

池田高志・丸山雅人・柘田俊久・長尾篤（NTT 宇宙環境エネルギー研究所）

## 1. はじめに

高度に電子化され、今後も電子化が進んでいくことが見込まれる現代社会において、雷は大きな脅威である。雷による被害総額は、近年の社会の電子化に伴い、年々増加しており（例えば [https://www.city-net.or.jp/wp-content/uploads/2015/02/00\\_koukyou\\_raigaitaisaku.pdf](https://www.city-net.or.jp/wp-content/uploads/2015/02/00_koukyou_raigaitaisaku.pdf)、2022年12月12日閲覧）、雷被害を防止するために、雷を正確に予測することが求められている。雷は積乱雲内部で、霰を主成分とする雲粒が衝突することで帯電し、雲内部に蓄えられた電荷を中和する際に起こる放電現象であるため、雷を数値天気予報で予測するには、これらの物理量を数値気象モデル扱う必要がある。

数値気象モデルに基づく雷の予測情報として発雷確率ガイダンスがあるが、これは数値気象モデルが計算した、雷以外の情報から統計的・経験的に診断されるものであり雷の頻度や雷の分布などは直接予測できない。雷の予測情報として雷ナウキャストがあるが、観測に基づくものでありリードタイムを長く取れない。

これらの問題を解決すべく、近年雲粒の電荷と雷を直接予報する気象雷モデル(Sato et al. 2019, Mansell et al. 2005 など)の開発が進んでいる。気象雷モデルを用いることで雷頻度や雷の分布を直接計算できる。本研究では、将来の数値天気予報で雷の直接予報を実施することを見据えて、気象雷モデルによる予測実験を行うシステムを構築した。

## 2. 利用モデルと利用データ

利用した数値気象モデルは理化学研究

所を中心に開発されている気象モデル SCALE(Nishizawa et al. 2015, Sato et al. 2015)に雷モデルを実装した気象雷モデル(Sato et al. 2019)である。この気象雷モデルが良好なパフォーマンスを示すことは確認されている(富岡ら 2022)。

計算に必要な気象場の初期値・境界値は京大生存圏研究所のサーバーで公開されている MSM のデータ (5 km 解像度、<http://database.rish.kyoto-u.ac.jp/arch/jmadata/gpv-original.html>、2022年12月12日閲覧)の予報値を、土壌水分などの陸面の情報は NCEP-GFS (<https://www.ncei.noaa.gov/products/weather-climate-models/global-forecast>、2022年12月12日閲覧)を用い、One-Way Nesting にて計算を実施した。計算ドメインは 320 km 四方の図 1a の色で塗られた領域とし、水平解像度は 4 km、鉛直層数は 53 層(層厚は 40 m~610 m: 下層ほど細かい)、モデルトップは 17 km とした。

予測システムは毎日 12 UTC に同日における MSM の 00UTC からの 72 時間予報の予報値(時間間隔 3 時間)と NCEP-GFS の 3 日前からの 180 時間予報の予報値をダウンロードし、00UTC から 48 時間予報を実施するように設計した。計算は北海道大学気象学研究室の計算クラスター(Intel(R) Xeon(R) Gold 5220R CPU 搭載)を用いて Message Passing Interface(MPI)による 16 プロセスの並列計算にて行い、「データのダウンロード」、「データの整形」、「予報実験」、「描画」の 4 つのプロセスを、crontab を用いて毎日 12UTC に自動実行した。

本研究では初期的な試験として、2022

年 11 月 10 日から 12 月 5 日までの期間で毎日予報実験を実施し、予測実験の計算時間と気象雷モデルで計算される雷頻度の情報を評価した。

### 3. 数値実験の結果

初めに計算時間の評価を実施した。気象雷モデルを用いた 48 時間予報に要した時間（データのダウンロード、描画など含む）は、約 6.5 時間～9 時間であった。

データ利用が可能になる時間の関係で計算が実況より 12 時間遅れて開始されるが、実際の時間の 28 時間程度前に計算結果を確認する状態にでき、リードタイムが 28 時間程度で計算が実施できた。将来的には気象業務支援センターから MSM データの配信を受けることで計算開始を実況の 3 時間遅れ程度にでき、リードタイムを伸ばせる見込みである。

次に計算例として、2022 年 11 月 25 日 00 UTC に計算を開始した計算での 2022 年 11 月 26 日 13～14 UTC の降水量と発雷相当数の分布をそれぞれ図 1b,c に示す。気象雷モデルを用いることでこのように前 1 時間の雷頻度を直接計算できる。しかしながらこの対象期間に発雷は観測されておらず([https://www.blitzortung.org/en/live\\_lightning\\_maps.php](https://www.blitzortung.org/en/live_lightning_maps.php), 2022 年 12 月 12 日閲覧)、予測と観測の違いは、富岡ら(2022)でも指摘されているように雲の位置の再現性が悪いことが原因と考えられる。

### 4. まとめと今後の課題

将来の数値天気予報での雷予測を見据えて、気象雷モデル(Sato et al. 2019)を用いた予測実験のための予備的実験を実施した。水平解像度 4 km、鉛直層数 53 層で MSM の気象場を初期値とした計算を実施し、48 時間の予報をリードタイム 28 時間程度で実施できた。今後は気象業務支援センターから気象場の配信を受けて計算開始時刻を早めると共に、大型

計算機を利用して高解像度な計算を実施すると共に、計算時間の短縮を図る。

加えて、LIDEN などの雷観測データを用いてパフォーマンスを評価する。また NTT との共同研究プロジェクトで実施している雷放電観測データを用いてモデルの詳細な検証を実施すると共に、共同プロジェクトで実施している観測の支援資料として利用することを検討している。

謝辞：科研費 (B) 20H04196、セコム科学技術振興財団、および NTT-北海道大学共同研究プロジェクトより研究資金を得た。

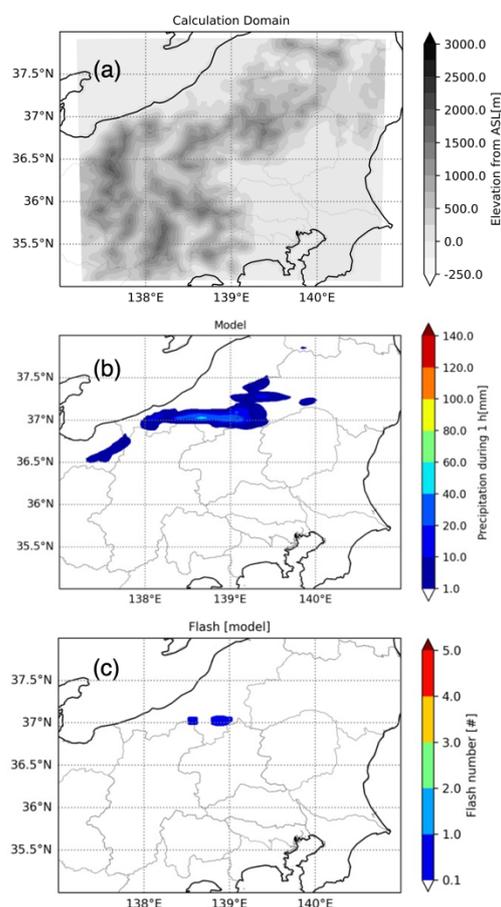


図 1：(a)計算対象領域と標高、および気象雷モデルで計算された 2022 年 11 月 26 日 13UTC～14UTC における(b)降水量と(c)雷頻度の分布の 2 次元分布