

# 豪雨なのに、雷が頻繁に鳴ったり鳴らなかったりするのなぜ？

～豪雨に伴う雷頻度の違いを数値シミュレーションで再現することに初めて成功～

## ポイント

- ・「富岳」を用いて雷を直接シミュレートし、豪雨に伴う雷頻度の再現に成功。
- ・日本で発生した二つの豪雨の雷頻度の違いを明らかに。
- ・将来、「雷予報」を含めた天気予報へ発展することを期待。

## 概要

北海道大学大学院理学研究院の佐藤陽祐特任准教授らの研究グループは、気象庁気象研究所の林修吾主任研究官、橋本明弘主任研究官と共同で、日本で発生した二つの豪雨に伴う雷頻度の違いを数値シミュレーションで再現することに初めて成功し、二つの豪雨の雷頻度の違いをもたらす原因を明らかにしました。

これまでのスーパーコンピュータを用いた数値シミュレーションでは、雷の頻度や事例ごとに異なる雷の特性について調べることは困難で、豪雨という状況が同じでも、雷が鳴る頻度が異なる理由は解明されていませんでした。

研究グループは、独自に開発した雷を直接計算する気象モデル<sup>1</sup>「気象雷モデル<sup>2</sup>」とスーパーコンピュータ「富岳」<sup>3</sup>を用いて、雷を直接扱った数値シミュレーションを行いました。このシミュレーションによって、日本で発生した二つの豪雨（2017年九州北部豪雨、2018年西日本豪雨）と豪雨に伴って起こる雷を再現することに成功し、この二つの豪雨で雷頻度が大きく異なる原因が、豪雨をもたらした積乱雲の背の高さの違いと、それに伴って雲内の霰<sup>4</sup>の量と霰が分布する高さが異なっていることに起因することを明らかにしました。このような数値シミュレーションは、世界トップの計算能力を誇る「富岳」を使うことで初めて可能になった計算です。

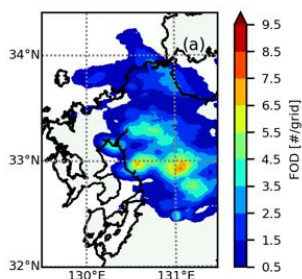
現在の天気予報では、雷を直接扱った計算は行われていませんが、近い将来に雷予報を含めた天気予報へと広がる足掛かりとなり、雷予報の精度向上に貢献することが期待されます。

なお、本研究成果は、2021年8月31日（火）公開の Atmospheric Science Letter 誌に掲載されました。

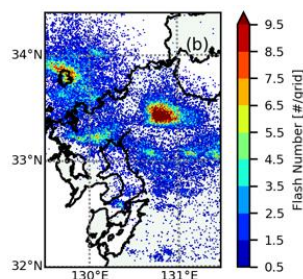
九州北部豪雨

西日本豪雨

気象雷モデル



観測



気象雷モデルで再現された雷頻度

(左上) 2017年九州北部雨豪雨

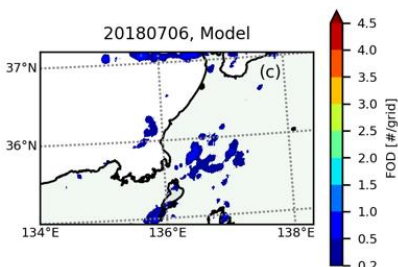
(左下) 2018年西日本豪雨

気象庁が運用する雷観測網 LIDEN<sup>5</sup>を用いて観測された雷頻度

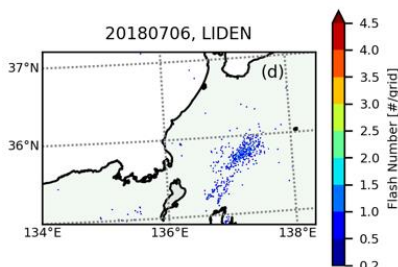
(右上) 2017年九州北部豪雨

(右下) 2018年西日本豪雨

20180706, Model



20180706, LIDEN



2017年九州北部豪雨と2018年西日本豪雨は共に豪雨をもたらしたが、

前者は雷が高頻度で鳴り、後者は雷頻度が少なかった。気象雷モデルはこの特徴を再現することに成功した

(当該論文の図4より引用)。

(当該論文の図4より引用)。

## 【背景】

豪雨をもたらす積乱雲に伴って発生する雷は、高度に電子化された現代社会において脅威であるだけでなく、電気設備への被害や航空機の運航の妨げになるなど、日常生活に大きな影響を与えています。

しかし、スーパーコンピュータを用いた数値シミュレーションによって実施されている日々の天気予報では雷を直接計算しておらず、観測結果や計算結果をもとに統計的・経験的に雷の可能性を見積もって雷注意報・警報を発令しているのが現状です。そのため、雷の頻度や事例ごとに異なる雷の特性の違いを調べることは困難でした。

日本では近年、豪雨による災害が頻発しています。その中でも、2017年に起こった九州北部豪雨（以下、九州北部豪雨と記載）、2018年に起こった西日本豪雨（以下、西日本豪雨と記載）は共に梅雨末期に梅雨前線によってもたらされた豪雨で、大きな被害をもたらしましたが、どちらも豪雨であったにも関わらず、九州北部豪雨は、高頻度で雷が鳴っていた一方、2018年西日本豪雨では、雷はほとんど観測されていませんでした。

なぜこのように雷頻度の違いが発生するのか、原因については明らかになっていませんでした。

## 【研究手法】

研究グループでは、上記の問題を解決するために、雲内部の電荷と雷を直接計算する雷モデルを、理化学研究所が開発する気象モデル「SCALE」に実装して気象雷モデルを開発しました。気象雷モデルを用いることで豪雨によって発生する雷を直接計算でき、雷の頻度の計算や事例ごとの雷頻度の違いの理由を明らかにすることができます。しかし、気象雷モデルの計算は計算に時間を要する（計算コストが高い）ため、これまでのスーパーコンピュータでは九州北部豪雨、西日本豪雨を再現した実験を行うことは困難でした。

そこで研究グループは、世界最高の計算性能を誇り、理化学研究所計算科学研究センターで運用されているスーパーコンピュータ「富岳」を用いて気象雷モデルの計算を行い、九州北部豪雨と西日本豪雨の再現実験を行いました。

## 【研究成果】

気象雷モデルの計算によって、九州北部豪雨と西日本豪雨における観測された雷頻度をシミュレーションによって再現することに初めて成功しました（p.1 図）。また、シミュレーションの結果を解析し、二つの豪雨で雷頻度が大きく異なる原因が、豪雨をもたらした積乱雲の背の高さの違いとそれに伴って雲内の霰の量と霰が分布する高さが異なっていることに起因することを明らかにしました。

九州北部豪雨では背の高い雲から豪雨がもたらされましたが、このように背の高い雲の中では雲内部で電荷を発生させるのに重要な役割を果たす霰が多く、また高い高度まで広く分布しています（図1）。このような条件下では、雲内部の電荷が大きくなりやすく、雷も起こりやすいといえます。

西日本豪雨では、背の低い雲から豪雨がもたらされましたが、このように背の低い雲の中では霰の量は少なく、高い高度まで存在することができません（図1）。そのため、雲内部の電荷は大きくなりやすく、雷が起こりにくい条件であったことがわかりました。

## 【今後への期待】

現在の天気予報のシミュレーションでは、1日前には、高い精度で降水の有無を予報できますが、雷を直接計算して雷頻度の予測をすることはできません。しかし、本研究で開発した気象雷モデルでは、雷を直接計算し、雷頻度の予測をすることができます。今後、スーパーコンピュータの能力がさらに発

展すれば、気象雷モデルを利用して日本で発生した豪雨に伴う雷頻度を再現し、天気予報の中に雷頻度の予報が加わると期待できます。本研究で開発した気象雷モデルやそれを用いたシミュレーションが、雷の予測精度の向上に貢献し、雷被害の低減に貢献することが期待されます。

### 【謝辞】

本研究は JSPS 科研費 (基盤(B)20H04196)、三菱財団自然科学助成、寄附分野北海道気象予測技術分野 (北海道気象技術センター) の支援を受け実施すると共に、文部科学省「富岳」成果創出加速プログラム「防災・減災に資する新時代の大アンサンブル気象・大気環境予測」(JPMXP1020200305) の一環として実施したものです (課題番号: hp200128)。また、本研究の一部は、スーパーコンピュータ「富岳」、北海道大学が提供するスーパーコンピュータ Grand Chariot (グラン・シャリオ) の計算資源の提供を受け実施しました。

### 論文情報

論文名	Difference in the lightning frequency between the July 2018 heavy rainfall event over central Japan and the 2017 northern Kyushu heavy rainfall event in Japan (2018年7月豪雨と2017年九州北部豪雨の雷頻度の違い)
著者名	佐藤陽祐 <sup>1,2</sup> , 林 修吾 <sup>3</sup> , 橋本明弘 <sup>3</sup> ( <sup>1</sup> 北海道大学大学院理学研究院, <sup>2</sup> 理化学研究所計算科学研究センター, <sup>3</sup> 気象庁気象研究所)
雑誌名	Atmospheric Science Letters (英国気象学会の専門誌)
DOI	10.1002/asl.1067
公表日	2021年8月31日(火)

### お問い合わせ先

北海道大学大学院理学研究院 特任准教授 佐藤陽祐 (さとうようすけ)

T E L 011-706-2879 F A X 011-706-2879 メール [yousuke.sato@sci.hokudai.ac.jp](mailto:yousuke.sato@sci.hokudai.ac.jp)

U R L <https://humet.sci.hokudai.ac.jp/~meteo/>

※在宅勤務を実施している関係上、電話に出られないこともありますので、その場合はメールにてお問合せください。

### 配信元

北海道大学総務企画部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール [jp-press@general.hokudai.ac.jp](mailto:jp-press@general.hokudai.ac.jp)

## 【参考図】

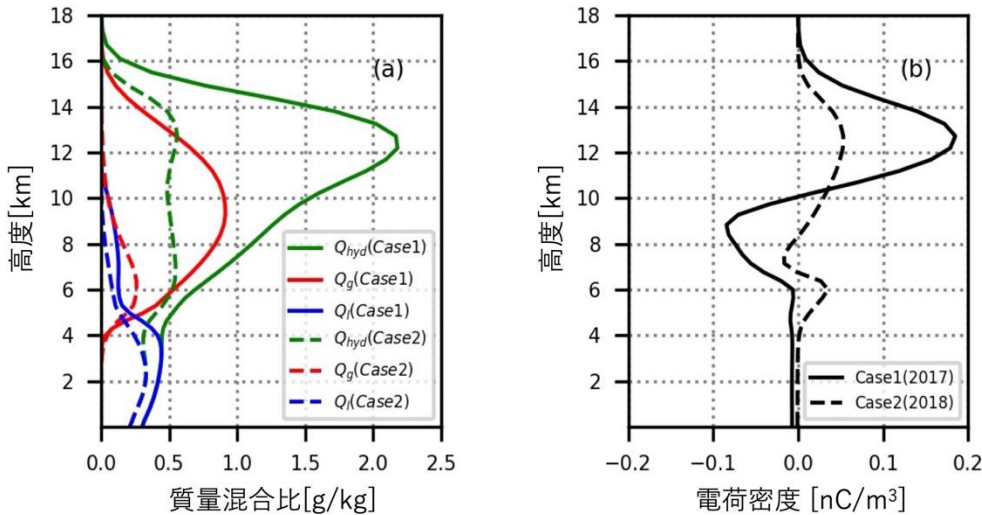


図 1. (a)二つの豪雨をもたらした雲を構成する雲粒の質量（緑）、霰の質量（赤）、雨の質量（青）  
(b)電荷密度の高度分布

実線と点線はそれぞれ九州北部豪雨、西日本豪雨を対象とした計算結果。九州北部豪雨の方が、霰 ((a)の赤線) が多くかつ高い高度まで分布し、電荷量も大きくなっていることがわかる。(当該論文の図 5 の図を日本語に訳して作成)

## 【用語解説】

- \*1 気象モデル … 地球の大気の流れや雲の動き、物質の輸送などをシミュレーションするためのシミュレーションコードのこと。日々の天気予報は気象庁が保有する気象モデルとスーパーコンピュータを用いて、地球の大気の流れや雲の動きなどを計算した計算結果と観測データなどをもとにして発表されている。
- \*2 気象雷モデル … \*1 の気象モデルに雷を直接計算するために必要な要素を追加した気象モデルのこと。本研究では理化学研究所を中心に開発されている気象モデル Scalable Computing for Advanced Library and Environment (SCALE)に雷を計算するためのプログラムを追加したモデルを用いた。SCALE についての詳細は <https://scale.riken.jp/>
- \*3 スーパーコンピュータ「富岳」 … スーパーコンピュータ「京」の後継機で、令和 3 年 3 月に共用を開始。令和 2 年 6 月にスパコンランキングの 4 部門で 1 位を獲得するなど、世界トップの性能を持つ。
- \*4 霰 … 雲を構成する雲粒（水物質）の一つの形態で、雲内で温度が 0 度を下回っても凍らない水滴（過冷却水滴と呼ぶ）が雲内の氷粒子に付着することで形成される比較的大きな氷粒のことを指す。雲内部で雲粒が電荷を獲得するプロセス（電荷分離）に重要な役割を果たす可能性が指摘されている。
- \*5 LIDEN … 気象庁が運用する雷監視システム (Lightning Detection Network system)。雷によって発生する電波を受信し、発生時刻や発生位置の情報を観測するシステム。詳細は <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/toppuu/thunder1-2.html>