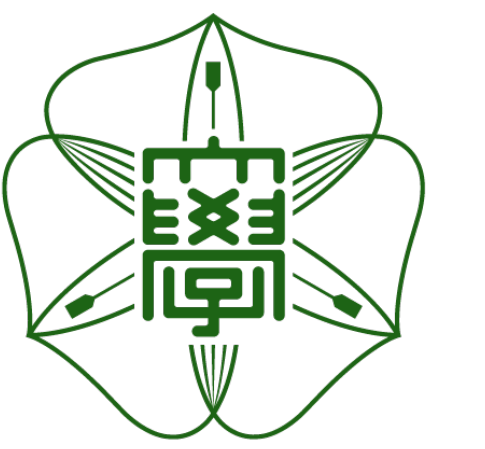


# 気象雷モデルによる雷放電現象に関する数値的研究



HOKKAIDO UNIVERSITY

佐藤陽祐(yousuke.sato@sci.hokudai.ac.jp、北海道大学)

林修吾(気象研究所)、本田匠(北海道大学)、富岡拓海(北海道大学)

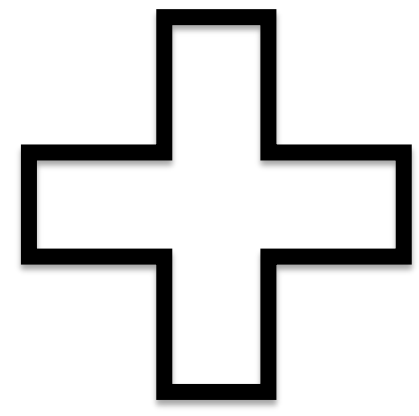
(学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 第14回シンポジウム)

EX21103

## 気象雷モデル

気象モデル  
(力学コア)

雷コンポーネント



雷モデル  
(Sato et al. 2019)

(Nishizawa et al. 2015)  
(Sato et al. 2015)

出力:

- 電荷密度の3次元分布
- 電場の3次元分布
- 電位の3次元分布
- 雷頻度の3次元分布

## 気象雷モデルの詳細(Sato et al. 2019)

	スキームなど
予報変数	雲を構成する水物質が持つ各グリッドの電荷密度
電荷分離機構	着氷電荷分離機構(Takahashi 1978)
中和(放電)	中和スキーム (MacGorman et al., 2001, Fierro et al. 2013)
ポアソンソルバー	Bi-CGSTAB (van der Vorst, 1992) (with 対象ガウス・ザイデル前処理)
雲物理モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 - Moment バルク法 (Tomita 2008)</li> <li>2 - Moment バルク法 (Seiki and Nakajima 2014)</li> <li>ビン法 (Suzuki et al. 2010)</li> </ul>

## 観測との比較を通じた検証 (Sato et al. 2022, 富岡2021)

### 実験設定

MANL (気象場)  
(天気予報のための計算値に基づく解析値)

ダウンスケーリング  
(Nesting)



水平解像度: 1km  
計算時間: 24~33 時間  
対象領域: 日本付近

- Gridあたりの放電頻度相当量(FOD)
- 氷の質量から診断する放電頻度 (従来の気象モデルからの見積もり) (Hayashi et al. 2020, dx=20km)

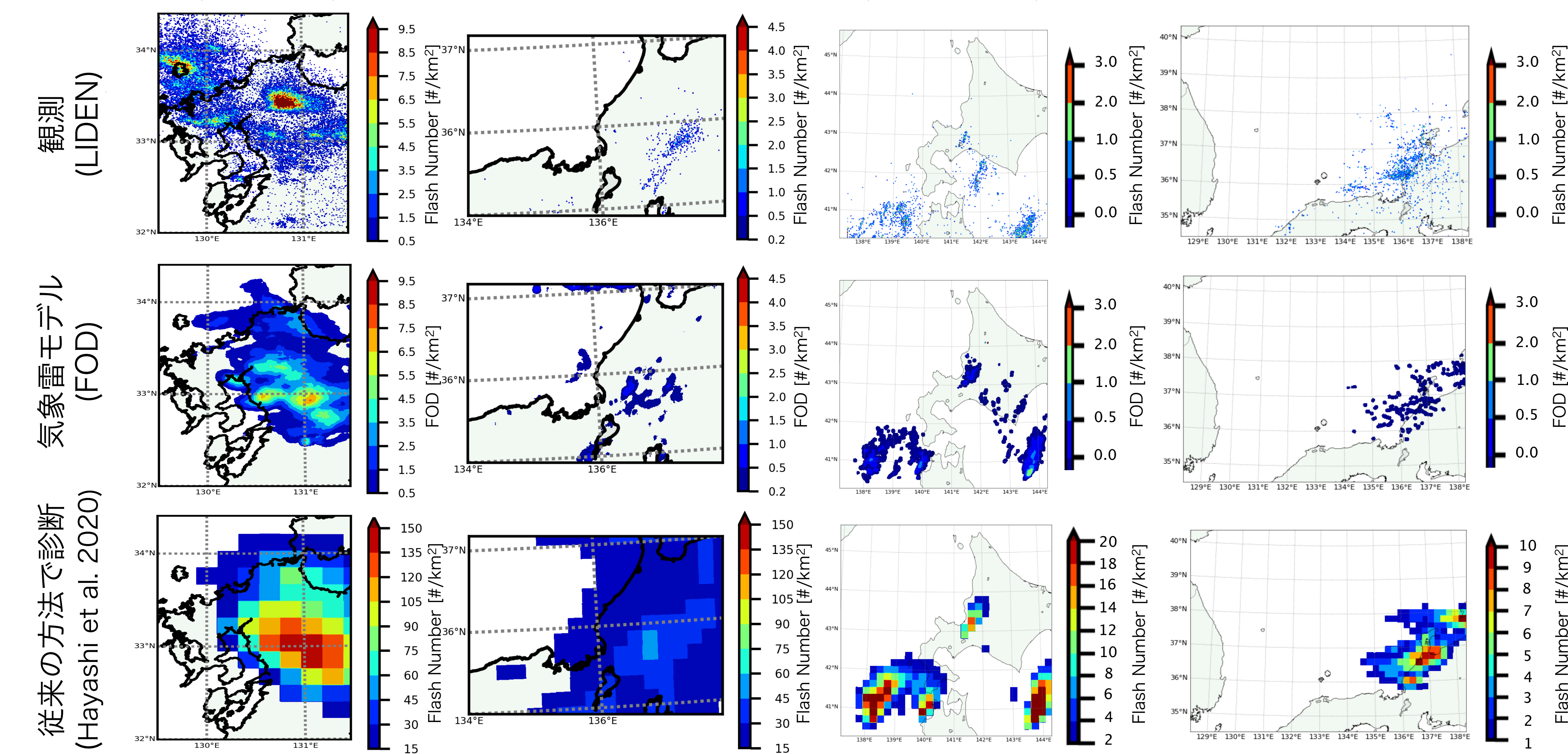
比較

観測された放電頻度  
(LIDEN, Ishii et al. 2014)

対象とした事例:

- 2017年九州北部豪雨 (夏季雷・放電頻度大)
- 2018年西日本豪雨 (夏季雷・放電頻度小)
- 北海道の低気圧に伴う雷 (冬季の雷)
- 北陸の冬季雷

### Results



ポイント:

- 気象雷モデルが計算する雷頻度は観測されるそれをよく再現 (特に夏の雷で)
- 従来のモデル (気象雷モデルでないもの) の出力から診断する方法では雷頻度を過大評価する

## 台風の理想実験 (Sato et al. 2019, 2022)

実験設定: 理想化した台風の実験 (Rotunno and Emanuel, 1987)

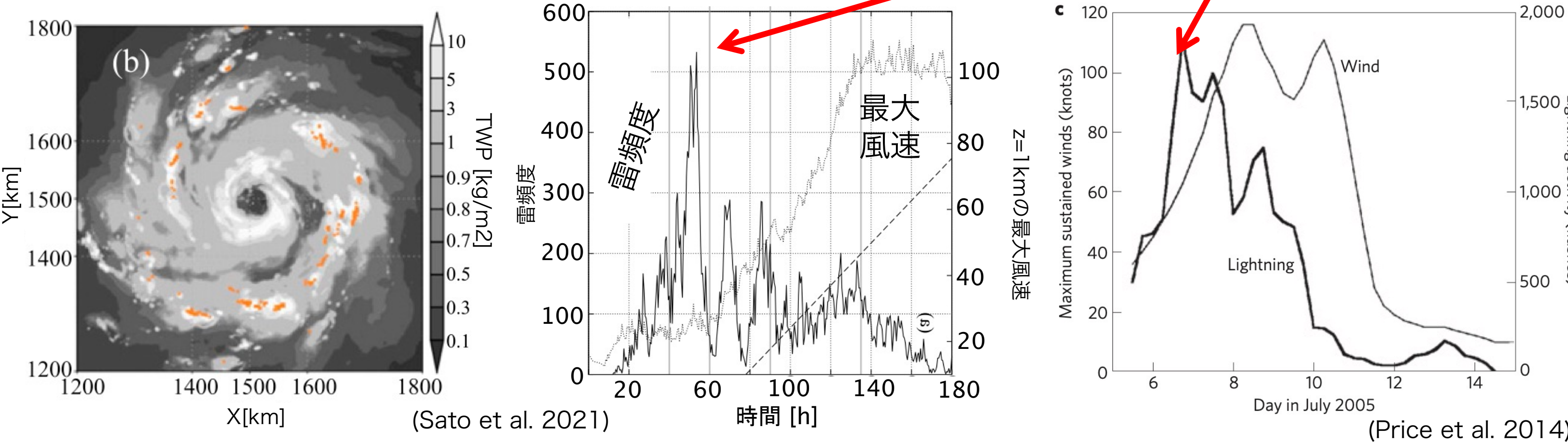
解像度: 2 km(水平)、200 m ~ 1 km(鉛直)

計算ドメインのサイズ: 3000 x 3000 x 20 km<sup>3</sup>

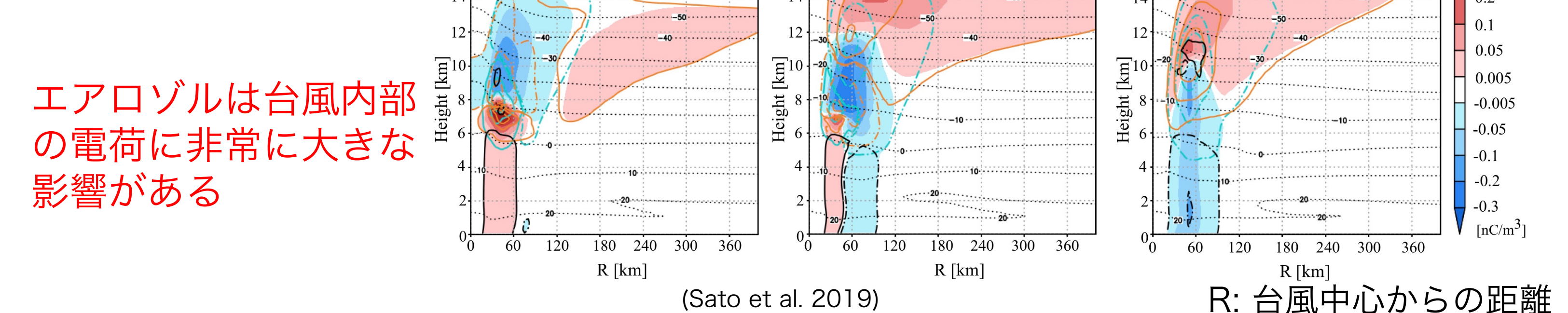
計算時間: 193 時間

背景エアロゾル数密度:  $N_{ccn} = N_0 S^k$ ,  $N_0 = 10, 100, 1000 \text{ #/cm}^3$

### 雷頻度と台風の強度 (風速)



### エアロゾルの電荷への影響



## 結論

- 雷モデルを結合した気象雷モデル(SCALE)を開発した
- 気象雷モデルで計算された雷頻度は観測されたそれをよく再現していた
- 開発した気象雷モデルを用いて台風の理想実験と観測シミュレーション実験を実施した

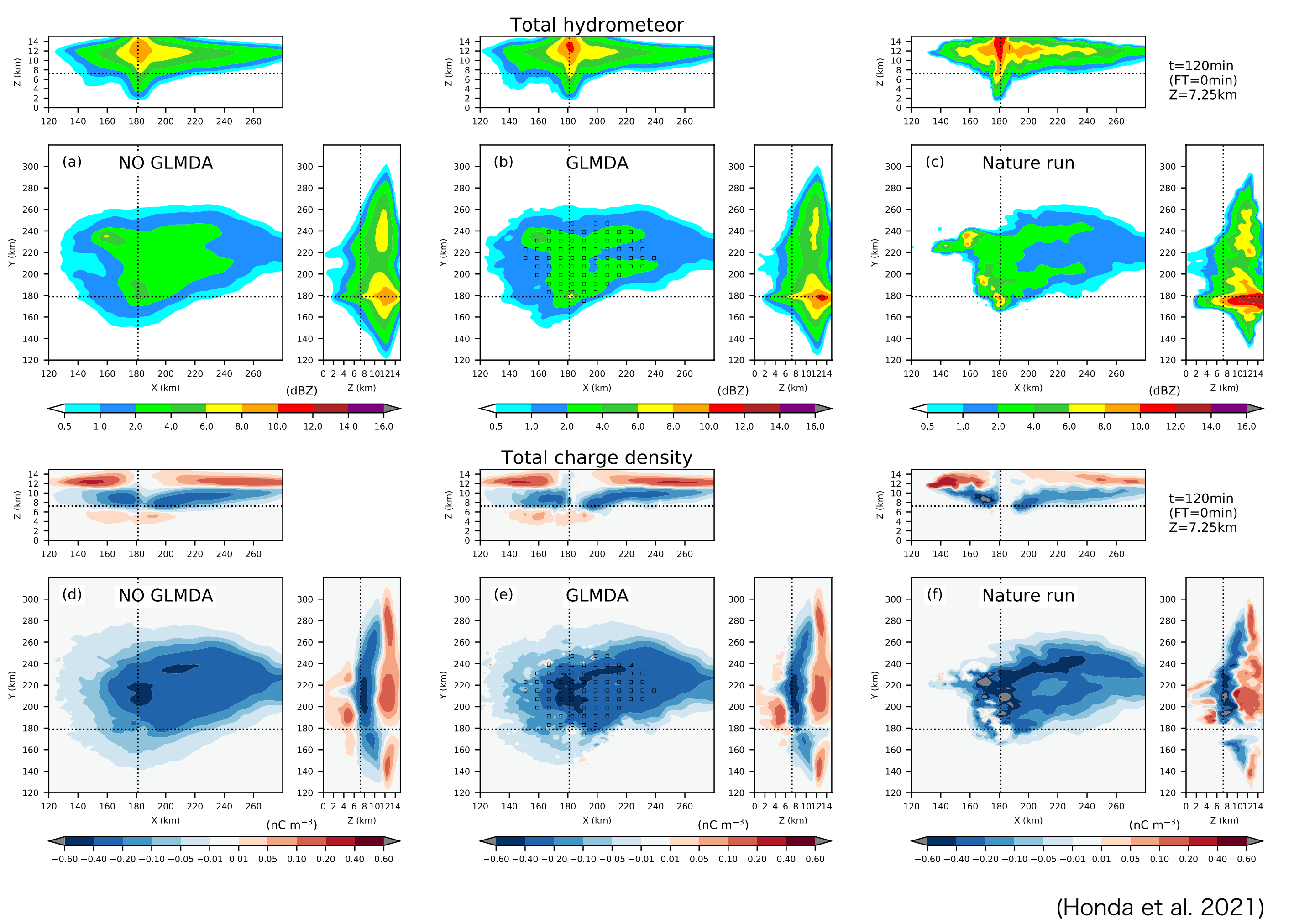
## 観測シミュレーション実験 (Honda et al. 2021)

実験設定: スーパーセル (Weisman and Klemp 1982)

解像度: 2 km(水平)、200 m ~ 1 km(鉛直)

計算ドメインのサイズ: 352 x 352 x 22.25 km<sup>3</sup>

データ同化システム: Local ensemble transform Kalman filter (LETKF)



## Future Work

- 開発したモデルを用いた応用研究 (防災・環境情報創出のための実験)
- 気象雷モデルの高速化
- GPU対応