

EX18322 (東京大学推薦課題)

佐藤 陽祐 (北海道大学・理学研究院, 理化学研究所計算科学研究センター)

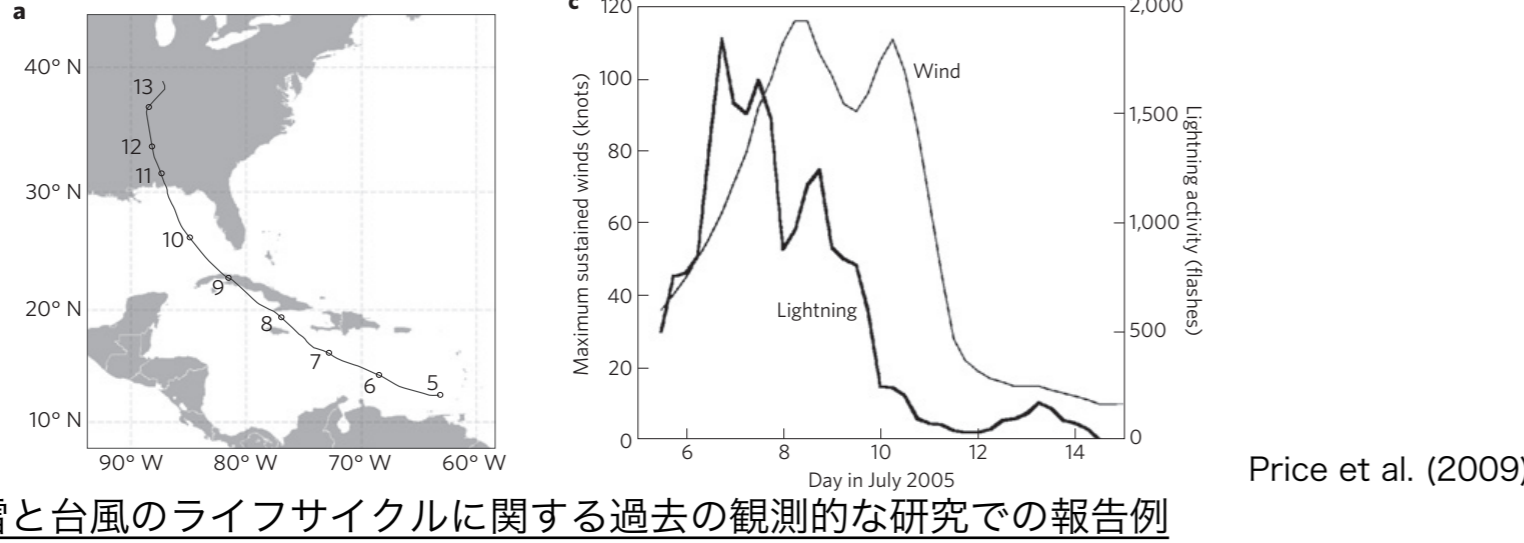
次世代気象気候ライブラリを用いた雷の発生プロセスの解明

(平成31年度 採択課題: 次世代気象ライブラリによる、台風内部の雷にエアロゾルが与える影響評価)



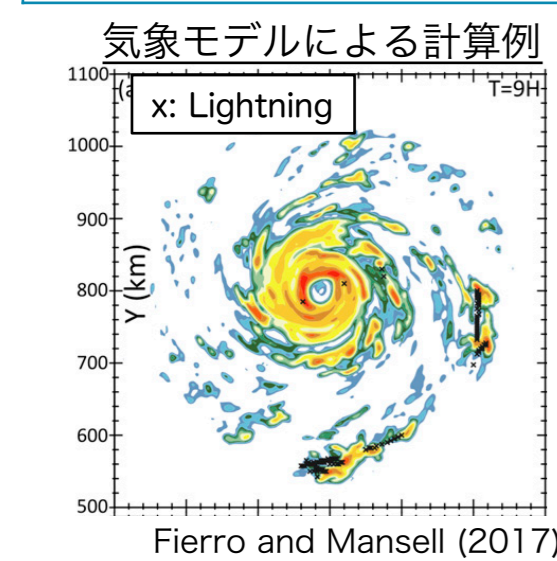
Introduction

観測的研究によると、雷の頻度と台風のライフサイクルには関係性が見られる
→雷をIndexにして、台風の発達/減衰を予測するための利用できると報告されている



雷と台風のライフサイクルに関する過去の観測的な研究での報告例

Reference	雷頻度と台風の発達/減衰のタイミングとの関係
Price et al.(2009)	台風の強度が最大になる1日前に雷頻度最大
DeMaria et al. (2012)	台風が急発達する1日前に外側降雨帯の雷頻度最大 台風が減衰する1日前に壁雲の雷頻度最大
Zheng et al. (2015)	台風が発達する1日前に雷頻度最大



現状の問題

- コンセンサスがまだない
- 理由が明らかではない
- モデルの計算事例定常状態の台風のみ

研究の目的:
雷頻度と台風のライフサイクルの関係を明らかにする
手段:
雷を直接計算した数値モデル

Model and Experimental setup

モデル: SCALE (Nishizawa et al. 2015, Sato et al. 2015)
実験設定: Miyamoto and Takemi (2013)
外部強制: f 面近似のコリオリカ ($f = 5.0 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$)
解像度: 5 km(水平)、200 m~1 km(鉛直)
計算領域: $3000 \times 3000 \times 20 \text{ km}^3$ (モデル上端から3 kmはダンピング層)
計算時間: 193 hours (台風の発生から定常までの計算)
乱流: MYNN Level 2.5 (Nakanishi and Niino, 2006)
雲物理: 2-moment bulk (Seiki and Nakajima, 2014)
放射: 考慮せず
地表面flux: Bulk Flux (SST=300Kで固定, Uno et al., 1995)



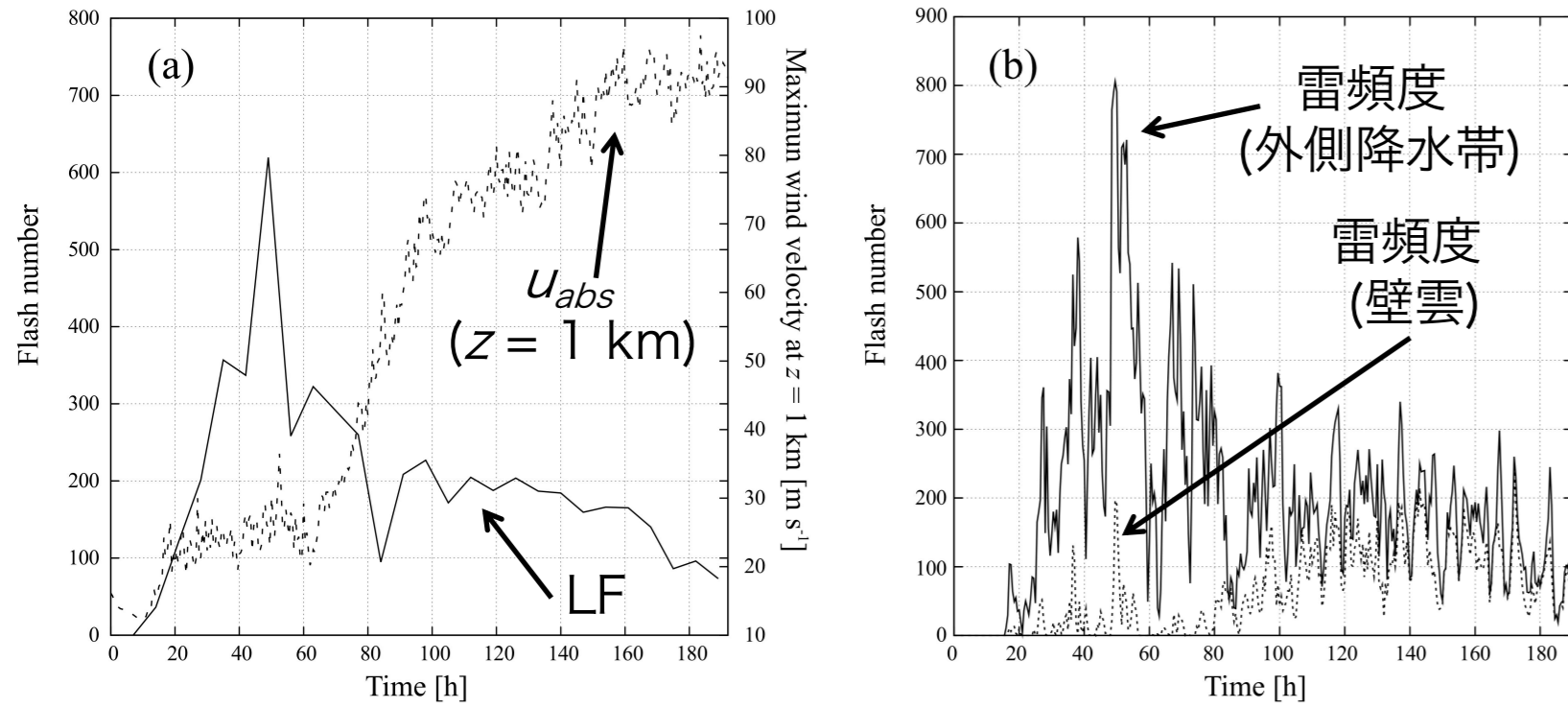
雷モデル(Sato et al. submitted)

予報変数: 雲粒の電荷
電荷分離: あられと氷または雪の衝突で発生 (Takahashi 1978)
中和(放電): MacGorman et al. (2001), Fierro et al. (2013)
電場の計算: Bi-CGSTAB
適用したモデル: SCALEに実装されていた全ての雲モデル (Tomita 2008, Seiki and Nakajima 2014, Suzuki et al. 2010)



Result

雷頻度と強度の時間変化



- 急発達の24時間前に雷頻度最大
- 中心より外側の方が雷が多く鳴っている

観測結果と同様の傾向

(DeMaria et al. 2012, Stevens et al. (2016))

鉛直方向の輸送が活発

なぜ雷が起こるか?
あられと氷・雪の衝突

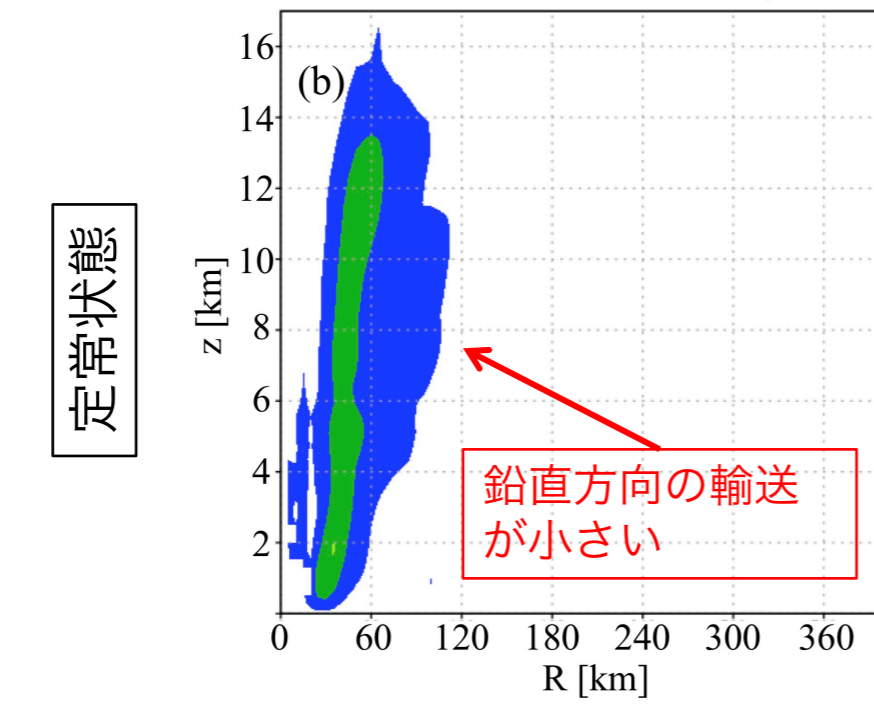
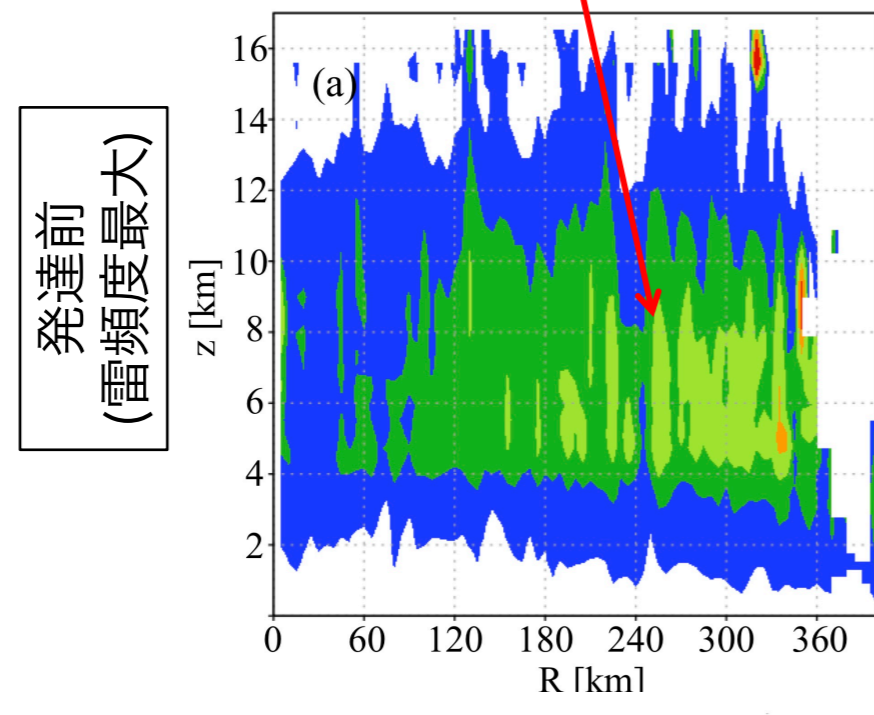
電荷分離
雲粒が電荷を獲得
電荷の中和するために雷
雷にはあられの存在が必須

ではあられはなぜできる?
凍っていない雲粒が持ち上がる

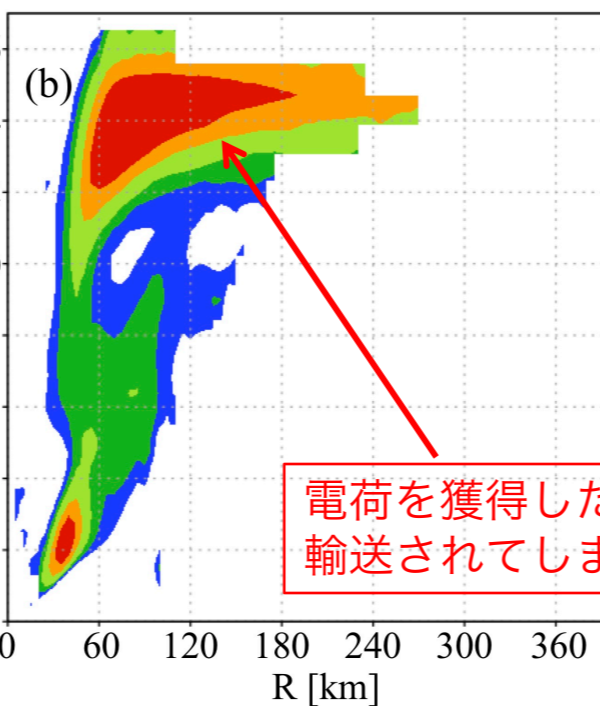
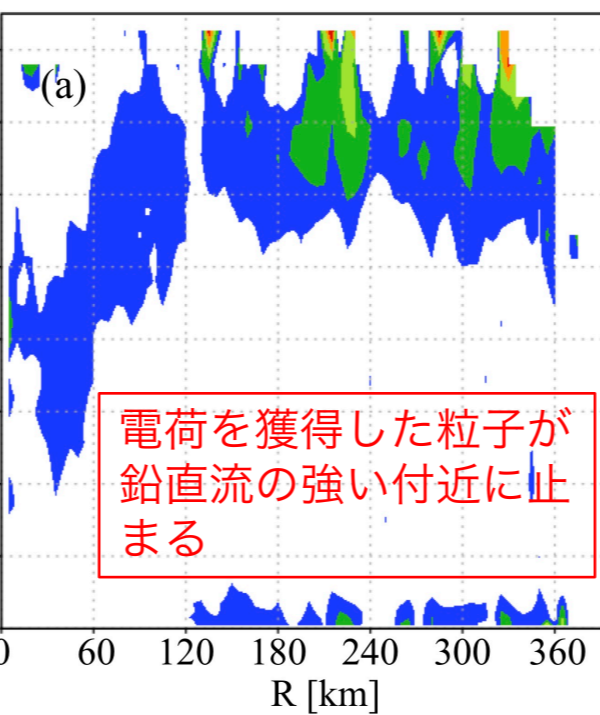
凍った雲粒と衝突する
あられが発生

鉛直方向への雲物の輸送が鍵

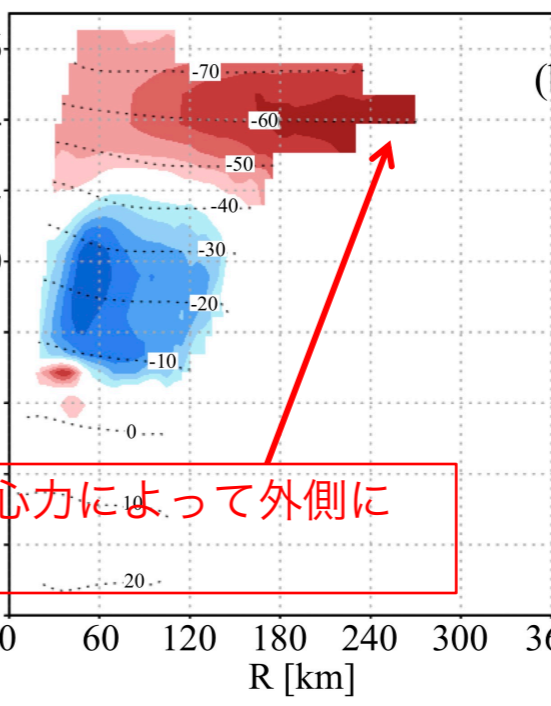
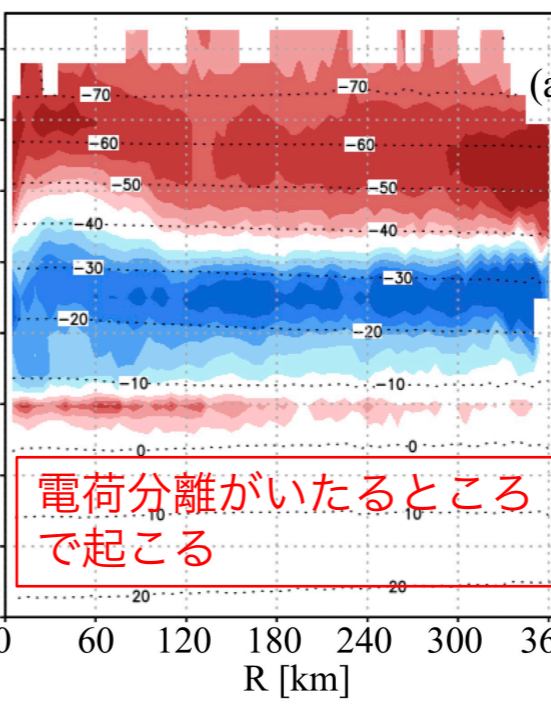
鉛直輸送 ($w \cdot q_{hyd}$)



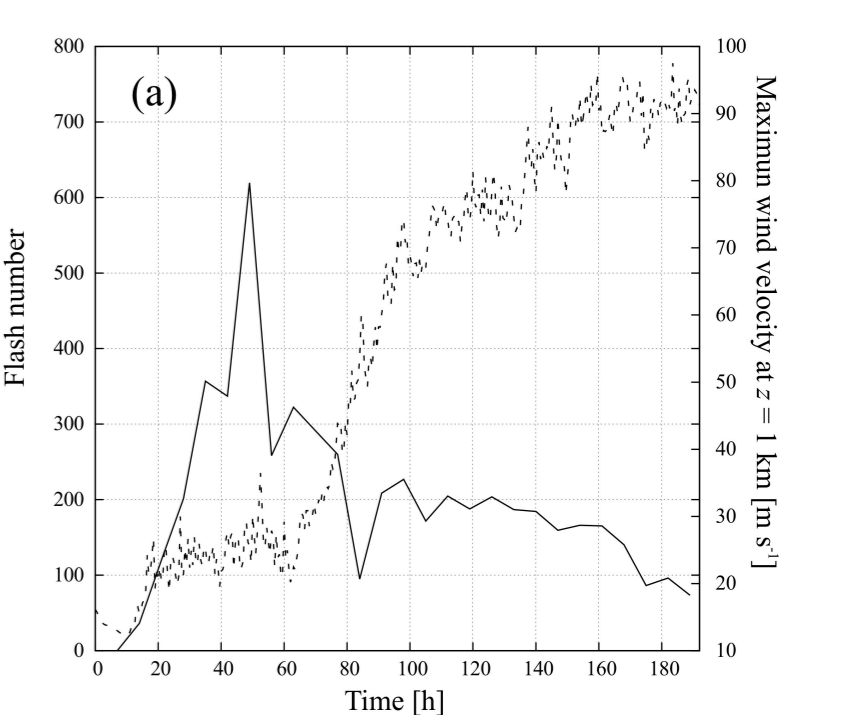
動径方向の輸送 ($v_r \cdot q_{hyd}$)



電荷密度の分布 (ρ_{hyd})



なぜ発達直前に雷が最大か?



Pre-conditioning
CAPEを消費する対流雲が最も多くできる段階
→この時 (RIの少し前) に雷が最大になっている

発達後: 鉛直流が弱い+遠心力で電荷を持った粒子が外に飛ぶので電荷が小さい→雷が起こりにくい

結論

- 台風のライフサイクルと雷頻度の関係を雷を直接考慮した気象モデルで再現することに成功
- 雷はCAPEを消費して立つ対流によってできる対流雲で頻度が大きくなる傾向がある
- 急発達直前は、Pre-conditioningという台風の一生のうち、最もCAPEを消費する対流が立ちやすい期間であるため、急発達直前に雷は最大になる
- 今後はエアロゾルが雷に及ぼす影響の評価を行う