

台風のライフサイクルと雷発生頻度の関係に関する数値的考察

佐藤 陽祐 (北大院理)

1. はじめに

近年の雷観測から台風の周辺で発生する雷と台風のライフサイクルの関係と、台風周辺で発生する雷を台風の予測に利用できる可能性が指摘されている。例えば、Price et al. (2009)では、雷発生頻度が最大になった 1 日後に台風の強度が最大になるという報告を、DeMaria et al. (2012)では、台風の外側領域で雷頻度が最大になった後の 24 時間以内に台風が急発達することをした。また DeMaria et al. (2012)と Stevenson et al. (2016)は台風の内側領域で雷頻度が高くなると、その台風はそれ以上発達しないという報告をしている。

しかしながら、なぜこのような台風のライフサイクルと雷頻度の関係が生まれるのかについて明確な説明はされていない。そこで本研究では、雷を直接扱う数値モデル (雷モデル) を用いた数値実験によって、台風のライフサイクルと雷頻度の関係がなぜ生まれるのかについて考察を行う。

2. 数値モデルと実験設定

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 SCALE-LighTning (SCALE-LT) である。実験設定は Miyamoto and Takemi (2013)に基づき、 $3000 \times 3000 \text{ km}^2$ の計算領域の中心に、初期に渦を置き、 f 面近似で一定の値($= 5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$)のコリオリ力と、一定温度($= 300 \text{ K}$)の海面からのフラックスを外部強制として与え、192 時間の積分を行なった。水平解像度は 5 km 、鉛直解像度は $100 \text{ m} \sim 1040 \text{ m}$ (下層ほど細かく、モデル上端は 21 km)とした。この設定により台風の発生から定常状態までの一連のライフサイクルを網羅することができる。モデルの側面境界は周期境界とし、モデル上端から 3 km はレイリーダンピングを適用した。

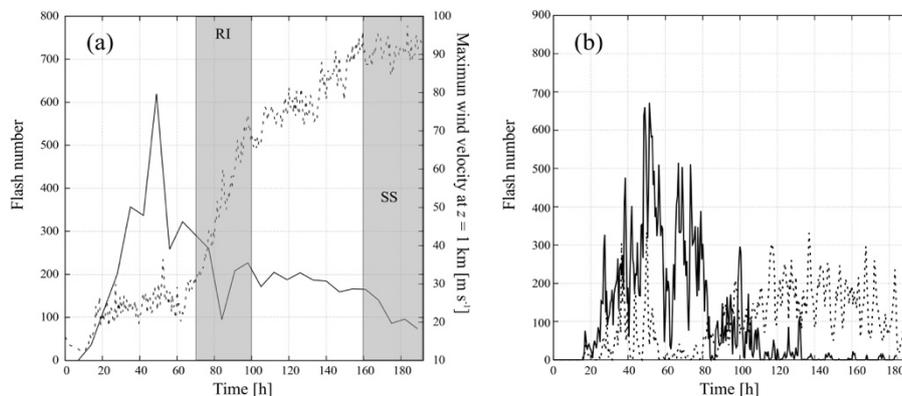


図 1 : (a) (実線)雷頻度と(点線)高度 1 km での最大風速の時間変化、および、(b)(実線)外側領域と(点線)内側領域での雷頻度分布の時間変化。外側領域と内側領域はそれぞれ台風の中心からの距離が 100 km より外と内側として定義し、(a)の雷頻度は 210 分の移動平均の値である。

3. 結果

図1は数値実験による雷の頻度と台風の強度の指標である高度1 kmでの最大風速の時間変化である。 $t=60$ hから急速に風速が増加し、 $t=160$ hで風速の変化はなくなり、定常に達している。以下ではこの急速に風速が増加する期間を急発達 (Rapid Intensification: RI) と表記し、定常状態 (Steady State: SS) と表記する。雷の頻度は RI の直前に最大となり、定常状態では小さい。また RI 直前は主に外側領域で雷が発生しているのに対して、SS では内側領域で雷が発生している。これらの結果は DeMaria et al. (2012) や Stevenson et al. (2016) の結果と矛盾せず、数値実験で、台風のライフサイクルと雷の頻度の関係が再現できたといえる。次に台風のライフサイクルと雷の頻度の関係がなぜ生じるかを示すために、Convective Available Potential Energy (CAPE) の水平分布 (図2) を見ると、RI 直前は、雷を伴う雲の周辺は CAPE が小さい。これは CAPE を消費することによって生じる活発な対流に伴う積乱雲が数多く発生し、それに伴って雷が頻発するために前に RI 雷頻度が高くなっていることを意味する。一方、SS では2次循環に伴って生じる壁雲が支配的となり、この時は鉛直流が CAPE の消費型の対流の

ものより弱いことに加え、2次循環によって電荷を持った雲粒が台風の外側に飛ばされるため、電荷密度が小さく、大きな電場が形成されない結果、雷頻度が低くなっていた。

4. まとめ

本研究では雷を直接扱う雷モデルを結合した気象モデルの数値実験によって、台風のライフサイクルと雷頻度の関係を再現した。実験結果の解析から、台風の RI 前と SS では雷を伴う積乱雲の形成メカニズムが、CAPE 消費型と、2次循環型のものに分かれており、このメカニズムの違いによって台風のライフサイクルと、雷頻度の関係を示した。

なおこれらの結果は、現在、米国気象学会の学会誌に投稿中である。

謝辞：文部科学省科学研究費基盤(C) 17K05659、理化学研究所基礎科学特別研究員制度、および北海道大学寄付分野・北海道気象予測技術センターより研究資金を、また東京大学情報基盤センター若手・女性利用制度、および北海道大学情報基盤センター次世代高性能計算機プログラム支援事業より計算資源の提供を受けた。

SCALE は理化学研究所計算科学計算センターで開発されています

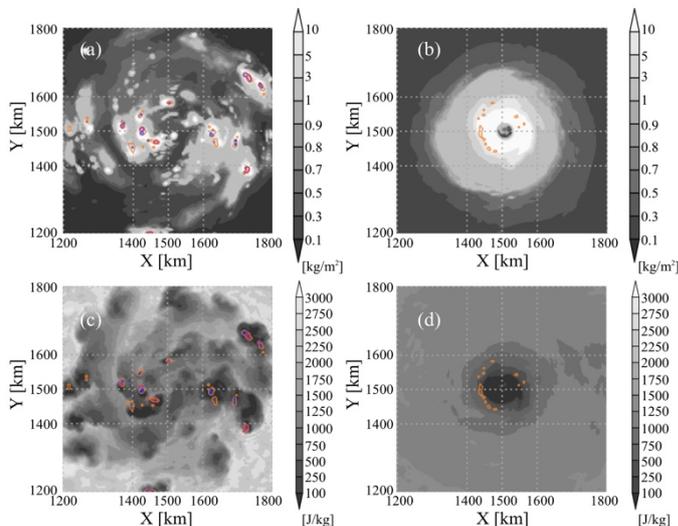


図2：(シェード)数値実験によって得られた(a,b) 雲と(c, d)CAPE、および(等値線)雷頻度の水平分布。黄、赤、青の等値線は30分に1、3、5、回の発雷があったことを示す。(a, c)はRI直前、(b, d)はSSでの結果を示す。

(<http://r-ccs-climate.riken.jp/scale/>)。