

# Response of tropical cyclone structure to a global warming using a high-resolution global nonhydrostatic model

高解像度全球非静力学モデルを用いた熱帯低気圧の温暖化による構造変化に関する研究

所属：大気海洋研究所 佐藤正樹研究室 学籍番号：35117109 氏名：山田 洋平

## 1. Introduction

熱帯低気圧(本稿では台風と表記)は自然災害の要因の一つである。温暖化が台風に与える影響は関心の高い研究題目であり、活発に研究されている(Knutson et al. 2010; IPCC, 2013)。

先行研究の多くは発生数や強度の将来変化の研究が多く台風の構造の将来変化の研究は少ない。その理由は、水平格子間隔の粗さと積雲対流スキーム(CP)による台風の構造の再現の不完全性に起因する。

近年では計算機性能の向上により、CP を用いない領域モデル(Kanada et al. 2013)や CP を用いるが既往研究よりも高解像度の全球モデル(Manganello et al. 2014)を用いて構造変化に注目した研究がおこなわれた。これらの研究では将来台風の最大風速半径(RMW)は小さくなることが示された。

観測研究から台風の中心の鉛直流は高度とともに外側に傾いた構造が示されている(Jorgensen 1984)が、Manganello et al. (2014)が示した鉛直流の分布は現実的ではなく、CP の不完全性を指摘している。

一方で Kanada et al. (2013)は鉛直流の現実的な分布を再現した。しかし現在と将来実験の台風の強度が異なり、RMW の変化が「温暖化の影響」か「強度の違い」かが不明瞭であった。

本研究では CP を用いずに全球非静力学モデルを用いることにより CP の不完全性を除去する。「温暖化の影響」と「強度の違い」を明白にするために、同じ強度で台風の構造変化を議論する。

## 2. Methodology

本研究では、準正二十面体非静力学大気モデル(NICAM; Tomita & Satoh, 2004; Satoh et al. 2008; 20014)を用いた CP を用いない水平 14km 格子の AMIP 型実験のデータ(Kodama et al. 2015)と CMIP3 のマルチモデルアンサンブルから見積もった将来の海面水温と海氷の変化を観測に加えて行った将来実験のデータを用いた。将来実験の CO<sub>2</sub> 濃度は SRES A1B シナリオに倣い変化する再現された台風は Sugi et al. (2002)と Oouchi et al. (2006)に基づき抽出した。

## 3. Results

### 3.1 台風の構造変化

最低中心気圧でカテゴライズした 10m 高度の接線風の半径分布を図 1 に示す。最低中心気圧が 980hPa 未満に発達した台風は RMW よりも外側で接線風が大きくなり、内側で小さくなる。同じ強度で比較すると、将来は RMW の大きな台風が増えることが予想される。

接線風速の分布の変化は境界層上端でも同じである(図省略)。地表面摩擦の影響の無い自由大気での傾度風平衡の関係から将来は RMW の外側付近で海面更正気圧(SLP)が顕著であることが示された。

### 3.2 台風の構造変化の要因

先行研究(Jorgensen 1984)から RMW と壁雲の位置は対応があり、NICAM の実験でもこの対応は再現された(Yamada & Satoh, 2013)。そして壁雲の雲頂高度は台風の強度と共に高くなり、温暖化時にはさらに高くなる(Yamada et al. 2010)。

壁雲の雲頂高度の増加は、壁雲の対流雲が増加した領域で凝結による非断熱加熱増加させる。加熱が増加し、Hydrostatic adjustment (Wang 2009)に従い壁雲の下(RMW 付近)の SLP が低下する。このメカニズムの模式図を図 2 に示す。

このメカニズムでは「壁雲の斜めに傾いた構造」を再現することが重要であり、NICAM は「壁雲の斜めに傾いた構造」を再現したため、先行研究 (Manganello et al. 2014)と異なる結果になったと考えられる。

#### 4. Summary

先行研究では将来 RMW は小さくなることが予想されたが、CP の不完全性や「温暖化による影響」か「強度の違い」かが不明瞭な点があった。本研究では CP を用いない NICAM を用いて、同じ強度の台風を比較した。

その結果 980hPa 未満に発達した台風は、接線風が RMW の外側で大きく、内側で小さくなることを示した。この変化の要因は温暖化による壁雲域上部の非断熱加熱の増加に応答した RMW 付近の SLP の低下による。このメカニズムは、外側に傾いた壁雲の構造を再現することが重要であり、NICAM を用いたさらに高解像度の実験(7km)でも整合的であった。

本研究から、将来は同じ強度でも RMW の外側

で風速が大きくなり、台風の強風域が大きくなると予想される。

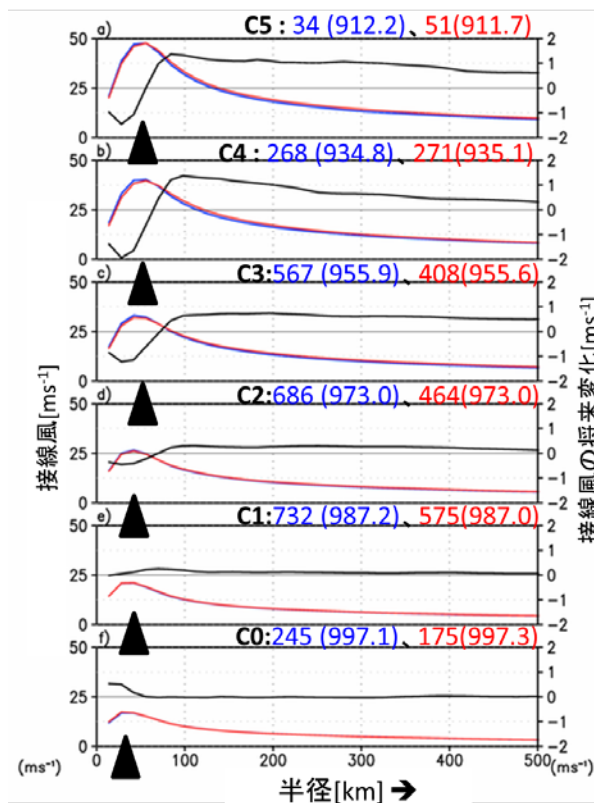


図 1:最低中心気圧でカテゴリ化した 10m 高度接線風の半径分布を示す。青線と赤線はそれぞれ現在実験と将来実験を示す(左縦軸)。黒線は将来と現在の差を示す(右縦軸)。強度カテゴリーは Roberts et al. (2015)に倣う。CN は台風の強度を示し、N が大きいほど台風の強度は強い。各パネルの右上の数字は両実験のサンプル数(平均中心気圧)を示す。▲はおおよその最大風速半径を示す。

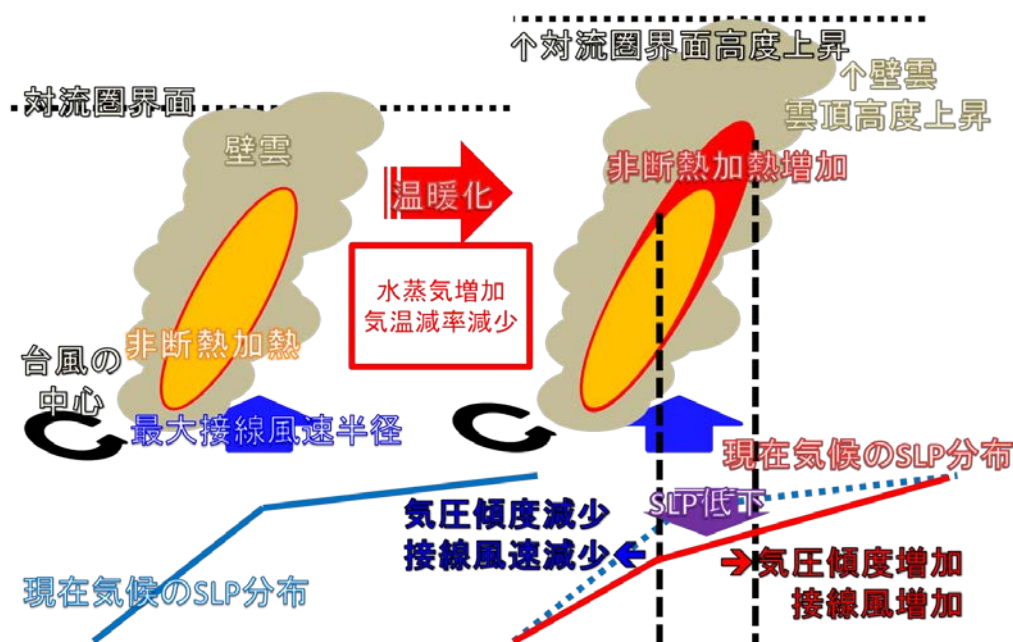


図 2: 壁雲の非断熱加熱の変化が海面更正気圧と接線風に影響を与えるメカニズムの模式図。