

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 29 日現在

機関番号：12701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2012

課題番号：23740350

研究課題名（和文）段階式発生プロセス仮説検証による台風発生メカニズム全容の解明

研究課題名（英文）Study on the genesis processes of tropical cyclones

研究代表者 筆保 弘徳 (FUDEYASU HIRONORI)

横浜国立大学・教育人間科学部・准教授

研究者番号：00435843

研究成果の概要（和文）：

台風発生メカニズムの全容解明を目的とし、2種類の数値モデルを用いて、複数の台風発生事例の解析と感度実験を蓄積することで、研究代表者が提案する「段階式台風発生プロセス」仮説の検証を行った。まず、全球雲解像モデルで再現された複数の台風発生事例を解析し、仮説と同様の発生メカニズムを確認した。さらに、理想台風モデルで再現された台風に収支解析と診断を行い、システムスケール発達プロセスの定量的な理解を得た。

研究成果の概要（英文）：

The genesis processes of tropical cyclones simulated by the global cloud-system-resolving model, NICAM, were investigated. Also the intensification and the increase in the horizontal size of the cyclonic vorticities were enhanced through the system scale intensification process, leading to the genesis of a tropical cyclone simulated in the tropical cyclone model, TCM4. These results supported the hypothesis established by our previous studies.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：気象学

科研費の分科、細目：地球惑星科学、気象、海洋物理学、陸水学

キーワード：台風、台風発生プロセス

1. 研究開始当初の背景

台風発生現象は、半世紀以上にわたり最重要課題とされながら、台風研究だけでなく気象学全てにおいても最も解明されていないメカニズムの一つとされている。メカニズムの解明を難しくする原因は、台風発生が起きる亜熱帯域海上での密な観測が困難であることと、高精度な気象モデルを用いた数値シミュレーションを行っても長時間で多重スケール現象である台風発生を再現するのは困難であることである。

世界初となる全球雲解像モデル「NICAM」(Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model) と大型計算機「地球シミュレータ」に

よる高解像度数値シミュレーションは、その突破口を与えた。本研究課題代表者は、その数値シミュレーションにより、初期時間から2週間後の現実に起きた台風の発生予報に成功したことを報告し、世界中から注目を集めた。そして、その再現された台風発生プロセス全容を解析し、発生メカニズムの新しい仮説「段階式発生プロセス」を提案した。

提案された仮説の概要は以下である。まず発生プロセスの初期の段階(Stage 1)では、亜熱帯海域上でマッデンジュリアン振動などの大規模循環場の変動にともないプレコンディショニングが開始する。広域で持続的な降水域が発生し、層状雲内の対流圏中層で

渦(MCV)が発生する。次の第2段階(Stage 2)では、MCV 内部で対流を伴う強い渦(VHT)が発生する。対流雲の寿命は1~2時間と短い、世代交代を繰り返し、複数のVHTが渦併合プロセスにより強化して、対流圏下層の渦を強める。最終段階(Stage 3)として、MCVは凝縮化と軸対称化プロセスにより、準同心円状の構造を持ち始める。同時に、VHTは渦併合と集中化プロセスにより、MCVの中心で1つの強い核VHTを形成する。この核VHTを中心とした軸対称構造を持つ渦が、組織化された初期渦である。初期渦になると、台風バランス力学 Sawyer-Eliassen 方程式で診断できる2次循環が発生し、周囲から絶対角運動量を中心方向に輸送して渦全体が発達する「システムスケール発達プロセス」が起きる。台風強度まで発達して台風発生が完了する。

2. 研究の目的

研究代表者が提案した仮説は、「既に提案されていた発生メカニズムの仮説はそれぞれ別の発生段階を説明したものであり、複数の内部プロセスが段階的に起きて台風発生を導く」という主張が新規・独創的な点である。一方で、この仮説に残されている問題点は、NICAM 実験による台風1事例だけで立てられた仮説であり、どの台風にも当てはまるという普遍性を示すには不十分であることである。さらに、Stage 3のシステムスケール発達プロセスは、定性的な議論に留まっており、定量的には示していない問題もある。これらの問題点の解決を目指すために、本研究では、NICAM と理想台風モデルの異なる2つの数値モデルを駆使して、仮説検証を蓄積し、メカニズムの普遍性を証明する。そして、まだ成し遂げられていない台風発生論の構築を目指す。

3. 研究の方法

本研究は2つの研究課題を設定している。課題1では、複数の台風発生事例を用いて、「段階式発生プロセス」仮説と整合・不整合の解析結果を蓄積し、仮説の立証を行う。課題2は、理想台風モデルを用いた感度実験により、理想的な場での台風発生・発達の再現を行う。実験設定を変えた感度実験を加えて、発達プロセスの物理的・定量的な理解を深める。

課題1ではNICAMを用いる。NICAMは、全球をグリッド解像度7kmで計算することで、大規模環境場から雲や雲システムまでを同時に解像する全球非静力学雲解像モデルである。本研究では、NICAMによる「2004年夏」新実験を解析する。2004年は10個の台風が日本に上陸するという記録的な年であり、新実験でも6~8月の3ヶ月間で複数の台風が

再現されている。新実験で再現された全ての台風発生事例を解析し、発生メカニズム仮説との整合・不整合点を整理して、仮説の普遍性を考察する。これまでの実験では欠損であった非断熱加熱データが、NICAMのモデルコード改良により新実験では得られている。非断熱加熱データを用いた渦位収支解析により、新実験の事例で再現されたスケール間相互作用の定量化を行う。

課題2では、理想台風モデルTCM4 (Tropical cyclone model)を用いる。TCM4は、台風のみを再現する領域非静力学理想実験用台風モデルである。内部プロセスのみを再現・抽出することができ、環境場や初期場を任意に設定する感度実験を行える。本研究では、TCM4を用いて、内部プロセス「システムスケール発達プロセス」の理想実験を行う。初期渦を与えて、理想的な環境場内で起きる2次循環を再現する。そして実験の初期値や環境場を任意で変えて、外力の違いで促進・抑制される渦の発達変化を調べる感度実験を行う。

4. 研究成果

(1) 課題1: 複数事例による検証

2004年6~8月の3ヶ月間で現実に全世界で発生した台風は35個である。それに対して、NICAM2004年実験で同期間に発生した台風は23個であった(図1)。北西太平洋に限ると、現実に発生した台風は15個であるのに対し、NICAMでは10個が再現されていた。

NICAM 実験により再現されたそれぞれの台風の発生メカニズムを詳細に調べたところ、本研究代表者が提案した「段階式発生プロセス」がほぼ全てで確認された。課題であった、複数の事例の発生メカニズムであることが示された。

(2) 課題2: システムスケール発達プロセス

本研究では、TCM4により再現された一般風のない環境で発生・発達する理想的な台風を用いて、1次循環(接線風)収支解析と診断を行い、外側の雲域(アウターレインバンド)の非断熱加熱が台風中心の1次循環の発達にどのように影響をもたらすかを定量的に評価した。図2の非断熱加熱量の半径-時間変化では、台風壁雲に対応した強い加熱域が定常的に半径30km付近にある。半径70kmより外側で、非断熱加熱が3つの期間(30~44、54~74、82~96時間)で断続的に起きていて、アウターレインバンドの発生に対応していた。その期間をアウターレインバンド活発期とし、不活発期と比較して、台風中心の1次循環発達に対するアウターレインバンドの影響を見積もる。図3は収支解析の結果である。モデル結果と収支解析の見積もりは量的に良く対応していた(図3の1番上)。1次

循環発達には平均風移流は正に寄与し (MRA)、渦による移流は負に寄与していた (ERA+EVA)。摩擦の影響は弱い。不活発期にはどの効果も小さく、台風中心の1次循環の発達は見られない。平均風移流をもたらしている2次循環の発生は、アウターレインバンドに関係していると考えられる。

この活発期で発生していた2次循環は Sawyer-Eliassen 方程式で診断されたため、台風バランス力学で説明できる。つまり、システムスケール発達プロセスである。このプロセスを定量化するために、それぞれのアウターレインバンドと外側層状雲での加熱に対応した2次循環による水平移流(図3の SE-Q-MRA)の時間変化を見積もると、平均風移流(MRA)とほぼ一致していた。この解析により、システムスケール発達プロセスを定量的に示すことができた。

(3) 今後の展望

本研究により、研究代表者が提案した仮説の立証がほぼ行えた。今後は、さらに空間・時間解像度を上げた数値シミュレーションを行い、台風発生に対する対流雲の役割を調べるのが課題であり、台風発生論の構築に繋がる。

台風発生メカニズムの全容が理解できれば、「数日先の台風発生予報は不可能」というこれまでの常識を打ち破り、日々の天気予報で貢献ができる。研究代表者が論文で示した2週間後の台風発生予報の成功が注目を浴びているのも、台風予報実現の期待からである。また、地球温暖化などの気候変動の研究では、大規模循環場の指標だけを用いて台風発生数の増減を議論している。本研究や今後の研究で得られた内部プロセスの理解と重要性は、研究の再設計の指針を与えるものになる。

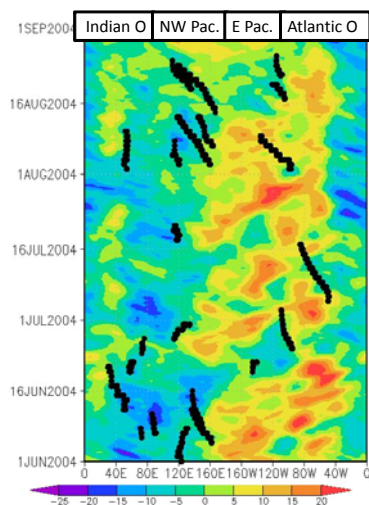


図1 NICAMで再現された全世界の台風発生位置とトラック。横軸は経度、縦軸は時間。シェイドは赤道域の輝度温度偏差。

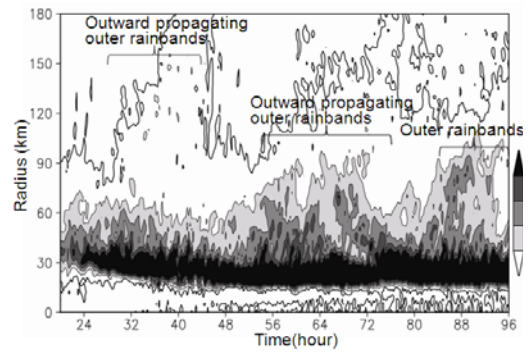


図2 鉛直平均した非断熱加熱量の時間-半径変化。

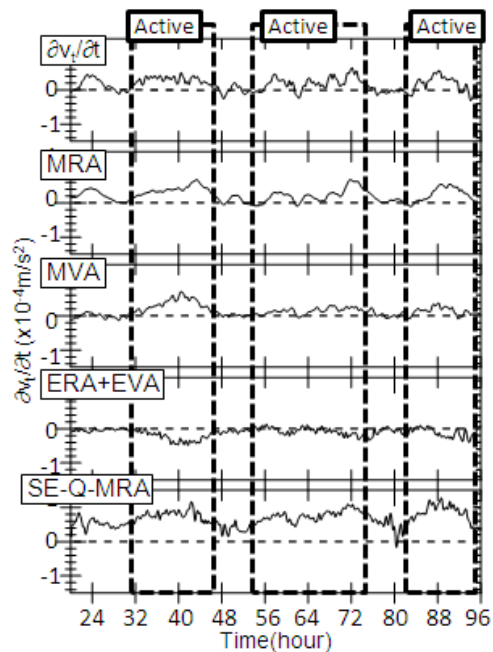


図3 1次循環収支解析の時間変化。上図から1次循環時間変化、平均風水平移流(MRA)、平均風鉛直移流(MVA)、渦による移流(ERA+EVA)。最下段のSE-Q-MRAは感度実験により外側(半径70km以上)の非断熱加熱により Sawyer-Eliassen 方程式で診断された2次循環による水平移流の効果。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計6件)

- ① 筆保弘徳、茂木耕作、三好建正、榎本剛、伊藤耕介、台風発生予報の実現に向けて、気象学会 2013 年春季大会、東京、2013 年 5 月 18 日
- ② 舩田あゆみ、筆保弘徳、二重回転円筒水槽における波動現象の研究 ~PIVによる波動の可視化と検出した流速の考察~、気象学会 2013 年春季大会、東京、2013 年 5 月 16 日

- ③ 筆保弘徳、Yuqing Wang、大内和良、山田洋平、那須野智江、佐藤正樹、三浦裕亮、柳瀬亘、NICAM で再現された台風ライフサイクルのPVS収支解析、気象学会2012年秋季大会、北海道、2012年10月5日
- ④ 筆保弘徳、Yuqing Wang、大内和良、山田洋平、佐藤正樹、環境場はどのように台風サイズに影響を与えるのか?、日本地球惑星科学連合2012年大会、千葉、2012年5月23日
- ⑤ 筆保弘徳、Yuqing Wang、台風外部コア発達に対するアウターレインバンドの影響気象学会2011年秋季大会、愛知、2011年11月16日
- ⑥ 筆保弘徳、Yuqing Wang、佐藤正樹、那須野智江、三浦裕亮、全球雲解像度モデルで再現された台風ライフサイクルの多重スケール相互作用、日本地球惑星科学連合、千葉、2011年5月25日

[図書] (計4件)

- ① 筆保弘徳、芳村圭(編集)、筆保弘徳 (2章執筆)、ベレ出版、天気と気象についてわかっていることと知らないこと、2013、277、(2章:57-95)
- ② 筆保弘徳、中澤哲夫(編集)、筆保弘徳 (2章と3章執筆)、日本気象学会、台風研究の最前線上巻、2013、190、(2章:27-64、3章:65-92)
- ③ 筆保弘徳、中澤哲夫(編集)、日本気象学会、台風研究の最前線下巻、2013、166
- ④ K. Oouchi、H. Fudeyasu(編集)、H. Fudeyasu (10章執筆)、Nova Science Publishers、CYCLONES: FORMATION、TRIGGERS AND CONTROL、2012、276、(10章:221-232)

[その他]

ホームページ

<http://www.fudeyasu.ynu.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

筆保 弘徳 (FUDEYASU HIRONORI)
横浜国立大学・教育人間科学部・准教授
研究者番号: 00435843