

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 19 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22540449

研究課題名(和文)水惑星実験を用いた台風発生メカニズムの解明

研究課題名(英文)Exploring mechanisms of tropical cyclogenesis in aqua planet experiments

研究代表者

吉岡 真由美(MAYUMI, YOSHIOKA)

東北大学・理学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：00514788

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：地球の全表面が海で覆われた仮想的な「水惑星」で、台風発生と海面水温(SST)分布の関係を、計算機を用いた数値実験によって明らかにした。東西一様で、赤道で最大で両極へ向けて減少する南北対称なSST分布を持つ水惑星では、台風が発生しなかった。東西一様のままSSTを全体的に上昇させた(温暖化)実験でも、台風は発生しなかった。東西一様な赤道域の一部に暖かいSST領域(+3度の暖水塊)を重ねて与えた実験では、暖水塊の西側低緯度域で台風が発生しやすい環境が形成され、その領域に東へ伝播する強い西風が吹いた時に、赤道をはさんで双子台風が発生した。これは西太平洋でエルニーニョ期に見られる台風発生を説明する。

研究成果の概要(英文)：Aqua planet experiments with the whole planetary surface covered by the ocean were performed to investigate the relationship between the sea surface temperature (SST) distributions and tropical cyclogenesis (TCG), and clarified favorable environmental conditions and triggering processes. Frequent TCGs were observed in the off-equatorial western half region in the zonally localized enhanced SST distributions of east-west asymmetry on the equator, while no TCG was found in the experiments with zonally symmetric SSTs of meridional cosine type, even in the experiments with globally uniformly enhanced SSTs. Most of TCGs were formed in the TCG's favorable environment when strong westerly winds of eastward propagating blew along the equator, and they were twin cyclones. This environmental condition and triggering process is quite similar to observed (twin) TCGs by westerly burst (sudden westerly winds) in the western pacific with warm water pool in El Nino regimes and can explain the mechanism.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：気象・海洋物理・陸水学

キーワード：惑星大気 台風 水惑星 数値実験 海面水温

### 1. 研究開始当初の背景

台風は、海面水温の高い湿潤な大気を持つ熱帯の海洋上で発生する渦である。近年までに観測や、台風の数値シミュレーションによる発生の再現実験、事例解析も行われているが、台風発生はまだ解明の途上にある。

台風が発生するためには、高い海面水温の分布(26度C以上)が条件のひとつとして知られるほか、発生に適した環境が必要であることが指摘されてきた(Gray, 1975など)。発生に適した条件を満たす熱帯海洋上に、台風の初期渦を作るきっかけがあることが、台風発生の初期過程に必要と指摘されてきた(Emanuel, 1987など)。しかし、海面水温分布とこれら台風発生の環境条件およびきっかけとなる要因との関係だけを取り出して考えることは実際の地球では非常に難しく、こうした報告はなかった。

海面水温分布と台風発生の関係を考えるため、Yoshioka and Kurihara(2008)は地球全体を海と仮定し海面水温分布のみを与えた「水惑星」を用いた全球モデルを用いた数値実験を行い、熱帯に偏在する海面水温分布を与えた場合、水惑星で台風発生があったことを報告していた。

### 2. 研究の目的

本課題では、海面水温分布と台風発生の関係に着目し、台風発生の環境場および初期過程を明らかにすることを目的とした。地球全体を海と仮定し海面水温分布のみを与えた、仮想的な「水惑星」と呼ばれる理想条件のもとで数値シミュレーションによる実験を行い、水惑星における台風発生と海面水温分布の関係、発生の初期過程を明らかにすることを目的とした。

「水惑星」条件下での水惑星の台風発生の環境条件と初期過程の結果を用いて、実際の地球での海面水温分布と台風発生の条件および発生過程を説明することを目的とした。特に、西太平洋のような海面水温分布が赤道域

で東西非対称な分布を持つ場での台風発生の解明を目的とした。

### 3. 研究の方法

本課題では、数値モデルを用いた数値実験により大気の数値シミュレーションを行った。主要となる高解像度大規模計算には地球シミュレータを用いた。

#### (1) 全球モデル(AFES)による実験

全球モデルを用い、台風発生の環境場と台風の構造を同時に表現することが可能な水平40kmの高解像度で実験を行った。水惑星に与える海面水温(SST)分布は、Neale and Hoskins(2001)の水惑星実験を参考にした。東西一様、赤道を27度Cとして緯度60度で0度Cとなるcosine型の南北対称なSST分布を与えた基本(CNTL)実験を基準とした。CNTL実験の初期場は、等温静止大気に1Kのランダム擾乱を与えて季節を固定し低解像度(水平約330km)で10年積分した場で作り、以下の条件を加えて各実験を行った。

赤道域に+1度Cのピークを持つ偏在する暖域(暖水塊)を与えた実験(1KEQ)

赤道域に+3度Cのピークを持つ暖域を与えた実験(3KEQ)

赤道域に+3度Cの、180度反対側に-3度Cの波状のSST分布を与えた実験(3KW1)

CNTL実験のSST分布に東西一様、南北対称のまま全球的に+3度上げた温暖化実験(CNT3)

上記の各実験設定で、180日のスピナップ後、定常な23か月間の積分結果について解析を行った(計算機資源制約のため当初予定24か月より短縮だが研究の結論に影響なし)。

#### (2) 雲解像モデル(CReSS)による実験

台風が発生した(1)の実験で、台風回り2000kmの領域をとり、4kmの解像度で発生(モデル内での検出)から48時間の発達過程を計算した。

#### (3) 台風の検出

全球モデルにおける水惑星の台風の検出には、Yoshioka and Kurihara (2008)で採用した地表面気圧の最小値と(台風中心)その持続をもとに決めた方式を用いた。6時間ごとの地表面気圧データを用い、1006hPaで移動速度80km/時以下で1日以上持続する極小を台風中心とした。

#### 4. 研究成果

##### (1) 水惑星の台風発生環境条件の定量評価

Gray (1975)で提案された、発生パラメタ (SGP)を用いて水惑星の台風発生環境条件を評価した。SGPはa)コリオリ力、b)下層渦度、c)風の鉛直シア、d)海洋熱容量、e)湿潤安定度、f)中層の相対湿度から見積もられる数値である。

SST 分布と台風発生環境条件について、SPGを用いて以下のことが示された。

台風発生が見られなかった CNTL 実験では、SGP が東西一様、南北対称の分布で、熱帯域で降水が多い領域でも大きな SGP を示さない。

台風発生が見られなかった 1KEQ 実験では、+1 度 C の東西水温偏差の西側熱帯域に周囲と比べて約 2 倍の SGP 極大があるが台風発生がない。

台風発生があった 3KEQ 実験では、+3 度 C の東西水温偏差の西側熱帯域に周囲と比べて約 6 倍の SGP 極大が生じた。1KEQ 実験の極大よりも 3 倍大きい。この極大域付近で台風発生が見られた。SGP の極大は b)下層渦度から作られていた。また 3KEQ 実験の SGP 極大値は、観測される北西太平洋の台風発生域の SGP 気候値と匹敵した。+3 度の暖域が広い 3KN1 ではこの領域が東西に拡大した。

水惑星による温暖化時の台風発生環境を評価するために行った、全球 SST を上昇させた CNT3 実験では、台風が発生しなかった。CNT3 実験での SGP は CNTL 実験と

同じく東西一様、南北対称の分布をし、熱帯域で降水が多い領域で CNTL 実験の同緯度帯より約 5 倍の SGP を示していた。しかし、台風発生が見られた 3KEQ 実験の SGP の極大より約 2/3 程度であった。

以上より、

- 1) 赤道域に十分な大きさ(+3 度)の SST 偏差の偏在の存在により SST 偏差の西側に発生的好条件な環境がつけられた。その主な要素は下層渦度である。
- 2) この SST 偏在と台風発生域は、エルニーニョ時に観測される西太平洋の暖水塊のある SST 分布と台風発生に類似し、SGP も同程度の値を示した。
- 3) 全球的な SST 上昇(温暖化)は台風発生に適する環境とならず、台風が発生しない。ということが、SGP を用いた台風発生環境条件の評価より明らかとなった。

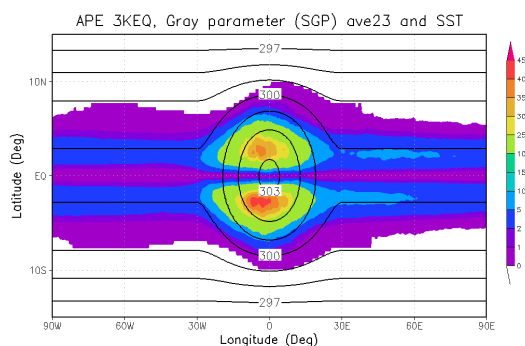


図 1: SST 偏在のある 3KEQ 実験の SGP 分布。塗りつぶしが SGP パラメタ、等値線が SST(K) の分布を示す。

##### (2) 水惑星の台風発生のきっかけ

水惑星の台風発生が 23 か月の解析期間中 24 個見られた 3KEQ 実験について、すべての台風発生とその初期過程についてどのような気象条件で起こるか調べたところ、

赤道域の平均的に弱い東風の下層(高度 1.5km 付近)で、西風の強まり(10m/s 以上に達する)が SST 偏差のある西側領域付近で現れるときに台風が発生した。

西側域で、強い西風が東向きにゆっくり

(2~5m/s)移動する時に、ほとんどの台風が(19個)が発生、そのうち赤道をはさんだ双子台風として(16個)発生した。  
西側域で、強い西風域が西向きにゆっくり移動する際に発生した台風は3個。  
となり、赤道域下層に見られる大規模波動がきっかけとなって台風が発生することが明らかとなった。

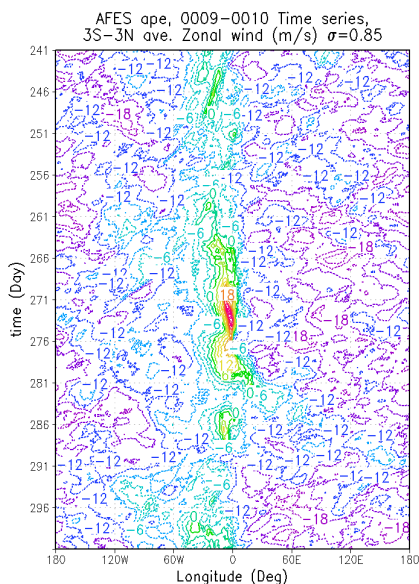


図2: 3KEQ 実験の下層約 1.5km の赤道域東西風の時間変化。図中央の赤の等値線分布が台風発生時に見られた西風。

これは、暖水塊が太平洋中央に移動したエルニーニョ期の西太平洋で Madden Julian Oscillation と呼ばれる熱帯の大規模波動が東進し、暖水塊西側付近に達した時に強い西風(西風バースト)が数日持続し、双子台風が観測されることと類似し、この過程の台風発生を説明できる。

### (3)水惑星の台風発生の初期過程

台風が検出された3KEQ実験で、十分強い双子台風が検出された3期間6事例について赤道をはさんだ領域を取り出し、領域実験を実施した。

領域モデルでも台風発生開始から数日間の台風の気圧低下(強化)は、赤道域西風の強まりとともに進行。

台風の周囲の降水と中心気圧の変化は、

半日振動を伴い、周囲の個々の積雲対流は振動しながら時間とともに発達した。  
このことは、水惑星の台風の初期過程では、数 km の大きさの個々の強い積雲対流がきっかけとなって数 100km の台風の渦を形成し発達するのではなく、大規模波動によって形成されること意味する。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

吉岡真由美、熱帯低気圧発生の初期過程と環境条件、名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻学位論文、査読有、2012、pp.1-113

〔学会発表〕(計 3 件)

Mayumi. K. YOSHIOKA, "Environmental conditions and triggering processes of tropical cyclogenesis in aqua planet experiments", 4rd International Summit on Hurricanes and Climate Change, June 13 - 18, 2013, Kardamena, Kos, Greece, 55.

吉岡真由美、暖水塊をもつ水惑星実験でみられた熱帯低気圧の発生、日本気象学会 2012 年度秋季大会、2012 年 10 月 5 日、北海道大学、札幌、B359.

Mayumi. K. YOSHIOKA, "Tropical cyclogenesis favorable region provided by the equatorial warm water pool in an aqua planet experiment", 3rd International Summit on Hurricanes and Climate Change, June 27 - July 2, 2011, Ixía, Rhodes, Greece, 51.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：

種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

吉岡 真由美 (YOSHIOKA, Mayumi)  
東北大学・大学院理学研究科・助教  
研究者番号：00514788

##### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：