

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K13569

研究課題名(和文) 台風の発達・維持に関する新たなフィードバック仮説の構築と検証

研究課題名(英文) A positive feedback process between tropical cyclone and moisture conveyor belt

研究代表者

川村 隆一 (KAWAMURA, Ryuichi)

九州大学・理学研究院・教授

研究者番号：30303209

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：巨視的描像の観点から台風の新しい概念モデルを構築するために、典型事例に注目して、台風強度と水蒸気コンベアベルト(MCB)の正のフィードバック過程(TC-MCBフィードバック)を調査した。高解像度の雲解像モデル等を用いて海面水温(SST)感度実験を実施し、ラグランジュ的診断手法等から潜熱解放に係る湿潤空気塊がどのようにMCBを経由して台風の内部コア領域に流入するのを評価し、フィードバックが効率的に働いているのか検証した。また台風除去実験ではMCBが形成されないことも確認した。さらに他の台風についても同様な感度実験を実施し、上記フィードバックが多くの台風について適用可能であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：To construct a new conceptual tropical cyclone (TC) model from a macroscopic view, we have examined a positive feedback process between the intensity of a prototypical TC (i.e., Typhoon Man-yi 2007) and the moisture conveyor belt (MCB) that has been suggested by previous researches. We performed SST sensitivity experiments, using a cloud resolving regional model with a spatial resolution of 0.05 degree longitude by 0.05 degree latitude, and made forward and backward trajectory analyses for Man-yi to evaluate how air parcels related to latent heat release intrude into the TC inner core region through the MCB and to verify whether such a feedback process operates efficiently. We also conducted a non-existence TC run to confirm that a TC can trigger the MCB formation under the background monsoon westerlies and investigated another TC (Halong 2002) to validate that the TC-MCB feedback is applicable to other western North Pacific TCs.

研究分野：気象学、気候力学

キーワード：台風 熱帯低気圧 モンスーン 水蒸気輸送 水蒸気コンベアベルト

## 1. 研究開始当初の背景

熱帯低気圧(台風)は突風・暴風波浪・高潮や局地的豪雨等をもたらす、梅雨末期の豪雨災害や爆弾低気圧災害と並んで、日本の大規模気象・海象災害の発生要因の一つである。台風がもたらす局地的豪雨の発生要因とその予測については、台風本体の壁雲やレインバンドの直接的影響と、太平洋高気圧との相互作用による台風の遠隔影響(例えば Hirata and Kawamura 2014, *Journal of Geophysical Research*)に分けて考察する必要がある。特に後者の遠隔影響はしばしば梅雨末期の集中豪雨の間接要因となっており、2014年夏の台風 Nakri (2014)も遠隔影響の典型例の一つで四国地方に1,000mmを超える大雨をもたらした。直接的影響と遠隔影響による降水量を精度良く予測するためには当然ながら台風の強度予測と進路予測の両者の向上が必要不可欠である。各国の気象予報業務機関の努力により、熱帯低気圧進路の予報精度は大幅に向上したが、熱帯低気圧の強度予報誤差は1990年代以降ほとんど改善されていない事が報告されている(National Hurricane Center, 2009)。熱帯低気圧の内部コア領域が十分に解像されていない、熱帯低気圧と海洋混合層との相互作用が考慮されていない、背景場としての大規模循環場の再現性が不十分である等が考えられるが、その原因は依然として不明である。最近、Kudo et al. (2014, *Journal of Geophysical Research*)は台風が台風熱源のロスビー波応答と背景場の流れとの相互作用を通して、遠く離れた熱帯海域から多量の水蒸気を集積させるポテンシャルをもっており、台風中心近傍の可降水量(鉛直積算水蒸気量)は台風直下の海域からよりもむしろ遠方の海域からの水蒸気供給によって維持されている事例があることを指摘した。もしこのような事例が多いならば、従来の台風発達理論(第二種条件付不安定 CISK や WISHE)で前提となっている台風直下(二次循環の範囲)の海洋からの水蒸気供給によって潜熱解放するというプロセスや、台風の最大到達可能強度(MPI)を台風が発達する海域の海面水温や表層熱容量の関数として与えることに対して、ある一定の修正を加える必要があるかもしれない。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、(1)領域気象モデルのアンサンブル海面水温(SST)感度実験など各種数値実験により、台風による遠隔海域からの

水蒸気の集積効果が台風自体を強化するというフィードバック仮説を検証する。検証後はフィードバックが有効に働く各種条件(台風経路 夏台風と秋台風の背景場)を解明する。(2)雲解像モデルと海洋混合層モデルの結合実験で大気海洋相互作用を考慮した、より現実的な数値シミュレーションにより、実際に台風強度予報の改善にどの程度貢献できるのか定量的な評価を行う。

## 3. 研究の方法

目的達成のために、初年度は(1)領域気象モデル(WRF)を用いた海面水温(SST)感度実験、(2)同位体循環モデルを用いた台風中心近傍の水蒸気起源の推定を実施し、両者の結果の整合性を確認する事で冒頭に述べた仮説の構築と検証を行う。二年度目(最終年度)は検証された仮説を現業の台風予報精度向上に応用させるために、より現実的かつ具体的なアプローチとして(3)雲解像モデル CReSS と海洋混合層モデルの結合実験、(4)3次元同位体領域モデルによる台風中心近傍の水蒸気起源の推定を実施することで、大気海洋相互作用を介して遠隔海域起源の水蒸気がどのように台風の内部コア領域に流入して台風の発達に寄与しているのか、台風強度の予報誤差にどの程度改善が期待できるか、その可能性を明らかにする。

## 4. 研究成果

台風による遠隔海域からの水蒸気の集積効果が台風自体を強化するという正のフィードバック仮説を検証するために、(1)領域気象モデルを用いた海面水温(SST)感度実験、(2)領域同位体循環モデルによる台風中心付近の水蒸気起源の数値シミュレーション、(3)非静力学雲解像モデルの数値シミュレーションに基づいたラグランジュ的な診断解析を実施した。

(1)水蒸気コンベアベルト(MCB)を付随している典型的な台風を事例として、移動ネスティング手法を用いたインド洋・南シナ海の SST 感度実験を実施し、高温・低温 SST 実験の結果から、台風の最盛期以降に台風の強度と進路が系統的に変化することが見出された。具体的には、インド洋および南シナ海の SST が高いと、北西太平洋の台風の発達が抑制され、対照的に、同海域の SST が低いと台風の強度が増大することがわかった。SST が高い状態では MCB が南シナ海上で断裂してしまい、遠隔海域から台風システム内に流入する水蒸気量が減少する。その結果、台風

の強度は弱化し、台風の進路も東偏する。遠隔海域の SST 変化もまた台風の強度や進路に実質的な影響を与えている証拠を初めて示した(論文業績)。

(2)領域同位体循環モデルによる高分解能数値シミュレーションを実行し、台風の内部構造を詳細に再現することで、台風中心近傍の水蒸気起源解析を行った。その結果、先行研究と較べて、台風直下の海域起源の水蒸気量の推定が大幅に改善すると同時に、依然として遠隔海域起源の水蒸気の寄与も大きいことが見出された。また、台風の最盛期後半には凝結量でみても全体の約 60%を占めており、潜熱加熱を通して台風の発達・維持に実質的な寄与をしている証拠を初めて示した(論文業績)。

(3)水平解像度約 5km の高解像度雲解像モデルで MCB ならびに台風の再現性を評価してから、インド洋・南シナ海の SST 改変実験を行うことで MCB の強化と弱化を人為的にコントロールして、台風の構造や発達へのインパクトをラグランジュ的診断手法(前方・後方流跡線解析等)で調査した。その結果、MCB の強弱に対応して台風内部コアへの湿润空気塊の流入量も変化し、結果的に潜熱加熱にも影響を与えていることが見出された。また、台風の除去実験では MCB が形成されないことも確認した。上記フィードバック過程が他の台風にも適用可能であることも明らかになった(現在、論文投稿の準備中)。

また、同様な経路をとる秋台風についても遠隔海域の SST 改変実験を実施し、夏台風との比較調査を行った。

#### 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 2 件)

Takakura, T., R. Kawamura, T. Kawano, K. Ichiyanagi, M. Tanoue, and K. Yoshimura (2017): An estimation of water origins in the vicinity of a tropical cyclone's center and associated dynamic processes. *Climate Dynamics*, doi: 10.1007/s00382-017-3626-9, 査読有

Hegde, A. K., R. Kawamura, and T. Kawano (2016): Evidence for the significant role of sea surface temperature distributions over remote tropical oceans in tropical cyclone intensity. *Climate Dynamics*, 47, 623-635, doi:10.1007/s00382-015-2859-8, 査読有

[学会発表](計 16 件)

藤原 圭太, 川村 隆一, 平田 英隆, 川野 哲也, 台風と水蒸気コンベアベルトのフィードバック過程, 日本気象学会第 38 回九州支部発表会, 2017.03.05, くまもと森都心プラザ(熊本市)

福田 創来, 川村 隆一, 川野 哲也, 九州上陸後の台風の構造変化に関する数値シミュレーション, 日本気象学会第 38 回九州支部発表会, 2017.03.05, くまもと森都心プラザ(熊本市)

大元 和秀, 川野 哲也, 川村 隆一, 2014 年 8 月 20 日の広島豪雨の数値シミュレーション, 日本気象学会第 38 回九州支部発表会, 2017.03.05, くまもと森都心プラザ(熊本市)

吉住 蓉子, 川野 哲也, 川村 隆一, 鈴木賢士, 齊藤靖博, ビデオゾンデ観測データを用いた雲物理スキームの精度評価, 日本気象学会第 38 回九州支部発表会, 2017.03.05, くまもと森都心プラザ(熊本市)

藤原 圭太, 川村 隆一, 平田 英隆, 川野 哲也, 台風と水蒸気コンベアベルトのフィードバック過程, Cyclone and Storm Workshop「低気圧と暴風雨に係るワークショップ 2017」, 2017.02.04, 九州大学伊都キャンパス(福岡市)

藤原圭太, 川村 隆一, 平田英隆, 川野 哲也, インド洋 SST 改変実験にみられる台風と水蒸気コンベアベルトの相互作用の変化, 異常気象研究会「アジア域における大気循環の季節内変動に関する研究集会」, 2016.11.08, 京都大学防災研究所(宇治市)

藤原圭太, 川村 隆一, 平田英隆, 川野 哲也, インド洋 SST 改変実験にみられる台風と水蒸気コンベアベルトの相互作用の変化, 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016.10.26, 名古屋大学東山キャンパス(名古屋市)

藤原圭太, 川村 隆一, 平田英隆, 川野 哲也, インド洋 SST 改変実験にみられる台風と水蒸気コンベアベルトの相互作用の変化, 「激甚化する台風・爆弾低気圧起源の災害ハザード予測研究」ワークショップ 2016, 2016.10.07, 九州大学伊都キャンパス(福岡市)

藤原圭太, 川村 隆一, 平田英隆, 川野 哲也, SST 改変実験にみられる台風と水蒸気コンベアベルトの相互作用の変化, 台風セミナー 2016, 2016.08.04, 名古屋大学東山キャンパス(名古屋市)

大元 和秀, 川野 哲也, 川村 隆一, 広島豪雨をもたらす線状降水帯の数値シミュレーション, 日本気象学会 2016 年度春季

大会, 2016.05.20, 国立オリンピック記念  
青少年総合センター (東京都)

藤原圭太, 川村 隆一, 平田英隆, 川野  
哲也, 流跡線解析による台風の水蒸気コ  
ンベアルト形成過程の考察, 日本気象  
学会 2016 年度春季大会, 2016.05.19, 国  
立オリンピック記念青少年総合センター  
(東京都)

藤原 圭太, 川村 隆一, 平田 英隆, 川野  
哲也, 雲解像領域気象モデル (CReSS)  
を用いた台風の流跡線解析, 日本気象学  
会第 37 回九州支部発表会, 2016.03.05,  
九州大学伊都キャンパス (福岡市)

高倉 寿成, 川村 隆一, 川野 哲也, 台風  
中心近傍の水蒸気起源の定量的評価とそ  
の変動メカニズムの解明, 日本気象学会  
第 37 回九州支部発表会, 2016.03.05, 九  
州大学伊都キャンパス (福岡市)

的場 徹, 川野 哲也, 川村 隆一, 東シ  
ナ海周辺で発生するクラウドクラスター  
に関する統計的研究, 日本気象学会 2015  
年度秋季大会, 2015.10.30, 京都テルサ  
(京都市)

薬師寺 峻, 川村 隆一, 川野 哲也, 台  
風活動に起因する PJ パターンの多重時  
間スケール構造, 日本気象学会 2015 年  
度秋季大会, 2015.10.30, 京都テルサ (京  
都市)

高倉 寿成, 川村 隆一, 川野 哲也, 一柳  
錦平, 田上 雅浩, 同位体領域気候モデ  
ルを用いた台風中心近傍の水蒸気起源解  
析, 日本気象学会 2015 年度秋季大会,  
2015.10.30, 京都テルサ (京都市)

[その他]

ホームページ等

台風情報データベース

[http://fujin.geo.kyushu-u.ac.jp/typhoon/index.  
php](http://fujin.geo.kyushu-u.ac.jp/typhoon/index.php)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

川村 隆一 (KAWAMURA, Ryuichi)  
九州大学・大学院理学研究院・教授  
研究者番号: 30303209

### (2) 連携研究者

芳村 圭 (YOSHIMURA, Kei)  
東京大学・大気海洋研究所・准教授  
研究者番号: 50376638

篠田 太郎 (SHINODA, Taro)  
名古屋大学・地球水循環センター・准教授  
研究者番号: 50335022

加藤 雅也 (KATO, Masaya)  
名古屋大学・地球水循環センター・研究員  
研究者番号: 00648272

川野 哲也 (KAWANO, Tetsuya)  
九州大学・大学院理学研究院・助教  
研究者番号: 30291511