

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25400460

研究課題名(和文) 熱帯の気候システムにおける大気擾乱の役割と気候予測への影響

研究課題名(英文) Study of the role of transient atmospheric disturbances in the climate system over the tropics

研究代表者

堀之内 武 (Horinouchi, Takeshi)

北海道大学・地球環境科学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：50314266

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、大気の大擾乱成分が、熱帯から亜熱帯にかけての気候システムにおいて果たす役割を明らかにすることを目的として実施した。北半球の夏季を中心に、対流と結合した混合ロスビー重力波の活動性と、季節スケールの降水や海面水温等の関係を整理した。亜熱帯ジェット上を伝播する総観規模のロスビー波は、熱帯から供給される水蒸気の輸送経路を変調し、鉛直流を誘起してジェットと共に変動する降水帯を形成することを明らかにし、気候予測評価の一視座を得た。

研究成果の概要(英文)：This study was conducted to elucidate the roles of transient atmospheric disturbances in the climate system over the tropics to subtropics. Relationship among convectively coupled mixed Rossby-gravity waves, seasonal precipitation and sea surface temperature was elucidated. It was shown that summertime synoptic-scale Rossby waves that propagate along subtropical jet modulate water-vapor transport and induce vertical motion to form precipitation belts that co-vary with the jet. The findings will be useful to evaluate climate prediction.

研究分野：気象学，地球流体力学

キーワード：大気波動 熱帯気象 総観気象 気候システム 降水

1. 研究開始当初の背景

熱帯の大規模な循環や降雨分布の形成は、これまで時間的に変動する擾乱(積雲対流や波動等)の役割を含まない静的なバランスで理解されてきた。しかし、近年、対流と結合した波動などが重要な役割を果たしていることが指摘されて注目を集めており、さらなる進展が望まれる。今後地球温暖化が進展するにつれて熱帯が拡大するであろうということも言われているが、予想をより確かなものとするためにも、より良い理解が求められる。

熱帯から亜熱帯・中緯度にかけては、様々な時間スケールの変動性が知られており、最近は大気と海洋の(数)10年規模の変動が注目を集めている。一方で、近年、熱帯降雨観測衛星、雲観測衛星の進展、マイクロ波による水関係の多目的な衛星観測の進展を背景に、気象学において最も研究の歴史が長い総観気象についても、水に関わる新たな視点を気象力学に持ち込む、あるいは気象力学的な視点での解析を進展させることで、新たな気象学的発展が期待され、さらに人々の生活に密接にかかわる水の動き、降水過程に関する理解が大きく進むことが期待できる。

2. 研究の目的

本研究は、大気の擾乱成分が熱帯から亜熱帯にかけての気候システムにおいて果たす役割を明らかにすることを目的とする。熱帯においては、研究代表者ら自身による太平洋域着目して行った、対流と結合した波動と平均場との関係についての研究を進展させる。その際、エルニーニョ・南方振動の役割等を整理する。

一方で、熱帯から亜熱帯にかけての変動性に関しては、本研究の遂行する途上で、東アジア、太平洋域の夏季(いわば亜熱帯が深く中緯度に拡大する時期)に関し、気候システムにおける大気の擾乱成分の役割が、当初計画以上に捉えられてきた。そこで、研究計画をやや拡大して、大気の擾乱成分が力学的に水循環、降水システムに果たす役割も、気象学的・気候学的両側面から明らかにすることとする。

3. 研究の方法

本研究では、衛星観測データ、様々な観測データを数値モデルに取り込んで作成される、時々刻々の大気の状態の「ベスト」な推定としての客観解析データ(中でも解析手法を時間的に一貫させる「再解析データ」)、大気の数値シミュレーションを用いる。これらのデータの解析する際は様々な手法を駆使するとともに、以下に述べるように解析手法の新開発も行った。

(1) 人工衛星観測により推定された降水量(GPCP)、外向き長波放射量(NOAA OLR)、最適内挿海面水温(OISST)、並びに大気の客観解析データ(JRA-25)を用いて、約30年分のデータを使った統計解析により、対流と結合した赤道波と、季節・年々変動の時間スケールの大規模場との関係、エルニーニョ・南方振動(ENSO)との関係を、(偏)相関解析、スペクトル解析、波活動フラックス解析等を援用して多角的に調べる。さらに、大気大循環モデルDCPAMによる数値実験を行って解釈を補助する。

(2) 北半球夏季における熱帯から亜熱帯、中緯度におよぶ水蒸気の流れと、降水の変動性、そしてその過程における力学的な過程を、客観解析(NCEP, JRA-55)、日平均降水データ(TMPA 3B42)等のデータを使って調べる。その際、350K等温位面(低緯度で対流圏、中高緯度で成層圏にまたがる)における2~3PVUの等渦位線にそったコンポジットや、準地衡等の渦位解析(境界の温度効果を取り込んだ拡張渦位による)、力学的鉛直流誘起診断(Qベクトルを用いた方程式解析)などを活用する。特に、準地衡ポテンシャルエンストロフィーを用いた新しい解析を考案し、適用したことが特筆される。これまで帯状一様な場における理論的な帯状平均解析にのみ用いられてきた手法を、一様性を前提とせず、水平分布を診断できるように定式化し、数値的な解法を工夫して、計算機プログラムとして実装した。

(3) 客観解析データ(ERA-Interim)、月平均降水量(GPCP)、海面水温(OISST, HadSST)を用いて、低緯度から中緯度にかけての月平均場の変動性を解析し、北半球夏季の梅雨前線帯での降水の年々変動に与える、熱帯から中緯度にかけての海水温変動の影響と、大気から海洋へのフィードバックを、回帰分析や主成分分析を用いて調べる。さらに、解析結果から示唆される因果関係を明らかにするため、複数の設定で大気の領域モデル(WRFモデル)による数値実験を行い、結果を系統的に比較する。

4. 研究成果

(1) 西・中部太平洋(130°E-170°W)において、北半球の夏季に、混合ロスビー重力波にともなう降水変動の振幅と、季節平均の外向き長波放射に高い負の相関関係があること、さらに、そこからENSOの影響を取り除いても、赤道太平洋西端付近の海面水温との間に相関関係があることを見出した。その因果関係について、波活動フラックス解析、大気大循環モデルによる数値実験等も活用して解析を行い、一定の知見(ただし完全にはクリアでない)を得た。

(2) 北半球の夏季にユーラシア大陸東端から西太平洋にかけ、熱帯から亜熱帯、中緯度に運ばれる水蒸気は、上空の亜熱帯ジェットの変動に応じて変動すること、あわせて降雨分布も変動することを見出した。350 K 東夷温位面における対流圏界面的渦位コンターの数 100 km 南に沿って、幅数 100 km、長さは時に数 1000 km におよぶ降水帯が形成されること、それらは総観的時間スケールでもに変動することを見出した。

本研究で新たに開発した準地衡ポテンシャルエントロフィーを用いた力学的影響過程の診断手法を用いて、力学的な影響過程は主に上から下であること(下から上もあるが相対的に小さいこと)を示し、亜熱帯ジェットに沿ってユーラシアから伝播する上層の(対流圏から成層圏にまたがる)ロスビー波がこの変動を駆動していることを示した。それが二次循環を誘起して降水が降りやすい場を作っていることを、Q ベクトル解析より示し、さらに下層の水蒸気輸送においても、上述の場所での降水が起こりやすくなるような影響過程が働いていることをトラジェクトリ解析により示した。

ここで示した関係は、気候予測のシミュレーションに対しても計算できる。それ通して、将来の気候変化における降雨や水輸送の予想のモデル間の違いの把握や、評価に役立てることができる。

(3) 梅雨期における、ENSO のインデックス、黒潮続流-親潮域の海面水温のインデックスと相関のある、降水量、大気場(海面校正気圧、東西風、ジオポテンシャルハイト)の年々変動を、回帰分析により抽出し、それが3極構造と言える形を持つことを示し、主成分分析を用いて確認した。そこから ENSO 影響を取り除いた解析を行って、亜熱帯から梅雨前線帯にかけての大気と海洋の変動の関係を抽出した。設定を変えて行った数値実験を援用して、この関係性は、大気の変動に応じて海面水温が変動するのに加え、海洋での変動が大気の変動を強化する側面もあることを示した。また、これらの関係と、すでに知られている長期的な変化傾向との間の共通性を指摘した。

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)

Matsumura, S., T. Horinouchi, S. Sugimoto, and T. Sato, Response of the Baiu rainband to northwest Pacific SST anomalies and its impact on atmospheric circulation. *J. Climate*. 29(8), 3075-3093, 2016. doi:

<http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0691.1> (査読有)

Horinouchi, T., Influence of upper tropospheric disturbances on the synoptic variability of precipitation and moisture transport over summertime East Asia and the northwestern Pacific. *J. Meteor. Soc. Japan*, 92 (no.6), 519-541, 2014. doi: <http://doi.org/10.2151/jmsj.2014-602> (査読有)

〔学会発表〕(計 8 件)

堀之内武, 夏季の大陸東岸から洋上にかけての降水帯とその日々の分布の概念モデル, 日本気象学会 2016 年春季大会, 2016 年 5 月 20 日, 国立オリンピック青少年総合センター(東京)。

堀之内武, 夏季の大陸東岸から洋上にかけての降水帯の最小構成概念モデル: 気候学的理解から日々の降水帯の構造まで。「グローバルスケールとメソスケールを貫く気象学」研究集会, 2015 年 12 月 28 日, 北海道大学(札幌)。

Horinouchi T., Influence of Upper Tropospheric Disturbances on the Synoptic Variability of Moisture Transport and Precipitation over Summertime East Asia and the Northwestern Pacific. Third International Workshop on "Studies on future climate projection of the Asian region utilizing the CMIP5 multi-model ensemble data. 2015 年 3 月 27 日, T K P ガーデンシティ御茶ノ水(東京)。

Horinouchi T., Synoptic Variability of Moisture Transport and Precipitation over Summertime East Asia and the Northwestern Pacific in Association with Upper Tropospheric Disturbances. AGU fall meeting, 2014 年 12 月 16 日. サンフランシスコ(米国)

林 歩夢, 堀之内 武, 東アジア・北西太平洋における夏の^{上層}渦位と降水の関係性, 日本気象学会 2014 年秋季大会, 2014 年 10 月 23 日, 福岡国際会議場(福岡市)。

Horinouchi, T., Influence of Upper Tropospheric Disturbances on the Synoptic Variability of Moisture Transport and Precipitation over

Summertime East Asia and the Northwestern Pacific, AOGS 2014, 2014年7月29日, ロイトン札幌(札幌市).

研究者番号:
(3)連携研究者 ()

堀之内武, 夏季の東アジア・北西太平洋域の総観規模変動, 水蒸気輸送, 降水への上部対流圏の渦位擾乱の影響. 日本気象学会 2014年春季大会, 2014年5月24日, 横浜市開港記念会館(横浜市).

研究者番号:

堀之内武, 赤道付近の季節平均降水量への混合 Rossby 重力波の影響. 日本気象学会 2013年春季大会, 2013年5月16日, 国立オリンピック青少年総合センター(東京).

〔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
本研究のために開発した計算機プログラムの一部(準地衡解析などの気象学的計算や可視化)は, オープンソースソフトウェアとして, 「地球流体電脳倶楽部」ホームページ <http://www.gfd-dennou.org/> で公開している。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

堀之内 武 (HORINOUCI, Takeshi)
北海道大学・地球環境科学研究所・准教授
研究者番号: 50314266

(2) 研究分担者

()