

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：26800251

研究課題名(和文) 熱帯対流圏界層力学場のフィルター効果と振るい分け事例-赤道波による脱水過程-

研究課題名(英文) Filtering effect of the dynamical structure on the dehydration around the tropical tropopause layer (TTL)

研究代表者

鈴木 順子 (SUZUKI, Junko)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・大気海洋相互作用研究分野・技術研究員

研究者番号：50512878

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：対流圏から成層圏へ流入する空気塊や上方伝播する赤道波にとってフィルター機能をもつ、熱帯域の対流圏界層(TTL)に注目して研究をおこなった。

客観解析・衛星観測データ解析から、西半球のTTL近傍のウォーカー循環は赤道ケルビン波のフィルターとなることを確認した。インドネシアで実施した観測データから、赤道ケルビン波が巻雲の生成に適した温度位相を持っていたとき、相対湿度値は巻雲出現を示していたことを確認した。この時、巻雲の直上には赤道ケルビン波による温度逆転層が存在しており、巻雲の雲頂を規定していた。熱帯域上空を頻繁に通過する赤道ケルビン波が巻雲の出現高度を調節する、という本研究の結果は重要である。

研究成果の概要(英文)：We have investigated the dynamical field in the tropical tropopause layer (TTL) which works as a filter for an upper propagating wave and water vapor. We confirmed using the NOAA OLR data and ERA-Interim data that the Walker circulation in the western hemisphere around the TTL could control the number of the equatorial Kelvin wave cases. We conducted the special sonde observation at Indonesia on December 2015. The vertical profiles of the water vapor and the dynamical fields indicate that the cirrus cloud appeared when the equatorial Kelvin wave caused good temperature condition for the cirrus appearance. In this time, the temperature inversion layer due to the equatorial Kelvin wave adjusts the cirrus cloud top. It is important that the Kelvin wave, one of the most frequently disturbance in the TTL could control the cirrus cloud.

研究分野：熱帯気象学

キーワード：熱帯対流圏界層 赤道波 水蒸気

1. 研究開始当初の背景

熱帯域の高度 12~20 km の熱帯対流圏界層 (Tropical Tropopause Layer; TTL) は、対流圏から成層圏へ流入する空気塊や上方伝播する赤道波にとって、単なる成層圏への入り口ではなくフィルター機能 (TTL フィルター) をもつ関所として働く。この TTL フィルターの正体は、全球で最も低くかつ複雑な鉛直構造をもつ温度場に代表される、特異な力学場である。多くの化学種や大気波動は、TTL フィルター通過時に変質し淘汰される。対流圏の空気塊は TTL の低温域を通過する際に含有する水蒸気の凝結 (脱水) を経験するため、成層圏に至るころには極度の乾燥状態に達する。成層圏水蒸気量は、地表に比べ約 1000 分の 1 と極端に少ないが、その存在量の減少は、地表気温の上昇を抑制する効果がある。このため気候学的観点において、成層圏水蒸気量や、その調節要素として働く TTL の水蒸気や気温変動についての知見を得ることは重要であり、中層大気科学の主テーマの一つとなっている。

熱帯大気波動 (赤道波) は、熱帯域の活発な対流活動をエネルギー源として対流圏で発生してから上に向かい、成層圏や中間圏、また中高緯度へと伝播していく。上方伝播の過程で必ず通過する TTL では、赤道波の力学的構造 (気温、風など) は、鉛直温度勾配や風系によって振幅変調・屈折を生じる。従来の力学場データは、鉛直分解能に乏しく TTL の複雑な構造にもとづくフィルター機能を包括的に解析するには至っていない。しかし人工衛星 COSMIC (Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere, and Climate) による温度場の精密な観測により、質・量ともに十分なデータを使える状況になっていた。また、現場観測データは絶対的に乏しい現状にあるが、近年開発された水蒸気ゾンデでは、高品質のデータを取得でき、TTL フィルター内での水蒸気の詳細な変動を捉えることが可能とされていた。高品質の現場観測データと最新の衛星観測データを組み合わせ、TTL フィルターについての研究を飛躍的な発展が期待されていた。

2. 研究の目的

TTL フィルターの基礎となる温度場について、COSMIC 衛星観測データの鉛直高分解能性を有効にもちい記述し、さらに脱水と加湿 (正負の脱水率) の両方に効く赤道波の正味の脱水率の算出を目指した。研究の要所となる TTL の微量な水蒸気変動を把握するため、現場観測を実施し高精度データを取得する。さらに雲粒落下による脱水効果をもち、脱水メカニズムの一端を担う巻雲に注目する。現在、地球放射加熱率の算出に重要な、過飽和下での巻雲の発生・維持機構が未解明のままである。赤道波の過飽和域と上昇流域ともなう巻雲変動について、直接観測をもとに明らかにしたいと考えた。

3. 研究の方法

TTL フィルターの基盤をなす、TTL 温度場の時空間変動性を明らかにし、フィルターによる調節例として赤道波にともなう脱水過程を調べるために、(1) TTL フィルターの周期性とその三次元構造、(2) 赤道波をターゲットとした現場観測、(3) 赤道波による脱水率と巻雲出現性の解明、の 3 項目についてデータ解析および現場観測を実施する。COSMIC 衛星温度データは、公開されている標準プロダクトより高解像度のデータをもち、TTL 温度場の詳細な三次元構造とその変動性を明らかにしたいと考えた。現場観測は、より多くの成果を得るために他機関の測器を併用し効果的におこなった。

4. 研究成果

(1) TTL フィルターの周期性とその三次元構造

COSMIC 衛星観測データ、および ERA-Interim 客観解析データ、ERA-40 客観解析データをもち、TTL の背景場 (温度場と風系) と通過する大気波動について解析をおこなった。その結果、西半球 TTL 近傍の西風風速が赤道ケルビン波の位相速度を上回る時期は、赤道ケルビン波は淘汰され、TTL より上層に到達できないことが確認できた (図 1)。また、TTL 近傍のウォーカー循環の強弱は、エルニーニョ・ラニーニャの経年変動に概ね対応する。ラニーニャ期には赤道波の主な励起源と考えられているインド洋~西太平洋の対流活動は活発であるが、TTL 近傍の西風が強く上層に赤道ケルビン波が伝播するには適さない。ラニーニャ期とは逆に、エルニーニョ期には励起源は活発でないもの

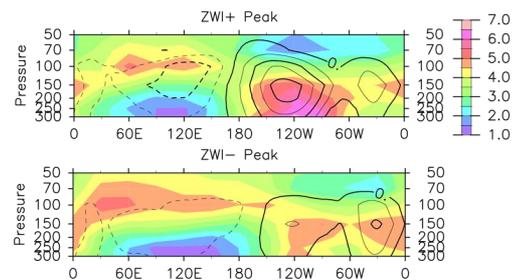


図 1 : 赤道ケルビン波通過数 (カラー) と東西風 (等値線) の経度高度断面図。5°N-5°S で平均してある。上図 (下図) は西半球の西風が強い (弱い) 時期にそれぞれ対応する。等値線間隔は 5 m/s ごと。

の、西風が穏やかなため、赤道ケルビン波は上層に伝播できる。つまり、西半球赤道ケルビン波の上層伝播には、ウォーカー循環の TTL 近傍の西風の強弱が影響する、つまり TTL 近傍のウォーカー循環の風系が赤道ケルビン波のフィルターとなっていることを確認できた。

また、次項 (2) の現場観測時期については、観測中には複数の赤道波が現地の上空を通過していることを確認した。そのうち、赤道

ケルビン波と赤道ロスビー波は、巻雲生成に適した波の位相をもっていることが確認できた。今後、観測以外の期間にも範囲を広げて解析をおこなうことで、巻雲生成に適・不適な TTL 背景場の把握が期待される。

(2)赤道波をターゲットとした現場観測

TTL における水蒸気の波動による脱水過程を調査するため、2015 年 12 月にインドネシア・コトタバンにて特殊ゾンデ観測を実施した。観測期間中、水蒸気ゾンデ・オゾンゾンデ・ラジオゾンデを合計 5 セット放球した。

最初に、現地観測所の赤道大気レーダーのデータについて、京都大学の共同研究者より使用委託を受け、ゾンデデータとの比較解析をおこなった。その結果、赤道大気レーダーの東西風・南北風は、ゾンデと矛盾しない値であった。時間連続性に優れた赤道大気レーダーデータをもちいて、ゾンデデータがない時間帯の風系も解析可能であることを確認した。

(3)赤道波による脱水率と巻雲出現性の解明

(2)で得られた現場観測データと、NOAA 衛星観測 OLR データ、ERA-Interim 客観解析データをもちい、赤道ケルビン波の通過時における巻雲の出現状況について解析をおこなった。赤道ケルビン波が巻雲の生成に適した波の位相を持っているとき、水蒸気ゾンデで得られた相対湿度値は巻雲が出現していたことを示した。さらに、この時、巻雲の直上には、赤道ケルビン波による温度逆転層が存在していることが確認できた。巻雲の雲頂はこの温度逆転層により規定されているとみられる。巻雲が出現する高度や気温の情報は、大気の放射収支を計算する上で重要な要素となり、地球温暖化の目安となる地表気温の算出に影響を与える。このため、熱帯域の上空を頻繁に通過する赤道ケルビン波により、巻雲が出現する高度が規定される、という本解析の結果は非常に重要である。今後は、熱帯全域でも、波動による巻雲雲頂高度の規定が生じているのか、確認することが望まれる。

5. 主な発表論文等

[学会発表](計 16 件)

Suzuki, J., N. Nishi, M. Fujiwara, K. Yoneyama, 2018: Interannual variability in equatorial Kelvin waves in the upper troposphere and lower stratosphere and relation to the background equatorial wind, 第 9 回熱帯気象研究会, 福岡市, 2018/3/6.

Suzuki, J., N. Nishi, M. Fujiwara, and K. Yoneyama, 2017: Interannual Variability in Equatorial Kelvin Waves in the Upper Troposphere and Lower Stratosphere, and Relation to the Background Equatorial Wind, 19th Conference on the Middle Atmosphere and 21st Conference on Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics (Portland, USA, 26 June

2017).

鈴木順子, 山本衛, 橋口浩之, 阿保 真, Hubert Luce, Shafrijon, 2017: 2015 年 12 月に実施した赤道大気観測所における大気観測, 生存圏ミッションシンポジウム, 宇治市, 2017/2/23.

Nishi, N., A. Hamada, H. Hirose, J. Suzuki, 2016: Analysis of clouds and precipitation during Baiu period over the East China Sea with cloud database CTOP and precipitation database GSMaP, AGU Fall Meeting (San Francisco, USA, 12 Dec 2016).

Suzuki, J., N. Nishi, M. Fujiwara, K. Yoneyama, 2016: Interannual variability in equatorial Kelvin waves in the upper troposphere and lower stratosphere, and relation to the background equatorial wind, AGU Fall Meeting (San Francisco, USA, 12 Dec 2016).

西憲敬, 濱田篤, 広瀬民志, 堀田祥, 鈴木順子, 2016: 雲データベース CTOP および GSMaP データを用いた梅雨期東シナ海における雲と降水の解析, 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 名古屋市, 2016/10/26.

鈴木順子, 荻野慎也, 城岡竜一, 米山邦夫, 橋口浩之, 阿保真, 柴田泰邦, 2016: Pre-YMC 期間中にコトタバンで観測された波動にともなう水蒸気・オゾン変動, 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 名古屋市, 2016/10/26.

Suzuki, J., N. Nishi, M. Fujiwara, K. Yoneyama, 2016: Interannual variability of equatorial Kelvin waves around the tropical tropopause influenced by the background wind, International Symposium on the Whole Atmosphere, 東京都文京区, 2016/9/15.

鈴木順子, 荻野慎也, 城岡竜一, 橋口浩之, 阿保真, 柴田泰邦, 2016: 2015 年 12 月にコトタバンで観測された波動にともなう水蒸気・雲変動, 第 10 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, 宇治市, 2016/9/8.

Yoneyama, K., J. Suzuki, R. Shirooma, S.-Y. Ogino, S. Mori, M. Katsumata, F. Syamsudin, Nurhayati, 2016: Early Results from pre-YMC 2015 Field Campaign in Sumatra, JpGU Meeting 2016, 千葉市, 2016/5/23.

勝俣昌己, 森修一, 米山邦夫, 鈴木順子, 那須野智江, Fadli Syamsudin, Nurhayati,

2016: インドネシア海洋大陸域における海陸集中観測“Pre-YMC”, 日本気象学会 2016年度春季大会, 東京都渋谷区, 2016/5/21.

鈴木順子, 荻野慎也, 城岡竜一, 米山邦夫, 橋口 浩之, 山本 衛, 2016:Pre-YMC 期間中に Kototabang で観測された熱帯対流圏界層の脱水過程, プルーアース 2016, 東京都品川区, 2016/3/9.

米山邦夫, 森修一, 勝俣昌己, 那須野智江, 鈴木順子, Fadli Syamsudin, 2016: スマトラ島及びその近海における大気・海洋集中観測 - YMCパイロット研究 -, プルーアース 2016, 東京都品川区, 2016/3/9.

長谷部文雄, 藤原正智, 稲飯洋一, 三村慧, 柴田隆, 塩谷雅人, 林政彦, 西憲敬, 高島 久洋, 荻野慎也, 鈴木順子, 宮崎和幸, 清水健作, 杉立卓治, 澤田岳彦, Komala Ninong, Putri Fanny A., 2015: 熱帯対流圏界層における力学・化学過程の観測的研究, 2015 年度大気球シンポジウム, 相模原市. 2015/11/5.

鈴木順子, 西憲敬, 藤原正智, 米山邦夫, 2015: 西半球の上部対流圏にみられる赤道ケルビン波の経年変動性, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 京都市, 2015/10/30.

鈴木順子, 藤原正智, 西憲敬, 米山邦夫, 2015: 第 9 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, 宇治市, 2015/9/10.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 順子 (SUZUKI, Junko)
国立研究開発法人海洋研究開発機構
・大気海洋相互作用研究分野・技術研究員
研究者番号: 50512878

(2) 研究協力者

西 憲敬 (NISHI, Noriyuki)
福岡大学・理学部・准教授
研究者番号: 00222183

橋口 浩之 (HASHIGUCHI, Hiroyuki)
京都大学・生存圏研究所・教授
研究者番号: 90293943