

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 15 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23710025

研究課題名（和文） 熱帯域における成層圏-対流圏間の力学的結合過程の解明

研究課題名（英文） Study for dynamical coupling processes between Stratosphere and Troposphere in the tropics

研究代表者

江口 菜穂（EGUCHI NAWO）

九州大学・応用力学研究所・助教

研究者番号：50378907

研究成果の概要（和文）：最新の衛星観測データおよび数値実験データを用いて、成層圏突然昇温時の成層圏の南北循環場が強化された事例に着目し、熱帯対流圏界面遷移層（Tropical Tropopause Layer：TTL）内の物理量（気温、鉛直流、非断熱加熱量、水蒸気、オゾンなどの微量気体成分）の変化を解析することによって、成層圏力学場が対流圏の力学場、特に積雲対流活動の活発化と対流圏内の南北循環に作用する過程を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：The present study found by the data from the current satellite and the global non-hydrostatic numerical model that the downward coupling process from stratosphere to troposphere in the Tropical Tropopause Layer (TTL) during the stratospheric sudden warming event (SSW) through analyzing the TTL parameters, such as vertical wind, diabatic heating, water vapor and ozone.

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	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：物質循環、成層圏対流圏間物質交換、水蒸気、雲

1. 研究開始当初の背景

成層圏と対流圏間の力学的結合過程を物質交換の観点から明らかにすることは、現実の気候を理解し将来の気候を予測する上で必要不可欠である。最近、熱帯上部対流圏から下部成層圏を、熱帯対流圏界面遷移層（Tropical Tropopause Layer（以後 TTL）；高度約 14-19 km）と呼び、TTL 内の水蒸気と水蒸気の凝結によって形成される巻雲の変動に関連した成層圏-対流圏間物質交換（Stratosphere-Troposphere Exchange；以後 STE）過程が、国際的な枠組み「成層圏過程とその気候への影響計画（SPARC）」の主要研究課題として取り組まれている。しかし、TTL 内の水蒸気は極めて低濃度（3～5 ppmv）であり、巻雲についても光学的厚さが 0.3 以

下、幾何学的厚さ平均 1.5 km と薄く [Eguchi et al., GRL, 2007]、観測が極めて難しい。そのため、一般的な観測データを基にした気象再解析データは、定量的に不確実性が大きく解析に利用できない。また現行の主要な地球大気観測衛星は 10 数日周期の極軌道で、高頻度に観測できないため、これまで季節・経年変化等の基本的な特徴を抑える研究にとどまっており、季節変化よりも短期間（日変化から数日スケール）の現象に着目した、TTL 内の力学（水蒸気輸送等）、熱力学（相変化にともなう潜熱解放等）を定量的に議論した研究はほとんどない。しかし最近、TTL 内の STE 過程を理解するひとつの手掛かりとして、成層圏突然昇温現象（Stratospheric Sudden Warming；SSW）にと

もなう STE 過程の研究が為されるようになってきた [Kodera and Yamada, GRL, 2004; Eguchi and Kodera, GRL, 2007; Eguchi and Kodera, SOLA, 2010]。これらの研究より、高精度の衛星観測データを用いた解析から、成層圏極域の突然昇温現象による成層圏の循環場の変化が、熱帯の対流圏下部深くまで影響を与えていることが明らかにされつつある。しかし、その詳細なメカニズムは科学的な解析に有効なデータが不足しているため明らかにされていない。

2. 研究の目的

本研究では、数年間観測のある衛星観測データに加え、日スケールの解析に有効な最新の衛星観測データ、数値実験データを用いて、主に成層圏突然昇温現象による熱帯及び中緯度への影響を物質循環の観点から定量的に調べることで、成層圏と対流圏間の力学的結合過程の解明を目指した。

従来の研究においては熱帯の成層圏は受動的に対流圏の波活動に応答するものとして捉えられ、TTL 領域をまたぐ極域成層圏と対流圏熱帯及び中緯度の南北大循環を統一的に考えた力学過程に関する研究はほとんど為されていない。本研究では熱帯の積雲対流を励起する要因として下部対流圏の熱力学過程に加え、成層圏循環場の変動による効果も考慮して明らかにする点で独創的かつ革新的であり、国際的にも萌芽的研究に位置づけられる。

3. 研究の方法

成層圏と対流圏の力学場が相互作用する熱帯対流圏界面遷移層 (Tropical Tropopause Layer : TTL) 領域は、幾何学的に薄く、気温が低い一般観測では科学的に有効なデータが得られない。そこで本研究では、高精度、高時間分解能の最新の衛星観測データと全球規模で積雲対流と成層圏循環場を再現した超高解像度数値実験データを併用した。観測データと数値実験データの整合性の評価を実施するとともに、観測では得られない TTL 内の物理量の解析を通して、成層圏、対流圏の相互の力学過程の影響の解明を図った。

また、SSW という短時間の現象に着目することで、因果関係の同定が容易にできるという特色を持つ。さらに近年進化している成層圏の循環場や積雲対流をより現実的に再現できる数値モデルの出力結果を用いることで、観測では捉えにくい物理量 (上昇流、潜熱加熱量等) を同時に得ることができ、より定量的な解析が可能となるだけでなく、数値実験と観測データを比較することによって、気候を予測する数値モデルの精度向上に貢献することが期待される。

4. 研究成果

研究目的に沿い、主に 2 つの研究項目を実施した。

(1) 数値実験から得られた力学的物理量 (上昇流や非断熱加熱率) の解析を実施し、成層圏力学場の変化が熱帯対流圏界面遷移層 (TTL) を通して、対流圏の力学場、主に積雲対流活動の活発化に寄与していることを示した。本研究で明らかとなった成層圏力学場の下方伝搬過程を以下で説明する。

SSW によって、成層圏の南北循環場が強化され、熱帯域下部成層圏は上昇流にともなう断熱膨張により冷却、それによって巻雲が形成され、非断熱加熱が生成される。巻雲の上層部分では上昇流による冷却と相殺され、一方下層では大気が不安定となり、上昇流が強化される。その上昇流の強化により、さらに下層で雲が形成、不安定を生じ、上昇流が強化される。この過程を通して、徐々に上昇流域が TTL 内を下方に伝播していく (図 1 の期間 (i), (ii))。最終的に、成層圏からの上昇流が TTL 下端に到達すると、対流圏内の積雲対流活動と結合し、大規模な対流活動が形成される。一旦、大規模な積雲対流活動が開始されると、対流圏下層で水蒸気収束が増し、積雲対流活動および南北循環 (ハドレー循環) を強化し、約 5 日間維持された。数値実験で得られた結果は TTL 内の詳細な過程以外は、客観解析データの解析結果とほぼ同様な結果であった。

本解析結果を国際ワークショップで発表した (WCRP regional workshop, 2013)。

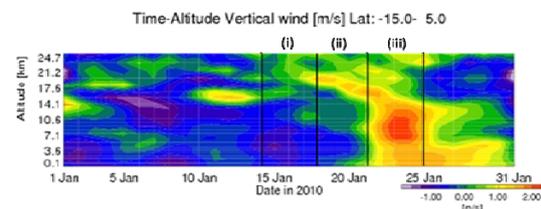


図 1 : 熱帯平均した鉛直風偏差の時間高度断面図。緯度方向には南緯 15 度から北緯 5 度まで平均した。暖色(寒色)系が上昇(下降)流を表す。図中の期間 (i), (ii), (iii) はそれぞれ、2010 年 1 月 14-17 日、18-21 日、22-25 日で、期間 (i) で SSW の開始、(ii) で上昇流の下方遷移、(iii) で対流圏内の積雲対流にともなう鉛直風と結合。

(2) これまで着目していた SSW 時の成層圏循環場の変化が対流圏力学場へ与える影響とは逆の過程、すなわち成層圏熱帯域での上昇流の減速と積雲対流活動の不活発化が 2011 年 12 月にみられた。この現象は中間圏の力学場の変化によることがあきらかとなったが、その詳細過程は不明である。また、力学場だけでなく、TTL 内のオゾン、水蒸気、

雲の分布にも影響を与えて、これらの季節内変動過程の一つの要素であることを明らかにした。

初期解析結果を国際学会等で発表した [Eguchi et al., TTL workshop 2012, Kodera et al., AGU, 2012, Eguchi et al., AGU, 2012]。

(3) 本研究成果の発信や成層圏力学場の変化による熱帯域気象場への影響を視覚的および速報的にとらえやすくするために、ホームページを開設し、情報公開を開始した。(ただし、現在は限られたユーザーにのみ公開している。URLは下記[その他]欄を参照)。また本課題で得られた研究成果をサイエンスカフェを通して、一般市民の方にわかりやすく講演を行った。

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 3 件)

- (1) 小寺邦彦、江口菜穂、熱帯成層圏昇温に伴う対流活動の急変、平成 24 年度京都大学防災研究所一般研究集会「週間及び 1 か月予報における顕著現象の予測可能性」講演要旨集、査読無、2012、p.190-193.
- (2) 小寺邦彦、江口菜穂、那須野智恵、2011 年 11-12 月に発生した熱帯成層圏昇温に伴う対流活動の急変、日本気象学会秋季大会講演予稿集、査読無、p.115、2012.
- (3) Kodera, K., N. Eguchi, J.N. Lee, Y. Kuroda and S. Yukimoto, Sudden Changes in the Tropical Stratospheric and Tropospheric circulation during January 2009, Journal of the Meteorological Society of Japan, 査読有, Vol. 89, No. 3, pp. 283-290, 2011, DOI:10.2151/jmsj.2011-308.

[学会発表] (計 10 件)

- (1) Eguchi, N., K. Kodera and T. Nasuno (2013) Downward coupling process through TTL during a stratospheric sudden warming: a case study using a global non-hydrostatic model, WCRP Regional Workshop on Stratosphere-Troposphere Processes and their Role in Climate, 1-3 April, Kyoto.
- (2) Eguchi, N., K. Kodera and T. Nasuno (2012) Impact of abrupt stratospheric dynamical change on water vapor and ice cloud in Tropical Tropopause Layer : a case study of early winter 2011/2012, American Geophysical Union fall meeting, December 3-7, 2012, San Francisco, USA.

(3) Kodera, K. N. Eguchi and T. Nasuno (2012) Stratospheric impact on tropical convection: a case study of December 2011, American Geophysical Union fall meeting, December 3-7, 2012, San Francisco, USA.

(4) 小寺邦彦、江口菜穂 : 熱帯成層圏昇温に伴う対流活動の急変、平成 24 年度京都大学防災研究所一般研究集会「週間及び 1 か月予報における顕著現象の予測可能性」、2012 年 11 月 20-22 日、宇治。

(5) Eguchi, N., K. Kodera and T. Nasuno (2012) Impact of abrupt stratospheric dynamical change on Tropical Tropopause Layer, U.S. - Japan Bilateral Workshop on the Tropical Tropopause Layer: State of the Current Science and Future Observational Needs, October 15-19, 2012, Honolulu, USA

(6) 小寺邦彦、江口菜穂、那須野智恵 : 2011 年 11-12 月に発生した熱帯成層圏昇温に伴う対流活動の急変、日本気象学会秋季大会 2012 年 10 月 3-5 日、札幌。

(7) Eguchi, N., K. Kodera and T. Nasuno (2012) Stratospheric sudden warming impact on the tropical troposphere seen in NICAM - a global non-hydrostatic model, the EGU General Assembly 2012, April 22-27, 2012, Vienna, Austria.

(8) Kodera, K., H. Mukougawa, Y. Kuroda and N. Eguchi (2012) Impact of Stratospheric Sudden Warming (SSW) Event on Tropical Circulation and Convection, the EGU General Assembly 2012, April 22-27, 2012, Vienna, Austria.

(9) Kodera, K. and N. Eguchi, (2011) Impact of sudden stratospheric dynamical change on the tropical convection and circulation, the 2011 international union of geodesy and geophysics (iugg) general assembly, June 28-July 7 2011, Melbourne, Australia.

(10) 小寺邦彦、江口菜穂、那須野智恵 : 熱帯対流活動に対する成層圏層循環の影響、熱帯気象研究連絡会、2012 年 9 月、高知。

[その他]

ホームページ :

T-STEP visualization

(Tropical-Stratosphere and Troposphere Exchange Processes)

URL :

<http://anvil.riam.kyushu-u.ac.jp/cres/index.php>

ただし、現在は限られたユーザーにのみ公開。

一般講演：

江口菜穂、北極・南極の上空 30km から日本へ 空気のメッセージ ～オゾンホール等の成層圏現象と私たちの生活とのかかわり～、第 4 回気象サイエンスカフェ、福岡、2013 年 2 月 2 日。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

江口 菜穂 (EGUCHI NAWO)

九州大学・応用力学研究所・助教

研究者番号：50378907

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：