

平成22年6月17日現在

研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20710014
 研究課題名（和文） 成層圏突然昇温現象が熱帯対流圏に及ぼす影響評価
 －対流励起と成層圏対流圏交換過程－
 研究課題名（英文） Study of impact of stratospheric sudden warming on tropical troposphere
 -viewpoints of convection excitation and stratosphere-troposphere exchange-
 研究代表者
 江口 菜穂 (EGUCHI NAWO)
 独立行政法人国立環境研究所・地球環境研究センター・NIES ポスドクフェロー
 研究者番号：50378907

研究成果の概要（和文）：気候変動の観点から成層圏と対流圏間の力学的結合関係を明らかにするため、成層圏循環場が数日間で強化される成層圏突然昇温（SSW）現象時の、熱帯域の雲及び成層圏対流圏間交換（STE）過程の変化を最新の衛星観測データを用いて調べた。結果、SSW時に熱帯対流圏内の積雲対流生成機構や循環場が変化し、STEが活発化していた。これまで対流圏の力学場に受動的であると考えられていた成層圏循環場が、能動的に対流圏に影響を与えていることを観測的に明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Tropical stratosphere-troposphere coupling is investigated by analyzing recently obtained advanced satellite data. It was found that meridional circulation associated with stratospheric sudden warming affects not only the formation of cirrus cloud and deep convection but also their large-scale organization. The stratosphere is conventionally considered to react passively to the troposphere; however, the present results demonstrate the need to consider stratosphere-troposphere interaction in studies of weather and climate in the troposphere.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境動態解析

キーワード：気候変動、気象学、成層圏突然昇温、熱帯大気、雲

1. 研究開始当初の背景

(1) 熱帯対流圏界面遷移層内の成層圏-対流圏間の物質交換過程
 熱帯対流圏界面は対流圏から成層圏への物

質の主要な「入り口」として知られ、そこから流入した人為起源物質や水蒸気が、成層圏オゾンの消滅や放射収支を支配しており、成層圏の循環場に影響を与えていると考えられている。近年、高精度のラジオゾンデ観

測や衛星観測から、成層圏の水蒸気が半世紀で5割に及ぶ増加傾向が示され、成層圏のオゾン減少と寒冷化等、将来の気候変動が懸念されている [SPARC report, 2000]。そのため、気候変動、特に地球温暖化やオゾンホールの問題解決には、熱帯対流圏と下部成層圏における力学・熱力学・微物理・放射・化学過程の理解が必須である。特に最近、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、例えば水蒸気や巻雲の観測について、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。さらに現行の主要な地球大気観測衛星は 1 回帰 10 数日の極軌道で、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いる。また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ことから、季節変化以下の現象に着目した、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少ない。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にともなう STE 過程の研究が為されるようになった [Kodera and Yamada, GRL, 2004; Eguchi and Kodera, GRL, 2007]。

(2) 極域の成層圏突然昇温現象が熱帯の対流圏に与える影響について

成層圏の循環場は経度一様な南北循環場 (子午面循環) で説明される。その駆動源は主に中高緯度対流圏で発生した惑星規模の波 (惑星波) が成層圏に伝播し、砕波や減衰によってその場に運動エネルギーを落とすことで、熱帯から極向きへの子午面循環を形成する。成層圏突然昇温現象 (Stratospheric Sudden Warming; 以後 SSW) は、成層圏の子午面循環が数日間強化されることで、極域で断熱的な下降流が生じ、40 度以上昇温する現象である [図 1 参照]。特に 90 年代後半以降南半球の SSW の発生頻度と規模が大きくなっており [Krüger et al., JAS, 2005]、気候変動に因る熱帯域での大規模な積雲対流の活発化が一因と考えられ、また SSW はオゾンホールの形成を抑制するため [Stolarski et al., JAS, 2005]、地球の気

候変動を考える上で、重要な現象の一つとして認識されるようになってきた。

概念図：成層圏突然昇温と熱帯対流圏

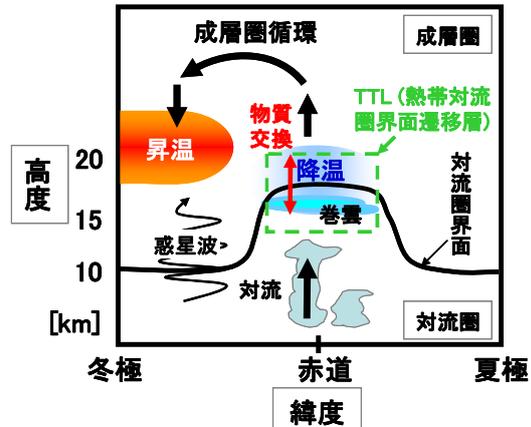


図 1：極域成層圏突然昇温現象が熱帯域の雲活動、循環場、気温場に与える影響を模式的に示す。

2. 研究の目的

上述の背景から、成層圏と対流圏間の相互関係を力学的な (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。近年、成層圏極域の突然昇温現象による成層圏循環場の変化が、熱帯の対流圏下部深くまで影響を与えていることが衛星観測データ、再解析データを用いた解析によって明らかにされつつある。しかし、その詳細な力学的結合過程は、科学的な解析に有効な観測データが不足しているため明らかにされていない。そこで、近年データが蓄積されてきた高精度の衛星観測データを用いて、両半球極域の冬季から春季に発生する成層圏突然昇温現象 (SSW) による、熱帯域の (1) 積雲対流の励起 (発生・発達) メカニズム、(2) 対流圏界面付近の水蒸気と絹雲の変動メカニズム、及び (3) 成層圏-対流圏間の物質交換過程を解明することを目的とする。

3. 研究の方法

過去数年間の各種衛星測器で観測された雲、微量気体成分のデータを収集し、解析に利用し易い形式に加工を行った。特に突然昇温の影響が明瞭に現れ易い、熱帯対流圏界面近傍 (高度 12~20 km) の絹雲、水蒸気、オゾン等の微量気体成分のデータを収集した。具体的に、高度 14 km より上空のデータは鉛直分解能が良い Aura 衛星 (2004 年 7 月打上げ) の EOS MLS (Microwave Limb Sounder) の水蒸気、オゾン、一酸化炭素 (CO) データを、14 km 以下のデータに関しては、水平・鉛直

分解能に長けた Aqua 衛星 (2002 年 5 月～) の AIRS (Atmospheric InfaRed Sounder) の水蒸気データを収集した。また雲データは、鉛直分解能が 100 m と良い衛星搭載ライダー CALIOP (Cloud-Aerosol LIdar with Orthogonal Polarization; 2006 年 4 月～) と水平観測視野が広い Aqua 搭載の MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) の雲の雲頂、雲底、光学的厚さ等のデータを用いた。さらに積乱雲の指標として、NOAA の OLR (Outgoing Longwave Radiation; 外向き赤外放射) と TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) より得られた可降水量データ等を取得した。これらのデータは全て Level 2 データで提供されており、統計処理をしやすいように、daily 毎の格子点データに加工して解析に用いた。

4. 研究成果

初年度では、大容量データサーバを構築し、各種衛星観測データを収集、保管すると共に解析に適した形式にデータを加工した。それらのデータを用いて、2006、2007 年南半球夏季に発生した 2 つの SSW の熱帯対流圏の各気象要素への影響を議論した。その結果、成層圏と対流圏内の背景場の状況 (南方振動 ENSO、モンスーン活発期、成層圏準 2 年周期振動 QBO) によって、その影響が顕著に現れる場所と強度が異なることを明らかにした。

2 年目では、EOS MLS の水蒸気データ、鉛直分解能の高い衛星搭載ライダー CALIOP の雲物理量データと TRMM の降雨強度データを用いて、2007 年 9 月に発生した SSW の熱帯への影響を詳細に調べた。その結果、SSW 後に熱帯対流圏遷移層 (TTL) 内の絹雲頻度が増し、TTL に到達する積雲対流が増えるとともに、熱帯全体で組織だった積雲対流域が形成されていたことがわかった。さらに、対流活動が活発となる熱帯の 3 つの地域によって、その雲活動の変化が異なることが明らかとなった。図 2 は対流活動が活発な 3 つの領域 (海洋大陸、アフリカ大陸、南米) での SSW 前後の絹雲発生頻度の違いを示したものである。これから、SSW 後 (パネル右列) に全地域で絹雲の高頻度値が 17 km よりも高高度にみられる。また地域間の違いとして、大陸上では、SSW 後に TTL に貫入する積雲が発達し、その周辺で絹雲が多く観測された一方、海洋大陸域では、組織的な積雲群が形成され、その潜熱加熱に伴うケルビン応答によって TTL 内が低温化し、絹雲が広域に発生していた。またこの領域はアジアモンスーン域からの湿潤空気塊が常に供給され、低温域で絹雲が形成され、それによる脱水によっ

て乾燥空気塊が生成されていることが明らかとなった。本結果を取りまとめ、学術雑誌に投稿した (2010 年 6 月中旬現在)。

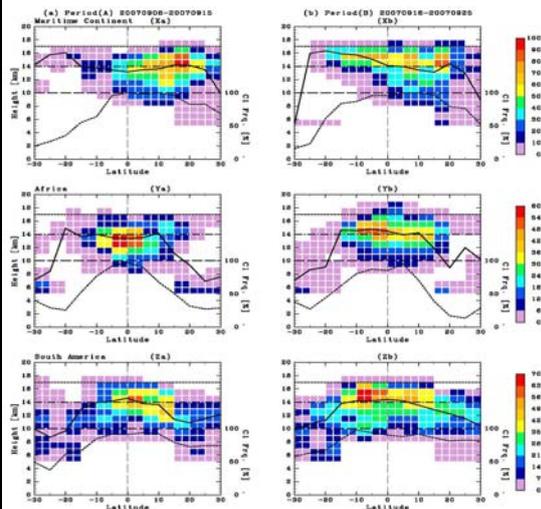


図 2: 上段から海洋大陸 (東経 110~130 度)、アフリカ (東経 10~40 度)、南米 (東経 280~310 度) での絹雲頻度の緯度高度断面図。左が突然昇温前、右が突然昇温後。横軸: 緯度、南緯 30 度から北緯 30 度、縦軸: 高度 0 から 20 km。TTL の下端 14 km と一般的な熱帯の対流圏界面高度 17 km に横点線を入れてある。

次に、2009 年 1 月に北半球極域で発生した大昇温による熱帯への影響を調査した。その結果、SSW 後に熱帯域の大規模な循環場が東西循環 (Walker 循環) から南北循環 (Hadley 循環) へと遷移し、かつ組織だった積雲対流システムからより小規模スケールの積雲システムへと移行していたことがわかった [Kodera, Eguchi et al., 投稿準備中]。この積雲対流システムの変移により、TTL 内の絹雲及び水蒸気等の微量気体成分分布の空間スケールが小さくなっていた。さらにそれぞれ成層圏、対流圏起源であるオゾン、一酸化炭素の解析より、SSW 後に STE が活発化していたことが観測データを用いて明らかとなった [Eguchi and Kodera, IGAC-SPARC]。本成果は、学術誌への投稿準備中である。また本研究課題で得た成果をホームページの研究紹介ページに掲載した。

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 6 件)

- ① 小寺邦彦, 江口菜穂, 2009 年 1 月の成層圏突然昇温の熱帯への影響, 平成 21 年度

「異常気象と長期変動」研究集会報告，査読無，2010，pp.94-96.

- ② 小寺邦彦，江口菜穂，一丸知子，2009年1月の成層圏突然昇温現象の熱帯成層圏・対流圏への影響，2009年度秋季大会講演予稿集，査読無，96巻，2009，p64.
- ③ 江口菜穂，小寺邦彦，2009年北半球成層圏突然昇温による熱帯の積雲活動と絹雲への影響について～成層圏循環場と赤道季節内変動との関係を探る～，日本気象学会 2009年度秋季大会講演予稿集，査読無，96巻，2009，p65.
- ④ 江口菜穂，小寺邦彦，2007年南半球突然昇温時の熱帯での絹雲・対流活動について，日本気象学会 2009年度春季大会講演予稿集，査読無，95巻，2009，p409.
- ⑤ 江口菜穂，小寺邦彦，Tropical impact of 2009 northern stratospheric sudden warming, Proceedings for SPRAC-IGAC Joint Workshop, 査読無，2009.
- ⑥ 江口菜穂，小寺邦彦，Tropical cirrus cloud variation during the southern stratospheric warming in 2006 and 2007, Proceedings for Abstracts for 4th SPARC General Assembly, 査読無，2008，p121.

[学会発表] (計8件)

- ① 小寺邦彦，江口菜穂，Tropical circulation and clouds changes during the northern stratospheric sudden warming in January 2009, American Geophysical Union fall meeting, 2009年12月，Moscom center, San Francisco, USA.
- ② 小寺邦彦，江口菜穂，一丸知子，2009年1月の成層圏突然昇温現象の熱帯成層圏・対流圏への影響，日本気象学会 2009年度秋季大会，2009年11月，アクロス福岡.
- ③ 江口菜穂，小寺邦彦，2009年北半球成層圏突然昇温による熱帯の積雲活動と絹雲への影響について～成層圏循環場と赤道季節内変動との関係を探る～，日本気象学会 2009年度秋季学会，2009年11月，アクロス福岡.
- ④ 江口菜穂，小寺邦彦，Tropical impact of 2009 northern stratospheric sudden warming, SPRAC-IGAC joint conference, 2009年10月，京都大学.
- ⑤ 小寺邦彦，江口菜穂，2009年1月の成層圏突然昇温の熱帯への影響，平成21年度「異常気象と長期変動」研究集会，2009年10月，京都大学.
- ⑥ 江口菜穂，小寺邦彦，2007年南半球突然昇温時の熱帯での絹雲・対流活動について，日本気象学会 2009年度春季大会，2009年5月，つくば国際会議場.
- ⑦ 小寺邦彦，江口菜穂，Cirrus cloud

variation in the tropics during the southern stratospheric sudden warming in 2006 and 2007, American Geophysical Union fall meeting, 2008年12月，Moscom center, San Francisco, USA.

- ⑧ 江口菜穂，小寺邦彦，Tropical cirrus cloud variation during the southern stratospheric warming in 2006 and 2007, 4th SPARC General Assembly, 2008年9月，Bologna, Italy.

[その他]

ホームページ等

<http://www-cger.nies.go.jp/climate/person/eguchi/outline.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

江口 菜穂 (EGUCHI NAWO)

独立行政法人国立環境研究所・地球環境研究センター・NIES ポスドクフェロー
研究者番号：50378907

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし