

令和元年6月3日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K17761

研究課題名(和文) 衛星観測・大気再解析データの相互比較による堅牢な成層圏大気像の描出

研究課題名(英文) Elucidating the robust features of the stratosphere by using data from satellite measurements and reanalyses

研究代表者

坂崎 貴俊 (Sakazaki, Takatoshi)

京都大学・理学研究科・助教

研究者番号：70723039

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：成層圏大気(高度10-50 kmの領域)は、地球の気候変動の理解に不可欠である一方直接観測が難しい。本研究では、特に日周期成分に注目し、複数の衛星リモートセンシングデータと大気再解析データ(数値シミュレーションと観測を融合(データ同化)させて得られる大気場の推定値)を相互比較することで、“最も確からしい描像はどれか?”を調べた。その結果、日周期の中でも特定のモードにのみ観測-再解析の差が顕れること、衛星観測データを無条件に信じることは危険であること、大気再解析データでは衛星観測の同化の影響が(上空ほど)大きいこと、が明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

成層圏大気を記述するデータセットは複数の衛星観測データ・大気再解析データが存在する。従来、これらのデータについて系統的な品質評価はなされておらず、「どのデータを使えば良いのか」有益な指標がない状況であった。本研究では、大気のもっとも基本的な周期変動と言える日周期成分について、複数のデータを用いた網羅的な比較を初めて行い、それぞれのデータセットを使う利点と問題点を明らかにした。この結果は、大気再解析評価に関する国際プロジェクト(S-RIP)の報告書にも掲載されている。

研究成果の概要(英文)：Recently, it is widely recognized that the stratosphere plays an important role on the climate system of the earth. There are several datasets for representing the state of the stratosphere, including data from satellite measurements and reanalysis datasets (the best estimate obtained through the data assimilation technique). However, the difference among these datasets were not reported in a straightforward manner. This study, with a particular focus on diurnal cycle, comprehensively analyzed these data to report such difference quantitatively and elucidate their causes. We found that only a particular mode of the diurnal cycle shows a clear difference between the satellite and reanalysis data. Also, even observations have a non-negligible difference depending on the satellites. The reanalysis data is greatly influenced by the assimilation of satellite measurements especially for the middle and upper stratosphere.

研究分野：大気科学

キーワード：大気潮汐 衛星観測 大気再解析 成層圏 国際共同研究 S-RIP

1. 研究開始当初の背景

オゾン層破壊や気候変動に重要な役割を果たす成層圏大気の研究は、衛星観測および大気再解析データを基に推進されてきた。このうち大気再解析データは、最新の大気モデルに観測データを同化して作成される、過去に遡った時空間的に均質な気象データセットである。世界各国の複数の気象機関が再解析データを作成し(例:アメリカ・日本・ヨーロッパ)気象・気候研究に用いられてきた。しかし近年になって、特に成層圏領域でデータ間の差異が大きいことが明らかになるなど、その品質評価が喫緊の課題となり、世界の研究者が共同で成層圏内の様々な物理量・現象についてデータ間の差異とその要因を明らかにするプロジェクトもスタートしている(SPARC Reanalysis Intercomparison Project: S-RIP)。

この状況のもとで本研究では、成層圏気象現象の中でも上下大気結合や気候トレンド推定の観点で注目される日変動成分(『大気潮汐』)に着目し、データ間の差異を精緻化してその要因を特定し、観測・物理過程の両者に裏打ちされた堅牢な描像を得ることを目指すものである。

2. 研究の目的

具体的な研究目的は以下の通りであった：

- 観測(地上・衛星)データ・再解析データの相互比較と差異の定量化 [目的 1]
- データ間差異の要因の同定 [目的 2]
- 衛星観測および再解析コミュニティへのフィードバック [目的 3]

3. 研究の方法

成層圏領域をターゲットとして、最新の大気再解析データ、および、衛星観測データを用いた解析を行った。データセットの詳細を以下に示す。

データセットの詳細

[再解析データ]

5種類の再解析データ(MERRA-2, MERRA, JRA55, ERA-Interim, CFSR)、および、JRA55の亜種(JRA55C, JRA55AMIP)を用いた(まとめて『JRA55ファミリー』と呼ぶ)。ここでJRA55Cは衛星データを用いず、地上観測および従来の高層観測データのみを同化したもの、JRA55AMIPは観測データを同化していないものであり、JRA55の結果と合わせることで、現象の表現への観測データのインパクトを明らかにすることができる。

[衛星観測データ]

2種類の衛星観測データ(SABER, MLS)を上記の再解析データと比較した。SABERは異なるローカル時刻を測定しており、日周期をカバーする観測を行っている。一方MLSは昼・夜の二回しか観測を行わないが、その差を日周期成分の大きさの指標とみなして解析を行った。

4. 研究成果

(1) 成層圏大気潮汐現象の総合比較

成層圏大気の大気日周期成分(大気潮汐)を(a)太陽同期一日潮汐、(b)太陽同期半日潮汐、(c)太陽非同期潮汐、の三つに分解し、それぞれについてデータ間の相互比較を行った。

その結果、(a)についてはSABER衛星観測とその他(再解析・MLS衛星)で上部成層圏に有意な差が見られることが分かった(図1a, b)。さらにこれは特定の固有モード(捕捉モード)にのみ顕著に現れる。原因としては、(i)これまで観測値として信頼されてきた衛星観測自身に問題があるか、(ii)再解析データの成層圏オゾン加熱率が過小評価されている、のいずれかが考えられる。一方(b-c)については、データセット間で系統的な差は見られず、再解析間では新しいデータセット(MERRA-2)のパフォーマンスが総じて高いことが分かった。

また、JRA-55ファミリーの比較解析により、衛星データの同化が上空30kmより上空(中部・上部成層圏)の大気潮汐の再現には重要であることも初めて明らかにした。

さらに、再解析データの品質の長期変化(1980年-2010年)についても調べたところ、精度の高い衛星観測が始まる以前(2000年以前)のデータは大気モデルへの依存度が強く(つまり、同化される観測データへの依存度が小さく)再解析データ間のバラつきが相対的に大きくなっていることが明らかになった。

上記の結果は国際会議で発表を行い、国際ジャーナル論文としても公表した(Sakazaki, Fujiwara, and Shiotani, 2018, *Atmospheric Chemistry and Physics*)。さらに、S-RIP プロジェクトの最終レポート(Chapter 11, Upper stratosphere and lower mesosphere)の執筆にも貢献した。

(2) 地上気圧大気潮汐の季節変化の要因

大気潮汐成分のうち半日周期成分は、その半分以上が成層圏で励起され地上に伝播する。

半日周期潮汐の地上気圧シグナルを調べたところ、その季節変化の再現(特に位相)に再解析間で大きな差があることが分かった。その原因を調べたところ、視太陽時(Apparent solar time)の季節変化(つまり、太陽の南中時刻の季節変化)の影響が大きいことを初めて明らかにし、かつその取り扱いに再解析間で差があることを示唆する結果を得た。

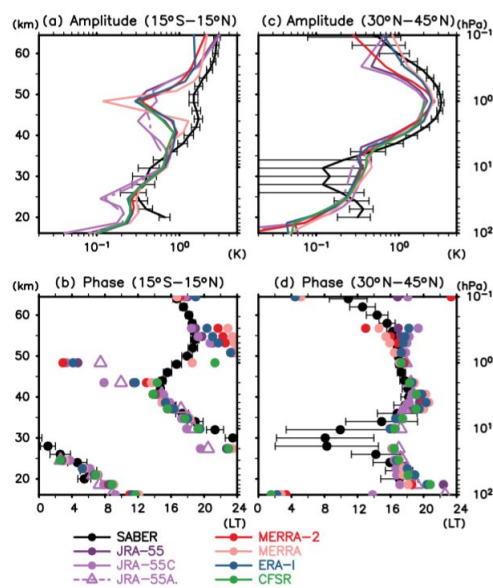


図 1: 太陽同期・一日周期成分(気温)の振幅(a, c)と位相(b, d)の鉛直プロファイル。(a-b)は熱帯、(c-d)は中緯度の結果。黒は衛星観測データ(SABER)、その他の色は各種大気再解析データの結果。JRA55(濃紫)については、JRA55-C(薄紫:衛星観測の同化なし) JRA55-AMIP(薄紫:同化なし)の結果も示す。Sakazaki et al. (2018, ACP)より。

本結果は国際ジャーナル論文として公表した(Hamilton and Sakazaki, 2017, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*)。

(3) 近代観測以前の成層圏準二年周期変動現象(QBO)

下部成層圏に伴う東西風の準二年周期変動(QBO)の位相を、過去の火山噴火後の"特異な"夕焼けの観測記録から推定する研究に参画した。この際、1991年ピナツポ山噴火の際の再解析データを用いて、夕焼けの記録から推定した東西風速が妥当であることを検証することができた。この検証に基づき、近代気象観測以前のQBOの位相を、1883年(Mt. Krakatau), 1901年(St. Vincent & Mt. Pelee)の火山噴火の際の夕焼け観測に基づいて推定した。

本結果は、国際ジャーナル論文として公表(Hamilton and Sakazaki, 2018, *Weather*)するとともに、国内の歴史学-地球惑星科学連携ワークショップにて発表している。

以上まとめると、本研究では成層圏領域の日周期変動(およびそれらが地上データに及ぼす影響)を対象に、複数の観測・再解析データを用いた網羅的な比較を行い[目的 1]、その差異要因(各種観測データ同化のインパクトや、時刻の取り扱い等)を明らかにすることができた[目的 2]。同時に、これらの結果はS-RIP最終報告書でも引用されるなど、研究コミュニティにも貢献してきている[目的 3]。さらに、ここで得た知見を活かして、日周期を主ターゲットとする衛星観測の立案にも参画している[目的 3]。このように、当初の研究目的をおよそ達成できたといえる。

また、古記録を現代の視点からひも解くことで、近代観測以前の成層圏大気のペールを剥がすという新しい分野融合研究も創始することができた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 3 件)

Hamilton K., and T. Sakazaki, Exploring the "Prehistory" of the equatorial stratosphere with observations following major volcanic eruptions, *Weather*, 73(5), 154-159, 2018.
<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wea.3043>, DOI: 10.1002/wea.3043

Sakazaki T., M. Fujiwara, and M. Shiotani, Representation of solar tides in the stratosphere and lower mesosphere in state-of-the-art reanalyses and in satellite observations, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18 1437-1456, 2018.

<https://www.atmos-chem-phys.net/18/1437/2018/>, DOI: 10.5194/acp-18-1437-2018

Hamilton K., and T. Sakazaki, A Note on Apparent Solar Time and the Seasonal Cycle of Atmospheric Solar Tides, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 143, 2310-2314 2017.

<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/qj.3076>, 10.1002/qj.3076.

〔学会発表〕(計 4 件)

— 坂崎貴俊, "古記録から読み解く過去の台風、大気の流れ", 歴史史料の多分野連携利用, 京都, 2018年8月29日.

— T. Sakazaki, Inter-comparison of atmospheric tides in the stratosphere and the lower mesosphere, JpGU Meeting 2017, Makuhari, May 2017.

— T. Sakazaki, Inter-comparison of atmospheric tides in the stratosphere and the lower mesosphere, SPARC Reanalysis Intercomparison Project (S-RIP) 2016 workshop, Victoria, 20 Oct. 2016.

T. Sakazaki, Diurnal tides in reanalysis data sets, SPARC Reanalysis Intercomparison Project (S-RIP) 2016 workshop, Paris, 12 Oct. 2015.

〔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:

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:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名:

ローマ字氏名:

所属研究機関名:

部局名:

職名:

研究者番号（8桁）:

(2)研究協力者

研究協力者氏名：塩谷雅人

ローマ字氏名：Masato SHIOTANI

研究協力者氏名：藤原正智

ローマ字氏名：Masatomo FUJIWARA

研究協力者氏名：ケビン ハミルトン

ローマ字氏名：Kevin HAMILTON

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。