

令和元年5月16日現在

機関番号：13902

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K05286

研究課題名(和文)成層圏突然昇温・極渦強化の予測可能性と対流圏への影響

研究課題名(英文)Predictability of stratospheric sudden warmings and vortex intensifications, and its influence on the troposphere

研究代表者

田口 正和 (Taguchi, Masakazu)

愛知教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：50397527

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、様々な中長期予報データを用いて、北半球冬季成層圏・対流圏の季節内及び季節予報特性を検証した。特に、気象庁1ヶ月予報データにおける成層圏突然昇温予報を検証し、平均的予測可能性や昇温型による予報誤差の相違(分裂型昇温の予報誤差が大きい)を示した。また、気象庁季節予報データにおいて、有意な季節予報スキルを成層圏でのみ見出した。これらの成層圏予報の良し悪しは、対流圏・下部成層圏での惑星波活動の良し悪しと関連している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

数値天気予報モデルの成層圏表現が改善されるにつれて、成層圏極渦の予報に関心が寄せられてきた。成層圏突然昇温等の予報の様子は十分には知られていなかったが、本研究は様々な予報データからその基本的特性を明らかにした。また、成層圏の予報の良し悪しは対流圏起源の惑星波活動のそれと強く関連しており、成層圏に対する対流圏影響の重要性を再確認する。今後さらに、成層圏予報とその後の対流圏予報の関連を調査・理解することで、季節予報の改善に資することが期待できる。

研究成果の概要(英文)：This study investigates characteristics of intraseasonal and seasonal forecasts for the Northern extratropical stratosphere and troposphere during winter using various forecast data sets. In particular, we verify forecasts for major stratospheric sudden warmings using one month forecast data of the Japan Meteorological Agency (JMA). It reveals average predictability picture, as well as differences in forecast errors between warming types (larger errors for vortex split type). We also find significant skill of JMA seasonal winter forecasts only for the stratosphere. These forecasts for the stratospheric polar vortex are strongly related to those for planetary wave activity in the lower stratosphere and troposphere.

研究分野：気象学

キーワード：成層圏突然昇温 成層圏極渦強化 北半球環状モード 対流圏・成層圏結合 季節内・季節予報

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

冬季北半球において中長期の時間スケール(1週間~数ヶ月程度)での成層圏・対流圏結合の重要性が広く認識されるにつれて、中長期予報における成層圏影響に関心が寄せられていた。成層圏影響は、端的には成層圏突然昇温(SSW、成層圏極渦の劇的変形・崩壊現象)や極渦強化(VI、極渦が平均より強くなる現象)の際に重要となると考えられるが、それらの予報特性自体十分には解明されていなかった。

2. 研究の目的

本研究は、全球大気データと様々な中長期予報データを用いて、以下の点を明らかにすることを主目的とした:

- (1) SSWとVIの季節内予報(1~2週間程度の予報)特性と、その特性を決める機構
- (2) 冬季成層圏の北半球環状モード(NAM、極渦強度を表す)の季節予報(数ヶ月程度の予報)特性と、その特性を決める機構
- (3) 成層圏・対流圏NAMの冬季季節予報の関連

3. 研究の方法

本研究は、『研究の目的』に前述した観点に着目して、現実大気を表現する全球大気再解析データ(気象庁JRA-55長期再解析データ)と比較して、様々な季節内及び季節予報データを検証した。

- (1) JRA-55データを用いて現実に発現したSSW・VIを特定した上で、それらの予報特性を気象庁1ヶ月アンサンブル予報データ(現業予報データ・事後予報実験データ)及び季節内から季節予報プロジェクト(S2S)予報データを用いて調査した。予報可能期間や予報誤差について、平均的描像と事例間分散・SSWとVIの非対称性を検討した。
- (2) 気象庁季節予報データ(事後予報実験データ)を用いて、北半球冬季成層圏・対流圏NAMの季節予報を検証した。
- (3) 成層圏予報の特性(良し悪し)を、対流圏起源の惑星波活動の予報に関連づけた。

4. 研究成果

(1) まず、季節内予報に関して、気象庁1ヶ月アンサンブル予報データを検証し、SSW・VI予報の基本特性を明らかにした:

2001/02年~2012/13年の北半球冬季(12~2月)に発現した9つのSSWを平均すると、5日(10日)のアンサンブル予報では、70%(30%)のメンバーがSSWの発現を適切に(発現日の誤差が3日以内で)予報する。

2週間程度のリードタイムでSSWを予報する際の誤差は、同程度の大きさの偏差を持つVIを予報する際の誤差よりも大きい。

2週間程度のリードタイムで極渦分裂型SSWを予報する際の誤差は、極渦変位型SSWを予報する際の誤差よりも大きい。

これらの成層圏予報の特性(良し悪し)は、対流圏・下部成層圏の惑星波活動予報の良し悪しと強く関連している。すなわち、現実に成層圏極渦が弱化する際には、惑星波活動の強化が過小に予報されている傾向がある。惑星波活動強化の過小予報の程度が大きいほど、成層圏極渦弱体化が過小に予報され、その結果、予報誤差が大きい。特に、極渦分裂型SSWの予報が困難であることには、東西波数2の偏差成分(南北風の偏差と気温の偏差の積)が寄与している。

(2) さらに、S2S多数モデルを用いてSSW予報の事例解析(対象のSSWは5つ)を実施し、予報がリードタイム・モデル・SSW事例によって異なることを示した。リードタイム・モデルによる相違は、極渦の弱体化・変形の不足に現れ、さらにそれらは、対流圏・下部成層圏における惑星波活動の過小表現に関連している。特に、SSW事例による相違として、の結果が多数モデルでも成り立つことを示した。

(3) 季節予報に関して、気象庁季節予報データにより、北半球冬季成層圏・対流圏NAMの季節予報を概観した。冬季平均のNAM指数のアンサンブル平均予報や確率予報を見ると、有意な予報スキルが成層圏でのみ見られ、かつそのスキルが赤道域準二年周期振動の位相によって変化していることが分かった。具体的には、東風位相時の予報スキルが高く、西風位相時にはスキルが低い。前者の場合には普通より惑星波が強く、極渦が弱い状態がよく予報されていた一方、後者の場合には極渦が強い状態が見逃されていた。一方、先行研究とは対照的に、本データにおける成層圏予報スキルは、エルニーニョ・南方振動に伴ってあまり変化しない。本データにおいては、季節スケールでの、SSW発現の予報も有意であることが示唆された。これも、先行研究とは異なっている。

(4) 成層圏NAM予報と対流圏NAM予報の関連について、(3)の気象庁季節予報データを用いて調査した。両者は、全体としては、弱いながらも連動する傾向にある。すなわち、成層圏NAMの予報が良いときは対流圏NAMの予報も良い。同様の関係は、予報が悪い場合にも成り立つ。こ

ここでは、因果関係に踏み込んでいないが、もし成層圏 NAM 予報が大きく外れる場合を改善できれば、その時の対流圏 NAM 予報も改善できる可能性が示唆される。一方、成層圏 NAM 予報の誤差が小さいにもかかわらず、対流圏 NAM 予報の誤差だけが大きい場合もあり、そのような場合には、成層圏とはあまり関係なく、対流圏の内部変動や地表（海洋・雪氷を含む）のプロセス自体が重要と考えられる。

(5) 本研究は、様々な予報データの検証に JRA-55 再解析データが現実大気を表すとみなして利用した。JRA-55 データは、その標準プロダクト(STDD)に加えて、2つの派生プロダクト(CONV: 衛星観測データだけを同化しないもの、及び、AMIP: 観測データを一切同化せず、大気モデルをフリーに走らせたもの)を持っており、ここでは、それらを比較して、JRA-55 データの特性を検討した。その結果、CONV は、中高緯度成層圏の気候状態の多くの点では、STDD と似ているが、SSW を過小表現する傾向にあることが分かった。その結果、いくつかの SSW の発現（東西風の逆転）が表現されない。また、他のいくつかの SSW の発現が数日遅く表現されている。一方、AMIP は、STDD と比べて、極渦がかなり強く、SSW の頻度がずっと少ないという特徴がある。成層圏の力学的変動を駆動する対流圏の惑星波活動は、3つのプロダクトの間で、大差なかった。これらの結果は、JRA-55 で使用されている大気モデルには、成層圏極渦を強く低温に表現するバイアスがあり、それを観測データの同化によって修正しているものと示唆される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

Taguchi, M., 2018, Comparison of subseasonal-to-seasonal model forecasts for major stratospheric sudden warmings, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 123, 10231-10247, DOI:10.1029/2018JD028755, 査読有.

Taguchi, M., 2018, Seasonal winter forecasts of the Northern stratosphere and troposphere: Results from JMA seasonal hindcast experiments, *J. Atmos. Sci.*, 75, 827-840, DOI:10.1175/JAS-D-17-0276.1, 査読有.

Taguchi, M., 2017, Comparison of large-scale dynamical variability in the extratropical stratosphere among the JRA-55 family data sets: Impacts of assimilation of observational data in JRA-55 reanalysis data, *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 11193-11207, DOI:10.5194/acp-17-11193-2017, 査読有.

Taguchi, M., 2016, Features of vortex split MSSWs that are problematic to forecast, *Atmos. Sci. Lett.*, 17, 517-522, DOI:10.1002/asl.686, 査読有.

Taguchi, M., 2016, Predictability of major stratospheric sudden warmings: Analysis results from JMA operational 1-month ensemble predictions from 2001/02 to 2012/13, *J. Atmos. Sci.*, 73, 789-806, DOI:10.1175/JAS-D-15-0201.1, 査読有.

Taguchi, M., 2016, Connection of predictability of major stratospheric sudden warmings to polar vortex geometry, *Atmos. Sci. Lett.*, 17, 33-38, DOI:10.1002/asl.595, 査読有.

Taguchi, M., 2015, On the asymmetry of forecast errors in the Northern winter stratosphere between vortex weakening and strengthening conditions, *J. Meteor. Soc. Japan*, 93, 443-457, DOI:10.2151/jmsj.2015-029, 査読有.

〔学会発表〕(計10件)

Taguchi, M., 2018, Seasonal winter forecasts of the Northern stratosphere and troposphere: Results from JMA seasonal hindcast experiments, SPARC General Assembly 2018.

Taguchi, M., 2018, Seasonal winter forecasts of the Northern stratosphere and troposphere: Results from JMA seasonal hindcast experiments, 15th Annual Meeting, Asia Oceania Geosciences Society.

Taguchi, M., 2017, Seasonal winter forecasts of the Northern stratosphere and troposphere: Results from JMA seasonal hindcast experiments, Joint SPARC Dynamics & Observations Workshop-QBOi, FISAPS & SATIO-TCS.

Taguchi, M., 2017, Seasonal winter forecasts of the Northern stratosphere and troposphere: Results from JMA seasonal hindcast experiments, AMS 19th Conference on Middle Atmosphere.

Taguchi, M., 2017, Seasonal winter forecasts of the Northern stratosphere and troposphere: Results from JMA seasonal hindcast experiments, JpGU-AGU Joint Meeting.

田口正和, 2016, 気象庁季節予報ハインドキャスト実験における北半球冬季成層圏予報と対流圏への影響, 長期予報と大気大循環研究会.

Taguchi, M., 2016, Variability and predictability of the polar vortex in the Northern winter stratosphere, SPARC DynVar & S-RIP Workshop.

田口正和, 2016, JRA-55 ファミリーデータにおける中高緯度成層圏の大規模力学変動の比較, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会.

Taguchi, M., 2015, Connection of predictability of major stratospheric sudden warmings to polar vortex geometry, Asian Conference on Meteorology.

田口正和, 向川均, 廣岡俊彦, 野口峻佑, 余田成男, 2015, 成層圏大規模突然昇温の予測可能性: 2001/02 ~ 2012/13 年の気象庁現業 1 ヶ月アンサンブル予報データの解析結果, 日本気象学会 2015 年度春季大会.

〔その他〕

ホームページ・愛知教育大学・研究者総覧：
<https://souran.aichi-edu.ac.jp/profile/ja.85c7a39ccb5c8e70b07031094a0c261d.html>.

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。