

平成 28 年 6 月 19 日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25800267

研究課題名(和文)ブロッキングに先行するストームトラック変動の解明：メカニズムと予測可能性

研究課題名(英文)Storm-track variability prior to blocking: Mechanism and predictability

研究代表者

山崎 哲 (YAMAZAKI, Akira)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ・研究員

研究者番号：20633887

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：中緯度偏西風の大蛇行現象であるブロッキングについて、ブロッキングの持続性・予測可能性変動が上流のストームトラック(移動性擾乱の活発域)とどのような関係があるかについて、データ分析と天気予報実験を通じて調査を行った。事例解析の結果、ブロッキングの持続はストームトラックとの相互作用によって支えられていること、ブロッキングの予測精度が下がるときにこの相互作用が一時的に弱くなることがわかった。

ここでのデータ分析や予報実験のための大気再解析データや大循環モデルを用いて、中・高緯度での予報初期値の誤差がどのように伝播するのかを調べた。予報初期値の誤差は偏西風に乗って対流圏上部を伝播することがわかった。

研究成果の概要(英文)：We investigated the relationships between the maintenance and predictability variations of blocking characterized by a pronounced meandering of the midlatitude westerly jet stream and an upstream storm track which is a frequent region of travelling highs and lows, via both diagnostic study of reanalysis data and weather forecast experiments. Through case study, we found that the maintenance of blocking is supported by the interaction with the storm track and predictability variation of the block maintenance is related to strength (efficiency) of the interaction.

We also investigated how error in the initial values for weather-forecast experiments existing at an extratropical region propagates by using the reanalysis data and a weather forecast model same as the above study. Results showed that the error propagate eastward from initial positions via the westerly jet stream in the upper troposphere.

研究分野：気象力学

キーワード：ブロッキング ストームトラック アンサンブル予報 予測可能性変動

1. 研究開始当初の背景

(1) 大気ブロッキングは、中緯度の偏西風が数週間という長い時間蛇行し続ける現象である。異常気象と密接に関係し、さらに予報が難しい現象であることが先行研究で示されている。しかしその一方で、その成因(メカニズム)についてわかっていない点が多い。

(2) 研究代表者らは、ブロッキングのメカニズムの中でもその持続性に注目し、持続には、ブロッキングの上流(西側)に存在する移動性高低気圧の活動域、すなわちストームトラックが重要で、ブロッキングとストームトラックとの相互作用によって持続するメカニズムを提唱している(Yamazaki and Itoh 2013)。このメカニズムから、ブロッキングの持続期間や予測にはストームトラックとの相互作用の強さや、ストームトラック自体の強さの変動に関係があるのではと考えた。これによって、ブロッキングの成因や予報の難しさの要因について新たな知見が得られる可能性がある。

2. 研究の目的

研究代表者らの先行研究(Yamazaki and Itoh 2013)では、ブロッキングとストームトラックがどのように相互作用するか、そしてその相互作用がブロッキング持続に本質的であることを明らかにした。しかし、ストームトラックそのものも強さが変動し、かつ相互作用の強さ(効率)も変動している可能性があり、それがブロッキング持続に与える影響については未知である。ブロッキングの持続期間は事例によって異なり、その要因についてはよくわかっていない。

また最近、ブロッキングの事例解析(2010年夏にロシア付近で発生したブロッキング)において、その持続期間中にブロッキングの予測可能性(予報が可能なリードタイムの長さ)が変動していることが示された(Matsueda 2011)。そこで本研究では、ブロッキングの持続や予測可能性の変動とストームトラック自体の変動との関係に注目して、その間に存在するメカニズムを明らかにする。

3. 研究の方法

Yamazaki and Itoh (2013)で提唱したブロッキング持続メカニズムである「選択的吸収メカニズム」を援用して、ストームトラックの変動がブロッキングの持続や予測可能性変動に与える影響を調査した。ここでは、予測可能性変動の存在が示された Matsueda (2011)と同じ 2010 年夏のロシアブロッキングについての事例解析を主題として、並行していくつかの事例解析を行った。

選択的吸収メカニズムの本質は、ブロッキ

ングがストームトラックからの移動性高気圧を吸収することで、散逸に抗するブロッキング自身の持続性を強化することである。そこで、ブロッキングの持続期間中に移動性高気圧をどのくらい吸収したかを定量化する。これが相互作用の強さを表す。その吸収の割合(吸収率)とブロッキングの持続性との関係を調査した。同時に、ストームトラックの振幅そのものとの関係についても調べた。次に、持続期間中に複数回の予報実験を行って、予測精度の時間変動を調べることでブロッキングの予測可能性変動を定量化した。

この研究において、現実のブロッキングの様子を、大気全球アンサンブル再解析データ ALERA2 (AFES-LETKF experimental Ensemble ReAnalysis version 2)を使って分析した。ALERA2 は課題代表者が中心となって開発・作成を行っている。さらに、この再解析データを初期値として、大気大循環モデル AFES (Atmospheric General Circulation model for Earth Simulator)を使ってブロッキングの(天気)予報実験も行い、予測可能性についての調査を行った。アンサンブル再解析データと予報のための大気大循環モデルを両方有する研究機関は世界でも稀である。再解析データは 2008 年から 2010 年の夏を含んで 2015 年 12 月まで期間を延長してきた。この期間中のブロッキング事例について調査を行った。

4. 研究成果

(1) 2010 年夏のロシアブロッキングについて詳細な調査を行った。このブロッキングは、6 月から 8 月の初旬にかけて持続したが、ここでは 7 月から 8 月初旬までの持続期間に注目した。まず、ブロッキングによる移動性高気圧の吸収率を調べた。そのために再解析データを用いて後方流跡線解析を行った。ブロッキングに仮定の粒子を配置し、そこから再解析データの風場で 6 日前まで粒子を逆戻りさせることで、ブロッキングに吸収された粒子の起源を調べた。粒子のうち上流のストームトラックを通過した粒子の割合を吸収率とすることで、ブロッキングとストームトラックの相互作用の強さを定量化した。ロシアブロッキングの持続期間中毎日、ブロッキングに粒子を置き、毎日の吸収率の変動を調査した。その結果、ブロッキング持続中には 9 割程度の吸収率が見られ、ブロッキングの衰退時には吸収率が 5 割程度にまで減少している様子が見られた。つまり、選択的吸収メカニズムでブロッキングの持続期間が規定されていることが示された。

さらに、ブロッキングの持続に対するストームトラックの寄与と、予測可能性変動を調査するため、再解析データからの予報実験を行った。予報実験には、再解析データの作成に用いた予報モデル AFES を用いた。再解析データを初期値として、後方流跡線解析と同

様に毎日初期値を変えて7日間の予報実験を行った。まず、ブロッキング持続に対するストームトラックの寄与を見積もるために、ストームトラック域での移動性擾乱を取り除き、ストームトラックを弱める実験を行った。再解析からの予報実験（標準実験）と、ストームトラックを弱める予報実験を比較したところ、ストームトラックを弱めることで、ブロッキングが持続できなくなることがわかった。次に、予測可能性変動を調査するため標準実験において予報開始7日後のブロッキング予測の誤差の時系列をプロットした。すると、ブロッキング持続期間中の7月25日前後の数日間にブロッキングの予測誤差が大きくなる（予測可能性が短くなる）結果が得られた。この変動はMatsueda (2011)でも指摘されており、その原因については未だによくわかっていない。今回、その時期にちょうど移動性高気圧の吸収率が減少していることが発見された。これは、ストームトラックとの相互作用の強さが、ブロッキングの予測可能性の長さ（予測精度の高さ）に関係していることを示唆している。

現在、この研究結果をさらに発展させて、いくつかのことをさらに調査している。特に、ブロッキングの予測精度が一時的に下がる期間において、どこの初期値の誤差が原因で予測精度が落ちているのかを、ALERA2のアンサンブルメンバー間での比較を行うことで誤差伝播についての詳細な調査を行っている。これにより、ブロッキングとストームトラック相互作用が変動するメカニズムが明らかになると期待される。

(2)(1)と同様のALERA2と予報モデルを用いて他のブロッキング事例についての調査を行っている。特に、2008年から2012年の北半球冬季ブロッキング数事例について調べた。調査の結果、ブロッキングの発生時にストームトラックの活動が高まっている様子、そして、ブロッキング発生の前後で北半球全体の予測精度が変化の様子が見られた。これらの結果については有意なシグナルを同定するのが難しく、複数事例での調査が必要であると判断したため、現在、ALERA2のデータ期間を延長することでより複数事例での調査を目指している。

(3) 予報実験において、予報初期値の誤差が予報時にどのように伝播するのかについての基礎的な調査を行った。これは、(1)での研究を通じて、ストームトラックからの予報誤差がブロッキングに伝播していくメカニズムが研究当初の予想と大きく異なっていたため、より基礎的な調査が必要であると考えたためである。

予報初期の誤差の伝播については、Inoue et al. (2013)において、北極域での観測影響の（誤差）伝播についてALERA2を使った調査がなされたので、それと類似の手法で誤

差伝播を調査した。具体的には、ALERA2再解析データを標準再解析とし、この再解析から特定のラジオゾンデ観測だけを取り除いた再解析データ（模擬再解析）を作成してそれらを比較した。標準再解析と模擬再解析それぞれから予報実験を行うことで、観測の有無によるわずかな初期値の誤差が予報においてどのように伝播していくかを明らかにできる。取り除くラジオゾンデデータは北極域で2012年7-8月に行われたドイツの砕氷船による観測で、予報の対象として8月に北極海で発生した北極低気圧を選んだ。この対象はブロッキングと異なるが、この低気圧が対流圏上層の偏西風の蛇行に起因して発生した点でブロッキングに応用できると考えた。

解析の結果、初期値の誤差は、対流圏上層の偏西風帯に沿って、東向きに伝播していくことがわかった。ここから、中・高緯度帯での初期値の予測誤差の伝播は風速の大きな偏西風帯に沿って東へと伝播していくことがわかった。ここでの誤差伝播メカニズムを、(1)での解析に役立てることができた。

また、(1)でストームトラックを弱めるという初期値の改変手法をこの北極低気圧の予報実験にも用いることで、北極低気圧の予報に偏西風の蛇行の再現性が重要であることを裏付けする解析を行うことができた。

(4) ブロッキングと異常気象発生の関係、特に日本での豪雪発生との関係について調査を行った。ブロッキングが異常気象と密接に関係していることは多くの先行研究で指摘されているが、日本で冬季に発生する異常気象との関係についてはこれまで詳細に調べられていなかった。特に異常気象の中でも降雪発生とブロッキングとの関係についてはこれまでほぼ調査がされていなかった。異常気象・顕著現象の中でも、降雪現象は予測（予報）が難しいことが知られている。本研究のテーマであるブロッキングの予測可能性変動を明らかにすることは、それに関係する降雪の早期予測に資すると予想される。そこで、ブロッキングと降雪発生の関係についての詳細なメカニズム調査を行った。

調査の結果、過去に日本の太平洋側の関東甲信地方での豪雪発生にブロッキングがいくらか関係していることがわかった。そこでは、ブロッキングがストームトラックと相互作用することで移動性低気圧の経路を変え、その低気圧が関東甲信地方や北部太平洋側地域に降水や降雪をもたらすというメカニズムが明らかになった。

さらに現在進行中の研究で、ブロッキングと日本海側地域での降雪発生についても関係があることがわかってきた。そのメカニズムは、太平洋側での降雪発生とは異なっていることがわかった。

<引用文献>

Yamazaki, A., and H. Itoh, Vortex-vortex interactions for the maintenance of blocking. Part I: The selective absorption mechanism and a case study, *J. Atmos. Sci.*, 70, 2015, 725-742.

Matsueda, M., Predictability of Euro-Russian blocking in summer of 2010, *Geophys. Res. Lett.*, 38, 2011, L06801, doi:10.1029/2010GL046557.
Inoue, J., T. Enomoto, and M. E. Hori, The impact of radiosonde data over the ice-free Arctic Ocean on the atmospheric circulation in the Northern Hemisphere, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 2013, 864-869.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計8件)

Inoue, J., A. Yamazaki, J. Ono, K. Dethloff, M. Maturilli, R. Neuber, P. Edwards, and H. Yamaguchi, Additional Arctic observations improve weather and sea-ice forecasts for the Northern Sea Route, *Sci. Rep.*, 査読有, 5, 2015, doi: 10.1038/srep16868.

山崎 哲, 渦と渦の相互作用によるブロッキング持続メカニズム, 天気, 査読無, Vol. 62, No. 6, 2015, 491-509.

Yamazaki, A., M. Honda, and A. Kuwano-Yoshida, Heavy snowfall in Kanto and on the Pacific Ocean side of northern Japan associated with western Pacific blocking, *SOLA*, 査読有, 11, 2015, 59-64.

Yamazaki, A., J. Inoue, K. Dethloff, M. Maturilli, and G. König-Langlo, Impact of radiosonde observations on forecasting summertime Arctic cyclone formation, *J. Geophys. Res.*, 査読有, 20, 2015, 3249-3273.

〔学会発表〕(計23件)

Yamazaki, A., H. Itoh, and H. Naoe, A mechanism and predictability study of Euro-Russian blocking in summer of 2010, Workshop on Atmospheric Blocking, 2016年4月7日, レディング(イギリス).

山崎 哲, 本田 明治, 川瀬 宏明, 大気大循環場から見る新潟の里雪と山雪, 雪氷研究大会(2015・松本) 気象水文分科会, 2015年9月15日, 信州大学(長野県松本市).

Yamazaki, A., M. Honda, and A. Kuwano-Yoshida, Unusual winter snowfall in Japan associated with western Pacific blocking, IUGG2015, 2015年7月1日, チェコ(プラハ).

Yamazaki, A., J. Inoue, K. Dethloff, M. Maturilli, and G. König-Langlo, Impact of radiosonde observation on a summertime Arctic cyclone formation forecast, ASSW2015, 2015年4月27日, 富山国際会議場(富山県富山市).

山崎 哲, 渦と渦の相互作用によるブロッキング持続メカニズム, 2013年度気象学会秋季大会(山本・正野論文賞受賞記念公演), 2013年11月20日, 仙台国際センター(宮城県仙台市).

Yamazaki, A., and T. Enomoto, Storm tracks and low-frequency variabilities in AFES-LETKF experimental ensemble reanalysis 2, the 6th WMO International Symposium on Data Assimilation, 2013年10月3日, メリランド(アメリカ).

Yamazaki, A., and H. Itoh, On the maintenance mechanism of Euro-Russian blocking in summer of 2010, DACA-13, 2013年7月10日, ダボス(スイス).

Yamazaki, A., and H. Itoh, Vortex-vortex interactions for the maintenance of blocking: the selective absorption mechanism, DACA-13, 2013年7月9日, ダボス(スイス).

〔その他〕

ALERA2 データセット公開(更新), <http://www.jamstec.go.jp/esc/research/oreda/products/alera2.html>.

プレスリリース「北極域の観測で猛烈な北極低気圧を予測 北極海航路上の安全航行に向けた予報精度の向上」(2015年4月27日付): http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20150427/.

APL コラム執筆「ブロッキング現象: 巨大で静かな「嵐」」: http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20150427/.

研究成果データベース: http://www.jamstec.go.jp/souran/html/Akira_Yamazaki003338-j.html.

6 . 研究組織

(1)研究代表者

山崎 哲 (YAMAZAKI, Akira)
国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプ
リケーションラボ・研究員
研究者番号：25800267

(2)研究協力者

猪上 淳 (INOUE, Jun)
伊藤 久徳 (ITOH, Hisanori)
直江 寛明 (NAOE, Hiroaki)
本田 明治 (HONDA, Meiji)