

ブロッキング現象周辺におけるアンサンブルスプレッドの振る舞い  
Behavior of Ensemble Spread Around Blocking Phenomena

○野村 鈴音・榎本 剛  
○Suzune NOMURA, Takeshi ENOMOTO

We examine the behavior of ensemble spread by focusing on the instantaneous temporal variations of the jet stream to clarify the predictability of blocking phenomena. Interpreting stagnation as a quasi-stationary state allows us to utilize the dynamical properties of the non-stationary minimum point (MP) of temporal variations. Using the Japanese Reanalysis for Three Quarters of a Century (JRA-3Q), we identified quasi-stationary states in the Northern Hemisphere characterized by small temporal variations during the cold wave blocking event from mid-December 2020 to early January 2021. These states are consistent with blocking defined by the reversal of potential vorticity on the dynamical tropopause. In the JMA's Global Ensemble Prediction System (GEPS), ensemble spread tends to increase during quasi-stationary states. This result supports the dynamical theory dictating that a state of minimum temporal variation corresponds to a stationary solution or an MP, whose eigenvalues theoretically include zero and are not entirely negative. These findings suggest that blocking phenomenon reflects instantaneous jet stagnation, and the MP's dynamical properties characterize ensemble behavior during blocking. (169 words)

### 1. はじめに

ブロッキング現象は、偏西風が南北に大きく蛇行することで異常気象をもたらす現象である。高気圧性の偏差が停滞することで、移動性の高・低気圧の進行を妨げることから、ブロッキング現象は、ジオポテンシャル高度や力学的圈界面上での渦位の逆転と維持から定義されることがある[1, 2]。ブロッキング現象の指標はさまざまに提案されているが、それらは常に整合的な結果をもたらすとは限らない[3]。そのため、ブロッキング現象の予測可能性を考察することは困難である。

そこで本研究では、ブロッキング現象の特徴である停滞性に着目することで、予測可能性を考察する。特に、ジェット気流が緯度円を一周するように流れていることに着目して、ジェット気流全体の振る舞いから考察した。本研究では、再解析データや予報データを用いた解析により、現実大気におけるブロッキングの予測可能性を明らかにする。

### 2. データ解析手法と使用データ

ジェット気流の停滞性の指標[4]は、北半球（北緯20度から90度まで）における200, 500, 800 hPa面での渦位の時間変化の二乗平均平方根とする。これは、以下のように表せる。

$$|\dot{x}| = \sqrt{\sum_i^v (\dot{x}_i)^2} \quad (1)$$

ただし、

$$\dot{x}_i = \frac{dx_i}{dt} = f_i(x_1, x_2, \dots, x_v), \quad i = 1, 2, \dots, v$$

である。(1)は、ジェット気流の状態の瞬間的な変化の大きさを示し、これがある閾値より小さい場合と大きい場合をそれぞれ準定常状態、非準定常状態とする。次に、アンサンブル予報データを用いて、準定常状態におけるスプレッド（アンサンブルメンバーの標準偏差）の振る舞いから、ブロッキング現象の予測可能性を考察する。

再解析データは、気象庁第3次長期再解析（JRA3-Q）を使用した。アンサンブル予報データは、気象庁の全球アンサンブル予報システム（GEPS）の予報データを使用した。

### 3. 結果

解析対象は、2020年12月中旬から翌年1月上旬に発生した寒波事例とした。停滞性の指標(1)がガンマ分布に従っていたことから、準定常状態と非準定常状態をそれぞれ下位、上位5パーセントタイルで定義した。これは、[1]のブロッキング指標と整合した（Fig. 1）。しかし、[1]の指標がブ

ロッキングと判定した 12/22 付近は、整合的でない。これは、渦位の逆転は維持されていてもジェット気流自体が活発であったためであると推測される (Fig. 2)。

北半球で領域平均した 500hPa 面ジオポテンシャル高度のスプレッドは、停滞性の指標(1)との間に弱い相関を持つ。この相関は、予報時刻が長くなるほど、弱まる。しかし、準定常状態のみで相関解析を行うと、予報時刻が長くなるほど正の相関から負の相関へ移り変わる。これは、停滞性の指標(1)が小さいほど、予報時刻とともにスプレッドが増大することを示している。

#### 4. 議論

本研究では、ブロッキング現象をジェット気流全体の瞬間的な停滞性から考察した。ブロッキング現象の周辺でスプレッドが増大する報告はあるが[5]、その力学的な解釈は不十分である。本研究の結果は、スプレッドの増大を準定常状態の力学的特性から説明できる可能性を示唆している。

#### 謝辞

本研究は、JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム JPMJSP2110 の支援、JSPS 科研費 JP24H02226 の助成を受けた。

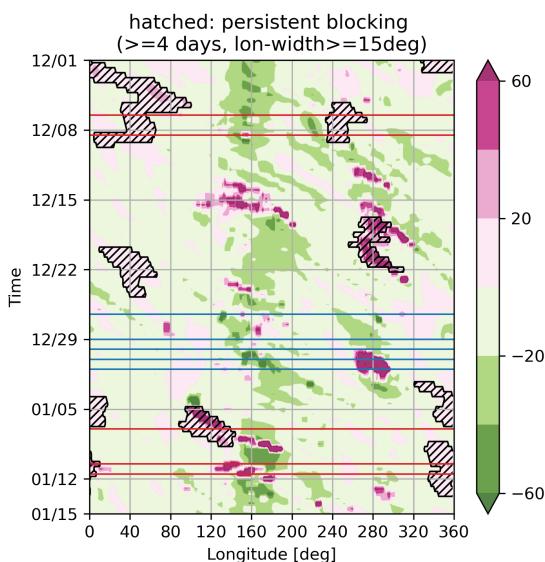


Fig. 1 The shade refers to the reversal of potential vorticity on the dynamic tropopause, and the slanted line regions correspond to the blocking defined by [1]. The red and blue lines are quasi-stationary states and non-quasi stationary states, respectively.

#### 参考文献

- [1] Pelly, J. L., and B. J. Hoskins, 2003: A New Perspective on Blocking. *J. Atmos. Sci.*, **60**, 743–755.
- [2] Scherrer, S. C., M. Croci-Maspoli, C. Schwierz, and C. Appenzeller, 2006: Two-dimensional indices of atmospheric blocking and their statistical relationship with winter climate patterns in the Euro-Atlantic region. *Int. J. Climatol.*, **26**, 233–249.
- [3] Pinheiro, M. C., P. A. Ullrich, and R. Grotjahn, 2019: Atmospheric blocking and intercomparison of objective detection methods: flow field characteristics. *Clim. Dyn.*, **53**, 4189–4216.
- [4] Mukougawa, H., 1988: A Dynamical Model of “Quasi-stationary” States in Large-Scale Atmospheric Motions. *J. Atmos. Sci.*, **45**, 2868–2888.
- [5] 竹村和人, 向川均, 2010: アンサンブル予報データを用いたブロッキング形成期の予測可能性に関する解析. 京都大学防災研究所年報 B, **53**, 321–328.

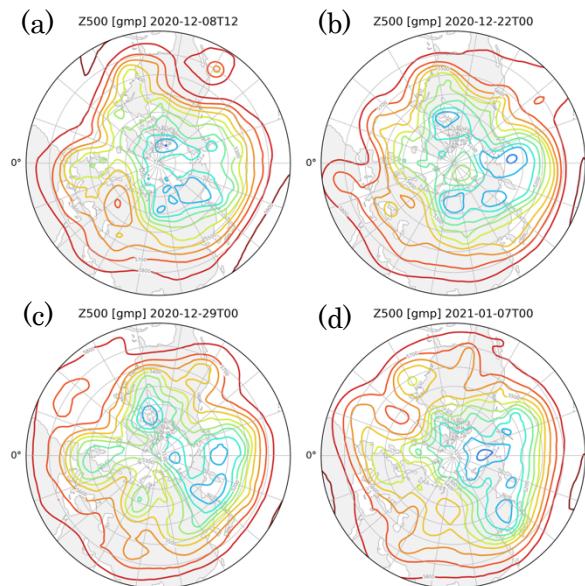


Fig. 2 Polar stereo plots of 500 hPa geopotential height. (a, d) Quasi-stationary states, (b) neutral but a blocking event under definition [1], (c) non-quasi-stationary states.