

プラネタリー波群速度を用いた成層圏突然昇温の励起源に関する解析
 Analysis on the Forcing Region of Sudden Stratospheric Warmings by Using Group Velocity of
 Planetary Wave Packets

○上田学・向川均・小寺邦彦・野口峻佑

○Manabu UEDA, Hitoshi MUKOUGAWA, Kunihiro KODERA, Shunsuke NOGUCHI

A analysis method to detect emanation regions and the associated emanation period of planetary wave (PW) packets inducing the sudden stratospheric warmings (SSW) is developed. The method traces a 3D wave ray of a PW packet based on its group velocity computed from the 3D wave activity flux for stationary PWs defined by Plumb. By applying the method to a SSW event occurred in December 2001, we detect two key circulation anomalies near the tropopause, from which PW packets propagate efficiently into the stratosphere and subsequently cause the SSW: one is a blocking in the North Atlantic, the other is a cyclonic anomaly residing in East Asia and the North Pacific. The important role of the latter anomaly for the occurrence of the SSW is firstly recognized in our study.

冬季成層圏で発生する成層圏突然昇温（Sudden Stratospheric Warming; SSW）の基本的メカニズムは、対流圏から上方伝播する大振幅の惑星規模波と成層圏での帯状平均風との相互作用によって説明できることは既に知られている。しかし、大振幅惑星規模波の対流圏における励起源に関しては依然として不明な点が多い。例えば、SSWの事例解析に基づきいくつかの研究では対流圏ブロッキングがその励起源となる可能性を指摘しているが（e.g. Quiroz, 1986）、SSW 発生直前に顕著なブロッキングが対流圏に存在するという関係は統計的には有意ではない（Taguchi, 2008）。そのため、ブロッキング以外の対流圏循環偏差も惑星規模波の増幅に寄与している可能性もある。

そこで、本研究では、再解析データを用いて算出される惑星規模波束の群速度から惑星規模波の 3 次元伝播経路を求める解析手法を開発し、SSW を引き起こした惑星規模波束の対流圏における励起源の地理的位置と、その形成時期を特定することを試みる。そのために、Plumb (1985) を参考に、Plumb が定義した定在ロスビー波の 3 次

元波活動度フラックスから、定在ロスビー波の局所群速度ベクトルを求める計算手法を定式化した。なお、このように定式化した定在ロスビー波の 3 次元群速度ベクトルと波活動度フラックスとの関係は、よく知られた 2 次元群速度ベクトルと E-P flux との関係を包含していることも確認した。次に、この計算手法を JRA-55 再解析データに適用して得られる惑星規模波束の群速度ベクトルを用いて ray tracing（光路追跡）することにより、惑星規模波束の 3 次元伝播経路を算出する解析手法を開発した。

まず、北半球冬季気候場について惑星規模波束の 3 次元群速度を算出し、得られた群速度の大きさが対流圏や成層圏の西風ジェット付近で極大となることや、群速度水平成分の最大値は 25 m/s 程度、鉛直成分の最大値は 9 km/day 程度となることを示した。また、算出した群速度の大きさは、単純化した基本場についてロスビー波の分散関係式から求められる値と比較して、妥当な値であることも確認した。

次に、開発した解析手法を用いて惑星規模波束

の伝播経路を算出し、成層圏まで上方伝播しうる対流圏界面付近における惑星規模波束の射出領域は、東ユーラシア・北西太平洋域と北西ユーラシア域の2か所であることを明らかにした。なお、前者の領域に対応する対流圏界面付近の低気圧偏差が、成層圏のアリューシャン高気圧の励起源となっていることも明らかとなった。

さらに、2001年12月のSSW事例に本研究で開発した解析手法を適用し、このSSWを引き起こしたのは、SSWに伴う成層圏極域の昇温期間直前に、対流圏界面付近における北大西洋域のブロッキングと東ユーラシア・北太平洋域の低気圧性偏差の2か所を射出源として、成層圏へ上方伝播した惑星規模波束であることを突き止めることに成功した。なお、前者のブロッキングとSSWとの関連性はMukougawa et al. (2005, 2007)でも指摘されているが、後者の励起源の重要性を指摘したのは本研究が初めてである。

Taguchi, M. (2008): Is there a statistical connection between stratospheric sudden warming and tropospheric blocking events?, *Journal of the Atmospheric Sciences*, **65** (4), 1442-1454.

参考文献

Mukougawa, H., T. Hirooka, T. Ichimaru, and Y.

Kuroda (2007): Hindcast agcm experiments on the predictability of stratospheric sudden warming., *Nonlinear Dynamics in Geosciences*, Springer, 221-233.

Mukougawa, H., H. Sakai, and T. Hirooka (2005):

High sensitivity to the initial condition for the prediction of stratospheric sudden warming., *Geophysical research letters*, 32 (17).

Plumb, R. A. (1985): On the three-dimensional

propagation of stationary waves., *Journal of the atmospheric sciences*, **42** (3), 217-229.

Quiroz, R. S. (1986): The association of stratospheric

warmings with tropospheric blocking., *Journal of Geophysical Research*, **91** (D4), 5277-5285.