Japan Society of Fluid Mechanics

日本流体力学会年会2004講演論文集
A 314

# 盛夏期におけるオホーツク海高気圧の出現に関連する内部力学過程

# Internal dynamics related to the appearance of the Okhotsk high in midsummer

○佐藤尚毅 (地球観測フロンティア), 高橋正明 (東大気候システム)

Naoki SATO* and Masaaki TAKAHASHI**

*Frontier Observational Research System for Global Change, Kanagawa 237-0061, Japan
**Center for Climate System Research, University of Tokyo, Tokyo 153-8904, Japan

The formation mechanism of anticyclonic anomaly near the troposphere over Siberia related to the appearance of the Okhotsk High was examined. The present study revealed that barotropic kinetic energy conversion from the basic field to the anomaly field occurs, associated with the anomaly pattern. Then, the anticyclonic anomaly was detected as a statistic solution of steady response problem of a linear barotropic model. These results mean that the anticyclonic anomaly over Siberia is an anomaly pattern likely to appear corresponding to the structure of the basic field.

## 1. 緒論

盛夏期に出現するオホーツク海高気圧によって、北日本にしばしば顕著な冷夏がもたらされる。このため以前からオホーツク海高気圧が日本の天候に与える影響については多くの研究がなされてきた。しかし、今なお、長期予報における盛夏期の天候の予測には十分な精度があるとはいえず、また、将来の気候変動によるオホーツク海高気圧を含む盛夏期の東アジア域の気候の変動について十分に信頼できる予測ができているとはいいがたいのが現状である。近年では力学的な観点からの研究により、盛夏期のオホーツク海高気圧の形成には、シベリア上の上部対流圏における高気圧性偏差が本質的な役割を果たしていることが分かってきた。本研究では、30 日平均場におけるシベリア上の高気圧性偏差を線形順圧モデルにおける定常応答問題の解のひとつとして抽出し、北半球全域に無作為に置かれた渦度強制によって励起されて基本場からエネルギーを受けとることによって自分自身を維持する作用を持つ偏差パターンとして議論する。

## 2. 偏差パターンの検出

ここでは、各年の盛夏期におけるオホーツク海高気圧の平均的な強弱に対応した気圧偏差パターンの抽出を行う。オホーツク海高気圧は地表付近で見られる背の低い寒冷高気圧であるが、前節で指摘した通り、オホーツク海高気圧の形成には上部対流圏における気圧偏差が本質的に重要であることが分かっており、本研究でも上層での偏差パターンに注目する。解析期間は 1979 ～ 1995 年の盛夏期 (7 月 20 日～ 8 月 18 日) とし、NCEP/NCAR による再解析データの海面気圧と 300 hPa 面高度を用いる。30 日間で平均した場を解析の対象とする。オホーツク海周辺 (北緯 30 ～ 90 °, 東経 90 °～西経 150 °) の 300 hPa 面高度偏差について主成分解析を行い、オホーツク海高気圧の指標化を試みた。第 1 主成分に対する海面気圧と 300 hPa 面高度の回帰を計算したところ、それぞれ、オホーツク海付近における高気圧偏差とシベリア上空での高気圧偏差が見られ (Figs. 1、2)、本研究において対象としているオホーツク海高気圧とよく対応していることが確かめられた。以下の解析ではこの第 1 主成分をオホーツク海高気圧の指標として用いる。

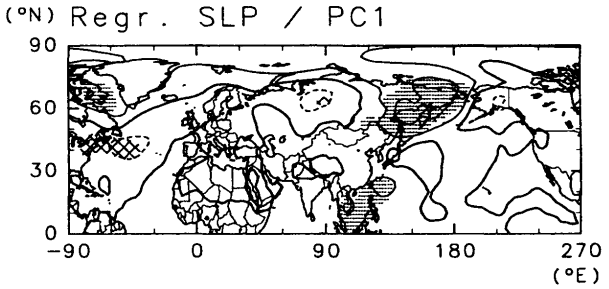


Fig. 1: Regression of sea level pressure anomaly to PC 1. The contour interval is 1 hPa. The negative contours are dotted. 95% significant positive and negative anomalies are shaded and hatched, respectively.

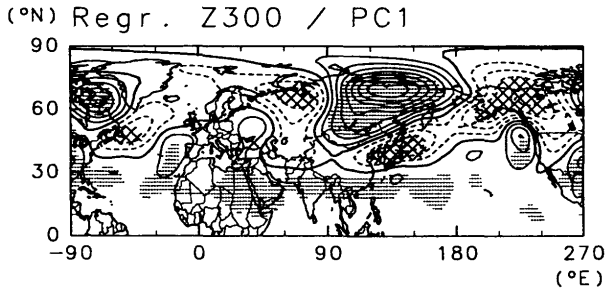


Fig. 2: Regression of 300 hPa geopotential height anomaly to PC 1. The contour interval is 10 m. The negative contours are dotted. 95% significant positive and negative anomalies are shaded and hatched, respectively.

この指標は、30 日平均した北日本、東日本、西日本の気温偏差と有意に相関していて (相関係数はそれぞれ −0.849、−0.681、−0.523)、冷夏の出現ともよく対応している。

## 3. 鉛直構造と熱収支

前節で抽出された偏差パターンの鉛直構造を調べた。その結果、偏差の振幅は圏界面付近で最大になっており、また、高気圧偏差の中心は上層から 700 hPa 付近までほぼ同じ位置にあることが確認された。ただし、地表面付近では、オホーツク海からベーリング海にかけての低温偏差に関連して、強い傾圧性が見られ、高気圧偏差の中心



NII-Electronic Library Service

Japan Society of Fluid Mechanics

は Fig. 1 に示されているように南東にずれている。

オホーツク海からベーリング海にかけての下層での低温偏差に対応して熱収支の解析を行った。その結果、この領域においては、基本場 (気候場) におけるベーリング海上での低温な空気塊を、上層での高気圧偏差に対応した北東の偏差風が移流することによって冷却が生じていて、その冷却を見かけ上の非断熱加熱が相殺していることが分かった (図は省略)。このことは、海面水温のような下部境界条件の変動によって直接に高気圧偏差を作っているわけではないことを意味する。この熱収支は、上層での力学的な偏差が先に生じて、それに伴って寒冷なオホーツク海高気圧が生じたと解釈すると整合的に理解できる。

## 4. 順圧的運動エネルギー変換

ここでは、Fig. 2 で示されたような偏差場 (回帰場) が基本場 (解析期間における平均場) との関連で特に現われやすいパターンである可能性を定量的に評価するため、300 hPa 面において順圧的運動エネルギー変換を評価する。局所直交座標を用いると、基本場と偏差場との間の順圧的運動エネルギー変換は次のように書ける。

$$CK = -u'^2 \frac{\partial}{\partial x}\bar{u} - u'v' \frac{\partial}{\partial y}\bar{u} - u'v' \frac{\partial}{\partial x}\bar{v} - v'^2 \frac{\partial}{\partial y}\bar{v}$$

上式によって得られたエネルギー変換を、Fig. 2 で振幅の大きい偏差が見られる北緯 30 ° 以北、東経 30 ° ～ 180 ° ～西経 150 ° の領域で積分したところ、$< CK >= 1.73 \times 10^{-6}\,\mathrm{m^2/s^3}$ が得られた。一方、運動エネルギーの積分は、$< KE >= 2.85\,\mathrm{m^2/s^2}$ である。エネルギー変換によって偏差場がエネルギーを得る時間スケールを評価すると約 19 日となる。本解析では 30 日平均場を解析していることを考えると、このエネルギー変換は Fig. 2 に示したような偏差パターンの形成に有意に寄与していると考えられる。基本場における絶対渦度を Fig. 3 に、運動エネルギー変換 $CK$ の各格子点での値を Fig. 4 に示す。アジアジェットの入口や出口、ユーラシア大陸の北極海沿岸など基本場の絶対渦度の分布に顕著な歪みのある場所で正のエネルギー変換が生じている。このことからも、基本場の構造との関連で、Fig. 2 に示したような偏差パターンが現われやすくなっていることが示唆される。

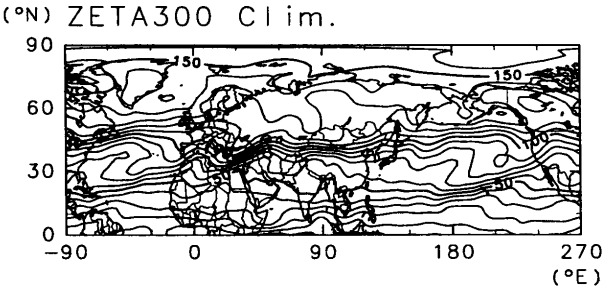


Fig. 3: 300 hPa absolute vorticity on the basic field. The contour interval is $10 \times 10^{-6}$ /s.

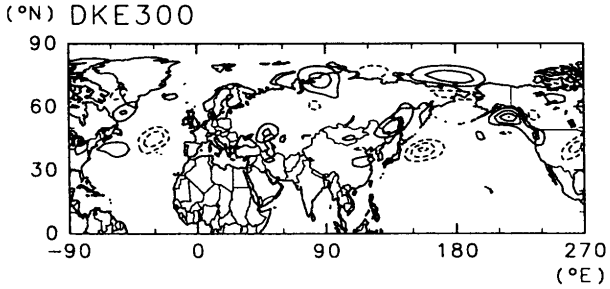


Fig. 4: Barotropic kinetic energy conversion between the basic and anomaly fields. The contour interval is $20 \times 10^{-6}\,\mathrm{m^2/s^3}$, The zero contour is suppressed and negative contours are dotted.

## 5. 線形順圧モデルにおける定常応答

前節での結果に対応して、特別な空間分布を持たない一様な強制に対しても、基本場との関連によって Fig. 2 のような偏差パターンが現われやすいかどうか検討する。ここでは 300 hPa 面において以下のような線形順圧モデルを用いる。

$$\frac{\partial}{\partial t}\xi' + \bar{} \cdot \nabla\xi' + \ ' \cdot \nabla\left(f + \bar{\xi}\right) + \nu\nabla^4\xi' + \frac{1}{\tau}\xi' = F$$

外部強制 $F$ は、北半球の北緯 30° 以南の全経度においてほぼ均等に分布した 108 地点を中心とした局所的な負の渦度強制として与える。こうして得られた 108 個の定常応答解を高度偏差として表した上で、Fig. 2 において 300 hPa 面高度偏差に対して行ったのと同様の方法で統計的に処理し第 1 主成分を求める。こうして求めた第 1 主成分に対する、流線関数偏差の回帰を計算した (Fig. 5)。日本周辺では Fig. 2 と類似したパターンになっている。外部強制 $F$ を北緯 30° 以北に均等に置いた場合においても、第 1 主成分に対する回帰は、オホーツク海やシベリア周辺では Fig. 2 と類似する (Fig. 6)。こうした結果は、仮に外部強制が一様に分布していたとしても基本場との間の力学的な相互作用によって Fig. 2 のような偏差パターンが現れやすいことを意味する。

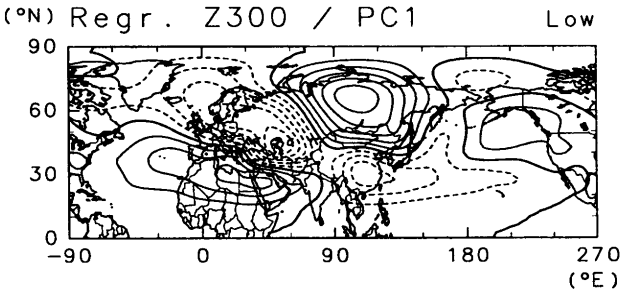


Fig. 5: Regression of geopotential height on PC 1 in the steady response problem. The result for forcings given to the low latitudes is shown. The contour interval is 1 m. Zero contour is suppressed. Negative contours are dotted.

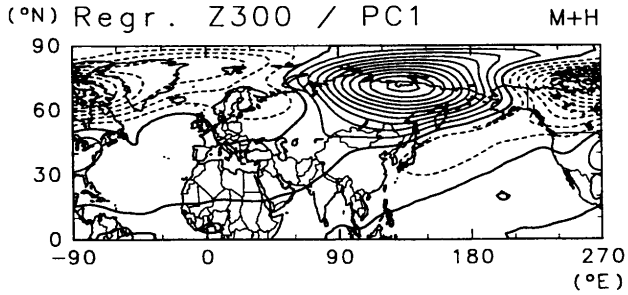


Fig. 6: The same as in Fig. 5, except for forcings given to the middle and high latitudes. The contour interval is 5 m.

本研究の結果は、オホーツク海高気圧の出現に対応する上層の気圧偏差パターンは、特定の渦度強制には依存せず、さまざまな強制による応答の結果として統計的に現われる偏差パターンであると解釈できる。このことは、数値予報によるオホーツク海高気圧の強さの予報が本質的に困難であることを示唆している。



NII-Electronic Library Service