

準地衡渦位に着目した北極低気圧の発達要因の検討

浅井 博明^{1,2}、猪上 淳^{2,3,4}、佐藤 尚毅^{1,2}

¹東京学芸大学

²海洋研究開発機構

³国立極地研究所

⁴総合研究大学院

A study on the cyclogenesis of the Arctic cyclone from the perspective of quasi-geostrophic potential vorticity

Hiroaki Asai^{1,2}, Jun Inoue^{2,3,4}, and Naoki Sato^{1,2}

¹Tokyo Gakugei University, Tokyo, Japan

²Japan Agency for Marine Earth Science and Technology, Yokosuka, Japan

³National Institute of Polar Research, Tachikawa, Japan

⁴The Graduate University for Advanced Studies, Hayama, Japan

In this study, we investigated the cyclogenesis of the Arctic cyclone from the perspective of quasi-geostrophic potential vorticity as case studies, using ERA-interim reanalysis data. In recent years, the sea-ice extent has been extraordinarily reduced over the Arctic ocean due to the global warming. Accordingly, the frequency of the appearance of intensified Arctic cyclone has increased since 1990s. Since some of them become a large-scale cyclonic flow whose width is more than 1000 kilometers and have a long-life time, the impact of the Arctic cyclones on the climate field are especially large not only in the Arctic region, but also in the mid-latitudes. In order to examine the source of the vortices of the cyclone, we calculated quasi-geostrophic potential vorticity. It was found that the Arctic cyclone has a different structure compared with the mid-latitude cyclone.

1. 序論

近年では、地球温暖化の影響で、北極での海水が融解することで温度偏差が生じ、1990年代頃から低気圧の出現頻度が増加していると言われており、これらの中には、中緯度で発生する温帯低気圧に匹敵する勢力を持つものが確認されている。(Simmonds *et al.*, 2012)北極低気圧は、非常に水平規模が大きく持続時間が長いこと高緯度の天候や気候に大きな影響を与える。また夏季平均、夏季における月平均の気候場においても、北極域で低気圧の出現が確認されている。そこで、極域での大気や海洋の変動が北半球全体にどのような影響を与え、また反対に北極圏の外部からやってくる要素が極域でどれだけの影響を及ぼすかを明らかにするために、大気-海洋-海水相互作用の視点から研究を進める必要がある。

本研究では、2010年に海洋研究開発機構が所有する海洋地球研究船「みらい」で観測された低気圧に着目し、低気圧強化の過程を渦位などの大気力学の視点から解析した。北極の低気圧は中緯度とは構造、継続時間などが大きく異なっており、温帯低気圧や熱帯低気圧のような明確な定義付けが難しい。そこで本研究では、北極低気圧の定義付け及び、その発生メカニズムを準地衡渦位に着目して解析を行った。

2. 解析手法とデータ

ERA-interim長期再解析データ（解像度 1.5°×1.5°、

6 hourly) を用い、基本場は2010年9月のものとした。準地衡渦位 q の定義式は以下の通りである。

$$q = f_0 + \beta y + \nabla_p^2 \Psi_g + \frac{\partial}{\partial p} \left(\frac{f_0^2}{s^2} \frac{\partial}{\partial p} \Psi_g \right)$$
$$s^2 = -\frac{R}{p} \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{R}{c_p}} \frac{d\theta_R}{dp}$$

ここで、 θ_R は基本場(2010年9月の月平均)の温位、 Ψ_g は地衡流線関数の偏差(2010年9月を気候値)、 s^2 は成層の安定度とした。

3. 結果

図1は低気圧が観測された2010年9月23-29日における海面気圧（以下SLP)の最小値と風ベクトルの最大値の時間系列である。(領域は緯度 70°-90°N, 経度 170°E-160°W) 図1から分かるように、9月25日06UTCに最盛期を迎えている。(図の鉛直線) このとき観測されたラジオゾンデデータと比較したところ、再解析データの再現性は良好であった。(Inoue *et al.*, 2011) 最盛期における地上から125hPaまでの上層と下層の渦位の関係性を調べるため、925hPa面で見えた温度移流の値が高い領域(図省略)であった、76.5°Nにおける準地衡渦位の東西鉛直断面を図3に示す。この図から、

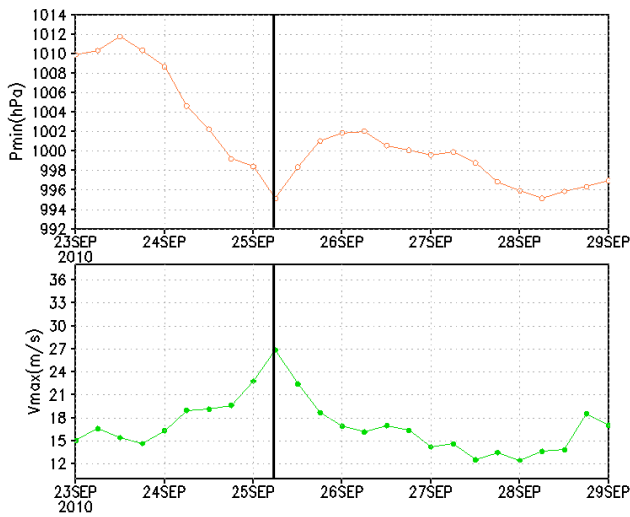


図1 2010年9月23-29日
緯度 70°-90°N, 経度 170°E-160°Wにおける
最小海面更正気圧 (上), 風ベクトルの最大値 (下)

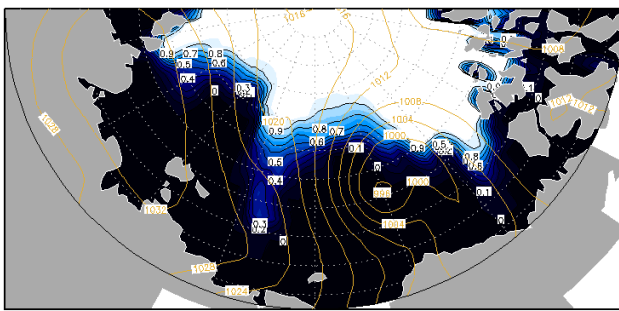


図2 2010年9月25日 06UTCにおける
海水密度度(3時間予報値)と海面更正気圧(黄線)(hPa)

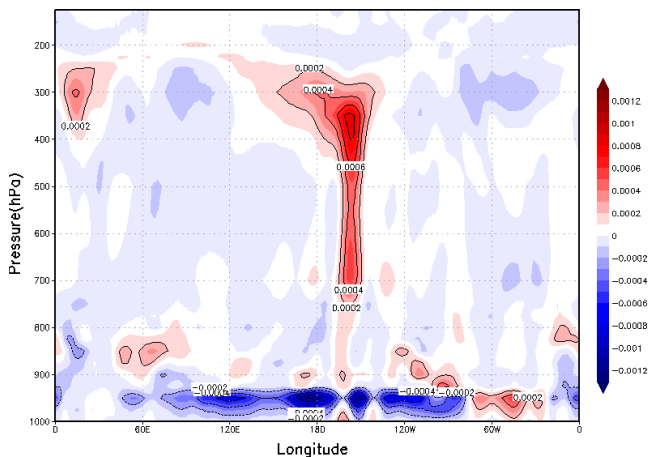


図3 2010年9月25日 06UTC における76.5°Nの
準地衡渦位[s⁻¹]の東西鉛直断面

上部対流圏に正の渦位が見られ、渦管が直立していることから、順圧性の構造をもっていることが読み取れる。さらに、準地衡渦位を力学的成分(第3項)と熱力学的成分(第4項)に分けた結果を図4に示す。

力学的成分からは、対流圏界面と地表で低気圧性循環

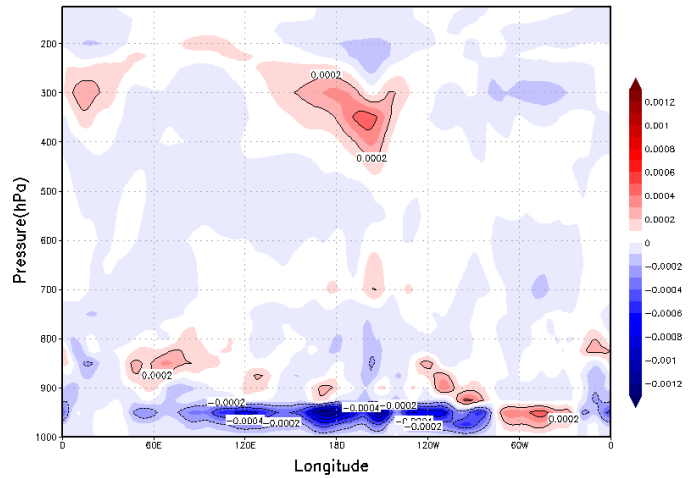
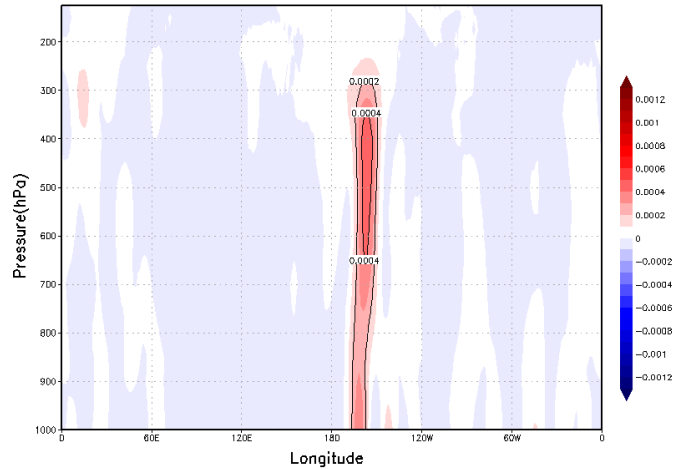


図4 図3と同じ、但し
(上)力学的成分:(下)熱力学的成分

が強化されていることがわかる。また、熱力学的成分で対流圏界面付近に極大があるものの、対流圏中層で力学的成分を相殺する負偏差が見られず、低気圧に伴う非断熱加熱や冷却が示唆される。このように準地衡渦位は低気圧の構造を定量的に考察するのに有効な物理量であることが示された。今後は本研究を用いて非断熱加熱・冷却で生じた渦位偏差が低気圧の発達に与える影響を調べるために、PV-inversionを含む各種解析を行う予定である。

4.参考文献

- Inoue, J., and M. E. Hori (2011), Arctic cyclogenesis at the marginal ice zone: A contributory mechanism for the temperature amplification?, *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L12502, doi:10.1029/2011GL047696
- Simmonds, I., and I. Rudeva (2012), The great Arctic cyclone of August 2012, *Geophys. Res. Lett.*, **39**, L23709, doi:10.1029/2012GL054259