

2009 年秋の北極海ラジオゾンデ観測によって観測された 大気の順圧不安定とメソ渦列

Barotropic instability of the atmosphere and meso vortex line observed by radiosonde observation on the Arctic sea in autumn, 2009

地球環境気候学研究室 伊藤匡史(506307) :指導教員 立花義裕 教授
Masashi Ito

Keywords: MIRAI, wind, vorticity, potential vorticity gradient, shear instability

1. イントロダクション

北極の気候は他の地域よりも温暖化により大きな温度変化が起こると予想される地域である (IPCC¹⁾ 2007). しかし、北極海での気象観測の事例は陸地に比べると圧倒的に少ない。そのため気圧場の詳細な発達・維持過程と雲に係る物理的プロセスはまだ十分に理解されていない。また、北極の海氷減少には雲の存在が重要である (Curry et al.²⁾ 1996) とされている。よって、海氷面積の減少にも関与する大気場で起こる現象の理解が必要である。

そこで、2009 年の秋、JAMSTEC 保有の海洋地球研究船「みらい」によって行われた北極海での航海に参加し、気象観測を行った。本研究では、局地的な観測を通して再解析データでは表示されないような現象をとらえ、北極域でのメソスケールの大気場がどのようなになっているかを研究することを目的とする。ここでは、観測期間中の水平シアが大きい部分に着目して研究を行った。

2. データ、観測方法、研究手法

使用データは、観測期間中の全ラジオゾンデ観測データの中から西経 168 度ラインに沿って観測を行った場所のデータを用いた。観測期間は、UTC2009 年 10 月 7 日 00 時から 12 時で 3 時間ごとにゾンデ観測を行った。観測地点は、北緯 73.5 度から北緯 71.5 度にかけて 0.5 度ごとの 5 観測地点 (Fig. 1) である。ラジオゾンデデータに加え、NCEP/NCAR 再解析データの海面校正気圧、極軌道衛星 (Terra, Aqua/MODIS) の可視画像データを用いた。

隣り合う観測値点間の距離と各々の観測点で取得したゾンデデータの u 成分 (東風成分) を用いて①式から相対渦度 ζ を求めた。 u は東向き風速、 y は距離を表す。

$$\zeta = -\frac{\partial u}{\partial y} \dots \textcircled{1}$$

求めた値は隣り合う 2 点間の中間点とみなす。この相対渦度を用いて②の渦位勾配の式から③式を導く。順圧大気の場合、渦位 q の y 微分の符号が負の場合は順圧不安定となる事が知

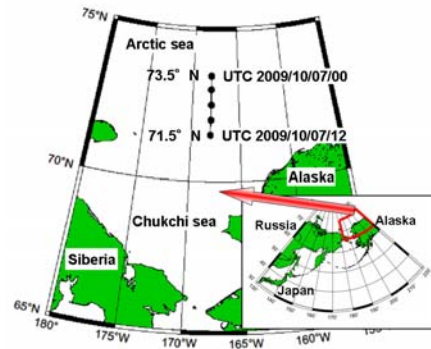


Fig. 1 Radiosonde observation stations.

$$\frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{f + \zeta}{h} \right) = \frac{1}{h} \left(\frac{\partial f}{\partial y} + \frac{\partial \zeta}{\partial y} \right) \dots \textcircled{2}$$

here, h : height = constant so, $\frac{\partial q}{\partial y} \approx -\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \dots \textcircled{3}$

られている (Holton³⁾ 2004). この値は、大気の東西流の安定性の指標となり、③式から正と負の値を跨ぐ変曲点が存在すれば、東西流は不安定をとり、擾乱 (渦) が発生するとされている。

3. 観測結果

観測中の基本場に関して、NCEP/NCAR の地表気圧配置より観測点周辺の気圧場は、1030hPa を超える高気圧場にあった。よって総観スケールでは 00 時から 12 時までほぼ様な大気場とみなせる。そこで観測期間中の地表気圧の平均値と観測点は Fig. 2 のように示される。この地表気圧配置より、「みらい」は 06 時頃にリッジを通過した。

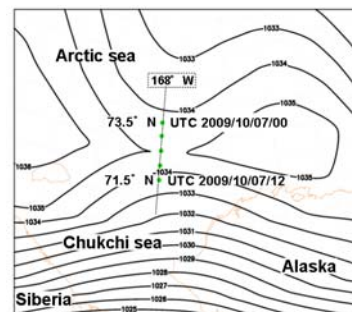


Fig. 2 Contour is mean surface level pressure [hPa] during observation term from UTC2009/10/07.00:00 to 12:00. Green points are radiosonde observation points.

西経 168 度に沿った観測において、Fig. 3 に示すように観測された風の u 成分は、南下するにしたがって変化している様子がわかる。下層では西風から東風に変化している。この風の変化から水平シアが存在することが分かり、下層部分で大きなシアが見られた。

シアから考えられる相対渦度は中下層域ともに負の渦度場をもっていた (Fig. 4)。中でも特に下層域では惑星渦度 (約 $1.4 \times 10^{-4} \text{s}^{-1}$) のオーダーに近い ($-1.0 \times 10^{-4} \text{s}^{-1}$) 程度の強い高気圧性の相対渦度を持っている領域があった。しかし、中層と下層で大気状態が異なっていた。

渦位勾配は、5 つの観測点データから 03, 06, 09 時の値を算出した (Fig. 5)。中層はそれほど変化はない。しかし、700hPa より下層で 03, 09 時は正であり、06 時は負の値である。よって正負の間に渦位勾配の変曲点が見られる。

4. 考察・まとめ

リッジの北側は西風で、南側は東風なのでシアが大きい。よってリッジ付近で水平渦度が強い事が判断できる。西経 168 度ラインで観測された相対渦度は、総観スケールのもよりも大きい。従って局地的循環が存在する可能性がある。この渦度は、高気圧性循環をもっていた。さらに、渦度の絶対値が大きい所では、その値が惑星渦度に近い値となった。これは、この付近に小規模の循環または擾乱が見られる事を示唆する。そして、この付近の渦位勾配より、06 時 (北緯 72.5 度) の地点で求められた渦位勾配は負の値を持っていた。この値は、その前後の時間との間に変曲点を持つと言う不安定条件を満たしていた。したがって、これらの事から高気圧場ながらも 06 時付近は大気が不安定と言うことが分かった。

このような水平シアにより創り出される大気的不安定現象はシア不安定と呼ばれている。今回の現象は再解析データでは確認が出来なかった。そこで、この大気的不安定を検証する為、極軌道衛星の可視画像を用いて確認した。すると Fig. 6 (a) に見られるように、赤色で囲まれた部分がある。ここでは、北緯 72 度の海上を斜めに横断している細長い不安定ラインが確認出来た。約 1 日経過した Fig. 6 (b) の可視画像では、はっきりとしたシア不安定による渦が見られた。この渦は1日かけて北上しながら発達したと思われる。北上の原因は、極低気圧が北上して来た事にあると思われる。極低気圧の持つ低気圧回転の強風が更なる水平シアを生み、顕著なシア不安定を創り出したと考えられる。

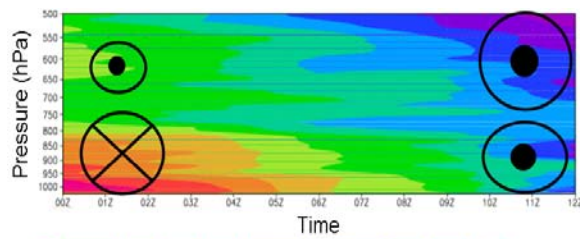


Fig. 3 Component u of wind. The circle with small black circle is from east to west, and with cross is from west to east.

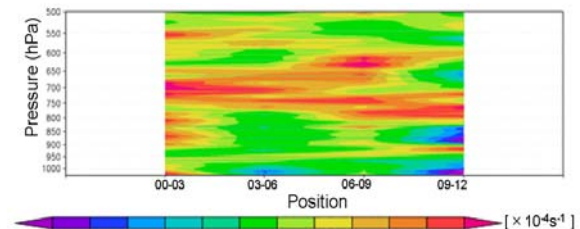


Fig. 4 Vorticity. yaxis is Position (ex. 00-03 is located midway between the observation time 00 and 03).

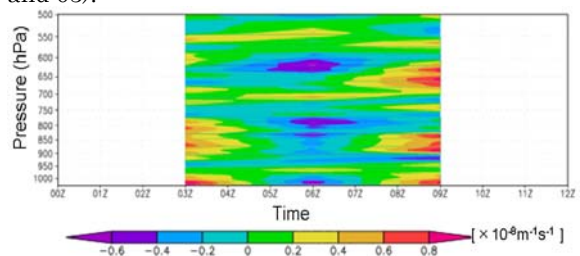


Fig. 5 Potential vorticity gradient.

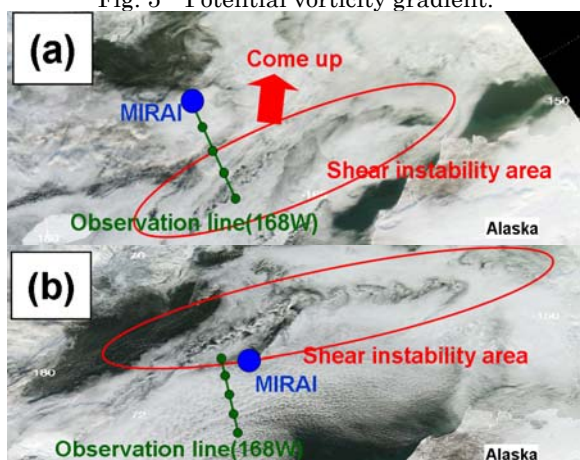


Fig. 6 Visible satellite images (a) UTC 2009/10/07 01:25 (Terra) (b) UTC 2009/10/07 23:15 (Aqua). Blue circle is the position of MIRAI. Green line is observation line (168W). Green circles are sonde station points.

5. 参考文献

- 1) IPCC, 2007: Climate Change 2007, Synthesis Report, Geneva, Switzerland. pp104.
- 2) Curry, J. A, Rossow, W. B., Randall, D., and Schramm, J. L., 1996: Overview of Arctic Cloud and Radiation Characteristics, *J. Climate*, **9**, 1731-1764.
- 3) Holton R. J., 2004: An Introduction to DYNAMIC METEOROLOGY, Forth Edition, ACADEMIC PRESS, 535pp
- 4) 小倉義光 (編著), 1997: メソ気象の基礎理論, 東京, 東京大学出版会. 249pp