

ラジオゾンデで観測された 千島列島周辺の激しいSST勾配が駆動する大気循環

The atmosphere circulation observed by radiosonde
that an intense SST gradient around the Kuril Islands drives

地球環境気候学研究室 西川はつみ (506367) : 指導教員 立花義裕 教授
Hatsumi Nishikawa

Keywords: SST gradient, Okhotsk sea, radiosonde observation, anticyclone

1. 序論

オホーツク海は日本の北方、およそ北緯45度から60度、東経140度から160度に位置する縁辺海である。オホーツク海の南東に位置する太平洋とは、千島列島によって隔てられている。千島列島は最大2m/sを超えるような非常に強い潮流が存在する海域である。また、千島列島周辺では夏に激しいSST勾配が存在する場所でもある。これは強い潮流に伴う鉛直混合によって、冷たい深層水が湧昇してくるためである(中村¹⁾, 2006)。夏季にはオホーツク海高気圧を伴う霧や下層雲が多く発生し、冬季は海水に覆われるなど、オホーツク海は特異な気候を形成する海である。これらの気候を要因とする冷害を契機に、日本でのオホーツク海研究は活発に行われていた。ところが、1970年代の排他的経済水域の設定など直接観測を行うことができなくなったことにより、謎に包まれた海となった(立花と本田²⁾, 2007)。しかしその後、1998年にロシアの観測船Khromovを用いた共同観測が行われ、オホーツク海の多くの貴重なデータが得られた。ラジオゾンデ観測も行われており、そのデータを用いてTachibana et al.³⁾ (2008)では、霧・下層雲の構成とオホーツク海高気圧の関係について述べられている。また立花⁴⁾ (2007)では、千島列島周辺の冷たいSST一帯では、どの方向から風が吹いても寒気移流になり、霧が発生しやすいと述べている。

本研究では、2006年8月のラジオゾンデ観測のデータを用いて、激しいSST勾配がある千島列島周辺に着目し、スモールスケールの海洋が大気に及ぼす影響について明らかにすることを目的として、解析を行う。

2. データ

2006年8月、オホーツク海で観測船Khromovにより行われたラジオゾンデ観測のデータを使用する。航海ではCTD観測も行われており、観測の際得られたSSTデータも使用している。観測地域はオホーツク海の千島列島周辺(北緯約45°)から、北緯約55°までの地域である(Fig. 1左上図)。ラジオゾンデ観測は、8月16日UTC00から31日UTC12まで1日6時間ごとに4回、全63回行われた。CTD観測は8月17日から9月10日までの期間、77地点で行われた。その他の使用データは以下に示す。

1. 気象庁旬平均海面水温
2. NCEP/NCAR再解析データ I
3. 人工衛星によるQuick Scat (QSCAT) windデータ

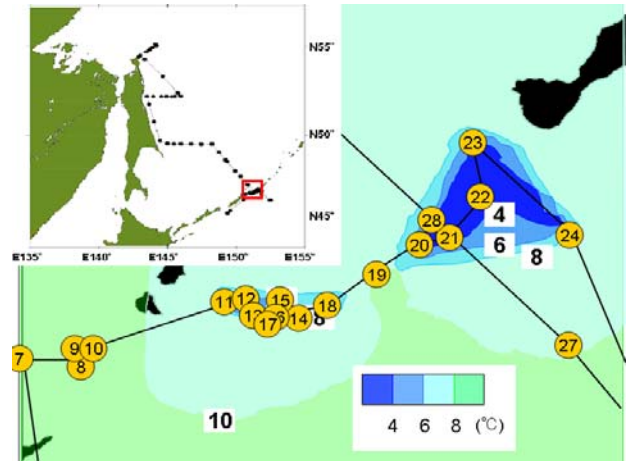


Fig. 1 Observation area (upper left), and SST distribution map around Kuril Islands. A circle denotes observation point, and a number in the circle denotes station number.

3. 解析手法

今回行った解析手法を以下に示す。

- ① 観測時に得られたSSTデータと気象庁のSST図からオホーツク海のSST分布図を作成 (Fig. 1).
- ② NCEP/NCAR再解析データの海面更正気圧 (p) を用いて、次式(a) (Holton⁵⁾, 2004) より地衡風 ($\vec{V}_g$) を計算し観測風と比較。 $\vec{k}$ は鉛直方向の単位ベクトル、 ρ は密度、 f はコリオリパラメータを示す。

$$\vec{V}_g = \vec{k} \times \frac{1}{\rho f} \nabla p \quad \dots (a)$$

- ③ 観測データを用いて、気温、気圧、風速、風の東西成分、南北成分、相対湿度、温位、相当温位についての鉛直断面図を作成。
- ④ 観測で得られた表面気温 (SAT) と観測風 ($\vec{V}$) を用いて、次式(b) (近藤⁶⁾, 1994) より顕熱フラックスを計算。 H は顕熱フラックス、 C_H はバルク係数⁹⁾、 C_p は定圧比熱を示す。

$$H = C_H C_p \rho (SAT - SST) |\vec{V}| \quad \dots (b)$$

- ⑤ 観測データを用いて、次式(c) (Holton⁵⁾, 2004) より、連続する3つの観測点による収束発散を計算

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{V} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \quad \dots (c)$$

- ⑥ NCEP/NCAR再解析データ I やQscat windデータと観測データとの比較

4. 解析結果・考察

解析手法①で作成したSST図より、千島列島周辺の激しいSST勾配を確認することができた。その結果、最大約10kmで $^{\circ}\text{C}$ という急勾配が存在することがわかった。このSST図に観測風の風向を重ねたところ、激しいSST勾配が存在する海域で風向が大きく変わっていることがわかった。この海域の観測期間中、ラージスケールでの気圧配置はほぼ変わらず、風は期間を通してほぼ南西風であった。

そこで、観測風と解析手法②で計算した地衡風との比をとることで、スモールスケールの海洋の影響の有無について調べた。その結果として、千島列島周辺の観測点では観測風の風速は地衡風に対して平均5.6倍の大きさであり、それ以外の観測点での平均風速は地衡風とほぼ同等であった (Fig. 2)。風速だけでなく、東西成分、南北成分に分けて同様に比較を行った結果、同じ海域で風速と同様に地衡風からのずれが大きかった。この地衡風からのずれが大きい海域は、SST勾配の激しい海域と一致した。

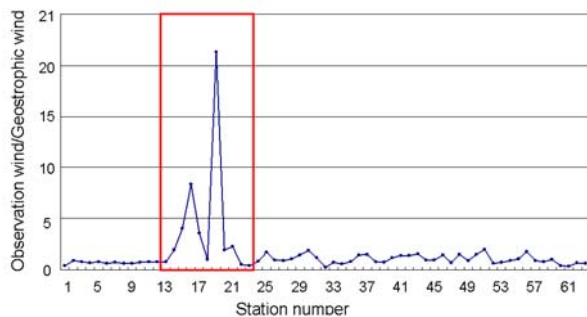


Fig. 2 The ratio of observational wind with the geostrophic wind.

このことから、千島列島周辺のSST勾配の激しい海域では非地衡的な何かが起こっていると考えられる。そこで次に、解析手法③で作成した鉛直断面図を見てみると、この海域上では気圧分布、風分布とも高気圧が形成されていることが示されていた。さらに、気温の分布はこの海域上に冷たい空気塊 (以後、寒気ドームと呼ぶ) があることを示しており、この寒気ドームが高気圧発生の要因であることが示唆された (Fig. 3)。寒気ドームの形成要因としては、SSTが非常に冷たい場所で大気が海によって冷却される。その寒気が風に流されて集まることで寒気ドームができたと考えられ、解析手法④から得た顕熱フラックスも、海が大気を冷却する様子を示していた。

また、解析手法⑤の計算結果からこの海域上では海面から上層約2000mまで発散傾向にあることがわかった。先にも記したが、ラージスケールでこの海域の観測期間中の気圧場はほとんど変化しておらず、どちらかというと若干低気圧傾向になっていた。つまり、ラージスケールでは収束傾向にあるのに対し、SST勾配の激しい海域では発散傾向にあることから、この海域上には局地的な高気圧が形成されていると考えられる。

解析手法⑥の結果として、NCEP/NCAR再解析データ I では観測で得られたような高気圧は見られなかった。また、風についてもNCEP/NCAR再解析データもQscat wind データも観測風のような大きな変化は見られなかった。

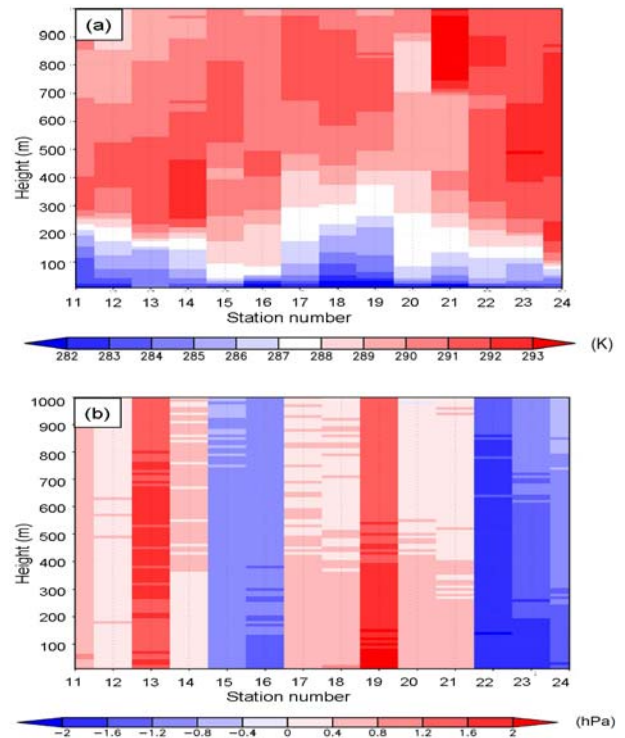


Fig. 3 Vertical cross-section; (a) temperature, (b) pressure deviation from time mean pressure in each altitude.

5. まとめ

本研究では2006年8月に行われたオホーツク海ラジオゾンデ観測、CTD観測のデータを元に千島列島周辺に着目して解析を行った。その結果、この海域に激しいSST勾配があることが確認できた。ラジオゾンデ観測データの解析結果は、このSST勾配が激しい海域上では気圧分布、風の分布ともに高気圧が存在していることを示していた。また、同じ場所に寒気が形成されていることから、この寒気が高気圧形成の要因と考えられる。NCEP/NCAR再解析データやQscatのデータとの比較結果からも、この海域上では激しいSST勾配を原因とする、非地衡的な局地循環が存在したと考えられる。

参考文献

- 1) 中村知裕, 2006: 潮汐混合と熱塩循環: 千島列島の役割, *細氷*, **52**, 2-9
- 2) 立花義裕, 本田明治, 2007: オホーツク海の気象—大気と海洋の双方向作用—, *気象研究ノート*, **214**, 3-7
- 3) Tachibana, Y., K. Iwamoto, H. Ogawa, M. Shiohara, K. Takeuchi, and M. Wakatsuchi, 2008: Observational study on atmospheric and oceanic boundary-layer structures accompanying the Okhotsk anticyclone under fog and non-fog conditions, *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, **86**, 753-771.
- 4) 立花義裕, 2007: オホーツク海の気象—大気と海洋の双方向作用—, *気象研究ノート*, **214**, 29-38
- 5) Holton R. J., 2004: *An Introduction to Dynamic Meteorology*, -Fourth Edition, Academic Press, 535pp
- 6) 近藤純正 (編著), 1994: *水環境の気象学—地表面の水収支・熱収支—*, 朝倉書店, 348pp