

オホーツク海の海氷と冬の大気循環との相互作用

山崎 孝治 (北海道大学大学院・地球環境科学研究科)

1. はじめに

オホーツク海の海氷面積は年々大きく変動おり、大気循環の変動が海氷の変動をもたらすという観点から多くの研究がなされてきた。逆に海氷変動から大気循環への影響も考えられるが、大気への影響については主にローカルな影響が論じられてきた。本研究では海氷が広範囲の大気循環に与える影響を調べたHondaら(1996)の数値実験の結果を参考にして、1-2月の大気場と海氷面積との間のラグを含む相関解析により海氷と大気循環の関係を調べる。

2. データと解析方法

海氷データは気象庁作成の5日(半旬)毎の緯度・経度0.25度毎の密接度データを使用した。期間は毎冬12月から5月までで、1970年12月から1994年の5月までの24年間である。各格子点の密接度を面積の重みをかけて積分してオホーツク海の全海氷面積を求めた。大気循環のデータはNCEP(米国環境予報センター)の再解析データで1-2月平均の値を用いた。期間は海氷データと同じ24年間である。海氷面積の60日(ほぼ2ヶ月)平均と1-2月の大気循環の間の相関係数を求めることにより大気・海氷相互作用を調べる。1-2月を選んだのは海氷の拡大期であること、海氷が大気に及ぼす効果を考えた場合、大気・海洋との温度差が大きいときにシグナルが現れるので厳冬期がよいことや、Hondaら(1996)との比較にも好都合であることが理由である。海氷面積を半旬づつずらして相関をとることにより大気と海氷のどちらが先行するかを調べた。

3. 数値実験の結果

Hondaら(1996)の数値実験について述べる。オホーツク海の海氷を観測の多氷年と少氷年に対応させて12~5月まで月毎に境界条件を設定し、その他の条件は全く同じとし、同じ大気の初期条件でそれぞれランを行った。自然変動の除去と結果の統計的検定のため初期条件を少しずつ変えて、多氷ランと少氷ランを各5例ずつ計算した。用いた大気大循環モデル(AGCM)は気象研/北大スペクトルモデル(T21L30版)である。海氷は厚さ1mとし密接度は100%とした。

図1は海面気圧、地上気温に関して海氷のインパクトを示したものである。海氷が多い場合、オホーツク海では海氷が大気との熱・水蒸気の交換を遮断し、大気の加熱を抑制する。一方、千島列島沖では大陸からの寒気があまり変質を受けずに流れ込むので、そこでの大気加熱は増大する。このように海氷面積の変動が大気加熱の変動をもたらす大気循環に影響を与える。図1でわかるとおり、海氷が多いとオホーツク海では高気圧、低温となる。大気加熱の変化により上昇流の変化が励起され、それが大気中層で渦度偏差を生成する。それが下流側にロスビー波列として伝播しアラスカ・北米にも影響が及ぶ。また量的には小さいが東北以南の日本付近は逆に高温になる。これは気圧偏差でわかるように日本付近で南東風偏差となり季節風が弱まることによる移流効果で説明できる。

4. 海氷面積と大気循環の間の相関

4. 1 北大西洋振動との関係

1-2月平均の海氷面積と大気場との同時相関を図2に示す。海面気圧(図2a)ではハドソン

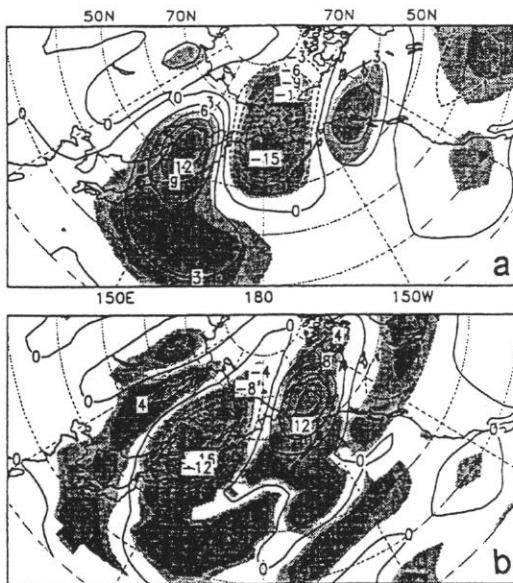


図1 大気大循環モデルによる数値実験により得られたオホーツク海の海水が多い場合と少ない場合の1-2月平均の大気の気候値の差。負の等値線は点線。影の所は統計的に有意な所。

(a) 海面気圧。等値線間隔は3 hPa。

(b) 地上気温。等値線間隔は3 K。

[Honda et al. (1996) の Fig.2]

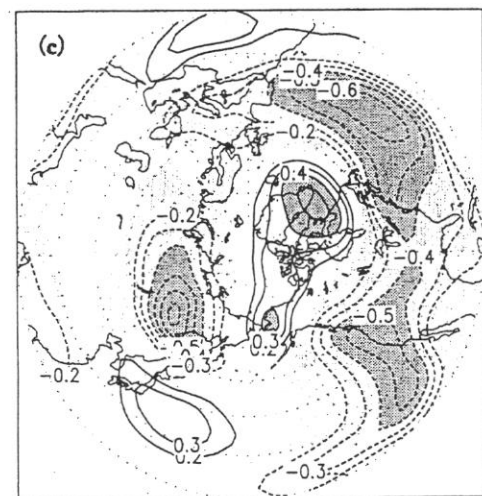
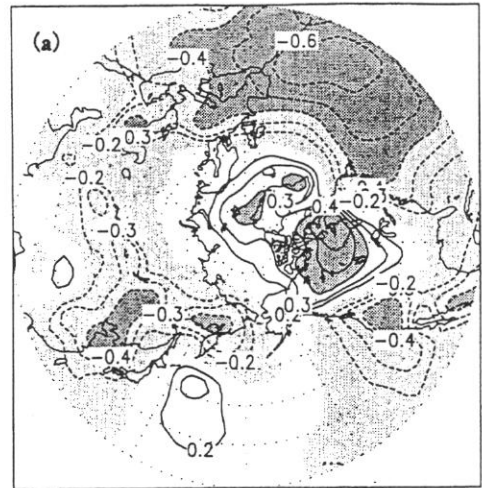


図2 1-2月平均のオホーツク海の海氷面積と大気の状態との相関係数分布図。等値線間隔は0.1だが、絶対値が0.1以下の線は省略。係数が負の所に淡い影をつけ、係数の絶対値が0.4以上(95%の有意水準で統計的に有意)の所に濃い影。

(a) 海面気圧, (b) 850hPa気温, (c) 500hPa高度。

湾を中心とした北極域の正值と北大西洋の負値が目立つ。北大西洋のアフリカ沖で相関係数は-0.6以下で絶対値として最大の相関である。500hPa(図2c)でも北大西洋域に南北に正負の相関が見られる。オホーツク海から遠く離れた所で高相関が見られるのは興味深い。大まかには海面気圧・500hPaの高度場において中緯度で負の値が環状に北極域の正の値を取り巻いている。北大西洋のこの相関パターンは北大西洋振動(North Atlantic Oscillation:NAO)とよく似ている。NAOはアイスランド低気圧とアゾレス高気圧との間のシーソー的変動である。この結果はオホーツク海の海氷面積はNAOと良い相関があることを示唆している。

北大西洋の循環がオホーツク海の海氷に直接影響を与えるとは考えられない。一方、数値実験の結果からはオホーツク海の海氷は北大西洋の循環にはあまり影響しない。従って NAOと海氷との相関は、大気中でNAOが卓越した変動であり、NAOは北大西洋のみならず北半球の広い範囲に影響を与えるため、オホーツク海の周辺の循環場に影響を与えると解釈される。

4. 2 ローカルな循環場・気温場との関係

海氷がどのように大気場によってコントロールされているかをみるためにオホーツク海周辺をみてる。海面気圧ではカムチャッカ半島の付け根に負の相関、オホーツク海の南東の太平洋上に正の相関があり、オホーツク海の中は等相関係数線が東西に走っている。つまり西よりの地衡風偏差のときに海氷が拡大することを示唆している。図3上に45°N, 150°Eの地点と60°N, 170°Eの地点との海面気圧差と海氷面積の年々変動の様子を示す。ただし海氷の方はほぼ1ヶ月、後ろにずらせた2-3月平均である。相関係数は海氷を後ろにずらせた方が大きい(図3下)。大気が海氷面積をコントロールしているとすれば、この位相のずれは自然である。

オホーツク海の西方のシベリア・中国の気圧とは負相関であり、シベリア高気圧が発達するときは海氷は少ない傾向にあることがわかる。

850hPaの気温との同時相関係数(図2b)をみると、北極海沿岸のシベリアからオホーツク海にかけて大きな負の値が分布している。これはシベリアからオホーツク海にかけて低温であればオホーツク海の海氷が広がることを示しており、冷たい大気がオホーツク海から熱を奪うことによって海氷が生成されることを考えるととてももらしい相関である。オホーツク海北西部の55°N, 140°Eの地点の850hPaの気温と海氷面積の年々変動を図4に示す。気温と面積は逆相関であることがわかる。ここで海氷面積は半月後ろにずらしている。半月後ろにずらすと相関係数の大きさが最大であり-0.72となる。また前にずらすと後ろにずらす場合より相関の落ちが大きい。これは気温が海氷面積を支配している要因であることを示している。

4. 3 海氷から大気への影響

北海道、特にオホーツク海岸地域では、沿岸に海氷が広がると低温になる傾向があるが、本州以南では値は小さいが正相関となっており、有意な正相関が本州の東方沖にある。この温暖化は南よりの風の偏差によってもたらされる。(35°N, 140°E)の850hPa気温との相関は同時の場合が最大ではあるが、海氷が先のほうが相関係数の減少が小さい(図省略)。これらの結果は数値実験の結果と合致し、海氷が大気に与える影響と考えられる。

数値実験の結果によるとアラスカから北米にかけてロスビー波的応答がみられる。アラスカ・北米の500hPa高度と海氷面積との相関は海氷が1ヶ月先の場合に大きくなり、海氷が大気に及ぼす影響を示している(図省略)。紙数の都合で詳細は割愛する。

5. まとめ

大気循環が海氷面積の拡大を支配するという観点からは以下の結果が得られた。

- ・海面気圧と大気下層の気温と海氷面積とのローカルな相関から海氷はオホーツク海で西風であり冷たいときに拡大する。
- ・海氷面積は広域の大気循環変動である北大西洋振動と良い相関がある。これは大気中に卓越する振動がある位相の時に海氷が拡大しやすいとして解釈した。

海氷から大気への影響についてはHonda et al.(1996)の結果を指針として解析した。

- ・東北地方以南の日本ではオホーツク海の手氷面積が広いと気温が高くなる。
- ・オホーツク海の手氷がアラスカ・北米の大気循環に影響を及ぼしている。

参 考 文 献

Honda, M., Yamazaki, K., Tachibana, Y. and Takeuchi, K., 1996: Influence of Okhotsk sea-ice extent on atmospheric circulation. *Geophys. Res. Lett.*, 23, 3595-3598.

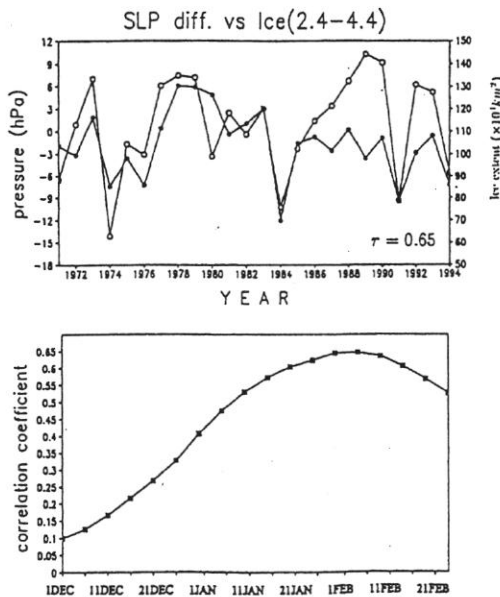


図3 (上) 黒丸(●)は2月4日～4月4日(60日)平均のオホーツク海の手氷面積。白丸(○)は(45°N, 150°E)の地点と(60°N, 170°E)の地点の手氷面積の目盛りは右側に気圧差の目盛りは左側に示してある。

(下) 海氷面積の平均期間の最初の日をずらせた場合の手氷面積差との相関係数の変化。横軸は平均期間の最初の日を示す。1JANは同時相関の場合に相当。これより右は手氷面積差に海氷が遅れる場合で、左は海氷の方が早い場合。

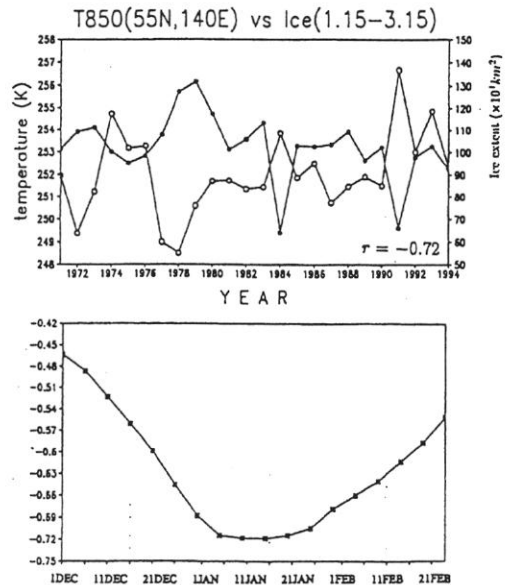


図4 図3と同じ。但し黒丸(●)は1月15日～3月15日(60日)平均のオホーツク海の手氷面積。白丸(○)は(55°N, 140°E)の地点の850hPa気温。