

平成 22 年 6 月 30 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2009

課題番号：20740270

研究課題名 (和文)

地球温暖化にともなうユーラシア大陸上の寒気蓄積の長期的変化の実態解明

研究課題名 (英文)

Assessment of long-term changes in the Eurasian Cold Surges in respect to Global Warming

研究代表者

堀 正岳 (HORI MASATAKE)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境変動領域・研究員

研究者番号：60432225

研究成果の概要 (和文)：

ユーラシア大陸上の寒気蓄積・流出の長期パターンには北極海からシベリア西部、および東アジアをつなぐ、季節内変動スケールの大気陸面相互作用のプロセスが存在することが示された。こうした寒気蓄積・流出パターンは気候モデル内において必ずしも高い再現性をもっておらず、その一因として、モデル内における北極海の海洋・海水プロセスの再現性の問題があることが明らかになった。

研究成果の概要 (英文)：

Long-term change in cold air outbreak over the Eurasian continent is strongly influenced by the intra-seasonal variability of the atmospheric condition over the Arctic Sea. The height anomaly builds a strong cold air anomaly over western Siberia, which is subsequently advected towards East Asia. The model representation of this process is poor due to the lack of realistic ocean/sea-ice interactions with the overlying atmosphere.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	800,000	240,000	1,040,000
2009 年度	700,000	210,000	910,000
総計	1,500,000	450,000	1,950,000

研究分野： 数物系科学

科研費の分科・細目： 地球惑星科学 気象・海洋物理・陸水学

キーワード： 気候変動、冬季モンスーン、気候モデル

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化の予測の正確性、特に陸上で温暖化が顕著なユーラシア大陸上における検証は急務の課題である。IPCC 第四次成果報告書に示された、観測による地表面気温の変化傾向と、気候モデルの合成図で示した気温の将来予測とを比較した結果、観測はユーラシア大陸の西側とモンゴルを中心とした東側

で気温上昇が顕著であるのに対して、気候モデルでは極域の気温上昇が主であることが知られている。また同様に、観測においては過去 50 年間でシベリア高気圧が弱化的なことが指摘されているのに対して、気候モデルにおいてはほとんどそうしたトレンドは発見されていない。

こうした矛盾が生じる理由として、ユーラシア大陸上の寒気蓄積の長期変動が NAO

やシベリア高気圧の変化のみならず、地表面近くの高い逆転層の存在や、積雪などの地表面状態の違いにも影響を受けており、これらが気候モデル内で正確に表現されていない可能性が強いことが示唆された。

2. 研究の目的

本研究では、観測によって明らかにされている地表面付近の気温変動の長期的傾向と循環場の長期トレンドを調査し、それを気候モデルによる感度実験を通して解明し、さらには IPCC AR4 に提供された気候モデルによる将来予測データを用いて相互に比較するという、〈観測・感度実験・将来予測〉のトータルなアプローチでユーラシア大陸上の寒気蓄積の長期的傾向を調べることを目的とする。

3. 研究の方法

寒気の蓄積と放出過程は単純な冬平均の気温では必ずしもとらえられない現象であるため、ここでは気温の急変イベントの長期的傾向を調査し、その頻度の変化をまず観測データから同定した。

気温の急変イベントの特定には早崎ら (2004) の手法を改良して、季節内変動スケールの寒気の蓄積・流出を過去 60 年間について算出した。

同様の手法を IPCC 第四次成果報告書のために集約されたマルチモデルデータの 20 世紀再現実験に対して適用し、モデル内での寒気蓄積の再現性について検証を行った。

また、ユーラシア大陸の寒気蓄積の背景場となっているシベリア高気圧の形成について調査するために気象研究所大気海洋結合モデル MRI-CGCM2.3.2 をアジア・チベット域の地形を除去した感度実験をおこなった。

4. 研究成果

(1) 季節内変動スケールの寒波の事例解析

本解析の結果、これまで単純に冬平均の気温場の偏差の強弱として理解されていた冬季モンスーンの強度には季節内変動スケールの寒波の流出過程が強く関わっていることが明らかになった。

そうした寒波の例が 2009-2010 年に日本および東アジア全域に繰り返し出現した寒波の事例にみられる。図 1 に見られる通り、この年は 12-2 月平均気温としては +0.81 度の弱い暖冬であるのに対して、強い周期性をもった寒波が繰り返し到来していた。

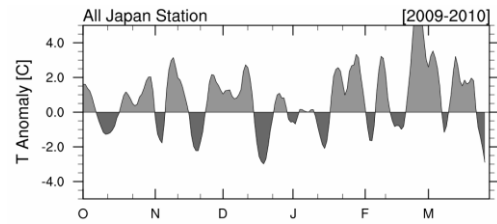


図 1 : 2009-2010 年の日本 58 箇所の気象官署の平均気温偏差時系列。

この気温偏差時系列に対するラグ相関解析を行った結果を図 2、図 3 に示す。図 2 によると、寒波到来の 7-10 日前にバレンツ海を中心として強い高気圧偏差が生じ、それに引き続く 7 日間のうちに定常ロスビー波ともなう高低気圧偏差が下流にむかって伝搬していることがわかる。

バレンツ海の高気圧は西シベリア領域にむかって持続的に寒気を蓄積し (図 3 左)、その寒波は定常ロスビー波列の負偏差に誘導されて東に移流している (図 3 右)。

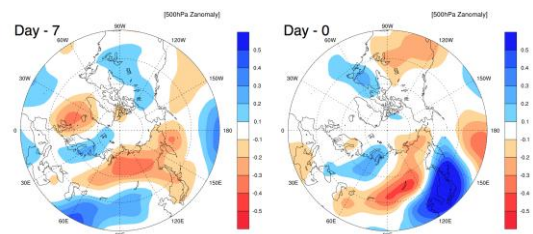


図 2 : 2009-2010 年の東アジア気温偏差に対する 500hPa ジオポテンシャル高度のラグ相関係数。ここでは 7 日前 (左) と 0 日 (右) を示す。

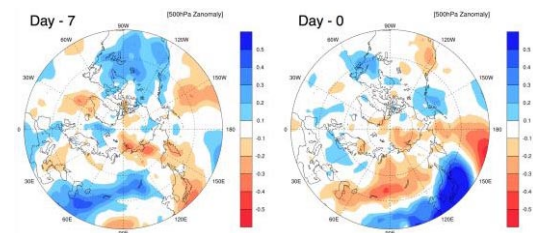


図 3 : 図 2 に同じ。ただし、850hPa 気温に対するラグ相関係数。

バレンツ海からの寒気の流出過程は Honda et al. (2009) の結果と一致するものであるが、重要な新しい知見として、1) こうした強い寒波の流出過程が冬平均の気温偏差に関わらず高い頻度で生じていること、2) Honda et al. (2009) で示されたバレンツ海の海水分布の有無に依らずにこうした寒気流出過程が存在している可能性が示された点である。

また、北極域から中緯度域に対する寒気の流出パターンをもたらす変動として有力なものとして NAO/AO が存在するが、

2009-2010 年の事例では A0 指数が強い負であったのに対して必ずしも東アジア域の気温偏差は対応しておらず（図略）、上記の過程がユーラシア大陸に固有な寒気蓄積・流出のメカニズムであることが示唆された。

(2) 季節内変動スケールの寒波流出メカニズムの長期変動傾向と気候モデル内の再現性に関する研究

こうした、ユーラシア大陸に特有な寒気蓄積・流出過程の過去の観測記録上の長期変化について調査を行った。

ここでは早崎ら(2004)による気温急変現象の特定手法を地表面気温ではなく、総観規模擾乱の時間スケール 3-7 日でバンドパスフィルターをかけた 850hPa 気温偏差場に対して行うことで寒気流出の事例を自動抽出した。その結果、年に平均して 5-7 回の頻度の寒気流出が西シベリアから東アジアに分布している実際が明らかとなった（図 4）。

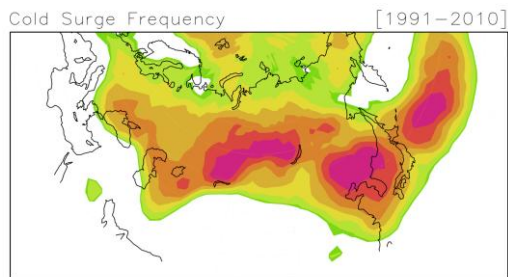


図 4：850hPa 気温場で特定された寒気イベントの頻度分布。

寒気流出イベントは特に北極海、西シベリア、そして東アジア域において強い頻度をもっており、この三点をつなぐ寒気流出プロセスの長期的な傾向が裏付けられた。

こうした寒気流出頻度の長期傾向は特に北極海上で負のトレンドを持っており、近年の北極海の海氷減少および気温の急速な温暖化が寒気流出過程に対して負の影響を与えている可能性があることが見て取れる（図 5）。

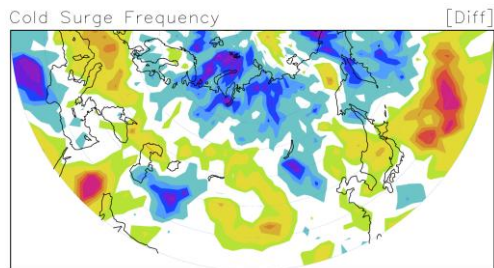


図 5：1991-2010 年における寒気頻度の平均値と 1971-1990 年の偏差。

また、地表付近のゾンデデータの解析から、こうした寒気の流出過程は地表面の接地逆転層の上、850hPa 付近の気層がそのまま移流しており、シベリア上のいわゆるコールドドームが移流されているわけではないという示唆も得られた（飯島慈裕研究員私信）。

同様の長期的傾向が気候モデル内で再現されているかを調査するために、IPCC 第四次成果報告書のためのマルチモデルデータセットを用いて同様の寒気頻度の解析を行った。

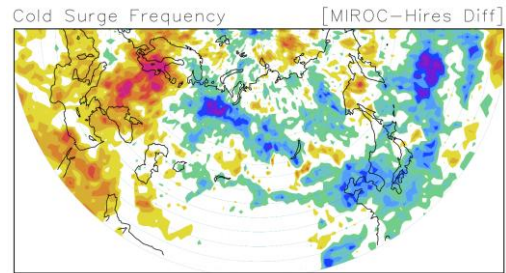


図 6：MIROC-Hires モデルの 20 世紀再現実験における寒気頻度の長期変化。

その結果、多くの気候モデルにおいて大陸上の気温変動は再現されている一方で、北極海からシベリア西部にかけての寒気蓄積過程が不十分であることが示された（図 6）。また、図 5 において太平洋上の気温変動領域が北進している 95/96 の気候レジームシフトのような長期変動を気候モデルの 20 世紀再現実験は再現できない傾向にあることが示された。

また、北極海における寒気蓄積・流出過程の不足の一因は現実的な海洋・海水分布とその上空の大気との相互作用の弱さにあることが示唆された。

3) ユーラシア大陸の寒気蓄積の背景となる気候形成過程のモデル実験

本研究課題ではさらに、ユーラシア大陸上の寒気蓄積過程の背景場となるシベリア高気圧の形成過程と寒気の流出の動態を、気候モデルの地形除去実験を通して調査を行った。

用いたモデルは気象研究所大気海洋結合モデル MRI-CGCM2.3.2 で、アジア域における地形を除去した実験を気候値実験と比較した。

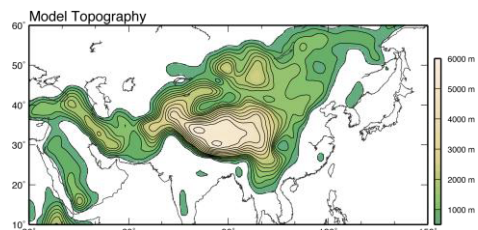


図 7：気候モデル内で除去された地形。

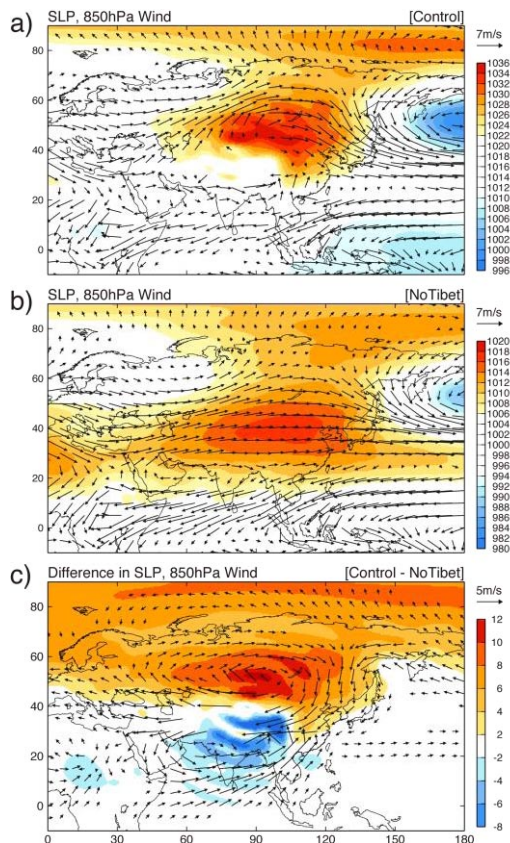


図8：12月-2月平均したモデル内の海面更正気圧（シェード）と850hPa風の分布。気候値実験（上）と地形除去実験（中）、そして気候値実験から地形除去実験を引いた差の分布図（下）。

その結果、地形の除去にともなうシベリア高気圧の減衰と、寒気頻度の減少が確認された。このことにより、西シベリアで蓄積された寒気は地形の上を通過する過程において標高の効果による強い高圧場においてさらに強調され、減衰することなくアジア域に遺留される過程が確認された。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 1 件）

- ① Kodera, K., M. E. Hori, S. Yukimoto, and M. Sigmond (2008), Solar modulation of the Northern Hemisphere winter trends and its implications with increasing CO₂, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L03704, 査読有 doi:10.1029/2007GL031958.

〔学会発表〕（計 3 件）

- ① Hori, M.E., Abe, M., Yasunari, T., “The Effect of Tibetan Plateau Uplift on the Early Monsoon Onset over the Indochina Peninsula”, American Geophysical Union 2009 Fall Meeting, Dec.15, 2009, Moscone Center, San Francisco, USA.

- ② 堀 正岳、本田明治、猪上 淳、菊地 隆、立花義裕「2009-2010 年冬季に発生した寒波事例の解析」、日本気象学会 2009 年春季大会、2009 年 5 月 25 日、国立オリンピック記念青少年総合センター

- ③ 堀 正岳「地球温暖化時における冬季東アジアモンスーンの変調、～CMIP3 マルチモデルアンサンブルを用いて～」、日本気象学会 2008 年春季大会、2008 年 5 月 21 日、横浜市開港記念会館

6. 研究組織

(1) 研究代表者

堀 正岳 (HORI MASATAKE)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境変動領域・研究員

研究者番号：60432225

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者