

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 星 一平
学位 博士 (理学)
学位記番号 新大院博 (理) 第 443 号
学位授与の日付 令和元年 9 月 20 日
学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当
博士論文名 Atmospheric Response to Arctic Sea Ice Loss in a Stratosphere-Troposphere Coupled System
(北極海氷域減少による大気応答：成層圏-対流圏結合の変調)

論文審査委員 主査 教授・浮田 甚郎
副査 教授・本田 明治
副査 教授・河島 克久
副査 教授・野沢 徹

博士論文の要旨

この論文の中で著者は、北極海氷域面積の減少に焦点を当てて近年の北極の気候変動がどのようにして中緯度における寒冬・大雪などの冬季極端現象を引き起こすかを調べた。特に成層圏を介した力学過程について再解析データと大気大循環モデルを用いた数値実験の結果を用いて以下の3点を明らかにした。

第1点目は、近年の海氷域減少がどのようにして冬季成層圏極渦の弱体化に寄与するのか、その力学過程の詳細を極向き渦熱フラックス偏差の成分分解を通して調べた。その結果、ユーラシア中央部において気候平均場の低温域に北風偏差が分布することで、ユーラシア東部において気候平均場の南風領域に高温偏差が分布することで、それぞれ渦熱フラックスが正偏差となっており、北極バレンツ・カラ海の海氷減少により励起された準定常ロスビー波が成層圏まで鉛直伝播する事に伴ってこれらの偏差が形成されていた事を明らかにした。

第2点目は、成層圏突然昇温に代表される極渦弱体化 (weak polar vortex; WPV) イベントに対して海氷域減少が及ぼす影響を調べた。その結果、多氷年における WPV イベントでは東西波数 1 成分が、少氷年における WPV イベントでは東西波数 2 成分の寄与が支配的であった事が分かった。また後者は、バレンツ・カラ海域を波源とする準定常ロスビー波が対流圏の気候平均した波数 2 の惑星波構造を強めた事に起因しており、循環場の特徴も多氷年 WPV とは異なっていた事が示された。

第3点目は、熱帯成層圏における東西平均東西風の準 2 年振動 (Quasi-Biennial Oscillation; QBO) に着目して成層圏基本場の違いがどのようにして北極と中緯度間の気候リンクに影響を及ぼすかを調べた。その結果、東風 QBO 年においては少氷に伴う冬季ユーラシアの地上気温偏差が明瞭であり、その低温偏差は対流圏におけるバレンツ・カラ海からの準定常ロスビー波応答と惑星波上方伝播の強化による成層圏過程に伴って形成されていること、また、西風 QBO 年ではこのような対流圏、成層圏の循環偏差は見られなかった事を示した。

以上の結果より、極東を含むユーラシアで近年頻繁に起きている寒冬・大雪などの冬季極端現象に対して、北極バレンツ・カラ海の海氷域面積の減少に伴う準定常ロスビー波応

答と惑星スケール・ロスビー波の上方伝播の強化による成層圏極渦の弱化とその下方シグナル伝播が強く寄与している事を観測データに基づいて総合的に示した。さらに、この結果を数値実験より検証しそこでも整合的である事を示した。

審査結果の要旨

本論文は、近年の北極気候変動が中緯度における寒冬・大雪などの冬季極端現象とどのように成層圏力学過程を介して関係しているかについて、再解析データと大気大循環モデルによる数値実験を用いて明らかにした。

まず力学過程として、北極バレンツ・カラ海海氷減少に伴う惑星波の上方伝播と成層圏極渦の弱化が重要である事、またその根底にある渦熱フラックス偏差に特徴的な空間パターンをある事を同定する事で海氷の影響をより客観的に評価する方法を提示した。これらの結果は国際的にも評価されており、近年活発に議論されている北極-中緯度気候リンクの理解に大きく貢献するとともに、中長期スケールの気候予測可能性の向上に繋がる知見をもたらした。よって本論文は博士（理学）の博士論文として十分であると認定した。

参考論文（学位申請論文の基礎となる学術論文：査読有り、受理済み）

- Hoshi et al. (Geophysical Research Letter, 2017)
- Hoshi et al. (Journal of Geophysical Research-Atmosphere, 2019)

関連論文（その他の論文）

- Hoshi et al. (2019, 月間海洋, 邦文) (査読無し)
- Hoshi et al. (submitted to Nature Climate Change)