

論文審査の結果の要旨

氏名 小倉 知夫

海氷は、気候システムを構成する要素の1つであり、大気や海洋と相互作用をしながら分布を決定する。海氷は高いアルベドや移流に伴う淡水輸送を通して大気や海洋に大きな影響を与えるので、その分布がどのように決まるかを理解することは、気候を理解する上で重要である。本論文では、海氷分布を決定する要因の中で、海氷の力学過程（風や海流による移流と海氷内部応力）がはたす役割に注目している。

夏季の海氷面積や冬季の海氷厚の決定に力学過程が重要な役割を果たすことが、これまでの数値実験や観測から指摘されている。しかし、（1）海氷力学過程の中で風／海流応力と内部応力の役割の違いはなにか、（2）海氷と大気、海洋の相互作用を考慮したとき、海氷力学過程は海氷分布にどのような影響をおよぼすか、はかならずしも明確になっていない。この論文では上の2点を明らかにするために2種類の実験をおこなっている。

1章の序説、2章の海氷モデルを記述したのち、3章においては（1）の問題に答えるために、オフライン海氷モデルによる数値実験を行っている。このモデル実験では、境界条件として、大気の情報として地表気温、下向き短波、下向き長波、地表風速、比湿、降水量を、海洋の情報として表層流速、海洋熱輸送収束を入力して、海氷の分布（密接度、海氷厚）および流速場を予報する。モデルの解像度としては、水平が2.8度、熱力学を考慮し、海氷力学を解いている。実験の方法として、海氷の力学過程（風、海流応力による移流と海氷内部応力）を考慮したラン、標準ランから内部応力を除いたラン、標準ランから内部応力と風、海流応力を除いたランの3種類を行い、分布を比較することで、それぞれの役割を調べている。

内部応力の効果は海氷の収束域における海氷厚の減少（1-2m）として現れている。内部応力が海氷の収束を妨げる抵抗力として働くためである。その影響は北極海（カナダ、シベリア北岸）で顕著であり、南極海ではウェッデル海、ロス海の限られた地域以外はみられない。一方、風／海流応力の効果は海氷の収束域（カナダ北岸、ウェッデル海、ロス海）と海氷縁辺部（グリーンランド海、南大洋）における海氷厚の増加、海氷の流出する地域（南大洋、北極海）における海氷厚の減少として現れている。海氷面積への影響は風／海流応力による拡大や縮小が顕著であり、内部応力の影響はほとんどみられない。これらから、海氷厚を維持するには風／海流応力と内部応力（北極海のみ）の役割が大きく、

夏季海氷面積には風／海流応力の影響が大きいことを確認している。

4章では問題（2）を答えるために大気海洋海氷結合モデルによる数値実験を行い、5、6章で具体的な解析をおこなっている。使用したモデルは東大気候センターで開発された大気／海洋／海氷結合モデルの低解像度モデルである。積分に際してフラックス調整は行っていない。大気は40年、海洋は500年スピニアップを行った後、結合シフトが小さくなった51年目以降を解析している。

夏季の結果では、大気海洋相互作用を考慮することで、力学過程により海氷面積がより小さくなることが示された。これには、海氷縮小域に大気下層で暖気がより多く流入して気温を高く、海氷をより小さくする正のフィードバックが働いている。一方、海氷縮小域で雲のアルベドが増加して地表を冷やそうとする負のフィードバックも働いている。しかしこの効果は海氷縮小による海氷アルベド減少の効果に打ち消されるため、海洋短波吸収は力学過程により正味では増加している。

冬季の結果では、海洋面積の総量は力学過程の有無によらずほぼ一定に維持された。一方、海氷の厚さは力学の効果によりうすく保たれる。このことには力学過程が海氷海洋相互作用を通して海洋からの上向きフラックスを増加させる効果が寄与している。ドリフトを考慮しない場合は、厚さと面積の10年規模変動を示している。この特徴は冬に顕著で、ウェッデル海周辺で海氷は拡大、縮小をくり返す。しかし海氷力学の効果を入れると、海氷分布は安定することを示している。

以上のような結果は、気候の研究に重要な貢献をするものと思われ、気候学に新しい知見をあたえ、気候学の発展に大きく寄与したと判断する。

なお、本論文は阿部彩子との共同研究であるが、論文提出者が主体になって解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。