

論文審査の結果の要旨

氏 名 大石 俊

従来、中緯度海洋は大気に対して受動的で、海洋が大気を強制する効果は小さいものとして考えられてきた。一方、衛星観測や数値モデルの発達に伴い、黒潮や親潮等西岸境界流・続流域が活発な大気海洋相互作用が生じる海域として近年脚光を浴びている。特に、西岸境界流に伴う中緯度水温前線が雲・降水系の組織化や移動性高低気圧の発達などを通じて大気に熱力学的強制を与えることが近年明らかになった。しかし、中緯度大気海洋相互作用において重要な要素である水温前線の強化・緩和過程に関しては、定量的な研究がほとんど行われていなかった。本論文は、水温前線を解像する高解像度の観測データ、および、大気海洋結合モデルによるシミュレーションの結果の解析を通じて、南インド洋南西部に位置するアガラス反転流域の水温前線の強化・緩和過程を詳細に調べた。この海域の水温前線は、アフリカ大陸から十分に離れているため、季節風の影響が小さく、水温前線に伴う大気海洋相互作用に着目することに適している。

本論文は4つの章から成立している。第1章は、導入部分であり、中緯度の大気海洋相互作用に関する研究のレビューを行った後、アガラス反転流域の水温前線に関する研究の現状、および、本論文の内容と目的が述べられている。

第2章では、様々な大気と海洋の観測データを解析することで、まず、この水温前線の平均的描像・季節変動の様子を記述した。この水温前線は、東経 10-70 度において、南緯 40-45 度に1年を通して存在し、南半球夏季（冬季）にわずかに弱く（強く）なる季節性を持っていることが明らかとなった。次に、アガラス反転流域の水温前線のなかで、水温前線の位置が比較的安定している東経 40-50 度を対象として混合層の熱収支解析を行い、海面熱フラックスは前線を緩和し、海洋は前線を強化していることを明らかにした。さらに、海面熱フラックスによる緩和作用は、水温前線の北側（南側）で大気・海洋間の比湿差が大きく（小さく）なり、潜熱放出が大きく（小さく）なるため、水温前線を緩和する方向に働くが、海洋混合層が水温前線の北側（南側）で厚い（薄い）ため、南半球夏季に強く、冬季に弱く水温前線を緩和することが明らかになった。また、このような海洋混合層の南北勾配が存在するのは、主に海面水温勾配に起因する潜熱フラックス勾配が存在するためであることも示された。このように混合層厚の南北勾配が海面熱フラックスによる緩和作用において重要な役割を果たしていることを指摘したことが、本論文の重要な成果の1つである。

第3章では、高解像度大気海洋結合モデルの結果を用いて、第2章の観測データを用いた解析では残差として見積もっていた海洋過程による水温前線の維持・強化過程を定量的に調べた。その結果、海洋過程による水温前線の強化においては、水平温度移流の寄与が支配的で、下層からの冷水の取り込み（エントレインメント）からの寄与は小さいことが明らかになった。さらに、水平温度移流による維持・強化過程の詳細を調べ、前線に向かって合流する弱い流れによる移流が支配的であり、この合流する流れが、前線の北側（南側）で暖かい（冷たい）水を前線に向かうように輸送し、水温前線を強化するようはたらいていた。また、この合流する流れは、南半球夏季（冬季）に強く（弱く）なる季節性を反映し、水平移流による維持・強化作用に同様な季節性が生じていた。さらに、合流する流れについて力学的な洞察を得るために渦度収支解析を行い、擾乱に伴う渦度移流が前線に向かって合流する平均流の形成に寄与する可能性を示唆した。

第4章では、本論文のまとめと今後の課題が述べられている。本研究の成果が、南インド洋の海洋前線を通じて、気候変動研究に寄与することを示すとともに、本研究で提唱された解析の枠組みが、世界海洋に存在する水温前線の強化・緩和過程の統一的な理解につながる可能性を示した。

以上に述べたように、本論文は、アガラス水温前線の強化・緩和過程の理解に大きく貢献するものであり、学位論文として十分な水準に達していると判断できる。なお、本論文の第2章は、東塚 知己 准教授、小守 信正 博士、第3章は、東塚 知己 准教授、Meghan F. Cronin 博士との共同研究であるが、論文提出者である大石氏が主体となつて研究を行ったもので、その寄与が十分であると判断できる。従って、審査員一同は、博士（理学）の学位を授与できると認める。

(1849 文字／2000 文字)