

論文審査の結果の要旨

氏名 尾形 友道

インド洋南東部から西太平洋熱帯域にかけての暖水域は、熱帯起源の大気海洋系気候変動の駆動域として知られ、全球規模の海洋大循環や気候変動に大きな影響を及ぼしている。また近年、観測網の充実と海洋大循環モデルの高解像度化に伴い、暖水域において季節内擾乱としての中規模渦が活発に励起されていることも明らかになってきた。このような気候・海洋変動の理解を深め、その予測精度を向上させるためには、様々な時空間規模の現象が複雑に絡み合っている暖水域での海洋変動機構の解明が不可欠である。しかしながら、暖水域における中規模渦活動と大洋規模の気候変動という、時空間スケールの大きく異なる現象間の関係は未だ明らかにされていない。本論文は、主に、高解像度海洋大循環モデルの結果を詳細に解析することで、熱帯インド洋南東部および西部熱帯太平洋における中規模渦活動の経年的な変調と熱帯域の気候変動との関係を明らかにするとともに、渦活動が経年的な気候変動モードの発展に及ぼす影響について詳しく調べたものである。

本論文は6章から構成されている。第1章は導入部で、本論文の研究対象領域である熱帯インド洋南東部と西部熱帯太平洋における先行研究の結果のレビューを通じて、中規模渦活動と経年的な気候変動との関係が未解明である点が指摘されている。第2章では、解析に用いた海洋大循環モデルの概要および各章に共通する解析手法が示されている。

第3章では、数値シミュレーションの結果の妥当性が検証された上で、統計的手法により熱帯インド洋南東部における中規模渦活動の経年変調に関する議論が進められている。海洋上層における渦運動エネルギー偏差を中規模渦活動度の指標として、また、上層の蓄熱量偏差をインド洋ダイポールモード現象（IOD）の指標として用い、両指標の関連性が分類されている。この解析により、1950年から2007年までに発生した渦活動度偏差の顕著な18イベントの内、顕著なIODを伴う場合が8イベント、IODを伴わない場合が10イベント発生していることが示されるとともに、それぞれの場合に対するコンポジット解析から、IODを伴う場合にはインドネシアのジャワ島や小スンダ諸島南岸沖の冷水偏差が南北水温勾配を強化していること、一方、IODを伴わない場合には西部熱帯太平洋を起源とする暖水偏差が南東部インド洋へ侵入し、そこでの南北水温勾配を強化していることが示されている。この結果、どちらの場合においても傾圧的な海洋内部の不安定過程を通じて渦活動度が強化されることになる。

1994年および1997/98年には、強いIODが発生したが、南東部インド洋での渦活動には大きな違いがある。第4章では、この1994年および1997/98年の事例解析を通じ、表層蓄熱量の観点から、渦活動の強弱をもたらす原因、そして、渦活動がIOD自体に与える影響が調べられている。その結果、1994年のIODに伴う経年的な水温偏差は北半球の夏季に極大

となり、モンスーンによる季節的な変動と重なることで顕著な南北水温勾配をもたらし、その結果、効率的に渦活動度を強化したこと、そして、この渦活動による南北熱輸送はIODに伴うインドネシア沿岸域の冷水域を弱めることに寄与し、IODの衰退に重要な役割を果たしたことを明らかにしている。これに対し、1997/98年のIODでは、経年的な水温偏差が北半球の冬季に極大となり季節的な変動の影響と効果的に重ならなかったため、経年偏差は1994年のそれより大きいにもかかわらず、渦活動度は1994年に比べ弱かったこと、その結果、中規模渦による熱輸送はIODの消長に寄与しなかったことが示されている。さらに、低解像度モデルと高解像度モデルの結果を比較することで、気候変動モードの消長に対する中規模渦活動の重要性が明確に示されている。

第5章では、西部太平洋の暖水域内で渦活動が活発な海域であるミンダナオドーム域を対象として、第3章および第4章で得られた知見をもとに、この海域での中規模渦活動と経年的な気候変動現象との関係が調べられている。太平洋のエルニーニョ／南方振動現象によりミンダナオドームの冷水域の強弱が大きく影響を受け、この海域での中規模渦活動の基本場を変えている。ミンダナオドーム東部の冷水偏差が強化される年には基本場から擾乱場への傾圧エネルギー変換が強化され、中規模渦擾乱を活発化させる。特に顕著な渦擾乱が発生した1993年の春季～夏季には、ミンダナオドーム域の経年的な負の水温偏差の衰退に対して渦活動による水平熱輸送が寄与していたことが明らかにされている。また、この海域の蓄熱量変動は、インドネシア多島域を通じて熱帯インド洋南東部にも影響を及ぼすことにより、そこでの中規模渦擾乱の強弱を間接的にコントロールしている可能性も示唆されている。

以上のように、本論文は、熱帯暖水プール域における中規模渦活動の経年的な変調過程が大規模場の経年変動に伴う海洋の不安定過程によるものであること、さらに、この渦活動が十分活発な場合には、大規模場の経年変動自体の消長にも影響を与える可能性があることを高解像度海洋大循環モデルによるシミュレーション結果の解析から初めて示した。これらの成果は、経年的な気候変動モードに重要な暖水域における時空間規模の異なる現象間の関連性の理解に大きく貢献するとともに、今後の気候変動予測の研究に重要な示唆を与えるものとして高く評価できるものである。

なお、本論文の第3、4、5章は指導教員である升本順夫准教授との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析や考察を行ったもので、その寄与は十分と判断できる。したがって、審査員一同は、博士（理学）の学位を授与できると認める