

## 論文審査結果の要旨

氏名 片岡 崇人

近年発見された気候変動現象であるニンガルー・ニーニョ現象は、インド洋南東部のオーストラリア西岸域に正の海面水温偏差を伴い、南半球の夏にピークを迎える。海水温が異常に暖まるとオーストラリア西岸域の海洋生態系に甚大な被害を与えることもあり、その予測研究は科学的のみならず社会的にも重要な課題となっている。しかしながら、先行研究では、2010/11年に発生したニンガルー・ニーニョ現象のみしか解析されておらず、その一般的なメカニズムに関しては、未解明であった。本論文は、観測データの解析、および、大循環モデルによるシミュレーションを通じて、ニンガルー・ニーニョ現象のメカニズムを詳細に調べたものである。

本論文は6つの章から成立している。第1章は、導入部分であり、インド洋の気候変動研究のレビューを行った後、ニンガルー・ニーニョ現象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、観測データを解析することで、ニンガルー・ニーニョ現象のメカニズムを初めて系統的に調べている。その結果、オーストラリア西岸沖におけるニンガルー・ニーニョ現象の発生機構は局所増幅型と非局所増幅型に分類できること、そして、前者はオーストラリア西岸沖の独自の大気海洋不安定相互作用（沿岸ビャークネス・フィードバックと命名）を通じ成長するのに対し、後者のケースにおける正の海面水温偏差は、ラニーニャ（エルニーニョ）に伴う西太平洋の貿易風偏差、あるいは、オーストラリア北岸の沿岸風偏差により励起された沈降沿岸捕捉波により引き起こされることを明らかにした。また、両ケースともに正の海面水温偏差に伴いオーストラリア西岸沖に負の海面気圧偏差が形成されていたが、局所増幅型では、海面気圧偏差がセル状を形成し、オーストラリア西岸に沿って強い圧力勾配を伴うのに対し、非局所増幅型では、海面気圧偏差が東西方向に延びた構造を取ることを指摘した。この両者の差は、オーストラリア・モンスーンの強度に依存した大陸上の海面気圧の差異によることも明らかにされた。本章の結果は、ニンガルー・ニーニョ現象に関する今後の研究の根幹となる力学的イメージを明らかにしたものである。

第3章では、海洋大循環モデルによるシミュレーションの結果を用いて、混合層内の水温バランスの式の各項を見積もることにより、第2章で明らかになったニンガルー・ニーニョ現象のメカニズムを定量的に検証している。その結果、沿岸域の海面水温偏差の形成において、ルーイン海流の強化に伴う正の南北移流偏差の寄与が最も大きいことが明らかになった。また、沿岸域でも沖合でも、表層混合層が経年的に薄くなるために、より効率的に短波放射によって表層混合層が暖められる効果（熱容量効果）も海面水温偏差の形成において重要な役割を果たしていることが明らかになった。

第4章では、ニンガルー・ニーニョ現象の成長にとって重要なオーストラリア西岸沖の負の海面気圧偏差の形成機構を解明するため、大気大循環モデルを用いた感度実験を行った。その結果、局所的な海面水温偏差も西太平洋熱帯域における非断熱加熱偏差への双極子型気圧応答（松野-ギル応答）も海面気圧偏差の形成に重要な役割を果たしていることが明らかになった。また、ニンガルー・ニーニョ現象に伴い、西オーストラリア州の降水量が増大することも明らかにした。本章の結果は、ニンガルー・ニーニョ現象の気候へのインパクトを初めて明確にした点で高く評価できる。

第5章では、ニンガルー・ニーニョ現象が、太平洋のエルニーニョ・南方振動（ENSO）とは独立に発生することができるのかを調べるために、ENSOの発生を抑制した大気海洋結合モデルの実験を行った。その結果、ニンガルー・ニーニョ現象は、ENSOが存在しなくてもオーストラリア西岸域に内在する大気海洋不安定相互作用を通じ、現実と同程度の振幅をもって成長することが明らかになった。従来、オーストラリア西岸域の海面水温変動はENSOに伴うものであるとされてきたことを考えると、本章の結果は画期的なものといえる。

第6章では、本論文のまとめと今後の課題が述べられている。また、本研究の成果が、オーストラリアにおける降水の予測精度の向上に著しく寄与する可能性を示唆するとともに、本研究で明らかになったメカニズムが、他の海盆東岸域で発生する沿岸ニーニョ現象の統一的な理解につながる可能性を示唆している。

以上に述べてきたように、本論文は、近年発見されたばかりのニンガルー・ニーニョ現象のメカニズムに関する理解の向上に著し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、Swadhin K. Behera 博士、山形 俊男 名誉教授、第3章と第4章は、東塚 知己 准教授、山形 俊男 名誉教授、第5章は、Takeshi Izumo 博士、Sebastien Masson 博士、東塚 知己 准教授、山形 俊男 名誉教授との共同研究であるが、論文提出者である片岡氏が主体となっ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。