

氏 名	な 倉 元 樹
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2886 号
学位授与の日付	平 成 17 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 地 球 惑 星 科 学 専 攻
学位論文題目	インド洋における年々変動に伴う海面水温偏差の季節発展とエルニーニョ - 南方振動との関係に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 淡 路 敏 之	助教授 秋 友 和 典	教 授 木 田 秀 次
--------	----------------------	-------------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

エルニーニョ・南方振動 (ENSO) とインド洋におけるダイポールモードの関係については、その独立性と従属性について相反する主張がある。インド洋・太平洋セクターにおける季節から経年変動スケールの現象は、実際、それぞれの物理モデルだけでは説明できない事例が多く、ENSO 変動とダイポールイベントとの関係を明らかにすることは現時点における重要な研究課題と言える。本研究では、モンスーンを背景場としたインド洋の年々変動の特殊な条件に着目し、ENSO に伴う海上風偏差場の影響を季節的な背景場との関係に照らし合わせて解析することにより、この問題の解明を試みた。

まず初めに、インド洋で水温偏差のダイポールパターンが発達する過程を評価するために、1982年1月から2002年12月までの大気再解析データを使って北インド洋における北半球夏季の海上風偏差を実ベクトル EOF 展開し、それが二つの主要な年々変動成分から成立していることを示した。衛星観測を基にした SST データと OLR データを用いた熱収支解析や大気の大気対流活動との相関解析から、これらの海上風年々変動モードは現実的なものであると考えられる。このことは、太平洋とインド洋の変動現象の関係が、両者を結びつけるパイモデルな連動メカニズムによって複雑化している可能性を示唆している。これにより、従来の1対1の対応関係の解析では不十分であることが明らかになった。それぞれのモードの時間変動の特徴を詳細に調べた結果、第1モードは ENSO イベントが発生する年に強化されるのに対して、第2モードが強化されるのは ENSO イベントの発生した次の年の夏季であるという対照的なものであることがわかった。また、これらの偏差成分は同程度の大きさを持つにもかかわらず、海面温度偏差への影響は全く異なっていた。以上の結果は、海上風による海面強制の役割を考える上で、基本場の季節進行と連動した偏差成分の作用の変化が非常に重要な視点であることを意味している。

さらに解析を進めた結果、これらの対照的な偏差成分はダイポールモードの発達と密接に関係していることがわかった。すなわち、ENSO とダイポールイベントが同年に発生する (ED 年) 場合の多いことは従来から指摘されていたが、この場合には ENSO が春にオンセットして夏季に第1モードの海上風偏差が卓越することにより、SST 偏差場が成長する。一方、ENSO が生じたにもかかわらずダイポールが発生しない場合 (END 年) は、ダイポールイベントと ENSO の独立性の根拠と考えられてきたが、この場合には夏季の海上風偏差に関して第2モードが卓越して、前年の ENSO のフェーズが次の年の春季を過ぎても反転しないために、海上風偏差場と背景場である季節変動場の風向の関係から、春季に生じていた東部インド洋の SST 偏差が必然的に秋季までに減衰する (つまり、ダイポールイベントは発生しない) ことが明らかになった。さらに、ED 年と END 年の間にはインド洋における海上風偏差場と季節変動場との関係に系統的な違いがあることを初めて示した。このように、ENSO とダイポールイベントとの独立・従属関係について相反する主張が存在する現状において、本研究は偏差場と背景場との関係に着目した新たな視点を導入することにより、ENSO のオンセットの季節的相違に起因したインド洋におけるモンスーン変動の異なった時間発展過程が、一見相反する2つの年々変動モードをインド洋に存在させる要因であることを観測結果と矛盾なく説明しており、注目すべき成果である。

論文審査の結果の要旨

熱帯海洋に見られる顕著な年々変動現象は、全球規模の気候に影響を与えることから、その役割と変動メカニズムの解明が注目され、これまでに様々なアプローチにより調べられてきた。特に、エルニーニョ・南方振動(ENSO)と近年指摘されたインド洋のダイポールイベントは、ともに日本周辺域のような東アジア中緯度域において数年スケールの気候変動を引き起こす重要な要因であることから、それらの相互関係を明らかにすることが重視されるようになった。しかしながら、これらの現象が互いに独立であるという主張と、一方は他方の駆動源であるという相反する主張がなされ、しかも、それぞれの説に基づく物理モデルでは説明できない事例が多く存在することから、両者の系統的な関係を明確にすることが要請されている。

申請者は、この問題に対して、モンスーンの強い季節シグナルを背景場としたインド洋の年々変動の特殊な条件に着目して、ENSO 変動がインド洋の海上風偏差に影響を与える物理過程の二重性を評価することにより、ENSO とダイポールモードの関係を矛盾なく説明できるメカニズムを提示した。

まず初めに、インド洋における水温偏差に対して海上風による局所的な海面強制の影響が大きいことを考慮に入れて、1982年1月以降の NCEP 大気再解析データをもとに、ダイポールパターンが発達しはじめる北半球の夏季における海上風偏差場を評価した。申請者は、夏季の平均海上風偏差を実ベクトル EOF 展開して得た主要な二つのモードについて、海洋混合層の熱収支解析とともに大気循環の駆動力の指標である OLR 分布との相関解析を行い、統計的なモードに現実性があることを確認した後、海面温度変動へのインパクトを評価した。その結果、風偏差の両モードは同程度の振幅を持つが、低緯度の風向が対照的であるために、海面温度変動に対して全く異なった効果を持つことが分かった。これはベクトル場である海上風の背景場と偏差場の風向の関係に依存して、スカラー量である風速偏差が変化するためであり、申請者はこれにより海上風偏差の影響を考える上で基本場との位相関係が重要であることを指摘した。

申請者は、これらのモードと ENSO との関係を詳細に調べ、第1モードは ENSO イベントが発生した年に強化されているのに対して、第2モードの強化は ENSO イベントが発生した年の翌夏であるという対照的な関係を明らかにした。このことは、従来から指摘されていたインド洋の季節風の年々変動と ENSO との関係が、太平洋とインド洋のバイモーダルな連動メカニズムによって複雑化されていることを意味しており、従ってこの連動メカニズムを明らかにすれば、従来の研究で例外とされて除外されてきた事例を含めてインド洋の年々変動を系統的に説明できる可能性がある。

申請者はそれを実証するために、水温偏差場の季節発展を追跡することにより、ダイポールイベントの発生に対するこれら両モードの役割を調べた。従来、ENSO とダイポールイベントの相互関係を調べた研究では両方が発生する年(ED 年)の現象が主な解析対象とされてきた。一方、ENSO の発生した年にダイポールイベントが発生しない場合(END 年)に注目した研究では、END 年の存在そのものが両者の独立性を示す根拠として位置づけられてきた。申請者は、解析の結果、ED 年には ENSO が春にオンセットするために、夏季に第1モードの海上風偏差が卓越することが SST の偏差場を成長させるよう作用するのに対して、END 年には前年の ENSO のフェーズが春になっても反転しないために夏季の海上風偏差は第2モードが卓越し、それが東部インド洋の SST 偏差を秋季までに減衰させるように作用すること(つまり、ダイポールイベントは発生しない)を初めて明らかにした。このように申請者は、ED 年と END 年の間にはインド洋における海上風偏差場と季節変動場との関係に系統的な違いがあることを初めて指摘するとともに、ENSO のオンセットの季節的相違に起因したインド洋におけるモンスーン変動の異なった時間発展過程が、一見相反する2つの年々変動モードをインド洋に存在させる要因であることを示した。これは、ENSO とダイポールイベントの独立・従属関係について相対立する主張の統一的説明に道を拓く意義深い結果であると言える。

以上のように、本研究は熱帯海洋における顕著な年々変動である ENSO とダイポールイベントの関係に関する極めてタイムリーな研究であり、十年スケールの変動に伴う背景場の変化に対して、ここで得た結論がどの程度ロバストであるかという問題は残されているものの、インド洋・太平洋セクターでの気候変動の理解に大きく貢献するものとして高く評価できる。

よって、本申請論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果、合格と認めた。