

論文審査の結果の要旨

氏名 今田由紀子

熱帯太平洋の大気海洋系は、高い海面水温 (SST) や熱帯収束帯 (ITCZ) における活発な降水活動および、エルニーニョ・南方振動 (ENSO) のように大規模な変動を通じて全球の気候に大きな影響をもつ。近年の衛星観測などにより、熱帯東部太平洋には熱帯不安定波 (TIW) と呼ばれる季節内スケールで西進する海洋中の波動が存在することが明らかになってきたが、その空間スケールは 1000km 程度で従来の気候モデルでは再現できず、TIW が大規模な気候平均場や ENSO とどのように相互作用しているかはよく分かっていない。

申請者は、気候システム研究センターで開発されてきた気候モデル MIROC の高解像度計算で TIW がよく再現できることに着目し、計算結果の詳細な解析に加えて自らが MIROC を用いたさまざまな数値実験を行い、気候システムにおける TIW の役割を複数の観点から調べた。

第 1 章において、TIW に関するこれまでの観測的・数値的研究のレビューが行われた。TIW の空間構造、季節性、提案されている生成メカニズム、大気境界層に対する影響を広範に述べた後に、TIW が励起する境界層の大気擾乱が大気海洋の大循環および TIW 自身にどうフィードバックするか、TIW は ENSO にどう影響するか、という疑問を取り上げている。提起された疑問点は各々、以降の 3 つの章で詳しく論じられる。

第 2 章において、解像度の異なる大気モデル (格子間隔約 250, 100, 50km) を同一の高解像度海洋モデルと結合した 3 通りの MIROC の気候計算の結果が解析された。どの計算でも TIW が再現されていることを確認した後、エネルギー収支解析を用いて TIW の生成には順圧・傾圧不安定がともに重要であることが示された。さらに、3 つのモデル結果の比較から、TIW に対する大気境界層の応答が海面熱フラックスと風応力を介して TIW を弱めるように働くこと、大気平均場の南北構造が TIW の生成に重要であることが論じられる。前者は、大気境界層の応答を表現できない低解像度モデルでは効率的に働かない一方、ITCZ の南北構造がシャープに表現できる高解像度計算では海流の強い南北シアがより現実的になり、エネルギー変換を通じて TIW を強めるように作用する。後者の過程が卓越するために、高解像度モデルにおける TIW が最も顕著であるという解釈が提示された。

第 3 章では、TIW に対する大気境界層の応答が大気海洋大循環に与える影響に注目して、MIROC の大気あるいは海洋部分だけを用いた数値実験が行われた。大気境界層における風と気温・水蒸気の応答の位相関係から、TIW の空間スケールで大気中の渦による赤道向きの熱・水蒸気輸送が生じ、それが ITCZ およびハドレー循環を南へ移動させる効果をもつことが指摘され、さらにその結果変化する風応力場が北赤道反流を弱めることで、TIW に対し負

の効果をもつことが明らかにされた。これは、ハドレー循環や海盆規模の海流といった大規模場と、TIW のメソスケールの場の間スケール間相互作用があることを意味するもので、はっきり指摘されたのははじめてである。

引き続き第 4 章において、TIW が ENSO にどう作用するかという疑問が低解像度の MIROC を用いた長期積分で調べられた。TIW による熱輸送の効果を等密度面渦拡散としてパラメタ化してモデルに組み込み、パラメタ化あり/なしの場合で ENSO の符号非対称性や周期などの特性がどのように異なるかに着目した解析結果が示された。TIW はエルニーニョ時に不活発、ラニーニャ時に活発となり、ともに ENSO を抑制するように働くが、ラニーニャ時の方がその効果が強く、結果として観測に見られるような強いエルニーニョと弱いラニーニャという符号非対称を生じることが海洋混合層の熱収支から明らかにされた。さらに、TIW は ENSO の原型として系に内在する 2 つのモードのうち、長周期で振幅の大きな温度躍層モードの出現を促すという結果も示され、観測される 10 年規模の ENSO 特性の変化との関連が論じられた。TIW の ENSO に対する影響を現実的な気候モデルで調べた例はほとんどなく、これらの結果には新奇性が認められる。

以上のように、本研究は TIW の気候との関わりを TIW の生成メカニズム、大循環場との相互作用、ENSO への影響といった複数の側面についてそれぞれ明らかにし、複雑な多重スケール相互作用の実態解明に大きく寄与するものである。用いるモデルへの依存性、現実との対応など、今後明らかにすべき点もあるが、熱帯気候における TIW の役割をこのように総合的に調べた意義は大きく、今後の気候研究および気候モデリング研究に重要な貢献を為したと考えられる。

なお、本論文に関連する結果として木本 昌秀氏との共著論文が 2 編あるが、論文提出者が主体となって計算及び解析をおこなったものであり、提出者の寄与が十分であると判断される。これらは主論文には含まれておらず、補遺として添付されている。

以上の理由により、博士（理学）の学位を授与できると認める。