

論文審査の結果の要旨

氏名 末松 環

本研究はマッデン・ジュリアン振動と称される大規模に組織化した雲群の存在に寄与する海面水温分布についてデータ解析により調べた。マッデン・ジュリアン振動とは、赤道付近の東西スケール数千キロメートルの雲集団が、インド洋上での発生後 20 日から 60 日程度の季節内スケールで太平洋中央部へと東進し衰弱する現象であるが、その発見から 40 年以上経過した現在でもその存在理由や発達と東進のメカニズムは解明されていない。本論文では、季節以上の長時間スケールの海面水温東西傾度とそれに対応した大気の大気循環場が、季節内スケールでのマッデン・ジュリアン振動の発生と維持、および、その東進に重要な影響を与えることを明らかにした。また、現実に見られる海面水温東西傾度と東進速度の関係が全球雲システム解像モデル NICAM により実施された長期気候実験においても再現されていることを示した。

本論文は 6 章からなる。

第 1 章はイントロダクションであり、マッデン・ジュリアン振動の観測的特徴、検出手法、東進過程、大気海洋相互作用、水蒸気モード理論、数値モデルによる再現性の各観点から過去研究を整理したのち、本論文の目的が述べられている。特に、過去研究が大気系あるいは大気海洋結合系の固有モードとして現象の理解を試みたのに対し、季節以上の長時間スケールを背景場とした季節内スケールでの強制応答という独自の視点から現象の理解を試みるということが説明されている。

第 2 章では、マッデン・ジュリアン振動の新しい検出手法を構築した。従来の標準的手法では大気循環と外向き長波放射の瞬間的な空間分布のみが評価され、組織化した雲群の継続的な東進という本質的特徴が考慮されていなかった。本研究では、物理空間上の特徴に即した基準を相空間上に設定することで、インド洋上での雲群の発生とその東進、そして太平洋中央部での衰弱という大気状態の連続的遷移の特定を可能とした。また、物理空間と相空間の対応を保証するトラッキング手法を考案した。これらの新しい検出手法は第 3 章以降のデータ解析の基礎となる。

第 3 章では、マッデン・ジュリアン振動とインド洋上でのみ発達し衰弱する局所的対流活動の特徴を比較し、マッデン・ジュリアン振動の発生に特徴的な大気循環と海面水温分布について調べた。従来研究では大規模対流活動に先行する季節内スケールの対流抑制がマッデン・ジュリアン振動の発生に重要とされていたが、二つの現象の間で季節内スケールの対流抑制に顕著な違いは無かった。また、二つの現象の間には季節内スケールの海面水温変動に違いはなく、むしろ、季節以上の長時間スケールでインド洋から西太平洋にかけて正の海面水温東西傾度が存在することがマッデン・ジュリアン振動の発生と維持に重要であることが分かった。湿潤静的エネルギーの収支解析から、正の海面水温東西傾度が存在する場合にインド洋から西太平洋にかけて下層収束による湿潤静的エネルギー蓄積が許されることが明らかとなった。

第4章では、マッデン・ジュリアン振動の東進速度に着目した解析を行った。東進速度の速いグループと遅いグループの比較から、季節内スケールの海面水温分布には顕著な違いは無く、季節以上の長時間スケールの正の海面水温東西傾度が大きい場合に東進速度が遅くなることが明らかとなった。湿潤静的エネルギーの収支解析により、東進速度の遅い場合に湿潤静的エネルギーの蓄積が大きく、深い対流活動が形成されていることが示された。海面水温東西傾度と東進速度の関係はマッデン・ジュリアン振動の現象全体に対して有意であった。大気循環場の解析からマッデン・ジュリアン振動がウォーカー循環の内部構造として選択されている可能性が提示された。

第5章では、第4章で特定された東進速度と海面水温東西傾度の関係がNICAMによる長期気候実験でも成立していることを示した。NICAMによる数値実験では、東進速度が全体として小さくなる傾向があり、また、夏季にマッデン・ジュリアン振動が発生しづらい傾向がみられた。これらの傾向が、陸面の高温バイアスと対応するモンスーン循環の歪みにより説明される可能性を示した。

第6章では研究全体をまとめて結論を導くとともに、既存研究への疑問を提示している。本研究で見出した海面水温東西傾度と東進速度の負の相関関係は、現在広く信じられている水蒸気モード理論の結果に反しており、また、マッデン・ジュリアン振動の東進速度が連続的に分布していることは単一メカニズムによる現象の説明が困難であることを示唆していると指摘した。

なお、本論文第2章と第3章は、三浦裕亮氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって手法の構築やデータの解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。