

論文審査の結果の要旨

氏名 菊地 一佳

Madden-Julian 振動 (MJ0) は、熱帯大気中に発見されたもっとも顕著な大規模大気現象の一つで、対流雲の塊 (クラウドクラスター) を伴う数万 km スケールの循環偏差が赤道に沿って 40 日 - 70 日程度のゆっくりした速度で地球を一周する。1970 年代初めに発見されて以降、多くの気象学者の注目を集め、研究が行われてきたが、未だに未解明の部分の多い現象である。申請者は近年充実してきた全球再解析データや衛星観測データ等を用いて Madden-Julian 振動の主として伝播特性に注目して研究を行った。

まず、第 1 章においてこれまでの膨大な研究結果をレビューし、MJ0 の伝播特性についての問題点を整理した。これまでに提唱された理論のどれも観測される伝播特性や擾乱の構造について十分な説明を与えるものではない。そこで申請者は、以下の 3 つの課題に注目することとした。(1) 赤道に沿っての東進がもっとも卓越する北半球冬季について、対流と循環とのカップリングが強い東半球とそうでない西半球の伝播特性、擾乱の 3 次元構造の違い、および、西半球から東半球への継続性について、(2) 同じく北半球冬季の東半球において、MJ0 の東進に伴う対流活動の詳細な変化の記述、そして、(3) 北半球夏季においてインド洋で見られる北進傾向のメカニズムについて、である。

第 2 章において、本研究で用いたデータとその処理方法について説明した後、第 3 章においては、北半球冬季において赤道域を一周して東進する MJ0 の水平・鉛直構造を全球格子点データと衛星可降水量データ等を用いて記述した。とくに対流と循環場のカップリングの弱い西半球でも有意なシグナルが取り出されるよう注意が払われた。その結果、東半球ではケルビン波・ロスビー波結合モード、西半球ではケルビン波の構造を持つ擾乱が、それぞれ 6m/s、20 m/s という位相速度をもって東進伝播するというこれまでの知見が確認された上、詳細な吟味により、西半球での伝播には 30-40 m/s の速い成分とアフリカ大陸上の山岳による阻害効果が関与していることがわかった。また、本研究のもっとも重要な発見の一つとして、大気水蒸気量 (可降水量) の偏差が西半球でも明白に東進していることが見出された。この可降水量偏差はケルビン波に伴う赤道上での境界層収束によって説明され、大気が相対的に乾燥している西半球ではこの可降水量偏差は深い対流には至らないものの、海面水温が高いインド洋に達すると深い対流を発生させるとし、西半球から東半球への擾乱の継続的伝播に対する一つの説明を与えた。

第4章においては、解像度の高い衛星ヒストグラムデータと TOGA-COARE 集中観測プロジェクトの高層観測データを用いて、対流と循環のカップリングの強い西太平洋暖水域において MJ0 に伴う対流が鉛直方向にどのような段階を経て発達するかを詳細に記述した。その結果、まず、前章の結果を確認する形で対流の本格的な発達の前に境界層での水蒸気収束があることが見出され、さらに、その後の対流の発達は、雲頂高度情報のデータを用いて、明白な3段階に分かれることが示された。第1段階の「抑制期」には水蒸気収束はあっても境界層直上の貿易風逆転層で対流は抑制される。その後の「発達期」になると貿易風逆転が弱まり、より高い対流雲が発達してくるが、氷結融解が起り、安定層の存在する0°Cレベル付近で頭打ちになっている。しかし、徐々にこの層を破って圏界面に達する雲が増え、やがて広大なかなとこ雲を伴う深い対流雲群からなる「成熟期」を迎える。MJ0内の対流システムにおけるこのような階層構造の発見は、今後の研究の進展に大きな影響を与えるものと評価できる。

さらに申請者は第5章において、従前より現象論的には知られていた夏季インド洋上での MJ0 に伴う対流システムの北進傾向について、時差合成図と力学的な解析によって一つの説明を与えた。それは、インドに向かうモンスーン西風に伴う基本場の渦度勾配により惑星ベータ効果の変更を受け、赤道上の対流偏差に対するロスビー応答が北半球側で大きくなる。ロスビー応答に伴う境界層収束が水蒸気の蓄積～鉛直成層不安定化をもたらし北半球側での対流を増進させる、というものである。全球を巡る東進が顕著でない北半球夏季の MJ0 については数多くの疑問が残されているが、本研究の結果はそれらの一つに光明を与えるものである。

以上のように本研究の成果は、気象学、ことに熱帯気象の研究に重要な貢献を為すものと判断する。

なお、本論文の一部は高藪 縁との共同研究であるが、論文提出者が主体になって研究を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

よって、博士（理学）の学位を授与できると認める。