

論文審査の結果の要旨

氏名 高須賀 大輔

熱帯気象の中でも顕著な季節内擾乱であるマッデン・ジュリアン振動 (MJO) は、東西数千 km スケールで組織化した雲群がインド洋-西太平洋を約 5 m s^{-1} で東進する準周期的 (30-90 日間隔) な現象である。MJO は、台風発生や中緯度域の異常気象、エルニーニョ現象の引き金になるなど、全球規模の気象・気候場に大きな影響をもたらすため、MJO の顕在化過程のメカニズムの解明は重要な課題である。従来、主に MJO の時空間スケールに対応した力学/水蒸気変動の観点から理解が進められてきたが、一方で MJO の顕在化には、高周波の総観規模擾乱や長周期の大気海洋変動も大きく関与することが指摘されており、階層的な時空間変動を包含したメカニズム検討の必要性が示唆されている。本研究は、観測データ解析と全球非静力学モデル NICAM を用いた数値実験により、総観規模擾乱から経年変動に至る多重スケール過程の中で、MJO の発生・東進開始のメカニズムを明らかにすることを目的としたものである。

第 1 章はイントロダクションであり、初めに MJO の一般的課題についての研究がレビューされ、本研究での焦点が特に MJO の発生・東進開始過程であることが示される。次に、大規模な季節内変動の観点から MJO の発生と東進機構についてのより詳細なレビューが示され、過去研究による知見が述べられる。MJO の発生について提唱されているメカニズムとして、赤道を周回する大規模ケルビン波による影響、ディスチャージ・リチャージ仮説、MJO スケールの水蒸気輸送が提示される。続いて、MJO の東進メカニズムについてのレビューでは、大気海洋結合過程の影響、大気境界層における水蒸気の摩擦収束によるケルビン-ロスビー波力学、水蒸気モードについての過去研究が示される。さらに、MJO が顕在化するためのスケール間相互作用の重要性が示され、赤道域の総観規模変動との関係、経年変動の効果について記述される。本章の最後に、改めて、本研究の目的が明確に示される。

第 2 章は、MJO に対する総観規模擾乱の役割について観測的な事例研究であり、2017 年 12 月のスマトラ島沿岸での集中観測 (YMC-Sumatra 2017) 期間中にインド洋で発生した MJO 事例を詳細に解析している。MJO 対流抑制期には対流圏中層で捕捉された混合ロスビー重力波 (MRG) が観測され、MRG は MJO の発生に先立って、西インド洋において背景東西風収束の影響により対流活動と強く結合するとともに、インド洋の対流圏中層の湿潤化に寄与する。結果、MRG に伴う渦運動エネルギーが対流圏中上層で活発に生成され、それが下層へ分散することで強化された MRG の下層循環が MJO 対流を発生させること、また、その後の東向き群速度での MRG の波束伝播に伴う力学変動がインド洋での MJO の東進を駆動することが初めて示された。

第 3 章では、統計解析により第 2 章で示した結果の普遍性を検証している。1982-2012

年の北半球冬季にインド洋で発生した 47 事例の MJO が抽出され、そのうち 26 事例の発生が対流結合した MRG の強化と対応していた。また、これらの事例では、第 2 章で見出された MRG の発達・維持過程、およびその MJO 発生・東進開始への役割が統計的に確認された。さらに、残りの 21 事例との比較により、MJO 対流抑制期のインド洋での赤道を横断する季節内循環が MRG の励起源となり得ることと、その赤道反対称性の程度は経年変動と季節進行によって変調される点が議論された。

第 4 章では、MJO の発生領域に多様性が生じる要因とその中で共通する要素について、経年変動との相互関係の観点から検討され、NICAM を用いた数値実験により検証された。MJO の発生領域は、インド洋・海大陸・西太平洋といった多様性がある。発生領域によらず季節内循環に伴う水蒸気移流による湿潤化が MJO 発生に好都合な場の形成に貢献する一方、長周期の海面水温偏差が EP El Niño (CP El Niño・インド洋南部の双極)型を伴う時に、海大陸 (西太平洋) で MJO が有意に発生し易くなることがわかった。即ち、海面水温の経年変動に伴う背景循環場の変調が、MJO 発生領域の決定に関わることを新たに示した。

第 5 章では、本論文の結論がまとめられる。まず、MRG は MJO の発生・東進の駆動源となることを事例観測的に示した (第 2 章)。次に、MJO の駆動源としての MRG の普遍的な力学的な役割を観測データの統計解析によって示した (第 3 章)。続いて、季節内変動と経年変動の相互関係によって MJO の発生領域の多様性が生じることを示した (第 4 章)。最後に、議論として、過去研究による MJO 発生・東進メカニズムが批判的に検討され、今後の研究の課題が示される。

なお、本論文第 2、3、4 章の結果は、それぞれ独立した論文として、佐藤正樹・横井寛との共同研究として発表または発表予定であるが、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。