

# 論文審査の結果の要旨

氏名 渡 邊 俊 一

日本海等の冬季の中・高緯度海上では、polar mesocyclone や polar low と呼ばれるメソスケールの渦状擾乱 (mesoscale vortex; 以下では MV と略す) がしばしば発生する。MV は強風や豪雪などを伴うため沿岸地域や海上交通に大きな影響を与えるが、その正確な予測は現在でも難しい。衛星観測によると、MV の水平スケールはメソ  $\alpha$  スケール (200 km ~ 2000 km) からメソ  $\beta$  スケール (20 km ~ 200 km) まで幅広い領域にわたっており、雲域の形も様々である。これまでに多くの事例解析が行われてきたが、MV の発生・発達には様々な要因が複合的に寄与しており、個々の事例解析のみからでは MV の一般的特徴を理解するのは難しい。過去の MV の統計的な研究についても、衛星画像や天気図などの主観的な解析や、解像度の粗い再解析データを用いたものであり、メソ  $\beta$  スケールも含めた MV の統計的調査は不十分であった。

申請者は、MV と環境場の統計的調査のために、高解像度でメソ  $\beta$  スケールの MV もよく再現できる気象庁メソ解析データ (MANAL) を用い、MV の客観的抽出手法の開発を行い、それを用いて MV の気候学的特徴を調べた。さらに、MV を発生位置と経路によって分類し、それぞれの MV ごとにコンポジット解析と数値シミュレーションによって発生環境場と構造の一般的特徴について明らかにした。

本論文は6章からなる。

第1章では、冬季高緯度における MV の過去の研究がレビューされ、特に日本海における MV についての気候学的特徴がまとめられている。これらの結果を受けて、本研究の目的が提示される。

第2章では、本研究で開発した MV の客観的追跡手法と利用したデータについて詳細に説明される。本研究で開発した客観的追跡手法において、5 km という高い解像度を持つ MANAL を用いることで、これまで困難であったメソ  $\beta$  スケールの MV や、より大きなスケールの擾乱の中に存在する MV も精度よく抽出することが可能になったことが示される。渦の形状や大きさにもとづいて温帯低気圧などの総観規模の擾乱と MV の分離を行う新しい手法を開発することにより、従来の研究とは異なり、成層などの環境場に依らずに分離を行うこと

が可能になったことが特徴として述べられる。

第3章では、開発した客観的追跡手法を2009年11月から2015年3月までの6冬季のMVに適用し、その気候学的特徴を調べた結果が示される。MVの発生は1月に最も多く、またMVの分布は日本海西部と日本海北東部に集中しており、この結果は短期間の衛星画像を用いた先行研究と整合的であることが示される。さらに、MVを渦度が最大となった地点によって日本海北部、日本海中部、日本海西部に分類し、それぞれの海域ごとに大きさ・強度・移動方向の特徴が明らかにされる。

第4章では、MVの一般的な発生環境場と構造について、MANALと気象庁全球解析(GANAL)を用いたコンポジット解析の結果が示される。まず、MVを位置と移動方向によって分類し、次に、それぞれのMVについて基準となる時刻を定義し、前後48時間についてラグコンポジットを作成した。いずれのMVの発生環境場にも下層におけるアジア大陸からの寒気の吹き出しが見られ、MVは傾圧性や水平シアの大きな寒気の先端付近で発生・発達していたことが示される。また、上層には寒気を伴うトラフが存在することもMVの発生環境場に共通していた。このトラフによって成層が不安定化されるとともに、トラフの前面には力学的な上昇流が誘起され、対流が起こりやすい環境場が形成されていた。しかし、寒気の吹き出しや上層のトラフのMVに対する位置関係はMVのタイプごとに異なっていた。また、メソスケールの構造もMVのタイプごとに異なっていたことが示される。

第5章では、GANALによるコンポジット場を初期値・境界値とする水平格子間隔10 kmの気象庁非静力学モデル(JMA-NHM)による数値シミュレーションの結果が示される。各タイプのMVについて数値シミュレーションを行ったところ、対応するMVの特徴が再現された。このことから、コンポジット解析で得られた大規模な環境場が各タイプのMVに対する環境場としての一般的な特徴を持つことが確かめられた。さらに、初期場にMVのもととなる擾乱がないことから、総観スケールの環境場からMVを発生・発達させるメカニズムがあることが示唆された。それぞれの海域におけるMVに対して、凝結熱の効果を取り除いた感度実験、海面水温・海氷の分布・地形を変化させた感度実験等を行い、凝結熱の重要性、海面水温・地形の役割が明らかにされる。

第6章では、以上の研究結果の結論と今後の展望が示される。

なお、本論文第2、3、4章の一部は、新野宏氏と柳瀬亘氏との共同研究、第5章の一部は、新野宏氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析および検証を行ったもので、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。