

論文審査の結果の要旨

氏名 小平 翼

論文は6章からなる。第1章が「序論」、第2章が「理論的背景」、第3章が「伊豆諸島周辺合成開口レーダーに現れる非線形内部波について」、第4章が「伊豆諸島を通過する成層流体の数値シミュレーションについて」、第5章が「連続成層における島周辺に生成される3次元非線形内部波について」、第6章は「結言」となる。

研究の目的は、伊豆諸島の島を通過する黒潮により、島上流に定在する非線形内部波が生成され、放物線状のパターンを表層に構築するメカニズムを解明し、捕捉された内部波の性質を明らかにすることである。

第1章では、考察する状況設定と研究目的を述べた。まず合成開口レーダ(SAR)に内部波が検知される機構を述べ、黒潮が接近する伊豆諸島を撮影した SAR 画像に離脱衝撃波を想起させる放物線状のパターンが確認できることを示した。海洋内部波の伝播速度と黒潮の移流速度は同等であるため、内部波が黒潮に捕捉され、大振幅となった状態と考えられる。黒潮が伊豆諸島付近に定在内部波を生成させるという報告は未だ無く、また、円柱や円錐といった単純化されたモデルにおける考察もされていない。そこで、黒潮が内部波を定在させ、放物線状のパターンを表層に構築すること、捕捉される内部波の性質の解明を本研究の目的とした。

第2章では、非線形内部波に関連する理論を説明した。弱非線形性、弱分散性を持つ波の代表的なモデル方程式である KdV 方程式に着目し、一層、二層、連続成層流体中の有限振幅長波について述べた。そして、海洋の内部波はこれまで二層モデルによる研究が盛んに行われて来たが、二層と比較して連続成層では非線形性が弱くなる傾向にあることを示した。また、非線形内部波の生成機構について触れ、大気における三次元的な非線形内部波に関する先行研究を示し、本研究の特色が島の存在であることを述べた。

第3章では、伊豆諸島に非線形内部波が生じる状況を考察した。人工衛星 ALOS に搭載された合成開口レーダ PALSAR が取得した計 138 日間の SAR 画像を確認し、島付近に放物線が見られる画像は 13 日間確認でき、1 例を除き 6 月から 10 月という夏季に撮影されていた。同 13 日間における黒潮の接近および三宅島付近風速の状況を、海洋速報、三宅島における 2 地点のアメダス 1 時間平均風速データより確認したところ、13 日間に

において黒潮が接近し、微風であったことが確認された。また、海洋再解析値 JCOPE2 を解析したところ、mode2 の非線形内部波の生成が示唆され、定在する内部波は夏季に内部波が海洋表層に影響を及ぼしやすくなることが示唆された。

第4章では、MITgcm による伊豆諸島を過ぎる成層シア流の数値計算について述べた。JCOPE2 の黒潮流軸を用いた計算結果は三宅島付近にのみ mode2 の定在内部波が確認されたが、SAR 画像からは御蔵島付近に定在する内部波も示唆される。そこで、観測データを参考に成層構造を修正した数値計算を実施した。すると、三宅島付近にも内部波が生成され、双方の島に定在する内部波の振幅は背景流の流速増加に伴い増大することが確認できた。4章の計算結果は初期境界条件となる成層シア流のプロファイルに依存し、定在するモードの特定や非線形性の大きさに関する検討には観測データの拡充が必要である。しかし、表層流速の収束の分布と SAR 画像のパターンは非常に類似しており、黒潮により伊豆諸島に非線形内部波が生成し、定在すると結論づけた。

第5章では、生成する内部波の基礎的な性質の検討を目的として、円柱や円錐を用いた数値実験について述べた。計算結果より、海底地形による内部モードの生成に加えて鉛直シアが内部波の生成を担うこと、生じる内部波は非線形性、弱分散性を持つ波であり、山岳波のような分散性に支配される現象よりも段波、内部波ソリトン群に近い物理的性質を持つことが分かった。また、三宅島、御蔵島をガウシアンベルに模擬した数値計算結果からは御蔵島における内部波の生成にはシアによる強制が重要であることが示唆された。一方、三宅島まわりの流れは孤立したガウシアンベル形状まわりの流れと異なり、島周りの地形が内部波の生成に強く関与していることが示された。

衛星合成開口レーダーに現れた、伊豆の島周辺の特異なパターンが、黒潮と島との相互作用により生成された、非線形内部波の痕跡であることを、海洋物理学的な観点、流体力学的な観点で明らかにしたことで、本研究の目的は達成されたと判断する。

以上により、博士（環境学）の学位を授与できると認める。

以上 1829 字