

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 久賀 みづき
 学位 博士 (理学)
 学位記番号 新大院博 (理) 第 434 号
 学位授与の日付 平成 31 年 3 月 25 日
 学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当
 博士論文名 富山湾周辺海域における近慣性周期変動に関する研究

論文審査委員 主査 教授・大野 義章
 副査 教授・吉森 明
 副査 教授・浮田 甚郎
 副査 教授・家富 洋
 副査 准教授・奥西 巧一
 副査 資源環境部海洋動態グループ長・井桁 庸介
 (日本海区水産研究所)

博士論文の要旨

海の表面を伝搬する波は、目視できるため、我々にとって馴染み深い。しかし、海中にも表層から深層に至るまで様々な内部波が存在する。そのような海中の内部波は、海洋内部におけるエネルギー伝達や海水の垂直混合を引き起こす源泉となっていることが認識されつつあり、海洋の循環を明らかにする上で重要な素物理過程である。本研究では、台風などの気象擾乱によって海洋上部の密度成層内に誘起される近慣性周期をもつ内部重力波（近慣性内部波）に焦点が当てられている。具体的な解析対象領域としては、海深がとてもあるため沿岸近くまで近慣性内部波が伝搬可能な富山湾周辺海域が選ばれている。富山湾周辺海域では、気象擾乱によって急潮など種々の特異現象が観測されており、漁業被害も発生している。また、解析対象の気象イベントは 2010 年 8 月における台風 4 号の日本海通過である。本論文は、最新の海洋数値シミュレーションの結果を基に、富山湾沿岸域での複雑な海岸・海底地形による近慣性内部波の発生・反射・散乱を経て形成された海洋振動の時空間的な特徴を、回転スペクトル解析や固有モード分解などの数理的解析手法を駆使し、深く理解することを目指している。

本論文は 5 つの章と 3 つの付録から構成されている。まず第 1 章では、海洋中の近慣性内部波が海洋物理において担っている役割から説き起こされ、本研究の背景、意義、目的が述べられている。第 2 章では、本研究で解析対象とした気象擾乱に基づく富山湾周辺海域における近慣性周期変動の励起の様相（入善沖から能登半島東岸への波動伝搬、エネルギー減衰中の流速の時計回り成分の位相伝搬、入善沖における強流帯形成など）がまとめられている。特に、回転スペクトル法を用いることにより、波動伝搬の回転位相の空間構造の詳細が明らかにされている。得られた近慣性周期変動の伝搬の時空間分布特性は、可視化によって明瞭に提示されている。なお、実際の観測結果は限られており、解析にあたっては主として海洋数値シミュレーションの結果が用いられている。海洋数値シミュレーションの信頼性は、実際の観測結果との比較から担保されている。

第 3 章が本論文の中核をなす。近慣性内部波を鉛直方向に固有モード展開することにより、第 2 章で示された富山湾周辺海域における近慣性周期変動の励起の様相が近慣性内部波の伝搬として理解可能かどうかを検討している。具体的には、台風が通過直後の期間について、密度偏差と水平流速の鉛直構造が 3 つの低次鉛直モードの重ね合わせとして記述され、第 2 章の結果が解釈されている。入善沖から能登半島東岸への波動伝搬には鉛直第 1 モードが主要な役割を果たすことが明らかにされている。また、エネルギー減衰中の流速成分の位相伝搬構造は、入善沖から伝搬した鉛直第 1 モードの能登半島東岸での反射・散乱による高次モードへの変換によって理解される。加えて入善沖における強流帯形成は、近慣性沿岸捕捉波と慣性振動の共鳴として、理解可能であることが示されている。第 4 章では、能登半島東岸における近慣性内部波の散乱による鉛直高次モード内部波の発生について、エネルギー伝搬の観点からも検討され、先の解釈の正しさが確認されている。第 5 章は本論文のまとめであるとともに、今後の研究展開（急潮の発生メカニズム解明への応用、日本海における乱流混合ホットスポットの推定）が述べられている。最後に 3 つの付録では、内部重力波、鉛直モード展開および回転スペクトル法についての基本的定式化が与えられている。

審査結果の要旨

本研究は、高精度の海洋数値シミュレーションの結果を詳細に解析することにより、富山湾沿岸域で観測される複雑な海洋振動の時空間的な特徴を近慣性内部波の発生・反射・散乱として解明することに成功している。その解明にあたっては、回転スペクトル解析や固有モード分解などの数理的解析手法が駆使され、申請者のオリジナリティが十二分に発揮されている。解析対象の海洋振動現象そのものは個別的ではあるものの、得られた近慣性内部波に関する理論的理解は普遍性をもち、より一般の海洋循環のモデル構築などに対して大いに資すると期待される。

コンピューターの発達とともに海洋数値シミュレーションの大規模化、精密化が急速に進んでいる。しかし、得られた数値結果を理論的に理解する試みの重要性は失われていない。シミュレーションは複雑現象の背景に潜む原理、仕組みなどに関する基礎的知見を提供してはくれない。シミュレーションによる「データ洪水」の中で、そのような人の知的作業はますます重要になっている。本研究の最も根本的な学術的意義はこの点にあることを強調する。

なお、本論文の主要な研究成果は、査読付き論文 1 編（和文）の形で近日中に公表されることが確定しており、学位申請の必要条件を満足している。

以上から本論文は博士（理学）の学位論文として十分価すると判定した。