

(第6号様式)

学位論文審査の結果の要旨

氏名	董孟洪
審査委員	主査 郭新宇 副査 森本昭彦 副査 日向博文

論文名 Intra-tidal and inter tidal characteristics of a tidal front in the Seto Inland Sea

審査結果の要旨

董孟洪氏は、本学位論文において、瀬戸内海の豊後水道に形成される潮汐フロントの潮汐周期内の変化と支配要因、さらに潮汐周期内変化の大潮・小潮および季節変化について人工衛星データの解析、船舶観測と数値モデルにより研究した。

潮汐フロントは世界の沿岸域で普遍的に存在する水温フロントである。春から夏にかけて、大気の加熱を受けて海水温が上昇するが、ある場所の昇温スピードはその場の海面熱フラックス、水深、潮流の速さに依存する。潮流の速い場所では、潮流に起因する鉛直混合が強く、海水が海底から海面までよく混ぜられるため、水温が海底から海面までほぼ同時に上昇する。潮流の遅い場所では、潮流に起因する鉛直混合が海底付近に限定されるため、海面の熱フラックスは主に海面付近の海水温の変化に寄与するため、海面水温が上昇しやすい。潮汐フロントは潮流の速い場所と遅い海域の間に形成され、その形成場所は潮流の振幅と水深に関係する。

潮汐フロントの存在は古くから知られており、その平均的な位置を決めるパラメーターはエネルギー論からすでに導出されている。しかしながら、潮汐フロントの強さに関する研究はまだ少なく、十分な理解があるとは言い難い。潮汐フロントは潮流の上げ下げに伴って数時間に10 km以上動くため、通常の船舶観測ではその強さの変化を捉えにくい。また、このような激しく動く現象に対しては従来の衛星観測でも対応しにくい。

本研究の目的は、上げ潮と下げ潮に伴う潮汐フロントの移動特性および移動中のフロント強度変動を2014年に打ち上げられた高解像度の静止衛星「ひまわり8」のデータにより解明し、船舶観測による水深方向の観測により潮汐フロントの鉛直構造の変動特性を明らかにし、さらに数値シミュレーションにより潮汐フロント変動のメカニズムを調べることである。

本研究の研究成果は、以下の4点に纏められる。

(1) 潮汐フロントの潮汐周期内の変動特性

5年分の静止衛星「ひまわり8」の1時間間隔の海面水温データを利用して、豊後水道北部に

形成される潮汐フロントの動態を解析した。まず、温度勾配に基づいて潮汐フロントの位置を特定し、上げ潮と下げ潮に伴う潮汐フロントの移動を求め、その距離が潮流速度から計算される理論値と矛盾しないことを確認した。そして、潮汐フロントの強さは上げ潮による成層域から混合域への移動時に弱くなり、下げ潮による混合域から成層域への移動時に強くなることを初めて提示した。さらに、移動距離と強度の変動幅は小潮時より大潮時に大きいことも確認できた。

(2) 潮汐フロントの平均位置の季節変化

同じ衛星データ解析から、大潮時と小潮時の潮汐フロントの相対的な位置は月により変わることを初めて示した。4月には潮汐フロントは大潮時に混合域の中心である速吸瀬戸から遠く離れ、小潮時に速吸瀬戸に近づく。その後、両者の位置は近づき、7月には逆転し、潮汐フロントは小潮時に海峡から遠く離れ、大潮時に近づく。

(3) 潮汐フロントの鉛直構造の変化

衛星データは海面の情報しかないため、潮汐フロントの鉛直構造を知ることができない。そこで、海面に見られた上げ潮と下げ潮の潮汐フロント強度の違いが鉛直方向にも存在するかどうかを知るために、船舶観測を実施した。船舶観測はフロントを横切る断面に沿って1-2 km 間隔で水温と塩分の鉛直プロファイル、フロント近傍において100-200 m 間隔で水温と塩分の鉛直プロファイルを取得した。その結果、上げ潮にフロント周辺では高温の海水が成層域から混合域の表層に進入する一方、亜表層と底層では水温は低いままであることが分かった。また、下げ潮にフロント周辺では500 m 以内に5度以上の水温変化が観測され、この急な水温変化は海面から水深30 m まで続くことも分かった。このような鋭いフロントの存在と海面から水深30 m まで維持されることに関する報告は、非常に少ない。

(4) 潮汐フロントの変動特性に関するメカニズム研究

以上の潮汐フロントの変動特性に関するメカニズムを理解するため、数値シミュレーションを行った。数値シミュレーションでは、海峡と灘を想定した理想的な地形を用いて、海面加熱と潮流で潮汐フロントを駆動するモデルを構築した。モデル結果に観測された潮汐フロントの潮汐内の変動特性が見られ、モデル結果の解析から潮流の収束発散はフロント強度の変化に強く関わることが分かった。また、季節および大潮と小潮による密度流の変動をモデルに導入し、潮汐フロントの位置変化と海域全体で普遍的に存在するバックグラウンドの流れとの関係を調べた。その結果、衛星データに見られた大潮と小潮の潮汐フロントの相対的な位置に関する4月と7月の違いは、密度流の季節変化及び密度流の大潮と小潮に対する依存性によるものと結論づけた。

提出された学位論文の研究成果の一部は、国際学術雑誌に1編公表されている。船舶観測と数値シミュレーションの研究成果については投稿準備中である。

本学位論文の公聴会は令和4年2月10日にオンライン形式で開催し、約35分の英語による論文発表と25分の質疑応答が行われた。引き続き、学位論文審査委員会を開き、本論文の内容を厳正に審議した結果、審査委員が全員一致で、博士(理学)の学位を授与するのに値するものと判定した。