

学 位 審 査 報 告 書

(ふ り が な) 氏 名	ル ー クワン フン L u u Q u a n g H u n g
学位 (専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 号
学位授与の日付	平成 24 年 3 月 26 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理 学 研 究 科 地 球 惑 星 科 学 専 攻
(学位論文題目) NUMERICAL MODELING OF TIDAL EXCHANGE THROUGH THE TSUGARU STRAIT (津軽海峡を通した潮汐交換過程に関する数値的研究)	
論 文 調 査 委 員	(主査) 淡路敏之 教授 秋友和典 准教授 町田 忍 教授

理 学 研 究 科

(続紙 1)

京都大学	博 士 (理学)	氏名	L u u Q u a n g H u n g
論文題目	NUMERICAL MODELING OF TIDAL EXCHANGE THROUGH THE TSUGARU STRAIT (津軽海峡を通した潮汐交換過程に関する数値的研究)		
(論文内容の要旨)			
日本海と北太平洋を繋ぐ津軽海峡では、対馬暖流を主な起源とする津軽暖流が日本海から北太平洋へ向かって流れている。一方、海峡内および周辺海域の潮流はその複雑な陸岸・海底地形の影響を受けて、時空間的に大きく変動すると指摘されている。これら二つの流系は、駆動源は異なるものの、津軽海峡を通した短期的および長期的な海水輸送・交換過程に主要な役割を果たしていると考えられている。本論文は海水輸送・交換過程に対する両者の相互作用を明らかにする第一歩として、津軽海峡域における潮流・潮汐残差流場の特徴とその形成メカニズムを、これまでにない高解像度モデルによる数値実験を行い解析することにより明らかにした。 まず、津軽海峡を対象とした水平分解能 $1/54^{\circ} \times 1/72^{\circ}$、鉛直 78 レベルの高解像度潮流モデルを開発した。当該海域での主要分潮である日周潮 K1, O1 および半日周潮 M2, S2 を開境界条件および起潮力として与えることでモデル実験を行い、津軽海峡内外における潮位計、流速計による観測結果を良好に再現することに成功するとともに、実験結果を詳細に調べ、当該海域での潮汐・潮流場の特徴を明らかにした。すなわち、潮位振幅は半日周潮の方が日周潮より大きいにもかかわらず、潮流の最大流速は日周潮(～0.9m/s)の方が半日周潮(～0.3m/s)より約3倍大きくなる。また、日周潮汐には竜飛岬沖に無潮点が存在することや、最も卓越するK1 潮に伴う津軽海峡の時間変動する通過流量は最大で $0.9 \times 10^6 \text{m}^3/\text{s}$ に達し、これは津軽暖流と同程度の流量規模であることがわかった。 さらに、潮汐周期での平均値で定義される潮汐残差流は、津軽海峡の複雑な陸岸・海底地形を反映して複数の渦構造(eddy triplet)を呈することを初めて明らかにした。狭小で浅い海峡の出入り口における潮汐残差流の流速は 0.3 m/s に達し、津軽海峡を通した日本海と北太平洋間の海水や物質の長期的な輸送過程に大きな影響を与え得ることが示唆された。実際、人工衛星の熱赤外面像から得られた海面水温分布には実験で得られた潮汐残差流場に対応すると考えられるパターンが津軽海峡東部で確認され、この結果から潮汐残差流により沿岸親潮水の津軽海峡への引き込みが促進されると理解できる。海峡狭隘部に現れたこのような eddy triplet パターンは潮流が海峡内の岬と隣接するシル状の海底起伏を過ぎることで形成されうることが詳細な渦度解析から明らかになった。 次に、潮流・潮汐残差流と津軽暖流の海水輸送過程に対する相乗効果を具体的に検討するため、同じ解像度の循環モデルで得られた津軽暖流の定常流速場を上で得られた潮流場に合成した流速場を作成し、函館湾を例として、標識粒子のラグランジュ的な追跡実験を行った。湾内中央に配置された標識粒子が湾口まで達すると、潮流によって沖合へ輸送され津軽暖流に取り込まれることで、初期位置から数百 km の距離をわずか1 ヶ月足らずで移動することがわかった。このような大きな輸送は潮流・潮汐残差流と津軽暖流の相互作用によって生み出されている。定常な津軽暖流のみあるいは潮流場のみを用いた実験では、標識粒子が湾外へ流出することはなかった。湾の東部および中央に配した標識粒子のほとんどは北太平洋に流出し、ラグランジュ的に見積もった平均流速は個別の流れ場に対するものに比べて一桁大きくなった。標識粒子の追跡から得られた海水移動の形態は漂流ブイ観測の結果と合致するとともに、函館湾外の海底堆積物分布に見られる特徴とも矛盾しない			

(論文審査の結果の要旨)

津軽海峡は日本海と北太平洋を繋ぐ海峡の1つであり、その表層を日本海から北太平洋へ向けて流れる津軽暖流がこの海峡を通した海水交換・輸送過程を主に担っていると考えられている。一方、海峡底層では日本海固有水の北太平洋への流出も報告され、北太平洋中層水の形成に関わる可能性も指摘されている。このため、津軽海峡における海水輸送・交換過程の解明は、この海域における物理環境の理解のみならず、広く大洋規模での長期的な海水循環過程の理解にとっても重要な課題である。

津軽海峡での海水輸送を支配するもう一つの要因として注目される現象に潮流・潮汐残差流がある。海峡部の複雑な陸岸・海底地形はこれらの流系を時空間的に大きく変動させ、海峡幅が狭い岬周辺では津軽暖流と同程度の流速が報告されている。しかしながら、既存の観測は断片的であり、またモデル実験は局所的なものであったため、複雑な地形変化に伴う潮流、特に潮汐残差流の特性やそれが長期的な海水輸送・交換過程に及ぼす影響については十分な理解が得られていなかった。本論文は津軽海峡における海水輸送・交換過程に対する津軽暖流と潮流の相互作用を明らかにするための第一歩として、潮流・潮汐残差流場の特性とその物理メカニズムの解明に主眼をおいて、高解像度モデルによる数値実験を行ない重要な結果を得た。

まず、既存の研究より遥かに広範な実験領域を設定して開境界で潮汐振動を外力として与えることにより、津軽海峡をはじめとする北日本の潮汐・潮流場の再現性を高めた。主要4分潮の振幅および位相は実験海域内に存在する67点の検潮記録と高い整合性を持つとともに、卓越成分である日周潮のK1, O1に対しては無潮点が海峡西部に生じ、その潮流振幅が半日周潮M2, S2のそれらより大きくなるという、この海域での潮汐・潮流場の特徴をきわめて良好に再現した。一方、実験結果に現れた潮汐残差流場は海峡狭隘部において複数の渦構造を示すことが初めて示された。陸岸および海底地形のそれぞれが潮汐残差流を形成することはすでに知られているが、津軽海峡では両者の効果の協働により、eddy triplet と呼ぶべき独特な渦構造が形成されることが詳細な渦度解析によって初めて明らかにされた。実験は密度一様で津軽暖流を含まない条件で行われたものであるが、このような渦構造に関連すると見られる海面水温分布が人工衛星による熱赤外面像に現れており、今後の観測的検証を待つべき重要な成果と言える。

加えて、函館湾からの海水流出過程を例として、津軽暖流と潮流からなる場に多数の標識粒子を放ってそれらのラングランジュ運動を追跡することにより、両流系の相互作用が長期的輸送過程に果たす役割について考察を行っている。潮流と津軽暖流のそれぞれが単独に存在するときには決して湾外に流出しない標識粒子が、両者が共存するときには1ヶ月足らずで初期位置から数百kmの距離を移動するという興味深い重要な結果を得た。津軽暖流を定常流としてモデル化するなど、実験はあくまで予備的なものであるが、実験結果と同様の粒子移動が漂流ブイ観測の結果にも見られること、またラグランジュ流速の分布が湾外の海底堆積物分布の特徴と矛盾しないことから、両流系の共存が津軽海峡周辺海域での海水輸送・交換過程に本質的な役割を果たす可能性を示す重要な結果であり、高く評価できる。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成24年1月24日、論文内容とそれに関連した口頭試問を行い、その結果合格と認めた。