



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	A study on an interaction between an upper-layer eddy and a bottom topography using a quasi-geostrophic model [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	竹内, 猛晶
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第15263号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/89543">https://hdl.handle.net/2115/89543</a>
Rights(URL)	<a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</a>
Type	doctoral thesis
File Information	Takeuchi_Takaaki_review.pdf, 審査の要旨



# 学位論文審査の要旨

博士 (環境科学) 氏名 竹内 猛晶

審査委員 主査 特任教授 久保川 厚  
副査 教授 三寺 史夫  
副査 教授 堀之内 武  
副査 助教 水田 元太  
副査 教授 安田 一郎 (東京大学大気海洋研究所)

## 学位論文題名

A study on an interaction between an upper-layer eddy and a bottom topography using a quasi-geostrophic model

(準地衡流モデルを用いた上層の渦と海底地形の相互作用に関する研究)

海洋には中規模渦と呼ばれる数10から100kmスケールの渦が多く存在し、熱、物質、渦度の輸送において重要な役割を担っている。特に、渦活動が活発な西岸域では陸棚や陸棚斜面といった急峻な海底地形が存在するため、渦と海底地形の相互作用を理解することは重要である。これまでの観測では、急峻な海底地形付近で、渦が地形に沿う運動と地形から離れる運動が確認されている。f 平面1.5層準地衡流モデルを用いて点渦と階段型地形の相互作用を調べた先行研究においても、点渦が地形に沿う運動と点渦が渦対を形成して地形から離れる運動が確認されており、特に、地形に沿う運動はpseudoimageと名付けられ、この運動に対応する線形解が得られている。理想化したモデルを用いた先行研究では、成層が存在する海洋において重要となる上層の渦と海底地形の相互作用という視点、現実的な海底地形において浅い場所と深い場所を繋ぐ斜面の存在、渦運動に重要な影響を与える地球が丸いことによる惑星 $\beta$ 効果が考慮されていない。この研究では、これらを考慮した上で、上層に存在する渦と海底地形の相互作用の基礎的な理解を得ることを目的としている。

申請者は、まず、上層に点渦、下層に階段型地形を持つf 平面2層準地衡流モデルを用いて、成層の存在下での渦と海底地形の相互作用を調べた。モデルの定式化にはコンターダイナミクス法を用いており、系の流れ場は点渦と初期に地形に沿って存在する渦位フロントの地形からの変位によって決定される。初めに、点渦が弱い極限において点渦が地形に沿って定常進行する解である2層線形pseudoimage解を解析的に導出し、さらに、有限の強さを持つ点渦に対して2層非線形pseudoimage解を数値的に求めた。得られた非線形解を初期条件として与えた数値実験により、この非線形解が時間とともに崩壊することを発見するとともに、この崩壊は流れ場に存在するサドルノード点により引き起こされることを示した。次に、点渦の強さと点渦と地形の初期距離をパラメータとする広いパラメータ空間で、多数の数値実験を行い、系に存在する運動は点渦が地形に沿って移動するpseudoimage型と点渦が自身と逆符号の循環を持つ下層の渦とheton型渦対を形成し地形から離れるheton型に分類さ

れることを示した。また、**heton**型渦対の形成のメカニズム、高気圧性点渦と低気圧性点渦の挙動のパラメータ空間上での違いも明らかにした。

論文後半では、2層準地衡流モデルを用いた数値実験により、上層の渦と底地形の相互作用に対する $\beta$ 効果と有限幅の斜面の影響を研究した。まず、 $f$ 平面で、斜面型地形とガウシアン型の渦位分布を持つ上層渦の相互作用を調べた。外洋に存在する渦が陸棚斜面と相互作用する状況を想定し、渦を初期に深い側に配置した。その結果、高気圧性渦は、渦の強さに依らず地形性ロスビー波と逆方向に進行しながら、斜面上の流体を引き出すことで形成された下層の孤立渦と対を作ることで**heton**型渦対となり地形から離れること、また、低気圧性渦は、渦の強さに依らず地形性ロスビー波と同じ方向に進行することが確認された。高気圧性渦の場合、渦の強さ、斜面の勾配、渦と地形の初期距離をパラメータとした数値実験により、渦が弱いほど、斜面勾配が急であるほど、そして、初期に渦と地形が離れているほど渦が地形に沿って動く傾向が強まることが示された。次に、惑星 $\beta$ 効果の役割を明らかにするために、渦と惑星 $\beta$ 効果の強さをパラメータとした $\beta$ 平面上の数値実験を行った。渦が惑星 $\beta$ 効果により西岸域に接近し海底地形と相互作用することを想定し、上層の渦の初期位置を海底地形より東に定めた。その結果、高気圧性渦は惑星 $\beta$ 効果により南西に進行して地形に接近した後、パラメータの値によって、南西方向の進行を継続し地形を乗り越える運動、地形の東側で**heton**型渦対を形成して東進する運動の何れかをとることが明らかとなった。低気圧性渦を用いた数値実験では、パラメータの値に依らず、渦は地形を通過した後、惑星 $\beta$ 効果で北西に進行する運動となった。特に、高気圧性渦の場合に形成される**heton**型渦対は惑星 $\beta$ 効果により長距離の東進が可能であることが示された。

本研究は、明確になっていなかった海洋物理学における重要な基礎的問題を、数理解析、数値解析、数値実験を通じて明らかにしたものであり、審査委員一同は、その成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士（環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。