

氏名・(本籍)	より たか ひろ ゆき 寄 高 博 行
学位の種類	博 士 (理 学)
学位記番号	理 第 1 2 3 8 号
学位授与年月日	平 成 20 年 4 月 23 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	
学位論文題目	海洋表層流の観測と変動に関する研究
論文審査委員	(主査) 教 授 花 輪 公 雄 教 授 川 村 宏 准教授 須 賀 利 雄, 木 津 昭 一, 境 田 太 樹

## 論 文 内 容 要 旨

本研究は、表層漂流ブイ・データ、マイクロ波海面高度計データ等に対する解析により、海洋表層流の変動の特性を明らかにすることを目的としている。対象海域は、表層漂流ブイを展開したインド洋熱帯域、黒潮/黒潮続流域、および北太平洋亜寒帯域とし、これらの海域の表層流変動の実態とその変動メカニズムについて考察した。

第2章では、衛星追跡型表層漂流ブイ、マイクロ波海面高度計、短波レーダーによる表層流観測への取り組みと観測結果を記述した。15m 深に中心を持つドロッグ（抵抗体）によって海水に追隨する衛星追跡型表層漂流ブイを、太平洋およびインド洋に放流し、国際的な協力体制（Surface Velocity Programme; SVP）の下で、表層流分布が概ね描けるようになった。表層漂流ブイの漂流速度から地衡流を算出するためには、非地衡流のほとんどを占める吹送流を見積もる必要がある。そのため、ドロッグ付きとドロッグ無しの表層漂流ブイの同時放流実験を行い、その速度差から、一様を仮定した鉛直渦動粘性係数を見積もった。その結果、既存の研究と併せて、中高緯度における摩擦深度（エクマンらせんにおける流速の e-folding 深度）は、40m 程度と推定された。

マイクロ波海面高度計データから絶対地衡流を算出するためには、ジオイドからの高さである力学的海面高に変換する必要がある。現在のところ、ジオイド・モデルの精度は十分ではないため、CTD（Conductivity, Temperature and Depth Profiler; 電気伝導度水温水深計）によって測定した水温と塩分のプロファイルから、力学的海面高を算出し基準値とした。マイクロ波海面高度計を搭載した TOPEX/Poseidon 衛星軌道下での CTD 観測を繰り返し行い、マイクロ波海面高度計データと比較することにより、基準面（ジオイド、平均海面高）の補正を行った。約 7 cm の精度で絶対力学的海面高が求められ、本州・四国南方における黒潮のモニタリングが可能となった。

一方、八丈島と野島崎に設置した短波レーダーによって、伊豆諸島付近における黒潮のモニタリングを行った。検証の結果、短波レーダーによる表層流の誤差は約 10cm/sec と見積もられた。短波レーダー・データから、20~40 日の周期を持ち、上流から下流へ約 15cm/sec で伝搬している黒潮前線波動によるものと見られる黒潮流路変動が把握され、短波レーダーによる黒潮モニタリングの有効性が示された。

第3章では、表層漂流ブイ・データとマイクロ波海面高度計データにより、1994年～2003年の10年間の平均として、インド洋熱帯域表層循環の季節変動の力学バランスを考察した。(1)北緯5度付近で、北半球夏季に東向きに、北半球冬季に西向きに流れるモンスーン海流の変動は、主に地衡流成分の変動が担っている。(2)南緯15度付近を、年間を通じて西向きに流れる南赤道海流の流軸は、風応力分布による南半球亜熱帯循環と熱帯循環の境界の5度程度北に位置する。北半球夏季には循環境界とともに北上し、非地衡流成分によって強化される。(3)南緯5度付近では、北半球冬季に赤道反流が東向きに流れ、非地衡流成分が支配的である。北半球冬季における熱帯循環においては、赤道反流はモンスーン海流の補償流ではなく、風により直接駆動されていることが示された。

モンスーン遷移期に赤道に吹く西風によって駆動される東向きの赤道ジェットは、5月、11月にモルディブ(東経73度付近)の東側(東経75～80度)で最強となる。その形成は、4月と10月という西風の吹き始めに東向きの非地衡流が東経75～80度で強まり、1ヶ月遅れて地衡流がモルディブの西側(東経65～70度)で強くなる。インド洋東端域(東経85度以東)では赤道ジェットは発達せず、正の海面東西傾斜(東が高い)が風応力とバランスしている。風応力が5月の方が大きいにもかかわらず、赤道ジェットの流速が11月の方が大きい要因は、風応力の短周期変動に対する海洋表層の応答が異なること、および年周期変動における赤道波の貢献による。

第4章では、本州・四国南方における黒潮変動と本州東方における黒潮続流変動との関連を調べた。本州・四国南方における、非大蛇行接岸流路、非大蛇行離岸流路、大蛇行流路の三つの黒潮流路についてそれぞれ、水温・塩分の歴史データによる力学的海面高分布を作成し、本州東方の黒潮続流に有意な相違を検出した。黒潮/黒潮続流の流軸を抽出するため、表層漂流ブイの漂流速度から吹送流成分を差し引いた速度を地衡流速と見なし、この地衡流速を基準として、マイクロ波海面高度計データによる地衡流アノマリを絶対値に変換することにより、1992年10月から2005年1月までの地衡流の絶対値の分布を得た。この地衡流分布時系列から、本州東方の黒潮続流および本州・四国南方の黒潮の流路変動を抽出した。解析期間は、1999年終わりから2001年なかばにかけての本州・四国南方における黒潮の非典型的大蛇行流路と2004年に発生した典型的大蛇行流路を含んでいる。黒潮続流の解析期間における平均流路は、既存の研究と同様、東経143度20分と東経149度40分に北向きの峰を持ち、東経146度に南向きの谷を有する準定在波を示す。短周期の黒潮流路変動は、室戸岬南方から房総半島南方への東向きに、短周期の黒潮続流の流路変動は、東経155度以東では西向きに伝搬している。主成分分析による黒潮続流の流路の長期同時変動としては、第1モードとして、1996年までの南下傾向、および1997年以降の北上傾向が示された。また第2モードとして、黒潮の大蛇行流路時に黒潮続流準定在波の第一の峰が北偏することが示された。黒潮流路の型別合成解析では、主成分分析結果と同様に黒潮の大蛇行流路時の黒潮続流準定在波としての第一の峰の北偏が示されるとともに、黒潮の非大蛇行離岸流路時に、黒潮続流流速の減少により、黒潮続流準定在波の波長が短くなることが示された。

第5章では、北太平洋亜寒帯域表層循環の季節・経年変動と風応力変動との関連を論じた。黒潮/黒潮続流域と同様に、表層漂流ブイの漂流速度から算出した地衡流速と、マイクロ波海面高度計データによる地衡流アノマリを組み合わせ、北太平洋北緯35度以北における絶対地衡流分布の時系列を得た。この地衡流分布時系列を、月平均と、月平均からのアノマリに分離し、北太平洋亜寒帯域表層循環の季節変動と経年変動として調べた。北太平洋亜寒帯域表層循環の季節変動は、境界流域と内部領域で位相が異なり、内部領域では11月～12月に東向きの亜寒帯海流が最強となる。境界流域では、アラスカ海流/アラスカン・ストリームが1月に、東カムチャツカ海流が1月～2月に最強となる。風応力の回転はアラスカ循環域で12月に、西部亜寒帯循環域で2月に正の領域と値が最大となり、東カムチャツカ海流の季節変動は

順圧応答として解釈できる。一方、アラスカ海流／アラスカン・ストリームでは順圧応答に加え、移流や傾圧応答による1ヶ月の遅れが考えられる。亜寒帯海流は、風応力の回転がゼロとなる循環境界が通過する11月～12月に最強となっており、ほぼ順圧応答で説明できる。平均的な季節変動からの地衡流アノマリには、明瞭な西向き伝搬が見られ、北緯47度における伝搬速度は理論値よりも速い1.2 cm/secであった。解析対象の1992年～2005年では、1994年までに東岸付近で風応力回転の負のアノマリで励起された負の地衡流アノマリが支配的であった。

以上のとおり、インド洋熱帯域における表層流季節変動の力学バランス、本州・四国南方における黒潮流路変動と本州東方における黒潮続流の流路変動との関連、および北太平洋亜寒帯域における表層循環の季節・経年変動について、新しい知見が得られた。いずれも表層漂流ブイの長期にわたる展開と、マイクロ波海面高度計搭載衛星の長期運用が本研究を可能にしたものであり、継続的観測の成果の大きさが再認識される。今後、表層漂流ブイやマイクロ波海面高度計では十分な観測が難しい浅海域の境界流については、短波レーダー等による長期観測が期待される。

## 論文審査の結果の要旨

寄高博行提出博士論文は、表層漂流グイなどに対するデータ解析により、3つの海域を対象とし、表層流の変動特性とそのメカニズムについて考察したものである。

まず、インド洋熱帯域に対し、表層漂流グイとマイクロ波海面高度計のデータを用いて長期平均の流れの場を求め、表層流の実態とその季節変動の力学バランスを考察した。その結果、北緯5度付近で、北半球夏季に東向きに、冬季に西向きに流れるモンスーン海流の変動は、主に地衡流成分の変動が担っていること、南緯15度付近を西向きに流れる南赤道海流の位置は、風応力分布から求められる位置よりも5度程度北に位置し、北半球夏季に北上し、非地衡流成分によって強化されることなどを見出した。

次に、日本南岸における黒潮の非大蛇行接岸流路、離岸流路、大蛇行流路の3流路について、それぞれ水温・塩分データによる力学的海面高分布を作成し、日本東方の続流の変動との関係を調べた。その結果、続流の平均流路は、東経143度20分と149度40分に北向きの峰と、東経146度付近に南向きの谷を有する準定在波を示すこと、短周期の流路変動は日本南方では東向きに、続流域では西向きに伝搬していることを見出した。また、続流の流路の主成分分析から、全域で南下・北上を示す第1モード、黒潮の大蛇行流路時に準定在波の最初の峰が北偏を示す第2モードを得た。さらに黒潮流路の型別合成図解析から、大蛇行流路時の続流の第1の峰の北上が再現されるとともに、非大蛇行離岸流路時に、続流の流速減少により準定在波の波長が短くなることも示された。

さらに、北太平洋亜寒帯域の季節・経年変動と風応力変動との関連を論じた。その結果、この海域の季節変動は、境界域と内部領域で位相が異なることを見出した。この原因は、境界域の東カムチャツカ海流の季節変動は順圧応答であること、一方、アラスカ海流やアラスカン・ストリームでは順圧応答に加え、移流や傾圧応答が存在することによることを見出した。

以上のように、本研究で、インド洋熱帯域、日本南方・東方域、北太平洋亜寒帯域における表層循環の季節・経年変動について、多くの新しい知見が得られており、このことは、本人が自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示している。したがって、寄高博行提出の博士論文は、博士（理学）の学位論文として合格と認める。