

研究課題名：

海洋乱流の観測及びモデリングに関する研究集会

共同研究者：

吉川 裕（京都大学大学院理学研究科）、吉川 浩一郎（京都大学大学院理学研究科）、仲俣 翔登（京都大学大学院理学研究科）、田中 祐希（福井県立大学海洋生物資源学部）、古市 尚基（水産研究・教育機構水産技術研究所）、伊地知 敬（東京大学大学院理学系研究科）、大貫 陽平（九州大学応用力学研究所）、藤原 泰（神戸大学大学院海事科学研究科）、牛島 悠介（愛媛大学沿岸環境科学研究センター）、吉江 直樹（愛媛大学先端研究・学術推進機構）

研究目的：

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) によれば、21 世紀に海洋は水温の上昇、海洋上層部における成層の強化、酸性化の進行、酸素の減少、純一次生産の変化を伴って、先例のない状態に移行すると予測されている。乱流混合が外洋・沿岸の海洋環境形成に果たす役割は極めて大きく、その役割を適切に評価・予測していく上で、海洋モデルの高精度化は必要不可欠である。しかし現状では、モデルの予測信頼性は十分とはいえず、その原因の一つとして、海洋の境界や内部における熱・物質の輸送や、成層の形成・維持と密接に関連する海洋乱流・混合過程が十分に解明されていないことが挙げられる。海洋乱流・混合過程については海域毎に特性が異なり、熱帯域から極域、内湾・湖沼・沿岸域から外洋域まで多岐にわたる。普遍的な乱流・混合力学過程を解明し、将来予測に繋げるためには個々の研究を紡ぐ場が必要である。そこで本研究集会では、海洋乱流に関わる観測、理論、数値モデリングを専門とする研究者が集い、互いの知識や疑問点を共有し、海洋乱流に関する理解を深めるとともに、海洋乱流が地球環境に及ぼす影響の解明に向けて、分野横断的な研究展開を進めていくことを目的とする。

研究集会開催概要：

日時：2024 年 11 月 27 日 13:20~16:30、11 月 28 日 9:30~16:00

会場：愛媛大学総合研究棟 I 6 階セミナー室 (27 日)、4 階セミナー室 (28 日)

参加者人数：31 名

研究集会成果及び今後の課題：

本研究集会では別紙表 1 に示すように海洋の乱流に関する 14 件の話題提供があった。27 日午後には海底地形に関連した乱流混合に関わる研究発表が行われ

た。東京海洋大学の日比谷は海底地形近傍の **Near-field mixing** における内部風下波の役割の重要性について理論・数値実験を基に論じた。JAMSTEC の古島は深海底近傍における乱流強度の直接観測について紹介し、前発表の日比谷の理論研究の検証に向けたデータと観測機会共有について意見交換が行われた。東京大学の佐々木はインド洋・南大洋における高速水温計による乱流観測について紹介し、その強度・鉛直分布と日比谷の **Near-field mixing** の理論との一致を示した。鹿児島大学の中村は、沖縄トラフ黒潮域における超音波流速計係留観測から乱流強度を推定し、その黒潮流軸位置と潮汐、及び陸棚斜面地形との関連性を論じた。東京大学の高橋は、トカラ海峡の平瀬海山近傍における長期超音波流速計・CTD 係留観測からパラメタリゼーションによって乱流強度を推定し、強い乱流混合が半日周期で大潮期に発生していることを示した。水産研究・教育機構の古市は人工漁礁によって作られる流動や乱流混合が魚類の分布に及ぼす影響について、水理模型による PIV 実験及び非静水圧数値モデルによる数値実験から論じた。2 日目午前には海洋表層の波に関連する話題が提供された。京都大学の今村は波解像モデルによる砕波のパラメタリゼーションの開発と検証を行い、沿岸へ伝搬する波への適用可能性について論じた。京都大学の吉川は波と流れの相互作用で生じる **Langmuir** 乱流の特性について、田辺湾における超音波流速計・水温計による係留観測と気象観測から議論した。京都大学の西川は表面波による内部重力波の励起について、**Langmuir** 乱流の影響を波解像モデルによる数値実験から議論した。神戸大学の藤原は波浪の発達過程を海上風との相互作用に注目し、気液 2 相波解像モデルによる数値実験によって波浪の発達過程を論じた。午後には黒潮～黒潮続流域から亜寒帯域における話題が提供された。東北大学/JAMSTEC の Wang は海洋のサブメソスケールへのエネルギーカスケード過程について、渦解像数値モデル **OFES** による西部北太平洋における解析結果を紹介した。東京海洋大学の池田は黒潮続流域と伊豆海嶺における等密度面攪拌と等密度面を横切る乱流混合について、乱流フロートによる観測結果を基に解析を行い、シア乱流と二重拡散対流の影響を評価した。愛媛大学の郭はフィリピン海から続流域までの黒潮域における栄養塩フラックスについて、**OFES/NPZD** モデルに基づいた評価を紹介した。東京大学の安田は、北太平洋西部亜寒帯海域で観測された高水温消散率について、弱乱流でかつ拡散型二重拡散状況下における階段構造形成理論を基に議論した。

本研究集会で行われた活発な議論・情報交換によって、個々の研究や乱流研究における各分野で研究の進展が期待される。一方、沿岸環境研究という観点からは、乱流混合は栄養塩や汚染物質等の物質循環に極めて重要であり、生物、化学等分野との連携が有益であると考えられる。今後、本研究集会が分野横断研究の醸成の場としても機能できるよう間口を広げていきたい。

表 1 研究集会プログラム (○印は発表者,*は大学院生)

11 月 27 日 座長：堤 英輔 (鹿大水)

13:20 -13:30	趣旨説明
13:30 -14:00	○日比谷紀之(海洋大): 海底凹凸地形上の近接混合 (Near-field Mixing) に関する新たなパラメタリゼーションの構築に向けて
14:00 -14:30	○古島靖夫(JAMSTEC), 長尾正之 (AIST) , 田中衛 (理科大) : 深海底近傍における乱流強度の実測、推定法、可視化技術の開発 ～東青ヶ島海丘と駒橋海山の海底近傍における環境計測～
14:30 -15:00	○佐々木雄亮,安田一郎 (東大 AORI): 高解像度海底地形から見積もる近接乱流混合の空間構造
15:00 -15:30	○中村啓彦 (鹿大水), 井上龍一郎 (JAMSTEC), 堤英輔 (鹿大水), 仁科文子 (鹿大水), 喬煜翔 (東北大理), 加古真一郎 (鹿大理工): 沖縄トラフにおける黒潮擾乱から乱流混合へのエネルギー遷移過程
15:30 -16:00	○Anne Takahashi (AORI/UTokyo, APL/UW), Ren-Chieh Lien (APL/UW), Eric Kunze (NWRA), Anda Vladoiu (APL/UW), Barry Ma (APL/UW), Hirohiko Nakamura (KUUFF), Ayako Nishina (KUUFF), Eisuke Tsutsumi (KUUFF), Ryuichiro Inoue (JAMSTEC), Takeyoshi Nagai (TUMSAT), Takahiro Endoh (RIAM/Kyushu Univ.), Sachihiko Itoh (AORI/UTokyo) : Intermittent energetic turbulence on a seamount flank in Tokara Strait
16:00 -16:30	○古市尚基, 大井邦昭, 多賀悠子, 佐藤允昭, 井上誠章 (水研機構・水産技術研) : 人工魚礁近傍で形成される局所的な流動場に関する実験的・数値的研究

11 月 28 日 座長：牛島悠介 (愛媛大 CMES) / 長谷川大介 (水研機構・資源研)

9:30 -10:00	○今村春香*(京大院理), 吉川裕 (京大院理): 波解像数値モデルにおける浅水波の砕波のパラメタリゼーション
10:00 -10:30	○吉川浩一朗*(京大院理), 吉川裕 (京大院理), 馬場康之 (京大防災研), 久保輝広 (京大防災研): 夏季田辺湾における乱流強度と混合層深度の観測・解析
10:30 -11:00	○西川拓海*(京大院理), 吉川裕(京大院理), 今村春香(京大院理): 風と波が作る乱流による内部波の励起について
11:00 -11:30	○藤原泰 (神戸大): 風波の発達と運動量フラックスについて - 直接数値計算の初期解析結果 -
	昼食休憩
13:30 -14:00	○Shuya Wang (WPI-AIMEC), Wenda Zhang (GFDL, Princeton Univ.), Shoichiro Kido (JAMSTEC), Hideharu Sasaki (JAMSTEC), Xinyu Guo (CMES/Ehime Univ.): Understanding energy cascade in the Northwest Pacific using a submesoscale permitting OGCM
14:00 -14:30	○Yuki Ikeda*, Takeyoshi Nagai (TUMSAT): Diapycnal mixing and Isopycnal stirring in the Kuroshio Extension and Izu Ridge
14:30 -15:00	Yingying Hu (CMES/Ehime Univ.) , ○Xinyu Guo (CMES/Ehime Univ.), Yoshikazu Sasai (JAMSTEC), Eisuke Tsutsumi (KUUFF): Nutrient supply to the euphotic zone by the vertical velocity and vertical mixing over the Kuroshio and Kuroshio Extension
15:00 -15:30	○安田一郎, 佐々木雄亮, 吉田次郎 (東大 AORI): 北西太平洋亜寒帯での高水温消散と階段構造形成
15:30 -16:00	総合討論

集合写真：

