

北極海表層混合層の乱流場の定量化

みらい北極航海 MR14-05 における高頻度乱流観測

○竹田大樹（東京学芸大学大学院）、川口悠介（海洋研究開発機構）、猪上淳（国立極地研究所）、西野茂人（海洋研究開発機構）、Micheal Steele（ワシントン大学 APL）、前野克尚（GODI、海洋研究開発機構）、佐藤尚毅（東京学芸大学大学院）、Kristina Colburn（ワシントン大学 APL）

1. 目的

海洋研究開発機構は、海洋地球研究船「みらい」を用いて季節海氷域である西部北極海においてほぼ毎年現地観測を行っている。先行研究の Kawaguchi et al. (2015) では、2013 年の MR13-06 航海においてチャクチ海陸棚での混合層深度の周期的な変化の原因が、近慣性の内部重力波と強い海上風速による直接的な混合であることを示した。しかし、海盆域の夏季の融氷期間における混合層の発達過程はまだ十分に調べられていない。MR14-05 航海では、2014 年 9 月 6 - 25 日の約 3 週間、MR13-06 航海と比べ氷縁に近い西部北極海の Northwind Abyssal Plain（北緯 74.75 度、西経 162.00 度）において、定点観測を実施した。本研究の目的は、海盆域における表層混合層の発達過程や乱流場、熱輸送を定量的に評価することである。

2. 手法

MR14-05 定点観測では、6 時間間隔の高頻度海洋観測を実施した。観測項目は、乱流計 TurboMAP を用いた海洋微細構造観測（高波数鉛直シア・水温勾配）、CTD 観測（水温・塩分・圧力など）、気象観測（気温・風速・海面熱フラックスなど）である。海洋微細構造の観測データは、高波数の水温勾配と流速の鉛直シアから乱流エネルギー散逸率 ϵ と水温勾配散逸率 χ を 2 秒毎の領域において算出した (Kawaguchi et al. 2014; 2015)。

また、海氷の生産に関わる表層混合層の貯熱量の推移を定点観測以降もモニターするために、ワシントン大学の協力の下、表層 60 m の水温プロファイルを取得できる UpTemp0 ブイを今航海で投入した。

3. 結果

定点地点における表層は、塩分濃度が低い融氷水で覆われており、混合層直下の躍層ではとても強い成層を形成していた。今回の観測では、海上風による強い乱流混合によって躍層が徐々に削られることで、混合層の深まりが確認された。また、乱流計 TurboMAP から得られた ϵ と χ の見積もりから Hydrodynamic Phase Diagram (Gibson, 1999) を用いて MR14-05 定点観測における混合層内の乱流場を定量的に評価した。その結果、混合層内部は、力学的な乱流が活発な状態である active 型が 47.5%、乱流活動の痕跡を示す fossil 型が 25.8%、その中間の active-fossil 型が 5.5%、non-turbulence 型が 21.2% と分類された。fossil 型乱流は、active 型乱流の痕跡であり、空間的に広がる特徴を持っている (Gibson, 1999)。本研究では、このような fossil 型乱流が混合層の下底の成層を通過して水温勾配を散逸させることにより、鉛直的に熱を輸送する役割があることが示唆された。

また、UpTemp0 ブイにより、「みらい」が定点離脱した後も連続的に水温データを取得した。発表では、定点観測以降の混合層内の貯熱量の推移と結氷以降の鉛直熱輸送についても言及する。

4. 参考文献

- Kawaguchi, Y., S. Nishino, and J. Inoue, 2015: Fixed-Point Observation of mixed layer evolution in the seasonally ice-free Chukchi Sea- turbulent mixing due to gale winds and internal gravity waves, *Journal of Physical Oceanography*, **45**(3), 836-853, doi: 10.1175/JPO-D-14-0149.1

- Gibson, C. H., 1999: Fossil turbulence revisited, *Journal of Marine Systems*, **21**, 147-167, doi:10.1016/S0924-7963(99)00024-X.

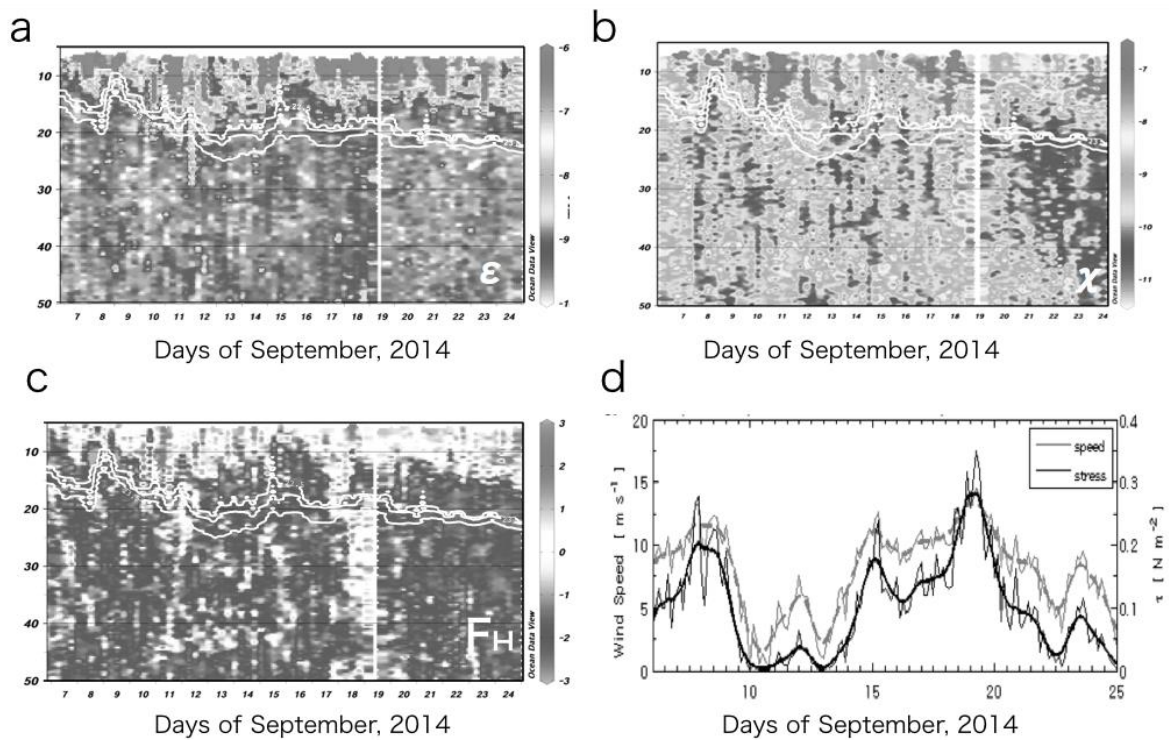


図 1. MR14-05 定点観測期間中における乱流変数の時間深度断面。(a) 乱流運動エネルギー散逸率 ϵ (W kg^{-1}), (b) 水温勾配散逸率 χ ($\text{K}^2 \text{s}^{-1}$), (c) 鉛直熱フラックス F_H (W m^{-2})。すべて常用対数表示である。太線 (白) はポテンシャル密度アノマリー (上から 22.5, 23.0, 23.5 kg/m^3)。 (d) は定点期間中の海上風の風応力 (実線) と海上風速 (破線) を示している。

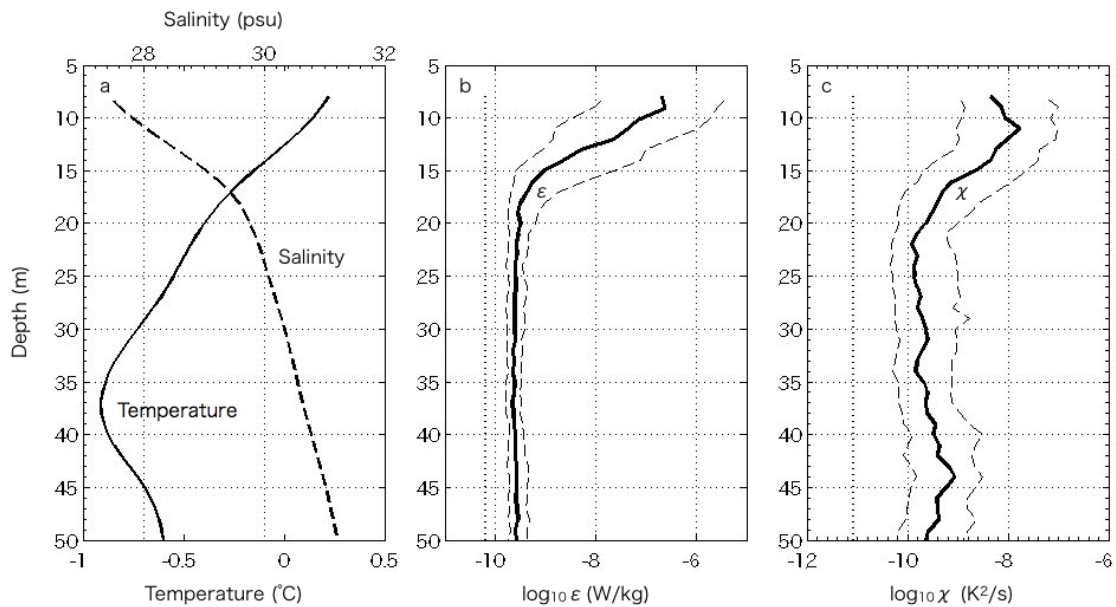


図 2. (a)MR14-05 定点観測期間中における水温 (実線) と塩分 (点線) の鉛直プロファイルの平均である。また、MR14-05 定点観測期間中における (b) 乱流運動エネルギー散逸率 ϵ (W kg^{-1}) と (c) 水温勾配散逸率 χ ($\text{K}^2 \text{s}^{-1}$) の中央値 (太実線) を示しており、破線は四分位範囲、点線は電子ノイズレベルの値の $\epsilon = -10.2 \text{ W kg}^{-1}$, $\chi = -11.1 \text{ K}^2 \text{s}^{-1}$ である。