

水温成層が卓越する沿岸域での乱流エネルギー散逸率の実測について

九州大学 正員 ○田井 明 学生員 田中香
鹿児島大学 正員 齋田倫範 学生員 進藤祐介・松竹涉

1 はじめに

沿岸海洋の水環境を解析する上でその乱流構造を定量的に明らかにすることは非常に有用である．近年，沿岸海洋においても微細構造観測プロファイラーに登載した流速シアセンサーを用いた観測が行なわれ，少しずつではあるが沿岸海洋の乱流構造が明らかにされつつある．しかし，水深 20m 以浅の浅海域においては現在の微細構造観測プロファイラーに搭載した流速シアセンサーによる観測の制約からデータの大部分が使用できない．そこで，著者らは，上記の問題の解決手法として，流速シアセンサーが開発される以前に行なわれていた温度シアデータを用いて乱流統計量を推定する方法の長所を活かして，沿岸海洋において乱流統計量を高精度に推定する方法を確立することを目的として研究を行ってきた．

田井ら（2010）は，有明海の現地観測を行い，密度成層下において温度シアデータを用いた乱流エネルギー散逸率 ε_t の推定の優位性を示した．しかし，田井ら（2010）の観測時は水温成層と共に塩淡水成層も存在していたことから，水温シアデータから推定される ε_t がどの程度海域の乱流構造を代表しているのかについては疑問が残る．また，Etemad-Shahidi and Imberger(2001) が水温成層した湖で行った同様の計測では ε_t と流速シアデータを用いた乱流エネルギー散逸率 ε_v の相関は $10^{-8} \sim 10^{-5} (\text{W/kg})$ の範囲で著者らが行ってきた観測結果と比べて非常によい．この原因として（１）沿岸海洋と湖の平均流速の違い，（２）塩淡水成層の有無，が考えられる．そこで，本研究では，河川流入が少なく水温成層が発達しやすい鹿児島湾を対象に現地観測を実施し，上記に対する検討を行った．

2 方法

現地観測は，Fig.1 に示す鹿児島湾西桜島水道（31 度 33 分 37 秒，130 度 34 分 17 秒）で，2012 年 6 月 4 日 7:00 から 16:00 の間に実施した（途中 12:00 から 13:30 の中断を含む）．Fig.2 に観測期間中の鹿児島湾の潮汐を示す．観測項目は，鉛直微細構造観測プロファイラ（TurboMAP，JFE アドバンテック社製）を用いて流速シア，温度シア，塩分ならびに水温を，超音波ドップラー流速計 ADCP（RD Instrumental 社製）を用いて平均流の流向・流速を，多項目水質計（RinkoProfiler，JFE アドバンテック社製）を用いて塩分，水温ならびに溶存酸素をそれぞれ計測した．また，TurboMAP は 15 分毎，多項目水質計は 1 時間毎に，ADCP による計測は観測期間中継続して行っている．

ε_v は，流速シアデータのスペクトルと Nasmyth スペクトル（Nasmyth，1970）を用いて算出した． ε_t は，温度シアデータのスペクトルと Bachelor スペクトル（Bachelor，1959）を用いて算出した．詳細な算出方法は田井ら（2010）と同様である．

3 結果

$\log_{10} \varepsilon_v$ のイソプレットを Fig.3 に， $\log_{10} \varepsilon_t$ のイソプレットを Fig.4 に， σ_t のイソプレットを Fig.5 それぞれ示す．まず， ε_v ， ε_t とともに底層部で値が大きくなる傾向であること， ε_v は ε_t に比べて大きくなっ

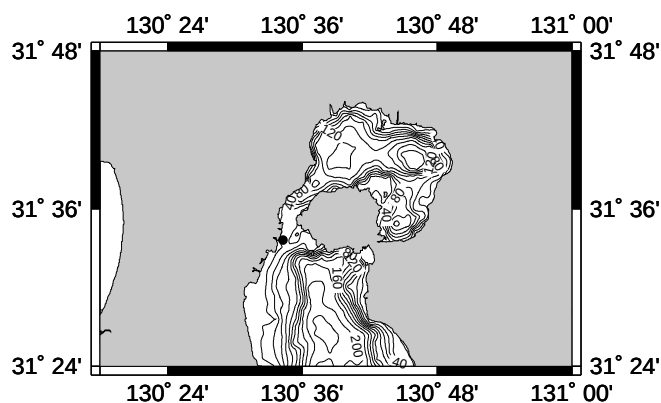


Fig.1: 観測地点（黒丸）

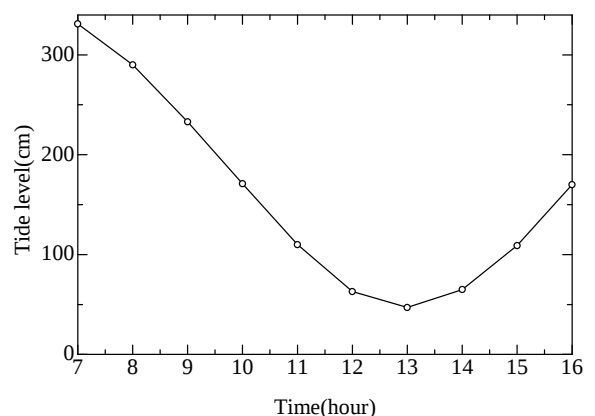


Fig.2: 観測当日の潮汐（鹿児島）

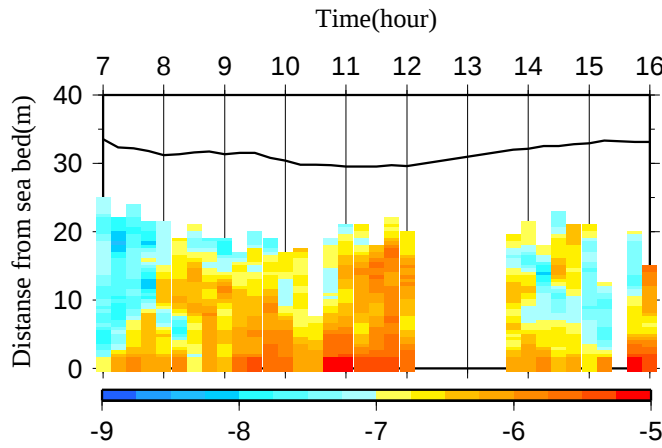


Fig.3: $\log_{10} \varepsilon_v$ のイソプレット

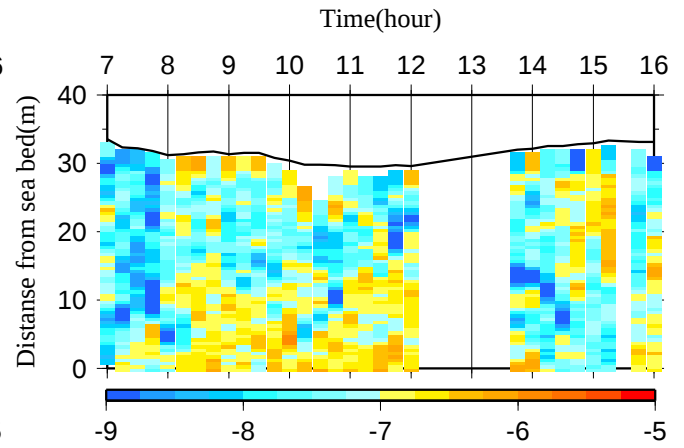


Fig.4: $\log_{10} \varepsilon_t$ のイソプレット

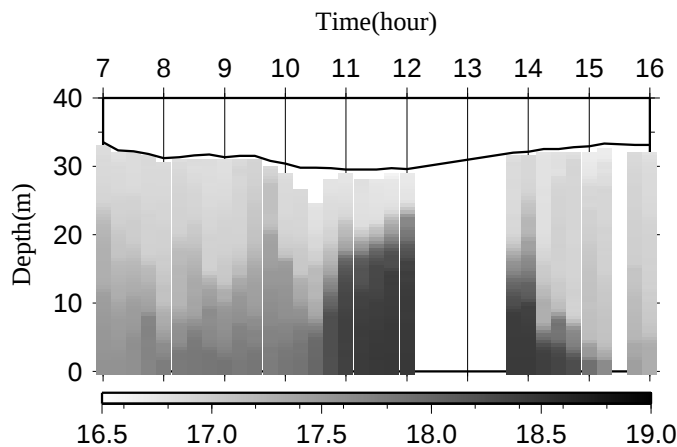


Fig.5: σ_t のイソプレット

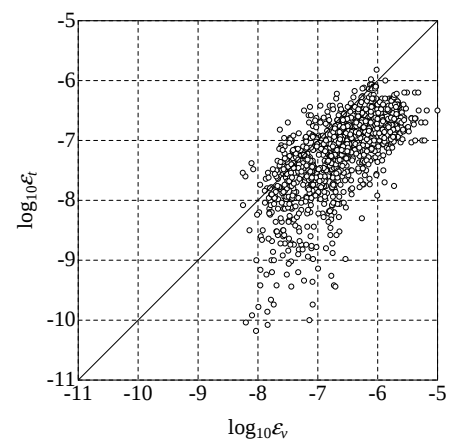


Fig.6: $\log_{10} \varepsilon_v$ と $\log_{10} \varepsilon_s$ の相関

ていることが分かる．また， σ_t のイソプレットから下げ潮時に底層部に低密度水塊が存在していることが分かる．

4 考察

別途検討したところ鹿児島湾奥から輸送されてきた低密度水塊は低温水塊であり，Fig.5 で確認されている密度躍層は水温躍層である．この層付近は， ε_v は機器の等速運動が行われず算出対象外となった一方で， ε_t は相対的に低くなる傾向があり， ε_t により水温躍層付近の乱流構造の変化が示されていると考えられる．

Fig.6 に $\log_{10} \varepsilon_v$ と $\log_{10} \varepsilon_t$ の相関関係を示す．両者には弱い相関を確認することができるが， ε_t は ε_v に比べて 1 オーダー程度低く見積もられていること， ε_v は 10^{-8} 付近で底打ちとなっていることなどが分かる．このような，全体的な相関の傾向は Etemad-Shahidi and Imberger(2001) と同様であった．

5 まとめ

本研究では，水温成層が卓越する沿岸海洋での乱流エネルギー散逸率の測定に関する検討を行った．今後も密度躍層や流速に関して複数の状況でのデータを取得し解析することで，沿岸浅海域での乱流測定方法を確立していきたい．最後に，本研究は，平成 24 年度笹川科学研究助成の支援によって行われた．ここに記して謝意を示す．

参考文献

- ・田井ら (2010): 夏季成層期の有明海における乱流エネルギー散逸率の時空間変動，土木学会論文集 B2 (海岸工学) 特集号，66, pp.331-335.
- ・Etemad-Shahidi and Imberger (2001): Anatomy of turbulence in thermally stratified lakes, Limnol. Oceanogr., 46(5), pp.1158-1170.
- ・Nasmyth (1970): Oceanic Turbulence, Ph.D. dissertation, University of British Columbia, 1970.
- ・Batchelor (1959): Small-scale variation of convected quantities like temperature in turbulent fluid: Part 1. General discussion and the case of small conductivity, J. of Fluid Mechanics, Vol.5, pp.113-133.