

北九州・洞海湾における流動の諸特性解析

石井, 大輔
九州大学応用力学研究所技術室

<https://hdl.handle.net/2324/17068>

出版情報 : 九州大学応用力学研究所技術職員技術レポート. 6, pp.87-93, 2005-03. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :

北九州・洞海湾における流動の諸特性解析

九州大学応用力学研究所技術室 石井大輔

1. はじめに

2003 年度技術レポート Vol.5 (以下、前稿と略す) にて、2003 年 7~8 月にかけて実施した北九州・洞海湾における流動観測結果を報告した^[1]。本稿では、取得した物理データの更なる解析により得られた知見や前稿に記載できなかった内容について触れる。

2. Stn. D における観測データから得られた解析結果 (2003. 7. 15 ~ 2003. 7. 31)

研究対象水域および観測地点を図 1 に示す。観測の目的・概要ならびに条件などの詳細については、前稿に記載しているのをご参照されたい^[1]。以下は、図 1 に示す Stn. D (水深 4m) において 2003 年 7 月 15 日から同年 7 月 31 日までの 1 潮汐間、Nortek 社製 ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler : 音響ドップラー流速分布計) により、鉛直 6 層 (層厚 0.5m) で観測した流向・流速データをもとに解析した結果である。

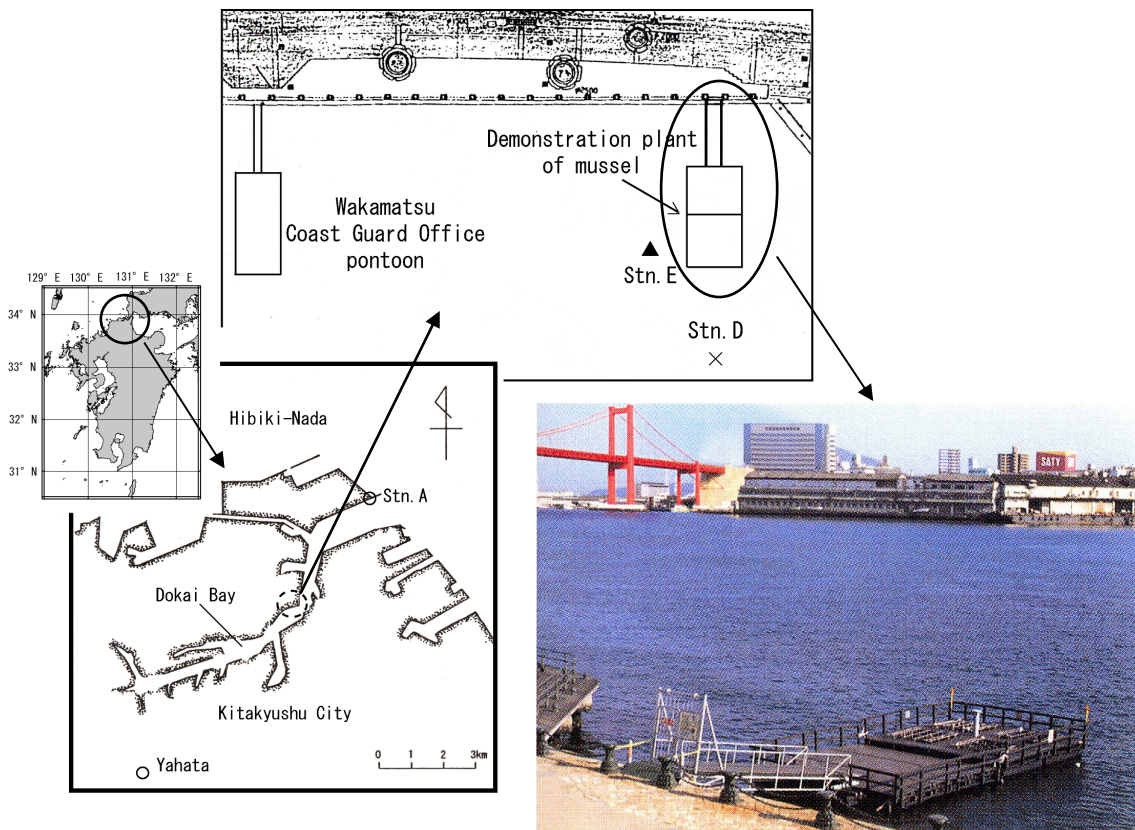


図 1 北九州・洞海湾と観測位置 Stn. D(x) / Stn. E(▲)および環境修復実証施設概観図

2. 1 パワースペクトラム

前稿の Fig.4 にて、期間中に観測した各層の流速成分（東方・北方）とスティックダイアグラムの時系列およびその特徴について簡単に述べたが、ここではもう少し詳細を追記する。この各流速成分の時系列データは種々の周波数成分を含んだものであり、これだけを見てどの周波数成分が卓越しているのか（どのような規則性をもつのか）などの明確な情報を読み取ることは、容易ではない。そのため、FFT（Fast Fourier Transform：高速フーリエ変換）を利用することで時間領域から周波数領域への変換を行ない、パワースペクトラムを求めてみた（図2）。この操作により、周波数場における特性が一目できるようになる。この解析手法の詳細については、「海洋観測データの処理法、柳哲雄 著」^[2]などを参考にされたい。

図2の左列は東西成分、右列は南北成分のパワースペクトラムであり、最下位（B-1）は海底+0.9m 深、以後、0.5m 間隔で上方の測点を表す。同図より、東西成分の周期変動が顕著であり（左列と右列の縦軸レンジは、前者の方が後者より1桁大きい）、また、2時間弱・半日周期・1日周期の変動が卓越しているのが確認できる。湾の地形的特性から決まる固有振動（副振動）周期は、以下に示す(1)式で求められ、洞海湾では柳ら（1996）^[3]が1時間37分（湾長 $L=12\text{km}$ 、平均水深 $H=7\text{m}$ ）と求めており、2時間弱付近にスペクトルピークが見られる本結果と符合する。よって、2時間弱の短周期変動は洞海湾の長軸に沿った副振動の第1次モードであると考えられる。

$$T = \frac{4L}{(2m-1) \cdot \sqrt{gH}} \quad (g = 9.8 \text{ m s}^{-2} : \text{重力加速度, } m : \text{モード数}) \quad - (1)$$

2. 2 潮流楕円

図2でも確認できたように、沿岸海域では一般的に半日周潮流および日周潮流が卓越することから、調和解析により4大分潮（ $M_2 \cdot S_2 \cdot K_1 \cdot O_1$ ）に対する潮流楕円（tidal current ellipse）を計算した（図3）。尚、潮流楕円とは観測された流速（潮流）ベクトルの先端を1潮時間結んだ際に形成される楕円のことで、流速変化の一表現法である^[4]。これにより、各潮流成分の流向・流速や流速ベクトルの変化する方向などが識別できる。また、同図内の三角矢印は観測点に仮想天体が南中した時（ $t=0$ ）の潮流ベクトルの先端位置と、時間の経過に伴う楕円の回転方向（流速ベクトルの変化方向）を意味している。

図3より、どの分潮も湾軸に沿った東西方向の流動が支配的であり、中でも半日周期（12時間25分）をもつ M_2 潮流が最も東西に偏平していることが見て取れる。垂表層（図中B-5）の結果（長軸長（東西方向）が短いこと・楕円回転方向が逆）を除けば、振幅（約 2cm sec^{-1} ）・位相・回転方向ともに各層でほぼ一様である。また、 M_2 潮流の位相は $288 \sim 321$ 度、平均して 306 度である。ちなみに、洞海湾（響灘検潮所, Stn.A, 図1参照）の M_2 潮汐の調和定数は振幅 37.0 cm 、位相 283 度である。洞海湾の潮汐波は定在波として振舞う^[3]ため、 M_2

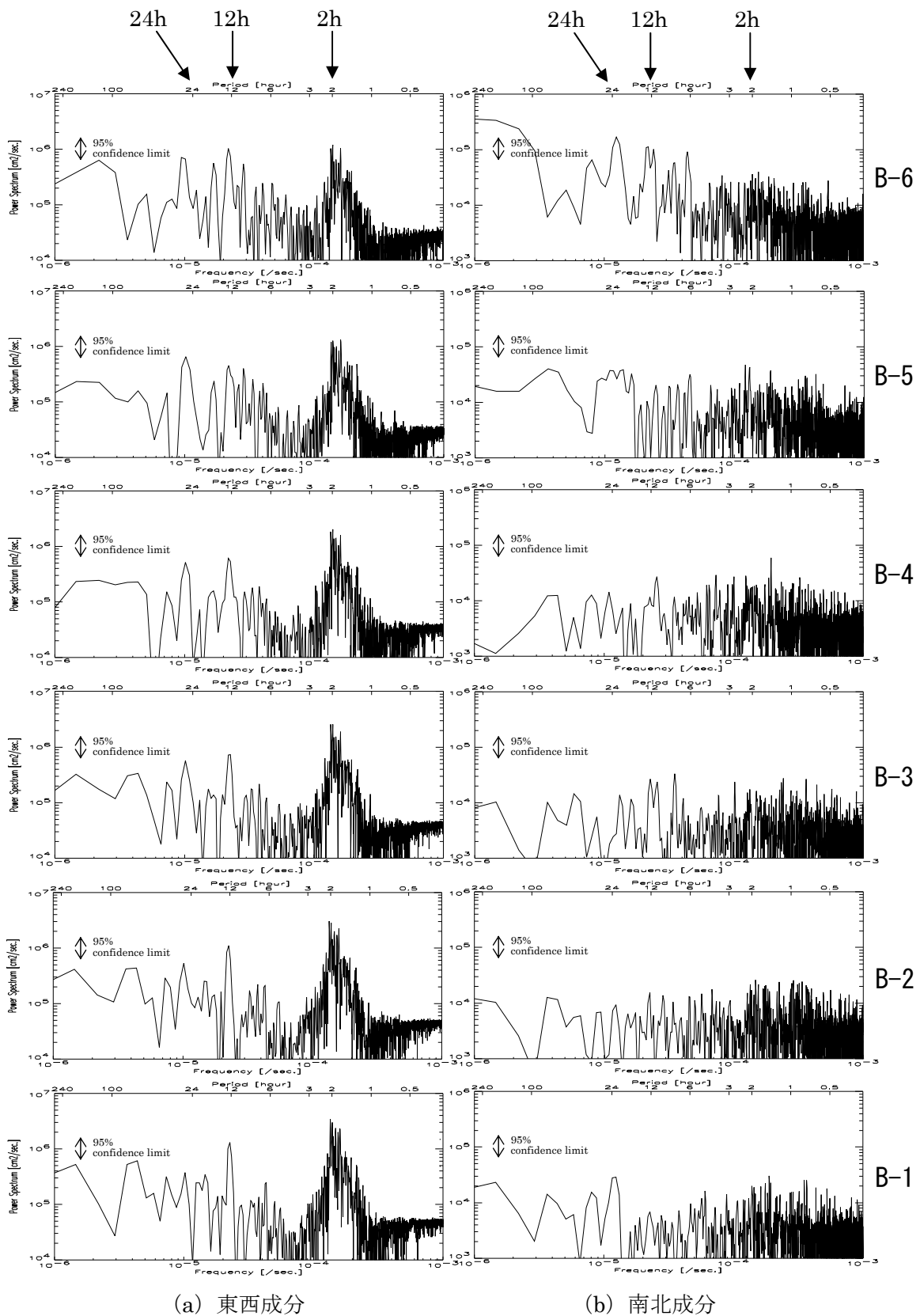


図2 パワースペクトラム (横軸、上段: 周期 [hour] / 下段: 周波数 [cps])

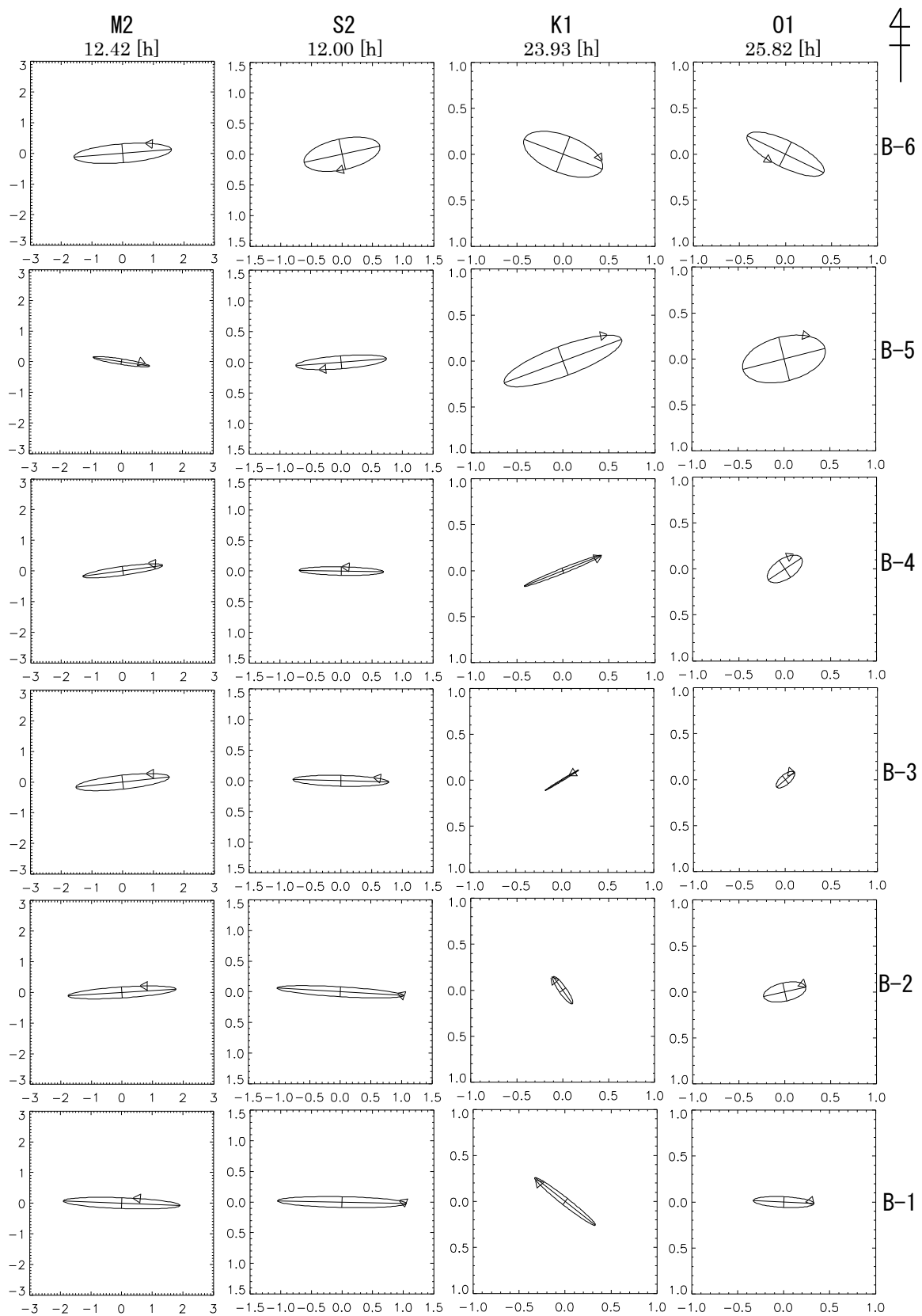


図3 4大分潮の潮流楕円 (unit: cm sec^{-1})

潮流の位相は M_2 潮汐のそれより 90 度位相が進んだ^[5]373 度程度が期待されるが、観測された位相はそれより早い。その理由は不明である。 S_2 、 K_1 、 O_1 潮流の振幅は $0.2\sim 1.0\text{ cm s}^{-1}$ 程度である。

3. Stn. E における観測データから得られた解析結果 (2003. 8. 4)

環境修復実証施設内 (図 1 参照) で育成中のムラサキイガイ (前稿、Fig.2 右参照) による水質浄化能力を定量的に把握するために、2003 年 8 月 4 日、多項目水質分析計による水温・塩分・DO (Dissolved Oxygen : 溶存酸素)・濁度・Chl.a・TP (Total Phosphorus)・TN (Total Nitrogen)・COD (Chemical Oxygen Demand) 濃度といった物理・化学・生物パラメータが測定された (北九州市・アクア研究センター実施)。筆者らは、同日同時刻に施設西方の Stn. E (図 1 参照) において流向流速計 RCM8 および RCM9 (Aanderaa 社製) の計 3 器を海面下 $0.5\text{m}\cdot 1.0\text{m}\cdot 2.0\text{m}$ に係留し、施設近傍の流況を観測した (ムラサキイガイによる消費フラックスを求めるためである)。その時の各層における流速データから求めた進行ベクトルを図 4 に、また水温時系列を図 5 に示す。

図 4 を概観すると、 0.5m 層での流程 (移動距離) が一番長いものの、基本的にはどの層も同様な挙動をしていることが分かる。次いで水温時系列 (図 5) を見てみると、各層の時間変動はほぼ一致している。また、表層から順に水温が高いことが見受けられるが、日中の水温があまり高くないことも窺える。北九州・八幡 (図 1 参照) で観測された同日正午前後 (10 時~14 時) の日照時間を調べたところ、他の時間帯と比較して日照時間が 0 分から 30 分と短かった^[6]。水温に直接関与する全天日射量の資料が入手できなかったのもこれ以上は言及できないが、恐らくこれら気象条件によるものが影響していると推察する。

4. おわりに

本観測を通じて、様々な方面から流動現象の特性を捉えることができた。海洋環境の諸特性を知る上で必要不可欠である実際の観測や取得した物理データの解析などは、筆者にとって貴重な経験であり、更なるスキルアップを図る上での財産となった。今後もこのようなアプローチで仕事を進めていきたいと考えている。

謝辞

本稿の文章校正ならびに日頃から終始御指導頂いている野外計測分野 柳哲雄教授に厚く御礼申し上げます。また、本観測に際し色々と御配慮頂いた北九州市・アクア研究センター関係者諸氏に感謝の意を表します。

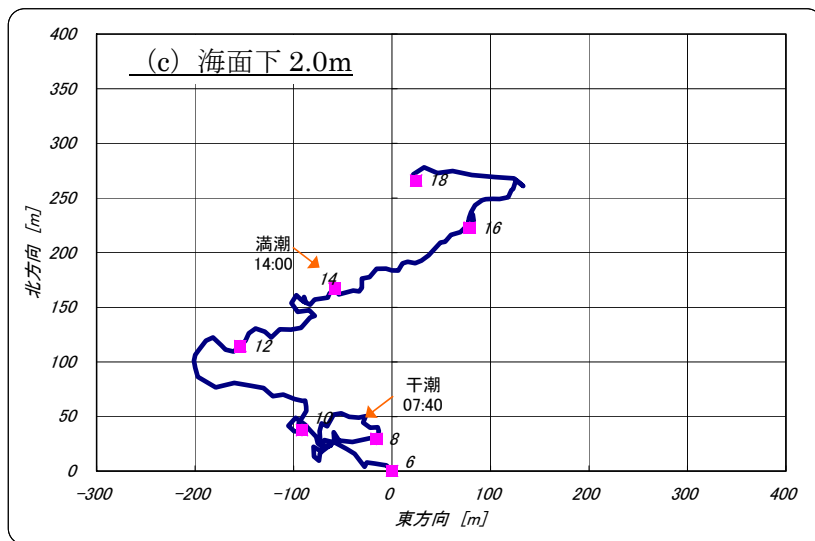
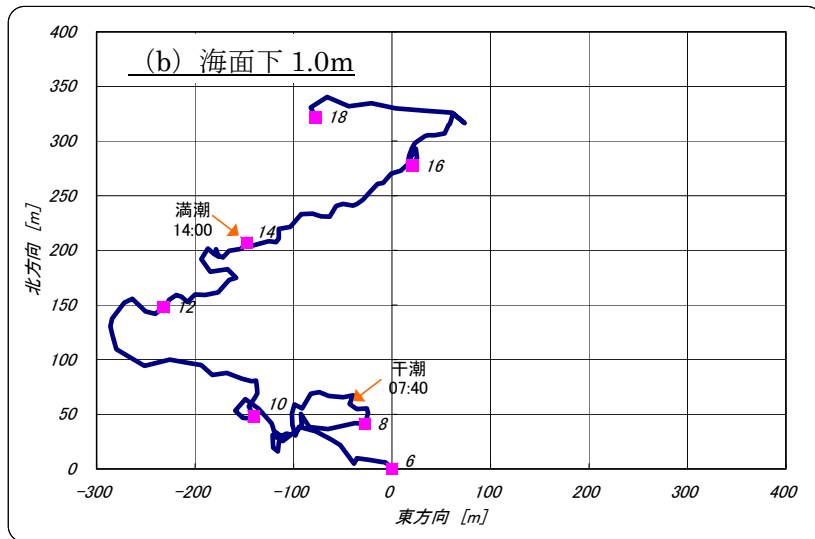
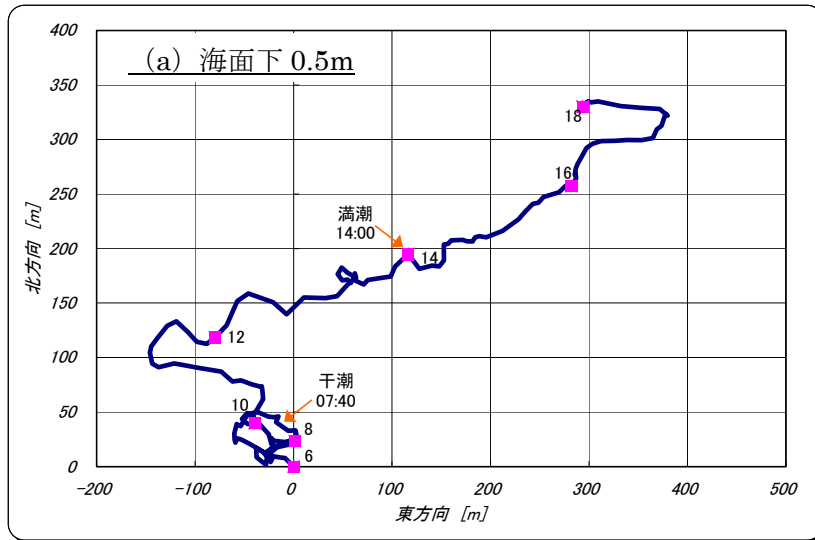


図4 (a) 0.5m層, (b) 1.0m層, (c) 2.0m層における進行ベクトル図 (unit : m)

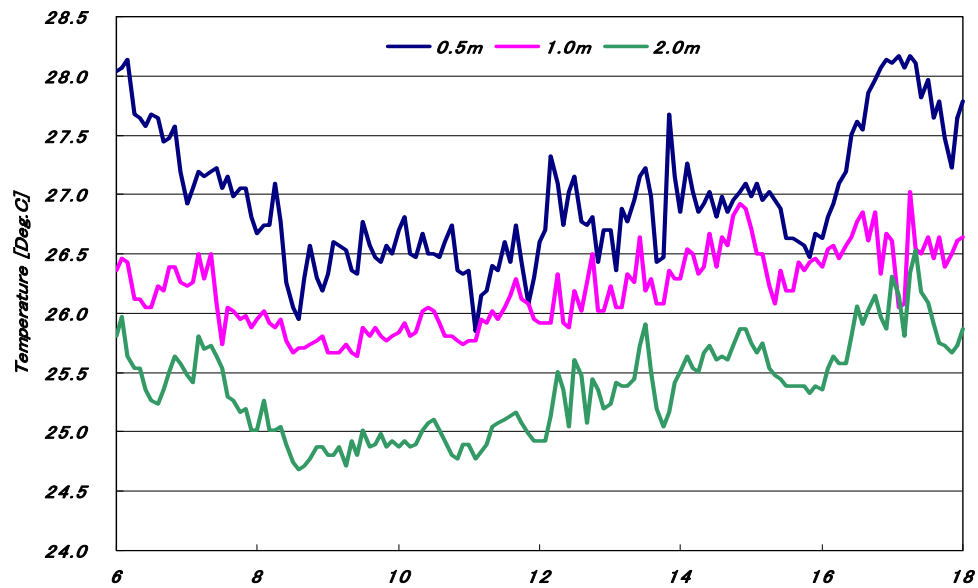


図5 2003年8月4日, Stn. Eにおける水温時系列 (6時~18時)

参考文献

- [1] 石井大輔 (2004) : 北九州・洞海湾における流動観測について, 九州大学応用力学研究
所技術職員技術レポート, **5**, pp.6-11
- [2] 柳哲雄 (1993) : 海洋観測データの処理法, 恒星社厚生閣, 24-32.
- [3] 柳哲雄・井上康一・門谷茂・山田真知子 (1996) : 洞海湾の潮流と残差流, 愛媛大学工
学部紀要, **15**, 141-148.
- [4] 柳哲雄 (2001) : 海の科学 -海洋学入門- [第2版], 恒星社厚生閣, 77-78.
- [5] 柳哲雄 (2001) : 沿岸海洋学 -海の中でのものはどう動くのか- [第2版], 恒星社厚生閣,
24.
- [6] 気象庁 (2003) : 気象データ検索. 電子閲覧室.