

第II部門 ADCP 観測に基づく半閉鎖性海域湾口部における海表面境界層内の力学特性に関する研究

神戸大学工学部 学生員 ○吉木 智軌
 神戸大学大学院工学研究 正会員 内山 雄介

1. 研究背景及び目的

閉鎖性を有する内湾域では、河川から流入する栄養塩などの負荷の影響を受けて、赤潮や貧酸素水塊形成などの重大な環境問題がしばしば生じる。そのため、閉鎖性海域環境の適切な保全と持続的な開発に向けて、内湾域の物理環境と湾口部での海水交換特性を評価することは本質的に重要な課題である。

本研究では、半閉鎖性内湾である和歌山県田辺湾を対象海域として取り上げる。田辺湾は紀伊半島西海岸に位置し、半島南端をかすめて東進する黒潮の間接的な影響を受けて¹⁾豊かな生態系が維持され、湾奥では養殖業が盛んに行われている、生産性の高い海域である。本研究では、田辺湾湾口部において長期連続係留観測を行い、ADCP 流速データ等を解析することで、湾口部における流れの鉛直構造、周波数特性、それらと外力との関係、海水交換特性などについて詳細に評価した。

2. 研究方法

田辺湾湾口部に位置する京都大学田辺中島高潮観測塔周辺海域において、2015年8月20日から11月2日までの75日間にわたって連続計測を実施した。ADCPを海面下約10mに、水温塩分計を多層設置するとともに、観測塔に常設された超音波式波高計、風向風速計などを用いた。取得したデータはノイズ除去などの一次処理を施したのち、周波数スペクトル解析、クロススペクトル解析、ホドグラフ解析などに供した。

3. 解析結果と考察

(1) 海表面境界層内の流速変動特性

ADCPによる水平（東向き成分）および鉛

直（上向き）流速のスペクトル密度鉛直分布を見ると（図-1）、両成分ともに半日周期、日周期、および3日程度以上の長周期帯でのパワーが大きい。水平流速は半日周潮汐の影響を強く受けて全水深にわたって半日周期にピークが出現するが、日周期のピークは表層に限定されていることから、海上風による表層吹送流が支配的であることが推定される。鉛直流速についてもピークの出現特性は水平流速と類似しているが、半日周と日周成分は水深が深くなるにつれて増大している。

(2) 流速変動と外力との関係

流動変動の発生メカニズムを定量的に明らかにするために、湾口部での流れを駆動する局所的な外力として風速と水位に着目し、流速各成分とのクロススペクトルを求め、コヒーレンスによって相関を評価した（図-2）。水平流速は表層付近の日周期帯で風速との相関が最も高くなるが、水位との相関が見られるのは半日周期帯であり、しかもそこでは全層で高い相関が確認される。すなわち、海上風変動（海陸風モード）に伴う吹送流によって表層では日周期の水平流動が、半日周期の潮汐によって順圧的な半日周期の水平流動が形成されたことが分かる。また、3日程度以上の長周期流動は風速よりもむしろ水位変動と関係があることから、広域的な海面高度偏差の影響を受けているものと考えられる。

(3) 半日周期内部潮汐の影響

一方で、鉛直流速と相関が高いのは半日周潮であり（図-2）、スペクトル鉛直分布（図-1）と同様に表面から遠ざかるにつれて相関が増大しており、内部潮汐の影響が示唆される。そこで水温の周波数スペクトルの鉛直分布を

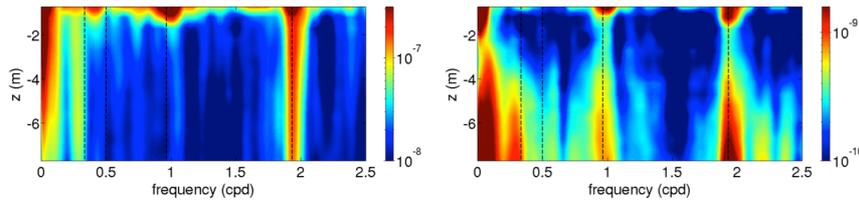


図-1：東向き水平流速（左），鉛直上向き流速（右）の周波数パワースペクトル密度鉛直分布。

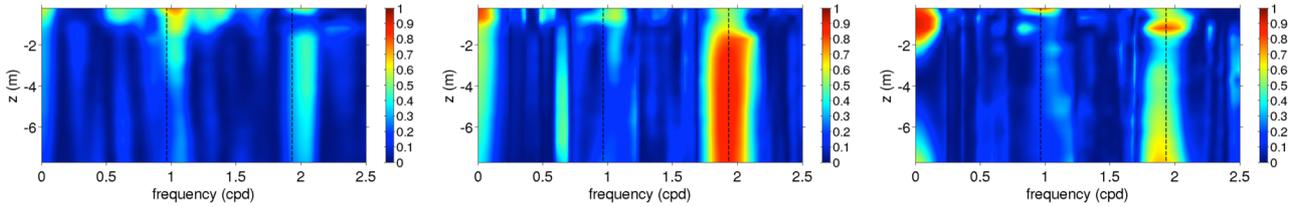


図-2：コヒーレンスの鉛直分布．左から，東向き風速-東向き流速，水位-東向き流速，水位-鉛直流速．

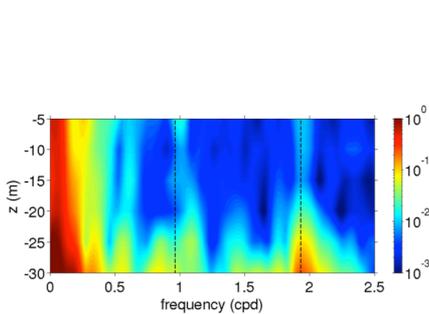


図-3：水温のパワースペクトル密度

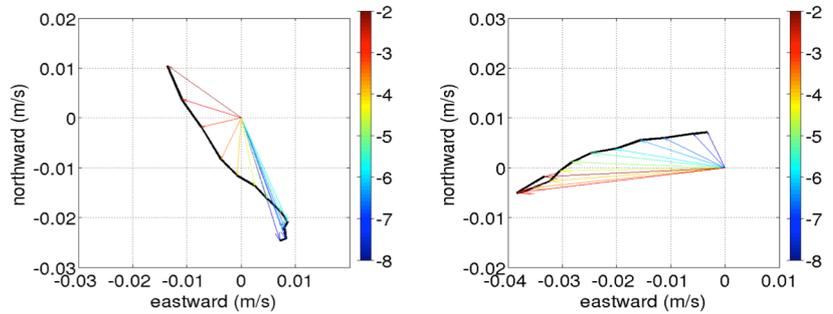


図-4：流速のホドグラフ（左から，8/30，9/29，カラーは水深）。

評価したところ（図-3），やはり半日周期に明確なピークが現れ，しかも水深が深いほどスペクトル密度が高いことが分かる．また，弱いながらも日周期にも半日周期と同様なピークと鉛直構造が見られる．以上の結果から，湾口部の亜表層部では内部潮汐に伴う半日周期流動が重要であることが分かる．

(4) 海表面境界層内の流速の鉛直分布

夏季から秋季に出現する典型的な海洋構造として，成層期（8/30），非成層期（9/29）の2ケースを例に取り上げ，日平均流速に対してホドグラフ解析を行った（図-4）．成層期では，水深5mまでの表層では反時計回りに，その下部では逆に時計回りに流向が回転している．したがって，湾口部における成層期の海表面境界層は2層構造を形成し，表層では平均的に湾外へ流出，下層（亜表層）では湾内へ流入することが分かる．非成層期は

表層から下方に向かって時計回りに螺旋を描いており，海上風によるエクマン螺旋が発達していることが確認される．

また，ここでは示さないが，長周期流動に伴う海水温低下イベント発生時のホドグラフには全層でほぼ一様に湾内へ流入する傾向が見られた．衛星 SST データとの比較から，このとき，潮岬における黒潮の離岸が紀伊水道に発達する時計回りの中規模渦を強化し，北方向から田辺湾湾口方向へ冷水塊が輸送されたことが分かっている．

謝辞：本観測は京大防災研一般共同研究（26G-05）により，馬場康之京大准教授を始めとする多くの研究者の協力を得て行われた．

参考文献

- 1) 内山雄介ら（2014）：土木学会論文集 B2, Vol. 70, No. 2, pp. I_446-I_450.