

東京湾の表層流の特徴 - HF Radar による観測結果を用いて -

東京都市大学 学生会員 小澤 裕介
 東京都市大学大学院 学生会員 黒部 和弘
 東京都市大学 フェロー会員 村上 和男

1. 緒言

経済の発展とともに海域では油の流出や、漂流ごみの問題が顕著になっている。これらは環境に悪影響をあたえるため、拡散の防止・早期回収が望まれる。漂流ごみなどは表層流(深度 0.3~0.5m までの流れ)により輸送される。つまり、これらの問題の対策には表層流の把握・予測が重要である。

東京湾では国土交通省により海洋短波レーダー(以後 HFR:High Frequency Radar と表記する)を用いた表層流の観測が行われている。東京湾では HFR が陸地に 3 地点設置され、そこからレーダーを送信し、その反射波を受信することにより表層流を広範囲で常時観測している。

野村ら¹⁾の研究によると、無風時において HFR は、測定精度の高い多層流向流速計(ADCP)の最上層(深度 1m 程度)の観測結果と相関が高いと報告されている。このことから、HFR は表層ではあるが、潮流などの流れの観測に有効であるといえる。しかし表層流は海上風の影響を受けていると考えられる。つまり HFR によって測定された表層流のデータから、潮流成分と海上風成分に分離することで、各成分の平面的な分布の把握が可能となる。

そこで、本研究では表層流の予測の前段階として、夏季・冬季のデータを分析することにより、海上風が表層流に与える影響の平面的特徴を調べることを目的としている。

2. 使用データ

本研究では流況データと、風データを用い分析を行っている。以下にこれらの概要を示す。また、図 1 に東京湾における HFR の設置箇所()とその観測地点()、および風の観測地点()を示す。

2.1 流況データ

流況データには東京湾における HFR の観測結果を用いる。このデータは東京湾環境情報センター²⁾により、web 上に公開されているものであり、本研究にお

ける 分析期間は 2006 年の時系列データであり、観測地点は 287 地点である

2.2 風データ

風データ³⁾には東京灯標・海ほたる・第二海堡の 3 地点における時系列観測結果を用いる。これらの観測地点は表 1 に示すとおり、観測高さが異なる。それらを高さ 10m の推定風にそろえるため、式(1)に示す 7 分の 1 乗則を用い、海上風とした。風データの分析期間は流況データと同じである。

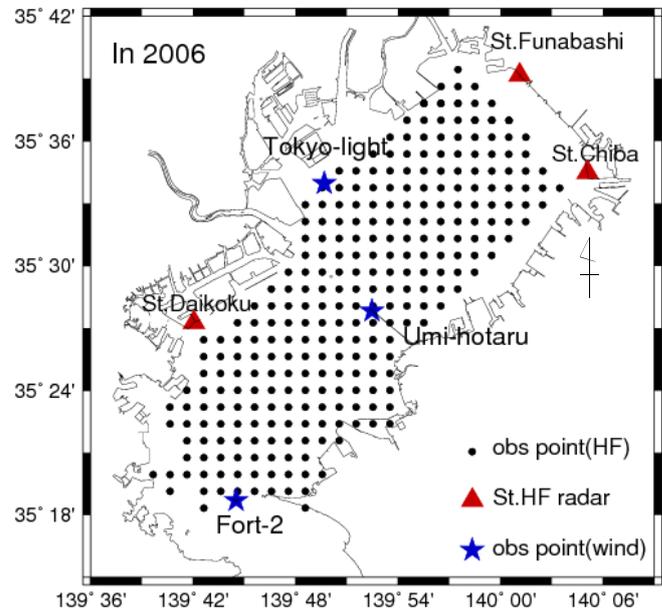


図 1: 2006 年, 2007 年 HFR の観測範囲と風の観測地点 (: HFR の設置地点, : HFR の観測範囲, : 風の観測地点)

表 1: 風の観測高さ

観測地点	第二海堡	海ほたる	東京灯標
観測高さ[m]	21.3	43.6	23.9

$$w_{10} = w_z \left(\frac{10 \text{ m}}{z} \right)^{1/7} \quad (1)$$

w_{10} : 海上 10m における推定風速[m/s]

w_z : 観測点の風速データ[m/s]

z : 観測点の高さ[m]

キーワード 東京湾, 海洋短波レーダー, 表層流, 海上風

3. 分析手法

3.1 表層流

HFR の観測結果には潮流成分・海上風成分・その他の成分が含まれていると考えられる．したがって，海上風の影響を調べるためには潮流成分を取り除く必要がある．そこで tide killer といわれる Rory O.R.Y. Thompson⁴⁾の重み付き移動平均法を用い，潮流成分を取り除いた．

3.2 海上風

海上風データには 24 時間周期の海陸風の影響が考えられるため，24 時間の移動平均法を用いた．また 3 地点の観測データに式(2)，式(3)を用い，HFR の観測点上空の推定海上風とした．

$$w_x = \frac{\sum w_{xi} r_i^{-2}}{\sum r_i^{-2}} \quad (2)$$

$$w_y = \frac{\sum w_{yi} r_i^{-2}}{\sum r_i^{-2}} \quad (3)$$

- w_x :東西方向における推定風速[m/s]
- w_{xi} :東西方向における観測点での海上風[m/s]
- w_y :南北方向における推定風速[m/s]
- w_{yi} :南北方向における観測点での海上風[m/s]
- r_i :観測地点からの距離[m]

4. 分析結果

図 2 に湾口部，湾奥部から任意で選んだ 2 つの観測点 Point015・262 の位置()を示す．

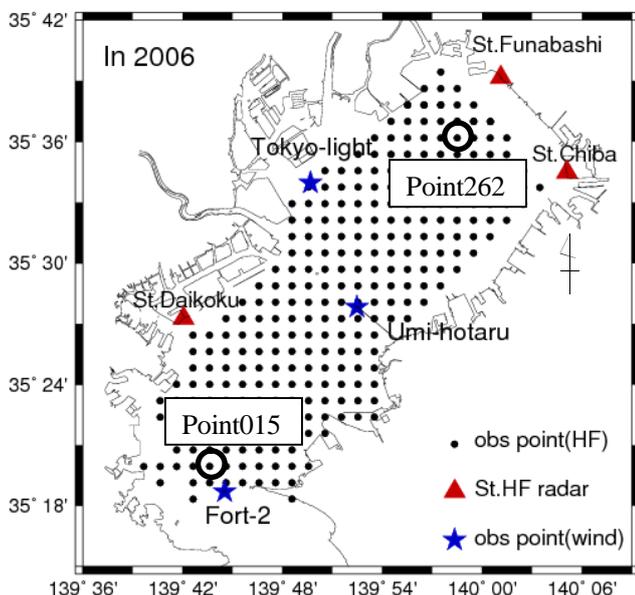


図 2:Point015・262 の位置()

また図 3 にこの 2 点の HFR と海上風の観測結果 およびそれらの分析結果の例を示す．図 3-1 は 2006 年 8 月期，図 3-2 は 2006 年 12 月期であり，それぞれの図で a は海上風，b は海上風に 24 時間移動平均をした結果，c は HFR の観測結果，d は HFR の観測結果から潮流成分を取り除いた結果である．横に時間軸をとり，上方向を北として，ベクトルで表記した．

海上風は 8 月期では南風の傾向が強く，12 月期では北風の傾向が強いことより，季節の変化による海上風の特徴の違いが確認できた．

図 3 c)より表層流の傾向の把握は困難であるが，重み付き移動平均後(d)では傾向の把握が比較的容易である．図 3 b,d)より移動平均後の海上風と HFR のデータには類似した傾向が示された．つまり，HFR の観測結果の潮流成分以外には海上風成分が多く含まれていることが示唆された．

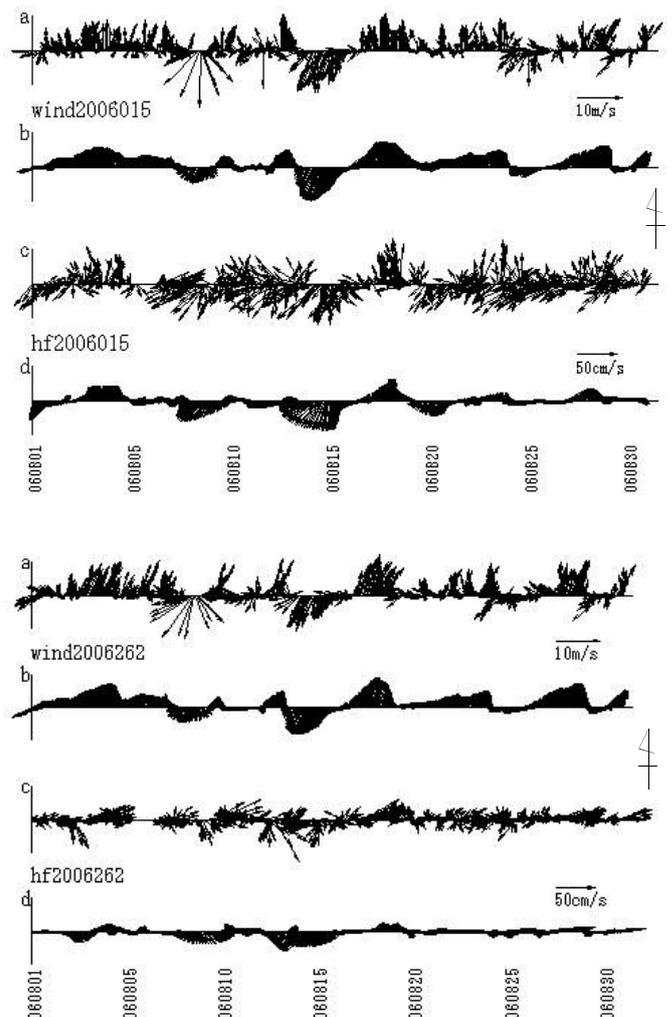


図 3-1:2006 年 8 月期における Pint015・262 の HFR と海上風の観測結果とそれらの分析結果の例

(a:推算海上風，b: a の移動平均後，
c: HFR の観測結果，d: c の重み付き移動平均後)

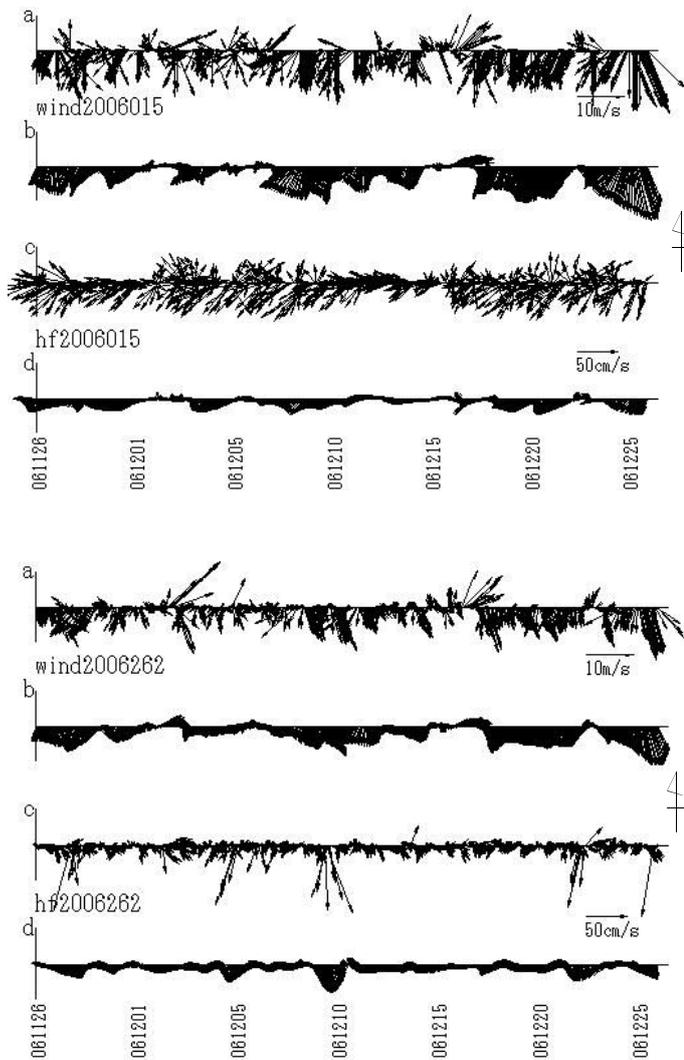


図3-2:2006年12月期におけるHFRと海上風の観測結果とそれらの分析結果の例

(a:推算海上風, b: aの移動平均後, c: HFRの観測結果, d: cの重み付き移動平均後)

海上風データの移動平均後(図3のb)と表層流の重み付き移動平均後のデータ(図3のd)では類似点が多いことより、表層流を海上風で表せると仮定し、式(4)と式(5)に示す重回帰式で表層流と海上風の関係を表す。式(4)では a_1 と a_2 を比較することにより、海上風の東西方向もしくは南北方向のどちらが表層流の東西方向に影響が強いかが判断することができる。式(5)でも同様である。

$$u = a_0 + a_1 w_x + a_2 w_y \quad (4)$$

$$v = b_0 + b_1 w_x + b_2 w_y \quad (5)$$

u :表層流(潮流成分削除済み)の東西方向

v :表層流(潮流成分削除済み)の南北方向

w_x :風の東西方向, w_y :風の南北方向

a_1, a_2, b_1, b_2 :偏回帰係数, a_0, b_0 :定数項

表2-1: 8月期における偏回帰係数の一例

	Point No.	a_1	a_2	b_1	b_2
湾口部	2006014	1.381	2.198	0.588	3.487
	2006015	1.287	2.042	0.751	3.613
	2006016	1.260	2.032	0.866	3.597
	2006017	0.920	0.981	0.906	3.227
湾中部	2006134	1.957	4.701	-1.936	4.843
	2006135	2.542	3.916	-2.371	5.425
	2006136	2.611	3.529	-2.231	5.441
	2006137	2.578	3.232	-1.997	5.328
湾奥部	2006259	1.604	2.586	-0.301	1.039
	2006260	1.432	2.576	-0.257	1.303
	2006261	1.376	2.588	-0.195	1.596
	2006262	1.330	2.441	-0.461	1.487

表2-2: 12月期における偏回帰係数の一例

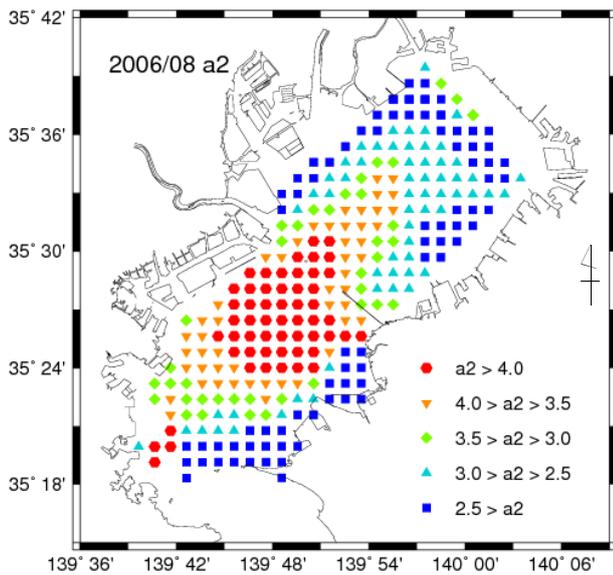
	Point No.	a_1	a_2	b_1	b_2
湾口部	2006014	0.221	0.575	-0.353	1.257
	2006015	0.321	0.479	-0.389	1.350
	2006016	0.392	0.512	-0.402	1.329
	2006017	0.361	0.052	-0.398	1.242
湾中部	2006134	0.512	1.122	-0.284	1.653
	2006135	0.559	0.848	-0.314	1.988
	2006136	0.564	0.619	-0.267	2.103
	2006137	0.577	0.330	-0.207	2.176
湾奥部	2006259	0.555	1.373	0.031	1.164
	2006260	0.501	1.759	0.055	0.891
	2006261	0.496	1.748	-0.016	0.793
	2006262	0.469	1.450	-0.115	0.770

2006年8月期と12月期の偏回帰係数の一例を表2に示す。表2-1は8月期で、表2-2は12月期である。それぞれ、湾口部・湾中部・湾奥部を示し、図3で示したPoint015・262の偏回帰係数も示している。

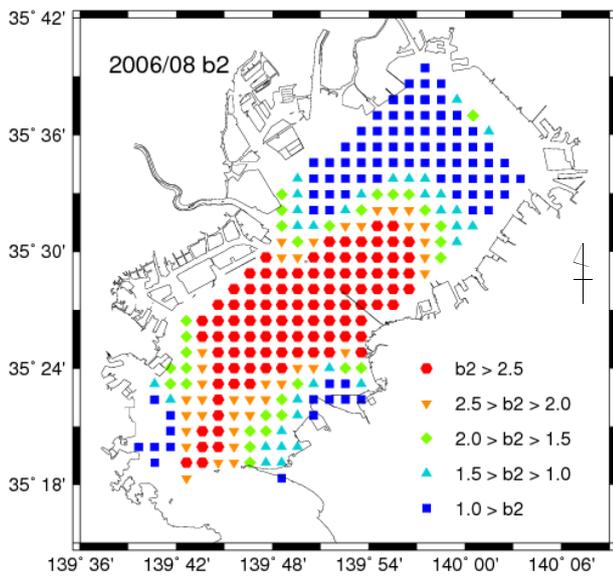
偏回帰係数より、2006年8月期、12月期ともに東西の表層流と南北の表層流には南北方向の海上風が強く影響を与えていると考えられる。前者は一般的な吹送流と異なる結果である。これは東京湾の地形が湾口から東に奥まっているため、南北の風の影響が表層流では東西方向にシフトしていると考えられる。ここで東西の表層流に影響が大きい南北の海上風の偏回帰係数 a_2 と南北の表層流に影響の大きい南北の海上風の偏回帰係数 b_2 の平面分布(8月期・12月期)を図4に示す。

風の影響が強いことより a_2, b_2 に着目すると東西方向の表層流に関しては湾中部が海上風の影響が大きく、湾奥部では海上風の影響が小さい傾向がある。南北の表層流では湾口から中央部にかけて強く海上風の影響を受けている。2006年8月期と12月期において似たような結果であったことから、水深や東京湾の形状が表

層流に影響があると考えられる。

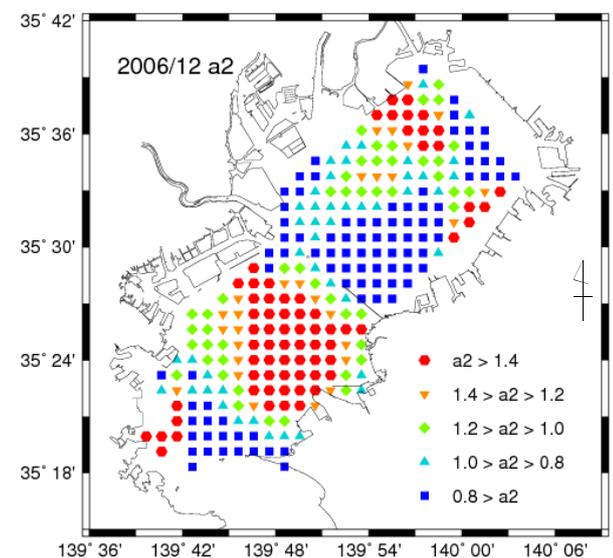


139° 36' 139° 42' 139° 48' 139° 54' 140° 00' 140° 06'



139° 36' 139° 42' 139° 48' 139° 54' 140° 00' 140° 06'

図 4-1: 8 月期における偏回帰係数の平面分布



139° 36' 139° 42' 139° 48' 139° 54' 140° 00' 140° 06'

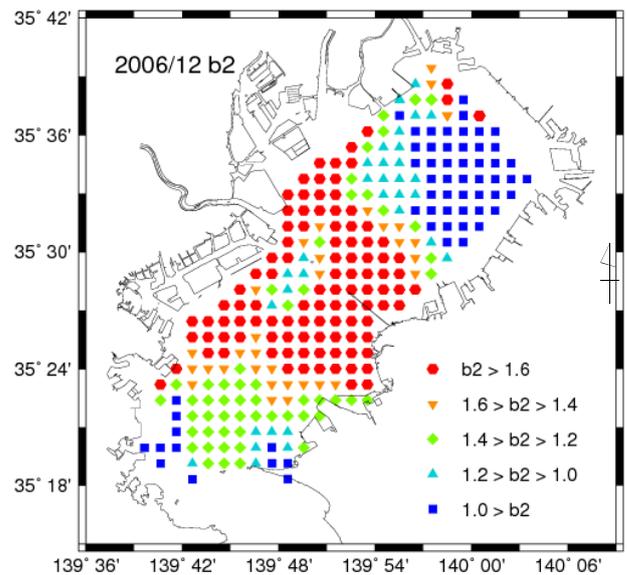


図 4-2: 12 月期における偏回帰係数の平面分布

5. 結論

東京湾における海上風が表層流に与える影響の平面的特徴を調べた結果、一般的な吹送流のような結果を示すことはなく、原因として東京湾の形状が表層流に影響していると考えられる。これより、東京湾の水深データも考慮する必要があるといえる。また、夏季・冬季だけでなく他の季節でも調べる必要がある。

参考文献

- 1)中島謙二郎, 野村茂, 宮石晶史, 橋本典明, 日向博文, 峰本健正:海洋短波レーダーによる有明海広域表層流況・波浪観測の高度化について, 海洋開発論文集, 第 24 巻, p.p.849-854, 2008
- 2)東京湾環境情報センター <http://www.tbeic.go.jp/>
- 3)海上保安庁 海の相談室
- 4)Rory O.R.Y.Thompson:Low-Pass Filters to Suppress Inertial and Tidal Frequencies, Journal Of Oceanography, vol.13, p.p.1077-1083, 1983