

海洋短波レーダー観測値を用いた東京湾における表層流の平面分布特性の把握

東京都市大学大学院 学生会員 ○森谷 拓実
 東京都市大学 フェロー 村上 和男

1. はじめに

海の問題として、漂流ゴミや油の流出がある。これらの輸送・拡散には表層流(深度約 0.3~0.5m までの流れ)が支配的に作用する。よって表層流を把握・予測することは、漂流ゴミや流出油の早期回収に通じる重要なプロセスである。

東京湾では、国土交通省により沿岸に 3 台の海洋短波レーダー(High Frequency Radar, 以下, HF レーダー)が配備されている。HF レーダーは湾内の表層流を広範囲かつ面的に常時観測できるので、その観測結果の利用は、表層流の把握・予測に有効だと考えられる。

そこで、本研究では東京湾における表層流の特性の把握を目的とし、HF レーダーと海上風の観測結果を用いて分析を行う。沿岸域の流れにおいて卓越する潮流と吹送流に着目し、海上風が表層流に与える影響を調べる。また、表層流況の推算を行い、観測値と比較する。

2. 使用データ

表層流況データには HF レーダーによる観測結果を用いる。海上風データには海上保安庁による第二海堡、東京灯標、海ほたるでの観測結果を用いる。共に使用期間は 2006 年 4 月から 2007 年 12 月であり、1 時間毎の時系列データである。図-1 に 2007 年の東京湾における HF レーダーの観測局(▲)と表層流の観測点(●), 海上風の観測点(★), 分析に用いた HF レーダー観測点(Obs.11, 126, 199)の位置(○)を示す。

海上風データに関しては、7 分の 1 乗則を用いて海上 10m の推定風速とし、HF レーダーの各観測点上における海上風として、3 地点から内挿補間した。

3. 分析手法

3-1. 潮流成分の分析

HF レーダーによる表層流観測データに、最小自乗法を用いた調和分解¹⁾を行い、湾内の潮流成分を抽出する。村上(1981)¹⁾により示唆された観測期間の長さ精度のよい分離法から、15 日間毎に 10 分潮の分離を行い、各 HF レーダー観測点の調和定数を算出した。

キーワード 海洋レーダー, 表層流, 海上風, 東京湾

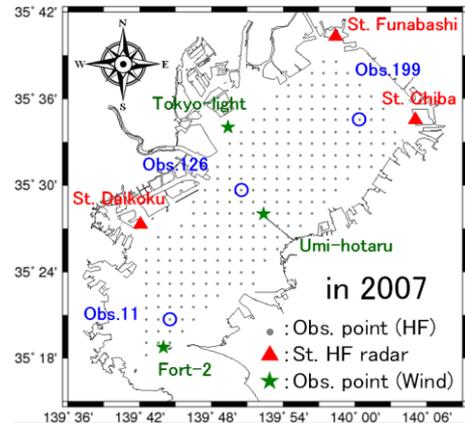


図-1 使用データの測定点・観測点, 分析地点の位置

3-2. 海上風が与える影響の分析

小澤ら(2011)²⁾により表層流の非潮流成分は海上風との相関が良いと示唆されている。HFレーダーによる表層流データには Tide Killer を用いて非潮流成分を抽出する。海上風には、潮流成分とほぼ同周期である海陸風成分を除去するため、24 時間移動平均法を用いる。この二つを用いて、式(1a), (1b)に示す重回帰分析を行う。

$$u(t) = a_0 + a_1 w_x(t-\tau) + a_2 w_y(t-\tau) \quad (1a)$$

$$v(t) = b_0 + b_1 w_x(t-\tau) + b_2 w_y(t-\tau) \quad (1b)$$

ここで、 $u(t)$ は表層流(非潮流成分)の東西方向流速 [cm/s], $v(t)$ は表層流(非潮流成分)の南北方向流速 [cm/s], $w_x(t)$ は 24 時間移動平均後の海上風の東西方向風速 [m/s], $w_y(t)$ は 24 時間移動平均後の海上風の南北方向風速 [m/s], a_1, a_2, b_1, b_2 は偏回帰係数, a_0, b_0 は定数項, τ は時間差(=1 [hour])²⁾を表す。

算出された偏回帰係数(a_1, a_2, b_1, b_2)により、海上風が表層流に与える影響の強さを判断することができる。

4. 分析結果及び比較検討

4-1. 非潮流成分と海上風

重回帰分析より算出された偏回帰係数より、海上風が表層流の非潮流成分に与える影響の平面分布特性を把握する。例として 2007 年 10 月における分析結果について、表-1 に分析地点における各係数の値を、図-2 に各係数の平面分布を示す。表-1 より、各観測点で係数

表-1 分析地点における偏回帰係数

Oct. 2007	Partial regression coefficient					
	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1	b_2
Obs.11	-9.59	3.41	1.18	-2.77	0.02	2.45
Obs.126	-0.22	4.31	1.57	3.40	-2.24	3.39
Obs.199	4.67	2.07	0.90	-3.99	-1.87	2.24

表-2 α_w, θ_d の最適値及び観測値との相関

Oct. 2007	α_w	θ_d	R^2_x	R^2_y
Obs.11	0.037	20°	0.56	0.63
Obs.126	0.047	31°	0.60	0.45
Obs.199	0.027	33°	0.36	0.36

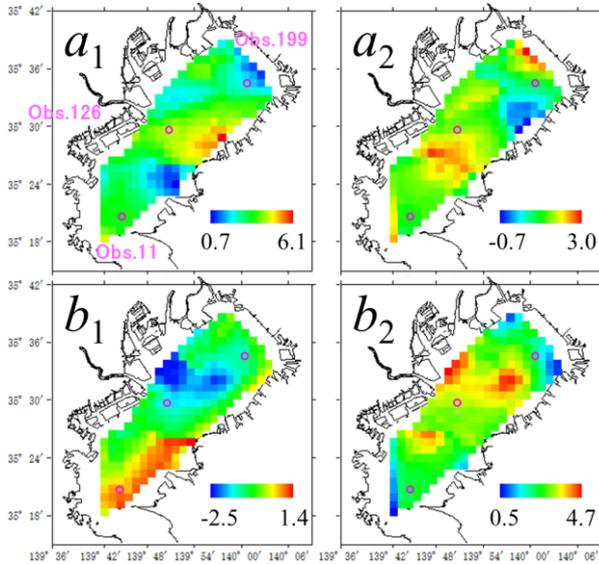


図-2 偏回帰係数の平面分布

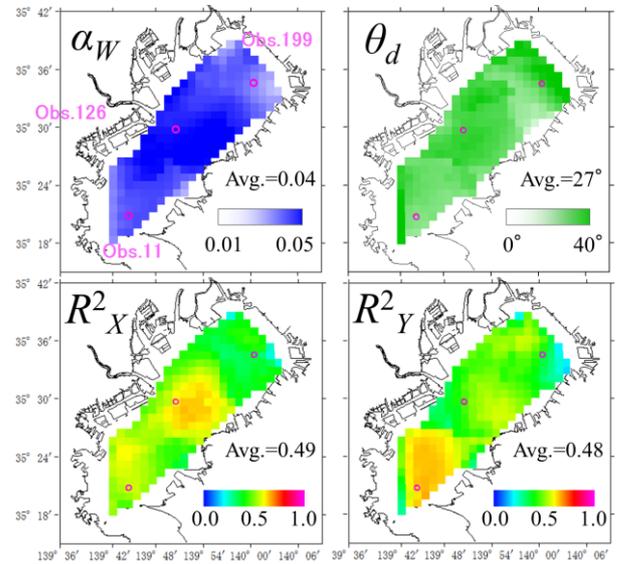


図-3 α_w, θ_d の最適値及び観測値との相関の平面分布

は a_1, b_2 が大きく、東西方向の非潮流成分には東西方向の海上風が、南北方向の非潮流成分には南北方向の海上風が大きく影響していることが分かる。図-3 より、 a_1, b_2 が大きいのは湾央部であるので、湾央部の非潮流成分には海上風が大きく影響していることが分かる。

4-2. 表層流の推算

各 HF レーダー観測点の調和定数から推算した潮流と、海上風データから推算した吹送流をベクトル合成し、湾内の表層流況を推算する。式を式(2a), (2b)に示す。

$$U_{x(t)}^{Surface} = U_{x(t)}^{Tide} + \alpha_w \sqrt{(U_{x(t-\tau)}^{Wind})^2 + (U_{y(t-\tau)}^{Wind})^2} \sin(\theta_0 + \theta_d) \tag{2a}$$

$$U_{y(t)}^{Surface} = U_{y(t)}^{Tide} + \alpha_w \sqrt{(U_{x(t-\tau)}^{Wind})^2 + (U_{y(t-\tau)}^{Wind})^2} \cos(\theta_0 + \theta_d) \tag{2b}$$

ここで、 $U_{(x)}$ はそれぞれ Surface: 推算表層流[cm/s], Tide: 推算潮流[cm/s], Wind: 海上 10m の風速の東西方向成分[m/s], α_w は風係数, θ_0 は風向(北を 0 とした時計回りの角度)[degree], θ_d はエクマン螺旋による偏角[degree], τ は時間差[hour]を表す。同様に y 表記は南北方向成分を表す。

推算値を実際の HF レーダー観測値と比較し、 α_w, θ_d

についてパラメトリックスタディを行う。なお、今回は $\tau = 0$ [hour]とした。表-2 に 2007 年 10 月の、分析地点における観測値と最も整合性が良かった α_w, θ_d の最適値と、観測値との決定係数: R^2_x, R^2_y を示す。また、図-3 にそれぞれの平面分布を示す。表-2 より、 α_w については偏回帰係数 a_1, b_2 が大きい順 (Obs.126, 11, 199) に大きいことが分かる。図-3 から、 α_w が大きいのは湾央部であり、偏回帰係数の平面分布の特徴と一致している。 θ_d については、場所的な特徴は確認できなかったが、偏角は $\theta_d=20\sim30$ [degree]が多くかつ決定係数も高かった。

5. まとめと今後の課題

東京湾内の表層流況について、HF レーダーの観測結果に調和分解を行い、調和定数から潮流を推算した。海上風の観測結果から吹送流を推算し、二つを合成して表層流を推算した。HF レーダーの観測値と比較し、良い整合性が得られ、平面分布特性が把握できた。

参考文献

- 1) 村上和男(1981):最小自乗法による潮汐・潮流の調和分解とその精度, 港湾技研資料, 第369号.
- 2) 小澤裕介, 阿久津匠市, 村上和男:海洋短波レーダーによる潮流測点と表層流の海上風による影響の平面分布特性, 海洋開発論文集第27 巻, 2011.