砕波帯内の沿岸流

岩田憲幸・田中孝紀

国立防災科学技術センター平塚支所

Longshore Current in Breaker Zone

By

Noriyuki Iwata and Takanori Tanaka

Hiratsuka Branch, National Research Center for Disaster Prevention

Abstract

Theoretical model of longshore currents in the breaker zone has been developed using the dynamical relationships between radiation stress and bottom friction. Field observations are carried out at the surf zone in a sand beach by making use of electromagnetic current meters. Utilizing the operational amplifiers, the authors have succeeded in constructing electric circuits which are capable of obtaining running means and variances of horizontal two velocity components of water particles.

These observed values are compared with the values from theoretical models and it is concluded that the bottom friction coefficient is not constant but varies as a function of the amplitude of the velocity component along the shore,

まえがき

砕波帯で波による水粒子の運動を長期連続観測 して、波浪とそれによる沿岸流の実態を明らかに することは流標砂に伴う海岸浸食研究にとって大 変重要なことであるが、砕波帯という苛酷な条件 下で長期間連続して飛速の観測資料を得るのは極 である、ことででは波による平均水位の変態量を, めて困難であった、このため我々は(岩田ら1971) れば水深を示す、したがって全体の質量輸送と輸 流速測定用に、機械的な作動部分を全く含まない 電磁流速計を使用しさらに演算増幅器を利用した 回路の開発によって平均流速(沿岸流と離岸流), 振動流のパワーなどの統計的諸量を実時間処理す ることに成功した.

以下に述べることは、この観測システムにより 実際に得られた資料の解析と理論的なモデルとの 対比である.

1. 沿岸流のモデル

平均流Uは鉛直方向の変化を無視する。質量輪 送は

$$\widehat{M} = \int_{-h}^{\zeta} \rho U \, \mathrm{d} z = \rho (h + \overline{\zeta}) U \tag{1}$$

で与えられる、波による水粒子速度をuとすれば, その智量輸送は

$$M = \int_{-h}^{\zeta} \rho \, u \, \mathrm{d} \, z \tag{2}$$

送速度は

$$\widetilde{M} = \widehat{M} + M, \quad \widetilde{U} = \frac{\widetilde{M}}{\rho(h + \overline{\zeta})} = U + U_{*}$$
 (3)

となる、ここでU米 は彼による質量輸送速度の平 均値で

$$U_{*} = \frac{M}{\rho(h+\overline{\zeta})} = (ka)^{2}c \frac{\coth k(h+\overline{\zeta})}{2k(h+\overline{\zeta})}$$
(4)

である。ただしんは波数, cは位相速度, aは振 幅を示す。さて波浪の運動に微小振幅波近似を用 い、2次の項まで考慮すると、まず質量の保存則 (連続の万程式)は

-113

$$\frac{\partial}{\partial t} \left\{ \rho(h + \overline{\zeta}) \right\} + \neg \cdot \widetilde{M} = 0$$
(5)

運動量の保存則は

$$\frac{\partial}{\partial t}\widetilde{M} + \Im \cdot (\widetilde{M}\widetilde{U} + \tilde{\gamma}) = -\rho g(h + \overline{\zeta})^{\dagger} \zeta - \tau \quad (6)$$

とこでMUは2つのベクトルの不定積でディアデ ックを示しいはラジェィション・ストレス (radiation stress)で座標及び入射角を図1 のようにとると,

$$\mathfrak{S} = \begin{pmatrix} \frac{c}{g} (1 + \cos^2 \theta) - \frac{1}{2} \} & E \frac{c}{g} \frac{\sin 2\theta}{2} \\ E \frac{c}{g} \frac{\sin 2\theta}{2} & E \left\{ \frac{c}{g} (1 + \sin^2 \theta) - \frac{1}{2} \right\} \end{pmatrix}$$
(7)



図1 座標軸と波の入射角

となる、ここでEは彼のエネルギー密度で波高を H=2a とすれば

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2 \tag{8}$$

で与えられる。右辺のτは平均流に振動流が重な った場合の平均的な海底摩擦力で,とこでは

$$\tau = \rho < |u_{\text{orb}}| > \Re \cdot \widetilde{U}$$
(9)

とする. 括弧は一周期についての平均を示す. ft は一般的に言へば2階のテンソルであるがここで は

$$\Re = \begin{pmatrix}
K x x & 0 \\
0 & K y y
\end{pmatrix}$$
(0)

と仮定する. さて以上の2つの保存則とは別にエ ネルギーの保存則も存在するが,考察している事 柄が砕波帯内部のことであるのでエネルギーの保 存は考慮しない. ここで問題を簡単にするために 0/01=0 すなわち定常状態を考える. また直線 一様な海岸で海岸に沿った方向、すなわちy方向 に現象は変化しないとする.

一般に

$$\neg \cdot (\widetilde{M} \ \widetilde{U} \) = \widetilde{M} \cdot \neg \widetilde{U} + \widetilde{U} \neg \cdot \widetilde{M} \qquad (1)$$

であるが(5)によりヽ゚・w=0であるから(6)は

$$\widetilde{M} \cdot \Im \widetilde{U} + \Im \cdot \breve{s} = -\rho g (h + \zeta) \Im \zeta - \tau$$

或は成分にわければ,y方向の変化がないから

$$\widetilde{M}_{x} \frac{\partial}{\partial x} \widetilde{U}_{x} + \frac{\partial}{\partial x} S_{xx} = -\rho g \left(h + \overline{\zeta}\right) \frac{\partial \overline{\zeta}}{\partial x} - \tau_{x} \qquad (13)$$

$$\widetilde{M}_x \frac{\partial}{\partial x} \widetilde{U}_y + \frac{\partial}{\partial x} S_{xy} = -\tau_y \quad (4)$$

さて(5)から ∂/∂y=0 だから

$$\frac{\partial}{\partial x}\widetilde{M}_{x} = 0$$

となるがx = 0のてい線では明らかに $\widetilde{M}_x = 0$ であるからxの到るところでまた $\widetilde{M}_x = 0$,したがって $\widetilde{U} = 0$ となる.

浅海域では波は長波の性質を持つようになるから

 $c = \sqrt{g(h+\overline{\zeta})} = c_g$

と近似しさらに砕波帯では

$$H = \gamma \left(h + \overline{\zeta} \right) , \quad \gamma = 0.8 \tag{15}$$

と仮定する.(7)から

$$Sxy = \frac{\gamma^2}{8}\rho g(h+\overline{\zeta})^2 \frac{\sin 2\theta}{2} \qquad (17)$$

が得られる。 微小振幅波近似では一次元の波の粒子速度は

-114-

$$u = \sigma a \frac{\cosh k(h+z)}{\sinh k h}$$

これから(Longuet-Higgins, 1970)

$$u_m = \frac{1}{h} \int_{-h}^{0} u dz = \frac{\sigma a}{kh} = \frac{\gamma}{2} \sqrt{g(h+\zeta)} = \frac{\sqrt{\gamma}}{2} \sqrt{gH} \quad (b)$$

また

$$|u_{orb}| = u_m |\cos \chi|$$
, $\chi = \sigma t - k \cdot r$

$$<|u_{orb}|>=rac{4}{2\pi}\int_{0}^{\pi/2}u_{m}\cos \chi \,\mathrm{d}\,\chi=rac{2}{\pi}u_{m}$$

となるので(9)は

$$\tau = \frac{2}{\pi} \rho_{m} \hat{N} \cdot \widetilde{U} \qquad (19)$$
したがって(13)、(14)は

$$\frac{\partial}{\partial x} S xx = -\rho g(h+\zeta) \frac{\partial \zeta}{\partial x} \qquad (20)$$

(2)に(1)を代入すれば γ2/8≪1 を考慮して

$$\frac{\partial \zeta}{\partial z} = \beta \frac{\gamma^2}{8} (1 + 2\cos^2\theta)$$
 (2)

ただし₿は海底の傾斜で

$$\beta = -\frac{\partial h}{\partial x}$$

すなわちwave set--upは海底の傾斜と入射角に よって決定される。

的に切,的を代入すれば

$$\widetilde{V} = \frac{\pi\beta}{2K_{yy}} \quad \widehat{v}_{\cos\theta} \quad , \quad \widehat{v} = u_{m \sin\theta} \quad (23)$$

単一正弦波では長波の場合,か動粘性係数を一 定とすると(Kajiura, 1968)

$$Kyy = a \left(\frac{v}{\sigma z_0} \right)^{-2/3}$$
, $a = \text{const}$ (24)

となる.次の問題は, 23, 24の関係式を観測値と 比較することである.以後Kyyを単にKと記す.

2. 観測値の整理

電磁流速計を使用した観測システムから得られ る統計的な情報量は,流速の水平2成分の分散 E_{u,E_v} と平均流速 \widetilde{U} , \widetilde{V} の 4 つである. 波を有 義波で代表してしまえば $\widehat{v} \div \sqrt{E_v}$ であり

$$\cos\theta = \frac{u}{u_m}$$
, $\sin\theta = \frac{v}{u_m}$ (2)

8) であるから23式から近似的に

$$K \neq \frac{\pi}{2} \frac{\beta}{\widetilde{V}} - \frac{u\,\widetilde{v}}{u_m} \tag{26}$$

となる. Q4によって観測値からKを求めることが できる、Q4によれば周期一定の単一波ではKは $E_v^{-1/8}$ に比例するので、図2にKと E_v との関係を示した.

観測値がバラついているので断定するのは早計で あるが経験的には

$$K \sim E_v^{-2/3} \tag{27}$$

となる. Longuet-Higgins(1970)は図式で
$$u_m \sim \sqrt{gH}$$

として

$$K \sim r \equiv \frac{\sqrt{g_H}}{\widetilde{V}} \beta \sin \theta$$

と近似して Galvin-Nelson(1967) の資料から K = constと推定しているが,我々の観測からで はK を一定と考えるのは無理である。ところで図 3 には,Longuet-Higgins が使用したのと同 じ資料によってK に比例する量rを sin θ の関 数として示したが経験的にはrは一定でなく

$$r \sim (H_{\rm sin} \theta)^{-2/2}$$

となって24式で $v \sim \sigma H \sin \theta$ と近似したのと同 じ結果になる、ただしこれは野外観測の資料のみ を利用した場合である、

我々の観測結果が単一表面波の場合に成立する (4)式と異なる理由は明らかでない。波の不規則性 によるものであろうか、Kが(2)式で近似できるな らば(2)式から

$$\widetilde{V} \sim \beta E v^{7/6}$$

となる. 図4にこの関係を示した. この関係式は, 沿岸流速が海底こう配と水粒子速度の岸に平行な 成分のパワーだけから決定されることを示す.

表1には観測値を一覧表にして示してある. こ とに掲載したもの以外にも比較的大きな沿岸流速 が観測されたこともしばしばあったが,その場合 は風速もまた大きく,吹送流が重なっていると考



図4 沿岸流と岸に平行な振動量のパワーと の関係。



- b) Inman and Quinn (1951)
- c) Galvin and Savage (1966)

表1 観測結果の一覧表Tm は沖波(観測塔に おける)の記録から求めた有義波の周期

cm/sec (cm/sec) ² sec m/sec JST 1 20 1.38^{10^3} 3 1.10^{10^4} 10 NE 2 0 ^h Jan. 1 1 23 " " 0.96 " " 1 1 18 " " 0.96 " " 1 5 33 2.75 -5 1.10 5.5 W 3 16 Feb. 17 5 35 " " " " 7.5 SW 9 19 5 " 3.44 -3 1.24 " M 4 22 5 " " " 1.13 " " 23 6 45 2.75 -15 0.96 " " 1 6 45 2.75 -15 0.96 " " 1 7 63 4.81 -15 " "	Run	$\widetilde{\nu}$	E _v	Ũ	Eu	T m	W	iлd	Time & Date
1 20 1.38^{10^3} 3 1.10^{10^4} 10 NE 2 0 ^h Jan. 1 1 23 " " 0.96 " " 1 1 18 " " 0.89 9 " " 2 5 33 2.75 -5 1.10 5.5 W 3 16 Feb. 17 5 35 " " " " 7.5 SW 9 19 5 " 3.44 -3 1.24 " " 4 22 5 " N " 1.38 " " 2 3 6 45 2.75 -13 0.669 10 N 5 0 Feb. 27 6 43 " -10 1.10 " " 2 15 6 5.5 5.60 -20 0.83 11 " 2 15 Feb. 27 7 63 4.81 -15 " " N 4 </th <th></th> <th>cm/sec</th> <th>(cm/sec)²</th> <th>cm/sec</th> <th>$(cm/sec)^2$</th> <th>sec</th> <th></th> <th>m∕sec</th> <th>JST</th>		cm/sec	(cm/sec) ²	cm/sec	$(cm/sec)^2$	sec		m∕sec	JST
1 23 n'' n''' 0.96 n''' n'''' 2 5 33 2.75 -5 1.10 5.5 W 3 16 Feb. 17 5 35 $n''''''''''''''''''''''''''''''''''''$	1	2.0	1.38^{10^3}	3	1.10^{104}	10	NE	2	Oh Jan, 1
1 18 " " 0.89 9 " " 2 5 33 2.75 -5 1.10 5.5 W 3 16 Feb. 17 5 35 " " " " 7.5 SW 9 19 5 " 3.44 -3 1.24 " " 4 22 5 " 3.44 -3 1.24 " " 4 22 6 45 2.75 -13 0.69 10 N 5 0 Feb. 27 6 43 " -10 " " " 1 2 6 45 2.75 -15 0.96 " " " 4 7 65 5.50 -20 0.83 11 " 2 18 Feb. 27 7 63 4.81 -15 " " 4 15 13 14 15 7 63 4.81 " 0.96 " </td <td>1</td> <td>23</td> <td>#</td> <td>8</td> <td>0.96</td> <td>"</td> <td>"</td> <td>"</td> <td>1</td>	1	23	#	8	0.96	"	"	"	1
5 33 2.75 -5 1.10 5.5 W 3 16 Feb. 17 5 35 " " " 7.5 SW 9 19 5 " 8.44 -3 1.24 " N 5 21 5 " 8.44 -3 1.24 " " 4 22 5 " " " 1.38 " " " 23 6 45 2.75 -13 0.69 10 N 5 0 Feb. 27 6 43 " -10 " " " 2 6 45 2.75 -15 0.96 " " " 4 7 65 5.50 -20 0.83 11 " 2 18 Feb. 27 7 63 4.81 -10 1.24 " " 16 7 53 2.06 15 " 6.0 0.83 </td <td>1</td> <td>18</td> <td>11</td> <td>п</td> <td>0.89</td> <td>9</td> <td>"</td> <td>"</td> <td>2</td>	1	18	11	п	0.89	9	"	"	2
5 35 " " " " 7.5 SW 9 19 5 " 8.44 -3 1.24 " N 5 21 5 " 8.44 -3 1.24 " " 4 22 5 " " " 1.38 " " " 23 6 45 2.75 -13 0.69 10 N 5 0 Feb. 27 6 43 " -10 " " " " 1 6 50 4.13 -15 0.76 " " " 4 7 65 5.50 -20 0.83 11 " 2 18 Feb. 27 7 63 4.13 " 0.96 " " 4 15 7 63 4.13 " 0.96 " " 4 15 7 63 2.06 15 " 6.8 </td <td>5</td> <td>33</td> <td>2.75</td> <td>-5</td> <td>1.10</td> <td>5.5</td> <td>w</td> <td>3</td> <td>18 Feb. 17</td>	5	33	2.75	-5	1.10	5.5	w	3	18 Feb. 17
5 " " 0 1.17 " N 5 21 5 " 3.44 -3 1.24 " " 4 22 5 " " " 1.38 " " 4 22 6 45 2.75 -13 0.69 10 N 5 0 Feb. 27 6 43 " -10 " " " " 1 6 50 4.13 -15 0.76 " " " 4 7 65 5.50 -20 0.83 11 " 2 13 Feb. 27 7 63 4.81 -15 " " " 4 15 7 63 4.81 -16 " " " 4 15 7 63 4.81 -16 1.4 " " 17 Mar. 16 9 -20 " " 0.96 " " " <	5	35	#	11	"	7.5	SW	9	19
5 " 3.44 -3 1.24 " " 4 22 5 " " 1.38 " " 23 6 45 2.75 -13 0.69 10 N 5 0 Feb. 27 6 43 " -10 " " " " 1 6 50 4.13 -15 0.76 " " " 2 6 45 2.75 -15 0.96 " " " 4 7 65 5.50 -20 0.83 11 " 2 13 Feb. 27 7 63 4.81 -15 " " " 4 15 7 48 2.75 -10 1.24 " " " 16 9 -23 2.06 15 " 6.6 WSW 17 Mar. 16 9 -13 $n.38$ 15 0.89 10 SSW 5 14 Mar.	5	"	#	0	1.17	"	N	5	21
5 " " " 1.3.8 " " " 23 6 45 2.75 -13 0.69 10 N 5 0 Feb. 27 6 43 " -10 " " " " 1 6 50 4.13 -15 0.76 " " " 2 6 45 2.75 -15 0.96 " " " 4 7 65 5.50 -20 0.83 11 " 2 13 Feb. 27 7 63 4.81 -15 " " " 4 15 7 63 4.13 " 0.96 " " 4 15 7 63 4.13 " 0.96 " " 4 15 7 48 2.75 -10 1.24 " " 16 9 -20 " " 0.89 " " 18 9 -18 " 8	5	"	3.44	-3	1.24	"	"	4	22
6 45 2.75 -13 0.69 10 N 5 0 Feb. 27 6 43 " -10 " " " " 1 6 50 4.13 -15 0.76 " " " 2 6 45 2.75 -15 0.96 " " " 4 7 65 5.50 -20 0.83 11 " 2 13 Feb. 27 7 63 4.81 -15 " " " 4 15 7 63 4.13 " 0.96 " " 4 15 7 48 2.75 -10 1.24 " " 16 17 Mar. 16 9 -23 2.06 15 " 6.6 WSW $$ 17 Mar. 16 9 -13 1.38 15 0.89 10 SSW 5 14 Mar. 17 10 -13 1.38 15	5	"	"	"	1.38	"	"	"	23
6 43 n'' -10 n'' n'' n'' n'' n'' n''' n'''' $n''''''''''''''''''''''''''''''''''''$	6	45	2.75	-13	0.69	10	N	5	0 Feb. 27
6 50 4.13 -15 0.76 " " " " 2 6 45 2.75 -15 0.96 " " " 3 6 33 2.06 -10 1.10 " " " 4 7 65 5.50 -20 0.83 11 " 2 13 Feb. 27 7 63 4.81 -15 " " " 4 15 7 63 4.13 " 0.96 " " 4 15 7 48 2.75 -10 1.24 " " " 16 9 -23 2.06 15 " 6.6 WSW 17 Mar. 16 9 -20 " " 0.89 " " 10 SSW 14 Mar. 17 10 -13 1.38 15 0.89 10 SSW 6 21 Apr. 9 14 30 3.44	6	43	11	-10	"	"	"	"	1
6 45 2.75 -15 0.96 " " " 3 6 33 2.06 -10 1.10 " " " 4 7 65 5.50 -20 0.83 11 " 2 13 Feb. 27 7 63 4.81 -15 " " " 4 15 7 63 4.13 " 0.96 " " 4 15 7 48 2.75 -10 1.24 " " 16 9 -23 2.06 15 " 6.6 WSW 17 9 -20 " " 0.89 " " 18 9 -20 " " 0.89 10 SSW 5 14 Mar. 17 10 -13 1.38 15 0.89 10 SSW 5 14 Mar. 17 10 " 2.06 " " " " 15 14	6	50	4.13	-15	0.76	"	"	"	2
6 33 2.06 -10 1.10 " " " 4 7 65 5.50 -20 0.83 11 " 2 13 Feb. 27 7 63 4.81 -15 " " " SE 3 14 7 53 4.13 " 0.96 " " 4 15 7 48 2.75 -10 1.24 " " " 16 9 -23 2.06 15 " 6.6 WSW $$ 17 Mar. 16 9 -20 " " 0.89 " " $$ 20 10 -13 1.38 15 0.89 10 SSW 5 14 Mar. 17 10 -13 1.38 15 0.89 10 SSW 5 14 Mar. 17 10 -13 1.38 1.503 7.5 WSW 6 21 Apr. 9 14	6	45	2.75	-15	0.96	"	"	///	3
7 65 5.50 -20 0.83 11 " 2 13 Feb. 27 7 63 4.81 -15 " " SE 3 14 7 53 4.13 " 0.966 " " 4 15 7 48 2.75 -10 1.24 " " 4 15 9 -23 2.06 15 " 6.6 WSW	6	33	2.06	-10	1.10	"	"	"	4
7 63 4.81 -15 " " SE 3 14 7 53 4.13 " 0.966 " " 4 15 7 48 2.75 -10 1.244 " " " 4 15 9 -23 2.066 15 " 6.6 WSW	7	65	5.50	-20	0.83	11	11	2	13 Feb. 27
7 5.3 4.13 " 0.96 " " 4 15 7 4.8 2.75 -10 1.24 " " " 16 9 -2.3 2.06 15 " 6.6 WSW 17 Mar. 16 9 " " 10 0.96 " " 18 9 -20 " " 0.899 " " 20 10 -13 1.38 15 0.89 10 SSW 5 14 Mar. 17 10 " 2.06 " " " " 15 14 30 3.44 18 1.03 7.5 WSW 6 21 Apr. 9 14 35 3.44 5 " " " 4 23 15 28 2.75 -10 0.48 8.5 N 6 12 Apr. 29 15 23	7	63	4.81	~ 15	11	"	SE	3	14
7482.75-101.24 $"$ $"$ $"$ $"$ 169-232.0615 $"$ 6.6 WSW17Mar. 169 $"$ $"$ $"$ 100.96 $"$ $"$ $"$ 189-20 $"$ $"$ $"$ 0.89 $"$ $"$ $"$ 189-20 $"$ $"$ $"$ 0.89 $"$ $"$ $"$ 199-18 $"$ 8 0.89 10 SSW 5 14Mar. 1710 -13 1.38 15 0.89 10 SSW 5 14Mar. 1710 $"$ 2.06 $"$ $"$ $"$ $"$ $"$ $"$ $"$ 16 1430 3.44 18 1.03 7.5 WSW 6 21 Apr. 914 38 2.75 8 $"$ 8 NE 5 22 14 35 3.44 5 $"$ $"$ $"$ $"$ 14 15 23 2.06 -8 0.83 10 $"$ $"$ 14 15 38 2.75 $"$ 0.55 $"$ $"$ $"$ $"$ 16 15 38 2.75 $"$ 0.622 $"$ $"$ $"$ $"$ 16 15 38 3.44 5 0.96 $"$ $"$ $"$ $"$ 19 15 38 2.75 <	7	53	4.13	"	0.96	"	"	4	15
9 -23 2.06 15 " 6.6 WSW $$ 17 17 16 9 " " 10 0.96 " " $$ 18 9 -20 " " 0.89 " " $$ 19 9 -18 " 8 0.89 10 SSW 5 14 $Mar.$ 17 10 -13 1.38 15 0.89 10 SSW 5 14 $Mar.$ 17 10 -13 1.38 15 0.89 10 SSW 5 14 $Mar.$ 17 10 -13 1.38 15 0.89 10 SSW 6 21 $Apr.$ 9 14 35 3.44 18 1.03 7.5 WSW 6 12 $Apr.$ 29 15 23 2.06 -8 0.83 10 " 14 15	7	48	2.75	-10	1.24	"	"	11	16
9""10 0.96 """189-20""" 0.89 """199-18"8 0.83 "2010-13 1.38 15 0.89 10SSW 514 Mar. 1710" 2.06 """""151430 3.44 18 1.03 7.5 WSW 621 Apr. 91438 2.75 8"8NE5221435 3.44 5""4231528 2.75 -10 0.48 8.5 N612 Apr. 291523 2.06 8 0.83 10""141533 3.44 " 0.69 """151538 2.75 " 0.55 ""161570 4.81 -10 0.62 """181568 5.5 " 0.62 """191533 8.44 5 0.96 """1816-23 2.06 10 0.89 ""1816-30"8N37May 51616-18"""""10	9	-23	2.06	15	//	6.8	wsw		17 Mar. 16
9 -20 " " 0.89 " " $$ 19 9 -18 " 8 0.83 " $$ 20 10 -13 1.38 15 0.89 10 SSW 5 14 Mar. 17 10 " 2.06 " " " " " 15 14 30 3.44 18 1.03 7.5 WSW 6 21 Apr. 9 14 38 2.75 8 " 8 NE 5 22 14 35 3.44 5 " " " 4 23 15 28 2.75 -10 0.48 8.5 N 6 12 Apr. 29 15 23 2.06 -8 0.83 10 " " 14 15 38 2.75 " 0.62 " " " 15 15 73 " " $0.$	9	"	#	10	0.96	//	"		18
9 -18 $"$ 8 0.83 $"$ $$ 2010 -13 1.38 15 0.89 10 SSW 5 14 Mar. 17 10 $"$ 2.06 $"$ $"$ $"$ $"$ $"$ $"$ 15 14 30 3.44 18 1.03 7.5 WSW 6 21 Apr. 9 14 38 2.75 8 $"$ 8 NE 5 22 14 35 3.44 5 $"$ $"$ $"$ 4 23 15 28 2.75 -10 0.48 8.5 N 6 12 Apr. 29 15 23 2.06 -8 0.83 10 $"$ $"$ 14 15 38 2.75 $"$ 0.69 $"$ $"$ $"$ 16 15 70 4.81 -10 0.62 $"$ $"$ $"$ 16 15 73 $"$ $"$ 0.48 10.5 $"$ $"$ 18 15 68 5.5 $"$ 0.62 $"$ $"$ $"$ 18 15 33 8.44 5 0.96 $"$ $"$ $"$ 21 16 -25 2.75 8 $"$ 8 N 3 7 May 516 -23 2.06 10 0.89 $"$ $"$ $"$ 1 8 16 -30 $"$ $"$ $"$ $"$ $"$ 1 8 16 $-$	9	-20	"	u	0.89	"	"	<u> </u>	19
10 -13 1.38 15 0.89 10 SSW 5 14 Mar. 17 10 n'' 2.06 n'' n'' n'' n'' n'' n'' 15 14 30 3.44 18 1.03 7.5 WSW 6 21 Apr. 9 14 38 2.75 8 n'' 8 NE 5 22 14 35 3.44 5 n'' n'' n'' 4 23 14 35 3.44 5 n'' n'' n'' 4 23 15 28 2.75 -10 0.48 8.5 N 6 12 Apr. 29 15 23 2.06 -8 0.83 10 n'' n'' 14 15 33 3.44 n'' 0.69 n'' n'' 14 15 38 2.75 n'' 0.55 n'' n''' 16 15 38 2.75 n''' 0.62 n''''' $n''''''''''''''''''''''''''''''''''''$	9	-18	#	8	0.83	N			20
10" 2.06 """""" N 15 14 30 3.44 18 1.03 7.5 WSW 6 21 Apr. 9 14 38 2.75 8 " 8 NE 5 22 14 35 3.44 5 """ 4 23 15 28 2.75 -10 0.48 8.5 N 6 12 Apr. 29 15 23 2.06 -8 0.83 10 "" 14 15 33 3.44 " 0.699 """ 16 15 38 2.75 " 0.555 "" 10 17 15 38 2.75 " 0.622 """ 16 15 73 "" 0.622 """ 18 15 68 5.5 " 0.622 """ 19 15 33 3.44 5 0.966 """ 19 15 33 3.44 5 0.96 "" 1 18 16 -25 2.75 8 " 8 N 8 7 $May 5$ 16 -23 2.06 10 0.89 "" 1 8 16 -30 " 8 0.83 7.5 SW 0 9 16 -18 ""<	10	-13	1.38	15	0.89	10	SSW	5	14 Mar. 17
14 30 3.44 18 1.03 7.5 WSW 6 21 Apr. 9 14 38 2.75 8 " 8 NE 5 22 14 35 3.44 5 " " " 4 23 15 28 2.75 -10 0.48 8.5 N 6 12 Apr. 29 15 23 2.06 -S 0.83 10 " " 14 15 33 3.44 " 0.69 " " 14 15 38 2.75 " 0.69 " " 14 15 38 2.75 " 0.62 " " 16 15 70 4.81 -10 0.62 " " 18 15 68 5.5 " 0.48 10.5 " 18 15 33 3.44 5 0.96 " " 19 15 33 3.44 5 0.96 "	10	"	2.06	11	#	"	"	"	15
14382.758"8NE5221435 3.44 5"""4231528 2.75 -10 0.48 8.5 N612 Apr. 291523 2.06 -8 0.83 10 ""141538 3.44 " 0.69 """161538 2.75 " 0.555 ""161570 4.81 -10 0.62 """181573"" 0.62 """181568 5.5 " 0.62 """181568 5.5 " 0.62 """1816 -25 2.75 8"8N37May 516 -23 2.06 10 0.89 ""1816 -30 "8 0.83 7.5 SW0916 -18 """""WSW410	14	30	3.44	18	1.03	7.5	WSW	6	21 Apr. 9
1435 3.44 5 H H H H 4 231528 2.75 -10 0.48 8.5 N6 12 Apr. 291523 2.06 -8 0.83 10 H H 14 1533 3.44 H 0.69 H H H 15 1538 2.75 H 0.55 H H H 16 1570 4.81 -10 0.62 H H H 18 1573 H H 0.48 10.5 H H 18 15 68 5.5 H 0.62 H H H 19 1533 3.44 5 0.96 H H H 21 16 -25 2.75 8 H 8 N 8 7 7 16 -23 2.06 10 0.89 H H H 8 16 -30 H H H H W H H	14	38	2 . 75	8	11	8	NE	5	22
15 28 2.75 -10 0.48 8.5 N6 12 Apr. 29 15 23 2.06 -8 0.83 10 "" 14 15 33 3.44 " 0.69 """ 15 15 38 2.75 " 0.55 """ 16 15 70 4.81 -10 0.62 """ 17 15 73 "" 0.62 """ 18 15 68 5.5 " 0.62 """ 19 15 33 3.44 5 0.96 """ 19 15 33 3.44 5 0.96 """ 19 16 -25 2.75 8 " 8 N 8 7 May 5 16 -23 2.06 10 0.89 "" 1 8 16 -18 """" W W W W	14	35	3.44	5	#	H	#	4	23
1523 $2 \cdot 06$ -8 $0 \cdot 83$ 10 "" 14 1533 $3 \cdot 44$ " $0 \cdot 69$ """ 15 1538 $2 \cdot 75$ " $0 \cdot 55$ "" 16 1570 $4 \cdot 81$ -10 $0 \cdot 62$ """ 17 1573"" $0 \cdot 48$ $10 \cdot 5$ "" 12 1568 $5 \cdot 5$ " $0 \cdot 62$ """ 19 1533 $8 \cdot 44$ 5 $0 \cdot 96$ """ 21 16 -25 $2 \cdot 75$ 8 " 8 N 3 7 May 516 -23 $2 \cdot 06$ 10 $0 \cdot 89$ "" 1 8 16 -30 " 8 $0 \cdot 83$ $7 \cdot 5$ SW 0 9 16 -18 """""WSW 4 10	15	28	2.75	-10	0.48	8.5	N	6	12 Apr. 29
15 33 3.44 " 0.69 " " " 15 15 38 2.75 " 0.55 " " " 16 15 70 4.81 -10 0.62 " " " 17 15 73 " " 0.48 10.5 " " 18 15 73 " " 0.62 " " " 19 15 68 5.5 " 0.62 " " " 19 15 33 3.44 5 0.96 " " " 21 16 -25 2.75 8 " 8 N 3 7 May 5 16 -23 2.06 10 0.89 " " 1 8 16 -30 " 8 0.83 7.5 SW 0 9 16 -18 " " " " WSW 4 10	15	23	2.06	-8	0.83	10	#	"	14
15 38 2.75 " 0.55 " " " 16 15 70 4.81 -10 0.62 " " " 17 15 73 " " 0.48 10.5 " " 18 15 73 " " 0.62 " " 18 15 68 5.5 " 0.62 " " " 19 15 68 5.5 " 0.62 " " " 19 16 -25 2.75 8 " 8 N 3 7 May 5 16 -23 2.06 10 0.89 " " 1 8 16 -30 " 8 0.83 7.5 SW 0 9 16 -18 " " " " WSW 4 10	15	83	3.44	"	0.69	//	"	"	15
15 70 4.81 -10 0.62 " " " 17 15 73 " " 0.48 10.5 " " 18 15 68 5.5 " 0.62 " " " 19 15 68 5.5 " 0.62 " " " 19 15 33 3.44 5 0.96 " " " 21 16 -25 2.75 8 " 8 N 3 7 May 5 16 -23 2.06 10 0.89 " " 1 8 16 -30 " 8 0.83 7.5 SW 0 9 16 -18 " " " " WSW 4 10	15	38	2.75	n	0.55	//	"		16
15 73 " " 0.48 10.5 " " 18 15 68 5.5 " 0.62 " " " 19 15 33 3.44 5 0.96 " " " 21 16 -25 2.75 8 " 8 N 3 7 May 5 16 -23 2.06 10 0.89 " " 1 8 16 -30 " 8 0.83 7.5 SW 0 9 16 -18 " " " " WSW 4 10	15	70	4.81	-10	0.62	"	"	"	17
15 68 5.5 " 0.62 " " " 19 15 33 3.44 5 0.96 " " " 21 16 -25 2.75 8 " 8 N 3 7 May 5 16 -23 2.06 10 0.89 " " 1 8 16 -30 " 8 0.83 7.5 SW 0 9 16 -18 " " " " WSW 4 10	15	73	"	"	0.48	10.5	#	"	18
15 33 3.44 5 0.96 " " 21 16 -25 2.75 8 " 8 N 3 7 May 5 16 -23 2.06 10 0.89 " " 1 8 16 -30 " 8 0.83 7.5 SW 9 9 16 -18 " " " " WSW 4 10	15	68	5.5	"	0.62	"	#	//	19
16 -25 2.75 8 " 8 N 3 7 May 5 16 -23 2.06 10 0.89 " " 1 8 16 -30 " 8 0.83 7.5 SW 9 16 -18 " " " " WSW 4 10	15	33	3.44	5	0.96	"	#		21
16 -23 2.06 10 0.89 " " 1 8 16 -30 " 8 0.83 7.5 SW 0 9 16 -18 " " " " WSW 4 10	16	-25	2.75	8	#	8	N	8	7 May 5
16 -30 // 8 0.83 7.5 SW 0 9 16 -18 // // // // // WSW 4 10	16	-23	2.06	10	0.89	"	#	1	8
16 -18 // // WSW 4 10	16	-30	"	8	0.83	7.5	SW	0	9
	16	-18	"	"	"	//	WSW	4	10

流速計の設置場所は平 **塚海岸でてい線から約** 50m離れた平均水深約 2.8mのところである 平塚海岸の潮沙の主要4 分潮の和は約1.0 mであ るから, 潮時によって水 深は大体1.8mから3.8 mの間で変化する。この 水深の変化は08式によっ て水粒子速度に影響し, したがって沿岸流速も潮 時に応じててい線からの 距離によって変化するは ずであるが、今回のよう に一点の観測ではこの間 の事情はわからない。た だし四式には水深の影響 は陽 (explicit)に表わ れていないので(15式が満 足されてしかも, 最初の 砕波線にあまり近くない ような場所ならば23式は てい線からの距離に関係 しない、表1の符号は、 沿岸流アに関しては、江 の晶から大磯方面へ流れ る場合を正とし、直角成 分に関しては、離岸流す なわち岸から沖へ向う場 合を正としてある.

えられるので除外した

 Ŷの正負は波の進入角 によることは明らかであ るが、直角成分の正負が どのようにして定まるの か、それ程明白でない。 その卓越波の波 高、間と潮時による水 探変計の設置してある水 遠上約0.5mの高さの流 遠が決定されるのか、或 は流き形成されるrip-





図 6 観 測 例 Run 15

current の帯の中へ入ったり出たりするためで あろうか。

図5及び図6に代表的な観測例を示した. 図5 はRun 7 の場合で沖波の波高は1.0 m 周期11 secであり図6はRun 15の場合で沖波の波高は 1.3 m 周期10 secであった. 実線が $V \geq E_0$ を 点線が $\widetilde{U} \ge E_u$ を示す、図6は今期の観測で最大の沿岸流を記録したものである、沿岸流 \widetilde{V} が E_u が殆んど変らない場合でも E_v によって大きく変化することが認められる、

図7は吹送流の影響が出ている場合を示すもの で, Run 14の場合である.風は4h にSW



図7 観 御 Run 14

3. 今後の問題

演算増幅器を利用した自乗積分回路と電磁流速 計の組合せによって砕波帯の中における沿岸流と 水粒子速度のパワーとを長期間連続観測すること に成功した。その記録の一部(図5,6,7)を 見てもわかるように、平均流速及びパワーは、30 分前後の見かけの周期を持っている。この現象は、 強風の場合でも無風の場合でも同様に認められる。

理論的なモデルのVとUは鉛直方向の平均値で あるが、実際に観測されるものは海底上0.5mの 高度における値であるので、観測されるUが図7 に示すように零でなく相当大きな値を持つ場合が ある. このようなときでもま方向の全流束は零な のであろうか.

図6で特に目立つことは16h から20h の間

でEv がEx と同じ程度に大きくなることである. このときに限ってみかけ上波向が激変することに なるが, 実際にはどうなっているのであろうか.

波向の推定に今回は E_u と E_v を使用したが、 できれば \overline{vv} の観測値が欲しい。これは掛算器を いまひとつ増設することによって可能となるので 将来機会があれば実施してみたい。

参考文献

 岩田憲幸ほか(1971):砕波と沿岸流,防災 科学技術総合研究報告,第25号,87—95.
 Galvin, J. and R. A. Nelson (1967): Compilation of longshore current data. U. S. Army, Coastal Engng. Res. Center, Misc. Pap. No. 2-67.

8) Kajiura, K. (1968): A model of the bottom boundary layer in water waves. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 46, 75-123.

4) Longuet-Higgins, M. S. (1970): Longshore currents generated by obliquely incident sea waves, I. J. *Geophys. Res.*, 75(33), 6778-6789.

-119-