

波崎海洋研究施設で観測された沿岸流の卓越方向の岸沖分布

栗 山 善 昭*・伊 東 啓 勝**

茨城県の波崎海洋研究施設において 15 年間にわたり 1 日 1 回ほぼ毎日取得された沿岸流データを解析した。沿岸流の卓越方向は岸と沖で異なっており、岸側では北へ向かう沿岸流が卓越していたのに対して、沖側では南へ向かう沿岸流が卓越した。沿岸流の卓越方向が岸と沖とで異なった原因の一つとして、砕波位置によって卓越波向の異なっていたこと、すなわち、岸側で砕波する場合には南から入射する波が多く、沖で砕波する場合には北から入射する波が多かったことが挙げられた。沿岸流速の変動では 1 年周期が卓越しており、冬では (1 月～2 月) 南向き、夏では (5 月～9 月) 北向きの流れが卓越していた。

1. はじめに

長期的な地形変化を引き起こす沿岸漂砂の卓越方向が岸と沖とで異なる場合のあることが近年の研究によって示唆されている (田中ら, 1996; 田中ら, 1997)。汀線近傍において沿岸漂砂の不均衡による侵食が生じている海岸で、岸の沿岸漂砂の卓越方向と沖のそれとが異なっている場合には、沖の砂をサンドバイパスの供給源として利用することが可能となる。そこで、本研究では、沿岸漂砂の主な駆動力である沿岸流の卓越方向の岸沖分布を現地データを基に検討した。

2. 現地観測データの概要

茨城県の波崎海岸に位置する波崎海洋研究施設 (図-1) では長さ約 400 m の観測棧橋に沿って、休日を除く 1 日 1 回、約 50 m 間隔で浮き (フロート) によって沿岸流速を観測している。フロートに対する波や風の影響を小さくするために、観測用の直径約 20 cm のフロートの比重を海水よりもやや大きくし、それを 1 m のロープで目印ブイに取り付けたものを用いて海面より約 1 m 下方の沿岸流速を測定する (図-2)。観測では、棧橋直下へフロート投入し、目印ブイに取り付けた長さ 30 m のロープが張るまでの時間を測定するとともに、流れの角度を分度器で測定する。1 地点において 3 回計測を行い、その平均値を観測値とする。観測棧橋に沿った全地点での計測に要する時間は約 1 時間である。沿岸流のほかには、砕波位置、砕波波高、周期、波向を沿岸流観測とほぼ同時刻に、目視により観測している。さらに、観測棧橋先端では風向・風速を観測している。

フロートによる沿岸流速の観測は簡単な方法であるけれども、本方法によって沿岸流速を精度良く測定できることは栗山ら (1992) が電磁流速計による観測結果と本方法による観測結果とを比較することにより確認してい

る。式 (1) は栗山ら (1992) によって得られたフロートによる沿岸流速の観測値 U_{FLOAT} を真の沿岸流速値 U に変換する式である。以下の解析では、式 (1) によって変換された流速値を用いる。

$$U = 0.81 U_{\text{FLOAT}} \quad \text{.....(1)}$$

本研究では、1987 年 1 月～2001 年 12 月までに観測された沿岸流速データと目視観測データを使用した。ただし、1987 年 1 月～1988 年 6 月までは観測地点の一部が現在の観測地点と異なっていたので、その期間については実測値を基に現在の観測地点における値を 3 次のスプラ

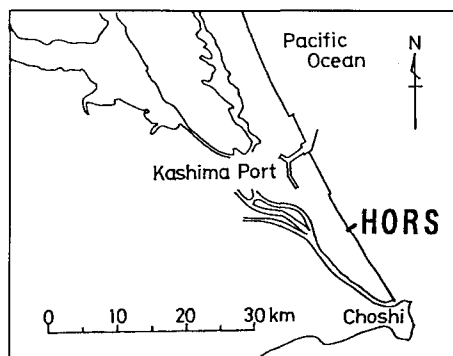


図-1 波崎海洋研究施設の位置

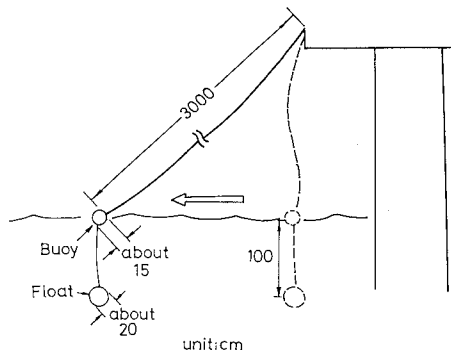


図-2 沿岸流速観測用フロート

* 正会員 博(工) (独法)港湾空港技術研究所 海洋・水工部漂砂研究室長
** 正会員 修(工) (株)エコー 沿岸デザイン本部調査解析部主任

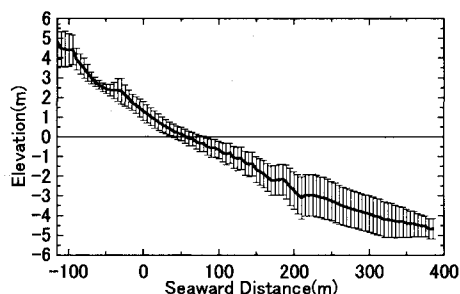


図-3 平均断面 (D.L. 基準) と標準偏差 (太い実線は平均断面, 細い実線は標準偏差の2倍を示す。)

イン補間で求めて解析に用いた。図-3は観測期間中の平均断面と標準偏差とを示したものである。なお、以下では、観測桟橋上の位置を図-3の座標を基に示す(例えば、岸沖方向距離190mの観測地点名はP190mとする)。

3. 沿岸流の卓越方向の岸沖分布

図-4は、沿岸流速の累積値の岸沖分布、すなわち、観測開始日に桟橋直下にあった水塊の沿岸流による移動距離の岸沖分布を示したものである。沿岸流の卓越方向は岸沖方向で異なっており、岸側のP115m地点では北に向かう沿岸流が卓越しているのに対して、P200mより沖側では南に向かう沿岸流が卓越している。岸側領域における沿岸流の卓越方向(北向き)は、過去の研究(例えば、田中ら, 1973)によって明らかとなっている汀線変化より推定される沿岸漂砂の向きと一致している。

続いて、沿岸流速の岸沖分布を第1次碎波位置を基に3つのケース(ケース1:P200m地点よりも岸側で碎波; ケース2:P200m地点~P300m地点で碎波; ケース3:P300m地点よりも沖側で碎波)に分類し、それぞれのケースの沿岸流速の累積値の岸沖分布を求めるとともに(図-5)、全ケース合計の沿岸流速の累積値に対するそれぞれのケースの沿岸流の寄与率 R_n を以下の式を基に調べた(図-6)。

$$R_n = |U_{sn}| / (|U_{s1}| + |U_{s2}| + |U_{s3}|) \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 R_n はケース n の寄与率、 U_{sn} はケース n の観測期間最終日における沿岸流速の累積値である。前述の沿岸流速の解析に加え、沿岸流の外力となっている波浪と風に関して目視観測による第1次碎波位置における碎波波向の頻度分布(図-7)および沿岸流観測時の風速の沿岸方向成分の頻度分布(図-8)も調べた。

図-5, 6から見て取れるように、P115m地点において北向きに卓越している沿岸流は、北向きに卓越しているケース1の沿岸流と同じく北向きであるケース2の沿岸流との和が南向きであるケース3の沿岸流を上回ること

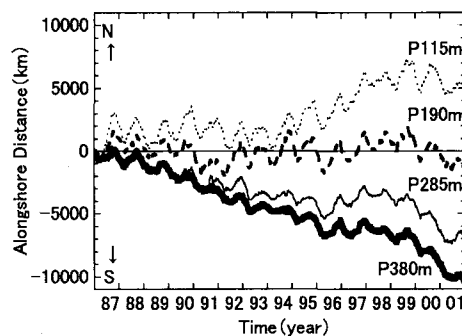


図-4 沿岸流速の累積値の岸沖分布 (北向きの流れが正)

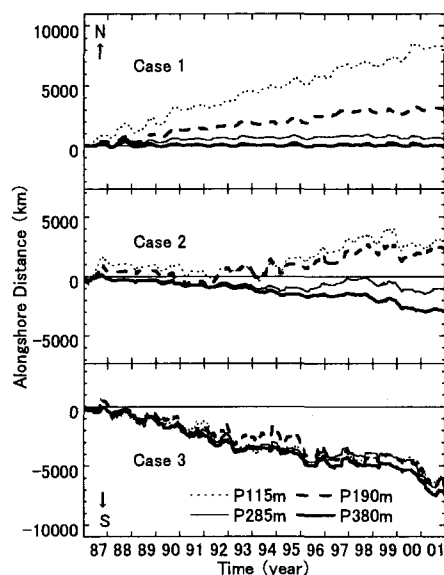


図-5 各ケースの沿岸流速の累積値の岸沖分布

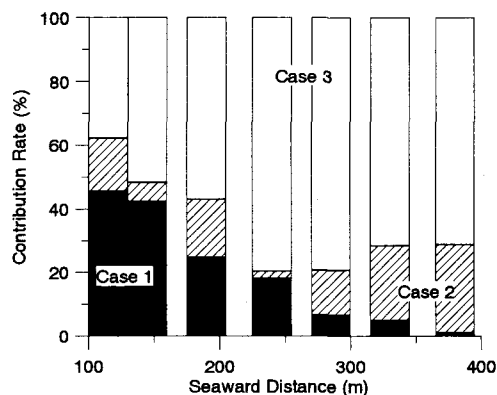


図-6 各ケースの寄与率の岸沖分布

によって生じている。北向きのケース1の沿岸流は沖へ向かうほど減少し、逆に南向きのケース3の沿岸流は沖へ向かうほど増加する。さらに、ケース2の沿岸流の方

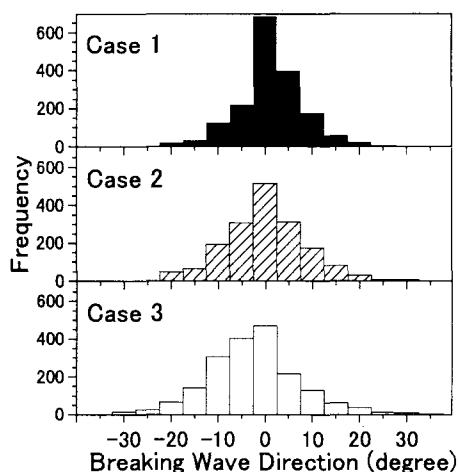


図-7 各ケースの砕波波向(第1次砕波位置)の頻度分布(南からの入射が正)

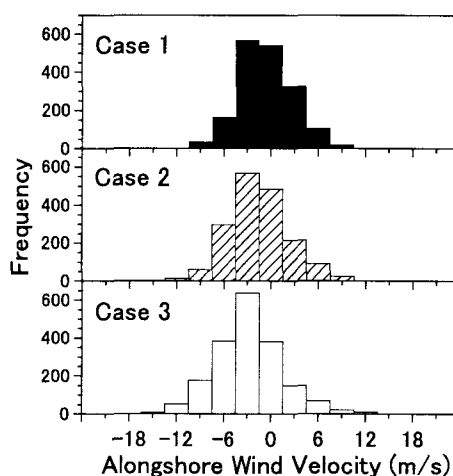


図-8 各ケースの風速の沿岸方向成分の頻度分布(南からの入射が正)

向が P240 m 地点より沖では南向きに変わる。そのため、沖へ向かうほど南向きの沿岸流の影響が強まり、P200 m より沖では南向きの沿岸流が卓越した。

各ケース毎の沿岸流および外力の特徴を見てみると、P200 m 地点より岸側で砕波する場合(ケース 1)では南から入射する波が多く、よって、特に砕波帯内である P200 m 地点よりも岸側で北向きの沿岸流が卓越し、本解析領域内では岸へ向かうほど北向きの沿岸流が大きくなっている。風に関しては波と異なり北から入射する風がやや多いものの、沿岸流に対する大きな影響は現れていない。

P300 m 地点よりも沖側で砕波する場合(ケース 3)では北から入射する波の割合が多いので南向きの沿岸流が卓越しており、さらに、P300 m 地点よりも沖で砕波する場合には観測機橋全体がほぼ砕波帯内に位置するために沿岸流は岸沖方向にほぼ一様となっている。風に関しては、波と同様に北からの入射が多いため、沿岸流に及ぼす風の影響は不明である。

P200 m 地点～P300 m 地点で砕波する場合(ケース 2)の流れは、それ以外の流れに比べると全体の沿岸流に対する寄与率は小さいけれども、P115 m 地点および P380 m 地点で寄与率が約 20% となっており、無視しえない流れとなっている。ただし、本ケースにおける流れは、それ以外の場合に比べるとやや複雑な流れとなっている。波浪に関しては北から入射する波の頻度と南から入射する波の頻度がほぼ同程度で、風に関しては北からの風の頻度が多い条件の下で、P200 m 地点よりも岸側では北向きの流れが卓越し、P200 m 地点よりも沖側では南向きの沿岸流が卓越している。

そこで、P115 m 地点と P380 m 地点の沿岸流速に着

目してケース 2 における沿岸流速の岸沖分布を図-9 に示す 4 つのパターンに分類し、各パターン毎の解析期間最終日における沿岸流速の累積値の岸沖分布を調べた(図-10)。さらに、各パターン毎の第 1 次砕波位置における砕波波向の頻度分布(図-11)、風速の沿岸方向成分の頻度分布(図-12)を調べた。

図-10(a) より、全パターンを合計したケース 2 の沿岸流の累積値に対して、P200 m より岸側では、岸と沖で流れの方向が異なるパターン 2 と 4 との重ね合わせの寄与率が大きいたことがわかる。それに対して、P200 m より

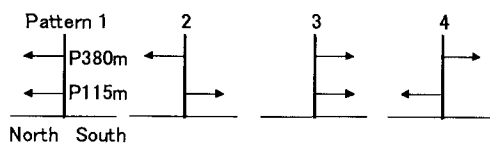


図-9 各パターンの沿岸流速の岸沖分布の模式図

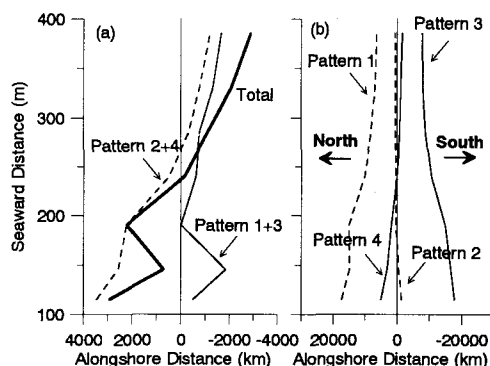


図-10 各パターンの沿岸流速の累積値の岸沖分布

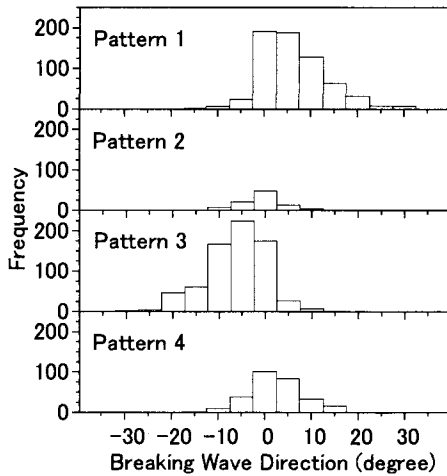


図-11 各パターンの砕波波向（第1次砕波位置）の頻度分布（南からの入射が正）

も沖側では、パターン2とパターン4との重ね合わせ、および、パターン1とパターン3との重ね合わせが同程度の寄与率を持っている。

パターン1とパターン3の沿岸流の累積値を比較すると（図-10(b)）、南向きの流れのパターン3の発生頻度（723回）の方が北向きのパターン1の発生頻度（657回）よりも多いことから、パターン1とパターン3の沿岸流の累積値を重ね合わせるとP195m地点を除き南向きとなる（図-10(a)）。

一方、パターン2とパターン4の沿岸流の累積値を比較すると（図-10(b)）、パターン4の発生頻度（294回）の方がパターン2の発生頻度（104回）よりも多いことから

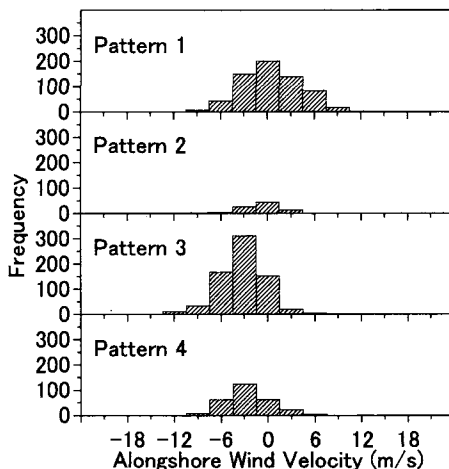


図-12 各パターンの風速の沿岸方向成分の頻度分布（南からの入射が正）

ら、パターン2とパターン4の沿岸流の累積値を重ね合わせるとP240m地点よりも岸側では北向き、P240m地点よりも沖側では南向きとなる（図-10(a)）。パターン4発生時の第1次砕波位置での波向と風速の沿岸方向成分を見てみると、波向は南から入射する 경우가やや多いのに対して風は北から入射する場合が非常に多い。すると、砕波位置であるP200m～P300mより岸側で発達した波による北向きの沿岸流に、沖で流速値がやや大きい南向きの吹送流が加わることになる。その結果、沿岸流としては岸側で北向き、沖側で南向きになったと考える。波向きと風向きが異なるときに岸と沖で沿岸流の向きが異なることは佐藤（1996）が新潟海岸における現地データで確認している。

4. 沿岸流速の季節変動および長周期変動

沿岸流速の季節変動及び長周期変動を検討するために、P115m地点とP380m地点の沿岸流速変動に対してスペクトル解析を適用した。図-13はその結果を示したもので、沿岸流速の変動では1年周期（周波数 $f=0.0027$ cycle/day）が卓越しており、6ヶ月周期（ $f=0.0055$ cycle/day）がそれに次いでいる。そこで、それぞれの沿岸流速変動の100日以上と1000日以上の長周期成分を再合成し図-14に示した。100日以上の変動を見ると、P115m地点、P380m地点ともに冬では（1月～2月）南向き、夏では（5月～9月）北向きの流れが卓越している。長期的には、1989年～1994年では平均流速よりも南向きの流れがやや強くなっていたのに対して、1995年～1999年では北向きの流れがやや強くなっていた。

この沿岸流速変動と目視観測で得られた第1次砕波位置における波向の変動との関係を検討したところ、100日以上の変動に関しては強い相関があったものの、

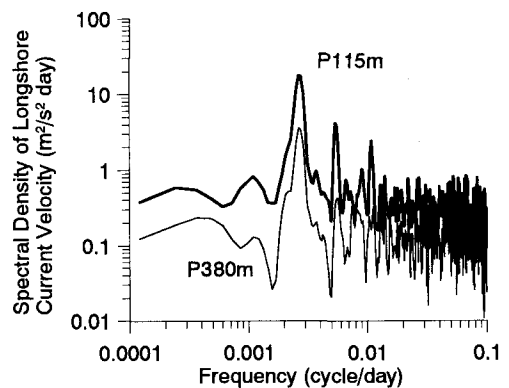


図-13 P115m地点とP380m地点の沿岸流速変動のスペクトル解析結果（太実線、細実線はそれぞれ、P115m地点およびP380m地点の沿岸流速の解析結果を示している。）

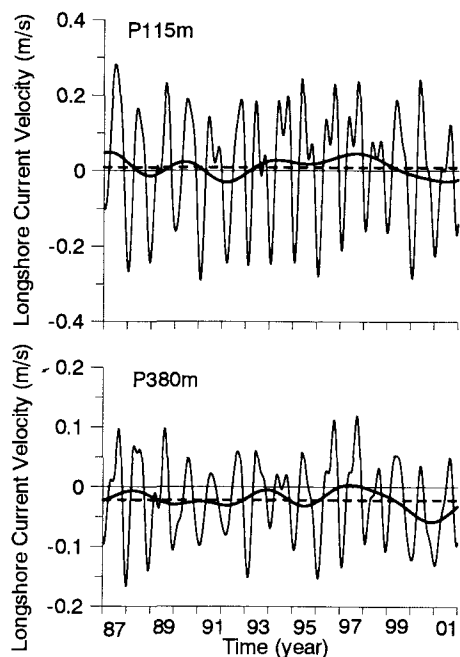


図-14 沿岸流速変動の100日以上と1000日以上の長周期成分(細い実線, 太い実線はそれぞれ100日以上と1000日以上)の長周期成分を示している。また, 太い破線は平均沿岸流速を示している。

1000日以上長期変動に関しては相関が見られなかった。波向の1000日以上長周期変動のエネルギーは小さいので, そのような長期変動を検討するためにはより高精度の波向データが必要であると考えられる。

5. 結 論

波崎海洋研究施設において15年間にわたり1日1回ほぼ毎日取得された沿岸流データを解析したところ, 以下のことが明らかとなった。

- ① 波崎海岸では, 沿岸流の卓越方向が岸と沖とで異なっていた。すなわち, P200 m地点より岸側では北へ向かう沿岸流が卓越していたのに対して, それより沖側では南へ向かう沿岸流が卓越していた。
- ② 沿岸流の卓越方向が岸と沖とで異なった原因の一つ

として, 砕波位置によって卓越波向の異なったことが挙げられる。P200 m地点より岸側で砕波する場合には南から入射する波が多く, よって, 砕波帯内であるP200 m地点よりも岸側で北向きの沿岸流が卓越した。一方, P300 m地点よりも沖で砕波する場合には北から入射する波の割合が多く, さらに観測桟橋全体がほぼ砕波帯内に位置するため, 岸沖方向にほぼ一様な南向きの沿岸流が卓越した。その結果, P200 m地点よりも岸側で砕波する場合とP300 m地点よりも沖側で砕波する場合を総合すると, 岸側では北向きの, 沖側では南向きの沿岸流が卓越した。

③ 沿岸流の卓越方向が岸と沖とで異なったもう一つ原因として, P200 m地点～P300 m地点で砕波する場合には岸側では北向きの, 沖側では南向きの流れが卓越したことが挙げられる。この流れは, 岸側で北向き, 沖側で南向きとなる沿岸流の発生頻度がそれと逆のパターンの沿岸流(岸で南向き, 沖で北向き)の発生頻度に比べて大きいために生じた。

④ 沿岸流速の変動では1年周期が卓越しており, 冬では(1月～2月)南向き, 夏では(5月～8月)北向きの流れが卓越した。

謝辞: 本研究で使用した沿岸流データ, 目視観測データは, 波崎海洋研究施設に常駐した当所漂砂研究室のメンバーならびに(株)エコーの観測補助員によって取得されたものである。ここに記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 栗山善昭・加藤一正・尾崎 靖 (1992): 沿岸流速分布の類型化と支配要因の検討, 海岸工学論文集, 第39巻, pp. 196-200.
- 佐藤慎司 (1996): 強風と高波により発達する沿岸域の大規模流れに関する研究, 海岸工学論文集, 第43巻, pp. 356-360.
- 田中茂信・佐藤慎司・坂上 悟・二木 渉・泉 正寿 (1996): 新潟西海岸における土砂移動の現地観測, 海岸工学論文集, 第43巻, pp. 546-550.
- 田中茂信・佐藤慎司・川岸眞一・石川俊之・山本吉道・浅野 剛 (1997): 石川海岸における漂砂機構, 海岸工学論文集, 第44巻, pp. 661-665.
- 田中則男・小笹博昭・小笠原 昭 (1973): 海浜変形調査資料(第1報)一航空写真による汀線変化の解析(東日本編)一, 港湾技研資料, No. 163, 95p.