

ビデオ画像を用いた住吉海岸における沿岸流の長期連続観測

鈴木高二朗*・小澤康彦**・村上俊春***・竹田 晃****

ビデオ画像を用いた沿岸流速推定手法を用い, 2004年9月3日から宮崎住吉海岸の沿岸流を計測し始め, 当海岸で発生する沿岸流の性質とその長期変化を調べた。その結果, 台風が来襲する秋は波高が大きく, 南方からのうねりで強い北向きの沿岸流が発生する場合もあるが, 台風の経路によっては南向きの沿岸流が卓越する場合も多かった。全体に南向きの沿岸流になる日が多く, 特に波高の小さい日に南向きとなる場合が多いことが分かった。当海岸ではこのような沿岸流の詳細な変化はこれまで把握されておらず, 本観測手法によって初めて観測可能となったものである。

1. はじめに

沿岸漂砂量を推定する場合, 砂浜に來襲する波浪の波向きや波高などの年間出現頻度を知る必要がある。しかし, 砂浜に來襲する波浪を計測している例は少なく, また, 海底設置型の波高計が波浪によって向きを変えてしまうといった問題もあるため, 沿岸漂砂量を正確に推定することは意外に難しい。今回, 調査対象とした宮崎住吉海岸は近年激しい海岸侵食にみまわれており, 沿岸漂砂の実態を知ることが求められている。当海岸でも1990~2002年の間, 波高や波向きが計測されているものの, 波高計の向きが変わるなどして正確な波向きが得られておらず, 沿岸漂砂量はもちろん, 沿岸流の向きさえもよく分かっていない。したがって, 正確な波向きを計測することが求められるが, 費用の面などから波高計で直接計測することができない。武若ら(2001)やChickadelら(2003)はビデオ画像より碎波後の泡の動きを追跡して沿岸流速を求め, その結果が接触式流速計の計測結果と一致度が高いことを示している。この手法では沿岸漂砂量まで推定することはできないものの, その原因の一つである沿岸流をより安価に計測することが可能である。そこで, 本研究ではこのような手法を用いて宮崎住吉海岸の沿岸流を計測し, 当海岸で発生する沿岸流の性質とその長期変化を調べることを目的とした。

2. 観測箇所と観測方法

(1) 観測箇所

図-1は住吉海岸の位置と本研究で対象とした2つの台風18号, 23号の通過経路を示したものである。住吉海岸は宮崎県宮崎市にあり, 夏から秋にかけて台風による

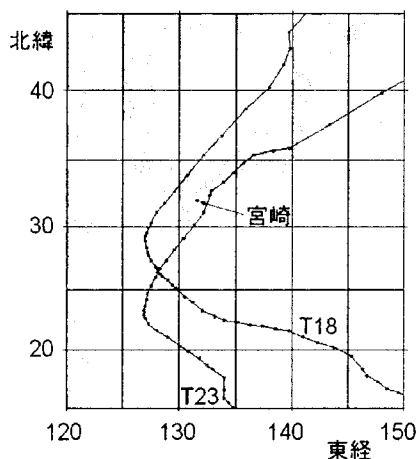


図-1 宮崎市の位置と2004年台風18号と23号の進路

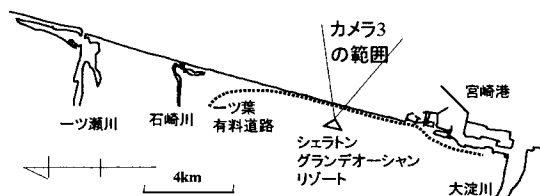


図-2 住吉海岸 (カメラの設置位置と範囲)

高波の影響を強く受ける海岸である。

図-2は, 住吉海岸とカメラの設置図である。海岸線から約900 m離れたシェラトングランデオーシャンリゾートの屋上 (地上より153 m) に2001年8月24日より5台のカメラが設置されている。このうち本研究で使用した画像は, 5台のカメラのうち, 中央の1台の画像である。

(2) スタック画像と沿岸流の推定

AM6:00~PM19:00にかけて毎正時に, 5台のカメラのスナップショット, 10分間の平均画像, および沿岸流と波の周期等を計測するためのスタック画像を取得している。スナップショットと平均画像は2001年8月24日よ

* 正会員 工修 (独法)港空研 沿岸環境領域 主席研究官

** 工修 国土交通省 港湾局建設課 課長補佐 (元国土交通省 宮崎港湾空港整備事務所長)

*** (株)阿部石材工業所 (元国土交通省 宮崎港湾空港整備事務所副所長)

**** (独法)港空研 沿岸環境領域 特任研究員

り、スタック画像は2004年9月3日より連続的に取得しており、沿岸流の推定に用いたのは2004年9月3日～2005年1月28日までの映像である。

図-3はスナップショットと10分間の平均画像の1例であり、2004年9月3日16時の画像である。スタック画像はスナップショットの画像の中から6つの側線の画素(ピクセル)データを0.5s毎に取得して、図-4のように時系列に並べたものである。

それぞれ、測線①はバーの沖(汀線より546m沖)、②はバー(321m沖)、③はトラフ(212m沖)、④はトラフ(89m沖)、⑤は汀線付近(24m沖)に位置する。また、⑥は沖波の周期の推定に用いた岸沖方向の側線である。

図-4の画像では砕波後に発生する泡が沿岸流で徐々に移動して白い筋を描いており、その傾きを得ることで沿岸流速とした。例えば、図-4(b)での流速は北方向に約0.76(m/s)である。

Chickadelら(2003)は、同様の画像から2次元

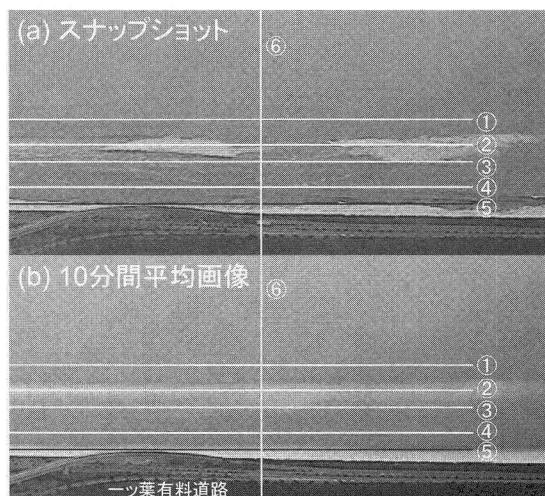


図-3 スナップショット、10分間平均画像と沿岸流計測のための各測線の位置

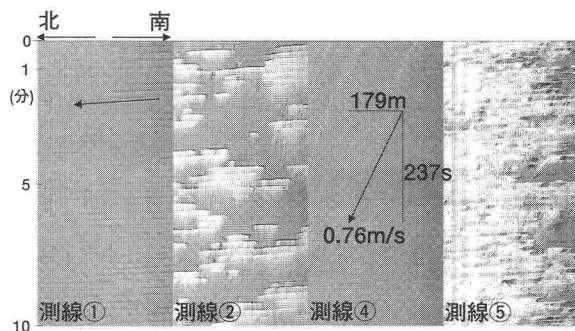


図-4 スタック画像と沿岸流速の推定

FFTを用いて沿岸流速を推定しているが、本研究では手作業で泡の白い筋の始点と終点を抽出して、沿岸流速を推定した。

なお、画像解析で得られる流向流速は、表層の流れであり吹送流や潮流成分を含んでいる。従って、本解析での沿岸流は砕波による沿岸流と厳密には一致しない。

(3) 各側線とバーの位置

図-5は、2004年4月1日～2005年2月19日までのバーの位置と各側線の位置、および約50km北にある細島港で計測された有義波高である。バーの位置は鈴木ら(2004)のように求めている。期間中、夏から秋にかけて、バーは高波の来襲によって200mほど沖へ移動し、冬になると少しずつ岸へ戻ってきている。9月初め、バーは測線②の位置にあったが、徐々に沖へ移動したため、測線②は若干バーの中心より岸側に位置している。ただし、最も沖へバーが移動した場合でも、測線②はバーの砕波帯内に位置していた。

(4) 画像からの沖波周期の推定

図-6は、測線⑥のような岸沖方向の測線の画素データを時系列に並べたものである。波が徐々に汀線に近づいてくる状態が把握できる。この画像中の波と波との間隔を調べることで、周期を推定することが可能である。

図-7は、図-4の①、②、④、⑤の位置に対応する測線を図-6中に設けて、画素の輝度値の時系列データのパワースペクトルを求めたのである。沖の①の測線では、ピーク周期 T_p が14.2sであるが、バー上②で砕波する

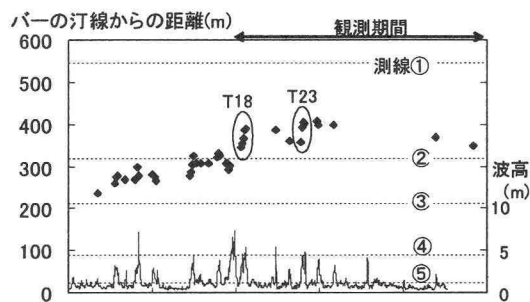


図-5 バーの岸沖方向の移動と各測線の関係

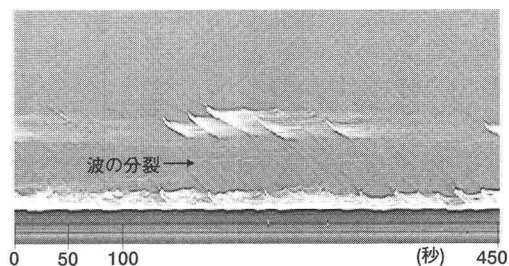


図-6 岸沖方向測線のスタック画像

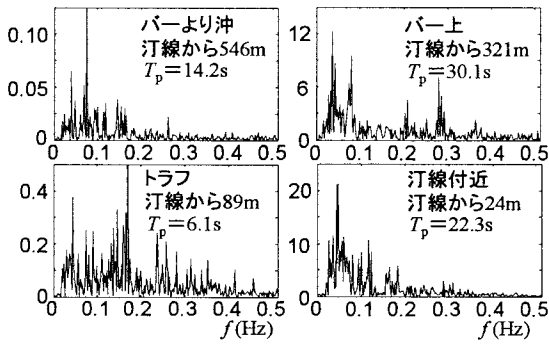


図-7 スタック画像からの波浪周期の推定

と周期が変化し、トラフ③ではピーク周期 T_p は6.1 s となっている。これは、砕波後の波の分裂によって、倍周波数程度の波が発生したためであり、図-6 中にも波が分裂して進行している状態を見ることができる。

以上のことから、側線①でパワースペクトルが最大となる周期を、沖波の周期として推定した。

3. 観測結果

(1) 沿岸流の長期変化(2004年9月～2005年1月)

図-8 は、2004年9月3日～2005年1月28日までに見られた沿岸流と波高の長期変化であり、毎日12時の流速データである。沿岸流は南向きを正、北向きを負で表示している。

台風が来襲する秋季は波高が大きく、南方からのうねりで強い北向きの沿岸流が発生する日があった。しかし、それ以外は全体的に南向きの沿岸流になる日が多く、特に波高の小さい日に南向きとなる場合が多かった。以下、台風18号、台風23号の来襲時と冬場の沿岸流の特徴について詳細に述べる。

(2) 台風来襲時(台風18号)

図-9 は、台風18号が来襲した9月3～13日までの沿岸流速と周期、および細島港の有義波高の変化である。また、住吉海岸から約20 km 離れた高鍋の風向風速デー

タをともに示している。

台風18号が来襲した3～7日にかけて沿岸流の向きは全て北向きで、流速は7日の午前中にピークとなり、バーのある沖合300 m とトラフのある沖合190 m では最大で1.8 m/s であった。周期は14 s 前後と長く、台風のうねりが南方から来襲し、北向きの沿岸流を発生させていたことが分かる。台風が通り過ぎる7日には、沿岸流がピークを過ぎると急速に小さくなり、8日以降は汀線でしか碎波が見られず、9日には向きが変わって南向きになった。

図-10 は、沿岸流の岸沖方向分布であり、日平均値と沿岸流速が最大となった7日 AM 6 時の分布である。3日～4日はバーよりも汀線位置での沿岸流速の方が大きかったが、5日からは汀線位置での沿岸流速は1 m/s 程度で頭打ちとなり、バー上での沿岸流速の方が大きくなった。

測線①(546 m 沖合)でも、5日以降は沿岸流が大きくなり、図には載せていないが7日 AM 7 時に最大0.94 m/s であった。風向きが6日以後、強い南風に変ったため吹送流の影響も考えられるが、写真-1 のような高波浪時の沖合での碎波が大きく寄与しているものと考えられる。

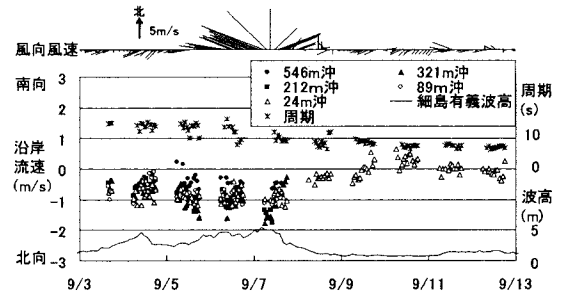


図-9 台風18号来襲時の沿岸流、波浪の波高、周期と風向風速の変化

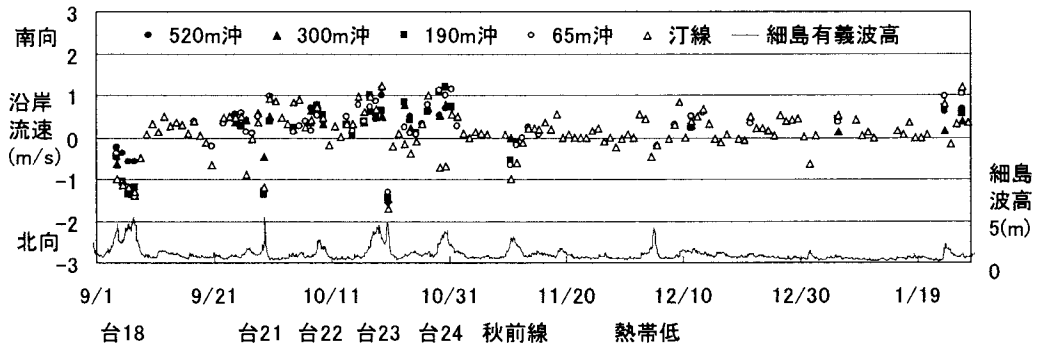


図-8 沿岸流の長期変化(2004年9月3日～2005年1月18日)

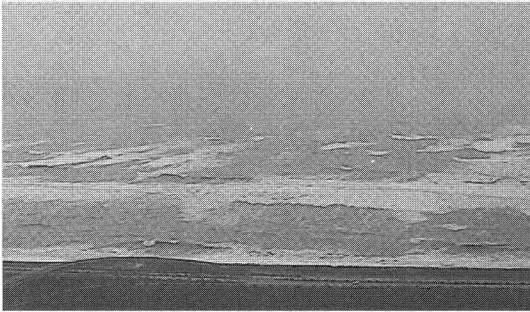


写真-1 高波浪時の沖合での砕波(2004年9月6日AM7時)

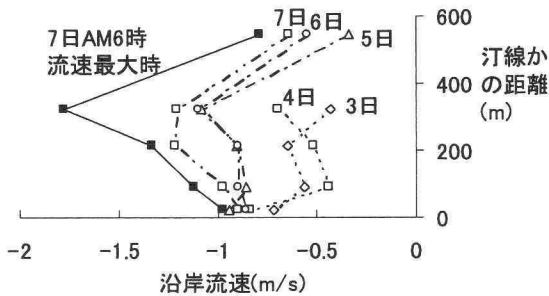


図-10 台風18号来襲時の沿岸流の断面分布図

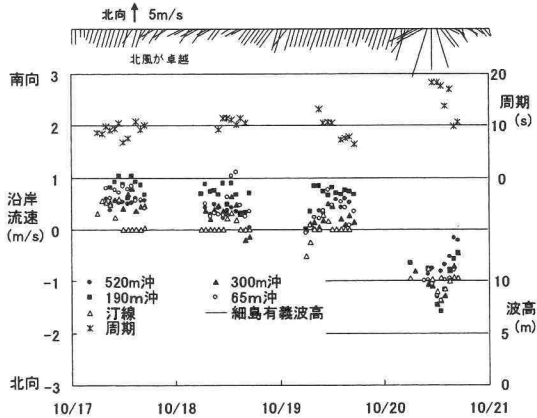


図-11 台風23号来襲時の沿岸流、波浪の波高、周期と風向風速の変化

(3) 台風来襲時(台風23号)

図-11は、台風23号が来襲した2004年10月17日～20日までの沿岸流と波高の長期変化である。

沿岸流は10月17～19日にかけて全体に南向きであり、周期が10s以下であることから、台風が近づく直前まで、周辺海岸で発生した北よりの周期の短い波により南向きの沿岸流が発生していたものと考えられる。

波高ではあまり大きな差は見られないが、10月19日から20日にかけて波向きが大きく変わり、沿岸流は北向きになってバー上では最大で1.6 m/sに達している。台風

の中心から周期18s程度の長いうねりが来襲していたことが分かる。台風が通過すると沿岸流速は20日のうちに急激に小さくなっており、台風18号の場合と似ている。

図-12は、沿岸流速の日平均鉛直分布である。台風18号の場合と異なり、17～19日にかけてはバーより少し岸側のトラフ(測線③)で沿岸流速が最大であるのに対し、汀線付近の沿岸流速は小さくなっていた。

20日に沿岸流速の向きが反転すると、鉛直分布は台風18号の場合と同様な分布となり、この場合も汀線付近の流速は1 m/s程度となっていた。

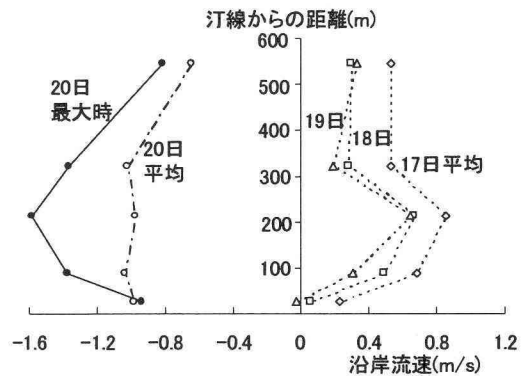


図-12 台風23号来襲時の沿岸流の断面分布図

図-1に戻って見てみると、台風18号と23号では、18号が宮崎市の左側を通過したのに対し、23号は右側を通過しており、風向きが逆向きであった。また、18号は北緯22度周辺を西進したため、周期の長いうねりが宮崎へ来襲しやすかったのに対し、23号は南西諸島に沿って北上したため、うねりの来襲が無かったものと考えられる。

宮崎では以前に波高、波向きが観測されていたが、波高計が波浪で移動し、波向きが正確に計測されていなかった。そのため、上記に述べたような当海岸の波向き、沿岸流の詳細な変化は、本観測手法によって初めて観測可能となったものであり、同様な課題をかかえる海岸でも適用できる可能性が高い。

(4) 冬季の流れ

図-13は、冬季に特徴的な住吉海岸における沿岸流の変化である。冬季は北風が卓越するため、日向灘で発生する周期10s以下の波高の小さい波浪が来襲する。そのため、砕波は汀線付近でしか見られない。12月10日のように東北東からの風では北向きの沿岸流になることもあるが、多くの場合沿岸流の向きは南向きである。このような汀線付近での南向きの沿岸流が、冬季の住吉海岸における南向き漂砂を特徴づけているものと考えられる。

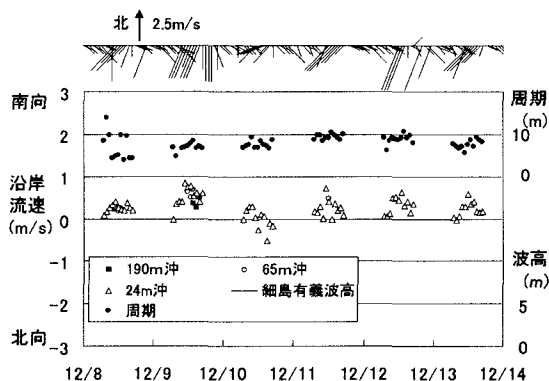


図-13 冬季に特徴的な南向きの沿岸流

4. おわりに

本研究ではビデオ画像を用いた沿岸流速推定手法を用い、2004年9月3日から住吉海岸の沿岸流を計測し始め、当海岸で発生する沿岸流の性質と長期変化を調べた。

この際、沿岸流は、ビデオで撮影される映像のうち、汀線に平行な5つの測線のデータを時系列に並べて得られるスタック画像を用いて計測した。スタック画像には、碎波後の泡が沿岸流によって斜めに動いた筋が写っており、その傾きから沿岸流速を求めた。

また、沿岸流の他に、来襲する波浪の周期も岸沖方向のスタック画像から求めた。バーより岸側の測線では波の分裂によって倍周波数の成分が発生していたため、バーよりも沖合の測線での周期を用いた。

さらに10分間の平均画像からバーの移動状況を調べた。このような解析によって、以下の結果が得られた。

- 1) 2004年4月～2005年2月の期間中、夏から秋にかけて、バーは高波の来襲によって200 mほど沖へ移動し、冬になると少しずつ岸へ戻ってきている。
- 2) 台風が来襲する秋季は波高が大きく、南方からのうねりで強い北向きの沿岸流が発生する日があった。しかし、それ以外は全体的に南向きの沿岸流になる日が多く、特に波高の小さい日に南向きとなる場合が多かった。
- 3) 台風18号と23号では、18号が宮崎市の左側を通過したのに対し、23号は右側を通過しており、風向きが逆向きであった。また、18号は北緯22度周辺を西

進したため、周期の長いうねりが宮崎へ来襲しやすかったのに対し、23号は南西諸島に沿って北上したため、うねりの来襲が無かった。

- 4) 上記の理由から、台風18号来襲時は南向きのうねりによる強い北向きの沿岸流が発生し、バー上では最大で1.8 m/s、汀線付近では1 m/s程度の流速が発生していた。一方、台風23号来襲時は、台風が接近する直前まで、北よりの風による周期の短い波が北側から来襲し、南向きの沿岸流となっていた。台風が接近すると南側からのうねりが来襲し、沿岸流は反転して強い北向きの沿岸流となった。
- 5) 冬季は北風が卓越するため、日向灘で発生する周期10 s以下の波高の小さい波浪が来襲する。そのため、碎波は汀線付近でしか見られない。このような波浪による沿岸流の向きは南向きであり、こうした現象は冬季の住吉海岸のほとんどの期間で見られた。
- 6) 宮崎では以前に波高、波向きが観測されてきたが、波高計が波浪で移動し、波向きが正確に計測されていなかった。したがって、上記に述べたような当海岸の波向き、沿岸流の詳細な変化は、本観測手法によって初めて観測可能となったものであり、同様な課題をかかえる海岸でも適用できる可能性が高い。

謝辞：本研究を実施するにあたり、シェラトングランドオーシャンリゾート施設営繕部石川部長、清副長、宮崎港湾空港整備事務所前田工務課長、徳永専門官、有田施設計画管理官、国交省港湾局建設課星倉係長他、多くの方々のご協力を頂いています。ここに深甚なる感謝の意を表します。

なお、細島港の波高は（独）港空研海象情報研究室より頂いている。また、台風の進路、高鍋の風向風速は気象庁のホームページのデータを用いている。

参考文献

- 鈴木高二郎・栗山善昭(2004)：住吉海岸におけるバーの長期変動について，海岸工学論文集，第51巻，pp. 521-525。
 武若 聡・三崎尚一郎・岡本寛徳(2001)：画像計測による沿岸流速分布の推定，海岸工学論文集，第48巻，pp. 116-120。
 Chickadel, C. C., R. A. Holman, and M. H. Freilich (2003) : An optical technique for the measurement of longshore currents, Journal of Geophysical Research, Vol. 108, No. C11, 3364, pp. 1-17.