

カメラ観測システムを用いた宮崎海岸の土砂移動機構調査

Investigation of Sediment Transport in Miyazaki Coast by Camera Observation System

藤原要¹・的場孝文²・熊谷隆則³・藤田裕士⁴・堀口敬洋⁵・佐々木崇雄⁶・高木利光⁷

Kaname FUJIWARA, Takafumi MATOBA, Takanori KUMAGAE, Yuji FUJITA
Takahiro Horiguchi, Takao SASAKI and Toshimitsu TAKAGI

This paper presents the observation method for the current in the surf zone where topography change is intensive, based on images taken from camera of the sea surface near the coast. To predict the current velocity, the images analysis technique proposed by Suzuki et al. (2005) has been used. The observation is carried out for the duration of one year, from January to December 2006, when the erosion process is actualized in Miyazaki coast. The result confirmed that the direction of current around Miyazaki coast is generally southward during the observation period. The short-term change of the shoreline ranges from 30 to 40m (the fluctuation is $\pm 15\text{--}20\text{m}$ from the average shoreline position).

1. はじめに

海岸侵食の対策を考える上で、砂を移動させる直接の外力となる沿岸方向の流れ(沿岸流)の卓越方向を見極めることは極めて重要である。沿岸流を観測するには、通常、碎波帯に近い地点に海底設置型の流速計を設置し計測することが望ましいが、計器設置地点周辺で漁業利用やサーフィン等の利用がある場合は、安全対策について配慮が必要であり、碎波帯内は地形が変化しやすいため、計器の流失もしくは埋没が生じる可能性が高く、確実にデータを取得することが困難なことが多い。一方、海底に計器を設置しない観測手法としては、武若ら(2001)やChikadelら(2003)は、ビデオ画像から碎波後の泡の動きを追跡して沿岸流速を求める手法を提案し、その結果が従来の流速計による観測結果と一致度が高いことを示しており、鈴木ら(2005)は、海岸線から約900m離れた地点のホテル屋上(地上から153m)の地点に設置したカメラを用いて沿岸流の長期変化の観測が可能であることを示している。

本研究では、鈴木ら(2005)のように観測環境が整っていない地点(海岸線近傍に適当な高所が存在せず、電力供

給が困難な地点)においても長期の観測が可能で、より汎用性の高いカメラ観測システムを構築し、そのカメラ観測システムを用いて、近年海岸侵食が顕在化している宮崎県宮崎海岸の土砂移動機構解明および海岸保全対策に資する現地観測を実施し、カメラ観測システムの実用性について検討する。

2. カメラ観測システムの概要

本カメラ観測システムは、近年普及しつつある防犯・監視カメラシステムを現地観測に応用したものであり、高さ約10mの鋼管パイプ上部にMOBOTIX社製のネットワークカメラを設置し、撮影した画像データをLANで接続したハードディスク(記録容量300GB)に記録している。なお、電源は太陽電池モジュールとシール型鉛蓄電池の併用による自家発電によるシステムとした(写真-1)。カメラ観測システムの基本構成を図-1に示す。この基本構成以外にも、計器の安定性向上のために避雷器や吸湿剤を設置している。なお、電源の確保ができる場所であれば、図-1に示した電力関係のシステムは不要となる。

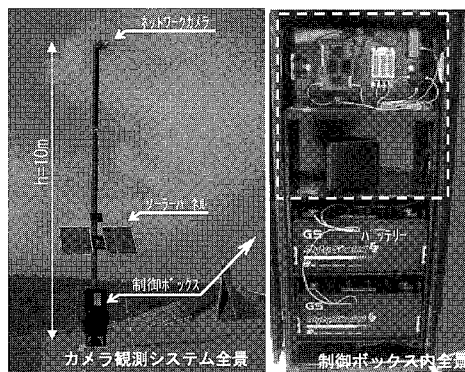


写真-1 カメラ観測システム概要

- | | |
|--------|--|
| 1 | 国土交通省国土技術政策総合研究所総合技術政策研究センター建設マネジメント研究官、前九州地方整備局宮崎河川国道事務所長 |
| 2 | 国土交通省九州地方整備局川辺川ダム砂防事務所工務第一課長、前宮崎河川国道事務所調査第一課長 |
| 3 | 国土交通省九州地方整備局宮崎河川国道事務所調査第一課調査係長 |
| 4 | 国土交通省関東地方整備局東京空港整備事務所事業調整課、前九州地方整備局宮崎河川国道事務所調査第一課 |
| 5 正会員 | 株式会社アイ・エヌ・エー海岸部 |
| 6 | 修(工) 株式会社アイ・エヌ・エー海岸部 |
| 7 フェロー | 博(工) 株式会社アイ・エヌ・エー海岸部長 |

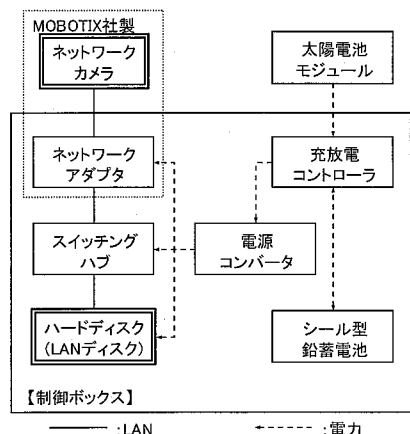


図-1 カメラ観測システムの基本構成模式図

3. 宮崎海岸における土砂移動機構調査

(1) 宮崎海岸の概要

現地観測の対象地点である宮崎県の宮崎海岸は、宮崎県東部の日向灘沿岸(大分県境から鹿児島県境へ至る総延長約400kmの海岸)のほぼ中央に位置し、宮崎港～一ツ瀬川間に位置する住吉海岸、石崎浜海岸、大炊田海岸といった地先海岸を含む延長約10kmの砂浜海岸である(図-2)。宮崎海岸は、宮崎県の天然記念物として指定されているアカウミガメの産卵地であり、また日本有数のサーフポイントとして有名であった。しかしながら、近年、宮崎海岸では全域で海岸侵食が進行しており、一部区間では砂浜が消失するなど危機的な状況にある(たとえば宇多ら, 2005)。

宮崎海岸の海岸侵食対策を検討するにあたっては、土砂移動機構を解明する必要がある。宮崎海岸の外力条件は、内田ら(1979)の宮崎港建設前の調査によると、波浪観測の結果から沿岸方向の輸送エネルギーを算定しており、北向きの沿岸漂砂が卓越するとされていた。一方、鈴木ら(2005)の最近の調査によると、宮崎港北側に隣接する住吉海岸では、台風が来襲する秋季は南方からのうねりで北向きの強い沿岸流が発生するが、全体的には南向きの沿岸流が多いという結果が示されている。

このように、宮崎海岸では、全域において海岸侵食が進行しており、また、砂を移動させる外力に関する知見も最新の調査により従来とは異なる結果も得られてきて

いる状況にある。

(2) 現地観測概要

宮崎海岸における現地観測は、砂を移動させる直接の外力となる沿岸流(特にその方向)を把握することを目的として、図-2に示す宮崎海岸の代表4地点(A～D地点)においてカメラ観測を実施した。観測期間は、2006年1～12月の1年間とした。撮影は、毎日7～18時の毎正時前後5分間(10分/時間)に0.5s間隔で実施し、1回の観測で計1200枚のjpeg画像(640×480ピクセル)を取得した。また、大炊田海岸(図-2のB地点)、石崎浜海岸(図-2のC地点)の2地点では、着色砂を用いたトレーサー調査もあわせて実施した。

(3) カメラ観測による沿岸流の推定

a) 沿岸流の推定方法

カメラ観測で取得した画像データについて、鈴木ら(2005)による画像を用いた沿岸流速推定手法を参考にして、取得画像から沿岸流速を算定した。具体的には、定点固定カメラにより、1回の観測で取得される1200枚の画像を1セットとし、各画像から、砕波帯内の定点(行)の画素を抽出し、それらを時系列(撮影順)に縦に並べる。この1次処理された画像データ(タイムスタック画像)をもとに、砕波によって生じる気泡の痕跡を目測によってトレースし沿岸流速を求めた(図-3)。なお、本研究での砕波帯内の定点(行)画素抽出地点は、観測期間中を通して比較的砕波状況を確認することができた撮影開始時汀線から沖合約150mの地点とした。

なお、Chickadelら(2003)は、タイムスタック画像から沿岸流速を算出する手法として、OCM(Optical Current Meter)アルゴリズムを提案している。これはタイムスタック画像にフーリエ変換を施して泡筋の傾きを検出し、対応する速度スペクトルを求める手法である。OCMアルゴリズムによる解析例を図-4に示す。図-4(a)のように画像全体に泡筋が顕著な場合、対応する速度スペクトルには明瞭なピークが表れる。ピーク速度は目測によっても画像の代表的な速度成分を表しており、このような場合、OCMアルゴリズムによる解析による流速の信頼性は高い。一方で、図-4(b)のように、OCMアルゴリズムによる解析では、速度スペクトルに明瞭なピークが生じず、解析値と目測が一致しないケースがあった。この場合は、目

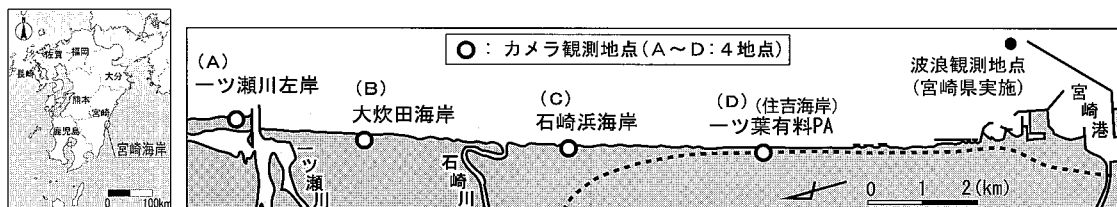


図-2 宮崎海岸位置図

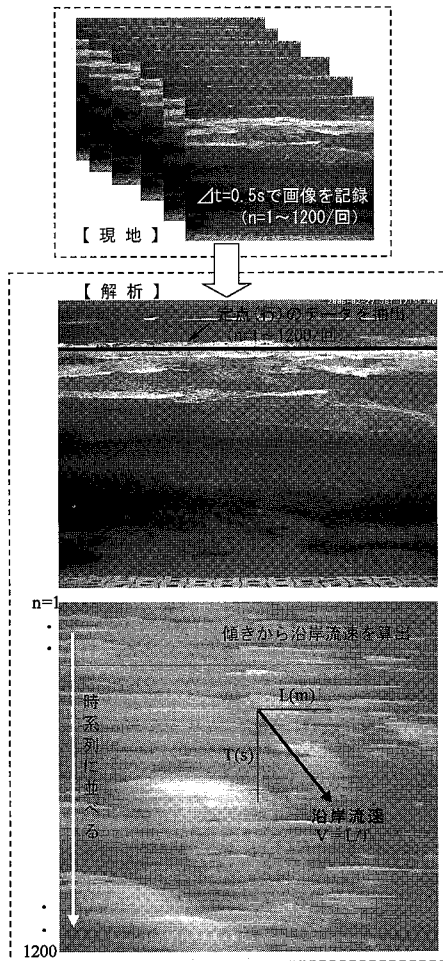


図-3 沿岸流速の推定フロー

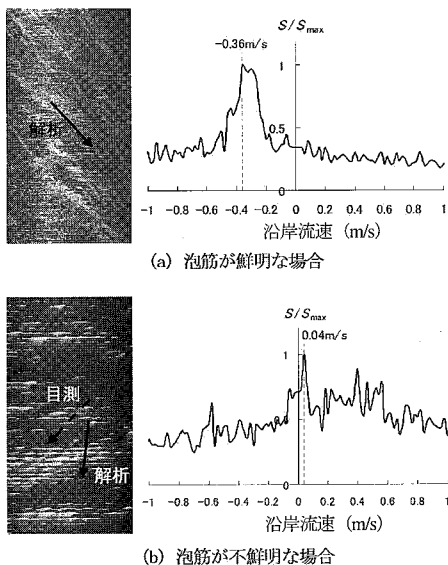


図-4 OCM アルゴリズムの解析例

測により読み取る必要がある。以上のように、現状では OCM アルゴリズムによる解析を用いても、全てのタイムスタック画像に対して、精度よく解析するまでには至らなかったことから、本研究では、観測期間を通した解析手法の統一という観点から、目測によるトレースで得た沿岸流速値を採用した。この解析手法については、今後改良していく余地があると考えている。

b) 沿岸流の推定結果

2006 年 1～12 月の 1 年間において、宮崎海岸の A～D の各観測地点でカメラ観測より得た沿岸流速の経時変化を図-5 に示す。なお、図中上部には、宮崎県によりカメラ観測と同時期に観測されている宮崎港沖の有義波および波浪エネルギーフラックスの沿岸方向成分を示す。この結果によると、A～D の各観測地点での沿岸流速は、いずれの地点においても観測期間を通して概ね $\pm 1\text{m/s}$ (北向きが+)の範囲であった。沿岸流の向きは、いずれの地点においても一方向に一樣に出現している状況ではなく、北および南方向に分散して出現している状況であった。

次に、カメラ観測期間中における沿岸流の正味の向きと、来襲波浪との関係を検討した。沿岸流速および波浪エネルギーフラックスの沿岸方向成分を月別平均値で整理した結果を図-6 に示す。この結果によると、宮崎海岸内に位置する B～D 地点では、いずれの地点においても沿岸流と波浪エネルギーフラックスの方向は対応し

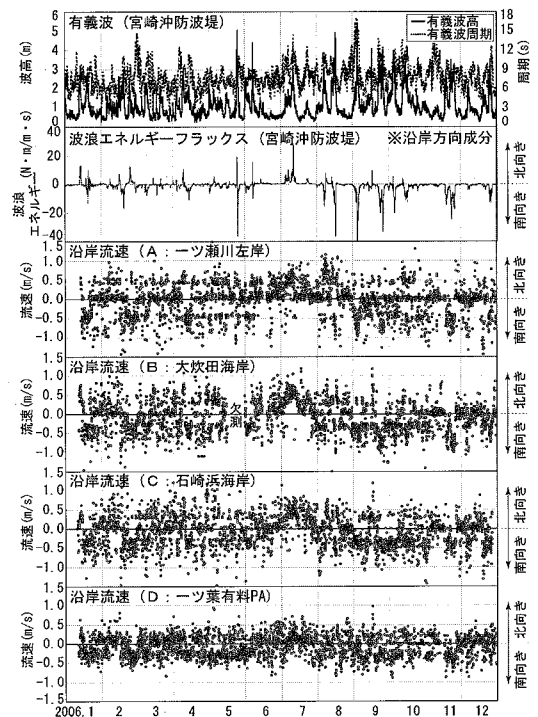


図-5 カメラ観測による沿岸流速の経時変化 (2006 年 1～12 月)

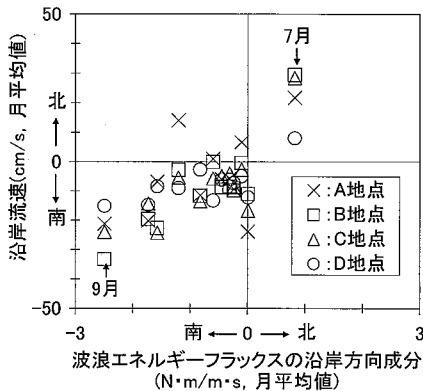


図-6 沿岸流と波浪エネルギーフラックスの関係 (月平均値)

ており、2006年1～12月の正味の流れの向きは、北向きの波浪エネルギーフラックスが大きかった7月を除くと、総じて南向きという結果であった。これは、住吉海岸（本研究におけるD地点）を対象にした鈴木ら（2005）が得た結果と同様の結果である。なお、一ツ瀬川の左岸側に位置するA地点は、沿岸流の方向と波浪エネルギーフラックスの関係に若干異なる月が見られたが、他の地点と大きな違いは無いことから、ほぼ同様の沿岸流の環境にあると考えられる。

(4) トレーサー調査結果と来襲外力の関係

カメラ観測と並行して、宮崎海岸において土砂移動が活発な台風時期を狙って2006年8月25日～10月25日に着色砂を用いたトレーサー調査を大炊田海岸（図-2のB地点）と石崎浜海岸（図-2のC地点）の2地点で実施した。調査は、8月25日にそれぞれ色の異なる着色砂を投入し、その後、あらかじめ設定しておいた投入地点から沿岸方向に定距離のバーム頂部地点において、計3回底質を採取し、その試料に含まれる着色砂の数を計数した。その結果を図-7に示す。この結果によると、2地点ともに投入地点より南側において着色砂が多く検出された。トレーサー調査期間中における宮崎港沖の波浪および沿岸流の観測結果（図-8）によると、波浪エネルギーフラックスおよび沿岸流ともに南向きが卓越している状況であり、トレーサーが移動した方向と沿岸流の移動方向が符合する結果となった。

(5) 宮崎海岸における沿岸漂砂の方向

以上のように、宮崎海岸における現地観測により外力（波向きと流れの向き）と土砂移動の向きの関係が現地観測において確認されたことから、カメラ観測で得られる沿岸流の方向から、土砂の移動方向を推定することができると考えられる。

先の2006年1～12月の沿岸流の観測結果によると、観測地点いずれにおいても総じて南向きであったことから、宮崎海岸における土砂移動機構のうち沿岸漂砂の方

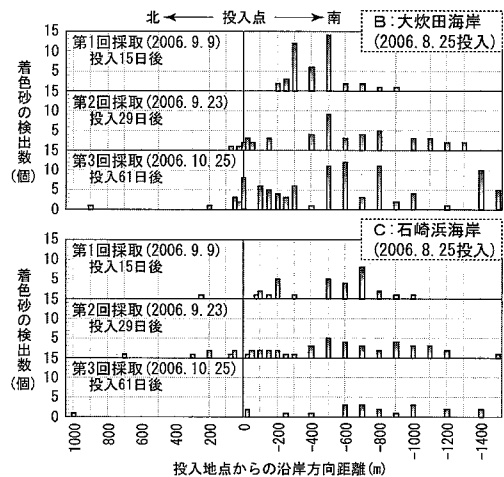


図-7 台風時期の汀線部におけるトレーサー調査結果 (2006年8月25日～10月25日)

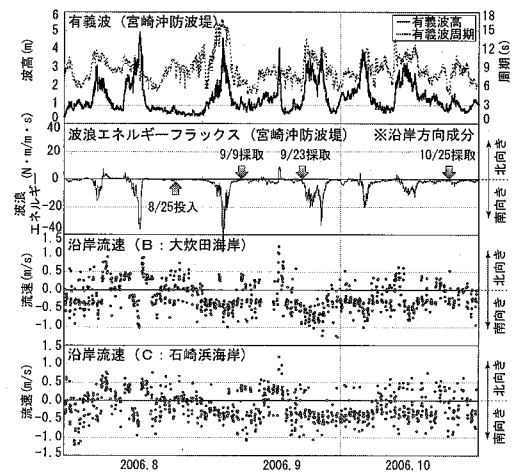


図-8 トレーサー調査期間中の沿岸流速の経時変化 (2006年8月～10月)

向は、海岸全域において南向きであると考えられる。

(6) カメラ観測による短期的な汀線変動

カメラ観測によって取得した画像には、汀線位置が含まれる。そこで、取得した画像から宮崎海岸における短期的な汀線変動についても検討を行った。現状で砂浜を有するA～Cの3地点において1日12回観測された画像データセットから、平均潮位に近い時間の画像データセットを抽出し、それを用いて平均画像を作成し汀線位置を判読した。さらに近隣の潮位観測所における撮影時の実測潮位と、既存の測量成果より得た宮崎海岸の平均的な前浜勾配 $\tan \beta_f = 1/15$ より潮位補正を行い、観測期間中の日々の汀線位置（定点固定カメラ観測地点からの浜幅）とした。A～Cの3地点の汀線位置と宮崎港沖の日最大有義波の経時変化を図-9に示す。

この結果によると、本観測期間中におけるA地点お

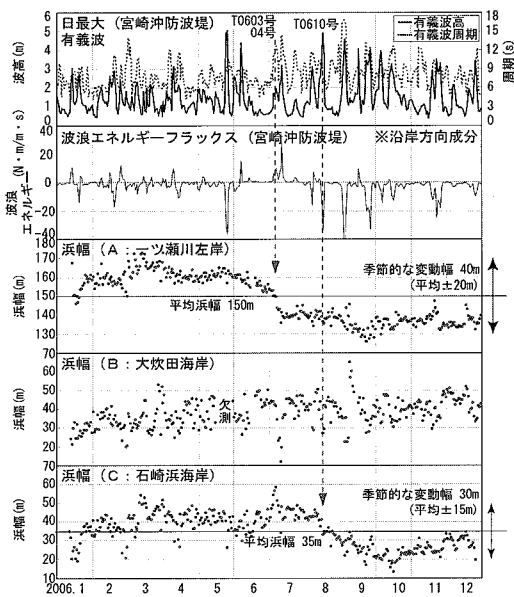


図-9 カメラ観測による浜幅の変動
(2006年1月～12月)

およびC地点の大きな汀線変動として、来襲波浪が比較的静穏な時期である1～3月および10～12月に汀線前進、台風等により高波浪が来襲する6～9月には汀線後退といった短期的な変動を示し、1年後には観測開始時とほぼ同じ浜幅に戻るといふ周期的な変化が見られた。この1年間の観測期間における短期変動幅は、A地点で約40m(平均浜幅位置から ± 20 m)、C地点で約30m(平均浜幅位置から ± 15 m)であった。なお、B地点は短期的な変動はあるものの他地点のような明確な年周期は確認できず1年間を通して安定した状況であった。

以上のように、本カメラ観測を用いれば、砂浜の変化状況を長期的かつ定量的にモニタリングすることが可能となる。さらに、データを蓄積することで海岸固有の短期変動幅を定量的に評価することも可能になると考える。

5. 結 論

本研究では、電力供給が無く、かつ海岸線近傍に高所が存在しない場所でのカメラ観測システムを構築し、宮崎海岸を対象に1年間を通じた観測を実施した。

カメラ観測システムを用いた沿岸流の観測結果によると、沿岸流の向きは、一方向に様に出現している状況ではないが、月別平均値で整理すると、いずれの地点においても沿岸流と波浪エネルギーフラックスの方向は対応しており、2006年1～12月の正味の流れの向きは、北向きの波浪エネルギーフラックスが大きかった7月を除くと、総じて南向きという結果であった。

2006年8月25日～10月25日に実施したトレーサー

調査結果によると、投入地点より南側において着色砂が多く検出された。この調査期間中の波浪エネルギーフラックスおよび沿岸流は、ともに南向きが卓越しており、外力(波向きと流れの向き)と土砂移動の向きの関係が現地において確認された。

以上より、宮崎海岸における土砂移動機構のうち沿岸漂砂の方向は、海岸全域において南向きであると考えられる。

カメラ観測による汀線変動観測結果によると、汀線の短期的な変動幅は30～40m(平均汀線位置から ± 15 ～ ± 20 m)であり、汀線変動状況を長期的かつ定量的にモニタリングしていくことは、砂浜を海岸保全施設として管理する上で重要な情報となると考えられた。

以上のように、本研究で構築したカメラ観測の実用性は、現地海岸において確認できた。今後のカメラ観測の方向性としては、本研究で示した沿岸流の観測に加えて、砂浜を海岸保全施設として指定した場合の海岸管理に用いることが有効であると考えられる。例えば、カメラ観測により汀線変動を詳細にモニタリングすることで、現地で発生した砂浜の変化(侵食)が、計画上見込んでいた範囲の汀線変化なのか、それとも異常外力による想定以上の汀線変化(災害)なのかを見極めることが可能となると考えられ、これにより、従来の構造物による保全施設の管理と同様に、砂浜を施設として適切に管理することができるようになるのではないかと考えられる。

謝辞：本研究を実施するにあたり、(独法)港湾空港技術研究所海洋・水工部沿岸環境領域鈴木首席研究官には、カメラを用いた現地観測の方法および取得画像の解析などで多くのご助言、ご指導を頂きました。ここに深甚なる感謝の意を表します。また、本研究で利用した宮崎港沖の波浪データは宮崎県宮崎土木事務所より提供いただきました。ここに記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 宇多高明・清野聡子・三波俊郎(2005)：宮崎県一ツ瀬海岸の侵食とアカウミガメの保護，環境システム研究論文集，Vol. 33，pp. 63-71.
- 内田哲郎・長友文昭・鶴谷広一・佐藤昭二(1979)：宮崎海岸移動床模型実験，第26回海工論文集，pp. 230-234.
- 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，第39回海工論文集，pp. 196-200.
- 鈴木高二朗・小澤康彦・村上俊春・竹田晃(2005)：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，第52回海工論文集，pp. 601-605.
- 武若聡・三崎尚一郎・岡本実徳(2001)：画像計測による沿岸流速分布の推定，第48回海工論文集，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, pp. 1-17.