

ビデオ画像処理の離岸流事故防止への適用性に関する予備的検討

鈴木高二朗* ・ 高橋重雄** ・ 近藤充隆***
小林雅彦**** ・ 岩上淳一*****

1. ま え が き

近年, 我が国においてもライフセービング活動が充実し, 海水浴における事故が大幅に減少してきている。しかし, 監視体制の整っていない海岸も少なくなく, 海水浴中の死亡事故が年間約 160 件ほど発生している。その約 60% は波・流れによって発生しており, 特にその約半数は外洋に面した遠浅な海岸での離岸流によって起きている (高橋ら (1998))。

離岸流の発生メカニズムやその幅, 発生間隔については, 堀川ら (1975) を始めとして精力的な研究が行われ, 明らかにされている点も多い。また, Short (1993) のように, 海水浴の安全性と海底のバー, リップチャネルの関係についても研究がなされている。しかしながら, 特に, 外洋に面した遠浅な海岸では地形変化が激しく, リップチャネルの生成, 消滅も頻繁に起きるため, 危険な離岸流がどこに発生しているかを容易に検知できないのが現状である。

著者らは, 海水浴の安全性向上について検討を進めているが, 離岸流などの危険な流れを比較的簡単に予測できるシステムの構築が必要であると考えている。近年, 碎波帯のビデオ画像を平均し, 海底地形を把握しようとする研究 (Lippmann・Holman, 1989) が, 精力的に行われている。さらに, こうしたビデオ画像によって海底地形を時々刻々把握し, 離岸流などの流れを把握することもある程度可能と考えられるようになっていく。

本研究では, そうしたシステムの適用性を検討するものであり, 長期間ビデオ撮影を行い, その画像処理によって海岸地形の変化と離岸流の発生を検討している。調査では, 深浅測量による地形との比較およびライフガードの観測による流れとの比較なども行っている。

2. 調査方法

2.1 調査海岸の概況

調査は, 大洗港と鹿島港のほぼ中央にある鹿島灘に面した海水浴場において行った。当海岸は波浪条件の厳しい海岸で離岸流が頻繁に発生しているが, 近年, ライフガードによって守られ, 離岸流による事故が無くなっている海岸である。海水浴場の範囲は約 1 km であり, ライフガードが毎日流況を調べ, 離岸流の発生している危険な区間等を除いて遊泳区域を設定している。なお, ライフガードの施設としては海岸の中央部に警備本部, その他に約 200 m の間隔で監視タワーが設置されている。沖方向は波が荒いこともあり, 海水浴場を指定するブイ等は設置されていない。

2.2 調査方法

ビデオ撮影は, 海岸に隣接したホテルの 1 室 (基準とした海岸護岸からの高さは 16.2 m) に 3 台の小型ビデオカメラを設置し, 1999 年 7 月 22 日～8 月 26 日の海水浴期間中の約 1 ヶ月間, 9 時, 12 時, 15 時の 1 日 3 回行い, 後日, 画像処理を行った。深浅測量は 7 月 17 日～8 月 26 日にかけて計 17 日間, 海岸に平行に設置されている護岸を基準にして行った。ライフガードの警備本部の前を原点として, 沿岸方向を -100～100 m の範囲で 25 m 間隔, 岸沖方向には約 7～10 m 間隔で, 地盤の凹凸のある部分はその凹凸にあわせて 0.5～2 m の間隔で, 測量のポールが届く深さまで測量した。また, これにあわせて地盤の軟らかい場所を人の感覚で調べた。また, 波高の比較的小さい日に, 沖合約 100 m ほどの場所にあるバーの位置と深さを測量している。さらに流況については, 7 月 18 日～8 月 22 日の期間, 9 時, 12 時, 15 時の 1 日 3 回, ライフガードが海に入り, 流れの方向と強さ, および地形の状況を調べ, 日報に記している。

2.3 画像処理

写真-1(a)は, 3 台の小型ビデオカメラで撮影した画像を, 1 秒間隔, 352×240/台の解像度で取り込み, その後, 各画素について輝度値の平均値をとった 4 分間の平均化画像である。この写真のように, 水深の大きなところでは波が砕けにくいことから, 白黒画像では浅いところ

* 正会員 工修 運輸省港湾技術研究所水工部主任研究官
** 正会員 工博 運輸省港湾技術研究所水工部特別研究官
*** 正会員 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所
**** 正会員 日本ライフセービング協会
***** 正会員 マリーナビーチ協会

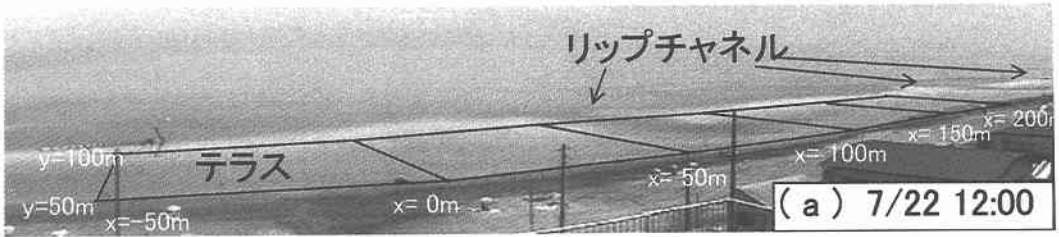


写真-1(a) リップチャネル (7月22日)

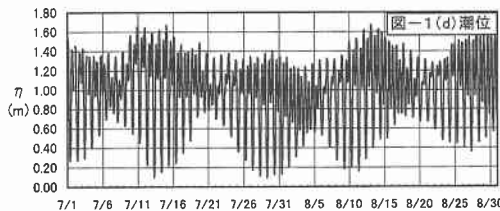
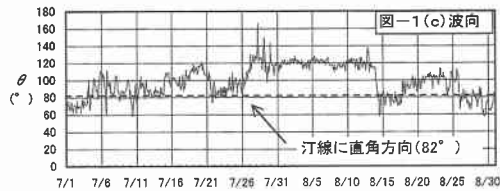
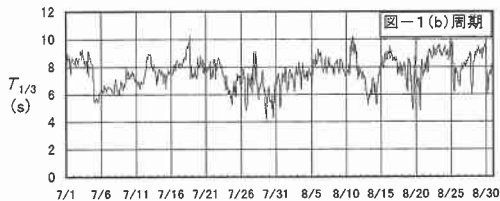
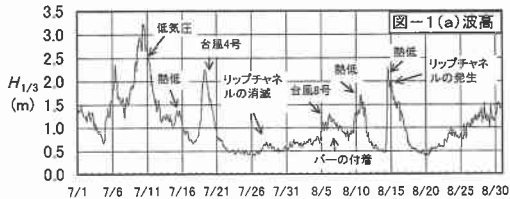


図-1 観測期間中の海象条件

ろが白く、深いところが黒く写るため、数分間の画像の平均をとると、海底地形が明瞭に把握できる。この写真では、沖側のバーは明瞭ではないが、その岸側のトラフが黒く写っており、さらにテラス部が白く写っている。また中央部の黒く写っている部分が、離岸流の出ているリップチャネルであり、画像処理により水深の違いがはっきりと分かる。

Aarninkhofら(1997)は、こうした画像処理によって数10cmの誤差精度での海底断面地形の把握できると

述べている。また離岸流についても、オーストラリアのパームビーチにおいて、Symondsら(1997)、Ranasingheら(1999)が長期観測を行い、リップチャネルの生成・移動・消滅の状況などを明らかにしている。今回の調査では、画像処理によって海底地形を定量的に把握するまで至っていないが、リップチャネルやバー・トラフ等の変化について、ある程度把握することができている。

3. 調査結果

3.1 調査期間中の海象

図-1(a)～(d)は7～8月中の鹿島港の有義波高、周期、波向きおよび潮位である。2m以上の波が来襲したのは3回あり、7月10, 19日、8月14日にそれぞれ、3.23, 2.26, 2.29mであった。8月10日～16日にかけての波は熱帯低気圧によるもので、この期間関東地方では記録的な降雨が見られ、河川でのキャンプ客の事故が発生した。この河川での事故のため、海の事故はあまり話題にはならなかったが、この期間に茨城県では海水浴中の死亡事故が6件発生している。その他の日は比較的波が穏やかで、7月22日～8月4日、8月17～22日は50cm程度の波となっている。

3.2 処理画像から見た地形の変化

写真-1(a)は99年7月22日(撮影初日)の12時の映像である。すでに述べたように写真中央には幅約30m、長さ60mほどのリップチャネルが見られ、画像には3個しか見られないが、海水浴場周辺の海岸には約200mの間隔で規則的に発生しているのが見られた。

22日は、潮位差が小さいため、1日通して、画像に変化が見られないが、7月24日以後、潮位差が大きくなると午前中の潮位の低いときに写真-1(b)のようにテラス部が露出し、午後にはまたもとに戻ることが、28日頃まで繰り返された(写真-1(c))。7月22日から31日までの波高は0.5m程度であるが、潮位が非常に低くなると、7月26日の写真-1(d)のように、汀線から沖合約100mにあるバーで碎波が見られるようになった。ただし、測線0mでは碎波は見られない。

7月26日までに、リップチャネルは徐々に小さくなってきているが、26日以後はさらに波向きが東南東にな

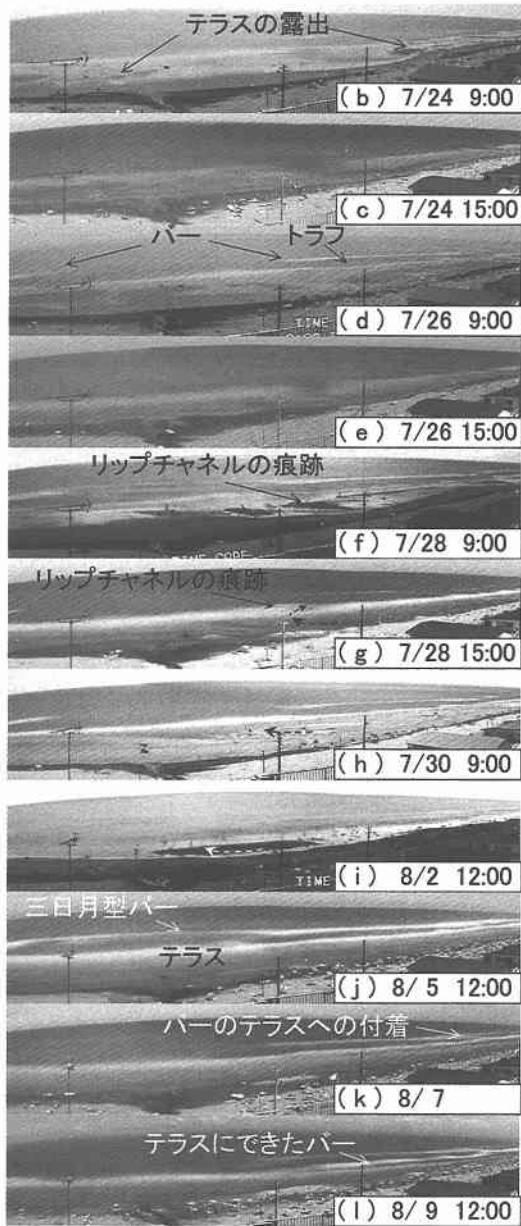


写真-1(b~l) 7月22日~8月7日の地形

り、汀線に対して斜めに入射するようになると、リップチャネルは小さくなり、7月28日の干潮時にはその痕跡が見られるが、満潮時になると、ほとんど分からなくなっている(写真-1(f), (g))。また、リップチャネルの位置も、沿岸流に沿うようにして移動し、形ももともと汀線に直角だったものが、汀線に平行な形に変形し(写真-1(h), (i))、最終的に汀線に付着して消滅した。

8月5日に台風8号の影響で波高が1mを越え、沖合のバー全体で砕波するのが見られる(写真-1(j))。

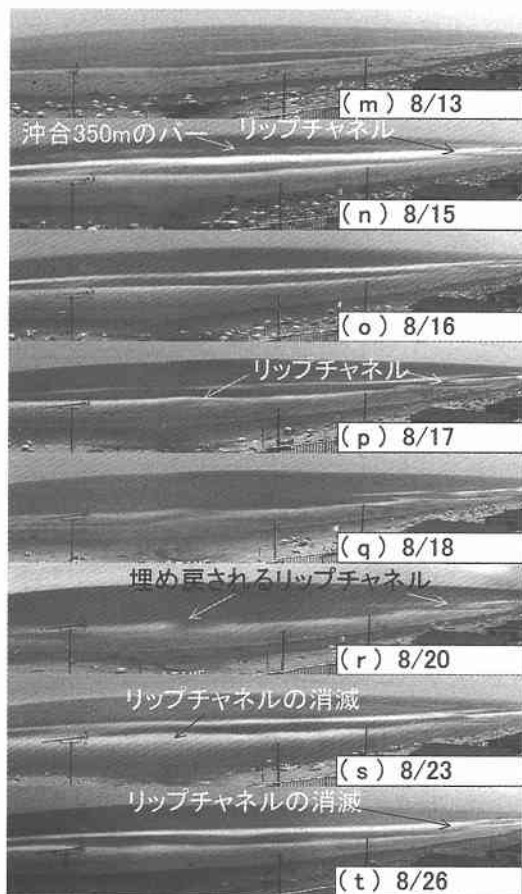


写真-1(m~t) 8月9日~26日の地形

一方、中央部以外のバーは観測初日以来、徐々に岸側に進み、8月7日には測線 $x=350\sim 400\text{ m}$, $x=-100\sim -50\text{ m}$ の範囲でテラスに付着した。

8月6~9日頃にかけて、測線 $x=100\sim 400\text{ m}$ の広い範囲に渡って、写真-1(l)のようにテラスの部分に小さなバーのようなものができ、11日頃には消滅している。この8月5~12日の期間は、波高が1m以上で比較的大きいが、波向きが東南東で、汀線に対して斜めに入射していたため、離岸流が発生しなかったものと考えられる。

その後、8月14日には熱帯低気圧の通過に伴い、観測期間中最大の2.29mの波が汀線に直角な方向から来襲する。14日は雨と霧のため、画像が得られていないが、8月15日になってからも波高が1.5mを越えており、写真-1(n)のようにさらに沖合350m付近のバーでも砕波しているのが分かる。また、測線300m付近に、大きなリップチャネルが発生している。このリップチャネルは8月13日(写真-1(m))の画像には見られず、8月14~15日の約1日で発生している。このリップチャネルは、8月7日に汀線に付着したバーの隣に発生しており、

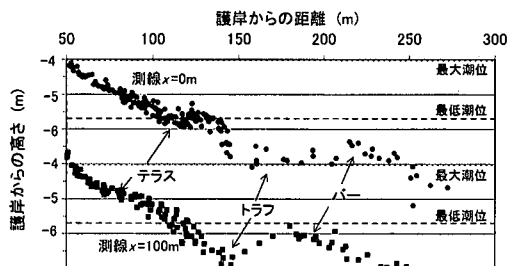


図-2 バー、トラフの断面地形(8/16~26)

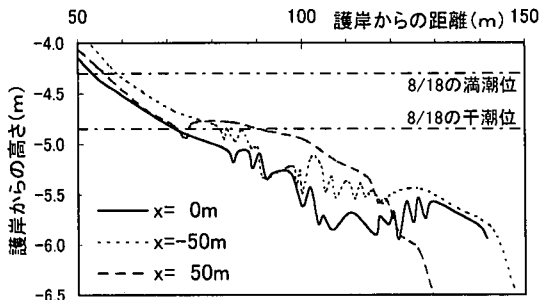


図-3 リップチャネル周辺の地形

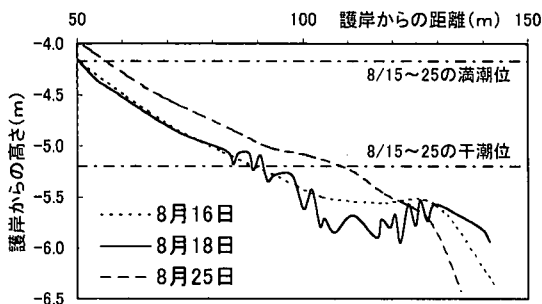


図-4 リップチャネルの変化

このバーに集中した波による水塊が出ていく部分に相当している。

その後、測線 300 m 付近のリップチャネルは形と位置が変化し、8 月 17 日(写真-1(p))には測線 250 m 付近に移動している。また、波高が小さくなったにもかかわらず、測線 0 m 付近には新たにリップチャネルが発生し、8 月 18 日(写真-1(q))に最も大きくなっている。その後、波向きが、東南東となり、汀線に斜めに入射するようになると、リップチャネルは埋め戻され(写真-1(r))、測線 0 m は 8 月 23 日頃、測線 250 m 付近のリップチャネルは 8 月 26 日頃に消滅している(写真-1(s), (t))。

3.3 深浅測量との比較

図-2 は、8 月 16 日~26 日にかけて測線 0 m と 100 m で行った深浅測量結果であり、写真-1(q)の線上に相当

する。測線 0 m は三日月型バーの屈曲部であり、汀線から約 140 m ほどのところにバーがあり、水深は朔望干潮時でも水深が 1.5 m ほどある。一方、測線 100 m では汀線から約 100 m ほどのところにバーがあり、水深は干潮時で約 1 m となる。画像処理では、写真-1(d), (p) のように三日月型バーの形状がはっきりと現れており、50 cm ほどの水深差でもある程度検知できることが分かる。また、碎波によってバーの位置を確認できたのは有義波高水深比が約 0.4 以上の場合であった。

図-3 は、8 月 18 日の測線 $x=-50, 0, 50$ m でのテラスの地形であり、写真-1(q)に相当する。測線 $x=0$ m は $y=100\sim130$ m の範囲で地盤が窪んでおり、写真-1(q)ではちょうど暗く写っており、画像処理と深浅測量がよく一致していることが分かる。この $y=100\sim130$ m の範囲には 0.5~2.0 m のメガリップルがあり、地盤の凹凸が激しく、測線 $x=-50$ m でも同様のリップルが見られるが、測線 $x=0$ m のように全体としては窪んでいないため、写真-1(r)の測線 $x=-50$ m では明るく写っている。一方、 $y=90\sim100$ m の範囲では若干窪んでおり、溝になっている。一方、 $x=50$ m では、 $y=120$ m 付近で急に深くなっており、 $x=0$ m のリップチャネル部が沖へ張り出していたのと対照的である。また、画像の輝度値も $x=-50, 0$ m と比較して、 $y=120$ m 部で集中して大きくなっており、波が一度に減衰していることを示している。なお、画像で、リップチャネルとして確認できる限界は、深さで約 30 cm 以上、岸沖方向で約 10 m 以上の窪みがあるときである。

図-4 は測線 $x=0$ m でのリップチャネルの変化である。16 日までは $y=80\sim130$ m の範囲で、フラットな地形であったが、8 月 18 日にリップチャネルの深さが最大になり、その後、波が小さくなり、かつ、汀線に斜めに入射するようになると埋め戻され、8 月 24 日には再びフラットな地形に戻っている。こうした長期的変化は、写真-1(o)~(t) の変化と一致している。

このように画像処理によって地形変化の傾向がかなり良く推定できるが、地形を定量的に把握するためにはさらなる検討が必要である。また、今回の調査によっても海水浴に関する汀線付近の地形の変化が非常に複雑であることが分かったが、地形変化の特性を明らかにするためには、こうした調査を積み重ねる必要がある。

3.4 安全性との関連

図-5(a)~(c) は画像及び深浅測量から観測期間中の地形変化をまとめたもので、ライフガードの日報にある流況と遊泳区域を併せて載せており、以下に安全性と地形の関係について述べる。

(1) テラス部のリップチャネル(図-5(a), (c))

海水浴期間中最も危険なのは、人が歩いていけるテラ

スでの離岸流である。日報では離岸流が発生していたのは7月20～26日、8月14～20日であり、その位置は画像によって確認されたリップチャネルの位置と同一であり、遊泳禁止区域もそれを避ける形で設置されている。

ただし、8月17日頃から測線 $x=0$ m に発生したリップチャネル部では、8月15日から離岸流が出ているが、8月15、16日の時点で画像では確認することができない。こうしたリップチャネルを造る離岸流は、それ以前の地形とその時の海象によってその発生をある程度予測できるが、その信頼性を高めるためには、さらなるデータの蓄積と解析が必要である。なお、8月15日は観測期間中最も危険な状態になっており、先に述べたように茨城県内では多数の事故があり、当海岸でもライフセーバーによって数多くの救助活動が行われた。

(2) 三日月型バーの屈曲部 (図-5(b))

波高が1mを越えた8月5日、10日頃の三日月型バーの屈曲部で、強い離岸流が発生する。通常、海水浴客はトラフより沖へは行かないため、あまり問題とはならないが、一旦沖へ出てしまうと戻ることが非常に困難である。また、三日月型バーの屈曲部が延長上にあるテラス部は、急勾配になり易く、リップチャネルが発生していなかった期間中も遊泳禁止であった。

(3) 潮位の遊泳区域に及ぼす影響

潮位によっては午前中、干潮時にリップチャネルが7月26日(写真2-(f))のように露出するため、離岸流が発生してもさほど危険ではなく、また、リップチャネル部の砂は柔らかいこともあり、多くの子供たちが砂を掘って遊ぶのが見られた。しかし、大潮の日は潮位差が1.5mほどもあり、午後に満潮になると流れが速くなり危険になる場合もあることに注意すべきである。

また、8月7日に汀線に付着したバー部の安全性も潮位によって大きく変化する。干潮時には、歩ける安全な範囲(遊泳区域)が非常に大きくなり、ここを渡って、沖合のバーまで歩いていけるのに対し、満潮になると遊泳区域が急激に減少することに注意が必要である。また、この区域では碎波によって集まった流れによって、その端部にリップチャネルを発生し易い。

謝辞：今回の調査では、荒井宏和、稲垣ゆうみ、宇津

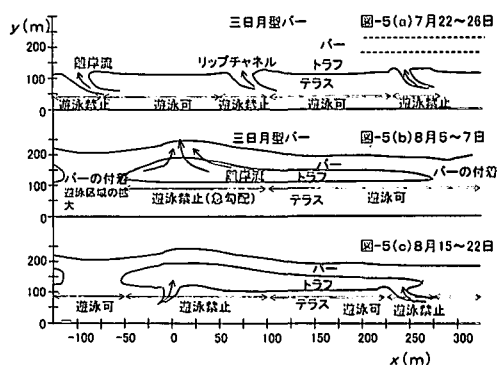


図-5(a)~(c) 観測期間中の地形変化

山裕和氏を始めとして、筑波大学ライフセービングクラブの方々、および長峰正一氏を始めとした茨城県銚田町役場の方々、長期間ビデオの設置場所を提供していただいた岩田屋ホテルの方々からの大きな協力を得ている。ここに、深甚なる感謝の意を表します。なお、今回の1ヶ月にわたるビデオ撮影と日報の作成は宇津山裕和氏が行ったものである。

参考文献

- 高橋重雄・常数浩二・鈴木高二郎・成瀬 進・土棚 毅・池田義紀 (1998): 海水浴の重大事故事例に関する一調査, 海岸工学論文集, 第45巻, pp. 1211-1215.
- 堀川清司・佐々木民雄・堀田新太郎・桜本 弘 (1975): 海浜流に関する研究(第3報)―海浜流系の規模―, 第22回海岸工学講演会論文集, pp. 127-134.
- Andrew D. Short (1993): Beaches of the New South Wales Coast - A guide to their nature, characteristics, surf and safety -, Australian Beach Safety and Management Program, 358 p.
- Lippmann, T. C. and Holman, R. A. (1989): Quantification of Sand Bar Morphology: A Video Technique Based on Wave Dissipation, pp. 995-1011, J. G. R., Vol. 94.
- Aarninkof, S. G. J., Janssen, P. C. and Plant, N. G. (1997): Quantitative Estimations of Bar Dynamics from Video Images, pp. 365-374, Coastal Dynamics '97.
- Ranasinghe, R., Symonds, G. and Holman, R. (1999): Quantitative Characterisation of Rip Dynamics via Video Imaging, pp. 987-1002, Coastal Sediments '99.
- Symonds, G., Holman, R. A. and Babara Bruno (1997): Rip Currents, pp. 584-593, Coastal Dynamics '97.