

係留ビデオシステムによる砕波帯の水理現象観測の試み

武 若 聡*・中 村 崇**

1. はじめに

係留ビデオシステムを作成し、これを用いて砕波帯に生じる諸現象の観測, 例えば, 砕波位置の空間的な分布の変動, 表層の海浜流構造, などの測定を試みた。従来より行われている計測機器を用いた観測では, 計測点で精度の高い時系列データを得られるものの, 計測点の設定数には限りがあり, 観測対象の時空間構造の理解には制約がある。本研究では, 面的な時系列データを取得することが可能なビデオ画像を解析し, 点計測では全体像を捉えることが困難である現象の時空間的な構造を把握することの可能性について検討する。

係留気球にカメラを取り付け, 沿岸域の水理現象を解明する試みはこれまでも行われてきているが(例えば, 本間・堀川, 1985; 加藤, 1990), いずれの研究においても記録媒体にフィルムを用いているために, 1回の係留で撮影可能な枚数に制約があり, また得られた画像の処理に要する労力も大きかった。本研究を支える背景の一つに, 近年のビデオ, PCなどの機器の高性能化と低廉化があげられる。

2. 係留ビデオシステム

(1) 機器の構成

係留気球(容積 24 m³)に広角レンズを装着した2台のデジタルビデオカメラ (SONY DCR-VX 1000, 録画継続時間: 1時間)を搭載した(写真-1)。カメラはアルミ製の枠に0.6mの間隔で下向きに取り付け, それぞれのカメラの取り付け角を鉛直方向より30°傾け, より広範な画像を取得できるようにした(写真-2)。

(2) 気球の係留

本研究は1998年9月に運輸省波崎海洋研究施設の観測桟橋周辺で行われた合同現地観測 HORS98の一環として行われた。係留ビデオシステムは直径3mmのプラスチック製のロープを用い, 高度150mの位置に自由係留した。この時, 2台のカメラを合わせた撮影範囲はおおよそ600m×200mとなる。気球は常に風上に向けた

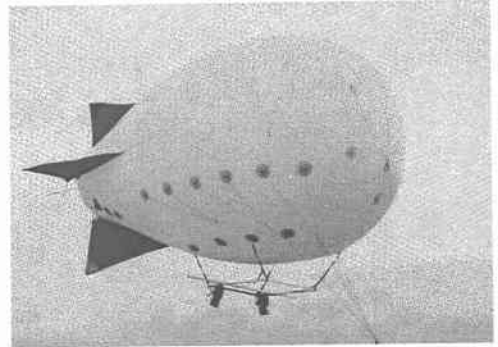


写真-1 係留ビデオシステム

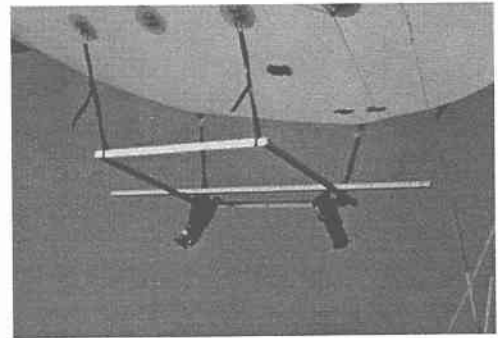


写真-2 ビデオシステムの取り付け状況

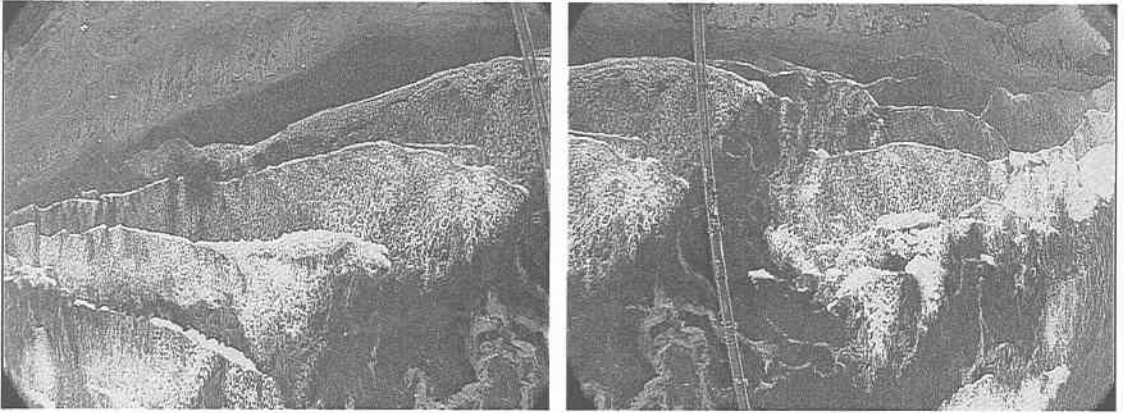
飛行姿勢をとり, 地上の係留地点から風下方向に流された位置にとどまる。画像の撮影範囲はカメラを搭載するフレームの取り付け向きを適宜変更することにより調整した。

気球の係留は1998年9月12日~13日の間に総計8回行った。この期間中, 風は海から陸に向かっていたので, 係留は全て桟橋上から行い, 沿岸方向に幅広い画像を取得することを意図としたセッティングで観測した。

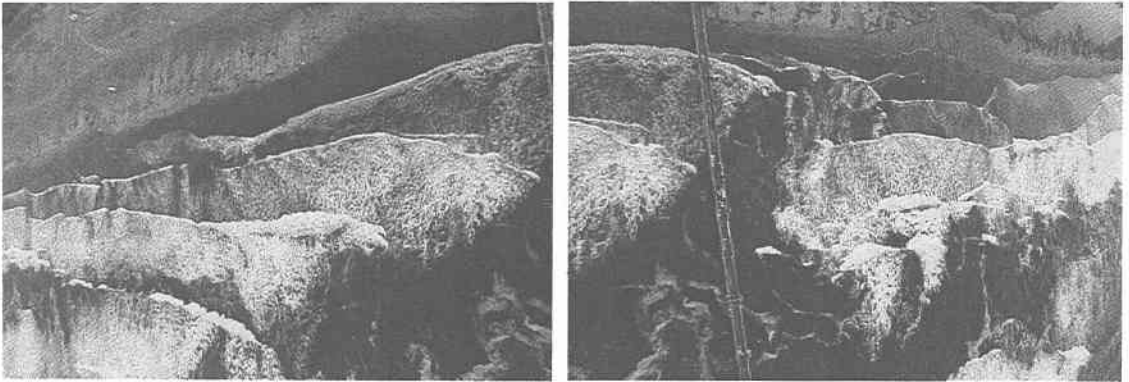
気球は大気境界層の乱れが相対的に大きくなる地上付近の層よりも高い位置に係留したので, 得られた画像には気流の変動による細かいブレは見られず, 気球の係留位置がゆるやかに変動することにより生じる撮影範囲の変動のみが現れた。

2台のカメラに集録された画像の少なくともどちらか

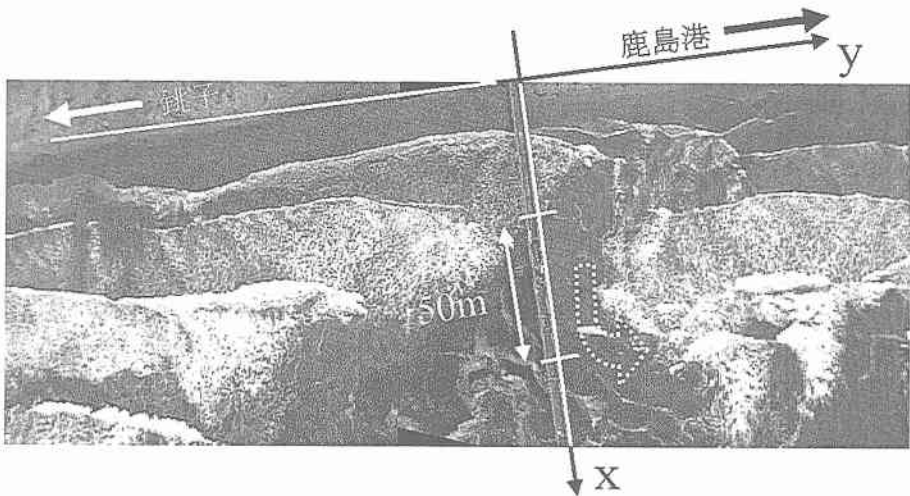
* 正会員 工博 筑波大学機能工学系助教授
** 学生会員 筑波大学大学院理工学研究科



図一 原画像 (左：鉾子寄りカメラ画像, 右：鹿島港寄りカメラ画像)



図二 広角レンズの歪みを補正した画像 (左：鉾子寄りカメラ画像, 右：鹿島港寄りカメラ画像)



図三 斜め撮影の歪みを補正した画像 (左カメラ画像と右カメラ画像を連結して表示)
 白抜き矢印：海気泡の流れから読み取った表面流れのパターン。
 栈橋に沿って沖向き流れが沿岸方向の流れに転じている。

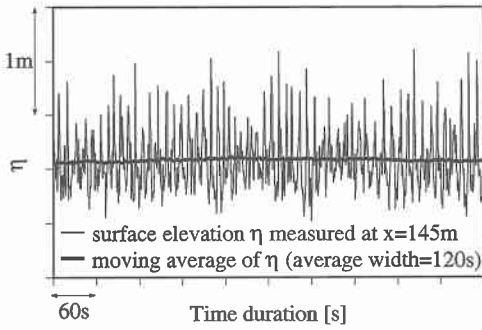


図-4 水位変動 (観測棧橋 $x=145\text{ m}$ で計測)

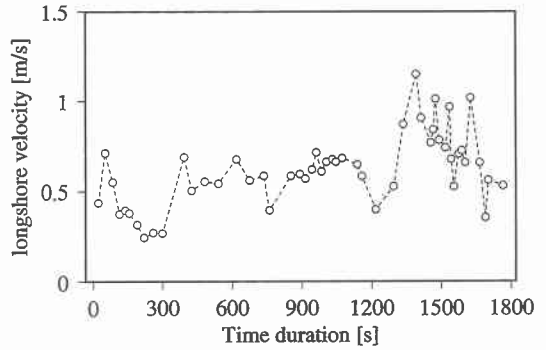


図-6 表面流れの沿岸方向速度変動

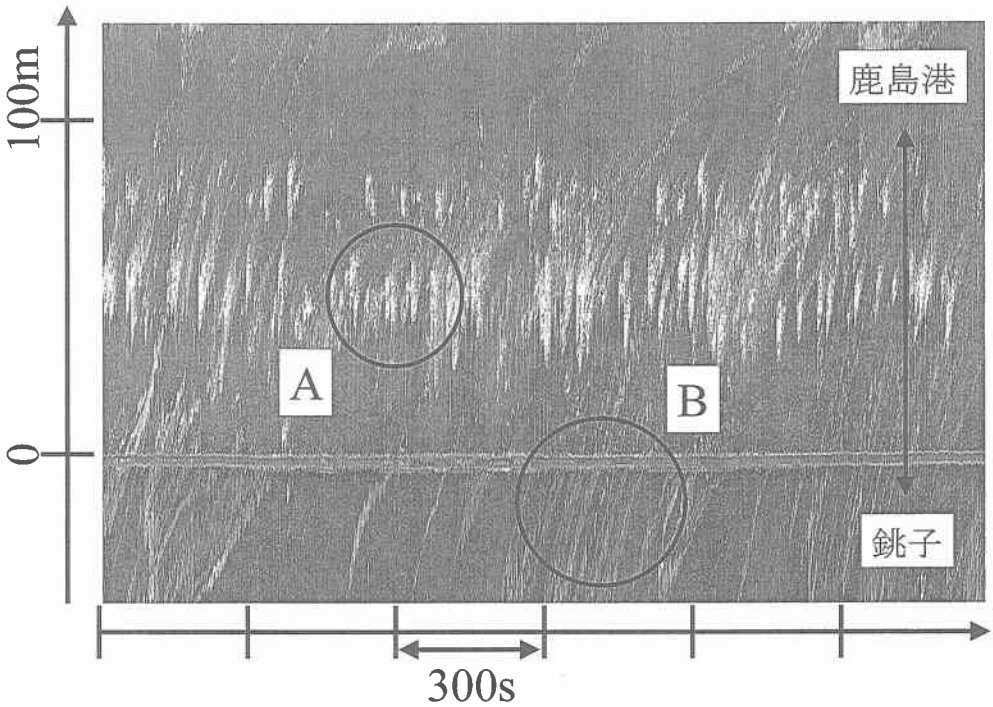


図-5 沿岸方向ライン画像 ($x=125\text{ m}$) の時間変動。横軸は1998年9月12日16時52分からの経過時間。

の一方には棧橋が写っており、波打ち際に設置した標識と共に、後に説明する画像の位置合わせに用いた。

3. 画像処理

ビデオ画像はデジタルビデオキャプチャボードを用いて 640×480 ドットのカラー画像として PC に連続的に取り込んだ。その後、広角レンズの歪みの除去、標点を用いた撮影範囲の変動の補正、グレースケールへの変換、などの一連の画像処理を行い、連続画像データベースを作成した。

図-1 は画像処理を施す前の原画像であり、広角レン

ズの歪みが現れており、例えば、棧橋は曲線状に写っている。図-2 は広角レンズの歪みを補正した画像であり、棧橋は直線状になっている。この段階で得られる図-2 の画像は斜めに海面を覗いた形の画像となっているので、さらに画像中心に補正を行い、海面を直下に向けて覗いた形の画像への変換を行った。図-3 にはその結果を、左右の画像を連結して表示した。この後、波打ち際に設置した標識、棧橋などを参考にして、気球の飛行位置の変動に伴う撮影範囲の変化を補正した。

以上の作業を経て得られた画像を単独で、あるいは連続的に眺めることにより、波峰線、碎波の位置、碎波に

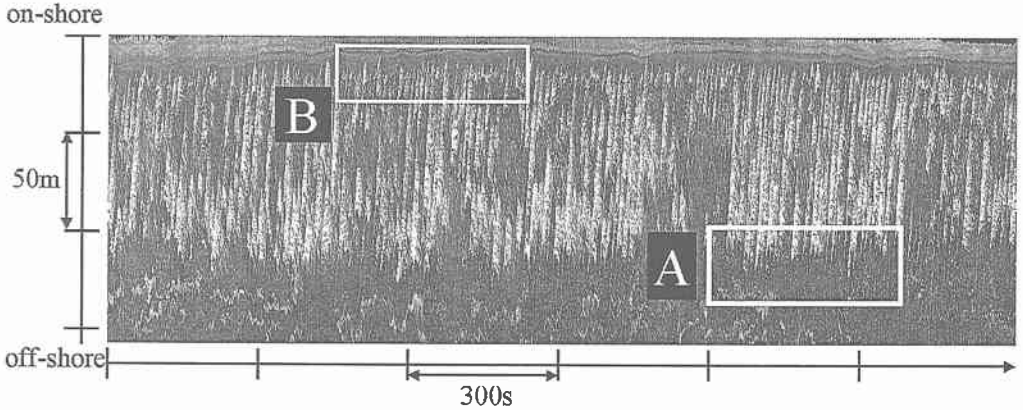


図-7 岸沖方向ライン画像 ($y=30\text{ m}$) の時間変動。横軸は1998年9月12日16時52分からの経過時間。

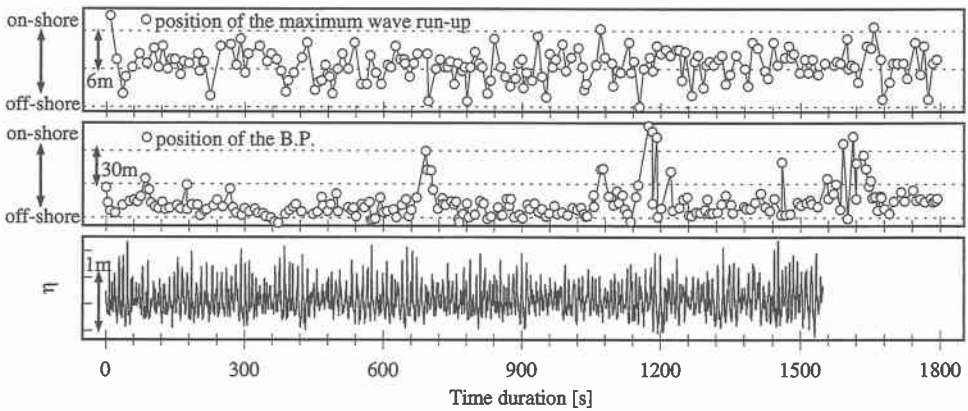


図-8 水位 ($x=145\text{ m}$)、砕波点、最高遡上位置の変動。横軸は1998年9月12日16時52分からの経過時間。

よって発生した気泡、濁質を含む水塊、などの移動状況を読み取り、さらには定量的に特定することが可能となる。

4. 砕波帯の水理現象の解析例

ここでは、1998年9月12日午後16時52分から撮影された30分間の録画記録を解析した例について説明する。1秒毎の画像を総計1800枚取り出し、各種の画像処理を施した上でPCに蓄え、以降に説明する解析を行った。

なお、今後の説明では、図-3中に記入した座標系、すなわち、棧橋基部から沖に向かって設定した x 座標、これに直交し鹿島港に向けて設定した y 座標、を用いる。

(1) 観測時間帯の海況

撮影が行われた時間帯では、棧橋の先端付近 ($x=380\text{ m}$) で最初の砕波が生じ、その後波は再生し、おおよそ $x=150\text{ m}$ の地点より再び砕波していた。 $x=145\text{ m}$ の位置で計測された水位 η の変動記録とその移動平均値 (移動平均幅: 120 s) の一部を図-4に示す。この記録の周波

数解析より得られた波浪の卓越周期は11秒弱であった。波は、目測あるいはビデオで確認したところ、海岸に対して直角よりもやや小さい角度で入射していた (銚子寄りの方向から入射)。また、流れは全般に鹿島港に向かっていました。

(2) 岸沖ライン画像に着目した解析

気泡をトレーサーとして棧橋周辺の表層の流状を調べた。PC上に画像を連続的に表示して眺めたところ、岸側の砕波帯内から濁質を含む沖向きの流れが棧橋に沿って発生し、これが砕波帯外となる波の再生域で沿岸方向の流れに転ずる状況が確認された (図-3中の白抜き矢印で概況を表示)。

画像処理を経て作成された各画像から、棧橋をまたぐ形で $x=125\text{ m}$ 地点の沿岸方向1ラインの画像を取り出し、これの時間変化を図-5に表示した。図中の横軸は時間経過、縦軸は沿岸方向位置に対応する。また、横方向に伸びる直線は棧橋部分に相当する。

図-5中のAに示す縦方向の紋様は砕波ボアが通過する度に現れるもので、その出現が規則的である部分の

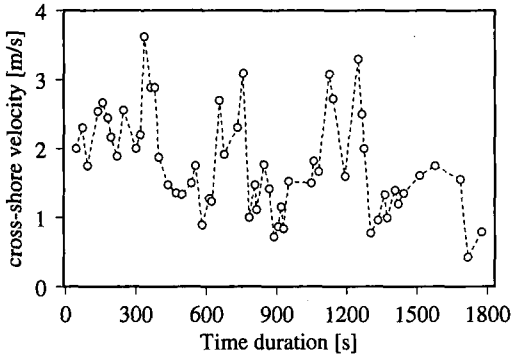


図-9 表面流れの岸沖方向速度変動 (沖向き正)

間隔の平均は概ね 10 秒強であり、これは棧橋から計測された水位変動の周期とほぼ一致する。ただし、この紋様の規則的な発生には間欠性があり、これは図-4 に示した水位記録に見られる波群性の変動と関連していると考えられる。

図-5 中の B で示した斜状の紋様は水表面にある気泡塊が沿岸方向に移動する状況を捉えたもので、例えば B の位置での速さは約 0.6 m/s である。この気泡塊の移動速さを $y = -20$ m の位置で読み取った結果を図-6 に示す。沿岸方向の流れは変動を伴いながら時間の経過とともにゆるやかに加速している。

(3) 沿岸方向ライン画像に着目した解析

各画像内から棧橋に沿ってのライン画像を取り出し、これの時間変化を調べた。図-7 には $y = 30$ m における結果を示す。図中の横軸は時間経過、縦軸は岸沖方向の位置に対応する。

図-7 中の A は、個々の波が岸に向かって進行する際に碎波を開始した地点、に対応している。碎波した波のボアが伝播する状況は図中の斜状の線となって現れ、この線の傾きはボア先端の伝播速度に比例している。さらに、同図中の B は波が遡上して到達した最高点位置である。

図-7 中から碎波位置、遡上最高点の位置を読み取り、その変化を $x = 145$ m 地点で得られた水位 η の変動記録と併せて図-8 に示す。碎波点の位置は、時より大きく岸方向に移動することがあるものの、この時間帯では、岸沖方向距離 30 m 程度のほぼ一定の範囲内にあった。同様に、遡上最高点の位置も、時より変動があったものの、岸沖方向距離 6 m 程度の一定範囲内にあった。碎波点位置と遡上最高点位置の変動の間には対応関係が存在することが期待されるが、今回の解析結果からは明確な関連性を見出せなかった。

図-7 中の A で示したボアの進行軌跡を拡大して観察すると、この斜状紋様の中に、ここで発生していた沖向き流れに乗って運ばれる気泡の軌跡が見られる。この軌跡の傾きを求めることにより表層流れの沖向き速さを求め、これの変動を図-9 に示した。観測時間帯では、常に沖方向の流れが発生しており、図-6 に示した沿岸方向流速の変動とは逆に、観測時間の経過と共にその速さが減少していた。

5. 結 語

係留ビデオシステムならびに画像処理ソフトウェアを試作し、合同現地観測 HORS98 にて碎波帯の撮影観測を行った。画像の解析を行い、碎波帯内外の波の進行状況、表層の流れの状況、などを調べるのに必要なデータが取得されていることを示した。

謝辞：水位記録は鹿児島大学西隆一郎氏より提供頂いた。観測、データ解析の際に筑波大学水工学研究室中村亮君、三崎尚一郎君の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 加藤一正 (1990): 漂砂と海浜地形に及ぼす長周期波の影響に関する研究, 学位論文, 東京工業大学, pp. 13-30.
 本間 仁監修・堀川清司編 (1985): 海岸環境工学, 東京大学出版会, pp. 408-412.