

砕波帯内の海浜流，波浪場の ADCP 観測

山下隆男*・吉岡 洋**・路 明***・加藤 茂****

1. 緒 言

現地における高波浪時の海浜流の鉛直分布の観測は，海浜流モデル，3次元海浜変形モデルの構築に貴重なデータを提供してくれる。従来，砕波帯内の海浜流の鉛直分布といえば実験室の2次元水槽を用いた岸沖方向バランスのみを考慮した分布形状が対象とされ，戻り流れの重要性が指摘されているが，現地海岸における3次元の流速分布は（沿岸流成分を持つ場合）どのようなであろうか？ 特に，強風時の砕波帯内の流れの分布特性に寄与する風の影響はどの程度であろうか？

本研究では，観測機橋を援用し，冬期日本海における高波浪時の海浜流の鉛直分布を，高周波 ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler, RDI 社製ワークホース，センチネル 1200 kHz) により計測した結果から現地海岸における海浜流の鉛直分布特性を検討する。

2. 観測の概要

(1) 計測機器の設置位置

観測は，京都大学防災研究所災害観測実験研究センターの大潟波浪観測所の機橋において，1997年3月2日～3月13日に行われた。観測項目は2台の ADCP (設置水深 6.5, 7.0 m) による海浜流および波浪の流速場の鉛直分布の連続計測，7台の波高計群による波浪の空間分布およびコーシンペーン風速計による 10 m 高度の平均風速と風向である。また，レッドによる海浜断面形状の計測を観測期間の前後2回実施した。図-1 に計測機器の配置および ADCP の設置方法と海底断面形状(実測結果)を示す。

(2) ADCP 信号の平滑化

ADCP 計測の主目的は，砕波帯近傍での海浜流場と波浪場の流速分布がどの程度計測できるかをみるためである。このため，観測機橋上からの制御方式とし，発振回数 (1~30 pings)，層厚 (0.25 m および 0.5 m) を変化させて波浪場に適した観測モード，平均流場に適した観測

モードを検討する実験を行った。その結果，アンサンブル平均の間隔を 2 s として，図-2 のような波浪による流速場の鉛直分布が観測できた。また，この観測結果から平均流を抽出する場合，平滑化操作と出力との関係がどのようなものであるかを，6 m 水深での平均流速について，30, 60, 120, 300 s のボックス平均を行った結果を図-2 の下方に示した。これより，波浪場および平均流の流況が計測できていることがわかる。長時間の海浜流の変化特性

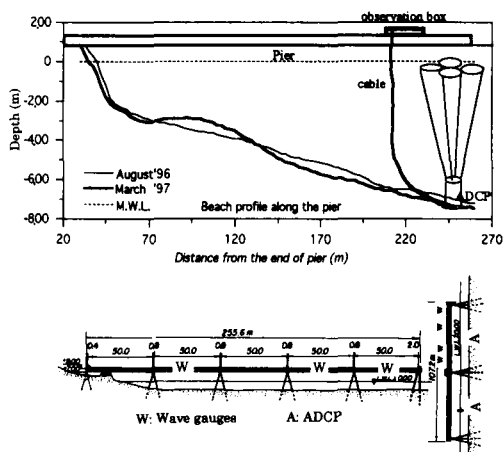


図-1 計測機器の配置および ADCP の設置方法

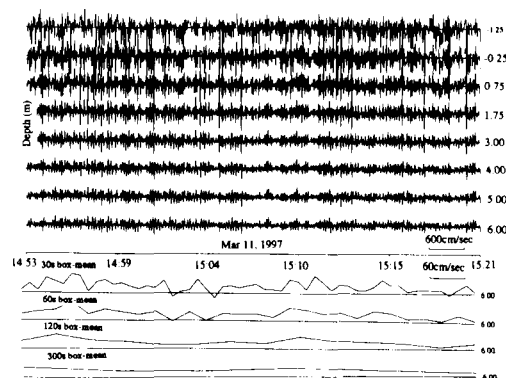


図-2 波浪による流速場の鉛直分布および海浜流を抽出するための平滑化操作と出力との関係

* 正会員 工博 京都大学助教授 防災研究所
 ** 理博 京都大学助手 防災研究所
 *** 学生会員 京都大学大学院工学研究科
 **** 学生会員 工修 岐阜大学大学院工学研究科

を調べることを目的としているため、平滑化の結果を参考にして、以下での海浜流の検出には120 sのボックス平均を用いた。

3. 観測結果

図-3に波浪観測の結果と海浜流の解析を行った2つの期間を示す。図中、波向き(w_d)は基本長8 mの4台の空中発射式超音波波高計の完全ラインアレイのデータを最尤法で求めた方向スペクトルの第一ピーク値の方向で、波高 H 、周期 T は有義波のそれで、Phase-I、Phase-IIは海浜流の鉛直分布を解析した期間である。

図-3からわかるように、日本海中部の典型的な波浪特性として、まず西風が吹き西向きの波浪(波向き 90° が直角入射でNW、それ寄り大きいと西寄りの成分が増え、小さいと東寄りとなる)が発達する。低気圧の移動に伴い、風向きが東寄りへと変化し風速が弱くなるため、波の向きも東向きへと変わり、波齢が大きくなるにつれ周期も長くなるが、周期のピークは波高のそれより数時間〜十数時間遅れ現われる。ここでは、1997年3月2日22:00から3日14:00までのデータをPhase-Iとし、3月9日から13日までをPhase-IIとする。

(1) Phase-Iの海浜流の流速分布特性

W方向からの強風が連吹した後、風向きがN方向へと変化し風速が落ちて行く過程で、風が弱まった後も有着波高2 m程度の波が継続して来襲している。図-4に、波浪、風および沿岸方向(東向:実際はNE、西向(SW)流れ)と岸沖方向の海浜流流速の鉛直分布をまとめて示した。流速分布観測点は強風時には碎波帯内にあり(図の前半)、風速が弱まりうねりになると碎波帯外(図の後

半)に位置する。平均流速成分は1 ping 0.25 sの観測値の30 pings平均値を120 sのブロックを平均してを求めた。

この図より、強風作用時には平均流速は吹送流の影響の強い定常状態の沿岸方向成分が卓越しているが、風速が弱くなり波浪が卓越してくると時間的変化の激しい岸沖成分が現われる。ただし、ADCPで観測できる範囲(表層0.5 m位の流速は観測できない)では、岸沖成分は全て沖向きで、いずれの場合にもトラフレベル(推定)以下での顕著な鉛直分布は見られない。このことから、(1)碎波帯近傍の海浜流には、強風時には吹送流の寄与が大きいことがわかる。これは佐藤(1996)が指摘しているような水深10 m程度の海域での結果と一致している。また、風が弱まると波浪流の特性が顕著になり、観測された海浜流は沖方向成分が卓越している。(2)強風時の碎波帯内の流速分布は極めて安定しており、ほぼ定常状態の沿岸方向成分が卓越し、沖方向への成分が小さいが、風速が約8 m/s以下に落ちてくると沖方向への流れが大きくなる。(3)現地で計測された海浜流には実験室の2次元水槽で見られるような底付近での強い戻り流れの鉛直分布は観測されず、トラフレベル以下ではほぼ一様であった。

(2) Phase-IIの海浜流の流速分布特性

観測期間後半に続いた2つの小型のストームであるが、前半(9日)は西寄りの風だが東寄りの波が卓越し、後半は西風で西寄りの波が来襲している。図-5に海浜流成分の4日半に渡る時空間変化をベクトル(上段)で示し、波浪(中段)および風(下段)のデータも併せて示した。海浜流ベクトルは図の上方がトラフレベル、下方

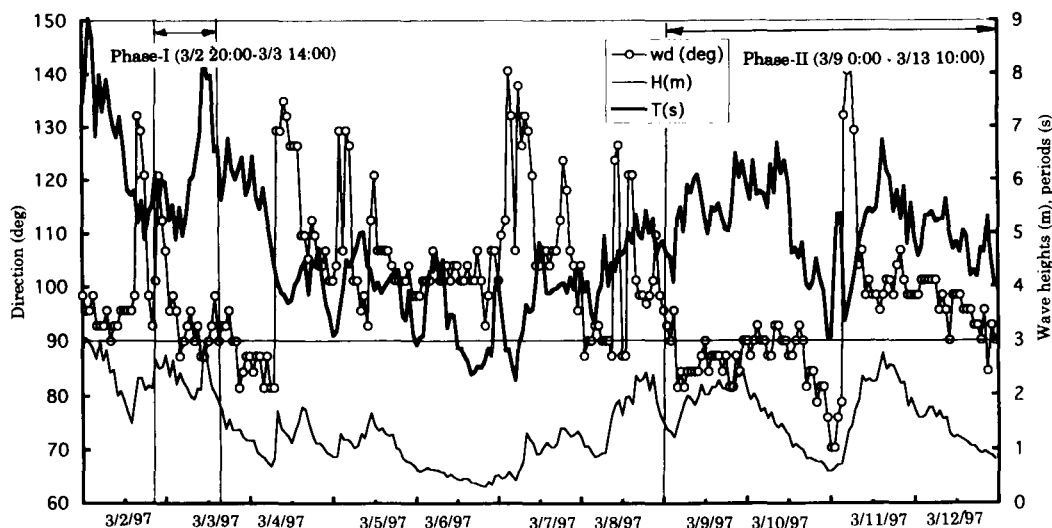


図-3 波浪観測の結果と海浜流の解析を行った期間

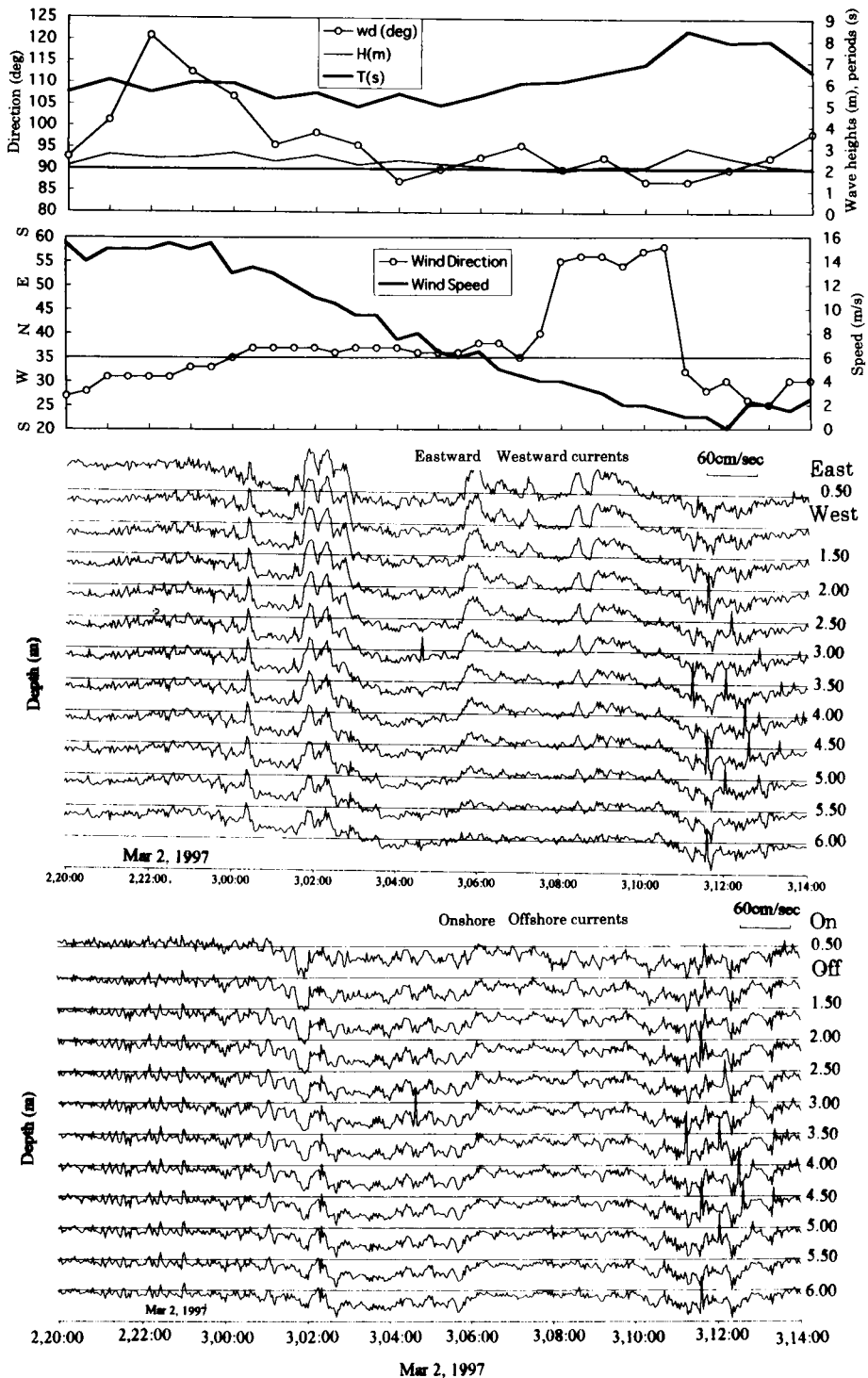


図-4 Phase-Iにおける波浪、風および沿岸方向（東向、西向流れ）と岸沖方向の海浜流流速の鉛直分布

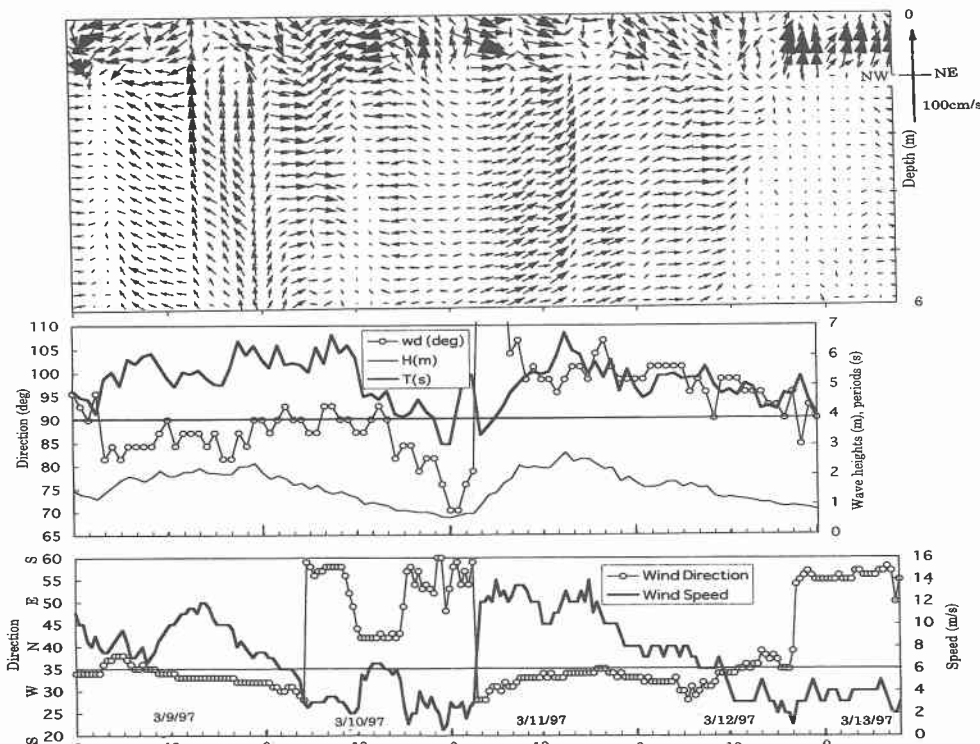


図-5 Phase-II における海浜流成分 (上段), 波浪 (中段) および風 (下段) の時空間変化

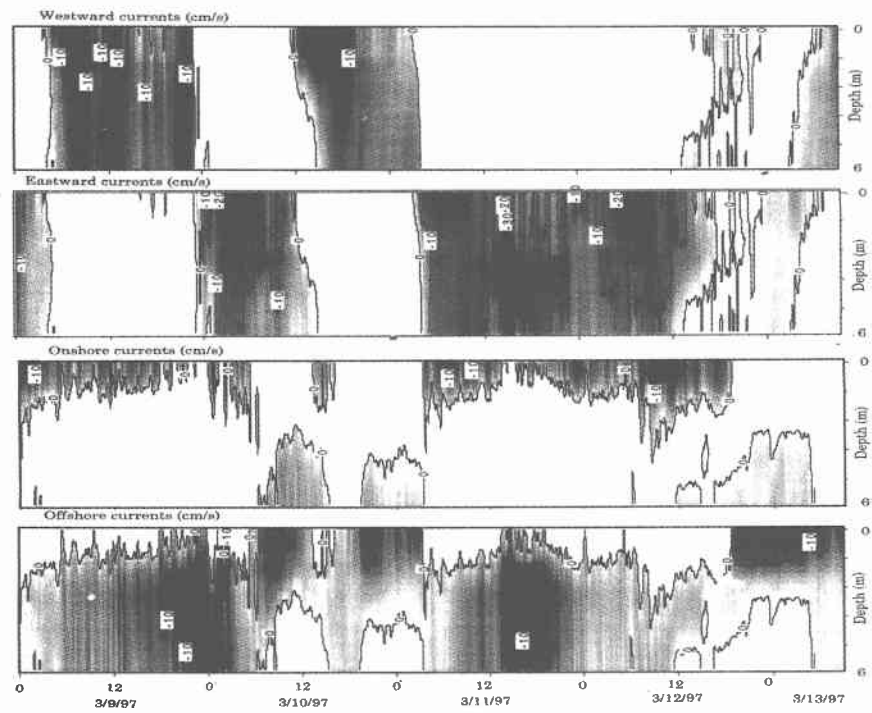


図-6 Phase-II における沿岸, 岸沖方向のみの流速強度の時間変化

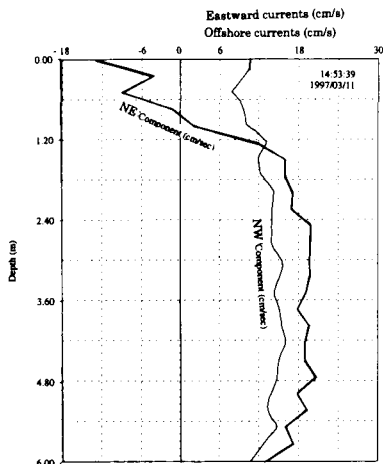


図-7 海浜流の鉛直分布の一例

が海底で、横軸が時間を示している。流れの方向は左右がNW方向(西向き)の沿岸流、NE方向(東向き)の沿岸流を示し、上向きが沖方向、下向きが岸方向の流れを示している。さらに、沿岸、岸沖方向の時間変化を見やすくするために、図-6に各方向のみの流速強度をコンター表示した。これらの図から、以下のことがわかる。

- (1) 図-5から、風が4~5 m/sと弱いときには、表層1 m程度までの吹送流が生じるが下層には及ばない。(3月10日20時頃、3月12日20時以降)
- (2) 図-5、6からわかるように、顕著な流れが全水深で起こるのは強風、高波浪時で、顕著な沖向き流れはストームの終に風速が約8 m/sより弱くなると発生している。
- (3) 沖向き流れは水深約1 mより下方では顕著な鉛直分布は持たず、ほぼ一様であるが、表層の流れの向きとは逆である。図-7は3月11日14:53頃の海浜流の鉛直分布を沿岸方向(NW Comp)および岸沖方向(NE Comp)について示したものであるが、この図から水深1 m付近(推定されるトラフレベル)で岸沖方向の流れが

変化していることがわかる。

(4) 今回観測された海浜流の強さは高々30 cm/sで、前半のストームから判断すると、風向きと波向きが逆の場合には沖向き流れが発生しやすいようである。

(5) 風向きと波向きが一致する場合には、安定した沿岸流が形成され(卓越し)沖方向の流れは発生しにくいようである。

4. 結 語

以上、冬期中部日本海沿岸で行った砕波帯近傍での海浜流場の鉛直分布の観測結果から得られた新しい知見として、以下のことが挙げられる。

- (1) 日本海沿岸の冬期の高波浪は必ず強風を伴い、うねりだけが長期間来襲する事はない。このような海域での海浜流場には強風による吹送流の寄与が極めて大きいことがわかった。このため、海浜流の数値モデルには風の影響を考慮する必要がある。
 - (2) 強風時に風向きと波向きが一致している場合の海浜流の流速分布は極めて安定しており、ほぼ定常状態の沿岸方向成分が卓越し、沖方向への成分は小さいが、風速が約8 m/s以下になると沖方向への流れが発生する。
 - (3) このような場合にはトラフレベルを境にして、せん断流的な特性が強くなるが、トラフレベル以下ではほぼ一様分布をしており、海底付近での強い戻り流れは観測されなかった。
- 最後に、本観測において多大なご協力を頂いた京都大学防災研究所 内山 清枝官に謝意を表明する。また、本研究は株式会社ニュージェックより委託された研究の成果の一部であるとともに、京都大学防災研究所の特別共同研究として行われたことを明記する。

参 考 文 献

- 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.