

ADCP により長期連続観測した海浜流の鉛直分布と その強風, 波浪応答特性

山下隆男* ・加藤 茂**・路 明***
安田孝志****・飯野智彦*****

1. 緒 言

地球環境を維持する観点から, 砂浜海岸の重要性が認識されるようになってきた。砂浜が持つ消波機能(防災機能)と海岸環境に及ぼす有用性(環境維持機能)を海岸環境の保全に利用することが試みられるようになってきた。海岸保全工法としてのビーチのソフト化, 養浜による砂浜の造成, 維持, 安定海浜の設計のためには, 波浪場, 海浜流場, 漂砂機構および海上風に関する理論, 数値モデルを総合した海底地形の変化予測手法の開発が必要となってくる。しかしながら, 漂砂などの輸送現象を考える場合には, 砕波帯での流れの場の 3 次元性が極めて重要であり, 海浜流の鉛直分布特性を明らかにするための現地観測が必須である。

特に, 日本海沿岸の海岸においては強風による吹送流と高波浪による波浪流とがどのように海浜流構造に寄与しているかを砕波と風せん断応力との関係で明確にする必要がある。本研究では, 観測機橋を援用し, ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) により長期間, 連続して観測した海浜流の鉛直分布のデータセットを作成するとともに, この観測から得られた砕波帯における流れの 3 次元構造と, それに及ぼす強風および波浪の影響について現象面から検討を行う。

2. ADCP による海浜流の鉛直分布の長期連続観測

2.1 観測の概要

1997 年 12 月 26 日から 1998 年 3 月 9 日の間に, 京都大学防災研究所大渦波浪観測所の観測機橋を用いて, 海浜流の鉛直分布, 海上風の乱流特性および波浪の連続観測を行った。海浜流の鉛直分布は, 海底設置型の ADCP 2 台により, 18 s のサンプリング間隔で連続観測した。海上風の乱流場は 3 成分超音波風速計で記録した。波浪は,

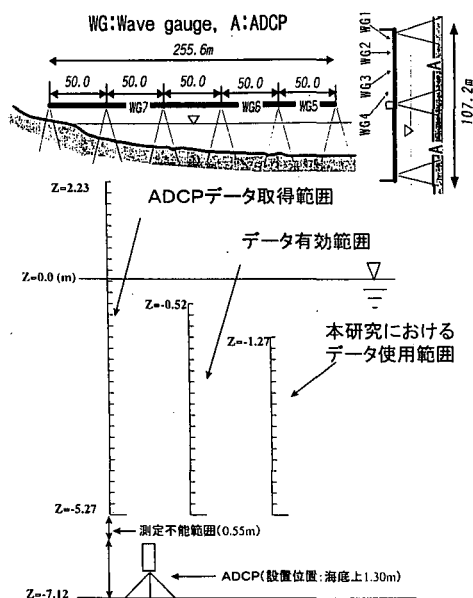


図-1 計測機器の配置および観測データ使用

7 台の超音波式波高計 (KENEK 製) で波向きおよび岸沖方向の波高変化を毎時 20 min 間計測した。図-1 に計測機器の配置を示す。

2.2 データ解析方法および観測結果

得られたデータは次のようである。(1) 機橋に設置された 7 台の波高計群による水位変動データ, (2) 2 台の高周波 ADCP (設置水深 6.5 m および 7.0 m) による流速の鉛直分布, (3) コーシンペーン風速計による 10 m 高度の 30 分間平均風速・風向および 3 成分超音波風速計による大気乱流特性のわかる海上風のデータ (1998 年 1 月 21 日まで)。

まず, ADCP データの周波数特性を検討した。中層での流速の周波数スペクトル特性を調べたところ, 図-2 のように, 高・中・低周波数帯 ($0.05 \text{ Hz} \leq f, 0.00167 \text{ Hz} \leq f < 0.05 \text{ Hz}, f < 0.00167 \text{ Hz}$) に卓越した周波数成分が存在することが明らかとなり, 高, 中間周波成分には波動特性が残っているが, 低周波成分には卓越方向を示す平均流 (海浜流) が抽出されていた。これより, 海浜流と波

* 正 会 員 工博 京都大学助教授 防災研究所災害観測実験センター

** 正 会 員 工修 京都大学助手 防災研究所災害観測実験センター

*** 学生会員 工修 京都大学大学院 工学研究科

**** 正 会 員 工博 岐阜大学教授

***** 学生会員 岐阜大学大学院 工学研究科

浪成分との分離には10分程度の時間平均化を用いることとした。また、風の海面に作用するせん断断力は3成分超音波風速計の記録から Turbulence Dissipation Method(TDM)法よりを推定した。

図-3に観測期間中の有義波高、沿岸流、離岸流流速を示す。沿岸流、離岸流流速は ADCP データの5 m から6 m 層の12分間平均値で、それぞれ沖方向、東向きが正である。

3. 海浜流の強風、波浪応答特性

3.1 海浜流の鉛直分布の変動特性

図-4は、1998年1月6日～7日の2日間における風速成分、有義波高および海浜流の鉛直分布をまとめて

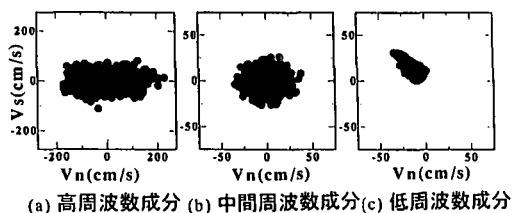


図-2 各周波数帯の水粒子速度分布 (97/3/11 8:00-12:00)

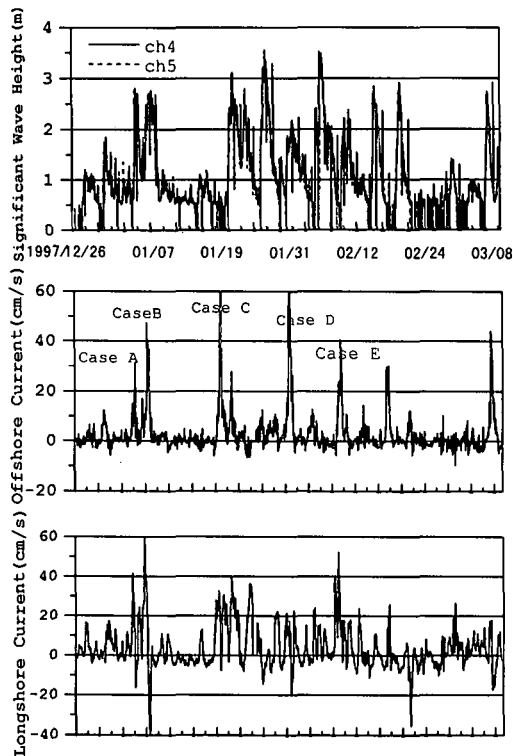


図-3 観測期間中の有義波高、沿岸流流速、離岸流流速の時間系列

表わしたもので、まず、西寄りの強風の連吹により沿岸流(図では横向き)が卓越する。次に、風向きが変化すると強い沖向き流れ(離岸流)が数時間発生し、その後に沿岸流の卓越する海浜流系が再形成されていることがわかる。このパターンはこの海域における強風時の海浜流の時間発展の典型であり、観測期間中に明確なパターンが5例(図-3に Case A, B, C, D, Eの記号で示した)観測された。図-5にこれらのパターンを全て示す。この図より、(1)東向きの沿岸流が卓越していること、(2)3～9時間の短時間で強い沖向き流れが発生していること、(3)ストームの終に離岸流が発生することがわかる。なお、離岸流の発生と海底地形変化とが1:1に対応しているが、その特性については、山下・黒岩・野田(1998)で詳しく検討されている。

3.2 離岸流の発生機構と鉛直分布特性

図-6は図-4に示した phase A, B, Cの区間の12 min 間平均の流速分布を断面平均値で無次元化し、その時間変化特性を示したものである。図の右側に沿岸流速成分 u 、左側に岸沖成分 v を示す。それぞれ、東向き、沖向きを正としている。図中の数字1～5は最初の12 min を1として、1 hr 分の順番を示している。一方、図-7は、同じ時間帯の岸沖(上段)および沿岸(下段)方向の10 min 平均流速の鉛直分布の時間変化を示している。これらと図-4から、離岸流特性として次のことがわかる。(1)沿岸流が安定な場合には、phase A(22:00-23:00)のように、離岸流は不安定で弱い。(2)沿岸流の流向が変化する場合、phase B(6:00-7:00)のように非常に強い戻り流(平均流速で0.5～1 m/s)が発生する。この時の鉛直分布形状は極めて安定で、トラフレベルより下でほぼ一様な分布をしている。トラフレベルより上では、それに見合う岸向きの流れとなっているものと推測される。また、(3)この時の鉛直分布の勾配は逆転し、下層が遅い沖向きの流れとなる。数値シミュレーションの結果を参考にすると、この岸沖方向の流れ(離岸流)は主として碎波によって生じた流れであると推定される。

3.3 沿岸流の発生機構と鉛直分布特性

図-4に示されるように、風の吹きはじめから沿岸流が徐々に発達する。その鉛直分布は極めて安定で、やや下層が遅いほぼ一様な分布形状をしている(図-6、図-7の22:00-23:00)。風向が変化する場合、図-4の phase Bのように沿岸流の流向も変わって、鉛直分布形状は不安定になり、図-6、図-7の06:00-07:00のデータのように鉛直方向に激しく変化する。鉛直分布の勾配は逆転し、上層が早く、下層が遅くなる。風向きが変わった後、沿岸流の流向も変化して、16:00-17:00のデータのように鉛直分布形状は安定になり、やや下層が早いほぼ

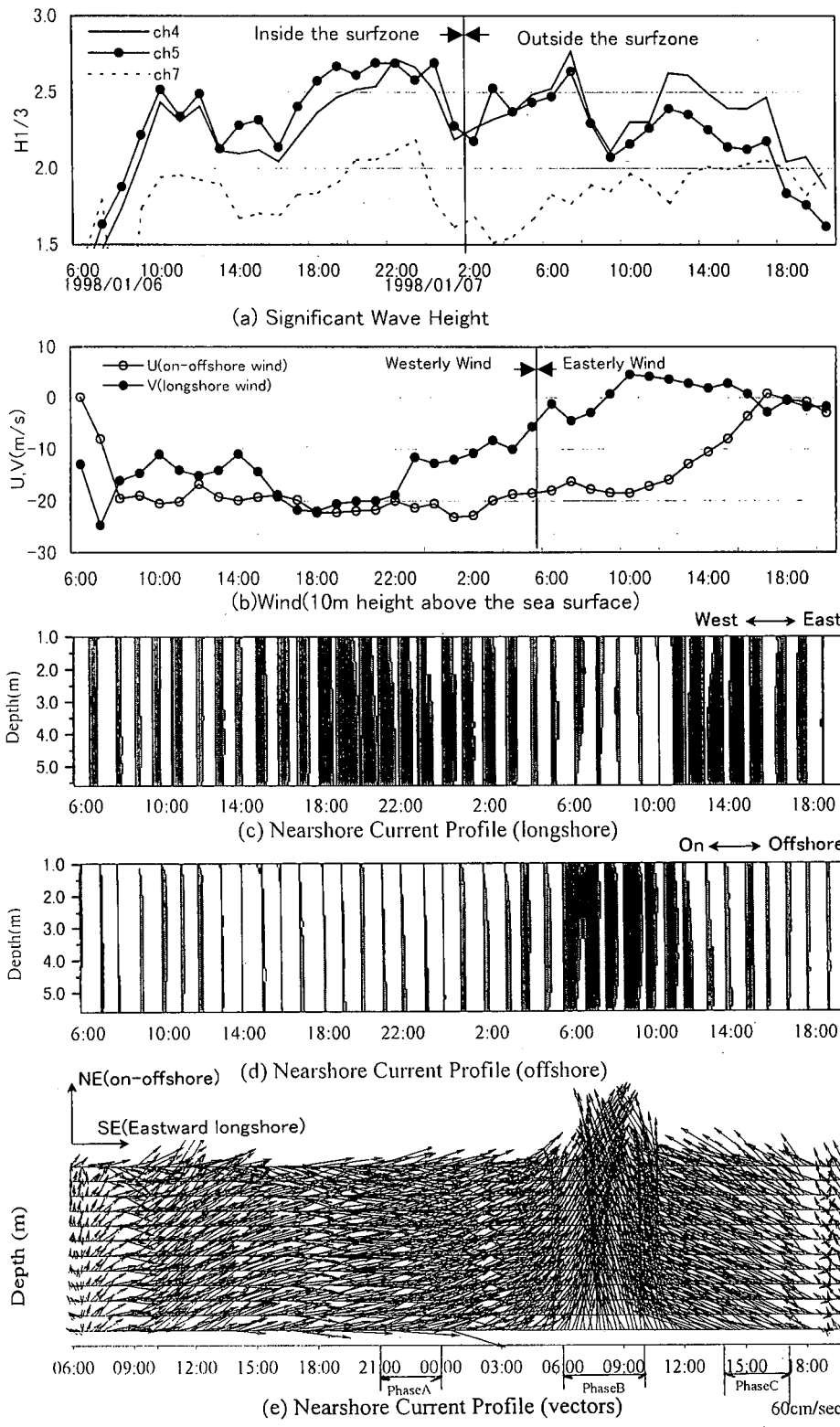
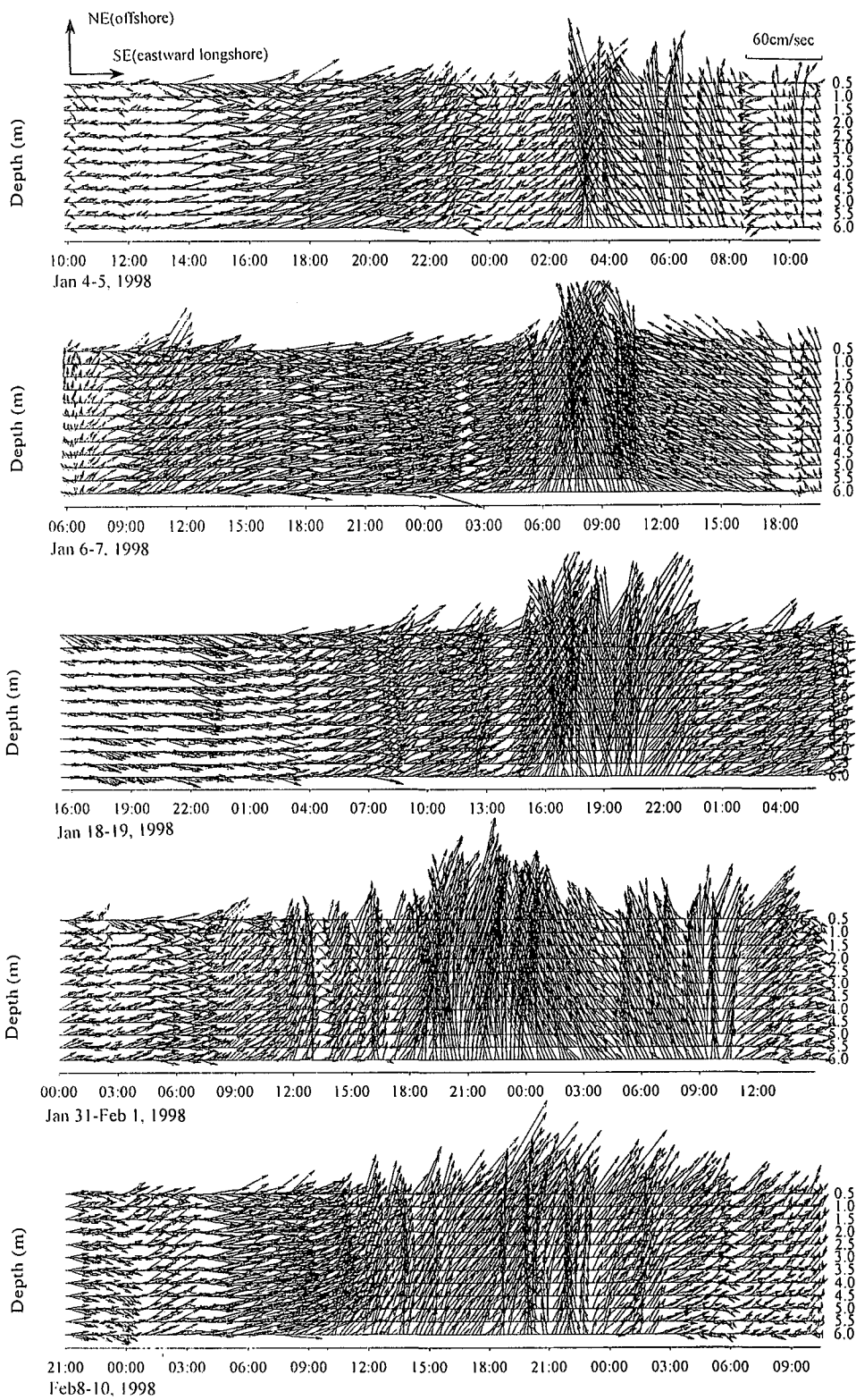


図-4 波浪、風および海浜流の鉛直分布 (1998年1月6, 7日)



図一五 離岸流発生時の海浜流の鉛直分布の変動特性

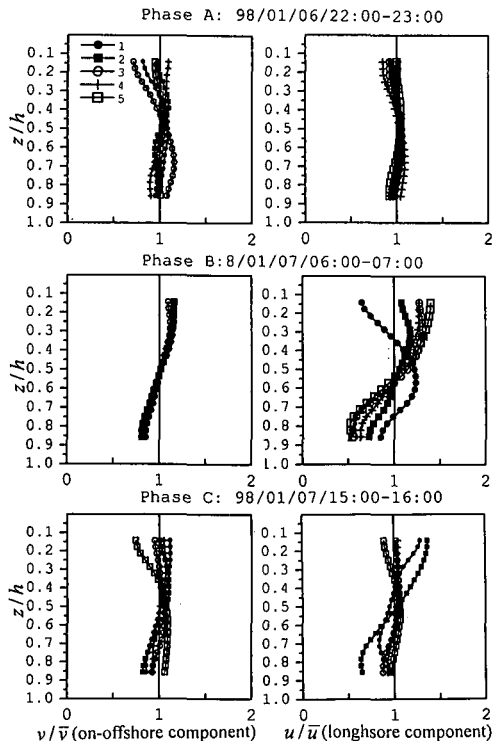


図-6 規格化した海浜流の鉛直分布

一様な分布を示す。これらのことから、沿岸流は主として風により発達した吹送流であると推測される。

4. 結 語

以上、本研究では海浜流の共同観測結果から、海浜流の発生機構および3次元構造と強風、波浪応答特性を検討し、以下のような成果を得た。

1) 砕波帯を含む沿岸域における流れは、吹送流(風により発生する流れ)と波浪流(砕波により発生する流れ)とで形成されている。これにより、海浜流の発生機構に波浪流だけでなく吹送流も考慮しなければならないことがわかった。

2) 吹送流は強い沿岸流を砕波帯の内外で発生させ、その流速分布はトラフレベル以下で一様な分布をしてい

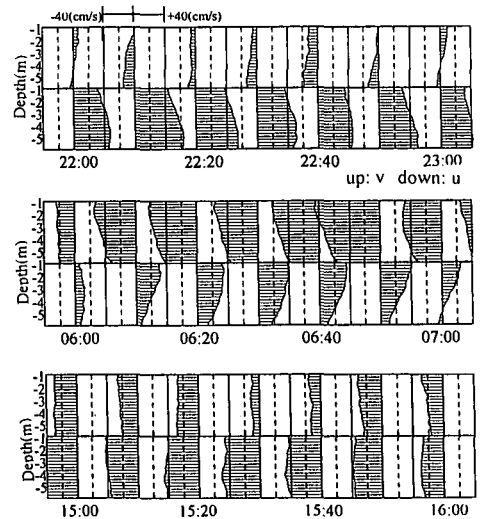


図-7 10 min 平均の海浜流の鉛直分布

る。

3) 波浪流は岸沖方向の流速分布に強いせん断流特性を形成し、トラフレベルより上では岸向き、それより下では沖向きの流速分布を形成する。強風、高波浪時のトラフレベルより下の流れは常に沖向きである。

4) 以上の流れの特性は平面的にはほぼ一様な分布をしている。

最後に、ADCP 観測において、京都大学防災研究所大渦波浪観測所の内山 清枝官から大変なご助力を賜ったことを明記し謝意を表する。また、本研究は、文部科学研究費、基盤研究(B) (No. 09555157)、および京都大学防災研究所、特別共同研究の研究プロジェクトの一部として行われた。なお、本観測のデータは海浜流の3次元モデルを構築するためには有用なデータであると思われるので、これを公開するための方法を検討している。

参 考 文 献

山下隆男, 黒岩正光, 野田英明 (1998): 現地観測データからみた海浜流場と海底地形の変動特性との関係, 海岸工学論文集, 第45巻, pp. 576-580.