

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

山下隆男*・黒岩正光**・野田英明***

1. 緒 言

冬冬季節風による海岸侵食は日本海に面する砂浜海岸の宿命ともいえるが、これがどのような機構で発生しているかを明確にすることは、この海域における海岸保全を考える上で重要である。日本海沿岸の海岸侵食機構として一般に考えられることは、日本海が有限フェッチの閉じられた海域であるため、うねりの発生頻度が低く、さらに波形勾配の大きい侵食性の波浪が来襲するため、本質的に侵食性の外力特性を有しているということである。

最近の広域な観測結果(佐藤, 1996; 山下ら, 1997)によると、強風による吹送流が沿岸流特性を大きく支配していることがわかってきた。すなわち、日本海においては冬冬季節風の高波浪時には必ず強風を伴うため、吹送流と波浪流とが共存して海浜流を構成していることが認識されるようになってきた。山下ら(1998)の観測によると、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)とで形成されており、吹送流は強い沿岸流を砕波帯の外で発生させ、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る。また、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ことが明らかになっている。海浜変形や沖向き漂砂機構の観点からは、このような砕波帯近傍の流れの場で、海浜変形が流れ特性とどのように連動しているのかを明らかにする観測は興味深い。

本研究では、ADCP による冬冬季節風時の海浜流の長期連続観測と砂面計による海底地形の連続観測結果とを対応づけ、海浜流場と海底地形の変動特性との関係を検討する。

2. 海浜流場および海底地形の観測

2.1 観測の概要

1997 年 12 月 26 日から 1998 年 3 月 9 日を観測期間として、京都大学防災研究所大渦波浪観測所(新潟県中頸城郡大潟町)の漂砂・波浪観測棧橋(T 型棧橋)を用いて、海浜流場と海底地形の変動特性の観測を実施した。海浜流場は RD Instrument 社製の 1200 kHz の ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) により冬冬季節風時における海浜流の鉛直分布を連続観測した。サンプリング間隔は 2 s で鉛直方向には 25 cm 間隔で 30 セル分割とした。波浪は超音波波高計 7 台の毎時 20 分間観測から、波向き(4 台のラインアレイ)および岸沖方向変化(4 台)が定常観測として実施されている。

海底地形の変動は、光学式砂面計 2 台(三洋測器(株)社製 SPM-III 型、測定形式: フォトスキャン方式、検出個数および測定範囲: 61 ch (2.5 cm ピッチおよび 1.5 cm (スタンダード))により、30 分間隔で計測した。砂面計は直径 4 cm、長さ 4 m の足場パイプ先端部に緊結しこのパイプを海底に埋めた。

観測場所と各計測機器の配置を図-1 および 2 に示す。

2.2 大潟海岸の海底地形と底質特性

以上の集中観測とは別に、T 型棧橋に沿ってレッドに

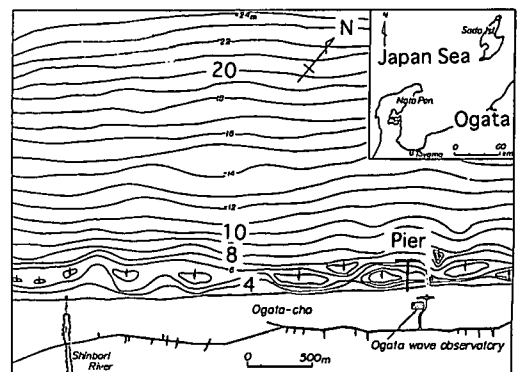


図-1 観測場所の概略

* 正 会 員 工 博 京都大学助教授 防災研究所 災害観測実験研究センター

** 正 会 員 工 修 鳥取大学助手 工学部土木工学科

*** フェロー 工 博 鳥取大学教授 工学部土木工学科

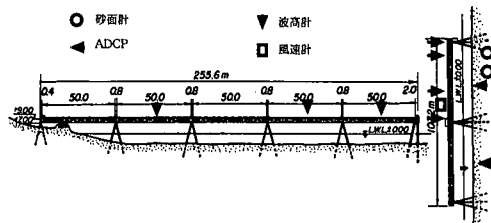


図-2 T型観測機橋と計測機器の配置

よる海底地形の計測(2.5mピッチ)が毎月行われているので、この観測結果から機橋に沿う地形変化の長期的な変動特性を把握することができる。図-3は1997年3月から1998年3月までの機橋先端部(沿岸方向に100mの観測機橋部)で計測された海底地形の変化を示している。これより、次のことがわかる。

- 1) 沿岸方向の1年間における海浜地形は、測点35より東側で堆積傾向、それより西側で侵食傾向にある。
- 2) 地形の変化は冬期が顕著で、特に1997年11月～12月にかけて大きな変化が認められるが、流速分布データが無いため、地形変化と流速変動との関係はわからない。
- 3) 観測機橋の西端では1年間で約50cmの海底の低下が生じている。

大瀧海岸の底質は「瀧町砂丘」と呼ばれる新砂丘砂である。瀧町砂丘は、直江津から柿崎に至る長さ約20km、幅約3kmの沿岸部に発達しており、上層から新砂丘砂(新期砂丘砂層)、黒色腐食土層、褐色粘土層および瀧町砂層の4層に堆積している。また白井(1993)によれば、機橋の延長線上の海岸底質の粒度分布の岸沖変化特性は沖方向に一樣に粒径が小さくなり、この海岸の前浜、後浜底質の特性は以下のようにまとめられている。

沿岸方向特性：

- 1) 中央粒径 M_{50} は郷津の東10～14kmの区間で極小値を示し東西へ漸増する。
- 2) M_{50} の極小値を示す区間は海岸砂丘砂の侵食が激しい所である。
- 3) 直江津港築造の影響を最も強く受け、侵食の激しい箇所(郷津の東5km)で M_{50} が大きく減少している。
- 4) 関川から西は M_{50} が漸増傾向にあり、堆積過程にある事を示している。

岸沖方向特性：

- 5) メガカスプの湾入部がトラフ、突出部が分断バーの接合部に対応する。
- 6) 前浜の M_{50} は1.8～0.7 ϕ 、トラフでは0.7～0.7 ϕ 、バー頂部で1.6 ϕ 、バー接合部で1.8～2.1 ϕ 、バーの沖側斜面で1.8～2.6 ϕ 、沖浜で2.6～2.9 ϕ である。

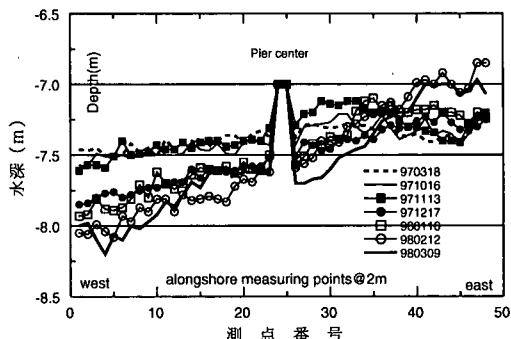


図-3 機橋先端部(沿岸方向に100mの観測機橋部)で計測された海底地形の変化

- 7) バー頂部の底質と砂丘砂のヒストグラムは類似しており、1.38 ϕ および0.88 ϕ にモードを持つ二峰分布であり、砂丘砂がバー頂部に堆積していることを示している。

2.3 砂面計および ADCP の観測結果

沿岸方向に並べた2台の光学式砂面計の内、東側に設置した1.5cmピッチの計器は1月8日ごろに漏水により記録ができなくなった。もう一方の西側の2.5cmピッチの砂面計は最後まで記録を取ることができ、回収時にサポート用のパイプが沈下していないことを確認した。

図-4(a)に、ADCPの西側14mの地点に設置した2.5cmピッチの砂面計による海底地形変化(30min平均値)、図-4(b)～(d)に、エコー強度(水深5.5～6m層の12min間の平均)、ADCPにより連続計測された岸沖および沿岸方向流速(水深4～6m層の12min間の平均)の時間変化を示す。図中、岸沖方向流速では沖向きを正、沿岸方向流速は東向きを正としている。

3. 海底地形の変動特性

3.1 海浜地形の変形特性

図-4(a)の光学式砂面計による海底地形の連続観測から、海浜地形の変形特性として以下のことがわかる。

- 1) 計測された海底地形の変動データから、海浜が侵食される(水深が深くなる)過程には2通りの形態がある。一つは早い復元特性を持つ侵食で、本研究ではこれを「復元性侵食」と呼ぶこととし、図中に記号Rで示す。他の一つは復元力の弱い侵食で、「弱可逆性侵食」と呼び、記号(NR)で示す。どちらの侵食も、図-4(d)に記号RIPで示した顕著な離岸流発生時に生じている。

- 2) 顕著な復元性侵食(R型侵食と略す)は観測期間中9回生じているが、いずれの場合にも20cm/s以上の強いパルス状の沖向き流れの発生と対応している。また、

侵食は1日程度の短期間で完全に回復している。

3) R型侵食とは別に,明らかに可逆性の弱い侵食,すなわち復元しない侵食(「弱可逆性侵食」)が1ケース観測されている。これは,1月19日午前5:00ごろに始まり,1月22日4:00頃に最大洗掘深に達し,それ以降ほとんど回復していない。以下では,これをNR型侵食と略すが,この侵食が起こる条件は3.3で検討する。

3.2 海浜流と地形変化の応答

これまでの沿岸部における流れの観測事実から,海浜流は吹送流と碎波による波浪流とで形成されており,吹送流は強い沿岸流を碎波帯の内外で発生させ,波浪流はトラフレベルより下で沖向きの流れを形成することが明らかになっている。すなわち,海浜地形の変化に寄与している海

底面付近の流れは,風に依存し風向と同じ方向の吹送流と沖向きの波浪流とが支配的である。これらの流れが往復運動としての波浪流と共存して海底の底質を移動させ,地形変化を引き起こしているという因果関係は,はっきりしていると考えてよさそう。このことに着目して海底地形と流速場との応答関係を,観測事実から検討しよう。図-5は,2台の砂面計が稼働している観測期間中に強い沖向き流れ(RIP)が観測された1月6,7日の(a)砂面計,(b)流速ベクトルの鉛直分布,および(c)有義波周期,波高の時間変化である。これより,以下のことがわかる。

1) 図-5(b)から判断される,強い沖向きの流れが生じている1月7日,AM4:00~12:00の間に図-5(a)からわかるように,約5m沿岸方向に離れた2台の砂面計は同時に同程度(5~15cm)の侵食(海底面の低下)が生じている。これより,海底地形の変化はこの海域でほぼ同時に発生していたと考えられる。

2) その後,離岸流成分が無くなり,逆向きの沿岸流が生じるとこの侵食は完全に回復している。この場合には東西の砂面計で時間遅れがみられる。すなわち,1月7日,AM12:00以降は沿岸流の向きが西向きに変化し

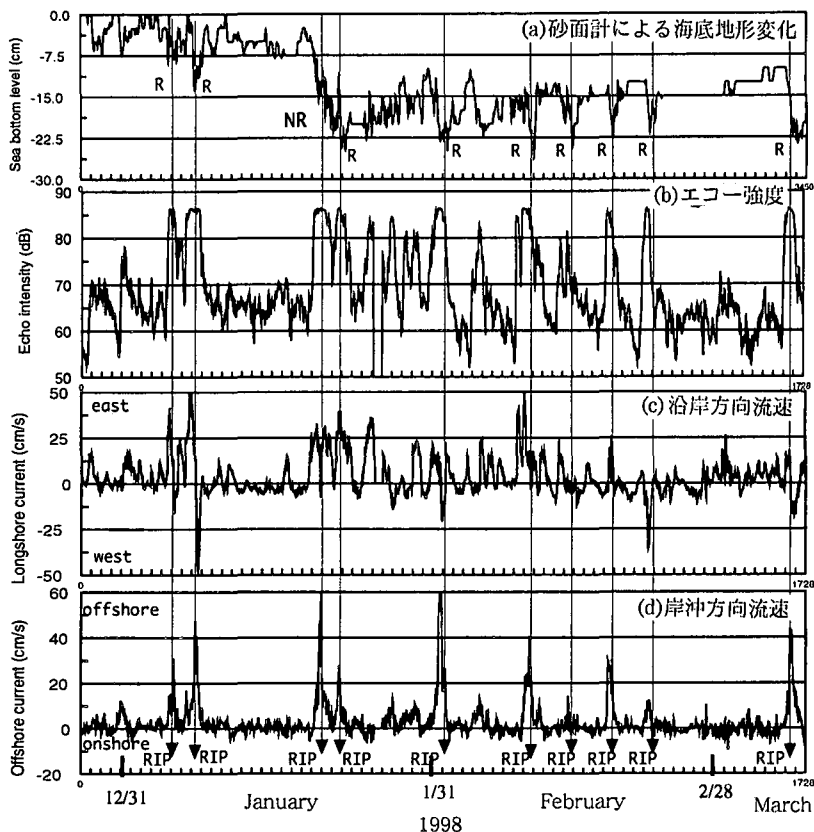


図-4 砂面計および ADCP の観測結果

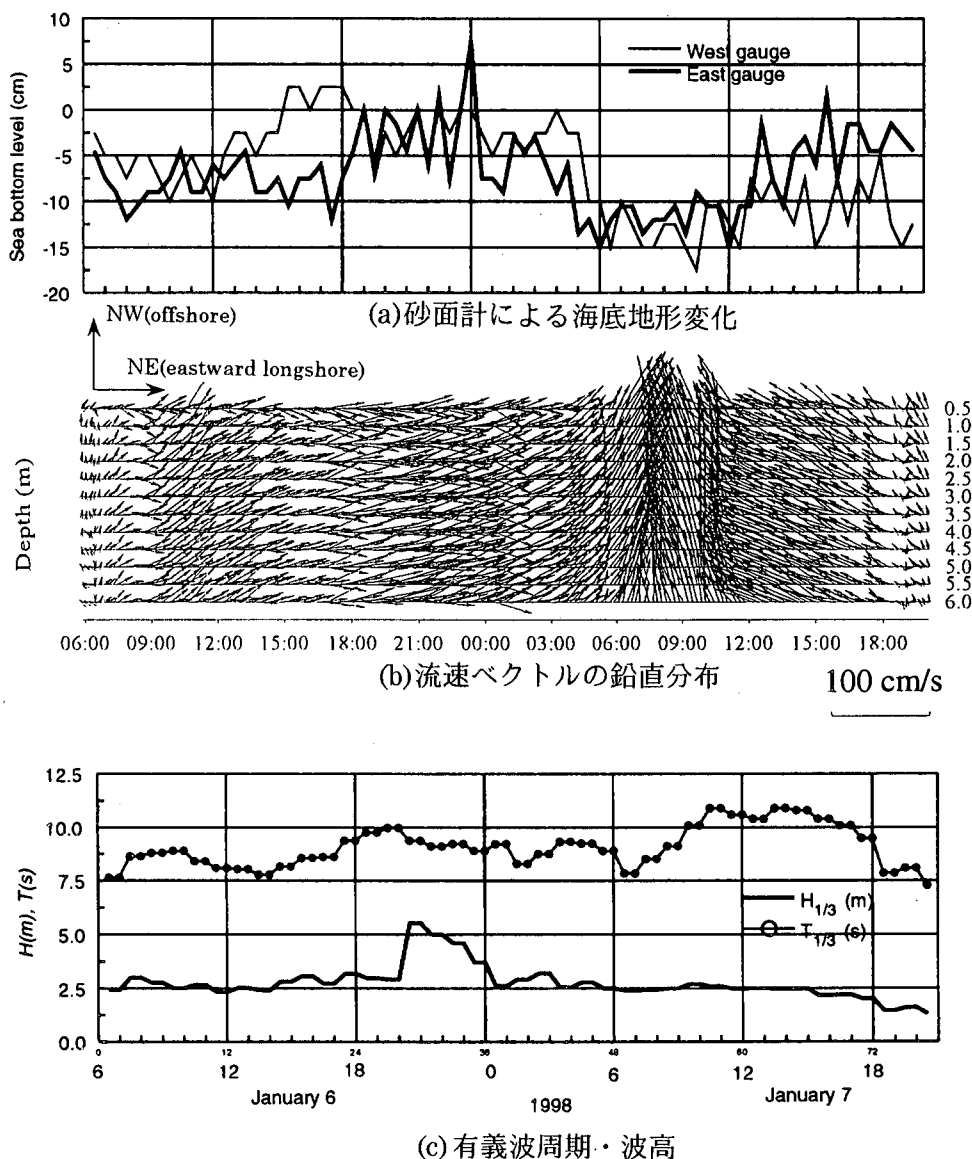
たため,東側の地形から回復が生じそれが伝播しているともなせる。これとは逆に,侵食が始まる前の海底地形の変化は,東向きの沿岸流が卓越していたため,西側のから侵食が生じそれが伝播しているともなすことができる。

3) 以上の観測結果から判断して,碎波帯近傍における海底地形変化は海底付近の流れ(浅海域ではトラフレベル以深では,波浪境界層上縁まで鉛直分布はほぼ一様)に極めて敏感に応答していることがわかる。

3.3 「弱可逆性侵食」の発生条件

さて,問題となるのは,期間中に1ケースだけ観測された「弱可逆性侵食」(NR型侵食)の発生条件である。これは海岸侵食,特に底質の沖方向流失機構と関連して重要な問題であると考えられる。図-6(a)は西側に設置した砂面計による地形変動,(b)は流速ベクトルの鉛直分布を示す。表示期間は1月19日1:00から1月22日23:00である。この図から,約20cmの海底が低下し,復元が極めて緩やかなNR型侵食が発生しているが,これを引き起こした海浜流の特性として以下のことが挙げられる。

1) 19~22日の4日間連続して強い東向き一方向の



図一五 1月6、7日の海底地形、流速ベクトル、有義波の時間変化

沿岸流が発生している。

2) この間、沖向き流れ、浮遊砂の高濃度状態(エコー強度から判断した)が連続して発生している。

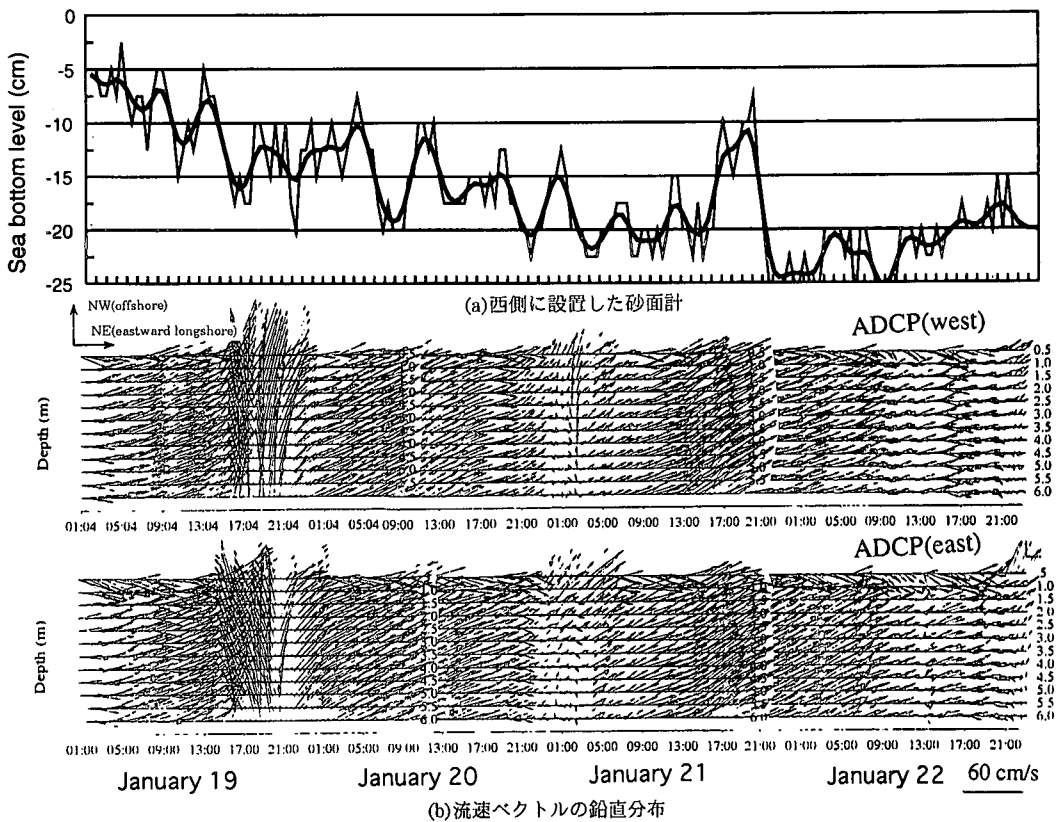
また、このNR型侵食は図一3の棧橋先端部で計測した海底地形の変化にもみられる。図中の980116と980212の計測結果の比較から、このNR型侵食は棧橋の西側で顕著で、棧橋東側では堆積傾向にあることがわかる。また、1997年の11月13日から12月17日の間に発生したNR型侵食にも同様の沿岸方向分布の傾向がみられる。以上より、この海岸で観測されたNR型侵食は東向きの沿岸漂砂、および沖向き漂砂による海底地形変化であると結論され、このような弱可逆性侵食が月に1

度程度の頻度で発生しているらしいことが推測される。

4. 結 論

冬季節節風時における海浜流の長期連続観測と砂面計による海底地形の連続観測から、海浜流場と海底地形の変動特性として以下のことが明らかにされた。

- 1) 砕波帯近傍における海底地形変化は海底付近の流れに極めて敏感に応答していることがわかる。
- 2) 海底地形の侵食変形過程は、復元性侵食と弱可逆性侵食とに分類される。
- 3) 顕著な離岸流は沿岸流の方向が変化する時に発生し、必ず顕著な海底の低下を発生させる。



図一6 「弱可逆性侵食」とその期間の海浜流ベクトル

4) 弱可逆性侵食は一方方向に偏った沿岸流，沖向き流れ，浮遊砂の高濃度状態が数日間連続した場合に発生する。

5) 大渦海岸においては，NR型侵食は東向きの沿岸漂砂，および沖向き漂砂による海底地形変化であり，月に1度程度の頻度で発生していると推測される。

最後に，砂面計計測においては，京都大学防災研究所大渦波浪観測所の内山清技官ならびに株式会社フジタの永瀬恭一氏の大いなるご助力を得たことを明記し，謝意を表する。また，本研究は，文部省科学研究費，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。

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.
山下隆男, 吉岡 洋, 路 明, 加藤 茂 (1997): 碎波帯内の海浜流, 波浪場の ADCP 観測, 海岸工学論文集, 第44巻, pp. 361-365.
山下隆男, 加藤 茂, 路 明, 安田孝志, 飯野智彦 (1998): 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, 海岸工学論文集, 第45巻 (印刷中)