

新潟西海岸の冬季風浪時における面的流況観測結果

高野 誠 紀* ・ 坂 井 秀 雄** ・ 中 宮 正 人**
坂 井 隆 行*** ・ 李 在 炯****

新潟西海岸の冬季風浪時を対象として、10 測点での計器計測と X バンドレーダによる流況観測を実施した。新潟沖(水深 35 m)の有義波高が 5 m を超える高波浪時では、西からの強風に伴う波浪の発達期に海域全域で東向きの強い沿岸流が観測された。波高が最大となった最盛期では沖側の流向は東向きであるが、水深 10 m 以浅では流向が西へ転じる状況が確認された。X バンドレーダの画像解析では、方向スペクトルを良好に推定することと面的な表層流の方向特性を推定する可能性が示された。海域の土砂移動の主要外力である波、流れは、面的かつ時間差のない観測を行うことが必要であり、その結果から適切な海岸土砂管理を行うことが期待される。

1. はじめに

新潟西海岸では、新たな侵食対策として、1988 年度より突堤・潜堤及び養浜を用いた面的防護工法による整備が進められている。2003 年には、図-1 に示すように潜堤(延長約 1400 m)、突堤(堤長 200 m) 3 基が既成し、1994~2000 年にかけて整備区域の一部で約 43 万 m³の養浜が実施されている。しかし、面的防護区域西側の海岸では、侵食区域が西へ広がる状況が認められ、今後より一層広域での土砂収支を踏まえた海岸土砂管理の必要性が指摘される。

新潟西海岸で行われた現地観測及び深浅測量結果等から、田中ら(1996)は波浪の発達期での卓越沿岸漂砂輸送方向が東向き、また、最盛期から減衰期にかけては西向きであると推定している。

広域の土砂移動の主要外力である波浪と流れ場の特性を正確に把握するためには、広範囲にわたる海域の面的かつ時間差の無い観測を行う必要がある。本報では、この様な観測システムを開発するため、新潟西海岸の広域土砂移動の外力となる波、流れの 10 測点での計器計測に加えて、海洋観測レーダとしての利用が期待される X バンドレーダによる海面状況データを取得する現地観測から得られた面的流動特性を報告する。

2. 現地観測

冬季風浪時を対象とした広域現地観測は、2004 年 1 月~2 月までの約 1 ヶ月間、図-1 に示す新潟西海岸の面的防護施設前面と周辺の沿岸距離 2000 m と離岸距離 200 m (水深 8~23 m) の水域に計測機器を設置し、波と流れの計測を行った。

X バンドレーダは、海域の計測期間中に、観測水域背後の砂丘上(DL+14 m)に設置し、気象・海象情報を確認しながら、高波浪時の海面画像データを取得した。

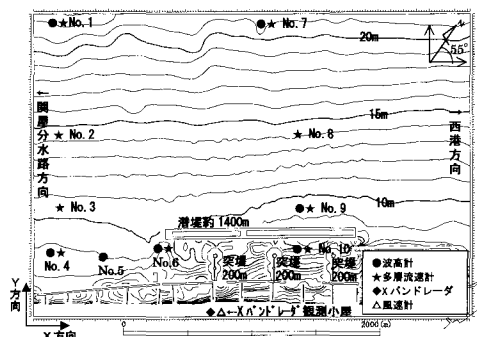


図-1 現地調査位置図

(1) 観測方法

a) 波浪および流況観測

波浪観測は、図-1 の No. 1, 4, 5, 6, 7, 9, 10 (●印)に波浪計を設置し、1日12回偶数時の20分間データを取得し、有義波高・周期および波向等について整理した。

流況観測は、図-1 の No. 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10 (★印)に多層流向・流速計を設置し、1日24回正時の10分間データを取得し、1m層ごとの平均流速・流向について整理した。

b) X バンドレーダ観測

X バンドレーダ観測は、図-1 に示す新潟西海岸背後砂丘上の観測小屋(◆印)の屋上にレーダを設置し、新潟沖の有義波高が3m以上となる荒天時の海面状況の画像データを取得した。X バンドレーダの仕様は、回転数約 24 rpm、周波数 9410±30 MHz である。

沿岸方向 5600 m、岸沖方向 2800 m の範囲の X バンドレーダ画像データは、画像取り込み装置を通して 2 秒毎にパソコンに収録した。収録画像データは、1024×512 ピクセルであり、1 ピクセルの大きさは約 5.7 m に対応している。

(2) 観測期間中の海象条件

現地観測期間中の海象条件として、新潟沖(水深 35 m)の有義波高・周期、平均波向および風向・風速の経時変

* 正会員 新潟港湾空港技術調査事務所長
** 新潟港湾空港技術調査事務所
*** 株式会社 エコー
**** 正会員 博(工) 株式会社 エコー

化を図-2に示す。なお、現地データの座標は、図-1中のX-Y座標系による。

観測期間中の1月13～15日と1月22～24日にかけて新潟沖の有義波高が5mを超える荒天となった。この2回の高波浪時には、波浪の発達過程において15m/sを越える西からの強風が発生し、波向は西方向である。波浪が最盛期から減衰期になると波向が北方向へ変化する新潟西海岸の典型的な高波浪時の変化を示した。

本報では、この2回の高波浪時の観測データに着目して以下の検討を行うこととする。

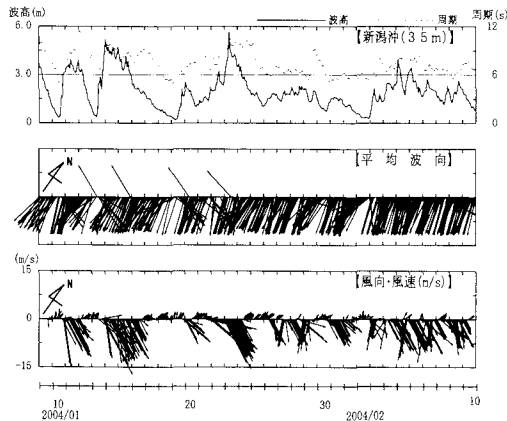


図-2 調査期間中の海象条件

(3) 高波浪時沿岸方向流速の経時変化

新潟西海岸前面海域の代表測点として、測点 No. 7(水深 23 m)、また、浅水域の代表測点として測点 No. 6(水深 9 m)を選び、高波浪が観測された1月13～15日と1月22～24日の沿岸方向流速の経時変化を図-3および図-4に示す。図中には、No. 7の有義波高と No. 7および No. 6の海底面上約 1.5 m での流速を示す。

この2回の高波浪時には、沖側の No. 7は波浪の発達期から減衰期にかけて流向は西港方向(東)で、流速は波高が3mを越える発達過程で0.7～0.9 m/sの最大流速となり時間経過とともに減衰するが持続している。一方、岸側の No. 6では、波高が3m程度まで増大する過程では、沖と同じ西港方向の流向であるが、波高が3mを超える時期から関屋分水路方向(西)へ流向が転じ、波高が最大となった時点で西向き沿岸流速も最大(0.5～0.7 m/s)となり、波高変化に応じて流速も減衰する。

(4) 層別流速の関係

高波浪時の土砂移動には、底層流が大きく影響している。後述するXバンドレーダ画像解析は、表層流の面的な流況分布を推定することとなる。そこで、多層流向・流速計の観測結果より、測点 No. 7と No. 6の表層と中

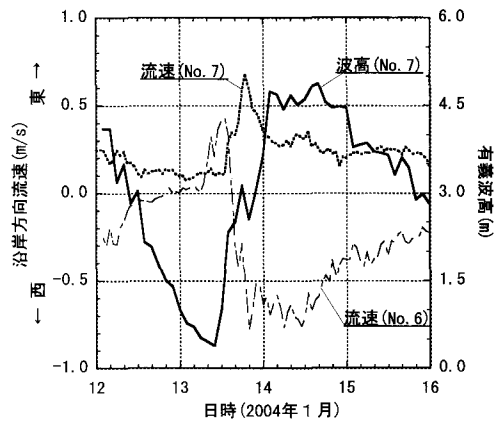


図-3 高波浪時沿岸流速の経時変化 (1/12～15)

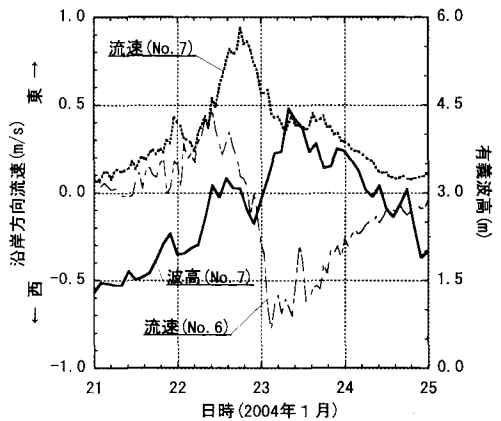


図-4 高波浪時沿岸流速の経時変化 (1/21～24)

層(中間水深)および底層での沿岸流速の相関関係を図-5に示す。

沿岸方向流速は、観測位置や水深の違いに関係なく表層から底層までほぼ様な流速分布であることを示しており、Xバンドレーダ解析から算定した表層流速を底層流速として採用できることが確定される。

3. 面的流況分布特性

高波浪時を対象として、波浪の発達期と最盛期の測点 No. 7の波浪条件および海域陸側のXバンド観測小屋上で観測した風データと各観測地点の流況分布を整理する。

図-6は1月13～15日の高波浪時における波浪・風および流況分布である。波浪の発達期では、波向(太線矢印)および風向(細破線矢印)が西向きであり、海域の流れは全観測地点で西港方向に向かう約0.4～0.9 m/sの強い流れが観測された。その後、波高が5m程度となった最盛期では波向が北方向へ転じても、潜堤沖側の水深10m以深では西港方向の流れが継続するが、潜堤

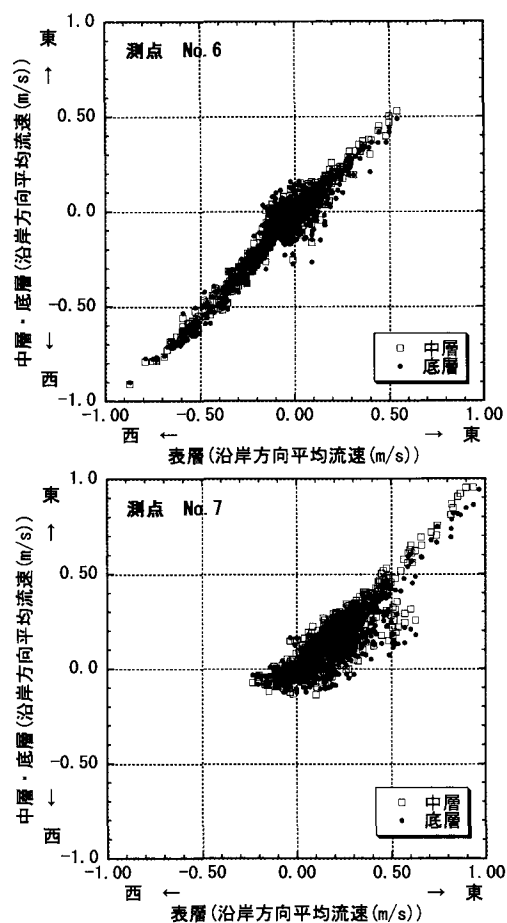


図-5 層別流速の相関関係

岸側の10m以浅では0.3~0.6 m/sの関屋分水路方向への西向きの沿岸流が観測された。その後の波浪減衰過程では、各観測地点の流速は0.2 m/s前後にまで低減するが、最盛期と同様の沿岸方向の流れが継続した。

図-7に示す1月22~24日にかけての高波浪時においても、上記高波浪時と同じパターンの波浪の発達・最盛・減衰による広域での流況変化が観測された。なお、対象海域西側のNo.4では、流向が西港方向から関屋分水路方向へ転じる時期は波高が3m程度まで低減した減衰期であった。

新潟西海岸の10m以浅の浅水域では、波浪の発達期と最盛期から減衰期では沿岸流向の逆転現象が生じる。この主要因が入射波浪の波向変化によるものであることが、図-8のXバンドレーダ画像によって確認できる。

4. Xバンドレーダ観測結果

(1) Xバンドレーダ画像

図-8は波浪の発達期(1月22日)と最盛期(1月23

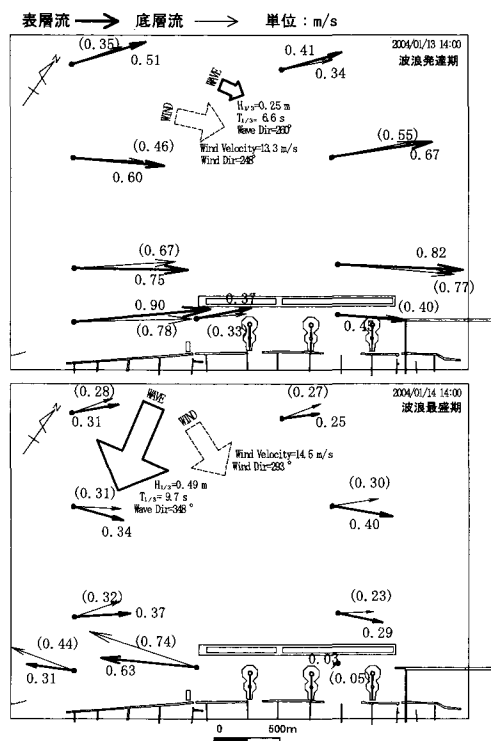


図-6 高波浪時の流況分布図(1月13, 14日)

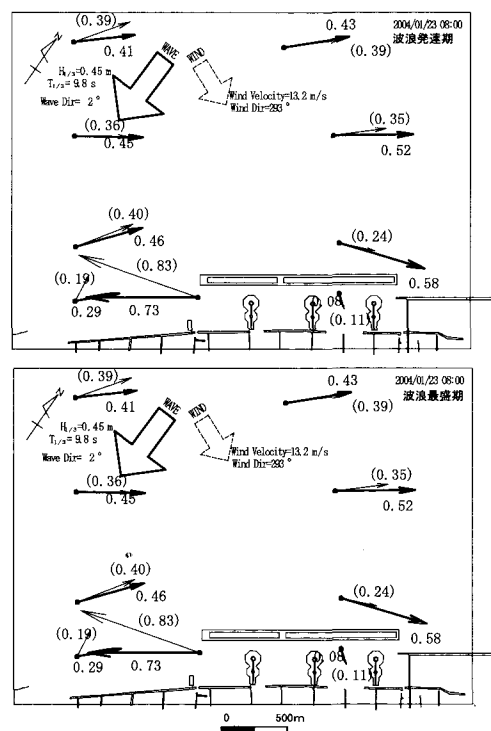


図-7 高波浪時の流況分布図(1月22, 23日)

日)のXバンドレーダ画像である。レーダ画像には、反射が強い来襲する波峰線が明瞭に白く映し出される。

波浪の発達期では、レーダ画像の波峰線が海岸線に対して左に傾き、波が西方向から来襲していることを示している。また、波浪の最盛期には、波向の変化によって波峰線が海岸線(潜堤法線方向)に平行となる。Xバンドレーダにより高波浪時に得られる波峰の縞状の画像(シークラッタ)は、前出(図-4)の計測機器による波向変化に対応している。

この画像情報を用いて面的な流況特性と方向スペクトルの解析を試みる。

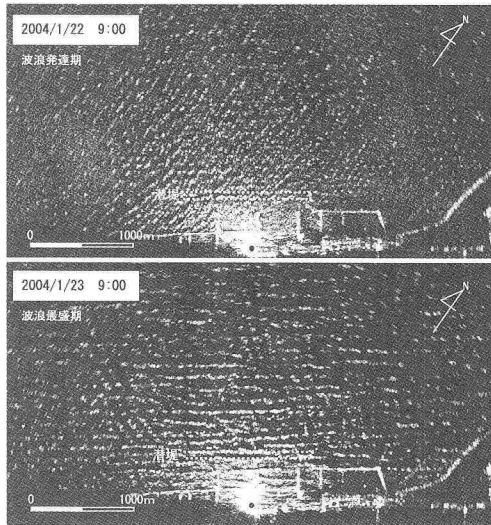


図-8 Xバンドレーダ画像

(2) 解析手法

Xバンドレーダによる海象計測およびその解析は、武若ら(2003)や小林ら(1999, 2001, 2002)により行われている。本報告では、小林ら(2002)の手法により、観測によりえられたシークラッタの連続画像を時空間方向にフーリエ変換し、微小振幅波理論を適用して観測海域の流況と方向スペクトルの推定を行った。解析は良好なレーダ画像がえられている、レーダ設置地点を中心とした半径約3kmの海域を対象として、岸沖方向および沿岸方向ともに375m間隔で表層流速ベクトルを推定した。推定流速は、海面上で約730m×730mの範囲で256秒間の平均流速に相当する。方向スペクトル解析は、波浪観測点No.1(水深23m)を対象とし、ノイズの除去を行うために測点No.1を含む領域とその上下・左右の5領域の解析結果により平均処理を行った。

(3) 流況および方向スペクトルの解析結果

波浪の発達期と最盛期にあたる1月22日と23日の

レーダ画像解析からえられた流況を図-9に、また、方向スペクトル解析結果を図-10に示す。

解析範囲沖側の波浪の発達期から最盛期にかけては、

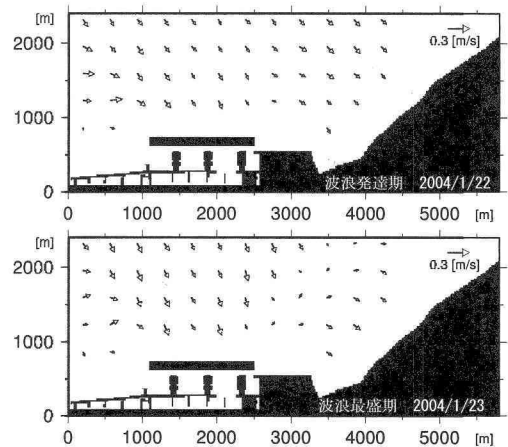


図-9 レーダ画像解析による流況分布

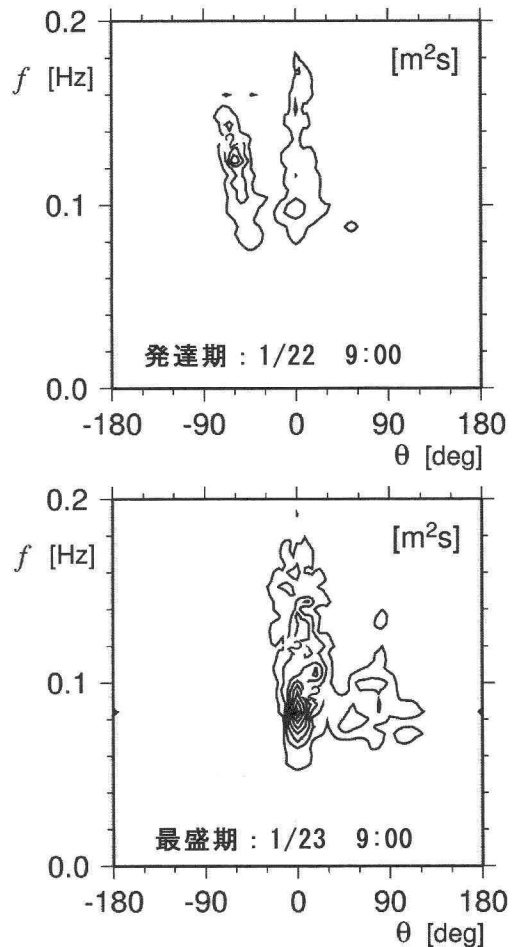


図-10 レーダ画像による方向スペクトルの推定

西港方向へ向かう流況を示しているが、流速は図-8に示す測器計測による値より全体的に小さい。このような結果は、解析がレーダ画像としてえられるシークラッタの情報（波浪成分）を用いているのに対して、現地海域では冬季風浪時の季節風や気圧変動による広範囲の流動の影響を受けていることが推定される。

方向スペクトルは、海岸線に対して垂直に入射する方向をゼロとして表示している。図-10の発達期の方向スペクトルには2方向の有意なる方向スペクトル成分が認められるが、海岸線に対して45°程度左側の強度が卓越している。一方、最盛期には、海岸線に垂直方向にスペクトルの集中がみられる。発達期の周波数は風波の影響により7s程度の周期であるが、最盛期では10sより長い周波数帯にピークが認められる。

この結果は、新潟西海岸の波浪の発達期から最盛期にかけて波向が西から北へ変化するパターンと周期の変化状況を良好に推定している。

5. ま と め

新潟西海岸の西からの強風による冬季風浪時の発達期には、海域全域で東方向に向かう0.5 m/s以上の強い沿岸方向の流れ、また、波浪の最盛期から減衰期にかけては水深10 m以深では東方向の流れが継続するが、浅海域では流向が西方向へ転じる状況が把握された。

高波浪時の海域での土砂移動には波浪の発達、減衰に伴う流況の変化が大きく影響していると考えられる。すなわち、波浪の発達期には新潟西海岸の海域全体で西港方向への土砂移動が生じるが、波高が小さいため土砂の

巻き上げは少ない。波高が最大なり海底の土砂の巻き上げが顕著となる最盛期には、浅海域で流向が逆転し関屋分水路方向への土砂移動が生じる。

多層流の観測結果より、表層から底層までほぼ一様の流速分布を示すことが明らかとなり、同時期に実施したXバンドレーダの画像データ解析により得られる表層流データを底層流の推定に活用することで、面的な流動場とそれを外力とする土砂移動の関係を把握することが期待できる。

新潟西海岸における広域土砂移動特性を把握するためには、主要外力である波、流れを面的かつ時間差のない観測を行うことが重要である。

謝辞：本調査および報告を行うにあたり、筑波大学の武若聡助教授ならびに岐阜大学小林智尚助教授には多大なる御協力、助言を頂きました。ここに謝意を表します。

参 考 文 献

- 田中茂信・佐藤慎司・坂上 悟・二木渉・泉 正寿 (1996): 新潟西海岸における土砂移動の現地観測, 海工論文集, 第43巻, pp. 546-550.
- 武若 聡・後藤 勇・西村仁嗣 (2003): Xバンドレーダを用いた前浜地形の観測, 海工論文集, 第50巻, pp. 546-550.
- 小林智尚・河合篤司・小塚将之・安田孝志・後藤真太郎 (1999): Xバンドレーダによる波浪場・広域海浜流場の観測, 海工論文集, 第46巻, pp. 1331-1335.
- 小林智尚・河合篤司・小塚将之・安田孝志 (2001): Xバンドレーダによる沿岸域の観測, 海工論文集, 第48巻, pp. 1431-1435.
- 小林智尚・山崎将史・湯本大輔・渡辺章人・安田孝志 (2002): Xバンドレーダによる冬期日本海沿岸海洋観測, 海工論文集, 第49巻, pp. 1516-1520.