

# 遡上域の漂砂濃度測定手法の検討

## MEASURING METHOD OF SEDIMENT CONCENTRATION IN THE SWASH ZONE

上野 大地<sup>1</sup>・久保田 進<sup>2</sup>  
Taichi UENO and Susumu KUBOTA

<sup>1</sup>非会員 日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14)

<sup>2</sup>正会員 日本大学理工学部土木工学科 (同上)

To measure the suspended sediment concentration in the swash zone of real beach, a concentration meter using the infrared backscatter method, a CCD camera, and an electro-magnetic current meter were employed. Clear peaks were appeared in the time series of the suspended sediment concentration. Averaged values of these peaks were similar to the values from sediment transport rates measured simultaneously by sand traps. It was assumed that the occurrence of the concentration peak was depended on the offshore current velocity on the eve of it rather than the current velocity at the same time. From cross spectrum analysis, suspended sediment concentration was correlated well with the on-offshore standing wave.

*Key Words* : swash zone, sediment concentration, instrument of field experiment

### 1. 研究の目的

海岸の遡上域での漂砂量や漂砂濃度を測定することは、そこでの現象を理解する上で極めて重要と考えられるが、未だに満足に測定できる装置や方法がない。ここでは、小型 CCD カメラと濁度計、小型電磁流速計を組み合わせた装置により、現地遡上域での漂砂濃度の時間変化の測定を試みた。

### 2. 観測装置の概要

遡上域での漂砂濃度を測定するために、既存の濁度計 (アレック電子社, ATU2-D) を用いた。この濁度計は標準 30m ケーブル付きのセンサー部と表示部で構成される直読式のポータブル濁度計である。原理は図-1 に示すように、中央の受光部の上下に 15 度の傾きをもって配置された 2 個の発光部から 940nm の赤外線が 800 サイクルのパルス光で水中に照射される。海水中の懸濁粒子で散乱された赤外線は中央受光部のフォトダイオードに入射し、増幅されるといった、赤外後方散乱光方式である。測定値はデジタルで表示され、3 段階選択で平均値データが得られる。また、アナログアウトプットターミナルからの電圧信号で各種の記録装置への接続が可能で

ある。外形寸法は直径 60mm, 高さ 206mm であり、主要な仕様は表-1 に示す通りである。保証されている測定範囲は 2000ppm までであり、遡上域底面付近の高濃度の漂砂の測定は困難であるため、ここでは底面よりやや上部で用いることにした。

濁度計による測定地点の状況を見るために CCD カメラを用いた。外形寸法は 35.5×65mm で、主要な仕様は表-2 に示す通りである。CCD カメラも濃度が高いと視界が悪くなることが予想されたが、上述の通り濁度計の測定状況を見ることと、将来的には CCD カメラの映像により漂砂濃度を測定することの可能性を調べるために濁度計と併用した。さらに、測定地点での流速を調べるために小型電磁流速計を用いた。

### 3. 現地観測

#### (1) 概要

2002 年 8 月 8 日に千葉県外房の勝浦市の西側に位置する守谷海岸において現地観測を行った (図-2)。守谷海岸は海水の透明度の高い海水浴場として知られている。観測日の天候は快晴で気温 33 度の真夏日であり、風向きは南西で、風速は 5.5m/s であった。観測地点として岸沖二次元の現象が卓越している

場所を選定して、遡上域の海底面上約 15cm 地点に CCD カメラ、濁度計、電磁流速計を設置した。海浜断面地形とそれぞれの計測器の設置位置は図-3 に示す通りである。

濁度と流速の観測を 13:25:00~17:02:00, CCD カメラによる撮影を 13:26:00~17:02:00 の間に全 8case 行った (表-3)。岸沖流速の測定には 4 台の小型電磁流速計からなるアレーを用い, case1~4, case6~8 は海底面からセンサーまでの高さを 0, 5, 10, 15cm としたが case5 だけは 0, 8, 16, 24cm に設定した。写真-1 は現地観測の状況を示す。データは濁度, 流速ともに 0.1 秒間隔でパーソナルコンピュータに取得した。観測中は上潮時であり, 潮位上昇に伴って観測地点を 2 回岸側に移動した。遡上域の海底勾配は約 1/8 であり, 遡上域への入射波は有義波高 0.3~0.4m, 有義波周期 4.0~4.5s であった。底質は貝殻質が多く, 中央粒径は 0.460mm 程度であった。

表-1 濁度計の仕様

原理	赤外後方散乱光方式
使用波長	940nm
測定範囲	0~2000ppm
寸法	直径60mm、高さ206mm
重量	1.75kg(空中)

表-2 CCD カメラの仕様

画像素子	25万画素1/4インチCCD
有効画素数	512(H) × 492(V)
電子シャッター	1/60~1/100,000自動
寸法	35.5 × 65mm
重量	220g(空中)

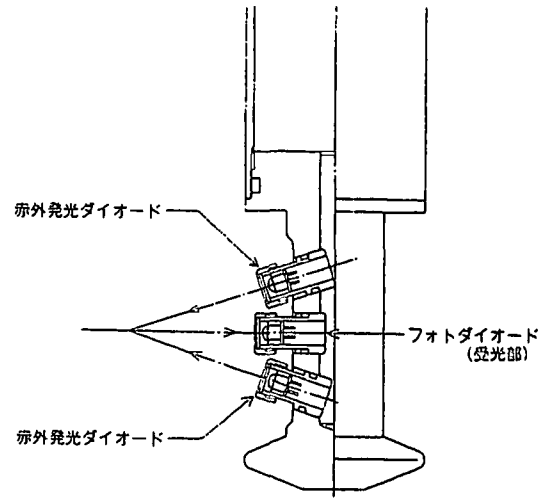


図-1 濁度計の原理

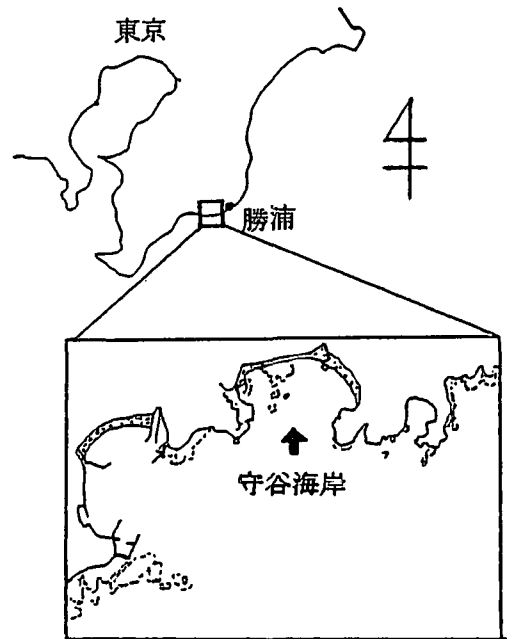


図-2 守谷海岸の位置

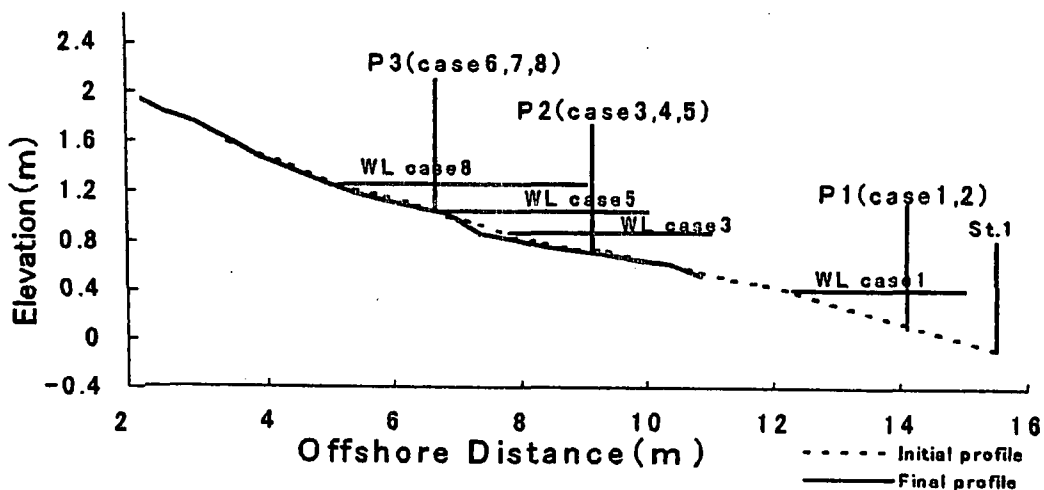


図-3 海浜断面地形と計測器設置位置

## (2) 生データと解析手順

図-4 に例として case4 の水位、流速、濁度の時系列を示す。図-4 より、濁度ピークが生じているのは水位ピークと岸向き流速ピークが生じている付近であるが、逆に水位や岸向き流速がピークでも濁度ピークが生じていない場合があることもわかる。

ここで、濁度ピーク時に着目して、CCD カメラの映像と流速データをつき合わせて検討した。その結果、CCD カメラが干上がってしまう場合が多い case3, 6, 7, 8 は除外し、濁度のピークが気泡の存在や海藻、ゴミにより強い影響を受けていると考えられる場合のデータは使用しなかった。また、使用した濁度ピークのデータは、約 200ppm 以上のものについて調べた。

この濁度ピーク値については同時に吹流し式トラップにより測定した漂砂量から求めた濁度と比較した。さらに、濁度ピーク時の流速値や、濁度ピーク直前の流速ピークとの時間差、および、濁度と水位、流速とのクロススペクトル解析などを行い、それぞれの位相関係について検討した。

## 4. 解析結果

### (1) 濁度計と漂砂トラップ

濁度計による濁度ピークの平均値と漂砂トラップによる平均的な漂砂濃度(金高ら, 2003)<sup>1)</sup>との比較を表-4 に示す。漂砂トラップによる漂砂量の値には間隙が考慮されていないので、波崎海岸の汀線付近の砂の空隙率約 40% を使って補正した。case4 のようにトラップによる漂砂濃度がかなり大きく一致しない場合もあるが、それ以外ではオーダー的に見てほぼ同様な値をとっている。

表-3 case 一覧

Case.No	濁度・流速測定時間	CCD カメラの録画時間
1	13:25:00~13:32:00	13:26:00~13:32:00
2	13:55:00~14:03:00	13:55:00~14:03:00
3	14:25:00~14:32:00	14:25:00~14:32:00
4	14:55:00~15:02:00	14:55:00~15:02:00
5	15:25:00~15:33:00	15:25:00~15:33:00
6	15:55:00~16:10:00	15:55:00~16:10:00
7	16:25:00~16:32:00	16:25:00~16:32:00
8	16:55:00~17:02:00	16:55:00~17:02:00

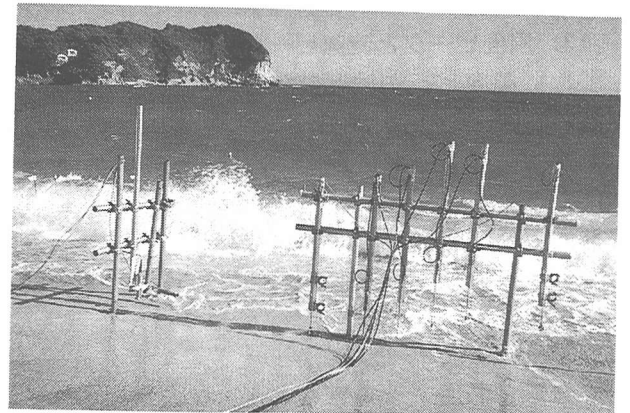


写真-1 現地観測状況

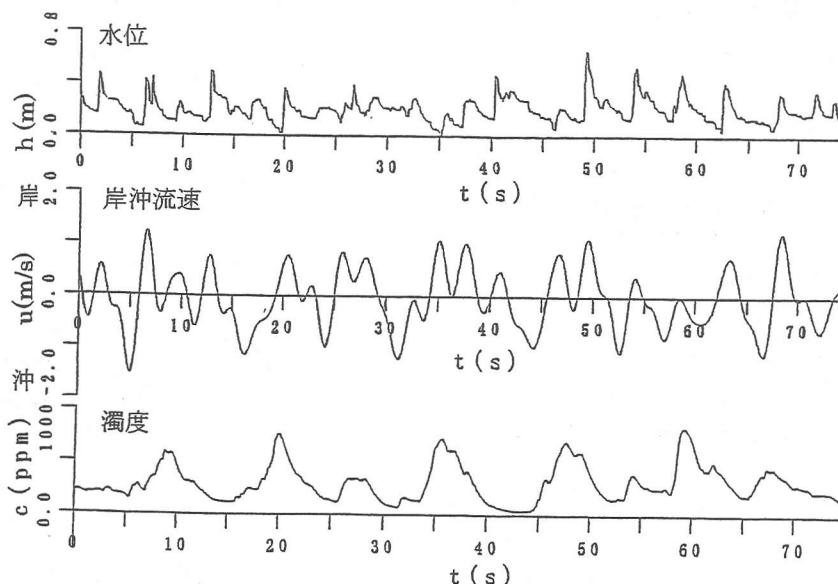


図-4 水位・流速・濁度の時系列 (case4)

表-4 濁度計による濁度平均値と漂砂  
トラップによる漂砂濃度との比較

case	濁度計による 濁度平均値 (ppm)	トラップによる漂砂濃度 (ppm)
1	787	1121(岸), 791(沖)
2	428	301(岸), 295(沖)
4	573	2718(岸), 1180(沖)
5	597	983(岸), 543(沖)

### (2) 濁度ピークと流速値

濁度ピークとその時の流速値との関係を図-5に示す。図-5より、濁度ピーク時の流速値は岸向きの場合と沖向きの場合両方あり、流速値が0に近くても濁度ピークが存在していることがわかる。このことから、濁度ピーク時の流速は濁度ピークには直接影響していないと考えられる。

### (3) 濁度ピークと流速ピーク

次に濁度ピーク付近の流速ピークとの比較を行った。図-4の時系列にも見られるように、濁度ピークが生じる直前に沖向き流速ピークが生じていることがわかる。ここで、濁度ピークとその直前の沖向き流速ピークとの関係を図-6に示す。また、沖向き流速ピーク直後の岸向き流速ピークとの関係を図-7に示す。

図-6, 7より、弱いながらも流速ピーク値が大きくなると濁度ピーク値も大きくなる傾向が見られる。

図-8は濁度ピークと直前の沖向き流速ピークとの時間差を示す。濁度ピークと直前の沖向き流速ピークとの時間差は、2~4秒付近が多く、この範囲では時間差が長いほど濁度ピーク値も大きくなっていく傾向が弱いながらも見られる。

### (4) 長周期波の影響

入射波測定地点のSt.1における観測時間中(14:20~15:00)の水位変動と岸沖流速変動のクロススペクトル解析を行った。結果を図-9(a), (b), (c)に示す。図-9(a), (b)の水位変動と岸沖流速変動のいずれのスペクトルにおいても、0.2Hz(周期5秒)付近にパワーのピークが見られる。このピークはいわゆる主要な波のパワーに相当している。

また、それよりも長周期波側の水位変動では0.1Hz、流速変動では0.08Hz(周期12.5秒)にピークが存在している。図-9(c)に水位変動と岸沖流速変動のコヒーレンスと位相差を示す。0.2Hz付近の波はコヒーレンスが1に近く、位相差が0に近いことから進行波であることがわかる。0.1Hz付近の波は

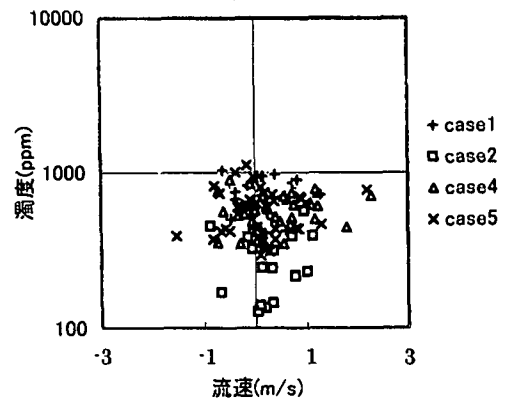


図-5 濁度ピークとその時の流速値との関係

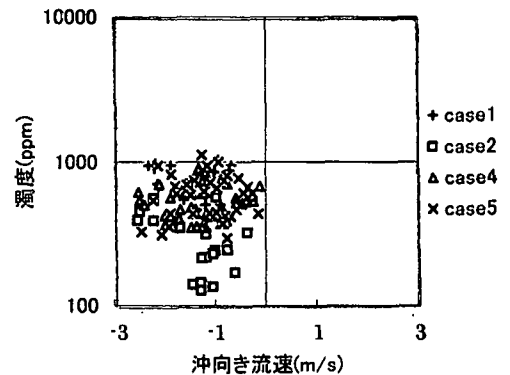


図-6 濁度ピークと沖向き流速ピークとの関係

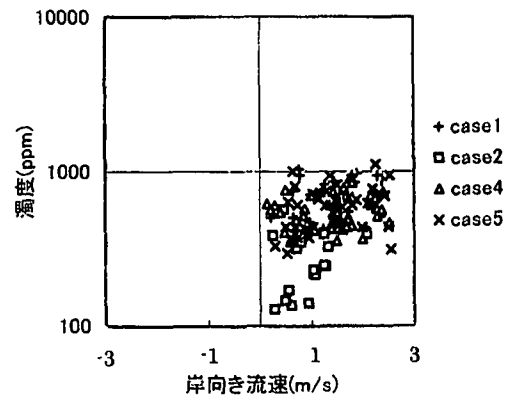


図-7 濁度ピークと岸向き流速ピークとの関係

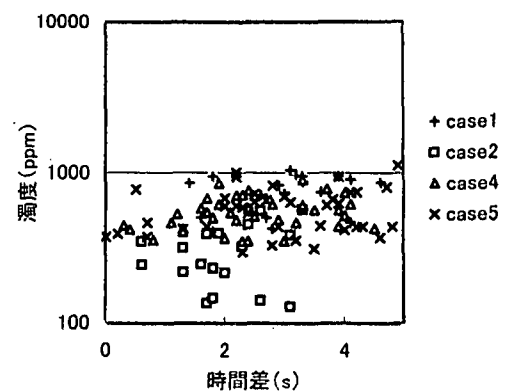


図-8 濁度ピークと沖向き流速ピークとの時間差

コヒーレンスが高く、位相が約  $\pi/2$  ずれている。同時に測定した遡上波のスペクトルによれば、この 0.1Hz 付近に入射波よりもパワーの大きなピークが存在していた。このことから、0.1Hz の波は汀線や腹とした反射定常波である可能性が高い。

また、濁度変動と岸沖流速変動とのクロススペクトルをとったものが、図-10(a), (b), (c)である。岸沖流速変動のスペクトルには、St.1 におけると同様に 0.1Hz と 0.2Hz 付近にパワーピークが見られるが、濁度変動には高周波側のピークがなく 0.1Hz 付近のみにパワーピークが見られる。また、図-10(c)によれば 0.1Hz 付近ではコヒーレンスが高く位相のずれがないことがわかる。以上より、遡上域での濁度の変化は反射定常波と関係が深く、濁度データに現れる浮遊砂濃度のピークは周波数 10~12 秒の反射定常波の影響を強く受けていることが推定される。

## 5. 結論

(a) 濁度計によるデータにおいて、濁度ピークはピーク値発生時の流速と無関係であり(図-5)、むしろピーク値発生直前の沖向き、岸向き流速との関連性の方が強い(図-6, 7)。

(b) 濁度ピーク値は数 100~1000ppm の範囲にあり、同時に測定された吹流し式トラップから得られた漂砂濃度値とほぼ同じオーダーであった(表-4)。

(c) 観測期間中の入射波と遡上域のデータを解析したところ、周期 10~12s の反射定常波が確認された(図-9)。濁度データと岸沖流速データとのクロススペクトル解析の結果、濁度ピークが定常波成分と関連性が高いことが示された(図-10)。

今回、遡上域の漂砂濃度を測定すべく、既存の濁度計と CCD カメラを用いた。濁度計については底面から 15cm 程度の高さの浮遊状況が卓越する場所での 1000ppm 以下の濃度であれば十分に測定できることがわかったが、気泡に対しても反応してしまうため、これを除去するような処理方法を開発する必要がある。また、CCD カメラについては砂よりも細かい懸濁粒子が少ない透明度の高い水質でなければ良好な画像を得ることは難しく、また、一方で透明度の良い状況では特定の箇所(例えば焦点距離近傍)の漂砂だけを撮影することに工夫が必要となる。これらについては今後の課題となる。

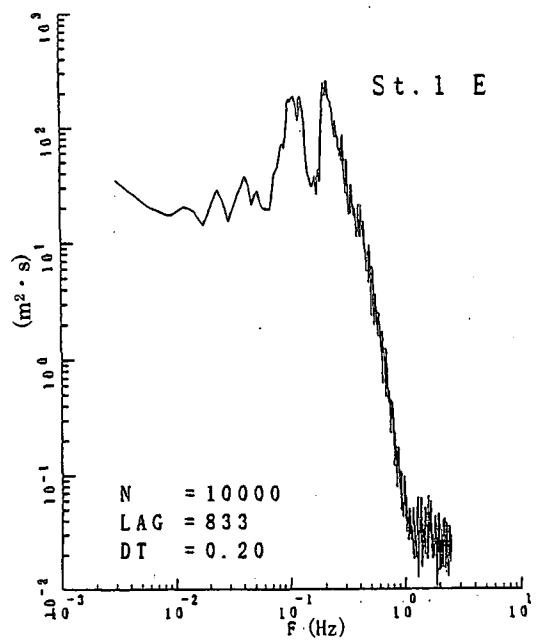


図-9 (a) 入射波 E のパワースペクトル

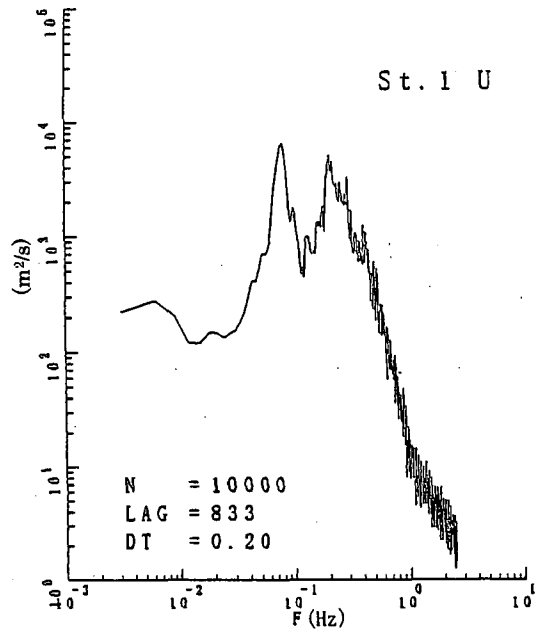


図-9 (b) 入射波 U のパワースペクトル

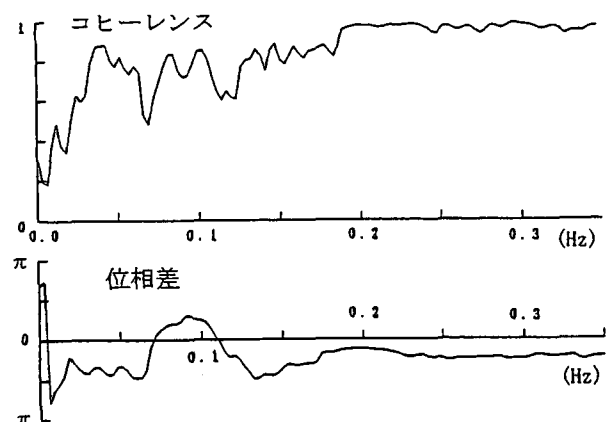


図-9 (c) 水位変動と岸沖流速変動のコヒーレンスと位相差

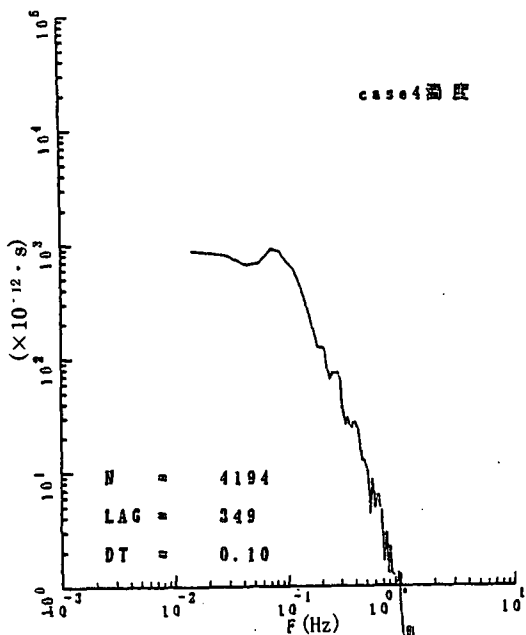


図-10 (a) case4における濁度のパワースペクトル

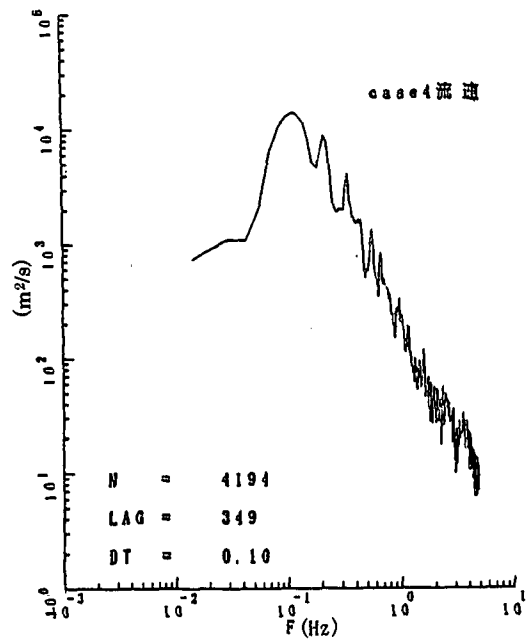


図-10 (b) case4における流速のパワースペクトル

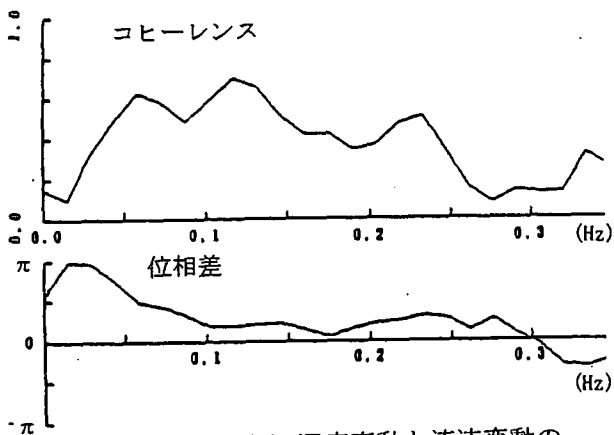


図-10 (c) 濁度変動と流速変動のコヒーレンスと位相差

謝辞：現地観測の実施に当たっては、日本大学工学部土木工学科学学生の竹内宣晶君、山上祐司君、山中慎太郎君らの協力を得た。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 金高晃二, 香取完和, 久保田進：現地遡上域の岸沖漂砂特性, 第28回海洋開発シンポジウム, 2003.