

波崎海洋研究施設における海浜流のADCP計測

——鹿島灘での海象の共同観測——

馬場康之・今本博健・吉岡 洋・山下隆男

要 旨

本報では、ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) による海浜流の鉛直分布に関する現地観測の概要とその結果について報告する。本現地観測は、「鹿島灘での海象の共同観測」の一環として運輸省港湾技術研究所波崎海洋観測施設において行われたもので、1998年9月13日から10月7日にかけて実施された。観測内容はADCPによる流速分布計測の他に、超音波波高計による波浪観測も行われた。沿岸方向の流動は海上風との対応がよく、水深方向に一様な流れ場となっていた。台風5号が観測地点付近に接近した際には、全水深にわたって強い沖向きの流れも観測された。

キーワード：海浜流・波崎海洋観測施設・ADCP計測

1. はじめに

沿岸域における平均流の発生要因には、波浪、風、海流、密度流等の要因が複雑に入り混じった平均流特性を持つことが予想される。沿岸付近では、主として波浪に起因する海浜流が対象とされるが、日本海沿岸の海岸では、冬季季節風に起因する流れ（吹送流）が広域の海岸流として発生することが明らかにされてきている（山下ら、1997）。これら流動の要因が、沿岸域の流動に対して如何に寄与し合っているのかは興味深い問題である。

本観測は、1998年夏に実施された「鹿島灘における海象の共同観測」の一部として行われたものであり、茨城県波崎町にある運輸省港湾技術研究所波崎海洋研究施設（Hazaki Oceanographical Research Station HORS）において実施された。波崎海洋観測施設は鹿島と銚子のほぼ中間に位置し、鹿島灘に面しており

(Fig.1), 世界有数規模の岸沖距離427mの観測栈橋を有する施設 (Photo.1) である。ここでは防災の観点から、漂砂およびこれを引き起こす波や流れの観測によって現地における漂砂特性を把握し、その機構を明らかにすることによって漂砂問題に対する技術開発を行なわれている。また、砂浜の利用の観点から、外洋に

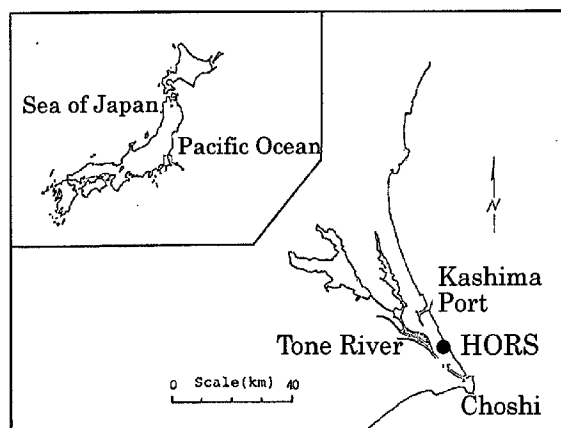


Fig.1 Map showing the location of HORS



Photo.1 Bird's eye view of HORS

洋に面した沿岸域での塩分・pH・水温・濁度等の水環境の調査、および透水層設置海浜の海水浄化機能の検討、飛砂（風によって移動する漂砂）によって生じる後浜地形変化の観測、波の遡上限界と植生分布との関係調査、日射および風による渚の温熱環境変化の調査についても行われている（例えば加藤ら、1989）。今回の現地観測では、この観測栈橋を利用し、碎波帯付近における平均流の流速分布計測を目的として、ADCP（Acoustic Doppler Current Profiler）による海浜流場の鉛直分布の計測と、観測栈橋に既設の波高計による波浪の計測を行った。

2. 現地観測の概要

ADCPを用いた観測は、1998年9月13日から10月7日にかけて行われた。観測項目は以下に示す2つである。

- ①高周波ADCP（RDI社製ワークホース、センチネル1200kHz）を観測栈橋の最先端付近（岸より約380m地点、設置水深約5.0m）に設置し、海浜流場の鉛直分布の連続観測
- ②観測栈橋に既設の7台の超音波波高計による波浪の計測

ADCPは観測栈橋の最先端付近（岸より約380m、最も沖側の超音波波高計設置位置付近）の水深約5mの海底に設置された。サンプリング間隔は4分間（発信回

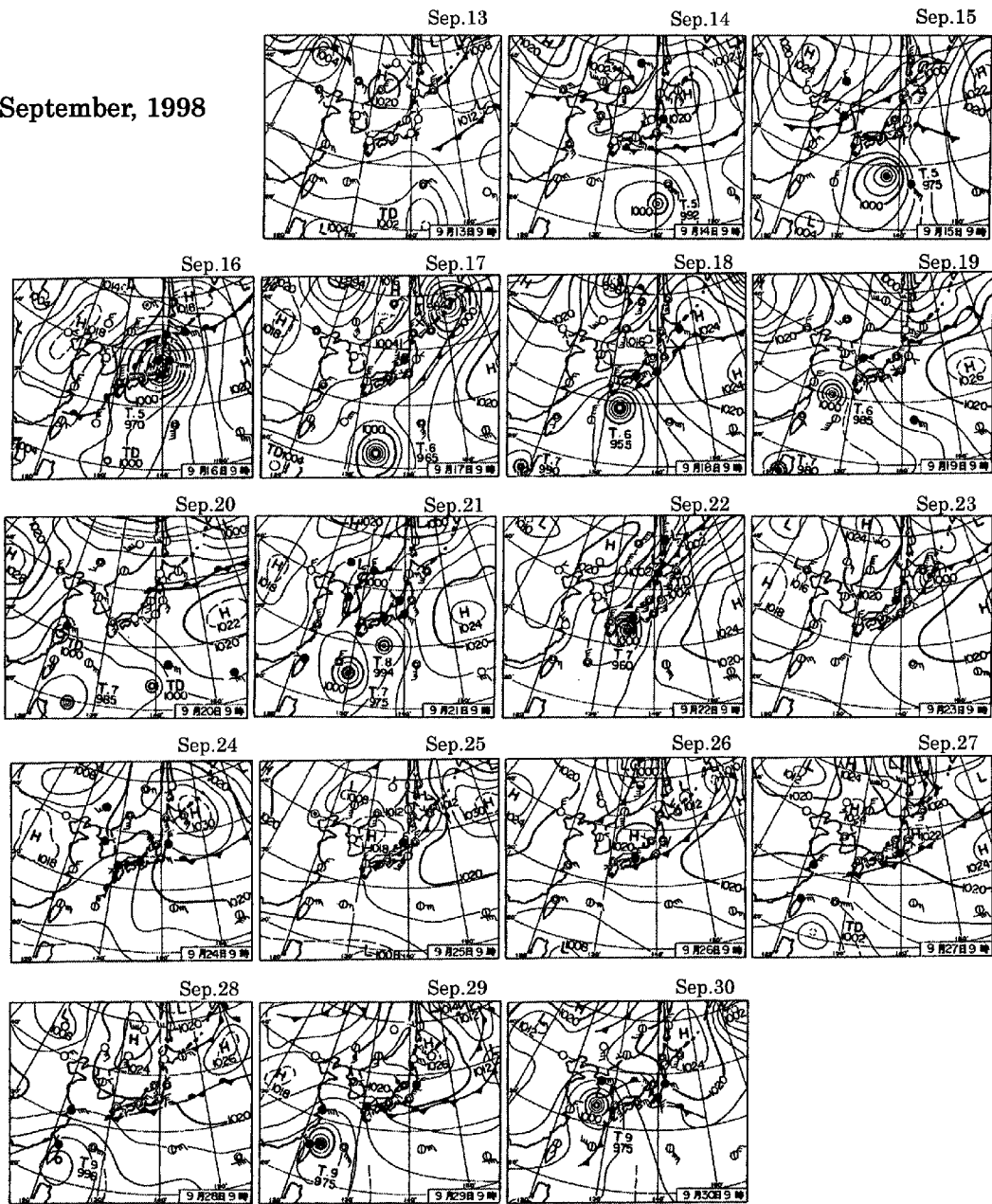
数1ping、120秒間の平均値）で、計測セル厚は0.25mであり、全21層にわたる計測が行われた。後に示す結果は、全測定厚5mのうち、最上部と最下部の1m厚部分を除く3m厚の部分を上層・中層・下層の3つに分け、各層内での流速を鉛直方向に平均化（4セル分）した結果である。波高計データについては、7台全てについて10Hzのサンプリング周波数でのデータ収集を行い、ADCP計測全期間にわたって計測を実施した。ただし、台風5号の接近時に、停電等の影響を受け、若干の欠測期間が生じている。

風速・風向についても、波崎海洋観測施設での計測が行われていたが、台風5号による強風の影響のため欠測期間が発生する結果となった。そのため、風速・風向のデータについては、銚子地方気象台における計測結果を使用する。

波崎海岸では、沖側での第一碎波と岸側での第二碎波（時には、より岸近くでの第三碎波も見られる）が観測される。本観測におけるADCPの設置位置は第一碎波が生じる地点に近く、波浪・風の条件により碎波帯の内側、または外側となる位置である。

観測期間中の天気図（坂井、1998）をFig.2に示す。観測中には、合計5個の台風（9805～9809号）が日本付近に来襲している。そのうち台風5号は9月16日静岡

September, 1998



October, 1998

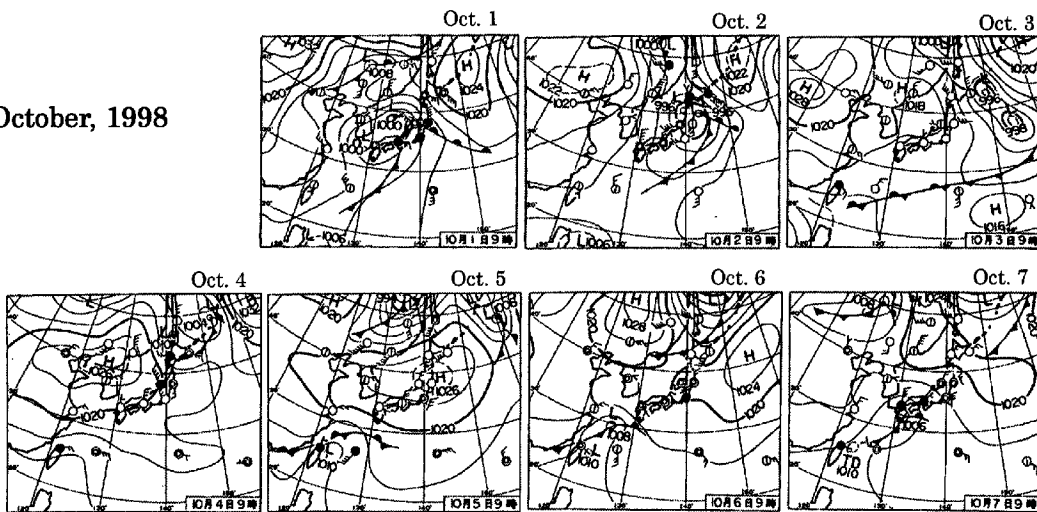


Fig.2 Weather charts (13th,Sep,98 to 7th,Oct,98)

県に上陸した後、関東・東北地方を縦断する進路を取り、その期間中観測地点は非常に強い風と高い波に見舞われた。また9月22日には台風7号が上陸しており、その後月末近くまで秋雨前線が太平洋側に停滞した。

3. 観測結果

風速、ADCP計測結果及び有義波高・周期との関係をFig.3に示す。風速と流速の計測結果は、観測栈橋に平行な岸沖成分と、それに直行する沿岸方向成分とに分けて示されている (Fig.4)。まず、観測期間の前半には台風5号の上陸があり、その後も6号の接近、8号、7号の相次ぐ上陸と、日本近海に台風が多く、その結果有義波周期の大きな波浪が来襲しており、台風5号上陸時には2mを越える有義波高が観測されている。この期間中は、比較的強い沖方向の風が2日間ほど継続した後、1日ほどあけて再び強い沖向きの風が吹くという結果となっている。

9月26日辺りから月末にかけては、風向きが全く逆の傾向を示し、波に関しても波高・周期ともに観測期間前半に比べて小さくなっている。この期間中は、秋雨前線が停滞している時期である (Fig.2参照)。

10月に入ると、風向・風速は不規則に変化する結果

となっており、9月中のような明確な傾向は見られない。一方、波浪に関しては、10月4日前後にかなり波高が大きく、周期の長い波が来襲している。

ADCPの計測結果と風速の計測結果は、沿岸方向・岸沖方向ともに良い対応が見られる。沿岸方向は水深方向に若干の減衰が見られるものの、ほぼ全層にわたって一様な流れが形成されていることがわかる。岸沖方向は、上層においては風速との対応が良好に確認できる。しかし、下層に向かうに従って風との対応が見られなくなっている。沿岸方向とは対照的に、岸沖方向では鉛直方向の減衰が大きく、せん断流的性質が強いことがわかる。

沿岸方向・岸沖方向ともに全層ほぼ一様な流動となっているのは、台風5号来襲時である。この時には、非常に強い風が吹いているとともに、高波浪も伴っている。強風・高波浪の条件下において、沿岸方向の流動は20m/sを越える強い風の影響を受け、非常に強い流れとなっており、下層での流速が上層・中層よりもやや大きくなっている。また、岸沖方向には、上層から下層まで沖向きの強い流れが見られ、特に下層では観測期間中を通じて、最も強い流動が流動が形成されている。

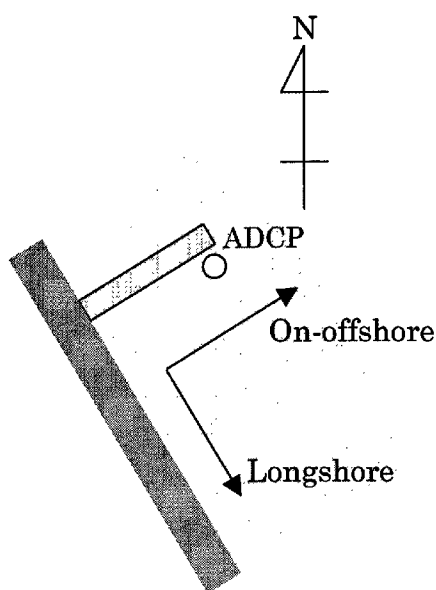


Fig.4 Schematic diagram illustrating the observation site

ADCPの計測結果に対して潮流の調和分析を行い、日周潮 (O_1 , K_1 潮) と半日周潮 (M_2 , S_2 潮) の潮流楕円を示したものがFig.5である。観測地点では日周潮が半日周潮よりも大きいことが明らかとなった。また、楕円の長軸が南北方向よりもやや左に傾く結果となっているが、これは潮流が沿岸方向に卓越した流速を持つことを示すものである。

今後は、風や波浪に関するデータ処理を行い、今回計測された沿岸域の流動の構成について議論を進める。

最後に、今回計測したデータ (ADCP 及び波高計) のデータフォーマットを付録として添付する。

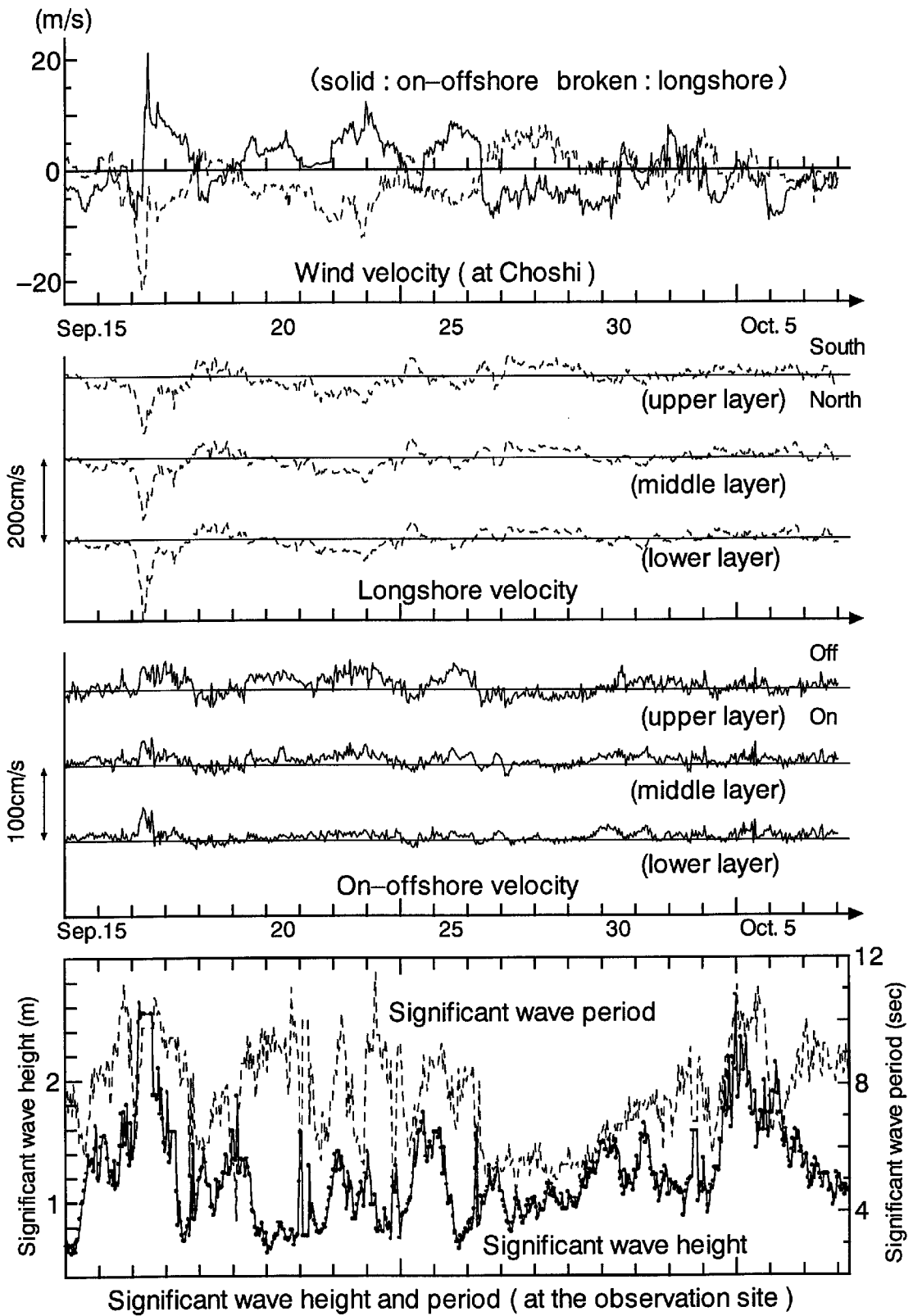
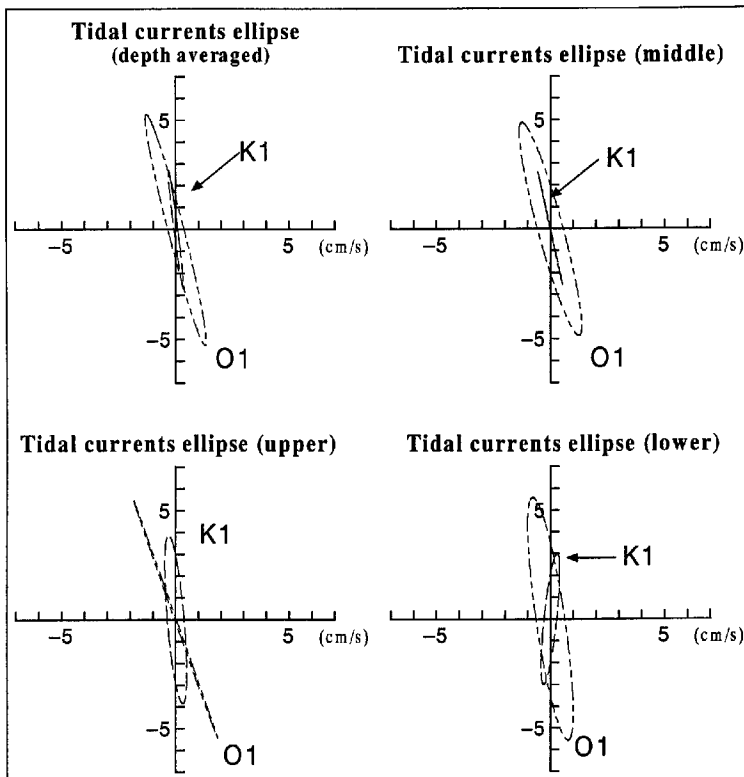
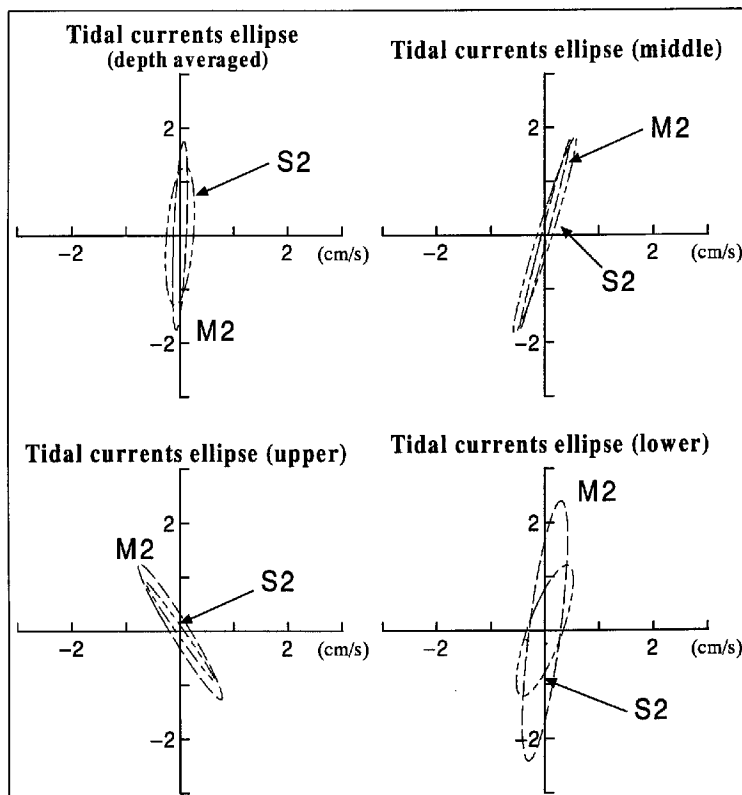


Fig.3 Wind velocity, longshore & on-offshore velocity and significant wave height & period



diurnal tide (K_1 and O_1 tide)



semi-diurnal tide (M_2 and S_2 tide)

Fig.5 Tidal currents ellipses (diurnal and semi-diurnal tides)

参考文献

- 坂井一樹(1998)：天気図日記，気象，1998年11・12月号，pp.24-25.
- 加藤一正・柳嶋慎一・磯上知良・村上裕幸(1989)：波による汀線付近の水位上昇量－波崎海洋研究施設における現地観測，港湾技術研究所報告，第28巻第1号，pp.3-42.
- 山下隆男・吉岡 洋・路 明・加藤 茂(1997)：砕波帯内の海浜流，波浪場の ADCP 観測，海岸工学論文集，第44巻(1)，pp.361-365.

付録1

ADCP データファイルの構造

ADCPのデータは，株式会社エス・イー・アイ製のソフトウェアを用いて，以下のようなフォーマットにより1日単位でテキストファイル化されている。

```

=====
RAW      FILED
-----
A      SEA ASCII Information:
B      Cel Ensem Ini-Dep Interv NV
C      21  360  -1.00  0.25  0
D      No      TIME      DAY NORT-BT EAST-BT TEMPR
1      1  00:00:00 09-13-1998  0.0  0.0  25.63
2      2  00:04:00 09-13-1998  0.0  0.0  25.60
3      3  00:08:00 09-13-1998  0.0  0.0  25.58
4      4  00:12:00 09-13-1998  0.0  0.0  25.55
5      5  00:16:00 09-13-1998  0.0  0.0  25.53
6      6  00:20:00 09-13-1998  0.0  0.0  25.50
7      7  00:24:00 09-13-1998  0.0  0.0  25.48
.....
.....
360      360  23:56:00 09-13-1998  0.0  0.0  23.90
361      N-COMPONENT OF VELOCITY (cm/sec) X-cell Y-ensemble
362      0.0  4.7 -10.4 -0.4  2.4 -7.8  9.3  19.8  41.9  40.8  32.8  32.5  47.8
          32.9  42.2  17.3  27.4  23.9  20.1  23.9  25.1
363      6.2  10.2  6.1  2.7  10.2  -3.2  -5.6  4.8  6.4  6.2  4.7  10.4  8.5
          8.0  8.3  10.2  12.2  5.7  12.2  7.5  10.6
.....
.....
361+360
722      E-COMPONENT OF VELOCITY (cm/sec) X-cell Y-ensemble
723      5.0 -4.1 -4.4 -10.9  7.4 -10.4 -8.5 -8.0 -7.2 -28.7 -31.4 -31.1 -25.1
          -17.3 -37.3 -29.5 -14.5 -6.7 -30.7 -32.8 -0.8
724      -4.9 -7.1 -7.8 -12.6 -14.5 -8.6 -7.9 -2.5 -0.7  2.9  3.6  0.7  1.2
          0.4 -0.2  1.3  2.2  3.3 -0.4 -0.3  0.2
.....
.....
722+360
1083     ECHO INTENSITY X-cell Y-ensemble
1084     41.2  40.6  40.2  39.5  38.8  38.1  37.4  36.7  35.9  35.1  34.3  33.4  32.5  31.4  30.3
          29.1  27.8  26.3  24.9  24.1  18.3
    
```

1085	41.2	40.6	40.0	39.5	38.8	38.2	37.4	36.7	35.9	35.3	34.3	33.4	32.5	31.4	30.3
	29.1	27.8	26.3	24.9	24.1	18.2									
.....															
1083+360	71.0	72.1	74.0	76.8	80.5	85.3	91.1	95.0	91.2	85.2	81.3	79.8	79.3	78.5	78.0
	77.9	77.5	77.1	76.6	76.4	56.3									

FORMAT

A ユーザが入力したファイル情報

B C行についての簡易説明ラベル

C 1 層数測定セル数

2 アンサンブル総数

3 一番目の層の深度 (m)

4 層厚 (m)

5 ナビゲーションデータの有無 (1:有 2:無)

D 1-8 次行についての簡易ラベル

1 1 アンサンブル番号

1 2 時間

1 3 年月日

1 4 緯度データ (北南緯は NS で表示 単位:度;ナビゲーション無ではなし)

1 5 経度データ (東西経は EW で表示 単位:度;ナビゲーション無ではなし)

1 6 対地速度の北成分 (cm/sec)

1 7 対地速度の東成分 (cm/sec)

1 8 水温 (摂氏度)

361 北成分流速についての簡易説明ラベル

362 1 アンサンブル番号 1 1 番目の層の北成分流速 (7bytes)

2 2 番目の層

3 3 番目の層

.....

363 1 アンサンブル番号 2 1 番目の層の北成分流速

2 2 番目の層

3 3 番目の層

.....

722 東方向成分についての簡易ラベル

723 1 アンサンブル番号 1 1 番目の層の北成分流速 (7bytes)

2 2 番目の層

3 3 番目の層

.....

724 1 アンサンブル番号 2 1 番目の層の北成分流速

2 2 番目の層

3 3 番目の層

.....

1083 反射強度についての簡易ラベル

1084 1 アンサンブル番号 1 1 番目の層の反射強度 (6bytes)

2 2 番目の層

3 3 番目の層

.....

1085 1 アンサンブル番号 2 1 番目の層の反射強度

2 2 番目の層

3	3 番目の層
.....	
1443 1	アンサンプル番号 360 1 番目の層の反射強度
2	2 番目の層
3	3 番目の層
.....	
21	2 1 番目の層

付録 2

波高計データファイルの構造

波高計のデータは、株式会社キーエンス製のソフトウェアを用いて、以下のようなフォーマットによりテキストファイル化されている。なお、1 ファイルに記録されているデータは約54分間の計測結果であり、各ファイル間に数分以上の欠測期間がある。

RAW FILED

```

1:      " 《 WAVE SHOT! 波形データ 》 "
2:      "トリガ日時:", "98/09/11", "15:04:53"
3:      "収集形式:", "差動"
4:      "インターバル(s):", 1.0000E-001
5:      "波形数:", 8
6:      "データ数:", 32768
7:      "トリガ位置:", 0
8:      "トリガソース:", "両 Slope"
9:      "トリガ波形:", 1
10:     "トリガレベル:", "+3.000V"
11:     "波形名:
      ", "trigger", "WAVE2 (320)", "WAVE3 (288)", "WAVE4 (258)", "WAVE5 (228)", "WAVE6 (145)", "WAVE7 (40)",
      "wave1 (378)"
12:     "レンジ:", "± 5.0V", "± 5.0V", "± 5.0V", "± 5.0V", "± 5.0V", "± 5.0V", "± 5.0V", "± 5.0V"
13:     "ゲイン:", "× 1", "× 1", "× 1", "× 1", "× 1", "× 1", "× 1", "× 1"
14:     "データ:"
15:     0, 3.036, 3.165, 2.994, 2.923, 2.748, 2.779, 2.814, 3.011
16:     1, 3.044, 3.179, 2.907, 2.919, 2.745, 2.760, 2.786, 3.046
17:     2, 3.062, 3.208, 2.883, 2.927, 2.716, 2.773, 2.784, 3.078
18:     3, 3.122, 3.188, 2.855, 2.913, 2.747, 2.783, 2.821, 3.058
.....
.....

```

FORMAT

1 行目	データファイルのラベル
2 行目	計測開始日時
3 行目	データの収集形式
4 行目	計測インターバル (本計測では、0.1 秒 サンプリング周波数 10Hz)
5 行目	計測した波形の数
6 行目	計測データ総数

7～10 行目	トリガに関する設定値
11 行目	計測された波形に関するラベル（括弧内の数字は観測栈橋上における岸からの距離）
12 行目	各波形計測時のレンジ
13 行目	各波形計測時のゲイン値
14 行目	以下データ値を示すラベル
15 行目以降	データ領域 計測回数, 1 ch の電圧, 2 ch, 3 ch, 4 ch, 5 ch, 6 ch, 7 ch, 8 ch (以下続く)

Field observation of the nearshore currents at Hazaki oceanographical research station

Yasuyuki BABA, Hirotake IMAMOTO, Hiroshi YOSHIOKA and Takao YAMASHITA

Synopsis

Nearshore current, which is a coastal current in the nearshore zone, is mainly generated by breaking waves inside the surf zone and winds in the wide area of the coastal zone. In order to investigate vertical distribution of nearshore current, the field observation was performed by using high frequency ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) installed on the sea bottom at Hazaki Oceanographical Research Station (HORS). Longshore currents are strongly related with longshore components of the wind speed, and vertical distribution of longshore currents is almost uniform. On-offshore currents have characteristics of shear flow, and strong offshore currents were observed under the strong wind condition

Keywords: nearshore current, Hazaki oceanographical research station, ADCP observation