

ADP のボトムトラック機能を用いた砂州周辺の流れと 地形計測

MEASUREMENT OF FLOW AND TOPOGRAPHY AROUND SAND BAR BY USING THE BOTTOM TRACK FUNCTION OF ADP

中田正人¹・伊福 誠²・塩見政博³

Masato NAKATA, Makoto IFUKU and Masahiro SHIOMI

¹正会員 (株)エイトコンサルタント 技術本部(〒790-0054 松山市空港通二丁目 9 番)

²正会員 工博 愛媛大学大学院 理工学研究科 生産環境工学専攻(〒790-8577 松山市文京町 3 番)

³学生会員 愛媛大学大学院 理工学研究科 生産環境工学専攻(〒790-8577 松山市文京町 3 番)

The system that flow and bottom topography were able to measured simultaneously was developed by using ADP, GPS and radio control boat. The bottom tracking function was used to measure flow and topography. The accuracy of vertical direction in this system is about 3cm. At the river mouth of Hiji river, this system was used to measure flow and topography around the sand bar. At flood and ebb tides, the circulation flow was verified off the sand bar. These flows around sand bar act to the trigger of the formation of sand bar. As this developed system is simple and has the high accuracy, it is very useful to the measurement of flow and bottom topography.

Key Words : ADP, Bottom track function, Radio control, Sand bar, Circulation flow

1. はじめに

著者の一人は、肱川河口の右岸側に形成されている出水前の砂州形状、出水による砂州の崩壊および崩壊後の回復過程を水準測量によって調べ、崩壊した砂州の体積は、約 2 年を経過すると崩壊前の状態にまで回復することを明らかにしている^{1), 2)}。

しかしながら、河口砂州を形成する外力となる波や流れの計測は行っておらず、地形計測も砂州周辺の狭い領域で、しかも T.P. 下 1.5m までであり、出水によって河口テラスに輸送された土砂の挙動等は把握できていない。

近年、計測機器の精度向上に伴い ADP、ADCP や PC-ADP による流れの計測が頻繁に行われるようになってきた³⁾。さらに、こうした機器が持つボトムトラック機能を使った流れと海底地形（あるいは、河床地形）の同時計測も行われているものの、その精度は 1 セルの厚さであり、必ずしも精度が高いものではない⁴⁾。

こうしたことから、ラジコンボート、ADP および RTK-GPS 等で構成される流れと海底・河床地形を同時計測する高効率で高精度なシステムを開発した。

本研究では、このシステムを用いて砂州周辺の流れと地形計測を行うことによって、出水前後の土砂の堆積状況を詳細に把握して、河口周辺の土砂管理に役立てようとするものである。観測場所は、愛媛県の南西部に位置する一級河川である肱川の河口部である(図-1)。



図-1 肱川河口部

2. 計測システム

(1) システム概要

ADP は、3次元多層流速を計測するため超音波送受信器を3基装着しており、水中の浮遊物質からの反射波のドップラーシフトにより流速を計測でき、ボトムトラック機能を付加することにより、それぞれ海底までの水深を計測し、対地速度を計測する構造になっている。ADP でそれらのデータをサンプリングし、時間同期で RTK-GPS による3次元測位データを記録する。また、ADP は装置内部にチルトセンサー、コンパスを内装しており、ピッチング、ローリングおよびヘディングデータを同時に記録できる。

そこで、3次元測位データと ADP から得られた3方向の測深データ、ピッチング、ローリングおよびヘディングデータを基に測深点の3次元座標を解析できるものとしている。システムに使用した ADP は、SonTek/YSI 社の 1MHz で測定レンジ±10m/sec、精度±1%を、GPS 受信機は基準局・移動局ともに Trinkle 社 MS-750 を使用した。RTK-GPS の精度は平面座標±2cm 以内、鉛直座標±3cm 以内である。

本システムでは観測中のナビゲーションを容易にするため、基地局 GPS 受信機と観測ボート上の GPS 受信機の SS 無線データリンクにより RTK 処理されたデータを陸上観測局に送信する機能を持たせているため、観測者はそのデータを受信し PC 上で平面図上に現在位置と航跡を表示させることが可能である。

ADP は、走航しながらの観測では5秒以上の設定間隔でデータ収集が可能である。そこで、システムの運用においては、できる限り多くのデータを取得するため5秒間隔でのデータを収集とした。なお、1回当りの計測では、図-2に示すように3点の測深を行うことができる。また、データの密度はボートの航行速度にも左右されるため、ボートの速度性能および作業時間とデータ密度の

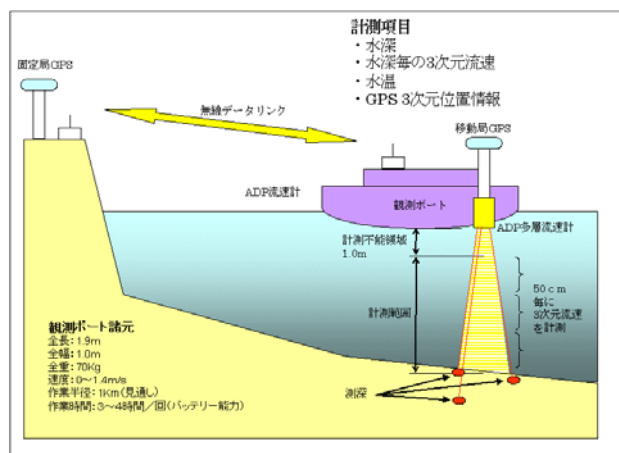


図-2 システム図

関係より、ボートの航行速度は1~2m/s で運用している。そうすることで進行方向に対し約 5m 間隔で 3 点毎のデータを取得することができる。また、測深データの分布は、ADP の設置状況より進行方向に対し直下の水深ではなく測線上の後方の 1 点と前方左右 2 点の平面において正三角形で、それぞれ鉛直に対し 25° の角度の位置に当たる点となる。

(2) 測深精度の検証

測深精度の検証は、レッド網と RTK-GPS による測深結果と当システムによる測深結果との比較によって行った。検証方法は、山口県の K 漁港内と肱川河口砂州近傍において当システムにより計測して作成した等深線図と図-3(a)に示すレッド網で測深した山口県の K 漁港内の 24 点と図-3(b)に示す肱川河口砂州近傍において RTK-GPS により干潮時に計測した重複点データ 13 点の計 27 点を比較した。検証の結果、両者には僅かな差はあるものの本システムによる測深精度には問題がないことを確認した(図-4)。

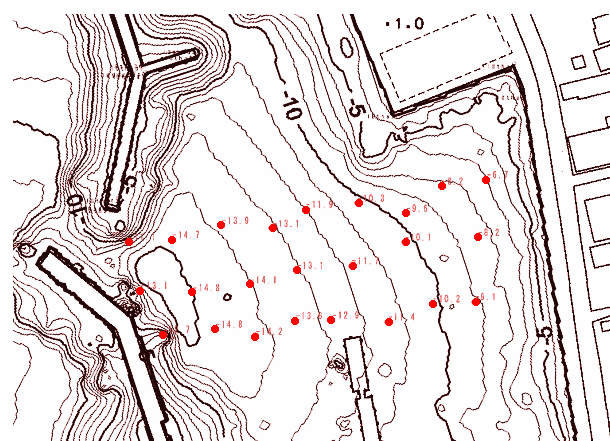


図-3(a) レッド網検証位置図(K 漁港)

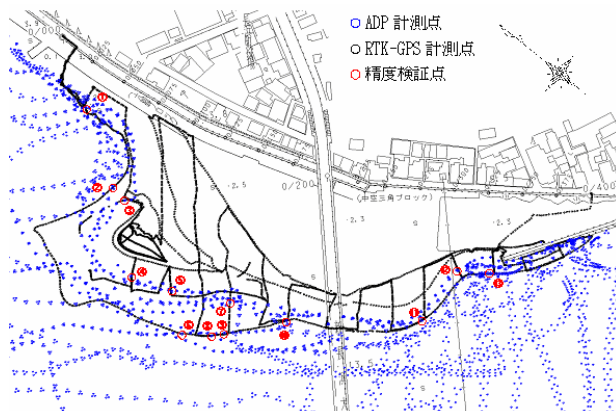


図-3(b) RTK-GPS 検証位置図 (肱川河口)

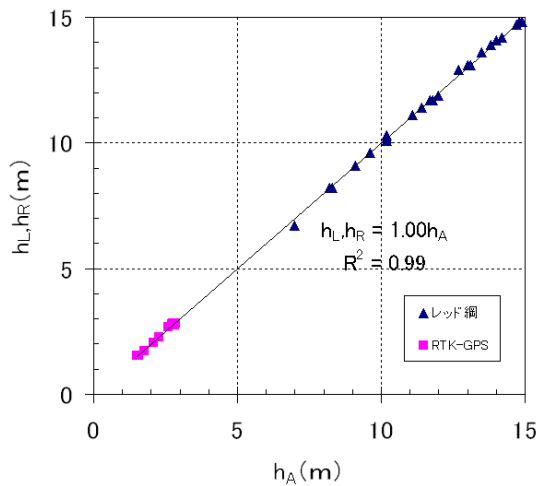


図-4 レッド綱(h_L), RTK-GPS(h_R)と ADP(h_A)の測深結果

3. 解析結果

(1) 現地観測

現地観測は、図-5 に示すように 800 x 800m の領域を測線間隔 25m で海域部は河川縦断方向、河川部は横断方向で行った。また、砂州の陸上部は、システムの RTK-GPS を用いて歩行しながら計測した。

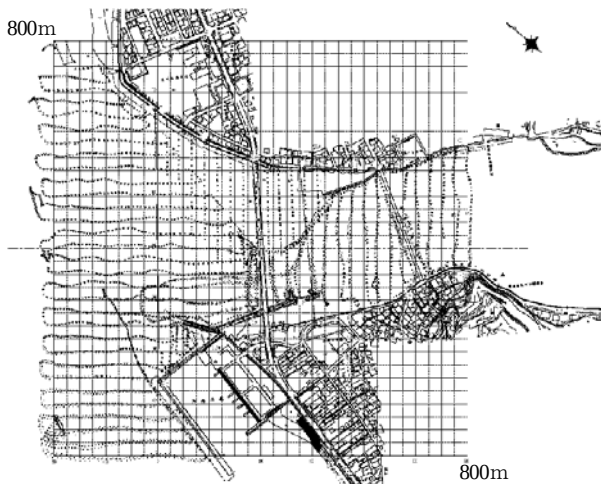


図-5 航跡図

(2) 砂州の消長

図-6～11 に等深線図、図-12～16 に地形差分図を示す。

図-6～7 および図-12 の 2003 年 11 月から 2004 年 4 月では、冬期に河口より海側の海底地盤高の低下が広範囲に見られ砂州が 50m 程度前進している。さらに、砂州の海側汀線部は侵食され、前浜勾配が増大している。また、砂州上流部の河床は全体に堆積傾向にある。

図-8～9 および図-14 の 2004 年 6 月から 8 月にかけて

台風による出水が原因で砂州が 50m 程度後退し、砂州前面の左岸側においては、0.5～1m 程度河床が低下した領域が護岸に沿って沖側へ 200m 程度広がっている。さらに、その洗掘領域の沖側では、三日月状の堆積領域が生じている。

図-9～10 および図-15 の 2004 年 8 月から 2005 年 7 月では、出水によりさらに 30m 程度砂州が後退している。また、砂州基部の汀線付近から沖側 300m の範囲では、幅 50～100m の顕著な堆積領域が生じ、汀線も 50m 程度前進している。

図-10～11 および図-16 の 2005 年 7 月から 2006 年 1 月では、冬期に上記の顕著な堆積領域は図-11 中の丸印の領域付近に移動し、汀線が 50m 程度前進している。これらの変動は、出水期にフラッシュされ、河口テラスに堆積した土砂が冬期季節風による波浪で砂州の汀線付近に輸送されてきたものと考えられる。

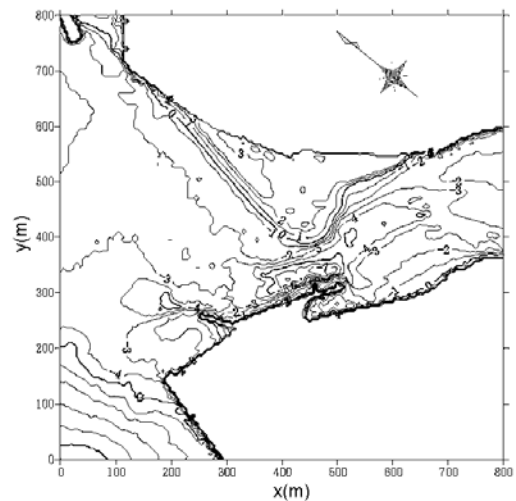


図-6 等深線図 (2003 年 11 月)

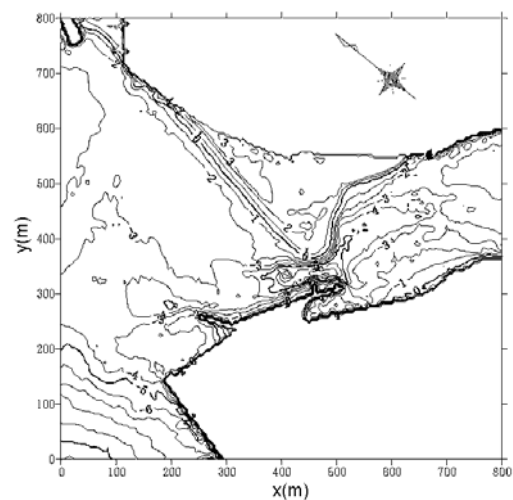


図-7 等深線図 (2004 年 4 月)

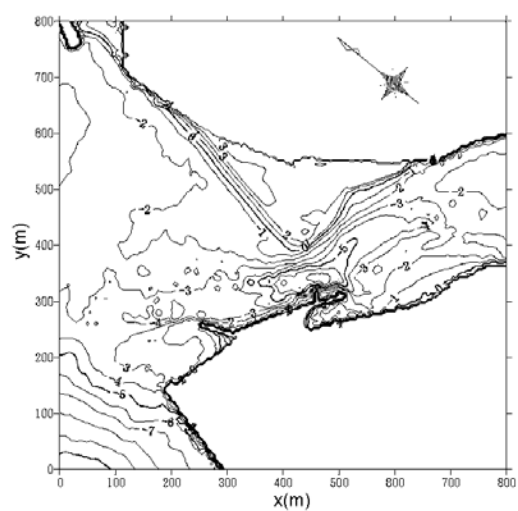


図-8 等深線図 (2004年6月)

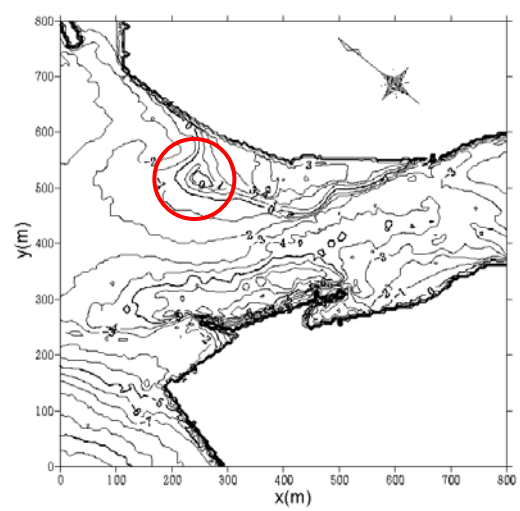


図-11 等深線図 (2006年1月)

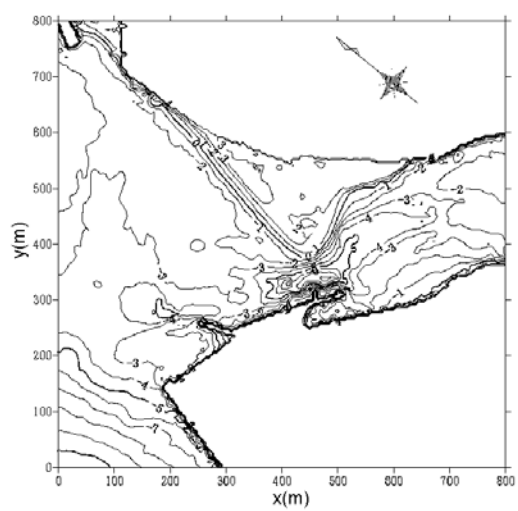


図-9 等深線図 (2004年8月)

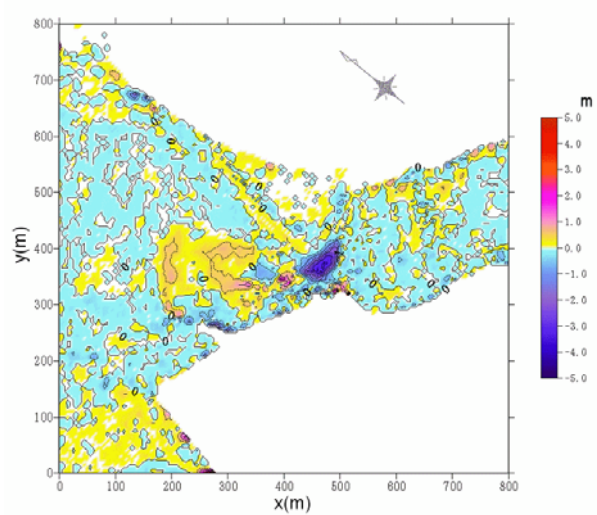


図-12 地形差分 (2003年11月～2004年4月)

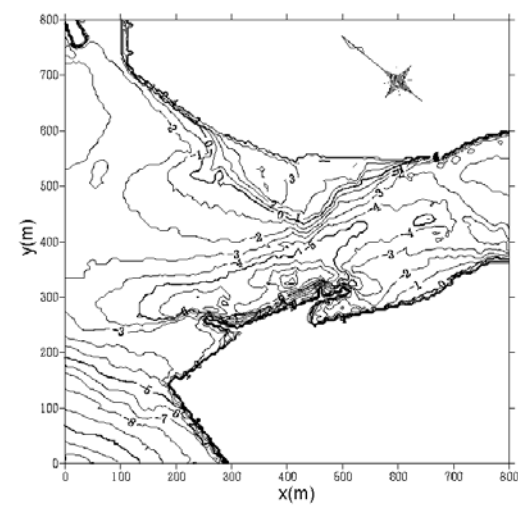


図-10 等深線図 (2005年7月)

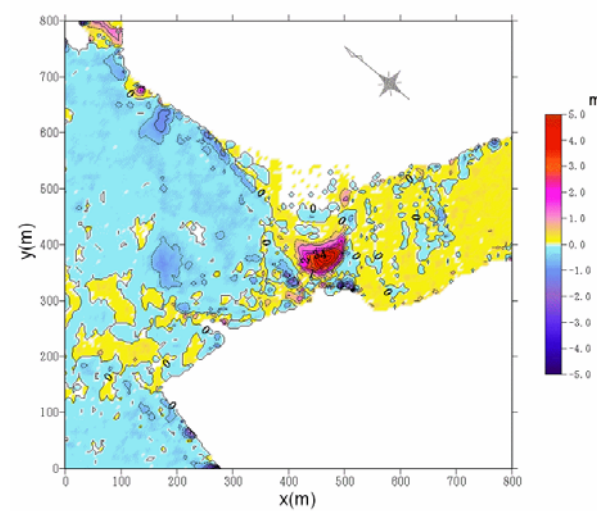


図-13 地形差分 (2004年4月～2004年6月)

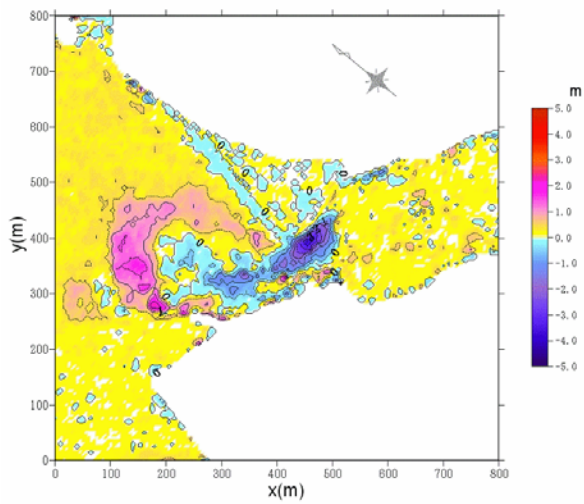


図-14 地形差分 (2004 年 6 月～2004 年 8 月)

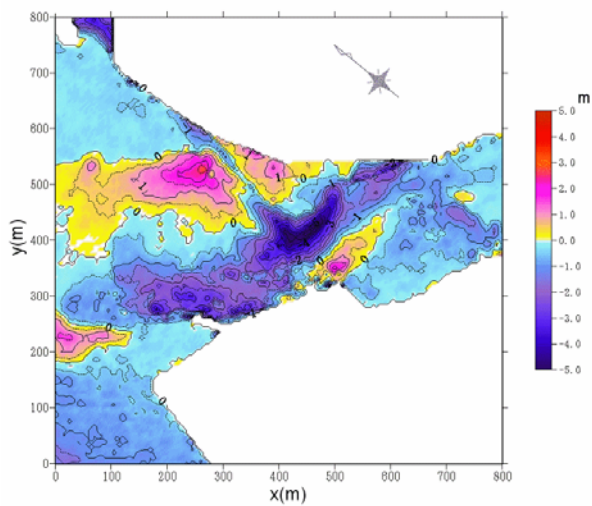


図-15 地形差分 (2004 年 8 月～2005 年 7 月)

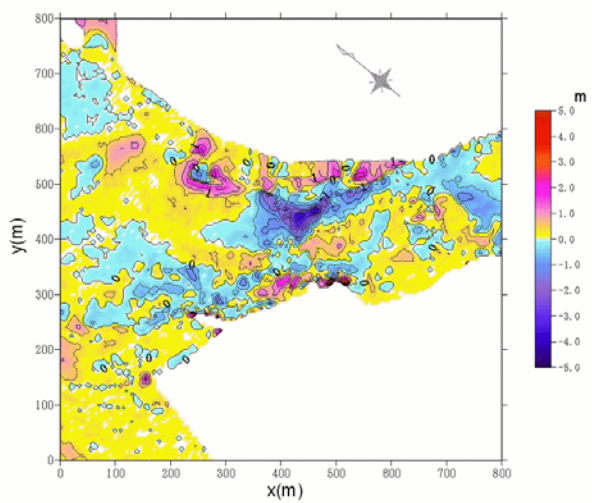


図-16 地形差分 (2005 年 7 月～2006 年 1 月)

(5) 流況

河口部における流れは、下げ潮時は、河川水の流下速度が増大し、砂州先端部から左岸側の防波堤に沿う流れが顕著になり、砂州前面ではその流れに引き込まれるように左岸向きの流れが生じている。また、砂州通過後は、流水断面の拡幅に伴う流速振幅の減少は顕著ではなく、河口デルタ上に形成された滞りに沿う流れが確認できる(図-17)。

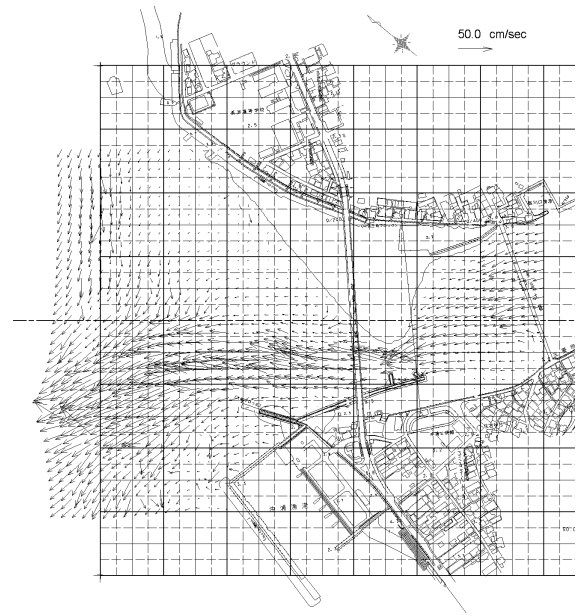


図-17 下げ潮時流速ベクトル図(2004 年 4 月計測)

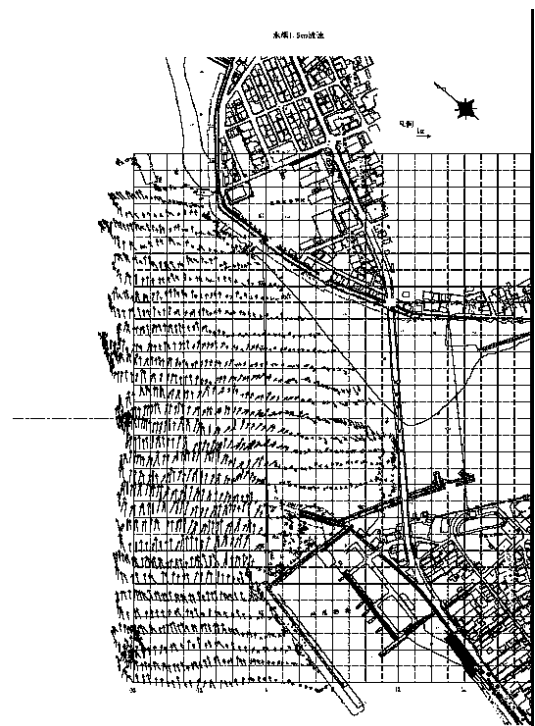


図-18 上げ潮時流速ベクトル図(2004 年 8 月計測)

一方、上げ潮時には左岸側の防波堤を通過後河口に向かって向きを変え、砂州の基部周辺で N 方向への流れと河口に向かう流れとに分流し、砂州先端部からの河道内への流れ込みが顕著に見られる(図-18)。こうした分流が要因となり図-15 に示すように砂州の基部付近の汀線が前進すると考える。さらに、フラッシュされた土砂は、上げ潮時の流れによって三日月状に堆積し、通常卓越する時計回りの循環流と冬期季節風時の波浪によって砂州の汀線付近に移動するのではないかと考える(図-14、図-15)。

以上のことから、砂州の近傍では、潮流と河川流との相互作用で常時 S 方向の流れが生じ、この流れや波浪による流れが砂州形状を保持したり、発達させる要因となっていると思われる。

4. おわりに

開発したシステムを用いて砂州周辺の流れと地形計測を行うことによって、出水前後の土砂の堆積状況を詳細に把握することができ、河口周辺の流況についても上げ潮時下げ潮時で詳細な流況調査が可能となった。これまでの観測結果に基づき、冬期の砂州発達状況および出水前後の地形変化について検討を行った。得た結果を要約すると以下の通りである。

- (1)ADP のボトムトラック機能を用いたシステムにより砂州地形と海浜流況の詳細な計測が高効率高精度で行えることが実証できた。
- (2)河口砂州が冬期に発達し、通水断面を狭めることで流

下能力が低下し、砂州より上流側の河床では堆積が進行している。

- (3)肱川河口では、潮流と河川流の相互作用で砂州前面では常時計回りの循環流が形成されていることが確認された。
- (4)出水期にフラッシュされた砂州の土砂はデルタ上に堆積し、通常卓越する時計回りの循環流や冬期季節風時の波浪によって岸側に輸送され砂州を発達させることが判った。

謝辞:本研究は、日本学術振興会科学研究費(基盤研究(B) No. 17360230, 代表者: 真野 明)の補助を受けて行われたこと、国土交通省四国地方整備局大洲河川国道事務所からは貴重な資料を提供して戴いたことを記し、謝意を表します。

参考文献

- 1)伊福 誠・三好栄一: 出水による肱川河口砂州周辺の流れと地形変化, 海岸工学論文集, 第 42 巻, pp.601-605, 1995.
- 2)伊福 誠, 三好栄一: 出水に伴う肱川河口砂州の崩壊とその後の回復過程, 海岸工学論文集, 第 43 巻, pp.616-620, 1996.
- 3)川西 澄・鳥居義仁: 高解像度ドップラー流速分布計による感潮河川における乱流境界層の観測, 水工学論文集, 第 46 巻, pp.815-820, 2002.
- 4)佐藤慶太・二瓶泰雄・木水 啓・飯田祐介: 洪水流観測への高解像度超音波ドップラー流速分布計の適用～江戸川を例にして～, 水工学論文集, 第 48 巻, pp.763-768, 2004.

(2006.9.30 受付)