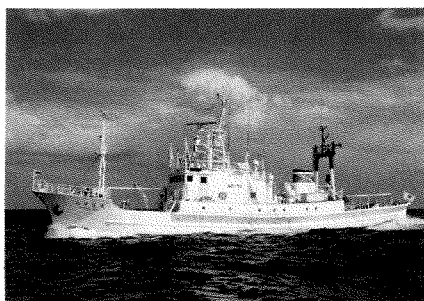


# ADCP データの船間比較

和田 洋 藏\*<sup>1</sup>  
吉 村 祐 一\*<sup>2</sup>  
平 井 光 行\*<sup>3</sup>  
山 田 東 也\*<sup>3</sup>



平安丸、福井丸、みずほ丸の3隻の調査船が同時に同一線上を往復航走した際に得られた ADCP データを異なる機種間および船間で比較した。調査時間全体での流向、流速の平均値の船間差が 2.0~2.7°, 0.3~0.5 cm/s とそれぞれ小さい値を示したことから、3船の ADCP の器差がほとんどないことが確認された。1分間平均値を用いて個々のデータを比較した場合には、流向で最大 47.8°, 流速では最大 17.9cm/s の船間差が認められたが、データの平均時間を長くすると流向、流速とも船間差は小さくなった。10~15分間平均値を用いた際には、流速の船間差が 5.1cm/s (0.1ノット) 以下になったことから、高い精度での複数の調査船による広範囲の流況調査が可能であることが示された。

最近、海域の流況を評価するために、船舶搭載式の超音波潮流計 (Acoustic Doppler Current Profiler, 以下 ADCP と記す) を用いた観測が頻繁に行われるようになった (例えば藤原, 1988; 原ら, 1990; 和田ら, 1997)。ADCP で得られるデータには、ADCP の測定原理に基づく誤差 (金子ら, 1988), 機器固有の誤差, 機器の取り付け角度のずれによる誤差 (山田, 1993), ジャイロコンパスの設定による誤差 (山田, 1995) などがそれぞれ含まれており、データの使用に当たっては十分な注意を要することが指摘されている (藤原ら, 1989)。

これまで、ADCP で得られたデータの精度については、係留系による流速計との比較で論じられることが多く (高杉ら, 1986), 複数の船でデータを比較した研究はほとんど見あたらない, これは、従来の流況調査・研究の大部分が1隻の調査船による観測結果に基づくものであったことによる。しかし、広い海域を対象として流況の評価を行う際には、様々な機種を搭載した複数の調査船で得られたデータを用いて検討する機会が生じる。その際には、それぞれの調査船で観測された流向・流速の測定値について、どの程度の器差があるのかを認識した上で、測定資料を比較検討する必要がある。

本報告では、3隻の調査船が同時に同一線上を航行した際に得られた ADCP データを機種間および船舶間で比較することによって、広い海域を対象にした流況評価を行

\*1 京都府立海洋センター (Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu, Kyoto 626, Japan)

\*2 福井県水産課 (Fukui Prefectural Office, Fukui 914, Japan)

\*3 日本海区水産研究所 (Japan Sea National Fisheries Research Institute, Suido-cho, Niigata 951, Japan)

う場合のデータの信頼性・有効性を検討した。

報告に先立ち、この研究を行う機会を与えられ、ご指導くださった京都府立海洋センター所長篠田正俊博士、有益なご助言を頂いた同センター海洋調査部長桑原昭彦博士に心から厚くお礼申し上げます。また、調査に協力して下さった京都府立海洋センター調査船平安丸、福井水産試験場調査船福井丸、日本海区水産研究所調査船みずほ丸の各船の船長および乗組員の各位に感謝の意を表する。

## 方法

若狭湾東部の水深 220~260 m の海域に、東経 135°44' の経度線上で北緯 35°50' から 35°56' までの南北 6 マイルの定線を設定した (Fig. 1)。1994年 5月24日の 8~11時に福井丸 (福井水産試験場所属)、平安丸 (京都府立海洋センター所属)、みずほ丸 (日本海区水産研究所所属) の 3

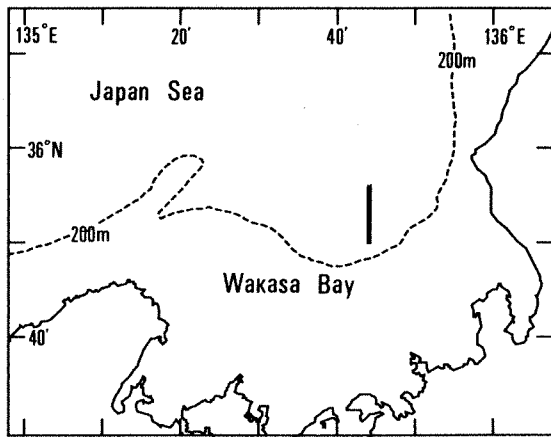


Fig. 1. The location of the ADCP observation line (vertical line) in Wakasa bay, Japan Sea. The dotted line indicates 200 m isobath.

隻が順にこの定線上を船速約10ノットで2往復観測した。福井丸とみずほ丸とは同一機種の ADCP が搭載されており、機器間の干渉が起こり易いと考えられたので、福井丸、平安丸、みずほ丸の順に航行した。さらに、前方を航行する船による海水の擾乱の影響を避けるため、後方を航行する船は、前船の斜め後方 300 m 程度の距離を置いた。

各船に搭載された ADCP の機種および測定層やデータの平均時間などの測定条件を Table 1 に示した。流向流速データの平均時間を各船とも 1 分間に設定した。なお、平安丸でのデータ収録間隔は15秒であるが、本報告では1分ごとに得られたデータだけを取り扱った。また、平安丸に搭載された古野電気株式会社製 CI-30 の場合、測定できる水深が3層に限られているため、今回の調査では測定層を水深 30 m, 50 m, 100 m に設定した (Table 1)。ただし、ここでは対地モード (船速を ADCP 自身で測定しベクトル演算により流速を求める方法) で得られた水深 50 m 層における流向と流速の測定値について、各船間で比較検討した結果を報告する。

## 結果および考察

みずほ丸が定線上を2往復観測した際の水深 50 m 層における流向と流速の変化について Fig. 2 に示した。みずほ丸により測定された対象海域の流向は、定線の南側では東北東で、北に行くほど流れが北向きになり、定線の北側では北北東であった。調査には約3時間を要したが、この傾向は調査時間を通じて変わらなかった。流速の場合、測定値は 15.4~51.4 cm/s の範囲にあり、調査時間全体での測定値の平均は約 30.4cm/s であった。個々の測定値には比較的大きなばらつきがみられたものの、約3時間におよぶ調査時間内では、定線上の流速の傾向には流向の場合と同様、顕著な変化は認められなかった。このように、調

Table 1. Instruments of ADCP and conditions of examination.

Vessel name	Fukui-maru	Heian-maru	Mizuho-maru
Type of ADCP	VM-150	CI-30	VM-150
Corporation	RD-Instruments	Furuno Electric Co.,Ltd.	RD-Instruments
Software of data recording	TRANSECT Ver. 1.73	Wada's own work	IBM Ver. 3.07
Number of measured layer	Multi-layers	Three layers	Multi-layers
Measured layer		30 m, 50 m, 100 m	
Depth cell size	8 m	Unknown	8 m
Averaged time	1 min.	1 min.	1 min.
Sampling interval	1 min.	15 sec.	1 min.
Sampling method	Bottom tracking mode and Navigation device mode (same time)	Bottom tracking mode (1st examination) Navigation device mode (2nd examination)	Bottom tracking mode and Navigation device mode (same time)

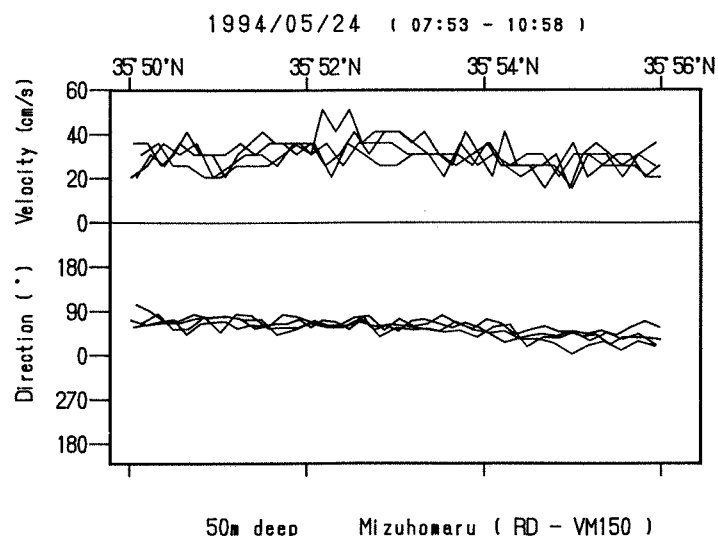


Fig. 2. Velocity (upper panel) and direction (lower panel) of flow at 50 m layer measured with ADCP by R/V Mizuho-Mar, on the experiment line shown in Figure 1.

査時間内に同じ位置で測定された流向、流速ともに大きな変化がみられなかったことから、約 300 m の間隔を空けて航行したために生じた各船間の測定時間のズレは無視できるものと考えられた。このことから、以下の解析においては、各船が同じ位置で測定したデータに基づいて比較検討した。

平安丸とみずほ丸との 1 分平均での測定値を個々に比較した結果、流向では  $-33.1 \sim 47.8^\circ$ 、流速では  $-15.4 \sim 15.4$  cm/s の差がみられた (Table 2)。平安丸と福井丸とでは流向で  $-33.8 \sim 19.8^\circ$ 、流速では  $-11.5 \sim 13.5$  cm/s、福井丸とみずほ丸とでは流向で  $-34.8 \sim 38.4^\circ$ 、流速では  $-17.7 \sim 17.9$  cm/s の差がそれぞれみられた。このように 1 分平均での個々の測定値を各船間で比べると、流向で最大  $47.8^\circ$ 、流速では最大 17.9 cm/s と、ともに比較的大き

な差が認められた。

上記のように、1 分平均値による個々の測定値を各船間で比較した場合には、流向、流速ともに船間差が大きくなった。この原因については、調査対象とした海域における流れの時空間変動が要因の一つであると考えられた。すなわち、今回の調査では約 10 ノットで航走したので、1 分平均値では長さ約 310 m の空間規模の海域における流れを測定したことになる。このことから、この程度の時空間規模を対象にして複数の調査船による観測資料を用いた場合には、各船の測定値の船間差が大きくなるため、解析結果に大きい誤差の生じる可能性があると考えられた。

そこで、より時空間規模の大きい海域での流れを対象にした場合の各調査船での観測値を検討するため、それぞれのデータの平均時間を変えて船間比較した。Fig. 3a, 3b

Table 2. Comparisons of ADCP data measured by three vessels.

Compared vessels	Heian-Mar, Mizuho-Mar	Heian-Mar, Fukui-Mar	Mizuho-Mar, Fukui-Mar
Direction (degree)			
Range	$-33.1 \sim 47.8$	$-33.8 \sim 19.8$	$-34.8 \sim 38.4$
Mean	-2.9	-2.7	1.6
S.D.	17.7	12.5	15.1
Speed (cm/s)			
Range	$-15.4 \sim 15.4$	$-11.5 \sim 13.5$	$-17.7 \sim 17.9$
Mean	0.5	0.5	-0.5
S.D.	6.5	5.9	7.1
Number of data	68	68	114

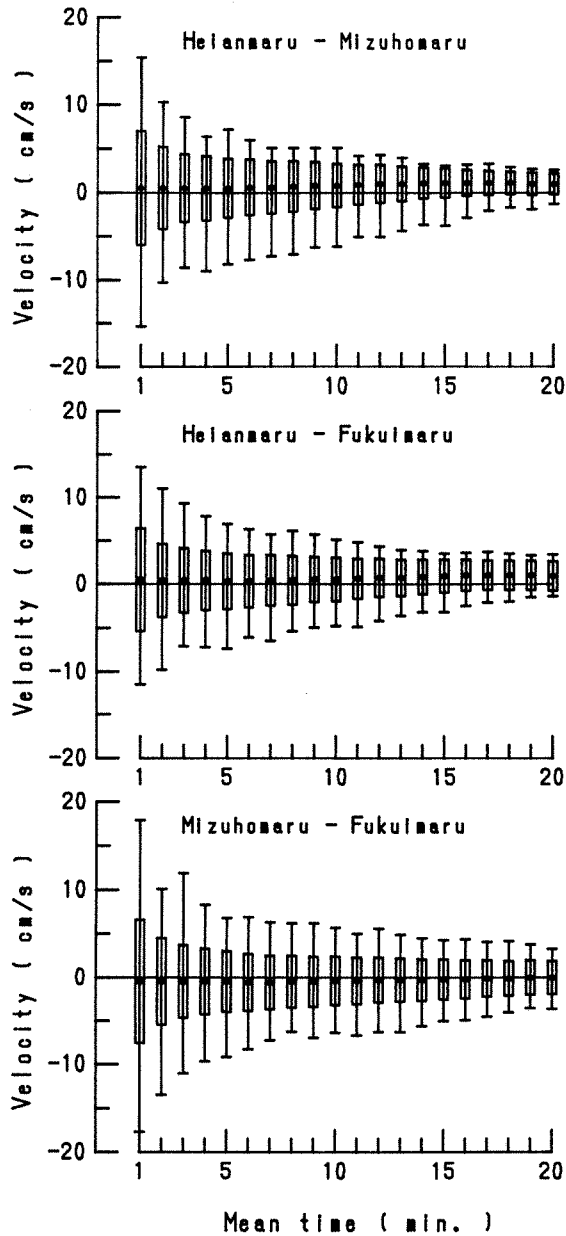


Fig. 3a. Comparison of the current velocity measured based on the difference average time by each ship. The dots, vertical lines and vertical white bars show mean, range and standard division, respectively.

には、データの平均時間を1分間から20分まで1分間隔に変えて、流向、流速を船間比較した結果を示した。この結果では、データの平均時間を長くするほど流向、流速とも船間差の範囲は小さくなり、平均値付近にデータが収束す

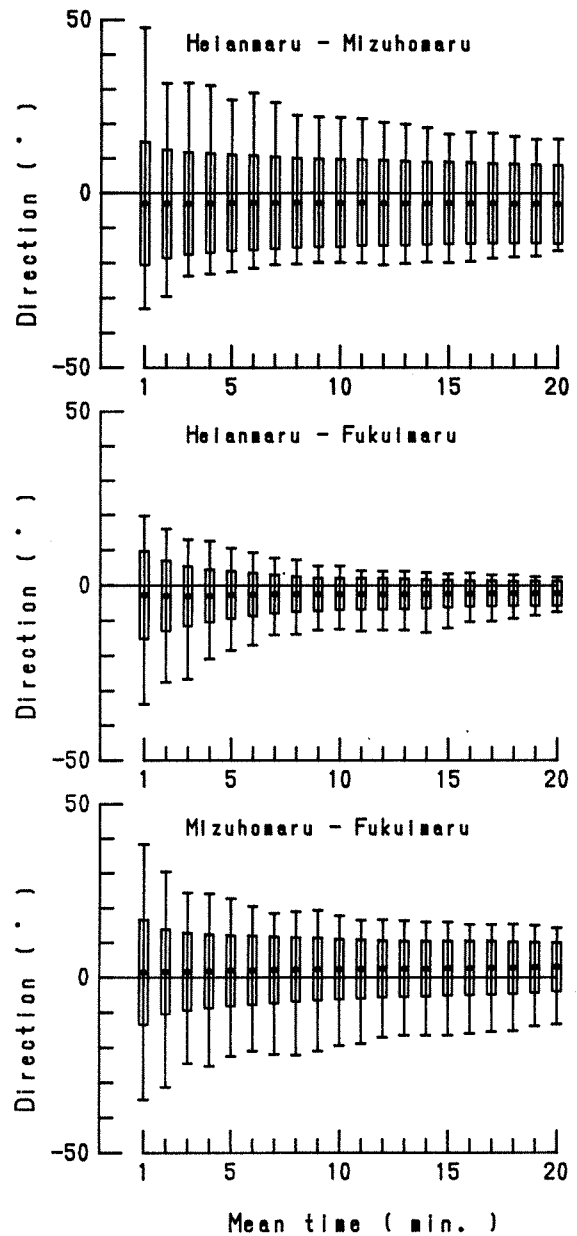


Fig. 3b. Comparison of the current direction measured (based on the difference average time) by each ship.

る傾向がみられた。

ここで、平安丸に搭載したCI-30型ADCPでは流速が0.1ノット(約5.1cm/s)単位で表示・測定されるので、5.1cm/s以下の精度を得ることはできない。また、データの平均時間を長くするほど、その間に航走する距離が大

きくなり、海域によっては測定中に流向や流速が変化することが想定される。そのため、観測の目的により期待される精度が得られる範囲で、しかもできるだけ短い平均時間のデータを用いることが望ましいと考えられる。そこで、平安丸の流速の測定精度を基準にして、流速の測定値の各船間での差の最大値が 5.1 cm/s 以下になる最短の平均時間を求めると、平安丸とみずほ丸とでは11分、平安丸と福井丸とでは10分、みずほ丸と福井丸とでは15分であった (Fig. 3a)。

一方、流向差の場合にはデータの平均時間を長くしても流速差の場合にみられたほど顕著に、船間差の範囲は小さくならなかった。平安丸とみずほ丸とでは2分以上、平安丸と福井丸とでは7分以上、みずほ丸と福井丸とでは5分以上で船間差の範囲はほとんど一定になった (Fig. 3b)。これらの値は、流速差の場合に求めた値 (流速差の最大値が 5.1 cm/s 以下になる最短の時間) である10~15分に比

べいずれも小さかった。したがって、流速の測定値の各船間での差を 5.1 cm/s とすることを基準とした場合、最短のデータの平均時間は、流速の船間差を基に得られた値を用いるのが妥当であると考えられた。すなわち、データの平均時間は平安丸とみずほ丸とでは11分、平安丸と福井丸とでは10分、みずほ丸と福井丸とでは15分となり、この場合に得られる流向の船間差の範囲は、それぞれ 40.7°、17.9°、32.4° となった。このように、2船間で求められた値はそれぞれ異なっており、複数の調査船を用いた観測を行う際には、それぞれの船間差を基にデータの平均時間を定める必要があると考えられた。今回比較を行った3隻の場合には、データの平均時間を10~15分とするのが適当であると思われた。

最後に、調査時間全体を通じた流向、流速の測定値に基づいて、各船間の ADCP の器差を検討した。流向と流速の船間差は、データの平均時間に関わらず、それぞれ 1.6~

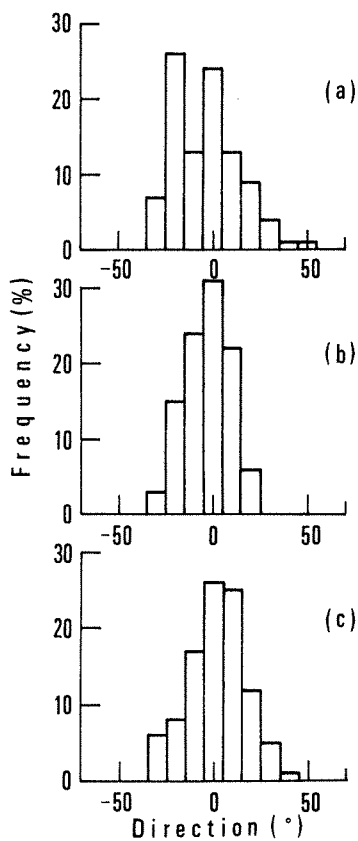


Fig. 4a. Histograms of difference of the current direction.  
 (a) Heian-Mar and Maizuho-Mar  
 (b) Heian-Mar and Fukui-Mar  
 (c) Mizuho-Mar and Fukui-Mar

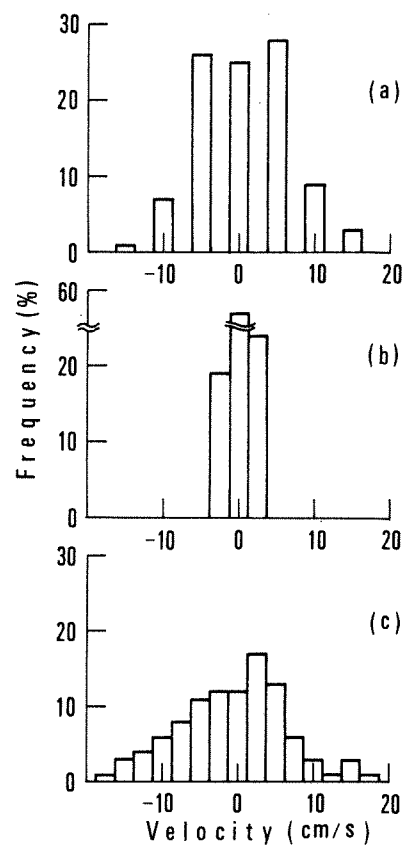


Fig. 4b. Histograms of difference of the current velocity.  
 (a) Heian-Mar and Maizuho-Mar  
 (b) Heian-Mar and Fukui-Mar  
 (c) Mizuho-Mar and Fukui-Mar

2.9°, 0.3~0.5 cm/s と小さい値を示した (Fig. 3a, 3b)。流速についてのこの値は、測定原理に基づく誤差 (藤原ら, 1989) に比べても小さく、設置型 ADCP と機械的流速計とを比較した際に高杉ら (1986) が示した流速差よりも小さかった。さらに、各船間の測定値の差の頻度分布は、流向、流速とも平均値付近に値が集中し、正規分布に近い分布型を示した (Fig. 4a, 4b)。これらのことから、3 船の ADCP の器差がほとんどないと考えられた。

上述の結果から、各調査船で測定された流向、流速について次のように整理できた。すなわち、流向、流速の平均値の船間差が 2.0~2.7°, 0.3~0.5 cm/s と小さい値を示したことで、3 船の ADCP の器差はほとんどないことが確認された。ところが、各船とも 1 分平均値を用いて個々のデータを比較した場合には、流向で最大 47.8°, 流速では最大 17.9 cm/s と比較的大きな船間差が認められた。これは、狭い海域での短時間の測定値を用いたため、調査対象海域における流れの時空間変動が大きいことによるものと考えられた。そこで、より大きい時空間規模の海域を対象にして流れを評価するために、データの平均時間を長くすると、流向、流速とも船間差は小さくなった。しかし、海域によっては流向や流速が変化することが想定され、できるだけ狭い海域で流れを評価することが必要であると考えられた。そこで、平安丸での流速の測定精度を基準にして、流速の船間差の最大値が 5.1 cm/s 以下になるデータの平均時間の最短時間を求めると、10~15分であった。

これらのことから、流れの変化が時間的または空間的に小さい海域において、測定値の船間差を小さくするためには、10~15分間程度のデータの平均値を用いることが適当

であると考えられた。今後、このような方法で調査すれば、複数の調査船による ADCP 観測結果に基づく、より広い海域における精度の高い流況評価が可能になるものと思料された

## 文 献

- 藤原建紀. 1988. 海水流動の測定: 21世紀の漁業と水産海洋研究, 水産海洋研究会編, 恒星社恒星閣, 161-167.
- 藤原建紀・高杉由夫・肥後竹彦. 1989. 超音波ドップラープロファイラーによる沿岸域の流れの可視化, 海洋調査技術, **1**: 57-65.
- 原 哲之・和田洋藏・河岸賢・宗清正廣. 1990. 夏季における若狭湾西部海域の流動について, 水産海洋研究, **54**: 123-128.
- 金子新・橋本良夫・石橋道芳・田代昭正. 1988. 超音波ドップラー流速プロファイラー, 新時代の海洋計測器, 九州大学応用力学研究所報, **66**: 47-76.
- 高杉由夫・肥後竹彦・楚口英昭・藤原建紀. 1986. 超音波ドップラープロファイラーによる流速測定, 中国工業技術試験所報告, **27**: 11-25.
- 山田東也. 1993. 超音波ドップラー流速計による流速測定と系統的誤差, 日水研報告, **43**: 1-7.
- 山田東也. 1995. 航法船速を用いた ADCP データの補正, 日水研報告, **45**: 79-82.
- 和田洋藏・平井光行・山田東也. 1997. 京都府経ヶ岬沖の流況について, 日水研報告, **47**: 13-22.

## Synopsis

### Comparisons of Acoustic Doppler Current Profiler Data Obtained by Three Research Vessels

YOZO WADA, YUUICHI YOSHIMURA  
MITSUYUKI HIRAI, and HARUYA YAMADA

This paper deals with comparisons of Acoustic Doppler Current Profiler data obtained by three research vessels, Fukui-Maru (belonging to Fukui Prefecture), Mizuho-Maru (Japan Sea National Fisheries Research Institute) and Heian-Maru (Kyoto Prefecture). Investigations were carried out in the Wakasa Bay, Japan Sea at 24 May 1994.

Average differences of current direction and velocity between Heian-Maru and Mizuho-Maru, Heian-Maru and Fukui-Maru, and Mizuho-Maru and Fukui-Maru were 2.9 degree and 0.5 m/sec, 2.7 and 0.5, and 1.6 and 0.5, respectively. The above results suggest that the current data obtained by the three research vessels are almost similar accuracy.