

## A D C P 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>

<sup>1)</sup> 京都府立海洋センター, <sup>2)</sup> 福井県農林水産部, <sup>3)</sup> 日本海区水産研究所

### 緒 言

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(以下ADCPと記す)を用いた観測が頻繁に行われる様になった(藤原1988;原ら1990). 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), 船間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, 今後広い海域を対象として流況の評価を行う場合には, 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場合が生じる. 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定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, データの信頼性・有効性の検討を行うことを目的とした.

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る. 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220~260mの海域に135°44'Eの経度線上で35°56'Nまでの南北6マイルの定線を設定した(図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が用いられており, 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300m程度の距離を空けて航行した.

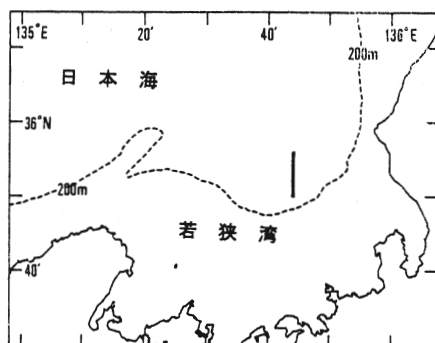


図1 調査海域および調査定線位置.

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表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30m, 50m, 100mに設定した(表1).

表1 ADCPの機種名および測定条件.

船名	福井丸	平安丸	みずほ丸
ADCPの機種名	VM-150	CI-30	VM-150
	RD-Instruments社	古野電気株式会社	RD-Instruments社
データ収録ソフト	TRANSECT Ver. 1.73	自作	IBM Ver. 3.07
測定層	多層	3層 (30m, 50m, 100m)	多層
測定層厚	8 m	—	8 m
平均時間	1分	1分	1分
記録時間	1分毎	15秒毎	1分毎
測定モード	対地モード 対水モード (同時に測定)	1往復目: 対地モード 2往復目: 対水モード	対地モード 対水モード (同時に測定)

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50m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について報告する.

## 結果及び考察

みずほ丸が定線上を2往復観測した際の水深50m層における流向と流速の変化について図2に示した. 調査時における対象海域の流向は, 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15.4~51.4cm/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時間及ぶ調査時間内には流向の場合

と同様、顕著な変化は認められなかった。この様に、調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、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。即ち、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 $-15.4 \sim 15.4 \text{ cm/s}$ の差がみられた(表2)。平安丸と福井丸とでは流向で $-33.8 \sim 19.8^\circ$ 、流速では $-11.5 \sim 13.5 \text{ cm/s}$ 、福井丸とみずほ丸とでは流向で $-34.8 \sim 38.4^\circ$ 、流速では $-17.7 \sim 17.9 \text{ cm/s}$ の差がそれぞれみられた。この様に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 $17.9 \text{ cm/s}$ と、ともに比較的大きな差が認められた。

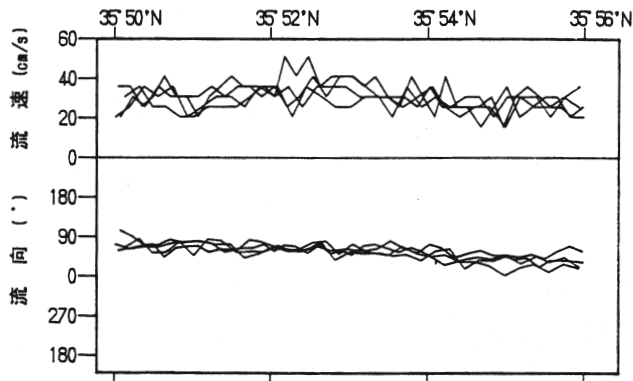


図2 みずほ丸で測定された各海域での流向と流速(水深50m層)。

表2 流向流速の船間差。

	平安丸-みずほ丸	平安丸-福井丸	みずほ丸-福井丸
流向差 (°)			
最大値	47.8	19.8	38.4
最小値	-33.1	-33.8	-34.8
平均値	-2.9	-2.7	1.6
標準偏差	17.7	12.5	15.1
流速差 (cm/s)			
最大値	15.4	13.5	17.9
最小値	-15.4	-11.5	-17.7
平均値	0.5	0.5	-0.5
標準偏差	6.5	5.9	7.1
標本数	68	68	114

上記の様に、1分平均値を用いて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。即ち、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31mの空間規模の海域における流れを評価したことになる。したがって、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長くして船間比較した。図3には、データの平均時間を1分から20分まで1分間隔に長くして、流向、流速を船間比較した結果を示した。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って平均値付近にデータが収束する傾向がみられた。

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)単位で表示されるので、5.1cm/s以下の精度で測定することはできない。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、海域によっては流向や流速が変化することが考えられる。そこで、流速差の最大値が5.1cm/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(図3)。

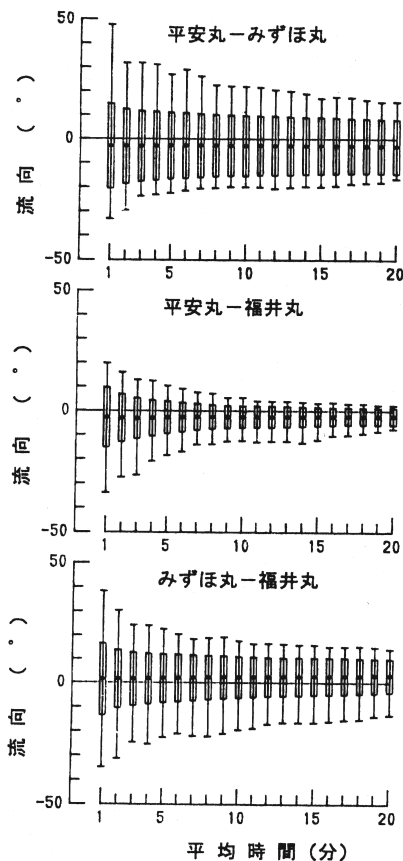


図3-1 平均時間の違いによる流向の船間差(黒丸・白棒・黒線は、それぞれ平均値・標準偏差・範囲を示す)。

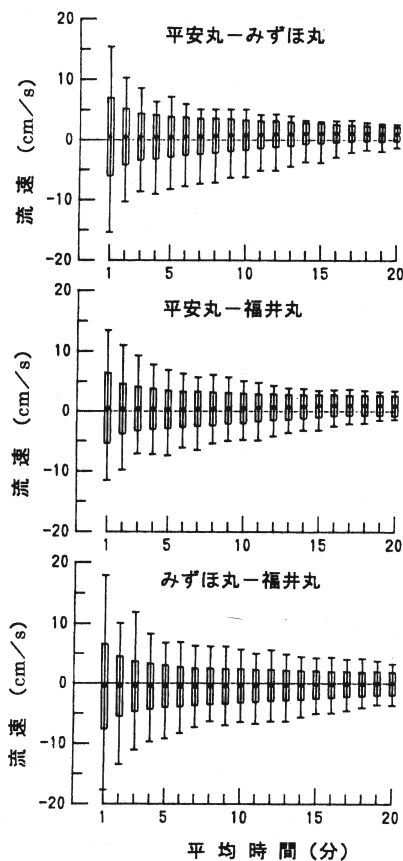


図3-2 平均時間の違いによる流速の船間差(黒丸・白棒・黒線は、それぞれ平均値・標準偏差・範囲を示す)。

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(図3)。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5.1cm/s以下になる最短の時間)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5.1cm/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。即ち、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。この様に、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、調査時間全体を通して平均した流向、流速について各船間の測定値を比較した。流向と流速の船間差は、それぞれ2.0~2.7°、0.3~0.5cm/sと小さい値を示した。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(図4-1、4-2)。これらのことから、3船のADCPの機差がほとんどないと考えられた。

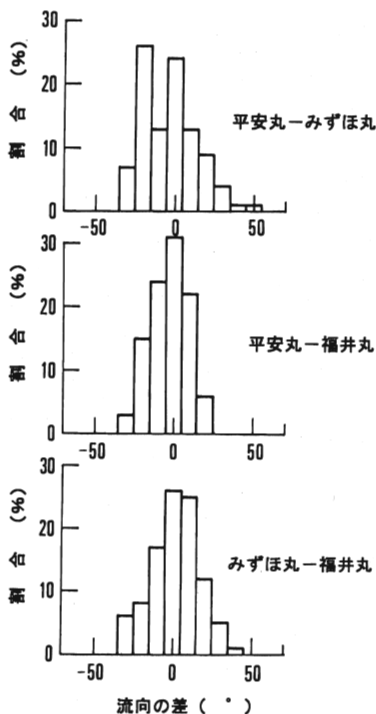


図4-1 流向の船間差の頻度分布。

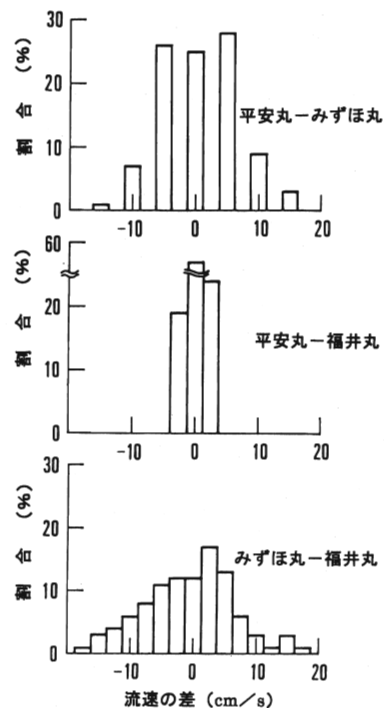


図4-2 流速の船間差の頻度分布。

上述の結果から、各調査船で測定された流向、流速について次の様に整理できた。即ち、流向、流速の平均値の船間差が $2.0\sim 2.7^\circ$ 、 $0.3\sim 0.5\text{cm/s}$ と小さい値を示したことで、3船のADCPの機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 $47.8^\circ$ 、流速では最大 $17.9\text{cm/s}$ の船間差が認められた。これは、1分平均値を用いた場合には、狭い海域での短時間の時空間変動が大きいためであると考えられた。データの平均時間を長くしてより大きい時空間規模の海域を対象に流れを評価すると流向、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、流速の船間差の最大値が $5.1\text{cm/s}$ 以下になるデータの平均時間の最短時間を求めると、 $10\sim 15$ 分であった。

これらのことから、流れの変化が時間的に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、 $10\sim 15$ 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観測結果に基づき、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・和田洋蔵・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, 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, 45, 79-82.