

海洋構造変動パターン解析技術開発試験事業

高 橋 進 吾・佐 藤 晋 一・大 川 光 則・黄金崎 栄 一

は じ め に

青森県海域の海洋構造は、親潮、黒潮及び対馬（津軽）暖流等に支配され、短期・長期的に複雑に変動し、イワシ・サバ類、スルメイカ等浮魚類の漁場形成や沿岸域の生産力に大きな影響を及ぼしている。本事業では、流向流速計（以下「ADCP」という。）を用いて海流データを迅速かつ組織的に収集・解析するための技術開発、及びADCPデータと調査船による海洋観測データ、衛星情報等をあわせて青森県沿岸・沖合域の高精度な海況の把握と漁場・海況予測に資するための技術開発を行うことを目的とする。

本年度は、ADCPの系統誤差を除去するための技術開発を行うとともに、ADCPによる流向流速データとCTD観測による水温・塩分・密度分布等を比較し、データの信頼性（精度）や問題点について検討する。

材 料 と 方 法

参 加 機 関（青森県水産試験場以外）

（太平洋）岩手県水産技術センター・宮城県水産研究開発センター・茨城県水産試験場

東北区水産研究所（指導機関）

（日本海）京都府立海洋センター、日本海区水産研究所（指導機関）

開発検討委員会（作業部会）

事業推進上の問題点の摘出と対策、成果の取りまとめと活用方法等、事業の円滑な推進に必要な事項について総合的な検討を行うため、各海域の担当水産研究所が年1～2回分担し招集・開催する。（太平洋海域については、必要に応じて解析技術開発の専門的事項に関する具体的作業を行う作業部会を開催することとしている。）

調 査 内 容

1 調 査 項 目

調査項目は、従来の一般海洋観測とADCPによる流向流速観測である。

海洋観測は、漁況海況予報事業に準じて実施する。

「開運丸」のADCPは日本無線社製（3層式）とRDインストルメンツ社製（多層式）で、CTDはシーバード社製である。「東奥丸」のADCPは日本無線社製（3層式）で、CTDはニールブラウン社製である。「青鵬丸」のADCPは古野電気社製（3層式）である。CTDの観測深度は沿岸域の浅海部を除き、0～1,000mである。

調査船に装備しているシステムは表1のとおりである。

結 果

流向流速データ収録環境設定

1 3層式ADCP

ADCPの観測深度は、図2（観測点図）に示す太平洋定線及び日本海定線では基本的に10、50、100mの3層を、図3に示す津軽海峡定線では10、50、90mの3層の測流を行った。

「開運丸」及び「東奥丸」の場合は1分平均で測定し1分間隔で、「青鵬丸」の場合は2分平均で測定し2分間隔でデータをFDに収録した。

2 多層式ADCP

開運丸に搭載された多層式ADCPでは、測定層厚8mで80層（水深約650mまで）を約3分間隔で測流し、データをMOに収録した。

3層式及び多層式ADCPとも対地・対水モードは自動切替に設定したが、太平洋定線及び日本海定線はごく沿岸域を除き、ほとんどが対水モードで、津軽海峡定線は対地モードでデータが収集された。

表1 各調査船の流向流速測定システム

調 査 船	ドップラー流速計（ADCP）	航 法 装 置
東奥丸（140トン）	J R C J L N - 615	J R C J L R - 4200
青鵬丸（56トン）	F U R U N O C I - 30	F U R U N O G P - 70
開運丸（208トン）	R D - 9 H P 075 P J R C J L N - 615	F U R U N O G P - 500 J R C J L R - 6000MKH

J R C：日本無線、F U R U N O：古野電気、R D：RDインストルメンツ

表2 日本海におけるデータ収録状況

日 本 海	調 査 回 数													調査船
定 線 名	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計	
沿岸・ニ11線	①	①			①		①	①			①		6	東奥丸
沖合・6線			1			①			①			①	4	東奥丸
津軽海峡西口		①		①									2	青鵬丸
						①							1	東奥丸
							①*						1	開運丸

○印：3層式ADCPデータ収録月（FD）

*印：多層式ADCPデータ収録月（MO）

表3 太平洋におけるデータ収録状況

日 本 海	調 査 回 数													調査船
定 線 名	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計	
太平洋D線			1										1	東奥丸
太平洋D線						①*	①*		①			①*	4	開運丸

○印：3層式ADCPデータ収録月（FD）

*印：多層式ADCPデータ収録月（MO）

流向流速データ収録状況

平成9年4月から平成10年3月までの流向流速データの収録状況を表2及び表3に示した。

日本海定線観測では、7月及び1月を除く全ての月に海洋観測を行い、6月に機器不良（パソコンデータ受信不可）によりデータ収録ができなかった他は、流向流速データの収録を行った。

津軽海峡西口流量調査では、5月・7月・9月・11月の計4回測流を行い、その全てで流向流速データの収録を行った。

太平洋定線観測では、6月・9月・10月・12月・3月に海洋観測（10月はさけ来遊調査）を行い、日本海と同様に6月に機器不良（東奥丸）によりデータ収録ができなかった他は、3層式及び多層式ADCPの両方で流向流速データの収録を行った。ただし、12月は多層式ADCPの機器を修理中だったため3層式ADCPのみによる収録であった。

収録した流向流速データの処理

1 3層式ADCP

流向流速データの収録から解析処理に至る作業は、NEC社製パーソナルコンピュータPC9801のMS-DOS上で作動するADCP製造メーカー製収録ソフトプログラム及び海況情報収集迅速化システム開発試験事業の成果品であるオリジナル解析処理ソフトプログラムで行った。

1-1 ファイルの合成

青鵬丸に搭載された古野社製のADCP及び東奥丸・開運丸に搭載された日本無線社製のADCPは100個（レコード）のデータを1ファイルに収録するため、1航海分のデータは十数ファイルにおよぶ。解析の都合上、これを合成して1ファイルとした。

1-2 真測流速変換

ADCPは、音波のドップラー効果を利用した計器で、海底を感知できる場合とできない場合とでは基準面（不動面）が異なる。前者は対地モードと呼ばれ海底を基準としているため、比較的問題は少なかった。しかし、後者は対水モードと呼ばれ指定した水深層を基準面とするため、指定した水深層の流れに対する相対的な流れを観測するにすぎない。

これらの問題点を解消するため、流向流速データと同時に収録している位置データ（GPS）、時刻データ等を用いて生データを真の流向流速に推測できるデータに変換した。この変換後のデータを真測流速とし、一方、生データは実測流速とした。両者はデータ形式が異なり、真測流速のデータファイル拡張子は*.CIDで、実測流速の拡張子は*.DATとなっている。

真測流速変換プログラムの環境設定は、基本的に30データによる移動平均法としたが、日本海の10月については、バラツキが多かったため50データとした。また、対地データは海流演算せずに出した。

1-3 流向流速のベクトル表示

真測流速形式とした流向流速データは解析処理ソフトにより、航跡及び各観測層の流向流速ベクトルとして表示した。解析処理ソフトは真測流速フォーマットに対応しており、実測流速フォーマットでは作動しない。

ベクトル図を作成にするにあたっての条件設定は次のとおりとした。

1-3-1 転送・プロット周期

- ・データ収録間隔（転送周期）は1分間又は2分間とした。特に太平洋海域や日本海沖合海域ではデータ数が多くなるため、作図ソフトの制約上転送周期は「2」（分間）とした。
- ・さらに、プロット周期の統一性及び図の見やすさを考慮して4分間隔のデータを表示することとした。

1-3-2 異常データの削除

- ・流速が大きすぎて明らかに異常と考えられるデータは表示させないこととした（流速5ノット以上は削除した）。
- ・ADCPはデータの収録に失敗すると一つ前のデータを記録する設定になっている。これが連なると異常データの連続となる（連れ潮）ので、できるだけこれを表示しないようデータを削除した。
- ・停船（観測）時のデータは航走時のデータと連続的でない傾向があるため、船速が2ノットを下回る場合の流向流速は表示しないこととした。

1-4 データ補正

1-4-1 位置データの補正

上記手順に従って作成したベクトル図には時折船が瞬時のうちに南緯西経域まで往復したようなデータが含まれる。これはADCPのデータ保管用インターフェイスが停止するアクシデントによるもので、停止の1～2分後には自動的に再起動するものの、復帰後の最初のデータの内容が異常なものとなって現れるためである。

位置データの補正は以下の手順で行った。

- ・異常データの確認は解析処理により行い、削除は生データにもどって、テキストデータ編集ソフト（エディターソフト）で行う。異常データを削除したデータファイルは真速流速変換からやり直した。

1-4-2 モード切替時の異常データ補正及び連れ潮データの削除

対水モードと対地モードの切替時に異常値が発生する場合がある。このデータ補正も位置データ補正と同様の手順で行った。対水モードと対地モードの切替は水深400m付近で自動的に行われるが、水深にかかわらずピンポイント的にモードが切り替わる場合があった。

この現象についての原因は不明である。

100m層によくみられる連れ潮データの削除についても、上記と同様の方法で行った。

2 多層式ADCP

流向流速データの収録から解析処理に至る作業は、日本DEC社製パーソナルコンピュータのMS-DOS上で作動するADCP製造メーカー製収録ソフトプログラム及び（株）SEA社製の解析処理ソフトプログラム（MAP EAGLE）で行った。

2-1 流向流速のベクトル表示

収録されるデータは、RAWデータ（生データ）、PROCESSデータ（収録設定等により補正されるデータ）及びNAVIGATIONデータ（船の位置データ）の3種類があるが、流向流速のベク

トル表示には、PROCESSデータを使用して作成した。

収録されるデータは50個（レコード）のデータを1ファイルに収録（約3分間隔で収録するので約150分）するため、1航海分のデータ数は30～50ファイルにおよぶ。作画する時は、その選択したファイルの範囲で表示されるため、合成の必要はない。

ベクトル図を作成するにあたっての条件設定は次のとおりとした。

2-1-1 プロット周期

- ・データ収録間隔は約3分間隔であるが、太平洋海域ではデータ数が多くなるため、図の見やすさを考慮して2～4個のデータを読み飛ばして表示することとした。

2-1-2 異常データの削除

- ・流速が大きすぎて明らかに異常と考えられるデータは表示させないこととした（流速4ノット以上は削除した）。

2-1-3 データの移動平均

- ・そのままのデータでは流向のばらつきが大きい場合が多いので、30データによる移動平均を行った。

流向流速調査結果

1 日 本 海

平成9年4月から翌年3月まで日本海で行った流況調査の結果を図4から図12に示した。

ADCPで測定した流況と水温及び塩分値から算出した地衝流量及び水温分布等との比較を行い、流向流速データの信頼性（精度）について検討した。また、参考に1997年度の舩作崎西方における対馬暖流北上流量を図1に示した。

（4月）沿岸側で強めの北上流がみられ、地衝流量の大きなところと比較的対応している。

（5月）舩作線では沿岸側に向かっての流れがみられ、一方、十三線では沿岸～沖合にかけて北上流がみられた。地衝流量では139 E 以東に流量の大きなところもみられており、予想される流れとは異なっている。

（8月）各層とも沿岸～沖合にかけて北上流がみられ、地衝流量とも比較的対応している。

（9月）沿岸側と十三線10m層の138 E 付近に南下流がみられた。地衝流量ではごく沿岸で南下流がみられたものの全般に北上流が多く、特に東経139～139度40分では北上流が大きくみられ、かつ、北上流量としても大きい月であり、予想される流れとは大きく異なっている。舩作線における沿岸側の南下流については、St.2の観測後に流向が固定ぎみになっており、何らかの原因で連れ潮データのようになっていたことも考えられる。

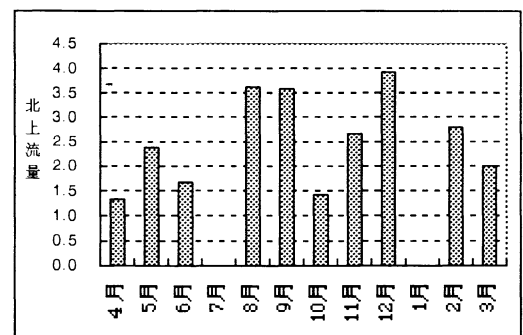


図1 舩作崎西方における対馬暖流北上流量
(300 m無流量面)

* 8月、12月及び2月は地衝流量（佐藤計算）

- (10月) 移動平均の設定を50としたが、流れのばらつきが大きかった。収録されたデータそのものが不安定となっていたことも考えられ、収録状況はよくなかったと考えられる。北上流量としては8～9月には強勢だったものが10月にはいったん弱勢となっている。
- (11月) 沿岸側で強めの北上流がみられ、地衝流量の大きなところと比較的対応している。
- (12月) 全般的に沿岸～沖合にかけて北上流がみられ、地衝流量とは比較的対応しているが、十三線での流れが、水温分布から予想される流れとは少しずれがあるように思われる。
- (2月) 全般的には沿岸～沖合にかけて東北東方向への流れがみられた。水温分布から予想される流向とは少しずれがあるように思われる。
- (3月) 全般的に弱めの北上流がみられ、地衝流量とも比較的対応しているようであるが、局所的にも水温分布から予想される流れとは異なり、不自然な流れが多いように思われる。

データが得られた9回の観測結果を総括すると、流量の多寡からみれば、比較的予想される流れと対応しているところもあるが、水温分布から予想される流れ（流向）でみると、大きく異なるところや不自然な流れを表しているところが多く、全体として現状では信頼性は低いと考えられる。

この原因が観測機器によるものなのか、あるいは、トランスデューサーの取付誤差等によるものなのか、現段階では特定できなかった。

2 太 平 洋

平成9年9月・10月・12月・3月に太平洋で行った流況調査の結果を図13から図19に示した。

3層式及び多層式ADCPで測定した流況の比較、及び水温分布等との比較を行い流向流速データの信頼性（精度）について検討した。

- (9月) 3層式及び多層式とも、沿岸域で津軽暖流の南下流がみられ、沖合域では暖水の張り出しによるものと考えられる時計回りの流れがみられた。全般的に多層式の方が水温分布から予想される流れに近い流れを表しているようである。
- (10月) 観測が東経142度40分までと沿岸域で、津軽暖流の影響が大きい南下流がみられた。3層式の流れは多層式に比べ全体的に流速は小さく、また、8月と同様に多層式の方が水温分布から予想される流れに近い流れを表しているようである。
- (12月) 3層式のみによる流況であるが、沿岸域では津軽暖流による南下流、沖合側では親潮系冷水の南下流がみられ、水温分布から予想される流れと比較的対応しているようであるが、流向には少しずれがあるように思われる。
- (3月) 多層式では、沿岸域で津軽暖流の南下流がみられ、143～144Eでは親潮系冷水の南下流、鯨角線の145E付近では暖水の張り出し先端と考えられる時計回りの流れ、その以北では沖側からの暖水の張り出しによると考えられる北西方向の北上流がみられ、水温分布から予想される流れと近い流れを表しているようである。一方、3層式の方は大まかにみれば同様の流れを表しているようであるが、局所的に流向にずれがみられる。

流況データが得られた4回の観測結果を総括すると、多層式ADCPでは全体として予想される

流れに近い流況を表しており、比較的信頼できるデータであろうと考えられる。一方、3層式の方は大まかにみると合っているようなところもみられるが、細かく流向をみていくと予想される流れとは異なるところがあり、多層式に比べ現状では信頼性が低いと考えられる。しかし、日本海と同様に原因については、特定できなかった。

3 津 軽 海 峡

青鵬丸2回、東奥丸・開運丸各1回による計4回行い、対地モードでデータを収録した。

11月の開運丸の3層式ADCPによるデータが予想される流速値よりかなり小さくでていたが、これについては調査後の上架修理時に機器の故障が見つかり、原因は機器不良によるものと考えられた。この時は多層式ADCPによるデータは正常に収録されていた。

流況図等については、本事業報告の「津軽海峡の流量調査」の中で記述するが、対地データについては、これまでと同様に比較的確からしいデータが得られていると考えられる。

考 察

データ収録については、6月の東奥丸による日本海及び太平洋観測時に機器不良のために収録ができなかったが、その他は大きな問題はなくデータを収録することができた。このトラブルの原因は不明であるが、その後のデータ収録はできており、今後も機器の取り扱いを確実に行うことやメンテナンスを定期的に行うことが必要であろうと思われる。

一方、収録されたデータをみると、対地データについては、これまでと同様に津軽海峡の調査結果からも分かるように比較的確からしいデータが得られており、また、9月の東奥丸での調査時は函館水試の金星丸と20時間の合同運航を実施し、同様のデータが収録できており、このことから大きな問題はないと考えられる。今後も係留ブイ等とのデータ比較を行うなどして検証していきたい。

しかし、対水データについては、開運丸に搭載された多層式ADCPについては、若干の補正等の検討も必要になる可能性はあるが、比較的信頼できるデータであろうと考えられる。ところが、3層式ADCPの対水データについては、予想される流れとは異なる流れを表しているところが多く、現状のままでは信頼性は低いと考えられる。これらの原因は、船底トランスデューサーの取り付け誤差等の系統的な誤差なども考えられるので、精度の高いデータとしていくために、これらの処理技術等を開発していく必要がある。

3層式ADCPについては、特に船の針路を変えた時や、定点で観測のために停船後発進した直後のデータが海流とは異なる不規則な流れを表したり、停船時等の異常データを引きずる連れ潮がみられることがある。これらの異常データは航行後しばらくすると安定することもあるが、細かくデータを確認しながら、補正等の処理を行うことが重要である。

なお、今後は精度の高いデータ処理技術の開発とともに、漁況等との検討も行っていきたい。

参 考 資 料

漁業情報サービスセンター（1992）平成4年度海況情報迅速化システム開発試験事業報告書

漁業情報サービスセンター（1993）平成5年度海況情報迅速化システム開発試験事業報告書

漁業情報サービスセンター（1994）平成6年度海況情報迅速化システム開発試験事業報告書
 漁業情報サービスセンター（1995）平成7年度海況情報迅速化システム開発試験事業報告書
 漁業情報サービスセンター（1996）平成8年度海況情報迅速化システム開発試験事業報告書
 松原 久・木村 大（1993）：海況情報収集迅速化システム開発試験、青森県水産試験場事業報告
 松原 久・尾坂 康（1994）：海況情報収集迅速化システム開発試験、青森県水産試験場事業報告
 松原 久・尾坂 康（1995）：海況情報収集迅速化システム開発試験、青森県水産試験場事業報告
 佐藤晋一・川村俊一・大川光則（1996）：海況情報収集迅速化システム開発試験、青森県水産試験場
 事業報告
 平成9年度漁海況予報関係事業結果報告書（新漁業管理制度推進情報提供事業）、青森県水産試験場
 （平成10年8月）
 佐藤晋一（1997）：青森県炉作崎西方における対馬暖流の地衝流量について、青森県水産試験場事業
 報告
 シンポジウム「海況情報としてのADCPデータの有効利用のために」（1998）、日本海ブロック試験研
 究録 第38号、日本海区水産研究所（平成10年3月）

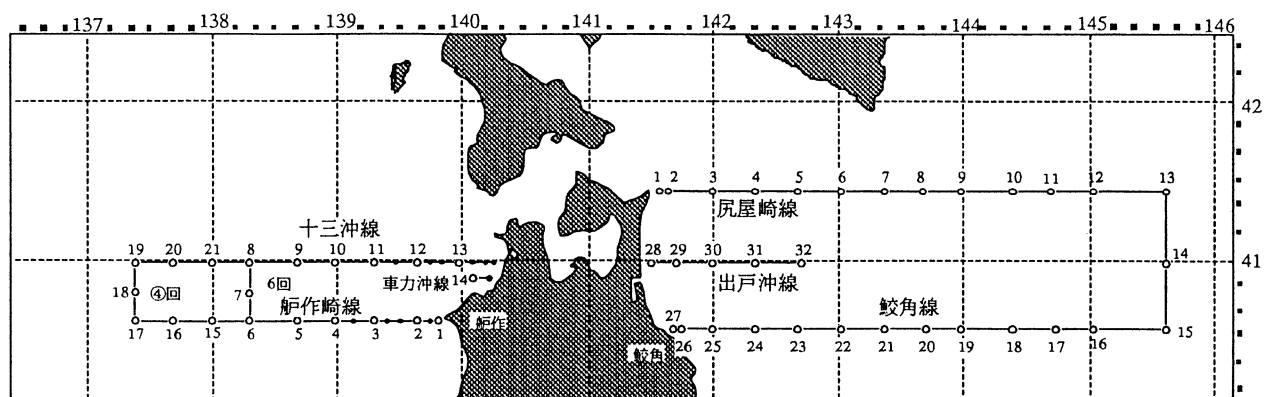


図2 海洋観測定線図

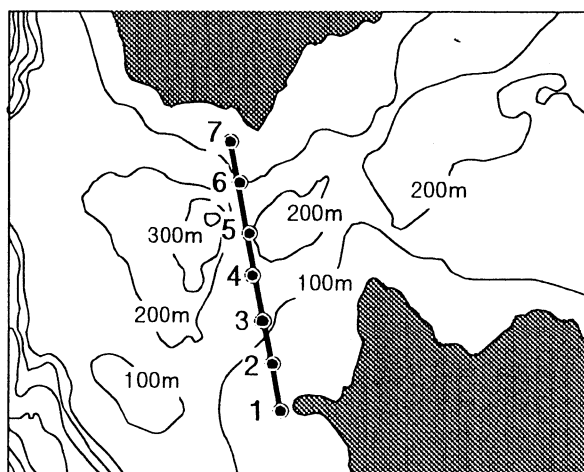


図3 津軽海峡西口調査定線図

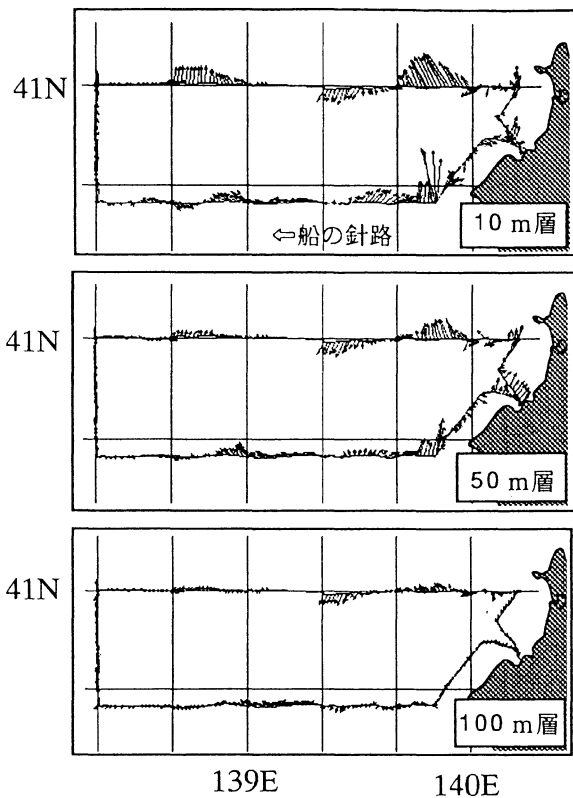


図4 日本海4月の流況
(最高流速は10m層の2.5ノット)

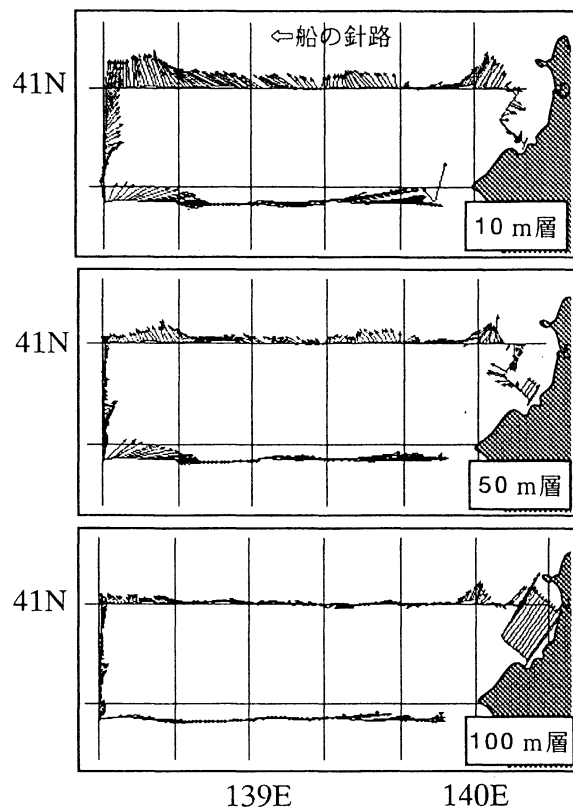


図5 日本海5月の流況
(最高流速は10m層の2.0ノット)

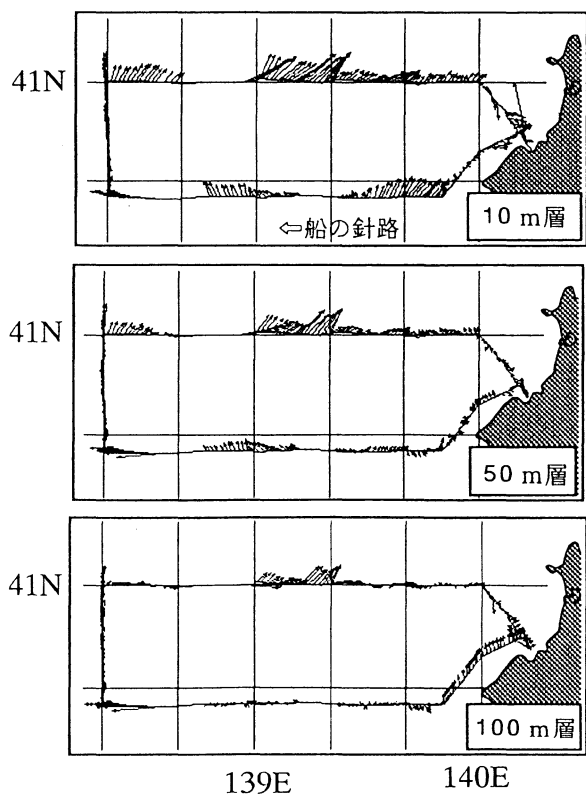


図6 日本海8月の流況
(最高流速は10m層の1.6ノット)

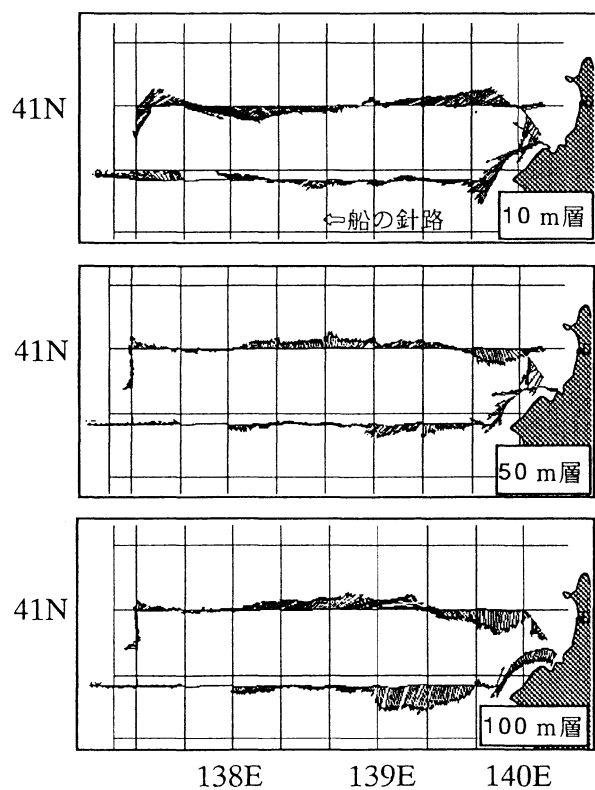


図7 日本海9月の流況
(最高流速は10m層の1.6ノット)

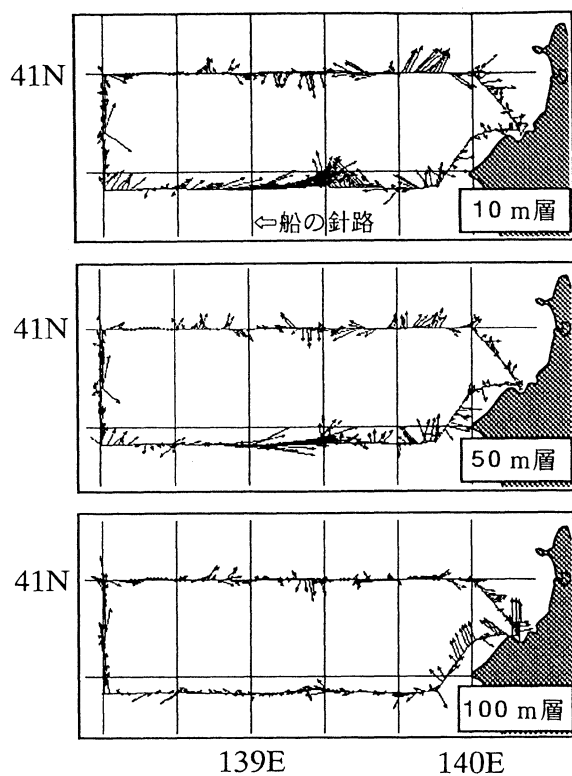


図8 日本海10月の流況
(最高流速は10m層の2.5ノット)

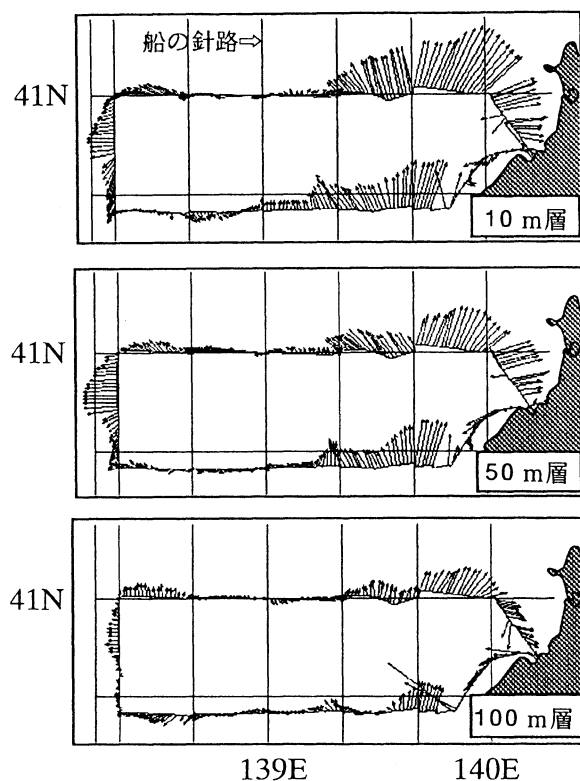


図9 日本海11月の流況
(最高流速は10m層の2.1ノット)

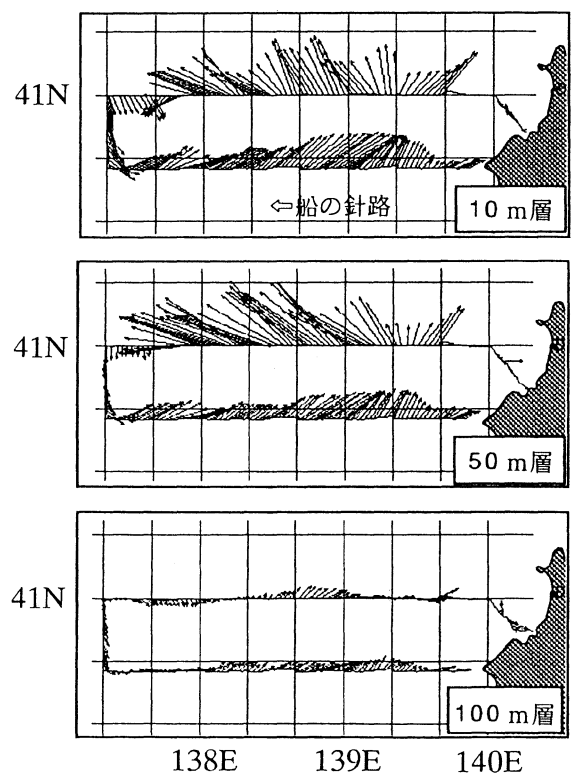


図10 日本海12月の流況
(最高流速は50m層の2.9ノット)

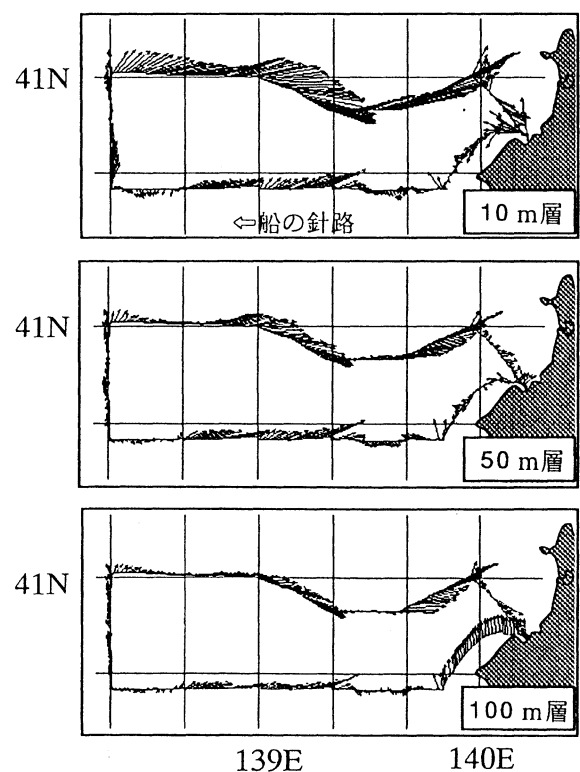


図11 日本海2月の流況
(最高流速は10m層の2.2ノット)

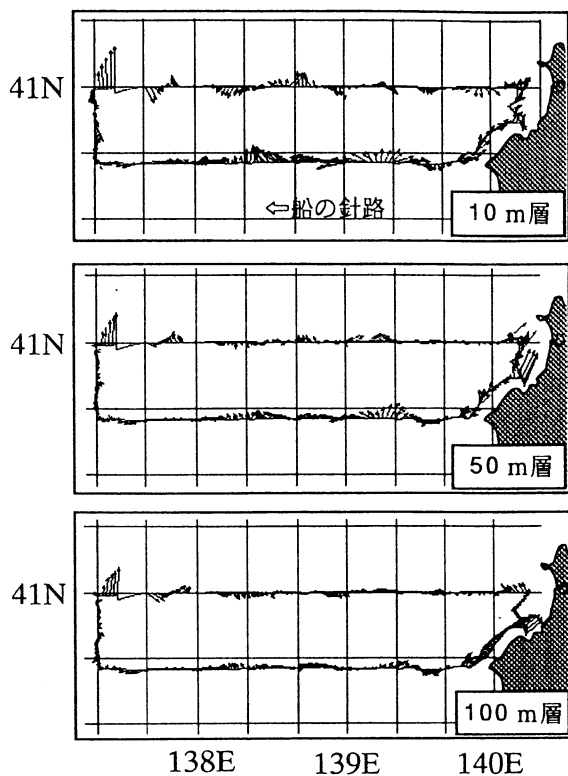


図12 日本海3月の流況
(最高流速は10m層の1.1ノット)

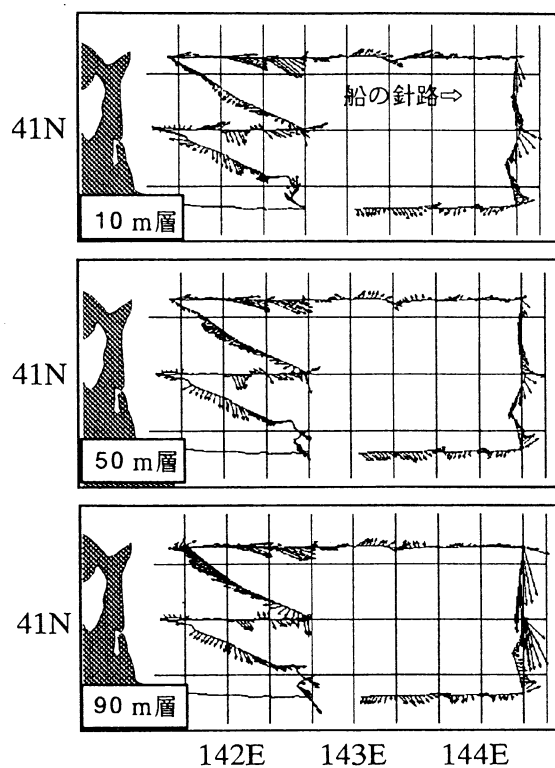


図13 太平洋12月の流況 (JRC社製3層式)
(最高流速は90m層の2.4ノット)

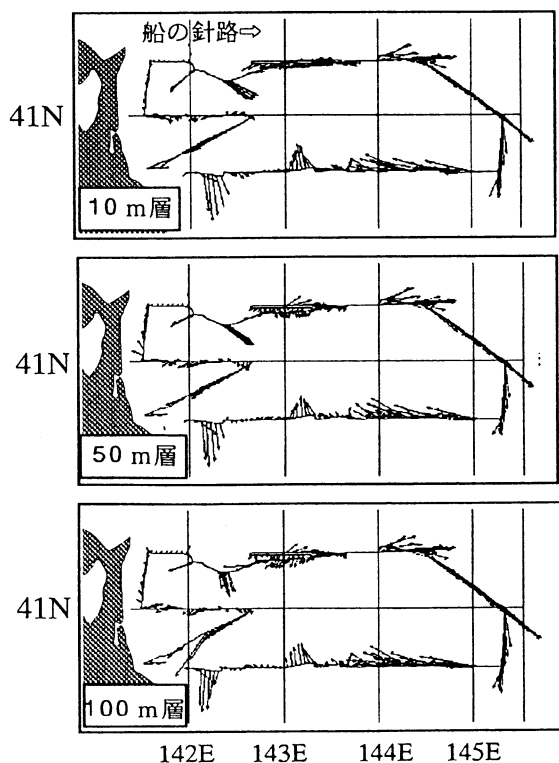


図14 太平洋9月の流況 (JRC社製3層式)
(最高流速は100m層の2.0ノット)

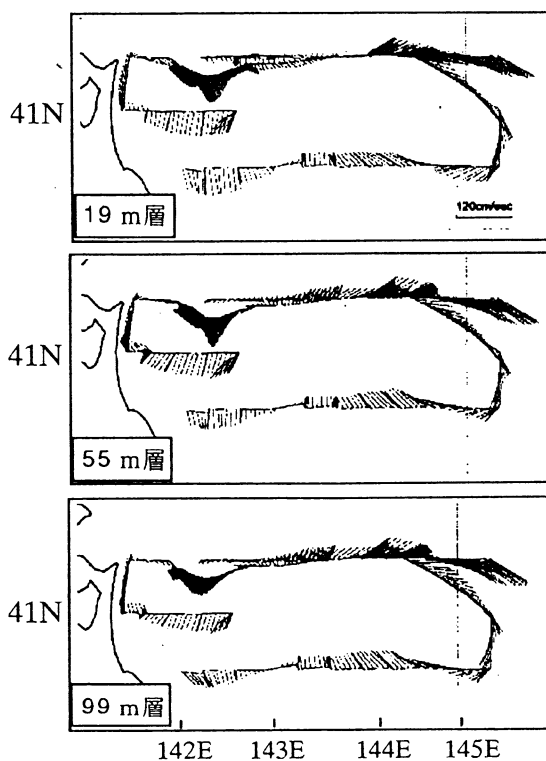


図15 太平洋9月の流況 (RD社製多層式)

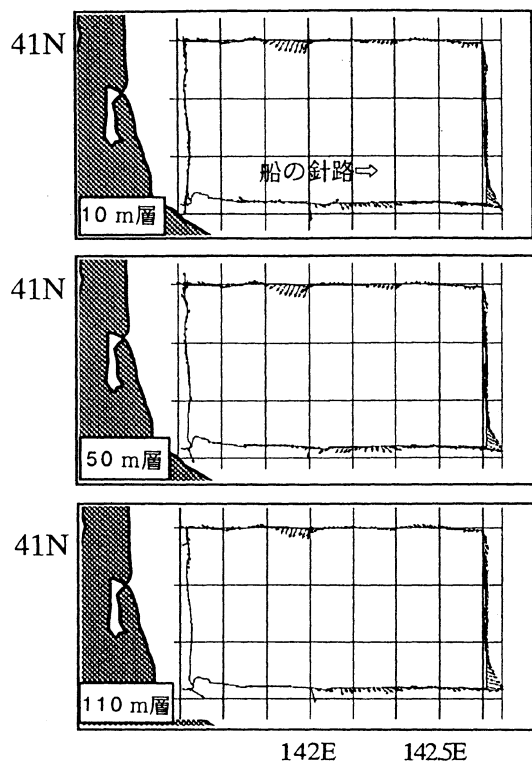


図16 太平洋10月の流況 (JRC社製3層式)
(最高流速は10 m層の1.1ノット)

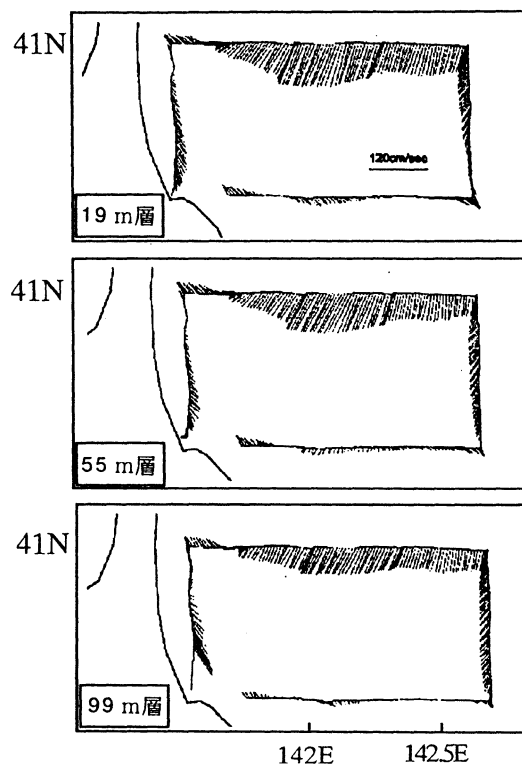


図17 太平洋10月の流況 (RD社製多層式)

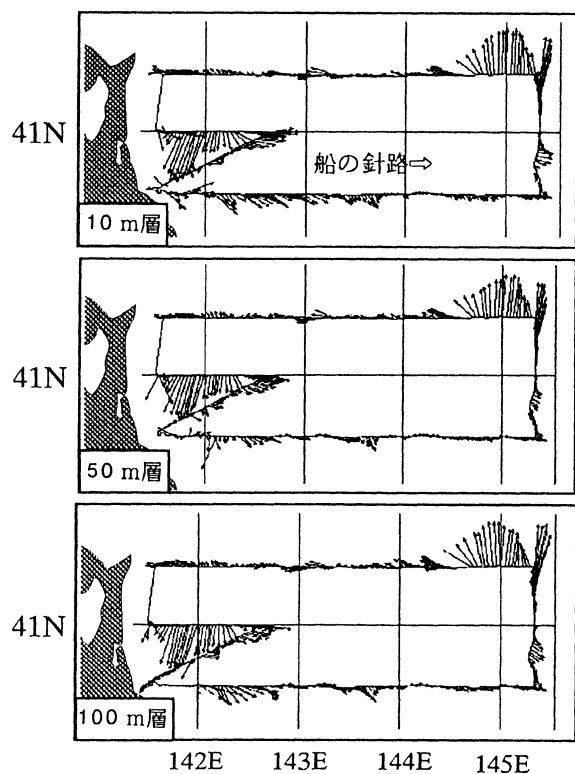


図18 太平洋3月の流況 (JRC社製3層式)
(最高流速は10・100 m層の1.7ノット)

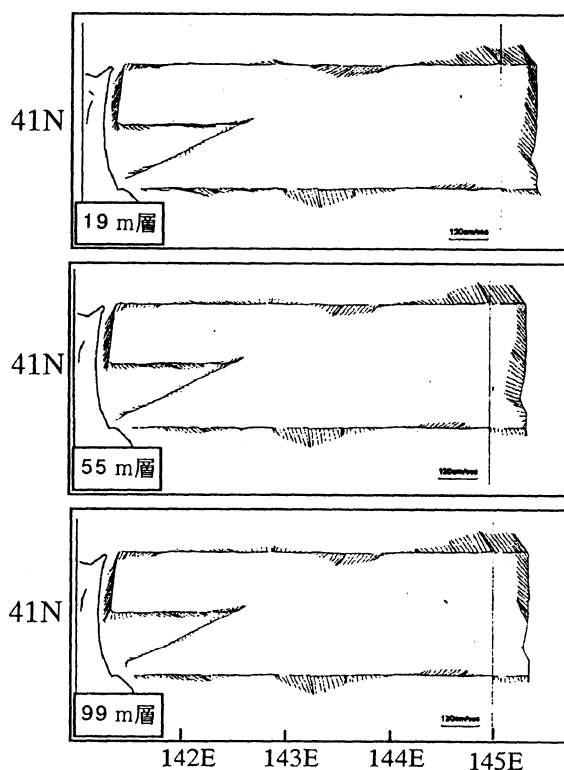


図19 太平洋3月の流況 (RD社製多層式)