HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	フリーフォール型電磁式流速プロファイラーによる宗谷暖流の流速分布とフロント周辺の渦度構造について
Author(s)	金成, 誠一; 小賀, 百樹; 青田, 昌秋
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 44, 67-76
Issue Date	1984-10-05
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.44.67
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14128
Type	departmental bulletin paper
File Information	44_p67-76.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北海道大学地球物理学研究報告
Geophysical Bulletin of Hokkaido University, Sapporo, Japan
Vol. 44. October, 1984, p. 67−76.

フリーフォール型電磁式流速プロファイラーによる宗谷暖流の流速分布とフロント周辺の渦度構造について

金成　誠一・小賀　百樹
北海道大学理学部地球物理学教室

青　田　昌　秋
北海道大学低温科学研究所附属流氷研究施設

（昭和59年5月28日受理）

Velocity Profiles and Vorticity Structure of Soya Warm Currents Obtained with A Free-Fall Electro-Magnetic Velocity Profiler.

By Sei-ichi KANARI, Momoki KOGA
Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University

Masaaki AOTA
Institute of Low Temperature Science, Sea Ice Research Laboratory, Hokkaido University

(Received May 28, 1984)

From July 28 to 30, 1983, detailed observation of crossectional current profiles in the shelf region of Soya Warm Current was carried out using a new instrument, Free-Fall Electro-Magnetic Velocity Profiler called SEMVP which was designed for shallow water area. Other instruments, including XBT, CTD and GEK were also utilized during the observation.

Obtained horizontal velocity profile of alongshore component shows the maximum current at 15 miles off and the maximum counter current at 25 miles off the coast. The vertical current profiles and estimated relative vorticity profiles seem to suggest that the dynamics in this region are basically barotropic. And the flow rate of Soya Warm Current was also estimated an 0.73 Sv.

I. はしがき

昭和58年7月28日から30日にかけて特定研究「海洋の動的構造」の中の「陸棚域における海水流動特性の研究」班（以下「陸棚班」と略記する）の共同観測がオホーツク海紋別沿岸海域で行なわれた．この観測の中の一項目として昭和56, 57年の2年間で開発が完了したフリーフォール型浅海用電磁式流速プロファイラー（金成, 1983）による宗谷暖流域の流速プロファイル観測が試みられ，この観測結果の検討により，この測器がこうした観測にきわめて有効な手段であることが立証された．この測器の概要についてはすでに本研究報告第42巻(1983)に記載したので，ここでは観測結果を中心に報告する．

II. 観測経過

特定研究「陸棚班」のねらいは，陸棚域の典型例である宗谷暖流域をモデルにえらび，そのフロント域も含む海況変動の実態を探る（青田, 1983）ことにあり，1982年から毎年7月下旬に紋別沖5～30浬の海域で，アーンデラ流速計による定置測流の他，巡視船そらちの協力のもとにGEK, レーダーブイ等による流速観測並びにXBT, CTDによる水温，塩分分布観測等が行なわれてきた．今回は更にフリーフォール型流速プロファイラー(SEMVP)が追加され，より詳細な流速分布観測が行なわれた．こうした観測の資料については青田および他の陸棚班員によってい

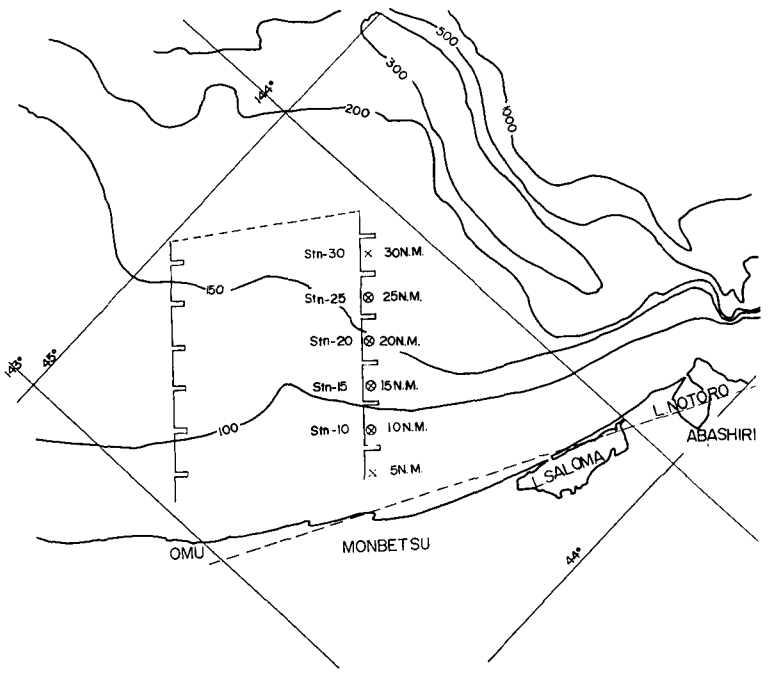


Fig. 1. Location of SEMVP cast (×), moorings (⊙) and navigation lines for GEK (⌐).

ずれ整理・報告されるものと思われるが，本報告ではプロファイラー観測に直接関係する資料のみを一部引用するに留める．

Fig. 1に示すように，紋別から39°の方向に沿って距離5浬毎に6点（×印，以後，各測点は離岸距離数を測点番号として表わす）の測点を設け，このうちの5点でプロファイラー観測が行なわれた．なお，この観測に先立ってStn.10, 15, 20, 25の各点の15 m層にアーンデラ流速計が係留された（○印）．図中実線で示した測線はGEK観測のためのものでありGEK及びXBTは紋別並びに雄武沖の2測線について行なわれた．また，プロファイラー投入点では併行してCTD観測も行なわれた．

プロファイラーによる観測は7月29日に行なわれたが，レーダーブイ放流及びGEK, XBT観測はその前後の28日と29日に行なわれ，レーダーブイの追跡は観測期間中，流氷研究施設のレーダーによって行なわれた．

Table 1. Time table of SEMVP cast.

Station	Depth(m)	Cast time	Surfaced time
10	90	0815	0823
15	134	1000	1014
20	155	1150	1206
25	163	1323	1341
30	170	1455	1515

プロファイラー観測当日はほぼ完全な無風状態で表面波の影響もほとんどなく絶好の観測日和であった．29日午前8時15分に第1回目のプロファイラー投入がStn. 10で行なわれ，8時23分に浮上確認，8時27分には回収が完了した．回収後直ちに船上のデータ処理装置によりデータの読み出し並びに磁気ディスクへの書き込みが行なわれた．その後の各測点でのプロファイラーの投入，回収経過はTable 1に示す通りで，予定どおり順調に観測が進められた．

III. 観測結果並びに考察

フリーフォール流速プロファイラーの測得流は相対流速値であり，これを絶対流速に直すには任意深度の絶対流速情報が必要である．幸い，今回の観測では4測点の15 m層にアーンデラ流速計が係留されていたので，個々の測点でのプロファイラー投入時刻前後20分間の平均流速を用いて絶対流速プロファイルを求めた．但し，Stn. 30では係留が行なわれていないので，この点については，プロファイラーの0～3 mの表層平均流速が28日と30日のGEKの平均流速に一致するように調節した．Fig.2はこのようにして得られた絶対流速プロファイルを附属のデータ処理用マイクロコンピュータでグラフィック化したものである．図から明らかなように，紋別沖の流速プロファイルはバロトロピック構造に近いことが伺われる．ただフロント近傍のStn. 15のプロファイルでは表層と下層に流向の急変部が認められる．Stn. 10からStn. 20までは岸に平行な南東流が卓越しており，この部分が宗谷暖流の主要部となっている．また，Stn. 25及びStn. 30では西流もしくは北西流の存在が認められ，宗谷暖流とは逆の流れとなっている．このような流れのパターンはこれまでの青田ら（青田他，1983）の観測でも見出されている．

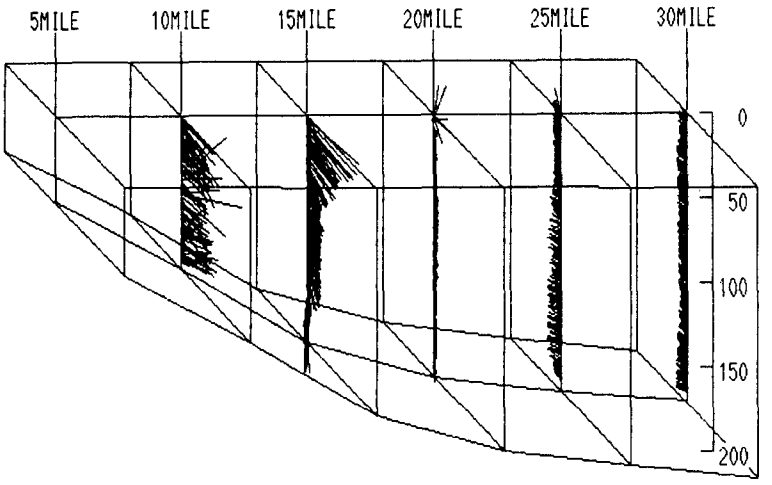


Fig. 2. View of current vector profiles obtained by SEMVP.

(1)岸沿い流の水平分布

Fig. 1 に示すように，紋別の海岸線は緯度線に対し 39° 南に傾いている．宗谷暖流自体もその主要部は岸沿いの流れであるので，プロファイラー流速ベクトルも岸に平行な成分 Up と岸に直角な成分 Vn に分けた方が考察を進める上で都合が良いと思われる．

Fig. 3 は Up と GEK 並びにアーンデラ流速計による岸に平行な成分とを比較した結果であるが，黒丸と実線はプロファイラーの鉛直平均流速，黒矢印と実線はプロファイラーの表層 0 ～ 3 m の平均流速，白矢印と破線は 7 月 30 日の GEK による流速，また白丸印と一点鎖線は 15 m 層に設置されたアーンデラ流速計のプロファイラー投入時刻前後 20 分間の平均流速分値をそれぞれ示す．また，Stn. 5 の R. B. で示した黒矢印は雄武沖 5 浬で放流したレーダーブイ追跡結果から推定した流速分値を示す．GEK による流速分布では紋別沖 7.5 浬に流速の最大点があるが，これはプロファイラーの鉛直平均流速のパターンと傾向が一致している．しかしながら，表層流速

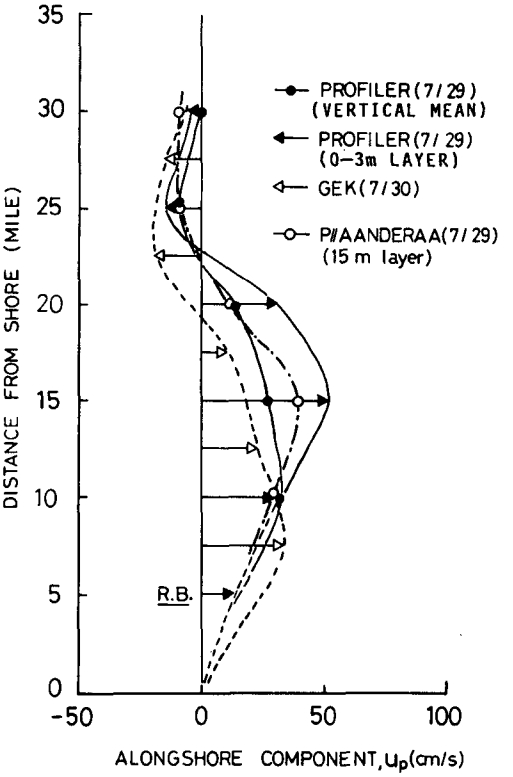


Fig. 3. Horizontal profiles of alongshore component obtained by SEMVP, GEK, moored current meters, and Radar buoy drifters.

についてみるとプロファイラーではStn. 15に最大流速が在し，この傾向はむしろ15 m層のアーンデラ流速計の結果に近い．また，宗谷暖流と沖合水の境界に対応すると思われる流速の零点の位置に関しても，GEKの結果はプロファイラー及びアーンデラ流速計の結果に較べてやや岸寄りになっている．いずれにしても水平流速分布の大まかな形については3者共ほぼ似た傾向を示している．プロファイラーから得られた分布の特徴は表層附近に大きな鉛直シアがみられるということである．こうした情報はGEKや単層係留の測流だけでは知り得ないことである．

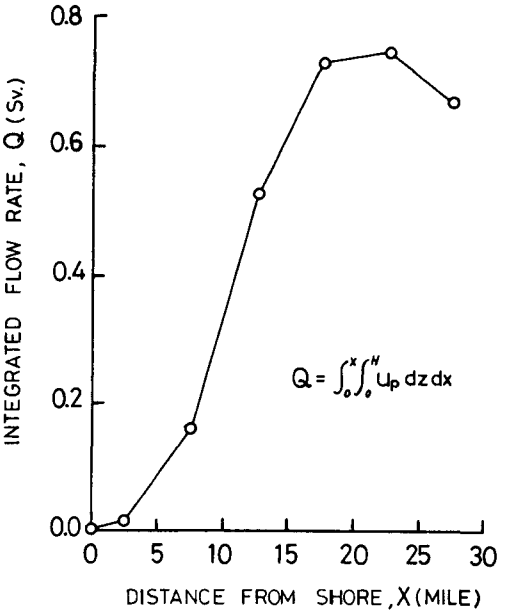


Fig. 4. Flow rate of Soya Warm Current estimated by the integration of Up.

(2)宗谷暖流の流量

プロファイラーの利点は測線上の観測点数に応じて測線断面上の詳しい流速構造が得られることにある．これは断面を通る流量の見積りには大変重要な意味を持つ．ここでは測線上僅か5点の観測ではあるが，これと沿岸5浬点で

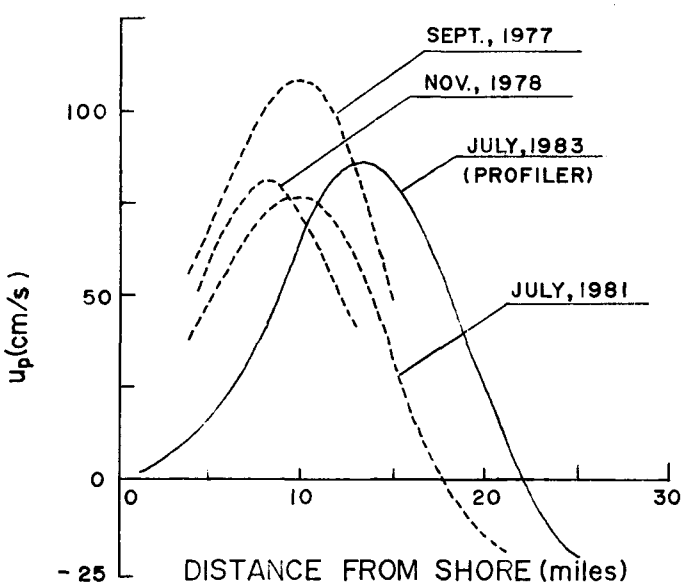


Fig. 5. Variability of horizontal profiles of alongshore component. Dashed lines show the current profiles obtained by Aota (1983).

のレーダーブイによる推定流速（鉛直平均流速とみなす）を用いて断面上の流量を見積った．Fig. 4 は岸側から積算した流量であるが，積算値が最大になる 22.5 浬が宗谷暖流の北端でその流量は 0.73 Sv. である．これは以前に青田（青田，1975）によって求められた 7，8 月の流量，1 Sv. とくらべて約 30%ほど低い値になっている．この結果はむしろ宗谷暖流の変動性を示唆していると解釈すべきであろう．その理由は，宗谷暖流の主流部流速，幅及び流軸位置が同一季節でも年によって変動があるからである．Fig. 5 は青田（青田，1983）によって求められた岸沿いの宗谷暖流の水平流速プロファイル（破線）と流速プロファイラーの結果（実線）を示したものであるが，同季節でもパターンが年によって大幅に異なっていることが認められる．

(3) Up, Vn と水温分布との相関

プロファイラー観測前後に行なわれた，XBT 観測結果にもとづいて断面上の水温分布を画いた結果を Fig. 6 (a), (b) に示す．Fig.6 (a) は 7 月 28 日，Fig. 6 (b) は 7 月 30 日の等温線分布

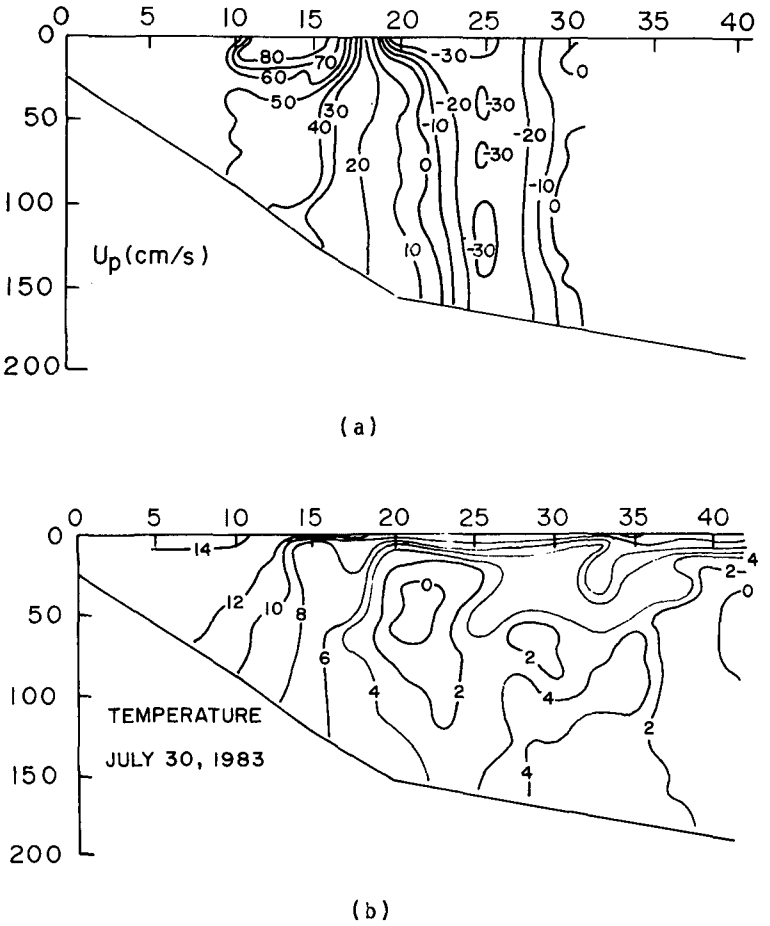
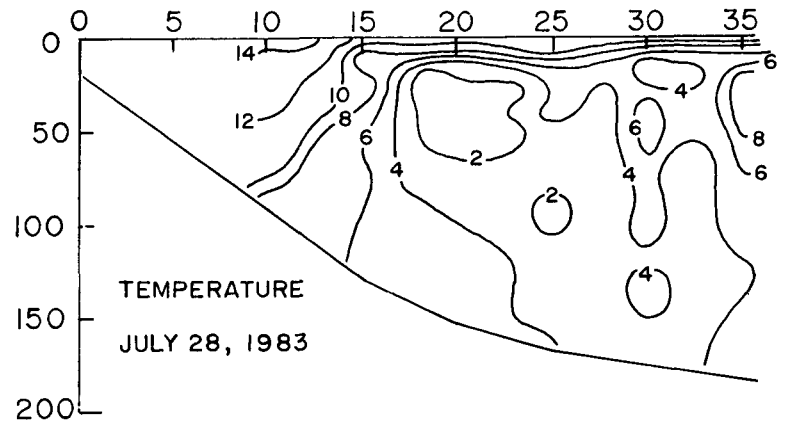


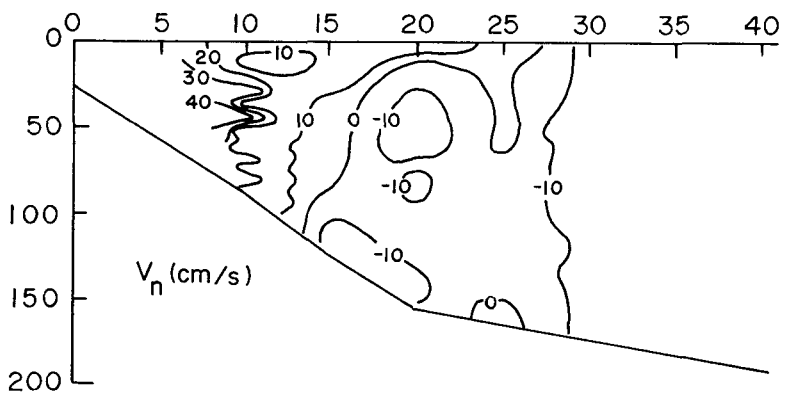
Fig. 6. Vertical section of temperature ; (a) July 28, 1983, (b) July 30, 1983.

であるがこの図からは6℃～10℃の等温線が宗谷暖流と沖合水の境界，フロントに対応するようにみえる．しかしながら，こうした等温線フロントが力学的なフロントと必ずしも一致しないことが，Fig. 7の等流速線図から伺える．Fig. 7 (a) はUpの等値線で正の値は南東流成分を表わすが，その分布構造は表層25 m以浅を除けば比較的単純である．流れの境界は22.5浬附近に鉛直に延びており，これが宗谷暖流と沖合中冷水との境を成している．一方，岸に直角な成分Vnの等値線はUpのそれにくらべてやや複雑な分布を示しているが，等値線上の値そのものはUpのそれにくらべやや小さい．Vnの正の値は岸から沖へ向かう流れを示すが，向岸流との境は6℃の等温線にほぼ対応している．Stn. 10の附近には比較的強い沖向き流速成分が認められるが，この流れは6℃の等温線に対応する境界に向かって急速に減衰している．

Upの分布にはStn. 10～15の表層及びStn. 20～25の表層に局所的な強流域が存在する．こ



(a)



(b)

Fig. 7. Vertical section of isotachs of Up (a) and Vn (b), measured by SEMVP.

のような表層の強流域の存在がバロクリニックの証拠と云えなくもないが，このことがこの海域の力学機構の本質に大きく関わるようには思えない．

(4)渦度の分布

沿岸の強流帯縁辺部のフロント域でみられる波動をシアー不安定問題としてあつかう場合，このようなフロント域における渦度分布構造についての情報はきわめて重要である．こうした渦度構造を求めるにはすくなくとも2断面での流速分布が必要であるが，宗谷暖流域では岸に平行な流れが圧到的に強いことと，観測値が1断面に限られているという理由によって渦度を$-\partial Up/\partial y$ (yは測線方向の座標) で代用する．Fig. 8は上記の方法で求めた渦度分布であるが，流速分布から容易に予想されるように，12.5浬から25浬の間にほぼバロトロピックな渦柱を形成していることが伺われる．ただ，15～20浬の間の表層附近に大きな渦度が局在し，渦柱の軸は表層で若干岸側に傾いている（破線）ようにみえる．これに$\partial Vn/\partial x$がどの程度寄与するかは今後の観測に俟たねばならないが，その大きさによっては渦柱の傾きが逆になる可能性もある．しかしながら，Vnの等値線図のフロントの形とVnの大きさを考えると，この効果はせいぜい岸寄りの表層での傾きを修正する程度に留まるように思われる．

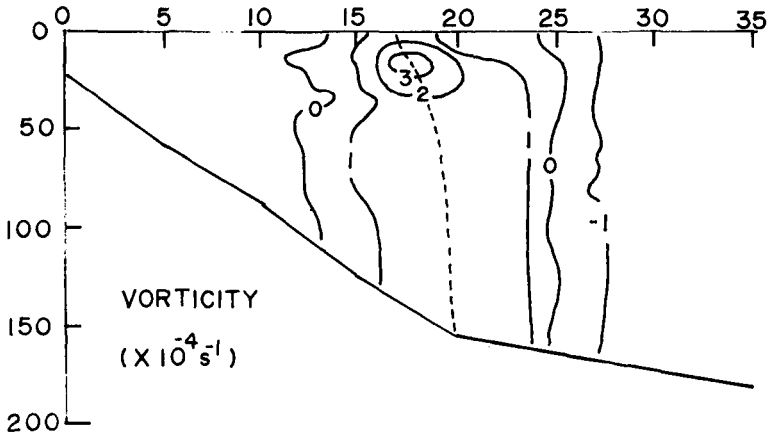


Fig. 8. Relative vorticity estimated from Up.

IV. むすび

フリーフォール型流速プロファイラーは，特定研究「海洋の動態」の計画頭初から陸棚域での流動観測を目的に設計製作することが予定されていたのであるが，予定通り，特定研究最終年度の共同観測へ応用するところまで漕ぎつけることができたことは同慶の至りである．この測器単体のみで有効な観測が可能なわけではないことは勿論であるが，幸い今回の共同観測によって定置流速計と併用すればきわめて有効な流速情報を提供し得ることを示すことができた．得られた

結果は従来から指摘されていた事実の追認に過ぎない部分もすくなくないが，多測線観測を実施すれば従来の観測方法では知り得ない渦の立体構造の把握の可能性が拓けたことは有意義であった．

以下にこの観測の成果を簡単に述べる．

(1) 観測期間の宗谷暖流最強流部は鉛直平均流でみると 10 浬附近に在り，40 m以浅の表層流では 15 浬附近が最強流となっている．

(2) 宗谷暖流の北縁辺の沖側には毎秒平均 10 数センチメートルの逆流帯があり，宗谷暖流と逆流の境界は 22.5 浬附近にある．

(3) 岸沿い成分の分布構造は極く表層のフロント両側の強流部を除いてほぼバロトロピックであり，従来の青田らの観測結果を支持している．

(4) この期間の岸に直角な流速成分のフロントは 6 ℃の等温線とほぼ一致するが，岸に平行な成分のやや鉛直に近い境界とは必ずしも一致しない．

(5) フロント附近の渦度構造は強いていえばバロトロピックの傾向が強い．表層では僅かに渦の主軸の傾きがみられるが，岸に直角な成分のシアーも考慮するとむしろ表層の傾きは消失するように思われる．

(6) 今回の観測で宗谷暖流の流量は 0.73 Sv. と見積られたが，これは従来考えられていたこの時期の流量に比較して約 30%低い．同時期の水平流速パターンが必ずしも一致しない過去のデータから考えて，この食い違いはむしろ年変動に帰すべきものと考えられる．

謝辞　この観測は海上保安庁水路部巡視船そらちによって行なったものであるが，そらち乗船の便宜を与えて戴いた第 1 管区海上保安本部紋別保安部長の名和芳雄氏に深甚の謝意を表します．また，巡視船そらち船長伊藤和男氏以下巡視船乗組員全員の全面的な協力なくしてはプロファイラー観測の成功はおぼつかなかったことを記し併わせて心から謝意を表します．

今回のプロファイラー観測は特定研究「陸棚班」の年次計画の中でメンバー全員の協力のもとに行なわれたものであるが，特に班員として乗船し観測に協力していただいた東海大学の稲葉助教授，また陸上班としてレーダーブイの追跡にあたられた北海道大学低温科学研究所の小野教授並びに東京水産大学の松山助教授に，また観測のみならず，プロファイラーの整備調整にも協力していただいたユニオン・エンジニアリング KK の矢津敏弘氏に併せて謝意を表します．

なお，この研究は昭和 58 年度文部省科学研究費補助金特定研究「海洋の動的構造」の一環として行なわれたものであることを記し，併せて関係各位に謝意を表するものである．

文 献

金成誠一, 1983, 浅海用電磁式流速プロファイラー, 北海道大学地球物理学研究報告, **42**, October, 215－228.

青田昌秋, 1982, 陸棚域における海水流動特性の研究, 昭和56年度文部省科学研究費補助金特定研究「海洋の動的構造に関する基礎的研究」研究報告書, 13－16.

青田昌秋, 1975, 宗谷暖流の研究, 北海道低温科学研究所流氷研究施設研究報告, **42**, 151－172.

青田昌秋, 永田豊, 1983, 陸棚域における海水流動特性—オホーツク海を中心に—, 昭和58年度文部省科学研究費補助金特定研究「海洋の動的構造に関する基礎的研究」総合シンポジウム講演要旨集, 58－2, 35－38.