



Title	襟裳岬南東沖の親潮第一分枝直下における流速測定
Author(s)	三宅, 秀男; MIYAKE, Hideo; 福岡, 二郎 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 37(1), 58-68
Issue Date	1986-02
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23905
Type	departmental bulletin paper
File Information	37(1)_P58-68.pdf



襟裳岬南東沖の親潮第一分枝直下における流速測定*

三宅 秀男**・福岡 二郎**・松浦 昇**

Current Measurement under the Oyashio First Branch
Southeast off Erimo Cape*

Hideo MIYAKE**, Jiro FUKUOKA**
and Noboru MATSUURA**

Abstract

The current at a depth of 400 m under the Oyashio First Branch was measured by a current meter during a period from October 27 to November 17, 1984 off Erimo Cape, located southeast of Hokkaido. Mean speeds and standard deviations of the east and north components obtained over 21 day period were $-3.3 \pm 10.0 \text{ cm s}^{-1}$ and $-11.2 \pm 12.2 \text{ cm s}^{-1}$, respectively. At a depth of 400 m, the southward flow as determined by a current meter was threefold the flow calculated using a geostrophic method. From a comparison with the geostrophic method, the surface southward flow is estimated to be 16.2 cm s^{-1} .

Though the southward movement and water mass transport of the Oyashio First Branch are weakest in the autumn of any given year, the presence of a steady southward flow suggests a possibility that the Oyashio Water is a considerable water mass transported as the Oyashio Current. The inertial motions were also superposed on the southwest and/or southeast flows. They contributed to the large standard deviations of both components.

はじめに

北海道の太平洋岸側を流れる親潮の勢力の消長は、東北海区の漁海況のみならず、北日本の天候や農業にも直接あるいは間接に大きな影響を及ぼしている(例えば最近の報告としては、武藤ら, 1984)。また、海洋大循環の立場から見ると、親潮は北太平洋亜寒帯循環系の一部を構成していると考えられている(Hirano, 1961; Dodimead *et al.*, 1963)。

このように親潮は農水産業上からも、海洋物理学上からも、黒潮に優るとも劣らない重要な水塊あるいは海流系である。しかし、その実態は現在でも数多くの不明の部分が残されており、それらの解明が迫られている(花輪, 1984)。

例えば、親潮の流れ一つに関してみても、秦(1963)の海流瓶の漂流実験による推定しかない。最近、人工衛星資料と海洋観測資料との組合せにより、総観的な中規模海洋変動を把握する試みもなされているが、親潮の流れや流量、その季節変動までを議論するには至っていない(斎藤, 1981; Vastano and Bernstein, 1984)。

* 北海道大学水産学部北洋水産研究施設業績第176号(Contribution No. 176 from the Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

** 北海道大学水産学部北洋水産研究施設(Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

確かに黒潮の流れと異なって、親潮の流れには、定まった流路がないことや強い傾圧流が存在しないことなど、研究調査上焦点が絞り切れない側面が多い。著者らはこれらの点をふまえながら、現在最も海洋観測資料の多い親潮第一分枝付近において、直接測流することにより親潮の流れの基礎資料が得られ、さらにその長期変動や傾圧流の評価等の解明が可能であると考えた。

本報告は、1984年秋に予備的に実施した測流実験の結果である。測流期間は短い、海洋観測資料や人工衛星画像を利用し、親潮第一分枝直下の平均流速、地衡流速との比較、短周期変動等について得られた2,3の知見を述べる。

調査海域と調査時の海況

流速計の係留位置と調査海域の地形を図1に示す。アンデラ流速計を襟裳岬沖南東約54マイルの41°30'N, 143°54'E(水深約1,600m)の約400m層に設置し、1時間毎の水温と流向流速を測定した。海底地形に見られるように、この係留点は襟裳岬から南東に延びる海脚上に位置し、釧路沖に比べて幾分大陸棚斜面が急で、従って、その幅は狭くなっている。

図1に黒丸で示したように、この点は年4回の函館海洋気象台の定期観測線上にあって、海洋観測資料との比較検討ができること、通常親潮第一分枝がこの付近に良く発達すること(岩尾, 1981)、さらに調査船の通路にあたり、係留系の監視、設置および回収に都合が良いことから、この点を長期測流点として選んだ。

流速計のデータは1984年10月27日から11月17日の21日間に得られたものである。結果を述べる前に調査時の海況を把握しておく。函館海洋気象台の海洋速報(1985)から、図2に1984年10月の100m深水温を、図3には測流開始前の10月19日から24日にかけて、同台高風丸によ

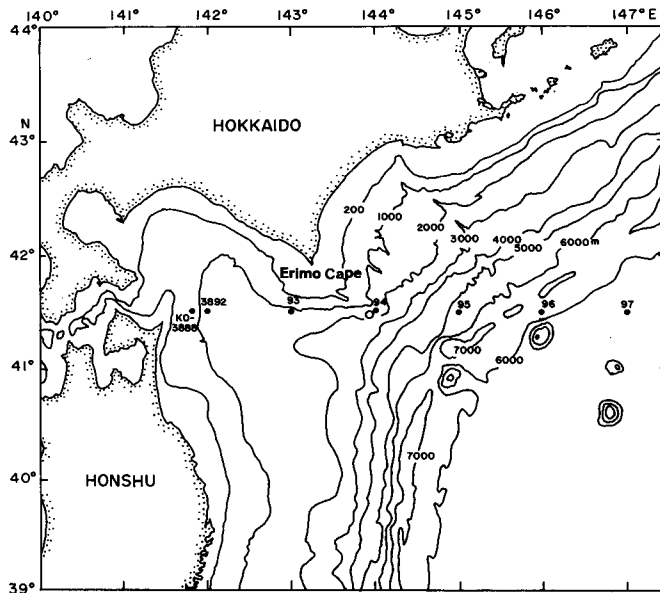


Fig. 1. Map of the mooring station and survey area. The open circle denotes the mooring position of a current meter and the solid circles denote the stations of hydrographic cast taken by R/V KOFU MARU.

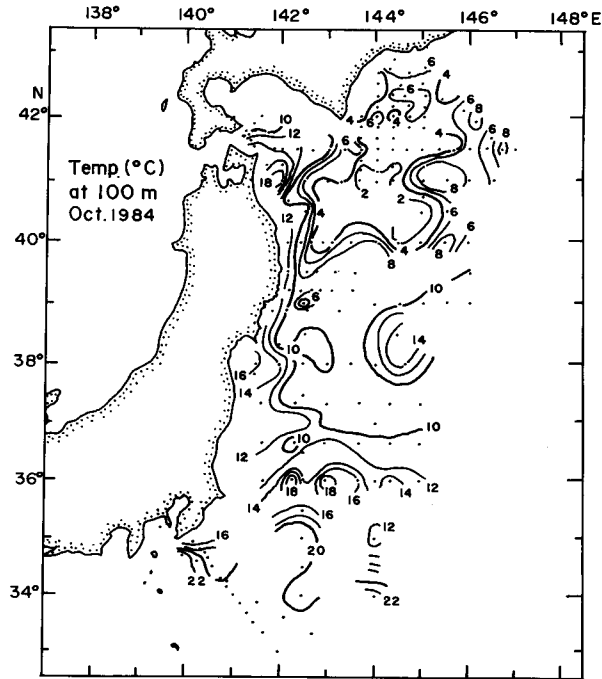


Fig. 2. Temperature distributions at a depth of 100 m in the Tohoku Area northeast of Japan in October, 1984.

て得られた 41°30'N 線に沿う水温，塩分断面を引用する。

図 2 から 41°30'N 線上での津軽暖流水 (100 m 深水温 8°C 以上，塩分 33.8 以上) の東への張り出しは 143°E にまで達し，環流が形成されていること，また親潮 (100 m 深水温 4°C 以下) は，襟裳岬南東沖から三陸近海にかけて広く分布していることがわかる。

鉛直断面 (図 3) を見ると，津軽暖流水は 200 m の厚さをもつこと，144°E から 145°E にかけての表層から 200 m ないし 300 m 深までは，低温低塩な水塊が，さらにこの東側の 50 m から 200 m 深にかけては，相対的に高温高塩な水塊が存在することがわかる。

以上の 1984 年 10 月の 41°30'N 線付近の概況を，海洋速報よりまとめると，津軽暖流水の東方への張り出しは例年並みで，環流の規模は例年よりやや小さい。また 41°30'N 線では，2°C 以下の中冷水は見られず，144°E から 145°E 間の南下流量は $0.85 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (600 db 基準の地衡流量) で，平年より小さいということになる。

川合 (1972) は純親潮水を，北太平洋極西部の亜寒帯水域にある，水温 2°C 以下，塩分 33.5‰ 以下の低温低塩分水として，また親潮前線を，50~200 m 深における，塩分 33.6‰ 以下の西部北太平洋亜寒帯水の周辺にある水温前線として定義している。岩尾 (1981) の 41°30'N 線の平均水温，塩分断面からは，この時期この付近に純親潮水が存在する割合は少ない。ここでは親潮系水を水温 4°C 以下，塩分 33.6 以下の水塊とみなすと，1984 年 10 月の断面では，143°E から 145°E の表層からおよそ 300 m 深にかけて，この水塊が占めている。これが親潮第一分枝で，従って測流層は親潮第一分枝の直下ということになる。ちなみに，10 月 23 日の 400 m 層の水温，塩分は，それぞれ 3.21°C，33.883 であった。

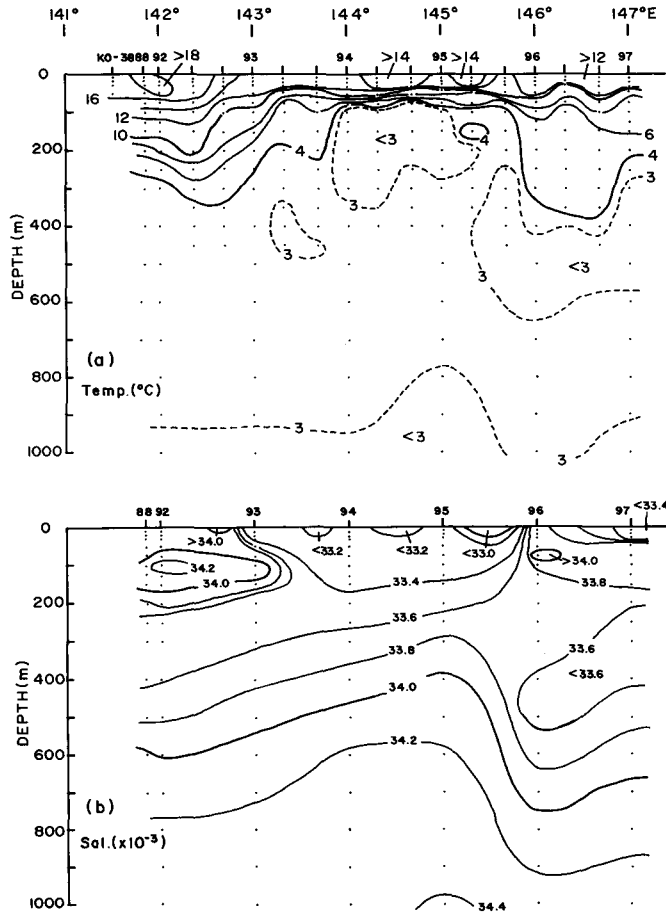


Fig. 3. Temperature (a) and salinity (b) sections along 41° 30' N latitude from October 19-24, 1984.

平均的な流れの特徴

1. 平均流速

3週間の測流期間の全体的な流れの特徴を知るために、25時間の移動平均を施した水温、流速ベクトル、東流および北流成分の時系列を図4に示す。

まず水温は全期間3°C台で推移しており、この間に厚さが400mに達するような大規模な暖水塊や黒潮北上分派が通過しなかったことを示している。次に流速ベクトルから、10数時間の振動を伴いながらも、安定した南流成分が卓越している様相がわかる。また11月6日頃までは西向き成分が卓越し、その後流れは東向きに転じ、さらに11月16日には真南に向かっていく。

このような10日から20日程度の東西成分の変動は、現在のところ何に原因しているか不明である。斎藤(1981)やVastano and Bernstein(1984)は、中規模の親潮の変動にこの程度の時間スケールがあることを報告している。図5に10月24日と11月8日のNOAA7のAVHRR画像を

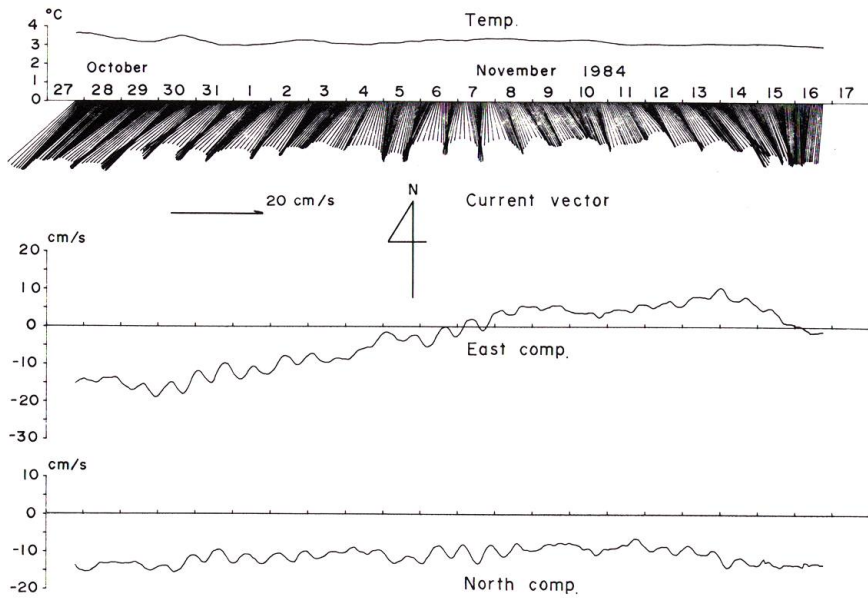


Fig. 4. Time series of the 25 hours running mean temperature, current vector, east and north components of the currents obtained by a current meter at a depth of 400 m.

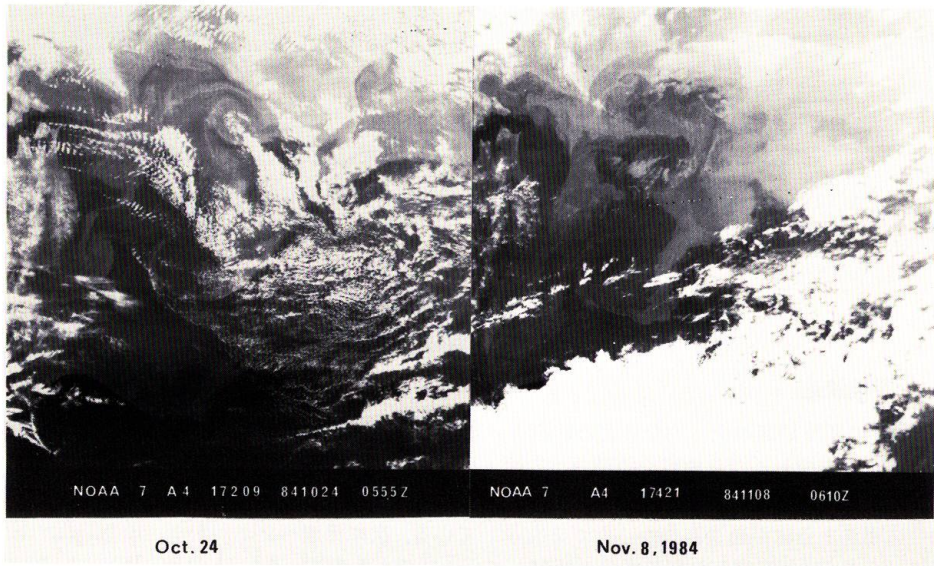


Fig. 5. NOAA-7 AVHRR images for October 24 and November 8, 1984.

示す。10月24日の画像では、親潮第一分枝は襟裳岬沖から南南西に延び、またその東側には41°30'N, 146°30'Eを中心にした冷水渦が見られる。この構造は11月5日頃から壊れ、11月8日の画像に見られるように、襟裳岬沖からより冷たい水塊が41°30'Nに沿って、ジェット流状に東に拡がっている。146°30'Eの冷水渦ははっきりしなくなり、親潮第一分枝の分布もほとんど真南に向かっていく。このような表層での親潮の分布パターンの変動が、400 m深での東西成分の変動に関係しているかも知れない。

南流成分は安定して持続しており、測流期間中の変動も小さいと言える。

得られた生データから東流、北流成分の平均値および標準偏差を求めると、それぞれ $-3.3 \pm 10.0 \text{ cm s}^{-1}$ 、 $-11.2 \pm 12.2 \text{ cm s}^{-1}$ となる。標準偏差が大きい理由は、後述するように10数時間の周期変動が重なっているためと考えられる。ここで注目に値することは、常に南向きに 10 cm s^{-1} 程度の安定した流れがある点で、このことは親潮が定常的に海流として存在する可能性を示唆している。

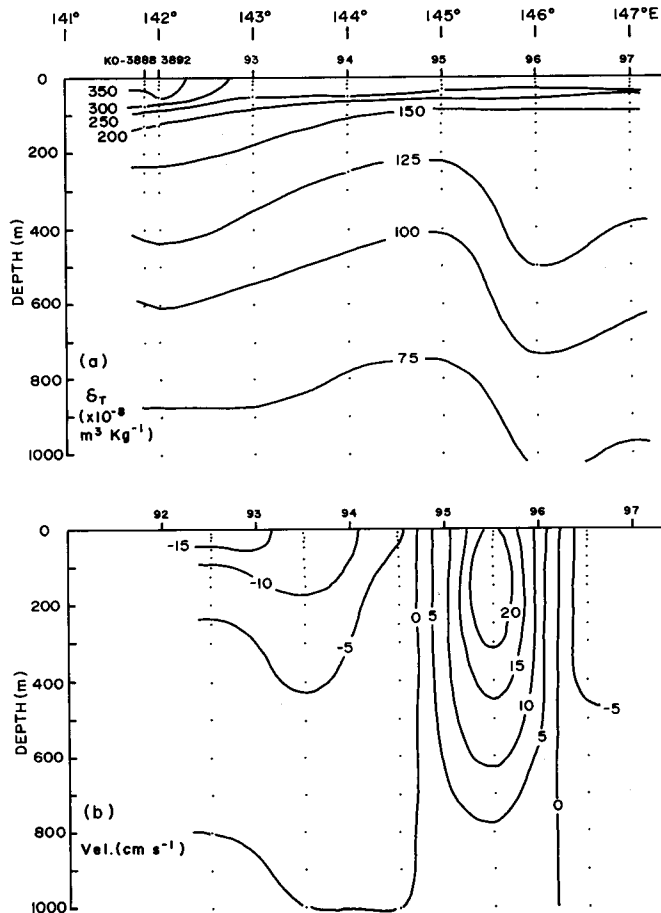


Fig. 6. Vertical sections of thermocline anomaly (a) and the north component of baroclinic geostrophic velocity referred to as 1,000 db (b). The negative sign indicates the southward flow.

2. 傾圧地衡流との比較

高風丸の観測資料から計算した傾圧地衡流速と流速計から得られた流速との比較を行う。そのため図6に比容アノマリーと1,000 db基準の地衡流速の断面を示す。比容断面から推定されるように、144°E以西の海面から100 mないし150 m深には、津軽暖流水の環流と思われる 10 cm s^{-1} 以上の強い南流が存在する。一方、145°Eと146°Eの間には、200 m以深の強い水平比容勾配のために、600 m深で 10 cm s^{-1} 、300 m以浅では 20 cm s^{-1} 以上の強い北流成分がある。

さて、143°Eと145°Eの観測値を用いて、この間の1,000 db基準の相対地衡流速を求めると、図7に実線で示すように、400 m深で 3.7 cm s^{-1} 、表面では 8.7 cm s^{-1} の南流成分が得られる。流速計で得られた400 m深の平均南流成分 11.2 cm s^{-1} は、傾圧地衡流と順圧流の総和を示しているとする、この深さで 7.5 cm s^{-1} の順圧流成分があることになる。この値は傾圧地衡流速の2倍に相当する。

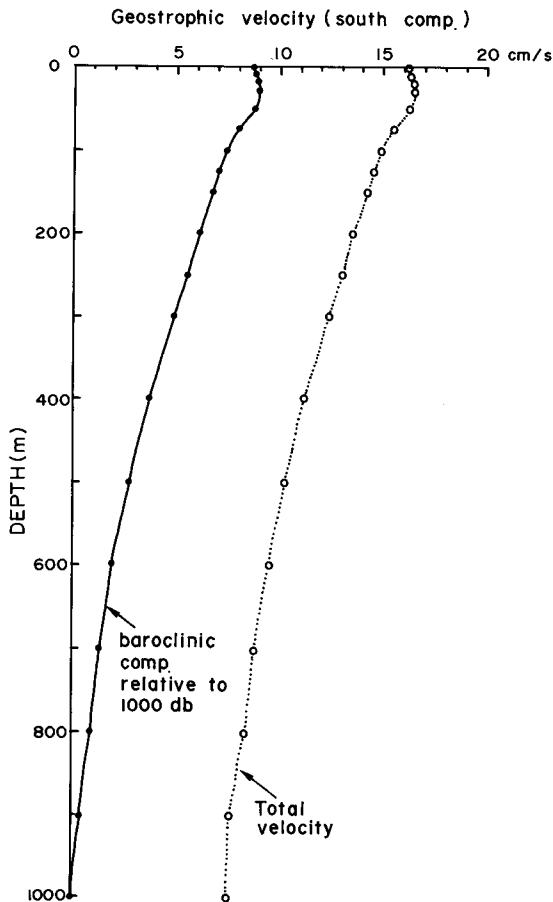


Fig. 7. Distributions of baroclinic velocity referred to as 1,000 db between 143°E and 145°E longitude (solid line) and total velocity calibrated at a depth of 400 m (dotted line).

順圧流(非傾圧地衡流)成分が、そのままの大きさで海面にまで存在すると仮定すると、海面での傾圧流と順圧流の総和は、 $41^{\circ}30'N$, $144^{\circ}E$ で 16.2 cm s^{-1} と見積られる(図7点線)。

秦(1963)は主に夏から秋にかけて、 $40^{\circ}N$ から $50^{\circ}N$ の日本近海の太平洋に放流した海流瓶の漂着結果を解析し、親潮第一分枝に乗った海流瓶は平均0.5ノット(約 26 cm s^{-1})で漂流し、それまでのこの海域のGEKの結果とよく一致すると述べている。海流瓶の平均速度の算出値は、途中の経路が不明のためどうしても誤差が大きくなりやすい。また今回の地衡流計算では、南北方向の観測点がないため、東西方向の流速成分は無視している。これらのことを考慮すると、表面での 16.2 cm s^{-1} という南流成分はもっともらしく思われる。

秦(1965)、上橋・西山(1982)、石川(1984)らによると、親潮第一分枝の輸送水量や南下位置、占有面積は、一年のうち秋に一番弱くなると報告されている。親潮第一分枝の勢力が最も弱い秋季においても、この程度の流れが予想されることは、通年定常的な流れが存在する可能性があると考えられる。

$143^{\circ}E$ と $145^{\circ}E$ の間の、1,000 db基準の地衡流速から求めた、表面から300 m深(親潮第一分枝の厚さと仮定)

までの傾圧地衡流量は $3.9 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ である。一方、上述した順圧流が、この観測点間の表面から 300 m 深に同じ大きさで流れているとすると、その流量は $3.6 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ となる。このことは親潮第一分枝のもつ流量として、順圧的な成分も無視できないことを意味している。

短周期変動

今回の測流資料の著しい特徴は、短周期変動が大きいことである。図 8 に 7 時間移動平均の水溫、流速ベクトル、東流および北流成分を示す。また同時に生データの東流、北流成分を重ねて点線で表わしてある。この図から 10 数時間の顕著な周期変動が存在することがわかる。そこで生データの東流、北流成分のパワースペクトルを求める(図 9)。

両成分とも周波数 0.055 cph (周期 18.2 時間) 付近に、極めて大きなエネルギー密度の極大値が現れている。これに対し潮汐の卓越する半日周期 (11.8~12.5 時間) のピークは相対的に低い。また低周波領域では周期 200 時間 (8.3 日) に見られるように、北流成分に比べ東流成分のエネルギーレベルの方がはるかに高い。これは前述した東西成分の 10 日程度の変動に対応していると思われる。

$41^{\circ}30' \text{ N}$ における慣性周期が 18.1 時間であることから、この変動は慣性振動を示唆している。そこで今、生データから 25 時間移動平均値を差し引いた流速ベクトルを用いて、進行ベクトル図を描く(図 10)。ただし、このベクトルは平均流を除いてあるため、ほとんど同一の位置にくる。そこで図を見やすくするため、南東方向に 1 cm s^{-1} の速度を与え、全体を南東方向に流して描いてあ

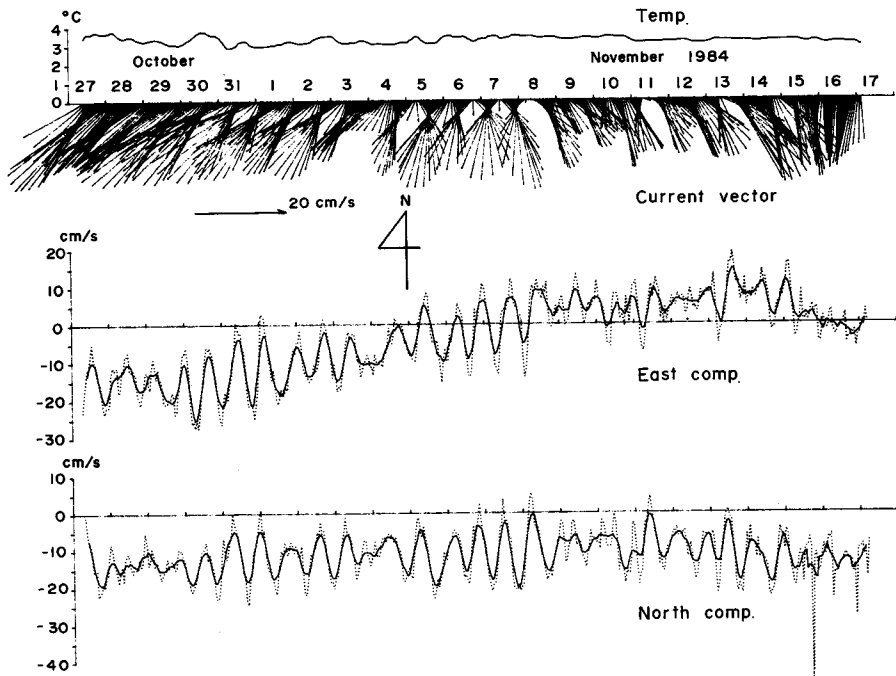


Fig. 8. Time series of the 7 hours running mean temperature, current vector, east and north components of the currents. East and north components of the raw current data are also shown in this series superposed by the dotted lines.

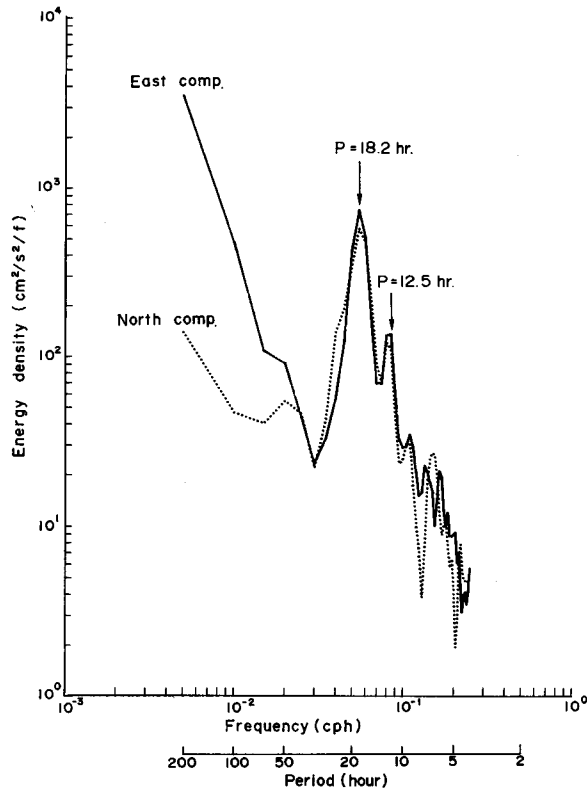


Fig. 9. Power spectrum of the east (solid line) and north (dotted line) components of the raw current data.

る。図 10 からこのベクトルは、はっきりした高気圧性(時計廻り)の回転を伴っていること、10月30日から11月2日にかけてや11月4日から9日にかけて、円軌道は特に大きく直径3 kmにも達することがわかる。

さらに詳しく見るため、典型的な例として10月31日の7時から24時までの1時間毎の原点を中心としたベクトル図と進行ベクトル図を図11に示す。これらの図から、18時間で時計廻りにおよそ一回転していること、慣性円の半径はおよそ1.3 kmであることがわかる。慣性円の半径から計算される流体粒子が円周をまわる速度は 12.5 cm s^{-1} で、流速ベクトルのスカラー平均値 13.0 cm s^{-1} にほぼ一致している。以上から、10数 cm s^{-1} の南西流ないし南東流に、同程度の速度をもつ慣性振動が重なっていることがわかる。このため東流、北流成分の標準偏差が大きくなっている。

ま と め

今回得られた測流資料は、21日間という短期間のものであり、今後さらに長期測流によって確かめられねばならない点が多いが、次の結果を得た。

1. 親潮第一分枝直下の400 m深において、平均 11.2 cm s^{-1} の南流成分が安定して存在するこ

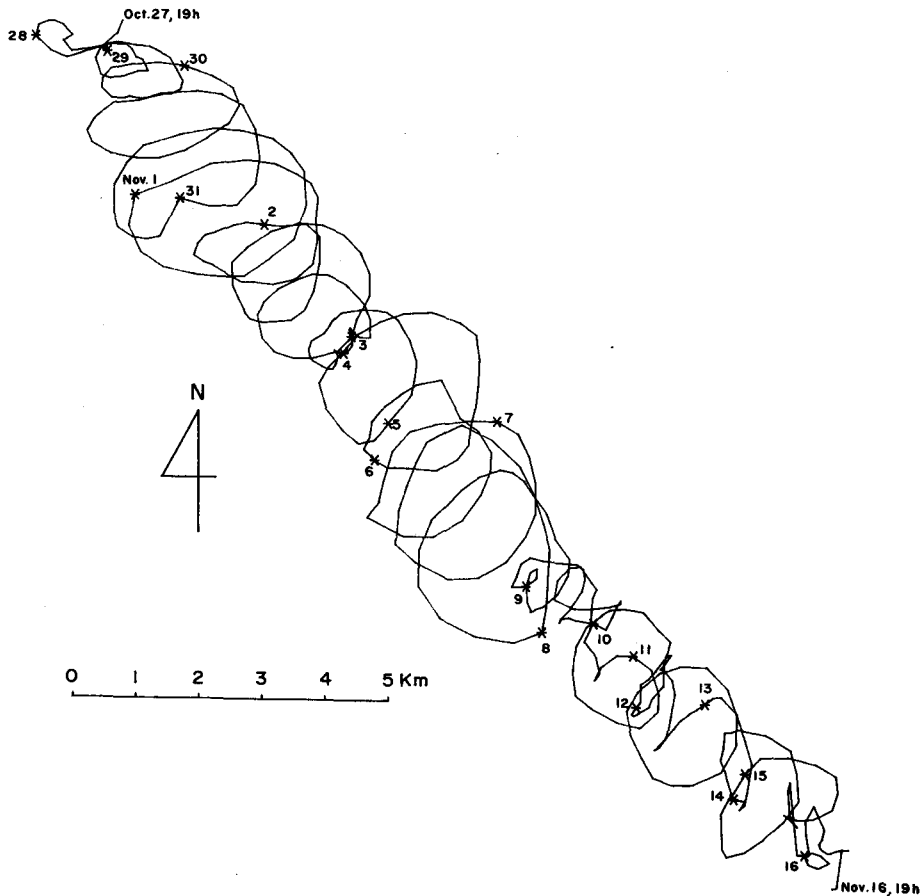


Fig. 10. Progress vector diagram of the fluctuating component deviated from the running mean over a 25 hour period. Vectors are drawn flowing toward the southeast with a speed of 1 cm s^{-1} . Asterisks denote the positions of 00 hours for each day.

とが確認された。この流速成分は、この深さの傾圧地衡流速 (1,000 db 基準) と方向は同じであるが、3 倍の大きさをもつ。

2. 400 m 深における流速計の平均流速と地衡流速との差を順圧成分として、それをそのまま海面での地衡流速に加えると、海面では 16.2 cm s^{-1} の南流成分が予想される。この流れは秦 (1963) の海流瓶の投入結果ともよく一致した。
3. 南西流ないし南東流に重なって、周期約 18.1 時間の顕著な慣性振動が存在した。慣性円の半径は最大 1.5 km 程度であった。この慣性振動のもつ速度は、平均流とはほぼ同じ程度である。このため東流、北流成分に大きな標準偏差が生じている。

今後、より長期間の測流資料を得ると同時に、人工衛星画像による表面の親潮の分布変動パターンとの対応づけ、断面観測による地衡流速や親潮の勢力との関係、あるいは風の応力と関連等について調べていきたい。

最後に、流速計の設置回収に際し、函館海洋气象台高風丸、北海道大学水産学部北星丸の各位および竹田 仁技官に多大の協力を得た。記して謝意を表する。

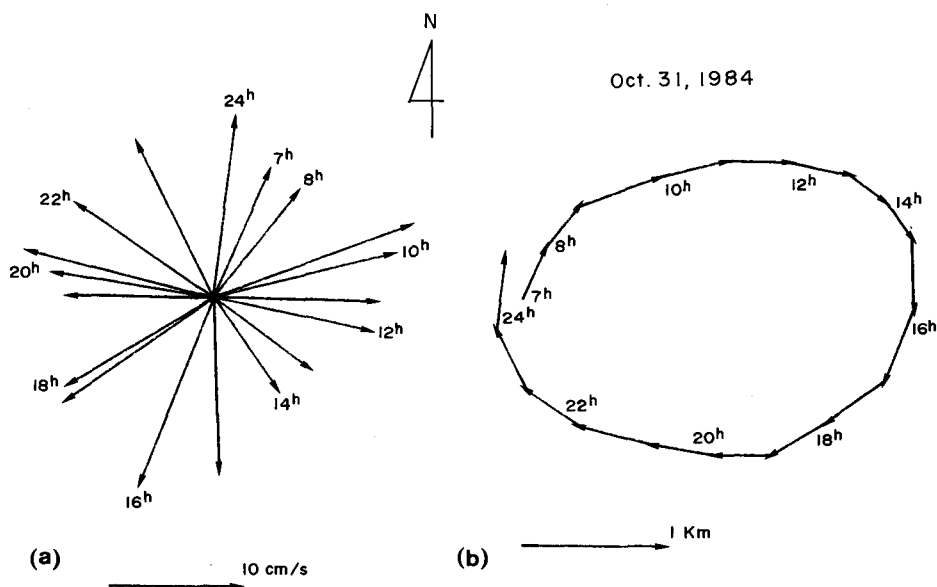


Fig. 11. Current vectors (a) and the progress vector diagram (b) of the fluctuating component from 7 to 24 hours on October 31, 1984.

文 献

- Dodimead, A.J., Favorite, F. and Hirano, T. (1963). Reviews of oceanography of the subarctic Pacific Region. *Int. North Pac. Fish. Comm. Bull.* **13**, 1-195.
- 函館海洋气象台 (1985). 海洋速報 **22** (4).
- 花輪公雄 (1984). 北太平洋亜寒帯域の海流系と親潮. *海洋科学* **16**, 683-689.
- 秦 克己 (1963). 北太平洋における海流瓶の投入結果について. *日本海洋学会誌* **19**, 6-15.
- 秦 克己 (1965). 親潮域における輸送水量の変動について. *同誌* **21**, 193-201.
- Hirano, T. (1961). The oceanographic study on the subarctic region. IV. On the circulation of the subarctic water. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* **29**, 11-39.
- 石川孝一 (1984). 親潮前線. *海洋科学* **16**, 690-696.
- 岩尾尊徳 (1981). 三陸沖 41°30' N 線断面の海況の長期変動について. *水産海洋研究会報* **39**, 38-41.
- 上橋 宏・西山勝暢 (1982). 親潮前線について. *大槌臨海研究センター報告* **8**, 86-87.
- 川台英夫 (1972). 黒潮と親潮の海況学. *海洋科学基礎講座 2, 海洋物理 II*, 129-321, 東海大学出版会, 東京.
- 武藤清一郎・工藤英郎・荒井永平 (1984). 東北海区の異常冷水現象. *海洋科学* **16**, 719-726.
- 斎藤誠一 (1981). 人工衛星による東北海区における海洋前線システムの観測. *北大水産学部北洋水産研究施設業績集特別号* 11-22.
- Vastano, A.C. and Bernstein, R.L. (1984). Mesoscale features along the First Oyashio Intrusion. *Jour. Geophys. Res.* **89**, 587-596.