

## NOAA-6による東北海区の短期的海況変化の解析

誌名	東北区水産研究所研究報告
ISSN	0049402X
著者	平井, 光行
巻/号	46号
掲載ページ	p. 27-38
発行年月	1984年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## NOAA-6による東北海区の 短期的海況変化の解析

平井 光行

### Analysis of Hydrographic Conditions in the Northeastern Sea of Japan using Infrared Images obtained by NOAA-6 Satellite

Mitsuyuki HIRAI

**Abstract** NOAA-6 satellite remote sensing was used to analyse water mass arrangements and their fluctuations in the Northeastern Sea of Japan during October, 1981. The Kuroshio fronts derived from infrared images were located approximately 10 miles within the colder side of the Kuroshio Axes derived from quasi-synoptic temperature distributions at 200 m depth and their wave patterns generally translated with speeds of less than 0.1 knot. The warm water masses derived from infrared images were located almost the same position as quasi-synoptic horizontal temperature distributions at 100 m depth and generally moved with speeds of less than 0.1 knot in all directions. The axes of the Oyashio Branches derived from infrared images were located approximately 15 miles west of those in quasi-synoptic horizontal temperature distributions at 100 m depth and generally oscillated with speeds of 0.04 knots in east-west direction. Standard deviations between locations of the water mass arrangement derived from infrared images and horizontal temperature distributions in lower layers were within 15 miles. These results suggested that collecting infrared images was valid to analyse not only short-term but also long-term fluctuations of hydrographic conditions in the Northeastern Sea of Japan.

**Keywords** Northeastern Sea of Japan, remote sensing, short term change, water mass, water temperature

### はじめに

東北海区において海況を予測する手法として、宇田(1935)、川合(1955)、KAWAI(1972)、などによって提唱された、水塊配置の概念が用いられている。通常、水塊配置を知る手段として下層水温分布図、特に100 m深水温分布図が用いられている。しかし、船舶による観測資料は離散的であり、広い海域の水塊配置を知ろうとすればするほど、時空間歪みが大きくなる。

近年、人工衛星によるリモートセンシング手法の発達により、表皮水温が広域・同時・反復的に観測されるようになった。**Gulf Steam**では、人工衛星と船舶・航空機による観測を合わせて用いることによって、**cold ring**の研究が飛躍的に進んだ(The Rings Group 1981, WIEBE 1982)。また東北海区では、総観的海洋構造を把握するために、人工衛星の熱赤外面像が有効で

あることが示唆されている(水野・秋山1980, 斉藤1981, KITANO 1981 a, b)。

水塊配置を総観的に把握し、その変動特性を知ることとは、海況予測の精度向上のために重要である。本研究では、実際の表面水温をよく反映し、広域・同時・反復性に優れた人工衛星熱赤外面像による、東北海区における海況の短期的変化の把握の可能性を検討した。

報告に先だち本文の校閲と適切な助言をいただいた東北区水産研究所 黒田隆哉博士、討論に参加していただいた東北区水産研究所海洋部諸兄に感謝の意を表す。

なお、本研究は科学技術庁「海洋生物資源の把握に関する研究」の一部である。

## 資料と方法

## 熱赤外画像

解析に用いた熱赤外画像は NOAA-6 の AVHRR によるものである (Table 1)。AVHRR の資料を磁気テープで入手し、トレーニングエリアとして、35°~44° N, 140°~150°E を切り出し、正接補正, G.C.P. (Ground Control Point) を用いた幾何補正を行った。また、AVHRR の ch. 4 の値を輝度温度変換し、衛星通過日を含む 3 日間の調査船による表面水温値によって温度補正した。補正済の ch. 4 の値を 1°C 毎にグレイスケールでスライスし、フォトプリンターで出力した。この海面温度分布図を、以下、衛星画像とする。

なお、NOAA-6 のデータは気象衛星センターから提供を受け、また、一連の画像処理はアジア航測株式会社に依頼した。

## 下層水温図

解析に用いた調査船の資料は、東北区水産研究所で速報として入手したものである (Table 2)。衛星通過日の前後 5 日間を含む 11 日間の資料を緯・経度 30' の区画で平均し、これを区画内の中心の位置の値として 100 m 深水温図を描いた。ただし、衛星通過日が 11 月 25 日のものは、データの空間的広がりを考慮して観測期間を 12 日とした。また、黒潮前線付近については、同様の方法で 200 m 深水温図を作成した。これらの下層水温図の隣接同時指数 (川合 1972) は、約 0.11 ノットとなる。

Table 1 Summary of NOAA-6 data in the Northeastern Sea of Japan during October, 1981

Date (J. S. T.)	Starting time	Orbit No.	G. C. P. data	Sea truth data
4 Oct.	7:35	11792	28	44
13 Oct.	7:29	11920	15	40
17 Oct.	18:55	11977	20	60
25 Oct.	7:54	12092	17	79

Table 2 Summary of observations by research vessels in the Northeastern Sea of Japan during October, 1981

Vessel	Period	Organization
Hokko-maru	5-9 Oct.	Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.
31 Manryo	30 Sep.-31 Oct.	Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.
Wakataka-maru	1-8 Oct.	Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.
Shunyo-maru	28-31 Oct.	Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.
81 Yoshi-maru	30 Sep.-31 Oct.	Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.
53 Shinei-maru	29 Sep.-31 Oct.	Tokai Reg. Fish. Res. Lab.
Hokushin-maru	1-2 Oct.	Hokkaido Pref. Kushiro Fish. Stn.
Kaiun-maru	4-20 Oct.	Aomori Pref. Fish. Stn.
Iwate-maru	29 Sep.-28 Oct.	Iwate Pref. Fish. Stn.
Mito-maru	1-30 Oct.	Ibaragi Pref. Fish. Stn.
2 Chiba-maru	29 Sep.-7 Oct.	Chiba Pref. Fish. Stn.
68 Hoyo-maru	30 Sep.-29 Oct.	Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.
Iwaki-maru	29 Sep.-27 Oct.	Fukushima Pref. Fish. Stn.
Shindaito-maru	29 Sep.-1 Oct.	Miyagi Pref. Fish. Stn.
Takuyo	8-9 Oct.	Maritime Safety Agency
Ryofu	20-31 Oct.	Meteorological Agency
Naval vessel	3-27 Oct.	Defence Agency

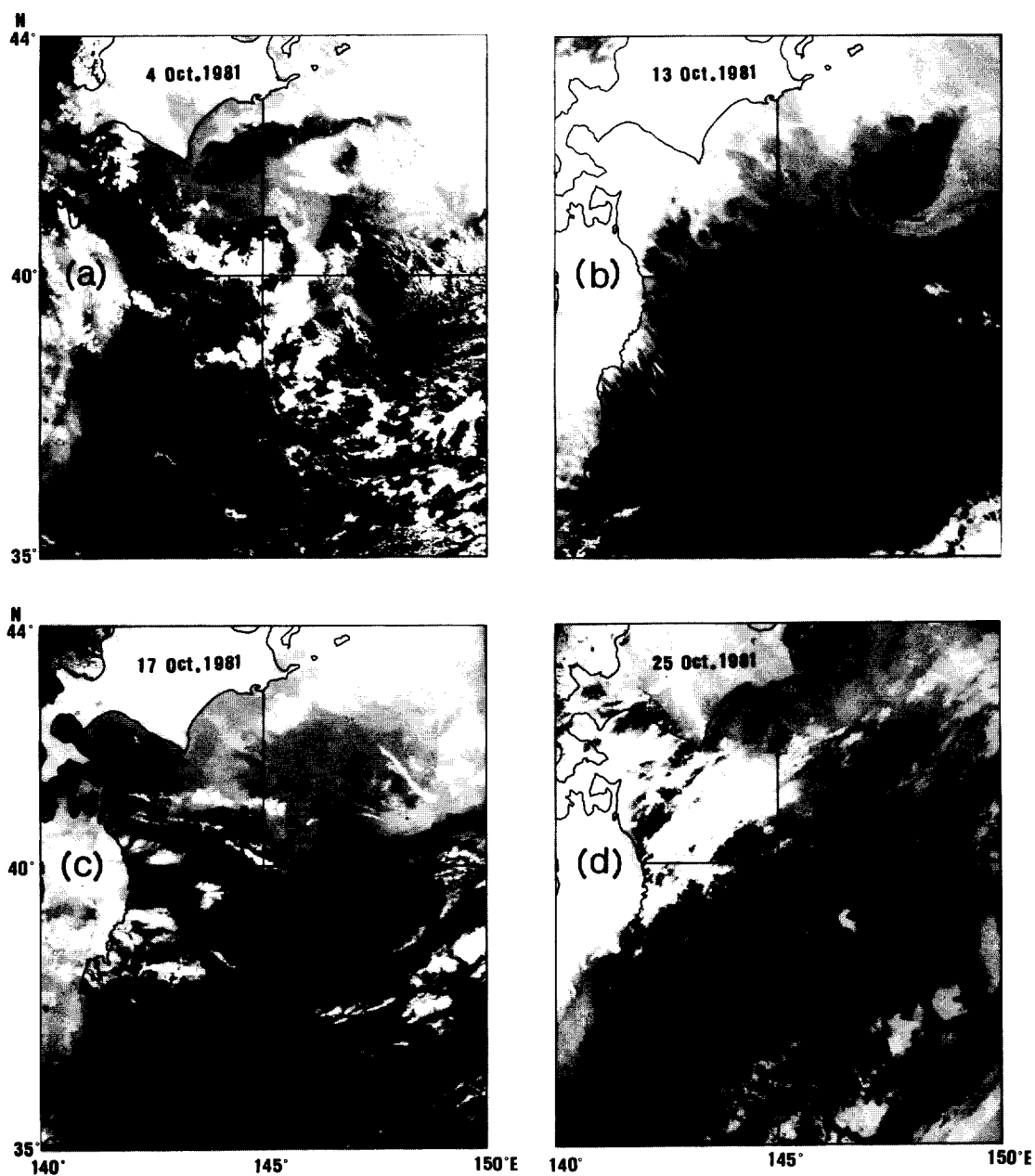


Fig. 1 Infrared images taken from NOAA-6 satellite. Dark tones represent higher water temperatures

## 結 果

### 1. 下層水温分布との対応

#### 黒潮前線域

衛星画像 (Fig. 1) によると, 36°N 付近, 140°~146°

E に明瞭な前線が見られる. この前線の水平方向の温度勾配は, 最大で 0.6°C/海里である. 前線の冷水側に, 長軸方向の水平スケールが 10~70 海里的暖水のフィラメントが各所に見られる. LEE et al (1981) によれば, Gulf Stream の西側の境界域に見られる frontal eddy のフィラメントの水平スケールは 5~130 海里で

あり、今回、見られたフィラメントは **Gulf Stream** よりスケールの小さいものが多い、144°E 線の水温鉛直断面図 (Fig. 2) によると、36°N 付近では、50~400 m 深で水温の水平傾度が大きく、この鉛直上方に GEK 得測流で 3.3 ノット (105°) の東方流があり、この付近に、黒潮前線があると思われる。この 144°E 線の観測日 (10月7・8日) に最も近い 10月4日の衛星画像の 144°E 線での明瞭な前線は 36°10'N 付近に見られ、上記黒潮前線より約 10 海里北に位置する。また、サーモサリノグラフ (プレッシー社 6600 T 型) による表面水温・塩分の航走記録からも、36°10'N 付近に明瞭な前線が見られ (Fig. 2)、衛星画像上の前線の位置とよく対応している (サーモサリノグラフの値は未補正のため傾向のみを扱っている)。

衛星通過日を中心とした 11 日間の観測による 100 m 深水温図 (Fig. 3) によると、衛星画像と同様に、36°N 付近、140°~145°E に明瞭な前線が見られる。衛星画像で見られた前線付近の暖水のフィラメントは、100 m 深水温図には現れていない。

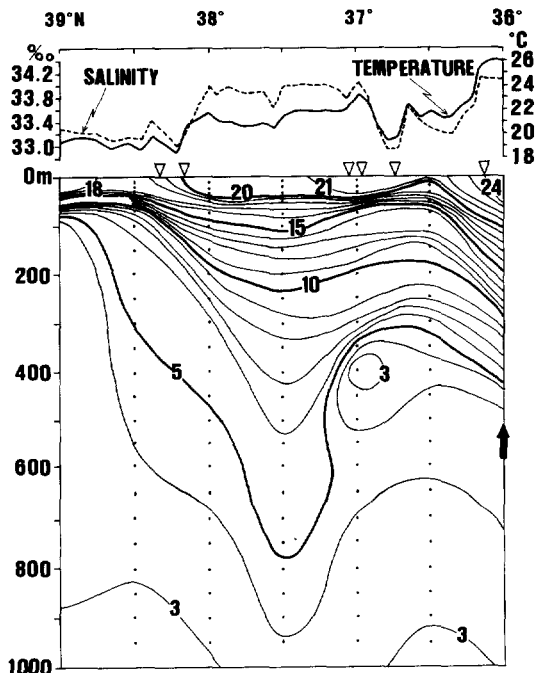


Fig. 2 Thermal cross section at 144°E measured on 7 and 8 October, 1981 (Wakataka-maru: Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.). Triangles indicate the positions of fronts derived from infrared images on 4 October, 1981. Solid arrow indicates the position of GEK maximum (105°, 3.3 knots)

川合 (1955) は 144°E の黒潮前線の中軸 (ほぼ流軸と考えられる) における 100 m 深の水温の平均値は 8, 11 月では、それぞれ、15.1°C, 16.8°C と述べ、また、KAWAI (1969) は 200 m 深における黒潮流軸の実用的な指標等温線は、142°~146°E で、14.0°C (標準偏差約 10 海里) であると述べている。これらのことから、100 m 深又は 200 m 深水温図上で黒潮流軸の位置を、それぞれ、16°C, 14°C の等温線の位置として、これと衛星画像上に見られる黒潮前線の位置とのずれを求めヒストグラムに示す (Fig. 4b, c)。下層水温図上の黒潮流軸の位置と衛星画像上の黒潮前線の位置とのずれは、Fig. 4a に模式的に示したように、経度 15' 毎に緯度方向に北向きを正として測定した距離 (L) の、黒潮流軸に対する法線方向成分 (L') と定義した。

Fig. 4 によると、下層水温図より求めた黒潮流軸の位置と衛星画像上の黒潮前線の位置のずれの分布は、200 m 深で 14°C を用いた方が、100 m 深で 16°C を用いた方より集中しており、その平均値は 12.3 海里 (標準偏差 8.8 海里) である。即ち、衛星画像上 (海面) の黒潮前線は、200 m 深水温図上で指標水温 (14°C) から求めた流軸から、平均 12.3 海里冷水側 (一般に北側) に位置する。

#### 暖水塊

衛星画像 (Fig. 1) によると、常磐沖の 37°30'N, 144°E 付近、三陸沖の 40°N, 144°30'E 付近、道東沖の 42°N, 147°30'E 付近に、それぞれ、明瞭な渦流域がみられる。これらは 100 m 深水温図 (Fig. 3) で、それぞれ、15~17°C, 11~12°C, 7°C を最高水温とする暖水塊とよく対応している。以下、これらをそれぞれ、常磐沖の暖水塊、三陸沖の暖水塊、道東沖の暖水塊と呼ぶ。

衛星画像で見ると、常磐沖の暖水塊は顕著な渦巻き状を呈している。暖水塊の縁辺部、特に西~北縁部には、帯状の高温部が連なり、暖水塊の流れに引き込まれたように、東縁部から中心部への冷水の分布が見られる。表面の前線の位置は衛星画像と断面図 (Fig. 2) とで必ずしも一致していない。しかし、サーモサリノグラフの結果には、衛星画像上にみられる縁辺部の帯状高温部や中心部の帯状の冷水の分布を示唆する水温・塩分の変化傾向が現れている。

衛星画像で見ると、金華山沖の暖水塊は円形又は楕円形で形が整っている。Fig. 1a, c では暖水塊の西~北縁部に帯状の高温部がみられるが、常磐沖の暖水塊ほど顕著ではない。また、暖水塊の東縁部から冷水を巻

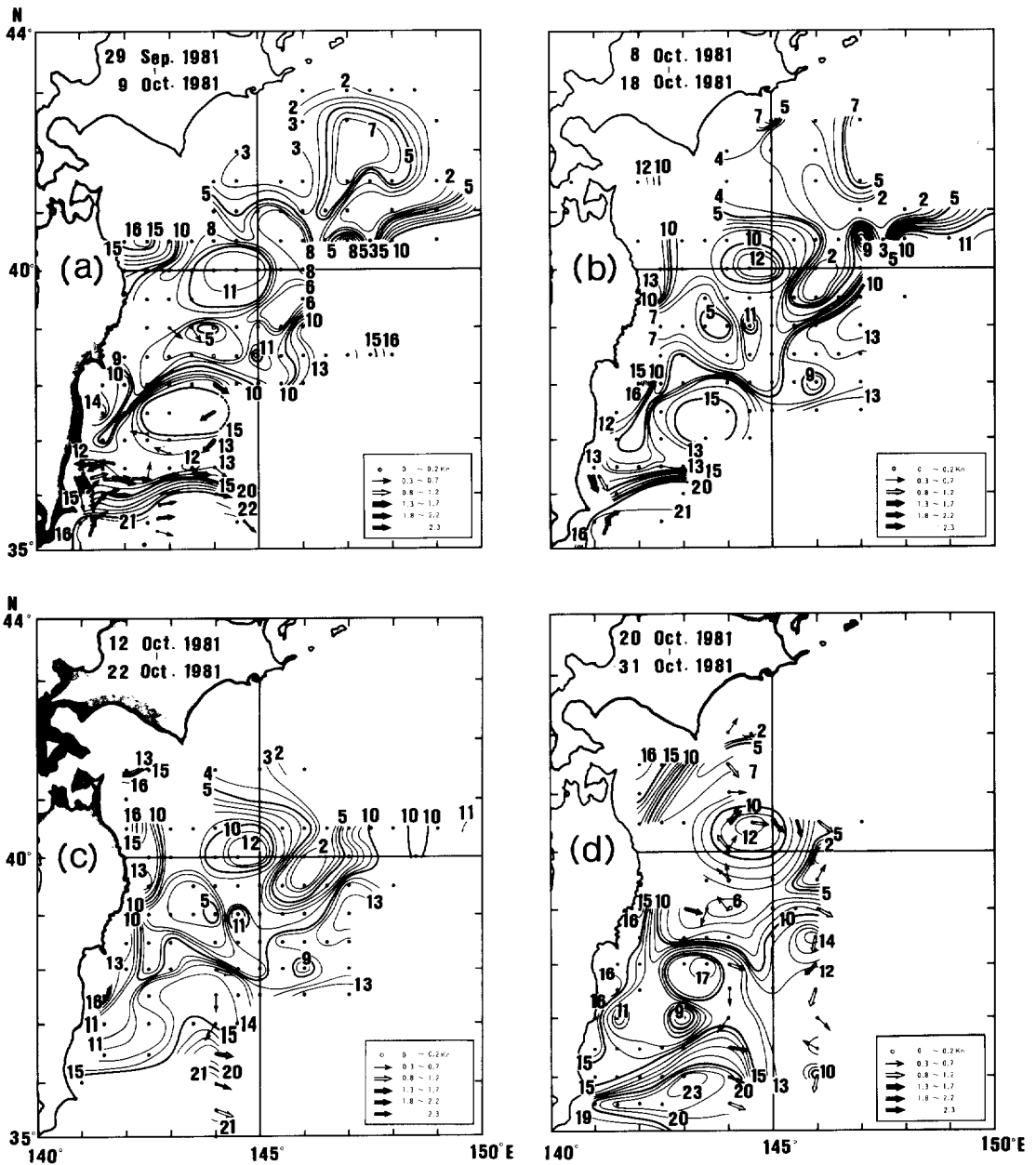


Fig. 3 Horizontal temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) distributions at 100 m depth. Arrows indicate GEK observations

き込み、その冷水が西縁部まで分布しているようなパターンが見られるが、暖水塊の中心部まで冷水が及んでいるようには見えない。暖水塊周辺の前線の水温水平傾度は北東部が最も大きい。水温鉛直断面図 (Fig. 5) では、 $40^{\circ}\sim 40^{\circ}50' \text{N}$  付近に厚さ 200 m 内外の暖水塊がみられる。表面の前線の位置は衛星画像と断面図と

で必ずしも一致しない。

衛星画像で見ると、道東沖の暖水塊は Fig. 1b を除いて、前 2 者程、明瞭ではない。また、暖水塊の縁辺部の帯状の高温部はほとんどみられない。東縁部から南、更に西縁部への冷水の分布は顕著で、その先端は楔状になっているが、冷水が中心部に及んでいるよう

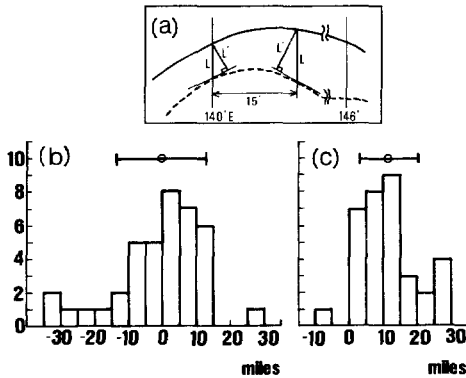


Fig. 4 (a) Illustration of the measurement of the distance from indicative isotherms at 100 m and 200 m depth. (b, c) Histograms of the distance from 16°C isotherms at 100 m depth (b) and 14°C isotherms at 200 m depth (c) to fronts derived from infrared images. The open circle and the horizontal bar represent the average and  $\pm 1$  standard deviation respectively

には見えない。しかし、Fig. 3a では該当水域に 7°C の閉じた等温線が見られ、また、Fig. 3b には 7°C の等温線の一部が見られ、暖水塊の存在を示唆している。

100 m 深水温図上での暖水塊の中心位置と、衛星画像上での暖水塊の中心の位置とのずれを、北および東を正として、Fig. 6 に示す。常磐沖、金華山沖、道東沖の暖水塊の中心位置は、100 m 深水温図では、それぞれ 15°C、11°C、7°C の等温線で囲まれる楕円の中心位置とした。Fig. 6 によると、100 m 深水温図と衛星画像とから求めた暖水塊の中心位置のずれは、南南西に 35 海里ずれる場合 (10 月 25 日の常磐沖の暖水塊の場合) を除くと、5~16 海里であり、平均 8.3 海里である。これらの暖水塊の中心位置のずれには、一定の方向性はみられない。

#### 親潮前線域

衛星画像 (Fig. 1) によると、金華山沖の暖水塊をはきんで東西両側を南に張り出す親潮系冷水が見られる。通常、これらの親潮系冷水の張り出しは岸側から数えて、親潮第 1 分枝、第 2 分枝とよばれているので、本報でもこの呼称に従う。

衛星画像 (Fig. 1) でみられる親潮第 1 分枝は、襟裳岬近海から南または南西へ、巾数海里~10 数海里で狭く張り出している。その張り出しは、10 月 13 日の衛星画像に顕著に現れているように、幾筋にも分岐したり、

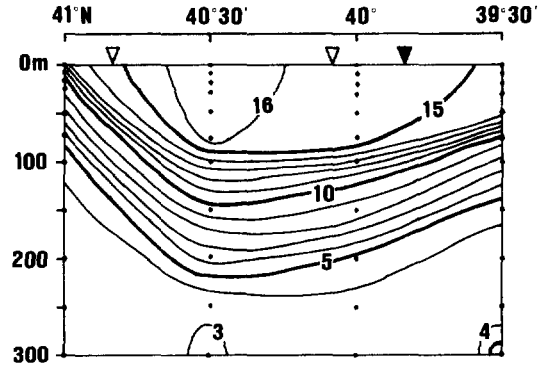


Fig. 5 Thermal cross section at 144°E measured from 20 to 22 October, 1981 (Ryofu: Meteorological Agency). Open and solid triangles indicate the positions of fronts derived from infrared images on 17 and 25 October, 1981 respectively

うねったり、分断されたりしている。Fig. 7 に親潮第 1 分枝先端部の水温鉛直断面図を示す。Fig. 7 によると、50 m 深付近に顕著な水温躍層がみられ、表層の前線は 50 m 以浅に形成されている。この付近の船舶による海洋観測日 (9 月 30 日~10 月 1 日) に最も近い 10 月 4 日の衛星画像 (Fig. 1a) の 40°N 線での前線は 142°E、143°E 付近にみられ、沖合の前線の位置は衛星画像と水温

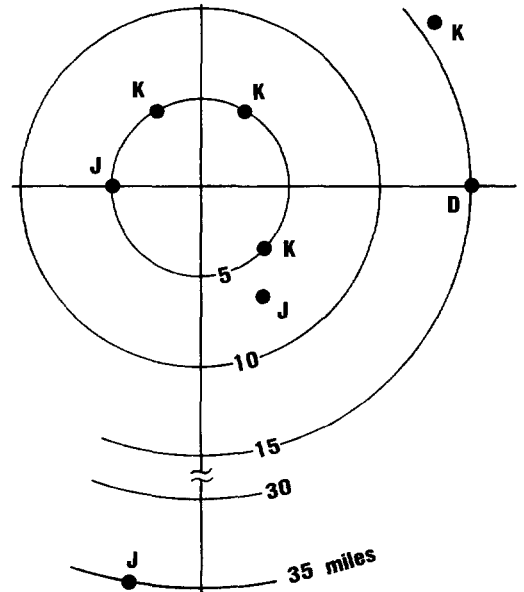


Fig. 6 Distance from the warm water mass detected in the temperature distributions at 100 m depth to that detected in infrared images

鉛直断面図とよく一致する。100 m 深水温図(Fig. 3)によると、親潮第1分枝の張り出しは、襟裳岬近海でとどまっており、それに連なる10°C以下の冷水が三陸沿岸を南下している。

衛星画像(Fig. 1)でみられる親潮第2分枝は、146°E線付近を巾30~60海里で広く南に張り出し、第1分枝に比べて顕著である。また、中軸部に巾10数海里の低温部を有している。その先端部は楔状になって顕著な前線を形成し、一部の冷水は東西両方向に帯状に長く分布している。

親潮第2分枝先端(39°30'N)付近の水温鉛直断面図(Fig. 8)によると、100 m以深の親潮系冷水(5°C以下)の分布の中心は、145°30'~146°Eであるのに対して、50 m以浅の表層の冷水(14°C台)の分布の中心は145°~145°30'Eであり、表層と下層での冷水の分布の中心は東西方向にずれている。また、50 m深付近に顕著な水温躍層がみられ表面の水平方向の前線はこの躍層以浅で形成されている。この39°30'N線の観測(10月17日・18日)とはほぼ同期している10月17日の衛星画像(Fig. 1c)の39°30'N線での前線の位置は、表面の前線の位置とよく一致している。

親潮第1・第2分枝の南への張り出しの軸の位置を、親潮系冷水の分布の中心軸の位置とし、100 m深水温図上での軸の位置と衛星画像上での軸の位置とのずれを求めヒストグラムに示す(Fig. 9b)。川合(1972)は親潮前線の100 m深の指標水温として、10月では7°Cを用いるのが妥当であると述べている。そこで、今回

の解析では、100 m深水温図上での親潮第1・第2分枝の張り出しの軸は、7°Cの等温線で囲まれる南への張り出しの中心軸とした。また、100 m深水温図の張り出しの軸の位置と衛星画像上の軸の位置とのずれは、Fig. 9aに模式的に示したように、緯度15'毎に経度方向に西向きを正として測定した距離(L)の、100 m深水温図上の軸に対する法線方向成分(L')と定義した。

Fig. 9bによると、100 m深水温図と衛星画像とから求めた親潮第1・第2分枝の軸の位置の水平方向のずれは、東に45海里ずれる場合を除くと、平均15.0海里(標準偏差13.0海里)である。即ち、衛星画像上の親潮の張り出しの軸の位置は、100 m深水温図上の軸の位置より、平均15.0海里西側にずれている。

## 2. 衛星画像による短期的変化の追跡

### 黒潮前線域

衛星画像上の黒潮前線の形状は暖水のフィラメントを無視すると、141°Eおよび146°Eに節をもち、腹の位置と振幅が変化する波状を呈している(Fig. 10a, b, c)。腹の位置は徐々に東へ移動し、振幅は10月17日を境として増大から減少傾向を辿っている。また、腹の位置や振幅の変化は一様ではなく、10月17日の前後で大きい。

Fig. 10a, b, cに模式的に示したように、2枚の衛星画像から黒潮前線の波形の変化を数量的に表わすため、変位距離(ここでは最短距離)を経度15'毎に求め、これを2枚の画像の時間差で除したものを、黒潮前線の波形の変化速度とした。Fig. 10dによると、2枚の衛星画像から求めた黒潮前線の波形の変化の速さは、0.1

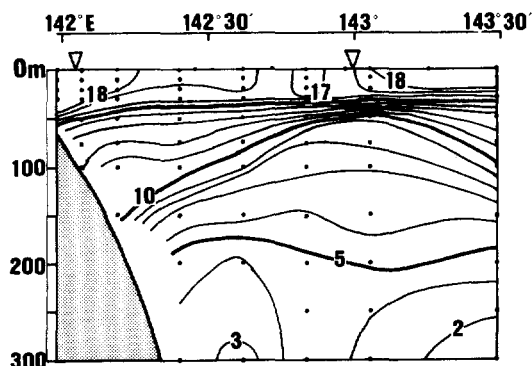


Fig. 7 Thermal Cross section at 40°N measured from 30 September to 1 October, 1981 (Iwate-maru: Iwate Pref. Fish. Stn.). Open triangles indicate the positions of fronts derived from infrared images on 4 October, 1981

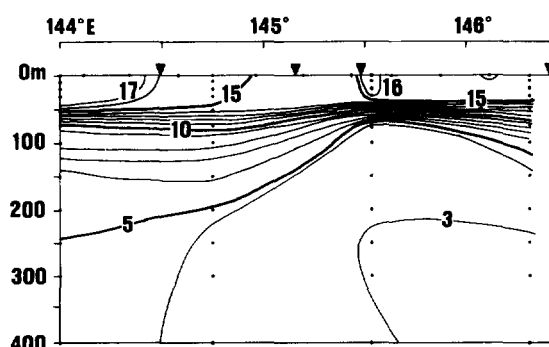


Fig. 8 Thermal cross section at 39°30'N measured on 17 and 18 October, 1981 (81 Yoshi-maru: Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.). Solid triangles indicate the positions of fronts derived from infrared images on 17 October, 1981



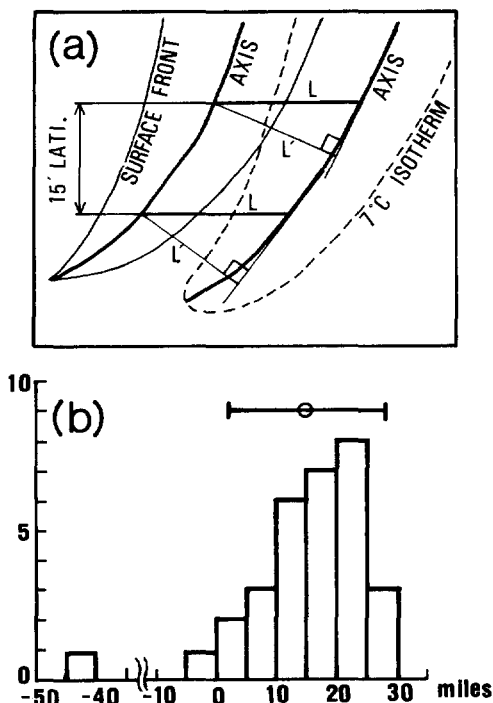


Fig. 9 (a) Illustration of the measurement of distance between axes of Oyashio Branches detected in temperature distributions at 100 m depth and infrared images. (b) Histograms of the distance from axes of the Oyashio Branch detected in temperature distributions at 100 m depth to that detected in infrared images. The open circle and the horizontal bar represent the average and  $\pm 1$  standard deviation respectively

ノット以下が卓越し、0.4 ノット以上のものはない。変化の速さの平均値は0.11 ノット（標準偏差0.09 ノット）である。

Fig. 10a に模式的に示したように、黒潮前線の波形の変化の方向を、通過日の早い方の衛星画像による黒潮前線（Fig. 10a, b, c では実線）の接線方向（ほぼ流れの方向と考えられる）が北～東（ $q=0^\circ\sim 90^\circ$ ）と東～南（ $q=90^\circ\sim 180^\circ$ ）とにわけて Fig. 11 に示す。Fig. 11 によると、衛星画像による黒潮前線の接線方向が北～東の場合は、北西～南東方向の波形の変化が卓越し、東～南の場合は、北東～南西方向の変化が卓越している。また、衛星画像からは黒潮前線の東西方向の変化は検出できなかった。

### 暖水塊

常磐沖の暖水塊の形状変化は顕著である。Fig. 1 によると、10月4日、13日には円形又は楕円形を示した暖水塊は、10月17日には二分されたような形を示し、10月25日には低気圧性の渦のような形状を示している。しかし、外縁部に帯状の高温部をもち、東側から中心部へ向かって冷水が引き込まれたようなパターンには変化が見られない。

金華山沖の暖水塊の形状変化は、前者ほど顕著ではなく、暖水塊縁辺潮境部の小規模な変化がやや目立つ程度である（Fig. 1）。暖水塊の東側から南側へ向かって冷水が引き込まれたような分布のパターンや周辺潮境域の小規模な乱れの変化の追跡は、この図からは不可能である。

道東沖の暖水塊の形状変化は顕著であるが、暖水塊周辺の潮境が不明瞭である場所も多い。Fig. 1 によると、10月4日にはやや南北に長い楕円形を示した暖水塊は、10月13日、17日には円形、10月25日には南北に長い楕円形を示している。また、10月13日には暖水塊の北東部に明瞭な楔状の前線が見られるが、4日後の17日には不明瞭になっている。

暖水塊の移動について、Table 3 のように整理した。Table 3 によると、衛星画像で見られる暖水塊の移動方向は、道東沖の暖水塊が南方へ移動する傾向が見られたほかは、いずれも一定ではない。また、移動の速さも一定ではなく、0～0.12 ノットの範囲を示し、平均は0.07 ノットである。3つの暖水塊のうちでは道東沖暖水塊の移動の速さが大きな値を示した。

### 親潮前線域

衛星画像に現れる巾の狭い帯状の親潮第1分枝の蛇行や分岐の変化は、数日～10日の時間スケールでは追跡できなかった（Fig. 1）。特に Fig. 1b に顕著にみられる第1分枝の分岐は、4日後の Fig. 1c には全く見られない。また、第1分枝の南縁は幾筋にも分岐し、常磐沖の暖水塊と潮境を形成したり、常磐～鹿島沿岸に張り出したりしているが、これらの変化も数日～10日の時間スケールでは追跡できなかった。これらの現象の変化の追跡には、これより小さな時間スケールでの検討が必要であろう。

衛星画像に現れる楔状の親潮第2分枝先端部の形状には数日～10日の時間スケールでは大きな変化は見られない（Fig. 1）。しかし、金華山沖の暖水塊の南側

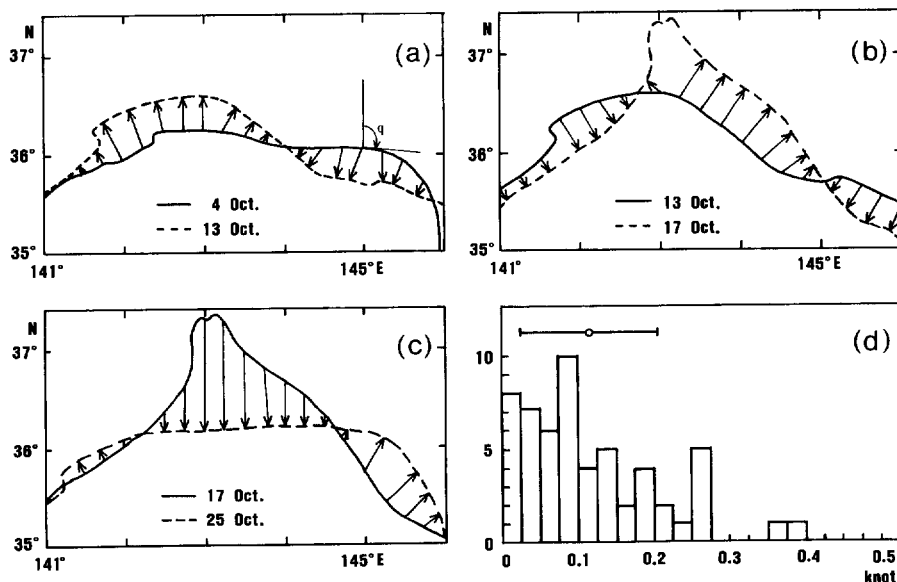


Fig. 10 (a, b, c) Change of wave patterns of the Kuroshio fronts derived from infrared images and illustration of the measurement of their speed. (d) Histograms of the speed of the wave patterns of the Kuroshio fronts derived from infrared images. The open circle and the horizontal bar represent the average and  $\pm 1$  standard deviation respectively

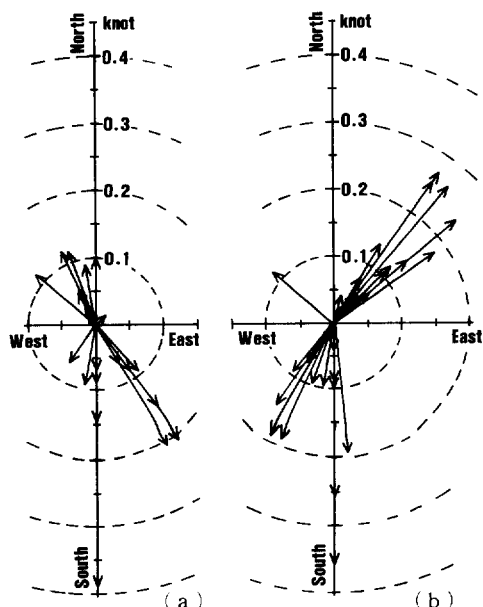


Fig. 11 Scatter diagrams of vectors of translation of the Kuroshio fronts derived from infrared images when  $q$  (see Fig. 10 a) is from  $0^\circ$  to  $90^\circ$  (a) and  $q$  is from  $90^\circ$  to  $180^\circ$  (b)

への冷水の分布パターンには大きな変化があり、暖水塊の表面の形状が変化している。

親潮の南への張り出しの軸の変化の速さと方向を Fig. 12 に示す。Fig. 10 で示した黒潮前線の変化を調べたのと同様の方法で緯度  $15'$  毎に変位距離、変化の速さを求めた。Fig. 12a によると、親潮の張り出しの軸の変化の速さは、 $0.1$  ノット以下が卓越し、 $0.15$  ノットを超える値はない。この状況は第1分枝と第2分枝とでは差がなく、両者を含めた変位の速さの平均は  $0.04$  ノット(標準偏差  $0.03$  ノット)である。また、Fig. 12b, c によると、張り出しの軸の変化方向は、西北西-東南東が卓越している。この状況も第1分枝と第2分枝では差は見られない。

## 考 察

KAWAI (1969) は、黒潮流軸を GEK 得測流の最大値で定義すると、 $142^\circ$ - $146^\circ$ E では、黒潮流軸は  $200$  m 深水温図で平均的に  $14^\circ$ C の等温線と一致すると述べている。今回の解析で得られた結果では、衛星画像より判定した黒潮前線は準同時的  $200$  m 深水温図の  $14^\circ$ C の等温線より約  $12$  海里冷水側にある (Fig. 4b)。また、Fig. 3 の  $144^\circ$ E の水温鉛直断面図によると、 $36^\circ$

Table 3 Velocities (knots) of the movement of warmwater masses derived from infrared images in the Northeastern Sea of Japan during October, 1981

Period	Off Joban		Off Sanriku		Off Doto	
	Direction	Speed	Direction	Speed	Direction	Speed
4-13 Oct.	(270)	(0.01)	295	0.02	155	0.09
13-17 Oct.	(320)	(0.11)	50	0.05	195	0.12
17-25 Oct.	(190)	(0.11)	280	0.06	180	0.10

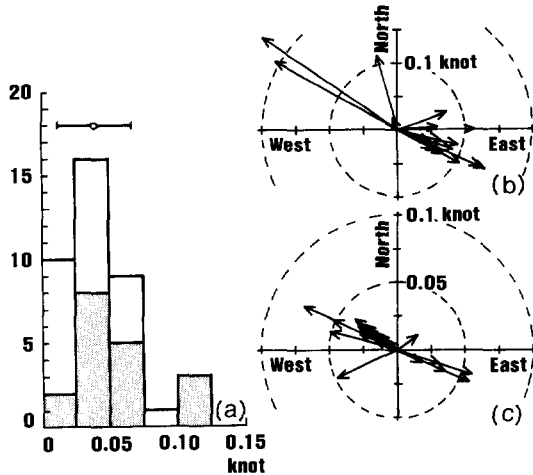


Fig. 12 (a) Histograms of the speed of oscillation of the axes of the Oyashio First (shaded) and Second (open) Branch. (b, c) Scatter diagrams of the vectors of oscillation of the axes of the Oyashio First (b) and Second (c) Branch

N 付近に黒潮流軸があり、サーモサリノグラフによる水温前線は  $36^{\circ}10'N$  付近にあり、表面の水温前線は黒潮流軸の約 10 海里、冷水側に位置する。川合 (1955) は表面の潮境が黒潮流軸より若干北側 (冷水側) にずれることを示唆し、また、HANSEN and MAUL (1970) は **Gulf Stream** の流軸は表面の水温前線より平均的に 8 海里暖水側に位置すると報告している。これらの結果から、今回 4 枚の衛星画像により判定した黒潮前線は、黒潮流軸の約 10 海里冷水側に位置すると考えてよいであろう。

衛星画像上の暖水塊の形状は、下層水温図上のものに比べて複雑である。Fig. 6 で表面と下層とで 35 海里中心位置がずれているのは、10 月 25 日の常磐沖の暖水塊である。Fig. 1c, Fig. 3c によると、黒潮系暖水の北への突出のパターンがみられ常磐沖の暖水塊が不明瞭になり、Fig. 1d, Fig. 3d では、暖水塊の南側に低気

圧性渦のパターンが見られる。したがって、10 月 17 日～25 日の 9 日以内に急激な海況の変化があったことが推察される。Fig. 3d では、暖水塊付近の観測が粗く、また、海況の変化が急激なため、暖水塊の位置が正確ではなかったと考える。この場合を除くと、中心位置のずれはすべて 16 海里以内で、平均 8.3 海里となる (Fig. 6)。また、衛星画像と 100 m 深水温図から判定した暖水塊の位置のずれには方向性がない (Fig. 6)。これらのことから、衛星画像に現れる暖水塊は下層水温の状況をよく反映しており、約 10 海里的誤差の範囲で 100 m 深水温図の暖水塊の中心の位置を示すことができると考える。

衛星画像上には、親潮第 1 分枝は蛇行した巾狭い帯状の冷水として現れ、親潮第 2 分枝はその張り出しが顕著で大規模な楔型の冷水として現れている (Fig. 1)。この親潮の張り出しは、50 m 深付近の水温躍層より浅い層の冷水とよく一致する (Fig. 7, 8)。また、衛星画像上の親潮の張り出しの軸は、100 m 深水温図上の張り出し軸より約 15 海里西側にずれる (Fig. 9)。親潮第 1 分枝は、その西側の津軽暖流と潮境を形成し、第 2 分枝は、その西側の金華山沖の暖水塊と顕著な潮境を形成している。Fig. 3d では、金華山沖の暖水塊の東縁部に 1.7 ノット ( $137^{\circ}$ )、1.8 ノット ( $165^{\circ}$ ) の速い偏南流が見られる。これらの潮境付近より北の海域では親潮系冷水が卓越しており、季節水温躍層 (今季 50 m 付近) 以浅では水平的にも密度差が小さくなっているため、北側の表層の冷水がこの偏南流や他の移流、風等によって運ばれることも考えられる。しかし、このような運動のメカニズムは複雑である。親潮の張り出しの軸だけでなく黒潮前線も含めて、表層と下層とで位置がずれる理由の解明については今後の課題としたい。

以上のことから、衛星画像によって東北海区における黒潮流軸、暖水塊、親潮の張り出しの軸など、主要な水塊配置を把握することは可能であることがわかっ

た。そして、黒潮流軸、暖水塊の中心、親潮の張り出しの軸などの位置について、衛星画像と100 m・200 m 深水温図とから得られた位置のずれの標準偏差はすべて15海里以内である。このずれの標準偏差を誤差の基準と考えると、今回の解析結果から、東北海区の水塊配置は、衛星画像によって15海里程度の誤差を念頭に置いて把握できると考えてよいであろう。

黒潮前線の変化速度に関する報告はあまりない。今回の解析では、衛星画像より判定した黒潮前線の変化の速さは、0.1ノット以下が卓越し、0.4ノット以上はない(Fig. 10d)。また、変化の速さが0.2ノットを越える場合は、143°30'~144°30'Eの黒潮前線のリッジで黒潮系暖水が急激に北上し南下した10月13日~25日に集中している。KAWAI(1972)は200 m深10°Cの等温線の水平移動の速さを調べ、その値は大きくても0.2ノットほどで、速さのヒストグラムは0~0.025ノットにモードをもつと報告している。通常、下層よりも表層の方が海況の変化が速いと考えられるから、今回の解析結果はこれらのことと矛盾しない。これらの結果から、表面の黒潮前線の変化の速さは急激な変化の場合を除くと、0.1ノット程度であると考えられる。

暖水塊の移動に関する報告は少ない。秦(1974)は、親潮域に孤立した暖水塊は等温線の勾配が最も大きな方向へ移動し、追跡期間中の最大の移動の速さは約0.1ノット、平均の速さは0.03ノットと報告している。また、KITANO(1975)は、三陸沖の暖水塊は北へ、道東沖の暖水塊は北東へ移動することが多く、その移動の速さは0.01~0.08ノットで、モードは0.02ノットであると報告している。今回の解析から得られた結果では、衛星画像により得られた暖水塊の移動の速さは0.01~0.02ノットである(Table 3)。秦(1974)やKITANO(1975)はそれぞれ200 m深水温図、100 m深水温図を用いて説明している。直接には、移動の速さを比較できない。衛星画像では、10海里以内の誤差で100 m深水温図の暖水塊の中心の位置を示すことができる。したがって、今回得られた結果は、秦(1974)やKITANO(1975)の結果とはほぼ一致しているといえよう。

暖水塊の移動方向は、秦(1974)やKITANO(1975)の報告では必ずしも一定の方向を示さない。今回の数日~10日程度の短期間内の移動でも、必ずしも一定の方向を示さなかった。また、速さは0.1ノット以下を示すことが多いが、時には0.1ノットを越えることも

ある。暖水塊の移動方向や速さは、周囲の海洋条件と相補関係にあると考えられるので、必ずしも一定の傾向を示さないのは当然であろう。しかし、KITANO(1975)のように統計的にみれば、1ヶ月程度の移動には方向性があるかも知れない。

親潮の張り出しの軸の短期的な変化に関する報告はほとんどない。今回の解析の結果では、衛星画像より判定した親潮の張り出しの軸の変化の速さは、第1分枝と第2分枝とで大差なく平均0.04ノットで、軸の法線方向が卓越している(Fig. 12)。即ち、親潮の張り出しの軸が東西方向に平均0.04ノットの速さで振れるのである。上橋(1980)は、親潮冷水は黒潮系水よりも層がうすく、地衡流としてもほとんどないが、極く弱いため、風の影響を受け易いと述べている。衛星画像から判定した親潮の張り出しは、50 m付近の水温躍層以浅の冷水の分布とよく一致する(Fig. 7, 8)ことから、水温躍層以深の親潮系冷水とはやや異なっており、風などの気象擾乱の影響をより強く受けるであろうと考えられる。

以上、衛星画像から黒潮前線、暖水塊、親潮の張り出しの軸などの変化(移動)の速度を検討した。これらの前線帯の変位、変形、移動を支配する要因は前線帯自体の構造、それをとりまく海洋条件、海上の気象条件など多くあると考えられる。これについて論究するのは本稿の目的ではないので多くはふれない。しかし少なくとも、人工衛星熱赤外画像が、その集積によって、短期~長期の海況変動を追跡するための有効な手段となり得ることは、今回の検討結果からある程度論証し得たと考える。

## 要 約

東北海区における人工衛星熱赤外画像による海況の短期的変化の把握の可能性を検討するため1981年10月4日~10月25日の4枚の東北海区におけるNOAA-6の熱赤外画像とこの前後5日間を含む11日間の下層水温図(隣接同時指数約0.11ノット)を比較・検討して衛星画像から判定した水塊の分布及びそれらの変化について以下のような結果を得た。

- 1) 黒潮前線の位置は船舶による観測で推定された流軸より約10海里冷水側に位置する(Fig. 4)。
- 2) 暖水塊の中心位置は、100 m深水温図からみたと約10海里以下の誤差で一致する(Fig. 6)。
- 3) 親潮の張り出しの軸は、100 m深水温図からみ

たものより約15海里西側に位置する (Fig. 9).

4) 衛星画像により水塊配置を判定した場合, それぞれの水塊の位置のずれの標準偏差は15海里以内である.

5) 黒潮前線の変化の速さは, 0.1ノット以下が卓越するが, 0.3ノットを越える場合もある (Fig. 10).

6) 暖水塊の短期的な移動の速さは, ほとんどの場合0.1ノット以下であり, 移動方向は一定ではない.

7) 親潮の張り出しの軸の変化は, 平均0.04ノットで, 東西方向の振れが卓越している (Fig. 12).

以上の結果から, 人工衛星熱赤外画像が, その集積によって, 短期~長期の海況変動を追跡するための有効な手段となることが, ある程度論証し得たと考える.

## 文 献

- HANSEN, D.V. and MAUL, A (1970) A note on the use of sea surface temperature for observing ocean current. *Remote Sensing of Environment* **1**(3), 161-164
- 秦 克己(1974) 黒潮から分離した暖水塊の変動について. 研究時報 (26), 295-321
- 上橋 宏 (1980) 親潮第1分枝の変動. 第30回東北海区海洋調査連絡会議事録, 34-36
- 川合英夫(1955) 東北海区における極前線帯とその変動について (第1報). 東北水研研報 (4), 1-46
- KAWAI, H. (1969) Statistical estimation of isotherms indicative of Kuroshio Axis. *Deep-Sea Res. suppl.* **16**, 109-115
- KAWAI, H. (1972) Hydrography of the Kuroshio Extension. In: *KUROSHIO its physical aspects* (ed. Stommel, H. and Yoshida, K.), 235-352. Tokyo, University of Tokyo Press, x + 517pp.
- 川合英夫(1972) 黒潮と親潮の海況学. 増沢謙太郎編, 海洋科学基礎講座2 海洋物理II, 129-321. 東京, 東海大学出版会, 328pp.
- KITANO, K. (1975) Some properties of the warm eddies generated in the confluence zone of the Kuroshio and Oyashio Currents. *J. Phys. Oceanogr.* **5**, 245-252
- KITANO, K. (1981 a) Prominent features of the Kuroshio and Oyashio confluence zone in the satellite infrared imagery. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.* (46), 133-138
- KITANO, K. (1981 b) Visual features of the Kuroshio eddies as seen in the infrared satellite images from NOAA-6. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.* (46), 139-144
- LEE, T.N., ATKINSON, L.P. and LEGECKIS, R. (1981) Observations of a Gulf Stream frontal eddy on the Georgia continental shelf, April 1977. *Deep-sea Res.* **28A**(4), 347-378
- 水野恵介・秋山正寿 (1980) 赤外画像による東北海区の海況解析—暖水塊を中心として—. 航水研ノート 空と海 (2), 47-55
- The Ring Group (1982) Gulf Stream cold rings: their physics, chemistry, and biology. *Science* **212**(4499), 1091-1100
- 齊藤誠一(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. 北大北洋水研業績集 特別号, 11-22
- 宇田道隆(1935) 昭和8年盛夏に於ける北太平洋の海況. 中央水試試報 (6), 1-30
- WIEBE, P.H. (1982) Rings of the Gulf Stream. *Scientific American* **246**(3), 50-60

---

東北区水産研究所業績 第378号  
(1984年1月4日受理)

Address: HIRAI, Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory, Shinhama-cho, Shio-gama, Miyagi 985, Japan (東北区水産研究所)