

# 人工衛星画像による沿岸域の海況解析について (津軽海峡)

吉 宣好：海洋研究室

## Observation of the sea by Satellite Image (the Tuguru Strait)

Nobuyoshi Yoshi : Ocean Research Laboratory

### 1. はじめに

今回の解析対象である津軽海峡は、国際海峡の一つで海上交通の要であり、この地域の産業においても重要な海域である。長さは東西で約100kmもあり最狭部では約20kmである。ここでは、過去に多くの観測が実施されてきているが、地形や水理条件が複雑であり、潮流と海流が複雑に作用しあった海域であるため海況把握が難しく、いまだ十分な観測がされているとは言えない。

海況データの取得は船舶による直接観測が主であり重要であるが、この方法は、点の観測であり対象海域が限られてしまう。従ってこの観測を補い、点ではなく面的に広げるためには人工衛星画像を利用することが非常に有効であることは、明白である。

現在、人工衛星画像を用いた、沿岸流解析はあまり行われていないが、津軽海峡のような外洋性の沿岸海況の把握には、LANDSATのTM画像が非常に有効であると小田巻(1995)は、述べている。

水路部では、1996年から津軽海峡付近の沿岸流観測を実施しているが、今回は1996年に行われた観測結果を基に、この時期の人工衛星画像について比較検証を行ったのでここに報告する。

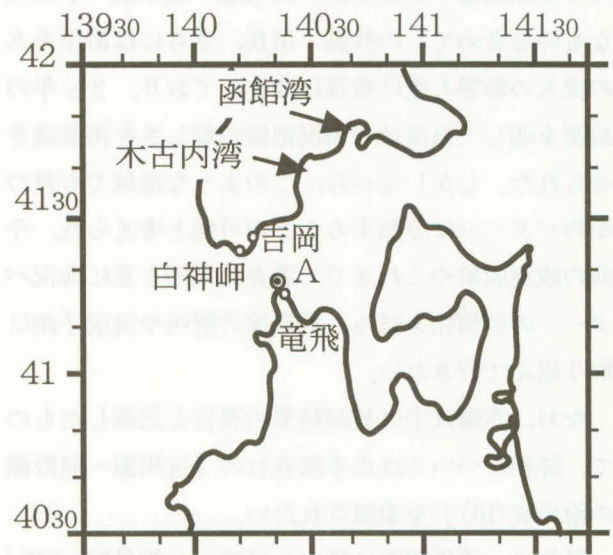
### 2. 海洋観測

まず比較検討する前に今回実施された観測内容について簡単に説明する。

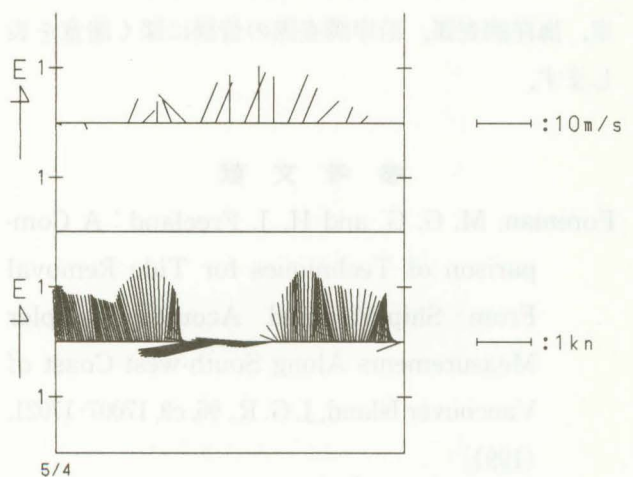
観測は、船舶による ADCP 観測と流速計を3箇所設置して、15昼夜観測が実施された。この内の津軽海峡西口(A点)の流速計の設置地点を第1図に、観測値(流向、流速、水温)の時系列図(5月4日

のみ)を第2図に示す。また、船舶による ADCP 観測の流向流速図(5月4日のみ)を第3図に示す。

さらに、常設潮位観測地点における潮位変化(5月4日のみ)を第4図に示す。衛星撮影時の気象については、第1表に函館海洋気象台と測量船「海洋」

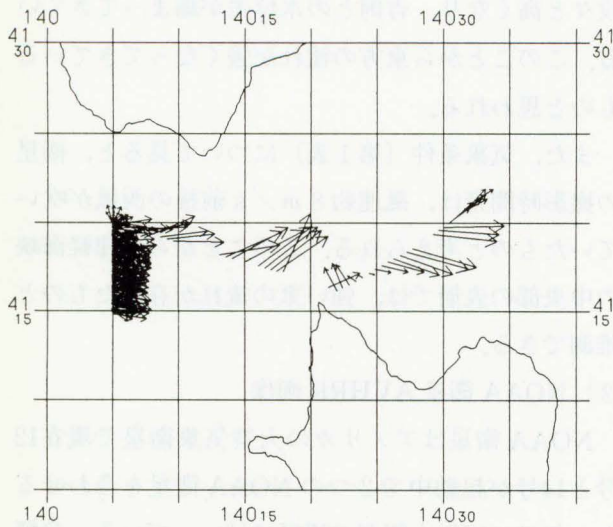


第1図 測点図

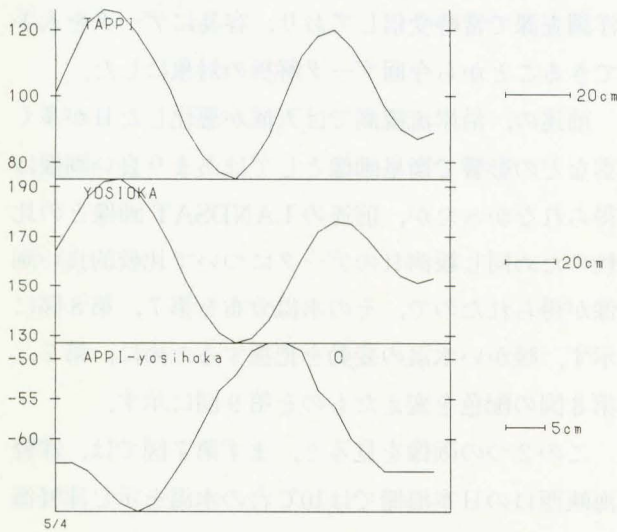


第2図 時系列流向流速水温図 測点A





第3図 海洋による ADCP 流向流速図



第4図 各地点における潮位変化

での観測記録を示す。

沿岸流観測は、4月26日から5月12日まで実施されたが、後半5月以降天候が悪化したため ADCP に関しては十分なデータがとれなかった。今回の観測では、流速計を津軽海峡中央部に設置しなかったため、中央部の流況については、船舶による ADCP 観測値のみで推測することにする。

### 3. 衛星画像と海況

今回は、2つの衛星画像(LANDSAT 衛星: TM 画像, NOAA 衛星: AVHRR 画像)について比較検討を行ってみた。

第1表 津軽海峡における気象 (1996年5月4日)

| 観測時刻 | 函館海洋気象台 |      |        | 測量船「海洋」 |    |      |    |      | 気圧 | 気圧     |                    |      |    |
|------|---------|------|--------|---------|----|------|----|------|----|--------|--------------------|------|----|
|      | 風向      | 風速   | 海面気圧   | 風向      | 風力 | 波浪   |    | うねり  |    |        |                    |      |    |
|      |         |      |        |         |    | 16方位 | 階級 | 16方位 |    |        | 階級                 | 16方位 | 階級 |
| 01   | -       | 0    | 1012.5 |         |    |      |    |      |    |        |                    |      |    |
| 02   | ENE     | 1.3  | 1012.0 | W       | 6  | W    | 3  |      |    | 1010.5 | 大畑港沖               |      |    |
| 03   | N       | 1.6  | 1011.9 |         |    |      |    |      |    |        |                    |      |    |
| 04   | N       | 2.1  | 1011.8 | WSW     | 6  | WSW  | 3  |      |    | 1009.4 | 大畑港沖               |      |    |
| 05   | WNW     | 4.7  | 1011.4 |         |    |      |    |      |    |        | 41-24.8N/141-11.1E |      |    |
| 06   | NW      | 3.1  | 1011.5 | W       | 4  | W    | 2  |      |    | 1009.8 | 大畑港沖               |      |    |
| 07   | W       | 3.8  | 1011.3 | W       | 4  | W    | 2  |      |    | 1010.0 |                    |      |    |
| 08   | WSW     | 4.4  | 1011.2 | W       | 5  | W    | 2  |      |    | 1010.1 |                    |      |    |
| 09   | SW      | 7.2  | 1011.4 | W       | 5  | W    | 2  | W    | 1  | 1010.5 |                    |      |    |
| 10   | WNW     | 7.9  | 1011.3 | WSW     | 5  | WSW  | 3  | WSW  | 1  | 1010.6 |                    |      |    |
| 11   | WNW     | 7.9  | 1011.0 | WSW     | 6  | WSW  | 3  | W    | 1  | 1011.0 |                    |      |    |
| 12   | W       | 8.6  | 1010.5 | W       | 5  | W    | 2  | W    | 1  | 1010.6 | 41-21.3N/140-32.4E |      |    |
| 13   | WNW     | 9.9  | 1010.2 | W       | 6  | W    | 3  | W    | 1  | 1010.5 |                    |      |    |
| 14   | W       | 10.2 | 1009.7 | WNW     | 5  | WNW  | 3  | W    | 1  | 1011.0 |                    |      |    |
| 15   | W       | 8.4  | 1009.3 | NW      | 3  | NW   | 2  |      |    | 1010.7 |                    |      |    |
| 16   | WNW     | 9.4  | 1009.7 | NW      | 3  | NW   | 2  | NW   | 1  | 1010.6 |                    |      |    |
| 17   | WNW     | 6.8  | 1009.9 | NW      | 3  | NW   | 2  | NW   | 1  | 1010.4 |                    |      |    |
| 18   | NW      | 5.6  | 1009.7 | NW      | 3  | NW   | 2  | NW   | 1  | 1009.6 | 41-15.4N/140-05.0E |      |    |
| 19   | N       | 2.3  | 1010.2 | NW      | 3  | NW   | 2  | NW   | 1  | 1009.7 |                    |      |    |
| 20   | WNW     | 3.1  | 1010.6 | NW      | 3  | NW   | 2  | NW   | 1  | 1009.9 |                    |      |    |
| 21   | NW      | 1.8  | 1010.8 | NNW     | 4  | NNW  | 2  |      |    | 1009.7 |                    |      |    |
| 22   | N       | 0.4  | 1010.8 | NNW     | 3  | NNW  | 2  | NW   | 1  | 1009.5 |                    |      |    |
| 23   | -       | 0.1  | 1010.8 | NW      | 4  | NW   | 2  | NW   | 1  | 1009.0 |                    |      |    |
| 24   | ENE     | 1.7  | 1010.3 | N       | 3  | N    | 2  | NW   | 1  | 1008.2 | 41-10.1N/140-05.4E |      |    |

風力: 階級 m/s  
 3 3.4~5.5  
 4 5.5~8.0  
 5 8.0~10.8  
 6 10.8~13.9

### 1) LANDSAT 衛星 TM 画像

LANDSAT 衛星は、アメリカの地球観測衛星で16日に1回同じ地域を撮影する。観測範囲は、185 km×170 kmで、津軽海峡付近がすっぽりと撮影範囲に入る。今回の画像は、LANDSAT-5のTMセンサーのバンド1の波長帯を用いた。分解能は30 mである。撮影日時は、日本時で1996年5月4日9時30分で撮影の中心位置は、北緯41度45分、東経140度24分である。使用した写真の一部を第5図に示す。

天候と撮影周期の関係で船舶の観測日時と会うのが、この日時の画像しか入手できなかったため、この画像のみで検討を行った。



第5図 津軽海峡の LANDSAT 画像



第5図を見ると、津軽海峡の西口は、雲のため海面の状況は解らないが、中央部および東口については、ある程度海面の状況を見ることができる。特に木古内湾や函館湾の河川の影響と思われるような変色水の流れがはっきりと読み取れる。(木古内湾や函館湾を拡大した部分を第6図に示す)

この流れは、木古内湾では知内川や木古内川の河口から沖合いへ向かって流れ、沖合いで拡散しているのが良く解る。特に、知内川河口沖の流は、二つに分かれており、一つは東へ拡散し、もう一つは、南へ流れ湾内を出たところで、東へ流れているものと推測される。おそらく津軽海峡の本流にぶつかり東に流れているものと考え。この時のA点(第2図：津軽海峡西口)の海面下4m層の流向流速は、1kn以上の北方の流れが観測されている。A点(第1図)では、岸に近すぎて、津軽海峡の流況を十分反映してるとは言えないが、この日の海洋によるADCP観測を見ると(第3図)津軽海峡の中央の流れ、即ち主流域と考えられるところでは、少なくとも東向きの流れが存ったものと思われる。

さらに、竜飛・吉岡の潮位差(第4図)を見ると、5月4日の5時から14時の時間帯は竜飛の水位が

段々と高くなり、吉岡との水位差が縮まってきている。このことから東方の流れが強くなってきているものと思われる。

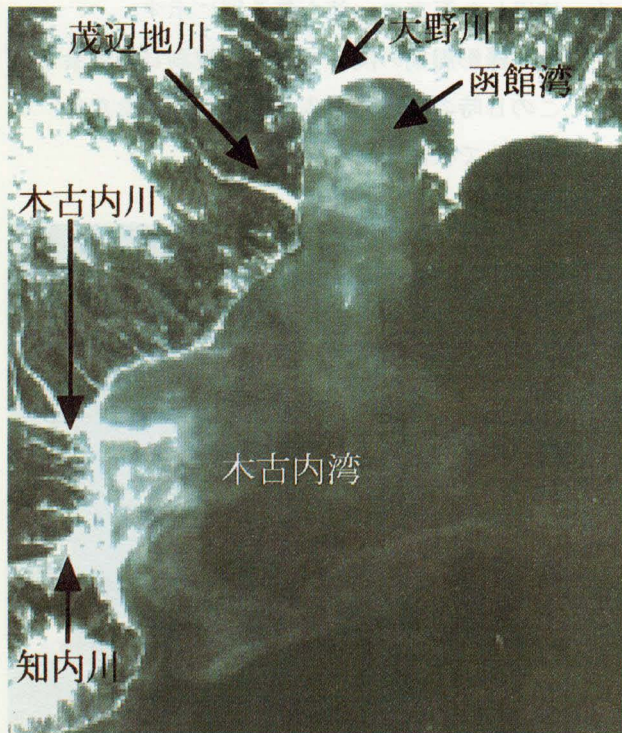
また、気象条件(第1表)について見ると、衛星の撮影時間帯は、風速約8m/s前後の西風が吹いていたものと考えられる。このことから津軽海峡の中央部の表層では、強い東の流れが存ったものと推測できる。

2) NOAA衛星 AVHRR 画像

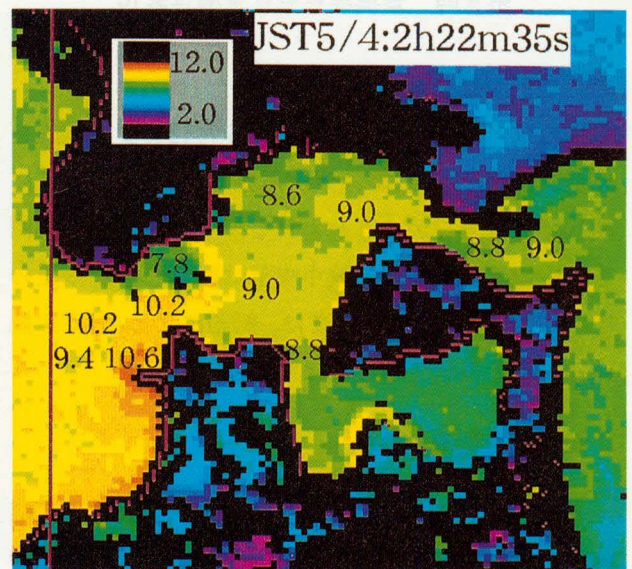
NOAA衛星はアメリカの大型気象衛星で現在12号と14号が起動中で2つのNOAA衛星を合わせると、毎日4回以上観測の視野にはいつている。分解能は1.1kmで約5000×3000kmの広範囲をカバーしている。沿岸域の観測に向いているかは、検討の余地があるが、AVHRRセンサーによる水温画像は、海洋調査課で常時受信しており、容易にデータを入手できることから今回データ解析の対象にした。

前述の、沿岸流観測では天候が悪化した日が多く雲などの影響で衛星画像としてはあまり良い画像は得られなかったが、前述のLANDSAT画像との比較のため同じ観測日のデータについて比較的良い画像が得られたので、その水温分布を第7、第8図に示す。暖かい水温の変動を把握するために、第7、第8図の配色を変えたものを第9図に示す。

この2つの画像を見ると、まず第7図では、津軽海峡西口の日本海側では10℃台の水温を示し津軽海



第6図 木古内湾・函館湾の拡大画像



第7図 NOAA水温画像-1



峡中央部では9.0℃を示しているのが解る.これに対して第8図では, 10℃台の海水が津軽海峡中央部に入り込んでいるのが解る(第9図にその様子を示す).つまり津軽海峡西口から暖かい対馬暖流系の海水が津軽海峡中央部に入り込んできているものと推測できる.

また, LANDSAT 画像にはっきりと現われていた, 木古内湾や函館湾の河川系の水が, 津軽海峡中央部でぶつかっている様子が第7図の水温分布の画像から推測できる.つまり, 木古内湾や函館湾の8℃台の海水が, 津軽海峡中央部の9℃台の海域に差し込んでいる様子が見れる.

また, 第7図の木古内・函館湾と白神岬西側においては, 津軽海峡の主流域と思われる水温よりも低い水温を示している.このことは津軽海峡の主流に対する逆流として, 一般に言われている様な環流が発生しているものと思われる.このように水温分布

からある程度流況を推測できることを示唆しているものとする.

4. まとめ

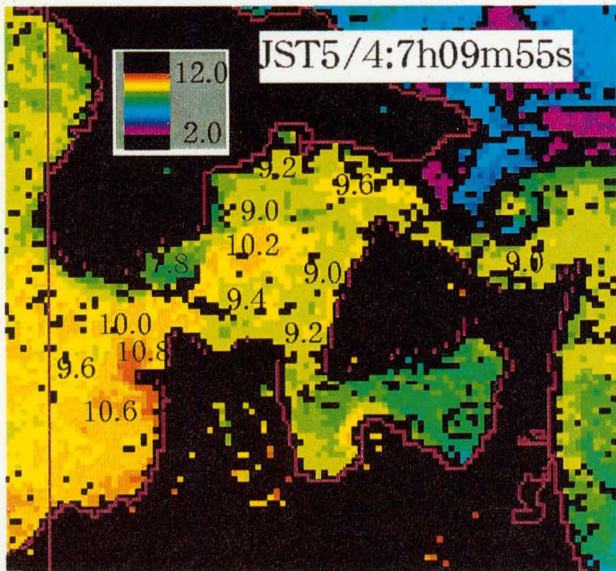
今回は, 津軽海峡の沿岸流観測が実施されたことから, ある程度の実測データが入手できたので衛星画像を用いた沿岸域の海況解析やモニタリングの可能性について検証を行ってみた.観測期間の気象条件が悪く, 良い状態で撮られた衛星画像が, 1シーンしか入手できず, 衛星画像については, 限られたデータの中での比較であった. LANDSAT 衛星のTM画像では, 河川系の水と思われる流れがあることが推測でき, NOAA 衛星のAVHRR画像からは, 水温分布の変化から暖流系の水の移動分布がある程度推測できた.

しかし, 実際のフィールドデータ(気象データも含む)を多く入手できないと推測だけで終わる可能性が高く, 特にLANDSATのTM画像では, 撮影回数が少なく必要な日の観測データが得られない可能性が高い, これは過去に指摘されてきた大きな欠点である.たとえ沿岸域の流れのフィールドデータがとれたとしても海況把握(モニタリング)に利用することは難しいと思う.

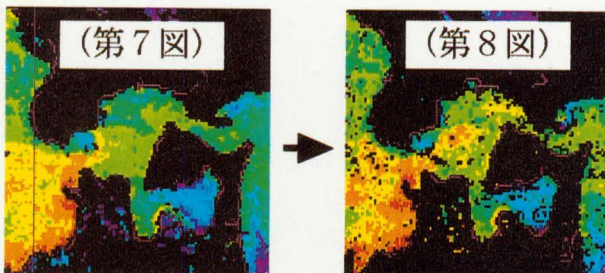
また, NOAA 衛星のAVHRR画像では, 表面の水温分布は1日に数回撮影されているので, その変化から, ある程度海況解析は可能であるが, 分解能が約1kmであり沿岸域のような狭い対象海域で, 海況を把握することが, どこまでできるか検討する余地がある.また, NOAA 衛星では表面の水温分布しか得られないので, この画像を利用するには, 流況と水温の関係をどのように結びつけるか, 検討する必要があるだろう.

5. おわりに

今回用いた, NOAA 衛星画像は常時水路部において受信しているので, 前述したように, 今後長期間の画像データとフィールドデータの比較をすることにより, 流況と水温の関係を結び付けることができれば, ある程度モニタリングに利用できる可能性が見えてくるものと思う.



第8図 NOAA 水温画像-2



第9図 第7, 8図の配色を変えた図

ただ、NOAA 衛星の場合もそうであるように、今回用いた光学センサーによる画像の欠点として致命的なもの、雲の影響を挙げることができる。つまり天候が悪化し雲などにより、ほとんど海面の観測ができなくなることが挙げられる。この欠点をなくするためには、雲の影響を受けないマイクロ波センサーを用いた衛星画像の解析手法について、検討していく必要があると思う。

最後に、データ解析において、ご指導していただいた、熊谷主任研究官、佐藤主任研究官およびデータ処理で協力していただいた海洋調査課の木下秀樹氏に感謝の意を表します。

参 考 文 献

小田 巻 海洋調査技術学会第7回研究成果発表会講演要旨集 1995  
 日本全国沿岸海洋誌 東海大学出版  
 科学技術庁研究調整局(1979)：津軽暖流域に関する総合研究報告

このように、雲の影響を受ける光学センサーによる衛星画像の欠点として致命的なもの、雲の影響を挙げることができる。つまり天候が悪化し雲などにより、ほとんど海面の観測ができなくなることが挙げられる。この欠点をなくするためには、雲の影響を受けないマイクロ波センサーを用いた衛星画像の解析手法について、検討していく必要があると思う。

最後に、データ解析において、ご指導していただいた、熊谷主任研究官、佐藤主任研究官およびデータ処理で協力していただいた海洋調査課の木下秀樹氏に感謝の意を表します。



図5 NOAA衛星による海面水温

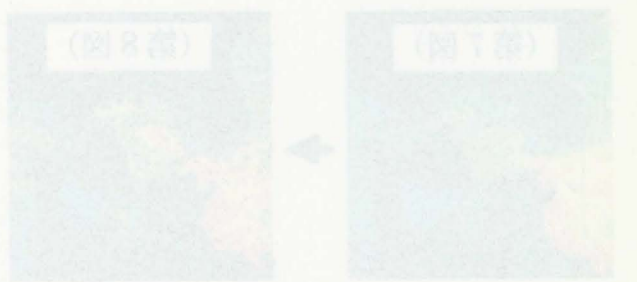


図6 変化前後の海面水温 (左側 図8番、右側 図7番)