

竜飛, 吉岡の水位差と津軽暖流について

熊谷 武：海洋研究室

Tugaru Warm Current and Sea Level Difference between Tappi and Yoshioka

Takeshi Kumagai : Ocean Research Laboratory

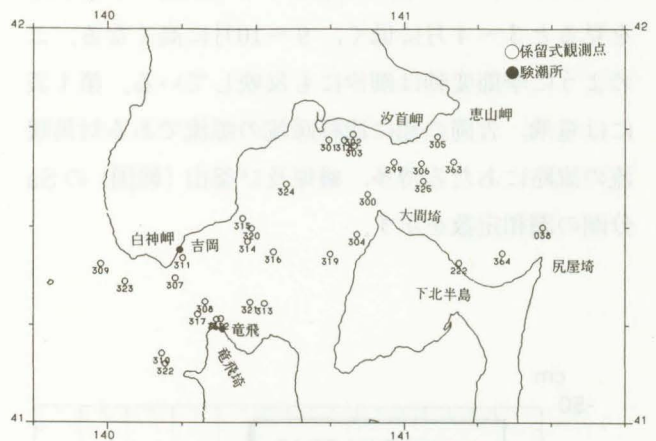
1. はじめに

津軽海峡を通過する津軽暖流と沿岸の水位差との関係については、力石ら(1987)によれば、「津軽海峡の潮流は流れ方向の水位差によって駆動されており、それに対するコリオリ力により横方向にも水位差が生じている」と報告している。ここでは、このことを前提として、水位差と係留式流速計や船舶搭載式流速計により観測された流速との関係について述べる。ただし、水位差としては海上保安庁所管の竜飛, 吉岡験潮所の潮位を使用した。

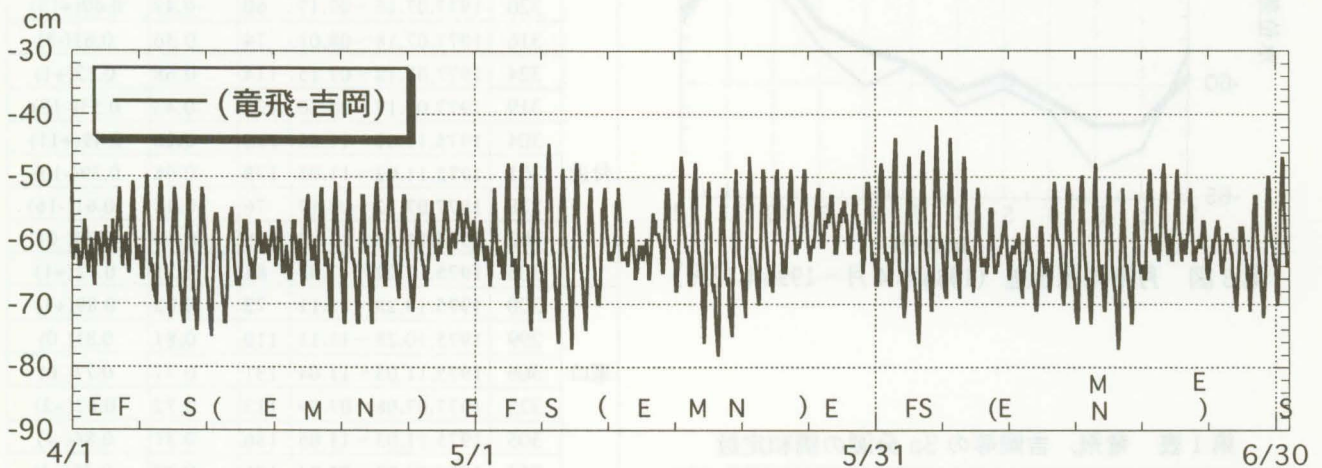
2. 竜飛と吉岡の水位差

第1図に竜飛と吉岡の両験潮所の位置関係を示す。はじめに、竜飛と吉岡の水位差(以下、水位差とは観測基準面から測定された(竜飛-吉岡)を言う。)がどうなっているのか見てみよう。まず、短期

変化を見るために1996年4月から6月までの毎時水位差を第2図に示す。これから水位差の変化は月の赤緯変化に対応していて、赤緯が最大あるいは最小の頃に大きく、かつ1日に1回の高・低であることが分かる。次に、長期変化を見るために1984年4月



第1図 測点図

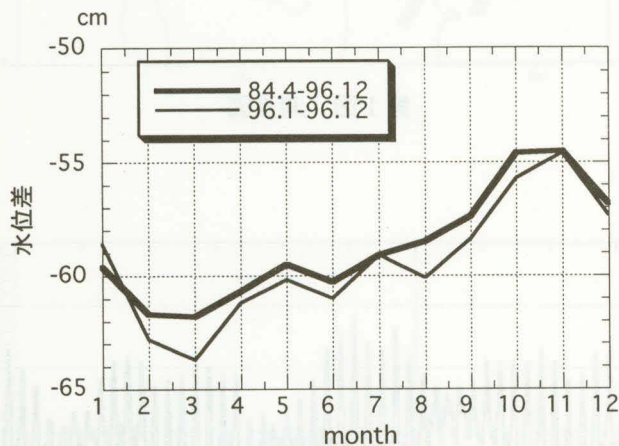


第2図 毎時水位差 (1996年4月~6月)

日付の上段には月のみちかけ及び位置を示しており、Mは新月、Fは満月、)は両弦を、Sは最南、Nは最北、Eは赤道上を示す。

から1996年12月までの月平均水位差と1996年の月平均水位差を第3図に示す。これから水位差は2月から4月にかけては吉岡が高く、10月から12月にかけては竜飛が相対的に高くなっていることが分かる。また、1996年も平年並の変動であった。

これらのことは津軽海峡内の潮流が日周潮型であることや津軽暖流（海流）が季節変動していることを表している。前者については堀ら（1979）によれば、日周潮は半日周潮の2倍以上であると指摘している。後者については菱田（1987）によれば津軽海峡東口から太平洋側に張り出す流路に季節変動があることを指摘しており、海峡内においても季節変動があると考えられる。また、竜飛、吉岡の潮汐調和定数の中で1年周期を表すSa分潮（第1表）を見ると、遅角はほぼ同じであるが、振幅は竜飛の方が約4cm大きい。Sa分潮から竜飛の平均水位の季節変動を見ると3～4月に低く、9～10月に高くなる。このように季節変動は潮汐にも反映している。第1表には竜飛、吉岡の他に津軽暖流の源流である対馬暖流の流路にあたる博多、巖原及び釜山（韓国）のSa分潮の調和定数を示す。



第3図 月平均水位差（1984年4月～1996年12月）

第1表 竜飛、吉岡等のSa分潮の調和定数

| | 竜飛 | 吉岡 | 博多 | 巖原 | 釜山 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 振幅(cm) | 11.0 | 6.9 | 19.4 | 18.0 | 11.9 |
| 遅角(°) | 188.9 | 172.3 | 150.8 | 155.6 | 142.2 |

3. 係留式流速計により観測された流速と水位差の関係

水位差と津軽暖流の流速とにどのような関係があるのだろうか。

津軽海峡において、1975年～1977年及び1984年～1996年までに係留式により測流された観測点を第1図に示す。観測層は海面下5～10mである。ここでは、主流方向($\Sigma(V * \theta) / \Sigma V$, ただし、Vは流速、 θ は流向を意味する。)の毎時流速値と毎時水位差との相互相関を調べた。相関としては、水位差に対する流速に(タイム)ラグが無いとした場合(1=0)の相関係数と相互相関係数が最大となる時(1=x)の相関係数の2種類であり、その結果を第2表に示す。

第2表 係留式流速計により観測された流速と水位差の相関

| 海域 | 番号 | 観測期間 | 方向 | l=0 | l=x | |
|-----|------------------|------------------|------------------|----------|------------|-----------|
| 西口 | 309 | 1976.09.19～09.21 | 127 | 0.85 | 0.87(-1) | |
| | 323 | 1977.07.28～07.31 | 110 | 0.78 | 0.83(+1) | |
| | 310 | 1976.09.19～09.22 | 43 | 0.82 | 0.82(0) | |
| | 322 | 1977.07.27～07.30 | 25 | 0.64 | 0.75(+1) | |
| | 307 | 1976.09.12～09.26 | 80 | 0.76 | 0.76(0) | |
| | 311 | 1976.09.23～09.26 | 195 | -0.09 | 0.81(-4) | |
| | 付近 | 317 | 1977.07.17～07.31 | 56 | 0.72 | 0.89(+2) |
| | | 308 | 1976.09.11～09.25 | 59 | 0.82 | 0.82(0) |
| | | 362 | 1996.04.26～05.12 | 230 | -0.03 | -0.27(+6) |
| 312 | 1976.09.16～09.19 | 204 | -0.23 | 0.51(-9) | | |
| 中央 | 321 | 1977.07.19～07.22 | 91 | 0.84 | 0.84(0) | |
| | 313 | 1976.09.16～09.19 | 221 | 0.17 | -0.49(+13) | |
| | 314 | 1976.09.23～09.26 | 65 | 0.55 | 0.63(+1) | |
| | 315 | 1976.09.23～09.26 | 74 | 0.56 | -0.68(-6) | |
| | 320 | 1977.07.15～07.17 | 60 | -0.47 | 0.69(+15) | |
| | 316 | 1977.07.18～08.01 | 74 | 0.36 | 0.61(-3) | |
| | 324 | 1977.07.12～07.15 | 114 | 0.68 | 0.72(+1) | |
| | 319 | 1977.07.17～07.20 | 125 | -0.43 | 0.53(-18) | |
| | 304 | 1975.11.01～11.03 | 130 | -0.28 | 0.49(+11) | |
| | 付近 | 301 | 1975.11.02～11.05 | 178 | -0.08 | 0.39(-10) |
| 318 | | 1977.07.12～07.17 | 76 | 0.48 | -0.61(-16) | |
| 302 | | 1975.11.02～11.03 | 118 | 0.88 | 0.88(0) | |
| 303 | | 1975.11.02～11.03 | 81 | 0.71 | 0.72(+1) | |
| 東口 | | 300 | 1975.10.28～11.11 | 72 | 0.82 | 0.89(+1) |
| | 299 | 1975.10.28～11.11 | 110 | 0.81 | 0.81(0) | |
| | 306 | 1975.11.03～11.04 | 131 | 0.77 | 0.77(0) | |
| | 325 | 1977.07.08～07.09 | 113 | 0.72 | 0.87(+2) | |
| | 305 | 1975.11.03～11.05 | 186 | 0.31 | 0.86(-4) | |
| | 363 | 1996.04.28～05.04 | 191 | -0.37 | -0.45(+1) | |
| 付近 | 222 | 1984.05.23～06.07 | 253 | -0.04 | 0.45(-8) | |
| | 364 | 1996.04.25～05.11 | 204 | -0.18 | 0.35(-10) | |
| | 38 | 1992.07.13～07.18 | 137 | 0.61 | 0.71(-2) | |

す。ただし、1975年の水位差は推算値を使用した。津軽海峡の西口や東口では時間差なしで高い正の相関を示すが、中央部では時間をずらしてもそれほど高い相関がないことが分かる。

そこで、海峡中央部がどのような流況となっているのであろうか。海峡の3海域について、水位差と各分速を見てみよう。津軽海峡西口の測点317，中央の測点316，東口の測点300における南北成分，東西成分の各分速と水位差を時系列にプロットした図を第4図に示す。これを見ると、竜飛側が高い時に東流最強となり，吉岡側が高い時に東流最弱あるいは西流最強（以下，単に「東流最弱」と言う。）となっており，地衡流バランスによる流れとなっている。また，各成分流速と水位差の散布図及びその回帰直線を第5図に示す。測点316と測点317とは同時期に測流されたが，両測点を比較すると，潮時がずれていることや，東流最強時の流速は同程度であるのに対して，東流最弱時の流速は測点316の方が317に比べて強くなっていることが分かる。また，3測点と

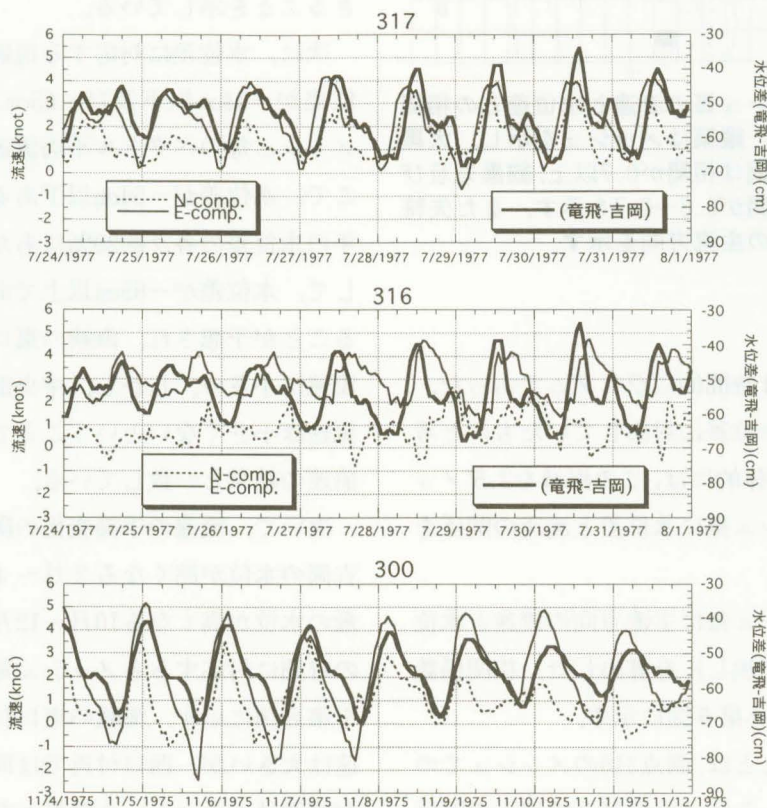
も東流最弱から東流最強になるまでの時間は短く，東流最強から東流最弱になるまでの時間は長い。このことは測点316で顕著である。以上の理由により，測点316と水位差の相関係数は高くない。

ラグが無い時の水位差と主流方向流速との相関係数が0.6以上の測点を第6図に示す。

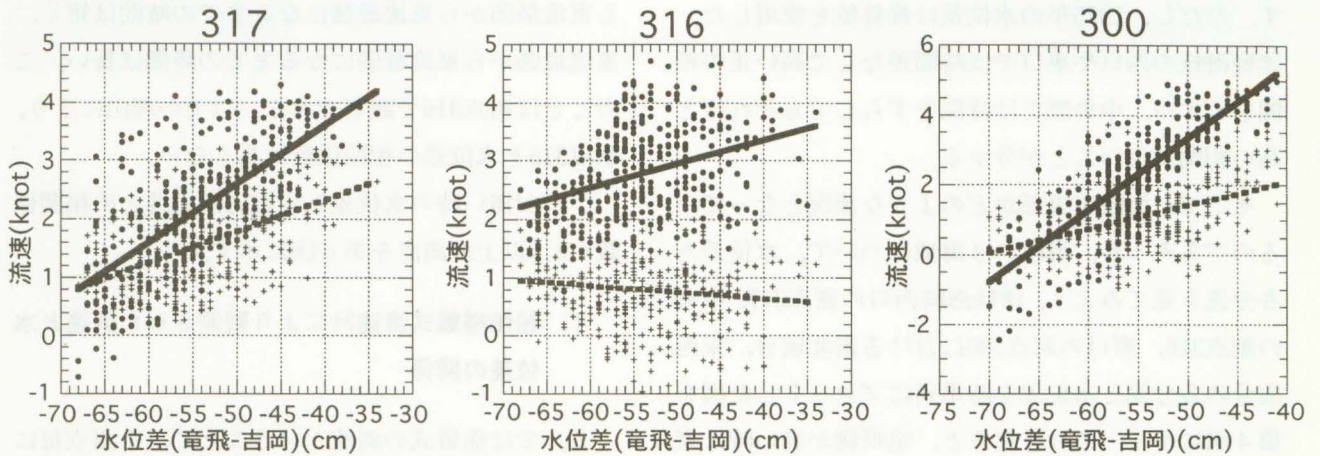
4. 船舶搭載式流速計により観測された流速と水位差の関係

3. では係留式の測流ということで，1測点毎に水位差と流速の関係を見てみたが，海峡全体ではどうなっているのだろうか。

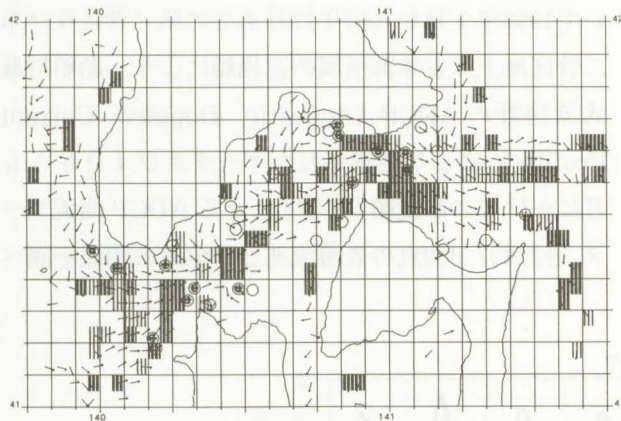
そこで，41°~42°N，139°45'~141°45'Eの海域において1996年1月から同年12月までに第一管区及び第二管区海上保安本部所属の巡視船により，船舶搭載式流速計のADCP（Acoustic Doppler Current Profiler）により測流されたデータ及び4月から5月にかけての測量船「海洋」によるADCP測流データ，合計約7,800点の表層流速と水位差の関係を調べ



第4図 水位差と各測点の流速の時系列変化
上段は測点317，中段は測点316，下段は測点300を示す。



第5図 流速と水位差の散布図及び回帰直線
 左から測点317, 測点316, 測点300であり, 実線・黒丸は東方成分, 破線・+印は北方成分を示す。



第6図 測点, メッシュ毎の流速と水位差との相関
 黒丸は測点, 縦縞はメッシュを示し, 太黒丸及び太縦縞は相関が0.7以上, 細黒丸及び細縦縞は相関が0.6~0.7を示す。また矢符はメッシュの主流方向を示す。

た。この場合の測流は時間的にランダムであった, 言い換えると幅広い水位差に対応していたものと考えることができる。具体的には, この海域を2.5メッシュに分け, 各メッシュ毎に水位差と流速の関係を調べた。

はじめに, 各メッシュ毎に主流方向の流速と水位差との相関係数(ラグ無し)を算出した。相関係数が0.6以上のメッシュを第6図に示す。

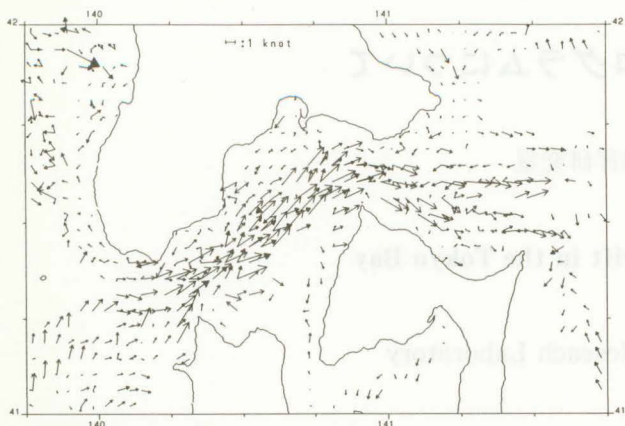
ここで注目すべきことは, 測点316のメッシュでの相関は0.7以上である。これは水位差と流速との関係において, 竜飛側が高い時に東流最強, 吉岡側が高い時に東流最弱であることを意味しており, 前述と

矛盾する結果となった。また, 同じ図中に係留式による流速と水位差の相関も表されており, 同じ場所でも係留式で高い相関, 搭載式で低い相関であったり, または逆であったりする。この要因としては, 前者はメッシュの粗さ, 後者は測流データの少なさを挙げることができる。海峡内の中央部を除いた主流域においては, 水位差でおおよその流れを表現できることを示している。

次に, 水位差に対応する流速の関係を調べた。水位差が-54cm以下及び-65cm以上であるときの各メッシュ毎のベクトル平均流速を第7図に示す。ここで, 水位差が-54cm以下あるいは-65cm以上は同年の水位差の各々約20%にあたる。特徴的なこととして, 水位差が-65cm以上であるので東流最弱であることが予想され, 海峡の東口と西口の最狭部では流速は小さい。しかし, 中央部付近では最狭部ほど流速は小さくないということである。このことは, 前述の結果と一致している。

次いで, 流速の季節変化の関係を調べた。時期は吉岡の水位が高くなる2月~4月(春季), 反対に竜飛の水位が高くなる10月~12月(秋季)とした。その時期に対応する各メッシュ毎のベクトル平均流速を第8図に示す。海峡の東口付近では秋季の方が流速は大きい, 西口付近では同等あるいは春季の方が流速は大きいという結果となっている。なぜこのようになるのか分からない。

また, 第7図, 第8図から竜飛崎と大間崎を結ん



第7図 水位差と流速の関係

→は-54cm以下, →は-65cm以上である時の流速を示す。

だ線より南側, 白神岬と汐首岬を結んだ線より北側及び大間埼と尻屋埼とを結んだ線より南側には反流領域が存在していること, 恵山岬の南側は吉岡側が高い時に西流となる。

5. おわりに

水位差と係留式流速計や船舶搭載式流速計により観測された流速との関係を見てきたが, 水位差により海峡中央部を除いた主流域の流れを把握できそうである。水位差より流速を求める方法は第5図のような回帰直線から算出できる。

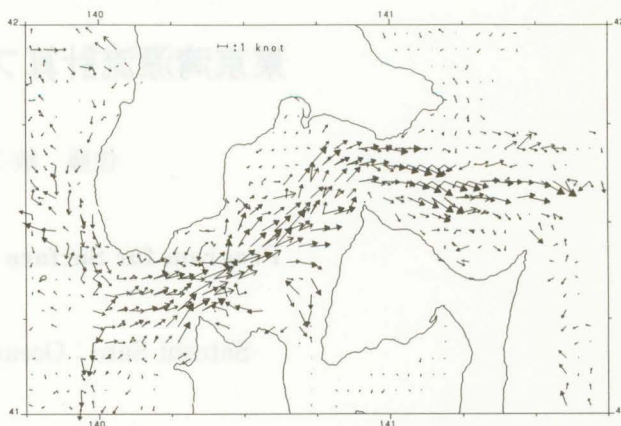
今後の課題として, 海峡中央部の流れ, 特に海峡の西口や東口との流れの関係や東流最弱時の流れの解明及び津軽暖流の季節変動の定量的な把握を行う必要がある。

また, 解析にあたり, 測流データの少なさを感じるとともに, 疑問と思われる流速値もあったが, 取得されたデータそのものを使用した。これからは, 高品質データの蓄積の重要性を痛感した。

最後に, 各種データは第一管区海上保安本部水路部, 沿岸調査課及び海洋情報課から提供を受けました。関係者の皆様に感謝いたします。

参考文献

力石國男・萩原快次・後藤勇二：津軽海峡の潮流と潮汐, 月刊海洋科学, Vol.19, No.1, 26-33, (1987)



第8図 流速の季節変化

→は2~4月, →は10~12月の流速を示す。

堀 定清・新田 清：津軽海峡域における海水流動機構の解明, 科学技術庁研究調整局研究報告書, 14-55, (1979)

菱田昌孝：津軽暖流の南下と季節変動について, 水路部研究報告, No.22, 1-22, (1987)