



Title	津軽暖流水張り出しの経年変化
Author(s)	磯田, 豊; ISODA, Yutaka; 鈴木, 鋼治 他
Citation	北海道大学水産科学研究彙報, 55(1), 71-74
Issue Date	2004-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/21996
Type	departmental bulletin paper
File Information	55(1)_P71-74.pdf



津軽暖流水張り出しの経年変化

磯田 豊¹⁾・鈴木 鋼治²⁾

(2004年3月3日受付, 2004年6月2日受理)

Interannual Variations of the Tsugaru Gyre

Yutaka ISODA¹⁾ and Kouji SUZUKI²⁾

Abstract

The question of what establishes the Tsugaru gyre has troubled oceanographers even now. We focused on yearly change in a location of its gyre center, i.e., onshore or offshore, through the analysis of thermal maps at the depth of 100 m from 1968 to 1995. It is found that, in the year when a center of gyre formed offshore, the gyre slowly develops in the period from June to August.

Key words: Tsugaru gyre, thermal maps, interannual variations

はじめに

津軽海峡から流出した暖流(津軽暖流と呼ばれる)は大きな季節変化を示すことが知られている。すなわち、津軽暖流は流出流量の少ない冬～春季に下北半島から三陸沖に沿って幅狭く南下し、流出流量の多い夏～秋季に津軽海峡東方の襟裳岬付近まで張り出し、時計回りの暖水塊を形成する(Fig. 1)。これらはそれぞれ、沿岸モード(Coastal-mode)、渦モード(Gyre-mode)と呼ばれている(Conlon, 1982)。本研究ではこのような季節変化の中で、夏～秋季における渦モードの空間パターンの経年変化に注目する。

渦モード形成時期の水深100mにおける水温水平分布を眺めると、極大水温で判断される渦の中心が沿岸側にある場合と沖合側にある場合があることに気づく。その一例をFigs. 2(a)と(b)に示す。Fig. 2(a)が渦の中心が沿岸側にある場合で、Fig. 2(b)が沖合側にある年の場合である。ここで、沖合に渦の中心をもつ渦モードのパターンはポテンシャル渦度(渦位)保存をもとに考えると不思議な構造に思える。例えば、津軽海峡内の水深を H 、海峡流出後の津軽暖流水の厚さを h 、この海域の代表的な惑星渦度を f 、渦の相対渦度を ζ とすると、海峡内の渦位は f/H (ここでは、流出水の水平シアは便宜上考えないことにする)、渦モードの渦位は $(f+\zeta)/h$ となり、渦位保存は $f/H = (f+\zeta)/h$ で記述される。渦モードは明らかに $\zeta < 0$ であることから、 $h = (1+\zeta/f)H < H$ となり、渦モードの厚さは

海峡の水深よりも浅くなるはずである。すなわち、渦の中心が沖合側にある渦モードは考え難いことになる。

しかし、実際には渦の中心が沖合側にある年が存在する。本研究の目的は過去のデータを用いて、渦モードの中心が沿岸側にある年と沖合側にある年で、津軽暖流張り出しにどのような違いがあるのかを整理することにある。

解析資料及び解析方法

津軽暖流張り出しの状況を調べるために、函館海洋気象台の海洋速報(1968～1995年)の水深100mの水温水平分布図を使用した。よって、解析期間は1968年から1995年の25年間となり、これらの図から次の二つのパラメータを読み取った。海峡から流出した暖流水の 5°C 等値線がどこまで東方に張り出しているかに注目し、一つはその最東端の経度、もう一つは渦モードの中心位置を判断して、その中心水温を読み取った。すなわち、 5°C 等値線の張り出しは渦の空間的な大きさを、中心水温は渦の強さを表す指標とした。Fig. 3において、28年間で読み取った(a) 5°C 等値線の位置と(b)中心水温の生データを示した。Fig. 3(a)の●印は渦の中心が沿岸側にある場合、○印は沖合側にある場合を示し、×印は他の水塊(黒潮系暖水渦や親潮冷水など)が流れ込んでいるために、張り出しが 5°C 等値線では判断できない場合を示している。この図をみると、明らかに渦モードの中心が沿岸側にある年と沖合側にある年に分類で

¹⁾ 北海道大学大学院水産科学研究科資源環境科学講座
(Laboratory of Marine Environmental Science, Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University)
(e-mail: isoda@sola3.fish.hokudai.ac.jp)

²⁾ 北海道大学水産学部
(Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

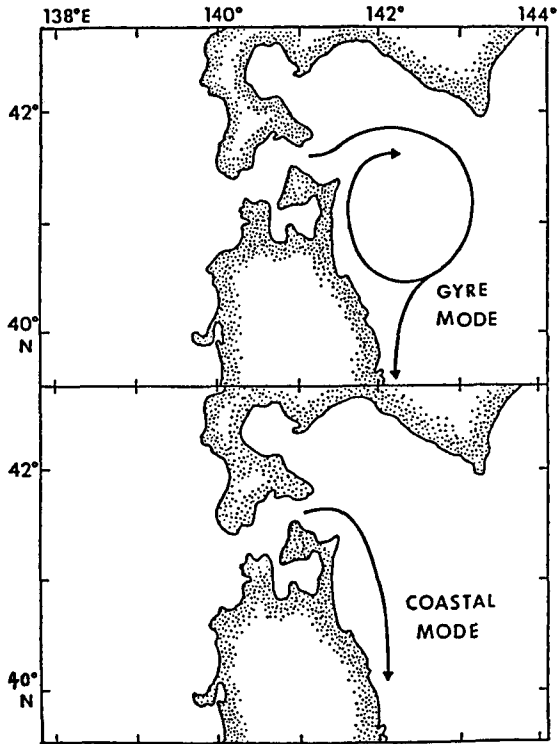


Fig. 1. The coastal-mode and gyre-mode of the Tsugaru Warm Current (adapted from Conlon, 1982)

(a) Oct. 1987 (b) Oct. 1993

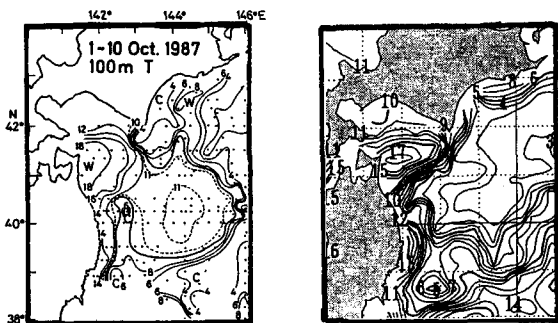


Fig. 2 Examples of the Tsugaru gyre at (a) October 1987 and (b) October 1993. These maps are horizontal distribution of water temperature at the depth of 100 m.

きることがわかる。渦モードの中心が沖合側にある年は、1970年、1974~1976年、1978~1980年、1986年、1989~1990年、1992~1995年であることがわかる。

解析結果

津軽暖流張り出しの季節変化と経年変化

Fig. 4は28年間のデータを用いて計算した月別の (a) 5°C等値線の張り出しの経度と (b) 中心水温の平均及び標準偏差の時系列である。5°C等値線の張り出しをみると、張り出し最小の月は3月で、最大の月は11月である。一方、中

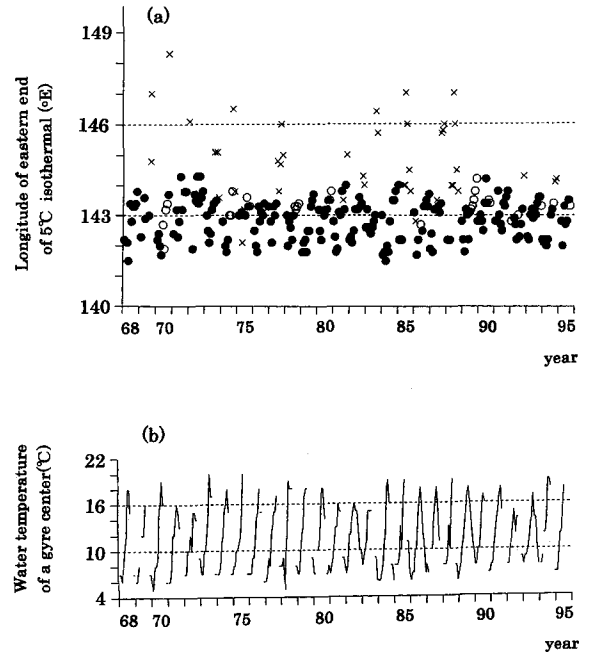


Fig. 3 Raw data made by this study. (a) Longitude of eastern end of 5°C isothermal and (b) water temperature of a gyre center. These are values east of the Tsugaru Strait and at the depth of 100 m. Symbols ● and ○ in Figure (a) denote that a center of gyre locates offshore and onshore, respectively. Although symbol × indicates the location of 5°C isothermal, it does not indicate eastern end of the gyre.

心水温の最小値は3月であるが、最大値は10月にある。

次に、Fig. 4に示された28年平均値からの偏差を各年の月別に求め、経年変化図 (Fig. 5) を作成した。Fig. 5(a)は5°C等値線の張り出しの経年変化図であり、丸印の意味はFig. 3と同じで、実線は年平均値を示す。Fig. 5(b)は中心水温の経年変化図であり、実線は月別の値、破線は年平均値を示す。なお、図中の帯状ハッチの期間は○印が出現した年、すなわち渦の中心が沖合側にある年を示している。両図とも月別の値はバラツキが大きいため、経年変化の議論は難しい。ここでは、年平均値を用いて記述する。まず、5°C等値線の東方張り出しは、1969年、1972年、1975年、1977年、1980年、1985年、1990年に大きくなり、1980年以前は約3年周期、以降は約5年周期の経年変化がみられる。中心水温が高くなった年は、1978年、1979年、1983年、1991年、1995年であり、4~5年の周期性がみられるが、5°C等値線の東方張り出しの経年変化との関係は明瞭ではない。また、上記の年平均値の経年変化と渦の中心位置の経年変化との関係も明瞭ではない。

津軽暖流張り出し時期を3期に分けた場合の経年変化

Fig. 4に示した季節変化の解析から、津軽暖流の張り出しは3月から始まり、11月ころに終了することがわかる。そこで、3月から11月の期間を3期 (3月~5月・6月~8月・9月~11月) に分けて各期の経年変化を調べたところ、

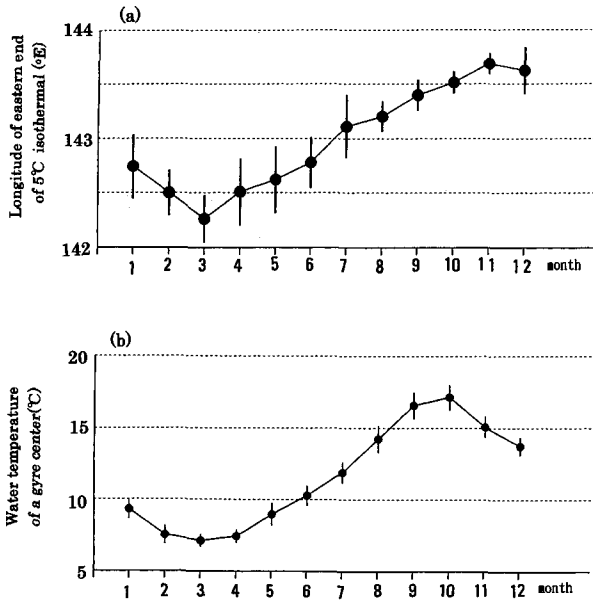


Fig. 4 Seasonal variations of (a) longitude of eastern end of 5°C isothermal and (b) water temperature of a gyre center. These values are averaged during 28 years.

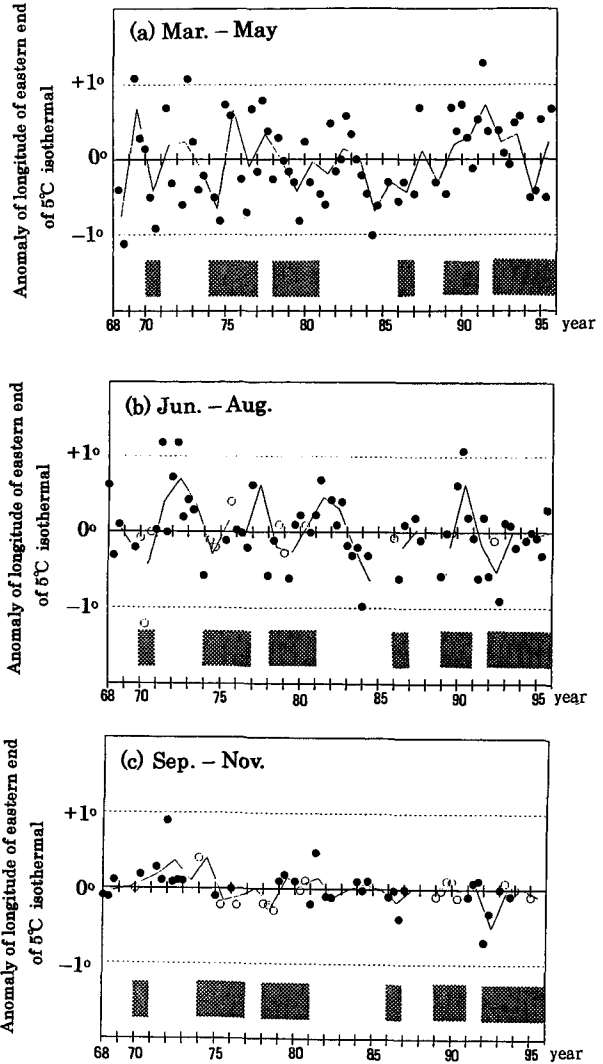


Fig. 6 Same as Fig. 5(a), but used data at the period of (a) March to May, (b) June to August and (c) September to November.

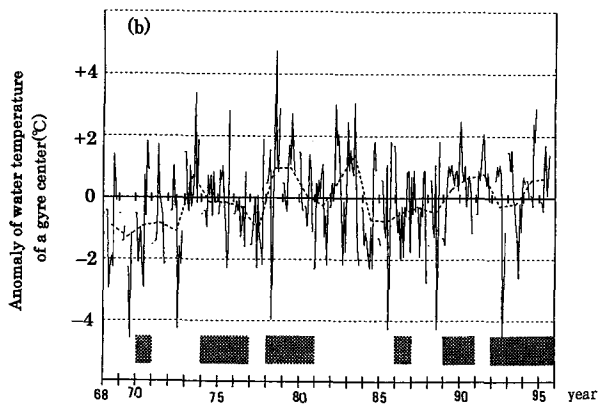


Fig. 5 Interannual variations for the anomalies of (a) longitude of eastern end of 5°C isothermal and (b) water temperature of a gyre center. Symbols ● and ○ in Figure (a) denote that a center of gyre locates offshore and onshore, respectively and the solid line shows their annual mean value. The dashed line in Figure (b) shows annual mean value of water temperature of a gyre center.

6月～8月の時期に限って5°C等値線の東方張り出しと渦の中心位置との間に関係がみられた。なお、3期別の中心水温と渦の中心位置との関係はみられなかったため、ここでは図を示さない。

Figs. 6(a), (b), (c) はそれぞれ3月～5月・6月～8月・9月～11月の5°C等値線の東方張り出し偏差図である。図の見方は Fig. 5(a) と同じである。ここでは、渦の中心が沖合に形成されたことを示す○印に注目しながら Fig. 6を眺めていくことにする。まず、3月～5月 (Fig. 6(a)) には28年間通して、全く○印はみられない。これは冬～春季の沿岸モードの時期にあるためである。6月～8月 (Fig. 6(b)) になると○印が現れ始め、●印に比べてバラツキの小さく、平均的な位置より西側にあることがわかる。すなわち、○印が出現する年の東方への張り出しは遅い傾向にあることを示している。9月～11月 (Fig. 6(c)) になると○印と●印の区別なく、バラツキが小さくなり、平均的な位置に収束

しているように見える。

お わ り に

津軽暖流の渦モードの中心が沿岸側にある年と沖合側にある年が存在し、両パターンの津軽暖流張り出しにどのような違いがあるのかを水深 100 m の水温水平分布図を用いて調べた。残念ながら、用いたデータの精度の問題のためか、物理的解釈ができるほどの有益な情報を得ることはできなかった。唯一の結果として、「沖合に渦の中心が形成される年は、6月～8月にかけての沖合への張り出しが遅いものの、9月～11月には急速に発達して例年と変わらな

い位置にまで張り出す」という傾向が示唆された。このような渦モード発達の様子が渦の水平鉛直構造とどのような関係にあるのか、そしてなぜ、渦モード発達に経年変化があるのか、については今後の課題として残された。

最後に、本稿をまとめるに際して有益なコメントを頂いた査読者の方に感謝致します。

参 考 文 献

- Conlon, D.M. (1982) On the outflow modes of the Tsugaru warm current. *La Mer*, **20**, 60-64.
函館海洋气象台 (1968～1995) 海洋速報