

女島付近における表面水温の10年スケール変動

高木信夫

Decadal variations of sea surface temperature around Meshima Is.

Is.

Nobuo Takagi

Decadal variations of sea surface temperature (SST) around Meshima Is. from April 1955 to November 2011 were examined by means of Lepage tests. The results by using yearly average data whose sample sizes were between 13 and 15 showed significant step-like changes in 1971, from 1980 to 1985 and from 1995 to 2000, which were not similar to those by using yearly average data every 2 months (Jan. - Feb., Mar. - Apr., May - June, July - Aug., Sept. - Oct., Nov. - Dec.).

はじめに

近年、北太平洋の気象、海象の10年スケール変動が注目されており、我が国においては、千手ら¹⁾が山陰沿岸をターゲットとして、海面水温の10年スケール変動について解析しており、山陰沿岸でもこの様な変動が見られ

ていることを示している。

一方、本県海域を含む東シナ海においては、長崎海洋気象台が発行した「西日本海況旬報」による東シナ海の表面水温を用いて、九州西方海域では一定の短年周期が卓越していることが報告されており²⁾、また桐山³⁾は1955-2004年の期間に取得された女島の表面水温データを用いて年間平均水温が50年間で約0.9度上昇し、冬の高水温化と春以降の水温上昇が早くなる傾向を示唆している。このように東シナ海を対象とした研究では数年スケールの周期変動や長期トレンドの検討についての報告は散見されるものの、10年スケールの変動に着目して解析した報告は見当たらない。このため本報では、東シナ海を対象とした表面水温の10年スケール変動について検討を行うこととした。なお、解析海域としては、水温データが①長期間存在していること、②長崎県海域に分布するクロマグロ幼魚や藻類の生態変動の検討に既に利用されていること⁴⁾から、今後も本県海域の海洋生態系を論じる上で重要な指標となると思われる女島付近の海域を対象とした。

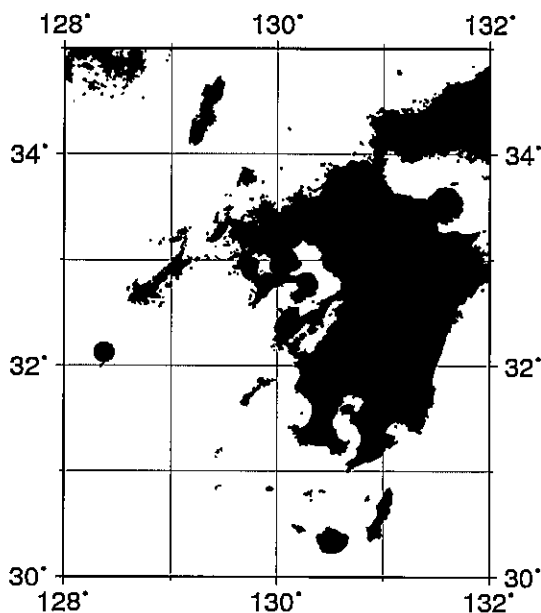


Fig.1 Location of the study including Meshima Is. The solid circle indicates the station around Meshima Is.

材料と方法

女島表面水温 観測データとしては海上保安庁海洋情報部が女島の前浜船着場において観測し、長崎海洋気象台によって西日本海況旬報に発表された旬毎（月ごとに上旬、中旬、下旬の3回）の1955年4月からの現場観測水温を用いた。なお第七管区海上保安本部による女島における現場観測は2006年9月で終了したため、2006年10月から2011年12月までは気象庁が算出した全球日別海面水温データセット（MGDSST: Merged satellite and in situ data Global Daily Sea Surface Temperature）を用いた。MGDSSTは緯度、経度ともに0.25度のメッシュで区分しているため、本報告では女島に最も近い、北緯32.125度、東経128.375度の格子点値を用いることとした（Fig. 1）。なお上述した2つのデータは収集方法が異なっていることから、これらを一連のデータとして取り扱うために、両者のデータが存在している2000年1月から2006年9月について（ $n=243$ ）1次回帰解析を行い、2006年10月以降のデータについて補正を行なった。

10年スケール変動の検出 長期変動を検討するために、移動平均を施すことにより数年の短期周期変動を除去した。なお移動平均の間隔は、高速フーリエ変換（FFT）により得た年周期を指標とした。更にデータを年平均した後、ラベージ検定によりステップ的变化を検出した⁵⁾。母集団から取り出す検定標本サンプル数は10年スケール変動を見るために $n=10, 11, 12, 13, 14, 15$ とし、順次1年毎にずらし計算を繰り返し行なった。

千手ら¹⁾は日本海山陰沿岸での10年スケール変動について冬期（1-2月期）と夏期（8-9月期）に違いがあることを指摘していることから、本報においても変動スケールの季節的な違いを検討するため、1年を6期（1-2月期、3-4月期、5-6月期、7-8月期、9-10月期、11-12月期）に分け、各期間について変

動パターンを検討するとともに、特に季節風指数（イルクーツクと根室の海面気圧差を12-2月で平均したもの）が存在する1-2月については季節風と表面水温の年変動の関係についても考察した。

結果

女島付近海域表面水温 女島付近水温の旬別年平均をFig. 2に示す。最高水温は8月中旬の28.0°Cで、最低水温は2月下旬の16.2°Cであった。また顕著な水温の上昇と下降が、3月から7月、9月から1月に見られた。経年水温変動の大きさを表す標準偏差を見ると最高値は7月上旬の1.25で、最低値は3月中旬の0.8であった。先に定義した6期ごとに標準偏差を示すと1-2月期は0.87、3-4月期は0.95、5-6月期は1.03、7-8月期は1.04、9-10月期は0.95、11-12月は1.09であった。

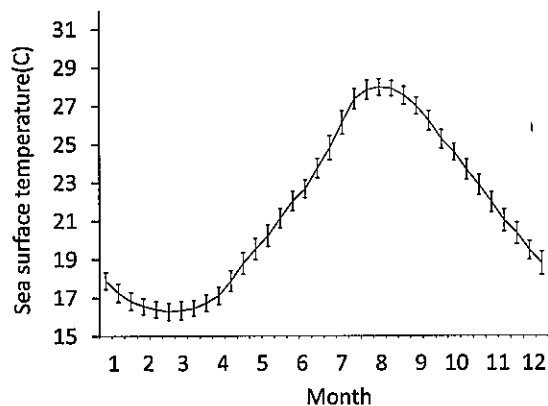


Fig.2 Monthly variation of SST at the station around Meshima Is. Vertical bars indicate standard deviation.

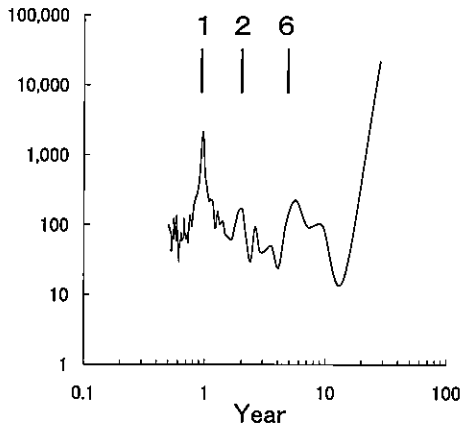


Fig.3 Result of FFT by using SST at the station around Meshima Is. Three numbers above vertical bar indicate significant frequency peak.

10年スケールの変動 年周期を検出するために行ったFFTの結果をFig.3に示す。なおFFTの解析は1955年4月から1983年6月までの旬毎のデータ(n=1024)を用いた。なお、ここでは0.4年以下の周期については図していない。年周期としては、季節変動である1年周期に加え、2年周期と6年周期が認められた。このため移動平均の間隔を6年とすることで1年周期、2年周期、6年周期の水温

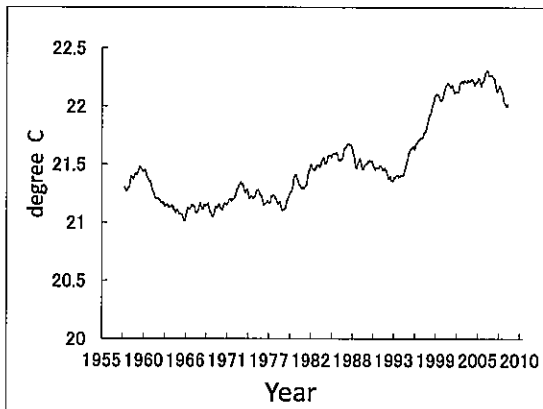


Fig.4 10-day variation of 6 year moving average data of SST.

変動を分離した。Fig.4に移動平均後の海面水温の経旬変化を示す。水温は1963年から概ね10数年間隔のステップ的变化を繰り返しながら上昇していることがわかる。更に詳細にステップ的变化を検出するために行ったラページ検定の結果(Fig.5)では1960-1970年代、1970-1980年代、1990-2000年代にステップ的变化が有意($P < 0.01$)に検出された。特に顕著なステップ的变化は1971年、1980年から1985年及び1995年から2000年の期間であり、各々の標本サンプル数は13年もしくは15年であった。

変動の季節的变化 先述した6期について6年移動平均後の表面水温経年変化をFig.6に示す。グラフは上からA(1-2月期)、B(3-4月期)、C(5-6月期)、D(7-8月期)、E(9-10月期)、F(11-12月期)としている。またグラフ上の縦点線は年平均データにおいてラページ検定によりステップ的变化が最も有意に検出された年(1971)もしくは期間(1980-1985;1995-2000)を示している。

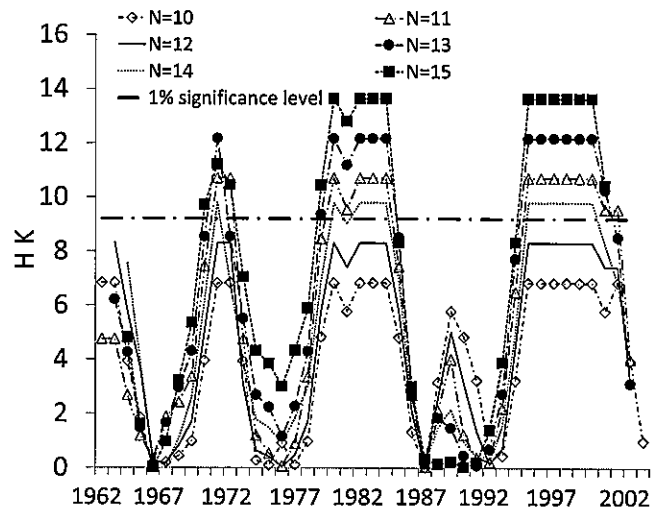


Fig.5 Yearly variations of Lepage test(HK). Dash line indicates 1% significance level.

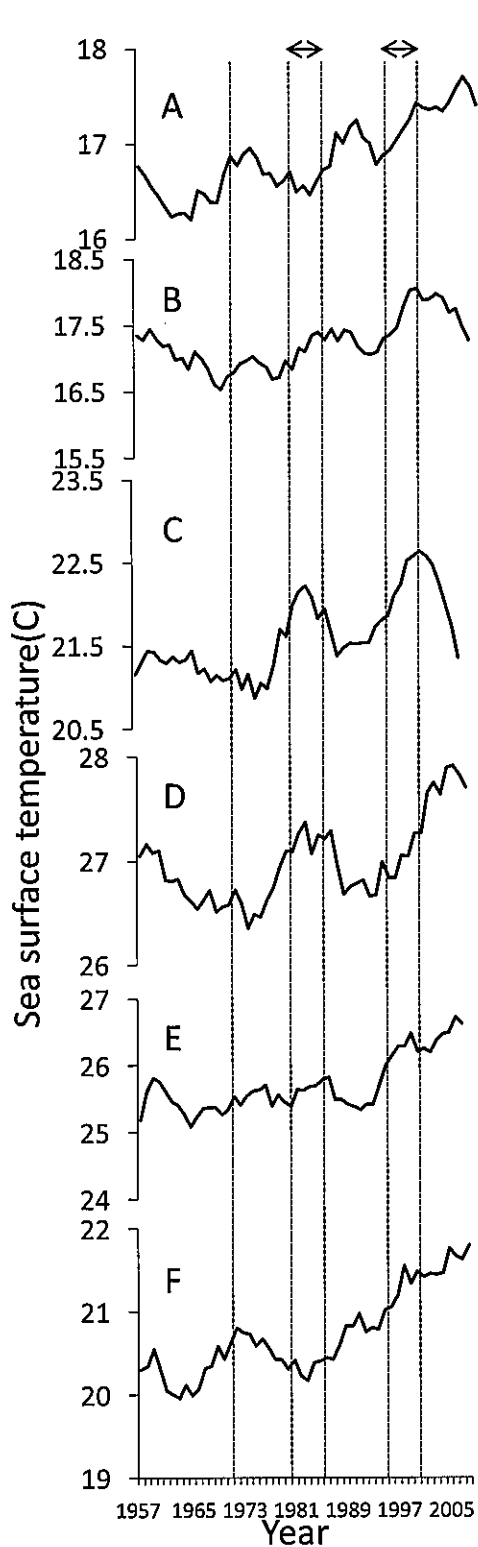


Fig.6 Yearly variations of 6 year moving average SST every 2 months. Dash lines show the year (1971) and the periods (1980-1985:1995-2000), when significant step-like changes in yearly average data are found.

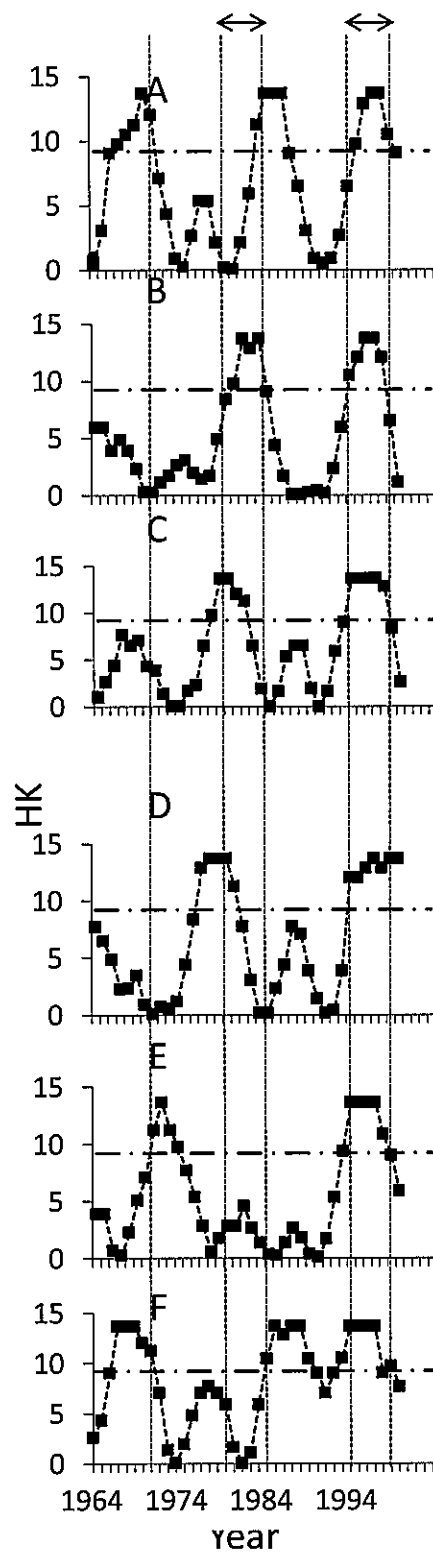


Fig.7 Yearly variations of Lepage test (HK) every 2 months.

更に、各期のステップ的变化を比較するため上記と同様にラページ検定を施した(Fig7)。なお検定に用いた標本サンプル数は1975年以降に顕著なステップ的变化が認められた標本サンプル数(n=15)を採用している。また上記と同様にグラフ上に縦点線を加えている。ステップ的变化の現れ方は期毎に異なり、年平均水温で顕著であった1971年のステップ的变化はA(1-2月期), E(9-10月期), F(11-12月期)で見られた。なお、A(1-2月期), F(11-12月期)には1970年以前にもステップ的变化が見られている。また、年平均水温で見られた1980-1985年のステップ的变化はA(1-2月期), B(3-4月期), C(5-6月期), D(7-8月期)で顕著であった。なお、C(5-6月期), D(7-8月期)では、1980-1985年以前に、A(1-2月期), F(11-12月期)では1980-1985年以降にステップ的变化が見られた。一方、1995-2000年にはステップ的变化は全期において見られた。

次に冬季(A)の表面水温と季節風指数(MOI:1971-2010)の関係をFig.8に示す。なおMOIの数値は、値が低いほど冬季季節風が強いことを表している。両者には有意($r=0.53, P<0.01$)な負の相関が見られた。このことから女島付近海域の冬季(1-2月期)の表面水温の変動は冬季季節風の影響を受けていることが伺える。

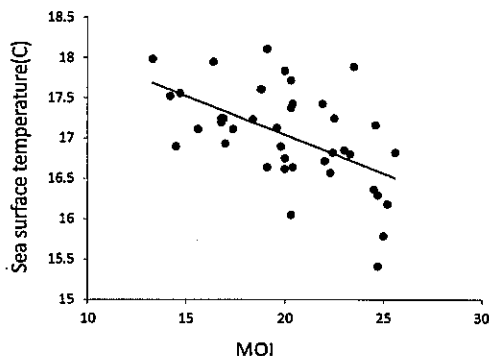


Fig.8 Correlation of SST in period A and MOI.

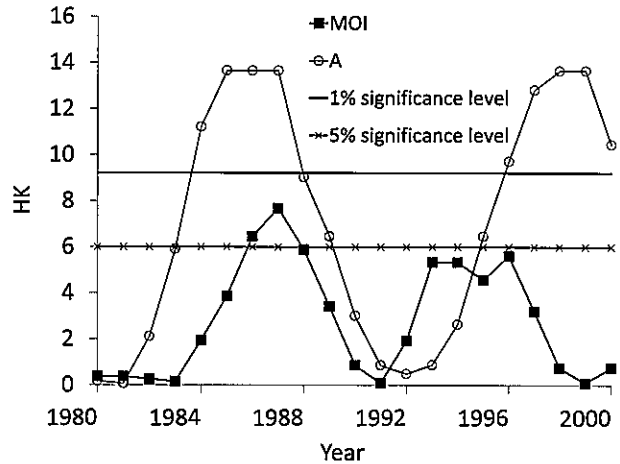


Fig.9 Yearly variations of lepage test(HK) of SST in period A and MOI.

更に両者のステップ的变化を比較するため両データにラページ検定を施した(Fig.9)。なお両者とも6年移動平均により短年周期を除いており、A期については更に年平均している。また検定に用いた標本サンプル数は1975年以降に顕著なステップ的变化が認められた標本サンプル数(n=15)を採用している。1980年代では両者ともステップ的变化が認められるものの、冬季の表面水温におけるステップ的变化はMOIのステップ的变化に比べ顕著であった($P<0.01$)。一方1990-2000年代ではステップ的变化が冬季の表面水温では認められるもののMOIでは検出されなかった($P<0.05$)。

考察

女島付近海域表面水温の概要 Shiraishi et al.²⁾ は東シナ海を4分割して各エリアの海面水温の特徴を述べている。このうち女島を含む九州西方海域の表面水温は8月に最高値、2月に最低値を示し、24ヶ月と73ヶ月の周期変動が卓越していることを報告している。本報で用いた女島付近の表面水温もこれと同様の動向を示していることから、本報の解析結果は概ね九州西方海域の表面水温の特徴をとらえていると考えられる。

また先に定義した6期毎の女島付近における表面水温の標準偏差は5-6月期, 7-8月期, 11-12月期で大きかった。一方, 日本海において求められた月毎における表面水温の標準偏差は冬季の1, 2月と夏季の7, 8, 9月で大きかったと報告されている²⁾。表面水温の変化は気温や日照時間の影響を大きく受けることから冬季, 夏季の変動が大きいと考えられるが, 女島付近海域においては冬季の変動よりも5-6月期, 11-12月期といった水温上昇, 下降期の水温変動が大きかった。

女島付近海域表面水温の10年スケール変動

女島付近海域表面水温における年平均水温をラページ検定した結果(Fig. 5), 顕著なステップ的变化を1971年及び1980-1985年と1995-2000年に検出することができた。

また先に定義した期毎のステップ的变化には期毎に違いが見られ(Fig. 7), 例えば年平均水温で1971年に検出されたステップ的变化は秋・冬季には見られるものの, 春・夏季には現れない。一方で1980-1985年に年平均水温に見られた顕著なステップ的变化は秋季には現れず, 1995-2000年に年平均水温で見られたステップ的变化は全期において検出された。

年平均水温においては近年の主要レジームシフト(1970/1971年, 1976/1977年, 1988/1989年)⁶⁾のうち1976/1977年, 1988/1989年にステップ的变化を検出していないものの, 期毎の変動パターンには1976/1977年, 1988/1989年と一致するステップ的变化も見られている。更に1990年代以降にレジームシフトが現れた1998/1999年⁷⁾には年平均と期毎の表面水温についてステップ的变化が認められた。このように, 女島付近海域の表面水温においては, 期毎に検討した平均水温のステップ的变化は, 年平均水温で検出されたステップ的变化と一致するものではなく, 各期の変動についてもそれぞれが異なるもので

あった。

また年平均水温で顕著なステップ的变化が見られた1980年代と1990-2000年代について, 冬季の表面水温と季節風指数のステップ的变化を比較すると(Fig. 7), 1980年代については表面水温と季節風指数ともに顕著なステップ的变化を示しており, 両者に何らかの関連性があることが伺える。しかしながら1990-2000年代では表面水温だけにステップ的变化が検出され, 季節風指数には明確なステップ的变化は認められなかった。千住ら¹⁾は日本海での10年スケールの変動は海面冷却のようなローカルな現象というよりも北太平洋流域, あるいは黒潮流域全域にわたる大規模な現象が対馬流域を通して現れている可能性を示唆している。女島付近海域においても, 1990-2000年代には季節風指数に顕著なステップ的变化が見られないことや, 表面水温・季節風指数双方にステップ的变化が認められた1980年代においても表面水温に遅れて季節風指数のステップ的变化が起きていることから, 表面水温のステップ的变化が季節風以外の変動に起因している可能性がある。今後は女島付近海域の10年スケール変動を引き起こす要因について, これが日本海と同様に大規模な現象である可能性や, 本報で明らかとなった期毎の変動の違いも視野に入れて検討していきたい。

文 献

- 1) 千手智春・渡辺俊輝・繁永裕司: 日本海山陰沿岸水温にみられる十年スケール変動. 月刊 海洋, 33, 59-64, 2003.
- 2) Tomoharu Senjyu and Toshiteru Watanabe, Decadal signal in the sea surface temperatures off the Sanin coast in the southwestern Japan Sea, Reports of Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, No. 127, 49-53., 2004.09.

- 2) S. Shiraishi, T. Hinata, Y. Tomoyama, E. Moriyama, T. Tashiro, M. Aoyama, T. Nakano and Y. Takata: Long-term and seasonal variation of the sea surface temperature in the East China Sea., *Sea and Sky*, **69**, 245-256, 1994.
- 3) 桐山隆哉：長崎県沿岸の近年における大型褐藻群落の衰退現象に関する研究. 長崎県水産試験場研究報告. **35**, 15-78 (2009) .
- 4) 松村靖治：対馬沿岸におけるクロマグロ幼魚の漁獲量変動要因の重回帰分析による解析. *日水誌*, **55**, 1703-1706, 1989.
- 5) T. Yonetani: Detection of long trend, Cyclic variation and step-like change by the leap test. *Meteorological society of Japan*, **71**, 415-418, 1993.
- 6) 安中さやか・花輪公雄：過去100年間の全球海面水温場に出現したレジーム・シフト. *月刊 海洋*, **35**, 80-85, 2003.
- 7) King, J.: Report of the Study Group on Fisheries and Ecosystem Responses to Recent Regime Shifts. *PICES Sci. Rep.*, **28**, 162, 2005.

