

時系列解析によるサンマ漁場の水温分布予測

渡邊一功^{*1}・斎藤克弥^{*1}・為石日出生^{*1}・小坂 淳^{*1}

Prediction of Temperature Distribution in Fishing Grounds of Pacific Saury by Time Series Analysis

Kazu Yoshi Watanabe^{*1}, Katuya Saitoh^{*1}, Hideo Tameishi^{*1} and Sunao Kosaka^{*1}

Abstract

Sea surface temperature distribution in Tohoku area, northeastern Pacific coast of Japan, is known to affect distribution, movement and fishing grounds of Pacific saury. An attempt was made to predict the temperature distribution by an autoregressive time series analysis. Period of prediction was from early August to late November in 1996. The used data were sea surface temperature by 30' × 30' rectangles and ten days from 1981 to 1996 including the prediction period. Until middle October in 1996, the predicted distribution showed similar patterns to the observed one and temperature difference was within $\pm 2^{\circ}\text{C}$ at most rectangles. Exceptions were found near rectangles with a high level of temperature difference to adjacent rectangles. After middle October in 1996, discrepancy became remarkable between the two distributions in spite of some consistency in monthly trend in temperature fluctuation.

1. はじめに

表面水温の分布は、漁場位置や資源の来遊量を把握する際に必要であり、漁船の効率的な操業や、資源の有効利用を考える上でも重要である。東北海区におけるサンマ漁場は、表面水温や他の海況に依存して形成されることが知られている(福島, 1979; 平井, 1984; 田中, 1985; 工藤, 1987; 安田・渡邊, 1992)。したがって漁場における表面水温の分布の予測は、漁海況予測に有用である。一方、現在のサンマ漁海況予報において、水温については「やや高い」「高い」などの定性的な予測にとどまっている(小坂, 1984; 工藤, 1989)。

海況変動に周期性があることが認められている。例えば北太平洋の海面水温には3年程度及び5年程度の

周期性が卓越しており(気象庁, 1989)、東北海区の海況変動は常磐海域で6ヵ月～1年、三陸海域で4ヵ月程度の持続性を持つ(水野, 1984)。したがって時系列解析手法により、漁場水温の定量的予測が可能であると想定できる。本研究では、この見地から、東北海区サンマ漁場における表面水温の予測手法を提示し、この手法の評価を行うことを目的とした。

2. 資料および方法

2.1 資料

漁業情報サービスセンターが発行する漁海況速報から読みとった旬別、30' × 30'の海区別の表面水温データをを用いた。時期は1981年4月上旬～1996年11月下旬、海域は35～48°N, 141～155°Eであった。この海域内に573の海区を含んでいた。なお、漁海況速報での表面水温データは、漁船・商船・調査船および衛星画像からの観測値をもとに作成されている。

1998年4月30日受付, 1999年3月10日受理

^{*1}(社)漁業情報サービスセンター

Japan Fisheries Information Service Center, 2-9-7 Ikenohata, Taitou-ku, Tokyo. 110-0008, Japan

2.2 表面水温分布の予測

ある海区の表面水温の予測は以下の自己回帰モデルをもとに行った。

$$X(t) = \sum_{i=1}^m \hat{a}(i)X(t-i) + N(t)$$

ここで t は旬、 X は表面水温、 m は自己回帰の次数、 a は自己回帰係数、 N は平均0、分散 σ^2 の正規分布に従うホワイトノイズである。パラメータは北川 (1993) に従って推定した。次数 m については、水温の年周期 (36 旬) の卓越を考慮して、36 以上という条件の下、異なる次数のモデルを与え、AIC (赤池の情報量基準) を最小にするモデルの次数を m の推定値とした。 m 個の自己回帰係数 a と σ^2 については、全時系列データから算出した標本自己共分散関数 a 、 σ^2 との間の線形関係をもとに推定した。

表面水温の予測期間を1996年8月上旬～同年11月下旬までとした。この期間中の各旬の表面水温を、1981年4月上旬～1996年7月下旬までの表面水温データとパラメータ推定値 \hat{a} 、 \hat{m} を用いて、以下のように予測した。予測の最初の旬である1996年8月上旬を $t=1$ として、各旬の予測値を

$$\hat{X}(t) = \sum_{i=1}^{\hat{m}} \hat{a}(i)x(t-i)$$

と与えた。ここで

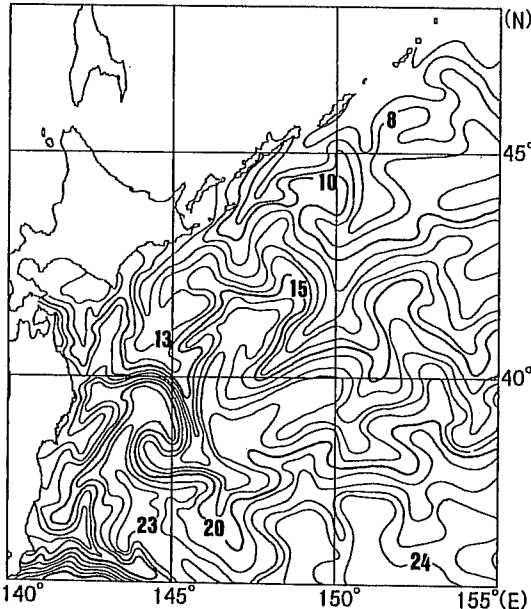


Fig. 1. Distribution of sea surface temperature(°C) in the Tohoku area in late July, 1996.

$$x(t) = X(i) \quad i \leq 0 \\ = \hat{X}(i) \quad i \geq 1$$

とした。

各海域ごとに予測値を得たあと、旬別に予測表面水温分布図 (Fig. 5 参照) を作成し、実測表面水温分布図との形状比較を行うとともに、各海区の実測値と予測値との差を調べた。なお、予測開始直前の1996年7月下旬 ($t=0$) の実測表面水温分布図を Fig. 1 に示す。主たる特徴は、

- ① 145° E 以西の近海における22～23°Cの北上暖水は、犬吠沖から塩屋崎へ請戸沿岸に接岸し、20～21°Cの三陸沖の暖水塊に達している。
- ② 三陸沖の暖水塊から襟裳岬南に15～16°C台の暖水が波及している。
- ③ 釧路南東沖合に17°C台の暖水塊があり、近海に13～14°C台の帯状暖水が波及している。
- ④ 津軽暖流の張り出しは弱い。
- ⑤ 親潮第一分枝は、14°C台の先端が黒崎の東北東にあり、親潮第二分枝は釧路南方から三陸沖暖水塊の東側に差し込んでいる。

2.3 水温勾配の指標

水温勾配が、30' × 30' の海区ごとの水温予測に与える影響の評価のために、ある海区の水温勾配を、その海区と隣接する3つの海区 (東、北、北東) の表面水温実測値の差 (北東海区では距離の相違を考慮して、差/√2) の最大値と定義した。

3. 結果と考察

3.1 自己回帰の次数

各海区の次数の平均は94旬 (2年7ヵ月) であり、ほぼ50%の海区で90旬 (2.5年) 以上であった。つまり予測には2年以上の期間のデータを使うことが望ましい。また海区間の次数の関連は特に認められなかった。

3.2 表面水温の予測誤差

海区ごとの表面水温の予測誤差 (予測値 - 実測値) を Fig. 2 に示す。誤差は -6.9～7.9°C の範囲にあったものの、誤差の海区間平均の絶対値は最大でも1996年11月下旬の2.4°Cで、最小は1996年9月中旬の1.4°Cであった。また予測期間前半で予測値は実測値より低めに、後半で高めになる傾向があった。かりに誤差 ±2°C 以内を許容範囲とみなすと、10月下旬以降は許容範囲外の頻度が次第に高くなっている。この点で、後半では

時系列解析によるサンマ漁場の水温分布予測

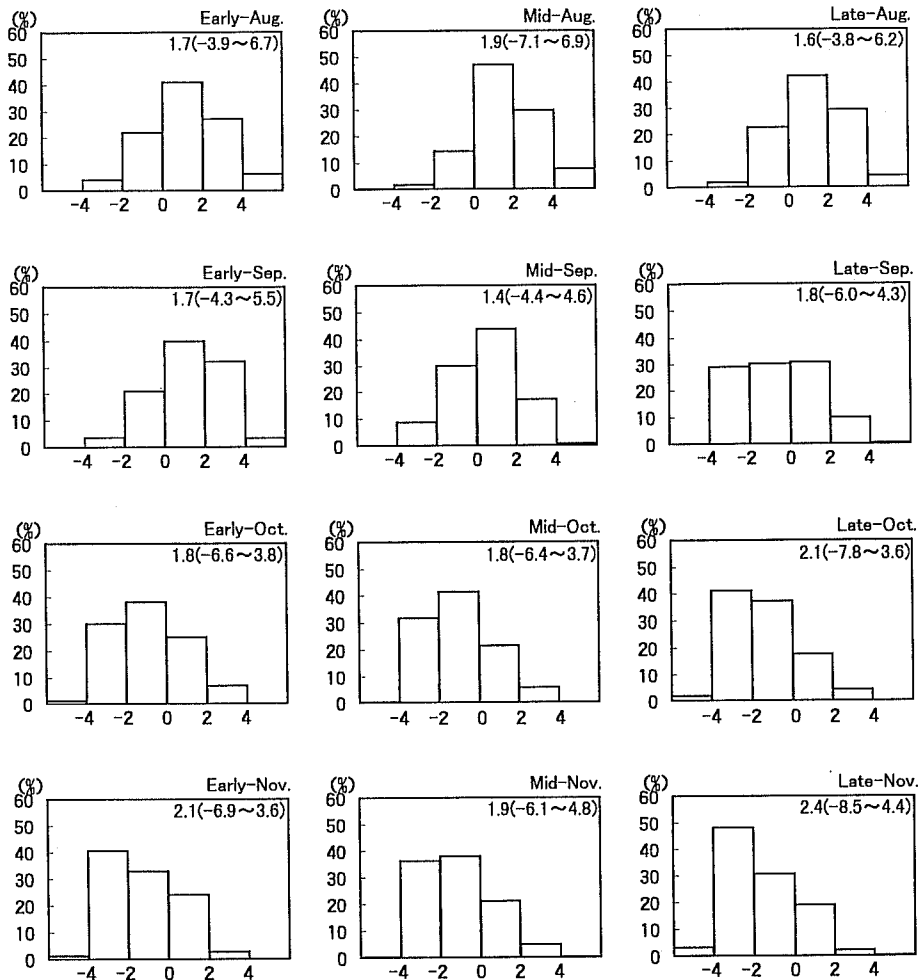


Fig. 2. Frequency distributions of prediction error (predicted temperature-observed temperature) in °C by rectangle(30' × 30'). Number of rectangles is 573. Numbers without and within parentheses shows mean and range of the error, respectively.

十分な予測はできていないことになる。

予測誤差の時系列変化をより詳細に調べるために、3海域 (35°N および141°~155°Eの29海区, 40°N および142~155°Eの27海区, 45°N および148°30' ~155°Eの14海区) における旬別平均水温と1996年の予測値を Fig. 3に示す。予測を行った1996年の温度変化の傾向は平年に較べて際だった相違は認められなかったものの、温度上昇期の8, 9月には予測値が過小に、下降期の10, 11月には概して過大となる傾向があった。

3.3 水温勾配が予測に与える影響

1996年9月下旬における水温勾配と予測誤差の分布

をFig. 4に示す。水温勾配は最高で5.5°C, つまり30'離れた隣接海区との温度差は5°C以上となっていた。このような海区は概して潮目の発達した所であった。勾配の大きい海区およびその周辺で誤差の大きい海区が少なからず存在していた。水塊配置のわずかな変化が大きな誤差を生む可能性は否定できない。

3.4 予測水温分布と実測水温分布

1996年8月上旬(予測第1旬), 8月下旬, 9月下旬, 10月下旬, 11月下旬の予測および実測水温分布をそれぞれFig. 5~9に示す。8月上旬, 予測によれば7月下旬に較べて水温が上昇し, 親潮第一分枝が後退

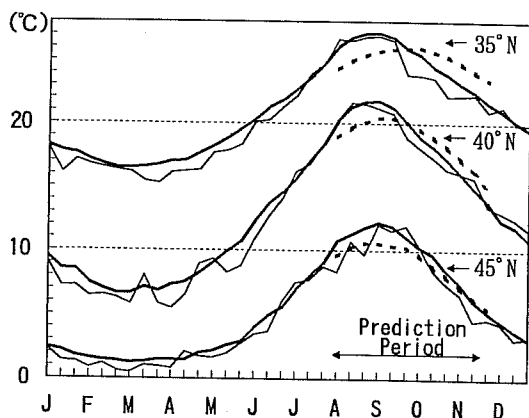


Fig. 3. Monthly changes in sea surface temperature. The thick lines show the observed temperature averaged over 15 years(1981-95). The thin lines show the observed temperature in 1996. The dotted lines show the predicted temperature in 1996.

する。同時期の実測水温分布と比較すると、これらの点は予測できたものの、予測よりも北上暖水が強く、広範囲で水温が高くなった。8月下旬、親潮第一分枝の水温が上昇すること、親潮第一分枝の南下位置や第二分枝が不明瞭になること、北上暖水の存在の予測はできたが、サンマ漁場位置予測に重要な潮境が不明瞭になり、暖水塊の縁辺部など潮境が発達している海域で予測が外れる傾向があった。9月下旬、降温期に

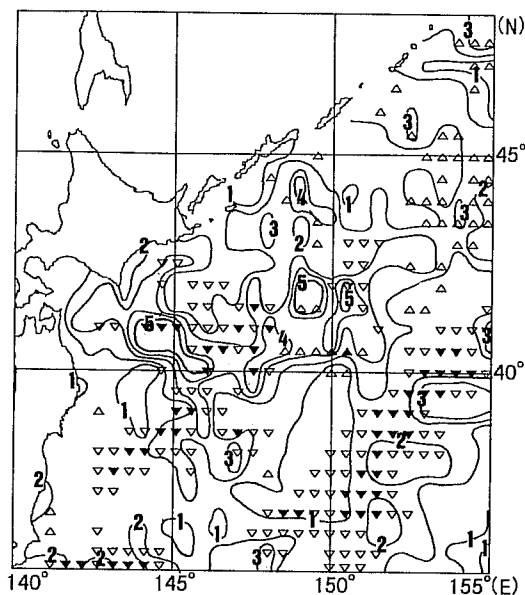


Fig. 4. Distribution of sea surface temperature gradient(°C) in late September, 1996. ▼ : prediction error (predicted temperature - observed temperature) -4°C, ▽ : -2°C error < -4°C, : 2°C error < 4°C, : error 4°C.

入り、親潮第一分枝の水温も低くなることが予測できた。しかし三陸沖の暖水塊が予測よりも西側に分布し、さらに沖合150~155°Eにおいて北上暖水が発達する

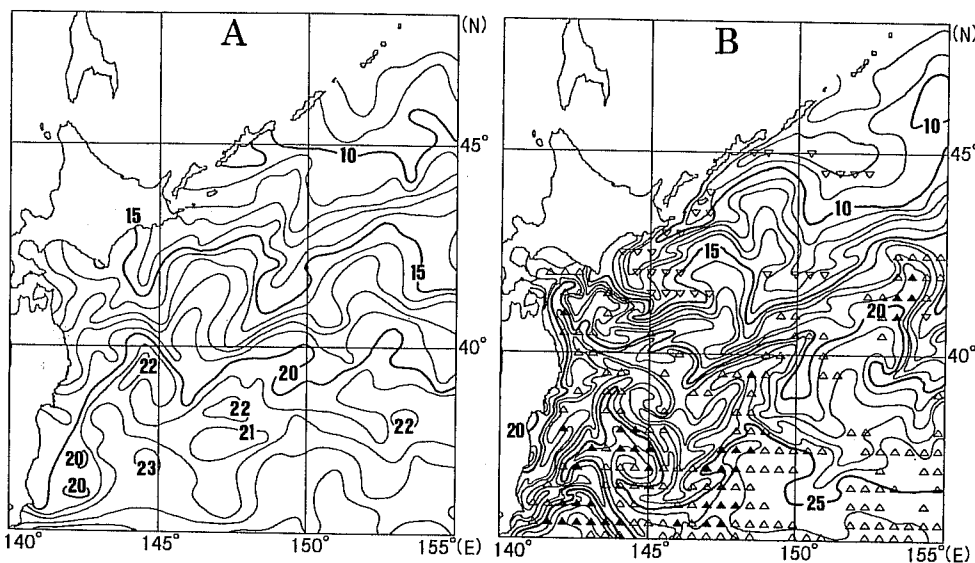


Fig. 5. Distribution of the predicted (A) and observed (B) sea surface temperature in °C in early August, 1996. For symbols, see Fig. 4.

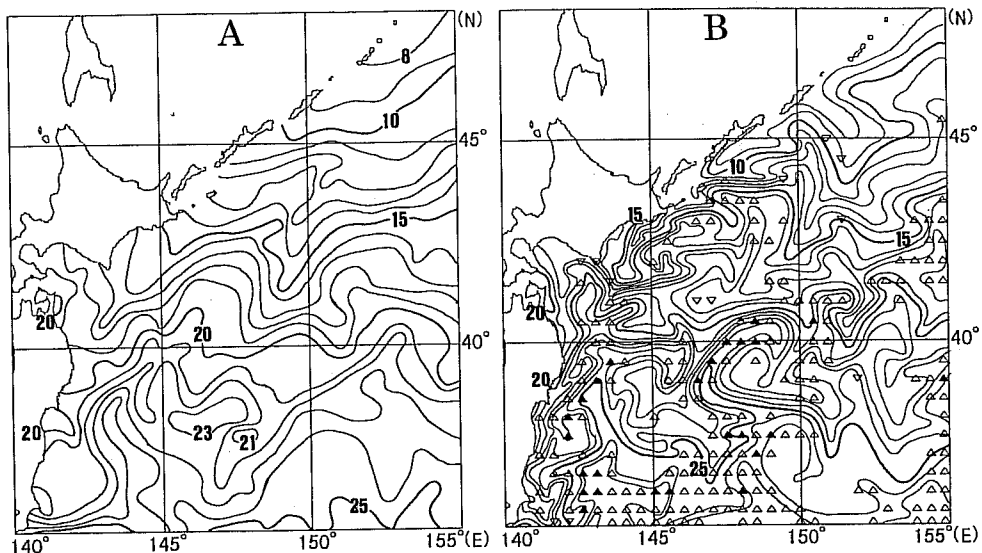


Fig. 6. Distribution of the predicted (A) and observed (B) sea surface temperature in °C in late August, 1996. For symbols, see Fig. 4.

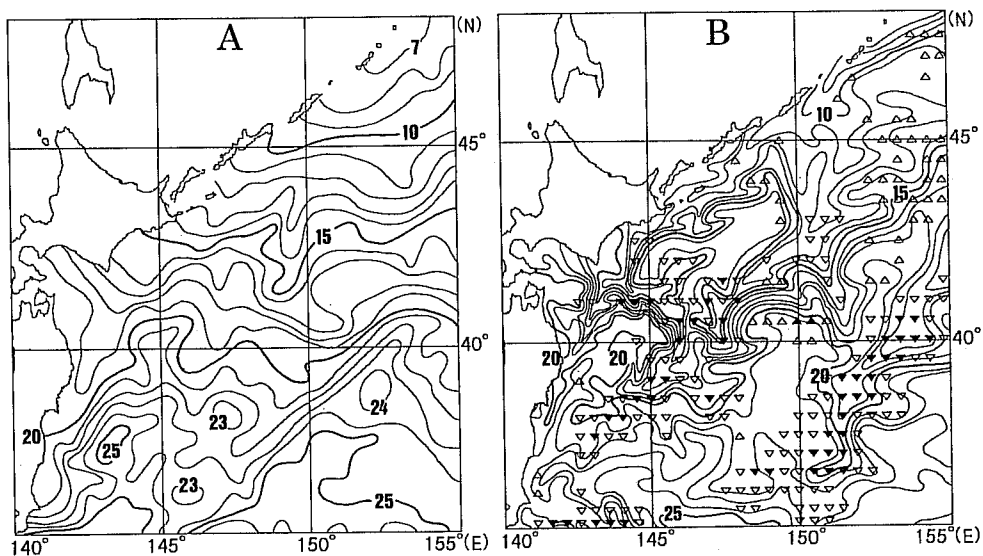


Fig. 7. Distribution of the predicted (A) and observed (B) sea surface temperature in °C in late September, 1996. For symbols, see Fig. 4.

と予測した海域において、親潮系水の張り出しが顕著となった。

10月下旬、11月下旬と引き続き水温が全般的に下降傾向となることは予測できた。しかし予測期間が長くなるにつれ、水塊配置が一致しない海域が多くなった。

3.5 予測手法の評価

サンマ漁業の漁期後半の予測は10月中旬に行われる。この時点までは、予測誤差は比較的小さく、冷水舌や暖水舌の張り出す海域を除いて予測水温分布と実測水温分布との類似性も認められた。数ヶ月先の漁況予測に本予測手法を活用できると考えている。その一方、

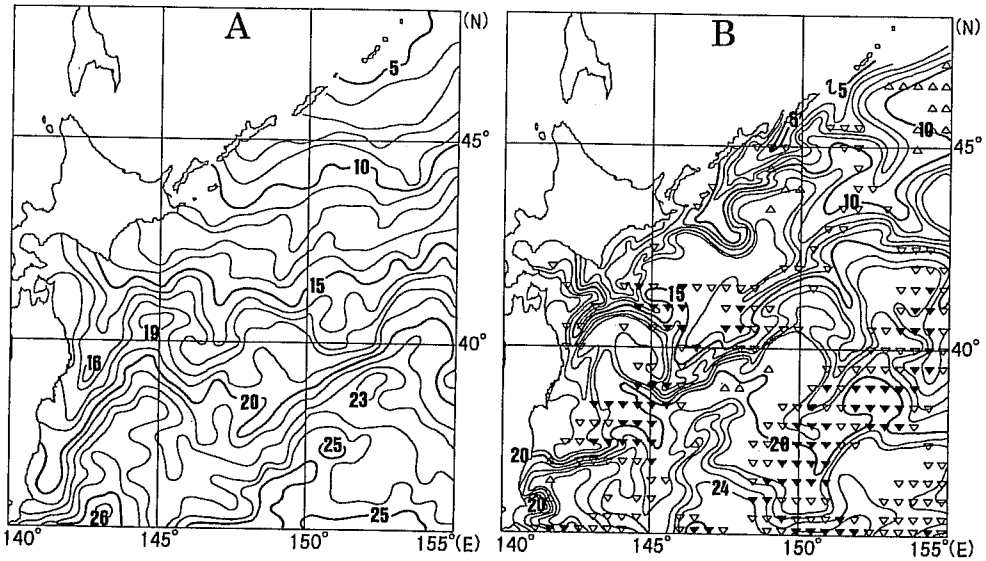


Fig. 8. Distribution of the predicted (A) and observed (B) sea surface temperature in °C in late October, 1996. For symbols, see Fig. 4.

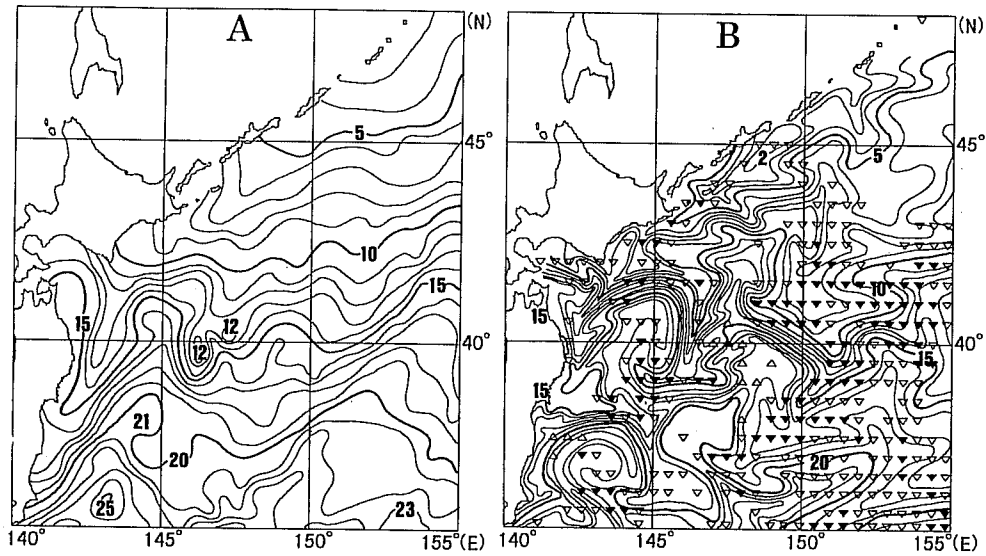


Fig. 9. Distribution of the predicted (A) and observed (B) sea surface temperature in °C in late November, 1996. For symbols, see Fig. 4.

本モデルで考慮していない現象(例えば非線形的に発生するストリーマなど)が局地的、短期的に生じる可能性がある。本手法を実際の漁海況予測に適用するにあたり、予測結果を予測直前の海況図や衛星画像をもとに補正することを考慮する必要がある。また局所

的な水塊配置の予測では、30'メッシュのデータでは不十分かもしれない。より細かいメッシュの採用を検討すべきであろう。

謝 辞

プログラム作成にあたっては、環境シミュレーション研究所の伊藤喜代志博士にご協力を頂いた。ここに厚く御礼申し上げる。なお本研究は、水産庁補助事業である資源管理型漁海況予測技術開発試験の一環として実施した。

引用文献

- 福島信一 (1979) 北西太平洋サンマの回遊機構の総観的解析。東北水研研報, 41, 1-70.
- 漁業情報サービスセンター (1996) 平成8年度太平洋近海海況速報, 32-67.
- 平井光行 (1984) サンマ漁場の移動と親潮。月刊海洋, 16, 707-712.
- 気象庁 (1989) 異常気象レポート, 256pp.
- 北川源四郎 (1993) 時系列解析プログラミング。岩波書店, 東京, 390pp.
- 小坂 淳 (1984) サンマ漁況予報の現状と問題点。月刊海洋, 16, 639-644.
- 工藤英朗 (1987) サンマ漁場南下経路に関する海況予測上の問題点。第36回サンマ研究討議会報告, 168-170.
- 工藤英朗 (1989) サンマ漁況に係わる海況予測上の問題。第38回サンマ研究討議会報告, 245-246.
- 水野恵介 (1984) 東北海区の海況変動について。東北水研研報, 46, 61-80.
- 安田一郎・渡邊良朗 (1992) サンマ漁場と親潮前線位置。第41回サンマ研究会議報告, 257-274.