



Title	夜間可視衛星画像によるスルメイカ漁船分布の動的特性と非定常予測
Author(s)	清藤, 秀理; KIYOFUJI, Hidetada; 米田, 国三郎 他
Citation	北海道大学水産科学研究彙報, 52(3), 139-144
Issue Date	2001-12
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/21955
Type	departmental bulletin paper
File Information	52(3)_P139-144.pdf



夜間可視衛星画像によるスルメイカ漁船分布の動的特性と非定常予測

清藤 秀理¹⁾・米田国三郎²⁾・甫喜本 司³⁾・齊藤 誠¹⁾

Dynamics of Japanese Common Squid Fishing Fleets Derived From Nighttime Visible Satellite Data and its Nonstationary Prediction

Hidetada KIYOFUJI¹⁾, Kunisaburo YONETA²⁾, Tsukasa HOKIMOTO³⁾ and Sei-ich SAITOH¹⁾

Abstract

The Japanese common squid (*Todarades pacificus*) comprises the majority of the Japanese squid catch, and is one of the country's most important fisheries resources. *T. pacificus* has also been included as one of the target species in the Total Allowance Catch (TAC) system since 1998. Therefore squid fishing ground, fishing season and stock abundance should be grasped and managed efficiently for a resustainable utilization. The operation of squid fishing in Japan is characterized by using lights equipped on fleets at night. Those lights distribution is identified from nighttime OLS(Operational Linescan System) images of the DMSP(Defense Meteorological Satellite Program). This paper presents a nonstationary prediction of center of fishing fleet derived from the nighttime visible satellite data. The results suggest that it is worth while to investigate more elaborate definitions for fishing fleet spatial distribution.

Keywords : Nighttime visible satellite data, Squid fishing fleet, Nonstationary prediction

はじめに

スルメイカは日本における食糧供給としての位置づけが高く、平成10年度より当該魚種は漁獲可能量(TAC: Total Allowable Catch)制度の選定魚種に指定された。また、1999年1月22日には新日韓漁業協定が締結され、両国間の操業水域が設定された。このことからスルメイカ漁業は迅速にスルメイカ分布、回遊経路、資源量を把握し、操業を即時に支援する管理対策の確立が求められている。

一般に日本海のスルメイカは日本列島に沿って南は東シナ海、北は沿海州まで広く分布、回遊しており、主産卵場を対馬海峡周辺海域としていることが知られている(新谷, 1981)。スルメイカはふ化してから斃死するまでの期間が約1年であることが現場観測や室内実験等から明らかとなっている。スルメイカ分布や回遊経路について検討を行う場合、現場観測結果をもとにすることが多いが、その分布の時空間変動に明確な特徴づけを行うことは困難である。一方、近年では衛星リモートセンシング技術が発達し、雲などの影響により完全な画像データを取得が困難であるものの、時間と空間の両方に関する連続したデータの取得

が可能となってきた。水産海洋学の分野において時空間ベースの衛星データを用いた統計学的な分析は見あたらない。

スルメイカ漁業の特徴の一つは夜間に集魚灯を使用することが挙げられるが、この集魚灯による光が人工衛星による夜間可視衛星画像に映されている。我々は最終的な目標として、夜間可視衛星画像の漁船分布からスルメイカ分布を把握し、スルメイカ分布の時空間変動を記述することにある。ここで漁船分布とは夜間可視衛星画像から抽出された集魚灯による光分布のことを指し、スルメイカ分布とはスルメイカ漁船が確認できる海域にスルメイカが存在するという仮定のもとに定義されるものである。本稿では、漁船分布の予測性を検討する第一段階として夜間可視衛星画像から計算された漁船分布の重心変動に着目し、これを予測するための予測量を構築し、実際に予測を試みることにする。漁船分布予測が可能となるとスルメイカ分布の予測が可能となり、スルメイカ漁場予測、回遊経路予測を迅速に行うための一つの情報提供手段が得られると考える。またスルメイカ分布を予測する上で、日本周辺海域を操業している多くのスルメイカ漁船は一晚のみの操業である事から

¹⁾ 北海道大学大学院水産科学研究科資源計測学講座
(Laboratory of Marine Environment and Resource Sensing, Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University)

²⁾ 北海道大学水産科学共通研究室
(Common Laboratory, Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University)

³⁾ 北海道大学大学院水産科学研究科生産工学講座
(Laboratory of Fishing Production Engineering, Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University)

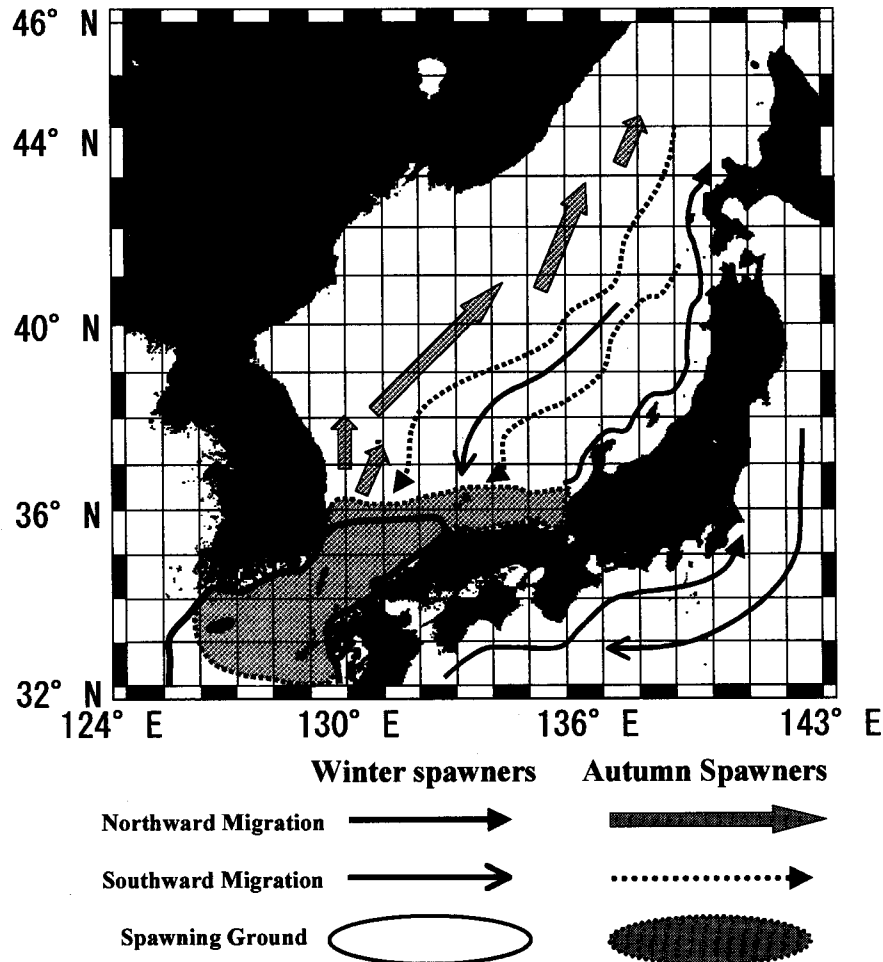


Fig. 1. Typical spawning ground, migration of *T. pacificus* and study area (Araya, 1981)

1~3日先の漁船分布を予測することが妥当であると考えた。

本論文ではまず使用する夜間可視衛星画像データについて述べ、スルメイカ漁船分布の時間変動特性についての統計的検討、及び分布を予測するために非定常性に基づく1つの予測法を示す。また、予測に関する結果を通して分布の予測の可能性について展望するとともに本研究の問題点と今後の見通しについて述べる。

夜間可視衛星画像データ

本研究で使用する画像データは米国の軍事気象衛星 DMSP (Defence Meteorological Satellite Programs) に搭載されている OLS (Operational Linescan System) 可視・赤外線センサによって収集されたデータにより作成された。この衛星は全世界をカバーする雲分布の観測を主目的としており、1日に昼間と夜間の2回の観測を行っている。夜間可視衛星画像データの一つの格子サイズは昼間が0.55 km, 夜間が2.7 kmとなっている。使用データの期間は1998年10月7日~1999年1月31日までである。対象海域は新谷

(1981)によるスルメイカ分布回遊図 (Fig. 1) を基に (32°N, 124°E)~(46°N, 143°E) とした。分布の対象とした海域は使用した衛星データが日単位で連続し、かつ比較的、雲に覆われていない韓半島沿岸域とした (Fig. 2: 灰色部分)。Fig. 3は1998年12月25日に観測された夜間可視衛星画像であり、白い部分が光を示している。陸域では特に東京、大阪、名古屋、札幌などの大都市に光が集中している。海域では主に対馬南側海域、韓半島東岸域、及びウルルン島周辺海域に分布している。

スルメイカ漁船分布の重心変動に関する統計的特性

夜間可視衛星画像データから漁船分布変動の確率構造を推定する事は容易ではない。そこで本稿では緯度経度 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ の格子内における漁船分布の重心位置の変動について調べる。通常、衛星画像データに入力されている格子毎の物理量は Digital Number (DN 値) で入力されている。夜間可視衛星画像データの場合、光の強さは DN 値 0~63 の範囲として表されている。処理手順は、まず夜間可視衛星画像の DN 値が 30~63 までの光の強い海域をスルメイ

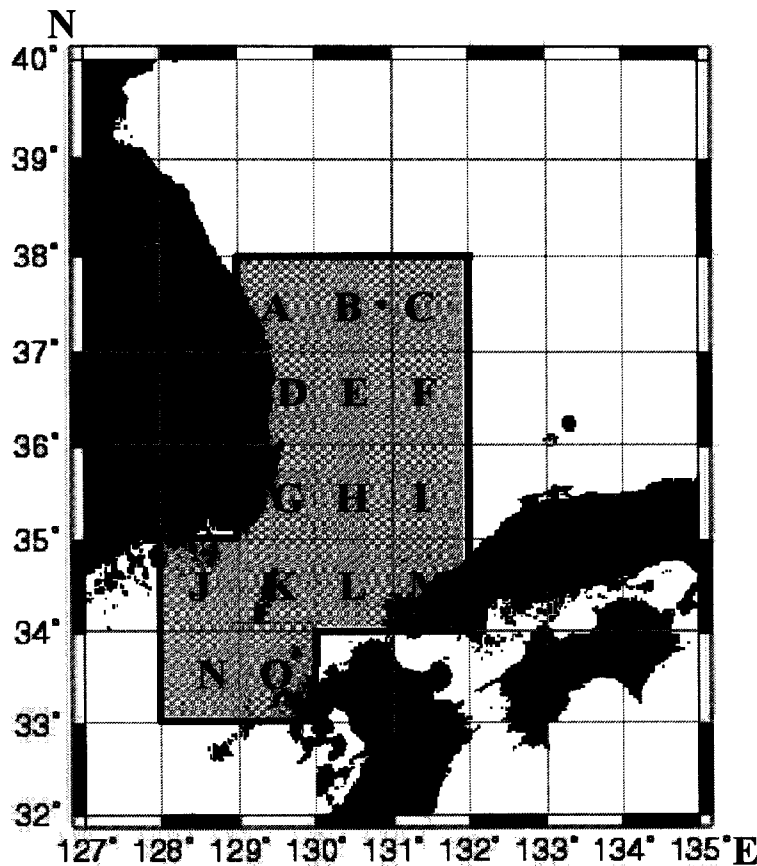


Fig. 2. Analysis area (gray area)

カ漁船分布として抽出した (Cho et al., 1998)。その漁船分布を緯度、経度の各成分に分解し、 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 格子内における重心位置を算出し、それぞれの時系列変動の情報に基づいて重心位置を予測した。ここで夜間可視衛星画像データは雲の影響を受けて漁船分布の存在が確認できない事や休漁日でデータが得られない日があることから、データの欠測値の補間についてはデータに局所自己回帰モデルをあてはめた後、カルマンフィルタによる予測値を用いて欠測値を推定した。欠測値が特に多かった海域 H, I については本分析の対象外とした。夜間可視衛星画像データから得られた漁船分布の緯度、経度毎の変動に関する時系列データとそのトレンドを推定した一例として、海域 G (35°N, 129°E), (36°N, 130°E) の結果を Fig. 4 に示す。(a) が緯度成分、(b) が経度成分の変動を示している。縦軸は緯度、経度の値、横軸は時間 (日単位) を示しており、実線は漁船分布の重心変動、点線は全体の傾向をみるために多項式トレンドモデル (Polynomial trend model)

$$m_n = a_0 + a_1 x_n + \dots + a_m x_n^m$$

を用いてトレンドを推定して重ね合わせたものである。ここで多項式の次数 (m) は AIC (Akaike Information Criterion) が最小となる次数を選択した。Fig. 4 を見ると、緯度方向の分布の重心は時間とともに下降のトレンド、つ

まり漁船分布の重心は南下し、経度方向については上昇のトレンド、東へ移動している。このことは重心が時間とともに有意に変化することを示しており、この意味で漁船分布の重心位置の変動が非定常性を持つことが考えられる。次に海域 G におけるトレンド成分から乖離した変動の系列を Fig. 5 に、その自己相関係数を推定した例を Fig. 6 に示す。緯度、経度成分の相関構造は必ずしも同一でないこと、及び完全ではないがある程度強い周期性を持つことが考えられる。緯度成分の自己相関係数は、全体としては 3~4 日の周期でトレンド成分の周りを変動しており、経度成分は 5~6 日の周期性を持って変動している。以上の結果は漁船分布の重心位置の予測性についてトレンド成分の予測量と乖離成分が定常性をもつとみなして予測量を構築する事により、ある程度予測が可能であることを示している。

スルメイカ漁船分布の重心変動の予測性と 予測量に関する検討

夜間可視衛星画像データから得られたスルメイカ漁船分布の動的特性に基づき、漁船分布の重心分布の予測量を構築し、その予測性について検討することにする。漁船分布の緯度、経度毎の各変動成分をトレンド成分、トレンド

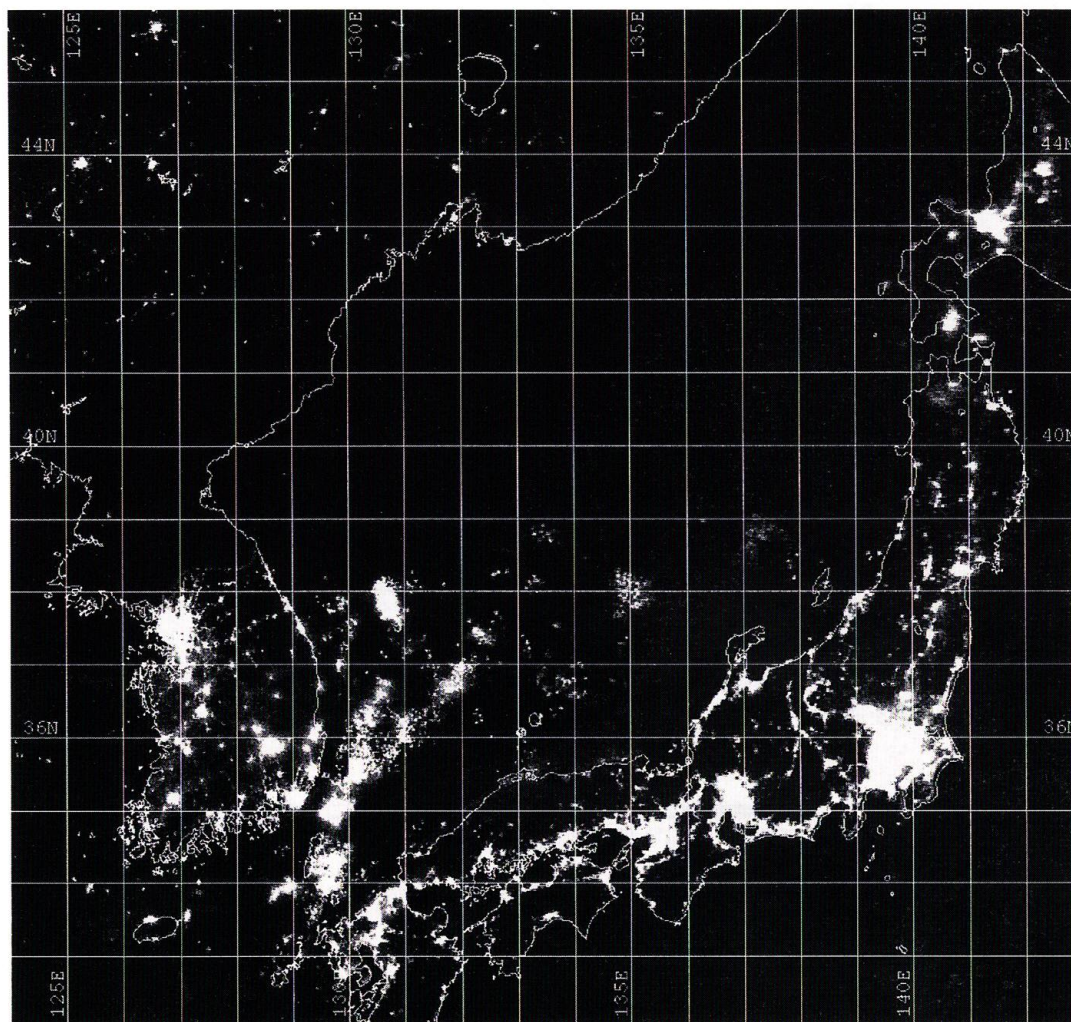


Fig. 3. Nighttime visible DMSP/OLS image derived on December 25, 1998

成分を乖離した系列を定常とみなして、それらの和として漁船分布の重心位置を以下の式で表す。重心位置の緯度、経度成分をそれぞれ $Y_{lat}(t)$, $Y_{lon}(t)$ で表す事にする。

$$Y_{lat}(t) = m_{lat}(t) + Z_{lat}(t)$$

$$Y_{lon}(t) = m_{lon}(t) + Z_{lon}(t)$$

ここで、 $m(t)$ はトレンド成分、 $Z(t)$ はトレンドからの乖離成分を示す (Fig. 4)。

以下ではスルメイカ漁船分布変動を予測するための方法について述べる。ある時点 t_0 までの時系列データ $\{Y_t : t=1, \dots, t_0\}$ に基づき、 L 期先までの値 $\{Y_{t+l} : l=1, \dots, L\}$ を予測する事を考える。緯度、経度の各成分の予測量は、

$$\hat{Y}_{lat}(t_0+l) = \hat{m}_{lat}(t_0+l) + \hat{Z}_{lat}(t_0+l) \quad (1)$$

$$\hat{Y}_{lon}(t_0+l) = \hat{m}_{lon}(t_0+l) + \hat{Z}_{lon}(t_0+l) \quad (2)$$

として、トレンド成分 $\hat{m}(t)$ 、乖離成分 $\hat{Z}(t)$ の予測を行う。ここで、 \hat{m}_{t_0+l} は多項式トレンドモデルも用いて外挿して求める。 \hat{Z}_{t_0+l} はトレンドの乖離成分の予測量を表し、定常

自己回帰モデルに基づく予測量である。このとき予測量 \hat{Z}_{t_0+l} は次式で与えられる。

$$\hat{Z}_{t_0+l} = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 \hat{Z}_{t_0-l} + \dots + \hat{b}_p \hat{Z}_{t_0-p}, \quad l=1, \dots, L$$

ここで $\hat{b}_i \{i=1, \dots, p\}$ はデータ $\{Y_t : t=1, \dots, t_0\}$ を用いて最小二乗法によって推定された自己相関係数である。ただし、

$$\hat{Z}_{t_0+l-k} = \begin{cases} Y_{t_0+l-k} - \hat{m}_{t_0} & (l \leq k) \\ Y_{t_0+l-k} - \hat{m}_{t_0} & (\text{その他}) \end{cases}$$

である。予測計算については 117 個のデータのうち 70 期までを用いて、1~3 日先までの予測を行った。Fig. 7 に上記の方法により 1~3 日先の予測された緯度、経度成分の値を地図上にプロットしたものを示す。丸印が実測値、星印が予測値を示している。対馬周辺海域における 1~2 日予測 (Fig. 7 (a), (b)) は、比較的実測値と近い値となり、この海域における予測可能性が示唆された。ウルルン島周辺海域における 2 日先予測 (Fig. 7 (b)) がもっともばらつきが大

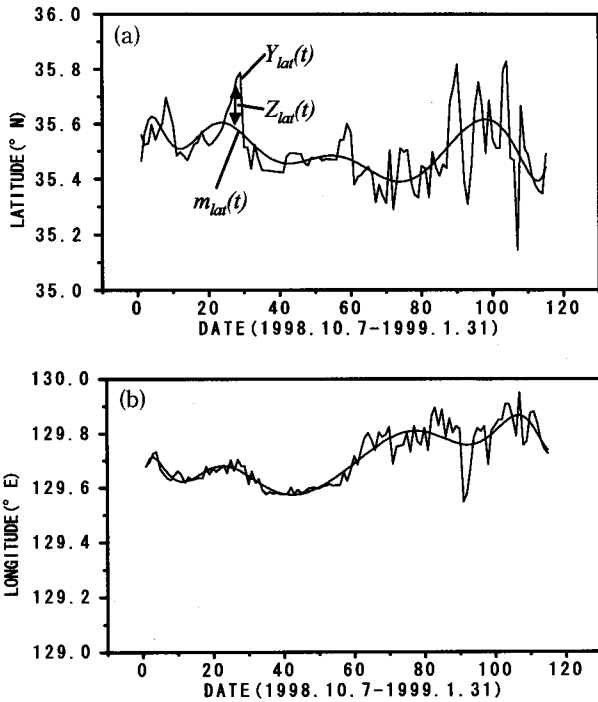


Fig. 4. Time series of center of fishing fleet at the area G; (a) latitude, (b) longitude

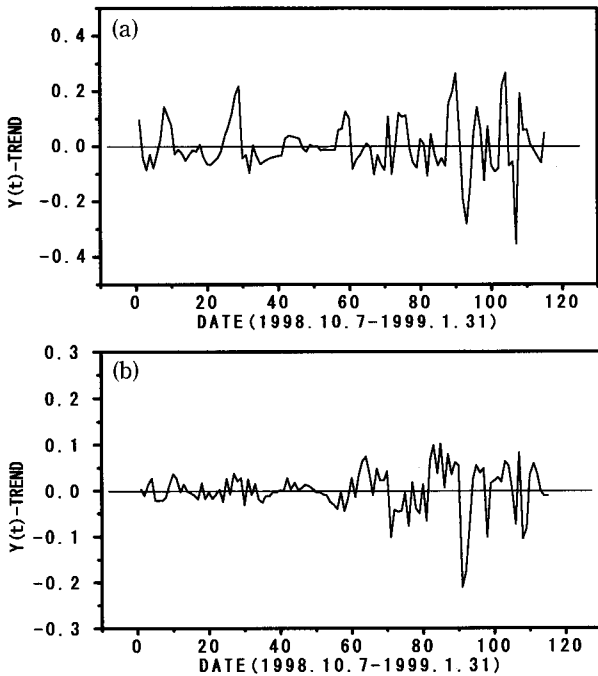


Fig. 5. Time series of disjunction component at the area G; (a) latitude, (b) longitude

きい結果となった。全体を通して、予測値と実測値とが最も近い値となった海域は海域 J、及び海域 O であった。

まとめと今後の課題

本稿では夜間可視衛星画像データに見られる緯度、経度

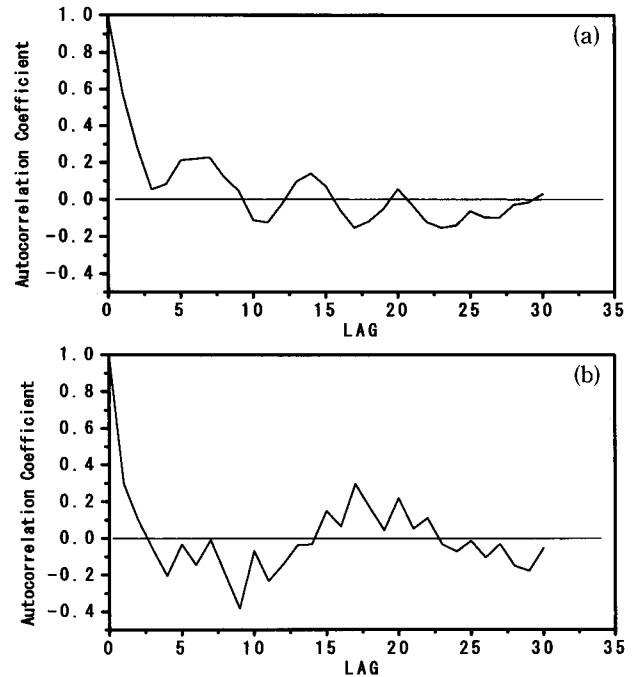


Fig. 6. Autocorrelation coefficients of disjunction component; (a) latitude, (b) longitude

$1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 格子内のスルメイカ漁船分布の動的変動に関する予測性を検討するための第一段階として、その重心の緯度、経度方向における時間変動に着目した。その結果、緯度、経度の両方向における変動が非正常性を持つことが示された。このため、本稿では重心位置の緯度、経度成分をトレンド成分とトレンド成分から乖離した成分とに分解し、トレンド成分には多項式モデルを、トレンド成分から乖離した成分には定常自己回帰モデルをあてはめ、両者の和として表した方法を用いて重心位置の 1~3 日先の予測を行った。今後、データ数を増やして予測のロバスト性について調べるとともに現象の特質をより考慮した上で予測量の検討を進める必要がある。また、漁船分布の空間構造の特徴量を定義する困難さから、今回は重心位置の分析を行ったが、夜間可視衛星画像の時系列データを見ていると、漁船分布の形状は時間とともにその形を変えながら移動しているようである。今後、このような空間構造を表す特徴量について定義する必要がある。

謝 辞

本研究を行うにあたって、スルメイカに関する情報を提供して頂いた北海道大学大学院水産科学研究科・桜井 泰憲 助教授、夜間可視衛星画像データ処理に関する情報を提供して頂いた東海大学情報技術センターの長 幸平助教授にここに謝意を表す。本研究は文部科学省科学研究補助金基盤研究 (B)、及び財団法人日本科学協会笹川研究助成の援助を受けて遂行されていることを付記する。

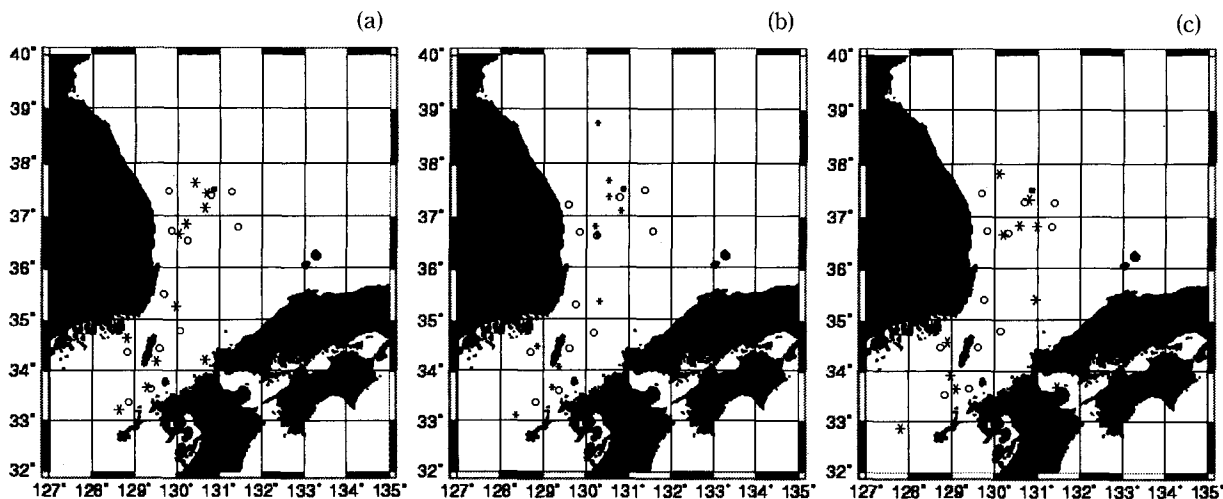


Fig. 7. Forecasting map of center of fishing fleet at each area ; (a) one day forecast, (b) two day forecast, (c) three day forecast (circle ; real value, star ; forecasted value)

参 考 文 献

新谷久男 (1981). 3. 資源と漁場 (奈須敬二他 編, イカー
その生物から消費まで), 成山堂, 120-140.

Cho, K., Ito, R., Shimoda, H., and Sakata, T. (1999).
Fishing fleets lights and sea surface temperature distribu-
tion observed by DMSP/OLS sensor. *Int. J. Remote
Sensing*, **20**, 3-9.