

“漁海況論”の情報理論による検討—II

マグロ漁況予想について

山 中 一 郎

Discussion on “Oceanographic conditions in relation with fishing conditions” by applying the Information Theory-II

On the prediction of tuna fishing conditions

Ichiro YAMANAKA*

As an exercise evaluating the prediction of fisheries conditions performed by various institutions, the prediction of tuna fisheries published by Kanagawa Prefectural Fisheries Experimental Station for the year 1973 was taken up as an example.

(1) Prediction of fishing season

Among 48 cases predicted, 28 were made just in accordance with the average pattern, namely the climatological prediction in terms of meteorology. Among such prediction 22 were successful. Meanwhile 20 cases were predicted away from the average pattern, or climatologically negative. Among them 7 were successful. In cases climatologically positive the decrease of entropy of fishing season caused by such climatological knowledge was larger than in case climatologically negative. In former case the success occurred when the decrease of entropy or gain of information by such climatological knowledge was high; while in the latter case the success took place when the decrease of entropy was low. Thus in climatologically negative cases the successful prediction was due to either by lucky coincidence or by introducing other factor such as environmental information. But the base of the prediction was not shown in the material dealt here.

(2) Prediction on fishing ground

Among 14 cases, 5 were climatologically positive, of which 4 were successful. Among 9 climatologically negative cases 3 were successful. The calculation of entropy showed, however, that climatological knowledge did not make much contribution.

(3) Prediction whether fishing is “good” or “bad”

All five cases dealt in the exercise were made in accordance with the extrapolated long term trend; four of them were successful.

(4) In general

59.1% of total predicted cases were successful. The percentage of successful was 81.1% for the climatologically positive cases, and 33.3% for the negative cases respectively.

The climatological prediction is, rather to say, the prediction by common sense. It can yield a

high rate of success. But such knowledge may not afford any new information to those who have already obtained such knowledge.

The prediction made under climatologically negative case is difficult; and therefore such prediction is of high value if it is successful, because the remainder of entropy after introducing climatological information is still high. For this purpose other factors like environmental and biological information may be introduced in order to lessen the residual entropy. (Some of them have been already implemented.)

I 序

予報の価値評価の第1の基準は適中性であることはいうをまたないが、これと同時にその予報の情報価値をも考えなければならない。すなわち、だれでも容易に予想できるものは適中率が高くともその価値は高くないのに対し、困難な予想はこの価値が高い。このような評価は、ある事象についてのエントロピーの減少を計算することによって数量的に表示される。

筆者(1975)はこの考えのもとに、海洋構造とマグロの分布に関する知見についての評価を試みたが、これに引続き、実際に行われた漁況の予想についての評価を試みる例を示すため、神奈川県水産試験場が“水産情報”誌で行っている“マグロ漁況のみとおし”という記事にもられている内容について若干の検討を行ってみた。この検討は、あくまでも1つの作業例としてとりあげ、漁況予想上に現われる問題点や今後の方向についての一般的な示唆を与えるためのものであり、予報作成に尽力されている神奈川水試関係者の業績と労苦に対し、深甚な敬意を惜しむものでなく、勿論これに対し批判がましいことを行うのを目的としたものでないことを強調したい。それと共に、本稿に対し貴重な御意見をよせられ、この発表を快諾された同場技師中込淳、花本栄二の両氏他各位に深甚の謝意を表する次第である。

II 資料及び検討方法

本報でとりあげた材料は、昭和48年5～12月の神奈川水試情報 No. 26～45号、但し8月(No. 29号)欠のものであり、この内容を“水産庁発行、まぐろはえなわ漁業漁場別統計”に示された実際の漁獲と比較しつつ論じた。ただ、予想は月ごとに出されているので、便宜上、その月の属する四半期のものを比較対象とした。これによって生ずる問題点については後記する。

検討にあたっては、

- (a) ある魚種がその月に好漁期であったか否かという季節変動について、
- (b) 漁場の位置について、
- (c) 好漁年か不漁年か

の3つの要素について行った。ただ、この場合、以上3点について毎月すべての魚種についての予想が行われているのではないので、公表されたものについてのみ検討が行われた。

III 漁期についての検討

漁場別統計が現行方式となった1964年以後のものについて、論じようとする海域を適宜 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ の区画で区切り、この中の釣獲率を合計したものを豊度指数として漁況の目安として扱った。計算労力を少なくするため努力の標準化や緯度による面積の相違の補正は行っていないが、漁況の指数としてはこの程度で十分であろう。

2, 3の例を示すと、

例1: 1973年5月

(予想)……太平洋東部熱帯域では赤道以北も以南もメバチは好漁期末期。

(実況)……95~135°W, 10°S~15°N について前節でのべたような釣獲率の合計(漁況指数と仮称)を表示すると表1のようになる。ここで平年は予想対象である73年を除いて平均したものである。

表1 東部熱帯太平洋メバチ漁況指数(95~135°W)

Table 1. Abundance indices of the bigeye tuna in the eastern tropic Pacific.

| 年 Year | 四半期 Quarter | 漁況指数 Abundance index | | 年 Year | 四半期 Quarter | 漁況指数 Abundance index | |
|-----------|----------------|-------------------------|--------|-----------------|----------------|-------------------------|--------|
| | | 0~10°N | 0~10°S | | | 0~10°N | 0~10°S |
| 1964 | I | 20.0 | 23.7 | 1970 | I | 11.2 | 16.0 |
| | II | 19.4 | 21.0 | | II | 12.5 | 13.5 |
| | III | 17.2 | 15.7 | | III | 11.9 | 10.8 |
| | IV | 13.4 | 15.3 | | IV | 9.0 | 12.0 |
| 1965 | I | 12.2 | 17.2 | 1971 | I | 7.5 | 10.7 |
| | II | 10.7 | 11.6 | | II | 8.2 | 8.6 |
| | III | 10.8 | 12.4 | | III | 10.2 | 6.1 |
| | IV | 7.4 | 13.3 | | IV | 10.1 | 9.0 |
| 1966 | I | 12.8 | 18.8 | 1972 | I | 9.6 | 10.7 |
| | II | 17.0 | 23.0 | | II | 12.7 | 8.6 |
| | III | 12.4 | 16.1 | | III | 10.5 | 6.1 |
| | IV | 9.6 | 19.1 | | IV | 8.3 | 9.0 |
| 1967 | I | 16.0 | 18.5 | 1973 | I | 9.6 | 15.1 |
| | II | 14.7 | 17.7 | | II | 12.7 | 11.5 |
| | III | 14.3 | 17.0 | | III | 10.5 | 7.4 |
| | IV | 13.0 | 16.9 | | IV | 8.3 | 7.1 |
| 1968 | I | 13.2 | 14.5 | 平年* Average* | I | 12.7 | 16.5 |
| | II | 12.6 | 13.2 | | II | 13.9 | 14.8 |
| | III | 16.3 | 13.2 | | III | 13.0 | 12.4 |
| | IV | 11.3 | 13.0 | | IV | 10.1 | 13.5 |
| 1969 | I | 11.2 | 18.4 | | | | |
| | II | 19.0 | 17.2 | | | | |
| | III | 16.2 | 14.9 | | | | |
| | IV | 12.1 | 17.1 | | | | |

* 平年には予想対象である1973年を含まない。

* The average does not include 1973, the object of prediction.

これによれば、赤道の南北ともに第II—III期で漁況指数の減少があるところをみると、5月の属する第II四半期が“好漁末期”であると判断するのは妥当なようである。このように毎年の平均的パターンをそのまま用いる予想を気象学では“気候学的予想”(鈴木, 1973)という。

各年についてみると、(a)赤道以北では1965, 68, 71の各年ではむしろ第III期の方が好漁末期というに適している。したがって、この“第II期が好漁末期である”という情報は $P = \frac{6}{9} = 0.67$ の事前適合率をもつ(標本が少ないが標本誤差は一応考えないでおく)。

また四半期を単位として考えるとき、好漁期終期がどこになるかという事象系のエントロピーは、

$$H_1 = -\left(\frac{6}{9} \log \frac{6}{9} + \frac{3}{9} \log \frac{3}{9}\right) = 0.918 \text{ bit}^*$$

である。そしてこのような気候学的情報がないときはこのエントロピーは、

$$H_0 = \log 4 = 2 \text{ bit}$$

であるから、この気候学的知識は、

$$\Delta H = H_0 - H_1 = 2 - 0.918 = 1.082 \text{ bit}$$

の情報を提供している。

(b) 同様なことを赤道以南で試みると、65, 72 の2年が第Ⅲ期を好漁末期とする。よってこの場合、

$$P = \frac{7}{9} = 0.77$$

表 2 15°N~10°S, 130~180°E のキハダ漁況指数

Table 2. Abundance indices of the yellowfin tuna in 15°N~10°S, 130~180°E.

| 年 Year | 四 半 期 Quarter | 漁 況 指 数 Abundance index | 年 Year | 四 半 期 Quarter | 漁 況 指 数 Abundance index |
|-----------|------------------|----------------------------|------------------|------------------|----------------------------|
| 1964 | I | 80.7 | 1970 | I | 57.5 |
| | II | 124.9 | | II | 67.1 |
| | III | 91.6 | | III | 63.0 |
| | IV | 75.0 | | IV | 72.6 |
| 1965 | I | 74.1 | 1971 | I | 68.1 |
| | II | 89.0 | | II | 59.2 |
| | III | 89.3 | | III | 74.9 |
| | IV | 74.3 | | IV | 81.3 |
| 1966 | I | 149.5 | 1972 | I | 50.2 |
| | II | 133.6 | | II | 51.8 |
| | III | 86.1 | | III | 45.5 |
| | IV | 113.4 | | IV | 54.2 |
| 1967 | I | 59.7 | 1973 | I | 70.0 |
| | II | 77.9 | | II | 67.2 |
| | III | 59.5 | | III | 67.4 |
| | IV | 69.5 | | IV | 63.2 |
| 1968 | I | 68.3 | 平 年* Average* | I | 71.7 |
| | II | 77.9 | | II | 83.9 |
| | III | 74.8 | | III | 75.7 |
| | IV | 64.0 | | IV | 82.8 |
| 1969 | I | 37.3 | | | |
| | II | 74.1 | | | |
| | III | 97.1 | | | |
| | IV | 76.4 | | | |

* 1973 年を含まず。

* Excluding 1973.

* 以下本論文では対数はすべて 2 を底とする。

$$H_1 = -\left(\frac{7}{9} \log \frac{7}{9} + \frac{2}{9} \log \frac{2}{9}\right) = 0.763 \text{ bit}$$

$$\Delta H = 2 - 0.763 = 1.237 \text{ bit}$$

で 1973 年には実際に適中している。

南北を比較すると、いずれも適中している点は同様であるが、北の方が好漁期末期についてのエントロピーが大であり、これだけ予想が困難である。したがって等しく適中した場合には赤道以北についての予想の方がそれだけ情報価値が大である。

例 2：同 5 月

(予想) 西部太平洋と中部太平洋熱帯域は好漁期初期に当り、全般的に獲れるであろう。

(実況) この予想では魚種が明記されていないが、キハダを主とする漁場であるので、15°N~10°S, 130~180°E について前と同じ取扱いをした(表 2)。

1964~72 年の平均をみると、第 II 四半期は好漁期初期というよりはむしろ好漁期であり、この予想は気候学的である。しかしながら各年についていえば、漁況指数の最大は第 I 期が 1 年、第 II 期は 3 年、第 III 期が 2 年、第 IV 期が 3 年であるので、前節の記号によれば、

$$P = \frac{3}{9} = 0.333$$

$$H_1 = -\left(\frac{1}{9} \log \frac{1}{9} + \frac{3}{9} \log \frac{3}{9} + \frac{2}{9} \log \frac{2}{9} + \frac{3}{9} \log \frac{3}{9}\right) = 1.889 \text{ bit}$$

$$\Delta H = H_0 - H_1 = 2 - 1.889 = 0.111 \text{ bit}$$

すなわちこの場合の漁期に関する情報は前の例に比べて与える情報量が少ない。これは前の例に比べ好漁期が安定していないからである。

実際の漁況をみると第 II 期から第 III 期にかけて殆んど漁況は同一でむしろ下り気味であり、この予想は適中したとはいえなかった。

このような方法による結果を付表 1 に示した。

これをとりまとめ、 $P \geq 0.5$ のものを“気候学的に正”とし、 $P < 0.5$ のものを同じく負とし、夫々について実際の漁況との適否、および夫々の場合について四半期を漁期単位とした場合にこのような気候学的取扱いの与えた情報量(エントロピーの減少)の平均値を示すと、

| | 適 中 | 不 適 中 |
|--------|-------------|-------------|
| 気候学的に正 | 22例 (1.524) | 6例 (0.694) |
| 気候学的に負 | 7例 (0.324) | 13例 (0.687) |

総計 48 例中の適中は 29 例で適中率は 60%，気候学的に正のときは 78%，負のときは 35%である。気候学的に正な場合は当り易く、負の場合は外れやすいというのは常識的なことであり、カイ自乗法によっても(5%) $\chi^2 = 9.26$ で 5% 有意であるが、ここで気をつけるべきことは、気候学的に正の場合には気候学的情報は、負の場合よりもその量が多く、好漁期の出現のあいまいさが少ない。そして、これが正のときに適中したのは、その中でもとくに情報量の多い場合であるのに対し、気候学的に負の場合には、適中したのはその情報量の少ない場合である。このことは、気候学的に負の場合、すなわち、あまり起こりそうもないことを予想して適中したのは、いわば“怪我の功名”的なものであるか、あるいは気候学的情報以外に何か、たとえば海況による情報等があって、盛漁期に関するエントロピーをより減少せしめたものがあるということになる。

なお、気候学的には負であり、かつ適中しなかった 13 例の中には、予想漁期をかえれば適中したであろうと思われるものが、No. 8, 15, 17, 21, 24 の 5 例がある。たとえば、No. 8 のニューカレドニア周辺ビンナガでは II 期を盛漁期と予想したが、むしろ III 期と予想すれば適中したはずであった。

IV 漁場についての予想

実例をあげて説明する。

例1：7月

(予想) インド洋 30°S 付近のメバチ漁場はこの時期には最も東西に幅広く形成されるであろう。

(実況) 90°E, 及び 60°E, 25°N の区画について同様 0.1 以上の釣獲率をもつ 5 度区画の数を表示した (表 3)。

表 3 インド洋 30°S に沿いメバチ釣獲率 0.1 以上の区割数 (90°E により東西に別つ)

Table 3. Number of 5°×5° quadrates in which the hook rate of the bigeye tuna is above 0.1 along 30°S in the Indian Ocean. (90°E is dealt as the boundary between eastern and western parts)

| 年 Year | 四半期 Quarter | 西 60~90° E West | 東 90~110° E East | 計 Total | 年 Year | 四半期 Quarter | 西 West | 東 East | 計 Total |
|-----------|----------------|-----------------------|------------------------|------------|-----------|----------------|-----------|-----------|------------|
| 1964 | I | 3 | 4 | 7 | 1969 | I | 5 | 5 | 10 |
| | II | 6 | 3 | 9 | | II | 7 | 10 | 17 |
| | III | 7 | 2 | 9 | | III | 7 | 10 | 17 |
| | IV | 6 | 5 | 11 | | IV | 3 | 7 | 10 |
| 1965 | I | 2 | 4 | 6 | 1970 | I | 1 | 5 | 6 |
| | II | 5 | 3 | 8 | | II | 8 | 6 | 14 |
| | III | 6 | 6 | 12 | | III | 7 | 9 | 16 |
| | IV | 6 | 5 | 11 | | IV | 5 | 6 | 11 |
| 1966 | I | 2 | 5 | 7 | 1971 | I | 4 | 9 | 13 |
| | II | 4 | 2 | 6 | | II | 4 | 11 | 15 |
| | III | 7 | 4 | 11 | | III | 6 | 10 | 16 |
| | IV | 5 | 5 | 10 | | IV | 3 | 4 | 7 |
| 1967 | I | 4 | 7 | 11 | 1972 | I | 2 | 3 | 5 |
| | II | 4 | 12 | 16 | | II | 1 | 8 | 9 |
| | III | 5 | 12 | 17 | | III | 1 | 8 | 9 |
| | IV | 4 | 7 | 11 | | IV | 4 | 4 | 8 |
| 1968 | I | 1 | 9 | 10 | 1973 | I | 1 | 6 | 7 |
| | II | 7 | 10 | 17 | | II | 1 | 10 | 11 |
| | III | 7 | 10 | 17 | | III | 4 | 7 | 11 |
| | IV | 6 | 9 | 15 | | IV | 6 | 6 | 12 |

これによると、1964 年以外はすべて漁場の広がりには第 III 四半期で最大であった。したがって前節でのべた漁期の予想と同じように考えると、

$$P = \frac{8}{9} = 0.888$$

$$H_1 = -\left(\frac{1}{9} \log \frac{1}{9} + \frac{8}{9} \log \frac{8}{9}\right) = 0.503 \text{ bit}$$

$$\Delta H = 2.0 - 0.503 = 1.497 \text{ bit}$$

表 4 インド洋 30°S 中心メバチ漁場の中心位置 (°S)

Table 4. Location of the center of fishing ground of bigeye tuna around 30°S in the Indian Ocean (in °S).

| 年 Year | 四半期 Quarter | 東部 East | 西部 West | 年 Year | 四半期 Quarter | 東部 East | 西部 West |
|-----------|----------------|------------|------------|-----------|----------------|------------|------------|
| 1964 | I | 20—25 | — | 1970 | I | 30—35 | — |
| | II | 25—30 | — | | II | 30—35 | 30—35 |
| | III | 25—30 | — | | III | 25—30 | 30—35 |
| | IV | 30—35 | — | | IV | 30—35 | 25—30 |
| 1965 | I | 25—30 | — | 1971 | I | 30—35 | 30—35 |
| | II | 25—30 | — | | II | 25—30 | 30—35 |
| | III | 25—30 | 25—30 | | III | 30—35 | 30—35 |
| | IV | 30—35 | — | | IV | 30—35 | — |
| 1966 | I | 30—35 | — | 1972 | I | 30—35 | — |
| | II | 30—35 | — | | II | 25—30 | 30—35 |
| | III | 25—30 | 25—30 | | III | 25—30 | 25—30 |
| | IV | 25—30 | — | | IV | 30—35 | 25—30 |
| 1967 | I | 30—35 | 30—35 | 1973 | I | 30—35 | 30—35 |
| | II | 30—35 | 30—35 | | II | 30—35 | 30—35 |
| | III | 25—30 | 30—35 | | III | 25—30 | 30—35 |
| | IV | 25—30 | 30—35 | | IV | 25—30 | — |
| 1968 | I | 30—35 | 30—35 | | | | |
| | II | 25—30 | 30—35 | | | | |
| | III | 25—30 | 25—30 | | | | |
| | IV | 30—35 | 25—30 | | | | |
| 1969 | I | 30—35 | 30—35 | | | | |
| | II | 30—35 | 30—35 | | | | |
| | III | 30—35 | 30—35 | | | | |
| | IV | 25—30 | 25—30 | | | | |

表 5 インド洋メバチ漁場の中心の現われた年数 (1964~72) (73年は予報対象なので除く)

Table 5. The frequency of the location of the center of fishing ground of bigeye tuna in the Indian Ocean (number of years) 1964~1972. (Exclude 1973, the object of prediction).

| 四半期 Quarter | East (60~80° E) | | | West (95~110° E) | |
|----------------|-----------------|----------|----------|------------------|----------|
| | 20~25° S | 25~30° S | 30~35° S | 25~30° S | 30~35° S |
| I 期 | 1 | 1 | 7 | 0 | 4 |
| II 期 | | 6 | 3 | 0 | 6 |
| III 期 | | 7 | 2 | 4 | 4 |
| IV 期 | | 3 | 6 | 4 | 1 |

である。しかし実際には 1973 年では第四四半期に漁場が広がったので、この予想は不適中であった。

例 2 : 7 月 (前例に引続いた記事)

(予想) 漁場の中心は $95\sim 110^\circ \text{E}$ では $26\sim 30^\circ \text{S}$, $60\sim 80^\circ \text{E}$ では $29\sim 33^\circ \text{S}$ であろう。

(実況) 表 4 に示すとおりであり, これを各四半期について, 夫々の緯度帯に漁場中心のあった年を示すと表 5 となる。

東部の漁場では中心のある緯度帯は $20\sim 25^\circ$, $25\sim 30^\circ$, $30\sim 35^\circ \text{S}$ の 3 つ, 西部では $25\sim 30^\circ$, $30\sim 35^\circ \text{S}$ の 2 つであり, 東部の第 III 期 (7 月) では 1969, 71 の 2 年を除いて他の 7 年は $25\sim 30^\circ \text{S}$ にある。よって $25\sim 30^\circ$ に中心のあることをもって適中とすれば,

$$P = \frac{7}{9} = 0.777$$

$$H_1 = -\left(\frac{2}{9} \log \frac{2}{9} + \frac{7}{9} \log \frac{7}{9}\right) = 0.760 \text{ bit}$$

$$H_0 = \log 3 = 1.584 \text{ bit}$$

$$\Delta H = 1.584 - 0.760 = 0.824 \text{ bit}$$

また, 73 年は適中であった。

一方, 西部の漁場では同じく第 III 期では $30\sim 35^\circ \text{S}$ にあるのを適中とすれば, このような年は 4 年であり, したがって,

$$P = \frac{4}{8} = 0.50$$

$$H_1 = -\left(\frac{1}{2} \log \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \log \frac{1}{2}\right) = 1.00 \text{ bit}$$

$$H_0 = \log 2 = 1 \text{ bit}$$

$$\Delta H = 0$$

で, この年は適中していたとはいえ, 西部についていえば, 漁場位置についての気候学的検討は何も情報を与えておらず, したがってこの適中はむしろ偶然性によるものといえる。

しかしながら, インド洋赤道付近の漁場については, 井上, 岩崎 (1969) により, 熱赤道の位置という海況条件が漁場の位置に作用していることが知られている。このような情報を導入することにより, 漁場位置についてのエントロピーを減らすことができよう (山中, 1975)。

以下, 前節にのべた漁期の場合と同様に, 各々の例についての結果 (付表 2) を, $P \geq 0.5$ を気候学的に正, $P < 0.5$ を負として整理すると, 以下のようになる。() はエントロピーの減少。

| | 適 中 | 不適中 |
|--------|------------|------------|
| 気候学的に正 | 4 例(0.682) | 1 例(1.493) |
| 気候学的に負 | 3 例(1.318) | 6 例(0.510) |

適中率は全体として 50%, 気候学的正のとき 80%, 負のとき 33% で前節と同じく求めた χ^2 の値は, 1.75 であり, $\alpha = 0.05$ では有意でない。したがって気候学的に正なるものが適中しやすいとばかりはいえない。また情報量を求めるに当り, 漁期の場合は考えうる事象系の要素の数が四半期を単位としてすべて 4 で一定していたのに対し, 漁場については, 事象系の要素の数が場合により異なっているので, 数量的比較は容易でない。

また, 気候学的に負で, しかも適中した 3 例のうち, (付表 2, No. 4. 大西洋メバチ 7 月) の場合, $P = 0.44 < 0.5$ であるが, “起こり得る多くの場合のうち, 起こり得る確からしさが最大の” 推定であるが, あとの 2 例は必ずしもそうはいえない。また “負で不適中” の中に予想を “確からしいもの” に変えることにより適中しただろうと考えられるものもなかった。

V 好漁，不漁年についての予想

これについては次の5例がある。

- (a) 5月：太平洋東部赤道域のメバチは本年は不漁年。
- (b) 6月：同じ。
- (c) 6月：カロリン，ギルバート諸島周辺のキハダは本年は不漁年。
- (d) 6月：ニューカレドニア周辺のピンナガは本年は不漁年。
- (e) 9月：東部太平洋のメバチは昨年より回復しつつあり。

これらについて，予想文にはその根拠は記されていないが，長期変動を基準にして考えてみると，実情は次のようになる。

(a)，(b)の2例について，1964年以降の通年の漁況指数を大きいものから順にならべると，64，66，67，69，68，70，65，72，(73)，71

となる。ここで64～69年は65年を除いて上位半分にあり，68年以降は69年を除いて下位半分にある。このことから73年は下位にあるということが考えられても妥当であろう。事実これは適中していた。

(c)については同様漁況指数の順位は，

66，69，65，69，70，71，(73)，67，68，72

であり(a)，(b)と同様69年以前は67，68の2年を除き上位，70年以降は下位にあった。73年も同様である。

(d)順位は，67，66，65，64，68，69，72，70，(73)，71

で68年以降低位が続いている。

(e)は71年に比べ72年の方が上向いて回復のきざしをみせたが，73年は72年と殆んど同一であった。

以上の各例について年別の漁況指数を図示すると図1～3のようになる。詳細な時系列分析を行い，情報量についての数量的検討を行うには到らなかったが，この種の予想はすべてどのマグロ類にもみられる全般的な漁獲低下傾向を外挿して“不漁年”との予想を行い，これが適中したものであるとすれば，これは漁期，漁場における気候学的予想と共通の考えに立っている。但し，(e)の東部太平洋のキハダ回復という予想は，一

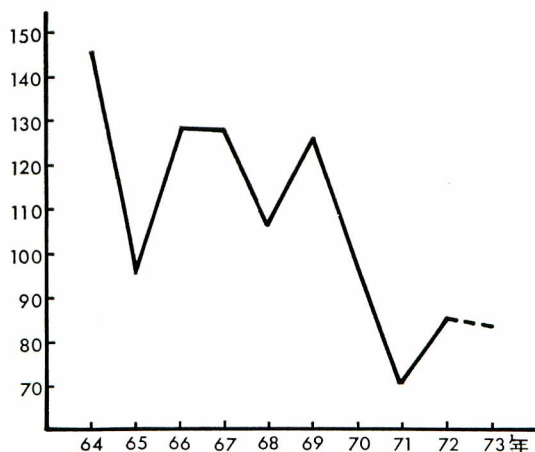


図1 東部太平洋(10°N～10°S, 95～135°W)キハダの漁況指数

Fig. 1. Abundance indices of the yellowfin tuna in the eastern Pacific, (10°N～10°S, 95～135°W).

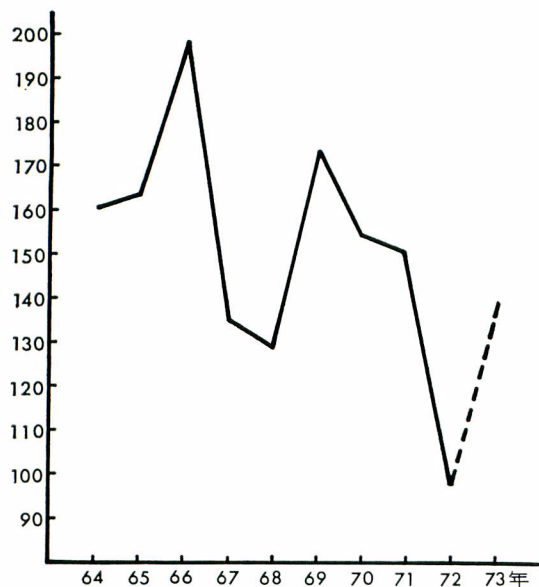


図 2 カロリン, ギルバート付近 (0~15°N, 130~180°E) キハダの漁況指数

Fig. 2. Abundance indices of the yellowfin tuna in Caroline and Gilbert Islands area.

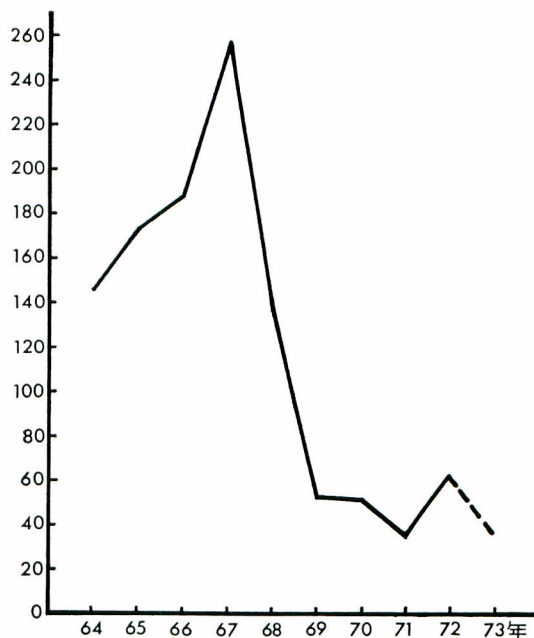


図 3 ニューカレドニア近海 (10~30°S, 155~180°E) ピンナガの漁況指数

Fig. 3. Abundance indices of the albacore in New Caledonian waters, (10~30°S, 155~180°E).

般的傾向とはやや異なり, その点では価値の高い情報であったが, 本格的な適中とはいえなかった。

VI 総合的考察

当初のべたように, ここで取扱った実例としての資料は, 1年間のうちの約半分にすぎず, しかも漁期, 漁場, 好漁年不漁年という組合せが全魚種全漁場について扱われているのではないので, 予想全般についての検討評価は困難であるが一応の採点を行うと表6のようになる。

表 6 1973 年マグロ漁況予測の適中情況

Table 6. Score table of the prediction of fishing condition of tuna in 1973.

| | 適 中 Success | | | | 不 適 中 Failure | | | | 計 Total | | | |
|-------------------------------------|----------------|---------------|--------------------|------------|------------------|---------------|--------------------|------------|---------------|---------------|--------------------|------------|
| | 漁 期 Season | 漁 場 Ground | 漁 況 Good or bad | 計 Total | 漁 期 Season | 漁 場 Ground | 漁 況 Good or bad | 計 Total | 漁 期 Season | 漁 場 Ground | 漁 況 Good or bad | 計 Total |
| 気候学的に正 Climatologically positive | 22 | 4 | 4 | 30 | 6 | 1 | 0 | 7 | 28 | 5 | 4 | 37 |
| 気候学的に負 Climatologically negative | 7 | 3 | 0 | 10 | 13 | 6 | 1 | 20 | 20 | 9 | 1 | 30 |
| 計 Total | 29 | 7 | 4 | 40 | 19 | 7 | 1 | 27 | 48 | 14 | 5 | 67 |

全体として単純計算を行うと適中率は、 $40/67=59.7\%$ 、気候学的に正のときは $30/37=81.1\%$ 、負のときは $10/30=33.3\%$ である。

漁期、漁場に関してはこれらのとり得る単位の数によってそのエントロピー量を異にする。漁期が時間のみを变量とする一次元的なものであるのに対し、漁場は2次元的な広がりをもつ。漁期を四半期より毎月に、漁場を 5° 区画から 1° 区画へというように細分すれば、夫々エントロピー量は増大する。したがって、また、これらについての適切な指針を与える情報は価値が高い。

気候学的に正 ($P \geq 0.5$) の予想はいはば常識的な予想である。この適中率は高いが、一方、このような知識は、一旦これを得ている相手に対しては、もはや新しい情報量を提供することは少ない。

漁期の場合のように、起こり得る事象数を一定 (例えば季節単位ならば4) とした場合に、気候学的に負である場合については、このような気候学的検討によって得られる情報量が少なく、したがって漁期についての残存エントロピー量が大きで、“予想困難”という状態になっている。このような場合、海況情報、たとえば漁場水温の変動等を漁期判断の資料として用い、海況情報を考えに入れた場合の漁期の複合エントロピー量を少なくするというような予想技術向上の途がある*。(取扱った予想ではこれが示されていないので検討できなかった)。漁場の予想についても同様であることは前節に示したとおりである。

気候学的に正で、しかも適中しないものについても同様なことがいえる。

Ⅶ 結 論

以上、ここで扱った例では、一応予想の60%が適中している。漁場、漁期とも“起こり得る場合”の数がかなり大であることを考えると、この適中率はかなり高く、漁況についてなにも判断資料がない場合に比べると、相当量の情報を与えている。しかし、気候学的予想による限りにおいては、表現方法を工夫して、“起こり得る場合”の数を少なくし、適中率を高めることはできるが、このような予想は、気候学的知識を一旦得た上では情報量の獲得には寄与しない。予想は、気候学的検討によって、減少した漁況についての残存エントロピーを、さらに減少させるように、毎年、毎漁期の特殊性を考え、海況等の要因を加えることにより、一般情報である気候学的予想から特殊情報の方向に進むべきである。

Ⅷ 文 献

- 井上元男, 岩崎行伸 1969: インド洋の海面熱赤道とキハダ及びキハダと混獲されるメバチ漁場. 日水誌, 35 (10), 957~963.
- 鈴木英一 1973: 気象統計学. 314 pp., 地人書館, 東京.
- 山中一郎 1975: “漁海況論”の情報理論による検討 I. マグロの分布と海況についての検討例. 遠洋水研報, (13), 27~38.

* 好, 不漁の予想については、次のような情報が用いられていることを神奈川水試関係者から指摘された。すなわち、(1) ある年のある時期の漁況と次年のある時期の漁況との相関関係、(カロリン, ギルバート付近のキハダには9~2月の漁獲量と翌年2~8月のそれとの間に相関がある)、(2) 海況情報による予想(東部太平洋熱帯域メバチ, 中部インド洋熱帯域キハダ, ニューカレドニア周辺のビンナガ等では水温の低い年の年級量が大きである。但し、いずれも絶対的なものでなく、例外年もある。)

付表 1 漁期についての予想と

Appendix Table 1. Prediction and

| 番号 | 月 | 予 想 記 事 | 実 情 |
|----|----|------------------------------------|--|
| 1 | 5 | 東太平洋赤道以北, メバチ好漁末期 | 65, 68, 71 年はむしろⅢ期好漁; あとはⅡ期好漁末期 |
| 2 | " | 東太平洋赤道以南, 同上 | 65, 72 年はⅢ期好漁; あとは同上 |
| 3 | " | 東太平洋赤道以北キハダ好漁末期 | 72 年のみⅣ期好漁; あとはⅡ期が好漁末期 |
| 4 | " | 中西部太平洋熱帯域好漁初期 | 66 年はⅠ期; 64, 67, 68 年Ⅱ期; 65, 69 年Ⅲ期; 70, 71, 72 年はⅣ期が好漁初期 |
| 5 | " | 西インド洋キハダ好漁 | 64, 69 年Ⅰ期; 65 年Ⅲ期; あとはⅡ期好漁 |
| 6 | 6 | カロリン, ギルバード海域キハダ好漁 | 66, 68, 70, 72 年Ⅰ期; 64, 65 年Ⅱ期; 69 年Ⅲ期; 67, 71 年Ⅳ期が好漁 |
| 7 | " | 南アフリカ西岸ビンナガ好漁末期 | 64 年Ⅳ期; 66, 67 年Ⅲ期が好漁末期 |
| 8 | " | ニューカレドニア周辺ビンナガ盛期 | 67, 68, 71 年Ⅱ期; 他はⅢ期が最大 |
| 9 | " | マダカスカル南方ビンナガ好漁初期 | 68, 69 年Ⅰ期; 他はⅡ期が好漁初期 |
| 10 | 7 | インド洋洋心でキハダ好漁 | 71, 72 年Ⅲ期; 67 年Ⅰ期; 65, 68 年Ⅱ期; 64, 66, 69, 70 年はⅣ期が好漁 |
| 11 | " | マダカスカル南方ビンナガ好漁 | 68, 69 年Ⅰ期; 他はⅡ期好漁 |
| 12 | " | インド洋 30°S 線メバチ好漁 | 64 年Ⅳ期; 67 年Ⅱ期; 他はⅢ期が好漁 |
| 13 | " | インド洋 42°S 線ミナミマグロ好漁 | データ 66 年以降のみ, 67, 68, 72 年Ⅲ期; 66 年Ⅳ 期; 69, 70, 71 はⅡ期が好漁 |
| 14 | " | 太平洋洋心キハダ好漁 | 66 年Ⅰ期; 64, 68, 70, 72 年Ⅱ期; 65, 69, 71 年 Ⅲ期; 67 年Ⅳ期が好漁 |
| 15 | " | 太平洋洋心メバチ好漁 | 64, 65, 66, 68, 70 年Ⅰ期; 69, 71, 72 年Ⅱ期; 67 年 Ⅲ期が好漁 |
| 16 | " | メキシコ沖マカジキ好漁 | データ 67 年以降のみ, 71 年Ⅱ期; 他はⅢ期が好漁 |
| 17 | " | シドニー, ニューゼーランド沖 ミナミマグロ好漁 | データ 66 年以降のみ, 68, 70, 71, 72 年Ⅱ期; 66, 67, 69 年Ⅲ期が好漁 |
| 18 | " | ペルー沖メバチ最盛期 | 68 年以降全年Ⅲ期が最盛 |
| 19 | " | 20°S, 90°W の周辺好漁場となる | 66, 69, 70, 71, 72 年Ⅲ期; 他はⅣ期が好漁場 |
| 20 | " | " | 予想をⅡ期<Ⅲ期と解釈すれば全年Ⅲ期が好漁場 |
| 21 | " | 大西洋ダカール沖メバチ好漁 (5-25°N, 30°W 以東) | 65, 66, 70, 71, 72 年Ⅰ期; 64, 67, 69 年Ⅱ期; 68 年Ⅳ期が好漁 |
| 22 | " | モンテビデオ沖メバチ好漁 | 70, 72 年Ⅱ期; 68, 69, 71 年Ⅲ期; 64, 65, 66, 67 年Ⅳ期が好漁 |
| 23 | " | アンゴラ沖メバチ好漁 | 65, 68, 69, 71 年Ⅲ期; 他はⅣ期が好漁 |
| 24 | " | 北大西洋メバチ好漁 | 71 年Ⅰ期; 66, 68 年Ⅱ期; 69 年Ⅲ期; 他はⅣ期好漁 |
| 25 | " | メキシコ湾キハダ最盛期 | 64 年Ⅰ期; 71 年Ⅱ期; 他はⅢ期が最盛 |
| 26 | 9 | マダカスカル沖ビンナガ好漁期 | 68, 69 年Ⅱ期; 他はⅢ期が好漁 |
| 27 | " | ペルー沖メバチ漁期終了 | データ 68 年以降のみ, 全年でⅢ期>Ⅳ期 |
| 28 | " | 30°N 線 (太平洋) メバチ出廻る | 全年Ⅱ期を最少とし, Ⅲ期より増加 |
| 29 | " | 大西洋モンテビデオ沖にかわり ニューヨーク沖好漁 | (魚種不明) |
| 30 | 10 | マダカスカル沖ビンナガ引続き好漁 | Ⅳ期すべて漁獲低下 |
| 31 | " | 西部インド洋 5°N, 60°E のキハダ 好漁に転ず | Ⅲ期が最少でⅣ期好転は 71, 72 以外の全年; この 2 年はⅠ~Ⅱ期に漁況好転 |
| 32 | " | 太平洋 30°N のメバチ好漁に入る | 全年Ⅳ期最大 |

その検討結果(次頁へ続く)

actual state of fishing season.

(× は $P < 0.5$ の場合を示す)

| 番号 | 月 | P | H_1 | ΔH | 適中・不適中 | 記 事 |
|----|----|--------|-------|------------|--------|---------|
| 1 | 5 | 0.666 | 0.918 | 1.082 | 適 | |
| 2 | 〃 | 0.777 | 0.763 | 1.237 | 適 | |
| 3 | 〃 | 0.888 | 0.503 | 1.497 | 不 | IV 期好漁 |
| 4 | 〃 | ×0.333 | 1.889 | 0.111 | 不 | III 期好漁 |
| 5 | 〃 | 0.666 | 1.200 | 0.800 | 不 | IV 期好漁 |
| 6 | 6 | ×0.222 | 1.834 | 0.166 | 適 | |
| 7 | 〃 | 0.666 | 1.222 | 0.778 | 不 | III 期好漁 |
| 8 | 〃 | ×0.333 | 0.917 | 1.082 | 不 | III 期好漁 |
| 9 | 〃 | 0.777 | 0.763 | 1.237 | 適 | |
| 10 | 7 | ×0.222 | 1.881 | 0.119 | 不 | I 期好漁 |
| 11 | 〃 | 0.777 | 0.763 | 1.237 | 適 | |
| 12 | 〃 | 0.777 | 0.986 | 1.014 | 適 | |
| 13 | 〃 | ×0.428 | 1.426 | 0.574 | 不 | II 期好漁 |
| 14 | 〃 | ×0.333 | 1.752 | 0.248 | 適 | |
| 15 | 〃 | ×0.111 | 1.350 | 0.650 | 不 | I 期好漁 |
| 16 | 〃 | 0.833 | 0.649 | 1.351 | 不 | IV 期好漁 |
| 17 | 〃 | ×0.428 | 0.980 | 1.020 | 不 | II 期好漁 |
| 18 | 〃 | 1.000 | 0.000 | 2.000 | 適 | |
| 19 | 〃 | 0.555 | 0.470 | 1.530 | 適 | |
| 20 | 〃 | (1.000 | 0.000 | 2.000 | 適) | |
| 21 | 〃 | ×0.000 | 1.350 | 0.650 | 不 | I 期好漁 |
| 22 | 〃 | ×0.333 | 1.524 | 0.476 | 不 | I 期好漁 |
| 23 | 〃 | ×0.444 | 0.990 | 1.110 | 適 | |
| 24 | 〃 | ×0.111 | 1.655 | 0.345 | 不 | IV 期好漁 |
| 25 | 〃 | 0.777 | 0.986 | 1.014 | 適 | |
| 26 | 9 | 0.777 | 0.763 | 1.237 | 適 | |
| 27 | 〃 | 1.000 | 0.000 | 2.000 | 適 | |
| 28 | 〃 | 1.000 | 0.000 | 2.000 | 適 | |
| 29 | 〃 | ? | ? | ? | ? | |
| 30 | 10 | 0.000 | 0.763 | 1.237 | 不 | III 期好漁 |
| 31 | 〃 | 0.777 | 0.763 | 1.237 | 適 | |
| 32 | 〃 | 1.000 | 0.000 | 2.000 | 適 | |

| 番号 | 月 | 予 想 記 事 | 実 情 |
|----|----|--------------------------------------|---|
| 33 | // | ペルー沖メバチ漁期終了 | 全年一致, 9月の No. 27 と同じ |
| 34 | // | ニューヨーク沖メバチ本格的漁期入 | 71年Ⅰ期; 66, 68年Ⅱ期; 69年Ⅲ期; 他はⅣ期に入 |
| 35 | // | (ただし, Ⅲ期<Ⅳ期と解釈すれば) | (上記Ⅳ期に66, 71年が加わる) |
| 36 | // | ジャワ, オーストラリア北西キハダ 好漁 | 70年Ⅰ期; 68, 71年Ⅱ期; 72年Ⅲ期; 他はⅣ期 が好漁 |
| 37 | // | サンゴ海マカジキ好漁期に入る | データ67年以降のみ, 全年Ⅳ期に好漁入り |
| 38 | // | ニューファウンドランド沖一時休漁 | Ⅲ期が最少なのは71, 72年, 他はⅠ期が最少 |
| 39 | 11 | スマトラ南のキハダ, メバチはやや 早く12月に入らぬと期待できぬ | メバチのみでは65, 66, 67, 72年がⅣ期; 69年Ⅰ期; 68, 71年Ⅱ期; 64, 70年Ⅲ期 (両種合せれば72年 Ⅰ期; 67, 70年Ⅲ期; 66, 69年Ⅳ期; 他はⅡ期) |
| 40 | // | // | |
| 41 | // | サンゴ海マカジキ好漁 | 前月 No. 37 と同じ |
| 42 | // | シロカワ活ばつ | データなし |
| 43 | // | 部太平洋赤道域メバチ漁獲あり | 好漁期とすれば64, 65, 70年Ⅰ期; 63, 67, 72年 Ⅱ期; 68, 69年Ⅲ期; 71年Ⅳ期 |
| 44 | // | 東部太平洋7—10°N, 110—85°Wに キハダあり | 好漁期とすれば, 69, 70, 71, 72年Ⅰ期; 67, 68年 Ⅱ期; 64, 66年Ⅲ期; 65年Ⅳ期 |
| 45 | 12 | ジャワ, オーストラリアNWキハ ダ好漁 | 10月の No. 36 と同じ |
| 46 | // | スマトラ沖8—10°Sでメバチ, キ ハダ好漁 | No. 40 と同じ |
| 47 | // | 太平洋サンゴ海マカジキ終了 | 67年以降全年 |
| 48 | // | メキシコ湾マカジキ盛期を過ぎた | データ67年以降のみ, 71年以外はⅢ期>Ⅳ期 |
| 49 | // | 太平洋30°Nメバチ盛期に入る | いずれもⅠ期最大, Ⅲ期<Ⅳ期, “好漁に入る” とみなし得る |
| 50 | // | グランドバンクのメバチ盛期 | 71年Ⅰ期; 68年Ⅱ期; 64, 67, 69年Ⅲ期; 他はⅣ期 |

| 番号 | 月 | P | H_1 | ΔH | 適中・不適中 | 記 事 |
|----|----|----------------|-------|------------|--------|----------------------|
| 33 | 10 | 1.000 | 0.000 | 2.000 | 適 | |
| 34 | " | 0.555 | 1.655 | 0.345 | 適 | |
| 35 | " | (0.777 | 0.986 | 1.014 | 適) | |
| 36 | " | 0.555 | 1.655 | 0.345 | 不 | II 期好漁 |
| 37 | " | 1.000 | 0.000 | 2.000 | 適 | |
| 38 | " | 0.000 | 1.222 | 0.778 | 不 | III 期最少 |
| 39 | 11 | $\times 0.444$ | 1.834 | 0.166 | 不 | III 期最大 |
| 40 | " | $\times 0.222$ | 1.834 | 0.166 | 適 | |
| 41 | " | 1.000 | 0.000 | 2.000 | 適 | |
| 42 | " | ? | ? | ? | ? | |
| 43 | " | $\times 0.111$ | 1.889 | 0.111 | 不 | I 期好漁 |
| 44 | " | $\times 0.111$ | 1.834 | 0.166 | 適 | |
| 45 | 12 | 0.555 | 1.655 | 0.345 | 不 | II 期好漁 IV 期もひきつづく |
| 46 | " | $\times 0.222$ | 1.834 | 0.166 | 適 | |
| 47 | " | 1.000 | 0.000 | 2.000 | 適 | |
| 48 | " | 0.833 | 0.648 | 1.352 | 適 | |
| 49 | " | 1.000 | 0.000 | 2.000 | 適 | |
| 50 | " | $\times 0.444$ | 1.752 | 0.248 | 適 | |

付表 2 漁場についての予想と
Appendix Table 2. Prediction and

| 番号 | 月 | 予 想 記 事 | 実 情 |
|----|----|---|--|
| 1 | 7 | インド洋 30°S 線のメバチ東西に最広 | 64 年以外はそのとおり |
| 2 | 〃 | 同上漁場中心は東で 26—30°S | 69, 71 年以外は合致 |
| 3 | 〃 | 同上漁場中心は西で 30—35°S | 25—30°, 30—35°S が半々 |
| 4 | 〃 | 大西洋のメバチは 40—45°N, 50°W を中心に形成される | 55—50° 50—45° 45—40°W 全年を通じ 45—50°N 1 0 0 40—45°N 2 4 2 |
| 5 | 9 | 西部インド洋キハダ 5°N, 60°E を 中心 | 45—50 50—55 55—60 60—65 65—70°E 0—5°N 0 0 2 1 3 0—5°S 2 0 1 0 0 |
| 6 | 〃 | 太平洋東部メバチ, エクアドルから ガラパゴス沖まで拡大 | ガラパゴス沖までという表現があいまいなので, 具 体的には不明 |
| 7 | 〃 | 5°S, 110°W に好漁場ができる | 95 100 105 110 115 120 125 130 135°W 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃 5—10°S 0 1 5 1 0 1 1 0 1 |
| 8 | 〃 | ダカール沖メバチ西に拡大 50°W に 達す | 漁場西縁 —50 —45 —40 —35 —30 —25°W 1 2 3 0 1 2 |
| 9 | 〃 | 同じく 9 月より沿岸に縮小 | 64, 70, 71, 72 年は縮小; 他は縮小せず |
| 10 | 〃 | アンゴラ沖ではベンゲラ海流 10—15°S, 1°W—20°E 域で好漁 | 15—10 10—5 5—0°W 0—5 5—10°E 0—5°S 0 0 0 2 0 5—10 1 0 1 0 0 10—15 0 0 0 2 2 15—20 0 0 0 1 0 |
| 11 | 10 | カリホルニア沖マカジキ沿岸に縮小 | 71 年を除き 67 年以降 III 期より IV 期が沿岸に縮小 |
| 12 | 〃 | ダカール沖ではメバチ沿岸よりになる | 9 月の No. 9 と同じ |
| 13 | 〃 | アンゴラ沖ではメバチ沖合に拡大 | 64, 71 年のみ III 期より IV 期が西に寄る |
| 14 | 12 | スマトラ沖キハダ西進してスリラン カに達す | 毎年 |
| 15 | 〃 | 北太平洋 35°N 線メバチの中心は 30—35°N, 150°E | 155~ 150~ 145~ 140°E~ 35—40°N 1 2 4 1 30—35 1 0 0 0 |

その検討結果

actual state of fishing ground.

(× は $P < 0.5$ の場合を示す)

| 番号 | 月 | P | H_0 | H_1 | ΔH | 適中・不適中 | 記 事 |
|----|----|--------|-------|-------|------------|--------|---------------------------|
| 1 | 7 | 0.888 | 2.000 | 0.503 | 1.497 | 不 | Ⅲ 期が最も広い |
| 2 | 〃 | 0.777 | 1.584 | 0.760 | 0.824 | 適 | |
| 3 | 〃 | 0.500 | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 適 | |
| 4 | 〃 | ×0.444 | 2.583 | 1.834 | 0.749 | 適 | |
| 5 | 9 | ×0.222 | 3.320 | 2.194 | 1.126 | 適 | |
| 6 | 〃 | ? | ? | ? | ? | ? | |
| 7 | 〃 | ×0.444 | 3.168 | 2.280 | 0.888 | 不 | 125°W に形成 |
| 8 | 〃 | ×0.333 | 2.583 | 2.194 | 0.386 | 不 | 漁獲なし |
| 9 | 〃 | ×0.444 | 1.000 | 0.990 | 0.010 | 不 | 縮小せず |
| 10 | 〃 | ×0.222 | 4.320 | 2.241 | 2.079 | 適 | |
| 11 | 10 | 0.833 | 1.683 | 0.648 | 0.904 | 適 | 拡大, 持合, 縮小の選択岐を考慮 縮小せず |
| 12 | 〃 | ×0.444 | 1.000 | 0.990 | 0.010 | 不 | |
| 13 | 〃 | ×0.222 | 1.584 | 0.760 | 0.824 | 不 | 選択岐は No. 11 に同じ |
| 14 | 12 | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 1.000 | 適 | 西進か否かのみ選択 |
| 15 | 〃 | ×0.222 | 3.000 | 2.057 | 0.943 | 不 | 実際は 155—160°E, 30—35°N |