

神奈川県横須賀市大楠漁業協同組合で水揚された マダイの年齢組成の推定方法について

相澤 康・倉田 健太郎

Method of Estimating Age Composition of Red Sea Bream (*Pagrus major*)
at Ogusu fishing Coopelation, Kanagawa Prefecture.

Yasushi AIZAWA*, and Kentaro KURATA**

はじめに

マダイ (*Pagrus major*) は神奈川県の沿岸漁業において最も重要な魚種の一つで、栽培漁業対象種として資源培養のため1978年から毎年80~100万尾の種苗が放流されている(1996)¹⁾。

本県におけるマダイ資源生態及び種苗放流効果を把握するため、県下の主要10市場を水産総合研究所職員が定期的に巡回して(以下、市場調査という)、水揚されたマダイの放流魚の識別と尾叉長を測定している。この結果から、放流魚の混獲率と回収率を推定するとともに、尾叉長を年齢に変換してマダイの年齢組成を推定している(1996)¹⁾。混獲率、回収率は放流効果の評価にとって重要なパラメータである。一方、年齢組成は資源生態の数量的解析には不可欠のパラメータで、この重要性はマダイ等の栽培漁業対象種の限りではない。

魚類の年齢組成の推定法については、多くの研究があり久保・吉原(1969)²⁾、田中(1985)³⁾、能勢ら(1988)⁴⁾、松宮(1996)⁵⁾のレビューにより紹介されている。真子・松宮(1977)⁶⁾は、コンピュータで反復計算することで銘柄別漁獲量から年齢組成を推定する方法を開発している(以下、反復法という)。

現在、当所では、成長式に尾叉長を代入してマダイの年齢を推定しているが、この場合市場調査による測定データが必要である。一方、市場で集計している水揚量、尾数は全体を把握しているので、そこから年齢別水揚量・尾数を推定できれば市場調査の結果と併せて更に多くの情報を得ることができる。この方法は銘柄別水揚量と年齢別銘柄組成が整っていればどの水産生物にも応用できる。また、当所では、農林水産情報システム整備事業の一環で、県内各市場からの水揚データをオンラインで収集する予定であり、これから年齢別水揚量が推定できれば、調査に多大な労力を払わずとも資源解析上重要な情報を得られるので、本報では、マダイを材料として、いくつかの年齢推定法を比較し、その実用性について検

討を試みた。

材料及び方法

本報では、銘柄区分が整っている横須賀市大楠漁業協同組合佐島支所(以下、佐島支所という)のマダイの銘柄別水揚データと同市場における市場調査データを用いた。

期間は、1993年から1997年の5カ年で、1月から12月の暦年で集計した。なお、1997年については1月から5月までとした。

市場調査による推定

水産総合研究所の職員が定期的に市場に巡回し、水揚されたマダイの尾叉長を測定した。調査頻度は原則として、1週間に2回とした。調査時に確認できたマダイはなるべく全数測定することを配慮したが、必ずしも調査当日に水揚されたマダイを全数測定したわけではない。

年齢区分は今井(1996)¹⁾に従い、von Bertalanffyの成長式(1)を(2)式に変換して、尾叉長(L)を代入して年齢(T)を求め(以下、成長式変換という)、四捨五入して切断法による年齢区分を行った。計算はLotus123により行った。

$$L(T) = 81.63 \cdot (1 - \exp(-0.1313 \cdot (T - (-1.084)))) \quad (1)$$

$$T = \text{LN}(1 - (L / 81.63) / -0.1313) - 1.084 \quad (2)$$

反復法

佐島支所の水揚データには銘柄、尾数、総重量他が記録されているが、銘柄は体重による区分なので、今井(1996)¹⁾の得た体重(W)と尾叉長(L)の関係式(3)により、尾叉長区分に変換した(表1)。

$$W = 2.51 \cdot L^{2.792} \quad (3)$$

年齢別の平均尾叉長と標準偏差は、1993年から1997

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | |
|----|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----|---|----------|
| 1 | Sheet1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | Σ X | N | |
| 5 | 銘柄(尾叉長) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | Total | | | |
| 6 | 小小 | | | | | | =SUM(C5:G5) | | | 銘柄別(尾叉長) |
| 7 | 小 | | | | | | =SUM(C6:G6) | | | 水揚げ尾数を |
| 8 | 中 | | | | | | =SUM(C7:G7) | | | 入力する。 |
| 9 | 大 | | | | | | =SUM(C8:G8) | | | |
| 10 | 大大 | | | | | | =SUM(C9:G9) | | | |
| 11 | Total | =SUM(C5:C9) | =SUM(D5:D9) | =SUM(E5:E9) | =SUM(F5:F9) | =SUM(G5:G9) | =SUM(H5:H9) | | | |
| 12 | | | | | | | | | | |
| 13 | | =C5*\$I5/\$H5 | =D5*\$I5/\$H5 | =E5*\$I5/\$H5 | =F5*\$I5/\$H5 | =G5*\$I5/\$H5 | | | | |
| 14 | | =C6*\$I6/\$H6 | =D6*\$I6/\$H6 | =E6*\$I6/\$H6 | =F6*\$I6/\$H6 | =G6*\$I6/\$H6 | | | | |
| 15 | | =C7*\$I7/\$H7 | =D7*\$I7/\$H7 | =E7*\$I7/\$H7 | =F7*\$I7/\$H7 | =G7*\$I7/\$H7 | | | | |
| 16 | | =C8*\$I8/\$H8 | =D8*\$I8/\$H8 | =E8*\$I8/\$H8 | =F8*\$I8/\$H8 | =G8*\$I8/\$H8 | | | | |
| 17 | | =C9*\$I9/\$H9 | =D9*\$I9/\$H9 | =E9*\$I9/\$H9 | =F9*\$I9/\$H9 | =G9*\$I9/\$H9 | | | | |
| 18 | | =SUM(C13:C17) | =SUM(D13:D17) | =SUM(E13:E17) | =SUM(F13:F17) | =SUM(G13:G17) | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | |
| 21 | | =C5/C\$10 | =D5/D\$10 | =E5/E\$10 | =F5/F\$10 | =G5/G\$10 | | | | |
| 22 | | =C6/C\$10 | =D6/D\$10 | =E6/E\$10 | =F6/F\$10 | =G6/G\$10 | | | | |
| 23 | | =C7/C\$10 | =D7/D\$10 | =E7/E\$10 | =F7/F\$10 | =G7/G\$10 | | | | |
| 24 | | =C8/C\$10 | =D8/D\$10 | =E8/E\$10 | =F8/F\$10 | =G8/G\$10 | | | | |
| 25 | | =C9/C\$10 | =D9/D\$10 | =E9/E\$10 | =F9/F\$10 | =G9/G\$10 | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | |
| 29 | 銘柄(尾叉長) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | Total | | | |
| 30 | 小小 | =C\$18*C21 | =D\$18*D21 | =E\$18*E21 | =F\$18*F21 | =G\$18*G21 | =SUM(C30:G30) | | | |
| 31 | 小 | =C\$18*C22 | =D\$18*D22 | =E\$18*E22 | =F\$18*F22 | =G\$18*G22 | =SUM(C31:G31) | | | |
| 32 | 中 | =C\$18*C23 | =D\$18*D23 | =E\$18*E23 | =F\$18*F23 | =G\$18*G23 | =SUM(C32:G32) | | | |
| 33 | 大 | =C\$18*C24 | =D\$18*D24 | =E\$18*E24 | =F\$18*F24 | =G\$18*G24 | =SUM(C33:G33) | | | |
| 34 | 大大 | =C\$18*C25 | =D\$18*D25 | =E\$18*E25 | =F\$18*F25 | =G\$18*G25 | =SUM(C34:G34) | | | |
| 35 | Total | =SUM(C30:C34) | =SUM(D30:D34) | =SUM(E30:E34) | =SUM(F30:F34) | =SUM(G30:G34) | =SUM(H30:H34) | | | |
| 36 | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | |

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | |
|----|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---|---|-------------|
| 1 | Sheet2 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | |
| 5 | 銘柄(尾叉長) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | Total | | | |
| 6 | 小小 | =Sheet1!C30 | =Sheet1!D30 | =Sheet1!E30 | =Sheet1!F30 | =Sheet1!G30 | =SUM(C5:G5) | | | =Sheet1!H30 |
| 7 | 小 | =Sheet1!C31 | =Sheet1!D31 | =Sheet1!E31 | =Sheet1!F31 | =Sheet1!G31 | =SUM(C6:G6) | | | =Sheet1!H31 |
| 8 | 中 | =Sheet1!C32 | =Sheet1!D32 | =Sheet1!E32 | =Sheet1!F32 | =Sheet1!G32 | =SUM(C7:G7) | | | =Sheet1!H32 |
| 9 | 大 | =Sheet1!C33 | =Sheet1!D33 | =Sheet1!E33 | =Sheet1!F33 | =Sheet1!G33 | =SUM(C8:G8) | | | =Sheet1!H33 |
| 10 | 大大 | =Sheet1!C34 | =Sheet1!D34 | =Sheet1!E34 | =Sheet1!F34 | =Sheet1!G34 | =SUM(C9:G9) | | | =Sheet1!H34 |
| 11 | Total | =SUM(C5:C9) | =SUM(D5:D9) | =SUM(E5:E9) | =SUM(F5:F9) | =SUM(G5:G9) | =SUM(H5:H9) | | | |
| 12 | | | | | | | | | | |
| 13 | | =C5*\$I5/\$H5 | =D5*\$I5/\$H5 | =E5*\$I5/\$H5 | =F5*\$I5/\$H5 | =G5*\$I5/\$H5 | | | | |
| 14 | | =C6*\$I6/\$H6 | =D6*\$I6/\$H6 | =E6*\$I6/\$H6 | =F6*\$I6/\$H6 | =G6*\$I6/\$H6 | | | | |
| 15 | | =C7*\$I7/\$H7 | =D7*\$I7/\$H7 | =E7*\$I7/\$H7 | =F7*\$I7/\$H7 | =G7*\$I7/\$H7 | | | | |
| 16 | | =C8*\$I8/\$H8 | =D8*\$I8/\$H8 | =E8*\$I8/\$H8 | =F8*\$I8/\$H8 | =G8*\$I8/\$H8 | | | | |
| 17 | | =C9*\$I9/\$H9 | =D9*\$I9/\$H9 | =E9*\$I9/\$H9 | =F9*\$I9/\$H9 | =G9*\$I9/\$H9 | | | | |
| 18 | | =SUM(C13:C17) | =SUM(D13:D17) | =SUM(E13:E17) | =SUM(F13:F17) | =SUM(G13:G17) | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | |
| 21 | | =C5/C\$10 | =D5/D\$10 | =E5/E\$10 | =F5/F\$10 | =G5/G\$10 | | | | |
| 22 | | =C6/C\$10 | =D6/D\$10 | =E6/E\$10 | =F6/F\$10 | =G6/G\$10 | | | | |
| 23 | | =C7/C\$10 | =D7/D\$10 | =E7/E\$10 | =F7/F\$10 | =G7/G\$10 | | | | |
| 24 | | =C8/C\$10 | =D8/D\$10 | =E8/E\$10 | =F8/F\$10 | =G8/G\$10 | | | | |
| 25 | | =C9/C\$10 | =D9/D\$10 | =E9/E\$10 | =F9/F\$10 | =G9/G\$10 | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | |
| 29 | 銘柄(尾叉長) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | Total | | | |
| 30 | 小小 | =C\$18*C21 | =D\$18*D21 | =E\$18*E21 | =F\$18*F21 | =G\$18*G21 | =SUM(C30:G30) | | | |
| 31 | 小 | =C\$18*C22 | =D\$18*D22 | =E\$18*E22 | =F\$18*F22 | =G\$18*G22 | =SUM(C31:G31) | | | |
| 32 | 中 | =C\$18*C23 | =D\$18*D23 | =E\$18*E23 | =F\$18*F23 | =G\$18*G23 | =SUM(C32:G32) | | | |
| 33 | 大 | =C\$18*C24 | =D\$18*D24 | =E\$18*E24 | =F\$18*F24 | =G\$18*G24 | =SUM(C33:G33) | | | |
| 34 | 大大 | =C\$18*C25 | =D\$18*D25 | =E\$18*E25 | =F\$18*F25 | =G\$18*G25 | =SUM(C34:G34) | | | |
| 35 | Total | =SUM(C30:C34) | =SUM(D30:D34) | =SUM(E30:E34) | =SUM(F30:F34) | =SUM(G30:G34) | =SUM(H30:H34) | | | |
| 36 | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | |

図1 反復法のワークシート

年の県下主要 10 ヲ所の市場調査データを用いた。尾叉長頻度分布から(1)式を参考にしながらの堤・田中の方法(1987)⁷⁾(以下、多峰解析という)を用いて求めた。銘柄区分と年齢別尾叉長、標準偏差から年齢別銘柄組成を

求め、Lotus123 により真子・松宮(1977)⁶⁾の(4)式を計算して(図1)、年齢組成を推定した。計算の反復回数は 20 回として、計算の収束状況は真子・松宮に従って(5)式、即ち年齢別個体数の偏差の平方和で評価した。

$$X_{ij+k-1} = \sum_{j=1}^n (X_{ijk} \cdot \frac{N_{\cdot j}}{\sum_{i=1}^m X_{ijk}}) \cdot \frac{X_{ijk}}{\sum_{j=1}^n X_{ijk}} \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m (N_{ik} - N_{i(k-1)})^2 \quad (5)$$

- N_{·j} : 銘柄 j の水揚尾数
- k : 反復回数を表わす添字
- m : 年齢の層数
- n : 銘柄 (或いは尾叉長) の層数
- i : 年齢を表わす添字
- j : 銘柄 (或いは尾叉長) を表わす添字
- X_{ij} : 年齢 i, 銘柄 j の個体数 (或いは年齢別の銘柄組成)

併せて、尾叉長による年齢区分も切断法と反復法と比較するため、前記の銘柄を尾叉長に置き換え、同様の手順で計算した。

表1 佐島支所における銘柄基準と推定尾叉長範囲

| | 体量範囲 | | 推定尾叉長範囲* | |
|----|------|------|----------|-------|
| | 最小 | 最大 | 最小 | 最大 |
| 特小 | | 0.19 | | 20.53 |
| 小小 | 0.20 | 0.50 | 20.54 | 28.14 |
| 小 | 0.51 | 0.89 | 28.15 | 34.07 |
| 中小 | 0.90 | 1.29 | 34.08 | 38.56 |
| 中 | 1.30 | 2.60 | 38.57 | 48.75 |
| 中大 | 2.61 | 3.50 | 48.76 | 53.86 |
| 大 | 3.51 | 4.50 | 53.87 | 58.60 |
| 大々 | 4.51 | 5.59 | 58.61 | 63.03 |
| 特大 | 5.60 | | 63.04 | |

注) *体重と尾叉長の関係式より換算した。

結 果

初期計算条件

多峰解析により得た年齢別平均尾叉長、標準偏差を図2、表2に示す。併せて、成長式変換により得た尾叉長範囲、中央値を表2に示す。前者は反復法、後者は切断法の初期計算条件となる。両者の平均尾叉長と尾叉長中央値には若干のずれが見られた。一般に平均尾叉長と標準偏差は比例するが、多峰解析の結果は比例しておらず、不自然な結果となった。

また、この平均尾叉長及び標準偏差から年齢別銘柄組成と年齢別尾叉長組成を得た(表3、4)。

表2 マダイの年齢別尾叉長

| 年齢 | 多峰解析による | | 成長式変換による | |
|----|---------|------|----------|------|
| | 尾叉長 | 標準偏差 | 中央値 | 範囲 |
| 0 | 13.99 | 1.48 | | 15.3 |
| 1 | 21.98 | 2.27 | 19.40 | 23.4 |
| 2 | 27.61 | 2.52 | 27.05 | 30.6 |
| 3 | 33.76 | 2.75 | 33.80 | 36.9 |
| 4 | 39.56 | 1.93 | 39.70 | 42.4 |
| 5 | 44.44 | 1.89 | 44.85 | 47.2 |
| 6 | 48.84 | 2.02 | 49.35 | 51.4 |
| 7 | 53.05 | 1.56 | 53.30 | 55.1 |
| 8 | 56.66 | 1.01 | 56.80 | 58.4 |
| 9 | 59.66 | 1.71 | 59.95 | 61.4 |
| 10 | 66.37 | 3.87 | | 61.5 |

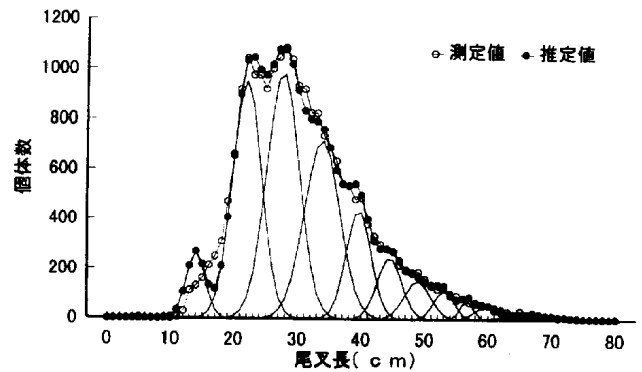


図2 市場調査で測定した神奈川県下 10 市場のマダイ尾叉長頻度分布 (1993 ~ 1997) と多峰解析による年齢別平均尾叉長と標準偏差の推定値

計算結果

尾叉長データを基に切断法(以下、尾叉長-切断法という)と反復法(以下、尾叉長-反復法という)により推定した年齢組成と、銘柄別水揚尾数を基に反復法(以下、銘柄 反復法という)で推定した年齢組成を表5、図3に示した。

図3から判断する限り尾叉長-切断法、尾叉長-反復法はほぼ一致した結果が得られた。しかし、尾叉長-反復法においては2歳魚が過小に(或いは尾叉長-切断法においては過大に)、3歳魚が過大に(或いは尾叉長-切断法においては過小に)推定される傾向が見られた。1993年、1995年はこの傾向が著しく、年齢別個体数の偏差の平方和も収束が悪かった(図4)。

一方、銘柄-反復法により推定した年齢組成は、前2法と比較すると、1994年、1995年及び1997年は類似したが、1993年と1996年とは一致しなかった(図3)。また、1993年と1994年は、2歳魚が過大に推定され3歳魚は0尾に向かって収束する傾向が見られ、偏差の平方和も収束が悪かった(図5)。

考 察

真子・松宮(1977)⁶⁾の年齢組成推定については、既にBasicプログラムが供給されている(1993)⁸⁾。今回、著者らはLotus123を用いて計算した。Basicプログラムを使用する場合は、ある程度プログラムを習熟する必要がある。現在普及しているDOS-VやWindowsソフトの環境上では使い易くなく、また、計算過程が確認できない(1997)⁹⁾。Lotus123はこれら欠点がなく、加えてLotus123以外の表計算ソフト上でも使用可能で、計算結果の図表化が容易である。使用方法は、ワークシートに年齢 銘柄(尾叉長)関連表を作成し1枚で1回の計算を行い、ワークシートをコピーして、その枚数で反復

表3 マダイの年齢別銘柄組成と佐島支所における銘柄別水揚尾数

| 年齢 銘柄 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 年別銘柄別水揚尾数 | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|------|------|------|
| | | | | | | | | | | | | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 |
| 特小 | 1.000 | 0.264 | 0.002 | | | | | | | | | 114 | 56 | 520 | 874 | 258 |
| 小小 | | 0.733 | 0.581 | 0.021 | | | | | | | | 1731 | 5283 | 1609 | 1925 | 383 |
| 小 | | 0.003 | 0.412 | 0.527 | 0.002 | | | | | | | 1098 | 1858 | 1430 | 1409 | 419 |
| 中小 | | | 0.005 | 0.412 | 0.303 | | | | | | | 1413 | 1093 | 1187 | 1327 | 438 |
| 中 | | | | 0.040 | 0.695 | 0.989 | 0.484 | 0.003 | | | | 1917 | 2244 | 1501 | 1921 | 889 |
| 中大 | | | | | | 0.011 | 0.510 | 0.699 | 0.003 | | | 302 | 422 | 220 | 293 | 185 |
| 大 | | | | | | | 0.006 | 0.298 | 0.970 | 0.271 | 0.002 | 199 | 233 | 137 | 171 | 74 |
| 大大 | | | | | | | | | 0.027 | 0.075 | 0.173 | 102 | 115 | 63 | 53 | 45 |
| 特大 | | | | | | | | | | 0.024 | 0.805 | 59 | 94 | 40 | 53 | 22 |
| 計 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6935 | 11398 | 6707 | 8026 | 2713 |

表4 マダイの年齢別尾叉長 (FL) 組成と佐島支所市場調査による年別尾叉長組成

| 年齢 FL(cm) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 市場調査による年別尾叉長組成 | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|------|------|------|------|-----|
| | | | | | | | | | | | | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | |
| 8 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | |
| 9 | 0.001 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 0.007 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 0.034 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 0.109 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | |
| 13 | 0.216 | | | | | | | | | | | | 2 | | | | |
| 14 | 0.270 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | |
| 15 | 0.214 | 0.002 | | | | | | | | | | | | 8 | 1 | 1 | |
| 16 | 0.107 | 0.005 | | | | | | | | | | | 5 | 8 | 2 | 2 | |
| 17 | 0.034 | 0.016 | | | | | | | | | | | 6 | 11 | 2 | 7 | |
| 18 | 0.007 | 0.038 | | | | | | | | | | | 20 | 17 | 4 | 3 | |
| 19 | 0.001 | 0.074 | | | | | | | | | | | 34 | 16 | 18 | 1 | |
| 20 | | 0.120 | 0.002 | | | | | | | | | | 50 | 9 | 22 | 1 | |
| 21 | | 0.160 | 0.005 | | | | | | | | | | 69 | 11 | 35 | 1 | |
| 22 | | 0.176 | 0.013 | | | | | | | | | | 48 | 12 | 43 | 1 | |
| 23 | | 0.158 | 0.030 | | | | | | | | | | 47 | 24 | 30 | 12 | |
| 24 | | 0.118 | 0.057 | | | | | | | | | | 26 | 30 | 33 | 14 | |
| 25 | | 0.073 | 0.093 | 0.001 | | | | | | | | | 30 | 53 | 40 | 26 | |
| 26 | | 0.037 | 0.129 | 0.003 | | | | | | | | | 31 | 484 | 41 | 25 | |
| 27 | | 0.015 | 0.154 | 0.007 | | | | | | | | | 23 | 97 | 30 | 28 | |
| 28 | | 0.005 | 0.156 | 0.016 | | | | | | | | | 33 | 118 | 38 | 41 | |
| 29 | | 0.002 | 0.136 | 0.032 | | | | | | | | | 22 | 107 | 40 | 41 | |
| 30 | | | 0.101 | 0.057 | | | | | | | | | 33 | 64 | 35 | 60 | |
| 31 | | | 0.064 | 0.088 | | | | | | | | | 48 | 81 | 44 | 67 | |
| 32 | | | 0.035 | 0.118 | | | | | | | | | 48 | 54 | 55 | 88 | |
| 33 | | | 0.016 | 0.140 | 0.001 | | | | | | | | 60 | 63 | 74 | 83 | |
| 34 | | | 0.006 | 0.145 | 0.003 | | | | | | | | 76 | 59 | 89 | 64 | |
| 35 | | | 0.002 | 0.131 | 0.013 | | | | | | | | 65 | 41 | 83 | 79 | |
| 36 | | | 0.001 | 0.104 | 0.038 | | | | | | | | 80 | 75 | 80 | 64 | |
| 37 | | | | 0.072 | 0.086 | | | | | | | | 75 | 40 | 72 | 71 | |
| 38 | | | | 0.044 | 0.149 | 0.001 | | | | | | | 75 | 51 | 46 | 68 | |
| 39 | | | | 0.024 | 0.198 | 0.003 | | | | | | | 65 | 41 | 52 | 72 | |
| 40 | | | | 0.011 | 0.201 | 0.013 | | | | | | | 78 | 63 | 40 | 89 | |
| 41 | | | | 0.005 | 0.156 | 0.040 | | | | | | | 64 | 65 | 40 | 87 | |
| 42 | | | | 0.002 | 0.093 | 0.092 | 0.001 | | | | | | 44 | 56 | 35 | 54 | |
| 43 | | | | | 0.042 | 0.158 | 0.003 | | | | | | 38 | 43 | 27 | 47 | |
| 44 | | | | | 0.015 | 0.205 | 0.011 | | | | | | 32 | 33 | 36 | 53 | |
| 45 | | | | | 0.004 | 0.202 | 0.032 | | | | | | 36 | 42 | 23 | 39 | |
| 46 | | | | | 0.001 | 0.150 | 0.074 | | | | | | 37 | 25 | 20 | 32 | |
| 47 | | | | | | 0.084 | 0.130 | | | | | | 34 | 30 | 17 | 26 | |
| 48 | | | | | | 0.036 | 0.181 | 0.001 | | | | | 28 | 29 | 23 | 23 | |
| 49 | | | | | | 0.012 | 0.197 | 0.009 | | | | | 22 | 27 | 21 | 27 | |
| 50 | | | | | | 0.003 | 0.167 | 0.038 | | | | | 20 | 25 | 15 | 18 | |
| 51 | | | | | | 0.001 | 0.112 | 0.108 | | | | | 13 | 28 | 12 | 18 | |
| 52 | | | | | | | 0.058 | 0.204 | | | | | 20 | 16 | 12 | 18 | |
| 53 | | | | | | | 0.024 | 0.256 | 0.001 | | | | 19 | 14 | 12 | 19 | |
| 54 | | | | | | | 0.008 | 0.212 | 0.012 | 0.001 | | | 10 | 19 | 11 | 12 | |
| 55 | | | | | | | 0.002 | 0.117 | 0.102 | 0.006 | 0.001 | | 9 | 15 | 11 | 9 | |
| 56 | | | | | | | | 0.043 | 0.319 | 0.024 | 0.003 | | 16 | 14 | 12 | 7 | |
| 57 | | | | | | | | 0.010 | 0.373 | 0.070 | 0.006 | | 9 | 14 | 3 | 10 | |
| 58 | | | | | | | | 0.002 | 0.164 | 0.146 | 0.010 | | 10 | 7 | 5 | 10 | |
| 59 | | | | | | | | | 0.027 | 0.217 | 0.017 | | 6 | 8 | 11 | 7 | |
| 60 | | | | | | | | | 0.002 | 0.229 | 0.027 | | 5 | 13 | 6 | 5 | |
| 61 | | | | | | | | | | 0.172 | 0.039 | | 11 | 2 | 1 | 4 | |
| 62 | | | | | | | | | | 0.091 | 0.054 | | 4 | 5 | 4 | 1 | |
| 63 | | | | | | | | | | 0.035 | 0.071 | | 1 | 6 | 1 | 5 | |
| 64 | | | | | | | | | | 0.009 | 0.095 | | 3 | 3 | 1 | 5 | |
| 65 | | | | | | | | | | 0.001 | 0.097 | | 3 | 3 | 4 | 5 | |
| 66 | | | | | | | | | | | 0.103 | | 7 | 3 | 2 | 1 | |
| 67 | | | | | | | | | | | 0.102 | | 5 | 5 | 2 | 1 | |
| 68 | | | | | | | | | | | 0.094 | | 2 | 3 | 2 | 2 | |
| 69 | | | | | | | | | | | 0.082 | | 1 | 3 | 1 | 2 | |
| 70 | | | | | | | | | | | 0.066 | | 3 | 4 | 3 | 1 | |
| 71 | | | | | | | | | | | 0.050 | | 2 | 1 | | | |
| 72 | | | | | | | | | | | 0.036 | | 3 | | 1 | | |
| 73 | | | | | | | | | | | 0.024 | | 1 | | 1 | | |
| 74 | | | | | | | | | | | 0.015 | | 1 | 1 | 1 | | |
| 75 | | | | | | | | | | | 0.009 | | 2 | | | | |
| 76 | | | | | | | | | | | 0.005 | | | | 1 | | |
| 77 | | | | | | | | | | | 0.002 | | 1 | | | | |
| 78 | | | | | | | | | | | 0.001 | | | | | | |
| 79 | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 計 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1665 | 2220 | 1380 | 1500 | 445 |

表5 佐島支所における3方法によるマダイ年齢別尾数の推定結果

尾叉長 - 切断法

| 年 | 年齢 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 計 | |
|----|----|---|-----|------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|------|--|
| 93 | | 6 | 289 | 206 | 425 | 346 | 178 | 85 | 44 | 38 | 21 | 29 | 1667 | |
| 94 | | 9 | 116 | 1007 | 361 | 303 | 158 | 110 | 61 | 34 | 23 | 38 | 2220 | |
| 95 | | 1 | 168 | 273 | 423 | 233 | 114 | 70 | 45 | 23 | 13 | 17 | 1380 | |
| 96 | | 3 | 35 | 264 | 424 | 385 | 183 | 85 | 53 | 28 | 15 | 27 | 1502 | |
| 97 | | 2 | 11 | 46 | 97 | 108 | 70 | 42 | 31 | 19 | 10 | 11 | 447 | |

尾叉長 - 反復法

| 年 | 年齢 反復回数 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 計 | 偏差の 平方和 |
|----|------------|-------|-----|------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|------|------------|
| 93 | 5 | 5 | 336 | 105 | 446 | 343 | 155 | 112 | 54 | 28 | 28 | 32 | 1665 | 115.9 |
| | 10 | 5 | 341 | 93 | 476 | 340 | 155 | 113 | 53 | 28 | 28 | 32 | 1665 | 1.6 |
| | 20 | 5 | 342 | 91 | 478 | 339 | 155 | 113 | 53 | 28 | 28 | 32 | 1665 | 7E-04 |
| 94 | 5 | 14 | 96 | 1059 | 313 | 278 | 168 | 125 | 67 | 30 | 30 | 40 | 2220 | 251.4 |
| | 10 | 15 | 91 | 1070 | 302 | 285 | 165 | 126 | 66 | 30 | 30 | 40 | 2220 | 0.7 |
| | 20 | 15 | 90 | 1071 | 301 | 286 | 164 | 127 | 66 | 30 | 30 | 40 | 2220 | 4E-05 |
| 95 | 5 | 4E-01 | 201 | 185 | 485 | 208 | 117 | 82 | 46 | 16 | 24 | 16 | 1380 | 62.0 |
| | 10 | 1E-01 | 204 | 178 | 491 | 204 | 118 | 82 | 47 | 15 | 24 | 16 | 1380 | 0.4 |
| | 20 | 3E-02 | 205 | 178 | 492 | 204 | 119 | 81 | 47 | 15 | 24 | 16 | 1380 | 1E-04 |
| 96 | 5 | 7 | 19 | 203 | 496 | 357 | 191 | 101 | 58 | 20 | 23 | 26 | 1500 | 10.2 |
| | 10 | 7 | 17 | 204 | 498 | 356 | 191 | 101 | 58 | 20 | 23 | 26 | 1500 | 4E-02 |
| | 20 | 7 | 17 | 204 | 497 | 356 | 191 | 101 | 58 | 20 | 23 | 26 | 1500 | 3E-05 |
| 97 | 5 | 6E-04 | 13 | 27 | 108 | 107 | 63 | 51 | 35 | 14 | 17 | 10 | 445 | 1.5 |
| | 10 | 8E-08 | 13 | 26 | 109 | 107 | 63 | 51 | 35 | 14 | 17 | 10 | 445 | 6E-03 |
| | 20 | 2E-15 | 13 | 26 | 109 | 107 | 63 | 51 | 35 | 14 | 17 | 10 | 445 | 4E-07 |

銘柄 - 反復法

| 年 | 年齢 反復回数 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 計 | 偏差の 平方和 |
|----|------------|-------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------------|
| 93 | 5 | 3 | 889 | 1346 | 1622 | 1533 | 710 | 376 | 142 | 122 | 123 | 70 | 6935 | 6201.4 |
| | 10 | 0 | 850 | 1431 | 1482 | 1805 | 548 | 352 | 153 | 121 | 123 | 70 | 6935 | 4551.8 |
| | 20 | 0 | 754 | 1612 | 1253 | 2204 | 308 | 313 | 185 | 112 | 123 | 70 | 6935 | 2E+03 |
| 94 | 5 | 0 | 2430 | 4174 | 1315 | 1300 | 1059 | 543 | 200 | 133 | 131 | 113 | 11398 | 78549.0 |
| | 10 | 0 | 1796 | 5004 | 978 | 1569 | 953 | 517 | 202 | 137 | 130 | 113 | 11398 | 38809.1 |
| | 20 | 0 | 1100 | 5921 | 499 | 2198 | 606 | 469 | 234 | 129 | 130 | 113 | 11398 | 1E+04 |
| 95 | 5 | 3E+02 | 993 | 1371 | 1835 | 1070 | 579 | 286 | 99 | 86 | 75 | 48 | 6707 | 1043.5 |
| | 10 | 2E+02 | 1066 | 1300 | 1839 | 1140 | 531 | 277 | 100 | 87 | 74 | 47 | 6707 | 569.8 |
| | 20 | 2E+02 | 1162 | 1204 | 1849 | 1227 | 464 | 272 | 106 | 85 | 74 | 47 | 6707 | 2E+02 |
| 96 | 5 | 530 | 1348 | 1430 | 1837 | 1364 | 770 | 379 | 134 | 112 | 57 | 64 | 8026 | 3507.3 |
| | 10 | 492 | 1476 | 1310 | 1838 | 1489 | 686 | 363 | 137 | 115 | 55 | 64 | 8026 | 2E+03 |
| | 20 | 449 | 1624 | 1161 | 1854 | 1630 | 575 | 354 | 148 | 112 | 55 | 64 | 8026 | 4E+02 |
| 97 | 5 | 2E+02 | 246 | 318 | 588 | 542 | 392 | 233 | 87 | 33 | 55 | 26 | 2713 | 140.5 |
| | 10 | 2E+02 | 259 | 302 | 588 | 572 | 370 | 230 | 89 | 32 | 56 | 26 | 2713 | 5E+01 |
| | 20 | 2E+02 | 277 | 284 | 586 | 607 | 342 | 228 | 91 | 31 | 56 | 26 | 2713 | 1E+01 |

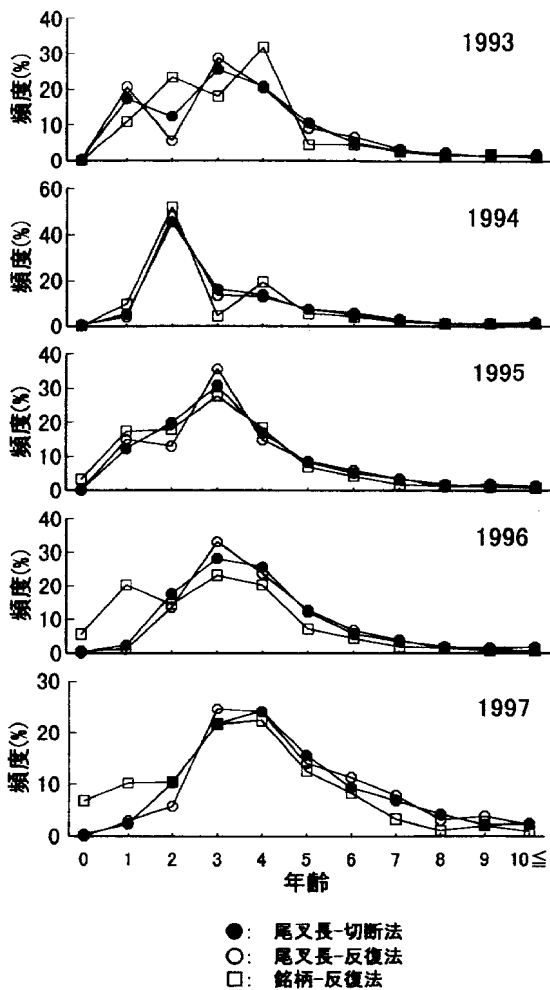


図3 マダイの年齢組成推定結果

回数を決めるものである。相関表の年齢別銘柄組成、年齢別尾叉長組成のセル内に正規分布の確率密度関数を入力すれば、年齢別尾叉長組成が容易に求まる。反復回数を多くしたり、長大な相関表を入力すると、ファイル容量が大きくなること、計算速度が落ちる等の欠点があるが、ワークシートの工夫により解決できるものと思われる。

真子・松宮 (1977)⁶⁾は長崎県のマダイの銘柄別漁獲量から年齢別漁獲量の推定を行い、同時に年齢階層数と銘柄階層数を異にした2例題を提示している。例題1は年齢階層数=銘柄階層数、例題2は年齢階層数>銘柄階層数で、例題2においてはモデルと一致した解が得られないと判断した。

今回の銘柄-反復法の適用例では年齢11階層>銘柄8階層で真子・松宮の例題2と同様のケースであった。一方、尾叉長-反復法の適用例では年齢11階層<尾叉長72階層であった。この適用例では、尾叉長 切断法による推定結果とほぼ一致したが、年齢 尾叉長相関表を作成するにあたって求めた平均尾叉長と標準偏差は尾叉長 切断法に用いた成長式を参考にしたため、階層数と計算結果の関係について論じる根拠にはなり得ない。尾叉長

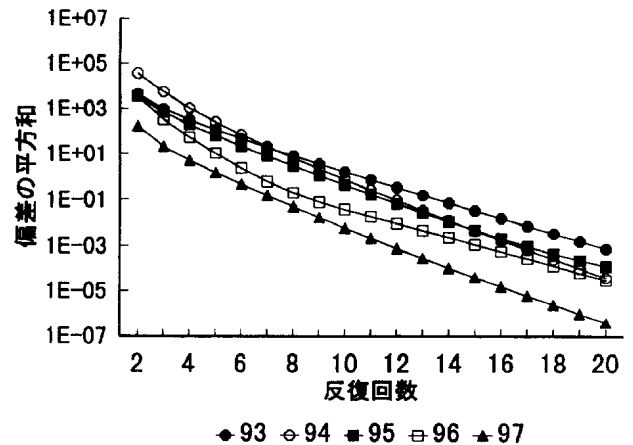


図4 尾叉長 反復法による年齢別尾数の偏差の平方和

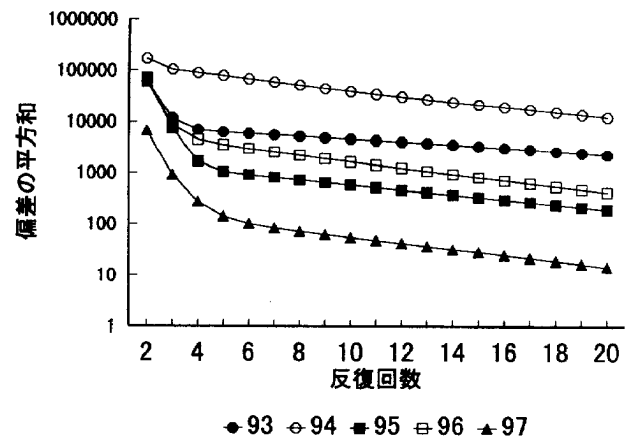


図5 銘柄 反復法による年齢別尾数の偏差の平方和

切断法と尾叉長 反復法を比較すると、尾叉長 反復法においては2歳魚が過小に、3歳魚が過大に推定される傾向が見られた。1993年、1995年はこの傾向が著しく、年齢別個体数の偏差の平方和も収束が悪かった。この要因としては、多峰解析と成長式変換の年齢別尾叉長のずれと(1歳魚でそれぞれ21.98mm, 19.40mm他)、多峰解析の尾叉長と標準偏差が、不自然な値であったことが原因として考えられる。

銘柄-反復法の場合、1993年、1994年は3歳魚が0尾に向かって収束し、著しく偏差の平方和の収束が悪い。このことに関して、山川・松宮(1987)⁸⁾は、前述のBasicプログラムの使用上の留意点として、年齢と銘柄階級の関係が1対1に近い方が信頼性が高く、データによっては0尾に向かって収束する年齢があり、代償として周辺の年齢の尾数が大きくなる場合があることを指摘している。そして、これは年齢別銘柄組成と銘柄別水揚データの相互の関係によって生ずる現象であると考察しているが、今回も同様の現象が見られた。年齢別銘柄組成は、多峰解析による尾叉長と標準偏差から求めるが、前述したようにこれらの値に問題があったものと思われる。

銘柄 反復法では、3歳魚が0尾に向かって収束する不

合理的な結果となったが、尾叉長-反復法では合理的な結果が得られたので、反復法自体の実用性を否定するものではない。むしろ、年齢別銘柄組成や銘柄別尾叉長組成の計算初期条件を再検討する必要がある。一方、切断法では0尾や負の値といった不合理な結果が得られることはないが、市場調査等で大量の尾叉長測定データを得る必要がある。

今後、各市場の水揚データがリアルタイムで入手できるオンラインシステムが整備される計画がある。今回は、水揚データの活用法の一つとして反復法による年齢組成の推定を試みた。年齢組成推定法として、年齢形質による年齢査定、age-length key 法、成長式による切断法等があるが、これらはすべて標本抽出の上、測定データを必要とする。これに対して反復法は銘柄や尾叉長組成等の階級値から年齢組成を推定する方法で、測定の手間を省き大量のデータを入手でき、水揚データの他に、サイズを階級で記録してもらう標本船調査にも応用できる。

今後、初期計算条件である年齢別平均尾叉長、標準偏差の推定値を再評価する必要がある。また、本法を用いる場合、銘柄階級数と水産生物の年齢階級数は1:1に近いことが望ましいが、他市場の銘柄区分における適用や他魚種についても適用を検討していきたい。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、東京水産大学資源管理学科資源管理システム学講座山田 作太郎教授には種々ご指導をいただいた。横須賀市大楠漁業協同組合佐島支所の皆様には、水揚データの使用、市場調査についてご配慮を頂いた。市場調査では、当所栽培技術部の中村良成主任研究員、金子 栄一技能技師、中尾 満技能員に、資

料の整理では西元 裕子さんにご協力をいただいた。皆様に深謝するとともに、これまで本県のマダイ資源調査に携われた、水産課 高間 浩課長代理、今井 利為技幹に敬意を表します。

引用文献

- 1) 今井 利為(1996): 神奈川県におけるマダイ種苗放流効果の推定, 栽培技術研究, 25(1), 59 - 74.
- 2) 次保 伊津男・吉原 友吉(1969): 水産資源学(改訂版), pp482, 共立出版株式会社, 東京.
- 3) 田中 昌一(1985): 水産資源学総論, 新水産学全集 8, pp381, 株式会社 恒星社厚生閣, 東京.
- 4) 能勢 幸雄・石井 丈夫・清水 誠(1988): 水産資源学, pp208, (財)東京大学出版会, 東京.
- 5) 松宮 義晴(1996): 水産資源学概論, 水産研究叢書 46, pp77, (社)日本3産資源保護協会, 東京.
- 6) 真子 渺・松宮 義晴(1977): 銘柄組成による年齢組成推定法, 西海区水産研究所研究報告, 50, 1 - 8.
- 7) 堤 裕昭・田中 雅夫(1987): 体長頻度分布データからの世代解析, パソコンによる資源解析プログラム集, 当海区水産研究所数理統計部, 189 - 215.
- 8) 山川 卓・松宮 義晴(1993): 銘柄別漁獲量から年齢組成を推定 種苗放流効果に関する計算ツール集 太平洋中ブロック 水産庁補助事業 資源管理型漁業推進総合対策事業 栽培資源調査(マダイ)資料, 86 - 90.
- 9) 東海 正(1997): M S - Excel のソルバーによる網目選択性 Logistic 式パラメータの最尤推定, 水産海洋研究, 61(3), 288 - 298.