画像解析による水槽内を遊泳するクロマグロ稚魚の 3 次元位置の検出

米山和良[*]・ 國澤慎太郎[*]・ 外薗博人[**]・ 小谷知也[*]・ 今村昭則[**]・ 松岡達郎[*]
[*] 鹿児島大学水産学部, [**] 鹿児島県水産技術開発センター

Method to detect three-dimensional positions of juvenile Pacific bluefin tuna via image analysis

Kazuyoshi Komeyama[*], Shintaro Kunisawa[*], Hiroto Hokazono[**],
Tomoya Kotani[*], Akinori Imamura[**] & Tatsuro Matsuoka[*]

[*] Fuculty of Fisheries, Kagoshima University,
[**] Kagoshima Prefectural Fisheries Technology and Development Center

To determine the optimal rearing density for juvenile production, the three-dimensional swimming behaviour of juvenile Pacific bluefin tuna was monitored using a stereo camera system in a large tank. The video records (HD 1080p at 30 fps) of 2 cameras were obtained from an underwater tank, and the three-dimensional positions of 3 individuals were calculated using the direct linear transform method. Based on their respective positions, the swimming speed, individual distance, and separation swimming index (SSI) were evaluated. Further study should be improved analytical space and accuracy of fish positions for evaluation of behavior of fish school in future prospects. Due to be able to clarify distance from other individuals, wall, bottom and surface, space use in tank and size of school, this approach in current study may provide a scientific understanding to propose the optimum rearing density.

1　緒言

クロマグロ養殖では養成初期段階に養魚の衝突死が多発する [1]。このため、

養成中の生残率が他魚種と比較して著しく低く生産性を阻害する原因のひとつとなっているため、クロマグロ養魚の生残率の向上は最重要課題となっている。斃死原因を明らかにするために、斃死発生や斃死数を目的変数とした統計解析による原因の推測が行われているが [2]、分析に利用できる時間の解像度が粗く、長期観測を必要とすることから、他の側面からの研究アプローチも必要である。衝突死には光刺激などの驚愕行動、遊泳能力の未発達等、様々な原因が考えられるが [1]、空間の限られる水槽、生簀内で養魚を養成することから、収容密度も生残率を左右する重要な養成環境のひとつと考えられる。たとえば、養魚の遊泳速度、他個体・物体との距離等の群行動が衝突死に影響すると予想される。これらを計測することで収容密度と衝突死の関係を明らかできる可能性があり、これらの行動の解明に、行動計測は有効手段と考えられる。クロマグロ稚魚の魚群行動については 2 次元空間に限定した研究が報告されているが (e.g. [3-5])、飼育・養成の実用面を考えれば、3 次元的な行動の振る舞いを計測することも今後必要である。

近年の電子技術の発展にともない、魚類行動の可視化には、小型発信機や小型記録計を用いるバイオロギングが使用されるようになり、クロマグロ養魚の 3 次元遊泳行動の可視化により遊泳速度や旋回行動等が明らかにされている [6-8]。バイオロギングの適用は、動物搭載型の発信機や記録計を装着できる大型個体に限られ、小型魚種を対象とする場合には適用できない。Torisawa et al. [9] は養殖生簀内を遊泳するクロマグロの吻端と尾鰭の 3 次元位置を DLT 法による画像計測で算出し、養魚の尾叉長計測に成功している。DLT 法による画像計測は視点の異なる複数のカメラを用いて対象物の 3 次元位置を推定するもので、個体に触れることなく位置を計測できる。本手法は対象個体の撮影のみで行動計測できることから、小型のマサバの 3 次元行動計測にも使用されている [10]。このように小型魚類を対象とした非接触、非侵襲的な 3 次元行動モニタリングには画像計測が有効である。

本研究ではクロマグロ種苗の 3 次元位置を DLT 法による画像計測により可視化し、飼育密度の設定に重要な情報となる遊泳速度、個体間距離や群行動を明らかにすることを目的とした。本報では 3 個体ではあるがクロマグロ種苗の行動の可視化に成功したので、今後の検討課題を含め研究速報として報告する。

２　材料および方法

２．１　実験概要

鹿児島県水産技術開発センターに設置されている大型飼育水槽 (20 m^3) 内を遊泳するクロマグロ稚魚 21 個体 (34 日齢　全長約 7 cm) を対象に実験を行った。

本研究では，対象とする空間を 3 次元空間とし，X, Y, Z軸を有する空間固定座標系に固定された実験水槽内を、実験個体の吻端位置**M**が移動すると定義する。水槽壁に設置した 2 台のカメラにより、解析対象空間を通過した実験個体の位置を記録した。

２．２　行動計測の原理

本研究では、異なる点に設置された複数台のカメラから対象物の画像上の位置を記録し、3 次元位置に変換する DLT 法 (Direct Linear Transformation) によってクロマグロの遊泳行動を記録した [11]。なお、本研究ではカメラを 2 台使用し、それぞれカメラ L、カメラ R とした。

グローバル座標系における、計測対象点（クロマグロの吻端）の座標を$\mathbf{M}[X,\ Y,\ Z]$とし，画像座標における計測対象物の投影点を$\mathbf{m}[u, v]$とするとき，**M**と**m**の関係は,

$$\lambda \cdot \mathbf{m}' = \mathbf{P} \cdot \mathbf{M}' \tag{1}$$

で表される。ただし、λを正の実数とする。**P**はパラメータ行列と呼ばれ、カメラの内部パラメータ行列**A**とカメラの外部パラメータ行列**[R|T]**の積で表される。

$$\mathbf{P} = \mathbf{A} \cdot [\mathbf{R}|\mathbf{T}] = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & T_1 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & T_2 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & T_1 \end{bmatrix} \tag{2}$$

ここで，$(f_x,\ f_y)$ は焦点距離, $(c_x,\ c_y)$ は画像中心、**[R|T]**は並進、回転の同次変換行列である。パラメータ行列Pを$\begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & p_{34} \end{bmatrix}$として、カメラ L の画像座標$\mathbf{m}_{\mathrm{L}}[u_{\mathrm{L}},\ v_{\mathrm{L}}]$で$\mathbf{M}[X,\ Y,\ Z]$を表現すると,

$$\lambda_{\mathrm{L}} \begin{bmatrix} u_{\mathrm{L}} \\ v_{\mathrm{L}} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & p_{34} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \tag{3}$$

となる。λ_Lを消去して整理すると,

$$\begin{bmatrix} p_{31}u_{\mathrm{L}} - p_{11} & p_{32}u_{\mathrm{L}} - p_{12} & p_{33}u_{\mathrm{L}} - p_{13} \\ p_{31}v_{\mathrm{L}} - p_{21} & p_{32}v_{\mathrm{L}} - p_{22} & p_{33}v_{\mathrm{L}} - p_{23} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{14} - p_{34}u_{\mathrm{L}} \\ p_{24} - p_{34}v_{\mathrm{L}} \end{bmatrix} \tag{4}$$

(2), (3)と同様にカメラ R について、画像座標を$\mathbf{m}_{\mathrm{R}}[u_{\mathrm{R}},\ v_{\mathrm{R}}]$、パラメータ行列**Q**を

$\begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} & q_{14} \\ q_{21} & q_{22} & q_{23} & q_{24} \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} & q_{34} \end{bmatrix}$として、式をまとめると、

$$\begin{bmatrix} q_{31}u_{\mathrm{R}} - q_{11} & q_{32}u_{\mathrm{R}} - q_{12} & q_{33}u_{\mathrm{R}} - q_{13} \\ q_{31}v_{\mathrm{R}} - q_{21} & q_{32}v_{\mathrm{R}} - q_{22} & q_{33}v_{\mathrm{R}} - q_{23} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_{14} - q_{34}u_{\mathrm{R}} \\ q_{24} - q_{34}v_{\mathrm{R}} \end{bmatrix} \tag{5}$$

となる。(4), (5)をまとめると,

$$\begin{bmatrix} p_{31}u_{\mathrm{L}} - p_{11} & p_{32}u_{\mathrm{L}} - p_{12} & p_{33}u_{\mathrm{L}} - p_{13} \\ p_{31}v_{\mathrm{L}} - p_{21} & p_{32}v_{\mathrm{L}} - p_{22} & p_{33}v_{\mathrm{L}} - p_{23} \\ q_{31}u_{\mathrm{R}} - q_{11} & q_{32}u_{\mathrm{R}} - q_{12} & q_{33}u_{\mathrm{R}} - q_{13} \\ q_{31}v_{\mathrm{R}} - q_{21} & q_{32}v_{\mathrm{R}} - q_{22} & q_{33}v_{\mathrm{R}} - q_{23} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{14} - p_{34}u_{\mathrm{L}} \\ p_{24} - p_{34}v_{\mathrm{L}} \\ q_{14} - q_{34}u_{\mathrm{R}} \\ q_{24} - q_{34}v_{\mathrm{R}} \end{bmatrix} \tag{6}$$

となり，式数が未知パラメータ数を超えるため、2 点に固定されたカメラ L, R の画像座標$\mathbf{m}_{\mathrm{L}}[u_{\mathrm{L}},\ v_{\mathrm{L}}]$, $\mathbf{m}_{\mathrm{R}}[u_{\mathrm{R}},\ v_{\mathrm{R}}]$から$\mathbf{M}[X,\ Y,\ Z]$を算出できる。なお、(6) 式を$\mathbf{BM} = \mathbf{C}$とすると、

$$\mathbf{M} = (\mathbf{B}^{\mathbf{t}} \cdot \mathbf{B})^{-1}(\mathbf{B}^{\mathbf{t}} \cdot \mathbf{C}) \tag{7}$$

のように線形方程式を解くことができる。

幾何学的な位置が既知のコントロールポイントを n 点設けて、これらを撮影し、

$$\begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_1X_1 & -u_1Y_1 & -u_1Z_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_n & Y_n & Z_n & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_nX_n & -u_nY_n & -u_nZ_n \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & -v_1X_1 & -v_1X_1 & -v_1X_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_n & Y_n & Z_n & 1 & -v_nX_n & -v_nX_n & -v_nX_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_{11} \\ \vdots \\ p_{14} \\ p_{21} \\ \vdots \\ p_{24} \\ p_{31} \\ \vdots \\ p_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_1 \\ \vdots \\ u_n \\ v_1 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix} \tag{8}$$

のX, Y, Z, u, vそれぞれに、コントロールポイントの実座標と画像座標を入力して解くことで、DLT パラメータ$\mathbf{P}$を推定することができる。未知パラメータは 11 個あることから、画像較正には 6 以上のコントロールポイントが必要である($n \geq 6$)。これと同様の作業手順で$\mathbf{Q}$を算出すれば画像計測が可能になる。なお、(8) 式も (7) 式と同様の方法で解くことができる。

本研究では 1 辺を 54 cm とする立方体フレームを用いて、事前に水中で画像較正を行った。DLT 法による画像計測では、コントロールポイント内の計測点の確度が高く、計測点がコントロールポイントの外側に外挿される場合に確度

が低くなる。画像較正に用いた立方体フレームの大きさを考慮して、フレーム中心から 60 cm 以内を解析対象空間とし、これを通過するクロマグロ個体群の位置を可視化することにした。また、使用したカメラのレンズは広角のため、光学レンズによる画像の歪みが確認されたが、解析対象空間が画像中央付近に位置し、レンズ歪みの影響が些少と判断されたため、本研究では歪み補正を実施していない。

２．３　行動計測と評価方法

本研究では、2 機のビデオカメラ (HERO3+, GoPro) を試験水槽内に設置し、クロマグロ稚魚の群行動を 1920×1080 の画質でプログレッシブモードにて 30fps で記録した。記録された 2 つの動画を動画編集ソフト (EDIUS Neo 3, Grass valley) で編集し、動画の音声記録から 2 つの動画の時間同期を行った。編集した動画を画像解析ソフト (MATLAB Image Processing Toolbox, Mathworks) で作成した解析プロシージャで、画角内に出現する個体の画像座標を記録し、2. 2 に示す DLT 法により実験個体の 3 次元遊泳位置を算出した。取得された個体位置を次式の遊泳速力$|\mathbf{V}|$、個体間距離 (Neighbor Distance) ND、乖離遊泳指数 (Separation Swimming Index) SSI [12]で評価した。

$$\left|\mathbf{V}_{i,t}\right| = \left|\dot{\mathbf{M}}_{i,t}\right| \tag{9}$$

$$\mathrm{ND}_{ij,t} = \left|\mathbf{M}_{i,t} - \mathbf{M}_{j,t}\right| \quad (i \neq j,\ i\ or\ j = A, B, C) \tag{10}$$

$$\mathrm{SSI} = 2\left|\mathbf{V}_{i,t} - \mathbf{V}_{j,t}\right| \cdot \left(\mathbf{V}_{i,t} + \mathbf{V}_{j,t}\right)^{-1} \quad (i \neq j,\ i\ or\ j = A, B, C) \tag{11}$$

ここで、i, j はそれぞれ個体 A, B, C を表し、tは時刻で本研究のΔtは 1/30 s に相当する。なお、乖離遊泳指数は群行動の指標であり、対象とする 2 個体が平行して遊泳する場合に 0 となり、遊泳ベクトルがランダムな場合、3 次元空間では 1.5 に収束する [10]。

３　結果と考察

実験中に解析対象空間を3個体のクロマグロ (A, B, C) が通過した。DLT法による画像計測で実験個体A, B, Cの3次元位置の時間変化を可視化した (Figure 1) 。個体Aはt=20…43、個体Bはt=0…77、個体Cはt=52…79において画角内に出現し、それぞれ0.80, 2.60, 0.93 sにわたる3次元位置の時系列記録を得た。

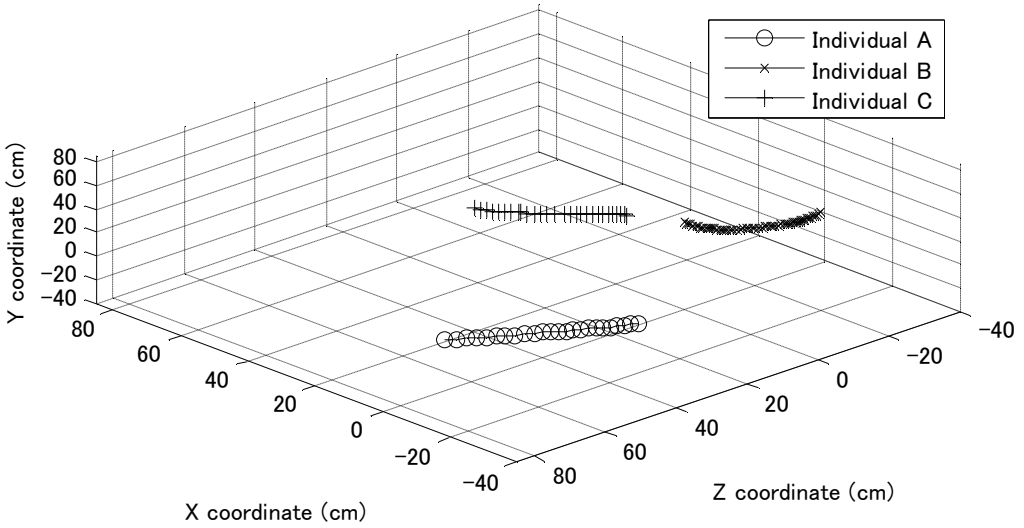

Figure 1 Time series data plot of three-dimensional positions of juvenile Pacific Bluefin tuna, A, B, and C, near the control point of camera calibration in an experimental tank. Each plot interval corresponds to 1/30 second.

個体の遊泳速力$|\mathbf{V}_A|$, $|\mathbf{V}_B|$, $|\mathbf{V}_C|$ の*Mean*±*SE*を秒速に換算して示すと、それぞれ53.5±1.9 cm s^{-1}, 22.5±0.7 cm s^{-1}, 36.6±1.7 cm s^{-1}だった (Figure 2)。個体間距離については、出現が重複する時間帯でそれぞれの個体位置を参照して計算し、画角内に同時出現した個体は最大で2個体であった。ND_{AB}, ND_{BC} の*Mean*±*SE*はそれぞれ85.8±6.2 cm, 54.1±8.5 cmであった (Figure 3)。水槽容積20 m^3に対して21個体の収容個体数であったことから、本試験環境は高い密度で養成されているものではなく、示された結果は、閉鎖空間ながらも自由に空間を利用できる場合の個体間距離と推察される。三宮ほか [13] が考案した魚群行動モデルには、水槽壁等の、物体に対する距離保持力のパラメータが含まれており、今回のように個体間距離のみならず、水槽壁、水面等の境界域との距離保持にも今後着目する必要がある。今後の展望として水槽壁、水底や水面を含めた画像較正を行い、養魚との距離を明らかにすることで、個体間距離、各境界域との距離等の行動特性から、収容密度の設定に繋がる情報を取得できるかもしれない。同様に、乖離遊泳指数も、出現が重複する時間帯でそれぞれの個体位置を参照して計算し、SSI_{AB}, SSI_{BC} の*Mean*±*SE*はそれぞれ0.92±0.06, 1.32±0.39で、いずれも1.5より低い値を示した (One sample *t*-test, one tailed, $p < 0.001$)。このことは、実験個体群が他個体の遊泳ベクトルに対してランダムな遊泳ベクトルを持って泳いでいたことを否定する結果であり、解析空間を3次元としても平行遊泳性が確認されたことを意味する。今回算出した$|\mathbf{V}|$、ND、SSIはともに3個体の結果でし

かない。たとえば、遊泳速力を秒速に換算して示すには記録時間が不十分であり、突発的な瞬時の動きをとらえた結果であるかもしれない。このことはND、SSIも同様で、サンプル数の充実が今後求められる。

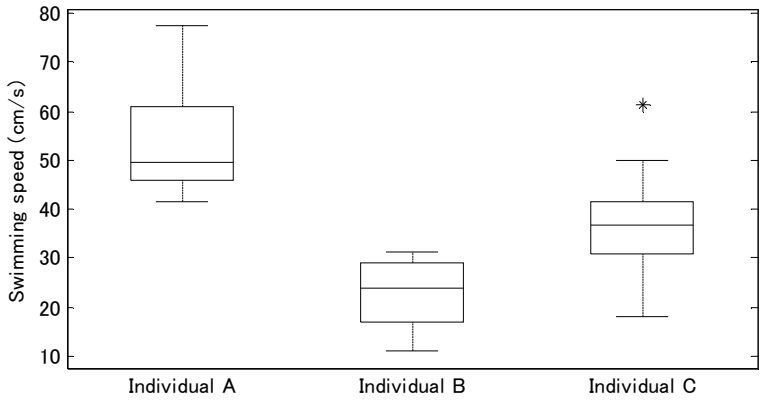

Figure 2 Box-and-whisker plot of swimming speeds for each individual A, B, and C, calculated using differentiated time series data of three-dimensional positions. The horizontal lines in each box represent the median, and each box represents the quartile (percentile of 25%, Q1 and 75%, Q3) for each individual. The whiskers for each boxplot extend up to the maximum or minimum value within 1.5 times the height of the box, above and below the vertical box, with points outside the asterisk representing outliers.

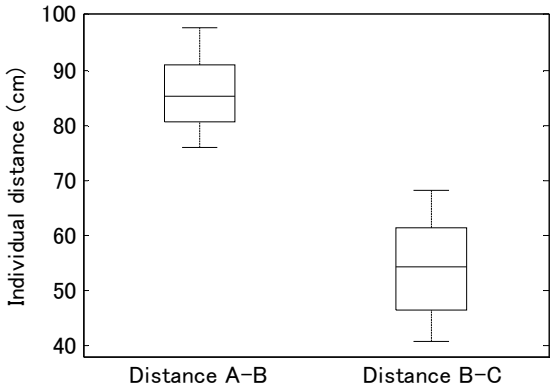

Figure 3 Box-and-whisker plot of the distances between individual A and B and between individual B and C, calculated using time series data of three-dimensional positions. The horizontal lines in the boxes represent the median, and the boxes represent the quartile (percentile of 25%, Q1 and 75%, Q3) of each individual. The

whiskers for each boxplot extend up to the maximum or minimum value within 1.5 times the height of the box, above and below the vertical box.

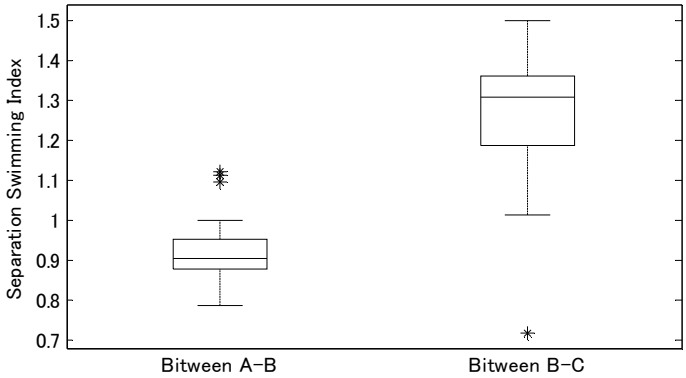

Figure 4 Box-and-whisker plot of the separation swimming index (SSI) between individual A and B and between individual B and C, calculated using time series data of three-dimensional swimming vectors. The horizontal lines in each box represent the median, and the boxes represent the quartile (percentile of 25%, Q1 and 75%, Q3) for each individual. The whisker of for each boxplot extends up to the maximum or minimum value within 1.5 times the height of the box, above and below the vertical box, with points outside the asterisk representing outliers. If the swimming vector of the individuals was completely random, then the SSI must converge at 1.5.

クロマグロ稚魚の行動は不明な点が多く、これまでに2次元の平面空間を対象とした群行動研究が行われてきたが、本研究ではこれまでに可視化されなかった3次元空間におけるクロマグロ稚魚の遊泳速力や個体間距離や平行遊泳性を量的に評価できた。DLT法では較正した空間から遠い計測点ほど確度が悪くなる性質を持ち、特に、本研究で使用した画像計測システムは、画像較正に使用した立体スケールが水槽規模に対して小さいため、画像較正を行ったごく限られた空間での行動の可視化に限定された。これを解決するために、画像較正のコントロールポイントを水槽壁や水面に設置することで、実験個体の遊泳位置の推定は較正空間内の内挿による位置推定となり、さらなる確度の向上が見込めると考えられる。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、画像計測手法について有益なご助言を頂きました近畿大学農学部の鳥澤眞介講師、本実験をご支援頂いた、鹿児島大学水産学

部の安樂和彦准教授、鳥居享司准教授、横山佐一郎助教に感謝申し上げます。
また、本研究の試験用クロマグロの使用にあたり、クロマグロ受精卵をご提供いただいた株式会社拓洋様に感謝の意を表します。本研究の一部は、鹿児島大学水産学部学部重点研究プロジェクト支援学部長裁量経費、および、鹿児島大学大学院連合農学研究科先進的研究推進事業によって実施された。

参考文献

[1] Y. Ishibashi, T. Honryo, K. Saida, A. Hagiwara, S. Miyashita, Y. Sawada, T. Okada, M. Kurata: Artificial lighting prevents high night-time mortality of juvenile Pacific bluefin tuna, Thunnus orientalis, caused by poor scotopic vision, *Aquaculture* **293** (2009), 157-163.

[2] Y. Tsuda, W. Sakamoto, S. Yamamoto, O. Murata: Effect of environmental fluctuations on mortality of juvenile Pacific bluefin tuna, Thunnus orientalis, in closed life-cycle aquaculture, *Aquaculture* **330** (2012), 142-147.

[3] H. Fukuda, S. Torisawa, Y. Sawada, T. Takagi: Developmental changes in behavioral and retinomotor responses of Pacific bluefin tuna on exposure to sudden changes in illumination, *Aquaculture* **305** (2010), 73-78.

[4] S. Torisawa, T. Takagi, H. Fukuda, Y. Ishibashi, Y. Sawada, T. Okada, S. Miyashita, K. Suzuki, T. Yamane: Schooling behaviour and retinomotor response of juvenile Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* under different light intensities, *J. Fish Biol.* **71** (2007), 411-420.

[5] M. Kadota, S. Torisawa, T. Takagi, K. Komeyama: Analysis of juvenile tuna movements as correlated random walk, *Fisheries Science* **77** (2011), 993-998.

[6] M. Kadota, E.J. White, S. Torisawa, K. Komeyama, T. Takagi: Employing relative entropy techniques for assessing modifications in animal behavior, *PloSONE* **6** (2011), e28241.

[7] K. Komeyama, M. Kadota, S. Torisawa, K. Suzuki, Y. Tsuda, T. Takagi: Measuring the swimming behaviour of a reared Pacific bluefin tuna in a submerged aquaculture net cage, *Aquat. Living Resour.* **24** (2011), 99-105.

[8] K. Komeyama, M. Kadota, S. Torisawa, T. Takagi: Three-dimensional trajectories of cultivated Pacific bluefin tuna Thunnus orientalis in an aquaculture net cage, *Aquacult. Environ. Interact.* **4** (2013), 81-90.

[9] S. Torisawa, M. Kadota, K. Komeyama, K. Suzuki, T. Takagi: A digital stereo-video camera system for three-dimensional monitoring of free-swimming Pacific bluefin tuna,Thunnus orientalis, cultured in a net cage, *Aquat. Living*

Resour. **24** (2011), 107-112.
[10] T. Takagi, S. Ito, S. Torisawa, Y. Inada: Energy-saving effect of fish schooling in the Japanese macherel, Secomber japonicus, *Math. Phys. Fish. Sci.* **10** (2013), 2-13.
[11] 橋本 岳, 山本茂広, 浦島 智: LabVIEW 画像計測入門,講談社,2011.
[12] S. Nakayama, R. Masuda, J. Shoji, T. Takeuchi, M. Tanaka: Effect of prey items on the development of schooling behavior in chub mackerel Scomber japonicus in the laboratory, *Fish. Sci.* **69** (2003), 670-676.
[13] 三宮信夫, 中峯 浩, 岩崎永弥: 魚群行動を表わす物理モデルの妥当性の検討, システム制御情報学会論文誌 **3** (1990), 14-20.

受付日　2014年11月8日

著者略歴

米山和良
2004年　近畿大学農学部水産学科卒業
2006年　北海道大学大学院水産科学研究科博士前期課程修了
2009年　北海道大学大学院水産科学院博士後期課程修了
　　近畿大学大学院農学研究科　グローバルCOE博士研究員
　　鹿児島大学水産学部附属海洋資源環境教育研究センター　助教
　　現在に至る
研究対象：魚類行動学
所属学会：日本水産学会，日本水産工学会，日本バイオロギング研究会

國澤慎太郎
2011年　鹿児島大学水産学部入学
　　現在に至る

外薗博人
1987年　九州大学理学部生物学科卒業
1987年　鹿児島県庁に入庁
　　現在に至る
研究対象：魚類親魚養成・種苗生産に関する研究

小谷知也

1994年　長崎大学水産学部水産学科卒業
1996年　長崎大学大学院水産学研究科修士課程修了
1999年　長崎大学大学院生産科学研究科博士課程修了
2000年　ハワイOceanic Institute　研究員
2002年　長崎県産業振興財団　研究員
2004年　福山大学生命工学部海洋生物工学科　講師
2009年　福山大学生命工学部海洋生物科学科　准教授
2010年　鹿児島大学水産学部水産学科　准教授
　　現在に至る
研究対象：種苗生産学
所属学会：日本水産学会、日本水産増殖学会、World Aquaculture Society

今村昭則
1978年　鹿児島大学水産学部卒業
1979年　鹿児島県庁に入庁
　　現在に至る
研究対象：種苗生産に関する研究

松岡達郎
1977年　北海道大学水産学部漁業学科卒業
1980年　北海道大学大学院水産学研究科漁業学専攻（修士課程）修了
1983年　北海道大学大学院水産学研究科漁業学専攻博士後期課程単位取得退学
1983年　日本学術振興会　奨励研究員
1984年　水産学博士（北海道大学）
1984年　パプアニューギニア工科大学水産学部　講師
1986年　パプアニューギニア大学理学部　水産学講師
1989年　パプアニューギニア大学理学部水産学科　主任講師
1992年　鹿児島大学水産学部　助教授
1997年　鹿児島大学水産学部　教授
2000年　鹿児島大学水産学部附属海洋資源環境教育研究センター長 (至2004年)
2004年　鹿児島大学水産学部長 (至 2008年)
2012年　鹿児島大学水産学部長
　　現在に至る
研究対象:　国際漁業開発管理（熱帯途上国の沿岸漁業開発政策、漁具の選択性、
　　混獲投棄量推定、ゴーストフィッシング死亡量推定、漁獲過程
所属学会:　日本水産学会、アジア水産学会