

運動視差立体視を用いた魚の視覚機能解析システムの提案

宮坂健寛[†] 水野慎士[†] 渡辺英治[‡]

[†]愛知工業大学情報科学部

[‡]基礎生物学研究所

1 はじめに

メダカなど魚の中には視覚機能を高度に発達させた種類があり、それらの捕食行動、定位行動、集団行動など様々な場面で視覚機能を利用している。そして生物学の分野では、魚の空間学習能力や視覚による捕食行動の誘発など、魚の視覚機能に関する様々な研究が行われている [1][2]。魚の視覚機能に関する研究の一つに立体知覚に関する研究がある。体の両側面に目が付いている魚の場合、それぞれの目が異なる領域を見ているため、両眼視差による立体視を行うことは困難である。そのため、魚が視覚に基づく立体知覚を行っている場合には運動視差による立体視を行っていることが考えられる。

そこで、本研究では魚の視覚による立体知覚を調査する研究の補助を目的として、魚に運動視差立体視映像を提示するシステムの開発を行う。

2 運動視差立体視 CG について

運動視差とは三次元物体を観察するとき観察者または三次元物体が移動することで生じる見え方の変化である。移動に伴って今まで見えなかった部分が見えるようになったり、近くの物体が遠くの物体に比べて見え方が大きく変化することで、三次元物体の奥行きに関する十分な情報が得られることが知られている [3]。

そして運動視差を再現した CG が運動視差立体視 CG である。まず、実空間の三次元物体、視点、映像表示スクリーンと同様な位置関係で、三次元 CG 物体、CG 用視点、CG 投影面を構築する。そして観察者の三次元的な位置を取得しながら三次元 CG 映像を逐次更新して表示することで運動視差が再現されて、観察者は立体知覚を得ることができる [4]。

3 提案システム

3.1 概要

提案システムは水槽の底にディスプレイを設置した構成になっている (図 1)。水槽には 1 匹の魚を泳がせて

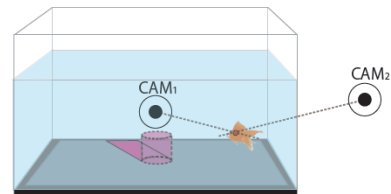


図 1: システム概要

おき、魚の三次元位置を取得しながら、その位置に応じた三次元 CG 映像を水槽底のディスプレイに表示する。これにより、魚の移動に基づく運動視差立体視映像を実現する。また、魚の三次元位置の推移を記録することもできる。そして障害物を想定した三次元 CG 物体を表示しながら魚の三次元位置の推移を観察することで、魚の運動視差に基づく立体知覚に関する解析を行う。

3.2 魚の三次元位置取得

魚の三次元位置の取得は、水槽の正面と側面に設置したカメラの映像を解析して実現する。水槽のサイズ、および水槽とカメラの三次元的な位置関係は事前に測定しておく。まず色情報に基づいて正面カメラと側面カメラの各映像中の魚の位置を取得する。これにより、魚を各カメラ位置から見た場合の水槽ガラス面上の見かけ上の三次元座標が得られる。そして、ガラスと水の屈折率を考慮しながら魚が存在する 2 つの直線が得られる。一方のカメラの座標を p_c 、水槽ガラス表面上の見かけの金魚の座標を p_f 、水槽ガラス表面の法線ベクトルを N 、空気の屈折率を 1、ガラスの屈折率を n_1 、水の屈折率を n_2 、水槽ガラスの厚さを t とすると、金魚が存在する直線上の点 p はパラメータ k を用いて以下の式で表すことができる (図 2)。

$$p = p_b + kT_2 \quad (1)$$

なおスネルの法則等により、

$$T_2 = \frac{n_1}{n_2} \left(T_1 + \left(-T_1 \cdot N - \sqrt{\frac{n_1^2}{n_2^2} + (T_1 \cdot N)^2 - 1} \right) N \right),$$

$$p_b = p_f - \frac{t}{T_1 \cdot N} T_1,$$

$$T_1 = \frac{1}{n_1} \left(L + \left(-L \cdot N - \sqrt{\frac{1}{n_1^2} + (L \cdot N)^2 - 1} \right) N \right),$$

$$L = \frac{p_f - p_c}{|p_f - p_c|}.$$

もう一方のカメラについても同様に直線を求めて、2 つの直線の最接近点を魚の三次元位置の推定値とする。

Proposal of a visual function analyzing system for fish using stereoscopic with motion parallax

Takehiro Miyasaka[†], Shinji Mizuno[†], Eiji Watanabe[‡]

[†]Faculty of Information Science, Aichi Institute of Technology

[‡]National Institute for Basic Biology

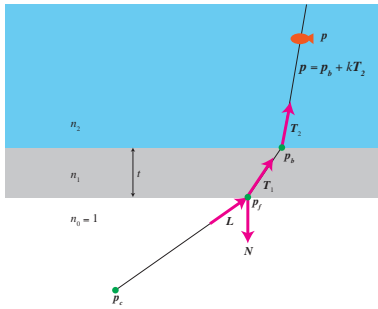


図 2: 屈折を考慮した魚の存在する直線の計算

3.3 映像生成

前節で述べた手法によって得られた魚の三次元位置を CG 用視点, 水槽底のディスプレイを CG 投影面, そして水槽底の位置を想定する位置に三次元 CG 物体を配置して, 三次元 CG 映像を生成する. これにより, 水槽底に置いた三次元物体を魚の位置から観察した場合と同様の三次元映像が生成される. そして魚の位置に応じて映像をリアルタイムで更新することで, 魚の位置から観察すると水槽底に三次元物体が存在するような運動視差立体視映像が生成される. なお, 現時点では生成映像に対する屈折の考慮は行っていない.

4 実験と考察

提案システムを実装して実験を行った. 使用した機材は MacBook Pro (Core i7 2.8GHz, 8GB), Web カメラ 2 台 (Full HD), 水槽 (450mm, 220mm, 200mm), ディスプレイであり, 三次元 CG 生成のために OpenGL, 画像処理のために OpenCV を利用している. また運動視差立体視映像を生成する際に仮想的に水槽底面中心に 60mm の立方体を配置した. 魚は金魚を使用した.

図 3 にカメラ映像に基づく魚の三次元位置習得の実験結果を示す. 三次元位置習得結果と実際の魚の三次元位置がほぼ一致していることを目視で確認した. また図 4 に運動視差立体視映像の生成の様子を示す. 映像は魚の位置に応じてリアルタイムで更新され, 映像を取得した魚の位置から観察した場合には水槽底に立方体が置いてあるように見えることが確認できた.

図 5 にシステムを用いて魚の三次元位置の推移を 1 時間記録した結果を示す. 現時点では映像を見せた場合と見せなかった場合との行動の変化についての詳細な解析は行っていないが, 今後は三次元 CG 物体のサイズを変更するなど様々な映像を用いながら魚の行動について解析を行って, 魚の立体知覚に関する研究に活用していくつもりである.

5 まとめ

本研究では, 運動視差立体視を用いた視覚機能解析システムの提案と開発を行った. 提案したシステムを用いて魚の行動変化を観察することで魚の視覚機能に

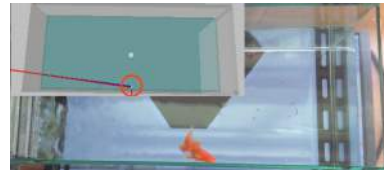


図 3: 三次元位置算出結果と実際の位置

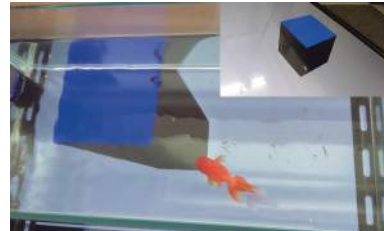
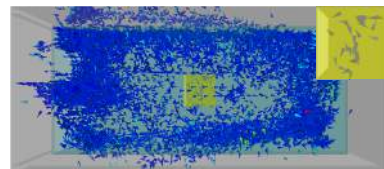


図 4: 生成された運動視差立体視映像

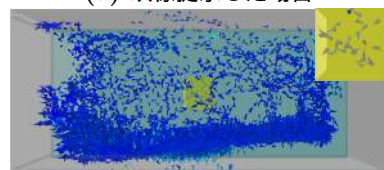
基づく立体知覚の仕組みが解明されることが期待できる. システムに関する今後の課題として, 屈折を考慮した映像生成や, 視覚機能に関する研究が進んでいるメダカへのシステムの対応などが挙げられる.

参考文献

- [1] W. Matsunaga, E. Watanabe, Habituation of medaka demonstrated by open-field testing, Behavioural Processes, No. 85, pp. 142-150, 2010.
- [2] W. Matsunaga, E. Watanabe, Visual motion with pink noise induces predation behaviour, Nature Scientific Reports 2, No. 219, 2012.
- [3] B.J. Rogers, M. Graham, Motion Parallax as an Independent Cue for Depth Perception, Perception, No. 8, pp. 125-134, 1979.
- [4] 上原悠永, 水野慎士, 擬似的三次元コピーの生成とインタラクションの実現方法, 情報処理学会論文誌・デジタルコンテンツ, Vol. 3, No. 2, pp. 22-31, 2015.



(a) 映像提示した場合



(b) 映像を提示しなかった場合

図 5: 魚の三次元位置移動の履歴