

## メダカの捕食行動と被食者の揺らぎ

渡辺英治 (基礎生物学研究所) eijwat@gmail.com

捕食動物の生存確率は、外界オブジェクトを正確迅速に捕らえる能力に依存しています。特に対象となる外界オブジェクトが価値の高い被食者であった場合、それは生死に直結するクリティカルな問題となるため、狩りを行うとき捕食者は感覚器を総動員して多数のオブジェクトから獲物を認識します。その中でも特に視覚系は多くの場合決定的な役割を果たします (文献1)。例えば水中の生態系においては、視覚を通じた捕食行為は動物プランクトンの構成に決定的な影響を与えることが知られています (文献2)。水棲環境において動物プランクトンを捕食している小型魚類は、水中を漂う多くの餌ではない粒子と区別する必要がありますが、どのようなパラメータによって区別しているのかは、これまで謎に包まれていました。



Medaka and Daphnia

これまで当該分野の研究が進展しなかった理由の一つは、実験者が被食者の各種パラメータを自在に制御できなかったことにあります。例えば、生きているプランクトンの大きさ、形状、色、そして動きを研究者が自在に変化させ制御することは不可能です。そこで今回の研究では、これを計算機モデルの導入によって解決しました。被食者であるミジンコ (*Daphnia Magna*) の動画データを計算機モデル化し、これをPCディスプレイ上に再現し、メダカ (*Oryzias latipes*) の捕食行動の分析を行いました。

多くの動物プランクトンはランダムな運動パターンを示すことが知られています (文献3)。速度も運動方向も不規則に時々刻々と変化していきます。今回の解析では、ミジンコの軌跡を重心自動トラッキングによって座標データを獲得し、ミジンコの速度成分を水平軸と垂直軸の二軸に分離してフーリエ変換を行い、速度の時間変化パターンの波形解析を行いました。パワースペクトル密度を周波数に対してログプロットし、傾きをべき乗近似したところ、水平方向は $-0.87$ 、垂直方向は $-0.76$ の傾きを持っているピンクノイズタイプであることが判明しました。

このピンクノイズパターンの運動をランダム関数 (Wichmann-Hill algorithm) と convolution filter によって人工的に合成し、ディスプレイ上に計算機モデルを再現し、メダカに提示しました。その結果、計算機モデルは、ミジンコの生データから得た座標データをそのまま使用したバーチャルプランクトンと同等の捕食行動を誘引しました。傾きが $-1.0$ の純粋な  $1/f$ -noise の計算機モデルにもメダカは強く反応しました。また、等速で運動する計算機モデルやホワイトノイズで構成された計算機モデルは弱い反応しか引き起こさないことが判明しました。これら実験結果は、メダカは動物プランクトンが発生させる視覚情報の中でも、ピンクノイズに特徴づけられる運動パターンを認識していることを示唆しています。

動物プランクトンのランダムな運動パターンは、淡水域海水域を問わず広く観察されます (文献4)。例えば、海水域の動物プランクトンの一種である dinoflagellate における速度成分の時間経過はフラクタルノイズ (ピンクノイズの別称) を示します (文献5)。すなわち、メダカという捕食者とミジンコという被食者の間にある関係性の数理モデルは生態系に広く適用できる可能性があります。さらには、ピンクノイズタイプの運動パターンは動物プランクトンにだけ見られるものではありません。大腸菌の運動パターン (文献6)、そしてメダカと同じ小型魚類のゼブラフィッシュ (文献7) にも同タイプの運動パターンが見いだされています。これらの事実から、ピンクノイズを含む視覚的運動パターンは生物特有の特質の一つであるという仮説を引き出すことが可能です。捕食者が効率的なハンティングを行うために生物学的ピンクノイズを利用しているという仮説は、生態系における生物の相互作用を理解する上で重要な意味を持つと思われます (文献8)。

### 【参考文献】

- (1) New, J.G., Alborg Fewkes, L., & Khan, A.N., *J. Exp. Biol.* **204**, 1207-1221 (2001).
- (2) Brewer, M.C., Dawidowicz, P., & Dodson, S.I., *J. Plankton Res.* **21**, 1317-1335 (1999)
- (3) Seuront, L., Brewer, M.C. & Strickler, J.R., *Handbook of scaling methods in aquatic ecology: Measurement, Analysis, Simulation.* CRC Press, New York, NY. 33-359 (2003).
- (4) Seuront, L., Hwang, J.S., Tseng, L.C., Schmitt, F.G., Souissi, S., Wong, C.K., *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **283**, 199-217 (2004).
- (5) Bartumeus, F., Peters, F., Pueyo, S., Marrase, C., & Catalan, J., *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **100**, 12771-12775 (2003).
- (6) Zonia, L., & Bray, D., *J. R. Soc. Interface* **6**, 1035-1046 (2009).
- (7) Nimkerdphol, K., & Nakagawa, M., *J. Biosci. Bioeng.* **105**, 486-492 (2008).
- (8) Matsunaga, W. & Watanabe, E. Visual motion with pink noise induces predation behaviour. *Scientific Reports* **2**, 219 (2012).