

# 群れモデル色々

西村信一郎\*

産業技術総合研究所 生命情報科学研究センター (CBRC)

〒 135-0043 江東区青海 2-41-6

## 1 Introduction

スキューバダイビングをすればすぐに多くの魚が群れで泳いでいることに気が付くだろう。なぜ、魚は群れるのか？ 様々な理由を考えることができる。その中の一つに天敵に捕食されないための手段という考えがある。その手段にも幾つか種類があるが、その中でも私は集団でいることで捕食者を混乱させようという手段に注目した。

魚群においてよく知られていることは、魚群に属する個体の大きさや体の色などが一様性をたもっているということが挙げられる [1]。この性質はおそらく捕食者の個体識別を困難にするだろう。捕食者は個体を捕まえるためには、その個体をトレースしなければならないが、途中で別の似たような個体が目に入ると混乱するらしいからである。その上、被食者は停止しているわけではなく動きまわっているので、捕食者はさらに混乱するだろう。

被食者はどのような集団運動を行えば、捕食者をより効果的に混乱させることができるのだろうか？ 一方捕食者はどのような運動を行えば、混乱せずに被食者を捕らえることができるのだろうか？ 本稿ではコンピューターシミュレーションによってこの問題を議論する。

## 2 モデル

全ての個体は2次元平面上を微分方程式もしくは差分方程式にしたがって動きまわる。方程式の形を詳しく説明する紙面の余裕はないので、いくつかのポイントだけを列挙するに留める。被食者は複数匹存在し、以下のルールによって運動する。

- 他の被食者と距離を保つ。この効果は群れを保つ。
- 捕食者とも距離を保つ。

捕食者は単体で存在し、以下のルールで運動し、被食者を捕らえる。

- 被食者と距離を保つ。
- 一定時間、最も近い個体が入れ替わらなかった場合それを狙う。

---

\*shin-nishimura@aist.go.jp

一定時間内に一度でも最も近い個体が入れ替わった場合は、一最初からやり直す。これは、常に最も近い個体が入れ替わっているようなときには捕食者は狙いをさだめることができないことを意味する。このモデルでは、捕食者の複雑な神経系を考慮することなく、混乱のプロセスを導入している。

被食者も捕食者も一定の速さで運動する。捕食者は狙いをつけた場合とそうでない場合で二つの速さを持ち、狙いをつけた場合の速さは、必ず被食者よりも速い。つまり、狙いをつけた場合は絶対に逃すことはない。

### 3 結果と議論

一定時間に何匹捕食者は被食者を捕まえることができるか？ それは被食者と捕食者のパラメーターによって変わる。(初期条件による違いは異なる初期条件で何度も計算し平均することでならしてしまふ。) 被食者と捕食者のそれぞれのパラメーターの組みをゲーム理論でいうところの「戦略」もしくは「手」として考えよう。捕食者は何匹捕まえたか、被食者は何匹捕まえられたかを利得とする。この設定により、ゲームはゼロサム・ゲームとなり、純粋もしくは混合ミニマックス戦略が必ず存在することになる。捕食者と被食者の速さの比は、固定する。(捕食の速さは、狙いをつけたときの速さとする。) これを単に「速さの比」と呼ぶことにする。

速さの比の大きさによって、ミニマックス解は異なる。速さの比が十分に大きいときには、つまり、一瞬にして捕らえられてしまう場合には、被食者が捕食者を追いかけるという、奇妙な純粋ミニマックス解が見られた。速さの比が1に近い、なかなか捕食者が被食者に追いつけない設定では、捕食者がばらばらに逃げるといふ純粋ミニマックス解が見られた。その中間の場合は混合ミニマックス解になる。この部分に関しては残念ながらまだ十分な解析は行なわれていない。

捕食者が近付くとばらばらになる現象は、“fountain (噴水)” [2] という現象に対応すると思われる。被食者が捕食者を追いかける現象は、奇妙であるが、まったくないわけではない。これらの現象の説明原理として本研究が利用できる可能性がある。

### 参考文献

- [1] Nina Peuhkuri. Size-assortative shoaling in fish: the effect of odity on foraging behavior. *Anim. Behav.*, 54:271–278, 1997.
- [2] Rune Vabø and Leif Nøttestad. An individual based model of fish school reactions: Predicting antipredator behaviour as observed in nature. *Fisheries Oceanography*, 6(3):155–171, 1997.