

捕食を考慮した魚の群れの数値計算

日大生産工 (学部) ○角谷 知郁 日大生産工 (卒業生) 北崎 真和

日大生産工 野々村 真規子

1 まえがき

魚や鳥などは、生き残るために群れを作る。群れで行動することで、繁殖しやすい、捕食されにくい、餌をみつけやすい等の利点があると考えられている。本研究では、既存の数値モデル¹⁾を、魚の死角や捕食者を考慮したモデルに拡張し魚間の相互作用の違いがどのような影響があるのかを検討した。

2 Rosas モデル¹⁾

本研究で用いる Rosas らが考案した文献¹⁾の数値モデルについて説明する。魚の群れの行動には「衝突回避(Rep)」、「誘引(Att)」、「整列(Ori)」の3つの相互作用があるとされている。Rosas らはその3つの相互作用を距離によって分類した (図1)。 i 番目の魚の行動は他の魚がどこの領域にいるかで決定される。

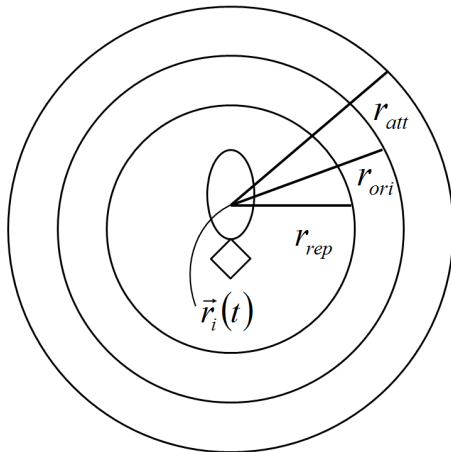


図1 Rosas モデルの3つの相互作用。衝突回避領域は $d_{ij} < r_{rep}$ 、整列領域は $r_{rep} < d_{ij} < r_{ori}$ 、誘引領域は $r_{ori} < d_{ij} < r_{att}$ である。

時刻 t での i 番目の魚の位置を $\vec{r}_i(t)$ 、速度を $\vec{v}_i(t)$ と表している。時刻 $t + \tau$ での魚の位置は $\vec{r}_i(t + \tau) = \vec{r}_i(t) + \vec{v}_i(t) \cdot \tau$ で求めることができる。速度 $\vec{v}_i(t)$ は次のベクトルで求められる。

$$\vec{d}_i^{(REP)} = - \sum_{j \neq i}^{Nr} \vec{r}_{ij} / \left| \sum_{j \neq i}^{Nr} \vec{r}_{ij} \right| \quad (d_{ij} < r_{rep}) \quad (1)$$

$$\vec{d}_i^{(ATT)} = \sum_{j \neq i}^{Na} \vec{r}_{ij} / \left| \sum_{j \neq i}^{Na} \vec{r}_{ij} \right| \quad (r_{ori} < d_{ij} < r_{att}) \quad (2)$$

$$\vec{d}_i^{(ORI)} = \sum_{j=1}^{No} \vec{v}_j / \left| \sum_{j=1}^{No} \vec{v}_j \right| \quad (r_{rep} < d_{ij} < r_{ori}) \quad (3)$$

$\vec{r}_{ij}$ は i 番目の魚から j 番目の魚に向かう単位ベクトルで、 $\vec{r}_{ij} = (\vec{r}_j - \vec{r}_i) / |\vec{r}_j - \vec{r}_i|$ で表される。

d_{ij} は i 番目と j 番目の魚の距離、 N は範囲内の魚の数を表す。 i 番目の魚の速度ベクトル $\vec{v}_i(t)$ は、衝突回避領域内に魚がいる場合は $\vec{v}_i(t) = \vec{d}_i^{(REP)}$ (4)

そうでない場合は

$$\vec{d}_i = \frac{1}{2} [\vec{d}_i^{(ATT)} + \vec{d}_i^{(ORI)}] \quad (5)$$

とする。式(1)は i 番目の魚から衝突回避領域にいる魚に向かう単位ベクトルを足し合わせ、それと反対の動きをすることで衝突回避を表す。同様に、式(2)は誘引領域にいる魚の位置を使って計算している。式(3)は整列領域にいる魚の速度ベクトルの和を使って、整列させている。

3 視野と捕食者

本研究では、上記の Rosas モデルに新しい要素として「視野」と「捕食者」の二つの要素を取り入れた²⁾。被食者の魚の視野角度 θ

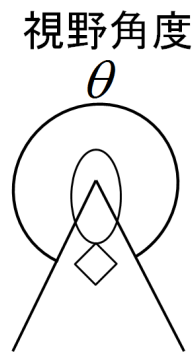


図2 視野角度

は、図2のように角度 $2\pi - \theta$ の領域にいる魚との相互作用を考えないことで表現する。また、捕食者の魚は、ランダムに動かし、被食者の魚が探索範囲に入った時に、その魚に近づくようにした。捕食者と被食者の魚の距離が0より小さくなった時に捕食されたとし、被食者の魚を消す。

4 結果

図3のように、数値計算は初期の捕食者数を1、被食者数を20として行った。境界は反射壁としている。

図4は、魚がすべて捕食され尽くすまでの時間を、視野角度 θ ごとにまとめた結果である。この図から相互作用ありの場合より、相互作用なしの方が、捕食され尽くすまでの時間が長いことがわかる。これは相互作用あり

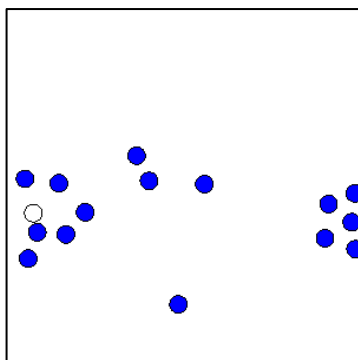


図3 初期条件。捕食者は白丸、被食者は青丸。

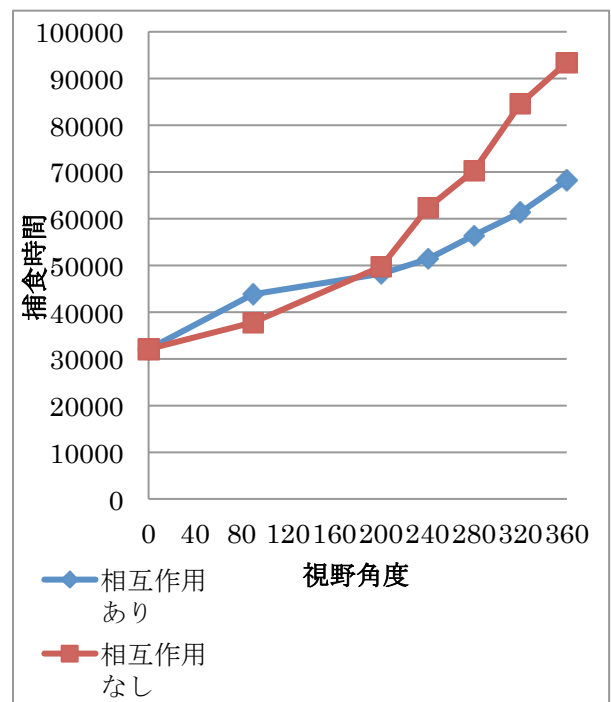


図4 捕食されるまでの時間と視野角度 θ

で被食者の魚が群れを作ると、一度に大量の魚が捕食されてしまうからだと考えられる。また、相互作用ありの方が、視野角度依存性がないことがわかる。これは死角となっていて見ることができない領域を、群れをつくることで、補っているからだと考えられる。

参考文献

- 1) Dorílson Silva Cambuí, Alexandre Rosas, “Density induced transition in a school of fish”, PhysicaA, 3908-3914, 2012
- 2) 北崎真和, “魚の集団行動の研究”, 平成26年度卒業論文