魚群行動の複雑さに関する定量的評価

長井　健時　漁場学専攻

【目的】魚群の行動を予測することは、安定的かつ持続的な漁業生産を行う上で重要である。しかしながら、魚群行動それ自身を定量的に評価することを扱った研究は非常に少ない。群れを構成する個体の速度や個体間距離を算出しただけでは魚群の行動特性を評価することにはつながらない。そこで、本研究では魚群行動の複雑さをフラクタル次元解析を用いて定量的に把握することを試み、行動特性の評価として有効かどうか検討する。

【方法】日令 18 日、42 日および 73 日の 3 種類のマサバ未成魚を準備し、それぞれの日令ごとの魚群行動を観察した。直径 1 m の円形水槽を用意し、水深は 10cm にしてマサバを水槽内で遊泳させた。各日令のマサバの魚群構成尾数は 5、10、15 および 20 尾とした。水槽上部にデジタルビデオカメラを設置して、マサバ魚群の遊泳行動を撮影した。撮影した映像をコンピュータに取り込み、全個体の位置座標を 0.1 秒ごとに 1 個体につき計 2050 点ずつ時系列データとして読み取った。この時系列データをもとに、Higuchi の方法を参考にしてフラクタル次元解析を行い、魚群行動の複雑さを定量的に算出した。Higuchi の方法は以下の通りである。まず、$x(t)$　$(t \in [0, N-1])$ を時刻 t における位置座標データ列とする。時刻 m から時間間隔 k で粗視化した時系列の長さ $L_m(k)$ を

$$L_m(k) = (1/k) \cdot ((N-1)/S_k) \cdot \sum_{i=1}^{S_k/k} \left| x(m+ik) - x(m+(i-1)k) \right|$$

と表す。ここで、$S_k = [(N-m)/k]k$、$[\ ]$ はガウス記号である。このとき、$L_m(k)$ $(m = 1, 2, \cdots, k)$ の m についての平均を $L(k)$ とすると、$L(k) \propto k^{-D}$ という関係が得られれば、D は時系列データのフラクタル次元となる。フラクタル次元は、$1 \le D \le 2$ の範囲の値をとり、$D = 2$ のとき変動は最大限に乱雑になり、D が 1 に近い時間間隔では規則性が見出せるとの解釈で応用されている。

【結果】$k = 10$（$\log k = 1$）の時に与えられるフラクタル次元を算出した。図 1 は日令 18 日のマサバの時系列データから得られた構成尾数ごとのフラクタル次元 D を表わしたものである。D の平均値は 1.10 となり、時系列が予測しやすく単純な構造をしていることが示された。各個体ごとに算出した D の値のばらつきも少ないことから、まとまりのある群れ行動をしていることが予想される。日令 42 日では 5、10 尾では $D = 1.40$ と大きく、15、20 尾では約 $D = 1.13$ となった（図 2）。図 3 の日令 73 日では、構成尾数が 5、10、20 尾については $D = 1.20$ 付近の値をとったが、10 尾についてのみ $D = 1.35$ と比較的大きな値を示し、行動に複雑さが表われていることが示された。

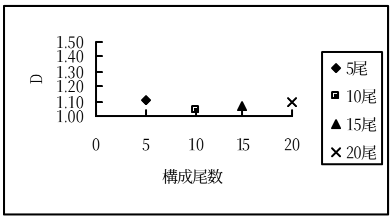

図 1、日令 18 日のマサバ

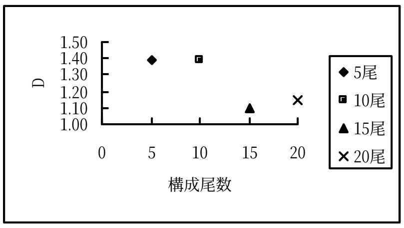

図 2、日令 42 日のマサバ

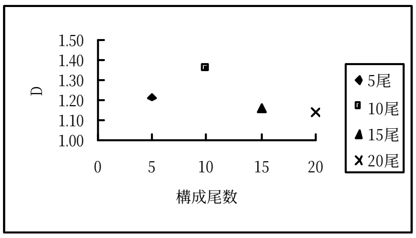

図 3、日令 73 日のマサバ