

氏 名	デン 田	ガ 雅	ケツ 杰
学位(専攻分野)	博 士 (学 術)		
学 位 記 番 号	博 甲 第 122 号		
学位授与の日付	平成 8 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
研 究 科・専 攻	工芸科学研究科情報・生産科学専攻		
学 位 論 文 題 目	A Study on Modeling for the Behavior of Fish School with Many Individuals		
審 査 委 員	(主査) 教 授 三 宮 信 夫 教 授 吉 田 靖 夫 教 授 森 武 宏		

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、モデリングおよびシミュレーション手法により魚群行動を考察し、新たな知見を得たものである。特に本論文では、多くの個体を含む魚群の行動に対して新しいモデルを提案している。

魚群行動に関する研究は、水中における観測に基づいて行われるが、実際のフィールドで観測データを得ることは限られており、一般に困難である。そこで、多くの研究は水槽実験に基づいて行われる。すなわち、魚群行動はビデオテープレコードで記録され、画像処理を行って各個体の位置の時系列データを求める。しかし、たとえ水槽実験でも多くの個体を含む群れの場合には、各個体の位置を求めることはやはり困難で、その結果モデルパラメータを推定することは不可能となる。この困難を克服するために、多くの個体を含む魚群の行動を記述する「集約モデル」を構築する必要がある。本論文ではこの点に関して、群れの重心と群れの最も外周に位置する 4 尾の代表個体に注目して、それらの間の相互作用をモデル化し群れの運動および群れの形状を記述することを主張している。

本論文ではこの集約モデルを用いて、10尾および20尾のタイリクバラタナゴの群れの水槽実験データからモデルパラメータを推定し、シミュレーション結果と水槽実験データを比較することにより、得られたモデルを多角的に評価している。その結果、魚群は様々な行動パターンを示すが、本モデルではモデルの関数形は同一で、モデルパラメータの値にその行動パターンの特徴が反映されることが実証された。

本論文は、第 1 章緒言および第 6 章結言を含め、6 章で構成されている。第 2 章では、魚群の定義を述べ、これまでに得られている魚群行動に関する知見を整理している。また、水槽実験と画像処理の方法について述べ、東京水産大学と本学で実施した 4 種類の水槽実験データを説明している。実験データの群れの個体数は、5、10および20尾であり、各場合の行動軌跡、群れの平均速度および個体間距離を求めている。

第 3 章では、集約モデルを提案している。すなわち、魚群行動を群れ形状の変化と群れ全体の動きに分解して記述することとし、群れ形状は最も外周に位置する 4 尾の代表個体のデータを用いて、楕円で近似する。また、群れ全体の動きは群れの重心のデータをもとにモデル化する。これより、得られたそれぞれのモデルの関数形およびパラメータ推定法を提案している。また、このモデルでシミュレーションを行い、20尾の場合と10尾の場合についてシミュレーション結果と実験データの比較によりモデルの妥当性を評価している。

第 4 章では、提案したモデルの詳細な部分について解析結果を示し、本モデルの特徴を考察している。特に、重心と外周の 4 尾の個体の間の速度の関係、および群れ速度と群れの大きさの関係について相関関

数を求め、その結果からモデルの妥当性を考察している。

第5章では、提案した集約モデルと従来より考察されてきた「自律分散モデル」を同一の水槽実験データを基に比較している。自律分散モデルは、群れのそれぞれの個体の運動を記述するので、そのパラメータを決定するためにすべての個体の時系列データが必要である。したがって、高々5尾の群れしか扱えないのが現状である。そこで5尾の群れの実験データを用いて2つのモデルを作成し、シミュレーションの結果を比較することにより、その2つのモデルの特徴を考察している。その結果、2つのモデルは類似のふるまいを示すことがわかり、これより集約モデルで群れ行動の平均的な様子が記述できるという示唆が得られた。この示唆は、個体数の多い群れを扱うときに有用であり、本研究で提案されたモデルが広い適用可能性があることが予想される。

論文審査の結果の要旨

本論文は、多くの個体からなる魚群の行動を記述する集約モデルを提案し、シミュレーションによりそのモデルの妥当性を示したという点で興味ある新しい知見が得られた。モデルのパラメータを推定するためには、水槽実験より各個体の時系列データを求める必要があるが、この作業が難しく従来5尾までの小さい群れにしか実行できなかった。本論文は、このデータ取得法のままでより多くの個体からなる群れ行動を表現するには、どんなモデルであればよいかという観点で考察した結果である。実際の魚群は多くの個体からなるので、モデルの実用性からこの問題は重要である。

本論文ではその第一歩として、10尾および20尾の水槽実験データを基にしてモデルを構築し、定常的に遊泳する行動も遊泳と停止を繰り返すようなやや不規則な行動も、いずれも同一の型のモデルで表現できることを示した。換言すれば、そのような行動の違いは、前方推進力と呼ばれるモデルパラメータの符号で特徴づけられることが分かった。そのパラメータ推定は時系列データに依存するので、特徴のある遊泳行動がパラメータ値に直接反映されるという意味でモデルの妥当性をあらわしているといえる。これより、本論文で提案するデータ取得法、データ処理法を含めたモデリング法は、多くの個体からなる魚群の様々な行動パターンを記述することができると結論づけられる。今後、海洋牧場の実用化とともに、魚群行動を推定あるいは制御する必要性が増すと思われるが、本研究で提案されたモデルはその基礎的考察のために有用になると考えられる。

本論文の基礎となったのは、4編の学術論文で、そのうち3編は申請者が筆頭著者となっている。4編の学術論文のうち、2編は国内の学会の論文誌に、他の2編は査読制度のある国際学会の Proceedings にそれぞれ掲載された（予定の1編を含む）。

以上の検討結果より、本論文の内容には独創性、有用性が十分認められ、学術的評価は高いと考えられるので、本論文は学位論文に値すると判定される。