

Title	Numerical Study on Some Stochastic Models in Biology
Author(s)	Nguyen, Thi Hoai Linh
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/34566">https://doi.org/10.18910/34566</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## Abstract of Thesis

(Nguyen Thi Hoai Linh)

Title

Numerical Study on Some Stochastic Models in Biology  
(生物学に現われる確率モデルの数値的研究)

## Abstract of Thesis

Knowing the mechanisms of various biological systems is one of vital problems. Direct researches on these systems often take a lot of time and experiments cost immensely. Sometimes it is even unfeasible. Other way in getting desired information about biological systems is constructing mathematical models which describe the systems then studying the models by using mathematical tools. In addition, we know that real biological systems are always subject to environment noises and incompletely understood information, so they will be well-modeled by stochastic models which embrace complex variations in the dynamics. This dissertation is devoted to a numerical study on stochastic models for some biological systems. More precisely, we study two problems as follows.

The first one is a Stochastic Forest Model. In 1975, Antonovsky et al. introduced a deterministic, mono-species ecosystem model with two age classes of trees: the young and the old ones. It is seen that the asymptotic behavior of the solutions depends strongly on the magnitude of the mortality of old trees. Therefore, on the basis of that model, we incorporate a noise factor to the mortality rate of old aged class. That results in a stochastic forest model. We are concerned with the long time behavior of solutions which characterizes the stable existence or decline of the forest. After proving the existence and uniqueness of global positive solutions, we show some sufficient conditions for sustainability of the forest. Obtained results may provide us some information on the nature of real forest systems.

The second problem concerns with biological swarming. This study is divided into two parts. First, we propose a stochastic differential equations which describes fish schooling and give some quantitative investigations. We in fact introduce a mathematical definition for schooling. Then we study how some parameters, e.g. group size, noise, contribute to the geometrical structure of the school. In particular, we show that if the magnitude of noise is larger than a certain threshold, then the fish can no longer form a school. Secondly, we are interested in problems of avoiding obstacles and finding food resources. We find four behavior patterns of school while avoiding obstacles. This result shows that the fish school has its cohesiveness in a certain sense. We also find that the fish acquire foraging advantages by forming school.

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( Nguyen Thi Hoai Linh )			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主査	教授	八木 厚志
	副査	教授	森田 浩
	副査	教授	藤崎 泰正
	副査	准教授	山本 吉孝

## 論文審査の結果の要旨

近年、一様な性質をもつ多数の生物集団の調和し結束した群行動が注目され、そのメカニズムの解明とともに様々な自律的大規模システム的设计に応用する研究が活発になってきている。本研究では、森林システムの動態と魚群の行動を数理的に記述したモデルに着目し、様々な要因からシステムに影響するノイズに対してシステムがどのように応答するかを確率微分方程式を用いて計算数学の手法で調べている。取り分け魚の群行動モデルについて、S. Camazine等により提唱された各個体の行動規範（接近、衝突回避、速度同調）に基づき2012年に内種岳詞等により導入された確率モデルについて、各個体の行動における不確実性が集団として群を形成するという事象のロバスト性にどのように影響するかを調べている。その主な成果は以下の4点に集約できる。

1. 魚群を定量的に議論するための様々な概念として最近接距離、個体速度の分散、群の直径、 $\varepsilon$ - $\theta$ 群、結束力などを考案し導入するとともに個体の行動規範を記述する数式内のパラメータに対するそれらの依存性を明らかにしている。特に、負荷するノイズの大きくなって行くときどの程度まで $\varepsilon$ - $\theta$ 群を維持することができるかということから魚群に対して結束力 (cohesiveness) の概念を量的に定式化している。

2. ノイズの大きさを制御パラメータとした数値実験により、Camazine等により提唱された個体の3つの行動規範（接近、衝突回避、速度同調）は集団として群を形成するという事象においてロバスト性を有していることを本モデルを通して示している。一方で、ノイズの大きさが他のパラメータに比べて一定以上になると集団はもはや $\varepsilon$ - $\theta$ 群を維持できなくなるという限界性も示している。

3. 魚が遊泳する領域内に球状の障害物を設定し、魚群が一定の速度でその障害物に接近する状況をモデル化して数値実験を行い、魚群の障害物回避パターンとしてはね返り (rebound)、引き返し (pullback)、通過 (pass and reunion)、分離 (separation) の4つがあることを見出している。さらにどの回避パターンが出現するかは魚群のもつ結束力に関係があり、同じ個体数の魚群が同じ大きさの障害物を回避する場合に群れの結束力が大から小へと変化するにつれて出現パターンは、はね返り、引き返し、通過、分離の順に変化することを見出している。

4. 魚が遊泳する領域内に餌場を魚群から障害物により隠された位置に設定し、静止状態の魚群がこの餌場を発見できるかどうかについて魚群の個体数を制御パラメータとした数値実験を行い数の優位性を示す結果を得ている。各個体は餌が発する僅かな匂いを感知し匂い勾配の高い方へと移動するようにモデル化を行い感知パラメータを適切に設定すると、個体数が少ないときには魚達は隠された餌場に到達できないものの個体数が増えると同じ条件下で餌場に到達できることを示している。さらにこの実験では、適度の大きさのノイズが魚群にとって餌場の発見の可能性を高め得るという結果も示している。

以上のように、本論文は生物個体の集団が単純な行動規範により調和し結束した群行動を生起する過程を確率モデルを用いて研究したもので情報科学、特に情報数理学へ寄与するところが大きい。よって、博士 (情報科学) の学位論文として価値のあるものと認める。