

# GAを用いたバーチャルフィッシュのスケルトンモデルの動きの獲得

6Q-8

丸山 知子<sup>†</sup> 藤代 一成<sup>†</sup> 高橋 裕樹<sup>‡</sup> 中嶋 正之<sup>†</sup>

<sup>†</sup>お茶の水女子大学 理学部

<sup>‡</sup>東京工業大学 大学院 情報理工学研究科

## 1 はじめに

計算機技術の飛躍的な向上に伴い、疑似体験することを目的とした仮想現実世界構築システムに関する研究が盛んに行われている。その中でも特に、仮想現実世界における仮想生物の表現法が注目されているが、現実世界の生物をモデルとしているため、その動きを表現することは非常に困難である。そこで、簡単な初期条件を設定するだけで仮想生物の動きを獲得する手法の提案をする。本研究では、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm ; GA) を用い、複数のパラメータを与えるだけで仮想生物、特に、バーチャルフィッシュの動きを獲得する手法の検討を行った。

本稿では、魚の遊泳行動の特徴を示し、動きの獲得手法、実験結果について述べ、最後にまとめと今後の展望を述べる。

## 2 魚の遊泳行動の特徴

魚の遊泳行動には、水平及び、垂直方向への移動が存在する。マグロのような魚において、水平方向の移動は、体の屈曲や尾びれの振動を推進力としている。特に、尾びれの揚力は母体を推進するが、尾びれの抗力は母体を減速する。また、垂直方向の移動は、短時間に突進的に上昇、下降する場合は水平方向への移動と同じ推進力を使う [1]。

今回は動きの獲得の第一段階として、マグロのような尾びれを左右に動かす魚と限定し、遊泳行動は“水平方向の移動”のみを扱うことにする。

## 3 バーチャルフィッシュの動きの獲得

本研究で用いたバーチャルフィッシュ・モデルの定義、その動きの適応度の計算方法及び、GAを用いた動きの獲得アルゴリズムについて述べる。

### 3.1 バーチャルフィッシュ・モデル

一般にスケルトンモデルは骨組みだけで表したモデルであるが、単なるスケルトンモデルでは、魚の遊

泳で動かされる水の量などを測定することは困難である。そのため、本研究では、それを拡張したモデルであるバーチャルフィッシュ・モデルを定義する。

まず、骨の本数を  $N$  とおく。節点  $n_{i-1}$  から節点  $n_i$  までの線分  $n_{i-1}n_i$  を各骨といい、その長さ  $l$  は一定とする。ここで、体長は  $L = N * l$  と表せる。バーチャルフィッシュ・モデルを側面から見た場合、連結した板  $S_i (i = 1, \dots, N)$  によって構成され、各骨  $n_{i-1}n_i$  からの板  $S_i$  の高さを  $h_i (i = 1, \dots, N)$  とする。この高さは、魚と類似した形となるよう関数を用いて設定し、各骨に関して対称とする (図1)。また、このモデルを真上から見た場合、背骨と平行な直線と各骨  $n_{i-1}n_i$  がなす角度を  $\theta_i (i = 1, \dots, N)$  で表す。但し、背骨とは  $\theta_i = 0$  である線分  $n_0n_N$  とする (図2)。

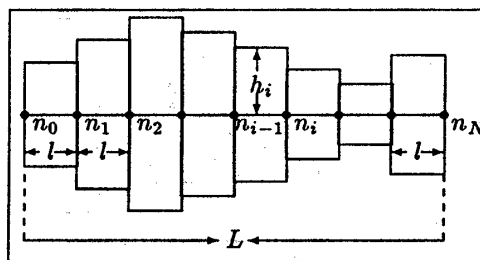


図1: 魚の側面図

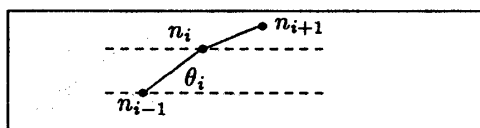


図2: 魚の平面図

### 3.2 動きの適応度の定義

バーチャルフィッシュの動きに対する適応度を定義する。ここで、適応度 (fitness) が高い個体ほど環境に順応している優れたモデルであるとみなす。適応度の計算方法を以下に示す。

動きの優劣の評価基準を、速度とする。そこで、速度を求めるために、基本的な物理則である運動量保存則を考える。魚の運動量  $P$  (質量  $m \times$  速度  $v$ ) の変化と、魚の運動に伴って動かされる水の運動量は等しい。そのため、まず、バーチャルフィッシュ・モデルの板  $S_i$  が動いた軌跡、すなわち板  $S_i$  が動かした水の体

Learning virtual fish locomotion with skeleton model using Genetic Algorithms

Tomoko MARUYAMA<sup>†</sup>, Issei FUJISHIRO<sup>†</sup>, Hiroki TAKAHASHI<sup>‡</sup>, Masayuki NAKAJIMA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Faculty of Science, Ochanomizu University, <sup>‡</sup> Graduate School of Information Science & Engineering, Tokyo Institute of Technology

積を求める。これをすべての板に対して計算すると、魚の1回の動きによる水の変化量が求まる。そこで、運動量保存則より魚の運動量  $P$  が求まり、 $P = mv$  を適用することで速度が求まる。

但し、質量  $m$  は体積と密度の積であるが、今回用いたモデルでは板の厚みを考慮していないため、板  $S_i$  の面積  $2h_i l$  と魚の密度  $d$  の積の総和とした。そこで密度を、予め設定する必要がある。

### 3.3 GA を用いた動きの獲得

本研究で用いたバーチャルフィッシュの動きの獲得アルゴリズムを示す。3.1 節で述べたバーチャルフィッシュ・モデルを以後個体と呼ぶことにする。

#### 3.3.1 初期生物集団の発生

まず、個体の総数  $Z$  と、図1に示した各個体に共通の骨の本数  $N$ 、骨の長さ  $l$ 、及び高さ  $h_i (i = 1, \dots, N)$  を設定する。ここで、高さは、魚の側面に沿う形にするため、節点  $n_0$  を原点にとり、原点から  $L/3$  の板  $S_1$  の高さが最大値  $max.h$ 、原点から  $5L/6$  の板  $S_2$  の高さが最小値  $min.h$  となるような3次曲線を作り、各節点  $n_i$  の高さ  $h_i$  を設定する。また、図2で示した角度  $\theta_i (i = 1, \dots, N)$  は、個体毎に乱数を用いてランダムに発生させて設定する。

#### 3.3.2 淘汰 (selection)

次に、生物集団の淘汰を行う。ここでは、交配させる個体を決定し、各個体の適応度に比例した確率で子孫を残せる可能性をもつ適応度比例淘汰を用いる。すなわち、ある個体  $j$  が各々の淘汰で選ばれる確率  $pselect_j$  は、適応度を  $f_j$  を用いて、次式で表される。

$$pselect_j = \frac{f_j}{Z} \quad (1)$$

$$\sum_{j=1} f_j$$

淘汰率は、0~1まで設定できるようにしてあるが、ここでは、1.0とした。

#### 3.3.3 交叉 (crossover)

同じ遺伝子長の2つの染色体を組み換える場合、交叉位置の個数の違いによって、一点交叉、二点交叉、一様交叉がある。今回は基礎実験のため、一点交叉を使用し、交叉率を1.0とした。

#### 3.3.4 突然変異 (mutation)

今回の実験では、突然変異率0.1で遺伝子長  $N$  の角度  $\theta_i$  を突然変異させる。

### 3.3.5 生物集団の評価 (evaluation)

前節で定義した評価関数により、生物集団中の最大の適応度があるしきい値より大きくなったら終了し、評価を満たしていなければ、GAの処理を続ける。

### 4 実験結果

前章で述べた手法に基づいて、基礎実験を行った。以下に、 $Z = 4$ 、 $l = 1$ 、 $N = 6$ 、 $max.h = 10.0$ 、 $min.h = 2.0$  とした時の実験結果を示す。動きの変化をわかりやすくするため、平面図で表す。

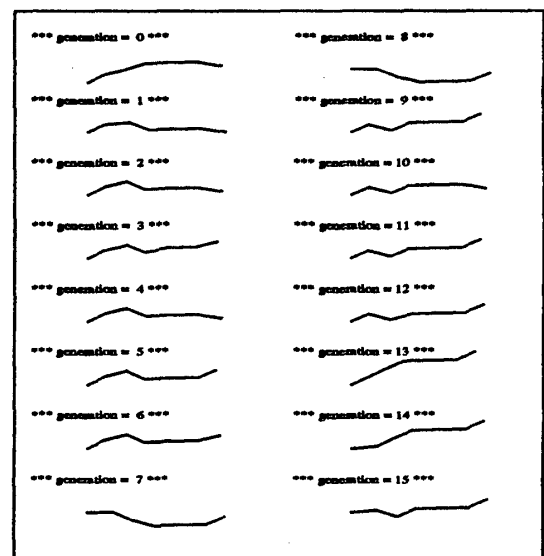


図3: 処理結果 (平面図)

これは、第24世代まで残った個体の中で一番良い適応度のデータを第15世代まで表示したものである。これより、簡単な複数のパラメータを与えるだけで、魚の遊泳に近い動きを獲得できることがわかる。

### 5 まとめと今後の課題

本手法は、複数のパラメータを与えるだけで、簡単に体長、体の高さなどの体型に応じたバーチャルフィッシュの動きを獲得できた。

今後、遊泳行動の垂直方向への移動や体の幅も考慮すればより良い結果が得られると考えられる。また、尾びれの板の面積を広げることは、魚の推進力に効果があるため、今回のモデルで、均等にした長さ  $l$  を、変化させる実験も行いたい。さらに、本手法の実現により、イルカのような尾びれを上下動かすものにも応用していくことを検討する予定である。

#### [参考文献]

- [1] R. マクニール・アレクサンダー: “生物と運動 - バイオメカニックスの探求 -”, 日経サイエンス社, 1992.