

## 遺伝的アルゴリズムを用いた水中生物の形態進化

北見工業大学 ○小松宏彰, 岩館健司, 鈴木育男, 渡辺美知子

### 要旨

本論文では、遺伝的アルゴリズムを用いた水中生物の形態の適応設計を行う。実験は水中で受ける浮力、抗力をモデル化した仮定の物理環境を作成して行う。生物の形態情報を遺伝子として進化させ、より長い距離、空間内を移動できる個体を獲得することを目的とする。

### 1. はじめに

生物のモデルは、映画、アニメーション、ゲームなど多岐にわたる分野で用いられている。しかし、コントローラの適応設計については多くの研究成果が報告されているのに対し、形態の適応設計についてはあまり取り扱われていないのが現状である。本研究では水中環境で活動する生物を対象を絞り、生物モデルに対し遺伝的アルゴリズムによって形態の最適化を行う。仮想生物の形態進化シミュレーションについては Sims<sup>1)</sup>の実験が知られておりこの中で、水中生物も取り扱われている。本実験はこれを参考とし、浮力と抗力をモデル化した仮想水中環境中で実施する。

### 2. 実験概要

#### 2. 1 仮想水中環境

実験は水の密度  $\rho$  を 1.0、重力加速度  $g$  を 9.80 に設定して行う。物理計算には、NVIDIA 社により提供されている物理エンジン PhysX<sup>2)</sup>を使用する。本研究では流体にはたらく力のうち最も大きく作用する浮力、抗力の2つをモデル化した<sup>3)4)</sup>。

浮力はアルキメデスの法則<sup>5)</sup>に従い、物体が押しのけた流体の重さと同じ大きさの力を物体の重心に重力と逆向きに加えることでモデル化した。浮力  $F$ [N]は式(1)で計算される。

$$F = \rho V g \quad (1)$$

ここで、水の密度を  $\rho$ [kg/m<sup>3</sup>]、物体の体積を  $V$ [m<sup>3</sup>]、重力加速度を  $g$ [m/s<sup>2</sup>]とする。

抗力は力が働く物体の各面を再分割しそれぞれに力を加えることでモデル化した。抗力  $D$ [N]は式(2)で計算される。

$$D = \frac{1}{2} \rho U^2 S C_D \quad (2)$$

ここで水の密度を  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]、物体と流体の相対速度を  $U$  [m/s]、物体の代表面積を  $S$ [m<sup>2</sup>]とする。また、抗力係数  $C_D$  は、抗力を動圧  $\rho U^2 / 2$  と代表面積  $S$  で無次元化したもので、流れに対する物体の形状（迎え角）、流体の粘性、流れの速さ（レイノルズ数）、マッハ数によって変化する。今回はこの抗力係数を 0.47 と設定した。

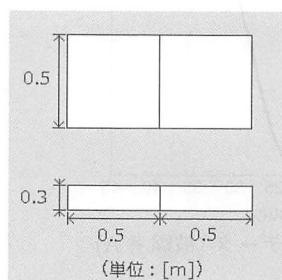


Fig.1 生物モデル

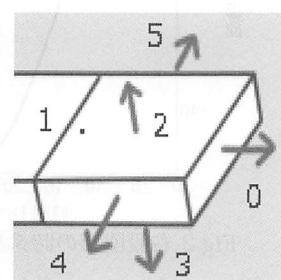


Fig.2 接続位置

#### 2. 2 生物モデル

本研究で用いた生物モデルの初期形態を図1に示す。これは板状の剛体を二つなぎ合わせたもので、それらの接合部分を駆動させることで水中を移動する。剛体は縦 0.5 [m]、横 0.5 [m]、厚さ 0.3 [m]、密度 1000[kg/m<sup>3</sup>]のものを用いる。これを形態進化させ、より水中の移動に適した形態を獲得する。

#### 2. 3 形態の適応設計

生物モデルの形態の適応設計に、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm : GA) を用いた。生物の形態情報で

ある接続位置 (図 2) を遺伝子とし, 遺伝子から生物モデルを生成する. 各モデルに対して, 仮想水中環境におけるシミュレーションを実施し, 開始時から最も長い距離を移動できた個体を優良個体として求める. 実験に用いた各パラメータを (表 1) に示す. 以下に遺伝的アルゴリズムの基本的な流れを述べる<sup>6)</sup>.

#### Step1 初期個体の生成

親となる個体群を生成する. 個体はそれぞれ遺伝子を持ち, これにランダムな値を与えた. 遺伝子には整数型の値を用いる.

#### Step2 適応度の評価

関節の振幅は  $\pi/6$  とし, 動作には正弦関数を用いる. 評価関数(3)を用いて個体群から適応度の高い優良個体を決する. 今回はより長い距離移動した個体を優良個体として選択する.

$$f = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2} \quad (3)$$

ここで, 初期位置を  $(x_0, y_0, z_0)$ , 現在位置を  $(x, y, z)$  とする.

#### Step3 淘汰

親として保存される個体, 淘汰される個体を選ぶ. これらの選択方法にはいくつか種類があるが, 本実験では「ルーレット選択」を用いる.

#### Step4 交叉

親として選ばれた 2 つの個体の遺伝子を部分的に入れ替える. 本実験では遺伝子が交叉する場所 (交叉点) をランダムで一つ選び, その場所より後ろを入れ換える「一点交叉」を用いる.

#### Step5 突然変異

生成された遺伝子を一定確率で変異させる. 本実験では, ランダムに選んだ個体の遺伝子に対し, ランダムな値を設定することで突然変異を起こす.

#### Step6 終了条件

突然変異まで終えたら, 世代を交代し Step 2 から Step 5 までの操作を繰り返す. 世代数に達したら終了する.

Table 1 実験に用いたパラメータ

個体数	20
シミュレーションステップ数	1000
交叉率	0.2
突然変異確率	0.8
世代数	1500

### 3. 形態進化実験

図 1 を初期状態にもつ生物モデルに対し, 形態進化を行いつつながら仮想水中を移動させる実験を行った.

結果として仮想生物は動いても前進しないものがほとんどで, 動く個体も小さな円を描いて回るだけであった.

### 4. おわりに

本研究では物理エンジン PhysX を用いて, 浮力, 抗力のモデルを実装し, 仮想水中環境を構築した. またその環境を利用し遺伝的アルゴリズムによって仮想水中生物の形態進化のシミュレーションを行った. 今後, スムーズに動く個体の完成, また遺伝子情報としてパーツのサイズや, 動作などの情報も加え, さらに複雑な形態進化のシミュレーションを行う予定である.

### 5. 参考文献

- 1) Karl Sims: Evolving Virtual Creatures, Proceedings of the 21st annual conference on Computer graphics and interactive techniques, (1994) 15.
- 2) NVIDIA PhysX, [http://www.nvidia.co.jp/object/physx\\_new\\_jp.html](http://www.nvidia.co.jp/object/physx_new_jp.html), 2013.7.31
- 3) 大江亮介: 物理法則に基づく蝶モデルの飛行, 精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, (2010) 699.
- 4) 中村啓太: Animated Robot の研究—人工生物の遊泳獲得とその挙動解析—, Dynamics & Design Conference, (2009) 325.
- 5) 小出昭一郎: 物理学, 裳華房社, (2010)
- 6) 伊庭斉志: 遺伝的アルゴリズムの基礎, オーム社, (1994).