



| | |
|------------------|---|
| Title | 多様な形状の人工生物の遊泳行動知能創発 |
| Author(s) | 中村, 啓太; Nakamura, Keita; 鈴木, 育男 他 |
| Citation | 精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 2010, 327-328 |
| Issue Date | 2010-03-01 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/51208 |
| Type | journal article |
| File Information | D73_327328.pdf |



多様な形状の人工生物の遊泳行動知能創発

北海道大学 大学院情報科学研究科 ○中村啓太, 鈴木育男, 山本雅人, 古川正志

Acquisition of Swimming Behavior on Polymorphic Artificial Creature

Hokkaido University Keita NAKAMURA, Ikuo SUZUKI, Masahito YAMAMOTO, Masashi FURUKAWA

We have studied behavior acquisition for artificial creatures swimming in consideration of buoyancy and water drags as a virtual under-water environment based on the physics modeling. It enables the artificial creature to swim like a rowing and a spindle type of fish swimming behaviors. In this study, we simulate polymorphic artificial creatures to acquire swimming behaviors. Results are discussed on a relation between a shape of the artificial creature and an acquired swimming behavior.

1. はじめに

現在, 人工生物の行動を獲得するための研究が, 人工生命や進化ロボティクスなどの分野をはじめとして, 様々な方法を用いて行われている [1][2]. これらの獲得される行動は, 水や空気などの環境に大きく影響される. しかしながら, 従来研究では, 重力や摩擦などに従う物理環境下で行われており, 水や空気などの流体による抵抗をあまり考慮していない. 一方で, 精度が高い流体シミュレーションが, 粒子法をはじめとする数値流体力学の分野で行われており, 粒子法を利用して, 仮想水中環境の構築を行い, その環境下で, 仮想生物の行動獲得実験が行われている [3]. しかし, 粒子法は計算量が大きいため, 2次元空間で行動獲得シミュレーションが行われている.

これまで著者は, 流体環境下での仮想生物の行動獲得実験を可能にするために, 物理モデリングに基づいて計算量が少ない近似流体環境の構築を行い, 構築した環境内で, 人工生物の行動獲得実験を行い, 簡易な形状の人工生物の実験結果から, 水の影響力を利用した現実と漕艇型や紡錘型の人工生物の遊泳獲得を可能にしてきた [4]. 本研究では, 様々な形状の人工生物の遊泳獲得実験を行い, 実験結果から, 人工生物の形状と獲得される遊泳との関係を明らかにし, 人工生物が獲得した遊泳の解析を行う.

2. 仮想水中環境の構築

本研究では, 特定の力を物体に作用させることによって, 直方体, 球, 三角メッシュで作られる剛体に作用する, 水による影響力である浮力と抗力のモデル化を行い, 計算量が小さい仮想水中環境を構築する. 遊泳シミュレーションは, 各時間における物理法則に従った物体の移動量を計算して実施する. 設定した仮想水中環境は, 水の密度 $\rho[\text{kg}/\text{m}^3]$ を 998.203 , 重力加速度 $g[\text{m}/\text{s}^2]$ を 9.80665 である. 物理計算には, NVIDIA 社で提供している物理エンジン PhysX[5] を利用した. PhysX は, 物理法則に従う剛性体などの物体のリアルタイムシミュレーションを可能にするが, 水による影響力をサポートしていないため, 物体に力を加えることで, 浮力と抗力のモデル化の実装を文献 [4] を参考にしてみた.

水による影響力は, 他にも, 揚力, せん断力, 及びわず抵抗などがあるが, 本研究で扱う人工生物に対して, 粒子との相互作用を考慮する必要があるが, これらの影響力は十分に小さいと仮定し, これらの力をモデル化する対象にしていない.

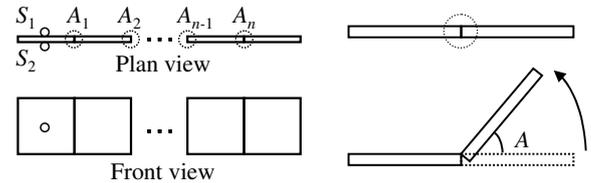


Fig.1 N Joints Model

Fig.2 ANN Control

3. 人工生物の遊泳獲得実験・解析

前章で記述した方法で構築した仮想水中環境下で, 人工ニューラルネットワーク (ANN) と実数値型遺伝的アルゴリズム (RCGA) を利用して, 人工生物の遊泳獲得実験を行い, 獲得した遊泳の解析を行う.

3.1 人工生物モデル

本実験で用いる人工生物モデルは, 複数の剛体を繋げて作成する (図 1). 作成したモデルは, 体長が $6.0 \times 10^{-1}[\text{m}]$ となるように, n 個のアクチュエータで繋がれた高さ $2.0 \times 10^{-1}[\text{m}]$ の同じ直方体 (密度: $998.2030[\text{kg}/\text{m}^3]$) で構成する. モデルの目の位置には, 光源との角度を求める光センサを 2 箇所に設置し, 胴体の位置に直方体を動かす 1 自由度のアクチュエータも設置する. この n 関節モデルは, アクチュエータで長方体を動かし, 水の抵抗を利用した遊泳を可能にする.

3.2 人工生物の制御方法

遊泳の制御には, 脳のメカニズムをモデル化した ANN を利用し, n 関節モデルのアクチュエータの出力の制御を行う. 本実験では 3 層 ANN を採用した. 各時間におけるアクチュエータ i に繋がれている剛体間の角度 (θ_i), 剛体間の相対角速度 (ω_i), 各時間における平面に投影したセンサ j と光源との角度 θ_j の正弦値と余弦値 ($\sin \theta_j, \cos \theta_j$) を ANN の入力とし, 各時間におけるアクチュエータ i に繋がれている剛体間の目標角速度 A_i を ANN の出力とし, 各アクチュエータ間の角度を A_i になるように制御する (図 2). 中間層のニューロン数は, 入力層のニューロン数と同じとし, ANN の結合重みをランダムな値で初期化を行う. 評価関数に応じて, この結合重みを RCGA で最適化を行い, 目標遊泳を可能にする.

3.3 遊泳獲得実験

本実験では, 人工生物の形状と獲得する遊泳の関係を明らかにするために, 2 関節モデルと 4 関節モデルの 2 つのモデルを RCGA を利用し, 制御する ANN の結合重みに対して最適化を

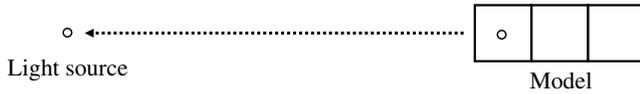


Fig.3 Initialize Phase (Front View)

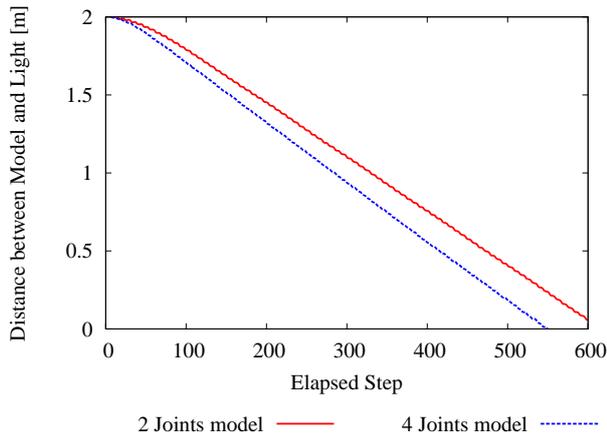


Fig.4 Distance between Model and Light

行い、各モデルが 2.0[m] 離れた光源に向かって遊泳を行う学習を行う (図 3)。

RCGA の個体数を 200 体、1 ステップを 1/60[s] として、600 ステップ間、人工生物のシミュレートを行い、300 世代迄更新する。評価関数は、各ステップにおけるセンサの位置と光源との距離の累積値とし、この評価値を最小化する学習を行った。淘汰手法として、エリート選択 (上位 5 個体) と評価値に基づくランク選択によって、上位 5 体の複製を 2 個体ずつ生成し、交叉と突然変異を行い、更に、下位 5 個体を新しく生成した個体と入れ替えを行っている。

3.4 実験結果・考察

学習後の各ステップにおける 2 つのモデルと光源との距離の関係を図 4 に、各モデルが獲得した遊泳の映像を文献 [7] で示す。更に、学習後の各モデルのエリート個体の最初の 60 ステップ間における ANN の出力をプロットしたものを図 5、6 に示す。

図 4 から、各モデルは学習を行うことで、光源に向かう遊泳を獲得できることが確認された。更に、図 5、6 から、各モデルの ANN の出力が周期的になり、後方の出力が前方の出力より大きくし、ANN の出力を前方から後方に伝播することで、各モデルが前方に遊泳することが明らかになった。更に、関節数が少ないモデルに比べて、関節数が多いモデルは、推進力をより得るために、振幅を小さくし、振動数を大きくすることで、効率良く推進力を生み出していることが分かった。

4. おわりに

本研究では、物体に力を加える方法で構築した仮想水中環境下で、進化計算を利用して、水による影響力を考慮した 2 関節と 4 関節の人工生物の遊泳獲得実験を行った。更に、学習後の人工生物のアクチュエータの出力の解析を行い、関節数が少ないモデルに比べて、関節数が多いモデルは、推進力をより得るために、振幅を小さくし、振動数を大きくすることで、効率良く推進力を生み出していることを明らかにした。今後の課題として、エネルギー消費量を考慮した遊泳獲得実験を行い実験によって獲得し

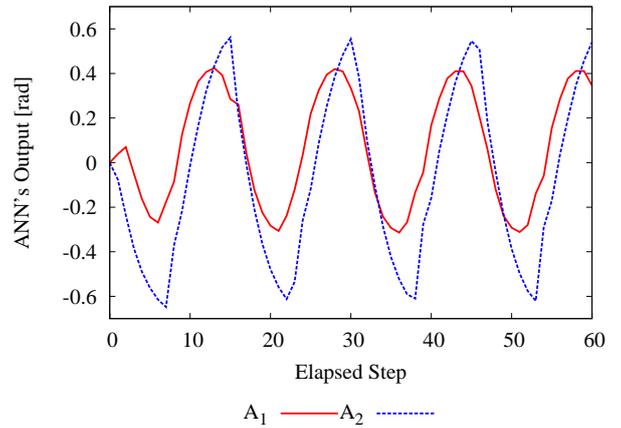


Fig.5 Actuator's Output (2 Joints model)

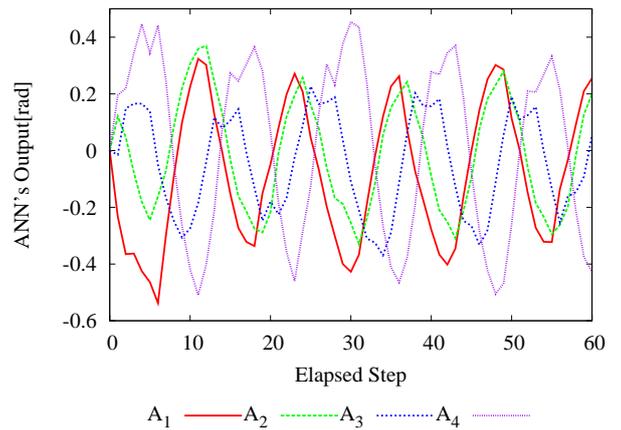


Fig.6 Actuator's Output (4 Joints model)

た遊泳と現実に存在する遊泳との比較を行う。また、木構造、隣接行列などを利用して、形状進化、アフィン変換が可能なトポロジー表現の開発の行い、人工生物の多様な形態進化を行う予定である。

参考文献

- 1) T.Ray and A.Buller, "Automated Evolutionary Design, Robustness, and Adaptation of Sidewinding Locomotion of a Simulated Snake-Like Robot", IEEE Transactions on Robotics, 2005.
- 2) T.Miconi, "Evosphere: Evolutionary dynamics in a population of fighting virtual creatures", Evolutionary Computation, 2008.
- 3) Y.Usami, "Re-examination of Swimming Motion of Virtually Evolved Creature Based on Fluid Dynamics", Advances in Artificial Life: 9th European Conference (ECAL2007), 2007.
- 4) 中村啓太, 鈴木育男, 山本雅人, 古川正志, "Animated Robot の研究-紡錘型人工生物の遊泳獲得-", 2009 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 2009.
- 5) NVIDIA PhysX: http://www.nvidia.com/object/physx_new.html
- 6) 松尾一泰: "流体の力学—水力学と粘性・完全流体力学の基礎", 理工学社, 2007.
- 7) Result Movie: <http://autonomous.complex.eng.hokudai.ac.jp/researches/physics-modeling/movies/nakamura/>