

# 身体的特徴が異なるエージェントにおける立位熟達過程の分析

ニューロエボリューションによる進化的学習に注目して

Analysis of Process about Acquisition of Standing Skill in Agents with Different Physical Characteristics

Focusing on Evolutionary Learning with Neuroevolution

山田雅敏/Masatoshi YAMADA<sup>\*1</sup>, 高田亮介/Ryosuke TAKATA<sup>\*2</sup>, 坂本孝文/Takafumi SAKAMOTO<sup>\*2</sup>, 竹内勇剛/Yugo TAKEUCHI<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> 常葉大学/Tokoha University, <sup>\*2</sup> 静岡大学/Shizuoka University, <sup>\*3</sup> 静岡大学創造科学技術大学院/Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

## 1. 研究の目的・意義

【目的と意義】ニューロエボリューションによる進化的学習を通して、身体的特徴が異なる3体のエージェントの立位熟達過程を分析し、共通した身体スキルの学習プロセスを導くこと

## 2. 実験

### 2.1. エージェントと立位のスキル獲得の定義

- OpenAI Gym<sup>\*1</sup>で提供されている3体のエージェント(図1参照)
- エージェントの初期状態を立位と仮定し、一定時間、立位を保持し続けた状態を立位のスキル獲得と定義
- エージェントの重心位置が高いほど高い報酬を与えるように設定



図1. 実験で使用した身体的特徴が異なるエージェント

### 2.2. 学習と実験環境

学習手法	NEAT-PythonVer.0.92 <sup>*2</sup> (世代数: 100, 個体数: 50, 突然変異率: 0.025)
OS, プログラミング言語	Windows10, Python 3.7.3
シミュレーション環境	OpenAI Gym

## 3. 学習結果

### 3.1. 定性的分析

- Humanoid-v2 は、初期状態の立位から地面へと倒れ込む結果が認められ、立位姿勢を保持できなかった(図2上参照)。
- Hopper-v2 は、前後方向に振動を繰り返しながら、立位保持を獲得したことが認められた(図2中参照)。
- BipedalWalker-v2 は、右足を後方に振り上げた後、両足を着地させて静止し、立位保持を獲得したことが認められた(図2下参照)。

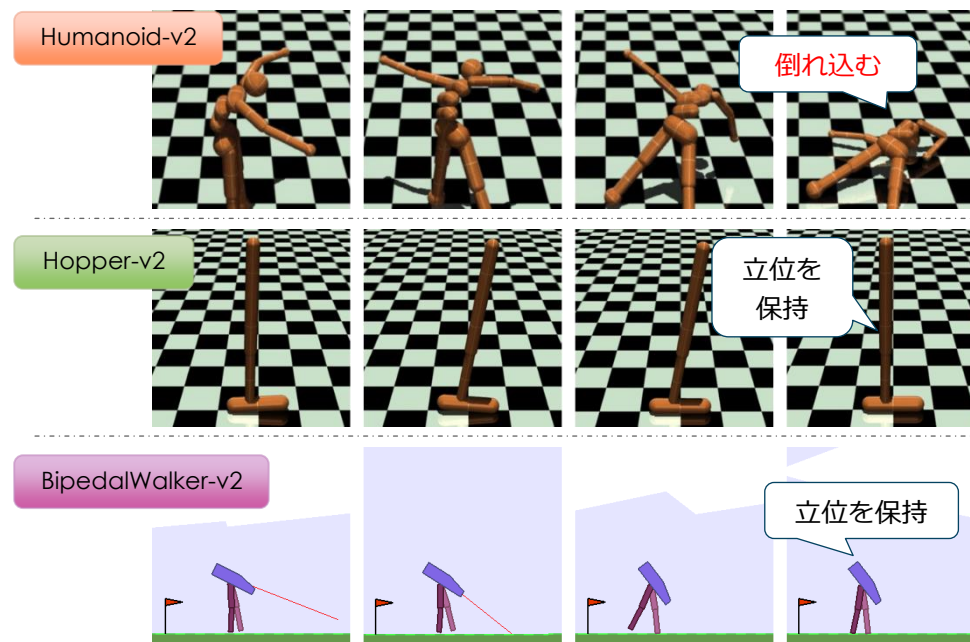


図2. 身体的特徴が異なるエージェントの立位動作

### 3.2. 立位保持を獲得したエージェントの定量的分析

- **Hopper-v2** (図3上参照)
  - ✓ 上部の関節角度は、振動を繰り返しながら収束
  - ✓ 下部の関節角度は、大きく振動
- **BipedalWalker-v2** (図3下参照)
  - ✓ 上部の船体部分の角度は、振動を繰り返しながら次第に収束
  - ✓ 膝の角度に関しては、周期性を有しながら振動

## 4. 考察

### 4.1. 上部の固定性

- Humanoid-v2 の上部は多くの部位で構成されて自由度が高く、制御することは難しい(→ 固定性が低い)
- Hopper-v2 の上部は関節が一つで構成、また BipedalWalker-v2 の上部は船体部で構成され自由度が低い(→ 固定性が高い)

### 4.2. 立位の動的安定性

- 下部の動的状態により立位保持の安定性を獲得
- 動的状態は環境の変化に柔軟に対応することが可能

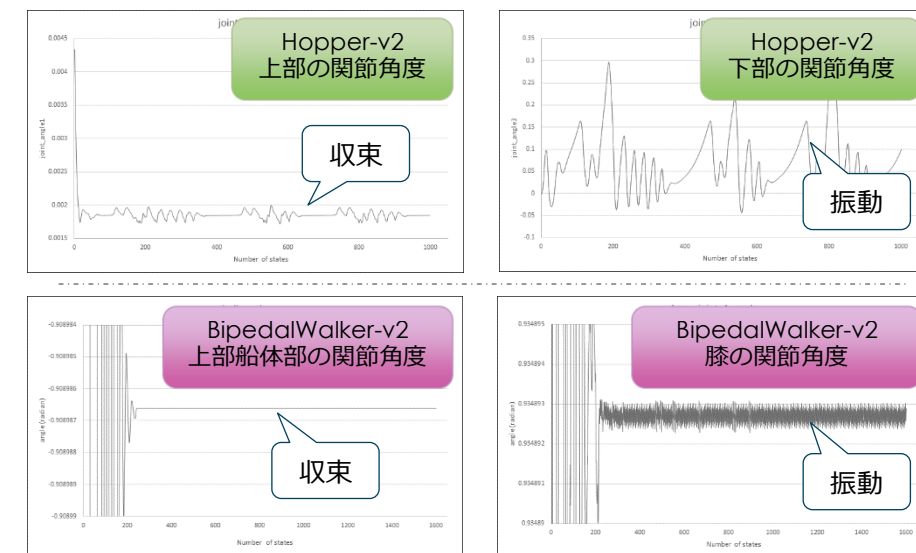


図3. Hopper-v2 (上) と BipedalWalker-v2 (下) の関節角度<sup>\*3</sup>

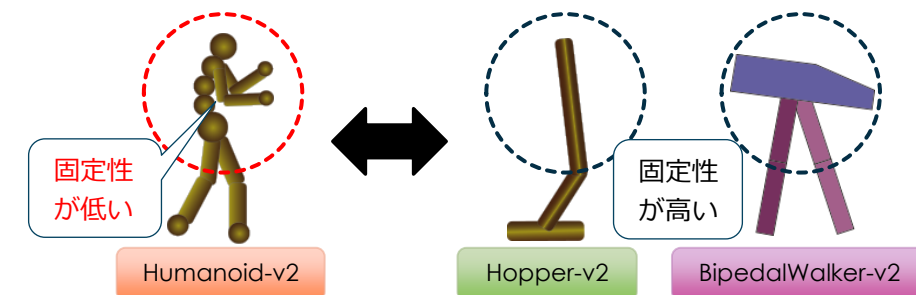
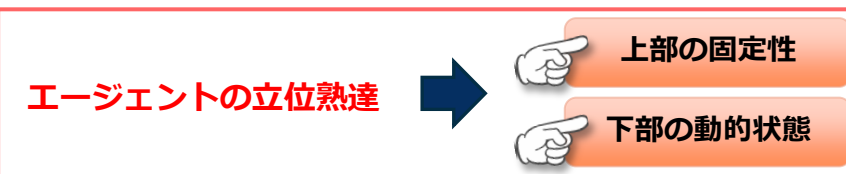


図4. 各エージェントの上部の固定性

## 5. まとめ・今後の方針



- 身体スキルの熟達過程とは、身体部位の動性と静性ととの連関
- 下部の関節角度の振動周期が環境の変化に対してどう関与するか?

### 【参考文献】

1. Nicolas Heess, et. Al:DeepMind (2017), Emergence of Locomotion Behaviours in Rich Environments
2. Kenneth O. Stanley, Risto Miikkulainen (2002) Evolving Neural Networks through Augmenting Topologies; Evolutionary Computation, 10, pp.99-127
3. 岡本勉, 他 (2013) 乳幼児の歩行獲得 -立位から安定した歩行へ; 歩行開発研究所
4. 長谷公隆: 立位姿勢の制御 (2006); リハビリテーション医学, 43, pp.542-553

<sup>\*3</sup> 紙幅の都合上、残りのデータに関しては予稿集から確認されたい。

<sup>\*1</sup> Open AI Gym : <https://gym.openai.com/>,

<sup>\*2</sup> NEAT : <https://neat-python.readthedocs.io/en/latest/>