

3DゲームエンジンとPyTorchを使用したRLによる恐竜の歩行学習

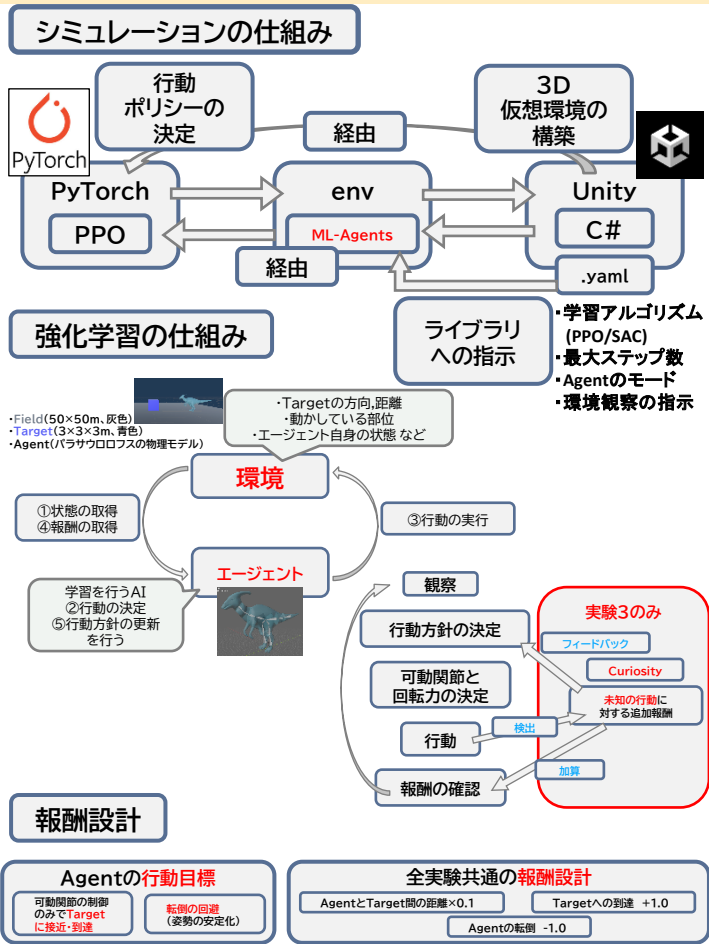
静岡県立浜松北高等学校 田中 宏征

研究の動機・目的と意義

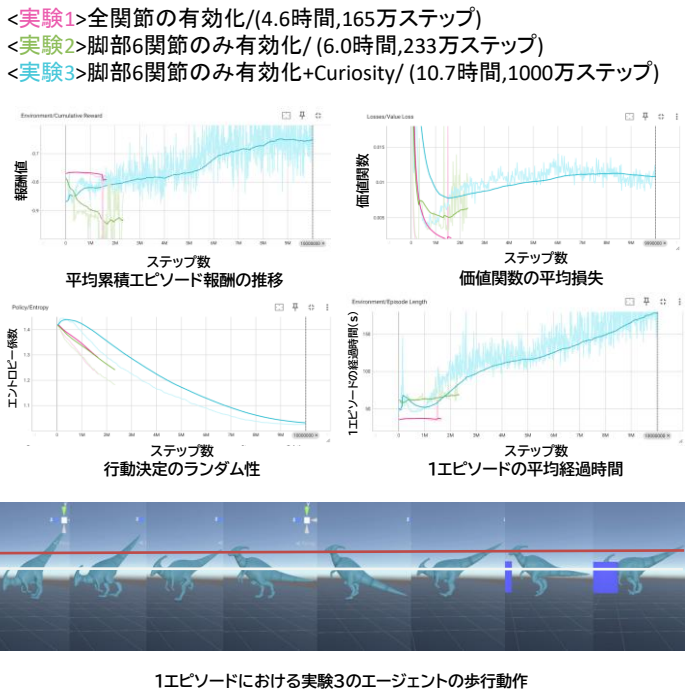
機械学習による恐竜の歩行形態の研究において、北見工業大学の成瀬らは三次元仮想空間上においてティラノサウルス *Tyrannosaurus rex* の物理モデルを作成し、その歩行形態について調べている[1]。成瀬らの手法は、松岡・多賀が提唱した神経振動子により周期的な歩行パターンを生成し、そのパラメータを人工ニューラルネットワーク(ANN)と遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて最適化するというものである。しかし、これらの手法は神経振動子が**神経回路システムが未解明**である中枢パターン生成器(CPG)の性質を数理モデル化したものであることや、CPGが脳からの感覚フィードバックを必要としない性質上、**周辺環境の分析を踏まえた歩行パターンの随時算出を行わないこと**、恐竜の汎用的な歩行形態の分析法が確立されていないことから、学習前に**ある程度のパターン**が存在することを予め想定したものである神経振動子の使用は生物学的な妥当性が求められる本分野のシミュレーションとして**不適切である**。

本研究では恐竜の歩行の再現に機械学習の1つである強化学習(Reinforcement Learning, RL)を直接適用することで、**より単純に、特定のパターンの存在を仮定せずに恐竜の歩行を再現すること**を試みる。この結果を先行研究と比較することによって、本手法の有用性の確認をし、将来的な機能形態学分野において信頼性の高い汎用シミュレーション手法を構築することを目的とする。

研究の手法



実験結果



・1回の学習でエージェントが獲得した平均の累積報酬の推移の値は、実験1、2では減少傾向がみられた。実験3では全体的に増加傾向がみられたが、振れ幅が大きく、学習後半には伸び悩んでいた。

・エージェントの行動予測の精度を示す価値関数の平均損失のグラフでは、実験3において伸び悩みがみられ学習の最大ステップ内での収束はみられなかった。

・そのほかのグラフについては全体的に学習の成功基準として望ましい傾向がみられた。

考察と結論

- ・実験3でのみ、足を交互に出して歩行する姿がみられた。
 - ・歩行する際に頭を含め胴体部が上下に大きく振れている。
→これは学習において首と尾の関節を無効化した結果、大腿部の関節を回転させたときの作用で胴体がつられて動いてしまったからであると考えられる。
 - ・恐竜の重心バランスは仙骨の近くにあり、本来はバランスを保つために足の動きだけではなく、**尾の動きでこれを相殺し、体を水平に保つ必要がある**。
 - ・稼働可能な関節が多いほどエージェントの観察数が増えて処理や学習に時間がかかるため、体のバランスを調整するだけで相当なステップが必要である
→実験1,2では歩行の学習に到達するまでに時間がかかりすぎてしまっていた
 - ・実験3でCuriosityと並列学習を導入→600万ステップほどで歩行動作の原型を獲得していた→学習時間を短縮する効果が確認できた
 - ・しかし、価値関数の平均損失が学習後半から減少しなかった→歩行動作の最適化には学習時間が不足していたと考えられる
- ・本手法は、機能形態学的に有用性が認められる手法である

今後の計画

- 今後の継続研究では
 - ・より精細なパラサウロロフスの生体パラメータの獲得とモデルへの反映
 - ・現生動物に同様の手法を適用した比較実験による妥当性の確認
 - ・よりGPUスベックの良いPCを使った並列強化学習
 - ・報酬設計の見直しによる学習精度の向上
 - ・他の機械学習を使用した実験
- を行い、今回の実験で見つかった課題を解消し、よりよいシミュレーションの手法となるようシステムを改善したい。

謝辞

本研究を行うにあたって、静岡大学が実施する未来の科学者養成スクール[FSS]のご支援のもと、研究指導として静岡大学情報学部情報工学科 電子工学研究所 青木・加瀬研究室の青木 徹 教授と加瀬 裕貴 助教にご協力いただきました。ここに御礼申し上げます。

参考文献

- 成瀬 幸史 他3名, "三次元物理空間における恐竜の歩行行動の獲得", ロボティクス・メカトロニクス講演会公演概要集, 1P1-M05(2013)
- Arthur Juliani 他10名, "Unity: A General Platform for Intelligent Agents", arXiv:1809.02627v2 (2020)
- William A. Parks, "Parasaurolophus walkeri, a new genus and species of trachodont dinosaur. University of Toronto Studies: Geological Series. 13" (1922)