

令和 3 年 5 月 24 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11439

研究課題名(和文) ガウス過程動的モデルを用いた時系列データの次元圧縮・予測法の開発と応用

研究課題名(英文) Dimensionality reduction and prediction using Gaussian Process Dynamical Models

研究代表者

山口 暢彦 (Yamaguchi, Nobuhiko)

佐賀大学・理工学部・准教授

研究者番号：80363422

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：Unityの物理エンジンを用いた電動義手シミュレータとミニ四駆シミュレータを開発し、変分ベイズ法を基に方策パラメータを強化学習するVBRLのアルゴリズム導出・提案を行なった。特に、開発した電動義手シミュレータ上にて強化学習を行い電動義手にボールを打つ動作等を獲得させることに成功した点、開発したミニ四駆AIシミュレータ上にて強化学習を行いミニ四駆AIのスピード制御を獲得させることに成功した点、開発したミニ四駆AIを用いてミニ四駆AI大会(FSS2020、GAT2021)に出場しGAT2021で1、2、4位、FSS2020で3位となった点が成果として挙げられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電動義手は、交通事故や労働災害、疾病などにより上肢の運動機能が不全となる人々は年々増加しており、これらの障害者の生活支援と自立を促す上で失われた手の機能を補う電動義手の開発は重要な課題である。また、ミニ四駆AIは、AI技術を応用してより高速に走行するミニ四駆を開発する研究であり、この研究を通して「安価な素材とAI技術の組み合わせで高有用な素材を作成する」(安価高有用)技術の開発促進を目的とする研究である。電動義手シミュレータ上にて打つ動作を獲得させることに成功した点、ミニ四駆AI大会に出場し好成績を残した点は社会的に重要である。

研究成果の概要(英文)：We developed a five finger electric prosthesis hand simulator and a mini 4WD simulator using Unity's physics engine, and derived and proposed a reinforcement learning algorithm of policy parameters based on the Variational Bayesian method. The main achievements are as follows. We succeeded in acquiring the motion of hitting a ball on the developed electric prosthesis hand simulator, acquiring the speed control of the Mini 4WD AI on the developed Mini 4WD AI simulator, and participated in the Mini 4WD AI competition (FSS2020, GAT2021) and won 1st, 2nd and 4th place in GAT2021 and 3rd in FSS2020.

研究分野：機械学習

キーワード：機械学習 GPDM 次元圧縮

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

電動義手は、交通事故や労働災害、疾病などにより上肢の運動機能が不全となる人々は年々増加しており、これらの障害者の生活支援と自立を促す上で失われた手の機能を補う電動義手の開発は重要な課題である。また、ミニ四駆 AI は、AI 技術を応用してより高速に走行するミニ四駆を開発する研究であり、この研究を通して「安価な素材と AI 技術の組み合わせで高有用な素材を作成する」（安価高有用）技術の開発促進を目的とする研究である。ミニ四駆 AI は、年に数回ミニ四駆 AI 大会が開催される等、活発な研究が行われている課題である。本研究では、電動義手およびミニ四駆 AI の時系列データに対して提案手法を適応することにより、提案手法がより高精度な時系列データの次元圧縮・学習法であることを確認する。

2. 研究の目的

多変量時系列解析を行うにあたり、その振る舞いが時間的に大きく変化する時系列データを扱う場合がある。例えば、有効求人倍率や所定外労働時間指数などは国内景気の動向に依存して循環変動する時系列データとなり、電動義手の関節角度データはボールを「つかむ」や紙を「つまむ」など動作種別の変化に伴いその振る舞いが大きく変化する時系列データとなる。また、ミニ四駆 AI のセンサデータなども「ストレート」や「カーブ」など走行するコースの変化に伴いその振る舞いが大きく変化する時系列データとなる。本研究では、このような時間的に状態が変化する時系列データを低次元状態空間に次元圧縮・学習する手法について研究を行う。現在、時系列データを次元圧縮する方法として、GPLVM を動的モデルに拡張したガウス過程動的モデル GPDM(Gaussian Process Dynamical Models)が提案されている。本研究では、GPDM を拡張し電動義手およびミニ四駆 AI に対して提案手法を用いることにより、従来手法と比べより高精度な次元圧縮・学習法であることを確認する。

3. 研究の方法

GPDM は、関数 g により状態と観測値を対応付けるモデルであり、一つの状態では時間的に変化する時系列データを表現できない。また、このような一つの状態で時間的に変化する時系列データを表現する GPDM に関する先行研究は行われていない。このため、状態内の値が常時変化する時系列データに対して GPDM を適用した場合、時系列データの値の変化にともない状態推移が常時行われることとなり、状態推移を単純なモデルで表現することが難しくなる。そこで本研究では、これらの対策の一つとして、ベクトル自己回帰モデルを用いた GPDM(ARGPDM : Autoregressive GPDM)の提案を行う。ARGPDM は、関数 g により状態とベクトル自己回帰モデルを対応付けるモデルであり、一つの状態で時間的に変化する時系列データを表現することが可能である。このため、ARGPDM を用いて時系列データをモデル化した場合、ベクトル自己回帰モデルが切り替わる際に状態推移が行われることとなり、GPDM と比べより状態推移の少ない単純なモデル化が期待できる。本研究では、ARGPDM の推定アルゴリズムを導出し、ARGPDM の方が従来手法と比べより推定精度の高い時系列データの次元圧縮・学習が可能であることを確認する。また、電動義手およびミニ四駆 AI の時系列データに対して提案手法を用いることにより、従来手法と比べより高精度な次元圧縮・学習法であることを確認する。

4. 研究成果

電動義手 Unity の物理エンジンを用いた 3D カメラ付き電動義手シミュレータ（図 1）お

よびロボットアームシミュレータ（図2）を開発し、ボールを「つかむ」やボールを「打つ」上肢動作の指関節角度・角速度等の時系列データを収集した。収集した時系列データを用いて強化学習を行い、提案手法がより高精度な時系列データの次元圧縮・学習法であることを確認した。また、提案手法を用いることにより電動義手・ロボットアームにボールを「つかむ」やボールを「打つ」動作を習得させることが可能であることを確認した。

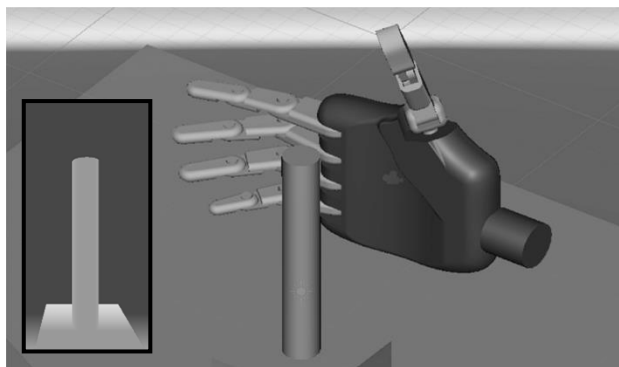


図1:3Dカメラ付き電動義手シミュレータによるボールをつかむタスク

ミニ四駆 AI ミニ四駆 AI 大会の決勝大会コースを参考にストレート・コーナ・ウェーブ・ブリッジに障害物を組み合わせてコースを作成した。株式会社 RT「AI チップ(ミニ四駆付)」を用いて作成したコースを走行し、AI チップに搭載の加速度・ジャイロ・地磁気センサ等を用いて時系列データを収集した。収集した時系列データを用いることにより提案手法がストレート・コーナ・ウェーブ・ブリッジなどのコース認識可能であることを確認した。また、カメラ画像を用いてミニ四駆 AI の自己位置推定を行うシステムの開発を行い、自己位置を用いてミニ四駆 AI のスピード制御を行うシステムを開発した。開発したミニ四駆 AI スピード制御システムなどを用いてミニ四駆 AI 大会（FSS2020、GAT2021）に出場し、FSS2020 では 3 位、GAT2021 では 1、2、4 位となった。

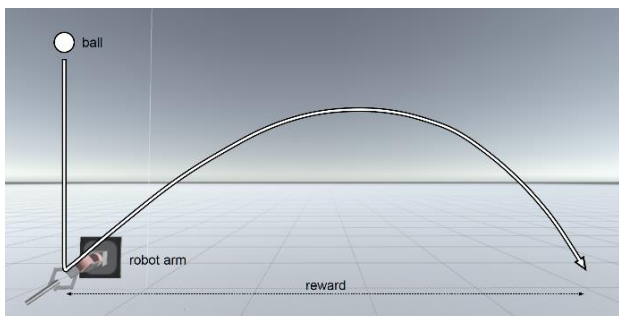


図2:ロボットアームシミュレータによるボールを打つタスク

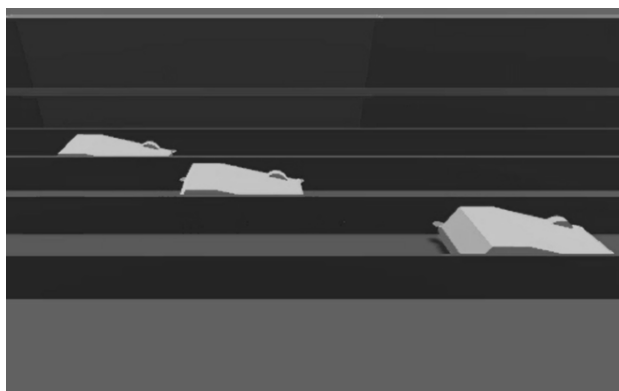


図3:ミニ四駆シミュレータ

また、Unity の物理エンジンを用いたミニ四駆 AI シミュレータ（図3）を開発し、ミニ四駆 AI の加速度・ジャイロ・地磁気センサ等の時系列データを収集した。収集した時系列データを用いて強化学習を行い、提案手法がより高精度な時系列データの次元圧縮・学習法であることを確認した。また、提案手法を用いることによりミニ四駆 AI のスピード制御が可能であることを確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yamaguchi Nobuhiko	4. 巻 24
2. 論文標題 Direct Policy Search Reinforcement Learning Based on Variational Bayesian Inference	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 711 ~ 718
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jaciii.2020.p0711	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 小野尾優士，山口暢彦，和久屋寛，上田俊
2. 発表標題 ミニ四駆シミュレーターを用いたミニ四駆 AI の学習
3. 学会等名 第35回ファジィシステムシンポジウム講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 千住和久，山口暢彦，和久屋寛，上田俊
2. 発表標題 デジタルカメラ画像を用いたミニ四駆AIの自己位置推定
3. 学会等名 第35回ファジィシステムシンポジウム講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鮎川拓也，山口暢彦
2. 発表標題 シミュレーション環境を用いたカメラ画像による電動義手の強化学習
3. 学会等名 第35回ファジィシステムシンポジウム講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nobuhiko Yamaguchi, Kazuya Ihara, Osamu Fukuda, Hiroshi Okumura
2. 発表標題 Direct policy search reinforcement learning based on variational Bayesian inference
3. 学会等名 Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 千住 和久、松尾 幸季、山口 暢彦、和久屋 寛
2. 発表標題 ニューラルネットワークを用いたミニ四駆AI制御のためのコース認識
3. 学会等名 第34回ファジィシステムシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小野尾 優士、山口 暢彦、和久屋 寛
2. 発表標題 Unityを用いたミニ四駆AIのシミュレーション環境構築
3. 学会等名 第34回ファジィシステムシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yamaguchi Nobuhiko、Fukuda Osamu、Okumura Hiroshi
2. 発表標題 Model-based reinforcement learning with missing data
3. 学会等名 Proceedings of 2020 Seventh International Symposium on Computing and Networking Workshops (CANDARW) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yamaguchi Nobuhiko, Fukuda Osamu, Okumura Hiroshi
2. 発表標題 Kernel-Based Direct Policy Search Reinforcement Learning Based on Variational Bayesian Inference
3. 学会等名 Proceedings of 2019 Seventh International Symposium on Computing and Networking Workshops (CANDARW) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuhisa Senju, Nobuhiko Yamaguchi, Hiroshi Wakuya, Suguru Ueda, Osamu Fukuda, Hiroshi Okumura
2. 発表標題 Self-position estimation of Mini 4WD AI using digital camera images
3. 学会等名 Proceedings of International Workshop on Networking, Computing, Systems, and Software (NCSS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuji Onoo, Nobuhiko Yamaguchi, Hiroshi Wakuya, Suguru Ueda, Osamu Fuuda, Hiroshi Okumura
2. 発表標題 Learning course features with Mini 4WD simulator
3. 学会等名 Proceedings of International Workshop on Networking, Computing, Systems, and Software (NCSS)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------