

D-61 SAM-SNNと強化学習による筋電-ロボットハンド制御システムの研究

松岡朝陽*, 廣岡平太郎**, 本木実**

(*熊本高専専攻科電子情報システム工学専攻, **熊本高専)

1. 背景と目的

近年、ディープラーニング技術は自動運転や医療診断など、さまざまな分野でサービスの自動化や高度化を加速させている。しかし、実数の乗算が不可欠なディープラーニングの推論・学習処理は、ハードウェアへの実装時に大規模な回路を必要とし、デバイス化の妨げとなることが課題である[1]。そこで本研究では、実数×実数の乗算を含まず、デバイス化に適したSAMスパイクングニューラルネットワーク(SAM-SNN)を提案し、推論機能に加えて学習機能をFPGA上に実装した。

筋電義手を目指した筋電-ロボットハンド制御システムにおいては、SAM-SNNに教師あり学習を適用し、手部の筋収縮・弛緩動作時の筋電をオンチップ学習可能であることを確認した。しかし、この制御システムで学習対象としていた手部の筋収縮・弛緩動作時の筋電から、より複雑な五指の屈伸動作時の筋電へと拡張を試みると、学習に必要な教師信号が膨大になるという課題がある。

そこで本研究では、この課題を解決し、自由度の高い制御システムを実現するために、デバイス化に適した「SAM-SNN」と、教師信号を必要とせず報酬信号の付与のみによって自律学習が可能である「強化学習」による筋電-ロボットハンド制御システムを開発することを目的とする。今回、SAM-SNNと強化学習による筋電-ロボットハンド制御システムを設計し、第1ステップとしてMLPでの実験を実施したので報告する。

2. 提案手法

本研究では強化学習をSAM-SNNに適用し、五指筋電の学習可能性をソフトウェアシミュレーションで検証する。

筋電-ロボットハンド制御システムにおける強化学習の概略を図1に示す。本制御システムでは、ロボットハンドが「エージェント(=行動主体)」, 制御システムそのものが「環境」として定義される。エージェントは環境から「状態(=五指筋電と制御信号)」を受け取り、「行動(=制御信号)」を決定する。その行動に応じて「報酬(=手とロボットハンドの形状一致度合い)」と「次の状態」が環境からエージェントに与えられる。また、本制御システムにおいて、ロボットハンドは制御信号通りに動くと考え、制御信号をロボットハンドの形状として扱う。

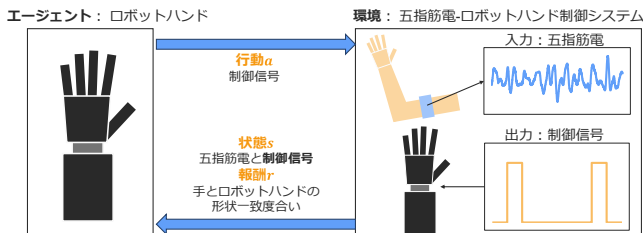


図1 本制御システムにおける強化学習

次に、設計したSAM-SNNと強化学習による筋電-ロボットハンド制御システムの概略を図2に示す。本制御システムでは、SAM-SNNに、Actor-Critic強化学習[2]を適用する。Actor-Critic強化学習では、方策(Actor)と価値(Critic)

の同時学習や、連続的な行動量の出力が可能などの利点がある。SAM-SNNの出力層において、ロボットハンドの五指への制御信号をActor出力、価値評価をCritic出力とする。本制御システムの学習手順を以下に示す。

1. 筋電と制御信号(=状態)をSAM-SNNに入力する。
2. 制御信号(=行動)とその価値を出力し、制御信号に探索用乱数rndを加えて、実際に行動させる。
3. ロボットハンドの形状(=制御信号)と人間の手の形状を比較して、報酬信号を与える。
4. TD誤差を計算し、SAM-SNNのパラメータを更新する。

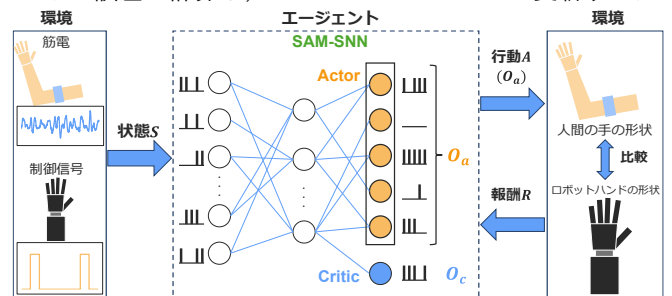


図2 設計した筋電-ロボットハンド制御システム

3. 実験

第1ステップとして、筋電-ロボットハンド制御システムにおいて強化学習が可能であることを確認するため、Actor-Critic強化学習をSAM-SNNではなく、多層パーセプトロン(MLP)に適用し、手部の筋収縮・弛緩動作時の筋電を用いた二種類の動作制御を検証した。まず、手部の筋収縮・弛緩動作時の筋電をそれぞれ取得しtrainデータ、さらに、同様の手法で筋電を取得しtestデータとした。trainデータを用いて学習を行い、一定のエピソード毎にtestデータによる推論を実施し、推論によって得られる累積報酬(=収益)を評価指標として測定した。

学習エピソード数に応じた収益の推移を図3に示す。今回の実験条件では最大収益100のうち、収益が70程度で頭打ちとなった。なお、最新の結果は口頭にて発表予定である。

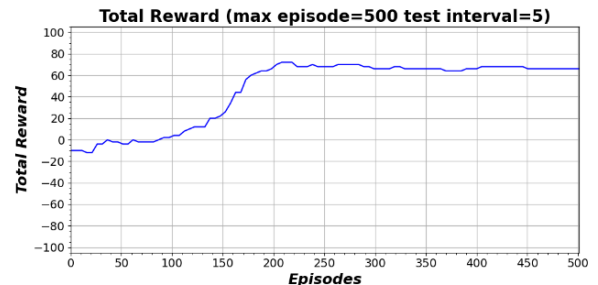


図3 学習エピソード数に応じた収益の推移

参考文献

- [1] Norman P. Jouppi *et al.*, "In-Datcenter Performance Analysis of a Tensor Processing Unit," The 44th International Symposium on Computer Architecture (ISCA), June 2017.
- [2] 柴田克成, "強化学習とニューラルネットワークによる智能創発," 計測制御, vol.48, no.1, pp.106-111, 2009年1月.