

スパイキングニューラルネットワークを用いた ドローン飛行制御に関する研究調査

A Survey on Spiking Neural Network for Drone Flight Control

指導教員： 福田盛介 教授

修士課程 1 年 37-256564 平田涼馬

Abstract

AI-based flight control for drones has gained significant attention for applications in unknown and dynamic environments. Particularly, in environments where communication delays are significant, such as Mars, there is a need for AI models that can operate onboard, and the application of Spiking Neural Networks (SNNs) is anticipated. This survey analyzes recent research related to SNN-based drone flight control, focusing on (1) methods using reinforcement learning, (2) methods using imitation learning, and (3) methods combined with event-based vision sensors. Finally, we summarize and compare the key results of each approach and discuss their future prospects to the flight control of Mars exploration drones.

ションにおけるドローン飛行制御への応用可能性について議論を行う。

1 序論

ドローンは地形や障害物の影響を受けにくい高い移動能力や導入・運用コストの低さなどの特徴から農業や建設、物流、惑星探査など幅広い用途への応用が進んでいる。これらの応用において、高い自律性を持つドローンの開発が求められている。ドローンの飛行制御には、従来の制御理論に基づく PID 制御やモデル予測制御などが用いられることが一般的であったが、これらの手法には未知の環境や動的な環境への適応性、複雑なタスクの遂行能力に限界がある。これらの課題に対処するため、近年ではニューラルネットワークを用いた制御手法に注目が集まっている。

1.1 スパイキングニューラルネットワーク

スパイキングニューラルネットワーク (SNN) とは、生物の脳がスパイクを用いて情報伝達することを模倣した AI モデルである。

1.2 本調査の目的

本紙では、SNN を用いたドローンの飛行制御について、シミュレーションにより SNN を用いた強化学習に取り組んだ手法、模倣学習で訓練した SNN でセンサーデータをモーターコマンドにマッピングして制御を行う手法、入力にイベントカメラと呼ばれるビジョンセンサーを利用した制御手法について紹介し、各手法の分析から将来の火星探査ミッ

2 強化学習 SNN を用いたナビゲーション

あいう [1]

3 模倣学習 SNN を用いたモーター制御

あいう [2]

4 イベントベース入力による SNN 制御

あいう [3]

4.1 ニューロモルフィック視覚処理

4.2 イベントカメラの概要

4.3

5 まとめ

あいう

参考文献

- [1] Yin-Ching Lee, Sebastiano Mengozzi, Luca Zanatta, Andrea Bartolini, Andrea Acquaviva, and Francesco Barchi. Bio-inspired drone control: A reinforcement learning-trained spiking neural networks for agile navigation in dynamic environment. In *2025 IEEE International Conference on Omni-layer Intelligent Systems (COINS)*, pp. 1–8. IEEE, 2025.
- [2] Stein Stroobants, Christophe De Wagter, and Guido CHE De Croon. Neuromorphic attitude estimation and control. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 2025.
- [3] Federico Paredes-Vallés, Jesse J Hagenaars, Julien Dupeyroux, Stein Stroobants, Yingfu Xu, and Guido CHE de Croon. Fully neuromorphic vision and control for autonomous drone flight. *Science Robotics*, Vol. 9, No. 90, p. eadi0591, 2024.