

2021年 8月 26日

豊橋技術科学大学長 殿

情報・知能工学専攻

学位審査委員会

委員長 南 哲人 

論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

| | | | | |
|---|---|---|------------------------------|---|
| 学位申請者 | Chandra Kusuma Dewa | | 学籍番号 | 第 189301 号 |
| 申請学位 | 博士 (工学) | 専攻名 | 大学院工学研究科博士後期課程 情報・知能工学 専攻 | |
| 博士学位 論文名 | Policy Integration for Person-Following Robot Training Using Deep Reinforcement Learning (深層強化学習を用いた人物追従ロボットの学習のための方策の統合) | | | |
| 論文審査の 期間 | 2021年 7月 15日 ~ | | 2021年 8月 26日 | |
| 公開審査会 の日 | 2021年 8月 26日 | | 最終試験の 実施日 | 2021年 8月 26日 |
| 論文審査の 結果※ | 合格 | | 最終試験の 結果※ | 合格 |
| 審査委員会(学位規程第6条) | | | | |
| 学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。 | | | | |
| 委員長 | 石田 好輝 |  | | |
| 委員 | 栗山 繁 |  | 三浦 純 |  |
| | | 印 | | 印 |
| | | 印 | | 印 |

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

近年、人の日常生活をサポートするサービスロボットの研究開発が精力的に進められており、人の外出に付き添うロボットは有望な応用の一つである。付き添いロボットの基本機能の一つは、対象人物と一定の位置関係を保ちながら安全に追従することであり、そのための行動生成は重要な研究課題となっている。一方、ロボットの行動生成では、多数の試行を繰り返しながら行動の規範（方策と呼ぶ）を獲得する強化学習の適用が一つの主要なアプローチとなっているが、深層学習と組み合わせた深層強化学習の発展に伴い、その重要性が高まっている。本論文は、深層強化学習をロボットの人物追従行動の獲得に適用する際の問題点を指摘し、それらを解決するための新たな手法についての研究をまとめたものである。第1章では、研究の背景、対象とする問題の定義、研究目的と本論文の貢献、論文構成について述べている。第2章では、関連研究について述べている。第3章では、人物追従タスクのサブタスクの一つであるナビゲーションタスクを対象とし、深層強化学習を効果的に適用するために、センサ情報を用いた状態遷移の検出と速度スケジューリングという2つの新たな手法を導入し、その有効性を示している。第4章ではもう一つのサブタスクである追従位置制御タスクを対象とし、新たな報酬関数の設定と行動平滑化手法を導入して、その有効性を示している。第5章では、サブタスクのための学習済の複数の方策から適切なものを選択して目標タスクを実現するための新たな手法を提案し、その有効性を示している。第6章では、提案手法をさらに改善するためのいくつかの試みについて述べている。第7章では、本論文の成果をまとめるとともに、今後の課題と展望を述べている。

審査結果の要旨

サービスロボットの実用化には、高信頼の周囲環境の認識機能とともに、安全かつ効率的な行動を生成する機能が重要となる。本論文では、深層強化学習を用いて人物追従タスクにおけるロボットの行動生成を行う問題を対象とし、既存の方法における問題点を指摘するとともに、より安全かつ効率の良い行動を生成するための新しい手法を提案しており、高い新規性を有する。本論文の主要な成果は以下のようにまとめられる。1) 深層強化学習をロボットのナビゲーションタスクに効果的に適用する手法を提案している。目標地点への到着や障害物への衝突をセンサ情報から検知して状態遷移を確実に認識することにより、扱う問題が強化学習の適用対象であるマルコフ決定問題であることを保証し、それにより学習のロバスト性を向上させている。さらに、最大速度を徐々に増加させる速度スケジューリングの導入とあわせて、従来手法に比べて安全性と効率を大幅に向上できることを示している。2) 深層強化学習をロボットの追従位置制御タスクに効果的に適用する手法を提案している。対象タスクに適した報酬関数を設計するとともに、重みスケジューリングを行う行動平滑化手法を提案し、従来手法に比べ、よりスムーズかつ確実に適切な追従位置に到達できることを示している。3) 個々のサブタスクに対して学習済の複数の方策から適切なものを状況に応じて選択することで、より複雑なタスクに対する行動生成を行うことができる。新たな深層強化学習手法を提案している。方策を選択するタスクを深層強化学習により実現する枠組みを提案し、人物追従タスクに適用している。ナビゲーションタスクと追従位置制御タスクに対する学習済方策を提案手法によって適切に選択することにより、人物追従タスクに対する方策を一度に学習する手法に比べ、大幅に性能が向上することを示している。

これらの成果は学術的に高い評価を受けるとともに、ロボティクス関連分野への幅広い応用が期待される。以上より、本論文は博士（工学）の学位論文に相当するものと判定した。

(各要旨は1ページ以上可)