

博士論文審査の結果の要旨

氏名	MO, YAQIANG
学位名	博士（工学）
学位番号	甲 第 788 号
論文題目	手順あり作業における一連の動作獲得のための方策学習に関する研究
論文審査委員	主査 山崎 公俊 高山 潤也 白井 啓一郎 松原 崇充（奈良先端科学技術大学院大学）

（博士論文審査の結果の要旨）

本論文は、いくつかの動作を適切に組み合わせることによって目的が達成できる作業を手順あり作業と称し、その作業能力をロボットに獲得させるための手法に関する研究成果を報告している。アプローチとして方策学習に着目し、作業を適切に分割することと、分割された作業のそれぞれでの動きを適切に獲得させることを目指した。

本論文は7章からなる。第1章では、研究背景を述べたのちに研究目的を述べ、続いて関連研究を示すことで、この研究の立場を明確にしている。第2章では、本論への準備として強化学習およびガウス過程を概説している。第3章では本研究の問題設定とアプローチについて述べ、特に、手順のある作業をロボットに獲得させるための方策モデルを提案している。第4章では、作業能力を獲得するときに教示作業を利用することについて述べている。教示者が目的とする作業を小数回やってみせ、それを観察したデータから、方策モデルの初期化をおこなう方法を詳しく説明している。第5章では、ロボットによる作業の自動獲得について述べている。方策モデルの学習方法として、サブ方策の学習と、サブ方策の切り替え側の学習の方法を述べている。学習方法を定式化し、学習のアルゴリズムを具体的に示している。本章は、この研究の最もオリジナリティが高いところを説明している内容である。第6章では、シミュレーションや実機実験によって提案手法を検証した結果について述べている。特に実機実験では、食器を順番に重ねる作業と、布を3重に折りたたむ作業の2種類を取り上げ、前者では手順あり作業の作業能力が獲得可能であることを、後者では、一見手順あり作業とはみなせない場合でも、適切に分割して手順あり作業と見なすことで、作業能力が獲得可能であることを確認した。このことは、提案手法が本来の目的のみならず、より一般化して利用できる可能性を示している。

申請者が提案した方策学習の手法は、方策の切り替え側まで自動で獲得できるところに新規性がある。ガウス過程を基本として理論的な整理をおこない、初期値生成や方策探索に適切に利用したのみならず、学習時の様々な工夫とノウハウを明確に整理したことは高く評価できる。手法の一部にヒューリスティックな面が残るとの指摘もあるが、従来では人手を入れざるを得なかった手順あり作業の行動獲得を自動化できることを示した点で意義深い。また、一見手順化する必要のない作業も、適切な分節化をおこない手順あり作業として扱うことで、よりよい行動を獲得できるとわかったことも、新たな発見と言える。そして、実験システムのインテグレーションを高いレベルでおこない、複数種類の実機実験を遂行したことも評価できる。

学術業績については、学術論文誌の原著論文1件、査読付き国際学会予稿集1件をともに筆頭著者として発表しているため、学位論文審査基準を満たしている。そのほかにも、5件の対外発表経験、2件の英語共著論文（うち1件は国際会議プロシーディング）があり、研究成果の発信実績は一定の水準にある。

以上のことから、学位論文に値するものと判断する。

(公表主要論文名)

1. 莫亜強, 松原崇充, 山崎公俊, 「人の実演教示の観察に基づく布製品の胸当て畳み作業能力の獲得」, 日本ロボット学会誌, Vol.37(2019), No.6, pp.523-531.
2. Yaqiang Mo, Yuto Nakagawa, Kotaro Nagahama, Kimitoshi Yamazaki, “Motion Measurement and Segmentation Toward Automated Sewing Operations,” Proceedings of International Conference on Mechatronics and Automation, pp. 790-796, 2021.