

博士論文審査の結果の要旨

| | |
|--------|---|
| 氏名 | 田中 大輔 |
| 学位名 | 博士（工学） |
| 学位番号 | 甲 第 786 号 |
| 論文題目 | 柔軟物操作における形状推定及び予測に基づいた操作行動生成に関する研究 |
| 論文審査委員 | 主査 山崎 公俊 千田 有一 松中 大介 辻 俊明 (埼玉大学) |

(博士論文審査の結果の要旨)

本論文は、布のような柔軟物を自動機械に操作させるための手法に関するものである。柔軟物は、操作に伴い時々刻々とその形状が変化していくが、その変化していく様子をセンサデータから推定する方法を提案した。また、操作に伴う柔軟物の形状変化を計算機内で予測する手法と、その予測を用いて適切な操作軌道を生成・修正する方法も提案した。

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、本研究の問題設定とアプローチについて述べている。第3章から6章までは、本研究の確たる部分の説明である。まず第3章では、布の形状表現を説明し、その表現に基づいた形状推定手法を説明している。センサデータとして得られる三次元点群の情報をまずボクセルとして表現し、そこから確定的・確率的なメッシュ表現を生成することを提案している。第4章では、操作計画の手法を説明している。Plan scaleを司る方法としてEM*D netの構造を説明し、それを用いた操作計画の方法およびネットワークの学習アルゴリズムを説明している。第5章では、物理シミュレーションを利用した操作計画について説明している。シミュレーションにおける物理パラメータを適切に設定し、そのうえで収集した訓練データによって折り畳み方法を学習する方式について述べている。第6章は、操作中の形状予測と操作軌道の修正に関するものである。柔軟物を操作しながら、そのときの形状に応じて操作軌道を修正することについて、LSTM等のニューラルネットワークを連結させた構造を用いることによる形状予測と、形状誤差が大きくなった時に操作軌道を修正する方法について提案している。第7章は結言であり、この研究をまとめるとともに、今後の展望について記している。なお、第3章から6章のそれぞれでは、手法の説明だけでなくシミュレーションや実験による検証の結果も示しており、どのような方式であれば検証ができるのか、各手法がどのような性質を持つかがノウハウを含め具体的に示されている。

申請者が提案した一連の手法は、自動機械による布の操作をより効率的にするための新たな手段として価値があり、特に、「柔軟物を動かしながら軌道を修正する」ことを可能にした点は高く評価されるべきである。そのために、ニューラルネットワークに関連する様々な手段をふんだんに取り入れ、整理し、それぞれを効果がでるようにまとめあげたことは高く評価できる。そして、幅広い技術によって、複数種類のロボットを対象とした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、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。英語での学会発表が3件、国内学会での発表が2件ある。以上より、研究成果の発信実績および国際的なコミュニケーション能力は一定の水準にあると言える。

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. Daisuke Tanaka, Solvi Arnold, Kimitoshi Yamazaki, “Disruption-Resistant Deformable Object Manipulation on Basis of Online Shape Estimation and Prediction-Driven Trajectory Correction,” IEEE Robotics and Automation Letters, Vol.6, No.2, pp.3809-3816, 2021.
2. Daisuke Tanaka, Sho Tsuda, Kimitoshi Yamazaki, “A Learning Method of Dual-arm Manipulation for Cloth Folding Using Physics Simulator,” Proceedings of 2019 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, pp. 756-762, 2019.