

2022年 1月 7日

機械工学専攻	学籍番号	第 121826 号	指導教員 内山 直樹 佐藤 海二
氏名	笹竹 晴萌		

論文内容の要旨 (博士)

博士学位論文名	ロボットマニピュレータによる道具操作のための3次元形状類似度を用いた深層模倣学習
---------	--

(要旨 1,200字程度)

近年、日本では少子高齢化が問題となっている。2040年には労働生産人口比率は54%まで減少すると予測されている。これにより人件費が増加し、モノやサービスの値段も上がると考えられている。この少子化による労働力不足を補うために早急な改善方法としてロボットによる労働の代替が望まれている。大規模な工場では自動化が行われているが、小規模な工場や製造業以外の職種ではロボットアームによる自動化は進んでいない。その一因は、ロボットアームを動作させるためには動作計画の教示が必要なためである。教示にはロボットの専門的な知識が必要であり、ツールが変わるたびに教示が必要となる。そこで、本研究ではロボットが人からツールの使用方法を直接模倣するシステムを提案する。これにより、専門のエンジニアでなくても、簡単に動作計画を教示することが可能となる。

本研究では、ロボットアームによる道具の使用法の高速な模倣学習システムの提案および実証実験を行った。提案システムは道具の形状と物理的特性が似ている場合には、それらの道具の使用法も類似するという仮定に基づいている。また、動作の模倣には深層学習を利用した。そのため、深層学習の重みパラメータは道具の使用法を表している。したがって、本研究における仮定は、道具どうしが似ている場合には、深層学習で学習される重みパラメータも近い値をとると言い換えることが出来る。この仮定を利用して、深層学習の重みパラメータとして表される道具の使用法と、その道具の特徴量を記録しておき、新しい道具が与えられたときに、記録にある道具と与えられた道具の類似度を計算し、最も類似度が高かった道具の学習済み重みパラメータを新しい深層学習の初期パラメータとして読み込む。これにより使用法の差だけを学習すれば済むようになるため、高速に学習が可能になると考えられる。

本研究では特に使用法を学習する道具として箒に着目した。まず、本研究では箒どうしが似ていることを数値的に計算するための手法を提案した。この手法は箒の3次元的特徴と物理的な特徴から箒間の類似度を計算可能である。また、教師データの作成には直感的に人の動作をロボットアームに教示することが可能なシステムを作成した。深層学習には順伝播型のアーキテクチャを用いた。環境の状態を入力とし、次の時刻におけるロボットアームの手先速度を推定する回帰問題として模倣をとらえ、学習を行った。実験では似ている箒の使用法を読み込むことによる学習回数の低減を検証した。また、実際にゴミを掃いて清掃能力の検証を行い、提案手法の有効性を確認した。

Date of Submission (January 7, 2022) :

Department of Mechanical Engineering	Student ID Number D121826	Supervisors Naoki Uchiyama Kaiji Sato
Applicant's name Harumo Sasatake		

Abstract (Doctor)

Title of Thesis	Deep Imitation Learning Using 3D Shape Similarity for Robotic Tool Manipulation
-----------------	---

Approx. 800 words

Japan has been facing the problem of a declining birthrate and an aging society, and it is predicted that the ratio of the working population to the total population will decrease to 54% by 2040. As a result, the labor costs are expected to increase, and the prices of goods and services will rise. To compensate for that, the use of robots to replace labor is desired. Large scale factories have been already automated, but small-scale factories or non-manufacturing occupations have not yet been automated with robot arms. One of the reasons for this is that teaching of motion plans is required to operate the robot arm. Teaching requires specialized knowledge of robotics, and it is necessary every time a tool is changed. In this study, A system in which a robot directly imitates the use of a tool from a person is proposed. This makes it possible to teach motion planning easily to non-expert engineers.

In this study, a fast imitation learning system for a robot arm to learn the usage of a tool is proposed. This system is based on the assumption that if the shape and physical properties of tools are similar, then the usage of those tools will also be similar. Deep learning is used to imitate the behavior. Therefore, the weight parameters of the deep learning are considered to represent the usage of the tools. So, the assumption made in this study is that if the tools are similar, the weight parameters learned by deep learning will also have similar one. Using this assumption, a part of learning process can be shortcut for the new tool. If similar tool is known, the learned weight parameters of the tool with the highest similarity as the initial value is load.

In this study, especially the broom is focused on as target to learn. Firstly, a method to numerically calculate the similarity between two brooms is proposed. This method is based on the 3D features and the physical features of the brooms. Secondly, A system that can intuitively teach human actions to the robot arm is proposed to create the training data for deep learning. Using the state of the environment as an input, deep learning system estimates the appropriate velocity of the robot arm tip at the next time. In the experiments, the reduction in the number of learning iteration is verified by loading the usage of similar brooms. In addition, the robot's ability by actually sweeping garbage is also verified and the effectiveness of proposed method is experimentally confirmed.