慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	口ボットによる巧みな物体操作を実現するための自己教師あり学習法の提案
Sub Title	Self-supervised learning method to realize skillful object manipulation by a robot
Author	村田, 真悟(Murata, Shingo)
Publisher	慶應義塾大学
Publication year	2021
Jtitle	学事振興資金研究成果実績報告書 (2020.)
JaLC DOI	
Abstract	本研究では，口ボットによる巧みな物体操作を実現するため，プレイデータを用いた自己教師あり学習法を提案し，その実装を行った．具体的には，深層学習を口ボティクス分野に対して有効に適用するための，（１）新たな自己教師データ取得フレームワークと（２）取得したデータを学習するための深層生成モデルの構築を行った． （１）では人がマスタースレーブ方式によって，その人の「興味」に基づいて口ボットを操作することで口ボット（自己）の多様な視覚・運動情報データを取得した．具体的には，口ボットが操作可能な物体が配置された環境において，興味に基づき自由にマスター側の口ボットを操縦することでスレーブ側の口ボットを1時間操作した．その際に，スレーブ側の口ボットの関節角度と力メラ画像の時系列データを取得した．本研究ではこのデータを，人が自由に「遊びながら」取得したという意味でプレイデータと呼ぶ． （２）では変分自己符号化器（VAE: Variational Autoencoder）と再帰型ニューラルネットワーク（RNN: Recurrent Neural Network）を統合した変分再帰型自己符号化器（VRAE: Variational Recurrent Autoencoder）を構築し，取得したプレイデータの学習を行った．VRAEは，取得した時系列データの全体から一部を切り取り，その最終状態に到達することを目指し，視覚・運動状態の予測学習を行った．学習後のモデルを口ボットに搭載し，学習済・未学習の環境における物体操作能力の検証を行った．検証の結果，従来の正例のみを用いていた教師あり学習では困難であった工ラーリカバリが，本研究で提案する自己教師あり学習法で実現可能であることが示された．また，従来の強化学習においては環境をランダムに探索するため無駄なデータが含まれるという問題があるが，提案手法は人が口ボットを興味に基づいて操作するため，取得されたデータは多様性を有する意味のあるものとなり，データの効率的な取得も実現することができた． In this study, we proposed and implemented a self-supervised learning method using play data to realize skillful object manipulation by a robot. Specifically, we developed (1) a new framework for acquiring self-supervised data and (2) a deep generative model for learning the acquired data in order to effectively apply deep learning to the field of robotics. In (1), a human operator freely controls a robot based on his or her "interests" in a master-slave manner to acquire various visual and proprioceptive data from a robot. In particular, the operator controlled a slave robot in an environment with manipulatable objects by directly guiding a master robot based on his or her interests during an hour. Time series data of joint angles and camera images of the slave robot were recorded. In this study, we call these data "play data" in the sense that they were acquired while he or she was playing freely. In (2), we developed a variational recurrent autoencoder (VRAE) that integrates a variational autoencoder (VAE) and a recurrent neural network (RNN). Given a final state of a part of whole time series data as a goal, the VRAE learned to generate a predictive sequence of the visual and proprioceptive states to reach the final state. We implemented the trained model in the robot and tested its ability to manipulate objects in both trained and untrained situations. The experimental results demonstrated that our proposed self-supervised learning method can achieve error recovery that is not difficult to be achieved in the conventional supervised learning method using only positive examples. In addition, while conventional reinforcement learning has the problem of including useless data due to the random exploration of an environment, our proposed method which asks human operators to manipulate a robot based on their interests realizes the meaningful and efficient data collection with diversity.
Notes	
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2020000008-20200199

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

2021 年 4 月 8 日

2020 年度　学事振興資金（個人研究）研究成果実績報告書

研究代表者	所属	理工学部	職名	専任講師	補助額	1,000 （特A）千円
	氏名	村田 真悟	氏名（英語）	Shingo Murata		

研究課題（日本語）

ロボットによる巧みな物体操作を実現するための自己教師あり学習法の提案

研究課題（英訳）

Self-supervised Learning Method to Realize Skillful Object Manipulation by a Robot

１．研究成果実績の概要

本研究では，ロボットによる巧みな物体操作を実現するため，プレイデータを用いた自己教師あり学習法を提案し，その実装を行った．具体的には，深層学習をロボティクス分野に対して有効に適用するための，(1)新たな自己教師データ取得フレームワークと(2)取得したデータを学習するための深層生成モデルの構築を行った．

(1)では人がマスタースレーブ方式によって，その人の「興味」に基づいてロボットを操作することでロボット（自己）の多様な視覚・運動情報データを取得した．具体的には，ロボットが操作可能な物体が配置された環境において，興味に基づき自由にマスター側のロボットを操縦することでスレーブ側のロボットを 1 時間操作した．その際に，スレーブ側のロボットの関節角度とカメラ画像の時系列データを取得した．本研究ではこのデータを，人が自由に「遊びながら」取得したという意味でプレイデータと呼ぶ．

(2)では変分自己符号化器（VAE: Variational Autoencoder）と再帰型ニューラルネットワーク（RNN: Recurrent Neural Network）を統合した変分再帰型自己符号化器（VRAE: Variational Recurrent Autoencoder）を構築し，取得したプレイデータの学習を行った．VRAE は，取得した時系列データの全体から一部を切り取り，その最終状態に到達することを目指し，視覚・運動状態の予測学習を行った．学習後のモデルをロボットに搭載し，学習済・未学習の環境における物体操作能力の検証を行った．検証の結果，従来の正例のみを用いていた教師あり学習では困難であったエラーリカバリが，本研究で提案する自己教師あり学習法で実現可能であることが示された．また，従来の強化学習においては環境をランダムに探索するため無駄なデータが含まれるという問題があるが，提案手法は人がロボットを興味に基づいて操作するため，取得されたデータは多様性を有する意味のあるものとなり，データの効率的な取得も実現することができた．

２．研究成果実績の概要（英訳）

In this study, we proposed and implemented a self-supervised learning method using play data to realize skillful object manipulation by a robot. Specifically, we developed (1) a new framework for acquiring self-supervised data and (2) a deep generative model for learning the acquired data in order to effectively apply deep learning to the field of robotics.

In (1), a human operator freely controls a robot based on his or her ″interests″ in a master-slave manner to acquire various visual and proprioceptive data from a robot. In particular, the operator controlled a slave robot in an environment with manipulatable objects by directly guiding a master robot based on his or her interests during an hour. Time series data of joint angles and camera images of the slave robot were recorded. In this study, we call these data ″play data″ in the sense that they were acquired while he or she was playing freely.

In (2), we developed a variational recurrent autoencoder (VRAE) that integrates a variational autoencoder (VAE) and a recurrent neural network (RNN). Given a final state of a part of whole time series data as a goal, the VRAE learned to generate a predictive sequence of the visual and proprioceptive states to reach the final state. We implemented the trained model in the robot and tested its ability to manipulate objects in both trained and untrained situations. The experimental results demonstrated that our proposed self-supervised learning method can achieve error recovery that is not difficult to be achieved in the conventional supervised learning method using only positive examples. In addition, while conventional reinforcement learning has the problem of including useless data due to the random exploration of an environment, our proposed method which asks human operators to manipulate a robot based on their interests realizes the meaningful and efficient data collection with diversity.

３．本研究課題に関する発表

発表者氏名 （著者・講演者）	発表課題名 （著書名・演題）	発表学術誌名 （著書発行所・講演学会）	学術誌発行年月 （著書発行年月・講演年月）
樋園翼，斎藤菜美子，森裕紀，村田真悟，出井勇人，尾形哲也，菅野重樹	RNN を用いた予測不確実性と予測変化に基づく好奇心による行動選択モデルの提案	発達神経科学会 第 9 回学術集会	2020 年 11 月
小林泰介，村田真悟，稲邑哲也	ロボットとのインタラクションで生じる人の動作に対する潜在的特徴分類	第 21 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会	2020 年 12 月