

Title	Multimodal Robot Learning from Few Human Demonstrations and Rewards
Author(s)	Penaloza, Christian Isaac
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/50544">https://hdl.handle.net/11094/50544</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"&gt;大阪大学の博士論文について&lt;/a&gt;</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## Abstract of Thesis

Name (Christian Isaac Penaloza Sanchez)	
Title	Multimodal Robot Learning from Few Human Demonstrations and Rewards (少しの教示と報酬によるマルチモーダルロボット学習)
<p><b>Abstract of Thesis</b></p> <p>Robotic systems are rapidly integrating into human society and in the future they are expected to coexist with humans in every home. However, most existing systems are pre-programmed to provide specific solutions and they lack of capabilities to perform new tasks, adapt to novel situations, and learn from their human users, most of whom will not have programming skills. Researchers have previously proposed diverse methods to achieve robot learning from demonstration, but most methods are based on learning techniques that require the human user to spend a lot of time and effort to train a robot. This applies to current approaches to provide robots with skills to detect and manipulate objects, or achieve autonomous behaviors. Thus, the burden of robot training has become a limiting factor for introducing robots into human environments.</p> <p>The work presented in this dissertation aims to answer the following questions. How can robots harness the information provided to them while minimizing the burden of robot training? How can robots make use of other sources of information to complement their learning? and How can robots enhance their skills using human-generated signals of positive or negative rewards? In order to answer these questions, this dissertation presents a multimodal robot learning framework that incorporates diverse methods to train a robot via human demonstrations, complements learned data by using external sources of information, and enhances learned skills by considering human rewards. The contributions of this work begin with novel approaches to learn from demonstrations using diverse modalities such as visual observation, kinesthetic teaching and tele-operation, followed by learning algorithms to enhance learning data from few demonstrations with data obtained from robot sensors, the Internet, and human rewards. Finally, a formalized framework is introduced as potential baseline to develop system architectures aimed to reduce the burden of robot training for multiple domains.</p> <p>Throughout this dissertation our framework is validated through diverse robot learning applications such as learning to detect object categories given a few samples demonstrated by the human teacher and data collected from the Internet, learning to manipulate objects given few motion skills demonstrated by a human teacher and rewards obtained from multiple Internet users, and learning to autonomously control home appliances from few demonstrations provided by a user through a Brain Machine Interface (BMI) while leveraging brain generated reward signals. Experimental evidence indicates that our framework can be very useful to reduce the burden of training in object detection and manipulation tasks, as well as reducing the mental fatigue caused by constantly operating home appliances through a Brain Machine Interface.</p>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( Christian Isaac Penaloza Sanchez )			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	新井 健生
	副 査	教 授	石黒 浩
	副 査	教 授	細田 耕

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、少しの教示と報酬によるマルチモーダルロボット学習の新たなフレームワークについて論じている。従来提案されているロボット学習の多くの方法は、人が多大な時間や労力をかけてロボットを学習させるものであったが、提案するフレームワークは、ロボットを人環境へ導入する際の制限となっているロボットを学習させるための多大な負荷を軽減するものであり、どのようにロボットを学習させる負荷を軽減しロボットが人から与えられた情報を利用できるようにするか、どのようにロボットが学習したことを補うために他の情報源を利用できるようにするか、どのように人から与えられた正や負の報酬を用いてロボットが学習した技術を習熟させていくか、という問題を解決するものである。提案するフレームワークは、様々なデモンストレーションによるロボット学習の手法を包含し、視覚観察や運動教示、遠隔操作など人による少しのデモンストレーションを用いた学習をもとに、インターネットなど外部情報源を利用して学習を補ったり、人からの報酬を考慮して学習した技術を習熟させるものである。

本論文では、ロボット応用の複数の領域において提案フレームワークを適用し、ロボットを学習させる負荷を軽減するためのシステムについて論じている。一つは、人からの少しの教示とインターネットを利用して集めた画像データからの物体カテゴリの学習である。このシステムでは、人は物体の名前と一つのサンプルをロボットに提示する。ロボットは名前からインターネットを利用して物体に関連する画像を取得する。取得した画像からサンプルに類似した画像を選択し、選択した画像の特徴を学習することにより、提示したサンプルと同じ物体カテゴリの特徴を学習する。二つ目は、ロボットの物体操作のための人からの少しの動作教示と多数のインターネットユーザによる報酬からの学習である。このシステムでは、人はあらかじめ物体に対する数種類の把持法を教示しておき、どの物体に対してどのように把持するかはインターネットを介した多数の人からの報酬によってロボットが学習する。三つ目は、ホーム機器を自動制御するためのブレインマシンインタフェース (BMI) を用いた少しの教示と脳で発生する報酬信号からの学習を行っている。このシステムでは、人は室内環境の状態を自分の好みに合うようにホーム機器の状態を操作インタフェースを用いて調整する。システムは環境センサから得られる状態とBMIから得られる脳波状態を取得しており、どのような状態のときに人がどのような操作を行ったかを学習する。学習後にはシステムは人の好み合うように自動的に環境状態を調整する。実験結果は、提案するフレームワークが、物体検出やマニピュレーション作業を学習させる負荷を軽減させるだけでなく、BMIを用いてホーム機器を幾度も操作する心理的疲労を軽減することができ、有効であることを示している。

以上の通り、本論文ではロボットシステムがわずかな人のコストで効率よく学習する新たなフレームワークを提案しておりその学術的貢献は大きく、また実験により構築した提案フレームワークが有効に働くことを検証し学術的にも意義のある成果を示しており、博士 (工学) の学位論文として価値のあるものと認める。