

# 動きの汎化によるロボット操作システムの提案

池田憲弘

2010年2月9日

## 1 はじめに

近年になり、家庭内や公共施設などの実環境下で作業を行うロボットが増え始めている。このようなロボットに作業を行わせるためにこれまでにさまざまな研究が行われている。本論文では、ユーザがロボットに作業を教示することで、ロボットに作業を行わせる方法に注目する。

この方法は、1. ユーザがロボットに作業を教え、ロボットはユーザから教示された作業を記憶する(教示)、2. ロボットは記憶を元に教示された作業を行う(再生)、という流れで行われる。教示と再生を用いた方法の利点は、専門家(ロボット設計者やプログラマ)を必要とせずにロボットの動きを作ることが出来る点と、作った動きはロボットが自動的に繰り返し行うことが出来る点にある。利用方法としては、産業用ロボットなどに用いられることが多い[1]。また、多自由度、多センサを持つロボットに教示を行い、災害救助に役立てようとする研究も行われている[2]。

しかし、災害現場や家庭内などの実環境下では、繰り返し同じ動きを行う状況は少ない。むしろ、状況に応じてユーザが求める動きが異なる場合が多い。例えば、地震によって家屋の倒壊がおき、木材が折り重なっている状況があるとす。これらの木材を災害救助用ロボットが持つロボットアームを用いて除去するタスクを考える。この場合、木材を除去するためには、折り重なっている木材を上から順番に取り除く必要がある。この時、「木材を持ち上げる」という動きは同じであるが、木材を持ち上げる位置は異なる。しかし、従来の教示と再生を用いた手法では、教示した動きを繰り返し再生するため、動きの再生によって同じ位置の木材を持ち上げることが出来ない。そのため、再生時にユーザが操作することにより、木材を持ち上げる位置を変えることが求められる。そこで、教示を行った動きに関して再生時にユーザが動きを操作出来るシステムを考える。この時、操作方法を専門家が決めてしまうと、ユーザが行いたい操作が出来ない可能性がある。

そこで、本論文では特に、操作方法をユーザが自由に教示し、使用出来る手法を提案する。ユーザがロボットに対して作業を教示する時に、それに対する操作方法を教示すること

で実現する。これにより、ユーザは再生時に操作を行うことが可能となり、操作システムが実現される。

## 2 教示を用いた動きの汎化

まず、本論文における操作を「教示した動きを再生中に、動きを制御するための情報をデバイスにより与えること」と定義する。また、パラメータを与えるデバイスを操作デバイスと定義する。例えば、人型ロボットに歩く動きを教示したとする。これにより、再生時にロボットは歩行動作を行う。この時、デバイスによりパラメータを与え、歩行速度を制御することを操作とする。

操作方法の教示は、ユーザが作業の教示を行う際に行う。ロボットは教示された作業(動き)とともに、作業を教示されていた時の操作デバイスの値を記憶する。これを複数回行い、記憶した各操作デバイスの値の間の操作デバイスの値を補完する。教示された動きについても同じように間の動きを補完する。本論文ではこれを動きの汎化とする。補完の方法については次章で説明する。教示した各動きの間の動きが補完され、操作デバイスにより操作することで、動きの制御が可能になる。操作方法の教示を実現した例を図1に示す。図1のグ

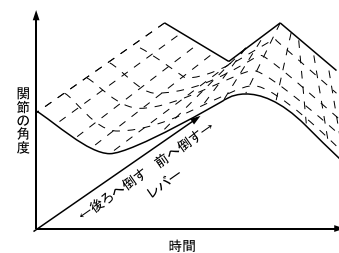


図1 操作方法の教示の概要図

ラフにおける実線は教示した動きの軌道と、その時の操作デバイスの状態を表している。つまり、図1内では、操作デバイスの状態を変えて動きの教示を2回行っていることになる。手前の教示は曲線的な動き、奥の教示は直線的な動きとなっている。破線は教示した動きとその時の操作デバイスの値によって補完された動きである。これにより、レバーを前へ倒すほど直線的な動きに、後ろへ倒すほど曲線的な動きになるように動きの汎化が行われる。

### 3 頻度空間による汎化の実現

動きの汎化は、幾世橋将文による「ロボットの動きに関する新しい表現方法」[3]で提案された頻度空間を改変した空間を用いて行われる。本論文ではセンサ軸、関節の位置軸、時間軸、操作デバイス軸などからなる多次元空間を各軸ごとに離散化する。そして、離散化することによって出来る各マスセルを「セル」と定義し、各セルに選択頻度というパラメータを与えた空間を頻度空間とする(図2)。選択頻度は選択のされやすさを示す。

教示段階における動き、操作方法の汎化と再生段階における動きの操作は図3のように行われる。教示段階では動きの

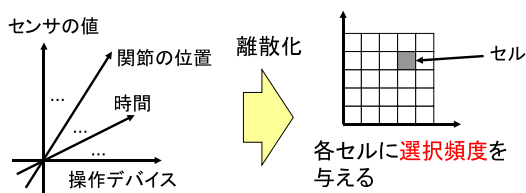


図2 頻度空間の概要図

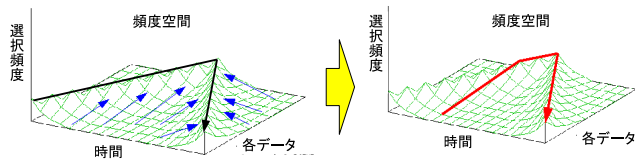


図3 汎化と再生の概要図

教示または操作方法の教示により取得した各時間毎の各データ(関節の位置、操作デバイスの値、センサの値)と一致するセルを中心にして、その周辺のセルの選択頻度を山型に更新する。教示を複数回行い、それぞれ選択頻度を山型に更新することで、間のセルの選択頻度が補完される。この時、選択頻度の更新が関節の位置軸方向に行われることにより動きの補完が、操作デバイス軸方向に行われることにより操作方法の補完が行われる。再生段階における動きの生成は、取得した各データと一致するセルの周囲のセルから最も選択頻度の高いセルを選択し、そのセルの状態へ遷移することで行われる。操作デバイスの値はユーザが変化させることが出来るので、これによりロボットの動きを操作する。

### 4 実験

実ロボットが持つ1サーボに対して教示を行い、頻度空間を用いて動きを汎化する実験を行った。教示した動きは時間におけるサーボの軌道を見た時に正弦波・三角波・台形波の形となるような動きを教示した。汎化された頻度空間の一部

を図4に示す。正弦波と台形波の動きがそれぞれ選択頻度が山型に更新され、2つの山が合成されたような頻度空間となっている。

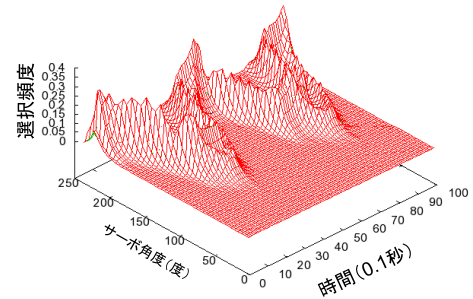


図4 動きの汎化を行った結果

次に、動きの汎化が行われた頻度空間を用いて、再生時に動きの制御を行った。サーボの軌道を図5に示す。図5では、

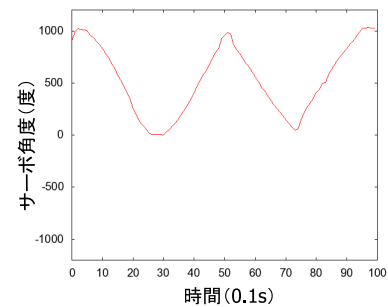


図5 ロボットの動作結果

5秒付近までは正弦波の動きとなり、その後は三角波の動きとなっているのが分かる。操作デバイスによって操作を行い、正弦波の動きから三角波の動きへと変化させた。

### 5 おわりに

本論文では、ユーザが操作方法の教示を行い、動きの汎化を行うことで、動きの操作が可能なシステムの提案を行った。

### 参考文献

- [1] 水川 真, 小山 俊彦, 「産業用ロボットの教示方法の現状と展望」, 日本ロボット学会誌, Vol. 17, No. 2, pp. 180-185, (1999)
- [2] 高橋 友一, 「キーフレームを用いたロボットの動作生成法の研究」, 日比科学技術振興財団 平成16年度研究報告書, pp. 135-141
- [3] 幾世橋 将文, 「ロボットの動きに関する新しい表現方法」, 室蘭工業大学 平成19年度卒業研究