

# 多自由度遠隔ロボット制御のための少自由度インタフェースの研究開発 (131207012)

Development of few-DOF control interface for many-DOF robot teleoperation

## 研究代表者

森本 淳 (株) 国際電気通信基礎技術研究所

Jun Morimoto Advanced Telecommunication Research Institute International

## 研究分担者

稲邑哲也<sup>†</sup> 有木 由香<sup>††</sup> 池田 思朗<sup>†††</sup>

Tetsunari Inamura<sup>†</sup> Yuka Arika<sup>††</sup> Shiro Ikeda<sup>†††</sup>

<sup>†</sup>国立情報学研究所 <sup>††</sup>立命館大学 <sup>†††</sup>統計数理研究所

<sup>†</sup>National Institute of Informatics <sup>††</sup>Ritsumeikan University <sup>†††</sup>The Institute of Statistical Mathematics

研究期間 平成 25 年度～平成 27 年度

## 概要

本研究開発では、ロボットなど多自由度システムの直感的遠隔操作を可能とする少自由度インタフェースの開発を行った。データベースに蓄積されたロボットの動作事例から、インタフェースを使用する状況に応じた動作典型例を機械学習手法により導き出す。ユーザが操作可能な範囲を限定しつつも、タスクに必要な自由度を補完、多自由度のロボット操作を可能とする知的インタフェースの実現を目指した。

## 1. まえがき

高齢者の日常生活支援や災害時の復旧活動支援のために、インタフェースを用いた多自由度ロボット端末の遠隔操作を用いることは一つの実現的なアプローチである。見まもり支援ロボットや建機を含むマスタースレーブロボットの遠隔操作を多くのユーザが使用可能となるためには、その操作を極めて簡便なものとする必要がある。遠隔操作で使用されるロボットや建機は一般に多自由度で操作可能な範囲が多く、その操作には熟練のために長い時間を要する。そこで、本研究ではユーザが操作可能な範囲を限定しつつも、取得された熟練者の多数の操作事例からインタフェース自体が状況を判断し、足りない自由度を自動で補完、多自由度のロボット操作を実現可能とするための知的インタフェースの実現を目的とした研究開発を行った(図 1 参照)。



図 1:多自由度制御のための少自由度インタフェース

## 2. 研究開発内容及び成果

### 2. 1. インタフェース設計

多自由度ロボット端末において多様な動作の生成を実現するためには、基底表現の組み合わせにより多動作のための自由度補完を行うアプローチが有望であると考え、動作基底の組み合わせに基づく実装を行うこととした。

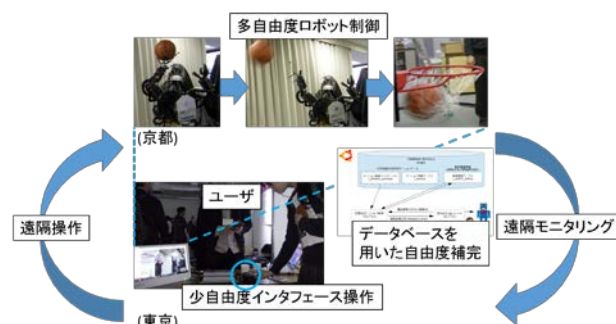


図 2:開発したインタフェースの実装事例

加えて、取得していない動作データに対しても既存の動作データに基づいた推定からインタフェースを駆動する技術として、レコメンデーションシステムなどに用いられる協調フィルタリングのアプローチを応用することで多様な動作の生成をデータベースから可能な限り実現する枠組みを開発した。レコメンデーションシステムの一般的な実装の一つである最近傍探索の考え方と同様に、データベースに含まれる近傍データの組み合わせにより、多様な動作生成に対応するシステムを構築した。具体的には、データベース中に含まれる動作基底から、デモンストレータの観測データ近傍のうちに関連するものを同定し、回帰することにより、ユーザであるデモンストレータの操作傾向が回帰パラメータに表現される。動作目的が動作データベースに含まれる基底に表現されることで、安全な少自由度インタフェースが実現された。

開発された少自由度インタフェースについて、京都—東京間での遠隔操作実験を実施した。東京にいるユーザが、開発された少自由度インタフェースを用いて遠隔(京都)に設置された多自由度ロボット端末を操作することを実現した。少自由度インタフェースインタフェースからの操作入力は、動作データベースに基づく自由度補完を通じて、多自由度ロボットの制御が可能となった。その実装の様子を図 2 に示した。

また、インタフェース設計の手順を図 3 に示した。まず、開発した動作登録システムを用いて大量動作をデータベ

ースにアップロードし、動作データベースを構築。つぎに、タスクに関わる動作をデモンストラータから観測。その近傍データをデータベースから抽出し、それを動作基底として、その組み合わせを少自由度インタフェースにより操作する。

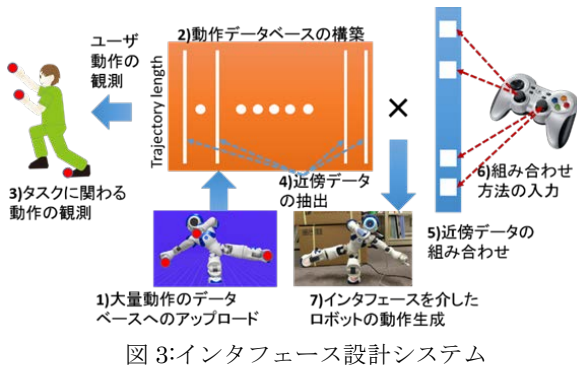


図 3: インタフェース設計システム

このインタフェース設計システムをヒューマノイドロボットシミュレーションモデルにおける手先動作生成のためのインタフェース設計に応用し、図 4(左図)の様なスパイラル軌道をユーザの描画意図に合わせて生成することを可能とした。それによって生成されたヒューマノイドロボットモデルの動作を図 4(右図)に示した。

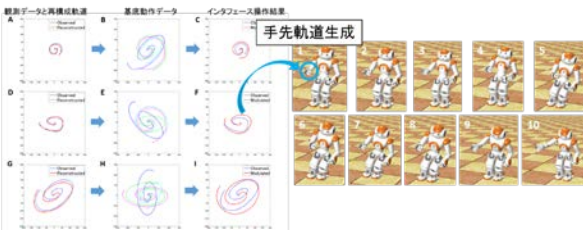


図 4: インタフェース操作による手先軌道生成

## 2. 2. データベースシステム構築

自由度補完を可能とする動作事例を蓄積するためのデータベースを構築した。簡便に動作事例をデータベースに登録するために、モーションキャプチャシステムで計測後、即時かつ自動的にデータベースにアップロードするシステムを開発した。

デモンストラータ ID や動作のラベルをキーとした動作・遠隔操縦履歴データの参照だけに留まらず、ある動作パターンや操縦パターンに類似したパターン群を過去のデータベースからマッチングして取り出す技術を開発し、動作時系列の近傍探索によるマッチング手法を実現した。さらに、単純な固定長動作時系列のみではなく、動作の時間長が異なる場合でも運動パターンの検索を可能とする開発を行った(図 5 参照)。

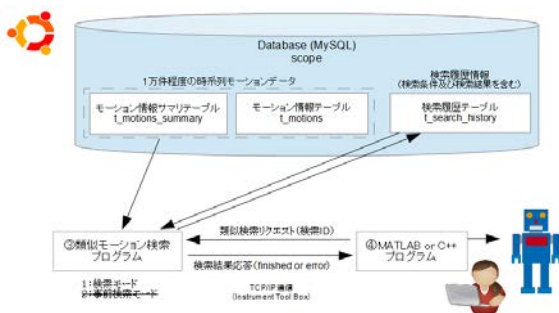


図 5: 構築されたデータベースシステム

## 3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

リハビリテーションにおいては、特に慢性期での治療は人手の問題により臨床現場において十分な時間が提供されていないという現状がある。そこで、装着型ロボットを用いたリハビリテーションに期待が寄せられている。しかし、患者によってリハビリテーションの症状に多様性があるため、あらかじめプログラムされたロボット動作を用いるのみでは十分な効果が期待できない。よって、医師や療法士が遠隔で、患者の状態に合わせたロボット動作の調整を可能とするためのインタフェースの提供が求められる。本研究において開発された、少自由度の入力デバイスを用いた操作入力と、リハビリテーション動作事例データベースによる自由度補完によって、患者の身体の状態を考慮した、装着型ロボットの簡便な操作を可能とし、今後の超高齢化社会において必要となるリハビリテーション医療に貢献することを目的とした取り組みを進める(図 6 参照)。



図 6: リハビリテーションに向けた研究成果の展開

## 4. むすび

本研究では、多自由度のロボット制御を少自由度の操作入力により実現するためのインタフェース開発を行った。動作事例データベースを構築し、状況に合った動作典型例を検索、その情報からタスクに必要な自由度を補完する技術を開発した。今後は、リハビリテーションなどへ応用に向けた展開を行う予定である。

### 【誌上发表リスト】

- [1] Yuka Ariki, Tetsunari Inamura, Jun Morimoto, "Learning a humanoid robot interface by embedding a low-dimensional command manifold into a high-dimensional joint action space", IEEE/RAS International Conference on Humanoid Robots pp 514-519 2013
- [2] Yuka Ariki, Tetsunari Inamura, Jun Morimoto, "Observing human movements to construct a humanoid interface", IEEE/RAS International Conference on Humanoid Robots pp342-347 2014
- [3] Yuka Ariki, Tetsunari Inamura, Shiro Ikeda, Jun Morimoto, "Sparsely extracting stored movements to construct interfaces for humanoid end-effector control", IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics pp1816-1821 2015

### 【報道掲載リスト】

- [1] "探訪 先端研究"、日刊工業新聞、2014年11月28日
- [2] "広がる人工知能"、日本経済新聞夕刊、2015年12月2日

### 【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.iir.nii.ac.jp/SCOPE/index.php?FrontPage>