

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 30 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330234

研究課題名(和文) 音声とマルチタッチによるマニピュレータ操作の入力方式

研究課題名(英文) Speech and multi-touch commands for controlling a robotic manipulator

研究代表者

岡 哲資 (OKA, Tetsushi)

日本大学・生産工学部・准教授

研究者番号：00282921

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本課題の遂行によって、マニピュレータ(ロボットアーム)を用いた物体の移動や引き出しの開け閉めなどの作業を容易にする音声とマルチタッチによる操作方式が明らかになった。設計した入力方式が習得しやすく、ハンドのさまざまな回転と物体把持を含む日常作業を容易にするものであることが、開発した操作インタフェースの評価によって示された。また、実用化されている方式と同程度の時間で作業を完了できることも明らかになった。本入力方式は、操作にスペースを必要としない点、物理負荷および認知負荷が低い点において、他の方式よりも優れている。今後の課題は、より容易な回転操作と作業を短縮する方法の提案などである。

研究成果の概要(英文)：This project revealed that it is easy for a human operator to pick up objects, rotate them, or open a drawer by controlling a robotic manipulator employing voice and multi-touch commands. We developed new control interfaces that employed voice and multi-touch commands and conducted user studies. The results of the studies show that the commands we have designed are easy to learn and that many manipulation tasks can be achieved by novice users without high cognitive load. In addition, our new interfaces are as efficient as a commercially available manipulator control interface using a keypad. Our voice and multi-touch commands allow a human operator to control a robotic manipulator and achieve various tasks without high physical or cognitive load.

研究分野：ヒューマンロボットインタラクション

キーワード：マニピュレータ ロボット 操作 入力 音声 マルチタッチ ジェスチャ インタフェース

1. 研究開始当初の背景

(1) ロボティクスの研究対象は、産業用ロボットからサービスロボットへ、専門家のためのロボットから専門知識をもたない生活者の支援を行うロボットに広がっていた。ヒューマンロボットインタラクションの研究の多くは、専門家以外の人とロボットのインタラクションを対象としており、ロボットによる生活者への精神面の支援、情報提供、情報機器操作などが実用レベルで可能になりつつあった。しかし、ロボットによる生活者の物理的な支援には、多くの課題が残されていた。

(2) ロボットが日常作業を自動的に行うためには、物体認識、動作計画などに多大な計算資源を要することから、早期の実用化は困難と考えられた。一方、専門家以外でもロボットを容易に操作できる直感的なユーザインタフェースが実現できれば、ロボットによる物理的な支援が可能になる。そこで、本課題では、マニピュレータ（ロボットアーム）の操作インタフェースに着目した。マニピュレータの操作による日常作業が容易になれば、ロボットの生活支援への活用の幅が広がると考えられる。

(3) 研究開始当初、さまざまなマニピュレータの操作インタフェースが提案されていた。しかし、これらのインタフェースには、操作者の物理負荷（肉体的な疲れやすさなど）、認知負荷（わかりやすさ・覚えやすさなど）、作業効率（作業の所要時間・操作回数など）、装置の大きさ、操作に必要なスペースなどにおいて、欠点があった。生活支援を目的とした場合、物理負荷の大きいインタフェースは望ましくない。そこで、音声とタッチパネル上のマルチタッチ操作を組み合わせることで、スペースを必要とせず、物理負荷と認知負荷が低く、作業効率がよい操作インタフェースが実現できないかと考えた。

2. 研究の目的

(1) 本課題の目的は、以下の通りである。

- a) マニピュレータを用いた日常作業を容易にし、作業時間を短縮する音声とマルチタッチを組み合わせた入力方式を明らかにすること
- b) 音声とマルチタッチによる入力方式の習得しやすさ、マニピュレータを用いた日常作業の容易さ・快適さ、作業に要する時間を明らかにすること
- c) 同入力方式で日常作業を行うために必要な知識・スキルを明らかにすること
- d) 既存の入力方式に対する優位性を明らかにすること
- e) 操作インタフェースの製品化・普及のための課題を明らかにすること。

3. 研究の方法

(1) 7自由度マニピュレータを用いた日常作業の評価用ハードウェアを構築した。Exact Dynamics社の7自由度マニピュレータであるiArm(<http://www.exactdynamics.nl/>)を専用の土台に取り付け、タッチスクリーン式ノート型コンピュータを置くための台を設置することで、椅子・電動車椅子に座ってマニピュレータを操作できるようにした(図1)。これは、電動車椅子に搭載されたマニピュレータの操作による日常作業を想定したためである。



図1 評価用ハードウェア

(2) iArmに付属する16ボタン式インタフェース（キーパッド、図3）での日常作業のためのマニピュレータ操作を観察し、問題点を分析した。

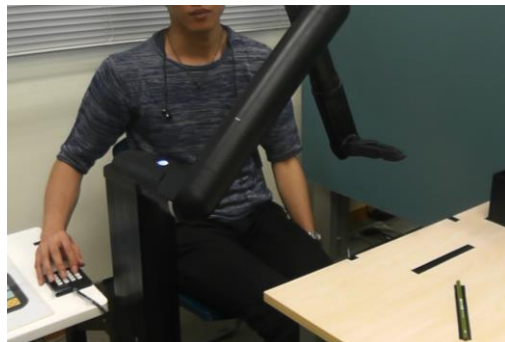


図2 16ボタン式インタフェース

(3) スマートフォン、3Dマウスによる新しいマニピュレータ操作インタフェースの試作と評価を行い、問題点を分析した。

(4) 深度センサを用いた物体把持システムの開発を行い、インタフェースの設計およびマニピュレータによる日常作業に関する考察を行った。

(5) 音声とマルチタッチを組み合わせた入力方式の詳細を決定した。まず、操作モードの切り替えを音声と1本指タッチの組み合わせで行うこととした。次に、ハンドの平行移動・回転・開閉を1本指または2本指の直感的なタッチジェスチャ(図3)で行うことと

した。ジェスチャで動作を開始し、指を離すことでマニピュレータを停止させる。速度の変更は、タッチ点数を変えることで行う。さらに、よく使うハンドの位置（ホームポジション）と姿勢（図 4）へのショートカット命令を音声と 1 本指タッチの組み合わせで行うこととした。ショートカット命令の場合も、動作の途中で指を離すと、マニピュレータは停止する。各タッチジェスチャに異なる操作を割り当てた操作モードとして、「水平移動」、「垂直移動」、「向き変更」、「移動」、「回転」の各モードを設計した。

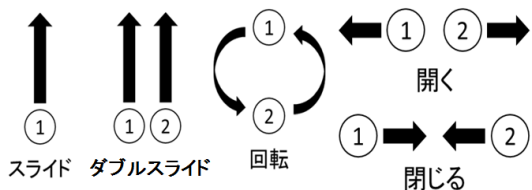


図 3 マルチタッチジェスチャ



図 4 音声で指定できるハンド姿勢

(6) 決定した入力方式に基づくマニピュレータの操作インターフェースのソフトウェアを開発した。開発したインターフェースは、タッチスクリーン式ノート型コンピュータ 1 台で動作するものである。「水平移動」、「垂直移動」、「向き変更」の 3 モード方式と移動、「回転」の 2 モード方式のインターフェースを実現した。システムの開発は、Windows 8.1、Visual Studio 2010、C++を用いて行った。

(7) 開発した各インターフェースと iArm を用いた初心者および継続的使用者の日常作業を観察、記録した。初心者は 20 人以上、継続的使用者は 5 人以下である。机上の鉛筆をペン立てに入れる作業（図 5）、操作者に対して 45 度傾いた二段目の引き出しを開ける作業（図 6）、その他さまざまな作業を観察し、アンケートおよびインタビューを実施した。アンケートでは、マニピュレータ操作の容易さ、各操作方法の覚えやすさ、作業の容易さなどを 7 段階で評価し、インタビューでは、比較的低い評価に対して、気になった点などを質問した。また、比較のために、図 2 の iArm 付属の 16 ボタン式インターフェースによる作

業も観察、記録し、同様のアンケートを実施した。

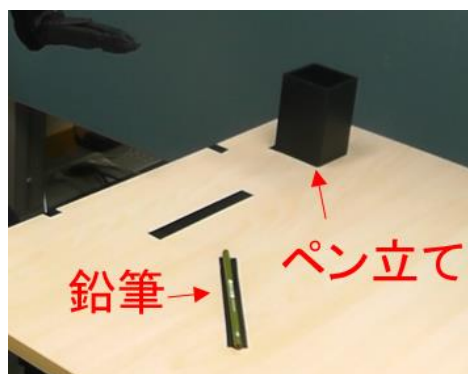


図 5 鉛筆をペン立てに入れる作業

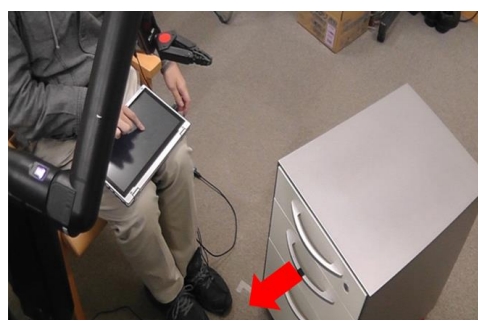


図 6 二段目の引き出しを開ける作業

(8) 観察、記録、アンケートおよびインタビューの結果に基づいて、音声とマルチタッチによる入力方法の習得しやすさ、入力方法によるマニピュレータを用いた日常作業の容易さと快適さ、日常作業に要する時間、作業実行に必要な知識、既存の入力方法に対する優位性、製品化および普及のための課題などについて考察した。

4. 研究成果

(1) マニピュレータを用いた物体の把持、回転、移動や引き出しの開け閉めなどの日常作業を容易にする音声とマルチタッチによる操作方式を明らかにすることができた。しかし、従来の方法に比べ、作業時間を大幅に短縮できる方式は、まだ明らかになっていない。今後、新たな入力方式とインターフェースの研究が課題となる。

(2) 本課題で設計した音声とマルチタッチによるマニピュレータ操作の入力方式は、多くの初心者にとって習得しやすく、ハンドのさまざまな回転と物体把持を含む日常作業を容易にするものであることが明らかになった。操作方法の覚えやすさと容易さについては、初心者の 90%以上が、「覚えやすい（簡単である）」・「大変覚えやすい（とても簡単である）」と答え、iArm のキーパッドの結果（50%、29%）を大きく上回った。鉛筆をペン立てに入れる作業（図 5）については、70%

が「簡単だった」・「とても簡単だった」と答えており、図 2 のキーパッド (14%) よりも作業が容易であることが示された。引き出しを開ける作業 (図 6) も、90%以上の初心者が「簡単だった」・「とても簡単だった」と答えている。また、キーパッドと同程度の時間で作業が行えることが明らかになった。例えば、初心者による鉛筆をペン立てに入れる作業 (図 5) の平均所要時間は、98 秒 (標準偏差 21 秒) であり、キーパッドの 101 秒 (標準偏差 33 秒) と同等であった。平均操作回数は、キーパッドの 42 回に対して 18 回と半分以下であった。また、同じ作業を何度も繰り返した継続的使用者は、どちらの方法でも 25-30 秒で完了することができた。

(3) 音声とマルチタッチ入力で日常作業を効率的に行うには、操作方法以外にも、作業の効率的な手順、目標物とハンドの相対位置を把握する能力、マニピュレータの構造に関する知識、タッチジェスチャのスキルなどを習得する必要があることが明らかになった。また、インタフェースの継続的使用によって、作業完了の時間が短縮し、操作回数が減ることが確認できた。

(4) 本課題で考案した方式が以下の点で優れていることが明らかになった。

- ・操作者の物理負荷が小さい
- ・操作にスペースを必要としない。
- ・操作者の認知負荷が小さい。
- ・操作者の注視点の移動が少ない。
- ・操作方法を短時間で習得できる。
- ・操作ミスがほとんどない。

(5) 操作インタフェースの製品化・普及のためには、以下が重要であることが確認できた。

- ・低価格なハードウェアでインタフェースを実現すること
- ・システムの応答性を高め、マニピュレータを停止しやすくすること
- ・ハンドの姿勢を思い通りに変えるための回転操作をより容易にすること
- ・作業時間を短縮するための新たな入力方式を設計すること

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 10 件)

① Tetsushi Oka, Kosuke Ichikawa, Evaluation of a Manipulator Control Interface That Employs Touch Gestures and Voice Shortcuts, 12th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2017), 2017 年 3 月 9 日, Vienna, Austria

② Toshitaka Suzuki, Tetsushi Oka,

Grasping of Unknown Objects on a Planar Surface Using a Single Depth Image, 2016 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM 2016), 2016 年 7 月 14 日, Banff, Canada

③ Tetsushi Oka, Keisuke Matsushima, Evaluation of a Three-Mode Robotic Manipulator Control Interface That Employs Voice and Multi-Touch Commands, 2016 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM 2016), 2016 年 7 月 13 日, Banff, Canada

④ 鈴木俊孝、岡 哲資、深度画像を用いたロボットアームによる平面上未知物体の把持方法、情報処理学会第 78 回全国大会、2016 年 3 月 11 日、慶応義塾大学、横浜市

⑤ 市川幸佑、岡 哲資、3D マウスを用いたマニピュレータ操作インタフェースの初期評価、情報処理学会第 78 回全国大会、2016 年 3 月 10 日、慶応義塾大学、横浜市

⑥ Tetsushi Oka, Keisuke Matsushima, New Design of a Manipulator Control Interface That Employs Voice and Multi-Touch Commands, 11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2016), 2016 年 3 月 8 日, Christchurch, New Zealand

⑦ 高橋将平、岡 哲資、スマートフォンを用いた車椅子用ロボットアーム操作インタフェース、第 77 回情報処理学会全国大会、2015 年 3 月 17 日、京都大学、京都市

⑧ 松嶋佳祐、岡 哲資、高橋将平、音声とタッチ入力によるマニピュレータ操作インタフェース—机上物体の収集による初期評価—、第 77 回情報処理学会全国大会、2015 年 3 月 17 日、京都大学、京都市

⑨ 松本大賢、岡 哲資、Kinect とタブレットを用いたロボットアームによる物体拾得システム、第 77 回情報処理学会全国大会、2015 年 3 月 17 日、京都大学、京都市

⑩ Tetsushi Oka, Keisuke Matsushima, Multimodal Manipulator Control Interface using Speech and Multi-Touch Gesture Recognition, 10th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2015), 2015 年 3 月 3 日, Portland, USA

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡 哲資 (Tetsushi Oka)

日本大学・生産工学部・准教授

研究者番号：00282921