

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 18 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500674

研究課題名(和文) ベッド上空間スイッチによるロボットの作業指示

研究課題名(英文) Task Instruction for robots with space switch on the bed

研究代表者

脇田 優仁 (Wakita, Yujin)

独立行政法人産業技術総合研究所・知能システム研究部門・主任研究員

研究者番号：90358367

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)： プロジェクションシステムとジェスチャ認識機器を用い、下肢に障害があり日常生活環境内での移動に困難が伴うユーザが、車椅子からベッドに移動した後で、必要な対象物を簡単な指示で把持するロボットアームシステムの構築を行った。ベッド上のシーツを投影面とするプロジェクタを情報提示手段とすることで、固定されたモニタや体に拘束されるHMDなどを用いることなくユーザとロボットのインタラクションが可能になった。本システムの適用に関し、障害者のICFに基づく生活分析からのロボットのサポートの可能性について検討した。

研究成果の概要(英文)： With our projection function and the gesture input device, we have constructed a robot arm system which the lower-limb disabled person on the bed can take any object in the next room. The sheet on the bed is adopted as the projected screen of the projection system to monitor the remote environment and control the robot arm to take the object which the user want to take it. We also investigate the possibility of the robot support for the disabled person based on the ICF.

研究分野：人間情報学、人間医工学

キーワード：生活介助ロボット ロボットアーム マンマシンインタフェース プロジェクション機能 ICF 生活支援機器評価

1. 研究開始当初の背景

日常生活の動作に障害のある人のためのコンピュータのインタフェースとしてシングルスイッチで操作するオートスキャン型のパネルインタフェース(下図)やジョイスティックが開発され利用されている。



「伝の心」日立ケーイーシステムズ

また体の動きが不自由な患者のためのロボットアームが iArm (下図)として販売が開始されている。入力装置として、ジョイスティックやタッチパッド、シングルスイッチなどが用意されているが、それらのデバイスは常にユーザの手元になければならず、また操作の習熟にも時間がかかる。



iArm: Exact Dynamics

2. 研究の目的

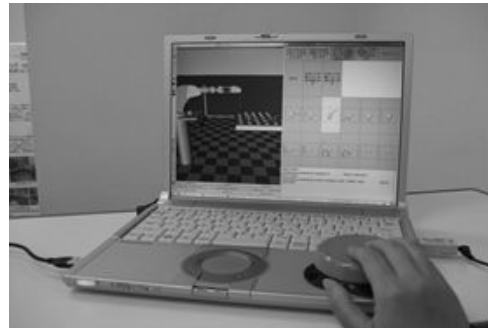
日常生活環境内での移動に障害のある患者等が、ベッド上においてユーザが望む対象物を簡単な指示で把持するロボットアームシステムの実現を目指す。ロボットアームと、ベッドのシーツを投影面とするプロジェクタ及び、ベッド上のユーザの手の位置のモニタリングのための3Dスキャナのシステムを統合する。シーツ上に投影されるロボットの作業環境のモニタリング画像及び様々なキャラクタ画像の上にユーザが手をかざすことで、作業指示のためのジェスチャとみなして、その指示に従ってロボットに作業を行わ

せる。かざされた手の位置を3Dスキャナで計測し、ユーザの意図を解釈するシステムを構成する。

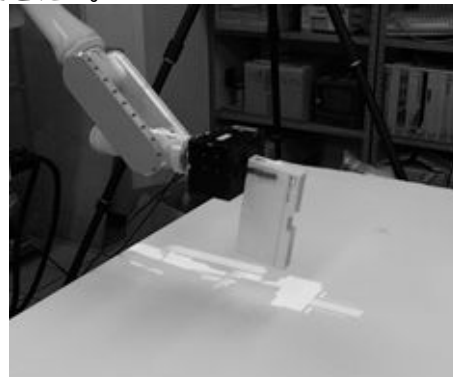
3. 研究の方法

我々は産総研の平成20年度までの所内プロジェクト「産総研産業変革イニシアティブ: ユーザ指向ロボットオープンアーキテクチャの開発: 対人サービスロボットの開発」において、体の動きが不自由な患者が日常生活で簡単に使用可能なロボットアームシステムを開発し、そのなかで当該研究者はシングルスイッチとオートスキャンパネルによるユーザインタフェースを開発している。

オートスキャンパネルのインタフェースとロボットアームのシミュレータおよび本体制御ソフトをRTミドルウェアで実現し、実際の筋ジストロフィー患者に試用、評価を頂いている。しかし、iArmや我々のロボット(下図)のインタフェースでは、ロボットの動作一挙動ごとにシングルスイッチ等の特別なユーザインタフェースデバイスでユーザが指示を与える必要がある。



我々は、人と共存するロボットのユーザインタフェースとしてプロジェクション機能を提案してきており(下図)、その応用として空間マーキングという技術を開発してきた。



これは、ステレオカメラで監視された任意の空間領域に、手などを挿入することでその動作をスイッチ入とみなし、さらにその領域に向けてビデオプロジェクタで投光することでその動作のシステムへの入力の確認をユーザに行わせるという技術である。また、ロボットアームの作業環境のモニタカメラとして、アームの手先にカメラを取り付け、その画像だけで棚の上という限定した環境で把持動作を指示するシステムを構築している（下図）。



今までに開発してきた以上の技術を用い、日常生活環境内での移動に障害のある患者等が、ベッド上においてユーザが望む対象物を簡単な指示で把持するロボットアームシステムを構築する。ロボットアームと、ベッドのシーツを投影面とするプロジェクタとベッド上のユーザの手の位置のモニタリングのための3D スキャナのシステムを構築する。シーツ上に投影されるロボットの作業環境のモニタリング画像及び様々なキャラクタ画像の上にユーザが手をかざすことで、作業指示のためのジェスチャとみなして、その指示に従ってロボットに作業を行わせる。かざされた手の位置を3D スキャナ装置で計測し、ユーザの意図を解釈するシステムを構成する。

以上のようなシステムを構成することで、特別な入力デバイスなしで、ユーザはベッドから立ち上がることなくロボットアームを簡単に操作することができるようになることが期待できる。

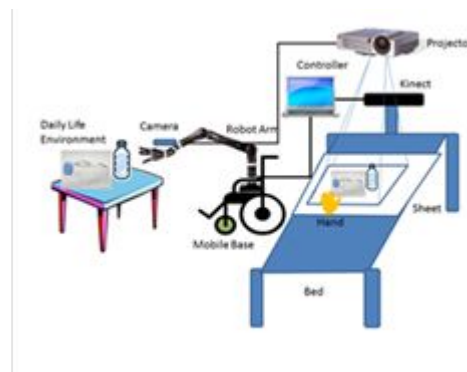
4. 研究成果

4.1 下肢障害者のためのロボットアームの活用

下肢に障害がある人のロボットアームの必要性は上肢障害の場合よりも低いですが、ベッドから車椅子への移乗後に別の部屋の物が必要な時があるなど、ある程度の要望も存在する。実際の下肢障害の方への予備的なインタビューでも、ベッドから離れた場所で操作したいものとして、ペットボトル、尿瓶、ティッシュペーパーなどの要望を伺っている。我々は、プロジェクションシステムとジェスチャ認識機器を用い、下肢に障害があり、日常生活環境内での移動に困難が伴うユーザ

が、車椅子からベッドに移動した後で、必要な対象物を簡単な指示で把持するロボットアームシステムの操作インターフェースの構築を行った。環境そのものを投影面とするプロジェクタを情報提示手段とすることで、固定されたモニタや体に拘束されるHMDなどを用いることなくユーザとロボットのインタラクションが可能になる。投影されるロボットの作業環境のモニタリング画像及び様々なキャラクタ画像の上にユーザが手をかざすことで、作業指示のためのジェスチャとみなして、その指示に従ってロボットに作業を行わせる。

このようなシステム構成（下図）により、ユーザはベッドから車椅子等に移乗することなく希望する物体を簡単に操作することが可能となった。



システム構成図

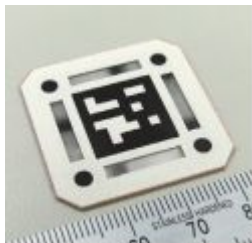
4.2 視覚マーカを活用した制御システム

ロボットアームのカメラによる物体認識および自動物体操作を支援するため、視覚マーカ（AR マーカ）を活用した制御システムを構築した。視覚マーカは、単眼カメラ画像からその位置姿勢および ID を認識可能な平面パターンである。これを操作対象物体に貼付することで、ロボットは簡単にその物体の ID を認識し（物体認識）、カメラと物体との相対的な位置姿勢を計測することができる。ID に対応した物体名と操作法をシステムに登録しておくことで、ロボットは本マーカを認識するだけで必要な情報を得ることができ、把持等の自律物体操作を行うことができる。本研究では、ペットボトルの把持・運搬の自動操作を実現した。

4.3 高精度視覚マーカの改良

従来型の視覚マーカは、とくに正面付近から観測したときの位置姿勢推定精度が悪いという問題があり、ロボット制御への応用は限定的であった。我々は、この問題を解決すべく、レンチキュラーレンズを用いた高精度な視覚マーカを過去に開発した（ ）。本研究では、この高精度マーカをさらに改良することで、従来型マーカのもう一つの重大な問題である「姿勢の不定性」をも解決した（学会発表 ，下図）。ここでは、高精度マーカの周囲に配したモアレパターンの特性を綿密に調整することで、これまでの高精度マーカ

よりも広い姿勢範囲において、見る角度に応じた一意なパターンを表示するようにした。これにより、姿勢が一意に定まらないという不定性問題の解決に成功した。



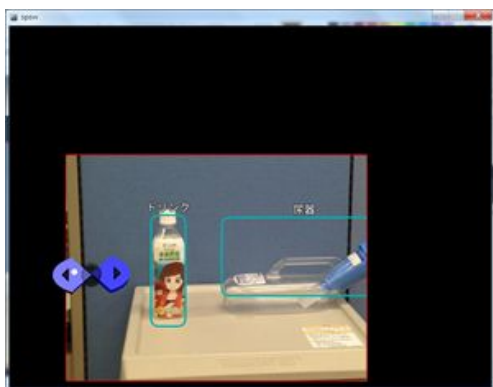
高精度視覚マーカ LentiMark

4.4 電動車椅子への操作卓増設

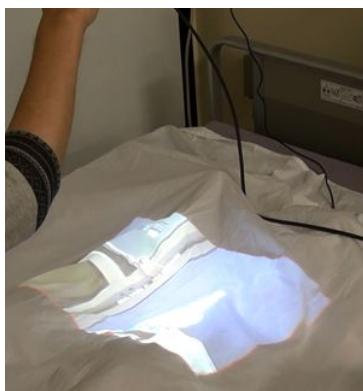
本研究で使用する、ロボットアーム付き電動車椅子に対し、アームや車椅子のコントローラおよびタッチパネルディスプレイを装着するための操作卓を増設した。これはヒンジ機構により開閉が可能で、運用時は車椅子に座ったユーザの前面、大腿部の上に橋渡しする形で使用可能な操作卓である。これにより、ユーザが車椅子に乗った状態でアームや車椅子の手動制御やタッチパネルを介した制御、状態表示ができるようになった。

4.5 実験システム

前章で述べたベッド上空間スイッチによるロボットの操作システムを試作した。本インタフェースによりユーザがキネクトに向けて手でジェスチャを行うことにより、ロボットアームの操作が基本的に可能であることを確認した(下図)。



投影されるインタフェース画面



シート上に投影された操作画面

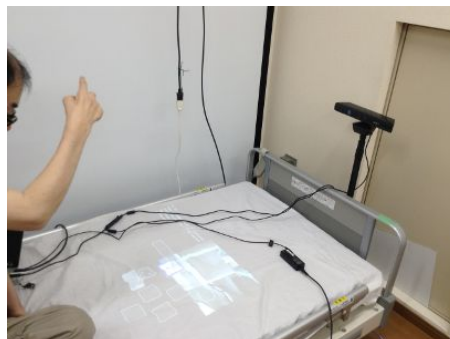
前章までに述べた全システムを統合し、電動車椅子に JACO アームを取り付け、アームと電動車椅子をコンピュータによる制御を行い、プロジェクションによるジェスチャ操作を可能にするシステムを構築した(下図)。



電動車いす上のロボットアーム



マーカを認識する手先カメラ



プロジェクションによるロボット操作
<引用文献>

“Single Switch User Interface for Robot Arm to Help Disabled People Using RT-Middleware,” Yujin Wakita, Natsuki Yamanobe, Kazuyuki Nagata and Eiichi Ono, Journal of Robotics, Hindawi Publishing Corporation, (2011).

”重度障害のある人の上肢機能を支援する小型軽量ロボットアーム RAPUDA の操作性評価,” 山野辺夏樹, 尹祐根, 脇田 優仁, 永田 和之, 木之瀬隆, 小野栄一, ヒューマンインタフェース学会誌・論文誌, pp.109-116, 13-2, (2011).

Yujin Wakita, Shigeoki Hirai, Takashi Suehiro, Toshio Horii and Kiyoshi Fujiwara, “Information Sharing via Projection Function for Coexistence of Robot and Human,” Autonomous Robots, 10, pp.

267-277, 2001. Kluwer Academic Publishers.

脇田優仁, “ マニピュレーション作業を行うロボットの人に対する視覚情報の提示に関する研究,” 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士論文, (2008)

特許第 3749945 号 空間マーキング装置
発明者 末廣尚士、音田弘、脇田優仁

脇田優仁, 末廣尚士, 平井成興, “人間共存ロボットの遠隔操作における手先カメラを用いたモニタリング画像の提示手法,” 日本ロボット学会第 19 回学術講演会予稿集, pp. 349-350, (2001).

田中, 角, 松本, “ LentiMark: レンチキュラレンズを用いた高精度な姿勢推定のための視覚マーカ,” 電子情報通信学会論文誌「情報・システム: D」 画像の認識・理解論文特集, Vol. J95-D, No. 8, pp. 1522 - 1529, Aug. 2012.

脇田 他, “ 知的モニタリングシステムとその宇宙用遠隔操作ロボットへの適用,” 日本ロボット学会誌, Vol. 17, No. 4, pp. 84-92, 1999.

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 3 件)

Y. Wakita, H. Tanaka, Y. Matsumoto, “ Analysis and Design of Service Robots based on ICF,” Proceedings of IEEE International Symposium on Robotics and Biomimetics, (ROBIO2014), Bali, Indonesia, pp. 1916-1921, Dec, 2014. 査読有

Hideyuki Tanaka, Yasushi Sumi, Yoshio Matsumoto, “ A Solution to Pose Ambiguity of Visual Markers Using Moiré Patterns,” Proc. The 2014 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2014), pp. 3129-3134, Sep.16, Chicago, Illinois, USA, 2014. 査読有

脇田優仁, 田中秀幸, 松本吉央, “ ベッド上空間スイッチによる生活支援ロボットアームの操作システムの提案,” 日本ロボット学会第 31 回学術講演会予稿集, 3F3-05, (2013).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

脇田 優仁 (WAKITA, Yujin)

独立行政法人産業技術総合研究所・知能システム研究部門・主任研究員

研究者番号: 90358367

(2) 研究分担者

田中 秀幸 (TANAKA, Hideyuki)

独立行政法人産業技術総合研究所・知能システム研究部門・主任研究員

研究者番号: 70376656