

# ホームロボットによる身体的弱者支援のための ユーザインタフェース開発 ～生活空間における拡張現実～

○田中良道 有田裕太 島田健人 大森慎治 森田賢 西田健 (九州工業大学)

## Development of User Interface of a Home Robot for Supporting of Physically Weak Persons

○ Ryodo Tanaka, Yuta Arita, Kento Shimada, Shinji Omori,  
Masaru Morita, and Takeshi Nishida (Kyushu Institute of Technology)

Abstract: A trial of development of user interface for home robots for supporting of physically weak persons is described. We adopt a head mount display as augmented reality, a flight stick, and a RGB-D camera, and integrated into the robot control system. The developed control system aims to give the weak person who lies down on a bed the augmented reality feeling. The person can move around his home freely through the developed home robot system and can grasp some objects by the robot manipulator.

### 1. はじめに

近年日本では高齢化が急速に進行しており、高齢者(65歳以上)比率が今後20年で約800万人増加する一方で、成年(20歳から64歳)人口が約1600万人減少すると推計されている<sup>[1]</sup>。加えて、都市部への人口集中による過疎化により、主要首都圏以外の地域における人口が2030年には100万人減少すると推測されている<sup>[2]</sup>。これらの背景により、介助人材の不足は自明であり、介助者、被介助者双方の負担軽減のためのシステムを構築することは急務である。

被介助者が自ら行動することはこれらの負担軽減に有効であり、これを支援するシステムとして感覚的にロボットハンドを操作するためのシステムなどがある<sup>[3]</sup>。そこで本研究では、自由に移動できない身体的弱者もしくは被介助者が、ホームロボットを介して家庭内を移動する感覚を獲得し、さらにロボットに搭載されたアームにより種々の対象を把持・運搬することができるUI (user interface) の構築を行った。このUIには、HMD (head mount display) とRGB-Dカメラを利用し、ROS (robot operating system) をベースとして統合した。また、ユーザエクスペリエンス向上に主眼を置き、指令系にはマスタスレーブ方式に、スレーブ側の自律行動を組み合わせたシステムを構築した。なお、本研究におけるマスターは、ロボットの遠隔操縦者を指し、スレーブはロボットを指す。本論文では、以上の直感的UIのためのシステムの構成と統合方法、開

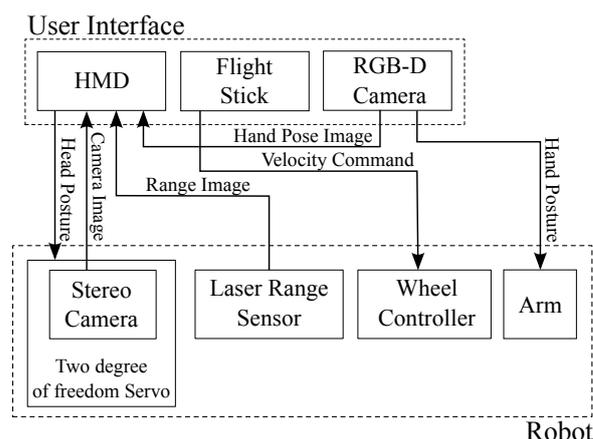


Fig. 1: システム概要

発成果を述べ、実用化への課題について考察する。

### 2. システム構成

開発したシステムの概要を Fig. 1 に示す。本研究で開発したシステムは、UI部分とロボット部分に大別される。UI部分では、ロボット部分からの情報、HMD、Flight Stick、およびRGB-Dカメラの計測情報を用いて拡張現実を構成する。ロボット部分では、UI部分からの情報に基づき移動、カメラのパン・チルト動作、ロボットハンドの動作を行う。ロボットアームはマスタスレーブ方式ではなく、UI部からの情報をトリガとした自律動作を行う構成である。

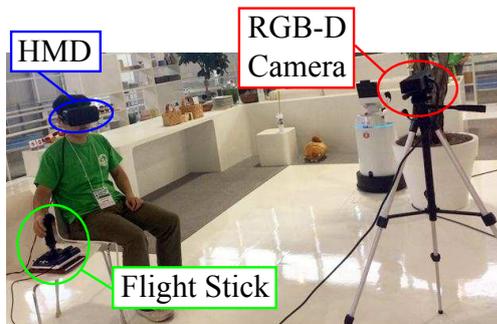


Fig. 2: 実際の UI

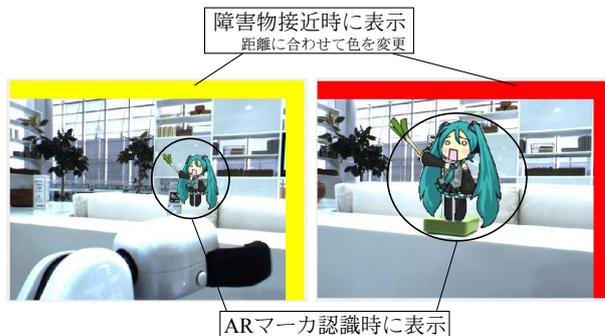


Fig. 4: 認識情報のフィードバック画像

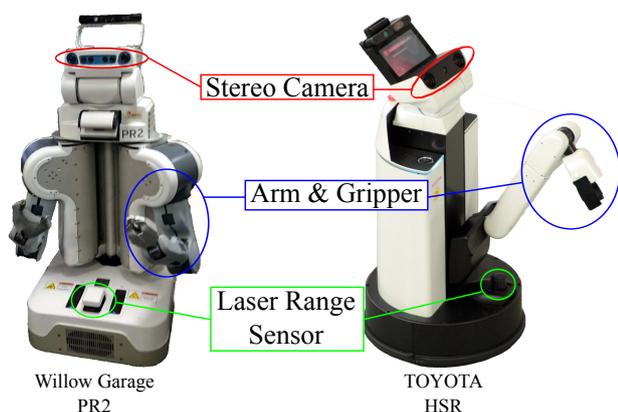


Fig. 3: ホームロボットの例

## 2.1 UI 部分

UI 部分では、ロボットに指令を与えるものとして HMD, Flight Stick, RGB-D カメラを用いる。HMD は、ロボットの頭を動かすための指令値として、HMD を装着したユーザの頭の姿勢を取得する。Flight Stick はロボットに速度指令を与えるための UI として使用する。なお、ここでの速度指令とは、並進速度と角速度により表現される。RGB-D カメラは、ユーザの腕の姿勢と手の形状を取得し、ロボットのアームを動作させるためのトリガを生成する。実際には、これらを Fig. 2 のように構成した。なお、HMD には Oculus Rift を、RGB-D カメラには Kinect V2 を用いた。

## 2.2 ロボット部分

本研究で想定するホームロボットでは特に、ステレオカメラ、グリップを有するアーム、Laser Range センサを有すると仮定する。ここで、各要素の役割について述べる。ステレオカメラは、HMD に投影する画像を取得するために用い、グリップを有するアームは物体把持のために用いる。そして、Laser Range センサは障害物検知のための情報を取得するために用いる。これらの条件は、Fig. 3 に示すような、Willow Garage 社の PR2 や TOYOTA 社の HSR などのホームロボットに共通したものである。

## 3. システムの統合

### 3.1 障害物と把持対象の認識

ロボット部で取得されるセンサ情報に基づき障害物や把持対象物の認識を行う。HMD によって操作者にはロボットの周囲の映像が立体的に提供される。さらに HMD の頭部姿勢計測センサによってロボットの頭部が連動するため、操作者は自由に周囲を見渡すことが可能である。しかし一方で、HMD の視野角は限定であるため、ロボット周囲の障害物が見えづらく、気付かずに衝突するような状況が発生する可能性がある。そこで、操作者の障害物の不認知を補うために、レーザ距離計測センサを用いる障害物認識システムを構築した。これは、ロボットの一定の範囲内に障害物が接近した場合、障害物との距離に応じてユーザの視覚情報に表示する機能として実現した。実際の画像を Fig. 4 に示す。ロボットが障害物に接近した際、障害物までの距離と方向に合わせ、画面の縁を黄→赤色に変化させることで障害物の情報をユーザに視覚情報として提示する。なお、画面の縁の色は、距離が近くなるほど赤色に近づく。

本研究では、物体把持において、スレーブ側に自律機能をもたせる。具体的には、ロボットが把持対象を認識し、Fig. 5 のように相対位置の取得に成功した場合にその相対位置から把持動作を自律的に行う。ここで行う物体認識には様々な方法が考えられるが、本研究は物体認識を目的としておらず、システムの統合を目的としているため、比較的認識が簡単な、AR マーカによる認識を用いた。ロボットの自律的な物体把持には、把持対象とロボットの三次元的な相対位置の取得が必要であるため、マーカの認識にはステレオカメラを用いて相対位置を計測した。また、認識に成功した場合には、キャラクターを表示することでユーザへ把持対象認識に関する視覚情報を提示するよう実装した。実際の画像を Fig. 4 に示す。

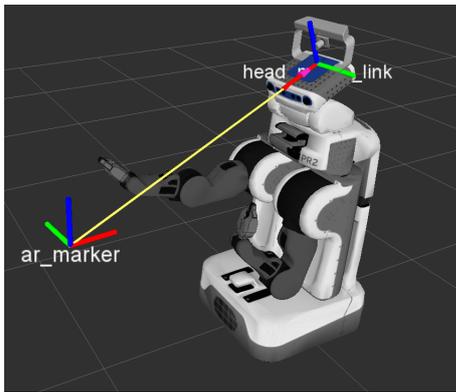


Fig. 5: AR マーカの認識と相対位置

### 3.2 ロボットへの動作指令生成

UI 部で取得された情報に基づきロボットへの動作指令が生成される。指令の種類には、ロボットの移動、カメラのパン・チルト動作、ロボットハンドの動作指令がある。まず、ロボットの移動にはフライトスティックを用いる。操作者は利き手（ここでは右手）でこれ进行操作し、ロボットの前後左右の併進移動、回転運動、および移動速度変更を操作できる。次に、カメラの姿勢変更は HMD の姿勢計測センサの計測情報と連動して制御される。そして、ロボットハンドの動作指令生成には、以下のような手順で RGB-D カメラの情報が用いられる。まず、RGB-D カメラにより、操作者の利き手と反対の手（ここでは左手）の位置と形状を取得する。その情報を基に、認識された手の位置と形を視覚的に HMD の画像上に表示する。操作者に提示される画像の例を Fig. 6 に示す。図中の緑色の点は、操作者の左手の位置に対応して画像中を移動する。さらにこの時、前述の AR マーカの認識が同時に実行され、その認識結果も画像中に重畳して表示される。この時、認識された AR マーカは 3 次元空間内でのロボットとの相対位置、姿勢が推定されている。AR マーカが添付された物体を把持するためには、操作者は左手を動かし、緑色の点を認識された AR マーカの位置まで動かす。その後、手の形状を変化させる（ここでは開いた手を閉じるという変化を行う）と、ロボットには AR マーカを添付した対象物を把持するよう指令が送信される。指令を受け取ったロボットは、相対位置の判明している対象物を把持するために自律的にアームを動作させる。ロボットアームをマスタスレーブ制御法で動作させると、ユーザエクスペリエンスが低下すると考えられたため、このような実装を行った。

## 4. 実用上の課題

本研究で開発したシステムを実用化する際の課題について考察する。実用化に向けた課題として、ロボットに搭載された多数のセンサ情報を操作者に伝達する



Fig. 6: 手の位置のフィードバック画像

手法や、物体認識性能の向上、ネットワークシステムの安定化が挙げられる。以下ではこれらについて考察する。

### 4.1 ロボットのセンサ情報を操作者に伝達する手法

センサ情報を操作者に伝達する手法として、本研究で開発したシステムでは主に視覚情報を用いた。しかし、操作実験を行った結果として、ロボットの周囲の状況やロボットに加わる力情報を、操作者が正確に把握することは難しいという状況があった。特に人間の生活スペースのような、ロボットの大きさに対して比較的狭い場所を移動する必要がある場合には、ロボットが周囲環境に衝突する事象が増えることが想像できる。ロボットのセンサ情報を操作者に伝達する手法として、障害物までの具体的な距離を提示するか、他の手法を用いるべきであると考えられる。また、実用化に向けては、一定範囲内へ障害物が侵入した際に自動停止する機能などの追加機能が必要になると考えられる。

### 4.2 物体認識性能の向上

本研究で構築したシステムでは、物体認識に AR マーカを用いた。構築したシステムでは、把持対象とロボットの相対位置を求めるために、ステレオカメラの両眼で認識する必要があった。AR マーカによる認識ではなく、例えば 3 次元マッチングによる把持対象の認識など、本稿で提案している以外でロボットと相対位置を求められる手法を用いるなどして把持対象の認識性能の向上を図ることが実用化につながると考えられる。

### 4.3 ネットワークトラフィック

構築したシステムでは、ステレオカメラの画像を操作者に送信する必要がある。しかし、画像送信はデータ容量が大きく、ロボットと操作者をつなぐネットワークの遅延や不安定化を招き、ユーザエクスペリエンスの大幅な低下を招く。したがって本システムでは、ネットワークの負担を軽減するために圧縮した画像データを送信する工夫を導入した。ネットワークトラフィック

にまつわる問題点は実用化にあたって最も大きな問題であると考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、身体的弱者がホームロボットを介して家庭内を移動する感覚を獲得し、指定した対象物を把持運搬するための直感的 UI を開発した。また、拡張現実感を得るために HMD や RGB-D カメラを利用した操作システムを開発し、ロボットへ実装して実験を行った。構築したシステムを用いて、遠隔からロボットの障害物認識しながらの移動や、物体の把持を行うことができることを確認した。さらに、構築したシステムの成果と実用化に向けた問題点を抽出し考察した。

## 参考文献

- [1] 内閣府（編）（2015）『高齢化の状況及び高齢化社会対策の実施状況』，内閣府，URL：[http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2015/zenbun/pdf/1s1s\\_1.pdf](http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2015/zenbun/pdf/1s1s_1.pdf)（アクセス日: 18th Sept, 2015）。
- [2] 経済産業省（編）（2015）『ロボット新戦略』，製造産業局，URL:<http://www.meti.go.jp/press/2014/01/20150123004/20150123004b.pdf>（アクセス日: 18th Sept, 2015）。
- [3] 進一内野・良至高橋・Elsayeh Mario (2006) 「生活支援用マスタスレーブハンドシステムの開発」，『日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集』，第 12 巻，311-312 頁。