

補助事業番号 2020M-209

補助事業名 2020年度 フレイルをサポートするARロボットシステムの研究補助事業

補助事業者名 佐賀大学理工学部 辻村 健

## 1 研究の概要

これまで研究代表者らは、非技術者に対して容易なロボット操作を提供することを目指して拡張現実システム(AR)の要素技術を検討し、新しいARマーカの可能性などを明らかにしてきた。本研究ではこれを介護支援ロボットの制御システムに応用し、ロボットの遠隔制御に不慣れな人が福祉支援ロボットを直感的に操作できることを目的として介護ロボットオペレーションのためのインタフェースシステムを検討した。このようなロボットオペレーションシステムを実現するためには、当該拡張現実技術を介護環境で最適な形でロボットシステムに搭載し、必要な作業(ロボットコマンド)とロボット動作(機構)との調整を行う必要がある。具体的には、下記のような3つの研究課題を取り上げ、介護支援に最適なARシステムの提案と検証/ARで操作可能な介護ロボットシステムの構築を行った。

### 研究課題1:実環境で有用なARマーカシステム

従来のARマーカは印刷したパターンを貼付するものや物体イメージを登録する手法が一般的であったが、研究代表者らはプロジェクション式・不可視光学式のほかに3次元物体をマーカとする方法を検討した。

### 研究課題2:フレイル支援用移動マニピュレータシステム

介護・生活支援作業をロボットで代替するケーススタディとして作業性を評価する模擬実験に供するため、移動ロボットと小型マニピュレータで構成される介護ロボットプロトタイプを設計試作した。このとき前記ARシステムとの整合性をとり直感的な操作で効率的にロボットを動かすコマンド体系を構築した。

### 研究課題3:拡張現実技術を応用した移動ロボット操作システム

上記プロトタイプロボットを用いて操作実験を行い、各種ARマーカの操作性を検証した。模擬環境を設定し、走行性能・障害物回避機能・物体把持機能・指示精度等を測定した。

## 2 研究の目的と背景

拡張現実(AR)技術の新たな手法に関する研究開発を検討の核として、フレイルの生活支援を行うロボットを被介護者本人の意志で自由に操縦するための、直感的な人間-ロボットインタフェース技術を提案し、超高齢化社会における非健常者のQOL向上にロボット工学的観点から寄与する。

## 3 研究内容

- (1) 実環境で有用なAR(拡張現実)マーカシステムの提案

(<http://robot.me.saga-u.ac.jp/>)

拡張現実マーカを認識し、予め設定されたコマンドを移動マニピュレータに送るARナビゲーションシステムをVuforiaを応用して自作した。Vuforiaをインストールしたandroid端末で2次元/3次元物体を撮影し、その特徴点を検出し数値データ化することによってARマーカを定義するサブシステムを構築した。また、Unityを利用して実空間中のマーカの位置姿勢情報を抽出し、移動マニピュレータの制御を行うサブシステムを完成した(図1)。このアプリケーションを動作させて行った実験結果の例を図2に示す。android OSを搭載したカメラデバイスで3次元実体を計測し、Vuforia Object Scannerを活用して特徴点の数値データ列として3Dマーカを定義したのち、Vuforia Engineを介してUnity上でオクルージョンと関連付けて3次元位置姿勢を取得することができた。

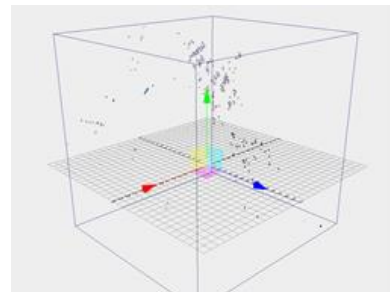
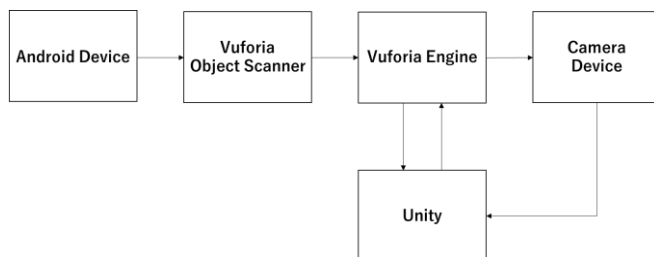


図1 AR処理プログラムブロック図

図2 ARマーカの認識結果

## (2) フレイル支援用移動マニピュレータシステムの設計と試作

フレイルのサポートに適用することを目的として図3のブロック図で表される制御システムを設計した。パソコンをコントローラとして、ARゴーグル「HoloLens2」(図4)から指令を出して移動ロボットとそれに搭載したマニピュレータを制御する構成とした。このうちARマーカを処理するサブシステムは前述の方式を導入した。

操作者に代わって作業を行うアバターロボットマニピュレータとして人協働ロボット「COBOTTA」を採用した(図5)。ハンドリング制御プログラムを完成することにより、ARゴーグルと連動して直感的にマニピュレータを制御することが可能になった。

マニピュレータに機動性を付与するための移動制御系に関しては、初年度に多脚式装置を試作評価した結果、power/weight ratioが低いため可搬重量の観点で課題があることが判明したため新たに車輪移動方式を検討した。小型マニピュレータが搭載できる条件から市販の電動車椅子「WHILL」を援用することにした。これは外部コンピュータとの通信回線を持ち、外部からの指令によりコンピュータ制御ができる。ARマーカシス

テムからの指令に基づいて、WHILLの走行速度・到着座標等を制御するアルゴリズムを作成し、制御プログラムをコーディングした（図6）。

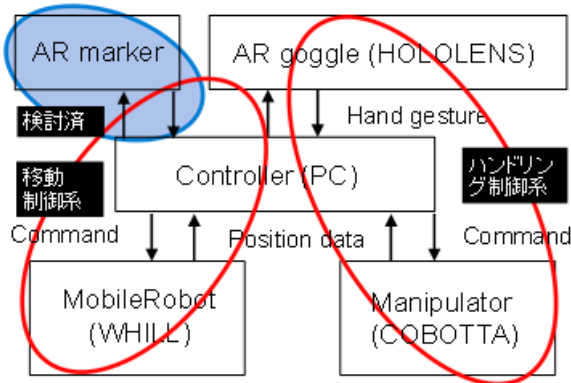


図3 ARロボットシステム統合制御系



図4 ARゴーグル



図5 マニピュレータ



図6 移動ロボット

### (3) 拡張現実技術を応用した移動ロボット操作システムの構築

前記のフレイル支援用移動マニピュレータシステムを用いて、マニピュレータ操作性や移動ロボット走行性能等の要素技術を検証したうえで、統合型AR制御移動マニピュレータシステムプロトタイプを完成した。

図7のようにマニピュレータ「COBOTTA」をテーブルに固定しARゴーグル「HoloLens2」からハンドアクションにより指令を出して制御する実験を行った（図8）。



図7 マニピュレータ制御実験

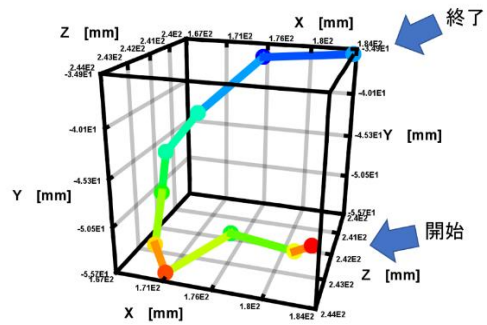


図8 マニピュレータの軌跡

次に、移動ロボット「WHILL」の走行特性を評価した。ロボット車輪にLED光源を取り付け ハイスピードカメラ「INFINICAM UC-1」で測定し(図9) 所定の動作性能を有することを確認した(図10)。また、実験室内にARマーカを配置して仮想的な移動経路を設定し、ARシステムを搭載した移動ロボットの自動走行実験を行った(図11)。実際の走行軌跡はモーションキャプチャ「PrimeX13」と解析評価ソフトウェア「SKYCOM」を用いて定量評価したところ、想定経路とよく一致することを確認した(図12)。



図9 移動ロボット動作検証実験

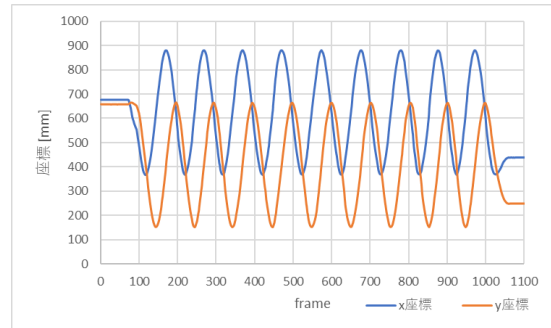


図10 移動ロボット車輪の軌跡



図11 移動ロボット制御実験

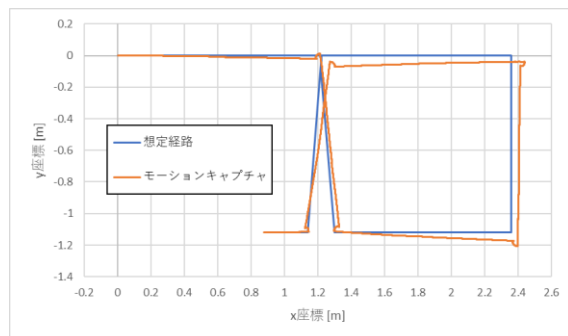


図12 移動ロボットの走行経路



最終的に、車輪式移動体と汎用マニピュレータを統合し、図13に示したフレイル支援用移動マニピュレータシステムプロトタイプを完成した。これらの制御コントローラには拡張現実ナビゲーションシステムが実装され、ARゴーグルを介して操作が可能となっている。



図13 統合型AR制御移動マニピュレータシステム

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

今後、社会の高齢化が進むに従い、フレイルの自助が求められることが推測される。すなわち、要介護度が軽微な場合、簡単な補助装置・サポートロボットを準備し、これを自身で操作することにより被介護者の自立を促すと同時に、介護者の負担を軽減するという介護の在り方である。工学的知識やスキルを持たない非熟練者である一般の要介護者でも抵抗感なく直感的に使える人間-ロボットインタフェースが実現すれば、特別な訓練なしにロボットシステムを遠隔制御でき、要介護者のQOL(Quality Of Life)向上が期待できる。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまで福祉用ロボットを想定したナビゲーション技術の研究を進めてきたが、今回それを深化し拡張現実技術の応用研究を企画した。本技術はさまざまな適用対象があり学術的にも興味深い内容を多く含んでいるので、引き続き研究の柱として検討を継続する予定である。

教歴に関連して、本技術に直接関係する内容だけでも、卒業研究学生6名・修士学生4名の研究テーマとし、卒業論文・修士論文を完成していることから、教育活動の観点からも多大な貢献が認められる。

## 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

1. Daichi Shirata, Kiyotaka Izumi, Takeshi Tsujimura: Construction of augmented reality system using 3D entity markers, FrBT16.10, 2020 59th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE), Chiang Mai, Thailand (Online), September 23-26, 2020.
2. Masato Ogata, Masato Inoue, Kiyotaka Izumi and Takeshi Tsujimura: Effects of Augmented Reality Markers for Networked Robot Navigation, 13-th International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS-2021), Taiwan(online), 2021
3. Masato Inoue, Masato Ogata, Kiyotaka Izumi, Takeshi Tsujimura: Posture Estimation for Robot Navigation System Based on AR Markers, 60th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan, Tokyo(online), 2021.
4. Masato Ogata, Masato Inoue, Kiyotaka Izumi and Takeshi Tsujimura: Effects of Augmented Reality Markers for Networked Robot Navigation, L. Barolli et al. (Eds.): Advances in Intelligent Networking and Collaborative Systems, LNNS 312, pp. 11-22, 2022.

## 7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

なし

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

なし

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 佐賀大学工学部(サガダイガクリコウガクブ)

住 所: 〒840-8502

佐賀市本庄町1

担 当 者 教授 辻村 健(ツジムラタケシ)

E - m a i l: [tujimura@cc.saga-u.ac.jp](mailto:tujimura@cc.saga-u.ac.jp)

U R L: <http://robot.me.saga-u.ac.jp/>