

Previewed Reality

情報構造化空間における近未来可視化システム

—透過型ディスプレイ HoloLens を用いたシステム構築と実験—

○江頭 飛鳥 堀川 雄太 河村 晃宏 倉爪 亮(九州大学)

1. はじめに

近年、超高齢社会の進行により、介護や医療等の様々な分野で労働力不足が深刻化している。その解決策の一つとして、ロボットによる生活支援サービスの実現が期待されている。この実現に向け、我々は、ロボットが作業を行う空間に多様なセンサを配置し、空間内のモノや人間、ロボットの位置情報等を逐次収集、蓄積し、ロボットに提供することで、ロボットを導入し易い生活環境を構築する「情報構造化空間」について研究を行なっている。これまでに、この情報構造化空間の構築に必要な情報処理機能を集約し、パッケージとして提供可能な情報構造化空間マネジメントシステム (ROS-TMS 5.0) [1] を開発してきた (図1)。また、2LDK の室内に様々なセンサを埋め込み、ROS-TMS 5.0 を利用して、センサ情報の取得からロボットの行動計画までを一括して行うことができる、情報構造化環境 Big Sensor Box(B-sen) を開発した [2]。

一方で、実際にロボットを生活環境に導入した場合、人間にはロボットの動きを正確に予測できないため、人間がロボットと衝突したり、ロボットの動作に巻き込まれてしまう危険がある。これに対し、情報構造化空間において、データベースに蓄積された環境情報やロボットの動作計画を基に、人間が次時刻のロボットの動作を予め知ることができれば、人間とロボットの衝突等の事故を未然に防ぐことができる。

そこで我々は、これまでに開発した ROS-TMS 5.0 と B-sen, 没入感インタフェース (図2 (a)) [3, 4] を組み合わせることで、近未来に起こり得る出来事を人間が自分の目で知覚可能な、近未来可視化システム Previewed Reality を開発した [5, 6, 7]。本システムを利用することで、人間はロボットが実際に接近する数秒前に、その軌道を確認し、危険を感じた場合には、ロボットを停止させたり、その場から離れたたりすることができる (図3)。

本システムでは、没入感インタフェースを用いて、没

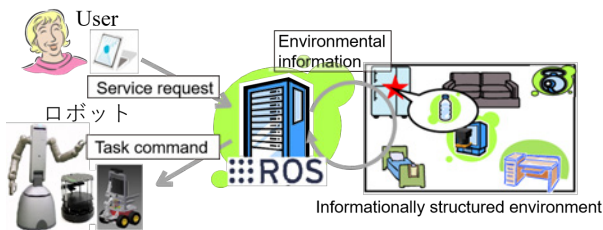
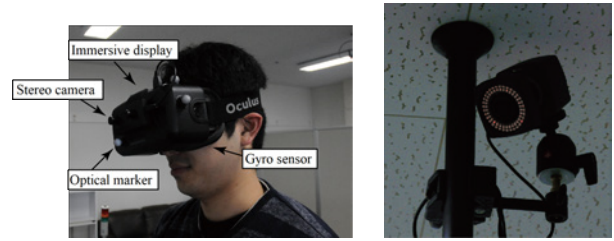


図1 ROS-TMS 5.0



(a) 没入型ディスプレイ (b) 光学式トラッカ

図2 没入感インタフェース [3, 4]



① 人間がロボットの隣のテーブルに接近



② 仮想ロボットが出現して移動し、人間と仮想的に衝突



③ 人間が反射的に後退し、実ロボットの移動による衝突を回避

図3 Previewed Reality の一例 (ロボットとの衝突回避)

入感インタフェースに取り付けられたステレオカメラによる実空間の映像と、物理シミュレータによって予測された近未来の仮想空間を重畳表示している。このため、ステレオカメラからの画像取得、及び仮想画像の生成に要する時間が原因で、提示される映像が実風景に対して遅れて表示されるという問題があった。これにより、装着者が頭を動かしたタイミングから遅れて視点が移動するため、装着者は強い違和感を感じ、3D酔いが生じる要因ともなっていた。また、本システムでは、没入感インタフェースの位置計測に光学式トラッカ (図2 (b)) を用いて、計測された視点からの仮想空間の画像の再現を行っている。しかし、光学式トラッカの計測範囲や死角の存在により、装着者の行動が制限される問題があった。

これに対して我々は、没入感インターフェースの代



図4 Microsoft HoloLens

わりに Microsoft HoloLens (図4) を用いた新たなシステムを構築した。本デバイスは、透過型ディスプレイを有するため、ステレオカメラから実画像を取得する必要が無く、画像取得に起因する時間遅れを解消できる。さらに本デバイスが内蔵するCPUも活用した分散処理により、仮想画像の生成に要する時間の短縮も期待できる。また、装着者の行動範囲の制限を減らすため、光学式トラッカを用いない、新たな視点再現手法を実装した。

本稿では、新たに構築した HoloLens を用いた Pre-viewed Reality システムについて報告する。

2. HoloLens を用いた Pre-viewed Reality システム

2.1 ROS-TMS 5.0 との通信

近年、多くのロボットがロボットソフトウェアプラットフォームを利用して開発されており、中でも ROS は最も広く普及している。ROS-TMS 5.0 は ROS をベースに開発されているが、HoloLens を ROS で直接用いるパッケージはこれまでに提供されていない。さらに ROS は ubuntu で、また HoloLens は Microsoft Windows 上で通常用いられる。そこで、ROS-TMS 5.0 で制御される実ロボットと、HoloLens に提示される仮想ロボットを同期させて用いるには、ROS と HoloLens をブリッジし、センサ情報や制御コマンドを通信するための機能が必要となる。ROS では、JSON 形式のデータを WebSocket 通信により、外部のプログラムとデータ通信を可能にするブリッジ機能が提供されている。そこで、ROS より送信される JSON 形式データを受信・解釈し、仮想ロボットに必要な情報を提供可能なパッケージの製作を行った。本パッケージを用いることで、ROS-TMS 5.0 で計画される、実ロボットへの制御コマンドを解釈し、HoloLens で表示される仮想ロボットに反映することができる (図5)。

2.2 視点の推定

HoloLens は SLAM 技術に基づく独自の視点推定、追跡機能を有する。そこで、従来の光学式トラッカを用いない、新たな視点推定システムを構築した。HoloLens は起動時に独自のワールド座標系と仮想空間を生成する。そこで実空間の既知の位置に平面マーカを設置し、仮想空間のワールド座標系とのキャリブレーションを行う。平面マーカの認識には、HoloLens 搭載の RGB カメラ、及び Vuforia ライブラリを用いる。このライブラリでは、平面マーカのみならず、立体マーカや 3D モデルでの認識を行えるため、生活環境にあるものをマーカとして用いることができる。本システムでは、風景写真が飾られている生活環境を想定し、図6のように風景写真を平面マーカとして設定した。画像認識によ

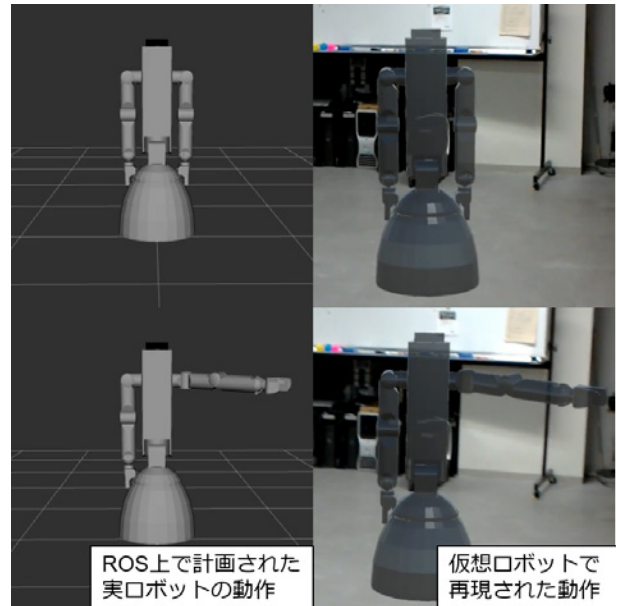


図5 実ロボットと仮想ロボットの通信機能



図6 平面マーカ (風景写真) の設置

る位置合わせ後は、HoloLens 搭載のデプスカメラや環境認識カメラを用いた SLAM 機能を活用することで、装着者の視点を追跡することができる。

2.3 近未来の予測

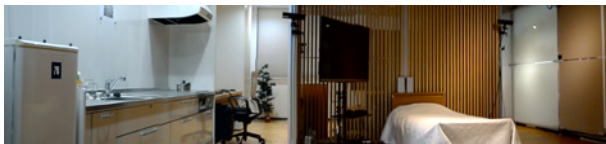
HoloLens は、仮想空間の描画のみならず、3D モデルに物理エンジンを適用させることによって、物理シミュレーションを行うことができる。そこで、処理分散のために、物理シミュレーションを HoloLens 上で実行することを考える。ROS-TMS 5.0 では、タスク・ロボット・対象物・場所等を指定してロボットの動作が計画されるため、どのロボットが何に対してどのような動作を行うかを情報として得ることができる。そこで、この情報を ROS を介して HoloLens 上で取得し、実ロボットが動作する前に、仮想ロボットによる物理シミュレーションを行う、近未来予測アプリケーションを作成した。B-sen 環境内では、ロボットが移動する際には、ROS-TMS 5.0 が Voronoi Map を利用して移動経路を計画する。そのため、ROS を介してその経路情報を HoloLens で取得すれば、実際にロボットが移動

する前に仮想ロボットを移動させることができる。

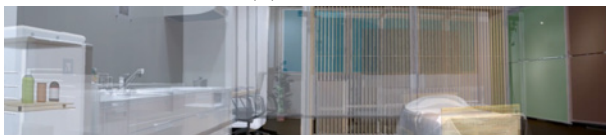
3. 実験

まず、両空間の視点が一致しているかを確認するため、3Dモデルの生活環境を実空間上に重畳表示した。図7に、実風景と装着者に提示された画像を示す。装着者は、3Dモデルの生活環境を実際の生活環境と同様に知覚し、違和感なく空間内を歩き回ることができた(図8)。また、ROS-TMS 5.0との連携により、冷蔵庫等を開けなくても、中にあるモノを確認することができた。

次に、実風景上に数秒先の仮想空間を重畳表示する、近未来予測アプリケーションの実験を行った。今回の実験では、B-sen環境内でロボット(Turtlebot3 Burger)が指定された位置まで移動する動作を対象とした。本アプリケーションでは、ROS-TMS 5.0により計画された経路情報を基に、まず仮想ロボットが経路点まで移動を行う。仮想ロボットが経路点に到着し次第、実ロボットがその軌道を追従するように動作し、これを繰



(a) 実風景



(b) 実風景と仮想画像の重畳表示

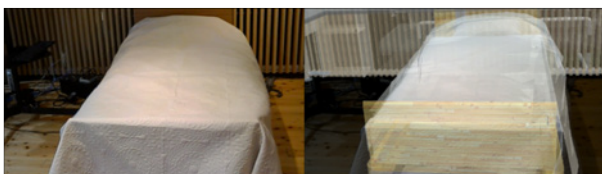
図7 実風景と仮想画像の比較



① 冷蔵庫



② キッチン



③ ベッド

図8 視点変更時の仮想画像と実風景の重畳表示(左:実風景, 右:重畳表示)

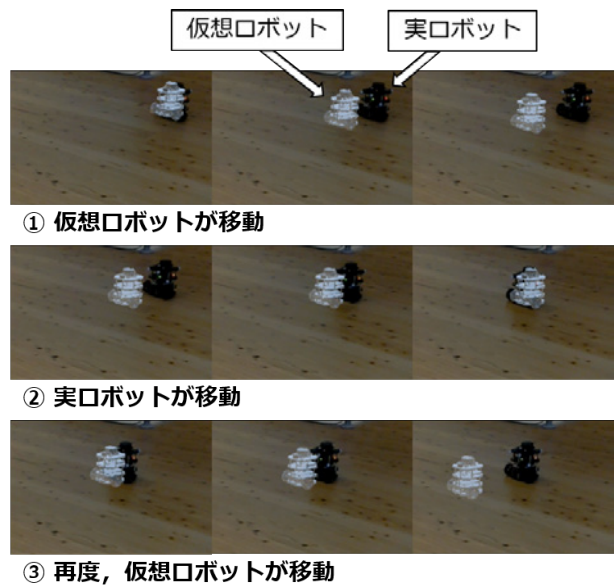


図9 HoloLensを用いたPreviewed Realityの実行例

表1 システムの遅延時間の比較

	実画像の取得	仮想画像の生成
没入型ディスプレイ [3, 4]	230[ms]	530[ms]
透過型ディスプレイ	-	24[ms]

り返ししながら指定位置へと向かう。図9に装着者視点の映像の一部を示す。装着者は、実ロボットが移動する前に、その移動経路や移動の様子を把握することができ、物理シミュレーションによる予測と実ロボットの挙動が一致していることが確認できた。

また、これらの実験を通して計測した、システムの遅延時間の平均値と従来システムの遅延時間を比較した結果を表1に示す。HoloLensを用いた新システムでは、実風景の取得に関する遅延を無くし、さらに仮想画像の生成に関する処理を分散することにより、システム全体の遅延時間を24ミリ秒まで削減することができた。これにより、装着者の視点移動時における違和感や3D酔いの大幅な軽減が実現された。

4. まとめ

本稿では、著者らが開発した近未来可視化システム、Previewed Realityについて述べ、次にHoloLensを用いたシステムについて説明した。本システムは、人間とロボットの共生環境での安全確保や、工場の製造ライン等での人間とロボットの共同作業において、利用価値が高いと考えている。

5. 謝辞

本研究は、国立研究開発法人科学技術振興機構の研究成果展開事業センター・オブ・イノベーション(COI)プログラムにより、助成を受けたものである。また一部は文部科学省科学研究費補助金挑戦的萌芽研究(課題番号JP16K14199)の支援を受けた。

参考文献

- [1] 坂本潤弥, 河村 晃宏, 倉爪 亮: 介護施設向けロボットサービスプラットフォーム ROS-TMS 5.0 の開発, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会, pp.3J1-03, 2017
- [2] Ryo Kurazume, Yoonseok Pyo, Kazuto Nakashima, Akihiro Kawamura, Tokuo Tsuji: Feasibility study of IoRT platform “ Big Sensor Box ”, In Proceedings of 2017 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp:3664-3671, 2017
- [3] ピョ ユンソク, 辻 徳生, 橋口優香, 倉爪 亮: 情報構造化環境における没入感 VR インターフェースの開発, 日本ロボット学会誌, Vol.33, No.8, pp.651-654, 2015
- [4] ピョ ユンソク, 辻 徳生, 橋口優香, 倉爪 亮: 没入感インターフェース Oculus Rift を用いた ROS-TMS ビューアの開発, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会, pp.1A1-N07, 2015
- [5] 堀川 雄太, 河村 晃宏, 倉爪 亮: Previewed Reality 情報構造化空間における近未来可視化システム, 第 34 回日本ロボット学会学術講演会, pp.1A1-08, 2016
- [6] 堀川 雄太, 中嶋 一斗, 河村 晃宏, 倉爪 亮: Previewed Reality 情報構造化空間における近未来可視化システム -没入感ディスプレイを用いたシステム構築と実験-, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会 2017, pp.2A1-I07, 2017
- [7] Yuta Horikawa, Asuka Egashira, Kazuto Nakashima, Akihiro Kawamura, Ryo Kurazume: Previewed reality: Near-future perception system, In Proceedings of 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp:370-375, 2017