

Previewed Reality 2.0: 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衝突回避実験—

Previewed Reality 2.0: Near-future perception system
-Building system and experiment of collision avoidance with transmission type display-

江頭飛鳥 (九大) ○学 今井将人 (九大) 正 河村晃宏 (九大) 正 倉爪亮 (九大)

Asuka EGASHIRA, Kyushu University, egashira@irvs.ait.kyushu-u.ac.jp

Masato IMAI, Kyushu University, imai@irvs.ait.kyushu-u.ac.jp

Akihiro KAWAMURA, Kyushu University

Ryo KURAZUME, Kyushu University

For safe human-robot coexistence, we have developed a near-future perception system named Previewed Reality. In this paper, we propose the latest system "Previewed Reality 2.0", which realizes a quasi-real-time processing. The system consists of an informationally structured environment (ISE), a Microsoft HoloLens, and a dynamic simulator. In an ISE, a number of sensors are embedded, and information such as the position of furniture, objects, humans, and robots, is sensed and stored in a database. Therefore, we can predict the next possible events using a dynamic simulator and synthesize virtual images of what users will see in the near future from their own viewpoint. The virtual images are presented to the user by overlaid on a real scene using augmented reality technology. The proposed system allows a human to avoid collision with a robot by showing possible hazardous situations to the human intuitively in advance.

Key Words: ROS, 情報構造化空間, Augmented Reality(AR)

1 諸言

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)[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 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, 人間がロボットに衝突したり, 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などの事故を未然に防ぐことができる.

そこで我々は, 物理シミュレータにより予測された近未来の状況を, Augmented Reality (AR) 技術を用いて実空間の映像上に

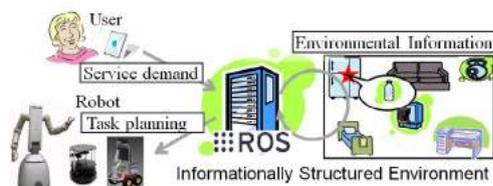
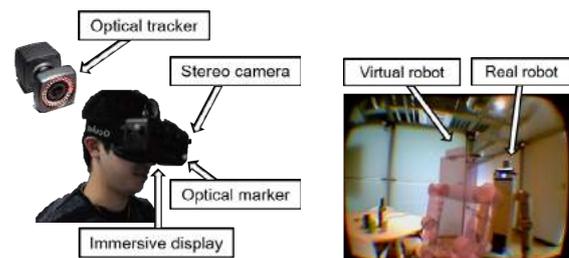


Fig.1 ROS-TMS[1]



(a)Immersive VR interface (b)The user's view

Fig.2 Previewed Reality[3, 4, 5]

重畳する, 近未来可視化システム Previewed Reality の開発を進めてきた [3, 4, 5]. これを利用すれば, 没入感インターフェース (図 2(a)) を通して, 人間はロボットが実際に接近する数秒前にロボットの移動を確認し (図 2(b)), 将来起こり得る衝突を事前に回避することができる.

しかしこれまでに構築したシステムでは, ステレオカメラからの画像取得, 仮想画像の生成に要する時間が要因で, 提示される映像が実風景に対して 760.0 ミリ秒程度遅れて表示されるという課題があった. 装着者が頭を動かしたタイミングから遅れて仮想空間内の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. また従来システムでは, 没入感インターフェース装着者の位置計測に光学式トラッカを用いているため, 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ていた.

これに対して我々は, Previewed Reality を改良し, 没入感インターフェースの代わりに Microsoft HoloLens(図 3) を用いた, Previewed Reality 2.0 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なく, 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, GPU を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, 装着者の行動の制限を緩和するため, 光学式トラッカに依存しない, 新たな



Fig.3 Microsoft HoloLens

視点推定システムを構築した。

本稿では、HoloLens を用いて構築した、Previewed Reality 2.0 について報告する。

2 Previewed Reality 2.0

今回構築した、Previewed Reality 2.0 の概要について説明する。

2.1 ROS-TMS との通信

Previewed Reality 2.0 実現のためには、HoloLens と ROS-TMS が通信し、ROS-TMS 内のデータベースに蓄積された環境情報を HoloLens 上に構築した仮想空間に反映する必要がある。ROS-TMS は、ロボットソフトウェアプラットフォームである ROS をベースに開発されているが、これまでに開発されている HoloLens から ROS の機能を直接用いるパッケージでは、ROS-TMS の機能を十分に活用するには不十分であった。

一方 ROS では、rosbridge_suite パッケージを用いることで、WebSocket 通信により外部のプログラムと JSON 形式のデータによるデータ通信が可能である。そこで、これを利用し、WebSocket 通信を用いて HoloLens と ROS-TMS をブリッジし、センサ情報やロボットの制御コマンドの通信を行うパッケージを開発した。本パッケージを用いることで、センサから取得された環境情報やロボットへの制御コマンドを解釈し、HoloLens 上に構築した仮想空間に反映することができる。

2.2 視点推定システム

HoloLens は SLAM 技術に基づく独自の視点推定、追跡機能を有する。これを利用し、従来の光学式トラッカに依存しない、新たな視点推定システムを構築した。HoloLens はアプリケーション起動時の位置、姿勢を仮想空間のワールド座標系の原点として設定する。そこで実空間の既知の位置に平面マーカを設置し、実空間のワールド座標系とのキャリブレーションを行う。この際、HoloLens 搭載の RGB カメラと Vuforia ライブラリを用いて平面マーカを検出し、仮想空間における平面マーカの位置、姿勢を取得する。Vuforia 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直接、マーカとして用いることができる。Previewed Reality 2.0 では、風景写真が飾られている生活環境を想定し、風景写真を平面マーカとして設定し、実空間での位置は光学式トラッカで計測した。座標系間のキャリブレーション後は、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 近未来の生活環境の予測

ROS-TMS 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ことで、近未来に起こり得る出来事を予測することができる。Previewed Reality 2.0 では、Unity の物理エンジンを仮想空間の 3D モデルに適用することで、物理シミュレーションを行う。

3 実験

B-sen にて、Previewed Reality 2.0 の動作確認と、これを用いた人間とロボットの衝突回避実験を行った。

3.1 動作確認

Previewed Reality 2.0 では、実空間と仮想空間の映像の正確な重畳、すなわち視点推定の精度が重要である。もし、実空間と仮想空間の視点が大きくずれている際には、3D モデルの家具と実際の家具がずれて表示されてしまうなど、利用者が強い違和感

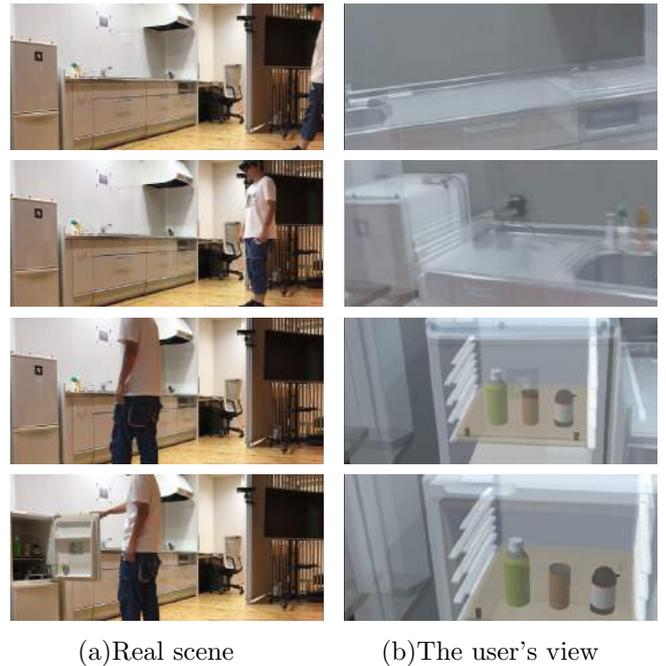


Fig.4 Real scene and user's view in virtual world

を感じてしまう。そこで、視点再現精度確認のため、HoloLens のディスプレイに 3D モデルの生活空間全体を表示し、被験者に B-sen 内を自由に移動してもらった。実験の様子を図 4 に示す。被験者は、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。さらに、3D モデルのベッドに触ろうと手を伸ばすと実際のベッドが同じ位置にあることが確認できた。また、3D モデルの生活空間は ROS-TMS との連携により、データベースに蓄積された実空間の物品情報などがリアルタイムに反映可能であるため、装着者は冷蔵庫を開けずとも中にある物品を確認することができた。

次に、ROS-TMS を用いた生活支援サービス実行時における生活環境の変化を Previewed Reality 2.0 を用いて確認した。実験時にはまず、ユーザから ROS-TMS に赤い筒状の容器のお菓子の取り寄せ要求が発行される。これを受けて、ROS-TMS がデータベースから指定されたお菓子の位置を取得し、ロボットへの指令を生成、送信する。ロボットがお菓子を取得した後、ROS-TMS はユーザの位置をデータベースより取得し、ユーザの元までロボットを移動させる。この際、ロボットはお菓子受け渡しのためにユーザの目の前まで移動するため、通常ならばユーザはロボットの接近に危険を感じてロボットと距離を取ろうとする。これに対し、Previewed Reality 2.0 利用時には、ユーザはロボットの到着位置が予め分かっているため、安心してロボットの移動を待つことができる(図 5(a),(b))。移動後、ロボットはお菓子を受け渡すため、腕をユーザに差し出す(図 5(c),(d))。その後、ロボットは把持しているお菓子を手放す。ユーザは仮想空間でお菓子を受け取ることができないため、お菓子の 3D モデルは物理法則に従いそのまま床へと落下する(図 5(e),(f))。これを確認したユーザは、実ロボットが動作するタイミングに合わせて手を差し伸べ、実空間ではお菓子を受け取ることができた(図 5(g),(h))。

本実験より、Previewed Reality 2.0 の利用により、人間は近未来に起こり得る出来事を予測可能であり、物理シミュレーションで予測された生活環境の変化に対して適切な行動を選択できることを確認した。

3.2 衝突回避

Previewed Reality 2.0 により、実際にロボットが動作する前に、HoloLens を装着した人間は、次時刻のロボットの動作とそれに伴う生活環境の変化を知覚することができる。そのため、本システムを利用すれば、人間はロボットとの衝突を回避できる。そこで、本システムの応用として、人間とロボットの衝突回避実

Table 1 The latency comparison of Previewed Reality and Previewed Reality 2.0

| | Capture the real image(t_1) | Generate the virtual image(t_2) | Latency($t_1 + t_2$) |
|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| Previewed Reality | 230.0ms | 530.0ms | 760.0ms |
| Previewed Reality 2.0 | - | 30.8ms | 30.8ms |

験を行った。その様子を図6に示す。実験では、まず HoloLens を装着した被験者が机の上にある飲み物を取るために移動を開始する(図6(a))。このとき、ロボットにサービス要求が発行され、ROS-TMSにより動作計画が行われる。その動作計画を HoloLens が取得し、実ロボットが動作する前に、仮想ロボットが動作を開始する。机に向けて移動していた被験者と、仮想ロボットの距離が近づいたことにより、仮想ロボットが赤く表示される(図6(b))。これを見た被験者は、直感的に将来的なロボットとの衝突の危険を感じ、思わず後退する(図6(c))。仮想ロボットと被験者の距離が十分離れたら、仮想ロボットは青く表示され、これを見た被験者は、将来的なロボットとの衝突の危険のない位置まで後退したことを理解できる。そのまま被験者は、仮想ロボット及び実ロボットの動作が終了する様子を、安全な位置で確認する(図6(d))。その後被験者は移動を再開し、ロボットと衝突することなく、安全に机まで辿り着くことができた(図6(e))。

本実験のように、Previewed Reality 2.0 を利用すれば、無意識的にロボットとの衝突を回避するなど、ロボットの共生空間における人間の安全確保が可能である。

3.3 描画遅延時間の計測

Previewed Reality 2.0 のような AR 技術を用いたシステムを実生活で利用する場合、頭の動きが画面に反映されるまでに要する描画遅延時間が大きいと、Head Mounted Display(HMD) 装着者は VR 酔いなどの不快感を感じてしまう。そこで、本システムの描画遅延時間を測定した。本システムと従来システムの描画遅延時間を比較した結果を表1に示す。描画遅延時間は、表示するモデルのサイズや量、コンピュータの性能により大きく変化するが、本システムでは従来システムから描画遅延時間を約96%削減することができた。

4 結言

本稿ではまず、これまでに我々が構築した Previewed Reality の概要について紹介し、次に Previewed Reality 2.0 を提案した。実験より、Previewed Reality 2.0 を用いることで、人間は近未来に起こり得る出来事を予測可能であり、それに対して衝突回避などの適切な行動を選択することができた。また、HoloLens の持つ透過型ディスプレイと CPU、GPU の活用により、システムの実風景に対する遅延時間が大きく軽減できた。

今後は、近未来の生活環境に関する情報提示方法に関して、人間にとって心地良い条件を明らかにすることについても検討を行う予定である。

5 謝辞

本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金挑戦的萌芽研究(課題番号 16K14199)の支援を受けた。

参考文献

- [1] Junya Sakamoto, Kouhei Kiyoyama, Kohei Matsumoto, Yoonseok Pyo, Akihiro Kawamura, Ryo Kurazume: Development of ROS-TMS 5.0 for Informationally Structured Environment, ROBOMECH Journal, Vol.5, No.24, 2018, DOI: 10.1186/s40648-018-0123-9
- [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] 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
- [4] 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-, 日本機械学会ロボットクスメカトロニクス講演会 2017, pp.2A1-I07, 2017
- [5] 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

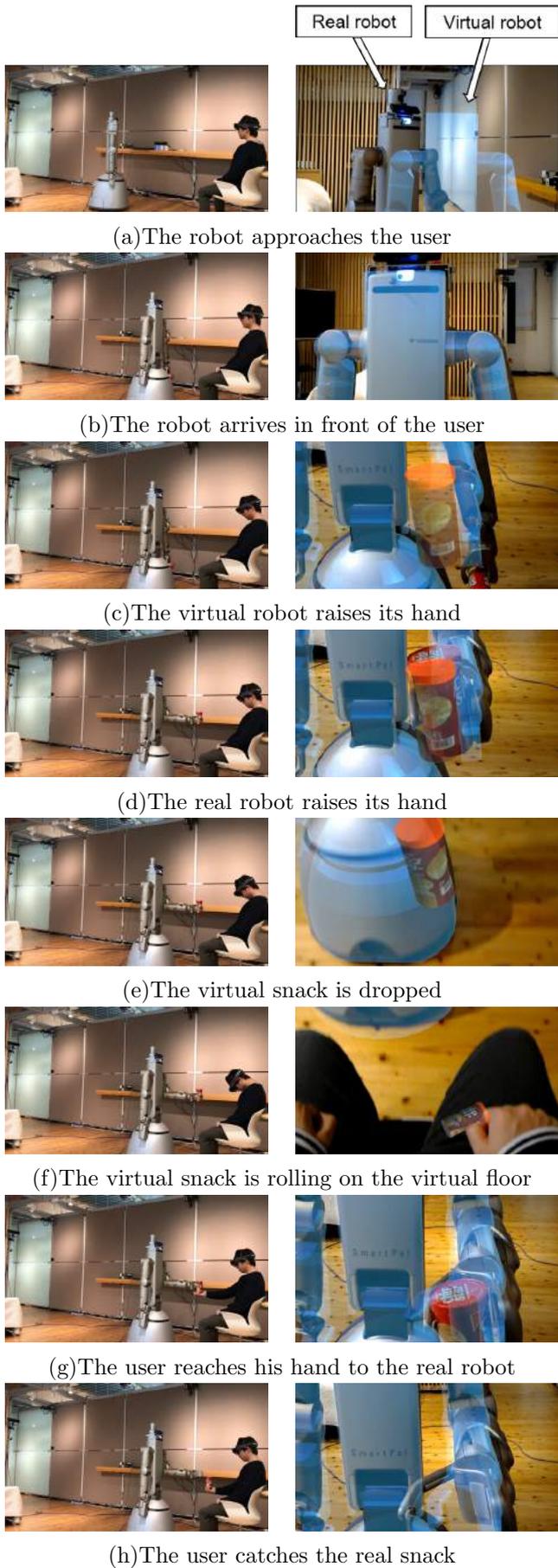


Fig.5 The servise task is performed by ROS-TMS and Previewed Reality 2.0

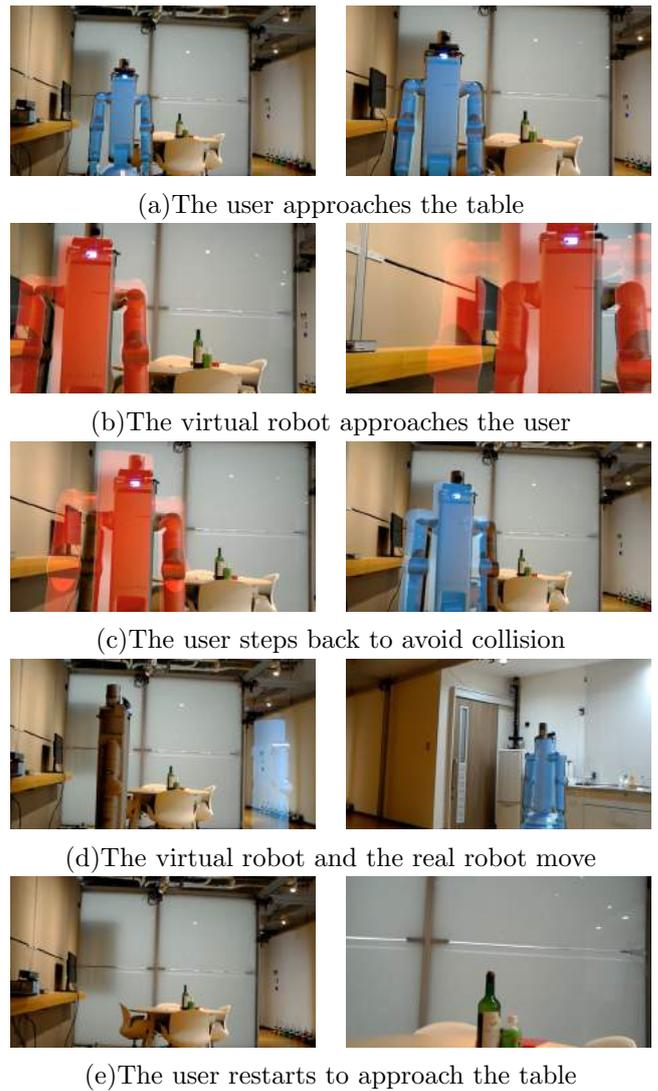


Fig.6 Collision avoidance by Previewed Reality 2.0