

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—

Previewed Reality: Near-Future Perception System for Informationally Structured Environment
—System Setup and Experiments using Immersive VR Display—

堀川 雄太 (九大) ○ 中嶋 一斗 (九大) 河村 晃宏 (九大) 正 倉 爪 亮 (九大)

Yuta HORIKAWA, Kyushu University

Kazuto NAKASHIMA, Kyushu University, k_nakashima@irvs.ait.kyushu-u.ac.jp

Akihiro KAWAMURA, Kyushu University

Ryo KURAZUME, Kyushu University

In this paper, we present a near future perception system named “Previewed Reality”. We integrate an immersive VR display, a stereo camera and a dynamic simulator into our informationally structured environment (ISE) platform for service robot. In ISE, a human wearing the immersive VR display can see the next possible events as virtual images overlaid on a real scene. We demonstrated that the proposed system can allow a human and a robot to coexist more safely.

Key Words: Service robot, Immersive VR display, Informationally structured environment

1 緒言

情報構造化空間とは、ロボットにより生活支援サービスが提供できるようにヒトの生活空間を整備した、ヒトとロボットの共生空間である。情報構造化空間では、生活空間に埋め込んだセンサから、空間内の物品、ヒト、ロボットの位置や状態などの環境情報を取得し、データベースに集約して保存する。これにより、ロボットの生活支援サービス等の実行に必要な環境情報を、即座にデータベースから提供できる。

我々は、現在までに情報構造化空間の構築に必要な情報処理機能を集約したパッケージソフトウェアとして情報構造化空間マネジメントシステム ROS-TMS 4.0 (以降 ROS-TMS) [1][2] を開発してきた (図 1)。また、2LDK の室内に数十台の光学式トラッカ (Vicon Bonita) や RGB-D カメラ (Kinect for Xbox One)、レーザレンジファインダ (URG-04LX-UG01)、RFID タグリーダを埋め込み、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管理できる情報構造化空間施設 Big Sensor Box (B-sen) を開発した (図 2, 3)。

一方、近年、装着することで、仮想空間の没入感が得られる、VR ディスプレイが、数多く実用化されている。例えば、両眼立体視が可能なヘッドマウントディスプレイの一つ、Oculus Rift DK2 (Oculus) は、内蔵されたジャイロセンサから、装着しているユーザのヘッドトラッキングを行って、目の前に映像を表示することで没入感のある仮想空間を体感できる。また、仮想空間への没入感の向上のために、光学式トラッカを使ってモーションキャプチャを行い、ヒトの動きを仮想空間中に反映させる試み [3] も行われている。

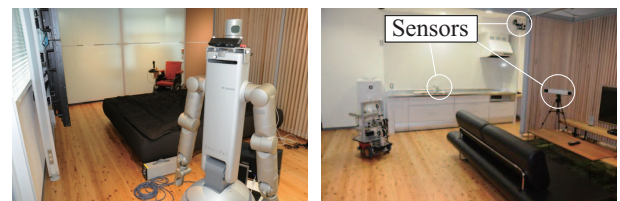
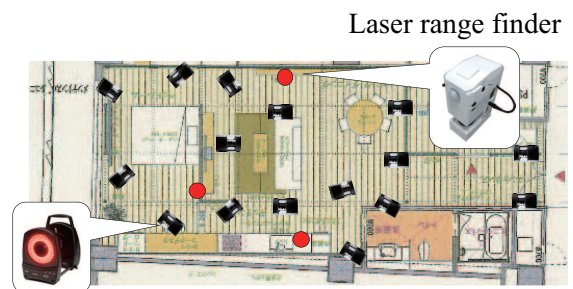


Fig.2 Big Sensor Box (B-sen)



Vicon Bonita

Fig.3 Sensors in the Big Sensor Box

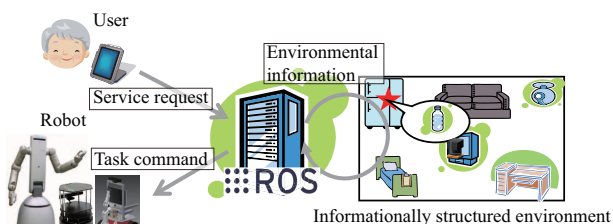


Fig.1 ROS-TMS

我々も、没入感 VR インタフェース (図 4(a)) として Oculus を、ROS-TMS に組み込み、光学式トラッキングシステム (Vicon Bonita, 図 4(b)) から没入感 VR ディスプレイの位置情報を取得し、実際の生活空間を模した仮想空間を体感できるシステムを開発した [4][5]。このシステムは、情報構造化空間を仮想空間として再現することで、事前にロボットのサービス等を、実空間の没入感 VR インタフェース装着者の位置・視点で体感できる。

本稿では、前述した仮想空間を体感するシステムを拡張し、近い未来に起こりうる出来事を知覚可能な可視化システム Previewed Reality を提案する。

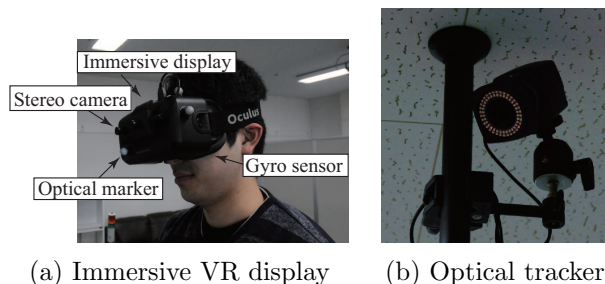


Fig.4 Immersive VR display consists of (a) Oculus Rift DK2(immersive stereo display) and Ovrvision(stereo camera), and (b) Vicon Bonita(optical position tracker)

2 近未来可視化システム Previewed Reality

2.1 概要

ROS-TMS を利用することで、B-sen 内の棚や冷蔵庫、机などに置かれている物品の種類や位置、ヒトやロボットの位置や姿勢をリアルタイムに計測し、データベースに蓄積できる(図5)。

加えて、ROS-TMS と物理シミュレータ Gazebo を連動させることで、実空間の状態を正確に反映した仮想空間で物理シミュレーションが可能になる。例えば、ロボットが現在の指配置で机上の物体を安定した把持ができるか、あるいは滑落した場合、どのように転がるかなどが予測できる。これにより、B-sen 内の物品やロボットに限定して、未来の予測が可能である。

そこで、これまでに開発した没入感 VR インタフェース(図4)を用いて、Gazebo で予測した未来の様子を、装着者の視点から見た画像として再現し、現実世界の画像に重畳して表示するシステムを構築する。我々は、このシステムを Previewed Reality と名づけた。没入感 VR インタフェース装着者は、実空間と未来が予想された仮想空間が重畳された映像を、実空間と同じ位置・視点で見ることができる。これにより、ロボットが動作を行う前に、ロボットの動作やそれにより生じる環境の変化をヒトは事前に把握でき、ロボットと安全に共存できると期待される。

2.2 システム構成

仮想空間の構築にあたって、Gazebo で用いる 3D モデルは、実際の物品やロボット、屋内空間と同じスケール、物理パラメータになるように作成し、実世界と同じ空間、物理現象を再現できるように作成した。Gazebo は ROS を介して、ROS-TMS と通信し、ROS-TMS 内のデータベースに蓄積された環境情報を反映した仮想空間を構築する。また、ROS-TMS では、実機のロボットの動作に、移動経路に Voronoi Map、指や腕等に動作生成ソフト MoveIt! を利用しており、計算された目標座標値や目標関節角度を、ロボットに指令値として与える。このとき、実機のロボットに与えられる指令値を、事前に Gazebo 上の仮想のロボットに与えることで、物理シミュレーションを行う。シミュレーションの終了後、実機のロボットに指令値は送られ、実空間のロボットが仮想空間のロボットの後を追従するように動作する。これにより、近い未来の予測を可能にした。

没入感 VR インタフェースを利用すれば、Gazebo 上に再現した仮想空間に、没入感 VR インタフェース装着者の実空間と同じ視点の仮想画像を生成できる。一方で、実空間での装着者視点の画像を重畳するために、図4(a)のように、Oculus にステレオカメラを搭載することで、実画像を取得している。取得した実画像に、仮想画像を重ね合わせることで、実空間と仮想空間の重畳画像を作成し、Oculus に描画することで Previewed Reality を実現した。このとき、正確な重畳表示を実現するために、取得した実画像に、正確に重なり合うように、仮想空間に再現した視点のカメラパラメータを調整した。

3 実験

開発したシステムの動作確認と Previewed Reality の応用の 2 種類の実験を行った。



(a) Objects in real cabinet (b) Objects in virtual cabinet

Fig.5 Objects in (a) real and (b) virtual worlds

Previewed Reality では、没入感 VR インタフェース装着者の実空間と仮想空間での視点、正確に一致することが重要である。そこで開発したシステムにおいて、計測した視点から正確な仮想空間画像を再現できているかを確認する実験を行った。実験では、装着者に仮想空間の映像のみを提示して、B-sen 内を移動できるかを確認する。もし、装着者が B-sen 内の物体にぶつかったり、正しい方向に移動できなかったりしたとき、実空間と仮想空間の視点は大きくずれていることになるが、什器などにぶつかることなく安全に移動できれば、仮想空間に実空間とほぼ同じ視点を再現できていると判断する。

図6に実験の様子を示す。実験より仮想空間の映像のみを装着者に提示しても、実空間を安全に移動でき、仮想空間中に実空間とほぼ同じ視点を生成できることを確認した。

次に、Previewed Reality の応用例として、2つの近未来の可視化実験を行った。

まず、ROS-TMS と連動した、ロボットのサービスタスクの可視化実験を行い、情報構造化空間におけるロボットに計画されたサービスの様子を、シミュレーションにより提示できることを実験より確認した。図7に、ロボットに物品取り寄せタスクを可視化した様子を示す。図7のように、シミュレーションのロボットが動き、その後を追従して実機のロボットが動作する様子を確認できる。

次に、ヒトとロボットの衝突回避実験を行った。実験の様子を図8に示す。Previewed Reality を利用すれば、ヒトはロボットの動作を事前に、視認できるため、ロボットとの衝突といった危険な場面を回避できる。実験では、没入感 VR インタフェースの装着者が、机の上の飲み物を取りに行こうとする。このとき、たまたま装着者が机に近づくと同じタイミングで、机の横にあるロボットに動作が事前に計画されているとする。装着者が机に近づこうとすると、Oculus には、次にロボットが行う動作のシミュレーションが表示される。これにより、装着者はロボットの側から安全に離れることができた。

また、視点計測と画像生成に必要な時間を計測したところ、仮想画像に対して実画像が 0.53 秒遅れて表示されており、今後はこの遅延時間の解消が課題である。

4 結言

本稿では、情報構造化空間における近未来の可視化システム Previewed Reality を提案した。実験より Previewed Reality を用いることで、ヒトは近い未来の状況を把握し、ロボットとの衝突回避など、安全が確保できた。

開発したシステムは、現状では目の前を完全に覆うゴーグル型のデバイス(Oculus Rift DK2)を使用しているが、例えば Epson Moverio(図9)など、眼鏡に近い自然な VR ディスプレイも市販され始めており、将来的には実生活での利用も十分に考えられる。

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開発事業センター・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 16K14199)の支援を受けた。

参考文献

- [1] Yoonseok Pyo, Kouhei Nakashima, Shunya Kuwahata, Ryo Kurazume, Tokuo Tsuji, Ken'ichi Morooka, and Tsutomu

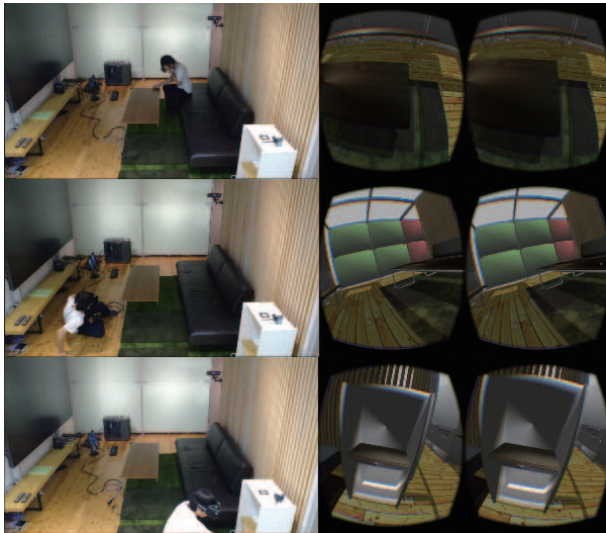
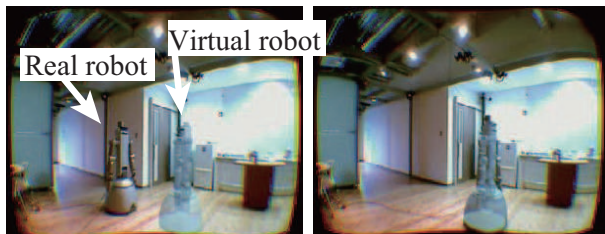
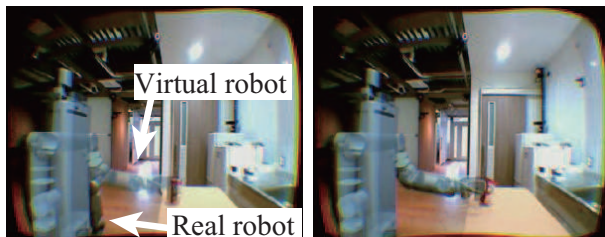


Fig.6 Real images (left) and virtual images displayed on the immersive VR display (right)



(a) Virtual robot moves and real robot traces it.

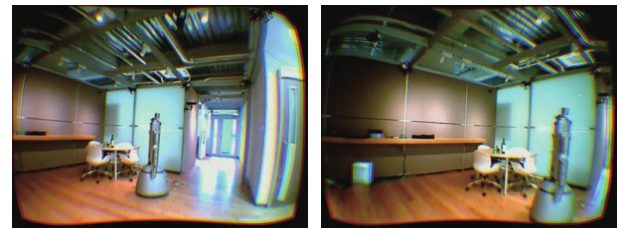


(b) Virtual robot grasps and real robot traces it.

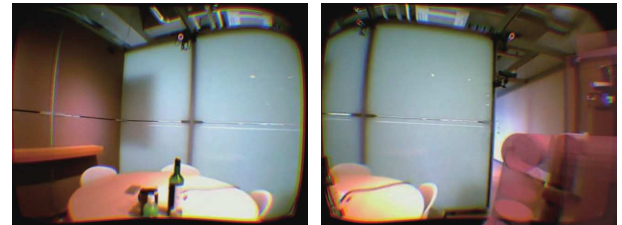
Fig.7 Previewed Reality displayed on the screens of Oculus Rift DK2

Hasegawa., "Service robot system with an informationally structured environment," Robotics and Autonomous Systems, vol.74, No.Part A, pp.148–165, 2015.

- [2] ピョコンソク, 渡邊裕太, 重兼聡夫, 稲田大亮, 辻徳生, 河村晃宏, 倉爪亮 "ROS-TMS ver.4.0 –情報構造化環境のためのオペレーティングシステム–", 第 21 回ロボティクスシンポジウム, pp.242–249, 2016.3.18.
- [3] Stefan Marks, Javier E. Estevez and Andy M. Connor., "Towards the Holodeck: Fully Immersive Virtual Reality Visualisation of Scientific and Engineering Data," In Proceedings of the 29th International Conference on Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ '14), pp.42–47, 2014.
- [4] ピョコンソク, 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.
- [5] ピョコンソク, 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, 2015.5.18.



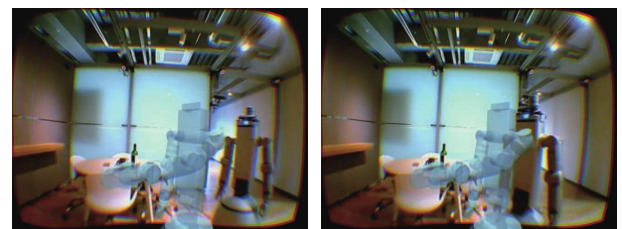
(a) User approaches the table



(b) Virtual robot appears



(c) User steps back to avoid collision



(d) Virtual robot moves



(e) Real robot moves and user approaches the table

Fig.8 If the user approaches the robot, which is instructed to start moving, the virtual robot is displayed to notify the user about this movement in advance



Fig.9 Epson Moverio