Previewed Reality
情報構造化空間における近未来可視化システム

○堀川 雄太　河村 晃宏　倉爪 亮 (九州大学)

1.　はじめに

サービスロボットにおける情報構造化空間とは，空間内の物品の種類や位置，ヒトの位置や動きなどの環境情報を，分散配置された多数のセンサで計測，構造化し，空間データベースに集約して保存することで，ロボットが生活支援サービスの実行等で必要な環境情報を即座に提供できる空間である．我々はこれまでに，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 ver.4.0）[1][2] を開発してきた（図 1）．

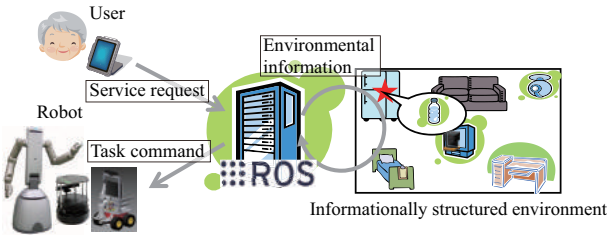


図 1: ROS-TMS

また，2LDK の室内に数十台の光学式トラッカ（Vicon MX）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 ver.4.0 を用いて，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 (図 2, 3).

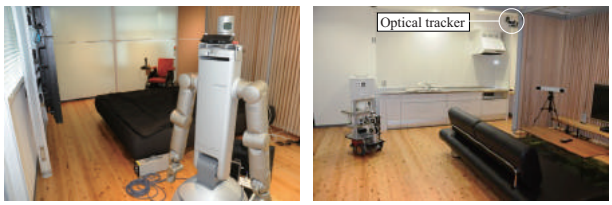


図 2: Big Sensor Box (B-sen)

一方，昨年来，装着することで仮想空間の没入感が得られるディスプレイが相次いで実用化されている．例えば Oculus VR 社の Oculus Rift DK2 は，ゴーグル型の没入感ディスプレイデバイスであり，内蔵したジャイロセンサにより装着者の顔の方向を検出し，その方向に応じた VR 画像を眼前に提示できる．

また，仮想空間への没入感を向上させるために，光学式トラッカによるモーションキャプチャを用いて，実空間でのヒトの動作を科学･工学データを可視化した仮想空間内に反映させる試みが行われている [3]．そこで我々も，この没入感ディスプレイ（Oculus Rift DK2, 図 4）を ROS-TMS 4.0 に組み込み，光学式トラッキングシステム（Vicon MX, 図 5) から得られる没入感 VR ディスプレイの位置情報を基に，実際の環境と CG で作成された仮想環境を重ねて表示する，情報構造化環境における没入感インターフェースを開発している (図 6, 7)[4],[5]．このインターフェースは，顔の方向のみならず，その位置まで光学式トラッキングシステムで計測して仮想画像を生成するため，例えばゴーグルを掛けたまま室内を安全に歩き回ることができる．

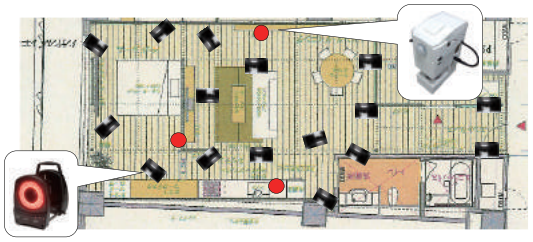


図 3: Big Sensor Box のセンサ群

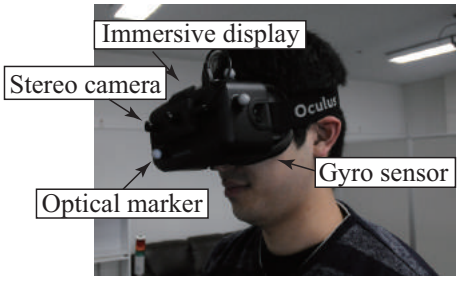
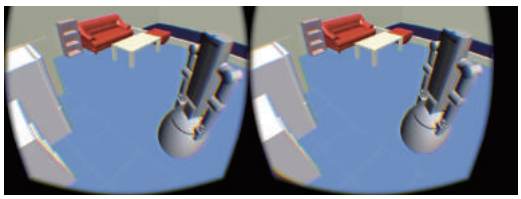


図 4: Oculus Rift DK2，Ovrvision，光学式トラッカからなる没入感インタフェース

本稿では，これまでに開発した没入感情報構造化環境インターフェースを拡張し，近い未来に起こり得る出来事を自分の目で知覚できる新たな情報構造化環境インターフェース（Previewed Reality）について報告する．

図 5: 光学式トラッキングシステム (Vicon MX)

図 6: 没入感 VR 実験



仮想画像

実画像

図 7: 仮想画像と実画像

2. 近未来可視化システム（Previewed Reality）

2.1 システムの概要

上述した B-sen 環境内では，棚や冷蔵庫，机などに置かれた物品の種別や位置，ヒトやロボットの位置や姿勢をリアルタイムで計測し，ROS-TMS 4.0 を介して環境データベースに蓄積する（図 8）．

図 8: 実空間と仮想空間の物品

一方，ROS-TMS 4.0 では，ROS 標準の物理シミュレータ Gazebo と連動することで，実世界の状況を正確に反映した物理シミュレーションが可能である（図 9）．例えば，ロボットが現在の指配置で机上の物体を安定して把持できるか，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．すなわち B-sen 内の物品やロボットに限定すれば，近い未来が予測可能である．

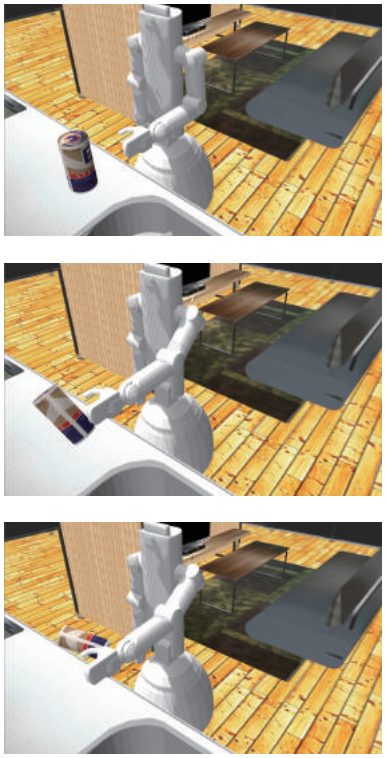


図 9: 物理シミュレータ　Gazebo

そこで，これまでに構築した没入感インターフェース（図 4）を用い，物理シミュレータ Gazebo で予測した未来の状態を，装着者の視点から見た画像として再現して，現実世界の画像に重畳表示するシステムを考える．例えば，ロボットが人に把持する物品を渡そうと腕を差し出す場合，実際に腕が動く数秒前に，その様子を現実画像に重ね合わせて提示する．その時点で，もし危険を感じることがあれば，実際に腕が動く前にロボットを止めたり，その場から離れたりできる．これは近い未来を自分の目で現実感高く知覚させるシステムであり，我々はこのシステムを近未来可視化システム（Previewed Reality）と名付けた．

2.2 システム詳細

近未来可視化システムの実現には，没入感インターフェースを掛けたまま，装着者の視点の実画像を取得し提示する必要がある．そこで図 4 に示すように，Oculus Rift DK2 に 2 眼カメラ (OvrVision）を装着し，60Hz で装着人視点の実画像を取得できるようにした．

またシミュレータには，Oculus Rift DK2 をサポートする Gazebo 6 を利用し，OvrVision から得られる実画像を，Gazebo 6 で生成された仮想画像を表示するフ

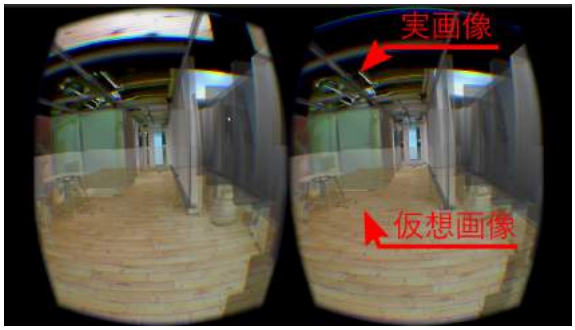


図 10: カメラパラメータ調整のための実画像と仮想画像の重畳表示

レームバッファに直接描画することで，実画像と仮想画像のオーバーレイを実現した．ここで仮想空間で再現される視点と実空間の装着者の視点が正確に一致しなければ，実際の物品やロボットと重畳される CG モデルの間で位置ずれが発生し，実空間との不整合を生じる．これを避けるには,OvrVision のカメラパラメータと Gazebo 上で再現されるカメラパラメータを一致させる必要がある．我々は図 10 のように仮想画像を透過させ，実画像と重ねあわせて表示し，実画像と仮想画像同士の位置が合うように，Gazebo 上のカメラパラメータを調整した．

Gazebo で正確な物理シミュレーションを行うためには，実空間の環境情報をリアルタイムに反映するだけでなく，実空間と同じダイナミクス系を反映したモデルのパラメータを設定する必要がある．そこで可能な限りそれらが一致するように, モデルのパラメータを設定した.

ROS-TMS で計画されるロボットの動作は，ロボット，タスク，場所，対象物などを決定して動作を計画する．これによりどのロボットが何に対してどのように動作するのかが情報として取得できる．これらの情報を ROS を介して Gazebo と通信すれば，事前に対象となるシミュレーションを行い，そのシミュレーションの結果を実画像に重畳表示できる．ROS-TMS ではロボットの動作生成ソフト MoveIt!を利用して，ロボットのアームやハンドの動作経路を生成している．ROS を介した通信を行うことで Gazebo と MoveIt!を連携させることができ，Gazebo 上で計画されたロボットの動作を物理エンジンの働く環境で確認できる．また, ロボットが移動する場合, その移動経路は ROS-TMS が Voronoi Map を利用して計画する．従って, ロボットの動作計画時に ROS-TMS より経路情報を取得し，ロボットが実際に動く前に Gazebo 上で移動させることができる．

3. 近未来の可視化実験

数秒先のシミュレーションの結果が，実空間で見えている風景に正しく表示されるためには，仮想空間と実空間の視点が正確に一致している必要がある．そこで，まず仮想空間中に，没入感インターフェースの装着者と同じ視点の画像を作成し，提示できるかを確認した．図 11 に実空間での没入感インタフェース装着者の様子と装着者が見ている映像を示す．3D モデルの

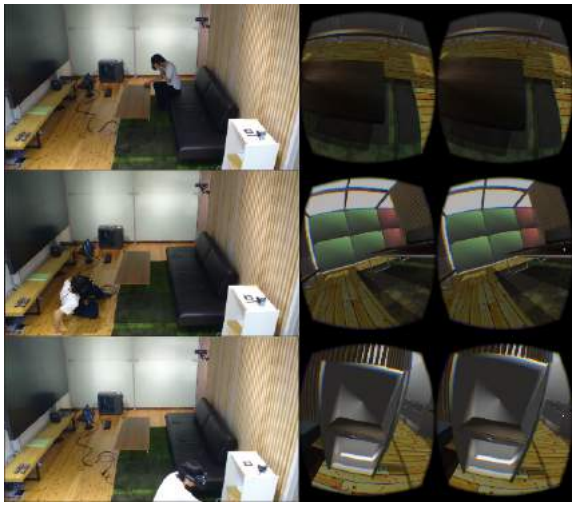


図 11: 仮想空間への視点の再現

B-sen 内を実空間と同じように歩き回ることができ，実画像と同様の画像を仮想空間で作成し，提示できることが確認された．

最後に，実画像と数秒先の仮想画像を重ね合わせて提示する，Previewed Reality の実験を行った．ただしここでは，B-sen 内でヒューマノイド型ロボット Smartpal5 が腕を振り上げる動作を対象とした．図 12 に没入感インターフェース装着者に提示した Previewed Reality の画像を示す．

Previewed Reality では，まず実際のロボットの動作計画を行い，腕の各関節角度の指令値が計算される．次に，仮想空間のロボットが実空間のロボットと同じ位置に表示される．その後，仮想空間のロボットに実際のロボットと同じ指令値が与えられ，実際に腕を振り上げる動作が行われる前に仮想空間で同様の動作を行い，その様子を装着者に知覚させる．仮想空間のロボットは，動作の終了後に画面から消去され，その後，実空間のロボットに指令値が与えられて，実際のロボットが腕を振り上げる動作を行う．これにより，数秒先にロボットがどのように動作するのかを事前にヒトが知覚することができる．

現在のシステムの問題として，仮想画像と実画像の間で位置ずれが大きいことが挙げられる．これには，カメラパラメータの調整，Oculus のジャイロセンサの蓄積誤差のリセット，現実を正確に反映したモデルの再設計などが必要である．

4. おわりに

開発した予測した未来を眼前に直観的に提示する近未来可視化システムは，ロボットとヒトが共生する環境での安全確保や，工場ラインでのロボットとヒトの共同作業などで利用価値が高い．現在の開発システムは実画像と仮想画像の重畳表示において位置合わせ精度が十分でなく，より正確な重畳表示手法について検討する必要がある．また, 開発システムでは，ゴーグル型の没入感ディスプレイデバイス（Oculus Rift DK2）を使用しているが，例えば Epson Moverio(図 13) 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

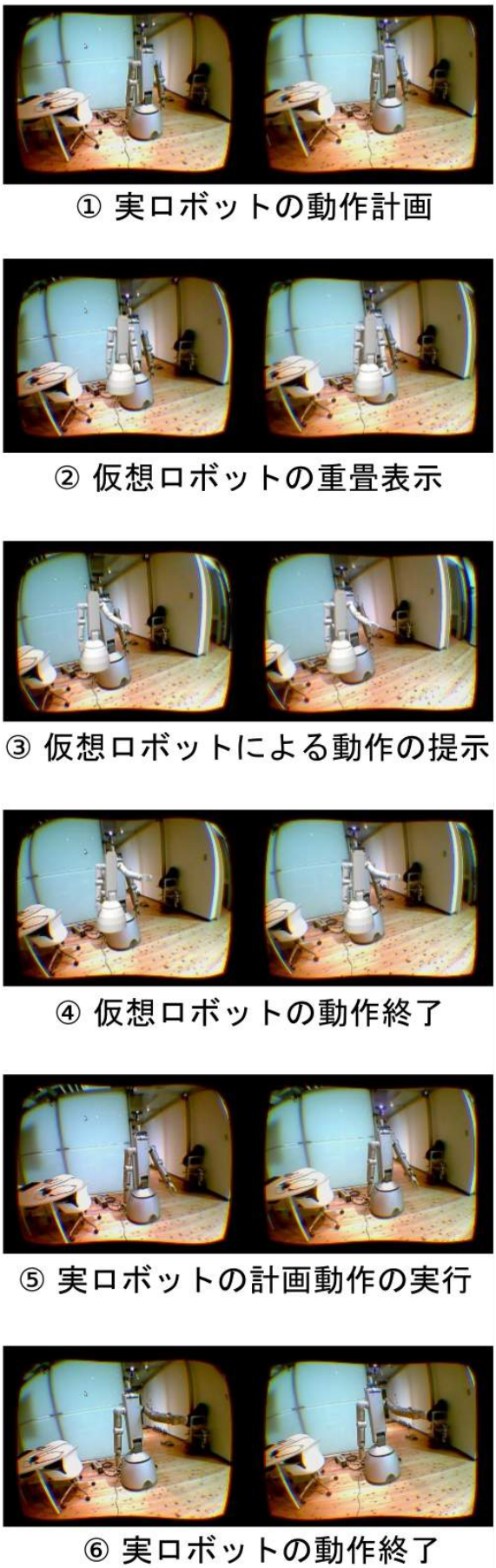


図 12: Previewed Reality

おり，将来的には実生活での使用も十分に考えられる．また未来の提示時間に対して，ヒトにとって心地よい

図 13: スマートグラス (Epson Moverio)

条件が存在すれば，それを明らかにすることも学術的に興味深く，今後検討を行う予定である．

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．

参 考 文 献

[1] Yoonseok Pyo, Kouhei Nakashima, Shunya Kuwahata, Ryo Kurazume, Tokuo Tsuji, Ken'ichi Morooka, and Tsutomu Hasegawa. Service robot system with an informationally structured environment. *Robotics and Autonomous Systems*, Vol. 74, No. Part A, pp. 148–165, 2015.

[2] ピョユンソク, 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ア, 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. pp. 42–47, 2014.

[4] 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.

[5] 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, 2015.5.18.