

平成 30 年 5 月 28 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K14199

研究課題名(和文) Previewed Reality -未来の可視化システムの構築-

研究課題名(英文) Previewed Reality -Near-future perception system-

研究代表者

倉爪 亮 (Kurazume, Ryo)

九州大学・システム情報科学研究所・教授

研究者番号：70272672

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、近未来に起こり得る出来事を自分の目で知覚できるPreviewed Realityを開発した。本システムは情報構造化環境、没入感ゴーグルディスプレイ、光学式トラッカー、動力学シミュレータなどからなる。情報構造化環境には多数のセンサが設置され、物体や人間、ロボットの位置情報を常にデータベースへ登録している。ゴーグルの位置は光学式トラッカーにより計測され、動力学シミュレータで次時刻の事象を予測し、近未来の仮想画像を合成する。合成された画像はAR技術により実画像へ重畳され、装着者へ提示される。本システムにより、危険な状況を事前に直観的に提示でき、人間とロボットが安全に共存できる。

研究成果の概要(英文)：This research developed a near-future perception system named "Previewed Reality". The system consists of an informationally structured environment (ISE), an immersive VR display, a stereo camera, an optical tracking system, 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. The position and orientation of the immersive VR display are also tracked by an optical tracking system. Therefore, we can forecast 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 synthesized images, overlaid on a real scene by using augmented reality technology, are presented to the user. The proposed system can allow a human and a robot to coexist more safely by showing possible hazardous situations to the human intuitively in advance.

研究分野：ロボット工学

キーワード：知能ロボティクス バーチャルリアリティ ユーザインターフェース 環境モデリング 空間知能化

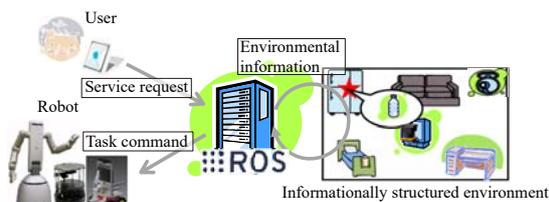
### 1. 研究開始当初の背景

日常生活環境で、これから起こり得る未来の状態を予測し、それを現実世界と変わらずに自分の目で知覚することは可能であろうか。

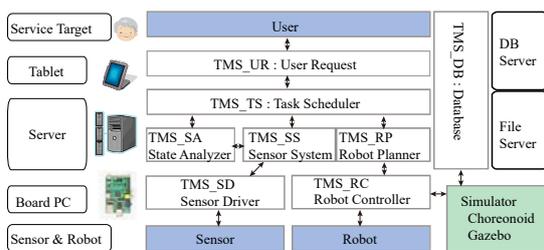
研究代表者らはこれまで、様々なセンサを日常生活環境に埋め込み、環境内の物品や什器、ヒト、ロボットの動きを正確に把握し、構造化して蓄積する「環境情報構造化」の研究を継続して行い、2LDKの室内に数十台の光学式トラッカ (Vicon Bonita) や RGB-Dカメラ (Kinect for Xbox One), レーザレンジファインダ (URG-04LX-UG01), RFIDタグリーダを埋め込んだ情報構造化環境 B-sen (Big Sensor Box) を開発した。この B-sen 環境内では、棚や冷蔵庫、机などに置かれた物品の種別や位置、ヒトやロボットの位置や姿勢をリアルタイムで計測し、環境データベース ROS-TMS (Robot OS - Town Management System) に蓄積できる。



B-sen (Big Sensor Box)



ROS-TMS の概念図

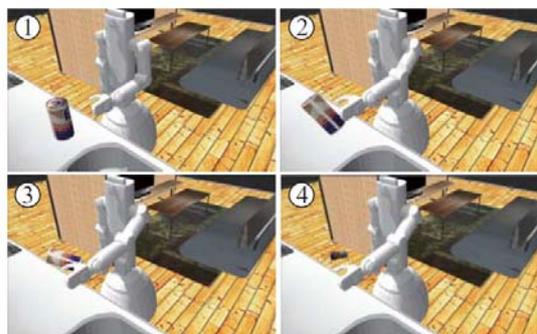


ROS-TMS の構成図

この環境データベース ROS-TMS は物理シミュレータ 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。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、未来が予測可能である。

一方、近年、Google Glass や Epson Moverio などのシースルー型のウェアラブルディスプレイや、Oculus Rift などの没入感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 画像を目前に提示できる。また専用のカメラを装着すれば、実際の環境を VR 画像に重畳表示することも可能である。



ROS-TMS を用いたシミュレーション例



(a) Google Glass (b) Epson Moverio  
シースルー型ウェアラブルディスプレイ



没入感ディスプレイ (Oculus Rift DK2)

### 2. 研究の目的

上述した B-sen では、没入感ゴーグルディスプレイ Oculus Rift DK2 も他の物品と同様に、光学式トラッカにより位置や姿勢を正確に取得できる。従って、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できる。例えば、ロボットが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できる。その時点で、もし危険を感じる事があれば、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とできる。本研究では、この B-sen 内の物品やロボットに関する近未来の出来事を、没入感ゴーグルディスプレイにより現実感高く提示するシステム、Previewed Reality を開発した。

### 3. 研究の方法

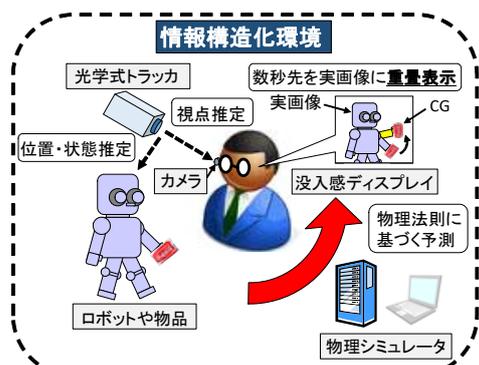
研究代表者らはこれまで、没入感ゴーグルディスプレイ Oculus Rift DK2 と B-sen 内の光学式トラッカ Vicon, 光学マーカ, ジャイロセンサを組み合わせて、装着者の視線を推定して、その視線から見た実際と変わらない画像をコンピュータグラフィックス (CG) で再現し、提示するシステムを開発した。しかし現実の画像を没入感ディスプレイに取り付けたステレオカメラ (Ovrvision Pro) で取得

し、それを CG で再現した画像の正確に重畳することは、まだ実現されていない。

そこで本研究では、まず没入感ゴーグルディスプレイ (Oculus Rift) に取り付けられたステレオカメラ (Ovrvision Pro) により、実際の環境の画像を取得し、それを CG で再現した実験環境画像に正確に重畳して表示するシステムを開発した。

次に、B-sen 内で物品やロボットの位置を取得し、その情報をリアルタイムで物理シミュレータに反映するために、これまでに開発した環境データベース ROS-TMS と物理シミュレータ Gazebo の通信ノードを開発する。加えて、物理シミュレータ Gazebo により得られたシミュレーション結果を、CG により没入感ディスプレイにステレオ画像で提示するプログラムを開発した。

さらにロボットが机の上の物品を把持する、把持した物品を人に手渡すなど、いくつかのシナリオに対して、現実の動作と並行して物理シミュレーションを実行し、その結果を没入感ディスプレイに実画像に重畳表示して提示するデモンストレーションを構築した。



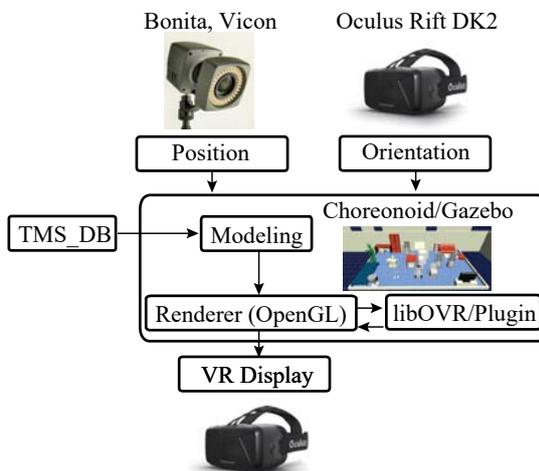
Previewed Reality の概念図

#### 4. 研究成果

まず、近い未来に起こり得る出来事を自分の目で知覚できる Previewed Reality の基本システムを開発した。このシステムは、モーションキャプチャカメラ (Vicon MX) などの様々なセンサを埋め込んだ情報構造化環境 (Big Sensor Box)、計測された情報から近い未来を予測する物理シミュレータ (Gazebo)、予測された未来を現実世界の画像に重畳して提示する没入感ゴーグルディスプレイ (Oculus Rift DK2) からなる。没入感ゴーグルディスプレイの位置は、ゴーグルディスプレイに添付した光学式マーカを、モーションキャプチャカメラにより数ミリ精度で計測することで得られる。これにより、装着者の視点から知覚される画像が仮想的に合成でき、没入感ゴーグルディスプレイを通して装着者に合成画像が提示される。従って、ディスプレイの装着者が室内を歩き回っても、室内のどの位置でも適切な画像を合成し、提示できる。

また、情報構造化環境では、室内のロボッ

トの動作はあらかじめ計画されており、その計画された動作をもとに物理シミュレータにより近未来の環境の状態を予測できる。従って、予測された状態をコンピュータグラフィックスで可視化し、没入感ゴーグルディスプレイで重畳表示することで、近い未来に起こり得る出来事を自分の目で知覚でき、未来の可視化システム Previewed Reality が実現できる。



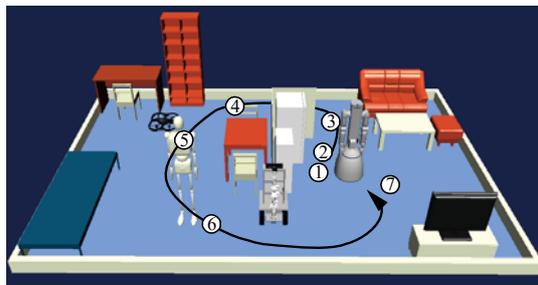
Previewed Reality のシステム構成

#### 没入感ゴーグルディスプレイ



構築したシステム

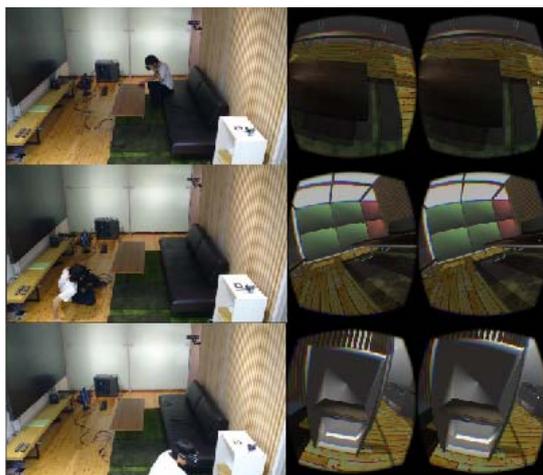
平成 27 年度は、この基本コンセプトを実現するための実システムを設計、開発した。また基本性能の検証実験を行い、近未来のロボットの動作が装着者の視点で提示できることを確認した。



室内の歩行経路



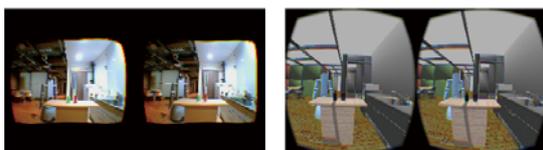
①→⑦の順に室内を歩行した際の装着者視点からの仮想画像の生成例  
(左・歩行の様子, 中・カメラ画像 (参考), 右・仮想画像)



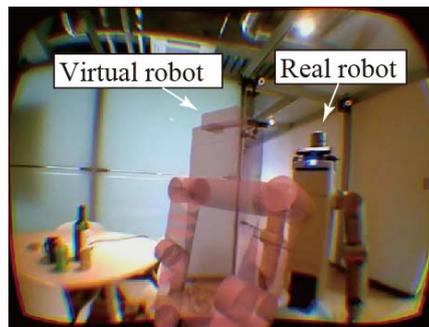
B-sen を歩行時の仮想画像の重畳例



Real images Immersive display  
(a) Original scene



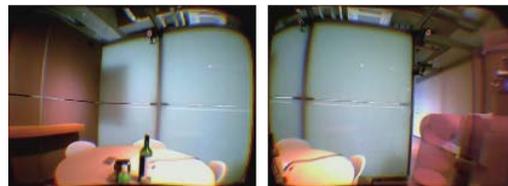
Real images Immersive display  
(b) Scene after a robot, a can, and a table are registered.  
什器の重畳表示の例



Previewed Reality の一画面



(a) User approaches the table



(b) Virtual robot appears



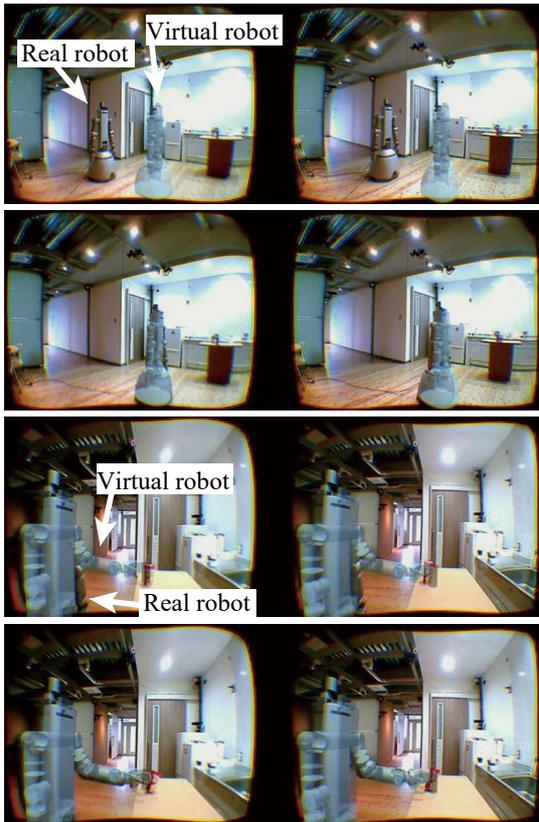
(c) User steps back to avoid collision



(d) Virtual robot moves



(e) Real robot moves and user approaches the table  
Previewed Reality の例 1



Previewed Reality の例 2

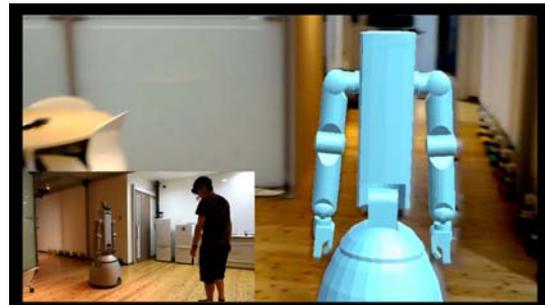
さらに平成 28 年度は、開発した Previewed Reality の基本システムに対し、1. 没入感ゴーグルディスプレイの位置取得から画像の生成と提示までの時間（レイテンシ）が長く、酔いが生じやすい、2. キャリブレーションの誤差のため、画像重畳時に実画像と CG 画像が若干ずれて表示される、という 2 つの問題について取り組んだ。まず、1 については、昨年度のシステムが没入感ゴーグルディスプレイに取り付けたカメラを用いて実世界画像を取得し、それを没入感ゴーグルディスプレイで表示していたのに対し、表示デバイスをシースルー型ゴーグルディスプレイ（Microsoft HoloLens）に変更した。これにより実環境をカメラで撮影する必要がなくなり、レイテンシを理論上無くすことができた。また 2 については、従来システムでは没入感ゴーグルディスプレイの位置をゴーグルディスプレイに添付した光学式マーカをモーションキャプチャカメラにより計測していたため、計測誤差により若干のずれが生じていたのに対し、シースルー型ゴーグルディスプレイ（Microsoft HoloLens）の Visual SLAM 機能を用いて画像から位置を推定する方法に変更した。これにより、見え上での誤差を大幅に減少することができ、違和感がない程度にまでずれを小さくすることができた。新たに構築したシステムを用いて性能検証実験を行い、近未来のロボットの動作が違和感なく装着者の視点で提示できることを確認した。



シースルー型ゴーグルディスプレイ  
（Microsoft HoloLens）



HoloLens への重畳例



HoloLens による Previewed Reality

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 1 件）

①Yuta Horikawa, Asuka Egashira, Kazuto Nakashima, Akihiro Kawamura, Ryo Kurazume, Previewed Reality: Near-future perception system, 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2017), pp. 370-375, 2017

〔学会発表〕（計 3 件）

①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

②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

③Yuta Horikawa, Asuka Egashira, Kazuto Nakashima, Akihiro Kawamura, Ryo Kurazume, Previewed Reality: Near-future perception system, Proc. The 13th Joint Workshop on Machine Perception and Robotics (MPR17), 2017

〔その他〕

ホームページ等

<http://robotics.ait.kyushu-u.ac.jp/~kur>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

倉爪 亮 (KURAZUME, Ryo)

九州大学・大学院システム情報科学研究  
院・教授

研究者番号：70272672

### (2) 研究分担者

河村 晃宏 (KAWAMURA, Akihiro)

九州大学・大学院システム情報科学研究  
院・助教

研究者番号：60706555