

# MR を用いた家具に対する部屋環境の可視化

大寺賢<sup>†1</sup> 古矢真之介<sup>†1</sup> 岡田謙一<sup>†2</sup>

**概要:** 従来の MR を用いたレイアウト確認の手法は、実物と同形の仮想物を実世界の部屋空間に表示するものが主流であった。しかし、レイアウト確認を行うという需要は家具店のような実物の家具のみ存在する環境においても存在する。そこで本稿では、実世界の部屋空間をモデル化し、実物の家具のみ存在する環境下での、MR による部屋環境の可視化手法を提案する。この提案により家具店のような環境においてもレイアウト確認が可能となる。実験から本提案が使いやすいシステムとして実現できたとと言える。

**キーワード:** 複合現実, レイアウト確認, HMD

## Visualization of room environment to furniture using MR

SATORU ODERA<sup>†1</sup> SHINNOSUKE FURUYA<sup>†1</sup>  
KEN-ICHI OKADA<sup>†2</sup>

**Abstract:** The method of displaying virtual furniture of actual size in a real room space is widely used in traditional methods of a layout check in a room space using MR (Mixed Reality). However, a demand of checking a layout of a room and furniture increase in a real room space as well as an environment like a shop where only real furniture exists. In this paper, a real room space is modeled and the display method of MR virtual room environment in an environment where real furniture exists is proposed. A layout check of a room and furniture is achieved also in an environment like a shop by this proposition.

**Keywords:** Mixed Reality, Layout check, HMD,

### 1. はじめに

乗り物や建築物などの特定空間内における内装や家具といった構成物の配置, 配色について企画, レイアウトすることをインテリアデザインという。本論文ではインテリアデザインの中でも特にレイアウト確認について注目する。従来のインテリアデザインの手法は図面や模型を用いるものが主流であった。ただし、問題点として図面を理解するにあたり専門的な知識と経験を必要とし、また模型では作成にコストがかかった。そこでレイアウト確認に複合現実感(Mixed Reality:MR)技術を導入し、実在の部屋空間上に仮想の家具を表示することで従来の方法で問題だった専門的な知識と経験が不要となり、またコストの軽減といったことが可能となった。こういった成果が得られたことから、MR をインテリアデザインに適用する研究では実在の部屋空間に仮想の家具を表示するというを前提としたものが主流となっていた。

しかし、レイアウト確認を行う需要が発生する環境は実在する部屋空間内に限らない。例をあげれば家具店のような実物の家具のみ存在する環境でもそのような需要は発生し得る。何故なら、実物の家具は実際に見ることのみ質感や使用感を確かめることができるからである。しかしながら

これまで主流となっていた研究では前提が実在の部屋空間であるため、このような環境下での部屋空間デザインは対応していない。

そこで本稿では、MR を用いての実物の家具が存在する環境下での、実物の家具を主体とした部屋環境の可視化手法を提案する。本提案では提案システムの使用者は予め家具を設置する予定の部屋のモデルを取得した後に家具店へ移動する。そこで HMD(Head Mounted Display)を通して実物の家具に対して仮想の部屋が重畳されている様子を観察しながら仮想の部屋の位置合わせを行い、仮想の部屋の表示位置を固定する。これにより実物の家具を主体とした仮想の部屋に対するレイアウト確認が可能となる。

以降 2 章では本提案の背景および関連研究について記述する。3 章では提案手法について、4 章ではシステムの構成について述べる。5 章では実験について述べ、最後の 6 章でまとめとする。

### 2. 関連研究

#### 2.1 MR を用いたインテリアデザイン

MR を用いたインテリアデザインは、MR の中でも特に拡張現実感(Augmented Reality:AR)技術を用いたものが多い。千葉ら[1]、武尾ら[2]はマーカを用いた AR により、使用者が HMD を通して仮想の家具を見ることができるインテリアデザインシステムを提案した。また、MR を用いたインテリアデザインは既にアプリケーションとして製品化しているものも存在している。IKEA のカタログがあるも

<sup>†1</sup> 慶應義塾大学大学院理工学研究科  
Graduate School of Science and Technology, Keio University  
<sup>†2</sup> 慶應義塾大学理工学部情報工学科  
Faculty of Science and Technology, Keio University

そのひとつである[3]. これはカタログそのものをマークとして専用のアプリケーションが導入されているモバイル端末を通して実環境に仮想の家具が表示され、インテリアデザインをすることを可能としている. このように、MRを用いたインテリアデザインの研究は実環境に仮想の家具を表示し、提示するものが多い.

## 2.2 3次元空間モデルの取得・生成技術の成長

現在3次元空間モデル生成技術が大きく進歩を遂げている. 現在の技術例をあげると、MatterPort という企業が部屋の3Dモデルを生成するアプリケーションを開発している[4]. また、Googleが現在取り組んでいるProject Tangoというプロジェクトがある[5]. これはモバイルデバイスでリアルタイムに3次元空間モデルの作成を行えるというものである. 他にも、Microsoft社が提供しているKinectを用いることで3次元空間をスキャンし、モデル化する技術も存在する.LabbeらのRTAB-Mapがその一例である[6]. これらのように、現在コンパクトかつ容易に部屋の3次元空間モデルの取得または生成が行えるような環境が研究され、実現している.

## 3. MRを用いた実物の家具に対する部屋環境の可視化

### 3.1 実物の家具を主体とする背景

2章において述べたように、従来の研究の主流は実物の空間に対し仮想の家具を重畳し提示することでレイアウト確認を行うといったものであった.

しかし、レイアウト確認の需要は実在の部屋空間内以外にも存在する. 例えば家具を購入する際、配置する予定の部屋に対して家具が置けるか、どこに配置するかということは重要である. さらに家具を配置した場合の景観といったものも重要な要素である. そのため購入前にあらかじめこれらのことを確かめておく必要がある. したがって、家具の購入にはレイアウト確認の需要が存在する. また、家具の購入形態として店頭環境において購入する店頭購入が存在する. 店頭購入という手段は、実物の家具に触れる、あるいは使うことができるため需要が存在する. したがって家具の店頭購入時においてもレイアウト確認の需要が存在していると言える. けれども店頭環境では、実物の家具は存在しているが、実物の部屋空間が存在していない. そのため現状店頭環境においては実物の家具と実物の部屋空間の両方を見ながらのレイアウト確認は行えない. したがって、店頭環境で家具と部屋の両方を見ながらのレイアウト確認を行えるようにする必要がある.

### 3.2 実物の家具に対する部屋環境の提示

本稿では実物の家具のみが存在する環境下において、実物の家具に対して予め用意した部屋の仮想物を重畳表示し家具が部屋に設置された際のレイアウトの確認を支援する手法を提案する. この提案により店頭環境においても家具

のレイアウト確認を直感的に行えるようにすることを目的とする.

本提案の利用イメージについて述べる. 最初に本提案システムの使用者は家具を設置する予定の部屋を3次元スキャンし、部屋の3次元空間モデルを取得する. その後、家具店へと移動する. 次に家具店において目の前にある実物の家具に対してレイアウト確認を行う. 従来であればその場で自分の部屋に家具を置いた状況を想像し、そのイメージで判断をする. しかし、イメージでは部屋に家具を置いた状況の再現度が低い. そこで本提案をこの環境に適用することで、使用者には仮想物で家具を設置する予定である部屋が提示され、仮想の部屋を自由に動かしながらレイアウトの確認が行える.

では実際に使用している様子を、図を交えて解説する. はじめに使用者は家具を設置する予定の部屋を3次元スキャンする(図1). 次に家具店の方へ移動する. まず家具店にいる使用者の前に実物の家具が存在している. 次に使用者はHMDを装着する. そしてそのまま家具を見る. これにより図2のように仮想の部屋が視界内に表示される. この仮想の部屋は図3のように前後左右に自由に動かすことができ、かつ任意の位置に止めることができる. そして部屋を止めた後では、図4のように使用者は任意の位置から実物の家具が仮想の部屋におかれた状態を見てレイアウト確認が行える.

このようにして店頭環境におけるレイアウト確認支援を実現する.

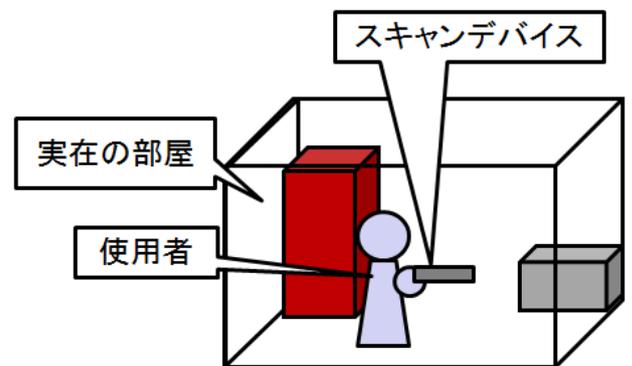


図1 実在の部屋空間の3次元スキャン

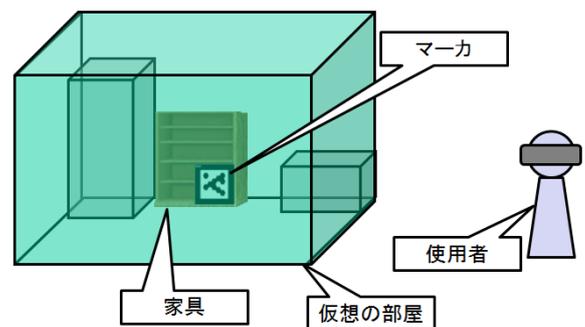


図2 店頭環境での仮想の部屋環境の提示

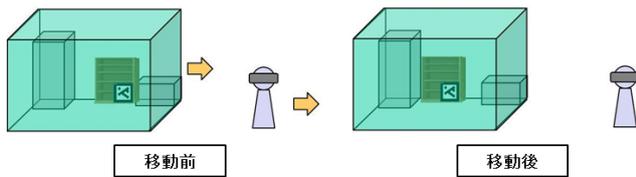


図 3 仮想の部屋を自由に移動

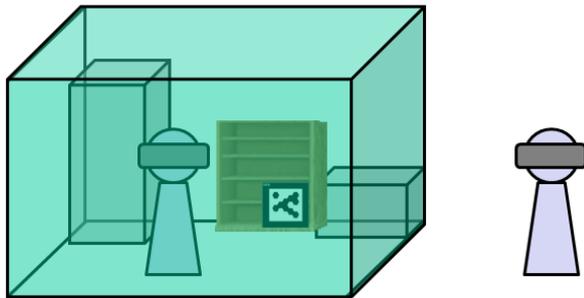


図 4 任意の位置からレイアウト確認

## 4. 実装

### 4.1 システム構成

本提案システムはカメラ付き HMD、映像処理・CG レンダリング用のパーソナルコンピュータ、ボタン操作形式のリモートコントローラ、MR マーカ、実物の家具、Kinect から構成される。また、Kinect は部屋の 3 次元モデルの取得時のみ使用するものとなっている。構成の概略図を図 5、図 6 に示す。また、システムを装着している様子を図 7 に示す。部屋の 3 次元空間モデルの取得には 2 章で触れた Labbe らが開発した RTAB-Map というソフトウェアを使用した。MR 環境の構築にはキヤノン株式会社が開発した MR Platform IV を使用している。これは両眼ビデオシースルー型 HMD から得た映像から MR マーカを認識し、作業空間や実物体の位置検出を行うものである。MR マーカについては図 8 のようなものを用い、実物の家具に貼りつけた。このマーカによって実物の家具を基準とした座標系を構築した。ビデオシースルー HMD は VUZIX 社製の WRAP1200AR を使用した (図 9)。解像度は  $640 \times 480$  であり、視野角は 35 度である。リモートコントローラには任天堂社製の Wii リモコンを使用した (図 10)。また本提案システムでは Wii リモコンに内蔵されている操作機能のうちボタン操作機能のみを使用した。

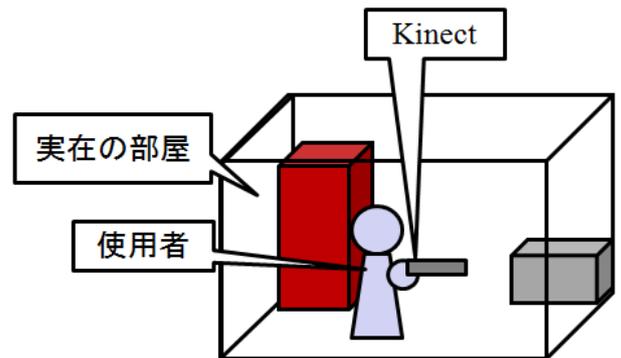


図 5 実在の部屋内での作業時におけるシステム構成

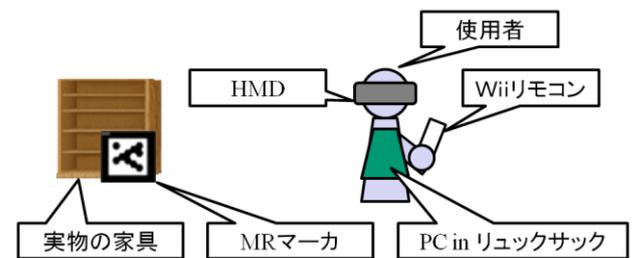


図 6 店頭環境内での作業時におけるシステム構成



図 7 店頭側システムを装着した様子

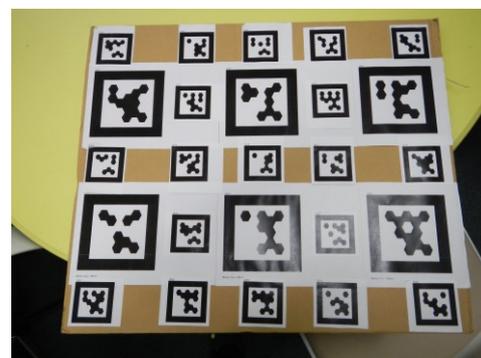


図 8 使用する MR マーカ



図 9 使用した HMD : WRAP1200AR

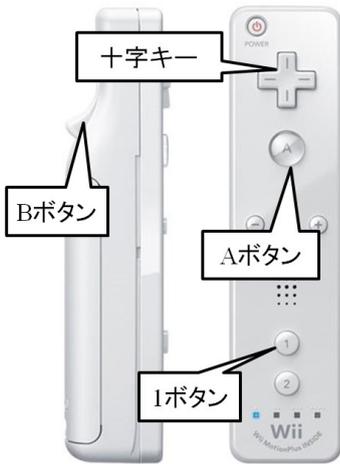


図 10 Wii リモコンと使用するボタンの配置

4.2 提案システムの流れ

本提案システムの全体の流れを図 11 に示す. 本提案システムではまず家具を設置する予定の部屋で行う作業と家具店で行う作業の 2 つがある. 部屋では部屋の 3 次元空間モデルのスキャニングを行い, 家具店ではレイアウト確認を行う. そして先に部屋での作業をした後, 家具店での作業を行うこととなる.

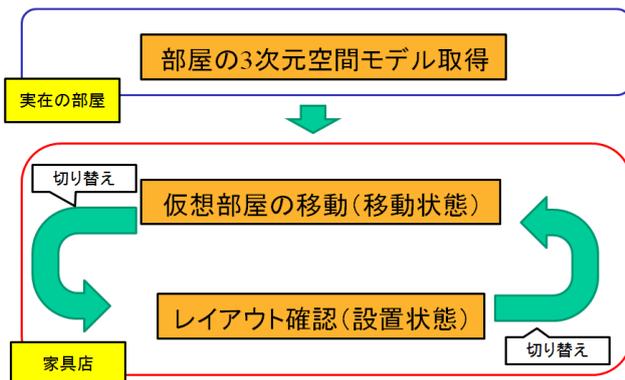


図 11 全体の流れ

4.3 部屋の 3 次元空間モデルの取得

この手順では Kinect を用いて部屋の 3 次元空間モデルを取得する. 4.1 節で述べた通り Kinect を用いた 3 次元空間モデルの取得には RTAB-Map というソフトウェアを使用した. 方法としては, 使用者は RTAB-Map を起動し Kinect を部屋空間内で様々な方向にむけながら歩き回ることを

10 分ほど行う. これにより部屋の 3 次元空間モデルの取得が完了する.

4.4 店頭環境下でのシステムの流れ

本提案システムの店頭環境下での流れは図 7 下部分に示した通りである. はじめに使用者には実物の家具に対し仮想の部屋の位置を調整してもらう. この時, 仮想の部屋は使用者の頭部位置に追従して表示される. 仮想の部屋を動かすことからこの状態を移動状態と定義する. 次に仮想の部屋の位置調整が完了した段階で手に持っているリモコンのボタンを押すことにより仮想の部屋の表示位置がその位置に固定される. 仮想の部屋が固定されている様子を使用者視点から見た画像を図 12 に示す. 仮想の部屋の表示位置が固定されている状態を設置状態と呼ぶこととする. また設置状態から再度リモコンのボタンを押すことで再び移動状態に移行することができる.

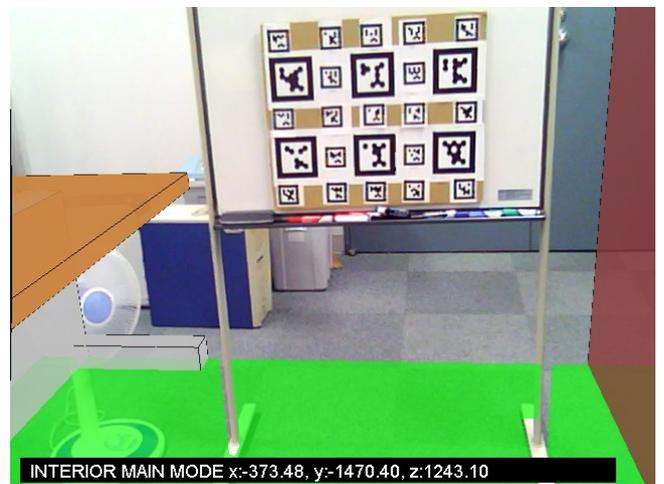


図 12 固定状態時の使用者視点

4.5 移動状態と移動状態からの切り替え処理

移動状態では使用者の装着している HMD に対して常に一定の位置関係で仮想の部屋が表示される. この仮想の部屋の基準点と HMD との位置関係を変換行列 A で表す. また, MR マーカから HMD と実物の家具との位置関係を常に取得している. この位置関係を変換行列 B で表す. そして取得した変換行列 A と B を用いて, 実物の家具と仮想の部屋の基準点との位置関係を算出する. ここで算出した位置関係を変換行列 C で表す. 式で表すと次のようにして産出される.

$$C = B \times A \quad (1)$$

それぞれの位置関係を図 13 に示す. この変換行列 C を用いることで実物の家具を中心とした座標系に仮想の部屋を描画し, 使用者から常に一定の位置に仮想の部屋が表示され続けるという状態を構成する. 移動状態から設置状態へ切り替える際には, 変換行列 C を保存する. また, この切り替えはリモコンの A ボタンと B ボタンを同時に押すことで実行されるよう設定した.

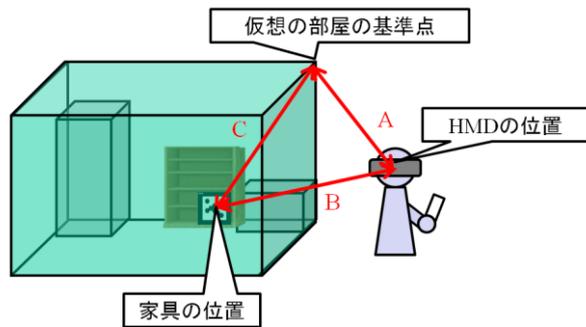


図 13 仮定の部屋と HMD と実物の家具の位置関係

#### 4.6 設置状態と設置状態からの切り替え処理

設置状態では実物の家具から移動状態で保存した変換行列 C で表される位置関係に仮定の部屋が表示される。また仮定の部屋の位置の微調整を行うための機能としてリモコンの十字キーを押すことにより、仮定の部屋の表示位置を前後左右に平行移動させることができる。設置状態から移動状態へ切り替える際には、まず MR マーカから移動状態と同じように変換行列 B を取得する。次に保存されている変換行列 C と取得した変換行列 B を用いて HMD と仮定の部屋の位置関係を表す変換行列 A を算出する。式で表すと次のようにして算出される。

$$A = B^{-1} \times C \quad (2)$$

設置状態から移動状態への切り替え操作は リモコンの A ボタンのみを押すことで実行されるように設定した。

#### 4.7 実物の家具と仮定の部屋のオクルージョン表現

MR 環境において仮想物をそのまま表示した場合、実物体の位置に関係なく仮想物が重なって表示されてしまい、現実感を損ねるといった問題点がある。これをオクルージョン問題といい、複合現実感において仮想物と実物の共在表現を行うためには確実に解決しなければいけない問題である。

本システムではその問題に対して OpenGL に備えられている機能の一つのステンシルマスキング機能を用いたマスク処理で解決を行った。

ステンシルマスキングとはステンシルバッファにのみ書き込みを行った後、ステンシルバッファのデータでマスキング箇所を判断しマスキングを行う方法である。

本実装においては、まず実物の家具と同じ形の仮想物を用意し、実物の家具と同じ位置に家具の仮想物をステンシルバッファにのみデータを書き込むようにして描画した。その後ステンシルバッファに書き込まれていない部分のみに仮定の部屋を表示することでマスキングを実現した。マスキングを行った状態が使用者に提示されている様子を図 14 に示す。

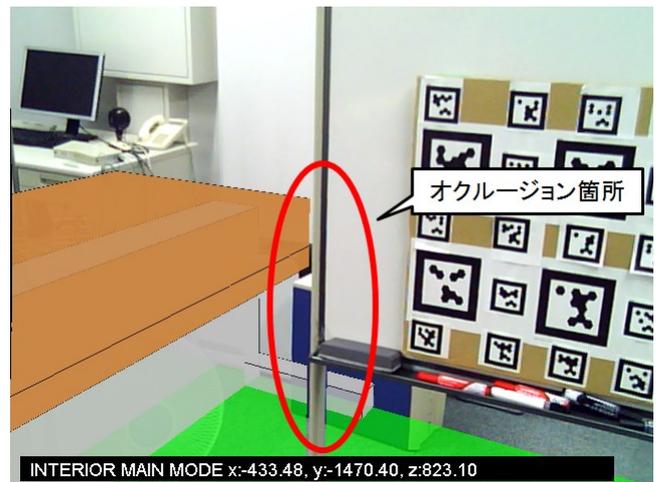


図 14 実物の家具(ホワイトボード)に仮定の部屋が遮蔽されている様子

## 5. 評価実験案

### 5.1 実験目的

本提案では部屋を 3 次元空間モデル化し、実物の家具に対して提示する。実験では本提案を用いた際の雰囲気の確認に対する有効性と使用者の想定位置との誤差を検証する。

### 5.2 実験内容

本実験では対象とする実物の家具と部屋の 3 次元空間モデルを予め用意し、被験者に仮定の部屋を指定した位置に設置する作業を行ってもらう。

また、3 次元空間モデルの再現度による被験者の体感の差と精度の比較を行うため、本実験では直方体等で部屋の概型を簡易的に作成したものと 3 次元スキャンし生成したものの 2 つを被験者に体験してもらう。

雰囲気の確認に対する有効性の検証として、3 次元スキャンし生成した 3 次元空間モデルと簡易成形した概型 3 次元空間モデルのどちらが雰囲気を体感できたかをアンケート形式で調査する。

また、使用者の想定位置との誤差についても同様な 2 つについて、予め指定した位置と被験者が部屋を設置した位置の誤差を調査する。

作業内容としては被験者には 3 次元スキャンし生成した 3 次元空間モデルと簡易成形した概型 3 次元空間モデルの 2 種類のモデルを仮定の部屋として、実物の家具に対してこちらが指示した位置に設置するといったことを行ってもらい、その後ユーザアンケートとしてどちらが雰囲気を体感できたかを調査する。

## 6. おわりに

従来のレイアウト確認の手法は図面や模型を用いるものであった。しかし図面を理解するには専門的な知識と経験を必要とし、模型では作成にコストがかかるという問題点が存在した。そのため従来研究ではコストを減らすため

に、レイアウト確認に MR 技術を導入し、実際の部屋に仮想の家具を表示し、家具を部屋に設置したイメージを提供するという手法に注目し、研究してきた。しかし、レイアウト確認を行うという需要が発生する環境は実際の部屋空間だけではなく、店頭のような目の前に実物の家具が存在するという環境も存在する。

そこで本研究では実物の家具に対する MR 部屋環境の提示手法を提案する。本提案では、実物の家具に対して予め用意した仮想の部屋を重畳し、提示することで、店頭のような環境においてもレイアウト確認を行うことができるシステムを実現した。実験では仮想の部屋を 3 次元スキャニングした 3 次元空間モデルで表示することで、部屋に家具を設置したときの雰囲気がより感じられるようになったか、また部屋を思った通りの場所に設置できているかどうかを検証する。

本システムによって、予め部屋の 3 次元空間モデルを取得することで、家具店においても容易にレイアウト確認が行えるようになると思われる。

**謝辞** 本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金 (C) 課題番号 26330229 (2014 年)、またキヤノン株式会社の支援により行われた。

## 参考文献

- 1) 千葉喬介, 平野晃昭, AR を利用した家具の仮想配置支援システム, 映像情報メディア学会技術報告 36(8), 93-96, 2012-02-11
- 2) 武尾健太, 齊藤剛, 拡張現実感を用いた家具配置システムの開発, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 2012 年 情報・システム(2), 133, 2012-03-06
- 3) IKEA オンラインカタログ  
[http://www.ikea.com/ms/ja%\\_JP/virtual%\\_catalogue/online%\\_catalogues.html](http://www.ikea.com/ms/ja%_JP/virtual%_catalogue/online%_catalogues.html)
- 4) TechCrunch: Watch How Matterport's Camera Captured A 3D Model Of TechCrunch HQ  
<http://techcrunch.com/2014/03/29/watch-how-matterports-camera-captured-a-3d-model-of-techcrunch-hq/>
- 5) Project Tango  
<https://www.google.com/atap/projecttango/>
- 6) RTAB-Map  
<http://introlab.github.io/rtabmap/>