

共生現実感のための眼鏡型空間共有システムの実装

伊藤 寛祥^{1,a)} 阿部 亨^{1,2,b)} 菅沼 拓夫^{1,2,c)}

概要: 我々は、現実・仮想を問わず異なる空間に存在するユーザやモノの情報を共有することで、高度なインタラクションを可能とする共生現実感 (Symbiotic Reality: SR) に関する研究を進めている。SR は、別々の空間を感覚的に融合させた共生空間を通してユーザに提供され、この共生空間は、ユーザに空間を提示する機能 (空間提示機能)、ユーザやモノの状態を獲得する機能 (状態獲得機能) 等を様々な形で実装した複数のシステムにより実現される。本稿では、眼鏡型の空間提示機能、および、眼鏡型空間提示機能と効果的に併用できる状態獲得機能を、透過型ヘッドマウントディスプレイ (HMD) とモーションセンサで実装したシステムを提案する。さらに、試作システムを用いた実験結果に基づき、提案システムの有効性に関する検討を行う。

Implementation of Glasses-type Space Sharing System for Symbiotic Reality

ITO TOMOYASU^{1,a)} ABE TORU^{1,2,b)} SUGANUMA TAKUO^{1,2,c)}

Abstract: We continue research on the symbiotic reality (SR), which achieves advanced interaction among users and objects by sharing their information in different spaces both of the real and virtual worlds. The SR is provided to the users through the symbiotic space, where various different spaces are merged sensuously. The symbiotic space is realized with multiple systems implementing several functions, such as presenting the space to the user and acquiring the status of the user, in various ways. In this manuscript, we propose a glasses-type space presentation system implemented with a see-through head-mounted display (HMD), and a user status acquirement system using a motion sensor which can be combined effectively with the glasses-type system. Furthermore, we discuss the effectiveness of our proposed systems based on the experimental results with the prototype system.

1. はじめに

計算機の小型化・高性能化に伴い、SNS や仮想空間などインターネットを利用したコミュニケーション手段が広く普及している。特に仮想空間に関しては、CG 技術や専用ツールの発展により教育やビジネスでの活用だけでなくアミューズメントなどでも利用され、より身近なものになりつつある。しかし、仮想空間でのコミュニケーションはユーザが操作するアバタ・オブジェクトを介して行われる

ため、現実空間での応用が困難であるという課題がある。この課題を解決するため、我々は共生現実感 (Symbiotic Reality: SR) を提案してきた [1]。これは図 1 に示すように、仮想空間上に現実空間を再現し、各種センサによって取得された現実空間の状態・状況を仮想空間に反映させることで、現実空間と仮想空間を重ね合わせる技術である。特に現実空間内でのユーザの状態は、ユーザに対応したアバタ (シンビオント) に反映され、このシンビオントが仮想空間内でユーザと同様の動きをする。これにより、ユーザはシンビオントを通じて現実空間から仮想空間に対してインタラクションを行うことが可能になる。

以上のように、異なる空間のユーザやモノの情報を共有し、それらとのインタラクションによって共生感を強化する論理的な空間を共生空間という [2]。ここで共生感とは、

¹ 東北大学大学院 情報科学研究科
Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

² 東北大学 サイバーサイエンスセンター
Cyberscience Center, Tohoku University

a) tomoyasu@ci.cc.tohoku.ac.jp

b) beto@cc.tohoku.ac.jp

c) suganuma@cc.tohoku.ac.jp

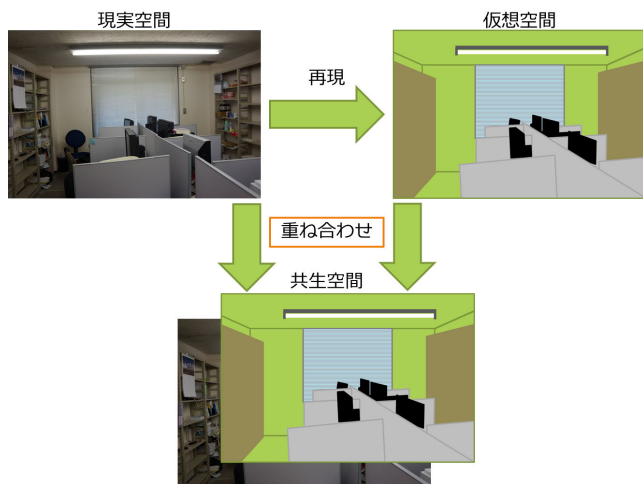


図 1 SR のイメージ概要

Fig. 1 Overview of SR

ユーザが違和感なく他空間のユーザやモノの存在を相互かつ同様に感じる感覚のことを指す。共生空間は、ユーザに空間を提示する機能（空間提示機能）、ユーザやモノの状態を獲得する機能（状態獲得機能）等を様々な形で実装した複数のシステムで構成される空間共有システムにより実現される。本稿では、眼鏡型の空間提示機能、および、これと効果的に併用できる状態獲得機能を、透過型ヘッドマウントディスプレイ（HMD）とモーションセンサで実装したシステムを提案する。さらに、試作システムを用いた実験結果に基づき、提案システムの有効性に関する検討を行う。

2. 関連研究

SR による共生空間を提示する既存のシステムとして、鏡型のシンビオミラー [3] と額縁型のシンビオフィーム [4] がある。シンビオミラーは現実空間と仮想空間の両方に設置され、互いの空間を鏡像のように対向させて表示するシステムである。シンビオミラーの概念を図 2 に示す。このシステムでは、距離画像センサを用いて、現実空間のユーザの位置や動きを取得し、それらを仮想空間のオブジェクトに反映させている。そのため、現実空間のユーザは、鏡像として映し出された空間に存在するユーザと互いに位置を認識しながらインタラクションが可能となる。また対向する空間を、壁面に設置したスクリーンなど大型の表示装置で提示するため、複数人で利用可能、両手が空くためインタラクションが自由、空間を提示する位置が固定、提示のための広い壁面が必要、などの特徴がある。

シンビオフィームはタブレット端末上で共生空間を表示するシステムである。シンビオフィームの概念を図 3 に示す。このシステムでは、端末上に背面カメラで撮影した映像と仮想空間にのみ存在するアバタやオブジェクトを重ねて表示し、端末の移動に合わせて表示を更新する。このときタブレット端末は、表示機器と移動を検出するセンサ

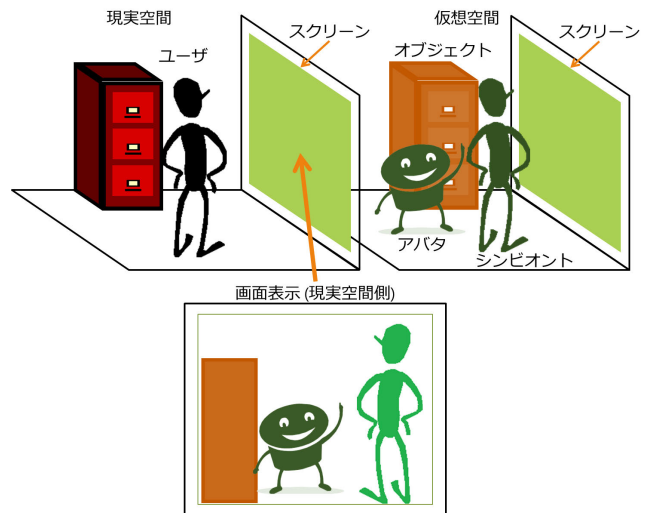


図 2 シンビオミラーの概念

Fig. 2 Concept of Symbio-mirror

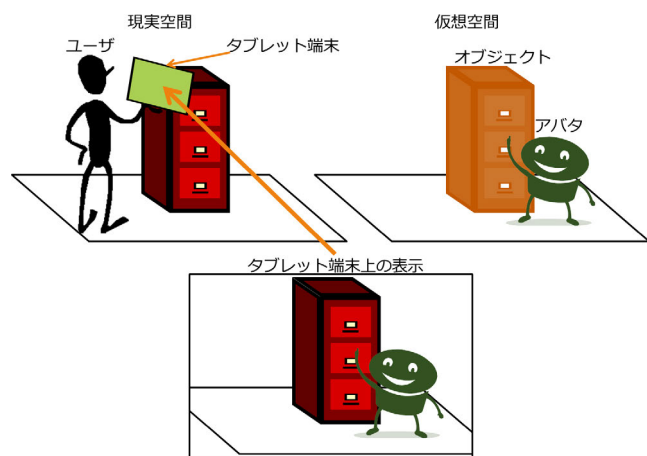


図 3 シンビオフィームの概念

Fig. 3 Concept of Symbio-frame

を兼ねる。そのため、空間を提示する位置が自由に移動可能、表示画面が小さい、端末を持つ必要があるためインタラクションが制限、などの特徴がある。

これらのように、共生空間を提示するシステムにはそれぞれ特徴があるため用途に応じて使い分ける必要がある。

3. 提案

3.1 シンビオグラス

共生空間を提示する新たな手法として、HMD を用いた眼鏡型の空間共有システムであるシンビオグラスの基本機能を提案してきた [5]。本稿では新たにモーションセンサを組み合わせることで、効果的にユーザの状態を獲得可能なシステムを提案する。

シンビオグラスは透過型 HMD 上に仮想空間にのみ存在するアバタやオブジェクトを切り出して表示し、ユーザの移動に合わせて表示を更新するシステムである。これにより、ユーザには現実空間上に仮想空間のアバタやオブジェ

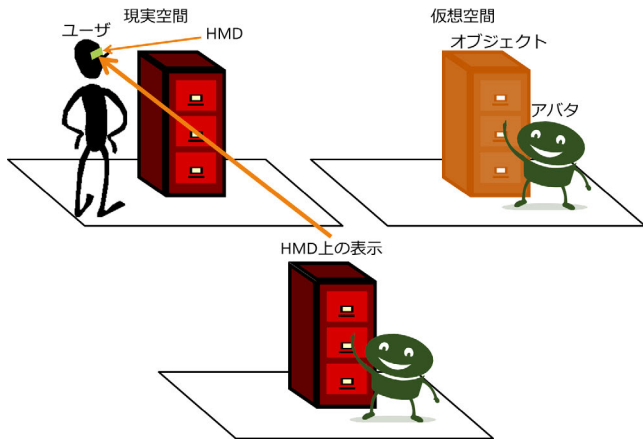


図 4 シンビオグラスの概念
Fig. 4 Concept of Symbio-glass

表 1 提案システムと既存システムとの比較

Table 1 Comparison of proposed system with existing systems

	表示画面	両手の自由	環境の制限	提示位置	人数※	身体的装着
鏡型	大	○	△	固定	複数	-
額縁型	小	△	-	可変	-	-
眼鏡型	-	○	-	可変	1人	有

※ インターフェースあたりの対応人数

クトが存在しているように見える。シンビオグラスの概念を図 4 に示す。

提案システム（眼鏡型）と既存システム（鏡型、額縁型）との比較を表 1 に示す。提案システムでは空間を提示する位置がユーザの視点と一致、両手を使ったインタラクションが可能、ユーザそれぞれに HMD が必要、身体へのデバイスの装着が必要、などの特徴がある。本システムは、シンビオミラーやシンビオフレームと異なる特徴を持つことで、空間を提示する位置の移動と両手を用いたインタラクションを同時に行うなど、従来のシステムを使用し難い場合に有効な手段を提供できると考えられる。

3.2 モーションセンサを用いた状態獲得機能

現実空間から仮想空間に対するインタラクションについて、シンビオミラーでは現実空間に設置された距離画像センサを用いて簡単なジェスチャを認識し、シンビオントに反映させている。しかし、シンビオグラスでは空間を提示する位置がユーザに依存するため、ユーザがセンサに対して必ずしも正面を向くとは限らない。従って、ユーザ自身の身体などの遮蔽物によってジェスチャの認識が出来ないという問題があった。

この問題に対して、本稿ではユーザに直接センサを装着することで解決を図る。具体的にはシンビオグラスで利用する HMD にモーションセンサを取り付け、ユーザの動きを取得する。これにより現実空間内でのユーザの位置に依存することなくユーザの動きを取得することが可能となる。

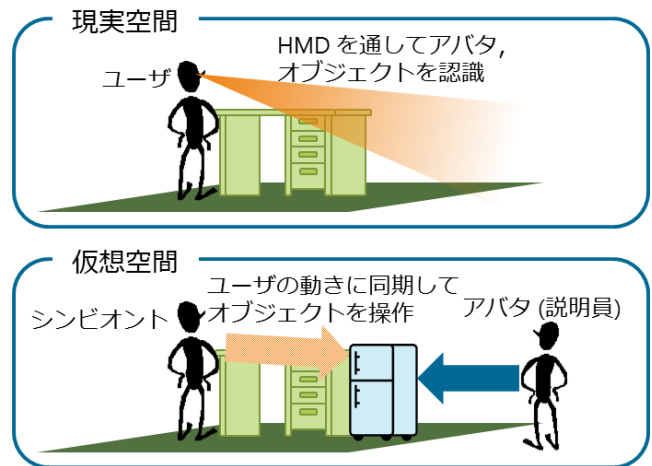


図 5 買い物支援システムの概要
Fig. 5 Overview of shopping assistance system

また、副次的な効果としてセンサの有効範囲を空間全体からユーザ周辺に限定することに繋がっている。そのため小型化されたセンサで高精度化な状態獲得が可能となる。

3.3 応用例

シンビオグラスの応用例として、家具などの買い物を支援するシステムが考えられる。これは図 5 に示すように購入対象の設置場所を共生空間とし、商品の代わりにオブジェクトを設置することで購入後のシミュレーションを行うものである。現実空間の実際に設置する場所に、仮想空間にある商品を重ねて表示することで、より実用的なシミュレーションが可能であるため、ユーザはこれまでの商品の検討方法と比べてより実生活に近い環境で商品の検討ができる。また商品を販売する販売員などは、仮想空間にアバタとして参加することで遠隔地からシンビオントとのコミュニケーションが可能となる。これによりオブジェクトを用いたより詳しい商品の紹介や比較ができるため、購入後の満足度を高めることに繋がる。

他の応用例として、3D モデルのデザインなど創作活動での支援が挙げられる。これは仮想空間のオブジェクトの形状やテクスチャをユーザ自身に変更することで、造形作業をオブジェクトに対して行うものである。特に、コンセプトモデルや試作品のような量産されないものをオブジェクトとして作成することで、イメージの具現化や直感的な編集を行うことができる。

4. 実装・実験

4.1 システムの構成

シンビオグラスの設計にあたって、本稿では MPCCS フレームワーク [6] に従う。MPCCS フレームワークとは、システムを Model, View, Controller の 3 要素に分割して設計する MVC フレームワーク [7] を拡張し、空間共有システムの設計開発方法論として定式化したものである。共生

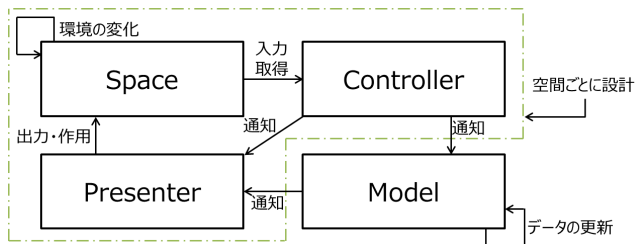


図 6 MPCS フレームワークによる空間共有システムの表現

Fig. 6 Expression of space sharing system based on MPCS framework

表 2 MPCS フレームワークのモジュール

Table 2 Module of MPCS framework

モジュール	機能	例
Model	データを集約	サーバ
Presenter	情報の表現	ディスプレイ
Controller	入力の受け取り	センサ
Space	共生空間に参加する空間	仮想空間

空間を提示する機能は特徴と用途によって使い分ける必要があるが、そのためにシステムの設計が複雑になる課題がある。MPCS フレームワークを用いて設計することで、システムの設計プロセスが複雑になることを防ぎ、モジュールの変更により他の用途への対応が容易となる。MPCS フレームワークでは、共生空間の提示システムは図 6 のように表現される。ここで、共生空間を構成する要素はそれぞれ表 2 のような機能を持っている。このとき、図 6 において破線で区切られた Presenter, Controller, Space は空間ごとに設計し、それらのデータは単一の Model に集約される。

シンビオグラスのシステム構成を図 7 に示す。このシステム構成を MPCS フレームワークに沿って表現すると図 8 のようになる。本システムでは、ユーザの情報として、ユーザ自身の位置・向きとユーザの手指の位置を取得している。これらはデータ中継用の HTTP サーバを経由して、Model にあたる OpenSim サーバに送信される。Presenter には透過型 HMD である MOVERIO[8] を用い、仮想空間のみに存在するアバタやオブジェクトを切り出して表示する。これにより、ユーザには現実空間に仮想空間のアバタやオブジェクトが存在するように見える。ユーザの位置は距離画像センサを、向きは Android 端末をそれぞれ Controller として用いることで取得している。これらをシンビオントに反映させることで、現実空間と仮想空間でユーザの視点が常に一致することになる。

また、現実空間から仮想空間へのインタラクションのために取得されたユーザの手指の位置を用いる。提案システムではこのための Controller として、Leap Motion[9] というモーションセンサを用いる。これにより、モーションセンサを中心とした 3 次元での手指の位置を取得できる。これを仮想空間に反映させることにより、ユーザは HMD に

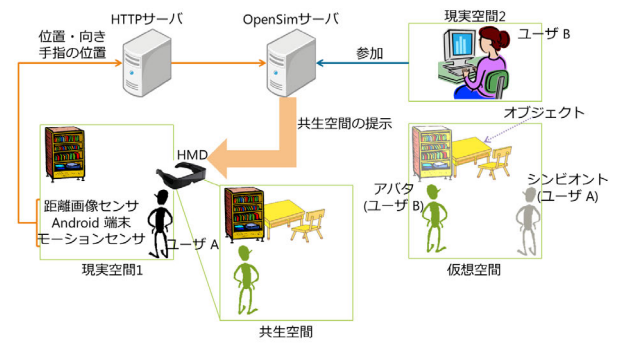


図 7 シンビオグラスのシステム構成

Fig. 7 Structure of Symbio-glass

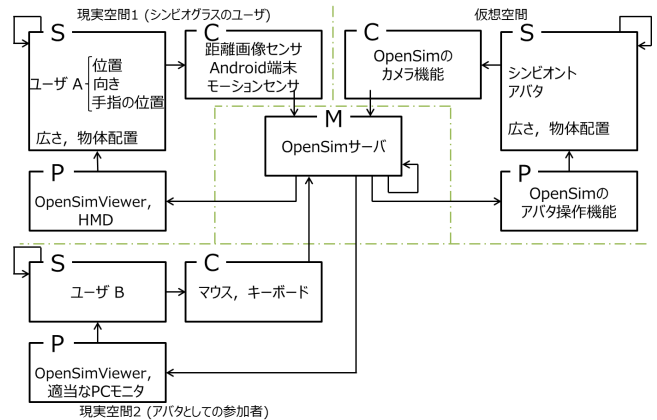


図 8 シンビオグラスの MPCS フレームワークによる表現

Fig. 8 Expression of Symbio-glass using MPCS framework

表示されたオブジェクトに対して様々なインタラクションが可能となる。

4.2 予備実験

4.2.1 実験概要

モーションセンサの利用に関して、研究所の一般公開の際に一般の方約 120 人を対象として予備実験を行った。目的は、事前知識や特別な習熟なしにモーションセンサによる操作が可能か検証することである。実験は図 9 に示すように上部にモーションセンサを取り付けた HMD を装着してもらい、顔の前で手を動かすことで図 10 に表示されるアイコンの画像を動かすものである。この画像はモーションセンサで検出した人差し指の先端に従って上下左右に動くようになっている。また、本実験では、被験者の位置を取得する距離画像センサと、向きを取得する Android 端末は省略している。本実験でのシステム構成の概略を図 11 に示す。モーションセンサはノートパソコンに接続され、ノートパソコン上で画像を動かす処理を行っている。それをスタンドアローンで動作する HMD に Wi-Fi 経由で表示している。

4.2.2 実験結果・考察

被験者へのインタビューを行った結果、概ね以下のよう

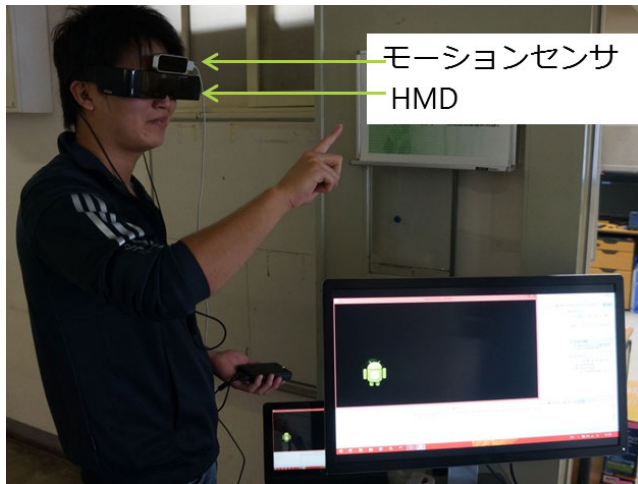


図 9 実験の様子

Fig. 9 Scene of experiment

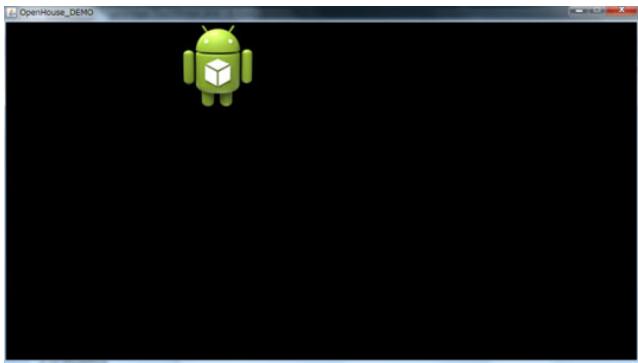


図 10 表示画面

Fig. 10 Displayed image

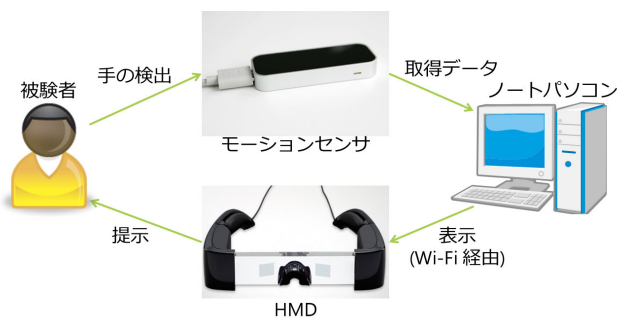


図 11 実験でのシステム構成

Fig. 11 Structure of system in this experiment

な意見を得た。

(i) 操作を直感的に行うことができた。

(ii) 手を前後に動かすのに合わせて画像が拡大・縮小すれば良かった。

(iii) 指の位置と画像が離れているため、感覚的に操作しづらかった。

(i) に関して、本実験の目的である特別な習熟なしに操作可能かという点については、本実験程度の複雑でない操作であれば問題なく行えると考えられる。ただし、実際に

現実空間から仮想空間に対してインタラクションを行う場合、ジェスチャなどより複雑な動きが必要になることも考えられる。その場合、どのような動きが適しているか検討する必要があると考えられる。

(ii), (iii) に関して、本実験の構成ではユーザに対して前後方向の情報を取得していなかったことに起因する。特に (iii) は、どの程度、離れた位置に画像が提示されていると感じるかが被験者によって異なるために起きている。そのため前後方向の情報を利用し、HMD 上での表示位置を補正する必要がある。

5. まとめ

本稿では空間共有システムの機能として、眼鏡型空間提示機能、および、眼鏡型空間提示機能と効果的に併用できる状態獲得機能を HMD とモーションセンサで実装したシステムを提案した。また試作システムを用いた予備実験を行い、HMD 上の表示に対して提案した手法を用いることで、特別な習熟なしに簡単な操作が可能であることを確認した。今後は HMD 上での表示位置の補正についての検討と、仮想空間のオブジェクトに対する様々なインタラクションの実装を進める予定である。

参考文献

- [1] 菅沼拓夫, 野口博司, 高橋秀幸, 白鳥則郎: 共生コンピューティングに基づく現実・仮想空間の融合とその応用に関する一考察, FIT2009, Vol.4, pp.311-312 (2009)
- [2] Noguchi, H., Suganuma, T. and Kinoshita, T.: *Perceptual Integration of Real-Space and Virtual-Space Based on Symbiotic Reality*, SCMAS2010, pp.788-793 (2010)
- [3] Kawamura, T., Abe, T. and Suganuma, T.: *A Design of State Acquisition Function using Range Image Sensor for 3D Symbiotic Space*, SCMAS2013, pp.622-627 (2013)
- [4] 森瞬, 阿部亨, 菅沼拓夫: 共生型 3 次元仮想空間における空間提示機能の高度化, DPSWS2013 論文集, pp.95-98 (2013)
- [5] 伊藤寛祥, 川村拓弥, 阿部亨, 菅沼拓夫: 3 次元共生空間における HMD を用いた空間提示手法の提案, 情報処理学会 第 76 回全国大会, 2ZA-4 (2014)
- [6] 川村拓弥, 阿部亨, 菅沼拓夫: MPCS フレームワークに基づく鏡型空間共有システムの設計, (発表予定) インタラクション 2015, (2015)
- [7] Krasner, G. E. and Pope, S. T.: *A Cookbook for Using the Model-View-Controller User Interface Paradigm in Smalltalk-80*, JOOP, pp.26-41, 48-49 (1988)
- [8] MOVERIO, 入手先 <<http://www.epson.jp/products/moverio/>>
- [9] Leap Motion, 入手先 <<https://www.leapmotion.com/>>