

# 共生型3次元仮想空間における 空間提示機能の高度化

森 瞬<sup>1,a)</sup> 阿部 亨<sup>1,2</sup> 菅沼 拓夫<sup>1,2</sup>

**概要：**我々は、現実空間と仮想空間を感覚的に融合することで、両空間でのユーザ間のコミュニケーションを効果的に支援する共生型3次元仮想空間システムに関する研究を進めている。本稿では、共生型3次元仮想空間システムを実現するための共生感提供機能において、仮想空間を現実空間へ提示する空間提供機能の多様化・高機能化を図るために、従来の鏡型空間提示機能とは異なる額縁型空間提示機能を新たに提案する。さらに、この機能をタブレット端末に実装したシンビオフィレームを用い、その特徴を検証する実験を行った結果を述べる。

## 1. はじめに

近年のコンピュータやネットワークの機能・性能の向上により、かつては構築が困難であった大規模な3次元仮想空間が比較的容易に構築できるようになり、Second Life [1] に代表されるような大規模な3次元仮想空間が実際に運用されてきた。しかし、これら従来の3次元仮想空間におけるサービスは、主に仮想空間でのアバタの活動を介して間接的に提供されるため、現実空間におけるユーザが直接的に得られる日常生活上のメリットが限定的であるという課題を残している。これに対し、我々は、現実空間および仮想空間のユーザが互いの空間やその中のユーザの存在を感じる感覚「共生感」に着目した Symbiotic Reality(SR) 技術 [2] を提案し、この技術を用いた共生型3次元仮想空間システムにより、従来の3次元仮想空間における前述の課題の解決を目指している。

共生型3次元仮想空間システムは、現実空間と同様の空間サイズ、オブジェクト配置を持つ3次元仮想空間を現実空間と重ね合わせるシステムである。このシステムでは、SR 技術に基づく共生感提供機能により、現実空間に設置した各種センサで獲得した環境情報や人・物の状態を仮想空間のアバタやオブジェクトへ積極的に反映・提示することで、現実空間と仮想空間を感覚的に融合し、両空間のユーザ間のコミュニケーションの促進を図っている。

共生感提供機能は、その目的により、現実空間に設置さ



図 1 Second Life

れた各種センサを用いて現実空間の環境情報や人・物の状態を獲得する「状態獲得機能」、獲得した状態を仮想空間のアバタやオブジェクトに反映させる「状態反映機能」、仮想（現実）空間の様子を現実（仮想）空間のユーザに提示する「空間提示機能」等に分けることができる。現実空間と仮想空間の高度な融合、両空間におけるユーザ間コミュニケーションの効果的支援を実現するためには、共生感提供機能の各機能について、状況や意図に応じた適切な手法が選択できるよう、多様化・高機能化をさらに進める必要がある。

そこで本稿では、共生感提供機能の中の空間提示機能に焦点を当て、その多様化・高機能化を図るために、従来の鏡型空間提示機能とは異なる額縁型空間提示機能を新たに提案する。さらに、この機能をタブレット端末で実現したシンビオフィレームの基本設計について説明し、実装したシ

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

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

a) mori@ci.isc.tohoku.ac.jp

ンビオフレームを用い、その特徴を検証するために行った実験の結果を述べる。

## 2. 鏡型空間提示機能 — シンビオミラー

SR 技術により構築された共生型 3 次元仮想空間システムの一つにシンビオミラー [3], [4] がある。図 2 に、シンビオミラーが動作している様子を示す。シンビオミラーでは、現実空間のユーザに対応したアバタが仮想空間に存在し、状態獲得機能、状態反映機能により、現実空間のユーザの動作に同期して、仮想空間でアバタが動作する。仮想空間の様子を現実空間のユーザに提示するための空間提示機能は、鏡のメタファに基づいたインタフェースとして設計されており、これを鏡型空間提示機能と呼ぶ。

日常生活で鏡を覗くと、そこには、自分自身が存在する現実空間の様子が左右反転して映し出される。これと同様に、鏡型空間提示機能は、現実空間に対応する仮想空間の様子を左右反転して現実空間のスクリーンへ映し出す。一方、仮想空間では、スクリーンへ対応する箇所に、現実空間のライブ映像が映し出される。このように、鏡型空間提示機能では、現実空間と仮想空間の関係を、鏡を挟んで向い合う実体とその鏡像の関係に置き換えることで、両空間の重ね合わせ（融合）を行っている。

鏡型空間提示機能を用いたシンビオミラーには、以下の特徴がある。

- 現実空間/仮想空間を映し出すスクリーンが固定されて設置される
- 現実空間/仮想空間の関係が実体と鏡像の関係に置き換えられる

シンビオミラーでは、スクリーンが固定されて設置されるため、大きなスクリーンやディスプレイを用いることができ、表示画面を大きくすることができる。さらに、ユーザは、スクリーンを把持する必要がなく両手が自由になるため、ジェスチャを含めたコミュニケーションが可能となる。また、鏡に映し出された鏡像として自身の状態を確認する作業は、日常生活で普通に体験されることであるため、空間内での自身の位置を把握する等の作業は、鏡型空間提示

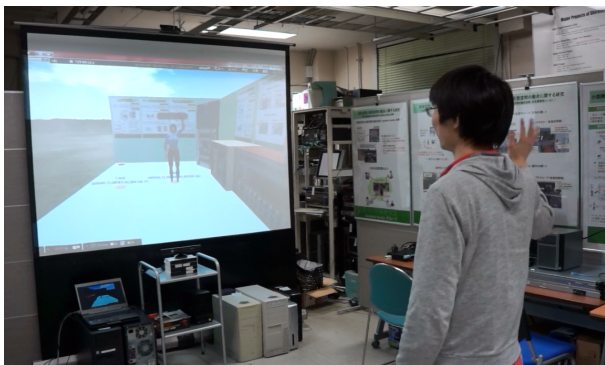


図 2 シンビオミラー

機能により容易になると考えられる。一方、仮想空間の様子を映し出す際の視点が固定されるため、アバタやオブジェクトの背後等は、提示することができない。また、文字や記号は、左右の向きが理解のための重要な手掛りとなるため、鏡型空間提示機能で左右反転して提示した場合、理解が難しくなるという問題がある。

## 3. 額縁型空間提示機能

本稿では、空間提示機能の多様化・高機能化を図るために、鏡型とは異なる新たな額縁型空間提示機能を提案する。額縁型空間提示機能は、現実空間のユーザが携帯するタブレットなど小型端末の表示画面へ、仮想空間の映像から切り出したアバタやオブジェクトと小型端末で撮影した現実空間のライブ映像を重ね合わせて提示するものである。

額縁型空間提示機能のイメージを図 3 に示す。額縁型空間提示機能を用いる際は、鏡型を用いる場合と同様に、状態獲得機能、状態反映機能により、現実空間のユーザの動作に同期するよう仮想空間でアバタを動作させる。さらに、現実空間の映像の視点の位置・向き（小型端末の位置・向き）も獲得し、仮想空間の映像の視点の位置・向きをそれに同期させる。これにより、現実空間と仮想空間で視点を一致させ、小型端末に提示される両空間の重ね合わせ（融合）が自然な映像となるようにする。

額縁型空間提示機能の特徴としては以下が挙げられる。

- 現実空間映像/仮想空間映像の視点を自由に移動できる
- 現実空間のライブ映像に仮想空間のアバタやオブジェクトを重ねて提示される

額縁型空間提示機能は、機器の設定・移動が容易な小型端末での利用を想定しているため、鏡型とは異なり、表示面および視点を自由に変更することができる。従って、アバタやオブジェクトの背後の提示や、注目箇所に近づき拡大しての提示などが可能となる。また、ユーザの視点に近い位置からの現実空間の映像に対し、仮想空間のアバタやオブジェクトを重ね合わせるため、ユーザの主観的な印象に近い映像を提示できる。しかし、小型端末を携帯する必要があるために、ジェスチャ等ユーザの動きが一部制限される可能性がある。また、主観的視点からの映像が提示され

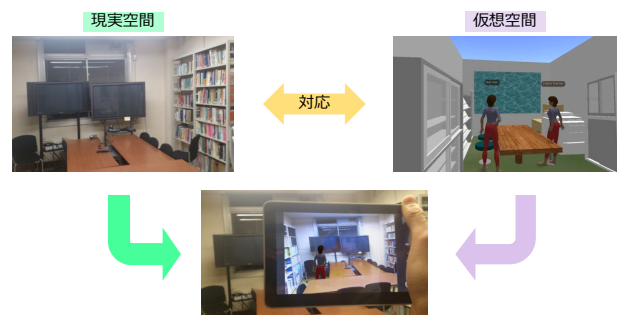


図 3 額縁型空間提示機能

るため、空間内での自身の位置の把握など客観的視点からの情報を必要とする作業には適さない恐れがある。

以上のように、額縁型空間提示機能には、鏡型空間提示機能の特徴を補完する機能の実現が期待できる。

#### 4. シンビオフレームの設計・実装

提案する額縁型空間提示機能を用いた共生型3次元仮想空間システムを実現するシンビオフレームの設計・実装を行った。システムの構成を図4に示す。システム全体は、仮想空間提供サーバ、データ中継サーバ、位置計測装置、タブレット端末で構成される。

タブレット端末では、背面カメラによる現実空間のライブ映像の撮影、地磁気センサによるタブレット端末の向きの計測、ディスプレイによる空間提示が行われる。今回、位置計測装置にはKinectを使用し、これによりタブレット端末の位置を計測し、タブレット端末の向きと共にデータ中継サーバへ送信される。タブレット端末の位置・向きは、OpenSim [5]サーバである仮想空間提供サーバへさらに転送され、仮想空間の映像を生成する際の視点制御に用いられる。今回用いた主な実装環境は以下の通りである。

- タブレット端末: VAIO Duo 11[6]
  - OS: Windows 8 64ビット
  - CPU: Intel Core i5-3337U @ 1.80GHz
  - メモリ: 4.00 GB
- 地磁気センサ: タブレット端末に搭載
- カメラ: タブレット端末に搭載
- 位置計測装置: Kinect[7]
- 実装言語: C#, Linden Script Language

額縁型空間提示機能を実現するために次の2つの機能を実装した。

##### 【F1】仮想空間内視点の制御

タブレット端末の位置・向きに応じて仮想空間内の視点の位置・方向の制御を行う機能である。タブレット端末の位置・向きの情報を保持するデータ中継サーバには、Webサーバを構築しておく。仮想空間提供サーバは、

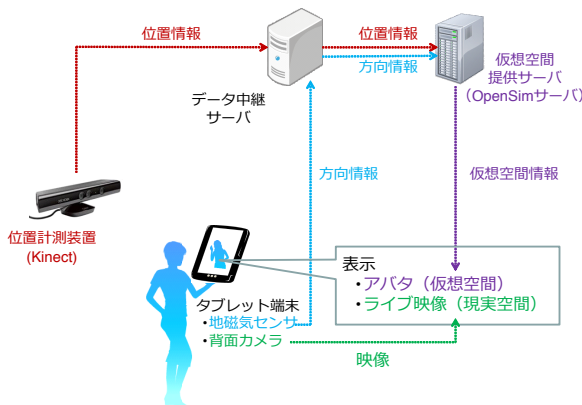


図4 シンビオフレームのシステム構成

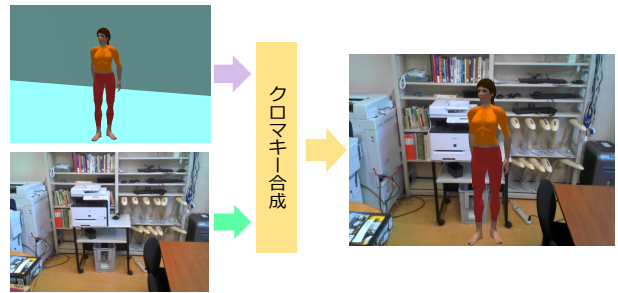


図5 現実空間の映像と仮想空間の映像の重ね合わせ

OpenSimのスク립ト機能であるllHTTPRequest関数を利用して、データ中継サーバへHTTPリクエストを送信し、それへの応答として、保持された情報を受信する。受信した情報に基づき、OpenSimのスク립ト機能であるllSetCameraParams関数を利用して、仮想空間の映像を生成する際の視点を制御する。

##### 【F2】ライブ映像とアバタの合成

図5に示すように、現実空間の映像と仮想空間の映像から切り出したアバタやオブジェクトを重ね合わせ、タブレット端末の表示画面へ提示する機能である。今回は、映像合成ツール[8]をタブレット端末上で動作させることで、アバタやオブジェクトの領域をクロマキーにより仮想空間の映像から切り出し、得られた領域を現実空間のライブ映像に重ね合わせたものをタブレット端末の画面へ表示した。

#### 5. 実験・評価

今回提案した額縁型空間提示機能の特徴を検証するため、額縁型空間提示機能を用いたシンビオフレームと、従来の鏡型空間提示機能を用いたシンビオミラーとの比較実験を行った。実験では、シンビオフレームとシンビオミラーを使用し6人の被験者が以下の2つのタスクを行った。

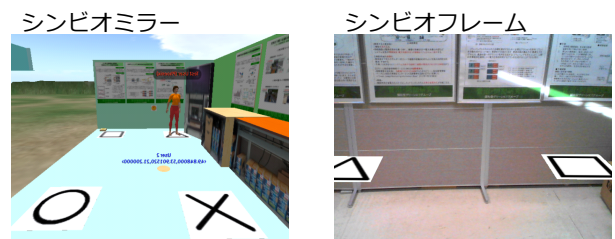


図6 タスクA



図7 タスクB

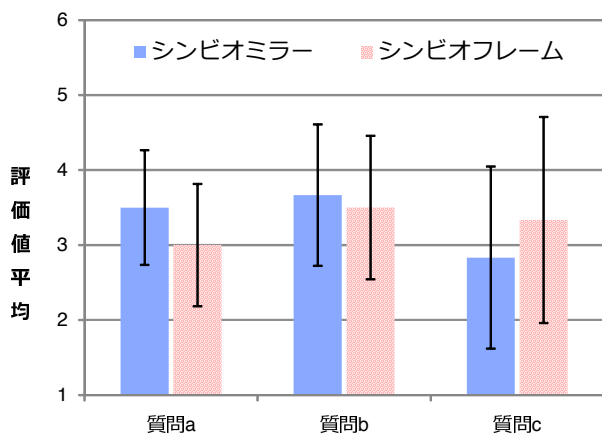


図 8 実験結果 (タスク A)

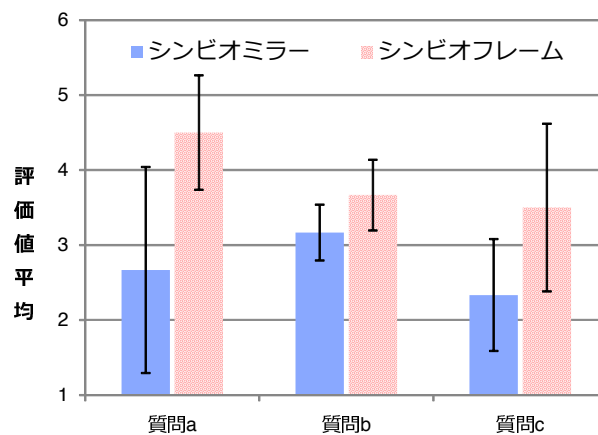


図 9 実験結果 (タスク B)

**タスク A** 仮想空間の四隅に配置されたマーク (○, ×, △, □) の位置へ指定した順に移動する (図 6)

**タスク B** 仮想空間のアバタ (他のユーザが操作) が持つ板に書かれた言葉を読み取る (図 7)

各タスクを実行直後、被験者は、以下の質問に対し 5 段階の評価を行った。

**質問 a** タスクを容易に実行できたか

**質問 b** 自分の動きに対して適切にシステムが動作したか

**質問 c** 仮想空間側と空間を共有しているように感じたか

各質問に対する評価値の平均と標準偏差を図 8 と図 9 に示す。

質問 a に関し、タスク A では、シンビオミラーを使用した場合の評価値が高かった。これは、シンビオミラーでは、空間内での自身の位置を被験者が容易に把握できたためと考えられる。一方、タスク B では、シンビオフィレームを使用した場合の方が評価値が高かった。これは、シンビオフィレームでは、視点を対象へ自由に近づけることができ、また、シンビオミラーとは異なり、左右反転せずに文字を表示しているためと考えられる。

質問 c に関しては、タスク A, B ともに、シンビオフィレームを使用した場合の評価値が高かった。これは、シンビオフィレームでは、被験者の動きに合せ視点が自由に移動できること、さらに、現実空間のライブ映像を背景として表示していることが理由と考えられる。

## 6. おわりに

本研究では、現実・仮想両空間のユーザ間コミュニケーションの支援を目的とした共生型 3 次元仮想空間システムにおいて、共生感提供機能の高度化を図るために、従来の鏡型空間提示機能とは異なる新たな額縁型空間提示機能を提案した。また、額縁型空間提示機能をタブレット端末で実現したシンビオフィレームを実装し、その特徴を検証するための実験を行った。

今後は、現実空間側フレーム上でアバタの動きをより滑

らかに表示する方法や、仮想空間側でのフレームの提示方法など、シンビオフィレームの実装方法について改良を進め、また、ヘッドマウントディスプレイ等の表示装置を用いた新たな空間提示機能についても検討を行う予定である。

## 参考文献

- [1] <http://www.secondlife.com/>.
- [2] Hiroshi Noguchi, Takuo Suganuma, Tetsuo Kinoshita, "Perceptual Integration of Real-Space and Virtual-Space Based on Symbiotic Reality," 1st International Workshop on Symbiotic Computing and Multiagent Systems (SC-MAS2010), Nov. 2010.
- [3] 野口博司, 高橋秀幸, 菅沼拓夫, 白鳥則郎, "共生型 3 次元仮想空間の構成とその応用に関する一考察," 信学技報, Vol. 109, No. 189, IN2009-42, pp. 17-22, Sep. 2009.
- [4] 野口博司, 高橋秀幸, 菅沼拓夫, 白鳥則郎, "共生型 3 次元仮想空間における共生感提供機能の一構成," 情報処理学会 創立 50 周年記念大会 (第 72 回) 全国大会講演論文集, 5ZC-7, pp. 3-465-3-466, Mar. 2010.
- [5] OpenSimulator, <http://opensimulator.org/>.
- [6] <http://www.sony.jp/vaio/products/VD21/>.
- [7] <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>.
- [8] <http://live.nicovideo.jp/encoder/>.