

M-030

## 共生型 3 次元仮想空間のための QoS 制御方式の設計

## Design of QoS control scheme for symbiotic 3D virtual space

野口 博司<sup>†,‡</sup> 高橋 秀幸<sup>†</sup> 菅沼 拓夫<sup>†,‡</sup> 白鳥 則郎<sup>†,‡</sup>  
 Hiroshi Noguchi Hideyuki Takahashi Takuo Suganuma Norio Shiratori

## 1. はじめに

近年, 新たなサイバー社会の基盤技術として 3 次元仮想空間技術が再注目されている [1]. しかし, 現状の 3 次元仮想空間システムでは現実空間に存在するユーザが直接的に得られるサービスは限定的であり, 人々の実生活に浸透し直接的に支援するまでには至っていない.

そこで我々は, 3 次元仮想空間による, 現実空間の人々の生活を高度に支援するシステムの実現を目指し, 現実空間と仮想空間の融合に基づく生活支援システムの研究開発を進めている [2]. 具体的には, 現実空間でのユーザの挙動や環境情報などを 3 次元仮想空間に導入することで現実空間と仮想空間の融合を実現する「共生型 3 次元仮想空間」を提案している. 現実空間と仮想空間を融合する際には, 現実空間からの情報の流入により, 仮想空間の提供するサービス品質 (QoS) が劣化する問題がある. 本研究ではこの問題に着目し, 現実空間からの情報流入量を調整することにより仮想空間の QoS を制御する, 共生型 3 次元仮想空間のための QoS 制御方式を提案する. 本稿では特に, 本提案方式の基本設計, および実装を進めているプロトタイプシステムについて述べる.

## 2. 関連研究

限られた計算機・ネットワーク資源を効果的に利用し, 3 次元仮想空間の QoS (ここでは画面表示の品質) を高めるための研究例が多数存在する. QoS 制御とは, 描画処理の一部を省略するなど, システムへの負荷を軽減させるシステム制御である. 例としては, 仮想空間内のユーザの動作と資源状況に基づいて表示を省略するオブジェクトを選択する手法 [3] や, ユーザの知覚特性に基づいて, 品質の低下を感じさせずに資源の有効な使用を実現する手法 [4] 等がある.

現実空間と仮想空間の融合の観点では, 現実空間からの環境情報を利用したサービス提供に関する研究例がある. 現実空間の環境情報を情報システムに取り込むことにより, より柔軟で高度な機能が提供できるが, 過剰な環境情報の流量により, 計算機・ネットワーク資源を圧迫し, QoS が低下してしまう. [5, 6] では, 現実空間から取り入れる環境情報の品質 (QoC: Quality of Context) と QoS の関係が重要である点が指摘されている.

我々が対象としている, 現実空間と仮想空間を融合する際の仮想空間の QoS 劣化問題は, これらの研究成果と関連が深い, 現実空間との密接な連携を前提とした 3 次元仮想空間の QoS 制御手法に関する研究は未だ行われていない.

## 3. 提案

## 3.1. 共生型 3 次元仮想空間

図 1 に現実空間と仮想空間の融合に基づく共生型 3 次元仮想空間のイメージを示す. 図の左側の空間が現実空間の

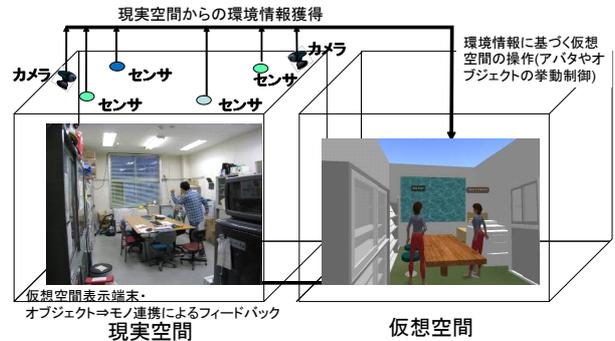


図 1 現実空間と仮想空間の融合に基づく共生型 3 次元仮想空間

室内の様子を表しており, 右側の空間が現実空間をモデル化して再現した仮想空間での室内の様子を表している. 図中の矢印は情報の流れを示している. 現実空間にはカメラや各種センサが設置され, 室内の温度や湿度といった環境情報や, ユーザの位置や加速度といった情報を取得することが可能となっている. 取得した情報は仮想空間に送信され, 仮想空間の表現方法を変化させたり, アバタに現実空間の人間と同じ動作をさせるといったことが可能となる. また, 様々な形式の表示端末 (小型携帯端末, スクリーン, HMD など) を通じて仮想空間内の様子を現実空間から見る事により, 仮想空間から現実空間へのフィードバックを得ることができる.

我々はこのような形で現実空間と仮想空間の融合を実現する手法を Symbiotic Reality 技術 [2] と呼び, その実現を目指している.

## 3.2. 共生型 3 次元仮想空間のための QoS 制御方式

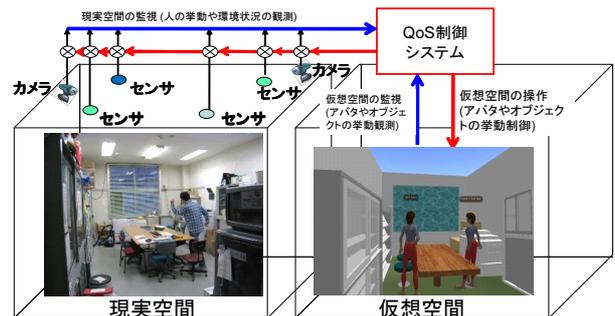


図 2 共生型 3 次元仮想空間のための QoS 制御方式

現実空間と仮想空間を融合するためには, 現実空間から計算機システムに対して現実空間のセンシングデータを取り入れる必要があるが, 取得する情報量の増大により, 仮想空間の提供する QoS が劣化する問題がある.

現実空間の環境情報を仮想空間に取り入れる際, 情報の種類が多様であるほど, また情報取得の頻度が高くなるほど, 現実空間の状況をより正確に仮想空間に反映することが可能となり, QoS を向上することができる. その一方で, 取得する環境情報の量が増えるに従いネットワーク帯域を圧迫し, それを表示する端末の計算機負荷が増加してしまう. そ

<sup>†</sup> 東北大学電気通信研究所, Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

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

のため、逆に QoS の低下を引き起こす可能性がある。よって、QoS 調整においては状況に応じて上記のトレードオフを考慮した柔軟な制御が必要である。

そこで、本方式では、環境情報の流通量を調整する機構として、システム内に「QoS 制御システム」を導入する。図 2 に「QoS 制御システム」を導入した本提案方式の概略図を示す。以下、QoS 制御システムの挙動を、(1) 入力情報、(2) 制御操作、(3) QoS 制御アルゴリズムの観点から説明する。

#### (1) 入力情報

- 現実空間の環境情報：  
現実空間の状況を把握するために、カメラを含む各種センサから、映像、室内の環境状況、ユーザの位置情報などの環境情報を獲得する。
- 仮想空間のオブジェクト/アバタの動作情報：  
仮想空間の状況を把握するために、オブジェクトやアバタの挙動に関する情報を獲得する。

#### (2) 制御操作

- 環境情報獲得制御：  
現実空間の各種センサを対象とした制御である。具体的には、各センサごとに動作の ON/OFF、環境情報の内容（詳細さや表現形式）、獲得頻度（流入量）などを調整する。制御ポイントを、図中のセンサ上に ⊗ で示す。
- 仮想空間のオブジェクト/アバタの動作制御：仮想空間のオブジェクト/アバタを対象とした制御である。具体的には、オブジェクト/アバタの表示品質やフレームレート等を調整する。

#### (3) QoS 制御アルゴリズム

QoS 制御アルゴリズムは、上記の (1) 入力情報から (2) 制御操作の系列を生成するアルゴリズムである。具体的には、まず、入力情報を解析してユーザの意図や両空間におけるコンテキスト（空間内で何が行われているのか）を認識する。次に、コンテキストに応じて集中的に獲得すべきセンサからの環境情報流入量を上げて、現実空間のより詳細な情報を獲得する。逆にシステム負荷の観点から、不要なセンサからの環境情報は流入を抑える。また、仮想空間システムの計算機・ネットワーク資源利用状況に基づいて、オブジェクト/アバタの表示品質やフレームレート等を調整する。

#### 4. 実装

現実空間と仮想空間の融合の様子を分かりやすく示し、提案システムを実装・評価するための実験環境として「シンビオミラー」の実装を行っている。本システムでは現実空間と仮想空間を接続するインタフェースを「鏡」のメタファで表現している。現実の世界では、我々が鏡を覗くとき、そこには自分自身が属している空間が映し出される。本システムにおいてもこれは同じであるが、現実空間から覗く鏡には現実空間の様子が仮想空間の表現で映し出され、仮想空間から覗く鏡には現実空間の表現（ビデオ映像）で映し出されるという点が異なっている。本システムにおいては、ユーザは、現実空間または仮想空間のどちらか一方のみに存在するという形ではなく、両方の空間に同時に存在するユーザとして参加することが可能である。このようなユーザをシンビオントと呼び、これ以外の参加者と区別している。シンビオントは現実空間の利用者と、システムによって制御されるアバタから構成されており、現実空間のユーザの動作にアバタが同期して行動する。

本システムは既存の 3 次元仮想空間プラットフォームである Second Life のアーキテクチャを用いて実装を行っている。仮想空間のクライアントとしては、ソースコードが公開されている Second Life Viewer を使い、サーバと

しては、オープンソースの Second Life 互換サーバである OpenSIM[8] を用いている。

現実空間の室内を再現する部屋を仮想空間内に予め構築し、双方の空間の同じ壁に鏡となるオブジェクトを設置する。仮想空間においては現実空間の映像をリアルタイムでストリーミング表示するオブジェクトを設置し、現実空間においては仮想空間の内容を投影するスクリーンとプロジェクタを設置している。

また、現実空間の室内には超音波による測位システム、および地磁気センサのレシーバが設置されており、超音波タグと地磁気センサを持ったユーザの位置と向いている方向を取得している。これらのセンサで取得した情報を仮想空間内のアバタに反映させることにより、鏡に映っているように、現実のユーザと同期して動くアバタを実現している。

現在の実装では 1 人のユーザの位置と方向の情報しか取得しておらず、その取得頻度も高くないが、ユーザ数および取得する情報の種類と頻度を増すことにより、より高精度な融合が実現できると考えられる。その一方で、取得する情報量の増加によりシステムへの負荷が増大し、QoS の低下が起きることが予想される。そこで、本稿で提案している QoS 制御システムを導入して QoS 低下の抑制を試みる予定である。

#### 5. おわりに

本稿では、現実空間と仮想空間を融合する際に、現実空間からの環境情報の流入により、仮想空間の提供するサービスの品質が劣化する問題を解決する、共生型 3 次元仮想空間のための QoS 制御方式の基本概念を提案した。現在は我々が目指している現実空間と仮想空間の融合を分かりやすく示す表示機能であるシンビオミラーの実装を進めている。

今後は、提案システムの詳細設計を実施し、その実装および実験を行う。

謝辞 本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金 (19200005) の援助を受けて実施した。

#### 参考文献

- [1] Second Life.  
<http://www.seconddlife.com/>.
- [2] 菅沼拓夫, 他, “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,” 情報処理学会 FIT2009 第 8 回情報科学技術フォーラム, 2009.09.
- [3] Ryosuke Ohmae, et al., “Design and Implementation of Multi-User 3D-Virtual Space with QoS Awareness Based on Multi-Agent Framework”, Proc. of AINA2004, pp. 68-74, 2004.
- [4] Takayuki Kuroda, et al., “An Effective QoS Control Scheme for 3D Virtual Environments Based on User’s Perception,” IEICE Trans. on Information and Systems, Vol.E91-D, No.6, pp.1604-1612, 2008.
- [5] T. Buchholz et al., “Quality of Context: What it is and why we need it”, Proc. of the Workshop of the HP OpenView University Association 2003 (HPOVUA 2003), Geneva, 2003.
- [6] 藤波 香織 他, “コンテキストアウェアなアプリケーションフレームワークにおけるメタコンテキスト情報の利用方法の提案とその応用”, ソフトウェア学会, コンピュータソフトウェア, Vol.21, No.1, pp.46-59, Jan. 2004.
- [7] 白鳥則郎, 他, “Symbiotic Computing 懼ポスト・ユビキタス情報環境へ向けて懼,” 情報処理学会誌, Vol.47, No.8, pp.811-816, 2006.
- [8] OpenSIM.  
<http://opensimulator.org/>.