

# 実空間における人物像の記録・伝送・再生に関する研究開発 (041303020)

Recording, Transmitting and Reproducing Human Figure

## 研究代表者

広田 光一 東京大学大学院 新領域創成科学研究科

Koichi Hirota (Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo)

## 研究分担者

小木 哲朗† 葛岡 英明†

Tetsuro Ogi† Hideaki Kuzuoka†

†筑波大学大学院 システム情報工学研究科

† Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

研究期間 平成 16 年度～平成 18 年度

## 本研究開発の概要

実空間における遠隔コミュニケーションを実現するためのアバタ技術を確立した。実空間において多数のカメラからの映像をもとに人物像の3次元モデルを構築するためのアバタ記録手法、記録されたアバタを実空間に提示するアバタ再生手法、人物像の3次元モデルをネットワークを介して効率的に送信するためのアバタ伝送手法を開発した。これらの手法を統合することで、遠隔の実空間の間で3次元の人物像を利用したコミュニケーションを実現した。具体的には、カメラ映像から背景差分と視体積交差法により人物の3次元形状を実時間で取得する技術の開発、ディスプレイパネルを回転させることにより、時分割で視点依存の映像提示を実現する技術の開発、これらの要素技術を統合した記録・伝送・再生システムの構築を行い、試作されたシステムのコミュニケーションの観点からの評価を行った。

## Abstract

Avatar technology which realizes human communication between distant real worlds was investigated. This research focused on (1) developing a method of recording human figure by using multiple cameras and constructing 3D avatar model of a person, (2) implementing a display that present the avatar model in the real world, and (3) devising a protocol and data format that support efficient transmission of avatar data through network. Also, the effect of visually presenting human figure was evaluated from the aspect of human communication.

### 1. まえがき

遠隔の人とあたかもその場で対面しているようなコミュニケーションを実現する一つの手法として、遠隔の人物をアバタとしてモデル化して伝送し、等身大周囲映像で表示するシステムの実現について検討した。

### 2. 研究内容及び成果

#### 2.1 アバタ記録手法の開発<sup>[1]</sup>

アバタを表現するモデルとして、ポリゴン描画のための3Dモデル、ポイントレンダリングのためのポイントセット、2Dの多視点背景除去画像の3つのモデルについて検討した。

ポリゴン描画のための3Dモデルは、カメラによって人物像を複数の方向から撮影し(図1)、それぞれの撮影画像のシルエットから構成される視体積の交差領域を計算することで、ボクセルモデルを生成し、さらに Marching Cubes 法で等値面を生成することで得られる。この手法は等値面生成の処理に比較的大きな負荷が発生するため、現状の計算機の能力では実時間の処理は難しい。

ポイントレンダリングは3Dの対象を表面の点の集合として表現するもので、テクスチャ投影マッピングと異なり、視点位置の変化等に依存せず一定のレンダリング速度が保たれる特徴がある。形状モデルを構成するポリゴン数を変化させたときのテクスチャマッピングとポイントレンダリングのパフォーマンスと比較した結果、ポリゴン数が少ない場合には前者の方が有利であるが、多くなると後者が有利になるという結果が得られた。

2Dの多視点背景除去画像は、3Dの構造を再構成する

ことなしに、後述の回転型多視点ディスプレイのディスプレイパネルに表示する画像セットを利用する方法である。この方法は、カメラの配置に制約を生じるが、撮影方向の情報の付加以外に大きな処理負荷を必要としない利点がある。研究開発の環境とした JGN2 による高速な回線においてはこの手法が効果的であることが確認された。

以上の検討により、ビデオアバタの効率的な記録のための内部表現についてボクセル、ポリゴン、ポイントセットの3通りについて速度や解像度に関する基本的な知見と条件に応じた表現手法選択の指針が得られた。



図1 アバタ記録系：マルチカメラシステム

#### 2.2 アバタ再生手法の開発<sup>[2]</sup>

アバタ映像を表示するための回転型多視点ディスプレイの開発を行った。視認方向に指向性をもつディスプレイパネルを回転させ、ディスプレイパネルの方向に応じた映像を表示することで多視点に異なる映像の提示を実現する。表示装置の提供する視点数、ディスプレイパネルのリフレッシュレート、機構の回転速度、ディスプレイの配置形態や枚数などが設計のパラメータとなる。表裏2枚のデ

ディスプレイパネルによる1面2枚から、ディスプレイを軸から放射状に配置した4面8枚まで様々な構成を検討したが、とくに放射状の構成はディスプレイに大きな遠心力がかかり実験の危険性を排除できないことから断念し、1面2枚の構成を採用した(図2左)。

機械的な設計以外では、回転部にはディスプレイのみを搭載し、描画用PCを地上側に配置する構成を検討した。回転部分に光スリッピングを用いることで光通信による1024x768画素60Hzまたは85Hzで2画面を同時に伝送する。ただし、帯域の制約から各画素12bit(RGB各4bit)とした。これは4回転/sにおいて15視点または21視点を提供する仕様である。一方、視野角制限フィルタの性能向上を試みた。視点数の制約要因は映像の更新レートと視野角制限フィルタの制限角度であり、前者は上述のシステムにより緩和された。後者については、レンチキュラレンズとスリットによる指向性フィルタの実装を試み、およそ±10deg(従来の2/3)の特性を得ることができた。これはおよそ18視点を分離できる性能である(図2右)。

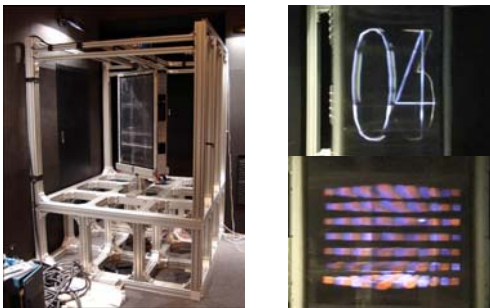


図2 アバタ再生系：回転型多視点ディスプレイ

### 2.3 アバタコミュニケーションの解明<sup>[3]</sup>

アバタ記録・伝送・再生システムのコミュニケーションの観点からの議論の基礎として、コミュニケーションにおける身体の役割や身体性の支援方法を理解する必要がある。この観点から、人の頭および腕の動きがコミュニケーションに果たす役割を分析した(図3)。

頭については、その向きが単に見ている方向を示すだけでなく、次に行う動作を対話者に予期させる役割を果たしていることが予想される。これを裏付ける実験として、遠隔対話者の頭の動きが反映されるロボットをメディアとしたコミュニケーションシステムを試作し、その有効性を定量的・定性的・多面的に評価した。この結果、ロボットの頭の動きによって、予期が支援され、それによって作業時間の短縮、エラーの低減、コミュニケーションの円滑な理解に対して有効であることが明らかになった。

腕の効果については、指さし動作による評価を行った。ロボットに腕をとりつけ、遠隔のユーザの腕の動きがその動きに反映され、これにより指さしを行う直前の腕の動きがロボットによって提示される。机の上に置かれたカードを差し示す実験を行い、上述のロボットを利用する場合と、平面的なスクリーンを利用する場合とで比較し、その結果、指示者映像がスクリーンに表示された方が、作業指示の時間が短いことがわかった。アンケートによる印象評価の結果からは、指示の正確さについてはほとんど差が無かったが、自然さ、存在感、親しみやすさ等の点で、指示者映像の方が好まれていることから、カードの位置を示すという機械的な作業においても、人間の細かいジェスチャや表情などノンバーバルな表現が重要であると言える。

以上の実験および考察から、これまで軽視されてきた人の何気ない動作がコミュニケーションに役割を果たして

いること、これには頭の動きのように抽象化が可能なものだけでなく、表情などにより忠実な伝達が必要とされるものがあることが示された。この知見は、人物像のアバタによる伝送の意義を示唆していると考えられる。



図3 コミュニケーションの解明実験

### 2.4 統合システムの開発

要素技術の開発および分析をふまえて、筑波大学(つくば市)と東京大学(文京区)の間で人物像の記録・伝送・再生を行う実証実験を行った。記録系(筑波大)はカメラ8台を直径4mの円周上に配置した構成とし、再生系(東大)では8方向に異なる映像を提示する。両者は、つくばWANおよびJGN2ネットワークを介しておよそ10Gbpsの速度で接続された。記録系でXGA(1024x768)解像度で撮影された2次元映像をVGA(800x640)解像度に変換して無圧縮で伝送した。このとき、全体として1方向につき14.3fpsの更新レートを実現することができた。映像の伝送による時間遅れはおよそ0.24であった(図4)。



図4 統合システムによる人物像伝送

### 3. むすび

従来の遠隔コミュニケーションでは人物の存在感や親近感を伝えることができていないことが指摘されていた。本研究で開発されたアバタ技術は、これらの問題を解決し、より対面に近いコミュニケーションを実現するための基礎を与えるものである。

#### 【誌上発表リスト】

- [1] 酒井満隆、小木哲朗、鈴木康広、広田光一、“JGN2ネットワークを用いたマルチカメラによるビデオアバタ送信”、日本バーチャルリアリティ学会第11回大会、pp.404-407 (2006.9)
- [2] 鈴木康広、檜山敦、谷川智洋、広田光一、“等身大ビデオアバタの実空間提示に関する研究”、ヒューマンインターフェースシンポジウム2006論文集、pp.1165-1168 (2006.9)
- [3] 板原達也、葛岡英明、山下淳、山崎敬一、“中村裕一、尾関基行、対話型作業支援システムにおけるロボットの補助効果に関する研究”、情報処理学会論文誌、Vol.48、No.2、pp.949-957 (2007.2)