

対面同席感のある遠隔コミュニケーションシステム Remote communication system with a sense of face-to-face presence

鹿山 晃弘†
Akihiro Kayama

田中 二郎‡
Jiro Tanaka

1. はじめに

遠隔コミュニケーションとは、遠隔地にいる人と音声や映像などを用いて行うコミュニケーションである。遠隔コミュニケーションの歴史は電話の登場から始まり、近年では通信の高速化に伴い、音声と映像をリアルタイムに通信するテレビ会議が行われるようになった。

現在、様々なテレビ会議システムがリリースをされている。遠隔地の映像を相互確認できることで、対面している環境と同じようにコミュニケーションが行え、コラボレーションも容易に可能になると期待されたが、映像メディアを介することに起因するメディアのゆがみにより、対面環境のような自然なコミュニケーションが取れないことが明らかになってきた[1]。

そこで現在、遠隔地にいる相手と、実際に対面して行われるような、自然なコミュニケーションを実現する研究が行われている。特に同室感[2]という、相手と同じ空間を共有している感覚をもたらすことにより、自然なコミュニケーションを実現しようとする遠隔コミュニケーションの研究がある。今回、私は遠隔コミュニケーションシステムを利用する状況に着目した。互いのユーザーは、机上に置かれたカメラを用いて姿を撮影し、カメラとディスプレイに対面している。このことから、互いに机を向い合せているような遠隔コミュニケーションを実現することで、遠隔地にいる相手と同室感のある遠隔コミュニケーションが行えると考えた。

本研究は、遠隔地にいる相手と同じ空間を共有する感覚のある遠隔コミュニケーション環境の構築を目指し、互いに机を向い合せているような感覚(対面同席感)のある遠隔コミュニケーションシステムを提案する。今回、システムを利用するユーザーの机の対面に相手がいるように見えるシステムを開発した。本システムはユーザーの行動や机上に置かれたオブジェクトによる見え方の変化にリアルタイムで対応することで、実際に相手と机を向い合せているような感覚をもたらすことを狙った。また、本システムは昨今の遠隔コミュニケーションの利用可能環境の拡大を捉え、オフィスや自宅のみならず外出先でも同様のシステムを利用できるようにヘッドマウントディスプレイ(HMD:Head Mounted Display)を映像提示手段として用いる。

2. 関連研究

平田らは大型ディスプレイでユーザー空間を囲い込み、

†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

‡筑波大学 システム情報系

Faculty of Engineering, University of Tsukuba

そこに実物大で遠隔地の様子を投影するシステムを提案した[3]。これにより遠隔地とローカルのユーザー空間全体が重ね合わさることで同室感をもたらした。Aritaらは遠隔地の人同士が仮想空間を介してコミュニケーションを行うシステムを提案した[4]。参加者はアバターを介してコミュニケーションを図る。また、参加者の動作をリアルタイムに観察しアバターの振る舞いに反映することで、自然なコミュニケーションの実現を狙った。岡本らはユーザーの視界に遠隔地にいる相手の立体人物像を重畳表示するシステムを提案した[5]。遠隔作業指示を想定したパフォーマンス評価を行い、三次元的な作業空間共有において有効であることを検証した。

本研究は昨今の遠隔コミュニケーションの利用可能環境の拡大と、遠隔コミュニケーションの利用状況を捉えたシステムである点で異なる。

3. 対面同席感のある遠隔コミュニケーションシステム

対面同席感のある遠隔コミュニケーションシステムとして、以下の項目が可能なシステムを提案する。

- ユーザーの机の対面に相手の映像が見える
- ユーザーの行動に伴って見え方が変化する
- 机上のオブジェクトによって相手が見え隠れする
- 相手の音声、周囲の環境音が聞こえる
- 書類や物の受け渡し
- 相手の机に手を伸ばして指示をする

今回、上記項目の上から3つを満たした、ユーザーの机の対面に相手がいるように見えるシステムを開発した。

4. システム構成

本システムの構成を図1に示す。

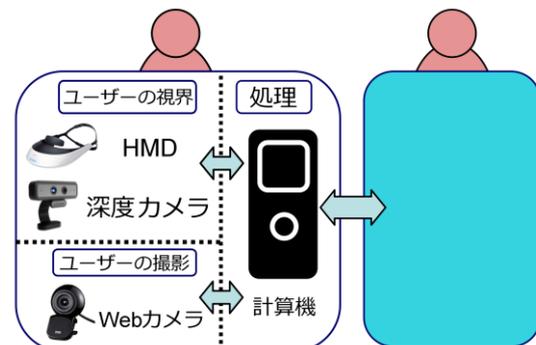


図1: システム構成

HMDの上部には深度カメラが付いており、ユーザーはこれを装着する。深度カメラはSoftKinetic社製のDepthSense 325[6]を用いた。これには深度を計測するための赤外線カメラと共に、通常の映像撮影用のカメラが付い

ており、映像撮影用のカメラを用いてユーザーの視界の映像を取得する。DepthSense 325 は Kinect[7]などの他の深度カメラと違い、より近距離の深度の取得が可能のため、机上のオブジェクトやユーザーの手などの、ユーザーからの深度を計測する場合には最適だと考え、今回採用した。深度カメラが取得したユーザーの視界の映像と深度情報、そして相手の机の上に置かれた Web カメラの映像を用いて計算機が処理を行う。そして、処理後の映像を HMD に表示することにより、ユーザーの机の対面に相手がいるように見える。互いのユーザーが同様のシステムを利用することで、互いに机を向い合せているように見える。

5. 実装

ユーザーの机の対面に相手がいるように表示するために以下の手順の処理を行っている。

5.1. ユーザーの視界の深度計測

HMD の上部に付いている深度カメラを用いて、ユーザーの視界に写る風景の深度を計測する。風景の深度には机の上に置かれたオブジェクトやユーザーの手などの深度情報も含まれる。DepthSense 325 は TOF(Time-of-Flight)法により、カメラからの深度を計測している。また、深度計測用の赤外線カメラと映像撮影用のカメラの画角と解像度は異なっているため、画素ごとの対応点を取ることで調整する。

5.2. 机の端における深度平面の作成

ユーザーの机の対面に相手がいるように表示するに当たり、システムはユーザーの机の端を認識する必要がある。単純な画像処理では机の端を認識することは困難であるため、今回は特徴的なオブジェクトを机の端に設置し、映像中からオブジェクトを探索することで、机の端を認識するようにした。オブジェクトの特徴として、形状・模様・造形といった要素が挙げられる。今回は認識の容易性を考慮し、ARToolKit[8]を採用し、マーカーを設置する。

まず、マーカーの四隅と中心の深度を測定する。次に、四隅の深度から、1ピクセルあたりの深度変化を計算する。そして、マーカーの中心の深度を元に、深度平面を作成する。深度平面作成の式は以下の通りである。

画像中の現在の座標を (x, y) 、マーカーの中心座標を (cx, cy) 、マーカーの中心の深度を CD 、 XY 軸方向における1ピクセルあたりの深度変化をそれぞれ dpx 、 dpy とすると、深度平面における深度 D は、

$$D = CD + (x - cx) * dpx + (y - cy) * dpy \quad (1)$$

で求められる。

式(1)より、マーカーを正面から見た場合、 dpx 、 dpy は共に 0 に等しくなるため、平坦なマーカー深度平面が作成される。また、マーカーを右から見た場合、 dpy は 0 に等しいが、 dpx は 0 よりも大きくなるため、左から右にかけて傾きのある深度平面が作成されることがわかる。

ユーザーの見る角度に応じた深度平面を作成することで、ユーザーの行動に伴った見え方の変化を実現する。

5.3. ユーザーの視界映像への重畳表示

5.1 にて計測したユーザーの視界の深度と、5.2 にて作成した深度平面を比較し、ユーザーの視界映像中のそれぞれ

の場所において深度平面よりも手前か奥かを認識する。そして、深度平面よりも奥の場所に相手の映像を重畳表示することで、机上のオブジェクトによる見え隠れを実現し、机の対面に相手がいるような映像を提示する (図 2,3)。



図 2: ユーザーの視界映像



図 3: 対面同席感のある映像

6. まとめ

今回、対面同席感のある遠隔コミュニケーションシステムを提案した。これは互いに席を向い合せているような感覚のある遠隔コミュニケーションシステムであり、これにより遠隔地にいる相手と実際に対面しているような、自然なコミュニケーションが行える。また、今回、対面同席感のある遠隔コミュニケーションシステムとして、ユーザーの机の対面に相手がいるように見えるシステムを開発した。

7. 今後の予定

1 つ目に、今回開発したシステムの改善がある。現在、ユーザーの遠近による相手の映像のスケール変化に対応していないため、それについての実装を行う。

2 つ目に、今回提案した、対面同席感のある遠隔コミュニケーションシステムにおける、相手の音声や周囲の環境音が聞こえる、書類や物の受け渡し、相手の机に手を伸ばして指示する、といったような、実際に机を向い合せた際に行えるやり取りのシステムの提案と実装を行う。

3 つ目に、従来の遠隔コミュニケーションシステムとの比較実験を行い、同室感があるかどうか検証する。

参考文献

- [1] William W. Gaver, "The affordances of media spaces for collaboration", In Proceedings of the 1992 ACM conference on Computer Supported Cooperative Work(CSCW'92), pp. 17-24, 1992.
- [2] 原田康徳, "同室感通信", WISS'98, pp. 53-60, 1998.
- [3] 平田圭二, 梶克彦, "未来電話 t-Room: 対面環境の再現を目指すビデオコミュニケーションシステム", 電子情報通信学会 2009 年総合大会, HT-1-3, pp. SS-23 ~ SS-25, 2009.
- [4] 岡本祐樹, 大田友一, "遠隔協調型複合現実感における作業空間のための立体人物提示", 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J94-D, No. 5, pp. 830-838, 2011.
- [5] Daisaku Arita, Rin-ichiro Taniguchi, "Real-time Human Proxy: An Avator-based Communication System", Journal of Universal Computer Science, Vol. 13, No. 2, pp. 161-176, 2007.
- [6] "SoftKinetic DepthSense325", <http://www.softkinetic.com>, 2013/06/30.
- [7] "Kinect", <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>, 2013/06/30.
- [8] "ARToolKit", <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit>, 2013/06/30.