

遠隔コミュニケーションにおける距離感表現手法の提案

宇木 等以香[†] 江木 啓訓[†] 西川 真由佳[†] 大菅 直人[†] 重野 寛[†] 岡田 謙一[†]

概要:

遠隔コミュニケーションにおいて、参加者に対して距離感を表現することを可能とするデバイスである、重層化ディスプレイを構築する。重層化ディスプレイは透過型ディスプレイを重ねて配置することにより実現し、「面」ではなく「空間」を通じた表示が可能となる。これにより、遠隔コミュニケーションでの表示画面において、奥行きを表現し、会話を行う上で重要なノンバーバル情報である「距離」を遠隔地間での対話で利用することができる。本研究では、距離感を表現するディスプレイの試作と表現手法の評価を行った。

The Proposal of the Sense of Distance Expression Technique in Remote Communication

Raika UKI[†], Hironori EGI[†], NISHIKAWA Mayuka[†], Naoto OHSUGA[†], Hiroshi SHIGENO[†], Ken-ichi OKADA[†]

Abstract:

In order to express distance in remote communication, we have built "stratification display". Stratification display is composed of special transmitted display. To build the stratification display, we have placed a transmitted display in front of a large display. Stratification display is able to express sense of distance by using the depth of screens. We have built a prototype of the remote communication system using the stratification display.

1 はじめに

近年の情報通信ネットワークの発達を受け、遠隔地に存在する人間同士がコミュニケーションを行うことが容易となった。遠隔地間でのコミュニケーションをより良いものとするため、分散環境に適応するグループウェアの研究も盛んに行われている。しかし現在の遠隔コミュニケーションシステムの問題点は、遠隔地に存在する対話相手とあたかも同じ空間内で話しているかのように感じる感覚、すなわち「臨場感」に欠けているという点である。本稿では、遠隔コミュニケーションにおいて、参加者に対し距離感を表現することを可能とするデバイスとし

て、重層化ディスプレイを構築する。重層化ディスプレイは透過型ディスプレイを重ねて配置することにより実現し、「面」ではなく「空間」を通じた表示が可能となる [1]。これにより、遠隔コミュニケーションでの表示画面において、奥行きを表現し、「距離」という会話を行う上で重要なノンバーバル情報を遠隔地間での対話で利用する事を可能とする。

2 背景

本研究の背景として、遠隔コミュニケーションの研究とその問題点、また遠隔コミュニケーションにおける距離感表現手法の問題点について考える。

[†]慶應義塾大学理工学部情報工学科
Faculty of Science and Technology, Keio University

2.1 関連研究

遠隔コミュニケーションに関する研究は数多く、様々なアプローチがなされている。代表的なものとして、インフォーマルコミュニケーションの重要性に注目し、大型のスクリーンに遠隔地の様子を等身大で表示することにより、偶発的な対話の支援を実現しようとしたシステム VideoWindow [2] や、特殊なスクリーンを用いることにより等身大の相手との視線一致を可能とした MAJIC [3] がある。これらのシステムでは相手が等身大で投影され、また観察者の視野も広いと高い臨場感を持つが、相手との距離感という点には焦点があてられていない。観察者は相手の像の大小の変化から、距離感の変化を知覚することとなる。ClearBoard [4] ではガラスメタファを利用し、ガラスの画面の向こう側に対話者が存在するような状況を作り出し、相手の視線や表情などのノンバーバル情報の伝達を作業中に得る事を可能としている。また、映し出される資料の特定の点を指差しながら対話を進められる点などの利点もある。しかし、やはり距離感という点では考慮されておらず、作業中に対話相手の存在感や距離感に大きな変化は生じない。HyperMirror [5]、Well [6] は鏡メタファを用いて対話相手と同じ空間を共有しているという感覚、すなわち同室感を高めている。HyperMirror では鏡メタファを利用し、遠隔に存在する人間と自分自身が鏡を通じあたかも隣に存在するかのような状況を作りだしている。しかし、このシステムでは画像の重ね合わせにより鏡メタファを実現しているため、奥行き方向の距離感表現は弱いといえる。また、画像的な重ね合わせであるため、当然運動視差といった効果は得られない。

2.2 現状の距離感表現手法の問題点

遠隔コミュニケーションにおける距離感表現手法を検討する際、既存の表示媒体として頭部搭載型ディスプレイ (HMD) と投影型没入技術を利用することが考えられる。しかし、いづれも距離感を表現するためには不十分である。

1. HMD

複合現実感を利用し、現実の空間の中に遠隔地の人間を投影することが可能である。しかし、頭部の動きの正確な追跡技術が必要なため、処理に遅延が発生し、ハードウェアの取り扱いが難しい。また協調作業を行う上で重要となる視線情報が得られないという問題もある。

2. 投影型没入技術

投影型没入技術はユーザをプロジェクタ画面で囲うようにシステムを設置する。これにより、ユーザにあたかも遠隔地にいるかのような臨場感を与えることが可能となる。しかし、このような研究は人に対し臨場感を与えることを目的としたものであり、人と人との間の距離の表現というものには利用されていない。

3 距離感表現手法の提案

本研究では、遠隔コミュニケーションにおいて距離感を伝えることを可能とする手法を提案する。これにより、ユーザは音声や映像以外にも距離感という情報を得ることができ、より質の高いコミュニケーションが可能となる。

3.1 ディスプレイの重層化

遠隔コミュニケーションに参加するユーザに対して、「距離感」を知覚させるために有効な手段は、参加者に対して高い臨場感を知覚させるディスプレイを利用する手段が効果的と考えられる。

本研究では従来のディスプレイ技術とは別のアプローチから、ディスプレイの重層化を提案する。図1が実際に構築した重層化ディスプレイである。重層化ディスプレイは、会議などの場で使用される大画面ディスプレイの前に、透過型ディスプレイと呼ばれるデバイスを設置することにより構築される。

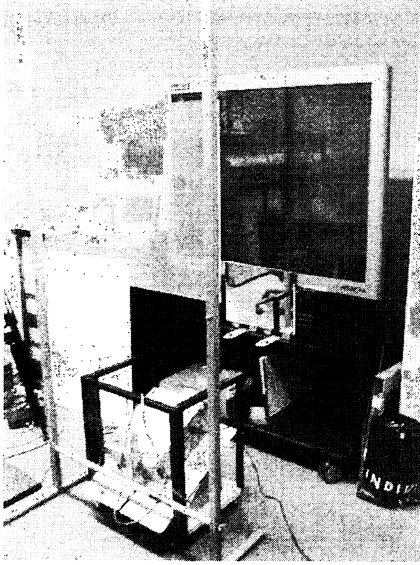


図 1: ディスプレイの重層化

3.1.1 ディスプレイの重層化による利点

上述した重層化ディスプレイの利点について述べる。重層化ディスプレイは、従来のディスプレイにおける縦・横の表示空間に加え、奥行き方向の広がりを持つディスプレイである。すなわち、「面」を通じた表示ではなく、「空間」を通じた表示表現が可能となる。本研究では、この重層化ディスプレイを遠隔コミュニケーションに用いる。その上で生じると考えられる利点について以下で述べる。

1. 運動視差の利用が可能

重層化ディスプレイは、前後のスクリーン間に距離が存在する。そのため、他の立体視ディスプレイとは異なった、自然な距離感が表現可能である。特に、実際の「運動視差」を知覚出来る点が優れている。運動視差は奥行き感を知覚する上で非常に重要な要素である。観察者が首を振るなどの行為を行い、視線を動かすことによって運動視差が生じる。

2. 奥行きを利用し、人・情報に動きをつける事が可能

遠隔コミュニケーションにおけるディスプ

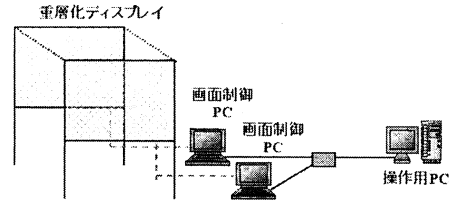


図 2: ハードウェア構成

レイの重層化による 1 つ目の利点は、前後のスクリーンの奥行きを利用して、表示する人や情報に前後の動きをつける事が可能になる点である。すなわち、本研究の目的である「距離感表現」が可能となる。

3. 情報を前後のスクリーンに独立に表示配置可能

ディスプレイの重層化により、情報を前後のスクリーンに独立に、また様々な配置で表示可能となる点も大きな利点である。遠隔コミュニケーションにおいてディスプレイ上に表示される情報として重要なのは、「人」と資料などの「データ」の表示である。この「人」と「データ」の情報をどのように重層化ディスプレイ上に配置するかによって、様々な環境が構築できる。

4 実装

重層化ディスプレイを用いて、実際に距離感を表現する事が可能かを検証するため、実験用システムを実装した。

4.1 実装環境とハードウェア構成

実験用システムの実装環境とハードウェア構成について述べる。図 2 に実験用システムの実装に用いたハードウェア構成を示す。

1. 重層化ディスプレイ

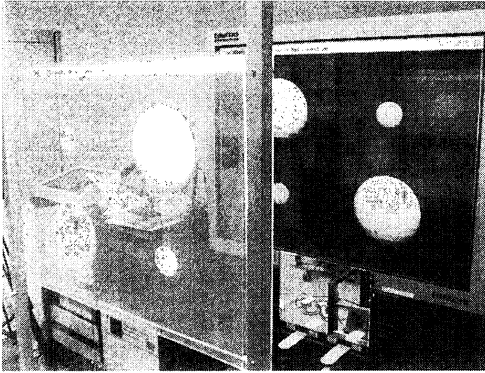


図 3: 実験用システム表示画面

重層化ディスプレイは大画面ディスプレイと透過型スクリーンを利用して実現している。

2. 画面制御 PC

重層化ディスプレイの各スクリーンへの表示を制御するための PC である。各スクリーンに対し、一台ずつ PC を接続する。次に述べる操作用 PC と画面制御 PC はネットワークで繋がっており、お互いに制御信号やデータをやり取りすることにより、重層化ディスプレイの表示を制御する。

3. 操作用 PC

実験の際に重層化ディスプレイの表示を操作するための PC である。操作用 PC から様々な命令を画面制御 PC へ送信することにより実験用コンテンツを重層化ディスプレイに表示する。

4.2 実装画面

実際に実装した実験用システムの実装画面を、図 3 に示す。

この図の例は、前方、後方スクリーンに CG による動画を表示している。このようにして、前後のスクリーン上において、静止画・動画またはストリーミングによる映像受信などを行う。

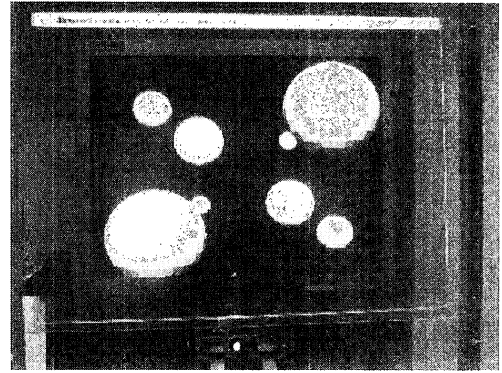


図 4: 浮かぶ球体の表現

5 評価実験と考察

重層化ディスプレイを用いて距離感を表現する事が可能かどうかを検証するため、いくつかの実験を行った。

5.1 実験内容

実験用コンテンツを準備し、被験者に表示を見てもらい、アンケートによる定性評価を行った。重層化ディスプレイにおける奥行き知覚に関する実験として「実験 1」「実験 2」、前後運動知覚に関する実験として「実験 3」を行った。

5.1.1 実験 1：空間に浮かぶ球体の表現

図 4 のような空間に浮かぶ球体を表現する際、重層化ディスプレイの手前のスクリーンのみを用いて球体を CG により表現した映像 (method-1-1) と、重層化ディスプレイの手前のスクリーンに 4 つの球体、奥のスクリーンに 4 つの球体を表示した映像 (method-1-2) を用意し、球体の見え方の比較を行う。

5.1.2 実験 2：向かいあう人の表現

ここでは、実際の人の映像を撮影し、実験用コンテンツを作成した。図 5 に示す実験用コンテンツにおいて、重層化ディスプレイの手前



図 5: 向かい合う人の表現

のスクリーンに被験者から見て向こう側を見る人、奥のスクリーンには被験者から見て手前を見る人の映像をそれぞれ表示する。その結果、2人の人間が向かい合って座っているような映像となる。これにより、向かいあう人同士の距離感が感じられるかを評価する。

5.1.3 実験3：前後に動く球体

重層化ディスプレイ上で奥行きのある空間表現を参加者が近くできるか調査するため、図6に示したオブジェクトが前後に移動する映像を用意した。手前のディスプレイのみを使用し、前後に動く球体の映像をCGによって表現する手法 (method-3-1) と、手前と奥のディスプレイの両方を使用し、前後に動く球体を表現する手法 (method-3-2) を比較する。

5.2 実験結果と考察

被験者 26 人に実験 1, 2, 3 の映像を見たいうで質問紙に回答してもらった。それぞれの結果を表 1, 2, 3 に示す。表の横の列はアンケート項目、縦の列はそれぞれの実験における各映像に対応している。アンケートは 5 段階評価で行った。表の中の数値は、被験者 26 人による結果の平均値を表している。

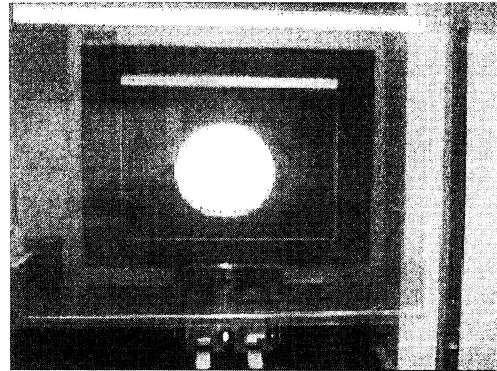


図 6: 前後に動く球体

項目	実験1	
	method-1-1	method-1-2
映像に奥行き感を感じた	2.5	4.7
球体の間に距離があるのを感じた	2.3	4.5
球体同士の位置関係が分かりやすかった	2.5	4.3
運動視差を実感できた		4.4
映像を見て面白いと思った	2.2	4.1
違和感があった	2.2	2.8
見ていて目が疲れた	2.3	2.5

表 1: 浮かぶ球体の表現 (実験 1) の結果

5.2.1 実験 1 の結果

すべての項目において、複数のディスプレイを用いた提案手法の方がスコアが高かった。特に奥行き感と距離感の項目にスコアの差が見られた。これは正確な距離感を得られるため、奥行きを知覚できたためであると考えられる。

5.2.2 実験 2 の結果

”奥行き感”と”人が向かいあっている様子”の項目の評価が特に高かった。これはディスプレイの間隔から正確な距離感を得られるため、人との間の距離を知覚できたためであると考えられる。

5.2.3 実験 3 の結果

ほとんどの項目において、複数のディスプレイを用いた提案手法の方がスコアが高かった。これは球体の前後運動や球体同士の位置関係の評価が特に高く、距離感を表現できているためと考えられる。

項目	実験2	
	method-2	
映像に奥行き感を感じた		4.7
人が向かい合っている様子が実感できた		4.6
運動視差を実感できた		4.1
映像を見て面白いと思った		4.5
違和感があった		2.8
見ていて目が疲れた		2.2

表 2: 向かいあう人の表現 (実験 2) の結果

項目	実験3	
	method-3-1	method-3-2
球体が前後に移動しているように見えた	3.3	4.7
球体の位置関係が分かり易かった	3	4.5
運動視差を実感できた	3.2	4.4
映像を見て面白いと思った	3.2	4.5
違和感があった	3.2	2.5
見ていて目が疲れた	2.8	2.8

表 3: 前後に動く球体 (実験 3) の結果

6 まとめ

本研究では、現在の遠隔コミュニケーションシステムの問題点である、遠隔地に存在する対話相手とあたかも同じ空間内で話しているように感じる感覚、すなわち「臨場感」にかけているという点に着目した。また、人と人とのコミュニケーションにおいて重要な意味を持つ、距離にも着目し、遠隔コミュニケーションにおいて距離感を伝達する手法の提案を行った。

重層化ディスプレイにおいて、参加者に対し距離感を表現する事が可能かどうかを検討するため実験用システムを構築し様々な映像コンテンツを作成した。そして、被験者による実験の結果、前方・後方スクリーンに対し映像を適切なタイミングで表示することにより、奥行きのある映像を表現する事ができ、また自然な運動視差が得られる点など、重層化ディスプレイの大きな利点が明らかになってきた。また、人間の眼の特性である、仮現運動の作用を利用することによって、前後に動く球体の様子などを知覚させることも可能であった。結論として、重層化ディスプレイを用いて、距離感を表現する事が可能であり、また、両眼視差による3Dディスプレイなどでは実現の難しい、自然な運動視差を得ることも可能であった。

今後は本研究において考案した、重層ディス

プレイを用いた遠隔コミュニケーションにおける距離感表現手法を利用したアプリケーションの評価を行い、距離感表現手法のさらなる検討を行う。

参考文献

- [1] 井前吾郎, 古市昌一, 重野寛, 岡田謙一: 実世界シミュレーションにおける階層構造を利用した視覚化手法について, 情報処理学会研究報告 2003-HI-105, pp.27-31, 2003年9月.
- [2] Fish.R, Kraut.R, and Chalfonte.B: The videowindow system in informal communications. Proc. CSCW '90,pp.1-11, 1990.
- [3] Okada.K, Maeda.F, Ichikawa.Y, and Matsushita.Y: Multiparty videoconferencing at virtual social distance:majic design. Proc. ACM CSCW '94,pp.385-393, 1994.
- [4] H.Ishii, M.Kobayashi, and J.Grudin: Integration of interpersonal space and shared workspace: Clearboard design and experiments. ACM Transactions on information Systems (TOIS),pp.349-375, 1993.
- [5] O.Morikawa and T.Maesako. Hypermirror: toward pleasant-to-use video mediated communication system. Proc. ACM CSCW'98, pp.149-158, 1998.
- [6] Nicolas Roussel: Experiences in the design of the well, a group communication device for teleconviviality. ACM Multimedia'02,pp.146-152, 2002.