

5-6 JGNII を利用したインタラクティブ・コミュニケーションシステムの実現

5-6 *An Interactive Communication System Implementation on JGNII*

細谷英一 原田育生 佐藤秀則 奥中淳三 田中崇彦 小野澤晃
古賀達蔵

HOSOYA Eiichi, HARADA Ikuo, SATO Hidenori, OKUNAKA Junzo,
TANAKA Takahiko, ONOZAWA Akira, and KOGA Tatsuzo

要旨

JGNII に代表されるブロードバンドネットワークとユビキタスな情報を効果的に利用した、新しいインタラクティブコミュニケーションシステムを提案する。その核となるヒューマンインタフェースであるミラーインタフェースは、言語情報に加え身振りや対話者相互の位置取り等の非言語情報を円滑に伝えるために、遠隔地の映像やセンサー・タグ情報を統合し、鏡のメタファを利用して仮想的な共有空間を提供する。ユーザはこの共有空間を利用して互いの空間内のモノや情報を相互に指示し、協調して作業が行える。本報告では、本システムの概要とそれを用いたコミュニケーションの方法、JGNII ネットワークを用いたシステムの実現等について述べる。

A novel interactive communication system over JGNII is proposed. Its most important component, named as the Mirror Interface, provides users a virtual shared space using real-time video and ubiquitous information such as the one from sensor tags. The shared space provides users an interactive environment where they can communicate each other seamlessly beyond the border of real and virtual as well as that of local and remote, enabling a natural non-verbal communication using gestures and positioning regarding meeting partners in both local and remote locations. Such information is implicitly utilized and is crucial in human communications. The shared space is shown as a metaphor of a mirror. The images from both locations are integrated into one in which users and objects seem to be virtually located in the same space. Icons of operable objects and accessible information are also displayed. Those icons are to be pointed at for operations by so-called "virtual touch". In this report, the overview of this system, its implementation on JGNII and related applications are described.

[キーワード]

ヒューマン・コンピュータ・インタラクション, ビデオ会議, ミラーインタフェース, 共有空間, ポインティング

Human-Computer Interaction(HCI), Video conference, Mirror interface, Shared space, Pointing

1 まえがき

ブロードバンドネットワークの研究と実用化が進み、大容量の映像情報をはじめとするブロードバンドコンテンツを利用した様々なサービスが提案されている。中でもいわゆる TV 電話やビデオ会議サービスはそれらの代表例であるが、これら

は必ずしも順調に普及しているとはいいがたい。一方、u-Japan 構想等に代表されるように、センサーやタグの情報ははじめとして、実空間に散らばる多種多様な情報の小断片を利用した、ユビキタスコンピューティングの技術の構築も進み、様々なサービスが開発されようとしている。

本報告では、このようなブロードバンドな映像

情報とユビキタスなタグ・センサー情報の双方を効果的に利用する、新しいコミュニケーションのインタフェースを提案する。人と人のコミュニケーションにおいては、音声や文字情報による直接的な言語表現に加え、身振り手振り、更には仕草や表情などの非言語的表現を円滑に行える対話空間を共有する感覚が必要と考えられる。そのためには、相手と同じ空間に存在しているのと同様な環境を実現することが重要になる。

従来、そのような共有空間を構築する試みとして、相手と向かい合うような状態に画面表示を行って窓越しに共有アプリケーション操作を可能にする方法[1]、シルエットやクロマキーなどの手段で一方の地点の画像を切り出してもう一方の2次元空間に統合する方法[2]~[4]や、没入型の3次元表示、HMD及び3次元カメラ等を用いた人物切り出しによって共有空間を生成する方法[5]、相手画像や書画カメラを用いて書画の指示や身体配置を可能にする方法[6]などがある。

提案する方式では、実世界に関する種々の事象を、映像のようなブロードバンド情報と、タグのようなユビキタス情報の双方を用いて相互に伝え合い、それらを鏡のメタファを利用して仮想的な共有空間として構築する方式を提案する。ユーザは、実世界情報と仮想世界情報の双方がシームレスに表現されたこの共有空間を利用して、遠隔の相手とコミュニケーションすることになる。その結果、相互の空間への指示はもとより、様々な機器操作も可能になる[7]~[9]。このようなことを実現するシステムのヒューマンインタフェースを、筆者らはミラーインタフェースと呼んでいる。本報告では、ミラーインタフェースを用いたコミュニケーションの方法と、JGN II ネットワークを用

いたミラーインタフェースシステムの実現について述べる。

以下、本文では、2でミラーインタフェースの概要について述べ、3では、そのJGN II上での利用形態について述べる。4では、現在想定されるアプリケーションについて述べ、5でまとめと今後の展開に言及する。

2 ミラーインタフェースの概要と関連研究

2.1 ミラーインタフェースの概要

筆者らは、ミラーインタフェースを、人(ユーザ)が、実空間に存在するモノ(装置や物品等)あるいは計算機上のファイルやDB・ネットワーク上の情報などを操作するための実世界指向インタフェースであり、画面上に実世界を投影した一種のデスクトップを構築する一手段として提案する。それは、ユーザ自らと遠隔地にいる人(パートナー)が共に実世界の一部として投影されることにより、距離感を克服した対話を可能とするコミュニケーションツールとして利用することもできる。ミラーインタフェースは、リアルとバーチャル、リモートとローカルを、それらの境界を越えてシームレスに結合するコミュニケーションインタフェースである。

ミラーインタフェースを実現するシステムの概要を図1に示す。ユーザの前には、鏡に見立てた大型のディスプレイを配置する。ディスプレイの中央には、ユーザの正面を向いた小型のカメラが設置されており、ユーザとその周囲を撮影している。撮影された映像は、鏡像に変換されディスプレイに表示される。リモート側でも全く同様にパ

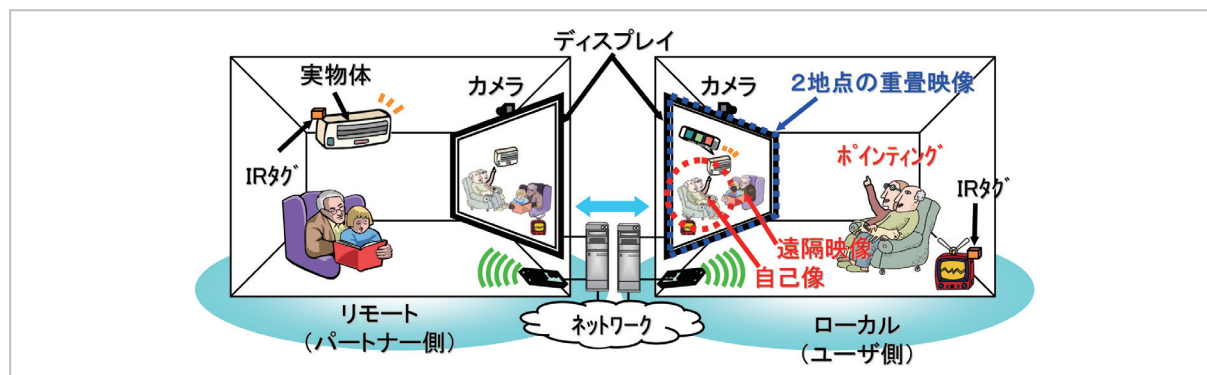


図1 ミラーインタフェースの概要

ートナーを含む映像が撮影され鏡像が表示される。また、お互いの画像はネットワークを用いて伝送され、両画面上で半透明で重畳して表示される。このため、両地点にある人・モノが一つの部屋に融合され、ユーザとパートナーは同一の部屋にいて鏡を見ているかのような環境に置かれる。

ディスプレイの表示の中には、ユーザの鏡像だけでなく、その映像中に含まれるモノに関する情報やその操作のためのアイコンがモノの映像の上に重畳表示されている。ユーザは、自らの手をポインタとして、これらの情報やアイコンとインタラクションすることができる。

このようにして、ミラーインタフェースは、実世界をデスクトップ化する。通常の GUI においてマウス(カーソル)をポインティングデバイスとし、アイコンをポイントすることによってそれに関連付けられたアクションを実行するように、ミラーインタフェースでは、手をポインティングデバイスとしてデスクトップ上のモノをポイントすることによって実世界の機器等を操作する。この意味で、ミラーインタフェースは実世界指向 GUI と呼ぶことができる。

2.2 実世界指向デスクトップ

実世界指向 GUI を構成する実世界指向デスクトップは、従来の GUI のデスクトップのような計算機の中の情報だけでなく、実世界の情報も反映してインタラクションのための空間をユーザに提供する。実世界指向デスクトップ上には、ユーザとその周囲あるいはリモート側のリアルタイム映像(動画)が鏡像で映し出されている。さらに、その中で操作可能な機器や計算機内の(動作可能な)オブジェクトに対しては、それらへの操作を司る

アイコンが配置されている。ユーザは、それらのアイコンをポインティングすることにより、計算機の中だけでなく、実世界に存在するサービスを直接操作可能になる。ユーザもこの映像(インタラクション空間)内に存在するので、機器やオブジェクトに囲まれたその姿を見ながら機器操作を行うことは自然であると考えられる。図2にミラーインタフェースのデスクトップの例を示す。

実世界指向デスクトップでは、操作対象となる機器類(とそのアイコン)は画面上の位置(2次元)に対応付けられていなければならない。対象物が実空間で固定されたものであれば、あらかじめその位置をシステムに登録することによって、対応付けが可能である。移動の可能性のある物体は、画面上の位置を検出しなければならない。赤外線カメラで撮影されたタグの画面内の位置と ID を検出するシステム[10]を利用することにより、操作対象機器の位置追跡が可能となる。筆者らは、平成 18 年度にこのシステムをつくば JGN II リサーチセンターに導入し、動きのあるモノを用いたアプリケーション開発に適用予定である。

2.3 自己像を用いたポインティング

従来のデスクトップでの作業では、マウス・キーボードが有効なユーザインタフェースとして利用されてきた。また、手の届く範囲にある機器の操作には、ボタンスイッチ、タッチパネル等が用いられる。近距離でも手の届かないものであればリモコンが使われる。

物体をユーザが指し示す自然なインタフェースとして、3次元カメラを用いてユーザの指し示す方向を推定する方法が幾つか提案されている[11][12]。これらは、室内の物体を直接ポインティングする

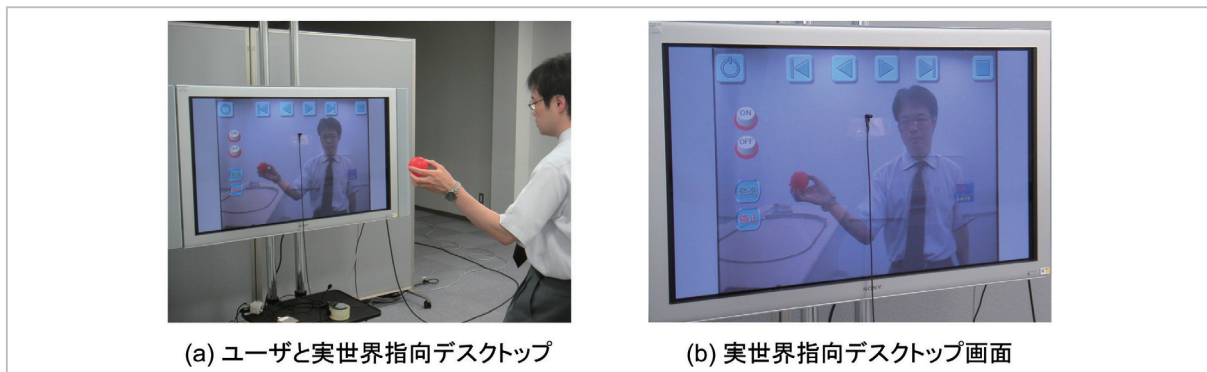


図2 実世界指向デスクトップ

目的で研究されている。また、文献[13]のシステムでは、画面の前に立って画面内を指差すという条件で画面上の位置をポインティングすることができる。

一方、ミラーインタフェースでは、ユーザは実世界指向デスクトップ上の機器をポインティングすることにより実世界の機器を操作する。実世界指向デスクトップ上にはユーザ自身の鏡像が映し出されており、ミラーインタフェースはその自己像の手が実世界指向デスクトップ上で操作対象機器(のアイコン)に重なったことを検出してポインティングとみなす。

自己像の手による画像上の「タッチ」操作については、文献[14]において、被験者実験によってその優位性が示されている。その実験では、画面上の指定位置をポインティングする動作について、自己像の重畳による場合とマウスによる場合での時間を比較し、自己像による操作がITリテラシーの高くない一般ユーザにとっても有効なポインティング動作になっていることが示された。このことから、ユーザの手の位置認識が十分にロバストに行えればそれは現実的なインタフェースとして利用できることが分かる。

上に述べたように実世界指向 GUI におけるポインティングでは、ユーザの自己像が画像上で操作したい対象物に重なっていることを検出しなければならない。現在のミラーインタフェースシステムでは、ユーザの手を検出する代わりに、手に持った特定色の色マークを検出している。ユーザが色マークをアイコンに一定時間かざすことでその機器の機能が実行される。複雑なコマンドは、アイコンを階層化したメニューとして表示することで画面を仮想的なリモコン装置とすることができる。操作後、メニューが消えれば通常の対話状態になって、次の操作が可能になる。なお、ユーザビリティの点から、色マークを手を持たない素手によるポインティングの方が良いという議論もある。これについては、CV (Computer Vision) 技術を用いた基礎的な試行を進めている[15]。

図3は、画面上のアイコンをタッチした場面であり、マークを持って右端のボタン型アイコンに手をかざしている。本実験システムでは、この操作により、リモート側の電灯(画面右下)が点灯する。

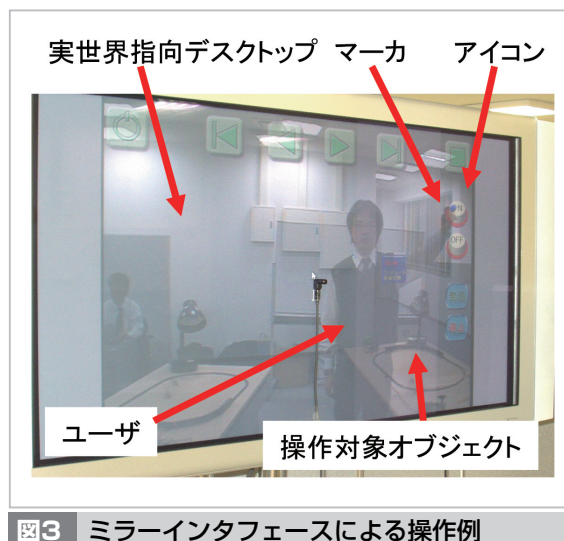


図3 ミラーインタフェースによる操作例

2.4 リモートとの画像合成

ミラーインタフェースにおいては、自己像はポインティングデバイスであるとともに、リモート側のパートナーとの対話のためにも用いられる。ユーザは、ミラーインタフェースを介して、お互いに画面内での身体的動作を視認しながら、身振り手振りによるコミュニケーションと互いの室内の機器・サービスの操作を実世界指向デスクトップ上で行う。

リモート側で取得したパートナー・室内映像を統合する手段として、互いの映像を半透明化して重畳する。重畳画像は、各画素 (pixel) においてその画素値 p を、指定された不透明度 α とローカル側・リモート側の画素値 p_A, p_B を用いて、 $p = \alpha \cdot p_A + (1 - \alpha) p_B$ とすることによって得られる。この重畳処理は両地点で独立に行い各々の画像を生成している。図4は、重畳された実世界指向デスクトップの例である。図4では、ローカル側の人物2名がリモート側の人物と対面しつつ、両地点の物品(棚等)が一つの画面に表示され、二つの部屋が融合された状態を示している。

図4の例からも分かるように、半透明化した重畳により、両地点の画像がたとえ重なっても完全に隠れることはなく、機器類すべてを視認することが可能になっている。不透明度 α を対話中に変更することにより、対話中での注目点の変化に合わせて見栄えを調節することも可能である。また、画像は各地点において独立に合成しているため、地点ごとの環境の違いなどに合わせた α 値

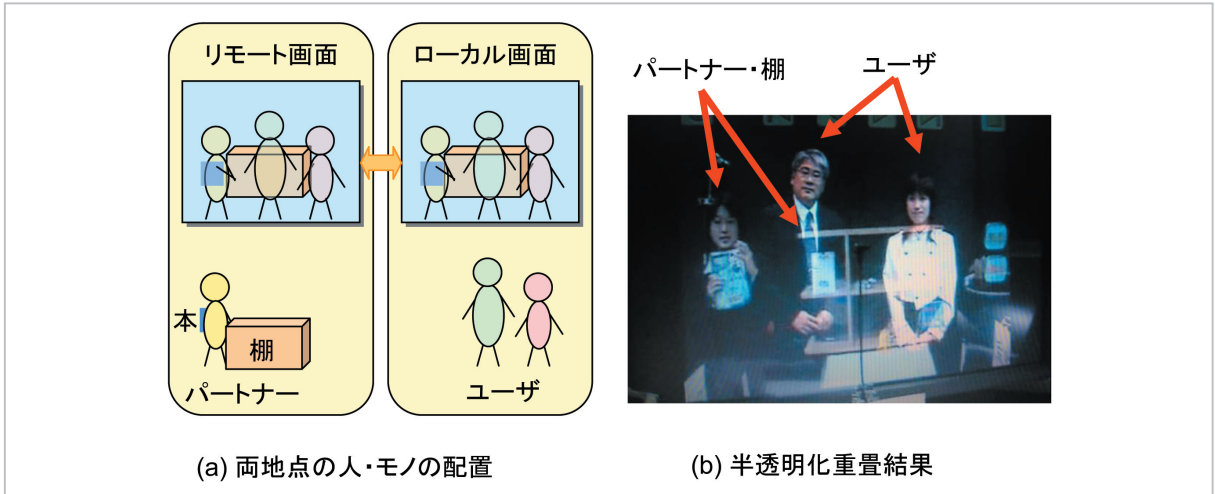


図4 半透明化合成処理

の調整も可能となる。

2.5 共有空間における対話

ミラーインタフェースの提供する共有空間における対話の一つの例として、スライドのような視覚的プレゼンテーションを用いた会議が考えられる。図5は、ミラーインタフェースシステムの表示画面に、更にドキュメントを重畳した例である。画面はスライドショーになっており、アイコンをポインティングすることでページ送り・戻しなどの操作が両地点から実施可能である。

図5では、両地点にいるユーザとパートナーがスライドに映された地図を指差しながら対話を行っている。ローカル側もリモート側も鏡像で重畳しているため、画面上で互いの指差し位置を見ることができ、ユーザの間では、「ここ」、「そこ」と



図5 共有空間の例：スライドを重畳した実世界指向デスクトップ

いった「こそあど」言葉を使った指示や、「右上」、「左上」という相対的な位置表現の理解が一致する。TV会議のように正像を映した場合は、リモート側が画面「右上」を指差すとローカル側には「左上」を指差して見えるという不都合が生じるが、リモート側をも鏡像にすることによりそのような不都合は生じない。

また、双方の画像が重ねられているため、両手を使用する、指差ししながら身振り手振りを交える、というコミュニケーションも可能になる。さらに、ローカルとリモートの機器の操作権を早い者勝ちにしておくだけで、ユーザとパートナーの対話(口頭や態度)で円滑に操作権の獲得・移譲が可能で、通常のビデオ会議システムの実用アプリケーション共有に見られるマウス操作権移譲の手続きの煩わしさを省くことができる。

ミラーインタフェースでは、自己像も含めて双方で同一の空間を共有するため、ユーザは自らの身振り手振り、表情がパートナーにどのように見えているかが分かり、対話の中で調整することができる。また、現実の対話で見られるような相手との立ち位置や距離感の維持が可能である。筆者らの経験でも、ローカル側ユーザの手が体に掛かるとリモート側の人避けなどの振舞いが観察されており、ミラーインタフェースの提供する空間がある程度のリアリティを持っていると考えられる。

3 JGNII ネットワーク

3.1 ネットワーク構成

ミラーインタフェースで2地点間を結ぶシステムをJGNII上に構築した。端末に当たるPC、PDPなどからなる装置2地点分をつくばJGNIIリサーチセンターに設置し、北九州あるいは大手町折り返しで通信が可能となるように接続、動作検証を行った(図6)。両地点のシステムはローカルなネットワーク上で構築し、別ポートからJGNII接続用ハブ(Hub)(ギガビットイーサ対応)を介して接続した。さらに、スライドショー画像配信用PCをローカル側に設置したJGNII接続用ハブに接続して配信した。

JGNIIネットワークは、ハブからはイーサネット(Ethernet)に見えており、PC間はIPv4のローカルアドレスを設定してTCP、UDP/IPで通信を行った。

3.2 画像・物体座標・コマンド通信

今回実現したシステムでは、各端末のカメラで撮影された映像は、マイクから取得した音声データと一体のDVデータフォーマットに収め、データブロックを固定長UDPパケットにアセンブルして転送した。

ミラーインタフェースでは、ユーザに選ばれたモノがリモートにある場合は、必要な操作はリモート側で実施されなければならない。また、モノの移動に対応するために必要に応じて登録物体の座標を送受信する必要がある。このためのデータ量は、画像データに比べて非常に小さく、転送頻度もモノの移動の表示に必要なフレームレート程度で良いため、全体に占める転送量はごくわずかであるが、パケットロスによるコマンド未達などを防ぐためにTCP/IPを用いて送受信することにした。

上述したスライドの場合、Microsoft社製PowerPointのスライドショーを画面配信用PC上で実行し、その画面データをJGNIIネットワークを介して両地点の端末にマルチキャストする仕様である。画面データは、スライドショー画面を一定周期でキャプチャーしてDVフォーマットに変換して送信する。このような仕様のため、紙のドキュメントでも書画カメラ等を用いて画面に表示

することにより、実世界指向デスクトップ上に重畳できる。

以上のシステムを構築し、動作を確認した。画像合成やCODEC処理によると見られる遅延はあるものの、ほとんどストレスなくコミュニケーションを行うことができた。JGNII回線による遅延時間は別の映像配信時の実測では北九州片道で10ms程度であり、ミラーインタフェースの動作実験でも通常の対話に影響を与えるほどの遅延は見られなかった。

4 想定されるアプリケーション

前章までに、ミラーインタフェースの概念とその実現について述べてきた。また、スライドを用いた対話を例に、ミラーインタフェースを用いたコミュニケーションの利点について述べた。

ここでは、ミラーインタフェースの活用が期待できる応用分野について述べる。重畳表示の効果と機器操作系インタフェースの利用の観点から、以下の三つの方向性が考えられる。

(1) ドキュメント映像重畳表示の応用

- TV会議、遠隔講義、遠隔カウンセリング：遠隔地でのプレゼンテーションが想定されるもの。前述のような「こそあど」言葉利用などの利点を活用。

(2) リモート映像重畳表示の応用

- 体操指導、リハビリテーションの遠隔指導：姿勢・動作自体を教示。
- ワークショップ：リモートの複数グループに対し、その共有空間に教師が参加する。半透明映像の重畳表示の利点を利用。

(3) 機器操作インタフェース応用

- 遠隔機器操作：遠隔地の監視、遠隔保守等。
- ウォークスルー：リモート側のカメラ操作・複数カメラ選択自体をローカルから実施することによる実世界遠隔体験。
- プレゼンテーション：ショールーム等でのプレゼンテーションの演出効果向上。

さらに具体的な応用シーンでは、この3要素を組み合わせられた利用が期待できる。今後、これらの一部を具体的に構築し、地域との実証実験等を実施することによって、本技術のコミュニケーションにおける有効性の検証を行っていく予定である。

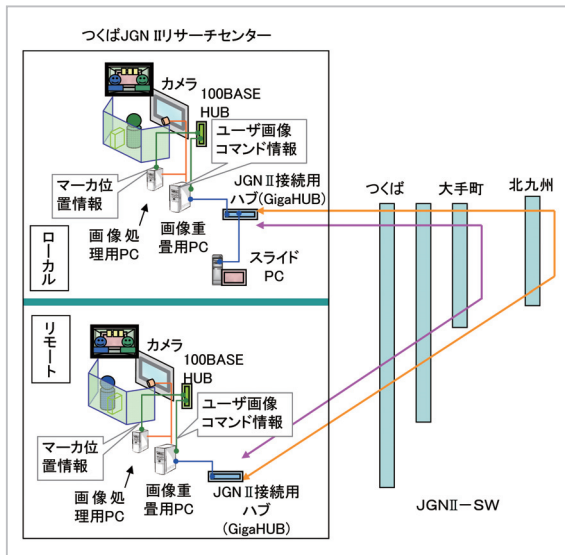


図6 ミラーインタフェース実験用 JGN II ネットワーク接続

5 むすび

本文では、つくば JGN II リサーチセンターにおいて検討を進めている、JGN II ネットワーク上におけるインタラクティブコミュニケーションシステムについて概説した。現状のシステムで動作する機能の説明に加え、提案システムを利用したア

プリケーションの可能性についても述べた。

今後は、現在の2地点間コミュニケーションから3地点以上の多地点化への拡張、手に何も持たない素手によるポインティングインタフェースの実現という基盤技術の研究と、ユーザビリティ実験を通じた効果の評価を計画している。また、効果的なアプリケーション開発と、地域との実証実験を通じた研究開発成果の活用についても検討を進める。

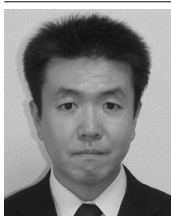
謝辞

本プロジェクトを進めるに当たり、システム構築に協力いただいた NTT マイクロシステムインテグレーション研究所の北端美紀氏(現株式会社ぶららネットワークス)、ユーザインタフェースについて有益な議論をしていただいた、同研究所の野島久雄氏(現成城大学社会イノベーション学部教授)、新垣紀子氏(現同助教授)、研究の進め方についてご指導を頂いた同研究所の市野晴彦氏に深く感謝します。また、遠隔カウンセリングへの本件の適用に関して多大なるご指導を頂いた筑波大学宗像恒次教授、橋本佐由理助教授に深く感謝いたします。

参考文献

- 1 H.Ishii and M.Kobayashi, "ClearBoard : A Seamless Media for Shared Drawing and Conversation with Eye-Contact", Proc. CHI'92, ACM SIGCHI, pp.525-532, 1992.
- 2 M.W.Krueger, T.Gionfriddo, and K.Hinrichsen, "VIDEOPLACE -- An Artificial Reality", Proc. CHI-85 Human Factors in Computing Systems, pp.35-40, 1985.
- 3 M.W.Krueger, "Artificial Reality II", Addison-Wesley Publishing Company. Inc., pp.33-64, 1990.
- 4 森川, 前迫, "[超鏡]: 自己像を表示するビデオ対話方式", 情処研報 HI, No.72, pp.25-30, 1997.
- 5 C.Cruz-Neira, D.J.Sandin, and T.A.DeFanti, "Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE", COMPUTER GRAPHICS Proceedings, Annual Conference Series, pp.135-142, 1993.
- 6 H.Kuzuoka, J.Yamashita, K.Yamazaki and A.Yamazaki, "Agora: A Remote Collaboration System that Enables Mutual Monitoring", Proc. CHI'99, ACM SIGCHI, pp.190-191, 1999.
- 7 細谷, 北端, 佐藤, 原田, 野島, 森澤, 武藤, "実世界インタラクシヨンのためのミラーインタフェース", インタラクシヨン 2003, pp.95-96, 2003.
- 8 E.Hosoya, M.Kitabata, H.Sato, I.Harada, H.Nojima, F.Morisawa, S.Mutoh, and A.Onozawa, "A Mirror Metaphor Interaction System: Touching Remote Real Objects in an Augmented Reality Environment", ISMAR2003, pp.350-351, 2003.

- 9 細谷, 北端, 佐藤, 原田, 小野澤, “ミラーインタフェースを用いた双方向型インタラクティブコミュニケーションの実現”, 信学総大05, A-16-20, p.296, 2005.
- 10 森澤, 武藤, 寺田, 佐藤, 門, “遠隔地の「ヒト・モノ」に触る Sticl-on Communicator (StiC)”, インタラクシオン2003, pp.223-224, 2003.
- 11 Y.Yamamoto, I.Yoda, and K.Sakaue, "Arm-Pointing Gesture Interface Using Surrounded Stereo Cameras System", Proc. of 17th International Conference on ICPR2004, Vol.4, pp.965-970, 2004.
- 12 E.Hosoya, H.Sato, M.Kitabata, I.Harada, H.Nojima, and A.Onozawa, "Arm-Pointer: 3D Pointing Interface for Real-World Interaction," in Proc. of ECCV 2004 Workshop on HCI, LNCS 3058, pp.72-82, 2004.
- 13 金次, 長島, 山田, 清水, “指さしポインターにおけるカーソル位置の特定法”, 信学技報 ITS, ITS-2001, Vol.101, No.625, pp.55-60, 2002.
- 14 北端, 池永, 野島, 内村, 山下, “キャラクターエージェントとのインタラクシオンの検討—自己像表示を使ったインタフェースの評価—”, 第5回ノンバーバルインタフェース研究会, pp.11-16, 2002.
- 15 北端, 細谷, 佐藤, 原田, 小野澤, “ミラーインタフェースにおける手追跡方法の一検討”, 信学総大05, D-12-35, p.185, 2005.



ほそや えいいち
細谷英一

日本電信電話株式会社マイクロシステム
インテグレーション研究所研究主任
ヒューマンコンピュータインタラクシ
ョン、画像処理



はらだ いくお
原田育生

日本電信電話株式会社マイクロシステ
ムインテグレーション研究所主幹研究
員 博士(工学)
ヒューマンコンピュータインタラクシ
ョン、コンピュータグラフィックス、
感性情報処理、LSI CAD



さとう けいじ
佐藤秀則

日本電信電話株式会社マイクロシステ
ムインテグレーション研究所主任研究員
ヒューマンコンピュータインタラクシ
ョン、画像処理、コンピュータビジョン



おくむら じゅんぞう
奥中淳三

拠点研究推進部門つくば JGN II リサ
ーチセンター専攻研究員
情報通信端末



たなか たかひこ
田中崇彦

NTT コミュニケーションズ株式会社
ヒューマンコンピュータインタラクシ
ョン



おの けんじ
小野澤晃

日本電信電話株式会社マイクロシステ
ムインテグレーション研究所主幹研究
員 博士(情報科学)
ヒューマンコンピュータインタラクシ
ョン、コンピュータビジョン、LSI
CAD



こが たつぞう
古賀達蔵

拠点研究推進部門つくば JGN II リサ
ーチセンター専攻研究員
HCI 技術の応用と GMPLS ネットワ
ークの運用管理技術