

没入型共有コミュニケーション環境

河野 隆志 山本 憲男 本田 新九郎 鈴木 由里子 石橋 聡

NTTサイバースペース研究所
〒239-0847 神奈川県横須賀市光の丘1-1

遠隔地にいる人々があたかも同じ場所にいるような感覚を得られる環境はテレコミュニケーションの理想の一つである。我々はこのような環境を目指して、没入型多面ディスプレイを表示装置とする端末間で、コミュニケーションが可能な仮想共有環境を開発したので報告する。この環境は利用者に装着したセンサで体の動きを検知、仮想空間上の分身の動きに変換しノンバーバルな情報を送るとともに、立体音場を使い会話ができることを特徴とする。分身の表示は利用者の位置と一致させる方法以外に鏡像に表示することができ、アプリケーションにより切り替える。このような環境での移動方法について評価する。

Immersive shared communication environment

Takashi KOUNO, Norio YAMAMOTO, Shinkuro HONDA, Yuriko SUZUKI, Satoshi ISHIBASHI

NTT Cyber Space Laboratories
1-1 Hikarinooka Yokosuka-Shi Kanagawa 239-0847 Japan

It is a dream to realize telecommunication environment that participants can feel in the same place. In this paper we describe a virtual shared environment connecting clients with immersive multi displays. This system has abilities sharing space with multi users, recognizing user's gesture with sensors and communicating as avatar's behavior synchronized the gestures with 3D sound. It has display modes of avatar that the avatar is the same and axisymmetrical position of the users and we can change modes according to applications. We experiment with moving methods in this virtual environment.

1 まえがき

最近、立体視できる大画面を使い没入して仮想空間を体験できるシステムを使用した様々な研究も行われている。その代表的なシステム CAVE™[1]は3面の壁と床がディスプレイであり、その中で立体視用の眼鏡をかけ仮想空間を体験できる。この CAVE™を使った通信システムの研究としては CALVIN[2]というプロジェクトがある。このシステムは通信を行う人が

3次元コンピュータグラフィックスの分身として表現され、簡単なジェスチャや音声の通信により遠隔間でリアルタイムの協調作業が行える。

東大と筑波大では5面の没入型システム(CABIN)と3面の没入型システム(CoCABIN)を ATM 回線で結び、通信を行う人をビデオカメラで撮影した動画像の分身として表現した仮想空間の共有に関する研究を行っている[3]。

筆者らは遠隔地にいる人々が会話や行動を共

にできる通信環境を目指して、没入できる多面ディスプレイを表示装置とするクライアントを共有空間で結ぶことによる新しいサービスを目指したプラットフォーム GAVA (Generation and Acceleration environment for Virtual and Augmented reality communication) [4]の開発を行っている。さらに利用者の自然な動きを伝えノンバーバルな情報を共有できるようにするため、身体の動きをセンサで検知し、分身の動きに変換しを送りあう環境を実現したので報告する。

2 サービスイメージ

様々な通信手段ができた今日でも、プライベートはもちろんのこと、仕事上でも実際に相手と会ってコミュニケーションをとることが必要なことがしばしば起こる。また SF の世界では遠隔地間で相手があたかもそこにいるような感覚でコミュニケーションできるということが当たり前のように描かれている。このような状況を作り出すためにまず、仮想空間上に相手を等身大の分身で表示し、相互に身体の動きを分身の動きとして伝えられるようにする。

我々は仮想空間上で鏡に写したように分身を表示することにより多人数の人が顔、ジェスチャ、話題を共有できる環境について研究を行ってきた[5][6]。等身大の表示が可能なディスプレイにおいて、利用者の位置に対して等身大の鏡イメージの分身を表示し、その分身を利用者の動きに合わせて動かすことができれば、自分の動きがよくわかる。さらにもう一台のクライアントを用意することにより、身体の教示が行える。その表示例を図 1 に示す。利用者 A と B はそれぞれのクライアントから操作し、仮想空間内の仮想的な鏡に対して線対称の位置にそれぞれの分身を表示し、仮想空間内での移動時にもその関係が続ける。分身同士が重なった場合、半透明に表示する処理を行うことにより、お互いの動きがわかる。このような一連の処理をすることにより、利用者の片方が先生、もう片方

が生徒になり、スポーツなどの身体的動きを教授できる。

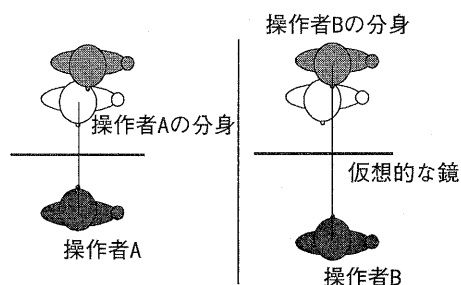


図 1：仮想的な鏡イメージの表示例

次章ではこのようなサービスを実現するためのプラットフォームとして試作したシステムの概要について述べる。

3 試作システム

3.1 システムの概要

システム全体の構成を図 2 に、クライアントのシステム構成を図 3 に示す。本システムは複数の端末が参加できるように仮想空間管理サーバにクライアントが繋がるクライアント・サーバモデルを採用している。仮想空間管理サーバはクライアントのログイン・ログアウト処理と、分身を含むオブジェクトの変化があった場合、クライアントからその情報を受け取り、同じ空間にいる他のクライアントにも要求に応じて送信する。各クライアントの利用者は仮想空間上で分身として表示され、仮想空間を共有できる。クライアントはグラフィックワークステーション (WS) で生成した 3 次元 CG を表示装置として約 3 m × 3 m の前面、左右、下面の 4 面にプロジェクタで投射し、液晶シャッターを使った眼鏡で見る CAVE™タイプと、円偏光眼鏡で見るタイプの 2 種類を用意した。この多面ディスプレイの外観を図 4 に示す。利用者には図 5 に示すように位置と方向を検出する磁気センサを 4 つ付け、頭、胴体、手の動きを検知する。またワンドと呼ばれる 3 つのボタンと 1 つの十字キー、位置・方向センサを備えた入力

インタフェースが用意されており、利用者はワンドを手に持って操作する。これらのインタフェースからの情報は仮想空間管理サーバ経由で他のクライアントに配られ、仮想空間上の分身の動きに変換される。音場制御用PCはWSから指定された位置に立体音場生成装置を使い、音を定位する。

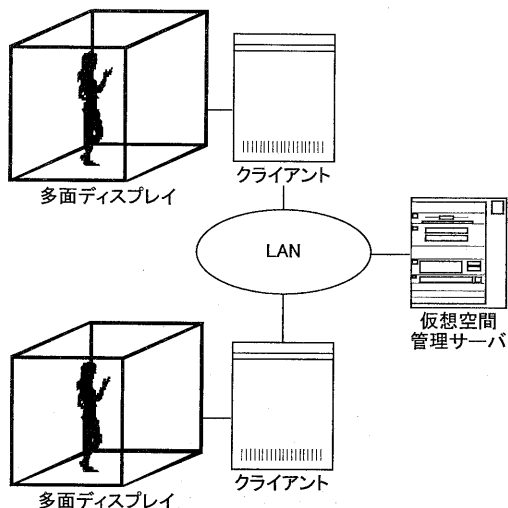


図 2：システムの構成

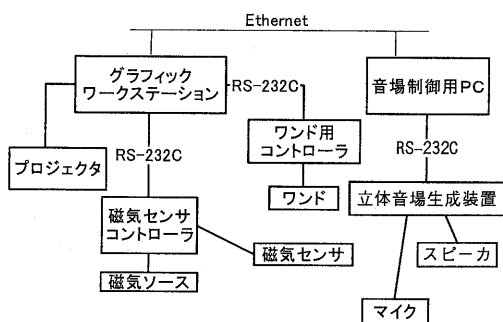


図 3：クライアントのシステム構成

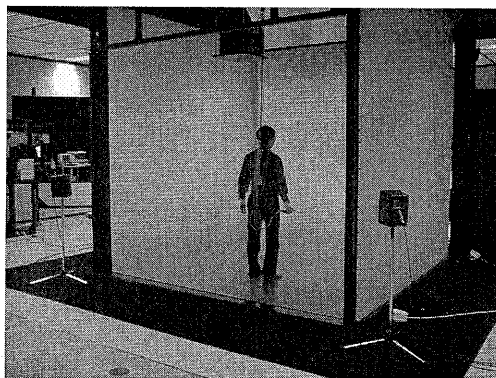


図 4：多面ディスプレイ

3.2 機能

本システムの機能について述べる。

・身体の動きを生かしたインタフェース

多面ディスプレイは空間に利用者が没入するとともにその中で自由に動けることが特徴である。この特徴を生かして身体の動きを伝達できるようにする。

利用者の動作はセンサで測定し、分身の動きとして伝達する。まず、利用者の動きを把握するため、位置・方向を検出できる磁気センサを図 5のように頭部、両腕、背中に装着する。

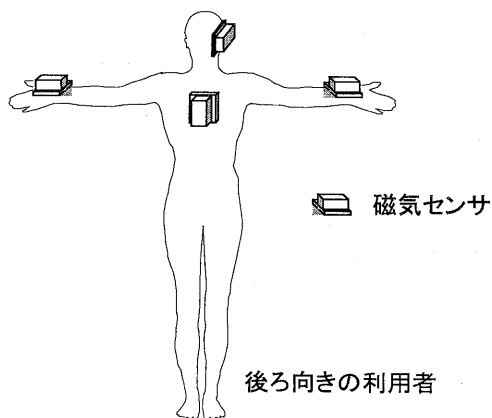


図 5：センサの位置

一方、分身は一種のリンク構造と見なし、図6のように胴体を含めて全ての肢はリンク（頭、胴、腰、左・右上腕、左・右下腕、左・右手、大腿、すね、足）とリンク間をつなぐ関節から構成される。各関節は図7のように3つの1方向に回転できるノードから構成する。この各ノードごとに回転角を制限できるようにし、不自然な動きを防ぐ。

まず、利用者の頭部に装着したセンサより身長を推定し、仮想空間の分身の身長を利用者に合わせる。分身の姿勢についてはセンサをつけた部位に対応するリンク（頭、左・右下腕）の位置・方向からインバースキネマティクス（IK）を使い予測している。IKのアルゴリズムには様々な方法[7]があるが、今回はニュートン法を使う。

実際の子測は以下のアルゴリズムで行う。各ノードの角度を動かし、末端リンクが利用者に付けたセンサから得られた目標の位置・方向に近づいたかどうかを測る。近づいた場合、当初の通りノードを動かし、遠のいた場合、逆の方向にノードを動かす。これを繰り返し、末端リンクと目標との距離が設定した値以下になるか、設定した演算回数になった場合に計算が終了する。また、足の動きについては円弧を描くように足のリンクの位置・方向を計算し、それを目標の値として上記の方法と同様にIKを使いアニメーションしている。仮想空間管理サーバを通して各クライアントにIKの計算結果を分配することにより、分身の動作を共有することができる。

分身の表示方法は利用者の分身が自分の位置・方向に存在する表示方法（通常分身表示）と分身が正面に鏡イメージで見える表示方法（鏡イメージ分身表示）をアプリケーションや空間に応じて設定できるようにしている。

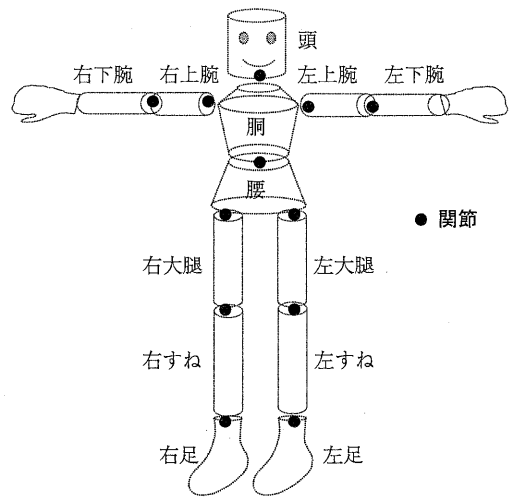


図6：分身の構成

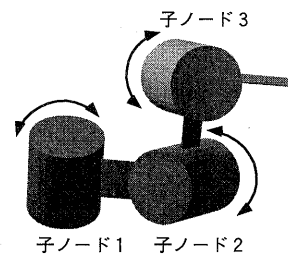


図7：関節

・移動方法

利用者は多面ディスプレイの実空間と仮想空間を一致させることにより、身体を向ける、歩くという動作で仮想空間上を移動できる。大幅な移動はワンドの十字キーで移動する。利用者の分身が通常分身表示の場合は全方位に移動できることを考慮して、十字キーの左右は回転、前後左右は平行移動の方法を採用した。しかし、同じ移動方法を鏡イメージ分身表示の場合に適用すると、思い通りの移動が難しいことがわかった。そこで移動方法を試行錯誤した結果、十字キーの前後左右とも鏡に平行移動を行う方法が容易であった。次にこの2つの移動方法で行った比較実験について述べる。

仮想空間には 10m×10m×10m の立方体の

部屋を用意し、移動方法は十字キーの前後は平行移動、左右は回転の移動方法1と前後左右とも平行移動の移動方法2について、鏡イメージ分身表示の場合に自分の分身をオブジェクトのある位置まで移動するという課題を設定した。この課題を操作に十分に慣れた熟練者2名に参加してもらい、2つの移動法でそれぞれ3回繰り返し実行してもらった。その作業達成時間の平均を図8に示す。達成時間は両被験者ともに同じ傾向を示し、移動方法2の方が短いという結果になった。

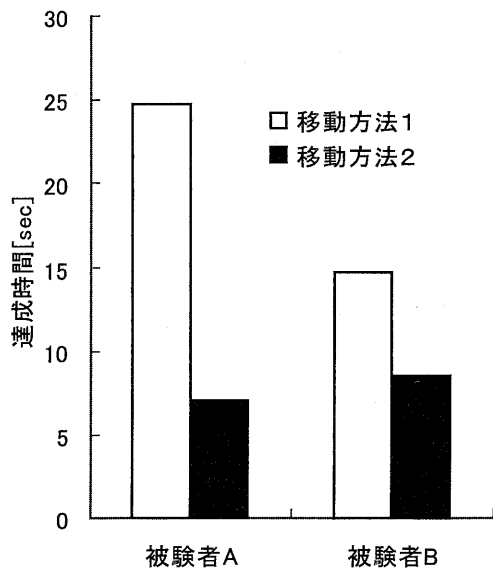


図8: 作業達成時間

利用者の操作による分身の動きは2つの移動方法で典型的なパターンを示した。上部から見た典型的な軌跡を図9と図10に示す。2つの軌跡を比べると、移動方法1はうまく目標に近づけなくて試行錯誤している様子が分かり、より時間がかかったことが推察できる。

これらの結果より、鏡イメージ分身表示の場合の移動方法は十字キーの前後左右とも平行移動を採用した。

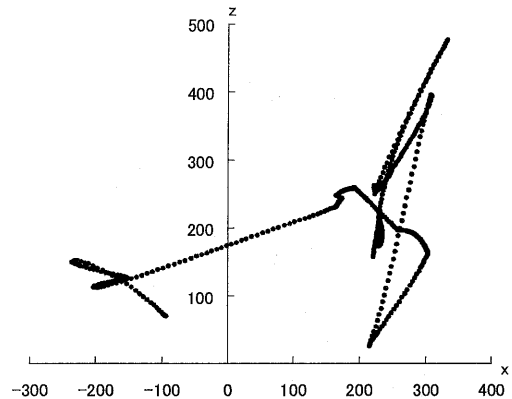


図9: 移動の軌跡 (移動方法1)

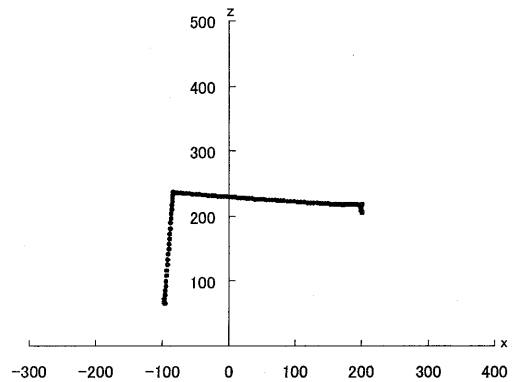


図10: 移動の軌跡 (移動方法2)

・三次元音場

没入空間においては広い視野角が得られるので、音声や効果音について3次元で定位させることが有効である。本システムでは4つのスピーカを設置し、分身の頭部に音声を定位させる。また、相手の存在を感じさせるための効果音として足音を分身の足元に定位させる。

4 使用感

分身の動作は相手の何気ないジェスチャを伝えることができている。図11に2人が会話をしている場面を示す。さらに立体音場は相手の存在をよりリアルに感じることができ、表示の

ない後面に相手がいる場合もその存在を確認できた。



図 12：会話の場面

鏡イメージで分身を表示した場合、自分の動きが相手にどう伝わっているか確認でき、安心できる。利用者と分身の動きの連動についてはほぼ追従している。図 13 に鏡イメージで分身が表示される部屋の様子を示す。

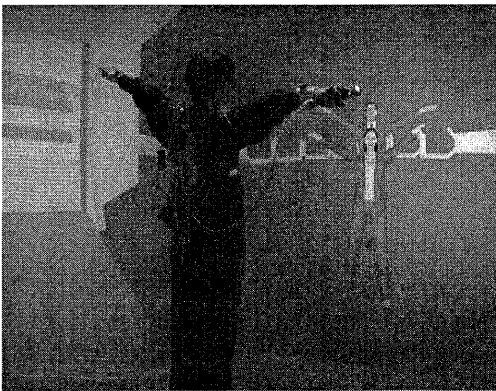


図 13：鏡イメージの分身

5 あとがき

仮想共有空間上で利用者の動きを分身の動きに変換しノンバーバルな情報を送りあうとともに、立体音場を使いコミュニケーションが可能

な共有環境を実現した。今後はこのプラットフォーム上にフォースフィードバックや足の曲げ角を使った移動インタフェースなどを組み込み、新たなアプリケーションの開発を行う予定である。

参考文献

- [1] Cruz-Neira,C., Sandin,D.J., and DeFanti,T.A: “Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE”, Proceedings of ACM SIGGRAPH '93, pp135-142, 1993.
- [2] Leigh, C., and Johnson, A.: “Supporting Transcontinental Collaborative Work in Persistent Virtual Environments”, IEEE Computer Graphics and Applications, pp.47-51, 1996.
- [3] 廣瀬, 小木, 山田, 田中, 葛岡: “没入型多面ディスプレイ間の臨場感通信”, 計測自動制御学会ヒューマンインタフェース部会 News & Report, Vol.13, No.50, pp439-442, 1998.
- [4] 河野, 鈴木, 山本, 志和, 石橋: “没入型仮想コミュニケーション環境”, 信学技報, MVE99-45, 1999.
- [5] T.Kouno, G.Suzuki and M.Nakano : “Drawing Environment for Virtual Space”, Transactions on Communications, IEICE, Vol.E78-B, No.10, pp.1358-1364, 1995.
- [6] 山本, 河野, 正木: “多人数参加型仮想空間における映像コミュニケーション手法”, VR 学会 サイバースペースと仮想都市研究会 第6回, CSVC99-1, pp.1-6, 1999.
- [7] 日本ロボット学会編: “ロボット工学ハンドブック”, コロナ社, pp.202-206, 1990.