



「場」の通信を目指した仮想共有空間

本田新九郎、小林 稔

日本電信電話株式会社



1. はじめに

遠く離れた人同士が、あたかも同じ場所にいるような感覚で交流ができ、さらに、協調して作業するための便利なツールが自由に使える環境があれば、現在の職場環境、生活環境が大きく変化するのではないか。NTTでは、このようなコミュニケーションや共同作業を支援するシステムの実現技術の研究を進めている。ここでは、そのような取り組みの例として、「場」の通信システム GAVA™ (Generation and Acceleration environment for Virtual and Augmented reality communication)[1] を中心とした取り組みを紹介する。GAVA™ は、次世代コミュニケーションの一形態として、遠隔地にいる人同士が、あたかも同じ場所にいるような感覚を得られる環境の実現を目指した、没入型の仮想共有環境システムである。「場」の通信の目指すところは、雰囲気なども含むコミュニケーションの「場」の総合的な共有であるが、まずは、CAVE™ のような利用可能な技術をもとに、空間を共有するサービスコンセプトを可視化し、その効果や技術課題の整理を進めている。本稿では、「場」の通信技術の概要を説明し、そこで中核となる技術、さらには応用アプリケーションの紹介を行う。

2. 「場」の通信

GAVA™ の基本形態として実現したシステムの概観を図1に示す。この例では、ユーザはCGモデルで構成された日本庭園に入り、ネットワークを介して表示される

相手とコミュニケーションしている様子を示している。表示装置として CAVE™[2] を用い、実物大表示することで、相手との距離感等も含む現実空間に近い形のコミュニケーションが実現されている。

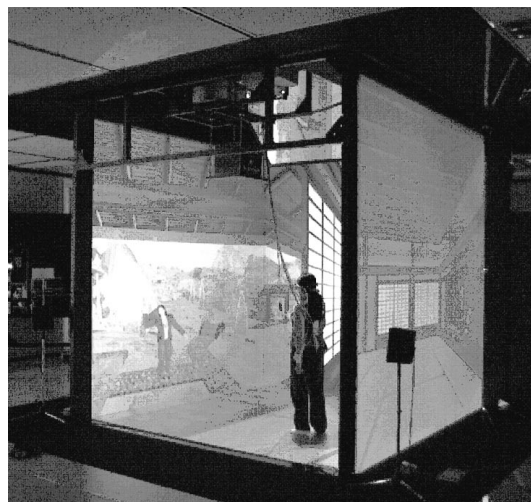


図1 場の通信システム GAVA™ 概観

図2にシステム構成を示す。CAVE™ に、音響機器やユーザの動作を入力するセンサ装置を加えたクライアント端末装置を装備し、ネットワークを介して仮想空間管理サーバに接続する。仮想空間管理サーバは、仮想空間の構成情報と、クライアント端末から送られたユーザの位置情報等を管理し、各端末の要求に応じて配信する。また本システムでは、円滑なコミュニケーションの実現

に重要とされる仮想空間内の環境音、及びユーザの声を、立体音場技術により呈示している。これにより、ユーザは誰が話しているのかを直感的に理解でき、さらには発話者に対する笑いや拍手等、場の雰囲気を共有することができる。

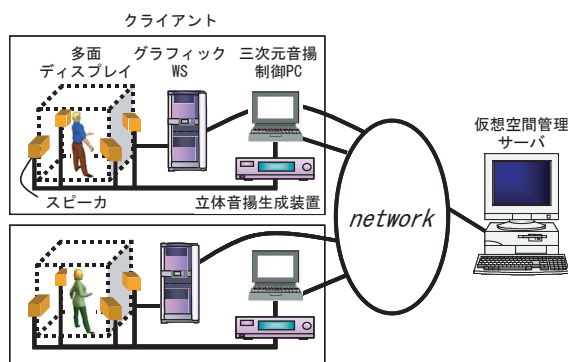


図2 GAVA™ のシステム構成

3. コミュニケーションのためのアバタ表現技術

コミュニケーションでは、ジェスチャや些細な仕草などのノンバーバルな情報も重要な役割を持っている。我々は、物体だけでなくユーザ自身の姿をCGで表現されたアバタとして表示することで、ユーザの存在や表情を示すコミュニケーションメディアの開発を行っている。

アバタの表現方法としては、映像を用いた方法も有効であるが[3]、現在のGAVA™システムでは、比較的高精細のCGによりアバタを表示する方式を採用している。この理由としては、視線や身体の情報システムで制御して伝達することが可能である点が挙げられる。このようにアバタの制御可能な実験環境の下では、視線などの要素がコミュニケーションに与える影響の調査が容易になり、次世代のコミュニケーションシステムの設計に活かすことが出来る。ユーザの動作は、磁気位置センサによって計測され、仮想共有空間中のアバタの動きに反映される。人間には多くの関節があるので、全てを計測するためには多数のセンサが必要である。しかし、コミュニケーションの道具として利用するためには、あまり多くのセンサを身体に装着することは非現実的である。そこでGAVA™では、ロボットの制御などに用いられる逆運動学を用いて、図3に示すように両手首と背中、頭部に取り付けられた4個のセンサ情報から、身体全体の動きを推定し、アバタの動作に反映している。

身体のジェスチャに加えて、視線や口の動きなどの表情もコミュニケーションにおいては重要である。本シス



図3 GAVA™における磁気センサの装着

テムでは、小型の視線検出装置を用いて利用者の視線方向を検出し、仮想空間中のアバタの目の動きに反映させている。また、マイクに入力される音圧を口の動きに反映させている。これらにより、豊かな表情の伝達を可能にしている。今日の技術では、立体表示には特殊な眼鏡の装着が必要だが、この手法では、そのような眼鏡を装着した状態でも視線情報の伝達が可能であるという利点もある。図4にアバタの表情の例を示す。



図4 アバタの表情の例

またCGによるアバタを利用する際問題となるのが、ユーザとその分身としてのアバタの関連付けが相手に伝わるかどうかである。我々は、ユーザの顔に似せたアバタを利用できるように、リアルタイムで3次元人物顔画像モデルを作成できるシステムFaceMaker™を開発した[4]。FaceMaker™では、モデルの詳細さを、相手が誰であるか識別可能な程度に留めることで、汎用的な装置を用いて短時間での顔画像モデルの作成を可能とした。実際に複数の利用者について顔モデルを作成した結果、両目と口の位置の指定だけの簡単な操作で十分自然に見えるモデルを作成できることが確認できた。図5に、FaceMaker™による人物顔モデル作成例を示す。

このようにCGで作成したアバタをできる限り忠実に現実近づける研究を行う一方、用途によっては、特定の動きのシナリオに沿ってユーザの状態を推定することにより、センサの数やシステムへの負荷をさらに減らす

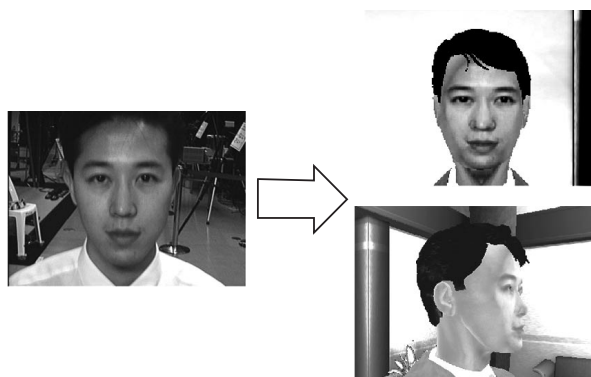


図5 FaceMaker™による人物顔モデルの作成例

ための研究も進めている [5]。図6に示すゴルフゲームの例では、リアルタイムにセンサ情報を反映させるリアルタイム制御と、スイングなどのあらかじめ用意されたパターンに沿った動作を行うパターン制御を切り替えながら、ゲームを進行させる状態制御を行っている。ここで用いている磁気センサの数は、2個（頭部、ゴルフクラブ）である。

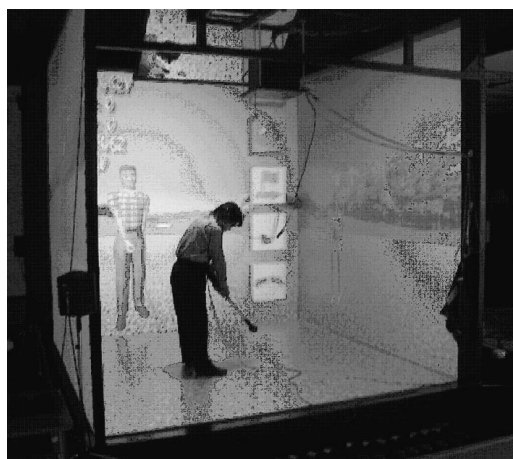


図6 GAVA™によるゴルフゲーム

4. シミュレーション共有コラボレーション

GAVA™のようなCGベースの仮想空間システムの特徴の一つとして、これまでのような2次元のディスプレイでは表現できなかった複雑な物理現象などのシミュレーションを、立体的に可視化できることが挙げられる。GAVA™により遠隔地間でこれらのコンテンツの共有が出来ると、専門家が身振りを交えて説明する様子を遠隔から見聞きし、ディスカッションすることができる。

我々はこれまで、核融合科学研究所とシミュレーションデータ共有実験を行ってきた。NTTと核融合科学研究所は、横須賀にあるNTT研究所のGAVA™システムと、岐阜県にある核融合科学研究所で開発したデータ可

視化システムである CompleXcope[6、7]を広帯域ネットワークで接続し、2002年1月より実験的に運用している（図7）。CompleXcopeはGAVA™同様、CAVE™をもとに構築されており、ユーザを取り囲む形で設置された4面の大型スクリーンにユーザの視点位置に応じて立体映像を表示することで、没入感の高い仮想空間表示を可能にしている。音響装置も備え付けているが、体の動きを測定する位置センサは頭部と右手（ワンド）の2箇所となっている。NTTと核融合科学研究所の双方のシステムは、JGN（Japan Gigabit Network: 通信放送機構（TAO）[8]が運用する実験用広帯域ネットワーク）を介してGAVA™の仮想空間管理サーバを介して接続されており、共同作業空間が実現されている。仮想空間管理サーバは、仮想空間の構成情報や仮想空間内のユーザの動作等のイベント情報を管理し、クライアントに配信する。各クライアントシステムでは、配信された相手ユーザの動作情報をもとに相手ユーザをCGアバタとして表示する。またシミュレーションシステムに対する操作イベントも同様に配信され、表示を更新する。

このシステムは、核融合科学研究所が開発したシミュレーションソフトウェアVFIVEによるビジュアル化機能と、NTTが開発した「場」の通信システムGAVA™におけるCGアバタを利用したコミュニケーション機能を結合する形で構成されている。システムの概略を図8



図7 核融合研究所とNTT研究所のJGNによる接続

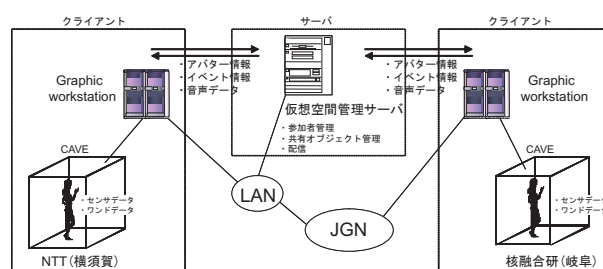


図8 核融合研究所とNTT研究所を接続したコラボレーションシステム概要図

に示す。

この実験を通じて、共同作業対象としてのシミュレーションデータの共有、密度の高い議論を行うためのシミュレーション可視化アプリケーション等を実現し、「場」の通信システムの協同作業（コラボレーション）に対する効果を検証している。

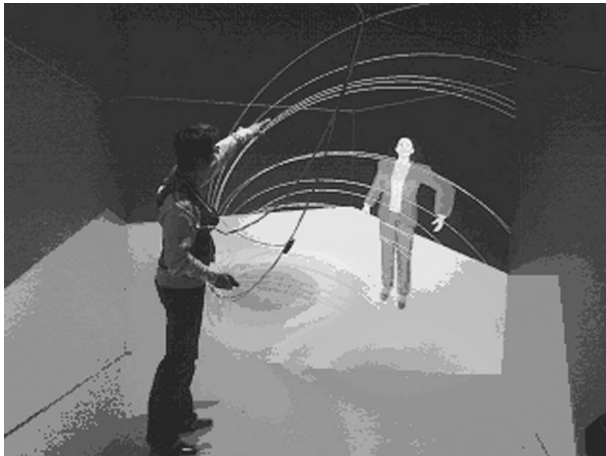


図 9 シミュレーションデータ共有コラボレーションシステムを使用している様子

本システムを使用している様子を図 9 に示す。空中に表示されている緑色の線は、太陽表面の磁力線を示し、床面の色は太陽表面の温度分布を示している。写真は、ユーザが磁力線を指し示しながら説明を加え、相手が指し示した先を見て説明を聞いている様子を示している。数百 km 離れた相手とシミュレーションデータを共有しながら、自然にコミュニケーション可能な環境が実現されている。データを共有し作業するだけであれば、人物アバタを使うまでもなく、カーソルによる指示だけでも実現可能である。しかし、人物アバタを用いることで、人物アバタの存在により相手の視点を誘導し、さらに指示動作で注目すべき対象物へと誘導するという自然な流れの視点誘導が可能になり、私たちが日常生活で行っているコミュニケーションに近い形の、自然で効果的なコラボレーション環境を実現することができる。

5. ヒューマンインタフェース技術とコミュニケーション

「場」の通信では、音声や映像を伝えることによって場の雰囲気共有するほかに、触覚、力覚などの共有も重要な要素である。力覚を表現するヒューマンインタフェースとして、我々は「風圧」を利用して力覚を呈示し、仮想物体の存在や動きを感じさせるインタフェースを実装した [9]。本方式を CAVE™ の中で用いた例を図 10 に示す。写真は、仮想空間中で跳ねるカップを、ハンマー

で叩くゲームを示している。ユーザは、風を受け止める風受容器を先端に取り付けた棒をハンマーの代わりに握る。風受容器の動きを位置センサで計測し、仮想空間中のカップとの衝突に合わせて床に置かれたノズルから空気を噴出することで、物体との衝突感を呈示する。風受容器により受け止めることにより、風を風としてではなく、力として感じさせることを可能としている。風圧による力覚呈示の特徴としては、ユーザを器具などで拘束しないことが挙げられる。肌触りのような微妙な触覚を伝達するまでには至らないが、ユーザを拘束しないインタフェースの実現を目指した取り組みの一つである。



図 10 風圧による力覚提示インタフェース

また、GAVA™ のような空間共有型のコミュニケーションシステムを、その特長を活かして、聴覚障害者にも利用可能なヒューマンインタフェースとして応用することも可能である [10]。CyberBalloon と名付けたこのインタフェースシステムは、会話の内容を吹き出し (Balloon) により可視化している。図 11 に CyberBalloon を使用している様子を示す。本システムでは、相手との位置関係等をもとに会話の内容を伝える「意思伝達モード」と、遠くの相手の注意を引く「呼びかけモード」の二つのモードによって、吹き出しの形状と動作を切り替えている。呼びかけモードでは、発話者の方向より呼びかける相手に対して吹き出しが飛んでくる。よって後方からの呼びかけなども認識することができる。また吹き出しの中の文字が常に見やすくなるように、吹き出しの移動軌跡の制御も行っている。単なるテキストチャットではなく、動きを伴う吹き出しに文字を表示することにより、発話の内容だけでなく、呼びかけの方向等の空間的な属性も呈示することが可能になる。このように、分か

りやすい意思伝達の表現方法を研究することにより、聴覚障害者だけでなく健聴者も含め、ネットワークを介したコミュニケーションを促進するインタフェースの実現につながると考えている。

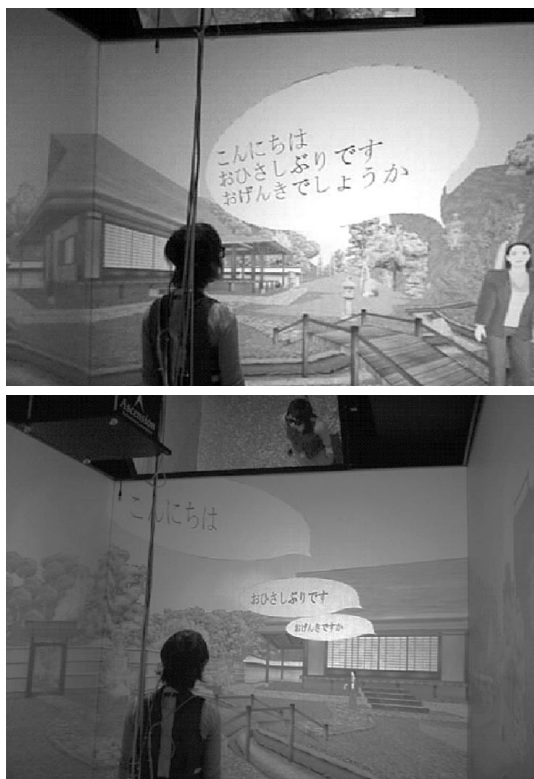


図11 聴覚障害者支援インタフェース CyberBalloon
意志伝達モード（上）と、呼びかけモード（下）

6. おわりに

「場」の通信の通信を目指した仮想共有環境の実現として、NTTで開発しているGAVA™を中心に要素技術や応用例の紹介を行った。これらの取り組みは、実用化に向けてはまだ多くの課題を残しているが、今後、課題となる技術の開発と、さらにはそれらの技術がコミュニケーションに与える効果に関する調査を進めていく予定である。

参考文献

- [1] T. Kouno, S. Honda, Y. Suzuki, and S. Ishibashi, "Immersion-type shared communication environment," Proc. of IEEE PCM'2000, pp.102-105, Sydney, December 2000.
- [2] C. Cruz-Neira, D. J. Sandin, and T. A. Defanti, "Surround-screen projection-based virtual reality: The design and implementation of the CAVE," Proceedings of SIGGRAPH '93, pp. 135-142, 1993.
- [3] 廣瀬通孝、小木哲朗、玉川 憲、山田俊郎 “没入型コミュニケーションのための高臨場感ビデオアバター,” ヒューマンインタフェース学会論文誌、vol.2 no.2 pp.55-62、2000
- [4] 箕浦大祐、石橋聡、長谷雅彦 “簡便に利用できる顔モデル作成システムを用いた仮想空間での出会いにおける3次元人物表示の効果”, 画像電子学会論文誌、Vol.30 No.4 pp.423-434 2001
- [5] M. Ihara, S. Honda, M. Kobayashi, and S. Ishibashi, "Cyber entertainment system using an immersive networked virtual environment," SPIE Electronic Imaging 2002, 4660-62, San Jose, Jan. 2002.
- [6] 影山聡、田村祐一、佐藤哲也 “CAVE システム CompleXcope によるプラズマシミュレーションの可視化,” VR 学会 第4回大会論文集、Vol.4, pp21-22、1999
- [7] 田村祐一、影山聡、佐藤哲也 “没入型 VR 装置と大規模シミュレーション,” VR 学会誌、Vol.6 No.3、pp27-30、2001
- [8] <http://www.shiba.tao.go.jp/> (2002/07/01 現在)
- [9] 鈴木由里子、河野隆志、石橋聡 “仮想空間における風圧による力覚提示,” VR 学研報 Vol.4, No.1 CSVC99-20、pp.37-42、1999
- [10] 織田修平、八木貴史、小林稔、石橋聡: “没入型仮想共有環境における聴覚障害者の会話支援インタフェース”, VR 学研報 Vol.7 No.1 CSVC2002-07、pp.39-44、2002

【略歴】

本田 新九郎 (HONDA Shinkuro)

平5 慶大・理工・計測卒。平10 同大学院博士課程修了。平9～平11 日本学術振興会特別研究員 (COE)。平11 日本電信電話 (株) 入社。現在、同社 NTT サイバースペース研究所 研究員。主に仮想現実感、遠隔コラボレーションの研究に従事。情報処理学会、電子情報通信学会各会員。工博。

小林 稔 (KOBAYASHI Minoru)

昭63 慶大・理工・計測卒。平2 同大学院修士課程修了。同年日本電信電話 (株) 入社。平8 米国 MIT 修士課程修了。現在、日本電信電話株式会社 NTT サイバースペース研究所 主任研究員。主に CSCW、ヒューマンインタフェースの研究に従事。ACM、IEEE Computer Society、情報処理学会、電子情報通信学会各会員。工博。