

没入型コミュニケーション技術に関する最新研究動向

石橋聡, 河野隆志, 志和新一
NTT サイバースペース研究所

〒239-0847 横須賀市光の丘1-1

Tel: 0468-59-4953 Fax: 0468-59-2829 e-mail: ishi@nttvd.hil.ntt.co.jp

あらまし：筆者らは「場」の通信と名付け、遠隔地にいる人があたかも同じ場所にいるかのような状況（没入型コミュニケーション）を作りだし、遠隔会議や遠隔教育に応用する研究を進めている。没入型コミュニケーションでは、送信者およびその周囲の環境を3次元的に入力し、符号化・伝送して受信者側に3次元的に再現し、双方が同じ世界に没入しているかのような感覚を作り出す。究極的には人間の五感に関わる情報を全て扱う必要がある。没入型コミュニケーションの実現に向け、VR (Virtual Reality), MR (Mixed Reality) 分野を中心に、内外各所で要素技術・応用技術の研究が盛んに行われている。本稿では、没入型コミュニケーション実現に必要な技術に関する最新の研究動向についてまとめる。

Survey : Research Trend of Immersive Communication Technology

Satoshi Ishibashi, Takashi Kouno, Shin-ichi Shiwa
NTT Cyber Space Laboratories

Hikarinooka 1-1, Yokosuka-shi, Kanagawa 239-0847, Japan

Tel: +81-468-59-4953 Fax: +81-468-59-2829 e-mail: ishi@nttvd.hil.ntt.co.jp

Abstract: Authors are studying a research on a "Cyber Space Communication System", as a kind of immersive communication, which enables distance users to make a communication and a collaboration as if they were in a same place. In this communication system, sender and his environment are acquired and coded with 3-dimensionally and transmitted to the receiver. In order to realize the immersive communication, there are many kind of research carried out in a VR (Virtual Reality) and AR (Augmented Reality) research areas. In this paper, research trend of Immersive communication technology is described.

1 はじめに

筆者らは「場」の通信 GAVA (Generation and Acceleration environment for Virtual and Augmented reality communication) と名付け、遠隔地にいる人があたかも同じ場所にいるかのような状況 (没入型コミュニケーション) を作りだし、遠隔会議や遠隔教育に応用する研究を進めている。没入型コミュニケーションでは、送信者およびその周囲の環境を3次元的に入力し、符号化・伝送して受信者側に3次元的に再現し、双方が同じ世界に没入しているかのような感覚を作り出す。究極的には人間の五感に関わる情報を全て扱う必要がある。没入型コミュニケーションの実現に向け、VR (Virtual Reality), MR (Mixed Reality) 分野を中心に、内外各所で要素技術・応用技術の研究が盛んに行われている。本稿では、没入型コミュニケーション実現に必要な技術に関する最新の研究動向についてまとめる。

2 没入型コミュニケーション技術

2.1 「場」の通信とは

「場」の通信の目標は、遠隔地にいるもの同士があたかも同じ場所にいるかのような雰囲気を共有し、その場に存在する物を自由に利用することが

できることである。例えば、図1に示すように遠隔地にいる二人が、まるで一緒にゴルフコースを回っているような感覚を与えることができるものであり、そこでは仮想のゴルフコース(実際に存在しても、しなくても良い)、仮想のボール、クラブ等が存在して、林の中からショットを打ったり、グリーン上でパットをしたり、さらには自然の息吹を感じることもできる。また、観戦者が声援を送ることもできる。

2.2 没入型コミュニケーション技術

送信側の情報を入力し受信側へ伝送、これを再現するという通信の流れから見ると、「場」の通信システムやサービス実現するために必要な技術は大きく以下の4つに分類できる。

- (1) 五感の入出力技術
- (2) 「場」の伝送・制御技術
- (3) ヒューマンインタラクション技術
- (4) 「場」の通信システム・サービス応用技術

五感の入出力技術のうち、視覚、聴覚、触覚の入出力に関する研究には、以下のようなものが挙げられる。

<視覚>

入力: 三次元形状入力技術、表情入力技術(顔の情報処理技術)、ジェスチャ認識技術、モーションキャプチャ、位置検出技術、多眼カメラによる実

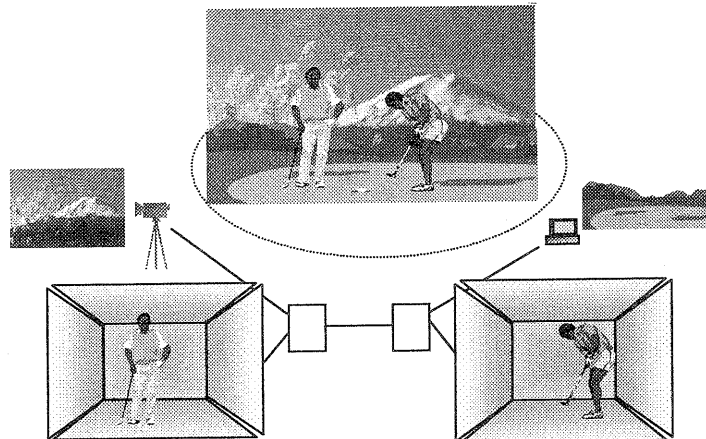


図1 「場」の通信のイメージ

写入力技術, 出力:大画面ディスプレイ技術, HMD技術, 立体映像技術, 高詳細アバタ, ビデオアバタ, 実映像・CG合成技術, CG映像生成技術
<聴覚>

入力:立体音響入力技術, 出力:立体音響定位技術, 合成音響生成技術
<触覚>

入力:三次元形状入力技術, 触覚入力技術, 出力:振動子つきグローブ, 力覚呈示ジョイスティック, PHANTOM(反力フィードバックデバイスであると同時に3軸の3次元入力センサーの機能も持つ)

味覚・嗅覚についてはセンサー技術を中心に検討されているが, 出力についてはあまり進んでいない。

ヒューマンインタラクション技術は, 仮想空間内の移動, 物体の操作など「場」における人間の行動を支援する技術である。磁気センサーや各種機構, 画像認識などを利用して, 人間や物体の形状・位置・動きを検出する技術, ジェスチャによる指示で仮想空間の操作を行う技術等がある。

「場」の伝送・制御技術は「場」を表現するために必要な音声・映像などのメディアをリアルタイムで効率的に伝送する技術である。音声・映像符号化技術, CGデータ符号化技術, メディア間の同期に関する技術, データ圧縮技術, プログレッシブ伝送技術などがある。

「場」の通信システム・サービス応用技術は, 上記3つの技術を利用し産業応用するアプリケーション技術である。代表的な応用技術に, 医療応用(CAS: Computer Aided Surgery), 障害者活動支援, 景観, 建築シミュレーション, 物理現象などの可視化, エンターテインメントへ応用等がある。

3 研究事例

ここでは, 前章で延べた各技術分野における最近の興味深い研究事例について紹介する。

3.1 五感の入出力技術

没入型映像表示デバイスとしては, CAVEに代表される実物大映像を表示する方式と特殊眼鏡により眼球の直前に映像表示するHMD(Head Mounted Display)方式がある。CAVE方式に付いては, 「CAVEを中心とする大型映像システムの最新動向(東工大)[2]」に欧米の動向を中心に利用状況が紹介されている。CAVEが平面スクリーンを利用するのに対し, 「背面投射球面ディスプレイ(筑波大)[1]」では, 球面スクリーンに背面から投射する方式を用いている。そのためディスプレイと, 球面スクリーンへの投影。ひずみの補正技術が必要となる。

HMD方式では, 「Eye-Sensing HMDの開発とその視点入力への応用(松下電工, 京大)[3]」で, 眼球運動, 動向運動及び, 瞬目活動などの視覚系生理指標の実時間導出が可能なHMD開発と視点入力への応用について報告されている。赤外線LEDで眼球を照射し, 赤外線対応CCDカメラで撮像する。「Puppet Eyes—Eye-through HMDの提案と対面コミュニケーションへの応用(ATR)[4]」では, HMD装着者の表情を把握できるように, HMDの前面にHMD装着者の目を表示する。

触覚の研究においては, 力覚の入出力の検討が進んでいる。「グローブ型簡易仮想物体硬さ感覚提示装置の開発(岩手大)[5]」では, 指先フォースディスプレイの開発と仮想物体の硬さ識別実験が報告されている。グローブの指先をワイヤで牽引することで反力を実現している。「ERアクチュエータを用いた力覚提示システム(阪大)[6]」では, 粒子系ER流体を用いて, 感性モーメントが小さく, トルク/慣性比が大きく応答性が速いなどの特徴をもつアクチュエータ(ERA)を開発し, これを用いた閉リンク型力覚呈示システムを提案している。運動機能回復訓練システムとバーチャルメス等への応用が考えられる。「着用型力覚帰還ジョイスティック(筑波大)[7]」では, ウェアラブルな反力付き

ジョイスティックを提案している。「没入型多面ディスプレイ(CABIN)における振動子を用いた全身触覚呈示デバイスの開発(東大)[8]」では、没入型多面ディスプレイで仮想物体を呈示するとき、手先以外の部位にも触覚情報を呈示することにより、体全体が仮想空間の中に存在しているという感覚を作り出すことができる。「凹凸表示装置およびその制御装置ならびにそれを用いた立体入出力インタフェース装置(松下電器)[20]」は、ディスプレイとタッチパネルを一体化した装置において、視覚のみに頼らずに信頼性の高い入出力確認を行える立体入出力装置である。「Tangible Interfaces for Remote Collaboration and Communication(MIT)[21]」は、3本の円筒状のローラがベースに埋め込まれた形状のデバイスを用いて触覚の入出力を検討している。

映像入力については、実写映像を用いる方法とCGにより合成する方法がある。「実写画像を用いた広域仮想空間構築のための車載型撮影装置開発と画像補完手法に関する考察(東大, MRシステム研)[9]」では、都市空間の実写映像を用いたウォークスルーできる仮想空間の構築方法と実験を行っている。7台のカメラとGPS、ジャイロを搭載した車で、撮影地点ごとに全周方向を7台のカメラで同時に撮影し、各撮影フレームにGPS、ジャイロによる位置情報を付加。視点移動に対する画像呈示はモーフィングにより補完する。「実写画像を用いた広域仮想空間構築における画像生成手法の研究(東大, MRシステム研)[10]」では、8台のデジタルビデオカメラで全周方向を毎秒30枚撮影。置姿勢データを記録する。記録したデータからパノラマ画像データベースを作成。三次元レイヤという概念を導入し、近似的に三次元空間を表現する。

3.2 ヒューマンインタラクション技術

「3次元空間インタフェース(富士通研)[14]」で

は、大画面ディスプレイを用い、それに適した新しい3次元空間インタフェースの提案、人間の立ち位置、動作、音、声などを入力情報とし、3次元仮想空間の映像がインタラクティブに反応するシステムを試作。「CG・VRMLの情報量が空間事象とナビゲーション方略に与える影響(東工大)[27]」では、実写写真をベースにした仮想空間と、CGをベースにした仮想空間内容の認知のしやすさについて比較検討している。

「スタイリングCADシステム(東芝)[11]」では、直接的、直感的に形状入力、操作できる入力デバイスを提案している。入力デバイス内に磁気センサーがあり、位置・姿勢を計測し、デバイスの操作面と操作対象面を対応づける。「三次元自由形状の直接操作環境の構築[16]」では、6軸制御力覚フィードバック入力装置と直接操作手法による自由形状直接変形モデラを提案している。「力センサーと弾性体を用いた形状操作インタフェース(筑波大)[17]」は、円筒状の物体を指でつまみ軸周りに変形を行い仮想物体形状操作を行う入力装置。「直接・直感的3次元形状入力インタフェース[18]」では、導電性弾性材料を用いた入力装置を手にとって素手で変形を加えることにより、コンピュータ内の3次元形状モデルが連動して変形する入力インタフェースを実現している。

良好なヒューマンインタフェース実現のため、視線に関する研究がなされており、「遠隔空間協調作業における作業座標系の自動変換—VRシステムによる作業支援(文部省, 郵政省, 通信放送・機構)[28]」や「空間型共同作業の実画像通信支援における独立した視点の支援(筑波大学)[33]」がある。

3.3 「場」の伝送・制御技術

「場」の通信においては、これまでのテレビ電話のように、単にカメラとマイクでとらえた映像・音声を伝送するだけでなく、CGデータ

や位置動き等の各種記述・制御情報等を統合して符号化伝送する必要がある。現在ISOにおいて国際標準化に向け検討されているMPEG-4[37~39]は、動画、静止画、CG画像、音声、合成オーディオ(MIDI)、テキストを対象オブジェクトとした総合マルチメディア符号化規格であり、「場」の伝送・制御に適する符号化技術と言える。

MPEG-4 標準の中では様々な項目が規定されるが、その中でも最も特徴的なシステムプロファイルについて紹介する。システムプロファイルでは、シーン記述(シンプル, 2次元, VRML, オーディオ, 完全), グラフィック(2次元, 完全)を定義している。シーン記述に従って、映像や音声のメディア(オブジェクト)が再生される。シーン記述はBIFS(Binary Format Scenes)により行われる。ノードの構造の一部にVRMLのサブセットを含む。また, DMIF(Delivery Multimedia Integration Framework)はインタラクティブにMPEG-4オブジェクトを操作する場合に必要なプロトコルなどを規定する。

尚, MPEG-4は1999年内にバージョン1が国際標準化され, その1年後に機能拡張版であるバージョン2が標準化される予定である。

3.4 「場」の通信システム・サービス応用技術

「仮想空間共有型機器保守訓練システムについて(京大)[14]」では, 原子力発電プラントの制御棒制御装置の保守点検作業訓練システムを仮想空間で構築。「**テレマージシステムに関する基礎的検討(ATR)[36]**」では, 利用者が仮想空間を経由してコミュニケーションする相手の実空間に入って対話を行う。「**人工現実感を利用した意匠設計システム(九工大, 三菱電機)[13]**」では, 人工現実感を用いて直感的な操作で三次元形状を操作することが可能なデザイナー支援シス

テムを試作。

障害者支援への応用も有望なアプリケーションの一つであり, 手話(「**手話学習システムのための手話表現基礎データの作成(広島大)[26]**」)やリッブリーディング等への適用検討が行われている。

また, 「**舞踊符による動作の記述法の提案(わらび座, 秋田経法大短大部, 秋田県工業技術センタ, 秋田大)[31][32]**」では, 日本舞踊のトレーニング応用が検討されている。「**バーチャルリアリティを用いたピアノ教育支援システム(関西大)[35]**」では, ピアノを弾く指の動画像作成し, ビデオプロジェクターでピアノ鍵盤上に投射, 練習者はその映像に自分の手を重ねて練習を行う。

4. まとめ

没入型コミュニケーション実現に必要な技術に関する最新の研究動向についてまとめた。尚, 本稿は1999年2月の時点での公表資料をもとに作成している。筆者らの調査不足によるものや, その後の発表については網羅できていないので, ご容赦願いたい。

[参考文献]

- [1] 岩田, 橋本; 「背面投射球面ディスプレイ」, 電子情報通信学会 信学技法 MVE97-19, 1997.
- [2] 中嶋, 高橋; 「CAVEを中心とする大型映像システムの最新動向」, 電子情報通信学会 信学技法 MVE97-86, 1997.
- [3] 福島, 吉川; 「Eye-Sensing HMDの開発とその視点入力への応用」, 電子情報通信学会 信学技法 MVE97-21, 1997.
- [4] 宮里; 「Puppet Eyes—Eye-through HMDの提案と対面コミュニケーションへの応用」, 電子情報通信学会 信学技法 MVE98-1, 1998.
- [5] 藤田, 河内; 「グローブ型簡易仮想物体硬さ感覚提示装置の開発」, 電子情報通信学会 信学技法 MVE97-20, 1997.
- [6] 古荘, 坂口, 千田; 「ER アクチュエータを用いた力覚提示システム」, 電子情報通信学会 信学技法 MVE97-22, 1997.

- [7] 岩田, 中川;「着用型力覚帰還ジョイスティック」, 電子情報通信学会 信学技法 MVE98-26, 1998.
- [8] 矢野, 小木, 廣瀬;「没入型多面ディスプレイ(CABIN)における振動子を用いた全身触覚呈示デバイスの開発」, 電子情報通信学会 信学技法 MVE98-29, 1998.
- [9] 廣瀬, 渡辺, 遠藤;「実写画像を用いた広域仮想空間構築のための車載型撮影装置開発と画像補完手法に関する考察」, 電子情報通信学会 信学技法 MVE97-26, 1997.
- [10] 廣瀬, 渡辺, 谷川, 遠藤;「実写画像を用いた広域仮想空間構築における画像生成手法の研究」, 電子情報通信学会 信学技法 MVE98-26, 1998.
- [11] 亀山, 「スタイリングCADシステム」, 電子情報通信学会 信学技法 MVE97-28, 1997.
- [12] 中野, 渡辺;「VRによる伝統工芸デザイン支援システムの開発」, 電子情報通信学会 信学技法 MVE97-32, 1997.
- [13] 川村, 田中, 鄭, 安部, 何, 滝;「人工現実感を利用した意匠設計システム」, 電子情報通信学会 信学技法 MVE97-74, 1997.
- [14] 山本, 手塚, 吉川;「仮想空間共有型機器保守訓練システムについて」, 電子情報通信学会 信学技法 MVE97-31, 1997.
- [15] 山口, 安部, 飯田, 中沢, 岩本, 佐野;「3次元空間インタフェース」, 電子情報通信学会 信学技法 MVE98-44, 1998.
- [16] 山下, 他;「3次元自由形状の直接操作環境の構築」, 9th Symposium on Human Interface, 計測自動制御学会, 1993.
- [17] 岩田, 他;「力センサと弾性体を用いた形状操作インタフェース」, 10th Symposium on Human Interface, 計測自動制御学会, 1994.
- [18] 村上;「直接・直感的3次元形状入力インタフェース」, 3D映像, Vol.2 No.2, 1995.
- [19] M. G. Gorbet, M. Orth, H. Ishii: "Triangles: Tangible Interface for Manipulation and Exploration of Digital Information Topography", Proc. of CHI '98, ACM, 1998.
- [20] 松下電器;「凹凸表示装置およびその制御装置ならびにそれを用いた立体入出力インタフェース装置」, 特開平6-332601, 1994.
- [21] S. Brave, H. Ishii, A. Dahely: "Tangible Interfaces for Remote Collaboration and Communication", Proc. of CSCW'98, ACM, 1998.
- [22] 鈴木, 加藤;「アルゴブロック」, 8th Symposium on Human Interface, 計測自動制御学会, 1992.
- [23] M. Resnick, F. Martin, R. Berg, R. Borovoy, V. Colella, K. Kramer, B. Silverman: "Digital Manipulatives: New Toys to Think With", Proc. of CHI98, ACM, 1998.
- [24] <http://www.legomindstorms.com/>, 1998.
- [25] <http://www.sony.co.jp/soj/CorporateInfo/News/199806/98-052/index.html>, 1998
- [26] 宮尾, 中間;「手話学習システムのための手話表現基礎データの作成」, 電子情報通信学会 信学技法 ET97-123, 1997.
- [27] 柳沢, 赤堀;「CG・VRMLの情報量が空間事象とナビゲーション方略に与える影響」, 電子情報通信学会 信学技法 ET98-28, 1998.
- [28] 大西, 望月, 鈴木, 鈴木;「遠隔空間協調作業における作業者座標系の自動変換—VRシステムによる作業支援—」, 電子情報通信学会 信学技法 ET97-127, 1997.
- [29] 大西, 松本, 福永;「動画像処理による遠隔講義映像の自動生成とその評価」, 電子情報通信学会 信学技法 ET98-62, 1998.
- [30] 柏原, 佐竹, 豊田;「ハイパーメディア教材における履歴の可視化と知識整理支援」, 電子情報通信学会 信学技法 ET98-04, 1998.
- [31] 海賀, 他;「舞踊符による動作の記述法の提案」, 電子情報通信学会 総合大会 A-16-21, 1999.
- [32] 湯川, 他;「舞踊符による3次元モーションデータの合成」, 電子情報通信学会 総合大会 A-16-22, 1999.
- [33] 葛岡;「空間型共同作業の実画像通信支援における独立した視点の支援」, 情報処理学会 グループウェア研究会 5-19, 1994.
- [34] 坂本, 佐藤, 築, 堀川;「クロスプラットフォーム環境におけるポインティング共有システムの試作」, 情報処理学会 グループウェア研究会 12-2, 1995.
- [35] 西野, 村中, 今西;「バーチャルリアリティを用いたピアノ教育支援システム」, 電子情報通信学会 総合大会 A-16-28, 1999.
- [36] 宮里, 「テレイメージシステムに関する基礎的検討」, 電子情報通信学会 信学技法 MVE97-82, 1997
- [37] <http://drogo.cselet.stet.it/mpeg/>
- [38] 渡辺裕;「MPEG-4 Version 1 の動向」, 情処研報 Vol.98, No.77 22-8 (1998)
- [39] 三木弼一編著;「MPEG-4の全て」, 工業調査会 ISBN4-7693-1167-2(1998.9)