

テレグジスタンスの研究(第 29 報)

オブジェクト指向型ディスプレイとしての遠隔ロボット

稲見 昌彦* 川上 直樹† 関口 大陸† 柳田 康幸† 前田 太郎† 舘 暲†

Study on Telexistence (XXIX)

-A Remote Robot as an Object-Oriented Display

Masahiko INAMI*, Naoki KAWAKAMI†, Dairoku SEKIGUCHI†,
Yasuyuki YANAGIDA†, Taro MAEDA†, Susumu TACHI†

Abstract: Conventional Telexistence system is now possible to telexist in the remote environment and/or virtual environment with a sensation of presence. We can have feelings that we are present in several real places and can work and act. However, those people in the place where someone telexists using a robot see only the robot but they can not feel that the person who presents. In this paper, we propose the new type Telexistence system using optical projection type Object-Oriented Display. This system allows a remote robot painted retroreflector to display operator's image.

Keywords: telexistence, tele-presence, object-oriented display, virtual reality, tele-communication

1.はじめに

テレグジスタンス(Telexistence/Tele-Existence)またはテレプレゼンス(Tele-Presence)とは離れたところにいる人間(操作者)が、ロボットの存在する場所で直接作業しているかのような高度の臨場感を持って、ロボットを遠隔操作する技術である。[1][2]

テレグジスタンスにより、遠隔地のロボットをあたかも自分の分身であるかのように操作することが可能となるため、人間が直接行けないような危険な場所での作業や力のいる作業を、操作者自身は安全な場所で行うことが可能となる。また、ロボットを利用することにより、映像、音声だけでなく動作も伝達可能であり、より広帯域のテレ・コミュニケーション手段としての側面も持つ。

近年の完全自立人間型二足歩行ロボットの研究の進展により、ロボットの大きさや自由度配置が人間に近くなってきており、テレグジスタンス実用化への道が拓けつつある。

従来のテレグジスタンスシステムでもオペレーター自身はあたかも遠隔地にいるかのような臨場感を体感することは十分可能である。

しかし、オペレーターの分身ともいえるロボットの姿はオペレーターの姿とは大きく異なる。したがって、ロボットにより働きかけられる人からそのロボットを見ると、その姿はやはりロボットであり、ロボットの中にオペレーターの姿を観察することはできない。

このことは、人間に対して働きかける介護やコミュニケーション等への応用を行う場合の障壁になると推定できる。

例えば介護等の現場においてリフト等の装置により被

介護者をベッドから移動させる装置がある。しかし多くの被介護者は機械のみにより扱われることに不安感など心理的な抵抗を持つとされている。

本研究では、従来テレグジスタンスが目指していた遠隔ロボット周辺環境の臨場感あふれる提示に加え、ロボットの操作者の姿があたかもその場にいるかのように観察でき、遠隔地の人とコラボレーション可能な次世代テレグジスタンスシステムを提案、構築することを目的とする。その実現イメージは図 1 である。

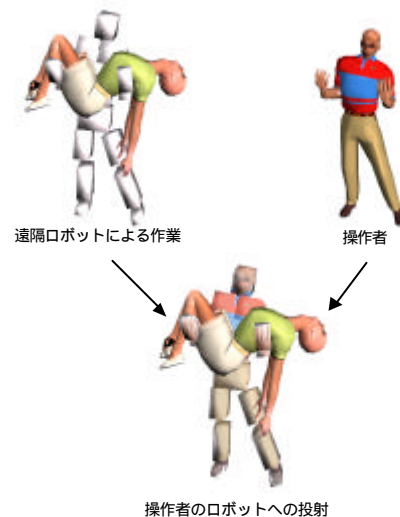


図 1 ロボット操作者像を観察可能な次世代テレグジスタンスシステム

* : 東京大学 国際・産学共同研究センター

† : 東京大学 工学系研究科

‡ : CCR, The University of Tokyo

† : School of Engineering, The University of Tokyo

2. 従来手法

機械やコンピュータに人間の表情を持たせるための研究は比較的古くから行われており、機械的部品により人面を構築する方法と、ディスプレイに人面を表示する方法に大別できる。

前者はロボットの顔面の部品を細かく制御することにより幾何的な形状も忠実に現実感あふれる表情の再現を試みており、骨格や表情筋の配置も実物を参考にし、いくつかの表情パタンの生成にも成功している。[3]

しかし、現時点では人面の多くの筋肉の動きを再現するための機構が大きくなること。単一の人物モデルの顔面しか形作ることができないこと。機械部品などが表情を再現するのに中途半端であった場合はより冷たい表情を連想させ、かえって逆効果であるといった問題がある。

一方ロボットの顔面に相当する部分にディスプレイを配置し、ディスプレイに顔映像を表示することにより幾何的な形状は人面とはある程度異なるが、映像情報は忠実に構築することを目指した研究も行われている。

しかし、単純に頭部位置にディスプレイに映像を表示したのみでは、顔面形状がディスプレイ形状により規定されてしまうので、正面から見る以外は不自然な表情となってしまう。

よって、バッティングセンターで投手の映像とピッチングマシンを適切に重畳する等用途を限定しない限り存在感に欠けたものとなる。

上記手法の中間に位置するような手法としては、顔型の半透明スクリーンに実際の顔の映像を背面投影することによりあたかもその場で人が話しているかのような効果を出すための研究はアメリカの軍やMIT等で1970年代中頃から行われており、「トーキング・ヘッズ」[4]、「PERSONA」[5]等と呼ばれていた。

これらの手法は正確な顔型をとり、それに対し二次元的なビデオ映像を投影することにより存在感を出すことを試みている。

しかし、この手法も顔型のモデルの映像のみしか適切に映像を表示することができない。

ビデオシースルー式の頭部搭載型ディスプレイ(以下HMD)を利用することにより、機械にコンピュータで生成した人物像を重畳することを試みた研究もある。[6]本手法によりロボットとは大幅に異なる形状の映像を比較的自然に重畳させることが可能となる。

しかし、実世界の視野が、HMDにより遮蔽されること。提示映像の遮蔽関係に矛盾が生じること。提示映像の輻射位置と水晶体の調節位置に大幅なずれが生じ、長時間装着の場合眼精疲労を惹起する可能性があること。といった問題も存在する。

その他、没入型の遠隔通信システムとして、臨場感通信相互や相互テレグジスタンスシステム等が研究されており[7][8][9][10]、遠隔会議等には極めて有用であると考えられるが、映像、音声の伝達を主眼とした研究であり、「動作」の伝達は上記システムでは困難である。

3. 投影式オブジェクト指向型ディスプレイ

現在、バーチャルリアリティあるいはコンピュータビジュアル化の分野で利用されているディス

レイシステムとして、頭部搭載型ディスプレイ(HMD)やCAVE/CABIN[11]に代表される没入型ディスプレイ等が挙げられる。

これらのディスプレイシステムは「環境」の提示に主眼を置いているのに対し、われわれは「物体」の提示に主眼をおいた「オブジェクト指向型ディスプレイ」の概念を提案してきた。[12][13][14]

オブジェクト指向型ディスプレイとは提示するバーチャル物体を取り囲み、バーチャル物体近傍の映像を観察位置に応じて実時間で提示する特徴がある。

つまり、「実際には存在しない仮想物体をあたかも実際の物体のような感覚を持って知覚し、かつ作用することを可能としたデバイス」といえる。

中でも、投影式のオブジェクト指向型ディスプレイMEDIA X'tal (MEDIA Crystal)[15]で用いられている手法X'tal Vision (Crystal Vision)は

- (1) ディスプレイ面として再帰性反射材(リトロリフレクタ)を利用する
- (2) 観察者の目と光学的に共役な位置より画像を投影する
- (3) 画像投影部の開口径を光量の許す限り絞り込むことにより、それぞれ、(1) 高い輝度、指向性反射を有し、再帰性反射材が塗布可能なすべての物体をスクリーンとして利用可能なため非常に軽量のディスプレイ部を実現可能であり、スクリーン部の形状も自在かつ材質も発泡スチロールや布、壁などかなりの自由度があり(2)スクリーン形状に起因する像の歪みが生じず、(3)大きな焦点深度を持ち、任意形状、任意位置のスクリーンに対し、広い範囲で結像可能。

といった特長を有することになる。さらに、それぞれの要素を融合することで、スクリーン輝度の距離依存性の減少(1)+(2)、手などの物体とスクリーン面との大きな輝度差による適切な遮蔽関係(1)+(3)、両眼像の空間的分離による立体視(1)+(2)+(3)といったような各要素を同時に満たすことにより、単独では生まれ得ない効果も発生する。

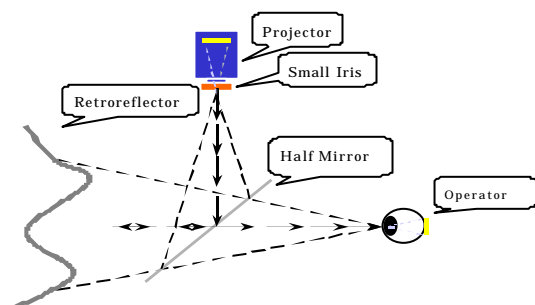


図 2 X'tal Vision 構成図

つまり、投影式のオブジェクト指向型ディスプレイは、任意形状の物体をディスプレイとして扱うことができるわけである。

4. オブジェクト指向型ディスプレイとしての遠隔ロボット

ここで、ロボットに再帰性反射材を塗布、もしくはロボットを再帰性反射布を覆うことにより、ロボットを投

ロボット観察者の頭部の動きに合わせてコックピットの6軸両眼立体視移動カメラ(スピーカを含む)が動く。

その映像がロボット操作者を捕らえ、それがHMPにより予め再帰性反射材が塗布されたロボットに投影される。音は操作者の声に周辺音を加え遠隔ロボットから発

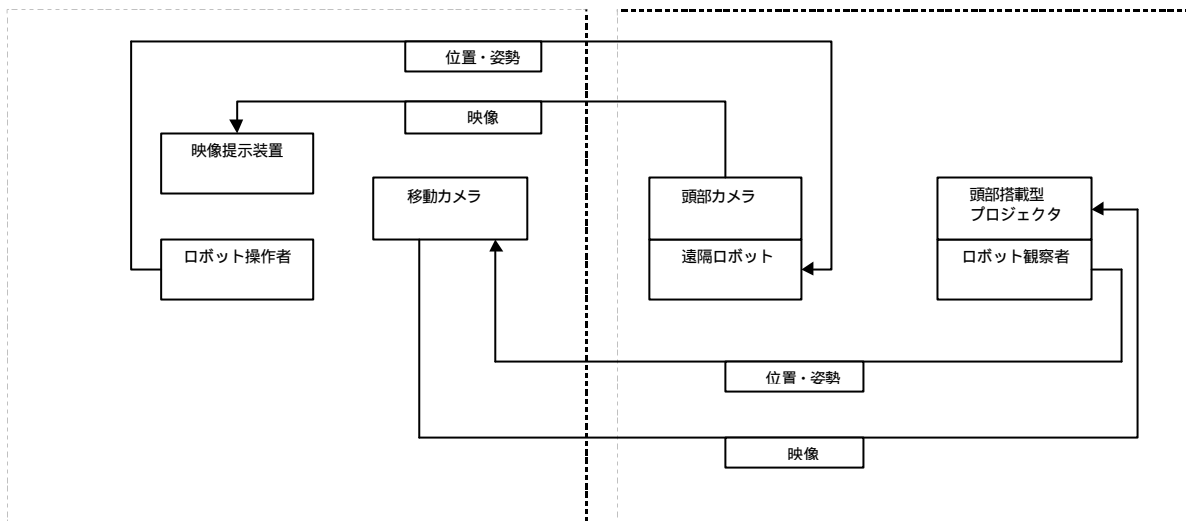


図 3 次世代テレグジスタンスシステムブロック図

影式のオブジェクト指向型ディスプレイとして用いることが可能となる。

このオブジェクト指向型ディスプレイとしてのロボットに映像を投影することで、例えば顔の幾何学的形状が投影された映像とかけ離れていても立体視を行うことによりあたかも正確な顔型に映像が投影されたかのように観察可能である点も特徴となっている。つまり、1種類のスクリーンで様々な人の顔を提示することが可能となる。メリットを以下にまとめる。

- 機械的の部品によっては実装困難な細かい形状、色、質感の表現を視覚的に再現することが可能となる
- ロボット本体をディスプレイとするため、立体視を行った場合、像の位置とディスプレイの位置が近傍にあるため、輻輳-水晶体調節の不一致に起因する問題が低減される
- ロボット本体の姿も同時に観察可能であるため、接触事故をおこしにくい

逆にデメリットとしてはロボットのサイズにより投影可能な人物像の大きさがある程度規定されてしまうこと。ロボット観察者がプロジェクタを装着する必要があること等を挙げることができる。

5. システム構成

遠隔ロボットを操作者を表示するためのオブジェクト指向型ディスプレイとするためには、従来の操作者の動作を取り込む機構だけでなく、操作者の映像を撮影する機構も必要になる。

最も簡単なシステム構成を図 3に示す。

まず、図 3右のロボット観察者は位置姿勢センサ付き頭部搭載型プロジェクタ(HMP)を装着する。

せられる。

このシステムにより、ロボット観察者は遠隔ロボットではなく遠隔ロボットにテレグジスタンスしているロボット操作者を観察可能となる。

ロボット操作者は HMD を利用すると操作者の表情を撮影できないため、遠隔ロボットのとらえた映像は非装着型ディスプレイを利用することになる。あるいは、操作者も HMP を利用することも可能である。

もちろん遠隔ロボットに表示するのは実写の人間のリアルタイムな映像だけでなく、例えば擬人化エージェントの CG を投影することによってコンピュータの顔として利用することも可能である。人物像を多視点から撮影することにより、任意の観察位置からの映像を再生する手法[16]を利用することにより、多人数での利用も可能となるであろう。

6. 実験

本システムの試験的実装として顔面と全身それぞれの映像を再帰性反射材を塗布した模型に投影し、観察した。人のおおまかな頭部形状を実物大に象った発泡スチロールに、塗料状のビーズ型再帰性反射材(3M: Scotchlite #7210)を塗布したものに対し、人物像を動画で投影した。全身像については、等身大の適切な模型がないためホンダの人間型ロボット P2 の 1/12 模型(WAVE)に再帰性反射材を塗布したものをを用いた。

映像は単板式 SVGA 解像度液晶プロジェクタを用い投影距離は顔面模型は 2[m]、全身模型は 50[cm]である。

7. 結果・考察

図 4、図 5に顔型スクリーンに対する人間の映像の投影結果を示す。スクリーン形状と人物の輪郭との不一致

による違和感はあるものの、人物の表情、視線を観察者が認識可能なクオリティの映像であることがわかる。

今回の実装では立体視を行っていないが、眼間距離だけはなれた2台のカメラを用いて遠隔人物像の撮影を行うことにより、立体像を投影することが可能となり、より存在感あふれる対面型コミュニケーションに用いることも可能となるであろう。

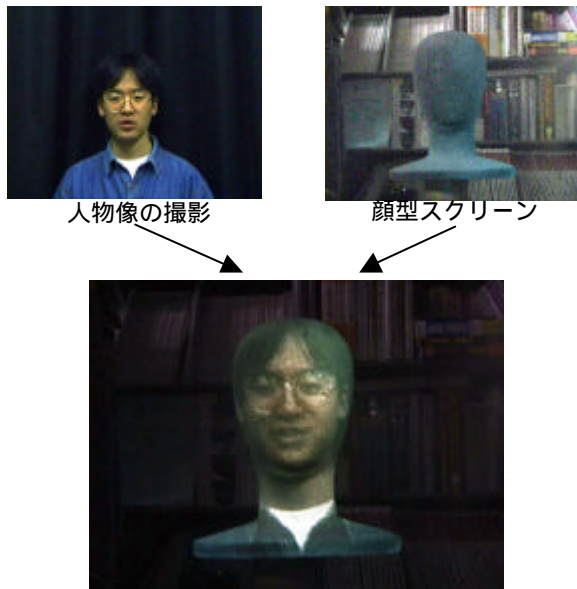


図 4 顔面映像の投影

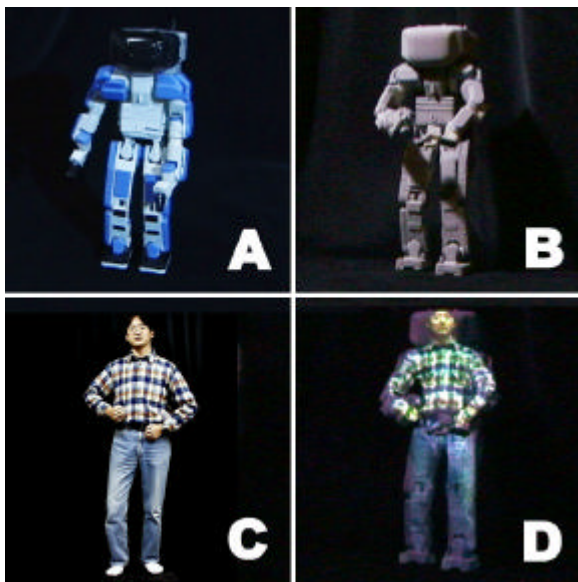


図 5 A:ホンダヒューマノイドロボット模型、B:再帰性反射材を塗布した模型、C:人物映像、D:模型に投影された人物映像

8.まとめ

本報告において、投影式オブジェクト指向型ディスプレイ「MEDIA Xtal」をテレプレゼンスに適用する

ことにより操作者の姿を遠隔地に投射する手法を提案した。

また、予備実験により、実在感のある顔面像、全身像を表示可能であることを確認した。

今後は本手法により従来のテレプレゼンスシステムを補完した、次世代のテレプレゼンスシステムの実証機の試作を行って行く予定である。

参考文献

- [1] 館, 阿部: テレプレゼンスの研究 (第1報), 第21回SICE学術講演会, pp. 167-168 (1982)
- [2] 館: 人工現実感, 日刊工業新聞社 (1992)
- [3] 小林, 原, 内田, 大野: アクティブ・ヒューマン・インタフェース(AHI)のための顔ロボットの研究, 日本ロボット学会誌, Vol. 12, No. 1, pp. 155-163 (1994)
- [4] ニコラス・ネグロポンテ: ビーイング・デジタル, ASCII, 1995
- [5] リチャード・A・ボルト: マン・マシン・インターフェース進化論, パーソナルメディア, 1986
- [6] 大橋, 鈴木, 正宗, 鈴木, 土肥, 三井: バーチャルリアリティ応用による高齢者介護ロボットの開発, 精密工学会春季大会学術講演会予稿集, (1997)
- [7] 館, 廣瀬 ほか: バーチャル・テック・ラボ, 工業調査会 (1992)
- [8] 國田, 稲見, 柳田, 前田, 館: 相互テレプレゼンスのための視覚ディスプレイの設計, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol2, pp. 352-353 (1997)
- [9] 廣瀬, 小木, 山田: CABIN間通信における人物像の合成手法, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol3, pp. 199-202 (1998)
- [10] 山下, 葛岡, 山崎: 臨場感のある遠隔共同作業空間の構築, 第14回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp.463-468 (1998)
- [11] 廣瀬, 小木, 石綿, 山田: 没入型多面ディスプレイ(CABIN)の開発, 日本バーチャルリアリティ学会第2回大会論文集, pp. 137-140 (1997)
- [12] 稲見, 川上, 前田, 館: 物体近傍映像提示ディスプレイ「バーチャルホログラム」の提案, 日本バーチャルリアリティ学会第1回大会論文集, pp. 139-142 (1996)
- [13] 川上, 稲見, 前田, 館: オブジェクト指向型デバイスの評価法の検討, 日本バーチャルリアリティ学会第2回大会論文集, pp. 340-341 (1997)
- [14] 川上, 稲見, 柳田, 前田, 館: オブジェクト指向型ディスプレイの研究, 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会予稿集, Vol. 76, No. 14, pp. 79-83 (1998)
- [15] 稲見, 川上, 柳田, 前田, 館: オブジェクト指向型ディスプレイの研究(第2報), 計測自動制御学会 Human Interface N&R, Vol3, No. 2, pp. 219-222 (1998)
- [16] 國田, 稲見, 柳田, 前田, 館: カメラの走査線を利用したイメージベーストレンダリング, Human Interface N&R, Vol.12, pp. 145-150 (1997)