

相互テレグジスタンス用人型ロボット「テレサ2」

Humanoid Robot "TELESAR 2" for Mutual Telexistence

執筆者プロフィール



舘 暲

Susumu TACHI

1968年東京大学工学部計数工学科卒業
1973年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了・工学博士

■主として行っている業務・研究

・ロボット工学、バーチャルリアリティ、システム情報学が専門分野

・盲導犬ロボット、テレグジスタンス、人工現実感、再帰性投影技術などの研究を行う

■所属学会および主な活動

日本バーチャルリアリティ学会初代会長、SICE、日本ロボット学会、日本機械学会

■勤務先

正員(フェロー)、東京大学教授 大学院情報理工学系研究科

(〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1/

http://www.star.t.u-tokyo.ac.jp)

1. 相互テレグジスタンス

本研究室で研究開発された図1に示す「テレサ2 (TELESAR 2: Telexistence Surrogate Anthropomorphic Robot 2)」は、バーチャルリアリティ技術やネットワーク技術を利用することで、人間の生活空間において人間と協調できる人型ロボットであり、音声や映像の情報のみならず、人間の動作や力などの物理情報も遠隔地へと伝達し、高度な遠隔コミュニケーションや遠隔作業を実現する、人間の分身となるロボットである。

具体的には、このシステムは、高速通信ネットワークを介して、ロボット操作用マスタコクピット内部の操作者の動作と力や顔の表情を、遠隔地にあるスレーブロボットに再現させることで、ロボットの操作者が、ロボットが配置されている場所に実際に存在しているかのような感覚を、ロボットの周

囲の人々に生じさせ、遠隔地にいる人との円滑なコミュニケーションを可能とする「相互テレグジスタンス (Mutual Telexistence)⁽¹⁾」を実現する初めてのロボットシステムである。遠隔地にあるロボットに操作者の顔などの表情を再現させるために、次章で述べる再帰性投影技術を用い、ロボットに操作者の動作や力を再現させるために、3章で述べるマスタ・スレーブ方式のアームやハンドを用いている。

2. 再帰性投影技術

テレサ2のシステムでは、本研究室で開発された再帰性投影技術⁽¹⁾(図2)により、操作者の姿を、ロボットの胴体にリアルタイムに投影することで、再帰性投影プロジェクタをのぞいた観察者が操作者の表情をロボットの内部に見て、操作者の存在を感じ取ることを可能としている。光をそれが来たのと全く同じ方向に反射し返す特性を持

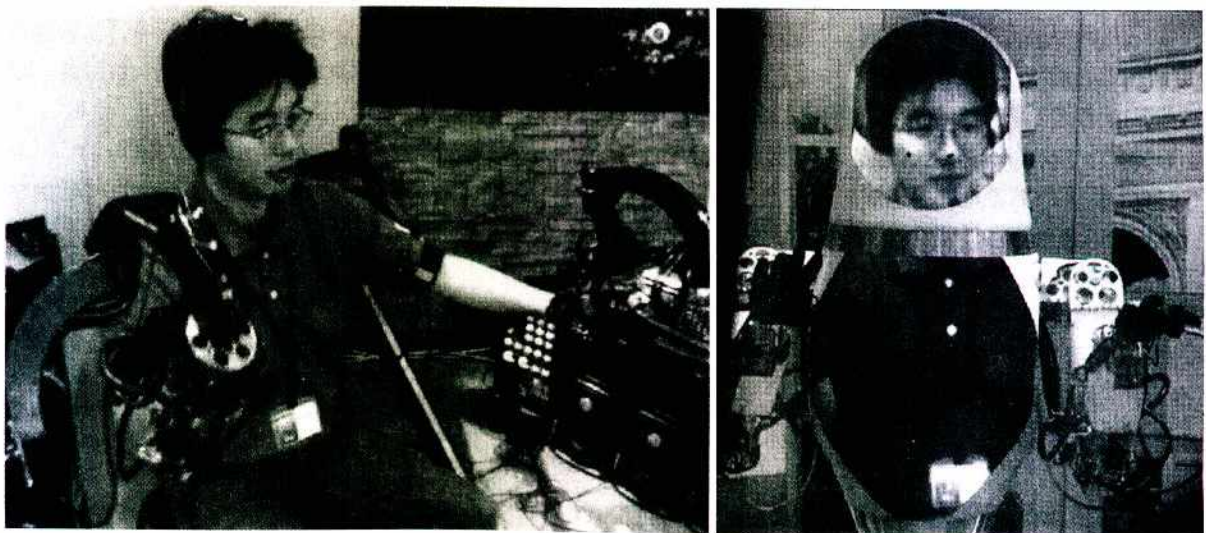


図1 テレサ2のマスタコクピットとスレーブロボット

操作者の動作と力および表情の情報を計測するマスタコクピットと、それらの情報を再現する人型スレーブロボット

つ再帰性反射材をロボットの体表面に塗布することで、ロボットに投影された操作者のリアルタイム映像と、その場に存在するロボットの実像との間に正しく遮へい関係が構築されるため、例えば操作者の映像の手前にロボットの腕が来た場合には、ロボットの腕が操作者の姿より手前に観察されることになり、操作者の高度な存在感を矛盾なく提示することが可能となる。

ロボットの視覚はHMD(ヘッド・マウンティド・ディスプレイ)ではなく、マスタコクピット側の多面裸眼立体ディスプレイで操作者に提示されているため、操作者の顔を隠すことなくカメラで撮影でき、そのカメラの映像をスレーブロボット側の再帰性投影プロジェクタでロボット表面に投影することで、操作者の存在感を提示している。

3. マスタ・スレーブ方式のアームとハンド

遠隔地へ人間の動作や力を伝える方法としては、人間と同じ7自由度のスレーブアームと、5本の指を持つ8自由度の人型スレーブハンド(図3)を、6自由度の外骨格型のマスタアームと、同じく8自由度の外骨格型のマスタハンドを持つマスタコクピットで操作する形式を取っている。マスタアームが6自由度である理由は、機構を操作者への力覚提示に特化させたためであり、人の腕の持つ冗長自由度の計測のために、操作者の上腕に加速度センサで構成される姿勢センサを取り付けることで、7自由度を持つロボットの腕の姿勢を人間と同様の形で制御することが可能となっている。スレーブアームの肩と手首の3自由度は、人間と同じく1点で直交する構造であるため、特異点を避けて人の姿勢に追従することが極めて容易になっており、また操作者の固有受容感覚を用いた制御を可能としている。さらに、ハーモニックドライブを用いた減速機構のハウジング部分を、周囲の機構と一体化した形で設計することで、腕の機構全体の小型・軽量化を実現した。

マスタハンドは、スレーブハンドが何も接触せずに自由空間を動いている

再帰性反射材で覆われた
ロボットの体の表面

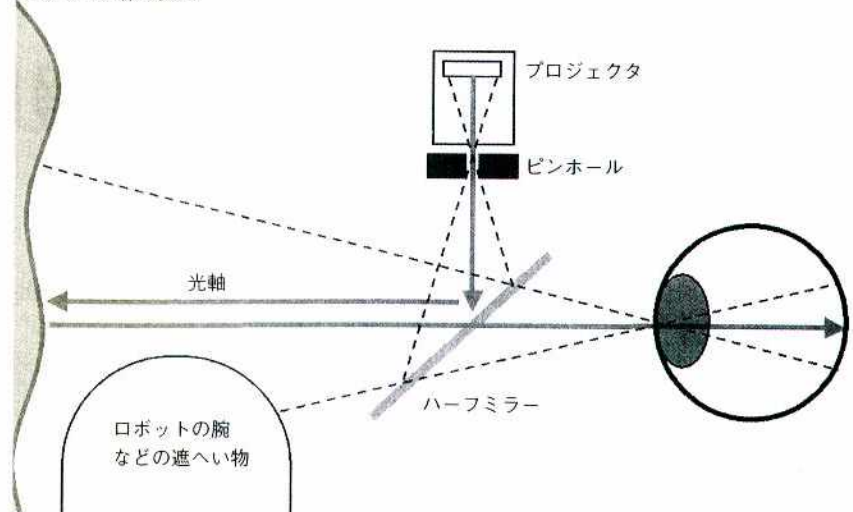


図2 再帰性投影技術の原理図

操作者の映像は、ピンホールを介してプロジェクタから投影される。その映像は、ハーフミラーで90°折り返され、再帰性反射材のスクリーンで同じ方向に反射された後に、ハーフミラーを透過して観察者の目に入る。この方式により、実空間にバーチャル映像を遮へい矛盾なく重畳することができる。

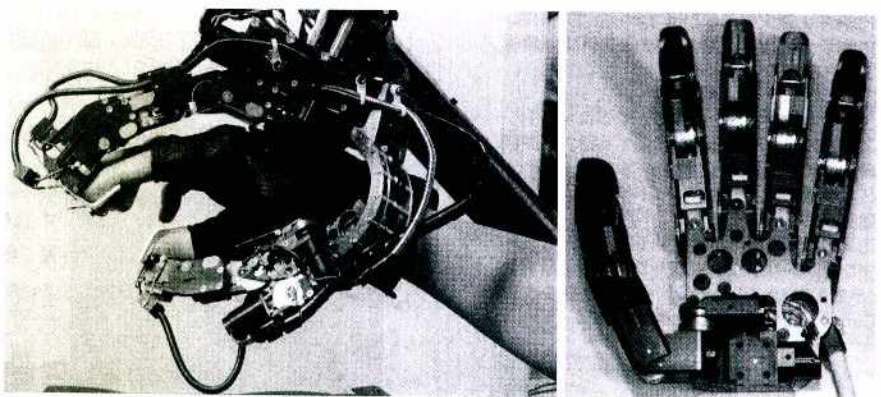


図3 マスタハンドとスレーブハンド

8自由度の外骨格型のマスタハンドと、5本の指を持つ8自由度の人型スレーブハンド

ときは、光センサによる計測に基づき操作者の指に接触せずに追従し、スレーブハンドが外界と接触したときのみ操作者の指に接触して、スレーブハンドの指にかかる外力をフィードバックするという遭遇型機構となっている。

4. 愛・地球博プロトタイプロボット展

以上説明したテレサ2のシステムは、「テレサフォン」という未来の電話として、愛・地球博のプロトタイプロボット展にて、2005年6月9～19日の期間に、ロボットを介して日本からパリのぬいぐるみ店に買い物に行く

という設定でデモ・展示を行い、人間とロボットが共存する未来社会のあるべき姿を提示し、大変好評を得た。

現在、本研究室では、愛・地球博における実証実験の結果得られた多くのデータや知見を基に、テレサ2のさらなる改良を進め、「アールキューブ(R³, Realtime Remote Robotics: 実時間遠隔制御ロボット技術)⁽²⁾」の実現に向けシステムを鋭意発展させている。

文 献

- (1) 館 暲, バーチャルリアリティ入門, (2002), ちくま新書.
- (2) 館 暲, ロボット入門, (2002), ちくま新書.