

テレグジスタンスの研究(第35報)

—相互テレグジスタンスロボットシステム TELESAR II の構想—

東京大学 ○舘 暲, 川上直樹, 梶本裕之

Study on Telexistence (XXXV)

Conceptual Design of Mutual Telexistence Robot System TELESAR II

○ Susumu TACHI, Naoki KAWAKAMI and Hiroyuki KAJIMOTO University of Tokyo

Abstract: Although conventional telexistence systems provide an operator the real-time sensation of being in a remote environment, persons in the remote environment have only a feeling that a surrogate robot is presented, not the operator. Mutual telexistence aims to solve this problem so that the existence of the operator is apparent to persons in the remote environment by providing mutual sensations of presence. Several types of mutual telexistence are conceptually designed and TELESAR II system project is planned based on the concept.

1. はじめに

テレグジスタンスでは、ロボットの操作者は遠隔環境を現前の空間と感じ、その空間をあたかも現前空間のようにして行動することができる。また、理想的には、そこに居る人と違和感なく相対することができる。つまり、高度の臨場感が生じている。しかし、テレグジスタンスされた遠隔環境にいる人にとってはそうではない。ロボットが存在し、人間のような動きをして、そこから人間の声が聞こえてくるということだけでなく、本来そこに臨場しているはずの人の存在感が全くない。これでは、コミュニケーションをとる行動にとって不都合である。ロボットを使用している人が見える透明性が必要である。そこで、ロボットを操作している人の存在感を明らかにするための相互テレグジスタンスを実現する方法が求められている。

オリジナルのテレグジスタンスの概念は、1980年に生まれ、特許¹⁾、最初の実験と日本での発表²⁾、国際会議での発表³⁾、移動型テレグジスタンスシステム⁴⁾、人間型ロボット⁵⁾、二足歩行ロボットでの実験⁶⁾が行われその実現可能性と有用性が示されている。再帰性投影技術(RPT: Retro-reflective Projection Technology)を用いた相互テレグジスタンスの考えが、1999年に発表され⁷⁾、そのための予備実験も行われた^{8,9,10)}。本報告では、それらの予備実験を踏まえて、CRESTプロジェクトの一環として構築するコミュニケーションを目的とした相互テレグジスタンスロボットシステム TELESAR II の構想を述べる。

2. 相互テレグジスタンスの分類

VR環境に相互テレグジスタンスすることも可能であるが、ここでは実環境に相互テレグジスタンスする場合に限定して考察する。その場合次の二通りに大別される。すなわち、(1)共有環境が一つのみ存在する場合、(2)共有環境が存在しないか、複数の共有環境が存在する場合である。

(1)では、使用者である人間Aが、Fig.1に示すように代理ロボットA'を用いて、人間Bの存在する共有環境[B]にテレ

グジスタンスする。これは、最も一般的なテレグジスタンスの使い方である。そこには、他の人間Cがいても良い。

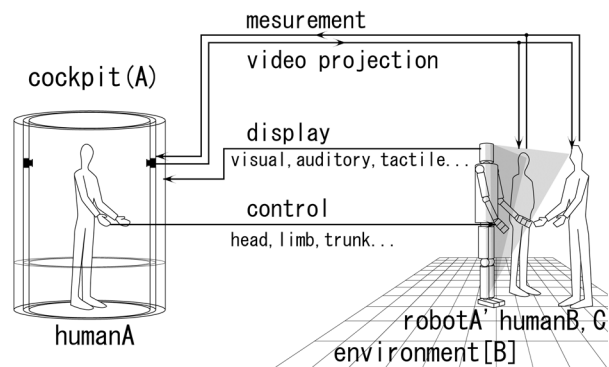


Fig.1 Mutual telexistence in a common environment.

Fig.1において相互テレグジスタンスを実現する方法を述べる。人間Aは、例えばHMP(頭部搭載型プロジェクタ)あるいはTWISTER^{11,12)}のような眼鏡なしで360度の包囲が立体視可能な視聴覚提示システムを用いて、ロボットA'にテレグジスタンスしている。ロボットA'の捉えた環境[B]の視聴覚情報がTWISTERによって提示され、人間Aは、ロボットA'の中に入ったような高度の臨場感を得る。

TWISTERでは、このように人間Aに環境[B]に臨場しているような感覚を与えるとともに、それに配したビデオカメラシステムを用いて、人間Aを全包囲から観察した姿を撮影できる。環境[B]においては、ロボットA'が人間Bや人間Cとの相対的な位置と姿勢を計測し、それをコックピット(A)に送り、逆に、その位置と姿勢で見た人間Aの画像が、環境[B]に送られてくる。その映像を、人間Bと人間Cは、それぞれ身に付けたHMPを用いて、ロボットに投影する。ロボットには、再帰性反射素材が塗布されているので、再帰性投影技術によりロボットに、その使用者が等身大に投影される¹³⁾。

Fig.2は、テレグジスタンスする人が複数いる場合を示す。

人間 A も人間 C も、それぞれの場所にあるのはコックピットであり、本質的には人間 B のいる環境 [B] にテレグジスタンスして、環境 [B] を共有しているため、基本的には、Fig.1 と同じ状況となる。

テレグジスタンスした使用者同士が、互いをロボットの位置に見る仕組みとして、二つの方式が考えられる。一つは、Fig.2(A) のように、ロボットに HMP を被せ、相手の姿を自分のロボットから投影する方式である。一方、ロボットからは投影せず、ロボットに搭載したカメラ映像から再帰性素材の特性を利用して相手のロボットの部分を検出し、そこに相手の映像を貼る方式(Fig.2(B)) も有効である。

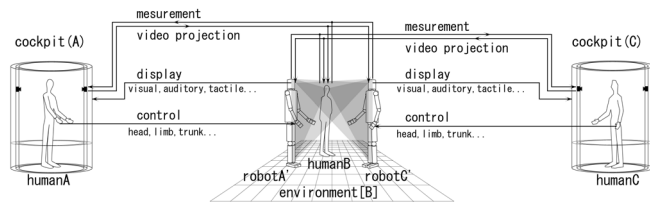


Fig.2 (A) Mutual teleexistence in a common environment by plural humans using robots with HMPs.

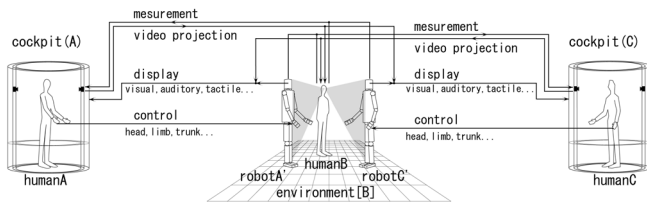


Fig.2 (B) Mutual teleexistence in a common environment by plural humans using robots without HMPs.

(2)の共有環境が無いが、複数存在する設定は、できれば避けたい状態である。人間 A は、環境[B]に遠隔臨場し、人間 B は、環境[A]に遠隔臨場している。人間 A と人間 B が密閉型の頭部搭載型ディスプレイ(HMD)を利用して、ロボットを操作しているとする。その場合、A の見ている環境は[B]で、B の見る環境は[A]となり、共有環境は無い。互いに、臨場感のある行動ができるので、一見問題ないようであるが、向こうから派遣されてきているロボットを見ることができず不都合である。と言うのは、A が自分の部屋にいて別の人が操られているロボット B'が見えないのは極めて危険であるからである。

従って、Fig.3 のように、自分のいる環境も見えるようにシースルーHMD や HMP などを用いることになるわけであるが、その場合には、遠隔環境に加えて、自分の存在する現前環境が互いの共有環境となる。ロボット B が見える点は良いが、両者の環境の重ねあわせがなされなくては遠隔での行動が極めて困難になる。しかし、一般的にその厳密な重ねあわせは、操作者の移動を要求し、現実的ではない。

以上の考察に基づき、Fig.1 と、Fig.2 に示す共有空間をただ一つに限定する方式を相互テレグジスタンスの基本とした。

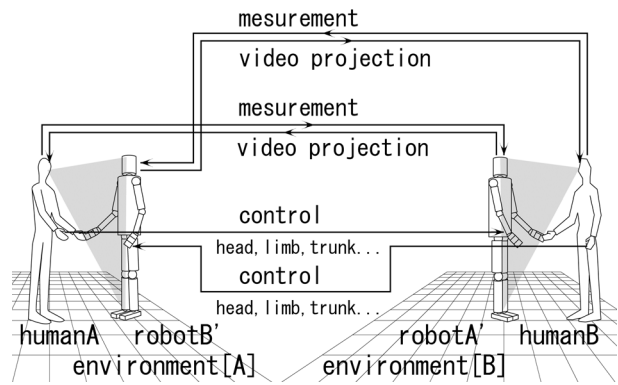


Fig.3 Mutual Teleexistence with plural common environments.

3. TELESAR II プロジェクト

相互テレグジスタンスを実現する実験システムの構築を目指している。このシステムでは、共有空間をただ一つに限定する方式を採用している。この TELESAR (TELEExistence Surrogate Anthropomorphic Robot) II システムは、再帰性投影可能な人間型スレーブ・ロボット・サブシステム、人間の運動を計測し人間に触覚・体性感覚情報を提示するマスタ・サブシステム、裸眼で立体視可能な視聴覚提示サブシステム、再帰性投影サブシステムからなる。現在、そのサブシステムごとに研究開発中である。

謝辞

本研究は科学技術振興事業団の戦略的基礎研究推進事業の一部として行われた。

参考文献

- 1) 館暉, 谷江和雄, 小森谷清: 感覚情報提示機能をもったマニピュレータの操作手法, 特許第 1458263 号.
- 2) 館暉, 阿部稔: テレグジスタンスの研究 第 1 報, 第 21 回計測自動制御学会予稿集, pp.167-168, 1982.
- 3) S.Tachi, K.Tanie, K.Komoriya and M.Kaneko: Tele-Existence (I), Proceedings of the 5th Symposium on Theory and Practice of Robots and Manipulators (RoManSy'84), pp.245-254, Udine, Italy, 1984.
- 4) S.Tachi, H.Arai, I.Morimoto and G.Seet: Feasibility Experiments on a Mobile Tele-existence System, Proceedings of The International Symposium and Exposition on Robots, pp. 625-636, Sydney, Australia, 1988.
- 5) S.Tachi and K.Yasuda: Evaluation Experiments of a Teleexistence Manipulation System, Presence, Vol.3, No.1, pp.35-44, 1994.
- 6) S.Tachi, K.Komoriya, K.Sawada, T.Nishiyama, T.Itoko, M.Kobayashi and K.Inoue: Teleexistence Cockpit for Humanoid Robot Control, Advanced Robotics, Vol.17, No. 3, pp. 199-217, 2003.
- 7) S.Tachi: Augmented Teleexistence, Mixed Reality -Merging Real and Virtual Worlds, pp. 251-260, 1999.
- 8) M.Inami, N.Kawakami, D.Sekiguchi, Y.Yanagida, T.Maeda, and S.Tachi: X'tal Head: Face-to-Face Communication by Robot, Conference Abstracts and Applications of SIGGRAPH 2000, New Orleans, U.S.A., p. 99, 2000.
- 9) 財津義貴, 中川高志, 稲見昌彦, 川上直樹, 柳田康幸, 前田太郎, 館暉: テレグジスタンスの研究 第 32 報, ヒューマンインターフェース学会研究報告集, Vol.3, No.2, pp.51-54, 2001.
- 10) 財津義貴, 中川高志, 稲見昌彦, 川上直樹, 柳田康幸, 前田太郎, 館暉: テレグジスタンスの研究 第 33 報, 日本バーチャルリアリティ学会第 6 回大会論文集, pp.443-446, 2002.
- 11) S.Tachi, T.Maeda, Y.Yanagida, M.Koyanagi and H. Yokoyama: A Method of Mutual Tele-Existence in a Virtual Environment, Proceedings of the 6th International Conference on Artificial Reality and Tele-Existence (ICAT'96), pp.9-18, Chiba, Japan, 1996.
- 12) S.Tachi: Two Ways of Mutual Teleexistence: TELESAR and TWISTER, in Telecommunication, Teleimmersion and Teleexistence (S.Tachi ed.), pp.3-24, IOS Press, ISBN 1-58603-338-7, 2003.
- 13) S.Tachi: Teleexistence and Retro-reflective Projection Technology (RPT), Proceedings of the 5th Virtual Reality International Conference (IVRIC2003), pp.69/1-69/9, Laval Virtual, France, 2003.