

トレイグジスタンスの研究(第54報)

-再帰性投影技術を用いた両眼立体視システムにおける 手元への視覚提示の効果-

Study on Telexistence (LIV)
-The effect of image projection at hand with RPT Binocular Stereoscopic Display System-

山崎潤, 新居英明, 川上直樹, 館暁
Jun YAMAZAKI, Hideaki NII, Naoki KAWAKAMI and Susumu TACH

東京大学 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, {Jun_Yamazaki, hideaki_nii}@ipc.i.u-tokyo.ac.jp,
{kawakami, tachi}@star.t.u-tokyo.ac.jp)

Abstract: When an operator manipulates objects in a remote environment with Telexistence Master-Slave system, it is important how to show the visual information of a remote environment. In this paper, we present RPT(Retro-reflective Projection System) Binocular Stereoscopic Display system as an optical system on the master cockpit. The system includes both the cylinder-like screen which radius is about one meter, and the screen attached on the master arm. Because it can occur that each parallax image is projected discrete screen, we research the extent that one can view the object stereoscopically with this system.

Key Words: *Telexistence, Master-Slave Robot, Retro-reflective Projection Technology, Binocular Stereoscopic Display*

1.はじめに

近年, あたかも自分が遠隔地に存在しているかのような感覚を与える技術, "トレイグジスタンス(Telexistence)"[1]に関する研究が行われている. 我々の研究室では, テレイグジスタンスを実現する1手法として, 相互トレイグジスタンスマスタスレーブロボット"TELESAR II"[2]を開発している(図1). このようなマスタスレーブシステムでは, マスタアームに連動したスレーブアームによって遠隔地の環境に対して操作を行うことができる. このとき, 操作者があたかもスレーブロボットの位置にいて操作を行っているような直感的な操作を実現するためには, 遠隔地における視覚情報がマスタコックピット内の操作者に提示されることが重要である. そのため, 操作を行うスレーブアームや操作対象の物体を操作者に視覚的に提示し, 操作者が遠隔地の環境に対し正確な空間認知を行うため立体視を行うことが求められる. また, 操作者の腕の位置姿勢計測や触覚・力覚提示のために操作者が装着する機器は, 互いに干渉を起こすことが考えられるため, その機器を確認しながら作業することも円滑な操作のために必要となる. 以上の要求を満たすものとして, 再帰性投影技術[3]を用いたマスタコックピットへの視覚提示システム[4]が考えられる.

再帰性投影技術とは図2に示す光学系を用いる映像提示手法で, 実物体との遮蔽関係を維持しながら, 高輝度・高コントラストの映像を任意の形状のスクリーン上に提示することができる. また, 絞りを設けることにより, 焦点深度を深くすることができる. マスタコックピット内において, 操作者はこの光学系を左右眼用に2つ搭載した頭部搭載型プロジェクタを装着する. マスタコックピットには, 必要な視野のほぼ全体を覆う円筒状のスクリーンとマスタアーム表面を覆うスクリーンが設置される. 遠隔地の視覚情報を提示したい部分のみにスクリーンを配置することにより, マスタアームのある位置にも遠隔地の視覚情報



図1 相互トレイグジスタンスマスタスレーブロボット
"TELESAR II"
(左)スレーブロボット(右)マスタコックピット

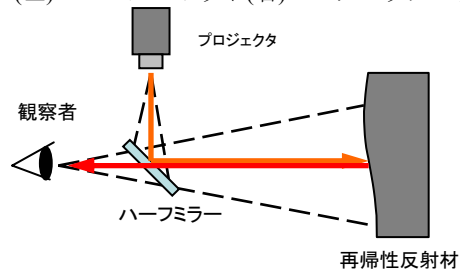


図2 再帰性投影技術の原理

を表示することができる.

本提案システムには固定スクリーンとマスタアームに伴い移動するスクリーンが存在し, ここに映像を投影することで実際に遠隔地にいるかのような立体視, 空間知覚を実現することを目的とする.

2.マスタコックピットへの視覚提示

2.1 従来の立体映像提示法

従来広く研究されてきた立体映像提示手法として, HMD(Head-Mounted Display)を用いる手法と IPT(Immersive

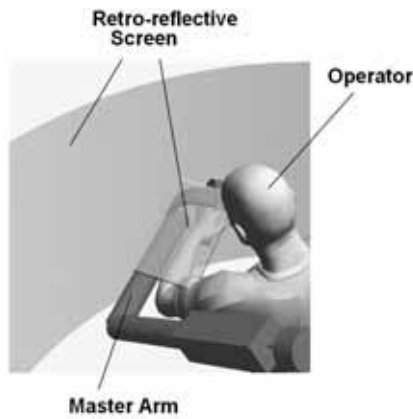


図3 提案システム

Projection Technology) を用いる手法が挙げられる。

HMD を用いる場合、実環境の映像は完全に遮断され、遠隔地における視覚情報を得ることができる。実環境の視覚情報を提示する場合には、マスタアームや操作者の腕等をモデル化し、CG で HMD 上に表示された遠隔環境の映像に重畳する手法が考えられる。しかし、CG を利用した情報提示は計算量が増加し、リアルタイム性を損なうおそれがある。

IPT を用いる場合、操作者は実環境におけるマスタアームや操作者の腕は直接見ることができる。しかし、スレーブアームを表示した場合、マスタアームにより大部分が遮蔽されてしまい見ることができない。

他にレンチキュラレンズ等を用いた裸眼立体ディスプレイを用いることも考えられる。しかし、腕より遠い位置にディスプレイを配置した場合には IPT の場合と同じく、スレーブアームを見るのが困難となる。一方、腕より近い位置にディスプレイを配置した場合は、HMD の場合と同じく、マスタアームと腕のモデル化や位置姿勢の計算等の手間がかかり、リアルタイム性を損なうおそれがある。

2.2 提案法

以上のような手法に対し、以下の図3のような再帰性投影技術を用いた視覚提示システムを提案する。スレーブロボットの操作者は、マスタコックピットにおいて HMP(Head-Mounted Projector) [3]を装着する。マスタコックピット内には距離の異なる 2 つの再帰性投影材のスクリーンが配置される。一つは、操作者の視野全体を覆うスクリーンで、操作者の位置を中心とした直径 1[m]程度の円筒状に配置される。もう一つは、マスタアームに固定される小型のスクリーンである。再帰性投影技術の特徴より、この小型スクリーンの形状は任意であり、遠隔地の視覚情報を提示したい部分のみにスクリーンを配置し、実環境の視覚情報を提示したい部分には配置しないことで、簡便に遠隔地が見える部分と実環境が見える部分を分けることができる。また、スクリーンの形状によらず、スレーブロボット頭部のカメラで取得された映像をそのまま投影することでスレーブロボットの視野情報を提示することが可能となる。

次節では提案システムのように距離の異なる複数のスクリーンに映像を投影した場合でも、左右眼に提示された視差画像を融合させ、一つの物体として認識するために必要な提示物体の位置を実験により求め、本提案手法が遠隔地に対して操作を行うために十分な立体視が実現できることを示す。

3.実験

距離の異なるスクリーンに両眼視差画像を提示した場

合の融像可能範囲を定量的に評価するため実験を行った。融像可能範囲は、視差画像により生じる両眼の輻輳位置により表す。

光学系に用いたプロジェクタは V-1100Z(PLUS Vision 社製)であり、片眼の投影画角を横 49[deg]、縦 35[deg]とした。投影画像のピントは 1[m]の位置で固定した。

3.1 実験 1：単一スクリーンへの提示

まず、予備実験として単一のスクリーンに視差画像を投影した場合の融像可能な範囲を求めた。スクリーン位置が 30[cm]、1[m]の 2 箇所において、それぞれ実験を行った。

その結果、スクリーン位置が 30[cm]の場合は融像可能範囲が 15[cm]から 110[cm]、スクリーン位置が 1[m]の場合は融像可能範囲が 20[cm]から無限遠となった。

先行研究の結果[6]と比較すると、スクリーン位置が 30[cm]の場合に融像可能範囲が広がっている。これは、再帰性投影技術を用いたことにより焦点深度が深くなったためと考えられる。

3.2 実験 2：距離の異なるスクリーンへの提示

次にスクリーンを 30[cm]と 1[m]の位置に置いたときの融像可能範囲を求める。30[cm]の位置のスクリーンの端が被験者の顔の正面に見えるよう、スクリーンを設置した。

その結果、25[cm]から 95[cm]の範囲で融像が可能であった。

以上の結果から、操作者の腕の稼動範囲内においては立体視が可能であることが示された。

4.おわりに

本稿では、再帰性投影技術を用いたマスタコックピットへの視覚提示システムを提案し、距離の異なるスクリーンに投影される融像可能な提示物体の位置の範囲について実験を行った。その結果、操作者の腕の稼動範囲内においては立体視が可能であり、操作を行う対象物の遠隔空間内での位置を把握するという点に関して、本提案システムが有用であることが示された。

今後は操作者の頭部の動きに伴う運動視差やマスタアームが動く際のスクリーンの動きによる立体視への影響について研究を進める予定である。

参考文献

- [1] S. Tachi: "Toward the telexistence next generation", in Proc. 11th Int. Conf. Artificial Reality and Telexistence (ICAT2001), pp. 1-8, 2001.
- [2] S. Tachi, "Two Ways of Mutual Telexistence: TELESAR and TWISTER, in Telecommunication, " Teleimmersion and Telexistence (S. Tachi ed.), pp. 3-24, IOS Press, 2003.
- [3] H. McDermott, M. Inami, N. Kawakami, D. Sekiguchi, Y. Yanagida, and S. Tachi: "Head-Mounted Projector", ACM SIGGRAPH '99 Conference Abstracts and Applications, p. 179 (Emerging Technologies), 1999.
- [4] K. Minamizawa, M. Sinmeima, H. Kajimoto, N. Kawakami, S. Tachi: "Study on Telexistence (XLVI) - Optical System for Mutual Telexistence Using Retro-reflective Projection Technology",
- [5] C. Cruz-Neira, D. J. Sandin, and T. A. Defanti: "Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE", in Proc. of SIGGRAPH '98, pp. 179-188, 1998.
- [6] 畑田豊彦, "両眼立体視機能と眼鏡", 眼鏡の科学, Vol. 1, No. 1, pp. 27-65, 1977.