

トレイグジスタンスの研究 第51報 臨場感を伴う遠隔操作コックピットのための 映像提示手法の研究

Study on Telexistence (LI)
- RPT display system for Telexistence cockpit -

神明前方嗣¹⁾, 南澤孝太¹⁾, 梶本裕之¹⁾, 川上直樹¹⁾, 館暲¹⁾
Masatsugu SHIMMEIMAE, Kouta MINAMIZAWA, Hiroyuki KAJIMOTO,
Naoki KAWAKAMI and Susumu TACHI

1) 東京大学 大学院情報理工学系研究科
(〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1,
{masatsugu_shimmeimae, kouta_minamizawa, kaji, kawakami, tachi}@star.t.u-tokyo.ac.jp)

Abstract: In the visual system of Tele-operation cockpit for mutual Telexistence, large field of view and concealment of environments are important issues. These issues were not able to be solved at the same time with HMD and IPT that was the technique so far. In this paper, we propose the cockpit using RPT.

Key Words: Telexistence, RPT, Head Mounted Projector

1.はじめに

高品位なトレイグジスタンスを目的とした遠隔操作コックピットの視覚系を考えた時、満たすべき要件には広視野、輻輳調節矛盾の起こらない自然な立体視、コックピット側環境の隠蔽であると考えられる。しかしながら従来手法であるヘッドマウントディスプレイ(以下HMD)やCAVEなどに代表される没入型ディスプレイ(以下IPT)ではこれらの要件を同時に満たすことは出来ていない。一般的なHMDは視野角が狭く、像面提示距離が1m~2mであるがゆえに手元にバーチャル物体を提示する場合に輻輳と調節の不一致が起こる。またIPTは手元への提示が不可能である。

本稿ではこれらの要件を満たす、視覚系に再帰性投影技術を用いた手法を提案する。

2.再帰性投影技術

再帰性投影技術(Retroreflective Projection Technology, 以下RPT)は、再帰性反射材を用いたバーチャルリアリティ視覚提示手法である[1]。概要図を図1に示す。

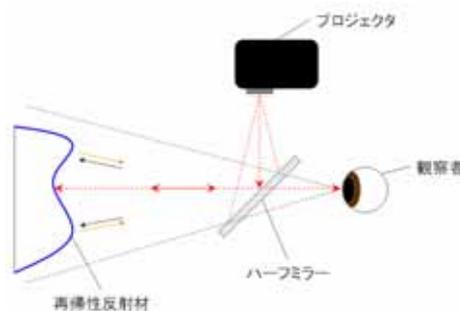


図1 RPT: 再帰性投影技術

再帰性反射材は、表面に入射した光が入射方向に特に強く反射する特性がある。また入射角度依存性が小さい

ため、任意形状に貼り付けることが可能である。再帰性反射材をスクリーンとし、プロジェクタとハーフミラーを組み合わせた光学系でバーチャル映像を投影すると、ハーフミラーを介してプロジェクタと光学的共役な点に反射光が集中する。操作者の視点を共役点に合わせることで、非常に明るいバーチャル映像を再帰性反射材表面にのみ観察することができる。光学系に用いるプロジェクタの対物投影レンズに開口絞りを設けることでパンフォーカス化が可能である、以上のことからRPTを用いることで遮蔽矛盾と輻輳調節矛盾の両方を解決できる。

RPTを用いた視覚系デバイスであるヘッドマウントイデオビクタ(以下HMP)の研究も行われている。図2に我々の研究室で開発したHMPを示す[2]。全反射ミラーを用いて前面を覆わず立体視を実現している。IPTほどの広視野は得られてはいないが、標準的なHMDの視野角である30度を超えるHMPが開発されている。光学系を改良により更に広視野化が可能である[3]。



図2 HMP: X'tal Visor

3.コックピット構成

3.1.RPTスクリーン

我々の研究室で開発した相互トレイグジスタンスロボットシステム Telesar2[4]のマスターコックピットへ、RPTによるスクリーン(以下RPTスクリーン)を実装する。

上に挙げた HMP を装着した操作者へ高品位なテレグジスタンスを実現するために達成すべき要件は、高い輝度とコントラストを持つこと、広視野を実現するために広い視野にスクリーンがあること、コックピット側環境であるマスタアームの手先を隠蔽することである。

まず再帰性反射材は 3M 社製 Scotchlite680 の黒色を採用した。反射輝度が高く、また黒色ならばコントラストを高く保つことができる。正面に Telesar2 マスタアームの可動範囲をもとに直径 3m、高さ 2m の半円筒状スクリーンを作成し、床面にも再帰性反射材を貼ったシートを敷いた。左右 180 度、上下 135 度の視野をカバーしている。また操縦時のアーム手先と操作者の手を隠蔽するため、アーム手先に再帰性反射材を貼った直径 45cm のアクリルドームを取り付けた。ドーム型であるためアーム手先の下部分は隠蔽することが出来ないが、手元での作業は多くの場合腕を下げた状態で行うため、大きな問題ではないと考える。図 3 に実際に作成したコックピットを示す。



図 3 RPT スクリーン概観

この手法により図 4 のようにアーム手先には遠隔地の環境、すなわちスレーブロボットのアーム手先を投影することが可能になった。



図 4 RPT スクリーンへの投影

3.2.輝度補正

本手法が実装すべき課題として輝度補正が挙げられる。再帰性反射材は角度依存性が小さいものの、材質や、入射する角度により輝度や色に変化が起こる。輝度や色のムラは臨場感を損なうと考えられるので補正を行う。採用した再帰性反射材の入射角度による反射輝度を図 5 に示す。30 度を越えたあたりから反射輝度がほぼ線形に推移していくのが分かる。

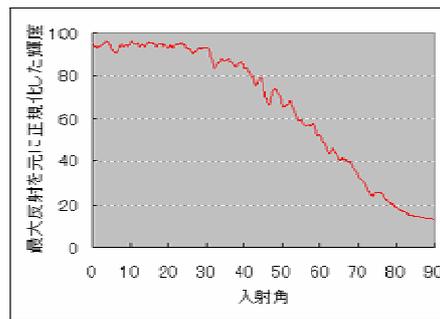


図 5 入射角度に依存した反射輝度

補正手法にはフィードバック補正とフィードフォワード補正が提案されている[5]。フィードバック補正は操作者と共役な位置から投影映像を取得し、投影前の映像と比較して輝度を補正する。変化に強いが、操作者と共役な位置での投影映像を取得する際にハーフミラーが必要となり観察される輝度が半分になる。フィードフォワード補正はコックピットの環境を取得し、視点と投影面の角度を算出して補正を行い投影する。今回は対象が遠隔操作コックピットであるため、RPT スクリーンの位置や傾きの情報は取得可能である。現在の HMP はフィードバック補正に耐えられるほど輝度が高くないため、フィードフォワード補正を実装する。

カメラからのキャプチャ映像と、対象物体の位置と傾きを計測し構成したバーチャル空間をアルファブレンディングにより合成し、投影する。

4.おわりに

本稿では高品位なテレグジスタンスのための遠隔操作コックピットとして RPT スクリーンを作成した。今後は輝度補正を RPT スクリーンに実装し評価実験を行う予定である。

参考文献

- [1] 稲見昌彦, 川上直樹, 柳田康幸, 前田太郎, 舘暉: “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, Vol13, No. 2, pp. 79-83, 1998.
- [2] 園田哲理, 園道知博, 鈴木優介, 川上直樹, 舘暉: 頭部搭載型プロジェクタ(第8報)-フルオープン型広画角 HMP-, 日本バーチャルリアリティ学会第9回論文集, 2004.
- [3] 土屋美由紀, -: -フルオープン型 HMP 光学系の研究-, 東京大学工学部計数工学科 システム情報工学コース 2005 年度卒業論文
- [4] 舘, 川上, 梶本: 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 TELESAR の構想, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集, pp. 590-591, 2003.
- [5] 菅原啓太, -: -投影型 AR における画像補正手法の研究-, 東京大学工学部計数工学科 システム情報工学コース 2002 年度卒業論文