

テレグジスタンスの研究第 71 報

-主観的視線方向と頭部運動の相関-

Study on Telexistence LXXI
- Subjective Line of Sight and Head Movement -

古川正紘¹⁾, Charith Fernando¹⁾, 家室証²⁾, 南澤孝太¹⁾, 館暁¹⁾
Masahiro FURUKAWA, Charith FERNANDO, Sho KAMURO, Kouta MINAMIZAWA and Susumu TACHI

1) 慶應義塾大学 大学院メディアデザイン研究科
(〒223-0061 神奈川県横浜市港北区日吉 4-1-1, {m.furukawa, charith, kouta, tachi}@tachilab.org)

2) 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, kamuro@tachilab.org)

Abstract: Operation on hand requires us to gaze at our hand. Telesar5 is designed to achieve such requirement in a remote place. There is, however, situations that operators have to look down much more if they wear the HMD, because it limits our field of view. So it can be mismatch kinesthetic sense compared with naked eye. In this paper, we consider using an offset angle around the tile axis of head to transfer user's head movement to the avatar robot. Experimental result shows the offset angle seems to reduce the posture error while gazing.

Key Words: Telexistence, Master Slave System, Subjective Line of Sight, Gaze

1. はじめに

まるでその場にいるかのような高い臨場感を伝達することで、遠隔作業・遠隔体験を実現することを目指した概念であるテレグジスタンスを我々は提案している[1]。特に、目の前のものに触れ把持・操作する際に、実体性のある体験を実現するためには、視聴覚だけでなく触覚フィードバックが求められる。既に我々は、触覚を伝送可能なテレグジスタンスロボットシステムの実証研究プラットフォームである Telesar5 を構築してきた[2][3]。本稿では特に手元の作業に不可欠な注視動作に着目し、主観的な視線方向を考慮した頭部姿勢の制御手法について検討を行った。

2. 頭部姿勢の制御手法

2.1 手元での作業を行う上での課題

触覚は、本質的に身体の能動的な運動を必要とすることから、極めて身体的な感覚であるといえる。そこで、Telesar5 は腰から上半身にかけて合計 53 自由度の高い自由度数をもつため、腰部の自由度を用いた覗きこみ動作だけでなく、両手を用いた器用な作業を行うことができる。

手元を注視しながら作業を行う場合、ユーザの目と手の間に視覚提示系を構成することが望ましいことから、頭部搭載型ディスプレイ (Head Mounted Display: HMD) を用いた視覚情報伝達が適している。一方で HMD を介して手元を注視するとき、視野範囲よりも外にある物体を注視するた



図 1: Telesar5 マスタ・スレーブ外観

めには、本来生じるはずの眼球運動を代替する頭部運動が必要になる。つまり、同一の手元の点を注視しても、HMD 装着時には十分に顎を引く方向に頭部を回転させる必要が生じる。このことから、HMD を装着し手元を注視すると、主観的な視線方向は同一であるにもかかわらず、裸眼時と比較し頭部姿勢が大きく異なりうる。

2.2 スレーブロボットの頭部姿勢制御

スレーブロボットの頭部位置姿勢 ${}^W P_{slaveEye}$ は式 (1) で得られる。ただしマスタ側の座標系 W からスレーブ側の座標系 W' へ射影するための変換行列を ${}^W T_{W'}$ とし、マスタ側の頭部位置姿勢を ${}^W P_{masterEye}$ とする。

$${}^w P_{slaveEye} = {}^w T_w {}^w P_{masterEye} \quad (1)$$

ここで本稿ではマスタ・スレーブ間の姿勢の対応関係を式(2)に基づいて再定義を行い ${}^w P_{slaveEyeOffset}$ を用いる効果について検討する。同式はマスタの頭部姿勢をチルト軸周りにオフセット角を与えることを意味している。例えば θ が正の時、マスタの頭部姿勢に対してスレーブの頭部姿勢が下を向くようにオフセット角が定常的に与えられる。本稿ではこのオフセット角の頭部回転角への寄与について実験的に明らかにする。

$${}^w P_{slaveEyeOffset} = {}^w P_{slaveEye} \cdot {}^{slaveEye} R_y(\theta)_{slaveEyeOffset} \quad (2)$$

3. 視線移動時の頭部運動の計測

3.1 実験条件

視標はマスタ・スレーブともに左右方向に対して中央に2個設置した。設置位置は側面図(図2左)の通りである。視標には、背景と十分に色相差をもち明瞭に見分けられる色に着色された木製ブロックを用いた。大きさは一辺2.5cmの立方体である。マスタ・スレーブ双方ともにロール軸中心から前方に600mmの位置に P_1 を設置した。 P_1 の高さはマスタ側であれば眼球に、スレーブ側であればカメラの高さと一致させてある。今回想定している作業領域である「手元」として、 P_1 から下方600mm、手前100mmに P_2 を設置した。

実験条件として、(1)裸眼条件(2)HMD装着・オフセット角なし(3)HMD装着・オフセット角(俯角20度固定)ありの3条件を設定し、被験者内比較を行った。被験者は24~30代の健常な男性3名で、1セット目を条件(1)(3)、2セット目を条件(1)(2)とし、同一条件を3試行繰り返したため合計12試行である。各セット内で提示される条件はランダムである。

HMDは前報の設計[3]に基づき開発された旭光電機社製FSH(画角水平61×垂直40度、解像度1280×800pixel)を用い、頭部姿勢計測にはOptiTrack V100:R2を用いた。

3.2 実験手順

計測対象は、 P_1 、 P_2 を注視する際の被験者のチルト軸回

りの頭部回転角である。被験者は次の手順で視標を注視するよう指示を受けた。まず P_1 を注視したまま初期姿勢とし5秒間安静を保ち、次に P_2 を5秒間注視した。

3.3 結果及び考察

視標を注視したまま姿勢が安定したと思われる時刻を選択し、頭部回転角として利用した。計測結果を図2右に示す。横軸は図2左における視標位置(P_1, P_2)を、縦軸は被験者の頭部運動を仰俯角で表したものである。負の値は被験者が下を向いていることを意味する。裸眼条件はNaked Eye, HMD装着条件の内オフセット角を含むものをHMD w/offset, 含まないものをHMD no offsetとし、被験者3名の平均値をプロットした。エラーバーは標準偏差を表している。

まず視標 P_1 を注視している時、裸眼・オフセット角なし条件において頭部回転はほぼ認められない。一方で、オフセット角あり条件では平均15度程度の仰角が認められた。これは、HMDを通して視野中央で視標を捉えるためには、与えたオフセット角を相殺する方向に頭部を回転させる必要があったためと解釈できる。

次に視標 P_2 を注視している時、裸眼条件では俯角平均25度程度であるのに対して、オフセット角なし条件では俯角平均45度程度であった。このことから、裸眼視に対してHMDを通して視標を注視する際の頭部回転角が大きく異なることがわかる。これは視線移動が眼球の回転によっても行われたためであり、オフセット角あり条件に着目すると、オフセット角なし条件におけるグラフの傾きとほぼ並行を保っていることから、定常的にオフセット角が被験者の頭部回転角に寄与し続けていることがわかる。その結果、 P_2 注視時には俯角平均30度と裸眼視条件の俯角25度に近い結果となった。つまり手元を注視するという主観的な視線方向は維持されたまま、裸眼注視時と比較し姿勢のずれが低減されたと解釈できる。

4. まとめ

Telesar5を用いた手元での作業において、チルト軸回りのオフセット角を用いた姿勢制御手法を検討した結果、HMD装着時に生じる姿勢とのずれを低減する可能性が示された。今後は手の能動的な運動を含めて検討する。

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金基盤A「能動的身体性に基づく臨場感の伝達と遠隔行動」の助成を受けている。

参考文献

- [1] S.Tachi: Telexistence, World Scientific, ISBN-13 978-981-283-633-5, 2010.
- [2] 館暲, 南澤孝太, 古川正紘, 佐藤克成: テレイグジスタンスの研究(第65報) - Telesar5: 触覚を伝えるテレイグジスタンスロボットシステム -, Entertainment Computing (EC2011), 2011
- [3] 古川正紘, 佐藤克成, 南澤孝太, 館暲: テレイグジスタンスの研究(第66報) - Telesar5のための視聴覚伝送系の設計 -, Entertainment Computing(EC2011), 2011

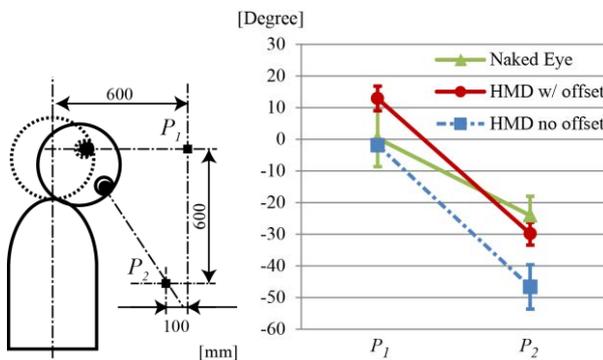


図2: (左)視標 P_1 , P_2 の設置位置
(右)注視位置に対するチルト軸回りの頭部回転角