# センサフュージョン機能を有する人工現実感システムの研究 (第 3 報)

## —仮想人間へのテレイグジスタンスにおける運動パラメータの実験的評価—

東京大学先端科学技術研究センター ○柳田康幸 舘 暲

# Sensor Fusion Based Virtual Reality System (3rd Report)

## —Experimental Evaluation of Kinesthetic Parameters in Tele-existence to Virtual Human—

○Yasuyuki Yanagida and Susumu Tachi: RCAST, The University of Tokyo

**Abstract**—Many virtual reality systems use Head Mounted Displays (HMDs), which have limited field of view. In this report, a method for obtaining equivalently wider field of view and thus realizing smooth manipulation in virtual environment is proposed, with an experimental evaluation of kinesthetic parameters in tele-existence to virtual human.

**Key Words**: virtual reality, tele-existence, multisensor fusion

## 1 はじめに

高度な臨場感を持って仮想環境における作業を行なう場合、複数の感覚情報が人間の感覚において融合されることは重要である。これらの感覚情報の中には人間の運動感覚と提示される視覚情報も含まれ、運動計測と視覚提示による人工現実感システムを構成する場合にも両者が一貫性を持っていることが重要な要素である。

筆者らは、人工現実感における感覚情報提示を仮想環境内に存在する仮想人間へのテレイグジスタンスという考え方で捉え、運動感覚と提示視覚においてパラメータを実オペレータのものと正確に一致させた場合と、眼間距離、頭部並進運動量、頭部回転運動量、作業を行なう上肢の長さを変化させた場合を比較し、作業効率に統計的に有意な差が生じることを確認した[1]。また、長さ方向のスケール (眼間距離、頭部並進運動、上肢の長さ) を全て等しく変化させた場合には実オペレータのパラメータと一致させた場合と比べて作業効率の低下は認められないことを確認した[2]。

本報告では、さらに頭部搭載型視覚提示装置 (Head Mounted Display: HMD) の視野角が制限されている条件を想定し、その提示パラメータと運動パラメータの組合せによる作業効率の変化について評価実験を行なう。

## 2 背景

人工現実感システムでは、両眼立体視を実現するために HMD を用いることが多い。しかしながら、現在の HMD は提示デバイス (液晶パネル) の解像度が限られているなどの理由から、作業に支障のない程度の換算視力を得るためには視野角を制限せざるを得ない。これを無視してむやみに視野角を大きくとると、強度の近視に相当する分解能しか得られず、臨場感を損なうことになる。

仮想空間での作業には広い視野角が望ましいが、上記の制限を考慮した場合、オペレータに提示される視覚情報としては物理的に小さな視野角で臨場感を得ることが要求される。このためのアプローチとしては、次のような方法が考えられる。

- 仮想人間の運動を実オペレータのものより大きくすることにより、オペレータの運動でより広い範囲を見渡せるようにすること。
- 提示画像として、実際の HMD の視野角よりも大きな視野角で投影変換を行なった画像を用いること。

そこで、運動・提示条件が実オペレータおよび実際の HMD と等しい場合と、上記方式のそれぞれおよび組合せにより視野を拡大した場合について、仮想環境での作業実験による評価を行なう。

このような視野角の変化は、ロボットを用いる実環境へのテレイグジスタンスにおいても、ロボットの視覚系 (カメラ) とオペレータへの提示系の光学パラメータが異なっている場合にも生じる。本報告における実験は、このような場合についてロボットの頭部をどのように制御すればよいかについても示唆を与えるものである。

## 3 実験方法

視覚提示を行なう HMD には、テレイグジスタンスマスタ装置のリンク機構に取り付けられた HMD[3] を用いた。本 HMD は水平視野角 40° を有し、解像度は水平 720、垂直 240 である。オペレータの頭部運動は、

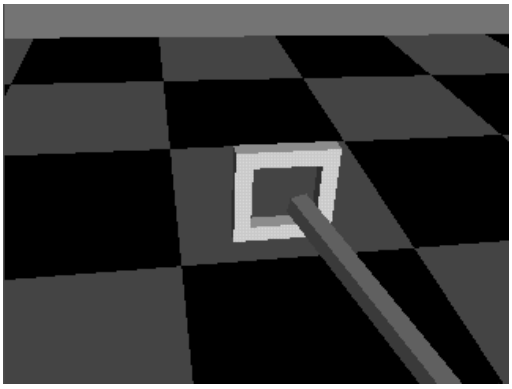

図 1: 実験の様子

リンク機構に取り付けられたロータリーエンコーダで高速に計測される。システム全体は、高速な運動計測と仮想環境画像生成により、極力時間遅れを少なくするように設計されている[4]。

作業は、単純な仮想的な部屋の中に一辺 4cm の穴のあいた正方形のターゲットを表示し、オペレータがテレイグジストする仮想人間の手先でそのターゲットを貫くというものである。オペレータがターゲットを貫くと、そのターゲットは消滅し、次のターゲットが提示される。ターゲットは、オペレータの体の前方 1m の平面内で、一辺が 80cm の正方形の中にランダムに配置される。オペレータは 1 回の試行の中で 20 回ターゲットを貫く動作を行なう。

実験は、次の 4 通りの条件について行なった。

(a) 仮想人間の頭部回転運動を実オペレータのものと一致させ、提示画像の視野角も実際の HMD の提示条件と一致させた場合。

(b) 仮想人間の頭部回転運動だけを実オペレータの 2 倍にした場合。これはオペレータの少ない運動で実効的な視野を大きくするという考え方に基づいている。

(c) 仮想人間の頭部運動は実オペレータのものと一致させておいて、提示画像の視野角のみを 2 倍にした場合。これは物理的に狭い視野角の中に広い範囲の仮想環境を表示させ、実効的な視野を大きくするという考えによる。

(d) 仮想人間の頭部回転運動と提示画像の視野角を共に 2 倍にした場合。(b) と (c) の組合せであり、実効的に広い視野に加えて頭部回転運動感覚と提示視覚との融合を意図したものである。

オペレータがターゲットを 20 回貫くのにかかった時間を計測し、比較を行なう。

## 4 実験結果

実験の様子を図 1 に、実験結果を図 2 に示す。(a) と比較して、(b) は作業効率の低下が見られる。これは、

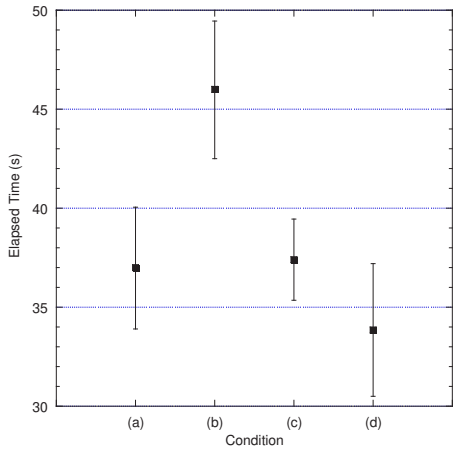


図 2: 実験の結果

文献 1) でも確認されたことであるが、オペレータの頭部回転運動と提示画像の対応が崩れ、運動感覚と視覚との間に不整合が起こっていることを示す。(c) の場合は実際の HMD の視野角より大きな範囲の画像を提示しているので、空間全体が歪んで見え、オペレータの運動に対して世界がくっついて動くような不自然な感覚がある。しかしながら、作業時間の比較では、(a) とほとんど変わらなかった。これは、視野を大きくとることにより、ターゲットを視界から見失わずにすむことによるものと考えられる。(d) は空間が歪んで見えることは (c) と同様であるが、仮想人間の頭部運動を視野角の倍率と等しくすることにより、オペレータの運動による提示画像の変化がより自然に感じられる。作業時間も、ターゲットを常に視界に収められることの効果により、(a) よりも短くなっている。

## 5 むすび

視覚提示デバイスと提示画像の視野角が異なる場合、視野角と頭部回転運動の倍率を等しくスケーリングすることにより、効率的な作業が実現されることが確認された。

## 参考文献


1) 柳田、舘 :センサフュージョン機能を有する人工現実感システムの研究 (第 2 報 )—運動感覚と視覚の融合—、第 11 回日本ロボット学会学術講演会予稿集 pp.1285–1286 (1993)

2) 柳田、舘 :運動感覚と視覚の融合の仮想環境へ及ぼす効果、Human Interface News and Report, Vol.9, No.4, pp.467–472 (1994)

3) 前田、荒井、舘 :頭部運動追従型両眼視覚提示装置の設計と評価、日本ロボット学会誌, Vol.10, No.5, pp.655—665 (1992)

4) 柳田、舘 :センサフュージョン機能を有する人工現実感システムの研究 (第 1 報 )—システムの構成—、第 10 回日本ロボット学会学術講演会予稿集、pp.1087–1088 (1992)