

1925 テレイグジスタンスの研究 第28報

—テレイグジスタンス作業システムの追従特性—

東京大学先端科学技術研究センター 館 暉
安川電機 ○安田賢一

Study on Tele-Existence(XXVIII)
-Tracking Characteristics of Tele-Existence Manipulation System-
RCAST, The University of Tokyo S.Tachi
Yaskawa Electric Co. ○K.Yasuda

1.はじめに

離れた場所に存在するロボットをオペレータがあたかもその場所にいるかのような臨場的感覚を得ながら操縦できるテレイグジスタンス作業システムにおいて、視覚提示系やマニピュレータの操作系の評価を行い、その特性を知ることによって、このようなシステムの設計に重要な情報を得る。

本報告では、マニピュレータの3次元空間における位置制御を行う際の動特性を、両眼立体視や視覚と腕の自然な対応といったテレイグジスタンスの特徴の観点から追従実験によって比較、評価を行う。

2. 実験方法

実験には第22報で示したマスタースレーブ装置を用い¹⁾、立体視覚提示装置は第23報で報告したHMD（頭部搭載型ディスプレー）を使用している²⁾。目標位置入力装置には1軸のスライダー（ストローク200mm）を用い、これをロボットが向いている方向に対して、認識するのが最も

不利だと思われる奥行き方向に設置する。そして、オペレータがマスター・アームを操作することでスレーブロボットの手先を制御し、1軸スライダーに取り付けられた指標に追従する。

この1軸スライダーへの目標位置入力 $X(t)$ には疑似ランダム信号、

$$X(t) = \sum_{k=0}^n a_0 p^{-k} \sin(2\pi f_0 p^k t + \phi_k)$$

($p=1.25$, $n=17$, $f_0 = 0.0326\text{Hz}$, ϕ_k は乱数) を用いる。また、マスタースレーブ、及び、1軸スライダーの制御周期は10msec、位置データのサンプリング周期は30msecである。ここで、1024点のサンプリング結果をフーリエ変換し、入力信号のパワースペクトルと入出力間のクロススペクトルの比を求めることによって、オペレータを含んだシステムの伝達関数 $T(f)$ が推定される。

$$T(f) = \frac{\Phi_{xy}}{\Phi_{xx}}$$

Fig.1にこの追従実験におけるシステムの全体構成を示す。

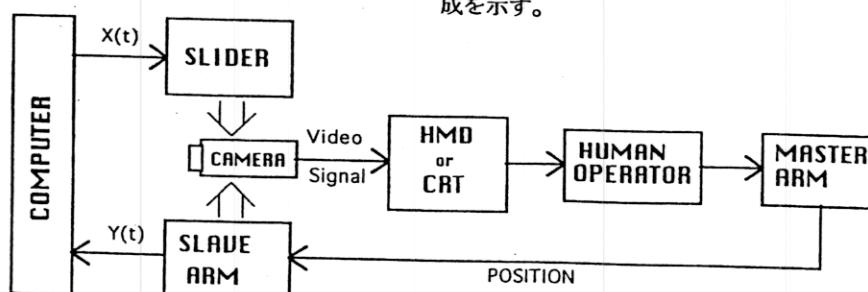


Fig.1 追従実験システムの全体構成

3. 実験結果および考察

前述のような実験を視覚提示系の観点から次の4つの条件で行った。

- ① HMDを用いた両眼立体視
 - ② HMDを用いた単眼視
 - ③ CRTを用いた単眼視（ロボット頭部のカメラによる）
 - ④ CRTを用いた単眼視（ロボットとは別の位置に設置されたカメラによる）
- ②、③の場合はHMDやCRTにロボット頭部のカメラの左眼像だけを提示する。CRTは25インチのTVモニタを使用した。

この実験によって得られた $T(f)$ の周波数応答特性の例をFig.2に示す。本論では位相遅れが $-\pi$ となる周波数 f_c で評価を行い、あわせて、追従誤差をrmse値（root mean square error）dcで表す。

Fig.3は両眼立体視の効果を示している。両眼立体視の方が追従誤差が小さく、周波数特性も良いことがわかる。この追従実験のように奥行き方向の知覚を必要とする場合は単眼視は不利であることがいえる。ただし、dcは両眼視と単眼視の差が小さいが、これはHMDの場合、オペレータの首の動きに連動して画像が提示されるので、単眼視でもある程度運動視差によって奥行き知覚が生じるためと考えられる。

Fig.4は視覚と腕の自然な対応の効果を示しており、ロボット頭部のカメラでの実験の方が優れていることがわかる。テレイグジスタンスの大きな特徴の1つとして自分の腕の見えるべき位置にスレーブロボットの腕が見える状態で作業が行えなければならず、これによって人間の感覚機能と運動機能の統合能力がロボットに反映されスムーズな作業が可能となる。この結果はこのことを顕著に表している。従って、CRTを見ながら作業を行うときでも、カメラの配置を考慮することで、作業性が向上することが考えられる。

4. まとめ

テレイグジスタンス作業システムにおける3次元空間の位置制御についてヒューマン・オペレータの追従特性を調べ、評価を行った。

<参考文献>

- 1)館ほか：テレイグジスタンスの研究第22報、第8回日本ロボット学会学術講演会(1990)
- 2)前田、館：テレイグジスタンスの研究第23報、同上(1990)

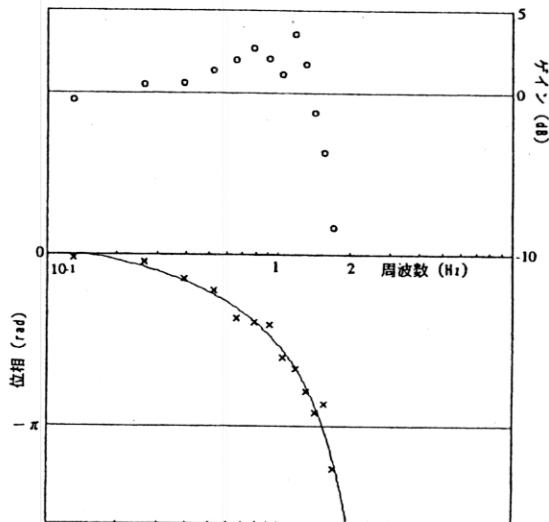


Fig. 2 オペレータの応答特性

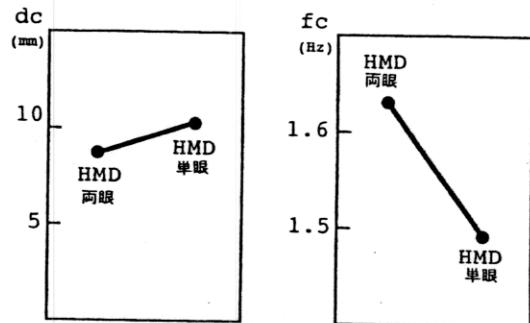


Fig. 3 両眼立体視の効果

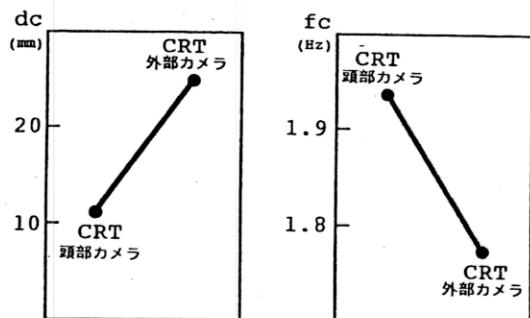


Fig. 4 視覚と腕の自然な対応の効果