

遠隔操縦ロボットの挙動測定を通じた映像インターフェースの評価

4 E - 4

井上和義 松永勝也 志堂寺和則 江淵和久 合志和晃

九州大学大学院システム情報科学研究科

1. はじめに

現在使用されている立体視装置（以下 2 眼式と呼ぶ）下の遠隔操作の作業効率は、直視作業に比較し、かなり悪いことが報告されている¹⁾。一方、作業効率を高くするには、広写角でかつ高解像度の映像が必要であると報告されている。松永らは、中心に高解像度部分を持つ広写角立体映像装置（4 眼式立体映像システム、以下 4 眼式と呼ぶ）を開発した²⁾。本システムを使用すると従来システムよりも作業効率を向上できることが実験より明らかとなっている。

しかし、このような映像インターフェース装置を評価する場合、従来のように単に作業時間のみを比較するだけではどのような情報の処理に寄与しているのかが不明である。

本研究では、遠隔操縦ロボットの挙動を測定、記録し、そのデータをもとにした作業時間の解析結果から映像インターフェースの評価を行った。

2. 実験

2.1 実験 1

2.1.1 目的

マスタースレーブ型ロボットを用いた遠隔操縦作業を 2 眼式広画角広写角領域映像下、2 眼式狭画角狭写角領域映像下、4 眼式映像下、2 眼式広画角広写角領域映像下 T/W 機能ありの 4 つの条件で行わせた。T/W 機能ありの条件では作業中自由にビデオカメラのズーム機能を使うことができる。映像条件毎のロボットの挙動を記録し、それにより作業効率を評価し、それぞれの画像条件がどのような状況の作業に適しているのかを明らかにすることを目的とした。

2.1.2 方法

マスタースレーブ型ロボットを用い、ピック &

The evaluation of the tele-presence systems based on the observation of behaviors of a remote controlled robot.
Kazuyoshi Inou, Kazunori Shidoji, Kazuaki Goshi, Kazuhisa Ebuchi, and Katsuya Matsunaga.
Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

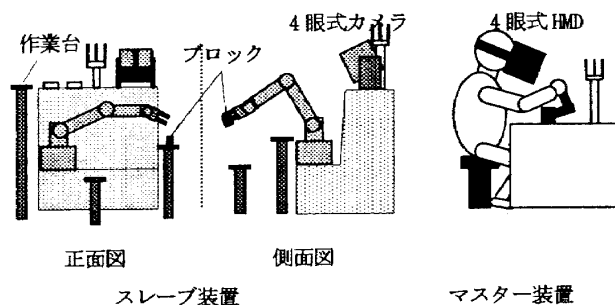


図1 実験概略図

プレイス作業を行なわせた（図1参照）。カメラの撮影方向は頭の向きと同期して動かすことができた。スレーブのアームは 5 自由度の垂直多関節型で、2本のフィンガー（グリッパ）間の距離は 5cm であった。マスターの操作用アームは、スレーブのアームと相似形状であった。

運搬する作業対象には直径 4cm、高さ 5cm の円筒ブロックを用いた。円筒ブロックを載せる台として、カメラから約 80cm の位置にそれぞれ俯角 0 度、15 度、30 度となるような高さの台を設置した。台の配置、ブロックの初期位置、移動先の組み合わせを 12 通り用意した。被験者にはどの台にブロックを移動させるかだけを各試行の直前に口頭で指示した。ロボットのアームは所定の初期位置に置かれており、作業開始から作業を終え初期位置に戻すまでを 1 試行とし、作業時間とアームの挙動を測定した。

被験者は視力健常な 22~56 歳の男女で、各条件 5 名、計 20 名とした。被験者 1 人に対し、12 試行を行なわせた。

2.1.3 結果と考察

作業中のロボットの挙動データから算出したアームハンドの位置ごとの滞在時間を図2に示す。

2 眼狭写角での作業時間は他の 3 条件（2 眼広写角、4 眼、2 眼広写角 T/W あり）に比べ作業時間が有意に長かった。その主な原因はブロックを掴む時や置く時に生じるのではなく、アームハンドが作業台の近傍以外の場所にある時、つまり作業台及び作業対象

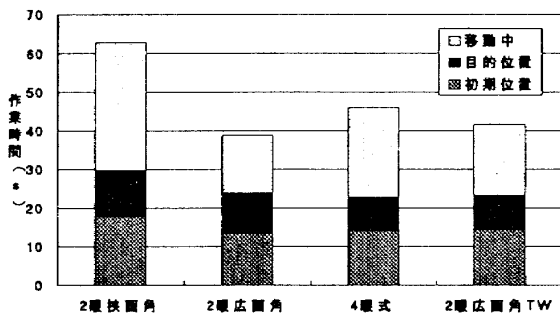


図2 各試行の平均作業時間

を探す時に生じることがわかった。これは、写角が狭いと視野も狭くなり、作業台や作業対象の位置を把握するのに時間がかかるためだと考えられる。

今回の実験環境では、ブロックの把持、設置動作の作業時間についてはどの映像条件においても差が認められなかった。本来、低解像度よりも高解像度の映像の方が、作業時間が短くなるはずであるが、差が見られなかったということは、作業そのものが高解像度映像を必要としないほど簡単であったためだと考えられる。また、2眼広写角と2眼広写角T/Wありの間にほとんど差が見られなかったのは、T/Wありの場合でも被験者の大半がT/W機能を使っていなかったためと考えられる。

2.2 実験2

2.2.1 目的

実験1よりも作業内容の難度を高くして、従来の2眼式立体視システムと4眼式立体視システムの解像度による作業効率の差を明らかにする事を試みた。

2.2.2 方法

実験1でのピック&プレイス作業の代わりに、ハンドの先端に固定した針金を作業台上にある直径5mmの筒の中に差し込む作業を行わせた。台の配置、2つの筒の位置、作業する順番の組み合わせは6通り用意した。作業時間とアームの挙動の他に誤り(空振り)の回数をカウントした。

被験者は視力健常な22~24歳の男性で、4眼式→2眼式の順で試行をする者を2名、2眼式→4眼式の順で2名、計4名とした。被験者1人に対し、6試行を行なわせた。

2.2.3 結果と考察

各試行ごとの作業時間を図3に示す。平均作業時間については、試行順序に関わらず2眼式より4

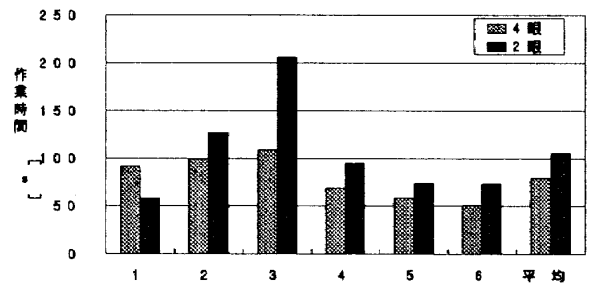


図3 各試行の平均作業時間

眼式の方が短く見えるが、分散分析では有意差は見られなかった。しかし、各試行毎の比較では第3試行について4眼式と2眼式に有意な差が見られた。第3試行は2台の作業台の内1台がカメラから最も遠い場所にあったため、全試行の中でも最も難しい作業条件であった。つまり、2眼式は作業条件により作業時間が著しく変化するが、4眼式は作業条件に関わらず安定し、かつ2眼式より良い結果が得られた。また、2眼式は4眼式に比べ作業台近傍の滞在時間が短く、誤りの回数も少なかった。この実験のように構造認識が必要な細部の作業において、2眼式では作業条件の難易度の影響が大きい、4眼式では影響が小さいといえる。

3. まとめ

今回の実験では、解像度が重要となる把持・配置時の作業時間において、4つの条件間に差は見られなかった。写角が重要となるそれ以外の作業時間においては、2眼狭写角の条件においてのみが有意に長くなることはいえる。また、4眼式は構造認識の必要な細かい作業においても2眼式よりも短く安定した時間で作業が行えるといえよう。

常に同じ構造をもつ作業空間内で常に同じ試行を繰り返すという非常に単調な作業では視覚情報は粗くても構わないが、実際の作業現場のように様々な変化要因を持つ作業では、やはり多量の視覚情報が必要である。視覚と解像度、そして解像度と作業効率の関係は今後より深く探っていかなければならない問題である。

参考文献

- 1) 松永勝也：遠隔操縦機器の映像環境と操作環境。九州技報, No. 17, pp. 43-48, 1995.
- 2) 野瀬康弘、松永勝也、志堂寺和則、江瀬和久、伊藤大輔、井上朋紀：4眼式立体映像システムの開発とその評価。情報処理学会第55回大会講演論文集, 1997.