

人工現実感環境下での物体移送作業における両眼視差と作業効率

伊藤, 大輔
九州大学大学院システム情報科学府知能システム学専攻 : 修士課程

松永, 勝也
九州大学大学院システム情報科学府知能システム学専攻

志堂寺, 和則
九州大学大学院システム情報科学府知能システム学専攻

<https://doi.org/10.15017/1498338>

出版情報 : 九州大学大学院システム情報科学紀要. 3 (1), pp. 53-55, 1997-12-22. 九州大学大学院システム情報科学研究所
バージョン :
権利関係 :

人工現実感環境下での物体移送作業における両眼視差と作業効率

伊藤大輔*・松永勝也**・志堂寺和則**

Binocular Parallax and Work Efficiency on the Attach-and-Place Work in the Virtual Reality Environment

Daisuke ITOH, Katsuya MATSUNAGA and Kazunori SHIDOJI

(Received December 22, 1997)

Abstract: Binocular parallax is one of the important information in depth perception. In this research, authors examined about the relation between the size of binocular parallax and work efficiency in the virtual reality environment. The liquid crystal shutter glasses were used for stereopsis. The subjects were five male university students who have normal stereopsis. They could control the arm in the virtual world by 3-dimension mouse. They could pick the object by the arm and transport it. Their task was placing it on given location as fast as possible. The normal binocular parallax condition (the distance between viewpoints was about 6 cm) and the large binocular parallax condition (about 43cm) were set up as experiment conditions. Each condition was constructed 120 successive trials. The results of error and work time showed there was not a difference between two conditions except first 10 trials. In the first 10 trials, subjects made much error and it took long work time in the large binocular parallax condition. And after experiment the flicker fusion frequencies were reduced a little in the normal condition.

Keywords: Binocular parallax, Stereopsis, Depth perception, Virtual reality

1. はじめに

原子炉内部での点検・補修作業や土砂崩れ等の自然災害発生時における現地での救助・防災作業等、人間が作業をおこなうことが危険な環境下において、作業を安全におこなう方法のひとつとして、ビデオ映像を利用した遠隔操作による作業が考えられている¹⁾。ビデオ映像下での遠隔操作を効率的におこなうには、奥行き情報をいかに操作者に伝達するかを明らかにする必要がある。両眼視差は、両眼が左右に離れていることから生じる網膜像のずれであり、人間の奥行き知覚の重要な手がかりのひとつと考えられている^{2),3)}。通常、人間の両眼視差の大きさは両眼間間隔に依存する。しかしながら、2台のビデオカメラで作業現場を撮影し、操作者に立体映像を提供するような場合には、撮影カメラ間の間隔を変えることで、操作者に与える両眼視差の大きさを変えることができる。2台のカメラ間の間隔が広いほど、両眼視差が大きくなり立体感が強調される。細かな奥行き知覚を必要とする作業では、奥行き方向を強調した立体映像は作業の効率を向上させると考えられる。しかし、このような映像は、人間が日常経験している映像と異なるために、長時間におよぶ作業では操作者の疲労が大きくなり、作

業効率が低下することも考えられる。そこで、本研究では人工現実感環境下の作業における両眼視差の大きさと作業効率との関係について検討した。

2. 実験

2.1 方法

2.1.1 被験者

被験者は、健常な視力を有する男子大学生5名であった。

2.1.2 装置

実験に使用した装置の構成および実験状況をFig. 1に示す。立体映像提示装置として、液晶シャッター眼鏡 CrystalEyes (Stereo Graphics社)を、操作デバイスとして3次元マウス (Space Ball Technologies社)を用いた。作業空間は、人工現実感環境構築用C言語ライブラリであるWorld Tool Kit (Sense8社)を用いて、コンピュータ (FMV desk power Tp20 (富士通))内に構築した。また、眼精疲労を測定するために、フリッカ融合周波数を測定した。この測定にはフリッカ測定器U型 (竹井機器工業)を使用した。

2.1.3 課題

被験者に提示した作業空間をFig. 2に示す。作業空間には、地表(青色)の上に作業対象であるブロック(上面のみ赤色、他は黄緑色)とブロックの設置場所を示すマーカ(薄黄色)、被験者が3次元マウスを使って操作す

平成9年12月22日受付

* 知能システム学専攻修士課程

** 知能システム学専攻

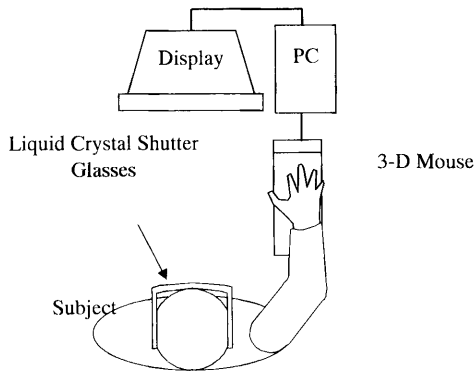


Fig.1 Arrangement of the experiment

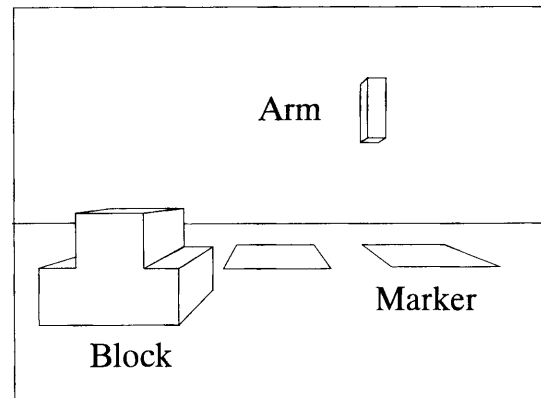


Fig.2 Work space

るアーム（黄色）を配した。視点からマーカまでは水平距離で250cmとした。シミュレートしたマーカの大きさは75cm×75cm、ブロックの底面は50cm×50cm、上面は25cm×50cm、アームの底面は15cm×15cm、高さは50cmであった。被験者が正面のコンピュータ・ディスプレイを正面から見た時に俯角16.7度で見下ろす位置に作業空間を配置した。

被験者は3次元マウスを使ってアームを移動させ、アーム底面をブロックの上部中央に密着させる。被験者が密着できたと判断した時点で3次元マウスのボタンを押す。正しく密着できているとブロックの色が赤色に変化し、アームはブロックを吸着させることができる。位置がずれていて密着できていない場合は、吸着することができない。吸着後、ブロックを設置場所に運び、設置場所を示すマーカの中央に置く。この場合も被験者は正しく置けたと判断したときに3次元マウスのボタンを押す。正確な場所に置けた場合、ブロックの色が青色に変わり、新しいブロックが出現し、次の試行を実施することができるようになる。正確な場所ではない場合は、次のブロックが出現しないため、正確な場所に置けるまでその試行を終了することができない。このような物体移送作業を120試行連続でおこなわせた。

実験条件として、通常の両眼視差を被験者に提示する条件と、通常より大きな両眼視差を与える条件の2条件を設定した。これらは、作業空間を見る左右の視点間の距離を変えることで実現した。通常条件では視点間距離を人間の両眼間距離とほぼ等しい約6cmとした。大条件では視点間距離を約43cmとした。大条件の視点間距離は、実験には参加しない数名に作業空間を観察させ、両眼立体視が可能な限界に近い視点間距離であった。

2.1.4 手続き

作業前に、フリッカ融合周波数の測定を上昇下降でそれぞれ3回行なわせ、平均値をとった。測定後、被験者をコンピュータのディスプレイの正面に座らせた。被験者があごを固定用の台に乗せ、正面を向いた時の視線が

ディスプレイの中心に向くように調整した。観察距離は30cmとした。被験者に液晶シャッターメガネを装着させ、立体視が可能か確認した後、作業をおこなわせた。作業終了後、再びフリッカ融合周波数を作業前と同様に測定した。実験の実施順序は、2名の被験者には両眼視差大の条件を先におこなわせ通常の両眼視差条件を後におこなわせた。残りの3名には逆の順序でおこなわせた。各条件での実験は1週間程間隔をあけて実施した。

2.1.5 測定項目

一試行は運搬するブロックが出現してから設置場所に正しく設置されるまでと定義した。一試行毎の失敗回数（ブロックの吸着と設置の時に正しくない位置で押したボタンの回数）及び作業時間を測定した。

2.2 結果と考察

2.2.1 失敗回数

両条件での10試行ごとの平均誤り回数をFig. 3に示す。各実験条件の実施順序、両眼視差、10試行ごとにまとめたセッション数の3要因について、分散分析をおこなった結果、各実験条件の実施順序とセッション数間の交互作用 ($F(11, 33) = 3.649, p < .01$) と両眼視差とセッション数間の交互作用 ($F(11, 33) = 3.448, p < .01$) が有意であった。2次の交互作用も有意な傾向があった ($F(11, 33) = 1.880, p < .10$)。図から、両眼視差大の条件を先におこない通常両眼視差条件を後におこなった場合、最初におこなう両眼視差大の条件の最初のセッション(1-10試行)で失敗が多く発生していることがわかる。

2.2.2 作業時間

2両眼視差条件での10試行ごとの平均作業時間をFig. 4に示す。両条件の実施順序、両眼視差、10試行ごとにまとめたセッション数の3要因について、分散分析をおこなった結果、2次の交互作用が有意であった ($F(11, 33) = 4.773, p < .001$)。図からも読み取れるように、大条件を先におこなった場合、大条件の最初のセッション(1-10試行)で作業時間が長くかかっている。

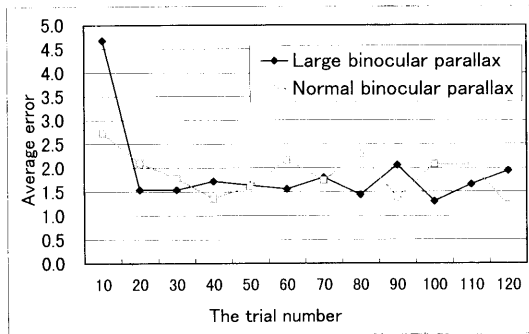


Fig.3 Average error

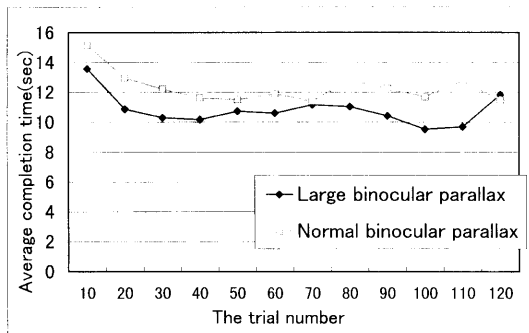


Fig.4 Average work time

2.2.3 フリッカ融合周波数

各実験条件での実験前後でのフリッカ融合周波数を Fig. 5 に示す。実験前後の周波数の差を条件の実施順序、両眼視差の2要因について分散分析を行った結果結果、両眼視差要因で有意であった ($F(1, 3) = 15.429, p < .05$)。通常両眼視差条件では作業後フリッカ融合周波数が低下している。

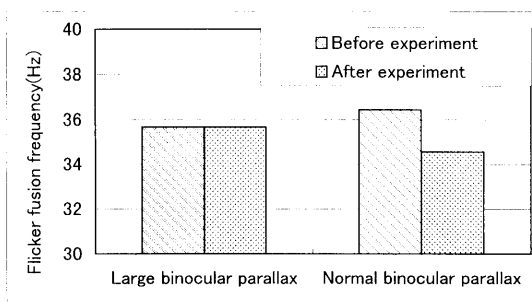


Fig.5 Flicker fusion frequency

2.2.4 考察

失敗回数と作業時間の結果は、通常と異なる両眼視差を持つ映像を用いて作業をおこなう場合、作業当初、作業効率が低いことを示している。このような結果が生じた原因として、両眼視差大の条件下では、作業当初、被験者が映像を元に脳内で作る作業空間イメージと操作による行為の結果との間にミスマッチが生じていることが考えられる。このミスマッチは何回か試行を重ねていくうちに急速に解消されていくと推測できる。さらに、通常両眼視差条件を先におこない両眼視差大の条件を後におこなった場合には、両眼視差大の条件でも最初のセッションから作業成績が良いことを考慮すると、このミスマッチは、作業空間イメージが一度形成されると容易に解消できると考えられる。最初のセッションを除くと、両眼視差を大きくすることによる奥行き方向の強調は、作業効率には影響を及ぼさなかった。試行を継続する中での作業効率の低下も認められなかった。フリッカ融合周波数の結果は、両眼視差が大きい条件では作業前後で融合周波数は変わらないが、通常両眼視差条件において作業後に融合周波数の低下することが明らかとなり、このことは両眼視差を大きくすることで、疲労が減少することを示している。

3. ま と め

人工現実感環境内の作業において、左右の眼に提示する映像の両眼視差が通常の大きさである条件と大きい条件で、作業効率を測定する実験をおこなった。実験の結果、両眼視差が通常の場合と大きい場合とでは、作業効率の面ではほとんど差がないことがわかった。ただし、両眼視差が大きい場合には、作業開始当初、作業効率が悪いこと、これは試行を重ねるにつれて急速に良くなることもわかった。また、フリッカ融合周波数の測定からは、両眼視差が大きい方が、疲労が少ないことがわかった。

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（財団法人 建設工法研究所福岡支部），No.17, pp. 43-48, 1995
- 2) 和気典二：両眼視。大山正，今井省，和気典二（編）新編感覚・知覚心理学ハンドブック，誠信書房，pp.737-767, 1994.
- 3) 吉岡一郎：両眼視。心理学事典，平凡社，pp.820-824, 1981.