

## 立体視ディスプレイを用いた探索作業における視覚負担の研究

Visual workload of search task with 3-D viewer.

代表研究者 京都大学文学部助手

尾入 正哲

Instructor, Faculty of letters, Kyoto univ.

Masaaki Oiri

The 3 dimensional computer displays were recently introduced for practical and hobby applications. For example, 3-D viewers were used in training simulators, CAD devices, and TV games. The typical system of 3-D vision was to give binocular disparity to both eyes through the viewers like goggles. But amount of visual workload was little known in 3-D visual tasks. We examined the task performances, physiological functions of eyes, and subjective fatigue in 3-D visual search for 1.5 hours. It was suggested that the workload of 3-D visual tasks was relatively high, especially when large disparity was applied.

### 研究目的

近年、コンピュータグラフィックスの進歩にともない、ヴァーチャルリアリティということばが注目をあびている。例えば、航空機のパイロット・自動車ドライバーなどのシミュレータ訓練、あるいはプラントや生産ラインなどのCAD図面を実体的に表示する、デザイン支援といった分野への利用が期待されている。

こうした仮想空間の提示において、中心的な役割を果たすのが、観察者に立体視を行わせる表示の技術である。典型的なものとして、メガネ型の装置により、両眼に視差をもった画像を提示する方式がある。遠隔からのマニピレータ操作や、身近な例ではTVゲームなどにも、このシステムが採用されている。

このように応用分野の広い立体視ディスプレイであるが、立体メガネを装着して立体視を行っている際の視覚系の負担については、あまり知られていない。人間が奥行きを知覚

する際には、両眼視差だけでなく輻輳・調節など、眼球筋の緊張・弛緩に関する情報が統合されている。コンピュータ画面上の立体視においては、これらの奥行き情報の相互に矛盾が生じ、通常の視作業に比べて大きな視覚負担(目の疲れ)が生じることが懸念される。

本研究ではVDT (Visual Display Terminal)作業時の視覚系の生理的負担を測定する指標を適用して、コンピュータ画面上の立体視作業における視覚負担の程度を検討する。もって、立体視ディスプレイを使用する場合の連続作業時間のガイドラインや、視覚負担の少ない画面提示条件を定める際の基礎的な資料を提供することを目的とする。

### 研究経過

コンピュータディスプレイ2台に偏光フィルターを適用した立体視提示装置を用いて、連続視作業を行った際の視覚負担の程度を実験的に検討した。立体視を実現する方法とし

では、液晶シャッター式など様々なものが考えられるが、今回用いられた装置の概要を図1に示す。これは各ディスプレイからの光を偏光させ、ハーフミラーを通し、それぞれ対応する偏光フィルターを左右眼に貼ったメガネを用いて観察する仕組みのものである。画面のちらつきがないことが特徴である。

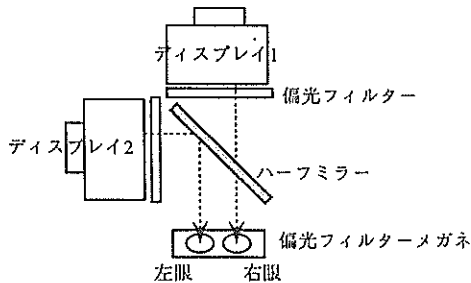


図1 立体視提示装置の概略図

立体視ディスプレイを用いた実作業では、単一の対象ではなく、視野内に様々な異なる奥行きを持つ、多くの物体が表示されることが予想される。そこで被験者に与えられるコンピュータ画面には複数の小図形を提示し、その中から、あらかじめ指定されたターゲットを見つける形の、いわゆる視覚探索の課題を用いることとした。提示画面の一例を図2に示す。

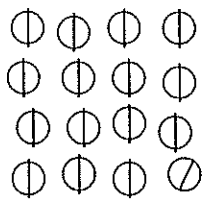


図2 刺激画面の例  
セットサイズ16の場合、  
右下にターゲット(斜線)がある

被験者は図2の画面の中に、円の中の線分が傾いているターゲットが含まれているか(あるいは全部が垂直方向の線分か)を、キー押しによって反応した。実験条件として両

眼視差量(視差0条件;視差なし, 視差1; $\pm 2.4'$ , 視差2; $\pm 4.8'$ , 視差3; $\pm 9.6'$ の4段階, 視差3条件は両眼融合域の限界 $15' \sim 20'$ に近い)およびセットサイズ(1画面中の円の数,  $4 \cdot 16 \cdot 36$ の3条件)を設け、作業時間の経過に伴う視覚負担の変化について複数の指標から検討した。両眼視差量の違いにより、図形の進出後退の範囲が変えられた。

VDTによる視覚負担を調べるためには、作業パフォーマンス・生理機能検査・主観的疲労感の評定など、いくつかの方法を使って総合的に判定するのが一般的である。今回の実験では指標として、作業成績(視覚探索課題の反応時間・正答率)・フリッカー閾値(労研式フリッカー測定器による)・調節機能(近点距離計による)・主観的疲労感(質問紙による)の各データを収集した。また作業中の眼球運動をEOG法によって測定した。

実験の具体的な手続きは以下の通りである。各試行において画面に1秒間凝視点が提示された後、3秒間複数の円が現れる。被験者はこの間に両眼融合視を確立する。続いてピープ音と同時に円の中に線分が提示され、キー押し反応が行われた。図形の発光輝度はフィルターを通した状態で $3.4 \text{ cd} \cdot \text{m}^2$ 、実験は準暗室内で行われた。円の直径は1cmで画面上で $3 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$ (セットサイズ4の場合)から $9 \text{ cm} \times 9 \text{ cm}$ (セットサイズ36の場合)の範囲内に提示された。視距離は約100cmであった。

被験者は120試行(約15分間)の作業を1ブロックとして連続して行い、各視差条件について6ブロックを実施した。ブロックの中でセットサイズ・ターゲットの有無はランダム順に提示された。各セットサイズの出現頻度・ターゲットの有無の試行数はブロック内で等しくされた。各被験者は視差0条件を初日に行った後、3つの視差条件を、それぞれ異なった日に実施した。視差条件の実施順は

被験者間でバランスされた。

装置および実験プログラムを作成した後、予備実験を行い実験条件を調整・確定した上で、本実験（被験者6名、いずれも大学院生）を行った。

### 研究成果

作業時間の経過にともなう反応時間の結果を図3に示す。以下の報告ではセットサイズによる影響は平均して示した。視差条件ごとの反応時間の変化をみると、視差0条件を別にすれば、視差が増すと反応時間が延長する傾向がみられる。また視差1条件および視差2条件では、ブロックの経過とともに反応時間は短くなっている。これは練習効果によるものと考えられる。しかし、視差3条件では時間経過につれて反応時間は増す傾向がある。視差3条件では作業時間の経過により作業遂行が阻害されているようである。視差0条件の反応時間が比較的長いのは、被験者が実験に習熟する以前であったためと思われる。

誤反応率の結果からは、実験条件による明らかな傾向はみられなかった。

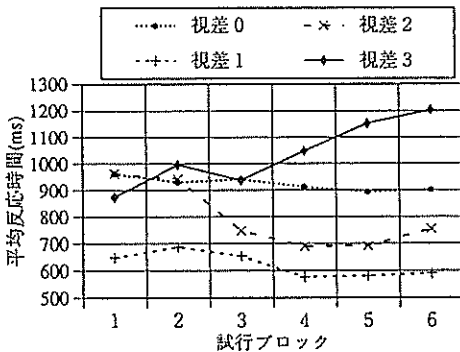


図3 視覚探索反応時間の結果

機能検査について、フリッカー値の結果を図4に示す。図4では各被験者について作業前からの値の増減を平均した結果を表している。フリッカー値は疲労の測定によく用いら

れており、視覚の時間的分解能を表すが、生体の覚醒水準を示すものともされる。全体に作業前に比してかなり大きな値の低下がみられるが、これは視覚負担によるものばかりでなく、実験室内での単調作業からくる影響も少なくないと思われる。いずれの視差条件においても時間経過にともなう低下が示されているが、作業の後半では(第3ブロック以降)視差3条件で最も値が低くなっている。

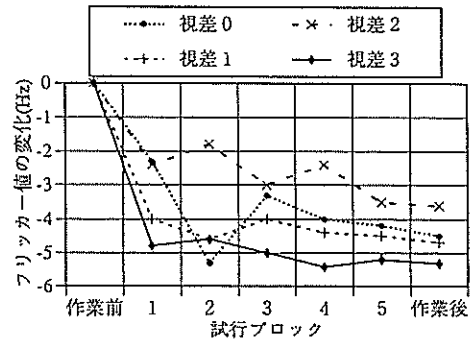


図4 フリッカー値の結果

近点距離の変化を図5に示す。近点距離は作業前・作業開始30分後・作業後の3つの時点で測定した。同じく作業前を0とした延長の程度を表している。視差条件3で近点距離の延長が最も大きく、眼の調節機能への影響がうかがわれる。

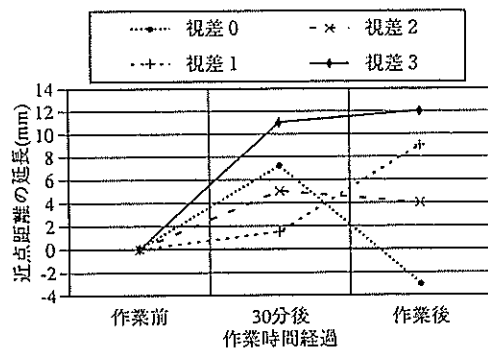


図5 近点距離測定の結果

主観的疲労感については、図6から図7に結果を示す。図6は線分法(VAS, Visual Analog Scale)による評定結果である。これ

は長さ十数センチの線分を紙上で被験者に示し、疲労の程度に応じて線分上にチェックさせる方法である。線分の左端からチェックした位置までの長さが疲労感の程度を表すものとした。視差0条件で疲労感が、やや強く評定されているが、視差2から3の条件で最も疲労感が大きい結果になっている。

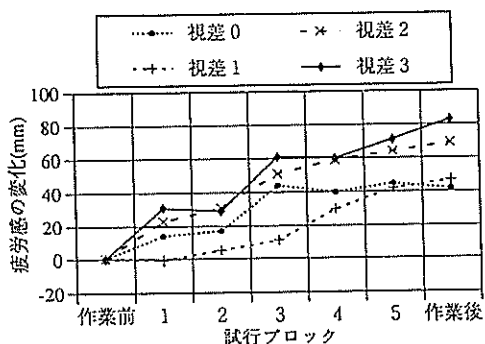


図6 主観的疲労感(VAS)の結果

図7は目の自覚症状および身体各所の疲労感に関する質問紙の結果である。これは「目が痛い」「目が乾く」「焦点が合わせにくい」など20の症状項目に関して、その程度を0から3の4段階で問うたものである。図7では作業後の平均訴え値の平均を示した。視差3条件では他に比して目の自覚症状の訴えが強くなっている。

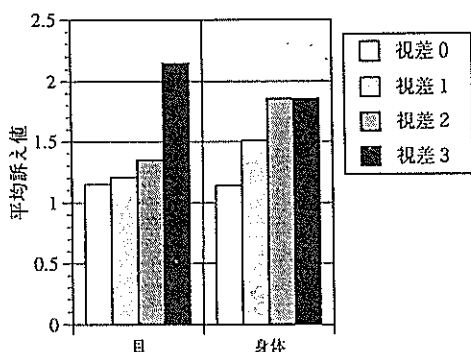


図7 目および身体の自覚症状

なお眼球運動 (EOG) のデータからは条件に対応した傾向がみいだせなかった。データ収集・分析方法の洗練が必要であろう。

これらの結果を全体的にみると、立体視ディスプレイを用いた視作業では、1.5時間程度の連続作業において、かなり目に対する負担が大きいことがうかがわれる。また視覚負担の程度は視差が大きくなるほど強くなる。特に本研究の視差3条件では、パフォーマンスにおいても時間経過とともに低下している。立体視ディスプレイの長時間使用には十分注意が必要であり、特に両眼融合域限界近くの視差を与える場合には視覚負担が大きいことが示唆された。

#### 今後の課題と発展

被験者数の問題からか、本研究では各指標について統計的に有意な結果はみいだせなかった。今後データの蓄積をはかる必要がある。また立体視を実現する方法には本研究で用いたものの他にも、いくつかの方式がある。両眼視差を与える装置の技術的な違いと視覚負担との関係も検討すべき事項であろう。

今後、立体視ディスプレイが広範囲に利用されて行くにあたり、視覚的な作業負担の問題は一層注目されていくと考えられる。実際の作業場面で検討すべき場合もあらわれてくるであろう。そうした場合に備えて、特に作業の種類による違いや、個人差・年齢差に関する知見を集積する必要がある。

#### 発表論文リスト

尾入正哲 立体視を用いた視覚探索- 奥行き方向への注意と視覚負担 日本応用心理学会第62回大会発表論文集, 1995 (印刷中)