

視覚的ボケによる立体画像の現実感への効果

氏家弘裕*・本山 雅・内川恵二

東京工業大学 工学部 像情報工学研究施設
〒226 横浜市緑区長津田町 4259

1. はじめに

最近のコンピュータ技術の発達によって、さまざまな立体表示が可能となってきた。とりわけ、観察者のからだの動きにあわせて表示する内容を替えることで、あたかも観察者が現実とは別の作られた環境にいるように立体画像表示を行う仮想現実の発展には目を引くものがある。しかしその一方で、画像からより現実感を得るためには、実際の外界の観察状態と仮想現実における画像表示とのあいだのいくつかの相違についてさらに検討する必要がある。

視野中の視覚的なボケの存在の有無はそのような相違の一つである。仮想現実などで用いられる立体画像表示法では、画像自体が平面であるために、視点の位置によらず画像全てに常にピントが合った状態である。しかし、実際の外界の観察時には、視点の位置よりもある程度遠くにある物体や逆に近くにある物体は、焦点深度の範囲から外れて、ボケて見えていることが多い。さらに、視点を移動すればそれに応じて鮮明に見える物体とボケて見える物体とが視野中で交替する。しかし、視点の移動にともなうこのような視覚的ボケ状態の変化が、立体画像にどの程度現実感を加えるかはこれまでのところ明らかではない。

そこで本研究では、表示された立体画像から現実感を得るために、画像内容および視点移動に矛盾しない視覚的なボケの存在が効果があるのかどうか、またどの程度ボケていると最も効

果が高いのかを調べることを目的とした。ただし、現実感というだけではその内容が非常にあいまいであるため、本研究では、観察しているものが本当にそこに存在していると感じる感覚を現実感とした。

2. 実験方法

実験は、用いた画像の種類、観察者の応答の仕方によって3種類に分けられる。ここではまず3つの実験に共通する実験原理およびそれを実現するための装置について説明し、次に実験の内容について説明する。

実験では、立体表示画像を観察する際に、観察者が注視している点に常にピントが合い、その点と異なる奥行きのある物体の像に視覚的なボケが生じるように、注視点の移動にあわせて画像を切り替えて表示した。そして、この観察によってどの程度の現実感が得られるのかを調べ、視覚的なボケの度合いの異なる画像の間での比較を行った。これらを実現するために、画像はピント位置と絞りを変えながら、実際のある光景を写真撮影することによって作成した。ただし、観察者が注視位置を自由に変えることを考慮して画像を無限に用意することは困難である。そこで撮影の際に、あらかじめ複数の注視点を設定し、それらにピントの合った画像を用意した上で、実験の際に、設定した注視点を交互に注視しながら画像を観察するように観察者に指示した。

実験1 および実験2の表示画像で用いた実際の光景は、幅 55 cm、奥行き 140 cm、高さ 40

1995年夏期研究会(8月1日)一般講演

*連絡先:工業技術院 生命工学工業技術研究所,
〒305 つくば市東1-1

cmの箱のなかに積み木を配置し、これを内部の蛍光灯によって照明した空間である。それを斜め上方から眺めたものを図1に示した。表示画像は、この空間を手前(図では下方)から奥(図では上方)に向かって観察している状態を想定して、カメラ(35mm判一眼レフ、レンズ焦点距離50mm)で撮影された。その際に、注視点を図中手前から奥に5点(図中1~5)としてピントを合わせ、各ピント位置ごとに絞りを1.4~16.0(絞りの口径は36~3.1mm)の8段階に設定した。また立体表示とすため、撮影位置を6.0cm側方にずらして、左右眼用の画像を用意した。従って実験1と2では、ピ

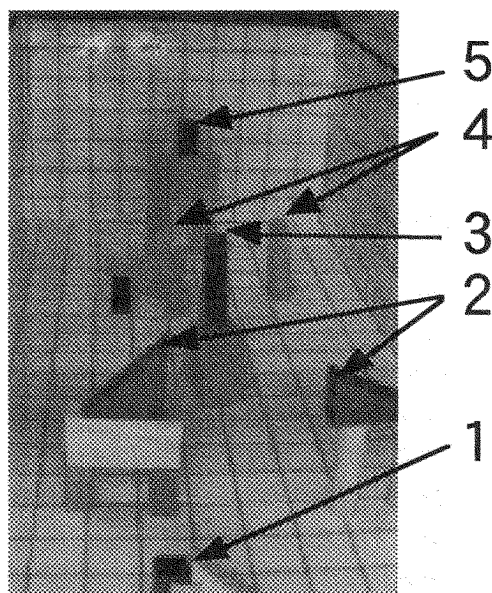


図1 立体表示画像(実験1と2)に用いた空間

ント位置5点×絞り8段階×左右位置2点の合計80枚の画像が作成された。画像の提示は観察1回につき、1つの絞りのものを組にして行われた。撮影された画像は1画素につきRGB各8bitでデジタル化し(コダック社製、PhotoCD)、実験用に画素サイズを800×600dotとした。こうして作成された画像の例を図2に示す。これは、ピント位置を図1の4番とし、絞りを16.0(絞りの口径3.1mm)としたものである。

用意された画像はコンピュータ(NEC製、PC9821As)のモニタ(NEC製、MultiSync 15インチモニタ)上に提示され、モニタ前面に置かれた立体視鏡を通して観察される。この立体視鏡は上下に提示された左右眼用の画像を立体視するために試作された。モニタ前面から観察者の角膜までの距離は約20cmで、調節と輻輳との対応を考慮して、光学的な距離を1mとするために、+4Dのレンズを角膜前方に挿入している。表示画像のサイズは約37×24degである。

観察者は、表示画像を観察する際に、設定された5つの点を交互に注視しながら、注視位置の変化にあわせてキーボード上のキーを操作することによって、注視点にピントのあった画像を選択する。この操作を実験でスムーズに行うために、表示画像を模した線画を用いてあらかじめ練習を行った。なお、1回の観察の開始および終了は観察者がキー操作によって行った。

実験1では、実物との比較によるマグニ

Left



Right

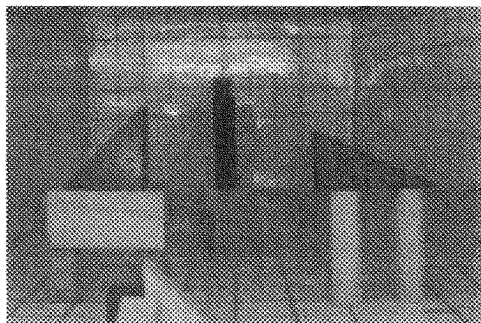


図2 立体表示画像(実験1と2)の例

チュード評価によって絞りの大きさの違いによる現実感の大きさを比較した。そのために、上記の積み木の配置した空間を、撮影したのと同じ位置から観察した時に感じる現実感を100として、それを基準に立体表示画像を観察したときの現実感を評価した。観察は各絞りの大きさごとにランダムに行い、1つの絞りの大きさに対して4回、従って全体で32回の観察を行った。実験2では、異なる絞りの大きさの画像間での現実感の違いをより明確にするために、一対比較を行った。1回の試行では、異なる2種類の絞りの大きさのものを各1回、順に観察し、観察者がより現実感を感じるとした方に1ポイント加えた。各組み合わせごとに、1つの観察順で2回評価したので、全体で84回(21×2×2)の評価を行った。実験3では、表示画像として、積み木の配置のような実験室的なものではなく、より見慣れたものの配置や見慣れた光景として2種類の画像(図3(a)と(b))を用意し、実験2と同様の評価を行った。特に図



3(a)は実験に参加した観察者の日常見慣れた部屋の光景である。この実験3では注視点は4点とした。

3. 結果

実験1～3の結果のグラフを各々図4～6に示す。また図6(a)と(b)は各々図4(a)と(b)の画像の種類に対応している。各グラフとも、横軸は画像の撮影時の絞りの大きさを口径で示しており、縦軸は得られた評価のポイント(図4では平均値、図5と6では合計値)を表わしている。また、シンボルの違いは観察者の違いである。図4では、絞りの口径が小さいときにポイントの大きさが観察者ごとに異なるものの、総じて口径が10mmをこえたあたりからポイントが減少する傾向が見られる。口径が最も小さい3.1mmの場合には画像はほぼ一様に鮮明であることから、図4の結果は、視覚的なボケがある程度加わっても現実感があることを示しているようである。しかし複数の観察者の

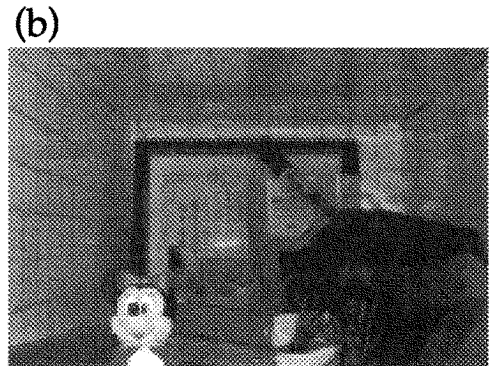


図3 立体表示画像(実験3)の例(右眼用のみ)

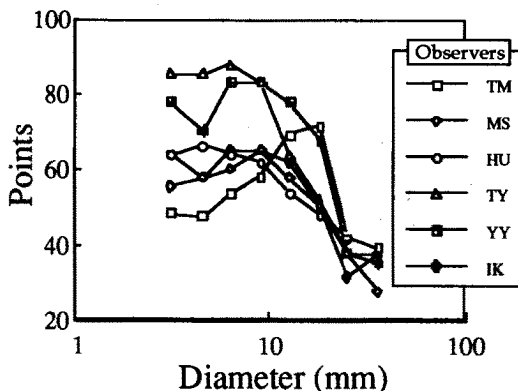


図4 絞りの口径に対する現実感の評価値(実験1)

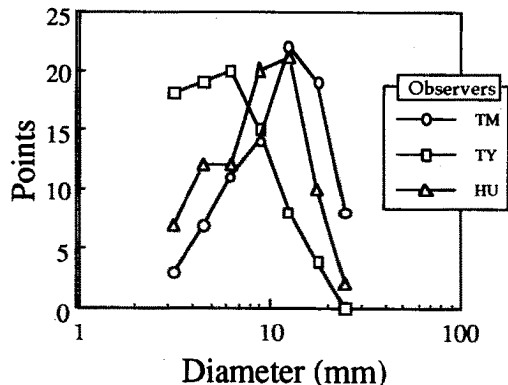


図5 絞りの口径に対する現実感の評価値(実験2)

内感は、全てが鮮明に見える画像よりも、注視点の前後のものが少しボケて見える画像のほうに、より現実感を感じた、というものであった。そこで、条件間の相違に敏感な対比較法を用いた図5の結果を見る。3名の観察者でピークの位置がわずかに異なるものの、確かに絞りの口径が12 mm前後でポイントが最も高く、より現実感を感じていたことを示している。図6でもこの傾向は同じで、画像の内容が観察者にとって見慣れたものかどうかによって異なる。

4. 考察

すべてが鮮明な画像よりも絞りの口径が12 mm、従って注視点の前後のものが少しボケている画像の現実感の方が高いと評価された今回の結果は、視覚的ボケが現実感に効果があることを示している。この視覚的ボケの度合いを評価するために、実験での絞りの口径は、カメラのレンズ系と眼球光学系とを理想的な単レンズ系と仮定して、瞳孔径とほぼ等価であると考えた。(詳しくは省略するが、カメラのフィルム

面あるいは眼球の網膜上での対象の像の大きさに対する焦点ずれによる点像の拡がりの直径の比はレンズの焦点距離によらないことから上記の点が説明できる。ただし実際には、実験での観察者の調節の定常誤差の問題、カメラと眼球との光学系の媒質の問題および絞りや瞳孔と節点との位置関係の問題など細かい点も考慮する必要がある。)人間の瞳孔径が通常最大で8 mmほどであること、実験環境の明るさレベルで瞳孔径は3~5 mmと考えられることから、今回現実感を高く評価した口径12 mmという大きさはかなり視覚的ボケが加わった状態である。

ではなぜ、このように現実にはありえないような程度の視覚的ボケがある場合に現実感をより感じたのか?ここでは以下のような四つの要因をあげてみる。(a)表示画像の中に含まれる、現実感を阻害するような要因(例えば、奥行き感と調節との矛盾など)を視覚的ボケを強調することで補償した、(b)視覚的ボケが加わることによって奥行きを強調し現実感が増した、(c)注視した対象が周囲から相対的に鮮明になることによって存在感が強調され現実感を高めた、(d)視点の移動に呼応して視覚的ボケ状態が変化することで、観察者の能動的動作に対するフィードバックが得られ、現実感が増した。これらの要因については今後検討していく必要がある。

なお現実感の主観的評価については議論の余地があるが¹⁾、今回の結果は表示画像や観察者によらず安定しており、それなりに評価はできると考える。

文 献

- 1) 下條信輔:「桶の中の脳」は未来の夢を見るか。原島 博, 廣瀬通孝, 下條信輔(編):仮想現実学への序曲。共立出版, 21-29, 1994.

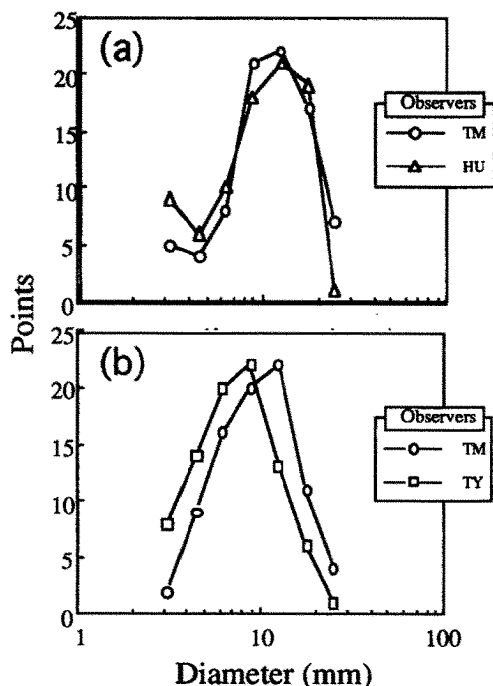


図6 絞りの口径に対する現実感の評価値(実験3)