

焦点ぼけを考慮した画像表示システムの開発とその知覚的效果

鈴木裕之・高原邦光・岡嶋克典・高瀬正典

防衛大学校 応用物理学教室

〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20

1. はじめに

日常生活において、我々は焦点位置に応じてその周辺がぼけている画像を見ている。ぼけ情報のみで奥行き知覚の要因となり得ることができ、ぼけは我々の奥行き知覚に関して重要な情報を与えていると考えられる。現在のバーチャルリアリティ (VR) システムにおいても立体視や視点変化 (頭部運動) に加えて、解像度及び色の分解能が高い画像を表示できるが、奥行きの違いによって生じる光学的ぼけが考慮されていないため、十分な臨場感を得ることができない。より自然な VR システムの構築には焦点位置に応じたぼけの影響を考慮し、またぼけと他の奥行き知覚要因との関連性を明らかにすることが必要であると考えられる。そこで本研究では、注視点 (x, y 座標) に対応する仮想物体の空間内での距離を焦点面 (z 座標) に設定し、観察者の視点の動きに合わせた焦点ぼけをリアルタイムに与える画像表示システムを開発し、ぼけと他の奥行き知覚要因 (物体間の相対的大きさ及び色の情報 (進出色・後退色) の影響) との関連性について実験的に検討した。

2. 実験方法

2.1 実験原理

実験 1 と実験 2 では、ぼけと他の奥行き知覚要因を含む 2 つの球を画面上に提示し、いずれが手前に見えるかを被験者に判断させた。また実験 3 では、3 つの球を画面上に呈

示して EOG を測定し、焦点の合っている球以外の 2 つの球には奥行きに対応したぼけ情報を与え、3 つの球の奥行き順序 (z 軸上の距離) を判断させた。図 1 に刺激の例を示す。

2.2 実験装置

CG の作成には、グラフィックス・ワークステーション Onyx-RE2 (Silicon Graphics Inc.) を用い、眼球運動を EOG 装置を用いて測定した。EOG の信号は A/D 変換シリアルコンバーター FlyBox (BG Systems Inc.) を経由してワークステーションへ入力した。刺激の表示

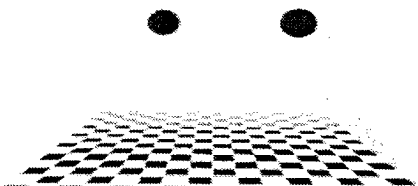
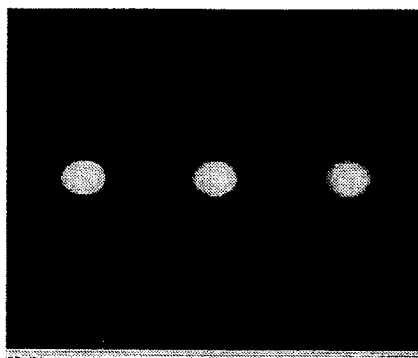


図 1 上：実験 3 における刺激，下：実験 2 における‘背景あり’の刺激。

は、実験1,2ではキャリブレーション機能付ディスプレイ GDM-2000T (SONY Inc.) を用い、実験3では、マルチスキャンプロジェクト VPH-1272QJ (SONY Inc.) を使用し、130インチの大型スクリーンに投影した。

2.3 ぼけ画像の作成

グラフィックス・ライブラリ OpenGL を用いて、アキュムレーションバッファを使用してぼけ画像を作り出した。具体的には、焦点面を軸として視体積をわずかにずらして作成した複数の画像を重ね合わせ、平均化するジッタ処理を用いた。ぼけの強さは焦点面からのz軸方向の距離に比例する。

2.4 被験者

被験者は視覚及び色覚機能正常であり、実験1,2はNT, ST, YTの3名、実験3ではNT, HSの2名である。

3. 実験1 物体間の相対的大きさの影響とぼけ情報の関連性

奥行きを判断する際の物体間の相対的視覚

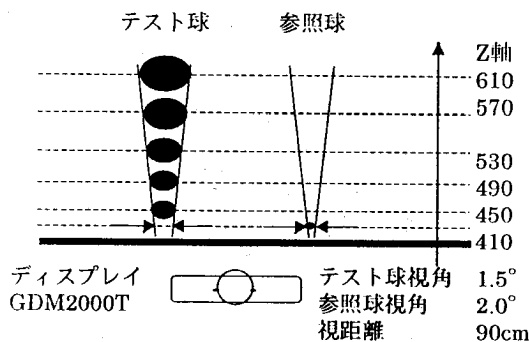


図2 実験1における2球間の相対関係

サイズとぼけ情報の優先度を、2つの球間のz軸上の距離及び画像提示時間を変えながら調べる。

3.1 刺激及び方法

図2に示すように、ディスプレイ上で視角1.5°となる参照球をz軸座標位置(410)に固定する。また視角2.0°となるテスト球をトライアルごとにz軸座標位置(450, 490, 530, 570, 610)のいずれかにランダムに配置する。この際、またテスト球には参照球に焦点を合わせた際のぼけ情報が与えられる。視距離は90cmで、ディスプレイ上の2つの球の位置は常に一定である。画像提示時間は1,2,3(s)の3通りとし、トライアルごとにランダムに変化する。被験者はトライアルごとに、参照球とテスト球のいずれが手前にあると感じられたかを応答する。被験者は実験中は画面中央を見ている。実験は背景なし(黒色)の場合とある場合の2通りを行なった。

3.2 結果

図3に被験者STの試行回数10回の結果を示す。背景あり・なしにかかわらず、テスト球のぼけの情報が弱い時はテスト球を手前と判断する割合が多くなり、ぼけが強くなるにつれて参照球を手前と判断する割合が高くなっている。また背景なしの時に比べて背景がある方が、ぼけの情報を奥行き判断に利用する割合が高くなっている事が分かる。また画像提示時間が増すにつれ、物体間の相対的な大きさよりもぼけの効果(影響)が大きいたることが分かる。これらの傾向は他の被験者

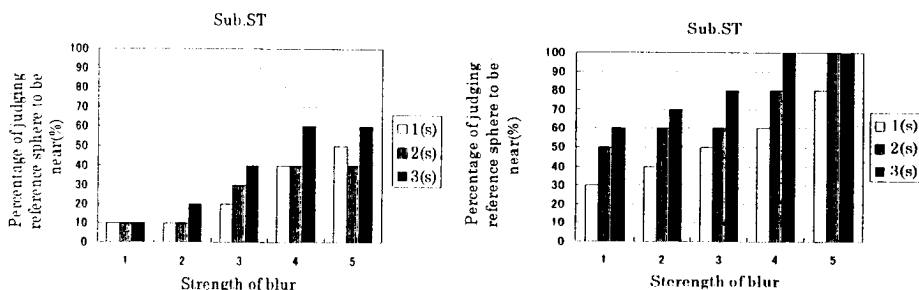


図3 実験1の結果。左：背景なし、右：背景あり。

でも同様であった。

4. 実験2 色の情報（進出色・後退色）とぼけ情報との関連性

奥行きを判断する際の色の情報とぼけ情報の優先度を、2つの球間のz軸上の距離及び画像提示時間を変えながら調べる。

4.1 刺激及び方法

ディスプレイ上に視角 1.5° の後退色である青色の参照球をz軸座標位置 410 に固定し、視角 1.5° の進出色である赤色のテスト球をトライアルごとにz軸座標位置 (450, 490, 530, 570, 610) のいずれかにランダムに配置する。その他の刺激条件及び実験方法は実験1と同様である。

4.2 結果

図4に被験者 ST の試行回数 10 回の結果を

示す。テスト球のぼけの情報が強くなるにつれて、進出色・後退色よりもぼけの情報を利用して、奥行きを判断する割合が高くなっていくことが分かる。また背景がある刺激の方が、被験者はぼけの情報を奥行きの判断に利用する割合が高くなっていく事が分かる。また画像提示時間が増すにつれ、奥行き知覚要因としてぼけの効果が大きくなっていくことが分かる。

5. 実験3 視点情報による焦点ぼけを考慮した画像表示システムの奥行き知覚に対する効果

視点位置による焦点ぼけを考慮した画像表示システムに3つの球を表示した。1つの球に対して3通りの奥行き情報を与え、ぼけ情報が視点位置に同期した際の奥行き判断の有

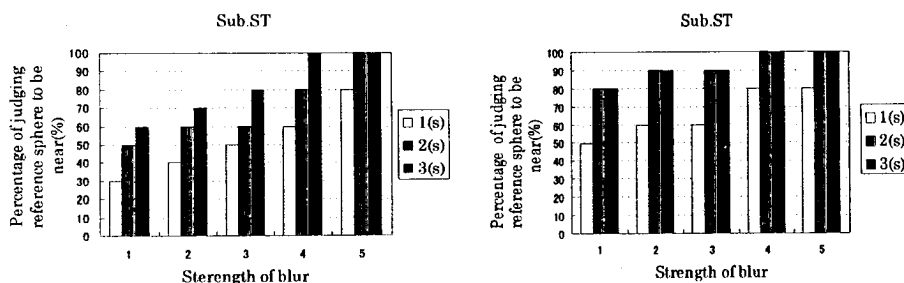


図4 実験2の結果。左：背景なし、右：背景あり。

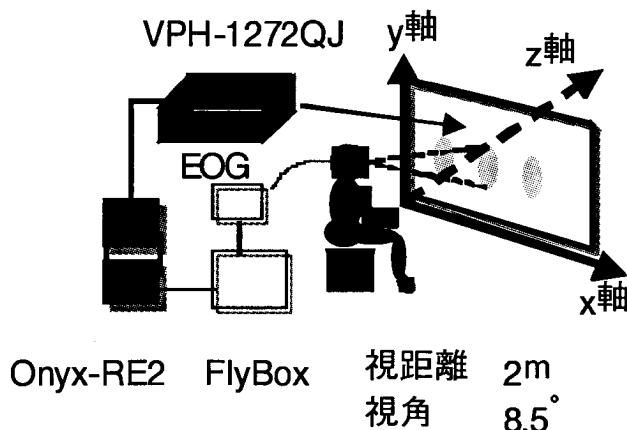


図5 実験3における実験装置図

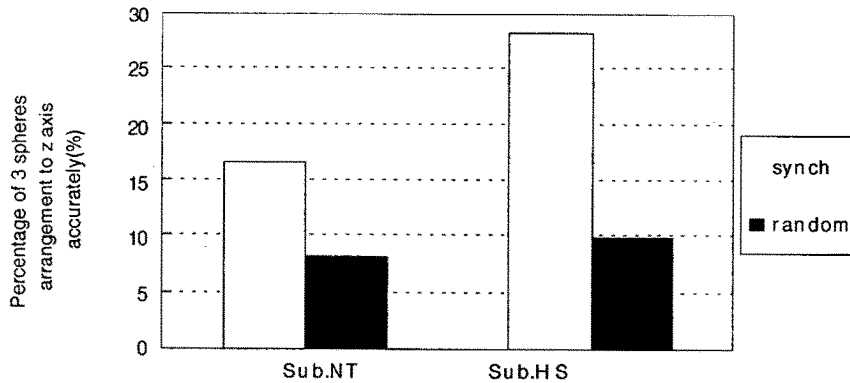


図6 実験3の結果

効性を検討した。

5.1 刺激及び方法

図5に示すように、ディスプレイ上に3つの球を配置する。3つの球のz軸座標値は、(350, 450, 550), (550, 450, 350), (350, 550, 450), (550, 350, 450), (450, 550, 350), (450, 350, 550)の6通りである。また画面上の3つの球の位置及び視角 8.5° は常に一定である。トライアルごとの画像提示時間は27(s)とし、被験者はトライアルごとに3つの球の配列順序について、先に示した6パターンから1つを応答する。実験は眼球運動に同期して、焦点ぼけの情報が得られる場合と非同期に焦点ぼけが変化する2通りを行ない、同期の場合は、被験者は画像提示時間内において自由に3つの球のいずれかに焦点を合わせた。非同期の場合は、3(s)おきに被験者の眼球運動とは独立に焦点ぼけの情報がランダムに変化する。

5.2 結果

図6より、眼球運動に焦点ぼけを同期させた方が、3つの球のz軸上の配置関係を正確に判断する割合が高くなっていることが分かる。

6. 考察

実験1と2より、ある一定の強さを持つぼけが物体間の相対的大きさ又は色の情報の影

響よりも強い奥行き知覚要因となり、その効果は背景と連動することにより増大することが示された。また画像提示時間により奥行き知覚要因としてのぼけの効果が変動することが示された。実験3より、視点の動きに同期させた焦点ぼけを得ることが、正確な奥行きの判断を促進することを示した。以上の結果、より自然で臨場感のあるVR画像システムの構築要因として、視点位置に応じた焦点ぼけを考慮することが重要であることを示唆している。

また両眼視差とぼけの情報の関連性について、ぼけの情報が両眼視差より強い奥行き知覚の要因となり得る場合があることが報告されており²⁾、今後はステレオ画像の中で視点位置に応じた焦点ぼけを考慮した画像システムを構築し、ぼけの奥行き知覚効果をさらに調べる予定である。

文献

- 1) G. Mather: Image blur as a pictorial depth cue. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, **263**, 162-172, 1996.
- 2) 内村 章, ポールミルグラム, 竹村治雄, 岸野文郎: 仮想空間表示における奥行き知覚誤差の要因について. 電子情報通信学会技術報告, HC94-10 (1994-05), 1994.