

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 15 日現在

機関番号：32714

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500157

研究課題名(和文) 没入型映像システムにおける立体映像知覚の基礎研究

研究課題名(英文) Stereoscopic characteristics of immersive multi-projection displays

研究代表者

井上 哲理 (INOUE, TETSURI)

神奈川工科大学・情報学部・教授

研究者番号：30223259

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、没入型映像システム(CAVE型ディスプレイ)の特徴である周辺映像が、立体感や立体像の見やすさに関係するかを調べることを目的とした。研究期間内の実験からは、没入型映像表示システムでは被験者の手に届くような範囲の映像呈示で、立体像の位置やサイズ知覚の正確度が高まり、臨場感が向上すること、疲労感については従来型ディスプレイと差はないことがわかった。これらから、周辺視野にも映像呈示された没入型映像表示システムでは大きな視差を持った立体映像を比較的安全に呈示可能であるといえる。

研究成果の概要(英文)：This study investigated the safety aspect and functional effects of viewing stereoscopic three-dimensional images displayed by an immersive multi-projection system. In immersive display environments, observers often view stereo images with a large disparity to be immersed in the realistic environment with stereo images close to the observer. Experiments were conducted to evaluate observers' visual fatigue and sense of presence when viewing stereo images in the immersive multi-projection system. The results of visual fatigue evaluation showed that even for images with a large disparity, the level of symptoms from viewing stereo images was low for a short duration. On the other hand, the results for sense of presence showed that the scores for questions about immersion in the virtual environment and concentration on the assigned tasks were highest while viewing stereo images located close to the observer in the multi-projection system.

研究分野：立体映像のヒューマンファクタ

キーワード：立体映像 没入型ディスプレイ 視覚負担 立体感 周辺視野

1. 研究開始当初の背景

(1)二眼式立体映像の課題

立体映像方式の中で、二眼式立体映像(ステレオ立体映像)は最も広く利用されている方式である。この方式は立体映像の作成・表示が比較的簡単であり、立体効果も大きい点で優れているが、立体映像鑑賞時に目や頭が痛くなるなどの視覚負担の指摘も多い。そのため、立体効果があり、負担の少ない映像条件の研究が期待されている。

(2)没入型映像システムの特徴

本研究で対象とした没入型映像表示システムとは、観察者を囲うように複数のスクリーンを配置した映像表示システム(図1)のことであり、特に4面型はCAVE型と呼ばれて没入感の高い映像システムとしてバーチャルリアリティ分野で利用されている。特徴は180度以上の広視野映像呈示であるが、同時に立体映像ディスプレイでもあり、専用メガネを通して広視野な立体空間を鑑賞できる。



図1 研究に用いた没入型映像表示システム (CAVE型立体スクリーンシステム)

(3) 没入型映像システムでの立体映像鑑賞

研究代表者の所属機関には没入型の4面立体スクリーンシステム、いわゆるCAVE型ディスプレイがあり、仮想空間に関する基礎・応用研究に活用している。これらの実験研究の過程で、同システムでの立体映像鑑賞では、目が疲れる、頭痛がするなどの一般的な立体ディスプレイ鑑賞時に見られる視覚負担の訴えが少なく、また飛び出し量の大きい立体像でも違和感なく立体視が可能など、鑑賞者が自然な立体感を得ているとの印象であった。ただし、この点での実験的な評価はしておらず、さらに、この点に関する外部の研究もほとんどなかった。

2. 研究の目的

(1)研究全体の目的

本研究は、没入型映像表示システムで表示された立体映像に対する観察者の立体視特性を実験的に調査して、同システムの映像面での特徴を視覚的に記述するとともに、立体映像呈示における周辺映像および背景映像

の役割と、描画視点と観察者視点のずれの立体視への影響を明確にすることを目的とする。本研究結果が立体映像鑑賞における視覚負担の低減に寄与することと、立体視における周辺視野の役割、空間認知における視点の役割という認知科学面での知見へと結びつくことをめざす。

(2)研究期間内の目標

研究開始当初にあげた研究期間内の具体的な研究テーマは次のことであった。

没入型映像表示システムと他のディスプレイでの立体位置・立体サイズ知覚の違い
通常のテレビモニター、プロジェクタ、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)で立体映像を呈示した場合と比較する実験を行う。実験では、呈示された立体像の位置や大きさの知覚量をもとに、没入型映像表示システムの特徴を明確にする。

視野サイズ、周辺映像図形の立体視への影響

映像を呈示する視野範囲を調整する実験、周辺に呈示する映像を変える実験を実施して、周辺視野映像の立体視への影響や効果を明確にする。

描画視点と観察視点のずれが立体感に及ぼす影響

没入型映像表示システムでは描画上の視点位置と観察時の視点(観察者の目)位置との関係が重要であり(図2)、この点での実験も行うことで描画視点と観察視点のずれが立体感に及ぼす影響を明確にする。

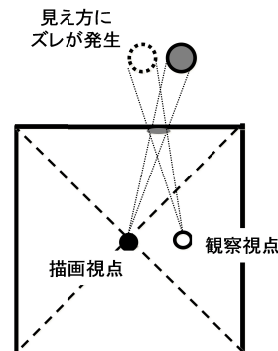


図2 描画視点と観察視点 (2つの視点は一致しない場合もある)

3. 研究の方法

研究の基本的な方法として、没入型ディスプレイに立体映像を呈示して、被験者に観察してもらい、主観評価にて見え方等を調べる実験を行い、結果を考察する。研究期間内の目標を達成すべく、次のような実験(呈示映像など)を計画した。なお、研究において、没入型映像システムとして既存設備である箱型4面立体スクリーンシステム(CAVE型ディスプレイ)を用いた。

視野サイズと立体感

映像が呈示される視野を変えた際の被験者の立体感の有無，立体感の大きさを主観評価により調べる．また，通常サイズの TV モニタや HMD で表示した場合との比較実験を行う．

周辺視野映像の図柄と立体感

周辺に呈示する立体映像の図柄，奥行き量（両眼視差量）を変化させた場合の被験者の立体感の有無，立体感の大きさを主観評価により調べる．

視点ずれ映像鑑賞時の立体感

描画視点がずれた立体映像を鑑賞してもらい，その際の立体感，ズレの許容度を調べる実験を実施する．また被験者の視点を追跡して映像描画に用いるヘッドトラッキング描画の有無で立体感が変化するかを調べる．

4. 研究成果

(1)没入型ディスプレイでの立体像位置・サイズ知覚（手元映像に対する知覚）

研究内容

本研究で用いている CAVE 型ディスプレイの特徴として，観察者が映像空間の中に入り込むような視聴体験が可能であることと，対象モデルが原寸大で表示されることがあげられる．そのため，観察者は自由に身体を動かして，自分の身体寸法と比較しながら対象モデルを観察することができる．そこで，被験者の手元辺りに呈示される立体像を観察している際の，立体位置やモデルの大きさの知覚量を調べた．また，身体動作をすることが対象モデルの奥行き位置や大きさの把握に役立つのかを検討した．

実験方法

実験用に，海底や魚の 3DCG 映像を CAVE 型ディスプレイにて原寸大で呈示するコンテンツを作成した（図 3）．被験者には，魚が自分からどの程度の距離に，どのくらいの高さに見えるのかを回答させる実験を行った．また，その際に被験者が手を出して（動作あり），立体像の位置や大きさの確認を行うと知覚量が変わるかを調べた．



図 3. 実験用コンテンツ（海底と魚モデル）

実験で設定した，対象（魚モデル）の呈示位置（視差）を図 4 に示す．

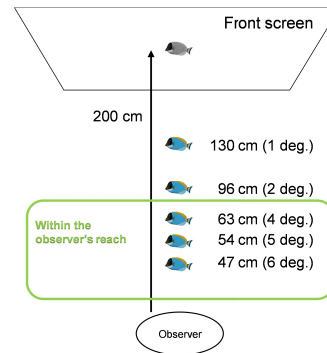


図 4. 呈示モデル（魚）の呈示位置条件（被験者からの距離と両眼視差量）

結果

実験結果からは，次のことがわかった．

- ・ 身体動作があると，奥行き量の推定の正確度が増した（図 5）．
- ・ 被験者に近い位置に呈示した立体像に対しては，位置，サイズとも正確に捉える傾向にあった．（図 6）

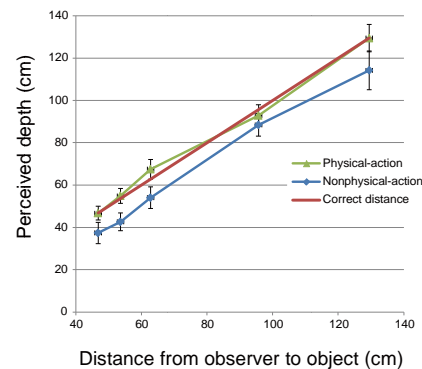


図 5. 立体像の呈示位置と知覚位置（緑-動作あり 青-動作なし 赤-理論値）

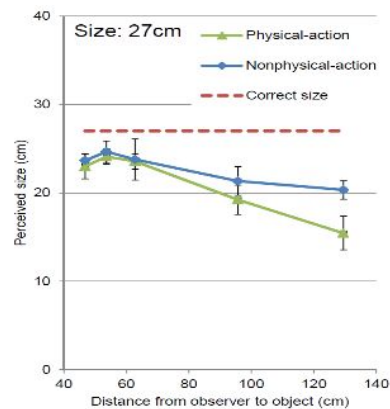


図 6. 立体像の呈示位置と知覚サイズ（モデル 27cm の場合）（緑-動作あり 青-動作なし 赤-理論値）

(2) 手元付近の立体像の臨場感，視覚負担

研究内容

観察者の手元付近に呈示される立体像に対する臨場感および視覚負担を調べた。観察者の手元付近の立体像は，立体感も強く臨場感が高いことが期待されるが，一方でこれらのもつ視差（スクリーン位置との両眼視差）は大きく，視覚負担が大きいことも予想される。そこで，CAVE 型ディスプレイでの立体映像観察の臨場感，視覚負担を視差条件，スクリーンの視野角を変えて調べた。

実験方法

研究成果(1)で説明した映像刺激（海底と魚）を立体映像刺激として用いた。条件として，次の3つを設定した。

- 条件 1： CAVE 型ディスプレイ，
視差 5 度（手元付近の立体像）
- 条件 2： CAVE 型ディスプレイ，
視差 1 度（スクリーン近くの立体像）
- 条件 3： 正面スクリーンのみで視野角 33 度となるようにマスクを表示（図 7），
視差 5 度（手元付近の立体像）

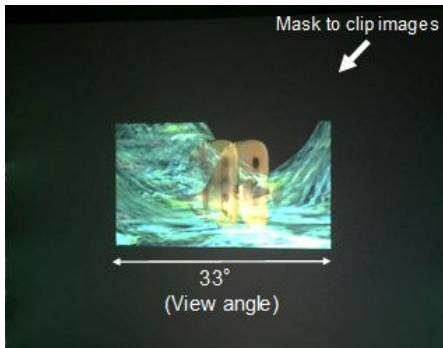


図 7. 条件 3（視野角を制限した映像）

被験者は各条件で，立体映像を 5 分間鑑賞した後，臨場感・没入感に関するアンケートに回答した。また，各条件で，鑑賞前，鑑賞直後，5 分経過後および 10 分経過後に視覚負担についてのアンケートに回答した。

結果

実験結果からは条件間での有意な差は見られなかった。CAVE 型ディスプレイでは比較的大きな視差を持った立体映像呈示で臨場感などの立体効果は増すが（図 8），視覚負担は従来型ディスプレイと同じ程度であることがわかった（図 9）。

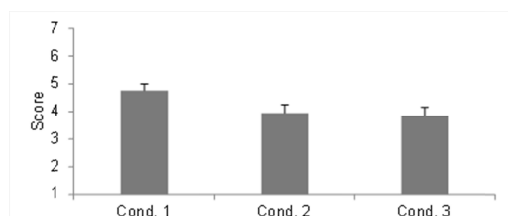


図 8. 没入感に関する結果

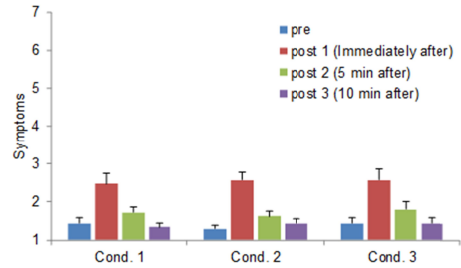


図 9. 視覚負担（目が痛い）の結果

(3) 周辺映像の高所感への影響

研究内容

高所から階下を望むコンテンツを用いて，鑑賞者の感じる高所感を調べる実験を CAVE 型ディスプレイと HMD（ヘッドマウントディスプレイ）で行った。実験では，表示ディスプレイの違いに加えて，階下や周辺に存在する 3 次元モデルの密度や高さが高所感に影響を与えるかを調べた。

実験方法

実験用呈示映像としての高所の仮想空間を制作した。制作した高所コンテンツは，ビルが建ち並ぶ町並を高層ビルから見下ろす体験ができるものである。図 10(a)～(d)に表示した映像の例を示す。実験において，周辺映像の高所感への影響を調べるためのコンテンツとして，周辺のビルを減らした「低密度」設定（図 10(c)）と，周辺ビルの高さを低くした「低ビル」設定（図 10(d)）を制作した。

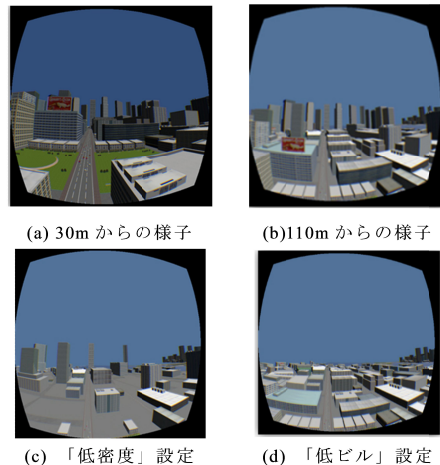


図 10 呈示した高所映像の例

被験者に CAVE 型ディスプレイまたは HMD で高所コンテンツを鑑賞してもらった。視点の高さ（仮想空間での被験者の高さ）は 10～120m まで変化させて，各高さでの「高さ感」，「怖さ感」を評価アンケート（6 段階）で調べた。

実験結果

視点が高くなるほど，高さ感と怖さ感がと

もに増した。また、CAVE型ディスプレイでは、設定上の高さに対して高さ感や怖さ感を比較的感じやすく、低い段階でも評価が高くなった。「低密度」設定でのCAVEでの「高さ感」の評定点平均は低かった。この結果からは、周辺映像の影響、特に周辺映像の密度が立体感等に影響を与えることが示唆された。

(4) 描画視点のずれに関する実験結果

没入型映像表示システムで描画視点と観察視点のずれが立体感に及ぼす影響を調べるために、研究成果(1)で用いた映像を用いて、描画視点と観察者視点のずれた映像での実験を行った。実験結果からは、視点の一致した映像と比較して立体感や疲労感の評価に違いはほとんど見られなかった。今回の映像では、視点が一致しない場合でも、見た目の映像に大きな差がなかったことが影響した可能性もあり、呈示映像の検討が必要と考える。

(5) まとめ

本研究期間内の実験からは、没入型映像表示システムでは被験者の手に届くような範囲の映像呈示で、立体像の位置やサイズ知覚の正確度が高まり、臨場感が向上すること、疲労感については従来型ディスプレイと差がないことがわかった。これらから、周辺視野にも映像が呈示される没入型映像表示システムでは大きな視差を持った立体映像を比較的安全に呈示可能であるといえる。また、高さ方向の立体知覚については、没入型映像表示システムでもCAVE型の方がHMD型よりも高さ知覚の正確度が高い傾向にあった。原因としては、CAVE型では観察者自身の身体(主に足)が周辺視野に見えることとの関係が示唆された。

研究期間内の実験を通して、没入型ディスプレイが立体映像に適している、その理由のひとつが周辺映像であるとの知見は得られたが、原因や要因に関する考察は十分とはいえず、さらなる検討が必要である。

5. 主な発表論文等

[学会発表](計7件)

T. Inoue & T. Shibata, Effect of virtual body images on the sense of height in HMD environments, Intl. Conf. Image & Printing Technology (ICIPT) 2014, Bangkok, Thailand. (2014.11.5 査読無)

T. Shibata & T. Inoue, Educational VR simulation in an immersive multi-projection system, Intl. Conf. Image & Printing Technology (ICIPT) 2014, Bangkok, Thailand. (2014.11.5 査読無)

井上哲理, 柴田隆史, 没入型ディスプレイにおける高所表現での周辺映像の影響, 映像情報メディア学会2014年次大会, 大阪大学, 大阪.(2014.9.1 査読無)

尹夏英, 河合隆史, 李在麟, 井上哲理, 没入型ディスプレイにおける高所表現での周辺映像の影響, 日本人間工学会第55回大会, 神戸.(2014.6.6 査読無)

ユーザの仮想身体モデルが臨場感に与える影響

T. Shibata, J. Lee, & T. Inoue, Ergonomic approaches to designing educational materials for immersive multi-projection system, Conf. IS&T/SPIE, The Engineering Reality of Virtual Reality 2014, San Francisco, USA. (2014.2 査読有)

Y. Yamaguchi, T. Hashiba, T. Inoue & T. Shibata, Effect of foreground images on self-motion induced by CAVE-like display, 5th Joint Virtual Reality Conference, Paris, France. (2013.12.11 査読有)

山口悠希, 李在麟, 井上哲理, 没入型ディスプレイにおける高所表現と鑑賞者の反応, 画像電子学会平成25年年次大会, 青森.(2013.6.5 査読無)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井上 哲理 (INOUE, Tetsuri)

神奈川工科大学・情報学部・教授

研究者番号: 30223259