

運動強調ディスプレイの評価

Evaluation of an Enhanced-Motion Display

役山寛将, 妻木勇一, 多田隈理一郎

Hiroyuki YAKUYAMA, Yuichi TSUMAKI, Riichiro Tadakuma

山形大学

Yamagata University

キーワード: 能動ディスプレイ (Active Display), パーチャルリアリティ (Virtual Reality), ユーザーインターフェース (User Interface)

連絡先: 〒992-8510 米沢市城南 4-3-16 山形大学 大学院理工学研究科 機械システム工学専攻 妻木研究室
役山寛将, Tel& Fax: (0238)26-3252, E-mail: tmx87644@yz.yamagata-u.ac.jp

1. 緒言

VR 技術として視覚情報を高い臨場感と伴に提示することが求められている。例えば顔に装着するタイプの HMD (Head Mounted Display) を使用した方法や、使用者の周りを取り囲むようにディスプレイを配置することで使用者の視野角を覆う方法がある^{1) 2)}。これらの方法は体性感覚と一致した映像を表示することで、高い臨場感を操作者に与えている。

しかし、HMD は装着者の顔が隠れてしまい、人の表情が重要となるコミュニケーションシステムにおいて使用するには致命的な欠点となる。また、全周囲ディスプレイはシステムが複雑で大型であるという欠点がある。これに対して我々は、HMD のような臨場感を持たせつつ、人の表情をキャプチャできる視覚システムとして、ディスプレイ自体を能動的に動かすことで、高い臨場感を実現する能動ディスプレイシステムを提案、開発してきた。能動ディスプレイは 2 つのアーム、液晶ディスプレイ、3 つのアクチュエー

ターで構成され、操作者の頭部を回転中心とした球面に沿ってディスプレイを動かすことができるシステムである。能動ディスプレイを Fig. 1 に示す^{3) 4)}。このシステムでは、視界を機器で覆うことはないので、ロボットの操作も容易である。

一方、能動ディスプレイのように物理的にディスプレイを動かすと、単に映像だけを動かすよりも高い臨場感があることが実験から明らかになった。そこで、この現象を利用して運動強調呈示法と呼ぶ手法を提案した。これは、映像内の動きを強調させるために、動いている物体の物体座標系にディスプレイの動きを一致させる手法である。ディスプレイの動きを多自由度にすることで、幅広い映像に対応できる。運動強調呈示法は一種のモーションメディアと考えられる。

モーションメディアとは、ロボット等の実在するモーションをテキスト、音声、画像、映像と同じように捉えたものである。すなわち、実際



Fig. 1 能動ディスプレイ

の物体の動きによって高い臨場感の創出を狙ったものと考えられる。また、似たような例としてディスプレイを前後に動かすことで、人物の動きを強調するシステムの報告がある⁵⁾。しかし、同期させる対象は人のみであり、ディスプレイの移動も前後方向の1自由度に限定されている。

本論では、提案する運動強調呈示法を能動ディスプレイを用いて実現し、評価実験によりその有効性を示す。

2. 運動強調呈示法

提案する運動強調呈示法では、動いている物体の物体座標系にディスプレイの動きを一致させることで、映像内の動きを強調する。すなわち物体としてリアルに存在するディスプレイの動きを映像の動きと同期させることで動きを強調し実現する方法である。

強調する動きは2次元でも3次元でもかまわない。ただし3次的に動かす場合には、ディスプレイ自体が動くことで映像の座標系が移動するため、扱う映像はディスプレイの動きの座標系を考慮し加工されなければならない。ただし、本手法の目的は、物体の動きを強調するこ

とが主眼であるため、必ずしも実際の見え方と整合性を取る必要はないと考えられる。運動強調呈示法の概念図を Fig. 2 に示す。Fig. 2(a) に示されるよう物体の並進の動きとディスプレイの並進の動きを同期させたり、Fig. 2(b) のように物体の回転と並進を同期させるなどが挙げられる。また、ディスプレイの自由度を上げることにより、Fig. 2(c) のような3次元の並進と回転を持つ自由な動きを持たせる方法も考えられる。本論文では能動ディスプレイを用い、運動強調呈示法の有効性を検証する。

3. 実験

3.1 実験装置

実験装置として能動ディスプレイを使用した。能動ディスプレイは15型XGA液晶ディスプレイを使用している。ディスプレイを駆動するアームは球面5リンク機構を採用している。この機構はすべての関節軸が一点で交わっており、関節軸の交点を中心とした球面上を動くリンク機構である。この関節軸の交点が操作者の頭部中心となるように設計することで操作者から見て、

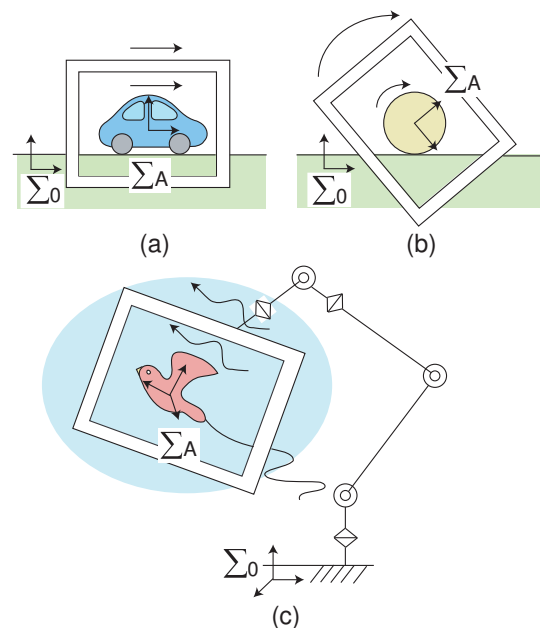


Fig. 2 運動強調呈示法の例

一定半径の球面上を運動するディスプレイを実現している．土台部の2関節が能動関節，残りの関節は受動関節である．この機構ではディスプレイを平行に保つことができないため，手先部にはディスプレイを水平に保つためのモーターを配置し，全体で3自由度の自由度を持つ機構となっている．ディスプレイは頭部中心から，半径450mmの球面上を運動する．ディスプレイの動作範囲はアジマス角，エレベーション角はそれぞれ $\pm 25 \text{ deg}$ である．

3.2 システム構成

システムの構成図を Fig. 3 に示す．制御 PC で運動学の計算を行い，能動ディスプレイの情報を LAN 経由で描画用 PC に送ることで，能動ディスプレイの動きをグラフィックスに反映させる．通信により送られる情報は，手先の球面上での位置であるアジマス角，エレベーション角と回転補正用のモーターの回転角である．通信のプログラムは指令の遅延を防ぐため，マルチスレッドプログラムにより別スレッドで実行している．

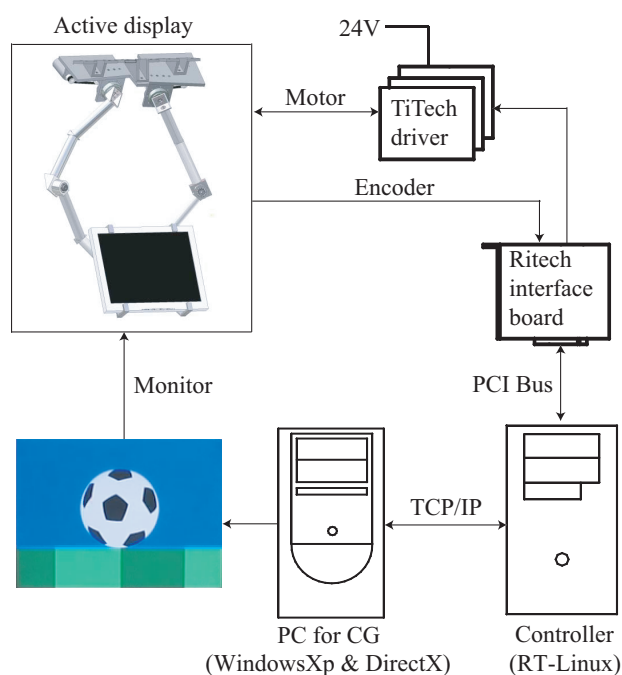


Fig. 3 実験システム

3.3 実験

実装したシステムはディスプレイの座標軸と表示されたボールの座標軸を固定させ，ボールの回転・並進といった運動を強調する．能動ディスプレイは，ディスプレイの移動と回転の動きが可能である．この二つを利用して，ディスプレイと表示されたボールの回転・並進を同期させる．グラフィックスはボールと地面から構成される．今回はディスプレイの動きにボールの回転の動きを合わせる構成にし，ディスプレイの動きとグラフィックスの動きを同期させた．

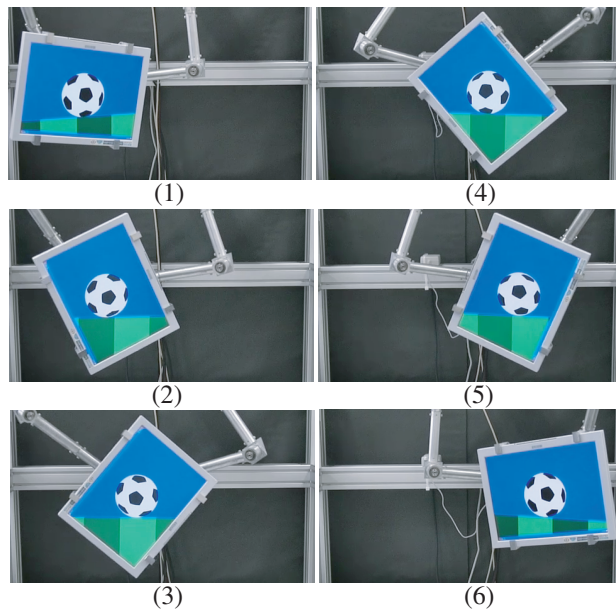
ディスプレイに描画されるグラフィックスは，ディスプレイに対しボールが固定され，地面がボールの回りを回転するように描画される．しかし，ディスプレイの回転角度を制御 PC からリアルタイムで送り，地面を同期させ回転させるので，実際に提示される地面は操作者に対し常に水平を保つように表示される．なおディスプレイは回転と同時に並進移動も行っている．ボールの回転がわかりやすいようサッカーボールの模様を使用している．グラフィックスには DirectX を使用した．

4. 評価実験

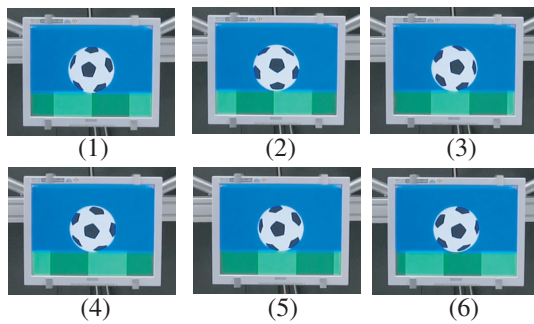
実装した運動強調呈示法による映像にもたらす効果を検証するため実験を行った．運動強調呈示法を用いた場合の映像と，運動強調呈示法を用いなかった場合の映像の比較により検証を行った．

4.1 実験条件

運動強調呈示法を用いた場合を運動強調ディスプレイ，運動強調呈示法を用いなかった場合を固定ディスプレイと呼ぶことにする．運動強調ディスプレイでは，先に述べたボールとディスプレイが同期して転がるという運動強調呈示の映像を使用する．映像はディスプレイを被験



(a) 運動強調ディスプレイ



(b) 固定ディスプレイ

Fig. 4 実験映像

者から左端に寄せた状態で右端までボールが回転していく。ただしボールのスピードは一定とした。固定ディスプレイでは、能動ディスプレイを固定したままボールが転がるという映像を見せた。ディスプレイの位置は被験者の正面にくるようにし水平状態とした。映像の条件をなるべく近いものにするためボールの回転量は運動強調ディスプレイと同じにした。固定ディスプレイでの横の動きが解るように、地面には緑と黄緑の縞模様をつけた。実際に被験者に提示した映像を一定間隔で撮影した写真を Fig. 4 に示す。

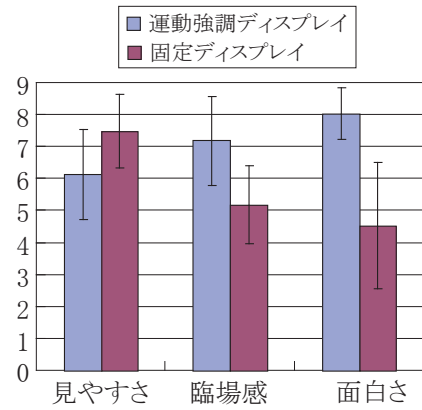


Fig. 5 実験結果

4.2 実験結果

実験は被験者に運動強調ディスプレイの映像、固定ディスプレイの映像の両方を見せ、その後それぞれの映像についてのアンケートをとり評価してもらった。被験者は、男子大学生 20 名である。以下に示した設問に 9 段階のリッカート尺度で評価してもらった。

- 映像が見やすかった
- ボールが臨場感を持って転がっているように感じた
- 見ていて面白いと感じた

1 はまったくあてはまらない、3 はあてはまらない、5 はどちらともいえない、7 はあてはまる、9 は非常にあてはまるに対応させた。また、段階評価だけでなく、感想・コメント欄でも記述式で答えてもらった。

アンケート結果に対して有意水準 5% で符号検定を行った。実験結果を Fig. 5 に示す。見やすさについては $p=0.02$ となり、固定ディスプレイが映像が見やすいという結果がでた。臨場感については $p=0.0007$ 、面白さについては $p=0.00002$ となり、運動強調呈示ディスプレイのほうが高い評価を得た。

5. 考察

映像の見やすさについては、固定ディスプレイのほうが高い評価を得た。これは、グラフィックスカードの性能により映像にぶれが見られることや、ディスプレイが横に移動しているため、首を使って映像を追う必要があったためと考えられる。また、ディスプレイが球面に動くことが気になると言った人がいたことから、ディスプレイの位置や姿勢による映像との整合性がとられていないことが映像を見づらくしていた可能性もある。臨場感については、運動強調ディスプレイのほうが高い評価を得た。動きが同期していることで臨場感を感じたというコメントもあり、物体としてリアルに存在するディスプレイの動きが映像の動きと同期することで動きを強調できたと考えられる。面白さについても、運動強調ディスプレイのほうが高い評価を得た。動きが同期していることで面白いと感じたというコメントもあり、運動強調呈示により面白さを演出できることがわかった。実際の動きを見ているようで面白いと感じたというコメントもあり、臨場感を高めることができたと考えられる。

6. 結言

本論では能動ディスプレイによりボールの運動を強調する運動強調呈示法を実装し、検証実験を行い感性評価を行った。評価実験より、運動強調呈示法により高い臨場感を得られ、映像に関して面白いと感じることが示された。ただし、運動強調呈示法が固定ディスプレイに比べ見づらいく感じさせることがわかった。今後は、例で示したような映像や実写の映像や、ダイナミクスを考慮したグラフィックスに対する運動強調呈示法の検証を行う予定である。また、映像の見づらさを緩和する方法についても検討する。

参考文献

- 1) 山田俊郎, 棚橋秀樹, 小木哲郎, 廣瀬道孝: 完全没入型 6 面ディスプレイ COSMOS の開発と空間ナビゲーションにおける効果, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 4-3, 531/538 (1999) .
- 2) 荒井健一, 木村真弘, 高橋誠, 山本克之: 4 面 HMD を用いて呈示した視覚刺激が立位姿勢保持におよぼす影響, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 4-1, 269/274 (1999) .
- 3) 河合聡志, 田村哲也, 葛西昭治, 妻木勇一: 能動ディスプレイの制御, 日本バーチャルリアリティ学会第十回論文集, 49/52 (2005) .
- 4) Yuichi Tsumaki, Satoshi Kawai, Takuya Sato: Development of Active Display, Proceedings of ICAT2007, 49/52 (2005) .
- 5) 加藤慶, 中西英之, 石黒浩: 人物の接近の強調が社会的テレプレゼンスに及ぼす影響, 情報処理学会 インタラクシオン 2011, 9/16 (2011) .