

簡易式没入型提示システムの効果的な利用に関する一検討[†]

森田裕介*・岩崎勤**・竹田仰***・藤木卓*

長崎大学教育学部*・長崎総合科学大学大学院工学研究科**・九州大学大学院芸術工学研究院***

本研究では、学校教育における簡易式没入型提示システム (P-IPTS) の効果的な活用方法を検討するため、中学生を対象に比較実験を行った。まず、従来のプロジェクション・システムは平面スクリーンに投影されることから180度(統制群)と90度(実験群)に設定したP-IPTSを用意した。次に、仮想現実空間を移動する課題を提示し、仮想現実空間内における空間認識のしやすさを比較した。その結果、P-IPTSのスクリーンを90度の角度で設置した条件において被験者は自身の位置をよりよく認識していた。また、主観評価の結果から90度スクリーンのほうが没入感を得られることが明らかになった。

キーワード：IPT, 仮想現実, 没入感, 臨場感, メディア

1. はじめに

バーチャルリアリティ (以下 VR) は、学校などで実際には見ることや体験することができない現象を可視化し、インタラクティブな三次元空間として提示することが可能である。特に視覚的な効果や臨場感、没入型投影技術 (Immersive Projection Technology: IPT) を用いることで、仮想現実空間を提示することが可能である。しかしながら、IPT を用いた従来の仮想現実空間提示装置、例えば CAVE (CRUZ-NERIA *et al.* 1993) や CABIN (広瀬ほか1998) などは高価で移動・設置できないため、学校教育への利用は難しかった。

竹田 (2004) は、先に述べた IPT の可動性の問題を解決するため、簡易式没入型提示システム (Portable Immersive Projection Technology System: P-IPTS) を開発した。P-IPTS を用いることで VR (Virtual Reality)

教材を学校に持ち込むことが可能になる。また、P-IPTS はクラス規模の人数に提示することが可能であり、授業での利用に適しているといえる。これまでに、P-IPTS を用いて提示される立体画像の評価がなされてきた (岩崎ほか 2003) が、学校教育での利用を前提とした実験は行われていない。そこで、本研究では、中学生を対象に P-IPTS を用いた実験を行い、仮想現実空間の認識に適した P-IPTS の条件を比較実験と主観評価によって明らかにすることを目的とした。

2. 簡易式没入型提示システム (P-IPTS)

図1に P-IPTS の構成図を示す。この提示装置はリア・プロジェクションの方式を取っている。継ぎ目のない 5 m × 2 m の偏光ソフトタイプスクリーンを用い、60度～180度の範囲で自由に折り曲げられる構造になっている。そして、折り曲げることによってできる2面に対して、2対の DLP プロジェクター計4台 (1台あたり3500ルーメン) を用いて画像を提示する。

4台のプロジェクターには、4台の PC がそれぞれ接続されており、仮想現実空間の中に設置された4つの仮想的視点の映像を提示する。4台の PC は1台の PC (制御用 PC) によって制御されており、これら5台の PC はネットワーク上で位置情報の伝達を行っている。制御用 PC には、ゲームで用いる無線コントローラーを接続している。コントローラーを操作することによって、コンピュータ上に構築された仮想現実空間内をリアルタイムに自由に移動することができる。

2005年4月4日受理

[†] Yusuke MORITA*, Tsutomu IWASAKI**, Takashi TAKEDA*** and Takashi FUJIKI* : Pilot Study for Effective Presentation Using Portable Immersive Projection Technology System.

* Faculty of Education, Nagasaki University, 1-14, Bunkyo-machi, Nagasaki, 852-8521 Japan

** Graduate School of Engineering, Nagasaki Institute of Applied Science, 536 Aba-machi, Nagasaki, 851-0193 Japan

*** Faculty of Design, Kyushu University, 4-9-1 Shiohara, Minami-ku, Fukuoka, 815-8540 Japan

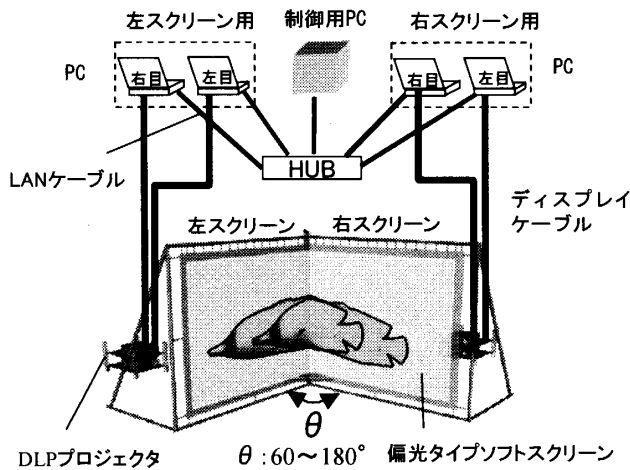


図1 簡易式没入型提示システムの構成図

リアスクリーンに投影された映像は、偏光メガネを用いることによって、三次元立体視することが可能である。対になったプロジェクターには偏光フィルターが取り付けられており、右目用の画像と左目用の画像を視差分らずして提示する仕組みになっている。

3. 方法

3.1. 実験計画

実験要因は、スクリーンの角度（被験者間要因 2水準：180度、90度）と試行回数（被験者内要因 2水準：1回目、2回目）とした。本実験では、時間的な制約から実験条件は90度のみとした。

図2に、直角に折れ曲がった90度スクリーンと180度スクリーンについて、観察者から見えるコンピュータグラフィックス(CG)で作られた仮想空間の可視範囲と投影映像の関係を示す。180度スクリーンでは、視野範囲が約110度となり、家Aは見えるが家Bは見えない。一方、90度スクリーンでは、観察者は前方180度の視野で町並みを見ることができるので、家Aも家Bも観察可能である。また、P-IPTは、正面の観察位置から見た家などの投影物の大きさが両スクリーンで同じになるよう、ソフトウェア上の射影変換マトリックスで自動的に歪補正している。そのため、図2の家Aは180度スクリーンで大きく引き伸ばされて投影されることはない。三次元立体視をすれば、スクリーンが90度に折れ曲がっている場合であっても、ソフトウェア内部での座標変換により、観察者は世界が折れ曲がることなく正しく映像を知覚することができる。実験では、全く同じサイズのスクリーン（横5m高さ2m）を180度でフラットにしたものと、中央で90度に折

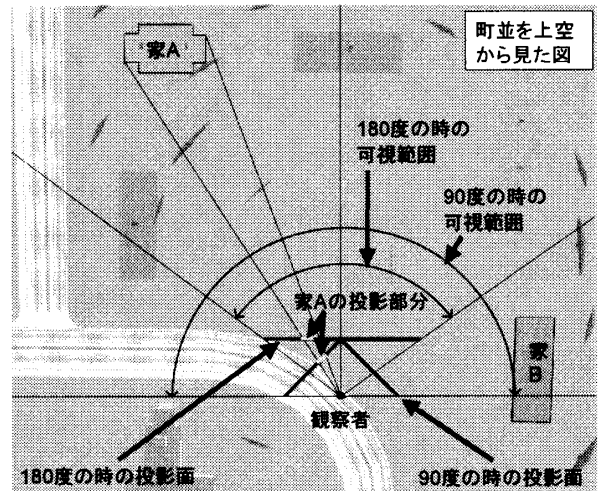


図2 90度スクリーンと180度の視野角と投影映像の関係

り曲げたものを用い、両スクリーンに映る対象物の大きさが同じになるよう統制した。

3.2. 被験者

被験者は、長崎大学教育学部附属中学校2年生32名、3年生28名、計60名であった。被験者は90度スクリーン提示群30名と180度スクリーン提示群30名に無作為に分けられた。グループ間の等質性については、事前調査として、空間認識課題を行い、その得点を用いて有意差を検定した。課題は、天体の位置関係に関する文章問題、上空からみた建物の位置関係を俯瞰図から選択する問題、地図上につけられた印を逆さになった別の地図上にプロットする問題、方位が示された軸の中で移動する2人の相対的な運動を予測する問題、平面図3つから立体図形を識別する問題の計6問であった。

3.3. 提示課題

提示した課題は、社会科地理領域や理科地学領域における空間概念の学習を想定した「地図課題」であった。補助員が仮想空間内の車を操作し、被験者はその車から見える風景をみて自分が通過した経路をたどる課題である。各被験者にはクリップボードを用意し、その場で回答させた。仮想現実空間内のドライブは2回、同ルートで試行された。生徒には、平面地図から実際の空間を想起し、自分の位置を特定するよう指示した。

3.4. 主観評価

実験における試行終了後、90度スクリーンと180度スクリーンについて主観的な観点から比較するため質問紙法を用いて調査を行った。

質問項目を表1に示す。アンケート項目は、没入感、臨場感、全体把握の4カテゴリーについて、各2項目、計8項目で構成した。各質問項目への回答は4件法と

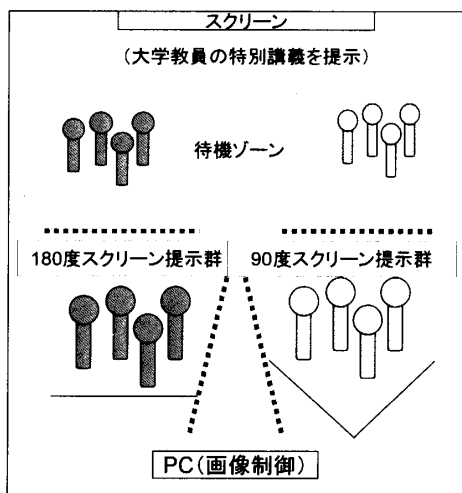


図3 実験環境

し、「すごくそう思う」、「わりとそう思う」、「あまりそう思わない」、「ぜんぜんそう思わない」、の中から当てはまるものひとつを選択させた。

3.5. 実験環境

実験環境を図3に示す。本研究は、技術・家庭科の特別授業の中に位置づけられていた。スケジュールの関係上中学校内の特別教室を使用することができなかったため、実験は大学の特別教室で行われた。実験では同等のP-IPTSを2セット用意し、同じ実験教室内にそれぞれ90度と180度の角度で設置した。スクリーン間は暗幕を使って仕切り、もうひとつの群のスクリーンが見えないようにした。そして、まったく同時にそれぞれのスクリーンに同様の提示画像を示した。

それぞれのスクリーンに投影される仮想現実空間は、被験者30名全員で見ることが可能である。しかし、スクリーンの中央付近では周辺とくらべて、より効果的な没入感と臨場感を得ることができる。そこで、すべての被験者がほぼ等しく効果的な提示を得られるよう、6人ずつのグループに分けて実験を行った。被験者の座る位置は、スクリーンが被験者の視野角をカバーするよう配慮した。

その他のグループは順番が来るまで大学教員の特別講義を聞いて待機していた。

4. 結果および考察

4.1. データの集計

事前調査、地図課題の両者について有効回答をした被験者数は、39名(実験群:90度スクリーン提示群17名、統制群:180度スクリーン提示群22名)であった。終了時間の関係上、実験を試行できなかった被験者がいた

表1 質問項目

カテゴリー	質問項目
没入感	90度に曲がったスクリーンの方が、町の中にいるような感じがした。
	平面のスクリーンの方が、町の中にいるような感じがした。
臨場感	90度に曲がったスクリーンの方が、ほんとうに町の中を走っている感じがした。
	平面のスクリーンの方が、ほんとうに町の中を走っている感じがした。
全体把握	90度に曲がったスクリーンの方が、全体が把握できた。
	平面のスクリーンの方が、全体が把握できた。

からである。以下、有効回答者のみについて、分析を進めた。

まず、実験前に行った空間認知課題の得点を用いて両群の得点を比較し、2群間に有意な差がないことを確認した($t(37)=0.00$, n.s.; 90度スクリーン群: Mean 3.76, SD 1.44; 180度スクリーン群: Mean 3.73, SD 1.39)。次に得点を被験者ごとに集計した。地図課題は、経路として3つのセクションを通過する課題であった。それぞれのセクションを通過できた場合、1ポイントを加算し、3ポイント満点の課題とした。なお、実験の目的上、1回目、2回目ともに0点の生徒は除外した。

4.2. スクリーン条件の比較

図4にスクリーン条件の比較を示す。二要因分散分析(混合計画)の結果、交互作用が有意でなかった($F(1,77)=0.27$, $p>.10$)。一方、スクリーン要因と試行回数要因は5%水準で有意であった($F(1,77)=5.03$, $p<.05$; $F(1,77)=27.11$, $p<.01$)。

以上の結果から、地図課題の経路を認識する課題においては、90度スクリーンの方が180度スクリーンよりも仮想現実空間内での自分の位置を認識しやすいことが示唆された。90度スクリーンは、被験者の側面まで映像が提示されるため、通常的空間移動と同様に、周囲の状況を確認しやすいと考えられる。

4.3. 主観評価

主観評価の結果を図5に示す。90度と180度の両方のスクリーンを比較し、回答した被験者は44名であった。それぞれのカテゴリーの回答について、対応のある t 検定を行い、被験者内での比較を行った。その結果、没入感についてのみ90度スクリーンと180度スクリー

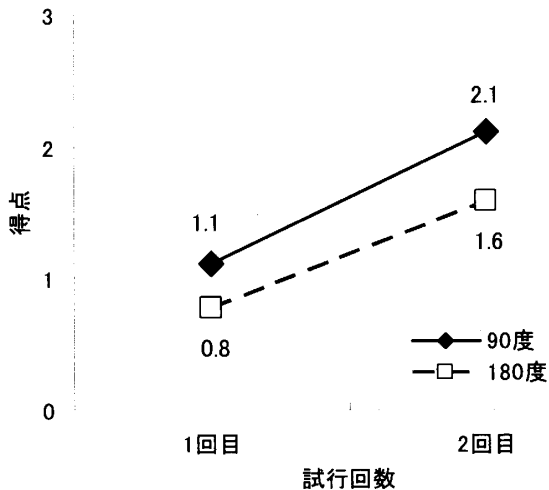


図4 スクリーン条件の比較

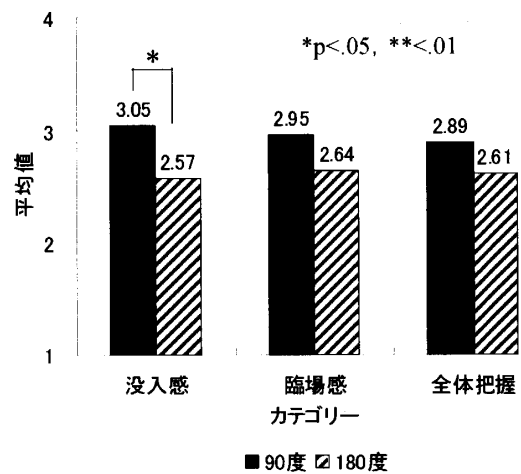


図5 主観評価の結果

ンの評価に有意な差がみられた ($t(43)=2.50, p<.05$). 臨場感, 全体把握については有意な差はみられなかった ($t(43)=1.66, n.s.$; $t(43)=1.50, n.s.$).

以上のことから, 被験者は90度スクリーンのほうが没入感を感じていることが明らかになった. 今回, 被験者が映像全体を自然にしかも目に負担をかけずに見ることができる位置での水平視野角 (スクリーンの左右の映像両端と目の成す角) は, 180度スクリーンでは約110度であったのに対し, 90度スクリーンでは約180度であった. 畑中ほか (1979) および畑中 (1981) によれば, 水平視野角が80度を越えると, その映像世界に没入する感覚が生じると報告されており, この感覚は視野角が広くなればより大きくなる傾向にある. 90度スクリーンの方は, 左右をみても映像があることから, 180度スクリーンよりも高い没入感が得られたと考えられる.

5. ま と め

本研究では, 中学生を対象に90度と180度に設定された P-IPTS に仮想現実空間を提示し, 90度スクリーン条件のほうが, 空間の認識がしやすいことを示した. また, 主観評価によって, 90度スクリーンの方が没入感を得られることを明らかにした.

今後の課題は, 他の角度の条件を比較し, 没入感が最も得られる角度を明らかにすることと, 試行を続け

た場合の学習効果について検討を行うことである.

参 考 文 献

- CRUZ-NERIA C., SANDIN, D.J. and DE FANTI, T.A. (1993) Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality, The Design and Implementation of the CAVE, Computer Graphics (*Proc. ACM SIGGRAPH'93*): 135-142
- 畑田豊彦, 坂田晴夫, 日下秀夫 (1979) 画面サイズによる方向感覚誘導効果. *テレビジョン学会誌*, 33(5): 407-413
- 畑田豊彦 (1981) 広視野動画像による臨場感の客観的測定. *テレビジョン学会技術報告*, VV147-3: 55-60
- 廣瀬通孝, 小木哲朗, 石綿昌平, 山田俊郎 (1998) 多面型全天周ディスプレイ(CABIN)の開発とその評価. *電子情報通信学会論文誌*, J81-D-II(5): 888-896
- 岩崎 勤, 北島律之, 竹田 仰 (2003) V字型スクリーンにおける立体映像の評価. 第23回ヒューマンインタフェース学会研究会「人工現実感」: 93-98
- 竹田 仰 (2004) 2面屈折型スクリーンの開発—移動できる大型映像装置を目指して—. *月刊誌画像ラボ*, 15(8): 38-42, 日本工業出版, 東京

(Received April 4, 2005)