

修士論文

2010 年度

携帯プロジェクトを用いた拡張現実型
情報提示技術の研究

栗田 祐輔

(学籍番号：80933176)

指導教員 小木 哲朗教授

2011 年 3 月

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
システムデザイン・マネジメント専攻

Study on augmented reality based
information display technology using
portable projector

Kurita Yusuke

(Student ID Number : 80933176)

Supervisor Ogi Tetsuro

March 2011

Graduate School of System Design and Management,
Keio University
Major in System Design and Management

論 文 要 旨

学籍番号	80933176	氏 名	栗田祐輔
論文題目： 携帯プロジェクタを用いた拡張現実型情報提示技術の研究			
(内容の要旨)			
<p>本論文は携帯プロジェクタを用いた拡張現実型情報提示技術の研究について述べたものである。拡張現実とは現実空間に仮想空間の映像を重ね合わせて表現することで現実空間における情報認識をより容易にし、情報付与によって様々なコンテンツとして利用されている。</p> <p>本研究では利用者が手軽に仮想空間の情報を現実空間に提示する方法を確立することを目的とし新たに携帯プロジェクタを用いた拡張現実手法の提案を行う。現在の拡張現実で利用される技術には特別な設備を利用すること、現実には投影することが両立できていない課題がある。課題を解決するために携帯プロジェクタを用いることで、特別な設備を必要とせず、現実空間に情報を提示することを実現した。</p> <p>本研究で作成したシステムは携帯プロジェクタと拡張現実を用いて手軽に現実空間に情報を提示するシステムである。拡張現実の利用方法として、現実空間に仮想空間の情報を合成すること、現実空間の実物に説明を付与すること、通常見えない情報を見せるなどの利用方法が先行研究などで行われている。これらができることで拡張現実の機能検証を行えることを実証する。現実空間に仮想空間の情報を合成する手法は携帯プロジェクタを利用して実現し、現実空間の実物に説明を付与すること、通常見えない情報を見せる機能はソフトウェア利用し実現を行った。今回は会議室の予約情報の提示と、扉を閉めたときに内部構造をみせるといった利用方法で機能の実証を行った。</p> <p>予約情報の提示の時に、会議室をセンシングするため位置情報をつかってセンシングを行ったその際に、センシング精度が会議室を選別しなければならないためセンシング精度の測定実験を行った。また内部構造の提示の際に携帯プロジェクタを利用して立体感を表現しなければならないが、立体視表現の機能が無いため他の立体視手法を用いて立体感の表現を行い立体感が提示できているか実験を行った。最後に内部構造が現実の実体のように見えるかどうかの実験を行った。</p> <p>以上の実験により携帯プロジェクタを用いた拡張現実の手法についての機能検証を行った。</p>			
キーワード (5 語) 携帯プロジェクタ、ARToolKit、拡張現実、PlaceEngine、情報提示			

SUMMARY OF MASTER'S DISSERTATION

Student Identification Number	80933176	Name	Yusuke Kurita
<p>Title</p> <p style="text-align: center;">Study on augmented reality based information display technology using portable projector</p>			
<p>Abstract</p> <p>This paper describes an augmented reality research-type information display technology for mobile projectors. Augmented Reality is more easily recognized by representing information in the real world by superimposing virtual images of real world and has been used as information given by a variety of content.</p> <p>In this paper we propose a method for augmented reality using a new mobile projector that aims to establish a method of presenting information in virtual space to real space to the user ease. Augmented reality technology used in the present make use of special equipment, there is a problem can not be both realistic projection. By using the portable projector in order to solve the problem without the need for special equipment, and realized that the information presented in real space.</p> <p>System created in this study is to present information systems in real world and augmented reality using easily portable projector. As usage of augmented reality, virtual space to synthesize the information into real space, giving a description of the actual real world, and previous research has been done to show how to use information and look normal. Functional verification to demonstrate that the proposed extension in reality they can do. Method to synthesize the information in virtual space to real space is realized by using a portable projector, you can give a description of the actual real world and show the information functions normally performed to achieve visible using the software. This presentation and conference room bookings, we demonstrated how to use and show their work in the internal structure when the door closed.</p> <p>When the reservation information is presented, in that case we Tsukatsu location sensing for sensing a conference room, sensing experiments were carried out precise measurements must be selected for the conference room sensing accuracy. The need to use three-dimensional representation of a portable projector during the presentation of the internal structure also presents a three-dimensional stereoscopic representation made by using other methods because there is no stereoscopic stereoscopic representation functions Experiments were conducted or made. Whether the experiments were conducted that look like the real substance of the internal structure at the end.</p> <p>We augmented reality techniques for functional verification using the above experimental portable projector.</p>			
<p>Key Word(5 words)</p> <p>portable projector, ARToolKit, Augmented Reality, PlaceEngine, Information presentation</p>			

目次

1.はじめに	1
1.1 研究目的	1
1.2 拡張現実の技術背景	1
1.3 拡張現実の課題	2
1.4 課題の解決策	2
1.5 関連研究	3
1.5.1 研究紹介	3
1.5.2 本研究の独自性	6
2.携帯プロジェクタを用いた拡張現実システム	7
2.1 携帯プロジェクタを用いた拡張現実システム概要	7
2.2 実現手法	7
2.3 システム概要	8
2.3.1 携帯プロジェクタ	8
2.3.2 センシング技術	9
2.4 プロトタイプ作成	11
2.4.1 実物の説明提示のプロトタイプシステム	11
2.4.2 見えない情報を見えるようにするプロトタイプシステム	14
3.プロトタイプ機能検証	18
3.1 プロトタイプシステム機能検証	18
3.2 位置精度測定実験	18
3.2.1 実験目的	18
3.2.2 実験環境	19
3.2.3 実験方法	20
3.2.4 実験結果	22
3.2.5 実験考察	22
3.3 携帯プロジェクタ立体視実験	23
3.3.1 実験目的	23
3.3.2 実験環境	23
3.3.3 実験方法	24
3.3.4 実験結果	27
3.3.5 実験考察	27
3.4 見えない情報を見せるシステム検証実験	28

3.4.1 実験目的.....	28
3.4.2 実験環境.....	28
3.4.3 実験方法.....	29
3.4.4 実験結果.....	30
3.4.5 実験考察.....	31
4. 課題.....	32
4.1 手法課題.....	32
4.2 プロトタイプ課題.....	32
4.3 今後の課題.....	36
5. 結論.....	37
謝辞.....	38
参考文献.....	39
研究業績.....	40
国際学会発表.....	40
国内学会発表.....	40

図表目次

図 1	Shader Lamps	3
図 2	Life-sized Projector-Based dioramas	4
図 3	ヒップマウントプロジェクタ	4
図 4	Twinkle	5
図 5	Digital sixth sense	5
図 6	KD vision	6
図 7	会議室の内部構造出力	7
図 8	携帯プロジェクタ AD-MP15A	8
図 9	PlaceEngine アプリケーション	9
図 10	ARToolKit 利用例	10
図 11	位置情報による 2 次元情報提示プロトタイプ外観	11
図 12	2 次元情報提示プロトタイプシステムの構成	12
図 13	説明付与プロトタイプシステム処理フローチャート	12
図 14	位置情報による 2 次元情報の提示利用例	13
図 15	3 次元情報提示プロトタイプ外観	14
図 16	Logicool Qcam Pro for Notebook QCAM-200V	15
図 17	3 次元情報提示システムの構成	15
図 18	3 次元情報提示システム処理フローチャート	16
図 19	3 次元情報提示システム利用例	16
図 20	googlemap 上での登録位置	19
図 21	PlaceEngine 位置情報登録アプリケーション	20
図 22	2 つの位置情報から距離を求める Googlemap アプリケーション	21
図 23	位置情報実験結果	22
図 24	BENQ MP624	23
図 25	立体視実験配置図	24
図 26	利用者移動有	25
図 27	利用者移動無	25
図 28	平面画像	25
図 29	立方体	26
図 30	プロジェクタ立体視実験	26
図 31	プロジェクタ立体視実験結果 差し替え DLP と LED にする	27
図 32	小会議室 3D モデル	28
図 33	3 次元情報提示検証実験	29
図 34	表示した会議室	29
図 35	情報認識結果	30
図 36	表現認識結果	30
図 37	携帯プロジェクタ出力例	32
図 38	市販プロジェクタ出力例	33
図 39	照明有りでの市販プロジェクタ出力	33
図 40	マーカ認識失敗時の画像処理	35

1.はじめに

1.1 研究目的

本研究の目的は拡張現実 (Augmented Reality) を現在の行われている手法より、より手軽に現実空間へ情報を合成する手法の提案である。拡張現実とは現実空間に仮想空間の情報を重ね合わせて投影することで、現実空間の情報認識を補助する概念である[1]。この技術によって現在では仮想空間のものと現実空間を個別に見ているがそれらを合成することで1度に多くの情報認識ができるようになり、情報認識をより容易にすることが可能になる。この技術の先行研究を調査した結果、現実空間のものに仮想空間の情報を提示することで情報認識の補助を行うこと、現実空間に仮想空間の映像を重ねあわせ実態がない情報に実態を与えること、また現実では見ることのできない情報を見せることなどの研究例があった。具体例としては、手術の際に臓器に手順や現状の説明などが付与することで手術の情報を認識することや、現実空間をカメラで映像情報として取り込み CG で作成したキャラクターなどを投影することや、コピー機の中身をコピー機に投影し本来では見えない内部の構造を表示することなどの研究が行われている。しかし現状の拡張現実の実現手法では、これらを手軽に現実空間に合成することは難しい。そのため本研究では現状の手法に変わる新たな手法を提案し現状の拡張現実で行われている利用方法が可能か検証を行った。具体的には携帯プロジェクタを利用し、各機能を実現するためのシステムを構築し携帯プロジェクタを利用し拡張現実による情報提示を行い、拡張現実の機能検証を行う。

1.2 拡張現実の技術背景

拡張現実 (以下 AR) の実現手法としてヘッドマウントプロジェクタ (以下 HMP) を利用したオプティカル AR、ヘッドマウントディスプレイ (以下 HMD) を利用したビデオシースル AR、現在主に利用されている携帯端末を利用した携帯 AR、プロジェクタを利用したプロジェクション AR がある。

オプティカル AR は HMP で投影される映像を HMP に搭載されたハーフミラーに投影し、実際に見える現実空間と仮想空間の情報を合成する手法である。

ビデオシースル AR は HMD に搭載されたカメラより現実空間の映像を HMD のディスプレイに表示し、計算機上で映像と仮想空間の映像を合成する手法である。

携帯 AR は携帯端末に搭載されているカメラで現実空間の映像を取り込み、携帯端末で情報を合成する手法であり、ビデオシースルをより手軽に行える手法である。

プロジェクション AR は固定されたプロジェクタを利用し白い壁やモックアップなどの実物に存在するものに画像などを上書きすることで模様や質感などを投影する手法である。

これらは特殊な設備を必要であり、現実空間へ情報を提示することが行えていないなどの問題点がある。

1.3 拡張現実の課題

現状の拡張現実の手法では手軽に、現実空間に情報を合成することは難しい。

オプティカル AR は HMP の設備が課題である。HMP はプロジェクタとハーフミラーが搭載されたものを利用するので必然的に設備が大きくなる。そのため現実空間に情報を合成することは可能だが、特殊な設備を利用しなければならないため一般の利用者が利用することは難しい。

ビデオシーズル AR は HMD 中のディスプレイに映像を投影するため現実空間に映像が投影されない。また利用者の視点位置に関してもセンシング技術により、向きと姿勢の情報が実際の利用者の動きより遅れて認識されるため、仮想空間と現実空間を合成した情報にズレが生じる課題がある。

携帯 AR は仮想空間の映像はビデオシーズルと違いカメラの映像によって向きを判別するため向きと姿勢の情報がずれることはない。しかし情報をディスプレイに投影するため現実空間への情報提示ができないことが課題である。

プロジェクション AR は固定のプロジェクタを利用するため、現実空間に情報を投影されるが、投影位置と視点位置が固定されることとプロジェクタ自体を手軽に利用することは難しい。また立体物に情報を提示するためにはあらかじめ立体物の情報を計算機に持たせなければならない課題がある。

1.4 課題の解決策

本研究では AR を利用者が手軽に仮想空間の情報を現実空間に提示する方法を確立するために携帯プロジェクタを利用して拡張現実の提示を行う。携帯プロジェクタを利用し視点位置と姿勢に応じた映像を現実空間に投影することで利用者が手軽に現実空間に情報を合成し提示する。拡張現実の目的である現実空間への説明の付与、仮想空間の情報を提示、見えない情報を見せることを可能にする。

携帯プロジェクタは現在、携帯電話やデジタルカメラに搭載され、安価に販売されるようになってきた。これを利用することで特別な設備を利用せず手軽に拡張現実を実現することが可能になる。

携帯プロジェクタを利用した拡張現実により、過去の拡張現実の研究において特別な設備をつかっていたものは使わずに、映像のなかで情報を合成していたものは現実で情報を合成することが可能になる。またこれにより可能となるコンテンツとしては医療現場において患者への説明の際に CT 画像を患者の体に合成することでより理解し易くする。災害の現場では懐中電灯と移動手段を光がだすことを両立するなどの使い方が可能になると考える。

1.5 関連研究

1.5.1 研究紹介

拡張現実の研究として Shader Lamps[2]と Life-sized Projector Based Dioramas[3]をあげる。これらは現実物体にプロジェクタを用いて情報を付与した研究である。

・ Shader Lamps Mitsubishi Electric Research Laboratories

無地のモックアップにプロジェクタの出力光によって画像情報を付与する。無地のモックアップに模様をつけることで奥行きや質感などの情報が新たに追加されている。図1に研究の概要図を示す。

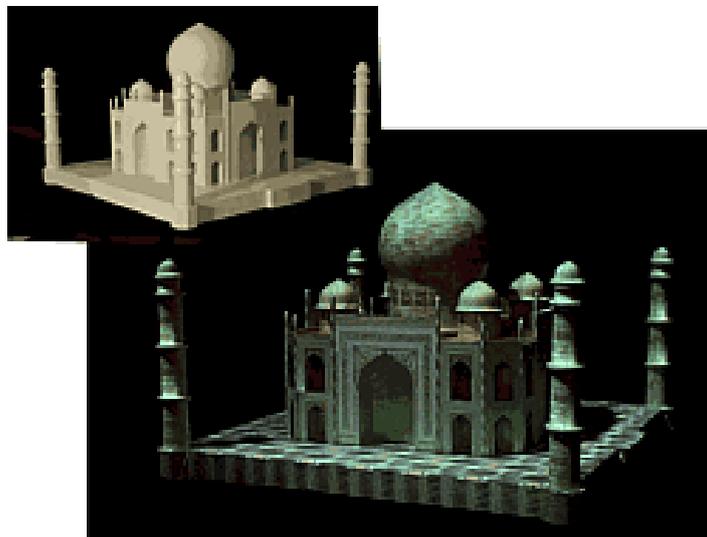


図 1 Shader Lamps

・ Life-sized Projector-Based Dioramas

白地の壁にプロジェクタを利用し画像情報を付与する。白地の壁に画像を投影することで壁や窓など実在する環境を作り出している。研究の概観を図2に示す。

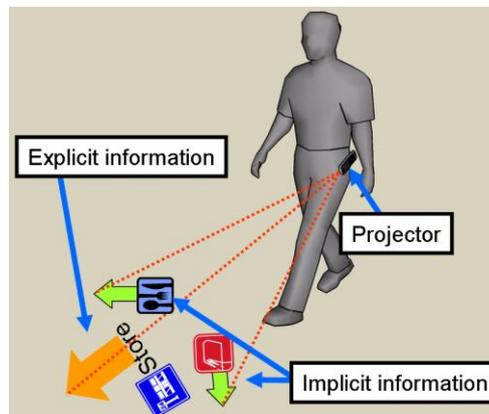


図 2 Life-sized Projector-Based dioramas

また携帯プロジェクタを用いた研究としてヒップマウントプロジェクタ[4]、Twinkle[5]、Digital sixth sense[6]をあげる。これらは携帯プロジェクタをもちいて様々な情報を利用者に提供する研究である。さらに応用例として KDvision[7]をあげる。

ヒップマウントディスプレイ 大阪大学 坂田研究室

腰にプロジェクタを取り付け歩行者の前方に情報を提示する。これにより歩行中に進路を確認しながら情報を入手することが可能になる。研究概要を図3に示す



出展: Mobile Interfaces Using Body Worn Projector and Camera

図 3 ヒップマウントプロジェクタ

Twinkle 慶應義塾大学メディアデザイン研究科 館研究室

携帯プロジェクタに提示されたキャラクターが、背景の色彩によってアクションを行う。
研究概要を図4に示す。



出展: <http://tachilab.org/modules/projects/twinkle.html>

図 4 Twinkle

Digital sixth sense MIT

携帯プロジェクタから対象物の情報や手の形や指の動きで様々なアプリケーションを起動させる研究。研究の概要を図5に示す。



図 5 Digital sixth sense

KD vision Kanade Takeo 産業技術総合研究所

自動車の内装に死角になる部分の映像を付与する研究。これにより飛び出しの予測などが可能になる。研究の概要を図6に示す。



図 6 KD vision

1.5.2 本研究の独自性

本研究の独自性は新たな拡張現実手法の提案にある。さらに拡張現実の分野では通常固定で表現される拡張現実には携帯性を持たせ、様々な場所で拡張現実を利用できるようにした。また携帯プロジェクタを利用した研究分野では携帯プロジェクタを利用したコンテンツ開発を行っている。本研究は携帯プロジェクタを用いた拡張現実のための技術検討を行うことである。

2. 携帯プロジェクタを用いた拡張現実システム

2.1 携帯プロジェクタを用いた拡張現実システム概要

本研究では拡張現実を利用した際に行われている、現実空間に存在する実物への説明の付与、仮想空間の情報の提示、見えない部分の情報の表示を行うために各機能を携帯プロジェクタで実現させるシステムを開発した。仮想空間に存在する情報の提示と利用者が通常見えない部分の映像を見せることはソフトウェアの処理で提示する。

今回は現実空間に存在する実物の説明の付与と見えない部分の情報表示を行うため、会議室の予約情報と内部構造の提示を行いシステムの機能検証を行う。

2.2 実現手法

このシステムは拡張現実を携帯プロジェクタで表現するシステムである。拡張現実の利用方法として現実空間にある実物へ説明を付与する、仮想空間の情報を現実提示する、見えない部分の情報を表示することである。これらを実証するために仮想空間の情報を現実提示する利用方法を携帯プロジェクタで実現し、現実空間にある実物へ説明を付与すること、見えない部分の情報を表示することはソフトウェアで実現を行う。

今回は実験環境で検討した結果、会議室の利用状況と内部構造を提示した。利用状況は実物への説明を、内部構造は見えない部分の情報を表示する機能の実現のための情報である。

これらの機能検証を行うため、会議室をセンシングする必要があった。そのため利用状況提示の場合は位置情報で会議室のセンシングを行い、内部構造ではマーカ認識でセンシングを行った。これは現在、携帯端末に搭載されている簡単なセンシング技術を利用したためである。内部構造を提示した例を図7に示す。

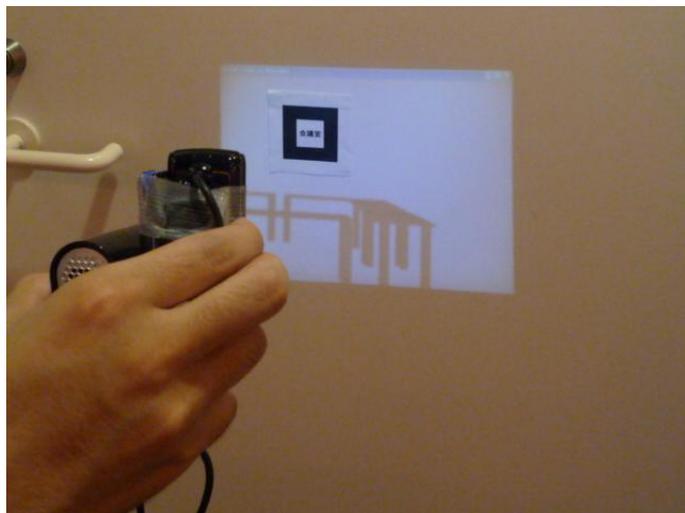


図 7 会議室の内部構造出力

2.3 システム概要

本システムは携帯プロジェクタとノート PC、センシング技術を組み合わせ実現した。以下に携帯プロジェクタとセンシング技術と出力した情報を示す。

2.3.1 携帯プロジェクタ

本研究で作成したシステムは計算機にノート PC を利用しており、通常の携帯 AR のようにディスプレイでの利用も可能である。これは携帯プロジェクタだけでなくディスプレイを利用可能にし、機能を共存させることで携帯プロジェクタがなくても機能を利用できることを想定したためである。

今回のプロトタイプは市販されている携帯プロジェクタ「ADTEC AD-MP15A」を利用した。AD-MP15A を図 1 2 に示す。



図 8 携帯プロジェクタ AD-MP15A

以下は AD-MP15A の基本スペックである。

- ・型番： AD-MP15A
- ・明るさ： 15ルーメン
- ・コントラスト： 200 : 1
- ・アスペクト比： 4 : 3
- ・パネルタイプ： LED
- ・重量： 147 g
- ・映像信号： NTSC、PAL、SECAM
- ・信号入力コンポジット： &D-Sub15pin

AD-MP15A（以下携帯プロジェクタ）は携帯利用を前提に作られており、非常に軽量で小型のプロジェクタとなっている。携帯プロジェクタ利用の利点として、多人数で同時に情報を共有することが可能な点があげられる。しかし携帯プロジェクタ単体には、映像を作成する機能、映像を作るための情報認識する機能がないためこれらはセンシング技術と計算機の処理で実装させる。

また現在の携帯プロジェクタは利用方法が映像出力のみである。利用機会を増やすことで新たなニーズの獲得や携帯プロジェクタの可能性が広げることが可能である。様々な分野で利用者が既存の利用方法以外の利用方法を用いてコンテンツを普及させる機会が増えている。利用機会を増やすことは新たな利用方法の確立にもつながりニーズの獲得が可能になる。これにより携帯プロジェクタの普及にもつながる。

2.3.2 センシング技術

本システムは予約情報と内部構造の提示のために会議室のセンシング機能が必要である。そのためセンシング技術は特別な設備を利用せず、既存の端末にすでに搭載されている利用し易い技術であることシステムの組み込みが用意であることを前提として技術を選ぶ必要がある。

今回は会議室という実物は位置が変動しないこと、建物の説明にも応用できることから位置情報で予約情報を提示する。

本研究の位置情報は緯度経度である。位置情報のセンシング技術は、屋内でも利用できる建物内の高さが取得できるものが望ましい。これは利用の際に屋外だけでなく屋内での利用を想定するためである。さらに屋内である場合高さの情報は必要になる。これは同じ位置情報でも高さが違えば、必要な情報は変化するためである。屋内で位置情報をしり、高さを取得できる技術はGPS、無線LAN、可視光通信などがありそれぞれ有効な利用方法がある。今回はノートPCや携帯電話などにすでに搭載されている無線LANを選択した。GPSは屋内で使用する場合特別な設備が必要で現段階では実用化されていないため、可視光通信も同様の理由で選定しなかった。本研究では無線LANを利用した位置センシング技術のPlaceEngineを今回採用し位置情報取得の技術とした。図9にPlaceEngineのアプリケーションを示す。

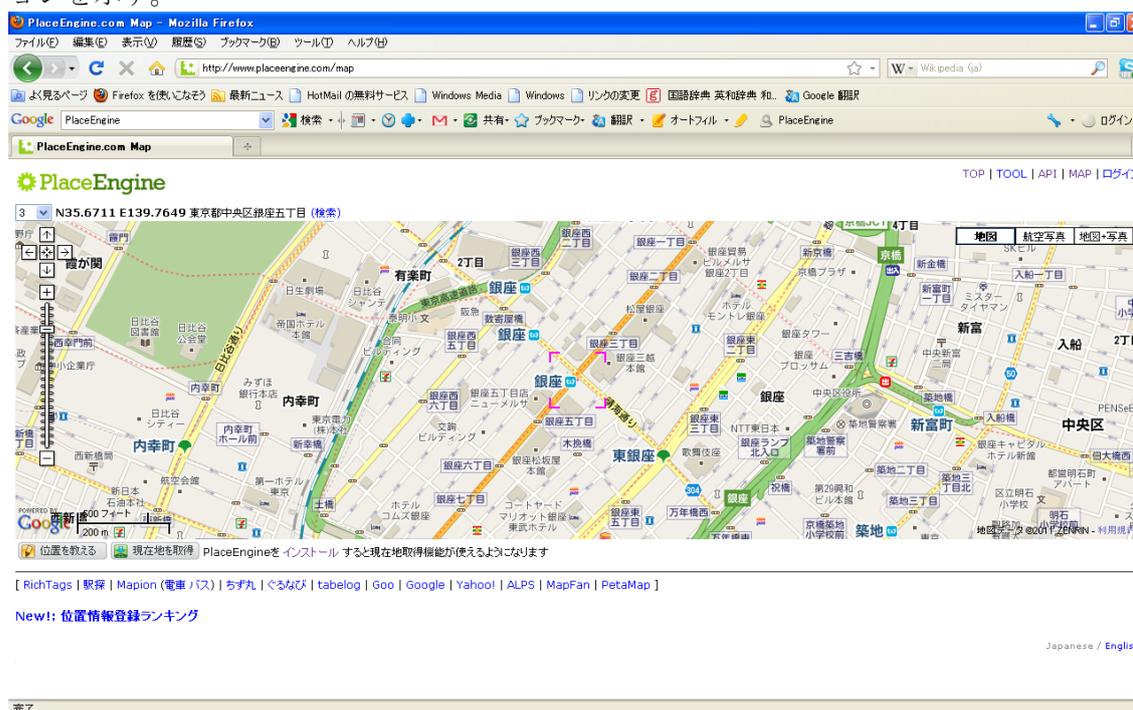


図 9 PlaceEngine アプリケーション

PlaceEngine はソニーコンピュータサイエンス研究所で開発された技術で、Wi-Fi を用いて、周囲にあるアクセスポイントから電測情報を得て、緯度、経度、あるいは建物内にいる場合は階数の情報を取得する技術である[8]。この技術をもちいて位置情報のセンシングを行う

次に内部構造の提示のために端末の位置と姿勢をセンシングする必要がある。内部構造は利用者の位置によって見え方が変化するためである。今回はマーカ認識を利用し、利用者の会議室に対しての位置と向き、姿勢を取得する。

マーカ認識では見る位置、姿勢によって見え方が変化する。そのため情報を見る位置、姿勢をとれる方法を探した結果、ARToolKit を認識に利用した。ARToolKit の利用例を図 10 に示す。



図 10 ARToolKit 利用例

ARToolKit は奈良先端化学技術大学院大学の加藤博一教授が開発した拡張現実アプリケーションを作成するライブラリである[9]。カメラとマーカを用いて 3D モデルをマーカ上に表示するシステムである。マーカ認識からカメラの位置と姿勢を検出し、検出情報からモデルの姿勢を変化させる。またマーカは多種多様につくることができ、マーカごとに情報を変更することも可能である。今回は対象物の検出方法としてマーカを利用し、マーカごとに対象物の情報を割り当てた。

以上の 2 種類のセンシング技術を用いて予約情報と内部構造提示のためのセンシングを行った。

2.4 プロトタイプ作成

2.4.1 実物の説明提示のプロトタイプシステム

実物に説明を付与するシステムのプロトタイプを作成した。今回は実物の説明として予約情報を提示する。システムの外観を図 1 1 に示す。



図 11 位置情報による 2 次元情報提示プロトタイプ外観

プロトタイプの計算機は PlaceEngine を利用するため無線 LAN 搭載のノート PC を利用している。また携帯プロジェクタの携帯性を残し携帯できる機能を実装するために、非常に軽量かつ持ち運びのできる Sony vaio typeP を利用した。Sony vaio typeP の基本スペックは以下に示す。

型番：	VGN-P80H
CPU：	1.33GHz
メモリ：	2GB
ディスク容量：	60GB
重量：	0.636kg

また提示情報はあらかじめノート PC 内で持たせるか、データベースから取得するかどちらかの方法で情報を入手しなければならない。説明付与プロトタイプは情報量が少ないため WEB サーバへのアクセスの負担が軽く処理に負担がかからないため WEB サーバに情報をアップロードした。図 1 2 はシステムの構成図を示す。



図 12 2次元情報提示プロトタイプシステムの構成

以上のハード設計のもと、システムの機能を実装した。図 1 3 に処理の手順のフローチャートを示す。



2次元情報プロトタイプ処理フローチャート

図 13 説明付与プロトタイプシステム処理フローチャート

位置情報を取得後、緯度経度の値から現在の利用者の位置情報を判定する。判定情報から WEB サーバにアクセスを行い、その判定情報に基づく情報を入手する。情報入手後位置に応じた情報提示を行う。

実物に説明付与した例を図 1 4 に示す。



図 14 位置情報による 2 次元情報の提示利用例

このプロトタイプを利用し会議室の予約情報の取得、提示を行った。しかし会議室のセンシングを行うためには **PlaceEngine** の位置情報の精度が会議室の大きさを判別できるほどの精度でなければならない。そのため今回の実験環境で位置情報の精度実験を行い 2 次元情報提示プロトタイプシステムの機能検証を行った。検証実験の結果を 3 章で述べる。

2.4.2 見えない情報を見えるようにするプロトタイプシステム

見えない情報を見せるプロトタイプの外観を図15に示す。今回は通常、扉を閉めてしまえば見えない会議室の中身を提示した。



図 15 3次元情報提示プロトタイプ外観

見えない場所を見せるプロトタイプの計算機は内部構造という3次元情報を提示する。3次元映像を処理するために高性能のノートPCが望ましい。そのため NEC vj24gdz79 を利用した。

型番： VJ24GDZ79
CPU： 2.4GHz
メモリ： 4GB
ディスク容量： 320GB
重量： 2.9kg

見えない場所を見せるプロトタイプで出力される3次元情報は情報量の多さから今回はPC内にデータを保存して処理を行った。これは処理の高速化のためであり、実際の拡張現実型情報投影システムで利用する際はWEBサーバにアップロードし計算機自体に情報を持たせないようにするべきである。

マーカ認識を行うセンシング技術、ARToolKit の画像認識のために WEB カメラをプロトタイプに取り付けた。図 16 は WEB カメラ Logicool Qcam Pro forNotebook QCAM-200V を示す。



図 16 Logicool Qcam Pro forNotebook QCAM-200V

最大フレームレート： 30 fps
 有効画素数： 200万画素
 インターフェース： USB
 重量： 54g

以上の装置を結合し見えない情報を見せるプロトタイプの開発を行った。プロトタイプの構成を図 17 に示す。

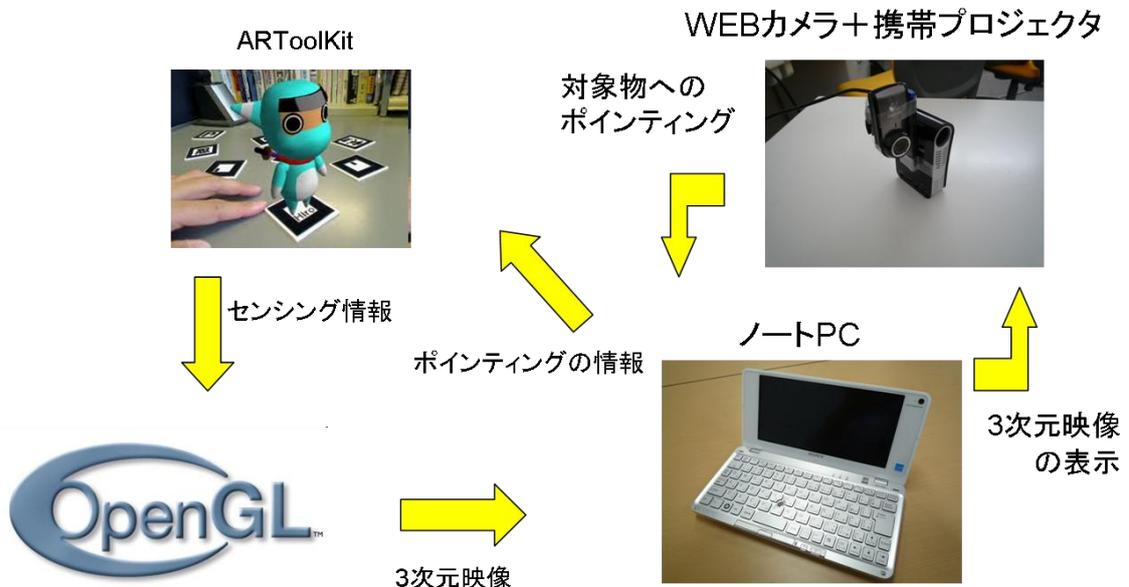
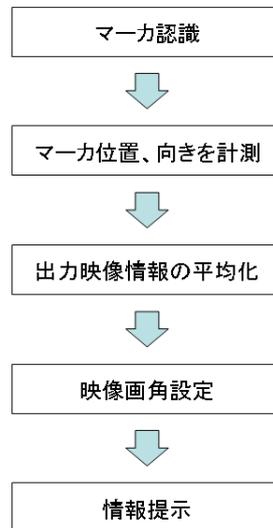


図 17 3次元情報提示システムの構成

以上のハード設計のもと見えない情報を見せるシステムを構成した。図 1 8 に内部処理のフローチャートを示す



3次元情報プロトタイプ処理フローチャート

図 18 3次元情報提示システム処理フローチャート

内部処理ではマーカ認識を行い、カメラの位置、姿勢の計測を行った。このときカメラとマーカの間で位置、姿勢をとるので認識後の位置姿勢情報を平行移動させ、プロジェクタもしくは利用者の視点位置に基づいた位置変換を行った。

次に常時、画像認識を行う途中で照明条件や手振れなどから誤認をすることがあるため、過去の表示映像を情報として利用し、表示される情報映像の平均化を行った。これにより誤認を防止した。

最後に携帯プロジェクタ利用のため、位置に応じた表示映像の画角から表示する映像の画角をセットする。今回利用した ADMP15A は奥行き 1 m に付き横 0.5m 縦が 0.38m で表示される。これらの情報を利用して会議室の構造の 3次元情報を提示する。

図 1 9 に 3次元情報提示システムの利用例を示す

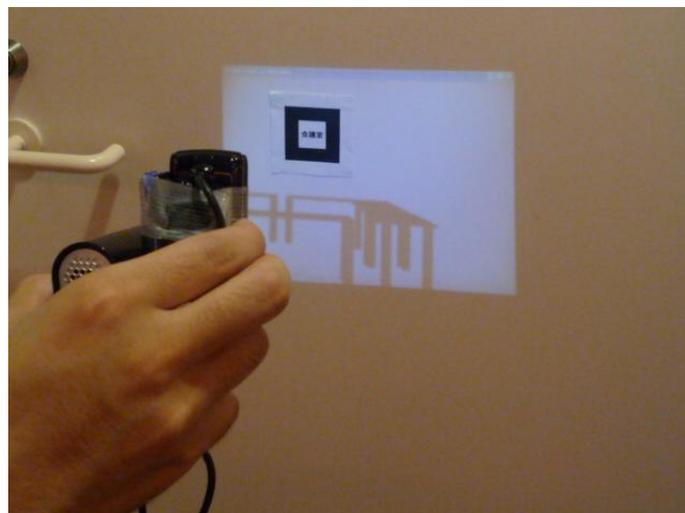


図 19 3次元情報提示システム利用例

この見えない情報を見せるプロトタイプは対象物センシングから、会議室の内部構造の情報出力を行った。しかし携帯プロジェクタ自身には立体視表現をする機能がない。そのため運動視差を用いて奥行きを表現し、また3次元情報提示を表現できているかの検証実験を行う。また実験の結果から実際に内部情報を提示し現実空間と比べ利用者がどれほど情報認識、感覚認識ができるかを実験した。実験結果を3章で述べる

3. プロトタイプ機能検証

3.1 プロトタイプシステム機能検証

携帯プロジェクタを用いた拡張現実システムのプロトタイプを利用し、機能検証実験を行った。

位置情報を用いて実物への説明付与プロトタイプの機能検証として、今回提示する会議室の位置情報を取得できなければならない。そのため PlaceEngine の精度が今回必要な精度まで高いものかどうかを検証した。

見えない情報を見せるプロトタイプの機能検証は、実物を提示するため奥行き感を表現しなければならない。しかし携帯プロジェクタには奥行き感を表現する立体視表現機能がない。そのため立体表現の手法を利用する。今回は利用者が特殊な設備を必要としないようにするため、3Dメガネなどの利用はしない手法を用いる必要がある。そのため、運動視差によって生み出される立体感でどの程度の奥行きが表現できるのか検証を行った。

検証結果から立体感が表現できることが可能だと判断したため、内部構造の提示を行った。利用者が実物と比べ、どの程度利用者が情報認識、感覚認識ができたのか検証を行った。表示された映像からどのような情報が認識できたか、実際の実物を見る感覚とどの程度差があるように感じたのかを検証した。この検証の際は会議室の3次元情報である内部構造の提示を行った。

3つの検証により、携帯プロジェクタを利用した拡張現実情報提示システムの機能検証を行い必要な機能を満たしているのかを確認する。

3.2 位置精度測定実験

3.2.1 実験目的

位置情報を用いた実物への説明付与プロトタイプでは位置情報の精度により、会議室を判別できなければならない。そのため今回、位置情報のセンシングに利用した PlaceEngine を実験環境ではどれほどの精度が出るのか検証を行った。

PlaceEngine の仕様上での精度は5～50メートルになっている。これは位置情報の取得の際の無線による情報取得によって決まるためである。無線情報が安定していれば最小5メートル、安定していなければ最大50メートルの制度になる。また PlaceEngine は利用すれば利用するほど精度があがるアプリケーションである。しかしこれらの情報は利用者の任意登録による情報のためある程度の誤差がある。また悪意あるユーザによって取得した場所とは違う位置登録により情報精度が下がる可能性も考えられる。場所によって精度が変化するので利用場所ごとに精度の検証をしなければならない。

今回は協生館6階の位置情報で情報提示を行うので6階で精度実験を行った。情報提示する会議室の大きさは約18平方メートルと約30平方メートルである。これらを判別できる精度を今回の検証で測定されることで位置測定の機能検証とする。

3.2.2 実験環境

今回の実験環境は、協生館 6 階北側廊下である。これは屋内であることと無線 LAN の電波状況が比較的安定しているためである。協生館の中では、無線 LAN の電波が複雑に入り乱れている。また携帯電話に Wi-Fi を搭載するものもあり人の出入りが多い場所は電波が入り乱れる。そのため協生館内で比較的電波強度が安定しており、人の出入りが少ない 6 階の廊下を実験環境として利用した。

今回は登録位置を 5 箇所設ける。受信する位置は緯度、経度で以下の数値になっている

A : 35.55247 139.64724

B : 35.55238 139.64721

C : 35.55230 139.64717

D : 35.55221 139.64714

E : 35.55212 139.64711

これらは Googlemap 上の緯度経度になっている。PlaceEngine は Googlemap を利用した位置登録を行っており PlaceEngine の位置情報はすべて Googlemap の位置情報と同じである。また placeengine 上では緯度経度は小数点第 6 位まで取得できるが、今回はメートルで計測するため、緯度経度の小数点第 6 位（約 111mm）は省く。登録した位置を図 20 に示す。図の青いラインは協生館 6 階の廊下を示している。

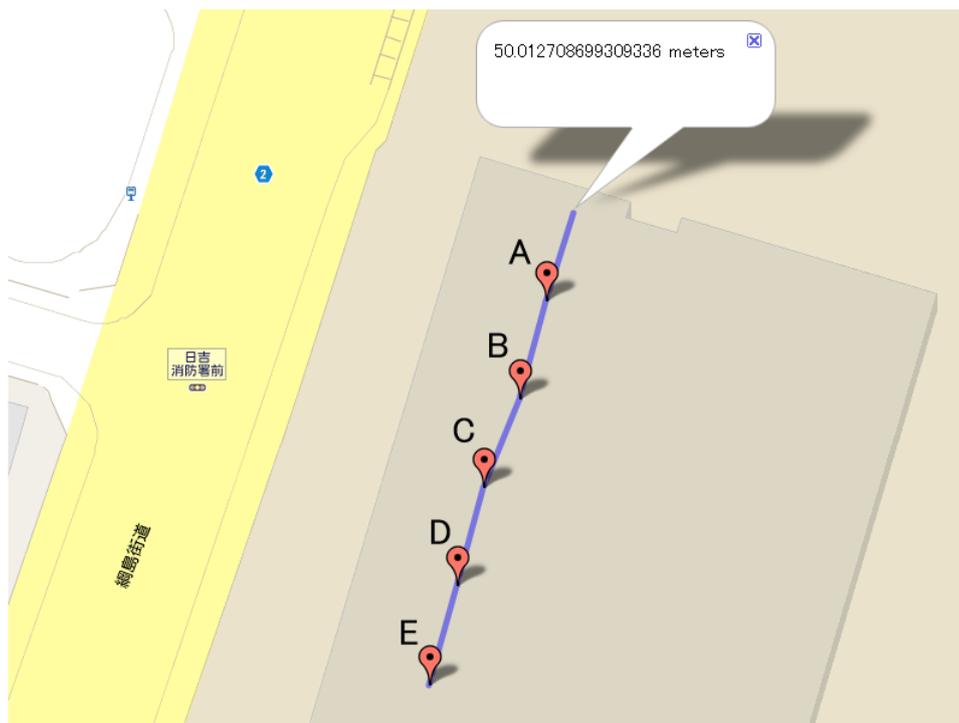


図 20 googlemap 上での登録位置

3.2.3 実験方法

事前に計測点の5点をPlaceEngineアプリケーションで登録する。これは位置情報の精度を高めるために行った。事前に他のユーザも登録していたこともあり、多少のズレがあるがサーバ上では最新登録が優先されるため実験前に登録を10回行い。登録後計測を開始する。登録アプリケーションを図21に示す。



図 21 PlaceEngine 位置情報登録アプリケーション

登録後、Java アプリケーションで作成した PlaceEngine 位置情報取得アプリを利用し位置情報を取得する。これは通常の PlaceEngine アプリでは緯度経度が小数点4位までの出力となっており、本実験で計測する1m単位に足りないためである。Java アプリケーションで位置情報を取得した場合は小数点第6位まで計測することが可能である

取得した各位置情報を計測し、登録点と計測点がどれほどの差があるのかを Googlemap 上で確認する。確認の様子を図 2 2 に示す。

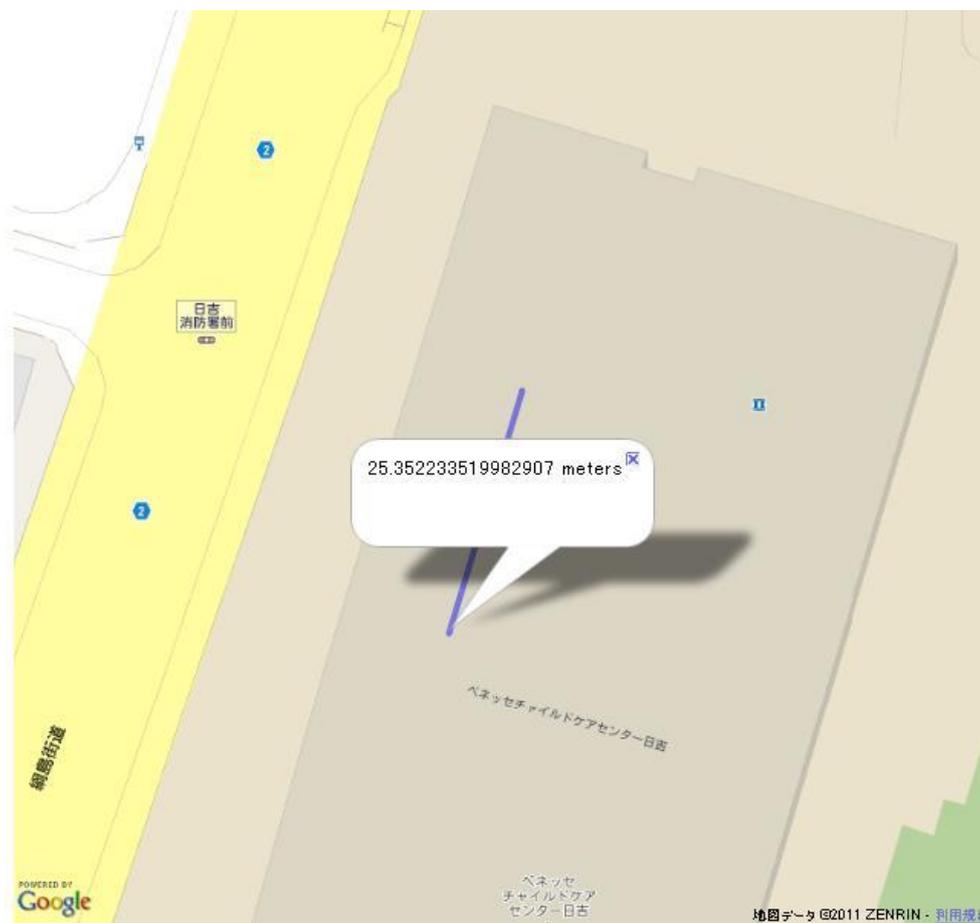


図 22 2つの位置情報から距離を求める Googlemap アプリケーション

Html で作成した Googlemap の差分アプリを利用し、登録点と計測点の緯度経度を入力すると差分が表示される。この作業を各登録点ずつ10回計測しその平均を求めた。

3.2.4 実験結果

実験の結果を図 23 に示す。

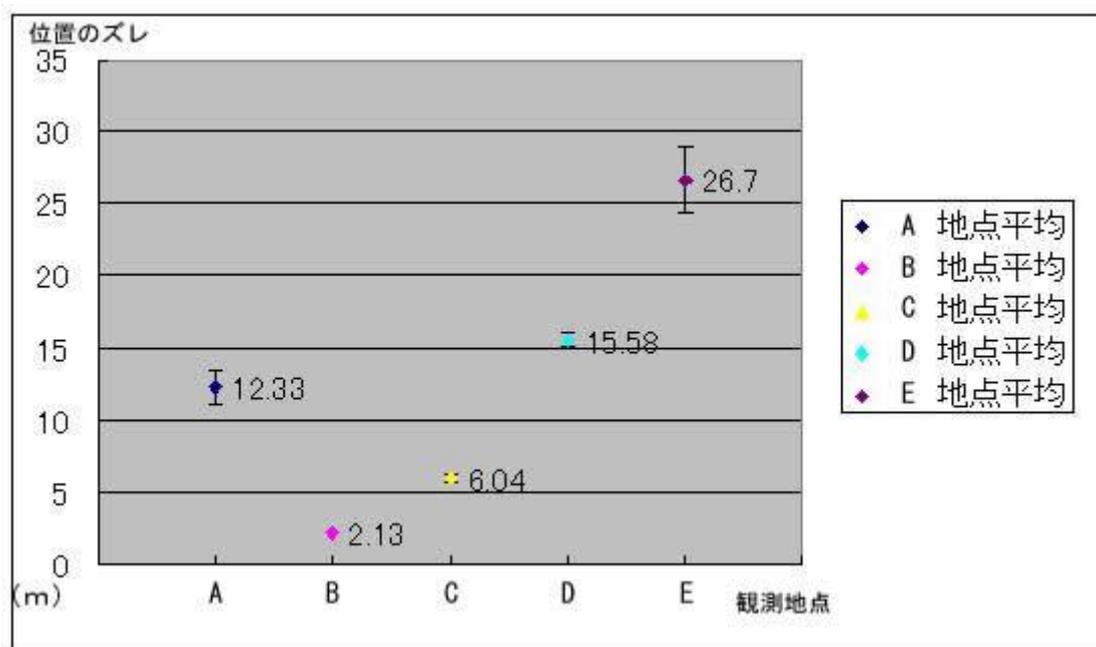


図 23 位置情報実験結果

結果から、各測定点で位置情報のズレは大きく変化する。全体の平均が約 12.6 m で標準偏差 8.6 である。最大で約 30 m ずれることからおよそ 10 m ~ 20 m ほどの距離の識別が可能である。

実験環境では平均約 12 メートルの位置は識別が可能ということがわかった。B の位置ではかなり精度が良かったため部屋以外の小さなものでも識別できる可能性がある。

3.2.5 実験考察

平均約 12 メートルの精度が出るならば教室や会議室の大きさを識別することが可能である。協生館 6 階の会議室の大きさは、小会議室で約 18 平方メートル、中会議室で約 30 平方メートルなので約 10 メートルの精度がでるならば識別は可能である。これにより位置情報に応じた会議室の 2 次元情報を出力することが可能であるといえる。

また位置情報がずれる原因として、事前の登録点が残っていることと無線アクセスポイントの不安定さがあげられる。PlaceEngine の登録は利用者が必ず正確な位置情報を入力するという前提で作られているが、利用者が地図上で正確な位置を特定することは難しい。そのため事前登録が正確ではない情報があり、それらによって登録点にズレが生まれたと考えられる。また無線アクセスポイントについては複数の無線アクセスポイントが常時観測され電波強度も変化する。廊下という場所が様々な電波を受け取りやすいためずれたと考えられる。

これらを解決することでさらに精度のよい位置情報を得られ、会議室以外の位置情報を取得することが可能になる。

3.3 携帯プロジェクタ立体視実験

3.3.1 実験目的

本システムでは、携帯プロジェクタによって 3 次元情報を出力する。しかし携帯プロジェクタは立体視機能を持たない。そのためシステムの利用状況を想定した動作からプロジェクタ動かしながらプロジェクタ視点に応じた映像を提示することで運動視差に基づいた 3 次元情報の表現を行う。運動視差とは頭部の視点の変化による視点位置移動もしくは物体が運動したときに起こる、映像の変化から生まれるもので映像の残像を用いて奥行きを表現する[1]。

また表示映像は 1 辺の長さが約 17 センチメートル、約 34 センチメートル、約 51 センチメートルの立方体を用意した。立方体はシンプルな立体物のため奥行きを簡単に知覚できるため立方体にした。またこれらは奥行きを持つため出力情報の奥行き的大小により立体感が変化する可能性がある。立方体の大きさに関しても立体感の計測を行う。

今回のプロトタイプで利用した携帯プロジェクタは LED 方式のプロジェクタで、提示映像が少し暗く見えづらい。そのため今後技術発展によって映像が明るくなったときの想定として市販の DLP プロジェクタを比較対象として利用した。

これらの要素から実験を行いプロジェクタの提示映像でどれほど立体感が表現できるか検証を行った。

3.3.2 実験環境

実験は協生館 3 階の小部屋で行った。これは照明条件をある程度操作することができるためである。本実験では携帯プロジェクタを用いるため照明条件を限定することで映像を見えやすくした。プロジェクタの明るさの変化による立体感の変化を計測するため、比較対象として DLP プロジェクタである BENQ MP624 を利用した。BENQ MP624 を図 24 に示す。



図 24 BENQ MP624

以下は BENQ MP624 のスペックである。

明るさ： 3000 ルーメン

コントラスト： 2500 : 1

アスペクト比： 4 : 3

投写方式； DLP

重量： 2.5kg

映像信号： NTSC、PAL、SECAM

信号入力： ミニ D-sub15 ピン x 1、HDMI 端子 x 1、 S ビデオ端子 x 1、ビデオコンポジット端子 x 1、RS232 端子 x1

携帯プロジェクタの高性能化が進み、より明るく映像が表示された場合を仮定して現在市販されている通常のプロジェクタを使用した。また表示される 3D 情報は分かり易い立体物として立方体を使用し、1 辺の大きさがそれぞれ 17 センチメートル、34 センチメートル、51 センチメートルのものを用意し表示した。これは各大きさで奥行きが実際に変化するため立体感に影響がでると仮定したので用意した。

3.3.3 実験方法

映像が表示されるスクリーンより 1.5メートルの位置にシステムと被験者を配置する。今回映像を提示するスクリーンは移動可能なホワイトボードである。被験者と表示映像の配置図を図 25 に示す。

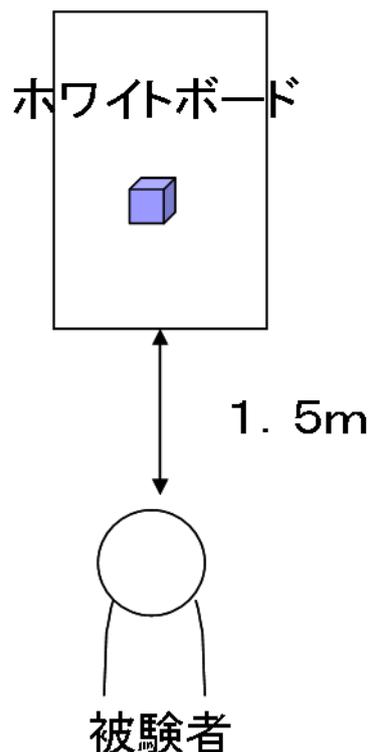


図 25 立体視実験配置図

配置後予想される利用状況を想定した利用方法で投影映像を見てもらう。想定した利用方法は 2 種類あり、携帯プロジェクタと利用者が同時に移動する場合と利用者が移動せずにプロジェクタだけ動かす場合の 2 種類に分けた。移動する場合は左右に約 1メートル移動する。利用者が移動する場合を図 26 に、移動しない場合を図 27 に示す

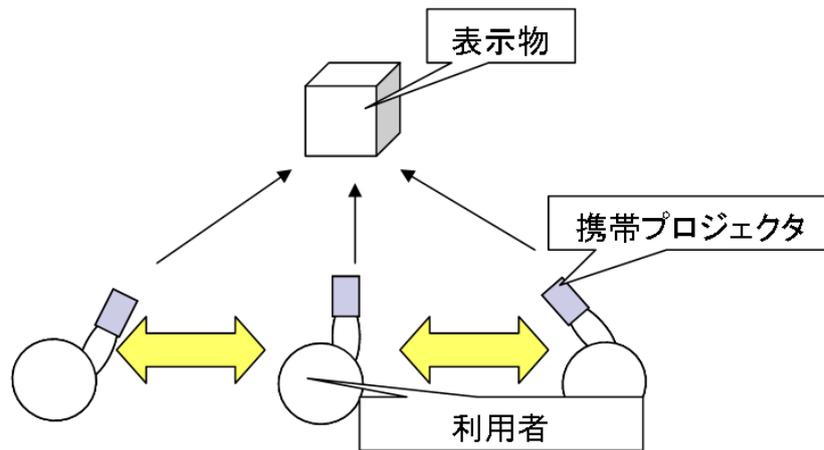


図 26 利用者移動有

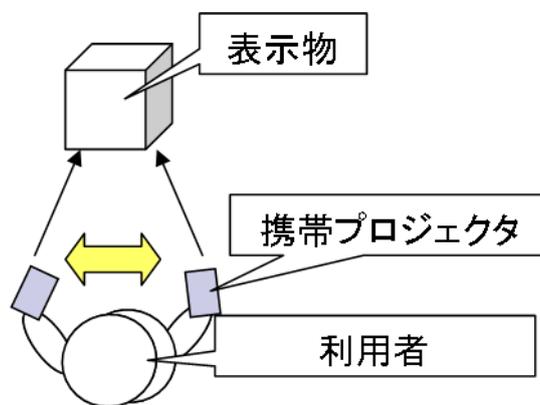


図 27 利用者移動無

実験に協力していただいたのは11名。立体感の計測方法として、平面画像を0、実際の立方体を10とし、被験者は投影された映像に対する立体感がどれほどに感じるか数値で答えてもらうマグニチュード推定法で計測した。本実験で利用した平面画像を図28に立方体を図29に示す。



図 28 平面画像



図 29 立方体

これらの実物と実際の投影図を比較してもらおう。実験の様子を図30に示す

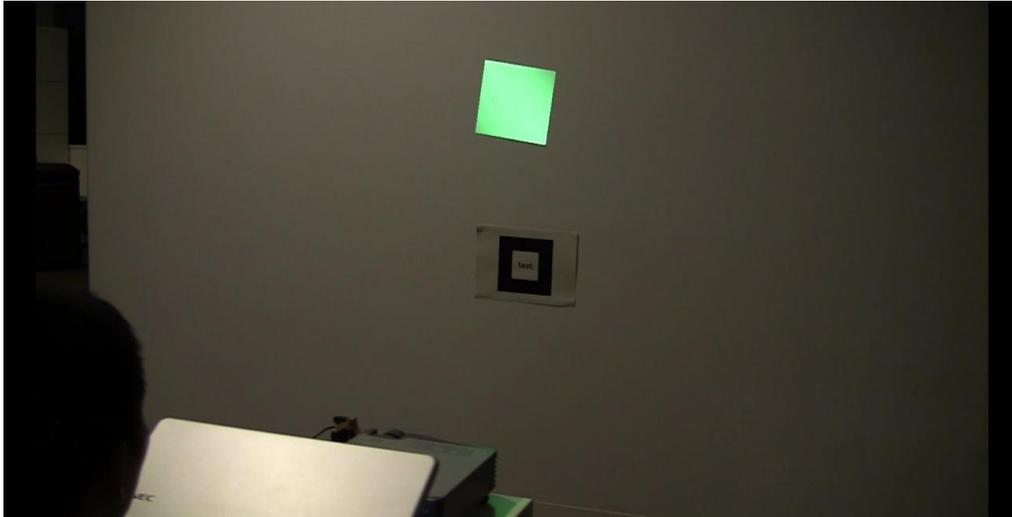


図 30 プロジェクタ立体視実験

3.3.4 実験結果

実験により得られた結果を図 3 1 に示す。

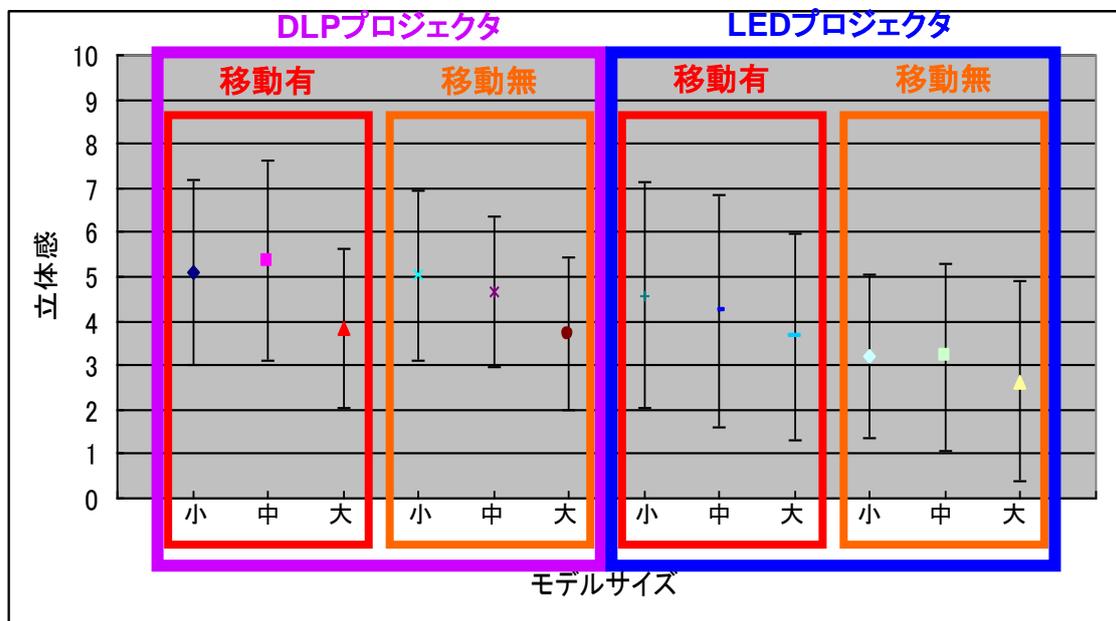


図 31 プロジェクタ立体視実験結果 差し替え DLP と LED にする

実験の結果グラフは各プロジェクタで表示される映像の運動視差で生まれる立体感を各要素の数値を書く。結果で分散分析を行い、各要素 3 元配置による立体感の影響を分析した。

分析結果からプロジェクタの明るさによって立体感が向上することが分かった。結果よりプロジェクタの明るさには 1% の有意差が見られる。これにより市販プロジェクタの明るさがあれば、現在の携帯プロジェクタより奥行きを感じられる結果になった。

利用方法についての立体感は移動があるほうが感じられることが分かった。結果より移動の有無による立体感には 5% の有意差が見られた。これにより移動しながら使うことでより立体感を得られるため移動しながら利用することが推奨される。

また表示モデルについては結果として差は見られるが、分析より有意差が見られなかった。

3.3.5 実験考察

明るさと利用方法によって立体感が生み出された原因として、明るさは表示映像の視認性が変化するためだと考えられる。視認性が高ければ奥行きを感じやすく、視認性が低ければ奥行きを感じにくくなる。そのため現状の携帯プロジェクタの明るさで多少の立体感は表現できるものの、高輝度の携帯プロジェクタの必要性が示された。

また利用方法にかんしては移動することにより運動視差の影響を効果的に利用することができるためと考えられる。

本実験の結果から現在の環境で立体視が可能であると判断し、見えない情報を見せるプロトタイプの機能検証を行った。

3.4 見えない情報を見せるシステム検証実験

3.4.1 実験目的

携帯プロジェクタを用いた立体感の検証実験により携帯プロジェクタで立体感を表現できることがわかった。これを利用し、本システムで扉を閉めた室内内部情報の3次元情報を表示し、表示された情報でどの程度情報を入手できるのかを検証する。

3次元情報を正しく表現できているのか、実際の感覚に近い情報を提示できているかの検証を行う。また提示した情報をどれほど正確に利用者が読み取れるかの検証も行った。これにより拡張現実で行われている見えない情報を見せる機能の実証を行う。

3.4.2 実験環境

本実験は協生館6階小会議室を利用する。これは照明条件と設備の配置が大きく変更される可能性のない室内を選んだためである。3次元情報を出力するため NEC VersaProJ を利用する。今回の提示映像は、小会議室の寸法どおりにモデリングした小会議室モデルである。小会議室モデルを図32に示す。

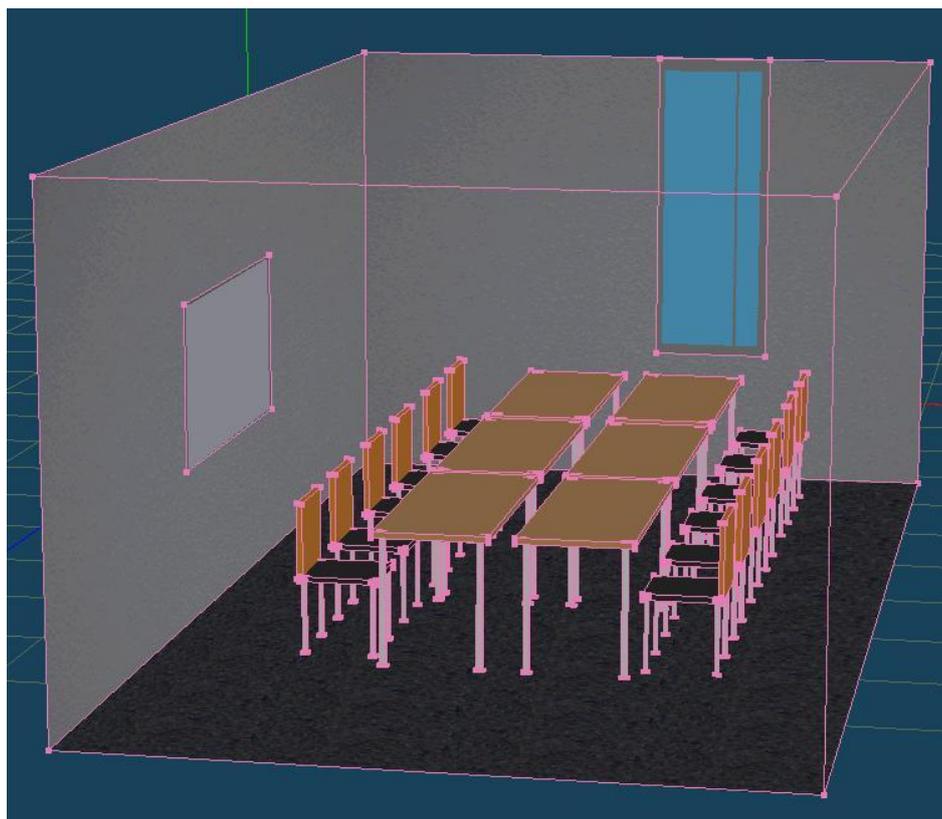


図 32 小会議室 3D モデル

小会議室のモデルは配置物として、机、イス、窓、ホワイトボードを配置した。寸法はすべて実際のサイズに合わせてモデリングしている。しかし質感や光源設定を再現できていないため実際に見える映像とは違ったものに見える。しかし3次元情報の奥行きが存在するため本モデルを実験に利用した。本実験は被験者10名で行った。

3.4.3 実験方法

見えないところを見せるプロトタイプシステムを1分利用してもらう。これは会議室の中を確認する場合、約1分で情報を読み取ることができるためである。

その後、以下の質問に答えてもらう

- ・ イスの数はいくつあったか
- ・ 窓はいくつあったか
- ・ ホワイトボードはどこにあったか
- ・ 机の配置はどうなっていたか
- ・ 机と部屋の大きさの対比は実物と比べどうだったか
非常に近い⑤～どちらともいえない③～まったく違う①で評価
- ・ 部屋の中を除き見る感覚に近いか
非常に近い⑤～どちらともいえない③～まったく違う①で評価

実験の様子を図33に示し、部屋の配置は少し違うが内部情報を提示した教室を図34に示す。本来、実物を覗き込む際は近づくと視野が広がる。しかし本システムではプロジェクタを出力装置として利用しているため、近づくと出力映像が小さくなる課題が発見された。

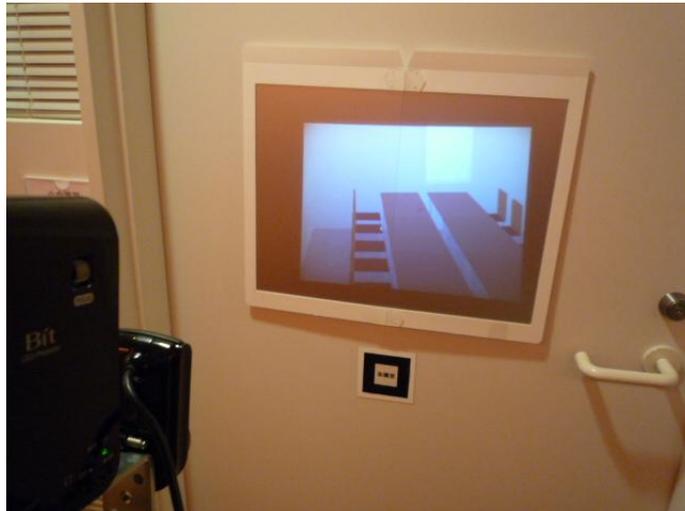


図 33 3次元情報提示検証実験



図 34 表示した会議室

3.4.4 実験結果

本実験の結果は情報認識を図35に、表現認識は図36に示す。

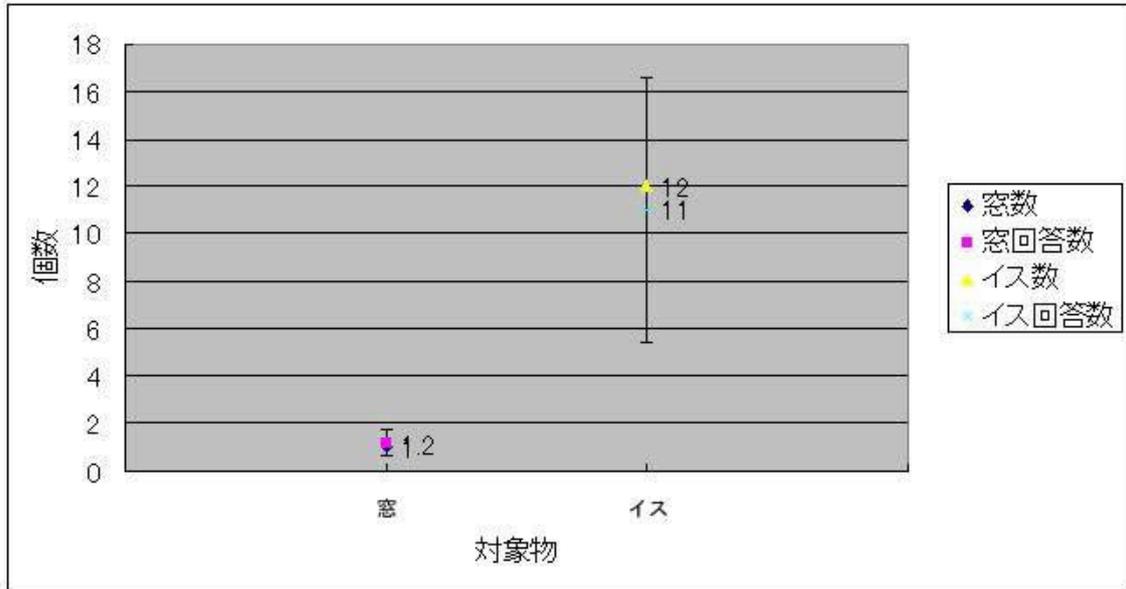


図 35 情報認識結果

情報の正確認識の結果は以下のとおりである。

- ・ イスの数は正答率5割 回答平均11個 回答標準偏差5.6
- ・ 窓の数は正答率7割 回答平均1.2 回答標準偏差0.56
- ・ ホワイトボードの配置 正答率10割
- ・ 机の配置 正答率10割

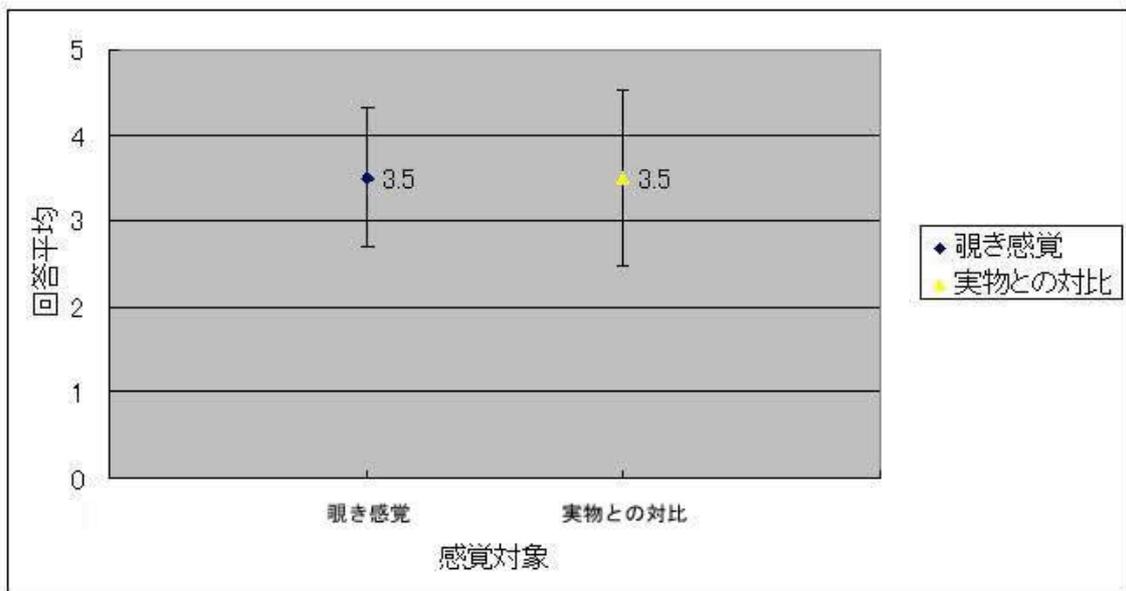


図 36 表現認識結果

映像表現の認識は以下の結果になった。

- ・ 実物との対比 平均3.5、標準偏差1.02
- ・ 除き見る感覚 平均3.5、標準偏差0.8

情報認識はかなり正確に入手することができた。感覚認識については実物と提示映像との対比は少し実物に近く、実際の感覚にも少し近いという結果が出た。

3.4.5 実験考察

正答率は中の情報をただ見ただけでどれほどの情報を得たかという前提のため覚えていないという解答が多かった。システムを利用後答えたため正答率は8割になってしまった。

また実物と比較すると、少し小さいと言う意見があった。これはプロジェクタの環境と提示映像の表現が正確にできていないためである。

覗き込む感覚は実際に小窓が存在しないので視界の確認などができないので断定はできないが、実物により近づけた3次元情報を表示することでより実際の覗く感覚に近いものになる。

この検証結果から3次元表現をもう少し実物に近づける必要がある。

4. 課題

本研究を行った結果、判明した課題をあげる。拡張現実型情報提示システムの要求分析時点で判明した課題、プロトタイプ作成中に発見された課題は今後の技術発展で解決される課題である。今後の課題は今回検証で判明した課題と実装できなかった機能について課題である。

4.1 手法課題

・スクリーンの課題

携帯プロジェクタを利用する以上、映し出す対象が必要になる。そのため通常は平面の壁に映すことを想定としているが、壁の色によっては提示する映像が見えにくくなる可能性も考えられる。また平面ではない部分に移す場合のことも考慮しなければならない。

これらの課題に対して、色に関しては見えない部分の色は背景になっている壁で補うことで見えると考える。また平面ではない部分に関しては内部処理によりあらかじめ映し出すものの形状をもつ、または映し出すものの形状をその場で認識して映像を提示するというような対処方法が考えられる。

4.2 プロトタイプ課題

・携帯プロジェクタの明るさ

今回プロトタイプに組み込んだ携帯プロジェクタ ADTEC ADMP15A の明るさは 15ルーメンである。携帯プロジェクタによって出力した映像例を図 37 に示す。

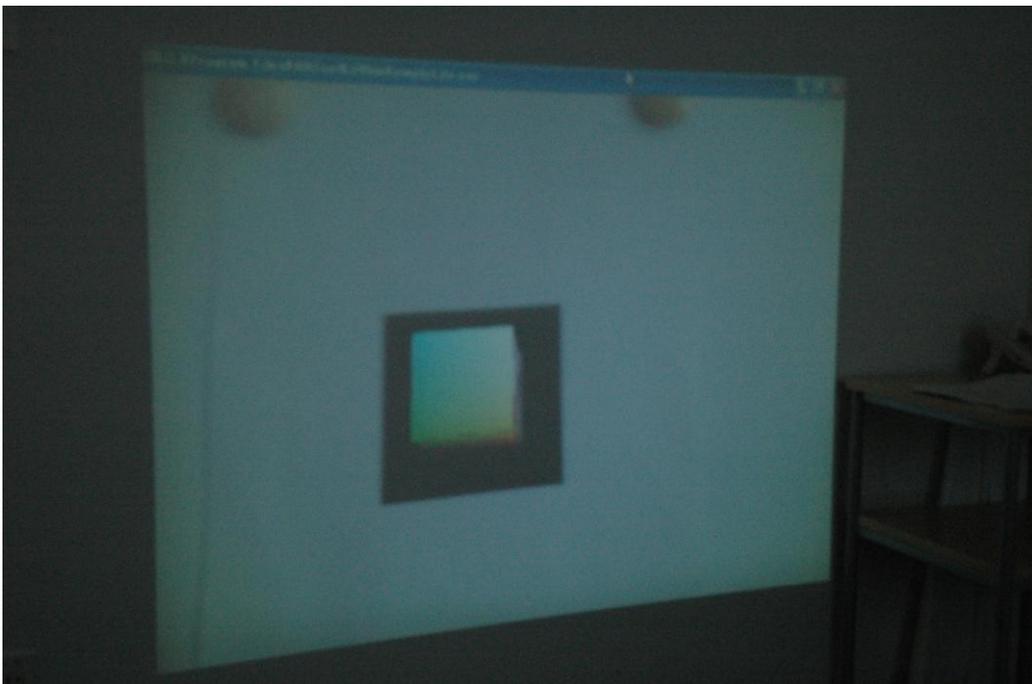


図 37 携帯プロジェクタ出力例

約 60 インチサイズで投影したもので、照明をなしにして出力している。ここで照明をありにすると映像が見えなくなるため照明はつけていない。

しかし現在販売されている通常のプロジェクタの明るさは 2000 ルーメン～3000 ルーメンほどの明るさを出力する。市販のプロジェクタによって出力した例を図 3 8 に示す。

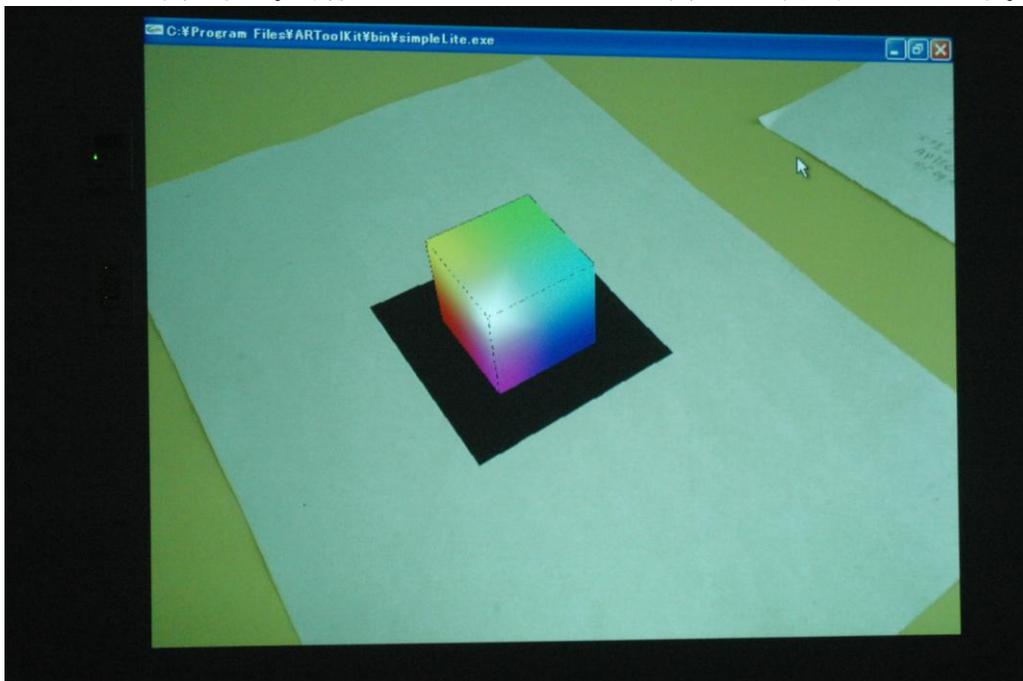


図 38 市販プロジェクタ出力例

これは通常の室内空間で照明があっても視認することが可能な明るさである。通常の空間で表示した例を図 3 9 に示す。

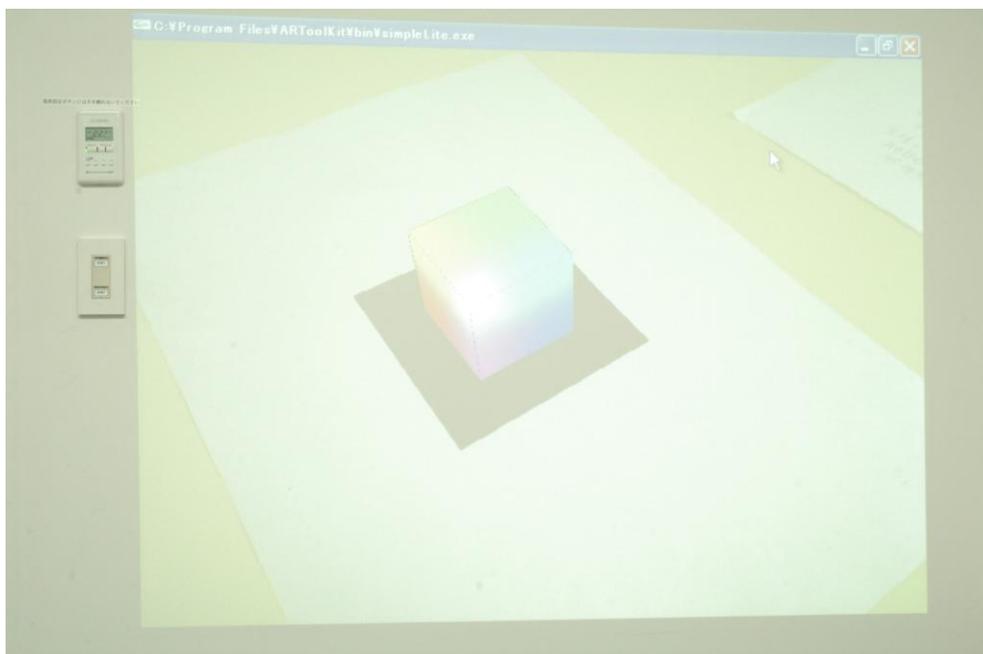


図 39 照明有りでの市販プロジェクタ出力

今回の携帯プロジェクタはその 100 分の 1 ほどの明るさしか出力できないため、通常の携帯プロジェクタでは照明が存在する環境での利用は難しい。他のプロジェクタを調査した結果、携帯が可能なプロジェクタは 10 ルーメン～200 ルーメンの明るさを出力することがわかった。このため現状の携帯プロジェクタによる出力光で投影された映像を視認するためには照明条件やスクリーンサイズを制限しなければならない課題がある。これらは今後、携帯プロジェクタの開発が進むことで解消されることが予想されたので携帯プロジェクタが明るくなった場合の表現はどうかという状況を想定した実験を行った。実験の結果は 3 章で説明する。

・位置情報精度

位置情報の精度は今回の環境では約 10 メートルの精度になっている。しかし約 10 メートルの精度では狭い範囲の位置情報を判別ができない。今回利用した **PlaceEngine** は利用すればするほど精度があがること、また特定のアクセスポイントをもうけることで精度を格段に向上することが可能である。そのため今後情報提示が進み **PlaceEngine** の利用が増えると精度が高まることが予想されるが、現段階では約 10 m の精度にとどまっている。

また他方面のアプローチとして屋内 GPS や **ekahau** などのアプローチ手段がある。今回は特別な設備が必要とされない **PlaceEngine** を利用したが今後センシング技術の精度をあげる際に検討されるべき技術である。

- ・マーカ認識

今回は ARToolKit を用いて対象物の判別を行ったが、マーカ認識にも課題があることがわかった。マーカをポインティングする際にマーカが認識できなくなることがあった。これは ARToolKit 内で使われている画像処理方法がカメラで入力された映像の明るさによってマーカを認識するためである。図 4 4 に認識の映像でマーカが識別されていない映像を示す。

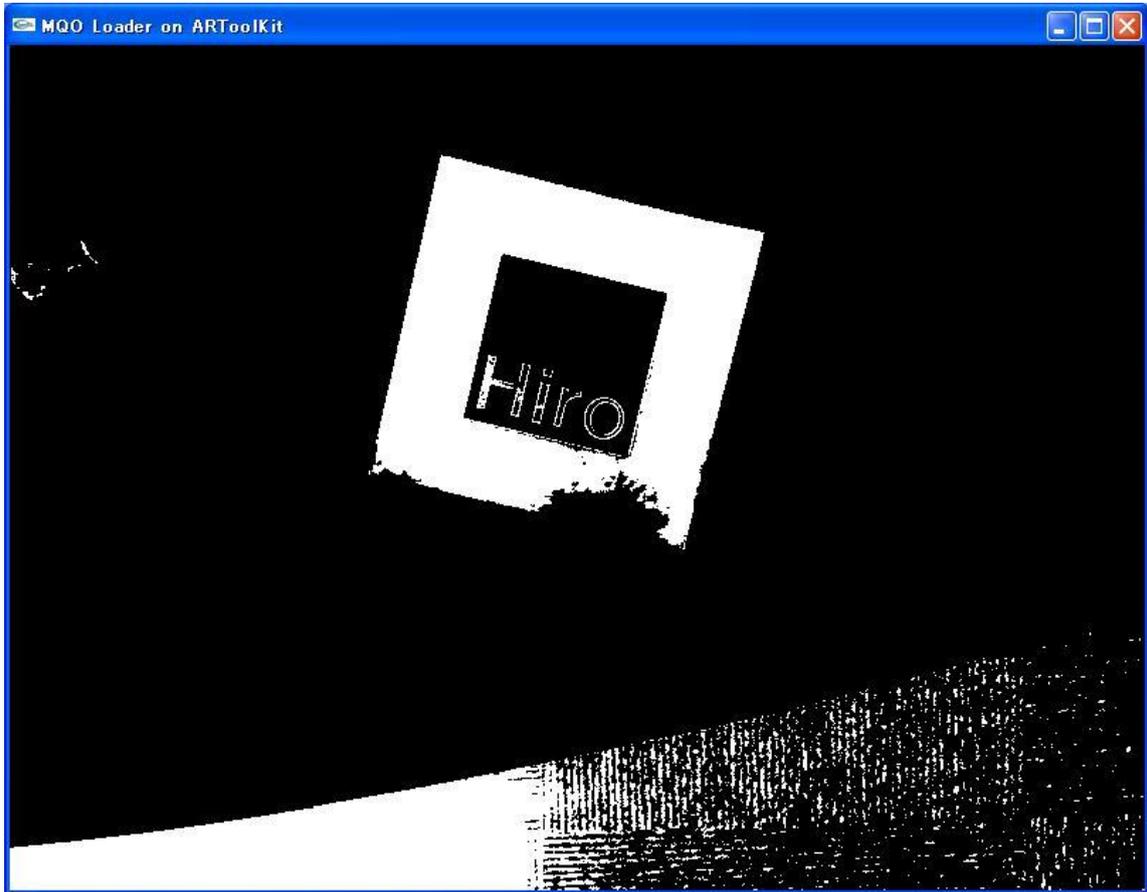


図 40 マーカ認識失敗時の画像処理

プロジェクタの出力光をあてることでマーカの明るさが変化し、マーカ認識をできなくした。またプロジェクタの出力光以外でも蛍光灯などの照明がマーカの黒い部分に反射し、白く見えることで認識できなくすることがわかった。これらができる限り影響しない実験環境を構築し、今回は実験を行った。マーカ認識の課題は他のセンシング技術やマーカを廃止し別なものを利用することで解決することができる。そのため今後、他のマーカ技術や対象物のセンシング技術の検討することが必要と考える。

- ・リアルタイム情報提示

現在は情報入手のために、WEB サーバにアクセスすることを想定している。そのため WEB サーバへのアクセスや、画像処理、対象物の認識、位置情報など多くの作業を行うためにリアルタイムに正確な情報を提示することが難しい。今回のプロトタイプではあらかじめ PC の中にデータを保存することや処理をわけることによって処理の高速化を行っている。今後 PC のスペックの向上や代用技術によって課題が解決されると考える。

4.3 今後の課題

- ・有用性の検証

今回は機能検証のみにおわってしまったため有用性の検証が必要である。携帯プロジェクトを利用し拡張現実を行うシステムのプロトタイプを用いて有用性を示さなければならない。

- ・センシング技術

プロトタイプ of センシング技術の選定は組み込み安さや利用のしやすさ、設備の増築を最小限にすることを前提としたセンシング技術の選定のため、さらに精度のよいセンシング技術に変更する、もしくは精度の向上の必要がある。今回は位置情報に **PlaceEngine** を用いた。しかし屋内で位置情報を取得することができ高さなどの情報は現在研究されている屋内 **GPS** でも実装可能である。また精度の観点から、各観測点をあらかじめ細かく設定するし位置情報の精度を高める技術を利用することが可能である。また **PlaceEngine** 自身もアクセスポイントの指定やアプリケーション利用での精度の向上が可能なのでさらに利用し精度を高めることが可能である。

また対象物の選定には **ARToolKit** のマーカ認識を利用した。対象物の認識はマーカ以外にも様々なアプローチをとることができる。対象物の認識はマーカ以外にも文字や図形、色など様々な方法で認識することができる。そのため今回はプロトタイプとして **ARToolKit** のマーカ認識を利用したが、マーカを用いず他の媒体で対象物を認識することでより精度が向上するかもしれない。またマーカ認識自身の精度向上にはプログラム処理や環境を詳細に設定することでさらに向上することができる。

また今回は位置情報と対象物に限定したが、他にも情報提示のためのキーが存在する。状況や時間などをセンシングする技術を追加して詳細なセンシングをする必要がある。

5. 結論

本研究では拡張現実の新しい拡張現実の手法提案のために携帯プロジェクタを利用した新しい拡張現実技術のプロトタイプを開発し、拡張現実が利用されているアプリケーションを作成し拡張現実表現時の機能検証を行った。

今回の検証は現実空間に存在する実物への説明付与のための位置情報の精度の測定と、通常見えない情報を見せるための奥行き感覚の測定、3次元情報から情報を提示した際に、どのように提示された情報を入手し感じるかなどを検証した。

機能検証のために位置制度、立体感表現検証、3次元映像による映像提示の実験を行った。

位置情報認識の精度を調べた実験は、結果によりプロトタイプに必要な精度が出たため位置情報によって会議室の説明表示を行えることがわかった。

またプロジェクタによる立体感表現の検証実験は携帯プロジェクタに立体視表現をする機能がないため、運動視差による奥行き間の表現を検証するためである。結果により、奥行き間の表現は可能と判断し内部構造提示が可能かの検証実験を行った。

3次元映像による映像提示の実験は内部構造提示により、どの程度情報認識と感覚認識が行えるのかを検証する。現実空間に存在する実物のように情報取得や知覚情報に近い表現が行えているのかの検証実験を行った。

これらの検証実験結果により、携帯プロジェクタを用いた拡張現実システムの機能検証が行った。

検証から今後の課題としてスクリーンの必要性が判明した。携帯プロジェクタを利用する上で提示する場所を得るためにはスクリーンが必要である。また壁などに映す際、全ての壁が平らではなく色も違うためそれらに対応する必要がある。この課題への対応策としては人体への提示や薄いスクリーンを作るなどで提示場所を確保すること、色に対しては映像提示の実験により選別や対応策などを見つけなければならない。また凸凹の壁に映す場合はその場で壁の凹凸を認識することで適切な映像に変換するなどの手法で解決できると考える。

またビデオシーズルARとの比較を行うことで携帯プロジェクタARの有用性を検証しなければならない。現状ではビデオシーズルARでも行えることではあるが、現実の写真とディスプレイを通してみることに違いがあることを検証し、携帯プロジェクタARが適したコンテンツやアプリケーションを作成することで有用性の検証が行える。

謝辞

本論文は、慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科の小木哲朗先生のご指導の元、行った「携帯プロジェクタを用いた拡張現実型情報提示技術の研究」をまとめたものである。本論文の審査をしていただいた小木哲朗教授、佐々木正一教授、高野研一教授、立山義祐助教より、多くのご指導、助言をいただきました。心から感謝、御礼申し上げます。

本研究を行うにあたり、小木先生にはとても丁寧にご指導いただきました。関連研究や情報提供、または研究への提案など様々なアドバイスを頂けたことで本研究行ってこられたと感じております。また助教の立山先生と Hasup Lee 先生には技術的なアドバイス、関連技術の情報などを教えていただきました。研究をまとめること成果を出せたことは研究室の先生方のご協力があったからだと感じております。心から感謝、御礼申し上げます。

今回の研究の位置情報のセンシングのため屋内 GPS についてシステムデザイン・マネジメント研究科の神武先生に技術提供や情報提供をしていただきました。また株式会社クウジットの塩野崎様には PlaceEngine のシステムについての情報提供をいただきました。ご協力を心から感謝、御礼申し上げます。

最後に実験に際して被験者として協力を快く引き受けていただいた方々、研究の助言やディスカッションにご協力いただいたシステムデザイン・マネジメント研究科の学生の皆様に心から感謝、御礼を申し上げます。

参考文献

- [1] 日本バーチャルリアリティ学会編, 2010, 「バーチャルリアリティ学」, 工業調査会, p384, 2010
- [2] R.Raskar, G.Welch, K.L.Low, and D.Bandyopadhyay. "Shader Lamps:Animating Real Objects with Image-Based Illumination." In Proceedings of Eurographics Rendering Workshop, pp. 89-102. Berlin:Springer-Verlag, 2001.
- [3] K.Low, G.Welch, A.Lastra, and H.Fuchs."Life-Sized Projector-Based Dioramas." In ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, Alberta, Canada, November 2001, pp.161-168. New York: ACM Press,2001.
- [4] Nobuchika Sakata, Teppei Konishi and Shogo Nishida: [Mobile Interfaces Using Body Worn Projector and Camera.](#), HCI International 2009, in San Diego United states (2009).
- [5] Takumi Yoshida, Hideaki Nii, Naoki Kawakami and Susumu Tachi: Twinkle: Interacting with Physical Surfaces Using Handheld Projector, in Proc. of IEEE Virtual Reality 2010, pp.87-90, Waltham, MA, USA (2010. 3)
- [6] P. Mistry, P. Maes. SixthSense – A Wearable Gestural Interface. In the Proceedings of SIGGRAPH Asia 2009, Sketch. Yokohama, Japan. 2009Wolf Ohkami, Non-Linear Analysis and Control of Power Ultrasonic Motors, Proceedings of International Conference on Next-Generation Actuator Leading Breakthroughs, Vol.4, pp.109-112, 2007.
- [7] 山崎俊太郎, 持丸正明, 金出武雄, “一人称ビジョンシステムのための自己位置推定法”, 電子情報通信学会技術研究報告. MI, 医用画像 110(28), 73-78, 2010-05-06
- [8] 暦本純一, 塩野崎敦, 末吉隆彦, 味八木崇, "PlaceEngine:実世界集合知に基づくWi-Fi 位置情報基盤", インターネットコンファレンス 2006, pp.95-104, 2006
- [9] 加藤博一, “拡張現実感システム構築ツール ARToolKit の開発,電子情報通信学会研究技術報告”,PRMU,01-232、 pp79-86,2002

研究業績

国際学会発表

1. Yusuke Kurita, Yoshisuke Tateyama, Tetsuro Ogi: Spatial AR Representation Using Portable Projector, ASIAGRAPH 2010 in Tokyo, pp.107-108, Odaiba, 2010.10.14-17 (poster)

国内学会発表

1・栗田祐輔、小木哲朗：位置情報に基づいた携帯プロジェクタによる情報共有、情報処理学会創立50周年記念全国大会、東京、2010.3.8-12

2・栗田祐輔、立山義祐、小木哲朗：携帯プロジェクタを用いた3次元情報のAR提示、第15回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集、pp.192-195、金沢、2010.9.15-17