

携帯プロジェクタを用いた 3 次元情報の AR 提示

Augmented Reality Representation of Three-dimensional Information Using

栗田祐輔, 立山義祐, 小木哲朗

Yusuke Kurita and Yoshisuke Tateyama and Tetsuro Ogi

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

(〒223-8526 神奈川県横浜市港北区日吉 4-1-1, kurita_yusuke@a7.keio.jp)

Abstract: This paper describes the development of the portable projection system that uses spatial augmented reality technology. This system aims at acquiring information directly from the object to solve the problem that the information stored in the database or the Internet is not linked with the real object. This system retrieves the information from the object by illuminating it with the output light from the projector and displays the information on the object. The representation ability of the three-dimensional object in the current prototype is limited due to the luminance of the projected light. In this study, this system was applied to the room management system and the effectiveness was evaluated.

Key Words: portable projector, ARToolKit, Augmented Reality.

1. はじめに

現在、情報化社会の進展に伴い、あらゆる領域で非常に多くの情報が生成、蓄積されるようになってきたが、必要な情報を効率的に入手することは難しい。利用者が必要な対象に関する情報を、必要な時に、必要な場所で、必要に応じて簡単かつすばやく引き出せる方法を確立することは、情報化社会において重要な課題である。そのため、例えば、建物の案内図が知りたい時は建物自身が情報を出力し、会議室の利用状況や部屋の構成を知りたい時は会議室が提示してくれるといった方法が期待される。

このような情報アクセス方法を実現するために、これまで空間上にタグ付けされた情報を、位置情報をキーにして携帯プロジェクタで提示する方法について開発を行ってきた[1]。本研究では文字情報や 2 次元画像だけではなく、更に立体的な 3 次元情報を合成提示するプロトタイプを制作した。特に提案手法の有効性を示すために、携帯プロジェクタを使用した際の 3 次元情報の表現能力について基礎的な検討を行った。

2. 携帯型 3 次元情報投影システム

本研究では、対象物と場所に応じて、必要な情報を対象から引き出す方法として、携帯型プロジェクタを利用したシステムを構築した。最近のプロジェクタは小型軽量化され安価で生産されるようになり、携帯電話に取り付けられるなど利用者が日常的に所持して生活する状況も可能になってきた。またプロジェクタは情報を出力するだけでなく、対象を指定するポインティングの手段として利用でき

る、複数人の利用者が情報を同時に共有できる等の利点もある。

携帯プロジェクタを用いた研究事例としては MIT の SixthSense[2]、大阪大学のヒップマウントプロジェクタ [3]、また慶應大学の Twinkle[3]等があげられる。これらのシステムは新しいインターフェースやエンタテインメントの目的で利用され、投影映像自体は 2 次元情報である。これに対し、本研究では携帯プロジェクタを 3 次元情報の出力と情報アクセスデバイスとしての利用を想定しているのが特徴である。

携帯プロジェクタの用途は、現在は絵、文字などの 2 次元情報が主だが、今後は 3 次元表現の媒体が増えるに従い 3 次元情報の提示が求められる等、より多彩で多くの情報提示機能の実現が要求される。本論文では、上記のコンセプトを実現するために AR 技術を利用し、実空間上で 3 次元の映像を出力するプロトタイプシステムの開発を行った。

3. プロトタイプシステムの製作

本研究ではノート PC と USB カメラ、携帯型 LED プロジェクタを組み合わせた携帯型 3 次元情報投影システムを構築した。USB カメラとしては logicool Qcam Pro for Notebooks QCAM-200V、携帯プロジェクタとしては ADTEC AD-MP15A を利用した。またプロジェクタとして比較実験用に DLP プロジェクタ BENQ MP624 の利用も行った。これは利用時の照明条件によっては携帯プロジェクタの明るさでは視認が難しいため、比較用に使用した。

携帯型 3 次元情報投影システムのソフトウェアには、ARToolKit を使用している[5]。実空間上に 3 次元映像を投影するためには、カメラの位置姿勢を計測し、これにオフセットを与えてプロジェクタ位置を算出する。このときカメラとプロジェクタの相対位置を定める必要があり、本研究ではカメラのレンズの左隣にプロジェクタを固定した(図 1)。



図 1 : プロジェクタとカメラの固定

この方法では、プロジェクタよりカメラの画角の方が広くマーカに対してプロジェクタのオフセットを与えることで、カメラでマーカを認識するのではなく、あたかもプロジェクタの光でマーカを認識しているように見せることができる。

4. システム評価

本システムでは、プロジェクタ自身は立体視表示機能を持たないため、プロジェクタを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。ここでは本システムの根幹をなす、プロジェクタの位置変化による 3 次元情報の表現能力について計測を行った。

携帯プロジェクタを利用する場合、提示する対象物の大きさによって、自身の手の届く範囲でプロジェクタを動かして照らすという方法とプロジェクタと同時に身体を移動させるという 2 種類の方法が取られる。その 2 種類の挙動によって得られる立体感の違いについて計測実験を行った。このとき提示される 3D モデルの大きさによって映像を表現するのに必要なプロジェクタの移動量が変わるため、3D モデルの大きさとしては 3 種類用意した。また現状の携帯プロジェクタの問題点として、LED を用いているため出力光の照度が暗いことが上げられる。視認性と 3 次元情報の表現力の点から立体感の認識の障害となる可能性があるため、ここでは LED を用いた携帯プロジェクタと小型の DLP プロジェクタを用いて、プロジェクタの照度と立体感の関係についても比較実験を行った。

実験の方法はマーカと表示面から 1.5m の位置に被験者に立ってもらい、プロジェクタを表示面から等距離で左右に移動させた。このときプロジェクタはマーカと平行に移動し、マーカに対して回転させることができる。利用方法

としては被験者がマーカに正対して移動せず、手の届く範囲でプロジェクタを動かす場合とプロジェクタの移動とともに被験者も移動する場合を想定した。表示映像は 1 辺の長さがそれぞれ 17cm、34cm、51cm の立方体を用意した

表示される 3D モデルに対して実際の立体物を 10、2 次元の平面図を 0 とし、被験者は投影映像に対する立体感をどれほどに感じるかを 0~10 の数値で答えてもらうマグニチュード推定法で計測した。(図 2)



図 2 : 実験の様子

以上の実験で得られた立体感の測定結果を図 3、図 4、図 5、図 6 に表示する。

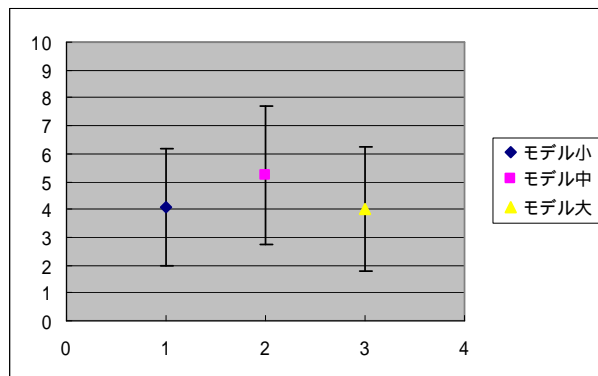


図 3 : 被験者移動ありの DLP プロジェクタの結果

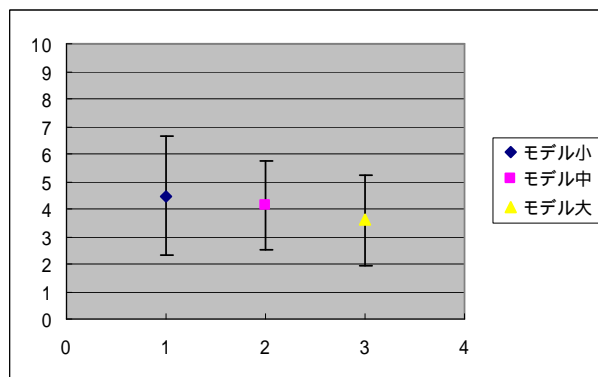


図 4 ; 被験者移動なしの DLP プロジェクタの結果

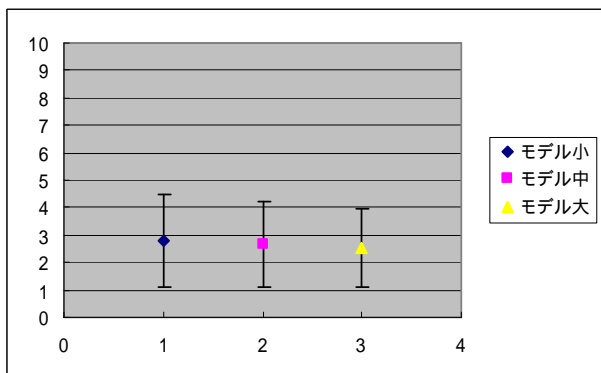


図 5：被験者移動ありのLED プロジェクタの結果

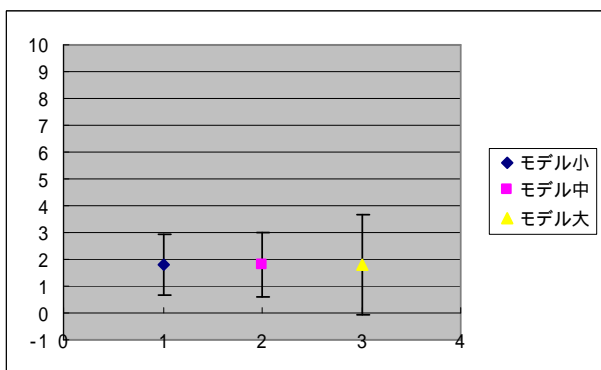


図 6：被験者移動なしのLED プロジェクタの結果

実験結果については、プロジェクタの種類（明るさ）、プロジェクタの移動方法、提示モデルの大きさを因子とした三元配置分散分析を行った。この結果からプロジェクタの明るさについては 1% 有意、被験者の移動に関しては 5% の有意差、その他に関しては有意さがなかった。これによりユーザが感じる立体感はプロジェクタの明るさと被験者の移動方法によって影響を受けることが分かった。グラフからプロジェクタが明るいほど立体感がでるという結果になった。これは明るさによって表示された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 LED プロジェクタ（20 ルーメン）では明るさが弱く、高輝度の携帯プロジェクタの必要性が示された。また被験者の移動の立体感の結果については、移動がある方が高い立体感を感じていることが示されたが、これは移動することで運動視差の影響をより効果的に利用することができるためと考えられる。

5. 応用システム

現状のプロトタイプを用いた応用システムとして、会議室の壁や扉にプロジェクタの出力光を当てることで、会議室のスケジュールや内部の様子が提示されるアプリケーションを開発した。このシステムでは利用者が部屋の前でドアや壁をプロジェクタで照らすと、PlaceEngine で計測

された位置情報から部屋のスケジュールをデータベースから検索して提示する（図 7）。



図 7：位置情報から情報を出力するプロトタイプ

また部屋の扉に付けられたマーカを照らすと、マーカからプロジェクタの視点位置と視線方向を計測すると同時に、会議室の内部の 3D モデルを検索し、プロジェクタを視点とした 3 次元映像が提示される（図 8）。



図 8：会議室 3D モデル表示アプリケーション

このアプリケーションを用いることで、会議室が使用中であっても、外から予約スケジュールや室内の種類やレイアウト、広さなどを直感的に認識することが可能になる。

6. まとめ

本研究ではプロジェクタの出力光をマーカに照らすことで、3次元のモデルを表示するシステムのプロトタイプの開発を行った。このシステムは情報入手をより直感的に、素早く行うための手法を示すと同時にプロジェクタの新しい利用方法の提案を行っている。従来のプロジェクタは出力装置として利用されていたが現在、小型化・軽量化が進み携帯電話やカメラなどの携帯機器に搭載されるようになり、新たなプロジェクタの利用方法の確立が望まれている。さらに今後、種々のディスプレイの3次元化が進むことで、文字や画像の2次元情報だけではなく3次元化された情報の出力方法を構築することは重要な課題である。

今後の課題としては3次元情報として表現できるものについて様々な検討を行っていくとともに、位置情報と組み合わせさらに情報提示の精度を上げることがあげられ

る。

参考文献

- [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トによる情報共有、情報処理学会創立 50 周年記念全国大会、東京、2010.3,8-12
- [2] 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.
- [3] Nobuchika Sakata, Teppei Konishi and Shogo Nishida: Mobile Interfaces Using Body Worn Projector and Camera., HCI International 2009, in San Diego United states (2009).
- [4] 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)
- [5] 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