

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 14 日現在

機関番号：14603

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700119

研究課題名(和文)実環境センシングに基づく投影型知的照明の視覚情報配置手法

研究課題名(英文)A View Management Method for Smart Lighting based on Real Environment Sensing

研究代表者

山本 豪志朗(Yamamoto, Goshiro)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：70571446

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、プロジェクタという光投影によって情報を提示できる機器を用いて、知的な照明環境を構築することを目的とした。それを達成するために(1)人体と机などの環境中にある物体のセンシング、(2)人物の状況に応じた情報提示、(3)複合現実感技術の応用という研究項目を設けた。研究成果として、いくつかの技術を開発し、オフィス環境、高齢者の遠隔支援環境などのシナリオにおいて、それら各々の開発技術の知的照明環境としての実用性を確認した。

研究成果の概要(英文)：The goal of this research was to develop smart lighting environment with a projector than enables a physical surface to be a digital information screen. In order to achieve it, we separated it into three parts as sub research issues: (1) sensing of human bodies or physical objects such as tables, (2) providing information according to the human state, and (3) mixed/augmented reality technologies. As a result, we developed several technologies, then applied them to some scenarios such as office work and remote assistive environment for the elderly. Finally, we have confirmed availability or practicality for smart lighting environment.

研究分野：ヒューマンコンピュータインタラクション

キーワード：投影型システム 拡張現実感 ユーザインタフェース

### 1. 研究開始当初の背景

プロジェクタが安価となり急速な普及が見込まれる中、現実世界と仮想世界の融合を目指す複合現実感技術の一手法としてしばしばプロジェクタが用いられるようになってきた。その技術を活かし、プロジェクタを天井や壁面に設置することでスマートルームの実現を目指す研究も行われており、照明機能だけでなく情報提示機能を持ち合わせた知的な照明環境の実現に近づいている[1]。その中でも、視覚情報の配置に関する課題は重要である。ユーザへの最適な情報提示によって、アンビエントな情報提示やコミュニケーション支援を提供でき、オフィス空間を対象に質の高いスマートオフィスを実現できる。その一方で、ユーザとその周辺環境の状況を同時にセンシングし、最適な視覚情報の配置を実現する研究事例は少ない。研究代表者は、個人向けシステムでの情報投影技術に関して研究を行ってきた。その流れから、上記の点を踏まえて、ユビキタスプロジェクション環境下において、ユーザを含む実環境センシングとそれに応じた投影情報の最適化に関する研究を行う。具体的には以下の技術開発を行う。

- (1) ユーザを含む実空間環境センシング
- (2) ユーザ状態に応じた視覚情報配置
- (3) 配置面に応じた複合現実感重畳投影

#### <引用文献>

[1] 日浦, 向川, プロジェクタ・カメラシステムの概観と研究動向, 2006-CVIM-156, pp. 49-60, 2006.

### 2. 研究の目的

本研究課題では、ユビキタスプロジェクションシステム（遍在する情報投影型ディスプレイシステム）を用いた知的照明環境下において、ユーザの日常的な活動を支援する情報提示空間の実現を目的とする。その中で、ユーザを含む実環境センシングとその実環境状態に応じた最適視覚情報配置に関する技術を開発する。

### 3. 研究の方法

実環境状態に応じたプロジェクタ投影時の視覚情報配置技術の開発という研究目的に向けて、上記で挙げた三つの研究課題を実施する。

- (1) 複数台の距離画像カメラを空間に配置し、リアルタイムに三次元空間を実計測するシステム開発を行う。三次元データに基づいて人物及び投影平面を切り分けて検出する。人物の姿勢や投影面の状態を推定する。
- (2) (1) にも関連するが、人物の三次元データベースを利用し、人体の位置・姿勢・状態を推定する。その人物の状況に応じたコンテンツ提供技術を開発する。

- (3) 複合現実感としての技術開発を行う。オフィス環境などを想定したうえで、情報提供を考慮した複合現実感技術の開発を行う。

### 4. 研究成果

研究成果を、以下の通り、各研究項目に分類し、それぞれについて説明する。

#### (1) ユーザを含む実空間環境センシング

本研究課題実施期間中に以下の2点において技術開発を進めながら研究を遂行した。ただし、複数台の距離画像センサを空間内に配置し、リアルタイム三次元実計測空間を構築する予定であったが、困難であったため単体センサを用いた計測に計画を切り替えた。

① ユーザ頭部及び投影用平面領域検出技術  
ユーザに対して適切な位置に情報提示できるようにするにはそのユーザの頭部の位置と投影に適した平面領域の確保が必要になる。そこで、距離画像センサを天井位置に下方を向くように設置し、それで得られる3次元データから頭部位置の推定及び投影対象面となる平面検出を実現した。この技術をもとに研究項目(2)の①では、複数人を考慮した情報投影技術を考案し、評価関数を設ける設計をおこなった。

② 室内空間での多人数ジェスチャ認識技術  
プロジェクションシステムで広範囲に渡りディスプレイが存在する環境で表示されるコンテンツを効率よく操作できるインタフェースを実現するためのセンシング手法を考案・開発した。デプスセンサを使うことで、実空間にいるユーザの動作を推定することが可能になってきたが、多くの場合、ユーザの正面を映すようにセンサを配置するため、複数人で操作することを想定した環境ではそのような使い方は適切ではない。ここではミーティングを行っているというシナリオに限定することで、そこで行われるジェスチャ動作を限定した。そして、下方を向くように天井にセンサを配置し、上方から観察したときに適切にジェスチャを認識する認識手法を構築した(図1参照)。

この技術を利用することで、周辺視野よりも広域に広がるディスプレイ環境でのカーソル操作をジェスチャで効果的に行えることを示した。具体的には指差し動作でカーソルの絶対位置操作、握りこぶしを机上平面で動かすことで相対操作に割り当て、その有効性を示した。図1下にマウス操作との比較を行った実験結果を示す。操作者の視覚にマウスカーソルがある場合、その操作は本提案ジェスチャよりも素早く行われる。その一方で、操作者の視野外にカーソルがある場合には、その距離が離れるに従って、提案ジェスチャのほうが顕著に素早い操作ができていくことがわかる。大きな画面になればなるほどジェスチャ方式が有効であることが示された。

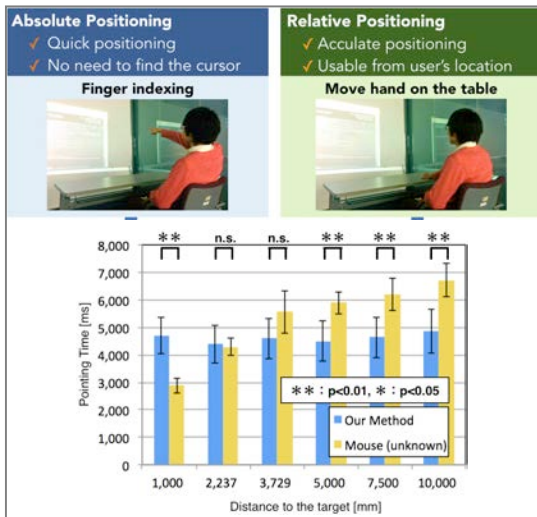


図 1 室内空間での多人数ジェスチャ認識とマウスとのポインティング時間の比較



図 2 複数人を考慮した情報投影技術

(2) ユーザ状態に応じた視覚情報配置

ユーザ状態に応じて投影情報を適宜的に制御するために以下の4点において研究を実行した。ただし、(1)にて人体データベースを構築するに至らなかったため、別の方法にて三次元データを処理し、人物の姿勢や投影面の状態の推定に至った。

- ① 複数人を考慮した情報投影技術  
複数人でのミーティングを想定した際に、従来では事前にディスプレイの場所を固定したり、個々人の利用のみを考慮したりしていた。その一方で、本技術を用いることで自動的に投影表示に適した対象平面を検出し、臨機応変なディスプレイの実現が可能となった。また、複数人の着座位置を推定し、その場の全員にとって見やすい情報提示について検討した。投影位置を決定するために、机上状態及びユーザ位置などをパラメータとした評価関数を設計し、被験者実験を通して、その評価関数の改善を行った (図 2 参照)。
- ② 対象の位置姿勢に合わせた情報投影技術  
センシングするためのカラーカメラ・距離画像センサと情報提示するプロジェクタの三者間の幾何学的生合成を確保する技術開発を行った。これによってオフィス空間やキッチン空間など、作業を行うような場所で幾何的な変化が応じても任意の場所に投影情報を提示できるようになった (図 3 参照)。この技術を用いることで、遠隔支援者が現場の作業に指示を与えることができる投影型情報提示システムが実現可能である。具体的

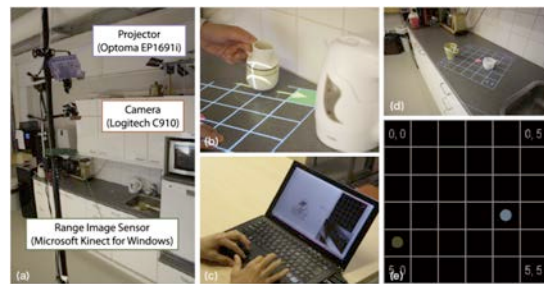


図 3 対象の位置姿勢に合わせた情報投影

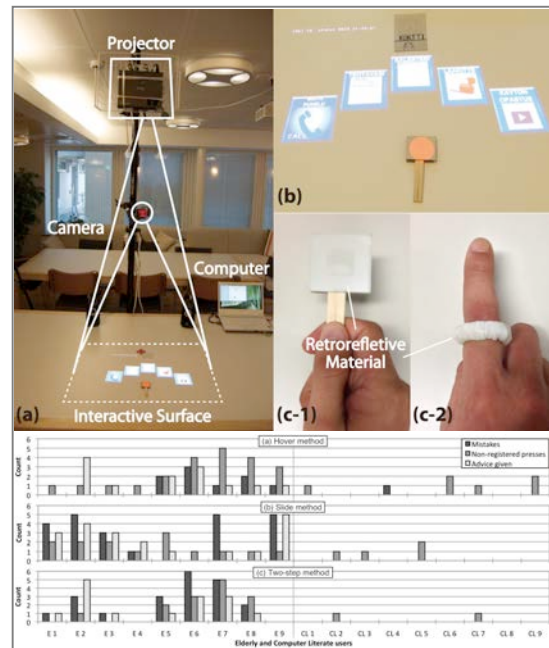


図 4 投影型インタフェースの改善 (上) と高齢者・若年者比較実験の結果 (下)

には、高齢者の支援というシナリオのもと、遠隔介護者が現場に指示を与えるというシステムを構築した。

- ③ 投影型ユーザインタフェースの改善  
投影型システムによって提供されるインタフェースを改善することを目的とし、ユーザの使いやすさ、見やすさを考慮したメニューの配置及び階層構造に関して複数の考案を行った (図 4 参照)。具体的には、高齢者にとって使いやすいものを目指し、被験者実験を通してその効果について検証を行った。図 4 の実験結果では、ある作業を行うのに要した時間であり、左が高齢者、右が若年者である。明らかに高齢者が時間を要したことがわかる。この実験を通して、高齢者は考えるのと同時に着目している対象に手を動かさずなどの行動が観察された。今後はこの点に留意したインタフェース開発が必要である。
- ④ 棚などの収納箱等への投影情報  
箱や棚など収納する機能をもつものは作業支援において、その中身の情報の提示が求められることがある。本研究では、RFID システムを導入することでその内部との関係を視覚的に提示するシステムを開発した。机上面や対象物体表面などへの情報投影に対して、棚などの収納する場所に対しては、中に

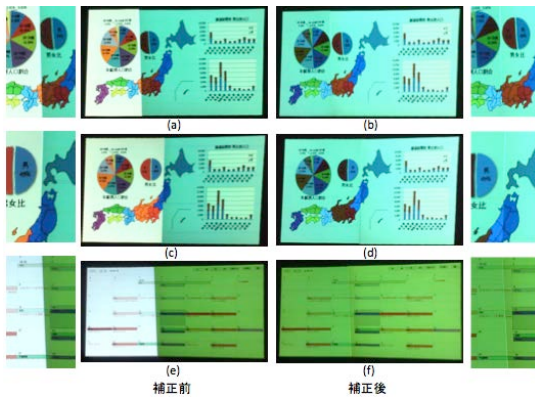


図5 複数プロジェクタ合成時の色補正

何が入っているのかなどを把握しながら作業を継続できる。具体的に遠隔作業支援というシナリオのもとで、被験者実験を行い、その効果を確認しているところである。

### (3) 配置面に応じた複合現実感重畳投影

① 環境光変化を考慮した見かけ制御技術  
 投影像の質感向上を目指し、反射率や環境光の変化に対して頑強に目標となる見かけとなる投影手法を提案した。加法混色の原理にならない、目標色となる2色を高速に切り替えながら投影し、それらを同期撮像することにより、人には目標とした見かけでありながら、システムでは2色投影による反射率・環境光の変化の推定実現性を確認した。今後これはリアルタイムシステムとして実現すべく継続して行うものである。

② 複数台プロジェクタ間の複合現実感技術  
 複数台プロジェクタを利用する技術向上を行った。モバイル環境において複数のプロジェクタが存在するとき、共同で画面合成を行うことで大画面高画質の映像を表示できる。ここでは、そのときに生じるプロジェクタ間の色の違いを補正する技術の開発を行った。プロトタイプシステムを構築し、互いに異なる色合いの場合でも一方の色合いに自動で合わせられることを確認した(図5参照)。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① Y. Fujimoto, R. Smith, T. Taketomi, G. Yamamoto, J. Miyazaki, H. Kato, B. Thomas, Geometrically-Correct Projection-Based Texture Mapping onto a Deformable Object, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 20, Issue 4, 2014, pp. 540 - 549. (査読有, DOI: 10.1109/TVCG.2014.25)
- ② I. Almeida, G. Yamamoto, T. Taketomi, J. Miyazaki, H. Kato, Increasing Willingness to Communicate in Co-located Presentation Meetings using Augmented Reality, Journal of the Virtual Reality Society of Japan, Vol. 19, No. 1, 2014, pp. 55 - 67. (査読有, URL: <http://ci.nii.ac.jp/naid/110009806907>)

[学会発表] (計 9 件)

- ① G. Yamamoto, J. Hyry, M. Krichenbauer, T. Taketomi, C. Sandor, H. Kato, P. Pulli, A User Interface Design for the Elderly using a Projection Tabletop System, 3rd International Workshop on Virtual and Augmented Assistive Technology at IEEE VR 2015, 23 March 2015, Arles (France).
- ② 福井辰也, 山本豪志朗, 武富貴史, Christian Sandor, 加藤博一, 複数大画面に対する絶対及び相対座標指定に基づくジェスチャ入力手法, インタラクシオン 2015, 2015年3月5日~7日, 日本科学未来館(東京都江東区).
- ③ G. Yamamoto, Z. Asghar, Y. Uranishi, T. Taketomi, C. Sandor, T. Kuroda, P. Petri, H. Kato, Grid-Pattern Indicating Interface for Ambient Assisted Living, International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, 2 - 4 September 2014, Gothenburg (Sweden).
- ④ G. Yamamoto, Towards Realization of a Smart Living Environment for Senior Citizens with Augmented Reality, Second Joint CBU-BCBU Summer School 2014, 25 - 29 August 2014, Kuopio (Finland).
- ⑤ 山本豪志朗, 志水友輔, 武富貴史, 加藤博一, 照明変化を考慮した見かけ制御投影法の基礎検討, 情報処理学会エンタテインメントコンピューティング研究会研究発表会, 2014年6月6日~7日, 北海道大学大学院(北海道札幌市).
- ⑥ Y. Uranishi, G. Yamamoto, Z. Asghar, P. Pulli, H. Kato, O. Oshiro, Work Step Indication with Grid-Pattern for Demented Senior People, International IEEE EMBC 2013, 3 - 7 July 2013, Osaka International Convention Centre (Kita, Osaka).
- ⑦ G. Yamamoto, Y. Uranishi, H. Kato, Interaction in Augmented Reality using Non-rigid Surface Detection with a Range Sensor, Joint Virtual Reality Conference, 18 - 19 October 2012, Madrid (Spain).
- ⑧ 有田千紘, 山本豪志朗, 浦西友樹, 武富貴史, 宮崎純, 加藤博一, 複数の携帯型プロジェクタによる投影面合成時の相対的色補正, 平成24年度情報処理学会関西支部支部大会, 2012年9月21日, 大阪大学中之島センター(大阪府北区).
- ⑨ Y. Uranishi, G. Yamamoto, Z. Asghar, P. Pulli, H. Kato, Indication based on Grid Projection for Supporting Kitchen Work, 生体医工学シンポジウム, 2012年9月8日, 大阪大学基礎工学部(大阪府豊中市).

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

山本 豪志朗 (YAMAMOTO, Goshiro)  
 奈良先端科学技術大学院大学・  
 情報科学研究科・助教  
 研究者番号: 70571446