

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 27 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16040

研究課題名(和文) 拡張現実感に基づくインタラクティブディスプレイのための基盤技術の開発

研究課題名(英文) Technology Development for Interactive Displays with Augmented Reality

研究代表者

山本 豪志朗 (Yamamoto, Goshiro)

京都大学・医学研究科・特定講師

研究者番号：70571446

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：人に知覚されにくく、コンピュータのみが検出可能なマーカのディスプレイへの埋め込みおよびその認識技術を開発し、実用化に向けた安定化手法を考案・実装した。インタラクティブディスプレイのための基盤技術として期待できる。従来技術と比較して、非同期・表示映像低依存・民生機の使用の特徴を同時実現するという新規な技術を開発した。具体的に三つの課題に取り組んだ；(1) 頑強な知覚困難型マーカ実現に向けた動的コンテンツへの対応と徹底的な安定化手法の考案，(2) 実空間インタラクションにて生じる距離変化を考慮したマーカ開発，(3) 光投影による実空間中へのマーカ埋め込みに生じる問題解明と頑強なマーカ埋め込み手法。

研究成果の概要(英文)：In this investigation, we have proposed and implemented a novel method to enable users to interact with public display contents with mobile devices, which is realized by embedding markers imperceptibly onto the screen. Comparing with previous work, our marker detection process does not require high spec cameras that are synchronized with the screen. What we have done is the following three during the investigating period; (1) design of a proper and robust method for imperceptible on-screen markers, (2) marker development by considering user-display distance for the interaction, (3) applying the marker embedding method for projection onto the real space.

研究分野：拡張現実感，ヒューマンコンピュータインタラクション

キーワード：拡張現実感 不可視マーカ インタラクティブディスプレイ

1. 研究開始当初の背景

拡張現実感とは、目の前にある対象に関する情報を現実世界の中にあたかもそこに実際に存在するかのように表示する技術であり、直観的で分かりやすいためインタフェース応用の基盤技術として注目されている。従来研究 [1, 2] のように携帯デバイスと環境設置のディスプレイの間に実空間に基づいたインタラクションを設計する研究はいくつか存在するが、本研究では拡張現実感技術を応用する。拡張現実感では、ディスプレイに対する携帯デバイスの位置姿勢を推定する必要があり、本研究では知覚困難型マーカを利用した推定を行う。その認識において、次の三つの特徴を有する技術を開発する：1) 非同期、2) 表示映像低依存、3) 民生機の使用。従来研究 [1, 2, 3] にはこれらの特徴を同時に満たすものは無い。さらに、光投影による実空間中へのマーカ埋め込みは類を見ない。

研究代表者は、以前より大型ディスプレイや投影型システムにおける拡張現実感インタフェースの開発に従事してきた。その過程で携帯デバイスの高いユーザビリティに着目するようになり、カメラを使って大型ディスプレイとの幾何学的関係を知る方法に焦点を充てるようになった。そして「ディスプレイは一般的には可視光制御によって人に情報を与えるものであるが、コンピュータにとっては人が得るのと同様の映像を検出する必要はない」という考えから本研究課題の着想に至った。

- [1] S. Boring, D. Baur, A. Butz, S. Gustafson, P. Baudisch, "Touch projector: mobile interaction through video", Proc. SIGCHI 2010, 2287-2296 (2010).
- [2] G. Woo, A. Lippman, R. Raskar, "VRCodes: Unobtrusive and Active Visual Codes for Interaction by Exploiting Rolling Shutter", Proc. ISMAR 2012, 5-8 (2012).
- [3] D. Cotting, M. Naef, M. Gross, H. Fuchs, "Embedding Imperceptible Patterns into Projected Images for Simultaneous Acquisition and Display", Proc. ISMAR 2004, 100-109 (2004).

2. 研究の目的

本研究課題では、人には知覚されにくく、コンピュータのみが検出可能なマーカ(知覚困難型マーカ)のディスプレイへの埋め込み及びその認識技術を開発し、実用化に向けた安定化手法を考案・実装する。そのマーカに基づいたユーザの把持する携帯デバイスの位置姿勢推定は、ディスプレイに対する三次元空間に特化したインタラクション技法の基盤技術となる。従来技術と比べ、非同期・表示映像低依存・民生機の使用の特徴を同時実現するという新規性の高い技術を開発する。精度評価実験を通じて、ユーザが移動しながら利用する状況での動作限界やその有用性を確認する。また、光投影によって実空間中

にマーカを配置するという発展的な課題にも挑戦し、基本アイデアの拡張を試みる。具体的には、以下の3点を課題とした。

- (1) 頑強な知覚困難型マーカ実現に向けた、動的コンテンツへの対応と徹底的な安定化手法の考案
- (2) 実空間インタラクションにて生じる距離変化を考慮したマーカ開発
- (3) 光投影による実空間中へのマーカ埋め込みに生じる問題解明と頑強なマーカ埋め込み手法

3. 研究の方法

初年度は基本技術である知覚困難型マーカの開発を進め、その安定化を徹底的に行う。次年度からは、その技術を実空間に配置した大型ディスプレイに対して適用し、携帯デバイスの移動によって生じる距離変化を考慮した技術改善および基本的なインタラクションを実装する。続けて、同技術の発展として光投影による実空間へのマーカ埋め込む技術の開発にも取り組み、拡張現実感技術で利用可能な特徴として認識させる応用課題を進める。それにより本提案技術の有用性を確認し、さらにはそれらの改善策の考案・実装に結びつける。最終的には、開発技術を用いて空間を活用したインタラクションを実装し、被験者実験を通して基盤技術としての性能を確認する。各課題にて困難な状況に陥った場合には、所属研究室・組織に所属する研究者と議論を交わすことでその解決策を探る。

4. 研究成果

本研究課題を通して、図1に示すように、大型ディスプレイに映像コンテンツを表示し、同時に人には不可視であるマーカの埋め込むことに成功した。埋め込みマーカはその声質から、カメラの位置姿勢を求めうる情報を有しており、拡張現実感利用可能である。図1(a)は、カメラ搭載のタブレット機器で、大型ディスプレイを観察している様子であるが、タブレットと大型ディスプレイのいち関係が変わると、それに応じてタブレットのみに表示されているコンテンツの位置姿勢が変化していることがわかる。これによってディスプレイのコンテンツとディスプレイの物理的な位置関係に紐づけた情報提示が可能になる。ユーザは、手元で操作できる端末であるタブレットやスマートフォンを介して、大型ディスプレイのコンテンツと対話することが可能になる。特に、個人的な情報は

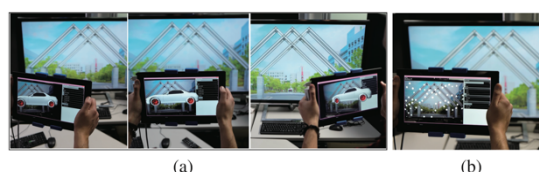


図1 (a) 大型ディスプレイとタブレットを介したインタラクティブディスプレイの実現, (b) タブレット側で読み取る埋め込みマーカの可視化

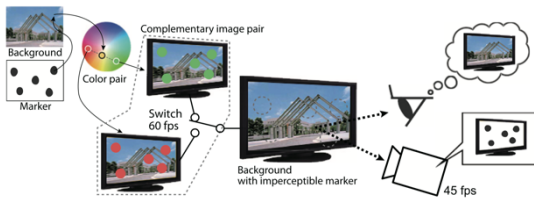


図 3 不可視マーカの埋め込み手順

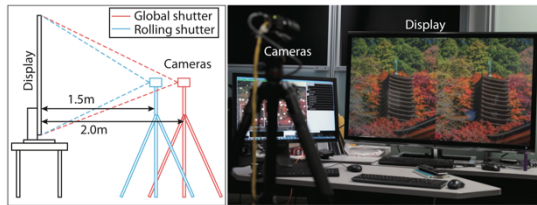


図 2 異なる種類のカメラでの比較実験

個人の端末に表示されることが望ましいと考えられることから、この利用形態は妥当であると考えられる。このインタラクティブ性によって、空港や駅などの公共空間で、大きなディスプレイを介して各個人が自分に関連のある情報を便利に取得できる応用事例も期待できる。図 1(b) はタブレット側でカメラを通して検出した大型ディスプレイに埋め込まれたマーカを見えるように処理した例である。

不可視マーカについても検討を重ねた。簡易的な不可視マーカの埋め込み手順は図 2 に示す。基本的には、表示する映像を 60fps の速さで切り替えることになる。マーカ埋め込み領域の画素を対象に、元の画素値を中間色とする 2 色を選び、対となるような 2 種類のフレームを作成する。そのフレームを人には知覚できない速度で交互に切り替えることで、「不可視マーカ」を実現した。これに対して、カメラでは撮影するタイミングを調整することで、マーカを検出することができる。研究成果として、ある条件下で、必ずマーカが抜き出せることを証明し、またそれを実装することで基盤技術として動作も確認できた。

また、不可視マーカを検出するために、カメラの特性から受ける影響を調査するために異なる特性をもつカメラ間で比較実験を行った。図 3 に示すとおり、グローバルシャッターとローリングシャッターの比較である。さらに、表示コンテンツとして「静止画」で動作することは確認できたが、埋め込み手法の性質上、そのままでは「動画」への適用は難しい。そこで、動的なコンテンツへの適用についても調査を行い、適用可能性についても論文中で議論している。

三つ目の課題であった「光投影による実空間中へのマーカ埋め込みに生じる問題解明と頑強なマーカ埋め込み手法」に関しては、最終的には研究成果として発表には至らなかったものの、ある一定の条件下では液晶ディスプレイと同様に、プロジェクト映像中にマーカを埋め込めることは確認できた。投影

する際の光量や投影対象の反射特性などにも影響を受けやすいが、美術館や博物館といった特定の現場での利用であれば、そのあたりの調整は可能であると考えている。この技術とクロマキー技術を用いることで、手軽にカメラの位置姿勢に自由度を持たせたバーチャルスタジオが実現できる。本研究期間中では安定したシステム実装までは到達できなかったが、その可能性を見出した。

その他の貢献として、インタラクティブディスプレイとして関連のある技術に関していくつかの研究成果を発表した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

① Goshiro Yamamoto, Luiz M. Sampaio, Takafumi Taketomi, Christian Sandor, Hirokazu Kato, and Tomohiro Kuroda, "Imperceptible On-Screen Markers for Mobile Interaction on Public Large Displays", *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol. E100-D, No. 9, pp. 2027-2036, 2017.

<http://doi.org/10.1587/transinf.2016PCP0015>

② Tuukka Karvonen, Yusuke Muranishi, Goshiro Yamamoto, Tomohiro Kuroda, and Toshihiko Sato, "Evaluation of a Novel Multi-Articulated Endoscope: Proof of Concept through a Virtual Simulation", *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, Vol. 12, Issue 7, pp. 1123-1130, July 2017.

<https://doi.org/10.1007/s11548-017-1599-0>

③ Zeeshan Asghar, Niina Keränen, Goshiro Yamamoto, Takafumi Taketomi, Christian Sandor, Hirokazu Kato, and Petri Pulli, "Remote Assistance for Elderly to Find Hidden Objects in a Kitchen", *EAI Endorsed Transactions on Pervasive Health and Technology*, Vol. 3, Issue 12, e3, 7 pages, 2017.

<http://dx.doi.org/10.4108/eai.7-9-2017.153065>

④ Aryan Firouzian, Yukitoshi Kashimoto, Goshiro Yamamoto, Niina Keränen, Zeeshan Asghar, and Petri Pulli, "Twinkle Megane: Evaluation of Near-Eye LED Indicators on Glasses for Simple and Smart Navigation in Daily Life", *EAI Endorsed Transactions on Pervasive Health and Technology*, Vol. 3, Issue 12, e6, 6 pages, 2017.

<http://dx.doi.org/10.4108/eai.7-9-2017.153068>

〔学会発表〕(計 5 件)

① Tuukka Karvonen, Goshiro Yamamoto, Yusuke Muranishi, Toshihiko Sato, and Tomohiro Kuroda, "Augmented virtuality platform for usability evaluation of a novel endoscope concept", the joint conference of the European Medical and Biological Engineering Conference (EMBEC) and the Nordic-Baltic Conference on Biomedical Engineering and Medical Physics (NBC), pp. 575-578, Tampere, Finland, 2017.

https://doi.org/10.1007/978-981-10-5122-7_144

② Aryan Firouzian, Yukitoshi Kashimoto, Goshiro Yamamoto, Niina Keranen, Zeeshan Asghar, and Petri Pulli, "Near-Eye LED Indicators on Glasses for Simple and Smart Navigation in Daily Life", Proceedings of EAI International Conference on IoT and Big Data Technologies for HealthCare 2016 (IoT-Care 2016), Budapest, Hungary, June 2016.

③ Ryo Akiyama, Goshiro Yamamoto, Toshiyuki Amano, Takafumi Taketomi, Christian Sandor, and Hirokazu Kato, "Appearance Control in Dynamic Light Environments with a Projector-Camera System", USB Proceedings of IEEE VR Workshop on Perceptual and Cognitive Issues in AR (PERCAR2016), March 2016.

④ Goshiro Yamamoto, Luiz G. M. Sampaio, Takafumi Taketomi, Christian Sandor, and Hirokazu Kato, "Imperceptible On-Screen Markers for Arbitrary Background Images", International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2015), Fukuoka, Japan, 30 September - 3 October 2015.

⑤ Luiz G. M Sampaio, Yoshio Yamada, Goshiro Yamamoto, Takafumi Taketomi, Christian Sandor, and Hirokazu Kato, "Detection of Imperceptible On-Screen Markers with Unsynchronized Cameras", 研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM), 2015-CVIM-195 (64), 2015年1月.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本豪志朗 (YAMAMOTO, Goshiro)
京都大学大学院医学研究科・特定講師
研究者番号: 70571446

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし

(4) 研究協力者

該当なし