

令和元年6月5日現在

機関番号：32612

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K12729

研究課題名(和文) 順応特性に基づく光学シースルー型HMDの知覚的ハイコントラスト化

研究課題名(英文) Perceptually high contrast optical see-through HMD based on light/dark adaptation

研究代表者

森 尚平 (Mori, Shohei)

慶應義塾大学・理工学部(矢上)・訪問研究員

研究者番号：10795587

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、拡張/複合現実感用の光学シースルー型HMD (OST-HMD) における実シーン及び仮想物体間に生じるコントラスト差の不整合を、主にソフトウェア的および心理学的アプローチにより解決することである。本研究では、明/暗順応などの人の目の特性を考慮して利用者に気づかれないように外光遮蔽の減衰率を制御することにより、あたかもハードウェアの性能限界を超えて高輝度に仮想物体を知覚させる錯覚現象を確認し、これを実時間制御するための外光遮蔽機構と疑似ハイコントラスト描画性能を備えるOST-HMDの試作・実証実験を通して、上記不整合の解決法の実現可能性や限界を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

複合/拡張現実感における仮想物体像の明るさを錯覚させることで実物体との光学的整合性を図ろうとする研究は見られない。そもそもOST-HMDにおいて実背景と仮想物体の明るさの違いによる整合性問題を解決しようとする研究自体が極めて少ないため、本研究課題は学術的に独創的で特色がある。また、市販のOST-HMDにもバイザーが取り付けられているように、ハードウェア的に仮想物体の輝度を高めることは簡単ではないため、本研究課題のように知覚的高コントラスト化ができれば表現能力の向上やHMDの低コスト化につながると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The goal of this study is to mitigate inconsistency in contrast between real and virtual objects seen through an optical see-through head-mounted display (OST-HMD) by software and psychological approaches. The key idea of such approach is to continuously adjust the opacity of controllable optical visor such as liquid crystal (LC) filters to dim the environment light and to utilize dark adaptation not to let the users becoming aware of the change of the light attenuation. Consequently, virtual content appears to be brighter for the user. User studies and results using a prototype OST-HMD attached with controllable LC visors demonstrated the phenomenon and clarified limitations of the proposed approach.

研究分野：複合現実感

キーワード：光学シースルー型ヘッドマウンテッドディスプレイ 複合現実感 Optical See-Through HMD Mixed Reality

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

OST-HMD では実シーン及び仮想物体像を写す映像提示装置からの光が同時に提示されるが、映像提示装置の性能限界から両者の光量は大きく異なり、一種の光学的不整合が生じることは従来から知られている。こうした不整合を画像処理の問題として扱える利点を生かして解消してきたビデオシースルー型 HMD とは異なり、OST-HMD における幾何学・光学・時間的整合性に関する基礎問題の解決は多くの面において遅れを取ってきた。

その分近年になってからは、米国 UNC の H. Fuchs らが取り組む Light Field 型 HMD や国内では阪大の清川の OST-HMD の較正に関する研究は注目を集めている。事実、3 月開催のバーチャルリアリティに関するトップ会議 IEEE VR 2016 の Best Paper Award や 9 月開催の AR/MR に関するトップ会議 ISMAR 2016 の Best Paper Runner Up Award が OST-HMD の較正に関する研究であったことから注目度の高さが分かる。

しかし、最初に挙げた実シーンと仮想物体間の光量の違いによる不整合を解消しようとする研究例は意外にも少なく、装置の大型化を伴うハードウェア的なアプローチが殆どである。実際、AR/MR における HMD の性能限界や人の視覚機能とのギャップに関する詳しい記述がある最新の書籍 1), 2) にも上記不整合の問題は取り上げられているものの、解決策は殆ど書かれておらず、ハードウェアの進化を待つのみとなっている。本研究課題はその未解決の不整合をソフトウェア的ないしは心理学的アプローチにより解決を図ろうとするものである。

同じ光量の提示刺激も環境の明るさに依り、明るくも暗くも知覚される(図 1)。即ち、外光遮蔽装置で拡張した OST-HMD により、あたかもその映像提示装置の提示可能輝度の性能限界を超えて高輝度に仮想物体像を知覚させられる可能性があると考えた(図 2)。(以降、これを疑似ハイコントラストと呼称する。)

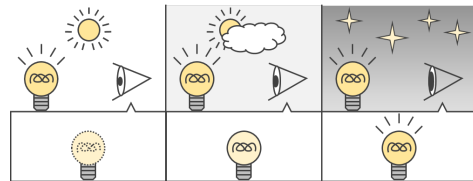


図 1: 外光と知覚される実物体像の明るさ。同じ光量の電球(提示刺激)も周囲が明るければ暗く、周囲が暗ければ明るく知覚される。

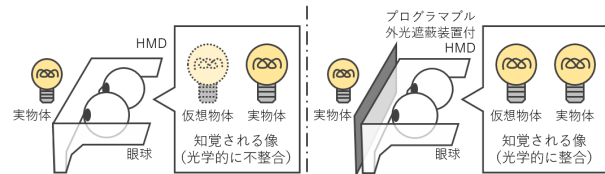


図 2: 既存 OST-HMD と本研究で開発の OST-HMD の違いと解消される光学的不整合。

- 1) D. Schmalstieg and T. Hoellerer: Augmented reality: Principles and practice, Addison-Wesley Professional, 2016.
- 2) 蔵田武志(監), 清川清(監), 大隈隆史(編): "AR(拡張現実)技術の基礎・発展・実践," 科学情報出版, 2016.

2. 研究の目的

本研究の目的は、拡張/複合現実感(AR/MR)用の光学シースルー型ヘッドマウントディスプレイ(OST-HMD)における実シーン及び仮想物体間に生じるコントラスト差の不整合を、主にソフトウェア的および心理学的アプローチにより解決することである。本目的達成の研究課題として、(1) 明/暗順応などの人の目の特性を考慮して利用者に気づかれないように外光遮蔽の減衰率を制御することにより、あたかもハードウェアの性能限界を超えて高輝度に仮想物体像を知覚させる錯覚現象を確認し、(2) これを実時間制御するための外光遮蔽機構と疑似ハイコントラスト描画機能を備える OST-HMD の試作・実証実験を通して、上記不整合解決法の実現可能性や限界を明らかにする。

3. 研究の方法

錯覚現象の確認: OST-HMD の表示部分の前に液晶で透明度を変化させることのできるフィルタ(外光遮蔽装置)を配置した上で、実物体として輝度を調節可能な光源を、仮想物体として実物体の光源と良く似た色形の物体を OST-HMD に表示して、知覚される明るさの比較実験を行った。具体的な実験方法として、実物体として配置した調光済みの光源の輝度は一定に保ったまま、フィルタの透明度を調節することで、目の順応速度より十分緩やかに外光の減衰率を高めたときに、OST-HMD に提示される仮想物体像の輝度がハードウェアの性能限界を超えて高く知覚されること心理実験により確認した。

実・仮想シーンの光量に基づく外光遮蔽率の制御: 人の目の順応特性をオートゲイン機能付きカメラに類する単純なモデルで近似して、外光遮蔽率を制御する手法を検討する。図 3 は本研究で開発した OST-HMD の構成である。図 3 の眼球の位置にその代替としてカメラを設置した場合、外光遮蔽率を変化させても、撮影した画像内の実シーン部分の画素値が急激に変化しないことを確認した。外光遮蔽には、一般に 3D プロジェクタ用眼鏡などで使用される液晶シ

シャッタの使用を検討し、実験に十分な性能を有することを確認した。

外光遮蔽率に応じた仮想物体の疑似ハイコントラスト描画：目が順応し終えた後、その液晶シャッタによる減衰率を考慮して目的の輝度の仮想物体を描画する手法を検討した。

描画用の OST-HMD には複数種類での有効性を示すために比較的多くの研究者が利用している EPSON BT-200 を用いた。

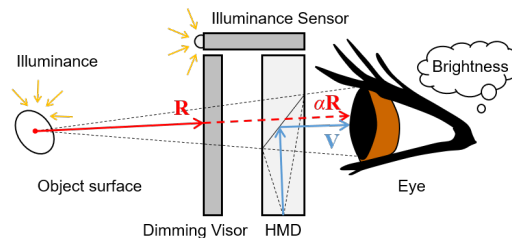


図 3 開発した OST-HMD の構成図

4. 研究成果

「2. 研究の目的」に示した 2 項目を「3. 研究の方法」により確認及び実証し、構築した OST-HMD のプロトタイプのパフォーマンスの限界や実験方法自体の精度に関する議論を含め、バーチャルリアリティに関するトップ会議 IEEE VR 2018 にて発表した(図 4, [学会発表] より)。

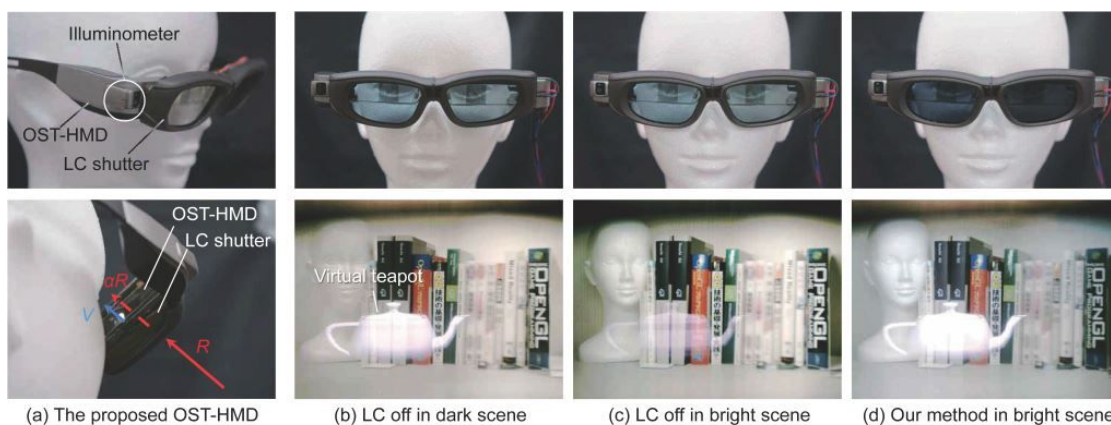


図 4 (a) 開発したプロトタイプの OST-HMD は、測定された環境の明るさに応じて液晶シャッタを動的に調整する。これにより、明るい環境下で知覚される仮想物体の明るさを向上させる。(b) 仮想のティーポットは、暗い環境で背景と矛盾なく見える。(c) 一方、明るい環境では、半透明で薄暗く見える。(d) 液晶シャッタの透過度を徐々に調整することで、ティーポットは明るく見え、背景の明るさは変化しなかった、と知覚される。図 (b), (c), (d) は、自動シャッタースピード調整機能付きの PointGrey 社製 Flea3 カメラを使用し、プロトタイプ HMD を通して撮影した。実験では、実際に (c) から (d) に表される明るさの改善を、体験者が実際に知覚することを心理物理学実験を通して検証した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文(すべて査読あり)](計 9 件)

Shohei Mori and Hideo Saito: An Overview of Augmented Visualization: Observing the Real World as Desired, APSIPA Trans. on Signal and Information Processing, Vol. 7, pages E12, doi: 10.1017/ATSIP.2018.13 (2018.10)

Shohei Mori, Sei Ikeda, and Hideo Saito: A Survey of Diminished Reality: Techniques for Visually Concealing, Eliminating, and Seeing Through Real Objects, IPSJ Trans. on Computer Vision and Applications (CVA), Vol. 9, No. 17, SpringerOpen, DOI: 10.1186/s41074-017-0028-1 (2017.6)

[学会発表](計 24 件)

Satoshi Hashiguchi, Shohei Mori, Miho Tanaka, Fumihisa Shibata, and Asako Kimura: Perceived Weight of a Rod under Augmented and Diminished Reality Visual Effects, Proc. The ACM Symp. on Virtual Reality Software and Technology (VRST) (2018.11)

Shohei Mori, Sei Ikeda, Alexander Plopski, and Christian Sandor: BrightView: Increasing Perceived Brightness of Optical See-Through Head-Mounted Displays Through Unnoticeable Incident Light Reduction, Proc. IEEE Virtual Reality (2018.3)

Shohei Mori: Augmented Visualization: Observing as Desired, APSIPA ASC 2017, Kuala Lumpur, Malaysia (2017.12.13) (招待講演)

Shohei Mori: Augmented and Diminished Reality: Computational Imaging of Existence and Non-Existence, The 24th Int. Display Workshop (IDW), Sendai, Japan (2017.12.8) (招待講演)

Shohei Mori, Sei Ikeda, Christian Sandor, and Alexander Plopski: BrightView: Increasing Perceived Brightness in Optical See-through Head-mounted Displays, Proc. ISMAR-Adjunct, pp. 202 - 203 (2017.10)

Miho Tanaka, Ayushi Misra, Kana Oshima, Satoshi Hashiguchi, Shohei Mori, Fumihisa Shibata, Asako Kimura, and Hideyuki Tamura: Further Experiments and Considerations on Weight Perception Caused by Visual Diminishing of Real Objects, Proc. ISMAR-Adjunct, pp.160 - 161 (2017.10)

Miho Tanaka, Ayushi Misra, Kana Oshima, Satoshi Hashiguchi, Shohei Mori, Fumihisa Shibata, Asako Kimura, and Hideyuki Tamura: Influence on Weight Sensation Caused by Visual Diminishing of Real Objects, USB Memory Proc. Asia Pacific Workshop on Mixed and Augmented Reality (APMAR) (2017.7)

〔図書〕(計2件)

ARの教科書, Dieter Schmalstieg and Tobias Höllerer (原著) 池田聖, 一刈良介, 大槻麻衣, 河合紀彦, 酒田信親, 武富貴史, 藤本雄一郎, 森尚平, 山本豪志朗 (訳), マイナビ出版, 528 ページ (2018.7.30)

OpenCV と Python による機械学習プログラミング, Michael Beyeler (原著) 池田聖, 浦西友樹, 中島悠太, 森尚平, 山添大丈, 山本豪志朗 (訳), マイナビ出版, 352 ページ (2018.8.29)

〔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

BrightView プロジェクトページ: <https://github.com/Mugichoko445/BrightView>

6. 研究組織

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 池田 聖

ローマ字氏名: Sei Ikeda

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。