

令和 2 年 6 月 16 日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K19985

研究課題名（和文）奥行き測距網膜投射に基づく遮蔽対応光学シースルー頭部搭載型ディスプレイの開発

研究課題名（英文）Development of Occlusion-Capable Retinal-Scanning Optical See-Through Head-Mounted Display with Depth Scanning

研究代表者

伊藤 勇太（Itoh, Yuta）

東京工業大学・情報理工学院・助教

研究者番号：10781362

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：光学シースルー頭部搭載型ディスプレイ（OST-HMD）は、装着者の視野に映像を直接重畳し仮想物体を現実世界に統合する、拡張現実感（AR）技術に用いられる。本研究では、表示映像の知覚的な欠損と溢れがない、光学遮蔽を実現したOST-HMDシステムを実現した。具体的には測距統合型レーザープロジェクタを用いた奥行き測距・網膜走査型OST-HMDと透過型液晶ディスプレイ（LCD）を組み合わせ、知覚的に整合する遮蔽を生成する、小型化可能なOST-HMDを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光学シースルー頭部搭載型ディスプレイ（OST-HMD）は、視野にヴァーチャルな映像を現実世界に表示する、拡張現実感（AR）技術に用いられる。OST-HMDによる映像は常に半透明の物体として表示され、映像の現実感を損なう。例えば、OST-HMDによって現実の机の上にティーポットを表示するとティーポットが透けて後ろの机が映りこんでしまい、ポットが机に「在る」感覚を得ることは難しい。この遮蔽問題はOST-HMDによる自然なAR表示を実現する上で、根本的な問題の一つである。本研究では、光学遮蔽を実現したOST-HMDシステムを実現し、より現実感のあるAR表示が実現できることを示した。

研究成果の概要（英文）：Optical see-through head-mounted displays (OST-HMD) are used for augmented reality (AR) technology that integrates virtual objects into the real world by superimposing images directly on the wearer's field of view. In this study, we have realized an OST-HMD system with optical occlusion that is free from perceptual deficiencies and overflowing of the displayed image. We have developed a miniaturized OST-HMD that produces perceptually consistent occlusion by combining a depth-range and retina-scanning OST-HMD with a transmissive liquid crystal display (LCD) using an integrated rangefinder laser projector.

研究分野：拡張現実感

キーワード：拡張現実感 AR HMD 光学遮蔽 可変焦点

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

**光学シースルー頭部搭載型ディスプレイ**(Optical See-Through Head-Mounted Display, **OST-HMD**, 図1)は、装着者の視野に映像を直接重畳し仮想物体を現実世界に統合する、**拡張現実感 (Augmented Reality) 技術**に用いられている。



図1: OST-HMD の例。装着者の視野に映像が直接重畳されている。透過型のため目が透けて見える。

一般に OST-HMD はその透過性により、**仮想物体を常に半透明の物体**としか表示できず、装着者の現実感を損なう。例えば、OST-HMD によって現実の机の上に仮想的なティーポットを描くと、装着者にとってはティーポットが透けて後ろの机が映りこんでしまい、ポットが机に「在る」感覚を得ることは難しい(図2)。この**遮蔽問題は OST-HMD による自然な AR 表示を実現する上で、根本的な問題の一つ**である[1]。

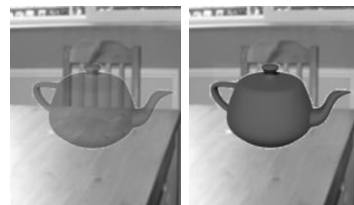


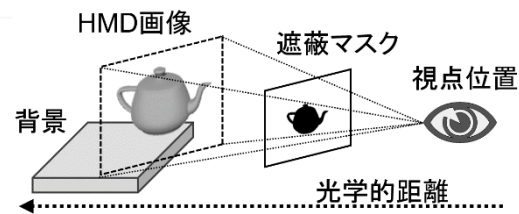
図2: OST-HMD での遮蔽問題の概念図。(左): 既存の AR。仮想物体が実物体上に重畳表示されるが、半透明なため現実感を損なう。(右): 遮蔽有り。

### 2. 研究の目的

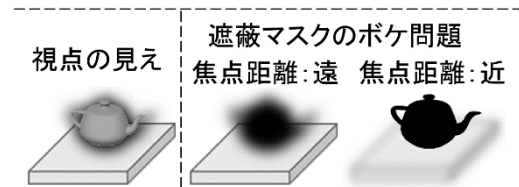
本萌芽研究では、**小型化が可能で、知覚的な欠損と溢れがない遮蔽を実現した OST-HMD システム**を実現する。具体的には**測距統合型レーザープロジェクタを用いた奥行き測距・網膜走査型 OST-HMD と透過型液晶ディスプレイ (LCD)**を組み合わせ、知覚的に整合する遮蔽を生成する、小型化可能な OST-HMD を開発する。

### 3. 研究の方法

光学的に欠損や溢れのない遮蔽を実現する方法として、本研究計画では高密度な**透過型 LCD と画像補間技術**に注目する。透過型 LCD は画素のオンオフを切り替えることにより、各画素の**透過率を切り替える**ことができる。遮蔽マスクの形状を仮想物体の形状に合わせることで、所望の遮蔽を実現できる(図3上)。



しかし仮に遮蔽マスクの形状が HMD 画像と相似であっても、焦点の不一致によりマスク輪郭がボケ、遮蔽があふれてしまう欠点が知られている(図3下)。



そこで本研究では、**OST-HMD は光を加算し、遮蔽マスクは光を減算**するスクリーンである、という点に着目し、あふれた遮蔽(減算)部分を打ち消すような画像(**遮蔽補償画像**)を HMD 側で表示(加算)し、知覚的に整合性のとれた遮蔽を実現することを目指す。

図3: 遮蔽マスクの原理と問題点。遮蔽マスクと背景物体の焦点距離差により、遮蔽マスクの輪郭がボケ、現実感を損なう。

### 4. 研究成果

初年度(2017年度)には、初期計画通り遮蔽補償処理の手法を提案し、LCD による遮蔽マスクを実装した OST-HMD システムを試作することができた[1]。一方で遮蔽マスクが明瞭に生成できるための焦点距離が限定される、背景の奥行情報の活用が限定的である、などの制限が存在する。次年度(2018年度)にて、この問題を解決する新規手法を提案した(図5)[2]。この手法は、国内特許提案も行った[3]。

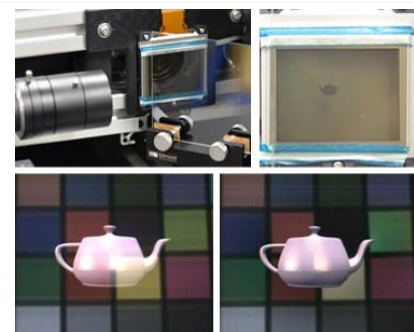


図4: 遮蔽保証画像を実現し、光学シースルーディスプレイ向けの高品質な光学遮蔽を実現した。左上: 試作システム。右上: 遮蔽マスク。左下: 遮蔽無しの AR 映像。映像が透過している。右下: 提案手法による遮蔽有り。

光学遮蔽が正しく反映された映像を実現するためには、視界と映像の位置合わせが重要である。そのため、光学遮蔽の研究の傍

ら、その研究調査結果を別途サーベイ論文として発表した[4]。

最終年度（2019年度）は、初期の計画からさらに発展して、光学遮蔽を応用した視覚補助に関する成果を発表した[5]。

また、当初の予定では背景の奥行情報を取得する手法を組み込む予定であった。しかし、網膜投影式ディスプレイを活用する中で、ユーザーが知覚する奥行に関する知見が、コミュニティに不足していると判断した。そのため、まず、網膜投影式ディスプレイを用いた際のAR映像に対する奥行き知覚に関する研究を実施した。現在論文を投稿中である。

図6に本研究課題の計画と実施結果をまとめる。

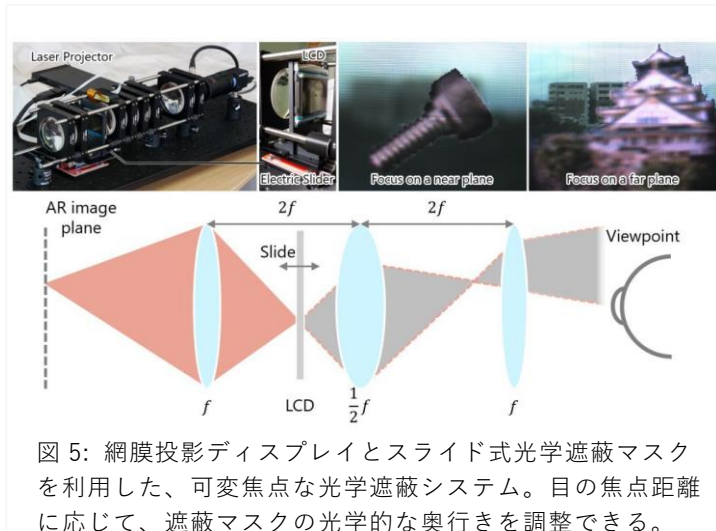


図5: 網膜投影ディスプレイとスライド式光学遮蔽マスクを利用した、可変焦点な光学遮蔽システム。目の焦点距離に応じて、遮蔽マスクの光学的な奥行きを調整できる。

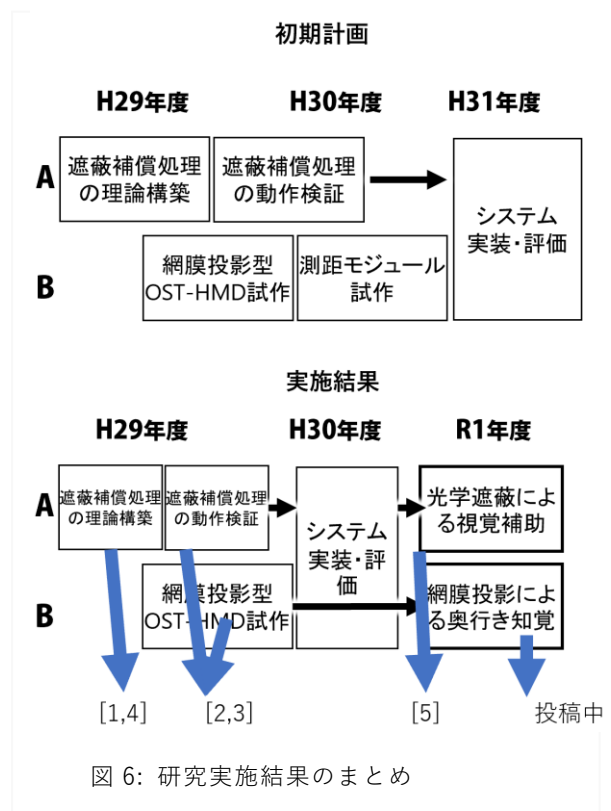
[1] Itoh, Yuta, Takumi Hamasaki, and Maki Sugimoto. "Occlusion leak compensation for optical see-through displays using a single-layer transmissive spatial light modulator." *IEEE transactions on visualization and computer graphics* 23.11 (2017): 2463-2473.

[2] Hamasaki, T., & Itoh, Y. (2019). Varifocal occlusion for optical see-through head-mounted displays using a slide occlusion mask. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 25(5), 1961-1969.

[3] Grubert, J., Itoh, Y., Moser, K., & Swan, J. E. (2017). A survey of calibration methods for optical see-through head-mounted displays. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 24(9), 2649-2662.

[4] 特願 2019-050959、発明者名：伊藤勇太、浜崎巧、権利者名：東京工業大学、出願年月日 2019/3/19

[5] Hiroi, Y., Kaminokado, T., Mori, A., & Itoh, Y. (2020, March). DehazeGlasses: Optical Dehazing with an Occlusion Capable See-Through Display. In *Proceedings of the Augmented Humans International Conference* (pp. 1-11).



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hiroi Yuichi, Kaminokado Takumi, Mori Atsushi, Itoh Yuta	4. 巻 3
2. 論文標題 DehazeGlasses: Optical Dehazing with an Occlusion Capable See-Through Display	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Augmented Humans 2020	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3384657.3384781	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Hamasaki Takumi, Itoh Yuta	4. 巻 25
2. 論文標題 Varifocal Occlusion for Optical See-Through Head-Mounted Displays using a Slide Occlusion Mask	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	6. 最初と最後の頁 1961 ~ 1969
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TVCG.2019.2899249	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Itoh Yuta, Hamasaki Takumi, Sugimoto Maki	4. 巻 23
2. 論文標題 Occlusion Leak Compensation for Optical See-Through Displays Using a Single-Layer Transmissive Spatial Light Modulator	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	6. 最初と最後の頁 2463 ~ 2473
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TVCG.2017.2734427	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Grubert Jens, Itoh Yuta, Moser Kenneth R., Swan II J. Edward	4. 巻 none
2. 論文標題 A Survey of Calibration Methods for Optical See-Through Head-Mounted Displays	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	6. 最初と最後の頁 1 ~ 14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TVCG.2017.2754257	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Hiroi Yuichi、Kaminokado Takumi、Mori Atsushi、Itoh Yuta
2. 発表標題 DehazeGlasses: Optical Dehazing with an Occlusion Capable See-Through Display
3. 学会等名 Augmented Humans 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hamasaki Takumi、Itoh Yuta
2. 発表標題 Varifocal Occlusion for Optical See-Through Head-Mounted Displays using a Slide Occlusion Mask
3. 学会等名 IEEE Virtual Reality 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jens Grubert, Yuta Itoh, Kenneth Moser, J. Edward Swan II
2. 発表標題 Calibration Methods for Optical See-Through Head-Mounted Displays
3. 学会等名 IEEE Virtual Reality 2018: Tutorial (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takumi Hamasaki, Yuta Itoh
2. 発表標題 Occlusion Leak Compensation for Optical See-Through Displays Using a Single-Layer Transmissive Spatial Light Modulator
3. 学会等名 SIGGRAPH Asia 2017 TVCG Special Session On Mixed And Augmented Reality (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takumi Hamasaki, Yuta Itoh
2. 発表標題 Occlusion Leak Compensation for Optical See-Through Displays Using a Single-Layer Transmissive Spatial Light Modulator
3. 学会等名 IEEE ISMAR 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 ディスプレイ装置	発明者 伊藤勇太、浜崎巧	権利者 東京工業大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-050959	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

Varifocal Occlusion <a href="http://www.ar.c.titech.ac.jp/cpt_project/varifocal-occlusion/">http://www.ar.c.titech.ac.jp/cpt_project/varifocal-occlusion/</a>
--

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----