

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H04692

研究課題名(和文) 光学シースルー頭部搭載型ディスプレイと視覚適応画像処理による視覚拡張技術の発展

研究課題名(英文) Advancement of Vision Augmentation via Optical See-Through Head-Mounted Displays and Vision-Adaptive Image Processing

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) 15,200,000円

研究成果の概要(和文)：光学シースルーHMDを用いた拡張現実感(AR)による視覚拡張技術の実現に向け、下記の主成果があった。Beamingプロジェクタによる新しい空間映像投影技術(業績1) 色減算による新しい映像提示技術(業績2,3,15) 深層学習による視点位置を考慮した空間校正手法(業績10) 空間校正手法に関する包括的なサーベイ論文、チュートリアル(業績6,13) 網膜投影映像の奥行き知覚の研究(業績8) 色覚特性に応じて色を補正するメガネ(業績9) 度数をプログラミング可能な眼鏡(業績5) HDRを実現する新しいAR映像表現手法(業績4) 背景とうまく合わせて光学的遮蔽を実現するシースルーHMD(業績7)

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、AR技術を応用しウェアラブルディスプレイによって視覚を賢く補助する視覚拡張技術の基礎を開拓した。視覚拡張の研究ではディスプレイ技術の基礎研究から、実用を見越した応用的研究までを多岐に扱うことが望ましい。本研究ではARディスプレイ技術の根本的問題である位置合わせ問題に関しては、包括的サーベイから深層学習を用いた新しい校正手法の提案まで扱った。視覚特性推定に関しては特に網膜投影ディスプレイに関する新しい知見を獲得した。最後に応用である視覚特性適応画像処理手は、色覚を始めとする様々な視覚機能を補助する技術のコンセプト実証を行った。こうした成果は今後の視覚拡張技術の発展に寄与すると考えている。

研究成果の概要(英文)：We have made the following major achievements toward the realization of visual augmentation technology using augmented reality (AR) with optical see-through HMDs.  
# A new spatial image projection technology using a Beaming Projector (Achievement 1). # New image presentation technology using color subtraction (2, 3, 15). # A new spatial calibration method using deep learning that takes into account the viewpoint position.(10). # Comprehensive survey papers and tutorials on spatial calibration methods(6,13). # Research on depth perception of retinal projection images(8). # Glasses that correct colors according to the color vision characteristics (Achievement 9). # Glasses that can be programmed to a specific power (4) # A new AR image expression method to realize HDR(4). # A new AR image expression method to realize HDR (5) # See-through HMD to realize optical cloaking in combination with the background (7)

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

■本研究に関連する国内・国外の研究動向及び位置づけ

**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)**は、装着者の視野に映像を直接表示し**視界に仮想情報を統合**できる(図1)。OST-HMDは仮想情報を実環境に位置合わせすることで、装着者が知覚する見かけの世界を書き換えられる。OST-HMDには拡張現実感 (AR) 技術を用いた多数の応用が期待され、既に教育[1]・製造業[2]・外科手術の支援[3]等が研究されている。特に近年は EPSON Moverio, Microsoft HoloLens 等、廉価な民生品が発表され OST-HMD 大衆化の機運が高まっている。



図1：OST-HMDの例。装着車の視界に映像が直接重畳されている。

OST-HMDは人の**視覚補助**にも応用可能である。例えば、視野の鮮明度強調が提案されている[4]。視覚拡張はこうした OST-HMD 視覚補助技術の先を目指したもので、人の視力や色覚等の**視覚特性を考慮した画像を OST-HMD に表示**し、主観的な視力や色覚を向上させる**視覚拡張を実現**することを目的としている。これは**視覚そのものに干渉し制御することを目指す**点から独創的であり、普及が期待される OST-HMD の重要な応用先になりうると考える。

[1] H. Kaufmann & D. Schmalstieg '03, [2] W. Friedrich '02, [3] C. Bichlmeier et al. [4] A. D. Hwang and E. Peli '14

## 2. 研究の目的

本研究は、**視力補正や色覚補助**といった人間の視覚機能を、OST-HMDにより制御・強化する、**視覚拡張 (Vison Augmentation, VisAug) 技術**を実現する。

視覚拡張技術の実現には、仮想物体と実環境のずれが視野角 1/60 度以下の**超高精度な空間校正**に加え、目の視線や焦点距離といった**個人の見え (視覚特性) に応じた画像処理**が必要とされる(図2)。しかし、これらの要請を共に実現する OST-HMD システムは報告されていない。従って本研究では、OST-HMD の**超高精度空間校正手法**、眼球カメラによる**視覚特性の推定手法**、を開発し、それらを統合した OST-HMD システムを用いた**視覚特性適応画像処理**技術を開発する。

OST-HMD による視覚拡張は、計算機によって光学プロセスを再現する **Computational Photography** の概念を、**OST-HMD と目からなる**

**「プロジェクタ・カメラシステム (PCS)」**に適用する試みとも解釈できる。PCS においては色覚補助(図3 [C1])や、コントラスト強化(図3 [C2])、視力補正(図3 [C3])等が知られており、原理的には同様の効果を OST-HMD でも実現することが期待できる。例えば、背景の見かけの解像度を OST-HMD を用いて向上させる技術は、PCSにおける逆畳み込み演算によるボケ除去(図3 [C3])としてモデル化できる。



図2: OST-HMDによる解像度向上手法。高精度な位置合わせが必須

以下では具体的な研究項目を3つ取り上げて検討する(図3A,B,C)。

【A. 超高精度空間校正手法】 OST-HMD を使って所望の視覚刺激を眼球へ与えるには、HMD 座標系における眼球の三次元位置を精密に推定する必要がある。理想的には網膜中心の解像度である視野角 1/60 度以下の精度が要求される。本研究項目では、従来手法よりも**正確な眼球モデル**[A1]を用いた精密な眼球位置推定手法と、OST-HMD の光学モデルに基づく**歪み補正技術**を統合し、超高精度な OST-HMD 自動空間校正手法を検討する。

[A1] Almeida, & Carvalho, Different schematic eyes and their accuracy to the in vivo eye: Brazilian Journal of Physics, 2007.

【B. 視覚特性の推定】 所望の視覚効果を計算するには眼球毎の**視覚特性**（焦点距離、瞳孔径、注視対象、HMD 画像の見え等）が必要である。OST-HMD は PCS とは異なりカメラ（眼球）のパラメータを直接取得できないため、眼球の光学的観測によって推定する。例えば、瞳孔径はカメラの絞りに相当するためボケ量と相関し(図 3[B1])、水晶体厚みはレンズに相当するため焦点距離と相関する(図 53[B2])。本研究では、OST-HMD による画像提示と眼球追跡カメラを組み合わせ、**視覚特性をリアルタイムで簡便に推定**できる手法を検討する。

【C. 視覚特性適応画像処理】 視覚特性が既知の場合に所望の視覚効果を再現する**適応画像処理**、特に**裸眼視力補正と色覚補助向け視覚拡張処理**をモデル化し、実装方法を検討する。

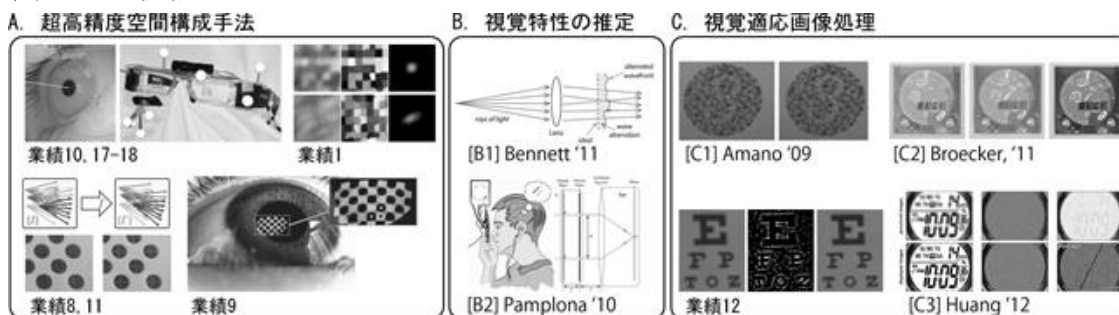


図 5: 研究項目関連研究(業績は過去の研究)

### 3. 研究の方法

【A. 超高精度空間校正手法】 より正確な眼球・OST-HMD 光学モデルを校正手法に組み込み、校正精度を向上する。モデルに関する仮定を段階的に増やし、**精度向上のサイクルを積み重ねる**。

【B. 視覚特性の推定】 研究項目 C で選出した視覚特性の、光学計測と画像処理による推定手法を検討する。検討では OST-HMD システムでの実施可能性に留意し、項目 A で用いる眼球・HMD 光学モデルを考慮し理論を構築する。特に困難な特性（眼球の解剖学的数値等）に関して推定が不可能な場合、既存の近似モデルを用いることとし、視覚拡張システムの原理検証を優先する。

【C. 視覚特性適応画像処理】 研究期間前半は、実用的な適応画像処理応用を検討すると共に、**処理に必須となる視覚特性の選定**を行う。選定では、推定の困難さに関する調査も行い、視覚拡張に影響の高い特性が選定されるよう留意する。研究期間後半にかけては、これまでの OST-HMD システム試作の実績を活かし、視覚拡張システムを実装し評価する。

#### 4. 研究成果

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)を用いた拡張現実感 (AR) 応用において、視覚特性適応画像処理を用いた視覚の拡張技術の実現に向けて、主に下記の研究成果があった。

##### 【A. 超高精度空間校正手法】

- ・ Beaming プロジェクションによる新しい空間映像投影技術 (業績 1)
- ・ 色減算に基づく新しい映像提示技術 (業績 2, 3, 15)
- ・ 深層学習による視点位置を考慮した空間校正手法 (業績 10)
- ・ 空間校正手法に関する包括的なサーベイ論文、チュートリアル (業績 6,13)

##### 【B. 視覚特性の推定】

- ・ 網膜投影ディスプレイによる奥行き知覚の研究 (業績 8)

##### 【C. 視覚特性適応画像処理】

- ・ 色覚特性に応じて色を補正するメガネ (業績 9)
- ・ 度数をプログラミング可能な眼鏡 (業績 4)
- ・ HDR を実現する新しい AR 映像表現手法 (業績 5)
- ・ 背景とうまく合わせて光学的遮蔽を実現するシースルーHMD (業績 7)

以下に成果一覧を示す。

##### 【国際論文誌論文 (ジャーナル)・査読付き】 (計 13 本、うち筆頭 6 本)

1. **Yuta Itoh**(東京工業大学 助教・JST さきがけ研究員), Takumi Kaminokado, Kaan Aksit, “Beaming Displays.” *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (IEEE TVCG)*, (Presented at *IEEE Virtual Reality (VR) 2021*), 2021  
<https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/TVCG.2021.3067764>
2. Takumi Kaminokado, Yuichi Hiroi, **Y. Itoh**(東京工業大学 助教・JST さきがけ研究員), “StainedView: Variable-Intensity Light-Attenuation Display with Cascaded Spatial Color Filtering for Improved Color Fidelity.” *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2020.  
<https://doi.org/10.1109/TVCG.2020.3023569>
3. **Y. Itoh**(東京工業大学 助教・JST さきがけ研究員), Tobias Langlotz, Daisuke Iwai, Kiyoshi Kiyokawa, Toshiyuki Amano, “Light Attenuation Display: Subtractive See-Through Near-Eye Display via Spatial Color Filtering,” (**Best Journal Paper Nominee**) *IEEE TVCG*, (Presented at *IEEE Virtual Reality (VR) 2019*), vol. 25, num. 5, pp. 1951 - 1960, 2019.  
(引用数 7, 採択率 23.2%) (1/5)  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8676153>
4. **Y. Itoh**(東京工業大学 助教・JST さきがけ研究員), Tobias Langlotz, Stefanie Zollmann, Daisuke Iwai, Kiyoshi Kiyokawa, Toshiyuki Amano Computational Phase-Modulated Eyeglasses *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 27 num. 3, pp. 1916 - 1928, 2019.  
<https://doi.org/10.1109/TVCG.2019.2947038>
5. Takumi Hamasaki, **\*Y. Itoh**(東京工業大学 助教・JST さきがけ研究員), Yuichi Hiroi, Daisuke Iwai, Maki Sugimoto, “HySAR: Hybrid Material Rendering by an Optical See-Through Head-Mounted Display with Spatial Augmented Reality Projection,” *IEEE TVCG*, (Presented at *IEEE VR 2018*), vol. 24 num. 4, pp. 1457–1466, 2018.  
(引用数 4, 採択率 16.3%) (2/5)  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8260968>
6. \*Jens Grubert, **Y. Itoh**(東京工業大学 助教・JST さきがけ研究員), Kenneth R Moser, Edward J Swan A Survey of Calibration Methods for Optical See-

Through Head-Mounted Displays,” *IEEE TVCG*, 24 (9), pp. 2649–2662, 2018.  
(引用数 27) (2/4)

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8052554>

7. \***Y. Itoh**(慶応義塾大学 特任助教), Takumi Hamasaki, Maki Sugimoto, “Occlusion Leak Compensation for Optical See-Through Displays using a Single-layer Transmissive Spatial Light Modulator,” *IEEE TVCG, (Presented at IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) 2017)*. 23(11), pp.2463-2473, 2017  
(引用数 19, 採択率 12.4%) (1/3)

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8007218>

#### 【国際会議論文（カンファレンスペーパー）・査読付】

8. Etienne Peillard, **Y. Itoh**, Guillaume Moreau, Jean-Marie Normand, Anatole Lécuyer, Ferran Argelaguet Can Retinal Projection Displays Improve Spatial Perception in Augmented Reality? Proceedings of IEEE ISMAR 2020, Recife, Brazil, pp 80-89, Oct. 14-18, 2020.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9284699/>

9. \*Tobias Langlotz, Jonathan Sutton, Stefanie Zollmann, **Y. Itoh**(東京工業大学 助教・JST さきがけ研究員), Holger Regenbrecht, “ChromaGlasses: Computational Glasses for Compensating Colour Blindness,” (**Honourable Mention Award 受賞**) *Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI) 2018*, Montreal, QC, Canada, April 21-26, 2018, pp. 1-12, 2018.  
(引用数 23, 採択率 25.7%) (4/5)

<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3173574.3173964>

#### 【国際会議論文（カンファレンスポスターペーパー）・査読付き】

10. Kiyosato Someya, Yuichi Hiroi, Makoto Yamada, **Y. Itoh**, “OSTNet: Calibration Method for Optical See-Through Head-Mounted Displays via Non-Parametric Distortion Map Generation,” Proceedings of IEEE ISMAR 2019, Beijing, China, pp 259--260, Oct. 14-18, 2019.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8951967>

11. Xuan Zhang, Jonathan Lundgren, Yoya Mesaki, Yuichi Hiroi, **Y Itoh**(東京工業大学 助教・JST さきがけ研究員), “Stencil Marker: Designing Partially Transparent Markers for Stacking Augmented Reality Objects” Proceedings of IEEE ISMAR 2020, Recife, Brazil, pp 255--257, Oct. 14-18, 2020.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9288474>

12. Atsushi Mori and Yuta Itoh DroneCamo: Modifying Human-Drone Comfort via Augmented Reality Proceedings of IEEE ISMAR 2019, Beijing, China, pp 167-168, Oct. 14-18, 2019.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8951985>

#### 【国際会議チュートリアル】（計 1 件）

13. Jens Grubert, **Y. Itoh**, Kenneth Moser, J. Edward Swan II, “Calibration Methods for Optical See-Through Head-Mounted Displays.” IEEE Virtual Reality 2018.

#### 【招待講演】（計 1 件）

14. 伊藤勇太, [SIG-MR/PRMU/CVIM/MVE/PoTS 合同研究会](#), [招待講演] Augmenting Your Vision ～ 近年の光学透過型 near-eye ディスプレイ研究の進捗について ～, 京都テルサ, 京都, 2019 年 1 月 17 日

#### 【国内特許出願】（計 1 件）

15. 特開 2020-154075 (特願 2019-050959)、国立大学法人東京工業大学、「ディスプレイ装置」、伊藤勇太、トビアス ラングロット、公開日 2020 年 9 月 24 日、出願日 2019 年 3 月 19 日

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件／うち国際共著 5件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Itoh Yuta, Langlotz Tobias, Iwai Daisuke, Kiyokawa Kiyoshi, Amano Toshiyuki	4. 巻 25
2. 論文標題 Light Attenuation Display: Subtractive See-Through Near-Eye Display via Spatial Color Filtering	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 1951 ~ 1960
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TVCG.2019.2899229	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 該当する
1. 著者名 Hamasaki Takumi, Itoh Yuta, Hiroi Yuichi, Iwai Daisuke, Sugimoto Maki	4. 巻 24
2. 論文標題 HySAR: Hybrid Material Rendering by an Optical See-Through Head-Mounted Display with Spatial Augmented Reality Projection	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	6. 最初と最後の頁 1457 ~ 1466
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TVCG.2018.2793659	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
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 Langlotz Tobias, Sutton Jonathan, Zollmann Stefanie, Itoh Yuta, Regenbrecht Holger	4. 巻 n.a.
2. 論文標題 ChromaGlasses: Computational Glasses for Compensating Colour Blindness	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACM CHI proceedings	6. 最初と最後の頁 1~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3173574.3173964	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 該当する

1. 著者名 Peillard Etienne, Itoh Yuta, Moreau Guillaume, Normand Jean-Marie, Lecuyer Anatole, Argelaguet Ferran	4. 巻 n.a.
2. 論文標題 Can Retinal Projection Displays Improve Spatial Perception in Augmented Reality?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE ISMAR 2020 Conference Paper	6. 最初と最後の頁 80-89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISMAR50242.2020.00028	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 該当する

1. 著者名 Itoh Yuta, Kaminokado Takumi, Aksit Kaan	4. 巻 27
2. 論文標題 Beaming Displays	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	6. 最初と最後の頁 2659~2668
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVCG.2021.3067764	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 該当する

1. 著者名 Someya Kiyosato, Hiroi Yuichi, Yamada Makoto, Itoh Yuta	4. 巻 n.a.
2. 論文標題 OSTNet: Calibration Method for Optical See-Through Head-Mounted Displays via Non-Parametric Distortion Map Generation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE ISMAR 2019 Poster Paper	6. 最初と最後の頁 259--260
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISMAR-Adjunct.2019.00-34	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 Zhang Xuan、Lundgren Jonathan、Mesaki Yoya、Hiroi Yuichi、Itoh Yuta	4. 巻 n.a.
2. 論文標題 Stencil Marker: Designing Partially Transparent Markers for Stacking Augmented Reality Objects	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE ISMAR 2020 Poster Paper	6. 最初と最後の頁 255--257
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISMAR-Adjunct51615.2020.00073	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 -

〔学会発表〕 計9件 (うち招待講演 1件/うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Itoh Yuta、Langlotz Tobias、Iwai Daisuke、Kiyokawa Kiyoshi、Amano Toshiyuki
2. 発表標題 Light Attenuation Display: Subtractive See-Through Near-Eye Display via Spatial Color Filtering
3. 学会等名 IEEE Virtual Reality 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤勇太
2. 発表標題 視覚拡張に向けた最近のnear-eyeディスプレイ研究の発展に関して
3. 学会等名 日本ヴァーチャルリアリティ学会 第57回 複合現実感研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018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 Itoh Yuta, Hamasaki Takumi, Sugimoto Maki
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

1. 発表者名 Langlotz Tobias, Sutton Jonathan, Zollmann Stefanie, Itoh Yuta, Regenbrecht Holger
2. 発表標題 ChromaGlasses: Computational Glasses for Compensating Colour Blindness
3. 学会等名 ACM CHI 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Peillard Etienne, Itoh Yuta, Moreau Guillaume, Normand Jean-Marie, Lecuyer Anatole, Argelaguet Ferran
2. 発表標題 Can Retinal Projection Displays Improve Spatial Perception in Augmented Reality?
3. 学会等名 IEEE ISMAR 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Itoh Yuta, Kaminokado Takumi, Aksit Kaan
2. 発表標題 Beaming Displays
3. 学会等名 IEEE VR 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Someya Kiyosato、Hiroi Yuichi、Yamada Makoto、Itoh Yuta
2. 発表標題 OSTNet: Calibration Method for Optical See-Through Head-Mounted Displays via Non-Parametric Distortion Map Generation
3. 学会等名 IEEE ISMAR 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zhang Xuan、Lundgren Jonathan、Mesaki Yoya、Hiroi Yuichi、Itoh Yuta
2. 発表標題 Stencil Marker: Designing Partially Transparent Markers for Stacking Augmented Reality Objects
3. 学会等名 IEEE ISMAR 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 光学式シースルー型ディスプレイ	発明者 伊藤勇太、Tobias Langlotz	権利者 東京工業大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-050960	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

Light Attenuation Display <a href="http://www.ar.c.titech.ac.jp/cpt_project/light-attenuation-display/">http://www.ar.c.titech.ac.jp/cpt_project/light-attenuation-display/</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
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ニュージーランド	オタゴ大学			
Germany	Coburg University			
USA	Mississippi State University			
New Zealand	Otago University			
英国	University College of London			