

令和 4 年 6 月 28 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2017～2021

課題番号：17H00738

研究課題名（和文）コンピューショナル・オブサルモロジー：ARを用いた視覚障害者の視力の適応的増強

研究課題名（英文）Computational Ophthalmology: Adaptive Vision Enhancement for the Visually Impaired using Augment Reality

研究代表者

茅 暁陽 (Mao, Xiaoyang)

山梨大学・大学院総合研究部・教授

研究者番号：20283195

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,500,000円

研究成果の概要（和文）：実環境シーンや色覚障がい者個人の主観的意図を捉え、疾患固有の視覚特性を補整する視刺激をHMD（Head Mounted Display）を介して呈示する方式、コンピューショナル・オブサルモロジー処理基盤技術を確立し、色覚、視野、運動の3つの障をケーススタディとして支援技術を開発した。色覚障がいについては、自然にコントラストを強調できる色変換技術、視野障がいに対しては、全景映像の小窓を残存視野に重畳し視界情報を補償する方式と、残存視野の縁にそって視界外の発生イベントを高輝度エッジで告知する方式、両眼複視に対しては、正常側の視線に合わせて障害側の映像を実時間で提示できる技術を設計・実装した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

提案するコンピューショナル・オブサルモロジー処理基盤は、センシング、外界/内観分析、画像合成から構成されるHITL（Human-in-the-Loop）モデルの典型例である。個別の眼科疾患、特に色覚異常への画像処理方式やデバイスサイドから見た眼科疾患への応用に関してはいくつか報告が知られているが、モデルに基づいて、包括的に眼科疾患の症状緩和に挑み、新たな医工学分野を開拓しようとする試みは本研究が世界初である。本研究成​​果は視覚障害者のQoLの改善に直接資するものである。

研究成果の概要（英文）：This research proposed the concept of computational ophthalmology that refers to the approaches of applying modern computational technology to support people with visual impairment. Technologies of presenting visual stimuli via a Head Mounted Display (HMD) that compensate for disease-specific visual characteristics by capturing and analyzing real-world scenes as well as the subjective intentions of the individual with disabilities were developed and validated through experiments. Case studies on three visual impairments, color blindness, visual field loss and binocular diplopia were conducted.

研究分野：ビジュアルコンピューティング

キーワード：計算眼科学 拡張現実 色覚補償 視野補償

1. 研究開始当初の背景

人間は常に外界から絶えず情報を取得することで自身が生活する環境を理解し、的確な意思決定に役立っている。その情報を伝える五感のうち優に 7 割が視覚系であることも周知の事実である。過剰気味の情報を即刻選別し、より高度な判断を迫られる機会が増え続ける現代社会において、失明のように完全に視力を喪失しているわけではないが、機能の部分的な欠落により、重要なタスクの実行や周囲とのコミュニケーションに無視できない支障を来し、危険に晒されている眼科患者の日常生活の質 (QoL) を可能な限り保証することは、喫緊の社会的課題の一つである。従来の眼科においては、色調を矯正する偏光フィルタや、光を屈折させて視線方向を補整するプリズム眼鏡、異常のある側の視界を一時的に遮蔽する眼帯や遮蔽レンズ眼鏡を利用するような対症療法が一般的であった。これら光学的医療器具は、オーダーメイドによって個別化の度合いは向上させられても、その機能や効果は設計段階で確定するため静的であると言わざるを得ない。仮に、昨今商用化が進んでいるヘッドマウントディスプレイ (HMD) の利用に切り替えたとしても、単なる画像変換では日常生活で絶えず移り変わるシーンの光強度・帯域の変化やタスク・主観的意図の差異に対する即時的な機能選択のような適応性は期待できない。

2. 研究の目的

本研究では、最新の画像処理及び拡張現実技術を駆使し、視覚障害者の社会生活の質を劇的に改善するアプローチとして「コンピューショナル・オブサルモロジー (計算眼科学)」と称する技術を開発する。実際代表的疾患として知られる、色覚異常、視野異常、両眼複視の 3 疾患をケーススタディに選び、それぞれに対し、各種のセンシングデバイスを組み合わせ、実環境シーンの客観的構成や患者個人の主観的意図を捉え、色覚・視界特性を補整する視覚的刺激を発生し、光学的シースルー型/ビデオシースルー型ヘッドマウントディスプレイを介して呈示するような方法論を開発する。そして提案技術によって、従来の光学的器具や単純な画像変換技術の利用では実現困難であった適応的視力増強の効果が達成できることを実験的に検証する。

3. 研究の方法

本研究では、以下の 2 課題を設定し、分野と専門のバランスを配慮した 2 機関 3 部局 5 名 (情報工学 4 名, 医学 1 名) から構成される研究体制をとり、5 年間に渡り取り組んだ。

A. コンピューショナル・オブサルモロジー共通処理基盤の構築

対象シーンをビデオセンシングにより客観的に捕捉し、そのコンテンツを分析すると同時に、内向きカメラによる視線の追跡を組み合わせ、患者の主観的意図を推定し、これらの情報を組み合わせた視覚的刺激 (補償画像) をオプティカルシースルー (OST) 型/ビデオシースルー (VST) 型 HMD を通して呈示する共通処理基盤を構築する。

B. 典型的な眼科 3 疾患に対するコンピューショナル・オブサルモロジー処理方式の開発

色覚障がい、視野障がい、両眼複視という患者人口の多い代表的疾患 3 例をケーススタディに選び、各々に対して具体的な処理方式を開発する。シミュレーションと健常者による基本評価実験に続いて、実際の眼科疾患の患者の協力による評価実験も実施し、その効果を詳細に検証する。

B-1 (色覚障がい): 人口の 5% に見られる色覚障がいは先天性眼科疾患が殆どであり、根治の方法はなく、多くの患者が職業や日常生活で様々な制限を強いられている。実際のシーンに重畳表示することで色のコントラストを強調できるような補償技術を開発する。そのために、色覚障がいシミュレーションモデルに基づく画像変換技術ならびに OST-HMD 上での重畳表示による補償技術を実現する。

B-2 (視野障がい): 緑内障や脳疾患が要因となり、視野が狭くなる (視野狭窄)、あるいは視野の左右半分や周囲が見えなくなる (視野欠損) 等の疾患をさす。本研究では、欠損した視野の情報を残存する視野において可視化する技術を開発する。

B-3 (両眼複視): 光を屈折させて視線方向を補整するプリズム眼鏡で対応可能な斜視と異なり、眼運動神経障害に起因して両眼を連動させられないため、物が二重に見える症例である。健常眼の側で外界の何を捉えようとしているかを絶えず推定し、もう片方の眼に両眼視差が可能となる画像を全周囲カメラ映像から切り出し VST-HMD に出力する技術を開発する。

4. 研究成果

4.1 コンピューショナル・オブサルモロジー共通処理基盤の構築

外界をセンシングする外向きカメラ、患者の視線を追跡する内向きカメラで構成される入力モジュールから、コア処理モジュールがデータを受け取り、外界情報と主観的意図に基づく視覚強化画像を生成して、OST/VST-HMD を擁する出力モジュールを介して表示するという適応的処理基盤を構築した。開発基盤の有効性を検証するために、外向きカメラと視線追跡機能を有する Microsoft 社製 Hololens2 を用いてプロトタイピングを行い、シミュレーション患者及び実際の患者による評価実験を通して有効性を示すことができた。

4.2 典型的な眼科三疾患に対するコンピューショナル・オブサルモロジー処理方式の開発

4.2.1 色覚障がい

色覚障がい (Color Vision Deficiency, CVD) によるコントラスト損失を補償できる技術として、以下の4つの成果を得た。二色覚補償のための色変換技術； 個人の障がい度合に適應できる色変換技術； 高速色変換技術； OST/VST-HMD を用いた補償技術

二色覚補償のための色変換技術

シミュレーションモデル[1]によれば、CVD が知覚できる色は、図1(左)のグレーで示す2色半平面上の色となる。画像内の任意2色 c_i, c_j が2色半平面に投影されると、色 \tilde{c}_i と \tilde{c}_j の間の距離は縮まり、コントラストロスが生じる。2色半平面において \tilde{c}_i, \tilde{c}_j をそれぞれ $\tilde{c}'_i, \tilde{c}'_j$ に移動し、距離を伸ばすことでコントラストを強調することができる。画像内のすべての色を2色半平面に投影し、2点間の距離の和が最大となるように最適化を行った後、移動後の色を元の3次元色空間に戻すことで、コントラストを強調した支援画像を生成する技術を開発した。しかし、2色半平面上で色を大きく移動すると、普段見えている色からかけ離れ、ユーザに違和感を与えてしまうことがある。開発した技術では、CVD が本来知覚できる色については、移動後の色と元の画像の色との差をできるだけ小さく保つための項もコストに加えて最適化を行うことで、自然さを保ちながらコントラストを強調することに成功した。さらに、色の知覚均等性を有する Lab 色空間を用いた変換アルゴリズムも開発・実装した。図1(右)に提案手法の結果例を示す。元画像のシミュレーション画像ではコントラストロスにより太陽が消えていたが、本研究で開発した技術により太陽が見えるようになり、さらに本来見えるはずの黄色と青色も保存されている。

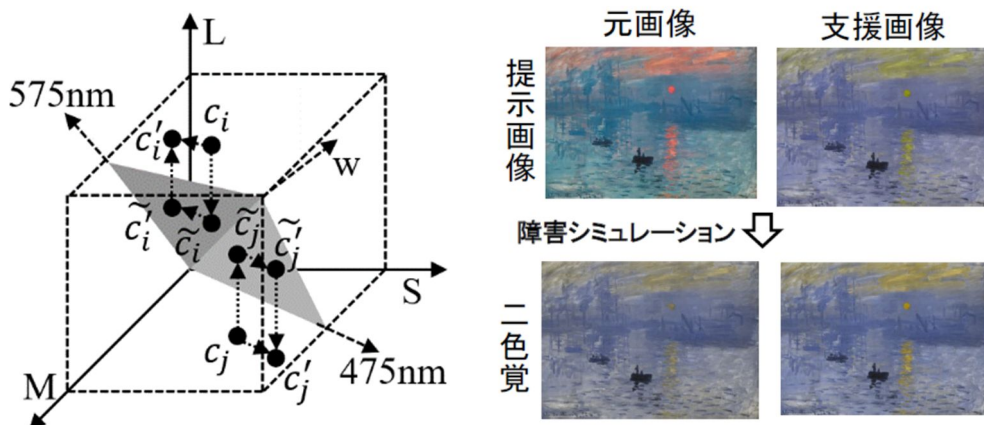


図1. 2色覚空間における色距離の最適化によるコントラスト補償

個人の障がい度合に適應できる色変換技術

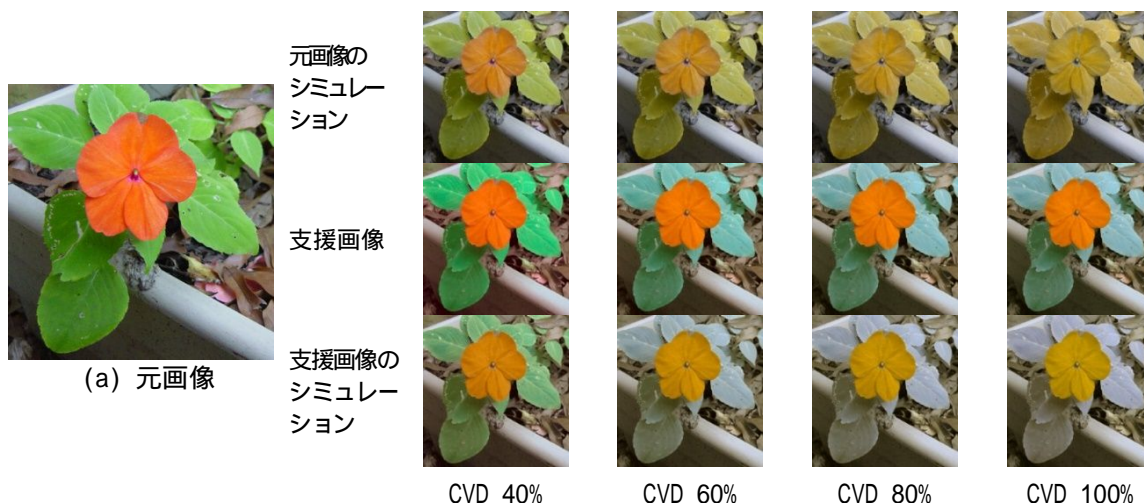


図2. 色覚障がいの度合いに合わせた支援画像生成

Machado らのモデル[2]では、重度のみではなく、任意の障がいの度合をシミュレーションすることができる。本研究は、Machado らのモデルを最適化手法に採り入れ、個人の障がい度合に適應できる色覚補償用色変換技術を開発した。図2に結果例を示す、障がいの度合が高くなりにつれて、葉っぱと花びらの色の違いが判別しにくくなっていった。提案手法では、それぞれの障がいの度合いに合わせて支援画像を生成する。軽度の場合では、元画像の色がよく保存されているが、重度の場合では、葉の色が変わり、コントラストが強調されている。

高速色変換技術

最適化手法を用いた変換アルゴリズムは、高品質な画像が得られる反面、処理時間が長いという欠点があった。色覚障がい者が日常的に利用できるように、本研究では高速な色変換技術も開発した。2色半平面において個々の色を移動し、すべての色ペアの距離の最適化を行う代わりに、コントラスト強調と自然さ保持を考慮した2色半平面への最適な投影を求め、それをすべての色に適用することで、画像に含まれる色数に依存せず、高速に処理できる色変換技術を実現した。

OST/VST-HMDでの重畳表示による色変換

色覚障がい者の日常生活を支援するためには、OST-HMD越しの実シーンに補償画像を重畳表示させて上述の色変換後の画像を得る必要がある。実シーンによっては、一部の色を減衰させる必要がある。本研究ではOST-HMDの前に通過する光を減衰できるLCDを配置することでその機能を実現させた。図3に、シーンカメラ、ビームスプリッター、透過型LCDパネル、OST-HMD、およびユーザ視点カメラから構成されたプロトタイプシステム(左)と重畳表示によるコントラスト強調の例(右)を示す。

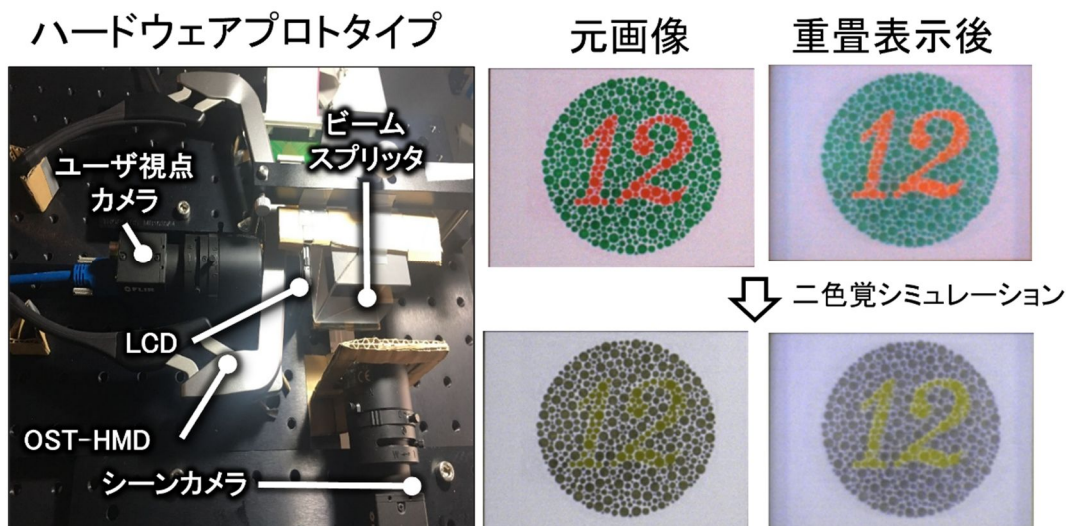
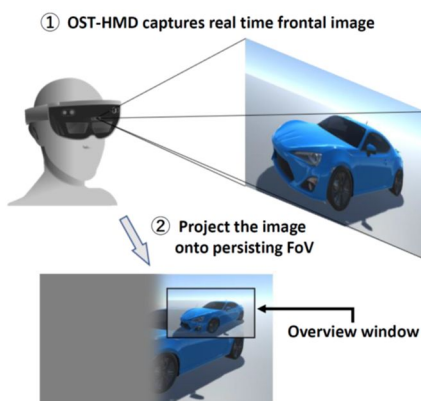


図3. OST-HMD 重畳表示による色補償技術

4.2.2 視野障がい

視野障がいに対する補償については、脳の損傷などに起因する同名半盲(homonymous hemianopia)に焦点を絞り、提案するコンピューショナル・オブサルモロジーの枠組みに従い、OST-HMDを用いた支援システムのプロトタイプと評価実験を実施した。全景映像の小ウィンドウを残存視野に重畳することで視界情報を補償するオーバービューウィンドウ方式(図4(左))と、残存視野の縁にそって視界外に発生しているイベントの大まかな位置を高輝度エッジで告知するエッジインジケータ方式(図4(右))の2種類の方式を開発し、whack-a-mole型のゲーム実験を通して制御パラメタ値の設定ガイドラインを得た。

オーバービューウィンドウ方式



エッジインジケータ方式

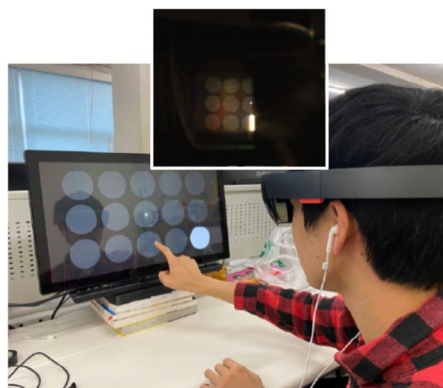


図4. 欠損視野の情報を補償する2方式

また、提案の方式を用いてサポートを行う場合、個々の患者の視野を測定する必要がある。視野欠損の診断は通常特定の装置を用いて医師の指示に従って行う必要があるため、高齢者などにとって負担が大きい。ユーザの視線を用いた軽負担な視野計測方法の開発に向けた基礎研究として、様々なパターンの視野欠損の有無で固視微動反応時間(saccade reaction time)に有

意差が生じる事実（図 5(左)）や，同名半盲の場合，娯楽ビデオ視聴中に注視点の水平移動速度が健常者よりも遅くなる事実（図 5(右)）を実験により示すことができた。

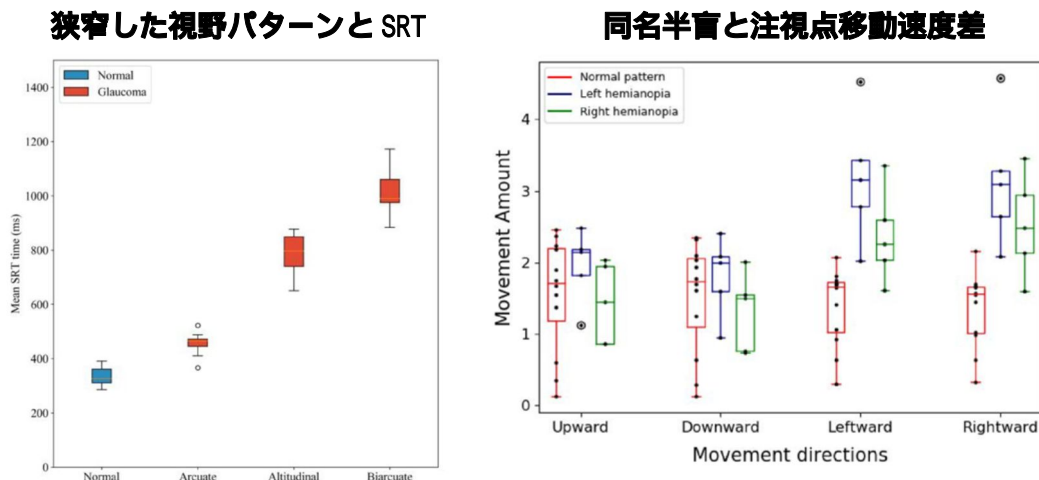


図 5. 視線を用いて視野推定を行うための基礎的な実験結果

4.2.3 両眼複視

両眼複視に対しては，図 6 に示すように，異常側にプリズムを配置した視線追跡機能付き VST-HMD を利用し，正常側の視線に合わせて障害側の映像を実時間で提示できる技術を開発した。さらに，健常者とシミュレーション映像による検証実験を実施し，効果ならびに課題を確認した。

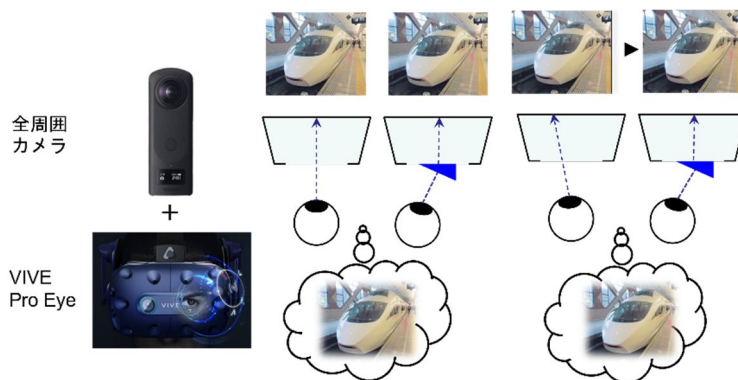


図 6. 正常側視線追跡と VST-HMD による両眼複視の矯正

参考文献

- [1] Brettel, H., et. al., “Computerized simulation of color appearance for dichromats,” *Journal of the Optical Society of America A*, vol. 14, no. 10, pp. 2647–2655, 1997.
- [2] Machado, G.M., et. al. “A physiologically-based model for simulation of color vision deficiency,” *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 15, no. 6, pp. 1291–1298, 2009.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計36件（うち査読付論文 36件／うち国際共著 9件／うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Zhenyang Zhu, Xiaoyang Mao	4. 巻 37
2. 論文標題 Image Recoloring for Color Vision Deficiency Compensation: A Survey	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The VISUAL COMPUTER	6. 最初と最後の頁 2999-3018
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00371-021-02240-0	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 -
1. 著者名 Keisuke Ichinose, Xi Zhao, Issei Fujishiro, Masahiro Toyoura, Kentaro Go, Kenji Kashiwagi, Xiaoyang Mao	4. 巻 38
2. 論文標題 Enhancing Edge Indicator for Visual Field Loss Compensation for Homonymous Hemianopia Patients	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The VISUAL COMPUTER	6. 最初と最後の頁 1263-1274
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00371-021-02156-9	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 Changtong Mao, Kentaro Go, Yuichiro Kinoshita, Kenji Kashiwagi, Masahiro Toyoura, Issei Fujishiro, Jianjun Li, Xiaoyang Mao	4. 巻 9
2. 論文標題 Behaviors Related to Artificial Visual Field Defects - A Pilot Study of Video-Based Perimetry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE ACCESS	6. 最初と最後の頁 77649-77660
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ACCESS.2021.3080687	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 Xinyi Wang, Zhenyang Zhu, Xiaodiao Chen, Kentaro Go, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao	4. 巻 98
2. 論文標題 Fast Contrast and Naturalness Preserving Image Recolouring for Dichromats	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 COMPUTERS & GRAPHICS-UK	6. 最初と最後の頁 19-28
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.cag.2021.04.027	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 Katsuhito Moritake, Zhenyang Zhu, Masahiro Toyoura, Kentaro Go, Kenji Kashiwagi, Issei Fujishiro, Xiaoyang Mao	4. 巻 0
2. 論文標題 Eye-Tracker-Free Compensation for Metamorphopsia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of Cyberworlds 2021	6. 最初と最後の頁 78-84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CW52790.2021.00019	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 Zhenyang Zhu, Masahiro Toyoura, Issei Fujishiro, Kentaro Go, Kenji Kashiwagi, Xiaoyang Mao	4. 巻 38
2. 論文標題 LineM: Assessing Metamorphopsia Symptom Using Line Manipulation Task	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 THE VISUAL COMPUTER	6. 最初と最後の頁 1607-1617
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00371-021-02091-9	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 Zhenyang Zhu, Masahiro Toyoura, Kentaro Go, Kenji Kashiwagi, Issei Fujishiro, Tien-Tsin Wong, Xiaoyang Mao	4. 巻 24
2. 論文標題 Personalized Image Recoloring for Color Vision Deficiency Compensation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE TRANSACTIONS ON MULTIMEDIA	6. 最初と最後の頁 1721-1734
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMM.2021.3070108	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 Changtong Mao, Kentaro Go, Yuichiro Kinoshita, Kenji Kashiwagi, Masahiro Toyoura, Issei Fujishiro, Jianjun Li, Xiaoyang Mao	4. 巻 0
2. 論文標題 Different Eye Movement Patterns on Simulated Visual Field Defects by Video-watching Task	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of Cyberworlds 2020	6. 最初と最後の頁 153-156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CW49994.2020.00033	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 Xinyi Wang, Zhenyang Zhu, Xiaodiao Chen, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao	4. 巻 0
2. 論文標題 Evaluation of Color Vision Compensation Algorithms for People with Varying Degree of Color Vision Deficiency	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of Cyberworlds 2020	6. 最初と最後の頁 149-152
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CW49994.2020.00032	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 Keisuke Ichinose, Xi Zhao, Issei Fujishiro, Masahiro Toyoura, Kenji Kashiwagi, Kentaro Go, Xiaoyang Mao	4. 巻 0
2. 論文標題 Visual Field Loss Compensation for Homonymous Hemianopia Patients Using Edge Indicator	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of Cyberworlds 2020	6. 最初と最後の頁 79-85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CW49994.2020.00019	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 Lina Chen, Kentaro Go, Yuichiro Kinoshita, Kenji Kashiwagi, Masahiro Toyoura, Issei Fujishiro, Xiaoyang Mao	4. 巻 0
2. 論文標題 Using an Eye Tracking Device to Discriminate Different Symptoms in Glaucoma	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of Cyberworlds 2020	6. 最初と最後の頁 141-144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CW49994.2020.00030	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 Zhao, Xi, Fujishiro, Issei, Go, Kentaro, Toyoura, Masahiro, Kashiwagi, Kenji, Mao, Xiaoyang	4. 巻 89
2. 論文標題 Enhancing visual performance of hemianopia patients using overview window	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 COMPUTERS & GRAPHICS-UK	6. 最初と最後の頁 59-67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cag.2020.04.001	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 Tang, Ying, Zhu, Zhenyang, Toyoura, Masahiro, Go, Kentaro, Kashiwagi, Kenji, Fujishiro, Issei, Mao, Xiaoyang	4. 巻 10
2. 論文標題 ALCC-Glasses: Arriving Light Chroma Controllable Optical See-Through Head-Mounted Display System for Color Vision Deficiency Compensation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 2381
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app10072381	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 -

1. 著者名 Zhenyang Zhu, Masahiro Toyoura, Kentaro Go, Issei Fujishiro, Kenji Kashiwagi, Xiaoyang Mao	4. 巻 67
2. 論文標題 Naturalness- and Information-Preserving Image Recoloring for Red-Green Dichromats	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Signal Processing: Image Communication	6. 最初と最後の頁 68-80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.image.2019.04.004	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 -

1. 著者名 Zhenyang Zhu, Masahiro Toyoura, Kentaro Go, Issei Fujishiro, Kenji Kashiwagi, Xiaoyang Mao	4. 巻 35
2. 論文標題 Processing images for red-green dichromats compensation via naturalness- and information-preservation considered recoloring	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Visual Computer	6. 最初と最後の頁 1053-1066
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00371-019-01689-4	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 -

1. 著者名 Xi Zhao, Kentaro Go, Kenji Kashiwagi, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao, Issei Fujishiro	4. 巻 1
2. 論文標題 Computational alleviation of homonymous visual field defect with OST-HMD	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of Cyberworlds 2019	6. 最初と最後の頁 175-182
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CW.2019.00036	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 Issei Mochizuki, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao	4. 巻 34
2. 論文標題 Visual Saliency Prediction for Images with Leading Line Structure	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Visual Computer	6. 最初と最後の頁 1031-1041
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00371-018-1518-6	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 Ying Tang, Zhenyang Zhu, Masahiro Toyoura, Kentaro Go, Kenji Kashiwagi, Issei Fujishiro, Xiaoyang Mao	4. 巻 2018
2. 論文標題 Arriving Light Control for Color Vision Deficiency Compensation Using Optical See-Through Head-Mounted Display	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry (VRCAI)	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3284398.3284407	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 Masahiro Toyoura, Takumi Tanaka, Atsushi Sugiura, Xiaoyang Mao	4. 巻 5
2. 論文標題 Improving Eye Tracking Accuracy by Head Motion History	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IIEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing	6. 最初と最後の頁 92-98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Tomoya Sawada, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao	4. 巻 -
2. 論文標題 Auto-Framing Based on User Camera Movement	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 CGI '17 Proceedings of the Computer Graphics International Conference	6. 最初と最後の頁 Article No. 18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3095140.3095158	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 Masahiro Toyoura, Takumi Tanaka, Atsushi Sugiura, Xiaoyang Mao	4. 巻 -
2. 論文標題 Eye Tracking by Head Motion History	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Workshop on Image Electronics and Visual Computin	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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23件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Zhenyang Zhu, Xinyi Wang, Xiaodiao Chen, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao
2. 発表標題 色覚障がい支援のための個人適応型色変換アルゴリズム
3. 学会等名 Visual Computing 2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年 ~ 2021年

1. 発表者名 Xiaoyang Mao
2. 発表標題 Arriving Light Control for Color Vision Deficiency Support Using Optical See-Through Head Mounted Display
3. 学会等名 Computer Graphics International 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Xiaoyang Mao
2. 発表標題 Keynote: Computational Ophthalmology: Digital Approaches to Visually Impaired Support
3. 学会等名 IEEE International Conference on Sensors and Nanotechnology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 徳永恵太, 藤代 一成
2. 発表標題 局在化した聴覚刺激による視覚的注意の誘導
3. 学会等名 情報処理学会第82回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Lina Chen, Changtong Mao, Kentaro Go, Xiaoyang Mao, Masahiro Toyoura, Kenji Kashiwagi, Zhenyang Zhu, Hiromichi Ichige, Ying Tang, Issei Fujishiro, Xi Zhao, Yuichiro Kinoshita
2. 発表標題 Use of an Eye-tracking Device for the Detection of Visual Field Defects
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会第69回サイバースペースと仮想都市研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Xiaoyang Mao
2. 発表標題 AR Daltonization for Supporting People with Color Vision Deficiency
3. 学会等名 Computer Graphics International 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 登野拓志, 茅暁陽, 豊浦正広, 郷健太郎, 柏木賢治, 藤代一成
2. 発表標題 全景映像の適応的半透明ブレンディングによる視野狭窄の緩和と視野特性の評価」
3. 学会等名 第286 回画像電子学会研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤代一成, 登野拓史, 趙希
2. 発表標題 計算眼科学
3. 学会等名 KEIO TECHNOMALL 2018 (第19回慶應科学技術展)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 市毛 大道, 豊浦 正広, 郷 健太郎, 柏木 賢治, 藤代 一成, 茅 暁陽
2. 発表標題 線変形操作を用いた変視症検査方法”, Visual Computing シンポジウム
3. 学会等名 Visual Computing シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 朱 臻陽, 豊浦 正広, 郷 健太郎, 柏木 賢治, 藤代 一成, 茅 暁陽
2. 発表標題 自然さ保存とコントラスト強調を考慮した色覚補償のための色変換アルゴリズム
3. 学会等名 Visual Computing シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 朱 臻陽, 豊浦 正広, 郷 健太郎, 藤代 一成, 柏木 賢治, 茅 暁陽
2. 発表標題 色覚障がい支援のための個人適応型色変換アルゴリズム
3. 学会等名 画像電子学会研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 登野 拓志, 茅 暁陽, 豊浦 正広, 郷 健太郎, 柏木 賢治, 藤代 一成
2. 発表標題 全景映像の適応的半透明ブレンディングによる視野狭窄の緩和
3. 学会等名 第80回情報処理学会全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 市毛 大道, 豊浦 正広, 茅 暁陽, 柏木 賢治, 郷 健太郎, 藤代 一成
2. 発表標題 変視症の定量的評価と可視化
3. 学会等名 画像電子学会ビジュアルコンピューティングワークショップ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 朱 臻陽, 豊浦 正広, 茅 暁陽, 柏木 賢治, 郷 健太郎, 藤代 一成
2. 発表標題 光学透過型ヘッドマウントディスプレイを用いた色覚補償
3. 学会等名 画像電子学会ビジュアルコンピューティングワークショップ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 朱 臻陽, 豊浦 正広, 茅 暁陽, 柏木 賢治, 郷 健太郎, 藤代 一成
2. 発表標題 画像処理による色覚障がい支援
3. 学会等名 画像電子学会ビジュアルコンピューティングワークショップ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 水越 駿, 茅 暁陽, 豊浦 正広, 柏木 賢治
2. 発表標題 色覚障がい者に対する透過型HMDデバイスを用いた支援
3. 学会等名 画像電子学会研究会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計3件

産業財産権の名称 “画像処理方法、画像処理プログラム、及び表示装置	発明者 茅 暁陽, 王 欣怡, 朱 臻陽, 豊浦 正広	権利者 山梨大学
産業財産権の種類、番号 特許、特開2022-15209	取得年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 画像処理方法、画像処理プログラム、及び装置	発明者 茅 暁陽, 朱 しん 陽, 豊浦正広, 柏木 賢治	権利者 国立大学法人山 梨大学
産業財産権の種類、番号 特許、特開2019-145876	取得年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 眼科検査装置及び眼科検査方法	発明者 柏木 賢治, 茅 暁 陽, 豊浦 正広, 赤澤 和也	権利者 国立大学法人山 梨大学
産業財産権の種類、番号 特許、W02018230582	取得年 2022年	国内・外国の別 外国

〔その他〕

計算眼科学 http://www.vc.media.yamanashi.ac.jp/ja/research/ophtalometry/
--

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
研究分担者	藤代 一成 (fujishiro issei) (00181347)	慶應義塾大学・理工学部(矢上)・教授 (32612)	
研究分担者	柏木 賢治 (kashiwagi kenji) (30194723)	山梨大学・大学院総合研究部・教授 (13501)	
研究分担者	郷 健太郎 (go kentaro) (50282009)	山梨大学・大学院総合研究部・教授 (13501)	
研究分担者	豊浦 正広 (toyoura masahiro) (80550780)	山梨大学・大学院総合研究部・准教授 (13501)	

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