

様 式 C - 7 - 1

令和元年度科学研究費助成事業（科学研究費補助金）実績報告書（研究実績報告書）

所属研究機関名称		奈良先端科学技術大学院大学	機関番号	1 4 6 0 3
研究 代表者	部局	先端科学技術研究科		
	職	教授		
	氏名	清川 清		

1．研究種目名

基盤研究(A)(一般)

2．課題番号

18H04116

3．研究課題名

ヘッドマウントディスプレイを用いた視知覚矯正・補助フレームワークの構築

4．研究期間

平成30年度～令和3年度

5．領域番号・区分

-

6．研究実績の概要

・網羅的・統一的に視覚拡張(AV: augmented vision)の方法論を確立するために、視知覚のプロセスをデジタル画像処理における射影変換や時空間画像フィルタのアナロジーで捉え、その逆問題を解く計算論的アプローチにより、汎用的な枠組みで典型的な非定型視知覚の体験者に定型と等価な視知覚を生じさせること(視覚矯正・補助)を目指しています。平成31年度(令和元年度)は、以下の研究に取り組みました。

・視覚拡張ディスプレイの開発に関して、将来のスマートサングラスの実現に向けて、楕円ミラーを組み合わせた、画素単位で減光可能な超広視野光学透過型(OST)HMDの詳細設計を行いました(学会発表、特許出願済)。また、LCDを用いた簡易スマートサングラスの試作を進めました。

・ディスプレイ視聴と斜視の関係性評価に関して、デジタルデバイスなどの近業作業時の近見3反応(調節、眼位、縮瞳)の変化を経時的に評価して、間欠性外斜視では近見時の調節力が低下し、それが眼精疲労の原因となることを見出しました。間欠性外斜視患者は同一の視作業を実施すると健常者よりも眼疲労を起こしやすいことを、眼球運動を基礎とした融像維持能力測定法を用いて、他覚的定量評価しました。更に、近年増加傾向にあるスマートフォン起因性内斜視(スマホ内斜視)の原因が、スマートフォンの視聴距離に関連する可能性を示唆する研究結果を公表しました。

・ASDの知覚機序解明に関して、ASD者の知覚過敏・鈍麻を引き起こす神経機序を解明するため、(1) 深層ニューラルネットワークを用いた視覚過敏の発生機序のモデル化と予備実験、(2) 視覚過敏特性と聴覚過敏特性の比較検証、の2つの課題に取り組みました。(2)では感覚様式に依存しない共通の過敏特性及びその誘発環境要因が存在することを明らかにしました。

7．キーワード

視覚拡張 視覚矯正 視覚補助

8．現在までの進捗状況

区分 (2) おおむね順調に進展している。

理由

・視覚拡張ディスプレイの開発に関して、将来のスマートサングラスの実現に向けて、楕円ミラーを組み合わせた、画素単位で減光可能な超広視野光学透過型(OST)HMDの詳細設計を行いました(学会発表、特許出願済)。また、放物ミラーを用いた方式の詳細設計も行いました。これらのディスプレイの特性である180度に近い超広視野と画素単位の減光は従来両立が困難とされていたもので、画期的な成果です。すでにトップカンファレンスでの発表と国内特許出願を終え、国外特許の取得を目指しています。また、LCDを用いた簡易スマートサングラスの試作を進めており、機械学習による適応的な減光機能の開発に着手しています。

・ディスプレイ視聴と斜視の関係性評価に関して、デジタルデバイスなどの近業作業時の近見3反応の変化を経時的に評価して、間欠性外斜視では近見時の調節力が低下し、それが眼精疲労の原因となることを見出しました。間欠性外斜視患者は同一の視作業を実施すると健常者よりも眼疲労を起こしやすいことを、眼球運動を基礎とした融像維持能力測定法を用いて、他覚的定量評価しました。更に、近年増加傾向にあるスマートフォン起因性内斜視(スマホ内斜視)の原因が、視聴距離に関連する可能性を示唆する研究結果を公表しました。

・ASDの知覚機序解明に関して、ASD者の知覚過敏・鈍麻を引き起こす神経機序を解明するため、(1) 深層ニューラルネットワークを用いた視覚過敏の発生機序のモデル化と予備実験、(2) 視覚過敏特性と聴覚過敏特性の比較検証、の2つの課題に取り組みました。(2)では感覚様式に依存しない共通の過敏特性及びその誘発環境要因が存在することを明らかにしました。

・これらの成果は、当初計画に含まれていないものもあり、発展的な課題といえます。一方、視線計測を用いた実時間補正などは未着手で、総じて「おおむね順調」といえます。

3 版

9. 今後の研究の推進方策

眼位矯正HMDの開発と評価に関して、これまでに開発した眼位を調整可能なビデオ透過型(VST)HMDの効果を検証します。また、その結果に基づき眼位を調整したVSTHMDにより、融像が復元することを確認します。具体的には、ヘスチャートプロジェクトによる眼位検査法とHMDによる眼位検査法の精度を比較し、同等以上の検査精度が得られることを客観的に示します。年度後半は高性能視線検出機能を有するVST-HMDを用いて、眼位の計測と矯正の自動化を試みます。

視覚過敏補助HMD(スマートサングラス)の開発と評価に関して、不快な視覚体験を生じないような入力ビデオ映像のリアルタイム調整に取り組みます。具体的には、シーンの明るさ分布に応じたノンリニアな減光や彩度低減、蛍光灯などの高周波明滅の時間平均化(チラツキ緩和)、注視点からの偏位角に応じたローパスフィルタ(周辺あるいは中心視野ほど細かいパターンを不鮮明化)、動物体領域のみの不鮮明化やストップモーション化(コマ落ち)などを検討します。まず、モニタを用いた自動調整の効果を検証し、VST-HMDによる効果の確認にも取り組みます。

斜視やASD知覚のメカニズムの解明に関しては、当初予定以上に進展しており、引き続き発展的課題に取り組んでいきます。

10. 研究発表(令和元年度の研究成果)

〔雑誌論文〕 計12件(うち査読付論文 9件/うち国際共著論文 2件/うちオープンアクセス 2件)

1. 著者名 Orlosky Jason、Theofilis Konstantinos、Kiyokawa Kiyoshi、Nagai Yukie	4. 巻 27
2. 論文標題 Effects of Throughput Delay on Perception of Robot Teleoperation and Head Control Precision in Remote Monitoring Tasks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PRESENCE: Virtual and Augmented Reality	6. 最初と最後の頁 226 ~ 241
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1162/pres_a_00328	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、Langlotz Tobias、Zollmann Stefanie、Iwai Daisuke、Kiyoshi Kiyokawa、Amano Toshiyuki	4. 巻 25
2. 論文標題 Computational Phase-Modulated Eyeglasses	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 1 ~ 1
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVCG.2019.2947038	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 清川 清	4. 巻 Vol. J102-C
2. 論文標題 AR用ヘッドマウントディスプレイの動向と視覚拡張への応用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌 C	6. 最初と最後の頁 170 ~ 178
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

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 清川 清	4. 巻 104
2. 論文標題 ウェアラブルディスプレイの進化と未来	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気評論	6. 最初と最後の頁 18 ~ 22
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 無
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 清川 清	4. 巻 24
2. 論文標題 視覚の解放にむけて	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会誌	6. 最初と最後の頁 7 ~ 11
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 無
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 Takeshi Morimoto, Hiroyuki Kanda, Masakazu Hirota, Kohji Nishida, and Takashi Fujikado	4. 巻 64
2. 論文標題 Insufcient accommodation during binocular near viewing in eyes with intermittent exotropia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Ophthalmology	6. 最初と最後の頁 77 ~ 85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10384-019-00695-2	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 -

3 版

1. 著者名 Hirota Masakazu, Yada Kozue, Morimoto Takeshi, Endo Takao, Miyoshi Tomomitsu, Miyagawa Suguru, Hirohara Yoko, Yamaguchi Tatsuo, Saika Makoto, Fujikado Takashi	4. 巻 15
2. 論文標題 Objective evaluation of visual fatigue in patients with intermittent exotropia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0230788
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0230788	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 Hirota Masakazu, Morimoto Takeshi, Miyoshi Tomomitsu, Fujikado Takashi	4. 巻 70
2. 論文標題 Binocular Coordination during Smartphone Reading in Esophoric Patients	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Binocular Vision and Ocular Motility	6. 最初と最後の頁 15 ~ 20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/2576117X.2019.1690349	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 広田 雅和, 森本 壮, 阿曾沼 早苗, 三好 智満, 不二門 尚	4. 巻 18
2. 論文標題 視覚補助デバイス OrCam MyEye 2 の性能評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本ロービジョン学会誌	6. 最初と最後の頁 1 ~ 8
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 中道 彩乃, 広田 雅和, 神田 寛行, 森本 壮, 三好 智満, 宮川 雄, 広原 陽子, 山口 達夫, 雑賀 誠, 不二門 尚, 西田 幸二	4. 巻 12
2. 論文標題 融像維持能力を用いた不等像視による眼疲労の他覚的評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 眼科臨床紀要	6. 最初と最後の頁 293 ~ 297
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 無
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 Sho Aoki, Kuriko Kagitani-Shimono, Junko Matsuzaki, Ryuzo Hanaie, Mariko Nakanishi, Koji Tominaga, Yukie Nagai, Ikuko Mohri, and Masako Taniike	4. 巻 11
2. 論文標題 Lesser suppression of response to bright visual stimuli and visual abnormality in children with autism spectrum disorder: a magnetoencephalographic study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Neurodevelopmental Disorders volume	6. 最初と最後の頁 1~13
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計20件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Masaki Koshi, Nobuchika Sakata, and Kiyoshi Kiyokawa
2. 発表標題 Augmented Concentration: Concentration Improvement by Visual Noise Reduction with a Video See-Through HMD
3. 学会等名 IEEE Virtual Reality and 3D User Interfaces 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jason Orlosky, Chang Liu, Denis Kalkofen, and Kiyoshi Kiyokawa
2. 発表標題 Visualization-Guided Attention Direction in Dynamic Control Tasks
3. 学会等名 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yan Zhang, Kiyoshi Kiyokawa, Naoya Ioyama, and Nobuchika Sakata
2. 発表標題 Design and Prototyping of Wide Field of View Optical See-through Head-Mounted Displays with Per-pixel Occlusion Capability
3. 学会等名 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

3 版

1．発表者名 大久保 達矢，酒田 信親，清川 清
2．発表標題 視覚障害者のための買い物支援システムの提案
3．学会等名 第63回システム制御情報学会研究発表講演会
4．発表年 2019年

1．発表者名 清川 清
2．発表標題 HMDを用いた視機能検査・矯正システムの可能性
3．学会等名 第63回システム制御情報学会研究発表講演会
4．発表年 2019年

1．発表者名 横見 栄聡，大久保 雅史，磯山 直也，酒田 信親，清川 清
2．発表標題 バーチャル空間における解像度制御を用いた視線誘導手法の提案
3．学会等名 第24回日本バーチャルリアリティ学会大会
4．発表年 2019年

1．発表者名 喜多山 湧也，磯山 直也，酒田 信親，清川 清
2．発表標題 周辺視野のみへの情報提示の基礎的検討
3．学会等名 情報処理学会研究報告(エンタテインメントコンピューティング研究会)
4．発表年 2019年

1. 発表者名 大久保 達矢, 磯山 直也, 酒田 信親, 清川 清
2. 発表標題 視覚障害者のための買い物支援システムの開発
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会複合現実感研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 清川 清
2. 発表標題 VR/AR用HMDの現状と未来
3. 学会等名 OPIE'19 レンズ設計・製造展 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuta Itoh, Tobias Langlotz, Daisuke Iwai, Toshiyuki Amano, and Kiyoshi Kiyokawa
2. 発表標題 Light Attenuation Display: Subtractive See-Through Near-Eye Display via Spatial Color Filtering
3. 学会等名 第22回 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2019) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清川 清
2. 発表標題 VR/AR用HMDの現状と未来
3. 学会等名 第19回高機能膜フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2019年

3 版

1．発表者名 清川 清
2．発表標題 サイバネティクス・リアリティ
3．学会等名 電気三学会関西支部 専門講習会（招待講演）
4．発表年 2019年

1．発表者名 Kiyoshi Kiyokawa
2．発表標題 Redesigning Vision in the Era of Artificial Intelligence
3．学会等名 World Conference on VR Industry 2019（招待講演）（国際学会）
4．発表年 2019年

1．発表者名 清川 清
2．発表標題 人生を変えるVR/MR技術
3．学会等名 画像関連学会連合会秋季大会（招待講演）
4．発表年 2019年

1．発表者名 清川 清
2．発表標題 AR/VR技術の基礎，現状，展望
3．学会等名 S&T出版セミナー（招待講演）
4．発表年 2019年

1. 発表者名 清川 清
2. 発表標題 ヘッドマウントディスプレイ（HMD）の基礎、研究開発動向と今後の展望
3. 学会等名 サイエンス&テクノロジー技術セミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清川 清
2. 発表標題 バーチャルリアリティと基礎心理学
3. 学会等名 日本基礎心理学会第38回大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jyh-Jong Hsieh, Yukie Nagai, Shinichiro Kumagaya, Satsuki Ayaya, and Minoru Asada
2. 発表標題 Atypical Auditory Perception in Autism Spectrum Disorder: A Synthetic Approach to Evaluate the Perceptual Patterns and Environmental Causes
3. 学会等名 International Society for Autism Research Annual Meeting（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukie Nagai
2. 発表標題 Typical and Atypical Consciousness Based on Predictive Coding
3. 学会等名 Consciousness Club（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2020年

3 版

1. 発表者名 Yukie Nagai
2. 発表標題 AI that simulates and assists people with autism spectrum disorder
3. 学会等名 Nature Conference on AI & Robotics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

1 1. 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 シースルー型ディスプレイ装置	発明者 張言, 清川清, 酒田 信親,	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-188256	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

1 2. 科研費を使用して開催した国際研究集会

計0件

1 3. 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			
ドイツ	ボン・ライン・ゾーク応用科学 大学	-	-	-
ニュージーランド	オタゴ大学	-	-	-
オーストリア	グラーツ工科大学	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

1 4. 備考

-