

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：32619

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K04055

研究課題名(和文) 注目点での高速かつ高倍率変化可能な小型液晶広角中心窩センサの開発

研究課題名(英文) Development of Compact Liquid Crystal Wide Angle Fovea Sensor with Rapid and Large Magnification Change at Attention Region

研究代表者

清水 創太 (Shimizu, Sota)

芝浦工業大学・デザイン工学部・教授

研究者番号：20328107

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：液晶レンズにはレンズパワーと焦点距離変化にかかる応答時間の間にトレードオフ問題が存在する。本研究で得られた結果より、通常は応答が極めて遅い大きなレンズパワーをもつ液晶レンズの焦点距離を、本研究で考案した実効電圧制御により、レンズパワーを犠牲にすることなく、高速に変化させることが可能となった。これにより、液晶広角中心窩レンズ(中でも特にス・ムユニット)の小型化・省エネルギー化・光学性能向上が容易になった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は既にオートフォーカス等に応用されている従来の液晶レンズの性能を、小型化、省エネルギー化、光学性能の改善という側面から、飛躍的に向上させ、新しい能動的光学機能素子としての液晶レンズ技術の発展と普及促進につながると考えている。また、小型で低消費電力なメカニカルな可動部をもたない液晶広角中心窩センサは、自動運転支援や、セキュリティカメラ等、多岐にわたる応用が大いに期待できる。

研究成果の概要(英文)：There exists a trade-off problem between a lens power and a response time for changing a focal length of a liquid crystal (LC) lens. As a result of this study, it became possible to change a focal length of the LC lens rapidly based on our proposed effective voltage control without any loss of its lens power. This is advantageous of producing a LC wide-angle fovea lens with a smaller size, larger energy conservation, and higher optical performance.

研究分野：ロボティクス及び知能機械学

キーワード：ロボティクス 液晶広角中心窩センサ メカトロニクス 液晶レンズ 高速応答 実効電圧制御

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

人間の眼は、左右 120 度の広い視野を有するとともに、中心窩と呼ばれる視野の中心近傍でも高く視野周辺に行くに従って急激に低下する非一様な視力分布をもつ。すなわち、人間の眼は視野の中に明確な注目点(詳細に見ることが出来る領域)をもつ有指向性の感覚器であり、眼球運動を組み合わせることで、広視野かつ詳細な視覚情報を極力少ない情報量で獲得している。広角中心窩センサはこのような人間の眼の機能にヒントを得て開発された視覚センサである⁽¹⁾。当該センサから得られる画像は、対象が動き回る物体であっても広い視野による捉え逃がしのない観測と注目点でのより詳細な観測を 1 台のセンサで実現できるという利点をもつ。また、画像 1 枚当たりのデータ量が少なく済むため、データ通信及びデータストレージ、そして実時間処理において大きな威力を発揮する。一様な解像度をもつ撮像素子を搭載した市販の CCD/CMOS カメラに、120 度という広視野でありながら像倍率が視野の中心部分で最大かつ視野の周辺に行くにつれて急激に低下する特殊レンズ(広角中心窩レンズ)を組み合わせた広角中心窩センサが提案されている⁽¹⁾⁽²⁾。しかし、人間の眼球運動に相当するカメラワークを行うための機構やアクチュエータの存在は、小型化・省エネルギー化に不利であり、こうした背景から液晶をレンズ材料として用いたノンメカニカルな液晶広角中心窩レンズの開発に着手した。液晶広角中心窩レンズは外部から印加する電圧により内部の屈折率分布を制御することができ、以下の 3 点が実現可能となる^{(3)~(5)}。第 1 にレンズにより得られる結像画像の像倍率を非一様になるように制御して、広い視野を維持したままメカニカルな機構やアクチュエータを用いず注目点の位置を随意に変えることができる。第 2 に同様に注目点における像倍率を随意に制御することができる。第 3 に視野内に複数の注目点を同時に与えることができる(人間の眼のように必ずしも 1 つの注目点にこだわる必要はない)。このようなメカニカルな機構を必要とせず広い視野内の像倍率を自在に制御できる液晶広角中心窩センサは、小型化・省エネルギー化に適しており、様々な応用が期待される。その取り組みを通じ、液晶レンズには屈折率可変範囲と応答速度の間にトレードオフの関係があることが分かった⁽³⁾。すなわち、屈折率変化の応答速度を高めるためにレンズを薄く作成するとその可変範囲が小さくなってしまい、逆に可変範囲を大きくするためにレンズの厚みを増加させると応答時間が厚みの 2 乗のオーダーで増加する。このような性質をもつ液晶レンズを用い、液晶広角中心窩センサにおいて中心的な役割を果たす液晶ズームレンズユニットを構成し注目点の像倍率を十分大きくかつ素早く変化させるためには非常に長い全長の光学系を構成しなければならない。これは、液晶が制御しづらい性質をもち、光量の調整を除き、従来の駆動手法⁽⁶⁾としてシンプルなオンオフ制御が用いられてきたことに起因していた。研究代表者は、本研究計画とは異なる非焦点光学系のアプローチで液晶を用いた広角中心窩センサ開発に取り組んだ。その理由は、液晶レンズの駆動は必ずオンオフ制御に基づき、十分な応答速度を実現するために、屈折率可変範囲が小さい液晶層の薄い液晶レンズを使用しなければならないという制約があるためであった。一般に非焦点光学系よりも通常の結像光学系の方が明るく光学性能に優れたレンズを実現できる。そのような背景から、液晶の印可電圧を通常の制御手法のように減衰波状にして、入力してやることでステップ応答に時間がかかる厚みのある液晶レンズでも高速な屈折率変化が可能となり結像光学系による液晶広角中心窩センサを実現できると考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、人間の眼の機能にヒントを得て考案され、小型化・省エネルギー化に利点をもち、かつ短い光学系全長で注目点の像倍率をより大きくかつ素早く変化させることができる液晶広角中心窩センサを設計・試作することである。これにより、以下の 4 つのことが実現可能となる。第 1 に、広視野かつ 1 つないしは複数の注目点で高い像倍率をもつ画像を獲得できる広角中心窩センサを開発することで、データ通信時間及びデータストレージへの負担を大幅に軽減し、実時間処理を容易にすること。第 2 に、液晶をレンズ材料として用いることで、十分広い視野を維持しながら、小型化・省エネルギー化に利点をもつノンメカニカルな注目点の移動と像倍率変化を可能にすること。第 3 に、従来のオンオフ制御とは異なる液晶レンズ高速駆動制御手法を新たに確立することで、より厚みのある屈折率可変範囲の大きな液晶レンズの実用に耐え得る利用を可能にすること。第 4 に、3 の結果として液晶広角中心窩センサの光学系全長を大幅に短くすることである。このように、本研究成果は既にオートフォーカス等に応用されている従来の液晶レンズの性能を飛躍的に向上させ、新しい能動的光学機能素子としての液晶レンズ技術の発展と普及を促進させる。

3. 研究の方法

本研究は 3 年間の計画であり、各年度は設計・モデル化フェーズと試作・評価検証フェーズによって 2 段階で構成された。

初年度の取り組みでは、液晶層の暑さが数 10 μm オーダーの液晶レンズをターゲットにした高速焦点距離変化を実現する手法の確立に取り組み、液晶レンズの誘電率に着目した制御手法

を考案した。液晶ディスプレイ等に用いられている液晶素子は厚みが数 μm オーダーであるため、ステップ状に印可電圧を変化させるだけで、光の透過率、すなわち、明るさの変化に対しては十分高速な応答が得られる。一方、液晶素子を焦点距離可変なレンズとして、実用に耐えうる焦点距離の可変範囲を実現するには、より大きなレンズパワーを必要とするため液晶層の厚みを大きくする必要がある。しかし、厚みの2乗に比例して応答速度が遅くなるため、目標焦点距離への高速変化を実現する必要がある。設計・モデル化フェーズにおいて、液晶レンズセルの構造をコンデンサとみなし内部の誘電率から液晶レンズセルに印可された2つの瞬時電圧の推定手法とこれを用いた液晶レンズ焦点距離のフィードバック制御手法の考案を研究分担者の佐藤とともにに行った。試作・評価検証フェーズにおいては、研究分担者の河村の協力の下、経時性能変化が極めて少ない高電圧駆動型の液晶レンズセルを製作した。

2年目の取り組みでは、初年度に引き続いて液晶層の暑さが数10 μm オーダーの液晶レンズをターゲットにし、着想したゴム紐モデルに基づく液晶レンズセルを凸レンズ状態から凹レンズ状態まで高速に変化させるフィードフォワード実効電圧制御を考案し、その確立に研究分担者の佐藤とともに取り組んだ。検証実験を通じて、単純ステップ入力との違いを比較・考察し、確立した実効電圧制御の有効性の確認を行った。設計・モデル化フェーズにおいて、考案した実効電圧制御で実際に液晶レンズセルを駆動するための駆動回路の設計を行い、試作・評価検証フェーズにおいては、この駆動回路の実装を行った、また、研究分担者の河村の協力の下、経時性能変化が極めて少ない高電圧駆動型の液晶レンズセルを製作した。検証実験を行ってステップ応答で数十秒の応答時間がかかる液晶レンズを数秒の時間(10%未満の時間)で応答時間を大幅に短縮することに成功した。ただし、駆動回路の構造上の問題で凸レンズのみの実験に留まった。

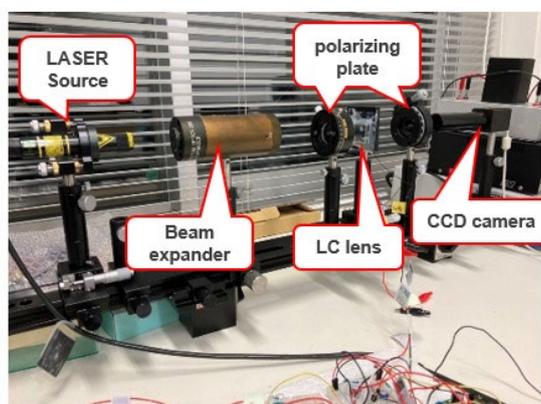


図1 干渉縞を計測するための干渉光学系

3年目の取り組みでは、昨年度凸レンズのみに留まっていた実効電圧制御の実験を、凹凸レンズ両方の実現を目標として、実効電圧制御の手法を改良しながら、実験を通じて考案手法の有効性の検証を行った。設計・モデル化フェーズにおいて、駆動回路の設計の見直しを行った。ゴム紐モデルに基づき、昇圧回路で生成する最大電圧値をより大きなものとし、その半分程度の電圧を液晶レンズにとってのGNDレベルとすることで、円形電極内側と外側のそれぞれにより大きな実効電圧を印可できるようになった。試作・評価検証フェーズにおいては、この駆動回路の実装を行うとともに、リアルタイム化したLinux OSを搭載したPCをコントローラとして動作検証実験を行い、ステップ応答よりも短い応答時間で目標の凹凸それぞれの焦点距離を実現することに成功した。この際、研究分担者である河村の協力の下、経時性能変化が極めて少ない高電圧駆動型を製作し実験に使用した。また、この年はコロナ禍の影響で移動が規制され、そのため、国際学会での現地での発表や調査がいずれもオンラインで実施できず、当初の3年計画から4年計画に変更を行った。

4年目の取り組みでは、上記のより高い値での実効電圧制御可能な環境下において、フィードフォワード実効電圧制御における様々な駆動波形を試しながら、実験結果を得て、積極的に対外発表等を行った。この年度の取り組みも液晶層の暑さが数10 μm オーダーの液晶レンズをターゲットとした。設計・モデル化フェーズにおいては、液晶分子の配向欠陥を考慮に入れて実効電圧制御時のオーバーシュート制御及びオーバーシュート・アンダーシュート制御用駆動波形の生成手法の確立に研究分担者の佐藤とともに取り組んだ。試作・評価検証フェーズにおいては、リアルタイム化したLinux OSを搭載したPCをコントローラとして、生成した波形に基づいてオーバーシュート制御及びオーバーシュート・アンダーシュート制御時の動作検証実験を行った。また、実験結果からこれらの違いについて評価を行った。これらの取り組みは、主に芝浦工業大学の研究代表者である清水の研究室で実施された。液晶レンズの試作に関しては、秋田大学の研究分担者である河村の研究室で実施された。

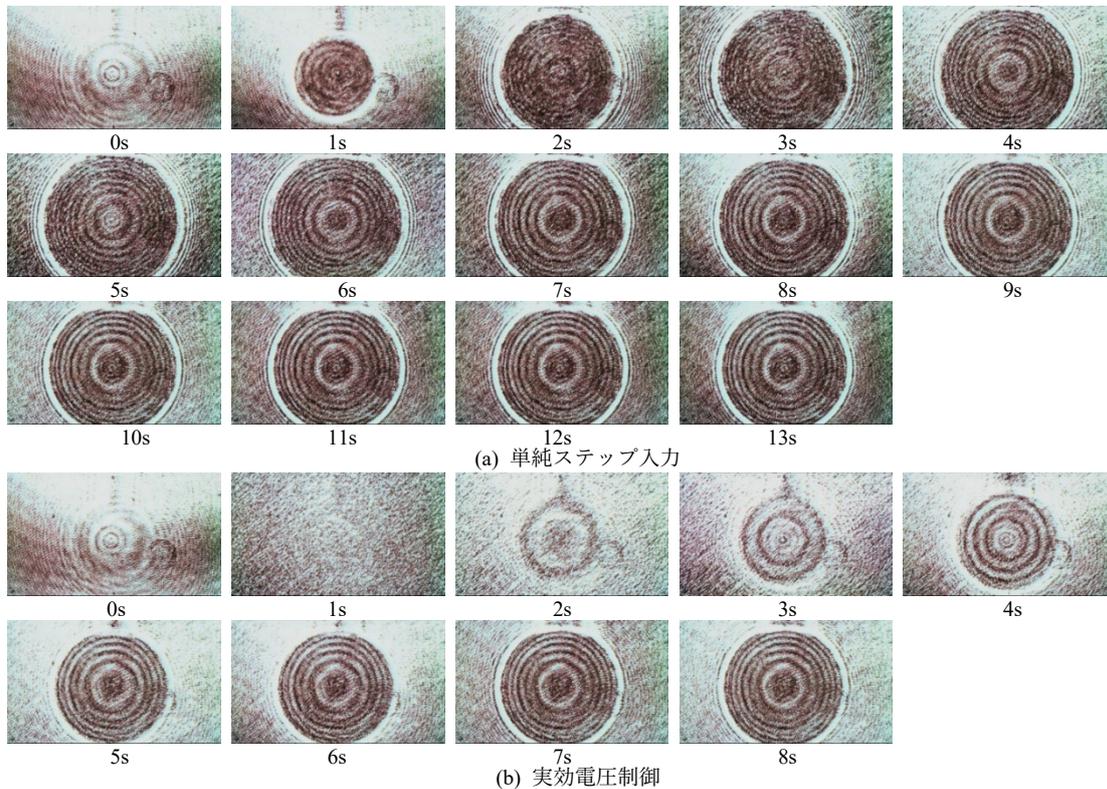


図2 動作時の干渉縞の変化の様子 (レンズパワー $P=-10$ をもつ凹レンズの場合)

4. 研究成果

- (1) 研究分担者の佐藤とともに、液晶層の厚さが数 $10\ \mu\text{m}$ オーダーの液晶レンズをターゲットとした高速焦点距離変化を実現するために、液晶レンズセルの構造をコンデンサとみなし内部の誘電率から液晶レンズセルに印可された2つの瞬時電圧の推定手法とこれを用いた液晶レンズ焦点距離のフィードバック制御手法の考案した。
- (2) 液晶素子を焦点距離可変なレンズとして、実用に耐えうる焦点距離の可変範囲を実現するためにはより大きなレンズパワーが必要となるが、厚みの2乗に比例して応答速度が長くなる。このトレードオフ問題を解決し、目標焦点距離への高速変化を実現するため、制御的アプローチに基づく駆動法を導入した。
- (3) 高電圧駆動型の液晶レンズセルを製作した。
- (4) 液晶層の厚さが数 $10\ \mu\text{m}$ オーダーの液晶レンズをターゲットとした高速焦点距離変化を実現する手法としてゴム紐モデルに基づくフィードフォワード実効電圧制御手法を考案した。検証実験を通じて、ステップ応答で数十秒の応答時間がかかる液晶レンズを数秒の時間(10%未満の時間)で応答時間を大幅に短縮することに成功した。ただし、回路の構成が原因で凸レンズのみの実験に留まった。
- (5) ゴム紐モデルに基づき、昇圧回路で生成する最大電圧値をより大きなものとし、その半分程度の電圧を液晶レンズにとってのGNDレベルとすることで、円形電極内側と外側のそれぞれにより大きな実効電圧を印可できるよう駆動回路の設計を見直し、改良実装を行った。また、凹凸両方の高速焦点距離変化の実現を目標として実効電圧制御を改良した。
- (6) リアルタイム化したLinux OSを搭載したPCをコントローラとして検証実験を行い、ステップ応答よりも短い応答時間で目標の凹凸それぞれの焦点距離を変化せることに成功した。検証実験を通じて制御手法の有効性を確認した。
- (7) 液晶分子の配向欠陥を考慮に入れ、研究分担者の佐藤とともに実効電圧制御時のオーバーシュート制御及びオーバーシュート・アンダーシュート制御用駆動波形の生成手法を考案した。
- (8) 生成した波形に基づいてオーバーシュート制御及びオーバーシュート・アンダーシュート制御時の動作検証実験を行い、実験結果からこれらの違いについての定量的評価を行った。

引用文献

- (1) **Sota Shimizu**, et.al., Vision Sensor with Wide angle and High Distortion lens, Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation Visual Sensing 3 (1995.5)
- (2) **Sota Shimizu**, Wide-Angle Foveation for All-Purpose Use, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol.13, Issue 5, 2008
- (3) **Sota Shimizu**, Susumu Sato, Towards Non-mechanical Wide Angle Fovea Sensor -Fundamental Design by Liquid Crystal Lens Cell-, Proc. of IECON, pp.3632-3637, 2015
- (4) Geometric Transformation Lens: **Sota Shimizu**, Susumu Sato, U.S. Patent, U.S. Patent, 9658369, 5/23/2017
- (5) **清水創太**, 佐藤進, 幾何学変換レンズ, 特許 6019016 号, 10/7/2016
- (6) M. Ye, M. Noguchi, B. Wang and S. Sato: Zoom lens system without moving elements realised using liquid crystal lenses, ELECTRONICS LETTERS, Vol. 45 No. 12, 2009

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 14件）

1. 著者名 Hokuto Kurihara, Sota Shimizu, Rikuta Mazaki, Naoki Motoi, Roberto Oboe, Nobuyuki Hasebe, Tomoyuki Miyashitaet	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of Haptic Feedback Control Stick for Remote Control between Different Structures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of 2021 IEEE International Conference on Mechatronics (ICM)	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) 10.1109/ICM46511.2021.9385652	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 Kenta Otsuka, Sota Shimizu	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of Collision Alert System Using a Single WAF Sensor - Proposal of Mean Manhattan Distance Algorithm from Detected Feature Points -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, and Motion Control	6. 最初と最後の頁 122-127
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 Sota Shimizu, Ryoya Takewaki, Rei Murakami, Naoaki Kameyama, Naoki Motoi, Tatsuya Yamazaki, Nobuyuki Hasebe	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of Visual Remote Operation System for Low-Gravity Planet Rover	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of ICM	6. 最初と最後の頁 461-465
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICMECH.2019.8722907	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 Haruka Hirai, Sota Shimizu, Takumi Saito, Hokuto Kurihara, Marenori Kawamura, Susumu Sato	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of Nonmechanical Zoom Lens System using Liquid Crystal	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of IECON	6. 最初と最後の頁 5230-5235
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IECON.2019.8927481	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 Mayu Funayama, Sota Shimizu	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of Hands Free Music Instrument using VR Headset Equipped with View Line and Exhalation Input Devices	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, and Motion Control	6. 最初と最後の頁 SS2-1 1-4
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 Sota Shimizu, Yu Fujita, Naoaki Kameyama, Nobuyuki Hasebe	4. 巻 1
2. 論文標題 Space-variant Color Point Cloud Measurement System - Enormous Data Reduction using Saliency Map -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE AMC	6. 最初と最後の頁 359-364
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/AMC44022.2020.9244457	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 Rei Murakami, Sota Shimizu, Nobuyuki Hasebe	4. 巻 1
2. 論文標題 Vision System with High Performance Wide Angle Fovea Lens - Detection Method of Camera Self-Motion -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE ETFA	6. 最初と最後の頁 1229-1232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ETFA.2018.8502661	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 Sota Shimizu, Haruka Hirai, Marenori Kawamura, Susumu Sato	4. 巻 1
2. 論文標題 Potentials of Galilean and Keplerian Liquid Crystal Zoom Lens System	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of Mechatronics	6. 最初と最後の頁 302-305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/MECATRONICS.2018.8495813	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 Sota Shimizu, Rei Murakami, Motonori Tominaga, Yusuke Akamine, Naoki Kawasaki, Osamu Shimomura, Kazuhisa Ishimaru, Seiichi Mita	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of Wide Angle Fovea Lens for High-Definition Imager Over 3 Mega Pixels	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of IROS	6. 最初と最後の頁 4232-4237
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IROS.2018.8594194	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 Naoki Kameyama, Sota Shimizu, Rei Murakami, Tomonori Tominaga, Osamu Shimomura, Yusuke Akamine, Naoki Kawasaki, Kazuhisa Ishimaru, Seiichi Mita	4. 巻 1
2. 論文標題 Generation of Multi-Level Disparity Map from Stereo Wide Angle Fovea Vision System	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of IECON	6. 最初と最後の頁 5451-5456
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IECON.2018.8591128	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 Rei Murakami, Sota Shimizu, Tatsuya Yamazaki, Nobuyuki Hasebe	4. 巻 1
2. 論文標題 Saliency Map for Wide Angle Fovea Vision Sensor	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of IECON	6. 最初と最後の頁 5481-5486
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IECON.2018.8591050	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 Yukio Haga, Sota Shimizu	4. 巻 1
2. 論文標題 Robot Motion Control with Different Structures using MIDI -A Modeling based on Standard MIDI File Data Format-	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, and Motion Control	6. 最初と最後の頁 1-4
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 亀山尚明, 清水創太, 三田誠一, 下村修, 石丸元寿, 富永元規	4. 巻 Vol.50, No.4
2. 論文標題 運転支援用広角中心高距離画像の生成	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 自動車技術会論文集	6. 最初と最後の頁 1114-1119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11351/jsaeronbun.50.1114	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 Tomoki Takamura, Sota Shimizu, Alesssandro Carfi, Fulvio Mastrogiovanni	4. 巻 1
2. 論文標題 Wide Angle Fovea Sensor SLAM - Locally-High Accurate and Wide-Angle Mapping Method -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of IECON	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IECON48115.2021.9589175	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 Tsugumi Fukui, Sota Shimizu, Keigo Muryobayashi, Marenori Kawamura, Susumu Sato, Nobuyuki Hasebe	4. 巻 1
2. 論文標題 Effective Voltage Control of Liquid Crystal Lens for Rapid Focal Length Change	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of IECON	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IECON48115.2021.9589764	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 Rikuta Mazaki, Sota Shimizu, Tomonori Yamazaki, Hokuto Kurihara, Naoki Motoi, Roberto Oboe, Nobuyuki Hasebe, Tomoyuki Miyashita	4. 巻 1
2. 論文標題 Haptic Feedback Rover Navigation Based on Positional Gain Adjusting Bilateral Control	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE AMC	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/AMC51637.2022.9729303	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 Satoshi Okuno, Sota Shimizu	4. 巻 1
2. 論文標題 Study on Displaying Images to Preserve Rich-Presence as Reducing VR Sickness	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. of IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, and Motion Control	6. 最初と最後の頁 -
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 Koh Hamada, Sota Shimizu, Hokuto Kurihara	4. 巻 1
2. 論文標題 Generation of Classifier and Associator based on Machine Learning Taking into Account Human Personality	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. of IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, and Motion Control	6. 最初と最後の頁 -
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 Rikuta Mazaki, Sota Shimizu, Tomonori Yamazaki, Hokuto Kurihara, Naoki Motoi, Roberto Oboe, Nobuyuki Hasebe, Tomoyuki Miyashita	4. 巻 1
2. 論文標題 Haptic Feedback Rover Navigation with Bilateral Control	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. of IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, and Motion Control	6. 最初と最後の頁 -
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 該当する

1. 著者名 Satoshi Okuno, Sota Shimizu	4. 巻 1
2. 論文標題 Study on Displaying Images to Prevent VR Sickness as Maintaining Rich-Presence	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. of IEEJ International Power Electronics Conference	6. 最初と最後の頁 -
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48件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大塚健太, 清水創太
2. 発表標題 単眼広角中心窩センサによる前方衝突警報の開発
3. 学会等名 令和2年産業計測制御研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 早見紗衣, 清水創太
2. 発表標題 車載カメラの画像情報による自動車逆走防止システムの提案
3. 学会等名 令和2年産業計測制御研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山浦聡太, 清水創太, 長谷部信行, 宮下朋之
2. 発表標題 広角中心窩センサのための腱駆動型カメラワーク装置の開発
3. 学会等名 令和2年産業計測制御研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浜野凌, 清水創太, 伊藤伸一
2. 発表標題 脳波を用いた聴取する音楽ジャンルの切り替えに基づくストレス反応の評価
3. 学会等名 令和2年産業計測制御研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 無量林圭吾, 清水創太
2. 発表標題 模倣学習による対人口ボットのための視線動作生成と考察
3. 学会等名 令和2年産業計測制御研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浜田晃, 清水創太
2. 発表標題 音楽的特徴と映像的特徴の連想学習に基づく自動映像生成システムの提案
3. 学会等名 令和2年産業計測制御研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山賀大樹, 清水創太
2. 発表標題 音声と画像によるマルチモーダル同時発話者特定・音声認識システムの設計
3. 学会等名 令和2年産業計測制御研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平井悠華, 齋藤拓己, 渡邊竜哉, 清水創太
2. 発表標題 異なるタイプの中心窩センサからの広視野視覚情報に関する考察 ~Overt Attention型センサとCovert Attention型センサの比較~
3. 学会等名 平成31年電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 亀山尚明, 清水創太
2. 発表標題 広角レンズ光軸の偏心を考慮した視野領域分割カメラキャリブレーション手法
3. 学会等名 平成31年電気学会産業計測制御研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高倉悠也, 清水創太
2. 発表標題 視線計測技術を用いた視覚の脆弱性補助システムの開発
3. 学会等名 平成31年電気学会産業計測制御研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森本拓海, 清水創太
2. 発表標題 GMMを用いた視注率の近似表現
3. 学会等名 平成31年電気学会産業計測制御研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長倉朱里, 清水創太, 栗原北斗, 元井直樹, 長谷部信行
2. 発表標題 平行二輪ローバーの速度制御コントローラの開発
3. 学会等名 平成31年電気学会産業計測制御研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笠原誠也, 清水創太
2. 発表標題 5 point algorithmを用いた多視点合成カラーポイントクラウドの生成
3. 学会等名 平成31年電気学会産業計測制御研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤拓己, 清水創太
2. 発表標題 液晶レンズ焦点距離の実効電圧制御
3. 学会等名 平成31年電気学会産業計測制御研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 亀山尚明, 清水創太, 三田誠一, 下村修, 石丸和寿, 富永元規
2. 発表標題 運転支援用広角中心窩距離画像の生成
3. 学会等名 2018年自動車技術会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹脇僚哉, 清水創太, 村上零, 元井直樹, 山崎達也, 長谷部信行
2. 発表標題 平行2輪ローバーの視覚遠隔操縦システムの開発
3. 学会等名 平成30年産業計測制御研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤田優, 亀山尚明, 清水創太
2. 発表標題 有用なデータを優先して記録するカラーポイントクラウド取得システムの開発
3. 学会等名 平成30年産業計測制御研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 亀山尚明, 清水創太
2. 発表標題 非一様な空間解像度もつ画像のためのカメラキャリブレーション手法の考察
3. 学会等名 平成31年電気学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sota Shimizu
2. 発表標題 Super Wide Angle Fovea Sensor -High Performance Wide Angle Fovea Sensor and Non-mechanical Liquid Crystal Wide Angle Fovea Sensor-
3. 学会等名 EMARO lab, DIBRIS, University of Genova, Italy, 2018年9月3日 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sota Shimizu
2. 発表標題 Super Wide Angle Fovea Sensor -High Performance Wide Angle Fovea Sensor and Non-mechanical Liquid Crystal Wide Angle Fovea Sensor-
3. 学会等名 Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria, Politecnico di Milano, Italy, 2018年9月7日 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福井つぐみ, 清水創太, 河村希典, 佐藤進
2. 発表標題 液晶ズームレンズの高速倍率変化のための駆動回路の開発
3. 学会等名 令和2年産業計測制御研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 奥野哲史, 清水創太
2. 発表標題 VR酔いを防止した臨場感のある映像呈示のための実験環境構築
3. 学会等名 令和2年産業計測制御研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高村朋希, 清水創太, フルビオ・マストロジョバンニ, アレッサンドロ・カルフィ
2. 発表標題 広角中心窩SLAMのための特徴点の抽出及び対応付け手法
3. 学会等名 令和2年産業計測制御研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 真崎陸太, 清水創太, 栗原北斗, 元井直樹, ロベルト・オボエ, 長谷部信行, 宮下朋之
2. 発表標題 バイラテラル制御を用いた平行二輪ローバーの遠隔操縦システムの開発
3. 学会等名 令和2年産業計測制御研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 栗原北斗, 清水創太, 真崎陸太, 元井直樹, ロベルト・オボエ, 長谷部信行, 宮下朋之
2. 発表標題 遠隔操縦のための異構造間力覚フィードバック操縦桿の性能評価
3. 学会等名 令和2年産業計測制御研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 奥野哲史, 清水創太
2. 発表標題 VR酔いを防止した臨場感のある映像の呈示手法に関する研究
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浜田晃, 清水創太
2. 発表標題 音楽的特徴と映像的特徴の連想学習に基づく自動映像生成手法の開発2
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浜野凌, 清水創太, 伊藤伸一
2. 発表標題 脳波を用いた聴取する音楽ジャンル切り替え時の 波・波の評価
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山賀大樹, 清水創太
2. 発表標題 音声と画像によるマルチモーダル同時発話者特定・音声認識システムの開発
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森隆太, 清水創太, 浜田晃, 鈴木直樹
2. 発表標題 動画からのAIを用いたカンニング者の特定
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村建太, 清水創太, 駒形尚也, 七夕高也
2. 発表標題 暗視モード付可視光カメラを用いた昼夜を問わない自律農作業支援システム
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤俊平, 清水創太, 浜田晃
2. 発表標題 注視選好に基づく判断結果を用いた人のDecision Making補助に関する研究
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高瀬美和, 清水創太, 高村朋希
2. 発表標題 読書時の視線計測による速読者判定システムの開発
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 深海雄太, 清水創太, 大西公平
2. 発表標題 画像計測を用いた非接触センシングによる水中での推進力の推定
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 眞崎陸太, 清水創太, 山崎倫義, 栗原北斗, 元井直樹
2. 発表標題 バイラテラル制御を用いた平行二輪ローバーの遠隔操縦システムの開発
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 栗原北斗, 清水創太
2. 発表標題 2自由度電磁ソフトアクチュエータの開発
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮内悠明人, 清水創太
2. 発表標題 触覚表現向上のための触覚合成システムの開発
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高村朋希, 清水創太, アレッサンドロ・カルフィ, フルビオ・マストロジョバンニ
2. 発表標題 動的グリッドを用いたカメラキャリブレーション手法の提案
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福井つぐみ, 清水創太, 河村希典, 佐藤進, ジョゼ・マティアス・ロペス
2. 発表標題 メカニカルな機構を必要としない高速ズームレンズシステムの開発
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 無量林圭吾, 清水創太, 長谷部信行, 宮下朋之
2. 発表標題 GAIL を用いた視線動作の模倣と評価
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋慶壮, 清水創太, 佐藤俊平, 島田明
2. 発表標題 腕の4つの筋電波形を用いた機械学習分類による現代版メジャーリーガー養成ギブスの開発
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山崎倫義, 清水創太, 眞崎陸太, 栗原北斗, 元井直樹, ロベルト・オボエ, 長谷部信行, 宮下朋之
2. 発表標題 異自由度かつ異構造をもつ遠隔操縦用力覚フィードバック操縦桿の開発
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉岡佳穂, 清水創太, 福井つぐみ, 長谷部信行, 宮下朋之
2. 発表標題 Space-variantな多視点合成カラーポイントクラウドの実現
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 荒井善将, 清水創太, 元井直樹, 長谷部信行, 宮下朋之
2. 発表標題 力検知を利用した腱駆動型カメラワーク装置の高精度視線方向制御
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯田航平, 清水創太, 奥野哲史
2. 発表標題 機械学習を用いた低サンプリングレート関節点の高サンプリングレート化
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中本陸人, 清水創太, 高村朋希
2. 発表標題 災害現場の倒壊瓦礫内搜索用蛇型ロボットの視覚システム
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 廣瀬元輝, 清水創太
2. 発表標題 腰のひねり動作を支援するパワーアシストスーツの開発
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 駒形尚也, 清水創太, 七夕高也
2. 発表標題 小型ドローンの編隊飛行によるカメラワーク撮影を可能にするWAFカメラユニットの開発
3. 学会等名 令和3年産業計測制御研究会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計6件

産業財産権の名称 撮像光学系及び撮像装置	発明者 清水創太	権利者 芝浦工業大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-183122	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 ソフトアクチュエータ	発明者 清水創太，栗原北斗	権利者 芝浦工業大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-029297	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 ガリレオ式広角中心窩望遠鏡	発明者 清水創太	権利者 芝浦工業大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-152285,	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 撮像光学系及び撮像装置	発明者 清水創太	権利者 芝浦工業大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-186136	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 画像処理装置	発明者 清水創太，下村修	権利者 芝浦工業大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-196966	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 液晶レンズ装置及び広角中心窩レンズ装置	発明者 清水創太，無量林圭吾	権利者 芝浦工業大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-093039	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 視聴者注目情報提供システム、時空間マーカ設定装置及びそのプログラム、並びに、情報提供装置及びそのプログラム	発明者 清水創太，長谷部信行，石黒聡，橋詰匠，芝山有三	権利者 芝浦工業大学
産業財産権の種類、番号 特許、6395296号	取得年 2018年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

https://shibaura.pure.elsevier.com/en/persons/sota-shimizu/publications/ https://www.shibaura-it.ac.jp/faculty/design/info/lab/sota_shimizu.html http://www.intelligent-robotics.jp/

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	佐藤 進 (Sato Susumu) (50005401)	秋田大学・名誉教授・名誉教授 (11401)	
研究分担者	河村 希典 (Kawamura Marenori) (90312694)	秋田大学・理工学研究科・准教授 (11401)	

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			
イタリア	University of Genova			
イタリア	University of Padova, Vicenza			
ポルトガル	University of Coimbra			
米国	California Institute of Technology			
英国	Manchester Metropolitan University			