

令和 3 年 3 月 17 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16H02853

研究課題名（和文）高速プロジェクションを基盤として実現するマルチモーダルインタラクション環境

研究課題名（英文）Multimodal Interaction Environment Based on High-Speed Projection

研究代表者

鏡 慎吾（Kagami, Shingo）

東北大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：90361542

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,500,000 円

研究成果の概要（和文）：プロジェクション型の拡張現実感環境において、光学的なプロジェクション技術を基盤として動的なインタラクションを実現するための、視覚および力触覚投影技術およびインタラクション検出技術の開発を行った。具体的には、素早く動くマーカレス平面へのインタラクティブな映像投影技術、物体表面上のタップやスワイプ動作の遠隔検出技術を開発するとともに、映像による触覚増強やレーザー光投射による触覚提示を行う手法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光学投影技術に基づく映像提示、触覚提示、タッチ操作検出のための新しい技術の開発に成功した。映像提示技術については、映像表示用の投影光が画像追跡に干渉するという積年の課題を解決し、事前調整やマーカ配置の不要な高精度・高速プロジェクションマッピングを実現した。さらに、レーザー光投影に基づく遠隔タッチ操作検出や空間触覚提示といった新技術の可能性を切り拓いた。

研究成果の概要（英文）：This study investigated projection-based augmented reality environments that make use of high-speed optical projection to produce multimodal sensation and to enable multimodal detection. Namely, we developed an interactive projection mapping system for a fast moving surface, optical touch detection systems for remote surfaces, projection-based tactile augmentation, and a thermal-radiation-based haptic display utilizing a scanned laser beam.

研究分野：計測工学

キーワード：ユーザインタフェース ディスプレイ マルチモーダルインタフェース 画像，文章，音声等認識 バーチャルリアリティ

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

実空間内の物体の上にプロジェクタによる投影像を重畳する技術は、眼鏡等の装着の不要な拡張現実感型ユーザインタフェース基盤技術として期待され、当該研究分野では、特に動いたり変形したりする物体上への投影のための技術開発が急速に展開していた。研究代表者らも毎秒1,380 フレームでリアルタイムに映像の幾何学的変換を行うことのできる高速・低遅延なプロジェクタを開発し、動く物体への素早く適応する追従投影を実現した。

一方、多様な対象や複雑な環境への適応にはさらなる高度化が必要であり、特に、投影対象となる物体や投影されているコンテンツに対する、手振りをする、タッチする、叩く、弾き飛ばすといったダイナミックなインタラクションの実現が強く望まれ、そのようなインタラクションの質感を高めるためには、力触覚フィードバックの導入が不可欠と考えられる。力触覚の提示技術も目覚ましく発展していたが、前述したようなプロジェクション型の映像提示技術と親和性が高く、また高い応答性を実現できる手法の確立についてはさらなる研究を要する状況であった。

2. 研究の目的

上記の背景を踏まえ、本研究では、高速・低遅延プロジェクタおよびその映像投影制御手法の高度化を進めるとともに、映像の表示対象である物体表面に対するタッチ操作等の検出のための技術や、操作者への力覚フィードバックを与える技術を、光学的プロジェクション技術との高い親和性を保つ形で実現することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 共通基盤技術としての高速・低遅延プロジェクタの開発に関しては、研究代表者らがこれまで開発してきたシステムがモノクロ映像に限られ、また投影コンテンツもあらかじめプロジェクタ内のメモリにロードしておいたものに限られていたところを、カラー映像やHDMI入力に対応することでより柔軟な映像表現に対応するための開発を行った。



図1: 運動する平面への動画像プロジェクションマッピング

(2) 同じく共通基盤技術としての映像投影制御手法については、当該研究分野では、物体上に映像を投影することによって物体の運動の画像追跡が妨げられることが積年の課題となっていた。この問題を解決するため、投影映像内に画像追跡を補助するパターンを埋め込むアプローチを採用し、そのパターンの設計を工夫することにより、高速かつ正確な追跡を実現する手法の開発を行った。



図2: 運動する平面の動きに応じて、紙面に印刷された図形と相互作用する映像コンテンツのプロジェクションマッピング

(3) 物体上でのインタラクション検出技術として、タッチ時に物体表面上に発生する振動を含む動きを高フレームレートカメラ画像から検出し、タッチ発生の有無を機械学習により識別することを試みた。

(4) 同じくインタラクション検出技術として、上記手法では検出が難しい硬い表面上の微小振動を、レーザー光プロジェクションと高フレームレートカメラの組み合わせによるスペックルイメージングにより検出することを試みた。

(5) 力触覚提示技術として、投影映像であるバーチャルなパックを物理的なマレットで打ち返すバーチャルエアホッケーゲームを題材として、マレットに内蔵したソレノイドアクチュエータによる打突感を増強するための映像刺激の設計について検討とユーザ評価を行った。

(6) 同じく力触覚提示技術として、ガルバノミラーで走査されるレーザー光の投影による熱刺激を用いた触覚ディスプレイの開発を行った。

4. 研究成果

(1) 高速・低遅延プロジェクタの開発に関しては、従来は既製ハードウェアを用いていたところを、制御ボードから独自開発し、また色表現方法に工夫を加えることで、毎秒 2,470 フレーム相当の運動追従能力を持ちながらフルカラー画像を表現可能な高速・低遅延プロジェクタを実現した。HDMI 入力を備えることで、通常の PC や映像機器から毎秒 60 フレームで受け取るカラー映像に、プロジェクタ内で幾何学的変換を施しながら運動平面へ追従投影させることが可能となった。

(2) 映像投影制御手法については、映像投影と画像追跡の相互干渉の問題を解決するため、追跡を補助するコードパターンを映像内にごく短時間だけ埋め込む手法の検討を行った。同様の手法はこれまでも用いられており投影型の拡張現実感の実現において有効であることが知られていたが、複数フレームの差分や平均等に基づいていたことから動きに弱かった。提案手法は 1 フレームの画像から運動体上のテクスチャと投影コードパターンの両方を分離して追跡することが可能となった。これを利用して運動体の表面上に動画をマッピングした例を図 1 に、さらに、運動体の動きに応じて物理シミュレーションに基づいてインタラクティブに変化するコンテンツをマッピングした例を図 2 に示す。

(3) インタラクション検出手法について、手に持ったボール紙製の箱の裏面を指でタップする動作を検出することを目指し、高フレームレートカメラにより箱の表面を撮影した画像列の分析を行った。箱の表面が写る画像上の固定領域に関して、一定時間ウィンドウのうち最新フレームと他の各フレームとの正規化相互相関によって得られる時系列信号を特徴量とし、複数の機械学習手法により箱が静止している場合、静止した箱をタップした場合、箱を動かした場合を識別することを試みたところ、畳み込みニューラルネットワークを用いた場合に最も良好な結果が得られることがわかった。検出実験結果の一例を図 3 に、また、開発した識別器を利用してタップ動作をリアルタイム検出するシステムの動作例を図 4 に示す。

(4) レーザースペックルイメージングに基づくインタラクション検出に関しては、壁面や机面のような硬い表面に対するタッチ操作の検出を目指した。予備実験により、タップ動作により机面に生じる振動は数十マイクロメートルのオーダーであり、上記(3)項の手法でこれを検出するのは困難である。そこで、図 5 に示すように凹レンズにより発散させたコヒーレントレーザー光で対象となる物体面全体を照らし、光源と併置した高フレームレートイメージセンサによってスペックルパターンを直接計測することにより微小振動を計測した。コンクリート壁面上のタップ操作やスワイプ操作などによる振動を、手が壁面に触れずに動いたときの外乱から分離して検出できることが確認できた。タップ操作時の計測結果の例を図 6 に示す。

(5) 映像刺激によるバーチャルエアホッケーの打突感増強に関しては、図 7 に示すような背面投射型のテーブルトップディスプレイ上でソレノイドアクチュエータを内蔵したマレットを手を持つ参加者に対して、バーチャルパックがマレットに衝突する映像の有無や、背景画像の振動の有無といった映像刺激の効果が打突感の知覚に与える影響を調べた。この際、映像刺激の有無は参加者にとって自明であることから作為的反応

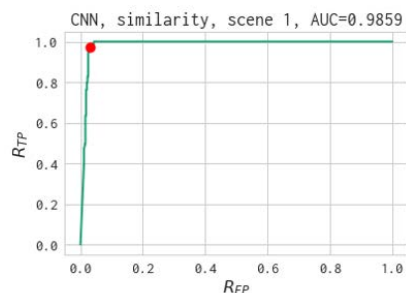


図 3: ボール紙へのタップ動作検出の ROC 曲線



図 4: リアルタイムタップ検出

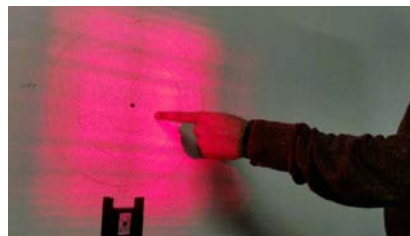


図 5: レーザースペックルイメージングによるタップ検出実験

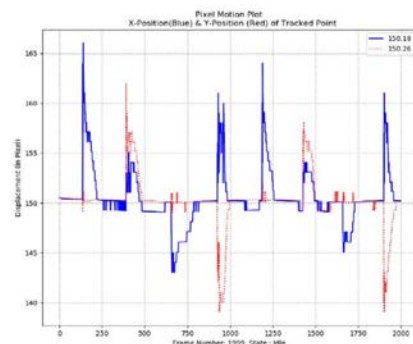


図 6: コンクリート壁面をタップしたときのスペックルパターンの画像上でのシフト量

が生じることが懸念される。その影響をできるだけ抑えるため、マレット内部の対向する2方向（参加者から見て左と右）を打突するアクチュエータを設置して試行ごとにどちらか一方を無作為に作動させ、参加者には、映像刺激の有無に関わらずどちら側のアクチュエータが作動したかを推測して回答することを課した。実験結果から、バーチャルパックの映像は回答に有意に影響し、背景振動の影響は有意に現れないことがわかった。



図7: バーチャルエアホッケーを想定した実験システム

(6) レーザー光を用いた熱刺激による触覚ディスプレイに関しては、光源の制御電圧による投光量の制御とガルバノミラーによる走査範囲の制御を行うことで、従来手法では困難であった広範囲での連続的な触覚提示の実現を目指した。空間内の目標領域に掌が入ると熱放射により温度感覚受容器が痛覚を生起し、ヒトがそれを忌避する特性によって触覚が知覚されることをねらうものである。超音波距離計とサーモグラフィカメラによって参加者の掌の位置と温度を同時計測し、目標領域内への掌の侵入量と掌の現在温度に応じて放射量の制御を行った。実験結果から、提案システムによって位置に応じた痛覚刺激を与えることが可能であり、温度感覚が痛覚に変化する温度閾値は参加者によらずほぼ一定であり、その時間変化も小さいことがわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Tsutomu Kusanagi, Shingo Kagami and Koichi Hashimoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Lightning Markers: Synchronization-free Single-shot Detection of Imperceptible AR Markers Embedded in a High-Speed Video Display	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Adjunct Proc. 2017 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality	6. 最初と最後の頁 229-234
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ISMAR-Adjunct.2017.75	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 Shuta Nakamae, Shumpei Kataoka, Can Tang, Simona Vasilache, Satoshi Saga, Buntarou Shizuki, Shin Takahashi	4. 巻 -
2. 論文標題 Children's Social Behavior Analysis System Using BLE and Accelerometer	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Conference on Collaboration Technologies	6. 最初と最後の頁 153-167
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-319-63088-5_14	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 Shingo Kagami, Koichi Hashimoto	4. 巻 -
2. 論文標題 A full-color single-chip-DLP projector with an embedded 2400-fps homography warping engine	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACM SIGGRAPH Conference and Exhibition on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH 2018 Emerging Technologies)	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） 10.1145/3214907.3214927	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 Wakana Oshiro, Shingo Kagami and Koichi Hashimoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Perception of Motion-Adaptive Color Images Displayed by a High-Speed DMD Projector	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Virtual Reality 2019 Workshop on Perception-driven Graphics and Displays for VR and AR (PerGraVAR 2019)	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/VR.2019.8797850	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 Shingo Kagami, Kotaro Omi, Koichi Hashimoto	4. 巻 30
2. 論文標題 Alignment of a flexible sheet object with position-based and image-based visual servoing	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Advanced Robotics	6. 最初と最後の頁 965-978
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/01691864.2016.1183518	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 Akifumi Goto, Shingo Kagami, Koichi Hashimoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Display tracking using blended images with unknown mixing ratio as a template	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proc. 9th ACM SIGGRAPH Conference and Exhibition on Computer Graphics and Interactive Techniques in Asia, Technical Briefs	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) 10.1145/2818466.2818485	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 Shingo Kagami, Koichi Hashimoto	4. 巻 -
2. 論文標題 High-frame-rate region-based visual tracking on CPU: an implementation perspective	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proc. 2016 IEEE/SICE International Symposium on System Integration	6. 最初と最後の頁 562-567
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SII.2016.7844058	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 Yuta Imai, Shingo Kagami, Koichi Hashimoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Estimation of a large relative rotation between two images of a fast spinning marker-less golf ball	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 2016 IEEE/SICE International Symposium on System Integration	6. 最初と最後の頁 556-561
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SII.2016.7844057	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 Shingo Kagami	4. 巻 -
2. 論文標題 Fast projection mapping onto a moving planar surface	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 SPIE Newsroom	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) 10.1117/2.1201603.006423	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 Satoshi Saga	4. 巻 -
2. 論文標題 Thermal-Radiation-Based Haptic Display - Calibration and Shape display -	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proc. AsiaHaptics 2016	6. 最初と最後の頁 67-70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-10-4157-0_11	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 Satoshi Saga	4. 巻 -
2. 論文標題 Calibration Method of Thermal-Radiation-Based Haptic Display	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proc. EuroHaptics 2016	6. 最初と最後の頁 470-478
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-42324-1_46	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 Shingo Kagami, Kotone Higuchi, Koichi Hashimoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Puppeteered Rain: Interactive Illusion of Levitating Water Drops by Position-Dependent Strobe Projection	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. ACM SIGGRAPH Conference and Exhibition on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH 2019 Posters)	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) 10.1145/3306214.3338603	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 Shingo Kagami, Koichi Hashimoto	4. 巻 25
2. 論文標題 Animated Stickies: Fast Video Projection Mapping onto a Markerless Plane through a Direct Closed-Loop Alignment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (ISMAR 2019)	6. 最初と最後の頁 3094-3104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVCG.2019.2932248	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 Shingo Kagami, Koichi Hashimoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Interactive Stickies: Low-Latency Projection Mapping for Dynamic Interaction with Projected Images on a Movable Surface	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. ACM SIGGRAPH Conference and Exhibition on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH 2020 Emerging Technologies)	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) 10.1145/3388534.3407291	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 大城 和可菜, 鏡 慎吾, 橋本 浩一	4. 巻 25
2. 論文標題 DMD プロジェクタを用いた低遅延な運動追従投影手法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌	6. 最初と最後の頁 108-116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18974/tvrsj.25.2_108	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32件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 鏡 慎吾
2. 発表標題 動きをとらえる高フレームレート画像処理とその応用
3. 学会等名 第6回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 乙部成史, 鏡慎吾, 橋本浩一
2. 発表標題 バーチャルプロジェクション型インタラクションシステムの高速化
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 塩谷美帆, 鏡慎吾, 橋本浩一
2. 発表標題 高速三次元計測のための合成正弦波を用いた位相シフト法
3. 学会等名 画像センシングシンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 成田正太郎, 鏡慎吾, 橋本浩一
2. 発表標題 weAtheR: AR技術を用いたアンビエントな天気情報の提示
3. 学会等名 エンタテインメントコンピューティングシンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鏡慎吾, 橋本浩一
2. 発表標題 高速プロジェクタによる投影コンテンツとの動的インタラクション
3. 学会等名 エンタテインメントコンピューティングシンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 草薙 勉, 鏡 慎吾, 橋本 浩一
2. 発表標題 高速ディスプレイ映像に隠蔽されたマーカを用いるモバイルARシステム
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Satoshi Saga
2. 発表標題 Thermal-Radiation-Based Haptic Display - Precise Calibration System and Shape Displaying Method -
3. 学会等名 IEEE World Haptics 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shingo Kagami, Koichi Hashimoto
2. 発表標題 A high-pattern-rate photostimulation system capable of low-latency geometrical control for bio-navigation studies
3. 学会等名 International Symposium on System Science of Bio-Navigation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成田 正太郎, 鏡 慎吾, 橋本 浩一
2. 発表標題 高速カメラを用いたタッチ検出のための振動解析
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鏡 慎吾, 橋本 浩一
2. 発表標題 フルカラー高速ホモグラフィ変換プロジェクタ
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長沼 朋哉, 鏡 慎吾, 橋本 浩一
2. 発表標題 DMDを用いた三次元計測のための濃淡編パターン高速生成
3. 学会等名 画像センシングシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 島森 洸, 鏡 慎吾, 橋本 浩一
2. 発表標題 投影型バーチャルエアホッケーにおける打突感提示のための視覚的刺激的検討
3. 学会等名 エンタテインメントコンピューティングシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大城 和可菜, 鏡 慎吾, 橋本 浩一
2. 発表標題 高速DMDプロジェクタを用いた運動追従多値画像の知覚の評価
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成田 正太郎, 鏡 慎吾, 橋本 浩一
2. 発表標題 機械学習による高速カメラ映像からのタッチイベント検出
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長沼 朋哉, 鏡 慎吾, 橋本 浩一
2. 発表標題 空間積分光学系を備える DMD プロジェクタを用いた3次元計測
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shingo Kagami
2. 発表標題 Image and Graphics Processing for Fast Projection Mapping onto a Moving Surface
3. 学会等名 31th International Congress on High-Speed Imaging and Photonics (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 後藤 皓史, 鏡 慎吾, 橋本 浩一
2. 発表標題 加法合成画像の追跡に基づく動く平面への追従投影
3. 学会等名 日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 鏡 慎吾, 橋本 浩一
2. 発表標題 領域ベース平面追跡の高速計算
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 草薙 勉, 鏡 慎吾, 橋本 浩一
2. 発表標題 高速ディスプレイ映像への埋め込みに適した不可視マーカの検討
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Tsutomu Kusanagi, Shingo Kagami, Koichi Hashimoto
2. 発表標題 Synchronization-free single-shot detection of imperceptible AR markers in a high-speed video display
3. 学会等名 3rd International Workshop on Image Sensors and Imaging Systems (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 鏡 慎吾
2. 発表標題 高フレームレート画像追跡とその応用
3. 学会等名 パーティクルフィルタ研究会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 草薙 勉, 鏡 慎吾, 橋本 浩一
2. 発表標題 ディスプレイ映像を基準としたモバイルARのためのマーカ隠蔽手法
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 後藤 皓史, 鏡 慎吾, 橋本 浩一
2. 発表標題 未知混合比の加法合成画像の追跡
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yaoyi Bian, Shingo Kagami, Koichi Hashimoto
2. 発表標題 Vision-based Guitar Chord Recognition Using Convolutional Neural Network
3. 学会等名 第13回新画像システム・情報フォトニクス研究討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長沼 朋哉, 鏡 慎吾, 橋本 浩一
2. 発表標題 運動物体三次元計測のための高速編プロジェクタの光学系
3. 学会等名 第13回新画像システム・情報フォトニクス研究討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長沼 朋哉, 鏡 慎吾, 橋本 浩一
2. 発表標題 レーザを光源とする縞パターン高速投影プロジェクタを用いた動物体三次元計測システム
3. 学会等名 第25回画像センシングシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大城 和可菜, 鏡 慎吾, 橋本 浩一
2. 発表標題 DMDプロジェクタにおける運動追従多値画像表示のためのバイナリフレーム更新手法の比較検討
3. 学会等名 第24回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 吉川 太陽, 鏡 慎吾, 橋本 浩一
2. 発表標題 ハンドヘルド高速プロジェクタを利用した大画面ディスプレイとの低遅延なインタラクション
3. 学会等名 エンタテインメントコンピューティングシンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Saga
2. 発表標題 Thermal-Radiation-Based Haptic Display - Laser-Emission-Based Radiation Control -
3. 学会等名 IEEE World Haptics 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鏡 慎吾, 大城 和可菜, 宮口 綾乃, 橋本 浩一
2. 発表標題 運動追従プロジェクションマッピングのためのDMDプロジェクタの色表示技術
3. 学会等名 第40回レーザー学会学術講演会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長沼 朋哉, 鏡 慎吾, 橋本 浩一
2. 発表標題 運動物体三次元計測のための高速編プロジェクタのシステム実装
3. 学会等名 第40回レーザー学会学術講演会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shingo Kagami, Koichi Hashimoto
2. 発表標題 Animated Stickers: Fast Video Projection Mapping onto a Markerless Plane through a Direct Closed-Loop Alignment
3. 学会等名 第23回 画像の認識・理解シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 投影システム、投影システム制御装置、投影方法及びプログラム	発明者 鏡 慎吾	権利者 国立大学法人東北大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-156876	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

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	嵯峨 智 (Saga Satoshi) (10451535)	熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・准教授 (17401)	
連携 研究者	梶本 裕之 (Kajimoto Hiroyuki) (80361541)	電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授 (12612)	