

令和 5 年 6 月 25 日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02386

研究課題名（和文）非接触型指静脈認証の適用範囲拡大に関する研究

研究課題名（英文）A study of expanding applicable conditions of contactless finger vein authentication

研究代表者

鈴木 裕之（Suzuki, Hiroyuki）

群馬大学・数理データ科学教育研究センター・准教授

研究者番号：20397053

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,800,000円

研究成果の概要（和文）：手をかざすだけで静脈照合を実現する非接触指静脈認証システムでは、照明環境の変化等によって照合精度が低下することがあり、適用範囲が限定されていた。本研究では、照合エラーを引き起こす原因となっていた背景光の影響を低減するための手法として、白色光源及びRGBカメラを利用した撮像システム及び画像処理手法を提案した。また、反射型でも透過型のような鮮明な静脈撮影が可能な手法として、ストライプ光走査を利用した撮像システム及び静脈像再構成手法を提案し、これら手法の有効性を実験によって確認した。これらの手法によって非接触指静脈認証の適用範囲が拡大できる可能性を示すと共に、実用化へ向けての課題を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果が社会に与える意義としては、これまでの生体認証は、ノートPC等の本人のみが利用する機器の認証、銀行ATM等が利用の中心であったが、本研究で開発する技術が実現すれば、大規模なイベント会場などの不特定多数のユーザーが利用するサービスにおいても生体認証が普及すると考えられ、生体認証の適用分野が大きく拡大することが期待される。さらには、生体情報の安全な管理方法やユーザー規模の問題等の課題を解決できれば、財布やカードなどを持たなくても、買い物や公共交通機関の利用が可能な便利な社会が実現すると期待される。

研究成果の概要（英文）：A contactless finger vein authentication system, which realizes vein matching just by waving a hand in the air, often makes a verification error due to changes in the lighting environment, etc. In our study, we proposed a novel imaging system and an image processing method by incorporating a white light source and an RGB camera, as a method to reduce the effect of background illumination that causes matching errors. In addition, we proposed an imaging system using stripe light scanning and a vein image reconstruction method as a method that enables a reflective type imaging system to obtain high quality vein patterns equivalent to transmissive imaging systems, and confirmed the effectiveness of these techniques with experiments. By these methods, we showed the possibility of expanding the applicable conditions of the contactless finger vein authentication system and clarified the issues for practical use.

研究分野：生体認証、光情報処理、情報セキュリティ

キーワード：生体認証 イメージングシステム 画像処理 生体計測

1. 研究開始当初の背景

近年生体認証は、これまでに利用されてきたスマートフォンや銀行 ATM 等以外にも利用範囲が拡大し、テーマパークの入場ゲートやコンビニの支払いなどでも利用されるようになった。このような場面では、短時間で大人数の処理を行う必要があるため、処理の高速性が求められ、かつ衛生面や故障頻度の影響が少ない非接触での認証システムが望まれるが、現在この要求に見合う生体認証技術としては、顔認証が主流である。しかし顔認証に用いる顔画像は、常に露出している情報であるため本人以外でも容易に入手可能であり、また、表情の違いや照明環境、メガネ等の装飾品などの影響によって認証精度が低下する課題がある。一方、指や手のひらなどの静脈パターンを利用して本人確認を行う静脈認証は、体の内部構造を生体特徴として認証に利用するため、顔や指紋と比べるとその情報漏えいの危険性は極めて低く、また、高い照合精度を有することが示されていることから、前述のイベント会場のような場面でも安全性や精度の面で高いパフォーマンスが期待できる。このような背景もあり、高速に静脈認証を実現する技術の開発はすでにいくつかの取り組みが報告されている。しかし従来技術では、手をいったんセンサー面上に静止させる必要があるなどの課題があり、顔認証と同等レベルのスムーズな照合を行うことは難しい。これに対し我々の研究グループでは、手をセンサーへ接触させることなく、センサーの前で振りかざすだけで高速に認証処理を実現可能な指静脈認証システムの開発を目指し、そのための静脈画像のセンシング手法、取得した静脈画像を照合する手法、生体情報を安全に取り扱う手法等について研究を行っている。この技術が実現すれば、大規模なイベント会場だけでなく、大学講義における出欠確認など、これまで迅速性や使いやすさが不十分であったために普及が進まなかった日常的なサービスにおいても生体認証が普及すると考えられ、生体認証の適用分野が大きく拡大することが期待できる。

2. 研究の目的

我々はこれまでに、手を振りかざすだけで照合が可能な非接触型指静脈認証システムを提案 [1]し、高い精度で照合可能なこと、また実時間照合の実現可能性を示している。これまでの研究では、暗室内の理想的な照明環境下で実験を行っていたが、実際の利用シーンで想定される照明環境下で照合実験を行うと、照合精度は大きく低下していた。また、手の振りかざし方については、照合が成功しやすいように、カメラに対して指の表面が正対する位置で、また指は伸ばしつつゆっくりと動かしていたが、指の角度を変える、指を曲げる、手を速く振りかざす等、手や指の状態を変化させると照合精度は低下していた。しかし実際の利用シーンでは、照明環境は様々であり、また手のかざし方も粗放に振りかざすことが想定されるため、これらの状況下においても安定した照合を行う技術が求められる。よって本研究の目的は、暗室外での様々な照明環境下や、粗放に手をかざした状況下でも、高い精度で照合可能な非接触指静脈認証を実現する技術 (図 1) を確立することである。

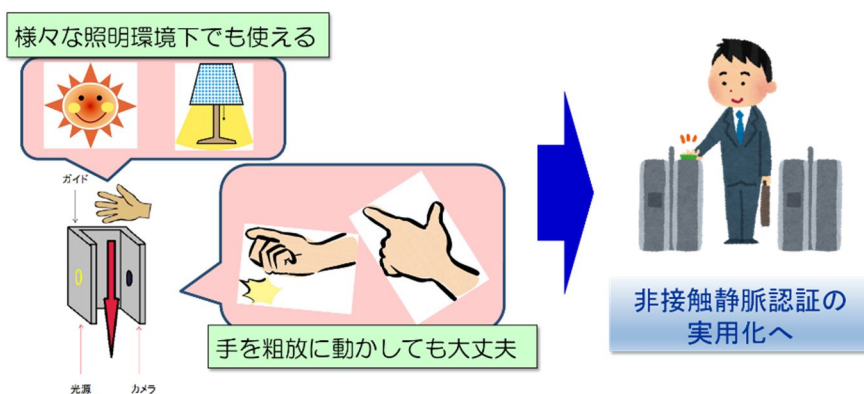


図 1. 本研究で開発する非接触指静脈認証システム

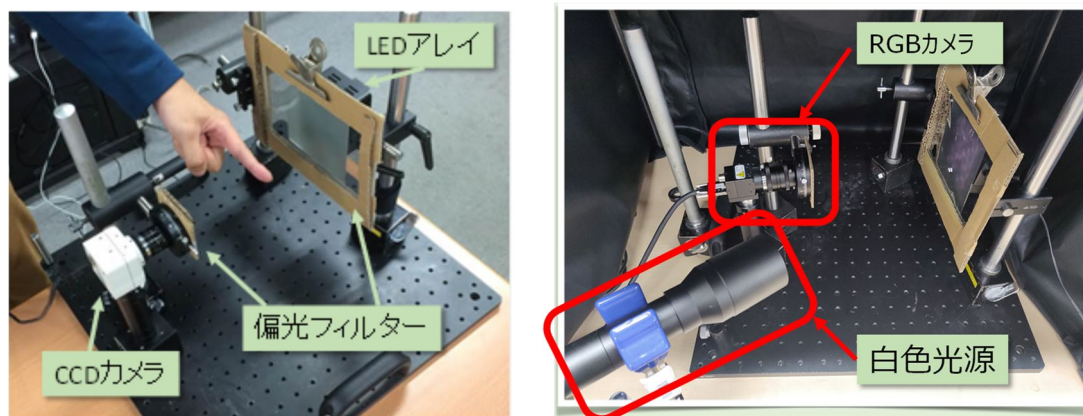
3. 研究の方法

研究目的を達成するためのアプローチとして、本研究では 2 つの新たな静脈撮影手法について検討した。1 つ目は、背景に映り込んだ光源の影響を低減させるための撮像システムとして、白色光源と RGB カメラを利用した撮像手法 [2] を検討し、もう一つは、スプライト走査光を照射することにより、反射型の撮像系で透過型と同等の高いコントラストを有する静脈パターンを撮影可能な撮像手法 [3] である。それぞれについて下記に詳細を述べる。

(1) 白色光源と RGB カメラを用いた撮像システム

従来研究で利用していた透過型静脈撮像システムを図 2 (a) に示す。このシステムでは、カメラと光源の前にクロスニコル配向となるよう偏光板を設置し、これらの間にかざした指を透

過する近赤外光を動画像として撮影していた。しかし、この撮像システムで得られる静脈画像では、背景に映り込む光源の影響により、照合精度が大きく低下するケースが見られた。この影響を低減させるための手法として、撮影画像の色情報を取得し、肌色部分のみを抽出することで、静脈の存在する領域のみを抽出する方法を考えた。そのための撮像システムが図 2(b)である。この撮像システムでは、手を透過する近赤外光をカメラで検出すると同時に、近赤外光とは反対方法から白色光を照射し、この反射した白色光もカメラで検出する。その際、従来利用していたモノクロカメラではなく、色情報を取得可能な RGB カメラを使用する。この撮像システムによって得られた RGB 画像から肌色の領域を抽出することで、これまで照合精度の低下を招いていた背景部分を照合対象領域から取り除くことができるため、静脈の照合精度向上が期待できる。



(a) 従来の撮像システム (b) 白色光源と RGB カメラを用いたシステム

図 2. 静脈撮像システムの外観

(2) ストライプ光走査と最小値演算を用いた撮像システム

従来の透過光型撮像システムでは、光源の映り込みにより指の認識精度が低下することや、撮像装置が大型化する点が課題であった。一方、入射光をカメラと同じ側から照射して、手に反射した光を検出する反射光型の静脈撮影システムも一般的に利用されている。この反射型撮像システムでは、光源の映り込みの問題や、システムサイズの問題などを解決できる反面、鮮明な静脈像を得ることが難しかった。この状況に対し本研究では、ストライプ光走査を用いた反射型静脈イメージングシステムを利用することで、反射型の撮像システムで透過型静脈画像と同等の静脈パターンを得る手法を考案した。

ストライプ光走査を用いた反射型静脈イメージングシステムを図 3 に示す。マルチラインレーザーモジュール(Osela, 785-120-S-A-30-19L0.9) から出力された複数のライン光を、周期的な三角波により角度を制御したガルバノミラーで反射させて、計測対象上に投影する。ライン光の走査範囲は、ライン光の間隔に一致させ、走査しながら N 枚の画像を撮影する。これにより、投影位置が異なる N 枚のストライプ光投影画像が得られる。また、バンドパスフィルタ(775×25 nm)を用いることでレーザー光の波長以外を除去し、環境光を低減する。撮影した画像から静脈像を再構成する手法としては、“最小値演算”と我々が命名する手法を適用する。この最小値演算では、撮影した N 枚の画像から各画素について最も画素値が小さい値を選択することで 1 枚の静脈画像を生成する。これにより、皮膚表面による強い反射成分もなく、高コントラストな静脈パターンを有する画像が得られる。

また、本研究で提案する撮像システムで得ら

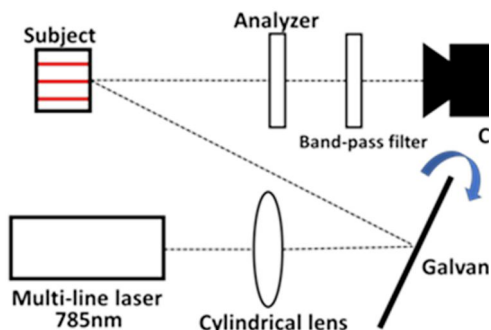


図 3. ストライプ光走査を用いた反射型静脈イメージングシステム

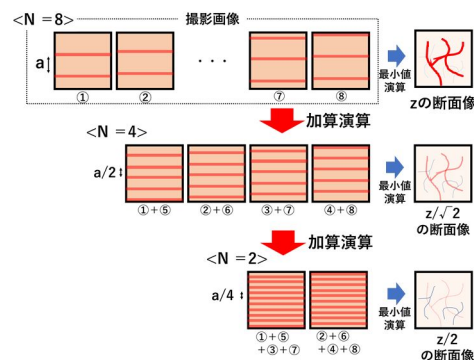


図 4. 1 セットのストライプ走査光照射画像セットから異なるストライプ間隔での撮影画像を仮想的に生成する手法。

れたストライプ走査光による画像セットからは、1種類の静脈画像だけでなく、ストライプ間隔を2の定数分の1倍として撮影した画像を仮想的に生成することが可能である[4]。撮影枚数Nが8枚のときの処理手順の例を図4に示す。通常、撮影画像8枚に対して最小値演算を行うことで、深さzに相当する静脈パターンが取得できる。この8枚に対し、ストライプ光の照射位置の位相が反転している画像同士を加算することで、ライン間隔が半分になった4枚の画像を得ることができる。この4枚の画像に対して最小値演算を行うことで、異なる深さに存在する静脈パターンを画像化することができる。これは、深さ $z/2$ の成分に相当する。さらに、4枚の画像に対しても同様にストライプ光の位相が反転している画像を加算し、ライン間隔がさらに半分になった2枚の画像に対して最小値演算を行うことで、また別の静脈画像を得ることができる。これは深さ $z/2$ の静脈画像に相当する。

4. 研究成果

(1) 白色光源とRGBカメラを用いた撮像システムによる実験結果

図2(b)で示した白色光源とRGBカメラを用いた撮像システムを利用して静脈画像の撮影を行った。また、この画像から紫の領域と肌色の領域を検出し、それ以外をマスクすることで手の領域のみを抽出した。その処理の様子を示したのが図5である。この結果を見ると、領域抽出処理によって、背景に写りこんでいる光源を除去できていることがわかる。

また、手領域の抽出によって、照合精度がどのように変化するかを調査した。その結果を図6に示す。この結果は、4人の被験者から得た44枚の静脈画像を利用し、本人照合40回、他人照合132回のマッチングを行い、マッチングスコアのヒストグラム分布を示したものである。この結果を見ると、手領域抽出を適用した場合のほうが、適用しない場合より、本人と他人のオーバーラップ領域が減少していることから、照合精度が改善できていることが確認できる。

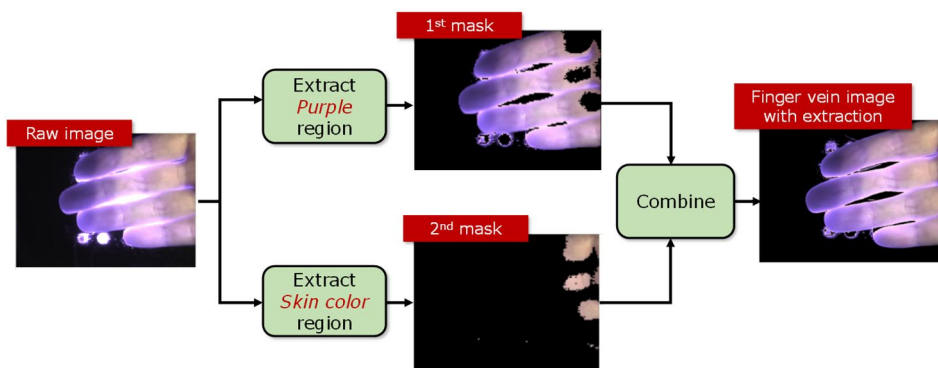


図5. 手領域抽出の流れ

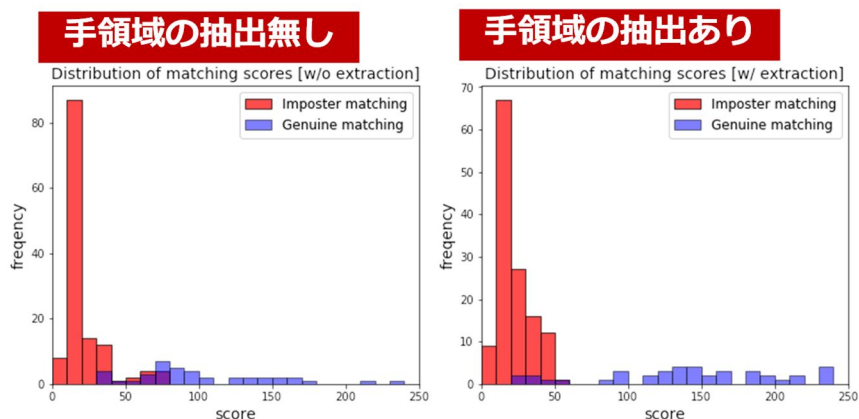


図6. 照合スコアのヒストグラム分布。左：手領域の抽出無し，右：手領域の抽出あり。Genuine matching：本人照合スコア，Imposter matching：他人照合スコア。

(2) ストライプ光走査と最小値演算を用いた撮像システムによる実験結果

ストライプ光走査による反射型撮像システムを用いて手のひらの撮影を行った。その結果を図7に示す。比較のため、従来手法の透過光型と反射光型での撮影も同時に行ったので、その結果も併せて示している。この結果を見ると、透過光撮影(左)では高いコントラストを有する静脈パターンを見ることができ、反射光撮影(中)ではわずかに静脈パターンが見えている程度である。また、透過光撮影では、背景光成分が指のエッジ周辺から飽和しているが、反射型ではそのような背景光の影響は見られない。これに対し本研究で提案するストライプ光走査と

最小値演算で得られた静脈パターン（右）では、背景光の影響もなく、かつ透過光撮影のような高いコントラストでの静脈パターンを見ることができる。

また、1セットのストライプ走査光撮影画像から異なるストライプ間隔の撮影像を仮想的に生成した結果を図8に示す。この結果は、32枚のストライプ走査光撮影画像から、2枚、4枚、8枚、16枚をそれぞれ合成し、最小値演算を行って得られた静脈画像を示している。この結果を見ると、合成枚数を増やすごとに観察できる静脈パターンの太さが細くなっており、元の撮影画像よりも細かいストライプ間隔での静脈画像撮影、つまり表層から浅い領域に存在する静脈パターンの撮影を行えていることが確認できる。

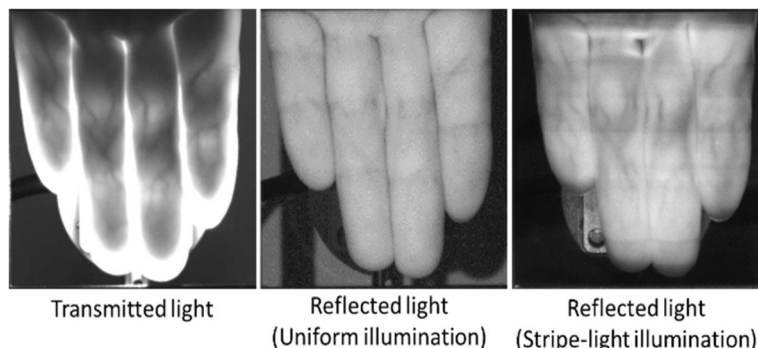


図7．撮影した静脈画像の例．左：透過型撮影，中：反射型撮影，右：ストライプ光走査と最小値演算を適用した反射型撮影．

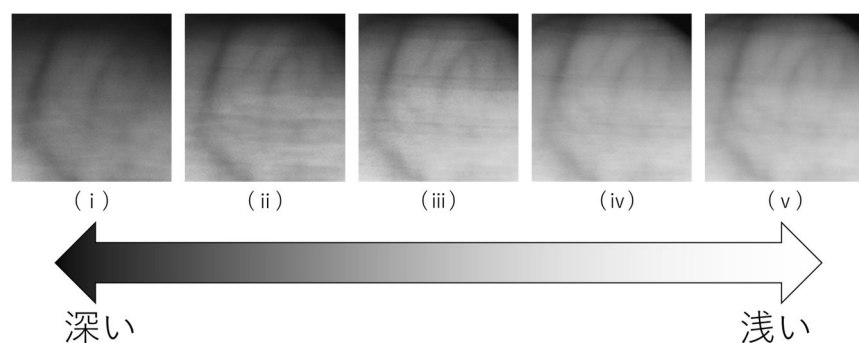


図8．1セットのストライプ走査光撮影画像から異なるストライプ間隔の撮影像を仮想的に生成した結果。(i)は32枚のストライプ光走査画像から生成した静脈画像，(ii)～(v)は、32枚のストライプ光走査画像の2枚、4枚、8枚、16枚を合成してから最小値演算を適用して得られた静脈画像である。

(3) 総合評価

これまでに開発した手法を実装した静脈認証のデモシステムを構築し、照合精度評価や実利用に想定される課題の抽出等を行った。今回の研究で開発したシステムでは、高い精度で照合可能なこと、外光下でも高い精度で照合可能であることは確認できたが、手の動き方や照明光の照射角度などによっては照合精度が低下する場合があります。実用化のためにはより高いレベルでの精度の安定性、つまりロバスト性が求められる。そのためには、これまで2次元画像として撮影していた静脈画像ではなく、より多くの生体特徴情報を有する3次元画像の利用などの検討が必要である。

<引用文献>

- [1] 鈴木 裕之他, “手振り型指静脈認証プロトタイプシステムの開発”, SCIS2016 論文集, 4C1-4, 2016.
- [2] H. Suzuki et al., “Finger region extraction using color of skin for hand-waving finger vein authentication”, BISC2021, 2021.
- [3] 中澤壮太他: “ストライプ光走査と最小値演算を用いた非接触静脈認証の基礎検討”, OPJ2022.
- [4] 中澤壮太他: “ストライプ光走査と加算演算による複数の計測深さに対する高コントラスト静脈イメージング”, 第29回画像センシングシンポジウム (SSII2023), 2023.

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 中野 和也, 石川 雅浩, 鈴木 裕之	4. 巻 123(28)
2. 論文標題 非接触型指静脈認証を想定した深層学習による指静脈画像改善に関する研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 信学技報	6. 最初と最後の頁 74-76
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 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 1件／うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Hiroyuki Suzuki, Narissa Ditthapakdijanya, Takashi Komuro, Keiichiro Kagawa, Kazuya Nakano, Takashi Obi
2. 発表標題 Finger region extraction using color of skin for hand-waving finger vein authentication
3. 学会等名 7th Biomedical Imaging and Sensing Conference 2021 (BISC 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木裕之
2. 発表標題 手振り型静脈認証システムにおける深層学習の適用
3. 学会等名 2021年度精密工学会秋季大会学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中澤 壮太, 香川 景一郎, 小室 孝, 中野 和也, 鈴木 裕之
2. 発表標題 ストライプ光走査と最小値演算を用いた非接触静脈認証の基礎検討
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中澤 壮太, 香川 景一郎, 小室 孝, 中野 和也, 鈴木 裕之
2. 発表標題 マルチライン光走査と最小値演算を用いた反射光型非接触静脈イメージングシステムの開発
3. 学会等名 第12回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム (SBRA2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sota Nakazawa, Keiichiro Kagawa, Takashi Komuro, Kazuya Nakano, Hiroyuki Suzuki
2. 発表標題 Development of a vein imaging system with minimum value operation and scanned stripe pattern projection for contactless vein authentication
3. 学会等名 5th International Workshop on Image Sensors and Imaging Systems (IWISS2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroyuki Suzuki
2. 発表標題 Contactless vein authentication system based on multiple captured frames
3. 学会等名 The 6th International Conference on Technology and Social Science ICTSS 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中澤 壮太, 香川 景一郎, 小室 孝, 中野 和也, 鈴木 裕之
2. 発表標題 ストライプ光走査と加算演算による複数の計測深さに対する高コントラスト静脈イメージング
3. 学会等名 第29回画像センシングシンポジウム (SSI12023)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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	小室 孝 (Komuro Takashi) (10345118)	埼玉大学・理工学研究科・教授 (12401)	
研究分担者	香川 景一郎 (Kagawa Keiichiro) (30335484)	静岡大学・電子工学研究所・教授 (13801)	
研究分担者	中野 和也 (Nakano Kazuya) (80713833)	成蹊大学・理工学部・准教授 (32629)	

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
---------	---------