

令和 5 年 5 月 28 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18H04119

研究課題名（和文）パターン投影と深層学習を利用した頑健で高精度な3次元内視鏡システム

研究課題名（英文）Robust and precise 3D endoscope system based on pattern projection and deep learning

研究代表者

古川 亮（Ryo, Furukawa）

近畿大学・工学部・教授

研究者番号：50295838

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 33,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、能動ステレオ法による3次元内視鏡システムの研究開発を行った。具体的には、内視鏡の鉗子孔に挿入可能で、かつ内視鏡の広角カメラを活用可能な、超小型広角パターン光源を開発した。開発した広角パターンでの3次元形状推定のために、深層学習モデルによる高密度対応推定による単画像3次元計測技術を開発した。また、上記システムで複数フレームで計測をしたとき、それらの結果を矛盾なく統合するアルゴリズムを開発した。本開発により、内視鏡視野のほとんどを利用した高密度3次元形状を計測し、複数フレームで統合可能であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、能動ステレオ法による3次元内視鏡システムについて、計測範囲、計測密度を大幅に高めることに成功した。また、複数のフレームにわたって計測した計測結果を、矛盾なく統合する機能を実現した。これにより、計測システムとしての実用性を、大幅に高めることができた。開発された3次元形状計測システムは、医学的用途のみならず、工業用途（パイプの内側の計測など）などへの応用も期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this study, research and development of a three-dimensional endoscope system based on active stereo methods was carried out. Specifically, we developed an ultra-compact wide-angle pattern light source that can be inserted into the forceps hole of an endoscope and can utilise the endoscope's wide-angle camera. For 3D shape estimation with the developed wide-angle pattern, a single-image 3D measurement technique based on high-density correspondence estimation using a deep learning model was developed. In addition, an algorithm was developed to integrate the results of measurements made with multiple frames in the above system without any inconsistencies. This development showed that it is possible to measure high-density 3D shapes using most of the endoscope's field of view and to integrate them in multiple frames.

研究分野：コンピュータビジョン

キーワード：能動ステレオ 内視鏡 構造化光 パターン光源 微分レンダリング

## 1 . 研究開始当初の背景

胃や小腸，大腸など，消化器官の内部の内視鏡を使った検査は，現代の医療現場において重要な役割を果たしている．特に，消化器官内の腫瘍の発見や治療は，その多くが内視鏡によって行われている．腫瘍の治療方法の重要な情報が腫瘍のサイズである．内視鏡による内視鏡のカメらは眼カメラであり，遠くの物体ほど小さく撮影されるため，画像のみから対象のサイズを計測することは難しい．サイズ計測にはメジャー鉗子(内視鏡の鉗子孔に挿入可能な目盛り付きメジャー)などが用いられるが，患部にメジャー鉗子を正確に当てながら読み取ること難しく，誤差が生じやすいなどの問題があり，より簡易に精度の高いサイズの計測手法が求められている．申請者らの研究グループでは，本研究開始前からパターン光源を利用した能動ステレオ法による形状計測の研究を行っており [業績 a など，図 1]，当初には，以下の技術要素が開発済みであった．

- (A)内視鏡の鉗子孔に挿入可能な，比較的小型パターン光源，
- (B)表面下散乱によるボケに対して頑健なパターンと計測アルゴリズム，
- (C)パターン光源を固定しなくても計測が可能な再校正手法，
- (D)格子パターンによる形状計測結果についての，ICP による位置合わせ手法，
- (E)パターン光源の点滅を利用した HDR (ハイダイナミックレンジ) 画像の利用．

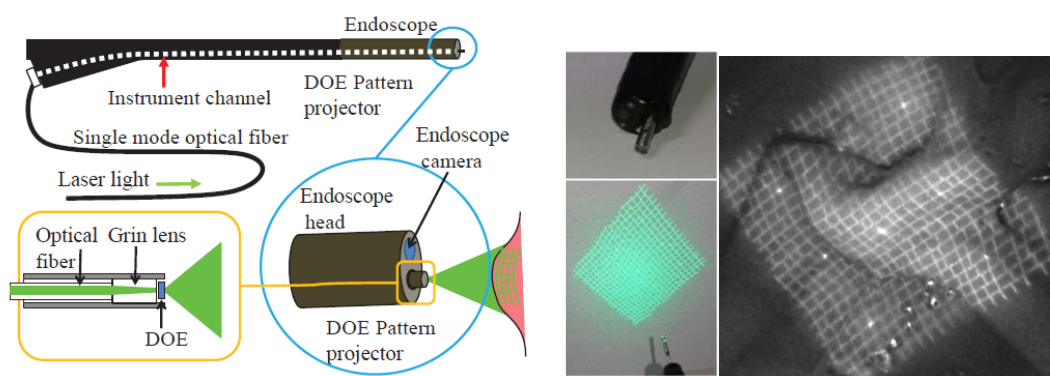


図 1: 3 次元内視鏡システム構成，超小型パターン光源外観，生体組織への投影画像例

[業績 a] Sagawa , R . , Furukawa , R . , & Kawasaki , H . (2014) . Dense 3D reconstruction from high frame-rate video using a static grid pattern . IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence , 36(9) , 1733-1747 .

## 2 . 研究の目的

本研究では，開発中の 3 次元内視鏡システムを，実用的に利用できるようにすることを目的とし，前期システムについての実用的問題点の解決を行った．取り組むべき問題点としては，以下の課題を上げた．

**課題 1:** 消化管内部の環境への対応 消化管内部の環境下でも安定的な計測が行われるように，計測システムの改良を行う．

**課題 2:** 対象の色情報と距離情報の同時取得 開発システムではパターン光源を対象に照射して撮影するが，テクスチャ情報を同時に同時取得する手法を開発する．

**課題 3:** 形状解像度，距離精度の向上 開発システムは，投影パターンとして格子パターンを利用しているため，得られる形状の解像度は，投影パターンの格子の間隔程度(15 画素程度)であり，画像の解像度よりもかなり疎い．また，後述するように，アクティブステレオ法の原理のため，観測された距離情報は，位置によって精度が異なる．これらの問題を，パターン光源によるシェーディング(陰影)情報の利用と，内視鏡本体とパターン投光器を動かしながら対象物体を連続撮影し，それらの形状情報を統合する手法によって，高精度化，高解像度化する．

**課題 4:** 深層学習を利用した奥行推定アルゴリズムの開発 開発システムにおいて，複雑な形状に対して安定した距離情報を出力することが，実用システムにおいて重要である．これを実現するために，深層学習を利用した奥行推定アルゴリズムの開発を行う．

**課題 5:** 実際の人体内部の計測の実現 開発システムでは 投光器は内視鏡に挿入可能であり，計測の安全性と安定性は大きく向上している．このことを踏まえ，実際の人体内部の計測を実現

することを指す。

### 3. 研究の方法

**課題 1** に関して、パターン光源の広角化と、それに伴うパターン光源のパターンの改良を実施した。既存のパターンは、内視鏡の画角に対して、半分程度の画角であり、カメラ画像の面積的には 25%ほどしか有効活用されていなかった。このため、内視鏡診療に利用するには、多くの計測が必要であり、実用的な意味で問題であった。そこで、従来のパターン光源に対して 2 倍程度の画角を持つパターン光源を開発した。さらに、広角のパターン光源では、同じ密度でも多くの対応点を求める必要があるため、新たなパターンを開発し、それに合わせたデコードアルゴリズムを開発した。

**課題 2** に関して、当初、白色光とレーザパターン光を交互に照射可能なパターン光源の開発を目指したが、強度などの点での問題点があることが分かった。そこで、パターン光を照射した画像から、テクスチャ成分を推定する深層学習モデルを開発し、実験を行った。

**課題 3, 課題 4** に関して、従来手法では 3 次元計測を格子の「線」で復元していたのに対し、パターン上の「画素」を単位として復元することが可能な復元アルゴリズムを開発した。これは、カメラで計測された画像について、格子パターンの局所的な繰り返しを、「位相」として推定し、位相から全体的な対応マップを画素ごとに求める方法である。これによって、画素ごとの計測が可能になった。

さらに、課題 3,4 について、複数フレームでの計測を行ったときに、それらの計測結果を矛盾なく統合するための、カメラ位置、プロジェクタ位置、形状の同時推定を行う手法を開発した。既存アルゴリズムとして、背景で挙げた(D)では、プロジェクタの位置等は考慮されず、個別のフレームでの復元結果の剛体変換を求めたが、本アルゴリズムでは、プロジェクタ位置、カメラ位置、さらに、3 角測量の推定モデルも考慮した最適化が可能である。

**課題 5** に関して、人体実験の前段階として、動物実験の実施を目指した。現在では動物実験の倫理審査が厳しくなっているため、豚から切除した胃袋での実験例を積み重ねた。

### 4. 研究成果

上記研究の結果、以下の技術的成果が得られた。

**成果 a: 内視鏡の鉗子孔に挿入可能な超小型、広角パターン光源**

**成果 b: パターン光とテクスチャの分離アルゴリズム**

**成果 c: 深層学習モデルによる解析、デコードが可能な広範囲パターン**

**成果 d: 深層学習モデルによる高密度対応推定による単画像 3 次元計測技術**

**成果 e: 能動光源による複数フレームでの計測結果統合のための微分レンダリング**

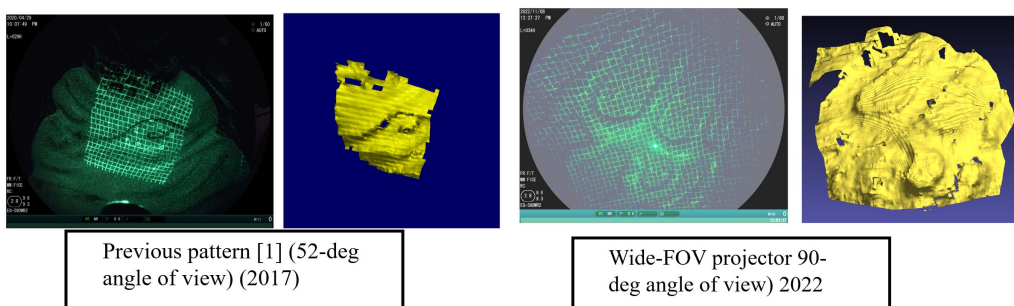


図 2: 内視鏡用超小型パターン光源の広角化

成果 a では、これまで利用してきた内視鏡用光源の広角化を行った。具体的には、それまでのパターン投光器の視野角が約 52 度であったものを、約 90 まで広げた(図 2)。これにより、内視鏡の画角のほとんどを形状計測に利用できるようになり、計測範囲の拡大、計測解像度の向上を実現することができた。

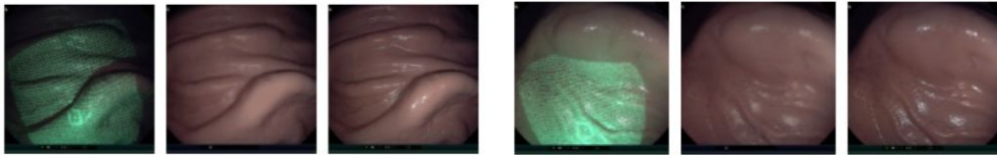


図3: パターン投影画像からのテクスチャ画像の推定例。

各例で、左から、パターン投影画像、パターン除去画像、真のパターン除去画像。

成果 b では、パターン投影画像からテクスチャ画像を推定する、深層学習モデルの開発を行った。パターンを照射した画像、照射しない画像を集め、深層学習モデルの GAN を利用して推定を行った。図3に、その結果の例を示す。

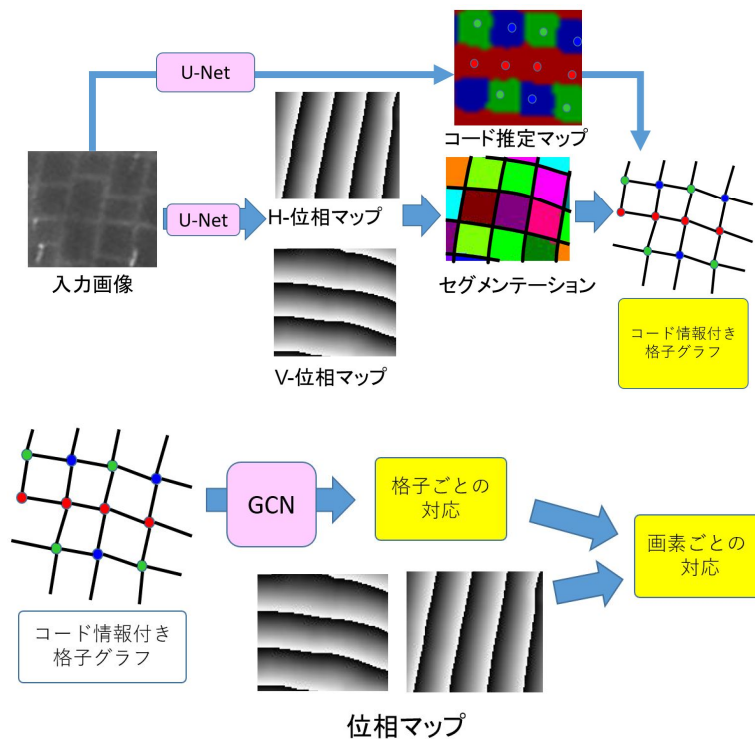


図4: パターン投影撮影とパターン解析(検出, デコード)による高密度対応推定

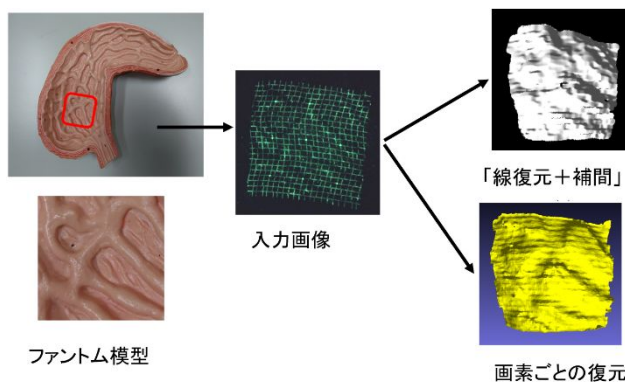


図5: 画素ごとの3次元復元による解像度向上

成果 a では、より広範囲のパターン投影を実現したが、そのためにパターンとカメラ画像の対応点問題はより難しくなった。成果 c, d では、新しいパターンを採用し、かつ、深層学習によるパターン解析アルゴリズムを開発することで、カメラ・投光器間の対応推定を、安定かつ高密度(画素ごとの推定)に実行する方法を開発した。この方法では、入力画像から、深層学習モデル(U-Net)によって、パターンの繰り返し情報である「位相マップ」と、各画素周辺でのコードの情報である「コード推定マップ」を推定する。位相マップのセグメンテーションによ

って、格子構造が得られ、コード推定マップから、格子のコードが得られる。格子構造を表現するグラフに、Graph Convolutional Network (GCN)を適用することで、格子ごとの対応を取得し、さらに位相マップを利用することで画素ごとの対応情報が得られる(図4)。従来手法では画素ごとに対応を求め、3次元推定結果を補間していたが、本アルゴリズムにより、解像度の高い3次元復元が可能になった(図5)。

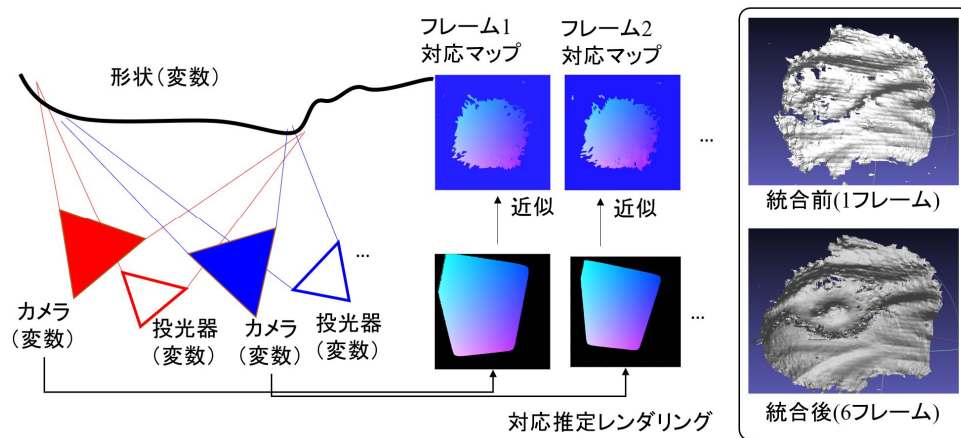


図6: 微分レンダリングによる複数フレーム統合と、統合による広域化、高解像度化

成果eでは、開発された3次元内視鏡システムで、複数回の撮影が行われた場合に、それらの撮影結果を統合するアルゴリズムを開発した。このアルゴリズムでは、成果b,cで推定された対応マップ(カメラの画素ごとに投光器での2次元画像を格納したもの)を近似することで、シーン形状、カメラ位置、プロジェクタ位置、およびプロジェクタの内部パラメータ(焦点距離)を推定する。推定は、微分レンダリングにより、上記の推定パラメータを最適化することで実行される。図6に示すように、シーン形状、カメラ位置、プロジェクタ位置等から、プロジェクタの座標をカメラに投影した画像を、微分レンダリングエンジンの投影マッピング処理によって描画する。描画結果を、実際に観測されたプロジェクタ座標と比較し、誤差を損失関数として最小化する。これにより、複数のフレームにわたって形状の整合性が取れるようなカメラ位置、プロジェクタ位置、3次元シーンを推定できる。図7に、提案された形状統合アルゴリズムによるシーン統合および形状復元結果を示す。

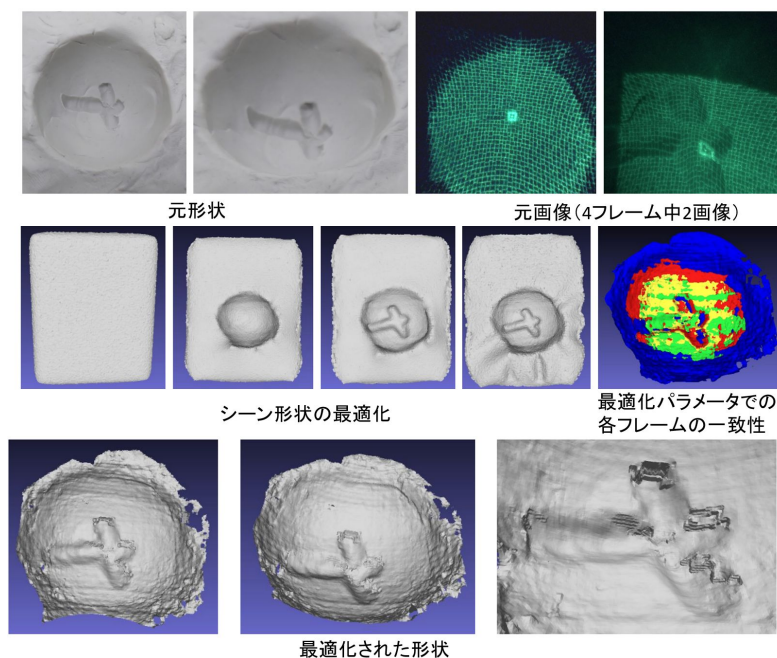


図7: 微分レンダリングによる複数フレーム統合と、統合による広域化、高解像度化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Furukawa Ryo, Mikamo Michihiro, Sagawa Ryusuke, Okamoto Yuki, Oka Shiro, Tanaka Shinji, Kawasaki Hiroshi	4. 巻 0
2. 論文標題 Multi-frame optimisation for active stereo with inverse rendering to obtain consistent shape and projector-camera poses for 3D endoscopic system	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization	6. 最初と最後の頁 1~9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/21681163.2022.2155578	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 Sagawa Ryusuke, Higuchi Yusuke, Furukawa Ryo, Kawasaki Hiroshi	4. 巻 34
2. 論文標題 Acquisition and Visualization of Micro-Vibration of a Sound Wave in 3D Space	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 1024~1032
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2022.p1024	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 FURUKAWA Ryo	4. 巻 87
2. 論文標題 3D Endoscopic System Based on Active Stereo Method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Society for Precision Engineering	6. 最初と最後の頁 917~921
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2493/jjspe.87.917	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 古川 亮	4. 巻 87
2. 論文標題 アクティブステレオ法を用いた3次元内視鏡システムの開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 精密工学会誌	6. 最初と最後の頁 917-921
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2493/jjspe.87.917	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 古川 亮	4. 巻 32
2. 論文標題 深層学習を利用した能動ステレオ法による3次元内視鏡システム	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 画像ラボ	6. 最初と最後の頁 38-43
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 Furukawa Ryo, Mikamo Michihiro, Kawasaki Hiroshi, Sagawa Ryusuke, Oka Shiro, Kotachi Takahiro, Okamoto Yuki, Tanaka Shinji	4. 巻 10
2. 論文標題 Simultaneous estimation of projector and camera poses for multiple oneshot scan using pixel-wise correspondences estimated by U-Nets and GCN	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization	6. 最初と最後の頁 540 ~ 548
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/21681163.2021.2009376	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 Furukawa Ryo, Nagamatsu Genki, Oka Shiro, Kotachi Takahiro, Okamoto Yuki, Tanaka Shinji, Kawasaki Hiroshi	4. 巻 6
2. 論文標題 Simultaneous shape and camera projector parameter estimation for 3D endoscopic system using CNN based grid oneshot scan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Healthcare Technology Letters	6. 最初と最後の頁 249 ~ 254
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1049/htl.2019.0070	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 Shiba Yuki, Ono Satoshi, Furukawa Ryo, Hiura Shinsaku, Kawasaki Hiroshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Learning-based active 3D measurement technique using light field created by video projectors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IPSN Transactions on Computer Vision and Applications	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s41074-019-0058-y	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 Visentini-Scarzanella Marco, Kawasaki Hiroshi, Furukawa Ryo, Bonino Marco, Arolfo Simone, Lo Secco Giacomo, Arezzo Alberto, Menciacsi Arianna, Dario Paolo, Ciuti Gastone	4. 巻 6
2. 論文標題 A structured light laser probe for gastrointestinal polyp size measurement: a preliminary comparative study	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Endoscopy International Open	6. 最初と最後の頁 E602 ~ E609
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/a-0577-2798	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 古川 亮, 川崎 洋	4. 巻 57
2. 論文標題 構造化光投影による3次元内視鏡の開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 光技術コンタクト	6. 最初と最後の頁 47-52
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 古川 亮;内藤 雅仁;溝森 将輝;宮崎 大輔;馬場 雅志;日浦 慎作;佐野村 洋次;田中 信治;川崎 洋	4. 巻 J101-D
2. 論文標題 アクティブステレオ法による3次元内視鏡のためのHDR画像生成と投光器位置の自己校正	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会誌 和文D	6. 最初と最後の頁 1150-1164
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transinfj.2017IUP0015	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28件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 16件)

1. 発表者名 Ryo Furukawa, Ryusuke Sagawa, Shiro Oka, Shinji Tanana, Hiroshi Kawasaki
2. 発表標題 Single and multi-frame auto-calibration for 3D endoscopy with differential rendering
3. 学会等名 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC), 掲載決定 (国際学会)
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 古川亮 , 三鴨道弘 , 佐川立昌 , 川崎洋
2. 発表標題 アクティブステレオ法における複数フレーム計測結果の全体最適化法
3. 学会等名 画像の認識理解シンポジウム MIRU2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Michihiro Mikamo , Ryo Furukawa , Shiro Oka , Takahiro Kotachi , Yuki Okamoto , Shinji Tanaka , Ryusuke Sagawa , Hiroshi Kawasaki
2. 発表標題 3D endoscope system with AR display superimposing dense and wide-angle-of-view 3D points obtained by using micro pattern projector
3. 学会等名 44th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryo Furukawa , Michihiro Mikamo , Ryusuke Sagawa , Hiroshi Kawasaki
2. 発表標題 Single-shot dense active stereo with pixel-wise phase estimation based on grid-structure using CNN and correspondence estimation using GCN
3. 学会等名 Ryo Furukawa , Michihiro Mikamo , Ryusuke Sagawa , Hiroshi Kawasaki (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Michihiro Mikamo , Ryusuke Sagawa , Hiroshi Kawasaki , Ryo Furukawa
2. 発表標題 Oneshot dense 3D active stereo based on pixel-wise correspondence estimation using U-Nets and GCN
3. 学会等名 画像の認識理解シンポジウム MIRU2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Michihiro Mikamo, Ryo Furukawa, Shiro Oka, Takahiro Kotachi, Yuki Okamoto, Shinji Tanaka, Ryusuke Sagawa, Hiroshi Kawasaki
2. 発表標題 Active Stereo Method for 3D Endoscopes using Deep-layer GCN and Graph Representation with Proximity Information
3. 学会等名 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Michihiro Mikamo, Ryo Furukawa, Hiroshi Kawasaki
2. 発表標題 A Method for Adding Motion-Blur on Arbitrary Objects by Using Auto-Segmentation and Color Compensation Techniques
3. 学会等名 2021 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Michihiro Mikamo, Hiroshi Kawasaki, Ryusuke Sagawa, Ryo Furukawa
2. 発表標題 GCN-Calculated Graph-Feature Embedding for 3D Endoscopic System Based on Active Stereo
3. 学会等名 IW-FCV 2021: Frontiers of Computer Vision (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Michihiro Mikamo, Hiroshi Kawasaki, Ryusuke Sagawa, Ryo Furukawa
2. 発表標題 GCN-Calculated Graph-Feature Embedding for 3D Endoscopic System Based on Active Stereo
3. 学会等名 Frontiers of Computer Vision - 27th International Workshop, IW-FCV 2021, (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三鴨 道弘 川崎 洋 佐川 立昌 古川 亮
2. 発表標題 Domain invariantな画像特徴によるCGからの能動ステレオシステムの学習
3. 学会等名 情報処理学会 CVIM研究会 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryo Furukawa, Shiro Oka, Takahiro Kotachi, Yuki Okamoto, Shinji Tanaka, Ryusuke Sagawa, Hiroshi Kawasaki
2. 発表標題 Fully Auto-calibrated Active-stereo-based 3D Endoscopic System using Correspondence Estimation with Graph Convolutional Network
3. 学会等名 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川崎 洋 , 古川 亮
2. 発表標題 高速・小型・高精度・水中など極端環境における3次元計測の課題-アクティブ光源による解決レシピ-
3. 学会等名 精密工学会 画像応用技術専門委員会 2020年度第3回定例研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryo Furukawa , Shiro Oka , Takahiro Kotachi , Yuki Okamoto , Shinji Tanaka , Hiroshi Kawasaki
2. 発表標題 Auto-calibrated 3D endoscope with GCN-based correspondence search
3. 学会等名 第23回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古川 亮 , 岡 志郎 , 田中 信治 , 川崎 洋
2. 発表標題 構造化光投影を使用した3D内視鏡システムの開発
3. 学会等名 日本生体医工学会 オーガナイズドセッション (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古川 亮 , 川崎 洋
2. 発表標題 CNNを用いた能動ステレオ方式三次元内視鏡 : 機械学習による構造化光パターンの解析
3. 学会等名 光アライアンス (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Genki Nagamatsu, Ryo Furukawa, Ryusuke Sagawa, Hiroshi Kawasaki
2. 発表標題 Single-wavelength and multi-parallel dotted-and solid-lines for dense and robust active 3D reconstruction
3. 学会等名 2019 16th International Conference on Machine Vision Applications (MVA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Furukawa, Genki Nagamatsu, Hiroshi Kawasaki
2. 発表標題 Simultaneous shape registration and active stereo shape reconstruction using modified bundle adjustment
3. 学会等名 2019 International Conference on 3D Vision (3DV) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古川 亮, 内藤 雅仁, 宮崎 大輔, 馬場 雅志, 日浦 慎作(広島市大), 岡 志郎, 田中 信治(広島大病院), 川崎 洋(九大)
2. 発表標題 3次元内視鏡におけるambient光源にロバストな投影パターン特徴抽出
3. 学会等名 画像の認識理解シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩口 晃史, 栗田 拓弥, 時枝 康大(九大), 古川 亮(広島市大), 川崎 洋(九大)
2. 発表標題 疎な構造化光による疎な3次元復元形状のパターン間の陰影学習による高密度化
3. 学会等名 画像の認識理解シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Furukawa, Daisuke Miyazaki, Masashi Baba, Shinsaku Hiura, Hiroshi Kawasaki
2. 発表標題 Robust structured light system against subsurface scattering effects achieved by CNN-based pattern detection and decoding algorithm
3. 学会等名 Computer Vision, ECCV 2018 Workshops (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryo Furukawa, Tsukasa Tadano, Shinsaku Hiura, Hiroshi Kawasaki
2. 発表標題 Improvement of image quality by using viewpoint following in multi-layer light field display
3. 学会等名 3D Image Acquisition and Display: Technology, Perception and Applications: OSA imaging congress (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryo Furukawa, Hiroshi Kawasaki
2. 発表標題 Grid-based oneshot scan using dot-line pattern
3. 学会等名 3D Image Acquisition and Display: Technology, Perception and Applications: OSA imaging congress (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuto Ichimaru, Ryo Furukawa, Hiroshi Kawasaki
2. 発表標題 Multi-scale cnn stereo and pattern removal technique for underwater active stereo system
3. 学会等名 International Conference on 3D Vision (3DV) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryo Furukawa, Masaki Mizomori, Shinsaku Hiura, Shiro Oka, Shinji Tanaka, Hiroshi Kawasaki
2. 発表標題 Wide-Area Shape Reconstruction by 3D Endoscopic System Based on CNN Decoding, Shape Registration and Fusion
3. 学会等名 Computer Assisted Robotic Endoscopy: MICCAI 2018 workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古川 亮, 内藤 雅仁, 溝森 将輝, 馬場 雅志, 宮崎 大輔, 日浦 慎作, 岡 志郎, 田中 信治, 川崎 洋
2. 発表標題 CNNによる特徴抽出と複数フレームの形状統合による広範囲かつ高精度な3次元内視鏡システム
3. 学会等名 電子情報通信学会, 医用画像研究会, MI2018-88
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 溝森 将輝, 内藤 雅仁, 古川 亮, 馬場 雅志, 宮崎 大輔, 日浦 慎作, 川崎 洋
2. 発表標題 能動ステレオ法のためのパターン検出におけるCNNによる複数特徴の同時抽出
3. 学会等名 第 21 回 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahito Naito, Ryo Furukawa, Masashi Okitomo, Daisuke Miyazaki, Masashi Baba, Shinsaku Hiura, Yoji Sanomura, Shinji Tanaka, and Hiroshi Kawasaki
2. 発表標題 Grid-pattern feature detection technique using U-Nets for 3D endoscope
3. 学会等名 第 21 回 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuto Ichimaru, Ryo Furukawa, Hiroshi Kawasaki
2. 発表標題 Underwater accurate shape reconstruction using CNNs
3. 学会等名 第 21 回 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Katsushi Ikeuchi, Yasuyuki Matsushita, Ryusuke Sagawa, Hiroshi Kawasaki, Yasuhiro Mukaigawa, Ryo Furukawa, Daisuke Miyazaki	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 536
3. 書名 Active Lighting and Its Application for Computer Vision, 40 Years of History of Active Lighting Techniques	

〔産業財産権〕

〔その他〕

人体の内外面形状すべてをリアルタイム計測するシステム  
<http://www.hyper3dsensing.com/>

国内シンポジウムの開催  
 「次世代内視鏡・医工連携シンポジウム」  
<http://www.hyper3dsensing.com/symposium2023.html>

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	田中 信治  (Shinji Tanaka)  (00260670)	広島大学・病院(医)・教授    (15401)	
研究分担者	佐川 立昌  (Ryusuke Sagawa)  (30362627)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・研究チーム長   (82626)	
研究分担者	岡 志郎  (Shiro Oka)  (30403538)	広島大学・病院(医)・講師   (15401)	
研究分担者	川崎 洋  (Hiroshi Kawasaki)  (80361393)	九州大学・システム情報科学研究院・教授   (17102)	
研究分担者	宮崎 大輔  (Daisuke Miyazaki)  (30532957)	広島市立大学・情報科学研究科・准教授   (25403)	



6. 研究組織（つづき）

	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	馬場 雅志  (Masashi Baba)  (30281281)	広島市立大学・情報科学研究科・講師    (25403)	
研究分担者	日浦 慎作  (Shinsaku Hiura)  (40314405)	兵庫県立大学・工学研究科・教授    (24506)	

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			
カナダ	Robarts Institute, Western University			