

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：25301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K03967

研究課題名(和文) ロボット支援下腎部分切除術における最少摘出・最大温存を支援するxRシステム

研究課題名(英文) xR System for Minimal Removal and Maximum Preservation in Robot-Assisted Partial Nephrectomy

研究代表者

小枝 正直 (Koeda, Masanao)

岡山県立大学・情報工学部・准教授

研究者番号：10411232

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は1.誰でも何処でも簡便に導入・運用可能な手術支援システムの開発, 2.腹腔内をリアルに再現するシミュレータの開発, 3.腎臓の熱伝導シミュレーションの3点である。目的1の成果としてビジュアルオドメトリの精度を向上する画像処理手法の提案とAR手術サポートシステムを開発した。またVRを用いた手術ナビゲーションシステムも開発した。目的2の成果として, DICOMから抽出した領域を3Dボクセルで表示するシミュレータを構築した。また動力学エンジンを用いてリアルな膜・臓器の変形が可能なシミュレータを開発した。目的3の成果として熱伝導シミュレーションにより腎実質の熱拡散率を推定し, 腎冷却に応用した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ロボット支援下腎部分切除では腫瘍を漏らさず除去し正常組織を最大限に残存させることが重要であるが, 切除ラインの決定や電気メスの扱いは医師の経験と判断に依存している。そこで本研究では, VR/ARを用いた手術支援システムを開発した。また膜の動きをリアルに表現する手法についても検討した。さらに, 腎実質の熱伝導シミュレーションにより, 電気メスや腎冷却による内部温度の変化が明らかになった。これにより電気メスの最適な焼灼時間や腎冷却のための霊薬時間の提案が可能となった。本研究で開発したシステムを用いることで, 正常な腎組織の残存率向上, 術後回復の促進, 患者のQOL向上, さらに国への医療費削減が期待できる。

研究成果の概要(英文)：The objectives of this research are 1. Development of a surgical support system that can be easily introduced and operated anywhere by anyone, 2. Development of a simulator that realistically reproduces the abdominal cavity, 3. Thermal conduction simulation of the kidney. As an achievement of objective 1, we proposed an image processing method to improve the accuracy of visual odometry and developed an AR surgical support system. We also developed a surgical navigation system using VR. As an achievement of objective 2, we constructed a simulator that displays regions extracted from DICOM data in 3D voxels. We also developed a simulator capable of realistic deformation of membranes and organs using a dynamics engine. As an achievement of objective 3, we estimated the thermal diffusivity of the renal parenchyma by thermal conduction simulation and applied it to renal cooling.

研究分野：ロボティクス

キーワード：手術支援システム xR ビジュアルオドメトリ 手術シミュレータ 熱伝導 膜

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

腎臓には心臓が拍出する血液の約 25%が流入する。腎臓は太い動静脈や大量の毛細血管が複雑に入り組む血管の塊であり、熱に弱い臓器である。腎臓は血液濾過による尿排出だけでなく、赤血球生成ホルモンによる酸素量調整、血管拡張ホルモンによる血圧調整など生命に関わる重要な機能を担うことも近年明らかになった。腎機能を喪失すると人工透析により機械的な血中老廃物の除去や水分量調整が必須となる。通常、人工透析は週 3 回、毎回 4 時間程度の処置を生計継続する必要があり、腎機能の喪失は QOL の著しい低下を招く。現在のところ根本的治療は腎移植のみであるが、様々なリスクや課題があるため、腎移植する透析患者は全体の 0.5%程度に留まる。国内の人工透析患者は 33 万人程度存在し、人工透析による年間医療費は日本の医療費の 4 割 (約 1.6 兆円) を占める。腎臓がんは国内で年間約 1 万人が発症する。主な術式としては腎臓全体を摘出する根治的腎摘除術と、腫瘍のみを摘出する腎部分切除術があり、腫瘍の数や大きさ、位置等に応じて選択されるが、機能温存のためには後者が適用される。腎部分切除術の場合、腎動脈をクランプして一時阻血して切開するが、長時間の阻血は組織の壊死を引き起こすため、阻血時間の短縮が重要である。

2016 年 4 月からロボット支援腹腔鏡下腎部分切除術 (Robot Assisted Laparoscopic Partial Nephrectomy: RALPN) が保険適用となり、RALPN が急増した。手術支援ロボット da Vinci ではステレオ内視鏡と 6 自由度鉗子が利用可能ではあるが、狭い視野での細かい作業となり、個人差はあるが一般的に、対象臓器までの到達、腎動脈の特定、腫瘍の発見、切除ラインの決定等の準備作業に 100 分程度、阻血・腫瘍切除・縫合・阻血解除に 25 分程度の時間が掛かる。また良好な術後回復には、腫瘍を最少で除去し、正常組織を最大限に残存することが最良である。しかし腫瘍の残存は再発を誘発するため、正常組織も含めて広めに切除するのが一般的であり、この切除領域の決定は医師の経験と勘に依存している。手術時間の短縮、および適切な切除領域決定を支援するシステムへの期待は大きいものの、研究レベルのシステムが幾つか存在のみで、誰でも何処でも簡便に導入・運用できるシステムは存在しない。また、血管の塊である腎臓を通常のメスやハサミで切開すれば大量出血する。そのため、大半は電気メスにより焼灼して切開することで出血を抑えるが、その特性上、臓器内部にも電流が流れ、正常組織が不必要に加熱される。という問題が発生する。一般的に、タンパク質は 60 で熱変性し壊死すると言われているが、臓器内部の加熱状況は明確ではない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、

1. 誰でも何処でも簡便に導入・運用可能な手術支援システムの開発
2. 腹腔内をリアルに再現するシミュレータの開発
3. 腎臓の熱伝導シミュレーション

の 3 点である。

3. 研究の方法

目的 1 では、誰でも直感的に操作可能な VR/AR を用いたシステムとするが、医師と密に連携し、現場の状況を十分理解した上で実装する。また、狭く混雑した手術室でも邪魔にならない可搬性、病院毎や手術室毎で異なる形態や病院毎で異なる運用等に柔軟に対応できる汎用性も考慮する。AR における内視鏡カメラ位置姿勢の推定には、特徴点ベースのビジュアルオドメトリを用いる。目的 2 は目的 1 のシステムを開発する際の効率化や、利用する際のトレーニング、精度検証のために必要である。腹腔内の形状のリアルな再現には DICOM の画像処理とボクセル表現により実現する。またリアルな動作の再現には動力学エンジンを積極的に利用する。目的 3 に関しては、腎の温度の時間変化を測定し、熱拡散率を推定する。人体での実験は困難なため、ブタ腎を用いる。推定された熱拡散率を用いて、腎の熱伝導シミュレーションモデルを開発する。

4. 研究成果

4 - 1. 画像特徴点ベースのビジュアルオドメトリ精度向上と AR 手術サポートシステム

高精度・高安定な XR 手術支援を実現するためには、内視鏡の位置・姿勢推定が重要である。しかし、我々が扱う da Vinci システムではロボットアームの位置姿勢は取得できず、また衛生面・倫理面から別途センサの取り付けも困難である。そのため、ビジュアルオドメトリによる内視鏡位置姿勢を採用し、これの精度および安定性向上の様々な方策を講じた。

内視鏡映像でのビジュアルオドメトリでは、カメラ前で動く手術器具が位置姿勢推定に大きなノイズとなる。そこで [1,2] では、ニューラルネットワークを用いて画像特徴点の色情報や位置情報をもとに、手術器具上の画像特徴点かの判別を試みた。[3] では、深層学習モデルの一つである U-Net を用いたセマンティックセグメンテーションにより内視鏡映像内の手術器具領域を特定した。また、特定した領域にブラー処理を施すことで、ノイズの原因となる画像特徴点を排除することに成功した (図 1)。

[4] では、上記手法で特定された手術器具領域に Image Inpainting 法により臓器や血管等の疑

似映像を上書きすることで、不要な画像特徴点の除去を試みた。[5]では、不要な画像特徴点を除去するためのブラー処理を階層的に施す方策を試みた。これによりブラー処理領域と非ブラー処理領域との境界が滑らかになり、不要な画像特徴点の除去率を向上させた。[6-8]では、これらの不要な画像特徴点除去処理をビジュアルオドメトリに統合し、ARを用いた手術サポートシステムとしてまとめた。

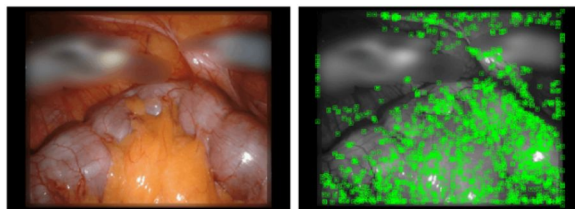


図1 手術器具領域へのブラー処理により、ノイズの原因となる画像特徴点を排除する様子

4 - 2 . VR による手術ナビゲーションシステム

多忙でコンピュータに詳しくない医師でも容易に直感的に操作可能な手術ナビゲーションシステムの構築のため、VRの導入を試みた。VR空間に腹腔内の3次元点群と臓器や腫瘍、血管、尿管の3Dモデルを表示した。腹腔内の3次元点群はdaVinciのステレオ内視鏡映像から生成した。また臓器等の3DモデルはDICOMから生成し、3次元コントローラでのグラフ操作により直感的な位置姿勢の手動での操作を実現した。各3Dモデルの透明度は、VR空間の左手首付近に浮かぶスライドコントローラにより容易に調整可能とし、現場の状況に応じて注視対象のモデルを自由に選択可能にした[9, 10] (図2)。

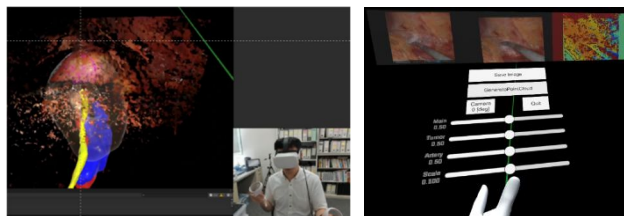


図2 VR空間での腹腔内点群と臓器3Dモデルの表示(左)と透明度調整用のスライドコントローラ(右)

臓器の位置姿勢推定の自動化も試みた。ステレオ内視鏡映像から生成した腹腔内3次元点群と、DICOMから生成した3Dモデルの頂点情報を用いて、Point-to-Plane ICPアルゴリズムにより位置姿勢の推定を行った。ICPアルゴリズムは変形を伴う対象物のマッチングには不向きであり、内臓の位置姿勢推定に用いることは稀である。

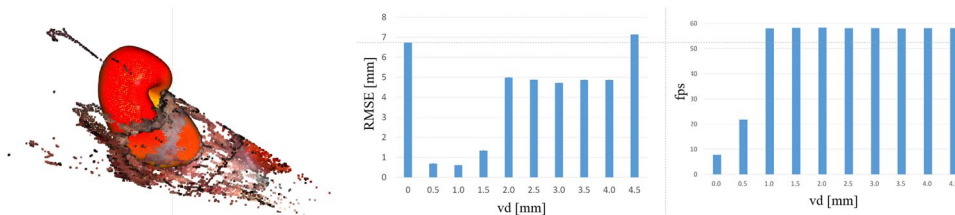


図3 Point-to-Plane ICPアルゴリズムによる臓器位置姿勢推定の様子(左)と点群密度を変化させた際の位置推定誤差(中)と処理速度(右)

しかし、我々が対象とする腎臓は、比較的変形が少ないため、適当な初期位置姿勢を与えれば特に問題なく位置姿勢推定が可能であることを確認した。また点群の密度を適度に調整することで、位置姿勢推定精度を落とすことなく高速化が可能であることを示した [11,12] (図3)。

4 - 3 . 腹腔内をリアルに再現するシミュレータ

人体の形状や変形を精密に模したシミュレータの開発を試みた。[13]では、DICOMから画像処理により臓器や骨など特定の領域を抽出したのち、各部位をボクセル化して3次元で表示可能なシミュレータを構築した。また3次元力覚提示装置Phantom Omniを用いて、表示されたボクセルとの接触や削除の操作を可能にした。この処理は高負荷であるため、接触可能なボクセル数は限定的であったが、これは今後の計算機の性能向上により解決されるため問題ないと考える。

共同研究の医師らとの話し合いから、手術における膜の扱いや膜構造の重要性が指摘された。そこで[14]では、リアルな膜の動きを再現するシミュレータの開発に取り組んだ。動力学エンジ

ン Obi に含まれる Obi cloth を用いて膜に相当する矩形のオブジェクトを作成し、幾つかのパラメータを調整した際の変形の仕方の変化を調査した。また BodyParts3D に含まれる腎臓の 3D モデルをもとにして、Obi Softbody を用いて変形可能な腎臓オブジェクトを生成した。この腎臓オブジェクトに膜オブジェクトを重ね、膜の剥離操作が可能なるシミュレータを開発した (図 4)。

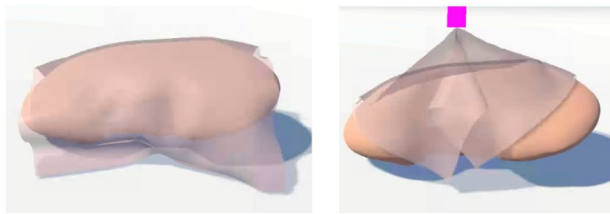


図 4 動力学エンジン Obi を用いて再現した柔軟な腎臓と膜、および剥離の様子

研究開始時は、シミュレータを用いてビジュアルオドメトリの精度評価を行う予定であったが、実空間での精度評価がより現実的で望ましいと考え、単軸ロボットにステレオカメラを搭載することで真値と推定値の比較を行う方針に転換した[8]。

4 - 4 . 腎臓の熱伝導シミュレーション

[15]では、電気メスの凝固モードで腎表面を 1 秒間焼灼した際の温度変化をサーモグラフィで計測した結果と、3 次元非定常熱伝導方程式をルンゲ・クッタ法で離散化したモデルを用いて様々な熱拡散率で温度変化を推定した結果を比較することで、熱拡散率を推定した。研究開始時は、電気メスによる熱影響の調査を目的としていたが、共同研究者の医師らとの話し合いから本手法を腎冷却時の温度推定に応用可能であることが分かり、以降はこちらに注力することとした。腎冷却法は、氷などで腎臓を冷却することで術後の腎機能低下を抑制する方法で、20 程度が最適な温度とされるが、腎内部の温度評価には針型熱電対の穿刺という侵襲的手段しか存在しない。そこで[16, 17]では、1cm 角の腎切片に複数の針型温度計を刺し、腎切片の 1 面を氷で冷却 (図 5) した際に得られた腎内部の温度変化と 3 次元非定常熱伝導シミュレーションから得られた温度変化を比較することで熱拡散率を推定し深部温度を予測する、という非侵襲的な深部温度の測定手法を提案した。3 次元非定常熱伝導方程式の離散化には陰解法のガウス = ザイデル法を用いて精度の向上を図った。[18]では、より現実に近い状況とするため、腎全体を冷却した際の温度変化を複数の針型温度計で計測して得られたデータを用いて前述と同じ手法で熱拡散率の推定を試みた。本手法では、モデルの分割数やシミュレーションの時間間隔を小さく設定すると膨大な計算時間が必要であった。そこで[19]では、複数の針形温度計で計測した腎冷却時の温度変化を近似可能な関数を見つけ、詳細な内部温度分布の推定を試みた。その結果、指数関数と対数の組み合わせた関数により妥当な近似が可能であることが判明した (図 6)。

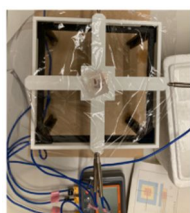


図 5 腎切片冷却装置

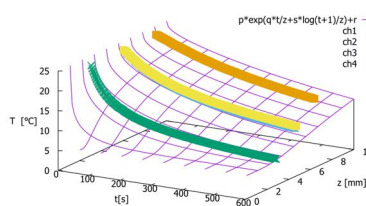


図 6 腎内部の温度変化と近似関数

< 引用文献 >

- [1] 佐久間 涼太, 箱谷 知輝, 小枝 正直, 濱田 彬弘, 澤田 篤郎, 小川 修: "画像特徴点に基づく SLAM の精度向上を目的としたニューラルネットワークによる不要特徴点判別", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2021 (ROBOMECH2021), 1P2-C05, 2021.6.
- [2] Masanao Koeda and Ryota Sakuma, "Neural Network-Based Classification of Image Feature Points on Endoscopic Surgery Video", 2nd OPU-HsH Japanese-German Symposium - Industry 4.0 and Society 5.0 for Smart Society -, 2023.2.
- [3] 箱谷 知輝, 佐久間 涼太, 小枝 正直, 濱田 彬弘, 澤田 篤郎, 小川 修: "画像特徴点ベースの SLAM の精度向上を目指したセマンティックセグメンテーションによる不要特徴点排除", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2021 (ROBOMECH2021), 1P2-C06, 2021.6.
- [4] 海原 優斗, 小枝 正直: "不要特徴点排除のための Image Inpainting による内視鏡カメラ映像内の手術器具除去", 2021 年度 (第 72 回) 電気・情報関連学会中国支部連合大会, R21-22-01, 2021.10.
- [5] 海原 優斗, 宮本 泰蔵, 小枝 正直, 澤田 篤郎, 曲淵 敏博, 小林 恭, 大西 克彦, 登尾 啓

- 史: "段階的ブラー処理による不要特徴点削除を用いたステレオ Visual SLAM の精度評価", 第 21 回日本 VR 医学会学術大会 (JSMVR2022), GS4-6, p. 36, 2022.8.
- [6] 海原 優斗, 城 聖人, 小枝 正直: "画像処理による ORB-SLAM の不要特徴点フィルタリングを加えた AR 手術サポートシステム", 情報処理学会 第 84 回全国大会 (IPSJ84) 講演論文集, 1ZM-03, 2022.3.
- [7] Masanao KOEDA, Yuto KAIHARA, Atsuro SAWADA, Akihiro HAMADA, Toshihiro MAGARIBUCHI, Osamu OGAWA, Katsuhiko ONISHI and Hiroshi NOBORIO: "Accuracy Evaluation of Stereo Visual SLAM with Unnecessary Feature Point Elimination Using Blur Processing for AR Surgical Support System", The 8th International Conference on Intelligent Informatics and BioMedical Sciences (ICIIBMS 2023), #45878401, 2023.12.
- [8] Masanao KOEDA, Yuto KAIHARA, Atsuro SAWADA, Akihiro HAMADA, Toshihiro MAGARIBUCHI, Osamu OGAWA, Katsuhiko ONISHI and Hiroshi NOBORIO: "Stereo Visual SLAM with Removing Noisy Feature Points by Partial Image Blurring for AR Surgical Support System and Its Accuracy Verification", Journal of Bioinformatics and Neuroscience (JBINS), 9 (1): pp. 434-439, December 29, 2023 e-ISSN: 2432-5422, p-ISSN: 2188-8116 Applied Science and Computer Science Publications
- [9] Masanao Koeda, Akihiro Hamada, Atsuro Sawada, Katsuhiko Onishi, Hiroshi Noborio and Osamu Ogawa: "VR-Based Surgery Navigation System with 3D User Interface for Robot-Assisted Laparoscopic Partial Nephrectomy", Human-Computer Interaction. Interaction Techniques and Novel Applications. HCII 2021. Lecture Notes in Computer Science, Springer, Cham, vol 12763, pp 538-550, 2021.7.
- [10] Masanao KOEDA, Akihiro HAMADA, Atsuro SAWADA, Toshihiro MAGARIBUCHI and Osamu OGAWA: "Surgery support system with VR Interface for robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy", Japanese-German Symposium/Workshop to learn Industrie 4.0 and Society 5.0, 2022.2.
- [11] 前田 直哉, 小枝 正直, 濱田 彬弘, 澤田 篤郎, 曲淵 敏博, 小川 修: "腹腔の 3 次元点群と臓器モデルの点群レジストレーション", 情報処理学会 第 84 回全国大会 (IPSJ84) 講演論文集, 1ZM-04, 2022.3.
- [12] Masanao Koeda, Naoya Maeda, Akihiro Hamada, Atsuro Sawada, Toshihiro Magaribuchi, Osamu Ogawa, Katsuhiko Onishi and Hiroshi Noborio, "Position and Orientation Registration of Intra-abdominal Point Cloud Generated from Stereo Endoscopic Images and Organ 3D Model Using Open3D", In Human-Computer Interaction, Technological Innovation, HCII 2022, Lecture Notes in Computer Science, Springer, Cham, vol. 13303, pp. 52-65, 2022.6.
- [13] 黒木 悠矢, 円藤 祐太郎, 小枝 正直, 大西 克彦, 登尾 啓史: "断層画像群から生成したボクセルに基づく手術シミュレータ", 情報処理学会 第 85 回全国大会 (IPSJ85), 7ZG-04, 2023.3
- [14] 島田 乃巴流, 小枝 正直: "膜のリアルな動きを再現する手術シミュレータの開発", 2024 年電子情報通信学会総合大会 (IEICE2024), D-16-07, 2024.3.
- [15] 安江 亮祐, 小枝 正直, 濱田 彬弘, 澤田 篤郎, 曲淵 敏博, 小川 修: "3 次元非定常熱伝導シミュレーションとサーモグラフィ動画の比較による生体組織の熱拡散率推定", 情報処理学会 第 84 回全国大会 (IPSJ84) 講演論文集, 1ZM-02, 2022.3.
- [16] 安江 亮祐, 小枝 正直, 曲淵 敏博, 澤田 篤郎, 小林 恭: "Ice Slush 法による腎冷却時の深部温度予測を目的とした熱伝導シミュレーションによる腎実質の熱拡散率推定", 情報処理学会 第 85 回全国大会 (IPSJ85), 7ZG-03, 2023.3
- [17] Magaribuchi, T., Hamada, A., Masui, K., Yasue, R., Koeda, M., Sawada, A.: "Temperature Prediction Model for Advanced Renal Function Preservation in Partial Nephrectomy", Human-Computer Interaction. HCII 2023. Lecture Notes in Computer Science, vol 14014. pp 87-95, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35572-1_6, 2023.7.
- [18] 安江 亮祐, 小枝 正直, 曲淵 敏博, 澤田 篤郎, 小林 恭: "Ice Slush 法による腎冷却時の深部温度予測を目的とした腎全体の熱伝導シミュレーション", 情報処理学会 第 86 回全国大会 (IPSJ86), 4ZK-06, 2024.3.
- [19] 鈴木 詩乃, 小枝 正直, 曲淵 敏博, 澤田 篤郎, 小林 恭: "腎冷却における内部温度変化の関数フィッティングによる定式化", 2024 年電子情報通信学会総合大会 (IEICE2024), D-7A-03, 2024.3.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 Masanao KOEDA, Yuto KAIHARA, Atsuro SAWADA, Akihiro HAMADA, Toshihiro MAGARIBUCHI, Osamu OGAWA, Katsuhiko ONISHI and Hiroshi NOBORIO	4. 巻 9 (1)
2. 論文標題 Stereo Visual SLAM with Removing Noisy Feature Points by Partial Image Blurring for AR Surgical Support System and Its Accuracy Verification"	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Bioinformatics and Neuroscience (JBINS)	6. 最初と最後の頁 434-439
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 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 佐久間 涼太, 箱谷 知輝, 小枝 正直, 濱田 彬弘, 澤田 篤郎, 小川 修
2. 発表標題 "画像特徴点に基づくSLAMの精度向上を目的としたニューラルネットワークによる不要特徴点判別"
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2021 (ROBOMECH2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 箱谷 知輝, 佐久間 涼太, 小枝 正直, 濱田 彬弘, 澤田 篤郎, 小川 修
2. 発表標題 "画像特徴点ベースのSLAMの精度向上を目指したセマンティックセグメンテーションによる不要特徴点排除"
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2021 (ROBOMECH2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 海原 優斗, 小枝 正直
2. 発表標題 "不要特徴点排除のためのImage Inpaintingによる内視鏡カメラ映像内の手術器具除去"
3. 学会等名 2021年度（第72回）電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 安江 亮祐, 小枝 正直, 濱田 彬弘, 澤田 篤郎, 曲淵 敏博, 小川 修
2. 発表標題 "3次元非定常熱伝導シミュレーションとサーモグラフィ動画の比較による生体組織の熱拡散率推定"
3. 学会等名 情報処理学会 第84回全国大会 (IPSJ84)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 海原 優斗, 城 聖人, 小枝 正直
2. 発表標題 "画像処理によるORB-SLAMの不要特徴点フィルタリングを加えたAR手術サポートシステム"
3. 学会等名 情報処理学会 第84回全国大会 (IPSJ84)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 前田 直哉, 小枝 正直, 濱田 彬弘, 澤田 篤郎, 曲淵 敏博, 小川 修
2. 発表標題 "腹腔の3次元点群と臓器モデルの点群レジストレーション"
3. 学会等名 情報処理学会 第84回全国大会 (IPSJ84)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masanao Koeda, Naoya Maeda, Akihiro Hamada, Atsuro Sawada, Toshihiro Magaribuchi, Osamu Ogawa, Katsuhiko Onishi and Hiroshi Noborio
2. 発表標題 "Position and Orientation Registration of Intra-abdominal Point Cloud Generated from Stereo Endoscopic Images and Organ 3D Model Using Open3D"
3. 学会等名 Human-Computer Interaction, Technological Innovation, HCII 2022, Lecture Notes in Computer Science, Springer, Cham (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 海原 優斗, 宮本 泰蔵, 小枝 正直, 澤田 篤郎, 曲淵 敏博, 小林 恭, 大西 克彦, 登尾 啓史
2. 発表標題 "段階的ブラー処理による不要特徴点削除を用いたステレオVisual SLAMの精度評価"
3. 学会等名 第21回日本VR医学会学術大会 (JSMVR2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masanao Koeda and Ryota Sakuma
2. 発表標題 "Neural Network-Based Classification of Image Feature Points on Endoscopic Surgery Video"
3. 学会等名 2nd OPU-HsH Japanese-German Symposium - Industry 4.0 and Society 5.0 for Smart Society - (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 安江 亮祐, 小枝 正直, 曲淵 敏博, 澤田 篤郎, 小林 恭
2. 発表標題 "Ice Slush法による腎冷却時の深部温度予測を目的とした熱伝導シミュレーションによる腎実質の熱拡散率推定"
3. 学会等名 情報処理学会 第85回全国大会 (IPSJ85)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Magaribuchi, T., Hamada, A., Masui, K., Yasue, R., Koeda, M., Sawada, A.
2. 発表標題 "Temperature Prediction Model for Advanced Renal Function Preservation in Partial Nephrectomy"
3. 学会等名 Human-Computer Interaction. HCI 2023. Lecture Notes in Computer Science (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Masanao KOEDA, Yuto KAIHARA, Atsuro SAWADA, Akihiro HAMADA, Toshihiro MAGARIBUCHI, Osamu OGAWA, Katsuhiko ONISHI and Hiroshi NOBORIO
2. 発表標題 "Accuracy Evaluation of Stereo Visual SLAM with Unnecessary Feature Point Elimination Using Blur Processing for AR Surgical Support System"
3. 学会等名 The 8th International Conference on Intelligent Informatics and BioMedical Sciences (ICIIBMS 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鈴木 詩乃, 小枝 正直, 曲淵 敏博, 澤田 篤郎, 小林 恭
2. 発表標題 "腎冷却における内部温度変化の関数フィッティングによる定式化"
3. 学会等名 2024年電子情報通信学会総合大会 (IEICE2024)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 島田 乃巴流, 小枝 正直
2. 発表標題 "膜のリアルな動きを再現する手術シミュレータの開発"
3. 学会等名 2024年電子情報通信学会総合大会 (IEICE2024)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 安江 亮祐, 小枝 正直, 曲淵 敏博, 澤田 篤郎, 小林 恭
2. 発表標題 "Ice Slush法による腎冷却時の深部温度予測を目的とした腎全体の熱伝導シミュレーション"
3. 学会等名 情報処理学会 第86回全国大会 (IPSJ86)
4. 発表年 2024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	登尾 啓史 (Noborio Hiroshi) (10198616)	大阪電気通信大学・総合情報学部・教授 (34412)	
研究分担者	大西 克彦 (Onishi Katsuhiko) (20359855)	大阪電気通信大学・総合情報学部・教授 (34412)	
研究分担者	小川 修 (Ogawa Osamu) (90260611)	京都大学・医学研究科・名誉教授 (14301)	

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