

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：32653

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2016～2020

課題番号：16H01859

研究課題名（和文）多マスタ・多スレーブ選択結合型ミドルウェアが拓く次世代手術支援ロボットシステム

研究課題名（英文）Multi Leader-follower selectable Middleware toward the next generation surgical assist robot system

研究代表者

正宗 賢（Masamune, Ken）

東京女子医科大学・医学部・教授

研究者番号：00280933

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 35,020,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、手術支援ロボット開発に際して迅速なニーズに即した即時構築および評価サイクル環境の構築を可能とする、手術支援ロボットの機能のモジュール化・基盤技術の開発および評価を目的とし、多リーダー・多フォロワーを選択して切り替えることができるミドルウェア（MRLiNK）を開発した。脳神経外科、腹部外科を対象としたロボットに対し複数インタフェースの組み替えを可能とした。また、広く活用・検証するためGithubへのオープンソース化を行った。これにより多くの研究者が活用することが期待でき、手術ロボット開発の迅速化のみならず、AIなどによる手術ロボットの自律化研究開発に活用できることが期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、手術支援ロボットや高度システム開発をより迅速にするための、操作器具や治療機器の間を接続するミドルウェアの開発を行ったものです。複数の種類の操作機器と、複数の手術ロボット本体の組み合わせを簡単に組み合わせることができるようになります。神経外科や腹部外科の手術ロボットに対して開発したミドルウェアを用いて性能評価を行いました。また、オープンソースとして公開出来るようにして、今後新たに作られるロボットに適した操作インターフェースなどの研究に活用することが考えられます。また、手術ロボットの自動化などの研究にも活用できることが今後考えられます。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to modularize the functions of surgery support robots and to develop and evaluate basic technologies, that enable immediate developments at the research phase of surgical robotics. We have developed middleware (MRLiNK) that allows us to select and switch between multiple followers. We embedded the system for robots for neurosurgery and abdominal surgery. In addition, we made it open source to Github for widespread use and verification. This research is expected to be utilized by many researchers, and it can be utilized not only for speeding up the development of surgical robots, but also for autonomous research and development of surgical robots using AI in the next step.

研究分野：医用工学

キーワード：手術支援ロボット リーダー・フォロワー ミドルウェア 脳神経外科 内視鏡外科 モジュール化
オープンソース

1. 研究開始当初の背景

多種多様な高度医療機器の導入により作業手順や設定内容が高度・複雑化する中で、手術支援ロボットなど更に高度な機器が導入されつつある。手術支援ロボットは研究開発当初 Intuitive Surgical 社の内視鏡下ロボット da Vinci が市場を寡占し、その後いくつかのロボットが上市され始めている。しかしながら、医療機器の許認可等の非技術系問題点のみならず、ロボットによる支援内容とベネフィットコストのバランス、それらの迅速な検証・評価を繰り返し行う技術的プラットフォームが確立されていないことから、世界においても手術支援ロボットは容易には上市できない。

一般に、遠隔手術ロボットシステムでは、外科医や手術助手が操作するリーダーとそのフォロワーが1対1で接続される。リーダーとフォロワーは分離することができず、他のシステムのそれらと交換することができない。すなわちロボットデバイス開発は各所で行われ機能的には優れているが、組み合わせシステムとして最適なものを迅速に見つけ出し新たな価値・革新性を持つ手術ロボットの創生が困難であるといえる。そこで、多数のリーダー・フォロワーから選択的に結合できる医療ロボットミドルウェアを実現できれば、新たに開発したデバイスやロボットに対し、様々なリーダー・フォロワーの組み合わせを迅速に評価できる。また、一般的なインタフェース機器と市販のフォロワーロボットを統合したシステムや、術者が自分に合ったリーダーを選択し、特定のフォロワーに割り当てるシステムを構築できる。

また、今後の手術支援ロボットにおける重要な課題の一つに自律化が挙げられる。自律システムでは、リーダーは単一のデバイスではなく、ヒトを含むいくつかの要素で構成される。例えば、内視鏡手術における内視鏡カメラの自動位置決めシステムでは、3次元計測装置、鉗子、鉗子を操作する術者からなるシステムとみなせる。すなわち、複数のデバイス、ロボット、3次元計測装置、内視鏡カメラなどが組み合わせられた大規模システムを構築するうえで、どのようなロボットミドルウェアが良いかを検討する必要がある。

そこで本研究は、従来離散的に開発されてきた手術ロボット群の迅速なシステム化を促す“手術支援ロボットの共通基盤ミドルウェア”の構築・評価を目的とする。具体的には、リーダー・フォロワー型手術支援ロボットに焦点を当て、システムアーキテクチャの詳細検討・統合したミドルウェア開発を行い、検証評価サイクルを早める実装化を目標とする。

2. 研究の目的

手術支援ロボット研究開発の問題点の一つである、迅速なニーズに即した開発環境・評価サイクルの実現を目指し、手術支援ロボットのモジュール化を促進する多種のリーダー・ロボット、フォロワーロボットを選択的に結合するための次世代手術支援ロボットシステムの基盤技術開発を行う。具体的には以下の項目について研究を行う。

- (1) 基盤技術のアーキテクチャの策定、多リーダー・多フォロワー専用のミドルウェアの開発
- (2) ミドルウェアの用途の一つとして、脳神経外科分野を対象とした研究開発
- (3) ミドルウェアの用途の一つとして、腹部外科分野を対象とした研究開発
- (4) 二種類の操作デバイスに対して三種類の手術助手ロボットのうち二つを個々に選択して結合するテレオペレーションシステムの構築、および、これらの操作デバイスとロボットの多数の組み合わせを術中に容易に切り替えることができる術者インタフェースの開発

3. 研究の方法

それぞれの項目別に研究方法を述べる。

(1) 複数のリーダー・フォロワーを切り替え可能な医療ロボットミドルウェアを MRLink と名付け、過去に市販されたハプティックデバイスや手術支援ロボットを PC に接続し、デバイス情報の取得やロボットの制御に必要な共通項目が何かを調査する。さらに、リーダー・フォロワーシステムを構築することで、MRLink の構造を策定する。

(2) 脳外科手術で用いる天井吊下げ型手術顕微鏡ロボットを対象とし、ロボットの操作性のみならず臨床現場での利用方法も考慮した検討を行う。手術顕微鏡ロボットは 6 軸ロボットの先端に 3D ビデオ顕微鏡と光学式位置姿勢計測センサが取り付けられており、外科医が把持する光学式マーカ付の手術器具を用いて手術顕微鏡の位置姿勢を操作することができる。また、脳外科手術における術前・術中画像情報や手術工程に基づくシナリオとの連動に関して調査・検討を行う。

(3) 医療用デバイスとして初期型の LapSim (Surgical Science) に利用されていた鉗子型デバイス、Novint 社のハプティックデバイス Falcon を PC に接続し、リーダーデバイスの情報を取得するために必要な知見を調査する。フォロワーとして、Fras らによって提案されている STIFF-FLOP マニピュレータを再現し、空気圧駆動の軟性内視鏡ロボットに必要な制御方法を調査する。また、ロボットアーム VS-068 (デンソーウェーブ)、ならびに 3 種類のリーダー・フォロワー型手術支援ロボットシステム ZEUS (Computer Motion)、AESOP (Computer Motion) および P-arm (大研医器) をそれぞれ MRLink が搭載された PC に接続する。これらの手術支援ロボッ

トシステムは購入時、リーダーフォロワーを分離して使用できる構成になっていない。そこで、リーダーからフォロワーロボットへ送られる信号の波形を解析することで、リーダーの信号を取得後 PC に情報を送信するシステム、PC からの指令に従って解析波形を模倣した信号をフォロワーへ送るシステムの 2 つをそれぞれ構築する。さらに、市販のジョイスティック（リーダーとして利用）や緊急停止スイッチ、ロボットや術者の 3 次元動作計測・解析用として光学式トラッカー Polaris（Northern Digital）も MRLink が搭載された PC に接続する。

（4）操作デバイスとして、左手操作用に術具ハンドル形状を模した 5 自由度の Joystick 座標系 Handle 型、右手操作用にエネルギーデバイスを挿入可能な 3 自由度の Gimbal 座標系 Insertable 型、の二種類を開発する。各軸の回転角度はエンコーダで取得する。

フォロワーとして我々が開発した手術助手ロボット LODEM をベースとして、これまでに開発したステップモータ駆動で 5 自由度の Gimbal 座標系 Mobile 型、同じくステップモータ駆動で 3 自由度の極座標系 Guiding 型、DC モータ駆動で 3 自由度の Gimbal 座標系 Portable 型を新たに開発する。内視鏡を Guiding 型に装着し、鉗子を Mobile 型と Portable 型に装着する。

選択結合テレオペレーションシステムとしては、リーダーデバイスである二種類の操作デバイスに対して、フォロワーデバイスである三種類の手術助手ロボットを選択し、各デバイスで異なる座標系を Cartesian 座標系に統合してリーダーフォロワー制御するシステムを構築する。本システムは、開発したミドルウェア MRLink を実装し、相対的に異構造リーダー・フォロワー制御するアプリケーションを備え、運動学計算の演算結果などのデータセットや、操作性などのデバイス情報を Variable class で、運動学計算やセンサ取得とアクチュエータ駆動の実行処理を Controller class で表すことでデバイスごとの異なる仕様を吸収できるプロバイダを有している。

一方、二種類のリーダーデバイスと三種類のフォロワーデバイスの組み合わせの術中切り替え用術者インタフェースについては、術者がマスクを常時着用していることに着目し、マスク型インタフェースを採用する。不織布マスクに導電系センサを貼り付け通電時の抵抗変化を読みとることでマスクの伸縮を計測し、術者の表情（ジェスチャ）を識別し、ジェスチャに対応した操作コマンドを発行する。これらも MRLink により接続可能とする。

4. 研究成果

（1）開発したミドルウェア MRLink のコンセプトを 図 1 に示す。MRLink はミドルウェア ORiN2.0 を基盤としており、リーダー・フォロワーおよびセンサ等の各機器からアプリケーションへの標準アクセスを可能にする Provider 群と、センサ情報の管理・統合を行う Sensor Integrator (SI)、リーダー・フォロワー間の運動学計算を行う Robot Integrator (RI)、SI と RI の起動・管理を行う MRLink App.、全体を統括する User Application User App. から構成される。MRLink ではアプリケーション間の通信を、TCP/IP プロトコルを用いたサーバクライアント方式の通信を行っており、必要な情報を所有している側をサーバ、情報を要求する側をクライアントとして接続している。User App. の MRLink Class は、SI, RI, MRLink App. との通信機能等をまとめており使用するユーザが容易に開発することができる MRLink App. では、SI と RI、および User App. の動作監視を行うことで安全性を確保した。また、最終的な研究成果として、開発した MRLink のプログラムをオープンソース化し、GitHub 上にて公開する準備を行った。

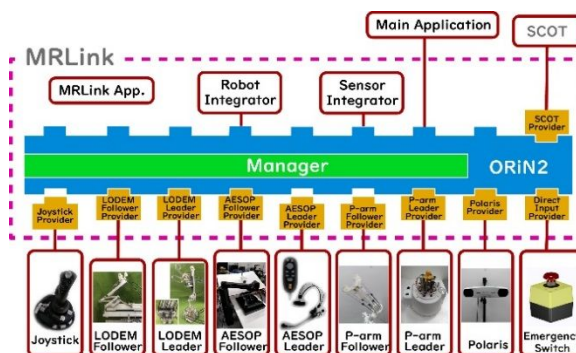


図 1 ミドルウェア MRLink のコンセプト

（2）手術顕微鏡ロボットの MRLink への接続を検討するため、リーダーとして位置姿勢計測用のマーカ付き手術器具と、フォロワーとしてロボット手術顕微鏡を組み合わせシステム構築を行った。本システムでは、手術器具の先端で指し示した場所が手術顕微鏡映像の中心に来るようにロボットを操作することができ、手術顕微鏡内蔵のレーザー光を用いた動作検証の結果、数ミリ程度の精度で術野中心を変更できることを確認した（図 2）。マーカ付き手術器具の可動範囲を考慮してセンサの取り付け位置を再検討し、さらには 4K 外視鏡を用いた脳外科手術症例の観察を通してロボットの姿勢制御法の検討も行った。

また、脳外科手術におけるシナリオとの連動については、さまざまな医療機器がネットワーク化されているスマート治療室との接続性について検討した。さらには、他科展開も含めて手術見学が意見交換を行い、各診療科における相違点の分析や手術支援ロボット開発のニーズを洗い出すことができた。

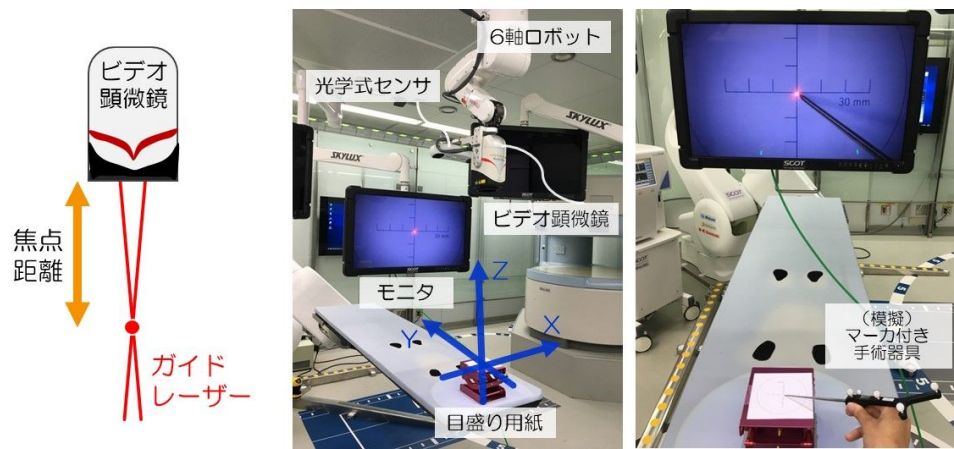


図2 天井吊下げ型手術顕微鏡ロボットの動作検証の様子

(3) リーダーとフォロワーがそれぞれ分離された異構造かつ異自由度の2種の内視鏡把持ロボット(AESOP, P-arm)を対象に、P-P(P-armリーダーでP-armフォロワーを操作するシステム)、P-A(P-armリーダーでAESOPフォロワーを操作するシステム)、A-A(AESOPリーダーでAESOPフォロワーを操作するシステム)、A-P(AESOPリーダーでP-armフォロワーを操作するシステム)の4通りのシステムをミドルウェア経由で実装しタスク評価実験を行った。その結果、図3のように、タスクによっては、ロボット本来の組み合わせよりも異種の組み合わせの方が高いパフォーマンスを示すこともあり(同図左おけるA-AとA-Pでのタスク遂行時間)、タスクに応じてリーダーとフォロワーを選択的に結合する有用性を示唆する結果を得た。

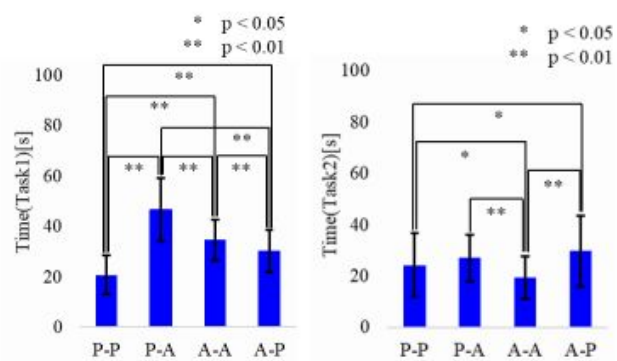


図3 リーダーフォロワー選択的結合実験

手術支援ロボットの自律化については、Yangらの定義(Science Robotics, 2(4), eam8638, 2017)に基づき内視鏡把持ロボットと術者の主体性の度合いを示す3段階の自律レベルを定義し、各レベルに従ったロボット制御手法を実装した。タスク実験により比較・評価した。図4に示すように、ジョイスティック(AESOPリーダーとして使用)、AESOPフォロワー、光学式トラッカーPolarisをミドルウェア経由で接続し、術者はジョイスティックとZEUSリーダーを用いて、AESOPフォロワーとZEUSフォロワーを遠隔操作する(この実験では、ZEUSシステムのリーダーとフォロワーはミドルウェアに接続していない)。レベル0では、AESOPフォロワーの上下左右前後の動きをすべてジョイスティックで操作、レベル1では、Polarisからのセンサ情報に基づいてAESOPフォロワーの上下左右の動きをZEUSフォロワーに追従するよう自律制御しつつ前後の内視鏡抜き差し動作はジョイスティックで操作、レベル2では、AESOPフォロワーのすべての動きを自律制御する。結果として、自律レベルが高くなるにしたがって、タスク所要時間が小さくなること、および視野展開タスクと術具操作タスクの同時処理ができることを示した。

さらに、ZEUSシステムをリーダーとフォロワーで分離し、ORiN2を搭載するPCに接続したことで、ジョイスティックからZEUSフォロワーを制御するシステム(図5)、ZEUSリーダーの信号に基づいてPC内で順運動学を計算するシステム(図6)を構築した。ま

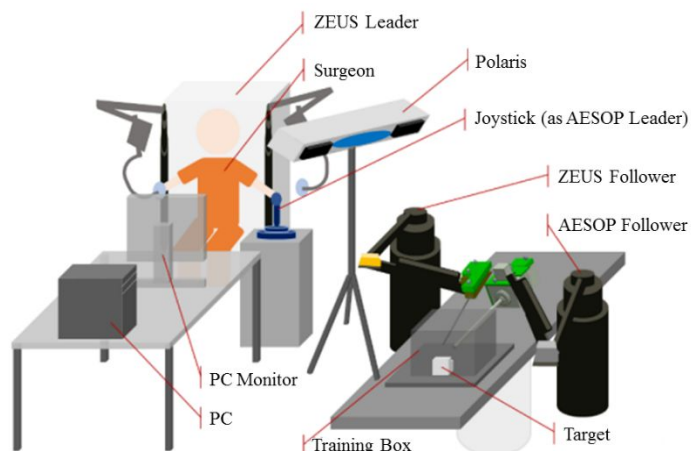


図4 ミドルウェアを用いた内視鏡把持ロボットAESOPの自律レベル検証実験

た、複数のセンサで同一の対象を計測する場面を想定して、光学式トラッカーPolaris2 台と Kalman フィルターを用いて計測対象の角度を推定するシステムを構築した。加えて、大阪工業大グループが開発した Portable 型 LODEM フォロワーをジョイスティックから操作するシステム、LODEM リーダーから内視鏡把持ロボット AESOP フォロワーを操作するシステムを、大阪工業大グループとともに構築した。



図5 ZEUS フォロワーを用いたシステム

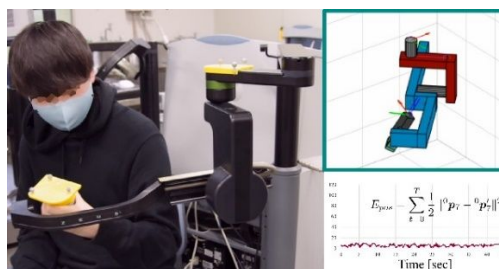


図6 ZEUS リーダーを用いたシステム

(4) 二つの操作デバイスと三つの手術助手ロボットを対象としたリーダーフォロワー制御における演算上の動作軌跡を計測し、実行周期 30ms 以下、遅延時間 140ms 以下の特性を持つ選択結合テレオペレーションシステムを確認した。計測した動作軌跡を図 3-2 に示す。また、専門医が本システムを用いて手術環境を整えられることを確認した。操作実験で用いた各種デバイスを図 3-3 に、専門医による実験の様子を図 3-4 に示す。開発したマスク型インターフェースは、15 種類の表情に対して 90%以上の識別精度が得られ、術中切り替えシステムへの使用の目処がたった。

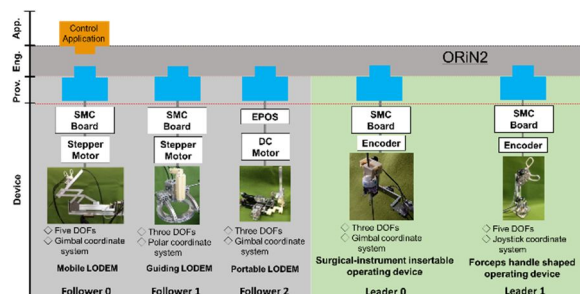


図7 選択結合テレオペレーションシステム

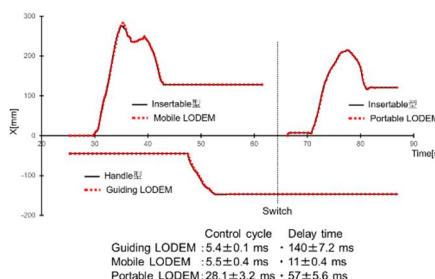


図8 リーダーフォロワー制御の切り替え

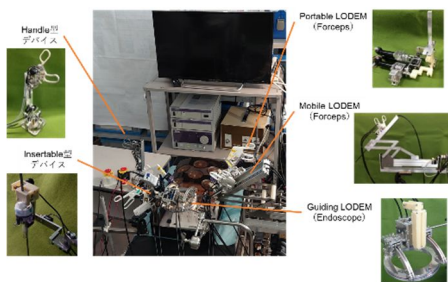


図9 操作デバイス群と手術助手ロボット群

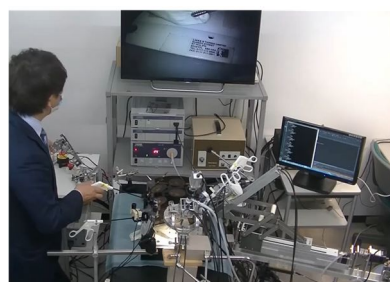


図10 専門医による操作実験の様子

本研究では、手術ロボットの迅速な開発に資する手術支援ロボットの共通基盤ミドルウェア MRLinK の構築を行い、脳外科手術用顕微鏡ロボット、手術助手ロボットに対して適用し評価を行った。また、開発したミドルウェアをオープンソース化し、GitHub にて公開する準備を整えた。これにより、多くの研究者が活用することが期待でき、手術ロボット開発の迅速化のみならず、AI などによる手術ロボットの自律化研究開発に活用できることが期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 韓勝成, 河合俊和, 西川敦, 西澤祐吏, 中村達雄	4. 巻 22(1)
2. 論文標題 ジンバルと平行リンクの閉ループ機構を備える内視鏡下手術支援ポータブル鉗子マニピュレータ	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本コンピュータ外科学	6. 最初と最後の頁 5-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5759/jscas.22.5	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 MASAMUNE Ken, NISHIKAWA Atsushi, KAWAI Toshikazu, HORISE Yuki, IWAMOTO Noriyasu	4. 巻 3
2. 論文標題 Master-slave robotic devices that enable the generation of innovative telesurgical robots	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Impact	6. 最初と最後の頁 35-37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21820/23987073.2018.3.35	査読の有無 無
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 Toshikazu Kawai, Hiroyuki Hayashi, Yuji Nishizawa, Atsushi Nishikawa, Ryoichi Nakamura, Hiroshi Kawahira, Masaaki Ito, Tatsuo Nakamura	4. 巻 12
2. 論文標題 Compact forceps manipulator with a spherical-coordinate linear and circular telescopic rail mechanism for endoscopic surgery	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery	6. 最初と最後の頁 1345-1353
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11548-017-1595-4	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 Kawai T, Matsumoto T, Nishikawa A, Nishizawa Y, Nakamura T.	4. 巻 5
2. 論文標題 Bending forceps manipulator with offset distance for single-port laparoscopy.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Adv Biomed Eng.	6. 最初と最後の頁 56-62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14326/abe.5.56	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63件（うち招待講演 16件 / うち国際学会 14件）

1. 発表者名 Hideyuki Karino, Toshikazu Kawai, Yuji Nishizawa, Atsushi Nishikawa, Noriyasu IWAMOTO, Yuki Horise, Ken Masamune
2. 発表標題 Locally Operated Master-Slave Control System with Forceps Insertable Portable Operating Device for Laparoscopic Surgery
3. 学会等名 the 41th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Fukui, S. Han, T. Kawai, Y. Nishizawa, A. Nishikawa
2. 発表標題 Portable Forceps Manipulator with Gimbal mounted Parallel Linkage and Telescopic Rail Mechanism for Laparoscopic Surgery
3. 学会等名 the 33th International Congress and Exhibition of Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福井翔平, 河合俊和, 西川敦, 岩本憲泰, 堀瀬友貴, 正宗賢
2. 発表標題 ローカル操作手術ロボット群を選択結合可能なマスタスレーブ切替え制御
3. 学会等名 日本コンピュータ外科学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福井翔平, 河合俊和, 西川敦, 岩本憲泰, 堀瀬友貴, 正宗賢
2. 発表標題 ローカル操作手術ロボット群のORiNを介した選択結合マスタスレーブ制御
3. 学会等名 第31回ロボティクス・メカトロニクス講演会 (ROBOMECH2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 狩野秀征, 河合俊和, 西川敦, 岩本憲泰, 堀瀬友貴, 正宗賢
2. 発表標題 鉗子挿入ガイドローラ機構を備えたポータブル操作デバイスによるマスタスレーブPTP制御
3. 学会等名 第31回ロボティクス・メカトロニクス講演会(ROBOMECH2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河合俊和
2. 発表標題 手術支援マニピュレータの現状・将来動向とロボティクスへの期待
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス研究討論会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河合俊和
2. 発表標題 手術ロボットの現状と将来動向(少子高齢社会のロボティクス日本発少子高齢時代の医療・介護・福祉・健康のためのロボティクス)
3. 学会等名 2019センシング技術応用セミナー(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田代匠, 岩本憲泰, 堀瀬友貴, 河合俊和, 西川敦, 正宗賢
2. 発表標題 ミドルウェアを用いた複数センサの選択的統合が可能な3次元情報統合システムの開発に向けた基礎的検討
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西川敦, 遠藤航, 勝又進介, 熊王彰吾, 田中淳樹, 佐藤大徳, 溝江俊太郎, 岩本憲泰, 河合俊和, 西澤祐史, 宇都木修一, 鈴木寿, 片井均
2. 発表標題 手術支援ロボットの自律レベル向上のための内視鏡画像処理
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Horise, Jun Okamoto, Kitaro Yoshimitsu, Hiroshi Iseki, Ken Masamune, and Yoshihiro Muragaki
2. 発表標題 Prototype of Robotic Neurosurgical Microscope based on ORiN Architecture
3. 学会等名 16th International Conference on Ubiquitous Robots (UR)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀瀬友貴, 鈴木弘行, 伊関洋, 正宗賢, 村垣善浩
2. 発表標題 仮想孔から外科操作可能な胸腔鏡手術支援デバイス
3. 学会等名 第28回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ken MASAMUNE
2. 発表標題 Medical Robotics/devices with Smart Cyber Operating Theater toward next generation Surgery
3. 学会等名 international symposium and workshop about an innovative medical technology, Khon Kaen Univ. (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ken MASAMUNE
2. 発表標題 Smart Surgical robot with Smart Cyber Operating Theater (SCOT)
3. 学会等名 16th International Conference on Ubiquitous Robots (UR) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 正宗賢
2. 発表標題 医工融合拠点が先導するナビゲーション医療、スマート治療室
3. 学会等名 第11回 プラズマ医療・健康産業シンポジウムプログラム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 正宗賢
2. 発表標題 スマート治療室と医工連携
3. 学会等名 埼玉医科大・連携施設懇談会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ken MASAMUNE
2. 発表標題 Medical Robot Link Architecture connected to Smart Cyber Operating Theater (SCOT)
3. 学会等名 ICBME2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 SeungSeong Han, Toshikazu Kawai, Atsushi Nishikawa, Yuji Nishizawa, Tatsuo Nakamura
2 . 発表標題 Surgical Tool Manipulator with Gimbal-Mounted Parallel Linkage and Telescopic Sliders for Laparoscopic Surgery
3 . 学会等名 the 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Arata Masatake, SeungSeong Han, Toshikazu Kawai, Atsushi Nishikawa, Yuji Nishizawa, Tatsuo Nakamura
2 . 発表標題 Forceps Manipulator with Circular Telescopic Guiding Slider for Laparoscopic Surgery
3 . 学会等名 the 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 S. Fukui, H. Kobayashi, T. Kawai, Y. Nishizawa, A. Nishikawa, N. Iwamoto, Y. Horise, K. Masamune
2 . 発表標題 Locally operated unilateral master-slave control system with portable device and forceps manipulator for laparoscopic surgery
3 . 学会等名 the 32th International Congress and Exhibition of Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS 2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Noriyasu Iwamoto, Atsushi Nishikawa, Toshikazu Kawai, Yuki Horise, Ken Masamune
2 . 発表標題 A novel medical robot architecture with ORiN for efficient development of telesurgical robots
3 . 学会等名 CARS2018, Computer Assisted Radiology and Surgery, 32nd International Congress and Exhibition, (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 西川敦
2. 発表標題 多マスタ・多スレーブ手術支援ロボットミドルウェア：アカデミアからの手術ロボット開発研究.
3. 学会等名 第27回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田代匠, 岩本憲泰, 堀瀬友貴, 河合俊和, 西川敦, 正宗賢
2. 発表標題 ミドルウェアを用いた複数センサの選択的統合が可能な3次元座標系統合システムの開発および評価
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩本憲泰, 西川敦, 河合俊和, 堀瀬友貴, 正宗賢
2. 発表標題 ミドルウェアを介したマスタ切替可能なZEUSスレーブ制御システム
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2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 韓勝成, 河合俊和, 西川敦, 西澤祐吏, 中村達雄
2. 発表標題 鉗子ピボット拘束具とモータ駆動部を分離可能な内視鏡下手術支援マニピュレータの開発
3. 学会等名 第19回計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会(SI2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 韓勝成, 河合俊和, 西川敦, 西澤祐吏, 中村達雄
2. 発表標題 ジンバル - 平行リンク機構を備える内視鏡下手術支援マニピュレータの設計
3. 学会等名 第27回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 韓勝成, 河合俊和, 西川敦, 西澤祐吏, 中村達雄
2. 発表標題 ビポット拘束具を備えるユニット型の内視鏡下手術支援マニピュレータ
3. 学会等名 第27回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福井翔平, 河合俊和, 西川敦, 岩本憲泰, 堀瀬友貴, 正宗賢
2. 発表標題 鉗子ハンドル操作デバイスによるORiN を介したマスタレーブ制御
3. 学会等名 第30回ロボティクス・メカトロニクス講演会(ROBOMECH2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 昌武新, 河合俊和, 西川敦, 西澤祐吏, 中村達雄
2. 発表標題 円環伸縮ガイドスラダを備える極座標系の内視鏡下手術支援マニピュレータ
3. 学会等名 第30回ロボティクス・メカトロニクス講演会(ROBOMECH2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 正宗賢
2. 発表標題 メディカルIoT 治療室内IoTを中心に
3. 学会等名 日本機械学会誌
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 正宗賢
2. 発表標題 手術支援ロボティクスと周辺技術の研究展開
3. 学会等名 第22回生体関連セラミックス討論会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 正宗賢
2. 発表標題 医療ロボティクスの新展開 世界と戦うために
3. 学会等名 第27回日本コンピュータ外科学会大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 正宗賢, 村垣善浩
2. 発表標題 高度ロボティクス治療支援の現状と医工融合による研究開発
3. 学会等名 日本顎口腔機能学会 第 60 回学術大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Iwamoto N, Nishikawa A, Kawai T, Horise Y, Masamune K.
2 . 発表標題 Locally Operated Master-slave Control System with Mechanically Separable Master Device for Laparoscopic Forceps Manipulator
3 . 学会等名 IROS 2017, 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Workshop on Shared Platforms for Medical Robotics Research (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Hiroyuki Kobayashi, Toshikazu Kawai, Atsushi Nishikawa, Yuki Horise, Ken Masamune
2 . 発表標題 Locally Operated Master-slave Control System with Mechanically Separable Master Device for Laparoscopic Forceps Manipulator
3 . 学会等名 the 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2017), (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 SeungSeong Han, Fumiya Mizobuchi, Toshikazu Kawai, Atsushi Nishikawa, Yuji Nishizawa, Tatsuo Nakamura
2 . 発表標題 Spherical-coordinate Manipulator with Circular Telescopic Rail Driven by Rapson's Slider for Laparoscopic Surgery
3 . 学会等名 the 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Toshikazu Kawai, Hiroyuki Hayashi, Yuji Nishizawa, Atsushi Nishikawa, Ryoichi Nakamura, Hiroshi Kawahira, Masaaki Ito, Tatsuo Nakamura
2 . 発表標題 Compact forceps manipulator with a spherical-coordinate linear and circular telescopic rail mechanism for endoscopic surgery
3 . 学会等名 the 31th International Congress and Exhibition of Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS 2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Horise, J. Okamoto, K. Yoshimitsu, H. Iseki, K. Masamune, Y. Muragaki
2. 発表標題 Robotic Surgical Microscope for Neurosurgery
3. 学会等名 the 31th International Congress and Exhibition of Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 河合俊和
2. 発表標題 ロボット支援手術の現状と研究動向
3. 学会等名 日本医療情報学会関西支部 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河合俊和
2. 発表標題 内視鏡下手術支援ローカル操作マニピュレータ
3. 学会等名 第4回再生医療とリハビリテーション研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小林広幸, 河合俊和, 西川敦, 岩本憲泰, 堀瀬友貴, 正宗賢
2. 発表標題 ローカル操作マスタアームと内視鏡ロボットを選択結合するORiNを介した制御システム
3. 学会等名 平成30年電気学会全国大会 (IEEJ2018)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小林広幸, 河合俊和, 西川敦, 岩本憲泰, 堀瀬友貴, 正宗賢
2. 発表標題 ローカル操作型マスタアームと内視鏡術具ロボットを選択結合するミドルウェアORiNを介したマスタスレーブ制御システムの構築
3. 学会等名 第18回計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会(SI2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小林広幸, 河合俊和, 西川敦, 堀瀬友貴, 正宗賢
2. 発表標題 ローカル操作型内視鏡術具ロボットの選択結合に向けたミドルウェアを介する制御システムの遅延時間計測
3. 学会等名 日本コンピュータ外科学(JSCAS2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小林広幸, 河合俊和, 西川敦, 堀瀬友貴, 正宗賢
2. 発表標題 ローカル操作マスタアームと鉗子ロボットLODEMの選択結合に向けたミドルウェアを介するマスタスレーブ制御システムの提案
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小林広幸, 河合俊和, 西川敦, 堀瀬友貴, 正宗賢
2. 発表標題 手術支援ロボットのためのオートクレーブ滅菌可能な機構分離型マスタアーム
3. 学会等名 第29回ロボティクス・メカトロニクス講演会(ROBOMECH2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 韓勝成, 河合俊和, 西川敦, 西澤祐史, 中村達雄
2. 発表標題 スライダてこ機構で円環スライダを伸縮駆動する極座標系マニピュレータ
3. 学会等名 第29回ロボティクス・メカトロニクス講演会(ROBOMECH2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 堀瀬友貴, 岡本淳, 伊関洋, 正宗賢, 村垣善浩
2. 発表標題 ハンドル操作不要で関心領域を術野中心に誘導するロボット手術顕微鏡
3. 学会等名 日本脳神経外科学会第76回学術総会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 堀瀬友貴, 高橋孝彰, 河合俊和, 西川敦, 正宗賢, 村垣善浩
2. 発表標題 ORiNを用いた多マスタ・多スレーブ選択結合型ミドルウェアによる手術支援ロボット開発環境の提案
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 堀瀬友貴, 西川敦, 河合俊和, 岩本憲泰, 岡本淳, 村垣善浩, 正宗賢
2. 発表標題 次世代手術支援ロボットシステムに向けた多マスタ・多スレーブ選択結合型ミドルウェアの構築
3. 学会等名 第26回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西川敦, 岩本憲泰
2. 発表標題 信州大学繊維学部西川・岩本研究室におけるメディカルロボティクス研究
3. 学会等名 第16回日本生体医工学会甲信越支部長野地区シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柴田健吾, 安陪啓史, 田代匠, 岩本憲泰, 堀瀬友貴, 河合俊和, 西川敦, 正宗賢
2. 発表標題 複数の腹腔鏡把持ロボットにおけるマスタ部・スレーブ部の組み合わせを自在にした基盤ミドルウェアの検討
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 安陪啓史, 柴田健吾, 田代匠, 岩本憲泰, 堀瀬友貴, 河合俊和, 西川敦, 正宗賢
2. 発表標題 マスタ・スレーブ型術具ロボットの動きに追従する腹腔鏡把持ロボットのミドルウェア経由での実装に向けた検討
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 正宗賢
2. 発表標題 術中情報処理とロボティクスによる次世代治療機器
3. 学会等名 第40回未来医学研究会大会(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Muragaki Y, Iseki H, Okamoto J, Masamune K
2. 発表標題 Open Resource Interface for Network for SCOT
3. 学会等名 UL Meeting2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yan Hu, Kohei Miki, Ken Masamune
2. 発表標題 Improved flexible laser endoscope system for photodynamic tumor therapy
3. 学会等名 日本生体医工学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Ken Masamune, Hideyuki Suenaga, Hiroshi Iseki, Yoshihiro Muragaki
2. 発表標題 Open platform of medical robots/devices with Smart Cyber Operating Theater (SCOT): Design concept and prototype robot developments
3. 学会等名 ICBME2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Ken Masamune, Hideyuki Suenaga, Hiroshi Iseki, Yoshihiro Muragaki
2. 発表標題 医療の質・安全を支える未来志向手術室「スマート治療室SCOT」と医工融合による研究開発
3. 学会等名 第11回医療の質・安全学会学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 板井謙太郎, 河合俊和, 西川敦, 正宗賢
2. 発表標題 手術支援マスタ・スレーブロボットへの適用に向けた遅延時間補償制御のステップ応答比較
3. 学会等名 平成29年電気学会全国大会(IEEJ2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 雨森弘記, 河合俊和, 西川敦, 西澤祐史, 中村達雄
2. 発表標題 ラチェット機構式の作用カリミッタを有する鉗子マニピュレータ
3. 学会等名 第28回ロボティクス・メカトロニクス講演会(ROBOMECH2016)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yuki Horise, Jun Okamoto, Hiroshi Iseki, Ken Masamune, Yoshihiro Muragaki
2. 発表標題 Proposal for a robot-assisted microscopic system for neurosurgery
3. 学会等名 The 28th Conference of the international Society for Medical Innovation and Technology (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 堀瀬友貴, 岡本淳, 伊関洋, 正宗賢, 村垣善浩
2. 発表標題 脳神経外科手術のためのロボット顕微鏡システムの開発
3. 学会等名 LIFE 2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 堀瀬友貴, 岡本淳, 伊関洋, 正宗賢, 村垣善浩
2. 発表標題 ORiNを用いたロボット手術顕微鏡の提案
3. 学会等名 第25回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Nishikawa A.
2. 発表標題 Study of Medical Robots and Actuators for Minimally Invasive Surgery and Therapy -More Compact, More Intelligent, More Interactive, More Flexible, Less Invasive-.
3. 学会等名 Commendation Ceremony for the 2nd Nagamori Awards (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kawai T, Hayashi H, Nishikawa A, Nishizawa Y, Nakamura T.
2. 発表標題 Compact forceps manipulator with spherical-coordinate linear and circular telescopic rail mechanism for laparoscopic surgery.
3. 学会等名 Computer Assisted Radiology and Surgery2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 村垣善浩、正宗賢、岡本淳	4. 発行年 2019年
2. 出版社 NTS	5. 総ページ数 342 うち3 - 6
3. 書名 スマート医療テクノロジー 最新テクノロジーがもたらす新しい医療の将来展望	

1. 著者名 Yuki Horise, Atsushi Nishikawa, Toshikazu Kawai, Ken Masamune and Yoshihiro Muragaki	4. 発行年 2018年
2. 出版社 INTECH	5. 総ページ数 151
3. 書名 Surgical Robotics	

1. 著者名 Yuki Horise, Atsushi Nishikawa, Toshikazu Kawai, Ken Masamune, Yoshihiro Muragaki	4. 発行年 2017年
2. 出版社 INTECH	5. 総ページ数 approx. 15pages
3. 書名 Surgical Robotics , 1 chapter	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>大阪工業大学 ロボティクス&デザイン工学部 医療ロボティクス研究室（河合研） http://medicalrobotics.ninja-web.net/ 信州大学 繊維学部 機械・ロボット学科 バイオエンジニアリングコース 作動可微分多様体研究室 http://www.fiber.shinshu-u.ac.jp/iwamoto/index.html 大阪大学 大学院基礎工学研究科 機能創成専攻 機能デザイン領域 西川研究室 http://hmc.me.es.osaka-u.ac.jp/ 東京女子医科大学先端生命医科学研究所先端工学外科学分野 https://www.twmu.ac.jp/ABMES/FATS/ 大阪工業大学 ロボティクス&デザイン工学部 医療ロボティクス研究室（河合研） http://medicalrobotics.ninja-web.net/ 信州大学繊維学部機械・ロボット学科 作動可微分多様体研究室 http://www.fiber.shinshu-u.ac.jp/iwamoto/index.html 大阪大学大学院基礎工学研究科機能創成専攻 西川研究室 http://hmc.me.es.osaka-u.ac.jp/ 東京女子医科大学先端生命医科学研究所先端工学外科学分野 http://www.twmu.ac.jp/ABMES/FATS/ja 東京女子医大先端生命医科学研究所先端工学外科学分野 http://www.twmu.ac.jp/ABMES/FATS/ 信州大学繊維学部西川・岩本研究室WEB http://nishika-iwamolab.whitesnow.jp/</p>

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	西川 敦 (Nishikawa Atsushi) (20283731)	大阪大学・基礎工学研究科・教授 (14401)	

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	岩本 憲泰 (Iwamoto Noriyasu) (30778816)	信州大学・学術研究院繊維学系・助教 (13601)	
研究分担者	堀瀬 友貴 (Horise Yuki) (70749233)	東京女子医科大学・医学部・特任助教 (32653)	
研究分担者	河合 俊和 (Kawai Toshikazu) (90460766)	大阪工業大学・ロボティクス&デザイン工学部・教授 (34406)	

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