

日本医療研究開発機構 医療分野研究成果展開事業
産学連携医療イノベーション創出プログラム セットアップスキーム (ACT-MS)
事後評価報告書

公開

I 基本情報

研究開発課題名: (日本語) 「ロボット支援手術における熟練技術追体験型学習システム」
(英語) Re-experience-based learning system for surgery assistance robot

研究開発実施期間: 令和元年8月1日～ 令和3年12月31日

研究開発代表者 氏名: (日本語) 安藤英由樹
(英語) Hideyuki Ando

研究開発代表者 所属機関・部署・役職:
(日本語) 大阪芸術大学・アートサイエンス学科・教授
(英語) Osaka University of Arts・Department of Art Science・Professor

II 研究開発の概要

1. 目的

ロボット支援下内視鏡手術が急速に普及し始めているが、熟練者不足が大きな問題であるため、熟練者を短期間で養成し増やすための術式教育そのものが重要な課題である。特に我々は言語的な情報ではなく感覚-運動などの非言語情報を熟練者と修練者の間で共有する追体験トレーニング手法に取り組んできており、これを手術支援ロボットトレーニングに適用する。さらに、その教材化を簡便かつ安価に実現するための研究開発を目的とする。

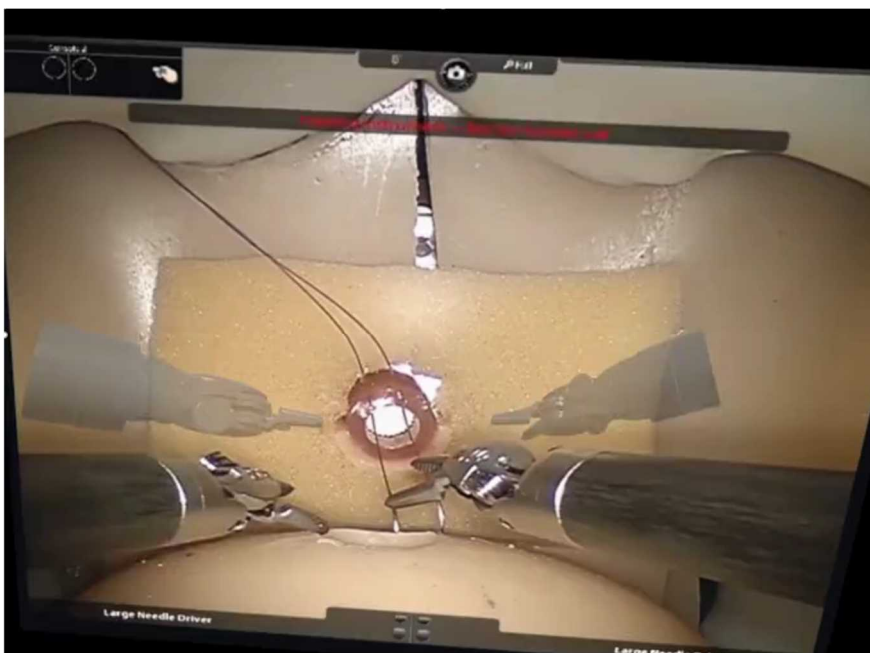
このために、(課題①) 過去のロボット支援手術の動画から、機械学習と幾何的構成を用いた画像処理技術を用いて、カメラと鉗子アームの軌跡を取得可能とする手法を実現する。さらに、(課題②) 手術支援ロボットのコンソールの把持部分に見立てた簡易型マスターコンソールを作製し、マスターコンソールの手先位置計測を用いて、バーチャルなアームの順運動学をリアルタイムに計算し、アームのシミュレーションを行う。また、その結果としてCGで合成されたアームを熟練者の動画に合成・重畳するシステムを実装する。そしてこのシステムを、腎泌尿外科分野、消化器外科分野の熟練医のグループにて試用し、そのフィードバックに基づいてシステムの改良要素を整理、改良要素を指示、また改良されたシステムの総合的な評価を行い、腎

泌尿外科分野、消化器外科分野で効果的なトレーニングが可能なシステムを実現する。

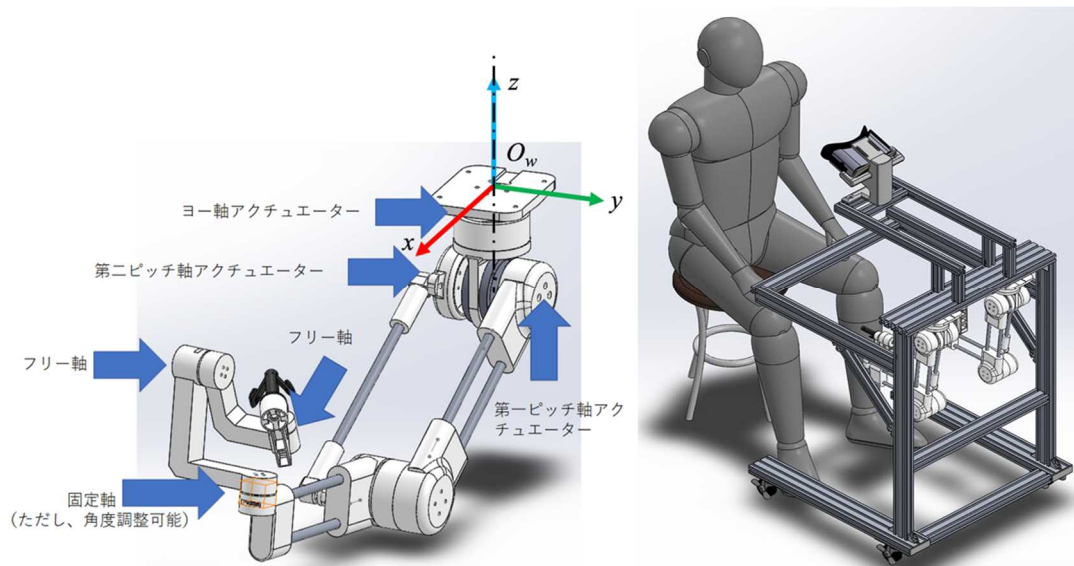
2. 成果

(課題①) 教材にするために必要とするカメラの位置と姿勢の情報を得るために、過去に行われたロボット支援手術のカメラ動画から、機械学習と幾何的構成を用いた画像処理技術を用いて、カメラと鉗子アームの軌跡を取得可能とする手法について、検討及び実装を行った。具体的には、カメラ位置の変化の計測アルゴリズムとして、既存の SLAM アルゴリズムを用いたアルゴリズム、両眼視差を用いたアルゴリズム、幾何拘束を用いたポート位置推定アルゴリズムについて比較検討を行った。その結果、それぞれ個別のアルゴリズムではトレーニングに用いるには不足していた精度が、相互補完的にアルゴリズムを利用することで、トレーニングで利用可能な精度に近づくことを確認した。また、内容について知財化を行った。

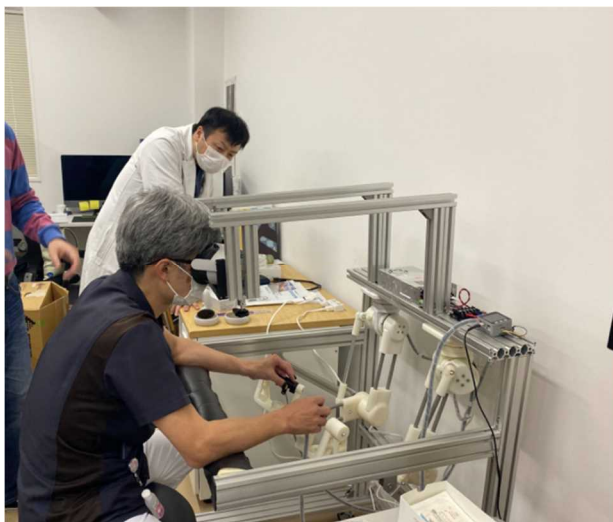
(課題②) 手術支援ロボットのコンソールの簡易版の作成、CG で合成されたアームを熟練者の動画に合成・重畳する追体験トレーニングシステムの構築に着手し、プロトタイプを完成させた。具体的には CG で合成されたアームを熟練者の動画に合成・重畳するシステムを実装し、マスターコンソールの指先の動きを取り込み、これに基づくシミュレータを介する CG 画像を熟練者手術動画に合成・重畳した。実際の Davinch マスターコンソールのステレオの手術動画から、HMD を用いて覗き込むシミュレータ上に違和感なく写像するアルゴリズムに関して知財化を行った。さらに、腎泌尿外科分野、消化器外科分野の熟練医からフィードバックに基づきのシステムの改善を行った。具体的には手術支援ロボットのコンソールの簡易版については、把持部が姿勢によって位置を維持するために余計な力を加え続けなければならない、疲労感が高いという問題の解決のために、重力を保証するためのモータを取り付け、重力保証機能を講じた。運用面では問題となった機材起動の煩雑さやコストの面などの解決のために PC を使用しないスタンドアロン型 HMD として Meta 社の Oculus Quest2 に実装を換装した。さらに、手術に応じて鉗子も様々利用することから、鉗子の切り替えが行える工夫や、フィットスイッチの機能、トレーニング時の動画の再生パターンなど機能においても改善を施したものを関西医科大学、京都大学医学部に設置し、複数回のフィードバックと改善を繰り返した。またその中で得られた知見について知財化を進めた。



熟練者の手術動画に重畳される練習者の鉗子オブジェクト(半透明)



改良したマスターコンソールの簡易システム



京大医学部および関西医科大学での運用の様子

1. Purpose

Robot-assisted endoscopic surgery is rapidly becoming widespread, but the shortage of skilled workers is a major problem, so surgical technique education itself to train and increase skilled workers in a short period of time is an important issue. In particular, we are working on a re-experience training method that shares non-verbal information such as sensory-motor rather than linguistic information between experts and practitioners, and applies this to surgical support robot training. Furthermore, the purpose is research and development to realize the teaching material easily and inexpensively.

To this end, (Problem (1)) We will realize a method that enables the acquisition of the trajectories of the camera and forceps arm from past videos of robot-assisted surgery using machine learning and image processing technology using geometrical configurations. Furthermore, (Problem (2)) We created a simple master console that resembled the grip of the console of a surgical support robot, and

calculated the forward kinematics of the virtual arm in real time using the hand position measurement of the master console. Perform a simulation. In addition, as a result, we will implement a system that synthesizes and superimposes CG-synthesized arms on expert videos. Then, this system was tried by a group of skilled doctors in the fields of renal urology and gastrointestinal surgery, and based on the feedback, the improvement elements of the system were organized, the improvement elements were instructed, and the improved system was comprehensively improved. We will evaluate and realize a system that enables effective training in the fields of renal urology surgery and gastrointestinal surgery.

2. Results

(Problem (1)) In order to obtain information on the position and posture of the camera required for teaching materials, we will use machine learning and image processing technology using geometrical composition from camera videos of robot-assisted surgery performed in the past. We investigated and implemented a method that enables the acquisition of the trajectories of the camera and forceps arm. Specifically, as an algorithm for measuring changes in the camera position, an algorithm using the existing SLAM algorithm, an algorithm using binocular disparity, and an algorithm for estimating the port position using geometric constraints were compared and examined. As a result, it was confirmed that the accuracy that was insufficient for training with each individual algorithm approaches the accuracy that can be used for training by using the algorithms in a mutually complementary manner. In addition, the content was converted into intellectual property.

(Problem (2)) We started to create a simplified version of the console of the surgery support robot, and started to build a re-experience training system that synthesizes and superimposes the arm synthesized by CG on the video of the expert, and completed the prototype. Specifically, a system that synthesizes and superimposes the arm synthesized by CG on the video of the expert is implemented, the movement of the fingertip of the master console is captured, and the CG image via the simulator based on this is combined with the video of the expert surgery. Superposed. From the stereo surgical video of the actual Davinch master console, we made intellectual property about the algorithm that maps without discomfort on the simulator that looks into using the HMD. Furthermore, the system was improved based on feedback from experts in the fields of renal urology and gastrointestinal surgery. Specifically, for the simplified version of the console of the surgery support robot, gravity must be applied to the grip part to maintain its position depending on the posture, and gravity is used to solve the problem of high fatigue. A motor was installed to guarantee the gravity and a gravity guarantee function was taken. In order to solve the problems of equipment startup complexity and cost, we replaced the implementation with Meta's Oculus Quest 2 as a stand-alone HMD that does not use a PC. In addition, since various forceps are used according to the surgery, we have improved the functions such as switching the forceps, the function of the fit switch, and the playback pattern of the video during training, Kansai Medical University, Kyoto University. It was set up in the medical school, and feedback and improvement were repeated multiple times. In addition, we proceeded with the intellectual propertyization of the knowledge obtained in that process.

III 事後評価総合所見

コロナ禍の影響を克服して検討を前進させ、追体験トレーニング手法を手術支援ロボットトレーニングに適用する目標が達成された。他のシミュレータにない機構の必要性を明確にし、追体験を活用して熟練者の手術をトレースするトレーニング機能を組み込んだこと、また、これを安価に実装できるようにしたことが評価できる。

一方、競合するシミュレータや教育プログラムが存在する状況において、安価・手軽という要素だけでユーザーに受け入れられるかは不明であり、想定ユーザーの検討を継続するとともに継続性あるビジネスモデルの構築という点で更なる検討が必要である。また、トレーニングの有用性についての検証や手術動画の確保等の課題があり、更に臨床現場からのフィードバックを取り入れる必要がある。

今後、事業化を予定する企業と迅速に実用化を展開されることを期待する。