

令和 4 年 5 月 25 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K09547

研究課題名(和文) Augmented Reality(AR)を用いた次世代型関節鏡システムの開発

研究課題名(英文) Development of next-generation arthroscopy system using Augmented Reality (AR)

研究代表者

山本 美知郎 (Yamamoto, Michiro)

名古屋大学・医学系研究科・特任准教授

研究者番号：90528829

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：低侵襲な関節鏡手術により早期社会復帰が可能になっている。しかし肘関節鏡手術において術中の神経損傷による合併症が後を絶たない。関節鏡単独では視認できない神経の位置情報をAR表示にて術中に得ることで安全な関節鏡操作が可能になる。我々は既に実物大モデルやサルの上肢を用いて事前に収集した3D画像データから神経と骨の情報を抽出し、関節鏡モニターにリアルタイムで重畳表示する実験に成功している。実際の臨床例においては関節鏡や鉗子の位置情報を追跡するための、高精度カメラが必要である。6台のカメラを用いて手術室で予備実験を行い、マーカーをロスなく追跡することが可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Augmented reality (AR)の機能が備わった次世代型関節鏡システムを開発している。このシステムにより術前MRIにて抽出した肘関節周囲に存在する神経(正中神経、尺骨神経、橈骨神経)の位置情報を関節鏡モニターで把握しながら手術を行えるようになる。このAR機能を搭載した次世代型肘関節鏡を開発することにより医原性神経損傷ゼロを目指す。予備実験を繰り返して神経の重畳表示精度を高め、様々な課題を抽出し克服してきた。実際の手術室で使用できる状況が整ってきており、3年以内に実用化を目指す。

研究成果の概要(英文)：Minimally invasive arthroscopic surgery enables early return to daily life. However, complications due to iatrogenic nerve injuries while elbow arthroscopy surgery have been reported. Safer arthroscopy is possible by obtaining the position information of nerves that cannot be seen with the arthroscope alone by Augmented reality. We have already succeeded in an experiment in which nerve and bone information is extracted from 3D image data and superimposed on an arthroscopic monitor intraoperatively. In actual clinical cases, a high-precision camera is required to track the markers of the arthroscope and instruments. Preliminary experiments were conducted in the operating room using OptiTrack system with six cameras, and it became possible to track markers without loss.

研究分野：整形外科

キーワード：Augmented reality 肘関節鏡 末梢神経

1. 研究開始当初の背景

本邦で開発された関節鏡は世界中に広がり整形外科の標準的治療となった。しかし、特に肘関節鏡においては重大な神経損傷の合併症が多数報告されている。低侵襲で有効な治療を提供するために安全性に配慮した次世代型関節鏡の開発が必要である。

我々は、CT・MRIといった異なるモダリティより抽出した骨や神経のボリュームデータを非線形レジストレーションにより重ね合わせて再構成し、関節鏡モニターにリアルタイムに重畳表示するAR(強化現実)技術を導入した次世代型関節鏡システムを開発してきた。実物大モデルとサルの上腕肘関節を用いたAR肘関節鏡の実験により、リアルタイムに神経と骨の情報を関節鏡モニターに重畳表示することが可能になってきた。

2. 研究の目的

AR技術の導入によって関節鏡単独では観察できない神経血管などの重要臓器を関節鏡モニターに重畳表示することが可能となり、術者の情報収集のための負担を増大させずに、関節鏡手術の安全性が向上する。関節鏡ARを世界に先駆けて臨床応用し、肘関節鏡をより安全な手技に変えることが本研究の目的である。

3. 研究の方法

名古屋大学の倫理委員会の承認を得て、肘関節鏡術前に撮影した肘関節CTとMRIデータから専用ソフトを用いて神経と骨の情報を含む3次元のSTLデータを作成する。手術室の无影灯に位置追跡装置 Micron Tracker3 を設置して、滅菌したマーカーを関節鏡と鉗子に取り付ける。肘関節鏡手術中にマーカーの位置情報を Micron Tracker3 が追跡し、リアルタイムに肘関節鏡モニターにあらかじめ作成された神経と骨の3次元STLデータを重畳表示する。

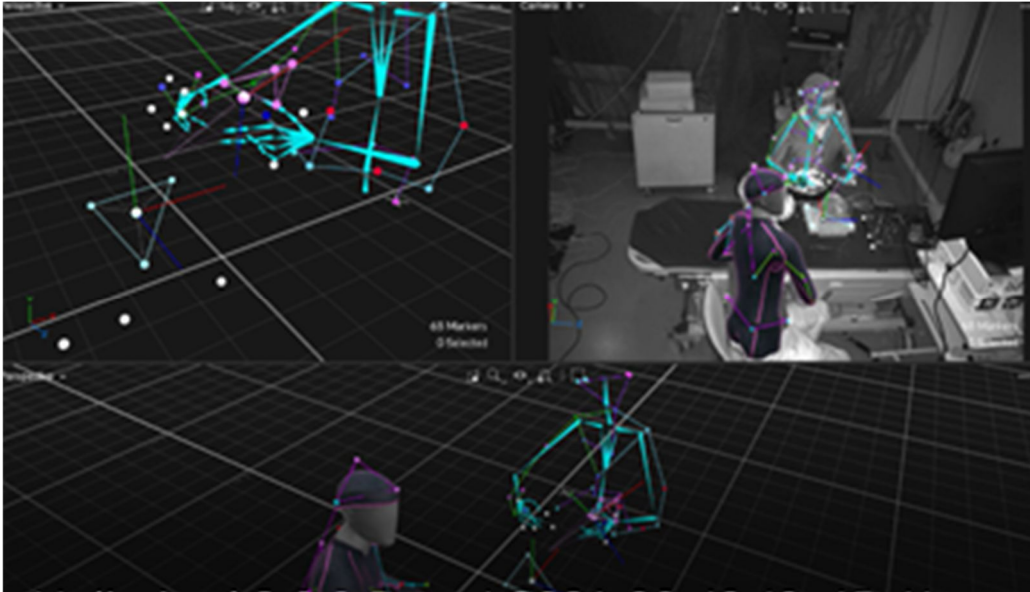
鏡視下手術の適応となる変形性肘関節症または難治性上腕骨外側上顆炎を対象疾患とし、患者の同意を得てAR技術を組み入れた次世代型肘関節鏡手術を行う。手術成績の評価項目は術前および術後の肘関節可動域、握力、患者立脚型機能評価表 Hand10、痛みの numeric rating scale、および合併症である。

4. 研究成果

3Dプリンターで作成した肘関節実態モデルとサルの上腕肘関節を用いた予備実験では Micron Tracker3 で位置を追跡することにより重畳表示の誤差は2mm以内に収まっており、光学式マーカーの追跡ロスは認めなかった。

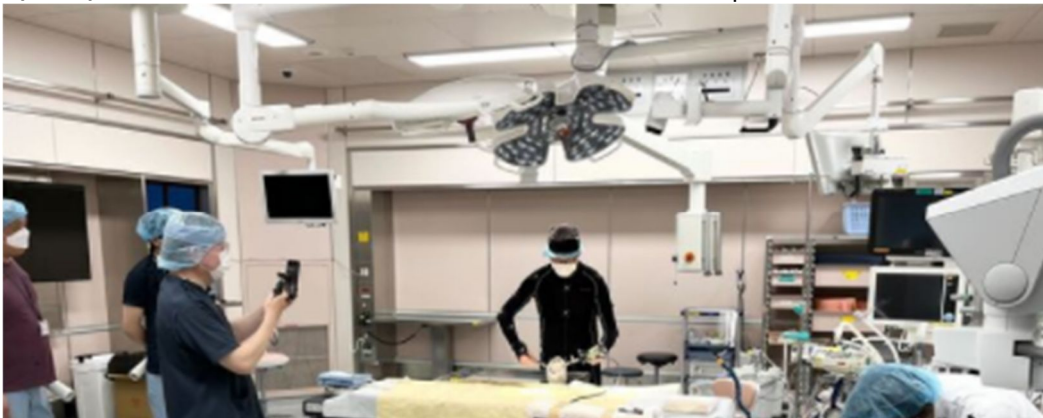
患者の同意を得て実際の手術症例にて Micron Tracker3 によるマーカーの tracking を調査した結果、1対の双眼カメラからなる Micron Tracker3 の場合にマーカーの追跡ロスが発生し、シームレスな位置情報が得られないことが判明した。これまでの予備実験とは異なり、実際の手術では関節鏡の動きが大きいため、マーカーがカメラの死角に入ることが要因となっていた。そのため、複数のカメラを用いた、より高精度な motion tracking システムの導入が必要となった。名古屋大学メディカルXRセンターの協力を得て、8台の高精度カメラで構成される OptiTrack のシステムを用いて、motion tracking の精度実験を行った(図1)。8台のカメラでは反射式マーカーの tracking ロスは無く、誤差0.5mm以内に収まることを確認した。

図1) 名古屋大学メディカルXRセンターにて OptiTrack を用いた肘関節鏡AR予備実験



これらの結果から 2022 年 3 月に名古屋大学メディカル XR センターの協力により、名古屋大学医学部附属病院の手術室 19 番に 6 台の高精度カメラからなる OptiTrack システムの恒久的設置工事を行った。設置された OptiTrack のシステムで肘関節実物大モデルを用いた motion tracking のデモを行い、マーカーをロス無く追跡できていることを確認した(図 2)。今後の課題として、重畳表示するために OptiTrack のシステムと AR の重畳表示を行うためのソフトウェアの一つである Grasshopper をリンクさせた実験を行っている。Grasshopper では重畳表示以外に関節鏡と鉗子の位置情報の俯瞰画像も術者に提示することが可能となる。これらのシステムの再整備を行い、OptiTrack を用いて実物大モデルによる AR 実証実験を再度行ったうえで、臨床応用を行う予定である。

(図 2) 名古屋大学医学部附属病院手術室 19 で導入した OptiTrack を用いた実験。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2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 1件）

1. 著者名 Michiro Yamamoto, Shintaro Oyama, Syuto Otsuka, Yukimi Murakami, Hideo Yokota, Hitoshi Hirata	4. 巻 11(1)
2. 論文標題 Experimental pilot study for augmented reality-enhanced elbow arthroscopy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 4650
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-021-84062-7	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 山本 美知郎, 横田 秀夫, 大山 慎太郎, 平田 仁	4. 巻 64
2. 論文標題 新しい医療技術 強化現実(AR)を用いた次世代型肘関節鏡手術	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 整形・災害外科	6. 最初と最後の頁 1319 1323
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0件

〔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	横田 秀夫 (Yokota Hideo) (00261206)	国立研究開発法人理化学研究所・量子工学研究センター・チームリーダー (82401)	
研究分担者	建部 将広 (Tatebe Masahiro) (60420379)	名古屋大学・医学系研究科・特任准教授 (13901)	

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	栗本 秀 (Kurimoto Shigeru) (70597856)	名古屋大学・医学系研究科・特任講師 (13901)	
研究分担者	平田 仁 (Hirata Hitoshi) (80173243)	名古屋大学・予防早期医療創成センター（医）・教授 (13901)	
研究分担者	大山 慎太郎 (Oyama Shintaro) (80768797)	名古屋大学・医学部附属病院・特任助教 (13901)	

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