

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 31 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26462262

研究課題名(和文) 肘関節鏡手術におけるAugmented Realityシミュレーションの開発

研究課題名(英文) Augmented Reality Simulation for Elbow Arthroscopy

研究代表者

山本 美知郎 (Yamamoto, Michiro)

名古屋大学・医学系研究科・特任講師

研究者番号：90528829

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：ヒト実態モデルおよびニホンザルの肘関節を用いて、関節鏡画面に予め取り込んでおいたCTまたはMRIの画像情報から作成したコンピューターグラフィックスデータを重畳表示することが可能であった。肘関節鏡画像は魚眼レンズのため歪みが生じているが、レンズ歪みパラメータのキャリブレーションパターンから補正できていた。関節鏡先端と対象物との距離が1cmの場合に重畳表示の誤差は2.3mm以内であった。この技術によって病変の位置や鏡視画像では見えていない神経血管の描出が可能となり、肘関節鏡手術がより安全になる。今後は誤差の定量化と臨床への応用を検討している。

研究成果の概要(英文)：We superimposed the CG onto the elbow arthroscopy video images for both the full-size 3D model and the monkey. The arthroscopic view was initially quite different from the superimposed CG due to lens distortion. However, we corrected the CG position and shape to match the arthroscopic view using lens distortion parameters estimated from the calibration pattern. Ultimately, the AR position and shape errors were limited to 2.3 mm at a 1cm scope object distance. The technological integration of AR into arthroscopy succeeded as a feasibility study and demonstrated acceptable accuracy. With further iteration and refinement, the capability of AR-enhanced arthroscopic visualization has the potential to be a transformative technology. This technique will contribute to reducing the possibility of serious complications associated with elbow arthroscopy.

研究分野：整形外科

キーワード：肘関節鏡 強化現実 拡張現実

### 1. 研究開始当初の背景

1985年にAndrewsらが初めて肘関節鏡手術を報告して以来、ここ30年の間に適応は拡大してきた。関節鏡の利点は低侵襲性である。しかし膝や肩、手関節鏡と異なり、肘関節鏡手術は重大な神経血管損傷を含め、合併症は多いもので20%に至っている。

我々は患側のみで1肢位のCTデータを用いて肘関節屈伸軸及び前腕回旋軸を表面形態から算出し、肘屈伸軸又は前腕回旋軸を用いて関節運動を行い術後の可動域の改善も予測可能な4次元のシミュレーションを開発した。4次元シミュレーションの技術を肘関節鏡Augmented Realityに応用することで、関節の肢位による軟部組織の位置関係を補正しリアルタイムに術前のシミュレーション情報を手術に反映させることが可能となる。

CT/MRIの画像情報から、専用ソフト(Rhinocerosなど)を用いて、virtual endoscopyが作成できる。我々は上腕骨遠位に発生した骨嚢腫に対して応用し報告している。頭頸部外科領域を中心に報告が増加しているが、整形外科領域においても脊椎外科、肩関節鏡手術において既に应用されている。しかし、今までのSurface dataを用いた解析では組織内部の情報が不足している。細胞の挙動から骨梁構造に至るまで物質内部のvolume dataを加味した真のvirtual endoscopyが求められている。

人工物と自然物を同じ情報として解析できるV-CAT(Volume based-Computer Aided Testing)が理化学研究所で開発された。V-CATは3次元情報を汎用的に取り扱う全く新しい画像処理アルゴリズム・システムである。V-CATは各種の測定画像・解析ソフトウェアの統一したデータフォーマットを提示できる。術前のCT、MRI画像情報をV-CATに入力し、さらに骨組織の情報に加えて筋、靭帯、関節包、血管そして神経などの軟部組織の情報も加味したVirtual Arthroscopyの作成が可能となる。

### 2. 研究の目的

VR(Virtual Reality)は仮想空間上に再現した世界であるが、ARは仮想空間に現実の世界を再現し、現実世界に仮想空間を重層表示するものである。ARの作成には現象再現の研究に加えて高速演算が必要である。実際の手術に応用するには位置合わせも必要である。肘関節鏡ARを用いて、術中に術者は高精度virtual arthroscopyをreal timeで見ることができ、関節内から関節外の神経血管の位置まで確認可能となる。あらゆる術者が神経血管損傷を予防でき、より安全な肘関節鏡手術が行えるようになる。更に、他の整形外科手術への応用できる可能性がある。

### 3. 研究の方法

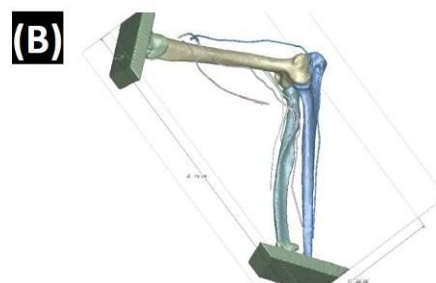
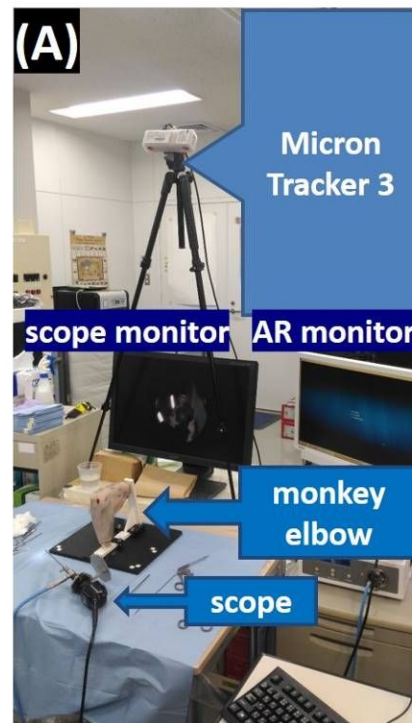
実験(1) 健常ボランティアの肘関節MRIを撮影し、画像解析ソフトVo Tracerを用いて骨及び神経の情報を抽出する。データをSTLに変換し、3Dプリンターを用いて実態モデルを作成した。実態モデルと肘関節鏡のスコープに位置追跡用の可視性マーカーを装着し、3次元ポジショントラッカー(MicronTracker3)を用いて関節鏡画像に骨と神経の位置情報をリアルタイムに重畳表示した。

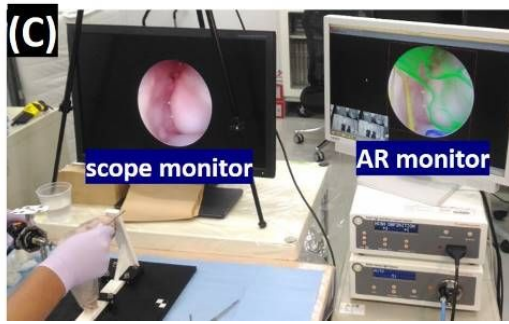
実験(2) ニホンザルの新鮮凍結肘を用いて肘関節MRIを撮影し、Vo Tracerを用いて骨と神経の情報を抽出する。実態モデルと同様に、ポジショントラッカーと可視性マーカーから肘関節鏡画像に術前取り込んだ画像をリアルタイムに重畳表示した。

図1(A)肘関節鏡ARシステム外観。位置合わせを行うMicron Tracker、肘関節鏡モニター、ARモニター、ニホンザルの肘関節、関節鏡が示されている。

(B)術前のMRIデータからVoTracerで再構成した3Dデータ。

(C)肘関節鏡モニターとARモニターにそれぞれ画像が表示されている。





肘関節鏡は魚眼レンズであるため画像のレンズ歪みが生じるが、歪みパラメータのキャリブレーションパターンから補正可能であった。

図4 補正前(左)補正後(右)

#### 4. 研究成果

実態モデルおよびニホンザルの肘関節を用いてCGのリアルタイムでの重畳表示が可能であった。

図2 実験(1)実態モデルでの肘関節AR  
実態モデルの映像に、あらかじめPCに入力してある同じ肘関節のCG情報が重畳表示されている。関節鏡の動きをMicron Trackerがリアルタイムに追跡し、動きに合わせた重畳表示が可能であった。

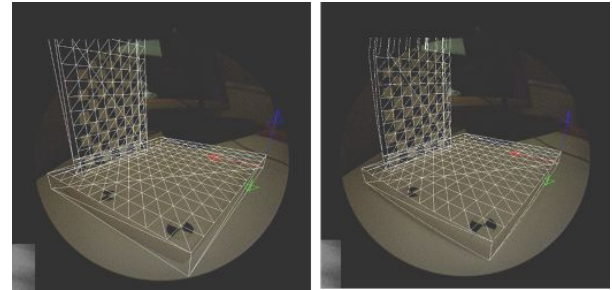


図5の様にCheckerboardの交点とmarkerを重ね表示して誤差を測定した。スコープと対象物の距離が1cmでは誤差は2.3mmであった(図6)。

図5 CheckerboardとMarkerを用いた誤差表示方法

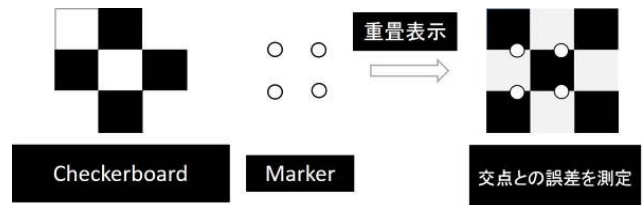
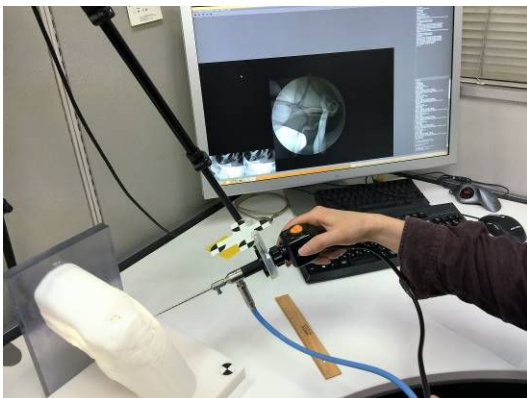
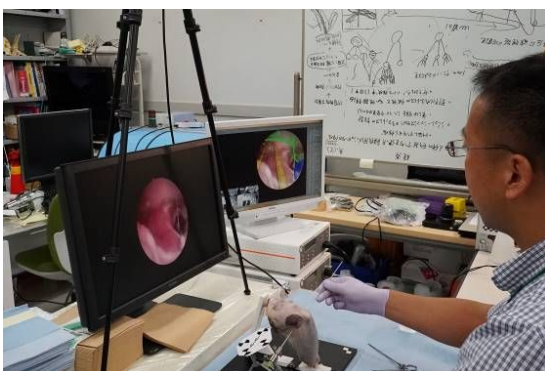
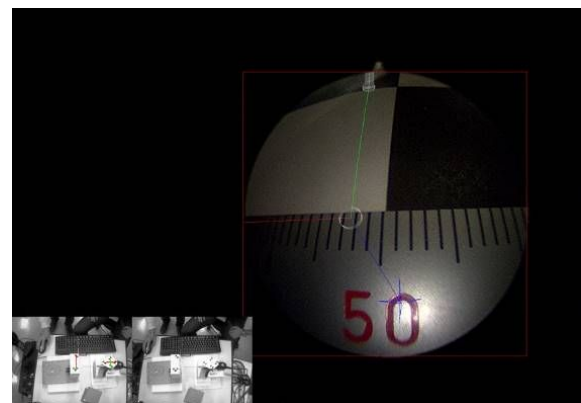


図6 誤差表示結果は2.3mm

図3 実験(2)ニホンザルの肘関節AR。  
左のscope monitorでは実際の関節鏡の映像が見られ、右のAR monitorではリアルタイムに予め取り込んである肘関節の構造物と周辺の神経が蛍光のグリーンとブルーで重畳表示されている。



#### 考察

ARは近年様々な分野で応用されており、特にポケモンGOは昨年の登場以来、社会的な話題となった。ポケモンGOではGPSを用いた位置情報と予め用意された3Dデータ、それにディスプレイとスマートフォンのアプリ

があればARを楽しむことが出来る。  
運転中のポケモンゴーは禁忌であるが、ARを手術に利用することは安全性の向上に寄与すると考えている。特に、肘関節鏡においては関節と重要な神経の距離が近く、神経損傷の危険性が高いためARは有用である。脳外科や腹腔鏡手術など空間的に複雑な領域での手術においてARはすでに利用され始めている。ARは術前の3Dデータ、表示画面そしてトラッキングデバイスがあれば作成可能であることが今回の実験を通じて示すことができた。

今後の課題としては、ヒトでのカダバー実験を行い、clinical trialで更なる精度検証を検討している。

まとめとして、3Dデータ、PC画面および位置情報を用いて肘関節鏡におけるARシステムの開発を行った。

ARの作成は技術的に可能であり、次世代の関節鏡システムとして、今後の臨床応用を検討している。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計3件)

Michiro Yamamoto, Shintaro Oyama, Yukimi Murakami, Katsuyuki Iwatsuki, Hitoshi Hirata, Takenori Tawara, Syuto Otsuka, Hideo Yokota. Augmented reality-enhanced elbow arthroscopy, 72<sup>nd</sup> Annual Meeting of the American Society for Surgery of the Hand, San Francisco (USA), Sep 07-09, 2017

Michiro Yamamoto, Shintaro Oyama, Yukimi Murakami, Katsuyuki Iwatsuki, Hitoshi Hirata, Takenori Tawara, Syuto Otsuka, Hideo Yokota. Augmented reality simulation for elbow arthroscopy, Euro Hand 2017, Budapest (Hungary), June 21-24, 2017

山本 美知郎、大山 慎太郎、村上 幸己、岩月 克之、平田 仁、俵 丈展、大塚 嵩斗、横田 秀夫. 肘関節鏡手術における Augmented Reality Simulation, 第60回日本手外科学会、平成29年4月27日~28日、名古屋国際会議場(愛知県名古屋市)

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

山本 美知郎 (YAMAMOTO Michiro)  
名古屋大学・医学系研究科・特任講師  
研究者番号：90528829

### (2)研究分担者

横田 秀夫 (YOKOTA Hideo)  
国立研究開発法人理化学研究所・光量子工学研究領域・チームリーダー  
研究者番号：00261206

俵 丈展 (TAWARA Takenori)  
国立研究開発法人理化学研究所・光量子工学研究領域・客員研究員  
研究者番号：20415227

平田 仁 (HIRATA Hitoshi)  
名古屋大学・予防早期医療創成センター・教授  
研究者番号：80173243

岩月 克之 (IWATSUKI Katsuyuki)  
名古屋大学・医学部附属病院・講師  
研究者番号：90635567

### (3)連携研究者

### (4)研究協力者

村上幸己 (MURAKAMI Yukimi)  
名古屋大学・医学系研究科・特任助教  
研究者番号：70775022