

## AR（強化現実）を用いた次世代型肘関節鏡手術の開発

名古屋大学大学院医学系研究科手の外科学の山本美知郎特任講師、平田仁教授、名古屋大学医学部附属病院メディカル IT センターの大山慎太郎特任助教は理化学研究所光量子工学研究センター画像情報処理研究チームの横田秀夫チームリーダーらと共同研究を行い、AR（強化現実）の技術を導入した次世代型肘関節鏡手術を開発しました。

本邦で開発された関節鏡手術は世界中に広がり、現在では整形外科の標準的治療となっています。しかし、特に肘関節鏡手術においては重大な神経損傷などの合併症が発生しており、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した。

CT<sup>※1</sup>・MRI<sup>※2</sup>といった異なるモダリティ（医用画像機器）から抽出した骨や神経の3次元データを専用ソフトウェアで再構成し、関節鏡モニターにリアルタイムに重畳表示するAR技術を導入した次世代型関節鏡システムを開発し、3Dプリンターで作成した実物大モデルとサルの手関節を用いて実証実験を行いました。構成された画像データはリアルタイムに関節鏡モニターに重畳表示され、従来の関節鏡では視認できない神経の位置情報をモニターで確認し、本システムが実行可能であることを示しました。さらに30度の斜視鏡を用いて重畳表示の精度を調査した結果、20mmの関節鏡先端と対物間距離において $1.63 \pm 0.49$  mmのズレを認めましたが、数値的にはAR肘関節鏡が臨床応用として許容される誤差と考えられるものでした。

解決すべきハードルがいくつか残ってはいますが、肘関節鏡手術の安全性向上に寄与するARを導入した次世代型肘関節鏡システムの開発が本研究によって大きく前進しました。

本研究成果は、2021年2月25日付（日本時間19時）国際科学雑誌Scientific Reportsに掲載されました。

## ポイント

- 本邦で開発された関節鏡は世界に広まりました。しかし肘関節鏡は術中神経損傷などの合併症が世界中で起きています。
- 従来の関節鏡に CT や MRI などの術前画像情報を再構成して AR（強化現実）として導入することにより、神経の位置情報を確認しながら安全に手術を行うことが出来るようになります。
- 実体モデルとサルの肘関節を用いて次世代型 AR 肘関節鏡手術が実行可能であることを示しました。

## 1. 背景

関節鏡の歴史は本邦から始まります。1918 年に東京大学整形外科教授の高木賢次らが膀胱鏡を用いて膝関節を観察しました。1959 年には高木賢次の指導を受けた渡辺正毅らが開発した 21 号鏡は世界初の実用的関節鏡となり、関節鏡手術は世界中に広がりました。機器の進化によって視認性が向上したにも関わらず、特に肘関節鏡手術では重篤な合併症の報告が後を絶たちません。米国手外科学会の調査では過去 5 年間で肘関節鏡手術中に 222 件の神経損傷が発生し、その内 77%は運動機能が回復していません。関節鏡手術の最大の欠点は、鏡視野の外にある神経血管の情報を術中に得るのが困難なことです。

これまでの関節鏡手術は原則として関節内の操作のみが行われてきました。それは関節鏡では関節外を視認できないからです。しかし急速に進化する画像処理技術によって、次世代の関節鏡手術では術前に検査した画像の重畳表示を用いて、関節外の操作も可能になると考えています。関節鏡の未来においては統合した術前画像を活用し、関節外の重要臓器の位置を継続的に視認するシステムが求められています。

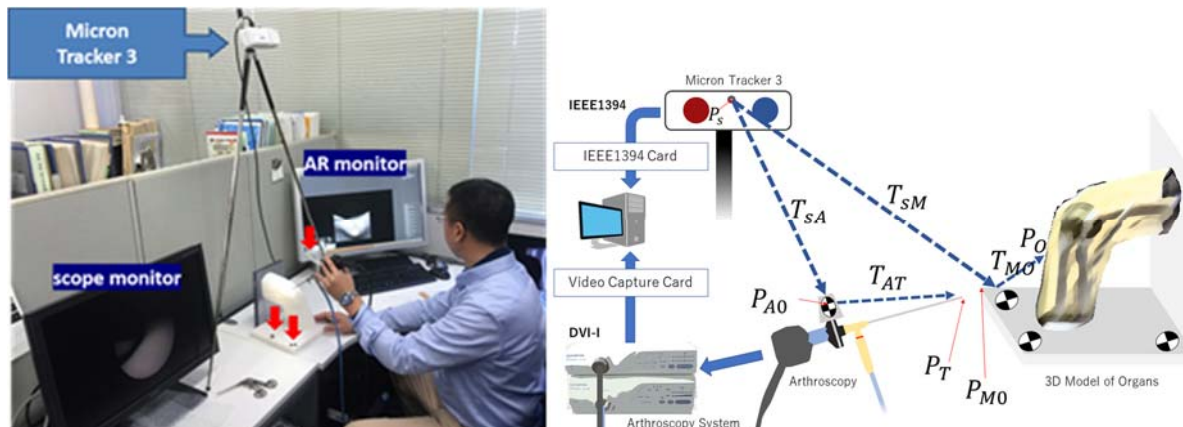
## 2. 研究成果

### 1) 実体モデルを用いた AR 肘関節鏡

健常ボランティアの肘関節 CT と MRI 情報を、理化学研究所で開発された新規情報処理システム(VoTracer)を用いて再構成し、関節鏡モニターに重畳表示する肘関節鏡 AR を開発しました。肘関節鏡と実体モデルの台座に光学式マーカー（図 1 左の矢印）を取り付け、位置追跡装置であるポジショントラッカー(Micron Tracker3)で位置と速度の情報を収集します。マーカーの座標系をそれぞれ逆演算（図 1 右）して関節内および周囲組織（神経）を 3D 描画し、関節鏡モニターにリアルタイムで表示することができました。

(図 1) 肘関節鏡 AR の実際 (左) と模式図 (右)

スコープと実体モデルの台座に取り付けた光学式マーカを Micron Tracker3 が追跡しリアルタイムにモニター上で重畳表示しています。AR 用コンピュータ内で高速演算が行われています。

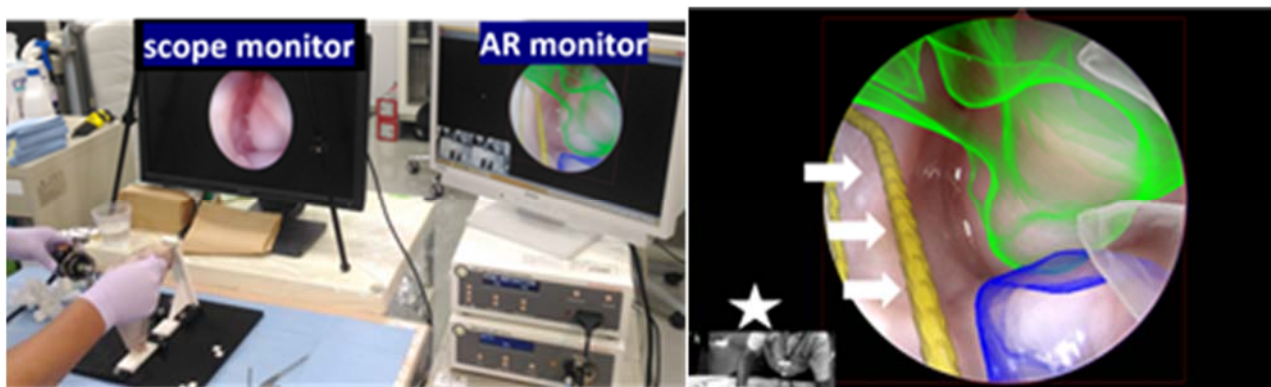


## 2) サルの肘関節を用いた肘関節鏡 AR

サルを用いても同様に実験を行いました。サルの肘関節 CT と MRI を撮影し、VoTracer を用いて骨と神経の情報を統合して 3D データを作成しました。実体モデルと同様に AR 肘関節鏡手術を行いました。3D データをモニターにリアルタイムに重畳表示することができました (図 2)。

(図 2) サル肘関節鏡 AR の実際 (左) 腕橈関節と橈骨神経の重畳表示 (右)

図右の矢印は関節包外に存在する橈骨神経が示されています。



## 3) 精度検証

肘関節鏡手術において通常は 30 度の斜視鏡を用いています。斜視鏡は回転しながら任意の視野を得ますが、 $-40^\circ < \theta < 40^\circ$  まで回転した場合の重畳表示誤差を斜視鏡先端と対象物の距離 20mm において計測しました。重畳表示誤差は  $1.63 \pm 0.49$  mm (range, 1–2.7 mm) でした。

### 3. 今後の展開

臨床応用を目指しています。AR 関節鏡自体に侵襲性は無く、術者は任意のタイミングで AR を利用する場合と利用しない場合を使い分けることができます。引き続き理化学研究所やメディカル IT センターと協力し、さらに企業の参画を募り、より安全な次世代型肘関節鏡のシステムの開発に取り組めます。

### 4. 用語説明

※1 CT : computed tomography, コンピュータ断層撮影

※2 MRI : magnetic resonance imaging, 核磁気共鳴画像法

### 5. 発表雑誌

掲雑誌名 : Scientific Reports

論文タイトル : Experimental pilot study for augmented reality enhanced elbow arthroscopy

著者・所属 : 山本美知郎 手の外科 (個別化医療技術開発講座)

大山慎太郎 手の外科 (メディカル IT センター)

大塚嵩斗 理化学研究所 光量子工学研究センター 画像情報処理研究チーム (研究当時)

村上幸己 理化学研究所 光量子工学研究センター 画像情報処理研究チーム

横田秀夫 理化学研究所 光量子工学研究センター 画像情報処理研究チーム

平田仁 手の外科

DOI : 10.1038/s41598-021-84062-7

English ver.

[https://www.med.nagoya-u.ac.jp/medical\\_E/research/pdf/Sci\\_Rep\\_210225en.pdf](https://www.med.nagoya-u.ac.jp/medical_E/research/pdf/Sci_Rep_210225en.pdf)