

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 4 日現在

機関番号：34401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K10802

研究課題名(和文) 脳神経外科手術への応用を目指した新規AR型3次元画像診断法の開発

研究課題名(英文) Development of a New AR-type 3D Imaging Method for Neurosurgery

研究代表者

田村 陽史 (Tamura, Yoji)

大阪医科大学・医学部・非常勤講師

研究者番号：90247859

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)：新規AR型3次元画像診断法を提案し試作・試用を計画した本研究では、術野投影型のAR支援手術機器を作成し有用性を検証した。また同時に3Dプリントで作成した卓上モデルへ投影や、ゴーグル型VR用端末に応用する研究を実施した。没入感による実体験が可能となり、事前に術野以上の情報を直感的に捉えるうえで非常に有用なものとなる。これらをビデオシースルーとし、3Dカメラ運動の簡易型ARに応用する試みを行うことで、技術的改良点を抽出し今後の成熟に向けた課題が抽出された。内視鏡手術シミュレーションシステムはマーカー認識機能を強化し、仮想手術機器の操作にAR上での表示がスムーズに追従することが確認できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本システムは、術野から隠れた解剖学的構造がどのような位置に存在するかを直感的に把握することが可能で、若手術者の教育デバイスとして有用性が確認された。また、個人の携帯端末上に本研究で試作したアプリケーションを用いて表示・操作する手法は、手術教育・検討ツールとして実用的であった。本研究で開発したAR型デバイスは、3Dプリント実体モデルの欠点を補う非常に有用なものとなった。静的実体モデルでは実現不可能な動的要素を盛り込み改良を加えることで、個々の患者の状態に合わせたシミュレーションが可能となり、汎用性は高く外科医療技術向上の一助となるシステムとなる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we proposed a novel AR-type 3D image diagnosis method and planned to test a prototype of the method, and created an AR-supported surgical device with an operative field projection type and verified its usefulness. We also conducted research on the projection onto a desktop model created by 3D printing and application to a goggle-type VR system. It enabled an immersive, real-world experience and was very useful in intuitively capturing information beyond the surgical field in beforehand. We attempted to apply these video see-throughs to a simple AR that is linked to a 3D camera, in order to identify technical improvements and challenges for future development. The marker recognition function of the endoscopic surgery simulation system was enhanced, and it was confirmed that the display on AR smoothly followed the operation of the virtual surgical equipment.

研究分野：脳神経外科学

キーワード：神経画像診断学 脳外科手術機器 拡張現実 3次元診断画像 手術支援 画像誘導下診療

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、経験に基づいた手技の修練環境は大きく変わり、臨床現場で研鑽を積むことが困難である反面、コンピューター技術を用いたバーチャル(仮想)シミュレーションから疾患個別化・実体モデルの作成が身近となり、実際に触れることのできるシミュレーターも実臨床への投入が可能なレベルとなってきた。医療技術の高度化に伴い医師に要求される学習量が増加する中、3次元画像処理技術の向上は、手術における教育・研修・指導システムにおいても大きな進歩をもたらしている。しかしながら、高精度な3次元プリントモデルには、モデル作成から実態を手にするまでに今なお数日かかっているのが事実である。また、画像診断技術の向上にプリントモデルの精度は十分に追いついたとは言えず、元画像で描出可能なものすべてが再現できるわけではない。とはいえ、実際の手術で問題となる微細解剖構造(穿通枝や神経等)は、最新の診断画像でも描出ができるわけではなく、元画像に存在しない構造を実体化することが不可能である点は承知の上で術前診断画像の一部として受けいれている。

### 2. 研究の目的

本研究では新たに“AR型3次元画像診断法”を開発し、その有用性について検討することを目的とした。

ARとは拡張現実(AR: Augmented Reality)と呼ばれる画像処理技術であり、通常我々が日常診療で使用している3次元処理画像がコンピュータグラフィックス(Computer Graphics: CG)の技術を応用したものであるのに対し、その画像にコンピュータビジョン(Computer Vision: CV)の要素、すなわちCGと同じ空間座標系に対して同じ尺度の3次元位置情報を持った“視点(カメラ)”と“光源(ランプ)”を併せ持ち、視点の動作をも加味して排出される処理画像である。実体とカメラは位置情報を有しているため、実体と画像内の同一部位に設定したマーカーおよびカメラの設定を実空間および任意の視点にキャリブレーションすることで、実空間には存在しないCG(仮想空間)をその場(現実空間)に提供することを可能とし、これが典型的なAR(拡張現実)画像となる。

本手法の利点は、3次元処理から実体モデル作成に至る間に廃棄される微細な情報を残すことができる点であるが、最も大きな利点は処理の簡便性、迅速さに加え、排出されるデータの共有・共用、また個人のPCやスマートフォンレベルでの閲覧環境にある。これによって複数人数での同時使用、観察、術前後の検討が可能となり、かつ閲覧場所を選ばず出張中や通勤途中、就寝前まで活用することを可能とし、時間・場所を問わず活用できる。また、3次元実体モデルでは、尺度を変えて製作することも可能ではあるが、完成品の尺度を変更することはできず、数mmの血管病変・正常解剖を術野に照らして観察したい場合には顕微鏡が必要ということになる。しかし本研究で提案する新規AR型3次元画像診断画像を使用すれば、視点の方向のみならず視野の展開、拡大縮小も全く問題がなくなる。加えて、任意の構造物の透過性を変更することや、非表示にすることも難なく行い得る。

本研究を通して完成した新規画像診断システムは、目の前の現実空間に3次元処理画像を重ね合わせて同時に観察することも可能となり、直感的に疾患・病態の把握が可能となるため、手術のイメージングを容易とする。またカンファレンス室レベルでの術前・術後の討論や診察室での患者への説明にも応用可能な総合的診療・手術支援システムとして発展し、AR技術を用いることで個人の端末レベルでの術前・術後検討が、簡便・安価かつ時間・場所を選ばない次世代型手術支援手法として提供可能となる。

### 3. 研究の方法

最終的に新規AR型3次元画像診断法を完成させるため、本申請課題の研究計画はおもに3つの課題が同時に進行する。(1) AR技術を用いた実際の術野への3次元シミュレーション画像の投影による手術支援、(2) 3次元シミュレーション画像のCADデータから患者個別3次元ARモデルの作成、(3) AR技術を用いた端末レベルでのシミュレーションと教材作成・保存、配布。これらを最終的に統合させ、手術後の情報までを融合させることで、次世代型の手術支援診療画像システムを構築し、実臨床への応用を試み有用性を検証してゆく。(1)に関しては準備研究で行ってきた手術ナビゲーションをもとに直ちに開始し、(2)(3)についても過去例をもとに実施しているプロトタイプに改良を加え、最終的にすべてが融合した一つの新規システムとして再構築する。

### 4. 研究成果

術前の診断時に取得した診療画像(MRI、CT等)から作成した3D画像を手術ナビゲーションにリンクさせ、術野に2次元で投影するナビゲーションシステム標準機能を用いたAR画像の、術者教育のツールとしての有用性を検討した。また同時に新規に開発した、ARシースルーデバイスによる実体モデルへの投影と術前シミュレーションの有用性につき検討を行った。本システ

ムは外科手術手技において重要となる解剖学的構造の3次元的理解に非常に有用であり、実体モデルが正常解剖の汎用市販品を用いても疾患モデルが再現できるといった大きな利便性を示している。また、新規にシステム実装を行った内視鏡手術シミュレーションのシースルー表示に関しては、AR型の鏡視下手術を実現した上で、操作性の向上やデバイス上でのプログラム操作を改良し安定的なプログラムを完成させている。本研究での試作システムは通常の観察において有用性が高いことを検証したが、マーカー認識・モデルの簡素化等に大きな工夫・作業を要する為、今後の周辺機器・技術のバージョンアップによる完成を期待している。AR型シースルーデバイス「Microsoft ホロレンズ」を用いた手術支援画像システムの構築を行ったところ、研究期間で完成したシステムではいくつかの課題が抽出されている。次世代のバージョンアップ機「ホロレンズ2」では本研究での抽出課題を解決可能とする。



図 汎用型携帯端末上で動作を行う新規AR型3次元画像診断

本研究で開発したAR型画像診断デバイスは、3Dプリント実体モデルの欠点を補う非常に有用なものとなった。欠点を補うばかりでなく、静的実体モデルでは実現不可能な動的要素を盛り込み改良を加えることができる点に新たな有用性が見いだせた。さらにプログラムの改変から新機能の試作・実装までを継続的に実施し、ARシースルーデバイスによる複数台の接続・連携の可能性を試みた。本機能の実装にはプログラムのさらなる成熟が必要であり、継続課題となった。引き続きAR画像を用いた手術支援・融合画像誘導下手技の可能性につき検証していく必要がある。

新規AR型3次元画像診断法を提案し試作・試用を計画した本研究は、おもに3つの課題を進行させ順調に進捗してきた「3次元AR(拡張現実)画像の観察および卓上モデル・術野への投影と手術支援」として、3次元画像による手術シミュレーションと手術用顕微鏡のリンクに加え、神経内視鏡手術とナビゲーションシステムを組み合わせた術野投影型のAR支援手術の可能性につき試用の段階にある。術前のシミュレーションおよび体位設定に用いることで、卓上モデルへ投影し手術手技習得に関する有用性について検討を行っている。実臨床への可能性を探索し、試作システムはさらなるバージョンアップを行った。本システムは、術野から隠れた解剖学的構造がどのような位置に存在するかを直感的に把握することが可能で、若手術者の教育デバイスとして有用性が確認された。個人の携帯端末レベルで観察可能なアプリケーションを用いた手術教育・検討ツールに関してはほぼ実用レベルにあり注目されているが、本手法は医療画像の抽出や個人端末での表示において医用画像の想定外の使用方法となり周辺環境の整備も必要である。「3次元シミュレーション画像から患者個別実体モデルの作成」として、3Dプリントモデルを継続的に作成し、ARシステム下での観察の有用性を検討したが、ARシステムはこれを上回る可能性を示している。

「AR技術を用いた端末レベルでの3次元画像の作成と配布・検証」としては、術前シミュレーション画像をもとに作成した3Dモデルデータと、ARマーカーを用いたレジストレーションを実現し、任意の方向からの観察を可能としたうえで、解剖学的構造の理解、内部の透過・透視による直感的な操作が可能な手術支援画像の作製を行った。本システムに用いたシースルー・単独起動型のデバイス「ホロレンズ」は非常に有用なデバイスであったが、視野の広さ・扱えるデータサイズ等に実用レベルの障害があり次世代機の「ホロレンズ2」ではこれら抽出課題全てが解決される見込みとわかり、開発システムを実装し試用した。VR型のデバイスの有用性および卓上型立体視ディスプレイを用いる試みを行ったが、それぞれ汎用性解体性の面で劣るものの、携帯端末型やシースルーデバイスを用いた今回の新規システムとは異なる優位性・劣位性を持ち、これらの優位な部分を統合的に実現可能とする新たなシステム開発に期待がかかる。

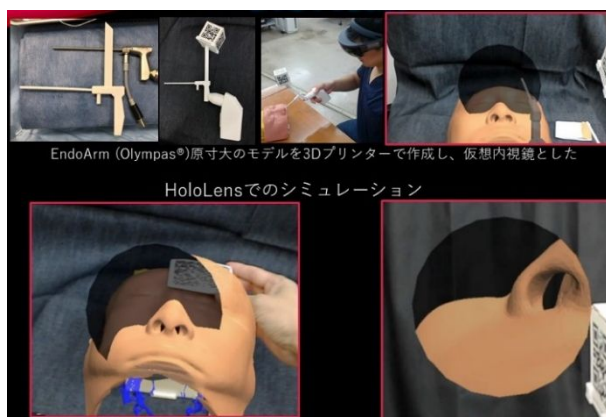


図 新規AR型3次元画像診断法による仮想内視鏡と術前シミュレーションシステム

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1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 0件）

1. 著者名 福村匡央, 川端信司, 池田直廉, 矢木亮吉, 吉村亘平, 黒岩敏彦	4. 巻 28
2. 論文標題 頭蓋内腫瘍摘出術におけるKINEVO 900を用いた3D exoscopic surgeryの有用性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 脳神経外科速報	6. 最初と最後の頁 1041 ~ 1046
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 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19件（うち招待講演 3件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 川端 信司, 池田 直廉, 片山 義英, 藤城 高広, 平松 亮, 田村 陽史, 野々口 直助, 古瀬 元雅, 板宮 朋基, 黒岩 敏彦
2. 発表標題 AR/VRを用いた脳神経外科術前シミュレーションおよびトレーニングシステムの構築
3. 学会等名 第43回日本脳神経CI学会総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川端 信司
2. 発表標題 脳腫瘍を中心とした顕微鏡手術の現状
3. 学会等名 第39回日本脳神経外科コンgres総会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福村 匡央, 池田 直廉, 川端 信司, 矢木 亮吉, 福尾 祐介, 朴 陽太, 竹内 孝治, 古瀬 元雅, 野々口 直助, 平松 亮, 黒岩 敏彦, 鯉淵 昌彦
2. 発表標題 KINEVO 900の外視鏡としての使用経験とその有用性検討
3. 学会等名 第78回日本脳神経外科学会学術総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片山 義英、池田 直廉、川端 信司、古瀬 元雅、野々口 直助、矢木 亮吉、平松 亮、板宮 朋基、黒岩 敏彦、鰐淵 昌彦
2. 発表標題 HoloLensを利用したAR 型仮想内視鏡シミュレーターの有用性と今後の展望
3. 学会等名 第78回日本脳神経外科学会学術総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池田直廉、川端信司、片山義英、矢木亮吉、古瀬元雅、野々口直助、黒岩敏彦、板宮朋基
2. 発表標題 脳腫瘍手術の術前検討および術者教育における3次元画像の有用性
3. 学会等名 第43回日本脳神経CI学会総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川端信司、池田直廉、片山義英、藤城高広、平松 亮、田村陽史、野々口直助、古瀬元雅、板宮朋基、黒岩敏彦
2. 発表標題 AR/VRを用いた脳神経外科術前シミュレーションおよびトレーニングシステムの構築
3. 学会等名 第42回日本脳神経CI学会総会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 池田直廉 川端信司 片山義英 平松亮 矢木亮吉 古瀬元雅 野々口直助 黒岩敏彦
2. 発表標題 3次元 Augmented Realityを用いた脳血管手術における術前検討への応用
3. 学会等名 第48回脳卒中の外科学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 片山義英, 池田直廉, 川端信司, 藤城高広, 野々口直助, 古瀬元雅, 平松亮, 田村陽史, 板宮朋基, 黒岩敏彦
2. 発表標題 ヘッドマウントディスプレイを用いた三次元augmented reality型仮想神経内視鏡シミュレーションモデルの開発
3. 学会等名 日本脳神経外科学会第77回学術総会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 池田直廉, 川端信司, 片山義英, 藤城高広, 平松 亮, 田村陽史, 野々口直助, 古瀬元雅, 板宮朋基, 黒岩敏彦
2. 発表標題 Virtual RealityおよびAugment Realityを用いた脳腫瘍手術における3次元画像術 前シミュレーションの有用性と問題点
3. 学会等名 第23回日本脳腫瘍の外科学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 片山義英, 池田直廉, 古瀬元雅, 川端信司, 辻優一郎, 二村元, 大村直己, 藤城高広, 野々口直助, 黒岩敏彦
2. 発表標題 術中CTを用いたナビゲーションシステム・オートレジストレーションの正確性の検討
3. 学会等名 第18回日本術中画像情報学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinji KAWABATA, Naokado IKEDA, Motomasa FURUSE, Toshihiko KUROIWA
2. 発表標題 Intraoperative computed tomography (iCT) for neurosurgery
3. 学会等名 13th International Conference on Cerebrovascular Surgery (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshihide Katayama、Naokado Ikeda、Shinji Kawabata、Takahiro Fujishiro、Motomasa Furuse、Yoji Tamura、Tomiki Itamiya、Toshihiko Kuroiwa
2. 発表標題 Developing Technique for Peri-operative Assistance with Three-dimensional Virtual and Augmented Reality Images for cerebrovascular Surgery
3. 学会等名 13th International Conference on Cerebrovascular Surgery (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 片山義英、池田直廉、川端信司、藤城高広、古瀬元雅、田村陽史、板宮朋基、黒岩敏彦
2. 発表標題 多種ワークステーションによる脳腫瘍術前術中3次元シミュレーション画像の検討- 現状と今後の展望 -
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 川端信司、池田直廉、古瀬元雅、平松 亮、田村陽史、宮地 茂、黒岩敏彦
2. 発表標題 3次元立体視画像を用いた脳腫瘍手術シミュレーションの有用性
3. 学会等名 第40回日本脳神経CI学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 池田直廉、古瀬元雅、田村陽史、川端信司、野々口直助、藤城高広、高井 聡、黒岩敏彦
2. 発表標題 術中新型多面検出器CT支援脳腫瘍手術の初期経験
3. 学会等名 第40回日本脳神経CI学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 古瀬元雅, 池田直廉, 野々口直助, 川端信司, 田村陽史, 黒岩敏彦
2. 発表標題 術中CTを用いたナビゲーションのautomatic intraperative registrationの使用経験
3. 学会等名 第40回日本脳神経CI学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川端信司, 片山義英, 池田直廉, 古瀬元雅, 田村陽史, 黒岩敏彦
2. 発表標題 脳腫瘍手術における3次元立体視画像を用いたシミュレーションの有用性
3. 学会等名 第21回日本脳腫瘍の外科学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 池田直廉, 川端信司, 古瀬元雅, 田村陽史, 箸方宏州, 西田南海子, 後藤正憲, 岩崎孝一, 黒岩敏彦
2. 発表標題 内視鏡的下垂体腫瘍摘出術におけるマルチモダリティを利用した術前術中の支援の有用性と限界
3. 学会等名 第21回日本脳腫瘍の外科学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 川端信司, 平松 亮, 池田直廉, 田村陽史, 宮地 茂, 黒岩敏彦
2. 発表標題 脳血管外科における3次元立体視画像を用いたシミュレーションの有用性
3. 学会等名 第45回日本脳卒中の外科学会学術集会
4. 発表年 2016年



〔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	川端 信司 (Kawabata Shinji)  (20340549)	大阪医科大学・医学部・講師  (34401)	
研究分担者	平松 亮 (Hiramatsu Ryo)  (40609707)	大阪医科大学・医学部・助教  (34401)	
研究分担者	古瀬 元雅 (Furuse Motomasa)  (70340560)	大阪医科大学・医学部・講師  (34401)	
研究分担者	池田 直廉 (Ikeda Naokado)  (50434775)	大阪医科大学・医学部・講師  (34401)	
研究分担者	板宮 朋基 (Itamiya Tomoki)  (60583896)	愛知工科大学・工学部・准教授  (33934)	