

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：32653

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K07648

研究課題名（和文）スマートフォンを用いた拡張現実感による仮想透視システムの開発と画像下治療での活用

研究課題名（英文）Augmented reality navigation systems on smartphones for interventional radiology

研究代表者

森田 賢（Satoru, Morita）

東京女子医科大学・医学部・講師

研究者番号：80366343

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：スマートフォンやヘッドマウントディスプレイ型のウェアラブルデバイスで、拡張現実感（Augmented Reality：AR）を用いた、画像下治療のためのナビゲーションシステムを開発した。事前に撮影したCT画像から作成した三次元画像を体表に重ね合わせたり、予め用意した仮想分度器をCT装置と位置や角度を合わせた上で重ねて表示して、これを目安に針を目的の部位に正確に穿刺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

体内に針を刺して行う検査や治療は、従来は超音波やCT等の画像ガイド下に行われていたが、主に二次元の画像情報を用いていた。本研究にて、CT画像から作成した三次元画像や、予め用意した仮想分度器を拡張現実（AR）として、種々の位置合わせ法を用いて患者体表に重ね合わせることで、あたかも三次元の構造がそこに存在するかの如く表示可能となった。これにより、従来のナビゲーションに加え、新たな三次元情報を参照しながら穿刺できるため、不慣れた術者でも正確に針を穿刺することが期待される。

研究成果の概要（英文）：We have developed navigation systems using augmented reality (AR) on smartphones and headmounted displays for interventional radiology procedures. 3D images reconstructed from CT images or a virtual protractor which is prepared in advance are displayed on the body surface by using various registration methods. Accurate needle puncture becomes possible by using these navigation systems.

研究分野：放射線医学

キーワード：拡張現実 Augmented reality 複合現実 Mixed reality IVR Interventional radiology 画像下治療 ナビゲーション

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

近年、画像誘導下にカテーテルや針等を用いて治療する画像下治療が広く実施されている。ナビゲーションとして種々の画像が用いられるが、被爆を伴うなどの問題点がある。現状ではモニター上に事前に撮影された CT や MRI 画像を表示して、これを参照しながら病変の部位を予測して X 線透視や超音波下に手技を実施している。このためモニターと患者の間で視線の移動が必要で、病変の位置を直感的に把握することが難しい上、術前画像が持つ正確な位置情報を最大限有効活用できていない。中でも、中心静脈カテーテルやポート留置術は様々な診療科の術者により多数の患者に実施されているが、穿刺時の動脈誤穿刺による死亡事故が問題となっており、近年、医療安全調査機構から注意喚起がなされている(1)。その中で、超音波による誘導のみでは安全性は不十分と報告されており、より安全なナビゲーションシステムの必要性が高まっている。近年、AR を利用した種々のナビゲーションシステムが開発されている。AR は種々の情報を現実空間に重ねて表示することであり、医療においては患者に患者自身の画像を投影して、術者の通常の知覚では認知できない情報を直感的に把握・理解可能とする技術である。しかし、従来のもので大がかりな装置が必要で汎用化には至っていない。研究分担者は医用生体工学の専門家であり、特に画像支援機器の開発に関して数々の研究実績がある。過去に本研究課題の基礎となるビデオスルー方式のタブレット PC による AR ナビゲーションシステムを開発している(2, 3)。このシステムは、あらかじめ患者体表に三個のマーカを付けた状態で CT や MRI を撮影し、これをタブレット PC の背面カメラで認識する。独自のアルゴリズムにより位置レジストレーションを行い、CT や MRI 画像をタブレット PC 上に表示して、背面カメラで映した患者体表に重畳表示する手法である。外部機器は不要でタブレット PC のみで動作可能である。しかし、タブレット PC は画像下治療のナビゲーションとして用いるには大きく、前述のシステムでは事前の CT や MRI 撮影時に専用のマーカを患者体表に設置する必要がある、といった問題点があり、画像下治療の分野では未だ利用されていない。画像下治療で用いるには、術者が片手で持てる様な小型なスマートフォンで、CT や MRI 撮影時に専用のマーカを必要としないシステムの開発が求められる。

<参考文献>

- 1) 日本医療安全調査機構. 医療事故の再発防止に向けた提言第1号 中心静脈穿刺合併症に係る死亡の分析(第一報). 3.2017
- 2) 上内 洋輝、正宗 賢. タブレット PC および三点マーカを使用した医用画像重畳表示システム. 電子情報通信学会技術研究報告. 112 巻 200 号 29-34.2012 年.
- 3) 正宗 賢. 脈管疾患に対するバーチャルイメージの応用研究. Angiology Frontier Vol.13 No.2, 1-4, 2014.

2. 研究の目的

本研究は、画像下治療(Interventional Radiology)の安全性・有効性の向上を図り、簡便かつ安心して治療を行うための新たなナビゲーションシステムを開発することを目的とする。具体的には、事前に撮影された CT や MRI 画像をスマートフォンやタブレット PC、ウェアラブルデバイス等のポータブル端末に取り込み、背面カメラで映した患者体表に重ねて表示することで、

臓器や病変を拡張現実感 (Augmented Reality) としてポータブル端末上に表示する仮想透視システムを開発する。特徴として、手持ちの端末のみで全ての処理・表示を行うための簡便な位置合わせ手法を開発する。ファントム実験にて精度を検証した後に、画像下治療での可能性を明らかにする。

3 . 研究の方法

まず、ヘッドマウント型のウェアラブルデバイスである Microsoft 社製 HoloLens を用いて開発を進める。HoloLens では Unity (Unity 社) を用いて、C#言語にてプログラムを作成する。複合現実開発のためのクロスプラットフォームツールキットである Mixed Reality Tool Kit をインポートして利用する。事前に撮影した CT 画像から臓器やマーカを抽出し、STL 化してデータ量を削減する等して三次元的に扱いやすい形式に加工して、Unity に取り込む。位置合わせ法に関しては、先ず二次元マーカを用いた手法を開発する。次に、予め三次元的な角度線を表示させた仮想分度器を作成し、CT 下穿刺時のナビゲーションとして用いる手法を開発する。CT 断面に対して手動や自動で角度を合わせ、さらに任意の断面に回転できる様にする。位置合わせは、二次元マーカの他に、空間のタッチや CT 画像から算出した空間座標を用いて行う手法を開発する。さらに、これらのシステムをスマートフォン (Android、iOS) でも同様に開発する。開発には前述の Unity を用いるが、開発のためのキットとして、AR Foundation、ARCore、ARKit を用いる。これらを作成した後、ファントムを用いた針の配置実験や穿刺実験を行い、その精度を検証する。

4 . 研究成果

本研究では、事前に撮影された CT 画像をポータブル端末に取り込み、患者体表に重ねて表示することで、臓器や病変を拡張現実感 (Augmented Reality : AR) として表示する仮想透視システムの開発を行った。まず、ヘッドマウント型のウェアラブルデバイスである Microsoft 社製 HoloLens を用いて開発を進めた。HoloLens を用いることで、ハンズフリーかつ三次元的な AR 重畳表示が可能となり、患者体表と AR の同時視認が可能となった。位置合わせの手法に関しては、従来の三点マーカの手法を応用して、一点のみのマーカを用いたシステムを作成した。さらに、三次元画像や予め作成した仮想分度器を、空間の特徴点のタップや CT 画像の座標入力でも配置できる様にした。HoloLens 装着者の視点位置の違いによる位置の乖離に関しては、AR ガイドラインを表示させる事で解決した。マーカがカメラ画像範囲外の場合に AR 表示されない問題に関しては、空間マッピングを用いた AR 残留重畳表示を用いることで解決した。さらに、HoloLens2 への移植にも成功し、視野の拡大や視線調整の機能により、ファントムを用いた穿刺実験にて、穿刺方向の誤差は 5-6mm 程度と良好な結果を得た。さらに、本手法をスマートフォン (iOS と Android) に移植し、改良を重ねてスマートフォン用の穿刺ガイドアプリとして利用可能とした。

体内に針を刺して行う検査や治療は、従来は超音波や CT 等の画像ガイド下に行われていたが、主に二次元の画像情報を用いていた。本研究にて、CT 画像から作成した三次元画像や、予め用意した仮想分度器を拡張現実 (AR) として、種々の位置合わせ法を用いて患者体表に重ね合わせることで、あたかも三次元の構造がそこに存在するかの如く表示可能となった。これにより、従来のナビゲーションに加え、新たな三次元情報を参照しながら穿刺できるため、不慣れた術者でも正確に針を穿刺することが期待される。仮想分度器を用いれば、CT 下穿刺手技では、従来は後方から第三者が分度器で角度を参照したり、術者の感覚のみで穿刺していたが、角度線を参照しながら正確な角度で穿刺することが可能となった。さらに、CT 断面から外れた Out-of-plane

での角度表示も可能なため、三次元的に正確な穿刺が期待される。これらの成果を以下の通り、複数の学会発表（2つの受賞含む）で報告し、複数の雑誌や英語論文に掲載した。

<研究成果>

・鈴木一史、森田 賢、遠藤健二、山本敬洋、鴨志田久美、山崎宙士、坂井修二、藤井柗平、森下健史、丸山竜平、大谷 淳、正宗 賢。Augmented Reality技術の利用は 穿刺手技の時間短縮に貢献するのか？。日本 VR 学会 2020 年。

・森田 賢、遠藤 健二、鈴木 一史、山本 敬洋、鴨志田 久美、山崎 宙士、坂井 修二、藤井 柗平、森下 健史、丸山 竜平、大谷 淳、正宗 賢。ヘッドマウントディスプレイを用いた複合現実ガイド下穿刺法の試み。第 49 回日本 IVR 学会総会 2020.5.28-30 神戸。

・Kenji Endo, Kazufumi Suzuki, Satoru Morita, Takahiro Yamamoto, Shuji Sakai, Shuhei Fujii, Takeshi Morishita, Ryuhei Maruyama, Jun Ohya, Ken Masamune. How to build AR/MR phantom for IVR using medical images (Education exhibit). 106th scientific Assembly Annual Meeting Radiological Society of North America 2020. Nov 29-Dec 5, 2020, Chicago, USA.

・Kazufumi Suzuki, Kenji Endo, Satoru Morita, Takahiro Yamamoto, Shuji Sakai, Shuhei Fujii, Takeshi Morishita, Ryuhei Maruyama, Jun Ohya, Ken Masamune. Efficiency of using augmented reality technology in training of central venous access (Scientific poster). 106th scientific Assembly Annual Meeting Radiological Society of North America 2020. Nov 29-Dec 5, 2020, Chicago, USA.

・Satoru Morita, Kazufumi Suzuki, Kenji Endo, Takahiro Yamamoto, Shuji Sakai, Shuhei Fujii, Takeshi Morishita, Ryuhei Maruyama, Jun Ohya, Ken Masamune. Feasibility and accuracy of needle puncture under augmented reality displayed on a head mount display with position automatically adjusted by a 2D marker in a phantom study. 106th scientific Assembly Annual Meeting Radiological Society of North America 2020. Nov 29-Dec 5, 2020, Chicago, USA.

・Suzuki K, Morita S, Endo K, Yamamoto T, Fujii S, Ohya J, Masamune K, Sakai S. Learning effectiveness of using augmented reality technology in central venous access procedure: an experiment using phantom and head-mounted display. Int J Comput Assist Radiol Surg. 2021 Jun;16(6):1069-1074. doi: 10.1007/s11548-021-02365-6. Epub 2021 Apr 16. PMID: 33864188.

・鈴木一史。拡張現実を用いた穿刺支援ソフトウェアの精度検証。第 80 回日本医学放射線学会総会。2021.4.15-18 横浜。(CyPos 受賞)

・森田賢。第 50 回日本 IVR 学会総会 2021 年 5 月 20 日(木)~22 日(土)座長 シンポジウム 3、医療における拡張現実・複合現実、5 月 20 日(木) 15:40-17:20 Development of Needle Guidance Application Using Mixed Reality by Interventional Radiologists IVR 医による複合現実ガイド下穿刺アプリケーションの開発

・鈴木一史、森田賢、山本敬洋、他。CT ガイド下生検を補助する拡張現実アプリの開発。第 20 回 日本 VR 医学会学術大会。2021.9.25 東京。(優秀賞)

・Morita S, Suzuki K, Yamamoto T, Kunihara M, Hashimoto H, Ito K, Fujii S, Ohya J, Masamune K, Sakai S. Mixed Reality Needle Guidance Application on Smartglasses Without Pre-procedural CT Image Import with Manually Matching Coordinate Systems.

Cardiovasc Intervent Radiol. 2022 Mar;45(3):349-356. doi: 10.1007/s00270-021-03029-3. Epub 2022 Jan 13. PMID: 35022858.

・ Suzuki K, Morita S, Endo K, Yamamoto T, Sakai S. Noncontact measurement of puncture needle angle using augmented reality technology in computed tomography-guided biopsy: stereotactic coordinate design and accuracy evaluation. Int J Comput Assist Radiol Surg. 2022 Apr;17(4):745-750. doi: 10.1007/s11548-022-02572-9. Epub 2022 Feb 21. PMID: 35190975.

・ 森田 賢、鈴木 一史、坂井 修二, Precision Medicine時代のAbdominal Imaging 2022 腹部画像診断の最新動向とすぐその未来に備えて【後編：CT, CA/DR, 核医学】 XA/DR：腹部領域における技術の到達点および臨床の最前線 1. XA/DRによる腹部画像診断の最新動向と未来への展望 3) 複合現実(MR)ガイド下穿刺の研究開発の現状と将来展望. インナービジョン 37(4)2022

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 伊藤 佳代	4. 巻 0
2. 論文標題 Microsoft HoloLens2を用いた画像下治療支援 AR ナビゲーションに関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 早稲田大学 早稲田大学創造理工学部 卒業論文	6. 最初と最後の頁 0
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 -

1. 著者名 Suzuki K, Morita S, Endo K, Yamamoto T, Fujii S, Ohya J, Sakai S.	4. 巻 16(6)
2. 論文標題 Learning Effectiveness of Using Augmented Reality Technology in Central Venous Access Procedure: An Experiment using Phantom and Head-Mounted Display	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery	6. 最初と最後の頁 1069-1074
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11548-021-02360-6	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 -

1. 著者名 丸山竜平、森田賢、遠藤健二、正宗賢、長橋宏、大谷淳	4. 巻 vol.118, no.412
2. 論文標題 QRコード型マーカによる医療用ARナビゲーション	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告 Print edition: ISSN 0913-5685, Online edition: ISSN 2432-6380	6. 最初と最後の頁 215-219
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 -

1. 著者名 藤井 柁平、森田 賢、鈴木 一史、遠藤 健二、森下 健史、長橋 宏、正宗 賢、大谷 淳	4. 巻 vol. 119, no.399
2. 論文標題 Microsoft HoloLens を用いた IVR 支援 AR ナビゲーションの知覚誤差に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告 Print edition: ISSN 0913-5685 Online edition: ISSN 2432-6380	6. 最初と最後の頁 135-139
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 -

1. 著者名 藤井 柁平	4. 巻 NA
2. 論文標題 頭部装着型AR装置Microsoft HoloLensを用いたIVR支援ARナビゲーションの知覚誤差に関する研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 早稲田大学 早稲田大学創造理工学部 卒業論文	6. 最初と最後の頁 NA
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 -

1. 著者名 Morita S, Yamazaki H, Endo K, Suzaki S, Mitsunashi A, Shiohara T, Yatabe M, Ichihara A, Sakai S	4. 巻 41(8)
2. 論文標題 Image Fusion Guidance with Pre-procedural CT with Real-Time Fluoroscopy for Adrenal Venous Sampling	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Cardiovasc Intervent Radiol	6. 最初と最後の頁 1214-1222
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00270-018-1930-3	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 該当する

1. 著者名 丸山竜平、森田賢、遠藤健二、正宗賢、長橋宏、大谷淳	4. 巻 vol.118, no.412
2. 論文標題 QRコード型マーカによる医療用ARナビゲーション	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告 Print edition: ISSN 0913-5685, Online edition: ISSN 2432-6380	6. 最初と最後の頁 215-219
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8件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Morita S, Suzuki K, Endo K, Yamamoto T, Sakai S, Fujii S, Morishita T, Maruyama R, Ohya J, Masamune K.
2. 発表標題 Feasibility and accuracy of needle puncture under augmented reality displayed on a head mount display with position automatically adjusted by a 2D marker in a phantom study.
3. 学会等名 106th scientific Assembly Annual Meeting Radiological Society of North America 2020. Nov 29-Dec 5, 2020, Chicago, USA. (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名	Kazufumi Suzuki, Kenji Endo, Satoru Morita, Takahiro Yamamoto, Shuji Sakai, Shuhei Fujii, Takeshi Morishita, Ryuhei Maruyama, Jun Ohya, Ken Masamune.
2. 発表標題	Efficiency of using augmented reality technology in training of central venous access
3. 学会等名	106th scientific Assembly Annual Meeting Radiological Society of North America 2020. Nov 29-Dec 5, 2020, Chicago, USA. (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Kenji Endo, Kazufumi Suzuki, Satoru Morita, Takahiro Yamamoto, Shuji Sakai, Shuhei Fujii, Takeshi Morishita, Ryuhei Maruyama, Jun Ohya, Ken Masamune
2. 発表標題	How to build AR/MR phantom for IVR using medical images
3. 学会等名	106th scientific Assembly Annual Meeting Radiological Society of North America 2020. Nov 29-Dec 5, 2020, Chicago, USA. (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	鈴木一史、森田 賢、遠藤健二、山本敬洋、鴨志田久美、山崎宙士、坂井修二、藤井柊平、森下健史、丸山竜平、大谷 淳、正宗 賢
2. 発表標題	Augmented Reality技術の利用は 穿刺手技の時間短縮に貢献するのか？
3. 学会等名	日本VR学会
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	森田 賢、遠藤 健二、鈴木 一史、山本 敬洋、鴨志田 久美、山崎 宙士、坂井 修二、藤井 柊平、森下 健史、丸山 竜平、大谷 淳、正宗 賢
2. 発表標題	ヘッドマウントディスプレイを用いた複合現実ガイド下穿刺法の試み
3. 学会等名	第49回日本IVR学会総会 2020.5.28-30 神戸
4. 発表年	2020年

1. 発表者名 丸山竜平、森田賢、遠藤健二、正宗賢、長橋宏、大谷 淳
2. 発表標題 QRコード型マーカによる医療用ARナビゲーション
3. 学会等名 電子情報通信学会 研究会 2019.1.23
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤井 柊平、森田 賢、鈴木 一史、遠藤 健二、森下 健史、長橋 宏、正宗 賢、大谷 淳
2. 発表標題 Microsoft HoloLensを用いたIVR支援ARナビゲーションの知覚誤差に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会 研究会 2020.1.29
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 丸山竜平、森田賢、遠藤健二、正宗賢、長橋宏、大谷 淳
2. 発表標題 QRコード型マーカによる医療用ARナビゲーション
3. 学会等名 電子情報通信学会 研究会 2019.1.23
4. 発表年 2019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	正宗 賢 (Ken Masamune) (00280933)	東京女子医科大学・医学部・教授 (32653)	

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	遠藤 健二 (Kenji Endo) (20792782)	東京女子医科大学・医学部・助教 (32653)	
研究分担者	鈴木 一史 (Kazufumi Suzuki) (70366342)	東京女子医科大学・医学部・講師 (32653)	
研究分担者	坂井 修二 (Shuji Sakai) (90225756)	東京女子医科大学・医学部・教授 (32653)	

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