

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：13501

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K19937

研究課題名（和文）医学標本館における解剖学学習のためのAR協調学習支援システムの開発

研究課題名（英文）AR Collaborative Learning Support System for Anatomy Learning in Medical Museum

研究代表者

杉浦 篤志（SUGIURA, Atsushi）

山梨大学・大学院総合研究部・助教

研究者番号：90755480

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）：被験者実験によるユーザビリティ評価と教育的評価を実施した。ユーザビリティ評価ではHMDを用いたシステムが最も有効であることを確認し、画面解像度やサイバーシックネスの問題も明らかになった。また、AR情報による学習支援が有効であることが示唆された。光学透過型HMDをシステムへ導入し、AR情報の自動配置の機能を追加し、システムの改良を進めた。3Dプリンタによる解剖模型と透過型HMDとの情報通信部分のシステムについて外部発表を行った。ARによる空間的UIの構築や2台の透過型HMD間での情報のやり取りのため情報通信技術を利用しシステムを構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

医学標本館における効率的で効果的な協調学習環境が実現され、解剖学のアクティブラーニングおよびグループ学習に貢献できる。本研究システムは実物の標本を介した医学教材の質感から得られる具体的概念とARによる教示説明としてまとめられた抽象的概念を、総合的に獲得する機会を提供する。さらに、協調学習により各学習者の理解の深化を促すことが可能となる。本研究で実現される機能は、医学標本館のみならず医療現場や多くの展示施設などにも応用可能である。マルチユーザ環境による協調学習支援は遠隔学習支援にも発展することができ、適用範囲は広い。

研究成果の概要（英文）：We conducted user experiments to evaluate usability and educational effectiveness. In the usability evaluation, we confirmed that the system using an HMD was the most effective, and we identified issues related to screen resolution and cybersickness. Additionally, the use of AR information for learning support was suggested to be effective. In the proposed system, we use optical see-through HMD and added automatic placement functionality for AR information. We continued to improve the system based on these enhancements.

We proposed an AR-based system that presents a virtual object and realized a virtual hands-on exhibit using a 3D-printed model of the human anatomy by displaying the positional relationship between the 3D-printed model and the specimen, using an accelerometer embedded in the 3D-printed model. We constructed the system by utilizing information and communication technologies for facilitating information exchange between two optical see-through HMDs.

研究分野：拡張現実感

キーワード：拡張現実感技術 教育工学 医学教育 学習支援 ウェアラブル機器

1. 研究開始当初の背景

解剖実習を通じた医学教育は人体構造を深く理解させることができるが、倫理的問題や社会状況に十分配慮する必要がある[1]。医学標本による教育はこれを補うことができる。本学には医学標本館があり、学内の医学初学者、県内のコメディカル領域の学生が見学に訪れる。見学者への標本の説明は、札と教職員の解説に頼っているが十分であるとは言えない。

AR 技術に着目し、AR によって実物の標本に仮想情報を重畳表示することで人体構造理解への相乗効果が期待できると考え、医学標本館における AR 見学支援システムを構築した。図 1 に AR 見学支援システムの概要と評価結果を示す。評価実験によって(1)HMD の利便性、(2)教育への有効性が実証された。既存システムでは、モニタ提示による標本の質感の再現性不足や仮想ラベルなどの AR による平面的な UI のみで人体構造の立体的理解には不十分な場合があった。人体の内部構造を 3D 解剖 CG で表示する AR 解剖学学習システムなどの例[2]があるが、実物の標本と 3D 解剖 CG を組み合わせたシステムは実現できていない。また、医学標本館見学はグループ学習に最適な場であるがユーザ間の AR 情報共有が困難なため、その場を有効活用できていなかった。

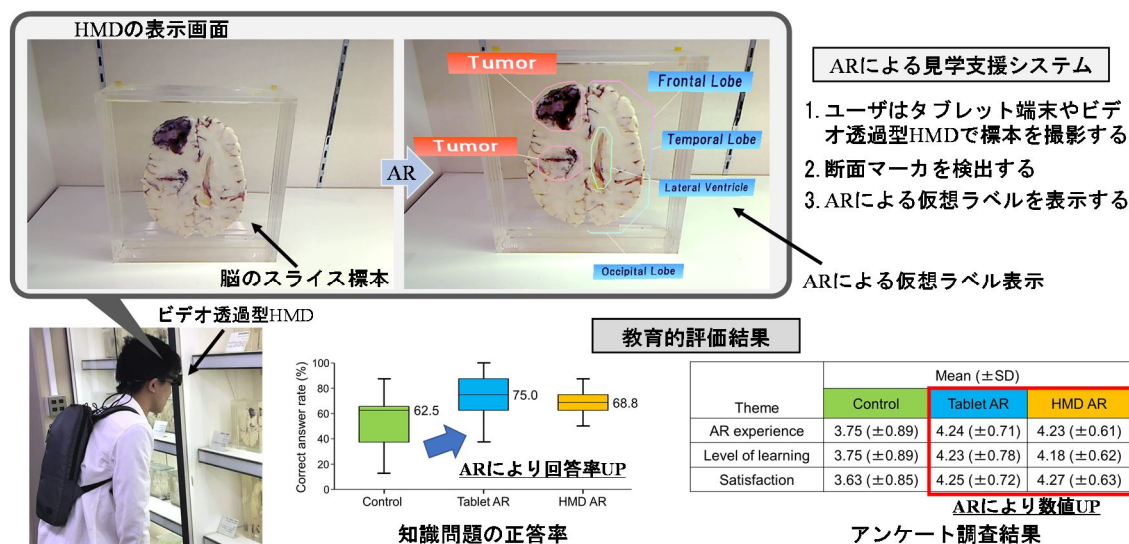


図 1：医学標本館における AR 見学支援システムの概要および教育的評価結果

2. 研究の目的

標本の質感を維持した AR による空間的 UI を適応した学習支援の試みはされていない。また、複数の HMD を用いた情報共有と三人称視点映像による AR マルチユーザ環境による協調学習支援は他にない。以下の 3 つの課題を解決することで、医学標本館における効率的で効果的な協調学習環境が実現され、解剖学のアクティブラーニングおよびグループ学習に貢献できると考える。提案システムは実物の標本を介した医学教材の質感から得る具体的概念と AR による教示説明としてまとめられた抽象的概念を、統合的に獲得する機会を提供する。さらに、協調学習により各学習者の理解の深化を促すことが期待される。本研究で実現される機能は、医学標本館のみならず医療現場や多くの展示施設などにも応用可能である。マルチユーザ環境による協調学習支援は遠隔学習支援にも発展することができ、適応範囲は広い。

本研究の目的は以下の 3 つの課題を設定し、医学標本館における解剖学学習のための AR 協調学習支援システムを実現することである。

1. 光学透過型 HMD を用いた医学標本の質感を維持した AR 情報提示
2. 3D 解剖 G や解剖模型を利用した AR による空間的 UI
3. 復習の光学透過型 HMD を用いた情報共有と三人称視点映像による AR マルチユーザ環境

3. 研究の方法

1. 光学透過型 HMD を用いた医学標本の質感を維持した AR 情報表示

既存システムのユーザビリティ評価結果により、ビデオ透過型 HMD は、端末保持の制約がなくジェスチャ操作やメモを取ることが可能である利点と、医学標本の質感の再現性が低いという欠点が見出された。光学透過型 HMD は、医学標本の質感を維持したまま仮想情報を提示することが可能となるため、その欠点を補い、HMD の利点を活かせる。光学透過型 HMD を用いたシステムでは、仮想ラベルを提示する位置や大きさについて、ビデオ透過型 HMD の場合とは異なる設定が必要となると考えられるので、これについて検討を進める。人間の視線の集まりやすさ

を示す顕著性マップが利用できることを見込んでいる。また、画像マーカによる AR 環境実現について高精度なマーカ検出手法の採用の検討を進め、標本断面による画像マーカの検出精度を高め、既存システムよりさらに洗練された AR 環境を実現する。

2. 3D 解剖 CG や解剖模型を利用した AR による空間的 UI

本学の医学標本館ではスライス状の標本が多く展示されている。また、既存システムは仮想ラベルなどの平面的な AR 情報提示のみだったため、解剖学学習で重要な人体構造の立体的理解には不十分な部分があった。そこで、3D 解剖 CG による AR 情報提示とジェスチャや解剖模型による AR 情報操作を用いた空間的 UI を実現する。3D 解剖 CG と医学標本による AR 環境を構築し、立体的構造の把握を支援する。既存システムでは申請者が研究を進めてきた AR における直感的クリックインタフェース技術を適応させていた。この技術はビデオ透過型 HMD に合わせた技術のため、光学透過型 HMD では手の検出機能の部分で別の手法が必要と考えられる。そこで、光学透過型 HMD におけるジェスチャ操作手法の検討を進める。また、加速度センサを使用した AR 情報の操作手法の開発を行う。そして、3D プリンタで造形した解剖模型に加速度センサを埋め込み、解剖模型を使用した AR 情報操作機能を実装する。

提案システムを構築後には、本学医学部学生による被験者実験を実施し、その有効性を評価する。評価結果に関するフィードバックにより、さらに魅力的なシステムに展開する。

3. 複数の HMD を用いた情報共有と三人称視点映像による AR マルチユーザ環境

本学の医学標本館ではクラス単位で見学する機会が多く、協調学習のための最適な場である。HMD を用いた既存システムではユーザ間の情報共有が困難であった。そこで、ネットワーク技術を利用して複数の HMD を用いた AR 情報共有を実現する。AR は即時性が重要なため、通信遅延を最小限にする手法の検討が必要である。複数のパケット通信を同時に行う手法が利用できると見込んでいる。また、特定ユーザの HMD の画面片隅に別ユーザ視点である三人称視点映像を提示し、ユーザ間での視点共有を実現する。AR 情報と視点の共有による AR マルチユーザ環境を実現する。

上述の課題 2. のシステムの評価方法と同様に、本学医学部学生による被験者実験を実施し、見学時の観察やアンケート調査を行い、統計評価を行う。

4. 研究成果

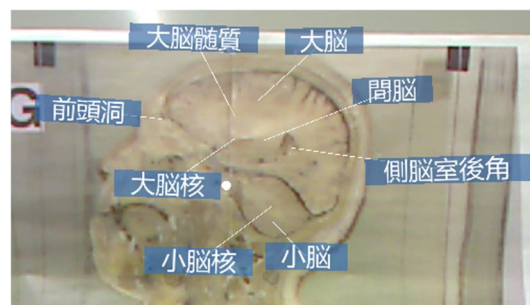
1. 光学透過型 HMD を用いた医学標本の質感を維持した AR 情報表示

HMD にはビデオ透過型と光学透過型がある。ビデオ透過型 HMD によるシステムにおいては、医学標本そのものの質感の再現性が低下してしまう。光学透過型 HMD は、医学標本の質感を維持したまま仮想情報を提示することが可能となる。6 つの標本において光学透過型 HMD によるシステムを実装した。使用した透過型 HMD は図 2(a) の Microsoft の Hololens2 を使用した。Hololens2 から見た AR 情報の提示の様子を図 2(b) に示す。

本学の医学部の学生 7 名に対してシステムを使用して見学してもらい、アンケート評価 (5 段階のリッカート尺度による評価) を実施した。評価結果を表 1 に示す。評価の平均はほとんどが 4.0 以上であった。この評価結果より、医学標本館の見学支援にとって光学透過型 HMD を用いたシステムは有効であることが示唆された。



(a) Hololens2



(b) AR の提示

図 2 : 光学透過型 HMD によるシステム

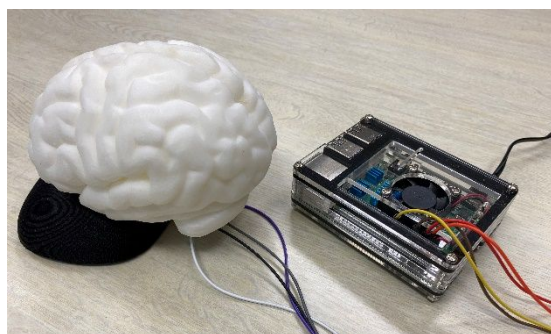
表 1 : 光学透過型 HMD システムのアンケート調査による評価結果

	質問項目	平均	標準偏差
1	ラベルの配置は分かりやすいですか	4.14	0.35
2	AR による情報提示は見やすいですか	4.29	0.70
3	標本は見やすいですか	4.29	0.45

2. 3D 解剖 CG や解剖模型を利用した AR による空間的 UI

システムは 3 つの機能を持つ部分で構成されている。1 つめは、加速度センサによる 3D 模型の部分で、2 つめは、シングルボードコンピュータである RaspberryPi によってセンサーの計測値から姿勢推定の処理をする部分で、3 つめは HMD による AR 情報を提示する部分である。加速度センサと RaspberryPi のデータの送信は有線で行い、RaspberryPi と HMD とのデータのやりとりは Wifi による無線通信で行う。3D プリンタで脳の模型を造形し、加速度センサを模型に組み込んだ。加速度センサにより 3D 模型の動きに伴う加速度と角速度を検出する。

システムを評価するために被験者実験を実施した。実験には 20 代の学生 9 名が参加した。システムを評価するために、5 段階のリッカート尺度を使用したアンケート調査を実施した。アンケート調査の結果を表 2 に示す。アンケート調査の結果は、全ての質問項目で 4.0 以上のスコアが得られた。提案システムを使用することによって、人体の立体構造の把握に有効であることが示された。また、3D 模型を使用した仮想物体の操作は見学者にとって簡単だったことが確認できた。



(a) 3D 模型と RaspberryPi



(b) HMD に提示された仮想物体

図 3：加速度センサを用いた 3D 模型を使用した AR システム

表 2：3D 模型を使用した AR システムのアンケート調査による評価結果

	質問項目	平均	標準偏差
1	標本のスライス位置は把握できましたか	4.67	0.33
2	3D 模型での表示は分かりやすいですか	4.22	0.78
3	3D 模型での操作はしやすいですか	4.11	0.89
4	3D 模型での操作は意図通りに反応しますか	4.45	0.56
5	3D 模型を使用した見学は有効だと思いますか	4.56	0.44

3. 複数の HMD を用いた情報共有と三人称視点映像による AR マルチユーザ環境

ネットワーク技術を利用した複数の HMD を用いた情報共有と三人称視点映像による視点共有を適応することで AR マルチユーザ環境を提供する。AR による空間的 UI の構築や 2 台の透過型 HMD のネットワーク通信部分の開発を進めた。三人称視点映像を HMD 間で送受信するため、TCP によるソケット通信によりサーバとクライアント処理を行う。ソケット通信はデータを送受信するコンピュータ間にデータの通信用のパイプを作り、そこをデータが送信されていく。TCP による通信は信頼性が高い。データが相手に届いたかどうかをチェックし、届いていなければ再送する。到着したデータは送信された順に並び替えられる。よって、到着順序が保証される。別の HMD のカメラから取得した映像をサーバへネットワークを利用し、データ通信を行う。AR 環境を利用する場合、リアルタイムな処理が重要となる。データ送信の遅延をなるべく少なくするために送信前に画像サイズを必要なサイズに縮小し、データ量を減らすことでリアルタイムに映像を提供できるようにした。光学透過型 HMD による仮想情報を重畳表示可能な対象標本の拡張を実施した。

< 参考文献 >

- [1] “人体および人体標本を用いた医学・歯学の教育と研究における倫理的問題に関する提言”，一般社会法人日本解剖学会，2013.
- [2] Moro C, Stromberga Z et al., “The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy,” *Anat Sci Educ.* 10:549-59, 2017.-8.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0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 Atsushi Sugiura, Toshihiro Kitama, Xiaoyang Mao	4. 巻 -
2. 論文標題 Augmented Reality based Support System using Three-Dimensional-Printed Model with Accelerometer at Medical Specimen Museums	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Conference on CyberWorlds 2021	6. 最初と最後の頁 pp.141-144
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/CW52790.2021.00031	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3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 杉浦 篤志
2. 発表標題 光学透過型HMDによる拡張現実感を用いた医学標本の見学支援システム
3. 学会等名 第41回日本生体医工学会甲信越支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Atsushi Sugiura, Toshihiro Kitama, Xiaoyang Mao
2. 発表標題 Augmented Reality based Support System using Three-Dimensional-Printed Model with Accelerometer at Medical Specimen Museums
3. 学会等名 Cyberworlds 2021（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉浦 篤志
2. 発表標題 HMDを用いたARおよびVRに関する研究
3. 学会等名 第四期次世代インタラクティブディスプレイ協同研究委員会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Atsushi Sugiura, Toshihiro Kitama, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 554
3. 書名 Teaching Anatomy (Chapter 34. The Use of Augmented Reality Technology in Medical Museums)	

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------