

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330231

研究課題名(和文) 高度医療情報を体へ直接3D表示するシステムの超音波画像活用による高度化・汎用化

研究課題名(英文) Enhancement and Generalization of Medical Augmented Reality System by 3D Ultrasonic Image

研究代表者

田野 俊一 (Tano, Shun'ichi)

電気通信大学・大学院情報システム学研究科・教授

研究者番号：50282918

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)： 情報技術(IT)の発達に伴い医療分野において拡張現実感(AR)技術の活用が進められている。しかし一部の専門病院での実験的利用に限定されている。

本研究では、一般の病院で広く用いられている超音波エコー診断装置に、小規模な情報機器を追加することにより、医療情報を患者の体に直接3D表示する『汎用的な』拡張現実感システムを、さらに、『リアルタイム性に欠けるCT、MRI画像をリアルタイム性の高い超音波画像に基づき、適応的に変形することにより、『高度な』医療情報の提示を実現した。医師による評価は良好であり、現在、菊池製作所の協力を得て、製品化を進めている。

研究成果の概要(英文)：Due to the rapid development of ICT, the significant progress has been made in both the "generation" and "display" of the advanced medical information. However, serious problems still remain in both the "generation" and "display" of the advanced medical information. To overcome with these problems, we applied the three distinctive elements to our approach: (i) focus on ultrasonic image, (ii) select and modify on the basis of an ultrasonic image, and (iii) simplify equipment by utilizing characteristics of ultrasonic probe operation.

The prototype was achieved by using only a see-through HMD and several cameras and markers combination. The doctor who tested it commented quite positively on the usability of the three interaction modes as well as the overall effectiveness of the prototype system. Moreover, the stability of 3D position sensing was proved by the quantitative data. We are now making the prototype system to a product with KIKUCHI SEISAKUSHO CO., LTD.

研究分野：ヒューマンインタフェース・インタラクション

キーワード：拡張現実 超音波医療画像

1. 研究開始当初の背景

(1) 研究背景

情報通信技術 (ICT, information communication technology) の急速な進歩に伴い、医療分野においても高度化された医療支援システムの研究が行われている。CT や MRI 画像、さらには、計算解剖モデルのように高度な医療情報が生成可能となるとともに、拡張現実感技術 (AR, augmented reality) を用いて患者の体に直接表示することも可能となった。即ち、高度医療情報の「生成」と「提示」の両面で研究が進展している。

(2) 問題点と課題

しかし残念ながら、高度医療情報の「生成」と「提示」の両面において、重大な問題が残されているのも事実である (C. Hansen, et. al.: Illustrative visualization of 3D planning models for augmented reality in liver surgery, Int. J. CARS, vol.5, no.2, pp.133-141, 2009)。

「提示」においては、患者の体表面に画像を提示するために、患者、患部の 3D 位置を計測するセンサや高輝度の 3D プロジェクタを複数配置するなど、SF 的とも言える大規模な設備が必要とされる問題点が残されている。

例えば、中心静脈穿刺手技は、内頸静脈、鎖骨下静脈、大腿静脈に穿刺して、カテーテルを挿入する手技であり、最近では、超音波診断装置を併用することが推薦されている。しかし、この先端的な手技であっても、患部から目を離しモニタを見ることになり、医療事故が発生しうる。本来は患部付近に情報を提示すべきであるが、大規模な設備が整備できず、最先端の医療現場においてもこのような危険な治療が継続されている。従って、「一般の医療機関でも利用可能な汎用的な機器構成での実現」が課題となる。

また、「生成」においては、高度な医療情報 (CT、MRI) の多くは静的な情報であり、患者のリアルタイムな状況に適応できていないという問題点が残されている。例えば、小型の超音波プローブを用いた肝臓手術中での肝臓の血管把握において、肝臓は柔らかく大きく形が変わるため、術中に頻りに血管を確認する必要がある。術前に詳細に分析した MRI 画像は、患部と離れたモニタに表示されるだけであり、血管構造は補正されておらず、結局術中には生かされていない。従って「患者・患部の状態に応じて、リアルタイムに高度な医療情報を変形し、生成する方式の実現」が課題となる。

(3) 事前準備としての原理実証システム

医師の頭と超音波プローブの距離測定を行い、頭と超音波プローブの距離が約 20~80cm であることが得られた。次に、超音波プローブが医師の視野のどの位置に占めるか

を計測し、視野内にあることを確認した。これにより医師の眼鏡に小型カメラを装着し、超音波プローブに光学マーカーを貼り、画像処理により相互の 3D 位置関係を算出するというシステム構成を考案した。想定される距離では、マーカーの傾きが 80 度以内であれば、高精度に位置検出可能であることが得られた。これらの検証結果に基づき原理実証システムを試作した。医師は、小型カメラが付いた眼鏡型の光学シースルー型 3D-HMD を装着し、光学マーカーをセットした超音波プローブを操作する。画像処理により目と手の 3D 相対位置を検出し、超音波プローブから得られたエコー画面を、まさに患者の臓器の 3D 位置に正しく、立体画像として提示できることを実証した。

2. 研究の目的

本研究では、一般の病院で広く用いられている超音波エコー診断装置に、小規模な情報機器を追加することにより、医療情報を患者の体に直接 3D 表示する『汎用的な』拡張現実感システムを、さらに、リアルタイム性に欠ける CT、MRI 画像をリアルタイム性の高い超音波画像に基づき、適応的に変形することにより、『高度な』医療情報の提示を実現し、これにより、一般の病院で、拡張現実感を活用した手技教育支援、術中支援を可能とする基盤技術を確立する。

我々のアプローチには以下の 3 つの特徴がある。

特徴 超音波エコー診断装置は一般の医療機関が所有しており汎用性があり、また、超音波エコー画像はリアルタイム性に優れているため、超音波エコー画像に着目する。上記「提示」と「生成」の両問題を同時に解決するための基本的なアプローチとなる。

特徴 超音波エコー画像をキー（手がかり）として、高度な医療情報を選択し、リアルタイムに変形し生成する。これにより、上記「生成」の問題を解決する。

特徴 超音波プローブは医師が手に持ち操作するために、医師の視野内の手の届く範囲にあるという性質があり、これを生かして「患者・患部に高度医療情報を直接 3D 表示する」汎用的な（安価な）AR 用機器構成を実現する。これにより、上記「提示」の問題を解決する。

3. 研究の方法

本研究では、CT、MRI、計算解剖学モデルなどの高度な医療情報を AR (拡張現実感) 技術を用いて提示する汎用システムを試作し、

現場の医師による評価を行った。

(1) システムイメージ

図1に示すように、本システムは、医療機関に設置してある超音波診断装置（例：日立アロカメディカル社）あるいは、携帯型の超音波診断機器（例：GE社Vscan）に外部画像出力端子を介して接続する機器として実現した。CT、MRI、計算解剖モデルなどの高度な医療情報はインターネットを介してサーバーより収集した。

即ち、クラウド上の計算解剖学サーバー、各医療機関が所有している超音波診断装置、本システムの3要素で構成される。本システム自体は、位置計測用カメラ付きのHMD（医師1名に1台）、位置計測用の光学マーカー（超音波プローブや患者、患部に複数枚貼る）、PCの安価な機材で構成される。



図1 システム構成

(2) 研究テーマ

具体的な研究テーマを以下にまとめる。

(A) 汎用AR機器の設計と実現：システムのハードウェアなどの構造設計を行い、プロトタイプシステムを実現した

<a-1> 情報提示機器の設計

原理実証システムで明らかになった問題点は、ビデオシースルー型HMDの導入で解決できる。しかし、医療現場で求められるカメラやHMDの解像度、視野角、コントラスト等の設計パラメータが不明である。特に、ビデオシースルー型にした場合、画像処理量の増大による表示時間の遅れ、画像フレームレートの低下が考えられ、医療現場で許容される表示時間の遅れ、フレームレートを明らかにする必要がある。被験者実験により、カメラ・HMDの解像度、画角、コントラスト、表示時間の遅れ、フレームレートに関する設計パラメータを明らかにし、最適な画像提示パラメータを持つビデオシースルー型HMDによる評価実験プロトを実現した。

<a-2> 3D位置センサシステムの設計

HMDに装着した3D位置計測のためにカメラの画角・解像度と精度との関係を実験により確認した。複数の医師による実験を行い、必要とされる精度、位置計測領域の大きさ等の設計パラメータを得た。

<a-3> 高度医療情報の取得・連携手法の設計

CT、MRI、計算解剖モデルなどの高度医

療情報は大規模な拠点医療機関にしか存在しない。その貴重な情報をいつでもどこでも利用可能とするためにインターネットを介して利用する仕組みをベースにデータの取得・連携形態を設計した。そこで、CT、MRIのデータ量、要求されるリアルタイム性（遅延時間）を想定しキャッシュを活用した方式を設計した。

<a-4> システム実現

<a-1>、<a-2>、<a-3>の設計に基づき医療機関での実験に耐える、安定性が高く、精度の高いプロトタイプシステムを実現した。

(B) 提示情報の高度化手法の設計と実装

<b-1> 計算解剖モデルデータなどを提示する医療情報の検討

原理実証システムでは、超音波プローブから得られたリアルタイム超音波エコー画像を表示するだけであったが、ボリュームデータ提示や、症例データの同時提示、CT、MRI、計算解剖モデルデータの表示など提示情報の高度化を行う。複数の医師を対象にインタビューを行い必要な医療情報を洗い出した。

<b-2> 上記の超音波エコー画像データに基づくリアルタイム変形手法の設計

まず、CT、MRI、計算解剖学モデルが想定する位置座標系と、超音波エコー画像で診断中の患者の位置座標系を大局的にfittingし、患者の現在の状態に適した位置に、CT、MRI、計算解剖学モデルの情報を提示可能とした。次に、超音波エコー画像に撮像された臓器の特徴点とCT、MRI、計算解剖学モデルの特徴点の対応関係を解析し、超音波エコー画像の変動に応じて、CT、MRI、計算解剖学モデルを変形した。これにより、患者の呼吸、あるいは、医師の手法による臓器の変形に応じて、CT、MRI、計算解剖学モデルの表示が可能となった。超音波画像は急激に画質が変化するため、それへの対応が重要となる。

<b-3> ソフトウェア実装

前年度の設計に基づき医療機関での実験に耐える、高速な処理が可能なソフトウェアを実装した。

(C) 現場の医師による評価

<c-1> 医師による医療画像用ファントムを用いた原理実証システムの評価

上記<a-1>、<a-2>、<b-1>では、複数の医師による実験を実施する必要があり、すでに開発している原理実証システムと医療画像用ファントムを用いて行った。

<c-2> 倫理委員会での審査に向けた実験計画立案

実験では、中心静脈穿刺手技を想定している。そのためには、電気通信大学およびJ R東京総合病院の倫理委員会の審査を

経る必要があり、詳細な実験計画を作成し、準備を行った。医師を対象とした医療教育実験、患者を対象とした診断実験を経て、術中支援へと段階を踏み慎重に進めている。

<c-3> 現場での評価

J R 東京総合病院にプロトタイプを持ち込み、実験を行った。

4. 研究成果

J R 東京総合病院でのプロトタイプによる実験では、医師から一定の評価をいただき、一般の医療機関でも利用可能な汎用的な機器構成での実現が可能となった。

本研究の学術的な特徴は、研究の目的で述べた特徴からである。これを実現することにより、一般の病院で、拡張現実感を活用した手技教育支援、術中支援が可能となり、多くの患者、医師が高度情報技術の恩恵を享受できる。即ち、現場の医師と日本中の患者にとって真に望まれる、汎用的な拡張現実感(AR)型医療支援機器の最初の事例になる。

今後は、福島県の支援を受け株式会社菊池製作所とともに製品化を進める。

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3件)

Shun'ichi Tano, Naofumi Kanayama, Tomonori Hashiyama, Junko Ichino, Mitsuru Iwata: 3D Sketch System based on Life-sized and Operable Concept Enhanced by Three Design Spaces, IEEE International Symposium on Multimedia (ISM2014), 査読有, 2014, pp. 245-250

Shun'ichi Tano, Shinya Yamamoto, Junko Ichino, Tomonori Hashiyama, Mitsuru Iwata: Truly Useful 3D Drawing System for Professional Designer by "Life-sized and Operable" Feature and New Interaction, LNCS 8117 (INTERACT 2013), 査読有, Part I, 2013, pp. 37-55, DOI: 10.1007/978-3-642-40483-2

Shun'ichi Tano, Naofumi Kanayama, Xinpeng Huang, Junko Ichino, Tomonori Hashiyama, Mitsuru Iwata: Enhanced 3D Sketch System Incorporating "Life-Size" and "Operability" Functions, LNCS 8004 (HCI-2013), 査読有, Part I, 2013, pp. 480-489, DOI: 10.1007/978-3-642-39232-0

[学会発表](計4件)

小杉 直史、田野 俊一、橋山 智訓、三木

健司、岩田 満: 光学トラッキングと相補的に用いた超音波診断医療 AR システムの提案、電子情報通信学会 マルチメディア・仮想環境基礎研究会、2016 年 3 月 7 日、名桜大学(沖縄県名護市)

小杉 直史、田野 俊一、橋山 智訓、三木 健司、岩田 満: 超音波診断における医療 AR システムの分類、ファジィシステムシンポジウム 2015、2015 年 9 月 3 日、電気通信大学(東京都調布市)

望月 宏史、田野 俊一、橋山 智訓、市野 順子、岩田 満、三木 健司: 協調的 3D 位置検出アーキテクチャ Ubi3D の基本アルゴリズムの実現と適用、映像情報メディア学会立体映像技術研究会、2014 年 3 月 6 日、東京農工大学(東京都小金井市)

望月 宏史、田野 俊一、橋山 智訓、市野 順子、岩田 満、三木 健司: マーカーレス三次元位置計測手法を用いた術中超音波診断 AR システムの提案、ファジィシステムシンポジウム 2013、2013 年 9 月 9 日、大阪国際大学(大阪府枚方市)

[図書](計0件)

[産業財産権]
出願状況(計4件)

名称: 合成画像提示システム
発明者: 田野俊一・張博
権利者: 同上
種類: 特許
番号: 特願 2016-041611
出願年月日: 平成 28 年 3 月 3 日
国内外の別: 国内

名称: 画像表示装置
発明者: 田野俊一・張博
権利者: 同上
種類: 特許
番号: 特願 2016-026421
出願年月日: 平成 28 年 2 月 15 日
国内外の別: 国内

名称: 重畳画像表示システム
発明者: 田野俊一・張博
権利者: 同上
種類: 特許
番号: 特願 2016-027609
出願年月日: 平成 28 年 2 月 17 日
国内外の別: 国内

名称: 重畳画像表示システム
発明者: 田野俊一・張博
権利者: 同上
種類: 特許
番号: 特願 2016-027610

出願年月日：平成28年2月17日

国内外の別：国内

取得状況（計0件）

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.media.is.uec.ac.jp/tano/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田野 俊一 (TANO, Shunichi)

電気通信大学・大学院情報システム学研究
科・教授

研究者番号：50282918

(3) 連携研究者

橋山 智訓 (HASHIYAMA, Tomonori)

電気通信大学・大学院情報システム学研究
科・准教授

研究者番号：70283405

三木 健司 (MIKI, Kenji)

日本大学・医学部・講師

研究者番号：20386014

岩田 満 (IWATA, Mitsuru)

東京都立産業技術高等専門学校・ものづく
り工学科・准教授

研究者番号：40323886