

令和 5 年 5 月 10 日現在

機関番号：32610

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K09515

研究課題名（和文）外視鏡を用いた拡張現実による脳手術ナビゲーションの開発

研究課題名（英文）Development of augmented reality neuronavigation for exoscope

研究代表者

丸山 啓介（Maruyama, keisuke）

杏林大学・医学部・講師

研究者番号：10345192

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：画像処理を行うワークステーションtrans-visible navigatorのうち、当初予定していた予算が削減された影響により購入はモーションキャプチャーカメラ部分にとどまった。外視鏡は三鷹光器社のHawkSightを購入するに至った。これにナビゲーションのための光学マーカーを設置した。ファントムを用いた誤差測定に向けてソフト面、ハード面での調整を行った。が、外視鏡にて焦点を合わせる際のレンズの移動にワークステーションtrans-visible navigator側の対応に難航し、研究期間の終了に至った。この間、関連する研究内容について論文発表および学会発表を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

画像処理を行うワークステーションtrans-visible navigatorで外視鏡を用いたナビゲーションを行おうとする際、外視鏡にて焦点を合わせる際のレンズの移動にワークステーションtrans-visible navigator側の対応に相応の対応が必要であることを見出した。この点が今後解決されることが期待される。

研究成果の概要（英文）：We aimed to purchase imaging processing workstation trans-visible navigator, but actual purchase was limited to motion capture cameras because of budget reduction from that was planned. We purchased exoscope HawkSight (Mitaka Kohki Co., Ltd.). Optical markers for neuronavigation were installed. Software and hardware were built up for error measurement using phantoms. However, obstacle in adjusting trans-visible navigator to lens movement when focusing of exoscope could not be solved during the predetermined research period. Relating research results were published in this period.

研究分野：脳神経外科学

キーワード：外視鏡 拡張現実 手術ナビゲーション

1. 研究開始当初の背景

近年、精度の高い脳手術を行うためにナビゲーションシステムが普及している。この利用には軸位断、冠状断、矢状断画面から術者が術野に合わせて3次元的な再構築を頭の中で行わなければならないため一定以上の経験を要し、術野から離れた位置にあるコンピュータディスプレイ上を見ながら操作することになるため術野から目を離して操作する必要が生じるなどの欠点がある。この問題を解決すべく、2011年には手術前にあらかじめ得られた画像をコンピュータディスプレイ上ではなく、直接体表上に投影する手法を手術に応用する論文が腹部外科領域にて報告された(Volonte F, et al.: J Hepatobiliary Pancreat Sci 18:506, 2011) (下図)。目標とすべき部位を体表に映し出すことで体内の構造があたかも「透けて」見えるようにすることで手術に役立てる、拡張現実と呼ばれる手法である。上記報告は腹部消化器外科における応用で、以来、脳神経外科も含めて複数の医学領域にこの技術が徐々に応用され始めているが、手術ナビゲーションとしては発展途上の段階にある。

他方で、国内外の各社より外視鏡(exoscope)が開発されている。従来の手術顕微鏡における接眼レンズを覗いての操作に代わり、3次元モニターを利用した操作が可能になった。これにより術者の視線の制限が大幅に緩和され、操作が可能な領域が広がることにより、将来には手術顕微鏡に取って代わることが期待されている。外視鏡に拡張現実によるナビゲーションを組み合わせ、脳内の構造物を外視鏡上に表示させることにより体内の構造があたかも「透けて」見えるようにする拡張現実による新規手術ナビゲーションの開発を着想した。脳や治療の対象となる脳内の病変などの位置合わせをした状態で外視鏡上に表示させることにより体内の構造があたかも「透けて」見えるようにする、拡張現実による簡便な手術ナビゲーションの実現には大きな将来性が存在している。

2. 研究の目的

脳手術の対象となる脳腫瘍等を術野から離れたコンピュータディスプレイ上ではなく拡張現実の手法を用いて手術操作を行う外視鏡の3次元モニター上に擬似的に視覚化することにより、頭部の表面から内部の脳が透けて見えるような状態にすることができる。これにより、迅速かつ正確に脳病変の部位を同定し手術の精度を向上させることを目的とする。

これまで外視鏡を拡張現実による手術ナビゲーションに応用した報告は皆無である。したがって、現時点では世界的にも学術的に非常に独創的である。最先端の手法であるため、現在おそらくこの領域の先進国である米国をはじめ世界各地で研究がなされ始めている段階であると推測されるため、本邦でもいち早くこれを確立することが望ましい。

3. 研究の方法

(a) 誤差検証

まず外視鏡上に目的とする構造物を描出するに当たっての投影誤差の測定を行う。前報により、trans-visible navigatorでは位置合わせの際に4つの点を使用することから、この4つの点を正確に同定することと誤差がより正確に測定できる。このため、純粋に機械的誤差を測定するために4つの円錐を持つ特殊な模型およびそのSTL形式データを準備する。このデータをtrans-visible navigatorに読み込む。三鷹光器社製外視鏡および患者頭部に光学マーカーを設置して、これらの位置をモーションキャプチャーカメラで捕らえ、頭部に対する外視鏡の相対的な位置に符合するコンピュータグラフィックスをリアルタイムに表示する。外視鏡の3次元モニター上へ描出された画像との誤差を測定する。1回の測定につき4か所の点での誤差を測定し、この測定を異なる角度、距離より10回行う。この誤差がおおむね2mm以内であれば臨床における許容範囲と考えられるため、この範囲内になることを目指す。

(b) 表在病変の描出

表在性病変は誤差の測定が容易であるため、この手法をまずは開頭による手術に必要な脳腫瘍のうち比較的表在性の病変(脳表より1cm以内)の構造物の描出に適用する。また、その際の誤差の測定を行う。このことにより、脳内のターゲットとなる病変をあらかじめ頭皮上より外視鏡のモニター上に擬似的に「透視」することにより、より安全に、より精度の高い手術を行うことを目指す。

表在性脳腫瘍の患者10例を目安としてこの手技を適用する。手術前の頭部CT、MRI、血管撮影の画像をワークステーションに取り込み頭皮および目標物の3次元コンピュータグラフィックスを作成し、STL形式のファイルとしてtrans-visible navigatorに読み込む。患者頭部と位置合わせを行った状態で外視鏡の3次元モニター上に表示させる。病変が露出した状態で外視鏡上に視認される病変の位置と、実際の病変の位置を比較し、その誤差を測定し臨床上の有用性を検討する。脳の手術においては標的となる病変のみならず、周辺の脳の機能をいかに温存するかが非常に重要な問題であるため、投影を行うにあたっては、対象となる病変だけでなく、温存すべき周辺の脳や神経、血管等についても描出を行う。脳病変の広がりを簡便に正確に直接的に把握できることが期待される。描出の誤差がおおむね3mm以内であれば臨床的に許容範囲

と考えられるため、この範囲内となることを目指す。

(c) 深部構造の描出

脳の深部になるにしたがって描出の誤差が大きくなることも懸念される。そこで、上記の表在性病変での描出の誤差が許容される範囲内であった場合、さらに深部の構造物の描出に用いる。深部に存在する脳腫瘍の患者 20 例にこの技術を適応する。表在性病変での手法と同様に手術前の頭部 CT、MRI、血管撮影の画像をワークステーションに取り込み頭皮および目標物の 3 次元コンピューターグラフィックスを作成し、STL 形式のファイルとして trans-visible navigator に読み込む。患者頭部と位置合わせを行った状態で外視鏡上に表示させる。外視鏡の 3 次元モニター上に視認される病変の位置と、脳深部で実際に確認される病変の位置を比較し、その誤差を測定する。最終的に病変の位置の描出においても誤差が 3mm 以内となることを目指す。

(d) 総括として、この手法の有用性につき詳細に検討する。特にコンピューターのディスプレイに描出する従来の手術ナビゲーションとの比較や、この手法を用いたことによる客観的な手術結果の評価を慎重に行う。研究が極めて円滑に進捗した場合は、副鼻腔などの頭部領域や、脊髄のレベルの診断などへの適応拡大についても検討する。

4. 研究成果

(a) 誤差検証

画像処理を行うワークステーション trans-visible navigator のうち、当初予定していた予算が削減された影響により購入はモーションキャプチャーカメラ部分にとどまった。そのため、残る部分については業者からの一時的な貸与にて作業を進めた。外視鏡メーカーについても研究の計画段階より購入の交渉を進め、三鷹光器社の HawkSight を購入するに至った。これにナビゲーションのための光学マーカーを設置した。

ファントムを用いた誤差測定のため、trans-visible navigator で位置合わせを行うために 4 つの円錐を持つ特殊な模型およびその STL 形式データを準備した。このデータを trans-visible navigator に読み込んだ。しかし、想定外の事象として、外視鏡にて焦点を合わせる際のレンズの移動にワークステーション trans-visible navigator 側の対応に難航し、研究期間の終了に至った。研究自体は引き続き継続する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hong S, Maruyama K, Noguchi A, Hirano T, Nagane M, Shiokawa Y	4. 巻 44
2. 論文標題 Is using intracerebral hemorrhage scoring systems valid for mortality prediction in surgically treated patients?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Neurosurg Rev	6. 最初と最後の頁 2747-2753
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10143-020-01451-8	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 Sasaki Y, Yoshida H, Horikawa H, Maruyama K, Noguchi A, Shiokawa Y	4. 巻 88
2. 論文標題 A growing aneurysm of the posterior inferior cerebellar artery complicated with cerebellar infarction: a case report	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Int J Surg Case Rep	6. 最初と最後の頁 106559
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ijscr.2021.106559	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 丸山 啓介	4. 巻 32
2. 論文標題 日常診療におけるデータベース管理とコンピューターウイルス対策	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 脳外誌	6. 最初と最後の頁 199-201
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9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 丸山 啓介、堀川 弘吏、吉田 裕毅、末松 慎也、野口 明男、塩川 芳昭
2. 発表標題 脳血管外科の術前シミュレーション画像の術中活用の有効性
3. 学会等名 第49回日本脳卒中の外科学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 丸山 啓介、吉田 裕毅、末松 慎也、畑中 良、野口 明男、塩川 芳昭
2. 発表標題 脳神経外科手術の術前3次元シミュレーション画像の術中活用の有効性
3. 学会等名 日本脳神経外科学会第79回学術総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 丸山 啓介、吉田 裕毅、末松 慎也、野口 明男、塩川 芳昭
2. 発表標題 頭蓋底外科の術前シミュレーション画像の術中活用の有効性
3. 学会等名 第32回日本頭蓋底外科学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 丸山啓介、中富浩文、吉田裕毅、岡田啓、野口明男、塩川芳昭
2. 発表標題 微小血管減圧術の術前シミュレーション画像の有効性と限界
3. 学会等名 日本脳神経外科学会第80回学術総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐々木佑太、岡田啓、吉田裕毅、畑中良、丸山啓介、野口明男、中富浩文、塩川芳昭
2. 発表標題 未破裂脳動脈瘤のクリッピング術におけるモニタリング低下時の対処方法と予後の検討
3. 学会等名 日本脳神経外科学会第80回学術総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 丸山 啓介
2. 発表標題 脳神経外科診療でのIT活用
3. 学会等名 第42回日本脳神経外科コンgres総会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 丸山啓介、吉田裕毅、岡田啓、小柳正道、木崎直人、塩川芳昭、中富浩文
2. 発表標題 微小血管減圧術の局所微小解剖と術中神経機能の見える化
3. 学会等名 日本脳神経外科学会第81回学術総会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小柳正道、山口隼平、山崎崇史、中西彰人、丸山啓介、中富浩文、永根基雄、塩川芳昭
2. 発表標題 GRIDを用いた脳腫瘍術前画像作成の有用性
3. 学会等名 第45回日本脳神経CI学会総会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡田啓、今井大也、松本淑恵、吉田裕毅、丸山啓介、野口明男、中富浩文、塩川芳昭
2. 発表標題 3次元シミュレーションと数値流体力学に基づいた未破裂前交通脳動脈瘤における新規術前検討方法の有用性
3. 学会等名 第52回日本脳卒中の外科学会
4. 発表年 2023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
--	---------------------------	-----------------------	----

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