

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25670618

研究課題名(和文) 高精細融合三次元画像を用いた周術期手術支援システムの開発

研究課題名(英文) Investigation of the adequate methods for creating the three-dimensional computer graphics (3DCG), and development of a microscopic optically tracking navigation system that uses high-resolution 3DCG.

研究代表者

齊藤 延人 (Saito, Nobuhito)

東京大学・医学部附属病院・教授

研究者番号：60262002

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：我々は、本研究において高精細融合3次元画像作成方法の最適化を検討した。その結果、位置合わせに使用する領域を関心領域に局限する事で、位置合わせの精度を上昇させることに成功した。また一つの構造物に対して、複数のモダリティと複数の閾値を使用することで、高精細な3次元画像の作成が可能となった。さらに、当施設で作成した3次元画像を使用したナビゲーションシステムを作成した。本ナビゲーションシステムは、顕微鏡の視軸及び倍率情報を取得することで、術者が観察している術野に対応する3次元画像画像をナビゲーション上で提示することが可能となった。そのため術野の解剖構造の直感的把握に有用であると推測される。

研究成果の概要(英文)：First, we investigated the appropriate conditions for creating the high-resolution multi fused three-dimensional computer graphics (3DCG). In this study, we discovered that narrowing the image data bounding box to the region of interest improves the accuracy of registration between different modalities or different images. This result helped us to create the high-resolution 3DCG images that depict brain tissue with the same accuracy as the actual operative field.

Second, we developed a microscopic optically tracking navigation system that uses high-resolution multi-fused 3DCG. Our navigation system consists of three components: the operative microscope, registration, and the image display system. In this study, we showed that the 3D CG image displayed on the monitor of this system corresponded well with the operative scene under the microscope. This system may reduce intraoperative complications because it will enable surgeons to intuitively comprehend the 3D operative anatomy.

研究分野：脳神経外科学

キーワード：高精査融合3次元画像 周術期支援システム ナビゲーション

1. 研究開始当初の背景

当施設では術前検討に必要な各種画像検査を融合した高精細な3次元画像による手術設計図を作成し臨床応用することに成功したが、融合3次元画像の構築方法は複雑でかつ時間を要するため、現状では対象症例が限定されること、また既存のナビゲーションには提案手法による手術設計図を反映できないため、術中支援が不十分であることが問題であった。本研究では全ての疾患において詳細な手術設計図を術前に作成し、それに基づいた術中支援を日常的に可能とすることで手術の安全性向上を図ることを目的とする。

2. 研究の目的

本研究では、高精査融合3次元画像による術前～術中支援を日常的に可能とするため、画像構築において正規化相互情報量を基に各種画像検査における位置あわせの自動化、また当施設で開発した In dividu alizing tissue threshold 法を基にした対象領域抽出の自動化プログラミングを開発する。次に作成した3次元画像を基に、顕微鏡誘導型ナビゲーションシステムを開発し、顕微鏡の方向に応じて術前に作成した手術設計図(高精細融合3次元画像)を提示することで、より安全に手術を行うための支援システムを作成する。

3. 研究の方法

本研究は以下の2段階から構成される

1) 高精細融合3次元モデル構築方法の改良・自動化

本研究は頭部MRI、頭部CT、脳血管撮影、PET等の核医学画像等の脳神経外科領域の術前検討に必要なとされる全ての画像を融合させ3次元モデルを作成する。3次元モデル作成の過程は大きく分けて異種モダリティ画像の融合、対象領域の抽出、抽出部位の3次元表示に分割できるが、画像融合及び対象領域の抽出に関して自動化を導入することで3次元モデル構築方法を容易にし、構築時間の短を図る。

2) 高精細融合3次元画像を基にした顕微鏡誘導型手術ナビゲーションの開発

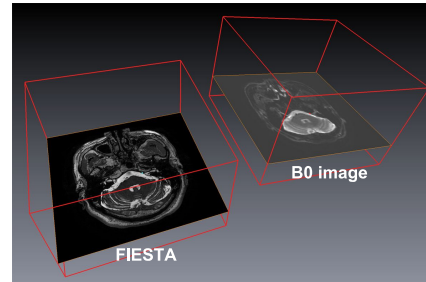
従来ナビゲーションと異なり、多数の画像処理を加えた3次元画像は単一の画像が保有する情報量が多いため、顕微鏡視軸の向きに応じた提示方法の確立が必要となる。また作成したナビゲーションの精度検証も施行する。

4. 研究成果

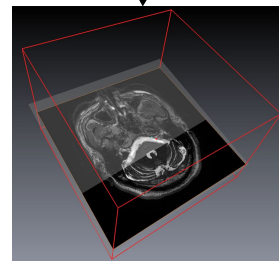
1) 高精細融合3次元モデル構築方法の改良・自動化

融合3次元画像では、多数の画像を重畳する。そのため、画像の位置合わせの精度は、

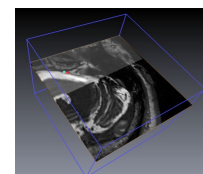
融合3次元画像の信頼性に関わるきわめて重要な過程である。我々は、位置合わせにおいて、画像の使用領域を関心領域に局限させることで、位置合わせ精度の向上が可能であることを発見した。一方で、画像の使用領域を局限させすぎると、位置合わせの精度が低下することも発見したため、位置合わせ精度が上昇する最適な画像使用領域を下図の如く検討した。



使用画像のサイズを変更せずに位置あわせ施行

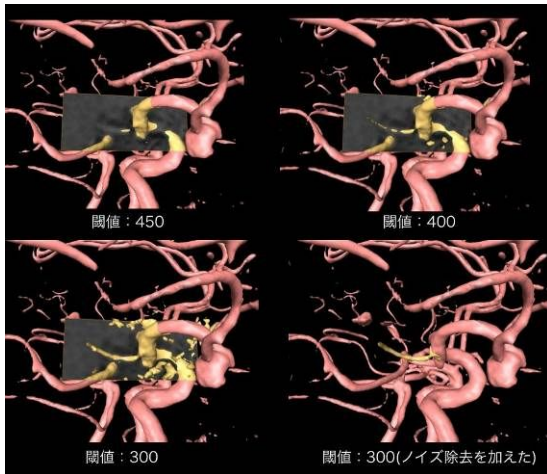


画像の使用領域を後頭蓋窩のうちDTTを描出した方向に局限して位置あわせを追加



具体的には、後頭蓋窩において、拡散強調画像を形態画像に位置合わせする際の最適な画像使用領域は、後頭蓋窩のうち、位置合わせを行う対象領域に局限させた領域であることを明らかにした。その結果を論文8)で報告した。

また3次元画像作成時の対象領域の抽出に関しては、対象領域に対して複数のモダリティと、組織毎に最適な閾値を設定することで、対象組織を正確に3次元表示することが可能となった。具体的には、下図の如く、太い血管と、細い血管を描出する際には、太い血管に高閾値を設定し、細い血管には低い閾値を設定することで、従来描出が困難であった、微小構造物を3次元表示することが可能となった。

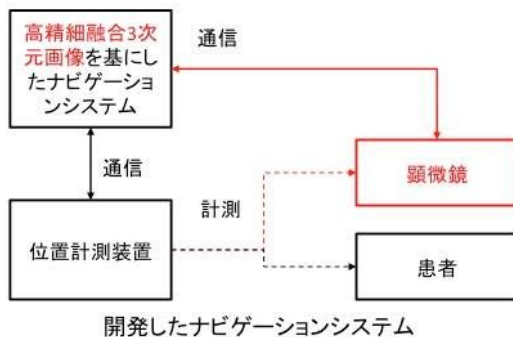
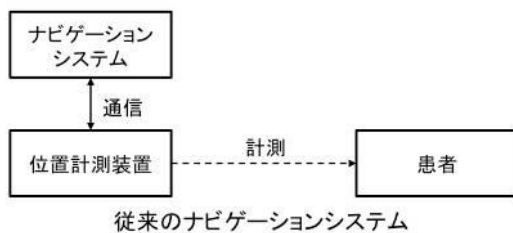


(閾値が 450、400 では前脈絡叢動脈動脈の描出は困難であるが、300 では描出が可能)

手法の確立はしたものの、これらの手法の自動化に関しては達成できておらず、引き続き検討を行う予定である。またこれらの作成方法に関しては、当施設において一般化したものを、図書 3)、4)等で報告した。

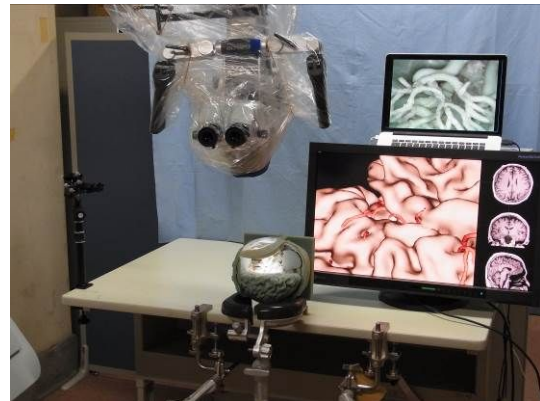
2)高精細融合3次元画像を基にした顕微鏡誘導型手術ナビゲーションの開発

上述の手法を用いて作成した融合3次元画像を使用し、ナビゲーションを作成した。また本ナビゲーションでは、顕微鏡操作時に術者がみている術野と対応する3次元画像を、ナビゲーション上で表示するため、顕微鏡の位置情報と、倍率情報を取得した。(下図参照)



その結果、当施設で作成した高精細な融合3次元画像を使用したナビゲーションを作成することに成功した。また上述の顕微鏡情報を取得することで顕微鏡の視軸方向に追従し、顕微鏡の拡大縮小に対応するナビゲーションを作成する事に成功した(上図:作成したナビゲーション。顕微鏡の位置情報を取得のため、顕微鏡にトラッカーを設置した。上図)。また顕微鏡の倍率情報も所得した。上図)。

作成したナビゲーションの評価はファントムを用いて施行した。その結果、下図の如く、顕微鏡で確認した仮想術野と一致する3次元画像をナビゲーション上で表示することが可能であった。



(上段のモニターが顕微鏡で見たファントムを提示。下段のモニターが仮想術野に対応するナビゲーション画像を提示している。)

精度は Target Registration Error で評価した。その精度は市販されているナビゲーションと同定であることを確認し、論文 1)として報告した。現在臨床応用すべく、準備を進めている段階で、近い症例臨床応用における有用性を評価する予定である。

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 13 件)

英文

1) A Microscopic Optically Tracking Navigation System That Uses High-resolution 3D Computer Graphics
Neurologia medico-chirurgica. In press
Masanori Yoshino, Toki Saito, Taichi Kin, Daichi Nakagawa, Hirofumi Nakatomi, Hiroshi Oyama, Nobuhito Saito

2) The impact of combined use of diffusion tensor tractography and multi-fused CE-FIESTA for predicting position of the facial and cochlear nerves in relation to vestibular schwannoma

J Neurosurg. In press
Masanori Yoshino, Taichi Kin, Akihiro Ito, Toki Saito, Daichi Nakagawa, Kyousuke Kamada, Harushi Mori, Akira Kunimatsu, Hirofumi Nakatomi, Hiroshi Oyama, Nobuhito Saito

3) Feasibility of diffusion tensor tractography for preoperative prediction of the location of the facial and vestibulocochlear nerves in relation to vestibular schwannoma

Acta Neurochir (Wien) 2015
Masanori Yoshino, Taichi Kin, Akihiro Ito, Toki Saito, Daichi Nakagawa, Kyousuke Kamada, Harushi Mori, Akira Kunimatsu, Hirofumi Nakatomi, Hiroshi Oyama, Nobuhito Saito

4) Endoscopic transnasal approach for surgical resection of locally aggressive tumors in the orbit. *N Neurosurg*. In press
Masahiro Shin, Kenji Kondo, Shunya Hanakita, Keigo Suzukawa, Taichi Kin, Masaaki Shojima, Daichi Nakagawa, Nobuhito Saito.

5) Improved preservation of function during acoustic neuroma surgery
J Neurosurg. In press
Hirofumi Nakatomi, Hidemi Miyazaki, Minoru Tanaka, Taichi Kin, Masanori Yoshino, Hiroshi Oyama, Masaaki Usui, Hiroshi Moriyama, Hiromi Kojima, Kimitaka Kaga, Nobuhito Saito

6) Diffusion tensor tractography of normal facial and vestibulocochlear nerves.
Int J Comput Assist Radiol Surg. 2014 Nov 20.

Masanori Yoshino, Taichi Kin, Akihiro Ito, Toki Saito, Daichi Nakagawa, Kyousuke Kamada, Harushi Mori, Akira Kunimatsu, Hirofumi Nakatomi, Hiroshi Oyama, Nobuhito Saito

7) Ptosis as partial oculomotor nerve palsy due to compression by infundibular dilatation of posterior communicating artery, visualized with three-dimensional computer graphics: case report.
Neurologia medico-chirurgica. 2014; 54: 214-218

Yuta Fukushima, Hideaki Imai, Masanori Yoshino, Taichi Kin, Megumi Takasago, Kuniaki Saito, Hirofumi Nakatomi, Nobuhito Saito

8) Optimal setting of image bounding box can improve registration accuracy of diffusion tensor tractography.
Int J Comput Assist Radiol Surg. 2014; 9 (2), 333-339

Masanori Yoshino, Taichi Kin, Toki Saito, Daichi Nakagawa, Hirofumi Nakatomi, Akira Kunimatsu, Hiroshi Oyama, Nobuhito Saito

9) Presurgical planning of feeder resection with realistic three-dimensional virtual operation field in patient with cerebellopontine angle meningioma.

Acta Neurochir (Wien) 2013 Aug;155(8):1391-9.
Masanori Yoshino, Taichi Kin, Hirofumi Nakatomi, Hiroshi Oyama, Nobuhito Saito

10) Surgical Simulation of Cerebrovascular Disease With Multimodal Fusion 3-Dimensional Computer Graphics
Neurosurgery. 2013; 60: 24-29
Nobuhito Saito, Taichi Kin, Hiroshi Oyama, Masanori Yoshino, Daichi Nakagawa, Masaaki Shojima, Hideaki Imai, Hirofumi Nakatomi

和文

12) 脳腫瘍手術における術前・術中機能マッピング. *脳神経外科ジャーナル* 23 巻 1 号 Page5-11(2014.01)

金 太一、吉野 正紀、斉藤 季、中川 大地、庄島 正明、武笠 晃丈、辛 正廣、今井 英

明、中富 浩文、國松 聡、小山 博史、斉藤 延人

13) コンピュータグラフィックスによる手術シミュレーション 脳神経外科ジャーナル 22巻 8号 Page504-509(2013.07)

金 太一、庄島 正明、吉野 正紀、中川 大地、花北 俊哉、武笠 晃丈、今井 英明、辛 正廣、中富 浩文、小山 博史、斉藤 延人

〔学会発表〕(計 10 件)

1) 第36回日本脳神経CI学会総会
教育セミナー

頭蓋底画像診断における融合3次元画像の有用性

吉野 正紀、金 太一、中川 大地、中富 浩文、小山 博史、斉藤 延人

2) 第42回 日本脳卒中の外科学会
脳動脈奇形における高精細融合3次元画像を用いた手術支援システムの有用性

吉野 正紀、金 太一、中川 大地、中富 浩文、小山 博史、斉藤 延人

3) 第13回 東大生命科学シンポジウム
高精細融合3次元画像を用いた頭蓋底髄膜腫の術前シミュレーション

吉野 正紀、金 太一、斉藤 季、中川 大地、中富 浩文、小山 博史、斉藤 延人

4) 第25回 日本頭蓋底外科学会
高精細融合3次元画像を用いた頭蓋底手術シミュレーションの有用性

シンポジウム
吉野 正紀、金 太一、中川 大地、中富 浩文、小山 博史、斉藤 延人

5) 第72回 日本脳神経外科学会総会
高精細融合3次元画像を用いた頭蓋底手術シミュレーションの有用性

シンポジウム
吉野 正紀、金 太一、中川 大地、中富 浩文、小山 博史、斉藤 延人

6) 第37回CI学会 融合3次元画像を用いた手術シミュレーションと術中支援
シンポジウム

吉野 正紀、金 太一、斉藤 季、中川 大地、中富 浩文、小山 博史、斉藤 延人

7) Computer Assisted Radiology and Surgery, 28th International Congress and Exhibition

Are high-resolution three-dimensional computer graphics (3DCG) and the

navigation using 3DCG useful tools in neurosurgical operations?

Masanori Yoshino, Toki Saito, Taichi Kin, Daichi Nakagawa, Hirofumi Nakatomi, Hiroshi Oyama, Nobuhito Saito

8) 第14回日本術中画像情報学会
基調講演

シミュレーション画像の評価表・エンドポイント

金 太一

9) 第73回日本脳神経外科学会総会
コンピュータグラフィックスを用いた多相融合情報の知的可視化による手術シミュレーション

金 太一、中富 浩文、斉藤 季、野村 征司、庄野 直之、中川 大地、庄島 正明、武笠 晃丈、小山 博史、斉藤 延人

10) Unity Solution Conference 2014
臨床医療における3DCGの使用経験と機器開発

招待講演
金 太一

〔図書〕(計 5 件)

1) 融合3次元画像の臨床応用. Annual Review 神経. 中外医学社. pp58-63, 2013
金 太一

2) 中大脳動脈とシルビウス静脈の画像診断とシミュレーションの実際:
「中大脳動脈瘤の全て」 宝金清博 監修
メディカ出版

P12-17 中大脳動脈とシルビウス静脈の画像診断とシミュレーションの実際
吉野 正紀、斉藤 延人

P112-116 シミュレーションと手術の実際
中川 大地、吉野 正紀、中富浩文、斉藤 延人

3) 融合3次元画像を用いた脳血管障害の手術プランニング 脳神経外科速報 24巻8号、2014.
金 太一

4) 融合3次元画像の作り方と手術シミュレーション. 脳神経外科速報 24巻1号、2014.
金 太一

5) 融合3次元画像を用いた手術シミュレーション. 「先端医療シリーズ45. 臨床医のための最新脳神経外科」 pp 243-246. 先端医療技術研究所.

金 太一、小山 博史、斉藤 延人.

〔産業財産権〕

出願状況（計 2 件）

名称：画像処理装置及びプログラム

発明者：金 太一、齊藤 季、吉野 正紀、
小山 博史、齊藤 延人

番号：特願 2013-103562

出願年月日：2013 年 5 月 15 日

国内外の別：国内

名称：画像処理装置、及び手術顕微鏡システム

発明者：金 太一、齊藤 季、吉野 正紀、
小山 博史、齊藤 延人

番号：特願 2013-211065

出願年月日：国内出願日 2014 年 10 月 8 日、

国際出願日 2014 年 10 月 8 日

国内外の別：国内、国外

取得状況（計 0 件）

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究代表者

齊藤 延人 (SAITO, Nobuhito)

東京大学・医学部附属病院・教授

研究者番号：60262002

(2)研究分担者

(3)連携研究者

(4)研究協力者

小山 博史(OYAMA, Hiroshi)

東京大学・医学部・教授

金 太一(KIN, Taichi)

東京大学・医学部附属病院・助教

齊藤 季(SAITO, Toki)

東京大学・医学部・助教

吉野 正紀 (YOSHINO, Masanori)

東京大学・医学部・大学院生