

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 25 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24791488

研究課題名(和文) 医用画像と実画像を融合させた手術シミュレーションの臨床応用

研究課題名(英文) Virtual reality operative simulation using computer graphics integrated medical image and real image

研究代表者

金 太一 (Kin, Taichi)

東京大学・医学部附属病院・助教

研究者番号：90447392

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目標は、複数の医用画像データを融合させた3次元画像構築法の開発と、医用画像と現実空間との融合画像を臨床応用することであり、概ね達成した。独自に考案した画像処理方法を駆使した融合3次元画像は全ての医用画像データを1つのコンピュータグラフィックスとして表示することが可能となり、かつ高精細を有するものとなった。現実画像との融合に関しては、薄板スプライン法によって手術画像をコンピュータグラフィックス上に重畳する方法を開発し、特許出願済である(出願番号2013-103562)。本法は複数の前向き調査でその有効性が示され、東京大学医学部附属病院脳神経外科にて500例以上の臨床症例に応用された。

研究成果の概要(英文)：The goal of this study is to clinically use three-dimensional images that combines multi-modal medical image data set, and the fused image with the real space and medical images. This goal was achieved. Our original proposed method could integrate multi-modal medical image data set into one high quality three-dimensional computer graphics. We succeeded the fusion between real image and medical image by thin-plate spline method. This method has been patented (Application No. 2013-103562). The effectiveness of this tool was indicated by some prospective studies. This simulation system was applied to more than 500 clinical cases with the approval of the ethics committee in the University of Tokyo Hospital.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・脳神経外科学

キーワード：医用画像 複合現実 コンピュータグラフィックス 脳神経外科

1. 研究開始当初の背景

脳神経外科領域において医用画像による詳細な手術検討は極めて重要である。最近では数千枚の画像データになることもあり、これらの画像検査データを読影する時間的負担は膨大である。そこで、各種画像検査を融合させた3次元画像を作成する試みがなされているが、2次元画像と同等の空間分解能を有する融合3次元画像を作成するまでには至っておらず、顕微鏡を用いる脳神経外科手術で重要な微小解剖構造の3次元化は不可能であった。これらの弱点を克服すべく我々は機能画像データや術後のデータをも含めた手術検討に必要な全ての各種画像検査を融合し、且つ高空間分解能を有する融合3次元画像を作成し臨床応用することに成功した。代表研究者の所属する東京大学医学部付属病院脳神経外科では、既に300以上の症例に本法による融合3次元画像が臨床応用されている。しかし、その複雑な構築方法には改良点も多くあり、比較的画像処理技術に詳しい医師にしか作成することができない。

(2) 医用画像データより作成した融合3次元画像はあくまでコンピュータ上に表示された仮想現実であり、現実空間の物体(手術患者)に反映されなければならず、融合3次元画像上の位置情報と実空間とを一致させる作業が必要である。かつてはこの作業は、熟練した医師が頭の中で行わなければならなかった。これに対して拡張現実法を用いて画像情報を実患者に投影する研究がおこなわれている。しかし、得られる情報は限られており、ほとんど臨床応用されていない。

2. 研究の目的

(1) 代表研究者が既に考案している医用融合3次元画像構築手法の改良・改善に対する開発を行う。

(2) 現実空間と医用画像との融合方法として薄板スプライン法を用いた全く新しい複合現実手法を開発する。

(3) 上記画像処理方法に関して臨床応用し、その有用性を評価する。

3. 研究の方法

(1) 融合3次元画像構築方法の開発・改良
高精細3次元画像では、特に以下の2つの画像処理過程に時間を要する。すなわち、本代表研究者が開発した、multi-modal individualizing tissue threshold法(サーフェスレンダリングにおいて1種類の画像データを複数の領域に分割してそれぞれに最適な閾値を設定する方法。これを更に複数のモダリティーで行うことによって、2次元画像よりも高い空間分解能を有する3次元モデルを構築することが可能になる)と、modified normalized mutual information法(代表的な医用画像レジストレーションのひとつである相互情報量法の初期値を設定する際に、同系統の医用画像同士からレジス

トレーションし、1つの医用画像を複数の領域に分割することによって、他種類の医用画像を高精度でレジストレーションできる方法)の2つである。この2つの画像処理法の最適化手法及び自動化によって、融合3次元画像構築時間の短縮を目指す。この2つのプログラミングは本代表研究者及び外部委託(株式会社マックスネット 米山繁、石村貴暢)が共同で行う。画像処理ソフトウェアはAvizo®を用いる。

(2) 複合現実医用画像構築手法の開発
手術中に得られた術中脳表写真(JPEGフォーマット)を画像処理ソフトウェアAmira®に入力し、術前に作成しておいた高精細融合3次元画像と融合する。融合方法はランドマークによる薄板スプライン法を用いた2D/3Dレジストレーション方法を開発する。得られた複合現実画像の精度検証は脳腫瘍患者に対して行う。グリオーマ覚醒下手術において本複合現実画像のtarget registrationを測定する。

(3) 臨床評価

上記(2)の臨床評価の他に、以下の臨床評価をおこなう。脳幹部海綿状血管腫における静脈奇形の診断率、脊髄硬膜動静脈瘻の診断率、巨大脳動脈瘤における穿通枝描出、小脳橋角部髄膜腫の手術検討における有用性

4. 研究成果

研究計画目標を概ね予定通り達成した。

(1) 正規化相互情報量法の初期値を工夫することによって、DICOMデータとして出力した全ての医用画像の自動融合することに成功した。また1つの医用画像を任意の領域に分割し、それらに最適なしきい値を設定するセグメンテーション方法(multimodal individualizing threshold法と命名した)やサーフェスレンダリングとボリュームレンダリングとを重畳表示したハイブリッドレンダリング法を臨床医療ではじめて使用した。これら工夫により、提案手法による融合3次元画像が全ての医用画像を1つのコンピュータグラフィックスとして表示することが可能となり、かつ高精細を有するものとなった。また構築時間の大幅な短縮が達成できた。

(2) 薄板スプライン法によって手術画像をコンピュータグラフィックス上に重畳する方法を開発し、特許を申請した(出願番号2013-103562)。Target registrationによる精度検証に関しては解析継続中である。

(3) 提案手法による融合3次元画像は、複数の前向き調査でその有効性が示され、東京大学医学部付属病院脳神経外科にて倫理委員会承認のもと、500例以上の臨床症例に応用された。具体的には、脳幹部海綿状血管腫に合併する静脈奇形の診断率が、既存の画像診断法に比べ有意に上昇した。脊髄硬膜動静脈瘻の診断率が既存の画像診断法に比

べ有意に上昇した。提案手法は巨大脳動脈瘤周辺の微小血管の描出に有用であることが示唆された。小脳橋角部髄膜腫の手術検討において本法による手術シミュレーションが有効であった。上記臨床評価は全て論文として発表した。

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 11 件)

1. Kin T, Nakatomi H, Shojima M, Tanaka M, Ino K, Mori H, Kunimatsu A, Oyama H, Saito N. A new strategic neurosurgical planning tool for brainstem cavernous malformations using interactive computer graphics with multimodal fusion images. *J Neurosurg.* 117(1):78-88, 2012. 査読有
2. Takai K, Kin T, Oyama H, Shojima M, Saito N. 3D analysis of the angioarchitecture of spinal dural arteriovenous fistulas with special reference to intradural retrograde venous drainage system. *J Neurosurg Spine.* 18:398-408, 2012. 査読有
3. Hanakita S, Takai K, Kin T, Shojima M, Saito N. Double independent spinal dural arteriovenous fistulas at the thoracic spine. *Acta Neurochir (Wien).* 154 (7): 1157-1158, 2012. 査読有
4. Yoshino M, Kin T, Shojima M, Nakatomi H, Oyama H, Saito N. A high-resolution method with increased matrix size can characterize small arteries around a giant aneurysm in three dimensions. *Br J Neurosurg* 26(6): 927-928, 2012. 査読有
5. 金太一, 吉野 正紀, 庄島 正明, 今井 英明, 中富 浩文, 小山 博史, 斉藤 延人. 高精細融合 3 次元画像を用いた脳血管障害手術シミュレーションの構築手法の工夫と手術戦略上の利点. *The Mt. Fuji Workshop on CVD* 30 巻: 104-108, 2012. 査読有
6. 吉野正紀, 金太一, 中富浩文, 小山博史, 斉藤 延人. 聴神経腫瘍の術前検討に必要な顔面神経の検出 -セグメンテーション困難領域に於けるセグメンテーションの工夫-. *VR 医学* 10 巻: 27-34, 2012. 査読有
7. Saito N, Kin T, Oyama H, Yoshino M, Nakagawa D, Shojima M, Imai H, Nakatomi H. Surgical simulation of cerebrovascular disease with multimodal fusion 3-dimensional computer graphics. *Neurosurgery. Suppl* 11: 24-9. 2013. 査読有
8. Yoshino M, Kin T, Nakatomi H, Oyama H,

Saito N. Presurgical planning of feeder resection with realistic three-dimensional virtual operation field in patient with cerebellopontine angle meningioma. *Acta Neurochir (Wien)* ;155(8):1391-9. 2013. 査読有

9. Yoshino M, Kin T, Saito T, Nkagawa D, Nakatomi H, Kunimatsu A, Oyama H, Saito N. Optimal setting of image bounding box can improve registration accuracy of diffusion tensor tractography. *Int J Comput Assist Radiol Surg (in press)* 査読有
10. 金太一, 庄島正明, 吉野正紀, 中川大地, 花北俊哉, 武笠晃文, 今井英明, 辛正廣, 中富浩文, 小山博史, 斉藤延人. 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: 504-9, 2013. 査読有
11. 金太一, 吉野正紀, 斎藤季, 中川大地, 庄島正明, 武笠晃文, 辛正廣, 今井英明, 中富浩文, 國松聡, 小山博史, 斉藤延人. 脳腫瘍手術における術前・術中脳機能マッピング. *脳神経外科ジャーナル.* 23 巻: 5-11, 2014. 査読有

[学会発表](計 10 件)

1. Taichi Kin, Hiroshi Oyama, Nobuhito Saito. Operative simulation on neurosurgery by three-dimensional computer graphics using multi-layer fusion image. 13th Asian Australasian Congress of Neurological Surgeons Taiwan 2011.12.4
2. 金太一, 辛 正廣, 庄島 正明, 吉野 正紀, 小山 博史, 斉藤 延人. コンピュータグラフィックス技術を駆使した神経内視鏡手術シミュレーション (シンポジウム) 第 18 回日本神経内視鏡学会 岡山 2011. 11.18
3. 金太一, 中富 浩文, 吉野正紀, 田中 実, 斉藤延人. 小脳橋角部髄膜腫手術における神経症状の転帰と画像所見上の予後予測因子について 第 70 回日本脳神経外科学会学術総会 横浜 2011. 10. 13
4. 金太一, 中富 浩文, 吉野 正紀, 小山 博史, 斉藤 延人. Diagnosis of developmental venous anomaly with brainstem cavernous malformation employing multi-modal fusion image (シンポジウム) 第 16 回日本脳腫瘍の外科学会 横浜 2011. 9. 9
5. 金太一, 吉野 正紀, 中富 浩文, 庄島 正明, 小山 博史, 斉藤 延人. 脳血管障害における高精細融合 3 次元画像の構築手法の工夫と手術戦略上の利点 (シンポジウム) 第 30 回 The Mt. Fuji Workshop on CVD 札幌 2011. 8. 27
6. 金太一, 辛 正廣, 吉野 正紀, 小山 博史, 斉藤 延人. 融合 3 次元画像による内視鏡

- 下頭蓋底手術シミュレーションの有用性
第 23 回日本頭蓋底外科学会 大阪 2011.
6. 17
7. 金 太一. 脳神経外科領域における 3 次元
コンピュータグラフィックス(講演) 第
62 回先端医工学セミナー(九州大学大学
院) 博多 2011. 4.19
 8. 金 太一、小山 博史、庄島 正明、辛 正廣、
齊藤 延人. 融合 3 次元画像による脳神経
外科手術シミュレーションの精度向上に
関する検討(シンポジウム) 第 34 回日本
脳神経 CI 学会総会 米子 2011. 4. 5
 9. 金 太一. パーチャルリアリティでわかる
髄膜腫手術の基本手技と設計図. 第 33 回
日本脳神経外科コンgres総会 脳腫瘍病
理セミナー. 大阪. 2013.5.9
 10. 金 太一. 脳腫瘍手術における術前・術
中脳機能マッピング、モニタリング. 第
33 回日本脳神経外科コンgres総会. 大
阪. 2013.5.11

〔図書〕(計 5 件)

1. 融合 3 次元画像を用いた手術シミュレ
ーション. 金 太一、小山 博史、齊藤 延人.
臨床医のための最新脳神経外科(第 12 章).
先端医療研究所. In press.
2. 融合 3 次元画像の作り方と手術シミュレ
ーション. 金 太一. 脳神経外科速報. 24
巻 1 号. メディカ出版. pp16-23, 2014.
3. 融合 3 次元画像の臨床応用. 金 太一.
Annual Review 神経. 中外医学社.
pp58-63, 2013
4. 術前検査と術前シミュレーションのポイ
ント. 吉野正紀、齊藤延人. シミュレ
ーションで経験する手術 IVR 中大脳動脈瘤
のすべて. メディカ出版. Pp22-29, 2014
5. 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、齊藤延人. シ
ミュレーションで経験する手術 IVR 中大
脳動脈瘤のすべて. メディカ出版.
Pp112-116, 2014

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称: 画像処理装置及びプログラム

発明者: 金太一

権利者: 東京大学

種類: 特許

番号: 2013-103562

出願年月日: 2013 年 5 月 15 日

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1)研究代表者

金 太一 (Taichi KIN)

東京大学医学部附属病院・助教

研究者番号: 90447392