

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月10日現在

機関番号：13101
 研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2010年～2011年
 課題番号：22791336
 研究課題名（和文）先進的3次元工学技術を基盤とした実体験型脳神経手術シミュレーションシステムの開発
 研究課題名（英文）Development of virtual reality neurosurgical simulation system for applying advanced 3-D technologies

研究代表者：大石 誠（OISHI MAKOTO）
 新潟大学・脳研究所・助教
 研究者番号：00422593

研究成果の概要（和文）：

最先端3次元工学を導入した視覚的、直感的、感覚的な実体験型の脳神経外科手術シミュレーションシステムを完成させ、脳腫瘍などの術前評価に活用し、さらに蓄積データにて研修医や医学生を対象とした教育用ライブラリーを構築した。CTやMRIなどの臨床画像の解析によりリアルなCGデータを作成し、感触伝導ツールを用いてCGデータで仮想手術が可能となった。このCGデータを基に、実際の手術器具で模擬手術が可能となるカラー石膏モデルの作成法も確立した。

研究成果の概要（英文）：

We completed a novel virtual-reality neurosurgical simulation system with visual, sensual, and intuitional realism by applying the advanced 3-D technologies. This system has been already used in presurgical evaluation for neurosurgical diseases, such as brain tumors, and the accumulated data have been also used in the aim of education for medical students and young trainee. In the simulation method, we first create the CG data from analyses of CT and MRI and then perform virtual-reality simulation on the data using a specific haptic tool. We also established producing the color plaster model based on the CG data for performing the virtual surgery.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

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：手術シミュレーション，3次元工学，脳神経外科手術，神経画像，解剖学

1. 研究開始当初の背景

複雑かつ経験を要求される脳神経外科手術のトレーニングシステムとして、汎用できるようなものが不足しており、そのようなシステムの開発が期待されていた。

2. 研究の目的

脳神経外科疾患に対する手術技術向上・解剖学教育・手術支援などを実践する新世代脳神経外科手術シミュレーションシステムを構築することを目指し、先進的神経診断画像に最先端3次元工学を導入、今までにない視覚

的、直感的、感覚的な実体験型システムと教育用ライブラリーを完成させることを目的とした。

3. 研究の方法

研究対象 新潟大学医歯学総合病院脳神経外科で経験される高難度の脳神経外科手術症例のうち、脳腫瘍・頭蓋底部腫瘍・機能性疾患・脳血管障害・脊髄病変などの手術治療例を検討対象とした。

データの収集 最新機器を用いた CT, MRI や脳血管撮影などの先進的画像データを、新潟大学医歯学総合病院、北日本脳神経外科病院などの協力を得て術前に症例個々に収集し、手術シミュレーション用の CG データの作成を行った。

データ解析と実践)

- (1) 個々の症例において様々な画像情報を統合した高解像度 CG データを作成する。この過程には 3D 画像解析ソフト (Zed-view) を利用した。
- (2) 高解像度 3DCG データに対して、超感覚モデリングソフト (Freeform) を用い 3次元シミュレーションを行った。彫塑機能や形状修正を用いることで 3次元感覚的にモデルを削ったり変形させたりすることが可能であり、開頭から腫瘍摘出まで手術手順全般を CG 画像上でシミュレーションした。
- (3) 高解像度 CG データを 3D プリンター (Z-Printer) にて石膏の実体モデルとして作成した。想定術野を作成し手術顕微鏡にて観察を行ったり、実際に顕微鏡下に開頭や骨削りを行う模擬手術も可能であった。
- (4) 脳神経外科における疾患群ごとの病変に対するシミュレーションデータを蓄積し、術中所見や術後成績を feedback しつつ、至適シミュレーションプログラムを確立していった。これらの蓄積データは教育システム/ライブラリーの確立にも使用された。
- (5) 脳神経手術の研修医や学生向け教育・練習システムとして、高解像度 CG データによる手術・解剖シミュレーターを完成させた。
- (6) 蓄積されたデータから解剖実習用のスタンダードモデルや、疾患、手術アプローチごとのシミュレーションモデルのデータライブラリーの作成を行った。
- (7) 術前の高解像度 CG データの術中支援機器との統合により、新たな概念の手術ナビゲーションシステム (ガイディングシ

ステム) を完成させた。

4. 研究成果

新潟大学医歯学総合病院脳神経外科にて経験した脳神経外科手術症例の中で高難度の脳腫瘍、頭蓋底部腫瘍、機能性疾患などの手術症例 (年間100例程度) を対象とし、術前に本シミュレーションを行った。

シミュレーション法としては、研究前の計画の通り、3D CGを使ったバーチャルシミュレーションと石膏モデルの併用を中心に確立して行き、期間中にシステムの完成を見た。

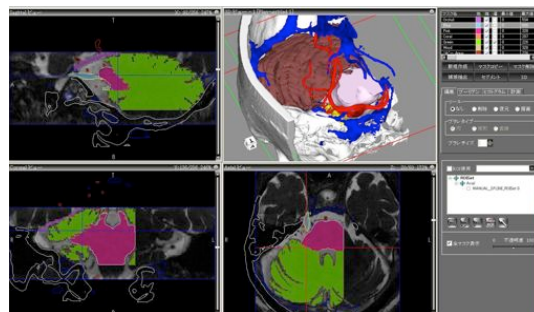
シミュレーション結果は術中所見や、術後経過と合わせて、その有用性を2年間に渡り検証した。術者のアンケート調査では、50%弱の症例で、本シミュレーション手法により以前の評価よりも高い情報が得られ、他症例も全て従来の情報を確認する意味で有用であったと判定された。

蓄積データは、研修医や若手脳神経外科医の練習用、もしくは手術中閲覧用として広く使用された。

(1) 画像収集と解析

術前の画像収集としては、先進的画像診断機器である 3.0T-MRI, MEG, 64ch-CT装置, 3D-DSA装置を用い、様々な条件の情報の収集を行った。MRIでは脳神経の選択的な描出を行い、これを3次元化するための撮像方法の工夫を行い、3D reversed FISP with diffusion weighted imaging (3D PSIF-DWI)法の開発もを行い、これを発表した(石田ら2011)。CTの撮像方法としては、多列CT装置の利点を生かして精度の高い動静脈相の獲得方法を確立した。3D-DSAのデータも合成に加えたのも新しい方法となった。

これらで収集した画像データを3D画像解析ソフト (Zed-view, LEXI Inc.) にて、それぞれ対象構造物を抽出、合成し、全体として一つの3Dデータを作成、これを3D超感覚モデリングソフト (Freeform, Sensable Inc.) にて、高精度のコンピューターグラフィックスとして、3-D CGデータを作成した。



<Z-viewによる画像解析>

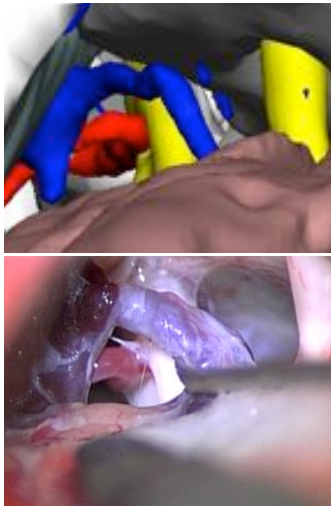
(2) 3-D CGデータを用いたInteractive

virtual simulation (IVS).

使用したモデリングソフト (Freeform, Sensable Inc.)は、手に感触を伝達する特殊デバイスを用いて、ディスプレイ上の3-D画像に触れるような感触を持ちながら、まさに本物の立体モデルに触っているかの感触を感じながら、データを加工できる特色を持ったものである。この特徴を利用し、作成したCGデータを削ったり、一部を動かしたりしながら、現実に近い手技としてシミュレーションすることができた。本シミュレーションにて開頭から腫瘍摘出などまでの一連の手術操作のシナリオを作成し、実際の手術に望んだ。これらの術中所見との整合性は著しく、各疾患群においてその有用性を紙上報告した。



<CG画像を使ったVirtual simulation>

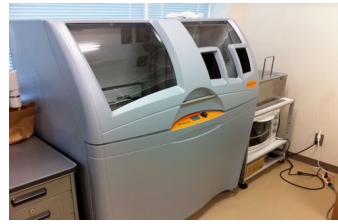


<simulation画像と術野の比較>

(3) 3Dカラー石膏モデルの作成

3D CGデータを基として、石膏モデルのプリントを可能とする3D カラープリンター (Z Printer, Z Corporation) を使い、術前のIVSにて加工、手術シミュレーションを行い、骨窓を作成した状態の原寸大石膏モデルを作成した。細部に至るまでが再現され、術前にこれを手術顕微鏡下で観察したり、手術器具を挿入して見たり、時には実際に石膏を掘削して骨窓を作ったりすることで、よりリアルな

模擬手術を体験することを可能にした。とりわけ頭蓋底部腫瘍の症例群に有効であり、作成モデルを手術室に持ち込むことで、術者の理解だけでなく、学生や研修医教育にも有用であった。



<3Dプリンター、作成されたモデル、手術顕微鏡を用いたモデルの観察>

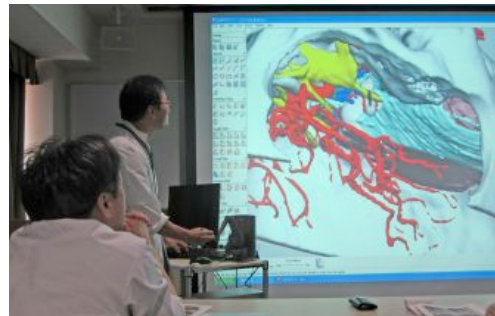


(4) 使用済データの活用 (教育用)

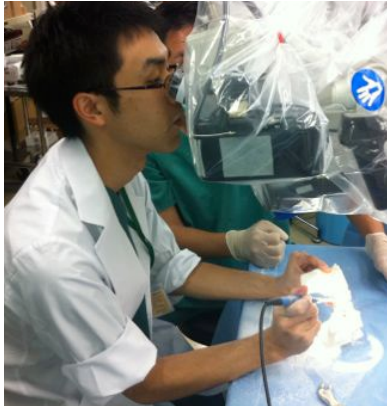
一連のシミュレーションデータは、3D CGデータおよび石膏モデルも、そのままストックされ、アーカイブデータとしてもback upされ、その後の医学生・研修医の一般脳解剖や脳神経外科手術を目指した微小解剖の学習用ライブラリーとして活用されている。

IVS用のCGデータは何度でも模擬手術が可能であり、データを疾患ごとに細分化してライブラリー形式でのデータベースを作成し、若手脳神経外科医が何度でも、様々なバリエーションの手術を施行できるようになっている。これらは石膏モデルで解剖が再現されており、手術顕微鏡での観察も可能としており、より効果的な微小解剖学習となっている。

CGデータを用いて、プロジェクターで投影し、模擬手術を公開したり、同一モデルを量産し、これを用いて解剖学実習も行い、参加者多数から好評を得た。



<模擬手術のデモンストレーション>



<モデルを用いた解剖学実習風景>

本研究を通して確立した、脳神経外科手術の新たなシミュレーション方法は、学会などを通し、広く紹介した。外科医個人の手術解剖の知識や技術そのものをステップアップさせるためのツールとして画期的なものであり、多くの施設にて導入希望があった。

当初の研究テーマと合わせると、本研究は現状で高い完成度に至ることができたが、今後はさらにその精度や利便性を発展させ、またソフトの改良によるよりリアルなシミュレーション法の発展や模型の作製を追求したい。

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6件)

1. Oishi M, Fukuda M, Hiraishi T, et al. Interactive virtual simulation using a 3-D computer graphics model for microvascular decompression surgery. J Neurosurg. 2012, in press.
2. Oishi M, Fukuda M, Ishida et al. Presurgical simulation with advanced 3-D multifusion volumetric imaging in patients with skull base tumors. **Neurosurgery 査読有 68(1 Suppl Operative): 188-99, 2011**
3. Oishi M, Fukuda M, Ishida G, et al. Prediction of the microsurgical window for skull-base tumors by advanced 3-D multi-fusion volumetric imaging. Neurol Med Chir (Tokyo) 査読

有 51(3): 201-7, 2011

4. Oishi M, Fukuda M, et al. Trigeminal neuralgia associated with the specific bridging pattern of transverse pontine vein: diagnostic value of 3-D multifusion volumetric imaging. Stereotact Funct Neurosurg 査読有 89(4): 226-33, 2011
5. 太石 誠, 福多真史, ら. 手術に役立つ局所画像診断: 3次元局所解剖の術前評価法を駆使した再々発頭蓋底傍正中脊索腫の手術治療. 脳神経外科速報 査読無 20:1026-35, 2011
6. 石田剛, 太石誠, ら. 3D reversed FISP with diffusion weighted imaging (3D PSIF-DWI)法による海綿静脈洞周囲脳神経の描出. No Shinkei Geka 査読有 39: 953-961, 2011

[学会発表] (計4件)

1. 太石誠, ら. 3-D Computer Graphicsを用いた実体感型手術シミュレーション法の脳神経外科手術支援としての活用. 第35回日本脳神経CI学会, 2012年3月4-5日, パシフィコ横浜 (神奈川)
2. 太石誠, ら. 3-D Computer Graphicsを用いた実体感型手術シミュレーション法の脳神経外科手術支援としての活用. 第41回日本神経放射線学会, 2012年2月2-3日, 志摩観光ホテルクラシック (三重)
3. 太石誠, ら. 先進的3次元工学を応用した実体感型手術シミュレーション法の導入による脳神経外科手術の発展. 第70回日本脳神経外科総会, 2011年10月12-14日, パシフィコ横浜 (神奈川)
4. 太石誠, ら. 先進的3次元工学技術を応用した脳神経外科手術シミュレーション. 第34回日本脳神経CI学会, 2011年2月4-5日, 米子コンベンションセンター (鳥取)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況（計0件）

〔その他〕

ホームページ等

新潟大学脳神経外科学教室のホームページにて研究の一部を紹介.

<http://neurosurg-bri-niigata.jp/laboratory/approach/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者：大石 誠

新潟大学・脳研究所・助教

研究者番号：00422593

(2) 研究分担者：なし

(3) 連携研究者：なし