

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25462209

研究課題名(和文) 先進的三次元工学技術を基盤とした微小解剖ライブラリーを完成させる

研究課題名(英文) The library of neurosurgical anatomy based on interactive virtual simulation using three dimensional multifusion volumetric imaging.

研究代表者

高尾 哲郎 (Takao, Tetsuro)

新潟大学・医歯学総合病院・助教

研究者番号：80419308

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：高難度の脳神経外科開頭手術の術前評価として行ってきた高解像度の頭部 MRI などから作成した三次元データが蓄積され、ライブラリーとして使用できる。頭蓋底髄膜腫、前庭神経鞘腫、片側顔面けいれんをはじめとした疾患モデルが揃っている。修練医や手術初心者の術前準備のみならず、希少症例の確認に使用している。各疾患の研究においても、データ集積の一助になる。御遺体による解剖セミナーにおいても、種々の手術アプローチについて段階毎のモデルを作成し、実際の解剖体と照合しながら解剖を進めるといった画期的な学習法を確立した。

研究成果の概要(英文)：We accumulate more three dimensional (3D) data results on a lot of preoperative simulation of micro neurosurgery, and they are available to use. The 3D data are multifusion volumetric imaging of skull base meningioma, vestibular schwannoma, hemifacial spasm and so on.

Not only for trainee, the data can be used for preoperative simulation of rare cases by expert neurosurgeon. The data also can be used for anatomical research for each disease. In the anatomical seminar and cadaveric dissection, the step wise plaster figures made from the three dimensional multifusion volumetric imaging was useful to check the anatomical structure and progression of cadaveric dissection.

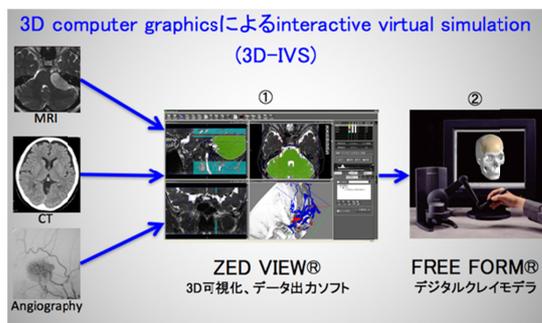
研究分野：脳神経外科

キーワード：微小解剖ライブラリー 手術シミュレーション 三次元画像工学

## 1. 研究開始当初の背景

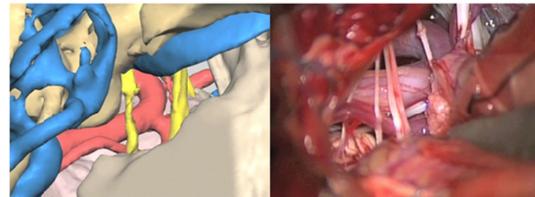
脳神経外科手術に必要な解剖学の知識は、解剖体を使用した局所微小解剖学の検討により発展し、この 30 年間で手術の安全性と確実性は著しく向上した。それでも脳神経外科における局所解剖の正確な理解は難しく、この点で経験豊富な脳外科医と若手脳外科医の間の隔たりは依然として大きい。

我々は最先端の神経画像解析にこの問題を解決する糸口を求め、従来から取り組みを行って来た。3.0T-MRI、回転 DSA、多列 CT 装置といった先進画像撮像機の導入当初から、これら画像データに 3 次元画像解析技術をいち早く応用し、臨床の場での取り組みに関する報告を多数行った。そして近年、さらに先進的な 3 次元工学技術を導入し、実体験型の 新世代脳神経外科手術シミュレーション (Interactive virtual simulation: IVS) システム を完成させ、その臨床実績に関して報告して来た。IVS システムは、具体的には CT や MRI のデータを解析したものを、高密度のポリゴン構造体としての high-quality 3D computer graphic (HQ-3DCG) 画像へと変換し、このデータに 3 次元情報を付加することで、視覚的のみではなくディスプレイ上の仮想空間内で特殊な 3D マウスにより、実際に 3D データに触れているような感触を持って操作する事を可能とするものである。データは、カラー石膏像としてモデル化することも容易であり、当科では HG-3DCG データと石膏モデルの両方で手術シミュレーションを行っている。



本システムを用いて、我々は頭蓋底手術・

後頭蓋窩手術・動脈瘤手術・脊椎脊髄手術・グリオーマ手術など脳神経外科における主要な手術のほぼ全例において手術シミュレーションを行って来たが、手術成績の向上は当然ながら、これまでは顕微鏡手術を直接経験できなかった脳神経外科修練医・研修医・学生などの手術に関する知識の明らかな向上を実感しており、現状でその教育用素材としての恩恵に注目している。また蓄積データを使って、ある特定の解剖(例えば、外側後頭下開頭手術時の錐体静脈や前方経錐体法における頭蓋底部静脈還流など)の正常形態もしくは正常バリエーションなどについても検討が可能で、従来は多数の解剖体で集計して来た情報が、本法で生体情報として集計できる点にも新たな可能性を見いだした。



片側顔面痙攣におけるIVSと術野。ほぼ等しい。

## 2. 研究の目的

本研究はこのような経験を具体化し、今まで我々が蓄積して来たデータを活用して、脳神経外科手術において必要な微小解剖のデータで、いまだ十分とされていないもの、遺体と生体情報で変化の見込まれるものも含め、正常および様々な疾患の先進的 3 次元解剖モデルライブラリーの作成を行うことを目的とした。高難度の脳神経外科開頭手術の術前評価として行ってきた高解像度の頭部 MRI や造影 CT、などの DICOM データが蓄積されている。各症例の患側データは疾病モデルとして、健側データは正常モデルとして使用し、様々な部位や疾病ごとの局所解剖・手術画像を作成する。具体的には、テント上・テント下腫瘍モデル、三叉神経痛・顔面けいれ

んモデル、動脈瘤・AVMモデル、脊髄腫瘍モデル、小児奇形モデル、下垂体腫瘍モデルなどを想定し、2年目以降は正常モデルとの比較検討も行き、疾患特有の解剖条件の変化なども検討する。研究最終年度では、オリジナルの先進的3次元脳神経外科手術解剖ライブラリーを完成させる見込みである。

### 3. 研究の方法

平成25年は既存および治療中の画像データを3D化するために新システムに入力する。それぞれ疾患別に分類し、データベース化する。平成26年、27年はdatabaseから正常および疾患モデルの解剖学的分析を行う。

正常例では、例えば後頭蓋窩や頭蓋底の静脈系、特にpetrosal veinやsphenobasal veinなどを中心に解剖学的特徴を明らかにする。これをはじめとして、頭蓋内各部位の分析を行う。

疾患例では、頭蓋底手術手技を要する、特に錐体斜台部髄膜腫から分析と手術シミュレーションを始める。脳神経外科修練医をはじめとする脳動脈瘤手術初心者に開頭からクリッピングまでシミュレーションさせ、少数例の経験で効率よく手術手技、アプローチを習得させる。

将来的には国内外からのライブラリー参照に対応できる様、システム構築を行いたい。

#### (1) 平成25年度の研究計画、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年間300例以上の難易度の高い脳神経外科手術症例。

##### データの収集

3T-MRI、64chMDCTなどの先進的画像データは、新潟大学医歯学総合病院、北日本脳神経外科病院の協力を経て、目的とした解析に最適な撮像条件で収集される。

##### データの入力

新システムには上記からのDICOMデータを読み込ませ、3D画像解析ソフトZedview(LEXI Inc.)により立体画像を作成し、データとして蓄積すればよい。

##### データの解析と実践

この立体画像データを実感覚モデリングソフト(Freeform. DICO Inc.)に読み込ませることで瞬時に3Dマウスによる3D画面上での骨削除、脳圧排、腫瘍削除、クリッピングのシミュレーションが可能であり、3Dプリンター(Zprinter450, DICO Inc.)で石膏像を作成すれば、立体モデルでの手術顕微鏡下の観察や操作が可能になる。至適シミュレーションプログラムは大石らにより、すでに完成しておりこれを用いてライブラリーを構築、これを利用して立体モデルで種々の解析を行う。

#### (2) 平成26、27年度の研究計画、方法

当院における脳神経外科修練医、研修医、学生の他、解剖学教室にも協力してもらい、ライブラリーの利用と使用感を調査し、まず院内神経解剖ライブラリーとしてより完成度を高める。

### 4. 研究成果

高難度の脳神経外科開頭手術の術前評価として行ってきた高解像度の頭部MRIなどから作成した三次元データが蓄積され、ライブラリーとして使用できる。脳神経外科手術の中でも難易度の高い、頭蓋底髄膜腫、前庭神経鞘腫、片側顔面けいれんをはじめとした疾患モデル370例以上が揃っている。

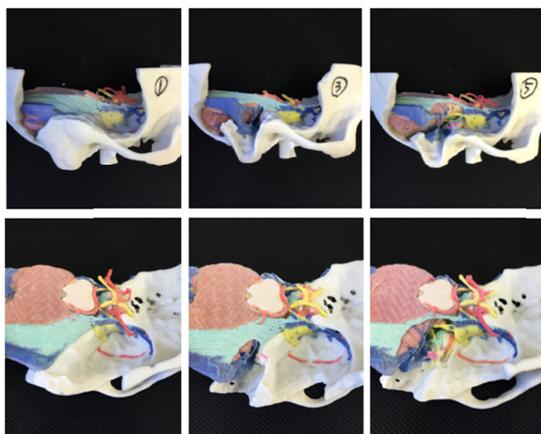
頭蓋底腫瘍	111
神経膠腫	92
その他腫瘍	20
片側顔面痙攣	83
三叉神経痛	47
海綿状血管腫	8
側頭葉てんかん	3
脳血管障害	8
合計	372

### ライブラリーの症例数

ライブラリーは修練医や当該症例の手術初心者への術前準備のみならず、希少症例の術前確認に使用した。具体的には蓄積した症例データは、同じく保存された手術ビデオと共に、術前に閲覧し、3DIVS による開頭、骨削除、術野展開のための脳の牽引の度合いと開頭範囲、摘出の際に注意すべき血管及び神経を確認し、類似症例の術前シミュレーションに使用された。これにより、限られた症例数の中でも、ある程度の手術手技の習熟、最大限の安全性の確保、侵襲度の最適化、手術時間の短縮を図る事ができた。

各疾患の研究においても、データ集積の一助になる。外側後頭下開頭における S 状静脈洞の走行パターンや、asterion と静脈洞との位置関係は実際の 3D 画像の蓄積からそれらのデータを得る事ができた。

御遺体による解剖セミナーにおいても、



3Dプリンターでの段階的モデルによる Combined tranpetrosal approach

種々の手術アプローチについて段階毎のモ

デルを作成し、実際の解剖体と照合しながら解剖を進めるという画期的な学習法を確立した。

ライブラリーに遠隔から参照するシステムの实用化は次の段階の研究課題となる。

### 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)

平石哲也、福多真史、高尾哲郎、太石誠  
脳神経減圧術における 3D-CG モデルによる手術シミュレーション画像の利点とピットフォール CI 研究 36(3,4):113-119.2014 査読あり

Hiraishi T, Matsushima T, Kawashima M, Nakahara Y, Takahashi Y, Ito H, Oishi M, Fujii Y: 3D Computer graphics simulation to obtain optimal surgical exposure during microvascular decompression of the glossopharyngeal nerve. Neurosurg. Rev 36(4):629-35,2013 doi:10.1007/s10143-013-0479-5 査読あり

Oishi M, Fukuda M, Yajima N, Yoshida K, Takahashi M, Hiraishi T, Takao T, Saito A, Fujii Y. Interactive presurgical simulation applying advanced 3D imaging and modeling techniques for skull base and deep tumors. J Neurosurg. 2013 Jul;119(1):94-105. doi: 10.3171/2013.3.JNS121109. 査読あり

[学会発表](計 17 件)

2016/1/23 第 18 回日本脳神経減圧術  
学会(宮城県仙台市)

高尾哲郎 他: Vertebrobasilar  
dolichoectasia による三叉神経痛  
に対する減圧術についての検討

2016/1/23 第 18 回日本脳神経減圧術  
学会(宮城県仙台市)

平石哲也 他: 3D シミュレーショ  
ンを利用した片側顔面痙攣の責任  
血管と穿通枝関与例の検討

2016/1/23 第 18 回日本脳神経減圧術  
学会(宮城県仙台市)

福多真史: MVD における術前シミュ  
レーションと術中モニタリングの  
現状と課題

2015/7/9 第 27 回日本頭蓋底外科学  
会(愛知県名古屋市)

平石哲也 他: 後頭蓋窩良性腫瘍に  
対する術前 3D シミュレーションの  
有用性と限界

2015/6/6 第 24 回日本聴神経腫瘍研  
究会(東京都中央区)

平石哲也 他: 術前 3D シミュレー  
ションシステムを活用した聴神経  
腫瘍手術

2015/1/17 第 17 回日本脳神経減圧  
術学会(東京都千代田区)

高尾哲郎 他: 両側椎骨動脈が関  
与した片側顔面けいれんの 2 例

2014/10/9-11 第 73 回日本脳神経外  
科学会総会(東京都港区)

高尾哲郎 他: 3DCT 時代における  
外側後頭下開頭による術前評価

2014/6/26 第 26 回日本頭蓋底外科学会  
(千葉県千葉市)

高尾哲郎 他: 3D computer graphics  
model および 3D 顕微鏡システムを用い  
た脳神経外科手術教育

2014/4/18 第 23 回脳神経外科手術と機器

学会(福岡県福岡市)

高尾哲郎 他: 椎骨動脈が関与した片側  
顔面けいれんに対するアプローチ

2014/4/18 第 23 回脳神経外科手術と機器  
学会(福岡県福岡市)

平石哲也 他: 後頭蓋窩の頭蓋底手術に  
おける手術シミュレーション

2014/3/20-23 30<sup>th</sup> International  
Congress of Clinical Neurophysiology  
(Berlin, Germany)

Fukuda M: Usefulness of cranial nerve  
motor evoked potential monitoring  
during skull base surgery

2014/3/20-23 30<sup>th</sup> International  
Congress of Clinical Neurophysiology  
(Berlin, Germany)

Takao T: Pulsed arterial spin  
labeling perfusion MRI in patients  
with localization-related epilepsy

2014/3/20-23 30<sup>th</sup> International  
Congress of Clinical Neurophysiology  
(Berlin, Germany)

Hiraishi T: Contralateral synkinesis  
of blink reflex in patients with  
hemifacial spasm

2014/2/28 第 37 回日本脳神経 CI 学会(埼  
玉県さいたま市)

平石哲也 他: 実体験型脳神経外科シミ  
ュレーションシステムの有用性

2014/2/6 第 16 回日本神経減圧術学会  
(大阪府大阪市)

高尾哲郎 他: 椎骨動脈が関与した片側  
顔面けいれんに対するアプローチ

2013/6/26-27 第 25 回日本頭蓋底外科学  
会(愛知県名古屋市)

高尾哲郎 他: 責任血管が supraolivary  
fossa にはまり込んでいる片側顔面け  
いれん症例での手術アプローチ

2013/4/12-13 第 22 回脳神経外科手術と

機器学会（長野県松本市）

高尾哲郎 他：3D顕微鏡システムおよび  
3DCGモデルを用いた脳神経外科手術教育

〔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

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

高尾 哲郎 (TAKAO, Tetsuro)  
新潟大学・医歯学総合病院・助教  
研究者番号：80419308

### (2) 研究分担者

大石 誠 (OISHI, Makoto)  
新潟大学・脳研究所・非常勤講師  
研究者番号：00422593

### (3) 連携研究者

平石 哲也 (HIRAISHI, Tetsuya)  
新潟大学・脳研究所・特任助教  
研究者番号：80515734

福多 真史 (FUKUDA, Masafumi)  
新潟大学・脳研究所・非常勤講師  
研究者番号：00361907