



脳神経外科手術を支援する知見の蓄積と利用のための インタフェースの検討

Examination of a platform for accumulating and using experience data to support neurosurgery

上東 亜佑稀¹⁾, 瀧 崇洋¹⁾, 大西 克彦¹⁾, 上善 恒雄¹⁾

Ayuki JOTO, Takahiro FUCHI, Katsuhiko ONISHI and Tsuneo JOZEN

1) 大阪電気通信大学大学院 (〒 575-0063 大阪府四條畷市清滝 1130-70, {mw19a003, mw20a008, onishi, jozen}@oecu.jp)

概要: 脳神経外科手術の現場では、手術を通して様々な知見が各々の医師の間で蓄積されているが、その表現の難しさから、それらのすべてを明文化して共有されているわけではない。脳神経外科手術の際に、熟練の脳神経外科医師が気を配る点について、経験から得られた細かな注意点や手順について、後進医師教育の目的からも、その知識を共有したい。その際、血管のデータは特に気を配るべき要素になる。この問題を解決するために本研究では、3D の脳モデルを利用し、脳神経外科医師が手術の際に蓄積した知見を、血管を含む脳のモデル上の関連箇所に表示するためのインタフェースを提案し、知見を共有するためのプラットフォームを構築した。最後に、手術の際に蓄積した知見の適切な蓄積方法と利用方法を検討する。

キーワード: 医療、脳外科、3D モデル、コミュニケーション

1. はじめに

医療現場では常に様々な治療や手術が行われている。これらの多くの症例を経験することで、医師は知見を蓄えていき熟練の技術を身につけている。この知見を全て正しく経験の浅い医師に伝えることができれば、経験の浅い医師の技術の習得速度は向上するはずである。しかし、その表現の難しさから、それらのすべてを明文化して共有されているわけではない。また、脳神経外科手術の技術習得では、熟練の医師の経験から得られる術式手順や、細かな注意点などの知見を共有することが重要になる。これらの知見の共有が十分に行われないと、実際の手術において予想外の事象が発生した際に対処が難しくなる [1]。しかし、現在医療技術の知見を伝える方法は、口頭での指導や医学書、実際の手術現場での指導などが主流であり、口頭での指導や医学書では、これらの知見の共有が難しい。また、実際の手術現場での指導の場合、脳神経外科の手術現場は非常に狭い [2] ため、経験の浅い医師が手術室に入って、指導を受ける機会は少ない。さらに、経験の浅い医師に限らず熟練の脳神経外科医であっても、手術中予想外の事象が発生する可能性がある。その際、手術室内で予想外の事象の対処法を検索することができれば、解決する可能性がある。しかし、医師の手には滅菌処理された手袋が装着されているため、医学書やマウス、モニタ等に触れることはできない。またこのような緊急事態に手袋を外して操作することは現実的ではない。

そこで本研究では、医療分野に限らず知見の共有方法を調査し、医療現場の知見の共有方法を検討。また緊急時に

手術中でも操作可能なインタフェースを検討し、共有された知見を手術中でも閲覧することができるような知見共有プラットフォーム (以降 brainCGpedia) を検討する。

2. 関連研究

2.1 知見共有事例

本システムの目的は、暗黙知となってしまう知見の共有である。知見の共有事例としては、Wikipedia や SNS, ブログサービスなどが挙げられる。また、医療分野での事例では、The Open Anatomy Project[3] が作成した医学情報を一元化するためのアプリケーションとして、TAViewer[4] や、放射線に対する学習のために、神経放射線学の症例を集めた HeadNeckBrainSpine[6] などがある。TAViewer はテキストベースで情報を集めており、情報の検索もテキストで行われている。また TAViewer は、デジタル解剖学アトラスを Web 上で閲覧できる OABrowser[5] と連携して、解剖学的知識のアトラスベースのグラフィカルなインデックスを作成する予定と発表されている。HeadNeckBrainSpine は全身のモデルが Flash で提供されているが、数年前からデータの更新がされていない。またこれらは、データの管理が運営組織で行われているため、一般医療関係者が事例を登録や編集をすることができないため、情報の偏りや更新がされなくなるなどの問題がある。

2.2 医療用 3D データ表示事例

本システムのもう一つの必須事項として考えている要素は、3D モデルでのデータ表示である。医療用の 3D モデルの表示事例としては、神経画像データの分析と可視化の

ためのソフトウェアである FreeSurfer[7], DICOM データを読み込み可視化及び解析を行うオープンソースプラットフォームである 3D SLICER[8], また神経イメージングをターゲットとした Web ベースの 3D 可視化ツールのセットを公開しているオープンソースの JavaScript ライブラリである BrainBrowser[9] などがある。今回我々が試作したシステムは、この BrainBrowser を利用している。

2.3 Leap Motion Controller を用いた 3D 再構成像閲覧のインタフェース

本谷らの研究 [10] では、Leap Motion Controller を用いた血管や臓器の位置情報を 3D 画像の閲覧するためのアプリケーションを構築している。Leap Motion Controller を使用した際に、操作者の 3D オブジェクトに対する操作意識と理解が一致せずストレスになるという問題を、指の姿勢とタイミング入力から反映したインタフェースを構築し、さらに高周波成分のゆらぎの除去により解決している。また、医師を交えた実証実験では、簡単な操作で衛生的に 3D 構造の位置情報が閲覧できるとの評価を得ており、操作は慣れや訓練が必要であるが、短いトレーニング時間でデバイスの操作に慣れることと、慣れてしまえば直感的に操作できるとされている。このことから、本研究でも同様にモーションセンサを使ったインタフェースの構築が必要と考えられる。

2.4 内視鏡外科手術における術中指示システムの構築

上野らの研究 [11] では、モーションセンサを用いることで腹腔内映像に対して位置指示が可能なシステムを提案している。提案システムでは、術者の指の位置に応じて腹腔内映像上にポインタを表示させるため、高精度で手や指の動きを取得する必要がある。そのためモーションセンサとして、Leap Motion Controller[12] を使用している。腹腔鏡手術の指示に提案システムを使用した場合と口頭指示のみの場合で所要時間と指示ミスの回数を比較をし、提案システムの有効性が示唆された。このことから手術室において、Leap Motion Controller などの、モーションセンサを利用したインタフェースは有効であると考えられる。

2.5 医療サービスオントロジーに基づく医療知識の共有支援

小川らの研究 [1] では、医療行為について典型性のある部分についてまとめたクリニカルパスについて着目し、医療現場の知識循環を高度化するために、医療行為を実施単位のサービスの連なりとしてモデル化する方法及び、モデル化の際に医療現場の実践的な知識を設計者から獲得する方法について述べている。ここではクリニカルパスのみで、新人が対応を行うことには限界があり、そこに実践的な知識が追加されることでクリニカルパスに記されている医療行為の本質部分を理解することができ、医療スタッフ全体の理解度及び、医療の質を向上させることにつながると述べられている。このことから、本研究で目標としている、脳外科医師の知見の共有は効果的で意味があることだと考えられる。

3. 提案システムの機能要件

3.1 利用想定ユーザ

brainCGpedia では、知見を共有する熟練脳神経外科医師と、共有された知見を検索、及び閲覧するその他の医師などが想定される。また使用を想定する環境として、日常的に使用するデスクからの操作と、手術中の手術室からの操作を想定する。また以降の章では先行研究を参考に、brainCGpedia に必要な機能をまとめた。

3.2 熟練脳神経外科医師の知見入力

熟練脳神経外科医師の知見入力する際に、脳の血管位置を正確に表現することが必要である。また正確に表現された血管位置と、知見を結びつけてデータを入力する必要がある。そのため、正確に表現された脳の血管を指定し、知見を入力可能にする必要がある。また部位によっては、3D のモデルよりも、外科医が普段から使用している CT(computed tomography) 画像や MRI (magnetic resonance imaging) 画像を用いた方が理解がしやすいことも考えられる。

3.3 脳神経外科医師の閲覧

脳神経外科医師が共有されている知見を調べる際には、症例や患部の名称での検索と、手術する部位から検索をする二つの手法が考えられる。そのため、症例や患部の名称でのキーワード検索と、3D の脳モデルから対象の部位を指定して検索を行う二つのインタフェースを用意する必要がある。

3.4 手術中の手術室の操作

手術室から利用をする場合の使用状況は緊急時が想定されるが、通常手術時は手術用手袋を装着しているが手袋を外してキーボードやマウスを操作することは現実的ではない。そのため、モーションキャプチャなどの非接触で操作可能なインタフェースを用意する必要がある。

3.5 モーションキャプチャセンサの検討

本研究では、手術室で使用するためのインタフェースとしてモーションキャプチャセンサの利用を検討する。モーションキャプチャセンサで代表的な物として、Kinect[13] と Leap Motion Controller が挙げられる。手術室での利用を考えた際、機材や人が密集するためモーションコントローラはより小さくするべきである [2]。そのため本研究では、小さく安価で購入可能な Leap Motion Controller を利用したインタフェースを検討する。

3.6 知見共有方法の検討

本研究での知見の共有方法として、前述の Wikipedia や TAVIEWER などを参考にした物を検討する。brainCGpedia では知見の管理や収集を管理者などが行わず、脳外科医やその他の医療従事者が、知見の投稿や編集、コメントを行うことを想定している。脳外科医やその他の医療従事者による知見の投稿を行うことで、最新の知見を集めることができ、投稿された知見に対して、その他の医療従事者がコメントや編集を行うことで、知見の信頼性や正確性を上げることが可能だと考える。

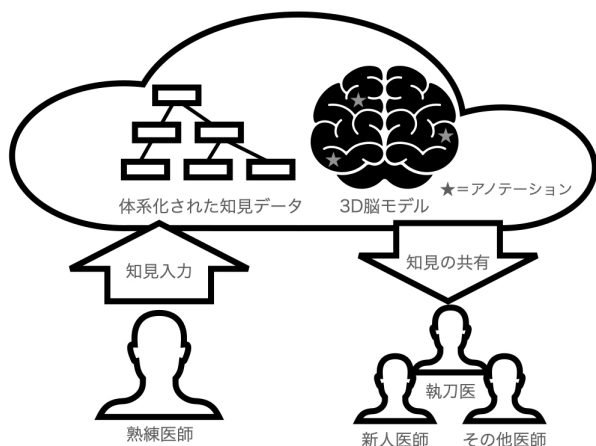


図 1: システム概要図

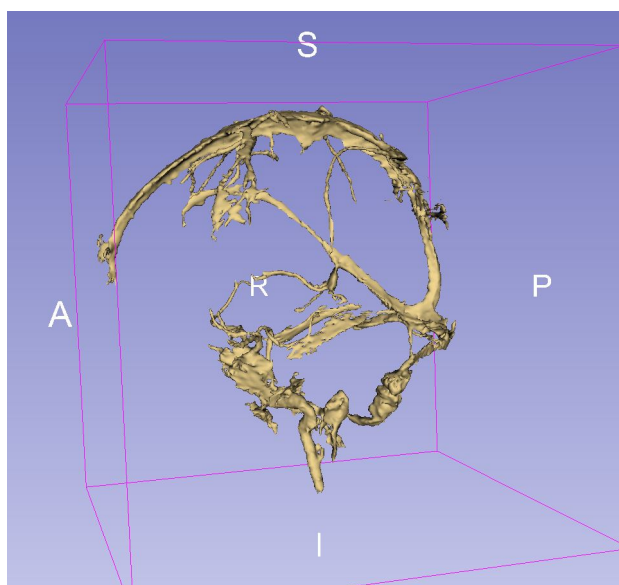


図 2: 脳の血管モデル

3.7 医療用 3D モデル利用の検討

本研究では知見データの入力、検索の際に脳の血管の 3D モデルを利用することが想定している。前述の通り、医療用の 3D モデルデータの表示事例は多数あり、本研究では Web 上で利用することを想定している。そのため本研究では、オープンソースの JavaScript ライブラリである BrainBrowser をベースに使用し、知見の入力や血管位置の指定を行うこととする。

4. 試作システム

図 1 は brainCGpedia のシステム構成図である。brainCGpedia は Web のシステムで構成する。サーバは PHP のフレームワークである Laravel[14] で構築し、入力インターフェースの 3D 部分は Three.js[15] を使用する。

4.1 知見入力インターフェース

前述の通り、熟練脳神経外科医師が知見を入力する際に、脳の血管位置を正確に表現する必要がある。そのため本システムでは、図 2 は本研究チームが DICOM データから生

図 3: 知見入力フォーム

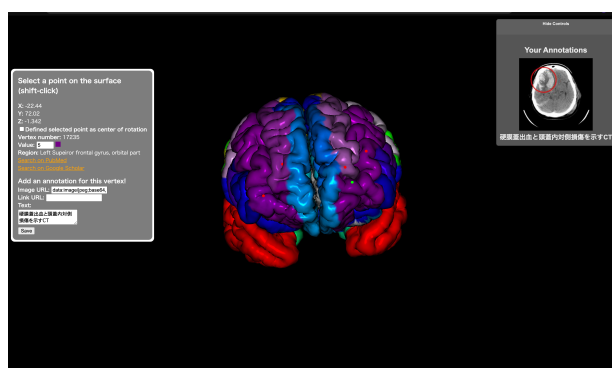


図 4: BrainBrowser を使用した症例検索

成した脳血管の 3D モデルで、脳の 3D モデルと重ね合わせて、客観に対する処置を記述する際に使用する。また図 3 のようなインターフェースで知見の入力を行う。本システムではベースのインターフェースとして、BrainBrowser[9] の Surface Viewer の機能を拡張し、モデル上での位置の指定、及びアノテーションの追加を行う。

4.2 知見検索インターフェース

本研究では知見の検索インターフェースとして、二種類のものを用意する。まずはキーワードでの検索インターフェースとして、症例や患部の名称でのキーワードで検索可能なもの。こちらは、知見入力の際に、特定のキーワードの設定、またはタグ付を行い実現する。次に図 4 のような 3D のモデルを利用し任意の部位や血管などを拡大、タップし関連部位に近い位置に紐づく症例の一覧を表示し、目的の症例を検索するインターフェースを実現する。

4.3 手術中の手術室での利用インターフェース

手術中の手術室での利用インターフェースとして、本研究では図 5 のように Leap Motion Controller を利用する。手術室からの利用の際は、前述の 3D モデルを利用した検索インターフェース操作を Leap Motion Controller から検出した任意の操作に置き換えて利用する。モデルの回転動作は、モデルを掴んで動かす動きで操作、画面下部のつまみで拡大縮小、画面右のつまみでスライス画像の操作を行う。また、画面上に手のオブジェクトを表示し、ユーザに操作の

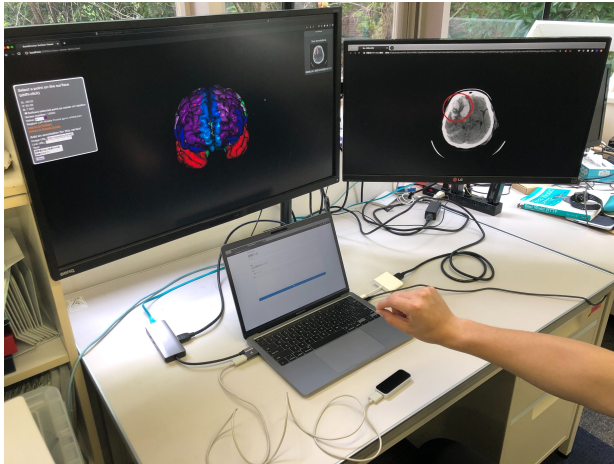


図 5: 操作イメージ

フィードバックを返すことを想定している。

5. おわりに

脳神経外科の手術の際に蓄積した知見の適切な蓄積方法と、利用方法を検討するという本研究の目標に向けて、本稿では、brainCGpedia 構築に向けての要求分析を行い、医療分野に限らず、知見の共有、医療用 3D データ表示の先行事例を調査し、プロトタイプシステムを構築した。しかし、今回構築した brainCGpedia は、実際の医療現場で利用、検証をすることができていない。そのため、今後の実際の医師に知見の入力をしてもらい手術室などでの検索評価する必要がある。

謝辞 関西医科大学脳神経外科講座 埜中正博教授 には、本研究の基礎となる医療現場に関する情報提供を始め、多大なるご指導を頂戴しました。本研究は JSPS 科研費 JP20K12086 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 小川泰右, et al., “医療サービスオントロジーに基づく医療知識の共有支援”, 人工知能学会全国大会論文集 第 23 回全国大会 (2009), 一般社団法人 人工知能学会, p. 3G11. 2009.
- [2] AFKARI, Hoorieh, et al., “The potentials for hands-free interaction in micro-neurosurgery.” Proceedings of the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Fun, Fast, Foundational, pp. 401-410. 2014.
- [3] The Open Anatomy Project
<https://www.openanatomy.org/>, (参照 2020-8-7)
- [4] TAVIEWER
<https://taviewer.openanatomy.org/>, (参照 2020-8-7)
- [5] OABROWSER
<https://www.openanatomy.org/atlas-pages/>, (参照 2020-8-7)
- [6] HeadNeckBrainSpine
<https://headneckbrainspine.com/>, (参照 2020-8-7)
- [7] FreeSurfer
<https://surfer.nmr.mgh.harvard.edu/>, (参照 2020-8-7)
- [8] 3D SLICER
<https://slicer.org/>, (参照 2020-8-7)
- [9] BrainBrowser
<https://brainbrowser.cbrain.mcgill.ca/>, (参照 2020-8-7)
- [10] 本谷崇之, 森正人, “Leap Motion を用いた 3D 再構成像閲覧のインタフェース”, 生体医工学, vol. 52, no. Supplement, pp. O-287-O-288. 2014.
- [11] 上野達也, et al., “内視鏡外科手術における術中指示システムの構築”, 日本 VR 医学会学術大会プログラム・抄録集第 14 回日本 VR 医学会学術大会, 日本 VR 医学会, p.20. 2014.
- [12] Leap Motion Controller
<https://developer.leapmotion.com/>, (参照 2020-8-7)
- [13] ZHANG, Zhengyou, “Microsoft kinect sensor and its effect”, IEEE multimedia, 2012.
- [14] Laravel
<http://github.com/laravel/laravel/>, (参照 2020-8-7)
- [15] Three.js
<https://threejs.org/>, (参照 2020-8-7)