

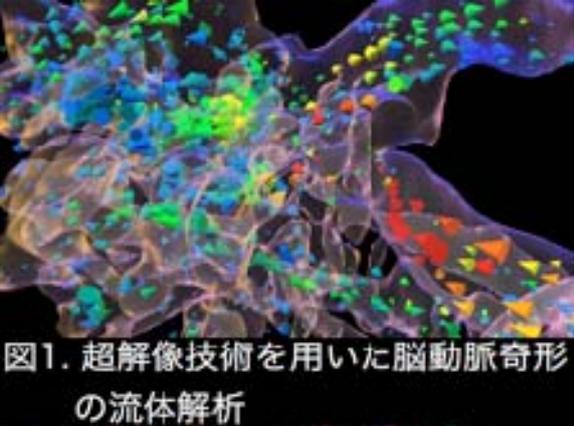
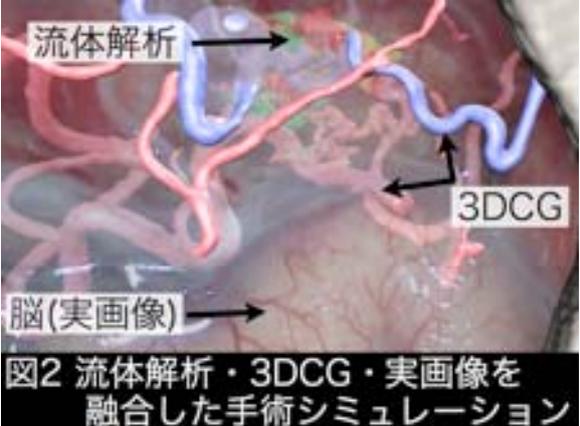
平成 28 年 4 月 1 日

平成 27 年度独立行政法人日本学術振興会
藤田記念医学研究振興基金研究助成事業研究概要報告書

独立行政法人日本学術振興会理事長殿

研究者所属・職 東京大学医学部脳神経外科 助教
氏 名 花北俊哉

本助成事業による研究について、次のとおり報告します。

1. 研究課題名
超解像技術による流体解析法を用いた時空間統合 4 次元コンピューター・グラフィックスによる脳動静脈奇形の流体解析と臨床応用
(英文名) Analysis of the flowmetry of the arteriovenous malformations with integration of 4-D computer graphics.
2. 研究実施期間
平成 27 年 4 月 1 日～平成 28 年 3 月 3 1 日
3. 助成金額
1,000 千円
4. 研究の目的
脳動静脈奇形は頭蓋内の血管に異常吻合を認める先天性疾患であり、ナイダスと呼ばれる異常吻合部の血管塊が認められる。脳動静脈奇形の異常血管は複雑な走行を呈し、正常脳組織内に埋没しているため、治療に際しては異常血管の走行や周辺脳組織の局在を正確に把握することが極めて重要であるが、従来の臨床医用画像では脳動静脈奇形の微細構造を描出することは難しい。研究代表者の所属教室では、心拍と同期した位相コントラスト法による MR アンギオグラフィーを元画像として、超解像技術 (Lanczos 法) を用いて、血行動態解析を行うことに成功した (図 1)。提案手法による解析結果では、ナイダス内の圧力が高い (=出血の危険あり) ことが示唆される客観的所見を観察することに成功した。(図 2) 血行動態の観点から、脳動静脈奇形破裂の発生機序解明や治療法の精度向上を図る事を目的とした。


図 1. 超解像技術を用いた脳動脈奇形の流体解析
図 2 流体解析・3DCG・実画像を融合した手術シミュレーション

5. 研究概要報告

(研究の方法)

超解像技術による高精細統合 4DCG による脳動静脈奇形モデルの作成および臨床応用

モデル作成のための画像処理ソフトは Avizo® (Visualization Science Group, Bordeaux, France) を中心に使用する。

1-1. 対象症例の医用画像データを取得する。MRI、CT、脳血管撮影を施行する。これらは原則として一般の日常臨床に必要な検査のみを施行し、本研究のためだけに新たに検査を追加することはしない。

1-2. 位相差コントラスト法による MR アンギオグラフィー (PC-MRA) の元画像データをフレーム内処理における Lanczos 法による超解像技術を使用して、最も空間分解能が高い医用画像検査である脳血管撮影 (3D-RA) と同じボクセルサイズに合わせる。更に脳血管撮影データも超解像技術を使用するが、Lanczos 法の前処理において、撮像範囲を絞った撮影とし、検査装置から RAW データとして取得し、2014 ピクセルサイズに再構成する。本法によって得られる脳血管撮影のデータは、0.07mm マトリックスサイズとなる (一般的な脳血管撮影は約 0.56mm マトリックスサイズ)。

1-3. PC-MRA 及び 3D-RA の元画像に加えて、他の医用画像も全てレジストレーションする (形状データだけではなく、流体解析データ、拡散強調画像によるトラクトグラフィーなどの機能・代謝画像データ、術中の脳表写真など)。融合方法は原則として形状データには正規化相互情報量法を用い、脳表写真や 2 次元脳血管撮影データと 3 次元モデルとの融合には非剛体レジストレーション (thin-plate spline 法) を用いる。

1-4. 完成した 4DCG を画像処理ソフトウェア Avizo®を用いて実際の臨床応用が可能かを検討する。

上記で構築した 4DCG を用いて脳動静脈奇形の血行動態を解析する。流入動脈、ナイダス、流出静脈の血流方向、血流速度、血流量を、心拍と同期した 4 次元情報として解析する。

用いた手術シミュレーションおよび放射線治療における臨床的有用性の検討

(研究成果)

実際に臨床応用を検討した症例は 10 例であった。

その内訳として、医用画像を用いた高精細統合 4DCG を含めた頭蓋内血管モデルを構築する事として、実際の患者画像から 10 例の脳血管奇形の 3 次元モデルを構築した。そして、実際の臨床上で稼働している LINUX へ画像応用が可能のように、ワークステーション上での画像統合手法を構築した。

この手法による臨床応用を検討された 10 例の脳血管奇形の主な内訳は、脳動静脈奇形が 7 例で硬膜動脈奇形が 3 例であった。主に放射線治療での臨床応用を検討した。この手法を用いる背景としては先行治療に使用された人工物に伴うアーチファクトの存在で通常の 2 次元画像からの治療計画立案が困難であったものが 2 例、今までの 2 次元画像では画像上病変の把握が困難で、安全に治療ができなかったものが、3 次元融合画像を統合する事で、詳細なナイダスの把握が行いえた為、治療が可能となった症例が 4 例、また 2 次元画像では、病変の存在がはっきりせず照射が過少になってしまう恐れがあったものの、3 次元画像の統合に伴い照射が可能となったものが 4 例存在した。

4 次元流体解析の統合は現時点で安定した手技手法を構築中である。手術摘出症例前に検討を行った症例の課題としては、急性期の出血発症例などでは、血腫存在およびその吸収過程により、安定した画像構築が難しい点が挙げられた。また、手術中の血流計測との相関性も今後の検討課題であると考えられた。今後同一手法を用いた症例数の蓄積および、放射線治療が行われた症例に対して、治療後観察期間中に PC-MRA を定期的に撮影する事で、一定の観察期間後行った流体解析をによって、頭蓋内血流の変化などを解析する事が可能になる事が期待される。

4D 流体解析法の簡易的で安定した手技構築へ現在も改良中である。

流体解析時に用いる 3 次元融合画像に基づいた脳動静脈奇形の病態把握および、その治療応用への有用性に関する報告を、統計学的検討を加えて、現在英語論文にて執筆登校準備中である

6. 研究成果の発表について

独立行政法人日本学術振興会藤田記念医学研究振興基金研究助成事業の英文称：
「JSPS Fujita Memorial Fund for Medical Research」

研究者所属・職 東京大学脳神経外科 助教
氏 名 花北俊哉

○論文発表 発表者名、テーマ名、発表誌名・巻号、発刊年月を記入してください。
また、別刷り2部を必ず添付してください。

現在英語論文執筆投稿準備中

○口頭発表 発表者名、テーマ名、会合名、発表年月日を記入してください。

現在研究成果を検討中

○著 書 著者名、出版社名、刊行年月日、共著または単著の別を明記してください

注：

- (1) 研究成果を学会誌等で発表する場合には、独立行政法人日本学術振興会藤田記念医学研究振興基金研究助成事業による助成を受けた旨を必ず明記して下さい。
また、その別刷り2部を「研究概要報告書」と共に必ず提出して下さい。
- (2) 本基金の助成に係る代表的な論文、口頭発表及び著書にはタイトルの前に○を付けて下さい。