

【別紙 2】

審査の結果の要旨

氏名 増 谷 佳 孝

本研究は、拡散 MRI の画像解析に基づき脳白質線維束を描出する Tractography の錐体路への応用において、撮像時間に制限のある臨床データにおいても上縦束との線維交叉問題を解決可能な新しい手法を開発し、臨床データにより検証することを目的としたもので、下記の結果を得ている。

1. 錐体路との主要な交叉線維である上縦束に注目し、これを拡散 MRI データから仮想的に除去する処理により、錐体路の追跡を容易にする手法を開発した。すなわち、DTI において比較的容易に抽出可能な上縦束の領域を、拡散異方性、テンソル主方向などの拡散テンソルの属性による領域拡張を用いて事前抽出し、同領域の拡散テンソルを周辺の錐体路のテンソルで補間し、置換することで上縦束成分のないテンソル場を再構成し、線維追跡に使用する方法である。このとき、上縦束を抽出するための拡散テンソル属性、および補間に使用する上縦束付近の拡散テンソルの選択の至適な条件を実験的に求めた。
2. 上縦束領域内でテンソル場を補間する方法として、拡散テンソルを各固有値、および固有ベクトルに分解して行う独自の手法を開発した。拡散テンソルの方位や大きさを自由に設定できる合成データ、および臨床データを用いた基礎実験により、開発したテンソル場補間の方法の特性を明らかにし、補間テンソルにおける異方性低下に対する抑制効果の点で、文献で発表されている他の方法に対する優位性を示した。
3. 錐体路の各運動機能に対する三構造、すなわち皮質延髄路、皮質脊髓路（上肢）、皮質脊髓路（下肢）をそれぞれ独立して抽出するため、機能的 MRI にて有用性が実証されている逆 Ω 構造と呼ばれるランドマークを使用して関心領域を脳の表面に沿った曲面上で設定する方法を開発し、上縦束の抽出とテンソル場補間の機能を含め、ソフトウェアとして実装した。
4. 開発した錐体路の三構造の描出手法を麻痺の範囲が限局されている単麻痺～片麻痺のラクナ梗塞症例のデータに適用し、描出された錐体路と梗塞の位置関係および症状としての麻痺部位の整合性により、描出結果および手法の妥当性を評価した。このとき、描出した錐体路の各構造と脳梗塞の位置関係から推定される運動機能の低下を定量的に評価するため、錐体路の各構造と病変の接触による「干渉率」を、梗塞と接触している線維束の領域と全体の線維束の領域の体積比により定義した。症例データ 10 例を使用して、症状の有無と錐体路の各構造における干渉率の相関を調べたところ、症状の該当する構造群の干渉率とそ

うでない群の干渉率に有意な差 ($p=0.0005$) が認められ、年齢を共変量とする共分散分析によっても同様に有意差 ($p=0.0006$) が見られた。すなわち、描出した錐体路の各構造と脳梗塞の位置関係および症状との相関が確認され、本研究で開発した手法で描出した錐体路の各構造が実際の構造をよく反映していることが示唆された。

以上、本論文は、拡散テンソル MRI を用いた線維交叉部を含む錐体路の描出改善のため、主な交叉線維である上縦束の事前抽出および拡散テンソル場の再構成による方法を開発し、単麻痺～片麻痺の脳梗塞症例のデータを使用した検証実験により、その有用性を示した。開発した手法は、大きな病変を含み変形の著しい画像への適用が困難であるなど、一定の限界はあるものの、臨床応用する上で重要な計算時間の点などでも他の手法より優れており、今後様々な応用や発展が期待される。よって本研究は、学位の授与に値するものと考えられる。