

論文内容の要旨

博士論文題目

拡散テンソル画像は、水分子の拡散運動を反映した MR 拡散強調画像を複数枚用いて算出した多次元画像であり、拡散テンソルの各要素は脳内白質における神経線維束の走行と拡散強調磁場勾配方向のなす相対的な角度に依存するものとなる。従来、拡散強調画像は定性的に臨床応用されてきたが、定量的な分析はあまり行われていない。

本論文では、MR 拡散テンソル画像のもつ多元的情報を組み合わせ、脳内白質神経線維束を抽出するためのいくつかの新しい手法を提案し、実データに適用してその有用性を明らかにする。

まず、in vivo における脳の構造と機能を定量的に解析するための一手法として、脳内白質神経線維束の強調と抽出について述べる。

次に、拡散テンソルの性質を利用したスカラポテンシャルフィールドの合成について考察する。これらの性質とは、拡散の不等方度 (Fractional Anisotropy: FA)、主軸の方向類似性に、FA の分散を加えたものである。提案手法は、線維束の方向だけに着目するのではなく、近傍との類似度を統合している点で従来手法と異なっている。このフィールド上では神経線維束の存在が確からしいと考えられる部分に高いポテンシャルが割り当てられる。その上で、フィールド上の任意の二点間の神経線維束の結合度を推定することができる。またこの手法を実際の拡散テンソル脳画像に適用した結果を示す。

さらに、拡散テンソル距離の概念を導入して、白質神経線維束の新たな強調抽出手法とその適用について述べる。この手法では神経線維束の結合度を評価するために、単位方向ごとに射影された拡散テンソル距離を用いる。射影された拡散テンソルの距離でラベリングしたマップをまず作成し、そのラベルに基づいたセグメンテーション処理を行なう。この手法により結合度を定量的に反映した脳内白質神経線維束を得ることができる。

最後に、拡散テンソル画像の定量的解析の一手法として、対称性評価について述べる。拡散テンソル画像による脳の対称性評価は、その局所的な非対称性のためにこれまで困難とされていた。ここでは大局的な対称性を評価するため、対称軸と対称平面の新たな推定法を提案する。そしてこの方法を拡散テンソル脳画像に適用した結果を示す。

氏名	佐藤 哲丸
----	-------

(論文審査結果の要旨)

本論文は、MR 拡散テンソル画像から得られる多元的情報を組み合わせ、脳内白質神経線維束を抽出するためのいくつかの新しい手法について述べたのものである。MR 拡散強調画像は、従来から定性的には臨床応用されてきたが、定量的な分析はほとんど行われていない。本研究で得られた成果は、脳内神経線維束の構造や結合度を定量解析する際に利用することができ、脳科学や臨床医学に対する寄与も大きいと考えられる。

本論文の成果は以下の2点に要約される。

- 1) 脳内白質神経線維束の走行構造を *in vivo* 状態において定量的に解析するための3種類の手法を提案した。すなわち、テンソル成分を組み合わせ、白質神経線維束を強調する手法、テンソルパラメータを合成したスカラポテンシャルフィールドによって結合度を定義する方法、および、単位方向ごとに射影された拡散テンソル距離を用いる方法である。実データへの適用を通して、それぞれの提案手法の相互比較と特長を示した。
- 2) 拡散テンソル画像の大局的な対称性を評価するため、対称軸と対称平面の新たな推定法を提案した。

これらの研究内容は学会論文誌1件、査読付国際学会4件として公表されている。本論文で提案された方法を適切に用いれば、MR 拡散テンソル画像から脳内白質神経線維束走行構造とその結合度を定量的に計測することが可能になる。これらの研究成果は、MR 画像検査の新しい可能性を示すと共に、医用画像工学研究分野の発展に対する学術面での貢献も大きいと認められる。さらに、脳科学や臨床医療への応用も期待できるものである。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。