

氏名	まつもと すみあき 松本純明
学位(専攻分野)	博士(医学)
学位記番号	医博第2149号
学位授与の日付	平成11年7月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	医学研究科分子医学系専攻
学位論文題目	A Fast Way to Visualize the Brain Surface with Volume Rendering of MRI Data (MRIデータのボリュームレンダリングによる脳表可視化を高速化する方法)

論文調査委員 (主査) 教授 高橋 隆 教授 柴崎 浩 教授 小西 淳二

論文内容の要旨

MRIで脳の高解像度ボリュームデータを得るにはT1強調の3Dグラディエントエコーシーケンスが適しており、広く使われている。このボリュームデータから脳表面画像を作成するには3次元的構造の可視化技術(レンダリング)というコンピュータグラフィックスの手法が不可欠となる。レンダリングはサーフェスレンダリングとボリュームレンダリングに大別される。目的が脳表面の可視化であるとき、前者は脳表面を隣接関係の定義された点集合で表現することに帰着する。従ってサーフェスレンダリングで正確な脳表面画像を作るには、予め脳実質領域を正確に抽出しておく必要があるが、これは実際には困難を伴う。そこで処理結果の再現性・客観性に問題があることを承知で、初歩的な画像分割技法を対話的に使いながら脳実質領域を近似的に求めるということが一般に行われている。一方ボリュームレンダリングで脳表面を可視化する場合、脳表面の正確な位置を知る必要はない。ただしモ膜下腔脳脊髄液の外に脳実質と同等かそれ以上の信号強度を持つものがあると脳表面が隠されてしまうため、頭蓋外領域と頭蓋、さらに後者に付着する硬膜や静脈洞までデータ上で除く前処理が必要である。これは脳実質領域の抽出に比べるとはるかに簡単な処理といえるが、やはり一般に手作業を多用して行われており、ボリュームレンダリングによって脳表面画像を作る上でボトルネックであった。

本研究では、この前処理を半自動化するパイプラインを開発した。これはT1強調画像の単純な性質、即ち、MRI信号強度に成立する(白質>灰白質>脳脊髄液)という関係を利用した簡素なものである。パイプラインの中心はシードボクセルからの領域拡張であるが、その前に原データに非線形フィルタをかけて実効信号対雑音比を上げておく。領域拡張は2段階より成る。第1段階では、白質内の一箇所に対話的に指定したシードボクセルを起点として、信号強度に急な変化のない白質のおよそ全域にわたる領域が抽出される。第2段階では、前段階で得られた領域を信号強度がほぼ同じか減少する方向にのみ拡張する。最後に、領域の境界面が一つになるように後処理を加えてパイプラインは完了する。シードボクセル指定を除き全行程は自動である。

このパイプラインをワークステーションに実装し、15名の正常人データに対して評価を行った。処理時間は1名のデータ(256×256×124)につき約10分であった。処理結果の再現性を評価するため、領域拡張のパラメータを固定し各データについてシードボクセルの位置を変えて20回パイプラインを実行したが、最終領域に変動は全くなかった。一方、アーチファクトの強い箇所では誤りが避けられない点、及び最終領域内に静脈洞の一部が残る点が弱点であった。誤りの指標として、最終領域に含まれなかった脳実質の体積を計上すると、平均で2.87ccであった。ボリュームレンダリングによる脳表面画像は上下左右の4方向で作成したが、下からの像では誤りが目だったものの全データで円蓋部は良好に描出された。

MRIボリュームデータから脳表面画像を作成するには、ボリュームレンダリングの方がサーフェスレンダリングよりも原理的に適している。コンピュータへの負担が少ないサーフェスレンダリングが現状ではより普及しているが、プロセッサの低価格・高性能化が進むにつれボリュームレンダリングがますます一般的になりつつある。開発したパイプラインとボ

リユームレンダリングの組合せは殆ど労力を要さず迅速に脳表を可視化する方法として有用と思われる。

論文審査の結果の要旨

ボリュームレンダリングによる脳表の可視化を迅速化するため、T1強調3Dグラディエントエコーシーケンスで得た頭部MRIボリュームデータより頭蓋内領域を近似的に抽出する一連のアルゴリズム(パイプライン)を開発した。このパイプラインの特徴は、大脳白質の任意の一点を始点として指示するだけで自動的に抽出処理を行うことにある。パイプラインの評価は健常者15人のデータを用いて行った。ボリュームデータ1セット(256×256×124)の処理に要する時間は約10分であった。また処理結果は始点の与え方の恣意性には左右されなかった。頭蓋内領域の抽出はあくまで近似的であり、平均2.87ccの脳実質領域が抽出されなかったが、ボリュームレンダリングによる脳表面像で処理結果を視覚的に評価したところでは、大脳円蓋部は良好に抽出されており、パイプラインの近似的抽出は有用であると認められた。

以上の研究は、脳回・脳溝の3次元的配置の非侵襲的観察に要する作業の自動化に貢献し、脳回・脳溝パターンの変異の意義に関する研究の推進に寄与するところが多い。

したがって本論文は博士(医学)の学位論文として価値あるものと認める。

なお、本学位授与申請者は、平成11年6月30日実施の論文内容とそれに関連した試問を受け、合格と認められたものである。