

審査の結果の要旨

氏名 三原 啓明

本論文は、複数の異なる撮像パラメータで取得された核磁気共鳴画像から高周波 RF 磁場不均一性を補償し、特定の物理量についての定量的情報を抽出し画像化する手法に関するものであり、6章からなり、英文で書かれている。

第1章は序文で、本研究の背景と目的について述べている。具体的には、現在の核磁気共鳴画像がデジタルデータとして保存されているにもかかわらず、信号の強度を表現している画素値が、RF 磁場強度、受信コイル感度、プロトン密度、スピン緩和時間、測定パラメータなど様々な項目の関数になっており定量的に比較できないという問題があることを指摘し、この問題を解決するべく、特定の物理量に関する情報を複数の核磁気共鳴画像を用いて抽出し、互いに比較できるようにすることを本研究の目的とすることを述べている。

第2章は、核磁気共鳴画像法の基礎理論、装置の超高磁場化による利点と問題点、核磁気共鳴画像から特定の物理量を抽出する際に問題となる様々な不均一性の原因及び、不均一性を取り除くことを目的に行われてきた手法について述べている。具体的には、RF コイルと測定対象の位置、受信コイル感度に見られる相互関係、RF 磁場不均一の主要な要因である送信 B1 磁場不均一、誘導電流、誘電共振現象による RF 磁場不均一、及びスライス選択の不完全性の影響について述べている。また、画像不均一を取り除く目的で行われている、ファントム画像を参照画像として利用した補正方法や、取得した画像に対し統計処理を行うことで不均一性を取り除く方法等の特徴と問題点について述べている。

第3章では、核磁気スピンのフリップ角が θ 及び、その二倍の 2θ となる条件で撮像した2枚の核磁気共鳴画像から送信 RF 磁場強度及び受信コイル感度の空間分布不均一性を画像化し、撮像されたオリジナル画像とこれらの空間分布情報を用いて RF 磁場不均一性を取り除いた補正画像を計算する方法を提案した。直径 3.5cm 球形水ファントムを測定対象とし、円形サーフェスコイルを用いてグラディエントエコー法で撮像された2枚の画像に対して提案方法を行い、RF 磁場強度の空間分布、受信コイルの受信感度の空間分布、及びこれらの不均一性を取り除いた補正画像を計算することが可能であることを示した。

第4章では、高磁場核磁気共鳴画像法において顕在化する水の誘電共振現象により生じる RF 磁場不均一性を画像化する方法及び、不均一性を補正した画像を得る方法を提案した。7 テスラの核磁気共鳴装置を用いて直径 3.5cm の球形水ファントムを測定対象とし、スピンエコー法を用いてフリップ角 45 度、及び 90 度となる条件で画像を撮像した。送受信コイルは、より均一な RF 磁場を作り出すボリュームコイルを用い、対象実験として撮像された灯油ファントム画像から、低い比誘電率の灯油の撮像においては、均一な RF 磁場が実現されていたことを確かめた。一方、水ファントムの画像においては、球の中心部において信号が強く、周辺部に行くに従い約 30% 信号強度が低くなっている現象を観測した。2 枚の水ファントム画像からこれら誘電共振の影響を定量的なフリップアングル値のマップとして画像化した。また、誘電共振現象により生じた画像不均一を取り除いた補正画像も計算により得られることを示した。

第5章では、3 枚の異なる撮像パラメータで撮像された核磁気共鳴画像を用いて、B1 磁場不均一及び撮像スライス選択の不完全性を補正し定量的 T1 緩和時間の空間分布を画像化する方法を提案した。1.5 テスラの核磁気共鳴装置を用い、人の頭部全体をマルチスライス・スポイルドグラディエントエコー法で 16 枚の画像として撮像した。各々の撮像スライスに対して異なる TR (撮像繰り返し時間間隔)、フリップアングルの組み合わせで 3 枚の画像を取得し、これら 3 枚の画像から T1 緩和時間の定量値情報を抽出し画像化した。得られた T1 緩和時間画像の画素値ヒストグラムから二つのピークが見て取れ、それぞれの値は、 672.9 ± 15.5 (ms)、及び 921.1 ± 24.7 (ms) で、人間の脳の白質、灰白質の T1 緩和時間に対応していることを明らかにした。

第6章は、第3章から第5章にわたる本研究の結論を述べた。

以上を要するに、本論文は核磁気共鳴画像から高周波 RF 磁場不均一性を補償し、特定の物理量についての定量的情報を抽出し画像化することを目的とし、送信 RF 磁場や受信コイルの感度、装置の利得などの影響を取り除き、測定対象由来の物理定数のみからなる関数を画像化する方法を提案し、円形サーフェイスコイルによる画像、超高磁場 MRI 画像、及び定量的 T1 緩和時間画像においてその有効性を示したもので、電子工学、特に、医用生体工学の分野において貢献するところが少なくない。

よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。