

## 論文の内容の要旨

論文題目： RF inhomogeneity correction method for quantitative magnetic resonance imaging

(和訳)： 定量的核磁気共鳴画像法における RF 磁場不均一性の補償に関する研究

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 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。

第一章は序文で、本研究の動機と目的について述べた。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、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した。

第二章は、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た。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

について述べた。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た。

第三章では、フリップ角  $\theta$  及び、その二倍のフリップ角  $2\theta$  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、円形サーフェイ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。

第四章は、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信号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。

第五章では、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、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 緩和時間の定量情報を抽出し画像化した。得られた T1 緩和時間画像の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、 $672.9 \pm 15.5$  (ms)、及び  $921.1 \pm 24.7$  (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。

第六章は、第三章から第五章にわたる本研究の結論を述べた。これら提案方法を用いることで、送信 RF パルスにより誘導される RF 磁場強度の空間分布及び受信コイルの感度空間分布の不均一性を取り除いた補正画像が得られることを示した。また、高磁場核磁気共鳴画像における水の誘電共振現象により生じる RF 磁場分布の不均一性を定量的な核磁気スピNFLリップ角として画像化し、これを補正した画像も計算により得られることを示した。定量的 T1 緩和時間分布の画像化においては、B1 磁場不均一及び撮像スライス選択の不完全性の補正を行い、定量的 T1 緩和時間の分布図として脳の白質、灰白質を識別できることを示した。本提案方法は、T1 緩和時間の定量情報を画像化する方法で、異なる装置や撮像パラメータで得られた核磁気共鳴画像に対しても適用が可能であり、定量化された画像は、共通の尺度の上で互いに比較をすることが可能となる。