



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	MRI定量的磁化率マッピングの適用拡大に関する検討 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	佐藤, 良太
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医理工学)
Dissertation Number	甲第14278号
Issue Date	2020-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/79433
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Ryota_Satoh_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（医理工学） 氏 名 佐藤 良太

	主査	准教授	タ	キンキン
審査担当者	副査	教授	白土	博樹
	副査	教授	工藤	與亮

学 位 論 文 題 名

MRI 定量的磁化率マッピングの適用拡大に関する検討
(Studies on Expansion of Applicability of Quantitative Susceptibility Mapping)

生体内には鉄タンパクなどの常磁性体や石灰化などの反磁性体が存在し、それらの異常な蓄積や欠乏は様々な疾患に関与する。Magnetic resonance imaging (MRI) で磁性体を検出する方法として、磁化率強調画像化 (susceptibility weighted imaging, SWI) 法と定量的磁化率マッピング (quantitative susceptibility mapping, QSM) 法がある。SWI 法は、組織間の磁化率差に起因した磁場変化を強調して画像化する方法であり、臨床で広く使われる一方で、装置の磁場方向に応じてコントラストが変化するため、垂直磁場型の MRI 装置で良好な画質が得られない問題がある。QSM 法は、磁化率分布を画像化する方法であり、磁場方向の依存性が少なく定量的な画素値が得られる特長がある一方で、現在臨床ではほとんど使われていない。本研究は、これらの問題に鑑みて、QSM 法を臨床で広く普及させ、磁性体に関わる様々な疾患の診断に役立てることを目的とする。第一章では、患者数の増加が予想されるアルツハイマー病に対して QSM 法に基づく新しい診断指標を提案し、従来の構造画像に基づく診断指標と比較評価した。第二章では、体幹部における QSM 法の画質向上を目的として、脂肪周辺のアーチファクトを低減する画像再構成法を開発し、前立腺を対象として画質を評価した。第三章では、垂直磁場 MRI における SWI 法の実現を目的として、QSM 法を用いた新しい画像処理法を開発し、健常ボランティア実験で画質を評価した。これらの検討により、アルツハイマー病の早期診断能向上、体幹部における QSM 法の画質向上、垂直磁場 MRI における SWI 法の画質向上を示唆する結果が得られ、QSM 法の適用範囲が対象疾患や使用可能装置の観点で広がる可能性が示された。

審査にあたり、まず副査の工藤教授から、第一章に関して、診断指標を算出するためのリファレンスとなる症例数が少ない理由について質問があった。申請者は、リファレンスに適した年齢分布を持つ症例数が十分集まらなかったためであること、リファレンスの症例数や分布が最終的な結果に与える影響は少ないことを回答した。また、第二章に関して、水と脂肪が混合するボクセルが存在した場合の提案法の精度について質問があった。申請者は、今回は前立腺を主な対象としたためそのようなボクセルが少ないが、今後脂肪肝や乳腺など水と脂肪が混合するボクセルが多く存在する系では数理モデルの改善が必要であることを回答した。第三章に関して、垂直磁

場 MRI では冠状断面で診断を行えば従来の SWI 法で問題はないのではないかという質問があった。申請者は、冠状断面であれば従来の SWI 法でも良好な画質が得られるが、横断面で撮像を行う T1 強調画像や T2 強調画像と比較しながら診断を行うために、SWI 法も横断面で撮像できることが望ましいと回答した。

副査の白土教授からは、第一章に関して、保険償還などを想定した場合の判別精度の目標値について質問があった。申請者は、症例や診断基準の影響もあるため具体的な目標値の設定が容易でないこと、今回の研究は症例や診断基準を固定した上で従来法に対する診断能の改善を評価したこと、今後も保険償還や目標値を意識しながら研究を進めていくことを回答した。第二章に関して、提案法により逆に診断能が低下する場面は想定されるかという質問があった。申請者は、前立腺のように水と脂肪が比較的明確に区別される系では基本的に診断能が向上すると想定されるが、水と脂肪が混在する系においては手法の改善が必要であることを回答した。第三章に関して、提案法によって診断能が低下する疾患は想定されるかという質問があった。申請者は、一通りの静脈の角度に対して基本的に問題がないことを確認しているため、静脈奇形のような疾患でも問題がないと考えられること、ただし今後疾患例でも十分注意して評価する必要があることを回答した。

最後に主査の夕准教授からは、第一章に関して、従来法の構造画像に基づく診断では計測条件に大きく左右される可能性があるが、従来法に適した計測条件で撮像を行っているかという質問があった。申請者は、基本的に従来法が推奨する計測条件に基づき撮像しているため、最適条件であることが想定されると回答した。また、多施設で MRI 撮像を行っているが施設間の差異を低減する処置は行っているかという質問があった。申請者は、装置の機種・撮像条件・撮像ソフトウェアのバージョンなどを揃えていると回答した。

以上、申請者は各質問に対し、自身の解析結果や先行研究の知見を引用しながら概ね適切に回答した。この論文は、国内外の学会等において高く評価されており、磁性体に関わる疾患の診断に貢献できる研究であると期待される。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ、申請者が博士（医理工学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。