

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study on Dynamic Behavior of Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles Modified with Citric Acid under Physiological Conditions
著者(和文)	MULIAWANWibias
Author(English)	Wibias Muliawan
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12905号, 授与年月日:2024年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:北本 仁孝,柘植 丈治,曾根 正人,和田 裕之,岡田 智
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12905号, Conferred date:2024/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	WIBIAS MULIAWAN	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	北本 仁孝	教授	岡田 智	准教授
	審査員	柘植 丈治	教授		
		曾根 正人	教授		
和田 裕之		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、“Study on Dynamic Behavior of Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles Modified with Citric Acid under Physiological Conditions”と題し、英文で書かれ、5章から構成されている。

Chapter 1 “General Introduction”では、本研究の背景となる磁性ナノ粒子を標識とする生体分子の磁気バイオセンシングの必要性、特徴とともに本研究の目的を述べている。本研究で対象となっている交流磁場下での液中に存在する磁性ナノ粒子のブラウン緩和に基づく磁気バイオセンシングにおいて、磁性ナノ粒子の分散と凝集の制御という視点で、特に本研究の主題である、様々なイオンを含む電解質溶液中での磁性ナノ粒子間、あるいは磁性ナノ粒子クラスタ間の磁氣的相互作用についての研究の必要性、本研究の意義および独自性を述べている。

Chapter 2 “Optimum Working Environment of CA SPIONs in Saline Environment”では、 Na^+ 、 K^+ などのイオンを含む電解質溶液中でのクエン酸修飾した酸化鉄磁性ナノ粒子の流体力学的振舞を評価した結果を述べている。低イオン濃度領域では動的光散乱法によって評価した流体力学的径の変化は小さいものの、交流磁化虚数部の周波数スペクトルにおいてブラウン緩和周波数を中心とした低周波数側へのピークの広がり観測されたと述べている。一方、高イオン濃度領域ではピークの広がりとともに流体力学的径の増大を反映したブラウン緩和周波数の減少が明確に観測されたことを示している。また、 K^+ のほうがナノ粒子の分散状態に与える影響が顕著であることも併せて示している。この章では溶液中のイオン濃度に依存して交流磁化の周波数スペクトルの変調がどのように現れるかを明らかにしている。

Chapter 3 “Effect of Interparticle and Inter-Cluster Interactions Towards Magnetization Dynamics of CA SPIONs”では、クエン酸修飾酸化鉄磁性ナノ粒子において、リン酸緩衝生理食塩水 (PBS) 中でのナノ粒子間およびナノ粒子クラスタ間の磁氣的相互作用がブラウン緩和に与える影響を交流磁化の周波数スペクトル解析から明らかにしている。そのために精密にサイズ制御された3種類の磁性ナノ粒子クラスタを合成している。磁性ナノ粒子間の磁氣的相互作用の変調ではクラスタのサイズを、ナノ粒子クラスタ間の相互作用の変調ではナノ粒子懸濁液のイオン濃度を制御したと説明している。その結果、ナノ粒子のクラスタリングによる粒子間相互作用とイオン濃度の増加によるクラスタ間相互作用の増加が、低周波領域での周波数スペクトルの広がりやブラウン緩和周波数の減少などのスペクトル変調を引き起こすことを明らかにしている。このスペクトルの変調は動的光散乱法によって評価した粒子径分布から粒子間、クラスタ間の磁氣的相互作用がないと仮定して計算によって求めた交流磁化の周波数スペクトルとは異なることから、磁氣的相互作用がスペクトル広がり原因として磁氣的相互作用が支配的であると述べている。

Chapter 4 “Effect of Buffer Solution Towards Dynamic Magnetization of CA SPIONs”では、クエン酸修飾酸化鉄磁性ナノ粒子の分散性に与える影響に関し、PBS と 2-[4-(2-ヒドロキシエ

チル)ピペラジン-1-イル]エタンスルホン酸 (HEPES) 緩衝液とを比較した結果を示している。HEPES は PBS 中のリン酸と異なり双性イオンであることから、PBS のリン酸よりも磁性ナノ粒子との相互作用が強くないことをその交流磁化の周波数スペクトルのイオン濃度依存性から明らかにしている。また、この結果から生体分子を検出する際の溶液の調製が磁性ナノ粒子の分散安定性にとって重要であることを指摘している。

Chapter 5 “General Conclusions”では、本研究で得られた知見をまとめ、本論文の結論とともに今後の研究の展望を述べている。

以上を要するに本論文では、磁性ナノ粒子を標識として用いる溶液中での生体分子の磁気バイオセンシングにおいて、電解質溶液中で顕著となる磁性ナノ粒子間、粒子クラスター間の磁氣的相互作用を交流磁化の周波数スペクトルから解析し、高精度のセンシングを実現するために必要なデータ解析に対し有益な知見を提供しており、工学上及び工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は、博士（工学）の学位論文として十分価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。