HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on surface coil arrays for electron paramagnetic resonance imaging [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	榎本, 彩乃
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11606号
Issue Date	2014-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/57735
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Ayano_Enomoto_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　　氏名　榎本　彩乃

審査担当者　主　査　教　授　平田 拓
副　査　教　授　舘野 高
副　査　教　授　根本 知己

学位論文題名

Study on surface coil arrays for electron paramagnetic resonance imaging
（電子常磁性共鳴イメージングのためのサーフェイスコイルアレイに関する研究）

榎本彩乃氏は、電子常磁性共鳴 (EPR) イメージングに用いるサーフェイスコイルアレイの実現を目的として、三つのアプローチを立案し、サーフェイスコイルアレイに関する研究を実施したものである。すなわち、連続波 EPR イメージング法における EPR スペクトルの取得を、(1) 逐次的にコイルを切り替える手法、(2) 複数の電磁波周波数を用いて同時に複数のコイルを使用する手法により実現した。さらに、(3) パルス EPR イメージング法において、逐次的にコイルを切り替える手法を実現し、三つのアプローチが実現可能であることを実証した。学位論文の第 1 章では、研究の背景と目的、サーフェイスコイルアレイを開発する戦略について述べている。研究において実施された各項目に関する評価は以下の通りである。

第 2 章では、逐次的に二つのコイルを切り替えて EPR 画像を取得するアイディアの実現可能性を示している。連続波 EPR イメージング法に使用可能な 2 チャネルの 760 MHz サーフェイスコイルアレイを試作し、その特性が明らかにされている。二つの共振回路が相互誘導現象により結合していると、各サーフェイスコイルを構成する共振回路の特性が双峰特性となり、EPR 分光計測が行えなくなる。そのため、コイル間の相互誘導現象を抑圧する手法として、共振器の伝送線路を PIN ダイオードにより短絡し回路の共振周波数を変化させる方法を考案している。サーフェイスコイルの共振回路特性の実験に加え、ラジカル水溶液による模擬試料を用いて EPR イメージング実験を実施し、逐次的にコイルを切り替える手法による EPR 画像を取得している。

第 3 章では、4 チャネルのサーフェイスコイルアレイと制御回路を開発し、ラジカル水溶液を用いた模擬試料およびマウスを in vivo イメージングした結果が述べられている。連続波 EPR イメージング法において、逐次的に 4 チャネルのコイルを切り替えるサーフェイスコイルアレイによるマウスの EPR イメージングは、著者が世界に先駆けて実現した成果である。

第 4 章では、連続波 EPR イメージング法において、複数の電磁波周波数を用いて同時に複数チャネルのコイルから信号を取得する手法の実現可能性が示されている。2 チャネルのサーフェイスコイルアレイを開発し、それぞれの共振周波数を 736 MHz と 783 MHz とすることにより、コイル間の相互誘導現象を抑圧し、同時にそれぞれのコイルを駆動し EPR スペクトルを取得することに成功した。ラジカル水溶液を用いた模擬試料の EPR 画像が取得できることを示しており、周波数領域における多重化のアイディアの実現可能性を示した実験として高く評価できる。

第 5 章では、複数の周波数を用いる計測手法における問題点 (高周波増幅器の飽和現象) を解決するために、連続波 EPR 分光装置受信部の特性を明らかにした。その結果、他のチャネルからコ

イルを介して漏れてくる電磁波により受信部の増幅器が飽和することを見いだし、増幅器の飽和を回避する回路構成のテストを実施した。その結果、増幅器の飽和現象による問題を回避し、サーフェイスコイルを一つ用いた場合と同程度の検出感度が実現できることを実験的に示している。

第 6 章では、300 MHz パルス EPR イメージング装置において、4 チャネルのサーフェイスコイルアレイの実現可能性試験を述べている。逐次的にコイルを切り替えると共に共振周波数を移動させる手法により、ラジカル水溶液およびマウス後肢の腫瘍において EPR イメージングが実現できることを示しており、パルス EPR イメージングおける初めての実施例を報告している。

第 7 章では、コイルの切り替えに伴い共振周波数を変化させない 4 チャネルのアレイコイルに関する実験を報告している。パルス EPR イメージング法では、共振器の共振先鋭度が低いことや近接するコイルが空間的に直交していることを用いて、周波数の切り替えを行わない 4 チャネル・サーフェイスコイルアレイを実現している。

第 8 章では研究の成果について総括している。著者の学位論文は、電子常磁性共鳴イメージングに用いるサーフェイスコイルアレイの実現可能性を示しているばかりでなく、実際に小動物のフリーラジカル分子イメージングに適用できることを示している。

これを要するに、著者は EPR イメージングにおいて世界に先駆けてサーフェイスコイルアレイの関する新しい知見を得たものであり、電子常磁性共鳴イメージング分野において新しい計測手法の開発に貢献するところ大なるものがある。よって著者は北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。