

京都大学教育研究振興財団助成事業
成 果 報 告 書

平成29年6月12日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団

会 長 辻 井 昭 雄 様

所属部局・研究科 大学院工学研究科 電気工学専攻

職 名・学 年 助教

氏 名 伊 藤 陽 介

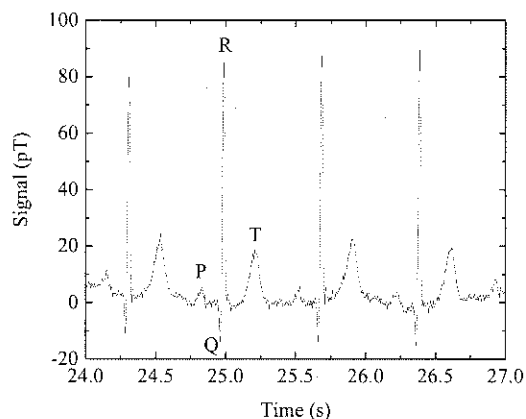
助成の種類	平成29年度 ・ 在外研究助成		
研究課題名	超高感度原子磁気センサを用いたMEG-MRIマルチモーダルシステムに向けた検討		
受入機関	PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTAL(PTB)		
渡航期間	平成 29年 4 月 6 日 ～ 平成 29年 6 月 1 日		
成果の概要	タイトルは「成果の概要／報告者名」として、A4版2000字程度・和文で作成し、添付して下さい。「成果の概要」以外に添付する資料 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有()		
会計報告	交付を受けた助成金額	735,000 円	
	使用した助成金額	735,000 円	
	返納すべき助成金額	0 円	
	助成金の使途内訳	費 目	金 額 (円)
		航空賃・その他交通費	230,250
		宿泊費及び日当	504,750
当財団の助成について	(今回の助成に対する感想、今後の助成に望むこと等お書き下さい。助成事業の参考にさせていただきます。) 今回、貴財団の助成金頂くことにより本在外研究を実施することができました。厚く御礼申し上げます。		

成果の概要／伊藤 陽介

報告者は、4月6日から6月1日までドイツ物理工学研究所（PTB）にて在外研究を行った。PTBは、世界最高のシールド性能を誇る磁気シールド室（BMSR-2）を有し、それにより様々な材料の磁気特性の計測や、高精度な量子計測、生体磁場の計測等が行われている。報告者らは高感度な磁気センサである光ポンピング原子磁気センサの開発とそれによる生体磁場計測や磁気共鳴画像法（MRI）の実現を目指し研究を進めているが、磁気信号の検出では環境磁場の影響が非常に大きく、定量的な評価が難しいことが問題であった。そこで本研究では、同磁気シールド室を用いて、報告者らが研究対象としている光ポンピング原子磁気センサの特性評価とその生体磁場計測やMRIへの応用について検討を行った。

まず、通常の超伝導量子干渉素子（SQUID）を使用した脳磁（MEG）計測システムを用いて、実際にMEG計測を行い、実際のMEG計測における問題点と改善点について検討をした。被験者は聴覚刺激に合わせボタン押しのタスクを行い、そのときに賦活する脳領域を頭表の周りに配した128チャンネルのセンサで計測した。光ポンピング原子磁気センサと比較し、SQUIDは技術も成熟しているため、頭表に配置したセンサにも、心臓から生じる磁場（心磁）が観測されるなど高感度であり、非常に安定した信号が得られた。しかしながら、センサを超伝導状態に保つ必要があり、液体ヘリウムで満たした容器内に設置しなければならない。そのため、センサと信号源との距離が大きくなることや容器と頭のサイズが合わない場合に頭の固定が難しかった。光ポンピング原子磁気センサの場合は液体ヘリウムを必要としないため、頭表に密着させることにより信号源に近い位置での計測が可能となる。

上記を踏まえ、光ポンピング原子磁気センサとしてQuSpin社製の磁気センサQZFMを用いて、BMSR-2内で生体磁場の計測を行った。まず、センサの動作確認としてクォーツ式の腕時計をセンサの近傍に配置してそのムーブメントから発生する磁場を計測した。この結果、1秒間隔でスパイク上の急峻なピークが確認され、磁気センサが働いていることを確認した。その後、被験者の心臓の直上にセンサを配し、



図：光ポンピング原子磁気センサで計測した心磁

心磁を計測した。その結果、幅広い周波数帯域にわたってノイズが抑えられ、非常にクリアに典型的な心磁の計測ができた。特に低周波帯のノイズが抑えられたことにより信号のドリフトが少なく、長時間の計測にも耐えうるということがわかった。また、閉眼時の視覚野から生じる脳磁についても計測し、特徴的な8-13 Hzの α 波帯の律動が観測された。これらの結果から、光ポンピング原子磁気センサの低周波帯のノイズに関しては、シールド特性の良い磁気シールドを用いることで抑制することが可能であり、センサのシステムノイズ

ではなく磁気ノイズが支配的であったことがわかった。これに関しては PTB のシールドのノウハウについて学ぶべきところが多く、報告者らの有するシールドに対して応用可能な部分もあり、シールド特性の改善が見込める。

また、PTB にて低磁場 MRI を研究している研究者との意見交換により、センサの周波数帯域を広げることが MRI への応用に重要であるとの認識を共有し、SQUID を用いた低磁場 MRI の脳画像計測を見学することができた。

今回の助成により、数多くの最先端の研究に触れられ、大いに刺激を受けた。PTB では光ポンピング原子磁気センサの研究室の立ち上げを予定していることから、今後の共同研究を通じて当該分野のさらなる発展が期待される。

最後に、有意義な在外研究を可能にして頂いた京都大学教育研究振興財団に深く謝意を表す。