

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム  
研究者派遣プログラム

成果報告書

提出日：平成 30年 3月 26日

[基本情報]

○申請者

採択年度：29年度

部局名等：化学研究所

職名：特定研究員

氏名：下岡 孝明

研究課題名：幾何学的位相を用いた信号増幅と、固体中単一スピン系による超高感度磁気測定

○渡航先

国名：ドイツ連邦共和国（英語：Germany）

研究機関名：ウルム大学 理論物理学研究所

（英語：Institute of Theoretical Physics, Ulm University）

研究室名等：[研究室名] 量子ダイナミクス制御グループ

（英語：Controlled Quantum Dynamics Group）

[職名等・氏名] 研究所所長/教授・Martin B. Plenio

（英語：Director of the Institute/Prof. Martin B. Plenio）

渡航期間：平成29年05月09日～平成29年09月07日（108日）

○渡航期間中の出張

出張先：日本

目的：研究関係議論及び治療

期間：平成29年08月09日～平成29年08月29日（20日）

出張先：

目的：

期間：

出張先：

目的：

期間：

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム  
研究者派遣プログラム

[成果]

○プロジェクトの成果及び今後の展開

・研究概要

Hybrid 量子系による量子ネットワーク実装に向け、固体単一スピン系を用いた高感度磁気測定 of 理論提案を目指した。理論のモデルとしてダイヤモンド中単一 nitrogen-vacancy (NV) 中心の電子スピンに着目した。NV 中心の電子スピンは超伝導磁束量子ビットや光子との hybrid 系を構築が期待されている。本研究では固体中の電子スピンにとってノイズ要因となる外界の影響の定量的評価及び、幾何学的位相を用いた磁気測定を目指した。

・国際共同研究の立上げ・ネットワークの構築

ダイヤモンド NV 中心の電子スピンを用いた磁気測定の高感度化に向け、周囲のスピン系 (主に炭素核スピン) との磁氣的相互作用の影響は重要な意味を持つ。しかし、不均一に配置された核スピンからなる多体系のダイナミクスを効率よく評価するのは申請者の力では困難があった。M. Plenio 教授の研究室では研究室単位で精力的にこの核スピン集団との相互作用の解析を行っており、申請者は共同研究、研究室内のゼミをとおしていくつかの方法を学ぶことができた。

また、当研究室では NV 電子スピンの他にも真空中にトラップしたイオンから生物まで幅広い量子系を研究しており、単一スピン系のみを学んでいた申請者の価値観を変える十分な機会を得た。

・国際共著論文の投稿・発表等の状況、国際学会等での発表状況 [予定を含む]

[予定]

情報量の観点から見た幾何学的位相と断熱近似の再考

## 京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム 研究者派遣プログラム

### ・在外研究経験によって習得した能力等

研究室運営について多く学ぶ点があった。研究室は上述したように複数の分野を研究しており、その中で各人が分野を飛び越えた活動を頻繁に行っていた。このネットワークは当研究室の強みであり、「ある領域で成功した手法を他の領域で適応できるか」といった試みが多く見られた。研究室の構造を見てみると少数人が同一の専門を持ちつつ、研究室全体で上手くグループ間の相互作用が成立するよう運営されていた。これは研究室のメンバー(主に博士後期過程の学生やポスドク)が(1)高い専門性を持ち、またグループ内での各人の専門を把握していたことにより得られていたが、(2)研究者どうしが有機的に結び付ける範囲でテーマが分散していた点も挙げられる。一見すると異なる分野でも互いに興味を引く範囲で共通点が見られた。日本の研究室で運営と比べると博士後期過程以上の人員の密度が異なるので困難は大きいですが、主に(2)の点で今後の活動に活かしていきたい。

### ・在外研究経験を活かした今後の展開

具体的な研究手法は当然として、彼らの議論によって仕事を進める姿勢は学ぶものが多かった。議論を通して研究を進めるのは当然であるが、申請者はある程度仕事をまとめた後に学会等で議論するということが多く、日常的な活発な議論というのは比較的少なかった。これまで研究室内で学生の指導や博士課程での指導教官との議論ということはあったが、在外研究で同じ立場でかつ少し目線の異なる相手と日常的に議論を行うという現場はいい刺激であり、ゼミの雰囲気も新鮮な物であった。日本での活動時は研究者どうしの距離が物理的に離れている面もあり、日常的に多様な目線の研究者と活発な議論というのは多少の困難があるが、どうにか再現してみたいと思わせるだけの経験を得た。

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム  
研究者派遣プログラム

英文成果報告書

○申請者情報

部 局 名 : Institute for Chemical Research

職 名 : Postdoctoral Researcher

氏 名 : Takaaki Shimo-Oka

研究課題名 : Signal amplification by geometric phase shifts and  
ultra-high sensitivity magnetic sensing using single spins in solid

渡 航 期 間 : 09/May/2017~06/Sep/2017

○渡航先情報

国 名 : Germany

研究機関名 : Institute of Theoretical Physics, Ulm University

研究室名等 : Controlled Quantum Dynamics Group

受入研究者名 : Prof. Martin B. Plenio

○渡航報告

I studied high sensitivity magnetic sensors using single quantum systems in solids. Just like magnetic heads, magnetic sensors are important for realizing hybrid quantum systems. In this study, I focus on the the electron spin of the nitrogen vacancy (NV) center in diamonds as quantum devices. This is because the electron spin of NV centers are stable quantum bits, and interacts with superconductive qubits and with photons. Thus, it is ideal platform for hybrid quantum systems. For practical implementation, we should consider the noise effects. In NV studies, it is mainly carbon-13 ( $^{13}\text{C}$ ) nuclear spins in diamond, and it is difficult to simulate the complex dynamics of multiple  $^{13}\text{C}$  nuclear spins. In M.Plenio lab., I studied how to calculate the dynamics effectively with Dr. Ish.

In this laboratory, many researchers study quantum dynamics. In their models, environmental systems are not only classical systems but also macroscopic quantum systems. Moreover, there are wide-ranging studies; interactions between single spins and dozens of nuclear spins in diamond, interactions between single spins and vibrations of membrane molecules, ion trap, quantum dynamics in cells. Thus, they

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム  
研究者派遣プログラム

share basic methods and also have highly specialized knowledge. Researchers understand this advantage, and they easily make a lot of attractive collaborations between other group. Some researchers made seminar to understand each group knowledge more deeply. I also studied not only NV centers but also many type of quantum systems. For example, I studied the dynamics of dozens of nuclear spins in diamond, and this method are often used in ion trap studies.

Through this overseas study, I can study how to make a study as team: how to make a idea, how to brushup the idea. I would like to take advantage of this experience in my next steps.