ダイヤモンド NV 中心による
量子情報デバイスの実現に向けたハミルトニアンラーニング

Hamiltonian Learning for realizing quantum information devices with an NV center in diamond

○田宮志郎、倉見谷航洋、古賀悠太、石坂泰一、松田一泰、*小坂英男（横国大院理工）
○Shiro Tamiya, Kouyou Kuramitani, Yuta Koga, Taiichi Isizaka, Kazuyasu Matsuda,
***Hideo Kosaka (Yokohama Natl. Univ.)**
E-mail : *kosaka-hideo-yp@ynu.ac.jp

昨今の量子科学技術の発展は目覚ましく、量子情報処理や量子センシング等多岐にわたった研究が進められている。これらの技術の応用に向けて、量子系のハミルトニアンのパラメータに対する正確かつ高速な情報収集法および校正法の確立は、デバイスの低ノイズ化や高忠実度化、および集積化につながる中心的課題である。現在これらのパラメータ測定は一種の掃引測定やトモグラフィーなどを用いた手法がとられているが、ベイズ推定を基礎とした機械学習によるアプローチ(ハミルトニアンラーニング[1])の導入によって、大いに効率化を図ることができる。これは量子中継器および量子コンピュータを実現する上で必要とされる量子メモリの拡張や量子誤り訂正の実装、また量子センサの感度向上にもつながる技術である。

今回、我々はダイヤモンド中に存在する単一窒素欠陥中心(NV 中心)系において、ある NV 中心固有の情報およびそのダイナミクスを規定するパラメータ群の推定を上記手法により行った。本発表ではその結果を報告する。

ハミルトニアンラーニングとは、実験における測定結果の経験蓄積によって各パラメータの確率分布を更新するベイジアンパラメータ推定、そして得られた分布を基に、その収束が早まるよう次に実行する実験を決めるベイジアン実験設計とを逐次実行する手法である(図１)。本手法を用いることで実験が簡略化・最適化されるため、通常 NV 中心のパラメータ測定で行われている光検出磁気共鳴(ODMR)等の掃引測定と比較して大幅な効率向上が可能となる。また学習の推定結果の向上のためには扱うパラメータ数、サンプル数、および学習試行回数を増やすことが不可欠であるが、それに伴う計算量の増加は不可避な課題として挙げられる。その解決策として我々は勾配法の導入による実験パルスの最適化(GRAPE アルゴリズム[2])および GPGPU による並列処理をおこない、それに対処した。なお、本手法は NV 中心に限らず様々な量子系に適用可能なものである。

日頃からご議論、ご協力いただく水落憲和氏、松崎雄一郎氏、根本香絵氏、寺地徳之氏、加藤宙光氏、牧野俊晴氏、山崎聡氏に感謝申し上げます。また本研究は科研費基盤研究（S)、新学術領域「ハイブリッド量子科学」、ポスト「京」萌芽的課題、光科学技術研究振興財団研究助成、科学技術振興機構(JST) 戦略的創造研究推進事業(CREST) JPMJCR1773 の支援を受けて行われた。

[1] C.E.Geanade, C.Ferrie *et. al.*, *New J. Phys.*, 14, 103013 (2012).
[2] N. Khaneja, *et. al.*, *JMR.*, 172, 296-305(2005)

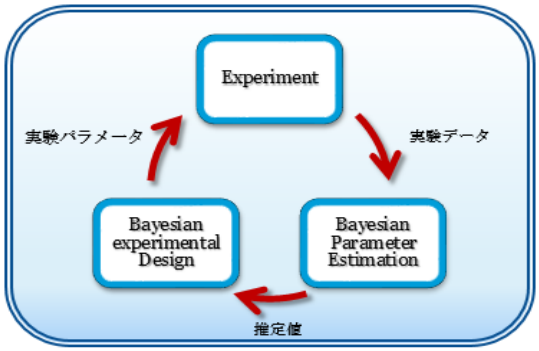

図 1 ハミルトニアンラーニングの概略

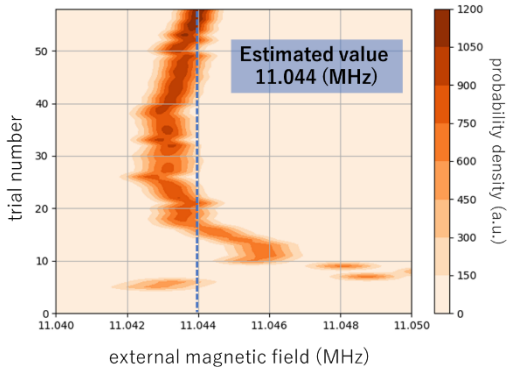

図 2 外部磁場の推定推移