

機械学習を用いた NV 中心複合量子系に対する最適量子制御

Optimal quantum control for complex quantum system in an NV center with machine learning

○倉見谷航洋、中村孝秋、佐藤恒司、長田昂大、須田雄太、関口雄平

*小坂英男 (横国大院工)

○Koyo Kuramitani, Takaaki Nakamura, Koji Sato, Kodai Nagata, Yuta Suda, Yuhei Sekiguchi,

*Hideo Kosaka (Yokohama Natl. Univ.)

E-mail : *kosaka-hideo-yp@ynu.ac.jp

ダイヤモンド内部に存在する単一窒素空孔中心 (NV 中心)は、その光学的特性およびスピンの長いコヒーレンス時間という特徴から、特別な処理をせずとも光子とスピンというハイブリッド量子情報処理を達成する[1]高いポテンシャルを持っている。これまでの研究で、電子スピンの量子状態の光子による制御[2]や、光子から核スピンの量子テレポーテーション転写[3]等の技術の原理実証が成功している。これらの技術をさらに発展させて応用利用レベルに引き上げるためには、複合量子処理の要となる NV 内の単一電子スピンおよび核スピンへのより高忠実度な制御[4]が肝要となってくる。

我々は、NV の高忠実度スピン制御を達成するという目標に対して機械学習を取り入れたアプローチを開発した。この手法は、機械学習によって NV 毎に固有のハミルトニアン情報を詳細に効率よく調べ上げるハミルトニアンラーニングと[5]、ハミルトニアン情報をもとにスピン制御用の波形を最適化する GRAPE アルゴリズム[6]という 2本の技術を基軸としている。これらを相互補完的に統合運用することで高精度な量子制御が効率よく達成可能である。

本手法はスピンに対する高忠実度制御のほかに、ハミルトニアンの詳細情報という副産物を生み出す。この情報は NV に対する量子センシング等にも有効に作用するのみならず、NV ハミルトニアン情報の固有性に着目した新たな認証技術(量子認証)なども可能となるなどその応用的価値は非常に高い。またこの手法の概念は、NV 中心以外の量子系に対しても広く一般に利用できるものである。

日頃よりご議論・ご協力いただく寺地徳之氏、加藤宙光氏、牧野俊晴氏、山崎聡氏、水落憲和氏、松崎雄一郎氏、根本香絵氏に感謝いたします。本研究は総務省 NICT 委員研究、科研費基盤 S、平山新学術領域、ポスト「京」萌芽的課題 1 の支援を得た。

[1] H. Kosaka, N. Niikura, *Phys. Rev. Lett.*, 114, 053603 (2015).

[2] Y. Sekiguchi, Hideo Kosaka *et al.*, *Nat. Photon.*, 11, 309 (2017).

[3] S. Yang, H. Kosaka *et al.*, *Nat. Photon.*, 10, 507-511 (2016).

[4] Y. Sekiguchi, Hideo Kosaka *et al.*, *Nat. Commun.*, 7, 11668 (2016).

[5] C.E. Granade, *et al.*, *New J. Phys.*, 14, 10 (2012).

[6] N. Khanuja, *et al.*, *J. Magn. Reson.*, 172, 296-305 (2005).

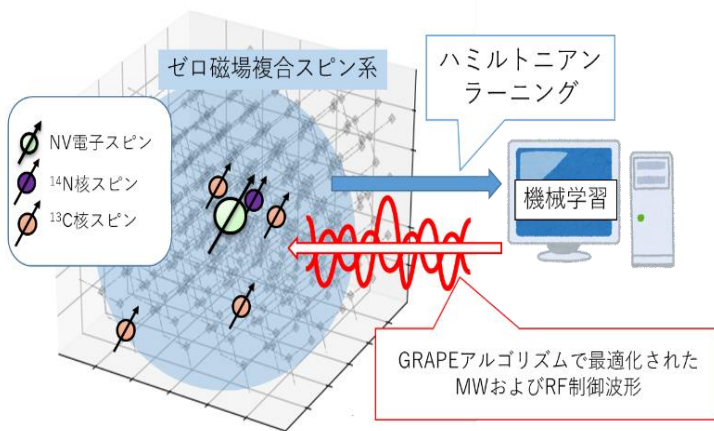


図 1 ゼロ磁場 NV 中心系に対する機械学習を利用した量子学習統合運用システム概略

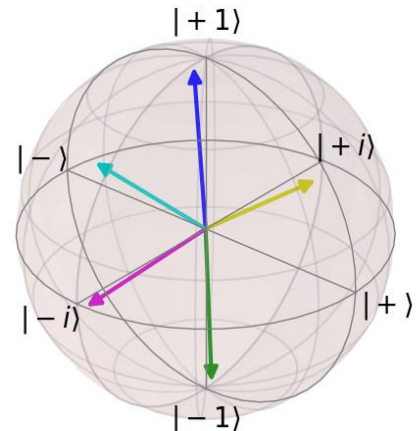


図 2 最適波形による高忠実度な電子スピン任意状態生成実験結果