

光渦ビームを用いた量子測定理論

Quantum measurement theory with optical vortex beam

○ 鹿野 豊^{1,2,3}、小林 弘和⁴

(1. 分子研 CIMoS, 2. Chapman Univ., 3. 東工大応セラ研, 4. 高知工科大)

○ Yutaka Shikano^{1,2,3}, Hirokazu Kobayashi⁴

(1. IMS, NINS, 2. Chapman Univ., 3. Tokyo Tech MSL, 4. KUT)

E-mail: yshikano@ims.ac.jp

量子情報処理において必須な要素技術として、量子状態の準備、量子状態の操作、量子状態の計測があげられる。これは、量子計算、量子通信、量子暗号といった量子情報のプロトコルに共通するものであり、現在では光を用いた実装が他の物理系に比べて進展している。そこで、我々は量子状態の計測に立脚する量子測定理論に関する光による実装の理論体系を整備することを目標とし、研究を行ってきた。

今回、注目する量子測定理論は一般化された量子測定理論体系である事後選択を含んだ形で定式化し、特に測定系と被測定系の間の測定相互作用が弱い場合を弱測定と呼び、様々な量子科学分野において応用されてきた [1]。そこで我々は、光実装の中でも光の軌道角運動量をもった光渦ビームに注目し、これを用いた量子測定 of 一般的なフレームワークを構築してきた。そして、その応用として弱測定のフレームワークをイメージング科学に応用できる可能性を示唆することが出来た。

具体的には、弱測定のフレームワークにおいて、その測定結果である弱値（一般的には複素数値をとる）を2次元のイメージングデータから決定する理論体系を構築した [2]。また、本結果を応用して、量子状態のポアンカレ球上での表現のステレオ射影点が弱値に比例するという関係を示し、偏光量子状態の可視化することにも実験的にも成功した [3]。更には、この測定相互作用の強さにより測定による影響が出てくるがその影響を解析的に調べることにも成功した [4]。最後に、これらの結果を応用することにより、量子エンタングル状態の可視化にも成功し、その一般的な測定方法の道筋を与える結果を得た [5]。本結果は実装はなされていないが、今後、実験的にどれくらいの意義があるのかについても調べていく予定である。

本講演では、本研究の基礎となっている弱測定理論を紹介した後、我々の行った光渦ビームにおける我々の得てきた結果と弱測定がイメージング科学にどのように示唆を与えるのかについて議論する。

参考文献

- [1] Y. Shikano, in *Measurements in Quantum Mechanics*, edited by M. R. Pahlavani, (InTech, Rijeka, Croatia, 2012), Chap. 4, p. 75.
- [2] H. Kobayashi, G. Puentes, and Y. Shikano, *Phys. Rev. A* **86**, 053805 (2012).
- [3] H. Kobayashi, K. Nonaka, and Y. Shikano, *Phys. Rev. A* **89**, 053816 (2014).
- [4] Y. Turek, H. Kobayashi, T. Akutsu, C.-P. Sun, and Y. Shikano, arXiv:1410.3189.
- [5] M. Tukiainen, H. Kobayashi, and Y. Shikano, in preparation.