

鹿野 豊 (特任准教授 (若手独立フェロー))(2012年2月16日着任)

A-1) 専門領域: 光物性物理学, 量子光学

A-2) 研究課題:

- a) 非平衡凝縮体の生成および検出
- b) 振動基底状態を用いた量子基礎論
- c) 光信号増幅の技術開発
- d) 操作的観点による物理学理論の再構築および情報理論の発展

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 半導体中のマイクロ共振器系における共振器ポラリトンはそのフォトルミネッセンスを検出することから凝縮体を形成することが知られている。これが平衡状態に近い系で知られているボーズ・アインシュタイン凝縮体として捉えられるかどうか問題であった。低密度励起領域では、近似的にボーズ・アインシュタイン凝縮体として解釈しても問題でないということを明らかにし、高密度励起領域では、従来のレーザー発振とは違う領域が存在することを理論的に予言し、実験でもその理論予言がサポートされる結果を得た。これを契機に新しいレーザー発振の原理や新しい準粒子の凝縮体生成メカニズムへの研究に着手した。
- b) 近年、量子情報処理を中心に注目されてきた線形パウルトラップ中の3個のカルシウムイオンを用いて、マイクロモーションである回転振動状態制御に成功し、空間的に離れたフォノンの干渉についてアハラノフ・ボーム効果を量子トンネル効果中にも実現させることにより世界で初めて成功した。
- c) 1分子光検出などで必須の技術である微弱信号の増幅技術を量子力学の干渉効果をうまく用いることにより明らかにすることが出来た。具体的には、ビームプロファイルをガウスモードではなく非ガウスモードを用いることにより、より大きな効果の信号増幅が出来ることを示した。また、非ガウスモードの典型例であるラゲールガウスモードを用いて光の偏光状態を推定する方法を提案し、実装した。
- d) 熱力学と統計力学はどちらもマクロな物理を取り扱う理論であるがその対応関係は明確になっていなかった。そこで、平衡状態において情報科学的見地を用いて操作論的に統計力学を定義し直し、もともと操作論的に定義されてきた熱力学との対応関係を情報理論的エントロピーを用いて明らかにした。そして、少数サンプルに対する情報量に関する研究に着手した。

B-1) 学術論文

**Y. SHIKANO, T. WADA and J. HORIKAWA**, "Nonlinear Discrete-Time Quantum Walk and Anomalous Diffusion," *Sci. Rep.* **4**, 4427 (2014).

**A. NOGUCHI, Y. SHIKANO, K. TOYODA and S. URABE**, "Aharonov-Bohm Effect with Quantum Tunneling in Linear Paul Trap," *Nat. Commun.* **5**, 3868 (6 pages) (2014).

**H. KOBAYASHI, K. NONAKA and Y. SHIKANO**, "Stereographical Tomography of Polarization State Using Weak Measurement with Optical Vortex Beam," *Phys. Rev. A* **89**, 053816 (5 pages) (2014).

杉尾 一, 「時空に依存する物理量概念」*時間学研究* **7**, 9-21 (2014).

杉尾 一, 「自然哲学における数量概念の歴史」*比較文化研究* **111**, 281-288 (2014).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

**Y. SHIKANO**, “On Signal Amplification from Weak-Value Amplification,” in *Kinki University Series on Quantum Computing Volume 9 “Physics, Mathematics, and All that Quantum Jazz,”* World Scientific, pp. 91–100 (2014).

**Y. SHIKANO**, “On signal amplification via weak measurement,” *AIP Conf. Proc.* **1633**, 84–86 (2014).

**H. SUGHIO**, “Reconstruction of the Concept of Physical Quantity,” *Proceedings of the 4<sup>th</sup> East Asia & Southeast Asia Conference on The Philosophy of Science*, 21 (2014).

B-3) 総説, 著書

鹿野 豊, 「Foundational Questions Institute 主催エッセイコンテスト(ラ・トッカータ)」, *日本物理学会学会誌* **69**, 326 (2014).

B-4) 招待講演

**Y. SHIKANO**, “Observation of Aharonov-Bohm effect with quantum tunneling,” Fifth Nagoya Winter Workshop on Quantum Information, Measurement, and Foundations, Nagoya University, Nagoya (Japan), March 2014.

**Y. SHIKANO**, “Stereographical Visualization of Polarization State using Weak Measurement with Optical Vortex Beam,” Interdisciplinary Workshop on Quantum Device—towards operation of the quantum information and the quantum computer—2014, National Institute of Informatics, Tokyo (Japan), March 2014.

**Y. SHIKANO**, “Toward the Polariton Lasing,” BIT’s 3<sup>rd</sup> Annual World Congress and EXPO of Advanced Materials 2014, Chongqing Yuelai International Conference and EXPO Center, Chongqing (China), June 2014.

**Y. SHIKANO**, “Discrete Time Quantum Walk Is Quantum Dynamical Simulator,” 2014 edition of the International Conference in Statistical Physics (Sigma Phi 2014), Sheraton Rhodes Hotel, Rhodes (Greece), July 2014.

鹿野 豊, 「波動関数を可視化する方法～光を用いた実験を例として～」, *プラズマ科学のフロンティア2014*, 核融合科学研究所, 土岐, 2014年8月.

鹿野 豊, 「量子ウォークによる量子シミュレーション」, *量子系の数理と物質制御への展開：量子ウォークを架け橋に*, 東北大学情報科学研究科, 仙台, 2014年9月.

**Y. SHIKANO**, “Optomechanics of Quantum Rotor,” Quantum Technologies Based On Hybrid Emitter—Solid State Systems, University of Strasbourg, Strasbourg (France), September 2014.

鹿野 豊, 「Massless Dirac Equation from Fibonacci Quantum Walk」, *RIMS 研究集会「量子場数理とその周辺」*, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2014年10月.

後藤振一郎, 「緩和過程の接触多様体上での幾何学的記述——幾何学的非平衡統計力学構築の試み——」, *分子科学研究所*, 岡崎, 2014年10月.

鹿野 豊, 「情報理論的アプローチの理論再構築の限界」, *Nagahama Workshop “From Quantum to Life,”* 長浜バイオ大学, 長浜, 2014年11月.

鹿野 豊, 「量子ウォークの数理と応用」, 第31回量子情報技術研究会(QIT31) 東北大学片平キャンパス, 仙台, 2014年11月.

鹿野 豊, 「Seeking the SIC POVM」, 3<sup>rd</sup> Yokohama Quantum Walk Workshop, 横浜国立大学, 横浜, 2014年11月.

鹿野 豊, 「Introduction to Weak Value and Weak Measurement from Historical Viewpoint」, *学融合研究 Kick Off Meeting “新たな量子物理量の基礎の探求と精密測定への応用”*, 東北大学東京分室, 東京, 2014年11月.

杉尾 一, 「物理学と認識論」, 第1回科学哲学若手の会, 京都大学, 京都, 2014年11月.

Y. SHIKANO, “Discrete-time quantum walk and Quantum dynamical simulation,” Tensor Network States: Algorithms and Applications at Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing (China), December 2014.

Y. SHIKANO, “Weak measurement with higher-order Gaussian modes,” Deep dive into the Aharonov-Albert-Vaidman amplification effect, Chapman University, Orange (U.S.A.), December 2014.

鹿野 豊, 「イオントラップを用いたフォノン干渉と量子基礎実験——量子基礎論から見たマイクロイオントラップへの期待——」マイクロイオントラップ講演会, 大阪大学基礎工学部国際棟, 大阪, 2014年12月.

鹿野 豊, 「量子計算機の基礎と実状」第6回暗号及び情報セキュリティと数学の関連ワークショップ(CRISMATH 2014) 産業技術総合研究所臨海副都心センター, 東京, 2014年12月.

杉尾 一, 「物理学にとって実在とは何か: 量子的な実在についての哲学的考察」総研大学際合同研究「新たな量子物理量の基礎の探究と精密測定への応用」第1班研究会(第2回) 総合研究大学院大学葉山キャンパス, 葉山, 2014年12月.

#### B-6) 受賞, 表彰

鹿野 豊, 平成25年度公益財団法人光科学技術研究振興財団研究表彰(2014).

Y. SHIKANO, 2013 Quantum Information Processing Top Reviewers 受賞(2014).

Y. SHIKANO, FQXi Essay Contest “It from Bit or Bit from It” Fourth Prize (2013).

#### B-7) 学会および社会的活動

##### 学協会役員等

電子情報通信学会量子情報技術時限研究専門委員会委員(2014-).

日本物理学会男女共同参画推進委員会委員(2014-).

##### 学会の組織委員等

British Council 主催 Global Innovation Lab. Workshop, パネリスト(2010).

STeLA (Science and Technology Leadership Association) JAPAN Kick off Meeting 総括責任者(2009).

世界物理年共同主催事業「物理チャレンジ2005」組織委員(2005).

世界物理年記念春のイベント「物理・ひと・未来」部会員(2005).

世界物理年春休みイベント「めざせ! 未来のアインシュタイン」運営補助員(2005).

##### 文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

文部科学省科学技術政策研究所科学技術動向研究センター専門調査員(2014-).

##### その他

橘学苑高等学校進路懇談会(2014).

早稲田大学本庄高校出前授業「どうやって小さい現象を観るのか?——光で観える限界がある!?——」(2013).

小布施 x Summer School by H-LAB 「小布施WEEKEND カフェ」登壇者(2013).

岡崎市立城北中学校出前授業「観自然~「もの」を観る様々な方法~」(2013).

World Physics Year Launch Conference “Physics for Tomorrow” 日本代表派遣学生(2005).

#### B-8) 大学での講義, 客員

チャップマン大学, 客員助教授, 2011年11月-.

## B-10) 競争的資金

大幸財団,「量子動力学シミュレータの原理の理論的探究」鹿野 豊 (2014年-2015年).

科研費特別研究員奨励費,「時間対称化された量子力学における弱値と文脈解釈による真値についての認識論的研究」杉尾 一 (2013年-2015年).

科研費若手研究(B),「微小共振器ポラリトン凝縮体生成過程の量子ダイナミクスの解析」鹿野 豊 (2013年-2015年).

日本学術振興会優秀若手研究者海外派遣事業,「時間とエネルギーに対する量子測定モデルの確立」鹿野 豊 (2009年-2011年).

科研費特別研究員奨励費,「時間とエネルギーに対する量子測定モデルの確立」鹿野 豊 (2009年-2012年).

## C) 研究活動の課題と展望

研究活動に関しては、これまでに研究を行ってきた量子情報科学の一分野である量子測定理論や量子基礎論では順調に結果を残してきている。しかし、分子科学研究所着任以後に始めた研究テーマに関しては結果が残せるタイミングであるにも関わらず、いまだに新しい研究の方向性を見いだせていない。この理由は、グループリーダーである鹿野が分子科学研究所に着任以後、自分自身の研究環境およびグループメンバーや共同研究者に対する研究環境を向上するためにグループメンバーを増やすことに努めてきたが、結果として定常的にグループにいる人数がそもそも少なくヒューマンリソースが未だに乏しい。様々な制度や構造的問題があることは別にしても、グループメンバー個々人の研究活動が本格化していないということにも理由があると思えるので、今後グループの研究活動レベルを海外の研究グループと比肩できるように一定水準まで引き上げなければならない。そのようなモチベーションを維持できるような研究環境の雰囲気作りがより一層重要であると考えている。