

平成 27, 28 年度プロジェクト研究
「量子数理に関する学際的研究」

1. 研究者

- 新居 毅人 (理工学総合研究所)
中原 幹夫 (理工学部理学科物理学コース)
近藤 康 (理工学部理学科物理学コース)

2. 総括

本プロジェクト研究では、それぞれ下記のような分担研究を行った。

- (1) 新居は、Davey-Stewartson (DS) 方程式に注目し、周期ソリトンが関連するソリトン共鳴に関する研究結果を体系的にまとめるとともに、これまで理解されていなかった相互作用の存在、その条件などを明らかにした。研究成果は [1]、[2] である。
- (2) 中原は、量子誤り訂正符号と非断熱量子制御の研究を行なった。前者では、すべての qudit に同一のエラー演算子が作用する場合に、最大の量子情報量がエラーから守られるために必要な $SU(d)$ の規約表現を求めた [3]。後者では、冷却原子気体 (BEC) における渦の非断熱生成について研究した。従来、BEC においては Berry 位相により断熱的に渦の位相を書き込んでいたが、[4] では、それを非断熱的に書き込む研究を行った。また [5] では、それを用いて渦位相を何度も書き込み、高度の巻き数を持つ渦を生成する渦ポンプの研究を行った。
- (3) 近藤の研究は量子情報分野と NMR 装置開発の 2 分野で行われた。(1) 量子ゼノン効果をそのアイデアに忠実に NMR 量子コンピュータに実装した [6]。すなわち、通常の実験のように非ユニタリー操作を磁場勾配によって導入するのではなく、同じ分子中の他の核スピンの相互作用によって実現した。この実験によって、ユニタリー時間発展だけでなく、緩和現象という非ユニタリー時間発展も量子ゼノン効果によって抑制できることを示した。(2) 構造が簡単で製作も容易な NMR 用の磁石システムの開発を行った。その成果は論文 [7] になるとともに、サムウェイ社から製品として販売されることになっている。また、サムウェイ社との協力関係も継続しており、平成 28 年度には受託研究費 (30 万円) の提供を受けた。

3. 研究成果

- [1] T. Arai and M. Tajiri “On the Existence of Parameter-Sensitive Regions: Resonant Interaction between Finite-Amplitude and Infinitesimal Periodic Solitons in the Davey–Stewartson II Equation”, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **84** 024001, (2015)

- [2] T. Arai “Analysis of line and periodic soliton interaction using exact solutions of Davey-Stewartson I equation” *Science and Technology*, No.28 (2016)
- [3] C.-K. Li, M. Nakahara, Y.-T. Poon and N.-S. Sze, Maximal noiseless code rates for collective rotation channels on qudits”, *Quantum Information Processing* 14, 4039-4055 2015.
- [4] S. Masuda, U. Gungordu, X. Chen, T. Ohmi and M. Nakahara, “Fast control of topological vortex formation in Bose-Einstein condensates by counterdiabatic driving”, *Physical Review A* 93, 013626 2016.
- [5] T. Ollikainen, S. Masuda, M. Möttönen, M. Nakahara, “Counter-diabatic vortex pump in spinor Bose-Einstein condensates”, arXiv:1610.04132 [cond-mat.quant-gas]. Accepted for publication in *Physical Review A*
- [6] Yasushi Kondo, Yuichiro Matsuzaki, Kei Matsushima and Jefferson G. Filgueiras, Using the quantum Zeno effect for suppression of decoherence, *New J. Phys.* 18 (2016) 013033.
- [7] K. Chonlathep, T. Sakamoto, K. Sugahara, Y. Kondo, A simple and low-cost permanent magnet system for NMR, *Journal of Magnetic Resonance* 275 (2017) 114.