

2020 年度報告

出版された論文

- [1] Quantum Zeno dynamics from general quantum operations  
Daniel Burgarth, Paolo Facchi, Hiromichi Nakazato, Saverio Pascazio, and Kazuya Yuasa  
Quantum **4** (2020, July) 289 (43 pages).
- [2] Dzyaloshinskii-Moriya and dipole-dipole interactions affect coupling-based Landau-Majorana-Stückelberg-Zener transitions  
Roberto Grimaudo, Hiromich Nakazato, Antonino Messina and Nikolay V. Vitanov  
Phys. Rev. Research **2** No. 3 (2020, July) 033092 (9 pages).
- [3] Eternal adiabaticity in quantum evolution  
Daniel Burgarth, Paolo Facchi, Hiromichi Nakazato, Saverio Pascazio and Kazuya Yuasa  
Phys. Rev. A **103** No. 3 (2021, March) 032214 (23 pages).

Research summary in 2020

First, the time evolution of an arbitrary finite-dimensional quantum system under frequent kicks, where each kick is a generic quantum operation, has been considered. We develop a generalization of the Baker-Campbell-Hausdorff formula, allowing to reformulate such pulsed dynamics as a continuous one. As a result, we obtain a general type of quantum Zeno dynamics, which unifies all known manifestations in the literature as well as describing new types.

Second, it has been theoretically demonstrated that two spins (qubits or qutrits), coupled by exchange interaction, undergo a coupling-based joint Landau-Majorana-Stückelberg-Zener transition when a linear ramp is applied to one of the two spins. Such a transition, under appropriate conditions, drives the two-spin system toward a maximally entangled state. We have investigated effects, on the quantum dynamics of the two qudits, stemming from the Dzyaloshinskii-Moriya (DM) and dipole-dipole (d-d) interactions, qualitatively and quantitatively. Since the Hamiltonian of the two spins has a symmetry, an exact treatment of the quantum dynamics is possible. We have transparently revealed that the DM and d-d interactions generate independent, enhancing or hindering, modifications in the dynamical behavior predicted for the two spins coupled exclusively by the exchange interaction.

本研究ではまず、一般の量子演算であるところのキック (瞬間的なユニタリ変換) を頻繁に受け続ける任意の有限次元量子系の時間発展を明らかにした。有名な Baker-Campbell-Hausdorff 公式を一般化することで、頻繁なキックの下でのパルス的時間発展は連続的な時間発展として再定式化することが可能となる。こうして、いわゆる量子ゼノンダイナミクスの一般的形式が得られることとなった。これによって、量子ゼノンダイナミクスの実現に関してこれまで知られていたすべての形式 (頻繁な測定, 強結合, 頻繁なキック) が統一的に理解できるようになったばかりか、新たな形式の提案を可能とするものとなった。

さらに、量子ゼノンダイナミクスをより精密化することで、量子系の保存量は、摂動に対して耐性のない、すなわち、時間とともに摂動の効果が無視できない大きさまで積みあがってしまう「脆弱な保存量」と、時間がいくら経ってもその変化が摂動の大きさ程度に収まり続ける「強靱な保存量」に分類できることを明らかにした。「強靱な保存量」とは非摂動ハミルトニアンの関数として与えられる保存量である。

続いて、交換力のみで結合された 2 つのスピンの (qubit あるいは qutrit) 系では、時間に比例して変化する外場を片方のスピンだけに加えても、いわゆる相互作用由来の Landau-Majorana-Stückelberg-Zener 遷移が起こることを理論的に明らかにした。このような遷移は、適当な条件の下、2 スピン系を最大絡み合い状態へと導くことができる。その中で、我々は 2 スピン系の量子ダイナミクスに対する、Dzyaloshinskii-Moriya (DM) 相互作用ならびに双極子-双極子 (dd) 相互作用の効果を定性的、定量的に調べた。この場合、系のハミルトニアンに存在する対称性のおかげで、量子ダイナミクスは厳密に取り扱うことが可能である。我々は、交換相互作用のみが存在する場合に比べて、DM 相互作用や dd 相互作用はそれぞれ独立に、促進的あるいは抑制的な効果をもたらすことを明確に示すことができた。