

「量子情報処理システムの実現を目指した新技術の創出」  
平成 17 年度採択研究代表者

宮下 精二

(東京大学大学院理学系研究科 教授)

「量子多体協力現象の解明と制御」

## 1. 研究実施の概要

本年度10月に発足し、来年度から本格的に活動を始めるために、関係者で月例の準備会セミナーを行い、研究環境を整備した。具体的には、西森による量子アニーリングの原理と研究現状、羽田野による開放系の輸送現象と非エルミートハミルトニアンとの関係、宮下による実時間量子ダイナミックスの方法および研究の現状の紹介、齊藤による非断熱変化を利用した状態スイッチに関する研究紹介がなされた。さらに、関連する研究を行っている Tim Byrnes 氏による量子アニーリングの紹介、今村氏による確率的結晶成長モデルの解析方法の紹介なども含め、量子情報処理においてどのような理論的展開が有効であるかについて理解を進めた。その結果、研究の現状についての調査ができ、またいくつかのテーマに関して研究が進み発表した。

## 2. 研究実施内容

量子情報処理において有効な手法の理論的研究を展開するにあたって、来年度から本格的に活動をはじめるとともに、チームメンバーそれぞれのテーマについて研究の現状を報告しあい、互いの理解を深めることで有機的な活動への研究環境の整備を行った。

個々のチームでは以下のテーマについて具体的な研究を進めた。これまで量子自由度を考える際に、主に実空間あるいは全系の物理量( $k=0$ )について考えることが多かったが、光格子などでは、波数の自由度が有効になることを指摘し、その操作方法の研究を行った。また、実空間量子状態における基底状態の磁化分布について、磁性分子の格子構造と整合的でない磁化が存在する場合を発見し、そこでの個々の磁化の存在形態を研究した。磁場掃引において系の運動に関しても、横磁場イジングモデルにおいて集団的な運動を反映したものを発見し、その物理的起源について研究を進めている。また、局所的なスピン構造の伝達においてドメイン壁での散乱状況についても研究をおこなった。さらに、実時間の量子状態の外場による操作に関する研究として、交流外場での操作が有効であることを指摘し、具体的な操作方法について研究した(図1)。また、量子アニーリングの原理や応用についての研究も進め、通常温度アニーリングでは全くアニール効果のない強くフラストレートした系での量子アニール効果も明らかにした。非エルミート行列が重要になる多くの現象を調べるとともに、非エルミート行列の固有値分布の計算ライブラリーの並列化など

の方法論の開発も行った。また、今後重要になると考えられる光照射と物質の応答の舞台になる、光磁性現象に関しても、特にスピנקロスオーバー現象、電荷移動現象をもとに、熱力学的性質、準安定状態の構造の研究を行った。これらの現象に関する量子的な特徴についても研究を始めている。

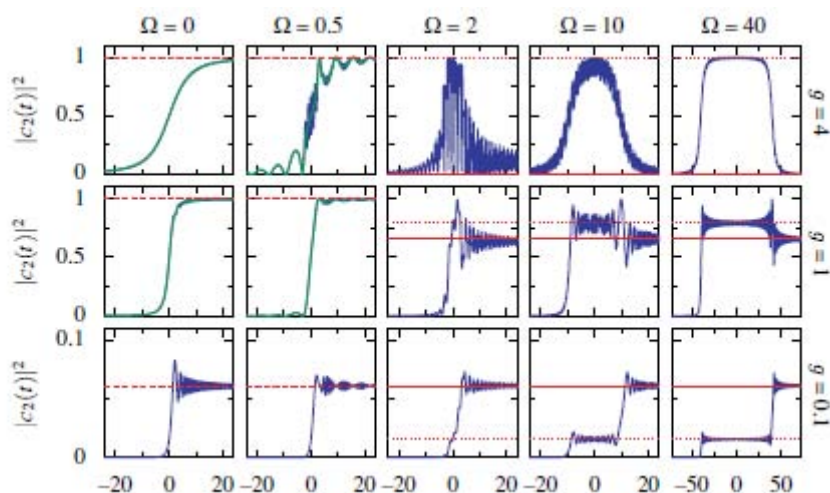


図1 交流外場で量子状態を操作する例: (M. Wubs, K. Saito, S. Kohler, Y. Kayamuma, and P. Haenggi, New J. of Phys. Vol.7 (2005) 218.より)

### 3. 研究実施体制

「東京大学」グループ

- ①研究分担グループ長：宮下 精二（東京大学、教授）
- ②研究項目：開放系輸送現象、非エルミートハミルトニアン、実時間量子ダイナミクス、非断熱変化、量子非線形波動

「東京工業大学」グループ

- ①研究分担グループ長：西森 秀稔（東京工業大学、教授）
- ②研究項目：量子アニーリング、量子誤り訂正符号、エンタングルメント

### 4. 主な研究成果の発表

(1) 論文（原著論文）発表

- K. Saito Asymmetric Heat Flow in a Mesoscopic Magnetic System J. Phys. Soc. Jpn. in press (2006)
- S. Morita, Y. Ozeki and H. Nishimori Gauge Theory for Quantum Spin Glasses J. Phys. Soc. Jpn. 75 01400 (2006)
- M. Wadati and N. Tsuchida Wave Propagations in the F=1 Spinor Bose-Einstein Condensates, J. Phys. Soc. Jpn. 75 014301-1-3 (2006)