

先端研究拠点事業—国際戦略型—
「ソフトマターと情報に関する非平衡ダイナミクス」
研究者交流プログラム 派遣報告書

2014 年 3 月 5 日

氏名(ふりがな)	関 優也 (せき ゆうや)
所属機関・部局・専攻内の所属分野	東京工業大学 理工学研究科 物性物理学専攻
身分・学年 (学生の場合は指導教員名)	博士課程 1 年 (指導教員: 西森秀稔 教授)
メールアドレス	y-seki@stat.phys.titech.ac.jp
電話番号、FAX	03-5734-4330

派遣先

受け入れ研究者氏名	Guilhem Semerjian
所属機関 (国)	Ecole Normale Supérieure (France)
身分	Assistant Professor
メールアドレス	Guilhem.Semerjian@lpt.ens.fr
研究室 URL	http://www.phys.ens.fr/~guilhem/
電話番号、FAX	+33 1 44 32 25 13

共同研究

研究課題名	和文	量子平均場模型の熱力学極限におけるエネルギースペクトル
	英文	Energy spectra in quantum mean-field models in the thermodynamic limit
場所 (国名・都市)	フランス・パリ	
派遣期間	2014 年 2 月 10 日から 2014 年 2 月 24 日	

実際に行った研究活動、成果などを1-2ページ程度で記述してください。スペース不足の場合は、用紙を追加してください。

・研究活動

今回の渡欧では、派遣先研究者の論文 [1] で提案された手法を取得する事が課題として与えられた。私は、派遣先研究者とのディスカッションを通じてこの手法を学んだ。この手法を用いることで量子アニーリングに必要な計算時間を見積もる事ができる。以下の成果の項目で学んだ手法の具体的な内容を報告する。

・成果

私は以下で説明する解析手法を取得した。この手法はランダムネスを含まない無限レンジ量子スピン模型に対し適用することができる。例えば、横磁場が印加された強磁性スピン相互作用模型や無限次元量子 XY 模型に適用可能である。この手法により、無限レンジ量子スピン模型の熱力学極限（とその付近）におけるエネルギースペクトルの解析が可能となる。計算できる量は具体的には以下の通りである：

1. 熱力学極限におけるエネルギー準位密度
2. 熱力学極限におけるエネルギーギャップ
3. スピン数が有限かつエネルギーギャップがスピン数の増加とともに指数関数的に減少する場合における、そのギャップの減少速度（指数関数の肩の係数部分）

スピン数が十分多い領域におけるエネルギーギャップの解析が可能である点がこの手法の利点である。以下の手法の意義の項目でこの点を詳しく説明する。

・手法の意義

エネルギーギャップを解析する意味を説明するためにこの研究の背景について説明する。文献 [1] では、量子アニーリングの計算時間を評価することを考えている。量子アニーリングとは、組み合わせ最適化問題を解くための量子計算モデルである。量子効果を用いることで、現存する従来のアルゴリズムよりも高速で組み合わせ最適化問題の解を求められる事が期待されている。量子アニーリングに必要な計算時間はエネルギーギャップのスピン数依存性を計算することで見積もられることが分かっている。このエネルギーギャップの計算において重要な点は、スピン数が十分大きな系を解析する必要があるということである。なぜならば、スピン数の少ない系の解析では有限サイズ効果により正しいエネルギーギャップのスピン数依存性を得られないことがあるからである。これまでの研究では数値対角化法によりエネルギーギャップの解析を行っているのでこの問題をはらんでいた。それに対し、私が学んだ手法はスピン数が十分多い領域における解析なので有限サイズ効果の影響を受けない結果を得ることができる。

・今後の展望

この渡欧をきっかけに、今後も訪問先研究者と連絡を取り合いこの研究を続けていくことになった。目下のところ、この手法を論文 [1] で調べられていない模型に対し適用することが課題である。具体的には私の論文 [2] の模型に対しこの手法を適用し、この論文 [2] では詳しく調べきれなかった指数関数的に減少するエネルギーギャップの減少速度を計算することが課題である。

・文献

[1] V. Bapst and G. Semerjian, *J. Stat. Mech.* 06007 (2012).

[2] Y. Seki and H. Nishimori, *Phys. Rev. E* 051112 (2012).