

# 湯川フェロー研究成果報告書

1. 氏名: 田中 宗

2. 研究年度: 2014 年度

3. 研究課題名: 統計物理学に立脚した量子情報科学の新しい展開

4. 研究業績の概要:

古典情報処理を用いると計算が困難とされている問題群に対する一つの解決法として、量子情報処理が期待されている。量子情報処理は、量子力学と情報科学の境界領域である量子情報科学の分野において精力的に研究が進んでいる。私は、多体系を扱う手法が整備されている統計物理学を元に、量子情報科学に挑む研究に従事した。また、統計物理学における中心的課題の一つである相転移特性の探求に取り組んだ。

(4-1) 典型的な量子統計力学モデルの基底状態におけるエンタングルメント特性を検討した。第一に、Affleck-Kennedy-Lieb-Tasaki(AKLT)モデルの基底状態であるValence-Bond-Solid(VBS)状態や、量子格子気体モデルの基底状態について取り扱った。その結果、我々の取り扱ったモデルについては、2次元エンタングルメント特性が1次元量子統計力学モデルの物性と対応関係があることを見出した。第二に、トポロジカル量子相転移を有する典型的な統計力学モデルの一つとして、クラスターモデルを題材とした研究を行った。我々はクラスターモデルを一般化させた新しい統計力学モデルを考案し、その量子相転移及び、ダイナミクス特性を、様々な秩序変数や相関関数のみならず、エンタングルメントの観点からも検討した。その結果、ごく最近注目されている“Topological blocking”と同種の現象が、我々の統計力学モデルに現れることを発見した。第三に、量子断熱計算(量子アニーリング)を念頭に置いた相転移の制御理論の構築を試みた。我々が以前提案した「透明状態における Potts 模型」の相転移の様相を詳細に検討した。

(4-2) 相転移が関与する物質における機能性を検討した。第一に、五酸化三チタンに

における相転移 ( $\gamma$ -Ti<sub>3</sub>O<sub>5</sub>  $\leftrightarrow$   $\delta$ -Ti<sub>3</sub>O<sub>5</sub>)の研究、第二に、典型的な磁気秩序構造を持つ磁性体の理論モデルによる磁気冷凍性能の解析である。

5. 当該年度の発表論文リスト:

(査読あり)

(1) “Magnetic ordered structure dependence of magnetic refrigeration efficiency”, Ryo Tamura, Shu Tanaka, Takahisa Ohno, and Hideaki Kitazawa, Journal of Applied Physics, Vol. 116, pp. 053908-1-12 (2014).

(2) “Structural phase transition between  $\gamma$ -Ti<sub>3</sub>O<sub>5</sub> and  $\delta$ -Ti<sub>3</sub>O<sub>5</sub> by breaking of one-dimensionally conducting pathway”, Kenji Tanaka, Tomomichi Nasu, Yasuto Miyamoto, Noriaki Ozaki, Shu Tanaka, Toshiaki Nagata, Fumiyoshi Hakoe, Marie Yoshikiyo, Kosuke Nakagawa, Yoshikazu Umetsu, Kenta Imoto, Hiroko Tokoro, Asuka Namai, and Shin-ichi Ohkoshi, Crystal Growth and Design, Vol. 15, pp. 653-657 (2015).

(査読なし・会議録)

(3) “Entanglement properties of a quantum lattice-gas model on square and triangular ladders”, Shu Tanaka, Ryo Tamura, and Hosho Katsura, Kinki University Series on Quantum Computing - Vol. 9, “Physics, Mathematics, And All That Quantum Jazz” (World Scientific) pp. 71-88 (2014).

(4) “A method to change phase transition nature - toward annealing method -”, Ryo Tamura and Shu Tanaka, Kinki University Series on Quantum Computing - Vol. 9, “Physics, Mathematics, And All That Quantum Jazz” (World Scientific) pp. 71-88 (2014).

(投稿中論文)

(5) “Phase diagram and sweep dynamics of a one-dimensional generalized cluster model”, Takumi Ohta, Shu Tanaka, Ippei Danshita, and Keisuke Totsuka. (arXiv:1503.03204)

(執筆予定書籍(依頼))

(6) “Quantum spin glass, annealing, and computation”, Bikas K. Chakrabarti, Jun-ichi Inoue, Ryo Tamura, and Shu Tanaka (Cambridge University Press 社より依頼を頂きました)

(7) “A bridge between quantum information science and statistical physics”, Keisuke Fujii, Masayuki Ohzeki, Ryo Tamura, and Shu Tanaka (World Scientific 社より依頼を頂きました)

(招待講演)

(A) 「クラスタ分析に対する量子アニーリングの適用」, 田中 宗, 第 17 回 関西量子情報 Student Chapter, 京都大学理学研究科 セミナーハウス 2014 年 11 月 11 日

(B) 「二次元量子多体系におけるエンタングルメントの研究」, 田中 宗, 日本物理学会 第 70 回年次大会, 21aAL-3, 2015 年 3 月 21 日

(受賞等)

(a) 「第 18 回リバネス研究費 ディスカヴァー・トゥエンティワン賞 大賞」, 2014 年 6 月

(b) 「物性研究所計算物質科学研究センター 第 4 回シンポジウム・物性研スーパーコンピュータ共同利用報告会 ポスター賞」, 2014 年 11 月

(c) 第 9 回日本物理学会若手奨励賞(領域 11), 2015 年 3 月

6. 次の所属機関: 早稲田大学 高等研究所

7. 「湯川フェロー」に対する感想・要望:

湯川フェローに選出して頂きまして、ありがとうございます。奨学金を用いて、研究に必要な書類や物品を購入することができました。おかげさまで、研究に専念することができました。今後もこのような機会を継続して続けていただけますと幸いです。