

の発表・討論を行った。

1. 基底状態や有限温度に対する **DMRG** を用いた一次元量子スピン系・電子系の研究
2. 時間依存 **DMRG** や動的 **DMRG** を用いた一次元量子スピン系・電子系のダイナミクス・非平衡状態の研究
3. 量子ホール系などの二次元電子系、光学格子系などへの **DMRG** の適用に関する研究
4. 行列積状態・テンソル積状態や量子エンタングルメントと波動関数の構造に関する研究
5. テンソルネットワーク形式を適用した二次元古典系・量子系に対する数値研究
6. その他関連する研究

[研究会の内容]

本国際研究会では手法の発展に大きな寄与をしている海外からの招待者も含めて、**DMRG** を用いた一次元量子系やテンソルネットワーク形式を用いた二次元量子系の第一線の研究者を集め、低次元量子系の数値計算に関する最新の成果について討論した。そして、より複雑な多自由度系へ適用するための新しい方向性について議論を深めた。具体的な物質系への適用例とともに新手法・新概念に関する全体像を明らかにする本国際研究会は、数値研究に携わっている研究者や、これからこれらの研究に参加しようとする若手研究者・大学院生に有用な情報を与えることができた。

海外からの招待講演を中心とした **50** 分講演 **9** 件、国内からの招待講演による **25** 分講演 **11** 件、さらに一般参加者から選ばれた **15** 分の一般講演 **6** 件の口頭発表計 **26** 件と、ポスター発表 **22** 件が三日間にわたって行われた。参加者総数は **70** 名であった。同じような主題の国際ワークショップが **8** 月に北京で、本研究会と同時期の **10-12** 月には **KITP** で開催されていた。それにもかかわらず台湾やヨーロッパからの一般参加者が多数いたことは、この分野が国際的に注目を集めていることを表している。

個別の講演の詳細は本誌に記載のプログラム・アブストラクトおよび **Web** 上に掲載されている講演ファイルに譲る。講演内容は大きく三つのカテゴリーに分けられる。第一は、従来の一次元系に対する **DMRG** やその手法の拡張（有限温度、動的性質、時間発展）に関するものであり、複雑な一次元量子系や擬二次元系の基底状態や励起状態の計算、さらに量子化学計算への適用についても議論された。第二は、低次元古典・量子系の波動関数の数学的構造に関する内容であり、行列積状態・テンソル積状態としての波動関数の構造や、その波動関数が持つエンタングルメント・エントロピーに関わる講演が行われた。**AdS/CFT** 対応を用いたエンタングルメント・エントロピー計算のレビュー講演など興味深い講演もあった。第三は、行列積状態・テンソル積状態を基盤とした新しい数値計算方式を二次元系に適用するものである。また、基本的な模型に対する手法のチェックという域は出ていないように見えるが、今後大きなブレークスルーが期待される分野である。日本においてもこの手法を用いた研究が今後発展していくと思われる。

研究会報告

研究会では講演中や講演後にも質問が飛びだし活発な討論が行われた。また休憩時間にも議論が続いて非常に有意義な研究会となった。今後、この研究会を土台としてこの分野で研究を進めている研究者を中心とした新しい国際的コミュニティが形成されることが望まれる。

研究会プログラムおよび講演のアブストラクトを以下に掲載する。また、発表のプレゼンテーションファイルも基研ホームページ

<http://www.yukawa.kyoto-u.ac.jp/contents/seminar/past-ws.html>

から閲覧可能なので参考にさせていただきたい。

【世話人】

遠山 貴己（京都大学基礎物理学研究所）（実行委員長）

引原 俊哉（北海道大学理学研究院）

柴田 尚和（東北大学理学研究科）

松枝 宏明（仙台電波工業高等専門学校）

町田 昌彦（日本原子力研究開発機構システム計算科学センター）

奥西 巧一（新潟大学自然科学研究科）

戸塚 圭介（京都大学基礎物理学研究所）

原田 健自（京都大学情報学研究科）

西野 友年（神戸大学理学研究科）

October 27 (Wed), 2010

10:40-11:30

Adrian E. Feiguin

" Finite temperature spectral functions using the time-dependent DMRG "

11:30-11:55

Hiroaki Matsueda

" Dynamics of Photoexcited Correlated Electrons - DMRG Study and MPS Viewpoint - "

11:55-12:10

Hong-Gang Luo

" Optimizing Hartree-Fock orbitals with the density matrix renormalization group "

~~~~~ Lunch (12:10 – 14:00) ~~~~~

14:00-14:50

Tao Xiang

" Renormalization of tensor-network states "

14:50-15:15

Toshiya Hikihara

" Entanglement entropy in 1D critical system with open boundaries "

15:15-15:30

Pochung Chen

" Quantum Phase Transitions of Two-species Bosons "

~~~~~ Coffee Break (15:30 – 16:00) ~~~~~

16:00-16:50

Anders Sandvik

" Matrix product states-properties and extensions "

16:50-17:15

Masahiko Machida

" A Challenge to Multi-leg Hubbard Ladders: From Directly-Extended to Cluster Multi-chain Schemes "

17:15-17:40

Masaki Tezuka

" Ultracold Fermi atom condensates: effects of disorder and imbalance in 1D "

October 28 (Thurs), 2010

9:00-9:50

Glen Evenbly

" Holographic Branching and Entanglement Renormalization "

9:50-10:15

Kenji Harada

" Entanglement renormalization on the triangular lattice "

10:15-10:30

Ling Wang

" Quantum Monte Carlo simulation with tensor Network States "

~~~~~ Coffee Break (10:30 – 11:00) ~~~~~

11:00-11:50

Zhengcheng Gu

" Grassman Tensor-net State and Its Renormalization "

11:50-12:15

Isao Maruyama

" Boundary Operator in the Matrix Product States "

12:15-12:30

Jutho Haegeman

" Applying the variational principle to (1+1)-dimensional relativistic quantum field theories "

~~~~~ Lunch (12:30 – 14:00) ~~~~~

14:00-16:30

Poster Preview & Poster Session

16:45-17:35

Eric Jeckelmann

" Investigations of Luttinger liquids with DMRG and TEBD methods "

17:35-18:00

Shigetoshi Sota

" Development of Dynamical DMRG Method using Regulated Polynomial Expansion and its Application to One-Dimensional Correlated Electron Systems "

18:30-20:30

Banquet (at saloon in front of the Conference Hall)

October 29 (Fri), 2010

9:00-9:50

Frank Verstraete

" Matrix product states for quantum field theories "

9:50-10:15

Kouichi Okunishi

" Scale free property of Wilson's numerical renormalization group "

10:15-10:30

Ying-Jer Kao

" Plaquette Renormalized Tensor Network States: Application to Frustrated Systems "

~~~~~ Coffee Break (10:30 – 11:00) ~~~~~

11:00-11:50

Shunsuke Furukawa

" Entanglement entropy in quantum critical systems: from one to two dimensions "

11:50-12:15

Naokazu Shibata

" Quantum Hall States and Entanglement Entropy "

12:15-12:30

Shu Tanaka

" Entanglement Entropy in Valence-Bond-Solid States on Symmetric Graphs "

~~~~~ Lunch (12:30 – 14:00) ~~~~~

14:00-14:50

Tadashi Takayanagi

" Geometric Calculation of Entanglement Entropy via AdS/CFT "

14:50-15:15

Keisuke Totsuka

" Hidden order and dynamics of supersymmetric VBS models "

15:15-15:40

Tomotoshi Nishino

" Wave Function Prediction: a Classical Background "

PROGRAM OF POSTER SESSION

Date: 14:00-16:30 on October 28

1. Ming-Che Chang
" Magnetization plateau of the classical Ising model on the Shastry-Sutherland lattice: A tensor renormalization-group approach "
2. Pochung Chen
" Numerical Study of Spin-1/2 XXZ Model on Square Lattice from Tensor Product States "
3. Iztok Pizorn
" Fermionic Implementation of PEPS Algorithm "
4. Ling Wang
" Quantum Monte Carlo simulation with Tensor Network States "
5. Andrej Gendiar
" Analysis of 2D Hyperbolic Surfaces by Corner Transfer Matrix Renormalization Group "
6. Toru Sakai
" Magnetization Ramp of the Kagome Lattice -An Application of Parallelized Lanczos Algorithm- "
7. Takanori Sugimoto
" Low-temperature DMRG Study of Spin-1/2 Zigzag Chain "
8. Jie Lou
" Study of quantum spin models on two-dimensional square lattice using entanglement renormalization method "
9. Feng-Li Lin

- " Topological Phase of J-J' Model on Square Lattice "
10. Masahiko Okumura
" DMRG Studies for Itinerant Ferromagnetism in a Two-leg Optical Lattice System "
 11. Robert Peters
" DMRG Spectral-functions for the Anderson-Impurity-Model "
 12. Derek Larson
" The Role of Disorder and Frustration in Producing Supersolid Phases "
 13. Susumu Yamada
" Efficiency of parallel DMRG method with multi-site clustering for quasi-two-dimensional quantum systems "
 14. Masashi Orii
" Entanglement Entropy and Energy Accuracy for the Small System Size: MPS, TTN, and MERA "
 15. Hiroaki Onishi
" Time-dependent DMRG study of orbital-degenerate Hubbard model "
 16. Hiroshi Ueda
" New Approaches to Get the Property of Quantum Spin Systems in the Thermodynamic Limit "
 17. Hiroshi Tomita
" Domain Wall Renormalization Group Analysis of the 2-dimensional Square Lattice Ising Model "
 18. Tomonori Shirakawa
" Variational Cluster Approximation combined with Dynamical Density-Matrix "
 19. Atsushi Yamamoto
" Dynamical properties of 1D optical fermionic lattices by using DDMRG "
 20. Ippei Danshita
" Transport and macroscopic quantum tunneling of one-dimensional Bose gases in an optical lattice "
 21. Jutho Haegeman
" A variational ansatz for momentum eigenstates on infinite-size quantum lattice systems in one spatial dimension "
 22. Hong-Gang Luo
" Optimizing Hartree-Fock orbitals with the density matrix renormalization group "