

研究会報告

滞在型プログラム研究会

「Physics and Chemistry in Quantum Dissipative Systems」

2010年8月9日(月)～11日(水)

京都大学基礎物理学研究所

近年の実験技術の急速な進歩により、物性物理、量子情報、光・化学反応など広い物理系において現実的なデバイス開発が盛んに行われている。しかし、このデバイス開発にはマイクロな現象に対する環境世界の影響を見込んだ設計をすることが要求されるため、量子散逸系を取り扱う非平衡統計力学理論に対する必要性が高まってきている。その標準的アプローチの一つとして、Kubo, Nakajima, Hashitsume らの日本の研究者が開発し、世界に大きな影響を与えてきたマスター方程式がある。この方程式は従来マルコフ近似下で多用されてきたが、高周波・短時間領域では熱浴との相互作用の非マルコフ効果が支配的になることから、従来のマスター方程式を超えた手法の開発をめぐり、内外の研究関心が近年急速に集まっている。

このような情勢をふまえ本プログラムでは、量子マスター方程式の発展形を模索する国内外の最先端研究者が会して今日的課題の集約を行うとともに、非平衡統計力学の発展の方向と可能性について集中的な議論を行った。

ワークショップ初日に、非マルコフ効果を取り込んだマスター方程式の開発における草分け的存在である柴田文明 お茶の水女子大学名誉教授による、量子マスター方程式についての歴史的背景と概観、さらには射影演算子を用いた具体的課題についての最新の研究成果の報告を皮切りに、谷村吉隆 京都大学教授にマスター方程式を超える新たな量子散逸系の理論手法について、早川尚男 京都大学教授に量子散逸系に対する Green-Kubo 公式を導出する新たな枠組みについての報告をいただいた。2日目には、まず Tomio Petrosky テキサス大学上級研究員よりリウビル演算子の共鳴状態を基礎にした様々な応用例について、Yijing Yan 香港科学技術大学教授に階層的な手法を用いた量子マスター方程式の扱いについての報告を頂いた。2日目にはまた宮下精二 東京大学教授に散逸下での量子ダイナミクスを取り扱う手法について、Arend G. Dijkstra 博士に量子力学的な熱浴と接触している系の非線形光学応答についての最新の研究知見について報告を受けた。最終日には、Jiushu Shao Chinese Academy of Science 教授より量子散逸系の確率論的な記述法についての報告を受けた後、内山智香子が熱浴との量子散逸系における初期相関を扱うための新たな手法についての報告を行った。

このワークショップの期間中、参加者よりの質問が多数あり、建設的な議論が大変活発に行われた。この議論を通して、ワークショップの参加者の間で非平衡統計力学理論手法の問題点についての知見を深化させるとともに、今後量子散逸系を取り扱う理論的枠組みが目指すべき方向性の共有が行われた。特に、量子マスター方程式の発展形について積極的に研究を行っている、本プログラムの共同研究者間で、共通の問題認識をもつことができたことは今後の非平衡統計力学理論の発展に大いに資するところがあるものと思われる。

なお本研究会は、基礎物理学研究所の滞在型研究プログラム「クォーク・ハドロン科学国際共同研究プログラム」の一環として実施された。

共同研究メンバー（滞在期間）：

1. 柴田 文明 お茶の水女子大学名誉教授 8/8-8/11
2. 宮下 精二 教授（東京大学）8/8-8/11
3. Jiushu Shao 教授（Chinese Academy of Science（北京））8/8-8/11
4. Yijing Yan 教授（Hong Kong University of Science and Technology）8/8-8/11
5. Tomio Petrosky 上級研究員（University of Texas at Austin）8/9-8/11,16,23

報告者氏名： 内山 智香子（山梨大学医学工学総合研究部） hchikako@yamanashi.ac.jp

プログラム

8月9日

- | | | |
|-------|--------------------|---|
| 10:00 | Hisao Hayakawa | Opening Remarks |
| 10:15 | Fumiaki Shibata | Theory of Quantum Non-equilibrium Physics
-From Introduction to Outlook- |
| 11:15 | Fumiaki Shibata | Projection Operator Method and Related Problems |
| 12:00 | Lunch | |
| 13:30 | Yoshitaka Tanimura | Nonperturbative-NonMarkovian Quantum Dissipative
Dynamics |
| 14:30 | Hisao Hayakawa | Fluctuation theorem and generalized Green-Kubo formula
for quantum dissipative systems |

8月10日

- | | | |
|-------|-------------------|--|
| 10:15 | Tomio Petrosky | Resonance states of a Liouvillian and Hofstadter's butterfly type of
singular spectrum of a Liouvillian or a protein chain in irreversible
process |
| 11:15 | Yijing Yan | Hierarchical quantum master equation theory and efficient propagators |
| 12:00 | Lunch | |
| 13:30 | Seiji Miyashita | Reduction of the system dynamics from the total system including the
environment |
| 14:30 | Arend G. Dijkstra | Nonlinear optical response of excitons in a quantum mechanical bath |

8月11日

- | | | |
|-------|------------------|---|
| 10:15 | Jiushu Shao | Stochastic Description of Quantum Dissipative Dynamics |
| 11:15 | Chikako Uchiyama | Master Equation Approach to Quantum Dissipative Systems |
| 12:00 | Chikako Uchiyama | Closing Remarks |