

フォトンサイエンス国際卓越大学院プログラム (XPS)

光科学特別実習 報告書

氏名	江馬英信
所属部局	理学系研究科 物理学専攻
研究機関・企業名	National High Magnetic Field Laboratory
日程	西暦 2022 年 1 月 10 日 ~ 西暦 2022 年 1 月 14 日

私は、2022 年 1 月 10 日から 14 日にかけて行われた、アメリカ国立強磁場研究所 (National High Magnetic Field Laboratory, NHMFL) 主催の「強磁場研究所理論 (バーチャル) ウィンタースクール」に参加し、講義を聴講した。NHMFL はフロリダ州に位置している、磁場に関する世界有数の研究所で、毎年物性理論に関する集中セミナーを開催している。今回のウィンタースクールのテーマは「非平衡量子物性」であり、固有状態熱化、多体局在、量子傷跡、フロッケ理論、ランダム回路といった様々なテーマについてのオンライン講義が行われた。講義では、講師以外の研究者も混じって活発な議論が行われた。

私は講義を聴講し、電磁場に駆動される物質の振る舞いの取り扱いなどの光科学関連分野の理解を深めた。以下にいくつかの講義の概要をまとめる。

- 量子物質における熱平衡化 (Anushya Chandran)
孤立量子多体系の熱平衡化に関して、固有状態熱化仮説 (ETH) を概観する。
- 多体局在 (Anushya Chandran)
- BBGKY、ボルツマン方程式、一般化流体力学 (Fabian Essler)
(1) BBGKY ヒエラルキーを出発点として、量子ボルツマン方程式が量子多体系のダイナミクスをどう記述するか概観する。
(2) 多数の保存則を持つ可積分量子系において、BBGKY ヒエラルキーから一般化流体力学を定式化する。
- ultraclean 固体における電子ダイナミクス : Berry 位相と流体的現象 (Joel Moore)
- フロッケ系と時間結晶 (Roderich Moessner)
周期的なハミルトニアンで時間発展する系を取り扱うフロッケの取り扱いを学ぶ。
- 超伝導 qubit を用いた量子シミュレーション (Pedram Roushan)
- カオスな振る舞いをするモデルとしてのランダム回路 (Adam Nahum)
- ハイブリッド量子回路におけるエンタングルメントダイナミクス (Romain Vasseur)
量子開放系では、エンタングルメントを生成してカオス的な振る舞いを引き起こすユニタリー発展と、測定や環境との結合に起因する非ユニタリー発展が競合する。この競合過程はランダムなユニタリーゲートと局所射影測定の素子で構成される量子回路を用いて測定されるが、測定頻度が増加すると動的相転移が生じる。この相転移を、現象論的アプローチと厳密レプリカ統計力学的アプローチから調べる。

・量子多体傷跡という新しい形のエルゴード性の破れ (Maksym Serbyn)

冷却リュードベリ原子鎖を用いた量子多体系シミュレーションにおいて、ある特別な初期状態から時間発展させると、振動的な振る舞いをして熱平衡状態になかなか至らない現象が見られた。この弱いエルゴード性の破れのメカニズムを紹介する。一次元的に原子が等間隔に並ばせ、各原子は基底状態と励起状態（リュードベリ準位）の二準位系とみなす。隣り合ったリュードベリ準位間の反発が大きいとして、近似的に PMP 模型を用いて厳密対角化を行い、いくつかの初期状態についての時間発展が数値的に調べられた。

・電子磁気共鳴を通じた量子スピンドYNAMIKSの直接観察 (Steve Hill)

【参考文献】

・2022 Theory Winter School - MagLab (2022年1月23日最終アクセス)

<https://nationalmaglab.org/news-events/events/for-scientists/winter-theory-school>

Welcome to the MagLab's 2022 Theory Winter School
"Non-equilibrium Quantum Matter"

The organizers have put a program and outstanding list of speaker to address (among other things):

1. Can we simulate non-equilibrium dynamics on intermediate-scale quantum computers?
2. Can we manipulate quantum states while fighting decoherence? (Both aspects require deep understanding of the dynamics of quantum matter far from equilibrium.)



First, an introduction to the MagLab



図. 講演の様子