



物理学第二教室 談話会

量子多体系における情報スクランブリングとカオス

沙川 貴大 氏
(東京大学大学院工学系研究科)

日時:2018年6月29日(金)

15:30 ~ 17:00

場所:理学研究科5号館第4講義室
(Room 525, Building 5)

※集中講義「量子熱力学の基礎」の最終講を兼ねる

アブストラクト:

近年、孤立した量子多体系が示す緩和や熱平衡化が、「可逆なユニタリ発展から如何にして不可逆な熱力学が創発するか」という統計力学の基礎の観点みならず、量子情報理論や冷却原子気体などの観点からも盛んに研究されている。また最近になって、ブラックホールの情報喪失問題の観点からも、孤立量子多体系が示す“カオス”的な振る舞いが注目されている。とくに、量子多体系にエンコードされた量子情報が非局在化する過程はスクランブリング (scrambling) と呼ばれており、非時間順序相関関数 (out-of-time ordered correlator, OTOC) や三体相互情報量 (tripartite mutual information) で定量化できることが知られている。しかし、スクランブリングの意味での“カオス”的なダイナミクスと、ハミルトニアン の非可積分性で特徴づけられる伝統的な意味での量子カオスとの関係は明らかではなかった。

本研究で我々は、数値厳密対角化によって系統的に三体相互情報量のダイナミクスを調べた [1]。その結果、スクランブリングは可積分性とは独立に生じること、すなわち (少数の例外的な初期状態の場合を除いて) 可積分でも非可積分でも同様にスクランブリングが生じることを明らかにした。したがって、OTOC や三体相互情報量によって特徴づけられる“カオス”性は、従来の意味での量子カオスとは無関係であると言える。また近年、量子重力のトイモデルと考えられている Sachdev-Ye-Kitaev (SYK) 模型が注目を集めており、速いスクランブリングを示すことが知られている。我々は SYK 模型の変種である「Wishart SYK 模型」を導入し、それがペーテ仮設で可解であることを明らかにした [2]。この模型においては三体相互情報量が大きなゆらぎを示し、スクランブリングがスムーズに起きないが、その機構についても議論する。

[1] E. Iyoda and T. Sagawa, Phys. Rev. A 97, 042330 (2018).

[2] E. Iyoda, H. Katsura, T. Sagawa, in preparation.