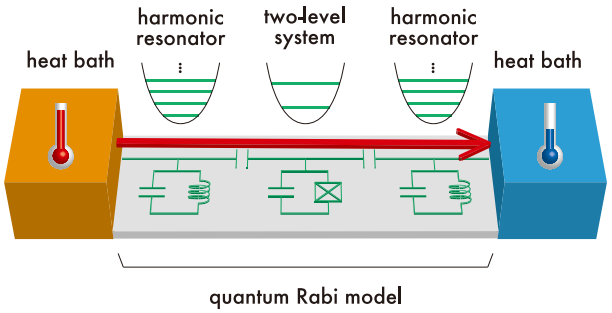
日本物理学会学生優秀発表賞（領域 4）を受賞して

物性理論研究部門　加藤研究室　博士課程 3 年　　山本 剛史

この度、第 76 回年次大会（2021 年）日本物理学会学生優秀発表賞（領域 4）を受賞させていただきました。この賞は、物理学の発展に貢献する優秀な発表を行なった学生に対して授与されるものです。このような栄誉ある賞をいただき、大変光栄です。

受賞対象となった口頭講演は、「量子ラビ模型を介した熱輸送に関する理論研究」です。近年、量子コンピュータの実現に向けて、その舞台の有力な候補の 1 つである超伝導量子回路の実験技術が凄まじい速さで発展しています。この進展により、これまで理論的な模型に過ぎなかった模型が実際の超伝導量子回路で実現できるようになってきており、量子多体効果など基礎物理的な研究が理論と実験の双方から活発に行われるようになりました。また、このような基礎物理的な研究と同時に、超伝導量子回路では量子力学的な性質を用いた量子熱デバイスに関する研究も注目されはじめています。これまでにも様々な量子熱デバイスが提案・実現されてきています[1]。このようなデバイスで知見を蓄積していくことで、マイクロメートルサイズの微小量子系で熱（エネルギー）の制御が可能となるばかりでなく、従来の古典的な熱機関とは異なる性質を示す量子熱機関の実現が可能となることが期待されます。

量子力学的な特徴が顕著となる量子熱輸送の特性は、最も基本的な量子系である 2 準位系を介した系でこれまでよく調べられてきました[2]。しかし、2 準位系はそのシンプルさがゆえに、量子熱デバイスとして複雑な機能を持たせることが困難でした。そこで、本研究では、2 準位系より自由度の多い量子ラビ模型に注目し、その模型を介した熱輸送現象を調べました。量子ラビ模型は 2 準位系に調和振動子が結合した典型的な多準位系で、近年ではトランズモン型の超伝導量子ビットと超伝導 LC 共振器を用いて実現されるようになってきています（上図参照）[3]。我々は、熱の流れやすさの指標である熱コンダクタンスの温度依存性を解析的に調べることで、強結合領域(ultrastrong coupling regime)と呼ばれる二準位系と調和振動子が強く結合している領域で、熱コンダクタンスの温度依存性に 2 つのピークが現れることを発見しました。この特徴的なふるまいは量子ラビ模型の多準位性に由来するものであり、



（図）　量子ラビ模型を介した熱輸送の概図。量子ラビ模型の 2 準位系はトランズモン型の超伝導量子ビット、調和振動子は超伝導 L C 共振器で実現される。

2 準位系では現れない性質であることを明らかにしました。また、熱コンダクタンスは 2 準位系のエネルギー差などの実験的に制御可能なパラメータに対して敏感に変化することも分かりました。これらの特徴的な熱輸送特性は熱トランジスタへの応用に有用な知見を与えることが期待されます。

本講演を行うにあたり、加藤岳生准教授をはじめ、お世話になった多くの方々に、この場を借りて心より感謝申し上げます。

[1] J. P. Pekola and B. Karimi, Rev. Mod. Phys. **93**, 041001 (2021).
[2] T. Yamamoto *et al.*, New J. Phys. **20**, 093014 (2018).
[3] A. Ronzani *et al.*, Nat. Phys. **14**, 991 (2018).
[4] T. Yamamoto and T. Kato, J. Phys.: Condens. Matter **33**, 395303 (2021).