

ものすごく効率が良くて、ありえないほどゆっくり

花里 太郎

慶應義塾大学大学院 理工学研究科 修士 2 年

2016 年 12 月 18 日

1 はじめに

今年秋に発表された、ある熱力学に関する研究結果 [1] が、注目を浴びているようである。「一般の熱エンジンの効率とスピードに関する原理的境界の発見」[3]、「熱力学に新たな原理が付加」[4]、「物理学業界が大興奮した『熱機関の限界』発見」[5]などと報道され、話題になっている。一体、どのような発見がされたのだろうか？

熱力学では、熱を仕事に変換する熱機関について、その効率の上限が与えられる。効率の限界は、高温の熱源の温度を T_H 、低温の熱源の温度を T_L とした場合に、「カルノー効率」： $\eta_C = 1 - (T_L/T_H)$ として知られている。

このカルノー効率を達成するような熱機関として、高校の物理でも知られている「カルノーサイクル」がある。カルノーサイクルは、断熱変化と等温変化を組み合わせてできているが、これらは「準静的 = 無限に時間をかけてゆっくり」行われる必要がある。したがって、カルノーサイクルの「(パワー) = (単位時間当たりの仕事量)」は、0 になる。

ここで、1つの疑問が生じる。それは、「有限な (0 でない) パワーを持ち、カルノー効率を達成する熱機関は存在するのか？」という問いである。現代に至るまでの熱力学は、時間に関する情報を与えてくれないため、この問いに肯定的にも否定的にも答えることができなかった。

最近発表された結果 [1] は、この問いに対して、多くの熱機関に対して「カルノー効率を有限のパワーで達成することは不可能である」と答えるものだという。一体、何をもとに、どのようなことがわかったのか。この新しい結果を学部生に向けて紹介するのが、本講演の目的である。

2 講演内容

講演の前半では、今までの熱力学・統計力学の歴史や、最近の発展について紹介しつつ、基本的な概念を紹介したいと考えている。学部 1,2 年生にも、熱力学や統計力学に興味を持ってもらえるよう、紹介する予定である。

講演の後半では、前半での知識をもとに、熱機関に関するトレードオフについて考えていきたい。実際に、どのようにして「有限パワー かつ カルノー効率」が禁じられるのか、証明をざっくりと紹介する予定である。

参考文献

- [1] Shiraishi, N., Saito, K., & Tasaki, H. (2016). Universal trade-off relation between power and efficiency for heat engines. *Physical review letters*, 117(19), 190601
- [2] Shiraishi, N., Saito, K., & Tasaki, H. (2016). Universal trade-off relation between power and efficiency for heat engines. arXiv preprint arXiv:1605.00356.
上記 [1] と同じ論文。フリーでアクセス可能。
- [3] 慶應義塾大学プレスリリース：「一般の熱エンジンの効率とスピードに関する原理的境界の発見」<https://www.keio.ac.jp/ja/press-releases/2016/10/31/28-18691/>
- [4] PC Watch：「慶應大ら、熱エンジンの効率を最大限に上げると出力がほぼゼロになることを証明～熱力学に新たな原理が付加」
<http://pc.watch.impress.co.jp/docs/news/1027753.html>
- [5] JBpress：「物理学業界が大興奮した『熱機関の限界』発見 古典的なはずの熱力学に新たな法則が登場」<http://jbpress.ismedia.jp/articles/-/48431>
(Web サイトは 2016 年 12 月 5 日現在)