熱で動く冷蔵庫の上限は、機関の効率と冷凍機の成績係数の積である

— アインシュタインとシラードの吸収式のように加熱の熱だけで冷やすとき、庫内から取り出せる熱を加熱の熱で割った上限は、加熱 100 ℃・外気 25 ℃・庫内 0 ℃なら 0.200992×10.926000＝2.196034 で、エントロピーの帳簿では逆温度の落差の比である。仕事を入れないことはただではなく、加熱の熱が運ぶ仕事の分を払っている — 分離子は、入れるのが仕事か、温度差のある熱か — [論文1025]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)
Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan｜山岸勇輝ラボ
2026年9月

— From thinking to syncing. —

要旨

アインシュタインとシラードは 1930 年に、動く部品が無く、加熱の熱だけで動く吸収式の冷蔵庫の特許を取った。本稿は、三つの熱源（加熱・外気・庫内）で動く冷蔵庫の可逆な上限を、閉じた式・エントロピーの釣り合い・逆温度の差の比という三つの道で出し、それが機関の効率と冷凍機の成績係数の積であること、仕事で動かす場合と比べて台所に捨てる熱が増えること、加熱の温度を上げても超えない天井があることを数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、これが本稿の芯である。熱で動く冷蔵庫の上限は、機関の効率と冷凍機の成績係数の積である——加熱 Tg・外気 Ta・庫内 Tc で、庫内から取り出せる熱を加熱の熱で割った上限は Tc(Tg−Ta)/(Tg(Ta−Tc)) で、100 ℃・25 ℃・0 ℃ならカルノー効率 **0.200992** と冷凍機の成績係数 **10.926000** の積 **2.196034** である。閉じた式・エントロピーの釣り合いの連立・逆温度の差の比の三つの道は四組の温度で 10 の −12 乗以内で一致した（第2節）。 第二に、エントロピーの帳簿では、逆温度の落差の比である——上限は (1/Ta − 1/Tg)/(1/Tc − 1/Ta)、すなわち加熱の熱が 1/Tg から 1/Ta へ落ちる分で、庫内の熱を 1/Ta から 1/Tc へ持ち上げる比である。仕事は帳簿に現れず、代わりに温度差のある熱が現れる（第3節）。 第三に、仕事を入れないことは、ただではない——庫内から 1 を取り出すのに、100 ℃の熱なら **0.455366** 要り、可逆な仕事なら **0.091525** 要る。比は **4.975333** で、カルノー効率の逆数に等しい。外気に捨てる熱は熱で動かすと **1.455366**、仕事で動かすと **1.091525** で、比 **1.333333** だけ台所が余計に暖まる（第4節）。 第四に、加熱の温度を上げても、冷凍機の成績係数を超えない——加熱を 50・100・200・300・500 ℃にすると上限は **0.845273**・**2.196034**・**4.041107**・**5.242345**・**6.712604** で、無限に上げても仕事で動かす成績係数 10.926000 が天井である（第4節）。 第五に、二つの端で上限は 0 と無限大になる——加熱が外気より 0.001 K だけ高いと上限は $\mathbf{3.664586 \times 10^{-5}}$、庫内が外気より 0.001 K だけ低いと $\mathbf{5.992543 \times 10^{4}}$ である。落差が無ければ何も動かせず、持ち上げる高さが無ければいくらでも動かせる（第5節）。 第六に、分離子は、入れるのが仕事か、温度差のある熱か——仕事を入れる冷凍機の上限は成績係数一つで書け、熱を入れる冷蔵庫の上限はそれに機関の効率が掛かる。「動く部品が無い」は帳簿の側では「圧縮機の代わりに温度差が仕事をする」である（第5節）。 キーワード：吸収式冷凍機、三つの熱源、成績係数、カルノー効率、エントロピーの釣り合い、アインシュタイン＝シラードの冷蔵庫。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——カルノー効率、冷凍機の成績係数、三つの熱源で動く可逆な冷凍機の上限、可逆過程のエントロピーの釣り合い、アインシュタインとシラードの吸収式冷蔵庫（米国特許 1930）は、いずれも既知である。実機の値を引かない——実在の吸収式冷凍機の成績係数は確かめていないので引かない。数はすべて可逆な上限である。仕組みに入らない——作動流体（ブタン・アンモニア・水）、分圧で圧縮機を置き換える仕組み、発生器・吸収器・凝縮器の構成は主題ではない。有限時間熱力学に入らない——最大仕事率での上限や有限の熱伝導は扱わない。論文311 がその側を扱った。第二法則を証明しない——エントロピーの釣り合いは前提として使う。論文126 が積分因子の道でその足場を扱った。温度は代表値である——100 ℃・25 ℃・0 ℃などは比べるための値で、特定の装置の運転温度ではない。既刊との関係：論文311 は、「効率」と呼ばれる五つのうち一つが 14.6575 になり、正しい上限が当たる上限ではないことを示した——ここでは、同じ二つの温度に三つ目を足すと、上限が二つの上限の積になることを数える。論文126 は、積分因子の存在が温度を与えないことを示した——ここでは、逆温度の帳簿だけで上限が書けることを数える。加えたのは、三熱源の上限を三つの道で一致させたこと、逆温度の落差の比として読んだこと、仕事で動かす場合と捨てる熱を比べたこと、加熱の温度を上げたときの天井を出したことである。

1. 記法と問い

設定：加熱の温度 T_g の熱源から熱 Q_g を受け取り、庫内 T_c から熱 Q_c を取り出し、外気 T_a に $Q_a = Q_g + Q_c$ を捨てる装置を見る。仕事は入れない。可逆ならエントロピーは釣り合い、

$$\frac{Q_g}{T_g} + \frac{Q_c}{T_c} = \frac{Q_a}{T_a}$$

である。上限として見る量は Q_c/Q_g（加熱の熱一つあたり取り出せる熱）である。

問い：仕事を入れない冷蔵庫の上限は何で決まり、仕事で動かす冷凍機の上限とどう違うか。

2. 三つの道

計算 2.1：(1) 閉じた式 $T_c(T_g - T_a)/(T_g(T_a - T_c))$、(2) $Q_g = 1$ と置いて釣り合いを Q_c について解く道、(3) 逆温度の差の比 $(1/T_a - 1/T_g)/(1/T_c - 1/T_a)$ の三つで、四組の温度について上限を出した。

T_g・T_a・T_c（K）	閉じた式	釣り合い	逆温度の比	カルノー効率	成績係数
373.15・298.15・273.15	2.196034	2.196034	2.196034	0.200992	10.926000
473.15・298.15・273.15	4.041107	4.041107	4.041107	0.369862	10.926000
373.15・308.15・263.15	1.018640	1.018640	1.018640	0.174193	5.847778
353.15・298.15・278.15	2.165971	2.165971	2.165971	0.155741	13.907500

三つの道は四組とも 10^{-12} 以内で一致し、どの組でもカルノー効率 $(T_g - T_a)/T_g$ と冷凍機の成績係数 $T_c/(T_a - T_c)$ の積に等しい。

> **観察 2.2**
>
> これが本稿の芯である。熱で動く冷蔵庫の上限は、機関の効率と冷凍機の成績係数の積である。加熱の熱で機関を回して仕事を作り、その仕事で冷凍機を回す、という二段の装置と同じ上限になる——一つの装置に部品が無くても、帳簿は二段に分かれる。

3. 逆温度の帳簿

> **観察 3.1**
>
> 上限は逆温度の落差の比である。Q_g は $1/T_g$ から $1/T_a$ へ落ちてエントロピー $Q_g(1/T_a - 1/T_g)$ を作り、それで Q_c を $1/T_a$ から $1/T_c$ へ持ち上げる（$Q_c(1/T_c - 1/T_a)$ を払う）——仕事はこの帳簿に一度も現れない。現れるのは、温度差のある熱だけである。

4. 台所に捨てる熱と、加熱の温度

計算 4.1：庫内から 1 を取り出すのに、100 ℃の熱で動かすと要る熱は 0.455366、外気に捨てる熱は 1.455366 である。可逆な仕事で動かすと要る仕事は 0.091525、捨てる熱は 1.091525 で、捨てる熱の比は 1.333333、要る熱÷要る仕事は 4.975333 でカルノー効率の逆数 4.975333 に等しい。

計算 4.2：外気 25 ℃・庫内 0 ℃で加熱の温度を上げると、上限は次のとおりである。

加熱の温度	上限 Q_c/Q_g	カルノー効率
50 ℃	0.845273	0.077363
100 ℃	2.196034	0.200992
200 ℃	4.041107	0.369862
300 ℃	5.242345	0.479805
500 ℃	6.712604	0.614370

加熱の温度を無限に上げても、上限は仕事で動かす成績係数 10.926000 を超えない。

> **観察 4.3**
>
> 仕事を入れないことは、ただではない。熱で動かすと、同じ冷やしに対して台所に捨てる熱が 1.333333 倍になる——増えた分は、加熱の熱のうち仕事に変えられなかった分である。

5. 極限と、分離子と、言わないこと

計算 5.1：加熱が外気より 0.001 K だけ高いと上限は 3.664586×10^{-5}、庫内が外気より 0.001 K だけ低いと 5.992543×10^{4} である。

> **観察 5.2**
>
> 分離子は、入れるのが仕事か、温度差のある熱か。仕事を入れる冷凍機の上限は成績係数一つで書け、熱を入れる冷蔵庫の上限はそれに機関の効率が掛かる——「動く部品が無い」は、帳簿の側では「圧縮機の代わりに温度差が仕事をする」である。

> **観察 5.3**
>
> 言わないこと。実在の吸収式冷凍機の成績係数は引かず、作動流体と分圧の仕組みにも入らない——有限時間の上限は論文311 の側、第二法則の足場は論文126 の側である。

6. 点呼と結び

1. 上限 **2.196034**＝**0.200992**×**10.926000**・三つの道が一致（計算 2.1）：本稿の芯。
2. 逆温度の落差の比（観察 3.1）：仕事は帳簿に現れない。
3. 要る熱 **0.455366**・要る仕事 **0.091525**・比 **4.975333**・捨てる熱 **1.455366** と **1.091525**・比 **1.333333**（計算 4.1）：ただではない。
4. 加熱 50〜500 ℃で **0.845273**・**2.196034**・**4.041107**・**5.242345**・**6.712604**（計算 4.2）：天井は **10.926000**。
5. 端の値 $\mathbf{3.664586 \times 10^{-5}}$ と $\mathbf{5.992543 \times 10^{4}}$（計算 5.1）：**0** と無限大。
6. 仕事か、温度差のある熱か（観察 5.2）：分離子・論文**311**・**126**。

結び：熱で動く冷蔵庫の上限は、機関の効率と冷凍機の成績係数の積である。加熱 **100 ℃**・外気 **25 ℃**・庫内 **0 ℃**で、庫内から取り出せる熱÷加熱の熱の上限は **0.200992×10.926000＝2.196034** で、閉じた式・エントロピーの釣り合い・逆温度の差の比の三つの道が一致した。庫内から **1** を取り出すのに要る熱は要る仕事の **4.975333** 倍、台所に捨てる熱は **1.333333** 倍で、加熱を無限に上げても **10.926000** を超えない——仕事を入れないことはただではなく、温度差のある熱が圧縮機の代わりをしている。分離子は、入れるのが仕事か、温度差のある熱かである。既刊との位置——論文**311** は正しい上限が当たる上限ではないことを、論文**126** は積分因子の存在が温度を与えないことを示した。ここでは、三つ目の熱源を足すと上限が二つの上限の積になることを数えた。正直に言えば——実在の冷蔵庫の数は一つも数えていない。

参考文献

1. Callen, H. B. (1985). *Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics*. Wiley.
2. Einstein, A., & Szilard, L. (1930). Refrigeration (U.S. Patent 1,781,541). United States Patent Office.
3. 山岸勇輝 (2026).『積分因子の存在は、温度を与えない』[論文126]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22079437
4. 山岸勇輝 (2026).『正しい上限は、当たる上限ではない』[論文311]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22174391

— From thinking to syncing. —

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)