

マックスウェルの悪魔と環境熱エンジンのモデル解析

酪農大 環境共生

矢吹 哲夫

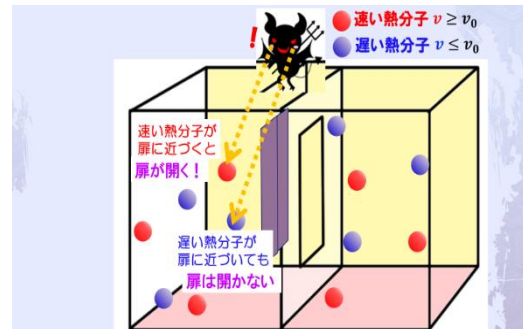
A model analysis on Maxwell's demon and environmental thermal engine

Dept. of Environmental Phys. Rakuno Gakuenn Univ.

Tetsuo. Yabuki

ある閾値以上の速度をもつ気体分子を選別することで温度差を生み出す所謂「マックスウェルの悪魔」の“操作”に対する「熱エントロピー」と「情報エントロピー」全体の定量的な解析を理想気体における多粒子モデル（従来の一分子モデルではなくアボガドロ定数程度のマクロな気体モデル）で行ない、その温度差を利用した『環境熱エンジン』のエネルギー（動力）得失の評価を行なった。そして、操作過程が一サイクルを完了したときの『環境熱エンジン』の理論効率の計算を行なった。これらの解析結果を報告する。

今回発表するモデル解析は、中央の隔壁で左右に隔てられた箱に環境温度 T_1 の熱平衡状態のアボガドロ定数程度の空気分子が入っていて、いわゆるマックスウェルの悪魔（または相当するデバイス）が左の部屋の空気分子を監視し閾値速度 v_0 以上の分子のみ中央の隔壁に取り付けられたドアを通じて選択的に右の部屋に移す



図：速度を選別する悪魔

フィードバック操作後、左右の空気分子が各々温度 T_L 、 T_H の熱平衡状態に達したという状況での定量的解析である。このモデル解析の中で、熱平衡状態の分子の速度分布をマックスウェル・ボルツマン分布とし、悪魔の介入操作（観測とドアの開閉というフィードバック操作）直後の系（非平衡系）のエントロピー減少 ΔS_S とメモリーに保管された情報エントロピー ΔS_I を計算し、両者が厳密に相殺することを示した。そして、その後の左右の部屋の空気分子が各々温度 T_L 、 T_H の熱平衡分布になった後、その温度差を利用して取り出し得る最大動力 W_{out} 、が $W_{out} \leq T_1 \Delta S_I$ という一般化された形での Jarzynski の不等式を満たしていることが示された。また、デーモンのメモリーに保管された情報エントロピー ΔS_I を温度 T_1 の環境に廃棄したときの廃熱とみなすことが出来る $T_1 \Delta S_I$ を、もし動力取り出し後タイムラグを設けてより低温 T_0 ($T_0 < T_1$) の環境に廃棄すれば、正味正の動力を取り出す環境熱エンジンが実現し得ることを示す。