

前書き

近年、スマートフォンや自動車、家電製品など、様々なものがコンピュータとつながっている。今後、コンピュータの消費エネルギーは時代が進むごとに大きくなっていくことが予想される。可逆計算では、計算を実行する過程で情報を失うことがない。よって、計算を元に戻して初期状態にすることができる。この可逆計算の性質は、熱力学と情報理論の核心をなすものであり、将来的に計算に伴うコストと消費エネルギー効率を改善し続けるための1つの方法として用いることが出来る^{\cite{1}}。計算コストの削減などのさまざまな可逆性の利点をより享受するためには論理回路などの下位階層だけでなく、アルゴリズムなどの上位階層の可逆化が必要となる。

19世紀に物理学者マクスウェルが提唱した悪魔は、熱力学の第二法則を破り、永久機関の実現が可能であるかのように見せた^{\cite{}}。その後の研究で、悪魔が第二法則を破るよう見えたのは、悪魔が得る情報を無視していた為であることが判明した。メモリや光子の状態に記録された情報は物理的な量であり、情報の記録や消去を行うことを考慮した場合、第二法則は破られないことが実証されている^{\cite{}}。

Bennett, C.H. and Schumacher, B.: Demons in the Lab, 日経サイエンス

現在のコンピュータのパラダイムは、非可逆的コンピューティングである。プログラムが進行する各段階で、入力データは廃棄されコンピューティングの結果が次の段階に引き継がれる。データを消去すると熱が発生し、ゆえにエネルギーを消費する。熱力学の法則によれば、抹消されたビットは基本的に周囲の環境に放出され、環境のエントロピーが増す。これに対し、アルゴリズムの各段階で入力された情報を削除せず、別の場所に移動させるだけにすれば、情報のビットは環境に放出されず、コンピュータ内にとどまる。したがって、熱が発生せず、コンピュータの外部にエネルギーを放出しない。Edward FredkinとTommaso Tffolliはリバーシブルコンピューティングの概念を総括的に見直した結果を発表した。その基本的な考え方は、計算過程の情報を全て保持し、計算終了後にアルゴリズムを逆向きに走らせた場合、開始した地点に行き着き、エネルギーの消費せず、熱も一切発生しないことになる、というものである。それでも、その過程でアルゴリズムは正常に実行されている。

井上健, 監訳: ポスト・ヒューマン, レイ・カーツワイル NHK出版