

エネルギーと情報との関係について

The relationship between Energy and Information

林 大雅[†] 林 佐千男[†] 田中 敏幸[‡]
Hiromasa Hayashi[†] Sachio Hayashi[†] Toshiyuki Tanaka[‡]

[†]長構造研究会 研究開発グループ

[‡]慶応義塾大学 理工学部

[†] Long Range Structure Research Laboratory

[‡] School of Science and Engineering, Keio University

要旨

エネルギーと情報との関係について、物理量としての定義をする為に、まず、定性的な関連事項についてサーベイを試みた。相対性理論によるエネルギー (E) の定義のような、定量的な、情報とエネルギーとの定義は可能か？ エネルギーと情報との関係を探る為に、情報と省エネルギーとの関連について、情報伝達の為のエネルギーについて、情報のエントロピーを増大または減少させるエネルギーについて、時間と情報との関連について、生物の設計図や知識を掌る DNA の塩基配列について、4セグメントの塩基配列に相似したバーコードについて、時間とエネルギーについて、記憶とエネルギーについて、等々について論じたい。

1. はじめに

情報システムとは何か／情報システムはどう在るべきか、[1] 等を論ずるに当たり、「情報とは何か」と言う事を定義する必要に迫られる。また、「知識」と「情報」は、同一のディメンションを持っていると思われる。更に拡張して包含関係を付けると、(A ⊂ B は、BはAを包含している、の意とすれば,) データ (D) ⊂ 情報 (I) ⊂ 知識 (K), の関係にあり、また、記号 (S) ⊂ データ (D) らしい。

知識には、先天的なもの (本能的なもの) と、後天的なもの (学習によるもの) とが有り、それらは DNAに既に書き込まれていたり、進化の過程でDNAに「追記」されたりしているものと思われる。

2. 相対性理論によるエネルギーの定義について

エネルギー(E) = 質量(m) × 光速度(C)の 2 乗, $E = m \cdot C^2$, (E = mC²)

アルバート・アインシュタインにより、1907年に発表された有名な数式に示される、特殊相対性理論は、『物理法則は、すべての慣性系で同一である』という特殊相対性原理と『真空中の光の速度は、すべての慣性系で等しい』という光速一定の原理を満たすことを出発点として構築された。[2]

結果として、空間 3 次元と 時間 1 次元 とを合わせて 4 次元時空として捉える力学であり、全宇宙で成り立つ原理原則である。

3. 情報と省エネルギー

情報とエネルギーとは全く次元の異なる物理量で、独立事象でもあり、変換の対象には成り得ないのであろうか？ しかし、例えば、省エネルギーの手段を考えた場合、知識／情報 (ある／なし) により、省エネルギーの効果が変わり、ひいては節約するエネルギー量に換算することが出来るであろう。従って、情報とエネルギーとの関係は、全く無関係とは言えない。(但し、数式は未だ無い。)

また、知識／情報を得る為のエネルギーは、ゼロではない。金が掛かる場合、時間が掛かる場合、金と時間が掛かる場合は (金 × 時間) の積、が知識／情報の取得に必要である。

人間の社会では、エネルギー源は、お金の換算されて流通している。

4. 情報伝達とエネルギー

情報の伝達にはエネルギーが必要である。エレクトロニクスの発達により、比較的少ないエネルギーで、大量の情報を短時間の内に、伝達／伝送する事が可能になった。但し、光の速度より早く伝送する事は出来ない。また、遠距離への伝達は、より多くのエネルギーと時間とを要する。遠い宇宙の果てに情報を送ろうとした場合、太陽を点滅させても届かない程のエネルギーが必要になるかも知れない。

情報は順序を正しくして伝達しなければならない。順序は時間だけに任せて置く訳には行かない。通番を付けても通番の番号の順序が乱れるかも知れない。

情報の複製（Copy）は、短時間の内に、比較的少ないエネルギーで実現される。知識（Knowledge）の継承には、長い時間と、比較的大きなエネルギーが必要となる。

5. エントロピーについて

情報のエントロピーは、熱力学のエントロピーの概念を、情報理論に導入したもので、クロード・シャノン（Claude E. Shannon）が 1948 年に発表した概念で、その後の情報科学の発展に大きく寄与したと言われている。

5.1. 情報のエントロピーについて

例題として、今ここに、白い豆 1 合と黒い豆 1 合があったとする。それぞれの豆は、調理法が異なるので、この状態を保持しておく事が重要課題であったとする。（情報エントロピーの低い状態）

ところが、愚か者が、一瞬にして、2 種類の豆を混ぜてしまった。（情報エントロピーの高い状態）この混沌とした状態を、元の整然とした状態に戻すには、多くの労力と時間とを必要とするであろう。即ち、エントロピーを増大させるのは、少しのエネルギーと短い時間で可能であるが、エントロピーを減少させるのは、多くのエネルギーと長い時間を要する、と言う事にもなる。

混合された白豆と黒豆を、2 個の升に分けて入れたところ、偶然にも、白豆と黒豆とに分かれていた、と言う事もあるかも知れない。有限回の試行で、偶然的な事象も確率的に求められるが、試行を繰り返す時間の長さで消費されるエネルギーは、エントロピーの値に比例するのではないだろうか。

5.2. 情報と時間について

情報は時間の関数かも知れない。タイムリーな情報には価値がある。情報を記載した新聞や雑誌も、お金に換算されて流通している。時間の経過によって価値が変わる。

知識は普遍的なものである。時代が変わっても価値はあまり変わらない。歴史の経過によって風化する知識もある。

5.3. DNA の塩基配列について

DNA はデオキシリボース（五炭糖）とリン酸、塩基 から構成される核酸である。塩基はアデニン、グアニン、シトシン、チミンの四種類あり、それぞれ A, G, C, T と略されている。

4 セグメントの塩基配列は、複製（コピー）するのに都合よく出来ている。DNA/RNA で出来ている遺伝子には、生物の設計図が書き込まれて居り、生物の知識も、その配列の一部であると想像される。

5.4. バーコードの配列について

4 セグメントの配列は、バーコードにも採用されている。[3] 縦縞模様は、幅の広い黒い縦縞、幅の狭い黒い縦縞、幅の広い白い縦縞、幅の狭い白い縦縞、の四種類の要素で出来ている。白と黒の入れ替

えにより、反転転写したり再反転転写（で複製となる）したりすれば、DNA や RNA のコードを模擬できるのではないだろうか？

6. 時間とエネルギー

時は金なり（Time is Money）とは言われるが、時間とエネルギーとの関係は独立事象である。電力量としての、キロワット・アワー（kWh）は、エネルギーの単位であり、 $735W=1Ps$ （馬力）、との変換の公式もある。電力料金 1 キロワット時 = x x 円、と言う換算は、社会法則として定着している。

7. 記憶とエネルギー

コンピュータ等の記憶装置にデータの「書き込み」をする為のエネルギー、「読み出し」をする為のエネルギー、「記憶を保持」する為のエネルギー、等はゼロではない。記憶装置の記憶容量と（読み出し／書き込み）時間との関係は、経済的なトレードオフになっている。パソコンの世界では、読み出し／書き込み 時間の長い順に、テープ > CD/DVD > HDD > SSD (Flash Memory) > RAM > キャッシュ メモリー > CPU, となって居り、記憶 1 ビット当たりの単価は、上記の逆順になっている。時は金なりか？

8. おわりに

知識工学（Knowledge Engineering）と言われて久しいが、およそ理工学であれば、単位がある筈ではないのか？ 知識には単位があるのだろうか？「あの人は、知識が（豊富／貧弱）だ」とか「（彼／彼女）は、知恵が（ある／ない）」とか言われるから、定性的に比較されてはいるが、定量的な判断基準となる単位（Bit 等）は未だ無いらしい。

「記号は情報である」／「情報は記号である」または、「知識は記号である」／「記号は知識である」とも言われている。確かに、百科事典には知識が含まれて居り、百科事典は記号で記述されて居る。

9. 謝辞

ご指導を頂いている 慶應義塾大学 理工学部 物理情報工学科の田中敏幸研究室の皆様へ感謝します。

参考文献

- [1] 「情報システムのあり方と人間活動」研究会 <http://www.issj.net/index.html>
- [2] 月刊科学雑誌ニュートン <http://www.newtonpress.co.jp/>
- [3] バーコード <http://www.asahi-net.or.jp/~AX2S-KMTN/bcodes.html>