

エントロピー概念の言語表現

熱力学的エントロピー値とエントロピー概念の言語表現による心理量の相関関係 -

佐藤 智明

(神奈川工科大学工学部機械工学科)

key words : Entropy, Concept, Verbal Expression, Thermodynamic

1. エントロピー概念の言語表現に関する問題

熱力学や情報理論の教科書⁽¹⁾やエントロピーについて解説する教養書や啓蒙書等⁽²⁾では様々な言語表現によってエントロピーの概念が説明されている。言語による表現は簡単に表記できるため用いやすく、数式を論理的に説明する文章の中に「乱雑さ」等の感覚的な言語表現を組み合わせることで理解が深まることが期待される。しかし、言語表現は感覚的に読者の主観に訴えるため、その言語表現を適材適所に使わないと正確な概念を伝えることは難しいと考えられる。例えば、経済学や社会学などの分野においてエントロピー概念を表現するときに用いられる「無秩序の度合い」という言語を、分子の運動エネルギーやその運動範囲の大きさによって変化する熱力学的エントロピーの概念を表現するときに用いることは、無理があるのではないかと考えた。

2. 容量依存エントロピーと強度依存エントロピー

エントロピーには大きく分けて2種類の性質がある。1つは容量変化に依存するエントロピーで、もう一つは強度変化に依存するエントロピーである。図1と図2にそれぞれ容量依存エントロピーと強度依存エントロピーの概念を視覚化したものを示した(矢印ベクトルは粒子の速度を示す)。そして、言語表現とエントロピーの関係について主観的検討により、以下の仮説を立てた。すなわち、図1に示した容量依存エントロピーの大小について、「無秩序さ」「複雑さ」や「乱雑さ」の言語表現についてその高い方を選ぶ場合、必ずしもエントロピーの高い方(B)を選ぶとは限らない。また、図2で示した強度依存エントロピーについて「安定の度合い」「曖昧さの度合い」あるいは「拡散の度合い」といった言語表現についてその大きい方を選ぶとすると、本来の意味とは逆の、エントロピーの小さい方(A)を選ぶ確率が高い。

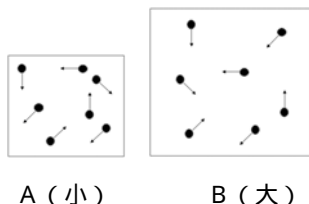


図1 容量依存エントロピー (体積を増やす)

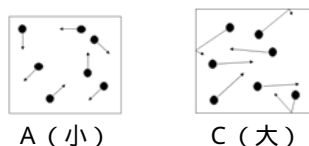


図2 強度依存エントロピー (温度を上げる)

表1 粒子運動の変数値

| | アニメーションパターン | | | | | |
|------------|-------------|------|------|------|------|------|
| | a | b | c | d | e | f |
| 粒子速度 v | 1 | 1 | 2 | 2 | 1.5 | 1.5 |
| 温度 $T(K)$ | 273 | 273 | 1093 | 1093 | 615 | 615 |
| 容積 V | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 |
| エントロピー S | 1.00 | 2.39 | 2.39 | 3.77 | 1.81 | 3.20 |

表2 エントロピーの言語表現による心理量の順位

| | | アニメーションパターンおよび順位 | | | | | | S との順位 相関係数 |
|----------------|------------|------------------|-----|-----|---|---|---|------------------|
| | | a | b | c | d | e | f | |
| 言語表現 | 無秩序さの度合い | 6 | 4 | 2 | 2 | 2 | 5 | 0.34 |
| | 捕まえにくさの度合い | 6 | 5 | 1 | 2 | 4 | 3 | 0.67 |
| | 拡散の度合い | 5 | 3 | 5 | 2 | 5 | 1 | 0.83 |
| | 激しさの度合い | 5 | 6 | 1 | 3 | 2 | 4 | 0.12 |
| | 乱雑さの度合い | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0.35 |
| エントロピー S の順位 | | 6 | 3.5 | 3.5 | 1 | 5 | 2 | 1 |

3. エントロピー値と言語表現によって与えられる心理量との相関関係を調べる実験

上述した仮説を検証するために、熱力学的エントロピー値とエントロピー概念の言語表現による心理量との相関性を調べる実験を行った(被験者11名)。実験は、実際の分子運動を仮定し、粒子が動き回る速度(温度)あるいは範囲(体積)が異なるアニメーションを複数作成し、それぞれ2種類の総組み合わせについて被験者に見せた。そして、与えられた言語表現について、2つの内どちらの映像がより感覚的に強く感じるかを選ばせる一対比較実験を行った。表1に示したように、アニメーションは容量(容積)の大小について2段階、強度(温度)の大小について3段階、計6種類用意し、被験者にそれぞれ一対比較させた。

4. 実験結果

表2に実験結果を示した。実験の結果、エントロピーの数値と順位相関が高かったものは「拡散の度合い」および「捕まえにくさの度合い」であった。また、「無秩序さの度合い」および「乱雑さの度合い」は共に一般書物にエントロピーの度合いを示す表現として頻繁に用いられる言語表現であるが、分子の運動によって表現したエントロピー値とは相関性が少ないことが示された。そして、後者の2つの表現は、共に強度に関するエントロピーの高低には良く相関するものの、容量の変化に対する大小については相関しないことが分かった。このことは、前述の仮説を裏付ける結果となった。

参考文献

- (1)ファースト『エントロピー』好学社(1969)。
- (2)P・W・アトキンス『エントロピーと秩序』日経サイエンス社(1992)。