

画像情報のエントロピー

鈴木喜久¹, 高石博子²

¹ 基礎教育課程

² 167 東京都杉並区荻窪3-45-8

Entropy of Picture-Information

Yoshihisa SUZUKI¹ Hiroko TAKAISHI²

¹ Division of the Fundamentals of Arts

² 3-45-8 Ogikubo, Suginami-ku, Tokyo, 167

(Received October 31, 1995; Accepted January 31, 1996)

1. 緒 言

最近、パソコンの普及には目覚ましいものがあり、性能も一段と改良されて、片やインターネット、片やグラフィックスと、これまで余りコンピュータに縁のなかった人達の関心を大いに呼んでいる。今回はこの中、CG(コンピュータグラフィックス)について、一つの試みを行った。

そもそも画像というものは画面全体の情報によって得られるものであるから、その必要情報量は非常に大きなものとなる。従って、その処理やデータの送受信には長い時間がかかる。ハードの面では、光磁気記録(MO)装置の開発や、ファイバーオプティクスによる通信も発達してきているので、技術的にはかなりの可能性が見込まれるようになったが、その経済性について、特に個人レベルでは未解決といってよいだろう。ファイル圧縮といっても解決できる範囲は限られている。一方、画像情報といってもその中には、無用情報も含まれているわけである。コンパクトな情報塊として有名なのは外ならぬ遺伝子である。画像と遺伝子、およそ無関係に思えるこの二つの物を、半分真面目に半分遊び心を持って、結びつけた結果を紹介する。

2. シャノンの情報量

確率100%の場合の情報と云うものは、情報量としては0であり、減多に起こらないことを予測してくれる情報は非常に価値のあるもので、情報量としては大きいものになる。また、いくつかの独立した情報を総合した情報量は、情報量の和として与えられることが便利であると云うことから、シャノンの情報量 (I) として、次式で与えられることが知られている。[1]

$$I = \log_2 \left[\frac{1}{P} \right] \quad \dots\dots(1)$$

ここで、Pはその情報が結果に寄与する確率である。2を底としているので、通常のメモリーに使用されている情報量と数値的に一致し、単位もビットが使用できる。また、独立した幾つかの情報を総合する場合は、さらにこの式の和となる。

ところで、熱力学の第二法則は熱エネルギーの不可逆性を示しているもので、エントロピー増大の原則として知られている。

熱エネルギーの程度を示す温度は気体分子の運動エネルギーの統計的分布から表現されるもので、その定義によるエントロピー (S) は次式で示される。

$$S = -k \sum_j p_j \log p_j \quad \dots\dots(2)$$

ここで、 p_j は、 j で表される状態にいる確率。

こうして、(1)式と同様な式になっている。すなわち、画像情報量にも、エントロピー増大の法則が適用できることを示唆している。画像情報にも有効情報と無効情報があり、有効情報から無効情報は生成できるが、無効情報から有効情報を生成することは容易ではないことになる。すなわち、プログラムから画像を作成することはできるが、画像から、プログラムを作成することは、少なくとも今のコンピュータにはできない。

熱力学では、理想気体の可逆変化に対してエントロピーの変化はないが、

プログラム～画像が可逆の時、画像の情報量は小さいものと同じ値と見做すことができるが、(情報量の圧縮が可能)

画像→プログラムに対する法則性を見出せない場合(不可逆の時)、情報量の圧縮は困難である。すなわち、エントロピーの増大した画像から、エントロピーの小さ

いプログラムには移行できない。

ここから得られる結論は、画像情報の圧縮の限界が、「プログラムで示される所までである」と云うことになる。

3. プログラムによる画像 (遺伝子の作用との類似について)

遺伝子の情報塊である4種の蛋白質は、アデニン、チミン、グアニンそれにシトシンである。4種類の情報塊から、どれだけ複雑な情報が得られるか、その結果どういふ事実が起こるか。まず、2つずつの情報塊を組合せて一方を成長元(色をつける画像)、もう一方を消滅元(色を消す画像)としてみた。

それぞれアデニンとチミン、グアニンとシトシンに見立てた訳である。

正反対に見えるが、実は何れも7色の成長する同心円の集合に過ぎない。この一組を1回だけ組合わせて出来た(2ヶの核からの同心円を同時に成長させ他の2ヶの核からの同心円で消してゆく、こうして、できた)のが図2の上側である。

図2の下側は、上半分に一つの組を3回(トリプレットに相当)、下半分にも3回実行させて(一つの組が4ヶの核の同心円から成り立っているのを、これを3回実行させて上半分ができるということは、12ヶの核の同心円を成長させたものであり、下半分にも12ヶの核による同心円で色を付け消す作業プログラムを実行させて)出来上がった画像である。図2の上側の画像を第一世代と考えれば、図2の下側の画像は第二世代ということになる。

図2の上下が親子になっていることは、とても想像できることではない。これは、さなぎから蝶々ができることに類似している。

ここで、プログラムの情報量を、コンピュータの記憶装置への記憶容量として見た結果は第一世代の情報量が300バイトに対して、第二世代は750バイトで、約2倍程度にしかならない。

また、図2を作成するために、図1のような4ヶの同心円の核をプログラムすれば良いと云うことも想像の付くことではない。そして、このことは、前節で示した画像情報のエントロピーの増大から推定されることである。すなわち、無効情報量の大きな図形から、情報量の塊であるプログラムを推定することはできないわけである。

この結果は生命現象の神秘にも似て、保存してある情報を利用して希望する結果を得る可能性はあるが、結果の分析だけでは情報に戻ることが出来ないことを示唆しているように思われる。しかし、ここで強調したいのは

これらの画像に到達する為の情報量が画面全体の情報量に比して遙かに少なく済んだことである。

情報に対するエントロピー増大の法則を適用すると、生命体は遺伝子の中に情報がプログラムされており、これが画像(生命体)になった時、(プログラムが実行された時)生命体が完成する。完成された生命体(画像)からプログラム(遺伝子)を推定することは困難である。

このことは、生命現象の追究には、生命体を分析しても追究は困難であることを示しているものである。遺伝子の働きを追究してゆかなければ、生命現象の追究は出来ないと云う大きな原則が情報に対するエントロピーの法則から類推してもよいように思われる。

4. 三次元への道

ここで示したものは、二次元の図形であるが、遺伝子の働きを考えるためには三次元でなければならない。その意味では、今回の手法にも限界がある。

また、分子間に働く力その他を導入しなければ、現実のものにはならない。しかし、科学者の間では、この種の研究が進められており、そこでもコンピュータが活躍していることは、生命の研究手法に転機を与えることになるものと思われる。

結果から情報を得ることは不可能であるが情報の保存が一定の結果につながる例としてコンピュータとは直接

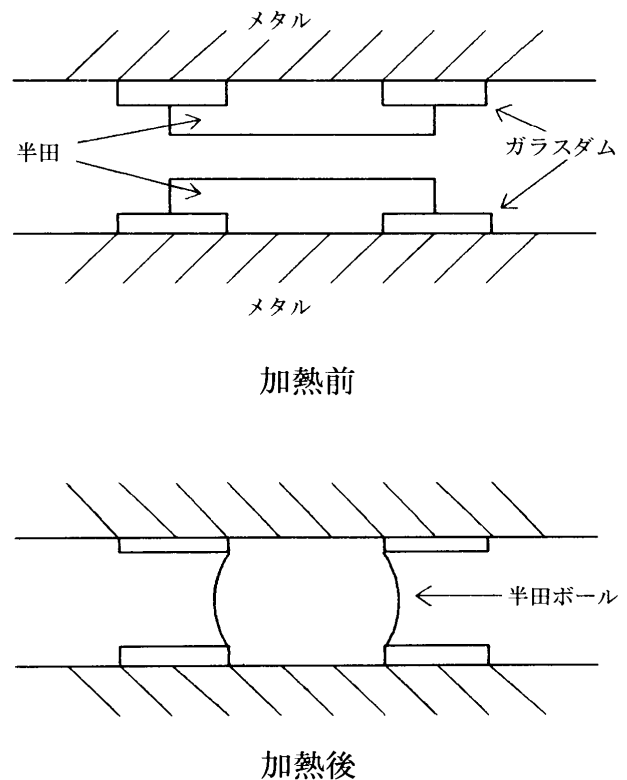


図3 表面張力を利用した半田自動接続

関係ないが、筆者の一人が以前実施した CCB (control collaps bonding) の様子を簡単に示しておくことにしたい。これは、Hybrid IC の製作に使用した自動半田付けの手法である。半田は一定の温度になると融けて液体になるが、液体になると表面張力が働いて、球形になろうとする。量が多いと重力の方が大きいので、球にはならないが、量が少ないと重力より表面張力の方が大きくなるので球形になる。遺伝子も小さいものなので、重力より分子間の力の方が大きく、その力でコントロールされている。この CCB では、この表面張力の力を利用して、self alignment の作業を行い、多数の半田付けを一度の加熱作業で行うようにしている。半田はきれいな金属表面とは濡れ性が良いので半田付けができるわけであるが、ガラスのようなものとは半田の濡れ性が悪いので、半田はその方向へは流れて行かない。図 3 の上部に示すように、ガラスダムで囲まれた所に半田の膜を蒸着しておく。そして、図のように向き合わせて、ベルト炉の中を通して、適当な温度にしてやると、半田が融けて、表面張力で自動的にボールとなり、適当な高さに半田付けができることになる。しかも、若干ずれていても、半田が球形になるために、上下の位置合わせが完全に実行できることになるわけである。さらに、半田の融点は各種のものがあり、先に融けるもの、あとで融けるもの、うまく組合せておくと、また半田の量を適切に設計しておくと、結構、複雑な形状の半田付け配線を、温度を変えたベルト炉を何回か通すことで、(環境を適切に変化させ

ることで) 作成することができる。これは既に実用されている技術である。分子間の力を設計して利用できる技術が完成した時、(既に一部の有機物の開発に取り入れられているが) そして、立体的な画像をコンピュータで容易に作成できるようになった時、(現在、画像は二次元であるが、画像の回転その他で三次元を表現する技術もできている。ただ、現在は表現するだけで、立体画像を法則性の下で成長させる技術は完成していないように思う) 生命の基本原理も解明されるのではないかと思う。

5. 結 言

以上、画像情報量のエントロピーというものが存在することから、その不可逆性について、コンピュータグラフィックスの一事例で紹介した。画像というものは非常に無効情報量の多いものであり、プログラムという有効情報量の多いものから予測もできない画像を作成できるが、その反対は困難である。遺伝子は情報の塊であり、三次元のプログラムと見ることができる。その成長過程を類似するものとして、半田付けの CCB 接続の一事例も示した。単なる絵としての人工生命の研究が本当の生命の研究となる日がくることを期待している。

文献

- 1) 小暮陽三：「身近な教養物理」pp. 159~161 (森北出版 1992-3)

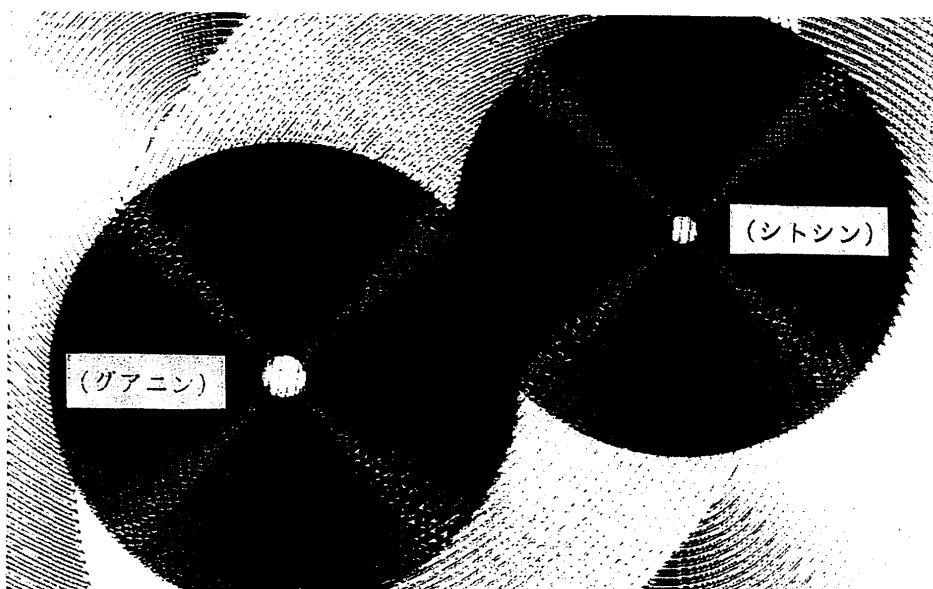
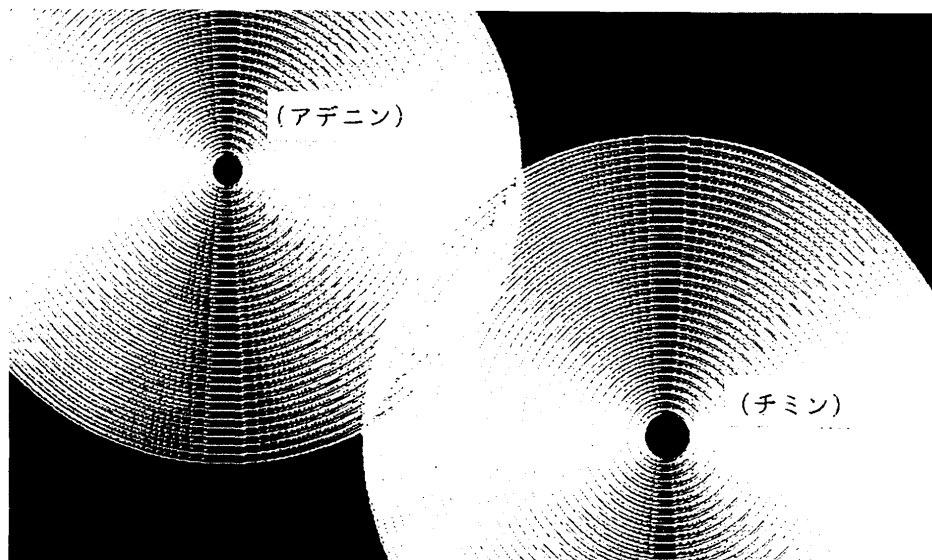


図1 4ケの同心円の核 [DNAユニットに相当]

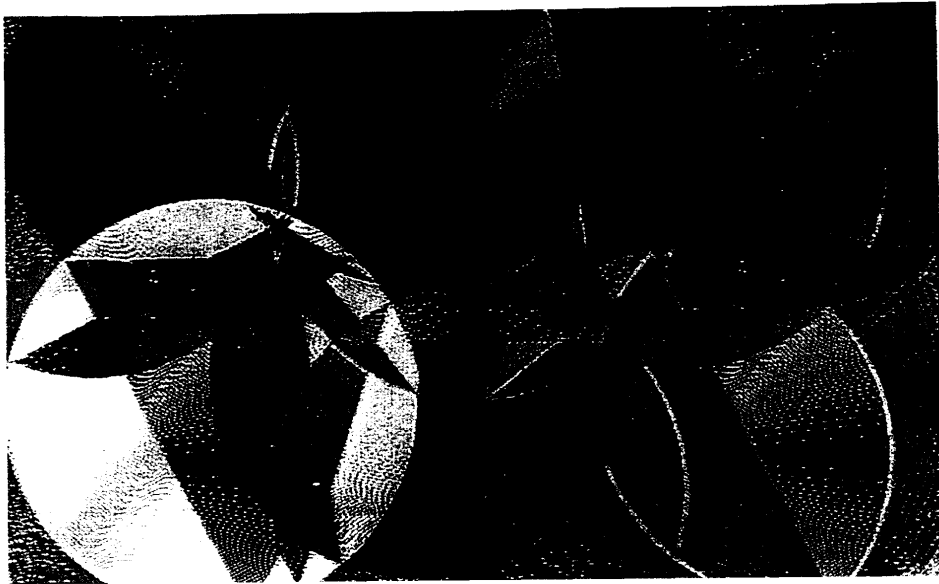
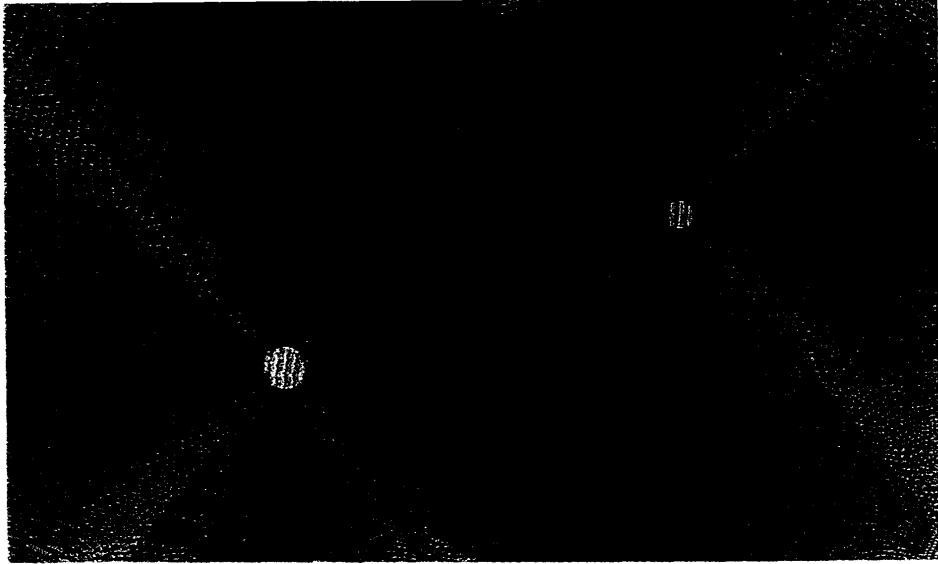


図2 基本図形(上)とそのダブル・トリプレット(下)