

タンパク質の情報理論 - 発癌メカニズムのエントロピー仮説 The Information Theories for Proteins - An Entropy Hypothesis of Carcinogenesis

得丸 公明 (自然思想家 tokumaru@pp.iij4u.or.jp) Kimiaki Tokumaru (Natural Philosopher)

1. はじめに：熱力学的エントロピーと生命情報

1.1 エントロピー ΔS は「構成要素の配置の変化量」

筆者は、情報理論においてもエントロピーは熱力学現象であると FIT2012 で論じた。[1] しかしエントロピーのように五感で感知できない「科学概念(複雑論理概念あるいは抽象概念)」は厳密な定義(=論理表現)を行わないことには、議論は深まらない。そのため筆者はエントロピーの定義をマックスウェル、ボルツマン、プランクらに求めたが得られなかった。[2][3]クラウジウスの力学的熱理論の全体像を理解しようとする八木江里氏の長年にわたる研究の成果に最近触れたことで、ようやく「構成要素の配置の変化量」として定義できた。[4][5]

八木氏は、クラウジウスが最初の論文集に収録した 17 論文から全ての方程式(約 500 個)を取り出して分析した結果、「物体の分散度」という新しい量を導く。これが「構成要素の配置の変換値(エントロピー)」である。これは、変化量、歪み量だから ΔS という表記は妥当である。

クラウジウスはエントロピーを気液転移、蒸気機関、熱電効果などにあてはめて考察した。フォン・ノイマンは、それは情報にもあてはまると考えた。[1][2] 雑音の多い回線を物理的に伝達する情報と、情報源の低雑音環境においてダイナミックで精密・繊細な情報操作が自動的に行われることを考察するために、熱力学的に生じる「信号(構成要素)の配置の変化(歪み)量」であるエントロピー ΔS が重要となる。これを情報理論は見落としてきた。

1.2 生命情報過程の熱力学的見直しと発癌過程

基本概念の誤りは、本来見えるべき現象を見えなくする。情報理論が熱力学的な雑音によるエントロピー増大を無視してきたことで、デジタル通信を成り立たせている 2 つの符号化過程がきちんと理解されていない。

すなわち、きわめて複雑なデジタル通信は、(i) 回線雑音によって劣化する情報を、冗長性を活用して 1 信号として誤らずに送達する「通信路符号化」過程と、(ii) そのおかげで、情報源・到達先に用意された低雑音環境内で、ダイナミックで繊細な意味作用が自動的に生まれる「情報源符号化」過程が確立されて生まれたのである。[1]

本稿はタンパク質の情報過程における上の 2 つの符号化過程を論じる試みである。メッセンジャーRNA(mRNA)の転写後修飾(Post Transcriptional Modulation)は、核をもたない原核生物の原形質内は行われず、真核生物の核膜内の低雑音環境でのみ行われる。これは転写後修飾が、雑音を嫌う(苦手とする)繊細な現象であることを物語る。

化学物質や電磁波や放射線などの雑音因子による転写後修飾の阻害は、mRNA に損傷をもたらし、出来損ないのタンパク質情報を原形質に送り出す。雑音による情報過程への妨害が長期化すると、必要なタンパク質の産生要求が繰り返され核内に送られ、出来損ないのタンパク質が大量に生

みだされていく悪循環となる。これが、発癌過程であり、癌という病気の正体ではないか。

2. タンパク質の情報とは真核生物の mRNA

2.1 概念の厳密な定義によって現象を論理的に導く

概念の定義とは、言葉の論理的表現である。五感で感知できない微小力学(量子力学)現象を論ずるにあたっては、すべての概念を厳密に定義する必要がある。すると、観測不能な現象でも、論理操作によって自然と導かれる。

一般に学術用語は、ある特定の学問分野でのみ通用すればよいとされるが、それでは複雑な学際現象を解明できなくなる。本稿では学際的に使用可能な一般的定義をめざす。また、定義が観察結果や最新の理論や発見を反映するべく、常に検証して定義の追加や修正を行う。

2.2 情報(1):順列組合せが可能な信号の一次元配列

情報を、「順列組合せの論理操作が可能な離散的で有限個の信号の一次元配列であり、複数の記号を論理スイッチによって接続して複雑さを伝達する」と定義する。前半の「順列組合せの論理操作が可能な離散的で有限個の信号の一次元配列である」というのは、生命情報が相互に離散的な RNA の 4 元信号で紡がれることをいう。プリン基のアデニン(A)はピリミジン基のウラシル(U)と 2 本の水素結合をし、プリン基のグアニン(G)はピリミジン基のシトシンと 3 本の水素結合をする。この結合特性にもとづいて、DNA 情報は RNA へと転写され、3 つの RNA がコドンを形成し、それが tRNA のアンチコドンと結びついて、アミノ酸に翻訳される。これは原核生物も真核生物も共通である。

2.3 情報(2):記号を論理的に接続して複雑さを伝達

定義の後半が、原核生物と真核生物、記号と情報の違いを明確にする。

記号は単一の記憶を伝え、情報は複数の記憶が結合して複雑な内容を伝える。この定義にしたがえば、文法を駆使した表現は情報だが、幼児の二語文や三語文は情報ではない。インターネットのプロトコルスイッチを含むパケットは情報だが、パソコン通信時代のデータ通信は情報ではない。タンパク質産生にあたって、原核生物の DNA は RNA 列に転写される端から、3 つの RNA からなるコドンごとにアミノ酸に翻訳される。この RNA 列は情報ではない。真核生物の核内で DNA が mRNA 前駆体(Precursor mRNA)へと転写され、イントロンがスプライシングによって除去され、エキソンに対して様々な転写後修飾が行われ、複数のエキソンからなる一本の mRNA として核膜を通過するとき、mRNA は情報である。

言語やインターネットの情報を例に考えると、真核生物の mRNA には、論理スイッチとして機能するアミノ酸に

翻訳される部分も含まれていて、それが翻訳後修飾を司るのではないかと想像できる。

3. タンパク質の通信路・情報源符号化過程

3.1 通信路符号化：縮重構造が通信路誤りを防ぐ

環境中に多少の雑音があっても、情報は正しく伝わらなければならない。誤りを予防する措置として、冗長性が利用される。3つのRNAが形成するコドンがアミノ酸1つに翻訳されるが、コドンは $4 \times 4 \times 4$ の64通りあり、アミノ酸は20種類だから、複数のコドンが同一のアミノ酸に翻訳される。これが縮重であり、おかげで誤りが減る。

核を持たない原核生物も、核をもつ真核生物も、コドンが縮重構造をもつ点は共通である。

3.2 情報源符号化：真核生物核内の転写後修飾

デジタル通信は、低雑音環境である情報源での繊細かつダイナミックな意味作用を特徴とする。原核生物と真核生物の違いは核の有無であり、それが転写後修飾の有無と対応する。核膜という雑音防御メカニズムのおかげで生まれた低雑音環境のなかで、転写後修飾は生まれた。

この考えは、原核生物は高温・高圧・高放射線下でも生存できるが、真核生物はそのような高雑音下では生きていけないことも整合する。そして真核生物が雑音に弱いのは、真核生物に固有な核内におけるタンパク質産生過程である転写後修飾が阻害されるからではないか。

4. 理論の応用：エントロピー増大による発癌仮説

4.1 内部被曝による発癌プロセスは未解明

放射性元素が環境中に放出されると、放射性セシウム(Cs)は元素記号表で2つ上にある栄養素カリウム(K)として、放射性ストロンチウム(Sr)は1つ上の栄養素カルシウム(Ca)として、生命体がそれぞれを積極的に取り込み、生体濃縮がおき、細胞内部から放射線が発せられる。

「生体内では0.25~7.9電子ボルトという小さな単位のエネルギーがやりとりされている。ところが(略)アルファ線分子は一個の粒子が420万電子ボルトのエネルギーをもって新陳代謝の中へ割り込んでくる。(略)放射線の内部被曝は、線量がどんなに微量でも大きな被害を引き起こすのは、放射線分子が桁違いに大きなエネルギーを持っているからである。」[6]

内部被曝の放射線はたとえ飛距離が短くても「半径1ミリメートルの射程距離内には直径7~8ミクロンの細胞は少なくとも30~50個はゆうに存在」する。アルファ線でもベータ線でも、付近の細胞核内の「DNAを直撃してDNA損傷を起こす」ほか、「酸素の溶け込んだ体液の中で酸素分子に衝突し、電気を帯びた毒性の強い活性酸素を作り出す」という。[6]だがDNA損傷や活性酸素がどのように癌を生み出すのかは、まだ明らかではない。

4.2 転写後修飾過程の阻害が癌を生み出す可能性

放射線分子は、mRNAのエントロピー ΔS を増大させる。転写後修飾が雑音レベルの低い核内でのみ可能な現象であるなら、放射線のエネルギーによって阻害されることは間違いない。そしてそれはDNAを損傷させるよりも、酸素を活性化するよりも、より少ないエネルギーで阻害される。タンパク質産生は、一瞬も休むことなく行われる生命活動の根源だから、生命に深刻な影響をもたらす。

転写後修飾過程が阻害されると正しいmRNAにならない。また伝搬中のmRNAも切断されえる。不良なmRNAが原形質に送られると、出来損ないのタンパク質が産生され、必要なタンパク質が不足する。その結果、不足するタンパク質の転写指令が新たに核内に送られ、それに対しても正しいタンパク質が産生されないと、暴走モードになって、細胞内は出来損ないのタンパク質だらけとなる。これが癌細胞と呼ばれているのではないだろうか。

つまり癌細胞とよぶべき特殊な細胞が存在するのではなく、あるいは癌を生み出すゲノムが存在するのではなく、通常の細胞のタンパク質産生過程が雑音で阻害され続けると、出来損ないのタンパク質が細胞の原形質を充たし、それが癌と呼ばれるのではないか。転移と呼ばれる現象も何かの物質を媒介とする感染ではなく、別の部位の細胞が別の雑音の影響を受けて、出来損ないのタンパク質だらけとなる現象が誤って転移と呼ばれているだけかもしれない。

5. むすび：生命体の健康を内部から害する ΔS

2011年3月におきた福島原発事故後の放射性物質の環境放出に伴う国土の汚染が、生命体にどのような影響を及ぼすのかについての理論がないため、あえて熱力学現象と生命情報の編集・伝送過程の関係についての仮説を提示する。これは理論仮説であるので、考察不足や誤りについてお気づきの方はご指摘賜れば幸甚である。

体を温める湯治や適度の運動、笑いや十分な休息が、癌の治癒に結びつくことは知られている。新鮮で有害物質汚染していない食材も重要だ。我々真核生物は、生命体内の熱力学的なエントロピー ΔS の増大を抑えると健康になることを、タンパク質の情報理論は教えてくれる。

Clausiusの力学的熱理論の発展過程に現れたエントロピー概念を生命情報理論に活用することは有効ではないか。

謝辞

本稿執筆中に八木江里氏より頂いたご意見に感謝申し上げます。氏の研究は、エントロピー概念の混乱を正す仏である。

参考文献

- [1] 得丸 情報理論における雑音因子 FIT-2012 A-039
- [2] 得丸 情報理論におけるエントロピーと蓋然性 IEICE OME 2015-23
- [3] 物理学古典論文叢書 I 熱輻射と量子, V 気体運動分子論, VI 統計力学, 物理学の古典 7.プランク 熱輻射論, 1970~1975, いずれも東海大学出版会
- [4] 佐々真一 クラウジウス著, 八木江里監訳, 八木他訳, クラウジウス熱理論論文集; エントロピーの起源としての力学的熱理論, 東海大学出版会, 2013 日本物理学会誌 69(2014):247
- [5] 八木, 林, 依田, 岡本 クラウジウス研究からわかった19世紀物理学の側面, 日本物理学会誌 69(2014):230-232
- [6] 肥田舜太郎, 鎌仲ひとみ, 内部被曝の脅威, ちくま新書, 2005