

乱歩, 酔歩と Entropy*

中 村 彰

秋田大学医科学情報学講座

(平成10年9月8日掲載決定)

RAMPO, Random Walk and Entropy

Akira Nakamura

Department of Medical Information Science, Akita University

School of Medicine, Akita 010-8543, Japan

Abstract: Historically viewing the trend of "Paradigm Shift" in conjunction with evaluation of "Information" as well as the synchronism of the human interests in questing "Nature", I trace some of my major topics I have been so far involved in. I express my intention focused on the encoding of the "language of nature" as one of our present interests. This "lispig" exposition will hopefully give some insight to the possible contributions to our university in the new era.

A brief criticism of the "easy" phonetic representation by using *katakana* in our daily life is added to this exposition. I have tackled this theme since I was involved in instructing information processing at Akita University. This attitude is reflected in my avoiding using *katakana* as far as possible in this exposition written in Japanese.

Key words: Vesalius, Copernicus, Internet, Mass Spectrum, Isotope, Deconvolution, Ascidia Peroxide, DNA, Medical Information Science

はじめに

私どもの講座が設置された経緯は色々に解釈できるが、少なくとも明確なことは、わが国の医学教育にとって必要であると認識され認められたという公的な記録が存在しているということである。因みに「医科学情報学」という名称は国立大学で初めての設置である。もう一つ指摘しておかなければならないことは、講座の構成員が現在のところ、医科学という領域での「教育」を受けた経験の無い者で構成されているという事実もある。理学・工学・言語学という構成であり、将に「異質」であると、現時点では言わざるを得ない。

そうした環境下で、我々が医学教育以外にもどのような寄与と創造的貢献をこの分野で行おうとしているのかに就いて、早期に申し上げる義務があると思われる

る。特に、「情報」という曖昧な概念を伴うと尚更であろう。「国際」、「環境」という用語に内在する曖昧性も同様である。我々は言葉遊びをする訳ではなく、曖昧性に付きまとう欠如を見定めその補填をしつつ、主体的な創造性への門戸を拓こうとする意識を持っている。これまでの我々の学問に対する経験と教育経験を踏まえ、医科学情報学講座の理念の一端と目的を明らかにする。

1. 規範の変遷と情報伝播経路

Nicolaus Copernicus (1473-1543) は, Alexandria の Ptolemaios Klaudios (ca. 100-ca. 150) の著した天空の動きを説明する数学書「Almagest (Mathematike syntaxis: 数学的集大成)」に Samos の Aristarchos (BC310-BC230) の地動説の存在を知り, その著書「天球の回転について: De revolutionibus orbium caelestium」(1543) の契機となったとされてい

* 平成10年6月29日 第42回秋田医学部における特別講演要旨

る。

Copernicus は、1491 年 Uniwersytet Jagielloński w Krakowie で Scholasticism (Schola 哲学), 1496 年 Università degli Studi di Bologna で法学, 1501 年に Università degli Studi di Padova で医学を修めた。彼の Padova 大学在学と同じ時期に Andreas Vesalius (1514-1564) も学んでおり、「天球の回転について」の出版と同じ 1543 年に有名な「人体の構造: De corporis humani fabrica libri septum」を著していることは注目に値する。それまでの Galénos (ca. 130-ca. 200) の解剖学に一石を投じ、解剖学の「革命」を招来した契機と、回転である「Revolution」が転じて 1600 年初頭には「革命」の概念が備わったのは、新しい「規範: Paradigm」の入れ替えがあったことを物語っている。何れも実証論的議論に根ざしたものである。

この辺りの科学的興味は、欧米において既に詳しく研究されており、1973 年に The Polish Academy of Science と The National Academy of Science (米国) 及び The Smithsonian Institute の合同の研究討論会が開催され、討論の内容が出版されている。

Copernicus の自然哲学の数学的記述は、Johannes Kepler (1571-1630) の師である Tycho Brahe (1546-1601) らの受け入れる処となり、Copernicus と Brahe の影響を受けた数学者 Galileo Galilei (1564-1642) が「新科学講話」を刊行するのが 1638 年である²⁾。それよりも早く、Copernicus から Brahe の成果が東洋に伝えられている。江戸末期までわが国でも通用した中国を地図の中心に据えた世界地図であるの「坤輿万国全図」(1602) は Matteo Ricci (1552-1610) と李之藻 (1565-1630) の作業であり、また李之藻と Johann Adam Schall von Bell (1592-1666) は、Brahe の西洋天文学の体系を「崇禎曆書」(135 卷) (1631-1633) に編纂し、明代末期の改暦の根拠とした(明はこの後に滅びると、Schall は「西洋新法曆書」と改題して清の皇帝に献上する)。欧州の古典的な Euclid の「Stoicheia」も彼ら耶蘇会士らの基本的素養であり、耶蘇会士 Ricci の口述から徐光啓 (1562-1633) が「幾何学原本」(6 卷) (1607) (原論) を漢語に訳出している。

イタリアの Padova に始まる新しい「規範」の芽生えは、数学者あるいは自然哲学者の Galileo の信念に受け継がれ、彼の没年に Isaac Newton (1642-1727) が生まれ、哲学と数学に多彩な力量を発揮した Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) が、所を変えて続く 17 世紀の科学の規範の確立へと牽引する。

こうした事実は、12~13 世紀に Marco Polo (1254-1324) によって実地に検証された欧州と中国を結ぶ陸と沿岸の 2 系統の交易経路の意義を変更させることとつながる。1539 年の耶蘇会の設立 (Societas Jesu, 1540 公認) は、この意義の改変に深い関係がある。Ricci や Schall あるいは我が国に縁の深い Francisco de Xavier (1506-1552), Luis d'Almeida (1525-1583) や Luis Frois (1532-1597) など多数の耶蘇会士らの東洋派遣は、海路の「文化の情報通信路」としての役割を果たしており、今日の Internet との類縁性を否定するものでない³⁾ と考える。Internet を頂点とする今日の高速情報通信網は、その玉石混交とも形容される「正負」の資質を備えている³⁾。この新しい「交易路」の混交性については、15 世紀に始まる欧州から西に伸びる「新大陸航路」を経由する情報通信路においては、東に伸びる「旧沿岸航路」と比べて、南北米大陸の固有の文化遺産に取り返しのつかない行為をなしたことを思うとき、やはり今日的な情報路の「正負の諸刃の宿命」という共通性を覚え、興味深いものがある。

2. 計算機と情報の履歴

情報科学の原語は「Information Science」になるが、これは、1920 年代に既に図書館学 (Library Science) と同義語として登場している。これと区別する目的で、「Computer Science: 計算機科学」なる用語が用いられることが多い。また、もっと目的を限定した用語としては、Software Science や Software Engineering といったものも存在している。

我々の新しい用語である医科学情報学に対しては、少なくとも概念の整理だけは行っておく必要があると思われる。我々の場合、計算機を使うことが目的でも手段でもない。必要とあればそれを随時に使う程度の存在であると位置付けている。重要なことは、何のために用いるかである。多くの既存の学問領域において、夫々の名称に「情報」を冠した新名称が近年急増している状況がある。それらの個々の内容については立ち入ることを避けるが、医科学情報学の場合は、医科学という学問分野を対象として情報学の手法を融合させるという「合成概念」であることまでははっきりしているが、具体的な提示を行う必要がある。具体的な提示をすることはある意味でたやすいことかもしれないが、必要なことは、実現性の証を感じてもらわなければならない。

その前に、私個人の計算機にまつわる履歴を知っていただくのが筋かと考える。計算機と初めて研究上の「対決」をしたのが四半世紀前のことで、今では殆ど常識的な道具の1つになっているが、Allingerの開発した分子力場計算のProgrammeであった⁴⁾。一定の書籍にまとめられる以前のことで、所属する講座の先生に教えられながら格闘したのが最初であった。それ以前にも分子軌道計算などでは付き合いがあったが、計算手法そのものがほぼ完成されており、単に計算原理に従って初期入力値を与えればよかった。この程度の付き合いしか知らず、今でもProgrammingなどは全く苦手である。幸いなことに、同じ講座の先輩に最初のMicro Processorを開発した嶋正利氏がおり、氏との雑談を通じて計算への偏見がなくなった。即ち、「人間の考え方」が隔々にまで配慮されており、何か行いたいことがあれば、現実的な実現の可能性は別として、計算機の何処かに埋め込まれており、あとは、それを探すだけであるという偏見の開眼(?)であった。また、今日的な情報通信網の仕組みに関しても、数年前までNHKで放映していた「Young Riders」という連続映画がその基本的な哲学を知る契機を提供してくれた。米国の史実である“Pony Express”という米国版「早飛脚」と同じことを対象とし同じ発想でInternetが運営されていることをSmithsonian博物館で知ったとき、目から鱗が落ちたことを覚えている⁵⁾。米国の郵便制度を知れば、Internetが「何故情報を受け取る者が費用を支払い、情報を提供する者が費用を払わないのか」といった疑問が即座に解決される。

計算機への過大評価は世の多くの人が感じつつなかなか具体的には指摘できない事柄のようである。実は、私もその一人であるが、その一端として「安易」なカタカナ使用批判を展開している。カタカナの氾濫は、私に関わっている化学の分野で最も顕著なものかも知れない。何人かの識者はそれを指摘しているところである⁶⁾。現在、幾つかの視点からこの問題を整理しているところである。従って、本記事がカタカナの使用を極力控えているために、幾分読みにくいことをお許し願いたい。

3. 医科学情報学の概念の一端

さて、私のこれまでに行ってきた幾つかの内容から、情報学に結びつくものを抽出しつつ、合成概念である医科学情報学の概念に結びつく契機となり得るものを

幾つか例示してみたい。これまでの個人的な対象は、残念ながら、直接的に医科学に結びつくものではないが、医科学と情報学との融合の1つの視点の可能性として眺めていただければ幸いである。

3-1. 同位体化学

(1) Glucoseの質量Spectrumの完全解析

生体内代謝に関して、特定の物質の変化を時系列で分析することは、従来から広く利用されている手段である。こうした目的には、多くの場合、放射性同位元素で注目する化合物の特定の元素を標識し特有の放射線を検出することで、微量成分の追跡に威力を発揮している。しかし、放射性標識化合物を用いる方法は、計測する特定の放射線のEnergy幅が広く、且つ放射線の検出が2次的に行われる場合が殆どで、正確な定量性に欠けることが指摘できる。放射能を有しない安定同位体で標識した化合物を用いることができれば、こうした定量性の問題は克服できるが、放射性同位元素の場合の特徴である微量成分の情報は得られない。こうした一種の板挟みの状況は量(運動量)と質(位置)の相反する二兎を追うことができないという一種の不確定性原理に通じるものがある。

化学的な質を目的とした分析は、一般に種々のSpectrumを測定して得ることができる。即ち、この種の分析は、一見複雑なSpectrumに隠された情報を専門家の知識によって引き出すという解析作業を通じて行われる。こうした試みの作業として、Glucoseの質量分析Spectrumの完全解析がある。糖類の代謝に関して、その蓄積・消費の代謝経路を探る方法は、病態の診断にとっても役に立つことが期待される。今までにGlucoseの質量分析の完全な解析は報告されていなかった。理由は簡単で、揮発性に乏しいGlucoseの修飾方法に工夫がなかったからである。我々の場合は、Glucoseの5つの水酸基をTrifluoroacetic acidのEster ($C_6H_7O_6(OC_2F_5)_5$; $C_{16}H_7O_{11}F_{15}$; MW=660)にすることで解決した。通常のGas Chromatogramを併用する質量分析装置で、親イオン[m/e=660]こそ観測できないが、m/e=142, 156, 252, 265, 266, 279, 290, 291, 305, 318, 319, 335, 385, 386, 390, 391, 404, 405, 413, 414, 419, 431, 432, 433, 449, 533, 546, 547, 563の各断片イオンが観測され、それらの断片イオン種の生成機構が解明された(Fig. 1, 2, 3)。勿論そのためには、天然のGlucoseに加え、安定同位体標識の5種のGlucoseを用いることが不可欠である。その結果、1~25%

(8)

乱歩, 酔歩と Entropy

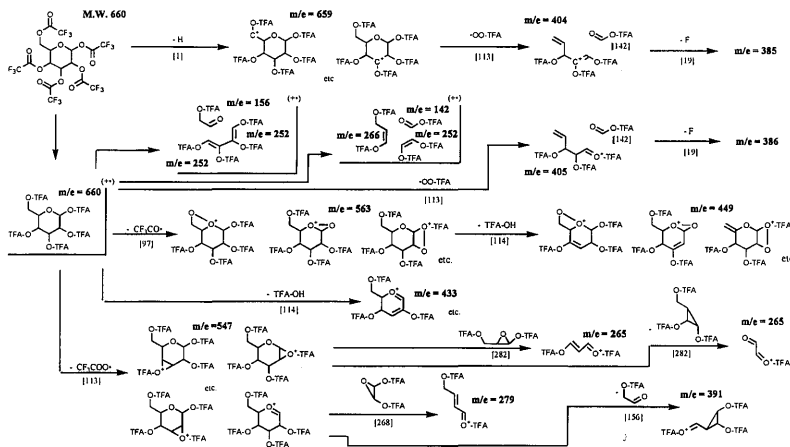


Fig. 1 Glucose penta-trifluoroacetate の質量分析装置の断片化反応 (1)

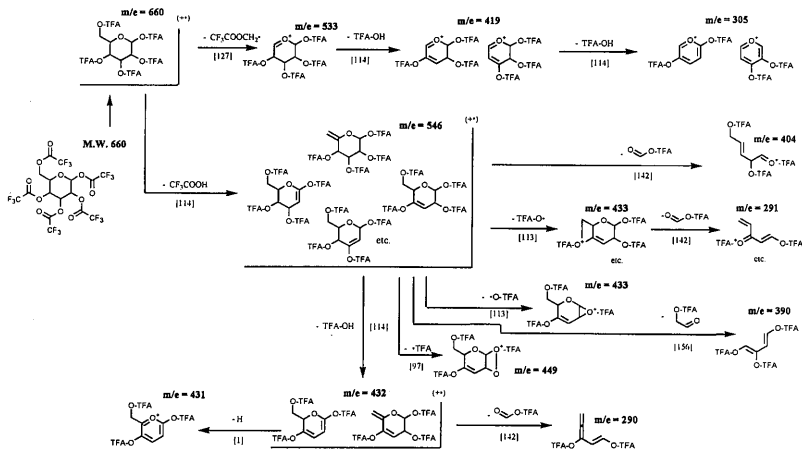


Fig. 2 Glucose penta-trifluoroacetate の質量分析装置の断片化反応 (2)

の標識化合物を含む試料に対して、満足できる定量検量線が得られることが判明した。注目する断片イオンと検量線の相関係数を Table 1 にまとめる。

完全解析がもたらす定量性以外の別な情報は、取り込まれた安定同位体の化合物中の位置が容易に特定できるので、生合成経路や代謝経路の解明に必要な情報も取得できることである。例えば、水と炭酸ガスから炭水化物を合成するのに、C4 と C3 の生合成経路を持つ植物がある。砂糖大根と砂糖黍は双方とも同じ糖を造るが、2つの糖には ^{12}C と ^{13}C の含まれる比率が異なっていることが、糖を燃焼させて得られる CO_2 の質量分析から知られている⁷⁾。完全解析の結果を参考に

すれば、Glucose の 6 個の炭素の各位置について、同位体の濃縮率が特定できるので、更に詳しい生合成の経路についての議論と検討が可能になることが指摘できる。

(2) 環境による化学反応の変化

人間など社会的動物では、自身の存在する環境によって行動形態が微妙に変化する。このことは、試験管の中の反応においても同じである。反応溶媒の性質が異なれば、生成物の分布が変化するという実験事実が多数示されている。気体や液体の中での反応は 3 次元的な反応であるが、2 次元の表面で起こる反応でも様相が一変する。Benzoin methyl ether という化合

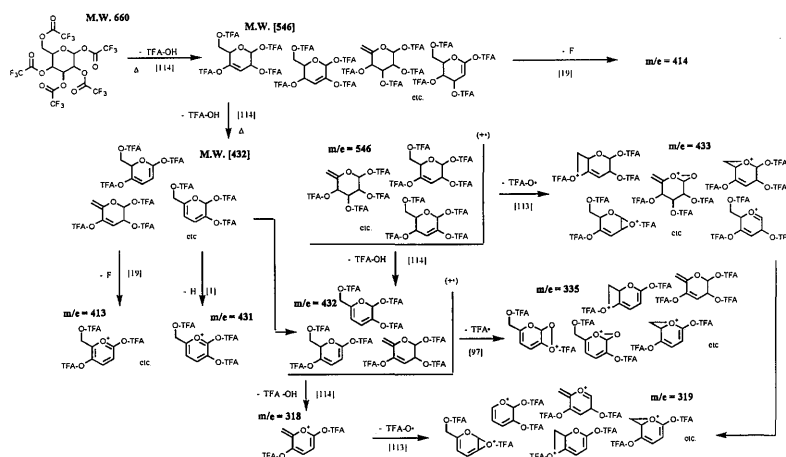


Fig. 3 Glucose penta-trifluoroacetate の質量分析装置の断片化反応 (3)

Table 1 安定同位体標識 Glucose と定量性評価 (1~25% 範囲)

安定同位体標識 Glucose	注目断片イオン (m/e), 相関係数	標識体の値段
Universal ^{13}C -glucose	(319) : $r^2=1.000$; (404) : $r^2=0.995$	\$ 10,000/ 1.0 g
1- ^{13}C -glucose	(305) : $r^2=0.998$; (319) : $r^2=0.998$	\$ 400/ 1.0 g
2- ^{13}C -glucose	(305) : $r^2=0.999$; (319) : $r^2=0.999$	\$ 800/ 1.0 g
2-D-glucose	(319) : $r^2=0.996$; (404) : $r^2=0.988$	\$ 700/ 1.0 g
6, 6-D ₂ -glucose	(404) : $r^2=1.000$; (413) : $r^2=0.999$	\$ 150/ 1.0 g

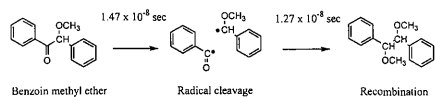


Fig. 4 Benzoin methyl ether の Silica gel 上の反応速度

物を Silica gel の固体表面に吸着させて光反応を起こさせると、溶液中での反応性生物には見られない生成物が生じる (Figure 4)⁸⁾。実は、これらの生成物の同位体分布を質量分析で求めると、Benzoin の Carbonyl 炭素の ^{13}C 同位体の比率が出発物質と異なってくる。同位体効果として知られている機構には、熱力学的平行論で説明される機構と、質量が変化することで反応速度が変化することに基づく速度論的機構が一般には知られているが、実は、あまり知られていない核 Spin に由来する磁気相互作用に基づく磁気同位体効果がある⁹⁾。この磁気同位体効果が純粋な形で現れる Benzoin 誘導体の 2 次元表面での光反応では、炭素の同位体の濃縮比から磁気同位体効果の理論によって反応速

度を合理的に演繹できる。その結果を Fig. 4 に示す¹⁰⁾。

一般には、このような素反応の反応速度の情報を得るためには、相当複雑で高価な分光装置を必要とし測定できる条件も制限される場合が多いが、同位体を分析して得られる情報ははるかに手軽に処理し易い点が指摘できる。

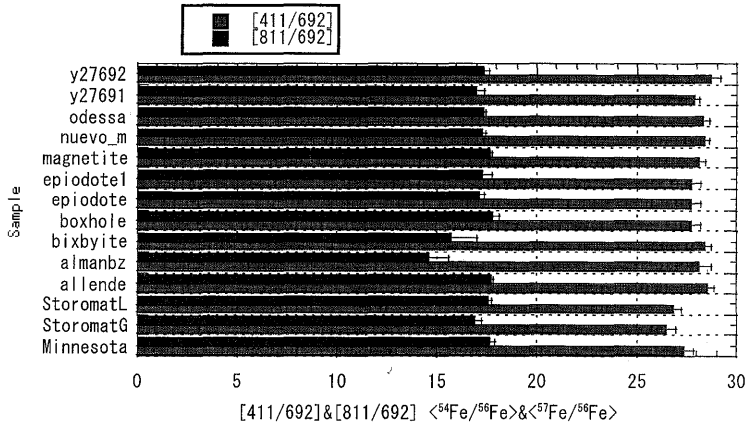
(3) 鉄の同位体分析

我々の周りに馴染み深い元素が幾つかある。鉄元素はその中の 1 つである。原子核の結合安定性 (Binding Energy = $-\Delta mc^2$) という観点からは、鉄元素が最も安定である。宇宙での鉄元素の生成は、「大爆発: Big Bang」から数百万年後のことで、宇宙の温度は 10^7 K 程度に冷えており、He の原子核との核融合反応で α 過程といわれる一連の重元素が生成して行く時期だとされている。そんな理由で、鉄の安定同位体は α 粒子の質量数である 4 の倍数である ^{56}Fe が最も多く、続いて ^{54}Fe , ^{57}Fe , ^{58}Fe が存在する。各同位体の質量数は精度よく求めることができるが、各同位体の存在比については、炭素や水素などと異なり、鉄の場合なかなか

(10)

乱歩, 酔歩と Entropy

Table 2. いくつかの鉄を含む試料の同位体分析
Relative Ratios Iron Isotopes (^{54}Fe & ^{57}Fe v.s. ^{56}Fe)



(註1) y27692, y27691: 南極の石室隕石

odessa, nuevo_m, epidote1, boxhole, bixbyite, almanbz, allende: 鉄隕石

StromatL, StromatG: 38 億年前の最古の酸化鉄を多量に含む最古の岩石

Minnesota: Minnesota 州の地下 800 mde 採取された高純度の鉄鉱石

magnetite: 太平川で採取した磁鉄鉱

(註2) [411/692] & [811/692] は, γ 線の各々 411, 692, 811 keV の Peak の面積比を示している。Error Bar は Gauss 関数補間の誤差を表している。

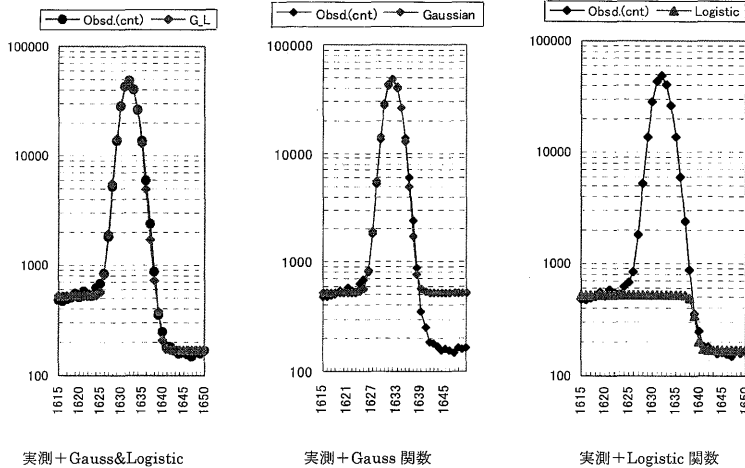


Fig. 5 γ 線 Peak の Gauss 関数と Logistic 関数とによる最適補間(縦軸は計測数の対数, 横軸は波高分析計の Channel) を用いた。また, 補間関数は以下に示す。

$$GL(ch) = \left(\text{Hexp} \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{ch-M}{2} \right)^2 \right] \right)_{\text{Gauss}} + \left(\frac{A}{1+10^{-(W(ch-M))}} - A \right)_{\text{Logist}} + B$$

なお, 図では基線部分の誤差を強調するために対数軸を用いているが, いわゆる半導体検出器の影響は, Peak 終端部分の段差に相当する部分だけであり, 面積全体に及ぼす効果が極めて少ないことがうかがえる。

困難である。因みに、国際純正応用化学会 (IUPAC) はこれまでの各同位体存在量の分析報告が範囲にがあるだけで指摘している ($^{54}\text{Fe}_{(26)}$: 5.77-6.04%, $^{56}\text{Fe}_{(26)}$: 91.52-91.79%, $^{57}\text{Fe}_{(26)}$: 2.11-2.25%, $^{58}\text{Fe}_{(26)}$: 0.28-0.34%)。また、従来は、鉄の同位体の存在比は安定しており、天然の試料に依存せず、ほぼ一定であるとされてきた。

我々自身も個体質量分析を試みたが、その再現性が非常に低いことが改めて認識できた。そこで、最近になって日本原子力研究所の改修 3 号炉で低 Energy 中性子 (3 meV, $1.4 \times 10^8 \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) を試料に照射し (n, γ) 核反応を選択的に行わせ、いわば原子核の蛍光に例えられる即発 γ 線分析を試みた。解析作業に不可欠である γ 線波高分析 Spectrum は、Ge 検出器での後方散乱や Compton 散乱の影響を受ける。後方散乱や Compton 散乱の理論関数が非常に複雑であるために、一般には簡単な基線 (Base line) 差し引き処理で対応しているのが現状であり、定量性に欠けることが常々指摘されてきた。 γ 線波高分析を用いて微妙に変化する同位体の存在比を決定する以上、この検証は避けられない。そこで、Fig. 5 に示すように、 γ 線と半導体検出器の相互作用による半導体内の電子空孔の生成が正規分布 (Gauss 分布) に従うこと、また、様々な基線に及ぼす効果が成長曲線 (Logistic 関数) で記述されるという仮定の下に実測 Spectrum を補間し、定量精度について検討した。

この最適補間を行うにあたっては、波高分析計の Channel 数を独立変数として、実測 Spectrum ($GL(\text{ch})$) が Gauss 関数と Logistic 関数の和 (Fig. 5 の説明) で補間させることになるが、そのためには、7 種の定数 (H, M, S, A, W, M, B) を決定しなければならない。この処理作業は、幾つもの方法で行えるが、Fig. 5 に示したのは、Programming を知らなくても実行可能な Microsoft Excel 固有の機能である Solver を用いた例である。

結果は、十分な定量性が 1% 以下の統計誤差で同位体比の測定が可能であることを示すものであった。そこで、実試料 (鉄鉱石と隕石) について定量分析を行った結果、 $^{54}\text{Fe}/^{56}\text{Fe}$ と $^{57}\text{Fe}/^{56}\text{Fe}$ の 2 つの同位体比が試料によって異なっているという新事実が判明した (Table 2)¹¹⁾。同位体の存在比の差異の理由は、宇宙創生期に鉄が作られた環境が均一な条件ではなかったことに加え、炭素 ^{13}C と同様に鉄の ^{57}Fe だけが核 Spin ($I=1/2$) を持っていることと関係していると考えてい

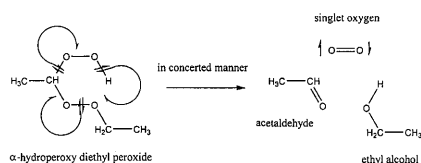


Fig. 6 海鞘に含まれる過酸化物の協奏反応 (励起状態の 1 重項酸素が発生)

(註) 図中の片矢印の円弧は電子の流れを表し、同じ片矢印の線部は、1 重項酸素が生成することを明示するために、切断を受ける結合における結合電子対の電子 Spin を表している。簡単な分子起動計算によると、この反応は吸熱反応であり、自然に起こり得ることを示唆している。

る。

3-2. 海鞘類 (ホヤ) に含まれる天然物過酸化物

海鞘類は、肉眼で観察できる海洋性生物の中で最も種の数が多い動物である。N.L. Berrill や発生学者 R. Wall の研究回顧によれば、人類の進化系統樹的な直接の祖先である海鞘類には特別な親近感を持たざるを得ない^{12,13)}。海鞘からは沢山の Carotenoid や Macrolide が単離されているが、全く簡単な分子の中に 2 つもの過酸化結合をもつ異様な過酸化物 (α -hydroperoxy diethyl peroxide: Ascidia peroxide) が単離され、Mouse の毒性試験によって多くの種類の細胞を壊死化させることも判明した^{14,15)}。

この稀有な過酸化物の構造を有機電子論に基づいて眺めてみると、大変興味ある反応が起こりうる (Fig. 6)。この Ascidia peroxide は、最も抵抗なく起こりうると考えられる協奏反応 (Concerted reaction) と呼ばれる形式の反応に従って、酸素、Acetaldehyde、Ethyl alcohol に自然に分解可能である。これらは生命活動にとって非常に身近な存在の化合物である。因みに、この物質は、水などに溶けていない純粋な状態では衝撃に非常に不安定で、少し加熱すると爆発する。この有機電子論的に起こりうる反応で注目すべきことは、生成する酸素分子が 1 重項であることである。Fig. 6 では、酸素分子の両脇に示してある電子 Spin を表す逆平行の片矢印を、このことを強調するために表している。これと反対に、平行な電子 Spin の配向をとっているのが、酸素の基底状態である 3 重項である。

化学的には、基底状態の 3 重項酸素は 1 つの分子に 2 つの遊離基 (Free Radical) 中心を持っている。遊離

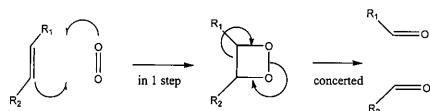


Fig. 7 1重項酸素と Olefin の反応とその2重結合の分断

基は一般的に化学的に反応性が高いので、我々が普段お世話になっている酸素も、善悪、正負の両方の性質を生物学的には備えている。海鞘の過酸化物の分解で生じ得る1重項酸素は、ほんの少し3重項酸素よりも不安定であり、一般的な性質は3重項酸素に似ているが、特定の化学反応性が異なる。例えば、炭素・炭素2重結合と1段階で反応し、一気に2重結合を切断しうる能力を備えている (Fig. 7)。

この過酸化物の物理的特性は、水にも Hexane に自由に溶けるという親水性と疎水性の両方の性質を持っていることである。酸素の遊離基に関する Superoxide に関しては、多くの成書があるので割愛する¹⁶⁾。我々の当初の海鞘研究の契機は、海鞘類における酸素運搬役物質が希土類元素であるとの説があり、それを検証することが目的であった。V (Vanadium) が Hemoglobin に対する鉄の役割であるとの考えがあったが、海鞘に共通する元素でないことから否定される。この海鞘の過酸化物は1個体から 150 mg~500 mg も抽出されるので、全く新しい酸素運搬役を担っている可能性が否定できないと思っている。水にも溶け、疎水性の細胞壁にも親和性のあるこの過酸化物は、酸素の運搬役あるいは貯蔵役としての可能性が考えられるからである。Energy 的に安定な1重項酸素に分解されると、適当な遷移金属などの触媒(酵素)があれば、通常安定な3重項酸素に容易に転換される。更に、同時に生成する Ethyl alcohol や Acetaldehyde は代謝の中間物質として利用できることも指摘できる。この過酸化物の生合成経路とあいまって、脊椎動物の直系の祖先におけるこのような科学童話的発想は夢を与えるものである。

3-3. Chaos と進化

1987年1月26日号の TIME 誌に、Berkeley 校の研究者である A. Wilson, R. Cann, Mark Stoneking の3人が、人類の「母」を求める作業に取り組んでいることを報じていた¹⁷⁾。人の DNA を調べて祖先を演繹する方法は古くから論じられてきたが、現 Hawaii

大学の R. Cann 女史らによって最初に試みられた。人の精子の Mitochondria の DNA (mtDNA) が、受精過程において子供に受け継がれることなく、母方の直系の遺伝子だけが受け継がれることに着目した研究である。地理学的な分布も考慮に入れ、5大陸を含む世界中の147人の男性の精子を集め、mtDNA を制限酵素で切断して切断断片の比較を行ったところ、147試料の mtDNA 間の差異が極めて少いことが判明する。この事実は、たった1種類の mtDNA がその昔に存在し、それが少ない変化を受けながら現在に至っていると考えたと説明がつく。更に、Sahara 砂漠の南方に現在すんでいる人々の mtDNA 間で最も多くの差異が存在することから、初期の「母」達が幾度も mtDNA を変えなければならなかった状況にいたと考えられ、彼らの mtDNA 的直系の「母」が人類発生期の「母」に非常に近いという結論を提出していた。当初は彼らの論理に疑問も提出されたが、1998年に通常の DNA 比較においても人類の祖先が mtDNA からの演繹値と同じ 150,000 年前に遡るとの結論が出され、受け入れられるところとなっている。

このような進化に限らず、様々な世の現象を記述・説明する方法論は、決定論的世界観と確率論的世界観という2つの世界観に区分できる。確率論的世界観は「らしきもの」が確率過程で示しうるという意味で「手軽」ではあるが、現状の状態から一番最初の状態の再現という意味では効力を発揮し得ない致命的宿命がある。一方、決定論的世界観に立てば、時間軸を遡って任意の時間における現象を説明できる「はずのもの」が得られる筈なのであるが、現実には「混沌: Chaos」に陥る場合がある。量子化の過程では、不確定性原理によって位置の情報が失われ、あるいは、簡単に定式化できる微分方程式でさえ、解の安定性の問題が付きまとう。結局は、任意の時間軸の予想が不定になってしまう¹⁸⁾。

最先端の言語学がどのようなものであるのか、その方法論についての詳しい内容は知らないが、1954年に人工知能 (AI) の可能性が指摘されるに至り、急速に計算機の新しい可能性が模索されるようになる。特に、機械翻訳の公開実験が同年 Georgetown 大学で行われ、米国の連邦議会の巻き込んだ研究予算重点支援対象として国防・外交上から注目を集めたが、1964年には機械翻訳の可能性を否定した「Pias 報告」が連邦議会に提出され、研究開発予算が打ち切られた経緯がある。その後、当初は計算機との融合によって人工知能

に可能性を求めた Dreyfus 兄弟等による第一期の人工知能批判が展開され、MIT を中心とした研究者群が Stanford 大学を中心とする人工生命派 (A Life) に細胞分裂し現在に至っている。機械翻訳についての経緯は、実は、暗号解読という極めて現実的な目的と関連しており、本当に機械翻訳そのものの意義と可能性が否定されたとは思えない節がある。進化や遺伝といったある種究極の「自然言語」の翻訳という命題は、その価値と可能性が否定されたものではないと思っている。

半径 150 億光年の宇宙に存在する素粒子の数が 10^{80} 個程度であるとき、生命活動に関係する化学反応の種類が高々 10^{20} 程度と見積ると、これらの反応を触媒する酵素の確率は 10^{-20} となる。更に、下等な鞭毛菌のような生命体が持っている酵素の数が 1,000~2,000 程度であることを思うと、これらの正しい組み合わせの確率は実に $10^{-20000} \sim 10^{-4000}$ という値になってしまい、全宇宙のある特定の粒子を探し出す方が遥かに容易であることになる^{19,20}。こんな途方もないサイコロ博打の可能性に委ねたくないと思うのが、我々の自然な発想であろう。極最近、235 個の塩基を持つ大腸菌の裸の rRNA のある領域が、直接的に蛋白合成の能力 (実際には Phe-Phe の Amide 結合生成) があることを示した。この実験事実は、以前からの RNA 生命起源に光明をもたらすかもしれない²¹。勿論、M. Eigen やその他の研究者も、古く 1970 当初から同様の発想を持っており、幾つかの仮説を提唱したが論理的矛盾を払拭できなかった経緯もある^{22,23}。

我々は、この極限の自然言語の翻訳については非常に興味をそそる対象の 1 つと位置付けている。切り口は現在模索中であるが、早い時期に定めたいと励んでいる。この他に、決定論的ではあるが、全く Chaotic とは異なる対象についても取り組んでいるが、割愛したい。

4. 最後

個人としての興味の遍歴は「乱歩」の世界をさまよって来たが、底流には 1 つの理念が存在していると整理している。現在の医科学情報学講座は、言語、計算機構築、物理化学の領域に携わってきた者達で構成されているが、その共通する取り組みの具体的な対象の 1 つに、計算機の深淵な可能性を基盤に据えつつ、自然の極致の言語の翻訳という目標のあることを表明し

た。この目標の遂行過程で新たな対象へと追加・発展することは当然あることである。我々が従来携わってきた領域に固執する理由は既に消失したと考えており、その機会は、医療と医科学に携わる環境下で更に加速されるものと判断している。従来の枠内にとられないで、新しい目標を定めることが、医科学情報学の本学での責務であると信じている。

参考文献と註

- 1) Ed. By Owen Gingerich, "The Nature of Scientific Discovery: A Symposium Commemorating the 500th Anniversary of the Birth of Nicolaus Copernicus", Smithsonian Institution Press (1974) Washington
- 2) 原題は、「機械学と場所運動に関する二つの新科学についての講話と数学的証明: Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attinenti alla meccanica ed ai movimenti locali」
- 3) C. Stoll, "Cuckoo's Egg: Tracking a spy through the maze of computer espionage", Pocket Books (1989) New York; *idem*, "Silicon Snake Oil: Second thoughts on the information highway", Anchor Books (1995) New York
- 4) U. Burkert, N.L. Allinger, "Molecular Mechanics", ACS Monograph Ser. 177, American Chemical Society (1982) New York
- 5) Smithsonian Museum の最も新しい博物館として、Washington の中央郵便局が編入されている。
- 6) 渡辺 正, 化学と教育, 46(5), p. 279 (1998)
- 7) W.C. Ferrelus, J. Chem. Educ., 61, P. 249 (1984)
- 8) A. Nakamura, P. de Mayo, *et al.*, J. Amer. Chem. Soc., 104, pp. 6824-25 (1982); 中村, Infrared Report, 3(1), pp. 8-13 (1985)
- 9) Y.N. Molin Ed., "Spin Polarization and Magnetic Effects in Radical Reactions" In Studies in Physical and Theoretical Chemistry (Ser. 22), Elsevier (1984) Amsterdam
- 10) 中村, 昭和 58 年日本化学会東北地方大会招待講演 (盛岡)
- 11) 平成 4 年から平成 9 年までの原子力研究所との協力研究 (各年度の原子力研究所の成果報告書); 中村ら, 東京大学原子力研究総合センター シンポジ

- ウム論文集, 3, pp. 192-197 (1995)
- 12) Norman J. Berrill, "The Origin of Vertebrates", Clarendon Press, (1955) Oxford
- 13) Robert Wall, "This Side Up", Cambridge University Press, (1990) Cambridge
- 14) A. Nakamura, M. Yamamoto, *et al.*, Tetrahedron Letters, 32, pp. 4355-4358 (1991)
- 15) A. Nakamura, H. Masuda, A. Koizumi, *et al.*, Toxicology Letters, 60, pp. 257-262 (1992)
- 16) 近藤元治企画, 特集「遊離基と疾患」, Mebio, 11 (4), (1994)
- 17) Michael D. Lemonick, TIME (Japan ed.), Jan26, p. 34 (1987)
- 18) Philip Stehle, "Order Chaos Order: The Transition from Classical to Quantum Physics", Oxford University Press (1994) New York
- 19) S.A. Kauffman, "The Origin of Order", Oxford University Press (1993) New York
- 20) I. Nitta, K. Watanabe, *et al.*, Science, 281 (Jul 31), pp. 666-669 (1998)
- 21) F. Hoyle, N.C. Wickramasinghe, "Evolution from Space", Dent Publishing Company (1981) London
- 22) J.M. Smith, "Evolutionary Genetics" (2nd Ed.), Oxford University Press (1998) Oxford
- 23) J.M. Smith and Eors Szathmary, "The Major Transitions in Evolution", W.H. Freeman/Spektrum Akademischer Verlag (1995) Berlin; J. メイナード・スミス, E. サトマーリ著, 長野 敬訳, 「進化する階層」生命の発生から言語の誕生まで, シュプリンガー・フェアラーク東京(1997), 東京