

【研究報告】

# 価値選択の生物学的起源 ——DNA・逆アボガドロ定数 (mol)・社会的規範——

勝尾彰仁

## 要約

人類は、高度な文明社会の構築を通じて、他の生物種を凌駕する繁栄を地球上で勝ち取ってきた。しかし、それと共に、我々自身の集団的活動によって、地球環境問題や経済格差問題等の、価値選択の混乱に象徴される多様な様相の軋轢を、社会の諸領域で生じさせている。本稿では、人間がこのような繁栄と葛藤を経験するに至った軌跡は、(1) DNA情報の超効率的な圧縮による「個別性 (=プライバシー)」の顕現と、(2) 進化により洗練された推論能力による社会的な選択契機の拡大という、互いに独立しているが、相互に通底する生物学的な起源を持つ2種類の要因が、長大な進化スケール上で、ヒトの形質として重層的に獲得するプロセスから生じており、葛藤の克服もまた、同じ時間スケール上で展開する、DNA分子の個別性表現の継続的編集と、その改訂情報により促進された社会環境における再帰的な規範生成に依存している、という主張の擁護を試みる。

キーワード：DNA、情報量、人類史、アボガドロ定数、個別性、プライバシー、社会的選択

## 緒言

ヒトのDNAは、父母それぞれに由来する約30億 ( $3.2 \times 10^9$ ) 個ずつの塩基鎖が、23組のペアに分割され、対面しながら捻れを伴う、二重らせん構造状の分子を合計46本構成している(2倍体)。この全体をゲノムと呼ぶ。ゲノム中の特定領域を指す用語である遺伝子は、生命維持と世代継承に必要な、タンパク質と核酸の合成を、特定の塩基配列として記録することで、生命機能発現に関するメタレベルの支配を実現しており、およそ全ゲノムの1.5%、約2万1千の領域分散的な塩基集団を形成している。これらの遺伝子は、総延長4千数百万の塩基で書かれた文字列データベースを構成し、約1,500万単語のアミノ酸配列による“コード”への翻訳を経て、概算2万種のタンパク質分子(平均750アミノ酸コードと仮定した場合)を潜在的に発現させる能力を持つ<sup>1)</sup>。

この概算値に、近年解明が進んでいる、単一遺伝子上で複数種類のタンパク質が発現する“エキソン・シャッフリング”の交替係数を、10(回)と想定すると、ヒト遺伝子が発現できるタンパク質は、およそ20万種程度と見積もれる。

次節以下に示すように、個人のヒトDNAに収容されている進化の履歴を反映した情報量は、計算方法にもよるが、概算  $10^8 \sim 10^{13}$  bits、すなわち  $10^5$  の指数範囲でその格納キャパシティに幅を持つ。そして、この情報量を、(1) 全人類史を通じた人間活動の累積的な情報処理量、(2) 現代最速クラスのスーパーコンピュータが持つ計算能力、(3) 社会的な規範の策定に最低限必要と思われる、集団としての構成員が吟味すべき情報の集計量、の3種類と比較してみると、進化の長い試練の果てに遂に我々が手中に収めるに至った、今日見られるような人類の繁栄と、そこからの反動的な諸現象に対する葛藤の歴史の持つ意味、および事態收拾のための行動指針策定への考察に際し、興味深い示唆を与えるように思われる。

## 情報と価値——量的な集計と質的な選択

### 1. ヒトDNAの情報量

ヒトの体内では、タンパク質分子を構成する原材料は、20種類のアミノ酸に限定されており、コンピュータ上で、この生体分子が格納する情報と同等量のデータ処理を実行するプログラムを設計しようとする場合、識別の

ために必要とされる情報量は、 $\log_2 20$ 、すなわち5bitsもあれば足りることになる。ヒト遺伝子の持つ情報が、何らかの方法により生体から直接読み取り可能で、かつ、適当なシステムによりデータ変換を経て計算機処理することが可能とすれば、2万1千(塩基)×750(アミノ酸コード)×5(識別フラグ)=7,875万bits、すなわち一人当たり約80M bitsのファイルサイズとなり、ヒト細胞の常態は2倍体であることを考慮しても、二重らせんの双方が含む情報を見込んで160M bits程度でヒトの遺伝子の個人レベルでの記録が可能となるであろう。

他方、我々の体を構成する、特定のタンパク質分子が採用する立体構造は、進化に伴い、収斂性と分岐性の2正面作戦的なデザイン戦略を、目的別に採用しながら多様化してきたものと推測されており、基盤となるDNA分子の物理構造に則ったコーディング量の概算に際して、更に冗長さの圧縮可能性を示唆しているようにも見える。例えば、ある酵素タンパク分子のコンフォメーションは、アミノ酸配列の相同性が30%以下でも、共通の触媒ターゲットを持つものが存在するが、これらの分子が持つ機能的同等性は、異なる時間的あるいは系統的な生成起源を持ちながらも、進化の過程で機能的収斂を生じるようになったと考えられている(Miyamoto-Sato et al., 2013)。

Keefe & Szotak (2001) は、*in vitro* Virus (IVV) 法と呼ばれる方法を用いて、大量の人工的に調整されたDNAライブラリから、ランダムに選ばれた、80個の連続シークエンス中、mRNAによって読み出されたアミノ酸配列について、多くの生理反応に必須とされる、ATP(アデノシン3リン酸)分子と強く結合する性質を示すタイプをスクリーニングした。その結果、 $10^{11}$ (=1,000億)の無作為抽出によるコード系列中、わずか1系列が該当するという、極めて限定的な頻度で、ATP分子との結合能力を実装するコードが選ばれていた、と報告している。彼らの主張する機能獲得率をヒトの生体内で起こるタンパク質合成にも当てはめれば、分子コーディングに必要な情報量は、 $\log_2 10^{11}$ 、約36bits、(または5bytes)程度ということになる(Baum, 2004)。

さらに、別の研究チームは、同様なアプローチを用いて、遺伝子転写領域中の、タンパク質相互作用に関する解析を行い、特定遺伝子と既知のタンパク質間に、 $10^3$ 系統程度の相互参照ネットワークが存在していると報告している(Miyamoto-Sato et al., 2013)。

これらを整理すると、ヒト遺伝子領域の冗長性圧縮を

強調した概算情報量は、1倍体当たり2万1千(塩基)×36(コーディング情報)×5(識別フラグ)=378万bitsとなり、2倍体細胞を前提として1Mbytes、これに核酸/タンパク質相互参照ネットワークの指定フラグ10( $\equiv \log_2 10^3$ ) bitsを加味しても、高々100M bitsであると見積もることができる。

以上の議論では、構造論的にも、機能論的にも、いずれにせよ「ヒト構成分子の来歴」は $10^8$ bits程度で表現されていることを示唆している。ただし、ここで重要な補足として、遺伝子領域外で機能する、非翻訳DNAやRNAその他の反応調節系分子のコーディングも、ヒトの物質的な来歴の構築に本質的に欠かせない、とするエピジェネティック的な立場があり得る。この立場では、ヒトゲノムの2倍体精度の完全符号化を前提としたDNA分子の全配列、すなわち60億塩基がコーディングの対象となり、加えて分子中の全ての塩基鎖が、タンパク質をコーディングするアミノ酸配列と少なくとも同等レベルの符号化情報量を必要とする、と仮定すれば、 $6 \times 10^9$ (総塩基数)×750(コーディング配列)×5(暫定識別フラグ) bitsとなり、計算上3T bytes(テラバイト)、最大 $10^{13}$ bitsのボリュームをもって細胞核内にコードされた全ての分子言語に基づく「来歴」が記録されることになる。

ここまでに見たように、情報の“詰め込みレベル”により、個人レベルのヒトDNAに収容される来歴情報は、 $10^8 \sim 10^{13}$ bits、つまり、約 $10^5$ の指数オーダーでその格納キャパシティに幅を持つ値となる。次節以降では、この情報格納範囲で表現されるデータ量を、(1)人類史を通じた人間活動の累積的な情報処理総量、(2)現代最速クラスのスーパーコンピュータが持つ計算能力、(3)社会的な規範の策定に最低限必要とされる、構成メンバー間で吟味すべき意見の集約量、という異なる3種類の数値と比較し、そこから得られる幾つかの重要なインプリケーションについて考察してみたい。

## 2. 人類史の情報量

よく知られた人類史上の重要な出来事である、2足歩行、道具の製作、そして、言語の多段階的な発達を契機として、原始人類が誕生したのは、約450万年前のアフリカであると考えられている。その後、食料事情と居住環境の変化に応じて、大陸を移動しながら、我々の祖先は世界各地へと拡散し、そこから今日までの世界人口の

累計は、オックスフォード大学や国連などの公的統計資料等からおよそ $10^{11}$  (=1,000億)人と見積もることができる(Our World in Data, 2015)。

一方、ヒトの脳皮質の神経細胞密度は $10^5$ 個/ $1\text{mm}^2$ 以上あり、脳皮質の表面積は、約 $1,000\text{cm}^2 = 10^5\text{mm}^2$ であるから、最大 $10^{11}$  (=1,000億)個程度の集団で、神経細胞は働いていることになる。これらの細胞は、神経間の莫大な情報交換に対応するため、互いの接続形態としてネットワーク構造を採用しており、その情報伝達は、シナプスと呼ばれる、主に樹状分岐した神経細胞先端部分に特に集中して発現している接続端子から、神経伝達物質の受け渡しによって行われる。1個の神経細胞は、 $10^3$ の規模(=数千個)で展開するシナプスを通じて、他の神経細胞からのメッセージを遍く受信することができ、この仕組みをネットワーク全体で持つことにより、大量の情報を文字通り瞬時に捌くことができる。さらに、特にヒトを含む高等動物では、グリア細胞と呼ばれる、皮質内に分布する、神経細胞とは異なる数種類の細胞群が、ネットワーク構造の周囲を取り巻いて、多様な生化学的支援を個々の神経細胞に対して行っており、これらが全体として、神経細胞の優れた情報処理能力に大きく貢献している。

かくして、ヒトの脳皮質では、 $10^{14}$ 個規模のシナプス接続を主要な情報処理回路として、個人としての生活を通じた諸場面でリアルタイムに発生する、身体内外の様々な事象変化<sup>2)</sup>を、“ノウハウ”あるいは価値的判断として、その都度経験することになる(Kandel et al., 2013)。ここから、ネットワーク上の各接続点でシナプスを通過する、情報群を即時処理するために脳が請負う計算負荷は、単位時間当たり $10^{14}$ bits、ほぼ10T bytes以上と見当がつき、情報の性質が異なるにしろ、先に見た遺伝子情報のデータ収容に必要なファイルサイズと比較しても、10倍以上のボリュームが毎分毎秒処理されていることがわかる。

この“情報の洪水”が、人類誕生以来、恒常的に押し寄せ続けることにより、脳の中で毎回の経験の処理履歴が更新されて、神経情報処理における回路特性のアップデートという形で積み上がった結果、我々の心に理性が生まれ、文明が開き、そして、現代に至っては高度に整備されたインフラが、その存在価値を増長させて、もはや我々の生活環境の欠かせざる一部として、半支配的に敷衍するまでに発展を遂げた——と推測することは、そう困難ではないだろう。

これらの事実と関連する拡張的推論から、先述の公開

統計情報等を参考に計算すると、現在の状態を人類が手に入れるまでに、何らかの“問題解決”に要した情報処理タスクの累計ビット値は、 $10^{14}$ bits(シナプス情報処理) $\times 10^9$ 秒(寿命100年とした場合の秒換算) $\times 10^{11}$ 人(地球人口の累計) $= 10^{34}$ bits、を下回らなかつたものと想像することができる。

### 3. スーパーコンピュータの計算量

前章で求めた、人類史全体の神経情報処理が達成した累計ビット値は、現代の最高演算速度を誇る、スーパーコンピュータによる解析さえ、明らかに“無謀な試み”と感じられるほどに、莫大な情報量であることは、これまであまり指摘されていない。スーパーコンピュータの性能は、浮動小数点(フローティング・ポイント)と呼ぶ指数的な変動範囲のデータを行列式等の線形代数処理に要する速度(LINPACKと呼ばれる業界の標準タスクによる)で評価され、2019年現在 $10^{17}$ FLOPSであり、次世代エクサスケール(2021年頃導入を目指して世界で開発競争中だが若干当初予定より遅れている)モデルでは、現行タイプの約10倍の性能を到達目標としている(Hyperion Research, 2019; 文部科学省, 2014)。

この次世代モデルとして数年後に登場予定の最速コンピュータを、1年間(31.5M秒、すなわち $10^7$ なる指数表現に対応するスケールで)運転し続けた場合の計算量は、 $10^{25}$ FLOPS・秒に達する。およそミニマリスト的な比較にはなるが、計算機の内部仕様(浮動小数点データ処理は、無理数である平方根や、超越数である円周率や自然対数を含む高度な演算を効率的に扱うため、単純な加減乗除以上の、“手間をかけた”内部変数の変換過程を伴う)から生じる複雑化要因を取って不問とすると、このコンピュータが達成する平準な累計計算量として $10^{25}$ bitsという値を得る。

この寛容に見積もられた情報処理量は、現代の基準からすると、系外惑星探査や分子創薬を含む、先端科学技術に依拠する産業活動の諸領域に、大きなイノベーションの期待を抱かせる、依然として瞠目すべき計算ポテンシャルには違いない。しかし、「人類史の総体」を紐解くべく、先の概算値から得た $10^{34}$ bitsというボリュームのデータ解析をするためには、 $10^9$ (=10億)年以上かかることになり、電源を始めとするコンピュータの物理的な維持管理はおろか、地球生命環境の存亡さえも、予測不可能な時間スケールが必要となる。

人類が今日手に入れた、著しく特徴的な生物学的形質の獲得までに費やした、膨大な、ある種の“修行期間”

が、DNAの進化に与えてきた影響の大きさと、現代文明社会のもたらす日々の人間活動の機能的な複雑さを念頭に考察するならば、DNAが収容している生命情報は、単純計算負荷の累計としての、全人類史データ量(=  $10^{34}$  bits)に比較して、最も控えめな見積もりで  $1/10^{21}$ 、より積極的な試算では最大で  $1/10^{26}$  程度の冪乗の縮退を伴う、驚異的な圧縮率を達成しているといえるだろう。

さて、上記で得たDNAの際立って優れた情報圧縮率を象徴する冪乗のスケール感は、大域的な比較対象を自然界に求めれば、アボガドロ定数 ( $6.02 \times 10^{23}$  分子)の逆数である mol スケールに比類するといえるだろう。すなわちこのスケールは、 $\log_{10} N = 24$  近傍における対数プロット上で展開される量的概念を表現している。周知のように、アボガドロ定数は、個々の物質的存在において、最も基礎的な属性を、自身の逆数で参照することにより、対象物の質量数と遷移周期の位相を指定して、「元素名」あるいは、その混合スペクトルとしての「化合物名」を宣言する。つまり、分子スケールの物質が集合的に存在する場合に、「塊」としての個別性(あるいは「個性」)を宣言する定数である。そして、ここでは、宣言と同時に全ての分子が質量数という基準で識別されて、量的操作可能な対象へと変換されることになる(日高, 2005)。

以上の検討を踏まえると、我々個々人のDNAは、全人類史を反映しつつ、個別系統的な来歴を記録しているのみならず、個人の生活史を通して日々刻まれ続けるミクロな毎分毎秒の価値評価をも、常態的に自らを構成する分子構造の中に折り込まんとしており、それらが一連の(進化スケール的な意味での)“現状”における塩基コードとして、mol という単位で累々と記録され続けながら、分子配列中に圧縮表現されている、と考えることができる。この新たに提示された文脈に沿ってゲノム情報を捉え直すとき、「地球上の一人ひとりが持つDNAは、種の来歴の証左に留まらず、個人の経験が随時更新する、価値観の参照基準としての『個(別)性またはプライバシー』を、その塩基配列に内包している」というメッセージを、この驚くべき圧縮率に読み取るべきかもしれない。

#### 4. 価値選択と理性による推論

ヒトが人類史を通して、生活経験を重ねることにより獲得してきた、他の生物種には見られない特質を発現するための基本プログラムは、遠い祖先から今日現時点の私的な日常活動までをも含み、長大な時間を跨いだ来歴情報をファイルする、DNA分子中の塩基配列コードと

して圧縮記録されている。そして、その来歴を紐解く展開情報量は、次世代型スーパーコンピュータを、全人類史を優に超える年月で運用したとしても、およそ解析不能なほど、膨大なボリュームに達する。この圧倒的な情報量は、人間がこれまで生み出してきた全学問領域の、一致結束による解説、といった仮想的野心すら絶望的である、と感じさせるに十分なハードルの高みを誇りながら、眼前に屹立しているようにさえ思われる。しかし一方で、その“高み”ゆえに人類はここまで高度な文明を築き上げ、現代に生きる我々は、その恩恵を計り知れぬほどに享受し続けていることは言を俟たない。

実のところ、そんな諦念を一蹴するかのごとく、人間が集団として形成する社会という現象を対象として、その中核に存在すると想定される「集合知」の実態を、分析的に解明しようと果敢に挑戦を続ける社会科学の一領域が存在する。社会的選択理論と呼ばれる分野である(Suzumura, 2011)。

この学問領域は、規範経済学および数理社会学を中心に展開され、20世紀中盤以降、社会を構成する集団の意思決定と価値選択の原理を集中的に探究してきた。ここでは、まずそのエッセンスを実感するために、最もシンプルだが重要な知見の一つである、「社会の構成人数が2人」で「選択肢が3つ」の、言わば“ミニマムな社会”で実施される、価値選考プロセスを検討する。

##### 4-1. 社会的選択の必要情報量

構成メンバー2人から成る、最小サイズの社会で、3つの選択肢  $x, y, z$  (これらは社会状態と呼ばれ、政策カテゴリー、年収レベル、レジャー種目等、社会的な価値を持ち、ランキング対象とみなせる、様々な事象や事物が該当する)を順位付けする問題を考えよう。

ここでは、まず選択肢3種類を一つずつ任意に組み合わせて「組」として登録しようとする、そのパターンは  $3! = 6$  通り存在する。それらは、具体的には、例えば左方が右方よりも常に優位に好まれている“社会の状態”を表す、と仮定すれば、 $xyz, xzy, yzx, yxz, zxy, zyx$  という6組の記号列で表現される(遺伝学用語と紛らわしいが、これらはトリプレットと呼ばれる)。

社会を構成するメンバー一人ずつが、上記の6組の社会状態トリプレットに関して、特定の個人的な選好ランキングを持っていると想定すると、我々が注目している2人社会で選好を集約する場合に、検討すべきトリプレット同士の“取組み”の総数は、 $6 \times 6 = 36$  通りとなる。

ここで、2人が何らかの方法により、36組全ての取り

組の優劣を“社会的に”（協議、投票、ジャンケンその他想定可能なあらゆる方法を用いて）評価して、(1) 取組み自体の好ましさの判定および、(2) 実際に採用されるべき社会状態の選定から、これらのふたつの検討要素を総合して、(3) ランキングプロセス自体に包括的順序を与えた「決定版ランキング過程」として公表することになったとしよう。これは、x, y, zの3要素から成る6種類のトリプレット間の相互順位付けになるが、公表可能な最終案の決定（すなわち、“フタ”を開ける直前）までに検討が必要な場合の数は、 $6^{36} \div 10^{28}$ （通り）という莫大な数になる。

この値に構成メンバー2人がそれぞれ検討するトリプレットの識別に6bitsを使って計算する場合、この2人が社会的選択として、代表ランキングを決定するために十分な計算量は、 $10^{29}$ bitsのボリュームに達する。

上述の値は、前節までの議論で検討した、人間の生物学的な資質、およびマクロ/ミクロな活動の来歴を、一人ひとりの「個別性」として情報圧縮し、収容するためにDNAが実現していると思われる圧縮率、 $1/10^{21} \sim 1/10^{26}$ に対し、分母の冪が3乗を超える、膨大なスケール感を持つ。この意味については多様な解釈が可能かもしれないが、あり得る可能性の一つとして次のように考えてみたい。

すなわち、人間を含む生物一般は、進化の試練を長い間受け続けて今日の存在形態に至っている。それは、特に人間の脳の構造にも何らかの痕跡を残しており、例えば、神経細胞の脳内部位による局所的な組織構造の違い（「ブロードマンの脳地図」として知られる）は、それぞれの脳内部位が担う情報処理の生化学的な関与形式を反映しているものと考えられる（Brodmann, 1908）。それゆえ、人類の発展という物語は、進化論的にヒト特有の認知と行動のスタイルが、膨大な年月をかけて定着しようとする時間の流れの中の、わずか一滴ずつの持続的な浸透の“結晶”である。そこでは遺伝子上の微細で暫定的な物理化学的逸脱が、あるタイミング（それはモル単位で分子を開放する砂時計に例えられる）で、生化学反動的な逸脱を誘導し、それを分子構造的逸脱へと固定する。そして、遂には改変された分子構造に由来する、組織中で応答する、電気生理学的反応の逸脱へと多段階的に導かれ、その構造および機能を時々の進化過程上のニーズに合致する作動系列と成すべく、自己組織的かつメタモルフィックなチューニング機構を成立させたのかも知れない。これは、最終的に生物の各器官と、個体と

しての行動様式を、現代にその存在を謳歌する“最新型”が実装する身体仕様へと導くものとなるだろう。

だが一方で、世界は現在の我々を含む、“最先端のモデル”を中心に営まれている（はずである?!）にもかかわらず、地球環境と人類の関係性の在り方一つを取っても、問題は常在的に山積しているように見える（これは、後続する議論を召喚することになる）。

さて、上述の仮能性を、次節で展開される議論の前提として許可するならば、情報論的な意味での、良好な社会活動の実現に必要な、集団による意思決定に要する計算量と、遺伝子が、とりわけ人間らしい機能を実現するために維持管理している、分子コードに記された知識量とのギャップは、(1) 人間社会と同等レベルの複雑性を持つ、集団環境における“ベストなアイデア”（価値の分配、権利の担保および福祉の評価、倫理的な是非など）の実現は、生物学的な資質に全面的に依存した行動のみでは、未達成に終わる確率が高い、(2) 社会における交渉の当事者が、2人（＝最小限の社会単位）に限定されたときでさえ、3選択肢をランキングする問題を整合的に解決するためには、 $10^3$ bits（これは、言語情報が、種類を問わず、そこで使用されている文字列コード全種類を用いて実時間の双方向通信を可能にする通信帯域幅に等しい）以上の情報量での“擦り合わせ”が求められ、そのための機能的エージェント（補佐的なはたらきを期待されるモノヤコト）の介入が不可避となる、という2つの重要な論点を示唆しているように思われる。

#### 4-2. 社会規範の形成と葛藤

さて、前節で指摘した、ギャップを埋めるための介入事象（機能的エージェント）の中心に、言語を含むシンボルを用いた推論機構を仮定することについては、少なくとも一定の合理性が、現代の脳神経科学的見地からも支持されている<sup>3)</sup> (Koziol & Budding, 2009; Lieberman, 2007)。以下では、組織化された集団内で、構成メンバー間の議論が個々の努力にもかかわらず、合意困難な状況下で、代替的な推論機構として多数決投票を行うことになったと仮定して、その選択過程を観察することにしよう。

先のトリプレット選択問題における、3つの社会状態 x, y, zを、ある自治体が直面する金融政策問題の解決という舞台へ当てはめる。ここではベストな政策を、協議を通じ一つだけ選びたいものとする。投資欲旺盛な実業家である個人1と、豪腕で知られる金融ブローカー個人2が、それぞれxyz, yzxという政策の“優先度”を“個

人的な選好”として互いに競い合いながら支持して議会で働きかけているのだが、一方、“正義感に駆られて”、 $zxy$ という別の優先度に支持を表明する、謹厳実直な公務員である個人3は、上述の二人の動向を察知しており、彼らに抗して、公正な政策の実現を何としても達成したい、と願っている。この3人が顔を合わせ、ベストな社会状態を一つだけ  $x, y, z$  の中から選択する社会的決定作業を行う状況を考える。

このケースにおいて、協議が平行線を辿り、合理的決定方法として、社会状態の優劣を総当たり多数決（これが特定のルールで記述された機能的エージェントとして機能する）で決めることにしたとしよう。念のため3人の選好パターンを挙げておくと、以下のように表せる：

個人1  $x > y > z$ , 個人2  $y > z > x$ , 個人3  $z > x > y$

まず、社会状態  $x$  対  $y$  で多数決投票をするケースに注目してみよう。個人1と個人3が  $x$  を  $y$  より好み、個人2だけが  $y$  を  $x$  より好んでいるので、 $x$  が勝つ。同様に、 $y$  対  $z$  の取組みは、2対1で  $y$  が勝つ（こちらのケースでは個人1と個人2が勝者）。ここまでの結果を列挙すると、 $x > y$  かつ  $y > z$  である。よって、わざわざ  $x$  対  $z$  の対戦を待つまでもなく、 $x > z$  が論理的帰結にもとづくベストな社会状態であると予想が付く。すなわち、要素  $x$  を最も支持する個人1が、社会的選択の決定権者であるに違いない、と思いたくなるだろう。だが、実際の対戦内容を確認すると、何と  $z$  は個人2と個人3の支持により、 $x$  に2対1で勝利しているのだ。この結果は発見者に因み、“コンドルセのパラドックス”または“投票のパラドックス”と呼ばれている (Condorcet, 1785)。

社会的な合意形成は、これまで見てきたように、闇雲な権利の主張や、偏向思想の熱心な擁護が陥りがちな、短絡的な理解や思い込み過剰な信念を、あっさり覆す可能性を常に孕んでおり、意見の組み合わせ次第では、推論そのものが循環回路に落ち込んで合意に到達できない場合さえある。その意味では、多数決は、集団における決定方式としては、決して万能ではないのである。

しかし、それでも集団が整合性を持った決定を手にするために、交渉の前提と決定プロセスの構造に、適当な条件（上述の例であれば、選択無効のトリプレットを設ける、または有効期限付きの選択とする等が考えられる）を持たせて、規範（ルール）を確立することによって、社会全体として合意に至る可能性は残される<sup>4)</sup>。

更に重要な見解として、個々人のレベルにおいても、

社会的に生起する様々な事象を適切に評価し、価値の優劣を説得的に判断できる能力を向上させるために、理性的な思考プロセスと、公共精神の錬磨を通して、集団の中で協議の質を向上させることで、一人ひとりが、それぞれの選好パターンを熟慮に基づき軌道修正しつつ、判定不能状態を巧妙に回避し、全員の希望が（穏健な意味で）満たされる形で意思決定に到達できることも知られている (Sen, 1976)。

合意への希望を見失わない限り、到達目標を目指して、弛まぬ努力を我々が続けることには、集団を構成するメンバーの行為としての価値が存在する、という主張を社会的選択理論は極めてロジカルな形式で擁護している。

## まとめ

我々の細胞のDNA分子は、ヒトという生物種として生を受け、個々の“クオリティ・オブ・ライフ”へとつながっていく、マクロ（進化論）的、およびマイクロ（世代）的スケールで紡がれる2種類の来歴を、主にアミノ酸塩基配列コードの形式で維持管理している。分子によって記述されたそれらの情報の総体は、molスケール相当の幂数で表現される（小数点以下ゼロが20数個並ぶ）ほどのオーダーで強力でデータ圧縮されており、ゲノム中の遺伝子領域を中心に超効率的に格納されている。この圧縮率の高さは、mol概念の定義が示す、分子化合物の個（別）性の基準、という考え方に則して捉えると、“凝集性に基づき発揮される、何らかの質的な飛躍”を示唆しているとスペキュレーションできる。

したがって、物質科学を超越して、生命現象の外縁部に考察の射程を引き伸ばし、システム科学的な視点で拡張解釈を試みるならば、DNAコーディングの持つ意味は、個人の固定された「アイデンティティ」の記録および編集のみならず、より個別的で状況付帯的な「プライバシー」の収集・記載という機能さえをも実現している可能性があるように思われる。

一方、社会的選択理論の教えるところによれば、ヒトの集団的な活動環境においては、個人のプライバシーを“与件”として徹底的に押し通そうとすると、合意形成を巡って、深刻なコンフリクトが生じる危険性が高くなる。

この事態を避けるためには、DNA情報レベルで各自が備える生物学的な獲得形質と、そこから環境に向けて発露する傾向を持つ、“剥き出しの”個性的な表現を、無制限に守られた私的権利として不問または看過するの

ではなく、集団の中で、必要に応じた主張の強弱を判定した上で初めて行使が可能となるような、“条件付きの個(別)性”として扱う何らかのルール整備が必要となる。

この要請は、民主主義的な社会であれば、関係する当該集団のメンバー間で互恵的な観点を共有しながら調整されるはずであるから、結果的に、集団内で機能するプライバシー(または権利)のコントロールは、倫理的な規範性、または社会的常識の成立を指向するものになるだろう。

他方、社会規範が過剰な制約指向の下に設定・運用されている場合には、逆の問題が起きる可能性が高い。現代においては、法律や就業規則、更に伝統や慣習をも含む、種々の社会実践上のルール(マナー)が我々の生活を隅々まで取り囲んでいる。それらの社会規範は、それが遵守すべきとする行動や思考の様式を、その構成メンバーに対して、直接的または間接的に要請する。そして、時には強権的なアプローチさえも援用し、集団における統制装置として機能する。

このような装置の内部で生活する人々は、彼/彼女らの生活クオリティの指標を構成する、「～すること」や「～であること」(doings & beings)について、“好ましい”か、あるいは“好ましくない”か、という判断をしようとする場合、判断プロセスにバイアスをかけられたり誘導されたりする危険が伴いやすい。何故ならば、彼らの価値選択の手掛かり(典型的には社風・社訓や業界慣習などを想像すればよい)は、長年にわたり慣れ親しんだ活動環境をその時点で支配している社会ルールが、意図的に限定された形式で与えたものであることが多く、それらは大抵、限られた情報のみを判断材料として使わざるを得ない様な仕様になっているからだ。その結果、ルールに促されるままに半自動的に選好を表明してしまい、自らの判断結果が、ルールが統制を維持するために用意した、“既定路線”へと導かれても、その事実は感知され難いまま、ステルス的に合意成立と見なされてしまう。

社会規範は、その思想的な源流を、我々個人が持つ個別的な生命力への賛美と、集団的な連帯を通じてこそ発揮可能な存在価値への確信との間の、調和的な共存共栄の構想に求めることができる。したがって、そのような理想に基づく規範の下での我々の選択は、その規範(またはルール)が前提とする、(1) 選択肢の数と順位付けについての厳格さや寛容さのレベル、(2) 各個人が表明した選択を集計してランキングを行うメカニズムの論理的な性能、によって左右される。それゆえに、実現され

る「～すること」や「～であること」の可能性も、これらに大きく依存することになるだろう。

また、これまでの議論を踏まえるならば、この判断過程は情報処理にバイアスをもたらす生理的反応の介入レベルにも大きな影響を受け、判断の内容と個人の身体反応の特性次第で無自覚的にさえ起こり得ることに注意すべきだろう<sup>2)</sup>。言うまでもなく、それらの反応は我々のDNAに書かれた設計図によって調整され実現しているから、身体と社会は常に相互作用していると言っても過言ではないのである。

先に見たプライバシー(私的権利)のコントロールや、社会的規範の履行メカニズムが潜在的に持つ、現実の社会生活場面への正負の影響力を精度高く予見して、「豊かな価値の探求」と「良き選択の成就」を「目指し続ける」こと、つまり我々一人ひとりが、日常の自身の思考と行動を丁寧に振り返りつつ、その意味を常に確認する努力を怠らないことは、価値選択にとって本質的に重要である。ゆえに人類は、言語とシンボルによる推論を中心とした理性的判断能力の向上と、その精緻化を通して獲得される、「他者への優れた想像力」を絶え間なく追及する運命(さだめ)を、自らのDNAが紡ぎ続ける編集過程の中に負っているように思われる。

## 注

- 1) 以下の計算による： $3 \times 10^9 \times 0.015$  (塩基)  $\div 2 \times 10^4$  (ドメイン)  $\div 3$  (トリプレット) = 750 (アミノ酸コード)。
- 2) これらは、以下に示す情報を含み、意識的にだけでなく、無意識的にも常に処理されているので、個人が気付かぬままに、思考や行動に影響を与える可能性を持つ。(a) 外界の物理的な制約、(b) 環境の操作可能性、(c) 身体内外から伝達される知覚刺激と情動、そして (d) 善悪・正誤などの社会的または抽象的な価値概念など。
- 3) 例えば、言語的推論機能と社会的認知機能は、それぞれの独立した役割を担うだけではなく、神経解剖学的な協調回路、例えば情動制御のそれを仲介として、互恵的に情報を交換することができる(Lieberman, 2007)。
- 4) これらの条件設定の“ひと工夫”は、後付け的に補填される対象というよりは、むしろ初期状態において、直感的に発想される、操作的な変更可能性への関心から生じたものかもしれない。もしそうであるならば、進化スケール的には、生物学的な資質として定着する方向への進化が、DNAコーディングに起きる可能性もあるだろう。

## 引用文献

- Baum, E. (2004) *What is Thought?*, MIT Press.  
Brodmann, K. (1908) Beiträge zur histologischen lokalisation

- der Großhirnrinde. *Journal für Psychologie und Neurologie*. 10(6), 231–246.
- Condorcet, Marquis de (1785) *Essai sur l'Application de l'Analyse à la Probabilité des Décisions Rendues à la Pluralité des Voix*, Paris.
- Hyperion Research (2019) Projected Pre-Exascale and Exascale Acceptances 2020–2025. <https://hyperionresearch.com/wp-content/uploads/2019/06/Hyperion-Research-ISC19-Breakfast-Briefing-Presentation-June-2019.pdf> (閲覧日：2019年9月30日)
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M. Shiegalbaum, S. A. & Hudspeth, A. J. (Eds.) (2013) *Principles of Neural Science*, 5th ed., McGraw-Hill.
- Keefe, A. D. & Szotak, J. W. (2001) Functional proteins from a random-sequence library. *Nature*, 410: 715–718.
- Kozioł & Budding (2009) *Subcortical Structure and Cognition*, Springer. (邦訳：岩田まな他 (2014) 『認知機能を支える皮質下の組織』、青山社。)
- Lieberman, M. D. (2007) The X- and C- systems: The neural basis of automatic and controlled social cognition. In E. Harman-Jones & P. Winkielman (Eds.) *Social neuroscience: Integrating biological and psychological explanations of social behavior*, Guilford Press, 290–315.
- Miyamoto-Sato, E., Ishizaka, M., Fujimori, S., Hirai, N., Masuoka, K. et al. (2013) A comprehensive resource of interacting protein regions for refining human transportation factor networks: Domain-based interactome. *PLoS ONE*, 5: e9289.
- Our World in Data (2015) World Population data over last 12,000 years and UN projection until 2100. University of Oxford. <https://ourworldindata.org/grapher/world-population-1750-2015-and-un-projection-until-2100?yScale=log> (閲覧日：2019年10月5日)
- Sen, A. K. (1976) Liberty, Unanimity and Rights. *Economica*, N. S., Vol. 43, 217–245.
- Suzumura, K. (2011) “Introduction”, In Arrow, K. J., Sen, A. K., & Suzumura, K. (Eds.) *Handbook of Social Choice and Welfare Vol. 1*, North-Holland, 1–32.
- 日高 洋(2005)アボガドロ定数はどこまで求まっているか. *ぶんせき* 2: 72–76.
- 文部科学省 (2014) エクサスケール・スーパーコンピュータ開発プロジェクトの概要. <https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/hyouka/haihu103/siryoy6-2a.pdf> (閲覧日：2019年9月30日)



# The Biological Origin of Valuational Choice

Akihito Katsuo

## Abstract

Humans have been enjoying their flourished lives to this day by establishing highly crafted civilizations. However, in contrast, there seems to be a wide spread concern that the development of civilization has also caused a variety of living conflicts such as environmental deterioration and socio-economic inequalities. In this paper, the author attempts to justify the claim that the rise of such turmoils came along with the evolutionarily consecutive facts of the following two that: (1) the ultra-compact folding structure for the human DNA in which their anthropologic histories accumulated over millions of years could be thoroughly encapsulated and could manifest itself as the referential source for their relentlessly up-dating respective privacies, and (2) the availability of sophisticated power in reasoning due to the well-developed brain circuits have enabled humans to explore wider possibilities for the systems on social choice of more benefit-wise. Accordingly, the overcoming of the conflicts appears to depend on the degree of recursive efforts introduced to revising the two events/entities mentioned above, on the scale of evolution, for the ultimate sublimation.

**Keywords:** DNA, information amount, human history, Avogadro's number, individuality, privacy, social choice