

ゲノム情報から見た祖先とは誰か？

太田博樹*

はじめに

DTC 遺伝学的検査とは Direct-to-Consumer Genetic Testing の日本語訳である。医療機関を通すことなく遺伝情報が直接消費者に提供される商業的 DNA 検査サービスを意味する。こうした DNA 検査サービスを行う企業が、最近 10 年あまり国内外で複数現れてきた。これらの企業は、唾液に含まれる DNA などを検査材料とし、消費者に体質検査や遺伝性のある疾患への罹りやすさを示す情報などを提供する。こうした商業ベースのサービスについて、日本人類遺伝学会は、2008 年「DTC 遺伝学的検査に関する見解」を学会ホームページで公開している¹⁾。DTC の医学的な留意点については、この提言を参照していただきたい。一方、こうした企業のいくつかは、検査オプションや販売セットとして、遺伝情報から「あなたのルーツを探ります」というサービスもおこなっている。本稿では、こうした人類学的な観点について、人文系の研究者を読者と想定し、その原理と分析方法、DNA から得られた情報の解釈に関する留意点を解説する。

1. 「ゲノム」「遺伝子」「DNA」「染色体」²⁾

そもそもゲノムとは何か？ゲノムは英語で genome と綴る。遺伝子を表す gene と全体という意味を表す ome を合体させた造語と言われている。ゲノムの定義は「ある生物がその生物たり得るに必要な遺伝情報の総体」である。真核生物（その一部が原核生物つまりバクテリアではない生物）の細胞には細胞核があり、細胞核の中にはほぼ全ての DNA が格納されている。例外的にミトコンドリアや葉緑体といった細胞内小器官も独自の DNA を持っている。ヒトを含む

* おおた ひろき 東京大学大学院理学系研究科

動物の細胞の場合、葉緑体は持たないため、1つの細胞内にゲノムが存在する場所は、細胞核とミトコンドリアの2つである。

「ゲノム」という言葉の他に「遺伝子」「DNA」「染色体」という言葉は、最近では一般によく知られるようになって来た。しかし、あまり正確に区別されず、混同して使われていることが多い。「遺伝子」とは、「ゲノム」すなわち「ある生物がその生物たり得るに必要な遺伝情報の総体」に含まれる遺伝情報の最小単位である。「DNA」は、その遺伝情報を書き込むための媒体であり、デオキシリボ核酸という物質を指す。「DNA」は細胞核のなかでヒストンという蛋白質に巻き付いて折りたたまれている。この折りたたまれた構造体が「染色体」である。

ヒトの卵子と精子には、それぞれ23本ずつ染色体が含まれている。これらは、それぞれ母親と父親のゲノムの半分ずつである。卵子に精子が合体し、精子の中の23本の染色体と卵子の中の23本の染色体が対をなし、受精卵の中で46本になる。体細胞の中では、この46本は細胞核の中に格納されていて、これにミトコンドリアのDNA (mtDNA) を加えた全体が「ヒトゲノム」である。

では、デオキシリボ核酸 (DNA) には、どのように遺伝情報が書き込まれているか？ DNA は、鎖のような構造をしており、鎖の1つ1つにアデニン (A)、シトシン (C)、チミン (T)、グアニン (G) という4種類の塩基が存在している。これら塩基の配列が、遺伝情報の実体である。DNA 鎖は二重らせん構造をしており、二重鎖は、それぞれの塩基と塩基が対をすることで形成されている。具体的には、A が T と、C が G と対を作っている。遺伝情報を4つの文字で構成された暗号文 (遺伝暗号) に例えると、1つの単語は3つの文字で指定されている。ここで単語とは、20種類のアミノ酸のことである。例えば、「ATT」はイソロイシンというアミノ酸に対応する暗号であり、「TGG」はトリプトファンというアミノ酸に対応する暗号である。アミノ酸が連なってポリペプチドを形成し、ポリペプチドはタンパク質を構成する部品なので、結局、DNA に刻まれた遺伝暗号とは、タンパク質を作る暗号文といえる。

DNA 鎖に、その暗号文が書き込まれている。本来の定義では、1つのタンパク質を作る遺伝暗号の1文が、1つの「遺伝子」に対応する (最近では、この定義からはずれる遺伝子もたくさん見つかっているが、ここでは詳細を省く)。他に DNA 鎖には、タンパク質を作るか作らないか、ON/OFF を決める場所や構造もあり、この ON/OFF を決める情報 (未知のものも多い) も含めて「ゲノム」と呼んでいる。ヒトの「ゲノム」は、 $23 \times 2 = 46$ 本の「染色体」で構成され、その染色体を形成する「DNA」は約30億塩基対であり、そこに約2万5千個の「遺伝子」が刻まれている。つまり、「ゲノム」「遺伝子」「DNA」「染色体」は異なる概念であり、本稿ではこれらの言葉を区別して使う。

2. ゲノムは何人の祖先から受け継ぐのか？

一人の人間（たとえば「私」）が持つゲノムは、どのように祖先から受け継がれてきたのか？「私」には、両親がいる。「私」の母と父にも両親がいる。「私」からみて祖父母は4人いる。祖父母にも当然、両親がいる。曾祖父母は、その2倍、8人いる。このように遡っていくと、5世代前には「私」にとって32人の祖先がいた計算になる。この32人とは、2の5乗（ 2^5 ）である。これを一般化するとN世代前には 2^N 人の祖先が存在したことになる（図1）。

ヒトの1世代を30年と仮定すると3,000年前は100世代前であり、「私」にとって 2^{100} 人の祖先が存在した。 2^{100} 人とは天文学的な数字である。たった3,000年前でも理論上、数え切れない数の祖先がいたことになる。しかし、実際にはそんなにたくさんの祖先がいたわけではない。現在より過去の方が人口は少ないことは自明である。理論上 2^{100} 人の祖先がいたはずの3,000年前、「私」の実際の祖先の数は、もっと少なかった。何故なら、理論上の祖先達は全て他人であるが、実際にはそのうちの多くが同一人物であった。つまり、過去に遡ると親戚だという人物を多数含んでおり、それらを他人としてカウントすれば 2^{100} 人になるが、実際は自分達でも知らない間に遠い親戚と結ばれ子孫を作っていた、すなわち広い意味での近親婚をおこなってきた、ということだ。これが上記の理論上の祖先の数と実際の祖先の数の違いを生んでいる。

ヒトに限らず、どのような生物集団でもある程度の近親交配（近親婚）を行っている。集団サイズ（人口規模）は無限ではないので、同種内であれば単純に考えて地理的に近い場所であればあるほど近親婚の度合いが高くなり、逆に地理的に遠い範囲を含んで繁殖域（通婚圏）が

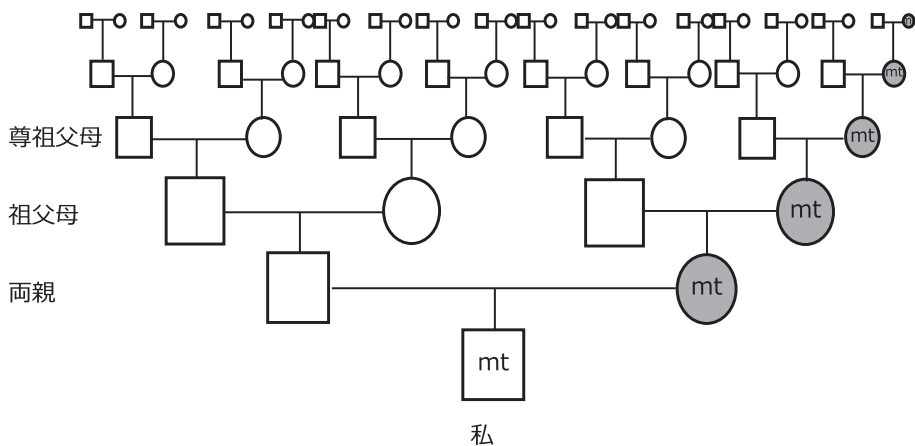


図1 n世代前には 2^n 人の祖先が存在する。mtDNAで祖先を調べるということは、 2^n 人の祖先のうち、母系の祖先1名だけを祖先と考えるということ

広がっていけば、任意交配が可能な集団サイズが大きくなり、近親交配の度合いは低くなる。

つまりヒトであれば、3,000年前の「私」の祖先の人数は最大で 2^{100} 人であるが、人口規模が無限に大きくなければ、実際は常にそれより少ない。そしてその“近親婚の度合いが比較的高い集団”が、一般に“祖先”と呼ばれている。

「私」のゲノムは、そのかなりの人数の祖先達から受け継いだものであるが、3,000年前、この祖先達（理論上 2^{100} 人）が、たった1つの祖先集団に属していたとは考えにくく、異なる複数の祖先集団に属していたと考える方が尤もらしい。仮に現代の「私」が現代日本列島人であるとしたら、3,000年前の祖先達が全て日本列島にいたとは考えにくい。

最近の考古学の成果から、稲作農耕がスタートしたのは、約3,000年前の北部九州と考えられている。この稲作文化は、東ユーラシア大陸で発生し、その伝播のルートは定かではないが、北部九州にまで拡散した。したがって、その稲作文化を持ち込んだ人々は、日本列島にたどり着く前、東ユーラシア大陸にいたに違いない。つまり、 2^{100} 人の祖先の多くが大陸にいた可能性があり、もしそうだとしたら、互いに異なる言語を話す異なる民族であったとしても不思議はない。つまり、祖先達は互いに言語が異なる、異なる民族集団に属していたと考える方が尤もらしいのだ。このように、あらゆる個人「私」が、特定の1つの祖先集団からのみゲノムを引き継いでいるということは、普通ありえない。集団遺伝学的に考えれば、いかなる人類集団であれ“純血”は存在しない。

3. mtDNA で祖先探しをする問題点

商業的 DNA 検査サービスで提供される「あなたのルーツを探ります」という遺伝学的検査のうち、日本の場合、ルーツ探しは mtDNA でおこなうものがほとんどのようだ。消費者が自分の唾液を送り、検査会社が唾液から DNA を抽出し「ミトコンドリア・ハプログループ」と呼ばれるグループのどれに分類されるかを調べ、消費者にこれを示すサービスである。こうしたサービスの是非については本稿では問わない。しかし、科学として mtDNA ハプログループで祖先探しをすることには少なくとも2つの問題がある。

分子生物学の現場において、DNA の分析技術は1980年代以降、飛躍的に高まった。分子生物学の手法を取り入れた、ヒト集団の遺伝的多様性や進化を研究する分子人類学とか遺伝人類学と呼ばれる分野において、その初期には、分析が容易な mtDNA が恰好の研究対象となった。このため、地球上のあらゆる民族で次々と mtDNA が分析された。

例えば東京で無作為に選んだ100人の mtDNA の全塩基配列を分析すると、約100個の配列タイプが見つかる。これら配列タイプは、共通する特定の変異をもつ「ハプロタイプ」と考えられる。「ハプロ」とは「一倍体」を意味する「ハプロイド」の接頭辞である。mtDNA は

ハプロイドであり、一方、核 DNA は「2 倍体」＝「ディプロイド」である。

前述のように、細胞の中には核の DNA とミトコンドリアの DNA がある。ミトコンドリアは、卵子に含まれているものだけが子孫に伝わり、精子に含まれるものは排除される仕組みがあるため、母親からしか子供に伝わらない。これを「母性遺伝」といい、mtDNA は母親からしか伝わらないハプロイドである。ハプロイドである mtDNA は、ディプロイドである核 DNA でおこる「組換え/recombination」が原則的に無い。このため mtDNA は、その DNA 配列から系図を描くことが容易である。なぜなら、系図の枝別れのパターンは、突然変異の有無にしたがっており、組換えの影響を受けないからだ²⁾。

ハプロタイプを系図の中の系統的なグループでまとめたものが「ミトコンドリア・ハプログループ」である。ミトコンドリア・ハプログループ研究には、世界中の非常に多くの民族で頻度データが出されてきた歴史がある。この点、「あなたのルーツを探ります」という DNA 検査には有効である。

データの蓄積が豊富だという点で mtDNA には価値があるが、遺伝学的にパワフルかといえば、そうではない。繰り返し述べるが N 世代前には 2^N 人の祖先が存在する。したがって、母系のみを遡る mtDNA の祖先とは、祖先全体の中で 2^N 分の 1 人ことである（図 1、右端の系統）。約 3,000 年前であれば、 2^{100} 分の 1 人の祖先を指す。つまり、残りの $(2^{100}-1)$ 人の祖先を無視した議論をすることになる。

具体例で話してみると、仮に「私」の mtDNA ハプログループが、ハプログループ A だったとしたら、約 3,000 年前の祖先集団のいた少なくとも 2^{100} 分の 1 人の祖先は、ハプログループ A だったと言える。もちろん DTC の消費者である「私」にとっては、それが分かっただけでも嬉しいかもしれない。しかし、この方法では残りの $(2^{100}-1)$ 人の祖先のことは無視している。

さらにもう 1 つ、mtDNA で祖先探しをする問題点がある。仮に「私」の mtDNA ハプログループが、ハプログループ A だったとすると、そのとき DTC の検査結果には、こんな記述が見受けられる。

“ハプログループ A：シベリアのマンモスハンター（狩人）”

この文言を読んだ「私」は、「私の祖先はシベリアに住んでいたマンモスの狩人だったんだ！」と興奮するかもしれない。しかし「このハプログループは、こういう人々でした」という記述は、今現在その土地に住んで生きている人々のデータから作られた物語に過ぎない。

上述のように、mtDNA はデータの蓄積が多く、世界中の民族集団でハプログループ頻度が報告されている。そうした蓄積されたデータを調べると、ハプログループ A は現在シベリア

のバイカル湖付近に住んでいる民族に多いことが判る。それとは別に、バイカル湖付近で見つかる石器～狩猟に使われたと推定される石器～にもとづく考古学的証拠がある（ここでいう石器とは後期旧石器のことであり、4～2万年前頃のもの指す）。これら現代人の mtDNA の話と先史時代の人々が残したとされる考古学的データを組み合わせて「ハプログループ A はシベリアのマンモスハンター」という物語が作られている³⁾。

しかし、ヒトは頻繁に移住する動物である。狩猟のための石器を使っていた人々の直接の子孫が、現在もバイカル湖付近に住んでいるかどうかは不明だ。科学的には、その物語自体が“検証すべき仮説”である。

現在生きている人々の mtDNA データから作成した系統樹の枝別れのパターンと、考古学的証拠が大きく矛盾していないことから、「現在そこに住んでいる人々は、石器を使っていた人々の、おそらく直接の子孫であろう」という仮説を立てたに過ぎない。その仮説が正しいか、正しくないかを証明するには、確実にその石器を使用していたと考えられるヒトの遺物（骨や歯）から DNA を抽出し分析する必要がある³⁾。しかし、ほとんどの場合、そうした古人骨 DNA 分析による検証はおこなわれていないまま、「ハプログループ A はシベリアのマンモスハンター」「ハプログループ B は太平洋の島々へ渡った海の民」のような記述がなされている。

以上のように、mtDNA ハプログループで祖先探しをする場合、(1) 祖先全体の中で、たった 2^N 分の 1 人についてのみ着目するものであり、(2) そのハプログループに関する物語は、現代そこに住んでいる人々のデータとその地域の考古学的データを組み合わせた推論に過ぎない、という 2 つの点に注意する必要がある。

4. 核 DNA で“ハプログループ”分類をしない理由

現代そこに住んでいる人が、過去にもそこに住んでいたわけではないことは、mtDNA に限った問題ではなく、同様に核 DNA でも問題となる。ヒトが頻繁に移動（移住）する動物である以上、「現代そこに住んでいる人は、過去にもそこに住んでいたか？」は、常に検証すべき対象である。それとは別に、核 DNA は mtDNA よりも圧倒的に情報量が多く、同時に複雑である。その複雑さの筆頭となる原因は、ディプロイドであるために起こる「組換え/recombination」である。

前述のように核 DNA では、生殖細胞が作られる際の「組換え」による DNA のシャッフリングが起こる。このシャッフリングのため、個々の遺伝子の系図を描くことが困難になる。

ヒトは 2 本で対をなす常染色体（1 番染色体～22 番染色体）44 本と 2 本の性染色体（X 染色体と Y 染色体）の合計 46 本の染色体をもつ。46 本中、23 本は母親から、残りの 23 本は父親から受け継いだものだ。つまり、体細胞の核の中には母方 23 本と父方の 23 本が対になって存在

している。「私」が生殖細胞を作る際、相同染色体どうしがペアをつくる。つまり母方の1番染色体は父方の1番染色体とペアをつくる。1番染色体から22番染色体、そして性染色体まで23本と23本がいったんペアをつくる。そして、それぞれが複製を作るため、ペアの2本は4本になる。そのペア4本のうち、1本に切断が起こり、隣り合うもう1本が、その切断箇所に入り込む。そして、切断された箇所を補うように複製がおこる。これが「組換え」である。

組換えがおこった2本と、おこらなかった2本を含む細胞は、2回の細胞分裂を経て4つの生殖細胞になる。精巣では、これら4つの細胞が、そのまま4つの精子になるが、卵巣では、4つのうち3つは退化し、1つだけ卵子になる。そして生殖により、次の世代に受け継がれる。

組換えは、原則的にランダムに起こる。したがって、場合によっては、遺伝子の内側でも起こる。研究者が、その遺伝子のバリエーションを集団中で調べた場合、突然変異によって生まれたバリエーション以外に組換えによって生まれたバリエーションも観察することになる。突然変異によって生まれたバリエーションは、その突然変異が誕生した祖先まで遡ることが、理論上、可能だ。しかし、組換えによって生まれたバリエーションは、祖先へ遡る道標となる痕跡を掻き消すので、遺伝子の系図を描くことが困難になる。mtDNAはハプロイドであるので組換えが起らないが、核DNAはディプロイドであるので、常に組換えが起こる可能性があり、研究者が遺伝子の系図を描く邪魔をする。

ヒトの核DNAは約30億塩基対からなり、約2万5千個の遺伝子を有す。それぞれの遺伝子を含むそれぞれのゲノム断片は、突然変異と組換えを経験し、それぞれ独自の歴史を持つ。このため、個別の遺伝子や特定のゲノム領域についてハプロタイプを定義することは、組換えを考慮しつつある程度可能であるが、核DNA全体を系図にもとづきグループに分類することは原理的に不可能であり、意味をなさない。したがって、mtDNAでは可能だった「あなたのハプログループはAですよ」という物語は、核DNAでは成立しないのである。

5. 核DNAで描くファミリー・ヒストリーの問題点

ディプロイドである核DNAの場合、核DNA全体にもとづくハプログループ解析が不可能である一方、核DNAの情報にもとづき、1人1人の個体の遺伝的近縁性を統計的手法で表現することは可能だ。個体の集まりである集団でも同様に、集団間および集団内の遺伝的多様性を核DNAの情報から分析することができ、集団の系統解析が可能だ。私たちは、これらの分析手法を用いて集団ゲノム学解析を行っている。

米国の商業的DNA検査会社の提供する「祖先調査/ancestry test」とは、こうした集団ゲノム学解析を応用したもので、多くの場合「祖先構成/ancestry composition」を消費者に提供する。ここでいう「祖先」とは、アメリカ大陸へ渡ってくる以前の「祖先」である。つまり、

約 200 年前より最近の移住に関して、それ以前の「祖先」を意味する。すなわち、ルーツ探しというよりは、ファミリー・ヒストリーに近い物語を提供している。

例えば、米国在住のある「私」が、DNA 検査会社に依頼して、祖先構成を調べてもらったとすると「ヨーロッパ人 45.4%、アメリカ先住民 33.3%、アフリカ人 16.2%、西アジア 5.1%」のような「構成」が示された検査結果が送られてくる。「ヨーロッパ人 45.4%」の中身も、より具体的に「ドイツ 39.5%、スペイン 5.8%」のように示される。タイムラインも 17 世紀くらいまでは遡って予測してくれるようだ。

しかし、こうした祖先構成を示すことに、私たちは違和感を感じずにはいられない。そもそも、「ドイツ 39.5%、スペイン 5.8%」のような構成の人がいるとしたら、「ドイツ 100%」とか「スペイン 100%」という人が存在するのだろうか？ 存在するとしたら、それはいったい誰なのか？

それぞれの DNA 検査会社で、祖先構成を計算するため、それぞれ異なるアルゴリズムを採用していると思われるので正確にはわからないが、おそらく「ドイツ 100%」とか「スペイン 100%」という個人を想定しているわけではなく、現在のドイツ国内に住んでいる人々（≒ドイツ国民）が共通してシェアしている多様性を「ドイツ 100%」としているのであろう。そうであるならば、「ドイツ 100%」は現代のドイツ国内のゲノム多様性の要約であり、その多様性が時代とともに変動すること（遺伝的浮動/random genetic drift）を考慮する必要がある。また、ヨーロッパ大陸内で国民国家が形成された後におこった移住も考慮する必要がある。そして何よりも、数千年前、数万年前の祖先は、現在の国民国家の枠で議論される集団とは全く異なる集団を形成していたことが、最近の古代ゲノム研究の成果からわかって来たことを忘れてはならない⁴⁾。

6. 日本と米国の祖先探しの違い

DTC のサービスとして、日本では主に mtDNA で、米国では主に核 DNA で「祖先探し」がなされている。両者の大きな違いは、消費者に示される「祖先」の古さだ。mtDNA ハプログループが示す祖先とは、数万年前の祖先である。一方、核 DNA から示された祖先構成における祖先とは、2～3 百年前の祖先である。

もし日本で核 DNA をもちいて祖先探しをおこなったらどうなるだろうか？ 米国と同じように 2～3 百年前の祖先の構成を調べる場合、日本国内での例えば県別の祖先構成を示すことができるかもしれないが、統計学的な誤差が大きく反映される結果が得られるだけだろう。

逆に mtDNA と同じように数万年前の祖先を日本人の核 DNA で調べる場合、現在のところ、データが不足している。これを行うためには、基礎となるデータとしてユーラシア大陸の東側

ゲノム情報から見た祖先とは誰か？（太田）

に現在住んでいる多くの民族（大規模な民族から少数民族まで）の多くの個体の全ゲノム情報が必要となる。この情報収集は、ユーラシア大陸の西側（つまりヨーロッパ大陸）ほど進んでおらず、現在進行形である。

しかし、日本では数万年前の祖先が示され、米国では数百年前の祖先が示される理由は、こうした技術的な制約によるものだけではないと考える。むしろ、DTCとしては、消費者がどのような情報の提供を希望するかを基準に「祖先」の古さを選定しているのであろう。つまり、DTCから示される科学的（客観的）であるような体裁の「祖先」は、実は消費者が望む情報に限定されていて、たぶん主観的かつ情動的だと言えよう。このような領域は、理科系の学者だけでなく、人文科学者をふくめた広い分野での議論が不可欠であると考えられる。

引用 URL・文献：

- 1) <https://jshg.jp/about/notice-reference/view-on-dtcgenetic-testing/>
- 2) 太田博樹（2018） 遺伝人類学入門——チンギス・ハンのDNAは何を語るか（ちくま新書）
- 3) 篠田謙一（2007） 日本人になった祖先たち DNAから解明するその多元的構造（NHKブックス）
- 4) デイヴィッド・ライク（著）、日向やよい（翻訳）（2018） 交雑する人類——古代DNAが解き明かす新サピエンス史（NHK出版）

参考文献：

- 斎藤成也（2007） ゲノム進化学入門（共立出版）
- Bruce Alberts（著）、中村桂子（翻訳）、松原謙一（翻訳）（2004） 細胞の分子生物学（ニュートンプレス）
- J.F. クロー（著）、木村資生（翻訳）、太田朋子（翻訳）（1991） 遺伝学概説（培風館）

要 旨

DNA をもちいたルーツ探しは、最近 DTC によりビジネス化されている。しかし、遺伝情報からみた「祖先」の科学的な意味は一般に認知されているとはいいがたいし、DNA 検査会社からの説明も必ずしも十分とは言えない。本稿はこうした現状を鑑み、その説明を試みるものである。理論上、私達の n 世代前には 2^n 人の「祖先」が存在する。実際には、あらゆる集団において広い意味での近親婚が行われているので、 2^n 人中の何人かが同一人物であり、実際の「祖先」の人数は理論上の数よりずっと少ない。しかし、この過去に生きていた 2^n 人が、単一の祖先集団に属していた保証はなく、いつの時代の祖先を考えるかによって異なるが、仮に 100 世代前（約 3 千年前）であれば、特定の個人の祖先は理論上 2^{100} 人存在したことになり、この天文学的人数である 2^{100} 人の祖先が同一祖先集団に属していたとは考えにくい。日本の DTC 企業の多くがミトコンドリア DNA (mtDNA) からみた祖先探しのサービスを提供しているが、mtDNA は母方の系統のみで継承されるので、このサービスで示される「祖先」とは、 2^n 人中のたった 1 人であり、残りの $(2^n - 1)$ 人は無視されることになる。米国の同様のサービスでは、核 DNA にもとづくゲノム解析をおこない、個人の「祖先」を百分率で提示するケースが多いが、米国の DTC で言う「祖先」とは数百年前の「祖先」を意味し、日本の DTC で言う「祖先」が数万年前の祖先を意味することと対比すると、そこで語られる「祖先」とは文脈上大きく異なる。このように、遺伝学的背景を十分踏まえた上でルーツ探しを理解することが重要であるばかりでなく、祖先を語る文脈は DTC を利用する現代の消費者に依存し、それはその消費者が共有する文化に依存している。こうした考察を踏まえ、DTC のあり方を、自然科学の立場からだけでなく、人文科学の立場からもより深く追求することが重要である。

キーワード：DTC、遺伝子検査、ゲノム、mtDNA、核 DNA

Summary

The search for personal ancestors using DNA has recently been commercialized by DTC. However, the scientific meaning of “ancestors” from the viewpoint of genetic information is not generally recognized, and explanations from DNA testing companies are not generally sufficient. In theory, there are 2^n ancestors before our n generations. All populations have a wide range of close marriages (inbreeding), so some of the 2^n people are the same person, and the actual number of ancestors is much less than the theoretical number. However, there is no guarantee that the 2^n people who lived in the past belonged to a single ancestral population. It depends on when ancestors are considered. If it was 100 generations (about 3,000 years) ago, there were theoretically 2^{100} ancestors of a particular individual, and it is unlikely that this astronomical number of 2^{100} ancestors belonged to the same ancestral population. Most Japanese DTC companies offer ancestral search services based on mitochondrial DNA (mtDNA). Since mtDNA is inherited only by the maternal lineage, the ancestor shown in this service is only 1 out of 2^n people, and the remaining $(2^n - 1)$ people are ignored. Similar services in the U. S. perform it based on nuclear DNA and present ancestors in percentages, but the ancestry in the U. S. DTC refers to ancestors several hundred years ago, while in Japan DTC refers to ancestors tens of thousands of years ago. Thus, not only is it important to understand the ancestor search with a sufficient literacy of genetics, but also the context of speaking ancestry depends upon the consumers using DTC, which in turn depends upon the culture shared by the modern people.

Keywords: DTC, genetic testing, genome, mtDNA, nuclear DNA