

遺伝子からみた東ユーラシア人

斎藤 成也

同じ遺伝子座の遺伝子の祖先を遡ってゆけば、いずれは共通の祖先遺伝子にたどりつく。これは遺伝子の本体であるDNAが自己複製を行なっていることの当然の帰結である。多数の人間の遺伝子を比べた全体の関係図を「遺伝子の系図」と呼ぶ。遺伝子系図は基本的な遺伝子進化の記述子であるが、現存するデータはまだまだ対立遺伝子頻度が中心である。この場合、集団間の遺伝距離を推定し、そこから集団の遺伝的近縁図を系統樹の形で示すことが多い。人類集団について筆者が行なっているこれらの研究について述べると共に、最近提唱した新しい人類集団の分類名称（アフリカ人、西ユーラシア人、東ユーラシア人、北アメリカ人、南アメリカ人、サフール人、環太平洋人）を紹介する。

1. 遺伝子の系図を遡る

日常の会話で「親類」といっても、せいぜい数世代遡った関係について考えるのが一般的である。しかし、同じ遺伝子座の遺伝子を比べる場合、たとえあかの他人同士であっても、それらの遺伝子の祖先をたぐって十世代、百世代とどんどん遡ってゆけば、いずれは共通の祖先遺伝子にたどりつく。これは遺伝子の本体であるDNAが自己複製を行なっていることの当然の帰結である。したがって、世界中の人の共通祖先遺伝子が必ず存在する。多数の人間の遺伝子を比べると、なかには近い関係もあれば遠い関係もあるので、全体の関係図は、生物の系統樹の

ようなものになる。これを「遺伝子系図」と呼ぶ。遺伝子系図は、対立遺伝子頻度よりも基本的な遺伝子進化の記述子である。

図1は2種類の核DNA遺伝子座における遺伝子の系図を模式的に示したものである。四角は個体を、その中の2個の丸はその遺伝子座の一対の対立遺伝子を表わす。個体AとBは、2世代前の祖父母の一人が同一なので、いとこ関係にある。遺伝子座 α では、5世代遡ると現世代における4個の対立遺伝子の共通祖先遺伝子が現われるが、遺伝子座 β では、さらに2世代遡って初めて共通祖先にたどりつく。しかし血縁関係ない人間同士を比べると、共通祖先遺伝子に到達するには何百世代も遡らなければならないことが多い。遺伝子系図の理論から、有効な集団の大きさが N であるとき、共通祖先遺伝子の存在していた年代は、平均して $4N$ 世代前だからである。

核内の染色体とは独立に親から子に伝わるミトコンドリアDNAは、ヒトの場合大きさが約16500塩基対で小さいこともあり、最近急速に研究が進んでいる。ミトコンドリアDNAは母性遺伝をするので、この遺伝子の系図は女性のみをたどった系図を考えることもできる。遺伝子の系図は必ず存在するが、それを復元するには、その上に生じた突然変異を検出しなければならない。バイオテクノロジーの著しい発展によって、現在では塩基配列という究極の情報を探ることが可能となった。

図2は、東京大学理学系大学院の太田博樹らが、

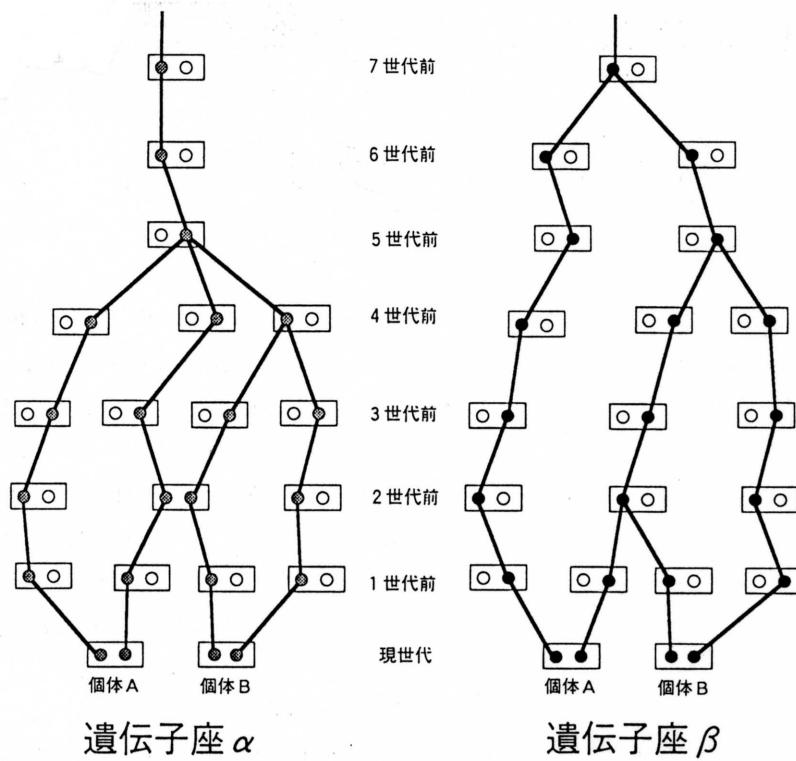


図 1 核 DNA 遺伝子座 α と β における遺伝子の系図。

弥生時代人骨 26 個体（佐賀県託田西分遺跡より出土）から、ミトコンドリア DNA のなかでとくに進化速度の速い D ループと呼ばれる部分の一部を PCR 法（ポリメラーゼ連鎖反応法）で増幅し、その塩基配列を決定したデータ⁷⁾をもとにして作成した、ミトコンドリア遺伝子の系図である。図の黒丸は、系図上で生じた塩基置換を示す。古代人の DNA であるため、増幅した領域が短く、それほど多くの突然変異を識別できたわけではないので、かなりの枝は突然変異が観察されていない。しかし現在では、このように 2 千年近くも前の人骨に微量に含まれる DNA を増幅し、それらの系図を描くことさえできるようになったのである。

2. 遺伝子系図と遺伝子頻度との関係

細胞核内にはミトコンドリア DNA の約 40 万倍もの DNA（核 DNA）が 46 本の染色体に納められ

ている。核 DNA の取扱いにはさまざまな技術的困難があるために、現在のところミトコンドリア DNA のような遺伝子の系図分析は緒についたばかりである。そのかわり、多数の遺伝子座をより簡便な方法で調べる方法が従来から行われている。それは各遺伝子座の対立遺伝子頻度を調べる研究である。

図 3 は、遺伝子の系図と対立遺伝子頻度との関係を表わしたものである。ある遺伝子座の遺伝子系図を考えると、B 対立遺伝子（太線で示した系図）は A 対立遺伝子から、2 集団の分岐する以前の祖先集団において突然変異を起こして生じた一方、C 対立遺伝子は 2 集団が分岐したあとに、集団 2においてやはり A 対立遺伝子から突然変異で生じたものであることがわかる。これら 2 集団から図のように 5 人ずつ（遺伝子 10 個ずつ）をサンプリングすると、集団 1 では A 7 個、B 3 個、集団 2 では、A 8 個、B 1 個、C 1 個となる。このような対立遺伝

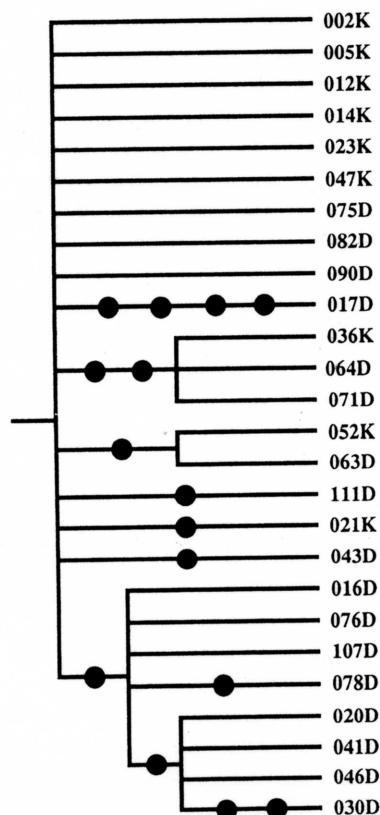


図2 弥生人26個体のミトコンドリアDNA遺伝子の系図(文献7のデータに基づく)。

子の個数の大小を、0から1までの数値をとる比率で表わした量を「対立遺伝子頻度」と呼ぶ。たとえばA対立遺伝子の頻度は、集団1では0.7、集団2では0.8である。遺伝子の系図と比べると、遺伝子頻度は情報量は少ないが、多数の遺伝子座のデータを総合することによって、個々の遺伝子座の情報量の少なさを補うことができる。

集団によって現在の遺伝子頻度が異なるのは、遺伝子の増え方の違いによる。自然淘汰があるとこの違いが生じるが、各対立遺伝子が淘汰上中立(中立進化)である場合も、偶然によって変動が生まれる。これは、親から子の世代へ遺伝子が伝えられる際に、遺伝子の無作為抽出を行なって「遺伝的浮動」が生じているからである。集団間の分岐を推定するのに

用いられている遺伝子座の大部分は中立進化を行なっていると考えられているので、遺伝的浮動が突然変異と並んで集団間の遺伝的変化を生じるのに最も重要な要因である。

集団が分岐した後は、それぞれの集団で独立に突然変異と遺伝的浮動が起こるために、各人類集団によって遺伝子頻度が異なっており、一般に遠い関係になるほど違いが大きい。したがって、さまざまな人類集団の遺伝子頻度を調べれば、それらのあいだの遺伝的な近縁関係を推定することができる。しかし、分岐してから長期間たった2集団でも、偶然に遺伝子頻度の類似することがある。このため、なるべく多数の遺伝子座を調べる必要がある。これまでに、血液型をはじめとして、多種類の遺伝子座の対立遺伝子頻度が多数の人類集団において調べられている。表1に、12人類集団におけるABO血液型の遺伝子頻度を示した。日本人およびその周辺の集団では、A2対立遺伝子の頻度がきわめて低いが、イラン人やイギリス人では、かなりの頻度となっている。なお、山本文一郎らの研究により、A2対立遺伝子はA1対立遺伝子の塩基配列の終始コドンに突然変異が生じて、產生されるアミノ酸配列が少し長いことがわかっている。

表1 12人類集団におけるABO血液型遺伝子座の対立遺伝子頻度。

集団名	対立遺伝子名			
	A1	A2	B	O
日本人	0.271	—	0.170	0.559
韓国人	0.221	—	0.207	0.572
中国人	0.208	—	0.213	0.579
タイ人	0.137	0.007	0.190	0.666
ネパール人	0.211	0.070	0.198	0.521
アラスカエスキモー	0.350	0.007	0.090	0.553
マイマラ族(南米)	0.028	—	0.004	0.967
オーストラリア先住民	0.121	—	0.014	0.865
パプアニューギニア人	0.347	—	0.126	0.527
イラン人	0.247	0.036	0.173	0.544
イギリス人	0.209	0.070	0.061	0.660
サン(ブッシュマン)	0.239	0.018	0.020	0.684

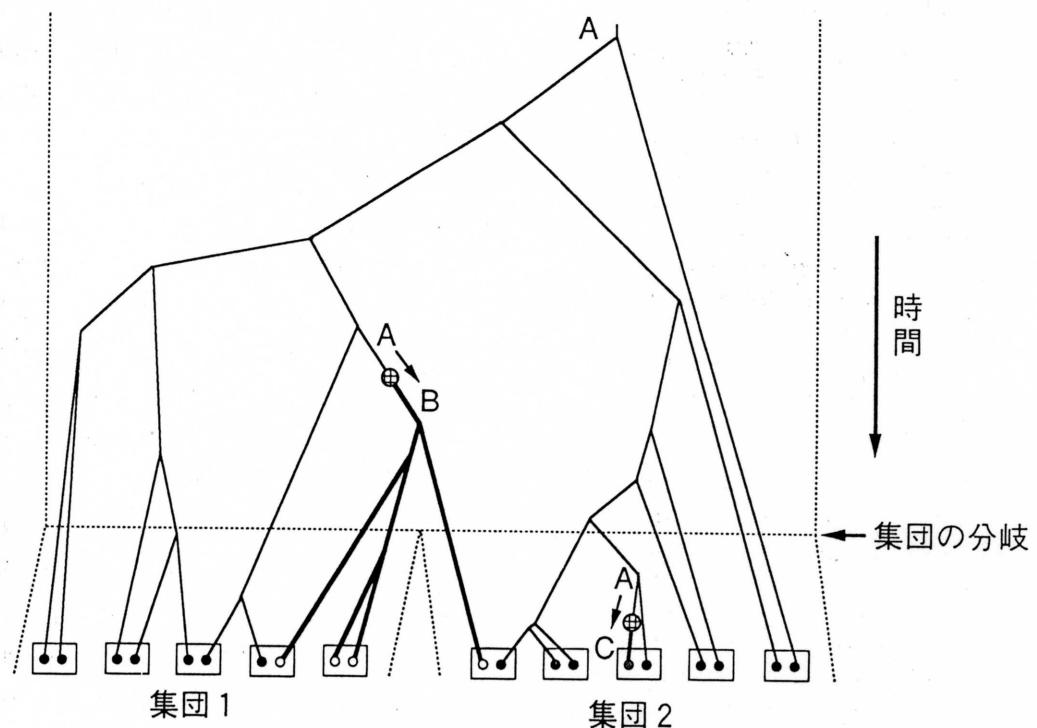


図3 遺伝子の系図と対立遺伝子頻度との関係。

3. 人類集団間の遺伝的近縁図

タンパク質のアミノ酸配列の情報は遺伝子DNAが直接与えているので、アミノ酸配列が異なれば、DNAレベルでも異なっている。赤血球には多くの酵素があり、これらもタンパク質である。現在までに百種類以上の赤血球酵素が調べられている。また、血漿中にも多数のタンパク質が存在し、それらも多数調べられている。このようなデータから、集団間の遺伝的違いの程度を表わす指標である「遺伝距離」を推定することができる。遺伝距離が求められると、そこから今度は集団間の遺伝的な近縁関係を、系統樹の形で推定することができる。図4は、血液型、血漿タンパク、赤血球酵素12遺伝子座の遺伝子頻度データをもとにして、筆者が30人類集団間の近縁図を近隣結合法を用いて描いたものである。

これら30集団のうち、「東ユーラシア人」グループには、以下の集団が属する：1=日本人、2=アイヌ人、3=韓国人、4=中国人（中国北部）、5=フィリピン人、6=ネグリト人（フィリピン）、7=タイ人、8=インドネシア人（バリ島）、9=ネパール人、10=ポリネシア人（サモア島）。

ここでは従来の、形態的特徴および地理的分布をもとにした人種分類が、遺伝子のデータから得られた結果とほぼ一致していることがわかる。すなわち、アフリカ大陸（厳密にはサハラ砂漠以南）に分布するアフリカ人、ヨーロッパからインドにかけて分布する西ユーラシア人、インド以東のアジア・ポリネシアに分布する東ユーラシア人、かつて陸続きで、サフル大陸と呼ばれていたオーストラリア・ニューギニアに分布するサフル人、南北アメリカ人が、明瞭なグループとして示される。アフリカ人が他

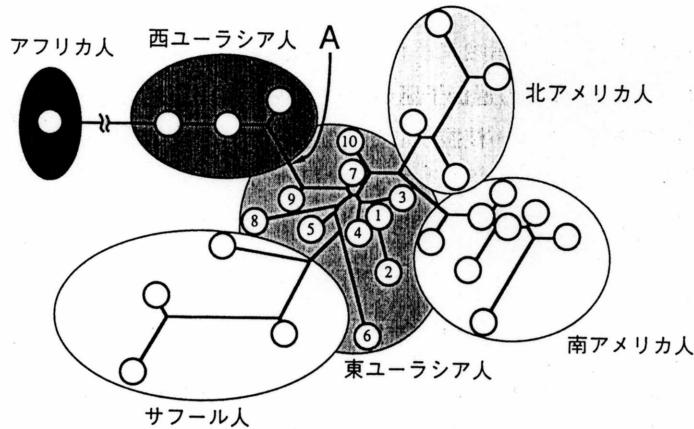


図4 世界30集団の遺伝的近縁図。

集団から大きく離れている。

従来、人種の名称は「オイド」という語尾（ラテン語で、～に似たという意味）をつけて言うことが一般的であったが、これはかつての形態学的特徴に基づいた命名法である。人類集団に限らず、大型動物集団の遺伝的分化はほとんどの場合地理的隔離によるので、集団名はもっぱら地理的名称を用いたほうがよい。今後は「モンゴロイド」などという名称は、科学史の文脈でのみ使うべきであろう。したがって、図4では筆者の提唱する地理的分布に基づいた新しい名称を示した。

これら遺伝的な近縁関係は、1万年前、すなわち最終氷期が終わって完新世が始まるころの、地球上の人類の地理的分布を反映していると考えられる。この時代は、ヨーロッパ人による15世紀以降の大航海時代はおろか、ポリネシア人の大航海時代もまだ始まっていないので、太平洋の大部分には人類が進出していない。そこで、図4の枝Aにおいてアフリカ人・西ユーラシア人のグループと二分されるグループ（東ユーラシア人、サフル人、南北アメリカ人を含む）に、「環太平洋人」という名称を与えることを筆者は提唱した。

最後に、東ユーシラア人について、もう少し詳しくみてみよう。図5は、中国海南島の6集団を中心とする東アジア・東南アジアの17人類集団の遺伝

的近縁関係を近隣結合法で推定したものである。まず第一に、フィリピンのネグリト（「小さい黒人」の意味）が他集団から大きく遺伝的に離れている。このことから、ネグリト人の祖先集団が古い時代に東南アジアに渡ってきて、つい最近まで周辺の人類集団と混血しなかった可能性が考えられる。

第二に、地理的に広い範囲に分布する東アジアの4集団（モンゴル人、韓国人、アイヌ人、日本人）が遺伝的に近接していることである。これら4集団の近縁性は、海南島という四国程度の島のなかの6集団の近縁性よりもずっと大きい。これは、これら

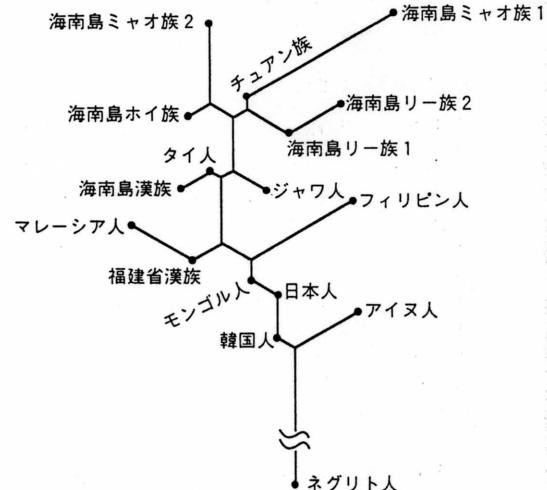


図5 東アジア・東南アジア17集団の遺伝的近縁図。

東アジアの集団が比較的最近に拡大して現在の分布を形作ったことを示唆するものである。この近縁図はわずか12種類の遺伝子座のデータから作成したものであり、細かい枝振りはそれほど信頼できないだろう。ただ、よくいわれるような、アジアの北方集団と南方集団という二大対立は、それほど明確ではないようである。

参考文献

- 1) ルーカ&フランチエスコ・カヴァーリニスフォルツァ：わたしは誰、どこからきたの一進化にみるヒトの「違い」の物語一。三田出版会(1995)。
 - 2) 斎藤成也：アメリカ大陸への人類の移動と拡散。新大陸の自然誌第2巻 最初のアメリカ人、赤澤威ら編、岩波書店、57-103(1992)。
 - 3) 斎藤成也：近隣結合法、新生化学実験講座第16巻 分子進化実験法、五條堀 孝ら編、東京化学同人、400-410(1993)。
 - 4) 斎藤成也：遺伝子から見たモンゴロイド。モンゴロイドの地球1 アフリカからの旅だち、赤澤威編、東京大学出版会、119-184(1995)。
 - 5) 斎藤成也：人類集団の系統復元—その緩慢な道のり。別冊日経サイエンス 現代人はどこからきたか、馬場悠男編、日本経済新聞社、81-87(1993)。
 - 6) 根井正利：分子進化遺伝学。培風館(1990)。
 - 7) 太田博樹・斎藤成也・松下孝行・植田信太郎：A genetic study of 2,000-year-old human remains from Japan using mitochondrial DNA sequences. American Journal of Physical Anthropology, 98, 133-145.
- (さいとうなるや、国立遺伝学研究所 進化遺伝研究部門)

◎講談社の自然科学専門書

胚発生学の基本的事項をもれなく解説

植物の発生学

—植物バイオの基礎—



S.S.ボジュワニ・S.P.バトナガ 著／足立 泰二・丸橋 亘 訳

A5・222頁・定価4,500円(税込)

園芸学、育種学などでの品種改良・増殖・遺伝子組換えの実験的基礎となる胚発生学の基本的事項をもれなく解説。植物のバイオテクノロジーを目指す若い学生、とくに園芸学・植物遺伝・育種学・応用生物工学・園芸繁殖学・資源生物学を学ぼうとする者にとって必須である。

主な内容：1. 研究小史 2. 花 3. 小胞子嚢 薬壁／胞子形成組織 4. 雄性配偶体 荐養細胞および雄原細胞の形成／精細胞の形成／成熟花粉の内的体制／細胞質の形質の遺伝／花粉壁／花粉壁の特徴 5. 大胞子嚢 胚珠のタイプ／珠皮／珠心／大胞子形成 6. 雌性配偶体 胚囊の型／成熟した胚囊／胚囊の吸器的行動／胚囊の荐養 7. 受粉 薬の裂開／花粉の移送／人工受粉 8. 受精 花粉の発芽と花粉管の成長／重複受精 9. 胚乳 胚乳の発達／胚乳の細胞学／胚乳の機能／形態形成 10. 胚 接合子／胚発生／前胚／胚柄／異常な形態／胚の荐養 11. 多胚性 多胚性の原因／多胚性の実験的誘発／多胚性の実用的な価値 12. アポミクシス 荐養生殖／アガモスベリー(無融合種子形成)／アポスボリー(無胞子生殖)／アポミクシスの原因 13. 種子 種子の発達／生理・生化学 14. 実験発生学と応用発生学 植物組織培養法／半数体の作出／胚培養／珠心の培養／胚珠と種子の培養／子房培養／果実肥大に対する幼種子の影響／单為結実／生殖過程を利用した形質転換

東京都文京区音羽2-12-21
振替 東京8-3930

講談社

編集部 ☎ 03(3235)3701
販売部 ☎ 03(5395)3624

