

3 遺伝子からみた人類の起源

ヒトにもっとも近い生物はチンパンジーとボノボ

ダーウィンが『種の起原』を発表したのは1859年ですが、その12年後には『人間の由来』を著しています。彼はその中で、ヒトがチンパンジーやゴリラなどの類人猿に近いことを示しており、人類の起源がアフリカにあると考えていたようです。しかしヒトがどの類人猿と系統的にもっとも近いのかについて決定するには、当時の技術では限界があり、長い間決定的な解答が出せずにいました。1960年代に入ると、タンパク質の違いを調べて生物の系統関係を明らかにする分子進化の方法が人類進化の問題にも応用されるようになりました。このような研究分野を「分子人類学」と呼びます。ミシガン州立ウェイン大学のモリス・グッドマン氏はこの分野の先駆者です。彼は、免疫学的反応を利用してヒトと類人猿のタンパク質がどの程度近いかを測定しました。その結果、ヒトとオランウータンとの違いは、チンパンジーやゴリラとの違いよりも大きいことがわかったのです。このことは、その後もっと精密な方法を開発したカリフォルニア大学のアラン・ウィルソン氏とヴィンセント・サリッチ氏によって裏付けられました。さらに1980年代に入って、多数のDNAを一度に比較できる「DNA雑種法」という技術を用いて、チャールズ・シブリー氏らも同じ結論に達しました。人類進化に関するダーウィンの直観は正しかったこととなります。現在では、長い塩基配列を比較することによって、さらに細かいところまでわかっており、ヒトにもっとも近いのはチンパンジーであることが確定しています。

また、分子時計を利用して、およそ500~600万年前ごろヒトとチンパンジーの系統が分かれたと推定されています。ゴリラの系統はそれより少し古く、600~700万年前ごろにヒトとチンパンジーの共通祖先から分かれたようです。ここでひとつ注意していただきたいのは、チンパンジーに近縁なボノボの存在です。これら2種類の生物は、ヒトの系統と分かれたあとに、およそ200万年ほど前になって、さらにこれら二つに分かれました。ときどき、ボノボが一番人間に近いということを聞くことがありますが、系統関係でいえば、チンパンジーとボノボは人間から見て同じくらい離れていて、どちらもヒトにもっとも近い生物だと言えます。

図1は、化石や解剖学と分子人類学の研究を総合して、ヒト上科（ヒトと類人猿）の予想される系統関係を示したものです。分岐年代については目安程度に考えて下さい。従来、類人猿はオランウータン科（大型類人猿）とテナガザル科（小型類人猿）に大別されていましたが、最近ではヒトを特別扱いするのをやめて、オランウータン科とヒト科を合体し、それをヒト科と

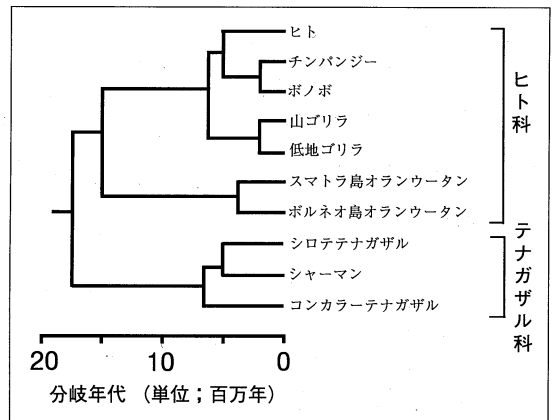


図1 化石・解剖学・分子人類学によるヒト上科（ヒトと類人猿）の系統関係

する分類が一般的になりつつあります。チンパンジーの系統がボノボとチンパンジーに分かれ、ゴリラも同じ種とはいえ山ゴリラと低地ゴリラに分かれたのに対して、ヒトの系統の現存種はヒトだけです。もっとも、ヒトの系統はアウストラロピテクスやパラントロプスなどいくつかの種類を生み出してきました。ところが、なぜかそれらの系統は消えてしまい、現在ではヒトという単一の種だけとなっています。これは、人類が他の動物とはかなり異なった様相の進化を示している面の一つかもしれません。

チンパンジーとヒトの遺伝的違い

ヒトとチンパンジーを比べると、ゲノム（すべての遺伝子のセット）全体では1.0~1.5%の違いがあります。これはヒトとチンパンジーがそれぞれの進化系統で蓄積した変化の合計であり、両者の共通祖先からヒトまでの道筋だけの変化を考えると、その半分の1%以下となります。「少ない」というのが、普通の感想でしょう。しかし変化の総数を考えると、まったく逆の感想になるでしょう。というのは、ヒトもチンパンジーもゲノムの大きさはだいたい同じであり、総塩基数(A、T、G、CでDNA配列を表わした時の文字数)にしておよそ30億個と推定されています。その1%は、3000万個。こうなると、莫大な数ではないでしょうか。ところが、ヒトゲノムの中の95%以上はまともな遺伝子の情報を持っておらず、「がらくたDNA」と呼ばれるあそびの領域だとされています。この広大な砂漠のような領域を除いても、塩基の個数でいうとまだ150万個程度の部分に、ヒトとチンパンジーの違いを与える遺伝子の情報がはいつていま

す。さらに、実は「あそび」の部分は遺伝子のなかにもまだあるのです。生物の活動に重要なタンパク質の性質はそのアミノ酸配列で決まっていますが、遺伝子のなかには、アミノ酸の情報を持っていない塩基の部分(イントロンなど)もたくさん存在します。そのほかのいろいろな条件を考慮すると、タンパク質の機能のある程度変化させるような、「あそび」とはもはや呼ぶことができないアミノ酸の変化は、1万個程度ではないかと私達は考えています。この中にこそ、直立二足歩行、脳の巨大化、薄い体毛といった、「人間性」の基礎をもたらした遺伝子の変化があるのです。

現在ヒトゲノム計画が進んでおり、すでに日欧米の研究チームによって、二つの染色体(21番と22番)の塩基配列が決定されました。しかし、「人間性」をもたらした遺伝子の変化を解明するには、ヒトにもっとも系統的に近いチンパンジーをはじめとする類人猿のゲノムを調べてヒトゲノムと比較する必要があります。この方針のもとに、私の研究室では「類人猿ゲノム計画」を始めました(<http://sayer.lab.nig.ac.jp/~silver/>)。ヒトゲノムの塩基配列の全貌が解明されたと発表されており、この情報を有効に利用して、チンパンジー、ゴリラ、オランウータンのゲノムの様々な領域の塩基配列を決定し、少しでも人間性の秘密に迫ろうと考えています。

ミトコンドリアDNAから見た現代人の起源

人間の細胞には核があり、この中の染色体にDNAがはいっていますが、細胞内小器官の一つであるミトコンドリアにも、小さいながらも別のDNAがあります。このミトコンドリアDNA

は、塩基総数が16,500個前後で、おもしろいことに、母性遺伝をします。これは、精子の持っていた父親由来のミトコンドリアDNAがなぜか受精のときに卵によって破壊されてしまうからです。このような興味深い特徴を持ったミトコンドリアDNAは、この20年ほどのあいだ、現代人の起源を考える上で、遺伝的研究の中心的存在でした。下の図は、ヒトとチンパンジーのミトコンドリアDNAのDループと呼ばれる塩基配列を、国立遺伝学研究所にあるDDBJ塩基配列データベースから選び出し、私が作成した系統関係の図です。まず、大きくヒトとチンパンジーが二分されているのがわかります。次に、ヒトのグループの中を見ると、ネアンデルタール人が現代人全体のまとまりからはずれていることがわかります。この「ネアンデルタール人」というのは、ドイツのネアンデル峡谷で最初に見

つかった、記念すべきあのネアンデルタール人の上腕骨から取り出したミトコンドリアDNAです。最近、旧ユーゴスラビアの遺跡から発掘された別のネアンデルタール人からもドイツの個体と似た古代DNAが抽出され、やはり現代人とは系統的に異なっていることがわかりました。また、最近私のいる国立遺伝学研究所で古代DNAに関する講演をしたドイツのスバンテ・パーボ博士によれば、今度は、ネアンデルタール人の地理的分布の東の端に近い遺跡の骨からも、ドイツのネアンデルタール人と似た古代DNAを得たとのこと。数万年前までヨーロッパに分布していたネアンデルタール人は、少なくともミトコンドリアDNAからみる限り、現代人の系統とはかなり異なっていたようです。この結果は、いわゆる「現代人アフリカ単一起源説」を支持するものですが、これで決着がついたわけではありません。なんとといっても遺伝子は核の染色体のなかにおびただしい数があり、一方のミトコンドリアDNAはたったひとつの遺伝子にしか過ぎないのです。現代人の核の染色体の遺伝子の中には、ユーラシアで滅んでしまった原人の遺伝子を伝えているものが少数ながら存在する可能性があります。核の中の遺伝子の研究は、ミトコンドリアDNAに比べるといろいろと技術的に困難なこともあり、まだまだ遅れています。今後のさらなる研究によって、現代の私たちの遺伝子に、過去のさまざまな時代に生きていた祖先の遺伝子が脈々と流れているということが確かめられることでしょう。

(国立遺伝学研究所 斎藤成也)

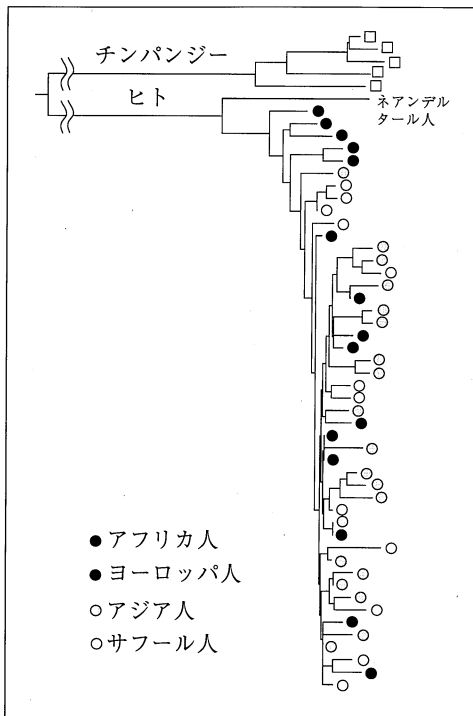


図2 ミトコンドリアDNAからみたヒト上科の系統関係