

4 類人猿と人類はどれほど近いか

斎藤成也

1 生殖隔離という壁

私が最初にチンパンジーを目の前で見たのは、上野動物園だった。一九七〇年代には、まだチンパンジーが多摩動物園に集中してはいなかったのである。西田利貞さんが担当されていた霊長類関係の授業で、動物園に行つて霊長類を観察せよという宿題が出た。結局私はニホンザルを選んだのだが、チンパンジーも見に行つた。すると、なにか白っぽいものが見えた。最初は頭がはげた個体かなと思つていた。ところが、頭にしては足と腕の関係が変だ。ようやく、股の間の何かが巨大化しているということを理解した。不気味だった。これは授業で学んだチンパンジーの巨大な性皮だったのである。

人間でも、大陰唇に個人差があるようだが、発情期のメスチンパンジーのようには大きくならないだろう。やはりケダモノだなあという印象をもつた。ところが二十数年たって、類人猿ゲノムの研究を進めることになり、類人猿を実際に見る機会が多くなってきた。残念ながらまだアフリカの自然状態でのチンパンジーを見たことはないが、メスの巨大な性皮を見慣れてくると、だんだんあの薄ピンク色の盛り上がり

がセクシーに見えてくるのだ。やっぱりとヒトとチンパンジーの美意識には共通なものがあるのかなあ、などと思っている。米国サン・ディエゴ動物園でボノボを見た時も、人間にちかい大きさの乳房を見て、なかなかいいなあと感じたものだ。ある男性のチンパンジー研究者は複数のメスチンパンジーからプレゼンティング(尻を突き出す行動)を受けると聞いたことがある。恋愛感情が生じるには、種の壁はないようだ。

とはいえ、チンパンジーは怪力である。人間のオスがチンパンジーのメスを強姦しようと思っても、大けがをするかなぐり殺されるのが落ちだろう。逆はわからないが。実際に、チンパンジーよりも系統的にヒトから遠いオランウータンは、オスが時々人間のメスを性的に襲うことがあるそうだ。仮に両種の卵と精子のあいだで受精が成立した場合、雑種が生まれることはあるのだろうか。ヒトがからむと倫理的哲学的問題が生じるので、チンパンジーとゴリラのあいだで生殖隔離が確立しているのかどうかを調べてみるのは、おもしろいだろう。少なくとも受精後数週間は発生が続くだろう、というのが私の予想である。ネズミの仲間であるハムスターの精子を人間の卵に振りかけると受精反応が生じることはよく知られている。ましてずっと系統的に近い類人猿ならば、かなり後期まで発生が進む可能性が大きいからだ。

霊長類は、一般に生殖隔離の壁が低い。チンパンジーと別種であるはずのボノボが、ベルギーの動物園で交雑した例が知られているが、両種はわずか二〇〇万年ほどしか系統的には違わないので、十分あり得る話だ。一九七〇年代には、小型類人猿であるテナガザルの二系統(フクロテナガザルとワウワウテナガザル)の間で雑種が生まれたことが報告されている。この場合染色体の数も異なっていた。系統的に両者は五〇〇〇七〇〇万年ほど離れていると推定されている。これはヒトとチンパンジーの違いとほぼ同じである。類人猿どうしにおける雑種の問題についてくわしくは、Satou(2005)を参照されたい。

共通祖先から分かれて六〇〇万年ほど経過してしまっている現在では、ヒトとチンパンジー、あるいはヒトとゴリラのあいだの雑種が生まれることは困難だろうが、種分岐してそれほど経過していない、たとえば四〇〇万年ほど前であれば、アフリカのどこかでチンパンジーの祖先と出くわしたヒト祖先の個体が交雑した可能性はあるだろう。実際に、二〇〇六年にチンパンジーゲノムとヒトゲノムを比較した米国のグループが、種分岐後の両者の系統における混血の可能性を指摘している。ただし、印南と渡辺による別の解析では、種分岐後の大規模な混血はなかったと結論しており、まだよくわかっていない。後述するように、ヒトとチンパンジーのゲノム全体での平均的な違いは一・二三%であるが、ゲノムの一部分でもっと小さな違いが観察されれば、その領域は過去の混血の痕跡かもしれない。

2 人間の系統的位置

生物を分類するだけならば、進化の考え方は必要ない。創造神でもなんでもよいが、とにかく世界中の構造が一度に生じたと考えればよい。世界の内部構造の論理性あるいは非論理性は、時間的发展とは無縁であつてもよいのだから。そこでリンネの登場である。一八世紀に活躍した彼は進化の考え方をもちいていなかったにもかかわらず、人間が動物であること、背骨をもっていること、哺乳類であること、解剖学的に猿に近いことをよく理解していた。そして、リンネは人間に *Homo sapiens* という学名を与えたのである。Homo はラテン語で「人間」を意味し、sapiens は「賢い」という形容詞である。つまり、人間を表わすのに、当然といえば当然だが、「人間」という言葉を使い、それをさらに「賢い」と形容したのである。

賢くない人間も当時は考えられていたからだ。

こう考えると、ラテン語の学名は、今でこそ世界的な委員会や命名規約などがあって、茶道の家元制度みたいなものになってしまっているが、学名が誕生した一八世紀当時は、のんびりしたものだったようだ。だいたい、リンネは二名法を提唱したことで有名だが、二名法はなんのことはない、属名に適切な形容詞を与えて細かく分類しましょうというだけのことだ。当時知られていた生物の種類が、単独の名詞(属名に対応)だけでは足りなかったために、適当な種類の形容詞と組み合わせることによって、可能性をぐっと増やしたというだけの話である。生物の多様性に関する知識が爆発的に増加している現在では、二名法は事実上破綻している。たとえば、DDBJ/EMBL/GenBank 国際塩基配列データベースでは、塩基配列が決定された生物を示すために、生命の最初の段階からすべての系統を表す表記法をとっている。人間の場合は、以下のとおりである。

Eukaryota; Metazoa; Chordata; Craniata; Vertebrata; Euteleostomi;

Mammalia; Eutheria; Euarchontoglires; Primates; Catarrhini;

Hominidae; Homo.

ただし、この分類体系は以下にも示すように、唯一のものではない。

リンネの後一世紀のあいだに博物学は急速に進展した。ダーウィンが『種の起原』を著すころまでには、人間は霊長類の中でも、解剖学的に類人猿(Ape)に近い存在であることが確立していた。形態学的特徴で

いえば、類人猿も人間と同じように尻尾がない。

分類学もだんだん決まった方式になっていった。ある生物を分類する時には、必ず七分階段(上から順に、界、門、綱、目、科、属、種)が必要となる。たとえばニホンザルであれば、動物界、脊索動物門、哺乳類綱、霊長目、ヒトニザル科、マカカ属、ニホンザル(*Macaca fuscata*)である。

人間も霊長類なので、ニホンザルと途中の「霊長目」までは同じである。そのあとの科、属、種は、伝統的には、一科一属一種であった。すなわち、人間(*Homo sapiens*)はヒト科(*Hominidae*)に属するが、ヒト科に属する現生種は *Homo sapiens* 一種のみであった。これは、ヒト科という名称が問題だと思う。*Homo* というラテン語から来ているために、分類段階で「科」(*family*)といふかなり上位のレベルになって、よそ者を入れたくないという心理が働いたのである。いかに進化的にヒトに近いといえども、チンパンジー、ボノボ、ゴリラ、オランウータンはみなオランウータン科(*Pongidae*)に属していた。これはちょうど大型類人猿に対応する生物群である。一方、小型類人猿に対応するのは、テナガザル科(*Hylobatidae*)であり、テナガザル亜科とフクロテナガザル亜科に分かれる。このように、ヒトを特別視すること、をもっと極端に推し進めると、ヒトを霊長目(*Primates*)から分けてしまい、哺乳類の中の新しい目とする、という考え方にもなる(小原、1979)。逆に、分子人類学および分岐分類学の立場から、*Homo* 属と *Pan* 属をひとつにまとめてしまい、チンパンジーとボノボはそれぞれ *Homo troglodytes*, *Homo paniscus* とする立場もある。図1に脊索動物におけるヒトの分類上の位置を示したが、ここでは両者の中間の立場をとった。すなわち、ヒトと大型類人猿をヒト科としたのである。また図1では、ヒトの祖先が類人猿とたもとをわかつてからあとの系統についてのみ、諏訪(2006)にしたがって絶滅属・絶滅種も含めた。

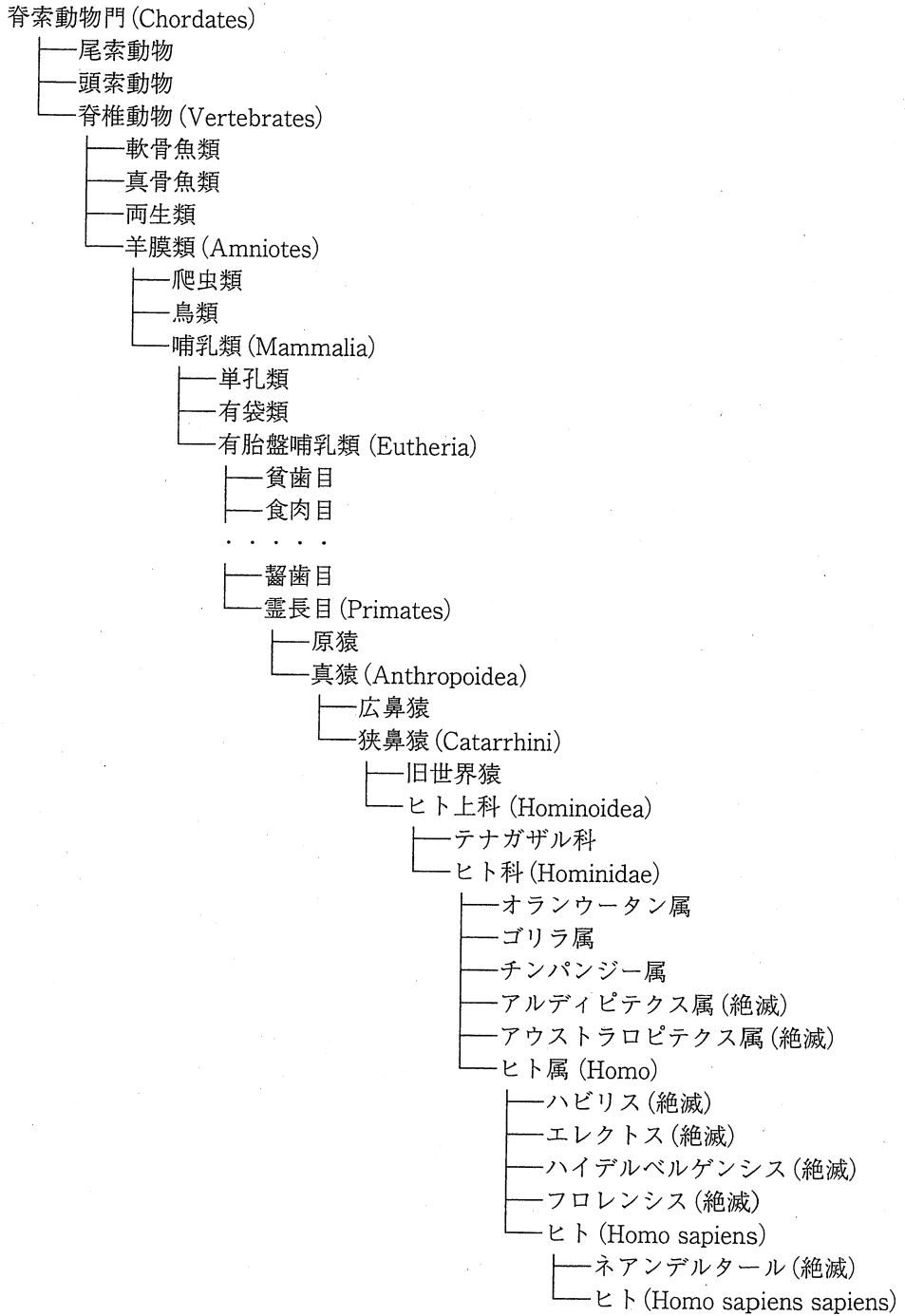


図 1 脊索動物におけるヒトの位置(斎藤, 2006b の図 2 を改変)

3 分子進化学の貢献

図1で示したヒトの分類学上の位置は、絶滅した種類についてはほとんどすべて化石の証拠に基づいているが、生きている生物間の系統関係は、現在では骨などの形態の比較ではなく、遺伝子の比較によって推定されることが一般的になっている。このように、遺伝子の物質の本体であるDNAやその産物であるタンパク質などを異なる生物で比較することによって、生物間の系統関係を推定する研究分野を「分子系統学」と呼ぶ。

ヘモグロビンという同種類のタンパク質を異なる生物種で比較して進化系統を推定する試みは、英国のナタールらにさかのぼるが、本格的な分子系統学は一九六〇年代に始まった。その最初から人類の系統的 position の確定は大きな目標だった。当時はまだDNAを直接比較するのが困難だったため、タンパク質が比較された。アミノ酸配列を決定して比較するよりも簡便な、免疫反応を利用してヒトのタンパク質が類人猿のタンパク質とどの程度近いかを測定する方法がまず用いられた。その結果、ヒトとオランウータンの違いは、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ある。さらに、免疫反応を定量化する「免疫学的距離」がウイルソンらによって開発された。これは、比較したいいくつかの生物のひとつがもつあるタンパク質を精製し、それをこれらの生物とは系統的にかなり異なる生物、たとえばウサギに、血液中に多く含まれるアルブミンを注射して、このタンパク質に対する抗体を作らせる。このアルブミンに対する抗体がいろいろな生物から精製されたアルブミンとどのように免疫反応を生じるかを定量し

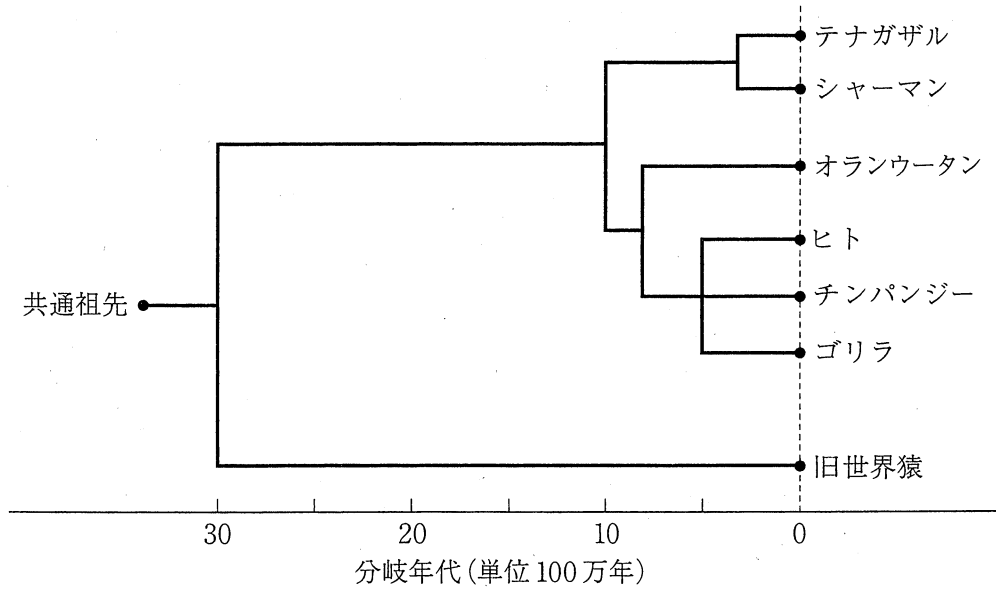


図2 アルブミンを用いた免疫学的距離により推定されたヒト，類人猿，旧世界猿の系統関係(Sarich and Wilson, 1967より)

たのである。抗体を作るのに用いたアルブミンが生物ア由来だとすると、抗体は生物アのアルブミンと最もよく結合するはずである。ところが系統的に少し離れた生物イでは、アルブミンのアミノ酸が生物アとは少し異なっているため、免疫反応が低下する。この原理により、免疫学的距離を測定することができる。免疫学的距離がほぼ進化時間に比例して大きくなるという、「分子時計」の性格をもっていることがわかったので、単純な比例計算によって、化石の発見されていない系統でも、分岐年代を推定することができるようになった。

当時の人類学の定説は、ヒトの系統が一五〇〇万年ほど前に類人猿の系統から分かれたというものだった。しかしウィルソンらはその分岐年代を、彼らが開発した定量的な免疫反応法によって、その三分の一の五〇〇万年だと推定したのである(図2)。

一九七〇年代まではタンパク質を用いた研究が主流だったが、塩基配列の簡便な決定法が発表されたころ

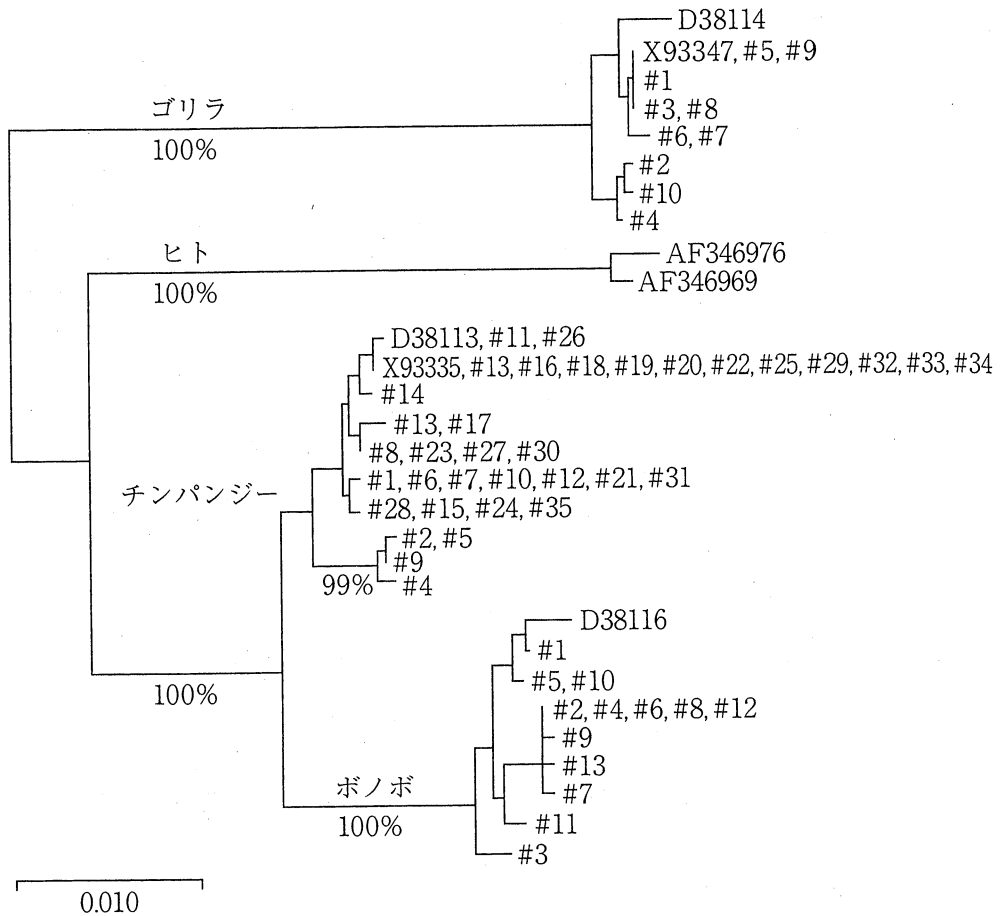


図3 ミトコンドリア DNA の塩基配列から推定されたヒト， チンパンジー， ボノボ， ゴリラの系統関係 (Noda et al., 2002 より)

から、DNAデータが用いられるようになった。たとえば、図3には、我々がミトコンドリアDNAの16SリボソームRNA遺伝子領域の塩基配列を決定して、ヒト、チンパンジー、ボノボ、ゴリラの間で比較した系統樹が示してある。現在では、多数の遺伝子を比較することにより、ゲノム全体から見ればチンパンジー（およびボノボ）がヒトに系統的にもっとも近いことが確立している。表1に、多数の遺伝子を比較した一連の研究の結果を示した（颯田・斎藤、2006より）。遺伝子によっては、ヒトとチンパンジーが最も近縁（HC-GOの場合）ではなく、他のふたつの系統関係（チンパンジー

表1 ヒト, チンパンジー, ゴリラのあいだの系統関係

系統関係	H	H	C	H	合計	文献*
	C	G	G	C		
	G	C	H	G		
	O	O	O	O		
遺伝子座の数	21	7	7	10	45	Satta et al. (2000)
	31	10	12	0	53	Chen and Li (2001)
	24	14	9	4	51	O'hUigin et al. (2002)
	34	14	10	45	103	Kitano et al. (2004)

* 詳しくは颯田・斎藤(2006)を参照.

表2 ヒト, チンパンジー, オランウータン間の分岐年代

分岐年代* (万年)	D[hc]/ D[ho]**	分子データのタイプ	文献***
270	0.25	mtDNA	Hasegawa et al. (1985)
490	0.38	完全 mtDNA	Horai et al. (1995)
740	0.39	完全 mtDNA	Hasegawa et al. (2003)
520	0.40	核 DNA 非コード領域	Chen and Li (2001)
—	0.40	核 DNA 同義置換	Kitano et al. (2004)
490	0.41	エータグロビン	Hasegawa et al. (1987)
660	0.44	DNA 雑種法	Sibley and Ahlquist (1987)
550	0.44	mtDNA と核 DNA	Saitou (1991)
510	0.44	核 DNA 同義置換	Wildman et al. (2003)
600	0.46	核 DNA	Glazko and Nei (2003)
540	0.48	核 DNA	Stauffer et al. (2001)
500	0.60	アルブミン	Sarich and Wilson (1967)
550	0.67	核 DNA	Kumar and Hedges (1998)

* ヒトとチンパンジー間の分岐年代(幅が示されている場合には中間値を示した).

** D[ヒト-チンパンジー]/D[ヒト-オランウータン].

*** 詳しくは Saitou(2005)を参照.

とゴリラが近 \approx CG-HO、ヒトとゴリラが近 \approx HG-CO)が支持されているが、これは種分化が短期間に連続して生じ、かつ集団の個体数が大きい場合には一定の確率で生じることが根井正利によって理論的に示されており、不思議ではない。なお、表1の四番目に示したHGG-Oは、オランウータンを除く三種(ヒト、チンパンジー、ゴリラ)のあいだの系統関係がはっきり決定できない三分岐の場合である。

系統関係が確定しても、種分岐の年代は、依然としてはっきりしていない。これはひとつには分子データの性質上、分岐の絶対年代はわかりようがなく、互いの相対的な比率だけが推定されるからである。そこで、表2に、様々な分子データに基づくヒトとチンパンジーの分岐年代の推定値とともに、ヒト・チンパンジーの分岐の程度がヒト・オランウータンの分岐の程度のどれくらいになるかを示してみた(Saitou, 2005より)。するとおもしろいことに、多数の研究があるものの、ヒト・チンパンジーの分岐年代の推定値は、長谷川政美らのグループが推定した最小値(二七〇万年)と最大値(七四〇万年)を除けば、四九〇万年〜六六〇万年の幅におさまっている。またヒト・チンパンジーの分岐とヒト・オランウータンの分岐の比率は、免疫学的距離を用いた初期の研究の〇・六〇と哺乳類全体で分子時計が成り立つと仮定した最近の研究が示している〇・六七が大きい値である。初期の研究結果にはいろいろなエラーが存在するのは仕方ないだろうし、また後者の最近の研究には、用いられた方法論に対してきびしい批判が起こっている。一方、ミトコンドリアDNAの部分配列データを解析した研究の示す〇・二五が最小値であるが、この論文はヒトとチンパンジーの分岐年代の推定値も二七〇万年というきわめて小さな値を示しているので、これも方法論的な問題があったようだ。一方、他の研究はすべて〇・三八〜〇・四八のあいだにおさまっている。ということ、もしもヒトの系統とオランウータンの系統の分岐年代が t 年前であれば、ヒトの系統とチン

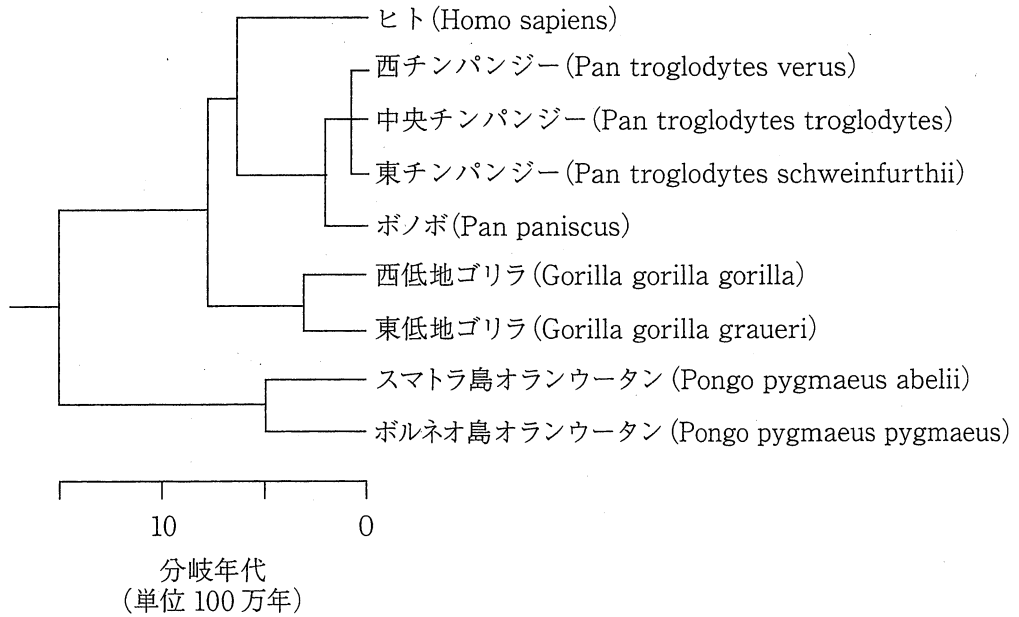


図 4 ヒト科の系統関係(斎藤, 2004 の図 5.2 を改変)

パンジーの系統の分岐年代は〇・三八 t 〜〇・四八 t であろうということになる。 t を仮に一五〇〇万年前とすれば、ヒトとチンパンジーの分岐年代の推定値は五七〇万年〜七二〇万年ということになる。もちろん t ははつきりしないので、よく用いられる一三〇〇万年を t に代入すると、ヒトとチンパンジーの分岐年代の推定値は四九〇万年〜六二〇万年となる。最近になって、アルディピテクスなど五〇〇万年以上前の地層からヒトの系統と想定される化石が続出しているが、分子データからは、ヒトの系統とチンパンジーの系統の分岐が七〇〇万年程度になっても、それほど不思議ではないのである。

これら分子データや化石データのこれまでの知見を総合して作ったヒト科の系統関係を図 4 に示した。ヒトの系統は、およそ六〇〇〜七〇〇万年ほど前にチンパンジーとの共通祖先とたもとをわかったあと、独自の進化をとげた。その間に言語を獲得し(たとえば、岡ノ谷, 2006 を参照)、独自の意識を進化させた結果、「自己の世界が有限であることに恐怖し、また無限に対して恐怖する、

人間というおかしな動物が誕生してしまったのである」(斎藤、2006a)。

引用論文

- Noda R., Kim C. G., Takenaka O., Ferrell R. E., Tanoue T., Hayasaka I., Ueda S., Ishida T., and Saitou N. (2001), Mitochondrial 16S rRNA sequence diversity of hominoids, *Journal of Heredity*, vol. 92, pp. 490-496.
- 小原秀雄 (1979)『哺乳類』岩波新書。
- 岡ノ谷一夫 (2006)「言語の起源と進化」石川統ら編『シリーズ進化学』第五卷『ヒトの進化』第五章、一六九—二〇六頁、岩波書店。
- Saitou N. (2005), Evolution of hominoids and the search for a genetic basis for creating humanness, *Cytogenetic and Genome Research*, vol. 108, pp. 16-21.
- 斎藤成也 (2004)『ゲノムと進化——ゲノムから立ち昇る生命』新曜社。
- 斎藤成也 (2006a)「進化の産物としての意識の階層構造」(連載「ゲノム進化学の展開」第一五回)『数理科学』五一四号、七二—七七頁。
- 斎藤成也 (2006b)「人類進化の研究が世界観に与えてきた影響」石川統ら編『シリーズ進化学』第五卷『ヒトの進化』序章、一—二頁、岩波書店。
- Sarich V. M., Wilson A. C. (1967), Immunological time scale for hominoid evolution, *Science*, vol. 158, pp. 1200-1204.
- 颯田葉子・斎藤成也 (2006)「遺伝子からみたヒトの進化」石川統ら編『シリーズ進化学』第五卷『ヒトの進化』第二章、六五—一〇八頁。岩波書店。
- 諏訪元 (2006)「化石からみた人類の進化」石川統ら編『シリーズ進化学』第五卷『ヒトの進化』第一章、一三一—一六四頁、岩波書店。