

総説

# 無毛変異によるヒトの進化

須藤 鎮世

就実大学 薬学部 遺伝子解析学研究室

## Human evolution by a hairless mutation

Shizuyo Sutou

*Laboratory of Functional Genomics, School of Pharmacy, Shujitsu University*

(Received 31 October 2014; accepted 19 November 2014)

---

**Abstract:** Four basic characteristics distinguish humans from other primates: bipedalism, nakedness, the family reproductive unit, and small sexual dimorphism. All primates except humans carry their babies using hair. A hairless human mother would be forced to stand and walk upright to hold a baby. The male partner would have to collect food and carry it to the handicapped mother. She would have sexually accepted her partner at any time as a reward for food. Sexual relations irrespective of estrus cycles might have strengthened the pair bond, promoting family formation. Savannas appeared 2.5 million years ago (Ma), which forced hominins to terrestrial life, but the ground was full of danger and a larger brain became advantageous. Wildfires occurred frequently in savannas; naked hominins approached fire for warming, but soon must find burnt animals in the aftermath of wildfires. The taste of burnt meat became a driving force to make hominins meat-eaters. They must have learned how to control fire and how to repel hairy animals that abhor fire. When they found that a carnivore had killed a prey animal, they approached the predator and repulsed it using fire, then claiming the prey intact. The timing of global cooling, the appearance of savannas, the appearance of early humans, decline of large predators, the manufacture of stone tools, and the start of cooking largely coincide at 2.5 Ma. Cooked meat is both tasty and easily digested, providing hominins with rich nutrients sufficient to enlarge the brain, while many large carnivores were forced to extinction.

キーワード：直立・二足歩行；家族形成；性的二型；火の使用；強奪・採集民

---

### 緒言

私は基礎生物学を担当している。初めの方で、宇宙や地球の誕生、化学進化や生物の進化のあとに、ヒトの進化の話が出てくる。アメリカの教科

書<sup>1)</sup>をみたところ、二足歩行がヒトの進化の原因であることは共通の認識となっているが、なぜ二足歩行に至ったかについては諸説紛々でコンセンサスが無いとある。日頃の生物、動物、特にサ

ルの観察から、ヒトを除く全ての霊長類では子は母親の毛にしがみついて運ばれるが、ヒトは実質的に無毛で、母親が子を両手で抱く他ない。よって、二足歩行の原因は無毛だと確信していた。2010年に薬学海外研修を開講し、豪州のクイーンズランド大学(UQ)に学生達を引率した。UQの図書館には250万冊の図書があり、そのうちの50万冊、その他7,500の雑誌、1,000のデータベースにWiFiでアクセスできる。日本ではなかなか入手できない文献を容易に参照できた。引率者控え室にパソコンを持ち込み、原稿を書いた。新たな仮説を提唱するとして幾つかの雑誌に投稿してみたが、概して、大胆で面白いが仮説に過ぎないとして拒否された。日本分子生物学会の機関紙に投稿したところ、2名の校閲者は同様に拒否したが、柳田充弘編集長から面白いからEssayの形なら掲載するとの回答を得た。修正なしどころか、多少の追加をした原稿がそのまま掲載された<sup>2)</sup>。その後、古典的人類は上半身が樹上型、下半身が地上型であることから、完全な二足歩行、大きな脳をもつ近世人への過渡期の姿であると論じた<sup>3)</sup>。さらに無毛のヒトが暖を求めて火に近づき、火の制御法を修得し、獲物を倒した猛獣を火で追い払い、獲物を横取りした。ヒトは狩猟・採集民でなく、強奪・採集民であったと論じた<sup>4)</sup>。こうしてヒトは脳に十分な栄養を補給することができたという説である。

ヒトは無毛により二足歩行を強いられ、未熟児を生んで後に大きく育てることが可能となり、火を使い、道具を作り、肉を食べ、脳を大きくし、現代人へと進化できたものと思われる<sup>5)</sup>。無毛変異は実質的無毛、二足歩行、小さな性的二型、社会・生殖の基本単位である家族の形成というヒトの基本的4特徴を同時的に説明するとともに、季節に左右されない性、女の性周期の不顕性、比較的大型のペニスなども同時的、不可分に説明できる。2014年3月にバルセロナでCell Symposium on the “Evolution of Modern Humans – From Bones to Genomes”が開催され、締め切りを3ヶ月遅ら

せてもよいからとの誘いにのり、参加、発表した。2014年9月に第18回国際動物繁殖バイオテクノロジー学会が中国の山東省で開催され、長い開会式の後、プログラムの「10:30-11:30, 大会主席, 日本専門家 Shizuyo Sutou 作報告, 演講題目為 Hairless mutation hypothesis of human evolution」に従い、冒頭に1時間余の講演をした。本稿はこの講演を基にまとめたものである。

## 1. ヒト進化の概略

ヒトは6-7百万年前にチンパンジー/ヒト共通祖先(chimpanzee/human common last ancestor, CCLA)から進化したとされる。原始的なヒトはhominid、最近ではhomininとよばれることが多い。しかし、homininとhumanかの境目は明確でない。便宜上、微細には目をつむり、大まかな目安として、600~400万年前のhomininを初期人類、400~200万年前のhomininを古典的人類、200~20万年前のhumanを近世人、20万年以降のhumanを現代人とよんでおく。より詳細はまとめて表1に示した。表1の分類や年代は、新たな化石が見つかったり、あるいはDNAが解読されたりすると、どんどん変更されるので、固定されたものではない。例えば、*H. habilis*, *H. rudolfensis*, *H. erectus*は同一種の個体差かもしれない<sup>6)</sup>。

初期人類は7~6百万年前に現れ、小型軽量で200万年ほど生きた(表1)。大後頭孔という頭蓋と脊椎とを連結する孔の位置が、類人猿では頭蓋の後方、人類では中央近くに位置するので、初期人類は直立していたと思われる。また、大腿骨の化石もそれを支持する。確かな証拠は440万年前の*Ardopithecus ramidus*の発見であった<sup>7)</sup>。身長120cm、体重50kg、脳容積は300~350g程度で、チンパンジー並みであった。保存の良い骨格化石は初期人類に関する多大な情報を齎した。特に重要なのは骨盤が人間同様の二足歩行型であること、および足の親指が外反しており、枝を掴むのに適した樹上生活者であったことである。当時、気候が比較的温暖で、果実や木の実が豊富であっ

表1. 人類進化の過程で登場した人々

最初の人類と現在人を除いて, 人類は常に複数の種が共存していた.

大別	例	時代 (Ma*)	高さ (cm)	重さ (kg)	脳容積 (cc)
初期人類	<i>Sahelanthropus tchadensi</i>	6-7		150	320-380
	<i>Orrorin tugenensis</i>	6.1-5.8			
	<i>Ardipithecus kadabba</i>	5.6			
	<i>Ar. ramidus</i>	4.4	120	50	300-350
古典的人類	<i>Australopithecus anamensis</i>	4.2-3.9		33-51	
	<i>Au. afarensis</i>	3.9-2.9	107-152	29-45	380-430
	<i>Au. bahrelghazali</i>	3.5-3	115-138	30-41	420-500
	<i>Au. africanus</i>	3.03-2.04			
	<i>Au. sediba</i>	1.78-1.95	130		420
	<i>Kenyanthropus platyops</i>	3.5-3.2			350
(頑丈型)	<i>Paranthropus aethiopicus</i>	2.6-2.3			410
	<i>P. boisei</i>	2.1-1.1	124-137	34-49	530
	<i>P. robustus</i>	2-1.5	110-132	32-40	530
近世人	<i>H. rudolfensis</i> **	2.4-1.6	150-160	51-60	790
(ヒト属)	<i>H. habilis</i> **	2.4-1.5	100-131	32-37	500-800
	<i>H. georgicus</i> **	1.8	150		600-780
	<i>H. ergaster</i> **	1.8-1.3	160-180	56-66	700-1100
	<i>H. electus</i>	1.9-0.14	179		950-1100
	<i>H. antecessor</i>	1.2-0.8	160-180	90	1000-1150
	<i>H. heidelbergensis</i>	0.5-0.2	175	62	1100-1400
	Denisovans	- 0.04			
<i>H. neanderthalensis</i>	0.23-0.024	157-165	80	1450	
<i>H. floresiensis</i>	- 0.017	106	25	426	
現代人	<i>H. sapiens</i>	0.02 -	170	70	1350

\* Ma (Million years, 百万年) , \*\*これらは*Homo electus*に含まれるかもしれない.

たと思われる。かつて、進化の中立説で有名な木村資生氏の招きにより遺伝学研究所で講演をしたノーベル賞2回受賞のL. Pauling博士に、「ヒトはどうしてビタミンCを合成できないのか」と質問をしたことがある(両者とも故人)。ヒトの祖先は果物の豊富な谷間に住んでいたのだろう、というのが答えであった。テナガザルやオランウータンを見れば分かるように、主に樹上で生活するサル達は、半ば樹上を立って歩いているようなもので、地上を四足歩行していたイヌやネコが突然に二足歩行する場合と異なり、困難は少ない。

アフリカ猿人 *Australopithecine* に代表される古典的人類は420万年程前に現れ、200万年あるいはそれ以上生きた。身長、体重、脳容積も初期人類に似て小型であったが、特徴は足の形が現代人のように5本の指が揃って前を向いていることである。これは地上での歩行に適している証拠であり、実際に足跡の化石が発見されている<sup>8)</sup>。しかし、上半身はまだ樹上での生活が捨ててきていない(後述)。

近世人は240万年程前に現れ、200万年程生きた。彼らの大きな特徴は脳容積の増加である。初期の近世人は猿人に近いが、後期の近世人は身長が伸びるとともに、著しく脳容積を増した。やがて近世人は20万年程前にアフリカに現れた現代人にとって代わられた。しかし、その1員であるネアンデルタール人のように、現代人を超える脳容積の者も現れた。大事なことは近世人は1) 2万年程前まで生きていたこと、2) 複数の人種が共存していたこと、3) そのDNAの一部が現代人に残っていることである。現代人は約20万年前にアフリカで生まれ、約6万年前にユーラシア大陸に進出し、瞬く間に世界を制覇するに至った。その過程で、近世人を絶滅に追いやった。

## 2. ヒトの特徴と無毛変異説

ヒトの特徴は次のようである。

- 1) 二足歩行をする
- 2) 実質的に無毛である

- 3) 家族が生殖・社会の単位である
- 4) 性的二型が小さい

以上は、ヒトの基本的特徴として後述する。

- 5) 大きな脳(直立後)

ヒトの脳は出生時に370~400gで、これは成獣のチンパンジー並みの大きさである。成人では男は1,400g、女は1,250g程度であるから、体の大きなゴリラでも500g程度であることを考えると、ヒトの脳がずば抜けて大きいことが分かる。しかし、初期人類の脳は350g程度と赤ん坊並みで、250万年前頃にヒト属が出現するまでは400g程度であったことを考えれば、ヒトの脳は進化のずっと後期に大型化したことがわかる。殊に、合理的で分析的な思考や言語機能を司る大脳の新皮質は、進化的に新しい部分であり、現代人の特色といえる。脳の大型化は火が制御できるようになり、豊かな栄養を脳に供給できるようになって初めて可能になったと考えられる。これについては後述する。なお、ヒトの脳は体重の約2%に相当し、消費エネルギーは20%に達する。血糖値は100mg/100cc程度に保持されるが、脳の機能を維持するためといえる。血糖値が低下すると精神症状が現れたり、失神したりすることがある。

- 6) 道具を使う(直立後)

- 7) 火を使う(直立後)

6)と7)はヒトの大きな特徴であるが、サバンナが常態化し、野火が頻発するようになった250~200万年前の頃の出来ごとと思われ、後述する。

- 8) 言葉を使う(直立後)

- 9) 文明を持つ(直立後)

8)も9)も手の使用が可能となり、脳の発達が促されて初めて成立したと考えられる。そこで、1)~4)の基本的な特徴はヒトの進化の当初から備わっていたとして議論を進める。まず、二足歩行こそがヒト進化のカギを握るという共通認識に立ち、なぜヒトそこに至ったのかを考える。

### 2-1. 二足歩行に関する種々の仮説

例えば、つぎのような説がある。

- 1) 4足歩行よりエネルギー消費が少ないから
- 2) 両手で食物を運ぶため
- 3) ゴリラのようなナックル歩行より早いから
- 4) 屍肉を漁るべくサバンナで長距離を歩くから
- 5) 道具を作製するため(石器, 野獣撃退用棍棒)
- 6) 両手で餌を食べる姿勢として発達
- 7) 群内, 群間での紛争を和らげ儀式として発達
- 8) 立ち上がって, 外敵を査察するため
- 9) 太陽光(特に紫外線)への暴露を少なくする

多くの説はヒトはサバンナで進化したとの考えに立つが, 実際には樹上で進化したのであった。また, 合目的思考が多く, 二足歩行が有利であるなら, なぜ, 他のサル達は立ち上がらないのか? 道具の作製は原因でなく, 二足歩行の結果, 歩行から解放された手に起因する。したがって, 二足歩行に至った原因について, これだという共通認



図1 ヒト以外の霊長類では体毛は子を運ぶ道具である。A: チンパンジー。B: ゴリラ。C: オランウータン。D: ギボン。E: キンシコウ。F: ニホンザル。G: ヒトは両手で抱き。母子は見つめ合い, 母子の絆は強まる。メキシカンヘアレスドッグは1遺伝子の変異で体毛がなく。頭髪のあるイヌとなる<sup>5)</sup>。

識はない。私の仮説は, 最初は無毛の突然変異があったとする, 無毛変異説である。これはサル達がどのように赤子を運ぶかを観察した結果到達した確信である。どのサルの子も生後直ぐに母親の体毛にしがみつき, 地上であれ, 樹上であれ, まるで母親の一部のように運搬される(図1)。

樹上生活のサルに体毛が無くなれば, 母親は両手で子を保持する他はない。保持しなければ子は墜落死するので, 子孫は残らない。無毛により必然的に直立・二足歩行を強要されたというのが, 無毛変異説の要点である。霊長類にとって体毛は体温保持, 外傷からの保護, 紫外線からの防御に加えて, 子の運搬道具という必須の役割がある。

## 2-2. ヒトは実質的に無毛

### 2-2-1. 無毛に関する諸説

ヒトの2つ目の特徴は実質的に無毛である。これについても幾つかの説がある。

- 1) 性選択説: 無毛の異性を好んだ, 特に雄が裸の雌を好んだので, 裸のヒトが進化したという。ダーウィンの「人間の進化と性淘汰」に詳しいが, 共通認識として受容されていない。
- 2) 体温調節説: 暑いサバンナで放熱のため, 特に脳を冷やすため, 脱毛したという<sup>9)</sup>。無毛に関し, 最も説得力があるとされているが, どうしてヒトだけが無毛なのか, 合意はない。
- 3) 寄生虫排除説: ノミ, シラミが寄生するのを防ぐために脱毛したという<sup>10)</sup>。ケジラミはヒトの進化と機を一にするようだが<sup>11)</sup>, コロモジラミの進化の歴史は浅く, 数万年に現れたので, 説得力がない。
- 4) 無毛変異説: この私の説<sup>2)</sup>は本論の主題であるが, 今のところ証拠に欠ける。

### 2-2-2. 体毛と発生

実質的に無毛とはいえ, 産毛があり, 頭髪がある。乳歯と永久歯が異なるように, 産毛と成人の体毛とは異なる。ヒトの初期胎児には尾があり, 鰓があり, 指の間に水掻きがある。胎児は一時期

産毛で覆われ、時に毛の濃いサルのような子が生まれる。これは体内で系統発生をしている名残と考えられる。1つの遺伝子変異で体毛が失せるケースはマウス、ネコ、イヌ、チンパンジーなどで見られている。1つの半優性遺伝子*FOXI3* (ホモで致死) のフレームシフト変異で、体毛はないが頭髪のあるイヌ (メキシコ犬、中国弁髪犬など) が産まれる<sup>12)</sup> (図1H)。これはEctodermal dysplasia (ED, 外胚葉異形成症) の一例である。体毛、爪、汗腺、乳房、歯などの発生は外胚葉由来で、これらに共通に係わる遺伝子の変異により、異常が生じる。これらの無毛犬では歯がない。同じく外胚葉異形成症のヒトの多毛症では、1つの優性遺伝子の変異で多毛人が生まれる<sup>13)</sup>。多毛症のヒトも歯を欠く。体毛を欠く動物で、汗腺を欠く場合がある。こうして考えると、1遺伝子変異で体毛がなく、頭髪のあるヒトが生まれても、何の不思議もない。なお、ED関与遺伝子は数十が知られている。

さて、ヒトの毛の発生はどうなっているのだろうか。子宮内では胎児は胎毛と呼ばれる繊細な毛で覆われるが、出生以前に抜け落ち、産毛が生えてくる。産毛はやがて硬毛に置き換わる。頭髪、眉毛、睫毛および思春期に生える脇毛、恥毛が硬毛である。男の体毛の95%は硬毛、女の体毛の35%は硬毛、65%は産毛である。全体として、ヒトでは頭髪以外の毛は申し訳程度である。時折、毛深いヒトを見かけるが、密度において、長さにおいて、強度において、動物の体毛に比較して同等の機能を営みうるとは、到底考えられない。他の霊長類と比較した時、「裸のサル」といわれる所以である。

### 2-2-3. 体毛で雨露を防ぐ

サルにとって体毛は体温保持、外傷からの保護、紫外線からの防御、子の運搬道具という役割があり、逆にヒトでは無毛が進化の引金を引いたと述べた。ここで、体温保持には雨露を防ぐという意味も含まれる。これに関し、終戦後30年をへて、

フィリピンのミンダナオ島で発見された小野田寛夫氏の記者会見が印象的である。残念ながら、2014年の1月に91歳で亡くなられた。「30年間も毎日することが無くて、暇を持て余したでしょう」という平和ぼけの記者の質問に、「いいえ、毎日が戦闘状態でしたから、ずっと緊張の連続でした」という答えであった。一番つらかったのはとの質問に、「雨の時です、どうしようもないので、止むのをじっと待つだけです」。そういえば鳥達や動物達も、雨の時は実にしょんぼりと、動きは少なく、じっと辛抱している。時に濡れた体を一振り、雨滴を飛ばす。毛には油がついているので、雨水は体表に届かない。水鳥は沈まないよう、時おり尾脂線からの油を塗り、羽繕いをする。地球の寒冷化が進んだ時、体毛のないヒトにとって雨露を凌ぐのは心からの願いであったろう。後述のように洞窟から先住の猛獣を追い払い、安全な「家」を獲得するのに繋がったと考えられる。

### 2-2-4. 体毛による体温調節

ヒトでは汗が体温調節に重要であるが、体毛の少ないヒトではその役割が見逃され易い。獣(毛もの)では体毛が体温調節に果たす役割が大きい。哺乳類の毛と鳥類に羽の成分は共にケラチンというタンパク質で、相同器官である。コウテイペンギンは極寒の南極で、羽毛の中でひなを孵す。下北半島のニホンザルはふくよかな体毛で身を包み、冬を越す。動物により、夏毛、冬毛で着替えをする。一方、アフリカのサバンナの動物達も体毛を有する。暑いのに毛は無用の長物どころか、かえって不利ではないか。実はサバンナは何時も暑いとは限らず、10度近くまで冷えることがあり、必ずしも不利とはいえない。また、ある程度までの汗であれば、汗を毛に付けて蒸散させた方が、体温低下には効果的である。毛の間が汗で充満する程度になると、この効果は期待できない。しかし、この場合、ブルブルと体を揺すって汗をはね飛ばせばよい。さらに、強力な直射日光を避け、皮膚を有害な紫外線から保護するのに有効で

ある。体毛の色を保護色として利用する動物もいる。雄ライオンのたてがみは雌を誘惑するのに有効であるし、雄同士の間際には体の保護の役割を果たす。一般的に毛は外傷から皮膚を守る役割を果たす。このように、体毛の価値は高い。そのためか、体毛を失った霊長類はヒト以外にいない。陸生生物では分厚い皮膚を有するゾウ、カバ、サイなどの大動物か、地下に棲むハダカデバネズミくらいのものである。このように、動物では一般に、皮膚にあって体毛は重要な役割を果たす。ヒトでは無毛という不利を耐えに耐え、進化の機会をじっと待っていたのであろう。

### 2-3. 生殖・社会の基本単位としての家族

大型霊長類の中であって、ヒトにおける家族の意味するものは大きい。他と比較してみよう。

- 1) チンパンジー：通常 20-80 頭の群からなり、乱婚である<sup>14,15)</sup>。時に肉食をし、生来、攻撃的である<sup>16)</sup>。群れの中心は父系である<sup>17)</sup>。
- 2) ボノボ：チンパンジーに似て乱婚であるが、性質はより穏健で、群れの中心は母系である<sup>17)</sup>。緊張・ストレスは頻繁な性行為で解消するので、穏健なのかもしれない。
- 3) ゴリラ：1 頭のシルバーバックを中心とした雄がハーレム(群れを Troop という)を作る<sup>18)</sup>。全てがボスの子かという、遺伝子診断で浮気をしている証拠もでてくる<sup>19)</sup>。複数の雄が存在する群れもある。
- 4) オランウータン：通常、1 頭の雄が少数の雌からなる Cluster という単位を 1~複数率いる。一夫多妻といえる<sup>20)</sup>。

ヒトは基本的に家族を中心とした一夫一婦制である。このような基本的な特徴は進化の当初から備わっていたと考えられる。樹上生活で子供に両手を奪われた母親は、食糧探しに困難をきたした。雄が食糧を供給しないことには母子は餓死した。逆に利己的で無責任な雄は子孫を残せなかった。食糧を提供する雄に対し、雌は性的に随時受入れた。間に剛毛を介さず、柔肌の熱き血潮に触

れながら、雌雄の関係が深まり、家族形成の引金となった。こうして、ヒトの季節を問わない性関係、雌の発情期の不顕性、他の霊長類に比べ大きなペニスなども、同時的・不可分に説明できる。女性特有のある種の職業を、世界最古の職業と称することがあるが、進化の最初から萌芽があったといえる。顧客となる好色な雄についても同断である。

### 2-4. 小さい性的二型

初期の人類に属する *Ar. ramidas* は体型<sup>21)</sup>や犬歯<sup>22)</sup>に雌雄差はなく、性的二型はなかった。ゴリラやヒヒのような霊長類に限らず、ライオンでも雄が大あくびをすると、長く鋭い犬歯がむき出しになり、力を誇示することになる。ボスザルが多数の雌を支配するゴリラの場合、体力を雌に示し、他の雄との戦いに勝つ必要がある。このような社会構造では、性的二型が発達することが多い。ちなみに、体重はゴリラの雄は雌の 2 倍、チンパンジーでは 1.4 倍、ヒトでは 1.2 倍程度である。ヒトのように一夫一婦の家族が基本となる社会では、性的二型の発達を促す理由がなかった。初期人類は体格といい、犬歯の未発達といい、性的二型は見られなかったが、現代人の方がかえって性的二型が増えているように見受けられる。以上のように、無毛変異説はヒトの 4 大特徴を同時的・不可分に説明する。

## 3. 古典的人類による近世人への橋渡し

### 3-1. ヒトとサルの骨格の差

ヒトは脊椎動物亜門の哺乳綱のサル目(霊長類)の 1 種 *Homo sapiens* で、知恵のある人の意味である。万物の霊長と自負しているが、都合が悪いとサル知恵などと責任転嫁をはかる知恵がある。サルの 1 種とはいえ共通祖先と別れて 600 万年(700 万年という説もある(表 1))もたてば、今では相当に大きな違いがみられる。まず、ヒトと類人猿との骨格の差を見てみよう(図 2)。

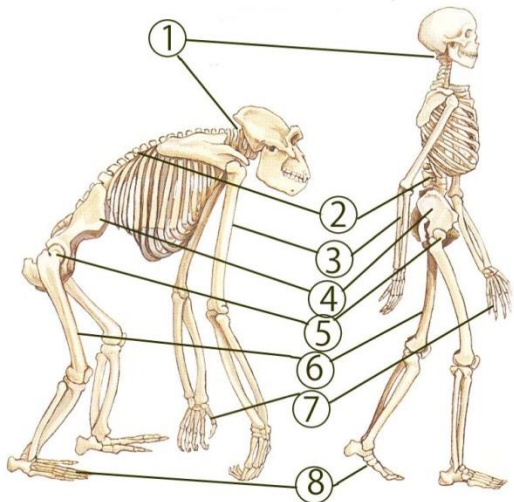


図2 ヒトとゴリラの骨格 (文献<sup>23)</sup>より改変)

### 1) 頭蓋骨

ヒトの脳は 1300 cc 前後あり、ゴリラ (500 cc 程度) やチンパンジー (400 cc 程度) に比べ、圧倒的に大きい。この脳の容器が頭蓋である (図 2 ①)。類人猿では背骨が頭蓋に後方から接続し、支える。重い頭蓋を支えるために強大な筋肉で包み、保持する必要がある。消化の悪い植物性のエサを噛み砕くための顎力も必要で、咀嚼筋は頭蓋を覆う。筋肉で固められた頭蓋は、脳の大形化を阻止する大きな要因となる。これに比べ、ヒトは真下から頭蓋を支え、火を通した食物は大きな顎力を要しない。よって、ヒトでは筋肉は頭蓋・脳の発達を阻止しない。元はといえば、直立・二足歩行することにより獲得された大きな利点である。なお、大後頭孔と脊椎との連結様式は、化石がヒトかサルかを判断する基準となりうる。

### 2) 背骨の S 字カーブ

類人猿の背骨は緩やかな弓状のカーブを示し、アーチ状の橋のように四肢で体重を支えるのに有効である。ギャロップ走行時には背筋・腹筋を動員し、腕、体軀、脚を加えた長さが「歩幅」となる。ヒトの走行などは四足動物と変わらない。ヒトの歩幅は両脚が作るコンパスできまる。歩行・走行も脚関連の筋肉を主に使う。ヒトの背骨

は緩やかな S 字型で、固い椎体間の椎間円板はクッションの役割を果たし、歩行・走行時に体重をバネのようにしなやかに支えるのに役立つ (図 2②)。

### 3) 前肢と後肢の役割と長さの差

類人猿の前肢は後肢より長く、強力で、ヒトの数倍の腕力を発揮する。類人猿では前肢・後肢の分業は不完全で、木登りや樹上での移動の主役は脚より腕となる。オランウータンやテナガザルでは立ったときに手先が地面につく程になるが、ヒトでは膝まで届かない。前肢と後肢の比はチンパンジーが 106 で腕が長く、ヒトでは 69 なので、ヒトの脚は長いことがよく分かる (図 2③⑥)。この比は初期人類の *Ardipithecus* では 90、古典的人類のアフリカ猿人では 88 だから、チンパンジーとヒトの中間の値となり、理にかなっている。ヒトの歩行専用の脚は丈夫で、体重の 32~38% を占めるが、腕は 7~9% にすぎない。ゴリラでは脚は体重の 14~16%、腕は約 18% であり、腕が勝る。ヒトでは前肢・後肢の分業が完成し、歩行・走行はもっぱら脚の役割で、腕に比べ強大である。この分業が手を解放し、ヒトの進化の一大要因となった。

### 5) 体の要：骨盤

類人猿の骨盤は細く長く、重心を四肢の中央近くに持って行くのに都合がよい。ヒトでは直立したとき重心が鉛直方向であるので、重心の位置に関係なく、広く深いボウル状の骨盤で、内蔵を下から保持する (図 2④)。小さく生んで大きく育てるのがヒトの戦略であるが、小さいとはいえヒトの赤子の脳は 350 g 程であり、チンパンジーの成獣に近い。そこで安産のためには骨盤を広げたいのだが、広げすぎると内蔵を保持するのに困難を来す。臨月まで子宮内に胎児を保持するのも困難となろう。骨盤は広げたいが限度がある、脳の大きな子を生みたい、そのせめぎ合いが、ヒトの難産のもとになっている。



### 6) 骨盤と大腿骨の接続

四足歩行の類人猿では4輪車の車軸のように、大腿骨の頸部はほぼ真横から骨盤に接続する。体重は大腿骨を通してそのまま真下に伝わるので、直角に近い接続部分には多大な力が加わることになる。しかし、4足で支えるので負荷は少なくてすむ(図2⑤)。ヒトでは大腿骨頸が鈍角で「く」の字型になって斜め下から骨盤を支えるように接続する。したがって、頸部への負担は類人猿よりは軽減される構造である。しかし、二足歩行では左右の脚で交互に全体重を支えることになるので、頸部への負担は類人猿より大きい。骨密度の低下した老人がよく骨折する部位である。膝を揃えて直立するとわかるように、骨盤で支えた体重は大腿骨をとおして「く」の字型に膝に伝わる。膝も老化とともに痛め易い部位である。この構造的に好ましくない構造を直すには、「く」の字を「1」の字にし、骨盤で支えた体重をストレートに大腿骨に伝え、地面に伝えるのがよい。このためには骨盤を大きく横長にするのが1つの解決策だが、この場合、がに股になり、俊敏な歩行・走行は期待できない。そこで骨盤を狭めて真下に大腿骨を持ってくる案が浮上するが、この場合、産道が狭くなるので、やはり問題がある。

野生では腰や膝を痛めたといい、びっこを引いていると、たちまち猛獣の餌食となる。直立・二足歩行は老化した場合を想定していないので、ヒトでは老化すると歩行に支障を来すことが多くなる。この場合、発展途上のヒトとしては何万・何十万年をかけて更なる進化を旨とするよりは、歩行ロボットの補助を受ける方が賢明であろう。

### 7) 手足の形

ニホンザルは旧世界ザルの一員である。彼らがエサを食べているのをみていると、相当器用に手を使う。手の形は他の大型類人猿に比べ、ヒトに近い(図3A)。類人猿では腕と脚の分業が完全ではない。オランウータンやテナガザルは主に懸垂して枝から枝へと移動するので、主役は脚より腕

である。小さな親指は手の平の下部に申し訳程度についており、ヒトの親指ほどの働きはない。掌から指も含め、長い手を持っている(図3B)。

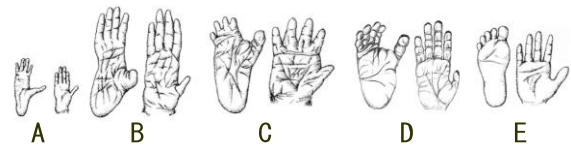


図3 霊長類の手(右)と足(左)の形. A: 旧世界ザル, B: オランウータン, C: ゴリラ, D: チンパンジー, E: ヒト. 種間における手足の大きさや、手足の比は任意である(一部文献<sup>24)</sup>, 一部原図).

ゴリラやチンパンジーは親指を除く4本の指を用いてナックルウォークをするので、四足歩行といえる。時おり直立し、二足歩行も試みるが、やはりぎこちない。脚より腕が長いので、歩行および樹上の移動における脚と腕の貢献度は4:6で腕が主役といえよう。脚と腕の分業が進んでいないので、付着している手足の形も類似している(図3C,D)。特に、類人猿の足は親指が外反し、枝を握るのに適している。形だけでなく、足の筋肉も木の幹を握りしめ、垂直登攀が可能となるようなつき方をしている。樹上生活の初期人類も外反した足の親指の持ち主であった(図4B)。一方、腕と脚の分業がほぼ完全となった現代人の足は、5指ともに同じく前方を向き、歩行・走行専用となっている(図3E)。この時、足先、くるぶし、膝をバネやテコのように使うので、しなやかに動くことができる。

足の形はヒトと類人猿との差が著しい(図3)。手の指はヒトも類人猿も親指が他の4指に対向しており、この構造は物をつかみ、あるいは握るのに大切である。しかし、類人猿の親指は枝を握る補助的な役割が大きく、彼らの親指にはヒトがモノを握ったり、小さなものをつまんだりする時の役割、器用さは求められない。ヒトの対向した親指をもつ手が、石器や道具の造り、石を投げ、

また、火を使用するのに絶大な役割を果たした。ヒトの親指は5指のうち最重要な指だから、保険料も一番高い。なお、授業ではD-グルコース、L-アラニンなどがでてくるが、DはDextro (右), LはLevo (左) のギリシャ語由来で, dextrous は器用なという意味である。これに関連してでてくる鏡像体キラリティー (chirality) は手を意味する。

### 3-2. 古典的人類の上・下半身モザイク構造

初期人類が住んでいた600~400万年前後は気候が温暖で、無毛で樹上生活を強いられても、木の実や果実が豊富にとれ、絶滅せずに済んだだろう。300万年以降になると徐々に地球の寒冷化が進み、極地や高山に氷が蓄積され、その分、陸地の水分が減少した。その結果、豊かな森や林が失せ、灌木や草地が増す傾向がでてきた。ヒトは一生、樹上で生活することは許されなくなってきた。隣の森や林への移行、地上の漿果や昆虫、あるいは水辺の生物を食糧とする必要もでてきた。地上を歩く機会が増えるにつれ、地上歩行に便利のように5指とも前方を向いた足の形が選択された。古典的人類 (図4C) 以降は現代人のような足の形となった。親指が外反していると歩行を妨げる。

チンパンジー (図4A) の骨張った頭蓋、厳つい肩、長い腕と手、細長い骨盤、骨盤と大腿骨の結合の仕方、足の指などは、四足歩行、樹上生活を反映している。440年前の初期人類であるラミダス人 (図4B) の小さな頭蓋、厳つい肩、長い腕と手、足の親指の外反はチンパンジーに似て、樹上生活を反映している。一方、骨盤やその大腿骨との結合の仕方は二足歩行をしていたことを示す。200万年前の古典的人類のアフリカ猿人であるセディバ人 (図4C) の小さな頭蓋、厳つい肩、長い腕と長い湾曲した指などは、やはりチンパンジーやラミダス人と類似し、樹上生活に適していることを示す。しかし、下半身に注目すると、骨盤の形、大腿骨との結合の仕方、5本とも前方を向いた足指など、現代人 (図4D) と類似している。これらから、古典的人類の上半身は、チン

パンジーや初期人類と同様に樹上生活型であり、一方、下半身は現代人に似て地上生活者型であることが分かる。

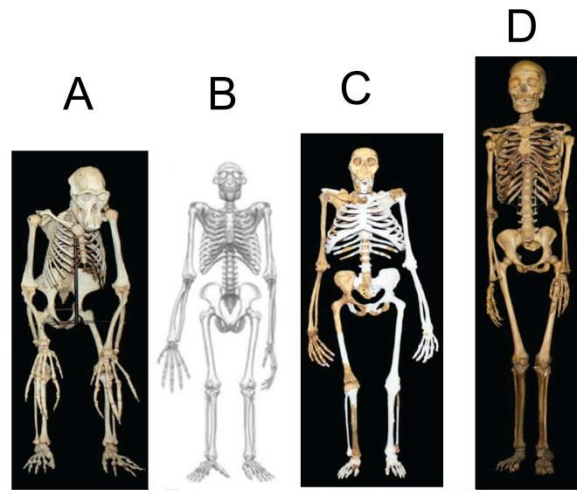


図4 代表的類人猿および人類の骨格<sup>4)</sup>。

A: チンパンジー, B: 初期人類のラミダス人 (*Australopithecus ramidus*), アフリカ猿人セディバ人 (*Australopithecus sediba*), 現代人女性。A, B, Cでは腕や指の長さ、厳つい肩と小さな頭蓋に注目。Bでは足の親指が外反しており、樹上生活者であることを物語る。B, C, Dでは骨盤がヒト型であること、大腿骨との結合様式に着目。Dでは大きな頭、華奢な肩、長い脚に着目。

この上半身は樹上型、下半身は地上型というモザイク構造は、恐らく、必要に迫られ地上においてみたものの、地上は大型肉食動物が待ち構えており、彼らを認めたら直ちに樹上に避難するという、その生活様式を具現した姿であろう。そこで、古典的人類が完全な地上生活者である近世人・現代人に進化するには、樹上型の上半身を捨てねばならず、これには大変な危険が伴ったはずである。

### 3-3. 地上生活には知恵と防御が必要

地球寒冷化に伴い徐々に乾燥化が進むに従い、300~200万年前の人類は地上に降りて餌を捜す機会が増えた。地上は危険に満ちており、捕食者から逃走するために、下半身はヒト型、スルスル

と樹上に逃げるため、上半身はサル型が都合良かった。しかし、さらに乾燥化が進み、より多くの時間を地上で過ごさざるを得なくなると、牙もない、かぎ爪もない、角もない、走るのも遅い人類に残された道は、頭を使う他なくなった。家族を中心に集団で、警戒し、警告し、早めに逃亡し、時に集団で防御するなど、大きな脳をもち、知的発達をすることは生存上有利となり、進化の上で選択圧として働いた。大きな頭の子を得るためには、大きな頭の子が通過できる大きな骨盤を有するか、小さな未熟児を産んで、産後に大きく育てるか、2つの選択肢があった。大きな骨盤を持つことは、直立・二足歩行には不向きであった。まず、大きな骨盤腔を有する大きな骨盤は、内蔵を支え、かつ子宮内の大きな子を保持するのが困難となる。さらに骨盤の両側に大腿骨を接続すると、股になり、歩行・走行に支障をきたす。まして、大きな子を宿してヨタヨタ歩こうものなら、たちまち猛獣の餌食となる。そこで自ずから、選択肢は未熟児を生んで、産後に大きく育てる作戦しか残らなかった。ところが、体毛を運搬道具に利用するサル達にとって、子は産まれて直ぐに自力で体毛にすがる程に成熟している必要があった。すると、サル達にとって、未熟児を生んで産後に大きく育てる作戦は取れなかった。未熟児出産-産後肥育という作戦は、手が自由な直立・二足歩行のヒトにのみ許された作戦であった。元はといえば無毛に始まったことだった。

#### 4. 火の使用による脳の大型化

##### 4-1. 地球寒冷化, サバンナ化, 火の制御

鮮新世 (Pliocene 約 500~258 万年前) のうち中期 (mid-Pliocene 330~300 万年前) は気温が今より 2~3°C 高かったとされる<sup>25)</sup>。約 300 万年前から地球は寒冷化に向かい、南極やグリーンランド、その他に大量の氷が形成され、これにより大気の乾燥が進み、雨林が消え、サバンナの形成が促された。サバンナは 260 万年前から恒常化した<sup>26)</sup>。サバンナでは野火は希でない。無毛のヒト

は暖を求めて好んで火に近づいた。焼け跡で香ばしい焼けた動物の死体や木の実などを発見した。これらは美味であるだけでなく、消化がよかった。焼肉はヒトを肉食へと誘う原動力となった。それでは狩りをして、獲物を捉え、焼き肉をたべよう。しかし、俊敏な草食動物を石ころ程度の道具で倒せるわけがない。石が1つ2つ当たったところで、殺せるはずもない。どうしたら良いのだろうか。この間、徐々にヒトは火を制御することを覚えた。さらに、獣(毛もの)は火を毛嫌いすることを知り、火を使えば猛獣を追い払うことができることができた。戦う武器のないヒトは自ら狩猟するのではなく、集団で火を手にして、獲物を倒した猛獣を追い払い、死体を横取りするという戦略をたてた。火を手にして小人数で猛獣に近づいても、反撃され、逆に餌食となるのが落ちであったろう。ある程度のグループの団結が必要だったと思われ、家族が中心とはいえ、血縁を中心として、社会的な集団も形成されていっただろう。一般に、ヒトの祖先は狩猟・採集民といわれるが、実体は強奪・採集民が本当の姿に近いと思われる<sup>4)</sup>。労せずして獲物を手にし、焼いては食べ、脳を大きくするのに十分な養分を得ることができた。強奪・採集民は獲物を横取りするのみならず、猛獣の棲む洞穴を煙でいぶし、放逐し、棲家まで奪っただろう。実際、ヒトの化石は洞窟から見つかることが多い。肉体的に殆ど武器を持たず、樹上に逃れられなくなった無防備なヒトにとって、洞窟は重要な防御の砦となったはずである。

##### 4-2. 大型肉食獣の衰退

強奪・採集民であるヒトは牙や鋭い爪をもつ猛獣から餌や棲家を奪った。実際、アフリカの大型肉食動物の化石の分類をしてみると、250~200 万年前ころから、種の豊かさも機能的豊かさも急激に減ってくるのである(図5)<sup>27)</sup>。50 万年単位というのは分析として荒すぎるといってもいいが、化石の年代と種の同定をするには困難が伴うので、図5は労作といわねばならない。図示

はしていないが 21.5 kg 以下の小型肉食動物では、種の豊かさも機能的豊かさは逆に増えている。ヒトは大型肉食動物に分類されている。著者達の結論は、200 万年前後からヒトは大型肉食動物のニッチ（生態的地位）に侵入し、狩猟・採集民として彼らとの競争に打ち勝ち、彼らを絶滅に追いやったというのである<sup>27)</sup>。しかし、図 3C に示したようなアフリカ猿人に「毛のはえた」程度のヒトが、大した道具も無しに、サーベルタイガーのような猛獣と獲物をめぐって競合し、打ち勝つことができたのだろうか。前述のように、私は火の制御を通して、彼らの獲物と棲家を強奪し、絶滅に追いやったのだと考える<sup>4)</sup>。

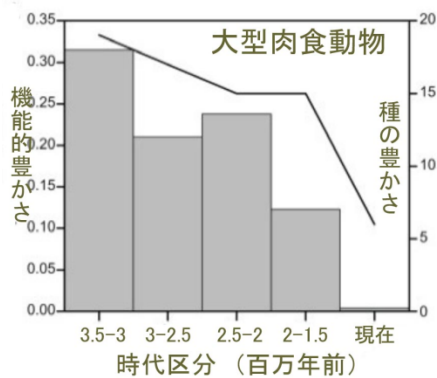


図 5 大型肉食動物の衰退<sup>27)</sup>

21.5 kg 以上の体重の動物を大型とし、それ以下を小型とし、化石を 500 万年単位で分類した。種の豊かさ（実線）は例えば、一定の区域に 10 種類の動物がいるより、100 種類いた方が豊かである。一方、機能的豊かさ（棒グラフ）では、100 頭の動物を構成している 10 種類が各 10 頭づつを占める方が、1 種類の動物だけで 80 頭、他が数頭づつというより豊かといえる。

#### 4-3. 道具の使用

ヒトの大きな特徴の 1 つであるが、直立・二足歩行をし、前肢を歩行から解放したのち、初めて可能となった。単に道具の使用ということでは、南アメリカに住むオマキザルは、上から石を落として固い実を割る<sup>28)</sup>。これが著しい進化の推進力になり得るかと思われる。否定的である。カ

ラスも堅果を車に轆かせて割ることができる。ヒトが確かに石器を利用したのは、260 万年前<sup>29)</sup>とか 250 万年前<sup>30)</sup>という。道具の使用はヒト進化の直接の原因ではない。

道具の使用に関し、チンパンジーが小枝を利用して「シロアリ釣り」をするのは、動物の文化として有名である。ヒトであれば箸を扱うように親指と他の指を用いて小枝を持つが、チンパンジーでは人差し指と中指の間に挟む。両者の手の構造の違い（図 3）が機能にも反映しており、チンパンジーの親指は機能が劣り、これを保険にかけるとしてもヒトの親指ほど高価にはならないだろう。

この 250~260 万年前という時代は、サナナナの恒久化、大型肉食の絶滅開始、脳の大型化し始めた近世人であるヒト属 (*Homo*) の出現等の時代と重なる。道具の使用は火の使用と相まって、ヒトの進化に密接に関連し、相乗的に働いたことが考えられる。

#### 4-4. 料理は何時から？

無毛のヒトが暖を求めて野火に近づき、火の制御法を覚え、猛獣の獲物と棲家を横取りし、脳を大きくしたと述べた。では、実際に何時から火を使用したのだろうか。それは 23~150 万年前からで、火の使用をどう定義するかによるという<sup>31)</sup>。南アフリカの洞窟からは 100 万年前の火の使用の証拠として、焼けた骨や植物の灰があげられている<sup>32)</sup>。同国の別の洞窟からは 100~150 万年前の焼けた骨が見つかった。しかし、それより古い 180 万年前とか 150 万年前の場所からは火を使用した跡は見つかっていない。したがって、火の使用は 150 万年以後ではないかという<sup>33)</sup>。しかし、焼けた骨や木はヒトが人工的に焼いたのか、野火によるものかの判断が難しいし、それが化石として残ることは希と考え、150 万年以降とも言い切れまい。まして、化石の数はかぎられているし、新たな証拠が見つかるかもしれない。食事の時間や臼歯の分析から、料理の始まりは

*Homo* 属の出現以降か、あるいは190万年前頃ではないかという説がある<sup>34)</sup>。近世人の出現を240万年前(表1)とすると、ヒトが料理を始めたのはそれくらいの年代に遡る可能性がある。

料理により焼き肉などは香ばしく、美味しくなる。熱で変性したタンパク質や糖分は消化し易くなる。食事の時間が短縮されれば、残った時間を道具の製造など、より創造的な仕事に向けられる。ヒトが料理を始めた正確な年代は不明であるが、*Homo*属の出現時まで遡れるとすれば、240万年前となる。サバンナの恒常化、大型肉肉食獣の絶滅傾向、石器の製造・使用はともに250万年前後のことである。こう考えると、火の使用は近世人を生む原動力として、他の要因とともに、250万年前頃から相乗的に働いた可能性が高い<sup>5)</sup>。

## 5. 無毛と汗腺の発達および体温調節

### 5-1. 皮膚

皮膚は体重の約13%を占める最大の器官である。個体を包み境界領域を形成し、外界に対し、自分はこの形のものであると提示する。触覚、痛覚、温覚、冷覚を有し、信号を受信し、時に発信する。皮膚には常在細菌がいる一方で、有害な微生物等の外敵の侵入を防ぐ。そのためのランゲルハンス細胞のような免疫関連細胞も多い。ビタミンD合成においてはカルシトリオール calcitriol を産生させる。皮膚腺(脂腺)があり、脂を分泌し、皮膚の乾燥を防ぐ。皮膚には血液の8~10%が蓄えられている。激しい運動では交感神経が刺激され、血管が縮小し、骨格筋と心臓に血液が補給され、皮膚から熱の放出が少なくなり、体温は上昇する。

### 5-2. 汗について

汗は体温調節の主役である。皮膚には200~500万個の汗腺があり12リットルの汗を分泌することができる<sup>35)</sup>。自律神経、特に交感神経およびアドレナリンなどのホルモンの支配を受ける。出生直後より機能を開始する。汗腺にはエク

リン腺とアポクリン腺とがあるが、エクリン腺がずっと多い。エクリン腺はほぼ全身に分布するが、特に手掌、額、足底に多い。興奮すると手に汗を握ることになる。1日に600 mLの汗を出す。水分蒸発による気化熱で体温を下げる。汗にはイオン、尿素、尿酸アンモニア、アミノ酸、ブドウ糖、乳酸が含まれる。アポクリン腺は腋下、鼠蹊部、乳輪、男のヒゲの部分に多く、毛胞に開口する。思春期に機能を開始する。精神的ストレスや性的興奮で刺激され、「冷や汗」となる。女では排卵日ころにアポクリン腺の細胞が肥大し、月経中は縮小する。アポクリン汗の成分ではエクリン汗に脂質とタンパク質が加わる、なお、乳腺は汗腺が分化して乳汁を分泌するようになったものであり、発生学的に同じ仲間である。

### 5-3. 無毛と汗腺、体表温の保持

200~500万個のエクリン腺が12リットルもの汗を分泌するのは、体温を冷やす役割にある。進化的にも、炎天下、長時間歩き、走るには体温降下が欠かせないとされる。実際、実験的にも経験的にも、汗が体温を降下させることには異論がない。しかし、これは相当にヒト特有の機能である。

多くの動物の皮膚に皮脂腺、アポクリン腺、エクリン腺がある。エクリン腺は少なく、主体は毛包の基部近くに開口する皮脂腺とアポクリン腺である。像にはエクリン腺がなく、大きな耳はためかせたり、水や泥に体を浸けたり、時に唾液を利用して放熱する。エクリン腺のないイヌが暑い日、長い舌をたらし喘ぐ。ライオンやトラは低温時には毎分10回くらいの呼吸を、暑い時には80回以上の浅薄呼吸に変える。このパンティングといわれる喘ぎは、気道の入り口付近の粘膜から気化熱を奪う。馬は多数エクリン腺を有するが、これは筋の運動により刺激される。ヒトのエクリン腺は熱の刺激と精神活動で刺激される。

さて、12リットルもの汗を作る原料はといえば、血液である。各エクリン腺は細い血管網で包まれ、放散すべき水と熱を運ぶ。腺の面積は0.95

m<sup>2</sup>, 血管網のそれは 2.8 m<sup>2</sup> におよぶ。暑い時には汗で体温を下げる。寒い時にはどうであろうか。体毛のないヒトでは、体表に熱を運ぶ役割があるのではないだろうか。エクリン腺には副交感神経はなく、交感神経が分布しているが、例外的にコリン作動性である。他の皮下の血管はアドレナリン作動性だから、寒冷刺激で収縮するが、汗腺に分布している血管は収縮しない。もし、寒冷刺激で皮膚の血管がすべて収縮してしまったなら、どうなるであろうか。我々の皮膚は熱の供給を断たれ、感覚が鈍り、凍傷にかかるかも知れない。ところで、子供達は一般に皮膚が薄く、寒い日にはリンゴのようなほっぺをしていることがある。赤いのは血液供給の証である。

こう考えた時、体毛を失ったヒトは先ず防寒対策として、皮膚に多数の汗腺を配し、熱の供給を図ったであろうと思われる。毛がないので配管工事はスムーズだったろう。多少の放熱による損失は覚悟であった。結果として、熱の供給と、皮膚における正常な感覚を保つのに役立った。いわば、冷蔵庫の霜取り機能のように、ひたすら冷やすだけでなく、霜の付着をヒーターで溶かすようなものではないか。単に防寒のために放熱を抑えるべく、体表の全ての血管を収縮させたら、皮膚感覚が麻痺し、サルも木からおちることになっただろう。一方、膨大な数の汗腺は熱と体液を運ぶので、放熱にも極めて有効であった。汗腺はいわば冷暖房用エアコンであったが、特に衣服の開発後は、暖房用というよりは、放熱を主体とした冷房用の役割が主体となっている感がある。

## 6. 我々はどこへ行くのか

私は2013年11月29～30日に行われた日本環境変異原学会の第42回大会の大会長を務めた。本大会のテーマは「変異と進化を考える: 我々はどこから来たのか、我々はどこへ行くのか」とした。この標題は「われわれはどこから来たのか、われわれは何者か、われわれはどこへ行くのか」というゴーギャンの遺作からとった。畏友、帯刀益夫

氏に同題の本がある<sup>36)</sup>。同じく彼には「サル」から「人間」への進化を扱った「遺伝子と文化選択」という含蓄のある本がある<sup>37)</sup>。また、ウイルソンは「人類はどこから来て、どこへ行くのか」という本を著している<sup>38)</sup>。あまりにも急激な発展を上げている人類の行く末に懸念を抱いての執筆であろう。

人類 600 万年の歴史のなかで、農耕や牧畜を土台に生産性をあげ、文化・文明を築きはじめたのは高々1 万年を多少遡った頃である。今や、水の惑星には 70 億人を越えるヒトというかなり大型の動物がひしめいている。生物学的にというより、物理的に限界に近づいているのではないかと懸念される。つい最近の 18,000 年前にはインドネシアのフローレス島に我々の仲間のフローレス人が住んでいた。3～4 万年前にはネアンデルタール人が我々と共存し、しかも混血していたから、彼らの遺伝子は一部、我々に残っている。彼らを追いつめ、滅ぼしたのは恐らく、我々 *Homo sapiens* であろう。別に彼らと戦い、直接手をくだしたわけではないだろう。自分たちの生活圏を広げて行くうちに、彼らの生活の場を狭めてゆき、滅ぼしているという意識のないままに、結果として滅ぼした。

私は 2003 年に薬学部の創設とともに岡山にきた。百間川の土手を自転車通勤するとき、多数のスズメやハトがいた。70 羽以上のコサギが川面に戯れていた。冬には川岸に立つシナノロウバイにシメが飛んできて止まり木としていたが、それは切られてしまった。河川敷の葦の原はすっかり刈り取られて整地され、ヨシキリの声はもう聞かれない。夏には蚊柱に突っ込み、カナブンが眼鏡に当たることもあった。環境整備の名の下に、何ら罪の意識なしに、我々は他の生物達の生活を奪っている。10 年余でこれ程の変化にであうとは驚きである。我々が *Homo sapiens* の名に恥じず、調和のとれた地球を維持しうるのか、極めて困難な時に直面している。

## 考察

無毛変異がヒトの進化の原動力という観点から、人類 600 万年の歴史の要点に光を当ててみた。無毛変異が必然的に直立・二足歩行、家族形成を導いた。地球寒冷化に伴う樹上から地上への移行にも辛うじて成功した。無毛は暖を求めて野火に近づき、焼き肉の味を覚えるとともに、火の制御法を獲得した。火器を手にした人類はもう肉食獣の獲物を奪い、棲家を奪った。肉食は脳を大きくするのに必須であった。人類は無毛という困難を克服して、地球を制覇した。無毛変異説はヒトの 4 大特徴を同時的、不可分に説明する。

チンパンジーでは尻の性皮が真っ赤に腫脹し、発情期であることが顕在化する。しかし、ヒトの女の性周期は不顕性である。これは無毛変異で説明できる。食糧の提供への代償としての季節や発情サイクルに限定されない性的受容は、妊娠の機会を増やした。実際、子を生む間隔はゴリラやチンパンジーよりヒトの方が短い。未熟児を生み、産後に肥育する戦略では、大人になるまでに時間がかかる。ヒトの基本単位としての家族は一人っ子政策などにはほど遠い、子沢山のことが多かったろう。閉経した女性が長生きし、孫の面倒をみるのは人類特有の特徴といえるが、子育てに便利・有利であれば、選択される理由が十分にある。

ゴリラやチンパンジーと比較し、ヒトは大型のペニスを有する。ゴリラやチンパンジーには陰茎骨があるが、ヒトにはない。これなども、季節に左右・限定されない性行為で説明してよい。

社会性昆虫であるアリとシロアリは、全昆虫の 2/3 の重量を占めるほど成功した。秘訣は 1) 防御された巣に棲む、2) 敵（捕食者、寄生者、競合相手）から分業で身を守る、3) 長命で、複数の世代が同居する、4) 巣の周囲から資源を得ることができることにあるという<sup>38)</sup>。これらは社会的生物であるヒトの成功にも相当にあてはまるが、家族から発し、部落、村落、部族、民族、さらに国家を作り、生存域を地球的規模に飽和させ、さらに発展しようにも、今や、敵がヒト自身であ

るところに、根本的な困難さがある。

## 引用文献

- 1) Raven P.H., Johnson G.B.: "Biology", 6<sup>th</sup> ed. The McGraw-Hill Co., Ltd. (Boston) (2002).
- 2) Sutou S.: Hairless mutation: a driving force of humanization from a human-ape common ancestor by enforcing upright walking while holding a baby with both hands. *Genes Cells*. 17, 264-72 (2012).
- 3) Sutou S: The hairless mutation hypothesis explains not only the origin of humanization from the human/ape common ancestor but also immature baby delivery. *Human Genet Embryol*. 2013; 3: 111.
- 4) Sutou S.: The human robber hypothesis: humans used fire to steal prey from large carnivores, thereby providing the brain with nutrients to enlarge it after birth. *Genes Environ*. 36, 72-77 (2014).
- 5) Sutou S.: The hairless mutation hypothesis: a driving force of humanization by enforcing bipedalism to hold a baby, by allowing immature baby delivery to enlarge the brain after birth, and by making use of fire to get meat and to cook foods. *Genes Environ*. 36, 78-88, (2014).
- 6) Lordkipanidze D., et al.: A complete skull from Dmanisi, Georgia, and the evolutionary biology of early Homo. *Science*. 342, 326-331 (2013).
- 7) White T.D. et al.: *Ardipithecus ramidus* and the paleobiology of early hominids. *Science*. 326, 75-86 (2009).
- 8) Leakey M.D., Hay R.L.: Pliocene footprints in the Laetoli beds at Laetoli, northern Tanzania. *Nature* 278, 317-323 (1979).
- 9) Wheeler P.E.: The loss of functional body hair in man: the Influence of thermal

- environment, body form and bipedality. *J Hum Evol.* 14, 23–28 (1985).
- 10) Pagel M., Bodmer W.: A naked ape would have fewer parasites. *Proc R Soc Lond B (Suppl)*. 270, 117–119 (2003).
- 11) Reed D.L., et al.: Genetic analysis of lice supports direct contact between modern and archaic humans. *PLoS Biol.* 2004; 2: e340.
- 12) Drogemuller C., et al.: A mutation in hairless dogs implicates FOXI3 in ectodermal development. *Science.* 321, 1462 (2008).
- 13) Bondeson J., Miles A.E.: The hairy family of Burma: a four generation pedigree of congenital hypertrichosis lanuginosa. *J R Soc Med.* 89, 403–408 (1996).
- 14) Gagneux P., et al.: Female reproductive strategies, paternity and community structure in wild West African chimpanzees. *Anim Behav.* 57: 19–32 (1999).
- 15) Vigilant L. et al.: Paternity and relatedness in wild chimpanzee communities. *Proc Natl Acad Sci USA.* 98: 12890–12895 (2001).
- 16) Wilson M.L., et al: Lethal aggression in *Pan* is better explained by adaptive strategies than human impacts. *Nature.* 513, 414–417 (2014).
- 17) Idani G.: Origin of the Human Family. *Genes Environ.* 36, 89–94 (2014).
- 18) Yamagiwa J., et al.: Intra-specific variation in social organization of gorillas: implications for their social evolution. *Primates.* 44: 359–369 (2003).
- 19) Bradley B.J., et al.: Mountain orilla tug-of-war: Silverbacks have limited control over reproduction in multimale groups. *Proc Natl Acad Sci USA.* 102, 9418–9423 (2005).
- 20) Singleton I., van Schaik C.P.: The social organisation of a population of Sumatran orang-utans. *Folia Primatol.* 73, 1–20 (2002).
- 21) White T.D., et al.: *Ardipithecus ramidus* and the paleobiology of early hominids. *Science.* 326: 75–86 (2009).
- 22) Suwa G. et al.: Paleobiological implications of the *Ardipithecus ramidus* dentition. *Science.* 326: 94–99 (2009).
- 23) 松村譲貳他, 人間 いのちの歴史, 小学館 (東京) (2006).
- 24) 長野敬 (監修), サイエンスビュー 生物総合資料, 実教出版 (東京) (2013).
- 25) <http://en.wikipedia.org/wiki/Pliocene>
- 26) Hernandez M., Vrba E.S.: Plio-Pleistocene climatic change in the Turkana Basin (East Africa): evidence from large mammal faunas. *J Hum Evol.* 50: 595–626 (2006).
- 27) Werdelin L., Lewis M.E.: Temporal change in functional richness and evenness in the eastern African Plio-Pleistocene carnivoran guild. *Plos One.* 2013; 8: e57944.
- 28) Visalberghi E., Addessi E.: Selection of effective stone tools by wild bearded capuchin monkeys. *Curr Biol.* 19: 213–217 (2009).
- 29) Semaw S., et al.: 2.6-Million-year-old stone tools and associated bones from OGS-6 and OGS-7, Gona, Afar, Ethiopia. *J Hum Evol.* 45, 169–177 (2003).
- 30) Semaw S., et al.: 2.5-million-year-old stone tools from Gona, Ethiopia. *Nature.* 385: 333–336 (1997).
- 31) <http://www.beyondveg.com/nicholson-w/hb/hb-interview2c.shtml>
- 32) Berna F., et al.: Microstratigraphic evidence of in situ fire in the Acheulean strata of Wonderwerk Cave, Northern Cape province, South Africa. *Proc Natl Acad Sci USA.* 109: E1215–20 (2012).
- 33) Brain C.K., Sillent A. : Evidence from the Swartkrans cave for the earliest use of fire. *Nature.* 336: 464–466 (1988).



- 34) Organ C, et al.: Phylogenetic rate shifts in feeding time during the evolution of Homo. Proc Natl Acad Sci USA. 108: 14555-14559 (2011).
- 35) Jablonski NG. The naked Truth. Sci Am. 302: 42-49 (2010).
- 36) 帯刀益夫：われわれはどこから来たのか，われわれは何者か，われわれはどこへ行くのか。早川書房（東京）(2010).
- 37) 帯刀益夫：遺伝子と文化選択新曜社（東京）(2014).
- 38) EO ウイルソン：人類はどこから来て，どこへ行くのか。化学同人（東京）(2012).