

人類進化：直立歩行と投石がヒトをつくった

吉田賢右

ものごとを始まりと展開（と消滅）の起承転結の歴史として理解したいというのは、私の若いころからの性向である。宇宙、生命、ヒト（人類）、人（個人）、文明、社会、資本主義・・・なんでも・・・そして自分自身についても。

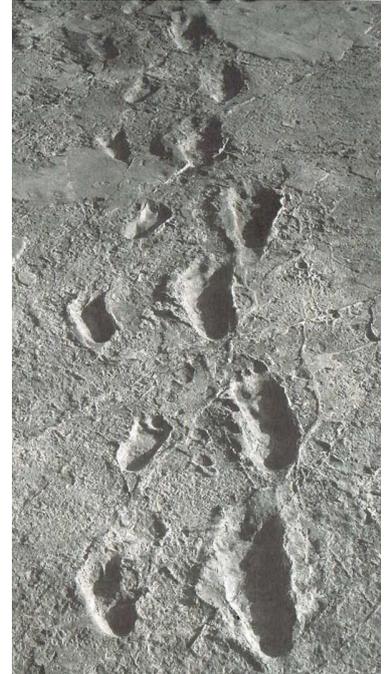
その一つ、もっとも初期のヒトの進化についても興味を持ち、目につく本や論文を読んできた。そして、「投石（投擲）こそ、アフリカの森林から草原に下り立ったヒトの祖先の生存を可能にした。言い換えれば、彼らは投石によって草原に進出できた。投石を可能にしたのは直立2足歩行である。」という新説を考えた（注 1a, 1b）。

のちにヒトへとつながる進化の道を進み始めたのは、森林から疎林あるいは草原（サバンナ）に下り立った2足で直立歩行する類人猿である（以後、「彼ら」と呼ぶ）。常習的な直立2足歩行こそ、ヒトにつながる進化を特徴づける最初期の最重要な、それまでのいかなる生物にもみられない、決定的な形質だった。

現代人は背中を伸ばしたまま膝を少し曲げたあとにまっすぐに伸ばし土踏まずのバネを生かして歩く。こういう直立歩行はいつできるようになったのか。ちょっと前まで、ヒト祖先の彼らは背中を丸めて膝を曲げて体を揺らしながら歩くと思われていた。しかし、そうではなかった。アフリカの足跡化石はサバンナに下り立った彼らは既にほぼ完全な直立歩行をしていたことをはっきりと示している（注2）。

サバンナに下り立ったばかりの直立2足歩行する類人猿は、どうして生きのびて子孫をのこすことができたのか。これには諸説ある（注1b）。両手が使えるので石器など道具を作れる、重たい脳を支えられる、と言う。しかし、石器製作も脳の重量化も直立歩行開始の何百万年もあとのことである。直立2足歩行は歩行だけでなく走るにもエネルギー効率が良く、長距離の追跡で疲れた草食動物をしとめることができる、とも言う。また、直立歩行により喉頭の位置が下がり多様な音声の発声ができることでコミュニケーションが可能になり狩りなどの共同作業が発達した、とも言う。しかし、そういう積極的な狩りができるようになったのもだいぶ後のことと思われる。要するにそういう形質は直立2足歩行の副産物、それもとてもありがたい副産物、として時間をかけて発達したものだろう。他にも、太陽光のあたる面積（頭と肩）が減った、遠くが見渡せる、などもあるが、直立2足歩行を

直立二足歩行 が ヒトの始まり

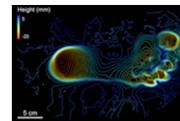


～360万年前

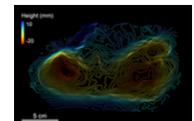
タンザニアの湿った火山灰の上を、連れだって歩いた親子がいる・・・

親指が他の指と並んでいる、土踏まずがある；現代人と同じカカトとつま先の深さが同じ → 背を伸ばして歩いた猿のように背を曲げてあるけば、つま先が深くなる

ほぼ完全な直立2足歩行



現代人の足跡



“彼ら”の足跡

Raichlen DA, et.al (2010) PLOS ONE 5(3): e9769

ここを歩いた古代人に想像を馳せれば、なにか厳粛な気持ちがわく・・・

- ～400万年前 直立2足歩行で草原に
- ～300万年前 石器
- ～140万年前 火の使用
- ～80万年前 脳の急速増大

進化させた主因とは思えない。

自分が裸でアフリカのサバンナに放り出されて生きていかなければならない、と想像しよう。まず猛獣から身を守り、食料を手に入れなければならぬ。同様に、最初に草原に下り立った直立2足歩行動物は、何をおいてもまず、猛獣から身を守らなければならない。当時、彼らは狩る者（ハンター）ではなく、狩られる者だった。実際、ヒョウの牙あとのある最初期のヒト先祖（オーストラルピテクス）の頭蓋骨があるそうだ。鋭い爪も牙もないし速く走れるわけでもない彼らはどうしたか。それは飛び道具による攻撃だ。つまり投石で猛獣を撃退した。投石と同じ動作（投擲）によって、威力は落ちるが、泥の塊や木の棒なども投げることができたらう。ちなみに、先を尖らした木の槍は威力があるが、それが発明されたのは、はるかに後のことである。

投石動作は森林で準備されていた。いや準備されていたからこそサバンナに進出できたのだらう。彼らの祖先は森林の大型類人猿であり、体重が重いので、小型のサルのように木の枝の上を四足と尾を使って移動するのは難しかった。かわりに、木の枝にぶら下がり腕を交互に前に出して枝を掴んで移動するようになった（懸垂移動）。懸垂移動により、尾は不要になり、他の4指に向かい合う親指、まっすぐな背と首、回転する肩と胴、が発達した。また、垂直な木に登る行動は肩と胴の回転を支える強い下肢の筋肉と構造を準備した（注3）。これだけそろえば石などを高速で投げることができる。ただ、立て込んだ森林の中では投石は有効ではなかったらう。サバンナに下り立って直立2足歩行を始めた時、解放された上半身を使って投石という飛び道具を武器に使う初めての大型生物として彼らは出現したのである。

食料はどうやって得たか。投石では猛獣の撃退はできるだろうが、大型獣を倒すことはできない。つまり、最初期のヒトの先祖は、積極的な狩りはできなかったらう。それでも獲物をしとめた獣を投石で追い払い獲物を横取りすることはできたらう。これは良質の食料となった（注4）。

投石説の確実な証拠といえるものはないが、投石説を支持すると思えることはいくつかある。猿は自分の糞などを投げることはあるが、上膊だけの小手先の投げかたしかできない。直立姿勢は早い投石に必須である。そのことは猿のように上半身を前傾して投球を試みればすぐわかる。上半身と肩を回転させ腱と靭帯をバネのように使うヒトの投げる動作は他のどんな生き物にも見られないまったく独特なものである。握りこぶし大の石を秒速 20メートルで投げることができれば、強力な武器となる（現代のプロ野球投手は秒速 40メートルを超える）。また肩の回転を使うことによつて的に当て

投石による防衛、獲物横取り、狩り

直立2足歩行によって 肩を回転させる 投擲（石、棒）が可能になった

投石で 獣を追い払う（食われないため）
獲物を横取りする（食うため）

直立歩行と投石動作は 森林で準備された

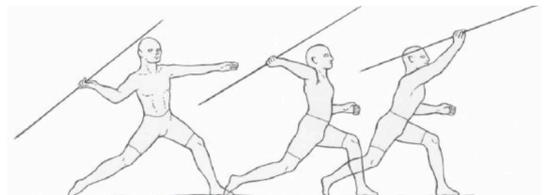
森林中を枝にぶら下がり移動

まっすぐな背骨と首、強力な腕と上半身、
肩と胴の回転、強い握りに必要な親指の向き

垂直な木の登り下りで地上歩行に必要な
下肢の構造と筋肉ができた

だれかにやってほしい ちょっと危険な 実験

獲物を食うライオン、ハイエナなどに遠くから投石する
肉食獣は、逃げる？ or こちらに向かって攻撃してくる？



Roach et al. Nature 2013; 498. 483.

ヒトだけが 肩を回して投げる ことができる

ウエストが長く柔軟で、胴を大きく回転

肩の靭帯と腱が緊張、
弾性バネエネルギーを貯めて、一気に放出
筋肉だけでは投げる力は半分になる

る命中率が上がる。200 万年前の古代人の骨格から、かれらも同様に投石できただろう、という（注5）。

また、投石をくりかえせば右か左か、利き腕が生じると思う。チンパンジーを観察するとかれらに利き腕はないそうだ。発掘された古代人の骨格から利き腕のありなしがわかるかと思っただが、それはわからないという。それでも、歯で皮をなめした時についた歯の線状痕から、160 万年前の古代人は右利きとわかった。石器を作るときに削られた石の非対称な形で、作製者が右利きか左利きかわかるそうで、それによると 200 万年前の石器の製作者は右利きだった。

投石説にいくつか検討すべきことがある。サバンナに投げやすい石はあったのだろうか。森林よりは石はあったと思うが、過去の地史を再現して確認できないか。オーストラルピテクスの洞窟に石の集積所らしきものがあった、とどこかの記事で読んだが、投石用かどうかはわからない。

投石は集団で行ったほうが安全で効果的だろう。そうすると、女性も？ しかし、女性の投擲能力は男性よりもずっと低い（それは最近のことか？あるいは習慣か（注6）。水滸伝では、女性のつぶて名人が敵将を次々と倒す）。

古代人は初めのうちは自然石を投げていたが、そのうちに石を加工し始める。石器の製作である。今のところ発見されている最古の石器は、石に石を打ちつけて簡単にできる打製石器（石核石器）であるが、発見されている石核石器は大きくて重くて投げることは無理である。肉を削いだり切ったりすることに使われたらしい。私は石を砕くなどして先を尖らせた野球ボール大の石を投石に使ったと想像するが、これは石核石器のように1箇所集まって発掘されることはあまり期待できないので、たとえ発掘されても人工物と同定できていないだろう。

石でなく棒も投げただろう。やがて、棒の先を鋭くして槍を作り槍を投げる（注7）、石器を棒に固定して手斧にして手斧を投げる、石の矢じりを棒の先端に着けて弓矢で射る、と飛び道具は高度化してゆく。そのころになると、獲物の横取りだけではなく、積極的に攻撃して獲物を得ようになる。この時、直立2足歩行の高いエネルギー効率が草食動物の長距離追跡に役立った。飛び道具によって、直立2足歩行の類人猿は地球史上最強のハンターとなってゆく。

注記

注1 a.

私が研究してきた分子生物学では、他の自然科学の研究と同じく、たくさんの結果の中から自分の考えた仮説やシナリ

利き腕:よく投げれば、利き腕が生じる

チンパンジーには利き腕がない

180万年前、前歯の線状痕から右利き

200万年前の石器、右利きの者が作った

オーストラルピテクスの洞窟に

石を集めたような遺跡

投げやすいサイズと形か、だれか見てください

期待: 投石によって陥没した頭蓋骨の発見 等

投石から発展

尖った石が効果的 → 石器作製



石器作りは簡単: サルでも作る



Proffitt et al, Nature 2016; 539, 85

石と木の組み合わせ → 手斧、槍

投石は最近まで有効な武器だった

投石機、石打ち刑、ダビデ、つぶて合戦(印地)...

オに合ったものだけ選ぶことはやってはいけないことである。シナリオはすべての実験結果や観察を説明できるものでなければならない。しかし、過去の歴史や進化については、実験はできないし観察事実もごく限られている。それで、仮説を考えたなら、それを支持する（少なくとも矛盾しない）観察事実を探して説を合理化する。したがって、決定打とならないし、多かれ少なかれ勝手な議論となる。余儀ないことで、この投石説もそうである。仮説の当否は、この説によってどれくらい今までの知見が整理できるか、この説による予言（予測、発見）が実現するか、で決まってゆくだろう。

注 1 b. 人類進化における直立 2 足歩行については膨大な研究があり様々な説が提案されている。私が読んだ著書・論文はごく限られているが、投石によって最初期のヒトの祖先がサバンナで生存できた、という考えは今までに見当たらなかった（たとえば、クレイブ・スタンフォード「直立歩行 進化への道」青土社 参照）。それで新説と称した。

注 2. Raichlen DA, et al (2010) Laetoli Footprints Preserve Earliest Direct Evidence of Human-Like Bipedal Biomechanics. PLOS ONE 5(3): e9769.

注 3. 平崎鋭矢 「木登り運動と直立 2 足歩行の進化」大阪大学大学院人間科学研究科紀要 29 巻 2003 年 3 月、に詳しい。

注 4. しかし、獲物の横取りはいつもチャンスがあるわけではない。草原では、草食獣にあまり利用されていない食材があった。それは植物の根、根菜である。乾季をのり切るために多くの植物は根に澱粉などを蓄積するという。アフリカの狩猟採集民の女性の仕事は根菜を掘ることであった。ヒト最初期の祖先は大きな臼歯を持つので、繊維を多く含む根菜をよくすりつぶすことができたと思われる。乾いた固い地面に生える植物の根を掘り起こすには素手では無理である。そこで棒切れを使って掘ったのではなかろうか。ここでは 2 足歩行によって自由になった上半身が役立ったろう。

注 5. Roach NT, et al. (2013) Elastic energy storage in the shoulder and the evolution of high-speed throwing in Homo Nature 498. 483–486.

注 6. 訓練すれば、女性も相当の投擲力がある。野球の投球速度の最速は男性で時速 171 km(大谷翔平さんは 166 km)、女性は 137 km、やり投げ世界記録は男性は 100m 弱、女性は 70m 強である。女性でも男性の 7 割くらいの投擲能力がありそうである。それなら女性でも投石は武器になるか。

注 7. ネアンデルタール人の狩りの想像図を見ると、どれ

もこれも大型獣と槍で肉弾戦をやっている。かなりの傷を負ったネアンデルタール人の骨が発見されているので、そのように想像されているのだろう。しかし、私は、ネアンデルタール人も槍を投げた、と思う。私は、自分の手元に槍があり、近くに大きなヨーロッパ赤鹿（イノシシ、オーロックス（家畜牛の原種）などでも）がいたら、間違いなく槍を投げることから狩りをはじめると思う。肉弾戦ではなく、飛び道具こそが人類を最強の狩人にしたのである。飛び道具は、その後も進歩して（皮肉なことに、狩りではなく）ヒトとヒトとの殺し合いの画期をなしている。弓、鉄砲、大砲、爆撃機、ミサイル・・・。