

ヒトの祖先はチンパンジーやゴリラには似ていない —発生パターンの比較から二足歩行の起源に迫る—

概要

ヒトと、チンパンジー、ゴリラなど近縁な類人猿は、共通祖先から約 1000 万年前以降に順次分化しました。直立二足歩行は、ヒトが共通祖先からの分化後に独自に進化した、他の類人猿と決定的に異なる生物学的特徴です。では、直立二足歩行の前は、どのように運動していたのでしょうか。その姿を類人猿から想像するかもしれませんが、必ずしもそれが正解ではないことを、森本直記 京都大学大学院理学研究科 助教と中務真人同教授、スイス・チューリッヒ大学の研究者からなる国際研究チームは、この研究で示しました。

ヒトの直立二足歩行の起源に関する有力な仮説のひとつに、「ナックル歩行仮説」があります。ヒトに近縁な類人猿は、手のひらを地面につける「普通のサル」とは異なり、「ナックル歩行」という指の背を地面につく特徴的な四足運動をします。ナックル歩行仮説は、ヒトの祖先はナックル歩行をへて二足歩行へと移行したとする考え方です。我々はこの説を検証するために、運動機能の要となる骨格形態の発生パターン、つまり新生児から成体への骨格の形成過程に着目し、X 線 CT（コンピューター断層）データを用いた独自の形態解析手法により、これまでにない精度で詳細に分析しました。ナックル歩行仮説が正しいとすれば、現生の類人猿の発生パターンには、共通祖先から受け継いだ共通点があるはずですが、しかし結果は、「ナックル歩行仮説」を否定するものでした。歩行様式の観察、そして全体的に類似したようにみえる骨格形態から、チンパンジーとゴリラの発生パターンは似ていると予想されていましたが、実は著しく異なる発生パターンをもつことが分かりました。この結果は、直立二足歩行はチンパンジーやゴリラのようなナックル歩行者ではなく、「普通の四足」の類人猿から進化したという説を支持するものです。

さらに、ヒトは他の霊長類にはない、特異的な発生パターンをもつことも発見しました。ヒトは、効率的な二足歩行のために後肢が長くなっていますが、どのようにして脚を伸ばしたのか、その発生基盤についてはよく分かっていませんでした。逆説的にきこえるかもしれませんが、ヒトが長い脚を実現するために、発生を「進める」のではなく、「遅らせている」ことを我々は明らかにしました。

本研究は、英国の科学誌「*Scientific Reports*」に 2018 年 1 月 31 日午後 7 時にオンライン掲載されました。

1. 背景

ヒトの生物としての根源的な特徴は、直立二足歩行を行うことにあります。では、直立二足歩行をする前は、どのように運動していたのでしょうか。ヒトが立ち上がる前の姿を、類人猿から想像するかもしれません。しかし、必ずしもそれが正解ではないことを、我々はこの研究で示しました。

類人猿の中でも、ヒトに最も近縁な生き物はチンパンジー、次に近縁なのがゴリラです。ゴリラは約 1000 万年前、チンパンジーは約 700 万年前にヒトとの共通祖先から分化したと考えられています。チンパンジーとゴリラは両方とも、「ナックル歩行」という、指の背をつく四足運動をすることから、直立二足歩行の前段階はナックル歩行だったとする仮説があります。一方で、それに否定的な研究者もおり、共通祖先は「普通のサルのような四足歩行」をしていて、チンパンジーやゴリラのナックル歩行、ヒトの二足歩行はそれぞれの分化後に独自進化したと主張しています。これは、ヒトの直立二足歩行の起源を知るうえで最も重要な課題のひとつですが、化石記録が乏しく検証が困難なこともあり、いまだに議論が収束していません。

この状況で、非常に重要な手がかりを与えてくれるのが、個体発生のパターン、つまり、新生児から成体への成長パターンです。生物はそれぞれ種に特異的な形をもっていて、オトナを完成形とすれば、完成形に至る「道のり」もそれぞれの種で異なっています。この「道のり」が発生パターンです。生物が完成形というゴール地点を変える進化をするとき、発生パターンも必ず変わります。そこで、本研究では発生パターンに着目し、二つの問いに取り組みました。

- 1) チンパンジーとゴリラのナックル歩行は、我々ヒトからは似たように見えますが、本当に同じなのでしょうか？ナックル歩行説によれば、両者は歩行に関わる部位に、共通祖先から受け継いだ発生パターンを保存しているはずですが。
- 2) ヒトとチンパンジーが共通祖先から種分化したとき、発生のパターンも分化したはずですが。ヒトは効率的な直立二足歩行のため、後肢が長いという特徴があります。長い後肢をもつために、ヒトはどのように個体発生を改変したのでしょうか？

2. 研究手法・成果

これらの問いに答えるために、我々は、ヒトと、ヒトに近縁なチンパンジー・ゴリラ・オランウータン、そして類人猿ではない「普通のサル」であるニホンザルの発生パターンを比較しました。具体的には、歩行機能の要である大腿骨を、X 線 CT（コンピューター断層）で撮影し、その三次元形態を分析しました。ここで、三次元の形を地図にして解析してしまう「形態地図法」という独自の新規手法を用い、個体発生という複雑な生物現象を定量化・可視化しました。その結果、以下のことが明らかになりました。

- チンパンジーとゴリラの大腿骨の発生パターンは著しく異なる。これは、チンパンジー・ゴリラのナックル歩行は共通祖先から分化した後、別々に獲得されたことを意味します。すなわち、ヒトの祖先はナックル歩行をしていなかった可能性が示唆されました。
- ヒトの発生パターンは他の霊長類に比べて特殊であり、ヒトは、脚を長くするために「成長を遅らせている」。ヒトは、大型類人猿に比べて成長期間が長いという特徴がありますが、それに対応して、大腿骨の形がオトナ型へ移行する時期が他の霊長類よりも遅くなっていることが示唆されました。

このように、ヒトの直立二足歩行の起源を明らかにするうえで、非常に重要な知見が得られました。

3. 波及効果、今後の予定

本研究により、形態の発生パターンの比較は有用な研究手法であることが改めて示されたと考えています。一方で、本研究では大腿骨という骨格形態の一部のみを対象としました。まだまだ取り組むべき課題は多く、今後、個体発生と比較という視点から、ヒトの起源に関する新たな知見が得られると考えます。例えば、現生の大型類人猿はヒトとは異なり前肢（いわゆる腕）が長いという特徴がありますが、ヒトの後肢に起きたような発生パターンの変容が、大型類人猿では前肢に起きていたのでしょうか？また、骨の周りには、たくさんの筋肉が付着して、運動を制御しています。筋肉、そしてその発生にはどのような分化が起きたのでしょうか？興味は尽きません。

さらに、本研究には化石資料は含まれていません。現状では、化石人類や化石類人猿は現生種に比べると圧倒的に資料が限られています。今後、化石資料を比較対象に加えることで、個体発生のパターンが進化という長い時間の中でどのように分化してきたのかをより詳細に明らかにできるのではないかと期待しています。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、日本学術振興会とスイス国立財団の支援を受けました。

<論文タイトルと著者>

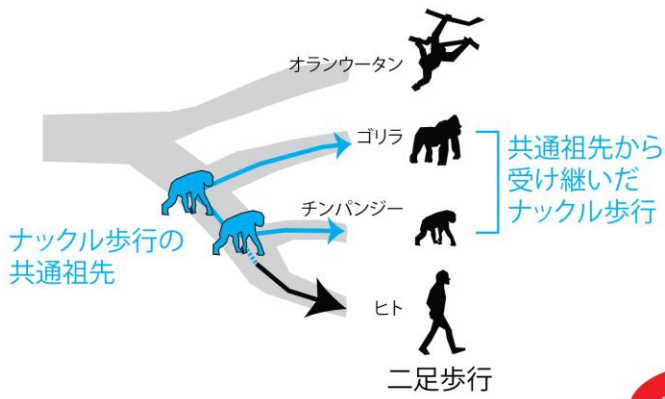
タイトル : Femoral ontogeny in humans and great apes and its implications for their last common ancestor

著者 : Naoki Morimoto, Masato Nakatsukasa, Marcia Ponce de León, Christoph Zollikofer

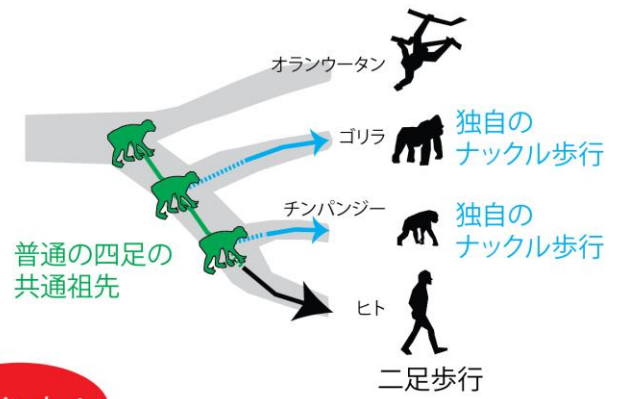
掲載誌 : *Scientific Reports* DOI : 10.1038/s41598-018-20410-4

<イメージ図>

ナックル歩行説



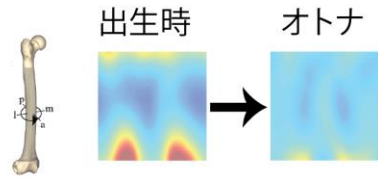
普通の四足説



ポイント1

ナックル歩行はチンパンジーとゴリラで独自に進化

ポイント2



ヒトは、後肢を伸ばすため
特殊な発生パターンをもつ