

高齢出産のためにサルは成長し続ける

—ヒトの出産進化の解明にむけて—

概要

ヒトとは異なり、サルには基本的に閉経はなく、死ぬまで子供を産み続けます。本研究では、日本人に馴染み深いニホンザルを CT 撮像し、赤ん坊から高齢期まで、出産の要である骨盤の形態変化を詳細に分析しました。その結果、ニホンザルのメスでは骨盤形態がオトナになっても成長期のように変化し続け、高齢になるほど、産道の前後径が約 10%大きい、より出産に適した骨盤になることを発見しました。サルは死ぬまで出産を続けられるものの、高齢になるとホルモンバランスの変化などにより出産のリスクが高くなるといわれています。高齢期に至るまで骨盤形態が変化し続けるのは、加齢による出産リスクの上昇を緩和するためだと考えられます。メスが出産のためにオトナになっても身体的な「成長」を続けるという本発見は、成長は繁殖年齢に達した段階で終了するという従来的な生活史観を覆すものです。

閉経のないサルの研究により、閉経のある我々ヒトの進化に関する重要な示唆も得られました。閉経の影響は様々ですが、ヒトでは閉経に伴い女性の骨盤形態が男性化することが知られています。従来、このような骨盤の加齢性変化は、ヒトだけが獲得した性質だと考えられてきました。これに対し本研究は、骨盤が出産に応じて示す加齢性変化がヒト以外にもあることを初めて示しました。閉経の有無という点では異なっていますが、骨盤がオトナの間も変化し続けるという点に関しては、ヒトもニホンザルも同じだったのです。ヒトは一見特殊にみえているだけで、骨盤が出産に応じて示す加齢性変化の進化的起源は古く、サル段階で既に獲得されていた可能性を示唆しており、今後さらに深く研究を進める必要があります。

本成果は、京都大学大学院理学研究科の森本直記准教授、同・川田美風助教、同・富澤佑真博士課程学生、京都大学ヒト行動進化研究センターの西村剛准教授、同・兼子明久技術職員による共同研究によるものです。現地時間 2023 年 7 月 17 日に米国の科学誌「*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (通称 PNAS ; 米国科学アカデミー紀要)」に掲載されました。



図：ニホンザルのメスの骨盤

1. 背景

ヒトは概ね 50 歳で閉経を迎えます。ほとんど全ての哺乳類は繁殖の停止を意味する閉経をもたず、ヒトは極めて特殊です。閉経の影響は様々です。近年、閉経に伴い女性の骨盤形態が男性に近づくという現象が報告されました。ヒトは赤ん坊の頭が非常に大きいため出産の影響が非常に大きく、骨盤は人体の中で最も性差が大きい骨格部位です。一方で、骨盤は出産だけではなく、二足歩行の要でもあります。女性の骨盤形態の男性化は、出産が必要なくなる閉経後は、歩行機能の重要性が高まるためと解釈されています。ヒトは脳の大型化、二足歩行、閉経、と特殊な進化を遂げてきたため、出産に対応した骨盤形態の加齢性変化も、ヒトに特有なものであると考えられてきました。しかし、ヒト以外には研究例がなく、出産・閉経に対応した骨盤形態の加齢性変化の進化的起源は謎でした。ヒトにおける閉経の影響を明らかにするには、逆に閉経のない種との比較が鍵となると考え、我々は閉経のないヒト以外の霊長類に着目しました。具体的には、生まれてから、繁殖を開始し、高齢期に至るまでに骨盤形態がどのように変化するのかを追跡し、分析する必要性がありました。

2. 研究手法・成果

ヒトは赤ん坊の頭が大きく難産ですが、実は日本人には馴染みの深いニホンザルも、母親の産道に対する赤ん坊の頭の比率はヒトに匹敵するほどで、ヒトのよい比較対象です。本研究では、京都大学ヒト行動進化研究センターの管理する生年月日の明らかなニホンザルを用いることで、ニホンザルの年齢変化の追跡が可能となりました。細かな管理情報が整ったサルは世界的に見てもあまり例がない貴重なものです。赤ん坊からニホンザルとしては高齢の 18 歳まで計 39 個体のニホンザルを医療用 CT で撮影し、骨盤の三次元的な形態変化を詳細に分析しました。

その結果、ニホンザルの初産年齢である約 5 歳まではオスとメスの骨盤の成長変化は概ね共通しているものの、メスだけがオトナになった後も高齢期にまで、成長期のように変化を続けることが明らかになりました。メスの骨盤の変化を可視化してみると、若いオトナよりも高齢个体の方が、産道の入り口の前後径が約 10% 大きい、出産に適した骨盤をもっていました。オスとは対照的に、メスはオトナになっても出産のために「成長」を続けていたのです。メスがオトナになっても身体的な「成長」を続け、性差が高齢時に最も大きくなるという本発見は、成長は繁殖年齢に達した段階で終了するという従来の生活史観を覆すものです。

なぜ高齢期に至るまで「成長」するのか。サルは高齢になっても出産を続けることができるものの、ホルモンバランスが変化し、流産などのリスクは上昇すると考えられています。また、骨盤のパーツ同士の癒合が進み、産道の柔軟性が低下します。高齢期に産道を大きくしているのは、このような加齢に伴う出産のリスクを補うためだと考えられます。

3. 波及効果、今後の予定

本研究により、ヒト以外の動物も、出産に応じて骨盤が加齢性変化を示すと世界で初めて示されました。これは、ヒトの出産の進化にも大きなヒントを与えるものです。まだ仮説の段階ですが、骨盤加齢性変化の進化的起源は古く、サル類とヒトの仲間が分化する以前に、既に獲得されていた可能性があります。閉経はヒト特有であるが故、骨盤の加齢性変化もヒト特有と考えられてきましたが、実は霊長類に幅広くみられる特徴なのかもしれません。霊長類は出産のため、種ごとに異なる進化を遂げている可能性もあります。ニホンザルの骨盤成長における遺伝メカニズムなど、興味は尽きません。これら疑問を解決するために、今後、ニホンザルだけではなく他の霊長類を幅広く調べるのが重要です。

4. 研究プロジェクトについて

京都大学霊長類研究所の共同利用プログラムと、日本学術振興会（#23H02565、#19H01002）の支援を受けました。

<研究者のコメント>

高齢化という言葉には、肉体的には弱くなるという含みがあります。ニホンザルのメスが出産という難題に取り組むため、高齢期に至るまで「成長」を続けていた事は驚きでした。今後さらに、高齢化を霊長類的視点から見直していくことも面白いのではないかと考えています。

（森本直記）

<論文タイトルと著者>

タイトル：Pelvic shape change in adult Japanese macaques and implications for childbirth at old age（ニホンザルのオトナにおける骨盤形状の変化とその高齢での出産への示唆）

著者：*森本直記¹、川田美風¹、富澤佑真¹、西村剛²、兼子明久²

（*責任著者；¹京都大学理学研究科、²京都大学ヒト行動進化研究センター）

掲載誌：*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*

DOI：10.1073/pnas.2300714120