

アカゲザルは母と子で「協力して」出産することを発見

—あかちゃんの頭とお母さんの骨盤の形はベストマッチするように進化—

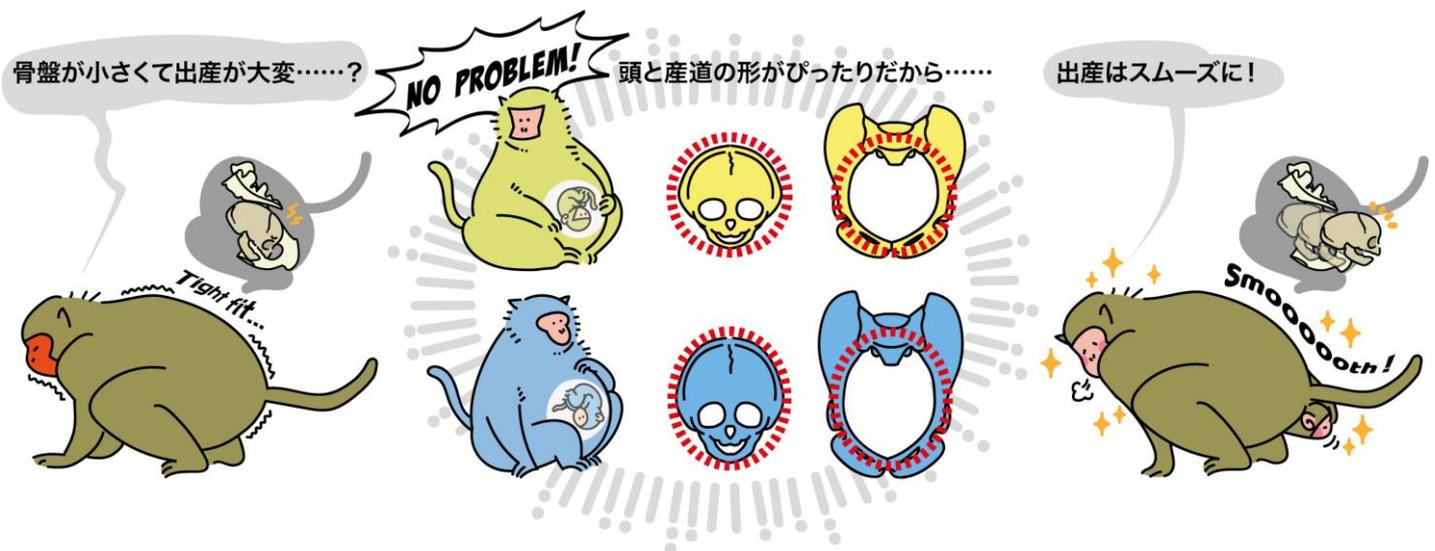
概要

ヒトは難産です。これは直立二足歩行に適した骨盤であるため産道が狭いこと、脳の大型化のため胎児の頭が大きいことに起因します。ヒトはどのように難産を攻略しようとしているのでしょうか？京都大学大学院理学研究科 川田美風 博士課程学生、森本直記 同助教、中務真人 同教授、京都大学霊長類研究所 西村剛 准教授、兼子明久 同技術職員の研究グループは、アカゲザルの胎児の頭の形と母親の骨盤の形が互に対応しており、難産を緩和するメカニズムになっていることを発見しました。

ヒトと同じく霊長類の一種であるアカゲザルは、ヒトと同程度に母親の骨盤に対して胎児の頭が大きくなっています。妊娠後期アカゲザルを麻酔下でX線CT撮像し、三次元形態計測、出産シミュレーションなど複数の手法を用いて分析した結果、丸い頭には丸い骨盤、長細い頭には長細い骨盤、というように胎児の頭蓋骨と母親の骨盤の形態が互に対応（共変動）し、ベストマッチしていることが分かりました。母子間で形態が共変動しているおかげで胎児の大きな頭も産道を通りやすく、難産が緩和されていると考えられます。このような母子間での形態の共変動はこれまで間接的には示唆されてきましたが、実証されたのは初めてです。

本発見は、我々ヒトの進化にも深い示唆を与えてくれます。このような母子間の形態対応メカニズムの出現が、ヒトとアカゲザルの共通祖先段階にまで遡る可能性を示唆するのです。言い換えれば、このような霊長類的起源をもつ母子間の共変動のおかげで、直立二足歩行を獲得した人類は脳を大型化することができたのかもしれない。

本成果は、2020年8月18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。



(イラスト：川田美風)

1. 背景

ヒトは他の哺乳類と比べると、難産であるといわれています。例えば、ヒトは近縁種であるチンパンジーよりもずっと難産です。これは、ヒトの代表的な生物学的特徴である、直立二足歩行と大きな脳に関係しています。直立二足歩行へ適応した骨盤では、産道が狭くなり、出産には向かない形態となりました。さらに、脳の大型化により、新生児の頭部サイズは母親の産道サイズに迫るものとなりました。難産は単に骨盤を大きくすれば解消されるはずですが、現実にはそうになっていないのは、大きな骨盤では効率的な二足歩行が阻害されるからというのが通説となっています。この効率的な二足歩行とスムーズな出産の二律背反の関係は「分娩のジレンマ “obstetric dilemma”」として知られ、これまでも数多くの人類学的研究が行われてきました。

近年の研究で、ヒトでは難産を緩和するために、新生児の頭の形と母親の骨盤の形が対応して変化(共変動)するのではないかという仮説が提唱されました。しかし、実際に親子関係のある新生児の頭と母親の骨盤の形態関係を観察することはヒトでは実質的に不可能であり、間接的な証拠の提示に留まっていました。

2. 研究手法・成果

一般的にはあまり知られていませんが、ニホンザル、アカゲザルなどを含むマカクザルの仲間でも、ヒトと同程度に、産道に対して新生児の頭部サイズが大きくなっています。本研究では京都大学霊長類研究所と協力し、7年をかけてアカゲザルの母子計12組のデータを集めました。

詳細な分析を行うため、周産期のアカゲザルをX線CT(コンピュータ断層)によって撮像しました。これにより、実際に親子関係にある子どもの頭と母親の骨盤の形態関係を世界で初めて直接的に観察できました。そして、独自に開発した解析ソフトウェアを用い、コンピューター内での三次元モデルを用いた出産シミュレーションと三次元形態計測の手法を組み合わせました。その結果、これまでの研究では明らかにされていなかった以下の3つの点を明らかにしました。

- 1) 子どもの頭と母親の骨盤の形態は互いに関連している。先行研究において、ヒトで示唆されていた頭と骨盤の形態間の共変動(母子間における形態の対応)を、アカゲザルの実際の親子を用いることで、初めて直接的に確認することができました。
- 2) 子どもの頭と母親の骨盤の形態の共変動は、難産を緩和するために機能している。丸い頭には丸い産道、長細い頭には断面の形が長細い産道というように、胎児の頭と母親の骨盤の共変動は対応していました。このことから、本研究で観察された頭と骨盤の共変動は、子どもの頭が母親の産道を通することを容易にする機構であると考えられます。
- 3) 母親の骨盤において、子どもの頭の形と特に強く共変動している部分は産道。産道から離れた、出産と関わりの薄い部位では共変動が小さいことがわかりました。骨盤は出産以外にも運動の要としても機能しますが、骨盤における子どもの頭との共変動は、出産に特に強く関連したものであると考えられます。

3. 波及効果、今後の予定

本発見は、我々ヒトの進化にも深い示唆を与えてくれます。ヒトと系統的に遠縁で、脳の目立った大型化がなく直立二足歩行をおこなわないアカゲザルにおいても、子どもの頭と母親の骨盤の形態間に共変動が存在することが明らかになりました。このことから、このような頭部と骨盤の共変動は、ヒトに特有のものではなく、その起源がヒトとマカクとの共通祖先段階にまで遡る可能性も考えられます。もしそうであるとすれば、この

共変動が大きな頭の子どもを産むことを可能とし、それがヒトにおける大脳化につながった可能性もあります。

ヒトを含む霊長類において、このような難産緩和の機構が存在するという事は、人類学の範囲に限らず、ヒトの特徴を進化という観点から考えるという点で、進化医学的にも重要であると考えられます。また、新しい疑問も出てきました。本研究で観察した、子どもの頭と母親の骨盤の共変動は、広く霊長類一般において存在するものなのでしょうか？それとも難産傾向の強い種に限って独立に発現したものなのでしょうか？このような疑問は今後、検証されていくことでしょう。他にも興味は尽きませんが、今後、母子間の共変動という新しい視点から人類進化の謎を解き明かしていけ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、京都大学霊長類研究所の共同利用・共同研究と、日本学術振興会の支援を受けました。

<研究者からのコメント>

人類進化を考えるにあたり、二足歩行の効率や脳の拡大ももちろん重要ですが、まず生まれなければ何も始まりません。出生は人生で一度きりで記憶にも残らないものですが、頭と骨盤という普段は離れている、しかも他個体の骨の形を合わせて変化させてしまうほどには、進化的にも重要なイベントです。長い時間をかけた、生まれるための試行錯誤の結果の一つを、この研究を通して眺めていただくと光栄です。(川田)

通常、頭や骨盤の形の解釈は咀嚼や運動など成体や種に共通する機能からなされることが多いです。今回は、出産という母子間関係の視点から頭と骨盤の形を検証することで、我々自身が驚くような発見がありました。出産・出生は、誰もが必ず一度は通過する、最も身近な現象のひとつです。本研究をきっかけに、この身近な現象が、人類の進化という壮大な歴史に思いを馳せるきっかけになればと思います。(森本)

<論文タイトルと著者>

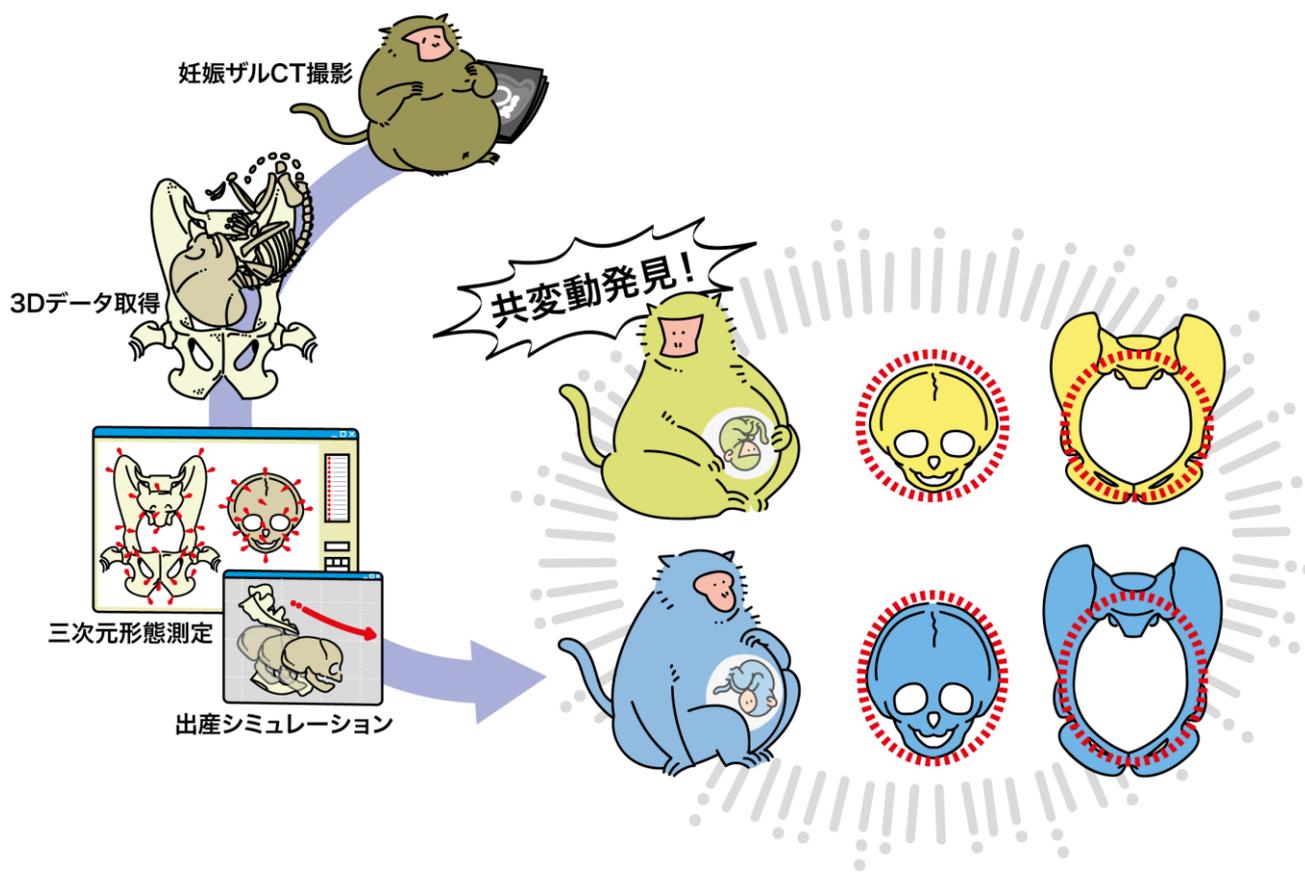
タイトル：Covariation of fetal skull and maternal pelvis during the perinatal period in rhesus macaques and evolution of childbirth in primates (アカゲザルの周産期における胎児の頭蓋骨と母親の骨盤の共変動と霊長類の出産の進化)

著者：Mikaze Kawada*, Masato Nakatsukasa, Takeshi Nishimura, Akihisa Kaneko, Naoki Morimoto*
(*責任著者)

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

DOI：https://doi.org/10.1073/pnas.2002112117

<参考図>



イラスト：川田美風