

# ヒトは小さく生まれて大きく育つ

—その秘密は鎖骨にあり—

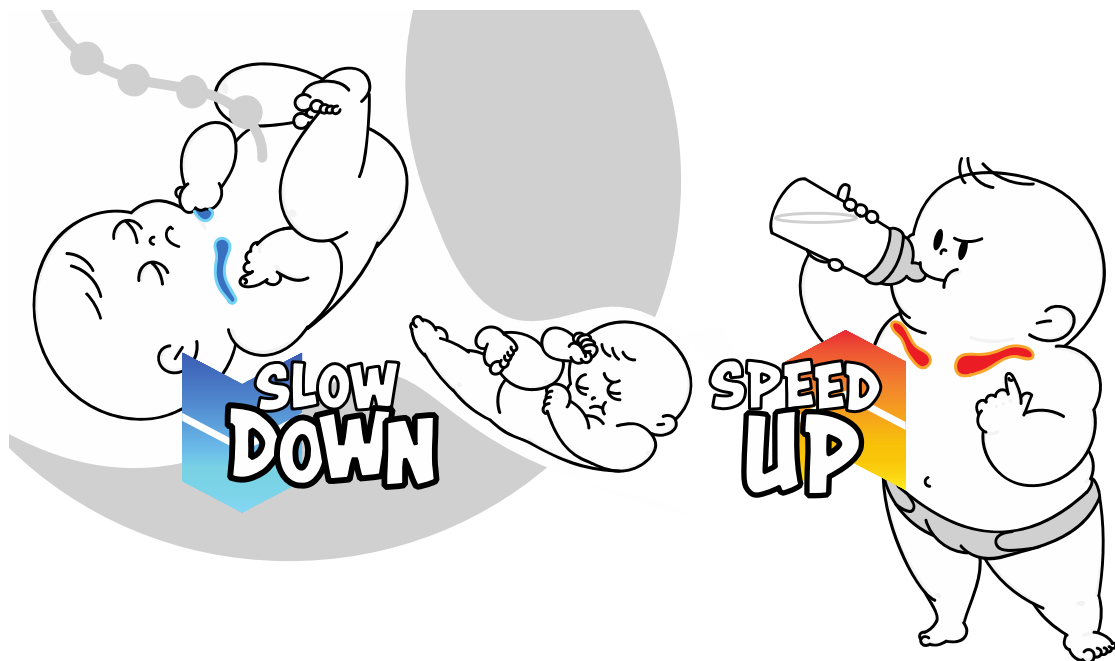
## 概要

ヒトは頭が大きいだけでなく、肩幅も広い動物です。広い肩幅は、二足歩行を安定させたり、狩りで槍を遠投したりするために重要な特徴である一方、デメリットもあります。二足歩行に適したヒトの骨盤は小さく、産道が狭いこととあいまって、難産の原因となるのです。大きな頭や広い肩幅が原因の難産は珍しいものではなく、最悪の場合は死産に繋がります。頭では頭蓋骨を未発達で柔らかい状態に保つことで、出生に対応していることが知られています。一方、肩がどのように出生という難関をクリアしているのかは未解明でした。

我々は、肩の成長に鍵があると考え、胎児期からオトナまでの骨格の成長パターンを CT（コンピューター断層）により厳密に計測しました。この結果、ヒトでは出生が近づくと、肩幅に直接関係する鎖骨の成長が減速し、出生後にそれを補うように加速することを発見しました。この現象はチンパンジーにはみられず、また、ヒトでも頭蓋骨や他の骨にはみられない鎖骨特有のものでした。ヒトは出生前後の特殊な成長パターンにより難産を緩和することで、「広い肩幅」と「狭い産道」という相容れない特徴を両立しているのです。いつ、どのように、肩の特殊な成長パターンが進化したのか、今後さらに詳しく検証する必要があります。

本成果は、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 同准教授、中務真人 同教授の研究グループと、京都大学医学部、同霊長類研究所、東京大学、チューリッヒ大学（スイス）、ルーヴェン・カトリック大学（ベルギー）との国際共同研究の結果です。

2022年4月中に米国の科学誌「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）」に掲載されます。



©川田美風

## 1. 背景

ヒトは頭が大きいだけでなく、肩幅も広い動物です。大きな頭と広い肩幅は、メリットとデメリットをもち合わせています。大きな頭は優れた頭脳を、広い肩幅は二足歩行の安定や狩りにおける槍の遠投能力を与えるとともに、難産の苦しみをもたらしました。ヒトでは二足歩行へと進化する過程で骨盤が小さく、産道が狭くなりました。難産の原因としては頭がよく知られていますが、肩も頭と同様に難産の原因となります。肩が原因の難産は分娩全体のうち1~4%の頻度で発生し、重篤な合併症や死産に繋がります。難産・死産は種の存続に関わる死活問題です。頭については、産道を通るために頭蓋骨を未発達で柔らかい状態に保つという特徴が既に知られています。生まれて間もない赤ん坊の頭に触ると凹む部分があるのはこのためです。一方、肩については、どのように出生という難関をクリアしているのか未解明で、なぜヒトという動物に、二足歩行、大きな頭、そして広い肩幅が同居できているのかは謎でした。

## 2. 研究手法・成果

我々は、肩の成長に鍵があると考え、胎児期からオトナまでの骨格の成長パターンをCT（コンピューター断層）により厳密に計測しました。この結果ヒトでは、出生に関わる時期（周産期）に、肩幅を決定する鎖骨では成長が減速し、出生後にそれを補うように成長を加速させていることを発見しました。一方、分娩に直接関係しない部位では、そのような成長パターンはみられませんでした。さらに、ヒトと同様に肩幅は広いが、四足歩行で産道の広いチンパンジーや、そもそも肩幅の狭いマカクザルには、ヒトのような現象はみられず、二足歩行で産道の狭いヒトだけがもつ難産緩和のメカニズムだと考えられます。

さらに、難産のもうひとつの要因である頭と比べ、ヒトの鎖骨の成長パターンは特殊なものであることも明らかになりました。分娩時に産道に対するサイズオーバーが問題となる頭の長さ（前後径）は、脳の成長を反映します。脳の成長には胎盤をもつ哺乳類で決まったパターンがあり、成長が減速すると再び加速することはありません。これは脳が顕著に大きいヒトでも、脳が小さいチンパンジーでもマカクザルでも同じで、成長の減速は揃って出生前に始まることが知られています。ヒトでは成長の減速開始が出生の直前と、他種に比べ遅い点で特徴的です。これは難産緩和に関連していると考えられていますが、あくまでチンパンジーやマカクザルと共通の成長パターンが基礎となっています。我々のデータでも、頭の前後径の成長パターンはヒトとチンパンジーとマカクザルで同じであることが確認されました。一方、鎖骨ではヒトはユニークな成長パターンを進化させていたことが示されました。この点で、実は肩にこそヒトのユニークさが表れているともいえます。

## 3. 波及効果、今後の予定

「広い肩幅の謎」は解明されました。では、いつ、どのように、ヒトは肩の特殊な成長パターンを獲得したのでしょうか？化石の形態から、広い肩幅の起源は約350万年前の猿人段階にまで遡ると考えられていますが、これは脳の著しい大型化が起きる前のことです。我々は、特殊な成長パターンの獲得という点で肩が頭より先にヒト化したという仮説をたてていますが、今後さらに詳しく検証する必要があります。

## 4. 研究プロジェクトについて

本研究は、日本側研究機関（京都大学、東京大学）と、チューリッヒ大学（スイス）、ルーヴェン・カトリック大学（ベルギー）との国際共同プロジェクトです。京都大学とチューリッヒ大学（スイス）の戦略的パートナーシップの成果でもあります。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(17K07585)の支援を受けました。

### <研究者のコメント>

肩こりや四十肩など、大人になっても肩の問題には悩まされることが多いですが、生まれる時に肩がもたらす問題はもっと深刻です。そんな厄介な肩ですが、その成長パターンには、ヒトらしさがしっかりと刻み込まれており、しかもその起源はとても古いのです。これからは人類進化の道程を共に歩いてきた盟友を労わる気持ちで、肩をたたこうと思います。(川田美風)

### <論文タイトルと著者>

タイトル：Human shoulder development is adapted to obstetrical constraints

(ヒトの肩は難産に適応した発生様式をもつ)

著者：Mikaze Kawada\*, Masato Nakatsukasa, Takeshi Nishimura, Akihisa Kaneko, Naomichi Ogihara, Shigehito Yamada, Walter Coudyzer, Christoph P. E. Zollikofer, Marcia S. Ponce de León, Naoki Morimoto\*

(\*責任著者)

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

DOI：10.1073/pnas.2114935119