

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：16301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25840172

研究課題名(和文) 霊長類における踵骨の形態およびサイズの変異と化石への応用

研究課題名(英文) Morphological and size variations of the calcaneum in primates and its application to fossil taxa

研究代表者

鏑本 武久 (Tsubamoto, Takehisa)

愛媛大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：20522139

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：霊長類・哺乳類の踵骨(足の「かかと」の骨)は化石の研究に有用であるが、踵骨形態・サイズと体重との関係や変異については詳しくわかっていなかった。そこで、標本に基づく計測統計的・形態的基礎研究を行った。踵骨研究のための計測部位について最適な箇所を決定でき、データベースを作る基礎ができた。踵骨からの体重推定においては、「後距骨関節面の幅」が非常に適していることがわかった。つまり、この「幅」は行動様式よりも体サイズにより制約されている可能性がある。また、化石哺乳類の踵骨について予備的な計測や比較・記載研究を行った。

研究成果の概要(英文)：Although the calcaneum (= heel bone) of primates and mammals is useful for the fossil studies, its size and morphological variation and relationship with the body mass have not been well documented. In this study, I performed basic analyses of size (statistical) and morphology based on real specimens. The best measurement points for the study of the calcaneum were determined, and the basics to making a data base of the calcaneal measurements were settled. When estimating body mass from the calcaneum, the 'width of posterior astragalar articular surface' is the best for estimating body mass. In other words, this 'width' appears to be restricted by the body mass more than the function and behavioral pattern. Additionally, a fossil calcaneum specimen from the Eocene of Mongolia was illustrated and described.

研究分野：自然人類学・古生物学

キーワード：霊長類 踵骨 化石 体重推定 哺乳類 計測

1. 研究開始当初の背景

生物の進化を研究する上では、化石の発掘と標本の比較研究が一番の基礎となる。そこから発展した古生態や古環境の研究から、過去の地球の環境変動と生命の進化を紐解く手掛かりも生まれる。標本の比較研究がしっかりとした論理基盤に基づいていないと、そこから発展する応用研究が脆弱なものになってしまう。

霊長類などの哺乳類の化石は、ほとんどがバラバラの骨や歯として発見・収集される。それらのうち、一番研究対象となり易いのは、歯の化石である。なぜなら、歯の形態から化石哺乳類の大きさや食性などがわかるだけでなく、属や種といった細かいレベルの分類・同定が可能で、骨化石よりも得られる情報量が多いからである。また歯は骨より硬いので、化石としてより保存されやすい。したがって、哺乳類の進化の研究では、歯の化石が最もよく使用される。

一方、哺乳類の骨格化石の中でよく研究されている部位の一つに踵骨(足の「かかと」の骨; 図 1-1)がある。その理由は、踵骨は、その形態から他の骨と見分けるのが容易で、さらに比較的こわれにくく化石として発見され易いからである。また、踵骨は適度に扱い易いサイズで、足首の関節に関連する骨であるためその形態は行動様式を反映している。したがって、踵骨は歯ではわからないその動物の行動様式の研究に有用で、特に化石霊長類ではよく研究されている。

しかし、踵骨化石を研究するにあたって問題となるのが、その動物の種類の同定である。化石踵骨はその形から大雑把な同定(目や科など)は可能であるが、同所から似た種類の哺乳類化石が多数産出する場合、属や種といったより細かいレベルまでの同定は困難であることが多い。その場合、同所から発見される歯の化石と大きさなどを比較して、その踵骨の持ち主である哺乳類の種類を推定している。そのため、踵骨の形態とサイズの変異や歯の大きさとの関係性などが解明されていないと、その化石種の正確な同定ができず、化石種の生態や行動様式の推定において間違ってしまう危険性がある。

したがって、踵骨化石の詳しい種類を同定するためには、まず様々な情報が得やすい現生哺乳類・霊長類を対象として、(1)踵骨の形態とサイズの変異および(2)踵骨サイズと歯または体サイズ(体重)との関係性を詳しく調べておくことが必要である。ところが、化石への応用を目的として踵骨のこのような変異や関連性を調べた基礎研究はこれまで皆無であった。



図 1-1 : 踵骨とは？

2. 研究の目的

(1) 上記の問題を解決するため、霊長類を中心とした小型の齧歯類から大型の有蹄類までの多様な大きさ・種類の現生哺乳類を対象として、踵骨の計測および形態比較・体重値の取得をおこない、データ・ベースの基礎を作る。

(2) その後、現生霊長類および様々な哺乳類の踵骨のサイズ・形態的変異を明らかにし、踵骨サイズと体サイズとの関連性を明らかにしたのち、これらの結果を化石に応用して化石踵骨の論理的な同定・分類を可能にする。

(3) この基礎研究をすることによって、最終的に化石霊長類・哺乳類の古生態や古環境のような発展的研究の進展に活かすことが大目的である。

3. 研究の方法

(1) 文献で関連研究や先行研究について再調査をおこない、計測部位や解析手法を再検討する。

(2) 現生および化石の霊長類やその他の哺乳類の骨格標本が数多く所蔵されている京都大学霊長類研究所や国立科学博物館などにおいて、踵骨標本の観察、踵骨の大きさ(およびその他の部位)の計測、歯の大きさの計測、写真撮影、雌型作成、体重およびその他の情報(年齢・性別など)の取得をおこなう。計測データは、統計ソフトとグラフソフトを用いて処理する。予備解析をおこなう中で、データ取得・解析方法やデータの種類(計測部位や動物の種類とその数およびそれぞれの種類

の個体数)について検討し、目的に対して最良のものを模索する。標本の写真撮影を行い、計測データと対応するようにする。標本の雌型を作成する。

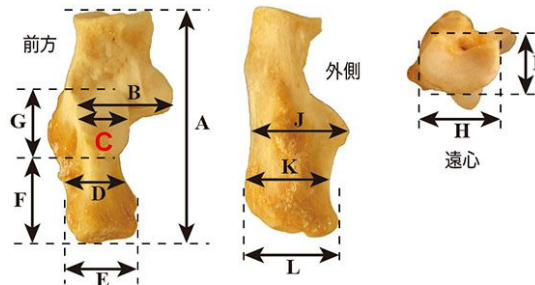
(3) 雌型から雄型を作製して、それらを用いて形態の詳細な比較と変異の検討をする。

(4) 学会に出席および発表をして、専門家らと議論を深め、アドバイスを受ける。

(5) 統計ソフトとグラフソフトを用いて、踵骨サイズの変異と、踵骨サイズと体重(体サイズ)との関係性を調べる。このとき、研究対象とした動物すべてを対象とするもの、動物の分類群ごとに分けたもの、などのように複数の条件において検討する。そして、踵骨の大きさ・形態の変異と、体重(体サイズ)と踵骨の大きさとの関係性を明らかにする。結果を統計量、グラフ、そして数式として表現し、化石の研究へ応用できる形にする。さらに、踵骨の大きさから化石動物の体重を推定する回帰式を導く。

4. 研究成果

(1) 踵骨化石を研究するにあたって、計測方法を検討したところ、図4-1に示す、12箇所の計測点が適していることがわかった。これを次の解析に使用した。



- A: 長さ
- B: 幅
- C: 後距骨関節面の幅
- D: 後方部の枝部の幅
- E: 後端部の幅
- F: 後方部の枝部の長さ
- G: 後距骨関節面の長さ
- H: 前端部[立方骨関節面]の幅
- I: 前端部[立方骨関節面]の高さ
- J: 後距骨関節面の部分の高さ
- K: 後方部の枝部の高さ
- L: 後端部の高さ

図4-1: 踵骨の計測点12箇所。

(2) ステップワイズ重回帰分析法を用いて解析したところ、踵骨からの体重推定においては、霊長類を対象とした場合、および様々な哺乳類を対象とした場合共に、「後距骨関節面の幅」が非常に適していることがわかった。つまり、この「幅」は行動様式よりも体サイズにより制約されている可能性がある。

踵骨の「後距骨関節面の幅」から体重推定するための回帰式は、

霊長類を対象とした場合は、 $\log_e BW = 2.54 \times \log_e C + 3.54$ (図4-2)

様々な哺乳類を対象とした場合は、 $\log_e BW = 2.80 \times \log_e C + 3.64$

となった。ここで、BW=体重(g), C = 「後距骨関節面の幅」(mm)である。

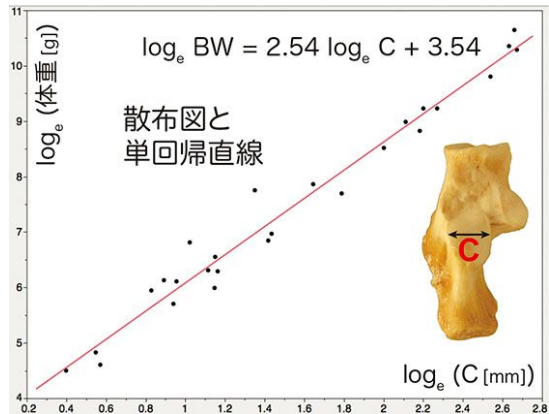


図4-2: 霊長類を対象とした場合の、踵骨の「後距骨関節面の幅」と体重との関係。

本研究により、踵骨化石からその化石哺乳類の体重を論理的に推定することができるようになったので、化石の研究へ応用できる。

(3) モンゴルに分布する上部始統エルギリンゾー層(約3,500万年前)から産出した哺乳類の踵骨化石(図4-3)の比較検討をおこなった。これまでの上記のような踵骨の形態・サイズの研究から、この化石は、化石偶蹄類の学名 *Entelodon gobiensis* であることがわかった。これは、モンゴルの化石哺乳類相を解析する際の基礎的情報となる。ミyanmarの化石標本については、まだ検討中である。

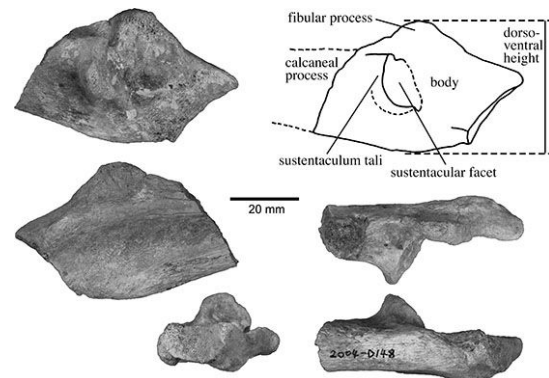


図4-3: *Entelodon gobiensis* の踵骨化石。

(4) さらに現生霊長類において、踵骨サイズの成長過程における種内変異を明らかにするために、同一種内の踵骨サイズの変異および体重との関係を、予備的に統計ソフトを使って調べた。自然対数変換したデータを用い

て、体重と距骨および踵骨の各計測値との単変量アロメトリー(不等成長)を調べたところ、不偏長軸についての雌雄差はほとんどなかった(図4-4)。したがって、成長に伴う踵骨のサイズ変化には雌雄差がないことになる。成獣の踵骨サイズには雌雄差があるが、これは性の違いによる成長変化の違いというよりも、単に体重(身体の大きさ)の違いに起因すると考えられる。この点については、今後さらに詳しく調べる予定である。

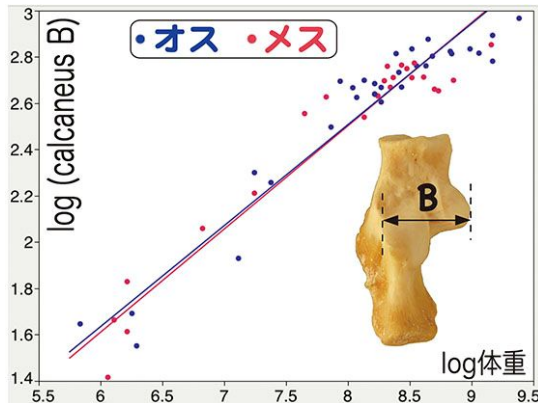


図4-4: 同一種内(ニホンザル)における幼獣から成獣までの踵骨サイズの変化。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

Tsubamoto, T., Tsogtbaatar, Kh., Saneyoshi, M., Mainbayar, B., Watabe, M., Chinzorig, Ts., Khatanbaatar, P., and Nishido, H. (2013): New specimens of *Entelodon gobiensis* (Mammalia; Artiodactyla; Entelodontidae) from the Eocene Ergilin Dzo Formation, Mongolia. *The Bulletin of Research Institute of Natural Sciences, Okayama University of Science* (査読無), no. 39, no. 2, pp. 37-41.
DOI: 無し
URL:
http://earth.sci.ehime-u.ac.jp/~tsubamoto/Tsubamoto_Papers.html
ISSN 1341-402X

[学会発表](計4件)

鏝本武久(2015): 現生霊長類における踵骨からの体重推定にむけて.第31回日本霊長類学会大会(京都府京都市),2015年7月18日-20日.
Tsubamoto, T., Egi, N., Takai, M., Thaug-Htike, and Zin-Maung-Maung-Thein (2014): Rich artiodactyl assemblage from the middle Eocene Pondaung Formation, Myanmar.

74th Annual Meeting, Society of Vertebrate Paleontology, (Berlin, Germany), November 5th-8th, 2014.

鏝本武久・名取真人(2014): 成長過程における距骨および踵骨のサイズと形態の変異: 現生ニホンザルの幼獣の例. 日本古生物学会第163回例会(兵庫県三田市), 2014年1月24日-26日.

鏝本武久・名取真人(2013): 現生ニホンザルの幼獣における距骨および踵骨のサイズと形態の変異.第29回日本霊長類学会・日本哺乳類学会2013年度合同大会(岡山県岡山市), 2013年9月6日-9日.

[図書](計0件)

[産業財産権]
出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]
ホームページ等
<http://earth.sci.ehime-u.ac.jp/~tsubamoto/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

鏝本 武久(TSUBAMOTO, Takehisa)
愛媛大学・大学院理工学研究科・准教授
研究者番号: 20522139

(2)研究分担者

なし()

研究者番号:

(3)連携研究者

なし()

研究者番号: