

令和 2 年 7 月 6 日現在

機関番号：10105

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07522

研究課題名(和文) 有袋類の機能形態学的多様性と適応進化

研究課題名(英文) Diversity of functional morphology and adaptiogenesis of marsupials

研究代表者

佐々木 基樹 (Sasaki, Motoki)

帯広畜産大学・畜産学部・教授

研究者番号：50332482

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、有袋類であるアカカンガルーとオオカンガルーの骨格可動性を、CTを用いて非破壊的に解析した。頭部では、長い顆傍突起が影響して口を大きく開けることはできなかった。肩関節では、前方への伸展は皮膜によって制限されていたが、外転と内転は大きな可動性を有していた。また、前腕骨格の回旋運動は非常に顕著であった。手骨格では、屈曲時には尺側手根骨と尺骨の間に副手根骨が嵌まり込むことで手根近位部は固定されそれ以上屈曲することはなかった。また、伸展時の手根骨遠位列と手根骨近位列の可動性は抑制されていた。膝関節は、皮膜によって90度以上伸展することはなかった。また、足根関節では深い屈曲が出来なかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、カンガルーの骨格可動性を、CTを用いて非破壊的に調べたことによって、これまで明らかにされていなかったカンガルーの生体に近い関節の可動性を把握することができ、その結果カンガルーの機能形態学的特徴が明らかになった点において、本研究は重要な学術的意義をもっている。また、得られたカンガルーの骨格画像データが、機械ロボット工学などにおいてバイオミミクリーなどに応用されることが期待される。

研究成果の概要(英文)：In this study, the skeletal mobility was examined by CT in the red and eastern grey kangaroos classified into Marsupialia. In the mobility of jaw, the mouth could not be opened widely because the long paracondylar process influenced it. In the mobility of shoulder joint, the shoulder joint could not move forward largely by the presence of a skin membrane. On the other hand, the shoulder joint had large mobility in the abduction and adduction. The rotation of the forearm skeleton was very prominent. In the skeleton of manus, the proximal row of the carpal bone was fixed and was not flexed further, because the accessory carpal bone was interposed between the ulnar carpal bone and ulna when a wrist was bent. Moreover, the mobility between the proximal and distal rows of the carpal bone was limited when a wrist was extended. In the knee joint, the joint could not be extended more than 90 degrees by the presence of a skin membrane, and the tarsal joint could not be flexed largely.

研究分野：機能形態学

キーワード：有袋類 カンガルー CT 骨格

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

哺乳類において、有胎盤類である正獣類(Eutheria)の一般形態学および機能形態学的解析は多数なされているが、有袋類(Marsupialia)の跳躍や支持・把握、および咀嚼機構などを機能形態学的に調べた報告は数少ない状況であった。また、有袋類の骨格可動性を筋や靭帯を破壊することなく非破壊的に解析した研究報告はほとんどなされておらず、有袋類の正確な骨格可動状況は不明であった。

2. 研究の目的

本研究では、双前歯目(カンガルー目)の有袋類を中心に筋骨格系の肉眼解剖学的解析に加えて、これまでに骨の関節面の形状などから推測するしかなかった関節の可動域を、CTを駆使した非破壊的三次元解析によって明らかにし、双前歯目の機能形態学的適応を総合的に考察することを目的としている。さらに、機械ロボット工学(生物模倣:バイオミミクリー)などへの研究成果の応用のために、汎用性の高いデジタルデータをストックすることも重要な目的である。

3. 研究の方法

本研究では、動物園で死亡したアカカンガルー (*Macropus rufus*) とオオカンガルー (*Macropus giganteus*) の遺体を用いた。カンガルーの遺体は、解析まで-15度の冷凍庫内で保管し、使用時に解凍をおこなった。頭部では、下顎の開閉状況の解析を、前肢では肩関節での上腕骨の内転・外転および前後方向への可動状況、前腕の回旋(回内・回外)運動、さらに手骨格の可動性などの解析をおこなった。後肢では膝関節や足根関節の屈曲伸展時の可動状況の解析をおこなった。非破壊的解析は、CTスキャナーを用いておこなった。CTスキャンによって得られた断層画像データを三次元立体構築し、3D画像からそれぞれの部位の可動状況を解析した。

4. 研究成果

(1) 頭部の下顎開閉状況の解析では、下顎の厚い下顎角が開口後すぐに後頭骨の長い顆傍突起にぶつかり、下顎骨の可動域は制限されて口を大きく開けることはできなかった(図1)。また、肉眼解剖でも下顎角が顆傍突起に開口後すぐにぶつかることが確認できた。顆傍突起からは顎二腹筋が起始し、下顎骨内腹側面に終止していたが、その筋腹の発達はあまり良くなかった。

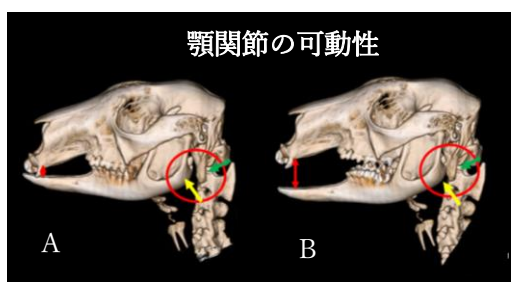


図1. アカカンガルーの頭部

A. 口を閉じた時。B. 口を開けた時。

緑矢印: 顆傍突起、黄矢印: 下顎角。

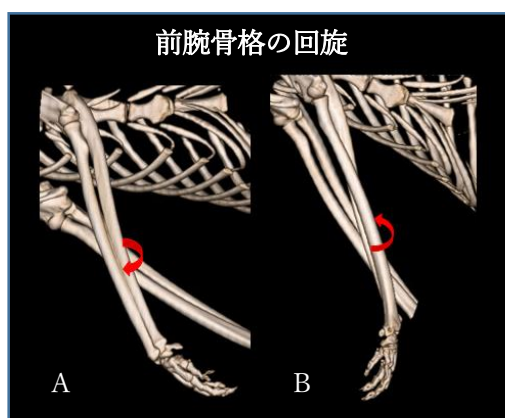


図2. アカカンガルーの前腕骨格

A. 前腕を回内した状態。

B. 前腕を回外した状態。

(2) 前腕の回旋(回内・回外)運動の解析では、橈骨と尺骨は癒合しておらず顕著な回内、回外運動が可能であった(図2)。この前腕骨格の大きな回旋運動によって、掌を背腹に向けることが可能であった。

(3) 肩関節における、上腕骨の前後の可動状況の解析では、上腕骨を後方へ屈曲させたときには上腕骨頸が肩甲骨に当たる寸前まで可動した(図3B)。一方、上腕骨を前方へ伸展させた場合、大きく前方へは伸展しなかった(図3A)。そして、肉眼的観察によって肩関節後部の皮膚がその限定要因になっていることが明らかになった。

(4) 前肢の外転、内転の運動解析では、外転時には肩甲骨と上腕骨が垂直になるくらいまで大きく外転していた(図4A-1, 2)。また、内転時には上腕骨が胸郭骨格に当たる限界まで内転が可能であった(図4B-1, 2)。

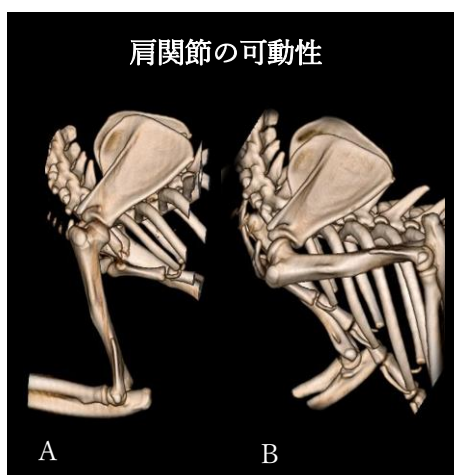


図3. アカカンガルー肩関節の伸展と屈曲

- A. 伸展時の肩関節。
- B. 屈曲時の肩関節。

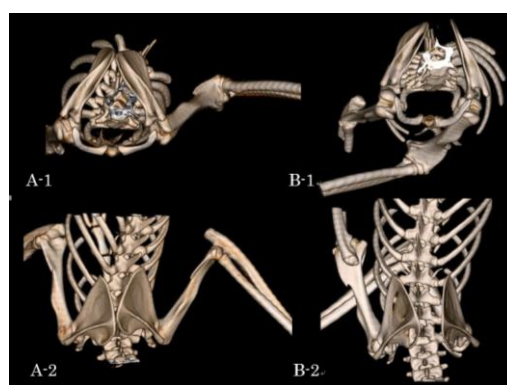


図4. アカカンガルー前肢の外転と内転

- A. 外転、B. 内転。
- 1. 頭側観、2. 背側観

(5) 手骨格の可動性の解析では、手首を屈曲した場合には、手根近位列の尺側手根骨と尺骨の間に副手根骨が嵌まり込むことで手根近位部は固定されそれ以上屈曲することはなかった(図5B)。さらに、手根骨近位列と手根骨遠位列の間の手根中央関節において、遠位列の手根骨は掌側に垂直方向に可動していた(図5B)。その際に副手根骨は第五中手骨と第四手根骨によって近位(尺骨)方向に押されて角度が変化していた(図5A, B)。また、手根骨遠位列と中手骨との間の手根中手関節はほとんど可動性が認められなかった。一方、中手指節関節は大きな掌側方向への可動性を示し、指骨は中手骨に対してほぼ垂直にまで屈曲した。手首を伸展した際は、手根骨遠位列と手根骨近位列はほぼ一直線になった状態でその可動性は抑制され、それより背側へは進展しなかった(図5A, C)。また、中手指節関節は背側への可動性を有していたが、中手骨と基節骨のなす角が90度になることはなかった(図5A, C)。

(6) 後肢の膝関節運動の解析では、股関節を固定し膝関節を可動させた場合、前肢と同様に皮膚の存在が可動範囲を制限し、大腿骨と脛骨は90度以上開くことはなかった(図6)。

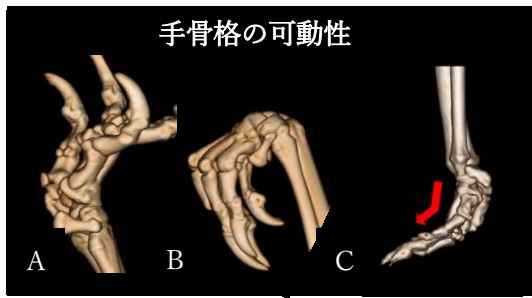


図 5. 手骨格の可動性

A, B. アカカンガルー。C. オオカンガルー。A, C. 伸展時の手骨格。B. 屈曲時の手骨格。

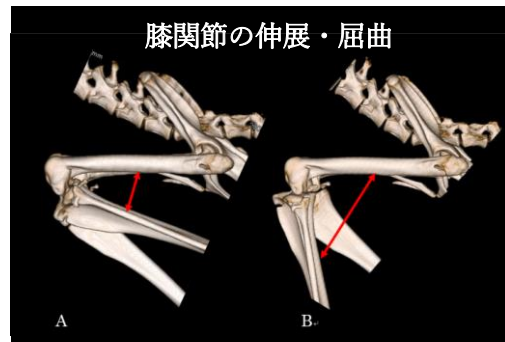


図 6. アカカンガルーの膝関節の屈曲と伸展

A. 屈曲時の膝関節。
B. 伸展時の膝関節。

(7) 後肢の足骨格の可動性の解析では、屈曲時に、足骨格と脛骨のなす角度が浅い状態で止まり、それ以上深く屈曲はしなかった (図 7)。

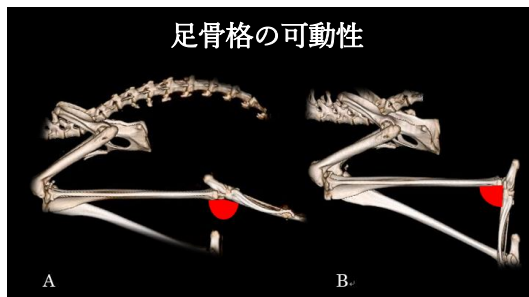


図 7. アカカンガルーの足骨格の可動性

A. 伸展時の足骨格。
B. 屈曲時の足骨格。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山田晴日, 佐々木基樹, 山田一孝, 都築 直, 遠藤秀紀, 福井大祐, 坂東 元, 池谷 優子, 中村亮平, 佐藤伸高, 柚原和敏, 杉本美紀, 富川創平, 小林紗央梨, 藤本 智, 北村延夫
2. 発表標題 大型陸生哺乳類における手骨格可動性の形態学的研究
3. 学会等名 第25回日本野生動物医学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川侑樹, 佐々木基樹, 都築 直, 大石元治, 福井大祐, 坂東 元, 池谷優子, 中村亮平, 佐藤伸高, 柚原和敏, 杉本美紀, 富川創平, 小林紗央梨, 川瀬啓祐, 北村延夫
2. 発表標題 ネコ科動物鉤爪の形態学的解析
3. 学会等名 第25回日本野生動物医学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 天池隼斗, 佐々木基樹, 都築 直, 大石元治, 山田一孝, 遠藤秀紀, 姉崎智子, 松本直也, 中下留美子, 北村延夫
2. 発表標題 日本産クマ科動物の前腕骨格可動域に関するCT画像解析
3. 学会等名 第162回日本獣医学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 萩野恭伍, 佐々木基樹, 西海 功, 岩見恭子, 川瀬啓祐, 齊藤慶輔, 坂東 元, 池谷優子, 中村亮平, 佐藤伸高, 小野香織, 山田一孝, 都築直, 北村延夫
2. 発表標題 タカ目3種の趾可動性に関する比較形態学的解析
3. 学会等名 第162回日本獣医学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 板倉来衣人, 佐々木基樹, 都築 直, 松本直也, 佐々木和好, 姉崎智子, 鈴木千尋, 北村延夫
2. 発表標題 ヒグマ (<i>Ursus arctos</i>) の頭蓋成長にともなう前頭洞の形態学的変化
3. 学会等名 日本哺乳類学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮崎彩乃, 佐々木基樹, 黒田実加, 松石 隆, 田島木綿子, 山田 格, 中郡翔太郎, 鈴木千尋, 都築 直, 北村延夫
2. 発表標題 ハップスオウギハクジラ (<i>Mesoplodon carlhubbsi</i>) メロンの形態学的解析
3. 学会等名 日本哺乳類学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木千尋, 佐々木基樹, 都築 直, 茅野光範, 石黒直隆, 山田一孝, 遠藤秀紀, 菊地智景, 菊地 薫, 北村延夫
2. 発表標題 ニホンオオカミ (<i>Canis lupus hodophilax</i>) 頭蓋内部構造の定量的および形態学的解析
3. 学会等名 第162回日本獣医学会学術集会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	遠藤 秀紀	東京大学・総合研究博物館・教授	
	(Endo Hideki)		
	(30249908)	(12601)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	山田 一孝 (Yamada Kazutaka) (80292093)	麻布大学・獣医学部・教授 (32701)	
研究 分 担 者	近藤 大輔 (Kondoh Daisuke) (90708364)	帯広畜産大学・畜産学部・助教 (10105)	