

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21770263

研究課題名(和文) 眼窩の真猿化に関わる顔面内部構造の変化に関する研究

研究課題名(英文) Studies on modifications on the internal cranial morphology in the evolution of anthropoid orbits

研究代表者

西村 剛 (NISHIMURA TAKESHI)

京都大学・霊長類研究所・准教授

研究者番号：80452308

研究成果の概要(和文)：

本研究課題では、高解像度コンピュータ断層画像法(CT)を用いて、原猿類(曲鼻猿類とメガネザル類)における副鼻腔形態の変異を明らかにし、真猿類における知見との比較を通じて、眼窩の真猿化を引き起こす骨構造の変化のプロセスに関する進化仮説を提起した。京都大学霊長類研究所ならびにスイス・チューリッヒ大学人類学研究所所蔵の原猿類頭蓋骨標本をそれぞれの機関でCT撮像し、すべての科を含む18属の曲鼻猿類の高解像度画像データを収集した。曲鼻猿類では、真猿類に比べると副鼻腔の形態学的変異が小さく、特にロリス類2科はほとんど変異が無い。上顎洞と蝶形骨洞はすべての属で形成されていたが、前頭洞は形成が十分でない属が半分を占めた。ロリス類2科では、上顎洞に偽孔があるが、生体では上皮で閉じていると考えられる。シファカでは上顎洞が骨壁で区画化されるものもある。前頭洞は、アイアイやインドリ科およびキツネザル属で大きく発達しているが、それ以外は前頭骨は空洞化しない。旧世界ザルという大分類群で副鼻腔が消失しているのは、霊長類の中でひじょうに特異的といえる。上顎洞が歯槽と眼窩の間に広がっている属では、脳頭蓋およびそれに伴する眼窩に対して上顎を含む顔面頭蓋が下方に回転している傾向が認められた。その変化は、眼窩の真猿化の一つである眼窩面がより正面を向くという構造変化をともなう。上顎洞の拡張と眼窩面の正面化は構造的に随伴する骨形態変化と考えられ、上顎洞の発達には眼窩の真猿化の指標の一つとなりうる。

研究成果の概要(英文)：

Variations in the paranasal sinus anatomy of extant and fossil anthropoid primates have been extensively examined using computed tomography (CT), and have potential utility for phylogenetic analyses. We used this approach to evaluate the anatomy in 18 genera of extant strepsirrhines housed in the Primate Research Institute, Kyoto University and the University of Zurich, Switzerland. The maxillary sinus is formed in all the genera. The lorisiforms have an additional pseudo-ostium opening to the nasal cavity. In *Propithecus*, the inferior meatus expands laterally in the region anterior to this sinus, as seen in *Gorilla* and *Pithecia*, and the maxillary sinus is segmented into three distinct chambers which have openings to the middle meatus, respectively. In *Eulemur*, an additional sinus-like cavity is formed in the region posterior to this sinus. Sphenoidal pneumatization with an opening to the ethmoidal region is found in all the genera, despite of differences in volume. Distinct patterns of pneumatization of the frontal region are found in *Eulemur*, *Daubentonia*, *Indri*, *Propithecus*, and *Avahi*. The frontal sinus in *Avahi* communicates with the maxillary sinus. In many of the other genera, a small cavity expanding from the ethmoidal region is formed in the circumfrontal-ethmoidal region, and this feature is probably homologous to the frontal sinus. The paranasal sinuses are more variable in form in the Indridae than in the other families. The present study confirms the view that the lack of paranasal sinuses in the Old World monkeys is quite unique among the order Primates. The maxillary sinus expanding laterally into the space between the orbital floor and molar alveolar is structurally accompanied with the inferior rotation of the lower facial part against the orbital-cranial region. Such a modification

contributes to the frontation of the orbits. Thus, the degree in lateral expansion of the maxillary sinus could be available for examining the orbital anthropoidization in fossil specimens.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2009年度 | 1,400,000 | 420,000 | 1,820,000 |
| 2010年度 | 1,000,000 | 300,000 | 1,300,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 2,400,000 | 720,000 | 3,120,000 |

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：自然人類学

キーワード：霊長類、曲鼻猿類、副鼻腔、CT、眼窩面の正面化

1. 研究開始当初の背景

霊長類の系統進化の研究に欠かせない化石霊長類の分類群同定や系統推定は、主として、歯や骨の表面に見える形質を用いて行われている。しかし、それらの特徴のみからでは系統分析が困難な化石霊長類も少なくない。たとえば、日本隊を含む各国の研究隊がその新標本発見にしのぎを削っている中期始新世末～前期漸新世アジア産アンフィピテクス科霊長類は、歯を含む良質の標本が発見されているにもかかわらず、真猿類なのかメガネザル、曲鼻猿類系統なのかについて議論が続いている。真猿化した眼窩の有無の推定は、その議論に欠かせない分析である。しかし、真猿類の派生的特徴である眼窩の収斂と前向、ならびにそれらにともなう眼窩後壁の形成は、顔面頭蓋が良好に保存された化石標本がなければ同定できなかった。

眼窩の真猿化は、構造的にも、機能的にも眼窩をとりまく顔面頭蓋構造の形態進化によっている。構造的には、眼窩の真猿化は、左右眼窩の間の鼻腔が狭まり、眼窩が上顎骨のほぼ真上に位置する形態変化による。また、その機能適応の実現には、前方視野の障害となる物が短縮し、かつ視野の下に位置する形態変化を要する。そのような眼窩の真猿化をもたらす顔面頭蓋の形態進化プロセスの解明は、断片的な化石標本における眼窩の真猿化の評価に資する可能性が高いと考えられる。しかし、CTによる化石の内部構造の分析が容易になった昨今でも、その分析の基礎となる現生種の骨内部構造の形態変異に関する知見はひどく乏しかった。

応募者の予察からは、曲鼻猿類における眼窩と顔面内部構造との構造的関係は真猿類の

ものと大きく異なるようである。特に、眼窩と上顎洞を含む上顎骨との関係は注目に値する。応募者は、新世界ザル類において、上顎洞形態と眼窩との強い関連性を示唆し、副鼻腔形態と眼窩の真猿化との関連の可能性を指摘している。もしそうであれば、本研究の成果により、上顎骨内外の形態学的特徴による真猿性の評価の実現が視野に入る。

2. 研究の目的

本研究は、真猿類、メガネザル類、曲鼻猿類における顔面頭蓋内部の形態変異を明らかにし、眼窩の真猿化をもたらした顔面内部構造の形態進化プロセスを復元する。ここでいう眼窩の真猿化は、眼窩の収斂(convergence)と前向(frontation)を指す。それらによって、真猿類では、左右の視野が頭蓋前方で広く重なり、距離の把握の正確化や像の鮮明化など視覚が発達した。その眼窩の真猿化は、単に眼窩の位置が変化するだけではなく、眼窩をとりまく顔面頭蓋構造の形態進化によっている。顔面頭蓋は、鼻腔や副鼻腔、鼻甲介などの多くの構造物をも内包しており、顔面頭蓋の形態進化はそれを構成する内外の個々の構造の形態変化の総合である。本研究は、標識点による幾何学的形態計測法やコンピューター断層画像法(CT)を用いて、眼窩の真猿化をもたらす顔面頭蓋の内外構造の形態進化を明らかにする。そこで示される特徴に基づく化石種の真猿性評価の可能性を探り、真猿類の起源と進化の理解に貢献する。

3. 研究の方法

国内外研究機関と協力してCT画像資料の収集を行うとともに、スイス・チューリッヒ大

学人類学研究所のZollikofer教授らと共同で、同所蔵の標本のマイクロCT撮像を実施する。得られたCT画像上で、一枚一枚の画像上で鼻腔や副鼻腔領域など各骨構造の一つ一つを同定、区画化し、各内部骨構造の三次元形態、ならびに頭蓋骨内における三次元配置を示す三次元形態画像を再構築する。以上の作業で得られる真猿類、メガネザル、曲鼻猿類の頭蓋内構造の三次元形態の情報をもとに、各分類群内、および分類群間における頭蓋内構造の形態変異・多様性を示す。その比較分析を通じて、分類群内・間における形態変異を表わす形質項目と極性を抽出する。

あわせて、頭蓋骨外表形態の座標データを、プロクラステス分析や主成分分析からなる幾何学的形態計測法により分析し、眼窩を含む外表形態の変異を量的に把握する。それをもとに、分類群内・間における形態変異を表わす形質項目と極性を抽出する。

そのようにして得られた形質情報をもとに、既知の系統関係を利用して、MacCladeを用いて各形質の進化プロセスを復元する。それに加えて、三次元形態再構築画像をもとにして、眼窩など顔面頭蓋外表と頭蓋内部の構造の形態進化における相互関係を、それぞれの形態学的特徴や位置関係の共変化をもとに議論する。その構造的相互関係も加味して、眼窩の真猿化をもたらす顔面頭蓋内構造の形態進化とその構造的寄与について考察する。

4. 研究成果

京都大学霊長類研究所ならびにスイス・チューリッヒ大学人類学研究所所蔵の原猿類頭蓋骨標本をそれぞれの機関でCT撮像し、すべての科を含む19属の曲鼻猿類の高解像度画像データを収集した。曲鼻猿類では、真猿類に比べると副鼻腔の形態学的変異が小さく、特にロリス類2科はほとんど変異が無い。上顎洞と蝶形骨洞はすべての属で形成されていたが、前頭洞は形成が十分でない属が半分を占めた。旧世界ザルという大分類群で副鼻腔が消失しているのは、霊長類の中でひじょうに特異的といえる。ロリス類2科では、上顎洞に偽孔があるが、生体では上皮で閉じていると考えられる。シファカでは上顎洞が骨壁で区画化されるものもある。前頭洞は、アイアイやインドリ科およびキツネザル属で大きく発達しているが、それ以外は前頭骨は空洞化しない。上顎洞が歯槽と眼窩の間に広がっている属では、脳頭蓋およびそれに伴う眼窩に対して上顎を含む顔面頭蓋が下方に回転している傾向が認められた。その変化は、眼窩の真猿化の一つである眼窩面がより正面を向くという構造変化をとらなう。上顎洞の拡張と眼窩面の正面化は構造的に随伴する骨形態変化と考えられ、上顎洞の発達

は眼窩の真猿化の指標の一つとなりうる。

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3件)

① Takeshi D. Nishimura, Yingqi Zhang & Masanaru Takai. (2010) Nasal anatomy of *Paradolichopithecus gansuensis* (Early Pleistocene, Longdan, China) with comments on phyletic relationships among the species of this genus. *Folia Primatologica*, 81: 53-62. 査読有

② Tsuyoshi Ito, Takeshi Nishimura, & Masanaru Takai. (2011) Allometry and interspecific differences in the facial cranium of two closely related macaque species. *Anatomical Research International*, 2011: Article ID 849751, 7 pages. 査読有

③ Tsuyoshi Ito, Takeshi D Nishimura, Brigitte Senut, Thomas Koppe, Jacques Treil & Masanaru Takai. (2009) Reappraisal of *Macaca speciosa subfossilis* from the late Pleistocene of northern Vietnam based on the analysis of cranial anatomy. *International Journal of Primatology*, 30: 643-662. 査読有

[学会発表] (計5件)

① Takeshi D. Nishimura, Zhangxian Qiu, Masanaru Takai, Yingqi Zhang, & Changzhu Jin. (2010) Nasal anatomy of *Paradolichopithecus gansuensis* (early Pleistocene, Longdan, China) and its phyletic relationships with the other species of this genus. 第79回米国自然人類学会大会, Hotel Albuquerque (2010年9月16日, ニューメキシコ州アルバカーキ).

② Takeshi D. Nishimura & Masanaru Takai. (2010) Evolution of Large Cercopithecines *Procynocephalus/Paradolichopithecus* from the Middle Pliocene and Early Pleistocene of Eurasia. 第23回国際霊長類学会日本大会, 京都大学 (2010年9月16日, 京都).

③ 西村剛, Renaud Lebrun, Marcia Ponce de León, & Christoph P. E. Zollikofer. (2010) 曲鼻猿類における副鼻腔形態の変異について. 第64回日本人類学会大会, だて歴史の杜カルチャーセンター (2010年10月2日, 北海道・伊達).

⑤ Takeshi Nishimura. (2009) Paleobiogeography of large cercopithecines from the Pliocene and Pleistocene of Asia. *The Satellite*

Symposium "Field Studies on Primate Diversity and Conservation", The 3rd ICFAR, Rose Garden Riverside Hotel(2009年11月19日, Nakhon Pathom, Thailand).

⑤西村剛、邱占祥、高井正成、張穎奇、金昌柱. (2009) *Paradolichopithecus gansuensis* (前期更新世、中国甘肅省龍担)の鼻腔内部構造と同属の分類学的検討. 第25回日本霊長類学会大会, 中部学院大学(2009年7月20日, 各務原).

[図書] (計3件)

①西村剛. (2011) 霊長類学のすすめ, 丸善, 印刷中

②西村剛. (2009) 新しい霊長類学, 講談社, pp. 36-40, 59-63.

③ Masanaru Takai, Takeshi Nishimura, Nobuo Shigehara & Takeshi Setoguchi. (2009) *Frontier of Oral Biology Vol.13, Comparative Dental Morphology* (Koppe T, Meyer G, Alt KW eds.), 55-59. 査読有

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西村 剛 (NISHIMURA TAKESHI)
京都大学・霊長類研究所・准教授
研究者番号: 80452308

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: