

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 4 月 17 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23570284

研究課題名(和文) 霊長類の下顎骨にみられる骨隆起の形態学的研究

研究課題名(英文) A morphological study of the protuberance on the lateral surface of the mandible in primates

研究代表者

近藤 信太郎 (KONDO, Shintaro)

日本大学・松戸歯学部・教授

研究者番号：60186848

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)：下顎骨の外側面に見られる隆起の形態的特徴と機能を明らかにするために非ヒト霊長類778個体を観察した。比較検討のために下顎骨外側面に見られる窩を同時に観察した。マカク属、サバンナモンキー属、マンガベイ属では隆起と窩の両方が見られた。隆起は緻密骨から成り、ヒトの下顎隆起に類似していた。発達の良い隆起は頬袋の入り口に近接していた。深く大きい窩はヒヒ属、ゲラダヒヒ属、マンドリル属の全個体に見られた。窩は第一大臼歯部が最も深く、この部位では骨質が薄くなっていた。隆起より前方に位置した。隆起と窩は下顎骨を補強する、あるいは負荷の軽減の機能をもち、咀嚼に対する適応的な形態と考えられる。

研究成果の概要(英文)：In order to clarify the morphological characteristics and function of the protuberance and/or fossa on the lateral surface of the mandible, we examined 778 mandibles of non-human primates. Both protuberance and fossa were found in *Macaca*, *Chlorocebus*, and *Cercocebus*. The protuberance was composed of compact bone, and was similar to the mandibular torus in humans. A well-developed protuberance was cloth to the orifice of buccal pouch. A deep and large fossa was found in all individuals of *Papio*, *Theropithecus*, and *Mandrillus*, and the bone width was thin in the center of the fossa. The fossa extended from the third premolar to second molar region, and the deepest area was the first molar region. These concavo-convex structures have some biological functions and represent an adaptive change for mastication.

研究分野：生物学

キーワード：下顎骨の外側面 非ヒト霊長類 コンピュータ断層撮影法 下顎隆起 下顎窩 緻密骨 頬袋 下顎骨の力線

### 1. 研究開始当初の背景

非ヒト霊長類の下顎骨外側(頬側)には隆起が見られる場合と凹み(窩)が見られる場合がある。隆起と窩のいずれも見られず、平滑な外側面となる個体(種)があるので、何らかの機能的あるいは種特異的な構造と考えられる。

隆起は台湾ザルの報告がある(図1)(Kondo et al., 2009)。隆起は左右両側に見られることが多く、コンピュータ断層(CT)画像から隆起部が緻密骨で構成されていることが分かった。隆起は咀嚼圧に対する補強の役割があると推測される。

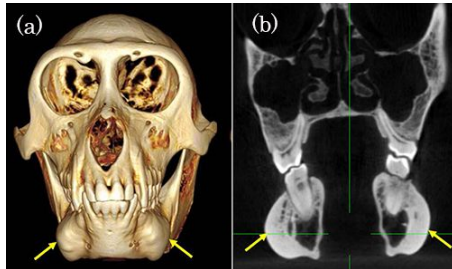


図1 台湾ザルに見られた隆起(矢印), (a) ポリトームレンダリング画像, (b) 冠状断画像

窩はマントヒヒで報告されている(図2)(Hylander, 1979)。窩は頬袋の入り口より前方に位置するため、下顎骨への負担を軽減する機能があると考えられている。

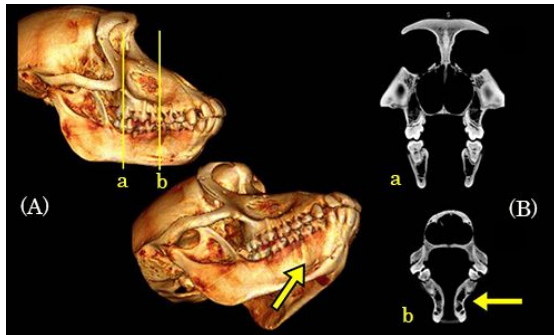


図2 マントヒヒの下顎骨外側面の窩(矢印), (A) ポリトームレンダリング画像, (B) 冠状断画像, a 第三大臼歯部, b 第一大臼歯部

隆起に関する報告は台湾ザルのみであり、窩はマントヒヒ以外にも認められるが、多くの種を比較検討した研究はほとんど見られない。

### 2. 研究の目的

本研究では非ヒト霊長類の下顎骨外側面にみられる隆起を肉眼およびコンピュータ断層(CT)画像によって観察し、個体変異と種間変異を明らかにすること、ほぼ同じ部位に出現する窩と比較して生物学的な意義を考察することを目的とする。

### 3. 研究の方法

非ヒト霊長類の多数種において比較する

ため、第三大臼歯萌出完了後の成獣を対象とした。11属778個体の頭蓋骨を肉眼およびCT画像により観察した。観察対象とした種は以下の通りである。マカク属8種(アカゲザル, カニクイザル, アッサムモンキー, ニホンザル, タイワンザル, プタオザル, ボンネットモンキー, ベニガオザル), サバンナモンキー属(サバンナモンキー), マンガベイ属, ヒヒ属(マントヒヒ, アヌビスヒヒ), ゲラダヒヒ属(ゲラダヒヒ), マンドリル属, コロブス属(キングコロブス), テナガザル属, チンパンジー属(チンパンジー), ゴリラ属(ゴリラ), オランウータン属(オランウータン)。これらの頭蓋骨標本は京都大学霊長類研究所に保管されている。

隆起は肉眼的に明瞭な下顎骨外側面の膨隆, 窩は肉眼的に明瞭な下顎骨外側面の凹みと定義した。以前の研究では触診による隆起を分析したが(Kondo et al., 2009), 本研究では種間比較を明確に行うため、肉眼的に明らかな隆起のみを分析対象とした。

大型類人猿のうちチンパンジー9個体, ゴリラ1個体, オランウータン2個体はホルマリン浸漬あるいは凍結標本で、頭蓋骨を直接観察することはできなかった。これらの個体に関しては京都大学霊長類研究所の Digital Morphology Museum (<http://dmm.pri.kyoto-u.ac.jp/dmm/WebGallery/index.html>)のDICOMデータからポリトームレンダリング画像を作成して観察を行った。観察基準は肉眼観察に準じ、冠状断画像によって確認を行った。

頭蓋骨はCT撮像して観察した。大きい標本は医療用CT, 小さい標本は歯科用CTで撮像した。多くの場合、FOVは200~300mm, スライス厚は0.2~0.5mmで撮像した。CT画像はOsirix(Ver6.0)により分析を行った。性差はJMP(SAS Institute, Ver 9.0)により分析した。

### 4. 研究成果

#### (1)隆起

隆起は数種のマカク属, サバンナモンキー, マンガベイ属に見られた(表1, 2)。マカク属の隆起出現率は0~20%で、性差は認められなかった。隆起はほとんどの個体で左右両側性に見られ、片側性のは台湾ザルの1例のみであった。隆起は第三小臼歯から第三大臼歯に至る広範な部位に見られたが、オトガイ孔に及ぶものはなかった。表面は比較的滑沢であった。CT画像から隆起部は均質な緻密骨から成ったが、管状の構造物を含むことがあった。

隆起には3型が見られた(図3)。(a)下顎体の中央に位置するもの, (b)斜線に続くもの, (c)下顎底に限局するもの。3型に分類したが、(a)と(b)の特徴を併せもつものも認められた。発達の良い隆起はすべて(a)あるいは(b)であった。(c)はニホンザルのみ認められた。



図3 隆起の3型(二ホンザル)。(a)下顎体の中央, (b)斜線に連続, (c)下顎底に限局。

表1 マカク属における隆起と窩の出現状況

	性別	N	隆起	窩
アカゲザル	オス	33	7	6
	メス	62	12	5
	計	95	19 (20.0%)	11 (11.6%)
カニクイザル	オス	31	4	4
	メス	78	13	12
	計	109	17 (15.6%)	16 (14.7%)
アッサムモンキー	オス	12	1	9
	メス	3	1	0
	計	15	2 (13.3%)	9 (60.0%)
二ホンザル	オス	120	12	21
	メス	141	17	18
	計	261	29 (11.1%)	39 (14.9%)
台湾ザル	オス	12	1*	0
	メス	17	1	0
	計	29	2 (6.9%)	0 (0.0%)
ブタオザル	オス	17	0	9
	メス	17	2	5
	計	34	2 (5.9%)	14 (41.2%)
ボンネットモンキー	オス	13	0	10
	メス	11	0	3
	計	24	0 (0.0%)	13 (54.2%)
ベニガオザル	オス	8	0	5
	メス	2	0	1
	計	10	0 (0.0%)	6 (60.0%)

有意な性差が認められなかったため、頻度は雌雄を一括して算出した。この表では隆起の出現頻度が高い順に種を並べた。

\* 隆起と窩はほとんどの個体で左右対称的に認められたが、この個体のみ片側に出現した。

## (2) 窩

窩はヒヒ属、ゲラダヒヒ属、マンドリル属のすべての個体に認められた。テナガザル属、オラウータン、キングコロブスにも窩は見られたが、チンパンジーとゴリラには隆起も窩も認められなかった。数種のマカク属、サバンナモンキー、マンガベイ属では隆起と窩の両者が認められた(図4)。

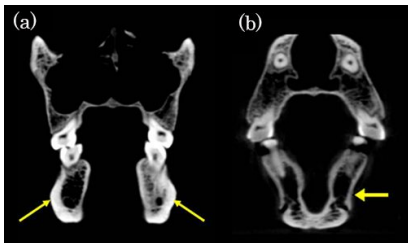


図4 カニクイザルに見られた(a)隆起(第一大臼歯部)と(b)窩(第四小臼歯部)冠状断画像(矢印)。

マントヒヒに見られた窩は最も典型的と考えられる。第三小臼歯から第二大臼歯に相当する部位に見られ、第一大臼歯に相当する部で最も深くなっていた。オトガイ孔が窩縁に位置することがあった。CT画像から窩の中央部の骨質が薄くなっていることが明ら

かとなった。

表2 オナガザル亜科における隆起と窩の出現状況

	性別	N	隆起	窩
サバンナモンキー	オス	26	1	5
	メス	35	0	0
	計	61	1 (1.6%)	5 (8.2%)
マンガベイ属	オス	1	0	1
	メス	1	1	0
	計	2	1 (50.0%)	1 (50.0%)
マントヒヒ	オス	12	0	12
	メス	11	0	11
	計	23	0 (0.0%)	23 (100.0%)
アヌビスヒヒ	オス	3	0	3
	メス	0	0	0
	計	3	0 (0.0%)	3 (100.0%)
ゲラダヒヒ	オス	4	0	4
	メス	1	0	1
	計	5	0 (0.0%)	5 (100.0%)
マンドリル属	オス	3	0	3
	メス	0	0	0
	計	3	0 (0.0%)	3 (100.0%)
キングコロブス	オス	8	0	4
	メス	67	0	36
	計	75	0 (0.0%)	40 (53.3%)
テナガザル属	オス	1	0	0
	メス	5	0	1
	不明	4	0	1
計	10	0 (0.0%)	2 (20.0%)	
チンパンジー	オス	7	0	0
	メス	8	0	0
	計	15	0 (0.0%)	0 (0.0%)
ゴリラ	オス	1	0	0
	メス	1	0	0
	計	2	0 (0.0%)	0 (0.0%)
オラウータン	オス	1	0	1
	メス	1	0	0
	計	2	0 (0.0%)	1 (50.0%)

有意な性差が認められなかったため、頻度は雌雄を一括して算出した。この表では隆起の出現頻度が高い順に種を並べた。

隆起と窩はすべての個体で左右対称的に認められた。

窩には3型が見られた(図5)。(a)窩の中央部の骨質が薄くなるもの、(b)下顎骨の外板の湾曲によって窩となるもの、(c)下顎底部の肥厚により窩となるもの。(b)および(c)では窩は浅く、骨質は窩の中央部で薄くなることはない。(a)はヒヒ属、ゲラダヒヒ、マンドリル属、(b)はマカク属、サバンナモンキー、マンガベイ属、(c)はテナガザル属、オラウータン、キングコロブスに見られた。

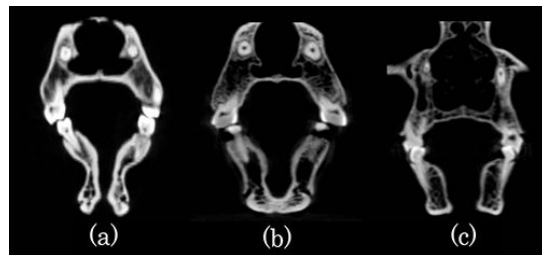


図5 3型の窩(第四小臼歯あるいは第三大臼歯相当部の冠状断画像)。(a)窩の中央部が薄い(マントヒヒ)、(b)外板の湾曲により窩となる(カニクイザル)、(c)下顎底部の肥厚により窩となる(シロテナガザル)。冠状断画像。

## (3) 考察

ヒトの下顎隆起は下顎骨内側(舌側)に見られる骨の隆起である(Selleveold, 1980)。通常、左右両側に見られ、緻密骨から成る生理的な骨増殖と考えられている(図6)。緻密骨



中には骨髓腔や骨梁が認められる場合もあるという(Yonetsu and Nakamura, 2001)。下顎隆起の成因の一つとして、下顎骨に加わる咀嚼圧に対する補強が挙げられている(Igarashi et al., 2008)。

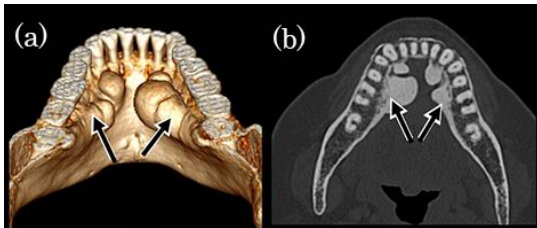


図6 ヒトの下顎隆起(矢印)。(a) ポリトームレンダリング画像, (b)軸位断画像。

ヒトの下顎骨に加わる咀嚼圧は2種類の力線によって説明されている(Schier and DuBrull, 1975)。第1は歯槽の根尖部の周囲の海綿骨の骨梁に一部は合流して力線を形成し、歯槽の下方を後方に走り、下顎枝を後上方に向かって下顎頭に終わる。この力線を歯稜という。第2は筋突起の先端から下顎体に向かって扇状に広がる力線である。この力線を側頭稜という。カニクイザルの下顎骨表面のコラーゲン線維束の走向の研究(高橋と江川, 1994)から非ヒト霊長類でも2種類の力線が認められると考えられる(図7)。

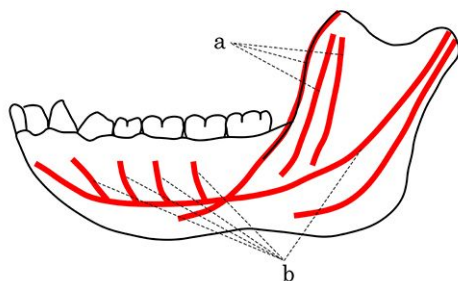


図7 マカク属の下顎骨に見られる力線の模式図。高橋・江川(1994)のデータを基に作成。a 側頭稜, b 歯稜。

下顎体の中央に見られる隆起は歯稜に対応し、斜線に続く隆起は側頭稜に対応すると考えられる。以上より、非ヒト霊長類に見られた隆起はヒトの下顎隆起は形成される場所が下顎骨の内・外側と異なるものの、形態的(均質な緻密骨から成る)、機能的(外力に対抗する補強的な役割)に類似している。

Hylander(1979)は、窩は頬袋より前方に位置するため、頬袋は窩の成因にはほとんど関係せず、下顎骨への加重の負担軽減に関与しているのではないかと述べている。一方、隆起は窩よりもやや後方に位置するため、頬袋と隆起は位置的に接近している(図8)。頬袋の食餌による機械的な刺激が隆起の一成因となる可能性が示唆される。

下顎骨外側面に見られる隆起および窩は種特異的に認められることから、その成因には遺伝要因も関与しているものと考えられ

る。ヒトの下顎隆起においても環境要因のみならず遺伝要因の影響が示唆されており(Jainkittivong and Langlais, 2000)、その点でも非ヒト霊長類の隆起とヒトの下顎隆起は共通した性質をもっている。



図8 ニホンザルの頬袋(頬筋)(矢印)。

非ヒト霊長類の下顎骨外側面に見られる隆起と窩は咀嚼力や頬袋などへの適応として形成されるが、種特異的に出現することから遺伝要因が関与していると考えられる。

#### <引用文献>

- Kondo, S., Naitoh, M., Futagami, C., Hanamura, H., Goto, K., Ariji, E., Takai, M., 2009. Observation of lateral mandibular protuberance in Taiwan macaque (*Macaca cyclopis*) using computed tomography imaging. Koppe, T., Meyer, G., Alt, K. W. (eds): Comparative Dental Morphology. Front. Oral Biol. Basel, Karger, 13, pp60-64.
- Hylander, W.L., 1979. The functional significance of primate mandibular form. J. Morph. 160, 223-240.
- Sellevoid, B. J., 1980. Mandibular torus morphology. Am. J. Phys. Anthropol. 53, 569-572.
- Yonetsu, K., Nakamura, T., 2001. CT of calcifying jaw bone diseases. Am. J. Roentgenol. 177, 937-943.
- Igarashi, Y., Ohzeki, K., Uesu, K., Nakabayashi, T., Kanazawa, E., 2008. Frequency of mandibular tori in the present-day Japanese. Anthropol Sci, 116, 17-32.
- Sicher, H., DuBrul, E.L., 1975. Oral Anatomy, 6th ed., Mosby Co., St Louis, pp82-88.
- 高橋 修, 江川 薫, 1994. 下顎骨表面の基質繊維の立体微細形態学的構築. 昭歯誌 14, 401-412.
- Jainkittivong, A., Langlais R. P., 2000. Buccal and palatal exostoses: prevalence and concurrence with tori. Oral Sug. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod. 90, 48-53.

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計 2 件)

Kondo S, Naitoh M, Matsuno M, Kanazawa R, Takai M. Protuberance or fossa on the lateral surface of the mandible in primates. *Annals Anat*, Available online 14 March 2015. doi 10.1016/j.aanat.2015.02.008  
査読あり  
近藤信太郎, 2012. 歯と歯列の比較形態 - サルとヒト - 昭代医学会雑誌 72, 150-154.  
<http://dx.doi.org/10.14930/jsma.72.150>  
査読なし

### 〔学会発表〕(計 8 件)

松野昌展, 近藤信太郎: 日本人上顎骨前壁形態に関する研究. 第 120 回日本解剖学会全国学術集会. 2015 年 3 月 23 日, 神戸国際会議場・展示場(兵庫県).  
近藤信太郎, 内藤宗孝, 松野昌展, 高井正成: ヒビ下顎骨の外側面にみられる窩の形態. 第 68 回日本人類学会大会, 2014 年 11 月 2 日, アクトシティ浜松(静岡県).  
松野昌展, 近藤信太郎: 日本人の頬骨 - 上顎骨複合部形態に関する研究. 第 56 回歯科基礎医学会学術大会, 2014 年 9 月 27 日, 福岡国際会議場(福岡県).  
Kondo S, Naitoh M, Matsuno M, Kanazawa E: Protuberance or fossa on the lateral surface of the mandible in primates. 16th International Symposium on Dental Morphology and 1st Congress of the International Association for Paleodontology, Augst 29, 2014, Zagreb (Croatia).  
近藤信太郎, 内藤宗孝, 松野昌展: 霊長類の下顎骨外側面にみられる隆起または窩. 第 67 回日本人類学会大会・2013 年 11 月 2 日, 国立科学博物館筑波研究施設(茨城県).  
近藤信太郎, 内藤宗孝, 松野昌展: チンパンジーの棘孔の形態変異. 第 55 回歯科基礎医学会学術大会・2013 年 9 月 21 日, 岡山コンベンションセンター(岡山県).  
近藤信太郎, 内藤宗孝, 松野昌展: 霊長類における卵円孔の比較形態学的研究. 第 54 回歯科基礎医学会学術大会. 2012 年 9 月 16 日, 奥羽大学(福島県).  
近藤信太郎, 内藤宗孝: 霊長類における正円孔の二分. 第 65 回日本人類学会大会. 2011 年 11 月 5 日, 沖縄県立博物館・美術館(沖縄県).

### 〔その他〕

近藤信太郎: コンピュータ断層撮影法で下顎骨を見る 医療最前線 Dr リポート あすへの提言 103 ふれあい毎日

2013.1.9.

<http://bunya.ne.jp/fureai/rensai/1301/dr.htm>

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

近藤 信太郎 (KONDO, Shintaro)  
日本大学・松戸歯学部・教授  
研究者番号: 60186848

### (2)研究分担者

内藤 宗孝 (NAITOH, Munetaka)  
愛知学院大学・歯学部・准教授  
研究者番号: 20167539  
松野 昌展 (MATSUNO, Masanobu)  
日本大学・松戸歯学部・講師  
研究者番号: 10297848

### (3)連携研究者

高井 正成 (TAKAI, Msanaru)  
京都大学・霊長類研究所・教授  
研究者番号: 90252535  
五十嵐 由里子 (IGARASHI, Yuriko)  
日本大学・松戸歯学部・講師  
研究者番号: 60277473