

令和 3 年 4 月 17 日現在

機関番号：82617

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K15202

研究課題名(和文) 大臼歯間変異の解析によるヒトと大型類人猿の進化史の解明

研究課題名(英文) Exploring evolutionary history of great apes and humans by means of metameric variation in molars

研究代表者

森田 航 (Morita, Wataru)

独立行政法人国立科学博物館・人類研究部・研究員

研究者番号：20737358

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：化石資料の中でもっとも豊富であり、現生種と化石種の類縁関係を推定する鍵となっている大臼歯、特に上顎大臼歯間の形態の違いに着目し解析を行った。資料には国内外の博物館や大学が所蔵する標本を用いた。CTスキャンを行い3次元モデルとして再構成し定量的な比較を行った。その結果、ヒトと現生類人猿は全体として共通する大臼歯間変異のパターンを持っていることが示された。しかしその中でもヒトでは特殊化の程度が大きく、遠心舌側咬頭の顕著な退縮傾向を持つことがわかった。またケニアから出土した未記載の大臼歯についても解析を進め、概ねこれまで知られている中新世化石類人猿と同じく祖先的な形態を保持していることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

歯の形は複雑であるため、定量的な比較が難しく、ヒトや類人猿からなるヒト上科全体の特徴を捉えることが困難だった。本研究では独自に開発した新しい方法論を用いることで、形の違いを明瞭に視覚化・定量化し、ヒトと類人猿に共通する部分とヒトに特有な形態パターンを抽出した。このヒトに特有なパターンは、ヒトの進化史の中でも、200万年前前後にホモ属がユーラシア大陸に進出して以降に生じたことが示唆された。近年ゲノム科学の進展で、様々な人類種間の交雑により生じたホモ・サビエンスの複雑な進化史に注目が集まっており、身体形質はそれに伴ってどのように変化したのかについて考える上で、本研究はその足掛かりともなった。

研究成果の概要(英文)：Since teeth are the most abundant material in the vertebrate fossil records, dental morphology has played a key role to infer phylogenetic relationships. Here, we analyzed metameric variation among upper molars in extant hominoids using a novel quantitative method, morphometric mapping. Results show that humans and extant apes share a common pattern of metameric variation characterized by a relatively simple degradation along the mesiodistal axis. Specifically, humans show a distinct pattern of hypocone reduction, suggesting considerable developmental modifications in the human lineage. We also analyzed the newly discovered fossil upper third molar from Nakali in Kenya to estimate its phylogenetic position.

研究分野：自然人類学

キーワード：ヒトの進化 大臼歯形態

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

歯は骨に比べて硬質であるため化石資料も多く、その形質は動物の食性や系統関係復元のための証拠となるので、進化研究にとって最も重要である。中でも臼歯は、現生のヒト上科(テナガザル、オランウータン、ゴリラ、チンパンジー、ヒト)を含め多くの哺乳類は、上顎下顎ともに3種類の大臼歯を持ち、得られる資料数も多い。これら3種類ある大臼歯間の形態的な違いを大臼歯間変異と呼ぶ。さらに臼歯は実験による操作が容易なこともあり発生遺伝学的な研究も進んでいる。マウスの発生実験から明らかとなっている、活性因子-抑制因子の相互作用モデルを用いて大臼歯間変異を説明する抑制カスケードモデル(Kavanagh et al. 2007 Nature 499: 427-432) は、発生と形態進化の関連を考える上で特に重要である。近年では、このモデルは未発見の化石人類の臼歯形態の予測にも応用され、その成果によってヒトや類人猿の系統における大臼歯間変異の進化的変化に注目が集まっている(Evans et al. 2016 Nature 530: 477-480)。また大臼歯間変異は、食性とも関連性が高く、肉食傾向の強い動物では、第1大臼歯から第3大臼歯にかけて歯が小さくなる傾向があるのに対し、草食動物では逆に大きくなる。この大臼歯間変異はヒトの進化過程でどのように変化してきたのか。ヒトはその進化過程において、生息域や食性などの変化に合わせて、様々な身体的な変化を受けてきた。これらの変化に同調して、大臼歯間変異も変化したことが予想される。

2. 研究の目的

そこで本研究では、まず、我々と近縁な類人猿に見られるパターンとの比較により、現生類人猿とヒトはどの程度の共通性を持つのかについて検討する。さらに得られたヒト上科としての進化的傾向を踏まえたうえでその知見を化石種の形態解析に応用し、化石人類・類人猿種の系統関係の推定に取り組む。

3. 研究の方法

本研究では独自に開発した形態地図法という新規な3次元形態の定量化手法を用い、上下顎に3本ずつある大臼歯のエナメル象牙境を、表面曲率・歯頸部からの高さ・中心からの半径により定量化し解析する(図1)。研究資料として、国内外の大学や博物館が所蔵する現生大型類人猿コレクションをコンピュータ断層(CT)スキャナーで撮影し3次元データを得る。歯の形態は、化石資料でも現生種資料でも重要だが、多くの場合、外表面のエナメル質は磨耗し本来の形状を保っていない。そこで歯冠の内部構造であるため咬耗の影響を受けにくく、歯冠形成における咬頭配置パターンの決定過程を直接反映するエナメル象牙境を3次元再構成し分析に用いた。

4. 研究成果

まず、ヒト上科の大臼歯形態の変異パターンの検討を行った。その結果、現生類人猿とヒトは第1大臼歯から第3大臼歯に向かって徐々に退縮する共通の傾向を持ち、これは大臼歯間の相対サイズ変異とは独立であった。また現生ヒトはハイポコーンが顕著に退縮する特異な変異傾向をもち、ヒト系統、特にホモ属以降における進化で大臼歯の形態形成プログラムに独特の変化が生じたことが示唆された(図2)。これらの成果を現生類人猿の上顎大臼歯間の形態変異についての論文として発表した(Morita et al., 2020)。

また成果は未発表ながら、ケニアから出土した未記載の大臼歯についても解析を進めた。この化石は、2016年の発掘調査において、ナカリ層(990-980万年前)から得られたもので、当初はチンパンジーと類似点のある上顎第3大臼歯と見られていた。ケニア国立博物館でCT撮影した他の化石資料とも比較した結果、概ねこれまで知られている中新世化石類人猿と同じく祖先的な形態を保持していることが示唆された。さらなる解析結果の検討を行い、ちょうどアフリカ類人猿とヒトが分岐した時期におけるこれらの系統の進化過程の復元を進めたい。

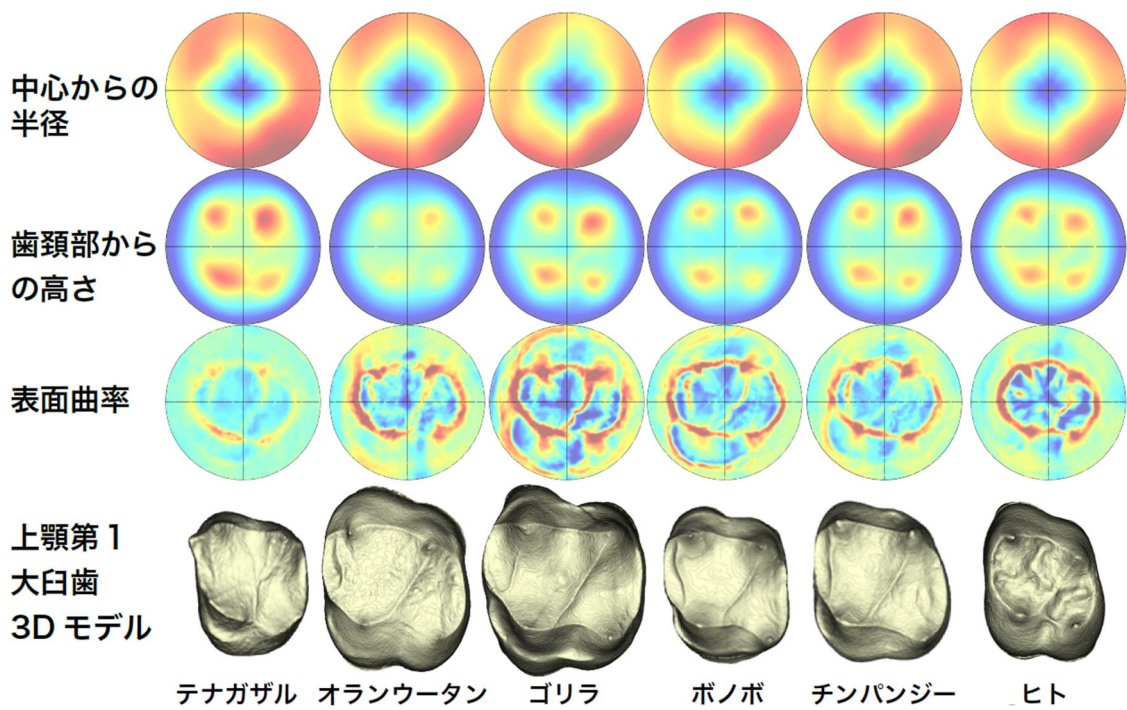


図1 形態地図法による3次元形態の定量化

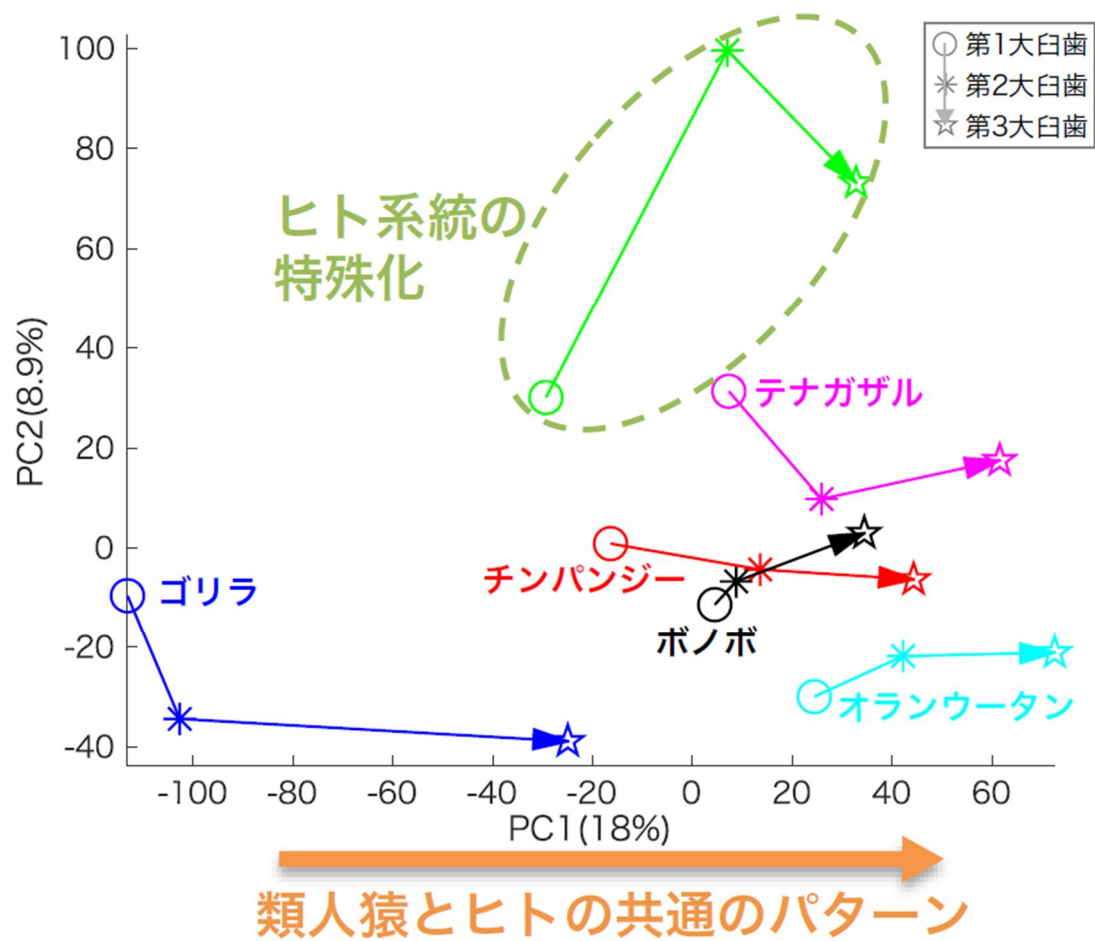


図2 ヒトと現生類人猿の大臼歯間変異パターン

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Morita Wataru, Morimoto Naoki, Kono Reiko T., Suwa Gen	4. 巻 138
2. 論文標題 Metameric variation of upper molars in hominoids and its implications for the diversification of molar morphogenesis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Human Evolution	6. 最初と最後の頁 102706 ~ 102706
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jhevol.2019.102706	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

1. 発表者名 森田 航, 森本 直記, 河野 礼子, 諏訪 元.
2. 発表標題 現生ヒトと類人猿における大臼歯間変異から見る発生パターンの進化
3. 学会等名 第73回日本人類学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Morita, W., Morimoto, N., Kono, R.T., Suwa, G.
2. 発表標題 Metameric variation of upper molars in extant hominoids
3. 学会等名 The 2019 AAPA meetings (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森田航、森本直記、河野礼子、諏訪元
2. 発表標題 ヒトと現生類人猿における大臼歯間変異の定量化
3. 学会等名 第122回日本解剖学会総会・全国学術集会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森田 航, 森本 直記, 國松 豊, 河野 礼子, 諏訪 元, 中務 真人.
2. 発表標題 中新世後期ナカリ出土の未記載類人猿大臼歯化石の形態解析.
3. 学会等名 第74回日本人類学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wataru Morita
2. 発表標題 An introduction to morphometric mapping: its application to hominoid molars
3. 学会等名 Turkey-Japan exchange 2020: featuring the paleoanthropological excavations in Turkey and recent works from Japan (国際学会)
4. 発表年 2021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

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
フランス	ボルドー大学			
トルコ	アンカラ大学	ヴァン100周年大学	ガズィアンテプ大学	他1機関
ケニア	ケニア国立博物館			
フィンランド	ヘルシンキ大学			
フィンランド	ヘルシンキ大学バイオテクノロジー研究所			

共同研究相手国	相手方研究機関			
ケニア	ケニア国立博物館			
トルコ	アンカラ大学			
スイス連邦	チューリッヒ大学			
ケニア共和国	ケニア国立博物館			
ジョージア共和国	ジョージア国立博物館			