

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月21日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H05609

研究課題名(和文) 二足歩行の開始年齢からみるネアンデルタールとサピエンスの進化史

研究課題名(英文) Onset of bipedal locomotion and its implications for evolutionary history of Neanderthals and modern humans

研究代表者

森本 直記 (Morimoto, Naoki)

京都大学・理学研究科・助教

研究者番号：70722966

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 8,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、歩行機能の要である大腿骨に着目し、そのマクロ形態の発生を現生人類と、現生人類に最も近縁な化石人類であるネアンデルタールとで出生から老年期まで比較した。微少な形態変異を詳細に分析・可視化するため、形態地図法という解析手法を用いた。まず、現生人類では、成熟後も老年期にかけて大きな形態変化を示すこと、ネアンデルタールも同様の加齢変化を示すことが明らかになった。一方、ヒトとネアンデルタールの差は出生時には小さく、成熟への過程で大きくなることが明らかになった。機能的側面は精査が必要だが、これは、歩行機能の要である大腿骨の発生パターンが系統的に近い2種の人類で分化していたことを示す結果である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒトは出生後、成長過程で骨格形態を大きく変化させる。本研究では、成熟後も老年期にかけて大腿骨形態が大きく変化すること、その変化量は出生後から成熟年齢までにおきる形態変化と同程度であることが明らかになった。これは、加齢による骨格形態の変化を初めて定量的に示した点で学術的新規性が高く、高齢社会となった現代における社会的な意義も大きいと考える。さらに、ヒトに近縁でかつ、「現代的な」生活様式を有していなかったネアンデルタールにも同様の変化が見られた点も、学術的・社会的に広く興味を喚起する結果だと考えている。

研究成果の概要(英文)：In this project, the development of the macro-morphology of the femur, a fundamental locomotor element, was compared between modern humans and Neanderthals. To capture the subtle morphological variation, methods of morphometric mapping were used. The results show a) the femoral morphology exhibits a considerable change even after the age of maturation in modern humans, and Neanderthals follow a similar pattern of aging. On the other hand, modern humans and Neanderthals are relatively similar to each other, but differ in the processes of maturation. The functional significance has to await cautious examination, but it appears that the developmental patterns of the femur, which is of special relevance for locomotion, exhibits diversification in closely related taxa of our genus Homo.

研究分野：自然人類学

キーワード：自然人類学 形態 二足歩行 ネアンデルタール

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

現在、地球上に存在する人類種はホモ・サピエンス (*Homo sapiens*) のみである。サピエンスの近縁種は現生では類人猿に限られるが、絶滅種まで含めればネアンデルタール (*Homo neanderthalensis*) が最も近縁な種である。人類進化を、ヒト (*Homo*) 属内での多様性というスケールで考察するには、ネアンデルタールとの比較が必要不可欠である。

ネアンデルタールは、約23万年前から約4万年前まで存在していたと考えられており、その化石はヨーロッパ、中東、西アジア、シベリアにかけて発見されている。ネアンデルタールとサピエンスとは、共通祖先からの分岐後の共存を経て、前者は絶滅し後者は *Homo* 属唯一の種となった。ネアンデルタールの絶滅については諸説あるが、未だ明確な解答はない。では、生物学的特徴である二足歩行の様式は異なっていたのだろうか。2種間の相違点は、共通祖先からの分岐後の異なる進化過程に由来する。2種間の頭蓋の形態変異に関する研究は比較的数量多く行われている一方で、二足歩行の多様化についてはほとんど何も分かっていない。

2. 研究の目的

現生人類 (サピエンス) に最も近縁な化石種であるネアンデルタールは、人類の進化史解明の重要な鍵である。直立二足歩行はヒトの最も根幹的な生物学的特徴であるが、この特徴がネアンデルタールとサピエンスとでどのように異なっていたのかは、未解明である。本研究では、二足歩行という観点から、ネアンデルタールとサピエンスの進化史を解き明かすことを目的とする。具体的には、骨格のマクロ形態の発生パターンを両者で比較し、二足歩行とそれに関連する個体発生のパターンがどのように分化したのかを明らかにする。

3. 研究の方法

ネアンデルタールは、出生直後から成人まで、成長のほぼ全過程をカバーする化石が出土している。歩行機能の要である大腿骨形態の成長パターンを、ネアンデルタールとサピエンスとで比較することにより、二足歩行の成長変化を比較する。従来手法より精度が高い新規の形態解析法を用い、ネアンデルタールとサピエンスの形態差を詳細に明らかにする。

機能的に重要な四肢骨形態はしかし、その特徴が微細なため、厳密に変異を定量化できる解析手法がなく、得られる情報に限りがあった。研究代表者は形態地図法というオリジナルな新規解析手法を開発し、その問題を克服した。この手法を用い、出生から老年期にかけて、大腿骨の形態がどのように変化するのかを、詳細かつ定量的に分析した。

4. 研究成果

現生人類では、成熟後も老年期にかけて大きな形態変化を示すこと、ネアンデルタールも同様の加齢変化を示すことが明らかになった。一方、ヒトとネアンデルタールの差は出生時には小さく、成熟への過程で大きくなることが明らかになった。機能的側面は精査が必要だが、これは、歩行機能の要である大腿骨の発生パターンが系統的に近い2種の人類で分化していたことを示す結果である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 11 件)

1. Takehisa Tsubamoto, Yutaka Kunimatsu, Tetsuya Sakai, Mototaka Saneyoshi, Daisuke Shimizu, **Naoki Morimoto**, Hideo Nakaya, Naoto Handa, Yoshiki Tanabe, Fredrick Kyalo Manthi, Masato Nakatsukasa. in press. A new species of *Nyanzachoerus* (Mammalia, Artiodactyla, Suidae, Tetraconodontinae) from the upper Miocene Nakali Formation, Kenya. *Paleontological Research*
2. **Morimoto N**, Nakatsukasa M, Ponce de León MS, Zollikofer CPE. 2018. Femoral ontogeny in humans and great apes and its implications for their last common ancestor. *Scientific Reports* 8:1930.
3. Tajika A, **Morimoto N**, Wani R, Klug C. 2018. Intraspecific variation in cephalopod conchs changes during ontogeny: perspectives from three-dimensional morphometry of *Nautilus pompilius*. *Paleobiology*:1-13.
4. Katsube M, Yamada S, Miyazaki R, Yamaguchi Y, Makishima H, Takakuwa T, Yamamoto A, Fujii Y, **Morimoto N**, Ito T, Imai H, Suzuki S. 2017. Quantitation of nasal development in the early prenatal period using geometric morphometrics and MRI: a new insight into the critical period of Binder phenotype. *Prenat Diagn* 37:907-915.
5. Kunimatsu Y, Tsujikawa H, Nakatsukasa M, Shimizu D, Ogiwara N, Kikuchi Y, Nakano Y, Takano T, **Morimoto N**, Ishida H. 2017. A new species of *Mioeuoticus* (Lorisiformes, Primates) from the early Middle Miocene of Kenya. *Anthropol Sci* 125:59-65.
6. Tsubamoto T, Kunimatsu Y, Sakai T, Saneyoshi M, Shimizu D, **Morimoto N**, Nakaya H, Nakatsukasa M. 2017. Listriodontine Suid and Tragulid Artiodactyls (Mammalia) from the Upper Miocene Nakali Formation, Kenya. *Paleontol Res* 21:347-357.
7. *Morita W*, **Morimoto N***, Kunimatsu Y, Mazurier A, Zanolli C, Nakatsukasa M. 2017. A morphometric mapping analysis of lower fourth deciduous premolar in hominoids: Implications for phylogenetic relationship between *Nakalipithecus* and *Ouranopithecus*. *C R Palevol* 16:655-669. *equal contribution
8. Morita W*, **Morimoto N***, Ohshima H. 2016. Exploring metameric variation in human molars: a morphological study using morphometric mapping. *J Anat* 229:343-355. *equal contribution
9. Tajika A, **Morimoto N**, Wani R, Naglik C, Klug C. 2015. Intraspecific variation of phragmocone chamber volumes throughout ontogeny in the modern nautilus *Nautilus* and the Jurassic ammonite *Normannites*. *PeerJ* 3:e1306.
10. **Morimoto N**, Suwa G, Nishimura T, Ponce de León MS, Zollikofer CPE, Lovejoy CO, Nakatsukasa M. 2015. Let bone and muscle talk together: a study of real and virtual

dissection and its implications for femoral musculoskeletal structure of chimpanzees. *J Anat* 226:258-267.

11. **Morimoto N.** What could hominoid fetuses tell us about human evolution? *The Anatomical Record* 301: 970-972.

〔学会発表〕(計22件)

1. **Morimoto, N.**, Ponce de León, M., Golovanova, L., Doronichev, V., Akazawa, T., Kondo, O., Zollikofer, C.P.E., 2019. Similarities and differences of femoral diaphyseal ontogeny in modern humans and Neanderthals, The 88th Annual meeting of the American Association of Physical Anthropologists, Cleveland, US.
2. **森本直記**, Ponce de León M, Golovanova L, Doronichev V, 赤澤威, 近藤修, Zollikofer CPE. 2018. ネアンデルタールとサピエンス：大腿骨のマクロ形態の発生パターンの比較. 第72回日本人類学会大会. 静岡県三島市.
3. **森本直記**, Ponce de León M, Zollikofer CPE. 2017. ヒトにおける大腿骨形態の出生から老年期までの成長変化. 第71回日本人類学会大会. 東京都.
4. **森本直記**. 2016. マクロ形態の発生：ヒトと大型類人猿の長骨形態とロコモーション. 第70回日本人類学会大会. 新潟県新潟市.
5. **森本直記**. 2015. ヒト・現生大型類人猿における大腿骨骨幹形態の成長比較. 第69回日本人類学会大会. 東京都.
6. Morita, W., **Morimoto, N.**, Kono, R.T., Suwa, G., 2019. Metameric variation of upper molars in extant hominoids, The 88th Annual meeting of the American Association of Physical Anthropologists, Cleveland, US.
7. Morita W, **Morimoto N**, Jernvall J. 2018. A morphometric mapping analysis of mice molar morphology. JOINT MEETING 6th International Conference of Rodent Biology and Management & 16th Rodens et Spatium. Potsdam, Germany.
8. 森田航, **森本直記**, 河野礼子, 諏訪元. 2017. ヒトと現生大型類人猿における大白歯間変異の定量化. 第122回日本解剖学会総会・全国学術集会. 長崎.
9. 森田航, **森本直記**, 大津圭史, 三浦岳. 2017. 臼歯形態のストライプ・スポット・セレクション. 第71回日本人類学会大会. 東京都.
10. 小林諭史, **森本直記**, 西村剛, 山田重人, 中務真人. 2017. ヒトおよび現生大型類人猿の四肢の相対成長. 第33回日本霊長類学会大会. 福島県福島市.
11. Tajika A, **Morimoto N**, Wani R, Klug C. 2017. Patterns of intraspecific variation in cephalopods - new data from 3D morphometry of *Nautilus* shells. GSA meeting. Seattle, Washington, US.
12. Morita W, **Morimoto N**, Ohshima H. 2016. Testing odontogenetic models in human molars: quantifying metameric variation by morphometric mapping. Tooth Morphogenesis and Differentiation 2016. Porvoo, Finland.

13. 森田航, **森本直記**, 國松豊, Mazurier A, Zanolli C, 中務真人. 2016. ナカリピテクスとウーラノピテクスの系統関係: 形態地図法による下顎第2乳臼歯の形態解析. 第70回日本人類学会大会. 新潟県新潟市.
14. 中務真人, **森本直記**, 小林諭史. 2016. ラミダス猿人における手根中央関節の形態学的研究. 第70回日本人類学会大会. 新潟県新潟市.
15. 小林諭史, 中務真人, **森本直記**. 2016. ヒトとチンパンジーの四肢プロポーション成長比較. 第70回日本人類学会大会. 新潟県新潟市.
16. 西村剛, **森本直記**, 伊藤毅. 2016. ヒヒ族の顔面形状のアロメトリーと系統間差異. 第70回日本人類学会大会. 新潟県新潟市.
17. 田近周, **森本直記**, 和仁良二. 2016. 現生オウムガイ, ジュラ紀アンモナイト *Normannites* における気室体積の種内変異. 日本古生物学会第165回例会. 京都府京都市.
18. 中務真人, 小林諭史, **森本直記**. 2015. チンパンジーにおける胎児・乳児期の体プロポーション成長. 第69回日本人類学会大会. 東京都.
19. 森田航, **森本直記**, 河野礼子, 佐々木智彦, 諏訪元. 2015. 形態地図法によるヒト・現生大型類人猿大臼歯の形態解析. 第69回日本人類学会大会. 東京都.
20. 森田航, **森本直記**, 大島勇人. 2015. ヒト上顎大臼歯の形態変異: 形態地図法による定量化. 第61回東北・北海道連合支部学術集会. 盛岡.
21. Morita W, **Morimoto N**, Ida-Yonemochi H, Ohshima H. 2015. Quantitative analysis in mouse lower molars by means of morphometric mapping. Tripartite Conference on Tooth and Bone: Development & Regeneration. Narita, Japan.
22. Morita W, **Morimoto N**, Ida-Yonemochi H, Takeuchi K, Igarashi M, Ohshima H. 2015. Linking genotype to phenotype in mice molars by means of morphometric mapping. The 120th Annual Meeting of The Japanese Association of Anatomists. Kobe, Japan.

〔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:

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：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6．研究組織

(1)研究分担者
該当しません

(2)研究協力者
研究協力者氏名：Christoph Zollikofer
ローマ字氏名：クリストフ・ゾリコファー

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。