

平成 22 年 4 月 14 日現在

研究種目：基盤研究（A）
 研究期間：2007～2009 年度
 課題番号：19207019
 研究課題名（和文） アフリカ人類・類人猿化石の高精細 CT データの取得と比較形態解析
 研究課題名（英文） Comparative morphological study of African hominid/hominoid fossils by using high-resolution computed tomography
 研究代表者
 中務 真人（NAKATSUKASA MASATO）
 京都大学・大学院理学研究科・教授
 研究者番号：00227828

研究成果の概要（和文）：本研究は、初期人類の進化史研究上、最も重要な調査地である東アフリカのエチオピアとケニアにおいて、国外持ち出しが容易ではない貴重化石資料を小型 CT により精密撮影し、化石類人猿から人類への進化の様相を新しい視点から解明することを目的とした。研究対象は、エチオピアでは、ラミダス猿人、カダバ猿人、チョローラピテクス、ケニアではホモ・ハビリス、ナカリピテクス等の化石人類、類人猿であった。この研究により、化石ヒト科、ヒト上科の顎骨、歯牙内部構造についての新しい情報を論文発表した。また、ラミダス猿人の骨格の三次元的仮想復元も行った。

研究成果の概要（英文）：This project aimed to analyze internal structure of fossil teeth and bones of Miocene hominoids and early hominids in Ethiopia and Kenya, those which are difficult to loan abroad for study, by means of portable high resolution micro-CT equipment. We scanned fossils of *Ardipithecus* spp., *Chororapithecus* in Ethiopia, and *Homo habilis* and *Nakalipithecus* in Kenya. The outcome was published in papers of gnatic/dental internal structure of these hominids/hominoids as well as virtual reconstruction of an *Aramidus* skeleton.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	21,000,000	6,300,000	27,300,000
2008 年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2009 年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
年度			
年度			
総計	28,500,000	8,550,000	37,050,000

研究分野：自然人類学

科研費の分科・細目：人類学・自然人類学

キーワード：化石、進化、ヒト科、ヒト上科、アフリカ

1. 研究開始当初の背景

東アフリカの大地溝帯地域にあるエチオピアとケニアは、人類を生み出すに至った類

人猿と初期人類の化石を多数産出し、これらの進化史を研究する上で、最も重要な場所である。こうした貴重な化石資料は、保管上の

問題などのため、原産地国から海外への移動が厳しく制限されている。近年、化石研究においては、コンピューター断層撮影 (CT) による内部構造の解析や化石化の過程で発生した歪みの仮想修正の重要性が高くなっている。しかしながら、これらの国では、経済的問題から、こうした分析を行える施設の整備が遅れ、化石の研究を発展させる制約となっている。そこで、本研究は、運搬可能な小型 CT 装置を化石の産出国に移送し、現地で化石資料の計測を行うことを計画した。それによって得られる新しい情報は、化石類人猿から人類への進化の様相をより精細に解明することを可能にすると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、中新世類人猿から初期人類にいたる人類系統の進化過程を、歯牙と四肢骨の内部特徴から分析していくことであった。歯のエナメル質は歯が形成されて以降は再生しないため、その分布（厚さ、凹凸などの形状）は、その種の食性に深く関わっていると考えられる。非破壊的にエナメル質の分布を調べることができれば、破断面を持たない貴重な完形資料を研究に用いることが可能になる。また、骨の関節内部にある海綿骨の骨梁は、関節に加わる負荷の様式を反映して、太さ、方向、結合性を変化させることが実験的に示されている。骨は外力によって、一定の範囲で形態を変化させるが、海綿骨は骨の外部にある緻密骨に比べ、変化速度が速く、局所的な負荷環境をより強く反映する。したがって、海綿骨を構成する骨梁構築特性を比較することで、運動行動をより精緻に復元することが可能である。

これらの点に注目し、中新世から鮮新世にかけての化石類人猿・人類の適応についてより精度の高い分析を行った。

3. 研究の方法

ストラテック社（ドイツ）製の小型 CT 撮影装置をケニア国立博物館（ナイロビ）とエチオピア国立博物館（アディスアベバ）へ移送し、博物館所蔵の化石標本を撮影した。得られた画像データは、Analyze (Mayo Clinic 製) 等の画像ソフトウェアで、立体再構築、変形の修復、面積、体積等の計測を行った。

ケニア国立博物館では、ナカリピテクス・ナカヤマイの全遊離歯標本と下顎骨に釘植した臼歯、ナチャラピテクス・ケリオイの大白歯標本 11 点を含む、40 点を超える化石類人猿遊離歯、OH7 ホモ・ハビリス手骨 11 点を完全連続断層撮影した。解像度は 50 マイクロメートル立方体ボクセルであった。エチオピア国立博物館では、57 点のアルディピテク

ス・ラミダスの手骨、足骨、アウストラロピテクス・アナメンシスとアウストラロピテクス・アフレンシスの手足の骨、各 1、アルディピテクス・カダバの歯 1 点、顎骨 1 点、その他、アウストラロピテクス・エチオピクス、アウストラロピテクス・ボイセイ、初期ホモ属などの歯、顎骨化石を計測した。撮影解像度は、手足では 150 マイクロメートルの立方体ボクセル、歯は 80 マイクロメートルボクセルであった。下顎は小さい資料は手足と同じ撮影パラメータで、大きい資料は 300 マイクロメートルボクセルで計測した。

他、これらと比較するための現生霊長類の参照資料を多数計測した。

4. 研究成果

ナカリピテクス・ナカヤマイの大白歯エナメル象牙境の形態をほぼ同時代のケニアから発見されているサンプルピテクス・キプタラミのものと比較し、両者が区別できることを示した。ナカリピテクスの象牙角は低くそれらの間のベイスンは浅い。

前期から中期中新世のアフリカ化石類人猿の大白歯について、エナメル象牙境を立体再構築し、外エナメル表面の形態による系統解析とエナメル象牙境の形態による系統解析の比較を行った。

ホモ・ハビリスの手骨については、骨梁が明瞭に分離できることを確認した。OH7 が成人資料ではなく、骨端線の残っている、未成熟個体であることを明らかにした。負荷の影響が骨梁の再構築にどの程度の影響をもたらすかを、二足歩行の訓練を受けたニホンザルの寛骨で検証した。

アルディピテクス・ラミダス資料については、エナメル質の厚さを定量化し、系統比較に有効に結びつけた。また、変形の激しい資料を仮想復元し効果的な機能形態解析を行った。手足の仮想復元は、アルディピテクス・ラミダスが、ナックル・ウォークに関連する形質を欠いていたこと、一方で、内転した母趾の存在、縦足弓の欠如など、足には把握機能を残し、地上での二足歩行にとって特殊化の程度が低い状態であったことを明らかにした。アルディピテクス・ラミダスは従来知られていたアウストラロピテクス猿人よりも二足性の進化段階が遙かに低い人類であった。また、こうした分析結果は、人類とアフリカ類人猿の最後の共通祖先像は、ナックル・ウォークで地上を移動するアフリカ類人猿的なものではなく、特殊化の程度が低い樹上性の霊長類であった可能性を強く示唆する。

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 21 件) いずれも査読有

(1) M. Nakatsukasa, Y. Kunimatsu (2009) *Nacholapithecus* and its importance for understanding hominoid evolution. *Evolutionary Anthropology* 18, 103-119.

(2) T. D. White, B. Asfaw, Y. Beyene, Y. Haile-Selassie, C. O. Lovejoy, G. Suwa, G. WoldeGabriel (2009) *Ardipithecus ramidus* and the Paleobiology of early hominids. *Science* 326, 75-86.

(3) T. D. White, S. Ambrose, G. Suwa et al. (2009) Macrovertebrate paleontology and the Pliocene habitat of *Ardipithecus ramidus*. *Science* 326, 87-93.

(4) G. Suwa, B. Asfaw, R. T. Kono, D. Kubo, C. O. Lovejoy, T. D. White (2009) The *Ardipithecus ramidus* skull and its implications for hominid origins. *Science* 326, 68e1-e7.

(5) G. Suwa, R. T. Kono, S. Simpson, B. Asfaw, C. O. Lovejoy, T. D. White (2009) Paleobiological implications of the *Ardipithecus ramidus* dentition. *Science* 326, 94-99.

(6) C. O. Lovejoy, S. Simpson, T. D. White, B. Asfaw, G. Suwa (2009) Careful climbing in the Miocene: The forelimbs of *Ardipithecus ramidus* and humans are primitive. *Science* 326, 70e1-e8.

(7) C. O. Lovejoy, G. Suwa, L. Spurlock, B. Asfaw, T. D. White (2009) The pelvis and femur of *Ardipithecus ramidus*: The emergence of upright walking. *Science* 326, 71e1-e6.

(8) C. O. Lovejoy, B. Latimer, G. Suwa, B. Asfaw, T. D. White (2009) Combining prehension and propulsion: The foot of *Ardipithecus ramidus*. *Science* 326, 72e1-e8.

(9) C. O. Lovejoy, G. Suwa, S. Simpson, J. H. Matternes, T. D. White (2009) The great divides: *Ardipithecus ramidus* reveals the postcrania of our last common ancestors with African apes. *Science* 326, 100-106.

(10) M. A. McCollum, B. A. Rosenman, G.

Suwa, R. S. Meindl, C. O. Lovejoy (2010) The vertebrate formula of the last common ancestor of African apes and humans. *Journal of Experimental Zoology Part B* 314, 123-134.

(11) C. O. Lovejoy, G. Suwa, T. D. White (2010) Studying extant species to model our past. *Science* 327, 410-411.

(12) H. Nakaya (2008) Neogene environmental change and evolution of mammals. In: Y. J. Bae (ed) *Climatic Change and Biodiversity: Proceedings of International Symposium of the National Institute of Biological Research (NIBR)*, NIBR, Incheon, pp.111-122.

(13) M. Nakatsukasa (2008) Comparative study of Moroto vertebral specimens. *Journal of Human Evolution* 55, 581-588.

(14) V. Volpato, T. B. Viola, M. Nakatsukasa, L. Bondioli, R. Macchiarelli (2008) Textural characteristics of the iliac-femoral trabecular pattern in a bipedally trained Japanese macaque. *Primates* 49, 16-25.

(15) R. T. Kono, G. Suwa (2008) Enamel distribution patterns of extant human and hominoid molars: occlusal versus lateral enamel thickness. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science Series D* 34, 1-9.

(16) Y. Kunimatsu, M. Nakatsukasa, Y. Sawada, T. Sakai, M. Hyodo, H. Hyodo, T. Itaya, H. Nakaya, H. Saegusa, A. Mazurier, M. Saneyoshi, H. Tsujikawa, A. Yamamoto, E. Mbuu (2007) A new Late Miocene great ape from Kenya and its implications for the origins of African great apes and humans. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* 104, 19220-19225.

(17) M. Nakatsukasa, Y. Kunimatsu, Y. Nakano, N. Egi, H. Ishida (2007) Postcranial bones of infant *Nacholapithecus*: ontogeny and positional behavioral adaptation. *Anthropological Science* 115, 201-215.

(18) M. Nakatsukasa, M. Pickford, N. Egi, B. Senut (2007) Femoral length, body mass, and stature estimates of *Orrorin*

tugenensis, a 6 Ma hominid from Kenya. Primates. 48, 171-178.

(19) M. Nakatsukasa, Y. Kunimatsu, Y. Nakano, H. Ishida (2007) Vertebral morphology of *Nacholapithecus kerioi* based on KNM-BG 35250. Journal of Human Evolution 52, 347-369.

(20) G. Suwa, B. Asfaw, Y. Haile-Selassie, T. White, S. Katoh, G. WoldeGabriel, W.K. Hart, H. Nakaya, Y. Beyene (2007) Early Pleistocene *Homo erectus* fossils from Konso, southern Ethiopia. Anthropological Science 115, 133-151.

(21) G. Suwa, R.T. Kono, S. Katoh, B. Asfaw, Y. Beyene (2007) A new species of great ape from the late Miocene epoch in Ethiopia. Nature 448, 921-924.

[学会発表] (計 31 件)

2009 年度

(1) R. Kono, G. Suwa
Molar crown morphology and Enamel Distribution of the Extant Hominoids: Possible Links between Morphology and Diet. International Symposium on Paleoanthropology in Commemoration of the 80th Anniversary of the Discovery of the First Skull of Peking Man and The First Conference on Quaternary Research of Asia. 10月19日~23日. 北京. 中国.

(2) 河野礼子, 諏訪元
Pan 属 2 種の大臼歯三次元形状比較
第 63 回日本人類学会大会. 10月3日~4日.
シェーンバツハ・サボー、東京.

(3) N. Egi, M. Nakatsukasa, N. Ogihara
Does internal structure of limb bone articulations correlate with locomotor behavior? Observations on the distal humeri of primates and carnivorans.
第 69 回古脊椎動物学会大会. 9月23日~26日. ブリストル. イギリス.

(4) M. Nakatsukasa, E. Mbua, Y. Sawada, T. Sakai, H. Nakaya, Y. Kunimatsu,
Earliest colobine skeletons from the late Miocene of Kenya
第 2 回東アフリカ古人類学古生物学会議 (EAAPP). 8月16日~20日. アルーシャ. タンザニア.

(5) 國松豊, 中務真人, 沢田順弘, 酒井哲弥, 仲谷英夫

ケニア共和国ナカリ地域における 2008 年度発掘で見つかった後期中新世の小型狭鼻猿類
第 25 回日本霊長類学会. 7月18日~21日.
中部学院大学、各務ヶ原.

(6) 仲谷英夫, K. Uno, 國松豊, 中務真人, 酒井哲弥, 松居俊典
後期中新世ケニア産有蹄類化石類歯のメゾウェア解析
日本地球惑星科学連合 2009 年大会. 5月16日~21日. 幕張メッセ国際会議場、千葉.

(7) M. Nakatsukasa, T. Ikarashi, D. Shimizu, M.F. Teaford, P.S. Ungar, Y. Kunimatsu
Adaptations of *Microcolobus* discovered from Nakali, Kenya
第 78 回アメリカ形質人類学会. 4月2日~4日. シカゴ. アメリカ.

2008 年度

(8) 中務真人
人類誕生をめぐる古人類学研究の現況
人類形態科学研究会第 21 回学術集会. 3月27日. 岡山理科大学、岡山.

(9) 諏訪元
チョローラ出土の類人猿化石とヒト科の分岐について
京大霊長類研究所ホミニゼーション研究会.
3月14日~15日. 京都大学霊長類研究所、犬山.

(10) 仲谷英夫, K. Uno, 國松豊, 中務真人, 酒井哲弥, 松居俊典
後期中新世ケニア産ウシ科 (偶蹄目) 化石類歯のメゾウェア解析
日本古生物学会第 158 回例会. 1月30日~2月1日. 琉球大学、沖縄.

(11) G. Suwa, B. Asfaw, Y. Beyene
New paleoanthropological finds from the Chorora Formation.
International Conference on Paleoanthropology, Paleontology and Archaeology in Ethiopia. 1月12日~24日.
アジスアベバ. エチオピア.

(12) 河野礼子, 諏訪元
ボイセイ猿人の大臼歯のエナメル質厚さと分布について
第 62 回日本人類学会大会. 11月1日~2日.
愛知学院大歯学部、名古屋.

(13) 諏訪元, 尾崎麦野, 河野礼子, B. Asfaw, Y. Beyene

コンソ遺跡群出土ボイセイ猿人のマイクロウェアについて

第62回日本人類学会大会. 11月1日~2日. 愛知学院大歯学部、名古屋.

(14) K. T. Uno, T. E. Cerling, M. Nakatsukasa, H. Nakaya, Y. kunimatsu
Stable carbon and oxygen isotope ratios of fossil tooth enamel from Nakali and the Samburu Hills, Kenya: Capturing the C-3-C4 transition in East African equid diet at ~9.5 Ma

第68回古脊椎動物学会大会. 10月10日~13日. クリーブランド. アメリカ.

(15) H. Nakaya, K. Uno, A. Fukuchi, Y. Kunimatsu, M. Nakatsukasa

Late Miocene Paleoenvironmental change of Hominoid Evolution in Sub-Saharan Africa - Mesowear analysis of Hipparion (Equidae, Perissodactyla) cheek teeth from Kenya-
第68回古脊椎動物学会大会. 10月10日~13日. クリーブランド. アメリカ.

(16) N. Egi, T. Tsubamoto, H. Nakaya, Y. Kunimatsu, M. Takai

Carnivores from the Pondaung (Myanmar) and Krabi (Thailand) faunas: Change of taxonomic diversity in the Middle to Late Eocene of Southeast Asia.

第68回古脊椎動物学会大会. 10月10日~13日. クリーブランド. アメリカ.

(17) H. Nakaya, Y. Kunimatsu, M. Nakatsukasa, H. Saegusa, A. Fukuchi, K. Uno, H. Tsujikawa, T. Sakai, Y. Sawada
Late Miocene paleoenvironmental change of hominoid sites in Kenya: Mesowear analysis of Hipparion cheek teeth

第33回国際地質学会議. 8月5日~14日. オスロ. フィンランド.

(18) 諏訪元

霊長類学はヒトの見方をどう変えたか: 化石の記録から探る

第24回日本霊長類学会. 7月4日~6日. 明治学院大学、東京.

(19) 仲谷英夫, 國松豊, 中務真人, 三枝春生, 福地亮, 辻川寛, 酒井哲弥, 澤田順弘
後期中新世ヒッパリオン(ウマ科、奇蹄目、哺乳綱)臼歯のMesowear解析による古環境変遷の復元

日本惑星地球科学連合2008年大会. 5月25日~30日. 幕張メッセ国際会議場、千葉.

(20) 中務真人, 國松豊, 仲谷英夫, 酒井哲

弥, 澤田順弘

ナカリピテクスの運動様式

日本アフリカ学会第45回学術大会. 5月22日~25日. 龍谷大学、京都.

(21) 國松豊, 中務真人, 山本亜由美, 清水大輔, 仲谷英夫, 酒井哲弥, 澤田順弘
ケニア共和国ナカリ出土の旧世界ザル化石
日本アフリカ学会第45回学術大会. 5月22日~25日. 龍谷大学、京都.

(22) M. Nakatsukasa

Morphological study of the Moroto vertebral remains

第77回アメリカ形質人類学会. 4月2日~8日. コロンバス. アメリカ.

2007年度

(23) M. Nakatsukasa

Locomotor adaptations of Nakalipithecus ROHI Workshop: Workshop on the Late Miocene Hominoids of Southern Eurasia and Africa.

3月28日~29日. テッサロニキ. ギリシア.

(24) G. Suwa, B. Asfaw

Chororapithecus and its significance to hominoid evolution

ROHI Workshop: Workshop on the Late Miocene Hominoids of Southern Eurasia and Africa. 3月28日~29日. テッサロニキ. ギリシア

(25) 中務真人, 國松豊, 仲谷英夫, 辻川寛, 山本亜由美, 酒井哲弥, 實吉玄貴, 澤田順弘

ケニア、ナカリ地域における最近の発掘成果
第61回日本人類学会大会. 10月6日~8日. 日本歯科大学新潟生命歯学部、新潟.

(26) 諏訪元, 河野礼子

チョローラピテクスの発見: 類人猿とヒトの分岐年代の再検討は必要か?

第61回日本人類学会大会. 10月6日~8日. 日本歯科大学新潟生命歯学部、新潟.

(27) 河野礼子, 諏訪元

チョローラピテクス大白歯形状の機能形態解析

第61回日本人類学会大会. 10月6日~8日. 日本歯科大学新潟生命歯学部、新潟.

(28) 仲谷英夫, 國松豊, 中務真人, 三枝春生, 辻川寛

後期中新世ケニア産ヒッパリオン類歯のメゾウェア解析とその古環境推定

日本古生物学会2007年年会. 6月29日~7

月1日。大阪市立大学、大阪。

(29) M. Nakatsukasa, Y. Kunitatsu, Y. Sawada, H. Nakaya, T. Sakai, E. Mbua
Recent development of
paleoanthropological research in Nakali
第1回東アフリカ古人類学古生物学会議
(EAAPP)。6月18日～20日。ケニア国立博
物館、ナイロビ。ケニア。

(30) 國松豊, 中務真人, 仲谷英夫, 辻川寛,
山本亜由美, 酒井哲弥, 澤田順弘
ナカリ(ケニヤ)出土の新しい小型狭鼻猿化
石
第44回日本アフリカ学会。5月26日～27日。
長崎大学、長崎。

(31) 仲谷英夫, 國松豊, 中務真人, 三枝春
生, 辻川寛
ケニア産後期中新世ヒッパリオン化石臼歯
の Mesowear による環境復元(予報)
-ウマの歯の咬耗からみたヒト上科進化の古
環境-
第44回日本アフリカ学会。5月26日～27日。
長崎ブリックホール、長崎。

[図書] (計1件)

Y. Haile-Selassie, G. Suwa, T. D. White
(2009) Hominidae. In: Haile-Selassie Y and
WoldeGabriel G (eds) *Ardipithecus*
kadabba: Late Miocene Evidence from the
Middle Awash Valley. University of
California Press, Berkeley, pp. 159-236.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中務 真人 (NAKATSUKASA MASATO)
京都大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号: 00227828

(2) 研究分担者

諏訪 元 (SUWA GEN)
東京大学・総合研究博物館・教授
研究者番号: 50206596
仲谷 英夫 (NAKAYA HIDEO)
鹿児島大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号: 20180424
(H20)

(3) 連携研究者

()

研究者番号: