

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 5日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2009～2011

課題番号：21255005

研究課題名（和文）エチオピアにおける人類と類人猿化石の探索と進化的意義に関する研究

研究課題名（英文）Paleoanthropological research on hominid and other hominoid fossils in Ethiopia

研究代表者

諏訪 元（GEN SUWA）

東京大学・総合研究博物館・教授

研究者番号：50206596

研究成果の概要（和文）：本研究では、チョローラ地区（エチオピア）の古人類学調査を進め1000万年前ごろの類人猿の歯牙化石を複数発見し、その年代学的枠組みを確立し、またラミダス化石の進化形態学的解析と解釈を進めた。コンソ遺跡群関連の調査研究では、アシュール型石器の年代学的枠組みを更新し、同遺跡群の動物相全般にわたる安定同位体分析により古環境変遷と各分類群の適応様式を検討した。

研究成果の概要（英文）：In this study we conducted field research at the Chorora Formation sites (Ethiopia) resulting in the recovery of further *Chororapithecus* fossils. We also advanced our analysis and interpretations of the *Ardipithecus ramidus* fossils. Finally, we revised the Konso Formation chronostratigraphy of the early Acheulean sites and conducted stable isotope analysis of the Konso Formation fauna.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	13,400,000	4,020,000	17,420,000
2010年度	11,700,000	3,510,000	15,210,000
2011年度	11,900,000	3,570,000	15,470,000
年度			
年度			
総計	37,000,000	11,100,000	48,100,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：人類学・自然人類学

キーワード：初期人類化石、類人猿化石、人類進化、古環境、エチオピア

## 1. 研究開始当初の背景

申請代表者は、1980年代以来形成してきたエチオピアにおける共同研究基盤に基づき、主として二つの野外調査を推進してきた。一つは、ホモ属の出現ならびにそれ以後の人類進化に関わるエチオピア南部コンソ遺跡群の調査であり、もう一つは2005年に開始し、中新世の化石類人猿の発見に至ったチョローラ地区の調査である。また、より広い国際共同研究の一環として、様々な初期人類化石

の発見に携わり、新種 *Ardipithecus ramidus*、*Australopithecus garhi*、*Ar. kadabba* の形態研究を推進してきた。特に、1992年のラミダス (*Ar. ramidus*) の発見以来、着実に蓄積されてきたエチオピア産の化石資料の形態解析に従事してきた。本研究では、エチオピアにおける上記共同研究体制に立脚し、アフリカ類人猿と人類の系統それぞれの起源、アルディピテクス・ラミダス等初期の人類の進化適応様式、初期ホモ・エレクトスごろまで

の人類進化と古環境変遷のそれぞれの理解を向上することを目的とし、現地調査と標本資料の比較分析を計画した。

## 2. 研究の目的

(1) 申請者らは2006～2007年にチョローラ地区で1000万年前以前と思われる類人猿の歯牙化石9点を発見し、チョローラピテクスと命名した。臼歯の形態特徴からゴリラの系統に属すると結論したが、この仮説は今のところ必ずしも受け入れられていない。本研究では、チョローラピテクスの発見地ならびに周辺露頭の現地調査を進め、新たな類人猿化石の発見を目指す。また、チョローラピテクスの年代は、先行研究の年代情報に基づき1000～1050万年前ごろと推定してきたが、本研究では地質年代学的調査を新たに実施し、既存の年代観を再評価しながら高精度の年代学的枠組みを構築する。

(2) 人類の起源期から初期の進化については、1990年代初頭から2000年代にかけて、440万年前のラミダスはじめ600万年前ごろまでの人類化石が知られるようになった。しかし、発表されてきた化石資料は限られており、アウストラロピテクス以前の最初期の人類像はほとんど議論されてこなかった。申請代表者は、国際共同チームの一員として、ラミダスに関わる進化古生物学的研究を本研究の一環として継続的に進める。

(3) ホモ属の出現ならびにそれ以後の人類進化については、地球規模の気候変動と古環境変遷の影響が特に論じられてきた。申請者らはコンソ地区の資料を中心に、170万年前ごろに起こったとされている乾燥化イベント前後の哺乳動物相に関する調査を進めてきた。本研究では、コンソ遺跡群の調査を再開すると共に、哺乳動物相全体の環境適応構造の解明を進め、東アフリカにおける広域的な人類進化史の理解に寄与する。

## 3. 研究の方法

(1) チョローラ地区の調査では2007年の類人猿化石サイトを調査し、適宜発掘する。今までの調査では、類人猿化石はごく少数の哺乳動物化石と共に上位層準から出土していた。そこで、同様の層準に焦点をあてたサーベを周辺地域で系統だつて行う。また、チョローラ層全体の火山灰層序、古地磁気層序と年代を明らかにするための露頭調査を実施し、火山岩、火山灰、古地磁気サンプルを採取し、それぞれの分析を進める。年代測定は、カリウム・アルゴンとアルゴン・アルゴン法による。

(2) ラミダス関連の化石研究では高精度レプリカと特定標本のデジタル形態情報の双方を用いて継続的に比較解析を進める。復元頭骨等については3次元成型機を用いてモ

デルを作成し、形態解析の補助とする。毎年エチオピア国立博物館にて実物化石から必要データを適宜取得すると共に、国際チームによる新発見化石の基礎評価に従事する。

(3) コンソ遺跡群では2001年に系統だった表面採集調査を一端終了し、地質調査は2003年まで継続し、その後は現地調査が中断している。本研究においては、古生物資源マネジメントの視点から露頭状態を確認し、また層序等の不明点解決のための調査を適宜実施し、コンソ地区全体の層序年代学的枠組みの更新を行う。古環境研究としては、同位体分析資料を新たに採取し、哺乳動物相全体について解析を進める。また、断片的な古環境情報をより適切に理解するためには、連続した古環境記録との照合が重要である。このための有効手段としては、湖性堆積物のコアサンプルを確保することが望ましい。本研究では、コンソ地区近隣のチャモ湖堆積層について予察的コア調査を実施し、その将来ポテンシャルを確認する。

## 4. 研究成果

(1) チョローラ地区の調査をまずは2009年度に実施した。結果、以前に類人猿化石を産出したBeticha露頭の表層堆積層からチョローラピテクス化石の破片を追加発見した。そのため、2009年度と2010年度に表層堆積物の網羅的な発掘調査を実施し、チョローラピテクスの歯の化石を20点(片)得ることができた。この中には、計測可能な完全に近い臼歯と小臼歯の歯冠7点が含まれ、チョローラピテクスを今まで以上に効果的に評価することが可能となった。これらの化石標本は、1000万年前ごろの既存化石資料を格段に充実するものであり、チョローラピテクスのゴリラ系統説の検証に大きく寄与することが期待される。目下詳細な形態評価を進行中である。

また、2009～2011年の各年度に周辺地域のサーベ調査を進め、化石採集地点を新たに6地点特定した(従来は3地点)。発見・採集した同定可能標本は合計141点となり、チョローラピテクス化石以外にも霊長類化石5点を発見することができた(オナガザル科化石4点、同定不明類人猿化石1点)。

地質調査では、チョローラピテクスを産出したBeticha露頭と先行研究の模式露頭地区を重点的に再調査すると共に、他の複数の近隣地点の層序を確立し、岩相比較、火山灰層序、古地磁気層序の結果を合わせ、地点間の対比を確立した。また、化石産出層準を含む堆積層の上下に接する火山岩、さらには堆積層内の火山岩と火山灰の年代を測定した。結果、従來說と有意にことなる、より精密な年代学的枠組みを構築することができた。これらの成果により、チョローラピテクス自身の

年代の再評価をまもなく完了し、形態情報と合わせて今後発表する。

東アフリカの 1000 万年前ごろの動物相は良く知られていないため、また、中でも同時代の霊長類化石が稀少かつ貴重であるため、今回の成果は予想をはるかに上回るものと位置づけできる。

(2) ラミダス化石の研究では、頭骨標本の 3次元形態復原の最終確認と全身にわたる形態評価に従事し、これらの成果を踏まえた複数の論文発表を 2009 年中に実現した。これにより、また 2009 年の論文発表後の検討により、人類と類人猿の共通祖先像ならびにラミダスからアウストラロピテクスへの移行の進化古生物学的意義について仮説構築し、複数の学会発表ならびに和文の概説論考として出版した。

また、2009 年の論文発表後にラミダスの系統的位置と古環境復元について特に疑義が提示されたため、データ再解析を実施しながら既発表仮説が依然支持されることを確認し、論文にて回答した。また、大腿骨近位部の筋附着形状の骨ならびに進化学的解釈について異論が提示されたため、現生チンパンジーの筋骨格特徴を新たに調査し、既発表の記載と解釈が基本的に支持されることを再確認した。この点について、若干の問題を解決した上で論文としてまとめた（審査中）。

また、2010 年以後に発見された新規ラミダス化石について、基礎的な同定ならびに比較評価に従事し、特に犬小臼歯複合体と足骨の化石について 2009 年の発表を補強する新たな知見を得ることができた（今後、国際チームにより順次発表予定）。

(3) 南部地溝帯コンソ遺跡群関連の調査では、その形成史の理解を更新する目的で、チャモ湖南端の湖畔にて電気探査と手動掘削による堆積層調査を実施した。その結果、堆積層の厚さ推定と放射性炭素年代測定に基づく堆積速度の推定により、チャモ湖の形成が大方更新世中後期であることが示唆された。この結果により、コンソ層形成時（200 万～120 万年前）には堆積盆は南方のコンソ地区に限られ、その後地溝帯の沈降が北方に移動しチャモ湖が形成されたとの仮説が成り立つ。

コンソ遺跡群の調査では、2010 年度に現地調査を実施し、主要な化石地点 2 地点において浸食の影響を確認し、従来のコレクションを補う目的で若干の化石収集を行った。また、新露頭地点を発見し、ここにおいて系統だった動物化石収集を実施した。新地点では火山灰資料を採集し、それまでに対比が難しかった 150～160 万年前のコンソ内の火山灰層序の確立に資することを期待したが、分析結果

ではより上位の層準と判明した。一方、火山灰と古地磁気資料の分析を進め、コンソ内ならびにケニアのトゥルカナ地区との間の対比を進めた。その結果、コンソにおける最古のアシューレアン型石器群（KGA6-A1）は、トゥルカナ地区の～175 万年前のもの（2011 年夏に世界最古の例として Nature 誌に発表された）と有意に異ならない年代であることが示された。また、それより上位の層準では、トゥルカナ地区との間に新たに 3 つの火山灰層を対比することができた。特に 160～165 万年前の Morutot 火山灰の有力候補がコンソに存在することが判明した。コンソでは 155～165 万年前にわたる一連の整合的な  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  年代値が得られており、その中の下位の火山灰層が Morutot の対比候補と特定された。コンソでは、この火山灰層周辺に短い正帯磁層準が確認されており、ギルサ・イベントやステージ 54 イベントに対比される可能性が高い。以上により、今までは不明な点が多かったコンソ層中位の年代学的枠組みを大幅に改善することができ、170～175 万年前ごろの最古のアシューレアン型石器を含むコンソ遺跡群の石器群集全体について年代学的枠組みを大方決定することができた。

コンソ遺跡群関連の古環境研究としては、コンソ層の哺乳動物相全般にわたるエナメル質の安定同位体分析とウマ科化石の臼歯の磨耗（mesowear）に関する研究を進めた。約 130 サンプルを新たに採取、分析し、以前の解析結果の問題点を解決すると共に、コンソの動物相全体について比較解析を進めた。まずは、 $d^{13}\text{C}$  と  $d^{18}\text{O}$  値が生態系全体から予想される範囲を網羅し、従って続成作用の影響が十分小さく、有効な評価が可能であることを確認した。分類群ごとの相対頻度におおよそ合わせて分析試料を採取したため、分析試料全体の安定同位体値の分布は当時の動物相の食性利用の全体傾向をおおよそ表している。 $d^{13}\text{C}$  値の分布は 1‰～2‰に高いピークを示し、主要ロカリティーごとの総平均値はおおよそ 0.5～1.0‰程度と推定された。これらの結果は、コンソ遺跡群の動物相が草原サバンナ適応種を中心に構成されていることを示している。

コンソの 190 万年前（KGA4）と 140 万年前（KGA10）の動物相を比較すると、カバなど安定水源に依存すると思われる分類群の  $d^{18}\text{O}$  値がわずかながら KGA10 において高く、乾燥傾向は KGA4 と KGA10 で同等か後者において強いことが示唆された。この結果は、以前のウシ科の  $d^{18}\text{O}$  値による乾燥度の解釈（KGA4 の Alcelaphini の  $d^{18}\text{O}$  値が高いのでより乾燥）と異なるものであり、その見直しが必要と思われる。今回は、ウマ属においても Alcelaphini と同様な傾向がみられたことから、grazer 適応の性質次第では、乾燥化に伴い飲水による

水分補給の割合が増すなど、むしろ  $d^{18}O$  値が低くなるとの解釈が考えられる。今回はウマ科の mesowear を調査したが、KGA10 のほうが磨耗促進環境にあったとの結果であり、KGA10 が KGA4 よりも乾燥環境にあったとの仮説が支持される。

ヒッパリオ属 (Hipparion) とウマ属 (Equus) の比較では、Hipparion の graze 率 ( $d^{13}C$  値) がより高く、mesowear の結果もこれと整合する (Hipparion のほうが Equus より grazer 特徴が強い)。次に、同一臼歯内の複数のサンプル間 (高さ方向に一定間隔で採取) の  $d^{13}C$  値差を見ると、Equus よりも Hipparion で大きい。これは Hipparion のやや高い  $d^{13}C$  値が graze 率の季節的增加に起因する可能性を示唆するものである。また、 $d^{18}O$  値は Equus のほうが Hipparion より高く、ウシ科における Alcelaphini と Reduncini の相違と類似している。これらの結果は、ウマ科の中のニッチ分化を示唆する興味深いものである。

霊長類の少数標本の分析では、KGA10 の Theropithecus の個体は高い graze 率 (C4 率 >90%) を示し、小型のヒヒ族は mixed-feeding の傾向をはっきりと示している (C4 率 ~40%)。KGA10 のボイセイ猿人 2 個体はその中間に位置し、同種としては graze 率が低い範囲に相当する。また、ボイセイ猿人と類似した  $d^{13}C$  と  $d^{18}O$  値を示す他の動物種は、水辺環境に依存していると思われ browse 傾向を持つイノシシ類の数種であった。

## 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 15 件)

- ① 諏訪 元、人類起源への新たな視点、季刊考古学 118: 18-23 (2012) 査読なし
- ② 諏訪 元、ラミダスが解き明かす初期人類の進化的意義、季刊考古学 118:24-29(2012) 査読なし
- ③ Lovejoy CO, Suwa G, White TD、Response to comment on the paleobiology and classification of *Ardipithecus ramidus*. Science 328: 1105c1-2 (2010) 査読あり、DOI:10.1126/science.1184148
- ④ White TD, Ambrose S, Suwa G, WoldeGabriel G、Response to comment on the paleoenvironment of *Ardipithecus ramidus*. Science 328: 1105e1-3 (2010) 査読あり、DOI: 10.1126/science.1185466
- ⑤ White TD, Suwa Gほか (7名中6番) *Ardipithecus ramidus* and the paleobiology of early hominids. Science 326: 75-86(2009) 査読あり、DOI: 10.1126/science.1175802
- ⑥ White TD, Ambrose S, Suwa G ほか (21

名中3番) Macrovertebrate paleontology and the Pliocene habitat of *Ardipithecus ramidus*. Science 326: 87-93(2009)

査読あり、DOI: 10.1126/science.1175822

⑦ Suwa G ほか (5名中1番) Paleobiological implications of the *Ardipithecus ramidus* dentition. Science 326: 94-99 (2009)

査読あり、DOI: 10.1126/science.1175824

⑧ Suwa G ほか(6名中1番) The *Ardipithecus ramidus* skull and its implications for hominid origins. Science 326: 68e1-e7(2009)

査読あり、DOI: 10.1126/science.1175825

⑨ Lovejoy CO, Suwa G ほか (5名中5番) Careful climbing in the Miocene: The forelimbs of *Ardipithecus ramidus* and humans are primitive. Science 326: 70e1-e8 (2009)

査読あり、DOI: 10.1126/science.1175827

⑩ Lovejoy CO, Suwa G ほか (5名中2番) The pelvis and femur of *Ardipithecus ramidus*: the emergence of upright walking. Science 326: 71e1-e6 (2009)

査読あり、DOI: 10.1126/science.1175831

⑪ Lovejoy CO, Suwa G ほか (5名中3番)

Combining prehension and propulsion: the foot of *Ardipithecus ramidus*. Science 326: 72e1-e8 (2009)

査読あり、DOI: 0.1126/science.1175832

⑫ Lovejoy CO, Suwa G ほか (5名中2番) The great divides: *Ardipithecus ramidus* reveals the postcrania of our last common ancestors with African apes. Science 326: 100-106 (2009)

査読あり、DOI:10.1126/science.1175833

[学会発表] (計 14 件)

- ① G. Suwa, The hominid status of *Ardipithecus ramidus*. East African Association for Paleoanthropology and Paleontology, 2011年8月9日、アディスアババ (エチオピア)
- ② 仲谷英夫、エチオピア南部コンソ産ウマ科化石による前期更新世の古環境復元、日本アフリカ学会、2011年5月20日、弘前
- ③ 大出 悟、エチオピア南部コンソ産前期更新世ウマ科 (奇蹄目・哺乳綱) 化石のメゾウエア解析、日本古生物学会学術大会、2011年1月29日、高知
- ④ G. Suwa, Dentition of the early hominids, CARTA国際ワークショップ、2010年10月2日、San Diego (米国)
- ⑤ G. Suwa, The significance of *Ardipithecus ramidus* in understanding hominid divergence. International Primatology Society, 2010年9月14日、京都
- ⑥ S. Katoh, Silicic tephra layers of the late Miocene Chorora Formation in the

southeastern margin of the Afar Rift,  
Ethiopia. International Field Conference  
and Workshop on Tephrochronology,  
Volcanism and Human Activity、2010年5月  
10日、霧島

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

諏訪 元 (SUWA GEN)  
東京大学・総合研究博物館・教授  
研究者番号：50206596

### (2) 研究分担者

加藤 茂弘 (KATOH SHIGEHIRO)  
兵庫県立人と自然の博物館・自然環境評価  
研究部・主任研究員  
研究者番号：50301809

仲谷 英夫 (NAKAYA HIDEO)  
鹿児島大学・理工学研究科・教授  
研究者番号：20180424

米田 穰 (YONEDA MINORU)  
東京大学・大学院新領域創成科学研究科・  
准教授  
研究者番号：30280712

### (3) 連携研究者

兵頭 政幸 (HYODO MASAYUKI)  
神戸大学・内海域環境教育研究センター・  
教授  
研究者番号：60183919

河野 礼子 (KONO REIKO)  
国立科学博物館・人類研究部・研究官  
研究者番号：30356266