

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K18532

研究課題名（和文）三次元形態解析と機能分析を統合した原人・旧人石器の進化論的研究

研究課題名（英文）Morphometric and functional studies on stone artifacts made by archaic humans

研究代表者

佐野 勝宏（Sano, Katsuhiko）

東北大学・東北アジア研究センター・教授

研究者番号：60587781

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、原人から旧人へと進化する過程における技術発達のプロセスを解明するため、エチオピアのコンソ遺跡群から出土した約175万年前から85万年前のハンドアックスを分析した。ハンドアックスの三次元データの定量的な解析の結果、ハンドアックスの平面形状、側面形状、断面形状は、時間の経過とともに対称性が増していき、ハンドアックスの刃部に関しても、より新しい時期ほど直線的で鋭利な刃部へと変化することがわかった。また、コンソ遺跡で見つかった140万年前の長骨片を分析した結果、本資料がカバの大腿骨に二次加工を施してハンドアックス状に仕上げた人工物で、動物解体等の作業に使われたものと考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

コンソ遺跡群から出土したハンドアックスの三次元データの解析の結果、アシュールリアンのハンドアックスの三次元での対称性や刃部の直線度や鋭利度が、時間の経過と共に増していき、特に85万年前の段階でその傾向が顕著となるのが定量的なデータに基づいて確認できた点は重要である。また、骨製ハンドアックスの分析から、約140万年前のホモ・エレクトスの段階で、石だけでなく骨でも精巧な作りの道具を製作する卓越した技術を獲得していたことを示すことができた点は、人類の進化史研究において重要な意味を持つ。

研究成果の概要（英文）：We investigated Acheulean handaxes recovered from Konso, Ethiopia, spanning from ~1.75 Ma to 0.85 Ma in order to elucidate technological development from Homo erectus to Homo heidelbergensis. The morphometric analysis of 3D data of handaxes indicated that the symmetry of handaxes in outline, profile, and cross-section increased through time. Moreover, the straighter and sharper edges emerged at later Acheulean sites of Konso, in particular in ~0.85 Ma assemblages. A systematic technological and functional analyses of a 1.4 Ma bone handaxe from Konso indicated that edge damage, polish, and striae patterns are consistent with use in longitudinal motions, such as in butchering. This shows that refinement of flaking technology in the early Acheulean involved both stone and bone and provides additional evidence of the technological and behavioral sophistication of African H. erectus at that time.

研究分野：先史考古学

キーワード：考古学 人類学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

人類は、約 260 万年前に恒常的な石器製作を開始し、240 万年頃にホモ属へと進化した。約 180 万年前には、ホモ・エレクトスが東アフリカに現れ、ハンドアックス等の大型切断石器に代表されるアシュールリアン石器文化を生み出した。しかし、アシュールリアンは、その後 100 万年間以上に渡って存続するため、石器文化の停滞期と長らく捉えられてきた。

ところが、諏訪(分担者)等が行ったエチオピア・コンソ遺跡群(約 175 万年前～85 万年前)のアシュールリアン石器の調査研究により、アシュールリアンの人類は時間の経過と共に精巧な作りのハンドアックスを製作するようになっていくことがわかってきた(Beyene et al. 2013 PNAS; Beyene et al., 2015 *Konso-Gardula Research Project Volume 2. Archaeological Collection: Background and the Early Acheulean Assemblages.*)。コンソのアシュールリアン石器群を対象としたこれまで調査研究では、ハンドアックスの対称性と刃部の直線度が時間の経過と共に徐々に増していき、約 85 万年前には三次元での対称性を持つに至る事が定性的に確認された。ハンドアックスの形態の対称性や刃部の直線度の高まりは、高い機能性の追求や動物解体等の切断行為の高まりに起因することが予想されるが、このような石器の製作には、繊細な剥離コントロールと三次元での空間コントロールを可能にする技術と認知能力の発達を必要とする。したがって、このような東アフリカにおけるアシュールリアンの技術発達は、原人から旧人へと進化する過程における重要な技術的・認知的発達に関連している可能性が高いものと考えられた。

2. 研究の目的

本研究は、先行研究で捉えられてきたアシュールリアン石器群の技術発達に関連する傾向を定量的に証明するため、ハンドアックスの三次元データを解析する。その上で、実験使用痕分析に基づくハンドアックスの機能分析により、ハンドアックスの使用部位と機能を特定する。また、東アフリカにおいて原人から旧人の移行期とその前後を含む人類化石や当該期の動物相および古環境に関する基礎データの構築を進め、当該期の人類進化過程を評価する上で必要なデータを取得する。本研究は、以上の分析結果を総合的に考察することにより、原人から旧人へと進化する過程において認められる技術と認知能力の発達過程をより良く理解することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究は、ハンドアックスの三次元での対称性、ハンドアックスの刃の直線度と更に刃部の鋭利さを定量的に解析するため、ハンディー3D スキャナ Artec Spider でハンドアックスの三次元形態データを取得する。得られた三次元データは、三次元解析ソフト Geomagic Design X や Cloud Compare で画像処理および計測を行う。ハンドアックスの機能分析は、キーエンス・デジタルマイクロスコープ VHX-5000 を使用して行う。ハンドアックスの刃部をデジタルマイクロスコープを用いて 20～2000 倍で観察し、実験試料との比較検討から使用痕跡を検出し、ハンドアックスの使用部位と機能を特定する。これにより、ハンドアックスの刃の直線度・鋭利度および三次元での対称性と機能との関係を明らかにする。また、東アフリカにおける原人から旧人の移行期とその前後を含む人類化石や当該期の動物相および古環境に関する調査研究を進める。

分析対象は、エチオピア・コンソ遺跡群である。コンソ遺跡群は、諏訪等が長年調査研究してきた遺跡群で、約 175 万年前の世界最古のアシュールリアン石器群(KGA6-A1)の他、約 160 万年前(KGA4-A2)、約 140～125 万年前(KGA10-A11、KGA10-A6、KGA13-A1、KGA7-A1、KGA7-A3、KGA7-A2、KGA8-A1、KGA12-A1 など)、約 85 万年前(KGA18-A1、KGA20-A1/A2)のア

シュエリアン石器が膨大な数で出土している。これらの資料を分析することで、各編年段階における特徴の把握とその通時的変化を理解することができる。

4. 研究成果

コンソ遺跡群の各地点で出土したハンドアックスの三次元形態データをハンディー3D スキャナで取得した。取得した3次元データから、ハンドアックスの6面展開図を作成し、視覚的にその形態的特徴を捉えられるようにした。

ハンドアックスの対称性を定量的に評価するため、ハンドアックスの平面形状、側面形状、断面形状を Geomagic Design X で作出した。断面に関しては、基部、中心部、先端部の三箇所断面を作出した。これらのデータから、対称性のずれを面積にして求めた。その結果、約175～160万年前の段階(KGA6-A1、KGA4-A2)ではずれの面積が大きいのに対し、約140～125万年前の段階(KGA10-A11、KGA7-A1、KGA7-A3、KGA7-A2、KGA8-A1、KGA12-A1)ではその値が小さくなり、約85万年前(KGA18-A1、KGA20-A1/A2)では更にその値が小さくなることを確認することができた。

ハンドアックスの刃の直線度に関しては、刃部の先端と末端を結んだ直線からの実際の刃部縁辺までのずれの面積を計算した。ハンドアックスの刃の鋭利度に関しては、左右両側縁の刃部角度をそれぞれ基部、中心部、先端部で計測した。その結果、刃の直線度に関しては、175～160万年前の段階で大きかったずれの面積は、140～125万年前の段階で減少傾向にあり、85万年前の段階では面積が著しく小さくなることがわかった。刃部角に関しては、175～160万年前と140～125万年前では顕著な差は認められないものの、85万年前の段階でより鋭利になる傾向が確認された。

石器の実験使用痕に基づく機能分析に関しては、当初予定していた規模で実施することはできず、少数の資料を選択して行うにとどまった。選択した資料をデジタルマイクロスコープで観察したところ、多くの資料には埋没過程で形成されたと考えられる表面変化が認められ、使用痕跡の同定は困難であった。一部資料には発達した摩滅が認められ、何かしらの行為に使用された可能性が想定されたが、その評価は今後の課題である。一方、コンソ遺跡群で見つかった資料のうち、約140万年前のKGA13-A1地点で発見された骨製ハンドアックス(ZA1)に関しては、その希少性から重点的な分析を行った。

骨製ハンドアックスは、世界でもほとんど出土例がなく、100万年前を遡る資料は、タンザニアのオールドヴァイ渓谷の一例のみであった。しかも、オールドヴァイ渓谷の資料は、簡単な作りであるため、該期のホモ属が石以外の素材を用いて意図的にハンドアックスを製作していたかどうかは判然としていなかった。そこで、まずはKGA13-A1のZA1標本が、いかなる動物の長骨を素材としているのかを調べた。ゾウ、ケサイ、キリン、カバの現生標本の長骨と比較検討したところ、ZA1標本はカバの大腿骨である可能性が高いことがわかった。次いで、ZA1標本が人為的に加工されたものか否かを明らかにするため、当資料に認められる剥離痕の特徴を分析した。その結果、ZA1標本の剥離痕には、意図的な剥離時に形成されるネガティブバルブが多く認められる一方、アクシデンタルな破損時に多く発生する曲げ折れ剥離は少なかった。また、薄く奥まで伸びる剥離や交互剥離等、埋没過程では発生しにくい剥離パターンも認められた。以上のことから、ZA1標本は人為的に製作された骨製ハンドアックスと考えられることがわかった。

次いで、骨製ハンドアックスの使用痕分析を実施したところ使用の証拠も認められた。骨製ハンドアックスの右側縁は、両面に交互に形成された微小剥離痕が認められた。これは、切断等の刃部に並行な動作をした際にできる典型的な刃こぼれである。また、この微小剥離痕に付随して、

摩滅が認められ、特に先端部付近で摩滅が発達していた。これは、この刃部が対象物に集中的に接していたことを示唆する。更に、微小剥離痕や摩滅が認められた箇所を 200 倍以上の高倍率で観察すると、摩耗光沢や線状痕も認められた。摩滅、摩耗光沢、線状痕は、刃部の両面に発達しており、この刃部が並行方向に動かされたことを補強する。一方、線状痕の向きは、刃部に並行するものや斜めのものが主であるが、直交する向きの線状痕も僅かに認められた。このことは、この刃部が鋸引きのような切断行為のみに使われたのではなく、むしろ動物解体のような行為に使われたことを示している。以上の使用痕跡のパターンを総合すると、コンソの骨製ハンドアックスは、動物解体等の作業に使われたと考えられた。また、左側縁は摩耗等の痕跡は認められず、比較的鋭利な縁辺を残している点も、上記の痕跡が埋没過程で生じた疑似使用痕ではないことを裏付ける。

この成果は、骨製ハンドアックスが前期更新世にも作られていたことを示し、アフリカの該期のホモ・エレクトスが、石だけでなく骨でも精巧な作りの道具を製作する卓越した技術を獲得していたことを示す。本研究成果は、2020 年 7 月に Proceedings of the National Academy of Science of the USA (米国科学アカデミー紀要) から出版された。

コンソ遺跡群の年代層序と古環境などのコンテキスト情報について、190 万年前ごろから 90 万年間ごろまでの情報整備を進め、石器資料の時代変遷の背景を検討した。年代層序に関しては、年代値の誤差幅が大きいことから従来はゆるやかに約 85 万年前ごろとされていた上位層準の年代値の精度向上のため、BAT 火山灰層について Ar/Ar 年代を測定しなおした。その結果、誤差が十分小さい約 90 万年前の良好な年代値が得られた。また、コンソの哺乳動物化石と古環境情報を検討した結果、コンソ層の堆積と浸食サイクルの大要は、北アフリカ・地中海地域について指摘されている乾燥湿潤の大局的な変動パターンと連動することが示唆された。コンソの動物相の解析からは、乾燥草原環境が時代と共に拡大傾向にあり、140 万年前ごろにいったん最優性になった後、140 から 120 万年前にはより湿潤傾向が見られた。草原環境適応の大型哺乳動物相は時代を通して卓越しながら、その構成は時代と場所ごとに特徴がみられた。そうした動物相資源の変遷が石器使用と製作技術の展開に寄与したことが考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Suwa Gen, Asfaw Berhane, Sano Katsuhiko, Beyene Yonas	4. 巻 117
2. 論文標題 Reply to Barkai: Implications of the Konso bone handaxe	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 30894 ~ 30895
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1073/pnas.2018084117	査読の有無 無
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 該当する

1. 著者名 Sano Katsuhiko, Beyene Yonas, Katoh Shigehiro, Koyabu Daisuke, Endo Hideki, Sasaki Tomohiko, Asfaw Berhane, Suwa Gen	4. 巻 117
2. 論文標題 A 1.4-million-year-old bone handaxe from Konso, Ethiopia, shows advanced tool technology in the early Acheulean	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 18393 ~ 18400
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1073/pnas.2006370117	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 該当する

1. 著者名 Zollikofer Christoph P. E., Bienvenu Thibault, Beyene Yonas, Suwa Gen, Asfaw Berhane, White Tim D., Ponce de Leon Marcia S.	4. 巻 119
2. 論文標題 Endocranial ontogeny and evolution in early Homo sapiens: The evidence from Herto, Ethiopia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 2123553119
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1073/pnas.2123553119	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 該当する

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 7件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 佐野勝宏
2. 発表標題 ホモ・サビエンスの複合的狩猟具の出現と組み合わせ道具の起源
3. 学会等名 新学術領域「共創言語進化・出ユーラシア」合同領域会議「物と命」（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐野勝宏
2. 発表標題 気候変動と人類史
3. 学会等名 第10回 学術交流連携講演会 人の営みと自然 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sano Katsuhiro
2. 発表標題 Emergence of the complex multi-faceted sequences in human tools
3. 学会等名 Evolinguistics Workshop 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Beyene Yonas, Sano Katsuhiro, Suwa Gen, Asfaw Berhane, Delagnes Anne
2. 発表標題 Raw material use and technological advances during the Acheulean observed at Konso, Ethiopia
3. 学会等名 15th Congress of Pan-African Archaeological Association (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐野勝宏
2. 発表標題 石器テクノロジーの発達とデザインの変遷
3. 学会等名 エチオピア大地溝帯で初期人類の進化と石器技術の発展を探る (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 諏訪 元
2. 発表標題 アフリカで誕生した人類の祖先
3. 学会等名 日本人類学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 諏訪 元
2. 発表標題 人類が迎ってきた進化段階
3. 学会等名 日本解剖学会（招待講演）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Suwa, G., Asfaw, B., Nakaya, H., Katoh, S., Beyene, Y. (Edited by S.C. Reynolds, R. Bobe)	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Cambridge University Press	5. 総ページ数 581
3. 書名 African Paleoecology and Human Evolution	

1. 著者名 Beyene, Y., Suwa, G., Sano, K., Asfaw, B., Katoh, S. (Edited by A. Beyin, D. K. Wright, J. Wilkins, D. I. Olszewski)	4. 発行年 2023年
2. 出版社 Springer International Publishing	5. 総ページ数 768
3. 書名 Handbook of Pleistocene Archaeology of Africa: Hominin Behavior, Geography, and Chronology	

〔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
研究分担者	諏訪 元 (Suwa Gen) (50206596)	東京大学・総合研究博物館・特任教授 (12601)	

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		
エチオピア	アワッサ文化保存協会	Rift Valley Research Service	