

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H01346

研究課題名（和文）狩猟技術の発達とホモ・サピエンスの人口増加の相関に関する考古・人類学的研究

研究課題名（英文）Archaeological and anthropological studies on the correlation between advances of hunting technology and population increase of Homo sapiens

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） 13,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、旧人は絶滅したのに対し、新人ホモ・サピエンスだけが人口増を果たした要因が、投槍器や弓矢を使った新しい投射技術の開発による効率的な食料獲得の実現にあったと仮定し、この仮説を狩猟用石器の実験考古学的分析、対象獣の動物考古学分析、遺跡年代値の解析により、複合的に検証することを目的とする。本研究で行った調査研究により、ヨーロッパに最初に拡散したホモ・サピエンスが、既に投槍器あるいは弓を使用した卓越した狩猟技術を獲得していたことがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究結果により、4万5000-4万年前にヨーロッパにやってきたホモ・サピエンスが、投槍器が弓を使って狩猟をしていたことが明らかになった。これにより、ヨーロッパにおける投射具利用の起源は、これまで考えられていたよりも約2万年遡ることになる。4万5000-4万年前は、ヨーロッパでネアンデルタール人とホモ・サピエンスが共存していた頃で、ネアンデルタール人が4万年前に絶滅したのに対し、ホモ・サピエンスが人口を増やしていく要因がわかっていなかった。投槍器や弓を使った狩猟は、生存競争において有利であることがわかっており、今回の発見は、この謎を解明する手がかりとして期待される。

研究成果の概要（英文）：This study testifies a hypothesis that advanced hunting technology using speathrower-darts or bows-and-arrows allowed Homo sapiens to increase their population size, while archaic humans, including Neanderthals and Denisovans, went extinct. Microscopic analysis of backed lithic pieces from the Uluzzian technocomplex (45,000-40,000 years ago) at Grotta del Cavallo (southern Italy) reveals their use as mechanically delivered projectile weapons, attributed to anatomically modern humans. Use-wear and residue analyses indicate that the lithics were hunting armatures hafted with complex adhesives, while experimental and ethnographic comparisons support their use as projectiles. The use of projectiles conferred a hunting strategy with a higher impact energy and a potential subsistence advantage over other populations and species.

研究分野：考古学

キーワード：ホモ・サピエンス 人口増加 狩猟 投射技術

1. 研究開始当初の背景

出アフリカを果たしたホモ・サピエンスは、遅くとも4万5000年前にヨーロッパに拡散し、以後5000年間に渡ってネアンデルタールと共存した。この間、ホモ・サピエンスは人口増を実現していくのに対し、ネアンデルタールは約4万年前には絶滅してしまう。ホモ・サピエンスの高い人口密度や優れた創造性は、彼らがネアンデルタールとの生存競争において勝利した要因として指摘されてきたが、なぜホモ・サピエンスだけが人口を増加することができたのかを具体的に説明した研究は未だにない。豊かな装飾品や芸術活動に代表される既存の「現代人的行動」だけでは、人類の中でホモ・サピエンスだけが急激に人口を増加させた理由を説明することはできていなかった。

2. 研究の目的

本研究は、旧人は絶滅したのに対し、新人ホモ・サピエンスだけが人口増を果たした要因が、投槍器や弓矢を使った新しい投射技術の開発による効率的な食料獲得の実現にあったと仮定し、この仮説を狩猟用石器の実験考古学的分析や対象獣の動物考古学分析により、複合的に検証することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究課題は、上記の仮説を検証するため、狩猟用石器データや動物考古学データを解析し、狩猟方法の変化や対象獣の変化と両人類の遺跡の増減関係に有機的な相関が認められるかを検討する。本研究で対象とする考古文化は、ネアンデルタールは終末期ムステリアン(5万~4万年前)、ホモ・サピエンスはウルツィアン(4万5000~4万2000年前)とプロト・オーリナシアン(4万2000~4万年前)である。対象資料は、イタリアのカヴァロ洞窟、カステルチヴィータ洞窟、オスクルシュート洞窟から出土した資料である。

狩猟具の投射方法を復元するため、ホモ・サピエンスとネアンデルタールが穂先として使ったと考えられる狩猟用石器を分析した。狩猟具の投射方法は、石器についての衝撃痕跡をデジタルマイクロスコープ Keyence VHX-5000 を用いてマクロ・ミクロレベル(20~1000倍)で観察し、そのパターンを投射実験で見出された衝撃痕跡のパターンと比較検討することで同定する。衝撃痕跡の発生パターンは、石器がどのように穂先に装着されたかによって変化する。したがって、より信頼性の高い同定をするためには、着柄方法を正確に復元する必要がある。着柄方法の復元のため、FT-IR等の成分分析で石器表面の残滓から接着剤を同定し、次いでその分布をデジタルマイクロスコープ(同上)で記録化した。残滓の成分分析は、イタリア・エレットウラ・シンクロトロン研究所で化学生命科学を専門とするリサ・ヴァッカリ博士(研究協力者)が行った。

動物考古学データの解析は、イタリア・シエナ大学の共同研究者であるフランチェスコ・ボスキーンが進めた。動物遺存体に残された解体痕跡(カットマークなど)を分析し、各滞在段階で狩猟された動物の最小個体数と動物種の構成を復元する。

4. 研究成果

初年度に行ったイタリア・カヴァロ洞窟のウルツィアン文化層の三日月形石器146点を分析した所、26点に衝撃剥離が認められた。これにより、これまでその機能が判然としていなかった三日月形石器の中には、狩猟具の一部として使われた資料が少なからず存在することがわかった。次いで衝撃剥離の形成パターンを分析すると、三日月形石器の先端と基部の両方に衝撃剥離が認められるタイプ(a2m)が多く認められた(図1a、図2)。この衝撃剥離タイプは、石器を柄の側縁に返しとして装着した実験試料には認められない一方、先端に装着した実験試料では一定数発生している。したがって、カヴァロ洞窟の三日月形石器の多くは、先端に装着して使われたことが類推された。ただし、石器の先端から側縁に衝撃剥離が走る彫器状剥離(a2)(図2)も、a2mタイプに次いで多く認められた(図1b)。このタイプは、実験では先端でも返しでも両方で発生するタイプである。したがって、a2タイプの存在は返しとして使用されたことを積極的に保証する事にはならないが、現状ではその可能性を否定することもできない。

また、三日月形石器に認められた衝撃剥離は器体の3割から5割の長さに及ぶ大きなものが多く、a2mタイプのように1点に複数の衝撃剥離が認められるケースが多かった。このような衝撃剥離のパターンは、投槍器や弓の速度で行った投射実験で多く

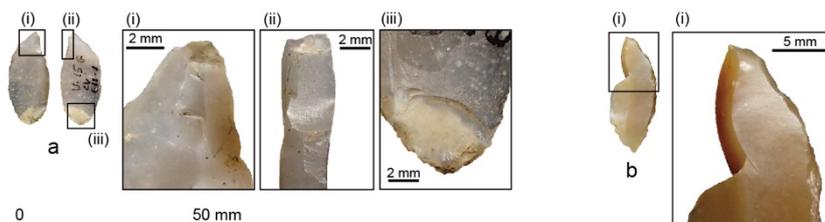


図1 カヴァロ洞窟の三日月形石器に認められた指標的衝撃剥離 (Sano et al., 2019 Fig.2 を改変)

認められ、突き槍や投げ槍の実験ではその頻度が低い。更に、衝撃剥離がある三日月形石器は極めて小型で、TCSA や TCSP は北米民族の鏃より更に小さな領域に収まる(図3)。以上の点を総合すると、カヴァロ洞窟で出土した三日月形石器は、投槍器か弓で投射された可能性が高く、突き槍か投げ槍の先端として使用されたとは考えられない。

また、カヴァロ洞窟の三日月形石器の基部や二次加工部に付着していた物質をフーリエ変換赤外分光法 (FTIR) で分析した所、樹脂、オーカー、ビーズワックスが含まれていることがわかり、混合素材の接着剤を使用していたと考えられた。樹脂にオーカー等の物質を混合すると、接着の強度が増すことが知られている。実際、実験で樹脂、オーカー、ビーズワックスの混合接着剤を使用してみると、単独の樹脂よりも素早く固まり、一旦固まると強固に接着され容易には外れない。したがって、狩猟具が投槍器あるいは弓を使って速い速度で投射されたとしても、先端部の石器が外れにくくなる工夫がなされた可能性がある。

カヴァロ洞窟の成果は、*Nature ecology & evolution* 誌に掲載され (Sano et al., 2019)、その号の表紙を飾り、国内外のメディアに取り上げられた他、既に多くの論文で引用されている (2024年6月5日時点で54の論文で引用)。これ以外の調査研究に関しては、残念ながら COVID-19 の影響で当初予定していた通りには進められなかった。それでも、渡航が可能となった段階で、カヴァロ洞窟、カステルチヴィータ洞窟、オスクルシュート洞窟出土資料の分析を進め、ネアンデルタール人やホモ・サピエンスの狩猟用石器の衝撃剥離等のデータを得ることができた。また、渡航が不可能だった期間に、イタリア・シエナ大学やボローニャ大学の共同研究者が、石器製作技術や対象動物に関するデータの整理と分析を進めた。また、狩猟用石器の着柄方法や投射方法をより正確に復元するため、追加の投射実験を行った。現在、これらのデータは解析中であり、今後のその分析結果の総合的な考察を論文等で発表していく。

〈引用文献〉

Sano, K., Arrighi, S., Stani, C., Aureli, D., Boschini, F., Fiore, I., Spagnolo, V., Ricci, S., Crezzini, J., Boscato, P., Gala, M., Tagliacozzo, A., Birarda, G., Vaccari, L., Ronchitelli, A., Moroni, A., Benazzi, S., 2019. The earliest evidence for mechanically delivered projectile weapons in Europe. *Nature Ecology & Evolution* 3(10), 1409–1414. doi:10.1038/s41559-019-0990-3

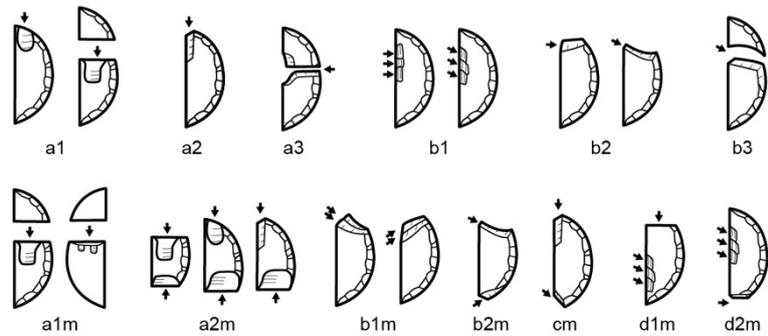


図2 投射実験で確認された衝撃剥離のタイプ

単一型 (a1, a2, a3, b1, b2, b3) と複合型 (a1m, a2m, b1m, b2m, cm, d1m d2m)

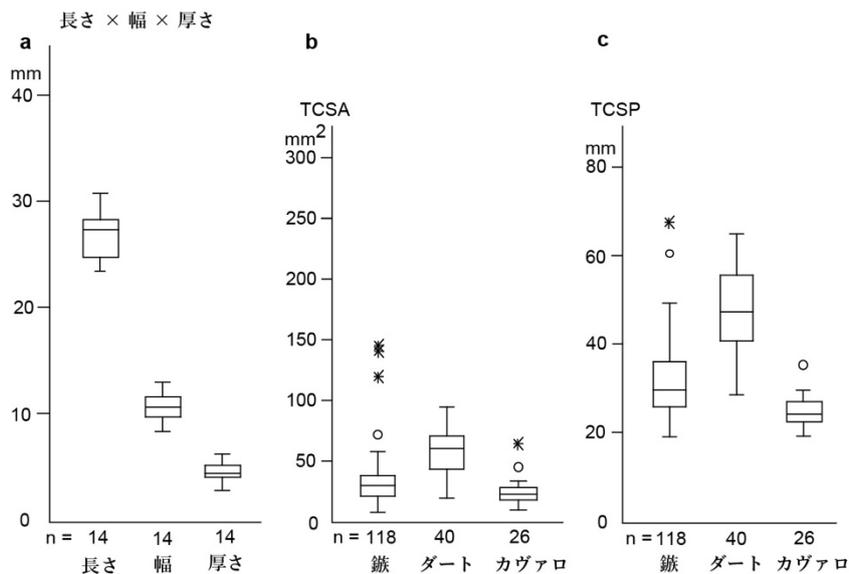


図3 カヴァロ洞窟から出土した指標的衝撃剥離が認められた三日月形石器の長さ・幅・厚さ、TCSA、TCSP の箱ひげ図

三日月形石器の長さ・幅・厚さは、指標的衝撃剥離が認められた資料の内、完形あるいはほぼ完形の資料に限る。TCSA、TCSP は、指標的衝撃剥離が認められた全資料。鏃とダートの TCSA と TCSP の箱ひげ図は、北米民族資料の鏃とダートの値から作成 (Sano et al., 2019 Supplementary Fig.6 を改変)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 4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 Sano Katsuhiko	4. 巻 2019-2020
2. 論文標題 Insight into competitive advantage of modern humans over Neanderthals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Elettra Highlights 2019-2020	6. 最初と最後の頁 50-51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -
1. 著者名 Sano Katsuhiko, Arrighi Simona, Stani Chiaramaria, Aureli Daniele, Boschini Francesco, Fiore Ivana, Spagnolo Vincenzo, Ricci Stefano, Crezzini Jacopo, Boscato Paolo, Gala Monica, Tagliacozzo Antonio, Birarda Giovanni, Vaccari Lisa, Ronchitelli Annamaria, Moroni Adriana, Benazzi Stefano	4. 巻 3
2. 論文標題 The earliest evidence for mechanically delivered projectile weapons in Europe	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Ecology & Evolution	6. 最初と最後の頁 1409 ~ 1414
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41559-019-0990-3	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 Kadowaki Seiji, Tamura Toru, Sano Katsuhiko, Kurozumi Taiji, Maher Lisa A., Wakano Joe Yuichiro, Omori Takayuki, Kida Risako, Hirose Masato, Massadeh Sate, Henry Donald O.	4. 巻 135
2. 論文標題 Lithic technology, chronology, and marine shells from Wadi Aghar, southern Jordan, and Initial Upper Paleolithic behaviors in the southern inland Levant	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Human Evolution	6. 最初と最後の頁 102646 ~ 102646
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jhevol.2019.102646	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13件 (うち招待講演 10件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Totsuka, S., and Sano, K.
2. 発表標題 Methods for identifying hunting traces and its application for early Upper Palaeolithic sites in Japan
3. 学会等名 Recovering Ancient Remains and Reconstructing Past (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sano, K.
2. 発表標題 Projectile experiments and functional studies on Japanese Upper Palaeolithic sites
3. 学会等名 Technology, Typology, Traceology. Paleolithic Toolkits in Eurasia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Wang, H., Kumagai, R., Kanomata, Y., and Sano, K.
2. 発表標題 Emergence of arrowheads and arrowshaft smoothers during the Late Glacial in the Japanese islands
3. 学会等名 XXth UISPP World Congress, Timisioara (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Sano, K., and Mara-Julia Weber
2. 発表標題 Techno-functional diversity of Final Palaeolithic points in Northern Germany
3. 学会等名 XXth UISPP World Congress, Timisioara (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Sano, K.
2. 発表標題 Insight into competitive advantage of modern humans over Neanderthals.
3. 学会等名 International Conference dedicated to the 25th Anniversary of CNEAS, Tohoku University. Session A2: Human Evolution and the History of Advances in Human Cultures (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

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 人の営みと自然気候変動と人類史(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐野勝宏
2. 発表標題 道具に見る階層構造の発達と言語
3. 学会等名 第2回 共創言語セミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐野勝宏
2. 発表標題 ネアンデルタール人の絶滅の謎 ホモ・サピエンスの卓越した狩猟
3. 学会等名 ELPHシンポジウム2020（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐野勝宏
2. 発表標題 日本列島に置ける投槍器・弓矢猟の出現と波及
3. 学会等名 シンポジウムHunting 狩猟相解明のためアプローチ（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sano, K.
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 Sano, K., Totsuka, S., Izuho, M., and Morisaki, K.
2. 発表標題 The spatio-temporal patterns of early Upper Palaeolithic assemblages in the Japanese islands
3. 学会等名 Insights into Human History in the Eurasian Stone Age: Recent Developments in Archaeology, Palaeoanthropology, and Genetics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sano, K., Arrighi, S., Vaccari, L., Benazzi, S., and Moroni, A.
2. 発表標題 Advanced projectile technology of the earliest Homo sapiens in Europe
3. 学会等名 Insights into Human History in the Eurasian Stone Age: Recent Developments in Archaeology, Palaeoanthropology, and Genetics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 春成秀爾編	4. 発行年 2023年
2. 出版社 雄山閣	5. 総ページ数 307
3. 書名 何が歴史を動かしたのか 第1巻 自然史と旧石器・縄文考古学 (担当章: 狩猟具の発達と新人の拡散: アフリカからヨーロッパへ)	

1. 著者名 Gaudzinski-Windheuser, S. and Joris, O. (Eds.)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Verlag des Romisch-Germanischen Zentralmuseums	5. 総ページ数 417
3. 書名 The beef behind all Possible pasts. The Tandem-Festschrift in Honour of Elaine Turner and Martin Street (Sano, K. Blade utilization strategies at Goennersdorf and Bois Laiterie: From the Late to Final Magdalenian)	

1. 著者名 御堂島正編	4. 発行年 2020年
2. 出版社 同成社	5. 総ページ数 282
3. 書名 石器痕跡研究の理論と実践（担当章：秋田県縄手下遺跡出土石器の使用痕分析-後期旧石器時代前半期の背部加工尖頭器と台形様石器の機能-）	

1. 著者名 春成秀爾編	4. 発行年 2020年
2. 出版社 雄山閣	5. 総ページ数 146
3. 書名 季刊考古学・別冊32 上黒岩岩陰と縄文章創期（担当章：ヨーロッパの土器出現期）	

〔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3件

国際研究集会 Insights into Human History in the Eurasian Stone Age: Recent Developments in Archaeology, Palaeoanthropology, and Genetics	開催年 2022年～2022年
国際研究集会 Recovering Ancient Remains and Reconstructing Past	開催年 2022年～2022年
国際研究集会 Emergence of Regional Diversity of Northeast Asia	開催年 2022年～2022年

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		
イタリア	シエナ大学	ボローニャ大学	エレットウラ・シンクロトロン研究所