

配布先:文部科学記者会、科学記者会、名古屋教育記者会

報道の解禁日(日本時間)

(テレビ,ラジオ,インターネット) :2024年2月7日(水) 19時

(新聞) :2024年2月8日(木) 付朝刊

2024年2月2日

報道機関 各位

## ホモ・サピエンスの石器技術はいつ、どのように革新したのか？ ～ユーラシア拡散の時期、複数の段階があったことを明示～

### 【本研究のポイント】

- ・ホモ・サピエンスがユーラシアに拡散し始めた頃(約 4.5 万年前)の石器は重厚で、刃部獲得効率<sup>注1)</sup> (生産効率)が低かったことを初めて定量的に明らかにした。
- ・刃部獲得効率が増したのは、その後で(約 4 万年前)、それは石器の小型化<sup>注2)</sup>によって達成されたことを明らかにした。この時期は、ユーラシア各地でホモ・サピエンスが増加し旧人が絶滅した頃である。
- ・この結果は、当時のホモ・サピエンスの文化進化<sup>注3)</sup>がユーラシア拡散前の「一度の革命」だったのではなく、拡散した期間に複数の段階や試行錯誤があったことを示唆する。

### 【研究概要】

名古屋大学博物館・大学院環境学研究科の門脇 誠二 教授と東田 和弘 准教授、名古屋大学博物館の渡邊 綾美 研究員、環境学研究科の須賀 永帰 博士後期課程学生らの共同研究グループは、明治大学、産業技術総合研究所、木曾広域連合、ヨルダン考古局・観光局との共同研究で、ホモ・サピエンスがユーラシアに拡散した頃(約 5～4 万年前)の文化進化について、石器の刃部獲得効率という点から明らかにしました。

本研究では、ユーラシアに拡散し始めた頃、ホモ・サピエンスの石器は重厚で、刃部獲得効率が低かったことを示しました。この時期には、ホモ・サピエンスと、ネアンデルタール人など絶滅前の旧人との交雑がありました。その後、ユーラシア各地でホモ・サピエンスが増加した頃に発達した小型石器の技術が、刃部獲得効率の上昇をもたらしたことも明らかにしました。それと同時期に、旧人が各地で絶滅していきました。

この結果が支持するシナリオは、当時のホモ・サピエンスが「一度の革命」で生じた文化を携えて拡散し旧人と入れ替わったのではなく、文化進化には複数の段階や試行錯誤があり、そのプロセスと対応して旧人との交雑そして旧人の絶滅が生じた、というものです。こうした人類の進化史と文化史の統合的説明は人類史研究の最先端の試みであり、本研究成果はそれを進展させる重要な証拠になると期待されます。

本研究成果は、2024年2月7日19時(日本時間)付イギリス科学誌 Springer Nature 社の「Nature Communications」に掲載されます。

# Press Release



## 【研究背景】

現存する人類は私達ホモ・サピエンスのみですが、この状況は人類史 700 万年において極めて異例です(図 1)。例えば5万年前には、ホモ・サピエンスの他にネアンデルタール人やデニソワ人という旧人もいましたし、フローレス人という原人もいました。人類の生物学的多様性はもっと高かったのです。むしろそうした状態が人類進化史においては普通でした。しかし、5万～4万年前にかけてホモ・サピエンスがユーラシアに広く拡散して増加すると、各地にいた旧人や原人は絶滅してしまいました。このタイミングの一致から、「ホモ・サピエンスは旧人や原人よりも優れた能力と技術を有し、それによって各地の様々な環境に適応して増加した」と解釈されてきました。

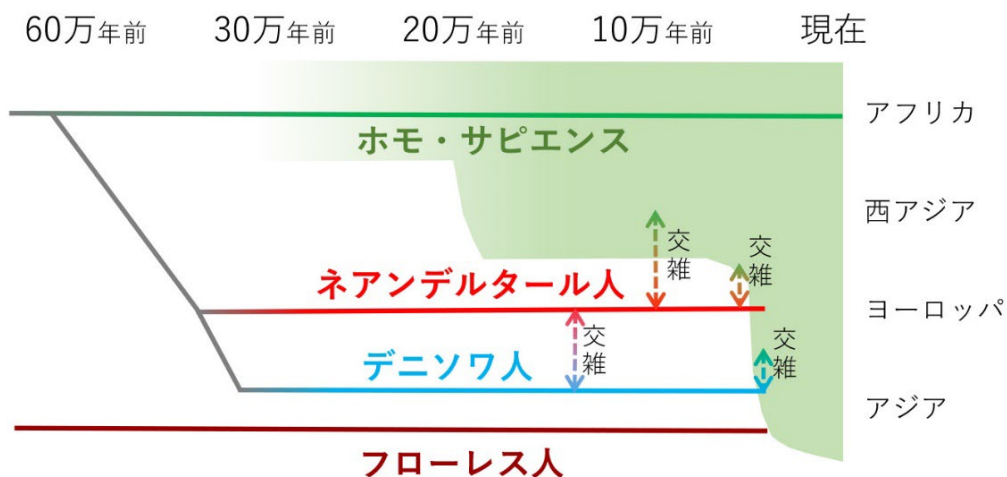


図 1 60 万年前以降の人類の系統と地理分布の模式図。ホモ・サピエンス(現生人類)は、30 万～20 万年前にアフリカで誕生した人類の系統。同時代のヨーロッパやアジアにはネアンデルタール人やデニソワ人、フローレス人などのいわゆる旧人や原人がいた。ホモ・サピエンスの地理分布拡大(緑色で表示)により、ネアンデルタール人やデニソワ人と出会い交雑が生じた。その後、4 万年前頃にホモ・サピエンス以外の人類は絶滅した。

ホモ・サピエンスと旧人の能力の違いについては、2022年のノーベル生理学・医学賞の受賞業績に代表される、古代ゲノム研究からの知見が最近増加しています。しかし両者は少なくとも 20 万～4 万年前のあいだ同時期に存在し、両者のあいだで交雑が何度かあったことが定説になりました(図 1)。このようにホモ・サピエンスとネアンデルタール人は10万年以上ものあいだ同時期に存在し、交雑するほどまでに近い存在だったにもかかわらず、5万～4万年前に両者の命運が大きく分かれました。その時、一体何があったのでしょうか？この問いの解明には、当時の歴史を明らかにする必要があります。

この問いに答える従来説の1つに「認知革命」説があります。5万年前頃のホモ・サピエンスの脳神経に突然変異が起こり、高度な認知機能が生じたというものです。その直接的証拠は得られていませんが、間接的な証拠として、この頃に生じた大きな文化変化が注目されていました。

その文化変化というのが、考古学において、中部旧石器文化から上部旧石器文化への変化として知られるものです。例えばヨーロッパでは、上部旧石器文化として石刃(細長い石製ナイフ)や骨角器といった道具が増加したほか、貝殻ビーズなどの装身具、楽器、彫像、そして洞窟壁画も発達しました。こうした文化を創出する能力を持つホモ・サピエンスが、アフリカからユーラシア各地に拡散して適応し、各地で中部旧石器文化を持っていた旧人が絶滅していったというシナリオです。最近では、アジア各地に拡散したホモ・サピエンスが航海技術や海産資源の利用、森林資源の利用などを発達させたことが明らかになってきました。

しかしながら、こうしたホモ・サピエンスの多様な文化や技術イノベーションがいつどのように生じたのか、という点はほとんど明らかになっていません。ユーラシア各地の様々な環境への適応を助けた多様な文化や技術イノベーションは、一度の「認知革命」に由来するのでしょうか？

### 【研究の目的・資料・方法】

この問題の一端を検討するために、本研究は石器技術に着目しました。石器は、旧石器時代の遺跡から最も多く得られる考古資料で、石器の形態や製作技術の特徴を基に当時の文化編年ができています。こうした石器の技術が、いつ、どのように革新したのか？その過程を一貫した指標で定量的に示すために、刃部(じんぶ)獲得効率の通時変化を調べました。旧石器時代の石器のほとんどは打製石器で、ガラス質の岩石を打ち割って得られる剥片(はくへん)の鋭い縁辺がナイフなどの利器として用いられていました(図 2)。

したがって、一定量の岩石からどれだけ長い刃部(刃渡り)を得られるか、という点から、石器製作の効率性(あるいは石材消費の節約性)を定量化することができます。刃部獲得効率の測定方法は単純で、石器縁辺の刃部の長さを石器の質量で割り算した値になります。つまり、石器の単位質量あたりの刃部長さ(例えば、mm/g)になります。

計算は単純ですが、多様な形態の石器の刃部長さを正確に計測するためには手間がかかります。本研究では、石器のデジタル写真から画像編集ソフトを用いて刃部長さを計測しました(図 2)。また、石器 1 点 1 点を観察し、鋭い刃部のみを抽出しました(折れ面や打

面部分は測定から除外しました)。こうして5千点以上の石器の刃部長さを丁寧に計測しました。

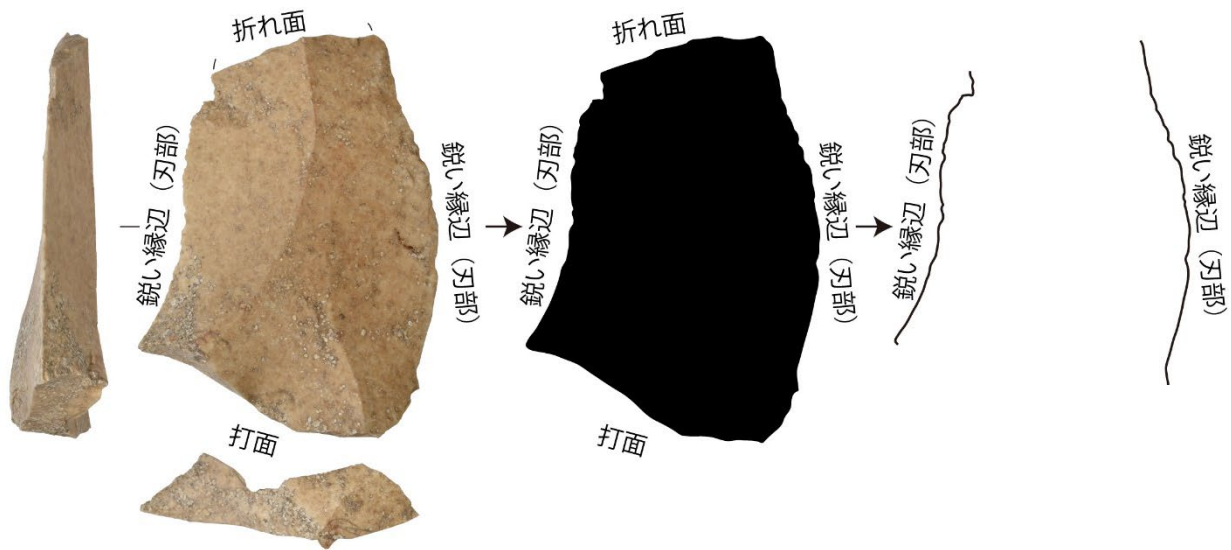


図 2 打製石器の刃部とその長さの測定方法。石器のデジタル写真(左)を編集してポリゴン化し(中央)、その縁辺の長さを測定した(右)。その際に、鋭い刃部ではない縁辺部(折れ面や打面)は測定から除外した。

そして、石器の刃部獲得効率が中部旧石器文化から上部旧石器文化にかけてどのように変化したのかを調べました。この石器資料は、ホモ・サピエンスがアフリカからユーラシアへ拡散した際の拠点だった西アジアのレヴァント地方(地中海東部地域)における約 7 万~1.5 万年前の資料です(図 3)。この石器を得るために、本研究チームはヨルダン国において 2016 年から 2022 年まで5回の発掘調査を行い、5つの遺跡から8つの石器資料群を得ました。そして、採取された石器の編年を確立するために、石器の形態や製作技術の分析を行うと共に、石器包含層の年代測定を行いました。これらの成果をこれまで幾つかの論文で発表し、今回の通時分析の枠組みを確立しました。比較時期は、古い順に中部旧石器後期、上部旧石器初期、上部旧石器前期、続旧石器前期、続旧石器中期の5つです。

特に、上部旧石器初期の石器群を含むことが重要です。この時期は、ホモ・サピエンスがユーラシアに拡散し始めた頃(約 4.5 万年前)に相当し、ヨーロッパではネアンデルタール人が絶滅する直前でホモ・サピエンスとの交雑があった頃です。この時期の石器資料はとても希少です。また、研究対象の 5 つの遺跡はヨルダン南部のヒスマ盆地に集中していて、遺跡間で人類活動の内容や石器石材の環境が類似している点が重要です。というのも、石器づくりは石材環境や遺跡での活動内容によって変化するからです。時代という要因以外はほぼ同じ条件の下で製作された石器を、中部~上部~続旧石器にわたる長期的文化序列のあいだで比較できる資料を用意したことが、本研究の強みです。



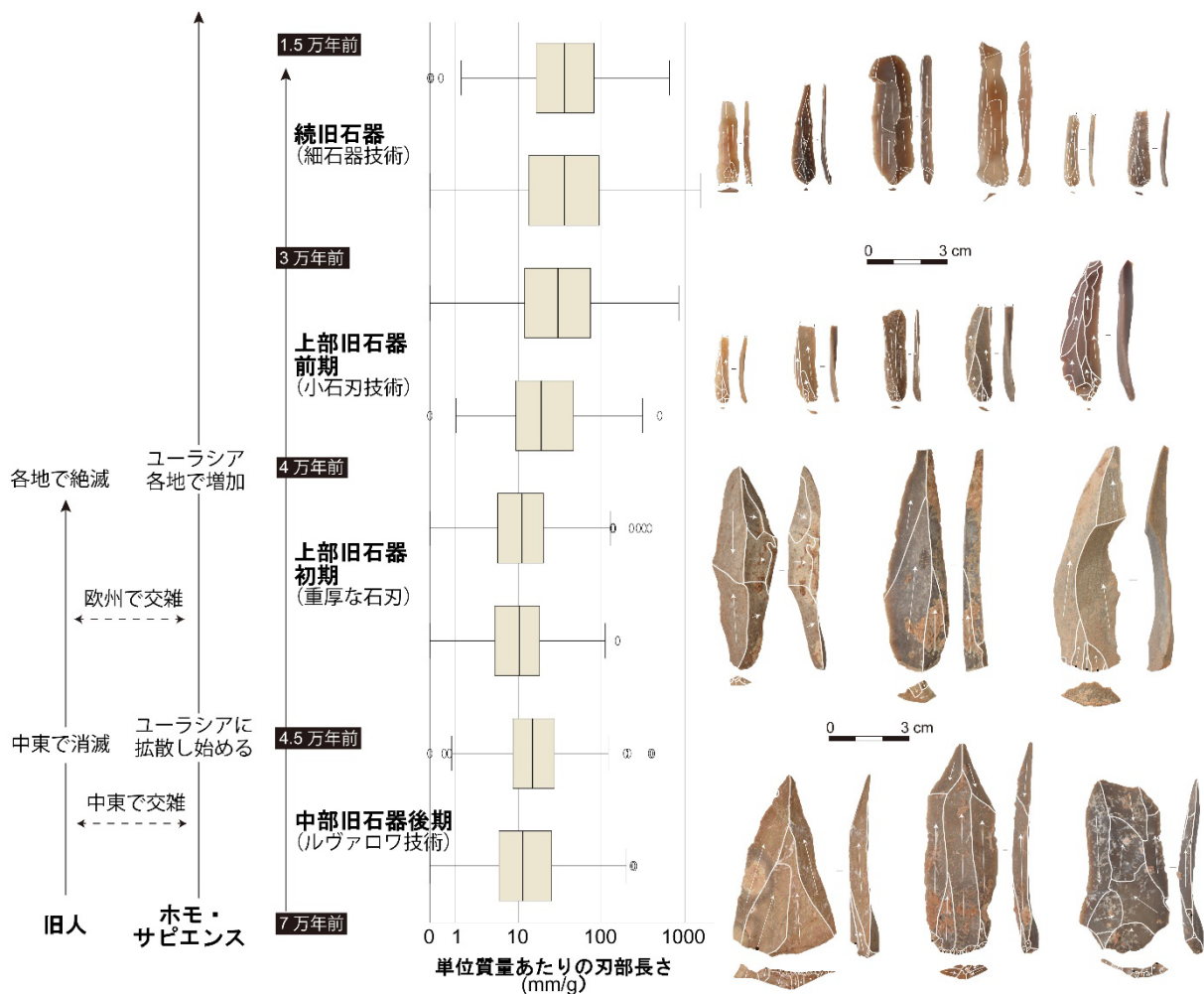


図 3 研究対象の時代と石器資料の一部、および主な分析結果。西アジア(中東)のヨルダン国から発掘した約 1 万 6 千点の石器を用いた(刃部がない副産物も含む総計)。上部旧石器初期から前期にかけて小型石器(小石刃技術)が発達し、刃部獲得効率(単位質量あたりの刃部長さ)が上昇したことが本研究で明らかになった。

【研究結果】

分析の結果、ユーラシアに拡散し始めた上部旧石器初期(約 4.5 万年前)のホモ・サピエンスが使っていた石器は重厚で、刃部獲得効率が低かったことを初めて明らかにしました(図3)。この頃の刃部獲得効率は、それ以前の中部旧石器後期の刃部獲得効率より低いと同程度でした。また、刃部獲得効率は、その後の上部旧石器前期(約 4 万~3 万年前)において上昇したことが明らかになりました。この時期は、小石刃と呼ばれる小型石器の技術が発達したのが特徴です。石器形態に関わる属性(長さや幅、厚さ、打面サイズなど)と刃部獲得効率の相関を調べた結果、刃部獲得効率の増加は石器の小型化によって達成されたことが明らかになりました。この時期は、ユーラシア各地でホモ・サピエンスが増加し、旧人が絶滅した頃に相当します。

以上から、ホモ・サピエンスによる石器技術の画期は、刃部獲得効率という点では、ユーラシアに拡散し始めた上部旧石器初期ではなく、その後にユーラシア各地でホモ・サピエンスが増加した上部旧石器前期だったということが明らかになりました。

### 【成果の意義】

本研究は、刃部獲得効率の正確な見積もりのために、ヨルダンの石器資料を選択的に用いましたが、ホモ・サピエンスがユーラシアに拡散した時期(上部旧石器初期と前期)には、類似した形態と製作技術の石器資料が西アジア地域のみならず、ヨーロッパや中央～北東アジアでも発見されています。そして幾つかの遺跡では、これらの石器にホモ・サピエンスの骨や歯が伴っています。そのため、本研究の成果は、ユーラシアに拡散したホモ・サピエンスの石器技術の変遷をある程度とらえていると言えます。

さらに本成果は、ユーラシアに広域拡散したホモ・サピエンスの文化進化が「一度の革命的出来事」だったのではなく、複数の段階や試行錯誤を伴っていたことを示唆します。つまり、ホモ・サピエンスが石器技術を一気に革新させ、刃部獲得効率が飛躍的に上昇した後でユーラシアへ拡散したのではなく、石器技術の大きな革新の前に拡散し始めていたということです。この拡散初期に、ヨーロッパではホモ・サピエンスとネアンデルタール人との交雑があったと言われています。その後、小石刃技術が発達し、刃部獲得効率が上昇した4万年前頃にネアンデルタール人は絶滅しました。

このシナリオは、ホモ・サピエンスの分布拡大において2つの段階(二重波)があったという「生態文化分布拡大モデル<sup>注4)</sup>」と整合的です。これは、本研究メンバーの若野友一郎が構築した数理モデルで、ヨーロッパやアジアに拡散したホモ・サピエンスの人口密度と文化進化の関係を説明する理論的枠組みとして、本学の門脇誠二と共に以前に論文発表(用語説明の注4※参照)していました。今回の研究によって、石器技術の変化過程が定量的に示されたことにより、このモデルに実際の考古記録を組み込む準備が進みました。

このように、人類の進化史を文化史と統合して定量的に解析することが、人類進化研究の最先端の試みとして進められています。人類進化の生物学的側面については、古代ゲノム研究が欧米を中心として近年顕著に進展していますが、文化史の側面において本研究は大きな貢献を果たしたと言えます。その点において、日本の人文科学の国際的プレゼンスを高める意義もあるといえます。

本研究は、文科省科研費の新学術領域研究「パレオアジア文化史学」(代表:西秋良宏、東京大学)によって立ち上げられ、科研費(16H06409、20H00026、23K17275)、学振二国間交流事業(JPJSBP120228403)、三菱財団(30205)、サントリー文化財団研究助成(2023-111)、村田学術振興・教育財団(M23 助人026)、学振特別研究員奨励費(22KJ1518)を受けて実施しました。

## 【研究者からのメッセージ】

実はこの研究には続きの話があります。石器の刃部獲得効率がまだ低かった上部旧石器初期の遺跡で、遠い海から運ばれてきた貝殻を発見しています(下記 URL を参照)。この時期のホモ・サピエンスは遠くの資源を得るように移動領域を広げたのか、あるいは他の集団との交流を頻繁にするようになった可能性があります。石器技術の革新の前に、こうした居住移動や社会交流の変化が先に生じていたのかもしれませんが。ホモ・サピエンスの存続にとって何が重要だったのか? これからも多様な文化要素を探っていこうと思います。

※ <https://www.num.nagoya-u.ac.jp/media/20190827.pdf>

## 【用語説明】

### 注1)刃部(じんぶ)獲得効率:

石器の刃部とは、ガラス質の岩石を打ち割って得られる剥片(はくへん)が有する鋭い縁辺のこと。この鋭い縁辺がナイフなどの利器として石器時代に用いられていた。したがって、一定量の岩石からどれだけ長い刃部(刃渡り)を得られるか、という指標が刃部獲得効率である。この指標から、石器製作の効率性(あるいは石材消費の節約性)を定量化することができる。刃部獲得効率の測定方法は単純で、石器縁辺の刃部の長さを石器の質量で割り算した値になる。つまり、石器の単位質量あたりの刃部長さ(例えば、mm/g)になる。この指標は石器研究で広く知られており、近年では石器製作実験やデジタル技術を通して刃部獲得効率を正確に見積もる方法が確立してきた。その最新の方法を本研究で採用した。

### 注2)石器の小型化:

小型の石器とは、長さ 5 cm 未満、幅 1cm 程度でカミソリの刃のような打製石器を意味する。柄にはめられて用いられた。専門用語では、小石刃(しょうせきじん)や細石器(さいせっき)と呼ばれる。

### 注3)文化進化:

ここでは「単純な発展」を意味するのではなく、人類集団が有する多様な文化要素(石器もその一部)が、特定の自然や社会環境そして文化伝達の下で時間的空間的に様々に変異するプロセスを意味する。

### 注4)生態文化分布拡大モデル:

私たちホモ・サピエンスの祖先がアフリカから拡散した際の旧人との関係や文化変化を包括的に説明するために、本研究メンバーの若野友一郎が構築した数理モデル。2つの人類集団(ホモ・サピエンスと旧人を想定)の空間分布動態を表現すると共に、集団間の資源競争による人口密度の変化を示す。また、人口密度は文化(環境収容力の上昇に寄与する技術)とフィードバック関係を持つように設定されている。本モデルを提案した研究(本リリース著者の門脇誠二との共同発表)は下記 URL を参照。

※<https://www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/2021/01/post-151.html>

## 【論文情報】

雑誌名: Nature Communications

論文タイトル: Delayed increase in stone tool cutting-edge productivity  
at the Middle-Upper Paleolithic transition in southern  
Jordan

著者: Seiji Kadowaki(門脇誠二)<sup>1,\*</sup>, Joe Yuichiro Wakano(若野友一郎)<sup>2</sup>, Toru  
Tamura(田村亨)<sup>3</sup>, Ayami Watanabe(渡邊綾美)<sup>1</sup>, Masato Hirose(廣瀬允  
人)<sup>4</sup>, Eiki Suga(須賀永帰)<sup>5</sup>, Kazuhiro Tsukada(束田和弘)<sup>1</sup>, Oday  
Tarawneh<sup>6</sup> and Sate Massadeh<sup>7</sup>

下線は本学関係者

- 1 名古屋大学 博物館
- 2 明治大学 大学院先端数理科学研究科
- 3 産業技術総合研究所 地質情報研究部門
- 4 木曽広域連合 埋蔵文化財調査室
- 5 名古屋大学 大学院環境学研究科
- 6 ヨルダン考古局
- 7 ヨルダン観光局

DOI: 10.1038/s41467-024-44798-y

URL: <https://www.nature.com/articles/s41467-024-44798-y>