

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：11301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2023

課題番号：21K20035

研究課題名（和文）多領域横断の新技术を用いた東北地方古墳時代女性首長頭蓋の復顔

研究課題名（英文）Multidisciplinary Analysis for Facial Reconstruction of a Female Chief's Skull from the Kofun Period in Tohoku region, Japan.

研究代表者

波田野 悠夏（HATANO, YUKA）

東北大学・学際科学フロンティア研究所・助教

研究者番号：10907504

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000 円

研究成果の概要（和文）：山形県米沢市戸塚山137号墳出土女性人骨についてCT撮影やスキャンでのデジタル化を行った。頭蓋骨についてはmHBM（国立研究開発法人産業技術総合研究所）とHBM-Rugle（Medic Engineering ring社）を使用し相同モデルでの解析を行うことで、類似個体を検索し補綴するなど新しい試みを行い完形頭蓋骨模型を作製した。理化学的・人類学的・考古学的な横断的分析で判明した結果を用い、他領域研究の成果も反映させ、最終的な復顔像及び全身像を作製した。これらの成果を戸塚山137号墳と同時期の喜多方市灰塚山古墳出土男性人骨と比較し、当時考えられる2人の関係性を盛り込んだ企画で市民公開展示を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

戸塚山137号墳出土女性人骨については、他領域で既に解析された遺伝情報や同位体分析、考古学的な検討が行われた。これらの研究成果を復顔に反映させることが可能で、多領域横断的研究を行うことができる非常に重要な事例である。東北地方に限らず、古墳時代の女性豪族の姿を復元するのは全国初となる試みである。戸塚山137号墳と同時代・同地域で支配階級と考えられる灰塚山古墳男性人骨と比較する事で、遺跡間の考古学的関連性を含めた相互比較が可能な点も他に例がなく、東日本における古墳時代支配階級の姿を明らかにする学術的寄与として意義が大きい研究となる。

研究成果の概要（英文）：We performed CT imaging and scanning to digitize the female skeletal remains excavated from Totsukayama Tumulus No. 137 in Yonezawa City, Yamagata Prefecture. We used mHBM (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology) and HBM-Rugle (Medic Engineering Corporation.) for the skull to perform homologous model analysis. This innovative approach allowed us to search for similar individuals and create a complete skull model by supplementing missing parts. We created the final facial reconstruction and full-body image using the results from cross-disciplinary analyses involving physical, anthropological, and archaeological studies and incorporating findings from other fields of research. We compared these findings with the male skeletal remains excavated from Haizukayama Tumulus in Kitakata City from the same period. These findings were incorporated into a public exhibition to illustrate the considered relationship between the two individuals.

研究分野：人類学

キーワード：復顔 古人骨 自然人類学 歯科法医学 解剖学 歯

1. 研究開始当初の背景

戸塚山は、山形県米沢市の北東にある標高 356 メートル、周囲約 6 キロの独立した丘陵である。この山の頂上や山麓部に約 200 基の古墳（土を盛り上げて作った古い時代の墓）が点在し、置賜の歴史を知る上で大変貴重な遺跡として 1986 年（昭和 61 年）に山形県の史跡として登録された。その後文化財調査を経て、東北地方における律令国家形成をおよび発展を考える上で重要な遺跡と位置づけられている。

戸塚山 137 号墳はこの戸塚山に所在する 5 世紀頃の古墳時代中期の古墳である。戸塚山 137 号墳では、主体部の石棺内に埋葬されたほぼ全身の女性人骨が出土した。（米沢市教育委員会，1983）

戸塚山古墳周辺には福島県喜多方市灰塚山古墳が所在する。灰塚山古墳からもほぼ全身の男性人骨が出土しており（辻，2023）、東北地方で古墳時代同時期の被葬者が出土することは極めて稀である。灰塚山人骨は 安定同位体及び DNA 解析、復顔像の作成が行われた。東北地方においては、灰塚山古墳人骨は現代日本人よりも統計的に有意に縄文時代人に遺伝的に近いことが明らかとなっている（安達，2020）。戸塚山古墳出土女性人骨の核ゲノムは、灰塚山人骨同様に東アジアの現代人・古代人と比較した結果、現代本土日本人の範疇にとどまるものの、現代日本人と比べて縄文人に遺伝的に近いことが報告された（神澤，2023）。食生活においても、安定同位体分析から戸塚山古墳・灰塚山古墳両者ともに多くの水産物を摂取していることが明らかになっており、古墳時代の横穴墓の人々と比べ水産物の利用について階層差があることが報告されている（米田，2020）。

東日本の古墳墳から出土した古墳時代人骨は、2017 年に福島県喜多方市灰塚山古墳から出土した個体を含め数例しかない。更に、同時代において核ゲノム解析が可能だった事例は希少な例である。東北地方の古墳時代に支配階級だった人々の古人骨に関する人類学的な検討を加えることは、日本列島の人類史の中で現代日本人の成立を探る上で非常に重要な意義を持つ。

研究代表者の波田野は、既に戸塚山 137 号墳と同時代・同地域で支配階級だった灰塚山古墳男性人骨の復顔を行っており、遺跡間の考古学的関連性を含めた相互比較が可能で、東日本における古墳時代支配階級の姿を明らかにする学術的寄与として意義が大きい。

以上の成果を踏まえ、戸塚山古墳出土女性人骨に関して顔貌や全身の復元を試みた。

【引用文献】安達登（2020）第 3 章灰塚山古墳出土人骨の DNA 解析，東北地方における古墳時代中期埋葬施設と埋葬人骨の研究，45-52。神澤秀明（2023）第 V 章理化学分析戸塚山 137 号墳出土人骨核 DNA データ解析業務委託研究解析成果報告書，『米沢市埋蔵文化財調査報告書』第 124 集，40-56。辻秀人（2023）『灰塚山古墳の研究』，雄山閣。米田穰（2020）第 4 章灰塚山古墳出土人骨の年代測定と安定同位体分析，東北地方における古墳時代中期埋葬施設と埋葬人骨の研究，37-44。

2. 研究の目的

研究代表者の波田野は、現代人女性を対象とした軟組織厚の研究を行っている。特に従来は十分な検討が加えられなかった歯の咬み合わせに着目し軟組織データの蓄積と分析を行ってきた。この顔面軟部組織厚のデータを用い、歴史上重要な意義をもつ戸塚山 137 号墳出土女性人骨を対象に復顔を行い、最新の復顔研究成果の応用として古代国家形成までの歴史の一端を明らかにすることを目的とする。

戸塚山古墳出土女性人骨は、非常に脆く、欠損部が多い（図 1）。頭蓋は右の大部分から頭頂部にかけて大きく欠損している。下顎骨も右半部を欠く。特に顔面領域の形態情報として大きな意味をもつ鼻部も欠損している。反対側が遺残している場合は、姿勢調整を行なったのち正中矢状面に対して鏡像反転で補完されることが通例であるが、両側が欠如している場合には、この方法は用いることはできない。両側欠如部位については、熟練した人類学者が対象に似ている個体を選ぶ、もしくは出土人骨と同時代・近隣地域の個体を採用し、欠損部を補完するということがほとんどである。

今回は、両側欠損している鼻部について、mHBM（国立研究開発法人産業技術総合研究所）と HBM-Rugle（Medic Engineering 社）を使用し相同モデルを作成し、他の古墳時代人から現代人を比較対象として鼻根部周辺の形態が戸塚山古墳出土女性人骨と類似した個体を検索し、より形態学的に根拠のある類似個体で欠損部の補完を行い完形頭蓋骨模型の作製することを目指す。

また、アウトリーチ企画として戸塚山 137 号墳と隣接する地域である福島県喜多方市の灰塚山古墳から出土した男性人骨と比較し、当時考えられる 2 人の関係性を盛り込んだ動画や新しいデジタルコンテンツを利用した展示を作製し、研究成果の周知を行う。

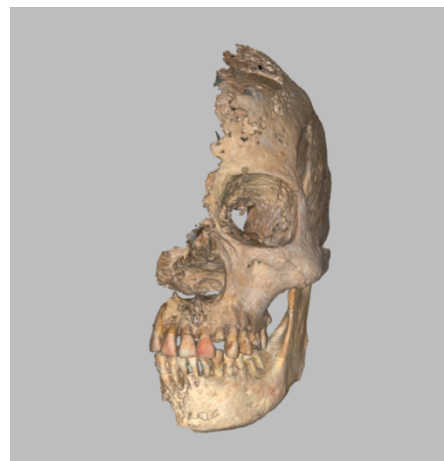


図 1: 戸塚山古墳出土女性人骨遺残状況

3. 研究の方法

・頭蓋模型の復元

資料を医療用 CT 装置及び三次元スキャナーによって三次元データに変換し、そのデータから残存部位に関して3次元構築を行った。顎骨に植立している歯が多く遺残していたため、遺残している部位で咬合関係が決定できた。

復元のための頭蓋模型は、三次元データを編集することで作製した。片側欠損部分については、オリジナルをFH平面に姿勢調整した後、鏡像反転させ作製した。鼻部の再現には、表1の女性人骨資料について、mHBM（国立研究開発法人産業技術総合研究所）とHBM-Rugle(Medic Enginee ring社)を使用し、相同モデル化を行い欠損部の鼻部の復元が可能か検証した。テンプレートデータは（頂点数13310）で、ランドマーク23点で相同化し、鼻部周辺のみをmask機能を用いて抽出した（頂点数578）。その後、主成分分析を行った。戸塚山古墳出土女性人骨を1、その他の個体を0とクラス分けした場合ROI曲線で0.7以上の値を取った主成分の散布図より、戸塚山古墳出土女性人骨に近い個体を抽出し、補完する。

資料	時代	所在地
五松山遺跡1号人骨	古墳	宮城県
五松山遺跡3号人骨	古墳	宮城県
五松山遺跡6号人骨	古墳	宮城県
長谷小路周辺遺跡HKS137	中世	神奈川県
市川橋遺跡R548	中世	神奈川県
西平井根郷遺跡SK172C	近世	千葉県

表1: 鼻部抽出に使用した資料

・復顔法

粘土による築造による三次元的復顔像の製作を行った。三次元的復顔法には、皮膚の深層にあって軟組織形態に大きく影響を及ぼす表情筋を解剖学的に再現していく方法（Russian method）、頭蓋表面から皮膚表面までの軟部組織の厚みの平均値に従って数値的に再現していく方法（American technique）の2つが主な方法として挙げられる。本研究では、主流となっている Russian method と American technique の折衷法である Manchester method に従って軟組織の築造を行った（図2: (1)～(4)）。このほか、鼻下点は Utsuno(2018)を利用した。眼球突出度は川久保ら（2021）の女性推定値を利用した。軟部組織は咬合を考慮した計測値を用いた。顔面正中部の一部は Utsuno（2014）を使用し、その他は波田野（2021）を使用した。

一般的には復顔像の作成後粘土の表面調整を行い、型取りの後、FRP等に置き換え、更に彩色を行い、立体的なモデルを作るが、今回はデジタルコンテンツとして再現するため、粘土原形の3Dスキャニングを行って表面形状をデータ化し、(株)サンク・アール作成のコンピュータグラフィックとして復顔像が完成した（図2: (5), (6)）。年齢による皮膚のたるみ・皺の再現に際しては、復顔に携わった複数人により繰り返し検討を行い、皮膚面のテクスチャや陰影の表れ方を微調整しながら結髪や服装との調和を図った。

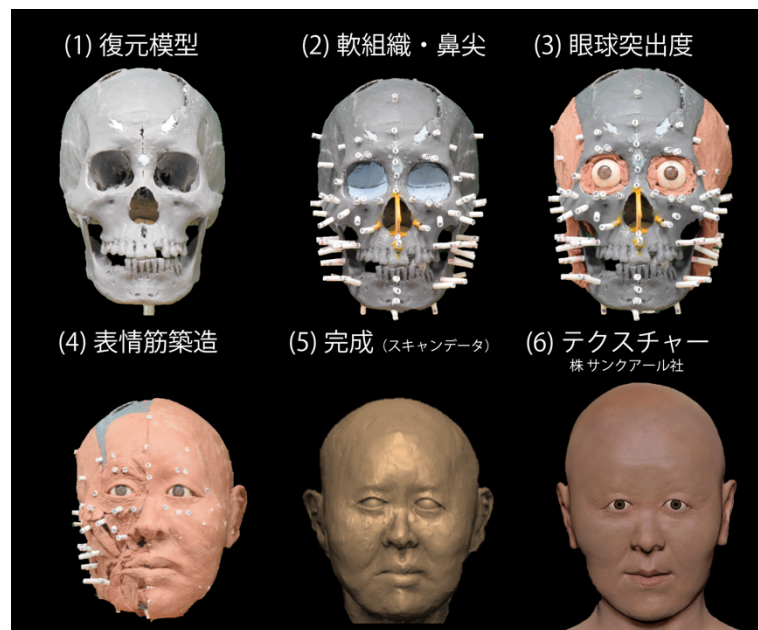


図2: 復顔製作過程

4. 研究成果

・頭蓋模型の復元

鼻部の周辺を抽出したモデルにおける主成分分析結果を表2に示す。各成分の寄与率は、PCA1:55%、PCA2: 16.83、PCA3:11.89、PCA4: 7.3、PCA5: 5.35、PCA6: 3.43だった。

戸塚山古墳出土女性人骨を1、その他の個体を0とクラス分けした場合、ROI曲線で0.7以上の値を取った主成分はPCA1、PCA3、PCA4だった。この結果、長谷小路周辺遺跡HK137人骨や五松山遺跡1号人骨が比較的戸塚山古墳出土女性人骨に近いことが判明した(図3)。これらを元に鼻根部を復元したイメージ像を図4に示す。上記検証から、戸塚山古墳出土女性人骨については、鼻根部が低い個体と想定された。

	PCA1	PCA2	PCA3	PCA4	PCA5	PCA6
戸塚山137号墳出土人骨	47.09	4.00	17.30	6.30	2.30	-7.51
五松山遺跡1号人骨	13.40	-1.52	7.71	-6.22	-13.59	11.86
五松山遺跡3号人骨	-1.03	17.28	-2.40	-9.08	16.08	6.25
五松山遺跡6号人骨	-7.82	-36.49	-0.72	-1.49	6.79	0.05
長谷小路周辺遺跡HKS137	-3.49	4.92	-15.96	21.34	-1.06	3.55
市川橋遺跡R548	-56.56	7.97	14.34	1.06	-3.51	-5.13
西平井根郷遺跡SK172C	8.42	3.84	-20.28	-11.90	-7.00	-9.06

表2:鼻部モデルにおける主成分分析結果

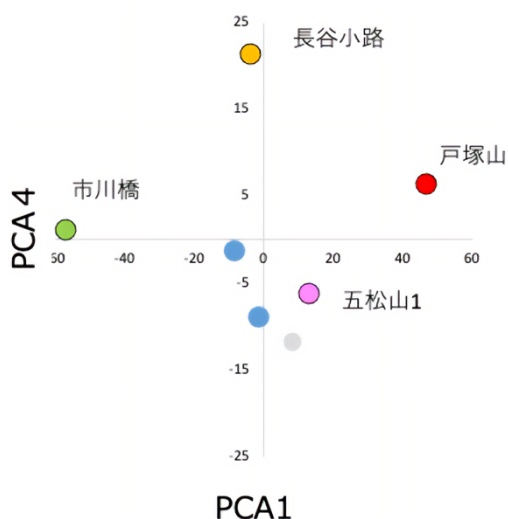


図3: PCA1・PCA4

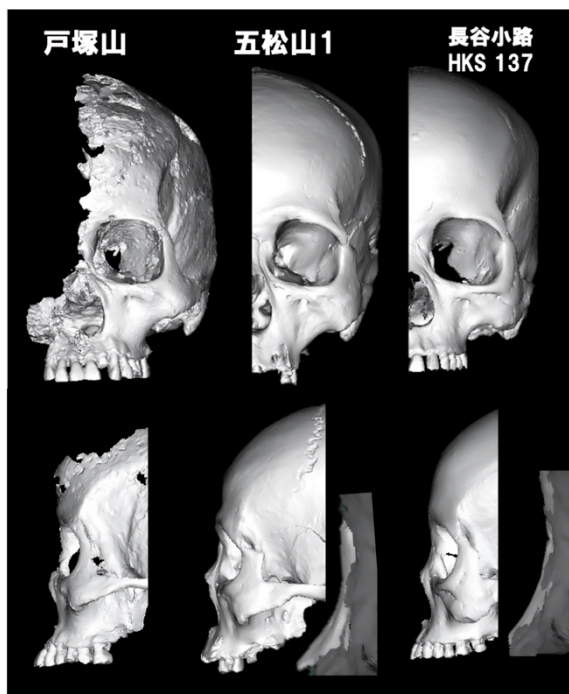


図4:鼻根の補完イメージ

・顔貌と全身像の復元

戸塚山古墳出土女性人骨においては、今回の復顔に当たり、改めて人骨の観察を行うと共に、年齢の再推定を試みた。成人骨格で年齢推定に用いられるのは、頭蓋の縫合の閉塞程度、恥骨結合面の形態、長管骨の骨量構築、軟骨の骨化などである。坂上(2015)による頭蓋縫合を用いた推定では65歳以上に当たる確率が約97%と高く算出された。これは馬場ら(1983)が頭蓋縫合の観察結果に基づいてかなり年齢が高いことを示唆した記載と矛盾しない。一方、馬場ら(1983)は、骨盤の耳状面と恥骨結合面の観察では壮年後期であると推測し、総じて壮年の中後期であることを推測している。今回は更に異なる骨の部位として坂上(2007, 私信)による大腿骨頭の形態を用いた方法を取り入れて判定した結果、45±9歳と推定された。以上の先行研究の記載と今回の検討結果を併せ考え、骨形態に基づく推定年齢は壮年期(30~40歳代)後半と判断し、復顔に際しては40歳前後の年齢を想定して行った。なお、当時の平均年齢や環境を考慮し、現代人に比べて実年齢よりも上の年齢に見えることは十分あり得ると推測のもと復顔像が製作されている。

図2で作製した粘土像に、上記で推定された年齢推定や核ゲノム解析により明らかになった特徴を付与した。皮膚色に関しては、ゲノム解析の報告結果に基づいてやや褐色調とし、目の色は黒もしくは茶色、髪の毛は直毛であることを反映した。髪型や服装については、出土している副葬品から文化人類学的な視点で最も自然に考えられる形を採用した(図5)。体型については、形質人類学的な計測により小柄で華奢な女性と推定し全身像を作製した(図6)。



図 5: 顔貌の復顔像 (株式会社サンク・アール社)



図 6: 全身像再現 (株式会社サンク・アール社)

・アウトリーチ

アウトリーチ企画として 2024 年 5 月 25 日～29 日に、宮城県仙台市に所在するせんだいメディアテークにて、「学際研究で甦る東北の豪族達」と題した市民公開展示を行った。この展示は、人類学に興味のある市民以外にも、プラスチックのアプローチをめざし、学外の施設で行った。全期間を通し、来場者は 1228 名であった。

戸塚山 137 号墳出土女性人骨の研究成果と同時に、隣接する地域である福島県喜多方市の灰塚山古墳から出土した男性人骨と比較した展示企画とした。当時考えられる 2 人の関係性を盛り込んだ動画や新しいデジタルコンテンツを利用した展示のほか、人骨模型を直接触って観察可能な体験型の展示企画に注力したことで、研究成果のアウトリーチを模索した。

古墳時代の王族クラスの人骨を網羅的に研究し報告した例はなく、女性豪族の姿が復元されるのは全国でも稀な例となった。

【引用文献】 Kazuhiro Sakaue (2015) *Bull. Natl. Mus. Nat. Sci., Ser. D, 41,1-11*. 馬場悠男他(1983)戸塚山第 137 号墳発掘調査報告書 一戸塚山古墳群調査報告書 第1集一,36-60.

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 波田野悠夏	4. 巻 767
2. 論文標題 文理融合学際研究としての復顔 蘇る東北地方古墳時代首長の姿	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 考古学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 36-41
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 波田野悠夏	4. 巻 0
2. 論文標題 形質人類学的研究 1	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 『考古学研究会70周年記念誌 考古学の輪郭』	6. 最初と最後の頁 219, 220
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 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 波田野悠夏・鈴木敏彦
2. 発表標題 山形県戸塚山137号墳出土人骨の形態学的検討および顔貌の再現
3. 学会等名 第76回日本人類学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 波田野悠夏・鈴木敏彦
2. 発表標題 報告6「戸塚山137号墳出土人骨頭蓋の復顔について」
3. 学会等名 戸塚山137号墳シンポジウム-よみがえる置賜の女王-（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 波田野悠夏・鈴木敏彦
2. 発表標題 東北地方古墳時代人の顔の形態
3. 学会等名 3. 学会等名 3. 学会等名 3. 学会等名 市民公開シンポジウム東北地方の古墳 甦る豪族達の姿
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 波田野悠夏
2. 発表標題 三次元形態解析による古代人骨の顔貌推定
3. 学会等名 FRIS/TI-FRIS Retreat 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 波田野悠夏
2. 発表標題 学際研究で甦る古代の人々 The Ancients Reborn: Unveiled by Interdisciplinary Research
3. 学会等名 第53回 FRISハブミーティング/第37回 TI-FRISハブミーティング
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 波田野悠夏・鈴木敏彦
2. 発表標題 形態と文化と道具で探る古代の人々
3. 学会等名 市民公開展示学術講演
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

山形県米沢市の古墳人骨から「置賜の女王」の生前の姿を復元
<https://www.fris.tohoku.ac.jp/media/files/About/publication/FRI1SnewsNo15.pdf>
“置賜の女王”CGで復元 米沢市教委など、古墳の人骨から
https://www.yamagata-np.jp/news/202211/04/kj_2022110400095.php
古墳の人骨から顔や服装を復元 米沢市でシンポジウム
<https://www3.nhk.or.jp/lnews/yamagata/20221113/6020015690.html>
東北の「卑弥呼」の生前の姿を復元 発掘調査で分からなかった特徴も
<https://www.asahi.com/articles/ASQC86441QC4UZH001.html>
最新技術活用、置賜の女王CGで復元
<https://www.youtube.com/watch?v=PmWEW9ovTkU>
最新の科学で骨を分析 古墳時代の人々の姿を解き明かす 第77回日本人類学会市民公開シンポジウム
https://www.todaiashimbun.org/kofun_20231201/
福島・山形出土5世紀の人骨CGで姿復元豪族たちの実像に迫る25～29日、仙台で展示 東北大など研究グループ 7年の調査成果
<https://kahoku.news/articles/20240523khn000006.html>
市民公開展示「学際研究で甦る東北の豪族達」5月25日〜5月29日 場所：せんだいメディアテーク
<https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2024/05/event20240514-01-fris.html>

「」

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
---------	---------