

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 10 月 21 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25440252

研究課題名(和文) 新発見の沖縄更新世人頭蓋骨のデジタル復元による形態学的研究

研究課題名(英文) Morphological study of human skulls found recently from Late Pleistocene site in Okinawa by using micro-CT and 3D printer systems.

研究代表者

土肥 直美(DOI, Naomi)

琉球大学・医学(系)研究科(研究院)・非常勤講師

研究者番号：30128053

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、沖縄県石垣島発見の後期更新世人頭蓋骨について、従来の方法とCTを用いた新しいデジタル技術を併用することによって、新たな更新世人類頭蓋骨の復元を目指し、また形態的特徴を明らかにしようとした。まず、沖縄で土肥を中心に従来の方法で実際の骨の接合を行い、その後、国立科学博物館において河野がCT撮影を行った。デジタル画像を用いた全体像の復元は、相互にチェックすることで精度を増すように努めた。

研究の開始期には2010年出土の頭蓋骨のみが対象だったが、その後の調査でさらに3個の頭蓋骨が資料として加わり、現在4個の更新世頭蓋骨の復元が進行している。また、形態学的研究と論文の準備も進めている。

研究成果の概要(英文)：To clarify morphological characteristics of Late Pleistocene skull found recently from Shiraho-saonetabaru cave site, Ishigaki Island, Okinawa, we tried to reconstruct skull using new digital method by micro-CT and 3D printer systems. At first, we reconstructed manually deficient skull from fragmental bone pieces (analog method), then, applied CT scan to this skull at the National Science Museum in Tokyo. We have found that it is possible to improve the accuracy of skull morphology by repeating feedback between analog method and digital method. Although at the onset of this study, available material was only one skull, three more skulls were added from subsequent excavation. Now, we are proceeding morphological analyses of digitally reconstructed skulls, and preparing papers.

研究分野：自然人類学

キーワード：更新世人類 デジタル復元 形態 沖縄 石垣島

1. 研究開始当初の背景

日本列島の更新世人骨は出土例が少ない上に、出土地域のほとんどが琉球列島に限られている (Matsu'ura 1999; 松浦・近藤 2000)。その中で、沖縄県八重瀬町港川フィッシャーから発見された港川人は、ほぼ全身骨が揃う個体が4体分確認されたことから、東アジア地域の更新世人骨として世界的に重要な研究資料となっている (Suzuki and Hanihara 1982)。しかしながら、港川人については発見時の情報が少なく、石器等の文化遺物を伴っていないこと、また、人骨そのものによる年代測定が行われていないことなどから、特に考古学サイドから資料の信頼性に疑問が投げかけられてきた (小田、2009; 安里、2011)。一方、人類学サイドにおいては、港川人のもつ形態的特徴から更新世人骨という評価がほぼ定着しており (Baba and Narasaki 1991)、教科書にも掲載されているほどである。二つの学問分野のこのような評価の違いは琉球列島の更新世 (旧石器時代) 研究、そして更新世人骨研究の大きな障壁となってきた。

このような問題点を解決するために、新しい更新世遺跡、更新世人骨の発見による検証が待たれていたが、1998年から4年間に亘って実施された港川フィッシャーの再調査では、期待された旧石器時代の文化遺物も新たな更新世人骨も発見されなかった (具志頭村教育委員会 2002)。期待が大きかったことから、考古学サイドからの港川フィッシャー遺跡の評価は以前にも増して厳しいものになってしまった。

沖縄の更新世人骨研究も厳しい状況に置かれることになったが、2007年に新しい沖縄県立博物館・美術館が開館し、人類学研究部門が新設されたことから、沖縄の更新世人類研究は新たな展開を迎えることになった。新たな更新世人骨発見を目指す発掘調査が、東京大学総合研究博物館、国立科学博物館の協力を得て、ハナンダガマ、武芸洞などで実施され、沖縄の更新世人骨研究は再び注目されることになった (沖縄県立博物館・美術館、2006, 2007, 2008, 2009)。

そして、石垣島白保竿根田原洞穴遺跡は、これまでの課題を一気に解決し、更新世人類研究の新たな扉を開く可能性をもつ待望の発見となった。最初の発見 (2007年) は石垣島新空港建設地内に分布する洞穴の測量調査を行った「NPO 法人沖縄鍾乳洞協会」の調査グループが洞穴内から人骨を発見したことによってもたらされた。人骨から年代測定を行った結果、それらの中に更新世の人骨が含まれることが明らかになり、2010年に沖縄県立埋蔵文化財センターによる精密な発掘調査が行われることになった。本研究で対象と

している頭蓋骨はこれらの調査によって出土したもので、放射性炭素年代測定によって人骨そのものから更新世の人骨であることが確認されている。

日本の更新世人骨の中で詳細な顔の特徴まで分析できる頭蓋骨はほぼ港川1号のものに限られており、日本人の起源あるいは東アジアの人類史を論じる上で、港川1号人骨は常に重要な位置を占めてきた。しかしまた、限られた資料に基づく議論は当然のことながらリスクを伴うものであり、研究の進展とともにその位置づけも揺れてきた。

港川人について最初に詳しい分析を行った鈴木尚等は、港川人は中国南部の柳江人や縄文人に似ていると考えた (Suzuki and Hanihara, 1982)。馬場悠男はインドネシアのワジャク人と縄文人に似ているとし、港川人のルーツをさらに南方に想定している (馬場 1993)。最近では、港川人は更に南のオーストラリアアボリジンと似た特徴をもち、縄文人とは似ていないという研究が報告されている (Kaifu et al., 2011)。この様に、限られた資料をもとにした議論に限界があるのは当然であり、だからこそ、新たな頭蓋骨の復元と形態学的研究のもつ意味は大きい。最近では、新しい研究方法の開発とともに日本の更新世人類の詳細な研究も始まっており (Kubo and Kono, 2011; Suwa et al., 2011; Kubo et al., 2012)、白保竿根田原洞穴遺跡出土人骨が加わることによってさらなる研究の進展が期待出来る。

2. 研究の目的

石垣島白保竿根田原洞穴遺跡で発見された人骨は、詳細な出土状況が判明しており、人骨から直接年代測定が行われるなど、人類学・考古学双方の情報が揃った貴重な資料である。申請者等は出土した約1000点に及ぶ人骨片の部位同定と接合作業等を進めてきた。その結果、人骨の中に、放射性炭素年代測定法により更新世に属するとされる頭蓋骨を確認することが出来た。頭蓋骨は鍾乳石の崩落等により破壊されてはいるが、CTを用いた新しいデジタル技術を活用することによって、全体像の復元は十分に可能と思われる。本研究では、港川人に次ぐ新たな更新世人類の頭蓋骨復元を目指すと同時に、形態的特徴を明らかにしようとしている。

本研究では、人類学・考古学双方の情報を活かし、以下の課題に取り組もうとしている。

(1) 頭蓋骨の肉眼的手法による復元

まずは従来の方法で頭骨片を出来るだけ接合し、形態復元を試みる。

(2) 3次元デジタル形状解析法による復元

頭骨片はほぼ1体分が回収されているが、

頭蓋底、側頭部、右顔面部、右下顎骨等が不完全であるため、CTを用いた新しいデジタル解析手法を活用することによって、全体像の復元を試みる。欠如部分がある場合は、港川人や沖縄先史時代人を参照しながら、出来るだけ信頼性の高い頭蓋骨の復元を目指す。

(3) 形態的特徴を明らかにする

デジタル解析法によるデータおよび3次元プリンターを用いて得られる頭蓋骨模型について形態学的解析を行い、白保竿根田原洞穴遺跡出土頭蓋骨の形態的特徴を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 白保竿根田原洞穴遺跡からは約2万年前の比較的保存良好な頭蓋骨が複数出土している。しかしながら、特に顔面部分の欠損が多く、従来の手作業による接合では全体を復元することは困難である。そこで、本研究においては、CTスキャンを用いて形態の情報を3次元デジタルデータ化し、コンピュータ上で欠損部分を補完しながら、より完全な頭蓋骨の復元を目指した。

本研究は、主に研究代表者土肥と研究分担者河野が共同して進めるが、国立科学博物館人類研究部の研究者、沖縄県立博物館・美術館の人類学および考古学担当者、遺跡の調査主体である沖縄県立埋蔵文化財センターの調査担当者等が研究協力者として参加し、研究を推進させる。

(2) 具体的な方法

従来の肉眼的手法による復元

まずは従来の方法で頭骨片を出来るだけ接合し、形態復元を試みる。

3次元デジタル形状解析法による復元

で復元された不完全な頭蓋骨について、CTスキャンを行い、デジタル解析手法を用いてコンピュータ上で全体像の復元を試みる。欠如部分がある場合は、港川人や沖縄先史時代人を参照しながら、出来るだけ信頼性の高い頭蓋骨の復元を目指す。

3次元プリンターによる頭蓋骨模型作製

コンピュータ上の復元像から3次元プリンターを用いて実際の形態模型を作製する。

得られる頭蓋骨模型について形態学的解析を行い、白保竿根田原洞穴遺跡出土頭蓋骨の形態的特徴を明らかにする。

4. 研究成果

白保竿根田原洞穴遺跡からは、申請時以降の調査(2012年度~2015年度)によって、さらにデジタル復元を期待出来る頭蓋骨3個体分の追加資料が得られた。追加資料は願ってもないことで、複数の頭蓋骨が復元されることによる形態学的情報の価値は計り知れな

い。追加資料についても本研究の期間内に復元を目指した。

初年度は従来の手作業による接合(アナログ手法)の完成度向上に重点を置いて作業を進めた。また、CTスキャンによるデジタル画像解析の精度を高めるための準備作業として、比較的残存部分の多かった2012年度出土頭蓋骨について、実際にCTスキャンを行い、デジタル復元手法について細かな検討を行った。その結果、アナログ復元だけでは不十分な形態の情報が、デジタル技術を使うことによって飛躍的に補完され得ること、また、アナログとデジタル相互の情報をフィードバックすることで、十分な復元精度が得られることが明らかになった。

アナログ手法とデジタル手法相互の情報交換を密にすることで十分な復元精度が得られることが明らかになったことから、研究代表者土肥、沖縄県立博物館・美術館および沖縄県立埋蔵文化財センターの研究協力者は引き続き4個体分の頭蓋骨片について手作業による接合を出来る限り細かい部分まで行った。また、研究分担者の河野もデジタル復元をより正確にするために、手作業による接合作業にも出来るだけ参加し、細部の確認を行った。追加資料が最終年度にも出土したことから、研究の予定はやや遅れているが、現在、4個体全部のCTスキャンを終えており、デジタル復元も進めている。

形態学的分析については、港川人との比較などを進めているが、白保竿根田原洞穴人は推定身長が男性で160cmを超えており、頭形も短頭型、中頭型など変異があることが分かっている。論文の準備も進行中である。

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13件)

Kaifu Y, Kono RT, Sutikna T, Saptomo EW, Jatmiko, Due Awe R, Baba H (2015) Descriptions of the dental remains of *Homo floresiensis*. *Anthropological Science*, 123: 129-145. (DOI: 10.1537/ase.150501) (査読有)

Zhang Y, Kono RT, Wang W, Harrison T, Takai M, Ciochon RL, Jin C (2015) Evolutionary trend in dental size in *Gigantopithecus blacki* revisited. *Journal of Human Evolution*, 83: 91-100. (DOI: 10.1016/j.jhevol.2015.03.005) (査読有)

Zhang Y, Jin C, Kono RT, Harrison T,

Wang W (2016) A fourth mandible and associated dental remains of *Gigantopithecus blacki* from the Early Pleistocene Yanliang Cave, Fusui, Guangxi, South China. *Historical Biology*, 28: 95-104. (査読有)

Kaifu Y, Kono RT, Sutikna T, Saptomo EW, Jatmiko, Due Awe R, Baba H (2015) Descriptions of the dental remains of *Homo floresiensis*. *Anthropological Science*, 123: 129-145. (査読有)

Zhang Y, Kono RT, Wang W, Harrison T, Takai M, Ciochon RL, Jin C (2015) Evolutionary trend in dental size in *Gigantopithecus blacki* revisited. *Journal of Human Evolution*, 83: 91-100. DOI: 10.1016/j.jhevol.2015.03.005. (査読有)

Chang C-H, Kaifu Y, Takai M, Kono RT, Grün R, Matsu'ura S, Kinsley L, Lin L-K (2015) The first archaic *Homo* from Taiwan. *Nature Communications*, 6: 6037. (査読有)

Kono RT, Zhang Y, Jin C, Takai M, Suwa G (2014) A 3-dimensional assessment of molar enamel thickness and distribution pattern in *Gigantopithecus blacki*. *Quaternary International*, 354: 46-51. (査読有)

Zhang Y, Jin C, Cai Y, Kono R, Wang W, Wang Y, Zhu M, Yan Y (2014) New 400-320 ka *Gigantopithecus blacki* remains from Hejiang Cave, Chongzuo City, Guangxi, South China. *Quaternary International*, 354: 35-45. (査読有)

Takai M, Zhang Y, Kono RT, Jin C (2014) Changes in the composition of the Pleistocene primate fauna in southern China. *Quaternary International*, 354: 75-85. (査読有)

Zhang Y, Kono RT, Jin C, Wang W, Harrison T (2014) Possible change in dental morphology in *Gigantopithecus blacki* just prior to its extinction: Evidence from the upper premolar enamel-dentine junction. *Journal of Human Evolution*, 75: 166-171. (査読有)

Kubo D, Kono RT, Kaifu Y (2013) Brain size of *Homo floresiensis* and its evolutionary implications. *Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences*, 280. DOI: 10.1098/rspb.20130338. (査読有)

吉村和久・片桐千亜紀・藤田祐樹・山崎真治・土肥直美・鮎沢潤・栗崎弘輔(2013) 固結堆積物から見た化石骨の埋没環境. *洞窟学雑誌*, 37: 55-64. (査読有)

Shinoda K., Kakuda T., Doi N.(2013) Ancient DNA analysed of human skeletal remains from the Gusuku period in the Ryukyu islands, Japan. *Bull.Natl. Mus. Nat. Sci., Ser. D.* 39: 1-8. (査読有)

[学会発表](計 11 件)

森田航・森本直記・河野礼子・佐々木智彦・諏訪元(2015) 形態地図法によるヒト・現生大型類人猿大臼歯の形態解析 第69回日本人類学会大会・産業技術総合研究所臨海副都心センター(東京都江東区)(2015.10.11)

Takai M, Zhang Y, Jin C, Wang W, Kono RT(2015) Changes in the composition of the Pleistocene primate fauna in southern China. (presented at INQUA XIX Congress 2015, Nagoya, July, 2015) 名古屋国際会議場(愛知県名古屋市)(2015.7.29)

高井正成・張穎奇・金昌柱・河野礼子・王頤(2015) 中国広西壮族自治区における前期～後期更新世の旧世界ザル相の年代変化 第31回日本霊長類学会大会・京都大学百周年時計台記念館(京都府京都市)(2015.7.20)

海部陽介・張鈞翔・高井正成・河野礼子・松浦秀治(2015) 台湾沖で発見された原人の下顎骨化石 日本旧石器学会第13回大会・東北大学片平キャンパスさくらホール(宮城県仙台市)(2015.6.20)

土肥直美(2013) 白保竿根田原洞穴遺跡出土の人骨について. 白保竿根田原洞穴遺跡講演会. 石垣市民会館(沖縄県石垣市)(2013.12.1)

土肥直美(2014) 沖縄人はどこから来たか? 第67回日本寄生虫学会南日本支部大会・第64回日本衛生動物学会南日本支部大会合同大会(招待講演)・てんぷす

那覇(沖縄県那覇市)(2014.11.23)

河野礼子・張穎奇・金昌柱・高井正成
(2013)中国南部の広西壮族自治区から
出土した更新世大型類人猿遊離歯化石
第67回日本人類学会大会・国立科学博物
館筑波研究施設(茨城県つくば市)
(2013.11.2)

高井正成・河野礼子・金昌柱・張穎奇
(2013)中国南部における更新世霊長類
相の変遷 第67回日本人類学会大会・国
立科学博物館筑波研究施設(茨城県つく
ば市)(2013.11.2)

張穎奇・金昌柱・河野礼子・蔡演軍(2013)
中国南部・広西崇左の合江洞から出土し
た40~32万年前のギガントピテクス化
石について第67回日本人類学会大会・国
立科学博物館筑波研究施設(茨城県つく
ば市)(2013.11.2)

河野礼子(2013)歯からライフ・ヒスト
リーを読み解く 第41回ホミニゼーショ
ン研究会「成長と加齢」・京都大学霊長類
研究所(愛知県犬山市)(2013.3.8)

河野礼子・張穎奇・金昌柱・高井正成・
王頌・Terry Harrison(2014)ギガント
ピテクス臼歯サイズの時代変化 第68回
日本人類学会大会・アクトシティー浜松
コンgresセンター(静岡県浜松市)
(2014.11.1)

[図書](計5件)

河野礼子(共訳)(2015)『生命ふしぎ図
鑑 人類の誕生と大移動 2200万日で世
界をめぐる』西村書店 pp.48.

河野礼子(監訳)(2015)『イーダ 美しい
化石になった小さなサルのものがたり』
創元社 pp.62.

河野礼子(分担執筆)(2015)『特別展 生
命大躍進 図録』NHK プロモーション
pp.223.

河野礼子(監修)(2015)『人類の進化大
研究 700万年の歴史がわかる』PHP 研究
所 pp.63.

土肥直美・藤田祐樹・片桐千亜紀・徳嶺
里江(2013)白保竿根田原洞穴遺跡出土
の人骨.白保竿根田原洞穴遺跡 沖縄県立
埋蔵文化財センター調査報告書第65集,
沖縄県立埋蔵文化財センター,180-200.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

土肥 直美 (DOI, Naomi)
国立大学法人琉球大学大学院・医学研究
科・非常勤講師
研究者番号:30128053

(2) 研究分担者

河野 礼子 (KONO, Reiko)
独立行政法人国立科学博物館・人類研究
部・研究主幹
研究者番号:30356266

(3) 研究協力者

徳嶺 里江 (TOKUMINE, Rie)
沖縄県立埋蔵文化財センター・嘱託調査員
片桐 千亜紀 (KATAGIRI, Chiaki)
沖縄県立博物館・美術館・博物館班・主任
学芸員
藤田 祐樹 (FUJITA, Masaki)
沖縄県立博物館・美術館・博物館班・主任
山崎 真治 (YAMASAKI, Shinji)
沖縄県立博物館・美術館・博物館班・主任