

平成 29 年 6 月 10 日現在

機関番号：82617

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2012～2016

課題番号：24247044

研究課題名(和文) 辺縁の人類史：アジア島嶼域におけるユニークな人類進化をさぐる

研究課題名(英文) Human histories in the periphery: in search of unique hominin evolutions in insular Asia

研究代表者

海部 陽介 (KAIFU, Yousuke)

独立行政法人国立科学博物館・人類研究部・グループ長

研究者番号：20280521

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 28,300,000円

研究成果の概要(和文)：ジャワ島・フローレス島・台湾から出土した多数の新発見の原人化石について形態学的解析を推進し、アジアにおける原人・旧人段階の進化史が、従来の認識よりはるかに多様であったことを明らかにした。この多様性を生じた原因はなお不明だが、1つの因子として、氷期の海面変動の中で大陸と接続分断を繰り返した地域と(台湾・ジャワ島)、ずっと孤立していた地域(フローレス島)といった地理環境の違いが影響した可能性がある。これらの成果をネイチャー誌、ネイチャー・コミュニケーションズ誌などに発表した。

研究成果の概要(英文)：This 5-years project have revealed previously unrecognized, high-level of evolutionary diversity in Asian archaic Homo, through morphological analyses of a number of newly discovered fossil specimens from three peripheral regions of Asia: Java (Indonesia), Flores (Indonesia), and Taiwan. During the Pleistocene sea-level fluctuations, Taiwan/Java had repeated connection and disconnection from the Asian continent, whereas Flores had been an isolated island throughout. Such contrasting geographic settings may have been at least one of the causes that affected the evolutionary diversity observed here. The results were published in Nature, Nature Communications, and other academic journals.

研究分野：人類学

キーワード：人類学 進化 原人 アジア 島嶼域

1. 研究開始当初の背景

2003年にインドネシアのフローレス島で発見されたホモ・フロレシエンシス(フローレス原人)は、原人の登場以降200万年におよぶ人類史が“絶え間なく続いてきたヒト化のプロセス”であったという従来の常識を覆し、学界に衝撃を与えた(Brown et al., 2004)。つまり数万年前に生存していたこの小型人類は、200万年にわたって右肩上がりに脳が増大し、技術文化が発展し、身体特徴も現代人的になっていくといういわば“メインストリーム”の人類進化と逆行して、脳と身体が矮小化し、腕と脚のプロポーションが猿人的になり、石器技術も停滞した人類集団が存在したことを明らかにした(Morwood and Jungers, 2009; Aiello, 2010)。アジアの人類進化が予想をはるかに超えて多面的であったというこの発見は、大きな波紋を呼ぶと同時に、我々の大陸辺縁地域における人類史への理解と注目が不足していたことを強く認識させた。さらに当時、シベリア南部のアルタイ地域に、ネアンデルタール人とともに別の古代型人類(“デニソワ人”)がいたことが、化石から抽出したDNA解析の結果から示唆され(Reich et al., 2011)、アジアにいた古代型人類の多様性に一層の注目が集まっていた。

研究の開始当時、代表者にはアジアの人類化石についての17年間にわたる研究実績があり、特にジャワ原人(ホモ・エレクトスの地域集団)の進化史について数々の新知見を提供していた(e.g., Kaifu et al. 2005, 2008, 2010, 2011a)。そうした実績から、インドネシア・オーストラリア合同のフローレス調査隊に招かれ、さらにこれまで古代型人類の存在が明らかでなかった台湾から保存良好な人類化石が複数点発見され、その研究にも携わることとなった。

このように絶対数は少ないが、アジアには辺縁地域の人類史を探るための化石資料が複数存在し、幸いにも申請者はその全てにアクセスできる立場にあった。本研究はこの状況を生かして、アジアにおける人類進化の新しい側面の解明に挑むために企画された。

2. 研究の目的

ダーウィン以降150年にわたる研究により、猿人から原人、旧人、そして新人(ホモ・サピエンス)にいたる人類進化の大筋が解明されつつある。一方で近年、アジアの辺縁地域ではこの“メインストリーム”の進化とは全く異なる歴史が刻まれていたことが明らかになり、大きな注目を集めている。本研究では辺縁地域における人類史の実態を解明し、人類進化の多面性を理解するために、インドネシアと台湾における原人あるいは旧人化石を、形態と年代の両面から調査する。形態については近年発達してきた3次元的手法も導入し、他地域の人類化石との大規模な比較を行う。年代については、一部現地調査も

交えながら鍵となる化石(遺跡)の年代を測定する。これらの知見を統合してアジア辺縁における人類形態進化の時系列的モデルを構築し、地理・共存動物相などの情報も加味しながら、その独自性について明らかにする。

3. 研究の方法

フォーカスするアジア辺縁地域として、課題解決のために有望な人類化石が存在し、かつそれらに代表者がアクセスできるジャワ島(インドネシア)、フローレス島(インドネシア)、台湾を選んだ。こららの地域の新発見・未研究の原人化石について、高解像度CT撮影を含む形態学的解析を進めるとともに、必要な年代測定、野外発掘・地質調査などを重ねて、各地における人類進化の特性を炙り出していく。さらに人類進化研究において重要視されている脳サイズについて、破損した不完全な頭骨化石からも信頼性の高い推定値を得るための3次元デジタル技術を応用した新手法を開発する。作業が形態学、デジタル技術、年代測定、地質調査と多岐にわたるため、それぞれの分野において第一線で活躍している国内外の専門家と共同で作業を進めていく。

4. 研究成果

(1) フローレス原人

論争的になっていたフローレス原人の頭蓋腔容量(脳サイズの近似値)を、高精度マイクロCTデータを用いて決定した(図1)。合わせて身体サイズと脳サイズの関連について、現代人のデータを収集して調査し、その関連が従来の想定よりも強いことを発見した。これらの知見を合わせて、フローレス原人が大型のジャワ原人から矮小化した可能性を否定できないという主旨の論文を発表した(論文21)。この論文はネイチャー・サイエンス誌で紹介され、BBCなど国際メディアからも大きな注目を集めた。

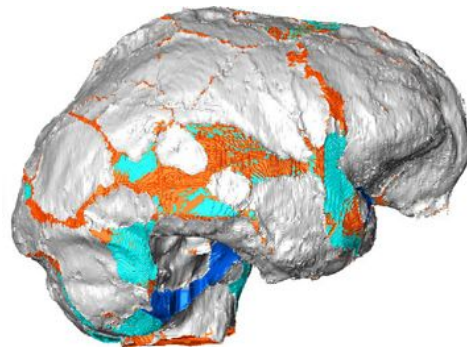


図1. コンピュータ上で復元したフローレス原人の頭蓋腔鋳型。

フローレス原人の歯について詳細な記載論文を発表した。さらに現代人や他の原人との大規模形態比較も合わせて行い、その成果を別途論文発表した(論文5,7)。結果は先の頭骨の研究と整合するもので、初期ジャワ原

人との類似性が明確に検出された。つまり小型のフローレス原人は、大型のジャワ原人が矮小化して進化した可能性が極めて高い。成果は国内の新聞各紙だけでなく、英・米・豪などの国際メディアで報道された。

フローレス原人の祖先を突き止める上で最重要と目されるフローレス島のソア盆地での国際調査に招待され、新発見の化石(図2)の形態学的解析を行い、その成果をネイチャー誌に発表した(論文4)。この島での原人の矮小化が70万年も前から生じていたことを示し、同時にその起源論争の解決に大きな前進をもたらした(ジャワ原人の仲間から極度の矮小化を遂げた可能性が高い)成果は国際的に大きな注目を集め、世界各地で約600の記事として紹介された。



図2. 下顎骨の大きさの比較
リャン・ブアの原人の頭骨にソア盆地の下顎骨(水色)を重ねたもの(左)と、ホモ・サピエンス(縄文人)の頭骨(右)。ソア盆地の下顎骨(70万年前)はリャン・ブアのフローレス原人(8万年前)より少し小さい。

(2)ジャワ原人

ソロ川流域のンガウィで発見された非常に保存のよい後期ジャワ原人の頭骨化石について、CTによる解析を含む詳細な比較研究を実施したところ、ジャワ原人の100万年以上に渡る連続的進化を強く支持する結果が得られたので、成果を論文発表した(論文6)。

中部ジャワのサンブンマチャンにある、年代不詳のジャワ原人の頭骨化石発見地点に赴き、この化石の年代を追求するための地質調査とフィッション・トラック法などによる年代測定を行なった。その結果、この化石が欧米研究者の間で信じられている年代値(数万年前)より古く、30万年ほど前のものであることがわかってきた。この年代値は、上述のジャワ原人の連続進化と整合的である(学会発表2,3,9,12)。

サンブンマチャンにて3週間にわたる発掘調査を行った。人類の可能性のある歯の破片が2点見つかったほか、少数ながら石器が発見された。双方とも、過去に例がないか稀な、貴重な発見である。

末期のジャワ原人あるいは最初期のホモ・サピエンスがいたと目されるジャワ島南部のプヌンで2週間の発掘を行った。人類化石は得られなかったが、あいまいであったこの地点の地層の状況がほぼ解明され、プヌン動物相についての理解が深まった。

最古のジャワ原人の進化的位置づけについての証拠を整理し、一部の研究からの示唆に反して、これらはコーカサス地方のドマニシ原人より派生的であることを、原人をテーマにした国際学会にて発表した(学会発表7)。

(3)台湾

台湾本島と澎湖諸島間の海底から、魚網にかかって発見された古代型人類化石(澎湖1号)の研究成果をNature Communications誌に発表した(論文9)。台湾で初めて発見された古代型人類の化石であり、アジアの化石記録の空白の1つを埋める重要化石である。澎湖1号は下顎骨の右半分の保存のよい化石で、年代はおそらく19万年前以降、古くとも45万年前を越えないと推定される。そうでありながら、80~70万年前頃のジャワ原人や北京原人より顎が頑丈かつ歯が大きく原始的で、これらとは別の進化系統に属していた可能性が高い(図3)。この研究成果は、アジアにかつていた古代型人類の多様性を示すものとして、多数の国内メディアだけでなく、CNNをはじめとする海外メディアでも広く取り上げられた。

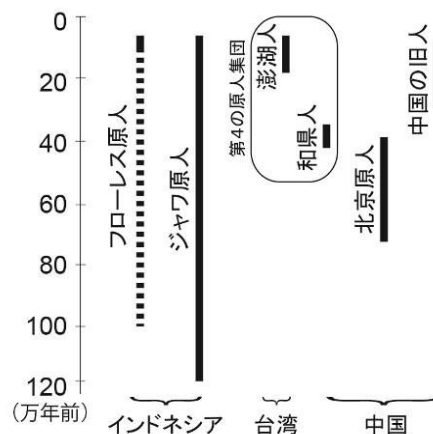


図3. アジアにいた原人・旧人と推定される澎湖人の位置。澎湖人は中国南部の和県人とともに、アジアで知られる「第4の原人」に位置づけられる。

(4)化石脳の容量測定

3次元データを用いて不完全な頭骨からその頭蓋腔容量(脳容量の近似値)を正確に推定する新手法を開発した。ジャワ原人の化石でテストしたところ、予想以上に小さな誤差で容量推定ができることがわかった(学会発表4,11,18,21,24)。先行研究で報告されていたジャワ原人の頭蓋腔容量のいくつかは修

正の必要があることが判明したが、ジャワ原人の脳サイズが時代を追って大型化していたという通説に影響はない。

(5)総括

5年間の研究により、ジャワ島・フローレス島・台湾という3つのアジア辺縁地域で、それぞれ異なった原人の進化史が存在したことがわかってきた。それは氷期の海面変動の中で、大陸の一部になりえた場所（台湾・ジャワ島）ずっと孤立していた場所（フローレス島）といった地理環境とも関連があっただろう（学会発表1）。総まとめとして、平成28年度の日本人類学会にて成果発表会を行ったほか、アジアにおける原人・旧人の新しい進化系統モデルを提唱した論文を国際誌に投稿した（現在、査読の最終段階）。

<引用文献>

- Aiello L. C. 2010. Am J Phys Anthropol 142:167-179.
Brown P. et al., 2004. Nature 431:1055-1061.
Kaifu Y. et al., 2005. Am J Phys Anthropol 128:709-726.
Kaifu Y. et al., 2008. J Hum Evol 55:551-580.
Kaifu Y. et al., 2010. In: Asian Paleanthropology. Springer.
Kaifu Y. et al. 2011. J Hum Evol 61:270-294.
Morwood M., Jungers, W., 2009. J Hum Evol 57:640-648.
Reich D. et al. Nature 468:1053-1060.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計27件のうち20件を記す)

- Liu, W., Martínón-Torres, M., Kaifu, Y., Wu, X., Kono, R.T., Chang, C.-H. Wei, P., Xing, S., Huang, W., Bermúdez de Castro, J.M. 2017. A mandible from the Middle Pleistocene Hexian site and its significance in relation to the variability of Asian *Homo erectus*. Am. J. Phys. Anthropol. 162: 715-731. (査読あり)
Kaifu, Y. 2016. Unique evolution of humans on the island of Flores, Indonesia. Bulletin du Musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco 2016, Supplément n° 6: 31-40. (査読なし)
Van den Bergh, G.D., Kaifu, Y., Kurniawan, I., Kono, R.T., Brumm, A., Setiyabudi, E., Aziz, F., Morwood, M.J. 2016. *Homo floresiensis*-like fossils from the early Middle Pleistocene of Flores. Nature 534:245-248. (査読あり)
Kaifu, Y., Kono, R. T., Sutikna, T.,

- Saptomo, E. W., Jatmiko, Due Awe, R. 2015. Unique dental morphology of *Homo floresiensis* and its evolutionary implications. PLoS ONE 10(11): e0141614. doi: 10.1371/journal.pone.0141614 (査読あり)
Kaifu, Y., Kurniawan, I., Kubo, D., Sudiabudi, E., Putro, G.P., Prasanti, E., Aziz, F., Baba, H. 2015. *Homo erectus* calvaria from Ngawi (Java) and its evolutionary implications. Anthropol. Sci. 123: 161-176. (査読あり)
Kaifu, Y., Kono, R.T., Sutikna, T., Saptomo, W.E., Jatmiko, Due Awe, R., Baba, H. 2015. Descriptions of the dental remains of *Homo floresiensis*. Anthropol. Sci. 123: 129-145. (査読あり)
Asahara M., Chang C.-H., Kimura J., Nguyen Truong Son, Takai M. 2015. Re-examination of the fossil raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides*) from the Penghu channel, Taiwan, and an age estimation of the Penghu fauna. Anthropological Science 123: 177-184.
Chang, C.-H., Kaifu, Y., Takai, M., Kono, R.T., Grün, R., Matsu'ura, S., Kinsley, L., Lin, L.-K. 2015. The First archaic *Homo* from Taiwan. Nat. Commun. 6:6037 doi: 10.1038/ncomms7037. (査読あり)
Ogata, M., N. Hasebe, A. Inagaki, N. Endo 2014. Advanced Java-based application to process thermoluminescence digital color images. The Science Report of Kanazawa University 58:1-12. (査読なし)
海部陽介, 2014. フローレス原人 (*Homo floresiensis*) の謎. 生物科学 65: 205-214. (査読なし)
Aziz, F., Kaifu, Y., Baba, H. 2013. Introduction: questions of Indonesian *Homo erectus*. In: Aziz, F., Baba, H. (Eds.), *Homo erectus* in Indonesia. Recent Progress of the Study and Current Understanding. Centre for Geological Survey, Bandung. pp. 1-8. (査読なし)
Kaifu, Y., Aziz, F., Baba, H. 2013. The origins and early evolution of Indonesian *Homo erectus*: evidence from Sangiran. In: Aziz, F., Baba, H. (Eds.), *Homo erectus* in Indonesia. Recent Progress of the Study and Current Understanding. Centre for Geological Survey, Bandung. pp. 43-64. (査読なし)

Kaifu, Y., Setiyabudi, E., Kurniawan, I., Baba, H., Aziz, F. 2013. Evolution of Indonesian *Homo erectus* in the Early Pleistocene: significance of Sangiran 17. In: Aziz, F., Baba, H. (Eds.), *Homo erectus* in Indonesia. Recent Progress of the Study and Current Understanding. Centre for Geological Survey, Bandung. pp. 65-91. (査読なし)

Kurniawan, I., Setiyabudi, E., Kaifu, Y., Aziz, F., Baba, H. 2013. Evolution of Indonesian *Homo erectus* through the Middle Pleistocene: significance of Sambungmacan 4. In: Aziz, F., Baba, H. (Eds.), *Homo erectus* in Indonesia. Recent Progress of the Study and Current Understanding. Centre for Geological Survey, Bandung. pp. 93-102. (査読なし)

Kaifu, Y., Baba, H., Aziz, F. 2013. Conclusions: current status of Indonesian *Homo erectus*. In: Aziz, F., Baba, H. (Eds.), *Homo erectus* in Indonesia. Recent Progress of the Study and Current Understanding. Centre for Geological Survey, Bandung. pp. 103-106.

Kubo, D., Kono, R.T., Kaifu, Y. 2013. Brain size of *Homo floresiensis* and its evolutionary implications. Proc. Royal Soc. B. 280: 1471-2954. (査読あり)

Hasebe, N., A. Tamura and A. Arai 2013. Zeta equivalent fission-track dating using LA-ICP-MS and examples with simultaneous U:Pb dating. Island Arc 22:280-291. (査読あり)

長谷部徳子・伊藤健太郎・福間剛士・金周龍 2013. フィッショントラック年代測定における多様化する観察法. 月刊地球, 号外 64:124-128. (査読なし)

Chang, C.-H., Takai, M., Ogino, S. 2012. First discovery of colobine fossil from the middle Pleistocene of southern Taiwan. J. Hum. Evol. 63:439-451. (査読あり)

Ohishi, S., Hasebe, N. 2012. Observations of Fission-tracks in Zircons by Atomic Force Microscope. Radiation Measurements 48:554-556. (査読あり)

[学会発表](計 29 件のうち 15 件を記す)
海部陽介, 2016. 辺縁の人類史: ジャワ・フローレス・台湾を中心としたアジアの多様な原人進化. 第 70 回日本人類学会大会 (NSC 学生総合プラザ STEP,

10/8)

佐野貴司・横山一巳・海部陽介 2016. サンプンマチャン (ジャワ島) の地質構造と原人化石の出土層位. 第 70 回日本人類学会大会 (NSC 学生総合プラザ STEP, 10/8)

長谷部徳子・海部陽介・横山一巳・佐野貴司, 2016. フィッショントラック法によるサンプンマチャン (ジャワ島) の原人化石の年代の見積もり. 第 70 回日本人類学会大会 (NSC 学生総合プラザ STEP, 10/8)

久保大輔・河内まき子・持丸正明・荻原直道・海部陽介, 2016. ジャワ原人の脳容量の進化傾向. 第 70 回日本人類学会大会 (NSC 学生総合プラザ STEP, 10/8)

高井正成 2016. 台湾・澎湖動物群の特徴. 第 70 回日本人類学会大会 (NSC 学生総合プラザ STEP, 10/8)

河野礼子・Chang Chun-Hsiang・海部陽介・高井正成・松浦秀治, 2016. 湾沖海底からみつけた原人化石 (澎湖 1 号) について. 第 70 回日本人類学会大会 (NSC 学生総合プラザ STEP, 10/8)

Kaifu, Y., Kurniawan, I., Zaim, Y., Suriyanto, R.A. 2016. Who were the most primitive hominins in Eurasia? A review of the Indonesian evidence. (100+25 years of *Homo erectus*: Dmanisi and beyond, Georgian National Museum, Tbilisi, 9/20-24)

Hasebe, N., Kaifu, Y., Sano, T., Yokoyama, K. 2015. Age estimate of hominid fossil from Sambungmacan, Java, by fission track method. 13th East Eurasia International Workshop on Present Earth Surface Processes and Long-Term Environmental Changes in East Eurasia. (Okinawa, Japan, 2016.10.14-17)

Kaifu, Y., Kurniawan, I., Yokoyama, K., Sano, T., Hasebe, N., Ito, K., Takahashi, A., Aziz, F., Baba, H. 2015. Is Sambungmacan *Homo erectus* contemporaneous with or older than Ngandong *Homo erectus*? (2015 INQUA Nagoya, Nagoya Congress Center, 7.31)

Kaifu, Y., 2014. Unique evolution of elephants and humans on Flores, an island of Indonesia. "Colloque International: L'Homme, la faune et le climat durant la Préhistoire"

organized by le Musée
d'Anthropologie préhistorique de
Monaco, l'Auditorium du Lycée
Technique et Hôtelier de Monaco,
October 24.

Kaifu, Y., 2014. Key issues to
contextualize *Homo erectus* and *Homo
floresiensis*. "Les hominides du
Pliocene et du Pleistocene inferieur
et moyen dans le monde. La place de
l'homme de Tautavel, un *Homo
heidelbergensis*, il y a 450,000 ans"
organized by l'Institut de
Paléontologie Humaine, Centre
Européen de Recherches Préhistoriques
de Tautavel, Auditorium du Palais des
Congrès, July 24.

Kaifu, Y., 2014. L'Homme de Tautavel
et les Hominidés de Chine et de Java.
"Conservation et gestion du
patrimoine archéologique La Caune de
l'Arago, Tautavel,
Pyrénées-Orientales au sein du
patrimoine mondial de l'Humanité"
organized by l'Institut de
Paléontologie Humaine, Centre
Européen de Recherches Préhistoriques
de Tautavel, Auditorium du Palais des
Congrès. July 22.

Kaifu, Y. 2014. Evolutionary origin of
Homo floresiensis: a review of the
current evidence. The 20th Congress of
the Indo-Pacific Prehistory
Association (Siem Reap, Jan 16)
Hasebe, N., S. Ohishi and T. Fukuma
2012. Fission track observation and
dating of zircon by atomic force
microscope. 13th International
Conference on Thermochronology
(Guilin, August 24-28)

Kaifu, Y., 2012. Cranio-facial
morphology of *Homo floresiensis*.
Sino-African Forum of
Paleoanthropology. (Institute of
Vertebrate Palaeontology and
Palaeoanthropology, Beijing, May
29-30)

[図書](計 3件のうち2件を記す)

海部陽介 2013. アフリカで誕生した
人類の長い旅. 印東道子(編)人類の移
動誌, pp. 10-24, 臨川出版.

海部陽介 2012. 進化学辞典, 人類学
関連項目の一部. 共立出版.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

海部 陽介 (KAIFU, Yousuke)
国立科学博物館・人類研究部・研究グル
ープ長
研究者番号: 2 0 2 8 0 5 2 1

(2) 研究分担者

横山 一己 (YOKOYAMA, Kazumi)
国立科学博物館・地学研究部・部長
研究者番号: 4 0 1 2 6 6 2 8

(平成27年度より連携研究者)

高井 正成 (TAKAI, Masanaru)
京都大学・霊長類研究所・教授
研究者番号: 9 0 2 5 2 5 3 5

長谷部 徳子 (HASEBE, Noriko)
金沢大学・環日本海域環境研究センタ
ー・准教授
研究者番号: 6 0 2 7 2 9 4 4

(3) 連携研究者

佐野 貴司 (SANO, Takashi)
国立科学博物館・地学研究部・研究グル
ープ長
研究者番号: 4 0 3 2 9 5 7 9
(平成27年度より研究分担者)

河野 礼子 (KONO, Reiko)
国立科学博物館・人類研究部・研究主幹
研究者番号: 3 0 3 5 6 2 6 6

持丸 正明 (MOCHIMARU, Masaaki)
産業技術総合研究所・人間情報研究部
門・部門長
研究者番号: 9 0 3 5 8 1 6 9

河内 まき子 (KOUCHI, Makiko)
産業技術総合研究所・人間情報研究部
門・招聘研究員
研究者番号: 8 0 1 2 6 0 5 2

久保 大輔 (KUBO, Daisuke)
北海道大学・大学院医学研究院・准教授
研究者番号: 0 0 6 1 4 9 1 8

(4) 研究協力者

張 鈞翔 (CHANG, Chun-Hsiang)
台湾国立自然科学博物館・研究員

F. Aziz
バンドン地質調査所・名誉教授

T. Djubiantoto
インドネシア国立考古学研究開発セン
ター・所長

M. Morwood
ウォロンゴン大学・教授

R. Grün
オーストラリア国立大学・教授