

平成 27 年 5 月 22 日現在

機関番号：32612

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2010～2014

課題番号：22101006

研究課題名（和文）3次元モデリング技術に基づく化石頭蓋の高精度復元

研究課題名（英文）Reconstruction of Fossil Crania Based on Three-Dimensional Surface Modeling Techniques

研究代表者

荻原 直道 (Ogihara, Naomichi)

慶應義塾大学・理工学部・准教授

研究者番号：70324605

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 108,000,000円

研究成果の概要（和文）：旧人・新人の学習能力差を、学習行動を司る神経基盤の形態差に基づいて比較解剖学的に検証するためには、化石頭蓋とその脳鋳型を精密に復元する必要がある。そのため本研究では、化石頭蓋とその脳鋳型を精密に復元する手法を開発した。ネアンデルタール人と早期ホモ・サピエンスの化石頭蓋骨の詳細な工学的復元を行い、現生人類の頭蓋骨も含めて形態分析を行った結果、現生人類では、特に頭頂葉と小脳に対応する部位が相対的に大きい傾向があることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：In order to discuss possible differences in brain anatomy between Neanderthals and early modern humans, the original antemortem appearance of fossil crania that enclosed the brain must somehow be correctly restored. In this study, we therefore developed a computer-assisted system for reconstructing fossil crania based on three-dimensional surface modeling technique. We then apply this assistive system for virtual reconstructions of Neandertal and early modern human fossil crania and analyzed the morphological variability of the fossil crania using landmark-based geometric morphometrics. Our results demonstrated that modern human cranium shows relative enlargement of the cerebellar region, and relative expansion of the parietal area, possibly indicating that neuroanatomical organization may be different between the two species.

研究分野：自然人類学 生体力学

キーワード：仮想復元 形状モデリング 化石脳 ネアンデルタール 進化

### 1. 研究開始当初の背景

現生人類(ホモ・サピエンス)とネアンデルタール人は、約4万年前のヨーロッパで、約5000年にわたり共存していた。そのうちなぜ、我々の祖先である現生人類のみが現代まで生き残り、ネアンデルタール人は消えてしまったのであろうか。この、現生人類とネアンデルタール人の「交替劇」には、環境変動や混血などさまざまな要因が関与していると考えられるが、本プロジェクトでは、交替劇の原因を両者の学習能力差に求め、その能力差によって生じた文化・社会格差が両者の命運を分けたとする作業仮説に基づいて「交替劇」を検証することを目指している。

旧人と新人の交替劇が、両者の学習能力差に起因するとなれば、脳の神経基盤に相応の機能差が存在することになる。この作業仮説を解剖学的に検証するには、化石脳、とりわけ旧人の脳の形を正確に復元し、旧人と新人の脳の間で道具製作等の学習行動を制御する局部領域についての形態差を突き止めることが必要となる。しかしながら、出土する化石の多くは、化石生成過程において破片に分断され、また土圧等の影響により変形を受ける。化石脳から旧人の学習能力を司る脳領域を正しく推定し、新人のそれと比較するためには、最新の工学的手法を援用して断片化石の組み立てと歪み補正を行い、その生前の姿を正しく復元することが不可欠である。

### 2. 研究の目的

本研究では、旧人・新人の学習能力差を、学習行動を司る神経基盤の形態差に基づいて比較解剖学的に検証するために、化石頭蓋とその脳鑄型を精密に復元する手法を開発し、その中に収まっていたはずの脳(化石脳)の仮想復元を行うことを目的とする。具体的には、通常断片化状況で発見される化石頭蓋の組立や補間等を行う新しい高精度復元手法を開発し、旧人・新人の化石頭蓋および脳鑄型の正確な三次元形状モデルを生成する。この復元頭蓋モデルに基づいて化石脳の復元と詳細な形態学的分析を行い、頭蓋と脳形態の進化プロセスを考察する。

### 3. 研究の方法

#### (1)形状情報に基づく化石頭蓋破片の組立

化石頭蓋は、化石化の過程で分断され、破片の状態で発見される。従来こうした破片を接合し、頭蓋を復元する作業は、古人類学の経験と知識を頼りに手作業で行われてきた。しかし、脳の形態差に基づいて旧人・新人の学習能力差を検証するためには、3次元モデリング技術に基づいて化石破片を組み立てる手法を開発し、客観的な形態復元を実現する必要がある。そのため本研究では、化石頭蓋破片の接合の滑らかさに基づいて、化石破片を数理的に組み立てる手法を開発した。具体的には、各破片の表面形状をベジエ曲面でモデル化することでその破片と隣接する破

片の表面形状を予測し、それに基づいて隣接破片の位置決めを行い、これを繰り返すことで破片を組み立てる手法を提案した(図1)。

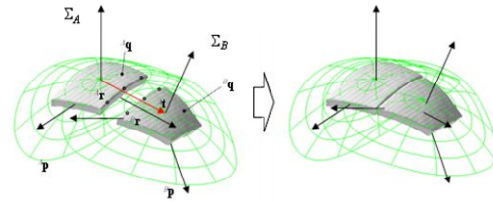


図1 頭蓋破片の組立

#### (2) 最短経路探索に基づく頭蓋形態の定量化

頭蓋骨の形態変異を定量化することは、旧人と新人の頭蓋の形態差を明らかにする上で必要不可欠である。このため、頭蓋骨上の解剖学的特徴点の座標値を計測し、その集合として頭蓋のかたちを数値化し、統計的な手法を用いてその変異パターンの傾向を抽出する試みが行われている。しかし、こうした形態的特徴点は、頭蓋骨の顔面部には比較的多数存在するものの、脳がおさまる脳頭蓋は基本的に卵円形であるため、その曲面上に特徴点はほとんど定義できない。したがって、頭蓋冠やエンドキャストの形態変異を抽出することは、非常に困難な問題となっている。そこで本研究では、頭蓋全体に特徴点を配置する手法を開発し、手法の有効性を評価した。具体的には、解剖学的特徴点の他に、正中断面輪郭、上項線などの曲線をベジエ曲線で近似し、その等分点を解剖学的特徴点とした。さらにそれらを最短経路で結ぶ曲線を求め、その等分点も準特徴点として用いることで、形態的特徴点が乏しい部位にも特徴点を配置し、頭蓋全体の形態の定量化を可能とした。

#### (3) Thin-plate spline 関数に基づく化石欠損部分の補完

化石頭蓋の生前の姿を正しく復元するためには、化石の欠損部分を補完する必要がある。そこで本研究では、リファレンスデータに基づいて化石頭蓋骨の欠損部位を補間する手法を確立した。具体的には、複数の欠損のない標本の解剖学的特徴点の集合をリファレンスデータとして用いて、欠損部分の特徴点座標を従属変数、それ以外の座標を独立変数として多変量回帰式を求め、欠損のある標本に適用することで欠損部位の座標を推定する手法を提案した。

#### (4) 旧人・新人化石頭蓋骨の高精度復元

開発した復元手法を用いて、ネアンデルタール頭蓋骨 Amud 1号、Gibraltar 1号、La Chapelle-aux-Saints 1号と、早期ホモ・サピエンス頭蓋骨 Qafzeh 9号、Skhul 5号、Mladec 1号、Cro-Magnon 1号の化石頭蓋骨の復元を試みた。

Amud1号は、CT画像から頭蓋破片の再分離を行い、各破片の3次元形状モデルを構築した。そして、各破片の表面形状をベジエ曲面でモデル化することで隣接する破片の表面形状を予測し、最適化計算に基づいて隣接

破片を数理的に組み上げた。ただし、Amud 1 号の頭蓋底や等外内腔は大きく欠損・破損している。そこで、これら部位の遺存状況の良い Gibraltar 1 号と La Chapelle-aux-Saints 1 号を、薄板スプライン関数を用いて変形させ補間した。Gibraltar 1 号は、頭頂部に大きな欠損がある。このため上述の方法を用いて La Chapelle-aux-Saints 1 号を変形させ補間した(図 2)。La Chapelle-aux-Saints 1 号は基本的には遺存状態が良好ではあるが、頭蓋底の復元に Gibraltar 1 号を変形させた。早期ホモ・サピエンスについても基本的には同様の手法を適用し、復元を完成させた。

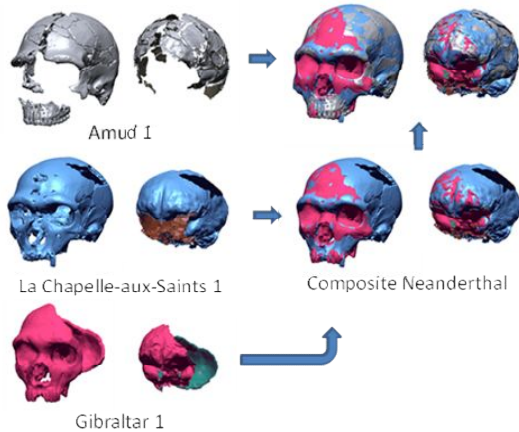


図 2 Amud 1 号の組立と補間

(5) 復元化石頭蓋骨の 3 次元形態解析

本研究では、3 次元形態測定学的手法を用いて、復元したネアンデルタール人と早期ホモ・サピエンスの頭蓋骨形状の形態比較を行い、両者の差を明らかにすることを試みた。具体的には、頭蓋骨(外形状)161 点、頭蓋内腔171 点を用いて頭蓋骨形態変異の分析を行った。解析に用いた標本は、復元頭蓋骨 7 個体と、京都大学大学院理学研究科自然人類学研究室所蔵の現代日本人 56 個体、および東京大学総合研究博物館所蔵のヨーロッパ人 17 個体、インド人 6 個体である。

(6) 頭蓋骨と脳形態の対応関係

化石頭蓋骨から、その中の脳を推定するには、現代人について頭蓋骨と脳のかたちの対応関係を明らかにすることが不可欠である。そこで現代人の頭蓋骨内腔と脳表面のかたちの対応関係を医用画像から明らかにすることを試みた。具体的には、頭部の CT および MRI 撮像を行い、同一被験者の両撮像データを相互情報量が最大となるように位置合わせを行った。そして頭蓋骨内腔と脳の 3 次元形状モデルを構築し、両者の対応関係を分析した(図 3)。また、現代人頭部 MRI データベースを利用して、正中矢状面における主要な脳溝とラムダなど頭蓋骨の縫合の位置を計測し、両者に相関があるかを検討した。

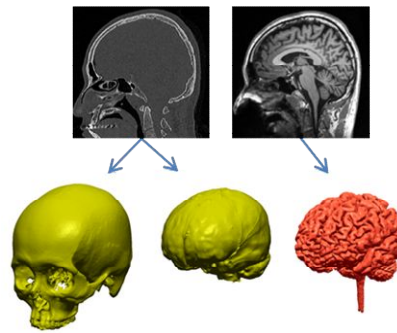


図 3 頭蓋骨と脳形態の対応関係

(7) 脳形態の復元

現代人頭蓋骨を化石頭蓋骨へ変形させる関数を求めれば、現代人の脳を化石頭蓋骨の脳を推定することが可能となる。本研究では、計算論的解剖学分野で広く用いられている手法に基づいて変形関数の記述を行い、脳形態の推定を行った。具体的には機能的 MRI に基づく脳機能画像解析においては、サイズやかたち、脳梁・脳溝の位置など被験者間で大きく異なる脳の 3 次元形状を、非線形写像を用いて標準脳形態に変換させ、脳活動領域の差を統計学的に検出する。このために用いられている 3 次元形状の非線形変換を、DARTEL アルゴリズムを用いて記述した。

4. 研究成果

(1) 形状情報に基づく化石頭蓋破片の組立

破片表面をベジェ曲面で近似することで隣接表面形状を予測して、隣り合う破片を位置決めすることが可能となった。開発した手法による隣接破片の位置決め精度を検討するために、現代日本人頭蓋骨モデルを用いて仮想頭蓋破片を作成し、本手法に基づいて隣接破片の位置と姿勢を推定した。その結果、仮想空間内における手作業での組立結果と比較してほぼ同等の精度が得られていることを確認した。こうした数理的組立手法を用いれば、客観的かつより精度の高い復元が可能となり、また結果の再現性も保証される。より確度の高い古人類学的研究に大きく貢献しうる可能性が示された(図 4)。

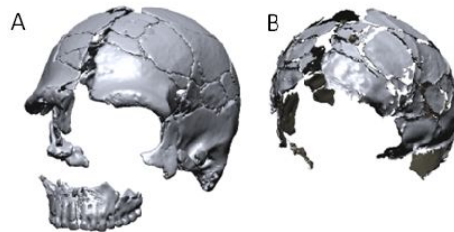


図 4 Amud 1 号の数理的組立結果

(2) 最短経路探索に基づく頭蓋形態の定量化

本研究により、頭蓋全体に特徴点があんなく配置することが可能となった。また、本頭蓋形態の定量化手法を用いて、現代日本人頭蓋骨頭蓋冠の形態変異の幾何学的測定形態学解析を試みた。その結果、現代日本人の頭蓋冠の変異傾向は長頭・短頭傾向である

ことが明らかとなった。また頭蓋形態の性差も検出し、従来困難であった頭蓋骨の詳細な定量比較が可能となった。

(3) Thin-plate spline 関数に基づく化石欠損部分の補完

推定した欠損部の landmark 座標を利用して、薄板スプライン関数によりリファレンス形状を変形させることで、欠損部分を解剖学的に自然に補完することが可能となった。提案した補間手法の精度を検証するために、現代人頭蓋骨モデルの一部を仮想的に欠損させ、その補間を行った結果、真値とほぼ一致した補間を実現することができた。頭蓋底の形態は変異が大きいため、欠損部分の推定精度が相対的に悪くなるが、化石頭蓋の欠損補完への有効性が示された。

(4) 旧人・新人化石頭蓋骨の高精度復元

図5に Amud 1 号の復元結果を示す。新しい復元結果は、元の手作業による復元結果と比較して、上顎が相対的に上方に位置し、後頭部の後方への突出が小さく、側頭部が張り出す結果となった。エンドキャストから頭蓋内腔容積を求めた結果 1736 cc となった。他の化石標本についても同様に復元を完成させた。これにより、旧人と新人の頭蓋形態差を明らかにし、その中に収まる脳形態を推定することが可能となる。

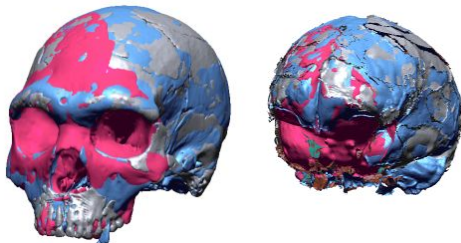


図5 Amud 1 号の復元結果

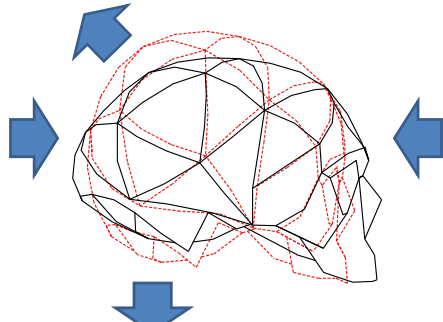
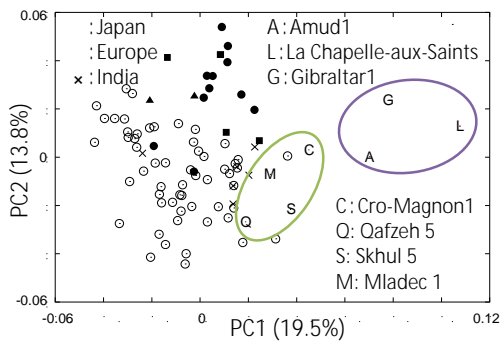


図6 頭蓋骨外形状の形態変異

(5) 復元化石頭蓋骨の3次元形態解析

図6に頭蓋骨外形状の形態変異の抽出結果を主成分得点の散布図として示す。ネアンデルタール人の第一主成分得点のプロットは早期ホモ・サピエンスや現代人より大きく、現代人とは明らかに分離される傾向があることがわかる。第一主成分が示す頭蓋形態の変異傾向を、標識点を結ぶワイヤースケームの変形によって図示した。これより第一主成分得点が小さいほど、相対的に頭蓋が前後に短く、上下に高くなる傾向があることがわかる。また顔面がより平面的であり、後頭部が前方に、頭蓋底が下方に、頭頂部が上方に位置している。つまりネアンデルタール人と比較して、早期ホモ・サピエンスと現代人の頭蓋骨は、上記形態的特徴を有している。

図7に頭蓋内腔(エンドキャスト)の形態変異の抽出結果を主成分得点の散布図として示す。ネアンデルタール人と早期ホモ・サピエンスの第一主成分得点のプロットは、現代人のそれより大きい傾向があることがわかる。一方、第二主成分得点のプロットにおいては、ネアンデルタール人の得点は早期ホモ・サピエンスや現代人のそれより小さい傾向がみられた。第二主成分が示す頭蓋内腔形態の変異傾向を、標識点を結ぶワイヤースケームの変形によって図示した。第二主成分得点が大きいほど、頭頂部と小脳部がそれぞれ上方、下方に張り出して大きくなっていることがわかる。すなわち、現代人はネアンデルタール人と比較して、それら部位が相対的に大きいことが示唆された。

復元したネアンデルタール人と現生人類の頭蓋骨形状を比較した結果、現生人類では、頭頂葉と小脳に対応する部位が相対的に大きい傾向があることが明らかとなった。

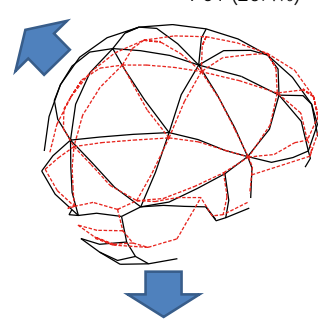
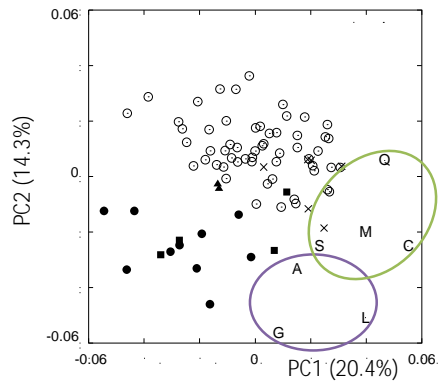


図7 頭蓋内腔の形態変異(第二主成分)

こうした両者の頭蓋骨の形態差は、近年、出生直後の成長パターンの差に起因して生じていることが示唆されている。頭蓋・脳の出生後の成長パターンの違いが、学習行動を司る神経盤、つまり「脳」に機能差を生みだし、両者の命運を分ける学習能力・行動の差につながった可能性が考えられる。

#### (6) 頭蓋骨と脳形態の対応関係

頭蓋骨内腔はその中に収まる脳の形をある程度反映していることを確認した。したがって、現代人頭蓋骨を化石頭蓋骨へ変形させる関数を記述し、それに基づいて現代人の脳形状を変形させることで、化石脳を計算的に求めることが可能であることを示した。

#### (7) 脳形態の復元

DATREL アルゴリズムを用いて現代人のエンドキャストをネアンデルタールのそれに変換した様子を図8に示す。これより2つのエンドキャストの変形が記述できていることがわかる。復元した化石頭蓋骨のエンドキャストから現代人エンドキャストへの変換を記述し、そこに収まる現代人の脳形態を逆変換することで、化石頭蓋骨に収まる脳形態を推定することが可能となった。

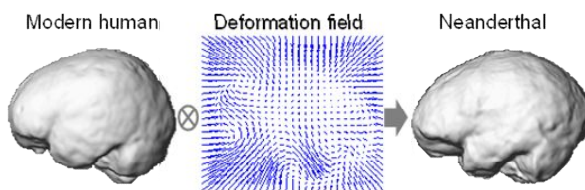


図8 新人頭蓋骨から旧人への非線形変換

### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 15 件)

1. Amano, H., Kikuchi, T., Morita, Y., Kondo, O., Suzuki, H., Ponce de Leon, M.S., Zollikofer, C.P.E., Bastir, M., Stringer, C., Ogihara, N.: Virtual Reconstruction of the Neanderthal Amud 1 Cranium, *American Journal of Physical Anthropology* (in press), (査読有)
2. Ogihara, N., Amano, H., Kikuchi, T., Morita, Y., Hasegawa, K., Kochiyama, T., Tanabe, H.C.: Towards digital reconstruction of fossil crania and brain morphology, *Anthropological Science*, Vol.123(1), pp.57-68 (2015), (査読有)
3. Bruner, E., de la Cuetara, JM, Masters, M., Amano, H., Ogihara, N.: Functional craniology and brain evolution: from paleontology to biomedicine. *Frontiers in Neuroanatomy*, Vol.8, 19, (2014), DOI: 10.3389/fnana.2014.0001 (査読有)
4. Michikawa, T., Moriguchi, M., Suzuki, H.: Feature-preserving outermost surface polygonization from CT images. *Computer-Aided Design and Applications*, Vol. 11, 239-243, (2014). DOI: 10.1080/16864360.2014.846098 (査読有)
5. Kikuchi, T., Ogihara, N.: Computerized assembly of neurocranial fragments based on surface extrapolation, *Anthropological Science*, Vol. 121, 115-122, (2013), DOI: 10.1537/ase.130618 (査読有)
6. Morita, Y., Ogihara, N., Kanai, T., Suzuki, H.: Quantification of neurocranial shape variation using the shortest paths connecting pairs of anatomical landmarks, *American Journal of Physical Anthropology*, Vol. 151, pp. 658-666, (2013), DOI: 10.1002/ajpa.22315 (査読有)
7. 近藤修 (2012) ネアンデルタール人は絶滅したか、季

刊考古学 118: 43-45. (査読無)

8. Kondo, O. (2011) Human skeletal remains from Bishri region, excavated during 2009 seasons. *Al-Rafidan* 32: 123-125. (査読有)
9. X. Liu, H. Suzuki and Y. Ohtake Medical Fixture Design with CT Images, *J. Computer-Aided Design and Applications*, 8: 383-394 (2011). DOI: 10.3722/cadaps.2011.383-394(査読有)
10. C. Yang, Y. Ohtake and H. Suzuki Sealed decomposition of a triangular mesh with tetrahedral mesh segmentation, *J. Computer-Aided Design and Applications*, 8: 421-433. DOI:10.3722/cadaps.2011.421-433 (査読有)
11. Hishida H, Suzuki H, Michikawa T, Ohtake Y, Oota S. CT Image segmentation using FEM with optimized boundary condition, *PLoS ONE* 7. (2011) DOI: 10.1371/journal.pone.0031116 (査読有)
12. 近藤修 (2011) 化石人類の脳と左右差、*Clinical Neuroscience* 29: 642-644. (査読無)
13. 荻原直道 (2010) 工学的手法を応用した人類進化研究の新展開、計測と制御 49: 837-843. (査読有)
14. 西秋良宏、仲田大人、米田穰、近藤修、石井理子、佐々木智彦、ヨーセフ・カンジョ、スルタン・ムヘイセン、赤澤威 (2010) シリア、デデリエ洞窟の先史人類学の発掘 - 2009 年度調査報告、高知工科大学紀要、7:57-69. (査読無)
15. T. Michikawa, H. Suzuki (2010) Sparse Grid Distance Transforms. *Graphical Models* 72: 35-45. DOI: 10.1016/j.gmod.2010.05.001 (査読有)

[学会発表] (計 40 件)

1. Ogihara, N., Amano, H., Morita, Y., Kondo, O., Kubo, D., Suzuki, H., Michikawa, T., Moriguchi, M., Ishida, H., Nakatsukasa, M.: Endocasts of Neanderthals and early modern humans: virtual reconstruction and geometric morphometric analyses, The 2nd International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans: Testing Evolutionary Models of Learning (RNMH2014), だて歴史の杜のカルチャーセンター(北海道洞爺湖町), Japan, (Dec 5, 2014)
2. Kubo, D., Tanabe, H.C., Kondo, O., Amano, H., Yogi, A., Murayama, S., Ishida, H., Ogihara, N.: Estimating the cerebral and cerebellar volumes of Neanderthals and Middle and Upper Paleolithic Homo sapiens, The 2nd International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans: Testing Evolutionary Models of Learning (RNMH2014), だて歴史の杜のカルチャーセンター(北海道洞爺湖町), Japan, (Dec 5, 2014)
3. Tanabe, H.C., Kochiyama, T., Sadato, N., Ogihara, N.: Exploring the difference of brain anatomy and function between Neanderthals and Modern Humans: neuroanatomical and functional neuroimaging approach, The 2nd International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans: Testing Evolutionary Models of Learning (RNMH2014), だて歴史の杜のカルチャーセンター(北海道洞爺湖町), Japan, (Dec 5, 2014)
4. Hasegawa, K., Kochiyama, T., Tanabe, H.C., Ogihara, N.: Reconstruction of the brain from skull fossil using computational anatomy, The 2nd International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans: Testing Evolutionary Models of Learning (RNMH2014), だて歴史の杜のカルチャーセンター(北海道洞爺湖町), Japan, (Dec 5, 2014)
5. Michikawa, T., Moriguchi, M., Suzuki, H., Ogihara, N., Kondo, O., Kobayashi, Y.: Endocast surface reconstruction from CT images, The 2nd International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans: Testing Evolutionary Models of Learning (RNMH2014), だて歴史の杜のカルチャーセンター(北海道洞爺湖町), Japan, (Dec 5, 2014)
6. Moriguchi, M., Suzuki, H., Michikawa, T., Ogihara, N., Kondo, O.: Surface Deformation of Crania by Optimizing Rigidity, The 2nd International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans: Testing Evolutionary Models of Learning (RNMH2014), だて歴史の杜のカルチ

- ャーセンター(北海道洞爺湖町), Japan, (Dec 5, 2014)
7. Kondo, O., Kubo, D., Suzuki, H., Ogihara, N.: Reconstruction of Qafzeh 9 braincase and its endocast morphology, The 2nd International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans: Testing Evolutionary Models of Learning (RNMH2014), だて歴史の杜のカルチャーセンター(北海道洞爺湖町), Japan, (Dec 5, 2014)
  8. Kochiyama, T., Tanabe, H., Amano, H., Hasegawa, K., Ogihara, N.: Computational anatomy in neuro-archaeology -Reconstruction of the brain from skull fossil, The 37th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, パシフィコ横浜(神奈川県横浜市), Japan (Sep 12, 2014)
  9. Tanabe, H., Kochiyama, T., Amano, H., Hasegawa, K., Kondo, O., Ogihara, N.: Comparing shape of cranium between Neanderthal and modern humans using computational neuroanatomy, 20th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping, Hamburg, Germany, (June 8, 2014)
  10. Kubo, D., Kondo, O., Tanabe, H., Ogihara, N., Yogi, A., Murayama, S. and Ishida, H.: Estimating the cerebral and cerebellar volumes of Neanderthals and Middle Paleolithic modern humans. International Union of Anthropological and Ethnological Sciences Inter-Congress 2014, 幕張メッセ(千葉県千葉市幕張), Japan (May 15, 2014)
  11. Kubo, D., Tanabe, H.C., Kondo, O., Ogihara, N., Yogi, A., Murayama, S., Ishida, H.: Cerebellar size estimation from endocranial measurements: an evaluation using MRI data, The 1st International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans (RNMH2012), 学術総合センター(東京都千代田区一ツ橋), Japan, (Nov. 23, 2012)
  12. Kochiyama, T., Tanabe, H.C., Ogihara, N.: Reconstruction of the Brain from Skull Fossil Using Computational Anatomy, The 1st International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans (RNMH2012), 学術総合センター(東京都千代田区一ツ橋), Japan, (Nov. 23, 2012)
  13. Kondo, O., Kubo, D., Ogihara, N.: Virtual endocast of Qafzeh 9, a representative of early modern humans, The 1st International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans (RNMH2012), 学術総合センター(東京都千代田区一ツ橋), Japan, (Nov. 23, 2012)
  14. Kobayashi, Y., Matsui, T., Haizuka, Y., Ogihara, N., Hirai, N., Matsumura, G.: Cerebral sulci and gyri observed on macaque endocasts, The 1st International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans (RNMH2012), 学術総合センター(東京都千代田区一ツ橋), Japan, (Nov. 23, 2012)
  15. N. Ogihara, T. Kikuchi, Y. Morita, H. Amano, O. Kondo, M. Nakatsukasa, H. Suzuki, T. Michikawa, H. Ishida, T. Akazawa: Digital reconstruction of the Neanderthal Amud 1 cranium, The 1st International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans (RNMH2012), 学術総合センター(東京都千代田区一ツ橋), Japan, (Nov. 23, 2012)
  16. H. Hishida, H. Suzuki, T. Michikawa, Y. Ohtake, S. Oota, N. Ogihara, O. Kondo: CT Image Segmentation Using FEM with Optimized Boundary Condition, The 1st International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans (RNMH2012), 学術総合センター(東京都千代田区一ツ橋), Japan, (Nov. 23, 2012)
  17. H. Amano, Y. Morita, H. Nagano, N. Ogihara, O. Kondo, H. Suzuki: Statistical interpolation of missing parts in fossil crania, The 1st International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans (RNMH2012), 学術総合センター(東京都千代田区一ツ橋), Japan, (Nov. 23, 2012)
  18. Y. Morita, H. Amano, M. Nakatsukasa, O. Kondo, N. Ogihara: A geometric morphometric study of neurocranial shape variations in the crania of

- modern Japanese, The 1st International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans (RNMH2012), 学術総合センター(東京都千代田区一ツ橋), Japan, (Nov. 23, 2012)
19. M. Moriguchi, H. Suzuki, T. Michikawa, N. Ogihara, O. Kondo: Transferring Semi-Landmarks on Surfaces, The 1st International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans (RNMH2012), 学術総合センター(東京都千代田区一ツ橋), Japan, (Nov. 23, 2012)
  20. Kobayashi, Y., Matsui, T., Haizuka, Y., Ogihara, N., Hirai, N., Matsumura, G.: Evaluating cortical subdivisions using monkey skulls, The 35th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, 名古屋国際会議場(愛知県名古屋市熱田西町), Japan (Sept 18, 2012)
  21. Kondo, O., Ogihara, N.: Neanderthal studies by Japanese, a field research and the ongoing project, Seminar Talk at National Research Centre on Human Evolution (CENIEH), Burgos, Spain, (Mar. 2, 2012)

など  
〔図書〕(計 11 件)

1. Ogihara, N., Morita, Y., Amano, H., Kondo, O., Suzuki, H., Nakatsukasa, M.: Application of Sliding Landmark Method for Morphological Analysis of Modern Japanese Neurocranial Shape, In: Akazawa, T., et al. (eds.): Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Vol. 2, Springer, pp.145-152, (2014)
2. Morita, Y., Amano, H., Nakatsukasa, M., Kondo, O., Ogihara, N.: A Geometric Morphometric Study of Neurocranial Shape Variations in the Crania of Modern Japanese, In: Akazawa, T., et al. (eds.): Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Vol. 2, Springer, pp.153-160, (2014)
3. Amano, H., Morita, Y., Nagano, H., Kondo, O., Suzuki, H., Nakatsukasa, M., Ogihara, N.: Statistical Interpolation of Missing Parts in Human Crania Using Regularized Multivariate Linear Regression Analysis, In: Akazawa, T., et al. (eds.): Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Vol. 2, Springer, pp.161-169, (2014)
4. Kochiyama, T., Tanabe, H.C., Ogihara, N.: Reconstruction of the Brain from Skull Fossils Using Computational Anatomy, In: Akazawa, T., et al. (eds.): Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Vol. 2, Springer, pp.191-200, (2014)
5. Tanabe, H.C., Kochiyama, T., Ogihara, N., Sadato, N.: Integrated Analytical Scheme for Comparing Neanderthal's Brain to Modern Human Brain Using Neuroimaging Techniques, In: Akazawa, T., et al. (eds.): Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Vol. 2, Springer, pp.203-207, (2014)

など  
〔その他〕

ホームページ <http://www.koutaigeki.org/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

荻原 直道 (OGIHARA Naomichi)  
慶應義塾大学・理工学部・准教授  
研究者番号: 70324605

### (2) 研究分担者

鈴木 宏正 (SUZUKI Hiromasa)  
東京大学・大学院工学系研究科・教授  
研究者番号: 40187761  
近藤 修 (KONDO Osamu)  
東京大学・大学院理学系研究科・准教授  
研究者番号: 40244347