

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 2 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K01196

研究課題名(和文)日本人頭蓋復顔法のCTデータに基づく再構築

研究課題名(英文) Reconsideration and development of Japanese cranial reconstruction based on analyses using computer tomography data

研究代表者

川久保 善智 (Kawakubo, Yoshinori)

佐賀大学・医学部・助教

研究者番号：80379619

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的の一つは従来の復顔法が主に欧米で開発されてきたため、これらの方法がそのまま東アジア人にも応用できるのかを見極めるというのもであった。例えば、眼球が眼窩の骨格に対してどの程度突出しているのかを決める方法は、顔面の平坦性がヨーロッパ人やアフリカ人と異なる東アジア人にそのまま適用できるのかという問題が未検証のまま残されてきた。今回、CTのデータを使用して日本人標本で検証した結果、日本人では従来の教科書より4 mm近く大きく突出している可能性が示唆された。また、鼻の形状についても、HBM-RUGLEというソフトウェアで、相同モデルを応用して顔面骨格から復元するという新しい方法を試みた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

復顔とは、頭蓋から生前の顔を再現することである。法医学では身元不明の人骨の捜査のために実施されることがあり、自然人類学では考古学的な発掘で出土した人骨の生前の顔貌を知るために行われている。しかし、復顔法についてはそのほとんどが欧米で開発されたものであり、日本人を含む東アジア人にそのまま応用してよいのかどうか、検証がほとんど行われてこなかった。そこで我々は日本人のCTデータを使用して従来の再検証と新しい手法の開発を模索した。今回の研究成果によって今後の日本人の復顔における精度の向上が期待される。

研究成果の概要(英文)：Since the conventional facial reconstruction methods have been developed mainly in European and US countries, one of the purposes of this study was to determine whether these methods can be applied to East Asians as they are. For this purpose, we examined how much the eyeball protrudes from the orbital skeleton using computer tomography data of Japanese samples. As a result, it was suggested that the Japanese may have more protruding eyeballs by nearly 4 mm than the descriptions (3.8 mm) of existing textbooks using European data. The other was to develop a statistical method for estimating the nose shape, which is difficult to infer from the skeleton, using 3D surface data of the nasal area of skin and facial skeleton, respectively. "Homologous modeling" of shape data and principal component regression using HBM-RUGLE software from Medic Engineering Corporation suggested that the shape of the nose could be estimated to some extent from the shape of the facial skeleton.

研究分野：形質人類学

キーワード：復顔法 東アジア人 日本人 相同モデル CT 眼球突出 鼻の形態

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

復顔とは、頭蓋から生前の顔を再現することである。法医学では身元不明の人骨の捜査のために実施されることがあり、自然人類学では考古学的な発掘で出土した人骨の生前の顔貌を知るために行われている(瀬田 & 吉野, 1990; Prag & Neave, 1999; 木村 & 岡崎, 2018)。従来の復顔法は主に欧米で開発されてきたため、資料がヨーロッパ系やアフリカ系の人びとに偏ってきた。例えば、これまで眼球が眼窩の骨格に対してどの程度突出しているかを定める方法は眼窩上縁と眼窩下縁に当てた直線が角膜の前面にちょうど触れる程度と考えられてきたが(Bron et al., 1997; Gatliff, 1984; Krogman, 1955; Taylor, 2000)、その後、頭部 MRI 画像を用いた再調査によって、角膜の頂点は、眼窩の上縁と下縁の間に引かれた線の接線より 3.8mm 前方に突出していることが明らかとなった(Wilkinson & Mautner, 2003)。しかし、これらの結果は欧米人を被験者としたデータに基づくものであり、顔面形態の大きく異なる東アジア系住民(現代日本人を含む)の顔貌を復元する際、そのまま適用できるかどうかについて未だ検証されていない。本研究では、佐賀大学附属病院の放射線科に蓄積されている CT データをもとに、現代日本人の様々な年齢層の頭部で、データの特性を活かし、顔の表面形状と骨格の対応関係から従来の復顔法の再検証や新しい復顔法の構築を目指した。研究開始当初の計画では復顔法で一般的に使用されている解剖学的計測点(ランドマーク)における現代人の性別、年齢別の軟部組織の厚みのデータの収集に主眼を置いていた。しかし、放射線科から CT データを収集する過程で歯科治療によって金属を口腔内に埋め込んでいるため、口から頬にかけて、激しい放射状のアーチファクトがみられる個体が大多数を占めていることが明らかになった。これらのデータでは口元の形状が乱れているので、顔面全体を対象としたランドマークにおける軟部組織の厚みのデータ収集が困難であった。そこで方針を転換し、鼻や目など、これまでの復顔法ではあまり検証されてこなかった部位に着目して検討を行うことで従来の復顔法の補完を模索することにした。

## 2. 研究の目的

欧米人のデータで培われてきたこれまでの復顔法がそのまま日本列島住民を含む東アジア人にも応用できるのかを収集した CT データで見極め、さらに新しい手法を構築することが本研究の目的である。まず、欧米の復顔法で一般的に用いられている眼球突出の指標が日本人を含む東アジア人でも応用が可能か否かを検証するため、眼窩縁に対して日本人の眼球がどの程度突出しているのか、調査した。

次に、鼻の形状を検討した。鼻部はその大半の形状を構成する骨格が軟骨であるため、骨として残っている部位は梨状口や鼻根部など限られている。鼻部は顔貌を構成する上で重要な要素だが、顔面骨格から得られる情報で推定するのは難しい。特に鼻尖の位置や鼻翼の幅に関してはいくつかの指標が提案されているものの、未だに模索が続いている( Lee et al., 2014; Utsuno, 2008)。近年、CT 画像を用いて仮想顔貌構築を試みた研究が発表されたが、鼻部と口唇部については検討されていない(齊藤ら, 2017)。そこで今回、我々は現代人の CT データをもとに相同モデルを応用して顔面の骨格から鼻部の表面形状の復元が可能かどうか、検討を行った。

## 3. 研究の方法

### ・眼球の突出について

2010年1月1日から2019年12月31日に佐賀大学医学部附属病院で撮影された CT データの中からスライス厚が 1 mm 以下、頭蓋骨骨折など明らかな外傷がないもの、顔の表面形状に圧

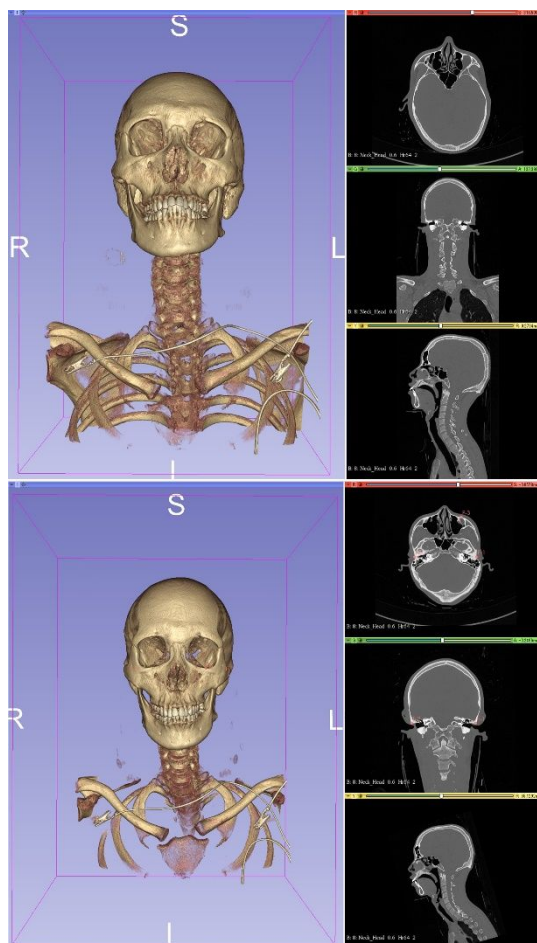


図1 撮影時の姿勢(上)とFHで標準化した後の姿勢(下).

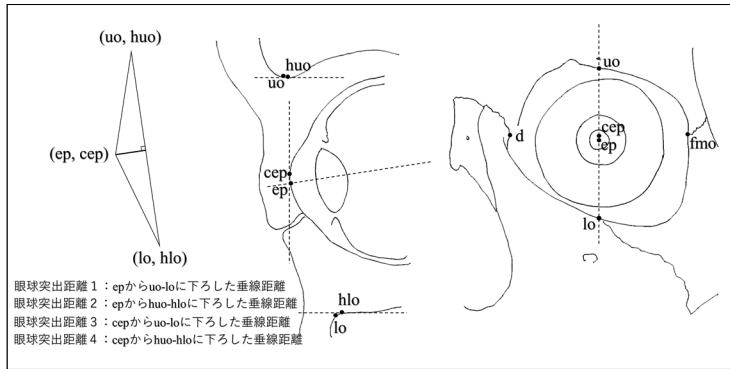
**表1 本研究で座標データを取得したランドマーク**

No. 略称	ランドマーク	ランドマークの定義
1 ep	眼球最突出点	眼球が最も突出する矢状面における角膜の弯曲の頂点
2 cep	前頭面での眼球最突出点	眼球が最も突出する矢状面において角膜が前頭面と接する点
3 hlo	眼窩下縁の最上点	眼球が最も突出する矢状面において眼窩下縁が水平面と接する点
4 hu0	眼窩上縁の最下点	眼球が最も突出する矢状面において眼窩上縁が水平面と接する点
5 lo	眼窩下縁	眼球が最も突出する矢状面における眼窩下縁の点
6 uo	眼窩上縁	眼球が最も突出する矢状面における眼窩上縁の点
7 d	Dakryon	前頭骨と上顎骨前頭突起および涙骨の頭蓋外表面における合致点
8 fmo	Frontomalare orbitale	前頭頬骨縫合と眼窩外側縁との交点

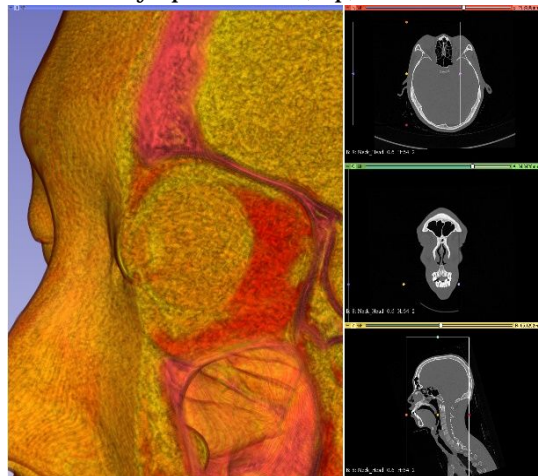
痕として影響を与えるマスクを着用していないものを選択した。本分析には20歳~39歳の男女各10名のCTデータを用いた。これらCT画像は佐賀大学医学部の倫理に関する規定に従い、年齢、性別を除く情報を削除し、個人が特定できない状態で収集された(平成27年4月承認、受付番号30-38)。

医用画像のオープンソースソフトウェアである3Dslicer(Fedorov et al., 2012)を用いてDICOMデータのボリュームレンダリングによって3次元再構成を行った。頭部の向きは撮影時の姿勢によって様々であるため頭蓋の耳眼水平面(FH)と両側のporionで基準化した。これにはまず撮影時の姿勢の頭蓋から両側のporionと左側のorbitaleの3次元座標を抽出し、この3点の座標について左側のporionが原点(0, 0, 0)となり、右側のporionが(+, 0, 0)、左側のorbitaleが(+, +, 0)に位置するように変換を行ってプロットし、その後新たな3点に対してオブジェクト全体を移動させた。この基準化によって全ての個体はROI(Region of Interest)のパウンディングボックスを用いた断面が、水平面ではFHを構成する3点を同時に通る面、前頭面では両側のporionを同時に含む面、矢状面ではおおそ正中矢状面と平行になるよう設定された(図1)。3点の変換後座標は、Microsoft® Excel® for Microsoft 365を用いて算出し、3点に対するオブジェクト全体の移動は、3Dslicerの拡張機能であるSlicerIGT(Ungi et al., 2016)で行った。

眼球の突出量を算出するため取得した8つの特徴点を表1と図2に示す。眼窩内外側のDakryon(d)とFrontomalare orbitale(fmo)はMartin & Knussmann(1988)に準拠した。眼球最突出点、眼窩上縁、眼窩下縁の6つの特徴点は新しく我々で定義し、左側の眼球が最も突出する矢状面において取得した(図3)。眼球の向きが顕著に転位している個体は除外したが、多くの個体で眼球はFHに対してやや下転していたため角膜の弯曲の頂点であるEyeball protrusion(ep)と、角膜が前頭面と接する点であるCoronal eye protrusion(cep)を個別に定義した。これは自然頭位でのFHが日本人では前上方に傾くというSuwa(1980)の研究を支持するものと思われる。また眼窩上縁と下縁に関しては、眼窩口が最も狭くなる稜線と人類学的な頭蓋計測時の眼窩縁がやや異なる(下縁でより顕著)ことから、眼窩縁が水平面と接する点(上縁ではHorizontal upper orbit [huo], 下縁ではHorizontal lower orbit [hlo])と人類学的計測時に用いる眼窩縁(上縁ではUpper orbit [uo], 下縁ではLower orbit [lo])を区別して定義し座標を計測した。これらの座標を用いて眼球最突出点から眼窩上縁と眼窩下縁を結ぶ直線に下した垂線の長さを4種類算出した(図2)。さらにdとfmoからepおよびcepまでの矢状面投影距離、および眼窩上縁下縁からepおよびcepまでの水平面投影距離を計算した。男性と女性の平均値の差の検定(t-test)および相関係数の算出はJMP® Pro 15.2.0(SAS Institute Inc., Cary, NC,



**図2 座標を取得した特徴点と4つの眼球突出距離**



**図3 ROIのパウンディングボックスを動かして眼球が最突出する矢状面で切断し眼球が確認しやすい閾値にした状態**

USA)を用いて行った。

### ・鼻の形状について

眼球と同様に2010年1月1日から2019年12月31日に佐賀大学医学部附属病院で撮影されたCTデータの中からスライス厚が1mm以下、頭蓋骨骨折など明らかな外傷がないもの、顔の表面形状に圧痕として影響を与えるマスクや鼻チューブを着用していないものを選択した。調査対象年齢は二次性徴前で頭部の成長がいったん緩やかになる6歳～11歳(木村, 1979)の女児29例、男児38例を使用した。これらのCT画像も佐賀大学医学部の倫理に関する規定に従い、年齢、性別を除く情報を削除し、個人が特定できない状態で収集された(平成27年4月承認、受付番号30-38)。

医療画像管理ソフトウェア OsiriX (LITE 版) とオープンソースソフトウェアの DICOM ビューアソフト Horos で DICOM データを STL 形式に変換後、オープンソースソフトウェアの 3D データ編集・変換ソフト MeshLab で STL ファイルのポリゴン数を削減し OBJ 形式に変換した。産業技術総合研究所製 mHBM・HBS と株式会社メディックエンジニアリングの HBM-Rugle で頭部の骨データと皮膚データの位置調整、ならびに相同モデル(山田, 2020)を作成し、頭部の骨データと皮膚データの主成分分析を行った。相同モデルの作成では、主に人類学的な計測点(馬場, 1991)に基づき、ランドマークを設定した。統計解析言語 R で頭部の骨データの主成分得点から皮膚データの主成分得点を推定する重回帰式を作成し、HBM-Rugle と HBS で頭部の皮膚データの推定主成分得点から頭部形状を復元した。二次性徴前の頭蓋形態による性別判定は困難であることを踏まえ(岡崎, 2005) 任意の個体(ここでは個体 A とする)の鼻部シミュレーションは、個体 A を除いた同性の集団を用いた場合と、個体 A を除いた男女混合の集団を用いた場合で行った。

## 4. 研究成果

### ・眼球の突出について

眼球突出距離と投影距離の結果を表2に示す。全ての計測項目で男性と女性の間で統計学的

な差は認められなかった。男女混合で見た場合、眼球突出距離4が最も大きな値を示し(平均値7.84mm, 最小値4.16mm, 最大値11.55mm)、眼球突出距離1が最も小さな値を示した(平均値6.79mm, 最小値3.23mm, 最大値9.89mm)。この結果は、欧米人の3.8mmと比較して(Wilkinson & Mautner, 2003)、日本人の眼球が眼窩縁に対して顕著に前方へ突出している可能性を示唆するものであった。ただし、いずれの眼球突出距離でも分散が大きく、突出量に個体差が大きいことが示唆された。表3に各眼球突出距離と各投影距離との相関係数を示す。いずれの項目も高い正の相関が認められ統計学的に有意であった。その中で特に眼窩上縁のhuoから眼球最突出点までの投影距離が眼球突出距離と相関が高く、一方で、眼窩下縁のloから眼球最突出点までの投影距離は相対的に相関が低いという結果が示された。

顔面骨格形態のバリエーションと眼球の突出量に何らかの相関があれば、個体差を考慮したより精度の高い復顔が可能となるため、今後サンプルサイズを増やしてデータをさらに補強しつつ、例えば鼻

表2 眼球突出距離と投影距離

計測項目 (mm)	male		female		total	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD
眼球突出距離 1	6.68	1.71	6.90	2.66	6.79	2.18
眼球突出距離 2	7.57	1.88	8.07	2.81	7.82	2.34
眼球突出距離 3	6.70	1.69	6.96	2.71	6.83	2.20
眼球突出距離 4	7.56	1.85	8.12	2.87	7.84	2.37
投影距離 fmo-ep	15.23	1.63	14.62	2.79	14.93	2.25
投影距離 fmo-cep	15.44	1.59	14.74	2.80	15.09	2.24
投影距離 d-ep	7.08	1.74	7.44	3.64	7.26	2.78
投影距離 d-cep	7.28	1.64	7.55	3.65	7.42	2.76
投影距離 huo-ep	5.09	2.29	7.36	3.36	6.22	3.03
投影距離 uo-ep	5.10	2.84	6.37	3.21	5.74	3.02
投影距離 huo-cep	5.29	2.21	7.48	3.36	6.39	2.99
投影距離 uo-cep	5.31	2.74	6.49	3.21	5.90	2.97
投影距離 hlo-ep	10.20	1.75	8.91	2.34	9.55	2.12
投影距離 lo-ep	8.39	1.93	7.54	2.29	7.97	2.11
投影距離 hlo-cep	10.41	1.70	9.02	2.32	9.71	2.10
投影距離 lo-cep	8.60	1.96	7.66	2.27	8.13	2.12

表3 眼球突出距離と投影距離の相関係数\*

計測項目	眼球突出距離 1	眼球突出距離 2	眼球突出距離 3	眼球突出距離 4
投影距離 fmo-ep	0.79	0.75	0.78	0.74
投影距離 fmo-cep	0.78	0.74	0.77	0.73
投影距離 d-ep	0.88	0.87	0.89	0.88
投影距離 d-cep	0.88	0.87	0.89	0.88
投影距離 huo-ep	0.91	0.93	0.92	0.93
投影距離 uo-ep	0.86	0.87	0.87	0.88
投影距離 huo-cep	0.92	0.93	0.92	0.94
投影距離 uo-cep	0.87	0.88	0.88	0.89
投影距離 hlo-ep	0.79	0.80	0.77	0.78
投影距離 lo-ep	0.75	0.71	0.73	0.69
投影距離 hlo-cep	0.79	0.79	0.76	0.77
投影距離 lo-cep	0.73	0.69	0.72	0.68

\*男女混合

根部周辺の立体性の個体変異と眼球の前後位置との関係といった様々な顔面骨格の特徴との関係を調査する必要がある。また東アジア人の眼窩の容積の小ささが眼球の前方への配置に影響している可能性が示唆されており(Brown & Maeda, 2004)、このような集団間の違いが、本研究でみられた眼球の突出量の集団内の分散と関連があるかどうか、眼窩口のみならず眼窩の深さも考慮した研究へと発展させていくことで検証する必要がある。

### ・鼻の形状について

任意の個体を除いた同性の集団を用いた場合の元の画像とシミュレーション画像を左右に並べたものを図4、男女混合の集団を用いた場合のものを図5に示す。今回は類似性などを評価する統計学的な検証を行っていないが、鼻尖や鼻翼、鼻背など、個々に鼻とシミュレーション結果を比較するとシミュレーション画像は鼻全体の形状や左右差をある程度再現できている様である。鼻根部から鼻尖にかけての形状は同性の集団でも男女混合の集団でも大差ないようであった。部分的なシミュレーションを行う場合、相同モデル化する際のランドマーク設定を復元したい領域に対して重点的に行うことで、元の画像により近い形状や厚みを出せるかどうかさらに検討する必要がある。また、今回作成した主成分回帰方式の汎用性をより客観的に検討する必要がある。また、二次性徴後の成人男女についても検証を行ってきたい。

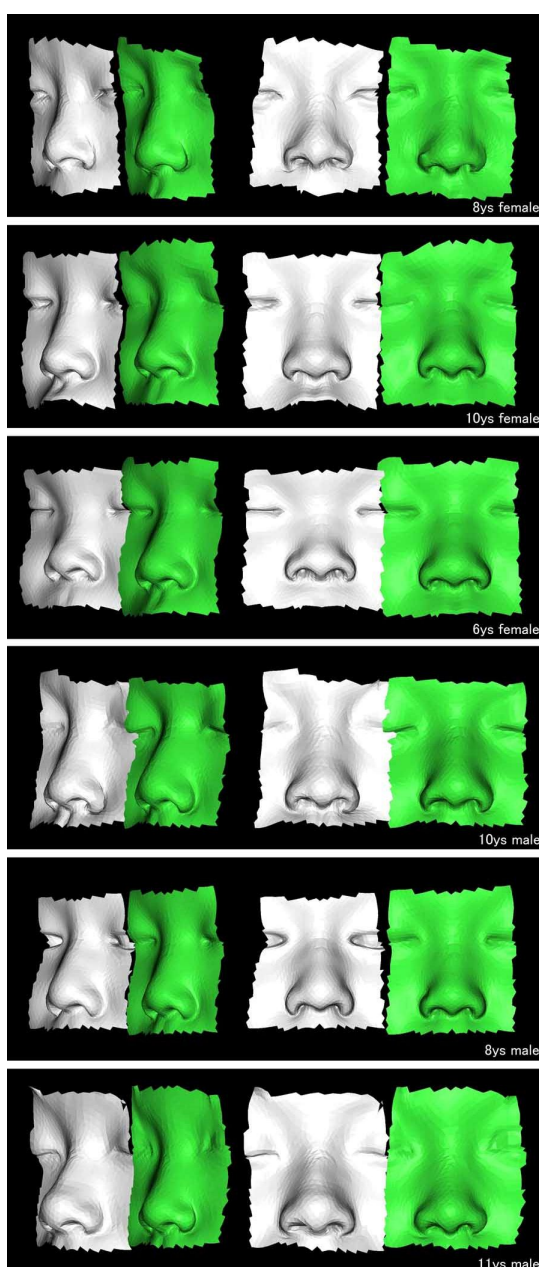


図4 男女別データによるシミュレーション画像

(白色:元の画像、緑色:主成分回帰方式によるシミュレーション画像)

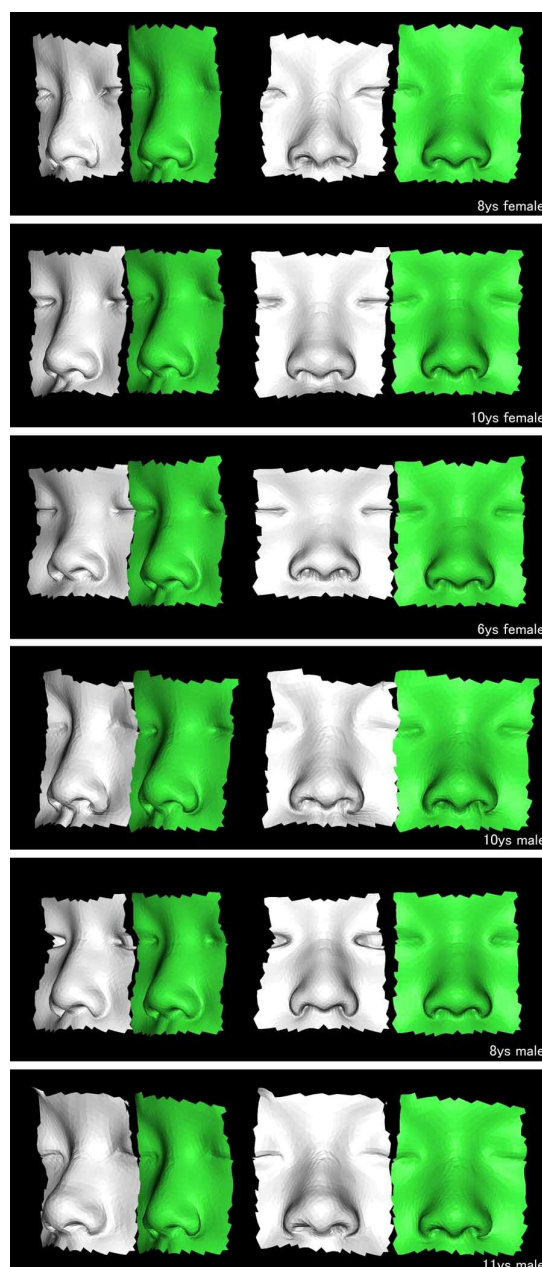


図5 男女混合データによるシミュレーション画像

(白色:元の画像、緑色:主成分回帰方式によるシミュレーション画像)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Kawakubo Y, Okazaki K, Chen J
2. 発表標題 Facial approximation of the M252 skull from the Guangfulin site in the Shanghai city, China.
3. 学会等名 第73回日本人類学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeshita N, Kawakubo Y, Ohno K, Koyama H, Aoki T
2. 発表標題 The cranial morphology of a domain doctor, whose family is one of the wealthy merchants of the Saga domain in the Edo period
3. 学会等名 第73回日本人類学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川久保善智, 竹下直美
2. 発表標題 牧野家9代長子忠鎮公と10代忠雅公の復顔
3. 学会等名 第124回日本解剖学会総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大野 憲五, 川久保 善智, 竹下 直美, 小山 宏義
2. 発表標題 日本人頭蓋の性差に関する3次元形態解析
3. 学会等名 第103次日本法医学会学術全国集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohno K, Kawakubo Y, Takeshita N, Koyama H
2. 発表標題 Skeletal variation around the nasal root in Japanese to establish the facial reconstruction method.
3. 学会等名 24th Congress of the International Academy of Legal Medicine (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ohno K, Kawakubo Y, Takeshita N, Koyama H
2. 発表標題 Morphological analysis of a skull from the medieval Kakihsa site, Saga City
3. 学会等名 第72回日本人類学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kawakubo Y
2. 発表標題 Kawakubo Y: Growth changes and lineage relationships in nonmetric traits of immature crania.
3. 学会等名 第72回日本人類学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大野 憲五、川久保 善智、川久保 直美、小山 宏義
2. 発表標題 鼻根部周辺3次元形態解析の復顔研究への応用の検討
3. 学会等名 第71回日本人類学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 竹下 直美、川久保善智、大野憲五、小山宏義
2. 発表標題 佐賀城下町入り口の橋跡でみつかった ヒト頭蓋について
3. 学会等名 第67回日本法医学会学術九州地方集会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大野憲五、川久保善智、竹下 直美、小山宏義
2. 発表標題 佐賀市蛸久遺跡2区から出土した中世人骨の形質
3. 学会等名 第67回日本法医学会学術九州地方集会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Ohno K, Kawakubo Y	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Academic Press	5. 総ページ数 11
3. 書名 3D Data Acquisition for Bioarchaeology, Forensic Anthropology, and Archaeology	

1. 著者名 川久保善智, 戸坂明日香	4. 発行年 2018年
2. 出版社 雄山閣	5. 総ページ数 3
3. 書名 季刊考古学143号 ヒトの骨考古学	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-



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
研究 分 担 者	大野 憲五  (Ohno Kengo)  (00635568)	佐賀大学・医学部・助教    (17201)	
研究 分 担 者	竹下 直美  (Takeshita Naomi)  (30770094)	佐賀大学・医学部・教室系技術職員    (17201)	

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