

令和 6 年 6 月 23 日現在

機関番号：12602

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K06362

研究課題名（和文）欠損のある頭蓋骨の欠損部形態推定とそれに伴う復顔法に関する研究

研究課題名（英文）the research of facial approximation from the skull with bone loss

研究代表者

宇都野 創（Utsuno, Hajime）

東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・特任講師

研究者番号：60367521

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：復顔法は、身元不明の頭蓋骨が発見された際に、生前の顔貌を推定する法人類学的技法であり、歯科所見などで身元が判明しない頭蓋骨から生前の顔貌を推定する方法である。本技法を遂行するにあたり、推定される人種の顔面の軟組織厚の平均値並びに眼窩部、耳介部、鼻部および口部といった骨による裏層を持たない部位の形態の推定が必要である。さらには頭蓋骨は下顎骨は頭蓋と分離しているため欠損があった場合の形態の推定が必要である。申請者は今回の助成により日本人における眼窩部（眼球の突出状態や眼科における瞳孔の位置関係）の推定法、鼻部（鼻翼の位置）の非対称性）及び下顎骨が欠損した頭蓋骨における下顎骨形態の推定法を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

申請者は、今回の助成期間にこれまで報告が少なく精度等の検証が十分であったとは言い難い、日本人身元不明頭蓋骨における眼窩と眼球の突出、瞳孔位といった位置関係、梨状口周囲の骨と鼻翼部軟組織の非対称性、下顎骨が欠損した頭蓋骨から下顎骨形態の推定法を報告した。これらの研究は、共同研究機関において法医解剖前に撮影された死後CT画像を計測したもので、検体の国籍、性別、身長及び体重といった二次的な情報も正確なもので、基本的に同一の条件で撮影されたものである。ここで得られたデータを計測、解析できたことにより精度の高い研究成果の報告が可能であった。これらの結果は我が国における身元確認の精度を向上させたと言える。

研究成果の概要（英文）：Facial reconstruction (approximation) is a forensic anthropological technique to estimate the ante-mortem face from unknown human skull. This technique is performing then dental and DNA analysis were failed. To performing this technique, Average Facial soft tissue thickness for each ancestry and prediction of the region without lined by the bone (orbit, ear, nose and lip region). Previously, the information of these region are not reported or only little information with low accuracy in this country. In this funded research term, the author updated and newly reported with more accuracy. the author reported the prediction method of eye ball position in the orbit, the asymmetry of the alar region and prediction method of mandible shape from the skull without mandible (missing mandible) with high accuracy.

研究分野：法人類学

キーワード：復顔法 法人類学

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

復顔法は頭蓋骨から生前の顔貌を推定する法人類学的技法である。本技法は 1895 年にドイツの解剖学者 Wilhelm His によって行われた、同国の音楽家 Johan Sebastian Bach の頭蓋骨の複製に対して行われた考古学的側面を持つものであった。当初は遺体の顔面の軟組織の厚さを(穿刺によって)計測し、得られた平均値を用いて行われたものであったが、この後レントゲンの発明(最初の復顔とほぼ同年)および医療の発展(様々な透視技術の発展)に伴い、より精度の高い計測法を用いての計測が行われてきた。現在は機械学習による復顔法も行われているが、決定打となる方法は確立されていない。特に我が国においては研究者の少なさも相まって、精度の高さや技法において欧米諸国に遅れをとっている状況である。

### 2. 研究の目的

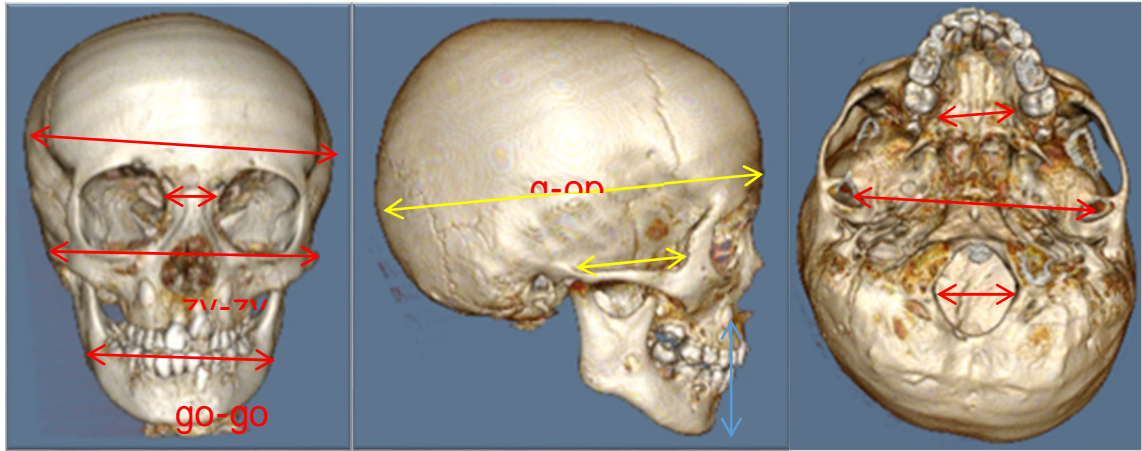
これまでの研究において、申請者は欠損や損傷のない頭蓋骨を対象に精度の高い復顔法を確立すべく研究を遂行し、一定の成果を報告してきた。しかしながら、白骨死体は白骨化する過程に於いて様々なプロセスをたどる。白骨死体は身元不明のものであれば、確率的には屋内よりも屋外で発見されるケースが圧倒的に多い。それは地上、土中および水中などの環境下に直接曝されている事を意味する。このため、頭蓋骨は基本的に損傷や欠損があることが前提となり、既成の方法では精密な顔貌推定が困難である。頭蓋骨は 15 種 23 個の骨から成り、このうち 2 種は下顎骨と舌骨である。この 2 種は縫合などによる連結はなく、下顎骨は顎関節で頭蓋骨と接し、舌骨は筋と筋の間に介在する独立した小骨であり、白骨化した人体が発見された際には発見されないことも多い。また、下顎骨は比較的大きく歯があることや顔貌の構成に関わるものであるが、頭蓋に完全に連結しているものではないため、白骨化する過程に於いて欠損する可能性が非常に高い。このため下顎骨の欠損が法人類学的な顔貌の鑑定に与える影響は計り知れないものである。

申請者はこの欠損を補完すべく、頭蓋の下顎窩と下顎角の幅径や頬骨弓の長径と下顎体の長径等といった相関が考えられる所見の計測および解析を行い、頭蓋の所見から下顎骨の形態に影響をおよぼす部位を決定し、ここから正確に下顎骨の推定が可能な方法を確立を目指す。この際に、数多くの部位を計測するにあたり下顎骨のみでなく、白骨化に際して梨状口や眼窩周囲といった損傷を受けやすいと思われる部位の欠損部の推定法の確立に応用可能と考える。

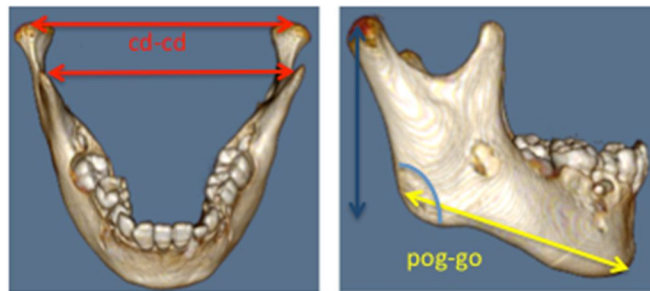
### 3. 研究の方法

本研究で明らかにすべきことは、下顎骨欠損の頭蓋骨からの復顔法の確立として、下顎骨が欠損した頭蓋骨の下顎骨形態の推定法の確立と、これまでの復顔法に関する研究: 基盤研究 C (課題番号 18K-06447: 日本人の顔面部形態に特化した復顔法確立のための研究) から継続・発展させた 眼部の推定法の確立である。

共通: 東京大学および千葉大学で法医解剖時に撮影された死後 CT 画像(以下: PMCT) を viewer soft 上にて頭蓋顔面部の頬骨弓幅、下顎角、顔面高等の形態を計測する。計測値を統計ソフト上で解析を行い、下顎と相関の大きい部位を検出して下顎骨形態推定のための方程式を算出する。解析と同時に下顎骨を形態別に通常型、後退型、前突型の三型に分類をおこなう(代表者担当)。算出した方程式の検証のため計測サンプルとは別のサンプルに対して、方程式を用いた推定を行い、精度の評価を行う(分担者担当)。(研究初年度～最終年度まで 100 検体/年の予定で計測、解析、プリントアウト) 評価をもとに方程式の微調整をおこない、より精度の高いものにする。最終的には三型に分類したテンプレートを作製し、サイズの微調整によって鑑定対象の下顎欠損頭蓋骨に適合する下顎骨を 3D プリントでプリントアウトして復顔による顔貌推定が可能な状態に出来ることを目標としている。

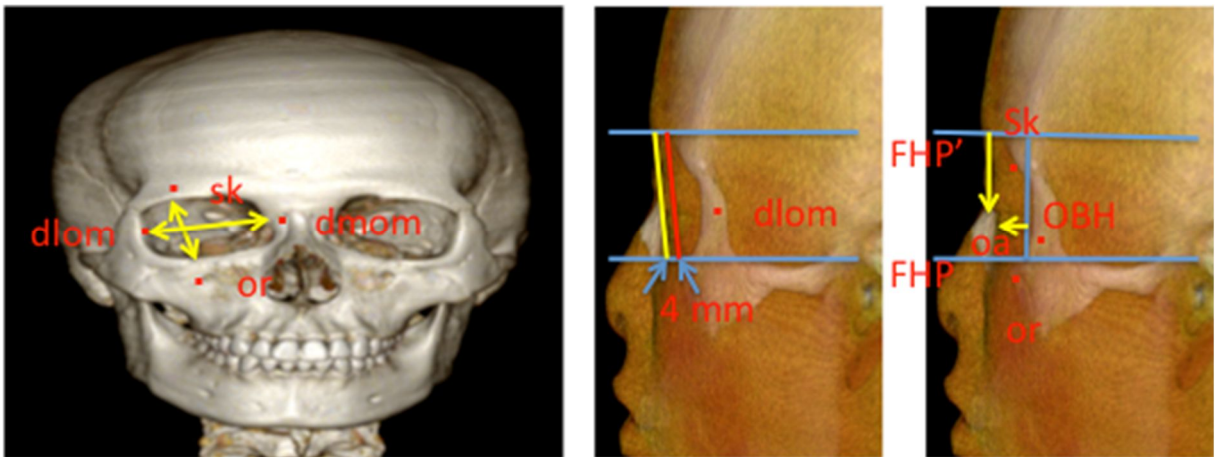


①- 1 頭蓋骨および頭蓋冠の計測



-2 下顎骨の計測

眼窩周囲の骨と眼球を含む眼窩の軟組織を計測（OBH-Oa,SK-Oa,sk-or oa 等）して眼窩に対する眼球の突出と瞳孔の位置を同定する。得られたデータと欧米のデータを比較し最適値をもとめ、別サンプルに適用して評価、調整を行い、日本人における眼窩と眼球の位の推定法を確立する。プリントアウトに義眼を設置して視認による位置関係の計測をおこなう。



眼部の計測

上述のルーティンを研究期間中 1 年周期で繰り返し計測、解析をおこなう。

#### 4 . 研究成果

##### 4-1 欠損下顎骨の推定

- ・重回帰分析（Multiple linear regression analysis）により以下の回帰式を算出した。
- ・下顎頭幅 =  $0.760 \times \text{頬骨弓幅} + 22.144$
- ・筋突起幅 =  $0.469 \times \text{頬骨弓幅} + 0.136 \times \text{頭蓋最小幅} + 25.306$
- ・下顎角幅 =  $0.736 \times \text{頬骨弓幅} - 1.193$
- ・下顎体長 =  $0.499 \times \text{顔長} + 0.234 \times \text{バジオン・プレグマ高} - 8.570$

- ・ 下顎枝高 =  $0.194 \times \text{頬骨弓幅} + 0.351 \times \text{上顔面高} + 0.148 \times \text{頭蓋最大長} + 0.218 \times \text{顔長} - 40.156$
- ・ 下顎枝幅 =  $0.188 \times \text{顔長} + 0.168 \times \text{側頭窩長} + 0.062 \times \text{頬骨弓幅} - 2.823$
- ・ オトガイ高 =  $0.279 \times \text{上顔面高} + 0.215 \times \text{口蓋長} + 0.066 \times \text{バジオン・プレグマ高} - 6.967$

得られた回帰モデルの中で、下顎頭幅の推定モデル ( $\text{adjR}^2=0.530, \text{SEE}=4.441\text{mm}$ ) が、最も高い決定係数を示した。一方最も低い結果となったのは、オトガイ高を推定する回帰モデル ( $\text{adjR}^2=0.331, \text{SEE}=2.546\text{mm}$ ) であった。下顎頭幅と下顎角幅を推定する回帰式は、説明変数として頬骨弓幅のみが選択され、その回帰モデルが最も精度が高い結果になった。多重共線性の有無を判断するための VIF ( $< 2$  で影響なしと判断) は、最も高値でも下顎枝幅を推定する回帰モデルの 1.703 であった。全ての項目で統計学的に有意な回帰モデルを得ることができた。

#### ・ 考察 (Conclusion)

##### PMCT

本研究では、PMCT データを基に、欠損下顎骨を推定する回帰モデルの作成およびその精度を検証した。Nino-Sandova らは、頭部エックス線規格写真 (以下、セファログラム) を用いて、欠損した下顎骨を推定する方法を報告している【14】。セファログラムは、主に歯科矯正治療における歯および骨格の診断に利用される。容易に撮影することが可能で、所要時間も短いという利点はあるが、画像上で解剖学的構造物が重なり合う部位が存在し、正確に形態を把握することに苦慮するという欠点がある。特に頭蓋骨のような複雑な形態においては、3DCT 画像を用いた方がより精度が高い計測が可能である。また、セファログラムは歯科矯正治療などの専門分野で撮影されることが多いため、撮影対象が若年層に集中する傾向がある。一方 PMCT は、全ての年齢層が対象となるため、結果として年齢によるデータの偏りを少なくすることができる。さらに、CT は、データ化することによって、保管スペースの確保や資料の劣化防止 (or 状態維持) に伴うコストを軽減することができ、パソコン (ソフトウェア) 上で繰り返しの形態計測が可能となる。莫大なデータを蓄積することで、将来的には時代背景に考慮した形態比較の研究にも活用することが期待できる。本研究では、日本人集団の PMCT データを基に研究を行なったが、昨今のグローバル化の進行に伴い、国内在留外国人が増加しており、彼らが犯罪被害等によって白骨死体として発見される事例が増加することが予想される。日本人における基礎的な研究を基に、他の人種・民族を対象としたさらなる研究が必要になると考える。

- ・ 日本人の眼球位置の推定法の確立に関する研究

#### 1. 試料と方法

・東京大学および千葉大学の法医学教室で撮影された死後変化が少ない146体（男性85体、女性61体、年齢18～95歳）の死後CT画像(0.625mm スライス)(Eclis;日立製作所,東京)を使用した。

PMCT を用いて眼球位を計測し、以下の結果を得る事ができた。

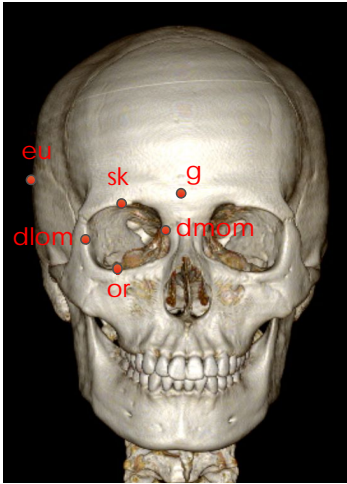


Fig. 1

Table 11 推定値	male		female	
	left	right	left	right
sk-oa(上下的位置関係)	58.5% of OBH	57.2% of OBH	54.4% of OBH	53.6% of OBH
dlom-oa(前後的位置関係)	39.2% of OBH	39.1% of OBH	37.0% of OBH	37.2% of OBH

Table 12 身元不詳遺体の実測値と推定値の比較		
	sk-oa	dlom-oa
相関係数	0.73653858	0.290627675

身元不詳サンプル  
male: n=5  
female: n=2

Fig.2a

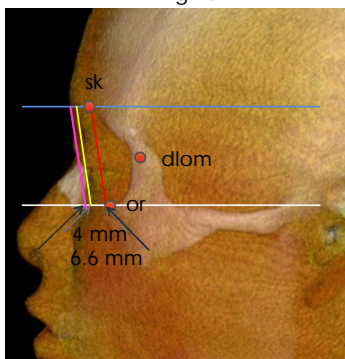
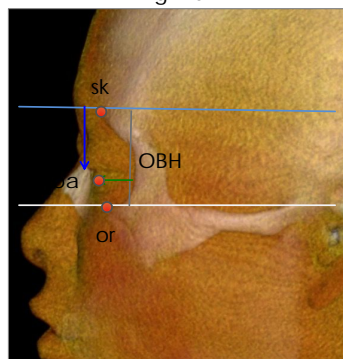


Fig. 2b



- : Tangent to the cornea method
- : Tangent to the iris method
- : 6.6 mm protrusion method
- : Proportion of OBH method
- : 51.3% of OBH
- : 44.1%, 50%, 54.2% of OBH

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 Kazuta Mariko, Hajime Utsuno, Makino Yohsuke, Minegishi Saki, Iwase Hirotarō, Sakurada Koichi	4. 巻 29
2. 論文標題 A post-mortem computed tomography imaging method for predicting the anteroposterior and superoinferior positions of the Japanese adult eyeball in the orbit	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Forensic Imaging	6. 最初と最後の頁 200504 ~ 200504
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fri.2022.200504	査読の有無 有
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 Namiki Shuuji, Utsuno Hajime, Makino Yohsuke, Minegishi Saki, Toya Maiko, Iwase Hirotarō, Sakurada Koichi	4. 巻 65
2. 論文標題 Estimation of missing mandible from the skull using postmortem CT images	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Legal Medicine	6. 最初と最後の頁 102321 ~ 102321
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.legalmed.2023.102321	査読の有無 有
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5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Hajime Utsuno, Shuuji Namiki, Yohsuke Makino, Saki Minegishi, Maiko Toya, Nozomi Sumi, Hirotarō Iwase, Koichi Sakurada
2. 発表標題 Landmark comparison of the alar region in the prediction of the nose using post-mortem computed tomography/
3. 学会等名 Th 19th Biennial Scientific Meeting of the International Association for Craniofacial Identification (IACI 2022 Liverpool) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宇都野 創, 数田 茉莉子, 榎野 陽介, 斉藤 久子, 並木 修司, 峰岸 沙希, 戸谷 麻衣子, 大田 隼, 岩瀬 博太郎, 櫻田 宏一
2. 発表標題 死後 CT 画像を用いた日本人成人頭蓋骨の眼窩と眼球の位置関係に関する研究
3. 学会等名 第106次日本法医学会学術全国集会
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 並木 修司, 宇都野 創, 槇野 陽介, 峰岸 沙希, 戸谷 麻衣子, 壽美 望, 岩瀬 博太郎, 櫻田 宏一
2. 発表標題 日本人集団における死後CT画像を用いた頭蓋骨からの欠損下顎骨推定法の確立
3. 学会等名 日本法歯科医学会第16回学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 並木修司、宇都野創、槇野陽介、峰岸沙希、戸谷麻衣子、壽美 望、岩瀬博太郎、櫻田宏一
2. 発表標題 日本人集団における死後 CT 画像を用いた頭蓋骨からの 欠損下顎骨推定法の確立
3. 学会等名 日本法歯科医学会 第15回学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宇都野 創, 並木 修司, 槇野 陽介, 斉藤 久子, 峰岸 沙希, 戸谷 麻衣子, 壽美 望, 岩瀬 博太郎, 櫻田 宏一
2. 発表標題 日本人の頭蓋骨における鼻翼部推定法確立のための検討
3. 学会等名 第105次日本法医学会学術全国集会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科法歯学分野 ホームページ  <a href="https://www.tmd.ac.jp/med/legm/houshi_gyouseki.html">https://www.tmd.ac.jp/med/legm/houshi_gyouseki.html</a>  東京医科歯科大学 研究情報データベース  <a href="https://aris.tmd.ac.jp/IST">https://aris.tmd.ac.jp/IST</a>  東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 法歯学分野 ホームページ  <a href="https://www.tmd.ac.jp/med/legm/houshi_gyouseki.html">https://www.tmd.ac.jp/med/legm/houshi_gyouseki.html</a></p>
--

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	櫻田 宏一  (Sakurada Koichi)  (10334228)	東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・教授     (12602)	

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