

平成 30 年 6 月 26 日現在

機関番号：82505

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K07249

研究課題名(和文) 頭部CT画像の解析による頭蓋・顔写真スーパーインポーズ法および復顔法の高度化

研究課題名(英文) Development of the 3D facial reconstruction method using head CT images

研究代表者

今泉 和彦 (Imaizumi, Kazuhiko)

科学警察研究所・法科学第一部・室長

研究者番号：00356148

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：計64名(男性42、女性22)から頭部CT画像を収集して頭蓋骨と頭部表面の距離、頭蓋各部位と顔の各部位の位置に関する3次元検討を行い、スーパーインポーズ法の高度化と3次元的な復顔法の開発を試みた。CTデータから得られた頭蓋骨に対して、38点の特徴点を基に40,962頂点からなる相同モデルを作製した。各相同モデルの各頂点と頭部表面との距離を得て、これらを平均化して任意の頭蓋に適用することで3次元的な復顔法が実現した。検討の過程では、頭蓋と頭部表面形状の平均形状が得られ、今後、スーパーインポーズ法で参照する貴重な資料となった。本研究により、スーパーインポーズ法と復顔法の信頼性が科学的に向上した。

研究成果の概要(英文)：Three dimensional (3D) facial reconstruction (FR) method was developed. Head CT images were obtained from 64 Japanese individuals. Shapes of skull and head surface were extracted from these CT images. On the skull shape, 38 landmarks were defined and orientation and size were standardized by Procrustes analysis. The skull shape was simplified by simulating virtual film covering the skull shape based on steepest descent method (SDM). Homologous shape models consisted of 40,962 data points were created for these simplified skull shapes also by the method with SDM. On each data point, length to the head surface was measured. The FR of specific skull was performed by creating the homologous model of its simplified skull shape, followed by applying the average length to each data point. The reconstructed 3D face shapes represented morphological features of their original skulls. These features can be recognized well while rotating reconstructed face. This is one of the merits of 3D FR.

研究分野：法人類学

キーワード：復顔法 白骨死体 法人類学 相同モデル 3次元形状解析

1. 研究開始当初の背景

(1) 白骨死体が発見されると、法人類学的検査により性別・年齢・身長・死後経過年数などが検査される。これらの検査結果を元に該当者と思われる人物が浮上した場合、頭蓋・顔写真スーパーインポーズ法¹⁾による検査が行われ、頭蓋骨と生前の顔写真とが同一のものかどうか判断される。一方、該当者が浮上しない場合には頭蓋骨から顔が復元(復顔)される²⁾。これら2つの検査は、これまでに頭部X線撮影により検討されてきた、軟部組織の厚さ、顔面の各部位(眼、鼻、口、耳など)と頭蓋骨の各部位(眼窩、梨状口、口裂、歯、外耳孔など)との位置関係に関するデータに基づいて行われている。

(2) 近年の放射線医学の進歩により、コンピュータ断層撮影(CT)の精度が向上し、データから構築される3次元像も精細なものとなってきた。このような中、頭部CT画像を解析し、上記位置関係等を検討した研究も散見される³⁾。ただし、そのほとんどは白人を対象に検討されたもので日本人について詳細な検討は行われていない。

2. 研究の目的

(1) 日本人成人の頭部CT画像を3次元的に解析し、頭蓋・顔写真スーパーインポーズ法におよび復顔法に関するバックデータを取集して高度化を図る。

(2) 上記データを基に、3次元的な復顔法を開発する。

3. 研究の方法

(1) 資料及び頭部3D形状の抽出

インフォームドコンセントを得た、日本人成人計64名(男性42名、女性22名)についてスライス厚0.5mmの条件で頭部CT画像を撮影し、得られたCT画像から、OsiriX MD DICOM Viewer (Pixmeo社製)を用いて頭蓋骨と頭部表面の3次元形状を抽出した。得られた頭蓋骨形状について耳眼平面を基準とした姿勢調整を、Artec Studio 9ソフトウェア(Artec社製)により行った。なお、この時、頭蓋骨に対応する頭部表面形状も同期して姿勢が調整される。

(2) プロクラステス法⁴⁾による姿勢調整

頭蓋骨形状に対し、Martinら⁵⁾による解剖学的表記点を主なものとする計38点のランドマークを、MeshLabソフトウェア(Visual Computing Lab製)により各頭蓋骨に設定し、これらの位置関係に対してプロクラステス解析を行い、全頭蓋の姿勢と大きさを標準化した。なお、その変換パラメータは対応する各頭部表面形状にも適用される。

(3) 頭蓋骨形状の単純化

頭蓋骨は、眼窩や梨状口などの陥凹部を多くもち、形状が複雑であるため、解析を容易にするために形状を単純化した。単純化にあたっては、頭蓋表面に弾性をもつ膜をかぶせることをシミュレートする、最急降下法

(SDM)を基本としたソフトウェアを開発し、これにより、図1に示すような単純化が実現した。

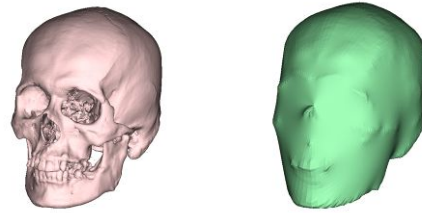


図1 頭蓋骨と単純化された頭蓋骨モデル

(4) 相同モデル化

形状解析を行うためには、解剖学的に対応のある、同じ数のメッシュで構成されるモデルを作成する、相同モデル化が必須である。そこで、前記の単純化した頭蓋骨に対し、以下の方法により相同モデルを作成した。

a) 1次相同モデルの作製

相同モデル化の基本は、球形の相同モデルを作製し、これを頭蓋骨に投影することによる。球形の1次相同モデルの基本となる、各メッシュの形状が極力正三角形となるような40,962頂点からなる球をSDMにより準備した。この球に対し、各個体から得たランドマークの平均位置を投影したものを、基本1次相同モデルとした。次に、これらの基本ランドマークを、メッシュを変形させながら各個体に固有の位置に移動した。メッシュの変形、移動も、SDMによる。これらを1次相同モデルとする(図2)。

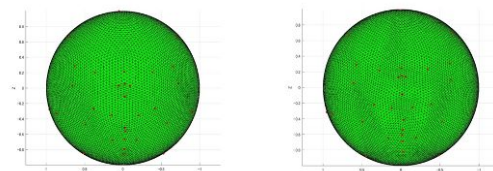


図2 1次相同モデル(2名分)

b) 2次相同モデルの作製

次に、1次相同モデルを単純化した頭蓋骨モデルに投影して2次相同モデルを作製した。さらに、これを本来の頭蓋骨形状と頭部表面形状に投影することで、頭蓋骨相同モデルと皮膚表面相同モデルを作製した(図3)。

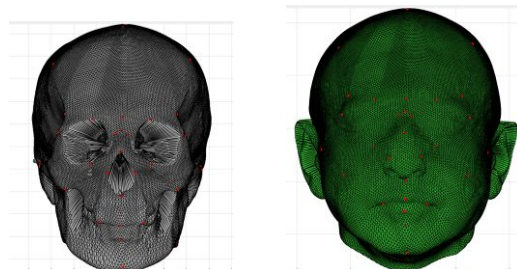


図3 頭蓋骨と皮膚表面の相同モデル

(5) 頭蓋骨-皮膚表面の距離計測・値の適用

単純化した頭蓋骨と皮膚表面の相同モデルについて、対応する点間の距離を計測した。それぞれの値について、男女別に平均値を得た。この平均値を任意の頭蓋骨を単純化 相同モデル化したものに適用し、3 次元的な復顔像を得た。

4. 研究成果

(1) 頭蓋骨及び頭部表面形状の平均化

資料のうち、計 28 名(男性 19、女性 9 名)について、頭蓋骨と表面形状の平均モデルを作製した。それらを重ね合わせたものが図 4 である。両モデルは 3 次元形状であるので、互いを同期させながら自由に回転ができる。このようにして観察されるイメージは、頭蓋-顔写真スーパーインポーズ法を行う際に参照できる貴重なデータであり、当研究により初めて実現したものである。

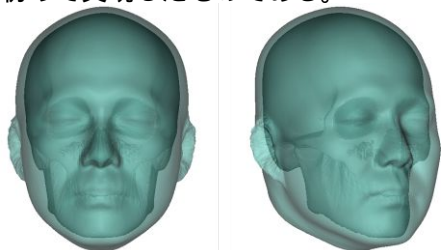


図 4 平均的な頭蓋骨と皮膚表面の重ね合わせ

(2) 復顔像の作製

上記計 28 名のモデルについて、男女別に、単純化した頭蓋骨と皮膚表面の相同モデルの対応する点間の距離を平均化し、個体 A の単純化した頭蓋骨の相同モデルに適用して復顔を行った。ここで、個体 A は 28 人の任意の個体で、上記の距離の平均化は、個体 A のものを除いたもので行った。図 5、6 は、復顔像のうち、男女別に代表的な 3 名の復顔像を示したものである。

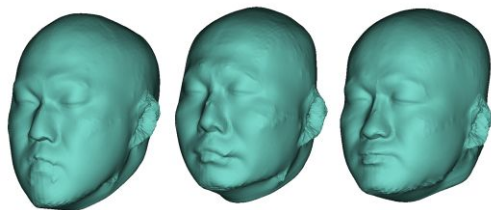


図 5 復顔像 (男性)

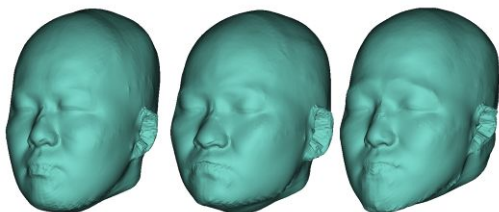


図 6 復顔像 (女性)

得られた復顔像は、元となる頭蓋骨の各種形状の特徴(眉弓や下顎下縁の形状、頬骨部の張り出し等)を、それぞれ良く反映してい

た。正解である本人の顔(個人情報保護のため画像は示せない)と比較すると若干の乖離が認められるものの、復顔蔵を回転して様々な角度で見ることで、本人の特徴的な所見が見られることが多かった。このことは、復顔を 3 次元的に行うことの意義を示すもので、将来的に復顔像の公開を行う際に複数の角度からの観察像を示す必要性を示唆するものである(図 7)。

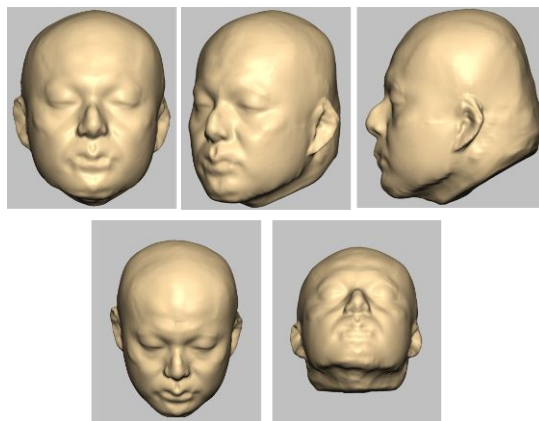


図 7 復顔像の公開方法(案)

(3) 復顔像の擬似加齢化

ところで、今回の頭部 CT 撮影は、通常我々が見る状態の顔(前方を見ている顔)を撮影するため、被験者は撮影台の上につつ伏せになり、顔をできるだけ垂直方向に挙上した状態で撮影を行った。加えて、通常の撮影姿勢(仰向け)でも撮影を行った(図 8)。

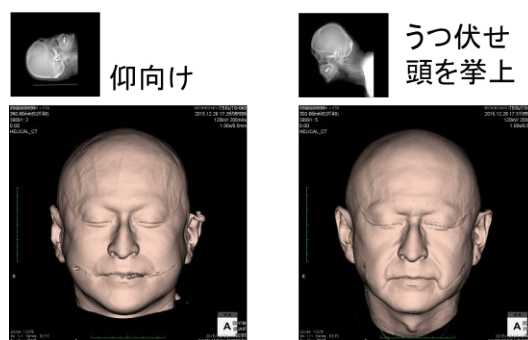


図 8 二種類の CT 撮影姿勢

重力の影響により、両者の形状は大きく異なり、仰向けの状態に比べて顔を挙げた場合は、あたかも加齢したかのように変化する。この変化を利用し、復顔像の擬似的な加齢処理を試みた。すなわち、計 28 名のモデルについて、それぞれの姿勢で得られた表面形状相同モデルを平均化し、その差分を復顔像に適用した(図 9)。差分を適用したモデルでは元の復顔像に対して加齢したように見え、鼻唇溝の明瞭化、上唇部の伸長、眼の下の膨隆、頬や下顎角部の下垂など、我々が以前行った顔の加齢変化に関する研究⁶⁾で得られた成績に類似する変化が認められた。

(4) 継続的検討

研究期間は終了したが、すでに収集済み、あるいは今後収集する追加 CT 画像について

同様の解析を進める。

〔引用文献〕

- 1) Yoshino M, Kubota S, Matsuda H, Imaizumi K, Miyasaka S, Seta S. Computer-assisted skull identification system using video superimposition. Forensic Sci Int 90:231-244(1997)
- 2) Miyasaka S. Progress in facial reconstruction technology. Forensic Sci Rev 11:51-90(1999)
- 3) Cleas P, Vandermeulen D, De Greef S, Willems G, Clement JG, Suetens P. Computerized craniofacial reconstruction: Conceptual framework and review. Forensic Sci int 201:138-145(2010)
- 4) Gower JC Generalized Procrustes Analysis. Psychometrika 40(1):33-51 (1975)
- 5) Martin R, Knussmann R Anthropologie. G. Fischer, Stuttgart (1988)
- 6) Imaizumi K, taniguchi K, Ogawa Y, Matsuzaki K, Nagata T, Mochimaru M, Kouchi M Three-dimensional analyses of aging-induced alterations in facial shape: a longitudinal study of 171 Japanese males. Int J Legal Med 129(2):385-393(2015)

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

今泉和彦、顔画像鑑定に関連する各種とりくみについて、犯罪学雑誌、査読有、vol.83、2017、pp44-48

〔学会発表〕(計 3 件)

Imaizumi K, Taniguchi K, Ogawa Y, Matsuzaki K, Maekawa H, Nagata T, Okuda I, Three-dimensional Facial Reconstruction from Skulls Based on Head CT Scan Images of Living Individuals, IACI Conference, 2017
Imaizumi K, Taniguchi K, Ogawa Y, Matsuzaki K, Maekawa H, Nagata T, Three-dimensional facial reconstruction from skulls based on soft tissue thickness obtained from head CT scan images, International Association of Forensic Science, 2017
今泉和彦、犯罪捜査と顔一異同識別・加齢処理・復顔、鹿児島県警察協力歯科医師会、2017

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

なし

6 . 研究組織

(1)研究代表者

今泉 和彦 (IMAIZUMI, Kazuhiko)
科学警察研究所・法科学第一部・室長
研究者番号：00356148

(2)研究分担者

谷口 慶 (TANIGUCHI, Kei)
科学警察研究所・法科学第一部・研究員
研究者番号：10649528

(3)研究協力者

小川 好則 (OGAWA, Yoshinori)
科学警察研究所・法科学第一部・研究員
研究者番号：10649528