

頭蓋骨の形状を考慮した顔の肥瘦シミュレーション

藤崎 匡裕[†] 桑原 大樹[†] 溝川 あい[†] 中村 太郎[†] 前島 謙宣[†] 森島 繁生[‡]

早稲田大学[†] 早稲田大学理工学術院理工学総合研究所[‡]

1. はじめに

美容、映像制作の分野において、人の顔の肥瘦（痩せ太り）のシミュレーションが必要とされている。例えば、本人の痩せシミュレーション結果を見せることで、それがダイエットの目標になる。また、映像中の登場人物の肥瘦を任意に調節することが出来るようになる。

Blanz ら[1]は、顔の 3D 形状データベースを主成分分析し、領域分割をした顔の部位ごとにその成分を変化させ、顔の肥瘦変形を行った。また、Baek ら[2]は、体全体の 3D 形状データベースを大きさや形状に分けて主成分分析し、ユーザのパラメータ制御による体全体の肥瘦を表現した。しかし、これらの手法には問題点がある。第 1 に、顔内部の頭蓋骨形状を考慮せず、表面形状しか扱っていないため、輪郭が頭蓋骨を越えた非現実的な痩せ変形が行われてしまう。第 2 に、全ての人物に対して一律な変形を行っているため、肥瘦変形の個人性を表現できていない。

犯罪捜査で使われる復顔法は、頭蓋骨に統計的な皮膚の厚みデータを付加することで、生前の顔貌を正確に復元できる[3]。つまり、頭蓋骨形状がわかれば、それに基づいた顔のリアルな肥瘦シミュレーションを行うことが出来ると考えられる。

そこで我々は、予め用意した MRI 画像データベースを用いて、正面顔画像一枚から入力人物の頭蓋骨形状を推定し、入力人物ごとに適した肥瘦変形を行う方法を提案する。我々の手法により、頭蓋骨形状に基づいた、顔のリアルな肥瘦変形を行うことが可能となる。

2. 事前処理

本研究では、入力として正面顔画像 1 枚を撮影し、そこから肥瘦シミュレーション結果の画像を出力することを目的とする。本章では、その事前準備として顔画像及び頭蓋骨形状のデータベースを構築し、各人物の頭蓋骨形状に対応する肥瘦ルールを抽出する手順を記述する。

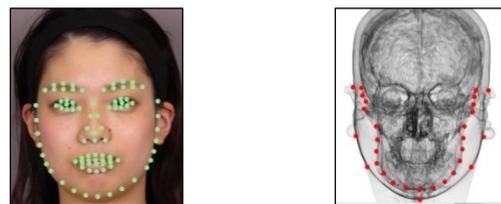
Face Fattening Simulation Considering Cranium Skull
Masahiro FUJISAKI[†] Daiki KUWAHARA[†]
Ai MIZOKAWA[†] Taro NAKAMURA[†]
Akinobu MAEJIMA[†] Shigeo MORISHIMA[‡]
Waseda University[†]
Waseda Research Institute for Science and Engineering[‡]

2.1 データベースの構築

今回、データベースとして 20~40 代の女性被験者 24 名の正面顔画像及び頭部の MRI 画像を撮影した。被験者の BMI の最小値は 18.3、最大値は 25.0 であった。

撮影した正面顔画像に対し、Irie ら[4]の手法を用いて、図 1(a)に示す 86 点の特徴点を取得した。次に、顔の位置や大きさ、向きの違いによる影響をなくすため、顔特徴点の重心を原点にし、両目頭間距離の長さを合わせ、両目頭の特徴点の y 座標が一致するように顔の傾きを修正し、顔全体の特徴点座標の正規化を行った。

被験者の頭蓋骨形状を知るために、今回は人体への被ばくの影響がない MRI を用いた。MRI 画像から頭蓋骨部分の位置を確認するために、Kniss ら[5]の手法を用いて、画像の輝度値と微分値により各画素の透過率を変化させ、頭蓋骨の形状を明瞭にした。次に処理を施した MRI 画像に対し、頭蓋骨の輪郭部分に 23 点の特徴点を手動で取得した。また、顔画像の特徴点と MRI 画像の特徴点の位置を合わせるために、MRI 画像の顔輪郭上の特徴点をさらに 7 点取得しておく。取得した点を図 1(b)に示す。顔表面の 7 点と正面顔画像から取得した点を重ね合わせ、顔の大きさ、向き、位置を合わせておく。



(a)顔特徴点 (b)頭蓋骨特徴点

図 1 画像にプロットした特徴点

2.2 データベース上の人物別肥瘦ルール抽出

頭蓋骨形状が統一された状態で各人物の顔特徴点を比較すると、脂肪量の違いのみが顔の輪郭特徴点の差分となる。このようにして、頭蓋骨形状ごとに肥瘦変形のルール（以後、肥瘦ルールと呼ぶ）を決定することができる。具体的には、肥瘦ルールを求める人物の頭蓋骨特徴点に合わせて残りの人物の頭蓋骨特徴点を移動させ、RBF 補間を用いて対応する顔特徴点を移動させる。これにより、元の脂肪の厚みを保ったまま内部の頭蓋骨形状を統一することが出来る。

ここで、この脂肪量の差分を取り出すために、顔輪郭特徴点群に対して主成分分析を行った。各顔輪郭特徴点の差分は、肥瘦による脂肪量の変化が最も大きな要因になっているため、第1主成分が肥瘦ルールになると考えられる。主成分分析を行うことで、複数の特徴点の移動である肥瘦変形を1つのパラメータの変化で表現することが出来る。今回用いた顔特徴点群座標の平均を $\bar{\mathbf{v}}$ とすると、 n 人目の顔特徴点群座標 \mathbf{v}_n は、

$$\mathbf{v}_n = \bar{\mathbf{v}} + \sum_{i=1}^{2m} \alpha_i \mathbf{s}_i \quad (1)$$

と表せる。 \mathbf{s}_i は i 番目の主成分、 α_i はその重み、 m は特徴点の数である。各特徴点は2次元なので、計 $2m$ 個の主成分がある。ここで、 \mathbf{s}_1 が肥瘦を表す成分となり、 α_1 がその程度を表すパラメータとなることを実際にパラメータを変化させた特徴点を見て確認した。このようにしてデータベース上の24名分の各人物固有の肥瘦ルールを決定しておく。

3. 肥瘦シミュレーション

3.1 入力人物の頭蓋骨形状推定

まず、入力となる顔画像1枚から入力人物の頭蓋骨形状推定を行う。入力の正面顔画像に対し、Irieら[4]の手法で顔特徴点群を取得し、前述の方法と同様に正規化する。正規化した特徴点をデータベース上の24名の顔特徴点群と比較し、各特徴点の距離の総和が最小となる人物の頭蓋骨を、入力人物の推定頭蓋骨として採用する。

3.2 肥瘦ルールの適用

推定頭蓋骨として採用されたデータベース上の人物の肥瘦ルールを、入力の正面顔画像の顔輪郭特徴点群に付加することで肥瘦変形を行う。ここで、痩せ変形の場合、そのままパラメータを変化させると、入力人物の頭蓋骨形状を越えた変形が行われてしまう。そこで、本研究ではそのような非現実的な変形を防ぐため、推定頭蓋骨形状からある一定の距離まで顔輪郭特徴点が近付いた際には、その点の移動を止めるという制約をかけた。このようにして変形後の顔輪郭特徴点を決定し、入力画像を変形させ、肥瘦変形した正面顔画像を出力する。

4. 結果と考察

入力画像に対し、本手法を用いて肥瘦シミュレーションを行った結果を図2に示す。痩せ画像では、頬骨やあごの骨の部分の変形が止まっている。入力人物の頭蓋骨形状を推定し、変形の際に制約をかけることにより、従来手法のような、頭蓋骨形状を越えた現実では有り得ない変

形を防ぐことが出来た。また、実際の肥瘦の際に大きく脂肪量が変わると思われる頬部分の輪郭が特に大きく変化している。データベースから入力人物ごとに肥瘦ルールを選ぶことにより、入力人物に適した肥瘦変形を実現した。



(a) 出力(痩せ) (b) 入力 (c) 出力(太り)
図2 生成結果

5. まとめと今後の課題

顔の肥瘦変形の研究において、顔の内部構造まで考慮したものはなかった。さらに、その生成結果は非現実的な印象があった。そこで本研究では、MRI画像データベースを用いることで、顔の内部の頭蓋骨形状を考慮し、入力人物に適した変形を行うことで、よりリアルな肥瘦変形を実現した。今後の課題としては、肥瘦変形時の顔パーツ変形の表現や、3Dモデルへの適用による陰影の表現をすること等があげられる。

謝辞 本研究は、文部科学省の平成25年度社旗システム改革と研究開発の一体推進による「安全・安心な社会のための犯罪・テロ対策技術等を実用化するプログラムの一環として実施されました。

本研究に画像可視化ツール「VoTracer」を提供していただいた理化学研究所井尻敬様に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] V. Blanz et al, "A Morphable Model for the Synthesis of 3D Faces," In Proceedings of ACM SIGGRAPH'99, 187-194
- [2] S. Baek et al, "Parametric Human Body Shape Modeling Framework for Human-centered Product Design," Computer-Aided Design, Volume44, 56-57
- [3] 宮坂ら, "骨から顔貌を復元する," バイオメカニズム(12), 1-11, 1994-08-10
- [4] A. Irie et al, "Improvements to Facial Contour Detection by Hierarchical Fitting and Regression," 1st ACPR, pp.273-277, 2011
- [5] J. Kniss et al, "Multidimensional Transfer Functions for Interactive Volume Rendering," IEEE Trans. on Visualization. & Comp. Graphics, 8(3), pp.270-285, 2002