

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：32708

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12607

研究課題名(和文)顔画像解析によるシワの計測アルゴリズムの研究

研究課題名(英文)Algorithm Development for Measuring Facial Wrinkles Using Image Analysis

研究代表者

森山 剛 (Moriyama, Tsuyoshi)

東京工芸大学・工学部・准教授

研究者番号：80449032

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：近年の断層画像撮像技術の向上により、頭部X線CT画像において顔面のたるみやシワの要因となる表情筋の構造を可視化することができるようになった。本研究では、頭部X線CT画像並びに核磁気共鳴(MR)画像、顔を正面から撮影したカメラ画像を66名計70組撮影した画像データベースを作成し、顔を撮影したカメラ画像を解析して顔面皮下組織の構造に起因する鼻唇溝位置を推定するアルゴリズムの検討を行った。カメラ画像の陰影から鼻唇溝の凹凸を三次元復元し、断層画像のCT値と顔部品との位置関係から大胸骨筋の構造を得る手法を開発した。

研究成果の概要(英文)：Recent progress on the technology of tomographic images has enabled to capture the detailed structure of subcutaneous tissues that causes facial sags and wrinkles. An image database that contains seventy sets from sixty-six people of X-ray computed tomography images (CT scans), magnetic resonance images (MRIs), and camera images of frontal faces has been developed in this research, with which an algorithm that estimates the position of nasolabial furrow that results from the structure of subcutaneous tissues of mainly zygomatic major muscle has been developed using image analysis technique. It reconstructs the three dimensional structure using the Shade-from-Shading method and locates the nasolabial furrow using the prior knowledge of the relative position of the furrow to that of zygomatic major muscle (subcutaneous tissue) and those of other facial organs.

研究分野：医用工学

キーワード：顔面シワ 画像計測 皮下組織 三次元復元 断層画像 表情筋 可視化 美容医学

### 1. 研究開始当初の背景

肌老化の3要素は、シワとシミとくすみであり、顔の見た目年齢と深い関連性があるとする調査結果がある[1]。一方、シワを測る尺度（グレーディング）に関しては、小ジワについては採取したレプリカを画像計測する標準的なガイドラインがあるが[2]、申請者は、その他のシワに関して非接触で鼻唇溝のグレーディングを行うための画像計測を行うアルゴリズムを開発中であった。本アルゴリズムでは一定の照明条件の下で、顔面の特定の領域（頬領域）にできる特定の方向の陰影を鼻唇溝由来のものと仮定していたが、「陰影が特定の方向を持つ」という仮定は必ずしも満たされるものではなく、戦略の修正が必要であった。

一方、顔面シワに対して何らかの対処をする場合、そのシワを決定付ける顔面皮下組織（筋肉や脂肪、骨格）の構造を明らかにすることが根本的であるが、一般には、そのような情報を得ることは難しかった。しかし、頭部 X 線 CT 画像を撮影する技術は進歩し、その空間分解能も 0.5mm 程度と高精細になったため、皮下の血管や筋膜といった詳細な組織構造を可視化することが可能となってきた。さらに少子高齢化を背景に加齢学に対する考え方も変化し、健康寿命を延伸する抗加齢医学が注目され、その中で見た目に関する加齢現象を食い止め生活の質（Quality of Life）を向上させようとする研究開発も盛んに行われるようになってきた。

### 2. 研究の目的

顔面シワに関して画像解析を行うアルゴリズムに関しては、シワ由来の見た目（画像）変化が特定の方向を有するとして従前の仮定を見直し、顔面シワから皮下組織の構造を明らかにするために、特定の照明条件の下で顔面の凹凸をすべからく数値化できるアルゴリズムを作成することを目的とする。

さらに本研究では、顔面シワと皮下組織の構造の関係を明らかにし、画像解析で検出する顔面シワから皮下組織の構造を推定することを目的として、それらの対応関係を大量のデータから明らかにすることを試みる。具体的には、まず、頭部 X 線 CT 画像並びにその安全性と将来性に鑑み核磁気共鳴（MR）画像を、そして顔面を正面から撮影するカメラ画像を、幅広い年齢層や性別にわたって撮像し、データベース化する。次に、本データベースにおけるカメラ画像に対して上述の画像解析アルゴリズムにより鼻唇溝位置を検出し、一方で、専門知識を基に断層画像からシワの形成に関係の深い表情筋の3次元位置を特定する。最後にこれら鼻唇溝位置と表情筋の3次元位置との関係を明らかにする。これにより、口腔機能訓練や咬合高径の調整といった歯科治療前後のシワ変化の数値化や、美容分野におけるシワ軽減剤適用前後のシワ変化の数値化といった実際的な応用を目指す。また、最適な照明条件を明らかにすると共に開発する画像計測指標を基本とする標準的なシワ計測ガイドラインを目指す。

### 3. 研究の方法

#### (1) 研究体制

図1の研究体制に示すように、本研究では医学及び歯学、化学の専門家と画像処理技術者が連携し、顔のシワを画像解析によって客観定量評価するための指標策定と画像解析のアルゴリズム開発、さらにその応用を目指す初めての包括的かつ先進的な試みである。本研究の主たる部分は、頭部 X 線 CT 画像並びに核磁気共鳴（MR）画像、顔面を正面から撮影したカメラ画像を含む画像データベースを作成することであり、これは研究代表者と連携研究者の奥田逸子

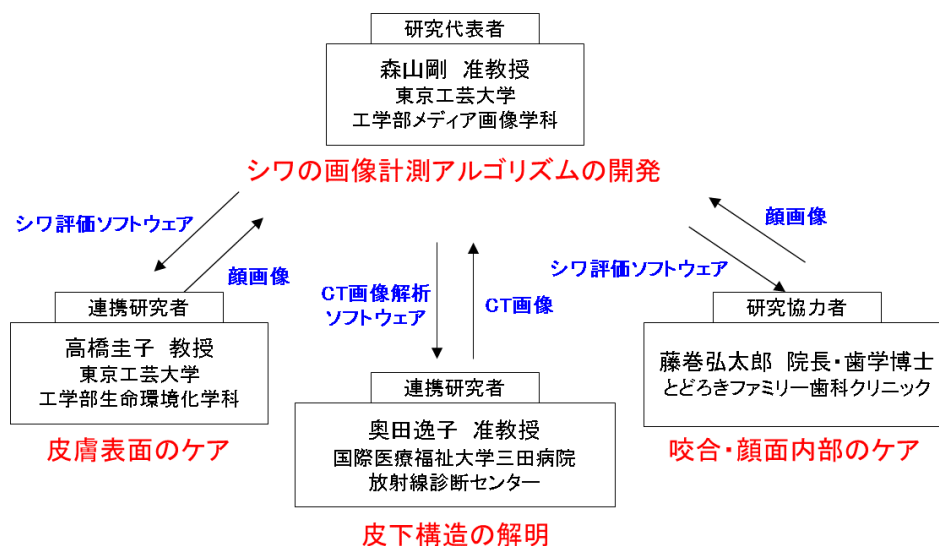


図1 本研究の体制（研究開始当初）と対応する研究課題

YAMAHA 防音室AVITECS セフイーネII 3.0畳 Dr-35

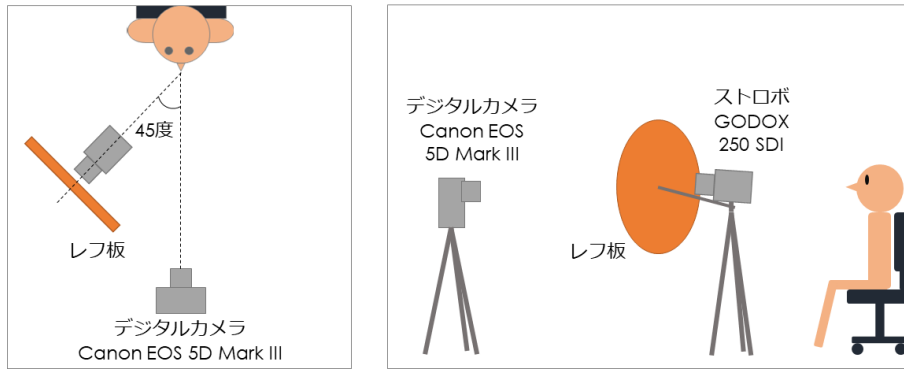


図2 カメラ画像撮影環境

(国際医療福祉大学三田病院放射線診断センター准教授) が連携して実施する。また、鼻唇溝含む顔面皮膚の画像解析、さらにカメラ画像と断層画像の関係付けは研究代表者が行う。さらに、これらのデータベース及び画像解析技術を具体的な応用課題において評価を行うフェーズでは、連携研究者の高橋圭子(東京工芸大学工学部生命環境化学科教授)及び研究協力者の藤巻弘太郎(とどろきファミリー歯科クリニック院長)と共に共同で行う。

(2) 研究計画

平成27年度(初年度)は、連携研究者の奥田と共に、幅広い年齢層、性別、可能であれば民族にわたって、頭部 X 線 CT 画像並びに核磁気共鳴(MR)画像、顔面を正面から撮影したカメラ画像の組を取得する。最初はできるだけ年齢等のプロフィールの異なる人物を少数撮影し、次第に人数を増やしていく。その際、番号で管理する画像データに人物のプロフィールを関連付けたデータベースを作成する。一方、X 線 CT 値から各断層画像における表情筋領域(特に、鼻唇溝に関連の深い筋)を抽出するプログラムを作成する。本プログラムを用いて、データベース中の X 線 CT 画像について顔面皮下の構造を算出する処理を行う。また、読影の専門技術を有する連携研究者と共に、注目すべき顔面皮下の構造に起因する顔面上のたるみ及びシワの位置に関する検討を行う。このときシワの画像計測アルゴリズムを用い、照明条件の検討を行いながらシワ評価の標準的なグレーディングに関する検討も行う。

平成27年度以降は、初年度に検討を行うグレーディングとシワの画像計測アルゴリズムを美容臨床及び歯科臨床に応用し、それぞれの応用分野の要求に従ってシステムを拡張し評価を行う。いずれの分野も、被験者に対して何らかの介入を行ってシワを変化させようとするものである。そこで、それぞれの応用分野において典型的な介入及びシワの変化の事例を収集する。そしてそれらに関してシワの画像計測アルゴリズムを最適化し評価する。美容臨床に関しては、連携研究者の高橋と共に、シクロデキストリン包摂トレンチノインの適用前後におけるシワの変化を数値化する目的に本画像計測システムを応用する。歯科臨床に関しては、研究協力者の藤巻と共に、口腔機能訓練や咬合高径の調整前後におけるシワの変化を数値化する目的に本画像計測システムを応用する。これらの応用分野に特化した画像計測システムについては、単に実験のための実装に留まらず、知的財産権を取得すると共に携帯あるいは小型端末に実装するこ



(b) カメラ画像の例(20代。面光源照明を水平45度から照射(図2))

表 1 取得した画像データ 70 件の内訳

年代	人数	男性	女性	備考
20代	25	16	9	
30代	16	9	7	
40代	12	7	5	うち女性 4 名 2 回撮影
50代	12	8	4	
60代	1	1	0	
計	66	41	25	

とで実用化を目指す。また、ここで挙げた応用分野に留まらず、研究遂行時点において適用可能と判断される応用分野に積極的に応用し評価を行っていく。なお、顔画像の取得に関して、協力者からインフォームド・コンセントを得る等人権の保護と法令の遵守を徹底する。

#### 4. 研究成果

##### (1) 成果概要

本研究では、データベースの整備、画像解析アルゴリズムの開発、さらに応用課題を通じた提案法の評価を計画した。その結果、データベースの整備については予想を超えて時間を要し、研究全体の計画変更を行わざるを得なかった。最終的に、データベースの整備及び画像解析アルゴリズムの開発までが研究期間内の成果となり、応用課題を通じた評価に関して研究期間後に継続して実施していくこととなった。以下に研究期間内に終えた成果について述べる。

##### (2) 画像データベースの整備

連携研究者の奥田と共に、幅広い年齢層及び性別に関して、頭部 X 線 CT 画像並びに核磁気共鳴 (MR) 画像、顔面を正面から撮影したカメラ画像の組を取得した。表 1 に取得したデータ (70 件) の内訳を示す。また、図 2 にカメラ撮影の撮像系、図 3 に画像データ例を示す。

頭部 X 線 CT 画像の撮影には東芝製 Aquilion ONE 320 列マルチスライス CT、核磁気共鳴 (MR) 画像の撮影には Philips Medical Systems 製 Achieva 3.0T TX をそれぞれ用いた。また、カメラ画像は Canon EOS 5D Mark III、照明は GODOX スマートスタジオストロボフォトフラッシュ 250 SDI をカメラに接続して図 2 のような撮影室を建設した。なお、研究の趣旨やデータ使用の方法、メリット及びデメリットに関する説明を被験者に対して行った上で署名が得られたもののみについて撮影を行った。

頭部 X 線 CT 画像は、短時間での撮影が可能であるため、通常の仰臥位に加えて、伏臥位で頭部のみを鉛直に起こした姿勢、すなわち、顔面に対して直立時と同様に重力がかかる姿勢についても撮影を行った。これにより、皮下組織及び顔面表皮の重力による変形をも記録することができると考えた。

##### (3) たるみ及びシワの可視化アルゴリズム

2 章で述べたように、シワ由来の見た目 (画像) の変化が特定の方向を有するとして従前の仮定を見直し、特定の照明条件の下で顔面の凹凸を数値化するため、画像中の顔面 (特に、頬部) 領域における陰影から、顔面の奥行き (depth) を推定し、それを基に鼻唇溝を検出する画像解析アルゴリズムを作成する。

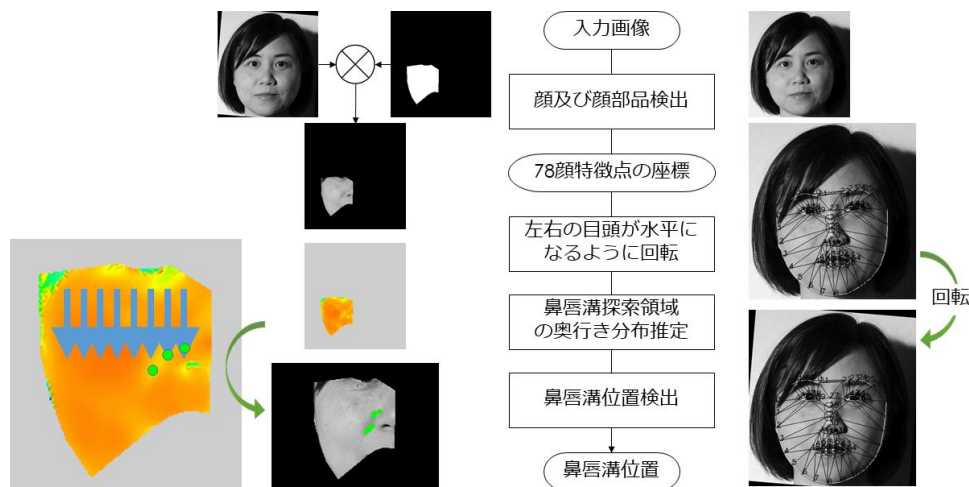


図 4 提案する鼻唇溝位置の検出アルゴリズム



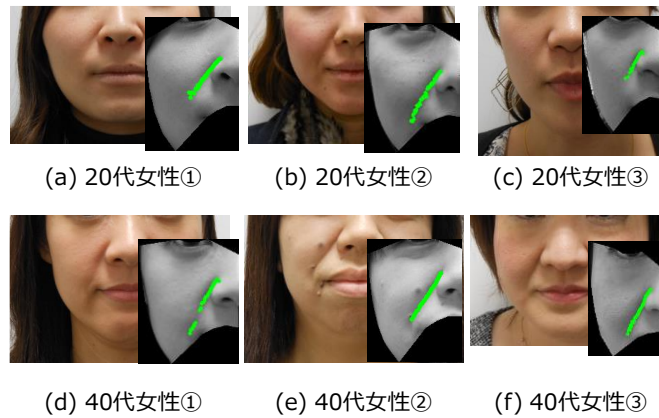


図5 鼻唇溝位置検出結果の例

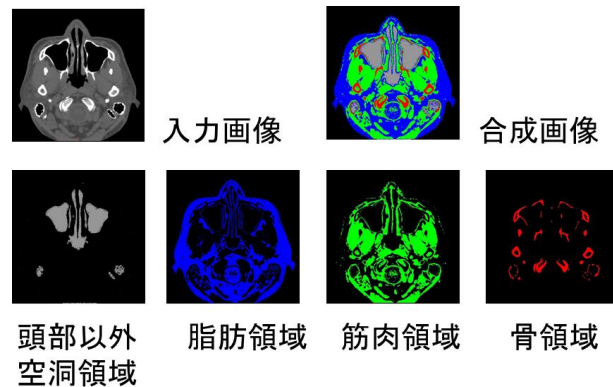
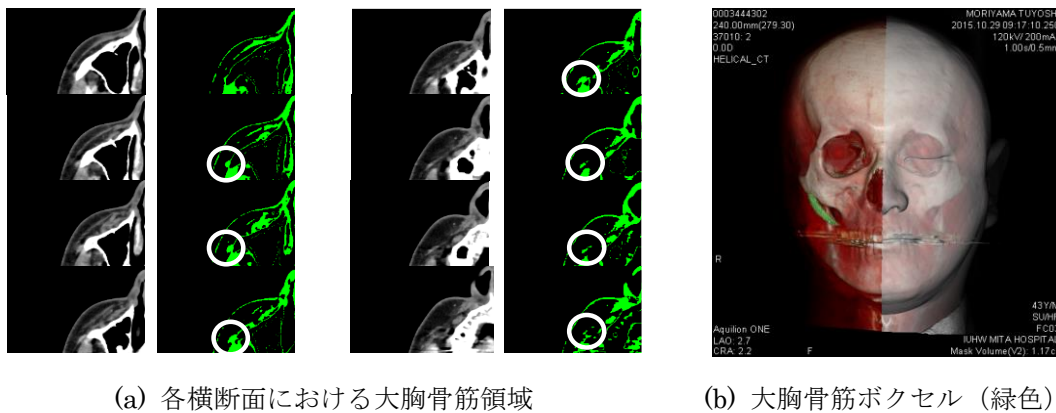


図6 頭部 CT 画像から抽出した皮下組織構造の例



(a) 各横断面における大胸骨筋領域

(b) 大胸骨筋ボクセル (緑色)

図7 鼻唇溝に関連の深い表情筋の可視化結果例

図4に作成したアルゴリズムを示す。カメラ画像から統計モデルをフィッティングすることにより顔及び顔部品の輪郭(全78特徴点)の座標を推定する[3]。これらの特徴点のうち両眼の目頭の位置に相当する2つの特徴点が水平になるよう画像全体を回転したのち、顔輪郭の一部、目の下縁、鼻の一部、上唇の一部で囲まれる頬領域を鼻唇溝探索領域とする。また、顔輪郭の内側の領域について Shape From Shading 法を用いて明度勾配から奥行きを推定する[4]。最後に、鼻唇溝探索領域において、あらかじめ設定した鼻唇溝の存在する水平座標の範囲で奥行きのパイクの値を持つ垂直座標を求め鼻唇溝位置とする。図5に20代及び40代の女性6名について鼻唇溝位置を検出した結果を示す。

#### (4)皮下組織構造の可視化に関する結果

頭部 X 線 CT 画像は、X 線の吸収率 (CT 値) が組織ごとに異なることから、本研究では、CT 画像を適応的4値化処理することで4色に減色し、組織ごとに領域分割を行うプログラムを作成した(図6に処理結果の例を示す)。本プログラムを用いることで、体軸方向に2mmおきに撮影される断面画像それぞれにおいて筋肉領域(特に鼻唇溝に関連の深い大胸骨筋及びそれを包含する表在性筋膜(SMAS; superficial musculo-aponeurotic system))について3次元位置や体積を求めることができる。図7に体軸方向の横断面ごとに大胸骨筋を緑に着色した結

果及びそれらを連結して CT データの中の 3 次元像を可視化した例を示す。

(5) 鼻唇溝からの皮下組織構造の推定に関する結果

4 (3) 節で述べたカメラ画像解析アルゴリズムにより顔面上の鼻唇溝の位置を検出し、一方で、4 (4) 節で述べた CT 画像解析アルゴリズムにより大胸骨筋の起始及び停止位置を検出する。そして、それらの結果を収集した画像データベース中のデータセットそれぞれについて求め、鼻唇溝の位置と大胸骨筋の起始及び停止位置との関係を調査した。その結果、鼻唇溝の下端（小鼻脇の起点となる位置を上端としたときの、口唇の脇辺りの端点を指す）付近に、ちょうど大胸骨筋が停止する知見が得られた。

(6) まとめ

頭部 X 線 CT 画像は、近年撮像技術の向上により高い空間解像度を有し、近年顔面のたるみやシワの要因となる表情筋（大胸骨筋及びそれを包含する表在性筋膜（SMAS; superficial musculo-aponeurotic system））の詳細な構造を可視化することができるようになってきた。本研究では、70 名にもものぼる被験者から得た画像データベースを作成し、さらに、表皮のたるみやシワの一因として顔面皮下組織の構造に注目し、カメラで顔を撮影して得られるカメラ画像上のシワ部分の画像特徴から、その皮下組織の構造を推定する手法に関する検討を行った。今後、カメラ画像から得られる鼻唇溝位置と CT 画像から得られる大胸骨筋の位置とを対応付けると共に、歯科における咬合及び顔面内部のケアや美容における皮膚表面のケアを含む応用分野に適用していく。

<引用文献>

- [1] たるみに関する意識調査，ロート製菓株式会社，2012.
- [2] 新規効能取得のための抗シワ製品評価ガイドライン，日本化粧品学会抗老化機能評価専門委員会，日本化粧品学会誌 30(4)，316-332，2006-12.
- [3] D. Cristinacce and T.F.Cootes, "Feature Detection and Tracking with Constrained Local Models," Proc. British Machine Vision Conference, Vol. 3, pp.929-938, 2006.
- [4] B.K.P. Horn, "Height and gradient from shading, Int. Journal of Computer Vision," vol.5, pp.37-75, 1990.

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 6 件)

- ① 森山剛，奥田逸子，画像解析技術によるたるみのメカニズムの解明支援，日本抗加齢医学会総会，2018.
- ② 森山剛，奥田逸子，断層撮影画像と顔のカメラ画像との統計モデルを用いた対応付け，第 6 回加齢画像研究会，p.19, 2017.
- ③ 森山剛，奥田逸子，皮下組織の構造に基づく顔面シワの画像計測，電気学会知覚情報研究会資料，Vol.PI-17, No.1-11, pp.13-15, 2017.
- ④ Tsuyoshi Moriyama，Itsuko Okuda，"Image Analysis of Facial Wrinkling Based on the Structure of Subcutaneous Tissue", ICEE2017, 2017.
- ⑤ 森山剛，奥田逸子，皮下組織の構造に基づく顔面シワの画像計測，第 5 回加齢画像研究会，p.9, 2016.
- ⑥ 森山剛，抗加齢とセンシング、声と若さと生きがいと，ビジョン技術の実利用ワークショップ (ViEW2016)，基調講演，p.102-105, 2016.

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

森山 剛 (MORIYAMA, Tsuyoshi)

東京工芸大学・工学部・准教授

研究者番号：80449032

(2) 連携研究者

奥田 逸子 (OKUDA Itsuko)

国際医療福祉大学・放射線診断センター・准教授

研究者番号：40594213

高橋 圭子 (TAKAHASHI Keiko)

東京工芸大学・工学部・教授

研究者番号：00188004