

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：32708

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12210

研究課題名(和文) 表情ジワの画像解析による皮下組織構造推定と応用

研究課題名(英文) Estimation of Subcutaneous Structure of Face using Image Analysis of Facial Expression Wrinkles

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) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：JSPS科研費15K12607において、照明条件を固定した環境において中ジワ(特に、鼻唇溝)が顔面に形成する陰影部分のサイズや傾きに関して数値化する方法の検討を行ってきた。本研究ではさらなるアルゴリズムの改良を行い、皮下組織(特に、大頬骨筋)の構造との対応付け方法についても検討を行った。また、顎変形症手術前後の中ジワの変化を数値化する課題を提案法の応用先に据え、特定の照明条件下で正面方向及び側方から顔を撮影する方法の考案とそれを用いた画像データの収集、側方顔画像上で頬や顎の形状を数値化するソフトウェアの開発と顎変形症手術の顔面軟組織に及ぼす影響の数値化への応用によって提案法の評価を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、放射線科専門医、歯科医師、画像工学者の協調による分野を超えた医工連携、医科歯科連携によって、先進的医療技術であるCT/MRI断層画像と従来のカメラ画像を組み合わせることで、顔の見えと皮下組織の構造とを対応付け、これまでに存在しなかった中ジワ計測法を開発した。本研究により、抗加齢医学、形成医学の面から優れたシワ改善の方法や商品の開発、歯科における咬合調整、あるいは口腔・顎顔面外科学における定量的研究に貢献できると考えられる。さらに表情ジワの数値化は、筋神経疾患のリハビリ支援や認知症傾向(無表情化)の早期検出、表情筋の筋力評価や発声法(口形)の評価等、幅広い分野での応用展開も可能である。

研究成果の概要(英文)：An image analysis method of evaluating the appearance of facial wrinkling, i.e. nasolabial furrow, under a specific lighting condition has been extended since JSPS 15K12607. In addition to further improvement of the algorithm, the capability of predicting the structure of subcutaneous tissue, i.e. the location where the greater zygomatic muscle ends, based on the appearance of facial wrinkling has been developed. To achieve both further data accumulation and evaluation of the proposed image analysis, a specialized setting of cameras with lighting for taking data and a software that quantitatively evaluates the effects of oral surgery on soft tissues such as cheek bulge have been developed for jaw deformity. Experimental results on thirty eight patients of Class-II (mandible deficiency) and III (maxilla deficiency) demonstrate the capability of the proposed method.

研究分野：画像工学

キーワード：シワ 画像計測 医用工学 美容 表情 皮下組織 ヘルスケア 顎変形症

1. 研究開始当初の背景

シワのうち、鼻唇溝(小鼻から外側下方に向かって伸びる垂れジワ)、マリオネットライン(口の両端から下方へ伸びる垂れジワ)、そして下まぶた下部より外側下方斜めに伸びる垂れジワ(俗に、ゴルゴライン)といった中ジワが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]。また、歯科における咬合調整や顎変形症の施術前後で中ジワに変化が生ずることも知られている。一方、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]、そのような接触的な方法ではシワを含めた皮膚が変形してしまうため中ジワについての標準的な尺度は未だ存在しない。また、従来シワについて計測する場合、皮膚表面の凹凸を記述することのみに注意が注がれていた。しかし、皮膚表面の現象は、当然のことながら皮下組織の構造に起因するものであって、特に鼻唇溝やマリオネットラインといった中ジワはほぼ皮下組織(表在性筋膜や頬筋)の構造で決定されると考えられる。

申請者はこれまでカメラ画像から皮下組織の構造を検出するアルゴリズムを開発してきた(図1)[3]。画像計測は非接触かつ安価であり、照明条件さえ一定の条件を整えれば標準的な尺度を定めるのに向いていると考えられる。しかし、特に若年層の真顔では中ジワが顕著でないため、中ジワから皮下組織構造の検出を行うことが難しかった。一方、表情ジワ(例:笑顔で深くなる鼻唇溝)はそのような若年層でもシワが顕在化するため、一定の照明条件下で撮影した表情ジワのカメラ画像から皮下組織構造の検出が可能と考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、スマートフォン等の携帯端末のカメラで顔を撮影するだけで、皮下組織の構造を推定できるアプリケーションの開発を目指している。従来、カメラ画像を処理するアプリケーションは画像処理技術者、CT/MRI断層画像は医療機器メーカ、カメラ画像分野のアプローチでは表面形状、医療分野のアプローチでは内部構造と、それぞれ連携がないまま別々の分野で開発が行われていた。しかし、本研究は、放射線科専門医、歯科医師、画像工学者の協調による分野を超えた医工連携、医科歯科連携によって、先進的医療技術であるCT/MRI断層画像と従来のカメラ画像を組み合わせることで、顔の表面情報と内部情報を擦り合わせ、これまでに存在しない中ジワ計測法の開発を可能にする。本研究により、抗加齢医学、形成医学の面から優れたシワ改善の方法や商品の開発、歯科における咬合調整、あるいは口腔・顎顔面外科学における定量的研究に貢献できると考えられる。さらに表情ジワの数値化は、筋神経疾患のリハビリ支援や認知症傾向(無表情化)の早期検出、表情筋の筋力評価や発声法(口形)の評価等、幅広い分野での応用展開も可能である。

3. 研究の方法

図2に本研究の体制を示す。2015年度からの3年間にJSPS科研費15K12607によって行った研究で、本アルゴリズムの検討を行ったと共に16名の被験者についてCT/MRI断層画像並びにデジタルカメラ画像を撮影した。本アルゴリズムを実用化するためには、表皮の凹凸と皮下組織の構造との間の対応関係に関する多様性(特に、表在性筋膜や頬筋の個人差)を定式化する必要がある。そのために、さらに多様な被験者について断層画像とカメラ画像の組み合わせを撮影したデータベースが必要であり、本研究では奥田逸子(研究分担者;国際医療福祉大学三田病院放射線診断センター准教授)並びに泉喜和子(研究分担者;福岡医療短期大学歯科衛生学科教授)今泉和彦(研究協力者;科学警察研究所法科学第一部室長)

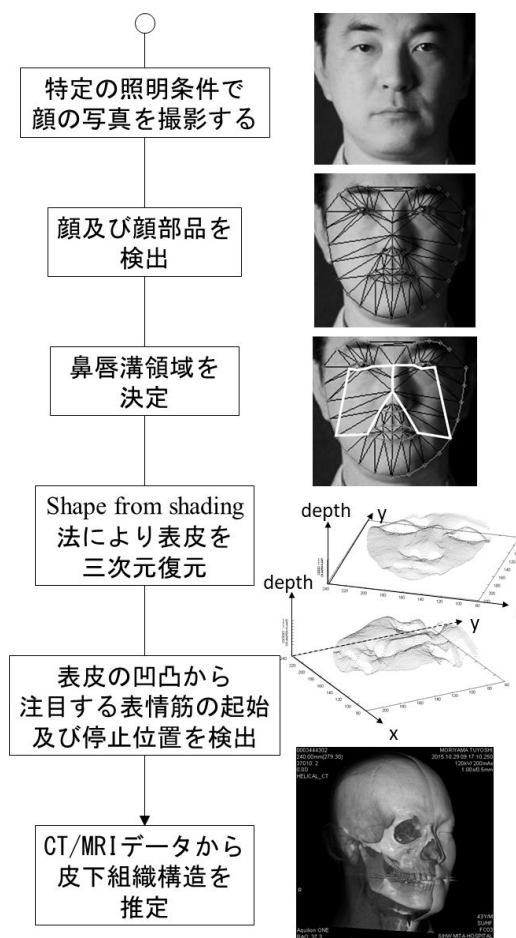


図1 開発した皮下組織構造推定アルゴリズム

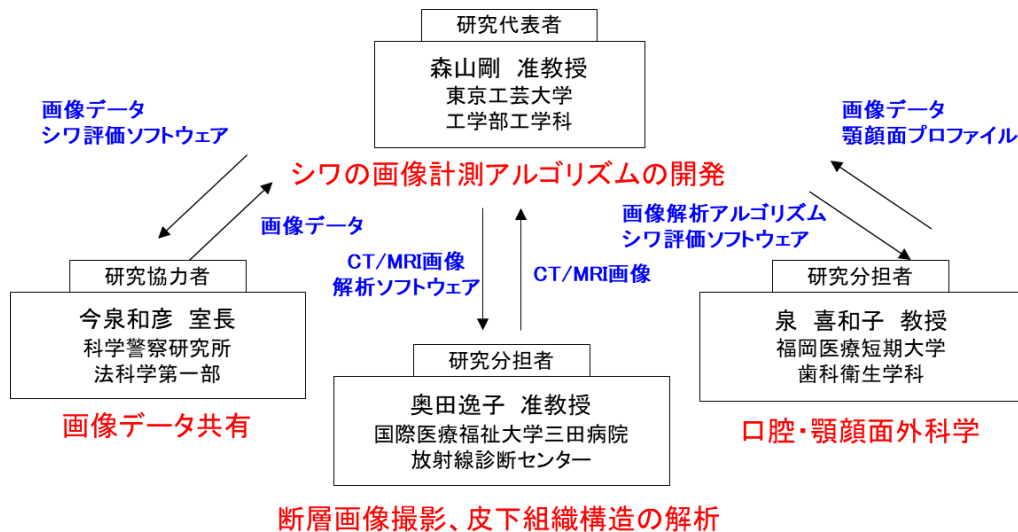


図2 本研究の体制

と協力してこれを収集する。

それと同時に、図1に示したアルゴリズムについて本データベースを基に改良すると共に表情ジワへ適用し、カメラで撮影した表情ジワから皮下組織の構造、特に大頬骨筋を含む頬筋の位置を精度良く推定するアルゴリズムを開発する。表情ジワに注目することにより、真顔では鼻唇溝等の中ジワが顕著ではない若年層においても皮下組織の構造が推定できるようになると考えられる。さらに、開発する皮下組織の構造を推定するアルゴリズムを用いた応用課題として、一つは人生100年時代における健康寿命延伸のための口腔ケア評価指標としての応用が挙げられる。すなわち、オーラルフレイル(表情筋減弱)の早期検出や口腔への介入効果(筋力増強)可視化を目的として本手法を応用し、その有効性を検証する。また、さらなる応用課題として、歯科臨床における咬合高径の調整や顎顔面外科手術効果の数値化に関して、泉並びに奥田と協力して研究を行う。これらのデータベース収集並びにアルゴリズム開発、さらに応用課題の解決を通じて、カメラ画像を撮影する際の最適な撮像条件(アングルや照明条件)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作成する。

4. 研究成果

(1) 成果概要

JSPS 科研費 15K12607 において既に、照明条件を固定した環境において中ジワ(特に、鼻唇溝)が顔面に形成する陰影部分のサイズや傾きに関して数値化する方法の検討を行った。本研究ではさらなるアルゴリズムの検討を行い、さらに、皮下組織(特に、大頬骨筋)の構造との対応付け方法についても検討を行った。また、顎変形症手術前後の中ジワの変化を数値化する課題を提案法の応用先に据え、特定の照明条件下で正面方向及び側方から顔を撮影する方法の考案とそれを用いた画像データの収集、側方顔画像上で頬や顎の形状を数値化するソフトウェアの開発

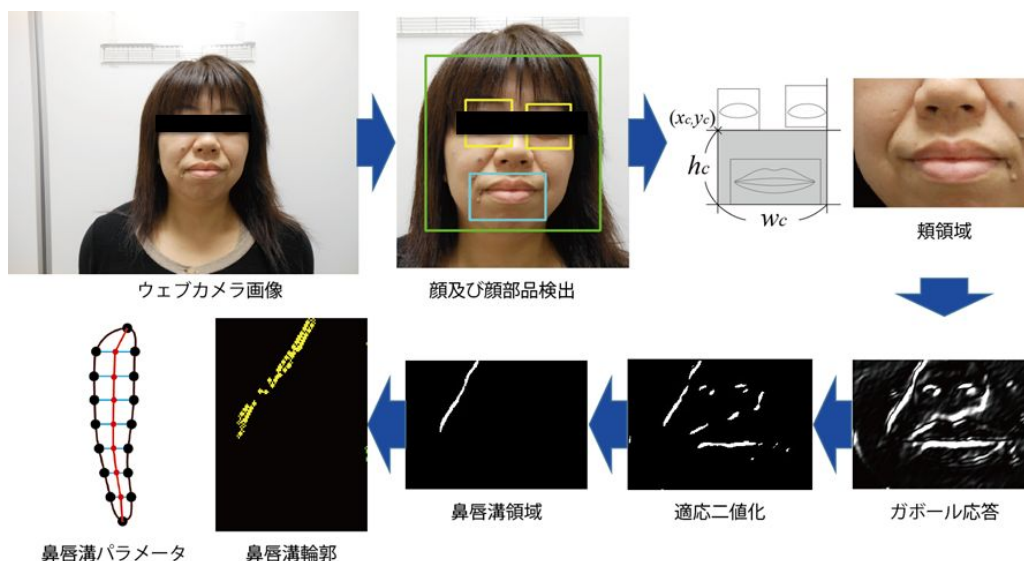
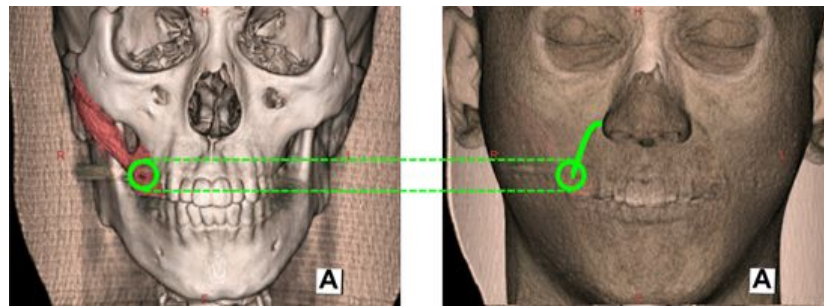
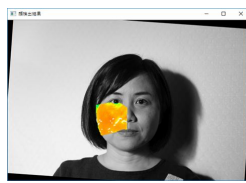


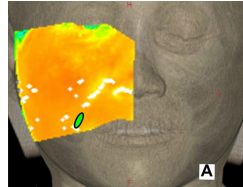
図3 中ジワ陰影領域の検出法



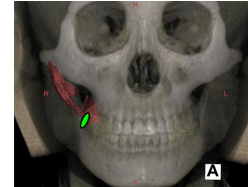
(a) 大頬骨筋の停止位置と鼻唇溝下端点はほぼ一致



(b) 鼻唇溝の検出



(c) 断層画像に重畳 (緑が鼻唇溝下端)



(d) 大頬骨筋の停止位置 (赤)唇溝下端)

図4 鼻唇溝位置からの皮下組織構造推定

と顎変形症手術の顔面軟組織に及ぼす影響の数値化への応用によって提案法の評価を行った。

(2)鼻唇溝の可視化に関する検討

図3にガボールフィルタを用いた中ジワ陰影領域の検出法の流れを示す。ガボールフィルタが特定の角度の特定の周波数解析を行えることに着目し、検出対象の中ジワの起こり得る角度範囲に関して応答を積算し、適応二値化ののちラベリングを行い最も大きなラベルを鼻唇溝領域として検出する。若年層の無表情では鼻唇溝の陰影が顕在化しない場合もあるが、本研究では笑顔を表出させることで確実に表情ジワを数値化する方法とした。従前の Shape From Shading を応用した手法 (皮膚表面が完全拡散面であることを仮定) と共に、簡易な2次元カメラ画像の入力を想定しており、鼻唇溝 (陰影部分) を正確に抽出するというよりも、次に述べる皮下組織構造の推定に有用な情報を取得することを目的としている。

(3)鼻唇溝位置からの皮下組織構造推定法の検討

放射線科医である奥田の知見から、鼻唇溝の下端点はおおよそ皮下の大頬骨筋 (皮筋) の停止位置 (口輪筋にせり出す皮膚) に一致することが予想された (図4)。そこでいくつかの事例について予備的に調査したところ、ほぼその傾向が確認された。鼻唇溝が、大頬骨筋が停止することで皮膚の内側から上へ引き上げる形で保持し、その下の口輪筋を覆う皮膚の上にせり出すように盛り上がった皮膚が作る陰影であることも矛盾しないと考えられる。

大頬骨筋の起始位置が頬骨外側面と数十年の加齢でもなければほぼ変化しないことを考慮すれば、日常生活において表情を表出する頻度や強度が変化したり、あるいは表情筋のトレーニングを行ったりすることによる大頬骨筋の変化は、その停止位置に主に現れると考えられる。したがって、長期にわたって鼻唇溝下端位置を監視することにより皮下組織構造の変化を検出できると考えられる。

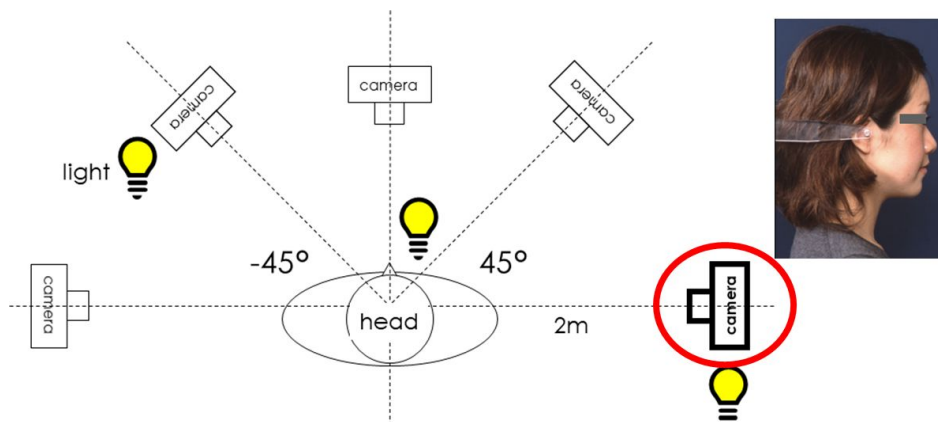


図5 カメラ画像撮影環境

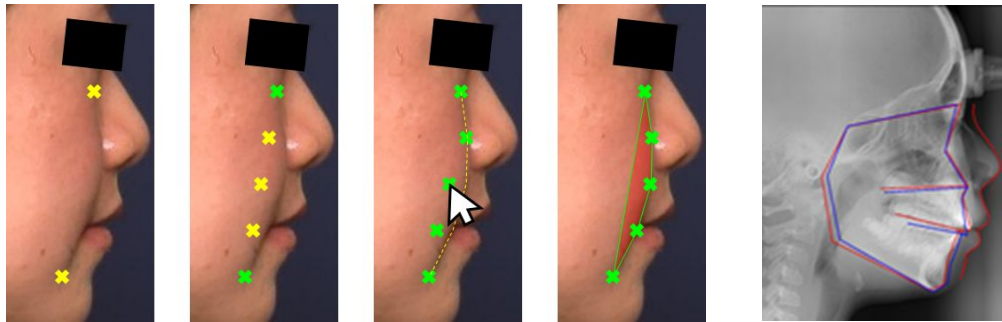


図6 セファロ撮影画像に対する頬輪郭例（最左：眼窩の最下点とマリオネット線の最下点を指示（黄色2点）、次：線形補間、次：第2～4点を頬の稜線上へ手動で移動、次：5点で囲まれる領域の面積（赤）算出、最右：硬組織特徴点多角形（profilogram）の例）

(4) シワ数値化の応用に関する検討

本研究ではカメラが顔に正対して撮影する正面顔を対象に考えてきたが、歯科領域ではそれと共にラテラルセファログラム（側方頭部X線規格写真）が用いられる。本研究における議論を進める過程で、顎変形症矯正施術は骨や歯といった硬組織を基に手術計画を立てられるが、頬や顎の筋肉や脂肪といった軟組織については（それが生活の質を最も左右するにも関わらず）考慮されて来なかったことが判明した。側方画像においては、頬のふくらみといった軟組織の構造がシワとなって観測される。そこで顎変形症患者を対象としたセファロ撮影画像に対するシワの数値化を行うソフトウェアの作成とそれを用いた顎矯正手術の評価を行った[4]。まず、図5に示す撮像系を考案し、38人の顎変形症患者について、斜め45度方向から面光源による照明を当てた正面方向、さらに同時にカメラ視点から照明を当てた側方からの顔を撮影した。また、別途X線CT画像を撮影すると共に、今後患者の音声から施術評価を行う方向性も想定し、無声/有声子音を含む定型文を朗読させた音声も収録した。図6に頬領域の膨らみを数値化するプロセスの例を示す。当該ソフトウェアを用いてClass-III（上顎前突）患者の顎変形症手術においてオトガイ形成術の頬領域及び顎領域に及ぼす効果を数値化する実験を行ったところ、歯科専門医の診断と整合する画像評価を行うことができた。従来、図6最右図に示す硬組織上の特徴点を結んでできる多角形（profilogram）によって手術計画を立てられまた術後の評価が行われてきたが、本研究によって初めて軟組織の形状に関する定量評価を顎変形症手術に導入した。

(5) まとめと今後の課題

正面顔に対してカメラ画像と断層画像を取得し、特定の照明条件を仮定して、顔画像上の鼻唇溝による陰影部分を数値化し、皮下組織構造（大頬骨筋の停止位置）と対応付けるアルゴリズムを作成した。特に表情シワを対象にすることで無表情では難しかった若年層に関しても当該アルゴリズムを適用できることを確認した。一方で、本手法の有効性を評価するために多くの画像データが必要であり、本研究では歯科領域における顎変形症患者を対象とした手術前後の軟組織に及ぼす効果の数値化を目的として、特定の照明条件で正面方向及び側方の顔のカメラ撮影を行う撮像系を考案した。現在までにClass-II（下顎前突）及びIIIの患者38人について、術前の正面方向及び側方のカメラ画像と断層画像、さらに定型文を朗読させた音声を収録した。今後術後のデータも取得し、さらに多くの人数に関するデータを集積していく予定である。

<引用文献>

- [1] たるみに関する意識調査、ロート製薬株式会社、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] 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, Kiwako Izumi, Kei Miyahara, Koichiro Kajiwara, Mamoru Sato, Quantitative Analysis of Mid-face Correction Treatment using Automated Image Analysis, Journal of Information Processing, Vol.3, No.2, April 2022.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Moriyama Tsuyoshi、Izumi Kiwako、Miyahara Kei、Kajiwara Koichiro、Sato Mamoru	4. 巻 30
2. 論文標題 Quantitative Analysis of Mid-face Correction Treatment using Automated Image Analysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Information Processing	6. 最初と最後の頁 435 ~ 442
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2197/ipsjip.30.435	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Tsuyoshi Moriyama, Kiwako Izumi, Kei Miyahara, Koichiro Kajiwara, Mamoru Sato
2. 発表標題 A Quantitative Evaluation of Forehead Correction Treatment using Automated Image Analysis
3. 学会等名 2021 IEEE 3rd Global Conference on Life Science and Technologies (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森山剛, 泉喜和子, 山本伊吹, 奥田逸子
2. 発表標題 表情ジワの画像解析に基づく鼻唇溝評価
3. 学会等名 第25回知能メカトロニクスワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森山剛
2. 発表標題 信頼される立ち居振る舞い考～姿勢、表情、声の科学～
3. 学会等名 埼玉県第3部議員研修会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森山剛, 濱本郁, 坂田俊文, 奥田逸子, 水町光徳, 高橋伸弥, 小野博, 白石君男
2. 発表標題 顔のたるみをケアすると美声になる!見えてきた若返りのカラクリ
3. 学会等名 加齢画像研究会第8回学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsuyoshi Moriyama, Kiwako Izumi, Kei Miyahara, Koichiro Kajiwara, Mamoru Sato
2. 発表標題 Statistical Analysis of Midface Correction Treatment using Automated Image Analysis
3. 学会等名 2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔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	泉 喜和子 (Izumi Kiwako) (40389416)	福岡医療短期大学・歯科衛生学科・教授 (47131)	
研究 分担者	奥田 逸子 (Okuda Itsuko) (40594213)	国際医療福祉大学・医学部・准教授 (32206)	

	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 協力者	今泉 和彦 (Imaizumi Kazuhiko) (00356148)	科学警察研究所・法科学第一部・室長 (82505)	

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
---------	---------