

令和 6 年 5 月 29 日現在

機関番号：32610

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K10382

研究課題名（和文）シリコン材料による遺体修復用人工皮膚開発 - グリーフケアと剖検率の向上を目指して -

研究課題名（英文）Development of artificial skin for cadaver restoration using silicone materials - Aiming to improve grief care and autopsy rates

研究代表者

吉田 昌記（Yoshida, Masaki）

杏林大学・医学部・助教

研究者番号：80445197

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：汎用性の高いシリコン製遺体修復用人工皮膚の開発を目的として、解剖後の遺体に対し、分光測色計を用いて皮膚色を測定し、色データの収集と解析を行った。測定部位は、遺体修復を行ううえで、遺族の目に触れやすい顔面の前額部および頬部、損傷や解剖時のサンプル採取等で修復範囲が広がる傾向のある胸部ならびに腹部の計4か所とした。これらの部位について、それぞれ3種類の人工皮膚の基準色（色白、標準色、色黒）を設定するため、色データの解析を行った。168検体について、統計学的手法（単回帰分析）を用いて解析した結果、最終的に顔面部で統一した全3種類の基準色を全身の人工皮膚基準色に設定できることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで遺体の皮膚色の平均値および人工皮膚作成の試みに関する先行研究は皆無である。法医解剖後の遺体に対して適切な修復処置を施すことは、遺体衛生保全のみならず、その尊厳を遵守し遺族の悲嘆を緩和するために極めて重要である。本研究の成果により、遺族および社会の法医解剖に対する抵抗感を軽減し、ひいては剖検率の向上、公衆衛生への寄与が期待できる。

研究成果の概要（英文）：In order to develop a versatile silicon artificial skin for cadaver restoration, we measured the skin color of autopsied cadavers using a spectrophotometer and we collected the skin data and analyzed it. Four areas were selected for measurement: the forehead and cheeks of the face, which are easily seen by the bereaved family members; the chest and abdomen, which tend to have a large area to be restored due to damage or sample collection during autopsy; and the head, which has a large area to be repaired. We analyzed the color data for each of these sites to establish three reference colors (fair, standard, and dark) for the artificial skin. We analyzed 168 cases using a statistical method (simple linear regression), and finally found that all three standard colors unified for the facial area could be set as the standard artificial skin color for the whole body.

研究分野：法医学、歯科的個人識別、遺体修復

キーワード：遺体修復 人工皮膚 シリコン 遺体衛生保全 グリーフケア

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

法医学解剖はその性質上、高度に損傷した遺体を取り扱う機会が多い。例として、交通事故や殺人による外傷、あるいは火災による高度熱傷、また独居者の死亡では、発見の遅れによる死後変化の進行や動物による食害(犬、猫などのペット、ネズミ、ゴキブリなど)で著しい損傷・損壊を被ることがある。また、これらの損傷・損壊が認められない遺体であっても、法医学解剖時に試料として皮膚の一部の切除や、外表の目立つ部位に切開を加えざるをえない場合がある。このような遺体に対しては、解剖後の縫合処置だけで皮膚の欠損部分を補うことは困難で、通常は欠損部分を包帯やテープなどで覆うだけに留まっている。そのため、解剖後の遺体が遺族の目に触れた際の精神的苦痛は計り知れない。さらに、このような処置だけでは、遺体からの浸出液や血液の漏出を完全に防止することも難しく、処置後の病原体の拡散などにも留意する必要性も生じてくる。しかしながら、専門家による遺体修復に関する研究はほとんど行われていないのが現状である。申請者らは、これまでに、法医学解剖後の遺体に対していくつかの手法を用いて修復処置を施し、ある種のシリコン素材が、ヒト本来の皮膚に近い質感と色調を再現できることを明らかにしてきた(Yoshida et al., 2014, 2015)。しかし、これまで遺体修復処置に使用してきたシリコン素材は海外製であるため、必ずしも日本人にとって汎用性の高い素材とはいえないのではないかと、という問題に直面している。

汎用性の高い人工皮膚の開発により、遺族および社会の法医学解剖に対する抵抗感を軽減し、ひいては剖検率の増加につながり、公衆衛生に寄与することが期待できる。

### 2. 研究の目的

法医学解剖後の遺体に対して適切な修復処置を施すことは、遺体の衛生保全のみならず、その尊厳を遵守し遺族の悲嘆を緩和するために極めて重要である。本研究では、「生前の損傷あるいは法医学解剖に伴う処置により損なわれた遺体の外観を生前の状態にまで修復可能にする」ことを目的とする。

### 3. 研究の方法

当教室で行われた解剖例のうち、死後変化が少なく、肉眼的にうっ血や皮膚変色がよく軽度で、周囲の皮膚色を再現して修復しても差し支えないと考えられた 0~90 歳代の男女を対象とし、分光測色計 CM-600d (コニカミノルタ株式会社)および同社の色彩管理ソフトウェア SpectraMagic NX を使用して、遺体皮膚色の測定とデータ解析を行った。

#### (1) 遺体皮膚色の測定

解剖後の遺体は、体表の血液や汚れを洗浄、清拭により水分を除去し、蛍光灯直下の解剖台に安置した状態で測定を行った。測定部位は、修復のニーズが高いと考えられる前額部、頬部、胸部、腹部の4か所とし、それぞれの部位で、3回測定を行った。

測定した色の数値化は最も多用されている  $L^*a^*b^*$  色空間(表色系)を基準とした。

#### (2) 基準色の設定

2021年9月から2022年4月まで(全88例)

4か所の測定部位ごとに、肉眼的に一般的な皮膚色と判断した剖検体を抽出、その測定値を平均化した(色差基準色)。色差基準色と各遺体各部の皮膚色との色差数値  $E^*ab$  以下、色差)および色差基準色の明度  $L^*$  の評価(明るい、暗い)を基準に、人工皮膚基準色(色白、標準、色黒)を設定した。

なお、色差は3.0以上で肉眼的に色違いと認知され、12.0以上では別の色系統と判断されることから、その範囲で人工皮膚基準色を分類した。

2021年9月から2023年5月まで(全168例)

4か所の測定部位ごとに、明らかに変色している剖検体以外を抽出、その測定値を利用した。測定値である  $L^*$ (明度)、 $a^*$ (赤-緑)、 $b^*$ (黄-青)の相関関係を明らかにするために、それぞれの組み合わせに対して統計解析ソフトウェアの Prism 8 を用いて単回帰分析を行った。この結果を基に、標準、色白、色黒の基準色を設定した。

今回設定した基準色について、色の見た目の差を表す色差を算出し、妥当性について解析した。

#### 4. 研究成果

本研究は、汎用性の高いシリコン製遺体修復用人工皮膚の開発を目的としている。第一段階として、解剖後の遺体に対し、分光測色計を用いて皮膚色を測定し、色データの収集と解析を行った。具体的には、遺体修復を行ううえで、遺族の目に触れやすい顔面の前額部および頬部、損傷や解剖時のサンプル採取等で修復範囲が広がる傾向のある胸部ならびに腹部の計4か所を測定部位に設定した。これら4か所について、それぞれ3種類の人工皮膚の基準色（色白、標準色、色黒）を設定するため、各部位ごとに分類し、色データの解析を行った。なお、測定した色の数値化は最も多用されているL\*a\*b\*色空間（表色系）を基準とした。

初年度から令和4年度に得られた88検体のデータ解析の結果、上記4か所で各3種類の基準色を決定した（図1-a-d）。

色白：F (fair)、標準：S (standard)、色黒：D (dark)



図 1-a. 前額部

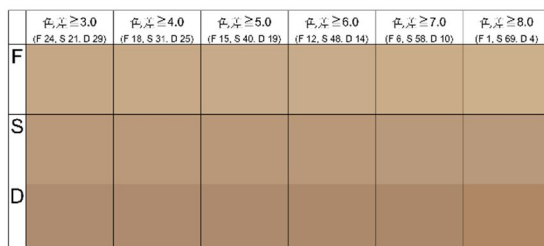


図 1-b. 頬部

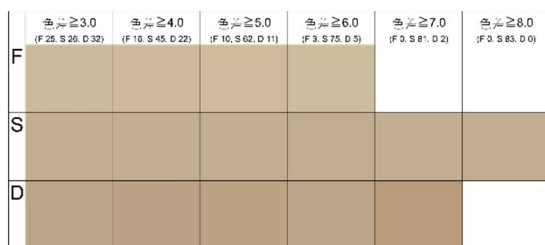


図 1-c. 胸部



図 1-d. 腹部

ここまでの経緯を令和4年度、第106次日本法医学会学術全国集會に於いて発表した。その後、令和5年度に事例数を168検体と約2倍に増やし基準色の妥当性について、統計学的手法（単回帰分析）を用いて解析した。その結果、測定データの分布は前額部と頬部、胸部と腹部でほぼ一致している（図2）ことから、基準色の設定は前額部と頬部で顔面部、胸部と腹部で胸腹部と

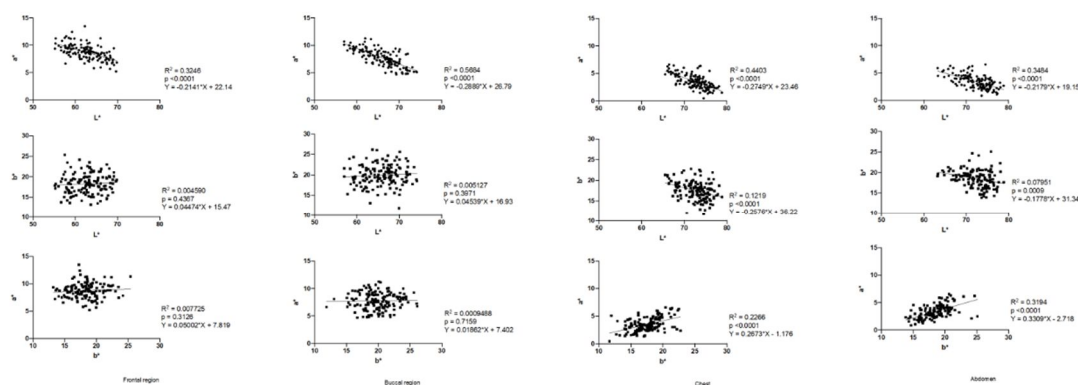


図 2. 各測定部位の散布図及び回帰直線

し、それぞれまとめた。基準色は、回帰分析の結果より、L\*及びa\*の値を用いた。標準色は、L\*の平均±1SDの範囲かつa\*の平均±1SDの範囲のデータの平均値とした。色白は、L\*の平均+1SDより大きくかつ、a\*の平均-1SD未満の範囲のデータの平均値とした。色黒は、L\*の平均-1SD未満かつ、a\*の平均+1SDより大きい範囲のデータの平均値とした（図3）。顔面部の3種類の基準色は、肉眼的に明らかな差を認め、標準色との色差はそれぞれ色白で7.11、色黒で6.93であった。一方、胸腹部では、3種類の基準色に肉眼的な差がほぼ認められず、算出した標準色との色差も、1未満であった（図4）。

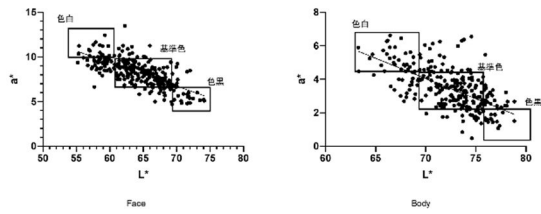


図 3. 顔面部・胸腹部の各色の分布

顔面部

色白 (7.11)	標準色	色黒 (6.93)

胸腹部

色白 (0.95)	標準色	色黒 (0.32)

色差 $\leq$ 1.0で、肉眼的にも疑似色と差が認められない。→ **一色に統一可能**

図 4. 疑似色 ( ) : それぞれの標準色を基準にした際の色差

よって、胸腹部は標準色 1 色のみで充分と判断した。さらにこの基準色 (= 標準色) は顔面部で設定した色白と肉眼的にほぼ同じであり、互いの色差は 2.7 であった。なお、工業的には色差 3 以上から違う色と認識されている。以上のことから、顔面部の 3 種類の基準色を全身の人工皮膚基準色に設定できることが明らかになった (第 107 次日本法医学会学術全国集会)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 吉田昌記, 高篠智, 武市敏明, 桐生京佳, 山田真嗣, 高橋かすみ, 奈良明奈, 岩原香織, 高木徹也, 北村修
2. 発表標題 分光測色計を用いた皮膚色データの解析及び人工皮膚の基準色の設定について
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 吉田昌記, 高篠智, 武市敏明, 桐生京佳, 山田真嗣, 高橋かすみ, 奈良明奈, 岩原香織, 高木徹也, 北村修
2. 発表標題 分光測色計を用いた皮膚色データの解析及び人工皮膚の基準色の設定について（第二報）
3. 学会等名 第107次日本法医学会学術全国集会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉田昌記, 武市敏明, 高篠智, 桐生京佳, 山田真嗣, 高橋かすみ, 奈良明奈, 岩原香織, 高木徹也, 北村修
2. 発表標題 分光測色計により設定した遺体皮膚の基準色とスキントーン・カラースケールにより測定した遺体皮膚色の相関
3. 学会等名 第108次日本法医学会学術全国集会
4. 発表年 2024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	高篠 智  (Takashino Satoshi)  (50365201)	杏林大学・医学部・講師    (32610)	

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