

若年女性の皮膚および血液の反射率の測色

沓澤 智子^{*, **}・飯塚 友美^{***}・秋月 有紀^{****}・岩本 敏志^{**}・大山 太^{**}

(受付 2019 年 7 月 13 日)

(受理 2019 年 9 月 18 日)

Reflectance colorimetry of skin and blood in young women

by

Tomoko KUTSUZAWA^{*, **}, Tomomi IIZUKA^{***}, Yuki AKIZUKI^{****},
Satoshi IWAMOTO^{**}, Futoshi OHYAMA^{**}

若年女性の皮膚および血液の反射率の測色

沓澤 智子^{*,**}・飯塚 友美^{***}・秋月 有紀^{****}・岩本 敏志^{**}・大山 太^{*}

(受付 2019 年 7 月 13 日)

(受理 2019 年 9 月 18 日)

Reflectance colorimetry of skin and blood in young women

by

Tomoko KUTSUZAWA^{*,**}, Tomomi IIZUKA^{***}, Yuki AKIZUKI^{****},
Satoshi IWAMOTO^{**}, Futoshi OHYAMA^{**}

Abstract

[Purpose] Patients' face or skin color is one of the important aspects to assess their physical status. However, face color is a subjective. It is necessary to elucidate the relationships between skin and blood colors and between skin color and a patient's internal environment. The present study measured venous blood color in various containers using a portable or bench-top spectrophotometer, compared skin color to venous blood color, and investigated the relationships among skin color and vital signs and/or laboratory data of healthy young women. [Methods] Fifteen women (30.2±5.4 years old) were enrolled. Vital signs (body temperature, blood pressure, pulse rate, and transcutaneous oxygen saturation) were measured. We compared the colors of venous blood in plastic tubes and cells using a portable spectrophotometer to those in petri dishes using a bench-top spectrophotometer (standard method). Skin color was measured in the forearm and in the back of the hand using a portable spectrophotometer and compared to blood color measured using the standard method. Skin and venous blood colors were defined by brightness (L^*) and chromaticity (a^* and b^*). The relationships among skin color and vital signs and/or laboratory data were analyzed. [Results] Venous blood colors measured in both plastic containers were not identical to those measured using the standard method. Venous blood color did not relate to skin color. In 14 participants, except one severely anemic participant, skin a^* correlated with blood pressure and skin L^* and a^* correlated with both hemoglobin and hematocrit levels. [Conclusion] Venous blood color cannot be used to estimate skin color. Skin color may reflect changes in circulation or hemoglobin concentration.

Keywords : Skin color, Blood pressure, Hemoglobin, Spectrophotometry

1. 緒言

医療現場で、患者の病態を評価する際に、顔色に代表される皮膚色は重要な観察項目の1つである。貧血患者では、皮膚色は蒼白になり、肝不全や腎不全患者では皮膚色が褐色になることはよく知られている。しかし、皮膚色のような物体色の観察は、光源や室内の壁面仕上げなど観察する空間の影響を受けることを考慮しなければならず、またその微妙な変化に気づける能力や観察した色を他者へ伝える表現力が必要で、観察者の経験や感性が大きく影響をするため、重要な要素でありながら、現状では客観性を欠いた観察項目といえる。

光環境下での物体色の変化は、国際照明委員会 CIE が推奨し日本工業規格として広く普及している XYZ 表色系で表現することができ¹⁾、適切な測色計を用いて測定

することが可能である。またこれらの物体色および二つの物体色の色差は、XYZ 表色系の三刺激値を用いて CIE1976L*a*b*色空間で表現することが可能である²⁾。なお物体色の表現には、高彩度色の人間の知覚により対応した CIEDE2000 色差式³⁾もあるが、観察条件が限定されているものであり、また本研究では皮膚色の知覚評価を実施していないため、本報の物体色の表現としては CIE1976L*a*b*色空間の明度指標 L^* 、色座標 a^* および b^* 、CIELAB クロマ C^*_{ab} 、CIELAB 色相角 h_{ab} 、CIELAB 色差 ΔE^*_{ab} を用いる⁴⁾。

LED が広く一般光源として用いられるようになり、物体色の分光反射特性を測定できる測色計も普及してきた。本研究で使用する接触型の分光測色計は、機器の測定部を皮膚に数秒程度接触させるのみで測色できるため、侵襲性がなく痛みを伴うこともなく、測色時の周囲

*東海大学医療技術短期大学, **東海大学医学部看護学科, ***東海大学医学部付属大磯病院, ****富山大学人間発達科学部

の光源の厳密な調整も必要ない。また、測定した分光反射率を用いて、標準光源 D65 下での $L^*a^*b^*$ 値が瞬時に数値化される。本報では皮膚や血液の分光反射率の解析は行わないが、今後の研究において、病棟などでの皮膚色の変化などを予測する場合を考慮して、接触型分光測色計を採用する。

皮膚色を $L^*a^*b^*$ で数値化した研究は、美容領域^{4,5)}だけでなく、医学分野における腎不全^{6,7)}・肝硬変⁸⁾などの色素沈着をきたす疾患でも検討されている。近年では、皮膚色測定による健康度の推測⁹⁾、ショック状態を含めた人間の皮膚サンプルの作成¹⁰⁾、遠隔医療での褥瘡患部の色再現の問題¹¹⁾等、様々な視点での皮膚色研究に注目が集まっている。

皮膚色は主にメラニン、ヘモグロビン、表皮の厚さ、真皮中の吸収色素によって影響される¹²⁾。メラニンと表皮の厚さは単位時間の変化率がヘモグロビンに比べて著しく少ない。短時間で生じる皮膚色の変化は組織中のヘモグロビン量の変化に起因する可能性が高いため、貧血や末梢循環不全などのような体内環境の変化は皮膚色の変化として出現してくると思われる。

体内環境の変化を皮膚色の変化としてとらえるためには、血液色と皮膚色の関係、循環動態や血液中の様々な物質と皮膚色の関係を検討する必要がある。そこで本研究では、若年女性（20～30 代）の血液（静脈血）と皮膚を測色し、採血管スピッツ内や測定機器標準装置内等の血液色を測定した上で、採血時の皮膚色や皮膚色と関連のあるバイタルサインや検査データとの関係について検討する。本研究で得られたデータは、皮膚色や血液色測定の基礎的データとなりうると思われる。

2. 方法

〈2・1〉 被験者

対象とする被験者は、20-30 代女性 15 名（30.2±5.4 歳）とした。この年代の女性は、血液の循環状態の違いによる皮膚色変化が最も大きい群であり¹⁰⁾、採血した血液（静脈血）と皮膚色との関係を検討するのに適した被験対象群と考える。被験対象として選択する適確条件は、測色部位（手背、前腕屈側）に皮膚疾患がなく、重篤な心疾患・肝疾患・腎疾患のないこととした。本研究は、東海大学臨床研究審査委員会の承認（18R-39）を得て施行し、被験者は施設内にポスターを掲示し募集した。被験者には文書に基づき研究内容を説明し、文書にて同意を得た。

〈2・2〉 研究プロトコール

被験者の問診、視診を行い、除外基準のないことを確認した後、バイタルサイン（体温、脈拍、血圧、酸素飽和度）を測定した。

その後、皮膚の測色を右手背と右前腕屈側の 2 か所で行った。

さらに肘静脈から採血し、血液（静脈血）の測色と血

算（白血球数、赤血球数、ヘモグロビン Hgb、ヘマトクリット Hct、血小板数）および生化学検査（総蛋白、アルブミン、尿素窒素、クレアチニン、総ビリルビン）を行った。血算、生化学検査は検査会社（SRL）に依頼した。

〈2・3〉 皮膚色測定

手背は第 1 指と第 2 指の間、前腕屈側部は肘と手首関節の間の 1/2 の部位とした。測定に使用した分光測色計は CM-2600d（コニカミノルタ製）であり、標準光源 D65、測定範囲 3mm 径、10 度視野に設定した。

〈2・4〉 血液色測定

採血スピッツ内の血液（静脈血）と 10mm 厚のプラスチックセル内の血液（静脈血）の反射率を、皮膚色測定で用いた CM-2600d で測色した（標準光源 D65、測定範囲 3mm 径、10 度視野）。また液体の反射率を正しく測色できる分光測色計 CM-5（コニカミノルタ製）を用い、直径 50mm のガラスシャーレに血液（静脈血）量 5ml を注入したものを測定した。なお血液測定時は、測定容器に注入した 5 分以内で測定した。

〈2・5〉 データ解析

平均血圧は、下記計算式で求めた。

$$\text{平均血圧} = \text{拡張期血圧} + (\text{収縮期血圧} - \text{拡張期血圧}) / 3^{13)} \quad \dots\dots (1)$$

血液色と皮膚色は、測色した分光反射率と $L^*a^*b^*$ 値で評価した。血液色・皮膚色共に 3 回測定し、3 回ともほぼ同じ値の場合は第 1 回目の測定値を、1 回目と 2、3 回目異なる場合は 2 回目の測定値を用いた。また色座標 a^*b^* から CIELAB クロマ C^*_{ab} 、CIELAB 色相角 h_{ab} を下記の公式を用いて計算した。

$$C^*_{ab} = \{(a^*)^2 + (b^*)^2\}^{1/2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$h_{ab} = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad \dots\dots\dots (3)$$

年齢、体格、バイタルサイン、血液検査データ、血液（静脈血）・皮膚の測色データは平均±標準偏差で示した。手背と前腕屈側の測色データの比較は対応のある t 検定で行った。測色データと血液検査データの関係はピアソンの相関係数を用いて検討した。P<0.05 を統計学的有意とした。

3. 結果

〈3・1〉 被験者のプロフィール

被験者 15 名（30.2±5.4 歳）の体格、バイタルサイン、採血結果を表 1 に示す。発熱、高血圧、低酸素血症を示す者はいなかった。4 名に貧血（Hgb 12.0g/dl 未満）を認め、その内 1 名が Hgb 7.8g/dl であった。総蛋白は 2 名が 7g/dl 未満であった。

〈3・2〉 血液の測色値

採血スピッツ、プラスチックセル、ガラスシャーレ内の血液（静脈血）色の測定結果を表 2 に示す。採血スピ

ツツは曲面となっているため、同じ測定機器を用いた採血スピッツとプラスチックセルの測定値は一致しなかった。プラスチックセルとガラスシャーレの測定値に近い値を示したのは 6/15 であった。

表 1 被験者のプロフィール・採血結果

項目	単位	平均	SD
年齢	歳	30.2 ±	5.4
身長	cm	162.6 ±	3.6
体重	kg	58 ±	7.2
体温	°C	36.4 ±	0.1
収縮期血圧	mmHg	114.3 ±	13.1
拡張期血圧	mmHg	72.8 ±	12.4
平均血圧	mmHg	86.6 ±	11.7
脈拍	bpm	82.1 ±	13.1
SpO ₂ *	%	98.3 ±	0.6
白血球数	/μl	6140.0 ±	1321.1
赤血球数	/μl	430.9 ±	35.8
ヘモグロビン	g/dl	12.3 ±	1.6
ヘマトクリット	%	37.6 ±	4.1
血小板数	/μl	26.0 ±	8.7
総蛋白	g/dl	7.4 ±	0.5
アルブミン	g/dl	4.4 ±	0.4
尿素窒素	mg/dl	11.2 ±	2.5
クレアチニン	mg/dl	0.6 ±	0.1
総ビリルビン	mg/dl	0.6 ±	0.2

*：経皮酸素飽和度

表 2 血液色（測定容器・測定機器の違い）

L*a*b*	L*		
	スピッツ CM-2600d	プラスチックセル CM-2600d	ガラスシャーレ CM-5
BRM-01	23.65	2.15	2.08
BRM-02	27.99	15.25	8.76
BRM-03	19.62	3.00	3.27
BRM-04	24.25	23.72	2.74
BRM-05	16.90	9.17	5.21
BRM-06	19.02	17.59	4.09
BRM-07	2.13	3.76	2.09
BRM-11	12.49	3.73	4.18
BRM-12	27.29	18.91	3.95
BRM-13	14.25	5.19	2.54
BRM-14	21.49	7.63	2.02
BRM-15	12.34	8.22	3.65
BRM-16	25.97	6.53	6.52
BRM-17	26.18	1.46	1.40
BRM-18	25.31	1.73	2.50

L*a*b*	a*		
	スピッツ CM-2600d	プラスチックセル CM-2600d	ガラスシャーレ CM-5
BRM-01	3.06	5.25	7.65
BRM-02	9.28	15.64	33.33
BRM-03	5.67	13.11	14.23
BRM-04	3.48	2.91	12.80
BRM-05	11.66	14.52	26.11
BRM-06	8.85	6.52	19.98
BRM-07	1.68	6.14	7.41
BRM-11	10.38	13.86	20.66
BRM-12	4.57	4.42	18.89
BRM-13	6.03	7.24	10.76
BRM-14	3.24	4.87	7.32
BRM-15	12.41	11.43	17.62
BRM-16	6.37	23.16	27.89
BRM-17	1.72	3.70	4.32
BRM-18	3.03	9.74	9.85

L*a*b*	b*		
	スピッツ CM-2600d	プラスチックセル CM-2600d	ガラスシャーレ CM-5
BRM-01	-0.29	1.85	2.32
BRM-02	1.32	5.91	13.99
BRM-03	0.11	4.44	4.42
BRM-04	-0.49	0.63	3.88
BRM-05	2.25	5.12	8.25
BRM-06	1.33	2.12	6.11
BRM-07	-0.22	2.33	2.08
BRM-11	0.33	4.27	6.21
BRM-12	-0.45	1.34	5.72
BRM-13	-0.07	2.12	3.36
BRM-14	-0.67	1.19	2.04
BRM-15	1.31	3.39	5.51
BRM-16	-0.42	7.39	9.52
BRM-17	-1.37	0.95	1.18
BRM-18	-0.71	2.83	2.91

〈3・3〉 皮膚の測色値

手背と前腕屈側の皮膚色データの平均値を表 3 に示す。前腕屈側の方が、有意に L*は大きく、a*, b*は小さかった。皮膚色は血液（静脈血）色に比べ、明度 L*が高

く、赤み a^* が低く、黄色み b^* が強い。前腕屈側の $L^*a^*b^*$ と血液（静脈血）色の $L^*a^*b^*$ の間にはそれぞれ相関を認めなかった。

表3 皮膚色・血液色データ

	前腕屈側(CM2600d)	手背(CM2600d)	血液 (CM-5)
L^*	65.37 ± 2.94	61.37 ± 4.03	3.67 ± 1.95
a^*	4.61 ± 1.37	7.20 ± 1.91	15.92 ± 8.56
b^*	16.37 ± 2.42	19.88 ± 1.91	5.17 ± 3.41
C^*	17.03 ± 2.64	21.19 ± 2.32	16.75 ± 9.19
h	74.36 ± 3.04	70.23 ± 3.85	17.19 ± 1.76

〈3・4〉 血液（静脈血）の測色値と採血結果の関係

被験者 15 名の血液（静脈血）の測色値において、 L^* と a^* および L^* と b^* に強い相関($r=0.9884$, $p<0.001$, $r=0.9965$, $p<0.001$)が認められた。 L^* と a^* には対数近似、 L^* と b^* には線形近似が最も適合した。これらの関係に基づき、血液（静脈血）の測色値の代表は a^* を用いることとし、採血結果との関連をみた。クレアチニンと a^* のみ負の相関を認めた ($r=0.5716$, $p<0.05$)。

〈3・5〉 皮膚の測色値と採血結果の関係

被験者 15 名の皮膚の測色値においても L^* と a^* に強い相関($r=0.9166$, $p<0.001$)が認められたが、 L^* と b^* の相関はそれより低くなった($r=0.7488$, $p<0.001$)。これらより、皮膚の測色値は $L^*a^*b^*$ 全てを用いることとした。

バイタルサインと皮膚色の関係では、体温・血圧・脈拍と皮膚の $L^*a^*b^*$ に相関を認めなかった。血算（白血球数、赤血球数、Hgb, Hct, 血小板）の各値は皮膚の $L^*a^*b^*$ と関連が認められなかった。血液生化学検査項目では、クレアチニンと L^* ($r=0.5676$, $p<0.05$)、クレアチニンと b^* ($r=0.5975$, $p<0.05$) に相関を認めた。

高度な貧血を呈した被験者 (Hgb 7.8g/dl) 1 名を除外すると、収縮期血圧、拡張期血圧、平均血圧と a^* にそれぞれ相関を認めた ($r=0.571$, $r=0.570$, $r=0.626$, すべて $p<0.05$) (図 1)。また、高度な貧血を呈した被験者 1 名を除外すると、Hgb と L^* ($r=0.6630$, $p<0.01$)、Hgb と a^* ($r=0.6537$, $p<0.05$)、Hct と L^* ($r=0.6102$, $p<0.05$)、Hct と a^* ($r=0.5767$, $p<0.05$) との間に相関を認めた (図 2)。血液生化学検査では、高度貧血被験者を除くとクレアチニンと皮膚色に、相関は認められなくなった。

4. 考察

本研究では、様々な容器における血液（静脈血）色測定の妥当性、若年女性の皮膚色と血液（静脈血）色との関係、皮膚色または血液（静脈血）色に関連する因子について検討した。血液（静脈血）色測定については、プラスチック採血管やプラスチックセルを用いた測定は、信頼性に欠けること、皮膚色と血液（静脈血）色には関連

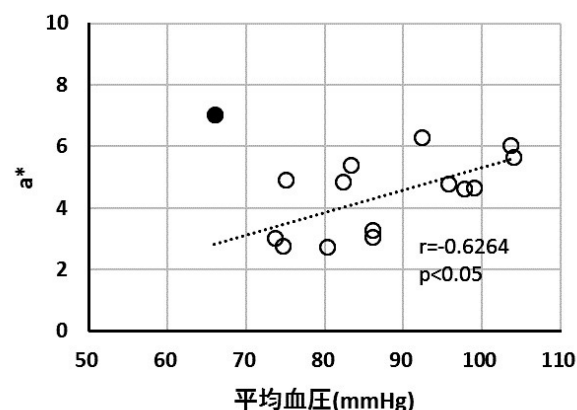


図1 皮膚色 (a^*) と平均血圧

●は除外した貧血の被験者を示す

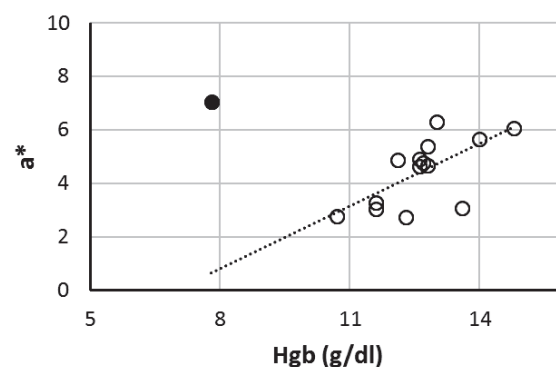
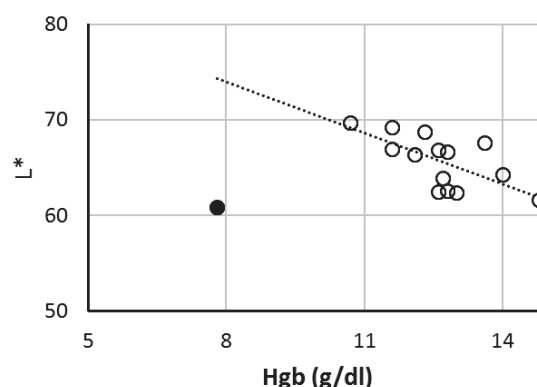


図2 皮膚色とヘモグロビン

A: L^* とヘモグロビンの関係、B: a^* とヘモグロビンの関係

●は除外した貧血の被験者を示す

がみとめられなかったこと、血圧、Hgb 濃度、Hct が皮膚色に影響を及ぼす可能性があることが示された。

血液色は、ガラスシャーレと液体反射率を正しく測定できる CM-5 を用いて測定した値がゴールドスタンダードとなるが、プラスチック採血管またはプラスチックセル内の血液を携帯可能な CM-2600d で測定した結果と一致しなかった。採血管は円柱型をしているため、測定部

位が曲面となり、正確な測定ができなかったと考えられる。プラスチックセルは、白色校正における補正が正しく行えていないことが影響していると考えられる。以上から血液色は設置型の CM-5 を用いて測定する必要がある。

Hgb は、酸素と結合した酸素化 Hgb と、結合していない脱酸素化 Hgb とがある。酸素化 Hgb と脱酸素化 Hgb では、可視光から近赤外光の吸収スペクトルが異なり、肉眼的には酸素化 Hgb は鮮紅色、脱酸素化 Hb は青みがあった赤色である。酸素化 Hgb は、動脈血では 97-98%、静脈血では 75%程度で、組織内の毛細血管では静脈血の割合が高い。本研究で測色した血液（静脈血）は、 $L^*a^*b^*$ から少し赤みがあった黒色だが、皮膚色は明度が高く、 a^* が低く、 b^* が高くなっているため、Hgb 濃度が組織内で低くなり、メラニンなどによる黄色みが加わってきていると考えられる。前腕屈側と手背の皮膚色は、手背の方が明度が低く、 b^* も高いことから日焼けの影響と考えられる。

皮膚色に関係する因子として、血行動態¹⁴⁾や Hgb 濃度、ビリルビン⁸⁾、ホルモン(MSH,ACTH など)^{6,8)}、メラニンなどが関係していると報告されている。1名の被験者に Hgb 7.8 g/dl という治療が必要なレベルの貧血を認め、この被験者の皮膚色は他の14名とはかなり異なる値($L^*60.87$, $a^*7.04$, $b^*22.33$)を示した。この高度貧血例を除くと、皮膚 a^* と収縮期血圧、拡張期血圧、平均血圧に相関を認めた。先行研究では、実験的に惹起された敗血症での循環動態の変化時の皮膚色の変化¹⁴⁾などが検討されているが、健康人の血圧との関連を検討したものはない。本研究では20~30代の女性のみでの測定で、皮膚色は性別、年齢により異なることから、全年齢層および男性で検討していく必要がある。また、高度貧血例を除外すると、Hgb、Hct と L^* , a^* との間に中等度の相関を認めた。前述したように酸素化 Hgb と脱酸素化 Hgb の吸収スペクトルは異なるが、本研究の被験者は、SpO₂ が 97-99%で正常であったこと、発熱を認めてないこと、安静で測定していることから、皮膚組織の酸素飽和度は被験者間で有意な差はないと考えられる。また Hct と L^* , a^* も相関したことから、酸素飽和度より Hgb 濃度が皮膚色に関係していることが示唆された。以上から、ショックなどの循環動態の変化や、脱水・体液量増加などによる Hgb の変化が、皮膚色の変化として、客観的にとらえることが可能であると考えられる。

高度の貧血例では、Hgb が低値にもかかわらず a^* が比較的高かった。1名のみの測定値のため、本研究の被験者個人の特徴なのか、高度の貧血患者に一般的に認められるものなのかは、被験者数を増やして検討していくことが必要である。

5. 結論

血液（静脈血）色は皮膚色と関連を認めなかったため、

血液（静脈血）色から皮膚色を推測することはできな
と考えられる。手背の皮膚色は、前腕屈側の皮膚色と
比べ、 L^* が低く b^* が高く、日焼けの影響があると考え
られた。若年女性の皮膚色は、血圧、ヘモグロビン、ヘ
マトクリットと相関を認めたことから、皮膚色の変化
から、循環動態や、ヘモグロビン・体液量の変化など
を推測可能であることが示唆された。

引用文献

- 1) JIS Z 8781-3:2016 測色—第3部：CIE 三刺激値、日本工業規格、<https://www.jisc.go.jp/pdfa0/PDFView/ShowPDF/EwIAAEa4FBXt-kzacBC0>
- 2) JIS Z 8781-4:2013 測色—第4部：CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 色空間、日本工業規格、<https://www.jisc.go.jp/pdfa4/PDFView/ShowPDF/EQEAAmMfgbwDaOp6GIBX>
- 3) JIS Z 8781-6:2017 測色—第6部：CIEDE2000 色差式、日本工業規格、<https://www.jisc.go.jp/pdfa2/PDFView/ShowPDF/AQEAAm07BpWEHwBjIBBF>
- 4) 飯田年以・大庭美保子・松野文雄・古賀信義：日本人と欧米白人女性の手の甲の肌特性解析，J Soc Cosmet Chem Jpn, 48(4), (pp.)278-285, 2014
- 5) 菊地久美子・片桐千華・吉川拓伸・溝上陽子・矢口博久：分光測色計による肌色計測と日本人女性の長期的な肌色の変遷，日本色彩学会誌 40 (6), (pp.)195-205, 2016
- 6) 柴田昌典・太田匡宣・青木隆成・多和田英夫・谷口信吉：維持透析患者の皮膚の色素沈着—第二報 皮膚の明度の低下と年齢，透析期間，基礎疾患との関連，透析会誌，40 (7), (pp.)589-594, 2007
- 7) Lai C-F, Kao T-W, Tsai T-F, Chen H-Y, Huang K-C, Wu M-S, Wu K-D: Quantitative comparison of skin colors in patients with ESRD undergoing different dialysis modalities, Am J Kidney Dis, 48(2), (pp.)292-300, 2006
- 8) 鈴木剛・西村秀司・櫻林真・吉野克正・岩瀬透・平野正憲・岡博：肝硬変患者皮膚色定量化の試み，肝臓 40 (4), (pp.)266-267, 1999
- 9) 佐藤万代・山崎翼・矢野忠・片山憲史・今西二郎：皮膚色と健康状態との関連性に関する基礎的研究，日東医誌 Kampo Med, 66(4), (pp.)288-295, 2015
- 10) Akizuki, Y., Ohno, Y, Preliminary study on spectral characteristics for identification of skin colour under circulatory dysfunction using artificial skin sample, Proceedings of the Conference on "Smarter Lighting for Better Life" at the CIE Midterm Meeting 2017, (pp.)303-313, 2017
- 11) 秋月有紀・大山太・岩本敏志：スマートフォンを用いた患部の色情報把握に関する基礎的研究，日本遠隔医療学会 JTTA スプリングカンファレンス 2019, (p.)3, 2019
- 12) 朱幽玖：皮膚表面温度変化に対する画像皮膚色測定装置の有用性，Med Imag, Tech, 30(1), (pp.)22-26, 2012
- 13) 大塚将秀：集中治療における血行動態評価法，動脈圧モニターによる方法，ICU と CCU, 43(3), (pp.)131-137, 2019
- 14) Henderson AJ, Lasselin J, Lekander M, Olsson MJ, Powis SJ, Axelsson J, Perrett DI: Skin color changes during experimentally-induced sickness, Brain Behavior Immunity, 60, (pp.)312-318, 2017

注

*1 CIE1976 $L^*a^*b^*$ 色空間の明度指標 L^* は、0 が理想黒色、100 が白色を意味する。色座標 a^* , b^* は、無彩色(a^*,b^*)=(0,0)に対して、赤緑方向（正が赤、負が緑）と黄青方向（正が黄、負が青）を示し、共に数値が大きくなるに従って高彩度色になる。色座標 a^* および b^* から彩度 C^* 、色相角度 h が計算できる。 C^* の値が大きいと彩度が増す。 h は a^* 赤方向の軸を 0° として、ここから反時計方向の色相に対して移動した角度で、色の位置がわかる。従って、色相角度 90° は黄色を示し、 180° は緑を示す。

*2 本研究は、東海大学医学部看護学科特別学術研究費で施行した。