

令和元年6月25日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06607

研究課題名(和文) 救急医療活動支援のための傷病状態判別用光源の開発に関する研究

研究課題名(英文) Development of Light Source to identify Patients' Conditions from their skin color appearance under various degrees of injuries and diseases for emergency medical care

研究代表者

秋月 有紀(Akizuki, Yuki)

富山大学・人間発達科学部・教授

研究者番号：00378928

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、循環不全状態の識別を目的として、実際の人間の皮膚の分光反射特性データに基づいて健常体とショック状態の皮膚色の色差が最大となる理想光源の分光波形を抽出し、演色性の高い標準光源と比較して色差が大きくなり有効であることを示した。また腎不全患者の透析前後の皮膚色を測定し、除水量や血中ヘモグロビン濃度と皮膚色変化との関係を示した上で、理想光源が容態観察に有効であることを確認した。さらにコンピュータカラーマッチングの手法を用いて、実際の人間の皮膚色の分光反射特性を再現したサンプルの作成方法を提供した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、循環不全や腎不全の容態変化を容易に識別できる理想光源の分光特性を明らかにした。また医療看護現場において理想光源の分光波形を持つ照明状態を作るためには、狭帯域で高出力となる緑色LED光源が必要であることを示した。

また本研究では、市販の紙製色票では人間の皮膚色の分光反射特性を再現できないことを確認した上で、コンピュータカラーマッチングにより最適な顔料調合を行い、ウレタン基材に混合することで、人間の皮膚色再現サンプルを作成可能なことを示した。

人間の健康状態の変動に伴う皮膚色の定量化、および実際の皮膚色の見えを忠実に再現することができる本技術

研究成果の概要(英文)：In order to diagnose circulatory dysfunction conditions based on the color appearance of patient's skin, we theoretically extracted the effective spectral power distributions SPD which produced the maximum color difference between healthy skin and shocked/congested skin. As compared with the reference illuminant, the theoretical SPD produced larger color difference and therefore most probably was useful.

Next, we collected skin color data of End-stage kidney disease under hemodialysis treatment, established the relations the hemoglobin concentration or amount of wastewater in patient's blood and the skin color change before hemodialysis and after. And then we reported the theoretical SPD for identification of circulatory dysfunction skin color was also useful for identification of kidney failure skin color.

Moreover, this study developed the procedure of making human skin samples which simulated color appearance of real human skins by using a method of computer color matching.

研究分野：建築環境・設備

キーワード：分光特性 皮膚色 循環不全 腎不全 色識別 色差 LED コンピュータカラーマッチング

## 1. 研究開始当初の背景

**LED** 光源は小型・省電力・軽量・高発光輝度などの長所を持つため、災害現場でも多用されるようになったが、光量確保を第一にするあまり色の見えを保証する品質のものが普及していないのが現状である。本研究はそのような背景の中、自然災害時における救急医療活動での視環境の問題と観察すべき視対象の性状について既往研究で得られた知見を元に、傷病状態の人間の皮膚色を再現したサンプルを作成し、傷病状態の変化を識別しやすい光源の開発を目指したものであった。

健常体の皮膚色に対して傷病状態の皮膚色がどのように変化するかを皮膚色再現サンプルで表すことは、光源開発における視対象の安定した供給が行える点で非常に効果的である。また、ショック状態などの皮膚色変化や、観察環境の違いによってその見えが変動する様子を、医療従事者に教育的資料として提供することも可能となる。災害時の救助医療活動では、人命救助のために各々の能力限界まで行動することが多いが、視覚情報が十分得られない環境下では判断ミスや錯誤などが生じる恐れがあり、二次災害を回避する意味でも、傷病状態に伴う皮膚色の変化とその変化量を日常から習得することは必要である。

元来、**LED** 光源の分光分布は理論上自在に設定できる。傷病状態の判別が容易な光源は、災害時だけでなく日常の医療現場にも十分活用されるべきものである。医療現場において血液検査等のバイタルデータが診断や看護の基本ではあるものの、患者の顔色など刻々と変化する皮膚色も経験的に重要とされる指標である。単に演色性が高い光環境ではなく、容態変化が識別しやすい光環境を提供し医療サポートすることが必要である。

なお、米国の国立研究機関 **NIST (National Institute of Standards & Technology)** では実大空間の分光可変装置が共同研究に開放されており、その管理運営責任者である **Dr. Yoshi OHNO** が研究協力者として本研究に参画した。また、既往研究において医療関係者との研究態勢を構築しており、実際の医療看護現場での光環境の課題を的確に捉えて研究に反映させることが可能であった。

## 2. 研究の目的

本研究は救急医療活動支援のための傷病状態判別用光源の開発を目的としており、照明実験の視対象とするため人間の皮膚色の分光反射特性を再現したサンプルを作成した上で、傷病状態による皮膚色の変化が識別しやすいように色差が大きくなる光源を開発することであり、申請時当初の具体的な研究目的は以下の通りであった。

- (1) 照明実験を行うにあたり、観察用サンプルを作成する。健常体および傷病状態の人間の皮膚の分光反射特性と同じ皮膚色再現サンプルは現在開発されておらず、異なる分光分布の **LED** 光源を照明実験で比較検討する本研究を遂行するためには、皮膚色再現サンプルの実現は必須となる。
- (2) 傷病状態を目視観察でも適切に識別可能とする光源の開発を行う。特に日本人の健常体の皮膚色とショック状態のそれとの色差が大きくなる光源の分光分布を抽出する。また災害現場の様々な視野順応輝度下での色覚に基づいて、適切な医療活動が実施可能かどうか環境評価の指針を策定する。
- (3) 人種の違いを考慮した傷病状態の皮膚色データベースを作成する。人種の違いにより皮膚のメラニン色素の状態が異なることを考慮し、健常体の皮膚色の違いが血液の循環状態によりどのように変化するか把握する。

## 3. 研究の方法

前出に示した具体的な研究目的毎の研究方法は以下の通りであった。

- (1) 既往研究で取得した日本人の皮膚色データベースを元に、性別・年齢・血液の循環状態の違い(健常体・ショック・鬱血状態)を考慮したマンセル表色系の色情報と等しい紙製色票を特定する。ま

た皮膚の質感や層構造を考慮してウレタンを材料とした、分光反射特性の異なる皮膚色再現サンプルを作成する。さらに医療活動レベルの判定・医療環境の光環境評価指標・医療看護教育用資料としての皮膚色再現サンプル集を作成する。

- (2) 研究協力者が開発したシミュレーションツール **Color Quality Scale ver.9.0.1(NIST-CQS)**を用いて、血液の循環状態の異なる皮膚色の色差が最大となる **LED** 光源の分光波形（理想光源）を抽出する。また **NIST** の実大空間分光可変装置 **Spectrally Tunable Lighting Facility (NIST-STLF)** を用いて、理想光源下での皮膚色再現サンプルや空間全体の色の見えについて評価実験を実施し、順応状態による皮膚色の識別の変動を把握する。
- (3) 人種の異なる皮膚色データを収集する。既往研究で構築した末梢部の皮膚色の循環状態制御方法を用いて、研究協力者との共同研究において米国 **NIST** でデータ収集のための実験を実施する。

#### 4．研究成果

前出の研究目的・方法に対して得られた成果やインパクト・今後の展望等は以下の通りである。

- (1) 日本人の循環不全を含む皮膚色再現サンプル作成において、マンセル表色系の色条件に基づく市販の紙製色票では実際の皮膚色の分光反射特性を再現できないことを確認した。そこで人工皮膚メーカーおよび光学機器メーカーとの産学連携共同開発を実施し、メーカー所有の材料と技術を用いて試作を繰り返し、皮膚の表皮と真皮の層構造を考慮して透明層と顔料着色層から成るウレタン製皮膚サンプル (**Pre** サンプル) を作成した。しかし、特に血液のヘモグロビンの吸収が顕著な 500-600nm の範囲における分光反射特性の再現が不十分であることが判明したため、新たに調色メーカーおよび顔料メーカーとの産学連携共同開発を実施し、コンピュータカラーマッチングの手法を用いて実際の皮膚色の分光反射特性を実現するための顔料調合比を抽出した。  
現在、国際照明学会 **CIE**（研究協力者の **Dr. Yoshi Ohno** は当時会長）では人間の皮膚のデータベースに関する技術報告書 (**TC1-92, Skin Colour Database**) を作成しているところであるが、そこでは照明評価等に利用可能な皮膚サンプルの提案まで至っていないこともあり、本研究の皮膚色再現サンプルについて強い関心が集まっている。  
なお本研究期間においては皮膚色再現サンプルの完成までには至らなかったが、研究協力者と共同研究を継続し人間の皮膚の光の透過状態も加味したサンプルの作成と特許出願を目指す予定である。

- (2) 研究協力者が開発した **NIST-CQS** を用いて、血液の循環状態の異なる皮膚色（健常体とショック状態もしくは鬱血状態）の色差と **LED** 光源の分光波形について検討し、光源色 **6500K** と **2700K** の条件について色差が最大となる分光波形と **Duv** 値を抽出した（理想光源）。また、抽出した理想光源と標準光源（**D65** 光源および白熱電球）について色差の違いを比較検討し、理想光源の色差は標準光源のそれよりも大きく、傷病状態の判別に有効であることを示した。  
現在の **LED** 光源技術では狭帯域で高出力となる緑色 **LED** 光源が存在していないので、**NIST-STLF** で理想光源を再現することができず、理想光源に概ね近似する分光波形（近似光源）で光源色と **Duv** が理想光源と等しい照明状態を **NIST-STLF** で設定した上で、皮膚サンプルや室空間全体の色の見え評価方法について定性的に検討した。しかし、**NIST** の実験時の観察視対象は **Pre** サンプルの状態であり、近似光源下であることも加わって、循環状態の異なる皮膚色の色差が十分な大きさとならず、実験方法の確認に留まった。一方、国際照明委員会での研究報告の場において、人間の健康状態を把握するためには、狭帯域で高出力となる緑色 **LED** 光源の開発が必要であることの議論を提供することが出来た。  
なお、人間の皮膚の分光反射特性を再現した皮膚色再現サンプルの完成まで至らなかったため、順応状態による皮膚色の識別の変動については、サンプルが完成してから検討することとした。

- (3) 倫理審査のハードルにより、**NIST** での人種の異なる皮膚色データの収集を断念した。また富山大学留学生を対象とした皮膚色データの収集が可能かどうか検討したが、十分な被験者確保が困難で

あるため、同様に収集を断念した。しかし、前出の **TC1-92** において、様々な人種の健常体の皮膚色が提供され委員会資料が参照可能であることを委員会主査の **Dr. Kaida Xiao** に確認したので、健常体の皮膚色データについては収集する必要がないと判断した。なお、日本人の皮膚色においては十分なデータを収集しており、個人差が大きく、肌の焼けたメラニン色素の多い人の皮膚色の循環状態による変動は小さいことを確認していることより、今後、人種毎の循環状態による皮膚色変化の予測方法について既往データを用いて検討する予定である。

一方で、東海大学看護学部（当時、現医学部）所属の研究協力者らとの共同研究を実施し、重度の腎不全患者の透析中の皮膚色の変動について測色実験を実施し、透析前後の除水量変化や血中ヘモグロビン濃度等の変化により皮膚色が変化することを示した。さらに **NIST-CQS** を用いて循環不全状態の識別において抽出した理想光源（**6500K**）が、腎不全状態の皮膚色変化の識別においても標準光源 **D65** より有効であることを確認した。すなわち、本研究で抽出した理想光源は、循環不全・腎不全など何らかの症状により健康状態が悪化した患者の皮膚観察に有効であることを示したと言える。研究協力者らとは引き続き共同研究を実施し、次年度からは呼吸や循環の変化に伴う皮膚色の変動を捉えることを目的として、大動脈弁狭窄症患者を対象とした検討を行う予定である。

## 5 . 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計 15 件)

Akizuki Y. and Osumi M., Improvement of Color Appearance of Urethane Skin Samples by using Computer Color Matching Method, Proceedings of the 29<sup>th</sup> Session of the CIE, Volume1-Part2, CIE x046:2019, pp.857-861 (2019) 査読なし

DOI 10.25039/x46.2019

Yuki Akizuki, Tomomi Iizuka, Tomoko Kutsuzawa, Futoshi Ohyama and Satoshi Iwamoto, Comparison of Skin Colour between Healthy Subjects and Patients with End-Stage Kidney Disease, AIC Interim Meeting Proceedings, Colour & Human Comfort, pp.623-628 (2018) 査読有り

福多佳子, 岡嶋克典, 奥田紫乃, 秋月有紀, 肌の質感を生かす光、照明学会誌、Vol.102, pp.192-197 (2018) 査読なし

Akizuki Y. and Ohno Y., Preliminary Study on Spectral Characteristics for Identification of Skin Colour under Circulatory Dysfunction using Artificial Skin Samples, Proceedings of the Conference on “Smart Lighting for Better Life” at the CIE Midterm Meeting, CIE X044:2017, pp.303-313 (2017) 査読有り

DOI: 10.25039/x044.2017

Akizuki Y. and Ohno Y., Study on Spectral Characteristics for Identification of Skin Colour of Injured Japanese Persons at Disaster Sites, Proceedings of the 4<sup>th</sup> CIE Expert Symposium on Colour and Visual Appearance, CIE X043, pp.179-189 (2016) 査読なし

[http://files.cie.co.at/911\\_CIE%20Symposium%20Prague%202016%20Proceedings%20%28Cover%20and%20Contents%29.pdf](http://files.cie.co.at/911_CIE%20Symposium%20Prague%202016%20Proceedings%20%28Cover%20and%20Contents%29.pdf)

### 〔学会発表〕(計 16 件)

Yuki Akizuki, The issue of Color Appearance in Telemedicine System, The Asia Color Association Conference (2019)

秋月有紀, コンピュータカラーマッチングを用いた循環不全状態の皮膚サンプルの改良、日本色彩学会第 50 回全国大会（東京）(2019)

秋月有紀, 循環不全状態の皮膚色の識別に適した照明、第 47 回日本医療福祉設備学会 (2018)

Yuki Akizuki, Preliminary Study on Spectral Characteristics for Identification of ESKD Skin Color under Hemodialysis Treatment, The 4<sup>th</sup> Asia Color Association Conference (2018)

Yuki Akizuki, Human Skin Colour produced by a Change in Circulatory Conditions; Spectral Reflectance Factor, L\*a\*b\* and Munsell Colour Chart, Munsell Centennial Symposium (2018)

### 〔図書〕(計 0 件)

**〔産業財産権〕**

出願状況（計 0 件）

取得状況（計 0 件）

**〔その他〕**

**ホームページ等（計 4 件）**

<https://tech.nikkeibp.co.jp/atcl/nxt/column/18/00052/00007/>

<https://www.nist.gov/people/yoshi-ohno>

<https://www.nist.gov/publications/preliminary-study-spectral-characteristics-identification-skin-color-under-circulatory>

<https://www.nist.gov/publications/study-spectral-characteristics-identification-skin-colour-injured-japanese-persons>

**6 . 研究組織**

**(1)研究分担者**

なし

**(2)研究協力者**

研究協力者氏名：Yoshi Ohno

ローマ字氏名：(OHNO, Yoshi)

研究協力者氏名：沓澤 智子

ローマ字氏名：(KUTSUZAWA, Tomoko)

研究協力者氏名：大山 太

ローマ字氏名：(OHYAMA, Futoshi)

研究協力者氏名：岩本 敏志

ローマ字氏名：(IWAMOTO, Satoshi)

研究協力者氏名：大住 雅之

ローマ字氏名：(OSUMI, Masayuki)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。