

令和元年6月12日現在

機関番号：34409

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12704

研究課題名(和文) スキンケアスーツ開発をブレークスルーとした「超機能性被服(SFC)」の具現化

研究課題名(英文) Realization of super functional clothes by skin care suit development

研究代表者

小林 政司 (Kobayashi, Masashi)

大阪樟蔭女子大学・学芸学部・教授

研究者番号：60225539

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)：一連の研究で、1 試験前後の表皮レプリカ採取により、皮膚観察が可能なことを確認した。2 表皮への布帛接触や電磁気的効果などを調査するため、左前腕内側部において、電圧供給や導電性布帛の使用などの各種条件を適宜組み合わせ、被験者2名に対してパッチテストを行った。3 定性的なものではあるが、体内回路を構成したものでは、皮溝が整い、しっかりした皮丘が形成されているといった変化が認められるなど、表皮に電荷が影響を及ぼす可能性を確認した。ただし、経皮水分蒸散量、角層水分測定の結果には有意差が認められなかった。4 電気浸透流の活用を目論み、化粧水、美容液などの併用によるスキンケアに活路を見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、従来の被服の高機能化とは一線を画し、被服に対して電気エネルギーを供給することで、より直接的で高い効果を狙う「超機能性被服(SFC)」の提唱とともに、スキンケア(皮膚バリア機能の回復)といった新しい機能の被服への付与を試みている。ここでは、化粧品科学などにおいても重視されている皮膚電位に着目しながら、比較的新しい素材である導電性素材の応用を試みた。

今回は、導電性素材を用いた被服、電源となるバッテリー、制御回路から構成され、皮膚に接触する導電性素材の電荷により起こる電磁的作用によって皮膚のバリア機能回復を狙うスキンケアスーツの開発に役立つ有用な結果が得られたと考える。

研究成果の概要(英文)：We propose the concept of the clothes superior to conventional ones, named "Super Functional Clothing (SFC)". By supplying energy (ex. electric power), the SFC makes it possible to impart positively and highly efficient function to the clothing. In addition, we also verify the substantial possibility of SFC, and will develop "Skin Care Clothing (SCC)" as a realization of SFC. The SCC is aiming at care of the skin directly contact it, by using cloth woven with conductive fiber and giving it electric charge. As a beginning of the research, we investigate the expected effects of electroosmotic flow and its use, as a fundamental research for development of the SCC.

According to the observation of the epidermal replica before and after the experiment, it turned out that the charge on the skin surface may have a desirable influence to the epidermal. Therefore, the same effect as of the "Ion Effector", the marketed appliance applying electroosmotic flow, may also appear in the SCC model.

研究分野：被服学

キーワード：超機能性衣服 スキンケアスーツ 導電性繊維 皮膚バリア機能 電気浸透流 超機能性被服 繊維製品 スキンケア

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

(1) 従来、被服の高機能化は、繊維から製品に至るまでの改質・加工等をベースに繊維製品としての進展を遂げてきた。

(2) 一方、近年ではコンピュータの小型・軽量化によるウェアラブルコンピュータやウェアラブルデバイスなどのガジェットとして、電子機器の機能を被服およびその関連製品に付与する技術が注目されている。

(3) さらに、ファッション関連分野では、電源を擁する LED (light emitting diode)、EL (Electro Luminescence) などの発光体を装飾に利用する試みもなされている。また、高機能性の被服としては船外活動用宇宙服、EMU (Extravehicular Mobility Unit)、物理的な機能強化を狙うパワードスーツなども被服関連の技術開発成果として挙げる事ができる。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、従来の被服の高機能化とは一線を画した「超機能性被服、SFC (Super Functional Clothing)」の概念を提唱する。この SFC は、被服に対し電力などのエネルギー供給を行うことにより、積極的に高効果な機能性付与を可能とする。

(2) 加えて、本研究では SFC の実質的な可能性の検討・検証も目論み、SFC 具現化のモデルケースとして、導電性繊維などの素材で製織あるいは製編した布帛を用い、これに電荷を与えることで、接触する肌のケア (皮膚バリア機能の回復) を目指す「スキんケアスーツ、SCC (Skin Care Clothing)」の開発を行う。

3. 研究の方法

(1) 本研究ではまず、従来の被服の高機能化とは一線を画し、被服に対して電気エネルギーを供給することで、より直接的で高い効果を狙うとともに、スキんケア (皮膚バリア機能の回復) といった新しい機能の被服への付与を試みる。ここでは、化粧品科学などにおいても重視されている皮膚電位に着目しながら、比較的新しい素材である導電性素材の応用を行う。なお、この過程では、信憑性に疑問の残る肌の改質に関する評価の方法にも目を向ける。このスキんケアスーツ (SCC) 開発に関しては、試作品の完成を目途として行う。

(2) そして、その成果をブレイクスルーとし、被服に対して外部エネルギーを供給することにより、より高度で高効果な機能性付与を行うことを目指した超機能性被服 (SFC) の概念を提唱する。SFC は加工等による機能付与の発展形であり、従来の加工等の技術と単純な電子機器のウェアラブル化などとの中間に位置づけられると考えられると同時に、両者を融合した新規技術と捉えることもできる。

4. 研究成果

(1) 開発予定のスキんケアスーツと同じく電荷を利用し、美容器の一種として市販されているイオンエフェクターの利用について検討するとともに、電源としてリチウム電池を利用した実験を行った。

(2) イオンエフェクター (EH-ST Series, Panasonic, Fig.1) は、導入美容器として市販されており、ブライティングモード、保湿モード、スキんクリアモードなどのモードを有し、モード選択スイッチにより切り替えることが可能で、また、別途スイッチによりイオンレベルを強、中、弱と切り替えることが可能である。

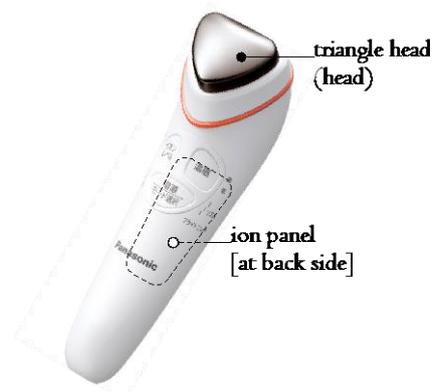


Fig. 1 Ion Effector. (EH-ST63, Panasonic)

(3) 今後のスキンケアスーツへの導電性織布の応用を見越し、イオンエフェクターのトライアングルヘッドと織布 (CS6001, Fig. 2) を導線により直結し、ブライトニングモードのイオンレベル強において、トライアングルヘッドーイオンパネル間および導電性織布ーイオンパネル間の電圧測定を同時に行った。



Fig. 2 Electric conductive fabric. (CS6001, Shibata Technotex)

結果は、トライアングルヘッド (Head) ーイオンパネル間および導電性織布 (Fabric) ーイオンパネル間で、電圧の直流成分がいずれも -5.90 V 、変動は Fig. 3 に示す通り、ほぼ同じ傾向が得られた。したがって今回使用した織布では極めて抵抗値が小さく、皮膚等への電氣的効果を伝達する電極としての役割を十分に果たし得る可能性が確認できた。

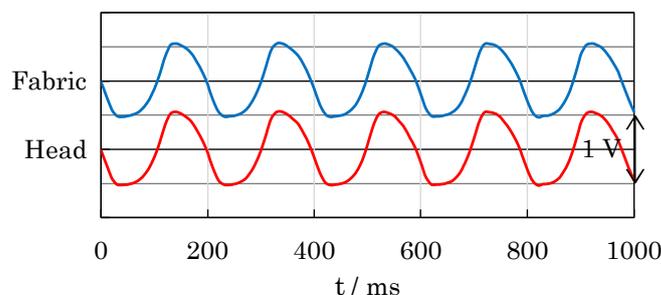


Fig. 3 Voltage change generated by ion effector observed at electric conductive fabric or head.

(4) 以上の実験結果を踏まえ、コイン形リチウム電池を用いてイオンエフェクターの電圧の直流成分の再現を行うとともに、被験者 (21 歳女子、2 名) の左前腕内側に電気回路を構成し、いくつかの条件について検討を行った。

(5) 以下の実験に使用した導電性織物は、組成表示がポリエステル 55%、綿 35%、エックスエイジ (銀メッキ繊維) 10% とされるものである (Fig. 4)。電源として用いたコイン形リチウム電池 (CR2032, Panasonic) の緒元については、電圧は 3.0 V 、大きさは $\text{Ø}20.0\text{ mm} \times 3.2\text{ mm}$ 、質量 2.9 g となっている。



Fig. 4 Electric conductive fabric. (Osaka Electronics Industry)

また、イオンエフェクターなどが応用しているイオントフォーシスにおいては、ヘッドがマイナスの電気に帯電することで、マイナスに帯電しているビタミン C がヘッドと反発し、そのエネルギーを利用して肌の角質層まで化粧品のビタミン C をしっかり届けるとされている。そ

ここで、整肌うるおい成分としてビタミンC誘導体（リン酸L-アスコルビルマグネシウム）を含む乳液（白潤薬用美白乳液、ロート製薬）を必要に応じて使用する。

(6) 被験者の左前腕内側において、Fig. 5に示すように $25 \times 25 \text{ mm}^2$ のサンプル領域を10か所設け、連続する実験では5か所ずつを交互に利用した。また、電池の絶縁、導電性繊維布等の固定には通気防水性能のある医療用シリコンテープ（2775-1、3M）を用い、各サンプル領域には $\phi 16 \text{ mm}$ の開口部を設けたテープを貼付し、その部分を接点として電池や導電性繊維布と表皮の接触が行われる。また、必要に応じて帯電防止用のリストストラップ（ML-300AMM L5C、As One）を利用し、左前腕内側のサンプル領域と左橈骨手根関節（手根）との間に電気回路を構成する。この例をFig. 6に示した。

なお、皮膚表面の変化を観察するために、河合法（日本産業皮膚衛生協会）を参考に、試験前後の表皮レプリカを採取する。

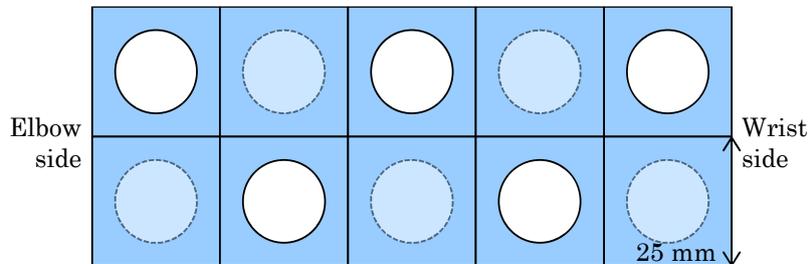


Fig. 5 Formation of experimental area on forearm.

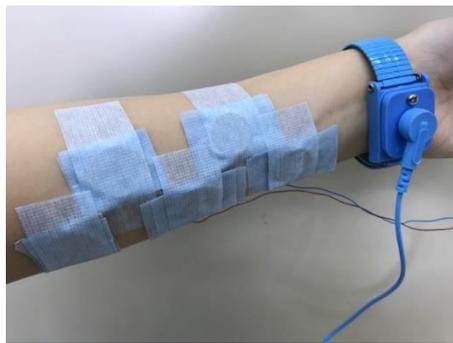


Fig. 6 Overview of experiment (②⑥⑦⑧⑫).

(7) 下記①～⑫の条件の物体を6時間、左前腕部内側の表皮に接触させる実験を行った。①リチウム電池の+極、②-極、③-極と導電性繊維布、④-極と美白乳液、⑤-極と導電性繊維布に美白乳液を浸透、⑥-極（帯電防止リストバンドを利用し前腕部で回路構成）、⑦-極と導電性繊維布（回路構成）、⑧-極と美白乳液（回路構成）、⑨-極と導電性繊維布に美白乳液を浸透（回路構成）、⑩導電性繊維布と美白乳液を併用、⑪単に美白乳液を肌に塗布、⑫ブランク。

(8) 実験前後の表皮レプリカによる観察結果では、リチウム電池に導線を繋ぎ回路形成したものには、皮溝が整い、しっかりした皮丘が形成されているような変化が認められるなど、表皮に電荷が影響を及ぼす可能性があることが分かった。効果が最も現れた観察結果の一例として、実験条件⑥、-極を表皮に接触させ前腕部で回路構成を構成した場合の結果をFig. 7に示した。

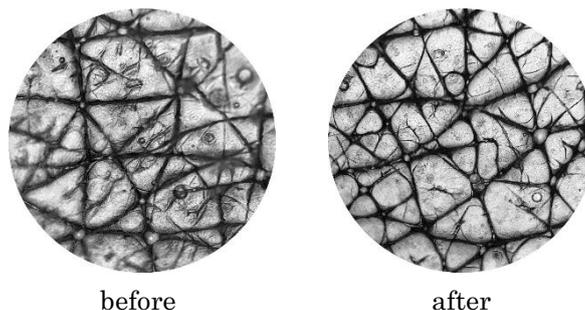


Fig. 7 Optical microscope observation of skin surface morphology before and after treatment (⑥, 6 h).

また他の観察結果より、電位については、マイナス電位の方が肌に与える効果が大きい可能性が示された。なお、今回の条件では、乳液や導電性繊維布の効果については、特段のものが認められなかった。これらについては、今後、付与時間、繰り返し付与なども含めた実験条件の検討が必要であろう。

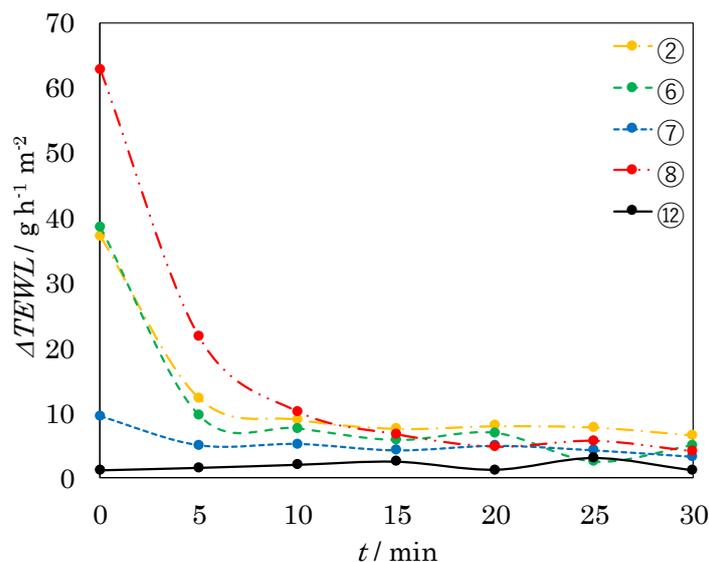


Fig. 8 $\Delta TEWL$ (TransEpidermal Water Loss) after various treatment (6 h).

Fig. 8 には、経皮水分蒸散量 (TEWL) の測定結果の一例として、(7) に示した実験条件②、⑥、⑦、⑧、⑫で得られた実験前後の TEWL の差 ($\Delta TEWL$) を実験後の経過時間 (t) とともに示した。数値が安定する 10 min 以降の値では、観察で効果が認められていた実験条件でも、大きな変化が認められなかった。

今回の実験においては、電池の固定などに通気防水性能のある医療用シリコンテープを利用するなどの配慮を行っているが、こうしたものであっても異物の接触が実験上のノイズとなる可能性があり、経皮水分蒸散量などの微妙な変化を補足しきれなかったものと考えられる。そもそも生体の一部である表皮の状態およびその変化、特に特定の条件の影響を抽出して定量的にとらえるには、困難が予想される。しかしながら経皮水分蒸散量測定や角層水分測定には定評もあることから、今後も実験条件の整備を行いながら定量化の試みを継続する予定である。

(9) 今回の報告では、前半部で、市販美容器のイオンエフェクターの利用について検討し、後半の電源としてリチウム電池を利用した実験結果では定性的なものであるが、表皮に電荷が影響を及ぼす可能性を示すことができた。今後は、この結果を、実験条件等の整備による定量的な検討を加えて、より洗練されたものとし、さらに導電性素材を用いた被服、電源となるバッテリー、制御回路などから構成され、皮膚に接触する導電性素材の電荷により起こる電磁的作用によって皮膚のバリア機能回復を狙うスキんケアスーツ (SCC) の開発に役立てたい。超機能性被服 (SFC) は、被服を単なる繊維製品から繊維・電子 (および機械) の複合製品へと発展させる発想であり、被服学の研究領域拡大にも寄与するものと予想される。一方、SCC の開発は、被服学を皮膚科学分野へ大きく展開させることになり、また、これにより新しいタイプの被服の可能性を広げるものと考えられる。

<引用文献>

- ① Shenzhen Fashion Luminous Technology Co.,Ltd., www.luminous-clothing.com/
- ② 世界大百科事典第 2 版, 平凡社, 1998
- ③ シバタテクノテクス, 「フォーワード事業部製品紹介」 www.shibata-technotex.com/
- ④ パナソニック, 「導入美容器イオンエフェクター」, <https://panasonic.jp/face/ioneffector/products.html>
- ⑤ 杉林聖次, 森本雍憲, 「経皮吸収型製剤から経皮注入システムへー現状と将来の展望ー」, *Drug Delivery System*, 14 (5), 351-356 (1999)
- ⑥ 河合敬一, 「イオントフォレシスとエレクトロポレーションを併用した薬物の経皮デリバリー法 (メソポレーション法) とその皮膚科的応用」, *Drug Delivery System*, 27 (3), 164-175 (2012)
- ⑦ 高橋明子, 岡本亨, 「イオントフォレシスによる美容方法」, 特開 2007-131547
- ⑧ 日本産業皮膚衛生協会, 「河合法 (レプリカ法)」, <https://jsch.or.jp/pdf/kawaihou.pdf>

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 小林 政司、高田 定樹、水野 夏子、スキンケアスーツの開発のための基礎的研究—電気浸透流に期待できる効果とその利用—、大阪樟蔭女子大学研究紀要、査読無、9 巻、2019、269-275
<http://id.nii.ac.jp/1072/00004341/>

[学会発表] (計 1 件)

- ① Kobayashi Masashi, Mizuno Natsuko, Takata Sadaki, Fundamental Research for Development of Skin Care Suits, Comfort and Smart Textile International Symposium 2019, Nara

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：高田定樹

ローマ字氏名：Sadaki Takata

所属研究機関名：大阪樟蔭女子大学

部局名：学芸学部

職名：教授

研究者番号 (8 桁)：80563072

(2) 研究分担者

研究分担者氏名：水野夏子

ローマ字氏名：Natsuko Mizuno

所属研究機関名：大阪樟蔭女子大学

部局名：学芸学部

職名：講師

研究者番号 (8 桁)：70738541

※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。