

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

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-02-28 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 小林, 政司, 高田, 定樹, 水野, 夏子 メールアドレス: 所属:
URL	https://osaka-shoin.repo.nii.ac.jp/records/4375

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—

学芸学部 化粧ファッション学科 小林 政司・高田 定樹・水野 夏子

要旨：これまで被服の高機能化は、繊維から製品に至るまでの改質・加工等を基盤技術とした繊維製品として進展を遂げてきた。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、積極的で高効果な機能性付与を可能とする。加えて、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、接触する肌のケアを目指す「スキンケアスーツ、SCC (Skin Care Clothing)」の開発を行うことを目的としている。本報告では、市販美容器からSCCに活用可能と考えられる「イオンエフェクター」を選定し、この機能に関する検討を行うとともに、リチウム電池を利用した実験による検証も併せて行う。

キーワード：超機能性被服、スキンケアスーツ、導電性繊維、イオンエフェクター

1. はじめに

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。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。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 (Fig. 1) 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ことができる。



Fig. 1 Smart color change LED light wedding prom dress[1]. (Shenzhen Fashion Luminous Technology)

今回の一連の研究では、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、積極的で高効果な機能性付与を可能とする。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「スキンケアスーツ、SCC (Skin Care Clothing)」の開発を行う。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間に位置づけられ、同時に両者を融合した新規技術と捉えることもできる。

本報告では、開発予定のスキン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通して得た知見を報告する。

2. 実験用素材・機器

2.1. 導電性繊維および織布

繊維を形成する高分子化合物はふつう絶縁体であるが、とくに導電性をもたせた繊維を導電性繊維とい

う。石油化学工場における静電気による火災の防止、あるいは医薬品工業、精密電子工業におけるほこりの付着や放電の防止のために、優れた制電性を有する被服材料が要求されるようになってきた。現在開発されている導電性繊維には、(1)合成繊維の中に導電性のよい金属や黒鉛を均一に分散させたもの、(2)ステンレス鋼のような金属を繊維化した金属繊維、(3)有機物繊維の表面を金属で被覆したもの、(4)有機物繊維の表面を導電性物質を含む樹脂で被覆したもの、などがある[2]。

今回は、ナイロン6.6繊維に銀をメッキコーティングした繊維odex（オデックス）を取り扱う大阪電気工業株式会社から提供されたシャツから裁断した導電性織布およびシバタテクノテクス株式会社からサンプル提供を受けたステンレス、銅を導電部として織り込んだ数種の導電性織物を準備した。その一例をFig. 2およびFig. 3に示した。Fig. 2の導電性織物の組成表示は、ポリエステル55%、綿35%、エックスエイジ10%となっており、このうちエックスエイジ（X-Age）は、かつてのカネボウが開発した銀メッキ繊維である。また、Fig. 3の導電性織物（CS6001）の場合は、2層構造で片面が絶縁、片面は導電になっており、チェック柄になっている面がウールのパイル調生地、裏側はステンレス線が織られた導電部が露出している。スペックとしては、導電部：ステンレス、非導電部：ウール、厚さ：1mm、重さ：450 gm⁻²が公表されている。



Fig. 2 Electric conductive fabric. (Osaka Electronics Industry)



Fig. 3 Electric conductive fabric. (CS6001, Shibata Technotex) [3]

2.2. イオンエフェクター

近年、ヘアケア、フェイスクケア、ボディケアに供する美容家電が脚光を浴びている。このうちフェイスクケアに関しては、RF（Radio Frequency）美容器、スチーマー、導入（角質層まで）美容器、洗顔美容器、超音波美容器、高濃度炭酸ケア美容器などが商品化されている。イオンエフェクター（EH-ST Series, Panasonic）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、それぞれ次のように紹介されている。[4] 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。

ブライティングモードでは、化粧品のビタミンCを肌の角質層までしっかり届ける。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、反発する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。

保湿モードでは、化粧品の保湿成分を肌の角質層まで届ける。「電気浸透流」が、化粧品の保湿成分を肌の角質層までしっかり届ける。また、電気浸透流とは、プラスからマイナス電極に向かって発生する水の流れることで、この流れに乗って、化粧品の保湿成分も一緒に移動し、角質層への浸透性がアップするとされる[5, 6]。

スキんクリアモードでは、肌にやさしく余分な汚れを取り、肌表面を整える。プラスとマイナスの電流を交互に流し、洗顔で落とすきれなかった毛穴などに残った肌の汚れを角質層から引き出し、コットンに吸着させる。

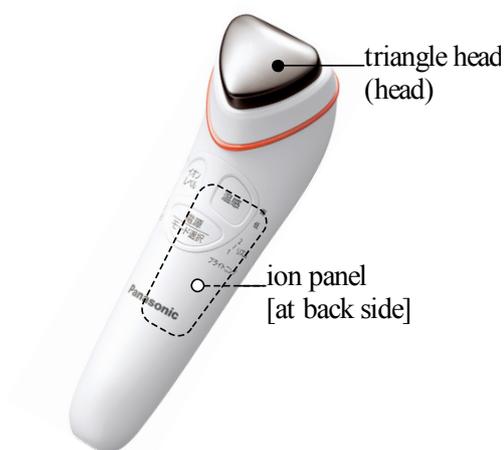


Fig. 4 Ion Effector. (EH-ST63, Panasonic)

温感リズムケアモードでは、温かいヘッドと好みのリズムで引き上げるようにケアする。「電気浸透流」が、クリームなど粘度の高い化粧品の保湿成分を肌の角質層までしっかり届ける。

3. 予備実験

3.1. イオンエフェクターの電位測定

イオンエフェクターの各モードおよび各イオンレベル（強；H，中；M，弱；L）について、データロガー（GL7000，GL7-M，Graftec）を用いトライアングルヘッド（ヘッド）－イオンパネル間の電圧（ E ）をサンプリング周期 10 ms で測定し、それぞれの 1 s 間の結果の例を Fig. 5 に示した。

ブライティングモード（BM）および保湿モード（MM）では、次の近似式で表される正弦波が得られた。また、温感リズムケアモードでは、保湿モードと同様の正弦波となった。さらに、スキングリアモードでは、サンプリング周期と同程度（10+ α ms）の周期で正負が変換されている様子が見いだされた。

$$E = A \sin(\omega t) + D \quad (1)$$

ここで、 A ；振幅（amplitude）、 ω ；角周波数（angular frequency）、 D ；直流成分（DC component）である。

Table 1 には Fig. 5 に示した例について、式(1)の各定数を求めた結果を示した。このうち角周波数について、ばらつきが認められたため、ブライティングモードのイオンレベル強において、数分の間隔を設けて

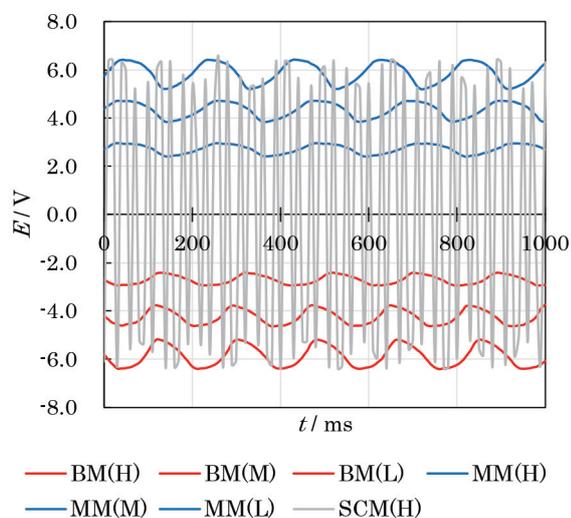


Fig. 5 Voltage generated by ion effector.

複数回、同様の測定を行い、結果を Fig. 6 に、また正弦波近似した際の各定数を Table 2 に示した。ここでは、平均角周波数 $1/32.1 \text{ ms}^{-1}$ すなわち平均周期 201.5 ms が得られたものの、同一のモード、イオンレベルにおいても各定数に多少のばらつきがあること、すなわち周波数の不安定性が明らかとなった。

Table 1 Values of constants of Formula 1.

Mode	Level	A / V	t/F	D / V
Brightning Mode	High	0.61	29.0	-5.84
	Medium	0.43	28.0	-4.21
	Low	0.25	30.2	-2.68
Moisture Mode	High	0.61	31.1	5.82
	Medium	0.44	34.2	4.31
	Low	0.27	35.5	2.69
Skin Clear Mode	High	5.9	-	0

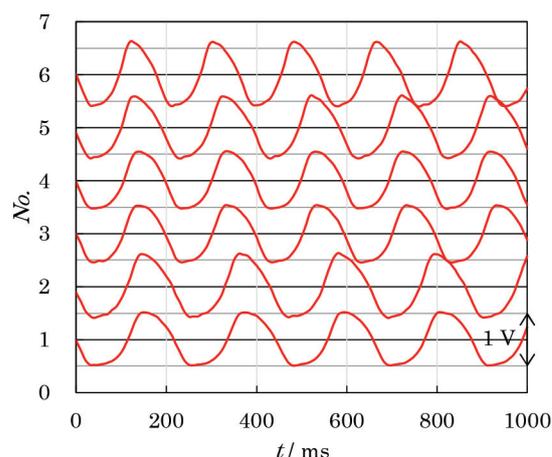


Fig. 6 Voltage change generated by ion effector.

Table 2 Values of constants of Formula 1.

A / V	A / V	t/F	D / V
1	0.51	35.0	-5.98
2	0.60	34.5	-5.87
3	0.54	31.7	-5.90
4	0.54	31.1	-5.94
5	0.60	31.0	-5.87
6	0.61	29.0	-5.84
Ave.	0.57	32.1	-5.90
SD	0.04	2.29	0.05

なお、イオンエフェクターにおいては、いわゆるマッサージ効果の付与のために、トライアングルヘッド部の内部に設けられたマイクロバイブレーションモーターを利用した物理的な振動も、1 s程度の周期で与えられ、温感リズムケアモードでは、他のモードとは異なる周期およびパターン（2種類）で振動させることが可能である。

3.2. 導電性織布－イオンエフェクター回路における電位測定

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）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－イオンパネル間および導電性織布－イオンパネル間の電圧測定を同時に行った。

結果は、トライアングルヘッド（Head）－イオンパネル間および導電性織布（Fabric）－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. 7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、皮膚等への電気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。

4. 実験

予備実験の結果を踏まえ、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。

4.1. 実験方法

4.1.1. 実験材料

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 10 % とされるFig. 2 に示したものである。

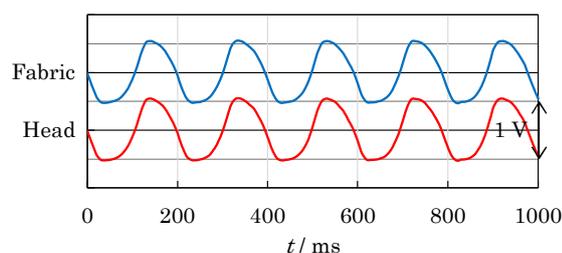


Fig. 7 Voltage change generated by ion effector observed at electric conductive fabric or head.

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 $\phi 20.0 \times 3.2$ mm、質量2.9 gとなっている。

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をしっかりと届けるとされている[7]。そこで、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）を含有する乳液（白潤薬用美白乳液、ロート製薬）を必要に応じて使用する。

4.1.2. 回路の構成

被験者の左前腕内側において、Fig. 8に示すように 25×25 mm²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、導電性織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 $\phi 16$ 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. 9 に示した。

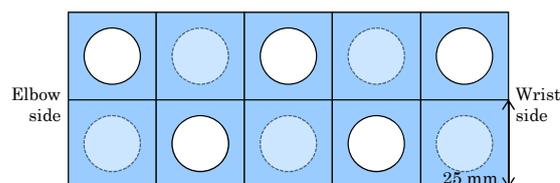


Fig. 8 Formation of experimental area on forearm.

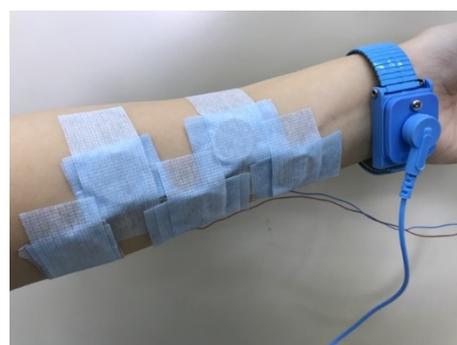


Fig. 9 Overview of experiment (②⑥⑦⑧⑫).

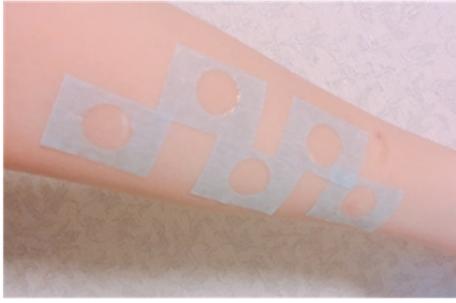


Fig. 10 Detection of skin replica.

4.1.3. 表皮レプリカの採取

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）を参考にして、試験前後の表皮レプリカを採取する。Fig. 10には、この採取の状況を示した。ここでは、ポリ酢酸ビニル樹脂（コニシ株式会社）を用いて行い、これを光学顕微鏡カメラ（BX60, Olympus）で撮影する。Fig. 10には、この採取の状況を示した。

4.1.4. 経皮水分蒸散量の測定

皮膚バリア機能を定量的に評価する試みとして、経皮水分蒸散量（TEWL, TransEpidermal Water Loss）の計測をテヴァメーター（Tewameter TM300, Courage + Khazaka electronic GmbH）を用いて行った。なお、環境の温湿度の影響が懸念されるため、恒温恒湿室（20℃, 65% R.H.）内で計測を実行した。経皮水分蒸散量の測定は、実験前および実験直後から30 min後まで5 minごとに7回の計8回計測した。

4.1.5. 実験条件

下記の条件の物体を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。

4.2. 実験結果

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

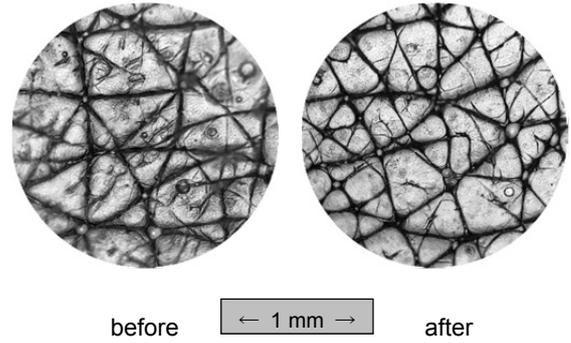


Fig. 11 Optical microscope observation of skin before and after treatment (6h).

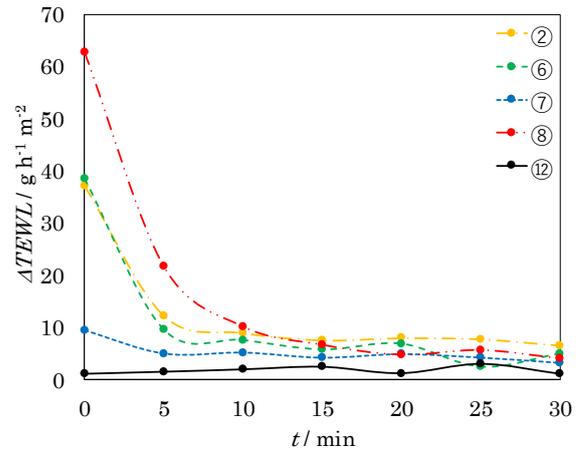


Fig. 12 $\Delta TEWL$ (TransEpidermal Water Loss) after various treatment (6h).

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. 11に示した。

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. 12には、経皮水分蒸散量（TEWL）の測定結果の一例として、4.1.5.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。

5. おわりに

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ンケアスーツ（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。

謝辞

本研究の一部（肌写真等）は、大阪樟蔭女子大学被服学科、児島千賀子氏、遠藤葉氏の協力を得て取得したものである。また、本研究はJSPS科研費JP16K12704（挑戦的萌芽研究, Grant-in-Aid for Challenging Exploratory Research）および大阪樟蔭女子大学、研究奨励費の助成を受けたものである。ここに記して、感謝の意を表す。

参考文献

- 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) シバタテクノテキス, 「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) 杉林堅次, 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>

Fundamental Research for Development of Skin Care Suits : Expected Effects of Electroosmotic Flow and Its Use

Faculty of Liberal Arts, Department of Beauty and Fashion Studies
Masashi KOBAYASHI, Sadaki TAKATA, and Natsuko MIZUNO

Abstract

Up to now, increasing the functionality of clothing has been progressing of textile products, based on reforming or finishing of fiber products. In this research, we propose the concept of “Super Functional Clothing (SFC)” superior to conventional functioning of clothes. This SFC makes it possible to positively and highly efficiently impart functionality by supplying energy such as electric power to clothing. In addition, we also consider and verify the substantial possibility of SFC, and will develop “Skin Care Clothing (SCC)” as realization of SFC. SCC is aiming at care of the skin to be in contact it, by using cloth woven or knitted with conductive fiber and giving it electric charge. In this report, we select “Ion Effector” which can be used for SCC from commercially available as a beauty care electronics, and examine its function, further verify by experiment using lithium batteries.

Key words: Super Functional Clothing, Skin care clothing, electric conductive fabric, ion effector