

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月 24日現在

機関番号：14303

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21300269

研究課題名（和文） 機器分析を感性と融合させた次世代テキスタイル評価システムの構築

研究課題名（英文）

Development of a new textile evaluation system considering with human tactile senses

研究代表者

鋤柄 佐千子 (SUKIGARA SACHIKO)

京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・教授

研究者番号：30216303

研究成果の概要（和文）：布の風合い評価のために開発された KES システムを基盤に、ナノファイバー集合体や不織布、パイル布などの材料に役立つ改良型 KES 評価システムの構築をめざした。その結果、特に架橋したポリ- $\gamma$ -グルタミン酸ナノファイバーの水中での伸張特性の測定や薄膜の圧縮特性の測定や不織布の濡れ感に関わる熱移動特性の測定が可能になった。またファーや毛布などの快適性にはパイルの動きが重要であり、KES 表面試験機の改良で官能値との相関が得られる指標を得た。これらの成果は新しい触感の創製に役立つ改良型 KES 評価システムとして有用である。

研究成果の概要（英文）：To evaluate a nanofiber web, nonwovens for sanitary use, pile and blanket fabrics, the various devices to attach to a Kawabata Evaluation System (KES) were developed for surface, compression, tensile and heat transfer properties. Tensile tests of a poly- $\gamma$  glutamic acid nanofiber web containing oxazoline component polymer became possible under various humidity conditions as well as in water. The sensitivity of KES-G5s compression tester with a ball type indenter was improved and then the compression test including recovery process for a thin nanofiber webs was carried out. The subjective evaluation of materials was also performed to find the useful index parameters for the tactile comfort. The wetness of nonwoven was predicted by the maximum value of heat flux under the wet condition ( $q_{max-wet}$ ). The resistance of piles measured by a KES-SE surface tester with a simple device was related to pile mobility when fingers move on furs or blankets. The developed KES system is valuable to obtain the useful indicators for the tactile comfort of textile materials.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	8,800,000	2,640,000	11,440,000
2010年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2011年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
総計	14,100,000	4,230,000	18,330,000

研究分野：繊維材料評価

科研費の分科・細目：生活科学・生活科学一般

キーワード：テキスタイル、ナノファイバー、感性情報学

### 1. 研究開始当初の背景

繊維製品の品質評価のために、布の力学的性質や熱水分移動特性の評価方法として 1980年代に開発された KES システムが国内外で広く用いられている。しかしながら、近年糸、布、不織布、わたなどはアパレル用ばかりでなく、ヘルスケア製品、空気清浄フィルターなど用途は多様である。これまでの繊維集合体評価システムは、アパレル用布地の風合い評価、あるいは工業製品としての強度や耐久性を重視してきた。しかし、ナノテクノロジーの発展にともなうナノサイズファイバーの出現や、消費者が素材そのものの機能ばかりでなく、使い易さやそれによって得られる楽しみなどの感性価値を判断して製品を評価するようになってきたことから、新たな生活資材の創生のためには従来の評価システムの思想では対応しきれない状況にあり、新しいテキスタイルの評価システムの構築が必要であった。

### 2. 研究の目的

本研究は複雑で繊細な繊維材料を消費実態にあわせて測定することを目的に開発された KES システムをベースに、ソフトなナノファイバー集合体、直接肌につける不織布、表面に特徴のあるパイル等の機能と感性を融合させた新素材の性能を客観的に評価できるシステムの構築を目指している。KES-F システムは、引っ張り、圧縮、曲げ、せん断、表面、熱移動特性という感性評価の基本変形を布について標準化している。この変形様式のなかで、引っ張り、圧縮、表面と熱移動特性に着目する。ナノファイバーのようにソフトな材料に対し、水分が吸着した時の一軸引っ張り試験、また圧縮変形を精度よく迅速に測定できるシステムを構築する。次に客観評価と感性評価の融合を目的として、不織布が水分を含んだ状態での短時間の熱移動特性、パイル等の肌触りに着目し、改良型表面試験機による評価指標の設定など、新しい触感の創製に将来役立つ改良型 KES 評価システムを構築する。

### 3. 研究の方法

#### (1) ナノサイズファイバー不織布の精密伸張および圧縮特性評価

試料の作製：高い水分吸着性を有するポリ- $\gamma$ -グルタミン酸 ( $\gamma$ -PGA) にオキサゾリン含有ポリマーやポリエチレングリコールジグリシジルエーテル (PEGDE) を架橋剤に用いてエレクトロスピンニング法でナノファイバー不織布を作製した。また配向ナノファイバー作製用コレクターを設計した。

精密伸張および圧縮特性評価試験機の改良  
KES-G1s 精密伸張試験機の試験片部分の環境

湿度を 30%RH, 75%RH, に保つようにチャンバーで覆った。また水中での伸張試験を可能にするためのチャンバーを取り付けた。

圧縮試験機 (KES-G5s) の変位精度をあげ、圧子として球と平板を作製した。また試料台の振動や圧子につながる治具の振動をできるだけ小さくする工夫を行い圧縮時のノイズをできるだけ少なくするよう装置の改良を行った。

#### (2) 感性と機器分析結果との融合

手触り評価を主とする官能検査を行い、測定した特性値が感性評価の指標となりえるかの検証を行った。

- 構造や繊維組成の異なる不織布パッドを試料として、パッドの濡れ感に関わる特性を検討した。ここで、布の接触冷温感の指標である初期熱流束最大値  $q_{max}$  は含水状態で測定した場合にはパッド表層の水分量に影響されることに着目し、濡れ感の指標としての  $q_{max-wet}$  の測定方法と感性評価との対応を検討した。

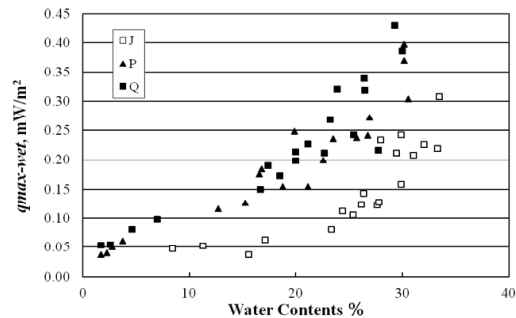


図 1  $q_{max}$  と含水率の関係 (3 種類の試料)

- 毛の長さを変えたフェイクファーを試料として、KES-SE 表面試験機に新しく毛羽を倒す抵抗を測定できる治具を設計し、その抵抗値を出力できるように装置を改良した。このバーは指が毛にそって動く時を想定した変形モードである。

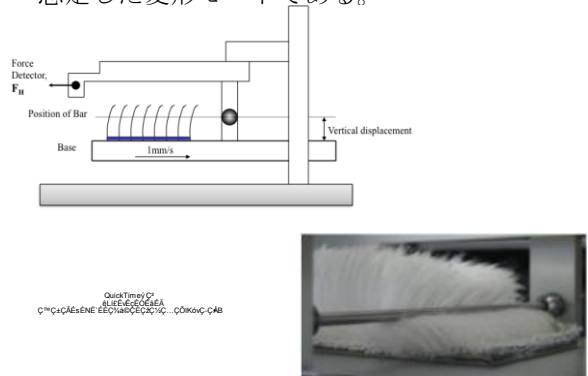


図 2 パイルの測定方法

#### 4. 研究成果

##### (1) ナノサイズファイバー不織布の精密伸張および圧縮特性評価

- オキサゾリン含有ポリマーで架橋した $\gamma$ -PGA、ならびに PEGDE を架橋剤に用いた試料の環境湿度を変えた状態、水中での伸張実験結果は水分によって性質が変化する材料の特徴が明確である。 $\gamma$ -PGA/PEGDE 不織布は高い吸水性を有した。さらに不織布を水中で繰り返し伸張—回復させ、ヒステリシス曲線を得ることで、この不織布の伸張特性は乾燥状態では硬く、吸湿、吸水状態では柔軟で伸び、強度は皮膚レベルであった。この結果は、ユニークな天然物系ナノファイバーの作製につながった。

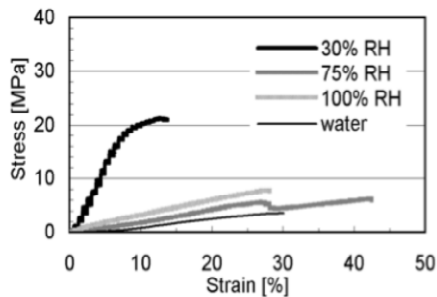


図 3  $\gamma$ -PGA ウェブ ( $\gamma$ -PGA/OXA=60/40) の応力歪み曲線

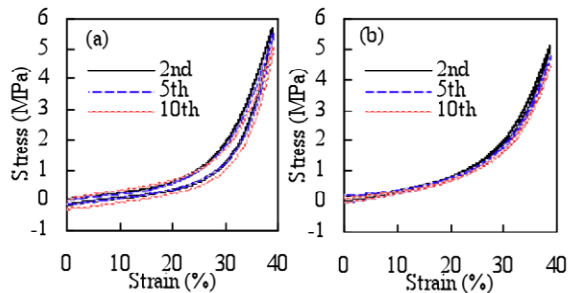


図 4  $\gamma$ -PGA/PEGDE 不織布の繰り返し伸張試験のヒステリシス曲線 (a) 75%RH 環境 (b) 水中

- 試料を損傷させず測定効率をあげるために、変位精度をあげた圧縮試験機 (KES-G5s) の球圧子の大きさや試料台の材質を検討した。その結果、アルミ製の試料台上に直接エレクトロスピンングで試料を付着させた後、薄膜の圧縮試験ができるようにした。薄膜の圧縮条件を設定し、この条件のもと、PVA, Nylon6, PU, PCL, PCL/catechin ナノファイバーウェブの圧縮試験を行った結果、試料間の差を

検出できることがわかった。特にナノファイバーのような薄膜でも加圧—除荷を繰り返した時、繊維間摩擦によるヒステリシスが顕著なことが初めて定量的に明らかになった。

- 配向ナノファイバー作製用コレクターを設計、試作しナノファイバー 1 本の伸張特性評価を行った。

##### (2) 感性と機器分析結果との融合

- 衛生用品に用いられる不織布パッドの濡れた時の使用感評価が、客観的に測定できれば困難な官能検査をすることなく非常に有益である。KES-サーモラボの接触冷温感の指標である  $q_{max}$  を濡れた状態で測定する方法を提案し、被検者の官能値と対応させた結果、予測式を導くことができた。

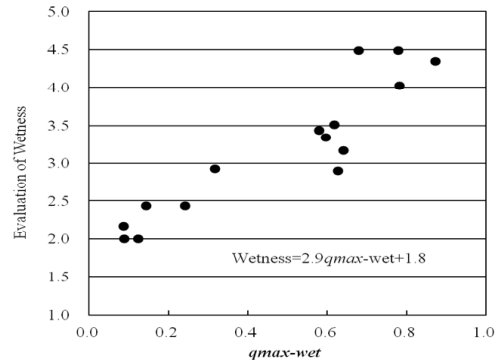


図 5 むれ感の主観評価と  $q_{max}$  の関係

- フェイクファーの毛を倒す時に生じる水平方向の力が、官能検査時の毛の動きやすさの指標となり、なめらかさや心地よさと相関の高いことがわかった。この測定法で毛布を測定した結果、消費者の感性評価との間により対応がみられ、毛布を構成するアクリル繊維の繊維直径と滑らかさの関係を捉え、毛布の設計に関する指標を得た。
- 接触子に布を使用し、皮膚と布間の摩擦特性の評価、手触り評価に近いモードを考慮した編み布の摩擦特性測定法の検討も行った。
- 糸やトイレットペーパーの物性評価をする上での有効な測定条件を明らかにした。

ナノファイバー集合体の薄膜が、テキスタイルの特性を示す非線形性や摩擦などのエネルギー損失 (ヒステリシス) を本研究で構築したシステムで測定することが可能になった。したがって、本研究の成果は新しい触感の創製に将来役立つ改良型KES評価システムとして有用であると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 14 件)

- ① Takeharu Tajima, Sachiko Sukigara, Effect of alum treatment on the mechanical and antibacterial properties of poly- $\gamma$ -glutamic acid nanofibers, *Textile Research Journal*, 査読有, 82, 2012, 1211 -1219
- ② Yoshihiro Yamashita, Katsuhisa Tokumitsu, Hiroshi Shibata, Hajime Miyake, Melt Electrospinning by Cylinder Heating Method, Transactions of the Materials Research Society of Japan, 査読有, 37, 2012, 61-64
- ③ Yukari Tanaka, Teruyuki Sugamori and Sachiko Sukigara, Objective evaluation of artificial furs for tactile comfort, *Textile Research Journal*, 査読有, 81, 2011, 429-436
- ④ 田島武治、上野清一郎、藪直靖、鋤柄佐千子、二官能性エポキシ架橋剤を用いたポリ- $\gamma$ -グルタミン酸ナノファイバーの繊維化と特性, SENI GAKKAISHI (報文), 査読有, 67, 2011, 169 - 175
- ⑤ Jian Kang and Sachiko Sukigara, Development of Compression Measurement for Electrospun Nanofibers Webs, Proceedings of the 40<sup>th</sup> Textile Research Symposium in Kyoto, 査読無, 2011, 77-82
- ⑥ Hiroko Yokura, and Sachiko Sukigara, Evaluation of Blanket for Tactile Comfort, Proceedings of the 40<sup>th</sup> Textile Research Symposium in Kyoto, 査読無, 2011, 219-221
- ⑦ Hiroko Yokura, Sachiko Sukigara, Evaluation of the Wetness of Pantliners, *Textile Research Journal*, 査読有, 80, 2010, 1643 - 1647
- ⑧ Mari Inoue, Surface friction properties of human skin and the friction between fabrics and skin, 査読無, Proceedings of the 39<sup>th</sup> Textile Research Symposium at IIT Delhi, 2010, 166-171

[学会発表] (計 20 件)

- ① 與倉弘子、鋤柄佐千子、タオル地の肌触りの評価と素材特性の関係, 日本衣服学会第63回年次大会, 2011年11月12日, 金城学院大学 (名古屋)
- ② Taku Yamamoto and Mari Inoue, Investigation of methods for measuring frictional properties of knitted fabrics, the 11th Asian Textile

Conference, 2011年11月4日, EXCO, Daegu, Korea

- ③ Sachiko Sukigara, Takeharu Tajima, Moisture, Water Absorption of Cross-linked Poly- $\gamma$ -Glutamic Acid Nanofiber Nonwovens, ICONTEX2011, 20-22 October, 2011, Klassis resort hotel, Istanbul, Turkey
- ④ Daiki Yokoyama and Yoshihiro Yamashita, Study on the capture technology of PLA/polypeptide blend nanofiberin electro spinning process, The 40<sup>th</sup> Textile Resreach Symposium at Kyoto, 2011年8月27日, 京都工芸繊維大学(京都市)
- ⑤ Jian Kang and Sachiko Sukigara, Development of Compression Measurement for Electrospun Nanofibers Webs, The 40<sup>th</sup> Textile Research Symposium in Kyoto, The Textile Machinery Society of Japan, 2011年8月26日, 京都テルサ(京都市)
- ⑥ 朝本康太、C K. H. Kent、仲川亮平、小滝雅也、平行電極を用いたエレクトロスピング法におけるナノファイバーの配向挙動, 日本繊維機械学会 第64回年次大会研究発表会, 2011年5月27日, 大阪科学技術センター (大阪市)
- ⑦ Sachiko Sukigara, Jian Kang, Measurement of compression properties for feather powder coated films and nanofiber webs, The 39<sup>th</sup> Textile Research Symposium in India, 2010年12月15-18日, Delhi, India
- ⑧ Daichi Kihana, Mari Inoue, Evaluation of the handle of toilet paper, The 39<sup>th</sup> Textile Research Symposium in India, 2010年12月15-18日, Delhi, India
- ⑨ 與倉弘子、鋤柄佐千子、毛布の触感と表面特性との関係, 日本衣服学会第62回年次大会, 2010年10月17日 和歌山大学
- ⑩ 河駿、K. H. K. Chan、仲川亮平、瀬川克己、小滝雅也、エレクトロスピング法によるナノファイバー配向制御に関する研究, 日本繊維機械学会 第63回年次大会, 2010年5月21-22日, 大阪科学技術センタービル, 大阪市
- ⑪ Seiichiro Ueno, Naoyasu Yabu, Takeharu Tajima, Sachiko Sukigara, Moisture, Water Absorption of Cross-linking  $\gamma$ -poly glutamic acid, The 38<sup>th</sup> Textile Research Symposium at Mt. Fuji, Textile Machinery Society of Japan, 2009年9月4日、富士教育研修所 (裾野市、静岡県)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鋤柄 佐千子 (SUKIGARA SACHIKO)  
京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・教授  
研究者番号：30216303

### (2) 研究分担者

與倉 弘子 (YOKURA HIROKO)  
滋賀大学・教育学部・教授  
研究者番号：50165784

井上 真理 (INOUE MARI)  
神戸大学・人間発達環境学研究科・准教授  
研究者番号：20294184

小滝 雅也 (KOTAKI MASAYA)  
京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・  
准教授  
研究者番号：00282244

山下 義裕 (YAMASHITA YOSHIHIRO)  
滋賀県立大学・工学部・講師  
研究者番号：00275166

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：