

IP-13-012・015～019
IIS-13-053・056～060

電気学会研究会資料

The Papers of Joint Technical Meeting on
"Information Processing " and "Innovative Industrial System ", IEE Japan

情報処理
次世代産業システム 合同研究会

IP-13-012・015～019
IIS-13-053・056～060

2013年3月30日

一般社団法人電気学会
The Institute of Electrical Engineers of Japan
東京都千代田区五番町6-2

電気学会研究会資料目次

情報処理 合同研究会 次世代産業システム

テーマ「現場に駆動された画像技術の深化, および画像処理一般」

IP-13-012	複数の線光源と単眼カメラを用いた三次元形状計測 1
IIS-13-053	阿地恵太, 吉田章人, 浮田浩行(徳島大学)	
IP-13-013	[欠番]	
IIS-13-054		
IP-13-014	[欠番]	
IIS-13-055		
IP-13-015	干渉縞の高速撮影による2次元振動分布の観察 7
IIS-13-056	吉田由紀子, 陶山史朗(徳島大学) 石井 抱(広島大学) 山本裕紹(徳島大学)	
IP-13-016	LEDパネルとAR技術を用いた情報提示装置の開発 13
IIS-13-057	岡部康平, 造田優貴, 浮田浩行(徳島大学)	
IP-13-017	LEDの高速点滅による手振り復号サイネージの提案 19
IIS-13-058	佐藤謙吾, シャヒミファルハン, 陶山史朗, 山本裕紹(徳島大学)	

IP-13-018 脳波を用いたリラックス効果の解析 25
IIS-13-059 野村知美,満倉靖恵(慶應義塾大学)

IP-13-019 カーテンアニメーションカタログ作成のための感性指標と織布の物理特性の関係性に関する検 31
IIS-13-060 討

飛谷謙介,朴 理紗,石田適志,梶 聡介(関西学院大学)
饗庭絵里子(産業技術総合研究所)
長田典子(関西学院大学)

協 賛 マッサージ・ビジョン応用技術調査専門委員会
非整備環境におけるパターン認識技術の深化と実社会展開協同研究委員会

カーテンアニメーションカタログ作成のための 感性指標と織布の物理特性の関係性に関する検討

飛谷 謙介* 朴 理紗 石田 適志 梶 聡介 (関西学院大学)
饗庭 絵里子 (産業技術総合研究所)
長田 典子 (関西学院大学)

Examination of the Relation between Kansei Indicator and Physical Attributes of Lace Curtain for Curtain Animation

Kensuke Tobitani*, Lisa Park, Atsushi Ishida, Sousuke Kaji (Kwansei Gakuin University),
Eriko Aiba (The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology),
and Noriko Nagata (Kwansei Gakuin University)

The need for rendering of woven fabrics arises frequently in computer graphics. The motion of woven cloth is generated based on physically-based dynamic simulation, where the setup of each parameter is decided ad hoc by users. In this study, we present a method for estimating the dynamics of woven cloth from the optic characteristics using the subjective impressions concerning the relationship between the optics and the motion properties..

キーワード：織布, 感性, 物理特性, CG
(Keywords, woven cloth, *Kansei*, physical characteristics, CG)

1. はじめに

CGにおいて物体の質感をリアルに表現する研究が多く行われてきた。質感を表現するためには物体の反射特性や透過特性を用いる方法があり、これまで様々なモデルが提案されている。

我々のこれまでの研究では、透け感のある布をCGで表現するために、織布の透過特性に着目したシェーディングモデルの提案を行い、モデルに基づくCGアニメーションを作成した。こうした光学特性は素材固有の質感を表現する上で重要な要素である⁽¹⁾。

一方で布の質感には「風合い」と呼ばれる触覚における固有の材質感があることが知られている。風合いは布の力学特性であり、すなわち「形状変化」や「動き」に直接影響を及ぼす特性であるため、アニメーション生成においても、布の風合いにふさわしい形状変化や動きを表現することが、見た目の質感のリアリティを高めるために重要であると考えられる。同時に人は見た目の光学特性から経験的に、布の形状変化や動きをある程度推定することができる。すなわち光学特性と動き特性の関連を経験的に知っている。

本研究では、布の光学特性と動き特性の関連性に関する感性指標(印象評価)を利用して、光学特性から布の力学

特性を推定する手法について検討する。最終的には布の光学特性の計測から、力学特性の推定を介して、リアルな布のアニメーションを出力することが目標である。

2. アニメーションカタログ

本研究のコンセプトである「アニメーションカタログ」は、布サンプルを選択すると、様々な照明条件下におけるリアルなアニメーションを出力するシステムである。

布のアニメーションはクロスシミュレータを用いることが一般的であるが、多くのパラメータ設定を必要とするため、自然な動きを再現するには人の経験や直感に頼らなければならない。

本研究では布の外観から得られる情報のみから自然な動きを再現する手法として、視覚情報から「織り構造」「光学特性」を得て、そこから「力学特性」を推定する。得られた力学特性から物理シミュレーションを行うことによりアニメーションを出力する。出力された映像と布サンプルから得られる印象と比較することで、アニメーションと人の感覚差をなくし、よりリアリティのあるアニメーションが生成できるようになる(図1)。最終的には、印象評価語からアニメーションを生成できる誰もが簡単に直感的に利用できるデジタルカタログの制作を目指している。

3. 布の基本特性

〈3・1〉 風合い表現 風合いとは、織物や紙などの人がものに触れた時に感じる材質感のことである。生地に使われる風合い表現には「こし」「はり」「ぬめり」「ふくらみ」

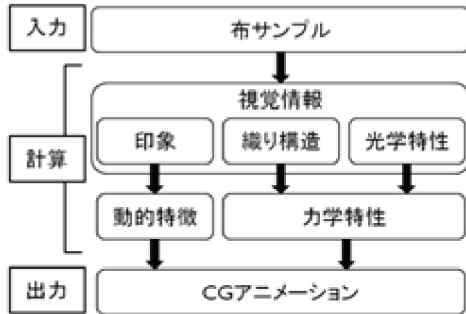


図1 アニメーションカタログの概念図
Fig. 1. Concept diagram of curtain animation catalog.

「しやり」等の用語が用いられる。これらの言葉は風合い計測と規格化研究委員会 (HESC) によって「基本風合い」とされ、風合いに関する様々な研究がなされている²⁾。

一方で世界的には ASTM (American Society for Testing and Materials) 規格があり、風合いを hand や handle などと表現している。繊維素材の物理的性質から flexibility (剛軟性), compressibility (圧縮性), extensibility (伸長性) などの表現を用いており、日本の規格とは基準が異なる。

〈3・2〉 クロスシミュレータ CG の技術が発達し様々な 3DCG ソフトウェアが開発されている。クロスシミュレータ機能を搭載しているものも多く、中でも mass-spring モデルが用いられることが多い³⁾。mass-spring モデルとはパーティクルを平面上に配置しそれぞれをバネで繋ぎ、運動方程式を解くことによって形状を決定する。パラメータの調節によってシルクやデニム生地のような表現が可能である。

〈3・3〉 風合いに関わる物理特性 布の風合いやクロスシミュレータのパラメータとして以下の力学特性が用いられる。計測方法やソフトウェア上での計算方法の違いから直接反映させることはできないが、再現性を高めるための指標として扱うことができる。

- ・ Stretch : 伸長に抵抗する量
- ・ Compression : 圧縮に抵抗する量
- ・ Bend : 曲げに抵抗する量
- ・ Shear : せん断に抵抗する量

4. 布の風合いと力学特性の関係性評価実験

アニメーションにおける動き特性と布の力学特性の関係性を明らかにするため以下の実験を行った。

〈4・1〉 アニメーションの生成 3DCG 作成アプリケー

ション Maya2010 のクロスシミュレータ機能を利用してアニメーションの生成を行った。Maya の定める T-Shirt, Cotton のデフォルト値から基準となるアニメーションを生成した。基準映像を元に布の力学特性である「伸長の抵抗 (伸び)」「圧縮の抵抗 (圧縮)」「バンドの抵抗 (曲げ)」「シアの抵抗 (せん断)」の各値を大小変化させ (図 2)、合計 9 つのアニメーションを生成した (図 3)。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
バンドの抵抗	0.10	0.01	1.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
圧縮の抵抗	10.0	10.0	10.0	1.0	100.0	10.0	10.0	10.0	10.0
シアの抵抗	0	0	0	0	0	50	100	0	0
伸長の抵抗	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	2.0	200.0

図2 力学特性に関わるパラメータの設定値
Fig. 2. Parameter of mechanical characteristics



図3 アニメーションの比較

Fig. 3. Comparison with animations

〈4・2〉 実験評価語 アンケート調査に用いる印象語については、先行研究で用いられた風合い形容詞を参考に、プレ実験等を経て選出した⁴⁾。印象評価語である「柔らかい」「滑らか」「こしのある」「激しい」「ふわふわ」、「重い」「厚い」に加えて、主観評価語の「リアルな」「好き」「美しい」の 10 個の言葉を評価語として選出した。

〈4・3〉 実験方法 実験は大学生 10 名に対して行った。実験参加者にはランダムに 2 枚の映像を同時に提示し、全 36 通りの組み合わせについて評価を行うよう依頼した。提示された映像を 10 個の評価語について「(左) 非常に思う」「(左) そう思う」「同等」「(右) そう思う」「(右) 非常に思う」の 5 段階で評定を求めた。集計したデータをもとに Scheffe の一対比較法を用いて解析を行った。

〈4・4〉 結果と考察 それぞれの映像の感覚尺度値を評価項目ごとに図 4 に示す。図中の横軸には Scheffe の一対比較法を用いて求められた感覚尺度値を示しており、各点は力学特性値を表している。これらの結果に対し、ヤードスティック区間値を求めた結果、有意水準 5% で有意差がある区間以上に離れていた条件のうち最小の区間を実線のアームで結び「*」を記している。また、有意水準 1% で有意差がある条件は「**」を記した。

10 個の評価項目全体の結果から、動き特性には大きく、(1)「重い」「厚い」の軽重感を表すもの、(2)「柔らかい」「滑らか」「ふわふわ」の堅柔感を表すもの、の間で同様の感覚尺度が形成されていることが観測された。すなわち本研究での布の動き特性は、軽重感と堅柔感の2つの因子から構成されると示唆された。

しかしながら、バンドの抵抗値の変化(映像 A, B, C の比較)に着目すると、評価項目「柔らかい」において力学特性とは矛盾する結果が得られた。バンドの抵抗は一般に小さくすると柔らかくなり、大きくすると固くなる性質がある⁶⁾。力学特性と評価の不一致の理由として評価映像のカーテンに現れた「しわ」が原因であると考えられる。カーテンが柔らかくなりすぎたため、風力やカーテン自身の揺れで「しわ」が生じやすくなり、「シャリ感」として捉えられたため固く感じさせたと考えられる。また、圧縮の抵抗を小さくするとしわがよりやすくなる傾向がありバンドの抵抗と同様のことが圧縮の抵抗(A, D, E)にも言える。こうした矛盾については今後さらなる検討が必要である。

5. 物理特性の計測

本研究では、織布の物理特性と織り構造と関連付けるため、布サンプルの接写画像からの織り構造の数値化および織布の光学特性および力学特性の計測を行う。

〈5・1〉 織布の光学特性の計測

〈5・1・1〉 計測機器 光学特性の計測には BRDF 測定装置 OGM-3(Optical Gyro Measuring Machine)を用いて BRDF および BTDF の計測を行う(図 5)。OGM-3 はカメラ固定で、ライト 2 軸、サンプル 2 軸で動作する(図 6)。画像計測には解像度 512*512pixel, 有効画素 1100 万画素の冷却 CCD カメラ BS-43 を使用した。計測は暗室で行い、光源にはメタルハライド光源を使用する。

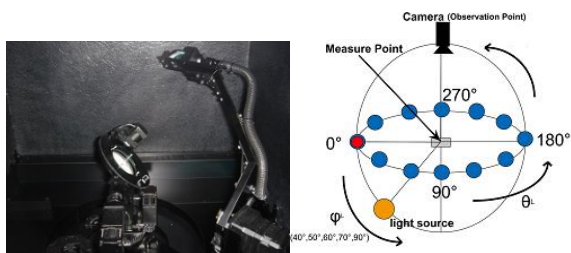


図 5 OGM-3 図 6 観測点と光源方向の概観
Fig. 5. OGM-3 Fig. 6. Observation points and light-source direction

〈5・1・2〉 計測条件 様々な方向からの試料の見え方を調べるため、ライト角を固定し、カメラ角を変動させて BRDF/BTDF の計測を行った。計測範囲は以下の通りである。

- ・ライト θ : 0° に固定
- ・ライト ϕ : 60° に固定
- ・カメラ θ : $0^\circ \sim 360^\circ$ までを 30° 毎
- ・カメラ ϕ : $0^\circ \sim 90^\circ$ までを 2° 毎

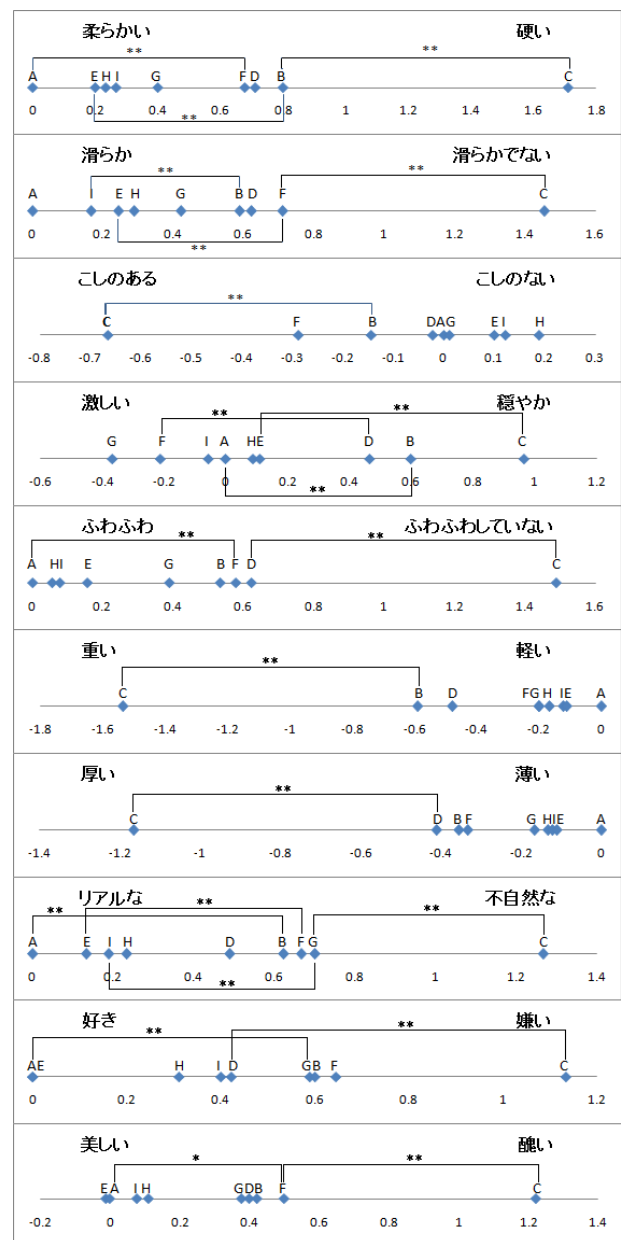


図 4 一対比較法による風合いの尺度化
Fig. 4. Construction of curtain handle by pair comparison method

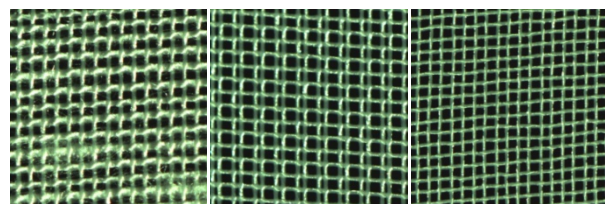


図 7 織布サンプル(A,B,C)
Fig. 7. Woven cloth samples

〈5・1・3〉計測対象 織布の織り方には何種類もあるが、ほとんどの織物の基本となる平織り、綾織り、朱子織を特に三原組織という。本研究では計測対象として、レースカーテンなどに使う、織布の基本的な織り方の一つである「平織り」で織られた白色の布素材を測定対象とする。計測では3つの異なる織布サンプル A, B, C を用いた (図 7)。サンプル A, B においては縦糸と横糸の間隔、太さの違いが目視によって確認できたため、縦横 2 方向から計測を行った。

〈5・2〉 織布の織り構造の数値化

一見、大きな違いのない織布であっても素材ごとに織り方や糸の特徴には違いがある。本研究では、平織りの織布の構造を測定データから推定することで織布の特徴を数値化する。

〈5・2・1〉画像処理 サンプル A, B, C の織り構造に着目するため、接写画像から布に用いられている糸の太さ、間隔を求める。接写画像を二値化しフィルターを用いて縦糸と横糸成分に分割しそれぞれの太さ間隔のピクセル数の数値を求めた。サンプル B の画像処理結果を図 8 に示す。

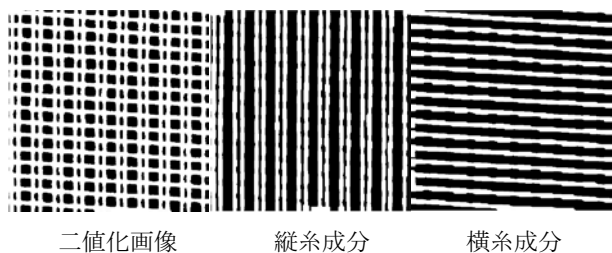


図 8 画像処理結果

Fig. 8. Image processing results

〈5・3〉 KES による織布の力学特性の計測

〈5・3・1〉計測機器 力学特性を調べるため、風合い計測技術 KES (Kawabata Evaluation System) を用いて計測を行う。布の基本特性であり、物理シミュレーションと関連がある Compression, Bending, Shear の値の計測を行った。それぞれの計測には KES-G5, KES-FB2-AUTO-A, KES-FB1-AUTO-A を用いた。

〈5・3・2〉計測条件 室温 23 度、湿度 50% の布計測における一般的な条件のもと計測を行った。

- ・ Compression : 速度 0.010/sec, 取込み間隔 0.1sec, 上限荷重 50gf/c. レースの布は非常に薄く 1 枚では差異がそれほど見られないため 5 枚重ねで計測を行った。

- ・ Bending : 最大曲率 2.5/cm. 試料 A, B において織り構造に特徴が見られたため、縦横 2 方向から計測を行った。

- ・ Shear : せん断角 8.0deg, せん断ウエイト 200g. 試料 A, B は縦横 2 方向から計測を行った。

〈5・3・3〉計測対象 計測対象として、光学特性の計測でも用いたレースのカーテン 3 種類を用いる (図 7)。布素材を 8×8cm に切り取ったものを計測対象とする。

〈5・3・3〉計測結果 計測結果を表 1 に示す。表中 A①は

サンプル A の縦方向、A②はサンプル A の横方向からの計測結果を表す。また、B は曲げ抵抗、2BH は曲げ回復力、G はせん断剛性、2HG はせん断回復力、LC は圧縮の直線性、WC は圧縮の仕事量、RC は圧縮レジリエンスをそれぞれ示す。

〈5・4〉 物理特性の関連付け

織り構造と織布の光学特性(BRDF/BTDF)、織り構造と KES による力学特性および KES による力学特性と織布の光学特性の関係性を調べるため、前節までの計測結果を用いてそれぞれ回帰分析を行った。回帰分析の結果をそれぞれ図 9, 10, 11 にそれぞれ示す。

表 1 KES 計測結果

Table.1. Measuring results of KES

織布	曲げ特性		せん断特性		圧縮特性		
	B	2BH	G	2HG	LC	WC	RC
A①	0.024217	0.02835	0.716	0.716	0.2496	0.342	47.76
A②	0.03482	0.05414	0.762	0.886			
B①	0.04406	0.01714	0.675	0.515	0.7408	0.1068	54.872
B②	0.0328	0.01055	0.776	0.742			
C	0.02078	0.00942	0.574	0.582	0.604	0.1634	38.092

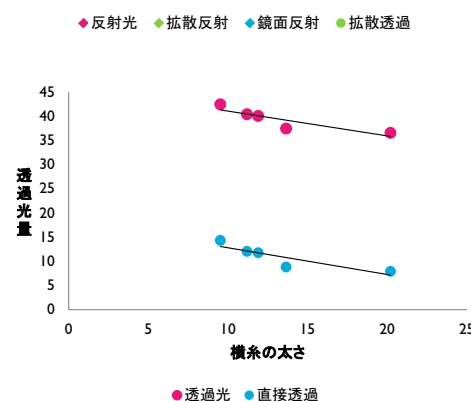
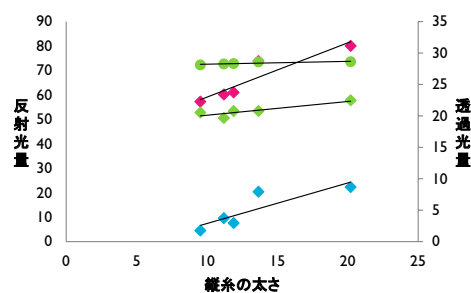


図 9 織り構造と光学特性の関係性

Fig. 9. Relation between woven structure and optical characteristics

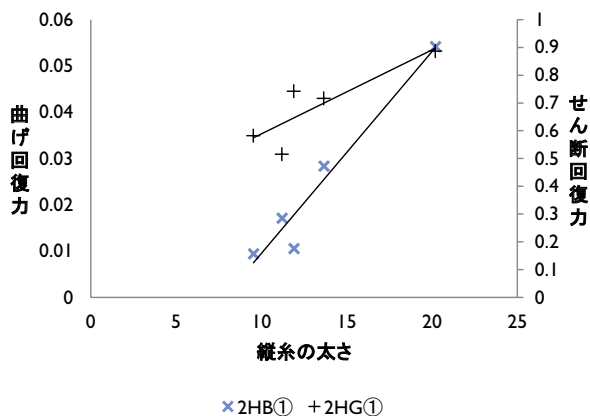


図 10 織り構造と力学特性の関係性

Fig. 10. Relation between woven structure and mechanical characteristics

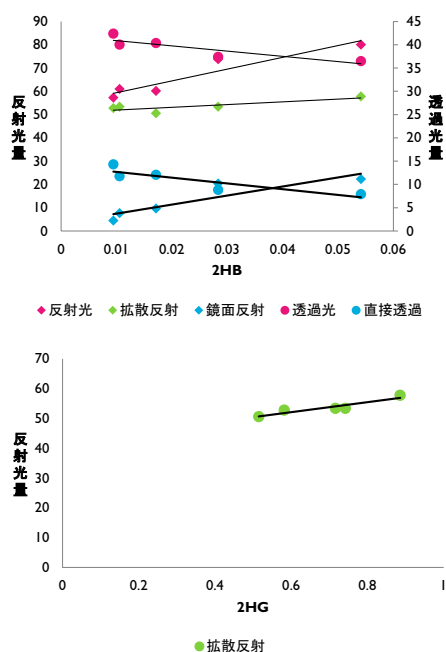


図 11 光学特性と力学特性の関係性

Fig. 11. Relation between optical characteristics and mechanical characteristics

図 9, 10, 11 より, 縦糸が太くなると光学的には鏡面反射成分が増加し, 力学的には曲げやせん断に対して反発性がなくもどりにくい傾向がみられ, また横糸の太さは直接透過成分と関係があり, 横糸が細いほど直接透過成分は増加する傾向が確認された。

6. 感性指標と物理特性の関係性

印象評価実験から布の動きには軽重感と堅柔感の 2 要因が関与することが明らかになった。前章の結果より, 曲げ抵抗の値はこれらいずれの要因にも関係し, 風力の変化によって動きの表現に影響を及ぼすと推測される。また, 物理特性の関連性から曲げ抵抗値を目視である程度予想でき

ると考えられる。以上のことから, 人は布サンプルから物理特性を予測し, 物理特性に則った動きを予想できると考えられる。

6. まとめ

本研究では, 平織り構造を持つ織布を対象に, BRDF 測定装置で光学特性の測定を行い, 風合い測定装置で求めた力学特性の計測結果および布サンプルから算出した織り構造との関連付けを行った。また, クロスシミュレータによる映像評価実験から, 印象語と布の動き特性, 力学特性との関係性を検討した。布の動きには曲げ特性が最も影響を及ぼし, 曲げ特性は光学特性と関連づけられることから, 静的な布に対して視覚情報から動き特性を推定できる可能性を示した。

今後としては, クロスシミュレーションを用いた感性評価実験を行った際, 「しやり」について共通認識が得られなかったことから, 今後はより直観的で汎用的な感性語の選定が必要だと考えられる。また, 平織り以外の織布や色・模様が入った織布で同様の結果が得ることができるとの検討が必要がある。

文 献

- (1) Nomura, S., Ishida, A., Ishigo, E., Okamoto, T., Mizushima, Y., & Nagata, N. (2011). Lace Curtain: Modeling and Rendering of Woven Cloth using Microfacet BSDF. Production of a catalog of curtain animations. ACM SIGGRAPH 2011: posters, Modeling, Full Conference DVD-ROM.
- (2) 川端季雄 (1980). 風合い評価の標準化と解析, 第 2 版下, 日本繊維機械学会.
- (3) P. Volino, N. Magnenat-Thalmann, F. Faure (2009). A Simple Approach to Nonlinear Tensile Stiffness for Accurate Cloth Simulation. ACM Transactions on Graphics, ACM, 28(4), 105-116.
- (4) 森本一成, Choi Dong Eun, Koo Kang(2007). 韓国における布の風合い表現に用いられる感性語の特徴. 繊維と工学, 63(3), 63-66.
- (5) nClothShape (2012). http://me.autodesk.jp/wam/maya/docs/Maya2010/index.html?url=nCloth_nodes_nClothShape.htm&topicNumber=d0e485609