
信州大学審査学位論文

視覚的風合いの形成要因に関する
感覚計測工学的研究

2017年3月

丸 弘樹

目次

第1章 序論	1
1.1 研究の背景	2
1.2 関連研究	3
1.3 研究の目的	6
1.4 論文の構成	8
第2章 専門家を対象とした視覚的風合いの心理的側面における形成要因	9
2.1 はじめに	10
2.2 実験目的	11
2.3 視覚的風合い評価構造のモデル化手段	12
2.4 専門家集団による視覚的風合いの官能評価実験	15
2.4.1 形容語の選定	15
2.4.2 試料および実験方法	17
2.4.3 実験結果	21
2.5 視覚的風合いの心理的側面における形成要因	26
2.5.1 発展規定風合いと基本風合いの関係	26
2.5.2 発展規定風合いと発展風合いの関係	32
2.6 本章のまとめ	35

第3章 非専門家を対象とした視覚的風合いの心理的側面における形成要因	37
3.1 はじめに.....	38
3.2 実験目的.....	40
3.3 試料および実験方法	42
3.3.1 実験試料.....	42
3.3.2 実験方法.....	43
3.3.3 視覚的風合い官能評価の分析方法	46
3.4 評価者の属性が評価構造モデルへ及ぼす影響	48
3.4.1 官能評価結果.....	48
3.4.2 発展規定風合いと基本風合いの関係.....	50
3.4.3 発展風合いと発展規定風合いの関係.....	55
3.5 評価対象が評価構造モデルへ及ぼす影響	58
3.5.1 官能評価結果.....	58
3.5.2 発展規定風合いと基本風合いの関係.....	61
3.5.3 発展風合いと発展規定風合いの関係.....	65
3.6 視覚的風合いの心理的側面における評価構造モデルの提案	67
3.7 本章のまとめ.....	70
第4章 視覚的風合いの織物物性側面における形成要因	71
4.1 はじめに.....	72
4.2 実験目的.....	76
4.3 視覚的風合い評価のための機器計測システム	77
4.3.1 関連研究について.....	77

4.3.2	測光装置の試作	80
4.5	光学的反射特性の測定	82
4.5.1	試料および実験方法	82
4.5.2	測定結果	83
4.5.3	光学的反射特性の特徴量化について	86
4.6	本章のまとめ	89
第5章	視覚的風合いの形成要因間の関係	91
5.1	はじめに	92
5.2	実験目的	93
5.3	観察領域の異なる明るさ感と設計要因の関係	94
5.4	観察領域の異なる明るさ感と織物物性要因の関係	97
5.5	本章のまとめ	101
第6章	機器計測システムの応用	103
6.1	はじめに	104
6.2	実験目的	104
6.3	スライドファスナの審美性評価	105
6.3.1	実験試料	108
6.3.2	審美性評価における心理的側面の形成要因	112
6.3.3	審美性評価における物性に関する側面の形成要因	118
6.3.5	形成要因間の関係と審美性評価モデル式	123
6.4	本章のまとめ	127

第7章 結 論	129
参考文献	135
研究業績	141
謝辞	145

第 1 章

序 論

第1章 序論

1.1 研究の背景

産業の高度化は、自動化・システム化の技術を導入することで実現されてきた。これらを支えてきた重要な基礎技術の一つに「計測技術」があり、製品の品質は、計測技術による裏付けによって保証されてきた。特に、近年では消費者の品質に対する要求が多様化し、計測技術の果たすべき役割はますます大きくなってきており、高度な段階に向けて計測技術の開発が進められている。

また、2008年から経済産業省において感性価値創造活動[1]が推進されており、感性価値創造イニシアティブとしてとりまとめられた。感性価値とは、生産者が消費者の感性に訴求し、それに消費者が共感する過程を通して創造される価値である。また、感性価値は従来のものでづくりの基本的価値軸である信頼性、コスト、機能性に付随する要素、すなわちものでづくりにおける $+\alpha$ の価値となり得る可能性を秘めており、産業界の潜在的需要を喚起し、市場拡大につながると期待されている。感性価値の創造には、とりわけヒトが身体感覚器官(視覚、聴覚、触覚、嗅覚、味覚、体性感覚)で感受した情報の総体として形成される製品の印象や心地良さの可視化が必要であると考えられるため、近年のものでづくりにおける重要な計測技術として「感覚計測工学」に注目が集まっている。

繊維製品における感性価値について考えてみると、その一つに「布の風合い」が挙げられる。布の風合い[2-4]とは、人が感覚器官を通して知覚する布の物性であり、想定する衣服の利用用途や形態によってそれぞれの布地に求められる風

合いの特徴は異なるといえる。狭義の意味での風合いとして、触知覚を通して知覚される布の物性、すなわち触知覚的風合いがある。触知覚的風合いは、布の物性を計測することで客観的に予測するシステム[5]の開発が行われ、熟練技術者の感覚や経験によって行われてきた風合い評価が数値によって可視化されるようになった。一方、冠婚葬祭に着用される礼服(ブラックフォーマル)設計のために製織される黒色織物に限定して風合いを考えた場合、外観の審美性が重要となることから衣服の形状や生地のだレープだけでなく、視覚を通して知覚される風合い(視覚的風合い, **Fabric Appearance**)が生地に強く求められる。しかし、視覚的風合いは、触知覚的風合いのように体系化されていないのが現状であり、その計測システムは未だ確立していない。

そこで本研究では、感性価値創造に向け、繊維製品における感性価値の一つである黒色織物の視覚的風合いを対象とした感覚計測工学的研究に取り組んだ。

1.2 関連研究

感覚計測工学は、外的な刺激と内的な感覚の対応関係を測定し、定量的な計測を行う精神物理学に端を発する。「心理的な感覚量は、物理的な刺激量の対数に比例する」というウェーバーフェヒナーの法則[6]は精神物理学の代表的理論といえる。

外的な刺激の測定は、長さや質量など古くから客観性の高い定量的な計測が行われてきた。一方、内的な感覚という心理量の測定は、主観や個人差が混入することが避けられない官能検査など人間の感覚に依存した検査手法によって量的に表されてきた。そのため、心理量の定量的表現について、より客観性が望ま

れ、外的な刺激と心理量のそれぞれの概念を形成する要因間の対応関係を明らかにする手段、または心理量について機器による計測を実現する手段として感覚計測工学は発展してきた。

種々の心理量について機器による計測を実現するプロセスは、次の2つの段階、(1)「概念の整備」、(2)「機器計測システムの構築」に分けて考えることができる[7]。概念の整備とは、官能検査で検査せざるを得ない事象に対して、それが「どのような性格を持つか」を明確にするプロセスである。一方、機器計測システムの構築は、「その概念がどのような物理量を用いて客観的に計測可能となるか」を明確にするプロセスである。本研究では、この2つのプロセスによる課題解決方法を感覚計測工学的アプローチと定義する。

感覚計測工学的アプローチを布の風合いに当てはめて考えてみると、概念の整備プロセスとして、風合い評価に用いる形容語に関する研究[8, 9]、風合いの官能検査手法[10, 11]、風合い評価の定量化(尺度化)手法に関する研究[12, 13]、風合いの心理的評価構造に関する研究[5, 14, 15]が挙げられ、人間心理の側面における触知覚的風合いの形成要因が同定された。さらに、機器計測システムの構築プロセスとして、布の物理特性の計測手法に関する研究[16–18]、風合い評価の官能量と物理特性との対応に関する研究[12, 19–21]が挙げられ、織物の設計、織物物性の各側面における触知覚的風合いの形成要因が同定された。そして、これらの要因間の関係を明らかにすることで触知覚的風合いの体系化が行われてきた。その最たる成果が、布の力学的特性より触知覚的風合いを計量化する KES (Kawabata Evaluation System)の確立[6]であり、繊維業界に広く普及するに至った。

一方、冠婚葬祭に着用される礼服(ブラックフォーマル)設計のために製織される黒色織物に限定して風合いを考えた場合、外観の審美性が重要となることか

ら衣服の形状や生地のだレープだけでなく、視覚を通して知覚される風合い(視覚的風合い, Fabric Appearance)が生地に強く求められる。しかし、視覚的風合いは、触知覚的風合いのように体系化されていないのが現状であり、生産者間においても視覚的風合いに対する評価規範が確立しているとはいえない。

先行研究から視覚的風合いの現状について考えると、概念の整備プロセスとして、風合い評価に用いる形容語について、Brand[9]は布の審美性を表現する多数の風合い形容語を挙げて視覚的風合い評価に用いるべき形容語を提案した。風合いの官能検査手法と風合い評価の定量化(尺度化)手法に関する研究として、金井ら[22]は Brand の形容方法を基に黒色織物の三原組織を対象とした視覚的風合い評価を行い、統計的手法によって視覚的風合いの評価因子の抽出を試みた。しかし、視覚的風合いの心理的評価構造に関する研究については、研究例が乏しく評価構造に言及したものはみられない。また、機器計測システムの構築プロセスとして、布の光学的特性に基づく手法[23-26]が提案されているが、風合い評価の心理量と物理特性との対応付けについては課題が残されている。このように視覚的風合いは、体系化プロセスにおいて未確立な要素が多分に山積している。

1.3 研究目的

本研究では、これら問題を解決し、工学的側面で貢献するために、黒色織物における視覚的風合いの課題に対して感覚計測工学的アプローチを適用し、視覚的風合いの評価構造モデルの提案、ならびに視覚的風合いの機器計測システムの有用性を検証することを目的とした。

この目的を達成するために、Fig1.1 に示すように黒色織物における視覚的風合いを織物の設計、織物物性、人間の心理の各側面から検討した。まず、視覚的風合いがどのような用語によって表現され得るのかを理解するため、心理的側面における視覚的風合いの形成要因を明らかにした。次に、織物の設計および織物物性の各側面について、これらの形成要因を明らかにするための機器計測システムとして、実用上の簡便さにも配慮した、変角機構を実現した測光装置を構築した。そして、織物の設計、織物物性、人間の心理の各側面における視覚的風合いの形成要因間の関係性を評価構造としてモデル化した。さらに、構築した機器計測システムの有用性を検証するため、被服構成材料の一つであるスライドファスナを対象にして測光・測色に取り組むとともに、物性に関する側面と心理的側面における要因間の関係解明に取り組んだ。

この目的を達成することで、本来、評価者が行うべき視覚的風合いの評価を代替する方法を確立することができ、視覚的風合いの解明の一助となる。さらに、実際の生産現場においても、織物設計途上で必要となる逐一の主観的評価を省略できることから生産性の向上が期待される。

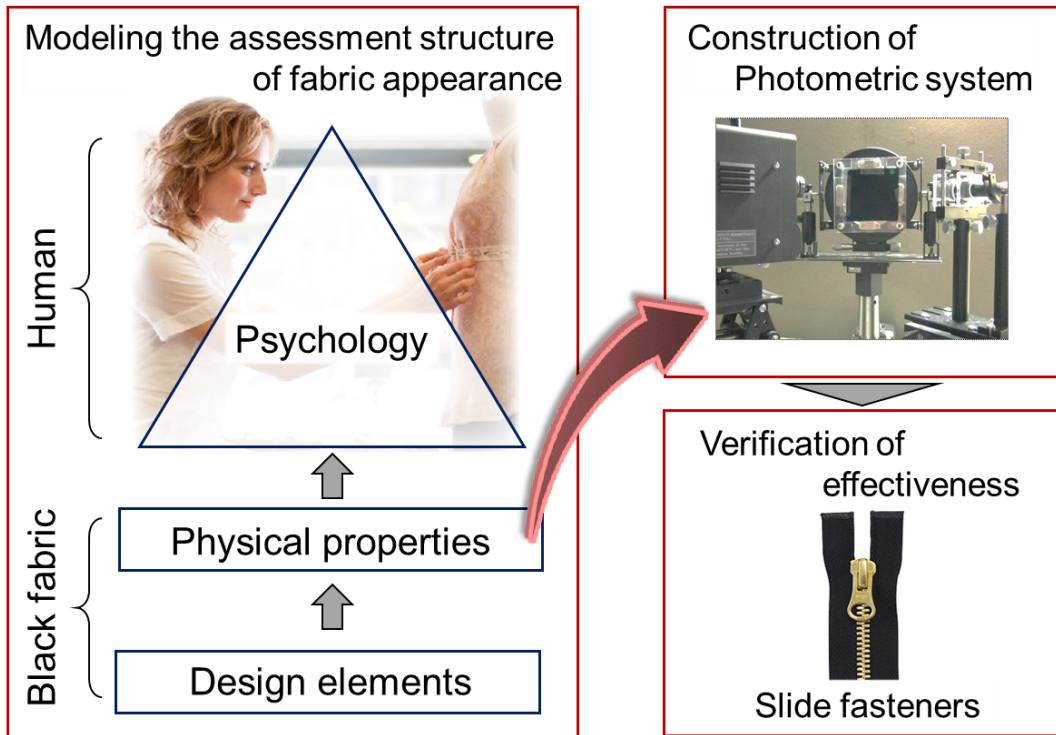


Fig. 1.1 Purpose of this study

1.4 論文の構成

本論文の構成は次のようになっている。第2章では、視覚的風合いの心理的側面について、材料の物理的特性と使用時の消費特性を熟知している人が真の風合い判定者であるという仮定を考慮して、まず、専門家を対象とした際の視覚的風合いの心理的側面における形成要因について述べる。第3章では、専門家の視覚的風合い評価の心理的側面について一般性を検証するために、非専門家を対象とした際の視覚的風合いの心理的側面における形成要因について述べる。第4章では、織物の設計および織物物性の各側面における形成要因を明らかにするために、測光装置の試作、および最適な特徴量化法について述べる。第5章では、第2章および第3章で明らかにした心理的側面における形成要因と第4章において得られた織物の設計、織物物性の各側面における形成要因について、これらの要因間の関係解明と評価構造のモデル化について述べる。第6章では、第4章において構築した機器計測システムを用いたスライドファスナにおける審美性評価について述べる。最後に、第7章で本論文の結論を述べる。

第 2 章

専門家を対象とした視覚的風合いの 心理的側面における形成要因

第2章

専門家を対象とした視覚的風合いの

心理的側面における形成要因

2.1 はじめに

冠婚葬祭に着用される礼服(ブラックフォーマル)設計のために製織される黒色織物に限定して風合いを考えた場合、外観の審美性が重要となることから衣服の形状や生地のだらみだけでなく、視覚を通して知覚される風合い(視覚的風合い, Fabric Appearance)が生地に強く求められる。しかし、視覚的風合いは、触知覚的風合いのように体系化されていないのが現状であり、生産者間においても視覚的風合いに対する評価規範が確立しているとはいえない。

先行研究から視覚的風合いの現状について考えると、風合い評価に用いる形容語に関する研究として、Brand[9]は布の審美性を表現する多数の風合い形容語を挙げて視覚的風合い評価に用いるべき形容語を提案した。風合いの官能検査手法と風合い評価の定量化(尺度化)手法に関する研究として、金井ら[22]はBrandの形容方法を基に黒色織物の三原組織を対象とした視覚的風合い評価を行い、統計的手法によって視覚的風合いの評価因子の抽出を試みた。風合いの心理的評価構造に関する研究については、研究例が乏しく評価構造に言及したものはみられない。このように視覚的風合いは、体系化プロセスにおいて未確立な要素が多分に山積している。

2.2 実験目的

本章では、視覚的風合い評価構造モデル提案の第一段階として、黒色織物における視覚的風合いの心理的側面における形成要因を明らかにすることを目的とした。心理的側面における形成要因を明らかにすることは、視覚的風合いの解明やその評価構造モデルの提案の一助となり、個々の風合い表現がどこに位置付けられるのか、また、他の表現との関連はどうなっているのかといった基本的な問題を示すことができる。したがって、先に述べた視覚的風合いに対する評価規範が確立していないという問題の解決が期待される。

本実験では、色彩が統一され繊維材料および織組織が異なる黒色織物を選定し、視覚的風合いを表現できる多数の形容語を用いた視覚的風合い官能評価を行った。評価者は、材料の物理的特性と使用時の消費特性を熟知している人が真の風合い判定者であるという仮定を考慮して、専門家集団とした。そして、工業製品の価値表現として知られる3階層構造を採用し、心理的側面について3階層に基づく評価構造のモデル化を試みるために、階層間の関係について検討した。

2.3 視覚的風合い評価構造のモデル化手段

視覚的風合いの心理的側面における形成要因を明らかにするために、触知覚的風合いおよび感性工学分野において提案された評価構造を援用することとした。

触知覚的風合いの評価構造について、川端[5]は、まず、従来から専門家の人々が日常的に使用していた「ぬめり」、「しゃり」、「こし」のような複合的な意味をもつ用語を重要な風合い表現として定義した。例えば、「ぬめり」とは細くて柔らかい羊毛の繊維からもたらされる触ってのなめらかさ、しなやかさ、やわらかさの混じった感覚[5]と定義されている。そして、これらの上位の概念に最終的な風合いの良否があるとする2階層の評価構造を示した。さらに、いくつかの物理的特徴量を用いて重要な風合い表現をHV (Hand Value)として数値化し、最終的な風合いの良否であるTHV (Total Hand Value)をHVの組み合わせにより数値化するKESシステムを確立した。

一方、最近の感性工学分野の研究結果[27–29]から、工業製品の価値表現には3階層の評価構造が適切であることが報告されている。これらの研究では、物理量に近い感覚レベル(下位層)の評価、それらの情報が複合した認知レベル(中位層)の評価、ならびに「美しい」「好きな」のような総合的レベル(上位層)の評価の3階層が存在することを示唆している。触知覚的風合いの評価構造および感性工学分野の評価構造に共通することとして、階層間に因果関係を仮定していること、上位の概念は下位の概念の複合的意味を内包しているということが挙げられる。

本研究では、これらの成果を参考にして、黒色織物における視覚的風合い評価

における心理的側面について Fig. 2.1 示すような 3 階層に基づく評価構造のモデル化を試みた。

Fig. 2.1 は繊維素材，糸番手や織組織といった設計要素によって生地の物理的特性が決定され，それが刺激となって 3 階層の視覚的風合いが決定されるまでの過程を示している。

3 階層の下位層は，例えば「しなやか」のように単一的な意味をもつ表現によって構成される基本風合い(Basic appearance: BA)，上位層は，審美性・嗜好性・価値観を意味する表現によって構成される発展風合い(Upper appearance: UA)，中位層は，基本風合いの複合的意味をもち，発展風合いの直接的な原因系となる発展規定風合い(Middle appearance: MA)である。

なお，本研究の最終的な目標は，織物の設計，織物物性，および心理の各側面における形成要因間の関係を解明し，評価構造モデルを提案することであるが，本章では，3 階層で構成される視覚的風合いの心理的側面における形成要因を明らかにすることが目的であるため，それ以外の関係については検討の対象としないこととした。そこで，心理的側面における形成要因を以下に示す 2 つの手順に従って明らかにした。まず，発展規定風合いと基本風合いの関係を示すために，基本風合いに関する形容語に対して因子分析を適用し，発展規定風合い表現を同定した。次に，発展規定風合いと発展風合いの関係を示すために，発展風合いに関する形容語を目的変数，発展規定風合い表現を説明変数とした重回帰分析を実施した。

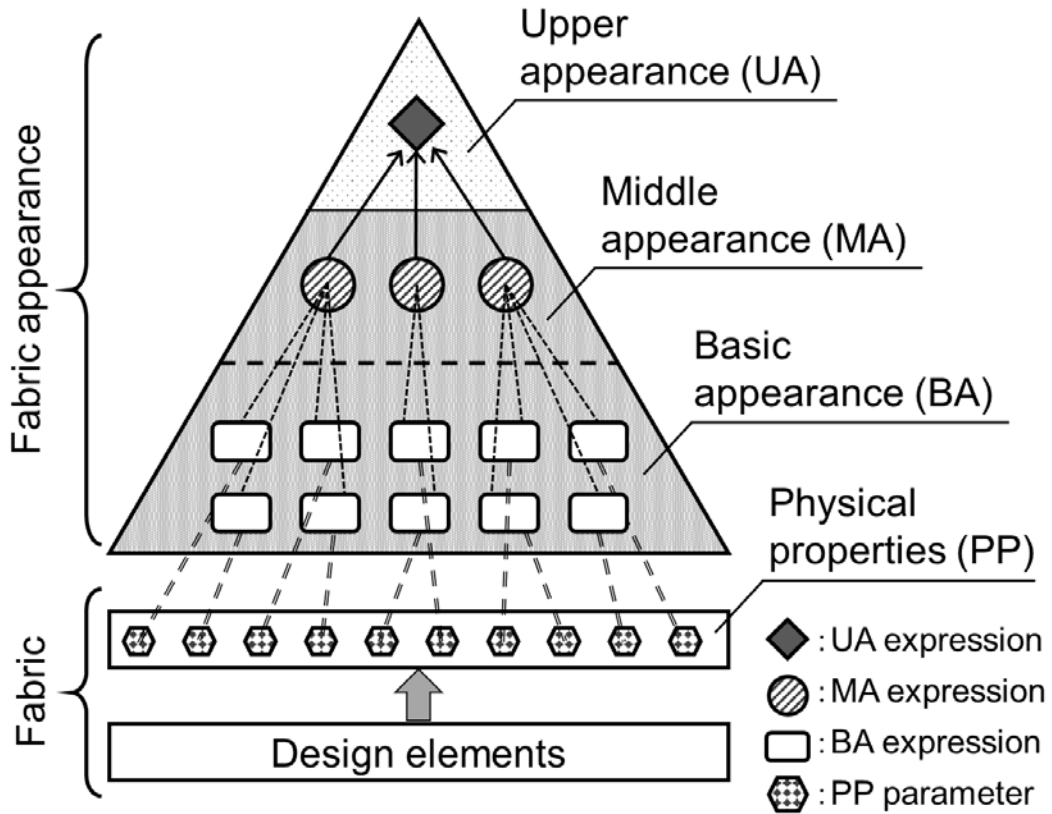


Fig. 2.1 Assumptive structure for assessment of fabric appearance

2.4 専門家集団による視覚的風合いの官能評価実験

2.4.1 形容語の選定

視覚的風合い評価に用いる形容語は、風合いの研究[8, 9, 15, 22]および建築用内装材の視覚的な素材感の研究[30]を参照することに加え、専門家に対する聞き取り調査を経て決定した。この理由は、消費者や生産者が黒色織物に対して感じる様々な視覚的印象やそれを形容する表現は、製造現場の専門家にフィードバックされ、蓄積されていると考えたためである。上記の形容語選定を経ることで、視覚的風合い評価に関する多角的観点を網羅できると考えられる基本風合いに関する形容語(23 種類)と発展風合いに関する形容語(4 種類)を選定した。Table 2.1 に選定した形容語を示す。

Table 2.1 Adjectives expressing fabric appearance

Layer	Adjective	
	English	Japanese
Basic appearance	Glossy	艶やかな
	Damp-luster	しっとりした艶
	Glittery	きらめく
	Garish	キラツキがある
	Shiny	光りすぎている
	Dark	濃い
	Deep-black	深みのある黒色
	Somber-black	くすみのある黒色
	Regular	濃淡が均一な
	Coarse	ざらついた
	Rough	凹凸感がある
	Fine	きめ細かい
	Delicate	繊細な
	Smooth	なめらかな
	Sleek	つるつるした
	Rustle	さらさらした
	Moist	しっとりした
	Soft	やわらかい
	Lightweight	軽い
	Fluffy	ふんわりした
Flexible	しなやか	
Bulky	膨らみがある	
Monotonous	単調な	
Upper appearance	High-class	高級感
	High-quality	上質な
	Elegant	エレガントな
	Beautiful	優美な

2.4.2 試料および実験方法

本実験では、視覚的風合いが重要となる対象を黒色織物に限定し、その中でも、とりわけ外観の審美性が要求される織物として婦人用ブラックフォーマル織物を評価対象とした。一般に、婦人用ブラックフォーマルでは、外観の審美性や高級感を訴求するため、特徴的な織組織および光沢のよい繊維素材が多く用いられる。したがって、これらを実験対象として選出することにより、実用的な視覚的風合い評価が可能になると考えた。そこで、試料は市販品の婦人用ブラックフォーマルのために製織された生地として、Table 2.2 に示す色彩(L*, a*, b*)がほぼ統一された黒色織物を選定した。これらは、繊維素材(3水準：絹(Si), トリアセテート(Tr), ポリエステル(Po))および織組織(2水準：梨地織(C), 風通織(F))を要因とした6種類である。試料の表記は、織組織_繊維素材の順になっており、例えば梨地織(C)_ポリエステル(Po)の場合、C_Po と表記する。織組織の選定基準は、光沢に特徴があることやデザイン性に趣向を凝らしていることである。繊維素材の選定基準は、光沢があることとブラックフォーマル用の生地として流通量が多いことである。また、色彩を統一した理由は、繊維素材および構造のみを要因とした試料群にするためである。なお、試料の色彩は、色彩色差計(CR-410, コニカミノルタ社製)を用いて、試料表面の異なる5箇所を測定し、その平均値を算出した。

川端[2]は、風合いの定義やその判定基準を明らかにするためには、材料の物理的特性と使用時の消費特性を熟知している人が真の風合い判定者であるとしている。

そこで、被験者は、上記を満たす専門家として官能評価を実施した時点におい

てブラックフォーマルの開発・設計・製造・流通・販売のいずれかに従事し、8年以上の従事経験を有する者(13名)とした。

官能評価は一対比較法(中屋の変法)[31]を採用した。被験者は、 ${}^6C_2 = 15$ の試料対を観察し、各形容語について5段階の尺度を用いて評価した。例えば、試料対AとBを「艶やかな」について比較評価する場合、+2:Aの試料は、Bの試料に比べて、非常に「艶やかな」、+1:Aの試料は、Bの試料に比べて、やや「艶やかな」、0:どちらともいえない、-1:Bの試料はAの試料に比べて、やや「艶やかな」、-2:Bの試料はAの試料に比べて、非常に「艶やかな」のいずれかにマークすることとした。なお、評価時間は設定せず、被験者には評価できるまで試料対を観察することや反復評価を認めた。

実験は、被験者に対して一定の照明環境を提示するために、Fig. 2.2に示すような標準光源D65を備えたボックス(CAC120K, Intec社製)のみを光源とする暗室内で実施した。これは織物の反射特性に異方性があり、照明が織物に入射する方向や被験者が織物を観察する方向(受光する方向)によってその反射特性が異なるため、一意的な照明環境を構築する必要があると考えたためである。試料設置条件は、光源の入射角が 60° となる試料台の上に試料のたて糸方向が試料台の水平方向に対して直交するように設置した。被験者の観察条件は、観察距離500mm、観察角度 0° とした。ただし、触知覚が評価結果に影響を及ぼさないよう、提示された試料対に手を触れないことを指示した。なお、試料台表面における照度はデジタル照度計(IM-3, トプコン社製)を用いて測定した結果920lx(試料台3箇所)の平均値であった。

Table 2.2 Samples

Sample Symbol	Weave	Fiber material	Count [dtex]		Density [cm ⁻¹]		Weight [g/m ²]	Chromaticity		
			warp	weft	ends	picks		L*	a*	b*
C_Tr		Triacetate	94	197	91	33	154	17.9	-0.18	0.16
C_Po	Crape	Polyester	186	176	51	31	173	17.8	-0.18	0.16
C_Si		Silk	53	102	68	40	92	17.9	-0.20	0.01
F_Tr		Triacetate	158	160	89	51	246	18.5	-0.27	0.07
F_Po	Futsu	Polyester	164	180	55	39	237	17.4	0.32	-0.47
F_Si		Silk	122	135	43	29	235	18.5	0.20	-0.13

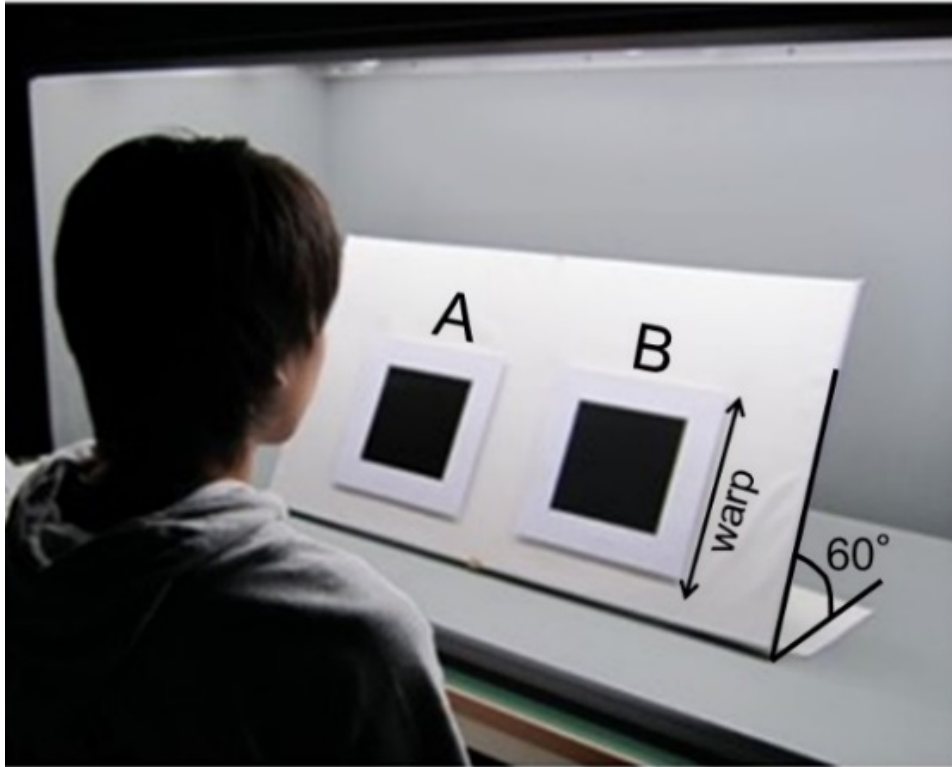


Fig. 2.2 Experimental environment and conditions

2.4.3 実験結果

(1) 被験者群内の判断基準の一致性

得られた官能評価結果を基に、一致性の係数 u [32]を全形容語について算出した。結果を Fig. 2.3 に示す。一致性の係数 u は、被験者を 2 人ずつの組にしたときの判断が一致していた数 Σ を(2.1)式により求めた後、(2.2)式により求めた。

$$\Sigma = {}_n C_2 \times {}_k C_2 - \sum_{j>i} x_{ij} \times (n - x_{ij}) \quad (2.1)$$

$$u = 2\Sigma / ({}_n C_2 \times {}_k C_2) - 1 \quad (2.2)$$

u : coefficient of consistency

i, j : sample number

x_{ij} : number of persons who evaluated 'sample i was superior than sample j '

n : number of persons

k : number of samples

ただし、 n は被験者の数、 k は試料の数、 x_{ij} は試料 A_i と A_j を比較した時に $A_i \geq A_j$ と評価した人数を示す。また、一致性の係数 u は被験者 n 人の判定が完全に一致しているとき 1 となる。 X^2 検定より $u > 0.06$ のとき有意水準 5%で被験者群内の評価基準が一致していたことを示す。Fig. 2.3 より、全形容語において被験者の判断に一致性が認められ、個々の視覚的風合い表現について被験者間で共通の判断基準が存在することがわかった。

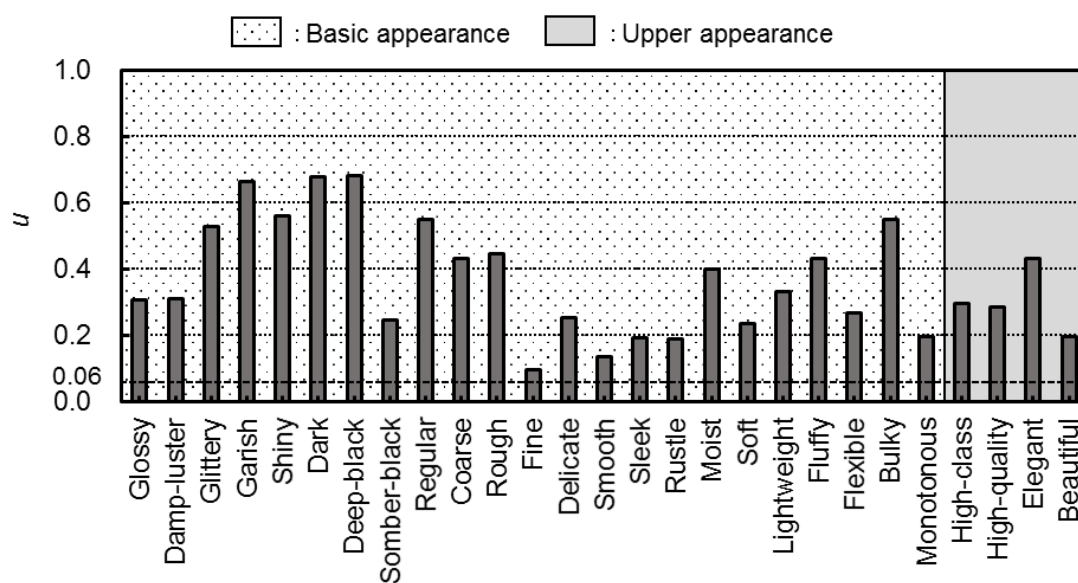


Fig. 2.3 Coefficient of consistency on assessment of subjects

(2) 形容語の有意性

被験者の判断に一致がみられたことから各試料に対する評価値として平均嗜好度を算出した。各試料の平均嗜好度は(2.3)式に基づき、全形容語について算出した。結果を Table 2.3 に示す。

$$\hat{\alpha}_i = \frac{1}{nk} x_{i..} \quad (2.3)$$

$\hat{\alpha}$: mean preference

i : sample number

$x_{i..}$: sum of the scores for sample i of all persons 'sample i was superior than sample j '

n : number of persons

k : number of samples

ただし、 $\hat{\alpha}_i$ は試料 A_i における平均嗜好度、 n は被験者の数、 k は試料の数、 $x_{i..}$ は被験者全員の試料 A_i に対する評点の合計である。分散分析より、分散比 $f > 1.90$ のとき有意傾向($p < 0.10$)の主効果が認められる。したがって、Fig. 2.4 に示すように、全形容語において有意傾向の主効果が認められた。すなわち、専門家は6種類の試料に対して異なる印象をもって評点を与えたことがわかった。さらに、Table 2.3 より、「艶やかな(Glossy)」に着目すると、梨地織でトリアセテートの試料(C_Tr)が最も評価が高く、風通織で絹の試料(F_Si)が最も評価が低くなった。一方、「ギラツキがある(Garish)」に着目すると、風通織で絹の試料(F_Si)

が最も評価が高く、風通織でトリアセテートの試料(F_Tr)が最も評価が低くなった。これらの形容語はいずれも試料表面の光反射に起因する明るさ感の評価項目であるが、これらの評価は異なる判断基準によって行われたものと推察される。

Table 2.3 Mean preference scores of samples

Layer	Adjectives	Sample					
		C_Tr	C_Po	C_Si	F_Tr	F_Po	F_Si
Basic appearance	Glossy	0.24	0.15	-0.12	0.19	-0.23	-0.24
	Damp-luster	0.22	0.09	-0.01	0.22	-0.22	-0.29
	Glittery	0.15	-0.01	-0.06	0.09	-0.13	-0.04
	Garish	0.05	-0.03	0.01	-0.14	-0.13	0.23
	Shiny	0.00	-0.05	0.01	-0.14	-0.08	0.26
	Dark	0.18	0.51	-0.37	0.69	-0.22	-0.79
	Deep-black	0.21	0.50	-0.41	0.68	-0.15	-0.82
	Somber-black	-0.22	-0.26	0.33	-0.45	0.09	0.50
	Regular	-0.05	0.37	-0.14	0.32	0.01	-0.51
	Coarse	0.32	-0.04	0.06	-0.27	-0.06	-0.01
	Rough	0.40	0.10	0.09	-0.26	-0.01	-0.32
	Fine	-0.10	0.14	0.21	0.05	-0.17	-0.13
	Delicate	-0.09	0.27	0.27	0.01	-0.26	-0.21
	Smooth	-0.19	0.00	0.09	0.22	0.00	-0.12
	Sleek	-0.10	-0.17	-0.13	0.04	0.09	0.27
	Rustle	-0.21	0.18	-0.19	0.08	0.10	0.04
	Moist	0.08	0.10	0.01	0.23	-0.14	-0.28
	Soft	0.03	0.00	0.12	0.08	-0.10	-0.12
	Lightweight	-0.10	0.03	0.04	-0.19	0.04	0.19
	Upper appearance	Fluffy	0.12	0.05	0.08	0.04	-0.18
Flexible		-0.13	0.01	0.19	0.12	-0.13	-0.06
Bulky		0.14	0.00	0.15	0.09	-0.21	-0.18
Monotonous		-0.18	-0.13	-0.17	0.12	0.19	0.17
High-class		0.04	0.29	0.09	0.29	-0.32	-0.40
High-quality		0.09	0.28	0.04	0.26	-0.31	-0.36
Elegant		0.01	0.21	0.04	0.09	-0.18	-0.17
Beautiful		0.10	0.22	0.01	0.21	-0.23	-0.31

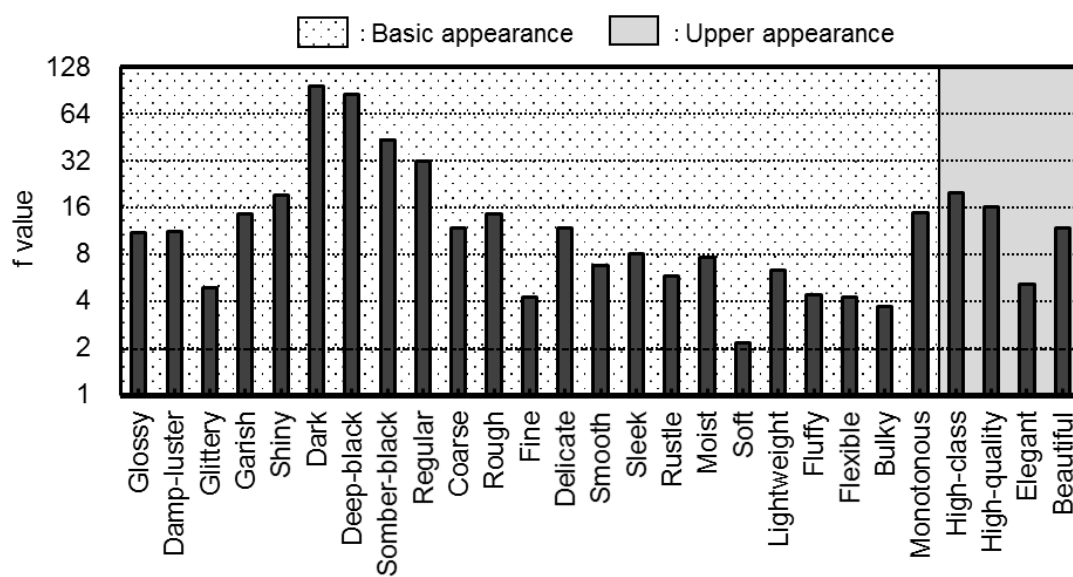


Fig. 2.4 Variance ratio concerned with main effect on sensory assessment

2.5 視覚的風合いの心理的側面における形成要因

2.5.1 発展規定風合いと基本風合いの関係

3階層の中位層である発展規定風合いを表現するために、基本風合いの官能評価結果に対して因子分析を適用した。

(1) 因子分析[33]による発展規定風合い表現の抽出

因子分析の観測変数は、基本風合いに関する形容語 23 種類の平均嗜好度 (Table 2.3 参照)とし、主因子法を適用した。因子の抽出基準は、固有値が 1 以上かつ固有値のスクリープロットがなだらかになる直前までの条件を満たすこととした。因子の解釈基準は、抽出する因子数を決定した後に、斜交回転(プロマックス法)を適用し、因子負荷量の絶対値が 0.6 以上の形容語を解釈に採用した。なお、斜交回転を採用した理由は、斜交回転が因子間の相関を仮定するモデルであり、柔軟なモデリングが可能であるためである。また、抽出された因子に対してそれぞれ因子得点を算出した。

(2) 因子分析結果および考察

Fig. 2.5 に固有値のスクリープロットを示す。因子抽出基準より、第 4 因子まで抽出されたことから、4 つの因子によって発展規定風合いが構成されることがわかった。

次に、Table 2.4 に示す斜交回転後の基本風合いに関する形容語の因子負荷量から各因子がもつ意味を解釈した。第 1 因子(F1)は、「光りすぎている(Shiny)」

「ギラツキがある(Garish)」、「くすみがある(Somber-black)」の負荷量が正に大きかった。同様に、第3因子(F3)は、「きらめく(Glittery)」、「艶やかな(Glossy)」、「しっとりした艶(Damp-luster)」の負荷量が正に大きかった。これらはいずれも明るさに関連した形容語であるが、「光りすぎている」や「ギラツキがある」は観察領域内が一様に明るいときに感じる明るさ感であり、反対に「きらめく」や「艶やかな」は観察領域内に暗い部分と明るい部分が共存するときに感じる明るさ感であると考えられる。すなわち、相対的に前者は布の全体的(巨視的)範囲の明るさを表し、後者は布の部分的(微視的)範囲の明るさを表していると考えられる。したがって、F1を巨視的な明るさ感、F3を微視的な明るさ感と解釈した。第2因子(F2)は「きめ細かい(Fine)」、「繊細な(Delicate)」のような表面の粗さに関連した形容語に加えて「しなやか(Flexible)」、「やわらかい(Soft)」のような表面の硬さに関連する形容語の負荷量が正に大きかった。したがって、F2を硬軟感と解釈した。ただし、一般に表面の硬さは実際に手を触れることで評価されるものであるが、本実験における官能評価では、試料に手を触れないことを条件としたため、この因子は視覚で捉えた表面の状態を根拠に推定された硬軟感であると考えられる。第4因子(F4)は、「凹凸感がある(Rough)」、「ざらついた(Coarse)」の負荷量が正に大きかった。これらはいずれも表面の粗さに関連した形容語である。したがって、F4を粗滑感と解釈した。

以上より、視覚的風合いの発展規定風合い表現として、明るさに関する因子(F1, F3)、硬さに関する因子(F2)、粗さに関する因子(F4)が存在することがわかった。建築内装材・外装材などの視覚的な素材感を対象とした研究において、明るさ、粗さ、硬さを表す因子が抽出されていることが報告[30, 34, 35]されており、黒色織物を対象とした本研究もこれらに一致した結果となった。

次に、Table 2.5 に因子得点の結果を示す。

巨視的な明るさ感(F1)に着目すると、風通織で絹の試料(F_Si)が最も得点が高く、風通織でトリアセテートの試料(F_Tr)が最も得点が低くなった。一方、微視的な明るさ感(F3)に着目すると、梨地織でトリアセテートの試料(C_Tr)が最も得点が高く、梨地織でポリエステル製の試料(C_Po)が最も得点が低くなった。これらの結果から、明るさに関する因子が2因子抽出された理由について考察すると、以下の点が挙げられる。本実験では、織物と照明環境の幾何学的関係を一意に統制することで、被験者間の評価のばらつきを抑制できると考え、観察条件を設定した。一方で、この観察条件に起因して、織物表面に照明の映り込みや、織物を構成する浮き糸部分において局所的に強い反射が生じていたと考えられる。このように、観察対象内に強い反射光が存在する場合、観察の状態によって印象が変化しやすいことが報告されている[36]。すなわち、被験者が試料を観察する際に着眼する領域が形容語によって異なっており、巨視的な明るさ感、微視的な明るさ感のような反射領域を反映した因子が抽出されたものと考察される。

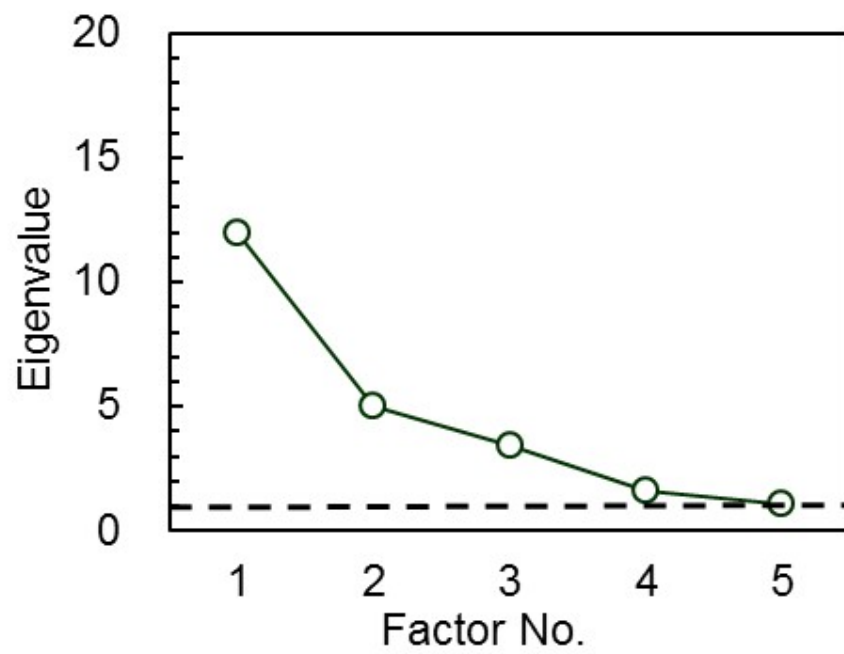


Fig. 2.5 Eigenvalue concerned with factor analysis

Table 2.4 Mean preference scores of samples

Adjective	F1	F2	F3	F4
Shiny	0.93	-0.06	0.05	-0.05
Garish	0.92	-0.04	0.21	0.08
Somber-black	0.85	0.22	-0.43	0.01
Regular	-0.97	0.09	-0.06	0.06
Deep-black	-0.88	-0.08	0.31	0.00
Dark	-0.84	-0.03	0.33	-0.03
Rustle	-0.63	-0.25	-0.47	-0.35
Flexible	0.20	1.04	0.07	-0.42
Fine	-0.03	1.00	-0.15	0.04
Delicate	-0.09	0.91	-0.18	0.25
Soft	-0.01	0.77	0.41	-0.02
Glittery	-0.03	-0.25	1.05	-0.04
Glossy	-0.48	-0.06	0.67	0.16
Damp-luster	-0.43	0.14	0.66	0.11
Lightweight	0.57	0.05	-0.67	0.16
Rough	-0.25	-0.10	-0.06	1.00
Coarse	0.35	-0.22	0.14	0.87
Monotonous	-0.05	-0.46	-0.09	-0.75
Sleek	0.44	-0.46	0.14	-0.70
Smooth	-0.33	0.64	-0.04	-0.68
Moist	-0.58	0.30	0.46	-0.04
Bulky	0.05	0.56	0.59	0.17
Fluffy	0.05	0.47	0.59	0.29

Table 2.5 Factor scores of samples

Middle appearance	Sample					
	C_Tr	C_Po	C_Si	F_Tr	F_Po	F_Si
F1 'Macroscopic brightness sensation'	0.12	-1.06	0.59	-1.09	-0.10	1.54
F2 'Softness sensation based on the roughness'	-0.65	1.89	0.74	0.29	-2.18	-0.09
F3 'Microscopic brightness sensation'	1.69	-1.50	0.49	1.07	-0.31	-1.44
F4 'Roughness sensation'	1.27	1.63	-0.11	-1.36	-1.36	-0.07

2.5.2 発展規定風合いと発展風合いの関係

3 階層の上位層である発展風合いと中位層の発展規定風合いの関係を明らかにするために、重回帰分析を実施した。

(1) 重回帰分析[37]による発展規定風合いと発展風合いの数理モデル化

発展風合いに関する 4 種類の形容語間の相関係数を算出した結果、すべての形容語間に 1%有意の相関関係があることがわかった。すなわち、これらの形容語は同一の判断基準で評価されたといえる。そこで、重回帰分析の目的変数には、発展風合いに関する 4 種類の形容語のうち主効果の分散比 f 値が最大(Fig. 2.4 参照)であった「高級な(High-class)」の平均嗜好度を、説明変数には発展規定風合い表現の因子得点(Table 2.5 参照)をそれぞれ採用した。変数選択には変数増減法を適用した。

(2) 重回帰分析結果および考察

重回帰分析によって得られた回帰式を(2.4)式に示す。

$$UA = -0.15 \times F1 + 0.14 \times F2 + 0.10 \times F3 \quad (2.4)$$

UA : Mean preference score of 'High-class'

F1 : Factor score of 'Macroscopic brightness sensation'

F2 : Factor score of 'Softness sensation based on the roughness'

F3 : Factor score of 'Microscopic brightness sensation'

回帰式を基に算出された発展風合い(高級な)の計算値と官能評価結果の実測値を Fig. 2.6 に示す. 両者の当てはまりの良さを表す決定係数は $R^2=0.99$ であり, 高度に有意($p<0.01$)な回帰式を得たことから発展規定風合いと発展風合いの間に因果関係が成り立つことが示された.

また, 回帰式における各説明変数の目的変数への相対的な影響力の強さを表す標準偏回帰係数は, それぞれ F1 が -0.51 , F2 が 0.66 , F3 が 0.42 であった. すなわち, 巨視的な明るさ感(F1), 硬軟感(F2), 微視的な明るさ感(F3)がほぼ同程度に影響していると考えられるため, 発展風合い(高級な)は, 複数の発展規定風合い表現のいずれの因子にも影響を受けていることがわかった. さらに, 標準偏回帰係数の符号から優れた発展風合いを有する黒色織物は, 「キラツキ」等の巨視的な明るさ感が小さく, 「やわらかい」等の硬軟感が大きく, 「艶やか」等の微視的な明るさ感が大きい特性をもつ織物であることがわかった. なお, 本研究で用いた試料群では C_Po や F_Tr がこれに該当した.

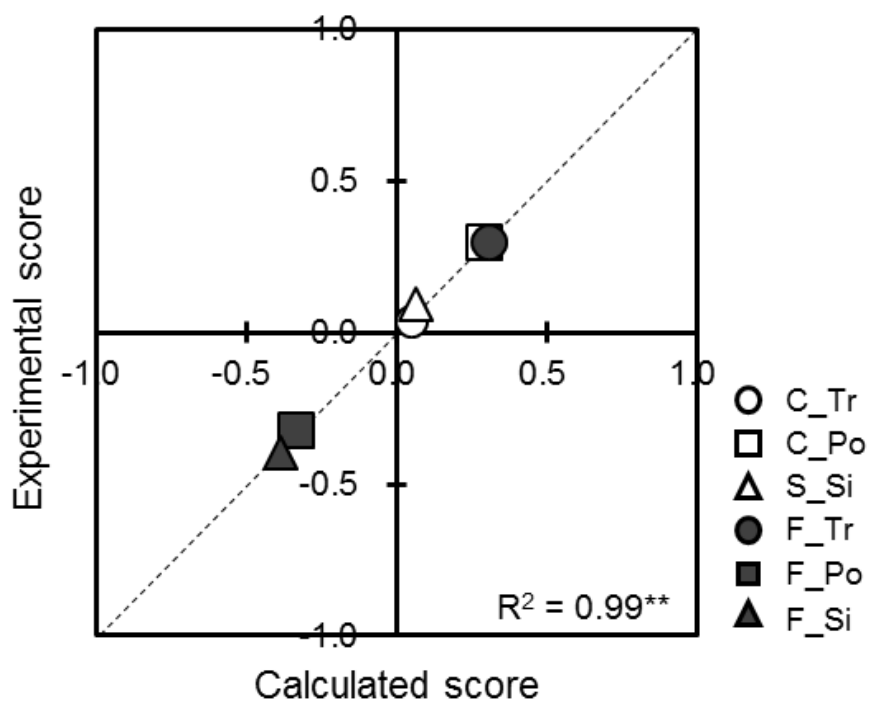


Fig. 2.6 Relationship between experimental score and calculated score concerned with “High-class”

2.6 本章のまとめ

本章では、視覚的風合い評価構造モデル提案の第一段階として、視覚的風合いの心理的側面における形成要因を明らかにすることを目的に、専門家による官能評価を行い、心理的側面について3階層に基づく評価構造のモデル化を試みた。

その結果、3階層における中位層の発展規定風合いは、巨視的な明るさ感、硬軟感、微視的な明るさ感、粗滑感の4因子で表現された。また、上位層の発展風合い(高級な)は、巨視的な明るさ感が消極的(-)、硬軟感と微視的な明るさ感が積極的(+)に関与することが明らかになった。

これらの結果より、3階層間の関係が明らかになり、専門家を対象とした黒色織物における視覚的風合い評価を形成する心理的側面の形成要因が明らかになり、評価構造のモデル化ができた。

第 3 章

非専門家を対象とした視覚的風合い
の心理的側面における形成要因

第3章

非専門家を対象とした視覚的風合いの 心理的側面における形成要因

3.1 はじめに

前章において専門家を対象とした黒色織物の視覚的風合いの官能評価を実施し、Fig. 3.1 に示す視覚的風合いの心理的側面における3階層に基づく評価構造モデルを示した。3階層はそれぞれ、下位層としての基本風合い(Basic appearance: BA)、中位層としての発展規定風合い(Middle appearance: MA)、上位層としての発展風合い(Upper appearance: UA)である。中位層の発展規定風合い表現は「巨視的な明るさ感(Macroscopic brightness sensation)」、「硬軟感(Softness sensation)」、「微視的な明るさ感(Microscopic brightness sensation)」、「粗滑感(Roughness sensation)」の4因子であり、これらの発展規定風合い表現を構成する下位層の基本風合い表現についてもそれぞれ明らかになった。特に、Fig. 3.1 において太字で示す基本風合い表現「光りすぎている(Shiny)」、「やわらかい(Soft)」、「艶やかな(Glossy)」、「ざらつく(Coarse)」は発展規定風合いの各表現と因果関係をもつ基本風合いの代表的表現であると考えられる。また、発展規定風合いの各表現と上位層である発展風合いとの因果関係ならびにその重み付けが明らかになった。この評価構造モデルによって専門家の評価者における視覚的風合いの階層間の関係が明らかになり、個々の風合い

表現がどこに位置するのか、また、他の表現との関連はどうなっているのかを示すことが可能となった。

しかし、このモデルはブラックフォーマルの開発・設計・製造・流通・販売に従事する専門家の視覚的風合いの評価構造を明らかにしたものであり、一般消費者の大多数を占める非専門家のような属性が異なる評価者についても同様に適用できるのかについては明らかではない。さらに、評価対象の黒色織物についても6種類に限定されていることから十分な汎用性を検証できていない。視覚的風合いの評価構造モデルを一般消費者へと展開することで、一般消費者特有の視覚的風合い評価を顕在化することができ、さらには消費者を基軸とした黒色織物の設計規範となる有用な情報を得ることができる。

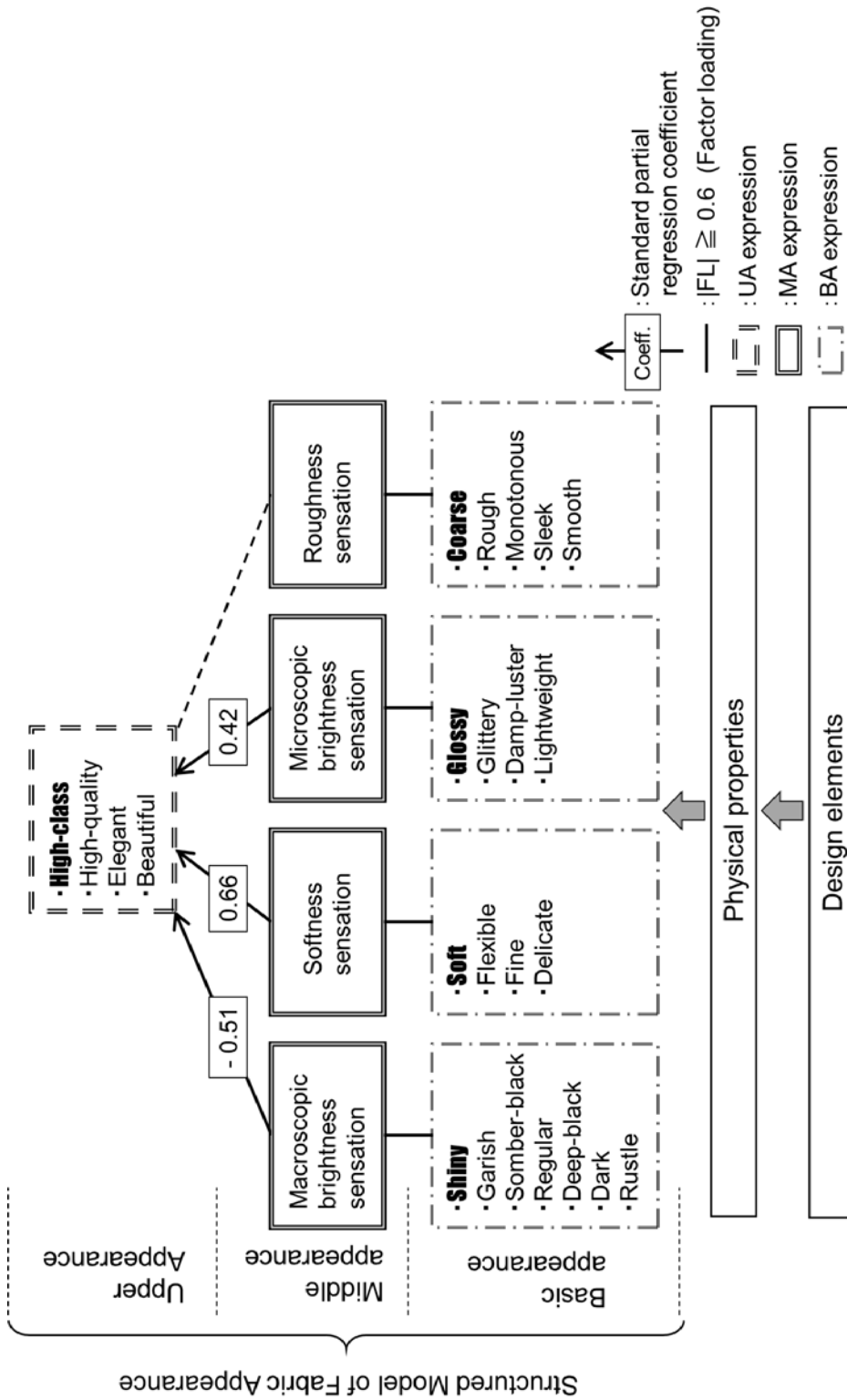


Fig. 3.1 Original three layers model of fabric appearance

3.2 実験目的

本章では、専門家を対象とした視覚的風合い評価より提案した評価構造モデルが非専門家に適用できるのか、すなわち、視覚的風合いの評価構造モデルの汎用性を検証することを目的とした。まず、評価者の属性を変更した実験(以下、実験①と定義)を実施し、評価構造モデルを新たに作成した。

実験①では、黒色織物の製造・流通において特別な興味や知識を有しない20代大学生10名(以降、本稿においては、これを非専門家と定義)を被験者として採用した。

次に、非専門家を被験者として評価対象となる黒色織物を変更した実験(以下、実験②と定義)を実施し、同様に評価構造モデルを作成した。実験②では、光沢に特徴のある試料群に加えて表面性状に特徴のある試料群を採用した。

評価構造モデルの作成手順は、第2章2.3節に準じて行った。すなわち、基本風合い表現に因子分析を適用して発展規定風合い表現を同定した。さらに、発展風合い表現を目的変数、発展規定風合い表現を説明変数として重回帰式を導出し、両者の因果関係を明らかにした。各実験から作成した評価構造モデルについてモデルを構成する基本風合い表現、発展規定風合い表現ならびに発展風合いに対する発展規定風合い表現の重み付けを比較し、モデル間の共通点や特異的な点を明らかにした。

3.3 試料および実験方法

3.3.1 実験試料

実験①では、前章において専門家に評価させた 6 種類と同一の黒色織物を非専門家に評価させた。また、実験②では、上記の 6 種類とは異なる別の 6 種類を加え、12 種類の黒色織物を評価対象として非専門家に評価させた。

具体的には、市販品のブラックフォーマル用に製織された生地として色彩(L*, a*, b*)がほぼ統一された黒色織物を選定した。試料の詳細を Table 3.1 に示す。これらは、繊維素材(3 水準：絹(Si), トリアセテート(Tr), ポリエステル(Po))および織組織(4 水準：梨地織(C), 風通織(F), 朱子織(S), グログラン(G))を要因とした 12 種類である。ただし、実験①では試料 No. 1~6 の 6 試料を、実験②では試料 No. 1~12 の 12 試料をそれぞれ用いた。試料の表記は、織組織_繊維素材の順になっており、例えば梨地織(C)_ポリエステル(Po)の場合、C_Po と表記する。なお、専門家の評価構造モデルを得た際に用いた試料群(No. 1~6)の選定基準は、光沢に特徴があることやデザイン性に趣向を凝らしていることであり、ブラックフォーマル用の生地として流通量が多いことである。また、実験②において追加された試料群(No. 7~12)は、表面の凹凸形状に特徴がある組織として表面の凹凸が小さく、滑らかである朱子織(S)と表面の凹凸が大きいグログラン(G)である。色彩を統一した理由は、繊維素材および構造のみを要因とした試料群にするためである。各試料の色彩は、色彩色差計(CR-410, コニカミノルタ社製)を用いて、試料表面の異なる 5 箇所を測定し、その平均値を算出した。

3.3.2 実験方法

官能評価では、非専門家として黒色織物の製造、流通に関して特別な知識や強い嗜好を有していない20代大学生(10名)を被験者とした。

視覚的風合い評価に用いる形容語は、前章と同一の視覚的風合い評価に関する多角的観点を網羅できると考えられる基本風合いに関する形容語(23種類)と発展風合いに関する形容語(4種類)を選定した(Table 2.1 参照)。

官能評価方法は一対比較法(中屋の変法)[31]を採用した。被験者は、実験①では ${}^6C_2 = 15$ の試料対を、実験②では ${}_{12}C_2 = 66$ の試料対を観察し、各形容語について5段階の尺度を用いて評価した。例えば、試料対AとBを「艶やかな」について比較評価する場合、+2:Aの試料は、Bの試料に比べて、非常に「艶やかな」、+1:Aの試料は、Bの試料に比べて、やや「艶やかな」、0:どちらともいえない、-1:Bの試料はAの試料に比べて、やや「艶やかな」、-2:Bの試料はAの試料に比べて、非常に「艶やかな」のいずれかにマークすることとした。なお、評価時間は設定せず、被験者には評価できるまで試料対を観察することや反復評価を認めた。これは、用いた形容語の数が多いため、評価者によってすべての形容語を評価し終えるのに要する時間が異なることが考えられ、評価時間を制約することが評価に影響しないようにしたためである。

実験は、被験者に対して一定の照明環境を提示するために、標準光源D65を備えたボックス(CAC120K, Intec社製)のみを光源とする暗室内で実施した。これは織物の反射特性に異方性があり、照明が織物に入射する方向や被験者が織物を観察する方向(受光する方向)によってその反射特性が異なるため、一定の照明環境を構築する必要があると考えたためである。試料設置条件は、光源の入射

角が 60° となる試料台の上に試料のたて糸方向が試料台の水平方向に対して直交するように設置した。被験者の観察条件は、観察距離 500mm、観察角度 0° とした。ただし、触知覚が評価結果に影響を及ぼさないように、提示された試料対に手を触れないことを指示した。なお、試料台表面における照度はデジタル照度計(IM-3, トプコン社製)を用いて測定した結果 920lx(試料台 3 箇所)の平均値であった。

Table 3.1 Samples

No. Symbol	Sample Weave	Fiber material	Count [dtex]			Weight [g/m ²]	Chromaticity			
			warp	weft	ends picks		L*	a*	b*	
For experiment ①	1 C_Tr	Triacetate	94	197	91	33	154	17.9	-0.18	0.16
	2 C_Po	Crape Polyester	186	176	51	31	173	17.8	-0.18	0.16
	3 C_Si	Silk	53	102	68	40	92	17.9	-0.20	0.01
	4 F_Tr	Triacetate	158	160	89	51	246	18.5	-0.27	0.07
	5 F_Po	Futsu Polyester	164	180	55	39	237	17.4	0.32	-0.47
	6 F_Si	Silk	122	135	43	29	235	18.5	0.20	-0.13
For experiment ②	7 S_Tr	Triacetate	66	114	132	45	136	21.2	1.59	0.82
	8 S_Po	Satin Polyester	112	134	85	38	153	19.4	0.96	0.21
	9 S_Si	Silk	91	296	104	25	173	17.8	-0.09	0.11
	10 G_Tr	Triacetate	86	222	89	38	158	21.9	1.03	-0.29
	11 G_Po	Grograin Polyester	75	234	50	38	164	18.3	1.18	0.58
	12 G_Si	Silk	38	110	165	50	127	22.3	0.17	-0.31

3.3.3 視覚的風合い官能評価の分析方法

(1) 因子分析[33]

視覚的風合いの評価構造モデルにおける下位層の基本風合い表現から中位層の発展規定風合い表現を同定するために、因子分析を実施した。因子分析では、観測変数間の相関関係から固有値や因子負荷量から導出し、観測変数間に共通して見られる要因を見つけ、単純化した構造で表す手法である。なお、因子分析における観測変数、分析手法、因子の抽出基準ならびに因子の解釈基準は第2章2.5節に準ずることとした。これは、分析条件を統一することで抽出される因子数や各観測変数における因子負荷量の比較が可能となるためである。すなわち、観測変数は、基本風合いに関する形容語23種類の平均嗜好度とした。分析手法は主因子法を適用した。因子の抽出基準は、固有値が1以上かつ固有値のスクリープロットがなだらかになる直前までの条件を満たすこととした。そして、上記の因子の抽出基準によって因子数が決定された後に、斜交回転(プロマックス法)を適用した。因子の解釈基準は、斜交回転後の因子負荷量の絶対値が0.6以上の形容語とし、これらを因子の解釈に採用した。斜交回転を採用した理由は、斜交回転が因子間の相関を仮定するモデルであり、柔軟なモデリングが可能であるためである。また、抽出された因子に対してそれぞれ因子得点を算出した。

(2) 重回帰分析[37]

視覚的風合いの評価構造モデルにおける上位層の発展風合いと中位層の発展規定風合いの因果関係を明らかにするために、重回帰分析を実施した。重回帰式の導出手順は第2章2.5節に準ずることとした。すなわち、目的変数には、平均嗜好度の主効果の分散比 f 値が最大となったことから発展風合いを代表する表現として「高級な(High-class)」の平均嗜好度を選定し、説明変数には発展規定風合い表現の因子得点をそれぞれ採用した。なお、変数選択には変数増減法を適用した。

3.4 評価者の属性が評価構造モデルへ及ぼす影響

3.4.1 官能評価結果

実験①より得られた官能評価結果を基に、一致性の係数 u [32]を全形容語に対して算出した結果、すべての形容語において被験者の判断に一致性がみられた。

次に、被験者の判断に一致がみられたことから各試料に対する評価値として平均嗜好度を全形容語について算出した。平均嗜好度を Table 3.2 に示す。専門家を対象とした視覚的風合いの評価構造として Fig. 3.1 に示す 4 つの発展規定風合い表現に因果関係をもつ 4 つの基本風合い表現(光りすぎている、やわらかい、艶やかな、ざらつく)が特定されている。ここで、これらの基本風合い表現について着目すると、Table 3.2 より「艶やかな(Glossy)」は、風通織でトリアセテートの試料(F_Tr)の評価が最も高く、風通織で絹の試料(F_Si)の評価が最も低くなった。「光りすぎている(Shiny)」は、反対に、風通織で絹の試料(F_Si)の評価が最も高く、風通織でトリアセテートの試料(F_Tr)の評価が最も低くなった。また、これらの間には有意な負の相関($r=-0.89$, $p<0.05$)があり、実験①において非専門家はこれらの形容語を関連付いた一軸上の評価基準で評価したものと考えられる。この点は、専門家の評価と異なっていた。なお、「やわらかい(Soft)」と「ざらつく(Coarse)」の平均嗜好度の間には有意な相関はみられなかったため($r=-0.19$)、非専門家はこれらの形容語を異なる基準に基づいて評価したものと考えられる。この点は専門家の評価と一致した。また、発展風合いに関する 4 つの形容語間にはいずれも高度に有意な相関($p<0.01$)がみられており、この点も専門家の評価と一致した。

Table 3.2 Mean preference scores of experiment 1 (six samples)

Layer	Adjectives	Sample					
		C_Tr	C_Po	C_Si	F_Tr	F_Po	F_Si
Basic appearance	Glossy	0.08	0.02	-0.15	0.20	0.00	-0.15
	Damp-luster	-0.03	0.32	0.03	0.47	-0.22	-0.57
	Glittery	-0.12	-0.15	0.18	-0.38	0.15	0.32
	Garish	0.02	-0.12	0.08	-0.30	-0.02	0.33
	Shiny	-0.08	-0.20	0.15	-0.30	0.05	0.38
	Dark	0.12	0.43	-0.40	0.73	-0.18	-0.70
	Deep-black	0.17	0.37	-0.27	0.62	-0.22	-0.67
	Somber-black	0.00	-0.18	0.30	-0.53	-0.03	0.45
	Regular	-0.07	0.08	-0.18	0.30	0.03	-0.17
	Coarse	0.28	0.28	0.05	-0.47	0.05	-0.20
	Rough	0.18	0.22	-0.28	-0.27	0.55	-0.40
	Fine	-0.18	-0.10	-0.15	0.47	-0.15	0.12
	Delicate	-0.15	-0.10	-0.23	0.38	-0.05	0.15
	Smooth	-0.07	-0.22	0.13	0.30	-0.25	0.10
	Sleek	-0.23	-0.10	-0.05	0.17	-0.12	0.33
	Rustle	-0.10	-0.30	-0.03	0.07	-0.13	0.50
	Moist	-0.02	0.28	0.07	0.52	-0.25	-0.60
	Soft	-0.02	-0.07	0.23	0.05	-0.17	-0.03
	Lightweight	-0.15	-0.25	-0.07	-0.22	0.08	0.60
	Fluffy	-0.07	0.00	0.25	-0.03	-0.15	0.00
Flexible	0.02	0.00	0.02	0.15	-0.23	0.05	
Bulky	0.10	0.08	0.17	-0.10	-0.07	-0.18	
Monotonous	-0.20	-0.13	-0.05	0.07	-0.07	0.38	
Upper appearance	High-class	0.05	0.20	-0.22	0.50	-0.03	-0.50
	High-quality	0.02	0.08	-0.17	0.53	-0.03	-0.43
	Elegant	-0.03	0.12	-0.10	0.30	0.03	-0.32
	Beautiful	0.02	0.17	-0.20	0.45	0.03	-0.47

3.4.2 発展規定風合いと基本風合いの関係

Fig. 3.2 に実験①における因子分析より得られた固有値のスクリープロットを示す。抽出基準より、実験①では第3因子まで抽出されたため、非専門家では発展規定風合い表現が、3つの因子であることがわかった。したがって、Fig. 3.1 で示したように第4因子まで抽出された専門家（第2章参照）と比べて、非専門家では、より少数の発展規定風合い表現によって評価構造モデルが構成されることがわかった。

次に、Table 3.3 に示す斜交回転後の因子負荷量から各因子のもつ意味を解釈した。Fig. 3.1 より巨視的な明るさ感と因果関係をもつ基本風合い表現の「光りすぎている(Shiny)」および微視的な明るさ感と因果関係をもつ基本風合い表現の「艶やかな(Glossy)」の負荷量が非専門家ではいずれも第1因子(f1)に関係することから f1 は巨視的・微視的といった領域の概念を含まない「明るさ感」と解釈した。第2因子(f2)には、粗滑感と因果関係をもつ基本風合い表現の「ざらつく(Coarse)」が含まれることから f2 を「粗滑感」と解釈した。第3因子(f3)には、硬軟感と因果関係をもつ基本風合い表現の「やわらかい(Soft)」が含まれることから f3 を「硬軟感」と解釈した。以上より、評価者を非専門家とした視覚的風合いの評価構造モデルにおいて、発展規定風合いを構成する表現は、「明るさ感(Brightness sensation)」、「粗滑感(Roughness sensation)」、「硬軟感(Softness sensation)」と同定された。

一方、専門家における発展規定風合い表現は、Fig. 3.1 に示すように「巨視的な明るさ感」、「硬軟感」、「微視的な明るさ感」、「粗滑感」であった。これらを比較すると、明るさに関する因子、硬さに関する因子、粗さに関する因子が両評価

者群に共通して存在することがわかった。反対に相違点として、明るさに関して、専門家では巨視的な明るさ感と微視的な明るさ感がそれぞれ独立に同定されたのに対して、非専門家では領域に依存しない単一の明るさ感が同定された。

最後に、Table 3.4 に因子得点を示す。明るさ感(f1)に着目すると、織組織によらず F_Si や C_Si といった絹を素材とする試料の明るさ感が高かった。これは絹繊維特有の三角断面によって、拡散反射成分に対する正反射成分の割合が増大することで評価者が試料の明るさ感を感じやすかったためであると考察される。

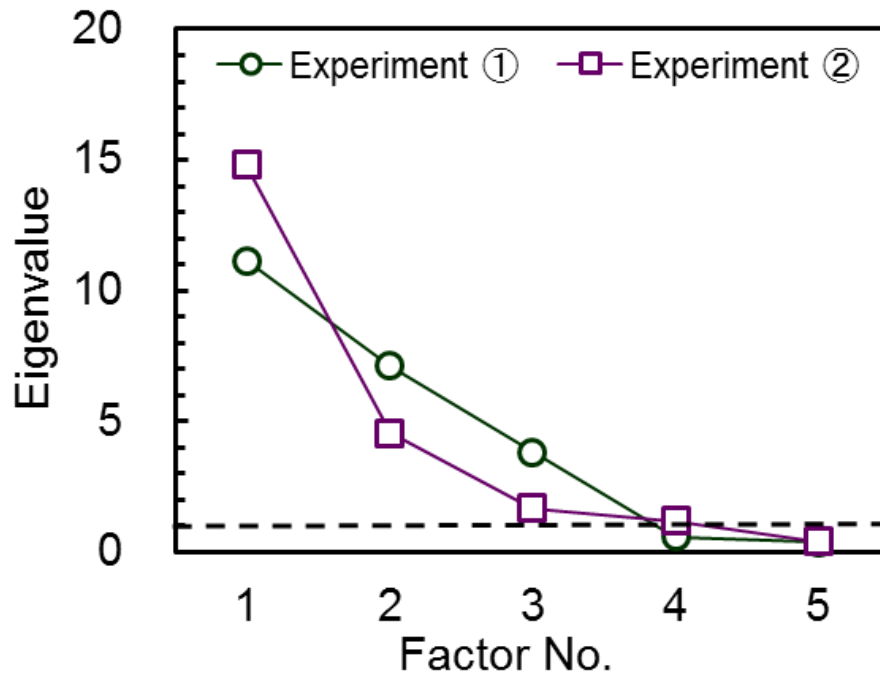


Fig. 3.2 Eigenvalue concerned with factor analysis of basic appearance

Table 3.3 Factor loadings of experiment 1 (six samples)

Adjective	f1	f2	f3
Shiny	0.98	-0.12	0.06
Glittery	0.98	0.09	-0.03
Garish	0.98	-0.02	0.05
Somber-black	0.97	0.13	0.20
Lightweight	0.84	-0.47	-0.20
Dark	-0.99	-0.03	-0.06
Deep-black	-0.99	0.05	0.03
Damp-luster	-0.93	0.11	0.29
Moist	-0.93	0.10	0.34
Glossy	-0.91	-0.17	-0.26
Regular	-0.90	-0.34	-0.27
Coarse	0.16	0.92	-0.12
Bulky	-0.16	0.86	0.50
Delicate	-0.36	-0.94	-0.16
Sleek	0.25	-0.92	0.14
Fine	-0.44	-0.90	0.11
Monotonous	0.49	-0.83	0.03
Rustle	0.55	-0.78	0.12
Smooth	-0.15	-0.68	0.66
Soft	0.00	0.02	0.98
Fluffy	0.23	0.17	0.93
Flexible	-0.34	-0.51	0.65
Rough	-0.18	0.61	-0.73

Table 3.4 Factor scores of experimental 1 (six samples)

Middle appearance	Sample					
	C_Tr	C_Po	C_Si	F_Tr	F_Po	F_Si
f1 'Brightness sensation'	-0.19	-1.04	0.73	-1.31	0.50	1.31
f2 'Roughness sensation'	1.00	1.64	0.13	-1.60	-0.32	-0.85
f3 'Softness sensation based on the roughness'	-0.25	-0.28	1.69	0.38	-1.40	-0.13

3.4.3 発展風合いと発展規定風合いの関係

実験①によって得られた重回帰式を(3.1)式に示す。

$$UA = -0.31 \times f1 \quad (3.1)$$

UA : Mean preference of 'High-class'

f1 : Factor score of 'Brightness sensation'

回帰式を基に算出された発展風合い(高級な)の計算値と官能評価結果の実測値を Fig.3.3 に示す。両者の当てはまりの良さを表す決定係数は $R^2=0.90$ であり、高度に有意($p<0.01$)な回帰式を得ることができた。すなわち、非専門家においても発展規定風合いと発展風合いの間に因果関係が成り立つことが示された。ただし、Fig. 3.1 に示すように、専門家では発展風合いに対して複数の発展規定風合い表現(巨視的な明るさ感、硬軟感、微視的な明るさ感)が決定要因となっているのに対して、非専門家では 3 つの発展規定風合い表現のうち、決定要因が明るさ感のみに限定されることがわかった。このことから、専門家の発展風合いの評価は非専門家と比較して、より複雑な評価過程を経て行われているものと考察される。

専門家と非専門家の官能評価を比較した研究[38-40]において、非専門家は単純な物理的特徴を捉えて、これを評価基準すること、ならびに特定の形容語においては非専門家では得られがたい訓練や経験、および知識が必要であることが報告されている。本実験においても専門家は、視覚で得た情報に加えて、布に対する豊富な知識や手指で触れて得た経験を統合しながら視覚的風合いを評価していたため、発展規定風合いや多様な価値観を含む発展風合いの評価において

非専門家とは異なる評価がなされたと考えられる。その結果、専門家では明るさ感について巨視的や微視的といった領域の概念が区別され、複数の発展規定風合い表現に基づいて発展風合いが決定されるような評価構造モデルが得られたと考えられる。一方、非専門家は、布に対する知識や手指で触れた経験が乏しいため、視覚にて判別可能な試料間の物理的な相違に基づいて評価したものと考えられる。その結果、領域の区別を含まない単純な明るさ感が発展規定風合い表現のひとつとして導出され、さらに、この明るさ感の程度の大小によって発展風合いが決定されるような単純な評価構造モデルが得られたものと考えられる。

以上より、非専門家における黒色織物の視覚的風合いの評価構造モデルは、専門家に比べてきわめて単純な構造で表されることがわかった。ただし、この結果については、評価対象とした試料群の特徴に依存して発展規定風合い表現の数が限定されたことで、単純な評価構造モデルとなってしまった可能性が懸念される。

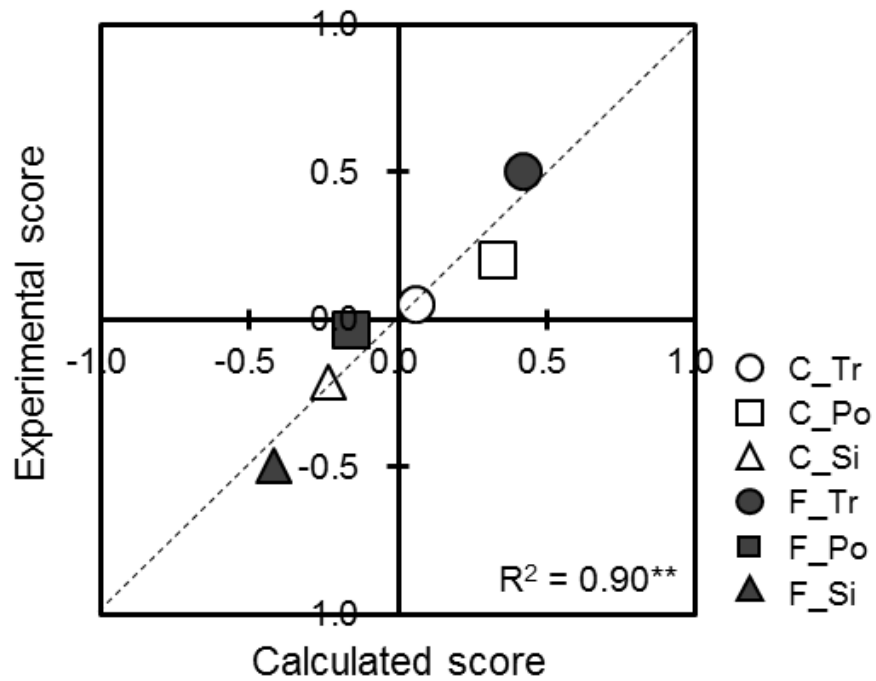


Fig. 3.3 Relationship between experimental score and calculated score of experiment 1 (six samples)

3.5 評価対象が評価構造モデルへ及ぼす影響

3.5.1 官能評価結果

実験②より得られた官能評価結果を基に、一致性の係数 u [29]を全形容語に対して算出した結果、実験①同様、すべての形容語において被験者の判断に一致性がみられたため、各試料に対する評価値として平均嗜好度を全形容語について算出した。平均嗜好度を Table 3.5 に示す。

Fig. 3.1 に示す発展規定風合い表現と因果関係をもつ 4 つの基本風合い表現(光りすぎている, やわらかい, 艶やかな, ざらついた)に着目すると, Table 3.5 より, 「艶やかな(Glossy)」では, 朱子織でトリアセテートの試料(S_Tr)の評価が最も高く, 風通織で絹の試料(F_Si)の評価が最も低くなった。「光りすぎている(Shiny)」では, グログランでポリエステル製の試料(G_Po)の評価が最も高く, 風通織でトリアセテートの試料(F_Tr)の評価が最も低くなった。また, これらの間には有意な相関はみられなかった($r=-0.47$)。

実験①で用いた 6 種類の試料群に対しては, これらの形容語間に有意な相関関係が見られたにもかかわらず, 評価対象を 12 試料とした実験②では両者の間に相関がみられなかった。このことは評価対象の変更によって「光りすぎている」または「艶やかな」のいずれかの評価基準が変化したことを示している。しかし, この評価基準の変化によって結果として, 専門家の評価結果(第 2 章参照)と一致したことが確認された。なお, 「やわらかい(Soft)」と「ざらつく(Coarse)」の平均嗜好度の間には有意な相関はみられなかったため($r=0.07$), 実験②においても非専門家はこれらの形容語を異なる判断基準に基づいて評価したものと考えら

れる。また，発展風合いに関する 4 つの形容語間にはいずれも高度に有意な相関($p<0.01$)がみられており，この点も実験①と一致した。

Table 3.5 Mean preference scores of experiment 2 (12 samples)

Layer	Adjectives	Sample											
		C_Tr	C_Po	C_Si	F_Tr	F_Po	F_Si	S_Tr	S_Po	S_Si	G_Tr	G_Po	G_Si
	Glossy	-0.01	-0.02	-0.15	0.08	-0.04	-0.23	0.42	0.05	0.28	-0.22	-0.10	-0.06
	Damp-luster	-0.01	0.18	0.03	0.29	-0.20	-0.58	0.68	0.61	0.44	-0.11	-0.72	-0.60
	Glittery	-0.24	-0.15	0.09	-0.32	-0.04	0.24	-0.11	-0.30	0.06	-0.07	0.47	0.38
	Garish	-0.21	-0.19	0.03	-0.32	-0.10	0.31	-0.29	-0.28	-0.03	-0.10	0.69	0.50
	Shiny	-0.30	-0.19	0.04	-0.34	-0.10	0.33	-0.28	-0.30	-0.07	-0.06	0.74	0.54
	Dark	0.17	0.27	-0.42	0.65	-0.20	-0.74	0.88	0.78	0.58	-0.29	-0.94	-0.74
	Deep-black	0.18	0.21	-0.28	0.63	-0.18	-0.76	0.91	0.71	0.67	-0.39	-0.95	-0.74
	Somber-black	-0.10	-0.24	0.34	-0.49	-0.01	0.56	-0.51	-0.30	-0.19	0.01	0.58	0.34
	Regular	0.04	0.18	0.00	0.44	0.19	0.02	0.57	0.50	-0.30	-0.14	-0.71	-0.79
	Coarse	0.33	0.26	0.20	-0.36	0.14	-0.22	-0.94	-0.68	-0.21	0.21	0.69	0.58
	Rough	0.00	-0.13	-0.41	-0.36	0.30	-0.64	-0.89	-0.83	-0.60	1.21	1.20	1.15
	Fine	-0.04	0.10	0.06	0.41	-0.04	0.29	0.98	0.68	0.18	-0.69	-0.98	-0.95
	Delicate	0.03	0.15	-0.04	0.30	-0.01	0.22	0.82	0.54	0.10	-0.49	-0.86	-0.76
	Smooth	-0.14	-0.17	0.11	0.24	-0.27	0.22	0.86	0.75	0.07	-0.33	-0.71	-0.65
	Sleek	-0.20	-0.04	-0.14	0.06	-0.01	0.41	0.48	0.17	0.02	-0.38	-0.15	-0.23
	Rustle	-0.05	-0.19	0.09	0.01	-0.10	0.65	0.22	-0.03	-0.07	-0.08	-0.10	-0.33
	Moist	0.08	0.09	0.22	0.30	-0.27	-0.57	0.80	0.88	0.38	-0.29	-0.84	-0.77
	Soft	-0.09	-0.27	-0.05	-0.23	-0.38	-0.38	0.02	0.23	0.08	0.83	0.06	0.17
	Lightweight	-0.10	-0.15	-0.06	0.00	0.05	0.60	0.04	-0.13	-0.02	-0.10	-0.03	-0.10
	Fluffy	-0.16	-0.26	-0.08	-0.23	-0.40	-0.41	-0.10	0.14	-0.03	0.83	0.32	0.38
	Flexible	0.04	-0.08	0.06	0.16	-0.13	0.14	0.49	0.34	0.13	-0.06	-0.57	-0.51
	Bulky	-0.14	-0.25	-0.08	-0.29	-0.31	-0.51	-0.28	-0.11	-0.04	0.93	0.55	0.54
	Monotonous	-0.01	0.03	-0.02	0.30	-0.13	-0.42	0.61	0.55	0.49	-0.20	-0.64	-0.58
	High-class	0.13	0.18	-0.18	0.43	-0.11	-0.58	0.81	0.57	0.38	-0.16	-0.77	-0.69
Upper	High-quality	0.09	0.16	-0.15	0.40	-0.10	-0.53	0.81	0.55	0.34	-0.07	-0.78	-0.72
appearance	Elegant	0.09	0.20	-0.14	0.26	-0.07	-0.49	0.38	0.30	0.23	0.20	-0.51	-0.45
	Beautiful	0.04	0.16	-0.20	0.41	-0.05	-0.59	0.73	0.44	0.40	0.03	-0.77	-0.58

3.5.2 発展規定風合いと基本風合いの関係

Fig. 3.2 に実験②における因子分析より得られた固有値のスクリープロットを示す。抽出基準より、実験②では第4因子まで抽出された。すなわち、非専門家では評価対象となる黒色織物の変更によって、発展規定風合いを構成する表現の数が変化した。

次に、Table 3.6 に示す斜交回転後の因子負荷量から各因子のもつ意味を解釈した。第1因子($f1'$)は、巨視的な明るさ感と因果関係をもつ基本風合い表現「光りすぎている(Shiny)」が含まれることから、 $f1'$ を「巨視的な明るさ感(Macroscopic brightness sensation)」と解釈した。第2因子($f2'$)は、粗滑感と因果関係をもつ基本風合い表現「ざらつく(Coarse)」が含まれることから、 $f2'$ を「粗滑感(Roughness sensation)」と解釈した。第3因子($f3'$)は、微視的な明るさ感と因果関係をもつ基本風合い表現「艶やかな(Glossy)」が含まれることから、 $f3'$ を「微視的な明るさ感(Microscopic brightness sensation)」と解釈した。第4因子($f4'$)は、硬軟感と因果関係をもつ基本風合い表現「やわらかい(Soft)」が含まれることから、 $f4'$ を「硬軟感(Softness sensation)」と解釈した。

以上より、評価対象となる黒色織物に違いがある場合、非専門家の評価構造モデルにおける発展規定風合い表現は、実験①と同様に明るさに関する因子、粗さに関する因子、硬さに関する因子がそれぞれ同定された。一方、相違点として、実験①では単一の明るさ感が同定されたのに対し、実験②では巨視的・微視的といった反射領域を反映した2つの異なる明るさ感が同定された。この結果は Fig. 3.1 に示す専門家の評価構造モデル中の発展規定風合い表現と一致した。

Table 3.7 に因子得点の結果を示す。「巨視的な明るさ感」では、ログランでポ

リエステルの試料(G_Po)やグログランで絹の試料の試料(G_Si)の得点が高かった。一方、「微視的な明るさ感」では、朱子織でトリアセテートの試料(S_Tr), 梨地織で絹の試料(C_Si), 朱子織で絹の試料(S_Si)の得点が高かった。

このように、実験②の結果から非専門家と専門家の間で一致した発展規定風合い表現が同定されたのは、表面の凹凸形状が小さい朱子織や、凹凸形状が大きいグログランといった構造的な特徴が顕著な織物を評価対象として選定したため、判断の根拠となる試料間の物理的変化が明確であったためであると考察される。観察対象の表面に凹凸や地模様があるとき、観察の状態によって印象が変化しやすいことが報告されている[36]。つまり、凹凸形状に特徴がある試料を観察するとき、着眼する領域が形容語によって異なっており、巨視的な明るさ感、微視的な明るさ感のような反射領域を反映した因子が抽出されたものと考察される。

Table 3.6 Factor loadings of experiment 2 (12 samples)

Adjective	f1'	f2'	f3'	f4'
Glittery	1.14	0.15	0.22	0.03
Garish	1.07	0.09	0.10	0.02
Shiny	1.07	0.12	0.09	0.07
Somber-black	0.73	0.28	-0.39	0.03
Regular	-0.88	0.30	-0.16	-0.11
Moist	-0.62	0.09	0.42	0.09
Damp-luster	-0.62	-0.02	0.49	0.11
Flexible	-0.61	0.57	0.10	0.15
Dark	-0.61	-0.11	0.52	-0.01
Rustle	0.07	1.07	-0.31	0.04
Lightweight	0.38	0.91	-0.31	-0.16
Sleek	0.23	0.75	0.42	-0.19
Smooth	-0.40	0.62	0.28	0.14
Coarse	0.30	-0.62	-0.39	-0.19
Glossy	0.15	-0.14	1.09	-0.10
Soft	-0.13	0.06	-0.01	1.04
Fluffy	0.11	-0.06	-0.01	0.94
Bulky	0.24	-0.25	-0.05	0.75
Deep-black	-0.56	-0.11	0.57	-0.05
Rough	0.29	-0.47	-0.30	0.26
Monotonous	-0.54	0.06	0.54	0.07
Delicate	-0.52	0.42	0.22	-0.17
Fine	-0.46	0.45	0.26	-0.18

Table 3.7 Factor scores of experimental 2 (12 samples)

Middle appearance	Sample											
	C_Tr	C_Po	C_Si	F_Tr	F_Po	F_Si	S_Tr	S_Po	S_Si	G_Tr	G_Po	G_Si
f1' 'Macroscopic brightness sensation'	-0.18	-0.60	0.37	-1.62	0.31	0.67	-0.68	-1.64	0.01	0.10	1.98	1.28
f2' 'Roughness sensation'	-0.33	-0.58	0.22	-0.32	-0.07	2.18	1.31	0.38	0.43	-0.65	-1.04	-1.56
f3' 'Microscopic brightness sensation'	0.41	0.21	1.30	-2.43	0.62	-1.78	2.83	1.02	1.08	-1.29	-0.77	-1.20
f4' 'Softness sensation based on the roughness'	2.85	-0.64	3.54	-8.35	1.26	-2.08	0.97	-0.76	2.14	2.70	-0.65	-0.98

3.5.3 発展風合いと発展規定風合いの関係

実験②によって得られた重回帰式を(3.2)式に示す。

$$UA = -0.38 \times f1' + 0.13 \times f3' \quad (3.2)$$

UA : Mean preference score of 'High-class'

f1' : Factor score of 'Macroscopic brightness sensation'

f3' : Factor score of 'Microscopic brightness sensation'

回帰式を基に算出された発展風合い(高級な)の計算値と官能評価結果の実測値を Fig. 3.4 に示す。両者の当てはまりの良さを表す決定係数は $R^2=0.90$ であり、高度に有意($p<0.01$)な回帰式を得ることができた。すなわち、評価対象となる黒色織物に違いがある場合においても発展規定風合いと発展風合いの間に因果関係が成り立つことが示された。さらに、(3.2)式より発展風合いは、4つの発展規定風合い表現のうち、「巨視的な明るさ感」および「微視的な明るさ感」の影響を受けて決定されることがわかった。これは、明るさに関する因子のみを発展風合いの決定要因としているという点で実験①の限定した試料群に対する非専門家の評価構造モデルと一致する。一方、専門家の評価構造モデルでは Fig. 3.1 に示すように複数の発展規定風合い(巨視的な明るさ感、硬軟感、微視的な明るさ感)が発展風合いの決定要因であったことから、専門家と非専門家では上位層の発展風合いに対する評価基準が異なることがわかった。このことは将来発展風合いの客観的評価を試みる際、評価者の属性に応じて客観評価式を使い分ける必要があることを示唆している。

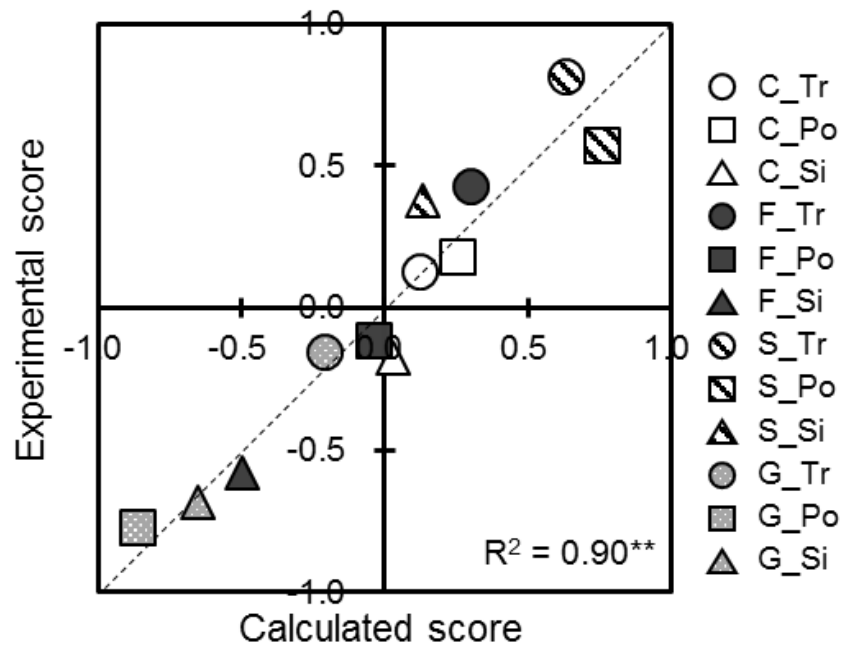


Fig. 3.4 Relationship between experimental score and calculated score of experiment 2 (12 samples)

3.6 視覚的風合いの心理的側面における評価構造モデルの提案

第2章および本章で得た黒色織物の視覚的風合い評価構造モデルの要点をTable 3.8に示す。Table 3.8では、上位層の発展風合い、中位層の発展規定風合い、下位層の基本風合いに位置づけられる各表現と階層間の重み付けを条件別に表している。例えば、専門家を評価者として6種類の黒色織物を対象に視覚的風合いを評価したときの評価構造モデルでは、4つの発展規定風合い表現が同定され、このうち3つの表現が発展風合いの決定要因であったことを示している。また、巨視的な明るさ感に因果関係をもつ基本風合い表現は「光りすぎている(Shiny)」であり、それ以外にも6種類の基本風合い表現が存在したことを示している。

Table 3.8より、評価者の属性を専門家または非専門家とし、6種類、ないしは12種類の黒色織物を評価対象としたいずれの実験においても視覚的風合いの評価構造モデルは3階層(基本風合い、発展規定風合い、発展風合い)で表すことが可能であった。

また、専門家の評価構造モデルでは、4つの発展規定風合い表現(巨視的な明るさ感、硬軟感、微視的な明るさ感、粗滑感)で構成されているのに対して、評価対象を6試料とした非専門家では、3つの発展規定風合い表現(明るさ感、粗滑感、硬軟感)で構成され、発展風合いの決定要因は明るさ感のみであった。

しかし、評価対象を12試料とした非専門家では、専門家と同様に4つの発展規定風合い表現(巨視的な明るさ感、粗滑感、微視的な明るさ感、硬軟感)で構成された。ただし、評価対象を12試料とした場合であっても、発展風合いの決定要因は巨視的な明るさ感および微視的な明るさ感のみであり、専門家と比較し

た場合、依然として単純な構造を堅持することがわかった。これらの結果から、非専門家の布に対する知識や手指で触れた経験が乏しいことに伴う視覚的風合いの評価基準が画一的かつ単純であることが示された。

Table 3.8 Assessment model of fabric appearance in each condition

Conditions	Upper appearance		Middle appearance		Basic appearance	
	Representing expression (Others)	Weight 1	Middle appearance expression	Weight 2	Representing expression (FL) (FL ≥ 0.6)	
Experts group 6 Samples	High-class High-quality Elegant Beautiful	-0.51	F1 'Macroscopic brightness sensation'	0.93	Shiny	6 Adj.
		0.67	F2 'Softness sensation'	0.77	Soft	3 Adj.
		0.42	F3 'Microscopic brightness sensation'	0.67	Glossy	3 Adj.
		-	F4 'Roughness sensation'	0.87	Coarse	4 Adj.
Non-experts group 6 Samples	High-class High-quality Elegant Beautiful	-0.96	f1 'Brightness sensation'	0.98	Shiny	9 Adj.
		-	f2 'Roughness sensation'	-0.91	Glossy	
		-	f3 'Softness sensation'	0.92	Coarse	7 Adj.
Non-experts group 12 Samples	High-class High-quality Elegant Beautiful	-	f1 'Macroscopic brightness sensation'	0.98	Soft	3 Adj.
		-0.80	f2 'Roughness sensation'	1.07	Shiny	8 Adj.
		-	f3 'Softness sensation'	-0.62	Coarse	4 Adj.
		0.39	f4 'Macroscopic brightness sensation'	1.09	Glossy	0 Adj.
		-	f4 'Softness sensation'	1.04	Soft	2 Adj.

Weight 1: Standard partial regression coefficient

Weight 2: Factor loading (FL)

3.7 本章のまとめ

本章では、視覚的風合いの評価構造モデルの汎用性を検証することを目的に、評価者の属性、評価対象となる黒色織物を変更して実施した視覚的風合い官能評価から各条件において新たに評価構造モデルを作成した。

その結果、いずれの条件においても視覚的風合いの評価構造モデルは3階層で表現できることを確認した。また、評価者の属性の影響を検討した結果、非専門家の視覚的風合いの評価構造は、専門家に比べて単純な構造であることがわかった。しかし、凹凸などの物理的特徴が明確な試料群を評価対象とした時には、非専門家であっても専門家と同一の発展規定風合い表現で構成されることがわかった。ただし、発展風合いを決定付ける発展規定風合い表現については、評価対象とした試料群に依存せずに明るさ感に限定されており、依然として単純な構造を堅持することがわかった。つまり、非専門家の視覚的風合い評価基準が画一的かつ単純であることが示された。

このことより、評価者の属性が異なる場合、発展規定風合いと発展風合いの因果関係は、必ずしも一義的に規定できず、評価者の属性に応じた評価構造モデルの提案が必要であることがわかった。

第 4 章

視覚的風合いの織物物性側面 における形成要因

第4章

視覚的風合いの織物物性側面における形成要因

4.1 はじめに

前章までに、視覚的風合い評価の心理的側面における形成要因の分析として専門家および非専門家による黒色織物の視覚的風合い評価を実施し、評価者が視覚的風合いの良否を最終判断するまでの評価過程の解明に取り組んだ。これらの結果より、いずれの評価者群においても、視覚的風合いは(i)黒色織物の観察を通じて織物の特徴を知覚する過程、(ii)特徴を統合して視覚的風合いの良否を判断するための基本風合い要素に翻訳する過程、(iii)評価者がもつ価値基準と織物の基本風合いとを照合して視覚的風合いの良否を判断する過程、の3段階の評価過程が存在することを見出した。さらに、得られた知見に基づき、これらの評価過程に対応した3階層から成る評価構造モデルを専門家ならびに非専門家について、それぞれ作成した。

Fig. 4.1 に非専門家が黒色織物の視覚的風合いを評価する際の心理的側面における評価構造モデルを示す。評価構造モデルには、各階層に含まれる具体的な評価項目と、異なる階層間で因果関係が成立する場合、その評価項目間の関係の強さを示す係数を示している。

Fig. 4.1 の非専門家の評価構造モデルより、発展風合いに属する高級感の評価は、発展規定風合いに属する4つの評価項目のうち、「巨視的な明るさ感

(Macroscopic brightness sensation)」, および「微視的な明るさ感(Microscopic brightness sensation)」の2つの評価項目との間で因果関係が確認された。さらに、発展規定風合いに属する「巨視的な明るさ感」は、基本風合いに属する「光すぎている」、「きらめく」、「キラツキがある」、「くすみのある黒色」、「濃淡が均一な」、「しっとりした」、「しっとりした艶」、「しなやか」、「濃い」の9つの評価項目と関係し、その中でも「光すぎている」との間に最もよい一致がみられた。同様に、発展規定風合いに属する「硬軟感」、「微視的な明るさ感」、「粗滑感」の各評価項目とは基本風合いに属する、「やわらかい」、「艶やかな」、「ざらついた」の各評価項目との間に、それぞれ良い一致がみられた。

これらの知見を工学的側面で応用するためには、黒色織物を構成する繊維素材および構造という設計要因の違いが視覚的風合いに及ぼす影響を検討する必要がある。すなわち、視覚的風合い評価構造モデルにおける織物の設計および織物物性の各側面について、これらの形成要因を明らかにすることが必要となる。この検討によって、織物の物理特性を計量することで、本来、評価者が行うべき視覚的風合い評価を代替する機器計測システムを確立することができる。

ここで、織物の物理特性について考えると、先行研究において視覚的風合いに影響する黒色織物の物理特性には、光学的反射特性、幾何学的性状、ドレープ性など多くの物理的要因が関与すると述べられている[41]。本研究において、織物物性側面における支配的な形成要因は、光学的反射特性であると考えた。織物の光学的反射特性は、反射光強度の測定すなわち測光と、反射光に含まれる分光特性の測定、すなわち測色の2つが重要な測定項目であるが、このうち、最も支配的な形成要因は、反射光強度であると考えた。その理由として、本研究では、平面状に置かれた織物を観察したときの視覚的風合いを評価することから、織物のドレープ性の違いによる影響は小さいこと、評価対象の織物が黒色に染色さ

れていることから分光分布に顕著な違いが表れにくいこと、非専門家における視覚的風合いの評価構造モデルから高級感の評価は、明るさ感の評価との間で因果関係がみられるが、粗滑感や硬軟感の評価との間ではみられないことが挙げられる。

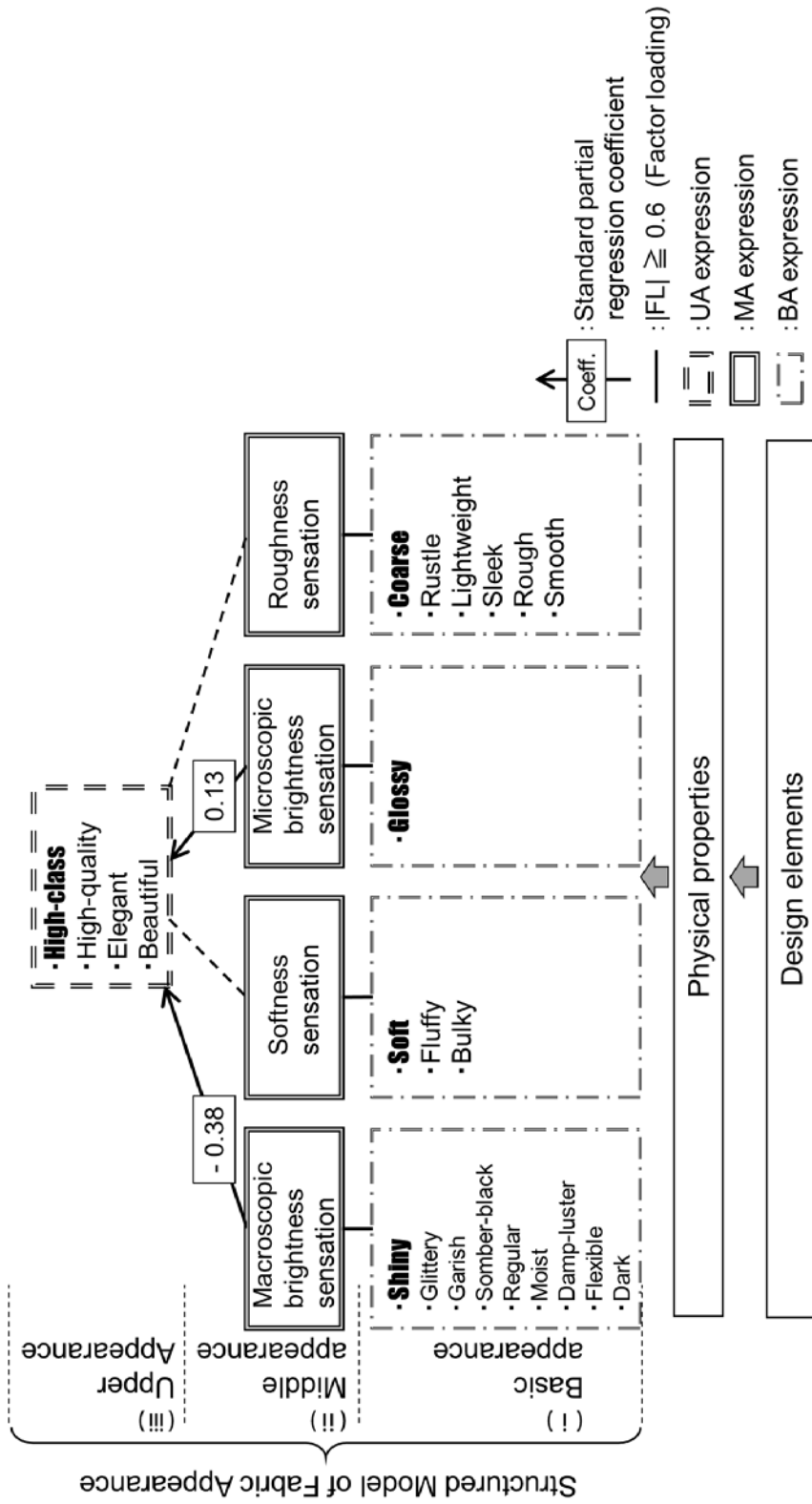


Fig. 4.1 Structured model of fabric appearance on dyed black color fabric by non-experts on textiles

4.2 実験目的

本章では、近年、消費者の要求を満たすものづくりの重要性が強く意識されていることを考慮し、非専門家を対象とした視覚的風合い評価構造モデルにおける織物の設計および織物物性の各側面について、これらの形成要因を明らかにするための機器計測システムを提案することを目的とした。

この目的のために、将来の生産現場における活用等にも配慮し、実用上の簡便さにも配慮した、変角機構を実現した測光装置を試作した。そして、試作装置によって織物の光学的反射特性を測定し、巨視範囲、または微視範囲という異なる領域で知覚される黒色織物の明るさ感を代替すると考えられる指標の特徴化法を検討した。

この課題に取り組むことは、実際の生産現場においても、織物設計途上で必要となる逐一の主観的評価を省略できることから生産性の向上が期待できる[5]。

4.3 視覚的風合い評価のための機器計測システム

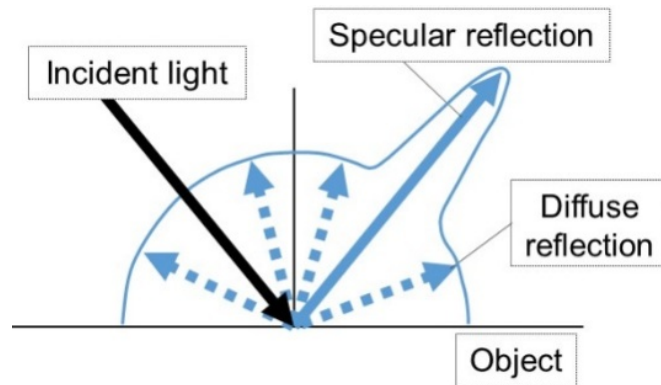
4.3.1 関連研究について

種々の平面状材料に対する反射光強度の計量法は、3次元変角光度計[23, 42]、鏡面光沢計[43, 44]、対比光沢計[45]、鮮明度光沢計[46]のように視野角 2 度を超えるような巨視範囲の計量法や、顕微光沢計[47]、輝度分布計[26]のように視野角 0.2 度を超えないような微視範囲の計量法がある。

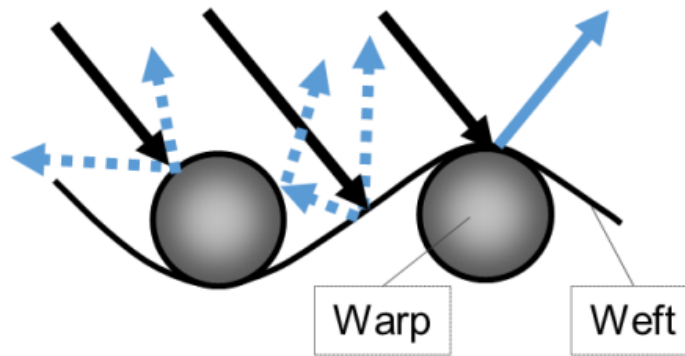
本実験の目的、すなわち、巨視範囲、または微視範囲という異なる領域で知覚される黒色織物の明るさ感を代替する指標を作成することを考慮すれば、既に報告された微視的範囲の計量法[26, 47]を援用して黒色織物の反射光強度分布を一旦取得し、その後、特定領域からの反射光強度を平均する方法が好ましいといえる。この方法は、開口の大きさを段階的に変化させて、そこを通過する光束を受光センサで測定する方法と同意義と考えられるが、微視範囲の計量法には、受光器の精密な校正を要すること、取得情報量が多く信号処理の専門的知識を要すること、測定装置を構成する光学系が高価であること等、実用上の課題も多い。

そこで、将来の生産現場における活用等にも配慮し、簡易的な計量法について検討を行った。光の反射強度を測定する場合、Fig. 4.2 (a)に示すように反射光の受光角によって、鏡面反射成分と拡散反射成分に分類される[48]。鏡面反射成分とは、平滑面において反射の法則に従い強度が最大となる角度、すなわち入射角と受光角が一致する角度で観察される反射光強度のことをいう。一方、拡散反射成分は、鏡面反射成分以外の受光角において観察される反射光強度のことをいう。

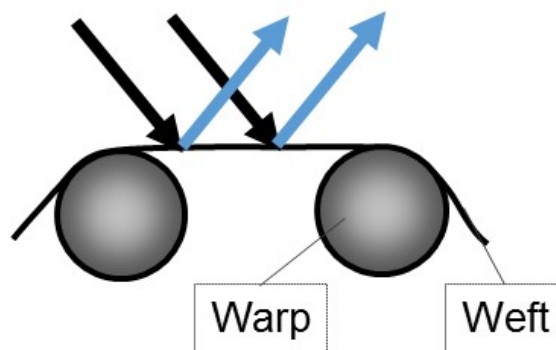
鏡面反射成分, および拡散反射成分を測定する方法は, 織物の光沢評価に関する先行研究[23, 42]等で提案・検証され, その後, 織物以外の平面状材料に対する光学的反射特性の測定にも援用されてきた. 通常, 変角測光法で用いられる受光器の開口角は一定に固定され, その角度は巨視的である. 一方, 変角測光法で測定される両成分には, Fig. 4.2 (b), (c)に示すように, 織物の微細な幾何学的性状が強く影響する. その意味で, 変角測光法とは, 織物の光学的反射特性を巨視的, ならびに微視的な両観点からとらえることのできる計量方法といえる.



(a) Specular reflection and diffuse reflection



(b) Specular reflection < Diffuse reflection



(c) Specular reflection > Diffuse reflection

Fig. 4.2 Schematic diagram of light reflection at surface of woven fabric

4.3.2 測光装置の試作

先行研究によって提案された微視的測光法[26, 47]には、測定上いくつかの煩雑さが存在することから、実用上の簡便さにも配慮し、巨視的測光法の一つである変角測光法を適用して、巨視範囲、および微視範囲における織物の光学的反射特性について検討することとした。そこで Fig. 4.3 に示す変角測光を実現した独自の計量装置を試作した。

試作装置は、試料台(Sample holder)、投光部(Incident light unit)、受光部(Photometric unit)により構成され、変角機構は、投光部および受光部を固定したキャリアがレールガイド(Rail guide)上を移動、停止することによって、任意の入射角、および受光角に設定することで実現した。また、試作装置には可能な限り官能評価の観察条件を再現できるようにした。すなわち、官能評価で用いた光源の色温度に近似した 7500K のメタルハライドファイバー照明装置(IMH-250, シグマ光機社製)を用いた。また、この光源に面発光ライトガイド(MM80-1500, シグマ光機社製)を接続することで光を均一に面発光させて、試料台上の織物全体を照射した。なお、受光器には、2次元色彩輝度計(CA-2000, コニカミノルタ社製)を用いることとした。

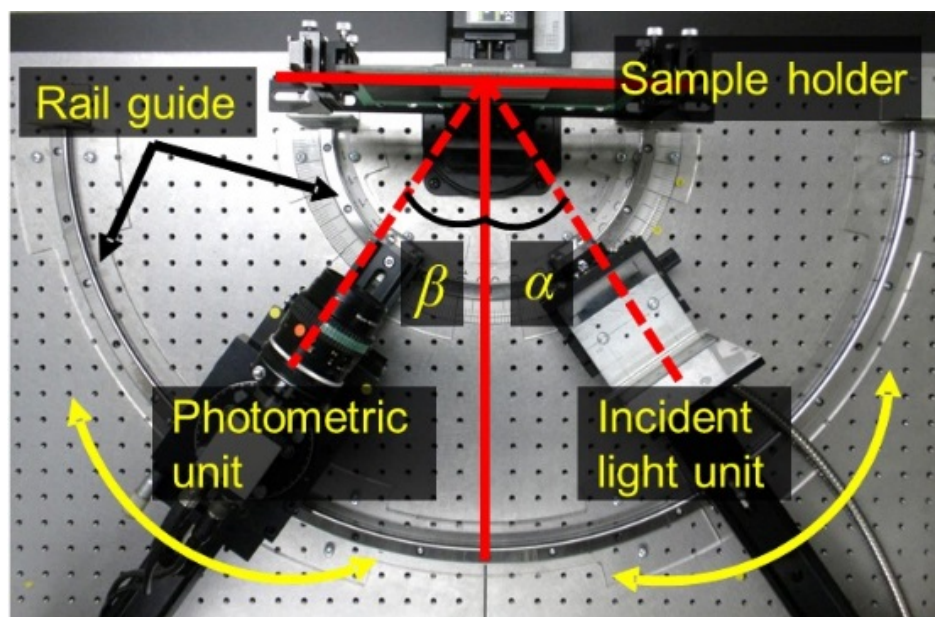


Fig. 4.3 Gonio-photometric system for estimating brightness sensation on dyed black color fabric

4.5 光学的反射特性の測定

4.5.1 試料および実験方法

試料は第3章で用いた色彩(L*, a*, b*)がほぼ同一であり、特定の織組織と特定の繊維素材から成る黒色織物12種類(Table 3.1 参照)を選定した。

JIS に規定される鏡面光沢度の測定方法[44]では、光源の入射角について、20°、60°、85°の3条件が規定されている。このうち、20°条件は、金属面等の強い光沢が生じる対象の場合、また、85°条件は、弱い光沢が生じる対象の場合にそれぞれ適用する条件とされている。

本実験の測定対象は、複雑な幾何学的性状をもつ織物であるが、比較的強い光沢が生じる繊維素材、ならびに織組織を選定していること、官能評価時の観察条件で入射角を60°としたことから、入射角 α には60°条件を採用することとした。また、試面の照度についても官能評価の観察条件(第2章2.4.2項参照)と同程度の920lxとした。

一方、受光角 β は、官能評価の観察条件、すなわち、試料台の法線方向を示す0°を基準として、そこから正反射成分の測定条件である60°までの角度範囲を15°刻みで変化させた。従って、0°、15°、30°、45°、60°の5条件とした。さらに、受光器の開口角度に対応する測定範囲は、官能評価の観察距離500mmにおいて2°視野に対応する面積、すなわち $\phi=17\text{mm}$ とした。以上の測定条件下で各試料につき5回の測定を行い、輝度値 L_{θ} を導出した。

4.5.2 測定結果

5回の測定による輝度 L_B の平均値を算出し、各受光角に対する平均輝度の変化を空間反射曲線として Fig. 4.4 に示す。

Fig. 4.4 より、いずれの試料についても受光角 β が増加することで平均輝度は増大した。これは受光角 β が正反射条件に近づくためである。また、試料によって異なる空間反射曲線が得られたことから、空間反射曲線は繊維素材および織組織の両要因の相乗的な効果によって決定されるものと推察される。

本研究で用いた繊維素材に着目すると、屈折率 n および断面形態はそれぞれ、シルクが $n=1.59$ 、三角形断面、ポリエステルが $n=1.72$ 、円形断面、トリアセテートが $n=1.47$ 、菊形断面である[49, 50]。繊維素材の屈折率は、反射光量と等価と考えられるため[49]、ポリエステル、シルク、トリアセテートの順番に大きな反射光量が得られると考えられる。一方、単繊維の断面ならびに表面形態は、繊維の形成過程によって発現する固有の形態が存在する。軍司らは、三角形の断面形態をもつ単繊維は、円形に比べて反射光量が増大すること、また単繊維の表面形態が平滑なほど反射光量が増大することを報告している[51]。このことから、反射光量は単繊維の断面形態ならびに表面形態に依存するといえるため、シルク、ポリエステル、トリアセテートの順番に大きな反射光量が得られると考えられる。

Fig. 4.4 について同種織組織・異種繊維素材群で比較すると、シルク素材の平均輝度は、受光角 $\beta=30^\circ$ を上回る範囲において最大であった。これは、上述の繊維素材固有の屈折率および単繊維形態が相互に影響した結果であると考察される。しかし、受光角 $\beta=30^\circ$ 以下においては、シルク素材の朱子織の平均輝度

は、他の繊維素材の朱子織の平均輝度を下回り、受光角 $\beta=0^\circ$ では最小となった。これは、朱子織が、組織点が少なく、経糸が緯糸に対して連続した浮き糸として織組織が構成され、平滑な幾何学的性状を形成するためと考察される。すなわち、朱子織は他の織組織と比較して、拡散反射成分の減少が著しいため、シルク素材の影響が小さくなったと考えられる。このように、受光角 $\beta=30^\circ$ を上回る範囲の平均輝度では、織組織に比べて繊維素材の影響が大きいが、反対に、受光角 β が 0° 付近の平均輝度では、繊維素材に比べて織組織の影響が大きくなると考察された。

次に、異種織組織・同種繊維素材群を比較すると、朱子織の平均輝度は、受光角 $\beta=0^\circ$ おいて最小、受光角 $\beta=60^\circ$ において最大であった。つまり、受光角 β が 0° から 60° まで変化する過程で平均輝度の変化量が最大であった。反対に、風通織では、この変化量が最小であった。これは、上述したように朱子織が、平滑な幾何学的性状をもつことで、反射光量のうち鏡面反射成分が増大したためであると考えられ、反対に風通織が、上下二枚の織物が結接された重ね組織であり、地厚で密な幾何学的性状をもつことで、入射光量のうち織物に吸収される光量の割合が増大し、反射光量が減少したためであると考えられる。このように、織組織によって形成される幾何学的性状の違いが、空間反射曲線における受光角 β が 0° から 60° まで変化する過程での平均輝度の変化量に影響したものと推察される。

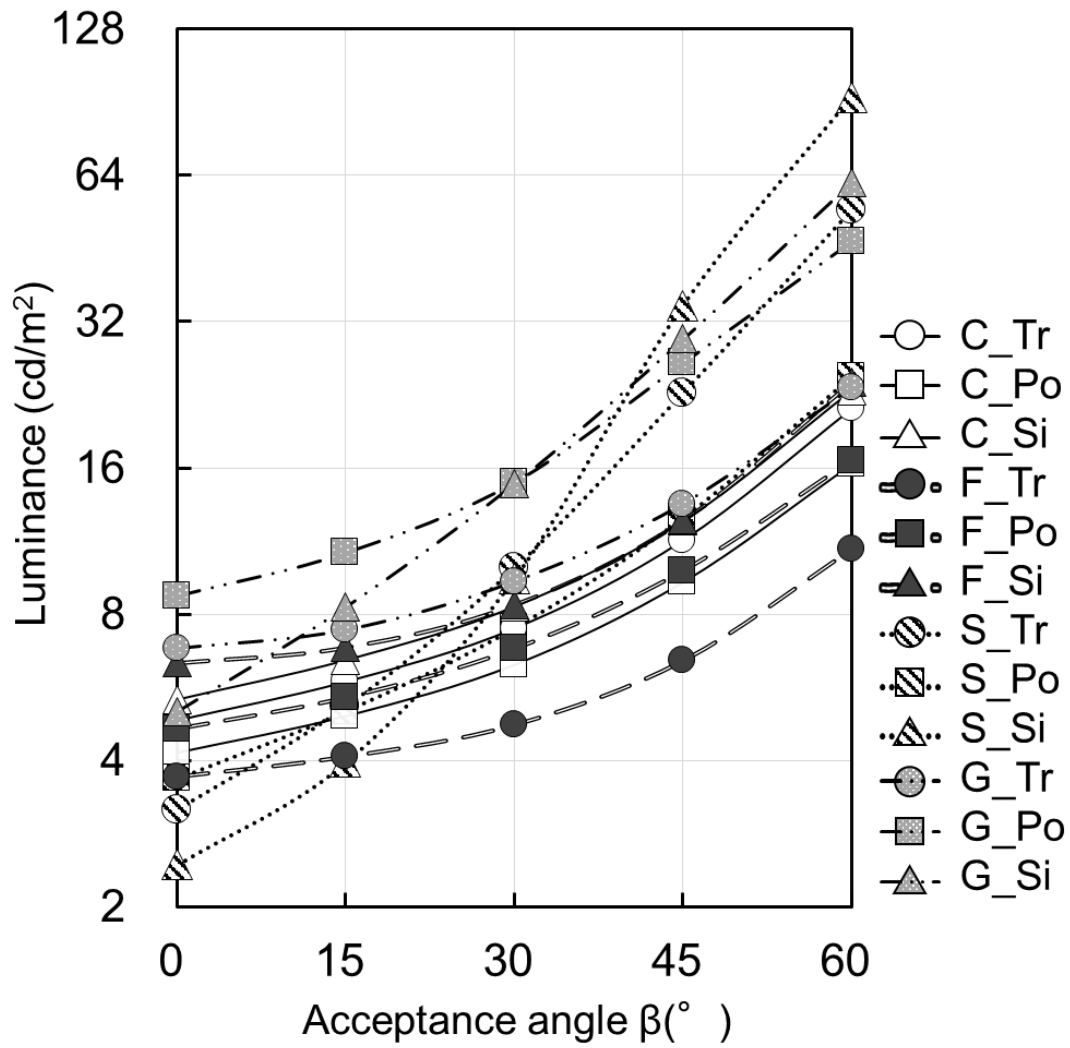


Fig. 4.4 Result of spatial reflectance curve

4.5.3 光学的反射特性の特徴量化について

上述した空間反射曲線にみられる知見には、繊維素材、および織組織が異なることによる影響が表出したものと考えられる。そこで、織物の特徴を数量的に表現するための特徴化する方法について検討した。

同種織組織・異種繊維素材群では、繊維素材に固有の屈折率や繊維素材の形態の違いから、特定の繊維素材において平均輝度が大きい、または小さいことが分かった。この知見に基づいて受光角 $\beta = 0^\circ \sim 60^\circ$ の全角度範囲において平均輝度の総量を算出し、これを異種繊維素材群の特徴を表す 1 つの特徴量とした。具体的には、各試料の空間反射曲線に対して(4.1)式に示す台形積分(Trapezoidal integration: TI)を適用した。

$$TI = \int_0^{45} (L_\beta + L_{\beta+15}) \times d\beta \quad (4.1)$$

TI : Trapezoidal integration

L : Luminance in the measurement area

β : photometric angle

また、異種織組織・同種繊維素材群では、織物の幾何学的性状の違いから、受光角の変化に対する平均輝度の変動すなわち変化率の違いがみられることが分かった。この知見に基づいて空間反射曲線に対して関数近似して、変化率に相当する傾き S ならびに、切片 I を導出し、これらを異種織組織群の特徴を表す 1 つの特徴量とした。具体的には、各試料の空間反射曲線に対して最小二乗法を適用し、(4.2)式を変換した(4.3)式、すなわち指数関数に近似した。

$$L = Ie^{Sx} \quad (4.2)$$

$$\log L = S \times x + \log I \quad (4.3)$$

L : Luminance in the measurement area

S : Slope of approximation straight line

x : photometric angle

I : Intercept of approximation straight
line

以上の空間反射曲線に対する特徴化によって得た TI , S および I の各光学的特徴量ならびに、近似の精度を表す決定係数を Table 4.1 に示す。

決定係数から、高い精度で近似が可能であったことがわかった。ここで、同種織組織・異繊維素材群で TI を比較すると、いずれの織組織においてもシルク素材では TI が最大値を示した。また、異種織組織・同種繊維素材で S を比較すると、いずれの繊維素材においても朱子織で S が最大値、風通織で S が最小値を示した。したがって、本研究において採用した試料群において TI を主として異種繊維素材群の特徴を表す特徴量、 S を主として異種繊維素材群の特徴を表す特徴量であると解釈した。また、 I は近似式の切片であるため、空間反射曲線における受光角 0° の輝度値 L_0 と高度に一致した。

Table 4.1 Calculation of TI , S , I and coefficient of determination in approximation

Sample	Parameter			Accuracy
	TI	S	I	R^2
C_Tr	564.6	0.024	4.2	0.94
C_Po	461.4	0.022	3.7	0.95
C_Si	620.9	0.024	4.7	0.94
F_Tr	337.7	0.017	3.3	0.90
F_Po	489.1	0.021	4.1	0.95
F_Si	643.4	0.022	5.3	0.89
S_Tr	999.5	0.048	2.7	0.98
S_Po	590.0	0.032	3.3	0.98
S_Si	1433.9	0.063	1.9	0.98
G_Tr	679.8	0.021	5.9	0.92
G_Po	1196.9	0.028	7.6	0.96
G_Si	1290.8	0.042	4.6	0.99

4.6 本章のまとめ

本章では、非専門家を対象とした視覚的風合い評価構造モデルにおける織物の設計および織物物性の各側面について、これらの形成要因を明らかにするための機器計測システムを提案することを目的に、測光装置の試作、ならびに巨視範囲、または微視範囲という異なる領域で知覚される黒色織物の明るさ感を代替すると考えられる指標の特徴化法を検討した。

その結果、実用上の簡便さにも配慮した、巨視的測光法の一つである変角測光法を応用した独自の機器計測システムを構築できた。さらに、織物の設計要因となる繊維素材、および織組織が異なることによる影響が表出する空間反射曲線の測光条件とその最適な特徴量化方法を見出した。

第 5 章

視覚的風合いの形成要因間の関係

第 5 章 視覚的風合いの形成要因間の関係

5.1 はじめに

第 2 章および第 3 章では、視覚的風合い評価構造モデルのうち心理的側面における形成要因の分析を行った。一方、第 4 章では、視覚的風合い評価構造モデルのうち織物の設計、および織物物性の各側面における形成要因を明らかにするための機器計測システムについて検討した。本研究の最終目的である視覚的風合いの評価構造モデルを提案するためには、これらの各側面における要因間の関係を構築することが必要である。これにより、評価者が行うべき視覚的風合い評価を機器計測システムが代替し、織物を構成する繊維素材、および構造という設計要因の違いが視覚的風合いに及ぼす影響を定量的に扱うことができる。そのため、織物設計途上で必要となる逐一の主観的評価を省略できることから生産性の向上が期待できる[5]。

5.2 実験目的

本章では、非専門家を対象とした視覚的風合いの評価構造モデルを提案することを目的に、評価構造モデルにおいて発展風合いに属する高級感の評価が、「巨視的な明るさ感(Macroscopic brightness sensation)」、および「微視的な明るさ感(Microscopic brightness sensation)」という観察領域の異なる明るさ感との間で因果関係が確認されたことに注目し、これら視覚的風合いの心理的側面における形成要因と織物物性である光学的反射特性の関係について検討した。

具体的には、第3章3.5節において得られた「巨視的な明るさ感」、および「微視的な明るさ感」の評価項目との間で最も良い一致が見られた基本風合いに属する評価項目、すなわち「光りすぎている」、および「艶やかな」に対する評価が「巨視的な明るさ感」、および「微視的な明るさ感」の評価と等価であるとみなし、観察領域の異なる明るさ感と織物の設計、および織物物性における形成要因間の関係解明を試みた。

5.3 観察領域の異なる明るさ感と設計要因の関係

非専門家による巨視的な明るさ感(=「光りすぎている(Shiny)」), および微視的な明るさ感(=「艶やかな(Glossy)」)の平均評点となる平均嗜好度(Table 3.5 参照)について試料群を構成する主要因である繊維素材, 織組織と, その水準間に差異があるか否かを確認するため, 算出した平均嗜好度に二元配置分散分析を適用した.

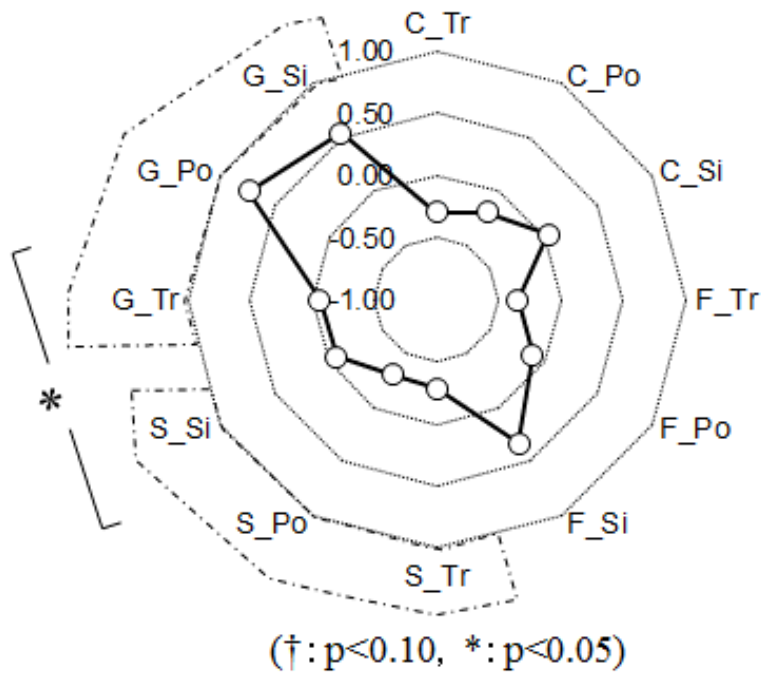
その結果, 巨視的な明るさ感については, 織組織の要因, すなわち異種織組織・同種繊維素材群間で有意差を確認した($p=0.035$). また, 繊維素材の要因, すなわち同種織組織・異種繊維素材群間では有意ではないものの僅かな差を確認した($p=0.050$). 一方, 微視的な明るさ感については, 異種織組織・同種繊維素材群間で有意ではないものの僅かな差を確認した($p=0.055$). しかし, 同種織組織・異種繊維素材群では差がみられなかった($p=0.521$).

次に, 有意な差がみられた, または有意ではないものの僅かな差がみられた要因について分散分析の下位検定となる多重比較の結果を Fig. 5.1 示す.

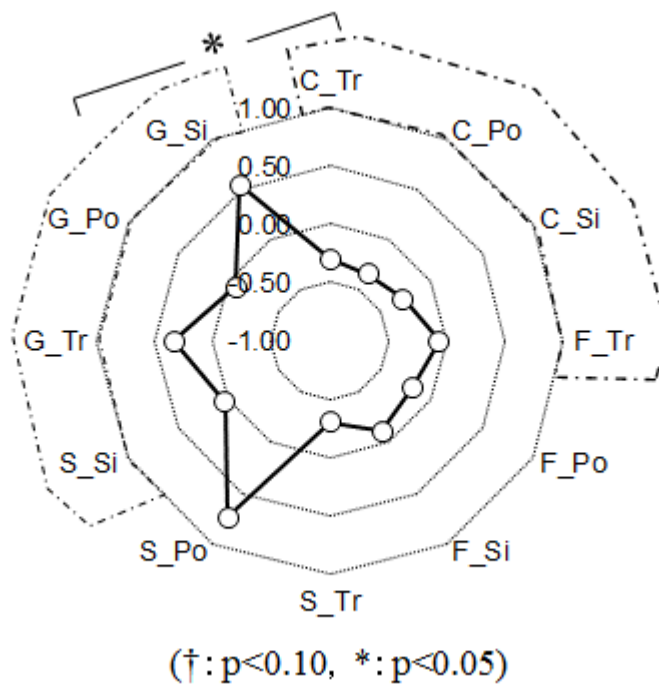
Fig. 5.1 (a)より, 巨視的な明るさ感における異種織組織・同種繊維素材群では, 朱子織とグログランの間に有意差がみられた($p=0.036$). また, Fig. 5.1 (b)より, 巨視的な明るさ感における同種織組織・異種繊維素材群間では, トリアセテートとシルクの間に有意差がみられた($p=0.044$). 一方, Fig. 5.1 (c)より, 微視的な明るさ感における異種織組織・同種繊維素材群間では, 朱子織とグログランの間に僅かな差がみられた($p=0.056$).

以上の結果から, 巨視的な明るさ感は, どちらかといえば, 繊維素材による影響, 一方, 微視的な明るさ感は, どちらかといえば, 織組織の影響を受ける評価

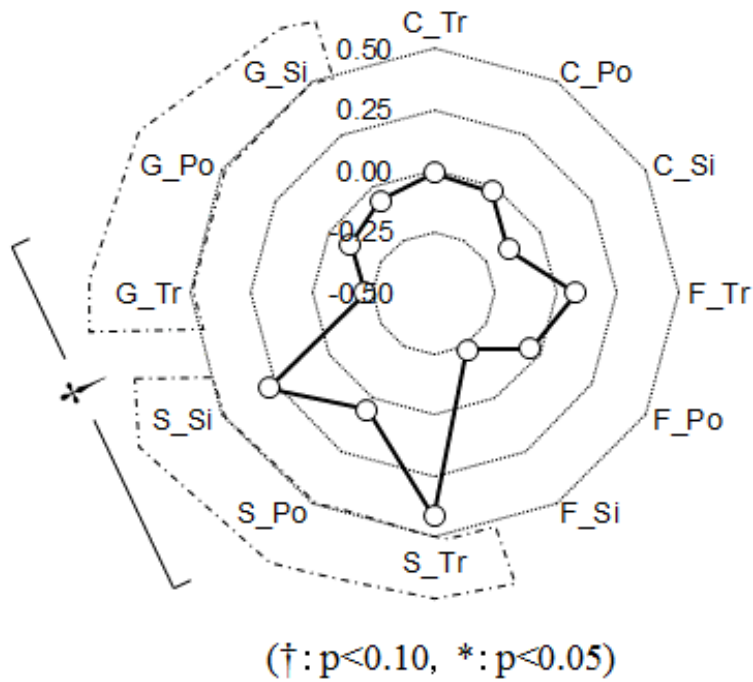
項目であることがわかった。



(a) Comparison of weaves in macroscopic brightness sensation



(b) Comparison of fiber materials in macroscopic brightness sensation



(c) Comparison of weaves in microscopic brightness sensation

Fig. 5.1 Mean preference score of brightness sensation

5.4 観察領域の異なる明るさ感と織物物性要因の関係

前述したように巨視的な明るさ感、どちらかといえば、繊維素材の違いに起因し、また、微視的な明るさ感、どちらかといえば、織組織の違いに起因することがわかった。しかし、これらの評価はいずれも、単一の要因で決定せず両要因の相乗的な効果が多分に影響するものと推察される。

そこで、目的変数には、巨視的な明るさ感、および微視的な明るさ感に関する評点、説明変数には前述の異種織組織群、または異種繊維素材群にみられる光学的反射特性の特徴量(第4章4.5.3項参照)、すなわち、台形積分値 TI 、近似式の傾き S 、切片 I 、ならびに空間反射曲線を構成する平均輝度 L_β ($\beta=0, 15, 30, 45, 60$)を用いて重回帰分析[37]を行った。なお、変数選択には変数増減法を用いた。

巨視的および微視的な明るさ感の重回帰式を(5.1)式、および(5.2)式にそれぞれ示す。なお、両式において選択された各説明変数を重みづけている係数は、標準偏回帰係数である。

$$MP_1 = 0.70 \times L_0 + 0.53 \times TI \quad (5.1)$$

MP_1 : Mean preference score of macroscopic brightness sensation

L_0 : Luminance at photometric angle zero degrees

TI : Trapezoidal integration of spatial reflectance curve

$$MP_2 = -0.54 \times L_0 + 0.44 \times S \quad (5.2)$$

MP_2 : Mean preference score of microscopic brightness sensation

L_0 : Luminance at photometric angle zero degrees

S : Slope of approximation straight line

重回帰式から得られる巨視的な明るさ感、および微視的な明るさ感の計算値と実測の評点との関係を示す散布図を Fig. 5.2(a), および(b)にそれぞれ示す。

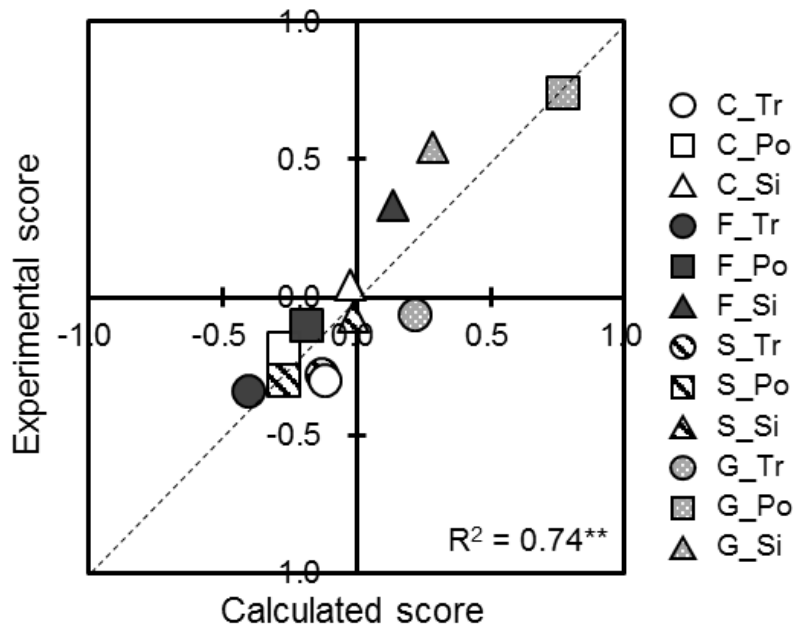
Fig. 5.2 (a), (b)に示すように、重回帰式の決定係数 R^2 は、それぞれ、0.76 ($p=0.001$), および 0.67($p=0.003$)であり、いずれも高度に有意な重回帰式であることが確認された。

(5.1)式の説明変数には、受光角 0° における平均輝度 L_0 , および空間反射曲線における台形積分値 TI の2変数が選択され、いずれの変数についても標準偏回帰係数の符号は正であった。これは、複雑な幾何学的性状をもつ織物に光が入射するとき、光は散乱・拡散して拡散反射成分が増大する。また、同種織組織であっても、屈折率が高い繊維素材や三角形の断面形態をもつ繊維素材で構成される織物については、空間反射曲線の台形積分値 TI が増大する。この拡散反射成分、および台形積分値の増大が、巨視的な明るさ感を増長する一因になったと考察される。

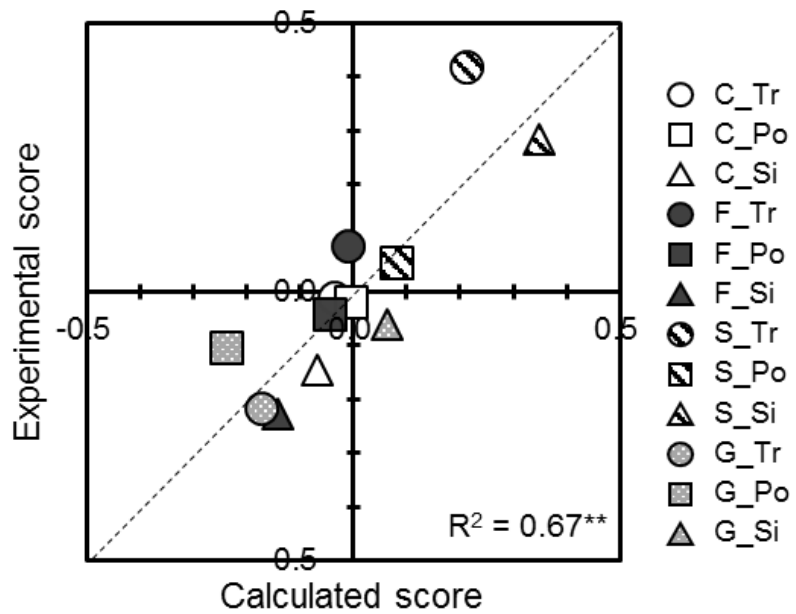
一方、(5.2)式の説明変数には、受光角 0° における平均輝度 L_0 , および空間反射曲線の近似式の傾き S が選択され、各変数に対する標準偏回帰係数の符号は、それぞれ、負および正であった。これは、平滑な幾何学的性状をもつ織物に光が入射するとき、光の散乱・拡散が抑制されて、鏡面反射成分が増大し、拡散反射成分が低減される。また、受光角度の変化に起因して反射光強度の変動、す

なわち鏡面反射成分と拡散反射成分の差が増大する。この拡散反射成分の低減、および受光角度に起因する反射光強度の変動の増大が、微視的な明るさ感を増長する一因になったと考察される。

以上の知見より、発展風合い（具体的には高級感等）の評価項目と巨視的な明るさ感、および微視的な明るさ感の各評価項目との因果関係をふまえて、好ましい視覚的風合いをもつ織物の光学的特性を考察すると、Fig. 4.1 に示した非専門家を対象とした視覚的風合いの評価構造モデルより、巨視的な明るさ感は黒色織物の高級感を損なうことに寄与し、微視的な明るさ感はそれを補うことに寄与するといえる。したがって、黒色織物に対する光学的特性の要件は、滑らかな幾何学的性状に起因する拡散反射成分の低減、拡散反射成分と鏡面反射成分の差異の増大、繊維素材の屈折率や繊維素材の形態に起因する空間反射曲線の積分値の低減が、それぞれ重要であると考察された。



(a) Macroscopic brightness sensation



(b) Microscopic brightness sensation

Fig. 5.2 Relationship between experimental score and calculated score

5.5 本章のまとめ

本章では、非専門家を対象とした視覚的風合いの評価構造モデルを提案することを目的に、観察領域の異なる明るさ感と織物の設計、および織物物性における形成要因間の関係解明を試みた。

その結果、視覚的風合いの評価構造モデルにおける織物の設計に関する側面の形成要因について、巨視的な明るさ感は繊維素材の影響が支配的であり、反対に、微視的な明るさ感は織組織の影響が支配的であることがわかった。

また、織物物性に関する側面の形成要因について、巨視的な明るさ感は、受光角 0° における平均輝度 L_0 および繊維素材固有の屈折率に起因する空間反射曲線の台形積分値 TI の両変数によって、また、微視的な明るさ感は、受光角 0° における平均輝度 L_0 および空間反射曲線の近似式の傾き S の両変数によって、それぞれ表されることがわかった。

さらに、好ましい視覚的風合いをもつ黒色織物に対する光学的反射特性の要件は、滑らかな幾何学的性状に起因する拡散反射成分の低減、拡散反射成分と鏡面反射成分の差異の増大、繊維素材の屈折率や繊維素材の形態に起因する空間反射曲線の積分値の低減が、それぞれ重要であることがわかった。

以上より、感覚計測工学的アプローチを適用することで、黒色織物における視覚的風合いの評価構造モデルを提案することができ、構築した機器計測システムによる視覚的風合いの計量化の可能性を見出した。

第 6 章

機器計測システム的应用

第 6 章 機器計測システムの応用

6.1 はじめに

前章までに、感覚計測工学的アプローチによる黒色織物における視覚的風合いの体系化を行い、視覚的風合いの評価構造モデル、ならびに機器計測システムを提案した。前述したように感覚計測工学は外的な刺激と内的な感覚という心理量の概念を形成する要因間の対応関係を明らかにし、かつ機器による計測を実現する手段である。仮に、種々の心理量について、本研究において構築した機器計測システムによって外的な刺激と内的な感覚の対応関係を明らかにすることができれば、この計測システムは黒色織物以外の対象物における心理量の計量化についても有効であると考えられる。

6.2 実験目的

本章では、第 4 章において構築した機器計測システムの有用性を検証するために、応用的研究として被服構成材料の一つであるスライドファスナを対象にして、評価者による審美性評価、ならびに本計測システムによる測光・測色に取り組むとともに、心理的側面と物性に関する側面における要因間の関係解明に取り組んだ。

6.3 スライドファスナの審美性評価

スライドファスナ(以下, ファスナと記載)は, 滑り式留め具を意味し, Fig. 6.1に示すような噛み合わせ部分のエレメント, エレメントを開閉するためのスライダ, 衣服等に縫合するためのテープから構成される材料で, 1891年にアメリカ人のホイットコム・ジャドソンが靴の紐を結ぶ時の不便さを解消するために考案したのが起源とされている. 1930~40年代のファスナは, ほとんどが手工業であったため, 品質の均一性に欠けていた. 近年のファスナは, 機械による生産が進み, 改良が加えられ, 品質ならびに機能が格段に向上したため, 現在では様々な工業製品に幅広く利用されている[52, 53].

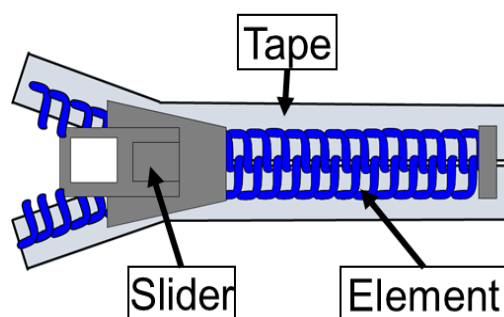


Fig. 6.1 Configuration of a fastener showing the slider, tape, and element

被服構成材料としてのファスナは、これまで取り扱い上の簡易性や耐久性が重要視され、被服がもつファッション性を損なわない外観デザインが主流であった。例えば、ファスナを目立たなくするために、可能な限り被服の主要な構成材料と同一の色彩に近づけることや、エレメントの面積を小さくすること、またはファスナを表に出さない生産技術の開発が行われ、いわば消極的な意匠性を実現することに主眼が置かれてきた。しかし、近年のファスナは、多様化する消費者ニーズに対応するために、合成樹脂製ファスナ(以下、樹脂ファスナと記載)を中心とした発色技術の開発が進められたことで、被服がもつファッション性を増長させる、いわば積極的な意匠性の実現に貢献している。このことから、ファスナ外観のデザイン性は、簡易性や耐久性と並んで重要な性能の1つとなっている。

このような要求性能の遷移があるにもかかわらず、ファスナの発色状態を数値化することに特化した測光・測色方法については検討されていないため、製造現場におけるファスナの測色・色彩管理は、視覚を通じてファスナを観察し、物体標準色として用いられる色票集との比較から色彩を決定する視感測色や、機器による汎用的な測色方法[54]が用いられている。しかし、視感測色では人の主観的な要因を排除しきれないこと、機器による汎用的な測色方法をファスナに適用した場合、背景となる被服の生地を含んだ測色となること等ファスナ部分のみの色彩を測定するのが困難であるため、ファスナの色彩を効率的に品質管理することは容易ではない。

また、近年では樹脂ファスナの発色技術として、エレメントの表面にナノオーダーの被膜を形成する加工が開発されている。例えば、樹脂でありながらメタリック調の色彩を発現する金属調発色技術[55]、または被膜の上面で反射する光と下面で反射する光が干渉する現象を利用したパール調の色彩を発現する構造発

色技術が挙げられる[56]. メタリック調やパール調の色彩は、観察する領域や方向に応じて様々な色彩が発現する. そのため、測色の結果を単一色で表す従来の測色方法では、メタリック調やパール調の色彩を表現することは困難である.

このように発色技術の開発に発展がみられ、多様な外観表現が可能になった一方で、消費者がファスナを観察した際にもつ印象については十分に検討されていないため、開発・設計の現場では、消費者のニーズにあったファスナを提供することが困難になっている.

これらの課題を解決するために本実験では、発色技術が異なる様々なファスナの外観に対して一般消費者がもつ審美性に関する印象を調査し、その基本的要因を明らかにすること、ならびに本計測システムを用いて、設計段階において、これらの印象を評価し得るモデル式の提案に取り組んだ.

6.3.1 実験試料

試料は、近年新たな発色技術が開発されたことで積極的な意匠性の実現が可能になったこと、および従来の金属製ファスナと比較して軽く、柔らかい特性を有し、衣服や鞆を構成する被服構成材料として汎用性が高まっていることから、寸法が統一され、発色技術および色相が異なる樹脂ファスナ 47 種類を試作した。

樹脂ファスナは、(1)合成樹脂をモノフィラメント状に紡糸し、(2)モノフィラメントを芯糸に対してコイル状に巻きつけ、一対のコイルからエレメントを製造し、(3)エレメントとテープを縫合し、(4)スライダー等を取り付けて仕上げとすることで製造される。また、各製造工程において、適宜、発色技術が施される。本研究では、ファスナの発色状態を測定するための最小単位として、テープおよびスライダーが取り付けられていないエレメントを試料とした。

試料の外形寸法は幅 6.2mm、長さ 52.0mm、厚さ 2.1mm であり、モノフィラメントの直径は $\phi 0.7\text{mm}$ であった。

試料は Fig. 6.2 に示す 4 つの発色技術、すなわち、原液着色(Spun-dyeing: SD)、染色(Dyeing: D)、金属薄膜(Metallic layer: ML)、薄膜積層(Thin-layers: TL)のいずれかの方法、またはいかなる加工も施されていない未処理(Non-dyeing: ND)によって試作した。

原液着色は、上記製造工程(1)において、あらかじめ染料を混ぜ込んだ合成樹脂からモノフィラメントを紡糸する方法である。染色は、製造工程(3)の後に、テープおよびエレメント表面を均一に染色する方法である。これら発色技術は、従来から汎用的に用いられ、色彩のムラを低減した発色を可能とする方法である。

金属薄膜は、上記製造工程(2)の後に、モノフィラメント表面に金属薄膜を塗布する方法である。これにより、モノフィラメント部の素材が合成樹脂でありながらメタリック調の色彩が発現する。薄膜積層は、上記製造工程(2)の後に、モノフィラメント表面に複数層の薄膜を積層することで光の干渉を生じさせる方法である。これにより、薄膜の表面で反射する光と薄膜を通過し、下層の薄膜表面で反射する光との干渉によって、あたかも真珠表面で観察されるようなパール調の色彩を発現する方法である。これら 2 種類の発色技術は、近年開発され市販に至った方法であり、被膜の存在によって観察領域や観察方向が変化すると発現する色彩が異なる発色技術である。

本実験では、Fig. 6.3 に示すように、47 種類のファスナのうち、Fig. 6.3 (a) に示す 30 種類を審美性評価モデル式構築用試料、Fig. 6.3 (b) に示す 17 種類を審美性評価モデル式検証用試料とした。なお、Fig. 6.3 において試料の物体色として示すマンセル表色系は、あらかじめ 10 名の被験者が標準光源 D65 光源下において等色実験を行った際に得られた平均的知覚色を示している。

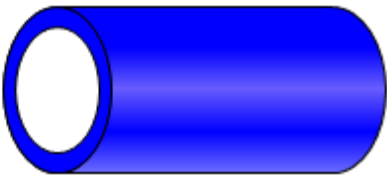
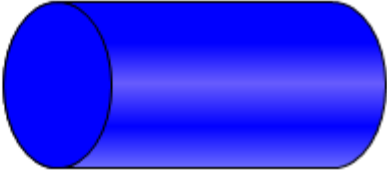
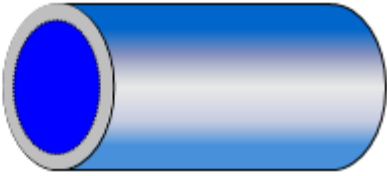
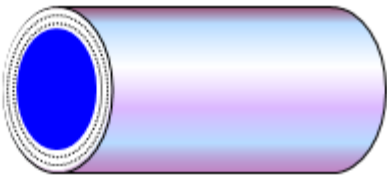
Color technology	Cross section and side of a element
D	
SD	
ML	
TL	

Fig. 6.2 Color technologies for the element

Color technology	Color [Munsell value]			
D	5PB4.2/10.1	6Y8.0/11.5		
SD	N9.5	7R4.5/11.9	9YR6.3/11.5	
	N2.0	N6.4	2Y5.0/5.6	
ML	N7.7	10YR4.8/3.4	7PB4.1/9.5	
	3Y7.2/10.7	4R4.3/9.3		
TL	4P8.3/3.4	6BG4.7/7.5	5B7.3/6.4	4R5.1/10.1
	6PB3.7/8.2	8R4.7/12.0	7B8.8/1.9	5R6.8/7.0
	6G8.6/2.9	5R6.5/7.1	8YR5.6/7.4	4GY7.3/10.8
	N9.4	4GY7.2/11.2	5YR4.8/7.8	7B7.1/6.2
ND	N9.3			

(a) For construction of the model

Color technology	Color [Munsell value]			
D				
SD	N3.4	6PB2.5/4.2		
ML	5YR5.7/9.8	6B5.5/8.6		
TL	4RP7.1/5.8	5R6.0/8.6	5P3.8/8.0	7B6.7/6.8
	10Y4.0/4.8	5GY7.2/10.3	5R4.4/10.6	
	7B4.1/7.2	6B6.5/7.5	5R6.7/7.0	
	N8.9	5P8.8/1.8	5GY7.4/10.1	
ND				

(b) For verification of the model

Fig. 6.3 Munsell values of samples

6.3.2 審美性評価における心理的側面の形成要因

(1) 審美性評価方法

評価者は、一般消費者を想定し、ファスナの製造について特段の知識や経験を有しない健康な20代男子大学生11名とした。

評価方法はSD法とした。評価項目は、Table 6.1に示すファスナの審美性に関する17種類の形容語を選定し、これらの項目について5段階尺度（-2pt：非常に、-1pt：やや、0pt：どちらでもない、+1pt：やや、+2pt：非常に）を用いて評価させた。

評価環境は、統制された観察環境を構築するため、Fig. 6.4に示すようなD65光源を備えた標準光源装置を用いることとした。試料のファスナは発色技術が施されていることで観察方向によって異なる色彩を発現することが想定される。そこで、評価時には試料を設置した台を回転させた状態を観察させた。試料台の回転は、Fig. 6.4に示す①～④を連続的に10秒間かけて実施し、これを1サイクルとした。すなわち、1サイクルは、①：試料の法線方向と評価者の観察方向が一致する状態(初期条件)、②：試料の法線方向と水平方向が平行になる状態、③：試料の法線方向と鉛直方向が平行になる状態、④：初期条件に戻った状態、の4条件である。

なお、評価者は、顎のせ台に顎を乗せた状態で、試料台上に設置された試料を2サイクルの観察した後、評価することとした。

Table 6.1 Adjectives expressing aesthetic features

	-		+	
1	youthful	若々しい	quiet	渋い
2	light	軽快な	massive	重厚な
3	hard	ハードな	soft	ソフトな
4	not sporty	スポーティでない	sporty	スポーティ
5	ugly	みにくい	pretty	かわいい
6	calm	落ち着いた	active	アクティブな
7	formal	フォーマルな	casual	カジュアルな
8	a thing not desired	買いたくない	a thing desired	買いたい
9	not cool	ダサい	cool	かっこいい
10	dislike	嫌い	like	好き
11	inelegant	下品な	elegant	エレガントな
12	cheep	安っぽい	luxury	高級感
13	old	古臭い	innovative	斬新な
14	monotone	単調な	variable	変化のある
15	plastic-like	プラスチック感	metallic	金属感
16	artificial	人工的な	natural	ナチュラルな
17	not bored	飽きる	bored	飽きない

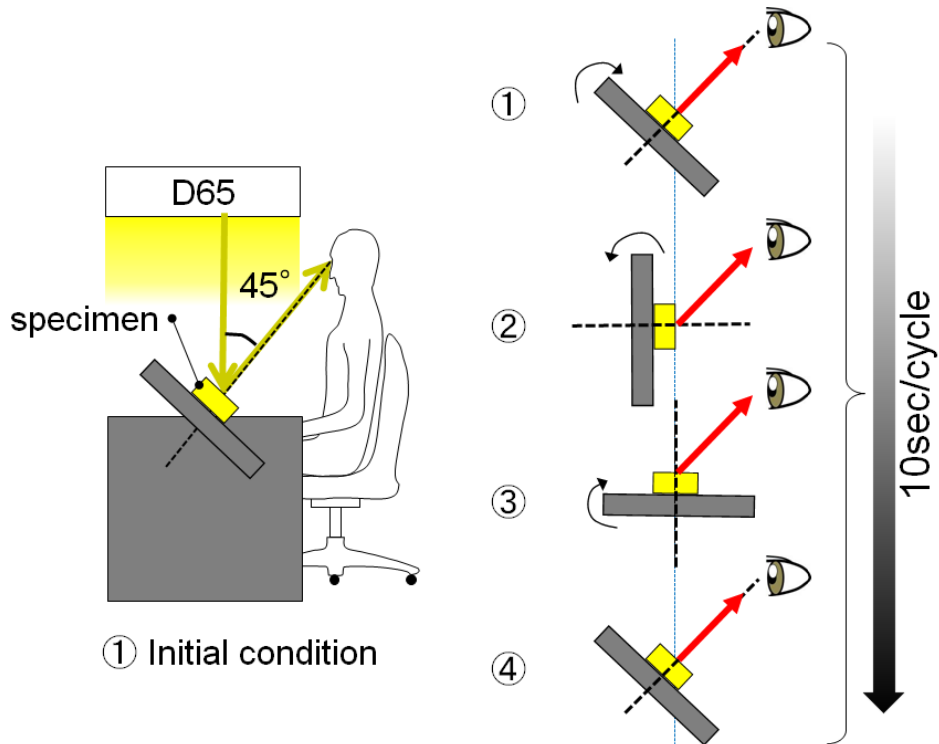


Fig. 6.4 Experimental environment

(2) 審美性評価結果

各評価項目に対する評点より評定平均点を算出した。発色技術の違いが審美性評価に及ぼす影響を検討するために、色彩が類似しており発色技術が異なる5種類のファスナ(D:5PB4.2/10.1, SD:N2.0, ML:10YR4.8/3.4, TL:6BG4.7/7.5, ND:N9.3)の結果を Fig. 6.5 に示す。

原液着色(SD:N2.0), 金属薄膜(ML:10YR4.8/3.4), 薄膜積層(TL:6BG4.7/7.5)は「重厚な(massive)」, 「スポーティ(sporty)」, 「かわいい(pretty)」, 「アクティブな(active)」において一致する傾向がみられた。したがって, これらの評価項目では, 被膜加工の金属薄膜や薄膜積層といった発色技術が審美性評価に及ぼす影響は小さく, 色彩が審美性評価に及ぼす影響の方が大きいと考えられる。

一方, 「変化のある(variable)」は, 染色(D:5PB4.2/10.1)や原液着色(SD:N2.0)で評点が低く, 薄膜積層(TL:6BG4.7/7.5)で評点が高くなった。また, 「金属感」は, 金属薄膜(ML:10YR4.8/3.4)の評点が高くなった。このことから, これらの評価項目では, 被膜加工の金属薄膜や薄膜積層といった発色技術が審美性評価に及ぼす影響の方が大きく, 色彩が審美性評価に及ぼす影響は小さいと考えられる。このように, 評価項目によって発色技術, または色彩のいずれかが評価の要因となっていることが確認された。

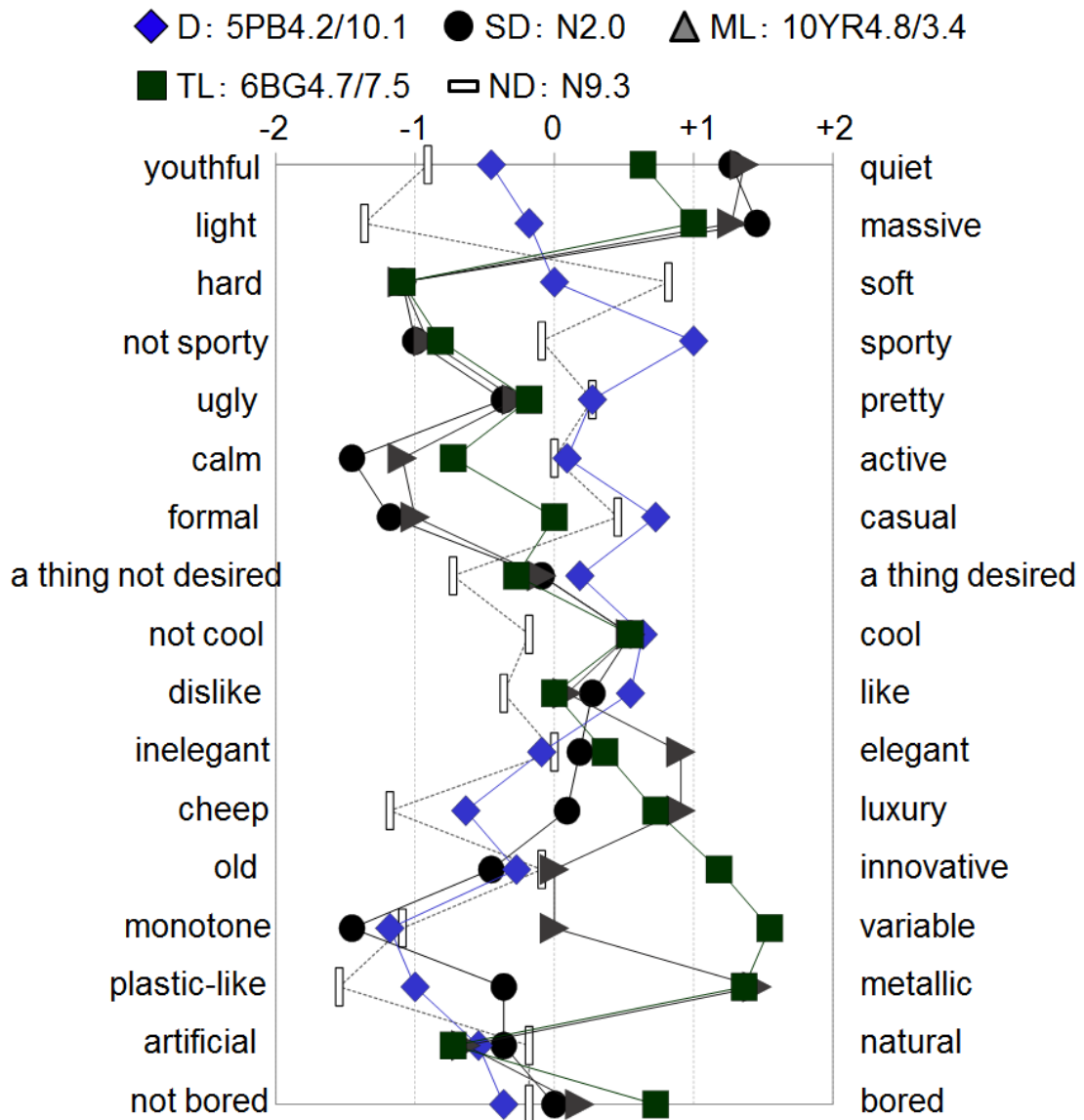


Fig. 6.5 Mean scores of 17 aesthetic features for the different color technologies of the fasteners

(3) ファスナの審美性評価に関する基本的要因

評価項目間にみられる共通の評価軸を見出すために、因子分析[33]を適用した。解析では主因子法を適用した後、バリマックス回転を行うことで共通因子の解釈を容易にした。Table 6.2 に共通因子に対する各評価項目の因子負荷量を示す。

因子分析の結果より、ファスナの審美性評価における共通の評価軸は、PF1=「重厚さ」、PF2=「優雅さ」、PF3=「新しさ」で構成されることが分かった。

Table 6.2 Factor loadings of 17 aesthetic features

	PF1	PF2	PF3
quiet	0.97	-0.19	-0.02
massive	0.96	0.07	0.11
soft	-0.85	-0.28	-0.25
sporty	-0.86	0.21	-0.06
pretty	-0.87	0.34	0.01
active	-0.88	0.07	0.21
casual	-0.88	-0.1	0.2
a thing desired	-0.14	0.95	-0.03
cool	-0.08	0.93	0.07
like	-0.16	0.92	-0.12
elegant	0.04	0.84	0.14
luxury	0.36	0.83	0.33
innovative	-0.45	0.5	0.74
variable	-0.22	0.54	0.73
metallic	0.59	0.6	0.42
natural	-0.2	0.13	-0.5
bored	0.19	-0.68	-0.47
eigenvalue	6.47	5.71	2.03
contribution ratio (%)	38.1	33.6	12
cumulative contribution ratio (%)	38.1	71.6	83.6

6.3.3 審美性評価における物性に関する側面の形成要因

(1) 実験方法

6.3.2 より発色技術および色彩がファスナの審美性評価における主要因となっていることが考察された。そこで、ファスナの審美性評価において物性に関する側面の形成要因を明らかにすることを目的に、第4章において試作した測光装置(Fig. 4.3 参照)をファスナの光学的反射特性測定用に改良し、測定を行った。

測定条件は、入射角を -45° に固定し、受光角を -20° から 60° まで5度刻みに変化させ、測光(輝度値)および測色(u' , v' 色度値)を実施した。測定範囲は、試料の幅方向 6.2mm, 長辺方向 27mm とし、測定範囲内の平均輝度および平均色度を算出した。

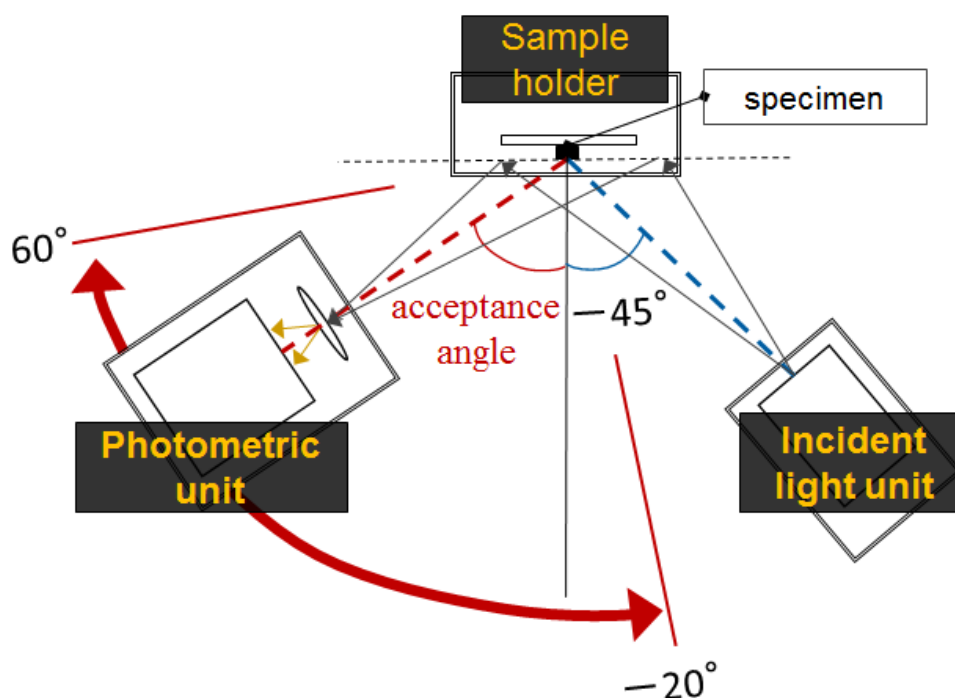


Fig. 6.6 Measurement equipment and measurement conditions

(2) 測定結果

発色技術の違いが光学的反射特性に及ぼす影響を検討するために、色彩が類似しており発色技術が異なる5種類のファスナ(D : 5PB4.2/10.1, SD : N2.0, ML : 10YR4.8/3.4, TL : 6BG4.7/7.5, ND : N9.3)について、受光角度に応じた輝度変化を空間反射曲線として Fig. 6.7 に示す。

いずれの発色技術においても受光角 50° 付近で輝度値が最大となることがわかる。これは、ファスナ表面において鏡面反射成分が増大したためであると考察される。原液着色(SD : N2.0), 金属薄膜(ML : 10YR4.8/3.4), 薄膜積層(TL : 6BG4.7/7.5)について受光角 50° 付近の輝度値を比較すると、薄膜積層(TL : 6BG4.7/7.5), 金属薄膜(ML : 10YR4.8/3.4), 原液着色(SD : N2.0)の順に輝度値が高くなった。したがって、被膜加工が施された発色技術では鏡面反射成分が増大することがわかった。

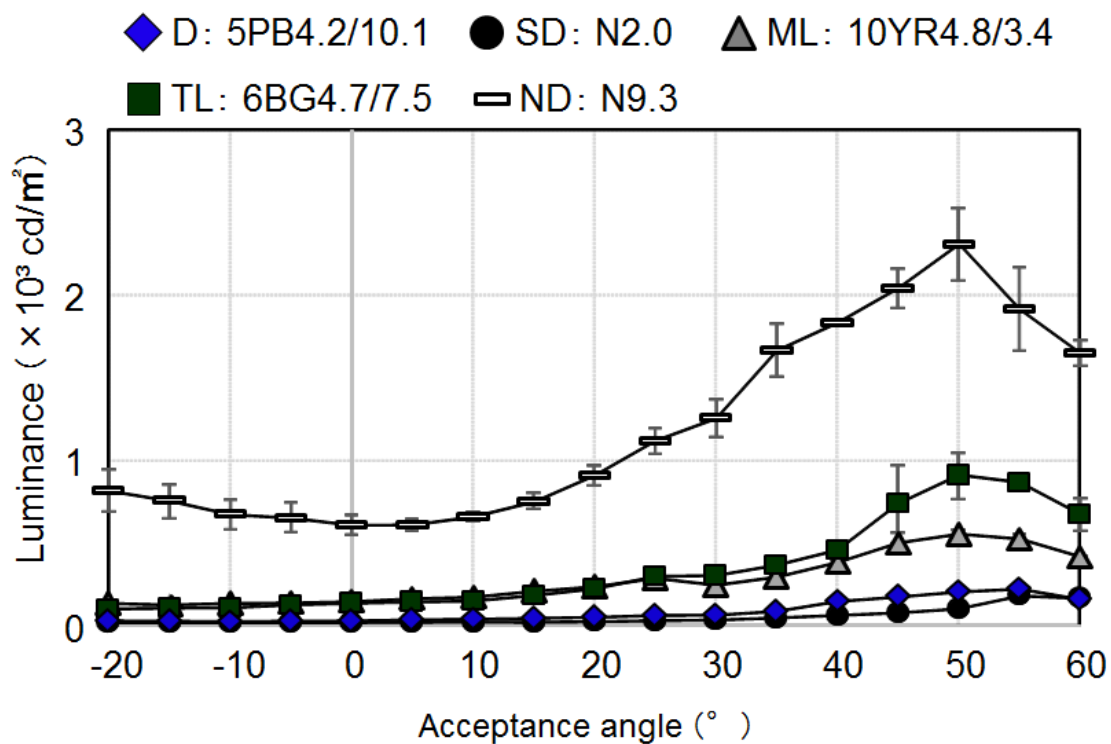


Fig. 6.7 Result of spatial reflectance curve for the different color technologies

(3) ファスナの光学的反射特性の特徴量化

測光および測色より得られた平均輝度値, 平均色度値(u' , v')から審美性を評価し得るモデル式を構築するため特徴量 18 種類を考案した. 算出した特徴量について Table 6.3 および Table 6.4 に示す.

Table 6.3 List of optical parameters

	Parameter	Specification
Luminance	DAL:	deflection average luminance
	DMaxL:	deflection maximum luminance
	DMinL:	deflection minimum luminance
	DLR:	deflection luminance ratio
	DMaxL-DMinL:	difference between DMaxL and DMinL
	DmaxL-DAL:	difference between DMaxL and DAL
chromaticity	DAu':	deflection average u'
	Du'SD:	standard deviation of deflection u'
	DAv':	deflection average v'
	Dv'SD:	standard deviation of deflection v'
	ACD (ND_N9.3):	average color difference between each specimen and ND_N9.3
	ACD (SD_N9.5):	average color difference between each specimen and SD_N9.5
	ACD (Origin):	average color difference between each specimen and the point of origin
	u' -0°:	u' at 0°
	v' -0°:	v' at 0°
	CD-0°(SD_N9.5):	color difference between each specimen and SD_N9.5 at 0°
	CD-0°(Origin):	color difference between each specimen and the point of origin at 0°
	CCD:	contrast color difference

Table 6.4 Optical parameters of samples

Specimen	Luminance ($\times 10^{-3}$ cd/m ²)						Chromaticity												
	DAL	DMaxL	DMinL	DLR	DMax-DMinL	DMaxL-DAL	DAu'	Du' SD	DAv'	Dv' SD	ACD (ND-N9.3)	ACD (SD-N9.5)	ACD (Origin)	u' -0°	v' -0°	CD-0° (SD-N9.5)	CD-0° (Origin)	CCD	
Munsell																			
D	5PB4.2/10.1	0.09	0.23	0.03	7.99	0.20	0.14	0.16	0.01	0.36	0.04	0.13	0.12	0.39	0.16	0.30	0.17	0.34	0.11
	6Y8.0/11.5	0.84	1.25	0.66	1.90	0.59	0.41	0.22	0.00	0.53	0.00	0.05	0.06	0.57	0.22	0.53	0.06	0.57	0.00
SD	N9.5	1.19	1.32	1.12	1.17	0.19	0.13	0.20	0.00	0.47	0.00	0.01	0.00	0.51	0.20	0.47	0.00	0.51	0.00
	N2.0	0.05	0.19	0.02	10.37	0.17	0.13	0.20	0.00	0.46	0.01	0.02	0.01	0.50	0.20	0.45	0.03	0.49	0.02
ML	7R4.5/11.9	0.26	0.46	0.20	2.33	0.26	0.20	0.34	0.02	0.47	0.00	0.14	0.13	0.58	0.35	0.47	0.15	0.59	0.07
	N6.4	0.31	0.46	0.26	1.77	0.20	0.16	0.20	0.00	0.48	0.01	0.00	0.00	0.52	0.20	0.48	0.01	0.52	0.00
TL	9YR6.3/11.5	0.81	2.11	0.23	9.05	1.88	1.30	0.24	0.01	0.51	0.01	0.05	0.05	0.57	0.24	0.51	0.06	0.57	0.03
	2Y5.0/5.6	0.28	0.57	0.15	3.77	0.42	0.29	0.22	0.00	0.50	0.00	0.03	0.03	0.55	0.22	0.50	0.04	0.55	0.01
ND	N7.7	0.75	1.43	0.33	4.29	1.10	0.68	0.20	0.00	0.47	0.00	0.01	0.00	0.51	0.20	0.47	0.00	0.51	0.00
	3Y7.2/10.7	0.59	1.34	0.24	5.60	1.10	0.74	0.23	0.00	0.50	0.01	0.04	0.04	0.55	0.23	0.50	0.04	0.55	0.01
ND	10YR4.8/3.4	0.28	0.56	0.13	4.32	0.43	0.28	0.21	0.00	0.48	0.01	0.01	0.01	0.52	0.21	0.47	0.01	0.52	0.01
	4R4.3/9.3	0.30	0.65	0.13	4.86	0.51	0.35	0.28	0.01	0.47	0.01	0.08	0.08	0.55	0.28	0.46	0.08	0.54	0.01
ND	7PB4.1/9.5	0.25	0.49	0.11	4.24	0.37	0.24	0.19	0.00	0.40	0.01	0.07	0.07	0.45	0.19	0.39	0.08	0.44	0.01
	4P8.3/3.4	1.00	2.39	0.32	7.46	2.07	1.39	0.20	0.00	0.48	0.01	0.00	0.01	0.52	0.20	0.47	0.00	0.51	0.01
ND	6PB3.7/8.2	0.18	0.51	0.05	9.64	0.46	0.33	0.17	0.01	0.40	0.02	0.08	0.08	0.44	0.17	0.40	0.08	0.43	0.05
	6G8.6/2.9	1.02	3.10	0.34	9.22	2.76	2.08	0.19	0.01	0.49	0.01	0.01	0.02	0.52	0.19	0.47	0.01	0.51	0.03
ND	N9.4	1.26	2.60	0.92	2.84	1.69	1.34	0.19	0.00	0.45	0.01	0.03	0.03	0.49	0.19	0.44	0.03	0.48	0.04
	6BG4.7/7.5	0.35	0.91	0.10	8.89	0.81	0.56	0.18	0.01	0.48	0.01	0.02	0.02	0.51	0.18	0.49	0.02	0.52	0.02
ND	8R4.7/12.0	0.52	1.66	0.23	7.35	1.44	1.15	0.25	0.03	0.48	0.01	0.05	0.05	0.54	0.27	0.47	0.07	0.55	0.09
	5R6.5/7.1	0.72	1.45	0.36	4.01	1.09	0.73	0.23	0.02	0.45	0.01	0.04	0.03	0.51	0.25	0.45	0.06	0.52	0.07
ND	4GY7.2/11.2	1.03	2.00	0.65	3.09	1.35	0.97	0.18	0.00	0.52	0.01	0.05	0.05	0.55	0.18	0.53	0.07	0.56	0.02
	5B7.3/6.4	0.64	1.67	0.27	6.29	1.40	1.03	0.16	0.01	0.43	0.03	0.07	0.06	0.46	0.15	0.40	0.09	0.43	0.08
ND	7B8.8/1.9	1.15	2.35	0.81	2.90	1.54	1.20	0.20	0.01	0.44	0.01	0.04	0.03	0.48	0.19	0.43	0.05	0.47	0.05
	8YR5.6/7.4	0.48	1.70	0.13	12.90	1.57	1.22	0.21	0.01	0.46	0.01	0.02	0.02	0.50	0.21	0.46	0.01	0.51	0.03
ND	5YR4.8/7.8	0.44	1.23	0.13	9.75	1.11	0.79	0.20	0.01	0.46	0.02	0.01	0.01	0.51	0.21	0.46	0.02	0.50	0.05
	4R5.1/10.1	0.66	2.25	0.22	10.10	2.03	1.59	0.24	0.01	0.47	0.01	0.04	0.04	0.52	0.25	0.46	0.05	0.52	0.06
ND	5R6.8/7.0	0.76	1.74	0.35	4.97	1.39	0.98	0.24	0.01	0.46	0.00	0.04	0.04	0.52	0.25	0.46	0.06	0.52	0.03
	4GY7.3/10.8	1.09	2.29	0.56	4.06	1.73	1.21	0.18	0.01	0.51	0.01	0.03	0.04	0.54	0.18	0.52	0.06	0.55	0.03
ND	7B7.1/6.2	0.64	1.83	0.28	6.63	1.55	1.19	0.18	0.01	0.43	0.02	0.05	0.04	0.47	0.18	0.41	0.07	0.45	0.07
	N9.3	1.19	2.31	0.61	3.76	1.69	1.12	0.20	0.00	0.48	0.01	0.00	0.01	0.52	0.20	0.49	0.02	0.53	0.02

6.3.5 形成要因間の関係と審美性評価モデル式

(1) 審美性評価モデル式の構築

ファスナの審美性評価における心理的側面の形成要因として抽出された共通の評価軸、「重厚さ」、「優雅さ」、「新しさ」のうち寄与率が最大であった「重厚さ」について心理的側面と物性に関する側面の関係を定量化するモデル式を構築することとした。

モデル式の構築には重回帰分析を用いた。すなわち、重回帰分析の目的変数は、「軽快な—重厚な」の評価項目における評定平均点、説明変数は、ファスナの物性に関する18種類の特徴量(Table 6.4 参照)をそれぞれ用いた。変数選択には変数増減法を適用した。

その結果、(6.1)式に示すように、心理的側面の形成要因である「重厚さ(Massive)」と、物性に関する側面の形成要因である考案した光学的特徴量のうち、DALおよび $CD-0^\circ$ (SD_N9.5)の関係式を構築することができた。

なお、DALは、観察角度に依存しないファスナの明るさを代替する「変角測光より得られる空間反射曲線の平均輝度値」である。一方 $CD-0^\circ$ (SD_N9.5)は、色彩の鮮やかさを代替する「原液着色白色ファスナ(SD_N9.5)との色差」である。

また、本モデル式を用いて導出される予測値と実測値の関係を Fig. 6.8 に示す。Fig. 6.8 より高度に有意な重回帰式を構築することができた。

$$\text{"Massive"} = -2.52 \times \text{DAL} - 11.96 \times \text{CD}0^\circ (\text{SD}_\text{N9.5}) + 1.97 \quad (6.1)$$

DAL : deflection average luminance

CD-0° (SD-N9.5): color difference between each specimen
and SD_N9.5 at 0°

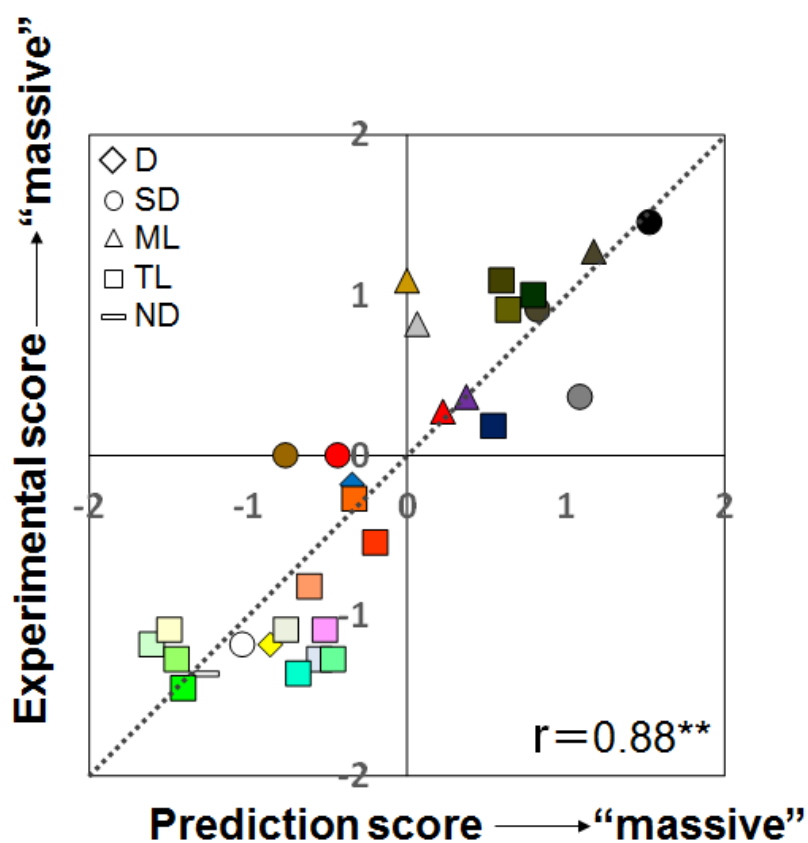


Fig. 6.8 Relationship of "Massive" experimental score and prediction score

(2) 審美性評価モデル式の検証

薄膜積層により発色するファスナの製品評価を想定し、前述したモデル式の実用性の検証を試みた。検証用試料は、薄膜積層の発色技術が施されたファスナを中心に選定した17種類である(Fig. 6.3 (b)参照)。ここで、原液着色および金属薄膜のファスナは、比較対象として採用した。

検証方法は、まず、本章 6.3.2 項で実施した評価方法に準じて、「軽快な一重厚な」の評価項目について評価し、これを実測値として得た。次に、物性計測として本章 6.3.3 項と同様の測光・測色を行い、(6.1)式のモデル式において導出された2種類の光学的特徴量を算出し、これを(6.1)式に代入して予測値を得た。最後に、実測値と予測値の一致性について検討した。

その結果、Fig 6.9 に示すように実測値および予測値の間には、高度に有意な相関がみられたことから、提案したモデル式が実用上有効であることが確認された。

これらの結果より、ファスナの審美性評価について一般消費者がもつ印象の共通の評価軸が明らかになり、さらに、本研究において構築した機器計測システムによって、審美性という心理的な印象を定量化することが可能になった。

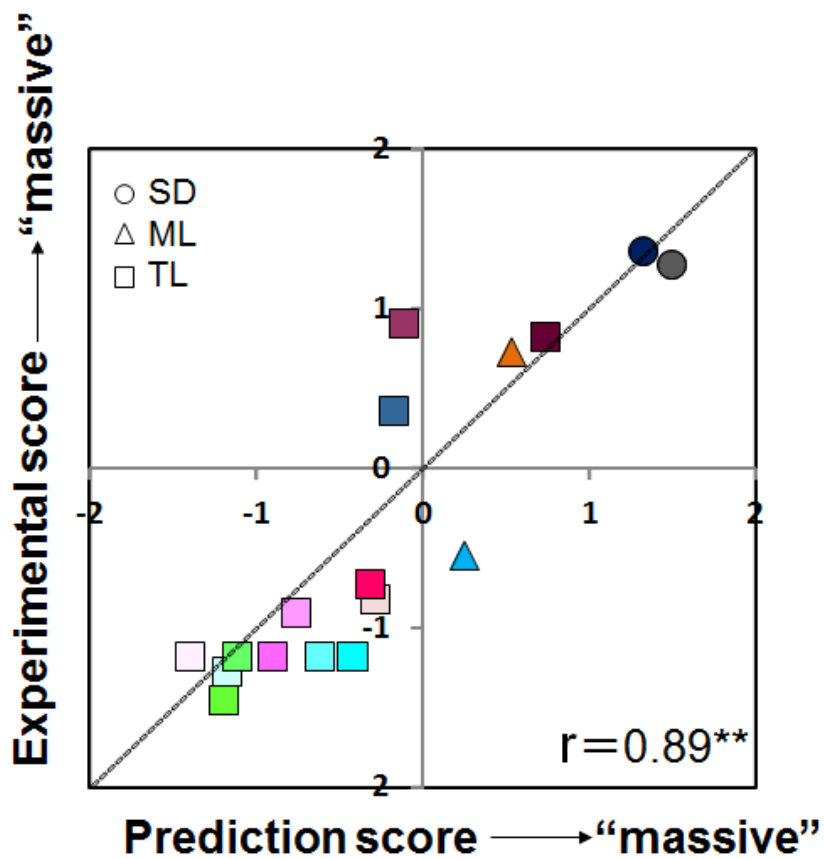


Fig. 6.9 Relationship of "Massive" experimental score and prediction score in verification

6.4 本章のまとめ

本章では、第4章において構築した機器計測システムの有用性を検証するために、応用的研究として被服構成材料の一つであるスライドファスナを対象にして、評価者による審美性評価、ならびに本計測システムによる測光・測色に取り組みとともに、心理的側面と物性に関する側面における要因間の関係解明に取り組んだ。

その結果、スライドファスナの審美性評価における心理的側面の形成要因となる共通の評価軸が「重厚さ」、「優雅さ」、「新しさ」であることがわかった。

また、本計測システムによって発色技術の違いが光学的反射特性に及ぼす影響を定量的に示すことができ、特に、被膜加工が施された発色技術では鏡面反射成分が増大することがわかった。

さらに「重厚さ」の物性に関する側面における形成要因が、観察角度に依存しないファスナの明るさを代替する「変角測光より得られる空間反射曲線の平均輝度値」および色彩の鮮やかさを代替する「原液着色白色ファスナとの色差」であることがわかり、本計測システムにより「重厚さ」の程度を推定することが可能になった。

以上の結果より、被服構成材料の一つであるファスナの審美性評価についても、視覚的風合いの機器計測システムの応用が可能であることがわかった。

第 7 章

結 論

第7章 結 論

本研究では、黒色織物における視覚的風合いの課題に対して感覚計測工学的アプローチを適用し、視覚的風合いの評価構造モデルの提案、ならびに視覚的風合いの機器計測システムの有用性を検証することを目的に、実験に取り組んだ。まず、視覚的風合いがどのような用語によって表現され得るのかを理解するため、心理的側面における形成要因を明らかにした。次に、視覚的風合い評価における織物の設計および織物物性の各側面について、これらの形成要因を明らかにするための機器計測システムとして、実用上の簡便さにも配慮した、変角機構を実現した測光装置を構築した。そして、織物の設計、織物物性、人間の心理の各側面における視覚的風合いの形成要因間の関係を評価構造としてモデル化した。さらに、構築した機器計測システムの有用性を検証するため、被服構成材料の一つであるスライドファスナを対象にして測光・測色に取り組むとともに、物性に関する側面と心理的側面における要因間の関係解明に取り組んだ。各章において得られた結論を以下に示す。

第2章では、心理的側面における形成要因を明らかにすることを目的に、専門家による官能評価を行い、心理的側面について3階層に基づく評価構造のモデル化を試みた。

その結果、3階層における中位層の発展規定風合いは、巨視的な明るさ感、硬軟感、微視的な明るさ感、粗滑感の4因子で表現された。また、上位層の発展風合い(高級な)は、巨視的な明るさ感が消極的(-)、硬軟感と微視的な明るさ感が積極的(+)に関与することが明らかになった。これらの結果より、専門家を対象とした黒色織物の視覚的風合い評価における心理的側面について形成要因の同定ならびに評価構造をモデル化できた。

第3章では、視覚的風合いの評価構造モデルの汎用性を検証することを目的に、評価者の属性、評価対象となる黒色織物を変更して実施した視覚的風合い官能評価から各条件において新たに評価構造モデルを作成した。

その結果、いずれの条件においても視覚的風合いの評価構造モデルが3階層で表現できることを確認した。また、評価者の属性の影響を検討した結果、非専門家の視覚的風合いの評価構造は、専門家に比べて単純な構造であることがわかった。しかし、凹凸などの物理的特徴が明確な試料群を評価対象とした時には、非専門家であっても専門家と同一の発展規定風合い表現で構成されることがわかった。ただし、非専門家における上位層の発展風合いを決定付ける発展規定風合い表現については、評価対象の試料群に依存せず明るさ感に限定されており、依然として単純な構造を堅持することがわかった。この結果より、評価者の属性が異なる場合、評価者の属性に応じた評価構造モデルの提案が必要であることがわかった。

第4章では、非専門家を対象とした視覚的風合い評価構造モデルにおける織物の設計および織物物性の各側面について、これらの形成要因を明らかにするための機器計測システムを提案することを目的に、測光装置の試作、ならびに黒色織物の明るさ感を代替すると考えられる指標の特徴化法を検討した。

その結果、実用上の簡便さにも配慮した、巨視的測光法の一つである変角測光法を応用した独自の機器計測システムを構築できた。さらに、織物の設計要因となる繊維素材、および織組織が異なることによる影響が表出する空間反射曲線の測光条件とその最適な特徴量化方法を見出した。

第5章では、非専門家を対象とした視覚的風合いの評価構造モデルを提案することを目的に、観察領域の異なる明るさ感と織物の設計、および織物物性における形成要因間の関係解明を試みた。

その結果、視覚的風合いの評価構造モデルにおける織物の設計に関する側面の形成要因について、巨視的な明るさ感は繊維素材の影響が支配的であり、反対に、微視的な明るさ感は織組織の影響が支配的であることがわかった。

また、織物物性に関する側面の形成要因について、巨視的な明るさ感は、受光角 0° における平均輝度 L_0 および繊維素材固有の屈折率に起因する空間反射曲線の台形積分値 TI の両変数によって、また、微視的な明るさ感は、受光角 0° における平均輝度 L_0 および空間反射曲線の近似式の傾き S の両変数によって、それぞれ表されることがわかった。

第6章では、第4章において構築した機器計測システムの有用性を検証するために、応用的研究として被服構成材料の一つであるスライドファスナを対象にして、評価者による審美性評価、ならびに本計測システムによる測光・測色に取り組むとともに、心理的側面と物性に関する側面における要因間の関係解明に取り組んだ。

その結果、スライドファスナの審美性評価における心理的側面の形成要因となる共通の評価軸が「重厚さ」、「優雅さ」、「新しさ」であることがわかった。また、機器計測システムによって発色技術の違いが光学的反射特性に及ぼす影響を定量的に示すことができ、特に、被膜加工が施された発色技術では鏡面反射成分が増大することがわかった。さらに「重厚さ」の物性に関する側面における形成要因が、観察角度に依存しないファスナの明るさを代替する「変角測光より得られる空間反射曲線の平均輝度値」および色彩の鮮やかさを代替する「原液着色白色ファスナとの色差」であることがわかり、本計測システムにより「重厚さ」の程度を推定することが可能になった。

以上より、感覚計測工学的アプローチを適用することで、黒色織物における視覚的風合いの評価構造モデルを提案することができ、構築した機器計測システムによる視覚的風合いの計量化の可能性を見出した。さらに、黒色織物以外の被服構成材料についても視覚的風合いの機器計測システムの応用可能性が示された。したがって、本研究で得られた計測システムは、視覚的風合いや審美性について、人の心理的側面を物性から推定できる評価方法として展開されることが期待できる。

参考文献

- [1] 経済産業省. 感性価値創造イニシアティブ. 2007
 - [2] 川端季雄. 風合いの計測システム. 繊維と工業. 1972, Vol.5, No.5, p277–285
 - [3] 松尾達樹. 布の風合い計測方法 Handmetry 的取り扱い. 繊維と工業. 1972, Vol.5, No.5, p291–298
 - [4] 小林茂雄. 風合いの評価法. 繊維機械学会誌. 1973, Vol.26, No.2, p88–94
 - [5] 川端季雄. 風合い評価の標準化と解析 第 2 版. 日本繊維機械学会風合い計量と規格化研究委員会, 1980
 - [6] 横溝克巳, 小松原明哲. エンジニアのための人間工学—第四版—, 日本出版サービス, 2006, p19
 - [7] 小林彬. 感覚計測の手法. 繊維工学. 1984, Vol.37, No.10, p412–421
 - [8] R.M. Hoffman, L.F. Beste. Some Relations of Fiber Properties to Fabric Hand. Textile Research Journal. 1951, Vol.21, p66–77
 - [9] R.H. Brand. Measurement of Fabric Aesthetics: Analysis of Aesthetic Components. Textile Research Journal. 1964, Vol.34, p791–804
 - [10] H. Binns. A Comparison Between the Judgments of Individuals Skilled in the Textile Trade and the Natural Judgments of Untrained Adults and Children. Journal of the Textile Institute. 1926, Vol.17, p615
 - [11] 斎藤実, 原田隆司. 各種布における風合い判定方法の差異について. 繊維機械学会誌. 1987, Vol.40, No.6, p239–245
-

-
- [12]小林茂雄, 須田紀子. 綿ブロードの触感の知覚に関する実験. 繊維製品消費科学会誌. 1966, Vol.7, No.5, p290–296
- [13]小林茂雄. 織物の触感評価への情報理論の応用. 繊維製品消費科学会誌. 1967, Vol.8, No.5, p264–270
- [14]松尾達樹. 風合いに関する研究(第1報)風合い問題解決の手法に関する試論. 繊維機械学会論文集. 1970, Vol.23, No.6, p134–143
- [15]原田隆司, 斉藤実, 松尾達樹. 風合いに関する研究(第3報)風合い形容方法. 繊維機械学会論文集. 1971, Vol.24, No.7, p126–138
- [16]F.T.Peirce. THE “HANDLE” OF CLOTH AS A MEASURABLE QUANTITY. Journal of the Textile Institute. 1930, Vol.21, No.9, p377–416
- [17]川端季雄. 風合いの解析. 繊維学会誌. 1969, Vol.25, No.5, p191–199
- [18]北沢進一, 須佐見幸造. 厚地織物の風合に関連した力学的性質について. 繊維機械学会論文集. 1968, Vol.21, No.1, p21–28
- [19]W.S. Howorth. The handle of suiting, lingerie and dress fabrics. Journal of the Textile Institute. 1964, Vol.55, p251
- [20]篠原, 近藤. 品質管理. 1960, Vol.11, p711
- [21]小林茂雄. 布の風合いの感覚計測. 繊維工学. 1984, Vol.37, No.11, p452–457
- [22]H. Kanai, M. Morishima, K. Nasu, T. Nishimatsu, K. Shibata, T. Matsuoka. Identification of principal factors of fabric aesthetics by the evaluation from expertson textiles and from untrained consumers. Textile Research Journal. 2011, Vol.81, No.12, p1216–1225
- [23]沢路雅夫. 織物の光沢表示の一方法. 応用物理. 1960, Vol.29, No.10, p698–704
- [24]軍司敏博, 仁平幸治, 坪井常世. インテリア製品の光学的研究(第1報)反射
-

-
- および透過特性. 繊維機械学会論文集. 1971, Vol.24, No.3, p33-41
- [25]稲垣勝彦. 織物の光沢測定. 繊維と工業. 1970, Vol.3, No.10, p774-781
- [26]H. Kanai, H. Kimura, M. Morishima, U. Shouji, T. Nishimatsu, K. Shibata, T. Yamamoto. Microscopic Photometry and Its Parameterization for Objective Evaluation of Aesthetics of Woven Fabrics. Textile Research Journal. 2012, Vol.82, No.19, p1982-1995
- [27]仁科健, 永田雅典, 前田真由美. 感性評価の階層構造に関する一考察 視覚感性評価を例として. 人間工学. 1998, Vol.34, p258-259
- [28]田川高司, 土山英星. 商品モデルとしての三角形の感性評価デザインにおける印象の測定. 感性工学研究論文集. 2002, Vol.2, No.1, p27-34
- [29]小西秀吾, 野中秀俊, 栗原正仁. 感性語の階層構造を利用した配色における個性の抽出と活用. 知能と情報. 2008, Vol.20, No.1, p141-149
- [30]榎究, 赤松摩耶, 佐竹明子. 素材表面感の次元について. 日本建築学会環境系論文集. 2007, 614 p17-23
- [31]Research Committee of Sensory Evaluation. Sensory evaluation handbook. Union of Japanese Scientists and Engineers, 1973, p366-385, Tokyo
- [32]佐藤信. 統計的官能検車手法. 日科技連出版社, 1985, 東京
- [33]柳井晴夫, 繁榘算男, 前川眞一, 市川雅教. 因子分析 —その理論と方法—. 朝倉書店, 1990
- [34]北浦かほる. 内装材のテクスチャの空間効果分析のための一考察 —試験片, 室内透視図, 室空間における心理量の分析—. 日本建築学会論文報告集. 1976, Vol.241, p153-164
- [35]岡島達雄, 若山滋, 塩谷まさみ, 渡辺達夫. 距離による建築仕上げ材料の「見
-

-
- えの変化」と心理効果. 日本建築学会構造系論文報告集. 1989, Vol.401, p1–10
- [36]岡島達雄, 若山滋, 野田勝久, 菊池真二. 距離による建築仕上げ材料の「見えの変化」—近距離における内装壁材を中心として—. 日本建築学会構造系論文報告集. 1988, Vol.384, p42–49
- [37]T. Okuno. Multivariate analysis, 2nd ed., Union of Japanese Scientists and Engineers, 1991, p54–56, Tokyo
- [38]西松豊典, 酒井哲也. 専門家および消費者によるパイル織物の官能評価の比較. 繊維学会誌. 1985, Vol.41, No.9, p396–402
- [39]西松豊典, 酒井哲也. パイル織物の風合い評価における視覚の影響の有意性について. 繊維学会誌. 1987, Vol.43, No.4, p211–217
- [40]下田満哉, 佐々木仁, 土肥由長, 亀田弥, 箆島豊. 具体的匂い用語のキャラクターゼーション. 日本食品工業学会誌. 1989, Vol.36, No.1, p17-25
- [41]荒谷善夫. 外観(色彩・光沢・布面など)の評価法. 繊維機械学会誌. 1972, Vol.25, No.11, p713-P720
- [42]R. Jeffries. Measurement of the Extent of Delustring of Filament Fabrics, Part I. Description of Instrument and Method of Measurement. Journal of the Textile Institute. 1955, Vol.46, No.6, p391–399
- [43]JIS Z 8741:1997 鏡面光沢度—測定方法
- [44]ASTM D 523-14 Standard Test Method for Specular Gloss
- [45]L. R. Ingersoll. The Glarimeter an Instrument for Measuring the Gloss of Paper. Journal of the Optical Society of America. 1921, Vol.5, No.3, p213–217
- [46]R. S. Hunter. Gloss Investigations Using Reflected Images of a Target
-

- Pattern. Journal of the Optical Society of America. 1936, Vol.26, No.4,
p190–196
- [47]沢路雅夫. つやの質についての一考察-反射特性の微細構造-. 応用物理.
1960, Vol.29, No.11, p789–795
- [48]蓮沼宏. 光沢. コロナ社. 1960, 東京
- [49]繊維維学会編. 繊維便覧, 第3版. 丸善. 2004, p104, p393
- [50]中島利誠 編. 新稿 被服材料学—概説と実験—, 光生館. 2010, p7–33
- [51]軍司敏博,仁平幸治,坪井常世_繊維の反射および透過特性, 繊維機械学会論
文集, 1971, Vol.24, No.9, pT149–T158
- [52]JIS S 3015:2007 スライドファスナ
- [53]水原久佳. スライドファスナについて. 繊維消費科学誌. 2012, Vol.53, No.4,
p248–255
- [54]JIS Z 8722 : 2009 色の測定方法-反射及び透過物体色
- [55]特開 2001-178508
- [56]WO2014016908 A1

研究業績

(1) 審査付発表論文（レフェリー制のある学術雑誌）

- ① Hiroki Maru, Fumihito Shimizu, Hiroyuki Kanai, Toyonori Nishimatsu, Shigeki Matsunaga, Relation between Visual Impression of Slide Fastener with Different Color Technology Method and Its Reflection Properties, *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, Vol.7, No.2, pp.129–140 (2014)
- ② 丸弘樹, 齋藤奨司, 金井博幸, 西松豊典, 黒色織物における視覚的風合い評価プロセスの客観的表現, *Journal of Textile Engineering*, Vol.62, No.6, pp.135–141 (2016)
- ③ 丸弘樹, 齋藤奨司, 金井博幸, 西松豊典, 専門家および非専門家における黒色織物の視覚的風合い評価構造モデル, *Journal of Textile Engineering*, Vol.62, No.6, pp.143–152 (2016)
- ④ 丸弘樹, 齋藤奨司, 金井博幸, 西松豊典, 黒色織物の明るさ感評価を代替する計量法ならびに特徴化法の提案, *Journal of Textile Engineering* (2016) (in press)

(2) 審査なし発表論文（レフェリー制のない学術雑誌）

- ① 丸弘樹, 齋藤奨司, 金井博幸, 西松豊典, 婦人用ブラックフォーマルファブリックの視覚的風合い評価 ～一般消費者群と専門検査員群の評価構造に関する検討～, 日本繊維機械学会第 67 回年次大会研究発表論文集講演要旨集, pp.232–233 (2014.5.30, 大阪)
 - ② Hiroki Maru, Shoji Saito, Hiroyuki Kanai, Toyonori Nishimatsu, Evaluation of Aesthetics for Lady's Black Formal Fabric, Proceedings of the 43rd Textile Research Symposium, (CD-ROM, 31) (2. December 2014, Christchurch, New Zealand)
 - ③ 丸弘樹, 齋藤奨司, 金井博幸, 西松豊典, 婦人用ブラックフォーマルファブリックにおける視覚的な粗さ感に関する物理的要因の検討, 日本繊維機械学会第 68 回年次大会研究発表論文集講演要旨集, pp.170–171 (2015.6.6, 大阪)
 - ④ 丸弘樹, 齋藤奨司, 金井博幸, 西松豊典, 繊維素材および構造が異なる婦人用ブラックフォーマルファブリックが審美性評価に及ぼす影響, 繊維製品消費科学会 2015 年年次大会・研究発表要旨, p.27 (2015.6.27, 長野)
 - ⑤ 丸弘樹, 長島有一, 金井博幸, 西松豊典, 黒色織物における視覚または触知覚による粗さ感評価, 日本繊維機械学会第 69 回年次大会研究発表論文集講演要旨集, pp.218–219 (2016.6.3, 大阪)
-

- ⑥ 丸弘樹, 長島有一, 金井博幸, 西松豊典, 黒色織物における視覚的風合いの顕在化に関する研究, 平成 28 年度繊維学会予稿集 2016, Vol.71, No.1 (CD-ROM, 2H06) (2016.6.8, 東京)
- ⑦ 丸弘樹, 齋藤奨司, 金井博幸, 西松豊典, 視覚的風合い評価における黒色織物の曲率提示と無曲率提示条件の比較, 平成 28 年度繊維学会予稿集 2016, Vol.71, No.1 (CD-ROM, 1P251) (2016.6.8, 東京)
- ⑧ 丸弘樹, 黒色織物の視覚的風合いに関する客観的評価方法, 日本家政学会第 1 回家政学夏季セミナー講演要旨集, pp.78-79 (2016.8.29, 東京) (若手講演会招待講演)

謝 辞

本論文を作成するにあたり，終始丁寧かつ熱心なご指導，ご鞭撻を賜りました信州大学繊維学部 金井博幸准教授に心より感謝申し上げます。金井博幸先生には，学部，修士，博士おける6年間にわたり，ご指導をいただきました。また，博士課程への進学を後押ししていただき，研究者になるための心構えや将来の生き方などの多岐にわたり貴重なご助言，ご配慮をいただきました。重ねて感謝申し上げます。

本論文をご精読いただき，学位論文審査において，貴重なご助言を賜りました大阪府立産業技術総合研究所 山本貴則博士，信州大学繊維学部 細谷聡教授，信州大学大学院総合工学系研究科 上條正義教授，信州大学繊維学部 西松豊典教授に心より感謝申し上げます。また，西松豊典先生には，日々の研究活動においても，終始ご支援ならびに温かく見守っていただきました。重ねて感謝申し上げます。

本論文の第4章における測光装置の試作に際して，多大なご尽力とご助言を賜りました信州大学繊維学部技術部専門職員 篠原和夫様，同 林光彦様に心より感謝申し上げます。また，共同研究者として実験の遂行に際し，多大なご尽力を賜りました信州大学繊維学部金井研究室 青野圭祐様，杉本匠様，齋藤奨司様，清水文人様，長島有一様に心より感謝申し上げます。

研究室生活において共に研究活動に取り組み、切磋琢磨した信州大学繊維学部西松・金井研究室の皆様にご心より感謝申し上げます。

最後に、大学における 9 年間の学生生活を支え、温かく見守り続けてくれた両親ならびに家族の皆様にご深く感謝申し上げます。

2017 年 3 月

丸 弘樹