

蛍光増白布の蛍光強度と $L^*a^*b^*$ 表色値に対する 布の重ねと下地の影響

生野 晴美, 駒城 素子*, 中島 利誠*

(東京学芸大学教育学部, * お茶の水女子大学家政学部)

平成 4 年 1 月 9 日受理

Influence of Background and Fabric Layer on Fluorescence and $L^*a^*b^*$ of Fluorescent Whitened Fabric

Harumi IKUNO, Motoko KOMAKI* and Toshinari NAKAJIMA*

Faculty of Education, Tokyo Gakugei University, Koganei, Tokyo 184

* Faculty of Home Economics, Ochanomizu University, Bunkyo-ku, Tokyo 112

The fluorescence intensity of fabric whitened with FBA increased as the number of fabric layer increased, and reached to the constant value that was intrinsic to the sample fabric. The higher lightness of background used and the larger amount of FBA on fabric, the less effect of FBA on fluorescence intensity of fabric was observed.

The psychometric lightness L^* of fabric in CIE colorimetric system was affected by fabric structure and not by the degree of whiteness with increasing the number of fabric layer. Psychometric chroma coordinates a^*b^* showed the various loci depending on a degree of whitening or blueing of fabric. For the fabric overdyed by FBA or processed blueing, a^*b^* linearly converged on the intrinsic point of the fabric. For the fabric whitened only with FBA however, b^* maximum was determined at the region 2-4 layers before converging. The psychometric chroma coordinates a^*b^* mechanically measured by 2-4 fabric layers agreed with visual whiteness.

(Received January 9, 1992)

Keywords: fluorescent whitened fabric 蛍光増白布, $L^*a^*b^*$ $L^*a^*b^*$ 表色値, fabric layer 布の重ね, background 下地.

1. 緒 言

白さの評価に影響する要因には、照明光の分光分布、下地や周辺の色と濃淡、布の大きさ、また一対比較の場合には位置関係（上下、左右）などが挙げられる。蛍光増白布の白さを評価する場合にもこれらの諸条件が影響するため、増白度や堅ろう度の評価方法について定めた JIS 規格では、白さを判定する時の照明・観測条件が決められており、判定の基準として用いるスケールもその規格が規定されている¹⁾。

さきに、スチルベン系蛍光増白染料の増白効果について報告したが²⁾、その際、視感判定は、JIS L0807（蛍光増白度スケール）及び JIS L0887（蛍光増白耐光堅ろう度試験方法）に準じて行った。すなわち、試布はス

ケールの規格にならって 2 枚重ねとし、下地には灰色紙を用い、照明光等の判定条件も JIS 規格に準拠した。また、蛍光強度と CIE $L^*a^*b^*$ 表色値は使用機器の標準的な条件で測定したが、これらの値は布の重ね枚数や下地に用いた無彩色紙の明度の影響を受けた。また、布の重ねや下地の影響は、市販の蛍光増白布と実験的に増白した布とで異なる場合があり、増白方法（蛍光増白のみか、蛍光増白に青味付けが加えられているか）も関係することが予想された。

本論文では、蛍光強度と CIE $L^*a^*b^*$ 表色値に対する布の重ねと下地の影響について、蛍光増白布と市販増白布を試料として調べ、興味ある知見を得たので報告する。

Table 1. Properties of fluorescent whitened cotton fabrics

No. Visual whiteness	FBA1* whitened fabric					Industrially whitened fabric		
	A0	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3
	4	8	10	12	Pale green	9-10	12	12
Yarn density (/cm)			14×19			28×22	29×22	58×28
Thickness (mm)			0.50			0.30	0.32	0.28
Weight (g/m ²)			196.3			97.0	102.0	124.3
Weave			Plain stitch			Plain	Plain	Plain

* C.I.FB 85.

2. 実 験

(1) 試 料

試験布は、蛍光増白染料 C. I. FB 85²⁾ (FBA1 と略称) で処理した増白度の異なる綿布 4 種 (A1~A4) と未増白の原布 (A0) である (Table 1). Cibanoid White Scale²⁾ で判定した視感白度が 8, 10 の 2 段階の布 A1, A2 と、最高視感白度の布 A3 (視感白度: 12), および過増白布 A4 を選定した. FBA1 の染着量は A1: 0.14, A2: 0.68, A3: 1.94, A4: 9.65 mmol·kg⁻¹ である.

市販布は綿布 3 種で, B1, B2 は蛍光増白のみ, B3 は蛍光増白に青味付けが行われている. 視感白度はそれぞれ 9-10, 12, 12 である. 比較のため, 青, 赤, 黄, 緑の市販の淡色綿布も実験に供した. 淡色布の CIE $L^*a^*b^*$ 表色値は, 青 (75.0, -3.2, -17.9), 赤 (88.1, 14.2, 3.0), 黄 (95.0, -2.5, 19.5), 緑 (85.3, -19.5, -4.5) であり, 布の諸元はすべて B3 に等しい.

(2) 増白度の評価

蛍光強度, CIE 表色系の $L^*a^*b^*$ 値は前報に準じて測定した. 測定時の試験布の下地は黒, 灰色, 白の 3 種とし, それぞれ測色計付属の試料押えに貼られた黒フェル

トと同じ明度指数をもつ黒色紙, 視感判定で下地に使用した灰色紙 (JIS L0807 に規定された明度特性をもつ), JIS L0887 (耐光堅ろう度試験) で試験布の下地に規定されている濾紙 (蛍光なし) を使用した. 3 種の下地の明度指数は黒: 24.8, 灰色: 67.6, 白: 95.0 である.

3. 結果及び考察

(1) 蛍光強度

1) FBA1 による増白布

下地を黒, 灰色, 白にかえ, 布の重ね枚数を変化させて蛍光強度を測定した (Fig. 1). 布を重ねると蛍光強度は上昇し, 下地が黒では 8 枚, 灰色では 4~8 枚, 白では 2~4 枚で一定値になる. この値は下地の明度によらないことから, 布を重ねると糸や繊維の間隙が減少し, 下地に影響されない固有の値に到達すると考えられる. また, 下地は布裏方向への蛍光を反射するため, 下地の明度が高いほど, すなわち反射率が高いほど, 少ない重ね枚数で一定値 (以下, 本論文では固有値という) に到達する.

蛍光強度と布の重ね枚数について最小自乗法による回

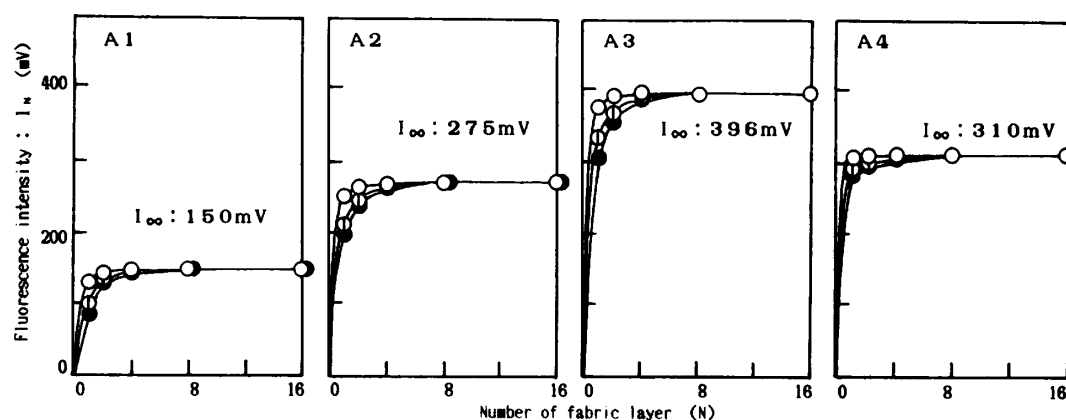


Fig. 1. Fluorescence intensity (I_N) of fabric whitened with FBA1 vs. the number (N) of fabric layer. The lines are simulated to Eq. (1). Background is black (●), gray (⊙), and white (○).

蛍光増白布の蛍光強度と $L^*a^*b^*$ 表色値に対する布の重ねと下地の影響

Table 2. Constant value a of equation $I_N = b/(N+c) + a$ compared to $I_{\infty, \text{obs}}$ that was observed for fabric whitened with FBA1

		No.			
		A1	A2	A3	A4
$I_{\infty, \text{obs}}$ (mV)		150	275	396	310
$a_{\text{calc}, N=0-16}$ (mV) (r)	Black	152 (-0.9881)	277 (-0.9971)	401 (-0.9987)	310 (-0.9998)
	Gray	152 (-0.9945)	277 (-0.9981)	401 (-0.9993)	310 (-0.9999)
	White	152 (-0.9988)	273 (-0.9999)	398 (-0.9999)	310 (-0.9999)
$a_{\text{calc}, N=0-4}$ (mV) (r)	Black	150 (-0.9871)	278 (-0.9968)	401 (-0.9989)	310 (-0.9999)
	Gray	152 (-0.9942)	275 (-0.9989)	396 (-0.9993)	310 (-0.9999)
	White	153 (-0.9997)	275 (-0.9999)	403 (-0.9999)	312 (-0.9995)

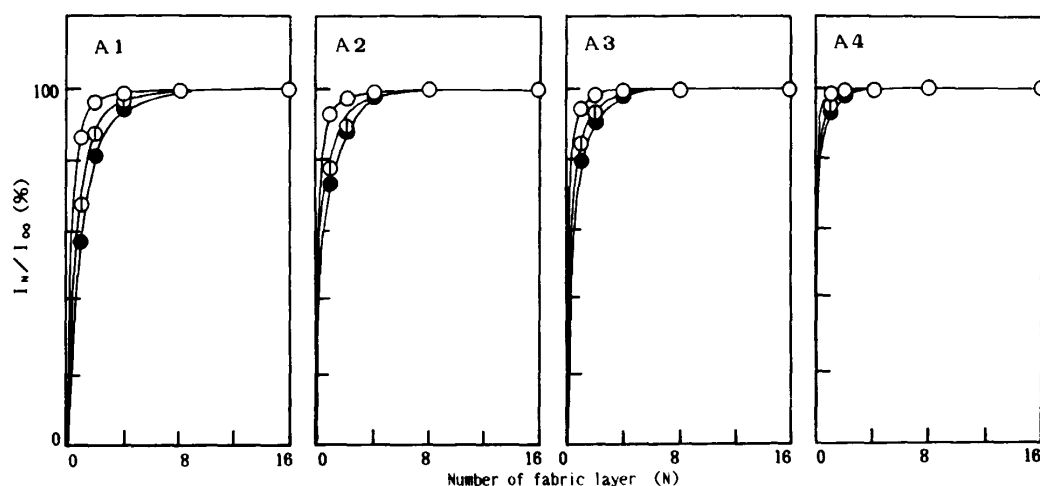


Fig. 2. The ratio of fluorescence intensity (I_N) to intrinsic value (I_{∞}) of fabric whitened with FBA1 vs. the number (N) of fabric layer

Background is black (●), gray (⊙), and white (○).

帰計算を行ったところ、布の重ね枚数 (N) とそのときの蛍光強度 (I_N) には (1) 式の関係が得られた。 a は $N=\infty$ の蛍光強度、すなわち各試験布に固有の蛍光強度にあたり、 b , c はそれぞれ曲線の形状と位置をきめるパラメータである。

$$I_N = b/(N+c) + a \quad (1)$$

Table 2 に示すように下地が黒、灰色、白いいずれの場合にも高い相関があり、重ね 16 枚までの測定値から求めた係数 $a_{N=0-16}$ の値は、各試験布の固有値にほぼ一致した。重ね 4 枚までの 3 データから導いた係数 $a_{N=0-4}$ も固有値にほぼ一致したことから、試布が小さく十分な

重ね枚数が確保できない場合には 1, 2, 4 枚の 3 データがあれば固有値を算出できることがわかった。なお、試験布を 4 枚重ねとし、下地に濾紙を用いて測定した前報の蛍光強度は、固有値に到達した値であることを確認した。

増白度の影響を比較するため、それぞれの固有値 (I_{∞}) に対する割合 (I_N/I_{∞}) を求めた (Fig. 2)。FBA1 の染着量が高いほど、下地と重ねの影響が小さい。布を重ねることは単位面積あたりの FBA 濃度の増加に対応する。FBA 濃度が高いものは、すでに布 1 枚で濃度消光や蛍光の再吸収が大きく、濃度増加による蛍光の上昇が飽和

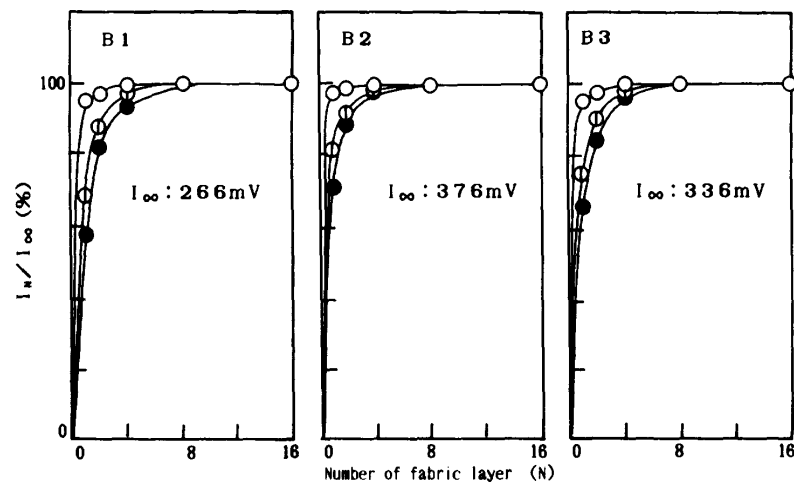


Fig. 3. The ratio of fluorescence intensity (I_N) to intrinsic value (I_∞) of industrially whitened fabric vs. the number (N) of fabric layer

Background is black (●), gray (○), and white (○).

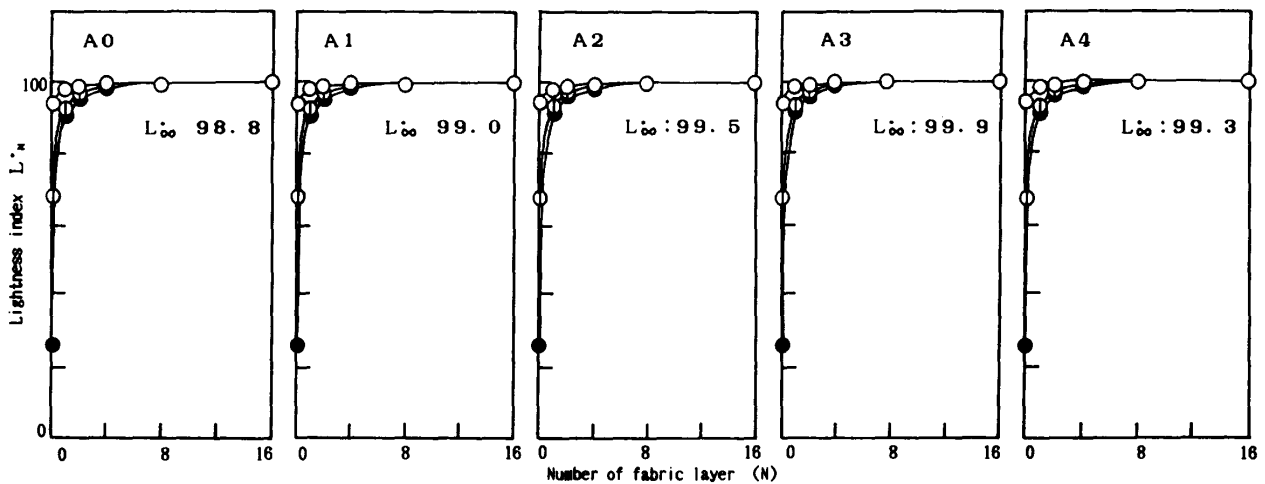


Fig. 4. Psychometric lightness L^*_N of fabric whitened with FBA1 vs. the number (N) of fabric layer

Background is black (●), gray (○), and white (○).

に近い。下地と重ねの影響が小さくなったと考えられる。蛍光の発光機構は濃度増加にともなって変化し、その原因は濃度消光、蛍光の再吸収など複雑であることを報告したが²⁾、蛍光強度に対する下地と布の重ねの影響には一定の傾向が認められた。

2) 市販増白布

3種の綿布について同様に蛍光強度を測定した結果、FBA1 増白布と同様の挙動が認められ、固有蛍光強度は B1: 266 mV, B2: 376 mV, B3: 336 mV であった。B3 は B2 と同等の視感白度 (12) をもちながら蛍光強度がやや低い。

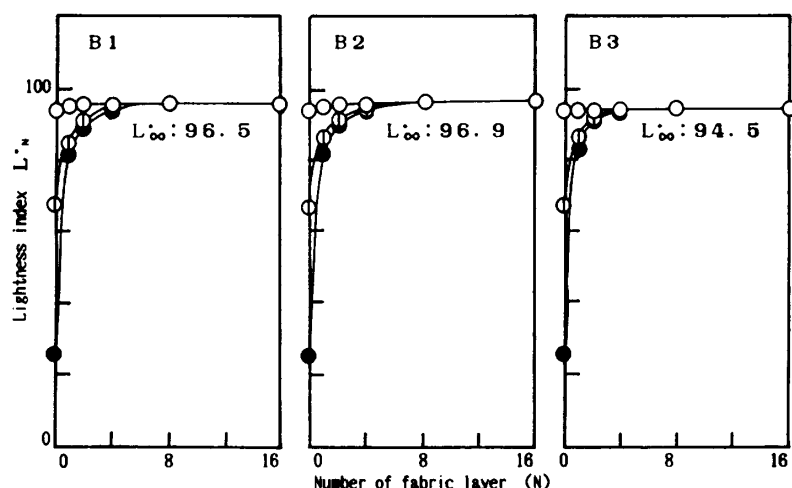
固有値に対する割合 (I_N/I_∞) は Fig. 3 のとおりで、

A1~A3 の FBA1 増白布と同様に、固有蛍光強度が高いほど下地と重ねの影響が小さい。1, 2 枚の値が、固有蛍光強度が同等の FBA1 増白布に比べて低いのは、これらの市販布の厚さがおよそ 2 分の 1 薄いためと考えられ、布の厚さも下地と重ねの影響に関係することが推定される。

(2) 明度指数

1) FBA1 による増白布

下地を黒、灰色、白にかえ、重ね枚数を変化させて明度指数 L^* を測定した (Fig. 4)。 L^* は布を重ねると上昇して一定値に到達する。その値は、A0: 98.8, A1: 99.0, A2: 99.5, A3: 99.9, A4: 99.3 と、視感白度

蛍光増白布の蛍光強度と $L^*a^*b^*$ 表色値に対する布の重ねと下地の影響Fig. 5. Psychometric lightness L^*_N of industrially whitened fabric vs. the number (N) of fabric layer

Background is black (●), gray (◐), and white (○).

に対応して高くなる傾向があるが、その差は蛍光強度や a^*b^* の差に比べてきわめて小さい。下地の L^* が黒 (24.8) < 灰色 (67.6) < 白 (1枚: 92.5 → 16枚: 96.4) と高く、試験布の L^* 値に近いほど下地の影響は小さい。また、重ねにともなう L^* の変化は、A0~A4 ではほぼ挙動が等しく、増白の有無や程度に影響されないことがわかった。

2) 市販増白布

3種の綿布の重ねに伴う L^* の変化を Fig. 5 に示す。固有値は B1: 96.5, B2: 96.9, B3: 94.5 と、B3 は B2 と同じ視感白度 (12) をもちながら L^* が低く、蛍光強度に類似した関係が認められた。

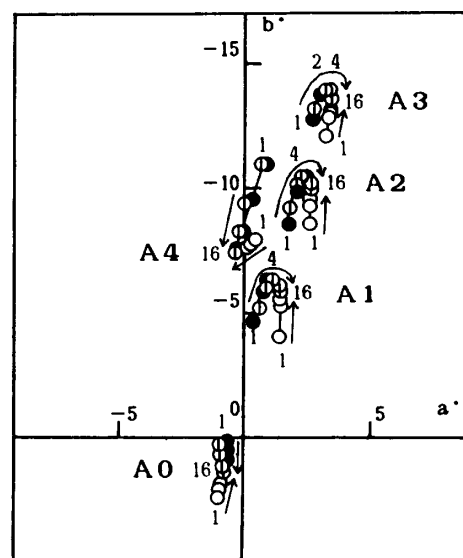
下地が黒、布1枚について固有値 (L_∞) に対する比率を求め、FBA1 増白布と比較すると、B1: 85.4, B2: 85.7, B3: 89.1, A0~A4: 92.0 となり、布の重量や厚さが大きいほど比率が高い。糸や繊維の間隙が少ないほど下地や重ねの影響が小さいことから、 L^* に対する下地と重ねの影響は、増白の有無や程度ではなく、布の構造に関係すると考えられる。

(3) クロマトキネス指数

1) FBA1 による増白布

下地を黒、灰色、白にかえ、重ね枚数を変化させてクロマトキネス指数 a^*b^* を測定した (Fig. 6)。 b^* は白さに対応するマイナスの青方向を上プロットした。

布の重ねに伴う a^*b^* の変化は増白布によって、また、下地が黒及び灰色と、白とでその挙動が異なる。未増白布 A0 と過増白布 A4 は、重ね枚数の増加にしたがって

Fig. 6. Psychometric chroma coordinates a^*b^* of fabric whitened with FBA 1 (A1-A4) and the unwhitened (A0) for various fabric layers

Background is black (●), gray (◐), white (○), and numbers are fabric layer.

a^*b^* 座標点が直線的に左下方向に変化し、下地の種類によらない一定座標点、その布に固有の値に収斂する。青、緑、黄、赤の淡色布について、布の重ねとクロマトキネス指数の関係調べた結果 (Fig. 7) と比較すると、A0 と A4 は淡黄色の布 (Yellow) に類似した挙動を示している。これは未増白布 A0 と過増白布 A4 がそれぞれやや黄色味または淡緑色を呈しているためである。

増白度の異なる A1~A3 は、下地が白の場合には直線

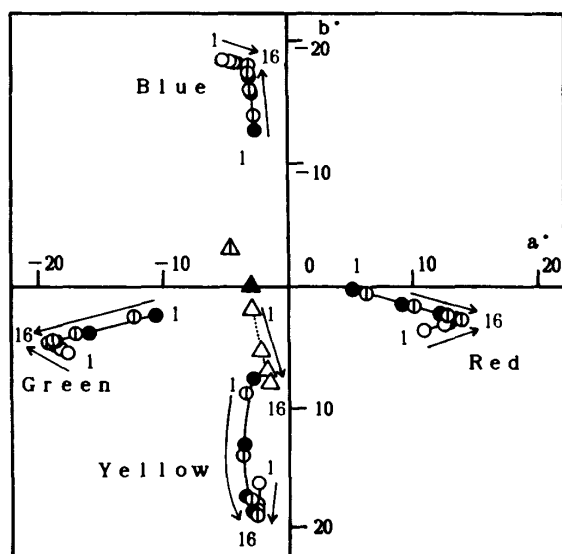


Fig. 7. Psychometric chroma coordinates a^*b^* of colored fabric for various fabric layers and of the background paper ($\blacktriangle$, black; $\triangle$, gray; $\circ$, white)

Background is black ($\bullet$), gray ($\odot$), white ($\circ$), and numbers are fabric layer.

的に変化して一定座標点に収斂するが、黒および灰色では、色度図上を右上に移動したのち左下に帰って一定座標点に収斂するという特異的な挙動を示す。白として用いた濾紙は、Fig. 7 に示すように重ねると、黄色布と同様の变化を示し、厳密には黄色味を帯びている。増白布の a^*b^* は、布を重ねるにしたがって下地の黄色味の影響が少なくなる方向に移動したものである。一方、黄色味のない黒および灰色を下地にした場合には、2～4枚重ねまでは下地の影響が減少して白さが増すが、それ以上重ねると JIS L0807 に記されているように、多重反射による再吸収が増加して b^* が低下し、逆に幾分黄色味が現れる。

白さの尺度である b^* の絶対値は、A1 は4枚重ね、A2 と A3 では2～4枚重ねで最大になっており、前報で報告した FBA1 増白布の a^*b^* (4枚重ね、下地が黒) は、 b^* が最大になる条件に、統一して測定した値である。

2) 市販増白布

a^*b^* 色度図上の変化を Fig. 8 に示す。B1 と B2 は、Fig. 6 の A2 (視感白度 10) や A3 (視感白度 12) に類似した挙動を示し、 b^* は2枚重ねで最大になった。B1 は座標点 (2.8, -8.3), B2 は座標点 (4.2, -14.5) に収斂し、B1 は A2, B2 は A3 と同等の増白度であることが確認できた。

B3 は重ね枚数の増加にしたがい直線的に変化

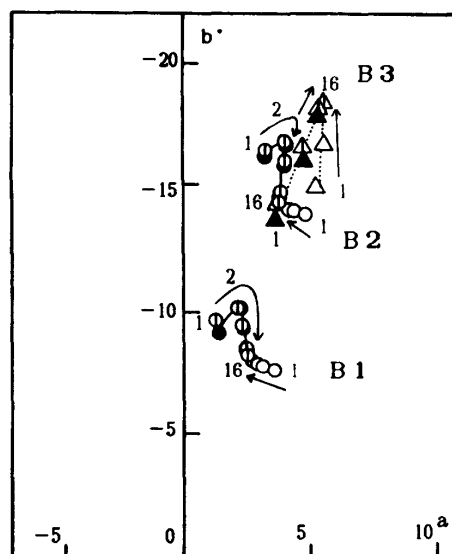


Fig. 8. Psychometric chroma coordinates a^*b^* of industrially whitened fabric (B1-B3) for various fabric layers

Background is black ($\bullet$), gray ($\odot$), white ($\circ$), and numbers are fabric layer.

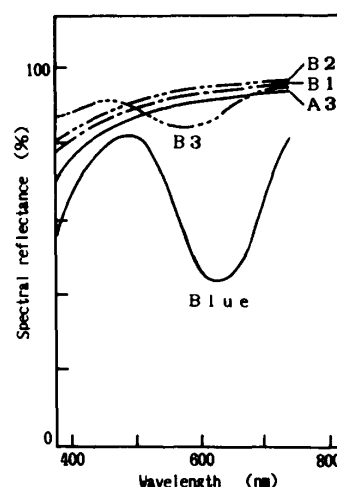


Fig. 9. Reflectance spectrum of industrially whitened fabric (B1-B3), fabric whitened with FBA1 (A3) and blue fabric.

して座標点 (6.0, -18.2) に収斂したが、移動の方向が黄色布とは逆であり、淡青色の布 (Fig. 7 の Blue) に類似した挙動を示した。B3 は、数枚以上重ねて布端方向から観察すると多重反射により内部が青く見えることから、青味付けされていることが推定された。単色光照射による分光反射率曲線を測定すると (Fig. 9), B3 は 600 nm 付近に吸収を示して青色布に似た特徴をもつことから、青味付けが確認できた。B3 は蛍光増白に青味付け

蛍光増白布の蛍光強度と $L^*a^*b^*$ 表色値に対する布の重ねと下地の影響

が加えられているため、蛍光増白のみの B1, B2 とは異なったクロマティックネス指数の変化を示すことが明らかになった。

4. ま と め

蛍光増白布の蛍光強度と CIE $L^*a^*b^*$ 表色値を、下地を黒、灰色、白に変え、布の重ね枚数を変化させて測定し、その影響を明らかにして、増白方法及び増白度との関係を検討した。蛍光強度は布を重ねると上昇して固有値に到達するが、蛍光増白染料の染着量が高く、下地の反射率が高いほど、下地と重ねの影響は小さかった。蛍光増白布の明度指数 L^* に対する下地と重ねの影響は蛍光強度に類似していたが、増白の有無や程度ではなく、布の構造に影響された。また、クロマティックネス指数 a^*b^* は増白方法や増白度により変化の挙動が異なった。蛍光増白に青味付けが加えられた市販布や過増白布では有彩色布と同様、色度座標上を直線的に変化して布の固有値に収斂したが、蛍光増白のみの布では、 b^* が上昇したのち低下して固有値に収斂するという特異的な挙動を示した。

使用した測色計には、黒フェルトを貼った試料押えが付置されており、標準の仕様では布をこれで押さえて測定する。布の重ね枚数について規定はないが、一般に有彩色の場合には、下地の影響がなくなり測色値がほぼ一定になるまで、普通 4 枚程度重ねて測定することが勧め

られている。蛍光増白布についても、有彩色布と同様、下地の影響がなくなるまで布を重ねることが必要と思われるが、この点に関してこれまで報告はなく適切な測定条件が示されていない。

本実験の結果から、蛍光増白布についても布に固有の特性値を測定する場合には、下地の影響がなくなるまで布を重ねる必要があることがわかった。一方、実用的には、数枚以上重ねて使用することは少ないので、加熱による布の黄変について述べた樋口の報告³⁾にあるように布 1 枚の測定値も意味があると考えられる。しかし、JIS 規格のスケールが 2 枚重ねで構成されていること、JIS 規格の白さの判定では試験布が薄く透ける場合に 2 枚以上重ねると規定されていることを考え合わせると、本実験の蛍光増白布の b^* が 2~4 枚重ねで最高値を示しているように、2~4 枚重ねの値が視感白度に対応していると結論できる。

引 用 文 献

- 1) 日本規格協会: JIS L0807-1971 (蛍光増白度スケール); JIS L0806-1971 (蛍光増白堅ろう度スケール); JIS L0887-1975 (蛍光増白耐光堅ろう度試験方法)
- 2) 生野晴美, 駒城素子, 中島利誠: 家政誌, **41**, 1079~1084 (1990)
- 3) 樋口才二: 織消誌, **32**, 23~26 (1991)