
学内で回収した残布を再生した反毛布の性能

Performance of Recycled Cloth Scraps Collected on Campus

金尾 佐知子

Sachiko Kaneo

要旨

学内残布を再生した反毛布の用途を検討することを目的として、風合い評価、一対比較法を用いた手触りによる官能検査、強度実験、寸法変化試験を行い、以下の結果が得られた。反毛布は KOSHI が大きく、NUMERI は小さいため、硬く変形しにくい布であると評価された。また、男スーツ冬用布地としては、低級であると判定された。手触りによる官能検査でも、反毛布はツイードよりもチクチク、ゴワゴワすると評価されたため、衣料用とするには向かないと判断した。引張強さ、引裂強さ、破裂強さの強度試験において、反毛布は比較布と同等の強度があり、特に摩擦強さでは、摩擦回数 600 回でも繊維の切断は観察されず、どの比較布よりも摩擦強度が大きかったので、衣料以外の用途で強度には問題ないと思われる。洗濯による寸法変化もデニムや麻地よりも変化が小さく、洗濯にも耐えうると考えられる。

反毛布を衣料用として学生が再利用することが望ましかったが、硬さや風合いに問題があったため、手提げバッグを作成し、学内外に配布し、本学服装学部の USR 活動のアピールに活用することにした。

●キーワード：反毛 (recovered fiber) / 再利用 (reuse) / USR (university social responsibility)

I. 緒言

これからの「新しい大学」のあり方として、単に社会に責任 (Responsibility) を果たすという受動的な姿勢だけでなく、もっと積極的に社会に貢献 (Contribution) していく姿勢が必要とされている。このような背景から、本学服装学部では社会の一員として積極的に責任を果たし、服装学教育のあるべき姿を追求していくために、服装学部 USR (University Social Responsibility) 推進室を 2009 年に設立した。USR 推進室は「企業」「地域」「卒業生」「社会環境」「ED」の 5 つのグループから成っている。その中の社会環境対応グループは、環境を配慮した新たな社会を構築する能力をもつ人材を育成するカリキュラムを導入し、ファッションエコ大学となることを活動目標にしている¹⁾。

ファッションエコ大学転身へ向けて、社会環境対応グループでは繊維製品のリサイクルについて注目した。繊維製品の廃棄物排出量は年間約 100 万トンといわれ、リサイクルされるのはそのうちの 10% 程度に過ぎず、回収されたものの殆どが焼却処分となっている²⁾。その他の資源ごみのリサイクル率を見ると、紙 60%、アルミ・

スチール缶 85% 以上、ガラス瓶 90% と繊維製品に比べて圧倒的に高くなっている。繊維製品のリサイクルが進まない理由として、素材の混用が複雑化している、デザインが多種多様である、ボタンやファスナーなどの付属品があるなど、一律に回収しても効率よく再利用することが難しい点が挙げられる。また、廃棄される繊維製品が法制度による規制を要するほど大きな社会問題となっていないことも原因と考えられる。法による定めのない繊維製品の回収を進めるのは困難である³⁻⁴⁾。繊維リサイクル法の制定はならなかったが、2011 年に経済産業省の繊維製品 3R システム検討会報告書⁵⁾において、今後の繊維製品 3R の推進策案が示され、企業や NPO などの繊維製品 3R への取組みを支援する方針が出された。廃棄物の減量化や易リサイクル製品の開発などリサイクルの一層の推進が必要と考えられていることは現在も変わっていない。

本学で実施可能なリサイクルを考え、不要になった衣服や、授業・実習で余った残布を回収し再利用する「学内残布ゼロ計画」を打ち出した。再利用法のひとつとして、回収した衣服や布の「反毛化」がある。反毛とは、

綿や毛などの繊維の糸屑または裁断屑、古繊維などの屑を反毛機によってワタ状にしたものをいう⁶⁾。反毛は衣服のリサイクルの手段として行われており、反毛を紡績した糸を使った軍手や、反毛そのものをぬいぐるみの中綿として利用することなどがされている。しかし、近年は減少の一途を辿り、殆ど生産されなくなっており、廃業する事業者も多い³⁾。

そこで、学内で回収した廃棄衣服や残布を反毛化し、反毛を紡績して糸を作り、再び布地として甦らせ、その布を使って学生が作品を製作することで、学内におけるリサイクルの環ができると考えた。本研究の目的は、学内で回収した廃棄衣服や残布から作った「反毛布」の風合いや強度などの性能を明らかにして、再利用する方向性を検討することである。

II. 学内残布の布への再生

1. 反毛布の作製

廃棄衣服や残布は年間約 300kg を毎年回収している。一部はカリキュラムの一環として、教室に設置した反毛機を利用して、学生自身による布の反毛化を行っているが、大部分は業者に委託している。通常、反毛は様々な色の布を混ぜるため、どうしても灰色のワタ状になってしまうが、予め色分けしておくことで、灰色ではない反毛を得ることができる。そこで回収された布から白色のものを中心に集め、アトム株式会社に御協力頂いて、反毛化、紡績ののち青く糸染めし、デニム地様の斜文織物へと再生した。反毛布の表面には、やや毛羽があるため、毛織物に似ている。

2. 材質の鑑別

反毛は様々な材質の布が使われているため、反毛布の材質の鑑別を試みた。鑑別には、マイクロスコープ (KEYENCE VHXS50) による繊維側面観察及び繊維鑑別用インディケーター (日本化薬 カヤステイン Q) による染色を用いて行った。

その結果、たて糸はほぼ一種の繊維のみが観察されたため、反毛ではないと判断した。燃焼特性⁷⁾ と合わせて、ナイロンから成る糸であると判定した。よこ糸には様々な繊維が観察されたため反毛が使われており、綿、毛、麻、ポリエステル、アクリルが含まれていることが分かった。しかし、反毛布は場所によって含まれる繊維やその割合が異なることから、繊維名や混用率の特定は困難であった。

3. 試料

反毛布以外に比較布として、反毛布のよこ糸に含まれている繊維から成る織物を 4 種選定し、計 5 種を試料とした。各試料の諸元を表 1 に示す。反毛布がデニム地様の斜文織物であることから、数多い綿織物の中からデニムを選択した。また毛織物は、厚さや表面の状態が反毛布に近いツイードとした。

比較布は実験内容により、適宜選択して使用した。

III. 反毛布の風合い評価

まず、反毛布の風合いが毛織物に似ていることから、男スーツ冬用布地としての風合い評価を行うこととした。KES-FB システム (カトーテック) により、力学的特性値を測定した。測定条件は標準測定に従い、たて方向 (Warp)、及びよこ方向 (Weft) 3 回測定の前平均値と、その 2 つを平均した値 (Mean) を求めた。基本風合い値 (HV) は KN-101W 式を、総合風合い値 (THV) は KN-301W 式⁸⁾ を用いて算出した。

結果を表 2 及び図 1 に示す。表 2 には川端が用いた風合い評価のための標準試料選定の際に収集された男スーツ冬用布地 214 点 (以下、「試料群」という) の力学的特性値の平均値 (\bar{X}_i)、最小値 (MIN)、最大値 (MAX)⁸⁾ も併せて示しておく。

反毛布の HV は、KOSHI の値が 8.22 と大きく、NUMERI の値は 1.39 と小さかった。これは反毛布の B と LC の値が、試料群の最大値よりも大きいので、曲げにくく、

表 1. 試料布の諸元

No.試料名		1. 反毛布	2. ポリエステル地	3. デニム	4. ツweed	5. 麻地
材質 (%)		—	ポリエステル 100	綿 100	毛 100	麻 100
糸の太さ (tex)	たて	124	21	101	168	102
	よこ	150	39	56	169	99
組織		1/2 ^へ	2/1 ^へ	2/1 ^へ	平織	平織
糸密度 (本/cm)		11×11	32×21	27×17	8×7	17×15
厚さ (mm)		0.95	0.44	0.67	0.98	0.54
平面重 (g/m ²)		302	189	344	226	298
充填率 (%)		28.1	31.2	32.3	17.4	36.7

表2. 反毛布の力学的特性値

			反毛布			男スーツ冬用布地		
			Warp	Weft	Mean	\bar{X}_i	MIN	MAX
Tensile	EM	%	3.51	2.15	2.83	6.41	2.27	14.21
	LT	—	0.750	0.783	0.767	0.608	0.408	0.770
	WT	gf · cm / cm ²	6.129	3.893	5.011	9.60	4.18	27.13
	RT	%	45.71	49.38	47.55	62.2	37.1	73.8
Bending	B	gf · cm ² / cm	0.3631	0.5057	0.4344	0.103	0.053	0.277
	2HB	gf · cm / cm	0.4409	0.5817	0.5113	0.049	0.019	0.183
Shearing	G	gf/cm · deg	1.98	1.82	1.90	1.01	0.42	3.02
	2HG	gf/cm	5.31	5.07	5.19	1.30	0.38	4.29
	2HG5	gf/cm	9.14	8.76	8.95	2.71	0.97	6.39
Surface	MIU	—	0.230	0.222	0.226	0.209	0.169	0.295
	MMD	—	0.033	0.024	0.029	0.0162	0.0086	0.0546
	SMD	micron	14.007	6.657	10.332	4.57	1.81	14.78
Compression	LC	—			0.724	0.370	0.193	0.681
	WC	gf · cm / cm ²			0.693	0.208	0.077	0.71
	RC	%			40.95	56.3	24.6	84.3
Thickness	T	mm			1.624	0.759	0.442	1.545
Weight	W	mg/cm ²			30.2	26.6	17.4	39.9

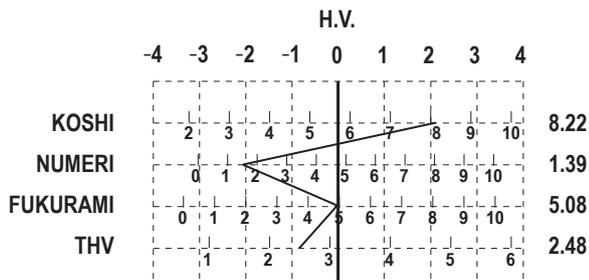


図 1. 反毛布の HV 及び THV

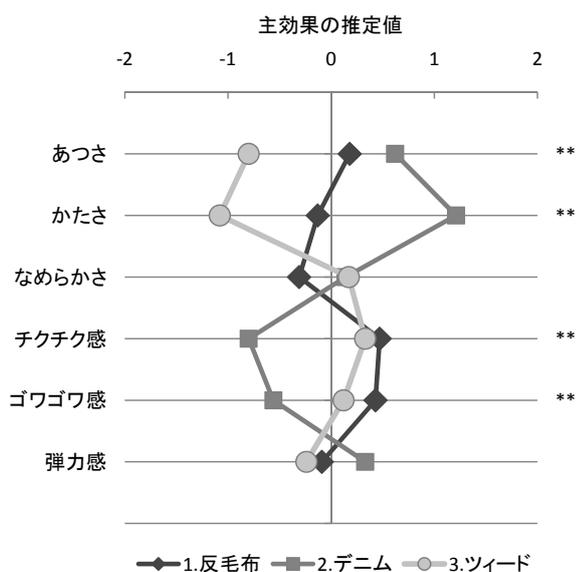


図 2. 主効果の測定値

圧縮しにくいことが影響したと考えられる。また、反毛布のよこ方向の LT は試料群の最大値よりも大きく、WT が試料群の最小値よりも小さいので、引張りにくく、伸びにくい結果であった。しかし、MIU と MMD の値は試料群の平均値と同程度であるので、摩擦係数の変動が小さく、なめらかなため、FUKURAMI の値は 5.08 と中程度であったと考えられる。

一方、反毛布の THV は 2.48 と小さく、男スーツ冬用布地としては、低級であると判定された。やはり、KOSHI がかなり大きいので、布が硬いことが要因であると考えられる。そこで、人間の触感による官能検査においても、同様の結果が得られるのかを検討することとした。

IV. 手触りによる官能検査

一対比較法を用いた官能検査により、反毛布の触覚による評価を行った。試料は反毛布及び比較布としてデニム、ツイードの計 3 種とした。検査は試料が見えない状態で被験者に渡し、「あつさ」「かたさ」「なめらかさ」「チクチク感」「ゴワゴワ感」「弾力感」の 6 項目に 5 段階評価で回答させた。被験者は文化学園大学の 20 ～ 24 歳の女子学生 30 名である。

各項目の主効果の推定値を図 2 に示した。「あつさ」「かたさ」「チクチク感」「ゴワゴワ感」の 4 項目では、危険率 1% 以下で有意差が認められたが、「なめらかさ」「弾力感」の 2 項目では有意差が認められず、3 試料に差はないといえる。

有意差があった「あつさ」「かたさ」の2項目は、デニム、反毛布、ツイードの順に厚く、硬いと評価された。「あつさ」について、23.5kPaの圧力を与えて測定した実測値(表1)とは逆の順になったのは、反毛布とツイードの布表面にある毛羽が、手で触る僅かな圧力でも凹むため、毛羽のない硬いデニムを厚いと感じたと思われる。有意差はなかったが、「弾力感」についても、「あつさ」「かたさ」と同じ順になった。逆順になる予想をたてていたが、これは、布を厚さ方向に圧縮するのではなく、布を折り曲げた時の弾力感として評価したと推測すると、「かたさ」と同じ順に「弾力感」が大きいことが説明できる。

「チクチク感」「ゴワゴワ感」では、デニムの評価は小さく、反毛布はツイードよりもチクチク・ゴワゴワすると評価された。ツイードについて、Ⅲと同様にHVを求めた結果、MUMERIの値が6.14とやや大きく、FUKURAMIの値が8.45と大きいので、表面がなめらかで弾力があり、伸びや圧縮がしやすいことが分かる。それに比べて、反毛布は曲げや圧縮に対して変形しにくいいため、ツイードよりもチクチク・ゴワゴワすると評価されたと考えられ、ツイードよりも衣料用に向かないことが、官能検査の結果からも窺える。

反毛布は衣料用として、硬さや感触・風合いに問題があると思われるので、市販の布地と強度を比較することで、衣料用以外の用途を検討することとした。

V. 強度試験

各強度試験には、反毛布及び全ての比較布の計5種を試料として用いた。

1. 引張強さ及び伸び率

AUTOCOM 万能試験機(ティ・エス エンジニアリング AC-100)を用い、ストリップ法⁹⁾により標準状態における引張強さ及び伸び率を測定した。

約55mm×約300mmの試験布をたて方向及びよこ方向にそれぞれ3枚ずつ用意し、幅の両側から糸を取り除いて50mm幅としたものを試験片とした。つかみ間隔は200mm、引張速度は200mm/minで行い、切断時の荷重(N/50mm)及び伸長率(%)を測定し、3回測定の平均値を求めた。

結果を図3に示す。切断時荷重は、反毛布、ポリエステル地、デニム、麻地は大きいので、引張り強度は大きいといえる。ツイードは切断時荷重が小さく、引張り強度は小さいが、伸長率は大きいので伸びは大きくなった。

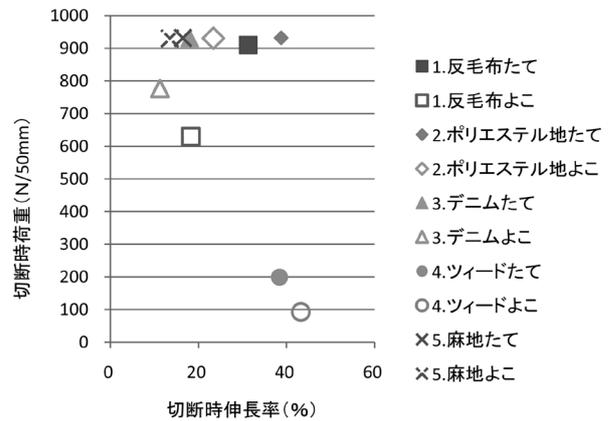


図3. 切断時における荷重及び伸長率

表3. 引裂強さ

No.試料名	方向	引裂強さ (N)
1. 反毛布	たて	31.4以上
	よこ	31.4以上
2. ポリエステル地	たて	31.4以上
	よこ	31.4以上
3. デニム	たて	30.98
	よこ	31.4以上
4. ツイード	たて	30.89
	よこ	31.4以上
5. 麻地	たて	31.4以上
	よこ	31.4以上

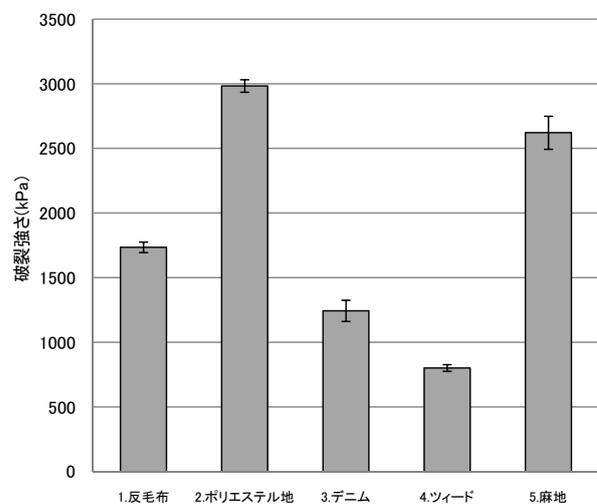


図4. 破裂強さ

ポリエステル地は、ツイードの次に伸長率が大きく、伸びが大きい。

反毛布において、ナイロン糸が使われているため方向は、切断時荷重が大きく、伸長率もポリエステル地と同程度であるので、強度も伸びも十分である。しかし、反毛糸が使われているよこ方向は、切断時荷重はポリエステル地の7割程度、伸長率はツイードの約半分で、引張り強度はある程度あるが、伸びが小さいことが分かった。

2. 引裂強さ

エルメンドルフ形引裂試験機（大栄科学精器 DA-6400）を用い、引き裂きに対する抵抗力を測定¹⁰⁾した。

63mm×77mmの試験片をたて方向及びよこ方向にそれぞれ3枚ずつ用意した。試験片の両つかみの中央で直角に20mmの切れ目を入れ、残りの43mmを引き裂いた時に示す引裂強さ（N）を測定し、3回測定の平均値を求めた。使用した試験機の最大荷重は31.4Nで、引裂かれなかった時は「31.4N以上」と記録した。

結果を表3に示す。全ての試料において、いずれの方向でも引裂強さは30N以上であり、反毛布は31.4Nでも引裂かれなかったため引裂強度は十分にあると考えられる。

3. 破裂強さ

ミューレン形破裂試験機（東洋精機製作所 MULLEN BURST TESTER M2-HD）を用い、布地の面への力に対する強度を測定¹¹⁾した。

150mm×150mmの試験片を5枚ずつ用意した。表面を

上にしてゴム膜上に載せ、均一な張力を与えてクランプでつかみ、圧力を加えてゴム膜が試験片を突き破る強さ（kPa）及び破断時のゴム膜だけの強さ（kPa）を読み取り、その差より破裂強さ B_s （kPa）を算出し、5回測定の前平均値を求めた。

結果を図4に示す。ポリエステル地、麻地、反毛布、デニム、ツイードの順に破裂強さが大きく、破裂強度が大きいことが分かる。ツイードは破裂時にたて糸、よこ糸共に切断したが、それ以外の試料は破裂時によこ糸のみが切断した。

反毛布はポリエステル地、麻地ほどではないが、綿100%のデニムよりも破裂強さが大きいので、破裂強度も十分であるといえる。

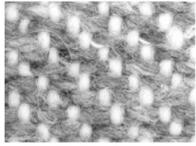
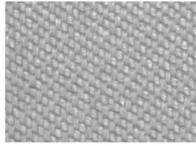
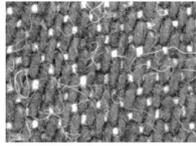
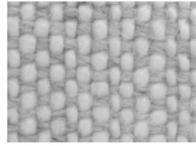
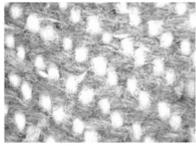
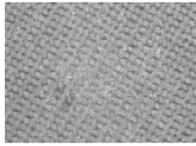
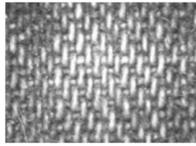
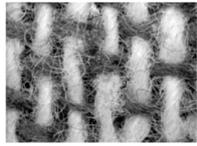
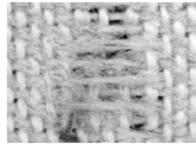
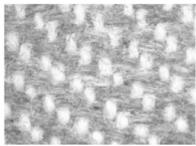
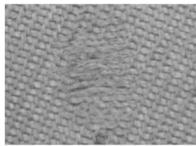
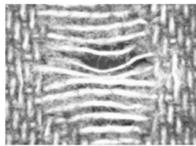
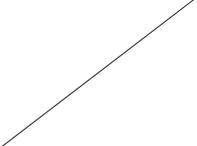
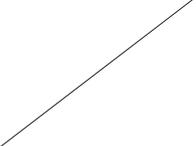
4. 摩耗強さ

ユニバーサル形摩耗試験機（島津製作所）を用い、衣類着用時の平面摩耗を評価¹²⁾した。

直径120mmの試験片を用意し、ゴム膜上に載せ、張力と荷重を与えて、規定の研磨紙で多方向に摩擦した。試験片が摩耗して孔があく、もしくは織糸が切断する様子を、マイクロ스코プにより段階的に観察した。

摩擦回数100回及び600回の時の、試料表面の写真を表4に示す。麻地は摩擦50回でもたて糸切断が見られ、100回ではよこ糸もかなり摩耗していることが窺え、麻地は摩耗に弱いといえる。ツイードは摩擦100回ではよこ糸がだいぶ摩耗しており、摩擦300回でよこ糸が切断した。ポリエステル地とデニムは摩擦600回で共にたて糸が切断した。

表4. 摩耗強さ

No試料名	1. 反毛布	2. ポリエステル地	3. デニム	4. ツイード	5. 麻地
原布					
100回					
600回					

一方、反毛布は摩擦 600 回では糸の切断は見られず、5 種の試料の中で最も摩耗強さが大きいことが分かった。また、デニムは摩擦を繰り返すことで色落ちが発生するが、反毛布には見られず、糸が切断するまで布の表面にあまり変化が見られないため、摩耗強さはかなり大きいといえる。

5. 強度試験のまとめ

今回行った 4 種の強度試験において、反毛布は比較布と同等もしくはそれ以上の強度があることが分かった。よって、衣料以外の用途で、強度には問題がないと思われる。

ここまで反毛布の風合い、強度について実験を行ったので、さらに洗濯による寸法変化を明らかにし、消費性能についても検討することとした。

VI. 寸法変化

試験は JIS の家庭用電気洗濯機法¹³⁾ に準じて、反毛布及び比較布 4 種を用いて行った。

500mm×500mm の試験片に 200mm 間隔の糸印を、たて方向及びよこ方向にそれぞれ 3 箇所つけ、洗濯処理前の測定区間の長さ L1 (mm) を計測した。家庭用電気洗濯機 (日立製作所 BEAT WASH SLIM BW-D8PV) を用い、浴比 1:60、弱アルカリ性合成洗剤を標準使用量 (水 30L に対して 20g) 用い、使用洗濯機の規格による標準コースによって洗濯処理を行った。平干しにて乾燥後、洗濯処理後の測定区間の長さ L2 (mm) を計測し、次式により寸法変化率 ΔL (%) を算出し、3 箇所の平均値を求めた。

$$\Delta L = (L2-L1) / L1 \times 100$$

結果を図 5 に示す。デニムの収縮が最も大きく、寸法変化しやすかった。次いで、麻地、ツイード、反毛布の

順に収縮が大きく、ポリエステル地は殆ど寸法変化が起きなかった。いずれの試料も、よこ方向よりもたて方向の収縮が大きくなった。

反毛布はセルロース系繊維から成る布地よりも寸法変化が小さく、デニムや麻地が使われている用途に用いて、家庭で洗濯をしても、概ね問題ないだろうと考えられる。

VI. 総括

本研究では、学内で回収した廃棄衣服や残布を再生した反毛布の用途を検討することを目的として、各実験を行い、以下の結果が得られた。

1. 反毛布の風合い評価

KES システムを用いて測定した反毛布の力学的特性値から、基本風合い値及び総合風合い値を求めた。

反毛布は、KOSHI の値が非常に大きく、NUMERI の値は小さいため、硬く変形しにくい布であると評価された。また、男スーツ冬用布地としては、低級であると判定された。

これは、一対比較法を用いた手触りによる官能検査でも、反毛布はツイードよりもチクチク・ゴワゴワすると評価されたことからいえる。

よって、反毛布は衣料用として、硬さや感触・風合いに問題があると思われる。

2. 強度・消費性能の検討

引張強さ、引裂強さ、破裂強さ、摩耗強さの各強度試験において、反毛布は比較布と同等もしくはそれ以上の強度があり、衣料以外の用途で、強度には問題がないといえる。

洗濯による寸法変化も、セルロース繊維から成るデニムや麻地よりも寸法変化が小さく、それらと同様の用途に用いても、洗濯に問題はないだろうと思われる。

以上より、学内で回収した廃棄衣服や残布を再生した反毛布は、衣料用としては硬さや風合いに問題があるが、強度が必要な他の用途に使用しても、概ね問題ないだろうと思われる。教育的な面を考えると、学生たち自身が廃棄した不要な布を布に再生して、学生たちがまた利用するというサイクルを完成させることが望ましかったが、断念することになった。

しかし、強度があることからベルトへの使用や、摩耗強度が大きいことを活かして、肘や膝、股部分などの補強として肌に触れない表面につけるなど、部分的な使用

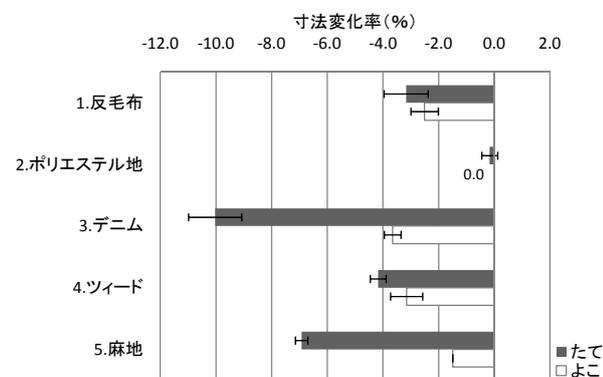


図 5. 寸法変化

であれば衣料に使うことができると考える。また、摩耗強度に加えて、デニム以上に破裂強度が大きいので、椅子の座面や背もたれ部分といったインテリア用としても使用可能であると思われる。このように用途はいろいろと考えられるが、今回は汎用性のある手提げバッグを製作することとした。バッグは学内外に配布し、USR活動のアピールに活用していく予定である。

謝辞

反毛布の製作において、多大なるご協力を頂いたアトム株式会社の朝比奈智氏に深く感謝申し上げます。

最後に鯨井夏未氏（平成26年度卒業生）の本報の実験における真摯な寄与を特に付記しておく。

引用・参考文献

- 1) 文化学園大学服装学部 USR 推進室リーフレット
- 2) 東京都クリーニング生活衛生同業組合
< <http://www.tokyo929.or.jp/column/recycle/> >2015.8.18
- 3) (社)日本繊維機械学会繊維リサイクル技術研究会回収分別分科会編『循環型社会と繊維』, 2012
- 4) 株式会社ダイナックス都市環境研究所
< <http://www.dynax-eco.com/repo/report-09.html> >
2015.8.21
- 5) 経済産業省『繊維製品3R システム検討会報告書』, 2011
- 6) 『服飾辞典』文化出版局, 1979, p.685
- 7) 成瀬信子『基礎被服材料学』文化出版局, 1985, p.47
- 8) 川端季雄『風合い評価の標準化と解析（第2版）』(社)日本繊維機械学会風合い計量と規格化研究委員会, 1980
- 9) JIS L 1096 一般織物試験方法（8.14引張強さ及び伸び率）
- 10) JIS L 1096 一般織物試験方法（8.17引裂強さ）
- 11) JIS L 1096 一般織物試験方法（8.18破裂強さ）
- 12) JIS L 1096 一般織物試験方法（8.19摩耗強さ及び摩擦変色性）
- 13) JIS L 1096 一般織物試験方法（8.39寸法変化）