

経常研究

手つむぎ糸の生産に関する研究

金子 優* 太田 仁美*

Research on the Production of Hand Spun Yarns for Yuki-Tsumugi
KANEKO Masaru and OTA Hitomi

結城紬に使用される手つむぎ糸は、原料の真綿を手で適切な太さに引き出し、唾液を付けることによって糸にまとめられている。唾液の利用は伝統的な方法であるが、衛生面や唾液の質に個人差があることなどが課題となっている。そこで、安全で質の高い手つむぎ糸の生産を行うため、唾液の代替材料を検討し、試作した手つむぎ糸と布の評価を行った。その結果、唾液の代替材料として濃度1%程度のPVA系糊が適することが分かった。

Key words: 結城紬, 手つむぎ糸, 唾液, 代替材料, PVA系糊

1 はじめに

結城紬は、真綿から手でつむいだ糸を原料とし、緋の模様を付けるときは手括りで行い、地機で製織することを特徴とする伝統的な絹織物である。国の重要無形文化財、伝統的工芸品に指定され、ユネスコ無形文化遺産に登録されている¹⁾²⁾。

原材料となる手つむぎ糸は、真綿から手でつむぎ唾液をつけて固めることで製作される。唾液の使用は伝統的な方法であるが、衛生面や唾液の個人差等の課題がある。特に最近の感染症対策の影響による指導の難しさも課題の一つとして挙げられる。重要無形文化財の指定要件の一つである糸つむぎ技術は、真綿から手で糸をつむいでいくことであり、糸を固める材料は唾液に限定されていない。コロナ禍における感染症対策として、展示会等の実演や糸つむぎ講習会での糸つむぎでは、唾液に替えて水を使用している。しかしながら、水には粘着成分が含まれないため、つむいだ糸は形状や強度にむらがあり、結城紬の生産には不向きとされている。

本研究では、現代生活に即し、安全で質の高い手つむぎ糸の生産を行うため、唾液の代替材料の検討及び試作した手つむぎ糸と布の評価を行った。

2 研究の方法

2.1 唾液代替材料の選定

比較のベースとなる唾液のほか、唾液の代替材料として3種類の材料を選定して、2名の糸取り技術者により手つむぎ糸を製糸した。使用した材料は次のとおり。

*栃木県産業技術センター 絹織物技術支援センター

- (1) 唾液
- (2) 水
- (3) 小麦粉糊（日清製粉㈱「ニッペンたけ」）

※結城紬産地で手つむぎ糸の糊付け工程で使用している。通常の下糊付け工程では濃度2.4%相当が使用されている³⁾⁴⁾。

- (4) PVA系糊（三菱化学㈱「ゴーセノール」）

※結城紬産地で製織時のたて糸用糊剤として使用している。通常は濃度3%相当が使用されている。

なお、代替材料として検討した小麦粉糊とPVA系糊の濃度を表1に示す。

表1 手つむぎ糸の糊材及び濃度

糊剤名	糊剤の濃度				
PVA系糊	0.5%	0.8%	1.0%	1.2%	1.5%
小麦粉糊	1.5%	2.0%	2.4%	3.2%	4.0%

2.2 手つむぎ糸の評価試験方法

2.2.1 手つむぎ糸の引張強さ試験

各条件で試作した手つむぎ糸の強度を比較検討するため、万能材料試験機（インストロン 5569 型）を用いて、JIS 試験方法「JIS L 1095:一般紡績糸試験方法単糸引張強さ及び伸び率」に準拠して実施した。試験条件は次のとおりとした。

- (1) つかみ間隔 200 mm
- (2) 試料長さ 300 mm
- (3) 引張速度 200 mm/min
- (4) 試験回数 30 回(材料の種類・濃度ごと)

全試料の織度測定を行い、試験結果を 100D(デニール)あたりの N (ニュートン) で表記した。

2. 2. 2 手つむぎ糸の表面観察

各条件で製作した手つむぎ糸の表面をデジタルマイクロスコープ (ハイロックス RH-2000) で観察し、糸のまとまり状態を検証した。

2. 2. 3 糸つむぎの作業性評価

2 名の糸取り技術者から各条件の手つむぎ糸を製糸する過程の作業性を調査し、評価した。

2. 3 下拵え作業・製織作業の糸状態

2. 3. 1 精練・染色作業の影響

2. 2 の結果を踏まえ、小麦粉糊と PVA 系糊の適する濃度をそれぞれ一つずつ選定し、水と唾液を含めた 4 つの材料で手つむぎ糸を製糸し、下拵え作業 (精練工程、染色工程、糊付け工程) の作業性及び糸の状態等について検証した。

なお、染色条件は、以下のとおりとし、製糸した糸をたて糸とよこ糸に分けて同浴で染色した。

たて糸：ラナセットブロン B 0.5%

よこ糸：イルガラブラック 0.5%

2. 3. 2 糊付け工程の影響

2. 3. 1 に引き続き、糊付け工程における作業性と糸の固さについて検証した。

2. 3. 3 下拵え作業の影響

手つむぎ糸の製糸に使用する材料の違いが、下拵え及び染色工程における糸の品質に及ぼす影響を調べるため、染色後及び糊付け後の糸の表面状態をデジタルマイクロスコープで観察するとともに、測色計を用いて染色後と糊付け後の糸の色彩 L*, a*, b* の測定を行い、その色差 ΔE^*_{ab} を求めた。

2. 4 製織した布表面の評価

2. 4. 1 製織状況及び結果

各手つむぎ糸を用いて 4 種類の評価用布を製織し、その製織状況及び製織結果について検証した。

2. 4. 2 製織した布の堅ろう度試験

糊剤が結城紬生地品質に及ぼす影響を調べるため、各条件の布について、耐光試験及び染色摩擦試験を行った。耐光試験は、紫外線カーボンアーク型耐光試験機 (スガ試験機 (株) 製 U48AU) を用いて JIS L 0842:2021 (紫外線カーボンアーク灯光に対する染色堅ろう度試験方法) で 4 級相当の 20 時間の照射を行い評価した。染色摩擦試験は、染色摩擦堅ろう度試験機 (大栄科学精器製作所製 RT-200) を用いて JIS L 0856:2013 (摩擦に対する染色堅ろう度試験方法) を用いて行った。

3 結果及び考察

3. 1 手つむぎ糸の評価試験

3. 1. 1 手つむぎ糸の引張強さ試験

各手つむぎ糸の引張強さ試験の結果を図 1 に示す。

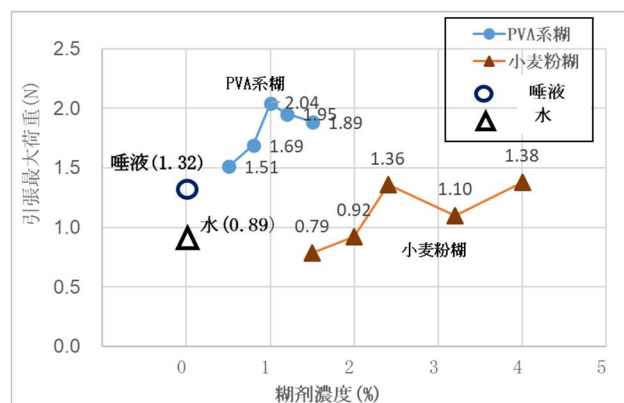


図 1 手つむぎ糸の引張最大荷重

小麦粉糊、PVA 系糊の濃度と引張最大荷重の関係には、ばらつきがあるが、糊剤濃度の高さに応じて引張最大荷重が高くなる傾向を示した。唾液由来の糸は 1.32 (N)、水由来の糸は 0.89 (N) となり、小麦粉糊由来の糸は濃度 4.0% のとき 1.38 (N) と最大となった。PVA 系糊由来の糸は濃度 1.0% で 2.04 (N) と最大となり、全ての条件で最大となったが、ばらつきが原因でより濃度が高い条件を上回った。ばらつきの原因は、手つむぎ糸形状の不安定さに起因すると考えられる。

引張最大荷重について、糊剤使用の糸は、小麦粉糊の濃度 1.5% と 2.0% を除き、唾液使用の糸よりも強度が高かった。

3. 1. 2 試作した糸の表面観察

各手つむぎ糸の表面をデジタルマイクロスコープで観察した結果を図 2 から図 5 に示す。

小麦粉糊、PVA 系糊ともに濃度が高くなるにつれて毛羽立ちが少なくなり、小麦粉糊濃度は 2.4% 程度、PVA 系糊濃度は 1.0% 程度から唾液と同程度となった。また、水で製作した糸は、まとまりが弱く毛羽立ちが見られた。唾液による本来の手つむぎ糸は毛羽立ちが少なかった。

表面観察の結果、糸のまとまりについては、水由来の糸は乾燥後に解れて膨らむが、糊剤の濃度が高い場合は唾液以上のまとまりとなった。

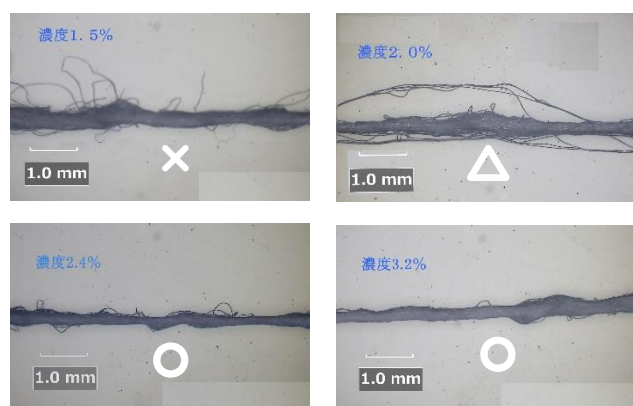


図2 小麦粉糊使用（4例）

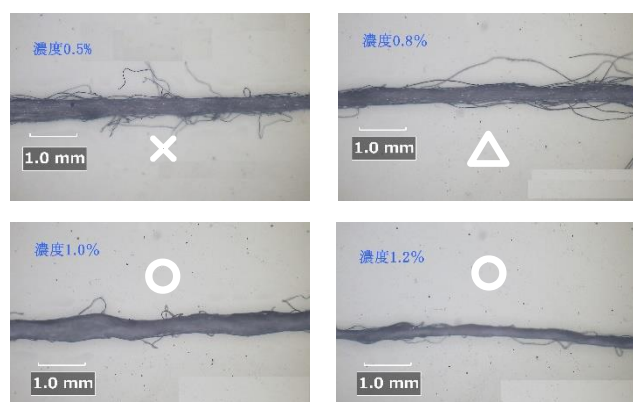


図3 PVA系糊使用（4例）

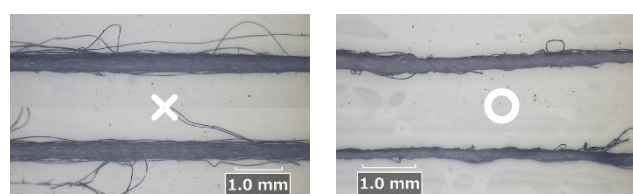


図4 水使用

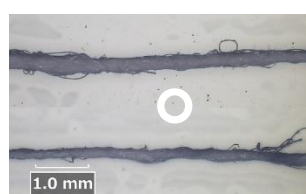


図5 唾液使用

3. 1. 3 手つむぎ糸の作業性評価

各手つむぎ糸の製糸過程における糸取り技術者の感想は表2のとおりであり、以下のことが分かった。

- ① 唾液使用の場合が最も動作がスムーズにでき、潤滑も良く、製糸しやすい。
- ② 糊剤は製糸する際に指がべたつき、真綿を固くするため、濃度は低い方が望ましい。
- ③ 小麦粉糊は、数十分で沈殿が始まり、作業中に攪拌が必要となり、手間が増える。
- ④ 製糸動作では適度な潤滑性を有し、べたつきを抑制する必要があるが、小麦粉糊は2.4%程度、PVA系糊は1.0%程度までが適切と思われる。

なお、糸の毛羽立ちやまとまり不足（強度不足に繋がる）はボッチ揚げ作業に支障が生じるため避ける必要がある。検討の結果、ボーダーラインが小麦粉糊濃度は2.4%程度、PVA系糊濃度は1.0%程度と分かった。

糸のまとまり、強度及び作業性を総合すると、手つむ

ぎ糸の製糸する際の適する糊剤濃度は、小麦粉糊が2.4%、PVA系糊が1.0%程度であることが分かった。

表2 各材料における糸つむぎの作業性

材料名	糸つむぎ者の感想
唾液	・適度な水分量で、糸がまとまりやすい。(○) ・指から糸が離れやすく、べたつきがない。(○)
水	・糸を挟んでなでる動作時に、引っかかる。(潤滑性不良)(×) ・真綿を解す動作の時に真綿に水が付いてしまうと、糸を引くときに摩擦抵抗が増えて作業性が悪い。(×) ・糸の乾燥後の膨らみや毛羽立ちが目立つ。(×) ・水を多めに付けると滑りが悪く、引いた結果玉状になりやすい。(×) ・膨らんだ糸がボッチ揚げの時に糸絡みになりやすい。(×)
小麦粉糊	・糊剤が沈殿しやすく、定期的な攪拌が必要となる。(×) ・唾液でとった糸より固くパリッとする。(×) ・ボッチ揚げの際、糸絡みがなくても、糸がくっついて出てくることがある。(×) ・真綿を解すときに真綿に付くと、固まって引き出しにくくなる。(×) ・指につけるとヌルッとしていて、長時間の作業は気持ちのいいものではない。(×)
PVA系糊	・指先に糊剤を小まめに付けても乾燥が早く、糸をなでる動作での滑りが悪くなりやすい。(×) ・他の材料に比べて乾いた後の糸が固くなる。(×) ・糊剤が湿っているうちは滑りやすく、糸のまとまりが良かった。(○) ・周りの綿に糊剤が付いてしまうと、固まって引き出しにくくなる。(×)

3. 2 下拵え作業・製織作業の糸状態

3. 2. 1 精練・染色作業の影響

各材料による手つむぎ糸の精練・染色工程の状況を表3に示す。唾液以外の条件では欠点を確認できた。

表3 精練・染色工程の状況

材料	精練工程	染色工程
唾液	○ 問題なし	○ 問題なし
水	○ 問題なし	△ 染着時間が長くなる傾向
小麦粉糊	△ 白濁、洗浄に影響	△ 染着時間が長くなる傾向
PVA系糊	△ 白濁、洗浄に影響	△ 着色濃度が小さい傾向

なお、糸の状態、唾液を基準に各材料との色差を分光測色計（コニカミノルタジャパン製 CM-5）で測定したところ、PVA系糊（ ΔE^*ab 0.81）＜小麦粉糊（ ΔE^*ab 1.48）＜水（ ΔE^*ab 2.79）の順に色差があったが、その値が比較的小さく、材料による染色への影響は少ないと判断できる。

3. 2. 2 糊付け工程の影響

糊付け工程における作業性と糸の固さ状態を表4に示す。

糊付け工程については、4つの材料による作業性に大きな差はなかったが、糊付け後の乾燥状態では、小麦粉糊及びPVA系糊を使用した糸は若干固めになることが分かった。

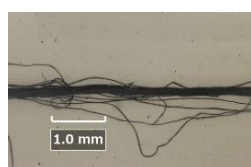
表 4 糊付け工程の作業性と糸の固さ（作業者の主観）

材 料	作 業 性	糸 の 固 さ
唾液	○ 通常通り	○ 通常通り
水	○ 通常通り	○ 通常通り
小麦粉糊	○ 通常通り	△ 唾液より固め
PVA系糊	○ 通常通り	△ 唾液より固め

3. 2. 3 下拵え作業の影響（表面観察）

染色後及び糊付け後の糸の表面状態をデジタルマイクロスコプで観察した結果を図 6 から図 9 に示す。

- ・唾液を使用した糸よりも、糊剤を使用した糸のほうが糸のまとまりを維持する様子が分かった。
- ・水を使用した糸は、糸のムラが多く、糸のまとまりを維持できない様子が分かった。
- ・染色後の糸は、糊が精練で失われたため、糸が膨らんで太くまとまって見えるが、糊付け後は、糊が付くため糸が細くまとまる様子が分かった。

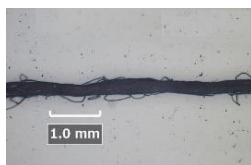


〔下糊付け後〕

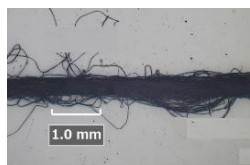


〔染色後〕

図 6 水を材料として製作した糸



〔下糊付け後〕

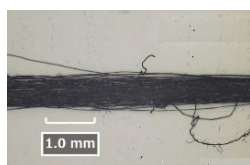


〔染色後〕

図 7 唾液を材料として製作した糸

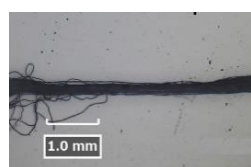


〔下糊付け後〕

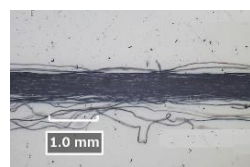


〔染色後〕

図 8 小麦粉糊を材料として製作した糸



〔下糊付け後〕



〔染色後〕

図 9 PVA 系糊を材料として製作した糸

3. 2. 4 下拵え作業の影響（測色）

染色後と糊付け後の手つむぎ糸の色差を測定した結果を表 5 に示す。

表 5 染色後・糊付け後の色彩と色差

糸区分		染色後			糊付け後			色差 (糊付け後-染色後)
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔE^*ab
唾液	経糸	44.45	4.91	5.69	42.57	5.42	6.03	1.98
	緯糸	39.68	-1.92	-3.54	38.66	-1.89	-3.6	1.02
水取り	経糸	46.58	5.27	5.98	40.27	5.21	5.66	6.32
	緯糸	35.82	-1.81	-3.35	40.87	-2.11	-3.73	5.07
小麦粉糊	経糸	50.95	5.79	6.27	41.14	5.47	5.71	9.83
	緯糸	39.35	-2.09	-3.84	43.47	-2.21	-3.58	4.13
PVA系糊	経糸	47.54	5.05	5.85	44.11	5.3	6.05	3.44
	緯糸	34.65	-1.74	-3.62	38.65	-1.95	-3.92	4.02

各糸の色彩については若干の差が現れたが、肉眼での違いは感じられなかった。

染色後の同一素材に糊付けを施した場合の色差については、比較的良好な結果となった。色差は、唾液に次いで数値が低い PVA 系糊が望ましい結果となった。

3. 3 製織した布表面の評価

3. 3. 1 製織状況及び結果

評価用布の製織時の状況及び結果を表 6 に示す。

唾液や小麦粉糊、PVA 系糊では、たて方向に 30cm 製織した結果 2～8 本の糸切れを生じたが、通常の結城紬の状況と変わらない。水由来の糸で製織した場合は、下拵え段階では問題なかったが、製織段階では、毛玉になって糸切れすることが多かった。

表 6 製織状況及び結果

材料	製織作業性（作業者の主観）	糸切れ回数	毛羽立ち
唾液	・たて糸が少し白っぽく見える。(△) ・織物としての欠陥はなし。(○)	4本/30cm(○)	通常通り(○)
水	・たて糸が毛玉になりやすく、細くなって切れやすい。(×)	60本/30cm(×)	多い(×)
小麦粉糊	・特に支障なし。(○)	8本/30cm(○)	通常通り(○)
PVA系糊	・たて糸がほとんど切れなかった。(○)	2本/30cm(○)	通常通り(○)

3. 3. 2 各条件で製作した糸による製織結果

図 10 に 4 条件由来の手つむぎ糸で織り分けた布を示し、図 11 に水由来の布を拡大した写真を示す。

水由来の糸をたて糸に使用した部分が白味を帯びて見える。これは、水由来のたて糸が製織過程で、篋打ちの摩擦力により毛玉や毛羽が多くなり、製織表面の色彩に影響を及ぼしたためと考えられる。

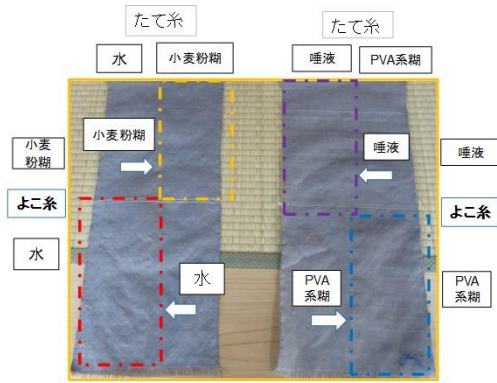


図 10 4 条件で織り分けた布

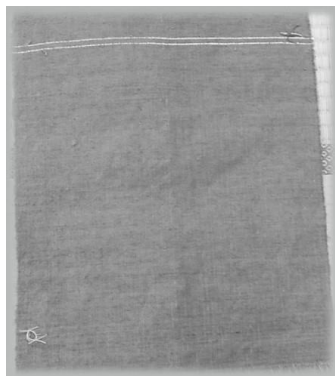


図 11 水由来の布（左半分）

3. 3. 3 製織した布の堅ろう度試験

各条件の布について、耐光試験及び染色摩擦試験の結果と、耐光試験前後の色差⁵⁾を表7に示す。

表 7 製織した布の染色堅ろう度試験結果

試料名	耐光試験 (20時間照射)		染色摩擦試験	
	判定	色差 ΔE*ab	乾燥 (たて方向)	湿潤 (たて方向)
唾液	4級未満	2.59	5	4
水	4級未満	3.16	5	4
小麦粉糊	4級未満	2.56	5	4
PVA系糊	4级以上	1.48	5	4-5

耐光試験では、PVA 系糊由来の糸による布が耐光試験 4 級以上と最も良好であり、他の 3 種類は 4 級未満であった。この理由は、PVA 系糊由来の布は耐光試験によるダメージを受けやすい毛羽が比較的少なかったためと考える。色差は、PVA 系糊由来の布は比較的少なく、毛羽立ちの量が生地表面の色差に影響したと考えられる。

染色摩擦試験結果はいずれも良好であった。

総合すると製織した布については、次のことが分かった。

○水由来の布は製織時にたて糸が傷みやすく、白味を帯びやすい。

○PVA 系糊由来の布は毛羽が少なく、糸つむぎ・下拵え・製織を一貫して糸をまとめる作用が維持される。

○染色摩擦試験では、全て 4 級以上であり、色落ちの問題がない。

○耐光試験前後の布地の色差は、PVA 系糊由来の布が最も少なく、色あせの問題がない。

4 おわりに

唾液に代わる材料の検討及び試作した手つむぎ糸の評価を行ったところ、以下のことが分かった。

- (1) 手つむぎ糸の強度とつむぎ易さにはトレードオフの関係があり、唾液使用の手つむぎ糸相当の強度を有し、作業に支障のない代替材料は、小麦粉濃度では 2.4%程度、PVA 系糊濃度では 1.0%程度である。特に PVA 系糊の強度は高い。
- (2) 水は唾液に比べて潤滑性が少なく製糸しづらく、乾燥後の強度が低い。
- (3) 代替材料の適切な条件では精練・染色性を阻害する要因は認められないが、糸つむぎ時に糊の濃度が高いと指がべたつき、真綿に付くと糸つむぎが難しくなる。
- (4) 各条件の糸を用いて製織した布の染着性を比較すると、PVA 系糊由来の布にやや優位性がある。

当研究の結果から、唾液代替の材料として PVA 系糊濃度 1.0%程度の条件が最も適する結果となったが、研究過程での個人差や個体差の影響が考えられるため、引き続き、多くの糸つむぎ者からの情報収集を行った上で、さらに最適条件を求めることが必要と考える。

参考文献

- 1) 奥澤武治：“日本シルク学会誌”，29, 5-11, (2021)
- 2) 本場結城紬振興協議会編：“本場結城紬産地振興計画（令和 3 年度～令和 7 年度）”，(2021)
- 3) 堀江昭次，太田仁美：“栃木県産業技術センター研究報告”，No.15, 86-89, (2018)
- 4) 堀江昭次，太田仁美，石井優利：“栃木県産業技術センター研究報告”，No.16, 45-48, (2019)
- 5) 吉葉光雄，太田仁美，渡辺智文：“栃木県産業技術センター研究報告”，No.14, 62-65, (2017)