

丹後ちりめんに関する情報のデジタルアーカイブと 布の風合い評価システムの構築に関する基礎研究

Research on Construction of Texture Evaluation System and Digital Archive of Information about TANGO CHIRIMEN

崔 童殷^{a*}, 河合 宏紀^a, 井口 和起^a, 桑原 教彰^b, 小山 元孝^c
^a 福知山公立大学, ^b 京都工芸繊維大学, ^c 京丹後市役所商工観光部商工振興課

要旨

令和2(2020)年度京都府立大学(以下府大と略記)ACTRの「丹後ちりめんアーカイブの構築」は、300年の歴史ある丹後ちりめん関わる多種多様な資料をデジタルアーカイブ化し、インターネット上で公開できるデータベースを作成する計画である。この計画と連携し、まず、丹後ちりめんの歴史や織物産業の現状について調べる。また、丹後ちりめんの歴史を受け継いでいる職人の作業の「技」、「コツ」とは何かを明らかにし、その技を継承するために明らかにすべき課題を模索する。さらに、300年保存されてきた丹後ちりめんに関する様々な情報のデジタルアーカイブと丹後ちりめんの風合いをVR空間上で表現、体験する手法を明らかにすることを試みる。最後に、丹後ちりめんの3Dアニメーションのデジタルデータをアーカイブとして作成し、生地 の3Dアニメーションから画像処理によって抽出した特徴量を用いて柔らかさや光沢感などの人が感じる生地 の風合いを関連付けた生地 の検索システムの開発を目的とする。

本報告書では、京丹後ちりめんの技術のアーカイブを目指し、京丹後市の丹後織物工業組合(以下織物組合と略記)や京都府織物・機械金属振興センター所蔵の歴史資料の調査と織物職人のインタビュー調査の結果とともに、実際にデジタルアーカイブの実験を進めていくため、3Dスキャナーで計測した布の表面の特徴から布の風合いを再現できるかを試した結果について報告することにする。

キーワード: 京丹後ちりめん、織職人技のアーカイブ、布の風合い画像探索システム

Keywords: KYO-TANGO CHIRIMEN, Archive of Weaving Technician's Skill, Texture image search system for Fabric

1. はじめに

古くから綺麗な水で知られた京都は、京都市内北西部の西陣を中心に友禅など生地を織り上げて染める後染めとジャカード織機を用いた帯や反物などの多彩な色糸で織り上げられる先染めに分かれ、布の染色や織物産業が盛んである。京都府の北部・丹後地方の峰山や加悦谷地域は 1300 年前から絹織物の産地で、21 世紀初頭においても日本国内最大のシェアを持つ絹織物産地である^[1]。1720 年に京都・西陣から「ちりめん」の技術が伝わって以来、表面に凹凸状のシボがある白生地「丹後ちりめん」の産地として栄え、友禅染など的高级婦人呉服の素材として日本の和装文化を支えてきた。現在も国内で販売されている着物生地の約 60%は「丹後ちりめん」だという。



図1 丹後ちりめん 300 年を迎え

日本の着物織物産業は、少子・高齢化や人々のライフスタイルの変化に伴い消費量が益々減っていき、設備の老朽化や職人の高齢化と若者の継承者がいない現状から文化的遺産の継承が困難な状況に置かれており、古い歴史関連資料の扱いに関してもコンピュータ技術の発展から紙媒体の保存からデジタルデータへの保存の必要性が挙げられ、2020 年、「丹後ちりめん」300 年を迎え、文化遺産として令和 2 年度府大 ACTR の「丹後ちりめんアーカイブの構築」は、300 年の歴史ある丹後ちりめんに関わる多種多様な資料をデジタルアーカイブ化し、インターネット上で公開できるデータベースを作成する計画である。この計画と連携し、京丹後ちりめんの技術に関わる資料の調査やその技術のアーカイブを目指して様々な試みを行う。

まず、現存している文化的価値のある資料のデジタルアーカイブのために、資料の内容・保存状態の把握と機械設備の所蔵現状とを調査する。また、京都市内の西陣や京丹後地域の織職人のインタビュー調査を行い、織職人としての丹後ちりめんに関する思いや丹後ちりめんの織工程の各工程で、後世に伝えるべき職人の作業に「技」、「コツ」とは何かを明らかにする。また、丹後ちりめんの組織図によるデザインパターンや色などを体系化した事例はないため、紋ちりめんにおける組織による文様効果や柄の大小といったデザインパターンを明らかにするとともに、丹後ちりめんの風合い、設計図、紋紙、パターンデザインや色の配色などのデータベースの構築を目指す。さらに、丹後ちりめんのシボや文様が織りなす生地の美しさと風合いを Virtual Reality 空間上で表現、体験を可能とした例

はないため、丹後ちりめんの風合いを Virtual Reality 空間上で表現、体験する手法を試みる。最後に、丹後ちりめんの 3D アニメーションのデジタルデータをアーカイブとして作成し、生地 の 3D アニメーションから画像処理によって抽出した特徴量を用いて、柔らかさや光沢感などの人が感じる生地 の風合いを関連付けた生地 の検索システムの開発を目指す。本報告書では、その試みの過程や結果について報告することにする。

2. 丹後ちりめん

2.1 ちりめん

「ちりめん」とは素材生地 の名称のことである。その技法は、まっすぐな経糸 1m につき 3000～4000 回の右または左撚りした強撚りの緯糸を 1 本または 2 本ずつ打ち込んで織り上げるというものである。織り上げたあと、生地 の表面に付着したセリシンや汚れを取り除く精練をすることで生地 の表面に「シボ」と呼ばれる凹凸ができる。そのシボが丹後ちりめんの特徴であり、独特の風合いを醸しだしている。ちりめんは、天正年間 (1573-92 年) に明の織工が堺に来てその技術を伝え、天和年間 (1681-84 年) に京都で盛んに織られ、やがて美濃の岐阜、丹後の峰山、近江の長浜へと伝わり、東国でも元文 3 (1738) 年に上野国の桐生で製織が始まったと伝えられている。その背景には、元禄から享保 (17 世紀末~18 世紀前半) にかけて、京都で扇絵師の宮崎友禅斎が考案したと伝えられる友禅染の流行がある。それまでは「織・絞り染・刺繍」などの技法で加飾されていたため、光沢のある生地、綸子が代表格だった。それに対し「友禅染」は、糊で下絵を描き、色を挿していく。この友禅染を最も映えさせるのがちりめんであった。生地に凹凸があることで色に深みを与え、光の角度によって複雑な色合いを醸し出している。

ちりめんは、江戸初期には中国から輸入されていたが、鎖国政策によって数量が大幅に限定されていたため、京都でのみ生産されていた時代には非常に高級品とされていた。友禅染の流行を追い風に、享保 5 (1720) 年に丹後での製織が始まりちりめんの地方生産は本格化された。18 世紀初頭には中国で主に生産されていて入手困難だったちりめんは、友禅染の技法による国内需要の高まりから地方生産が開始され、幕末には三都では女性の晴れ着や礼服の定番になり、その勢いは明治になっても衰えることはなかった。男性は公式な場で洋服の着用を義務付けられ、洋装化が進んだが、大正時代になっても女性は変わらず着物が着用していた。

2.2 丹後ちりめん

日本国内におけるちりめんの最大生産地が京都府北部の丹後地域である。今日でも丹後地域は日本におけるちりめん生産の 6 割以上を生産しており、日本における絹の 3 割以上を消費する絹織物の最大産地である。丹後ちりめんについての明確な定義はないが、一般にはこの丹後地域で製織されたちりめんのことをいう。昭和 52 (1977) 年には丹後織物組合が 21 世紀に向けて素材生地 の産地から脱

却するために染色した完成品を出荷するという総合産地化の提案もあったが、今日もその大半は白生地のまま京都へ出荷されており、染色後に京友禅や京都ブランドの着物として店頭に並んでいる。

ちりめんの製織が始まったと伝承される 1720 年から明治 10 (1886) 年代までは、「糸づくり」→「製織」→「精練」の 3 段階までを丹後地域で行っていたと考えられるが、明治中期～昭和初期 (1890～1930 年代) は、織っただけで未精練のまま半製品をおもに京都へ出荷しており、「製織」だけが丹後地域の仕事になっていた。

2.3 ちりめんの製法

織った後に色を染める後染めの無地ちりめんは、経糸と緯糸それぞれに異なる次の工程を経て製品となる。図 2 は先染めと後染めに使用される経糸と緯糸の製造工程である。

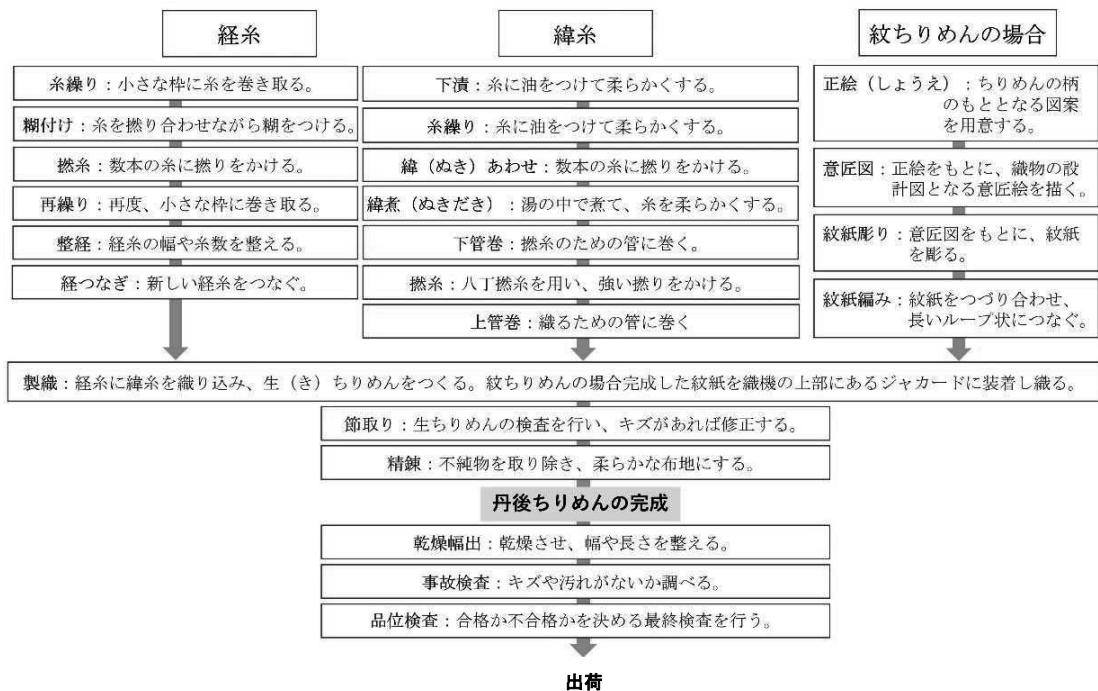


図 2 丹後ちりめんの工程

紋ちりめんの場合、無地ちりめんの工程の製織前に「正絵」、「意匠図」、「紋紙彫り」、「紋紙編み」の工程が追加される。昭和 63 (1988) 年以降はコンピュータジャカードが普及し、紋紙も電子データ化されている^[5]。製織後の工程は、無地ちりめんと同様である^[6]。

2.4 ジャカード織機

織物は、織機に整経された経糸 (たていと) が模様の意匠図化した組織図により開いた綜紵の開け口に緯糸 (よこいと) を挿入し綜紵を閉め箆で閉ざし、経糸と緯糸の 2 組の糸を直角に交差させることとなる。代表的な織り方には平織・綾織 (斜文織)・縺子織の 3 種があり、これを「三原組織 (さ

んげんそしき)」と呼び、さらに絡み織（縋り織、もじりおり）を加えて四原組織とする場合もある^[2]。これらの組織を複雑にしたり、ジャカード織機のパンチカードを使用したり、使用する糸の色や太さ等を変えたり、あるいは多様な染色を施すことによって、複雑な染織品が生産される。

1733年、ジョン・ケイの飛び杼（シャトル：Shuttle）の発明によって、幅広の織物の生産に助手が不要になり生産性が大幅に向上した^[3]。ジャカード織機（ジャカードしよっき）は1801年、フランスの発明家ジョゼフ・マリー・ジャカード（ジャカード、Joseph Marie Jacquard）によって発明された自動織機で、ジャカード織機はパンチカードを用いて制御を行った機械である。図3の（a）（b）は、ジャカードカードパンチ機で、（b）は、京都府織物・機械金属振興センターが所蔵している。

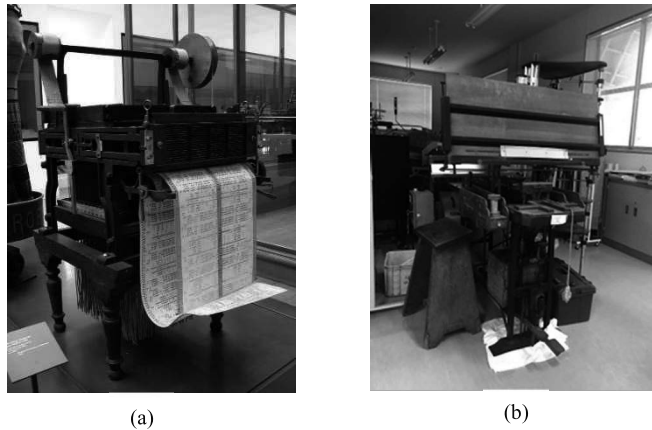


図3 (a)(b)：ジャカードカードパンチ機、(b)は京都府織物・機械金属振興センター所蔵

この方式は、カードを入れ替えることで布の模様、すなわち織機の操作パターンを簡単に換えられることから、その後計算機や集計器（タビュレーティングマシン）に応用されることになり、コンピューターの歴史の上でも重要な発明である。日本には明治5（1872）年に京都府が西陣機業関係者3名（佐倉常七、他2名）をリヨン（Lyon:フランスの南東部に位置する都市）に送って学ばせ、帰国時にフランスとオーストリアのジャカード・パターン式の機械を持ち帰らせたことが始まりで、京都の西陣織や京丹後のちりめん織に影響を及ぼしている^[4]。



図4 明治5年（1872）フランス・留学生・佐倉常七、他2名

19世紀半ばにチャールズ・バベッジが解析機関のプログラミングへの利用を試みた。解析機関は実用化されなかったが、後にパンチカードによるタビュレーティングマシンへの入力の実用化され、さらに後にコンピューターへの入力方式として20世紀後半まで広く用いられた。

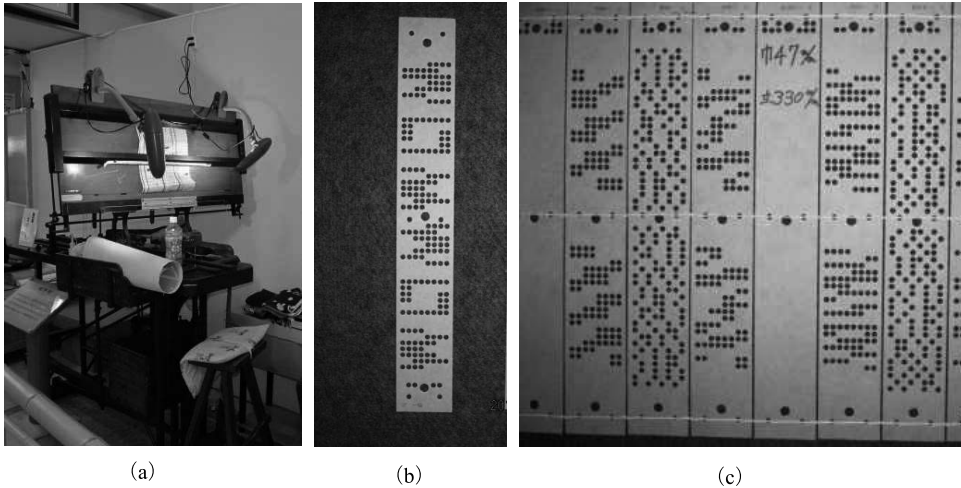


図5 紋彫機（ピアノマシン:昭和30（1955）年頃の機械）紋紙に穴をあける機械（a）と紋紙

最近ではジャカードのコントローラとしてコンピューターを使用し、紋紙（パンチカード）の代わりにコンピューターデータを用いた電子ジャカードが普及している。日本では、メカ式ジャカードの紋紙読み取り部のみを電子化し、ジャカード織機にフロッピーディスク装置を接続したダイレクトジャカードが多く使用されている。



図6 ジャカード手織り機 京都（西陣織;西陣織会館）

2010年代以降は、フロッピーディスクの入手が困難になったためコントローラ装置を最新の電子ジャカードに切り替える更新が進んでいるが、過去の資産の引き継ぎができなかったり、零細メーカ

一には資金的に苦しかったりするため、読み込み装置のフロッピーディスクドライブのみをメモリーカードやUSBメモリで代替したり行政が補助金を出したりといった対策がとられている。

3. 丹後ちりめんに関する資料情報のアーカイブ

3.1 丹後ちりめんに関する資料等の調査

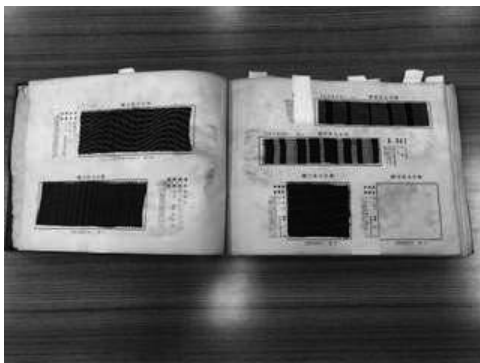
2020年6月26日、京丹後市の丹後織物工業組合本部にて府大ACTRの「丹後ちりめんのアーカイブ構築」で丹後ちりめんに関わる資料のデジタルアーカイブ化に取り組む調査メンバーと合流し、昔の新聞記事などの古い資料の撮影の様子を見学した。その後、工業組合の職員に本部倉庫を案内され、そこに保管してある資料や布地サンプル等について説明を受けた。倉庫には、これまでに作られた丹後ちりめんの布地サンプルや紋紙などが膨大な数の資料とともに積み上げられており、丹後ちりめんのバリエーションの多さに驚き、長い歴史を感じる事ができた。図7は、京都府織物・機械金属振興センターが所蔵する服地資料集やジャカードカード紋紙である。



(a) 服地資料集



(b) 生地的设计内容



(c) 生地的设计詳細とサンプル資料集



(d) ジャカードカード (紋紙)

図7 京都府織物・機械金属振興センターが所蔵する資料の一部

表1は、丹後織物工業組合本部所蔵主要資料をまとめたリストである。

表1 丹後織物工業組合本部所蔵 主要資料リスト (京丹後市小山元孝氏作成)

棚記号	段目	主な資料	備考
A	一括	決算監査書類/労働協議会議事録綴/労組関係一件(昭和53-平成5年)/常務会一件/人事一件/人事起案/京都経営者協会一件/出張命令復命書綴(総務2課)/昇給・賞与/職員名簿/雇用契約綴/税務一件	
D	1	毛力織機登録台帳/第一種ねん糸機登録台帳/	
D	2	絹人絹織機登録台帳	
D	3	役員名簿/加入脱退綴/織物指導所だより/認可申請書綴/定款変更認証綴	
D	4	備品など/情報技術活用型経営革新支援事業の報告書	
D	5	コンメンタール所得税法/消費税法の実務/会社税務要覧など	
E	1	丹後織物求評会関係	
E	2	白生地生産数量確認台帳/起案綴/手形送付報告書	
E	3	丹後和装振興対策事業(平成期)/日本生糸問屋協会(平成期)/組合員(法人)登記簿(昭和35年)/織物生産高調査票(平成期)/定款認証綴/呉服市況、丹後機業の現況など合冊(昭和40年前後)	
E	4	きものサミット	4,5立てかけ 丹後ちりめんポスター(若尾文子など)
E	5	元帳、総代改選、生糸消費実績明細書など	
F	1	事業報告書(平成期)	
F	2	統計・資料(平成期)	
F	3	個人別出資口数(平成期)/加入・脱退綴/出資金払戻領収書綴	
F	4	業者別生産数量合計表/きものまつり関係/求評会関係	
F	5	蚕糸絹年鑑/繊維統計年鑑/きもの産業白書/物価指数年報/繊維白書など官報	
G	1	(社)丹後織物振興基金協会一件/国練検査80周年記念式典など	
G	2	丹後織物求評会配関係	
G	3	毛織機保証金返還/共同廃棄返還関係/輸入織物実績/生産実績(昭和60年~)など	
G	4	『丹後織物』/『丹後縮緬』(改名前『丹後縮緬同業組合広報』)/白生地生産数量資料	
G	5	『丹後織物』/週間情報/月間情報/呉服消費動向調査	
H	1	丹後きものまつりフォトコンテストの記録	
H	2	丹後きものまつりフォトコンテスト及び額縁	
H	3	映像フィルム/総代選挙/戦前の事業報告書など	
H	4	記念碑など物資料/買上絹人絹登録織機台帳など	
H	5	京都原糸商協同組合50年史など組合史/中小企業便覧/企画展ロビー用写真パネル/など	
I	1	丹後原織物卸商業協同組合領収証綴/など	
I	2	平成年度証憑書類綴/平成期シルクレポートなど	
I	3	丹後きものまつり/平成期丹後織物業環境整備事業書類一件(名簿、誓約書など)/平成年度金銭支出起案/昭和及び平成年度内部起案(金銭支出)/総務課従業員表彰一件綴/記念碑(勲位功2級彰仁親王)など	
I	4	市況調査報告書(平成19年度)/第59回丹後織物求評会出品リスト/丹後織物求評会で使用したパネルなど/	

福知山公立大学研究紀要別冊(2021)

棚記号	段目	主な資料	備考
I	5	本多数有り、右にタイトルを掲示/日本の染色/歴代文化皇国史大観/興亜日本建国史/三丹紳士録/大日本織物2600年史/織物収覧(織物見本の生地)/丹哥府志	
J	1	昭和36、昭和49-平成6年度実調集計帳/物資料(秤か?40匁200匁の字有り)など	
J	2	昭和54年-平成24年度丹後織物工業組合 会議々案綴など	
J	3	古文書群、明治6年蚕繭生糸布達(兵庫県)/寛文~明治までの宮津領機方文書/皇紀2600年欧米染織物工芸品見本集(福岡工業試験場長野俊郎蒐集)/文様の見本など	
J	4	物史料(記念碑)/呉(か)織漢織女神(巻物)/世界大百科事典/昭和8年織物実習所設置貴寄付芳名録/ブリタニカ大百科事典など	
J	5	丹後織物指導書/丹後縮緬文状(木箱内に多数史料あり)昭和18年度丹後縮緬史現行目録(単語織物工業組合/宮津の機糸は何故亡びたか(原稿?)/古文書(木箱)中に巻物多数あり)	
K	1	16mm撮影機など多数のものあり	
K	2	丹後ちりめんの見本(反物)など	
K	3	文様の見本/綾錦など	
K	4	衣装文様の本/丹後撚糸協同組合の決算報告書平成12-平成13年度までなど	
K	5	平成年度丹後産地活性化推進事業/京都府中小企業集積活性化促進事業/平成年度委任状綴(財団法人丹後地域産業振興基金協会)など	jとkの通路の間に地鎮祭で使用した穿初の鋏と機織機で使用した反物の模様をとる木の型が有り。
T	1	丹後の彩	
T	2	見本生地など	
T	3	集積活性化補助事業/地域資源活用新事業展開支援事業などの資料	
T	4	白生地新商品(平成期)/カレンダー、ポスターなど	
T	5	管理物品台帳/カレンダー	
U	1	きものまつり関係	
U	2	『繊維加工技術の歩み』/『丹後の服地素材展』図録など	
U	3	きものまつり資料(平成期)/集積活性化補助事業ファイル(平成期)/試織見本帳(1997)/東京流行先染服地見本(1987-88)など	4,5立てかけ 「日本のきもの丹後ちりめん」ポスター(五木ひろしなど)
V	一括	チャレンジきもの残り布ほか物品	
W	1	生地見本帳(丹後・丹後以外)	
W	2	宣伝アルバム/宣伝のあしあと/求評会写真/きものまつり写真	60~90年代の写真
W	3	柳選(丹後織物工業組合編)/染織デザイナー展図録など	
W	4	春夏秋の百選会図録	
W	5	美展図録	
α	1	経理伝票(平成期)	
α	2	減産給付金/経理台帳ほか/監査書類(平成1~17年)など	
α	3	加工料明細書綴(平成期)など	
α	4	組合脱退に伴う出資金払戻請求書など	
α	5	先染賦課金台帳など	
α	6	協同廃棄一件綴/保証金返還/賦課金伝票など	
α	7	組合員受託金関係など	

(京丹後市役所商工観光部商工振興課小山元孝氏作成)

特に、図8に示す丹後ちりめんの技術に関わる生地の見本帳（表1のK2, K3, T2, W1）は、図7に示すように、生地設計に関わる記述がしっかり書かれており、その設計に従って織られている生地（加工前）の見本が保存されていることから丹後ちりめんの技術アーカイブのデータとして極めて貴重な資料である。これらの資料についてデジタルアーカイブする方法を見つけることは今後の課題として非常に重要であると考えられる。



図8 丹後ちりめんの技術に関わる生地の見本帳と生地資料

3.2 織物職人へのインタビュー

3.2.1 丹後ちりめんの織物職人・吉田氏のインタビュー

2020年9月21日、京丹後市のプラザホテル吉翠苑にて、地元の丹後ちりめんの織物職人の吉田賢志氏を招き、インタビューを行った。吉田氏は、織機の職人として織り姫であった夫人と夫婦ともに文化機能師として長い間、丹後ちりめんの製織職人として生計を立てており、現在は70歳を超えた現役技術者として織機のメンテナンスに勤めており、丹後ちりめん協会から開催する様々な文化講座や織物体験教室などのボランティア活動も行っている。インタビューの質問応答内容を以下に示す。

- ① 誰にいつから「織」を習いましたか？
- ② 現在、活動している職場では若者の継承者はいますか？
- ③ 伝統遺産である丹後ちりめん技術を継承するためには、どのような試みが必要であると考えておられますか？
- ④ 技術の継承は必要であると思うか？ どう継承していくべきか？
- ⑤ 織職人の目線からの丹後ちりめんの風合いの特徴は？
- ⑥ その他、伝えておきたいことがありますか？

様々な質問に対して、丹後ちりめんの織職人としての思いを語った。誰に「織」を習ったのかという質問については、“子どもごろ、当時は、カチャマン「ガチャマン」（ガチャマン：織機で緯糸を通し、箆で閉める際にガチャンガチャンという音がする。景気の良い時に京丹後地域のほとんどの家では織物業をしていてあちこちからガチャンガチャンとした音がしており、ガチャンとするたびに1万円が儲かると言われたことから当時使われていた）という言葉があるほど景気が良かったので、家

族や周りの親戚の皆さんが織物業を生業としてやっていたため、誰かに習わず、いつの間にか自分も織り方を覚えてお手伝いをしていた。現在は、若者の継承者はなく、高齢になったために多くの仕事はできないが、織機のメンテナンスの仕事が入る場合があるので現役として働いている。しかし、若者の誰かが継いでくれるのであれば教えたい。”

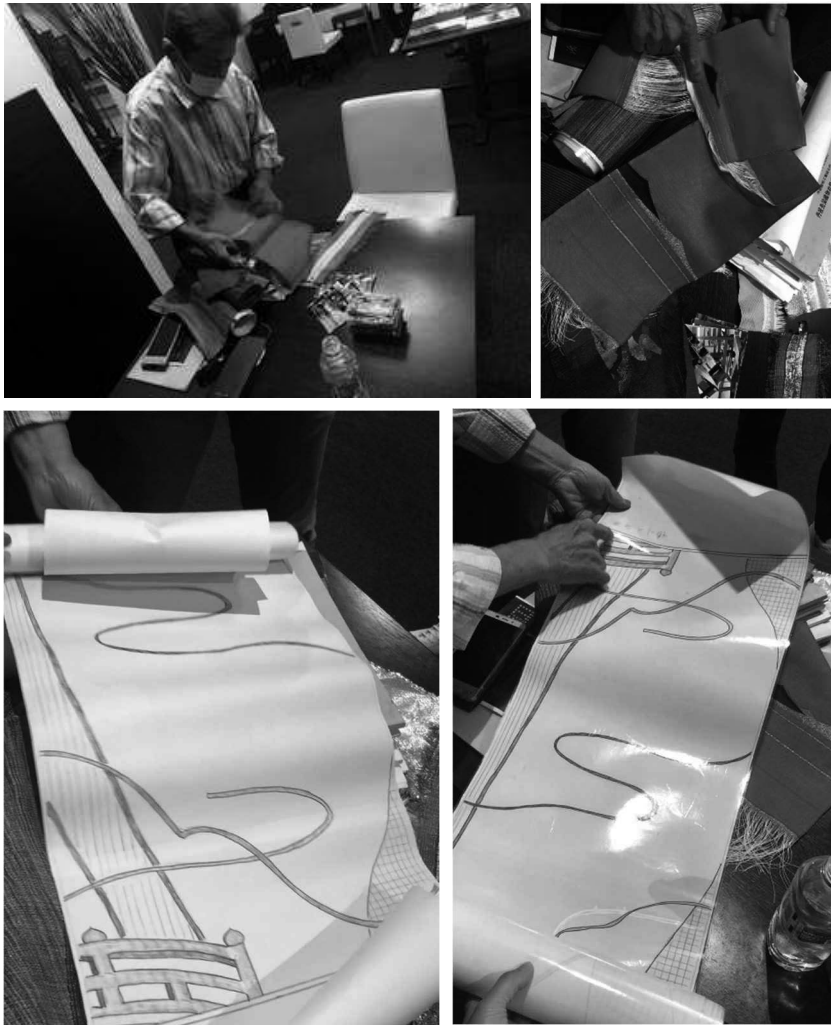


図9 デザイン画と意匠図の説明や意匠図通りに織る職人の「勘」について語るインタビューの様子

“技術の継承は、やはり多くの教える場、教わる場の機会が必要であると思われる。自分は家族や当時の環境から自然に身に付いたけれど、やはり実際の経験が出来ないと理論だけでは難しい。” 技術の継承の必要性については、“やはり日本の経済を支えてきた大事な技術なので、できるだけ多くの人々に知ってもらいたい。さらに、もっと後世に伝えていきたい。しかし、後継者がいないことはとても残念である。自分のできる限り文化教室や織物教室の体験指導などに力を注ぎたい。” “ちりめん

の風合いの特徴は、やはりシルク 100%の織物であって扱いも難しい。糸に強い撚りがかかる技術や

意匠図により、勘で織っていくジャカード紋の織技術は、世界に誇る日本の「技」なのでぜひ何らかの形で必ず継承してゆかないといけない。”と語った。図9は、インタビューで意匠図の説明や意匠図通りに織るジャカード織について説明をしている様子である。

3.2.1 西陣織のジャカード織物職人・安井氏のインタビュー

「丹後ちりめん」は1. で述べたように、京都・西陣から「ちりめん」の技術が京丹後地域に伝わって以来、表面に凹凸状のシボがある白生地「丹後ちりめん」の産地として栄え、友禅染などの高級婦人呉服の素材として日本の和装文化を支えてきた。そこで、本研究の目的である「丹後ちりめん」の織技術情報のアーカイブのために起源になる西陣織についても職人に伺う必要があると考え、西陣の伝統機師である安井三男氏にインタビューした。ジャカードの紋紙職人である安井氏は自身が高齢になるので、自分の持つ西陣織の技術を残さなければならないと考え、20年前から西陣のジャカード織の意匠図をデジタル化し、意匠図通りに製織ができる手織り機の開発に努めており、筆者とは15年前から素人でも簡単に織れる織機の開発を目的に共同研究を行ってきた。



(a) デザイン画からデジタル化した意匠図



(b) 織られた生地の裏側



(c) ジャカード手織りで織った模様

図10 意匠図のデジタル化と開発した半自動ジャカード織機で製織したキティちゃん

今回のインタビューでは、西陣のジャカード織技術のアーカイブへの支障について主に語ってもらった。“多くの機関が西陣織産業の復興や技術の継承のために様々な試みをしているけれども根本的

な問題がある。それは、技術を持つ機能師はもう高齢の人が多く、継承活動ができるように生活支援もしていく必要があるということ。さらに、「勘」を「技」として築いてきた伝統機能師の技術をやはり高く評価し受け継ごうとする動きが必要で、機能師も自分が持つ「技」を残そうとすることに積極的に協力をしなければならない。しかし、技術を奪われると思ひ恐れを持ってしまう人も多くいるだろう。このような問題が解決できない限り、継承のための協力は難しいかもしれない。”と語ってくれた。図 10 は、キティちゃんのデザイン画をスキャンし、そのデータから意匠図のデジタル化を目指し開発した半自動ジャカード織機で製織した作品の説明の様子である。生地裏側に飛んでいる緯糸の数は色が増えるほど、また柄が複雑になるほど多く出てくる。実力のある織職人は「勘」と「技」で織る際に緯糸を上手に埋めていく。これは繊細な「技」と「経験」からなるもので、その技術が記述された資料はない。生地に絵を描くものより、「織」技術を使い繊細な柄を表現していく西陣ジャカード織の技術をどうすれば継承できるのか。ここで、筆者らは AI や情報技術を組み合わせることで、その可能性に近づきたいと考えている。

4. 丹後ちりめんの風合いのデジタルアーカイブへの試み

倉庫の見学後、今後のプロジェクト遂行のため布地の提供など、以下のご協力いただきたい事項を伝えた。

- ① 丹後ちりめんの絵柄などのデザインは 2D の静止画像でも見て分かるが、布地表面の細かな凹凸の「シボ」による肌触りの違いを 2D の静止画像で伝えることは難しい。そこで、布地の 3D のデジタルデータ化を検討しているが、丹後ちりめんといってもバリエーションが多いため、その中でも代表的で特徴のはっきりした種類の布地をいくつか紹介していただき、布地サンプルも貸していただけるならお借りしたい。
- ② また、シボ以外にも、繊細な絹の糸で織られた布地特有の光沢感、しなやかさ、色合いの豊かさや深みなど織物の品質を左右するさまざまな情報についても、織物職人や卸業者などのプロによるチェックの視点を教えていただきたい。
- ③ 丹後ちりめんの布地をオンラインでも風合いが伝わるようなデジタルデータで表現したいという本プロジェクトの趣旨を伝え、職人目線での織物に関する意見を聞きたい。

以下、伺った情報から今後の研究の参考になると考えられるものをまとめた結果、布地の光沢感などをチェックする際の屋内の照明環境は蛍光灯下で行っていることが分かった。図 11 代表的な丹後ちりめん絵柄の無い無地の丹後ちりめんでは「一越ちりめん」「紋縷子ちりめん」である。

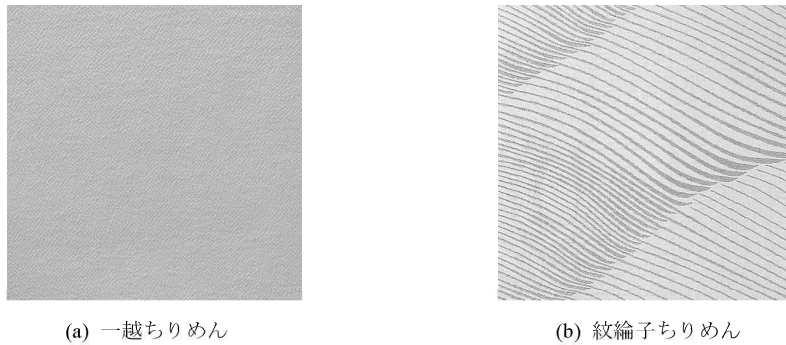


図 11 代表的な丹後ちりめん

4.1 3D スキャナーの調査

実際にデジタルアーカイブの実験を進めていくため、丹後ちりめんの織物組合が提供してくれたシルク 100%の丹後ちりめんの風合い特徴の 3D データの取り込みを目的とした 3D スキャナーの調査を行った。本研究で 3D スキャナーに求める機能・性能としては以下のとおりである。

- ① 機器の価格が手頃である。
- ② 丹後ちりめん表面のシボの細かな凹凸を 3D データで復元できる。
- ③ 布地表面の色や材質を復元した 3D データでも確認できる。
- ④ 布地全体の柔らかさ(ドレープ感)を動きのある 3D アニメーションで表現できる。

Web での情報収集でまず分かったことは、②の細かな凹凸を復元できる解像度を持つ 3D スキャナーで①の手頃な価格の機器はなかなか見つけられないということである。唯一 SHINING 3D 社の EinScan-SE(図 12(a))がこの①②の条件を満たしているように思われた。この SHINING 3D 社はハンディタイプ 3D スキャナーである EinScan Pro シリーズ(図 12(b))を主力製品とする会社のように見える。EinScan Pro シリーズは高輝度白色 LED と赤外 LED を光源とすることで、スキャナーを固定しなくても安定したスキャンを可能としている。しかし、かなり高額であり、またスキャン精度については最高で 0.045mm と、基本的にスキャナー固定で使用する EinScan-SE のスキャン精度 0.1mm と価格差ほどの性能差はないと考えられる。

そこで、EinScan-SE を取り扱う販売代理店に問い合わせ、前述の本研究で求める機能・性能を備える 3D スキャナーについて話を伺った。まず、どの 3D スキャナー機器もスキャン対象物が固定されて変化しないことが前提であり、④を満たすような性能を持つような 3D スキャナー機器は存在しないとのことであった。これを実現しようとする多視点カメラと高性能な演算コンピューターを備えた実験場での実験が必要とのことである。そのため④の布地の 3D アニメーションを 3D スキャナーだけで実現することは難しく、この動きの再現については、2D で撮影した動画から布地の動きを把握し、その把握した情報を基に、復元した布地の 3D モデルに対し 3DCG ソフトなどを用いてシミュレーションする方法などが考えられる。ただし、2D 動画から布地の 3 次元的な動きをどうやって把握するかは検討が必要である。

EinScan-SE が①～③までの条件をどの程度満たしているかを購入前に確認するため、販売代理店に丹後ちりめんの白い絹の布地を送り、スキャンを試してもらった。送ってもらったスキャン結果(図 13)の 3D データは形状情報しかもたない STL ファイルであったため、色情報は落ちてしまっている。3D データからはシボの凹凸が一応表現されているように見えるが、元の布地のシボの様子とはいくらか異なる。また取得した 3 次元点群データをメッシュ化した際の影響か、全体的に絹織物ではなくビニールっぽい雰囲気になってしまっている。3D データを拡大して確認すると、箇所によってはスキャンが上手くできず、穴が多く発生していることも分かる。EinScan-SE の仕様としては色情報を持たせられる 3D データの出力にも対応しているようなので、今後は色や材質を含めた 3D データの復元を試してみたい。



図 12 SHINING 3D 社の 3D スキャナー製品

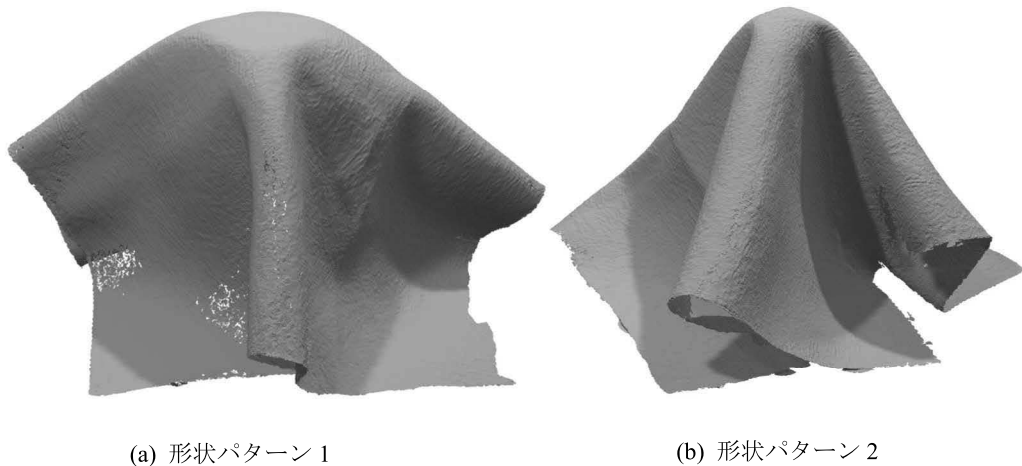


図 13 EinScan-SE でのスキャン結果

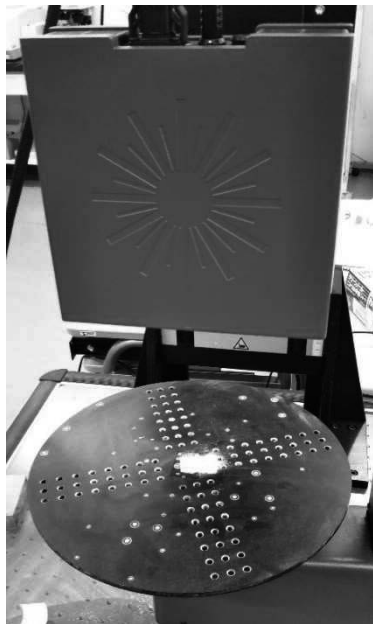
4.2 北部産業創造センターでの 3D スキャナー機器の調査

2020 年 1 月 21 日、綾部市にある京都府の北部産業創造センターの中丹技術支援室に高精度な 3D

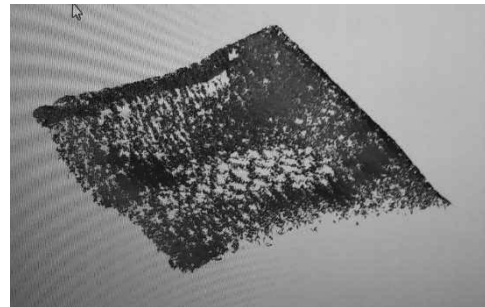
スキャンが可能な測定機器があるので、施設の研究員の協力を得てスキャン実験を行った。丹後織物工業組合からもらった丹後ちりめんの白い絹の布地(図 14)を用い、まずはシボの凹凸を 3D データとして復元できるかを試みた。最初に実験に用いた機器は GOM 社の ATOS Core 45(図 15(a))である。



図 14 実験に用いた白い丹後ちりめんの布地



(a) ATOS Core 45 と切り取った布地



(b) スキャン結果

図 15 ATOS Core 45 を用いた布地スキャン

本機器はハイエンドな非接触光学式 3 次元デジタルマイクであり、青色 LED と LCD プロジェクタによって、サイズが 45×30×20mm までの物体を対象とし、0.02mm の解像度で 3D データ化を可能とする。この種の 3D スキャンは環境光の影響をいくらか受け、表面の色が黒や赤の物体や金属のように光沢が強い物体に対しては 3 次元座標の計測が難しくデータの抜け落ちが発生する。本機種はパワフルな

光源と狭帯域の青色光を採用しており、黒い物体に対してはセンサーの感度を上げることで比較的良質なスキャンデータの取得が可能だが、光沢が強い物体に対しては艶消しのスプレーの使用が必要となる。幸い、本実験でスキャンした布地は金属ほどの光沢はないため艶消しスプレーによる処理は特に必要ないとのことであった。布地は 30×30mm 程度の正方形に切り、布地を乗せたターンテーブルを回転させ、スキャナーの位置や角度を動かすことで、複数方向からスキャンを行った。しかし、絹の表面の凹凸は ATOS Core 45 の解像度では捉えられないようで、得られた 3 次元点群データからは凹凸の様子は表現できず、細かい穴が無数に空いたデータとして生成された(図 15(b))。その後、布地のサイズを変えたり、トラッキング用のマーカを増やしたりしてみたが結果に変化はなかった。この穴あき状態のデータでは CG ソフトなどを用いたメッシュ化処理等で補正することも難しい。

次にマイクロスコープでの撮影実験を行った。マイクロスコープはそもそも 3D データを作成する機器ではないが、布地表面の手前から奥に少しずつピントをずらした撮影データを積層化することで 3D データの作成を試みた。しかし、マイクロスコープだと絹の糸一本一本が確認できるほど大き過ぎる拡大率を扱うため、シボを表現するには小さすぎる数ミリ四方の布地の撮影となってしまう。また、積層データも布地の表面を表現するような 3D データとしては出力されなかった。さらに CT も使って、マイクロスコープの実験と同様に積層化による 3D データ作成を試みたが、こちらも布地と分かるような 3D データを得ることができなかった。

4.3 異なる素材の布地の 3D スキャン

2021 年 2 月 5 日と 12 日に、北部産業創造センターの中丹技術支援室で測定機器を借り、用意した数種類の布地のスキャンを行った。今回の実験で用いた 3D スキャナー ATOS Core 500(図 16)は、サイズが 500×380×380mm までの物体を対象とし、0.19mm の解像度で 3D データを取得できる。前回 1 月 21 日に利用した ATOS Core 45 よりスキャン解像度は高くないものの、スキャン範囲は広いいため、布地全体の柔らかさ(ドレープ感)をいくらか表現できると考えられる。今回は丹後ちりめんの絹織物だけでなく、綿、ウール、レーヨンやポリエステルなどのさまざまな素材や色の布地を用いてスキャン作業を行った。1 枚の布地を箱などに被せて立体的に垂らし、スキャンで取得できる 3D データを確認しながら、布地を配置したターンテーブルを回転させ、スキャナーの位置や向きを変えることで、平均して 20 方向ぐらいから撮影を行う。今回のスキャン作業で困難であったことは、布地の撮影中、ターンテーブルの動きや室内の空気の循環に影響を受けて揺れないようにする必要があったことである。撮影途中に布地が揺れて変化すると、揺れる前後両方の 3D データを合成してしまい、1 枚の布地としての復元ができなくなってしまう。慎重にスキャン作業を進め、直方体の物体に布地を垂らしたパターンと、ボールに引っかけて布地の中央を尖らせて垂らしたパターンで、7 種類の布地のスキャンを行った。また、スキャナーで得られるデータは 3 次元点群データであり、背景のノイズも多く含まれるため、ATOS Core に付属の専用の CG ソフトでノイズを除去し、点群データのメッシュ化

作業を行い、STL形式の3Dデータとして出力した。

スキャナーの解像度があまり高くないため、丹後ちりめんのシボの表現などはほとんどできず、どの布地の3Dデータも表面はのっぺりしたものになっている。またレーヨンは薄手で軽く揺れやすいため、揺れて2重化3重化したメッシュ化できない点群データがいくらかノイズとして除去されてしまい、結果として他の材質の布地に比べて穴の多い3Dデータになってしまった(図17)。青色LEDを利用する本スキャナーと相性のよい白や明るい色の布地は、1回のスキャンで多くのデータを取得でき、少ない回数のスキャン作業で高品質な3Dデータとして取得できている。一方、暗い色の布地の場合は、センサー感度を背景のノイズが入らない程度に高くする必要があり、また毎回スキャンデータも少しずつしか取れないため、非常に作業に時間がかかった。また、色をたくさん使った模様のある布地の場合は模様の色ごとにセンサー感度を変えたスキャン作業を行う必要があった。

今回のスキャンで取得した7種類の布地で各3パターンの形状の3Dデータから、素材の異なる布地ごとの柔らかさ(ドレープ感)の違いを判別できるかを調査することが今後の課題である。目視による印象でも、固い綿素材の布地が他の布地と比べて垂らしたときの形状が明らかに異なるなどの違いが容易に判別できるため、布地表面のカーブ形状を特徴量として抽出し、比較することで判別可能かをまず試したい。

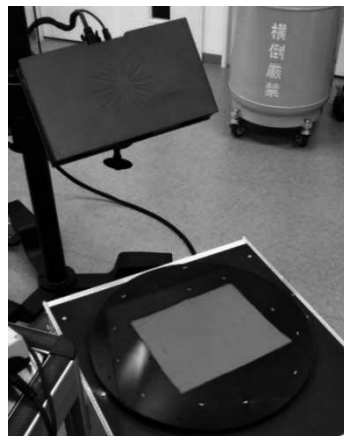
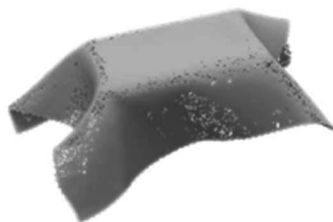


図16 ATOS Core 500を用いた布地スキャン(注意: 実際の作業時と布地の形状は異なる)



(a) 布地の画像(レーヨン素材)



(b) 形状パターン1



(c) 形状パターン2

図17 ATOS Core 500を用いた布地のスキャン結果(レーヨン素材)

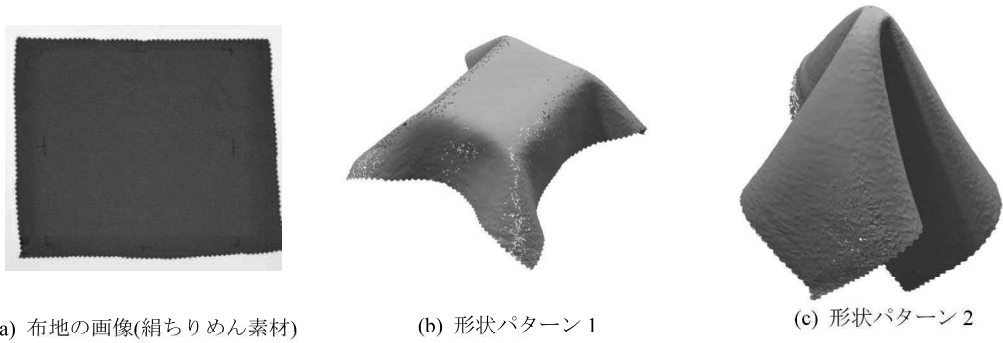


図 18 ATOS Core 500 を用いた布地のスキャン結果(絹ちりめん素材)

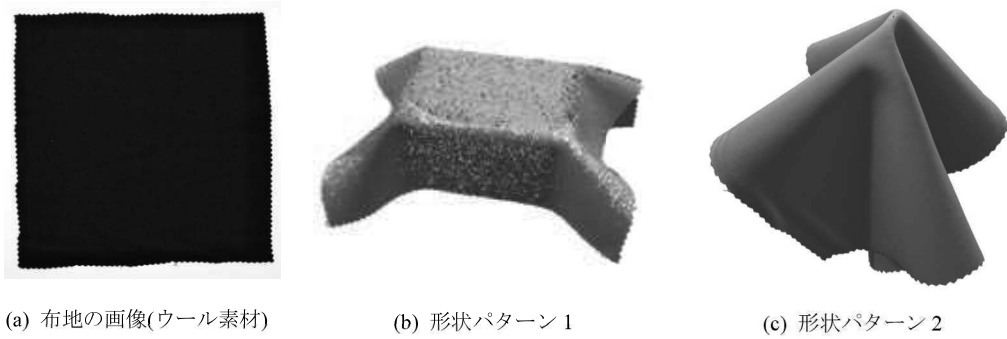


図 19 ATOS Core 500 を用いた布地のスキャン結果(ウール素材)

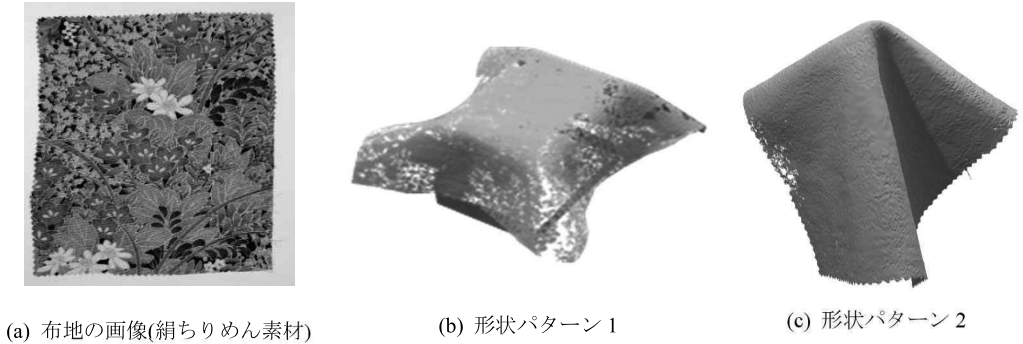


図 20 ATOS Core 500 を用いた布地のスキャン結果(絹ちりめん素材)

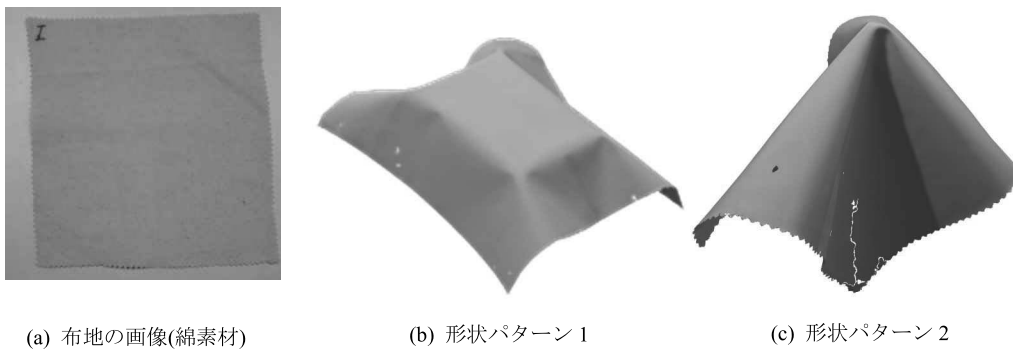


図 21 ATOS Core 500 を用いた布地のスキャン結果(綿素材)

5. 結論

本研究では、300年間、丹後地域を中心に保存されてきた丹後ちりめんの文化的価値のある資料のデジタルアーカイブのために、資料の内容・保存状態の把握や機械設備の所蔵現状の調査を行った。また、京丹後地域と京都市内の西陣の織職人のインタビュー調査を行い、織職人としての丹後ちりめんに関する思いや丹後ちりめんの織工程の各工程で、後世に伝えるべき職人の作業における「技」、「コツ」とは何かを聴くが出来た。また、丹後ちりめんの風合い、設計図、紋紙、パターンデザインや色の配色などのデータベースの構築のために、丹後ちりめんのシボや文様が織りなす生地的美しさと布の表面特徴を3Dスキャナーで計測し、Virtual Reality空間上で表現、体験する手法を試みた。今後の課題としてこれらの結果を用いて、丹後ちりめんの3Dアニメーションのデジタルデータをアーカイブとして作成し、生地の3Dアニメーションから画像処理によって抽出した特徴量を用いて、柔らかさや光沢感などの人が感じる生地の風合いを関連付けた生地の検索システムの開発を目指す。

6. まとめ

設備の老朽化や職人の高齢化と若者の継承者がいない現状から、文化的遺産の継承は切迫した課題となっている。また、古い歴史や技術に関連する資料の扱いに関してもコンピューター技術の発展から紙媒体の保存からデジタルデータへの保存の必要性が挙げられている。2020年、「丹後ちりめん」300年を迎え、府大ACTRの「丹後ちりめんアーカイブ構築」では、丹後ちりめんに関わる多種多様な資料をデジタルアーカイブ化し、インターネット上で公開できるデータベースを作成する計画が進められている。この計画と連携して、京丹後ちりめんの技術に関わる資料の調査やその技術のアーカイブを目指して様々な試みを行った。今後、本研究の結果に基づいて資料の内容をより詳しく把握するとともに、アーカイブできる手法の開発を目指すことにする。

《参考文献》

- [1] 近畿経済産業局「パワフルかんさい」No415, 20004年4月号, 53項
- [2] 角山幸洋「織物」『日本大百科全書』
- [3] Guest, Richard (1823). A compendious history of the cotton-manufacture. Manchester: Author, Printed by Joseph Pratt, Chapel Walks 2011年11月23日
- [4] 「荷風の周縁世界編制：銀行時代の荷風をめぐって」(PDF)加太宏邦 法政大学多摩論集 2011年3月号
- [5] 『丹後のはた音』『丹後のはた音』編集グループ, 1998年194-195項
- [6] “紋ちりめん（ジャカード織機）製織の様子—動画”。2018年7月4日
- [7] 北野裕子『生き続ける300年の織りモノづくり』新評社, 2013年, 12-13頁