

研究の動向

■ 丹後ちりめん織物技術情報のデジタルアーカイブの構築に関する基礎研究

福知山公立大学情報学部 崔 童殷

1. はじめに

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。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」であると知られている。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。

そこで、2020年、京都府立大学（以下府大と略記）のACTRにより「丹後ちりめん」300年を迎え、文化遺産として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が始まった。この計画と連携し、福知山公立大では「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のデジタル化を検討した。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

(1) ちりめん

「ちりめん」とは、まっすぐな経糸1mにつき3,000～4,000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。織り上げた後、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、そのシボが丹後ちりめんの特徴であり、生地に凹凸があることで色に深みを与え、光の角度によって独特で複雑な色合いを醸し出している。

(2) 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1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。

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ージャカード織機が普及し、紋紙も電子データ化されている²⁾。製織後の工程は、無地ちりめんと同様である³⁾。

Dongeun CHOI

福知山公立大学情報学部 准教授

〔著者紹介〕韓国嶺南大学衣類学科を卒業後、テキスタイル・ファッションデザイナーとして務める。1998年来日し、日本女子大学で修士、京都工芸繊維大学で博士号（工学）を取得後、同大学のベンチャーラボラトリーやイギリスのLeeds大学で研究員を務める。2009年に日本に戻り、神戸松蔭女子学院大学で専任講師、准教授を経て、京都工芸繊維大学非常勤講師や特任研究員として務める。修士論文は、『感性計測による布の風合いに関する研究』。博士論文は、『3次元人体形状モデルを用いたブラジャーの着装シミュレーションに関する研究』。専門分野は、感性情報データ処理、人間工学、デザイン工学、繊維・ファッション、データサイエンス

(3) 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統の開け口に緯糸（よこいと）を挿入し綜統を閉め篋で閉ざし、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）・縐子織の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⁴⁾。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。

ジャカード織機（ジャカードしょっき）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2は、京都府織物・機械金属振興センターが所蔵している（a）ジャカードカードパンチ

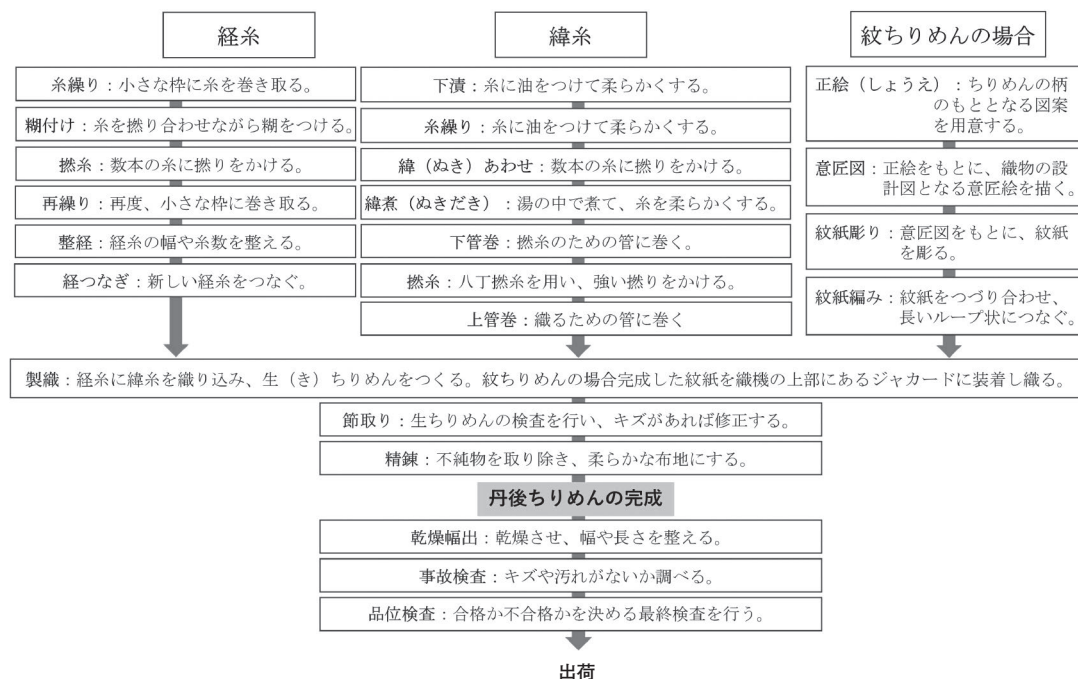
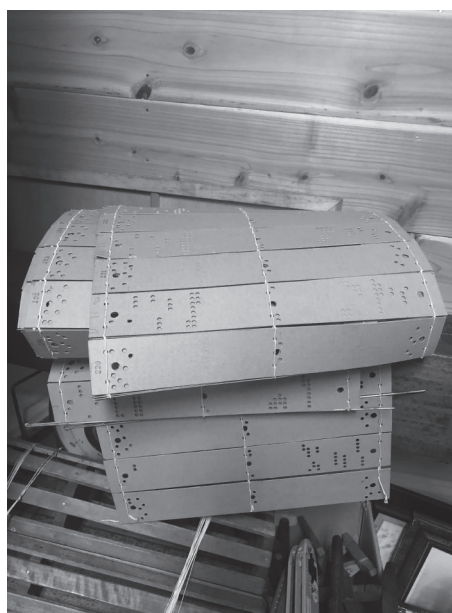


図1 丹後ちりめんの工程



(a)



(b)

図2 (a) ジャカードカードパンチ機と (b) 紋紙（京都府織物・機械金属振興センター所蔵）

機と (b) 紋紙を示す。

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⁵⁾。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への入力方式として20世紀後半まで広く用いられた。

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を使用し、紋紙（パンチカード）の代わりにコンピュータ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。

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、零細メーカー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。図3は、(a) ジャカード織機、(b) 紋紙をダイレクトに読み取る様子 (c) 電子ジャカード（京都府織物・機械金属振興センター所蔵）

み取る様子 (c) 電子ジャカードを示す。

3. 丹後ちりめんに関する資料情報のアーカイブ

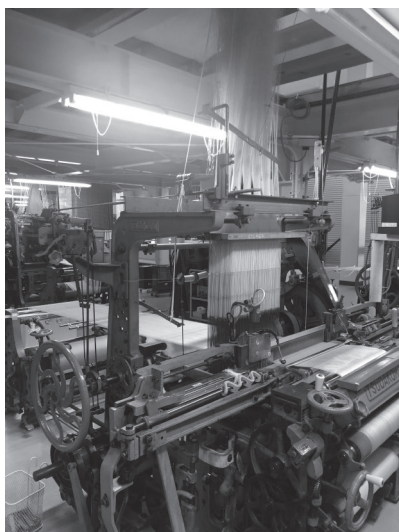
(1) 丹後ちりめんに関する資料等の調査

2020年6月26日、京丹後市の丹後織物工業組合本部にて京都府立大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文献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。図4は、ACTRの丹後ちりめんに関わる文献資料のデジタルアーカイブ化の様子である。

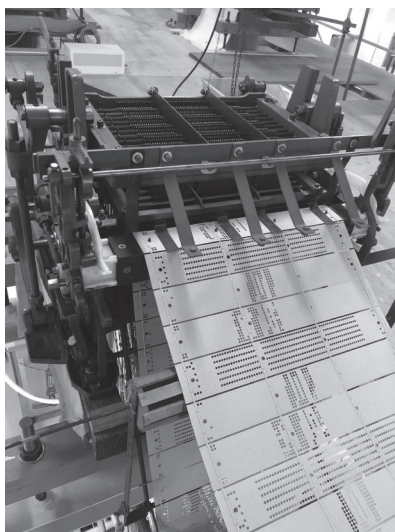
保管倉庫には、これまでに作られた丹後ちりめんの布地サンプルや紋紙などが膨大な数の資料とともに積み上げられており、丹後ちりめんのバリエーションの多さに



図4 丹後ちりめんに関わる資料のデジタルアーカイブの様子



(a)



(b)



(c)

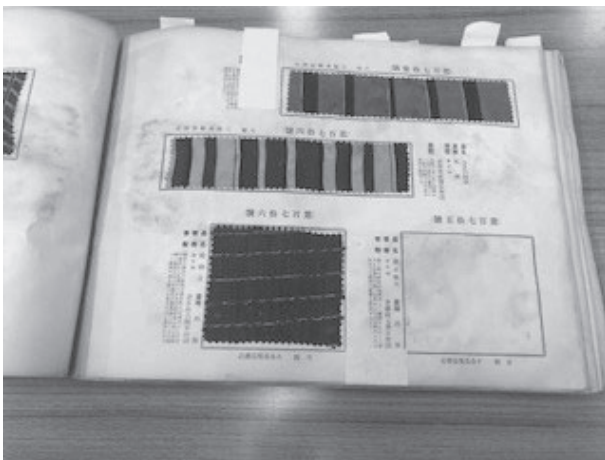
図3 (a) ジャカード織 (b) 紋紙をダイレクトに読み取る様子 (c) 電子ジャカード（京都府織物・機械金属振興センター所蔵）



(a) 服地資料集



(c) 生地の見本帳



(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5 京都府織物・機械金属振興センターが所蔵する丹後ちりめん資料の一部

驚き、長い歴史を感じられた。図5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。特に、丹後ちりめんの技術に関わる生地の見本帳は、図5の(c)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と考えられる。

(2) 織物職人へのインタビュー調査

織物現場では長い歴史の中で織物技術を受け継いできた多くの織物職人がいる。織物の歴史資料や技術に関する情報の保存や継承の問題について織物伝統機能職人の吉田賢志氏と安井三男氏の意見を求めたく、インタビュー調査を行った。まず、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（織物製造業、織機メンテナンス業）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が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内容は、(1) 誰にいつから「織」を習ったのか、(2) 現在、活動している職場では若者の継承者はいるのか、(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いるのか、(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なのか職人の観点からどう思っているのか、(5) 織職人の目線からの丹後ちりめんの風合いの特徴は何だと思えるのか、(6) その他、伝えておきたいことは何なのかである。これらのインタビュー質問内容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：織機で緯糸を通し、篋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。”

“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。糸に強い撚りをかけ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6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。

また、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背景から、『西陣織』についても職人に伺う必要があると考え、西陣の伝統機能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、15年前から筆者と共同で素人でも簡単に織れる織機の開発を行っている。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わ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。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すると、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



(a)



(b)



(c)

図6 (a) デザイン画と意匠図の説明や (b) 意匠図通りに織られた生地や (c) 職人の「勘」について語る様子

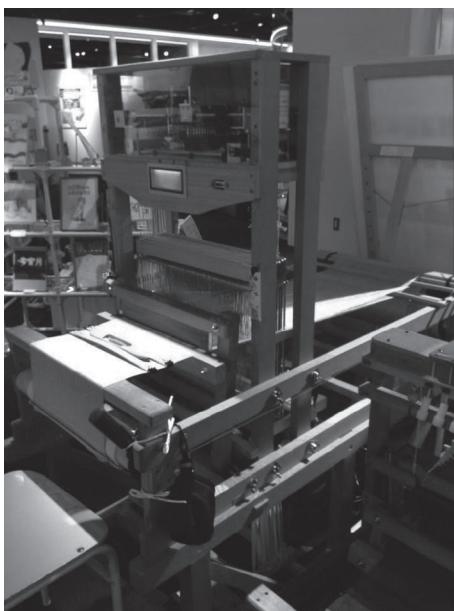
ジャカード織の技術をどうすれば継承できるのか。ここで、筆者らはAIや情報技術を組み合わせることで、その可能性に近づきたいと考えている。

(3) 織組織のデジタル化を目指した半自動手織り機の開発

3. (3) で述べている西陣の伝統機能師である安井三男氏と共同で開発した半自動手織機は、西陣の織物組織をデータベース化し開発した半自動手織り機で、誰でも製織ができるようにコンパクトで難しくない、しかも早く織れる手織り機をコンセプトして開発された。

図7の(a)に示したように、組織の入力を織機の中央部にタッチ式で入力すればその組織がメガーボックスのコントロールにより、経糸の綜統を動かす。そこで、上下に開口されたところに緯糸を挿入し、篋で閉ざされぬのが織られる仕組みである。綜統は、足元のペダルを一回踏むごとに組織によって綜統が上下に動き、デザイナーや製織をする人は準備した緯糸を挿入することで完成できる。

図7は(a)開発した半自動手織り機で、(b)は、GRAND FRONT(北)で行った展示・体験会で5歳の子供が楽しく遊び感覚で製織を体験している様子である。織機の評価においては、製織の経験のない一般人や大学生や子供対象に体験をしたところ、使用に問題なく楽しく製織を経験できたという意見が得られた。



(a)



(b)

図7 (a) 開発した半自動手織り機と (b) GRAND FRONT(北)の展示・製織を体験している様子

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

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。また、シボ以外にも、織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データ化することを試み、今後、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することを目的とする。

(1) 3D スキャニング

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、(1) 機器の価格が手頃であること、(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こと、(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こと、(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ことと定めた。EinScan-SEが(1)～(3)までの条件をどの程度満たしているかを確認するため、丹後ちりめんの白い絹生地のスキャンを行った。

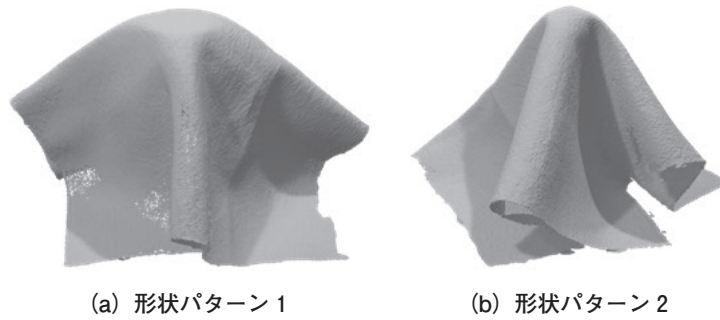


図8 EinScan-SE でのスキャン結果

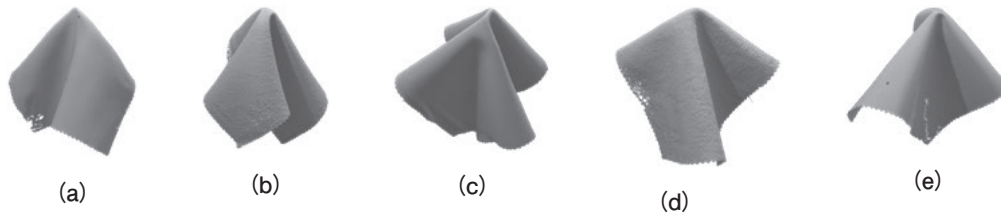


図9 7種類の布地 (a) レーヨン, (b) 絹ちりめん (シボの弱い), (c) ウール, (d) 絹ちりめん (シボの強い) (e) 綿素材のスキャン

EinScan-SE でのスキャン結果の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 データの復元を試みることにする。

(2) 風合いの異なる布地の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。実験で用いた3D スキャナー ATOS Core 500は、サイズが500×380×380 mm までの物体を対象とし、0.19 mm の解像度で3D データを取得できる。スキャン解像度は高くないものの、スキャン範囲は広い。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。実験には、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。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。撮影途中で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 (a) レーヨン, (b) 絹ちりめん (シボの弱い), (c) ウール, (d) 絹ちりめん (シボの強い) (e) 綿素材のスキャンを行った (図8)。

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。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、少ない回数で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。

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試みる（図9）。

5. おわりに

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、「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。

本研究では、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、まず、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を対象に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、織組織のデジタル化を目指して開発した半自動手織り機を紹介することが出来た。さらに、丹後ちりめんの風合い、設計図、紋紙、パターン

デザイ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之美しさと布の表面特徴を3D スキャナーで計測を行い、そのデータを用いてVR空間上で風合いの表現や体験ができるようなシステム開発のための基礎研究の成果を報告することが出来た。今後の課題として丹後ちりめんの織物の情報を用いて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に関連付けた生地の検索システムの開発を目指す。

本稿は福知山公立大学研究紀要別冊第4号掲載の著者の原稿に基づいてまとめたものである。

文 献

- 1) 近畿経済産業局. パワフルかんさい. パワフルかんさい. 2004, No. 415, 26-31.
- 2) 「丹後のはた音」編集グループ：丹後のはた音. 「丹後のはた音」編集グループ, 1998, 194-195.
- 3) tangomonodukuri. “【丹後ものづくり企業ナビ】 丹後織物工業組合（動画）”. 2011年3月17日. <https://onl.la/jpMCKpZ>（閲覧 2020.9.28）.
- 4) 角山幸洋. “織物”. 日本大百科全書（デジタル百科事典）：<http://kotobank.jp/word/織物-41480> 1984-1994.
- 5) 加太宏邦. 荷風の周縁世界編制：銀行時代の荷風をめぐって. 法政大学多摩論集. 2011, Vol. 27, 35-81.
- 6) 北野裕子. 生き続ける300年の織りモノづくり. 新評社, 2013, 12-13.