

Ⅱ. 点字・触知案内図の作成法

本章では、点字・触知案内図の従来の作成法の原理と特長について述べるとともに、これらの作成法の課題を整理する。次に、その課題を改善するために筆者らが開発を進めている点字・触知案内図の作成法について述べる。そして、新たな点字・触知案内図作成装置を用いて、点字点や触知案内図の重要な構成要素の一つである実線を作成し、その仕上がりを簡易的に評価した結果について報告する。

1. 点字・触知案内図の従来の作成法と課題

ここでは、点字・触知案内図の従来の作成法として、エンボス印刷法、真空成型法、発泡印刷法、スクリーン印刷法の原理と特長を述べ、従来の作成法の課題について記述する。

(1) 従来の作成法の原理と特長

エンボス印刷法とは、2枚に重ねた薄い亜鉛版に点字製版機等で凹凸を付けたものを原板とし、その間に用紙を挟んでローラーでプレスし、原板と同様の点字や触知案内図を印刷する方法である⁽²⁾。具体的な印刷プロセスについて述べる(図1参照)。まず、点字や触知案内図の凹凸を付けた2枚の原板(薄い亜鉛版)の間に印刷紙を重ねて製版機に通す(図1(1)参照)。次に、製版機のローラーで原板をプレスしながらスライドさせる(図1(2)参照)。そして、点字や触知案内図の凹凸が紙に転写されるようにしっかりとプレスしながらスライドさせていく(図1(3)参照)。最後に、プレスされた原板から紙を取り出すと紙上に点字・触知案内図が印刷される原理である(図1(4)参照)。エンボス印刷法の特長は、製版が容易で何枚でも複製することができ、比較的安価である点である。

次に、真空成型法について記す。この製法は点字版等で紙に点や線を浮き上がらせたものを版として使用し、熱可塑性の合成樹脂フィルムに点字を真空熱成型する作成法である⁽³⁾。具体的な印刷プロセスについて述べる(図2参照)。まず、点字や触知案内図が印刷された版の上に熱可塑性シートを載せる(図2(1)参照)。次に、真空ポンプとヒーターを用いて真空下で熱成型を行う(図2(2)参照)。最後に、熱可塑性シートを自然冷却することにより、版に印刷された点字や触知案内図の突起形状にシートが変形した状態で固まり、凸形状が形成される(図2(3)参照)。真空成型法の特長は、製版に手間が掛かる半面、綿密な表現や段を重ねることが可能であり、触知案内図上で多彩な表現ができることである。また、ベース素材である合成樹脂は耐久性も高い。

続いて、発泡印刷法について述べる。この作成法は、加熱することで発泡する特殊なインクを用いた作成法である⁽⁴⁾⁽⁵⁾。具体的な印刷プロセスについて述べる(図3参照)。まず、盛り上げたい点や線のパターンをマイクロカプセルペーパーに印刷する。次に、このマイクロカプセルペーパーをヒーターの中にスライドさせて入れる(図3(1)参照)。ヒーターの中に入れられたマイクロカプセルペーパーは、黒く印刷された点や線の部分が加熱されることでマイクロカプセルが発泡する(図3(2)参照)。最後に、ヒーターの中からマイクロカプセルペーパーを取り出すと、発泡して立体となった点字や触知案内図が作成される(図3(3)参照)。発泡印刷法の特長は、

作成法が非常に平易であり、特別支援学校（視覚障害）等で広く普及していることである。

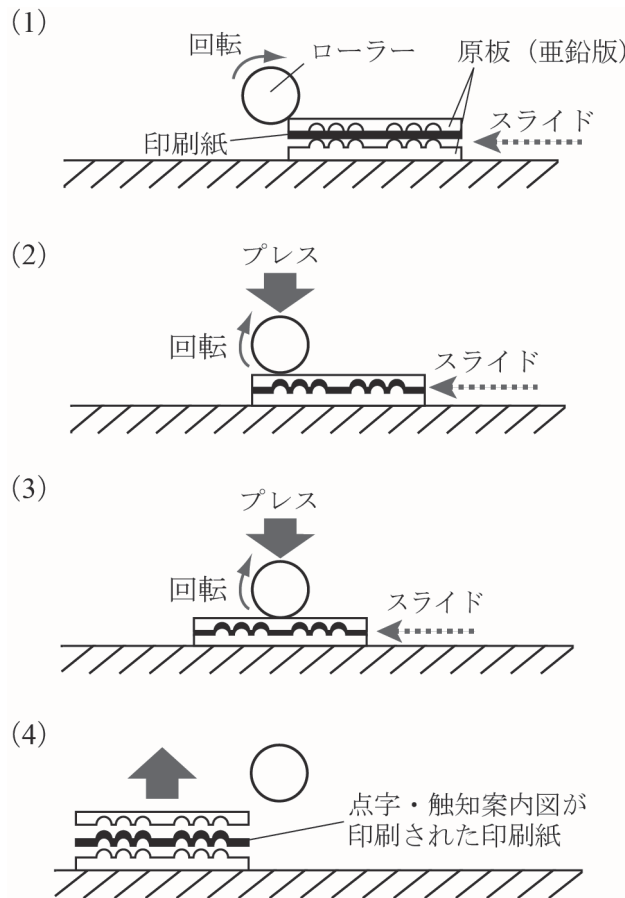


図1 エンボス印刷法の印刷プロセス

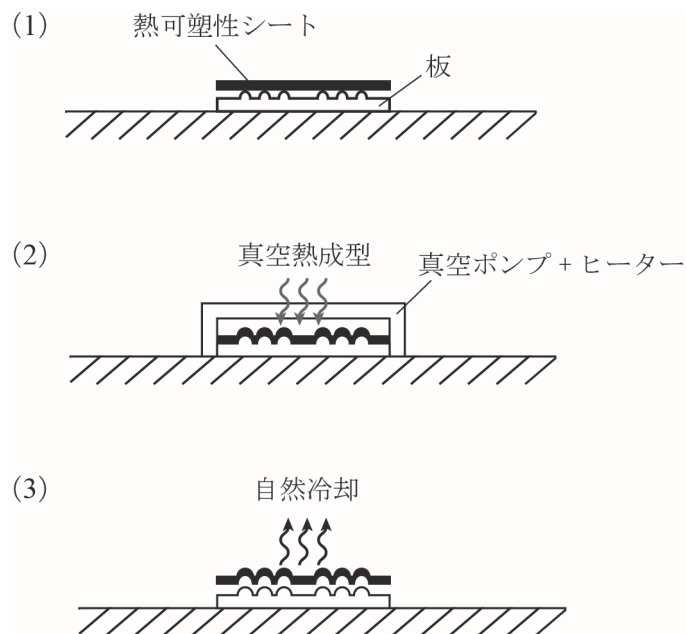


図2 真空成型法の印刷プロセス

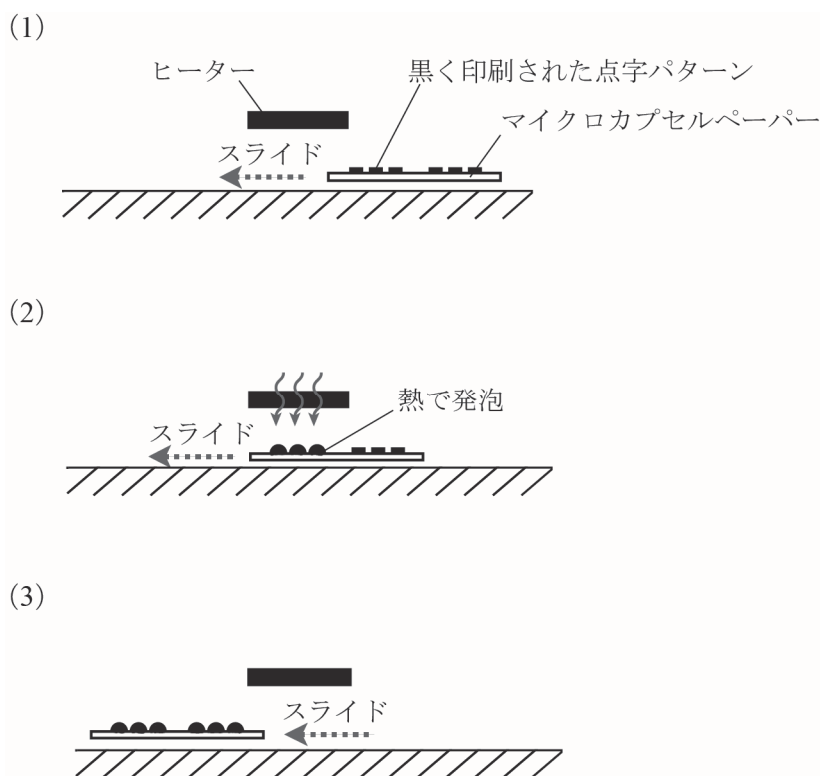


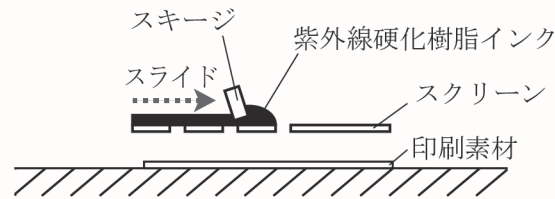
図3 発泡印刷法の印刷プロセス

最後に、スクリーン印刷法である。この製法は、ポリエステルやナイロンの繊維で出来ている版面に空けられた微小な孔（あな）から紫外線硬化樹脂インクを通す印刷法である。具体的な印刷プロセスについて述べる（図4参照）。まず、版の上に紫外線硬化樹脂インクを塗布し、スキージを摺動させてインクを版の孔に詰める（図4（1）参照）。次に、スキージで版をプレスした状態でスキージを摺動させる（図4（2）参照）。スキージを摺動することにより、版の孔に詰めたインクを印刷素材に転移させる（図4（3）参照）。最後に、紫外線光を照射してインクを硬化させる（図4（4）参照）。スクリーン印刷法の特長は、プラスチックや塩化ビニル、金属等の様々な素材に印刷できることである。また、紫外線硬化樹脂インクが無色透明であるために、墨字の上からでも点字や触知案内図を印刷することができるため、視覚障害の有無にかかわらずに同じ印刷物を共用することができる。しかし、印刷方式の特性上、細かい図の表現ができないことやインクの盛り上がりが必要十分なため、触読し難い点字や触知案内図もみられること等、改善の必要性が指摘されている。加えて、スクリーン製版の工程があるために少量の教材作成には不向きであり、児童生徒一人一人のニーズに合わせた教材を作成する際には製版コストに見合わないという課題も存在している。

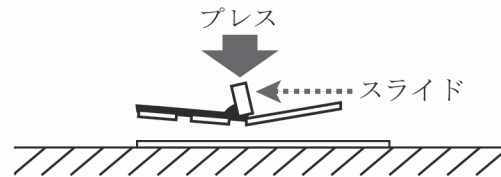
（2）従来の作成法の課題

ここでは、前項で述べた四つの点字・触知案内図の作成法（エンボス印刷法、真空成型法、発泡印刷法、スクリーン印刷法）について、その課題を整理する。具体的には、作成された点字・触知案内図の点や線の耐久性、それらの触読のし易さ、そしてアクセシブルデザインの観点から墨字との併記の可否に着目して整理した。

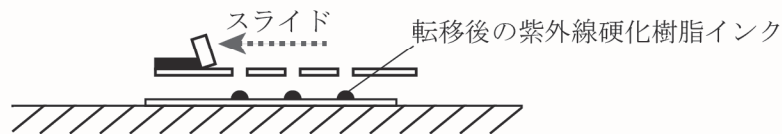
(1)



(2)



(3)



(4)

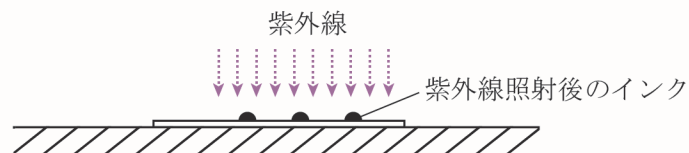


図4 スクリーン印刷法の印刷プロセス

まず、エンボス印刷法については、製版が容易であり、比較的安価であることや紙の上で指先が滑らかに滑るため、触読し易いという特長がある。一方、作成された点字・触知案内図の点や線の耐久性については、紙等の柔らかい印刷素材に印刷するために点や線が潰れてしまうという課題がある。さらに、墨字との併記の可否については、墨字上に点字や触知案内図を印刷すると墨字が歪んでしまうため、墨字を併用する場合には制限がある。

真空成型法については、印刷物のベースが合成樹脂であるため、エンボス印刷法による点字や触知案内図の耐久性は比較的高いという特長がある。しかし、触読のし易さについては、長時間触読して指に汗をかいた場合に滑り難く読み難いことがあると言われている。また、アクセシブルデザインの観点から、非常に重要とされる墨字との併記が実現できないという問題がある。

発泡印刷法については、作成法が平易であることから特別支援学校（視覚障害）等の学校現場でも広く普及している。しかし、触読のし易さや作成された点字・触知案内図の点や線の耐久性については、ベースとして使用されるマイクロカプセルペーパーの耐久性が低く、作成された点

や線の手触りに違和感を覚える利用者も少なからずいる。加えて、墨字との併記の可否については、墨字上に点字・触知案内図を併記することができないという課題がある。

スクリーン印刷法について、まず、作成された点字・触知案内図の点や線の耐久性については、インクとして剛性の高い紫外線硬化樹脂インクを使用しているため、比較的耐久性は高い。また、触読のし易さについては、剛性の高い紫外線硬化樹脂インクを用いているために、指先に伝わる刺激が強く、点字や触知案内図の触察に不慣れであっても比較的触読し易いという当事者からの意見もある。さらに、墨字との併記の可否については、インクとして使用する紫外線硬化樹脂が無色透明であり、墨字の視認性を損なわずに併記することが可能であり、四つの作成法の中では唯一、墨字上に点字や触知案内図を付すことができる。一方、課題としては、版面の孔からインクを通すという印刷方式の特性上、細かい図の表現が難しいことに加え、点や線のインクの盛り上がりが必要でも十分ではないため、触読し難い点字や触知案内図になることがある点である。さらに、図5に示すようなインクのにじみが発生することもあり、点や線の乱れ等によって点字や触知案内図が触読し難くなる場合もあるという改善点も指摘されている。さらに、スクリーン印刷方式は製版の工程を必要とするために少量の印刷には適していない。

以上のことから、それぞれの作成法の特長に加えて、各課題を整理することができた。具体的には、作成された点字・触知案内図の点や線の耐久性、それらの触読のし易さ、そしてアクセシブルデザインの観点から墨字との併記の可否に着目して整理した。その結果、スクリーン印刷方式は、他の作成法よりも比較的高い水準でこれらの観点を満たすことを確認した。しかし、一方で、スクリーン印刷法にも改善すべき課題があることを示した。このことを踏まえ、本研究では、アクセシブルデザインの理念を取り入れ、墨字と点字・触知案内図が併記でき、視覚障害の有無にかかわらず同じ印刷物の情報を共有することができる触知案内図を作成するために、スクリーン印刷法の課題を改善する新たな点字・触知案内図の作成法を採用することにした。次節では、スクリーン印刷法の課題を改善するために筆者らが開発を進めている点字・触知案内図の作成法について述べる。

2. 課題を踏まえて開発を進めている点字・触知案内図作成法

ここでは、前節で述べた点字・触知案内図の従来の作成法の課題の改善を目指し、筆者らが開

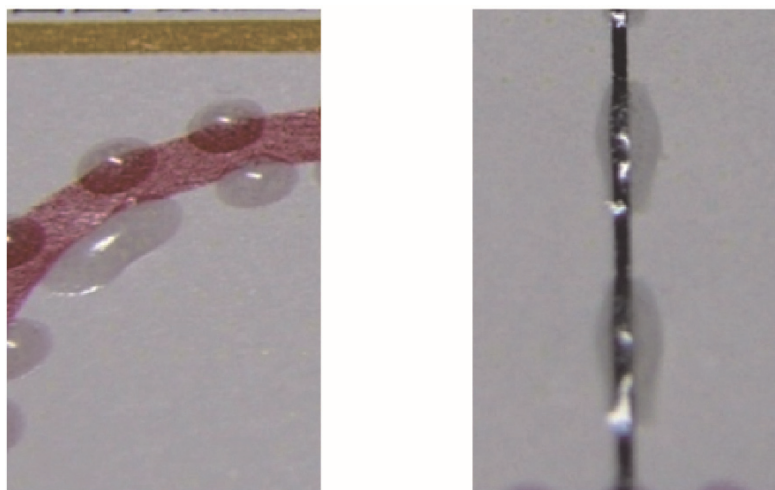


図5 スクリーン印刷法によって作成された点のにじみ

発を進めている点字・触知案内図作成装置⁽¹⁾を紹介する。まず、点字・触知案内図作成装置を概説し、続いて本研究で新たに開発した点字・触知案内図の塗布データ作成ソフトウェアについて述べる。

はじめに、筆者らが開発を進めている点字・触知案内図作成装置（図6参照）について述べる。この装置では、無色透明な紫外線硬化樹脂インク（十条ケミカル株式会社、レイキュア GA 4100-3 シリーズ）を被印刷物に非接触で噴射する方式で、墨字の上に点字や触知案内図を付すことができるようにしている。この方式は、高精度に紫外線硬化樹脂インクを塗布できることに加えて製版を必要としないため、スクリーン印刷法よりも少量多種の印刷物を作成するのに向いている。また、インクとして無色透明な紫外線硬化樹脂を使っているため、点字や触知案内図を墨字と併記しつつ塗布することができる。本装置では、サーボモータで任意の X、Y 座標位置にインクを塗布できるようにするため、XY 平面上をノズルが自由に移動できるようにリニアガイドを設置している。ノズルの X、Y 方向のそれぞれの位置はパーソナルコンピュータにより制御を行い、ノズルの垂直方向の位置を固定してインクを噴き付け、高速で点や線を付すことができる。さらに、温度調節が可能なペルチェ素子を備えた温度調節装置をノズルに取り付けることで、周囲の温度変化によって紫外線硬化樹脂インクの粘度が変化しないようにした。また、紫外線照射ランプもノズルの側面に設置することで、塗布した紫外線硬化樹脂インクを瞬時に硬化させるようにした。点字を構成する点の直径と高さは、インクの吐出量を制御することにより調節ができるようにした。また、点字・触知案内図の塗布データ作成ソフトウェアを独自に作成し、パーソナルコンピュータでタイプした文字を自動で点字パターンに変換し、塗布する点字データを平易に作成できるようにした。さらに、パーソナルコンピュータに点字教科書や点字教材で用いられている既存のファイル形式の点字データファイルを読み込むことでも点字データを作成できるよ

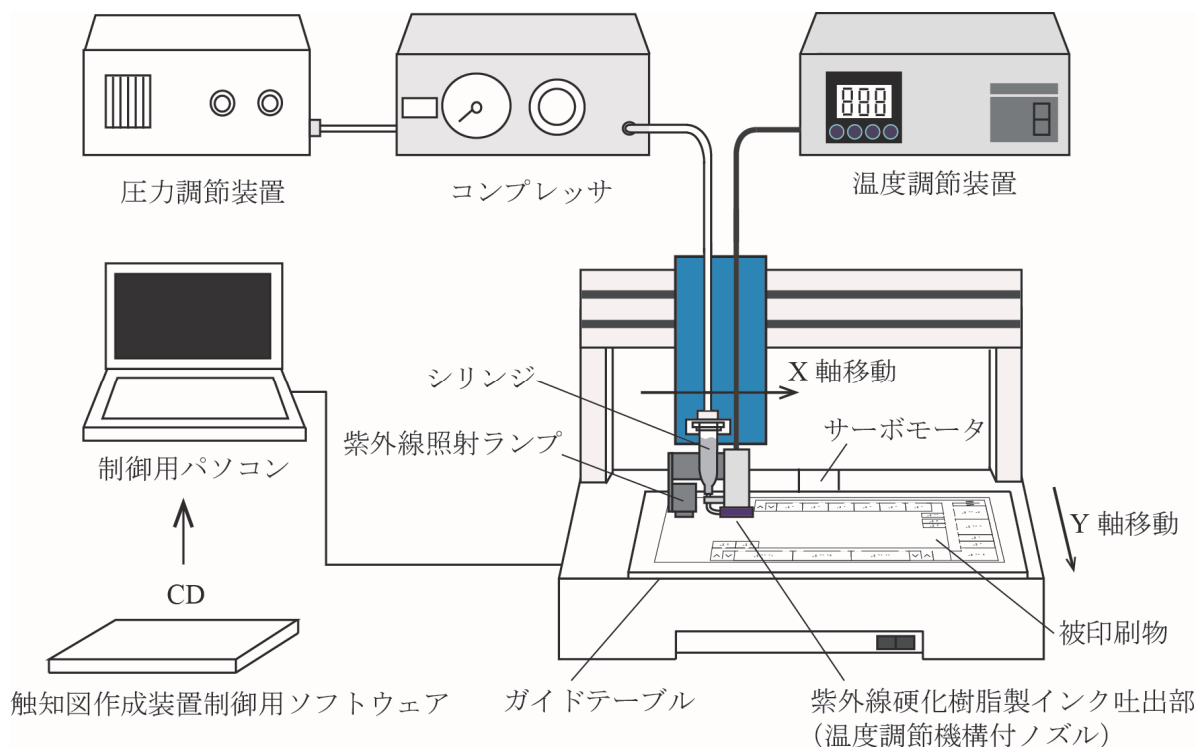


図6 筆者らが開発を進めている点字・触知案内図作成装置⁽¹⁾

うにした。このような工夫を施すことで、既存の点字データファイルも活かすことができるようにした。

続いて、高精細な点字や触知案内図をより短時間かつ平易に作成できるように、本研究で新たに作成した点字・触知案内図の塗布データ作成ソフトウェアについて述べる。先行研究⁽¹⁾で作成した従来の点字・触知案内図の塗布データ作成ソフトウェアでは、紫外線硬化樹脂インクを塗布する位置の X、Y 座標データをパーソナルコンピュータで指定して点字や触知案内図の塗布データを作成していた。しかし、この方法では、点字や触知案内図を構成する全ての点や線の位置の X、Y 座標を指定する必要があったため、塗布データの作成に慣れていないと時間がかかる場合があった。そのため、本研究で新たに作成したソフトウェアでは、塗布データ作成の経験の大小によらずに短時間かつ平易に点字や触知案内図の塗布データを作成できるようにした。具体的には、まず、汎用のイラストレーションソフトウェアを用いて、紫外線硬化樹脂インクを塗布する点や線のビジュアルデータ（図 7 (1)）を作成し、JPEG 形式の画像データとして保存する。次に、本研究で新たに作成した点字・触知案内図の塗布データ作成ソフトウェア上で、このビジュアルデータを読み込む。そして、読み込んだビジュアルデータをソフトウェアの画面上に表示させ、表示された点や線をなぞっていくことで、自動で紫外線硬化樹脂インクを塗布する X、Y 座標の位置情報を蓄積していくことが可能となる（図 7 (2)）。最後に、点字・触知案内図作成装置に塗布位置のデータを読み込ませることで、点字・触知案内図を作成することができる（図 7 (3)）。このように、本研究で新たに作成した触知案内図塗布データ作成ソフトウェアでは、点字や触知案内図の塗布位置の X、Y 座標を入力する手間がなく、短時間で高精細かつ触読性の高い点字や触知案内図を作成することができるようになった。

以上のように、筆者らが開発を進めている点字・触知案内図作成装置と、本研究で新たに作成した点字・触知案内図の塗布データ作成ソフトウェアを併用することで、高精細かつ触読性の高い点字及び触知案内図をより短時間かつ平易に作成できるようになった。次節では、本装置を用いて紫外線硬化樹脂インクによる点字と実線を作成し、形状の計測と触読性の簡易的な評価を通じて仕上がりの評価を行った結果について述べる。

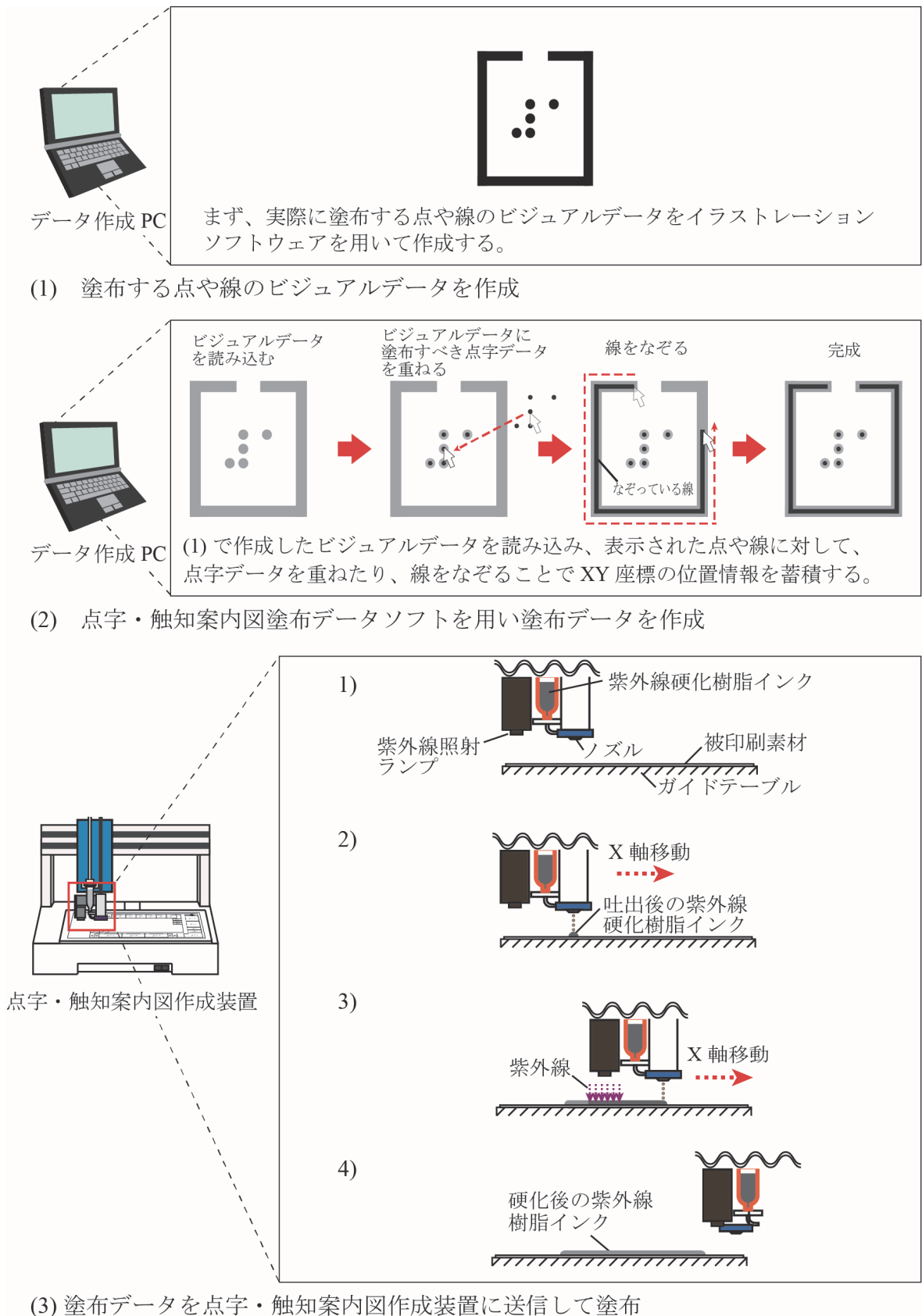


図7 本研究で新たに作成した点字・触知案内図の塗布データ作成ソフトウェアによる点字・触知案内図の作成プロセス

3. 点字及び実線の仕上がりの評価

前節で述べた点字・触知案内図作成装置を用いて、紫外線硬化樹脂インクによる点字と触知案内図の重要な構成要素の一つである実線を作成し、それらの形状計測と簡易的な評価を通じた仕上がりの評価を行った。

(1) 点字及び実線の形状計測

前節で述べた点字・触知案内図作成装置を用いて、紫外線硬化樹脂インクによる評価用の点字と実線のサンプルを作成した。点字の評価用サンプルの作成については、共同研究機関である早稲田大学人間科学学術院教授の藤本浩志氏ならびに社会福祉法人日本点字図書館総務課課長の和田勉氏の助言を受けた。点字を構成する点の直径や高さ等のサイズを日本工業規格⁽⁶⁾に準拠させるとともに、筆者らが実施した紫外線硬化樹脂点字の触読性に関する研究成果⁽⁷⁾⁽⁸⁾を踏まえて作成した。具体的には、日本工業規格⁽⁶⁾で規定される高さ300～500 μm 、直径1,300～1,700 μm の各推奨値を考慮し、ここで作成する評価用点字サンプルの高さと直径はそれぞれ400 μm 、1400 μm を目標値とした。実線の評価用サンプルの作成についても、点字の評価サンプルと同様に、藤本浩志氏と和田勉氏の助言に基づき、触知覚特性上指先で触れて十分に線の高さを知覚することができるようにした。具体的には、高さ400 μm 、線幅1,100 μm 、長さ50 mmを目標値として作成した。作成したサンプルは、三次元形状計測装置(株式会社キーエンス、VR3200)を用いて計測を行った。計測原理について、簡潔に述べる。図8に示すように、レーザー変位計からレーザービームを計測対象物である点字もしくは実線に垂直に照射すると同時に、計測対象物表面のレーザースポットとの成す角度 θ を計測する。そこから、三角測量原理を用いて計測対象物までの距離を計測することで、点字及び実線の形状計測を行った。点字の形状(図9(a))については、高さと直径を、実線の形状(図9(b))については、高さと線幅をそれぞれ計測した。点字の計測は、点字の五十音から1文字“も”を選定し、各点の頂点の高さを計測した。そして、各点における計測値の算術平均を取り、目標値との誤差を確認した。実線の計測は、無作為に選定した5か所の高さと線幅を計測し、その算術平均を取った値と目標値との誤差を確認した。

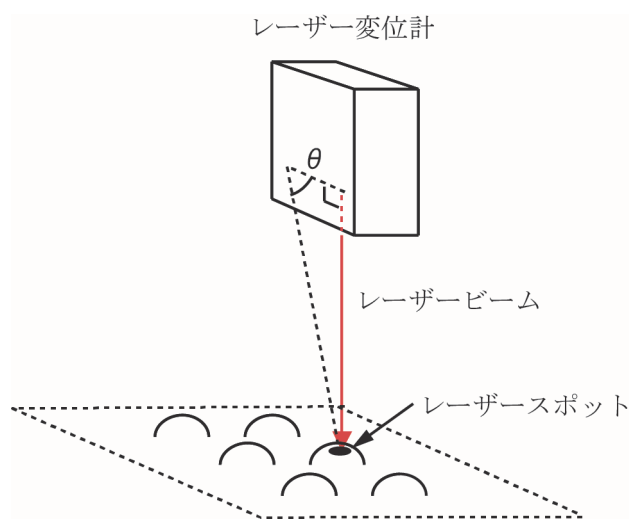


図8 三次元形状計測装置の計測原理

点字と実線の計測結果をそれぞれ表1、表2に示す。点字に関しては、高さ $400 \mu\text{m}$ 、直径 $1,400 \mu\text{m}$ の目標値に対して、計測値は高さ $396 \mu\text{m}$ （標準偏差 $5 \mu\text{m}$ ）、直径 $1,430 \mu\text{m}$ （標準偏差 $14 \mu\text{m}$ ）であった。目標値に対する平均値の誤差はそれぞれ $4 \mu\text{m}$ 、 $30 \mu\text{m}$ であり、点字の触読に影響を及ぼさないレベルで高精度に点字を作成できていることを確認できた。次に、実線に関して、高さ $400 \mu\text{m}$ 、線幅 $1,100 \mu\text{m}$ を目標値として作成した実線に対して、計測値は高さ $400 \mu\text{m}$ （標準偏差 $2 \mu\text{m}$ ）、線幅 $1,141 \mu\text{m}$ （標準偏差 $65 \mu\text{m}$ ）となった。目標値との平均値の誤差はそれぞれ $0 \mu\text{m}$ 、 $41 \mu\text{m}$ となり、点字と同様に、触読に影響を及ぼさないレベルで実線も高精度に作成できていることを確認することができた。次項では、点字や実線の触読性を簡易的に評価した結果について述べる。

(2) 点字及び実線の仕上がりに関する簡易的評価

評価に際しては評価参加者への負担に配慮し、評価開始から5分程度で終わるように2文字分の点字と実線の評価用サンプル（図10参照）として作成し、それを自由に触ってもらった。評価参加者として、点字と触知案内図を日常的に利用している特別支援学校（視覚障害）の5名の

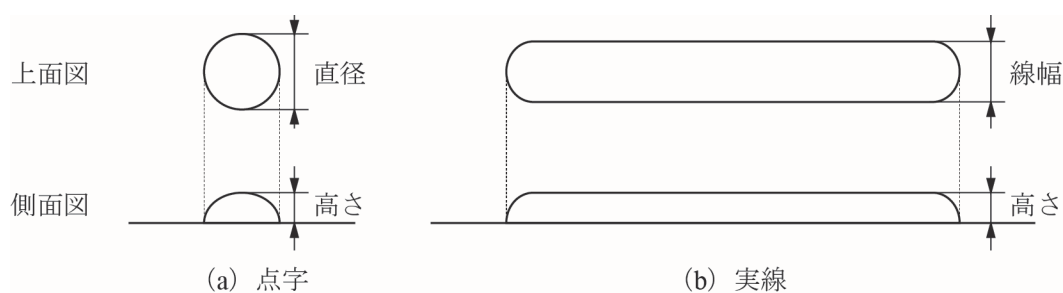


図9 点字及び実線の形状の計測項目

表1 点字の形状計測結果

	高さ	直径
測定値	396 ± 5	$1,430 \pm 14$
目標値	400	1,400

単位: μm

表2 実線の形状計測結果

	高さ	線幅
測定値	400 ± 2	$1,141 \pm 65$
目標値	400	1,100

単位: μm



(a) 点字



(b) 実線

図10 点字及び実線の評価用サンプル

教員の協力を得た。評価方法としては、点字と実線の仕上がりに関する感想を自由に述べてもらった（図 11 参照）。具体的には、点字や実線ににじみがなく明瞭に仕上がっているかということや、指先での触知のし易さという観点から評価をしてもらった。その結果、筆者らが開発を進めている点字・触知案内図作成装置で作成した点字及び実線は、点や線が明瞭で仕上がりが良くインクのにじみもないため、非常に触知し易いとのコメントを評価参加者全員から得ることができた。また、晴眼の特別支援学校（視覚障害）教員 3 名に目視で点字や実線の仕上がりについて確認してもらったところ、インクのにじみがなく、仕上がりが良いとの高い評価を全員から得られた。なお、この一連の調査は、当研究所の倫理審査委員会の承認を得て実施した。

4. 考察

前節までに述べた通り、筆者らが開発を進めている点字・触知案内図作成装置を用いることで、高精細かつ触読性の高い点字及び触知案内図を短時間かつ平易に作成できることがわかった。本研究で点字・触知案内図の素材として用いている紫外線硬化樹脂インクは比較的粘度の高い素材であり⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾、一般的に、粘度の高い素材を非接触で噴射する方式を用いて高精細な成形物を作ることは難しい。これに対して、本研究では、ペルチェ素子による紫外線硬化樹脂インクの粘度調整や塗布条件（紫外線硬化樹脂インクの液送圧、ノズルのサイズ等）を調整することで、高精細な点字及び触知案内図を作成可能にすることができた。また、従来のスクリーン印刷法では、スクリーン製版の工程があるために少量の点字や触知案内図を作成するには不向きであり、児童生徒一人一人のニーズに合わせた教材等を作成する際には製版コストに見合わないという課題が存在していた。このような課題に対して、筆者らが開発を進めている点字・触知案内図作成装置では、スクリーン製版の工程を含まないため、少量多種の点字・触知案内図を短時間で高精細に作成することが可能である。これらの技術的な課題をクリアーし、高精細かつ触読性の高い点字及び触知案内図を短時間かつ平易に作成できるようになったことは、視覚障害児・者の情報伝達手段として社会的自立に必要な点字や触知案内図の新たな作成法の確立に繋がる知見として、本研究における意義深い成果であると考ええる。

また、本研究においては、点字と触知案内図の重要な構成要素の一つである実線について、日本工業規格⁽⁶⁾や先行研究⁽⁷⁾⁽⁸⁾の知見に基づいた目標値を設定し、触読に影響を及ぼさないレベルで点字と実線を高精度に作成できることを確認した。一方で、校内触知案内図に限らず、視覚

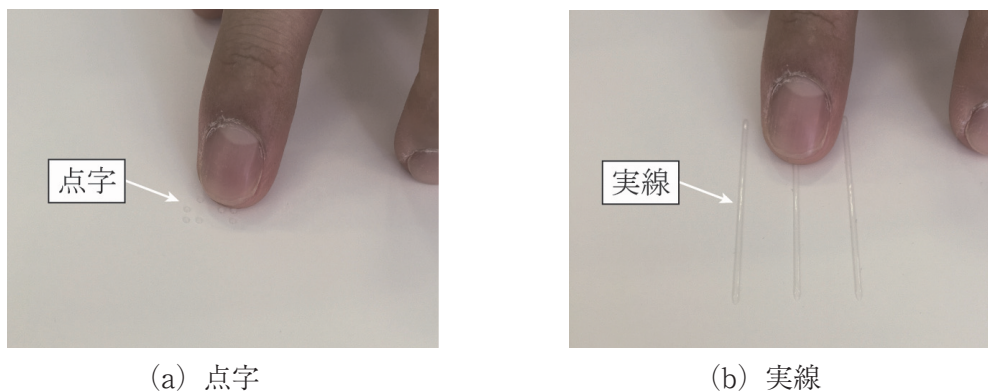


図 11 点字及び実線の評価の様子

障害児・者がもつ個別のニーズに基づいて点字や触知案内図を個々に作成する場合を想定すると、点字の点間隔やマス間隔、実線の線幅などを任意の値で作成できることは重要である。このことについては、筆者らが開発を進めている点字・触知案内図の塗布条件（紫外線硬化樹脂インクの液送圧、ノズルのサイズ等）と、作成される点字や実線の形状（点字の高さと直径、実線の高さと線幅）や点字パターン（点間隔、マス間隔等）との関係を詳細に調べていくことで、任意の形状やパターンの点字及び実線を作成可能かどうかについて慎重に確認を行っていく必要がある。

5. 小括

本章では、従来の点字・触知案内図の作成法の特長と課題をまとめるとともに、これらの作成法の課題を踏まえて筆者らが開発を進めている点字・触知案内図の作成法、点字や触知案内図の構成要素である実線の仕上がりの評価について報告した。具体的には、筆者らが開発を進めている点字・触知案内図作成装置と、本研究で新たに作成した触知案内図塗布データ作成ソフトウェアを併用することで、高精細かつ触読性の高い点字及び触知案内図をより短時間かつ平易に作成できるようになった。また、この装置を用いて点字及び実線の評価用サンプルを作成し、仕上がりの評価を実施した。その結果、点字と実線ともに触読に影響を及ぼさないレベルで高精度に作成できていることを確認し、触読性についても高い評価を得ることができた。

以上より、本章で述べた点字・触知案内図作成装置を用いて、高精細かつ触読性の高い点字及び触知案内図を短時間かつ平易に作成できることがわかった。