特教研 G-14

共同研究

無色透明な紫外線硬化樹脂インクを用いた触知図・点字に関する製作システムの開発とそれらの触読性評価に関する研究

（平成21～22年度）

研究成果報告書

平成23年3月

独立行政法人
国立特別支援教育総合研究所

目　　次

まえがき

研究概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　1

報告書の構成・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　5

第１章　無色透明な紫外線硬化樹脂を用いた
　　触知図・点字の新規製作システム

1.1　はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　6
1.2　紫外線硬化樹脂インク・・・・・・・・・・・・・・　6
1.3　スクリーン印刷・・・・・・・・・・・・・・・・・・　7
1.4　触知図・点字の新規製作システム・・・・・・・・　9
1.5　点と線の仕上がりモニター評価・・・・・・・・・　12
1.6　小括・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　12

第２章　触知図・点字の新規製作システムを用いた
　　触知図・点字付パンフレットの作製

2.1　はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　13
2.2　墨字パンフレットの作製・・・・・・・・・・・・・　13
2.3　触知図・点字の製作方法・・・・・・・・・・・・・　14
2.4　触知図・点字の製作・・・・・・・・・・・・・・・　15
2.5　触知図・点字付パンフレットの触読性
　　モニター調査・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　16
2.6　小括・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　17

第３章　音声読み上げ機能を備えた触知図・点字付
　　パンフレットの作製と評価

3.1　はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　18

3.2　触知図・点字の触読補助に関するニーズ・・・　18
3.3　音声読み上げ機能の技術概要・・・・・・・・・　19
3.4　音声読み上げ機能を備えた触知図・点字付
パンフレットの作製・・・・・・・・・・・・・・　19
3.5　音声読み上げ機能を備えた触知図・点字付
パンフレットのモニター評価・・・・・・・・・　22
3.6　特別支援学校のパンフレットの試作・・・・・　23
3.7　小括・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　23

第４章　まとめと今後の展望

4.1　まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　24
4.2　今後の展望・・・・・・・・・・・・・・・・・・　24

ま　え　が　き

ヒトは主に視覚によって情報を獲得している．そのため，視覚に障害のある子どもへの情報保障についても，様々な取り組みがなされており，今後は障害の有無に関わらず「情報格差の改善」，「情報のユニバーサル・デザイン（UD）」の観点からの絵本，教科書，各種教材等の作成が期待されている．そのような状況にあって，近年，視覚障害の子どもに対する絵本，教科書，各種教材の UD 化は目覚しい．具体的には，無色透明な紫外線硬化樹脂インクを活用したスクリーン印刷方式による点字や触知図が様々な印刷物に適用され普及しつつある．また，教育機関や公共施設等の案内図やパンフレットへの適用が検討されている．スクリーン印刷方式による点字や触知図が普及してきた要因として，点字プリンタや立体コピー等で印刷を行う従来の紙製点字や触知図に比べて高い耐久性を持っており，多素材に印刷できる，墨字と併記可能である等の特長をもっている点が挙げられる．しかし，その印刷方式の特性上，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ずしも十分ではないため触読し難い触知図や点字も見られること等，まだまだ多くの改善が必要であると指摘されている．また，スクリーン製版の工程が必要であるために少量の教材作成には不向きで，製版のコストを考えれば一人一人の子どものニーズに合わせた教材作成が難しいという課題も言われている．

本研究では上述の問題を踏まえ，墨字と併記可能で，製版の工程を含まない触知図・点字の製法を提案し，印刷後の仕上がりの改善と触知図・点字の触読性の向上を目指した研究を実施した．具体的には，無色透明な紫外線硬化樹脂インクを用いた触知図・点字に関する新規製作システムを開発し，印刷された触知図・点字の触読性の向上を確認した．なお，本製作システムでは，無色透明な紫外線硬化樹脂インクを噴射するノズルを搭載したリニアガイドテーブルを，ステッピングモータで駆動する方法を採用した．そして，製作した新規製作システムを用いて本研究所や特別支援学校のアクセシブルデザインパンフレットを試作した．なお，点字を触読できない利用者や日本語が読めない外国人に対する対応も必要であるため，墨字の印刷物に触れることで図や文字の内容を音声で確認できる新たなアクセシビリティ対応技術について検討した．

平成 23 年 1 月

研究代表者
独立行政法人　国立特別支援教育総合研究所
教育研修情報部　研究員
土　井　　幸　輝

研究概要

■ 研究課題名

無色透明な紫外線硬化樹脂インクを用いた触知図・点字に関する製作システムの開発とそれらの触読性評価に関する研究

■ 研究の背景と目的

ヒトは情報の約 80%を視覚によって獲得すると言われている．そのため，視覚に障害のある子どもへの情報保障についても，様々な取り組みが行われてきている．今後は，障害の有無に関わらず「情報格差の改善」，「情報のユニバーサル・デザイン（UD)」の観点からの絵本，教科書，各種教材等の作成が期待されている．そのような状況下，近年，視覚障害の子どもに対する絵本，教科書，各種教材の UD 化は目覚しい．具体的には，無色透明な紫外線硬化樹脂インクを活用したスクリーン印刷方式による点字や触知図が様々な印刷物に適用され，普及しつつある．スクリーン印刷技術は，点字や点・線・面を用いて触図等を容易に形成できる印刷技術である．紙やプラスチック，金属等の様々な素材に印刷することが可能であり，点字プリンタや立体コピー等の従来の紙製の点字や触知図と比較して高い耐久性をもつ．更に，墨字と併記可能であるという特長を備えていることから教育機関や公共施設等の案内図やパンフレットへの適用が検討されている．しかし，その印刷方式の特性上，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ずしも十分ではないため触読し難い触知図や点字も見られること等，まだまだ多くの改善が必要であると指摘されている．また，スクリーン製版は少量の教材作成には不向きであるため，一人一人の子どものニーズに合わせて教材を作成する場合は製版のコストに見合わないという課題も含んでいる．

本研究では上述の問題を踏まえ，墨字に併記可能で，製版の工程を含まない触知図・点字の製法を提案し，印刷後の仕上がりの改善と触知図・点字の触読性を向上させることを目的とした．また，点字を触読できない利用者や日本語の読めない外国人に対する配慮も必要であるため，墨字の印刷物に触れることで図や文字の内容を音声で確認できる新たなアクセシビリティ対応技術について検討した．

■ 共同研究機関
早稲田大学

■ 研究期間
平成 21 年度～平成 22 年度

■ 研究組織
〇研究代表者：

土井　幸輝	国立特別支援教育総合研究所教育研修情報部	研究員

〇研究分担者：

中村　均	国立特別支援教育総合研究所教育研修情報部 （兼）教育研修情報部長	上席総括研究員
大内　進	国立特別支援教育総合研究所教育支援部 （兼）教育支援部長	上席総括研究員
金森　克浩	国立特別支援教育総合研究所教育研修情報部	総括研究員
澤田　真弓	国立特別支援教育総合研究所教育支援部	総括研究員

〇研究協力者：

藤本　浩志	早稲田大学人間科学学術院	教授
豊田　航	早稲田大学大学院人間科学研究科	博士後期課程
相馬　健作	早稲田大学大学院人間科学研究科	修士課程
西村　崇宏	首都大学東京大学院システムデザイン研究科	修士課程
菅間　敦	首都大学東京大学院システムデザイン研究科	修士課程
木塚　泰弘	社会福祉法人日本ライトハウス	理事長
和田　勉	社会福祉法人日本点字図書館点字製作課	課長
高村　明良	筑波大学附属視覚特別支援学校	教諭
武者　圭	Universal Design Network Japan	

■ 研究の経過
平成 21 年 8 月～9 月
　印刷後の仕上がりが期待できるスクリーン製版の工程を含まない触知図・点字の製作方式を検討した.
平成 21 年 10 月～12 月
　触知図・点字の新規製作方式を実現する装置の製作を行った.
平成 22 年 1 月～2 月
　新規製作方式を用いて，国立特別支援教育総合研究所のアクセシブルデザインパンフレットを試作した．なお，触知図・点字の校正にあたっては，日本点字図書館点字製作課課長の和田勉氏にご協力頂いた.
　更に，アクセシブルデザインパンフレットの内容については筑波大学附属視覚特別支援学校教諭の高村明良氏にご助言頂いた.

平成 22 年 3 月

試作した国立特別支援教育総合研究所のアクセシブルデザインパンフレットの使用感について，視覚障害者を対象にモニター評価を実施した．具体的には，日本ライトハウス理事長の木塚泰弘氏や Universal Design Network Japan の武者圭氏にも使って頂き，使用感についてコメントを得た．

平成 22 年 4 月～6 月

視覚障害者の方々から頂いたモニター評価の結果を基に，国立特別支援教育総合研究所のアクセシブルデザインパンフレットを本式に作製した．なお，当事者の要望により音声で図や文字の内容を確認できる音声読み上げ機能の実装を検討した．

平成 22 年 7 月～9 月

新規印刷装置を用いて，視覚特別支援学校のアクセシブルデザインパンフレットを試作した．また，国立特別支援教育総合研究所と視覚特別支援学校のアクセシブルデザインパンフレットに音声読み上げ機能を付加し，図や文字の内容を音声で確認できるようにした．

平成 22 年 10 月

音声読み上げ機能を備えたアクセシブルデザインパンフレットについて，オーランドで開催された The 12th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibilityにおいて研究発表を行った．

平成 22 年 11 月

音声読み上げ機能を備えたアクセシブルデザインパンフレットについて，東京電機大学で行われた電気学会医用・生体工学研究会（テーマ：生活支援と生体工学）において研究発表を行った．また，アクセシブルデザインパンフレットの使用感について，首都大学東京で行われたサイエンスキッズワークショップにおいて，晴眼児・者，視覚障害児・者を対象にモニター評価を行った．

平成 22 年 12 月

研究成果を関係者に周知するため，キャンパスイノベーションセンターにおいて研究成果報告会を開催した．さらに，日本盲人福祉センターで行われた第 2 回福祉工学カフェ（テーマ：視覚障害者支援関連）において研究発表を行い，さらに実際にパンフレットを参加者の皆様に使用して頂いた．

■ 研究成果発表（平成 21 年 8 月～平成 23 年 1 月）

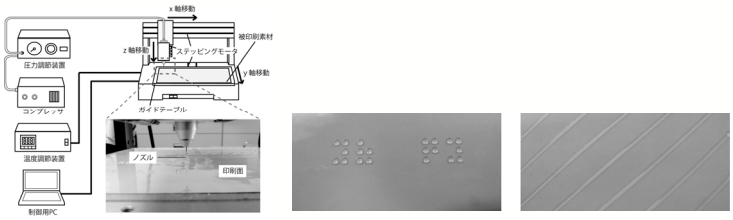
【国内学会発表】
土井幸輝・藤本浩志：アクセシブルデザインを目指した触知案内図の製作法の検討，電気学会研究会資料 MBE-10-155, pp.15-18, 2010

【国際学会発表】
Kouki Doi, Wataru Toyoda, Hiroshi Fujimoto: Development of Tactile Map Production Device and Tactile Map with Multilingual Vocal Guidance Function, Proceedings of the 12th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, pp.255-256, 2010

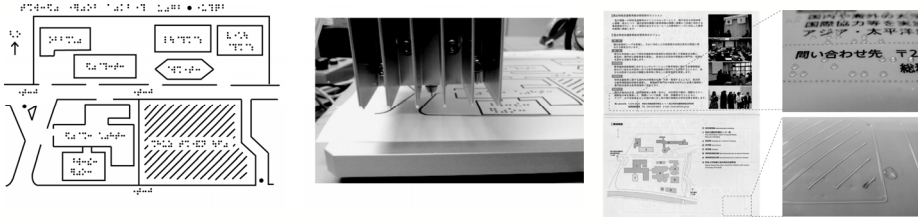
報告書の構成

本報告書は，4 章構成である．1 章では，本研究で考案した触知図・点字の新規製作システムとそれを用いて作製した点字や線の仕上がりを確認した結果について述べる．2 章では，1 章で詳述する触知図・点字の製作システムを用いて製作した国立特別支援教育総合研究所の触知図・点字付パンフレットについて述べる．3 章では，点字を触読できない利用者や日本語の読めない外国人の利用を想定し，墨字の印刷物に触れることで図や文字の内容を音声で確認できる新たなアクセシビリティ対応技術について検討するために製作した音声読み上げ機能を備えた触知図・点字付パンフレットについて述べる．最後に 4 章では，簡潔に本研究についてまとめると同時に今後の展開についても述べる．

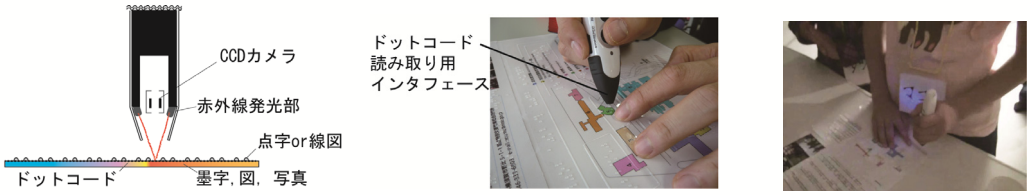
第１章　本研究で考案した触知図・点字の新規製作システムとそれを用いて作製した点字や線の仕上がりの確認（無色透明な紫外線硬化樹脂を用いた触知図・点字の新規製作システム）



第２章　触知図・点字の新規製作システムを用いた国立特別支援教育総合研究所の触知図・点字付パンフレットの製作
（触知図・点字の新規製作システムを用いた触知図・点字付パンフレットの製作）



第３章　墨字の印刷物に触れることで図や文字の内容を音声で確認できる新たなアクセシビリティ対応技術について検討するための音声読み上げ機能を備えた触知図・点字付パンフレットの製作（音声読み上げ機能を備えた触知図・点字付パンフレットの製作と評価）



第４章　まとめと今後の展望

第１章　無色透明な紫外線硬化樹脂を用いた触知図・点字の新規製作システム

1.1　はじめに
1.2　紫外線硬化樹脂インク
1.3　スクリーン印刷
1.4　触知図・点字の新規製作システム
1.5　点と線の仕上がりのモニター評価
1.6　小括

1.1 はじめに

本研究では，アクセシブルデザインを目指した触知図・点字の新規製作法を開発することを目的とする．ここでは，スクリーン印刷法に変わる触知図・点字の製作方式を提案するために，無色透明な紫外線硬化樹脂インクを用いた触知図・点字の製作システムを開発し，スクリーン印刷方式に対する点や線図の仕上がりの改善の可能性を検討した．

1.2 紫外線硬化樹脂インク

スクリーン印刷方式の点字の印刷には，通常の墨字用インクの代わりに紫外線硬化樹脂インクを用いる．紫外線硬化樹脂インクは紫外線によって硬化するインクである．紫外線硬化樹脂インクは，義肢ソケット製作[1]にも使用され，様々な用途で利用されようとしている．紫外線硬化樹脂インクは通常の樹脂インクと異なり，ベース樹脂の中に光開始重合剤が添加されている．

紫外線硬化樹脂インクの反応機構は，図 1-1 の通りである．紫外線硬化樹脂インクの成分は，樹脂の基本成分であるオリゴマー・モノマーと光開始重合剤から構成されており（図 1-1（1)），紫外線のエネルギーを吸収して遊離基（フリーラジカル）を生成して，これがオリゴマーやモノマーの反応基に作用して重合が開始する（図 1-1 (2)）．その後，成長反応や連鎖移動反応を連鎖的に繰り返し三次元網目構造の硬化皮膜を形成して反応を終える（図 1-1 (3)）．

上記の反応機構からも明らかであるが，紫外線硬化樹脂インクは通常の蒸発乾燥型インクと異なり蒸発させる乾燥時間を必要とせず短時間で硬化乾燥し，有機溶剤ガスを含まないことから環境衛生面で優れているところに特長がある．

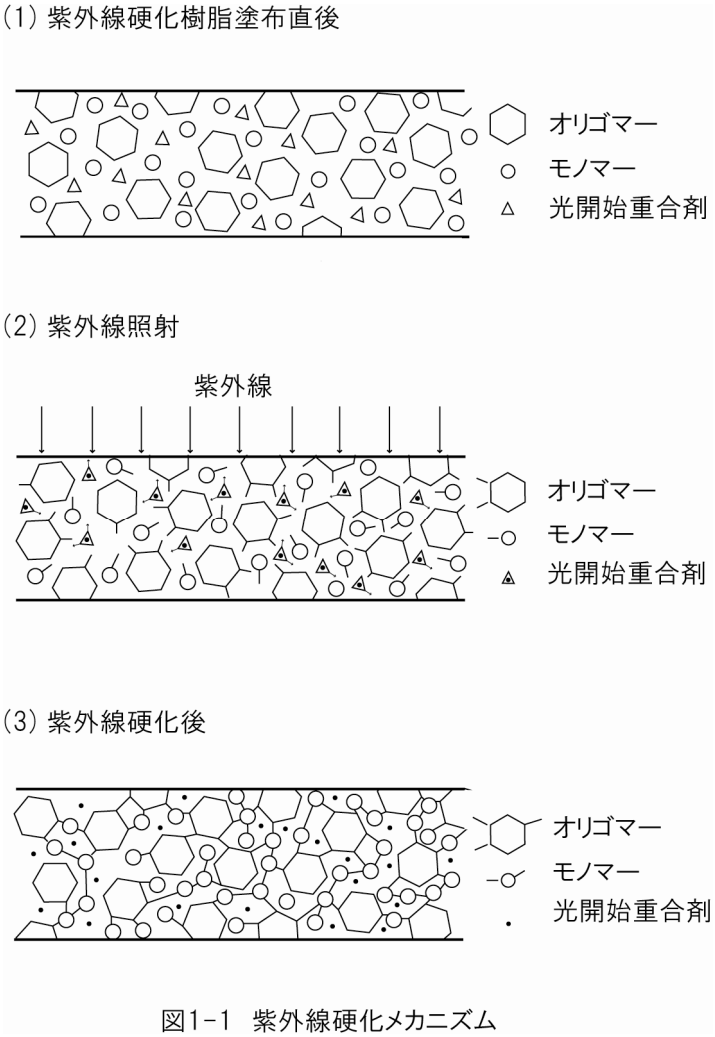


図1-1　紫外線硬化メカニズム

1.3 スクリーン印刷

1.3.1 スクリーン印刷の歴史

スクリーン印刷のルーツは，明治時代末期，日本の友禅の型染めであると言われている[(2)]．現在のようなスクリーン印刷技術は，サムエル・シモン（イギリス）が日本の友禅型染めにヒントを得て 1905 年にアメリカで特許を取得したことによりアメリカ全土に普及しはじめた．日本では，大正時代に万石和喜政がアメリカから同技術法を持ち帰り，第 2 次世界大戦後アメリカから持ち込まれた製版材料・印刷機械により国産品が登場した．その後，昭和 20 年代後半から製版技術が急速に進歩し，精密な画像のスクリーン印刷が可能となった．更に昭和 50 年代には水性インク・紫外線硬化樹脂インクなどのインク技術の進歩によりアクリル・塩化ビニル・各種金属などの素材の生活汎用品に印刷され，現在では紫外線硬化樹脂インクが点字や触知図等の用途に利用されている．

1.3.2 スクリーン印刷の原理

スクリーン印刷法とは，ポリエステルやナイロンの繊維（スクリーン）でできている版面に開けられた微小な孔（あな）よりインクを通す印刷方式である．UV 印刷では，インクは前述の通り，紫外線硬化樹脂インク（1.2 で既述）を用いる．図 1-2 にスクリーン印刷のプロセス[3]を示す．

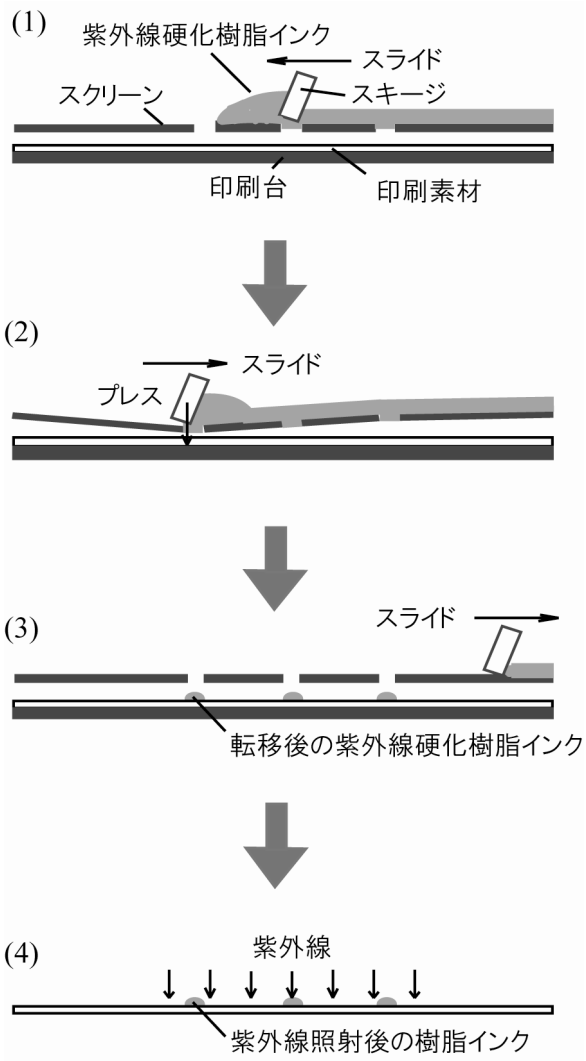


図1-2 スクリーン印刷のプロセス

(1) 版の上に紫外線硬化樹脂インクを塗布し，スキージを摺動し，インクを版の穴に詰める（図 1-2(1)）．

(2) スキージで版をプレスした状態で，スキージを摺動する（図 1-2(2)）．

(3) スキージを摺動することにより版の穴に詰めたインクを印刷素材に転移させる（図 1-2(3)）．

(4) 紫外線光を照射して，インクを硬化させる（図 1-2(4)）．

1.3.3 スクリーン印刷の現状と問題点

前述の通り，紫外線硬化樹脂を用いたスクリーン印刷技術は，点字や点・線を用いた触知図を容易に印刷でき，バリアフリー新法の施行などによって公共施設等の案内図やパンフレットに広く普及している．また，視覚障害の有無に関わらず同じ印刷物を共用できるという特長を備えている．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ずしも十分ではなく，触読し難い触知図等が見られるため，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，一人一人の子どものニーズに合わせて少量の教材を作成する際に，製版のコストに見合わないという課題も含んでいる．そこで，次節では，スクリーン印刷方式に代わる触知図・点字の新規製作システムについて述べる．

1.4　触知図・点字の新規製作システム

1.4.1 システム構成

ここでは，スクリーン印刷方式に代わる紫外線硬化樹脂を用いた触知図・点字の新規製作システムについて述べる．具体的には，空気圧によって無色透明な紫外線硬化樹脂インクを詰めたノズルからインクを塗布する方式を採用する．ノズルの移動は，X-Y 平面を自由に移動できるようにリニアガイドを設置し，ステッピングモータで駆動する装置を製作した．これにより，XY 座標面の任意の場所にノズルを移動することが可能となった．また，Z 軸方向にも同様にステッピングモータを取り付け，塗布対象面とのクリアランスを任意に調節できるようにし，塗布する点や線の高さを自由に調節可能にした．なお，ノズルの X，Y，Z の 3 次元位置のコントロールは位置制御用のコンピュータにより行った．また，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，温度調節が可能なペルチェ素子を備えたヒートコントロール制御装置を取り付けた（図 1-3）．

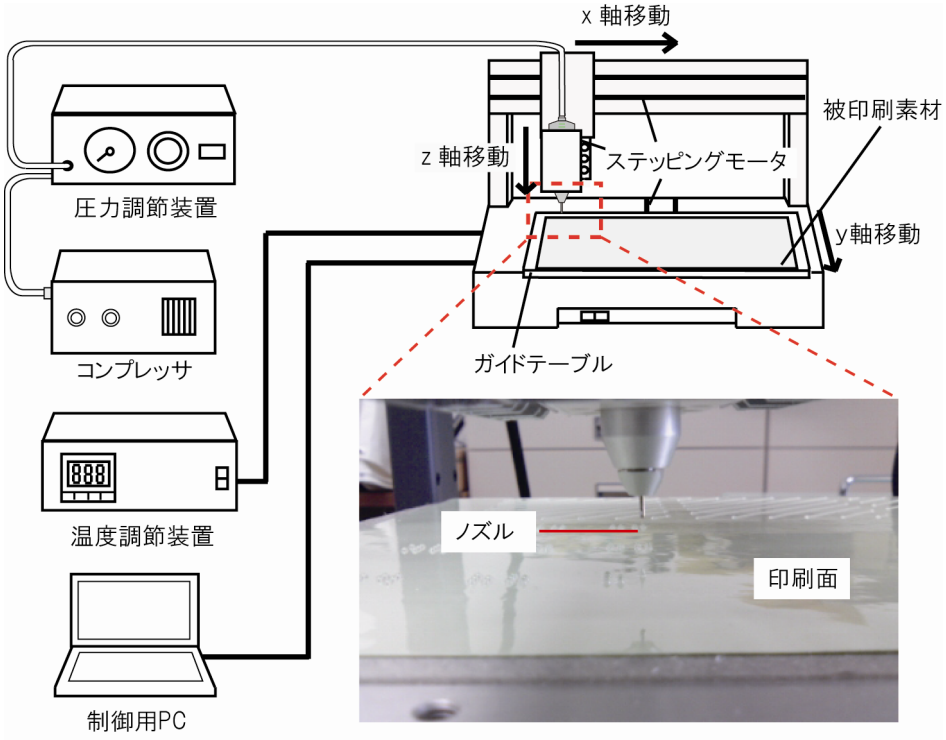


図 1-3　紫外線硬化樹脂の新規印刷装置概念図

1.4.2 点・線の打ち出し

本研究で用いる新規製作システムは，紫外線硬化樹脂インクを入れたシリンジをステッピングモータで移動させ，ノズルからインクを塗布する方式である．なお，点や線の大きさや高さは，インクの塗布時間，塗布対象面とのクリアランスを変更することにより調節が可能であり，線の太さや高さは，ステッピングモータの移動速度，印刷面とのクリアランスを調節することにより任意に調整が可能である．新規製作システムを用いた点の塗布プロセスを図 1-4，線の塗布プロセスを図 1-5 に示す．また，インクを硬化させる際は，紫外線強度が十分なＵＶランプ（セン特殊光源社製 HLR1000F-29）を用い，硬化不良を起こさないように十分な露光量を確保した．

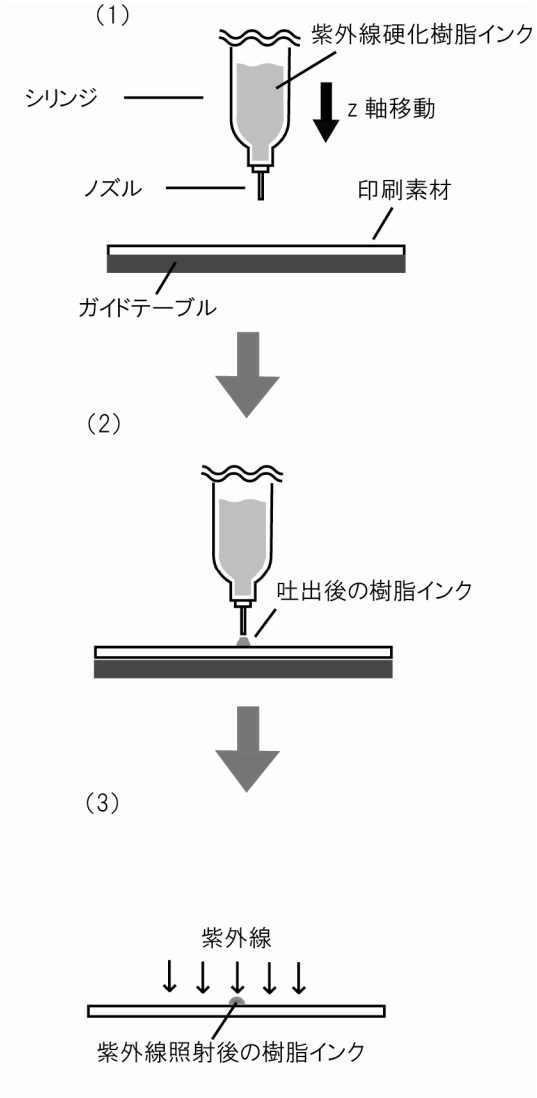


図 1-4 紫外線硬化樹脂の点の塗布プロセス

(1) 塗布する任意の XY 座標にシリンジを移動させる（図 1-4(1)）．

(2) 任意のクリアランス地点（Z 座標）にノズルを移動させ，インクを吐出する（図 1-4(2)）．

(3) 紫外線光を照射して，インクを硬化させる（図 1-4(3)）．

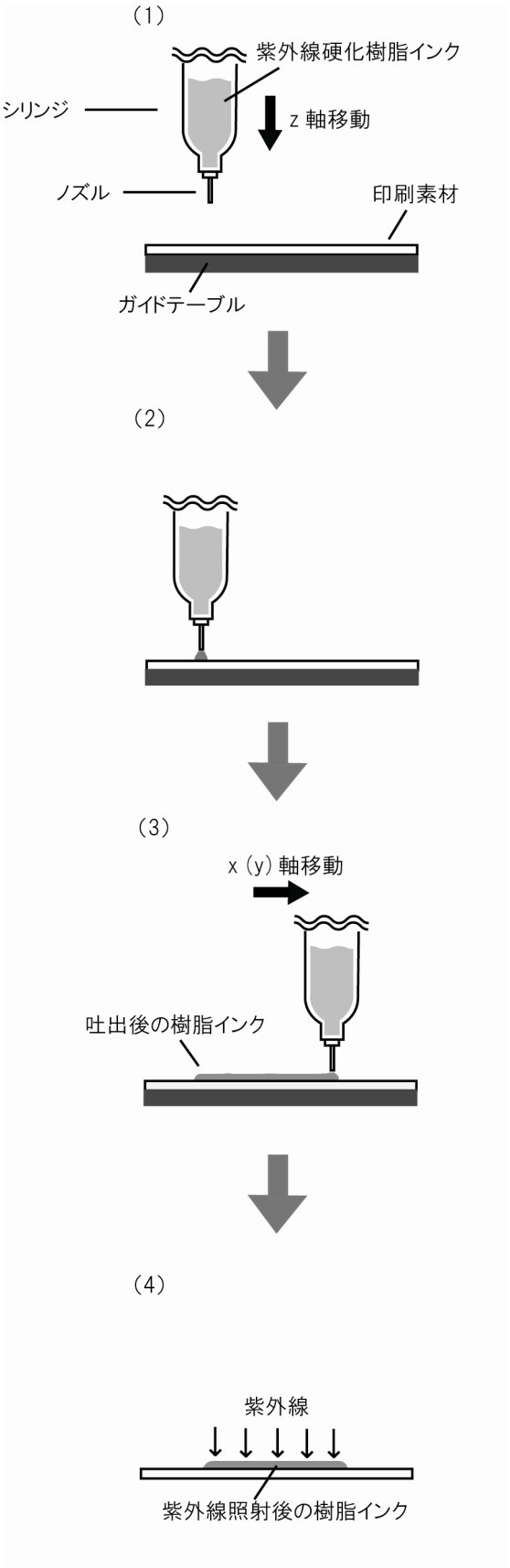


図 1-5 紫外線硬化樹脂の線の塗布プロセス

(1) 塗布する任意の XY 座標にシリンジを移動させる（図 1-5(1)）.

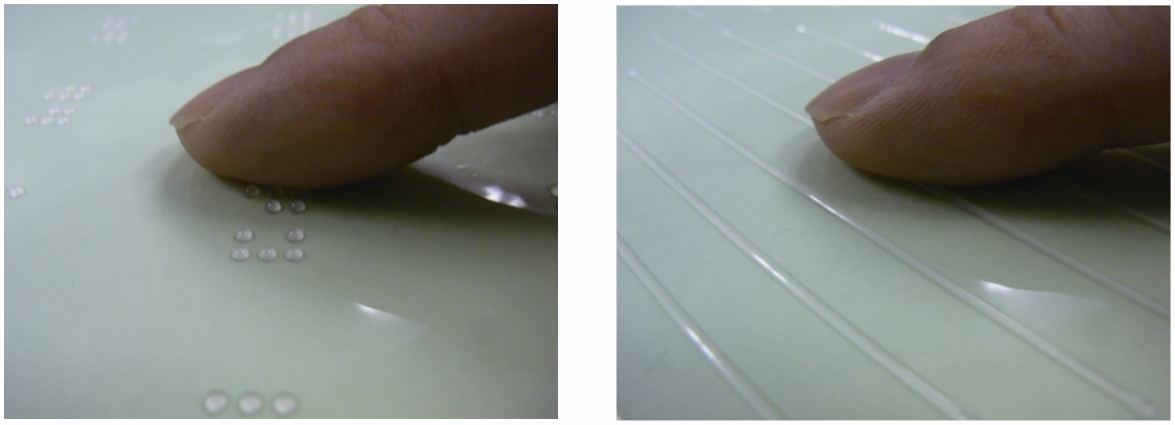
(2) 任意のクリアランス地点（Z 座標）に移動させ，インクを吐出する（図 1-5(2)）.

(3) 吐出をさせた状態で XY 座標をスライドさせ，吐出を終了する（図 1-5(3)）.

(4) 紫外線光を照射して，インクを硬化させる（図 1-5(4)）.

1.5　点と線の仕上がりのモニター評価

作製した点と線の評価用のサンプルを，普段触知図を利用している視覚障害児 2 名，視覚障害者 2 名を対象として触っていただいたところ（図 1-6），スクリーン印刷方式で印刷された紫外線硬化樹脂の点字や触知図の中で用いられている線などと比べ，触り心地が良くインクの滲みもなく明瞭な点や線で，極めて仕上がりが良いと高い評価を得た．なお，晴眼者 10 名にも目視で仕上がりを確認してもらったところ, スクリーン印刷方式に比べてインクの滲みもなく仕上がりが良いと，モニター全員から高い評価を得た．また，日常的に点字や触知図を校正している日本点字図書館点字製作課課長の和田勉氏に作製した点・線の確認をいただいたところ，触読性も触り心地も良いと高い評価を得ることができた．



(a) 作製した点　　(b) 作製した線

図 1-6 新規製作システムで製作した点と線の評価の様子

1.6　小括

本章では，スクリーン印刷方式の原理と問題点を踏まえた上，スクリーン印刷に代わる触知図・点字の新規製作システムを紹介し，それを用いて製作した点と線の仕上がりを確認した．その結果，従来のスクリーン印刷ではうまく表現が出来なかった点や線は，本製作システムを用いることにより，明瞭で触り心地が良い点や線を作製できることが明らかになった．次章では，この製作システムを用いて製作した触知図・点字付パンフレットを紹介する．

引用文献

（1）能登廣道：スクリーンと精度，セリグラフ社，1975
（2）土井幸輝，小田原利江，林美恵子，藤本浩志：ＵＶ点字パターンの識別容易性評価に関する研究，日本機械学会論文集Ｃ編，70(699)，300-305，2004
（3）清水誠司，阿部正人，平川寛之，河野裕，樋泉光紀，鈴木芳夫：義肢製作支援システムの開発-光造形装置の大型化･高速化に関する研究-，山梨県工業技術センター研究報告，110-111，1997

第２章　触知図・点字の新規製作システムを用いた触知図・点字付パンフレットの作製

2.1　はじめに
2.2　墨字パンフレットの作製
2.3　触知図・点字の製作方法
2.4　触知図・点字の製作
2.5　触知図・点字付パンフレットの触読性モニター調査
2.6　小括

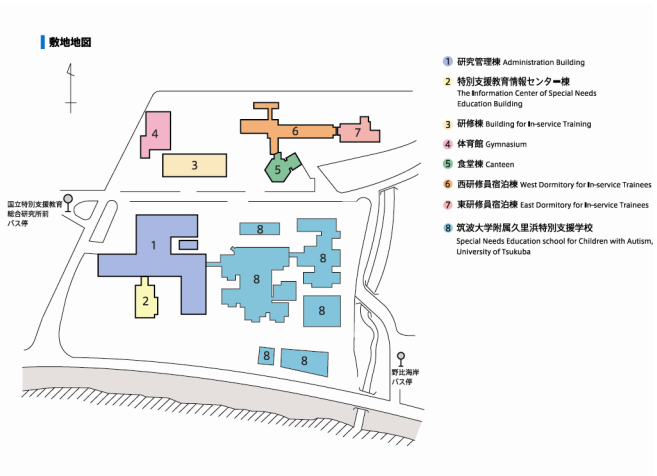
2.1 はじめに

本章では，前章で紹介したスクリーン印刷方式に代わる新規触知図・点字製作システムを用い，国立特別支援教育総合研究所の触知図・点字付パンフレットを作製した．本パンフレットは，墨字の上に無色透明な紫外線硬化樹脂インクを墨字印刷物上に塗布することによって，晴眼者だけでなく視覚障害者も触読できるパンフレットである．本章では，その製作方法について述べる．なお，本パンフレットは，平成 22 年度の視覚障害教育の専門研修で実際に活用された実績がある．

2.2　墨字パンフレットの作製

触知図の製作を行うにあたり，本研究所のパンフレットを墨字で作製し，その上に紫外線硬化樹脂による触知図・点字を印刷することとした．パンフレットの構成要素（図 2-1）

（a）墨字による文章



（b）墨字による敷地地図

図2-1　作製した本研究所の墨字パンフレット

としては，本研究所のミッション，ビジョン，連絡先などの墨字文章と研究所の敷地地図である．なお，墨字パンフレットの作製は，グラフィックデザインの専門家である末房志野氏（首都大学東京）に担当してもらった．

2.3　触知図・点字の製作方法

2.3.1　点字の製作方法

点字の製作においては，著者らが独自に作成した点字プロットプログラムを用いて，必要な文章を塗布する方式で行った．具体的には，点字の文字パターン毎に異なる点の座標位置に製作システムに搭載されたノズルが順に移動するようなプログラムを作成し，点字を正確に塗布することを実現した．なお，点字を構成する点の直径・高さなどのサイズは，すべて点字のサイズの JIS 規格[(1)(2)]に準拠すると共に，著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[(3)(4)]を踏まえ，ノズルと印刷面とのクリアランス，塗布時間を設定し，点字サイズを一定の値で印刷できるようにした．これにより，高い触読性を備えた点字を製作することが可能となった．

2.3.2　点・線による線図の製作

点や線を用いて線図を製作する際には，描きたい線図を普通紙に出力してノズルでなぞりながら，線図を描く動作プログラムを作成する．ここでは，製作した点字文章と線図のレイアウト（図 2-2）を基に，線図の動作プログラムを作成した．触知図の製作手順を以下に示す．触知図の製作に関しての関連研究も参考にして製作した（詳しくは引用文献を参照）[(5)(6)]．

(1) 製作する線図の図を普通紙に出力する．

(2) 印刷した図を装置のガイドテーブルに乗せ，ノズルが図の全体をなぞるように操作する（図 2-3）．

(3) 動作させたプログラムを PC に取り込む．

(4) 取り込んだプログラムに点字のプログラムを更に加え，紫外線硬化樹脂インクを塗布し，その後紫外線を照射しインクを硬化させる．

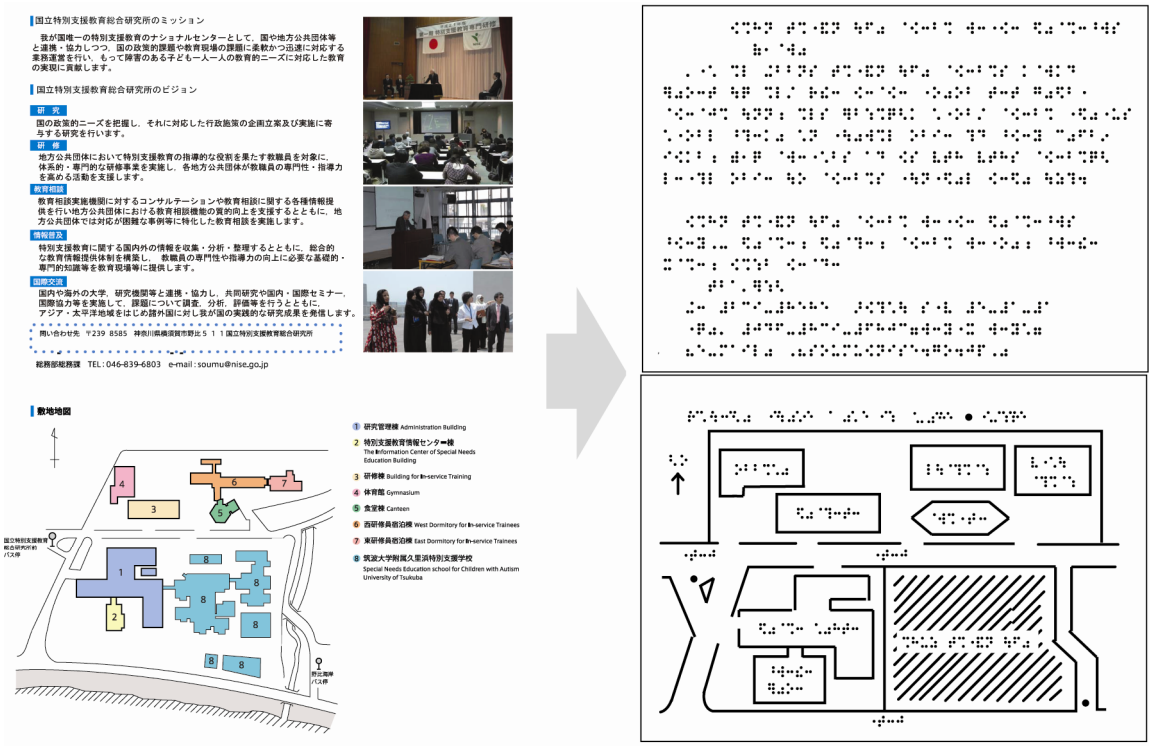


図 2-2 製作した点字文章と線図のレイアウト

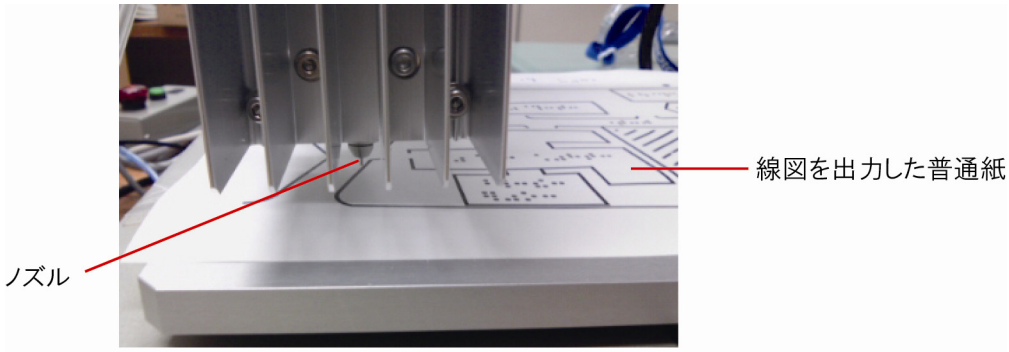


図 2-3 ノズルで普通紙上の線図をなぞる様子

2.4 触知図・点字の製作

今回独自に製作した国立特別支援教育総合研究所の墨字パンフレットについて，墨字文章を点訳し，敷地地図の触知図を製作した．なお，墨字文章・敷地地図を点訳・触知図にする際には，日本点字図書館の和田勉氏に助言・校正を担当してもらいながら製作を進めていった．製作手順は，前節で述べた通りである．紫外線硬化樹脂を用いた本研究所のパンフレットを図 2-4 に示す．線や点の仕上がりが良く，墨字の読みを損ねない視覚障害の有無によらず共用可能なパンフレットを製作することができた．

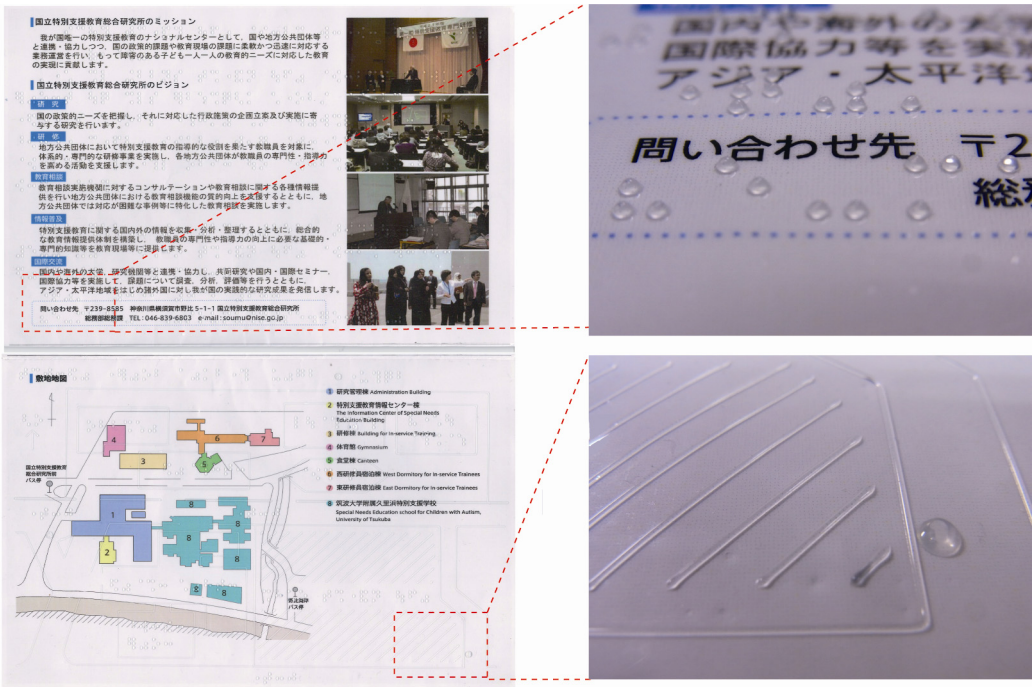


図 2-4　紫外線硬化樹脂を塗布したパンフレット

2.5　触知図・点字付パンフレットの触読性モニター調査

ここでは，今回新たな製作システムで製作した触知図・点字付の国立特別支援教育総合研究所のパンフレットを実際に複数のモニターに実際に触ってもらいながら評価してもらった．具体的には，視覚障害児・者 8 名（成人 5 名（30 歳代，40 歳代，50 歳代，60 歳代，70 歳代の各 1 名，）児童 3 名（小学生））を対象として，本研究で作製したパンフレット(図 2-4)に関する使用感を自由回答でコメントを得た．なお，本調査に関しては，早稲田大学及び本研究所の倫理規定を参考にして，被験者には実験の趣旨を十分に説明し同意を得た上でモニター評価に参加してもらった．以下に，モニター評価参加者のコメントのポイントを整理して箇条書きで示す．

＜触知図・点字に関して＞
・点字は刺激が強くはっきりしている（全員）
・触知図は線がとても綺麗で触り易い（全員）
・研究所の敷地地図が触図により容易に理解できる（全員）
・これは点字初心者用の点字の高さに近く，点字の触読に熟達した点字読者には，少し高さを低くしても良い（成人 2 名）

以上のようなコメントから，点字読者に応じた点字の高さの調整の要望があることが明らかになった．それ以外は，今回作製した本研究所のアクセシブルデザインパンフレットの使用感は概ね高い評価を得ることができた．なお，本パンフレットは，平成 22 年度の視覚障害教育の専門研修で実際に活用され，同時に多くの触知図利用者からも高い評価を得ている．

2.6　小括

本章では，本研究所のパンフレットを墨字で作製し，その上に新規の触知図・点字製作システムによる紫外線硬化樹脂インクを塗布した．その結果，スクリーン印刷では表現し難かった細かい表現もきれいに表現でき，視覚障害児・者にとって触読し易い触知図や点字を製作できることが確認できた．

引用文献

（１）　JIST9253（ 紫外線硬化樹脂インキ点字－品質及び試験方法），日本規格協会，2004

（２）　JIS T0921（点字の表示原則及び点字表示方法－公共施設・設備），日本規格協会，2006

（３）　土井幸輝，小田原利江，林美恵子，藤本浩志：ＵＶ点字パターンの識別容易性評価に関する研究，日本機械学会論文集Ｃ編，Vol.70，No.699，pp.300-305，2004

（４）　土井幸輝，岩崎亜紀，藤本浩志：印刷素材がＵＶ点字の触読性に及ぼす影響に関する研究，日本機械学会論文集Ｃ編，Vol.72，No.716，pp.216-222，2006

（５）　土井幸輝，小玉千明，藤本浩志，和田勉：触知記号のサイズが識別容易性に及ぼす影響に関する研究，日本生活支援工学会誌，Vol.9，No.1，pp.22-28，2009

（６）　和田勉，土井幸輝，天野真衣，片桐麻優，藤本浩志：触知案内図のドットパターン及びストライプパターンの粗密感覚特性に関する研究，日本機械学会論文集 C 編，Vol.75，No.752，pp. 1041-1046，2009

第３章　音声読み上げ機能を備えた触知図・点字付パンフレットの作製と評価

3.1 はじめに
3.2 触知図・点字の触読補助に関するニーズ
3.3 音声読み上げ機能の技術概要
3.4 音声読み上げ機能を備えた触知図・点字付パンフレットの作製
3.5 音声読み上げ機能を備えた触知図・点字付パンフレットのモニター評価
3.6 特別支援学校のパンフレットの試作
3.7 小括

3.1 はじめに

前章では，触知図・点字の新規製作システムにより仕上がりの良い点字や触知図を製作することができることを報告した．本システムを用いて，点字や触知図を製作することで墨字や写真・図と併記でき，視覚障害の有無によらず同じ印刷物の情報を共有することが可能となる．一方で，点字の習得には多くの年月を要し，一つの触図を理解するためには多くの時間が必要である．上述の通り，共用化を実現する教材の製作は可能となるが，点字や触知図の触読を補助するシステムを含む印刷物の製作はこれまで手掛けられていない．ここでは，触知図・点字の触読補助に関するニーズを押さえつつ，より利用者にとってアクセシブルな印刷物を作製することを目的とした．

3.2 触知図・点字の触読補助に関するニーズ

3.1 でも述べたが，点字の習得には長い年月を要し，一つの触図を理解するためには多くの時間をかけて長期間の訓練をする必要がある．しかしながら，点字や触知図を含む印刷物の触読を補助するシステムを備えた印刷物が一般に普及していないため，視覚障害児・者にとって必ずしも触読の環境は充実しているとは言えない．そこで，視覚障害教育に関わる成人視覚障害者 5 名に触知図・点字の触読時にどのような補助が必要であるかについてヒアリングを行うことにした．5 名のいずれからも音声読み上げの効果的な活用法の検討が必要であるとのコメントを得た．そこで著者らは，インクジェット方式のプリンタでも平易にコードを任意の位置・領域に作製できるオプティカル・アイデンティフィケーション法 (1) (2) を採用し，点字や触知図に対応する音声を登録したコードを含む印刷物の作製を手掛けることにした．まず，国立特別支援教育総合研究所の触知図・点字付パンフレットに採用することにした．

3.3 音声読み上げ機能の技術概要

ここでは，印刷物に触れることで点字や触知図の内容を音声で確認できる方法を検討した結果について述べる．具体的には，見た目を損なわない細かいドットコードを活用するオプティカル・アイデンティフィケーション法[(1)(2)]を採用することにした．図 3-1 のように，この方法はカーボンインク（黒）で印刷された目に見えないレベルのドットコードを点字や触知図に該当する位置に割り当てる原理で，カーボンインクが赤外線に感知し易い特性を活かし，二次元赤外線センサを搭載したインタフェース（国立特別支援教育総合研究所製作）でコードリーディングする（図 3-2）．そして，ドットコードに対応する音声データをインタフェース内蔵メモリに紐付けしておけば，音声情報を付加することができる．音声情報を日本語だけでなく英語や中国語・韓国語等様々な言語で登録しておけば，日本語の点字を触読できない海外の点字読者に対してももちろん有用な触知図となる．なお，ドットの印刷にカーボンインク（黒）を使用するため，ビジュアル情報の印刷で黒を表現する場合には，シアン(Cyan)，マゼンタ(Magenta)，イエロー(Yellow)で表現することとした．さらに，点字や触知図に対してだけでなく，ビジュアルマップや墨字にもドットコードを割り当て，複数言語の音声ファイルを登録しておくことにより，日本語の読めない海外の晴眼者に対応する言語で音声情報を提供できる．これにより，より有用なビジュアルマップの実現が可能となった．次節では，独自に作製した国立特別支援教育総合研究所の音声機能を備えた触知図・点字付パンフレットについて述べる．

3.4 音声読み上げ機能を備えた触知図・点字付パンフレットの作製

ここでは，音声読み上げ機能を備えた本研究所のアクセシブルデザインパンフレットについて述べる．

図3-1 印刷物上に印刷されたドットコード

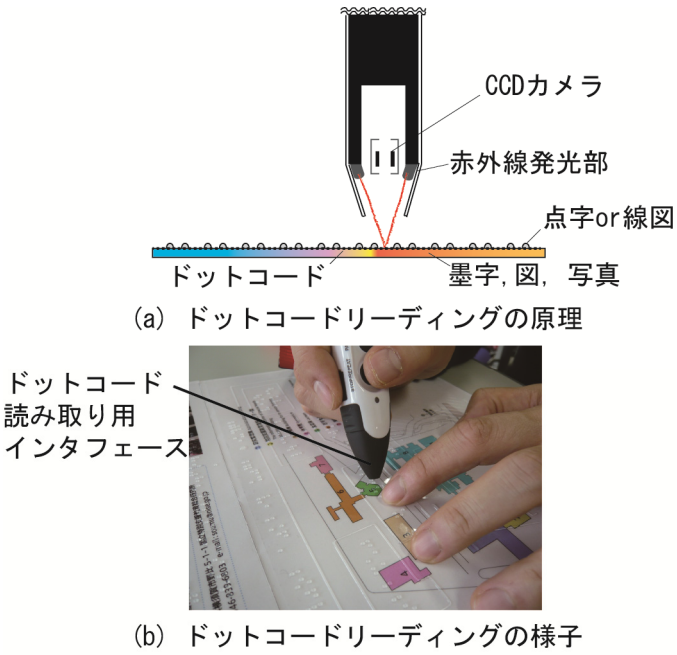
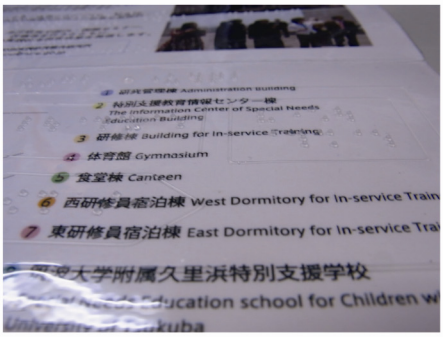


図3-2 ドットコード読み取り用インタフェースを用いたコードリーディングの原理

本パンフレットでは，見開きで B4 サイズの表紙に墨字でアクセシブルデザインパンフレット（図 3-3）と示し，内容は「研究所のミッション」「研究所のビジョン」「問い合わせ先」「敷地地図」とした．なお，墨字は一部の英語表記を除きすべて日本語で表記した．「研究所のミッション」「研究所のビジョン」「問い合わせ先」に関しては，墨字の上には無色透明な点字で同様な内容を示し，敷地地図に関しても同様に触知図を製作した．ここでは，点字や触知図に対してだけでなく，ビジュアルマップや墨字にもドットコードをそれぞれ割り当て，それに対応する音声をインタフェースのメモリに保存しておくことで音声読み上げ機能を実現した．本パンフレットに関しては，日本語の墨字や点字を読めない利用者も想定し，日本語，英語，中国語，韓国語，フランス語，スペイン語，イタリア語，ポルトガル語の 8 か国語の音声情報を用意した．これにより，利用者は視覚障害の有無によらず，必要な言語を選択し，パンフレットに含まれる点字や図，墨字の情報を音声で入手できるようになった．また，各国の国旗の上には，浮き出し文字でそれぞれ言語に対応するように「JP」「EN」「CN」「KR」のように示し，合わせて英語の点字で各国の言語を識別できるようにもした（図 3-4）．

使用法に関しては，まず，視覚障害者はドットパターンのエリアを同じインタフェースで触れることで「点字読者モード」，晴眼者はパンフレットの表紙全面を専用のインタフェースで触ることで「晴眼者墨字読者モード」を切り替えられるようにした．実際に使用法の手順を図 3-5 に示す．

（a）アクセシブルデザインパンフレットの表紙



（c）アクセシブルデザインパンフレットに併記された点字・線図

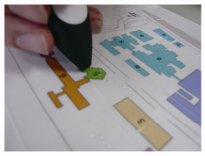
（b）アクセシブルデザインパンフレットの内容

図 3-3 国立特別支援教育総合研究所のアクセシブルデザインパンフレット

図 3-4　アクセシブルデザインパンフレットの言語選択用の点字と浮き出し文字

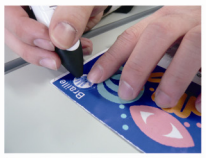
Step1　インターフェースで言語選択

Step2　墨字にインターフェースを近づけて
文字情報を読み上げる



Step3　図にインターフェースを近づけて
図の情報を読み上げる

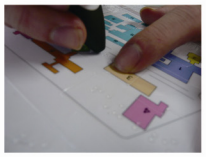
(a) 晴眼者が用いる場合の手順



Step1　点字モード立ち上げ用のコードをタッチする

Step2　言語を示す点字と浮き出し文字を触読しながら
インターフェースで言語選択をする

Step3　点字をインターフェースで触れて文字情報を読み上げる



Step4　図をタッチすると図の情報を読み上げる

(b) 視覚障害児・者が用いる場合の手順

図 3-5　晴眼者と視覚障害児・者の音声読み上げ用インターフェースの使用手順

以上のような音声読み上げ機能を備えた国立特別支援教育総合研究所のパンフレット（アクセシブルデザインパンフレット）を用いて，次節では視覚障害児・者や晴眼者を対象としたモニター評価を実施した.

3.5 音声読み上げ機能を備えた触知図・点字付パンフレットのモニター評価

ここでは視覚障害児・者 8 名（成人 5 名（30 歳代，40 歳代，50 歳代，60 歳代，70 歳代の各 1 名,）児童 3 名（小学生））を対象として，本研究で作製したアクセシブルデザインパンフレット(図 3-1)に関するモニター評価を実施した．具体的には，アクセシブルデザインパンフレットの音声読み上げ機能に関する使用感を自由回答でコメントを得た．モニター評価の様子（一部）は，図 3-6 に示す．なお，本調査に関しては，本研究所及び早稲田大学の倫理規定を参考にして，被験者には実験の趣旨を十分に説明し同意を得た上でモニター評価に参加してもらった.

以下に，モニター評価参加者のコメントのポイントを整理して箇条書きで示す.

・触知図の触読性は音声読み上げ機能を使うことで向上する（全員）
・視覚障害者で点字の読めない人でも触知図を理解することができる可能性がある（全員）
・点字は途中まで読めば音声で読み上げてくれるので楽である（児童 3 名）
・英語をはじめとする言語の勉強に使える（全員）
・包装容器の内包物の識別にも使用することができる（全員）
・インタフェースはペン型も良いが指先装着型も良い（5 名（成人 3 名，児童 2 名））

以上のようなコメントから，今回作製した国立特別支援教育総合研究所のアクセシブルデザインパンフレットの使用感は高い評価を得た．一方で，音声読み上げ機能を活用するためのインタフェースの形状をペン型から指先装着型にする等の課題が明らかになった．次節では，本研究の成果物の一つとして作製した特別支援学校の学校案内のアクセシブルデザインパンフレットを紹介する.

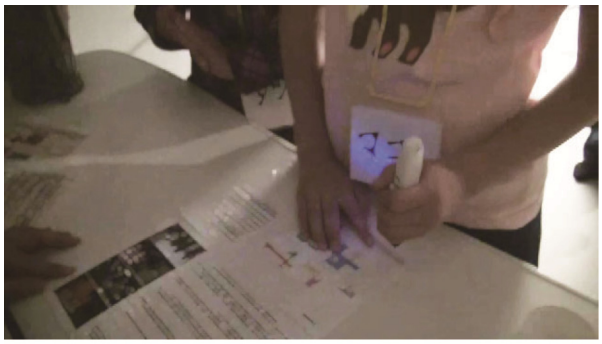


図3-6 児童を対象としたモニター評価の様子

3.6　特別支援学校のパンフレットの試作

ここでは，国内の視覚特別支援学校の現場の教員の要望に基づいて作製したアクセシブルデザインパンフレットについて述べる．地域によっては，ポルトガル語や英語を話す児童も在籍することから，学校の敷地地図や学校案内において多言語の情報提供の要望があった．そこで，日本語を基本にしてポルトガル語，英語等を含むアクセシブルデザインパンフレットを作製した（図 3-7）．なお，これらは今後児童に試用してもらう予定である．活用事例に関しては，次年度から現場の児童や教職員に協力を得て収集する．

3.7　小括

点字の習得には多くの年月を要し，一つの触図を理解するためには多くの時間が必要である．ここでは，触知図・点字の触読補助に関するニーズに基づき，音声読み上げ機能を備えた触知案内図の製作法について述べた．この音声読み上げ機能を搭載したアクセシブルデザインパンフレットは，複数言語（8 か国）の音声ファイルを登録しておけば，日本語の読めない海外の晴眼者に対応する言語で音声情報を提供できるという特徴を備えている．今後は，特別支援学校を中心とした学校案内等での活用事例を参考にしつつ，アクセシブルデザインパンフレットの構成やインタフェース形状について改善していく予定である．

図3-7 浜松視覚特別支援学校の学校案内用に試作したアクセシブルデザインパンフレット

引用文献

（1）土井幸輝・藤本浩志：アクセシブルデザインを目指した触知案内図の製作法の検討，電気学会研究会資料 MBE-10-155, pp.15-18, 2010

（2）Kouki Doi，Wataru Toyoda，Hiroshi Fujimoto：Development of Tactile Map Production Device and Tactile Map with Multilingual Vocal Guidance Function, Proceedings of the 12th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility，pp.255-256，2010

第 4 章　まとめと今後の展望

4.1 まとめ
4.2 今後の展望

4.1 まとめ

本研究では，墨字と併記可能で製版の工程を含まない触知図・点字の製法を提案し，印刷後の仕上がりの改善と触知図・点字の触読性の向上を目指した研究を実施した．具体的には，無色透明な紫外線硬化樹脂インクを用いた触知図・点字に関する新規製作システムを開発し，印刷された触知図・点字の触読性の向上を確認した．なお，新規製作システムには，無色透明な紫外線硬化樹脂インクを噴射するノズルを搭載したリニアガイドテーブルを，ステッピングモータで駆動する方法を採用した．そして，製作した新規製作システムを用いて本研究所や特別支援学校のアクセシブルデザインパンフレットの作製を行った．また，点字を触読できない利用者や日本語の読めない外国人に対する対応も必要であるため，墨字の印刷物に触れることで図や文字の内容を音声で確認できる触知図の製作法も合わせて検討した．本研究により，僅かであるがこれまでの印刷物のアクセシビリティの向上に寄与することができたと言える．

4.2 今後の展望

本研究では，墨字と併記可能で製版の工程を含まない特殊インク（紫外線硬化樹脂インク）を用いた塗布方式での触知図・点字の製法を提案した．この方式により，塗布後の点字や触知図の触読性の向上を実現することができた．技術の進展を考慮すると，将来的には通常のインクジェットプリンタでこのような塗布技術が普遍的に使用できる時代が来るであろう．それを見越して，本研究を更に進展させていく必要があり，そのため想定される用途を現時点において整理しておく．具体的には，視覚障害児・者の点字学習教材，知的障害児・者のコミュニケーションカードへの適用が可能性として考えられる．音声読み上げインタフェースに関しては，ペン型からポインティング型への改良が必要になってくるであろう．いずれにしても，本研究の成果が印刷物のアクセシビリティの更なる向上の一助となることを期待したい．

共同研究

無色透明な紫外線硬化樹脂インクを用いた触知図・点字に関する
製作システムの開発とそれらの触読性評価に関する研究

平成 21 年度～平成 22 年度

研究成果報告書

研究代表者　土井 幸輝

平成 23 年 3 月

著作　独立行政法人国立特別支援教育総合研究所

発行　独立行政法人国立特別支援教育総合研究所

〒239-8585

神奈川県横須賀市野比 5 丁目 1 番 1 号

TEL：046-839-6803

FAX：046-839-6918

http://www.nise.go.jp