

令和 2 年 7 月 10 日現在

機関番号：14403

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2019

課題番号：18K18645

研究課題名（和文）触れてよくわかる視覚障がい者向け支援アイテムの開発

研究課題名（英文）Development of educational tools for the visually impaired which help understanding of actual shapes by sense of touch

研究代表者

成田 一人（NARITA, ICHIHITO）

大阪教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：50404017

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：複数枚の撮影写真からフォトグラメトリー法により、クモ、ハチ、チョウ、アリ等のリアルな形状を3D-CADデータとして取得した。これらのデータを用いた3D印刷により、机上で扱える手のひらサイズの3D模型を完成させた。さらに、視覚障がいのある人が理解できる路線図を開発した。点字と凸図を用いて紙上に印刷した路線図に、さらにNFCタグシールを用いたIoT技術を導入することにより、音声情報の提供を可能とした。

作製した各支援アイテムについて、全盲の大学生に意見を求めた結果、視覚障がいのある人のニーズに対応した好感の持てる製作物になっており、視覚支援学校での教材利用に適していることが確かめられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

視覚障がいのある人は、世界中にいて、日常生活に共通の悩みを抱えている。また、今現在、健常者として不自由なく暮らしている人も、いつ事故・病気等により視力を失い、視覚障がいのある人になるかわからない。見えない生活の中で、手で触れて理解できる教材は、「視覚障がいのない人が見ている世界」と「視覚障がいのある人が見ている世界」をつなぐ貴重なコミュニケーション伝達媒体になる。

本研究での製作物は、視覚障がいのある人だけでなく視覚障がいのない人にとっても、様々な形状を把握し、その仕組みを理解する上で意義ある支援アイテムになると考えている。絵画・音楽などの芸術作品と同じく、世界共通の支援アイテムになり得る。

研究成果の概要（英文）：The real shapes of spiders, bees, butterflies, ants, etc. were acquired as 3D-CAD data by photogrammetry from multiple photographs taken with a camera or a microscope. A 3D model of the palm size that can be handled on the desk was completed by 3D printing using these data. In addition, we have developed a route map that visually impaired people can understand. By introducing IoT technology using NFC tag stickers to the route map printed on paper using Braille and convex figures, it became possible to provide voice information.

We asked the blind students their opinions on each of the created support tools. As a result, it was confirmed that the product was designed to meet the needs of the visually impaired and should be used as a teaching material at a visual support school.

研究分野：教育学およびその関連分野

キーワード：視覚障がい者支援 フォトグラメトリー 点字 点図 凸図 3D印刷模型 ものタグシール IoT

1. 研究開始当初の背景

人間は自分が得る情報の内、約 85%を視覚からの情報に頼っているといわれている。しかし、視覚に障がいがある場合は、失っている約 85%の情報に相当するものを、聴覚や触覚などの別の感覚で補い、生活をしなければならない。中でも触覚は、時間的特性に優れており、瞬間的な刺激を経時的につなぐことで情報を収集することができる特性を持つ。この触覚の特性を生かして、視覚支援学校では触ることで観察する触察活動が、見えない世界についての理解を深める学びとして普及している。この触察活動は、両手を使って教材全体をまんべんなく細部まで丁寧に触るといふ触運動を基本にした探索と、指先から断片的に入ってくる情報をつなぎ合わせて脳内で全体像を構築する作業とで成り立っており、視覚に障害のある人は、この探索と構築作業を連続的に繰り返すことにより、事物についての概念形成を達成することができる。

この触察による概念形成能力を培うために、多くの視覚支援学校で二次元教材と三次元教材が利用されている。二次元教材としては、点字・点図・凸図などが、三次元教材としては、頭骨模型・動物や昆虫の標本などが代表例として挙げられる。しかし、二次元教材は、表現される方向が限定されているため、モノの全体像の把握が困難である。三次元教材は、教材全体をまんべんなく触察するため、劣化が激しく、高価な模型や標本が破損し易いという問題がある。加えて、現在普及している市販の模型や標本は、サイズや形状があらかじめ決まっているため、対象によっては細部にわたり触察することが困難であったり、教室の机上での利用にはサイズ上の不都合が生じたりすることがある。そこで近年になり急速に普及し始めている 3D プリンターを用いて印刷した 3D 模型の利用が期待されている。3D 印刷模型の利用には、従来の標本利用に比べて、指や手の大きさに合わせて全体像を把握できる大きさに拡大・縮小調整ができる、全体像を未だ把握しておらず、触察においてストレスを感じるようなものであっても、対象が生命感のないプラスチック製造形物であるため平常心で触察できるなどのメリットがある。

一方、視覚障がいがある人や視覚支援学校にて働く教員から困っていることについて聞き取り調査を行った結果、視覚障害のある人たちが、ネジのらせん状の凹凸形状を本来の形状とは違う形で個々に想像している可能性が明らかとなった。対象とするサイズが、蚊、植物の種、ミジンコ、生物細胞、雪の結晶などのように顕微鏡を必要とする程に小さい世界は、現状の触察活動では理解できない未知のものになっている。逆に、大きな物の形状について教室の机上で学ぶことも難しい。そこで小さな物及び大きな物の世界に触れ・楽しみ、科学の知識をさらに豊かにしてもらいたいと考えた。別途、視覚障がいがある人は路線がどのように交わっているのかが理解できないため、自分と相手との位置がわかっても、お互いが効率よく待ち合わせ、合流する方法がわからずに不便を感じていることがわかった。既に視覚障がいがある人向けの路線図はいくつか作製されているが、そもそも点字を読める人が少ないという実情が考慮されていないものが多く、改善が求められていた。

2. 研究の目的

『触れてよくわかる視覚障がい者向け支援アイテムの開発』と題した本研究では、机上において物の形状・仕組みを触察活動により知ることができる視覚障がい者向け学習支援教材を開発し、活用効果を検証・考察する。具体的には、2 種類の研究について取り組む。一つ目は、3D プリンターを活用し、視覚障がいのある人が机上において、虫のように小さく、複雑な形状であるものをまんべんなく触察することができる 3D 印刷模型教材を開発する。二つ目は、視覚障がいがある人が触って理解できるような路線図を点字と凸図印刷により作製する。NFC タグシールと iPhone を用いた IoT 技術の導入により、音声での情報提供も可能とする。これらの研究を通じて、視覚障害のない人（晴眼者）とある人との間にある視覚上の差を補い、共通の理解を育むことを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 3D 印刷模型教材の開発研究方法

事前に視覚障がいのある人、及び視覚支援学校の教員から、3D 模型に対する要望を聞き取り調査した。その結果をもとに、実物写真からの 3D-CAD データ (STL データ) の作成を行い、そのデータを使って 3D 印刷模型を作製した。別途、3D 印刷模型と実物について、大きさの違いを比較できる解説用資料を、点字や凸図を用いて用意し、一組の教材としての利用価値を全盲の被験者に評価してもらった。

(2) 大阪環状線路線図の開発研究方法

事前に全盲の被験者と晴眼者に対して、触察活動により読み取れる線や点の間隔、曲率等を調査した。その結果と全盲の被験者からのアドバイスを参考にして、PC 上にて大阪環状線路線図に関する点字と凸図データを作成し、凸図印刷機を用いて印刷を行った。完成した路線図の裏には、iPhone での読み取りが可能な NFC タグシールを貼り付けた。NFC タグシールに登録されてあるクラウド上のリンク先には、駅名や改札口の情報を登録した音声デ

ータを置いており、iPhone で路線図上の駅の位置をスキャンすることにより、音声情報が聞ける仕組みを構築した。プロトタイプとして完成した路線図を難波御堂筋ビルにて 2019 年 10 月 19~20 日に開催された日本ライトハウス展に出展し、来場者からの意見を集約した。

4. 研究成果

(1) 3D 印刷模型教材の開発研究成果

本研究では、3D 印刷模型教材にする対象物として、子どもが興味を抱き、また大人であっても本当の細部の構造までよく知り得ていないだろう虫に注目し、そのうち標本や実物を入手し易いことを理由に、クモ(タランチュラ)、ハチ、チョウ、アリを選定した。なお、視覚障がいがある人、及び視覚支援学校の教員に 3D 印刷模型サイズに関する要望を、事前に聞き取り調査した結果、模型の大きさとしては 100×100×10(mm)から 180×180×90(mm)が適当となった。

以下、本研究により構築した 3D 印刷模型教材の開発プロセスを紹介する。3D 模型の元データになる 3D-CAD データの取得にあたり、対象物のサイズに制限されないフォトグラメトリ法を採用した。クモ・ハチ・チョウの撮影には市販のカメラを使用し、市販カメラでは鮮明な写真が撮れないアリの撮影には、長距離作動型のマイクロスコープを使用した。対象物の撮影アングルは下方、正面、上方などの 2~3 方位から行い、一方位毎に 1° 又は 2° ステップで対象物を回転させた撮影を行った。撮影した画像は、部分的に背景と対象物の境界が曖昧で、対象物の外形が抽出できないため、画像編集ソフト (Adobe 製: Photoshop, 又はフリーソフト: GIMP) で二値化処理をした画像を作製し、背景と対象物の境界を判別ができるようにした。その後、3D データ構築ソフト (Agisoft 製: Metashape) を用い、撮影画像と二値化処理をした画像を一緒に再配置することで、点群データとして対象物の形を生成した。次に生成された点群データを高密度点群データに変換後、メッシュ加工を行い、3D データを作製した。なお、撮影の際に読み込まれた余分なパーツは、3D-CG 編集ソフト (Pixologic 製: Zbrush) を用いて削除し、修正を施した。修正後の 3D データを OBJ データから STL データにエクスポートして、3D データを完成させた。STL データからの印刷には 3D 印刷機 (フュージョンテクノロジー製: L-DEVO, F300TP) を使用し、3D 印刷模型を完成させた。また 3D 印刷模型の積層が触察に影響するか確認するため、積層をプロパノールのミスト溶解洗浄により除去した表面が滑らかな 3D 模型も用意した。そして、別途、解説用資料を、点字・点図等の作製ソフトとして普及している EDEL を用いて作製した。作製の流れは、EDEL 上にて対象物を撮影した画像を下絵にして、点字・点図、又は凸図を描画していく。この際、実際の対象物の大きさと印刷した模型の大きさを比較できるように作製した。完成した 3D 印刷模型と解説用資料の代表例としてハチを図 1 に示す。

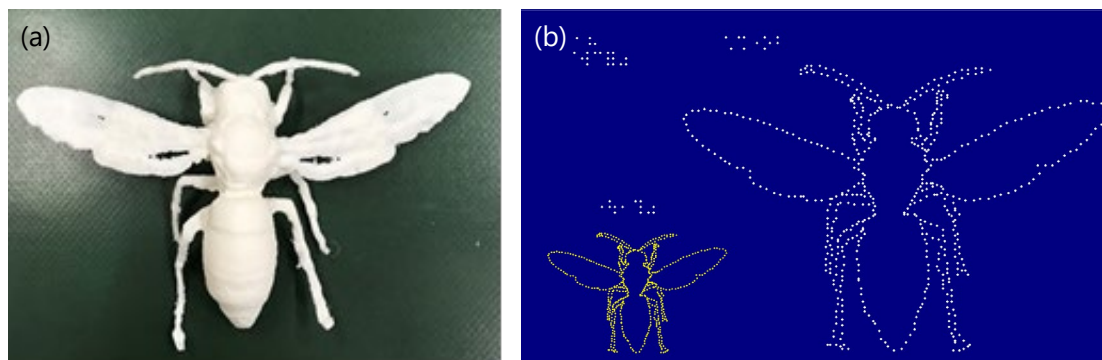


図 1 ハチの (a) 3D 印刷模型, (b) 解説用資料

作製した 3D 印刷模型が細部にわたり、まんべんなく触察することができるか、また 3D 印刷模型の表面の状態の影響、解説用資料の必要性を検証するため、視覚障がいがある人に 2 種類の触察実験を行った。実験 I では、被験者が、積層がある 3D 印刷模型と積層がない 3D 印刷模型をそれぞれ触察する。その後「触察しにくい 3D 印刷模型はありますか。」という質問に回答する。実験 II では、被験者がクモ・ハチ・チョウ・アリの 3D 印刷模型と解説用資料を触察する。その後、質問に回答する。質問内容は、「3D 印刷模型は細部までまんべんなく触察できますか、また触察しにくいところはありませんか。」「3D 印刷模型の大きさは適切ですか。」「解説用資料の点図と凸図ではどちらの方が触察し易いですか。」「この教材を触察して新しい発見はありましたか。」の計 4 つである。

実験 I の質問に対して、被験者は「積層がない模型が触察しにくい」と回答した。実験 II の各質問に対しては、「触察しにくいところはありません」、「3D 印刷模型の大きさは掌で覆うことができるため適切です」、「輪郭をなぞった点図よりも全体が浮き上がっている凸図

の方が好ましい」、「3D印刷模型から各模型の輪郭がよく分かり、足が生えている位置、ハチとチョウの羽の形、アリの触角があることなどを初めて知った」と回答した。解説用資料については、「各模型の正面の輪郭、模型と対象物の実際の大きさ、胴に対する足と羽の大きさがわかった」と回答した。

視覚障害がある人に対して製作物を触察する実験を実施した結果、クモ・ハチ・チョウ・アリの3D印刷模型と解説用資料を組み合わせた教材は、細部にわたりまんべんなく触察活動することができる視覚障がいのある人のニーズにあった製作物であることが確かめられた。また対象物に関しての新しい知見を発見することができた。本研究成果として、3D印刷模型と解説用資料の併用が、視覚障がい者に対して複雑な形状を触察・理解するうえで有用であり、視覚支援学校の教材としての利用価値があることが見いだされた。

(2) 大阪環状線路線図の開発研究成果

路線図開発の先行研究として、目が見えない人が、紙に立体印刷(点字, 点図, 凸図)されたものに触れて、状態の理解ができる限界条件を調べるための触察実験を行った。被験者として、視覚障がいがあり目が見えない人1人(Aさん), 目が見える人3人(Bさん, Cさん, Dさん)の計4名を採用し、用意した3種類の立体印刷物に触ってもらい、形状等に関する質問に回答してもらった。この際、目が見える人3人については、目が見えない人と同等の条件にするため、目隠しをした状態での実験を行った。

実験1では、様々な曲率の曲線を用意して触ってもらいどの線が曲線であるかということ判断してもらった。各曲率については①0, ②1.6, ③3.1, ④5.2, ⑤7.0, ⑥8.4, ⑦9.9となっている。実験2では、様々な点の間隔の点線を用意し、どのくらいの点の間隔から点線であると感じるか判断してもらった。それぞれの点の間隔については、①1.0mm, ②1.5mm, ③2.0mm, ④2.5mm, ⑤3.0mm, ⑥3.5mm, ⑦4.0mm, ⑧4.5mmとなっている。実験3では、様々な間隔が空いている2本の線を用意し、どのくらい間隔があると2本の線であると感じるかということ判断してもらった。それぞれの線の間隔については、①0.5mm, ②2.0mm, ③3.0mm, ④4.0mm, ⑤5.5mm, ⑥7.0mm, ⑦8.5mm, ⑧10.0mm, ⑨11.5mmとなっている。

実験1について、「曲線はどれですか。」という質問に対して、Aさん, Bさん, Dさんは3.1以上が曲線であると判断した。Cさんは5.2以上が曲線であると判断した。実験2について、「点線はどれですか。」という質問に対して、Aさん, Bさんが2.5mm以上を点線であると判断した。Cさんは2.0mm, 3.5mm, 4.5mm, Dさんは3.0mm, 3.5mm, 4.5mmを点線であると判断した。実験3について、「どの線の組に間隔がありますか。」という質問に対して、Aさんは0.5mm以上を、Bさん, Cさん, Dさんは2.0mm以上を2本の線であると判断した。なお、Aさんは点図を触るとき爪を使って触っていた。この実験結果より、「1.6以下の曲率の線は直線と判断する」、「点と点の間が2.5mm以上になると点線と判断する」、「線同士の感覚が0.5mm以上であれば2本の線であると判断する」ということがわかった。これらの結果をもとに、EDELを用いて立体印刷用のデータをPC上にて作製し、SINKA製のEasy Tactixを使用して印刷して、路線図のおもて面を完成させた(図2(a)参照)。

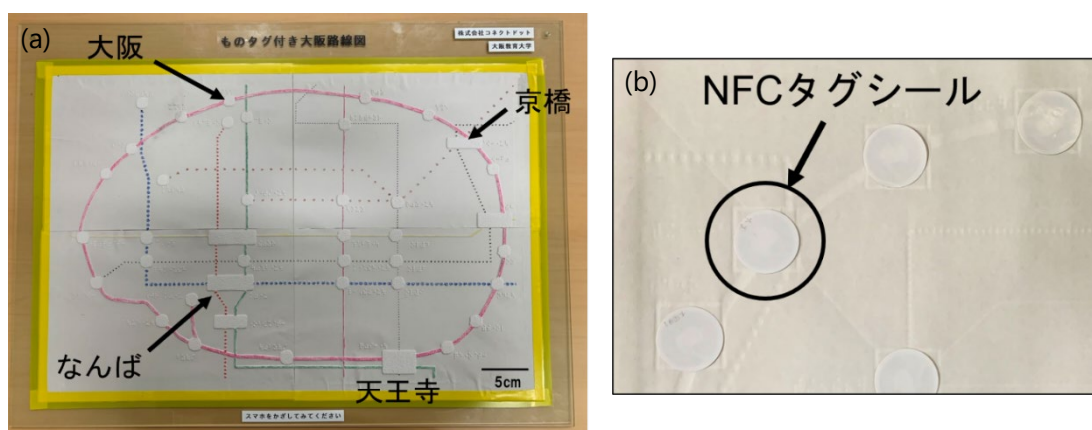


図2 大阪環状線路線図の(a)おもて面, (b)うら面

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

視覚障がいがある人の中で点字を読むことができる人は全体の 8%であるといわれているため、路線図の各駅がどの駅であるかということを音声で読み上げるものにしなないと点字を読めない人たちには理解できない。そこで、“ものタグ”という NFC タグシールを利用した。ものタグを用いると、クラウド上に保存した音声データに、iPhone を介してアクセスすることができるようになり、音声案内を聞くことができる。このものタグに各駅の駅名の情報を登録し、それを路線図のウラ面に貼ることによって点字を読めない人でも理解できるような路線図を開発した。完成した路線図のウラ面を図 2(b)に紹介する。

路線図の完成度を評価するため、難波御堂筋ビルにて 2019 年 10 月 19-20 日に開催された日本ライトハウス展に出展し、来場者からの意見を集約した結果は以下の通りである。

【長所】

- 路線の違いは触って区別し易いものである。
- 点字を打っていることですぐにどこの駅であるかがわかる。
- ものタグによる音声での説明は便利である。

【短所】

- 路線図自体が紙であるので濡れると使えなくなってしまう。
- ものタグに磁石などを近づけてしまうと音声による説明が使えなくなってしまう。
- たくさんの人が触ると点字がだんだん薄れていってしまう。

【視覚障がいがある人が路線図に求める情報】

- トイレはどこにあるか（1 番ホームの前側）
- 有人改札の出口の情報（友人改札の出口はどこにあるか）
- エレベーターや階段の情報（エレベーターや階段は駅のどこにあるか）
- 駅の出口の情報（例：出口 1 バス乗り場）
- 駅の近くにある観光スポットの情報

プロトタイプの状態での展示のため、まだまだ改善の余地が残されてはいるが、多くの来場者から研究に興味を持ってもらえ、且つ作品に対して好意的な良い評価が得られた。本研究の一番の成果は、開発した路線図に触れて音声を聞いた方々の中には、大阪環状線路線図の状態を初めて理解した人が複数名いたことである。

（3）まとめ

本研究において作製した 3D 印刷模型教材と大阪環状線路線図の 2 種類の支援アイテムについて、全盲の大学生に意見を求めた結果、視覚障がいのある人のニーズに対応した好感の持てる製作物になっていることが確かめられた。また、視覚障害のある人、視覚支援学校の教員、日本ライトハウス展来場者らからのコメントを集約すると、まずは視覚支援学校で教材として利用することが適しているという結論に至った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 成田一人, 仲矢史雄, 川野学都, 井原拓真, 池上尚吾, 今井友揮, 岡山将也, 高田周平, 八幡陽典, 山中将, 辻拓磨
2. 発表標題 触れてよくわかる視覚障がい者向け支援アイテムの開発
3. 学会等名 第7回大阪教育大学附属学校教員と大学教員との研究交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 仲矢史雄
2. 発表標題 持続可能な学習を実現するアクティブラーニング対応ICT技術の開発
3. 学会等名 イノベーションジャパン
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井原拓真, 山中将, 竹保遥, 大内田裕, 成田一人
2. 発表標題 視覚障がい者を対象とした触れて聞いてよくわかる路線図の開発
3. 学会等名 日本産業技術教育学会 近畿支部 第36回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山中将, 井原拓真, 池上尚吾, 竹保遥, 大内田裕, 成田一人
2. 発表標題 視覚障がい者を対象とした触れてよくわかる虫図鑑の開発
3. 学会等名 日本産業技術教育学会 近畿支部 第36回研究発表会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	仲矢 史雄 (NAKAYA FUMIO) (90401611)	大阪教育大学・科学教育センター・教授 (14403)	