

視覚障がいをもつ理工系大学・大学院生用の最新 ITC 技術を活用した教材の開発

特定非営利活動法人支援技術開発機構
研究開発部顧問 釜江 常好
共同研究者：(株)クリエートシステム開発 小出 富夫
山形大学理学部 教授 中森 健之
山形大学理学部 佐々木 大翔
青森大学東京分校 呂 沛珂

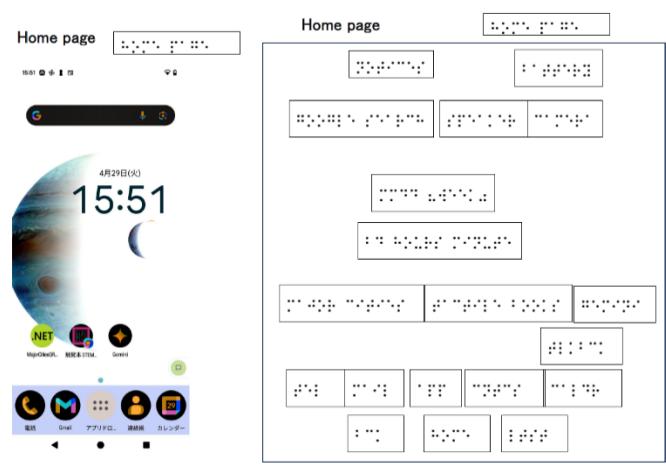
【研究成果】

1. 視覚障がい者の学習を支援するための、いろいろな技術の開発

1 a) その一つは、視覚障がい者が、指で触って形状が理解できる、盛り上がった触覚線を形成する技術である（熱真空転写技術）。これには、3D構造を持つ原版を作る必要がある。CTC 未来財団の助成を申請する前には、1mm 厚の版画用集成木材板をレーザーカッターを使っていた。外部に委託するため経費と時間がかかり、多くを制作できなかった。原版を作った後に、特殊なシート（米国 Thermoform 社から購入）を適度に熱し、原版に押しつけ触覚図や点字を「転写」する。この転写をする機械[図 1]は、Thermoform 社が市販しているが、高価な上、個人宅では使えないほど大きい。そのため、現在国内では、ほとんど使われていない。この壁を、転写装置を DIY で自作し克服してきた。大きさが A4 に制限されるが、指で触って理解できる触覚線を、薄いシート上で形成できている[図 2]。（担当 釜江）



[図 1] 3D マスターから触覚図や点字を Thermoform に転写



[図 2] スマホ画面の内容を指で触って理解できる薄いシート（触覚図）

1b) その次が、触覚図付き Multimedia DAISY 本の制作である。国内では、小学生までを対象とした DAISY 本が作られ、サピエ図書館から、貸し出されている。しかし高校高学年から大学生、大学院生、成人のための本は皆無と言える。現在では、PDF ファイルが音読できるが、DAISY 本のように目次から飛ぶ、前のページから続きを読む機能などが不十分である。さらに重大な欠陥は、図やグラフが、音声で説明されるだけで、「読め」ない。我々は、1 a)で記述した、触覚図を添付した、DAISY 本を何冊か制作してきた。大学から大学院生レベルの本で、数冊しか読まれていないが、「用意されている」安心感を与える効果はあると考える。（担当 釜江）

1c) Gemini Live が Google のスマホ、Pixel 7 に導入された機会を捉え、当スマホの使い方と設定を支援する「触覚指示書」を用意した。（担当 釜江、小出）

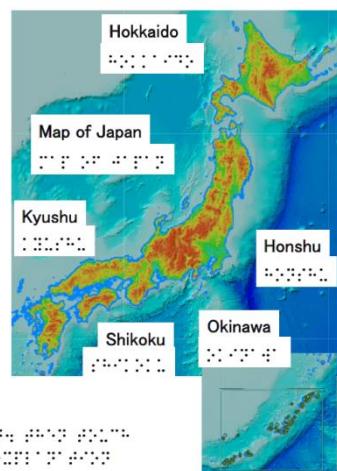
1d) 地理を学ぶ高校生を対象に、「日本地図帳」とは別に、触覚とスマホで世界の都市がわかる、触覚地球儀を作った。
(担当 釜江、小出)

1e) インターネットに頼らない AI が進みつつある中、その技術を応用する研究に取り組み始めた。その一つはスマホだけで機能する眼鏡型ガイド(Envision 社製 Ally Solo)である。二つ目は、指導できる専門家がない高校・大学でも音声アシスタンスで学べる、専門分野で Training された、自立型 AI の開発である。申請者が持っている NVIDIA の Jetson Orin Nano Super と Jetson Orin AGX をベースに稼働する予定である。三つ目は、スマホで指の位置を認識するアプリが公開された機会に、触覚図や立体模型に指で触った位置を検知し、情報を音声で伝える技術である。災害時の避難地図の理解、町のガイドなどに使えると考えている。(担当 釜江、呂)

2. 触覚日本地図 [図 3]

これは、高校生が地理を学び始める時期に合わせて、準備したものである。以前は、外部のレーザーカッターを時間レンタルし、熱真空成型の原版を作っていたが、時間と経費の制限で、年に数枚しか用意できなかつた。数 10 ページを要する教科書的なものは、準備できなかつた。山形大学の先生方に、国土地理院が無料で提供している 3D ファイルから、立体図が作れることを聞き、協力者として参加してもらった。申請者の自宅に小さな 3D プリンターを購入し、地形図だけでなく、県境や都市の位置、鉄道のルートと駅の位置を立体線で表す方法を習得した。その結果、北海道から沖縄までの地形図、県境と都市、鉄道図を完成させた。(担当 釜江、吉森、佐々木、小出)

Tactile Map of Japan
触覚日本地図
2025-09
釜江常好、中森健之、佐々木大翔、小出富夫
T. Kamae, T. Nakamori, H. Sasaki, T. Koide
A4 タッチディスプレーに重ね
触ると、説明が音声聞こえる地図帳
Lay the sheet on 15in touch screen.
Then touch a raised line and hear
audio explanation



[図 3] 触覚日本地図

3. 触ってわかる音声付き LaTeX 早見表 (担当 釜江、吉森、佐々木、小出)

3a) 視覚障がい者だけでなく、晴眼者も、リポートや卒論、修士論文、学術誌への投稿論文を、LaTeX の形式で用意する。そのため、視覚障がい者が使える、触ってわかる音声付き LaTeX 早見表[図 4]への要望が高かった。これに答える形で用意したのが本研究である。この中で重要と考えたのが、視覚障がい者の理解に役立つだけでなく、視覚障がい者が教える立場(教官)となる場合への配慮である。すなわち、記号や数式、マトリックスなど、印刷された形状を指で触り、晴眼者に示せるように配慮した。

触ってわかる 音声付き LaTeX 早見表
Tactual LaTeX Cheat Sheet with Audio Assistance
釜江常好、中森健之、佐々木大翔、小出富夫
T. Kamae, T. Nakamori, H. Sasaki, T. Koide
R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}

[図 4] LaTeX 早見表

3 b) 複雑で長い LaTeX の Script は、音読されるが、その場所を指で押すと、Script がクリップボードにコピーされるよう、工夫している。このためには、ThermoForm のシートを、タッチスクリーンの上にかぶせなければならない。1 a)に記述した触覚図付き Multimedia DAISY 本が読めるアイリスオーヤマ製の、A4 大のアンドロイドを貸し出している。これを使うと、スクリーンに投影しながら、視覚障がい者の教官が、LaTeX の出力を指で示すことができる。

【今後の課題】

日本には、多くの障がい者支援団体やボランティアグループがある。しかし、国や地方自治体の継続的な支援を受けている組織は、ほとんどない。公的な研究機関や大学も期の助成金を得て、技術の断片を試作するだけで、実用化し長期的なサポートをするところは、皆無と言える。

米国では 5 つほどの公立、民間の組織が、年に数億円から 10 数億円の資金を得て、100 年近く活動している。資金も、連邦政府、州政府、都市町村、民間財団、個人からの寄付を合わせて、執行することが許されている。極めて少額で短期的な、出資者が異なる資金を、小分けにして執行し、ここに会計報告しなければならない日本の事情とは比較できない。ヨーロッパでも、欧州連合、各国の公的・非営利団体の資金が、連携しあい長期的な支援をしている。日本人の申請者にも丁寧に応答してくれている。

日本が参考にすべきは、インドの視覚障がい者支援体制である。組織としては、Raised Lines Foundation である。この財団はニューデリーのインド工科大学が 2018 年に起業した団体で、Ministry of Electronics and Information Technology が全面的に支援している。2015 年に発足していた研究所、Centre of Excellence in Tactile Graphics の世界レベルの情報研究者が運営に関与している。すでに多くの触覚本や図を公開し、数 1000 人を支援している。特徴は、大学教授の指導のもと、数名の専任スタッフ(晴眼者)と大学院生などが教材を作成し、数 100 種類の資料を大量生産し、支援学校などに一部有料で提供していることである。日本では、NPO 団体や大学が国の資金、地方自治体の資金、民間の寄付をまとめて、運営することは許されないか、膨大な事務処理が必要となる。Centre of Excellence in Tactile Graphics は、障がい者のニーズに、情報技術、AI モデルなどで答えることは、大学研究の推進の動力源になるとを考えているようだ。

日本では、視覚障がい者と支援技術の開発研究に携わる、あるいは携わる可能性がある大学人・企業人との連携も、きわめて希薄である。東京大学などでも、障がい者の教官はいても、残念ながら、支援技術の開発研究に携わる人間との交流は希薄である。世界レベルで支援技術の開発に直接携わっている人は、きわめて少ない。本助成金の申請者が 11 年間働いていた Stanford 大学では、約 10% の学生が何らかの障がいを持つと自己申告している。日本では、支援を求めることが恥ずかしいと考える風潮が残っている。東京大学にも、支援技術の開発研究をする専門家グループを作り、障がい者が受講する講義や実験を支援する部門が欲しい。

【今後の展望】

個人の資金が許す限り、本助成金で制作した熱真空成型用原版を用い、触覚本を作り配布したい。また「インターネットに頼らない AI 技術」を応用し、専門家へのアクセスが難しい高校・大学生・社会人が、先進的な支援技術を利用できるよう広報活動や資金集めを続けたい。そのためにも、情報を広める活動を続ける必要がある。2025 年 12 月には、山形で障がい者団体、大学の研究者・学生、企業人に集まつてもらい、講演会を開く予定である。