

全盲の理工系学生の情報障害の体験からの一考察

佐藤文一^{†1} 喜連川優^{†2}

概要: 障害者の学習に対しては、教科書バリアフリー法が成立し、視覚障害の小中学校の生徒に対しては拡大・点字教科書の提供が制度化された。またデジタル教科書も世界的に検討されており、日本でも教育の情報化ビジョンが発表され、ICTを活用したロードマップが示された。制度面では、色々な施策が行われているが、大学特に理工系の全盲学生の視覚障害者の情報障害に対しては克服すべき課題が多い。本稿では、障害者当事者の観点から、特に専門書や論文を読むための情報障害の問題点を考察した。また、パソコンのタッチパネルを利用して、図形の輪郭の理解のための簡易プログラムを作成した。クラウドでの画像認識 API の OCR API の認識した文字と座標の情報を使い、タッチパネルに触れることによるレイアウトの理解のための簡易プログラムを作成した。以上のプログラムを基に、全盲者にとって有益化を考察した。

キーワード: 視覚障害者、情報障害、STEM、タッチパネル

FUMIKAZU SATO^{†1} MASARU KITSUREGAWA^{†2}

1. はじめに

障害者権利条約が国連で採択され、日本も 2007 年に批准した。その後、国内法の整備が進み、「全ての国民が、障害の有無によって分け隔てられることなく、相互に人格と個性を尊重し合いながら共生する社会の実現に資する」ことを目的とする略称障害者差別解消法が 2013 年に公布され、2016 年に施行された。

障害者の学習に対しては、2008 年に略称教科書バリアフリー法が成立し、たとえば視覚障害の小中学校の生徒に対しては拡大・点字教科書の提供が制度化された。またデジタル教科書も世界的に検討されており、日本でも 2011 年に「教育の情報化ビジョン」が発表され、ICT を活用した、2020 年までの情報端末とデジタル教科書の導入のロードマップが示された。

これらは、「高いアクセシビリティを有した教材であること」が明記されている。したがって個々のニーズに応じて、点字データ、音声データ、テキストデータ、拡大教科書用データ、DAISY データへの対応がなされてきている。

Internet の普及に伴い、Web Contents Accessibility Guidelines 等が整備され、国内においては、2006 年までに、情報アクセシビリティの規格として、日本工業規格 JIS X8341 シリーズが制定されてきている。

以上のように障害者に対して、色々な施策が行われてきている。

一方、障害者白書[1]によると、障害者手帳を有する視覚障害者は 31.5 万人であり、18 才未満は 0.5 万人で、特別支

援学校に在籍の中学生は 0.1 万人で、雇用者数は、1 万 6 千人である。中途の視覚障害者が多く、18 才未満の人の数が少ない。

視覚障害者は、情報の取得に大きな不自由があり、就労はかかなり厳しい状況である。

理工系 (STEM(science, technology, engineering, and mathematics))の全盲学生の情報障害に対しても克服すべき課題が多い。大学によっては、全盲理工系の学生が皆無ということも多く、その困難さを増している。

本稿では、具体的にその直面している問題、特に論文・専門書を読む際の問題点について障害者当事者の観点から考察する。また、簡易プログラムを作成したので、概要を報告する。

本稿の構成は、次の通りである。

第 2 節で、専門書を OCR でテキスト化、数式等のスクリーンリーダーでの読み上げ、図やグラフのイメージの 3 つの観点から問題点と既存技術と関連研究を紹介する。

第 3 節で、python のソースコードの変換、パソコン上の図形の輪郭をタッチすると音や音声でガイド、クラウドの画像認識 API の OCR 機能を使ったプログラムの 3 個の簡易プログラムを作成したので、概要を報告する。第 4 節でまとめと今後の方向性について述べる。

2. 問題点と既存研究

この節では、3 つの観点から全盲の理工系学生当事者の直面してきていた問題点とそれに関する既存の製品と研究について考察する。

2.1 専門書・論文を読むために

理工系学生の学習・研究において、論文や専門書が読めることが必須である。

^{†1} 東京大学大学院情報理工学系研究科
Graduate School of Information Science and Technology, the University of Tokyo.

^{†2} 国立情報学研究所, 東京大学生産技術研究所
National Institute of Informatics/Institute of Industrial Science, the University of Tokyo

日本点字図書館が運営するサピエでは、全国の点字図書館のボランティアによって作成された点字データと DAISY が統合され、オンラインで利用可能であるが、一般書が中心である。弱視児童生徒に対しては、その視覚特性に合わせた教科書・教材閲覧 iPad アプリ「UDブラウザ」[2]が研究開発されてきている。しかし、全盲者は、専門書を、裁断してスキャンして pdf に変換するか、あるいは出版社より何らかの方法で pdf ファイルを入手することが必要である。論文は web サイトから pdf をダウンロードすることにより入手できる。これらの pdf を OCR ソフトウェアを使用してテキストに変換して、パソコン上で、スクリーンリーダーで読み上げを行う。OCR ソフトウェアとして一般に入手可能なものとして、eTypist v.15.0、読取革命 Ver.15、Adobe Acrobat DC などがある。

しかし、これらの OCR ソフトウェアでは、数式は全く認識できない。このため、主に視覚障害者向けに、数式、文字が混在する文書を認識するための数式認識ソフトウェア InftyReader[3]が研究開発された。OCR 認識結果は LaTeX 形式等で出力される。

しかし、これらの OCR ソフトウェアは、以下の問題が発生している。

- 文字認識ミスによる誤字が発生
例 「.nd」 → 「find」の誤読
thisis → this is の誤読
「 $\text{\valbox{\tt\small REJECT}}$ 」 → こ
「に」が正解の誤読
- 脱字や行抜けやページ抜けひどい時はバースト誤読が発生
- 埋め込まれている文字情報が、人の読む順序と異なる時の対応
- レイアウトにより、文章と表や図が混じってしまう
- 左右の段組みのレイアウトの認識に失敗
- pdf によっては極端に認識率が悪いものがある

OCR ソフトウェアのレイアウト設定により、文字領域、図領域の指定、OCR 認識の順序を指定する機能があるが、全盲者はパソコン画面が見えないため、その機能を使用することができないことも原因の一つである。pdf に埋め込まれたテキストも利用して OCR を行っている。複数の OCR ソフトウェアを使用して、数 100 ページ以上の専門書を全盲者自身が推測で校正しながら読むのは、上記の問題があるため、非常に困難である。

東京大学でも 2016 年 5 月に「障害者差別解消法の施行に伴い、視覚障害、肢体不自由などのため、紙媒体の資料の利用が困難な方に、図書館所蔵資料等の電子化サービス試行」が発表された。現在は、このサービスを利用して専門書を読んでいる。

2.2 スクリーンリーダーでの画面情報読み上げについて

全盲者にとっては、文書を読むため、あるいはインター

ネットを利用して、情報を入手するために、パソコンの使用は必須である。このため、パソコンの画面の読み上げと操作を行うためのソフトウェアとしてスクリーンリーダーが発展してきており、JAWS、PC-Talker、NVDA などがある。それぞれ価格・機能・品質において一長一短があり、音声聞きながらショート・カット・キーなどを使うのであるが、操作の互換性はあまり考慮されていない。アプリケーションのアクセシビリティの対応の問題や、スクリーンリーダーの問題等により、画面の一部またはほとんどが、読み上げることができないという状況が多々起きている。

数式の読み上げについては、近年改善されてきている。Wikipedia などの web ページでの数式は以前は画像であったが、最近では、数式を表示するためのマークアップ言語である MathML で記述されるようになった。JAWS は、MathML に対して英語ではあるが読み上げに対応してきている。また、「視覚障害者でも使える理系文書編集ソフト ChattyInfty2」[4]では、視覚障害者向けに独自の数式読み上げを行っている。

しかしながら、現時点では、テキストファイルにある LaTeX 形式の数式の読み上げはスクリーンリーダーではまだサポートされていない。できれば $\frac{91}{6}$ は、簡易読みでは「91 割る 6」と読み上げ、詳細読みでは LaTeX のままで読み上げるように選択できると便利である。簡易読みが無いと、数式が長く複雑になった時に、ますます複雑になり、耳で聞いて頭でイメージすることが困難である。

スクリーンリーダーでの地名・人名・専門用語・複合文字は読み辞書の登録が不十分のため、読み誤りが起きている。たとえば「二子玉川」は「にしたまがわ」、「英文法」は「ひでふみあざ」と読み上げる。これら日本語の文字の場合はユーザー読み辞書として、スクリーンリーダーに登録することができる。

プログラミング言語 python では、メソッドや変数名は、英語小文字で続けて書く習慣であるため、たとえば“findall”は「フィンドル」という発音になる。また“ipython”は「イピソン」のような発音になる。これらは“findAll”、“iPython”のように途中の単語の先頭を大文字にすると正しく発音させることができるのであるが、スクリーンリーダーでは英語文字は読み辞書として登録できないのが現状である。

これ以外にも、「盲導犬」と「もうどう犬」では読み上げが異なっている。「表」を「ひょう」と「おもて」を前後の文章から読みを決定するようにはなっていない。いずれにしても誤った読みでずっと聞くのは、良いことではない。

2.3 図やグラフについて

論文や専門書の中での文章は、当然図やグラフが見えることが前提であるため、図やグラフが見えない全盲者は、理解が困難になる。

これらを解決する 1 つの方法として、図やグラフや写真等のイメージが何を表しているかを説明する代替え文章に

よる方法である。たとえば、ニューラルネットの計算グラフの図の説明として、

“左端にリンゴの絵があり、そこから右方向に矢印、白丸、矢印、白丸、矢印の順にありそれぞれつながっている。その先にトレイの中に入った小銭の絵がある...”と説明があると、理解のかなりの助けになる。

文献[5]によると、アメリカ合衆国では、そのためのガイドラインを作成し、ボランティアを通じて作業を進めているとのことである。地図を説明するのと折れ線グラフを説明するのではその方法が違うため、イメージの種類によってガイドラインを細分化しているとのことである。

2つ目は、触覚を利用する方法である。

地図やグラフのようなものは、言葉だけではなかなかわからない場合があり、実際指で触って理解することが効果的である。

以下現在入手可能なものを紹介する。

(1) 表面作図器(レーザーライター)

ビニール製の作図用紙の表面にボールペンで描くと図形や文字がそのままの形で浮き上がるため、描きながら指先でたどることができる。

(2) 点字プリンターでの点図印刷

点字プリンターで、点線や点を点字用紙に印刷し、凸状に浮き出させたり凹状にへこませたりして点図を作成する。

(3) 立体コピー機

通常のプリンターで専用カプセルペーパーに印刷し、立体コピー機に通すと黒く印刷された部分が膨らむ。下記はその立体コピーで作成された触地図の例である。

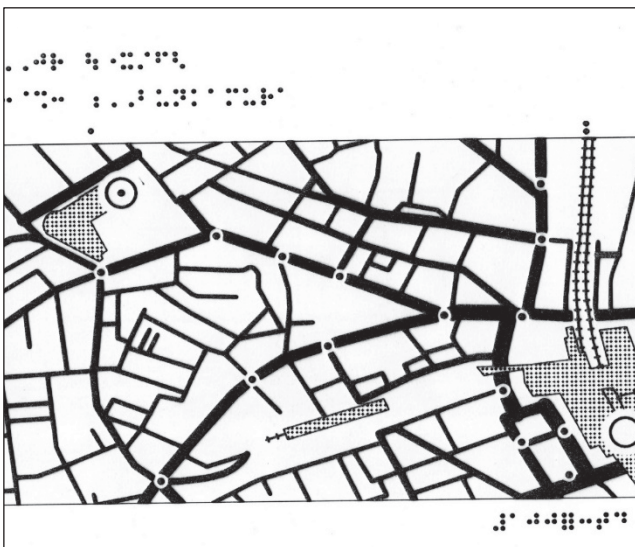


図 1 触地図の例

(4) 点図ディスプレイ

ピンを上下に動作することにより、パソコンの画面や図を点図で表示することができる。

点図ディスプレイ ドットビュー DV-2[6]は、 $32 \times 48 = 1,536$

ピンで価格が 123 万円と高価である。



図 2 点図ディスプレイ ドットビューDV-2
(ケーゲーエス)

以上の方法があるが、点図ディスプレイは、まだ非常に高価であり、視覚障害者が購入することは困難である。

また、触図を作成する場合は線の太さや文字の大きさ、イメージの簡素化等、指で触ってわかるように色々考慮しなくてはいけなく、かなりの熟練がいる。触図の用紙のコストも高いので試行錯誤で印刷するのには向いていない。

触覚による情報伝達は有効であるが、微細な情報はとらえにくかったり個人差もあるので、音声によるガイドがあるとより理解しやすくなるため、触覚と音声を組み合わせて視覚障害者がより効果的に理解できるような研究が行われている。3D プリンターが比較的安価に購入できるようになったので、地図を 3D プリンターで薄く印刷し、触地図を作成し、モバイル端末の表示画面の上に置く。この触地図は薄いので、タッチ操作が可能であり、モバイル端末の音声機能を利用できる。触れた点の道路とかビルの名前とかを音声ガイドで知ることができる研究も行われている [7][8]。

3. 簡易プログラムでの試行

以上述べてきたように、全盲者が専門書や論文を読むためには、OCR の認識性能、文章のレイアウトの認識、スクリーンリーダーの数式等の読み、図やグラフを理解するための手段等克服すべき課題が多い。

これら以外にも、さまざまな点で改善すべき事柄がある。そのための手がかりとして、下記の簡易プログラムを作成したので報告する。

3.1 python のインデントのわかる相互変換プログラム

python は、無料のプログラミング言語で、化学計算等のライブラリーが豊富である。python では行頭からの同じ数の空白でインデントされた文がブロックとみなされるが、スクリーンリーダーは空白を読み上げないため、音声ではインデントがわからない。

したがって、インデントのレベルがわかるように、文頭にレベルの数字を付加したファイルを作成した。

変換前

```
def fib(n):
    if n == 0 or n == 1:
        return 1
```

変換後

```
0 def fib(n):
1 if n == 0 or n == 1:
2 return 1
```

これにより、python のプログラムが理解しやすくなった。

3.2 図形の輪郭にタッチすると音を出すプログラム

前述のように点図ディスプレイは、図やグラフを理解するためには、有効な方法であるが、解像度が低くて、高価という欠点がある。触図も有効であるが、作成するにはノウハウが必要であり、晴眼者のサポートも必要である。たとえば、機械学習等の評価結果を、色々な組み合わせを動的にあるいは一時的にグラフに表示させる場合は、あまり向いていない。

一方、モバイル端末やパソコンのタッチパネル付きディスプレイは比較的安価に購入できるようになってきている。タッチパネルを触って、音声で図形を理解できないかを試すプログラムを作成した。MIT が開発している Windows, Mac, Android, iOS 等のクロスプラットフォームで動作可能な GUI 作成の kivy[9] ソフトウェアを使って、プログラミングして試した。パソコンの画面に表示されている図 3 の円、楕円、長方形の単純な図形の輪郭に指でタッチパネルに触れると「ピッ」と音を鳴らすようにした。しかし、形を理解するのは難しいのが実感であった。

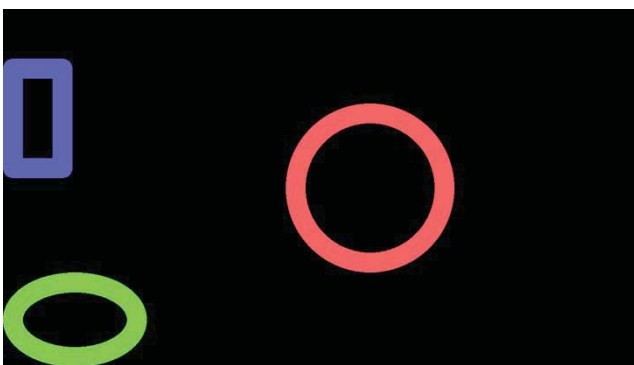


図 3 図形の表示画面

次に、Microsoft Speech Platform(MSSP)[10]の音声合成を使用して、図形の輪郭に触れると、「circle」と、音声出力するようにした。画面上での図形の配置はわかるが、形を知らされていてもタッチにより、形状を理解するのは、困難であった。

3.3 クラウドの画像認識を利用したプログラム

できればパソコンに表示されている画面の図形は、自動認識できることが望ましい。そこで、近年の Deep Learning 等を活用したクラウドでの画像認識 API を使ってみた。各社から提供されているが、Microsoft Azure の Microsoft Cognitive Services と Google Cloud Vision API を使用してみた。この API ではリクエストとレスポンスの両方で JSON(JavaScript Object Notation) を使用しており、アプリケーションに組み込むことが容易である。主な機能として、画像に写っているさまざまなカテゴリの物体を検出するためのラベル検出 API、画像に含まれる複数の人物の顔や感情を検出するための顔検出 API、画像内のテキストを検出、抽出するための OCR API の機能がある。下記は、その json 形式のレスポンスの抜粋である。

ラベル検出のレスポンスの例

```
"description":{"tags":["person","outdoor","fence","..
"age":21,"gender":"Male","faceRectangle":{"left":1118,"to
p":301,"width":356,"height":356}}
```

OCR のレスポンスの例

```
"lines":[{"boundingBox":"1838,358,300,67",
"words":[{"boundingBox":"1838,358,62,67","text":"章"},
{"boundingBox":"2073,358,65,67","text":"末"}]
```

ラベル検出 API では、円や楕円のような単純な図形はレスポンスに含まれなかったため、図形の自動認識には利用できない。また、顔以外の検出したラベルの座標はレスポンスにはないので、全盲者には画像上での位置を知ることはできない。ただし、付加されるキャプション情報により、風景か人物写真かがわかるし、顔の位置座標と性別、年齢も認識し、更に顔 API を使用すると喜び等の感情も認識するので、全盲者にとっては写真を理解するための一助になる。OCR API では行に含まれる文字認識結果と、その文字の座標が得られるので、画面のタッチしたところの行全体の文字を読み上げる、あるいは、その中の 1 文字だけを読み上げるプログラムを作成した。

また、図 4 に示すように、タッチした文字領域を四角で囲むことにより、晴眼者の人からの説明も受けやすくなる。

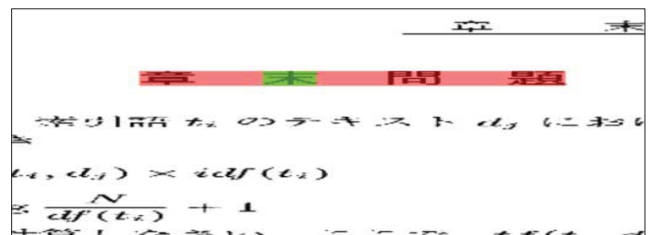


図 4 OCR 結果の表示画面 1

1 高村大也他, 言語処理のための機械学習 より引用

画面の中のテキストのレイアウトがわかるので、段組みやレイアウトで誤認識した文書を理解することに役立つかもしれない。

4. おわりに

障害者を取り巻く社会的環境も整備されてきており、視覚障害者の情報障害に対しても、長年多くの研究がなされてきている。

しかし、視覚当事者障害者自身が、独力で解決できる支援技術の研究がより望まれており、その発展が視覚障害者の就労・就学に大いに寄与するはずである。

本稿では、全盲の理工系学生の当事者の観点から、その問題点を考察した。

また、GUI、音声合成、画像認識のためのソフトウェアライブラリーが、色々入手できるようになり、全盲の視覚障害者でも、プログラムを書き、タッチパネルを積極的に利用し、試してみることができるようになってきた。

今後は、クラウドの画像認識技術に加えて、自然言語処理の技術も取り入れ、全盲の理工系学生がより効率的に学習できるための研究を行っていこうと思っている。

参考文献

- [1]障害者白書 - 内閣府
<http://www8.cao.go.jp/shougai/whitepaper/index-w.html>
- [2]教科書・教材閲覧アプリ「UDブラウザ」のホームページ
<http://web.econ.keio.ac.jp/staff/nakanoy/app/UDB/>
- [3]InftyReader とは - サクセスネット (特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット)
<http://www.sciaccess.net/jp/InftyReader/>
- [4]ChattyInfty2 --- 視覚障害者でも使える理系文書編集ソフト
<http://www.sciaccess.net/jp/ChattyInfty/index.html>
- [5]田中良広他, 視覚障害のある児童生徒のための教科書デジタルデータの活用及びデジタル教科書の在り方に関する研究-我が国における現状と課題の整理と諸外国の状況調査を踏まえて-, 平成28年3月研究成果報告書 特教研 C-95
<http://www.nise.go.jp/cms/7,12447,32,142.html>
- [6]福祉機器製品別一覧 - ケージーエス株式会社
<https://www.kgs-jpn.co.jp/index.php?%E7%A6%8F%E7%A5%89%E6%A9%9F%E5%99%A8%2F%E7%A6%8F%E7%A5%89%E6%A9%9F%E5%99%A8%E8%A3BD%E5%93%81%E7%B4%B9%E4%BB%8B%2F%E8%A3BD%E5%93%81%E5%88%A5%E4%B8%80%E8%A6%A7VIP#ke16a040>
- [7]Gotzelmann, Timo. "LucentMaps: 3D Printed Audiovisual Tactile Maps for Blind and Visually Impaired People." Proceedings of the 18th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility. ACM, 2016.
- [8]Taylor, Brandon, et al. "Customizable 3D Printed Tactile Maps as Interactive Overlays." Proceedings of the 18th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility. ACM, 2016.
- [9]Kivy: Cross-platform Python Framework for NUI Development
<https://kivy.org/#home>
- [10]Microsoft Speech Platform SDK 11 Documentation
[https://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd266409\(v=office.14\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd266409(v=office.14).aspx)