

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26282044

研究課題名(和文)文字認知が困難な児童生徒の能動的読書を可能にするマルチモーダル教科書の開発と評価

研究課題名(英文)Development and Evaluation of Multimodal Textbooks for Active Readings by Dyslexic Students

研究代表者

藤芳 明生 (Fujiyoshi, Akio)

茨城大学・工学部・准教授

研究者番号：00323212

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：文字認知が困難な児童生徒の能動的読書を可能にするため、マルチモーダル教科書の開発を行った。マルチモーダル教科書の統一的作成システムが完成し、教科書のPDFファイルから半自動的にマルチモーダル教科書を作成できるようになり、作業効率が大幅に向上した。全国の約8割の小中学生が使用する国語の教科書に対応する音声付教科書が完成し、中学英語、中学公民等の科目の音声付教科書も制作した。さらに、連携研究者とともにNPO法人を立ち上げ、希望者には実費で音声付教科書を提供する環境の整備を行った。

研究成果の概要(英文)：We developed multimodal textbooks for students with print disabilities. Since the development of the unified production system for multimodal textbooks was completed, it becomes possible to semi-automatically produce multimodal textbooks from the original PDF file of textbooks. Major titles of textbooks in Japanese for elementary schools and junior high-schools were produced. Some titles of textbooks in English and civics for junior high-schools were also produced. Moreover, we founded nonprofit organization with partners, and it makes possible to deliver multimodal textbooks to persons who wants to use it with the cost price.

研究分野：教育工学

キーワード：教育工学 特別支援教育 読字障害 発達障害 音声付教材

## 1. 研究開始当初の背景

研究代表者らは、文字認知困難者が音声で大学入試センター試験を受験できるようにするため、文書構造表音声問題及びマルチモーダル問題の開発を行ってきた。センター試験は大問形式であり、長文かつ文書構造が複雑であるため、問題を能動的かつ自由に読むことが可能な音声問題の開発が必要不可欠であった。当初、タブレット PC や DAISY プレーヤを利用して開発を行ってきたが、実用的なレベルには達しなかった。しかし、見えない 2 次元コードと音声ペン（2 次元コードスキャナ内蔵デジタルオーディオプレーヤ）を活用することにより、ついに最適な音声問題の開発に成功した。しかし、残念ながら、今日まで音声問題の採用には至っていない。

一方、初等中等教育の現場において音声付教材の利用は徐々に普及しつつあった。教科書バリアフリー法の施行により、音声付教材を製作する目的で、教科書会社から教科書のデジタルデータを入手することが可能になり、様々なボランティア団体が音声付教材の製作を始めることとなった。研究開始当初から今日においても、マルチメディア DAISY 形式の音声付教材が最も普及している。

文部科学省が 2012 年に実施した調査によると、知的発達に遅れはないものの「読む」又は「書く」に著しい困難を示す児童生徒の割合は 2.4% もあることが判明している。これは、文字認知が困難な児童生徒の多くは、特別支援学校や特別支援学級に在籍または通級で指導を受けておらず、通常学級にそのまま在籍していることを示唆している。特別支援学級等では、ノート PC 上のマルチメディア DAISY 方式の教材が利用されるようになったが、通常学級での利用は困難である場合が多い。公立学校において合理的配慮の提供が義務になったとはいえ、児童生徒本人が他の子と違う教材を使用することに大きな抵抗を感じることは無視できない。

このため、通常学級での利用に適し、障害の有無に関係なく誰でも利用可能なユニバーサルデザインの教科書の開発に思い至るようになった。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、音声問題の開発で培った技術を音声付教材の製作に活かし、マルチモーダル教科書を開発することである。マルチモーダル教科書とは、教科書紙面に見えない



2 次元コードを重ねて印刷し、音声ペンで対応する朗読音声や詳細説明を聞くことができる教科書である。

この教科書の特徴は、以下の通りである。

- (1) 通常の教科書と見た目はほぼ同じ  
通常の教科書に見えない 2 次元コードがそのまま重ねて印刷されているだけであり、レイアウトやページ数も全く同じである。音声ペンは、教科書で勉強する目的にしか利用できないため、眼鏡や補聴器と同じように、補助具という位置づけとしてとらえやすい。
- (2) 音声ペンは使いやすく安価  
音声ペンの操作は、幼児や知的障害のある児童生徒にも簡単にできることが確認されている。音声ペンは、1 本 4 千円程度と安価である。予備も入れて 2 本購入しておくこともできる。スピーカー内蔵であり、イヤホンも利用可能である。また、録音機能もある。



- (3) 自然と読みの練習につながる  
音声の再生は文単位であるので、次の音声聞くためには次の文頭を音声ペンでタッチする必要がある。そのため、自然に、音声を聞きながら目で文字を追う姿勢になる。それが、読みの練習につながると考えている。
- (4) 能動的な読書ができる  
通常の音声教材では、どうしても受動的に聞く姿勢になってしまう。しかし、マルチモーダル教科書では、音声ペンで紙面をタッチするという動作が必要であるため、使用者の意識が常に紙面に向き、能動的に聞き続けることができる。読みたい箇所を、自由に聞くことができるため、ストレスも少ない。
- (5) 予習と復習が可能  
マルチモーダル教科書があれば、自宅で自習が可能となる。マルチモーダル教科書で予習と復習をしていれば、たとえ文字を読むのが遅くても、教室で他の子どもたちと一緒に勉強できる。
- (6) メモ付の自分の教科書が作れる  
教科書紙面を鉛筆で塗りつぶさない限り鉛筆やペンでメモを書き込むことが可能である。また、蛍光ペンのようにカーボンを含まないインキを使う筆記具であれば、塗りつぶした部分の 2 次元コードも読み取り可能である。よって、自分が書き込んだメモ付の自分の教科書を作ることができる。

### 3. 研究の方法

本研究が開発するマルチモーダル教科書が、実際の学校現場で使用されるようになり、継続的に供給を続けていけるようになるためには、研究開始当初において、次のような課題が存在した。

(1) マルチモーダル教科書を効率よく製作する技術を開発すること

(2) マルチモーダル教科書はどのような障害のある児童生徒に向くかを調査すること

(3) 全国の文字認知が困難な児童生徒にマルチモーダル教科書を届けるための供給体制を整備すること

本研究はこれらの課題を、次のように解決して行った。

マルチモーダル教科書を効率よく製作する技術を開発することは、最も重要である。これを実現するために、「2次元コードの割り付けた印刷用データの製作」、「音声の編集」、「音声と2次元コードの対応付けデータの作成」の3段階に分かれていたそれぞれの作業を見直し、それぞれの効率を向上させるとともに、最終的には、3つの作業を統一的に行うことができるようにするためのシステムの開発を行った。また、印刷用データから需要に応じて迅速に製作が行えるようにするため、PDF形式の紙面データを製作できるようにした。この紙面データを作成しておけば、印刷会社に入稿して印刷することはもちろん、一部のカラーレーザープリンタ(実解像度600dpi以上、CMYKを色変換無しで印刷可能な機種)での印刷も可能とした。

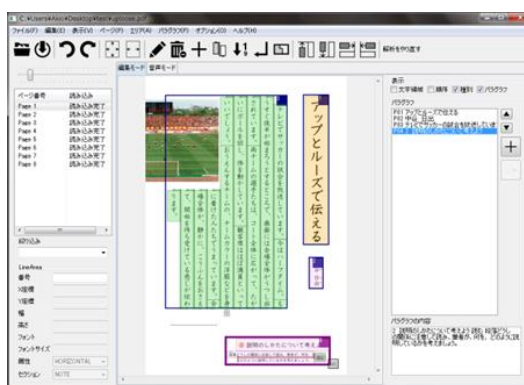
マルチモーダル教科書はどのような障害のある児童生徒に向くかを調査することも、非常に重要である。マルチモーダル教科書の利用に適した障害として、視覚障害、知的障害、発達性読字障害、外国ルーツなどの児童生徒を想定していたが、それぞれの障害の程度に応じて適不適が異なってくるのが予想されていた。調査方法として、広く利用者にアンケート調査を行うとともに、継続的に使用したいと希望した児童生徒に対し、アセスメント等を行い、読書速度や内容理解に改善が見られるかどうかの調査を行った。また、マルチメディアDAISY形式等の教材との比較も行い、どのような児童生徒にマルチモーダル教科書に向くのかを明らかにした。

全国の文字認知が困難な児童生徒にマルチモーダル教科書を届けるための供給体制を整備するために、連携研究者を代表にした非営利活動法人を立ち上げ、希望者には実費でマルチモーダル教科書を提供する体制の整備を行った。研究というより実務と考えられがちな供給体制の整備であるが、いかに効率よく継続可能な環境を整えるかという点については、様々な実験と考察が必用であった。更に、マルチモーダル教科書の普及に資するため、日本LD学会大会や日本特殊教育学会大会で宣伝活動を行った。

### 4. 研究成果

本研究で得られた研究成果を述べる。

(1) マルチモーダル教科書統一的作成システムの開発



マルチモーダル教科書を効率的に作成できるようにするための統一的作成システムとして Multimodal Publication Producer の開発を行った。Java で開発されているため、Windows, Mac OS, Linux のマルチプラットフォームで動作する。主要な機能は、上部のアイコンをクリックすることで使用でき、作業者の負担を減らすよう設計されている。入力された PDF ファイルから、文章レイアウトの自動解析を行い、「文」、「段落」、「章」等のまとめりや、「タイトル」、「本文」、「欄外」、「付録」等の属性を得る。それによって、音声再生領域の配置を自動的に行う。また、音声再生領域に音声データの割り付けはマウスのドラッグ・アンド・ドロップの操作で簡単に行うことができる。音声の編集機能もあり、音声データの分割・結合を必要に応じて最低限の操作ステップで行えるように工夫されている。音声ペン用の音声データの生成まで一貫して行えるようになった。

このように本システムは、紙ベースの音声付教材の一貫した作成環境を提供する。評価実験を行ったところ、作業効率が3~5倍向上していることが確認された。また、多くの作業が自動で行われるため、生じるミスを大幅に減らすことができた。

さらに、DAISY 教材、音声埋め込み PDF 教材、AR 技術による音声教材の作成にも本システムは利用できるように設計されている。

本システムは、以下の URL において一般公開されている。

<http://apricot.cis.ibaraki.ac.jp/MultimodalPublicationProducer/>

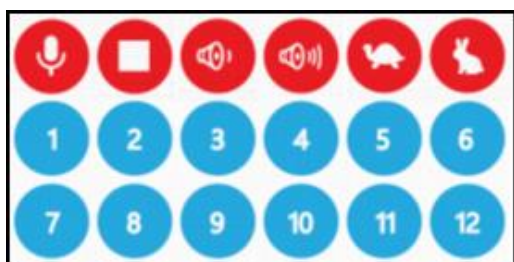
(2) 著作権の使用許諾なしに音声付教材を作成する方法の開発

様々な形式の音声付教科書が普及してきたが、教科書以外に目を向けると、副読本、配付資料、テスト等においては、音声付教材の普及はそれほど進んでいない。この理由として、「教師による音声付教材の作成が困難であること」、「著作権の使用許諾を得る手続きの複雑さおよび困難さ」がある。そこで、Multimodal Publication Producer を他の

様々な形式の音声付教材も作成できるようにするとともに、著作権の使用許諾を得ることを必要とせずに音声付教材の作成を可能にする2つの形式の音声付教材の作成方法を開発した。「録音機能付きの音声ペンを用いた教材」と「AR技術を用いた教科書読み上げアプリ」である。

#### ①録音機能付きの音声ペンを用いた教材

見えない2次元コードを印刷したシールを作成し、音声ペンの録音機能を使ってシール上の2次元コードに録音した音声に対応付けられるようにしたものである。これにより、電子機器に不慣れな者でも、簡易的な音声付教材の作成が容易に行えるようになった。元の教材をコピーする必用がないので、使用許諾を得なくてもよい。



#### ②AR技術を用いた教科書読み上げアプリ

スマホのカメラで教科書紙面を認識し、対応する音声を再生するアプリである。再生箇所を画面上にハイライト表示させることができ、画面をタップして任意の箇所の音声を再生できる。アプリに含まれるものは、紙面の画像の特徴量（画像そのものではない）と録音された音声（無償で朗読されたものに限る）だけであるため、無償で配布を行っても著作権法的に問題ない。



#### (3) マルチモーダル教科書の使用が向く児童生徒の解明

これまでの実証実験及びアンケート調査の結果から、他の音声付教材と比べ、マルチモーダル教科書の使用が向く児童生徒の知見が得られた。

- ・タブレットやPCの利用が困難な児童生徒
  - ・同一性の認知に困難を有する児童生徒
- まず、タブレットやPCの利用が困難な児

童生徒についてであるが、マルチメディアDAISY教材のように、既存の音声付教材はタブレットおよびPCを必用としている。知的障害児のようにタブレットおよびPCの操作ができない場合もあるが、情緒的な発達に遅れがある児童生徒にとっても、タブレットおよびPCはゲームや動画などの魅力的なコンテンツが扱えるため、勉強に集中できなくなるという問題を抱えていることもある。

同一性の認知に困難を有する児童生徒についてであるが、同一性の認知とは、一見すると見かけの違う物であっても、本質的に同一の物であれば、同一と判断することである。発達性読字障害の児童生徒には、フォントの多少の違いでも同一の文字であることが認知できない場合が多いことが知られており、レイアウト等が本物と異なる教科書を利用した場合、それが教科書であるという認知に時間がかかったり、困難であったりすることが予想される。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 14件)

①Akio Fujiyoshi, "A Practical Algorithm for the Uniform Membership Problem of Labeled Multidigraphs of Tree-Width 2 for Spanning Tree Automata", International Journal of Foundations of Computer Science, World Scientific Publishing Company, vol. 27, no. 5, pp. 563-581 (2017) 査読有 DOI: 10.1142/S012905411740007X,

②藤芳衛, 藤芳明生, 石田透, 「重度視覚障害を有する教職員等の点字教材の自立的作図を可能にするBplot (コマンド記述方式)」, 日本教育工学会論文誌, 日本教育工学会, vol. 41, no. 2, pp. 149-156 (2017) 査読有 DOI: 10.15077/jjet.40116

③Daniel Prusa, Akio Fujiyoshi, "Rank-reducing Two-dimensional Grammars for Document Layout Analysis", Proceedings of the 14th IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2017), pp. 1120-1125 (2017) 査読有 DOI: 10.1109/ICDAR.2017.185

④佐藤文恭, 藤芳明生, 「形式文法を用いて化学構造式中の示性式を自動認識する化学構造式OCRの提案」, 情報処理学会論文誌, 57巻11号, pp. 2467-2474 (2016) 査読有

⑤Akio Fujiyoshi, "A Practical Algorithm for the Uniform Membership Problem of Labeled Multidigraphs of Tree-Width 2 for Spanning Tree Automata", Proceedings of the 19th Conference on Implementation and Application of Automata (CIAA 2016), Seoul, LNCS 9705, pp. 101-112 (2016) 査読有 DOI: 10.1007/978-3-319-40946-7\_9

⑥Takuya Takaira, Yoshiaki Tani, Akio

Fujiyoshi, “Development of a Unified Production System for Various Types of Accessible Textbooks”, Proceedings of the 15th International Conference on Computers Helping People with Special Needs (ICCHP 2016), Linz, LNCS 9758, pp. 381-388 (2016) 査読有

DOI: 10.1007/978-3-319-41264-1\_52

⑦ Yoshiaki Tani, Takuya Takaira, Akio Fujiyoshi, “A Simple Viewer and Editor of Sound-Embedded PDF for Elementary School Students with Print Disabilities”, Proceedings of the 15th International Conference on Computers Helping People with Special Needs (ICCHP 2016), Linz, LNCS 9758, pp. 359-366 (2016) 査読有

DOI: 10.1007/978-3-319-41264-1\_49

〔学会発表〕(計 8件)

①藤芳明生, 藤芳衛, 「様々な音声付教材の統一的作成システムの開発」, 日本特殊教育学会 第 55 回大会, 2017/9/16~2017/9/18, 名古屋国際会議場

②藤芳明生, 藤芳衛, 「紙ベースの音声付教材の効率的な作成手法の開発」, 日本特殊教育学会 第 54 回大会, 2016/9/17~2015/9/19, 新潟コンベンションセンター

③藤芳明生, 太田裕子, 村上賢司, 藤芳衛, 「読み困難な児童生徒向けの紙ベースの音声付教科書」, 日本特殊教育学会 第 53 回大会, 2015/9/19~2015/9/21, 東北大学川内北キャンパス

④太田裕子, 藤芳明生, 藤芳衛, 「通常の学級における音声付教科書の活用事例の検討Ⅱ」, 日本特殊教育学会 第 52 回大会, 2014/9/20~2014/9/22, 高知大学朝倉キャンパス

〔図書〕(計 1件)

①藤芳明生, 「形式言語・オートマトン入門」, 数理工学社, 2017/08, 全 163 ページ

ISBN: 978-4864810470

〔産業財産権〕

○取得状況 (計 1件)

名称: 2次元コード読取装置

発明者: 藤芳明生

権利者: 茨城大学

種類: 特許

番号: 特許第 5993204 号

取得年月日: 2016年9月14日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://apricot.cis.ibaraki.ac.jp/textbook/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

藤芳 明生 (FUJIYOSHI AKIO)

茨城大学・工学部・准教授

研究者番号: 00323212

### (2) 研究分担者

無し

### (3) 連携研究者

藤芳 衛 (FUJIYOSHI MAMORU)

大学入試センター・名誉教授

研究者番号: 20190085