

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 16 日現在

機関番号：42686

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22330264

研究課題名(和文) 様々な形で視覚に障害を持つ人のために科学教材をバリアフリー化するシステムの研究

研究課題名(英文) Research on the computerized system to make scientific materials barrier-free for people with various print disabilities

研究代表者

山口 雄仁 (YAMAGUCHI, Katsuhito)

日本大学短期大学部・一般教育・教授

研究者番号：00182428

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,000,000円、(間接経費) 4,500,000円

研究成果の概要(和文)：印刷ないしPDFの理数系文書をアクセシブルな電子書籍形式であるDAISYに変換するOCR技術の改良，理数系DAISY編集・閲覧ソフトウェアの開発，日本語理数系教材をきちんと取り扱えるようにDAISY形式を拡張・改良する研究などを行った。その結果，全盲・重度弱視・発達性読字障害など様々な形で視覚に障害を持つ生徒が，インクルーシブな教育環境で晴眼者と同じ科学教材を共有するための基礎が確立できた。

研究成果の概要(英文)：The improvement of OCR technology for converting math/scientific documents in print or PDF into DAISY (Digital Accessible Information System), which is an accessible e-book format, and the development of software to browse/author those DAISY contents have been studied. The improvement of DAISY itself also has been accomplished so that it can treat math/science textbooks in Japanese properly. Consequently, basis to enable various print-disabled students such as the blind, the severe low-vision and the dyslexia to share the same math/scientific materials with sighted people in inclusive educational environment have been established.

研究分野：福祉情報工学，教育工学

科研費の分科・細目：教育学・特別支援教育

キーワード：インクルージョン DAISY 科学教育 視覚障害 発達性読字障害 OCR 触読図 デジタル教科書

### 1. 研究開始当初の背景

障害を持つ児童・生徒を養護学校等に隔離するのではなく、特別支援の下で晴眼者とともに普通学校で学ばせるインクルーシブ教育は、近年わが国でも徐々に普及しつつある。しかし、通常の墨字印刷された文書を利用できない視覚障害者の場合、インクルーシブ環境での教科教育は容易ではない。特に理数系の教科教育では、必要な教材の提供、晴眼教員・級友との科学コンテンツに関する情報共有やコミュニケーション手段などが大きな問題となる。

学習障害の研究が進んだ結果、これまで知的障害と見なされていた子供の中に、脳の機能障害を原因とする学習障害の者が多数いることが分かって来た。その代表的なものが「発達性読字障害(Dyslexia)」である。読字障害の症状はさまざまであるが、書かれた文書を見ても、文字や記号で構成された視覚情報をきちんと脳内で情報処理して、その意味内容と結びつけることができないという点で共通しており、これも一種の視覚障害と見なすことができる。

障害の特性から、読字障害者の学習支援には視覚障害者のそれと共通点が多いため、近年は従来の視覚障害者支援技術を進展させる形で、コンピュータを利用した視覚障害・読字障害者用電子教材の研究が進められている。この分野で最近特に注目されているのが、"DAISY (Digital Accessible Information System)"という XML 形式の電子書籍である。DAISY 電子書籍では、コンピュータ・携帯端末の画面に文書を表示すると同時に、その内容を合成音声（またはデジタル録音された朗読）で読み上げ、さらに画面上の現在読んでいる箇所を拡大・強調表示する等、多様な情報アクセスが可能である。DAISY は視覚障害・読字障害者用電子書籍の国際標準となつつある。

しかし一方、数式や図、グラフなど特殊記

号・特殊表記を多く含む科学教材は、本課題研究開始当時の DAISY 形式では取り扱いが困難であった。これには、理数系文書を表現する上での DAISY 形式そのものの不備、数式や表などをきちんと扱うことのできる DAISY 編集・閲覧ソフトウェアがないこと、印刷ないし他の電子形式の理数系文書を DAISY 形式に変換する技術が確立していないことなどの要因があり、視覚障害・読字障害者の理数系教育支援を考える上で、早急に取り組むべき課題となっていた。

### 2. 研究の目的

デジタル教科書の本格導入を間近に控えた今日なお、数式・表・グラフ・図など様々な特殊表記・特殊記号を含む科学コンテンツのアクセシビリティは残された課題である。本研究の目的は、全盲・重度弱視・発達性読字障害(Dyslexia)など様々な形で視覚に障害を持つ児童・生徒が、インクルーシブな教育環境で晴眼者と同じ科学教材を容易に共有できるようにするため、科学コンテンツをバリアフリーな形に自動変換し、それを編集閲覧するシステムを研究開発することにある。

特に近年アクセシブルな電子書籍の国際標準となりつつある DAISY 形式に焦点を絞り、印刷や PDF などの墨字理数系文書を DAISY 形式に変換する OCR 技術の確立、理数系 DAISY 編集・閲覧ソフトウェアの開発、日本語理数系教材をきちんと取り扱えるように DAISY 形式そのものを拡張・改良する研究などを行うこととした。

### 3. 研究の方法

我々の研究グループでは、これまで科学研究費補助金の課題研究として、いくつかの視覚障害（全盲）者支援技術を研究開発してきた。数式 OCR では、墨字印刷ないし PDF 形式の理数系文書を自動認識し、それを LaTeX,

MathML など視覚障害者に利用可能なファイル形式に変換できる。我々の数学文書エディタを使えば、全盲者でも数式 OCR による認識結果を音声で読むことができるだけでなく、音声ガイドにより数学文書を自分で作成・編集することが可能である。これらは世界的にもあまり類例のない独自技術であり、視覚障害者、特に全盲者の理数系情報利用環境を大きく改善したと言ってよい。

本研究ではこれらの研究成果を踏まえ、印刷ないし PDF 形式の墨字科学教材を、全盲だけでなく重度弱視・読字障害者を含む多様な視覚障害者のためにバリアフリー化するため、以下の方法でシステム開発に取り組んだ。

(1)特に重度弱視や発達性読字障害の児童・生徒について、画面上の数式・表等の拡大・強調表示やそれらの読み上げ方法等がいかにあるべきか具体的に明らかにした。こうした研究の成果に基づき、新たに理数系対応の改良 DAISY 形式を設計・提案した。

(2)我々の数式 OCR システムを改良・発展させ、墨字印刷ないし PDF 形式の理数系文書を自動認識し、(1)の改良 DAISY 形式に変換・出力するシステムを開発した。

(3)我々の視覚障害者用数学文書エディタを改良・発展させ、重度弱視・発達性読字障害の児童・生徒にも使いやすい理数系対応 DAISY 編集・閲覧ソフトウェアを研究開発した。このソフトウェアは(2)のシステムと有機的に連携し、OCR の認識結果(改良 DAISY 形式)を直接扱うことができる。

#### 4. 研究成果

本研究は大別して、

A. 理数系対応 DAISY 編集・閲覧ソフトウェア開発: 山口(日大短期大学部), 川根(同, 連携研究者), 駒田(同, 連携研究者)

B. DAISY 対応数式 OCR システム開発: 鈴木(九州先端科技研), 金堀(筑波技大)

の2つのグループで研究開発に当たった。研究期間各年度におけるそれぞれの研究成果は以下の通りである。

#### (1)平成 22 年度

##### A グループ

先行課題研究で開発してきた音声出力機能付き数学文書エディタを土台として、理数系コンテンツを扱うことのできるテキスト DAISY 編集・閲覧ソフトウェアを試作した。このソフトウェアは従来の数式エディタの機能をすべて持つ以外に、DAISY のインデックス機能や強調表示機能、読み上げ・ハイライト連動機能等を持ち、全盲だけでなく重度弱視や発達性読字障害の人にも利用できる。さらにメニューやダイアログを日本語・英語以外の言語に容易に変換できるようにする機能を実装し、表編集・読み上げ機能も強化した。また、作成した理数系テキスト DAISY コンテンツにおいて、音声合成エンジンを利用した自動読み上げにおける読み誤りを修正し、専門用語・数式に正しい読みを与える方法を提案・実装した。さらに修正後のコンテンツを音声合成を利用して音声 DAISY として出力する技術開発にも取り組んだ。

##### B グループ

先行課題研究で開発してきた数式 OCR 技術を改良し、研究協力者である J. ガードナー博士らの協力の下に、理数系書籍に数多く含まれる図・グラフ中の数式を自動認識した上、MathML 形式に変換して SVG 形式の図・グラフ中に埋め込むシステムを試作した。これにより、DAISY 電子書籍中の図をアクセシブルにするための道が開かれた。また、数式を含む複雑な表の認識技術についてさまざまな改良を行った。

#### (2)平成 23 年度

##### A グループ

日本点字図書館の研究協力者等とともに、

中等教育における数式読み上げ法の標準化に取り組み、中学・高校それぞれにおける標準読み上げ法を定めた。日本語 DAISY において、自動音声の読み誤りに加え、AI トークという高品質の音声合成エンジンに準拠し、息継ぎ抑揚等を修正するインターフェースを開発した。さらに昨年試作した DAISY 編集閲覧ソフトウェアを改良し、それら新たに開発した要素を実装した。

#### B グループ

中等教育の理数系教科書で最近多く利用される複雑なレイアウトの OCR 解析技術の改良に取り組むとともに、拡張ラテン文字を使用する英語以外の欧州諸言語の認識精度向上、等の研究を実施した。

さらに両グループ共同で、平成 24 年 2 月 8 日～10 日に国際研究集会 "Digitization and E-Inclusion in Mathematics and Science 2012 (DEIMS12)" (会場：日本大学理工学部) を主催し、海外からの参加者 10 名を含め、本課題研究に関連する 20 余件の研究発表・成果報告を受けた。本課題研究の成果報告も行い、今後の方向性について参加者と検討した。

#### (3)平成 24 年度

##### A グループ

DAISY 編集閲覧ソフトウェアについて、昨年度に引き続き、日本点字図書館の研究協力者等とともに、障害の特性や用途に応じた「詳細読み」、「なめらか読み」、「簡易読み」の 3 種類の数式読み上げ法を定めてそれらを切り替える機能を実装した。前年度製作した音声合成の読み誤り、息継ぎ抑揚等を修正するインターフェースの改良を行うとともに、製作したコンテンツを EPUB3 (DAISY4) 出力するためのモジュールを試作した。

##### B グループ

誤認識を少なくするため、OCR 実行前にテキスト領域・数式領域・表領域・図領域など

をあらかじめ指定するインターフェースを開発し、これまでの日本語文字・英数字・拡張ラテン文字に加えロシア文字を認識する機能を実装した。

さらに両グループ共同で 20 冊余の中学・高校の理数系教科書を DAISY 化し、全盲・重度弱視・発達性読字障害それぞれ数名の生徒に実際に提供して、意見を聴取した。

#### (4)平成 25 年度

文部科学省が本課題研究開始後の平成 23 年 4 月に公表した「教育の情報化ビジョン」では、平成 32 年度までに小中学校にデジタル教科書を全面導入するとの目標が掲げられた。総務省「フューチャースクール推進事業」および文部科学省「学びのイノベーション事業」においても、デジタル教科書の実証研究が始まっている。デジタル教科書教材協議会は政府目標をさらに 5 年前倒しした目標を示しており、教材開発・評価実験・活用法の検討などが現在広範かつ急ピッチで進められている。

しかし、こうした中で「デジタル教科書のアクセシビリティ」は殆ど関係者に意識されていないのが実情である。特に数学(算数)・理科・社会などの教科においては、数式や化学式、図・表・グラフ・地図など特殊表記・2 次元表現が数多く含まれ、それらをデジタル教材でいかにバリアフリー化するかが、前記プランを実行する上でもっとも緊急に解決を要する課題の一つであるにも関わらずである。このままでデジタル教科書が全面導入されれば、視覚障害児童・生徒は教材を全く利用できず、特に特別支援の下で障害者を晴眼者とともに普通学校で学ばせるインクルーシブ教育では、十分な教科教育を受けられなくなる恐れすらある。デジタル教科書導入を柱とする「学びのイノベーション」は本来、デジタル・コンテンツの持つ特質を生かして、従来の印刷教科書では難しかった様々

な学習支援の実施を目指すものである。特別支援教育という面から見てもこの視点はきわめて重要であり、デジタル教科書のバリアフリー化を実現した上で、新たな視覚障害者への学習支援方法を積極的に模索すべきである。

こうした観点に立ち、本課題研究の成果を小中学校の数学（算数）・理科・社会などより広範なデジタル教科書バリアフリー化に応用するための検討を重ねた結果、いくつか解決を要する重要な課題が残されていることがわかった。しかし、それらの内重要な部分は現在の研究体制では実現困難であるとの結論に至り、平成 25 年度新たにこれらの課題に専門知識を有する研究者の参加を仰いで、現在の課題研究を発展させる形で最終年度応募として課題研究（基盤研究(A)）を申請し採択された。

#### (5)まとめ

本研究の成果として、理数系対応の日本語 DAISY 形式（試案）の仕様がほぼ定まった。それに基づいて必要なソフトウェア改良・開発を行った結果、全盲・重度弱視・発達性読字障害など様々な形で視覚に障害を持つ児童・生徒が、インクルーシブな教育環境で晴眼者と同じ科学教材を共有するための基礎が確立できた。

しかし一方前述のように、この研究過程で、今後このシステムをデジタル教科書製作に応用する上での課題が新たに多く明らかになった。そのため、研究内容を精査し、前年度応募として新規に

平成 25～29 年度科学研究費補助金基盤研究(A)「理数系をはじめとするデジタル教科書をバリアフリー化するシステムの研究」  
課題番号：25245084、研究代表者：山口雄仁として課題研究をスタートした。

#### 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5件)

Katsuhito Yamaguchi, Toshihiro Kanahori and Masakazu Suzuki, "Development of a New System to Produce DAISY Textbooks for Math and Science from PDF", Assistive Technology Research Series, Vol. 33: Assistive Technology: From Research to Practice (2013) pp. 684-689, IOS Press, Inc.

DOI: 10.3233/978-1-61499-304-9-684  
査読有

Katsuhito Yamaguchi and Masakazu Suzuki, "Accessible Authoring Tool for DAISY Ranging from Mathematics to Others", 13th International Conference on Computers Helping People with Special Needs, Lecture Notes in Computer Sciences, 7382, Springer (2012) pp. 130-137. 査読有

Katsuhito Yamaguchi and Masakazu Suzuki, "Problems in Producing Japanese DAISY Mathematical Content and a Solution for Them", Proc. International Workshop on "Digitization and E-Inclusion in Mathematics and Science 2012 (DEIMS12)", Tokyo, Feb. 8-10 (2012) pp. 115-120. 査読有

Katsuhito Yamaguchi and Masakazu Suzuki, "On Necessity of a New Method to Read Out Math Contents Properly in DAISY", 12th International Conference on Computers Helping People with Special Needs, Lecture Notes in Computer Sciences, 6180, Springer (2010) pp. 415-422. 査読有

John A. Gardner, Carolyn K Gardner, Vladimir Bulatov, Blake Jones,

Elizabeth Jones, Robert A. Kelly, Masakazu Suzuki and Katsuhito Yamaguchi, "DAISY Kindergarten Books and Rocket Science Journals", 12th International Conference on Computers Helping People with Special Needs, Lecture Notes in Computer Sciences, 6179, Springer (2010) pp. 53-56. 査読有

[学会発表](計7件)

Katsuhito Yamaguchi and Toshihiro Kanahori, "How Math-Access Tools with Speech Should Be", Proc. 28th CSUN Annual International Technology & Persons with Disabilities Conference, BLV-036, March 1, San Diego, USA (2013). 査読有

山口 雄仁, 鈴木 昌和 「DAISY形式の日本語理数系教材が抱える諸問題」電子情報通信学会福祉工学研究会, 新潟大学, 5月25日(2012) 査読無

Dominique Archambault, John Gardner, Katsuhito Yamaguchi et al, "ICCHP Summer University", 27th CSUN Annual International Technology & Persons with Disabilities Conference, March 2, San Diego, USA (2012) 査読有

Katsuhito Yamaguchi and Masakazu Suzuki, "Solution for PDF-to-DAISY in Math and Science", 27th CSUN Annual International Technology & Persons with Disabilities Conference, Feb. 29, San Diego, USA (2012) 査読有

山口 雄仁, 鈴木 昌和 「日本語テキストDAISY 算数・数学コンテンツが抱える課題とその解決方法」日本特殊教育学会第49回大会, 弘前大学, 9月23日(2011) 査読無

Katsuhito Yamaguchi and Masakazu Suzuki, "How Infty Software Makes

Mathematical Formulas and Tables Accessible in DAISY", 26th CSUN Annual International Technology & Persons with Disabilities Conference, March 16, San Diego, USA (2011) 査読有

Masakazu Suzuki, Katsuhito Yamaguchi, and Fukashi Kawane, "Technologies and Activities of the Science Accessibility Net to Improve Math and Science accessibility for Visually Disabled Students", Seventh International Conference On Higher Education And Disability, July 20, Innsbruck, Austria (2010) 査読有

[その他]

ホームページ等

The International Workshop on "Digitization and E-Inclusion in Mathematics and Science 2012 (DEIMS12)"

URL: <http://www.gaea.jcn.nihon-u.ac.jp/deims12/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

山口 雄仁 (YAMAGUCHI, Katsuhito)  
日本大学短期大学部・一般教育・教授  
研究者番号: 00182428

### (2) 研究分担者

鈴木 昌和 (SUZUKI, Masakazu)  
(財)九州先端科学技術研究所・プロジェクト推進部・研究員  
研究者番号: 20112302

### (3) 連携研究者

川根 深 (KAWANE, Fukashi)  
日本大学短期大学部・一般教育・講師  
研究者番号: 90234088

駒田 智彦 (KOMADA, Toshihiko)  
日本大学短期大学部・総合学科・講師  
研究者番号: 30360316

金堀 利洋 (KANAHORI, Toshihiro)  
筑波技術大学・障害者高等教育研究支援センター・准教授  
研究者番号: 00352568