

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：12103

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K11389

研究課題名（和文）電子書籍への点字によるアクセスの方法の確立と普及に関する研究

研究課題名（英文）Development and Diffusion of Access Method in Braille to Electronic Book

研究代表者

長岡 英司（NAGAOKA, Hideji）

筑波技術大学・その他部局等・名誉教授

研究者番号：30227996

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：点字を介して普通の文字の電子書籍を直接閲覧する視覚障害者の読書方法の実用化を目指して、アクセシブルな電子書籍で、かつ、比較的短時間で作成可能なテキストDAISYの活用に着目した。近年の多機能点字ディスプレイ装置には、DAISY再生機能と実時間自動点字変換機能が備わっており、テキストDAISYの逐次の点字表示が可能である。既存の点字変換・表示機能の実用性を調査した結果、可読性や操作性についての問題点が明らかになったことから、解決策の実現を諮った。その有効性を評価する実験により、点字変換辞書機能の強化や点字データ埋め込み機能の導入が、点字による閲覧の精度と能率の向上に有効であることを確認できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

2019年に「視覚障害者等の読書環境の整備の推進に関する法律」（通称「読書バリアフリー法」）が施行された。この法律は「障害の有無にかかわらず全ての国民が等しく読書を通じて文字・活字文化の恵沢を享受することができる社会の実現に寄与すること」を目的に制定された。そして、社会の責務の一つとして「アクセシブルな電子書籍・端末機器に係る先端技術の研究開発の推進」を明記している。本研究の成果は、この課題への取り組みで有効に活用できる可能性がある。また、視覚障害児童生徒用のデジタル教科書における点字対応の実現を図る検討で、本研究によって得られた知見が推進の一助になるものと期待できる。

研究成果の概要（英文）：With the aim of improving the possibility for the visually impaired to browse e-books via Braille, we focused on the taking of advantage of text DAISY, which is an accessible e-book and can be produced in relatively short time. Recent multifunctional Braille display device is equipped with a DAISY playback function and a real-time automatic Braille conversion function, which enables the users to read a text DAISY through Braille display. Since problems with readability and operability were clarified as the result of our investigation on the practicality of the existing Braille conversion / display function, we made efforts to realize some solutions. Through experiments to evaluate the effectiveness of our measures, it was confirmed that strengthening the Braille conversion dictionary function and introducing the Braille data embedding function were significant enough in improving the accuracy and efficiency of browsing text DAISY via Braille.

研究分野：視覚障害者の情報アクセシビリティ

キーワード：視覚障害 電子書籍 アクセシビリティ テキストDAISY 点字 点字ディスプレイ装置 実時間自動点字変換 学習資料

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

学習場面や就業場面での書籍の利用を含め、視覚障害者の読書のほとんどは、点字図書と録音図書で行われており、それらの視覚障害者用図書の多くは、ボランティアによる点訳と音訳(朗読)によって製作されている。点訳は、1980年代後半にPC(パーソナルコンピュータ)で点字データを作成する方法が開発されたことにより、用紙に点字を直接打つ作業からPCで入力・編集する作業に変わった。その結果、点字ディスプレイ装置で点字データを直接に読む方法での読書も行われるようになり、点字による読書は、印刷版の図書の場合も含め、点字データから生成される点字を読む形に変わった。一方、録音図書は、1990年代後半に、視覚障害者向けのデジタル録音図書の国際規格のDAISY(Digital Accessible Information System)が定められ、近年は録音図書のほとんどがこのデータ形式で製作・提供されている。また、肉声の録音を再生するのではなく、墨字(点字ではない普通の文字)のテキストデータを合成音声に読み上げさせ、それをDAISY方式の操作で聴く、テキストDAISYという新たな形態の図書の製作も行われるようになった。テキストDAISYは、テキストデータを基盤にした電子書籍であり、文字データとしても利用できるうえに、肉声を録音するDAISYよりも短時間で製作できるという利点がある。

視覚障害者用図書の製作と供給の体制は、デジタルデータ化によって、時間の短縮と数量の拡大という二つの側面で改善された。また、読書の方法も、デジタル機器の活用で利便性が向上した。しかしながら、視覚障害者の読書を巡っては、いつでも自由に確実に読めるという状況からは未だ程遠く、次のような問題に直面している。(1)点訳や音訳に時間がかかるために、希望の書籍をすぐに読めない場合や利用を断念しなければならない場合がある。(2)点字図書の製作が減少しており、読み取りの確かさに優れる点字での読書が、今後更にし難くなる恐れがある。(3)点訳や音訳を担うボランティアの確保が難しくなる傾向にあり、深刻化が懸念されている。(4)一般向けの電子書籍は、一部が音声化に不完全に対応しているだけで、点字化は全く考慮されておらず、有効な利用が難しい。(5)デジタル教科書構想において、視覚障害児童・生徒の学習で不可欠といえる点字でのアクセスについての方針が示されていない。

2. 研究の目的

本研究は、「視覚障害者が墨字の電子書籍を自動点字変換で迅速かつ確実に読めるようにする方法の基盤の確立と普及」を目的とした。点字は、視覚障害者にとって確実な読み取りができる有効な手段であるが、現在の点字での読書は、印刷された図書の場合も、点字ディスプレイ装置を使う場合も、事前に作成された点字データから生成される点字を読むものであり、点字データが短時間では作成できないという問題がある。そこで、本研究では、墨字の電子書籍を実時間で点字に逐次自動変換して直接読む読書方法の実用化と普及を目指し、そのために必要な以下の検討や開発を行うこととした。

(1)ヒューマン・インタフェースの確立：点字ディスプレイ装置を介して墨字データを効率的に読むための操作体系と点字ディスプレイへの出力体系を構築する。その設計に際しては、触覚によるアクセスの特性や、点字ディスプレイ装置の表示部が1行(数十文字分)しかないことなどを考慮する。

(2)点字変換機能の改良：墨字データ中の現在フォーカスされている箇所を、実時間で点字データに自動変換して出力する機能の精度の向上を図る。既存の変換機能は、点字の表記規則に的確に対応できていない部分が多く、改善の必要がある。また、一時に表示できる文字数が限られているという、点字ディスプレイ装置の特性への十分な対応も必要である。その方策としては、変換辞書の改良が有効であることから、本研究では、コンテンツ別辞書の導入という独自の試み等によって、それに取り組むこととした。

(3)図表や数式への対応方法の整備：視覚的な表現への対応の方法を体系化する。点字での読者が電子書籍中の図表や数式を理解できるようにするために、図については文章化、表については書式の変更、数式については正しい点字化などの対応を行う必要がある。本研究では、その方法の整備の方向性を見出し、具体化を図ることとした。

(4)実用モデルの実現と普及：テキストDAISY形式の電子書籍を、実時間で逐次自動変換しながら点字ディスプレイ装置で読む実用モデルを構築する。テキストDAISYは視覚障害者用に開発された電子書籍であり、音声化や文字拡大等では優れているものの、点字化については、既存ツールの組み合わせによって部分的に可能になる程度の状況からの進展がない。本研究では、点字の有効性を重視し、上記(1)~(3)の成果を活用して、点字でアクセスできる実用モデルの実現に取り組む。

3. 研究の方法

本研究は、以下に示す方法と手順で実施した。多機能点字ディスプレイ装置の機能開発と実験用素材・資料の製作については、専門的なスキルを有する人材に協力を依頼し、試用実験や評価

実験は、視覚障害者（筑波技術大学の学生）の参加・協力を得て実施した。

(1) 既存機器の機能の評価

実時間自動点字変換機能を介して墨字データを読む場合の効率的で確実なヒューマン・インタフェイス（操作体系や点字出力体系）の実現に必要な開発要素を明らかにするために、多機能点字ディスプレイ装置の既存機能を評価する実験を実施した。

実験の準備

- a) 既存の機器やソフトウェアの機能を比較・検討し、点字ディスプレイ装置 BMS40（点字表示部 40 マス）を使用機種として選定した。
- b) 点字版資料「BMS40 でのテキスト DAISY 図書の閲覧について」を、被験者への操作方法の説明用に作成した。
- c) テキスト DAISY 形式の課題文書とそれぞれについての設問を、テキスト DAISY 製作者の協力を得て作成した。

実験の方法・手順

点字使用者を被験者として、以下を個別に行った。

- a) 使用機器の操作方法について実機と点字版資料で被験者に説明し、習得を確認した。
- b) テキスト DAISY 形式の課題文書を点字ディスプレイ装置の実時間自動点字変換機能を介して閲覧させた。
- c) 各課題文書の閲覧後に内容に関連する設問を口頭で伝え、口頭で即答させた。
- d) 上記 b) の閲覧に関する意見や感想を聴取した。
- e) 上記 c) の回答の精度を評価した。
- f) 上記 d) の内容を分析した。

(2) 改善のための検討と開発

テキスト DAISY 形式の文書データを実時間自動点字変換を介して閲覧する場合の読み取りの確実さと能率を改善するための検討と開発を、上記(1)の結果に基づいて、以下の通り行った。

テキスト DAISY 製作に関する改善の検討

テキスト DAISY データを製作する過程での改善方策を、次の事項について実際のデータを試作して検討した。

- a) 図の文章表現
- b) 表のレイアウト
- c) 見出しの階層と深さの表現
- d) ページ境界の処理

点字変換辞書の強化に関する検討

変換元の墨字文字列とその点字表記の対からなる点訳辞書においては、原文からの変換元文字列の抽出が変換精度に影響することから、その妥当な基準を見出すための検討を、各種のテキスト DAISY サンプルを題材にして行なった。

点字ディスプレイ装置の機能改良

テキスト DAISY を点字を介して読む場合の精度や能率の向上を図るために、以下の機能を開発した。a) と b) は点字使用の利用者が、点字変換辞書の強化を自立的に円滑に行なえるようにするための機能である。

- a) 原文上の範囲指定で変換元文字列を辞書登録する機能
- b) 変換辞書の点字表記を点字パターンで直接入力する機能
- c) テキスト DAISY のデータ中に点字データを付加して連動させる機能
- d) テキスト DAISY 中に付加された点字データを点字ディスプレイに表示する機能

(3) 改善方策の有効性の評価

上記(2)の改善方策の有効性を評価する実験を行った。

実験の準備

- a) 点字ディスプレイ装置 BMS40 に、上記(2) の機能を組み込んだ。
- b) 課題用のテキスト DAISY を選定・作成した。
- c) 目的に即した設問を検討・作成した。
- d) 点字版資料「BMS40 でのテキスト DAISY 図書の閲覧について」を改良した。

実験の方法・手順

被験者となる点字使用者に、使用する点字ディスプレイ装置の操作方法を、実機と点字版の説明資料を用いて一斉方式で指導し、その後以下を個別に実施した。

- a) テキスト DAISY 図書を実時間点字自動変換機能を介して閲覧することに習熟するために、各自 30 時間程度の自習を行わせた。
- b) 上記(1) の b) ~ f) と同様の手順で実験とヒアリング等を行なった。

4. 研究成果

本研究は、重度視覚障害者が点字を介して電子書籍を能率よく確実に閲覧できるようにするための基盤の整備を目的に実施した。その成果は、電子書籍としてテキスト DAISY 形式の図書を対象にした場合の「解決すべき課題の明確化」、「解決方策の実現」、「解決方策の有効性の評価」

の3点に集約できる。テキスト DAISY はアクセシビリティの高い電子書籍であり、製作体制の整備が図られていることから、本研究の対象とした。閲覧手段の点字ディスプレイ装置には、点字表示部のマス数が最も多い40マスの機種を使用した。

(1) 解決すべき課題の明確化

点字ディスプレイ装置 BMS40 の既存機能を用いてテキスト DAISY 図書を点字で閲覧する実験とヒアリングを、4人の点字使用者を被験者にして実施した。

可読性

既存の実時間自動点字変換機能を介する閲覧では、可読性を損なう以下のような問題のために、確実に円滑な読み取りができないことを確認した。

- a) 漢数字が訓読みに変換される。(例:「二十七日」を「はたち なのか」、「二百坪」を「にももつぼ」)
- b) 段落の先頭や見出しの前で正しいマス空けが行われない。
- c) 漢字が多数続く箇所や行をまたぐ熟語で誤変換が発生する。
- d) 原本ページ数の後に1マスしか空かないため、本文との区別がつきにくい。
- e) 外字符・外国語引用符が日本語文に続く場合、間のマス空けが欠落する。
- f) 表組みされた要素(セル)の間にマス空けがない。

操作性

- a) 文書データの開閉: 全員が「スムーズにできた」と感じた。
- b) ページ単位の移動: 全員が「スムーズにできた」と感じた。
- c) 見出し単位の移動: 3人は「スムーズにできた」と感じたが、他の1人は「DAISY の階層の概念に馴染みがなく、ページ移動のほうに分かりやすかった」と答えた。
- d) テキスト検索での移動: テキスト検索は、有用と理解されている。2人は「スムーズにできた」と感じたが、そのうちの1人は検索の方向を間違えた。

点字を介しての墨字電子書籍の閲覧全般

点字への誤変換などの問題点を指摘しつつも、被験者はこの閲覧方法を肯定的に評価した。

被験者1: 渡された資料をすぐに読みたい場合、点訳・音訳を待てない場合、リアルタイムで読めるのは魅力。日本語だけ、英語だけなど、画一的な書式の文章に向いている。誤変換は間違った理解につながる。リアルタイムの音声化と併用すると、誤変換を補完しやすい。テキストデータがあると、表記を確認でき、検索性もよい。行頭マス空けがないことや、ページ数の前後にマス空けができないことが課題。

被験者2: 変換精度や、墨字の改行と連動して点字も改行されることなどが課題。会議資料や論文など文書構造が複雑なものでは、検索性においてブレンテキストよりテキスト DAISY の方が優れている。

被験者3: 漢字の変換精度が課題、リアルタイムの音声化と併用すると、誤変換を補完しやすい。

被験者4: 分かち書きの精度はよい。誤変換の経験歴は長いので、慣れている。段落行頭のインデントが課題。確実性を求めるときに音声化と併用するとよい。

(2) 解決策の実現

テキスト DAISY 形式の文書データを実時間自動点字変換を介して閲覧する場合の読み取りの確実さと能率を改善するための検討と開発を行った。

文書構造の提示に関する改善

文書の確実な読解には、見出しの深さや段落の位置などの文書構造の把握が欠かせない。しかしながら、既存の点字ディスプレイ装置とテキスト DAISY では、それらについての情報が適切に提示されない。そこで、文書の構造的要素(段落、本文中の行空け、見出しの深さ、表組)の提示について、テキスト DAISY 製作段階での改善の方策を試みた。いずれも有効性を確認できたが、テキスト DAISY の製作規準に整合しないものもあり、すぐの普及は難しい。現行の製作規準は、音声読み上げや文字拡大での閲覧を前提としており、点字変換は想定されていないことから、今後の対応が望まれる。

点字変換辞書の強化

自動点字変換に用いられる辞書に、変換元の墨字文字列とその点字表記の対からなる項目を追加して強化することにより、変換精度が向上して読み取りの確実さや能率が改善される。辞書に追加する項目を決定する規準を明確化するために、既存の変換機能による誤変換を分析して類型化し、各類型についての、変換元文字列の切り出し方と対応付ける点字の表し方の原則を整理した。実際のテキスト DAISY 図書を対象にした試行により、この体系化が辞書を効率的に強化するのに有効であることを確認できた。

点字ディスプレイ装置の機能改良

テキスト DAISY を点字を介して読む場合の確実さや能率の向上を図るために、点字ディスプレイ装置 BMS40 の機能を改良した。

- a) 点字変換辞書への登録における利便性の向上: 点字使用の利用者が、点字変換辞書の強化を自立的に円滑に行なえるようにするための改良を図った。変換元の文字列とその点字表記の対からなる変換辞書に、新規項目を登録する際の利便性を高めるために、以下の二つの機能を開発した。

- a1)登録文字列の指定機能： 変換元の文字列を、閲覧対象の文面上で範囲指定するだけで登録できるようにした。
- a2)ユニコード点字記号での入力機能： 点字表記を、6点の点字パターンそのもので入力できるようにした。
- b)点字データ付加機能の新設： 数式などの特殊な記述は、自動点字変換での対応が難しい。そこで、正しく点訳された点字データを、テキスト DAISY の当該箇所に連動させて表示する機能を開発した。

(3)解決策の有効性の評価

上記(2)の改善方を反映した点字ディスプレイ装置 BMS40 とテキスト DAISY 図書による閲覧実験とヒアリングを、前記(1)とは別の4人の点字使用者を被験者にして実施した。閲覧内容に関する設問への回答や聴取した意見を分析し、改善策の有効性を評価した。

実験結果の要点

6通りの閲覧課題文の内容についての合計18題の設問に答える実験では、すべての被験者がどの課題文も実用的な所要時間で読み終え、1人の被験者が熟語の漢字を答える設問1題のみ誤っただけで、他はすべて正答であった。

課題文1では、点字変換辞書を強化した状態で被験者2人に、他の2人にはそれをしない状態で閲覧させた。前者2人からは点字変換の誤りがなく滑らかに読めたとの感想があったのに対し、後者2人からは、点字変換の誤りがいくつか指摘された。

数式を含む課題文6では、数式部分で連動している点字データに切り替えると、累乗、絶対値、下付き添え字などが非常に読みやすくなってとてもわかりやすかったとの反応があった。

ヒアリング結果の要点

自動点字変換について、誤変換されている箇所で使用されている漢字を確認したと回答した被験者がいたほか、漢字の読み方を知らなければ難しい、操作が煩雑という指摘もあった。

図書内の移動では、「先頭や末尾への移動」「ページ単位の移動」「見出し単位の移動」「マーク(しおり)の使用」「現在位置の確認」などの機能が便利だという回答があった。

点訳辞書登録については、たいへん有効であるという意見があった一方で、直感的な編集が行いづらいという指摘も聞かれた。

そのほか、音声読み上げの併用によって読書の効率が高まるのではないかとの見通しが示された。また、テキスト DAISY を点字で読むことは、利用できる書籍の幅が増えて実用的である、小説を読むのに適しているとの意見があった。

改善策の有効性の評価

実験とヒアリングの結果から、改善策が有効と評価できた。

- a)点字変換辞書の強化の有効性： 点字変換辞書の強化によって可読性が向上した。
- b)点訳辞書への登録機能の利便性： 辞書登録に関する新機能を高く評価する意見があったが、操作体系の一層の簡便化も求められた。
- c)点字データ連動機能の有効性： 数式は、自動点字変換結果の言葉による表現では極めて読みにくかったが、正しい表記の点字データを連動させて切り換えられるようにしたことで、円滑かつ確実に読み取れるようになった。
- d)読みの確実性： 全被験者が、文章を読解して答える設問、英単語の綴りを答える設問に正答したことから、内容を正しく読み取って理解したと判断できた。

まとめ

解決策の有効性ととも、以下のことが示唆された。

- a)実用の可能性： この閲覧方法は十分に実用性があると言える。実時間自動点字変換と、点字1行分しかない表示部でも、閲覧資料の内容を十分に読解できることが分かった。
- b)点字変換辞書の重要性： 閲覧の確実さと能率を確保するために、自動点字変換辞書の強化を図る必要があり、閲覧者自身がそれを行なえるようにすることが有効である。
- c)点字の介在の有効性： 点字を介することで、外国語の綴りの読み取りや難解な表現の熟読がしやすくなる。また、点字データを連動させて表示する機能が、数式などの特殊な記述への対応で有効である。さらに、点字ディスプレイを介して原文のデータに文字単位でアクセスできるので、用字や表記の確認を効率よく確実に行うことができる。これらに加え、点字での閲覧は、講義や周囲の発言を聴きながら行えることから、受講や討論などの場面に適している。
- d)高い検索性： ナビゲーション機能と文字列検索機能の活用で、迅速・確実な移動や検索ができることは、受講場面等で特に有効である。
- e)閲覧者のスキルの重要性： この方法での閲覧では、閲覧者の点字使用能力や、漢字や文章表記に関する知識の程度が、読みの効率や内容の理解に大きく影響すると考えられる。
- f)音声読み上げ機能と点字表示機能の併用： 視覚障害者が電子書籍をより確実に閲覧できるようにするには、音声読み上げに加えて点字表示の機能も併せて整えることが肝要である。学習場面においては、その必要性が一層高いと言える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 宮城 愛美、澤村 潤一郎、長岡 英司	4. 巻 28
2. 論文標題 テキストDAISYの閲覧における実時間自動点字変換機能の有用性に関する調査	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 筑波技術大学テクノレポート	6. 最初と最後の頁 6-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 宮城愛美、長岡英司、澤村潤一郎、鈴木義則	4. 巻 121
2. 論文標題 実時間自動点字変換を介するテキスト DAISY 図書閲覧の実用化に関する検討 - 学習場面を想定した改善とその評価 -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 信学技報	6. 最初と最後の頁 7-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 長岡英司	4. 巻 No.407
2. 論文標題 視覚障害者とICT	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 月刊視覚障害 - その研究と情報 -	6. 最初と最後の頁 4-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔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	宮城 愛美 (MIYAGI Manabi) (60447258)	筑波技術大学・障害者高等教育研究支援センター・講師 (12103)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------