

ICTを活用した障害のある児童生徒等に対する指導の充実
(文部科学省著作教科書のデジタル化に求められる機能の研究)

成果報告書

受託団体名

国立大学法人 広島大学

1. 事業の実績

(1) デジタル化した教科書

- 小学部聴覚障害者用国語 一年
- 小学部聴覚障害者用国語 二年
- 小学部聴覚障害者用国語 三年
- 小学部聴覚障害者用国語 四年
- 小学部聴覚障害者用国語 五年
- 小学部聴覚障害者用国語 六年
- 中学部聴覚障害者用国語 言語編

(2) 取組内容

文部科学省著作教科書用のUD-Book(※)には以下の機能を搭載した。UD-Bookは、固定モード(原本を模したモード)と行移(ぎょううつし)モード(文字のみのモードでリフローと同等の表示モード)を備えている。固定モードは原本教科書の図表等を参照し、原本教科書を構成する文字や図表等の配置情報を利用して利用できるが、文字サイズの変更はできない。行移モードは、固定モードのように定められたスペースに文字を取める必要がないため、文字サイズを大きくでき、画面幅で行を移すことができるため文字を拡大した際に行が画面幅からはみ出さず上下のスクロールのみで読むことができるが、図表などの情報は掲載されない。広島大学が製作したUD-Bookは両方のモードを1画面で表示することができ、ハイライトで読み上げさせることができる。その際、両モードのハイライトが同期するため、お互いの長所を最大化して利用することができる。その他に搭載した機能を以下に示す。

固定・行移(リフロー)モード共通機能

書体設定機能, 文字色設定機能, 振り仮名表示(ひらがな, カタカナ)機能

ハイライト付き読み上げ機能, 文節区切り機能

読み上げスピード設定機能, 読み上げピッチ設定機能

指文字表示機能

見開き表示/単票表示切替え機能

固定モード(原本を模したモード)

品詞着色(名詞・動詞)機能

描き込み機能(傍線や囲いなどを手で描き込むことを想定している), テキストメモ機能(文字をキーボードで書き込む), 描き込みやテキストメモの保存機能

行移モード (テキストのみのモード, リフロー機能と同等)

文字サイズ変更機能, 背景色・文字色設定機能, 縦書き/横書き設定機能

ページめくり機能

固定モード, 行移モードの両方で, ページを移動して表示できる機能

保存機能

現在閲覧中のページ番号や書き込みの内容を保存する機能

拡大機能

固定モードではピンチアウトによりレイアウト配置を保った状態で拡大, 行移モードでは文字サイズを拡大した際にウィンドウ幅で行を移して拡大する機能

その他

固定モード・行移モード同時表示機能: 読み上げハイライト同期機能

自動ページ送り機能: 読み上げ中ページをまたぐ際, 自動的に次のページへの移動 (ページめくり)
iPad, Mac, Windows, Chromeでの動作に対応

(※) UD-Bookk規格は広島大学民間研究室が2000年から開発を手がけているHTML ViewerというHTMLコンテンツ表示ソフトを発展させた規格である。基本ファイル構造は背景の画像ファイル (JPEG形式) 及び前景の文字 (HTMLで記述しCSSで表示設定) で構成され, 上述の機能を Javascriptにより制御している。

(3) 事業の成果

事業計画書の内容に従って本事業の成果をまとめる。

内容1 コンテンツの開発と評価, 更新

文部科学省著作教科書 (聴覚障害者用) 小学部1年から6年及び中学部のコンテンツをデジタル化することができた。さらに, 計画時に記載した機能に加え, 「見開き/単票切替え」「行移/固定モード同時表示」の機能を実装することができ, 計画時の仕様を上回る成果を上げることができた。

コンテンツは, JPEG, HTML, CSSを中心としたwebブラウザで利用可能なコンテンツを製作した。これらの規格はW3Cをはじめとする世界的な標準規格であるため, コンテンツの再利用やEPUB等の他規格への変換も容易で, 持続可能なコンテンツを製作した。

コンテンツの仕様は背景に図表などを中心とした画像情報であるJPEGを配し, その上にCSSで位置, 文字サイズ, 色等を調整したHTMLで構造化されたテキストを表示している。固定モードはこの3つの規格で構成されている。そのため, 原本に似た配置情報を持った状態での表示が可能であるが, 背景画像の中に文字を表示する必要があるため, 文字サイズや行間隔等のテキストの変更は困難である。行移モードは, 背景のJPEGを廃し, CSSとHTMLのみで表示をしている。よってコンテンツの位置情報にテキストが拘束されることがなく, 文字の大きさや行間隔などの設定の自由度が, 固定モードと比較して格段に上がる。

専門家からの意見聴取

仕様決定に際しては、聴覚障害教育及び心理学を専門とする研究メンバーと打合わせを行い「指文字による音韻情報の提示」及び「名詞や動詞などの品詞の着色機能」の提案をもらい、それらの機能を要求仕様に位置づけた。幸い、それらの機能を実装することができた。

聴覚特別支援学校教員からの意見聴取

評価は、聴覚特別支援学校教員 5 名にオンラインで依頼して行う中間評価と 3 週間聴覚特別支援学校に iPad に入れたコンテンツを貸し出して行う実地評価の 2 段階で実施した。

中間評価は、12 月に Zoom を用いて実施した。中間評価は、Zoom にコンテンツを表示して、調査者が 15 分ほどの時間を使って、操作をしながら説明を行った。その後、聴覚特別支援学校の教員にコメントをもらった。聴覚特別支援学校は東京都及び広島県内から 5 名にお願いし、個別に実施した。その様子を図 1 に示した。

その時にいただいたコメントは以下の内容であった。

- 全ての機能は授業で使えそうだった。
- ハイライト機能はとても良い。例えば、手話をしながら読んでいる箇所を指で指すことは大変だが、ハイライトしているところを手話で表現できるのでよい。
- デジタル教科書全てを表示するとどこを読んでいるのかわからないが、ハイライトがあると読んでいる箇所を明示できて良い。
- 固定モードでハイライトができると、児童生徒が持っている教科書と読んでいる箇所の対応ができてよい。
 - 名詞・動詞に色がつく機能は良い。特に低学年でひらがなが多いと、文節の区切りや単語を意識しにくいので、こうしていただくと、そこを認識しやすくなる。
- 動詞・名詞の指導をしたばかりなので、こういう機能があるととても助かる。
- 紙の教科書でも品詞に色線を引くことがあるが、そうすると消したり、修正することが難しいのでデジタルでそれができるととてもよい。
- カタカナとひらがなで、ふりがなが振られるのも正確に読みを確認できて良い。
- 例えば「しんぶんしでかぶとむしを」という部分が合ったが、健常者であれば「しんぶんしで、かぶとむし」と読めるだろうが聴覚障害等のある児童生徒によっては「しんぶんしでかぶとむし」と読んだりするので、品詞に色がつく機能はよい。
- 自分で文字を触って読み上げ方が表示されるのは自学にも利用できて良い。

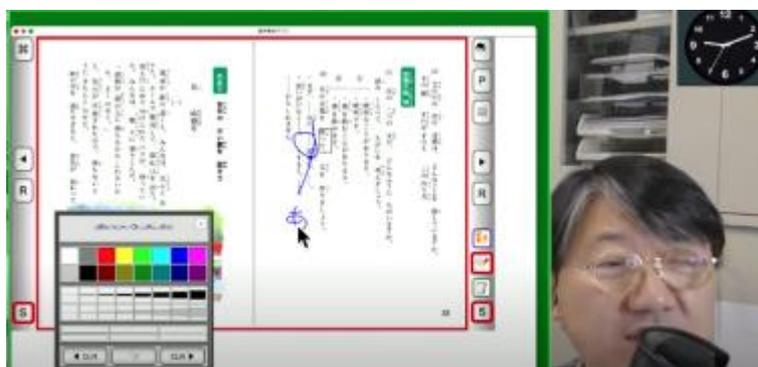


図 1 中間評価の様子

備えている機能について、不要であるといった指摘はなく、教育的な効果が期待できるといった評価であったと解釈できよう。一方、さらに付け加えたら良い機能として以下のものが提案された。

- 行移モードで行替えを文節で行えるとよい。
- 学校によっては、動詞は赤で、名詞は青といった具合に学校で決めているところがあるので色を利用者が決められると良い。
- イントネーションがさらに自然になるとよい。
- 手話表現やイラストが出ると良い。
- 見開き以外に、1 ページだけ見せられる機能があると良い。
- 設定画面で現在の設定の状況が分かると操作しやすい。

上記の機能の中で、動詞と名詞の色を設定できる機能、見開きと単票表示機能、設定画面でのプレビュー機能についてはスパイラルアップによる機能改善で**実装を行った**。

実地評価

実地評価は、1月から2月の3週間の期間で実施した。

実地評価では、小学部低学年の7名の児童のクラスで授業で試用していただいた。試用機材はiPadであった。各機能等の評価を表1に示した。以下に、自由記述を掲載した。

- 紙の教科書であると注意がそれやすい児童でも、このコンテンツの音声機能を使用すれば、落ち着いて音読ができた。
- 聞こえにくくても、読み上げる部分に黄色のマーカが引かれるので、わかりやすいようだ。
- 音読させるにはとても効果的であった。
- iPadが一人一台配布されており、iPadを使い慣れているため、操作上困難はなかった。
- 今回は音声のスピード調整をよく使用した。
- 聞こえの良い児童が多いため、音声を聞いて、それにそって音読する児童が多かった。
- 設定でさまざまな機能を変えることができたため、児童の実態に合わせてより良く分かりやすく表示することが良いと感じた。

表 1 実地評価の結果

	し や す い	し に く い	未 使 用	分 か ら な い	
再生/停止の操作性	5	1	1	0	
振り仮名の教育効果	0	0	7	0	振り仮名がなくても読める児童であった。
指文字の教育効果	0	0	7	0	
品詞の強調表示	1	2	0	4	語彙数が少ない児童にとって、品詞の強調表示をすることで言葉のまとまりが分かりやすくなりました。
原本にいたモードの教育効果	4	0	0	3	
手書き機能の教育効果	7	0	0	0	児童が意欲的でした。書き込みの際も原本教科書を拡大できると書き込みやすい。
テキストメモ機能の教育効果	0	0	7	0	
ソフトの起動の操作	7	0	0	0	
教科書の選択操作	7	0	0	0	
ソフトの終了操作	4	0	0	3	

改善点として、「このコンテンツが iPad のみの対応なのかが気になる。」「読みの停止の際に反応しないことがあった。」が挙げられた。後者については、最終版では改善されている。

新型コロナウイルス感染症まん延防止等重点措置期間での調査であったが、協力学校は郵送での調査を受諾していただいた。困難な状況下であったが、聴覚障害のある児童7名を対象に実地評価を行ったことに感謝する次第である。

内容 2 iPad 用専用ブラウザ「UD-Book リーダー」の開発

UD-Book リーダーを開発した。本リーダーの機能を以下に紹介する。本リーダーは当初計画では iPad 専用での開発を規格していたが、iPad, Windows, Chromebook, Mac の 4 機種で動作するリーダーを完成させることができた。なお、UD-Book は Wi-Fi に接続しなくても使用可能である。

以下に、iPad を例に、本リーダーの機能を紹介する。

1) ホーム画面にある、「音声教材アプリ」(ショートカット機能を利用)をタップする。(以下のアイコンをタップする。)



2) 少し待って、教科書一覧（本棚）の画面が開く。



3) 開きたい教科書をクリックする。

4) 表紙が開く。（両端が表示されない場合、画面の下の方で指をスライドさせて動かすと見える。）



5) UD-Book を終了するときには、

- ① ホームボタンを1回押す。
- ② 英語が列挙された画面が開く。



③ホームボタンを2回押す。

④ 「iSH」  を画面外へスライドして消す。



*エラーが起きた、動かなくなったなど不具合がある場合は、一度 UD-Book を終了すると直る。

各種機能を以下に紹介する。



本棚へ戻る

タップすると本棚へ戻る。



ページジャンプ機能

選択すると小窓が表示される。ページ番号を入力して、移動することができる。

「CLR」：入力した数字を削除できる。

「0~9」：数字を入力する。

「表示」：入力したページ番号にジャンプする。

「ラップ」：読み上げ機能で保存したページにジャンプする。

*ページ移動をしないで小窓を消したい場合は、数字を入力しないまま「表示」を押す。



目次ジャンプ

タップすると目次へジャンプする。



ページめくり

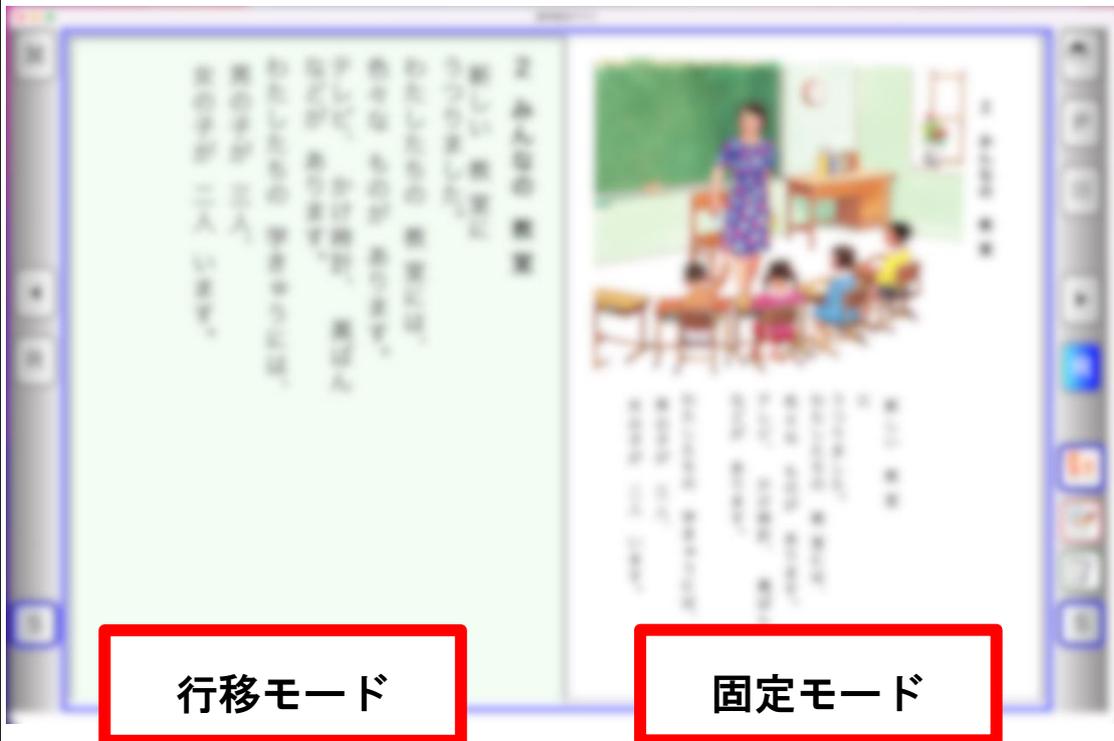
タップすると、◀は1ページ前に戻り、▶は次のページに進む。



文字情報表示機能

片側に教科書ページ，他方に同一ページの文字情報が表示される（『行移モード』になる）。
右側の「R」は右ページ，左側の「R」は左ページの文字情報が表示される。
押した側の「R」をもう一度押すと見開きの教科書ページに戻る。

固定モード・行移モードどちらも読み上げることが可能である。（詳細は『行移モード』へ）
文字情報の表示設定については別に記載する。（詳細は『設定』へ）



読み上げモード

読み上げモードボタンを押すと，読み上げが可能になる。モード選択時は，教科書の枠が青色になる。

タップ：再生。読みたい部分をタップすると，文頭から読み上げが始まる。

2回タップ：停止。文章の上で2回タップする。

* 「S」をタップすると現在のページを保存します。（詳細は、『ページジャンプ機能』『ラップ』）

*自動ページ送り機能がOFFの場合：再生中に，青枠内のどこかを再度タップすると一時停止す

る。



書き込みモード

書き込みが可能になる。モード選択時は、教科書の枠が赤色になる。

選択すると小窓が表示される。

小窓を消しても、書き込みモードは継続する。書き込み設定を変更したい時は、再度書き込みモードマークをタップすると、再び小窓が表示される。

「あいうえお」：現在書き込みを行うペンやマーカーの色と太さを確認できる。

「色」：ペンやマーカーの色を選択できる。

「黒線（ペン）」：それぞれの太さのペンを選択できる。（不透過）

「灰色線（マーカー）」：それぞれの太さのマーカーを選択できる。（透過）

「線の種類」：線の種類を変更できる。（一本線，二本線，点線）

「消しゴム」：選択すると青くなる。タップしなぞることで、書き込みを消す。

「◀CLR」：左ページの書き込みを全て削除する。

「CLR▶」：右ページの書き込みを全て削除する。

*全画面の右下または左下の「S」ボタンで保存する。保存しないまま次のページにいくと、書き込み内容は失われる。



メモモード

文字の上にキーボードで書き込むことが可能になる。モード選択時は、教科書の枠が緑色になる。

<書き込むとき>

- ・書き込みたい文字の上でタップする。
- ・現れたメモにキーボードで書き込みができる。
- ・保存は画面下左右の「S」を押す。保存する前に前後のページに進むと、メモは失われる。



保存

クリックすると各モード、ページを保存する。

左ページは左の「S」、右ページは右の「S」で保存される。



設定

各種設定を行うことができる。

設定確認用例文『ジョバンニが学校の〜』：現在の設定を確認することができる。

ふりがな：ふりがなの有無，ふりがなのカタカナ表示・ひらがな表示を変更できる。

本文：フォント，文章の色を変更できる。

指文字：指文字表示の有無，表示位置を変更することができる。

行移：（詳細は、『文字情報表示機能』）

- ・文字情報表示機能の文字サイズ，表示位置，背景色，縦書き・横書きの変更ができる。

スピーチ：（詳細は、『読み上げモード』）

- ・読み上げモードでの読み上げ速度，音声のピッチ，ナレーターの種類を変更できる。
- ・読み上げている箇所のハイライトの色を変更できる。
- ・読み上げ方として文節で区切るか区切らないかを選択することができる。
- ・読み上げ中，自動的にページめくりを行うか行わないかを変更できる。
- ・▶をタップすると現在の設定を確認することができる。

その他：設定した時間にメッセージを表示するタイマーをセットすることができる。

「保存」：

- ・変更は逐次，自動的に現在開いている教科書に反映される。
- ・教科書全体に適用させる場合，または変更した設定を保存したい場合にタップする。

*終了後，もう一度このボタンを押すことで設定を終了することができる。



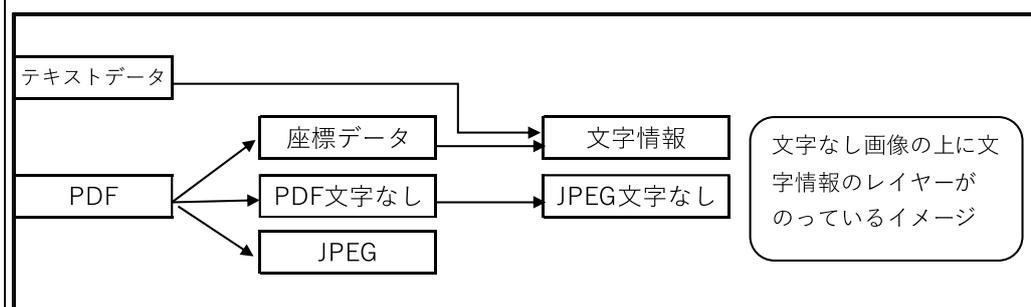
以上のようなUD-Bookリーダーを完成させることができた。

なお、本リーダーは、iPad, Windows, Mac, Chromebook での動作を確認している。計画段階では、iPad 専用のリーダーを開発予定としていたが、これら4つの端末でのリーダーを開発したことで、GIGA スクール端末の約99.5%をカバーするリーダーを完成させることができた。

内容3 製作ツール「UD-Bookビルダー」の開発

UD-Bookを製作するためのビルダーの開発も行った。このビルダーにより今回製作したユニバーサルデザインなコンテンツを制作することが可能となる。UD-Bookビルダーは以下のようなファイル構造でUD-Bookを作成する。

UDBookの製作イメージ



本ソフトを利用することで、今回製作したようなアクセシビリティの高いデジタルコンテンツを製作することが可能となり、全国に配備されたGIGA スクール端末のより効果的な活用の実現に資すると考えられる。

(4) 今後の課題

今回のデジタル化を行う調査研究を通して、「一般的な内容」と、「本コンテンツに関する内容」の2点で課題を見出すことができた。それらは、お互いに関係する点があるが、課題を明確にするために、2つに分けて記載する。

【一般的な内容】

一般的な内容としては、教科書のデザインの複雑性と音声エンジンの個性、GIGA スクール端末の運用方法の多様性の3点が挙げられる。

教科書のデザインの複雑性は、製作者が教育効果を最大化するために試行錯誤してきた結果であるため、ある規格で表現できないからという理由で、複雑性を制限することは最小限にとどめる必要がある。

音声エンジンの個性は、日本語を正確に読み上げさせる上でとても重要な課題である。Wave形式などの音声データ化すればこの課題は解消できるが、大容量化、制作時間の増大や音声の切り方を変更することが困難であるなどの課題を内包することになる。よって音声エンジンを利用した読み上げは一定のニーズがある。しかし、漢字や助詞の「は」などの読み方が音声エンジンによって一貫していないため、誤読確認をする場合、特定の音声エンジンを想定して行う必要があるため、利用者も一定の音声エンジンでの利用が望まれる。解決策としてはSSML(Speech Synthesis Markup Language)やX-SAMPAなどの音韻情報やアクセント、ポーズなどを表現できる規格の採用が挙げられる。

GIGA スクール端末の運用方法の多様性は、デジタルコンテンツの普及に大きな影響を与えることが予想できた。オフラインでの使用の場合、ソフトをインストールする必要があるが、端末の容量が小さすぎたり、個別にソフトをインストールすることを想定したシステムになっていないなど、自治体によって様々な違いがあることを目の当たりにする。また、オンラインでの使用についても、インターネットに接続できるドメインやポートが制限されていたり、一度に接続できる端末の台数に事実上限りがあったりするなどの差異があるようだ。特にGIGA 端末の場合は、公正に個別に最適化された学びを実現することが一つの大きな目的であることから、柔軟性を高めた運用方法の実現については、今一度、所轄する部署に確実に伝わる方法で周知することが望まれると考えられる。その環境が実現することで、今回のコンテンツや、リーダー、ビルダーなどのような、個別最適化を実現するソフトがより活用されやすくなると考えられる。

【本コンテンツに関する内容】

本コンテンツに関する課題を以下に記載する。

○全体

音声デフォルトはKyoko、ふりがな表示はひらがなを推奨する。その他音声・カタカナ表示の場合、読み上げないまたは異なる読み方になる場合がある。

文字数の多い中学生の教科書は本文ふりがな表示なしをデフォルトに設定している。本文の文字が見やすいサイズを維持した状態で、ふりがなを表示した場合、文字が重なってしまう部分がある。ふりがなはリフローでの表示を推奨する。

改行は教科書と同一でない部分がある。

品詞強調表示は70%程度の精度であるため、教員による説明を要する。

発音に関する表記「か°」（「か」に丸がついている）ものは「ガ」と読ませている。

「～は」は、ふりがなが「ひらがな表示」の場合「ハ」と読むが、ふりがなを「カタカナ表示」にする

と正しく「ワ」と読む。

○小学1年用教科書

31 ページ

あああー（いーいーなども同じ）は、一文字ずつ読み上げない。

50 ページ

きゅうしょく → きゆうしょく（小さい「ゆ」「よ」が認識されていない）

140 ページ

じゅんじょ → じゆんじよ（小さい「ゆ」「よ」が認識されていない）以降複数箇所あり

○小学2年用教科書

28 ページ

「ちゅうしゃ」を「ちゆうしゃ」と読み上げる。

77 ページ

「へ」を「え」と読み上げる。ふりがなをカタカナ表示にした場合、正しく「へ」と読み上げる。

92 ページ

発音の練習「は、は、は」「へ、へ、へ」は、ひらがな表示の場合「わ、わ、は」「え、え、え」と読み上げ、カタカナ表示の場合「ハ、ワ、ハ」「へ、へ、へ」と読み上げる。「は」「へ」に関して、ルビをふっても上手く読むとは限らず、その他のページでも同じ現象が確認されている。

128 ページ

「はいたり」を、ひらがな表示では「わいたり」と読み上げる。

143 ページ

「にゆうがくしき」を「にゆうがくしき」と読み上げる。

「はいていた」を「わいていた」と読み上げる。

165 ページ

「りやくず」を「りやくず」と読み上げる。

○小学3年用教科書

62 ページ

発音表記「カ°」を「が」と読み上げさせている。

104 ページ

発音表記「カ°」を「が」と読み上げさせている。

119 ページ

文章が二つのページにまたがっているので読み上げが途中で終わる。

○小学4年用教科書

7 ページ

「は」（読み方「わ」）を「は」と読み上げる。（他ページもあり）

18 ページ

「っ」を「小さいっ」と読み上げさせている。

55 ページ

「入って」を、ひらがな表示では「わいって」と読み上げる。

73 ページ

「牛にゆう」を「ぎゆうにゆう」と読み上げる。

○小学5年用教科書

23 ページ

「入って」を、ひらがな表示では「わいって」と読み上げる。

28 ページ

「修飾」を、ひらがな表示では、「しゆうしょく」と読み上げる。

62 ページ

「庭はき」を、ひらがな表示では「にわわき」と読み上げる。

68 ページ

「入って」を、ひらがな表示では「わいって」と読み上げる。

○中学年用教科書

19 ページ

「◇◇」, 「○○」, 「■■」, 「◎◎」を、全て「まるまる」と読み上げさせている。

21 ページ

図表の音声化をしていない。

103 ページ

発音記号に関しては、表記はあるが、音声化していない。以降、全てのページでそのようにしている。

126 ページ

文中に「n」とある場合は、自然になるように「ナ行音の子音」と読ませている。

159 ページ

付表は音声化していない。

上記の課題がある。これらは、SSTの仕様が、その原因の主要な部分であるため、【一般的内容】で示した通り、SSMLやX-sampa等の音韻情報を直接扱える規格を実装する必要があると考えられる。現在のiPad等のAPIにはこれらの規格が実装されておらず、プログラム開発者がSSMLなどの規格を利用することができない状況がある。したがって、例えばAmazonやNTTなどが公開している、webAPIを利用するなどの解決策が考えられるが、利用料や常時オンライン接続などの課題が併存している。