

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 愛媛大学

1. 事業の実績

(1) デジタル化した教科書

- 小学部知的障害者用算数☆
- 小学部知的障害者用算数☆☆ (1)
- 小学部知的障害者用算数☆☆ (2)
- 小学部知的障害者用算数☆☆☆

(2) 取組内容

デジタル化した教科書に搭載した機能

デジタル化した教科書には、ページめくり、拡大機能、書き込み機能、保存機能、文字色・背景色の変更機能、ふりがな表示機能、リフロー表示機能、音声読み上げ(機械音声)機能を搭載した。

障害の特性に応じた追加機能

1. リーディングルーラー機能：知的障害・発達障害等のある児童生徒は、一度に多くの視覚情報が入力されると円滑に知覚・認知できない場合がある。視認できる画面上の範囲を限定(教科書1ページの1～2行程度)する機能を搭載することで、文字情報の判読性が向上することが期待される。
2. 縦書き・横書き変換機能：発達障害等がある児童生徒の中には、縦書き(もしくは横書き)だと文字を文字として認識できない児童生徒もいる。そのため、児童生徒の認知スタイルに応じて、縦書き・横書きを変更できる機能が必要である。本機能の実装により、読みに困難がある児童生徒の学習を促進することが期待される。
3. 録音・再生機能：知的障害等がある児童生徒は、身近な特定の他者(担任、保護者等)の声以外に興味を示さない場合もある。機械音声による音声読み上げ機能だけではなく、特定の他者による読み上げ音声を録音・再生する機能を搭載することで、教科書の内容に関する理解が向上することが期待される。
4. 障害者用スイッチインタフェース連動機能：基本ソフトにはアクセシビリティ機能が標準搭載されているが、知的障害を主たる対象とする特別支援学校においては、障害者用スイッチインタフェース(「できiPad。」とジェリービーンスイッチ、Tobii EyeTracker 5とmiyasuku EyeConLT2等)が併用されている。障害者用スイッチインタフェースを用いることを想定した操作画面上の表示配列(ユーザーインタフェース)にすることで、児童生徒自身による教科書の利活用が

促進されることが期待される。

5. アクセスガイド機能：重度の知的障害がある児童生徒、重複障害がある児童生徒は、自らは意図していない操作によって画面の表示が変わり、混乱する場合も想定される（例：意図せず、拡大機能のボタンを押して一部の文字・挿絵等が見えなくなる等）。利用する児童生徒の実態に合わせて、児童生徒自身が操作するモードと、支援者（学校教員、ICT支援員、保護者等）と一緒に操作するモードを切り替えられるようにすることで、円滑な学習が促進されることが期待される。

小学部知的障害者用算数に合わせた追加機能

画像の移動、正解時のフィードバック、スクリーンショットの共有、タップによる切り替えを搭載した。

(3) 事業の成果

ファイル/画像抽出 (iPadOS、Windows共通)

1. 文部科学省提供によるCD-Rから、.indd, .eps, .psdのフォーマットで画像を抽出した。
 - 1.1 さんすう☆
フォルダ名: sannsuu_hosi1_kyoukyuubonn_R3, 743.8 MB, ページ数: 表紙から81ページ
 - 1.2 さんすう☆☆1
フォルダ名: sannsuu_hosi1_1_kyoukyuubonn_R3, 1.61 GB, ページ数: 表紙から67ページ
 - 1.3 さんすう☆☆2
フォルダ名: sannsuu_hosi2_2_kyoukyuubonn_R3, 891.8 MB, ページ数: 表紙から57ページ
 - 1.4 さんすう☆☆☆
フォルダ名: sannsuu_hosi3_kyoukyuubonn_R3, 893.8 MB, ページ数: 表紙から105ページ
2. .inddファイルの各ページ、見開きページ、画像は、Adobe InDesign2022を用いて、最高品質、解像度1200ppi、色空間RGBでPNGファイル形式にエクスポートした。リンクファイルである.psd、.epsは、Adobe Photoshop2022でPNG、JPEGファイル形式で、PDFファイルビューワーでスクリーンショット、エクスポートのいずれかの方法でそれぞれ抽出した。
3. 1MBを超える画像のファイルサイズは、画像リサイズソフトを用いて1MB以下（幅、高さで最大980KBまで）に縮小した。

アプリの開発 (iPadOS)

Xcode Version 13.2.1, Swift 5.5 Programming Language, これらを用いて作成した。

システム: iPadOS 14.0 (iPad), デバイスシミュレーター: iPad (8th generation)

アプリの開発 (Windows)

Visual Studio Code 2022, Dart Programming Language, Flutter, これらを用いて作成した。

システム: Windows 10 Pro (Surface), デバイスシミュレーター: Surface (Windows 8 Pro)

アプリ開発レポート (iPadOS、Windows)

以下はデジタル教科書に搭載した必須機能である1. ページめくり機能、2. 拡大機能、3. 書き込み機能、4. 保存機能、5. 文字色・背景色の変更機能、6. ふりがな表示機能、7. リフロー表示機能、8. 音声読み上げ(機械音声)機能の説明及び搭載ページ、課題・今後の展開である(表1、2)。

表1 必須機能 (iPadOS)

機能/特徴	状態	説明	出力 (ページ)	課題・今後の展開
1. ページめくり機能	達成・完了	ページカール機能の使用(ページ送り、ページ戻し)。	さんすう☆, さんすう☆☆1, さんすう☆☆2, さんすう☆☆☆ (全ページ)* * 2ページと3ページを除き、リーディングルーラースイッチをオンにした場合。	
2. 拡大機能	達成・完了	ピンチ操作によるページ全体(テキスト、画像を含む)のズーム機能(拡大・縮小)。	さんすう☆, さんすう☆☆1, さんすう☆☆2, さんすう☆☆☆ (全ページ)	
3. 書き込み機能	達成・完了	テキストフィールドに数字(テンキー)、文字(キーボードとApple Pencil)の入力。入力・編集後、Enterボタンをクリックすると、回答に対するフィードバックを表示。	さんすう☆☆2 (28, 29, 36, 40, 41, 50, 53, 55, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65ページ) さんすう☆☆☆ (6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 16, 17, 20, 21, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 37, 39, 41, 44, 45, 46, 47, 74, 84, 85, 86, 87ページ)	
	達成・完了	サンプル書き込み/描画キットが初期化され、鉛筆アイコンをクリックするとキャンバスが表示される。鉛筆のアイコンをクリックすると、キャンバスが消える。このキット	さんすう☆, さんすう☆☆1, さんすう☆☆2, さんすう☆☆☆ (全ページ)	指で操作した場合、ページをめくるジェスチャーが筆記具のキャンバスに干渉する。アプリ内の書き込み

		には、ボールペン、蛍光ペン、鉛筆といった先端サイズの異なる筆記具、定規、切り抜き、コピー、消しゴム、インクの色などが用意されており、好みに合わせて選ぶことができる。自動最小化、指で描く、取り消し・やり直し、鉛筆の設定も搭載。書き込み/描画キットはApple Pencilのみ使用可能。		/描画出力保存が適用される。
4. 保存機能	達成・完了	テキストフィールドに入力されたデータ（数字や文字）を保存する。	さんすう☆☆2 (28, 29, 36, 40, 41, 50, 53, 55, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65ページ) さんすう☆☆☆ (6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 16, 17, 20, 21, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 37, 39, 41, 44, 45, 46, 47, 74, 84, 85, 86, 87ページ)	
	達成・完了	クリック時のボタン画像を保存（白→黒、空白→カラーなど）。	さんすう☆☆1 (18, 19, 39, 60, 61ページ) さんすう☆☆☆ (42ページ)	
5. 文字色・背景色の変更機能	達成・完了	背景色を白（デフォルト）、グレー、黒、ライトベージュの4色に変更。文字色は、背景色のコントラスト（白背景の場合は黒、グレーと黒背景の場合は白、ライトベージュ	さんすう☆, さんすう☆☆1, さんすう☆☆2, さんすう☆☆☆ (全ページ)	変更した文字色や背景色は、アプリ終了時に保存されない。リフレッシュ時には、白（デフォルト）のテーマ設定が適用される。

		背景の場合はダークページ)に変更。		
6. ふりがな表示機能	注1	漢字の上にふりがな表示。本文と同じように色の変更される。	さんすう☆☆☆ (2, 3, 12, 18, 34, 35, 44, 71, 80, 98, 102ページ)	注1 さんすうは教科書自体にふりがながふってあるためそのまま利用した。
		ボックス内にある一部のふりがなテキスト及びタイトル、背景の色は変化しない。	さんすう☆☆☆ (5, 10, 16, 17, 38, 40, 41, 48, 60, 62, 64, 66, 67, 74, 93, 98, 103, 104, 105ページ)	
7. リフロー表示機能	達成・完了	画面の向きを縦(デフォルト)か横のどちらかに変更する。書き込み(テキストフィールド)や描画機能を持つページ、ルーラーを読むページ、大きな画像やテキストを含むページの一部が縦向きにロック。	さんすう☆☆*, さんすう☆☆1**, さんすう☆☆2***, さんすう☆☆☆**** (全ページ) * 横向きのスクリーンロック: 8ページ. 縦向きのスクリーンロック: 1, 2, 3, 22, 23, 24, 25, 36, 58, 61ページ. ** 縦向きのスクリーンロック: 1, 2, 3, 18, 19, 28, 29, 53, 55, 57, 59, 65ページ. *** 縦向きのスクリーンロック: 1, 2, 3ページ. **** 縦向きのスクリーンロック: 1, 2, 3, 8, 9, 12, 13, 15, 17, 20-21, 22,	

			25, 28, 30, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 48, 80, 81, 84, 85, 86, 87, 96, 100, 101ページ.	
8. 音声読み 上げ(機械音 声)機能	達成・ 完了	スイッチをオンにする と、音声合成機能が有効 になる。テキストをクリ ックすると、音声が出力 される。	さんすう☆, さんす う☆☆1, さんすう ☆☆2, さんすう ☆☆☆ (テキストを含む全ペ ージ)	

表2 必須機能 (Windows)

機能/特徴	状態	説明	出力 (ページ)	課題・今後の展開
1. ページめ くり機能	達成・ 完了	スライド機能の使用 (ペ ージ送り、ページ戻し)。	さんすう☆, さんす う☆☆1, さんすう ☆☆2, さんすう ☆☆☆ (全ページ)	
2. 拡大機能	達成・ 完了	ピンチ操作によるページ 全体 (テキスト、画像を 含む) のズーム機能 (拡 大・縮小)。	さんすう☆, さんす う☆☆1, さんすう ☆☆2, さんすう ☆☆☆ (全ページ)	
3. 書き込み 機能	達成・ 完了	テキストフィールドに数 字 (テンキー)、文字 (キ ーボードの入力)。	さんすう☆☆☆ (6 ページ)	現時点ではテスト ページのみに搭 載。
4. 保存機能	達成・ 完了	テキストフィールドに入 力されたデータ (数字や 文字) を保存する。	さんすう☆☆☆ (6 ページ)	アプリにデータは 保存されないが、 アプリを更新する か、終了後に実行 するまで、データ はテキストファイ ル内に保存され る。 現時点ではテスト ページのみに搭 載。

5. 文字色・背景色の変更機能	達成・完了	背景色を白（デフォルト）、グレー、黒、ライトベージュの4色に変更。文字色は、背景色のコントラスト（白背景の場合は黒、グレーと黒背景の場合は白、ライトベージュ背景の場合はダークベージュ）に変更。	さんすう☆, さんすう☆☆1, さんすう☆☆2, さんすう☆☆☆（全ページ）	変更した文字色や背景色は、アプリ終了時に保存されない。リフレッシュ時には、白（デフォルト）のテーマ設定が適用される。
6. ふりがな表示機能	達成・完了	漢字の上にふりがなが表示。本文と同じように色に変更される。	さんすう☆☆☆ (2, 3, 12, 18, 34, 35, 44, 71, 80, 98, 102ページ)	
7. リフロー表示機能	達成・完了	画面の向きを縦（デフォルト）か横のどちらかに変更する。	さんすう☆*, さんすう☆☆1**, さんすう☆☆2***, さんすう☆☆☆****（全ページ）	縮小表示による画像及びテキストのズレが生じる。
8. 声読み上げ(機械音声)機能	達成・完了	スイッチをオンにすると、音声合成機能が有効になる。テキストをクリックすると、音声が出力される。	さんすう☆, さんすう☆☆1, さんすう☆☆2, さんすう☆☆☆ (テキストを含む全ページ)	Windowsアプリで利用できる音声合成パッケージはない。現時点では、Microsoft Azure Speech Serviceを利用したアプリで、読み上げ機能のコードを入力している。読み上げ機能进行测试するには、サブスクリプションの契約が必要。また、ウェブブラウザchromeでアプリを実行した場合の読み上げ機能を実行するコードは入力済みだがアクティベートしていない。

障害の特性に合わせた機能として、1.リーディングルーラー機能、3.録音・再生機能、4.障害者用スイッチインタフェース連動機能、5.アクセスガイド機能を搭載した（表3）。なお、2.縦書き・横書き変換機能については、教科書の内容を踏まえ、搭載しなかった。

表3 障害の特性に応じた機能（iPadOS）

機能/特徴	状態	説明	出力（ページ）	課題・今後の展開
1.リーディングルーラー機能	達成・完了	スイッチをクリックすると、背景をぼかし（濃いグレー）、40mmの透明な定規を使用したリーディングルーラービューのサンプルを表示。読書ルーラーを縦方向にドラッグできるため、ページは縦方向に固定される。	さんすう☆、さんすう☆☆1、さんすう☆☆2、さんすう☆☆☆ (2と3ページ)	
2.縦書き・横書き変換機能	注2	画面の向きを縦（デフォルト）か横のどちらかに変更する。		注2 規格委員会で、さんすうの縦書きは適切でないとの助言を受けたため実装を控えた。
3.録音・再生機能	達成・完了	各ページに音声を収録し、再生。	さんすう☆、さんすう☆☆1、さんすう☆☆2、さんすう☆☆☆（全ページ）	録音した音声は、メモリの問題でアプリに永久保存されない。アプリを終了したり更新したりすると、録音した音声ファイルのある各ページが消去される。
4.障害者用スイッチインタフェース連動機能	達成・完了	ボタンの表示配列について、各障害者用スイッチインタフェースを併用することを想定して配置。「できiPad。」とジェリービーンスイッチでの使用検証済み。	さんすう☆、さんすう☆☆1、さんすう☆☆2、さんすう☆☆☆（全ページ）	

5. アクセスガイド機能	達成・完了	各機能について、on-offボタンが搭載されており、機能の制御が可能。その他アクセスガイド機能は標準装備されているiPad OSと連動させた。	さんすう☆, さんすう☆☆1, さんすう☆☆2, さんすう☆☆☆ (全ページ)	
--------------	-------	---	---	--

本校では、デジタル化したさんすう教科書に合わせた機能として、1. 動くもの／映像、2. 正解時のフィードバック、3. スクリーンショットの共有、4. タップによる切り替えを搭載した（表4）。

表4 本教科書に応じた機能（iPadOS）

機能/特徴	状態	説明	出力（ページ）	課題・今後の展開
1. 画像の移動	達成・完了	パンジェスチャー認識機能により、ページ内のオブジェクトや画像を移動（ホールドタッチ／ドラッグ）させることができます。	さんすう☆（8-13, 22, 23, 24, 25, 50, 53, 57, 58, 61, 64, 65ページ） さんすう☆☆☆（100, 101ページ）	移動オブジェクト機能を持つページが、画面の横向きまたは縦向きでロックされる。アプリの終了時や更新時に、画像の最後の移動と位置が保存されない。
2. 正解時のフィードバック（アニメーションと音声プロンプト付き）	達成・完了	ユーザーがテキストフィールドに正しい答え（数字または文字）を入力すると、音声プロンプト付きのアラートビューを生成。アルゴリズムとif文に基づく。Enterボタンがクリックされると、回答に対するフィードバックを表示。注3	さんすう☆☆1（28, 29, 36, 40, 41, 50, 53, 55, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65ページ） さんすう☆☆☆（6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 16, 17, 20, 21, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 37, 39, 41, 44, 45, 46, 47, 74, 84, 85, 86, 87ページ）	注3 規格委員会で、特別支援学校の児童に対して不正解の表示をさせることは適切ではないと助言を受け、正解のみ実装した。
3. スクリーンショットの共有	達成・完了	共有アイコンをクリックすると、ユーザーは現在のページのスクリーンショットをメール、Airdrop、メッセージ、メ	さんすう☆, さんすう☆☆1, さんすう☆☆2, さんすう☆☆☆ (全ページ)	

		モ、リマインダー、ファイルへの保存で他のユーザーと共有。		
4. タップによる切り替え	達成・完了	ボタンをタップすると、画像や背景、色が切り替わる。	さんすう☆(36), さんすう☆☆1(18, 19, 39, 60, 61), さんすう☆☆☆ (22, 42,	

必須機能、障害の特性に応じた機能、本教科書に応じた機能は、規格検討委員会により委員から助言を受け、学校現場に必要とされる機能へと修正を行い、搭載した。

例えば、リーディングルーラー機能と拡大表示機能に関して、どちらの機能も学校現場では同時に使うことを想定しており、図1のように①本文に対して、②リーディングルーラー機能を使用した状態から、③拡大表示を行えるようにした。

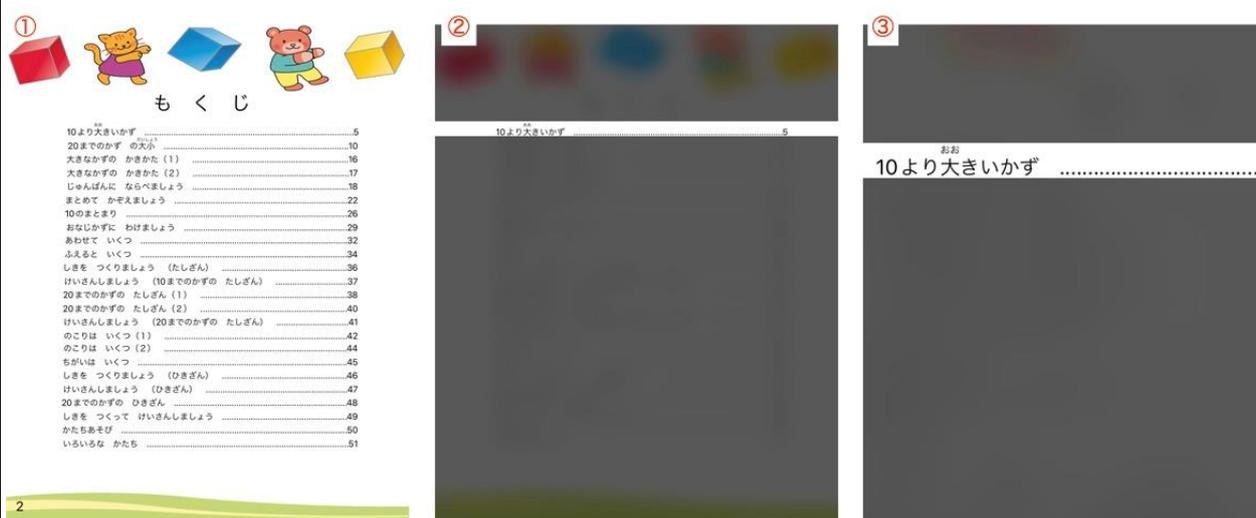


図1 リーディングルーラー機能と拡大表示機能

また、教育現場で用いるさんすうでは、回答とは別に回答欄外にメモ書きを行うことが多いこと、メモ書きと回答のどちらも保存機能が欲しい、それらを児童生徒と先生で共有したいという要望から、①回答欄外へのメモ書きを行えるようにし、②回答を記入した後、回答やメモ書きの保存に加えて、③スクリーンショットの共有により、児童生徒間や児童生徒と先生間でのやりとりを可能とした。回答やメモ書きを共有し、先生がまる付け等の回答の答え合わせを行い、それをさらに児童生徒に共有することができる(図2)。

