

Ⅶ. 弱視児童生徒のためのデジタル教科書閲覧用ビューアの在り方

1. デジタル教科書閲覧用ビューアの評価の必要性

(1) 研究の経緯

国立特別支援教育総合研究所の ICT・AT 班では平成 23 年度に「デジタル教科書・教材及び ICT の活用に関する基礎調査・研究」において、障害のある児童生徒のためのデジタル教科書ガイドライン（以下、「ガイドライン」という。）を試作し、平成 24 年度・25 年度の 2 カ年で「デジタル教科書・教材の試作を通じたガイドラインの検証－アクセシブルなデジタル教科書の作成を目指して－」において、デジタル教科書の試作を通して同ガイドラインの検証を行った。

これらの研究は、従前の指導者用デジタル教科書に加えて今後は各教科書発行者が学習者用デジタル教科書の開発を進めることが予想されることから、それらの仕様に障害のある児童生徒への配慮としてアクセシビリティ機能を備えてもらうことをアピールすることも目的の一つに挙げて実施したものである。

そして、視覚障害教育の立場からは特別支援学校（視覚障害）等でいわゆる準ずる教育課程で学んでいる弱視の児童生徒は、これらのデジタル教科書を活用することが想定されることから、それらの見やすさ、使いやすさ等に関して評価する必要があると考えた。

つまり、実際に学習者用デジタル教科書の閲覧用ビューアのアクセシビリティ機能や操作性を検証することによって、弱視の児童生徒にとってどのような機能が備わっていれば良いか、閲覧用ビューアの操作等に関してどのような配慮を行えば良いかについて、その視点が明らかになると考えた。

(2) 評価対象機種と評価者

上記の内容を評価のために試用するデジタル教科書閲覧用ビューアは、特別支援学校（視覚障害）で主要教科の多くが採択されている東京書籍が採用している ACCESS 社製の PUBLUS Reader for Education とした。

なお、ACCESS 社は平成 27 年度途中からデジタル教科書閲覧用ビューアの名称を Lentrance Reader for Education へと変更したが、閲覧用ビューアの評価そのものとは関連がないと考えられることから、本報告書では当初の名称である PUBLUS Reader for Education を用いることとした。

また、デジタル教科書閲覧用ビューアを評価するのは、平成 27 年度に公募により所外研究協力者に選ばれた特別支援学校（視覚障害）の教員 6 名とした。

評価者を公募するにあたり要件とした内容は、視覚障害教育に関して十分な教職経験を有していること、ICT 機器の知識や操作技術、指導経験を有していることとした。

実際に協力をいただいたのは、本報告書 4 ページの「②所外研究協力者」の項を参照されたい。

(3) PUBLUS Reader for Education のアクセシビリティ機能

PUBLUS Reader for Education は特に障害のある児童生徒のために開発されたデジタル教科書閲覧用ビューアではないが、画面拡大、リフロー拡大、白黒反転表示、文字色・背景色の変更、読み上げ機能など、視覚障害のある児童生徒にとって読みや理解を支援する機能が盛り込まれている。

これらの機能を、前述した国立特別支援教育総合研究所の ICT・AT 班が作成したガイドラインに示されている視点と対応させたのが表 7-1 である。

表 7-1 PUBLUS Reader for Education のアクセシビリティ機能とガイドラインとの対応状況

○原則 1：知覚可能（1.1 ～ 1.4）
・文字や文章の表示についてはリフローできること（1.3） ・色弱の児童生徒のために背景と文字について、それぞれの表示色を変更することができる機能を付加する（1.4） ・角膜混濁、白内障等の透光体に課題のある児童生徒のために白黒反転表示機能を付加する（1.4） ・児童生徒の視機能に応じて以下の機能を付加する ①画面の明るさの変更，②フォントサイズの変更，③フォントの種類の変更，⑥行間隔の変更，⑦ハイライト機能と文字色，背景色の変更
○原則 2：操作可能（2.1 ～ 2.4）
・テキストの読み上げ速度等を変更できる機能の付加（2.2） ・ストップモーション（2.2）
○原則 3：理解可能（3.1 ～ 3.5）
○原則 4：互換性・堅牢性（4.1）

これを見ると、PUBLUS Reader for Education のアクセシビリティ機能が原則 1 の知覚可能に集中していることが分かる。閲覧用ビューアというツールの特性を考慮すれば、当然と言えるかもしれないが、見やすさや読みやすさの視点に加えて、理解しやすくするための配慮、つまり、原則 3 の理解可能の視点が含まれると、更にアクセシビリティが充実するものと考ええる。

ちなみに、原則 3 の理解可能の内容には、「用語の解説」、「ルビの表示」、「参照情報の提示」、「重要事項等の表示の変更」などが含まれている。

2. デジタル教科書閲覧用ビューアの評価の視点

（1）評価の視点の考え方

閲覧用ビューアの評価を行うにあたっては、ACCESS 社から閲覧用ビューアの操作マニュアルを提供してもらい、その機能の一つ一つを評価項目とした。

また、閲覧用ビューアをインストールするハードウェアに関しては、画面サイズが異なる 3 機種（12 インチ・15.6 インチ・21 インチ）の Windows 系のタブレット型コンピュータ（以下、「タブレット PC」という。）を評価対象としたことから、画面サイズも評価項目に加えることとした。

さらに、弱視の児童生徒がタブレット PC を試用する際は、画面を極端に目に近づけて見ることが多く、それによって姿勢が前屈みになる傾向があることから、タブレット PC をアームに固定して見せることを前提とした。そして、今回は 3 機種のうち 2 機種についてはタブレット PC を固定するためのアームも評価項目に加えることとした。

なお、評価にあたり閲覧用ビューアで閲覧するコンテンツについては、研究協力機関である東京書籍から学習者用デジタル教科書の見本（デジタル教科書の機能を確認することができる数ページからなるコンテンツ）を提供してもらい、ACCESS 社を通じて 3 種類のタブレット PC に

インストールされた。閲覧用ビューアにインストールされた教科書は小学校6教科，中学校10教科に上った。表7-2として閲覧用ビューアにインストールされたデジタル教科書一覧を示す。

表7-1 PUBLUS Reader for Education のアクセシビリティ機能とガイドラインとの対応状況

小 学 校	中 学 校
国語（新編新しい国語3年下）	英語（NEW HORIZON English Course 1）
家庭（新編新しい家庭6・6年）	国語（新編新しい国語1）
書写（新編新しい書写4年）	家庭（新編新しい技術・家庭 家庭分野）
理科（新編新しい理科6年）	技術（新編新しい技術・家庭 技術分野）
社会（新編新しい社会5年上）	数学（新編新しい数学1）
国語（新編新しい国語3年下）	書写（新編新しい書写）
	公民（新編新しい公民）
	地理（新編新しい地理）
	歴史（新編新しい歴史）
	科学（新編新しい科学）

（2）評価シートの作成

デジタル教科書のコンテンツが収められた閲覧用ビューアの評価にあたっては，閲覧用ビューアの操作のしやすさ（Usability）と閲覧用ビューアの見やすさ・読みやすさ（Visibility），そしてタブレットPCの固定用アームの扱いやすさ（Operability）の3項目に自由記述を加えて評価シートを作成した。

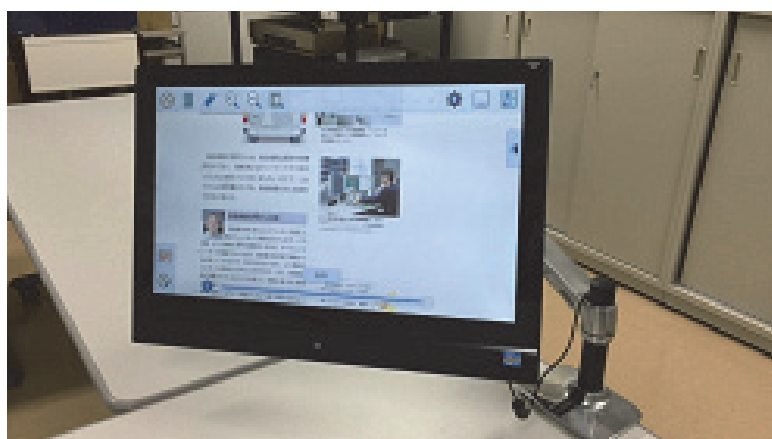


図7-1 アームで固定されたタブレットとデジタル教科書の画面

このような手続きに基づき作成された評価項目は，Usability：6区分・36項目，Visibility：15区分・111項目，Operability：2区分・6項目に上った。評価シートの項目の詳細は，巻末に示した資料（4）「PUBLUS Reader 評価チェックシート」を参照されたい。

各項目の評価基準は，4（非常に良い）から1（悪い）までの4段階から一つを選択してもらうこととした。選択肢を4件法にしたのは，奇数の場合では往々にして中央値を選択する傾向があると判断したためである。

そして，PUBLUS Reader for Education の操作のしやすさや画面の見やすさ・読みやすさ等についての評価基準は，弱視の児童生徒が使った場合を想定して評価してもらうこととした。このことは，評価項目によっては，障害のある児童生徒にとっては課題とはならない項目が，弱視の児童生徒が使用する場合には，改善の余地がある項目として評価される場合があることを意味し

ている。

(3) 閲覧用ビューアの評価の手続き

閲覧用ビューアの試用による評価は、平成 27 年 7 月から 11 月にかけて外部研究協力者である特別支援学校（視覚障害）の教員の勤務校において行われた。

前述したように PUBLUS Reader for Education は画面サイズが異なる 3 台のタブレット PC にインストールされたが、評価者が 6 人であるために 1 回の評価期間を 20 日間弱とし、3 台ずつ交代で評価を行ってもらった。

タブレット PC の移動は、評価期間を終了すると、一旦国立特別支援教育総合研究所へ返送してもらい、そこから次の評価者の勤務校へと郵送して行われた。

3. デジタル教科書閲覧用ビューアの評価結果

(1) 全般的な評価結果とその傾向

試用期間を終えて集約された評価シートは、全ての項目について評価点の平均と標準偏差（SD）を求めた。

集計の結果、概ねどの項目についても高い評価結果であり、全体の 68.6% の評価点が 3.0 以上であった。

また、Visibility（見やすさ・読みやすさ）に関する項目についてタブレット PC の画面サイズの違いが評価点にもはっきりと表れた結果となった。全般的な傾向として 3 機種の中では 21 インチが最も評価が高く、次いで 15.6 インチ、そして最も評価が低かったのが 12 インチであった。

また、PUBLUS Reader for Education には「テーマ選択」と呼ばれる画面の背景色の変更機能として、「セピア」（画面全体がセピア色）、「パンダ」（白背景に黒色）、「トラ」（黒背景に黄色）、「インコ」（黄色背景に青色）の 4 種類が選択できるようになっている。これらの機能はデジタルカメラの機能から採用されたと考えられる「セピア」を除いて、他の 3 種類は拡大読書器の背景色の変更と同様の機能と考えられるが、総じてこれらの機能は評価が低かった。

デジタル教科書の画面には本文や写真、図表などが掲載されているが、このような画面を読み取る場合は、このテーマ選択の 4 種類の表示形式では、かえって見にくくなってしまうというのがその理由だと考えられる。

(2) 特に評価が高かった項目

表 7-3 は Usability で評価点が 3.5 以上の項目である。これを見ると、Usability の各項目は相対的に評価が高く、弱視の児童生徒が使用した場合でも概ね支障なく使うことが可能であると推察される。

表 7-3 Usability（操作のしやすさ）で評価が高かった項目

区 分	項 目	平均	S D
U1. 基本操作（3）	1. 起動	3.8	0.41
	2. 終了	3.5	0.55
	3. アプリの最小化	3.8	0.41
U2. 教科書の使用（6）	1. 教科書を開く	3.8	0.41
	2. 教科書を閉じる	4.0	0.00
	3. 別の教科書を開く	4.0	0.00
	4. しおりを付ける	3.7	0.52
	5. しおりを付けたページを開く	3.7	0.52
	1. 教科書を開く	3.8	0.41
U3. 画面表示の変更（11）	2. 教科書を閉じる	4.0	0.00
	1. ページの拡大と縮小（アイコンをタップ）	4.0	0.00
	3. 元に戻す（100%表示）	3.8	0.41
	5. もくじの表示と操作	3.5	0.84
	6. しおりの編集と操作	3.5	0.84
	7. ページめくり（アイコンをタップ）	3.7	0.52
U4. Hybrid 機能の活用（3）	8. ページめくり（スワイプ）	3.7	0.52
	10. ページの移動（しおりをタップ）	3.5	0.55
	1. ポップアップウィンドウ内の表示の拡大と縮小	3.5	0.55
	2. 拡大・縮小した表示を元に戻す	3.8	0.41
	3. 音声の再生と停止	3.5	0.84
U5. 閲覧設定による画面表示の変更（10）	1. リフロー時の書体の変更	4.0	0.00
	3. リフロー時の文字サイズの変更	3.8	0.41
	4. リフロー時の行間の変更	3.5	0.84
	5. リフロー時の行間の変更（アイコンをタップ）	3.5	0.84
	6. 見開き表示への切り替え	3.8	0.41
	7. 画面の明るさの変更（ハンドルをドラッグ）	3.8	0.41
	8. 画面の明るさの変更（アイコンをタップ）	3.5	0.84
	9. 白黒反転への変更	3.8	0.41
	10. テーマの変更	3.8	0.41

結果的に評価対象の全 36 項目中 29 項目で評価点の平均が 3.5 以上であり、その割合は 80.6%であった。

なお、各区分の（ ）内の数字は、その区分の全項目数を示している。

表 7-4 は Visibility で評価点が 3.5 以上の項目である。Visibility の評価区分では画面サイズの異なる 3 種類のタブレット PC のそれぞれの見やすさ・読みやすさについて評価を求めているが、その結果の傾向は上述したように、最も見やすく・読みやすいのは 21 インチのタブレットであった。それが評価点の高かった項目数にも表れている。例えば、「V1-1. 表示画面の分かりやすさ」では、21 インチでは全 5 項目の全てが 3.5 以上の評価であったが、12 インチでは 3.5 以上の評価項目は 1 項目もなかった。

表 7-4 Visibility（見やすさ・読みやすさ）で評価が高かった項目

区 分	項 目	平均	S D
V1-1. 表示画面の分かりやすさ：21 インチ（5）	1. 画面全体の構成の分かりやすさ	3.7	0.52
	2. メニューバーの構成と見やすさ	3.5	0.55
	4. 目次の見やすさ	3.7	0.52
	5. しおりの見やすさ	3.5	0.55
V1-2. 表示画面の分かりやすさ：15.6 インチ（5）	1. 画面全体の構成の分かりやすさ	3.5	0.84
V2-1. 表示画面の変更による見やすさ：21 インチ（6）	1. 見開きページの見やすさ	3.7	0.52
	2. 1 ページ表示の見やすさ	3.3	0.82
	3. 拡大したページの見やすさ	3.7	0.52
	4. 縮小したページの見やすさ	3.7	0.52
	5. 分割した画面の見やすさ	3.8	0.41
	6. テキスト検索ウィンドーの見やすさ	3.5	0.84
V2-2. 表示画面の変更による見やすさ：15.6 インチ（6）	1. 見開きページの見やすさ	3.7	0.82
	2. 1 ページ表示の見やすさ	3.7	0.82
	3. 拡大したページの見やすさ	3.7	0.82
	4. 縮小したページの見やすさ	3.7	0.82
	5. 分割した画面の見やすさ	3.5	0.84
V3-1. Hybrid View 機能の活用：21 インチ（2）	1. リフローした時の読みやすさ（拡大率）	3.7	0.52
V3-2. Hybrid View 機能の活用：15.6 インチ（2）	1. リフローした時の読みやすさ（拡大率）	3.8	0.41
V4-1. 環境設定の変更による表示の変更：21 インチ（21）	1. 明朝体の文章の見やすさ	3.7	0.52
	2. ゴシック体文章の見やすさ	3.8	0.41
	3. 文字サイズの変更（拡大率）	3.8	0.41
	4. 行間変更の程度	3.8	0.41
	6. 明るさ変更の程度	3.7	0.52
	21. テーマ：黒色の見やすさ（コントラスト）	4.0	0.00
V4-2. 環境設定の変更による表示の変更：15.6 インチ（21）	1. 明朝体の文章の見やすさ	3.7	0.52
	2. ゴシック体文章の見やすさ	3.5	0.55
	3. 文字サイズの変更（拡大率）	4.0	0.00
	4. 行間変更の程度	3.8	0.41
	5. 見開き表示の見やすさ	3.7	0.82
	6. 明るさ変更の程度	3.7	0.52
V4-2. 環境設定の変更による表示の変更：12 インチ（21）	21. テーマ：黒色の見やすさ（コントラスト）	4.0	0.00
	2. ゴシック体文章の見やすさ	3.5	0.84
	3. 文字サイズの変更（拡大率）	3.8	0.41
	4. 行間変更の程度	3.7	0.52

また、「V 4. 環境設定の変更による表示の変更」に関しては、画面サイズの違いに関わらず、画面の表示色を変更する項目は、「黒色の見やすさ」を除いては1項目も3.5以上の評価にはならなかった。

表 7-5 Operability (モニターアームの扱いやすさ) で評価が高かった項目

区 分	項 目	平均	S D
O1-1. モニターアームの評価：エルゴトロン（3）	1. 操作性・柔軟性	3.5	0.55
	2. 安定性・堅牢性	3.5	0.84
	3. 安全性	3.5	0.55

表 7-5 は Operability で評価点が 3.5 以上の項目である。モニターアームは 3 種類のうち、21 インチと 15.6 インチのタブレット PC に取り付けたが、両者にはかなりの性能の違いがあったようだ。評価が高かったのは 21 インチのタブレット PC に取り付けたものだが、操作性、安定性等の全項目で高い評価となった。

15.6 インチに取り付けたモニターアームの評価が低かったのは、モニターアームに取り付けるタブレット PC の重量が軽すぎたために、十分な性能を引き出すことができなかったことが原因であると考えられる。

一般的にモニターアームは、取り付けるモニターや PC の重量によってアームに内蔵されているバネの反動を調節している。このため、取り付けるモニターや PC に十分な重量がない場合は、自在にアームを動かすことができず、その性能を十分に引き出すことができなくなってしまう。

(3) 特に評価が低かった項目

表 7-6 は評価点が 3.0 未満の項目である。中でも標準偏差が小さい項目は 6 人の評価者の多くがその項目に対して低い評価を与えたことになる。

評価点が低かった項目の特徴を見ると、その多くが Visibility に関する項目であることが分かる。特に「V 4. 環境設定の変更による表示の変更」についてはタブレット PC の画面の大きさの違いに関わらず表 7-6 に示した項目の評価が低い結果となった。

なお、表 7-6 には便宜的に 21 インチの結果を掲載しているが、15.6 インチ、12 インチについても、同一項目で類似した結果となっている。

さらに、「表示画面の変更による見やすさ」の各項目では、12 インチだけの評価点が低かった。この区分には 6 項目が設定されていたが、そのうちの 5 項目が評価点 3 点未満であり、残りの 1 項目も 3.0 という評価点であったことから、画面の大きさによって表示内容の見やすさに影響を与えていることが示唆された。

また、「V5. 画面への書き込み」に関しては、21 インチと 12 インチが選択されていることから、書き込んだ線等の見やすさというよりは、それぞれのタブレット PC の性能の違いにより、スムーズな画面への描画等が行えなかったということが原因で評価点が低くなったと考えられる。

表 7-6 特に評価が低かった項目

区 分	項 目	平均	S D
U3. 画面表示の変更	2. ページの拡大と縮小（ピンチイン・ピンチアウト）	2.7	0.82
	11. テキストの検索	2.8	0.41
U6. 画面への書き込み	1. ペンツール：線	2.8	0.75
	3. スタンプツール：透明度・線幅・色の変更	2.8	0.98
V1-2. 表示画面の分かりやすさ：15.6 インチ	3. アイコンの見やすさ（色・形・大きさ）	2.8	0.98
V1-3. 表示画面の分かりやすさ：12 インチ	3. アイコンの見やすさ（色・形・大きさ）	2.3	1.03
	5. しおりの見やすさ	2.8	1.17
V2-3. 表示画面の変更による見やすさ：12 インチ	1. 見開きページの見やすさ	2.7	1.03
	2. 1 ページ表示の見やすさ	2.8	1.17
	3. 拡大したページの見やすさ	2.7	1.03
	4. 縮小したページの見やすさ	2.8	1.17
	5. 分割したページの見やすさ	2.5	1.05
V3-3. Hybrid 機能の活用：12 インチ	2. 再生音声の聞きやすさ	2.8	0.75
V4. 環境設定の変更による表示の変更（全機種）	8. セピアの見やすさ（コントラスト）	2.0	0.89
	9. パンダの見やすさ（コントラスト）	2.8	0.75
	10. トラの見やすさ（コントラスト）	2.7	0.52
	11. インコの見やすさ（コントラスト）	2.3	0.52
	12. 朱色の見やすさ（コントラスト）	2.2	0.84
	13. オレンジの見やすさ（コントラスト）	2.8	0.84
	14. 黄色の見やすさ（コントラスト）	2.8	0.45
	15. 赤紫色の見やすさ（コントラスト）	2.4	0.89
	17. 青色の見やすさ（コントラスト）	2.6	0.55
	19. 青緑色の見やすさ（コントラスト）	2.6	0.55
V5-1. 画面への書き込み：21 インチ	1. ペンツールによる線の見やすさ	2.8	1.17
V5-3. 画面への書き込み：12 インチ	1. ペンツールによる線の見やすさ	2.8	0.41
O1-2. モニターアームの評価：エルゴミクス	1. 操作性・柔軟性	2.5	1.05
	2. 安定性・堅牢性	2.7	1.21
	3. 安全性	2.2	0.75

（４）自由記述及び研究協議会で改善の要望が挙げられた項目

評価シートには、区分ごとに自由記述の欄を設けて閲覧用ビューアの試用により得られた改善点や要望等を記述してもらった。また、研究協議会において、直接 PUBLUS Reader for Education の開発期間である ACCESS 社や東京書籍への要望事項が提案され、議論や情報交換等を行った。

評価者である外部研究協力者の特別支援学校（視覚障害）の教員からは、詳細で、かつデジタル教科書の今後の在り方に大いに示唆を与える意見や要望が出された。

以下にその主な事項と論点を示す。

① メニューアイコン等の大きさの変更機能について

PUBLUS Reader for Education には様々なアクセシビリティ機能が搭載されているが、弱視の児童生徒がデジタル教科書閲覧用ビューアを使用する場合は、コンテンツの見やすさや読みやすさに加えて、ビューア画面のデザイン自体の見やすさが課題となる。ビューア画面には操作のための様々なアイコンが並んでいるが、そもそもそれらが小さくて見づらければ、快適に使用することはできない。弱視の児童生徒が日常的に様々な場面でストレスを感じながら学習していることを考えると、閲覧用ビューア画面の設定において、アイコンや関連する文字の表示サイズを変更できる機能を持たせることが望ましいと考える。

② 画面のコントラスト変更機能について

PUBLUS Reader for Education には基本的な機能として、画面の明るさを調節することができるようになっている。この機能は相対的に明るい画面を好む児童生徒にとってばかりではなく、画面を暗めに設定することで羞明を訴える児童生徒にも望ましい機能と言える。

このことに加えて、画面のコントラストを調節できる、つまり輝度を変更することができる機能が付加されることにより、恩恵を受ける弱視の児童生徒は多くなると考えられる。

③ 表示拡大率の維持機能について

閲覧用ビューアには画面を指でピンチアウトすることで容易に拡大することができるようになっている。文字の拡大についてはリフロー機能が便利であるが、固定レイアウトの画面を拡大して見ることも多い。

しかしながら現状の閲覧用ビューアでは、一度拡大した画面がページをめくると元の画面（拡大しない場合の画面表示）に戻ってしまう。

画面をピンチイン・ピンチアウトすることで、自在に画面拡大率を変更できる便利さを考えると、ページが代わる度にもう一度拡大しなおさなければならないことは、大きなストレスとなるという。一見すると大きな課題ではないように思われるが、実際に使用する児童生徒にとっては、この機能があるかないかは大きな違いである。

④ 白黒反転の拡張機能について

角膜や水晶体、硝子体に混濁がある場合は、白黒反転表示が見やすいと言われている。割合としては高くはないが、このような白黒反転画面を好む児童生徒が一定の割合で存在していることも事実である。

現状の白黒反転機能は、画面の全てがいわゆるネガの状態になってしまう。しかし、白黒反転を好む児童生徒であっても、図や写真はオリジナルのままの方が理解しやすいという。図や写真等はオリジナルのままでその他の部分は反転しているという画面設定は、単にビューアに機能を付加するだけでは実現が難しいと言われているが、可能であれば、データを増やすことなく EPUB のプログラム上での実現を望みたい。

⑤ スムーズな指による操作感について

上記③で述べたように、画面拡大の最も簡便な方法は画面上でピンチイン・ピンチアウトをすることである。そして、この方法が最も直感的で分かりやすい方法であると言える。ところが、タブレット PC の機種や性能の違いによって、拡大したり元に戻したりすることがスムーズにできない場合がある。閲覧用ビューアをインストールするタブレット PC の性能が、場合によってはあまり高くなかったり最新の機種ではない場合も想定されることから、なるべくコンテンツの容量を少なくする、あるいはデータ圧縮をするなどして、ハードウェアのスペックに依存しすぎることなく、スムーズに機能するための工夫を望みたい。

⑥ アクセシビリティに関するアプリケーションと OS の機能分担について

障害のある児童生徒がデジタル教科書を使用する場合、閲覧用ビューアにはどれほどのアクセシビリティ機能が備わっていれば良いのかは議論の分かれるところかもしれない。

このことについては、国立特別支援教育総合研究所の ICT・AT 班が平成 25 年度に実施した「デジタル教科書・教材の試作を通じたガイドラインの検証－アクセシブルなデジタル教科書の作成を目指して－」においても取り上げている。

この研究では前年度の研究で策定した「障害のある児童生徒のためのデジタル教科書ガイドライン」を実際にデジタル教科書の試作を通して、その妥当性を検証することを目的に実施された。その中で、デジタル教科書のアクセシビリティについては、最大公約数的に多くの障害のある児童生徒にとって共通するアクセシビリティを標準規格として捉え、その機能では十分ではない児童生徒にはオプションとして更にアクセシビリティを担保するという、言わば二段階での対応が望ましいとしている。

この度の研究協議会においてもその考え方が踏襲され、多くの障害のある児童生徒にとって使いやすいアクセシビリティ機能を備えておいて、それ以上の配慮が必要な場合は、使用しているハードウェアの OS の機能でカバーすることが望ましいとのことだった。

その際に考慮すべきは、閲覧用ビューアに備わっているアクセシビリティ機能が OS が備えているアクセシビリティ機能と親和性が保たれていることが望ましいということである。そうすることにより、閲覧用ビューアのアクセシビリティがより使いやすいものとなるからである。

⑦ タブレット PC の画面サイズと固定アームの使用について

今回の閲覧用ビューアの試用による評価にあたっては、あえて画面サイズが異なる 3 種類のタブレット PC を用いることにした。

それは、単にタブレット PC のアプリを活用することに留まらず、デジタル教科書を閲覧して活用する際に、弱視児童生徒にとってどの程度の画面サイズが適切であるかを検証することが必要であると考えたからである。

評価シートによる評価結果からは、21 インチが最も適しており、12 インチでは小さすぎることを示唆された。

このことを研究協議会でも取り上げて意見集約を行った。

評価者からは特別支援学校（視覚障害）では、やはり一番評価点の高かった 21 インチが適しているとのことだった。

しかし、通常の学級の教室環境を考えると、21 インチでは大きすぎて通常の学級で使用されている机の上に置いて使ったり、アームで固定したりすることは難しいと考えられた。したがって、通常の学級では 15.6 インチのタブレット PC が適しているのではという結論になった。

また、12 インチの画面サイズでは、弱視の児童生徒がデジタル教科書を閲覧するには小さすぎるとの意見が大勢を占めた。

さらに、タブレット PC をアームで固定して使用することについては、学習活動においてデジタル教科書を使用する場合はアームを自在に操作して最も見やすい場所に固定しておき、使用しない場合は机の端のどちらか側に寄せておくことが容易に行えることから、その利便性の高さが伺えた。

これらを踏まえると、固定アームの使用により非常に適切な学習環境を整えることができると考えられる。

4. 今後検討されなければならない事項

本研究の一環として取り組んだデジタル教科書閲覧用ビューアの試用による評価とメーリングリストによる意見交換、及び研究協議会での議論を通して、弱視の児童生徒がデジタル教科書を活用する場合に、現状ではその機能が十分ではなく、今後検討されなければならない事項が明ら

かとなった。本項ではそれらについて整理しておく。

（１）音声読み上げの規則作りについて

教科書本文の読み上げ機能は、読み上げ方の流暢さ（より自然な日本語に聞こえるような読み方）の完成度は別として、実際にどのように読み上げると書かれた内容を正確に理解することができるかという課題が指摘されている。

その典型的な例が、数学等の数式の読ませ方である。表7-7は所外研究協力者の高野氏に提供していただいた実際に数学の数式を読ませる際の「読み方のルール」を示したものである。

高野氏によると、例えば加減乗除の $+$ ・ $-$ ・ $\times$ ・ $\div$ のそれぞれの記号の読み方は、計算式の場合は、それぞれ「足す」「引く」「掛ける」「割る」と読み、正の数・負の数の場合は、「プラス」「マイナス」と読むというルールを作り区別しているという。また、特に難しいのは分数式の読み方で、約分などを行っていき最終的な式になる過程で、あえて「整理して」という実際には記述されていない言葉を挿入することで、理解しやすくしているという。

しかし、このような読み方のルールは、またに教科書発行者により異なっているのが現状である。

また、研究協議会では、数式の複雑さや読み上げ機能を利用する対象者の違いによって読み方のルールも違ってくるのではないかという指摘も受けた。

表 7-7 数式の読み方の規則（東京書籍作成）

項目	読み方
数学 1-39 ページ 解答	(イコール) ぶらす、かっこ、はちかける、じゅうよんぶんのご、かける、なな、かっことじ、<u>せりりして</u>、よん、かける、ご、かける、いち 整理して
数学 1-41 ページ $16 \div (-2)^2 - (-7)$	じゅうろく、わる、<u>マイナスにの</u>にじょう、ひく、<u>マイナスなな</u>
数学 1-59 ページ $x \div (-2) = \frac{x}{-2} = -\frac{x}{2}$	エクス、わる、マイナスに、イコール、<u>マイナスにぶんのエクス</u>、イコール、<u>マイナス、にぶんのエクス</u> 間に入れ方で区別
「=」は公式で全部「イコール」と読みますか。	数式の場合
数学 1-33 ページ $= \{(-15) \times (-2)\} \times 13$	かっこ、<u>マイナスじゅうご</u>、かける、<u>マイナスに</u>、かっことじ、かける、じゅうさん 負の整数を単独で囲む括弧は読まない

つまり、複雑な式を頭の中に具体的にイメージできるような、その分野に精通している研究者のような立場であれば、書かれている数式の一つ一つの文字の全てを読み上げなくても、理解できるかもしれない。むしろ、そのような人であれば、全てを読み上げることで返ってストレスを感じるかもしれない。一方、小学校段階であれば、まさに丁寧に一つ一つを読み上げていかなければ理解できないだろう。

このような数式の読み方等については、鈴木昌和氏（認定特定非営利活動法人サイエンス・アクセシビリティ・ネット代表）や山口雄二氏（日本大学短期大学部）らが具体的に研究を進めて

いるが、今後は小学校段階を含めて、音声読み上げの包括的、系統的な統一規則を策定する必要がある。

(2) 色づかいへの配慮について

今回の評価対象となった PUBLUS Reader for Education には、「色の変更」に関する設定の変更機能が数多く含まれており、拡大読書器と比較してもその機能は非常に充実していると言える。このことについては、特別支援教育の対象となっていない児童生徒の中にも、いわゆる色覚異常のある者が一定の割合で存在していることが推定されるための教科書発行者側の対応策と言えよう。

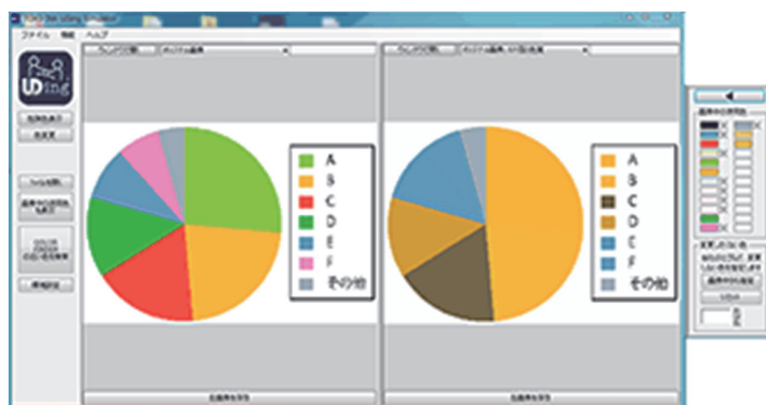


図 7-2 UDing シミュレーター (Windows 版)

ところが、今回の試用による評価では色の変更機能の評価が総じて低い結果となった。この結果について研究協議会では、実際にはそれほど必要がないと考えられる、あるいは色の変更を行うことで返って読みづらくなる、見づらくなるという指摘がされた。例えば、変更できる色の中にセピア色が含まれているが、これはデジタルカメラのモノクロ画面を、銀塩カメラで撮影して印画紙に焼き付けたような味わいを出そうとするために設定された機能から採用されたと想定される。ところが、このような配慮は多くの弱視児童生徒がコントラスト比の高い色づかいを好むことから、返って逆効果となってしまっているようである。

このように見ていくと、色の変更機能については変更パターンの多さという視点よりはむしろ、弱視の児童生徒にとって本当に必要な色の変更機能は何かを見極めることが大切であると考えられる。閲覧用ビューアの色づかいについては、ウェブ画面を含めたカラーユニバーサルデザインの考え方や事例を参考として改めて検討する必要があるかもしれない。

カラーユニバーサルデザインに関しては、カラーユニバーサルデザイン機構 (CUDD) が色覚シミュレーションについて詳しく解説している。また、東洋インキ株式会社から、UDing という評価ツールが出されている。

したがって、閲覧用ビューアの色の変更機能については、それらの一つ一つについてこのようなシミュレーションツールにより評価を行い、必要最低限の変更に留めておくことが閲覧用ビューアの操作性を高めることに繋がるものと考えられる。

その上で、上述したようにコントラストを変更できる機能を付加すること、さらには、アイコン等の基本デザインの色の変更や輝度の変更機能を付加することが、弱視の児童生徒一人一人の見え方に対応した機能と言えるかもしれない。

(3) 手作り教材の作成と活用について

各教科の指導に際しては、教科書だけを用いて実際の授業が進められる訳ではない。特に特別支援学校（視覚障害）や弱視特別支援学級等においては、児童生徒の実態に適切に応じるために

は、担当教師の手作りによるプリント類を用いたり、宿題を課したりする場合も少なくない。

このようなことは、これまでの検定教科書（紙の教科書）に加えて、デジタル教科書を用いるようになったとしても同様に行われていくことである。

つまり、デジタル教科書を用いて学習することが多くなった場合、プリント類等もデジタル化することが想定される。そうなった場合には、デジタル教科書閲覧用ビューアに教科書以外のコンテンツをインストールして用いることになるかもしれない。

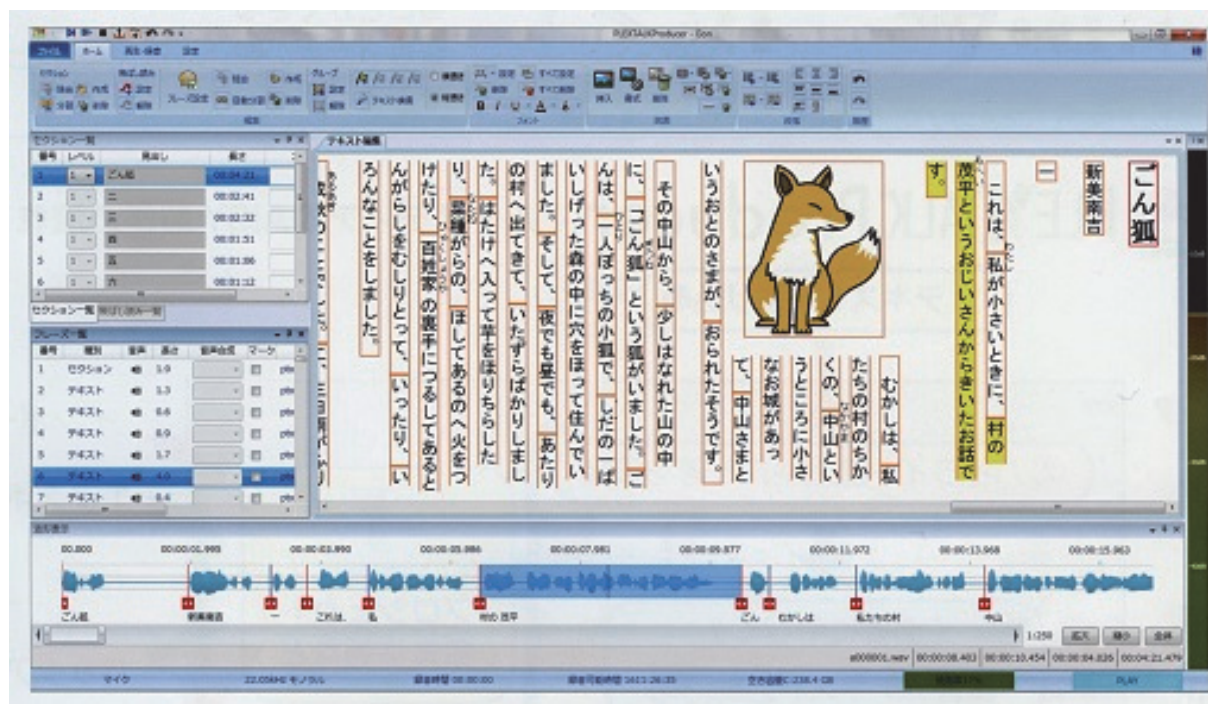


図 7-3 プレクストークプロデューサーの編集画面（シノケンシのカタログより）

今回の試用による評価では、このようなことを想定してタブレット PC にプレクストークプロデューサー（PLEXTALK Producer）をインストールして、閲覧用ビューアとともに試用してもらい、レビューをしてもらった。

プレクストークプロデューサーは、主に読みに困難を抱える児童生徒用にデイジー教材を簡単に作成することができるアプリケーションであるが、作成した教材は読み上げ機能に加えて、フォントや文字の大きさ等も自由に変更することが可能となっていることから、弱視の児童生徒にとっても非常に活用に適したアプリケーションと言える。

このような DAISY 教材は、ワードや一太郎のような既存のワープロソフトでも作成することは可能である。しかし、作成に際し、専門的な知識や技能、あるいは手間や時間がかかってしまうのでは、継続的に活用することは難しくなる。

まず、このような教材作成用アプリケーションに求められることは、一般的なプリント教材を作成するのと同様に、誰でも比較的簡単に教材を作成することが可能なことである。

このことについて評価者からは、細かな点で改善すべき点はあると思うが全般的には非常に使いやすいという評価であった。

細部の機能への改善点としては、大部分でデイジーファイルが自動生成されることから、例えば、ハイライトさせる範囲を作成者が設定できるとか、ルビの振り方を細かく設定できること、失敗した

場合にその直前の作業工程に戻ることができる（UN-DO 機能）こと、合成音声と肉声の貼り付けを簡便に設定できること等の要望が出された。また、プレクストークプロデューサーにはダイジーファイル再生機能が備わっていることを考えると、例えばサピエ図書館からの他の DAISY ファイルの読み込みと再生がもっとスムーズにできるとさらに活用範囲が広がるだろうとの意見が寄せられた。

藤森氏（シナノケンシ）からは、メニューボタンが多すぎて使いにくいとの指摘も受けていること、今後は特別支援学校での試用を通して改善を図っていく予定であることが報告された。

（４）タブレット PC の使用環境について

障害のある児童生徒、特に弱視児童生徒がデジタル教科書を使って学習を進めていくためには、デジタル教科書自体の操作性や見やすさ・読みやすさに加えて、その使用環境も非常に重要であると考えた。それは、タブレット PC を使用するようになってから、以前にも増して肩こりや首のこりを訴えることが多くなったということを耳にすることが多くなったことに他ならない。

そこで、今回の評価では、閲覧用ビューアに加えてタブレット PC を固定するアームについても評価項目に加えることにした。

このようなデジタル教科書の学習環境については、文部科学省が平成 23 年度～ 25 年度にかけて実証校 20 校（小学校：10 校、中学校：8 校、特別支援学校（病弱）：2 校）を指定して行った「学びのイノベーション事業」の実証研究報告書においても、指摘されている。

具体的には、ICT 活用の留意事項として「健康面への留意事項」を示し、以下の通りまとめている。

ICT を活用した授業の前後で、児童生徒の身体の調子に顕著な変化は見られないが、電子黒板やタブレット PC の画面への光の反射による映り込みや、児童生徒の姿勢の悪化等への対応が必要である。具体的に報告された内容は表 7- 8 に示した通りである。

そして、ICT 活用に取り組む教員等に向けて、健康等への影響に関して留意すべきポイントを整理して、「児童生徒の健康へ留意して ICT を活用するためのガイドブック」を作成して周知を図ることを促している。

表 7-8 ICT の活用による健康面への影響

分 野	児童生徒への健康面での影響
全般	・ ICT の利用により健康等に悪影響が生じているといった声は、現在まであがっていない。（小学校、中学校）
目の疲れ	・ タブレット PC、ノートと目の距離が極端に近い生徒がいる。視力が悪い生徒やメガネをかけている生徒は、長時間使うと見えにくいと言っていた。（中学校） ・ 電子黒板は教室を暗くした方が見えやすいが、生徒が電子黒板を注視しすぎてしまうため、結果的に目が疲れやすくなってしまう。（中学校） ・ 月 1 回、視力測定をしているが、特に影響はでていない。（小学校）
姿勢	・ タブレット PC を使用するときは、姿勢が前屈みになっている。（中学校） ・ タブレット PC に専用のペンで入力する際、文字の誤認識が起りやすいため、丁寧に書く必要があり肩が凝ったりするとの声もある。（中学校） ・ タブレット PC は机に置いて使うと映り込みがあることから、使いやすい姿勢や配置を生徒自身で考えており、姿勢は紙で授業をしている場合よりも、むしろ良くなっている。また、スレート型の場合は、キーボードがソフトキーボードであるため、同様のことが起こっている。（中学校）
疲労	・ 紙の教科書に比較して、タブレット PC の教材の文字サイズ等に見にくい部分がある場合に、児童はいらいらすることもある。（小学校） ・ タッチペンによる操作の際、画面とポイントとがずれていると児童はいらいらしている。（小学校）

（「学びのイノベーション事業実証研究報告書」より）

弱視の児童生徒は晴眼者に比べて視距離が非常に短いことから、一層、前屈みの姿勢になりやすい。また、蛍光灯や太陽光などの光が直接タブレット PC の画面に映り込むことも想定されることから、これらのことへの適切な対応が求められる。

眼疾患によっては前屈みの姿勢が続くことで眼圧が上昇するなどの直接的な悪影響も懸念される。

仮に直接的な影響が認められなかったとしても、長期的に見た場合、成長期の児童生徒が前屈みの姿勢を続けることによる骨格のゆがみや筋肉の付き方のアンバランスも懸念されるところである。

これらのことから、タブレット PC を試用する場合は、アーム等により画面が垂直に保たれるようにすること、画面の映り込みに対してはノングレア（無反射）の保護シートを貼ることに、眩しさを抑える工夫をすることが必要である。