

平成 25 年度
教育分野における
最先端 ICT 利活用に関する調査研究
報告書

平成 26 年 3 月
一般社団法人 日本教育工学会



目次

はじめに	1
1. 調査研究の目的と実証のテーマ	4
1.1 本事業の目的	4
1.2 実証のテーマ	4
2. 実施計画の背景とアーキテクチャの選択	6
2.1 実施計画の背景と設定したポリシー	6
2.2 コンピューターの利用方法：クラウドコンピューティング	8
2.2.1 他の方法との比較	8
2.2.2 実証の内容	14
2.3 アプリケーションの実行方法：Web アプリケーション	15
2.3.1 ネイティブアプリケーションと Web アプリケーションの比較	16
2.3.2 負荷対策の検討	17
2.3.3 実証の内容	19
2.4 ユーザー認証の方法：SAML2.0 / Shibboleth	20
2.4.1 SAML2.0 / Shibboleth	20
2.4.2 他の方法との比較	23
2.4.3 実証の内容	24
2.5 コンテンツの記述方法：HTML5	25
2.5.1 HTML5 の特徴	25
2.5.2 他の方法との比較	26
2.5.3 実証の内容	30
2.6 学習履歴の記録方法：Experience (Tin Can) API	30
2.6.1 本事業のポリシーとの整合性	30
2.6.2 他の方法との比較	32
2.6.3 実証の内容	33
2.7 特別な支援が必要な児童・生徒への対応の方法： アクセシブルな教育用コンテンツ	33
2.7.1 特別な支援が必要な児童・生徒数	33
2.7.2 障害のある児童・生徒への合理的配慮	34
2.7.3 学習における困難と ICT の活用	35
2.7.4 適切なデジタル教材と支援機器の重要性と実証の内容	37

3. 実施計画	39
3.1 構築するシステム	39
3.2 概念図	40
3.3 ターゲット環境	43
4. 調査研究体制とスケジュール	44
4.1 調査研究体制	44
4.2 検証校の概要と ICT 環境	46
4.2.1 検証校（小学校）の概要	46
4.2.2 検証校における ICT 環境	46
4.3 事業のスケジュールと実施記録	48
5. 実証研究の詳細	54
5.1 共通インターフェース	54
5.1.1 活動	55
5.1.2 課題、対策、知見など	66
5.1.3 残された課題	71
5.2 教材利用支援・授業準備	73
5.2.1 活動	73
5.2.2 課題、対策、知見など	75
5.2.3 残された課題	77
5.3 認証基盤	78
5.3.1 活動	79
5.3.2 課題、対策、知見など	83
5.3.3 残された課題	85
5.4 コンテンツ開発	86
5.4.1 活動	86
5.4.2 課題、対策、知見など	89
5.5 コンテンツ制作ガイドライン	90
5.5.1 活動	91
5.5.2 課題、対策、知見など	92
5.5.3 残された課題	93
5.6 アクセシビリティガイドライン	93
5.6.1 活動	94
5.6.2 課題、対策、知見など	94
5.6.3 残された課題	96

5.7 クラウド	100
5.7.1 活動	100
5.7.2 課題、対策、知見など	103
5.7.3 残された課題	107
5.8 検証校環境構築	108
5.8.1 活動	108
5.8.2 課題、対策、知見など	112
5.8.3 残された課題	112
5.9 実施検証	113
5.9.1 活動	113
5.9.2 課題、対策、知見など	116
5.10 教員 / ICT 支援員研修	117
5.10.1 活動	118
5.10.2 課題、対策、知見	119
5.10.3 残された課題	120
6. 得られた知見	121
6.1 検証テーマと実証結果	121
6.1.1 普及・展開を念頭においた教育クラウドサービスモデル	121
6.1.2 学校・家庭の連携	125
6.1.3 協働教育システムの高度化	127
6.1.4 普通学校における特別支援が必要な児童への対応	128
6.1.5 災害時アラート機能の実現	129
6.2 技術的要件の整理	129
6.2.1 Web アプリケーション	129
6.2.2 シングルサインオン	132
6.2.3 学校・家庭の連携	133
6.3 コストモデルと試算	135
6.3.1 クラウドモデルによるコスト削減効果の試算	137
6.3.2 クラウドモデルに期待されるその他のコスト削減効果	140
6.3.3 その他の必要な費用	141
6.3.4 クラウド活用によるコスト低減例	141
7. 将来像とさらに検証が必要な課題	142
7.1 教育・学習用クラウドサービスのプラットフォーム	142
7.1.1 諸外国の状況	142

7.1.2 将来像と効果.....	143
7.1.3 さらに検証が必要な課題.....	144
7.2 技術的課題の検討.....	146
7.3 普及に向けた体制の整備.....	147
7.3.1 プラットフォームのモデルと運営体制の検討.....	147
7.3.2 コンテンツ提供者の参加方法の検討と整備.....	147
7.3.3 学校の参加方法の検討と整備.....	148
7.3.4 普及支援体制の検討.....	149
7.4 その他の制度や運用に関する課題の検討と整理.....	149
Appendix A 開発した教育用コンテンツ.....	150
A.1 開発コンテンツの概要、課題など.....	150
A.1.1 タブレットの機能を活かした手書きドリル.....	150
A.1.2 アニメーションを活かしたシミュレーション.....	151
A.1.3 3D グラフィックスを活かしたシミュレーション.....	154
A.1.4 家庭学習に向けた自学自習コンテンツ.....	158
A.1.5 GPS 機能を使ったシミュレーション.....	160
A.1.6 手書きの学習記録データを活用した漢字練習コンテンツ.....	161
A.1.7 映像・画像コンテンツと学習成果物の保存.....	163
A.1.8 HTML5 による協働教育システム.....	164
A.1.9 デジタル教科書.....	165
Appendix B 実証授業と家庭連携の詳細.....	167
B.1 実証授業.....	167
B.1.1 荒川区立第三峡田小学校（4 年 理科）の実証授業.....	167
B.1.2 荒川区立第三峡田小学校（4 年 国語）の実証授業.....	169
B.1.3 荒川区立第三峡田小学校（3 年 算数）の実証授業.....	170
B.1.4 荒川区立第二日暮里小学校（6 年 国語）の実証授業.....	171
B.1.5 荒川区立第二日暮里小学校（5 年 算数）の実証授業.....	172
B.1.6 荒川区立第二日暮里小学校（5 年 算数、協働教育）の実証授業.....	173
B.2 実証授業担当教員へのヒアリング.....	174
B.3 家庭持ち帰りの概要.....	176
B.4 家庭連携 アンケート結果.....	177
Appendix C アクセシビリティ評価レポート.....	182
C.1 見やすいコンテンツを心がける.....	182

C.1.1 色のコントラスト.....	182
C.2 代替テキストを提供する	183
C.2.1 画像の代替テキスト	183
C.2.2 CSS を用いた画像表示.....	186
C.3 音声や映像コンテンツを注意して用いる.....	188
C.3.1 音声を含む映像コンテンツ.....	189
C.3.2 音声のない映像コンテンツ	190
C.3.3 自動的な再生	190
C.4 構造化に留意する.....	191
C.4.1 見出しやリストのマークアップ	192
C.5 多様な方法でのアクセスを確保する	194
C.5.1 キーボード操作	195
C.5.2 フォーカス移動順序.....	197
 Appendix D 学習記録データのサンプル.....	199
D.1 Experience (Tin Can) API の statement のサンプル.....	199
D.1.1 ファイルアップロードなし	199
D.1.2 ファイルアップロードあり.....	200
D.2 statement の構成要素	201

はじめに

平成 25 年 6 月 14 日に閣議決定された『世界最先端 IT 国家創造宣言』では、「教育環境自体の IT 化」として、「学校の高速ブロードバンド接続、1 人 1 台の情報端末配備、電子黒板や無線 LAN 環境の整備、デジタル教科書・教材の活用等、初等教育段階から教育環境自体の IT 化を進め、児童生徒等の学力の向上と IT リテラシーの向上を図る」ことが謳われている。さらに、「企業や民間団体などにも協力を呼びかけ、教育用のデジタル教材の充実を図る。これらの取組により、2010 年代中には、全ての小学校、中学校、高等学校、特別支援学校で教育環境の IT 化を実現するとともに、学校と家庭がシームレスでつながる教育・学習環境を構築する」ことが掲げられた。

これまでも、総務省の「フューチャースクール推進事業」や文部科学省の「学びのイノベーション事業」を通じ、学校の ICT 環境に関する検証が行なわれ、多くの成果が上がっている。一方、全国への普及を考えると、ICT 関連技術が依然として急速に進歩し続ける中で、予算や制度の検討とともに、さらなる技術的な検証が必要となる。すべての小中高校、特別支援学校の児童・生徒数を合わせると 1400 万人近くになり、教員数はほぼ 100 万人である。対象人数は日本の全人口の 1 割を超えることになり、どのような ICT 環境を用意するかは、国レベルでの検討が必要な大きな課題であると言える。

インターネットの商用利用が始まった 1990 年代前半から、また最初の Web ブラウザーである Mosaic が作られた 1993 年から、まだ 20 年ほどの時間しかたっていない。その間に、インターネットは社会の隅々まで浸透し、人々の生活や企業の活動に大きな影響を与えている。教育も例外ではなく、特にここ 1-2 年は反転学習や MOOCs などの大きな動きが起こり始めている。

2006 年 8 月にはエリック・シュミット氏が「クラウドコンピューティング」という言葉を初めて使い、次のように述べている²。「新しいモデルが姿を見せ始めている。データもプログラムも、サーバー群の上に置いておこう、という考え方だ。私たちは『クラウドコ

¹ 『世界最先端 IT 国家創造宣言』、

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20130614/siryou1.pdf>

² Asahi.com 用語解説, 『クラウドコンピューティング(Cloud Computing)とは』、

<http://www.asahi.com/topics/%E3%82%AF%E3%83%A9%E3%82%A6%E3%83%89%E3%83%BB%E3%82%B3%E3%83%B3%E3%83%94%E3%83%A5%E3%83%BC%E3%83%86%E3%82%A3%E3%83%B3%E3%82%B0.php>

ンピューティング』と呼んでいる。そういったものは、どこか“雲（クラウド）”の中にあればいい。必要なのはブラウザとインターネットへのアクセス。パソコン、マック、携帯電話、ブラックベリー、とにかく手元にあるどんな端末からでも、クラウドは使える」。10 年弱の時間をかけ、このクラウドコンピューティングの技術は進化を続けており、今日では多種多様な Web サービス、Web アプリケーション³がクラウドから利用可能になっている。

また、全国の小中高校および特別支援学校の ICT 環境を考えると、単にインフラストラクチャーを整備するだけでなく、優れたデジタル教材やツールが、全国津々浦々の、それらを必要とするすべての人たちに行き渡ることは極めて重要である。そして利用者は、それらのデジタル教材やツールを、いつでもどこでも、学校外からも、手軽に利用できるべきである。また管理者である学校や教育委員会にとっては、なるべく少ない手間とコストで、多様なサービスを得られることが望ましい。

そこで、さまざまな企業や団体、個人が作成したデジタル教材やツールをクラウド上のプラットフォームに登録し、全国の学校や家庭からはブラウザとインターネットアクセス環境さえあればそれらを利用できるようにすれば、大きな効果が期待できる。プラットフォームが構築され、コンテンツの利用や提供の手続きだけでなく、ユーザー認証の仕組みやユーザーインターフェース、学習記録データの保持の方法などが共有化されれば、利用者である児童・生徒や教員、教育委員会に大きな利便性をもたらすとともに、コンテンツ提供者の手間を削減することが期待できる。多くのコンテンツ提供者が、自らの持つ固有の技術やノウハウを生かしながら、プラットフォームが提供する基礎的な機能を共有し、質の高い競争を行って、教育の向上に寄与することが理想である。

本事業では、この教育・学習向けクラウドサービスのプラットフォームのプロトタイプを設計および構築し、小学校 2 校 4 学級の協力を得て小規模な検証授業を行い、基本設計の確認を行うことを目指した。このプロトタイプをベースに、拡張性や信頼性、使い勝手やセキュリティなどの面で多様な検証を積み重ねることにより、全国に展開可能な、利便性と経済性を兼ね備えたモデルに発展できると考えている。

³ ネイティブアプリケーションに対比される用語で、Web の技術を利用して構築されたアプリケーションソフトウェアのこと。利用者は操作する Web ブラウザーや専用のクライアントソフトなどを用いて Web サーバーにアクセスし、必要なデータの処理や転送を指示する。

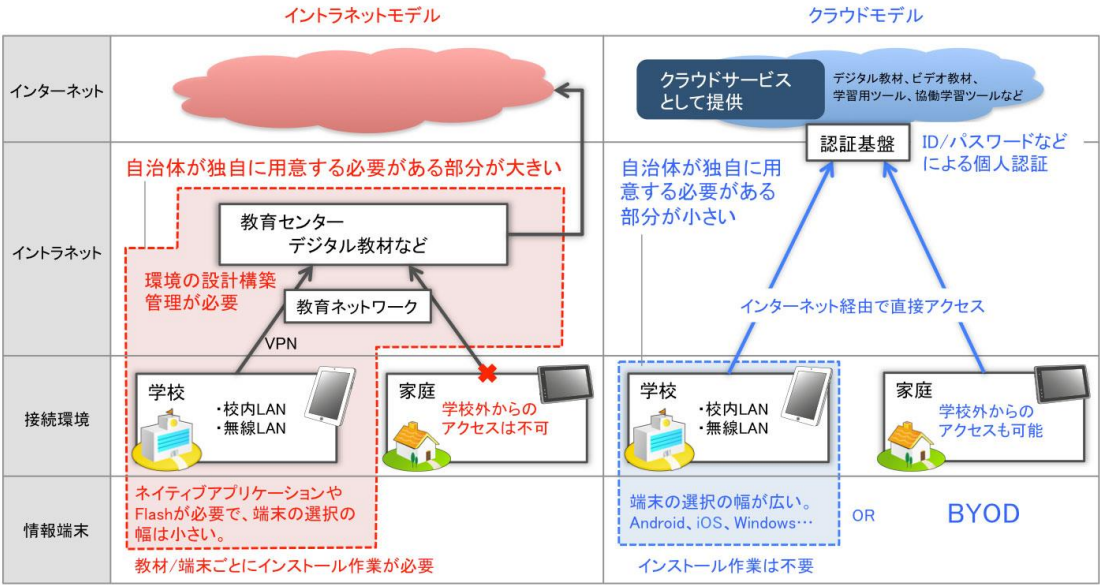


図 1. 従来のイントラネットモデルと本事業のクラウドモデルの比較

教育の情報化に関する日本でも有数の規模の業界団体であり、教科書 / 教材制作会社やハードウェア / ソフトウェア会社など多様な業態の会員企業から構成される一般社団法人日本教育工学会（以降 JAPET と呼ぶ）では、これまでも会員企業による自主的なプロジェクトなどを通じてさまざまな調査研究を行ってきた。今年度は本事業「平成 25 年度『教育分野における最先端 ICT 利活用に関する調査研究』」を受託し、多くの会員企業の参画を得て、実証研究を行った。その成果をこの報告書にまとめる。

1. 調査研究の目的と実証のテーマ

1.1 本事業の目的

「平成 25 年度『教育分野における最先端 ICT 利活用に関する調査研究』実施要領」⁴には、本事業の目的は次のように示されている。

「教育分野における ICT 利活用を推進するため、これまでのフューチャースクール推進事業の成果で判明した情報通信技術面の課題を技術的に解決するとともに、本格的な普及・展開を見据えて、クラウド・コンピューティング技術を最大限活用し、誰もが 1 人 1 台の低廉・多種多様な情報端末の持ち込み・持ち帰り、教材や学習履歴などのデータベースを最大限利活用でき、学校と家庭がシームレスでつながる教育・学習環境の構築に向けて、教育 ICT システムのモデルを構築・検証する調査研究を実施し、技術的要件を整理することを目的とする。」

1.2 実証のテーマ

本事業の実証研究にあたり示された実証のテーマは次の通りである。

① 普及・展開を念頭においた教育クラウドサービスモデル

- クラウド上でのユーザーアカウント等の情報端末の一元的な管理
- クラウド上での学習記録・履歴（ビッグデータの利用を視野に入れた情報）などの一元的な管理および効果的な集約・提供
- クラウド上での利用環境に応じたアプリケーション制御（HTML5 の利用等）、HTML5 コード等の秘匿化など情報セキュリティ制御
- 多種多様かつ豊富なデジタル教材やソフトウェア資産の供給方策、供給基盤の標準要件
- 同時アクセス等における負荷回避方策

② 学校・家庭の連携

- クラウドコンピューティング技術を活用し、オンラインを基本としたシームレスな教育・学習環境の構築および必要要件の整理
- 低廉・多種多様な情報端末の持ち込み・持ち帰り（BYOD）を前提とした情報セキュリティ要件、技術的要件等の整理。特に家庭での個別学習時にお

⁴ 平成 25 年度「教育分野における最先端 ICT 利活用に関する調査研究」実施要領, http://www.soumu.go.jp/main_content/000231627.pdf

ける校外ネットワークからのアクセス時の情報セキュリティ制御、確実なフィルタリング、保護者による情報端末の管理方策などの安全・安心面への対応方策の整理

- 家庭で予習・復習を行う児童を支援するとともに、児童 1 人 1 人の能力や特性に応じた学習をサポートする保護者を支援するための機能の検討

③ 協働教育システムの高度化

- 画面転送機能等の協働教育システムについて、無線 LAN 環境での利用を前提としたソフトウェアの改修・開発、クラウド化などの普及・展開を見据えた高度化に求められる標準要件

④ 普通学校における特別支援が必要な児童への対応

- 普通教室における特別な教育的支援を必要とする児童のための効果的な ICT 利活用方法についての検討。特にユーザーインターフェース等

2. 実施計画の背景とアーキテクチャ⁵の選択

前記の提示されたテーマ、特に①「普及・展開を念頭においた教育クラウドサービスモデル」と②「学校・家庭の連携」は、『世界最先端 IT 国家創造宣言』に示された、2010 年代中に初等中等教育の教育環境の IT 化を実現するとともに、学校と家庭がシームレスにつながる教育・学習環境を構築するという目標と連動していると言える。われわれはこれを全国普及モデルの構築と捉え、クラウド、BYOD⁶、HTML5、学習記録・履歴などのキーワードを考慮しながら、実施計画を制定した。

ここでは、実施計画の制定の背景や、各分野において採用した規格やアーキテクチャなどについて説明する。本事業の仮説にあたるものと言える。この仮説に対して実証を行ない、技術的要件を整理するとともに、全国普及モデルを明確にしていくことを目標とした。

2.1 実施計画の背景と設定したポリシー

システム全体を設計し、アーキテクチャを選択するにあたり、まず本年度の実証プロジェクト全体に共通するポリシーを設定した。

- シンプルで軽いシステムとする

実証を行うのは今日ベストな環境ではなく、2010 年代中に全国に普及可能な環境であり、中長期的な視点を求められる。発生する問題を対症療法的に解決するのではなく、モデルを明確にするという目標に沿ったものにするため、設計はシンプルで明確なものであることが望ましい。また、今年度で理想とするモデルのすべての実証を行うことは不可能であり、まずは基礎的な部分の検証を行うこととした。

- 極力、ネイティブアプリケーション⁷を使わない

⁵ ハードウェア、OS、ネットワーク、アプリケーションソフトなどの基本設計や設計思想のこと。

⁶ ビー・ワイ・オー・ディー。Bring Your Own Device の略。個人が所有する情報端末を、企業の業務などに利用すること。学校教育に当てはめれば、児童・生徒が所有する情報端末を学校に持ち込み、学習に利用すること。

⁷ Web アプリケーションに対比される用語で、特定の情報端末の機種や OS 上で直接実行可能なプログラムで構成されたアプリケーションソフトウェアのこと。通常は、ほかの機種や OS 上では動作しない。情報端末にインストールして実行する。

実証テーマには、多種多様な端末の持ち込みを意味する BYOD を前提にすることが示されている。モデルとしての BYOD の技術的な可否、あるいはメリット / デメリットを明らかにすることが求められていると理解できる。多種多様な端末の利用を可能にする方法を考えるとき、端末のモデルや OS にそれぞれ対応したアプリケーションを制作し、テストし、配布し、インストールあるいは更新することをタイムリーに行うことは、多くのコストと労力が必要とされる。それを避けるため、近來急速に広がっている Web アプリケーションの技術を取り入れ、極力ネイティブアプリケーションを使わない設計とした。管理コストを考えるとネイティブアプリケーションをまったく使わないことが理想であるが、クラウドコンピューティングを背景とした Web アプリケーションでどこまでの機能を実現できるかにトライし、モデルを明確にすることを意識した。

- 特定の企業や勢力が保持する技術に依存することを避け、国際規格やオープンな技術を採用することを原則とする

国レベルの普及モデルを考えるにあたり、特定の企業や勢力の判断に依存することなく、各分野の国際的な規格や、将来性が有望なオープンな技術を採用することとした。

- 将来にわたって適切かつ柔軟に改良が行われることを考慮する

前項とも関連するが、中長期的に技術革新の成果を柔軟に取り入れることを可能にしておくことは大変重要な視点である。規定は最小限にし、API⁸の公開などを通じて自由度を確保して、将来における柔軟な改良を可能にすることを考慮した。

- 企業間の健全な競争環境を確保する

業界団体である JAPET が事業を行う上で、またコストを抑えながら改良を進めて行く上で、企業間の健全な競争環境を確保することは重要なポイントであると考えた。

以上のようなポリシーの元で、各分野でのアーキテクチャを検討し、実施計画を作成した。このアーキテクチャをベースにプラットフォームを実際に構築し、学校での実証授業を通じて検証を行うことによって、モデルを明確にしていくことを目指す。以下に分野ごとのアーキテクチャと、選択の背景を示す。

⁸ エー・ピー・アイ。Application Programming Interface の略。あるプログラムの機能や管理するデータなどを、外部の他のプログラムから呼び出して利用するための手順やデータ形式などを定めた規約のこと。

2.2 コンピューターの利用方法：クラウドコンピューティング

クラウドコンピューティングとは、データサービスやインターネット技術がネットワーク上（クラウド（雲））にあり、ユーザーは今までのように自分のコンピューター上でデータを加工・保存することなく、「どこからでも、必要な時に、必要な機能だけ」を利用することができる新しいコンピューターネットワークの利用形態⁹のことである。

クラウドコンピューティングサービスの提供者は大規模データセンターにハードウェア、ソフトウェアおよびデータベースを設置し、遠隔からネットワークを通じて利用可能なシステムを構築する。

サービスの利用者はユーザー登録後すぐにシステムをクラウド上で利用できる。なお利用者は、ソフトウェアの購入やインストール、最新版へのアップグレード、作成したファイルのバックアップなどの保守作業が不要となり、必要なときに必要なシステムを最新の状態で利用することができる。

2.2.1 他の方法との比較

クラウドサービスの動向

ICT 投資総額に占めるクラウドサービスへの投資総額は 2012 年度から 2017 年度の 5 年で 2.1%から 8.2%へと増加する見通しであり、市場規模は約 5,000 億円から 2 兆円になる見通しである¹⁰。従来からのシステムの利用の仕方から、クラウドサービスの利用へと移行が起こりつつある。

クラウドとオンプレミスの比較

従来からのシステムの利用形態は、クラウドに対して、オンプレミスと呼ばれる。オンプレミスでは、自らが用意したハードウェア等の設備に、ソフトウェアや開発したシステムを導入し、自らが運用する。

一方、クラウドでは、インターネット上にあるサービスを購入することでシステムを利用するモデルである。両者の基本的な比較を以下に示す。

⁹ IT 戦略本部:i-Japan 戦略 2015～国民主役の「デジタル安心・活力社会」の実現を目指して～Towards Digital inclusion & innovation, 2009,
http://www.innervision.co.jp/news_flash/090706/090706honbun.pdf

¹⁰ 株式会社 MM 総研:「企業の情報投資行動が大きく変化『クラウド』利用を最優先―国内クラウドサービス市場、需要動向調査まとまる―」, 2013,
<http://www.m2ri.jp/newsreleases/main.php?id=010120130828500>

表 1. クラウドとオンプレミスの比較

	クラウド	オンプレミス
設備	クラウドサービス提供者の設備（資産）を利用	設備（資産）を所有
システム	クラウドサービス提供者が提供するシステムを利用	自らが開発、資産を所有
運用	クラウドサービス提供者が実施	自らが運用
導入期間	クラウドサービス提供者があらかじめ提供しているサービスを利用するため比較的短期に利用可能。	個別に設計し、導入するので比較的時間がかかる。
システム構築の自由度	クラウドサービス提供者のサービスに準拠。ただし、仮想化技術等によって、柔軟な対応も可能になっている。	自らの必要に基づき自由に設計、システム構築が可能。
拡張性	クラウドサービスでは、仮想化技術等によって、複数の利用者でサーバーのリソースを共有する。そのため、柔軟にシステムを拡張することが可能になっている。	導入した設備を超えるリソースが必要となった場合には、新たに設備等を追加導入する必要がある、対応に比較的時間がかかる。

クラウドサービス利用方法の整理

利用方法としては大きく 3 つに整理できる。

1. 「パブリッククラウド」：データセンター事業者などが広く一般の利用者に提供する乗合型クラウドコンピューティングサービスのことである。
2. 「プライベートクラウド」：企業などが自社内で利用するために構築した専用型クラウドコンピューティングサービスのことであり、社員および関連会社、取引先など限定された利用者に向けたサービスである。
3. 「ハイブリッドクラウド」：「パブリッククラウド」と「プライベートクラウド」を組み合わせたサービスである。例えば、機密データや個人情報などを扱うシステムはプライベートクラウドで運用し、繁閑の差が大きく処理量が時期によって大きく変動するシステムや一時的に必要となるシステムをパブリッククラウドで運用することで、一定のセキュリティレベルを確保しながら固定費を削減することができる。

ただし、広く一般の利用者に提供されることが多い「パブリッククラウド」においても、基幹システムを構築し、オンプレミスと変わらないシステム環境を実現している事例等もある。

また、ユーザー側からみたクラウドの利用形態としては、Web ブラウザーから利用する場合とインストールしたアプリケーションを通じて利用する場合の 2 種類がある。

クラウドコンピューティングの利点

クラウドコンピューティングによって、大規模な施設や機器を、極めて多人数のエンドユーザーで共有することにより、オンプレミスでの利用に比較して、柔軟かつ低廉で、スケーラビリティの高いサービス形態が実現できる。¹¹

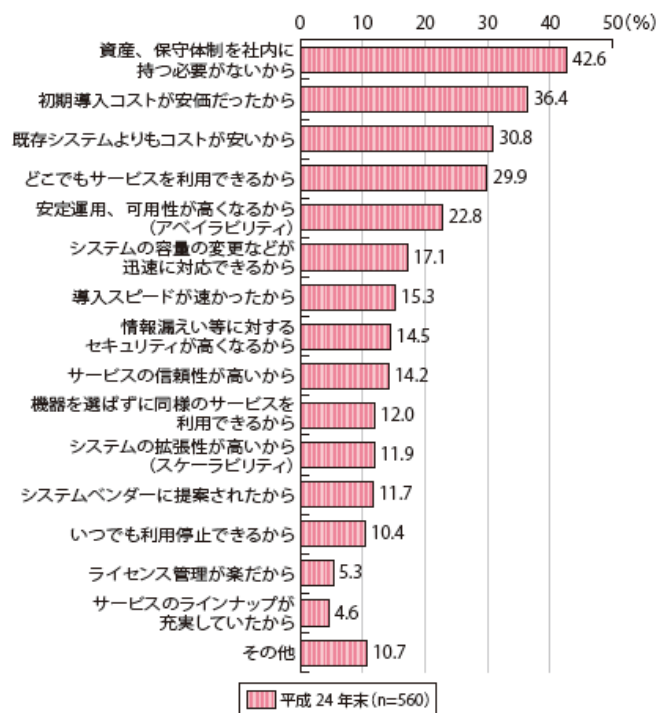


図 2. クラウドサービスの導入理由
(出典:総務省:平成 25 年版 情報通信白書, 2013)

平成 25 年版 情報通信白書¹²によれば、クラウドサービスの導入理由として、「資産、保守体制を社内に持つ必要がないから」、「初期導入コストが安価だったから」、「既

¹¹ クラウドコンピューティング時代のデータセンター活性化策に関する検討会:クラウドコンピューティング時代のデータセンター活性化策に関する検討会 報告書, 2010, http://www.soumu.go.jp/main_content/000067988.pdf

¹² 総務省:平成 25 年版 情報通信白書.2013.

<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h25/pdf/index.html>

存システムよりもコストが安いから」等のコスト面が上位にあげられている。また、同時に「どこでもサービスを利用できるから」、「システムの容量の変更などが迅速に対応できるから」、「機器を選ばずに同様のサービスを利用できるから」といったクラウドならではの理由も確認することができる。

ここでは、一般的にクラウドを利用するメリットとして「システム利用拡大への柔軟性」、「開発・運用を含むトータルコスト削減」、「デバイス・地理的制約からの開放」の 3 つの観点から整理する。

1. システム利用拡大への柔軟性

オンプレミス（専有ハードウェアにソフトウェア / データを実装するモデル）と比較して、必要なソフトウェアやデータ保存領域を必要な時に必要な分だけ割り当て調整で増減できる。そのため、事業やサービス拡大に伴う処理能力の拡張にも即時に対応できる柔軟性、スケーラビリティのメリットもある。

2. 開発・運用を含むトータルコスト削減

ハードウェア購入、ソフトウェア購入、および開発に伴う人件費などの初期投資ならびに、システム保守・運用コスト、それに伴う人件費および減価償却コストなどの運用費用の両面のコスト削減が期待できる。

自社でシステムを保有した場合、実は運用コストも考慮する必要があり、万一の場合のバックアップ、セキュリティ更新プログラムの適用などのセキュリティ管理、障害時の対応などさまざまな運用の負荷がかかっている。システムを専門に運用する人員が少ない中小企業等の場合は、他の業務と兼任で作業をする場合が多く、本来の業務に集中できなくなってしまうデメリットも存在する。このように初期投資だけでなく、購入から運用、廃棄までトータルでかかるコストを考慮する考え方を、TCO (Total Cost of Ownership) と言い、クラウドコンピューティングを利用することでトータルコストの削減が可能になる。

3. デバイス・地理的制約からの開放

通信機能が備わっている情報端末であれば、ネットワークが接続できれば地理的な制約なく、いつでも利用することができる。屋内外で利用可能である。また、クラウドに収容されているシステムが一般的な Web ブラウザーのみで動作可能なシステムであれば、OS / 情報端末の制約を回避することができる可能性もある。ただし、OS や情報端末に依存せずシステムを稼働させるためには、システム / アプリケーション / コンテンツとしても、マルチ OS / 情報端末対応を考慮したシステムデザインを実施する必要がある。

特に、このマルチ OS / 情報端末対応によって、BYOD が実現できる可能性がある

ことも重要なポイントである。一般企業が BYOD を導入することによって、コスト削減を実現すると同時に、従業員等の利用者にとっては、普段から使い慣れている情報端末を業務でも利用できることや、同種の情報端末の「2 台持ち」を回避でき、管理が容易になるといった点がある。

クラウドコンピューティング導入のための検討ポイント

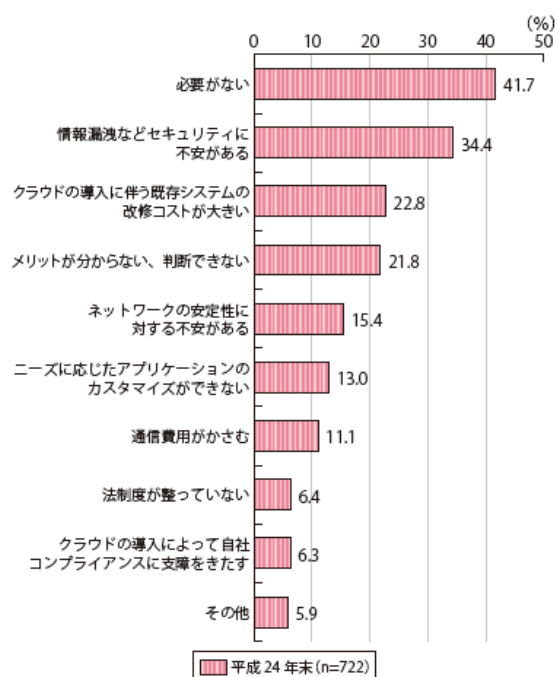


図 3. クラウドサービスを導入しない理由
(出典:総務省:平成 25 年版 情報通信白書 2013)

一方、平成 25 年版 情報通信白書で言及されているクラウドサービスを導入しない理由は、「必要がない」、「クラウドの導入に伴う既存システムの改修コストが大きい」、「メリットが分からない、判断できない」等が挙げられている。従来型システムの利用に対して、クラウドサービス利用のメリットが十分に見いだせていない状況であると推察される。また、「情報漏洩などセキュリティに不安がある」、「ネットワークの安定性に対する不安がある」といった、技術、環境面に対する整備の不安も挙げられている。

クラウドコンピューティングの導入にあたる検討のポイントとしては、前述のクラウド導入によって実現できるメリットは何かをしっかりと整理することと同時に、不安点は何か、そしてその対応策をどうするのかを検討しておく必要がある。

クラウドコンピューティングに関わる技術

クラウドコンピューティングに関わる主要な技術として「仮想化技術」、「クラウド連携技術」、「業務サービスの見える化技術」、「ネットワーク接続」、「セキュリティに対する考慮」等がある。以下に一般的な観点からポイントを整理する。

1. 仮想化技術

仮想化技術により、1 台のサーバー上で複数台の独立した仮想サーバーを動作させられるようになったため、複数の異なるシステムでサーバーのリソースを共有することができる。

一方、仮想サーバーへのシステムの割り当て方によっては、リソース不足や余剰が発生するリスクも生じる可能性があり、運用管理者はリソースを十分に活用するためにサーバーに対する仮想サーバーの割り当て方を適切にマネジメントする必要がある。この管理作業を効率化するため、サーバー・ストレージ・ネットワークといったリソースの使用状況や空き状況を見える化し、必要な時に必要なだけリソースを割り当てるツール等の利用も検討する必要がある。

2. クラウド連携技術

クラウドの構成を考えると、一般企業においては、フロント系の業務はパブリッククラウドで提供され、バックエンド系の業務はプライベートクラウドで提供される場合がある。それぞれの業務間で同じマスターを利用する場合には連携が必要となり、この連携を実現するためには以下の技術が必要となる。

a. フロント統合

パブリッククラウド・プライベートクラウド上に散在した業務アプリケーションやサービスの操作を、一つに統合した操作画面から利用することにより、業務担当者の操作性を向上させ、効率よく業務を遂行できるようにする技術。

b. データ統合

各種マスターおよびトランザクションの業務データをパブリッククラウド・プライベートクラウドに提供し、蓄積されたデータを活用できるようにする技術。

c. プロセス統合

業務アプリケーションとクラウドサービスを連携させた業務プロセスの構築、申請や承認といった人間の判断を必要とする作業を連携させた業務プロセスを構築することで業務全体の統制を実現する技術。

3. 業務サービスの見える化技術

ハードウェアリソースが仮想化により共有化され、必要に応じて貸し出されるようになると、サーバー・ストレージなどのハードウェアの調達コストを特定の業務システムに

固定的に割り当てられなくなり、業務システムごとの ICT インフラコストの算出が困難になる。そのため、クラウドを導入する際は、業務システムが使用したリソース量と時間が把握できるサービスカタログ等を導入し、どこのセクションがどの程度のリソースを利用したのか、コストがかかっているのか見える化できる仕組みの検討が必要となる。

4. ネットワーク接続

ネットワークの接続状態を維持できること。もし維持ができないのであれば、非接続間はローカルで動作する仕組みやアプリケーションの導入等、対策を検討する必要がある。

5. セキュリティに対する考慮

データや情報は情報端末中の保存領域ではなくクラウド上の共用領域に保存される。この領域はクラウドコンピューティングの利用者によりアクセスされる可能性があるため、より一層のデータセキュリティの考慮が必要となる。特に BYOD を導入する場合、平成 25 年版 情報通信白書では「セキュリティサポートの実装」や「自社規定を満たしたデータセキュリティの保証」といったセキュリティ関係の考慮が課題となるというアンケート結果をまとめている。

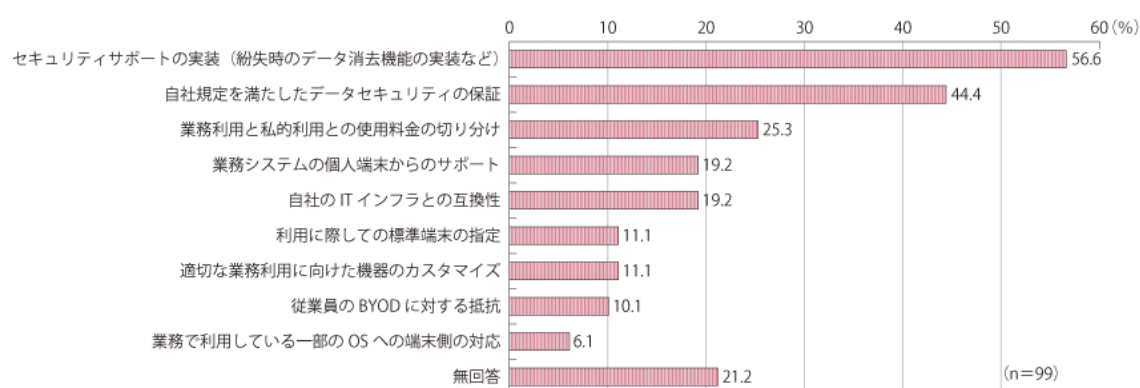


図 4. BYOD 導入に際しての課題

(出典:総務省:平成 25 年版 情報通信白書 2013)

2.2.2 実証の内容

本事業では、教育・学習分野へクラウドコンピューティングを適用することに、どのようなメリットがあるのかを主眼において、クラウドサービスに関する実証を実施する。教育・学習分野においても、「システム利用拡大への柔軟性」、「開発・運用を含むトータルコスト削減」、「デバイス・地理的制約からの開放」が実現できる可能性がある。

具体的には、学校での利用だけでなく、クラウドを利用することによって、家庭からもシステムやデジタル教材に容易にアクセス可能となることが想定される。本事業において、クラウドを利用した家庭への持ち帰りを実施し、その実現性、課題を検討する。また、その上で、今後の課題として、ネットワークの接続や、セキュリティ等に対する考慮について整理する。

2.3 アプリケーションの実行方法：Web アプリケーション

Web アプリケーション¹³とは、インターネット（もしくはイントラネット）などのネットワークを介して動作するアプリケーションソフトウェアである。JavaScript 言語等で記述されたプログラムによって端末側で動作するとともに、クラウド側のプログラムとも連携が可能で、双方の利点を活かしたリッチな機能を、利用者は端末の Web ブラウザーのみで利用できる。

いつでもどこでもの手軽さが大きな利点であるが、アクセス集中に対する負荷への検討やセキュリティ面での配慮も重要となり、その設計においては、一般に多方面からの検討を必要とする。

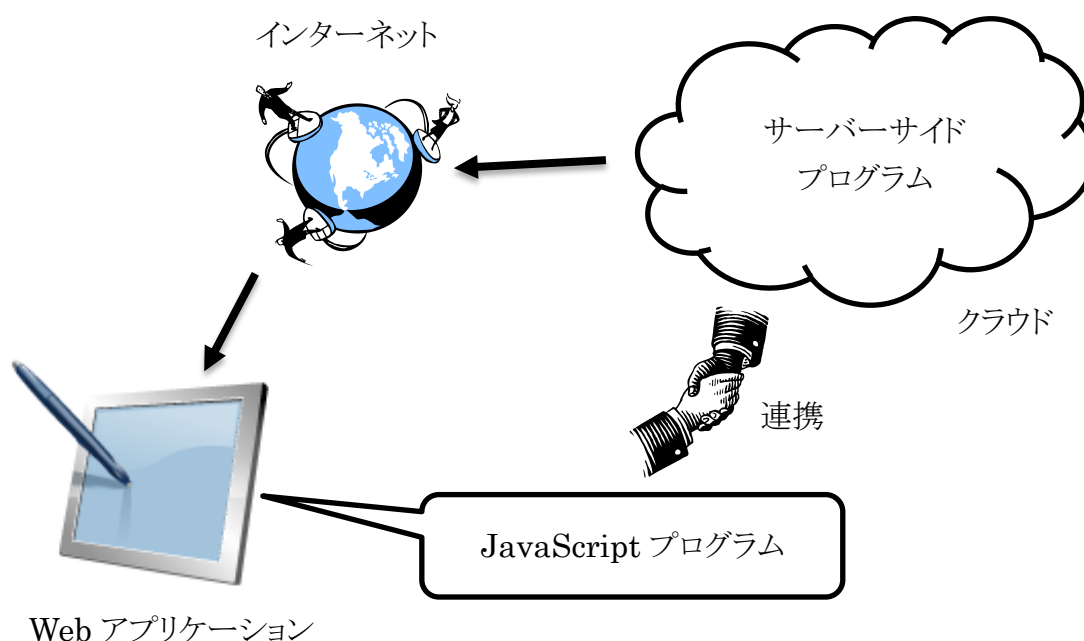


図 5. Web アプリケーション

¹³ W3C では、クラウド上のソフトウェア同士を相互運用するための手段を提供するものとして Web サービスを定義している。近年では、Web 上で提供されるサービスを総称して Web サービスと呼ぶ場合も多いが、ここでは W3C による狭義の定義にしたがい、本事業で扱う対象を Web アプリケーションと呼ぶこととする。

2.3.1 ネイティブアプリケーションと Web アプリケーションの比較

パーソナルコンピュータや、近年急速な普及を見せるタブレット端末などにおけるソフトウェアの利用形態は、インストールしてから利用するネイティブアプリケーションと、Web アプリケーション、および双方を組み合わせたハイブリットタイプに大別され、それぞれに利点・難点が存在する。

ネイティブアプリケーションは、インストールされた上で動作するため、ハードウェアの監視制御機能を応用したアプリケーションを構築しやすく、動作速度的にも有利と言え、ネットワークが切断状態であっても利用できるなどの利点を持つ。しかし、OS ごとの開発となるため、その工数は Web アプリケーションより一般的に多くなり、さらに端末ごとの違いを吸収しなければならない点や、開発以外の動作試験、運用後のメンテナンスへの負担などが大きい。さらには、同機種であってもわずかな差異や、他のアプリケーションとの機能衝突による障害も起こり得るため、サポートに関するコストも十分に考慮する必要がある。

Web アプリケーションの利点はすでに本章の冒頭でも記したが、クラウド上でプログラムやそれに付随するリソースなどを一元的に管理できることから、更新やメンテナンス作業のコスト面で有利と言える。また、端末へのインストールを必要としない点で、有限である端末の記録領域を消費せずに済む上に、クラウド上の膨大なデータを横断的に利用できる点が教育用途として適していると言える。

難点としては、ネットワークへの接続を前提とするために、僻地や離島、校舎外活動等での対策が求められる。また授業での利用では、クラウドやネットワークへの一斉アクセスによる負荷対策が挙げられる。一般に、Web アプリケーションの利用には高速なネットワークアクセス回線があることが望ましい。また、Web アプリケーションの作成方法にも工夫が必要である。

なお、ネイティブアプリケーションと Web アプリケーションを組み合わせたハイブリットタイプについては、基本的にはネイティブアプリケーションを必要とするため、ネイティブアプリケーションと同様のデメリットが存在する。

表 2. ネイティブアプリケーションと Web アプリケーション

	ネイティブアプリケーション	Web アプリケーション
アプリケーション の配置	端末ごとにインストール ＝高コスト、導入期間要す	サーバーにインストール ＝低コスト、即時導入

システムや教材の更新	端末ごとに更新 ＝高コスト、即時性に難	サーバー上で更新 ＝低コスト、即時対応
端末への依存度（開発コスト）	高い ＝OS ごとに対応。端末の環境の差への対応も必要	低い ＝OS や端末ごとの影響が軽微 ¹⁴
デジタル教材間連携	端末の永続データ記録領域の容量に影響を受ける	端末の永続データ記録領域の容量には影響されない
ハードウェア機能の利用	ほぼ可能 ＝しかし、OS や端末ごとの対応が必要故、開発・メンテナンス共高コスト	限定的 ＝ブラウザーや端末が対応する範囲に限定されるが、開発・メンテナンスは低コストで実現

2.3.2 負荷対策の検討

デジタル教材システムという観点でクラウドからの配信モデルを想定するとき、サーバー負荷の検討を要する事項は主に次の 2 点である。

- 集中利用による高負荷が考えられるログ情報
- ペン、マーカー等のアノテーション・ツールによる描画情報
(ともに学習記録データの一部)

ユーザー認証およびデジタル教材の配信などに関する負荷対策への検討も必要ではあるが、これらについては、一般的なホームページの配信システムを構築するケースと同様に、あらかじめ想定される負荷に対し、サーバーのスペックや多重化による対応、および動画データなどの重いファイルについては、それらを配信するための仕組みを採用することですでに十分な対応が可能であり、クラウドコンピューティングにおいては、仮想化された機器を組み合わせることで構築・管理・運営面を含め、従来と比較してコストパフォーマンスの高いサービスが利用可能である。したがって、一般的なホームページ配信システムでは対応が難しい要件に対しその対策が求められることになるが、たとえば SNS に代表されるようなリアルタイム性の高い機能がそれに該当すると考える。

アノテーション・ツールによる描画では、リアルタイムに座標値や色、太さ、濃さとい

¹⁴ Web アプリケーションの開発では、ブラウザーの違いへの対応が求められるが、一般的な Web ページの制作と比較して特別に高度なスキルが求められるわけではない。

った情報を、瞬時に、かつ協働利用時には双方向で交信することが求められる。このような利用シーンにおいて、昨今シングルスレッドで動作することで多重の同時並行処理を得意とする **node.js**¹⁵が注目されている。**Apache** 上で稼働する **php** アプリケーションと比較した以下のグラフ¹⁶では、一定以上の処理数を超えるとその優位性が顕著になることを示している。

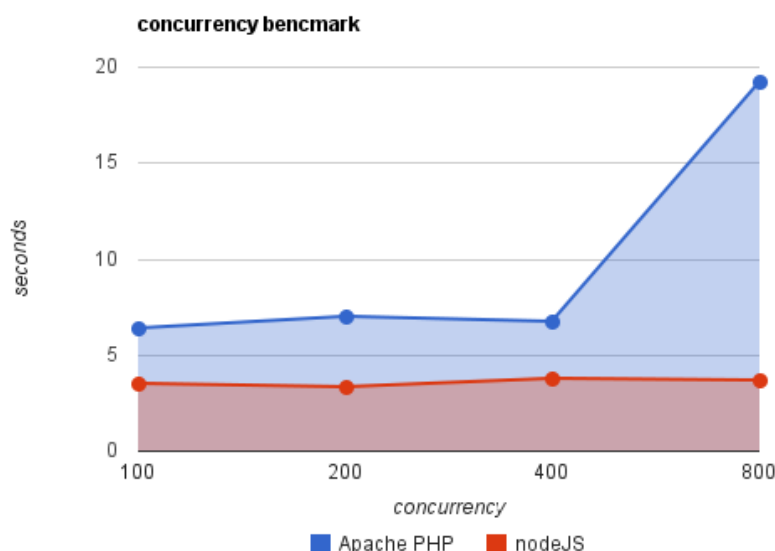


図 6. Apache PHP と node.js の処理の比較

横軸：同時並行処理数 縦軸：レスポンスタイム

なお、リアルタイムな双方向通信では **node.js** との親和性が高い **WebSocket**¹⁷への注目が高まっているが、その特徴としては以下が挙げられる。

- サーバーとクライアント間にて一度接続が確立すると、以降、接続が維持された状態で通信が行われる。
- サーバーとクライアント間にて常に同じ情報を共有し、リアルタイムでの交信が可能。
- 交信情報に **HTTP** ヘッダ等を含む必要がないため、トラフィックや機器のリソース消費が軽減される。

¹⁵ サーバーサイドの JavaScript インタープリターで、同時並行処理に有利という特徴を有する。

¹⁶ 出典) node.js-vs-apache-php-benchmark (URL は、2/28, 2014 現在), <https://code.google.com/p/node-js-vs-apache-php-benchmark/wiki/Tests>

¹⁷ コンピュータネットワーク用の通信規格の一つで、W3CとIETFが規定を予定している TCP による双方向通信用の技術規格。API は W3C が、WebSocket プロトコルは IETF が策定に関与している。プロトコル仕様:RFC 6455

2.3.3 実証の内容

本事業では、以下のような理由から、Web アプリケーションでのシステム構築を選択した。

- ブラウザーさえあれば、どこでも利用できる。
- インストール作業を必要としないため、導入やメンテナンスのコストを低減できる。
- OS ごとにアプリケーションが必要ないため、開発コストが低減できる。
- 広義の HTML5 が提供する機能を利用すれば、ブラウザが Web アプリケーションとハードウェアとの仲介役を果たすことにより、開発コストの低減が期待できる。
- インストールせずに実行できるため、利用するアプリケーションの数や量が、情報端末の記憶容量に制限を受けにくい。
- ほかの情報端末などとのコミュニケーション機能を実装しやすい。
- サーバーに対する高い負荷への対策が必要であるが、オンラインバンキングなどの先行事例を参考にできる。
- 現状の課題であるオフラインでの利用についても、技術の進歩や仕様の確定などに関し今後に期待が持てる。

上記利点のいくつかは、既存のシン・クライアント端末によるクライアント・サーバー型モデルにも通じるが、Web アプリケーション・モデルは、昨今のクラウドコンピューティングの普及からコスト面のみで捉えてもさらに優位性を持つ上に、端末を選ばないことから BYOD への可能性を示唆し、さらには HTML5 がネイティブアプリケーション並のリッチな機能を Web アプリケーションにもたらしたことから、将来を見据えたモデルとしては HTML5 による Web アプリケーションでの実証が最も適切であると判断した。

その上で、本事業においては、実証授業での利用を想定し、以下を目標とした。

- 端末は主にタブレット型とし、タッチインターフェースでの利用を想定した上で、さらに BYOD の可能性を探る目的として複数の OS に対応することを目指す。
- デジタル教材もすべて HTML5 にて制作する。
- 個々のデジタル教材にて共通化可能なインターフェースを網羅した制御システムについても、すべて HTML5 で実現する。
- すべての通信は、セキュリティへの観点から SSL / TLS 暗号化通信を採用する。
- セキュリティの観点からコードを秘匿化する。

- シングルサインオン¹⁸に対応したユーザー認証システムの管理下において、Web アプリケーションに動作的な支障が発生しないかを検証する。
- 協働教育時に利用するデジタル教材においては、端末間にて双方向でのリアルタイムなアノテーション・ツール情報の交信を実現する。
- 双方向通信を利用し、端末と電子黒板間での連携機能を実現する。
- 全端末への一斉送信機能を活かし、非常時に教員が生徒に対してメッセージを送る防災アラート機能を実現する。
- node.js サーバーサイド・アプリケーションにて、負荷への対応がどの程度可能かについて検証する。

上記による検証の結果、検討を必要とする事項が確認された場合には、全国展開を見据えた低廉モデルとしての方策を導く。

さらに、端末間での双方向通信に対し、学校に一般的に普及しているネットワークにて何らかの支障が確認された場合には、その追及と対策を Web アプリケーション側の観点から実施する。

2.4 ユーザー認証の方法：SAML2.0 / Shibboleth

今年度の実証では、児童・生徒、教職員、保護者が学校・家庭でシングルサインオンによりインターネット上で提供される複数の教育向けクラウドサービスを利用できる環境の実現を目指したユーザー認証を行うこととした。さらに、教育委員会 / 学校が管理するアカウント管理情報資産を利用して教育向けクラウドサービスが全国のエducation委員会 / 学校と信頼関係を結び、個人情報に配慮した安全・安心な利用環境を、SAML / Shibboleth を用いた認証フェデレーションを採用し実現した。

2.4.1 SAML2.0 / Shibboleth

SAML (Security Assertion Markup Language) は、ユーザー認証や認可属性を安全に交換して Web サービス間のシングルサインオンを実現するために OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards) が規定する世界標準である。

¹⁸ 1 回の認証手続きで、許可されているすべての機能を利用できること。または、それを実現するシステム。



図 7. 認証フェデレーションの例

Shibboleth は、SAML2.0 に準拠した OSS (Open Source Software¹⁹) であり、下記のパッケージを提供するとともに、IdP、SP 間で認証フェデレーションを構成するために必要となる機能も提供している。

- IdP (Identity Provider): 各組織が構成員の ID、パスワード、および属性（氏名、学年等）を管理し、利用ユーザーの認証を行うとともに、認証フェデレーション内の信頼する SP に認証結果とその SP が必要とする属性を SAML2.0 プロトコルにしたがい送信するためのミドルウェア。
- SP (Service Provider): サービス提供を行うためのサーバーを構築するためのミドルウェアであり、認証フェデレーション内の信頼する IdP と連携することで、シングルサインオンを実現する。
- DS (Discovery Service): 利用者が所属する組織が提供している IdP を選択するためのシステム。

Shibboleth は、米国 Internet2 / EDUCAUSE が組織間連携における個人情報保護、セキュリティ強化を考慮したプロトコルと OSS として開発された。その後、プロトコルは SAML2.0 に取り込まれ、現在は SAML2.0 準拠の OSS として世界の多くの認証フェデレーションで利用されている。

認証フェデレーションは、組織とサービス間で信頼関係を結びその中で安全に認証情報、属性情報を送受信することで、

¹⁹ ソースコードをインターネットなどを通じて無償で公開して、誰でもそのソフトウェアの改良や再配布が行えるようにすること。または、そのようなソフトウェア。

- ・ 全体のアカウント管理工数の削減
- ・ 個人情報の保護、セキュリティの向上
- ・ 組織外サービス利用の利便性向上

を実現するものであり、認証フェデレーションの運営組織がポリシー策定や参加組織、参加サービスの管理等の運営を行うものである。世界では、約 35 か国以上の国の主に高等教育機関が各国単位の認証フェデレーションを構築、運用している。例えば米国の InCommon、英国の UK Access Management Federation、スイスの SWITCHaai 等があり、日本では NII（国立情報学研究所）と大学・研究機関が連携組織を構成して 2010 年度より学認（学術認証フェデレーション²⁰）が運用開始されている。

以下に Shibboleth で構築する IdP、SP、DS 間における SAML2.0 準拠の認証プロセスについて説明する。

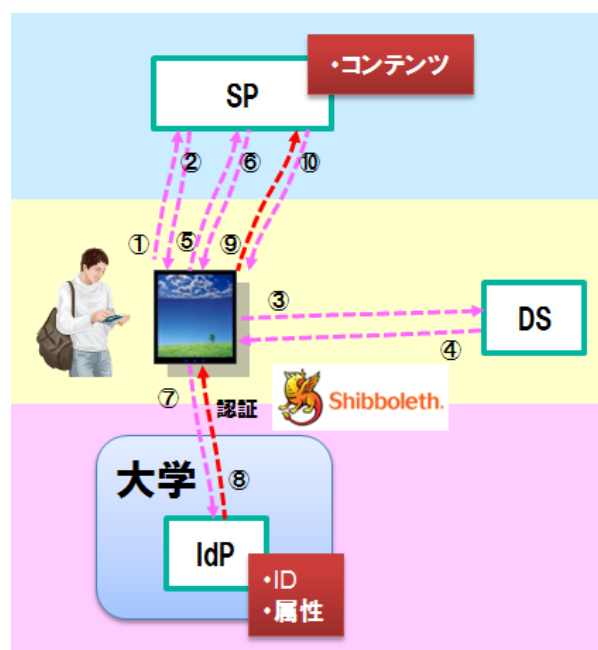


図 8. 認証プロセス

- ① ブラウザーを起動して、電子ジャーナルサービス等の SP にアクセスする。
- ②、③ DS にリダイレクトされ、大学名（もしくは IdP）選択の画面が表示される。
- ④、⑤ 所属する大学名（もしくは IdP）を選択すると、選択した IdP の情報を SP に送信する。

²⁰ 学術認証フェデレーション, <http://www.gakunin.jp/>

- ⑥、⑦ 所属する大学の IdP にリダイレクトされ、ログイン画面が表示される。
- ⑧、⑨ ID、パスワードを入力して、認証が OK になると、SP が必要とする属性を認証アサーションに格納して SP に送信する。
- ⑩ SP は認証アサーションを受け取り、認証されたことを確認する。さらに、認証アサーションに格納された属性を利用して認可判断を行う。認可許可を行った場合には、①で要求のあったコンテンツをブラウザーに表示する。

この SAML2.0 に準拠したプロセスにより下記が実現可能となる。

- 認証アサーションは SAML2.0 に準拠して認証情報、属性を格納する XML 形式の情報であり、PKI 技術を用いて安全に送受信されるものであり、これにより、認証情報と属性は安全に IdP から SP に送受信される。
- 認証アサーションに格納される認証情報は認証結果のみを含むものであり、利用者に関する一切の情報を含まない。そのため、SP が要求する属性に依存して、個人の ID や氏名を含む一切の情報を開示せず、IdP による認証結果だけで SP にアクセスするといったアクセスが可能である。
- ログインの ID とパスワードは、IdP にのみ送信される。そのため、ID とパスワードは 1 つのセットを信頼する 1 つの IdP に入力するだけで、すべての連携するサービスが利用可能となる。
- SP が要求する最小限の属性のみを IdP から送信する。これにより、分散したサービス環境における属性の一元管理が可能になる。

2.4.2 他の方法との比較

本事業の実証にあたり、認証基盤の技術、モデルはいくつかの候補があった。これらについて比較検討し、機能やコスト、全国展開が可能かという観点で評価した。

認証連携を行わない構築モデル

多くの学校では、機器認証を利用しているため児童・生徒にユーザー ID を振っていない。またユーザー ID を利用していたとしても、パブリッククラウドサービスとの認証連携を行っていないことが多い。学校の現状を踏まえ、各教育向けクラウドサービスが管理する認証機能を利用するモデルが想定される。このモデルでは、下記の問題があり、クラウドサービスの利用は困難となる。

- シングルサインオンが実現されない： 利用者はクラウドサービスごとに ID、パスワードを覚え、クラウドサービスにアクセスするたびにログイン作業が必要となる。
- 各クラウドサービスでの ID、パスワード管理が増大： それぞれのクラウドサービ

スが ID、パスワードを管理するため、全体として ID 管理工数が増大するとともに、パスワード漏えいの危険性も増大する。

- 学習記録・履歴の分析が困難： 個々のクラウドサービスから学習記録・履歴を一元化して収集したとしても、利用者 ID が異なるため、利用者ごとの統合分析ができない。

Active Directory (AD) による構築モデル

初等中等教育では、教職員のユーザー管理を中心に AD (Active Directory)²¹ を利用したユーザー ID 管理が広く普及している。そのため、教育向けクラウドサービス利用において、AD で管理される ID とパスワードをそのままクラウドサービスの認証で利用できるようにするモデルが考えられる。この場合、校内の AD から各クラウドサービスに ID とパスワードを送信する ID プロビジョニングのための接続が必要となり、増加していく学外のクラウドサービス 1 つ 1 つとそのような接続を行うことは、現実的ではない。

Active Directory Federation Service (AD FS) による構築モデル

AD は組織外部との連携のため、AD FS (Active Directory Federation Services)²² という機能も提供している。AD FS を利用した認証フェデレーションを構築することも可能と考えられるが、本事業のモデルでは世界の認証フェデレーションで多く利用されている実績と OSS によるコストメリットを考慮して SAML2.0 / Shibboleth を採用した。

2.4.3 実証の内容

SAML2.0 は認証技術の世界標準であり、Shibboleth / 認証フェデレーションは世界で既に多くの運用実績がある。しかし、これらの運用実績は主に高等教育機関の認証連携でのものであり、組織構造、提供サービス、利用対象者、利用環境の異なる初等中等教育向け認証フェデレーションモデルとして、以下の実証を行う必要があると考えた。

- 認証基盤と各教育向けクラウドサービスとの連携動作の実証
- 情報端末を用いた認証連携動作の実証

²¹ Active Directory は、Microsoft 社の Windows Server で提供される ID 管理機能。

²² Active Directory Federation Services は、Microsoft 社の Windows Server で提供される認証連携機能で、主に WS-Federation をサポートする。

- セキュリティポリシー（全 https アクセス等）の検証
- 認証・属性プロトコルの検証
- 児童・生徒の操作におけるスムーズなログイン / ログアウトの実証
- 各デジタル教材間でのスムーズな SSO 動作の実証
- 教育委員会、学校、家庭の組織構造、ID 管理、および学習コンテンツの利用、ライセンス管理に適した ID、属性管理方式の実証
- 各コンテンツ（HTML5）に対する認証基盤共通化のメリットを検証
- 学習コンテンツ提供者における提供基盤共通化のメリットを検証
- 独自の認証機能を有する既存の学習用アプリケーションとの連携性を検証

2.5 コンテンツの記述方法：HTML5

今年度の実証では、デジタル教材やツール類を含む教育用コンテンツの規格として HTML5 を採用した。

HTML5 とは、WWW²³に関する各種技術の標準化を進める団体である W3C²⁴により策定が進められている HTML²⁵の最も新しい標準規格である。ただ、広義には、厳密に W3C が定義した HTML5 仕様だけではなく、Web API と呼ばれる Web アプリケーション向けの機能に関わる規格と、CSS3²⁶と呼ばれる表示に関わる規格など、Web 技術全般の急速な進化を指すことが多い。本報告書では、Web API と CSS3 などを含む、Web アプリケーション開発に必要な Web 技術全般を指す広義の意味で、HTML5 を定義する。

2.5.1 HTML5 の特徴

先に記述したように、HTML5 は以前の HTML 規格に比べ、ブラウザのアプリケーションプラットフォーム化を目的とした強化を施されている部分が多い。

例を挙げると、HTML5 には、図形描写やマルチメディア操作を、プラグイン等の特殊なクライアント環境を必要とすることなく、ブラウザのみで実行可能という、それ

²³ World Wide Web の略称。インターネットで標準的に用いられているドキュメントシステム。単に Web と呼ぶ場合もある。

²⁴ World Wide Web Consortium, <http://www.w3.org/>

²⁵ HyperText Markup Language の略称。WWW 上の文章を記述するためのマークアップ言語。

²⁶ Cascading Style Sheets Level3 の略称。HTML や XML をどのように修飾するかを指示するための仕様。

までの規格との大きな違いがある。また、クライアント環境へのデータの保存や、サーバーとの双方向通信に関する規格も策定されている。これにより、ブラウザ単体で、動画や動的に変化する図形を扱う、高い表現力を持つコンテンツの制作が可能となった。加えて、実現可能な機能が増えたことにより、ネイティブアプリケーションや Adobe Flash の代替技術として捉えることができるようになり、従来の教育用デジタルコンテンツを HTML5 に置き換えることが可能になってきた。

表現の分野では、日本語に必要となる縦書きやルビの記述も HTML5 にて規定され、日本の教材コンテンツを表現するために必要な要素を広く網羅する規格となった。

また、W3C が 2007 年 11 月 26 日に公開した HTML5 の設計原則²⁷では、相互運用性を掲げている。相互運用性の項目には、ブラウザ上での挙動を明確に定義することが記されており、これにより、コンテンツ制作者はさまざまなブラウザ上でのコンテンツの挙動の違いを意識することなく制作することができる。

タブレットなどの端末では、Flash などのブラウザプラグインが排除されているため、リッチなコンテンツを作るためには、OS に依存したネイティブアプリケーションか、HTML5 を活用したブラウザ上で動作する Web アプリケーションのいずれかを選択する必要がある。

教育用コンテンツは、長期にわたって利用可能でなければならない。現時点で普及度が高い OS といえども、将来にわたって普及し続けているとは限らない。したがって、OS に依存するネイティブアプリケーションとして教育用コンテンツを制作することはためられるだろう。

また、教育現場において、将来にわたって同じデバイスを利用し続けるとは限らない。そして、児童の個人所有の端末を使うこともあるだろう。その場合は、必ずしも全児童が同じデバイスや OS を所有しているとは限らない。教育用コンテンツは、可能な限り、多種多様なデバイスや OS でも利用できることが望ましい。

以上の理由から、教育用コンテンツは、HTML5 を始めとした標準化された Web 技術を使って制作するのが望ましいと言える。

2.5.2 他の方法との比較

本事業の実証にあたり、コンテンツの規格としては HTML5 以外にも候補に挙がるものがあつた。ここではそれらの特徴をまとめ、本事業の目的に沿って評価する。

²⁷ HTML Design Principles, <http://www.w3.org/TR/html-design-principles/>

Adobe Flash

従来、教育用コンテンツの多くは Adobe Flash を用いて制作されてきた。Adobe Flash とは、アドビシステムズが開発している規格およびそれを制作する同社のソフトウェア群の名称である。ウィンドウの拡大・縮小をしても表示が劣化しないベクターデータを規格の中心とし、スクリプトの制御により、アニメーションや、音声を再生するなど、双方向性の強い Web ページを制作する場合に向いている。また、専用のプレーヤー (Flash Player) を用いて実行するため、プレーヤーが提供されている環境であれば、一つのソースコードで、あらゆるクライアント環境で同じ経験をユーザーに提供することが可能である。

しかし、タブレット情報端末ベンダーの協力が得られず、現在広く普及しているタブレット情報端末では、Adobe Flash をサポートしていないことが多い。また、アドビシステムズも公式にタブレット端末向けの開発を終了したことを発表²⁸している。

アドビシステムズはコンテンツ開発に HTML5 を利用することを推進しており、HTML5 を用いたコンテンツ制作ツールの提供や HTML5 を活用したコンテンツ制作のノウハウを積極的に共有している。

さらに、Flash を使って作られたコンテンツを HTML5 ベースに変換するソリューションがいくつか登場しており、完全ではないにせよ、旧来の教材を無駄にすることなく、HTML5 に移行できる環境が整いつつある。

Flash の強力なアニメーション制御はコンテンツ制作において有利な条件ではあるが、近年のタブレットに標準搭載されていない、さらに、今後ベンダーからサポートされないこともあり、採用は見送った。

EPUB

EPUB とは、電子書籍の標準化団体の 1 つである IDPF²⁹が策定し、推進している電子書籍の規格の 1 つである。

ウィンドウのサイズに合わせて表示を調整するリフロー機能や、朗読の音声ファイルに合わせてテキストをハイライトするメディアオーバーレイ機能など、電子書籍として必要となる規格が盛り込まれている。また、規格のオープン性と単純性から、多くの電子書籍リーダーがサポートしている。

IDPF の Executive Director である Bill McCoy 氏は、2013 年 09 月 26 日に東京で行われた IDPF EPUB 技術セミナー³⁰で、HTML5 と EPUB3 の比較について

²⁸ An Update on Flash Player and Android,
<http://blogs.adobe.com/flashplayer/2012/06/flash-player-and-android-update.html>

²⁹ International Digital Publishing Forum, <http://idpf.org/>

³⁰ epub café, 第 31 回 IDPF EPUB 技術セミナー:国際標準と電子教科書,

て言及している。

同氏は、EPUB3 も中身は HTML5 であり、自身の EPUB の発表資料も HTML5 のオーサリングツールで作成したことを示して、両者の共通性を指摘した。一方で、両者には特性の差があるとも述べた。HTML5 は内容が頻繁に更新される、ダイナミックなコンテンツに適していて、場合によってはサーバーで動的に生成されるのに対し、EPUB はオフラインで使えるようにコンテンツを構造化して 1 ファイルにまとめたものであるとした。これは両者の成り立ちの経緯をそのまま示しているとも言え、HTML が Web ページから Web アプリケーションへの流れに対応し、インタラクティブで動的な表現を Web 上で可能にするために発展してきたのに対し、EPUB は電子書籍がベースであり、静的な、紙面のデジタル化が発展の背景にある。

日本におけるデジタル教科書やデジタル教材は、印刷物としての教材をそのままデジタル化したものは少なく、他国と比較してもインタラクティブな表現が多い傾向にある。また 1 人 1 台環境のメリットを最大限に生かすには、児童・生徒個々の特性や学習の進行に合わせた最適な教材をきめ細かく活用することが望まれ、このニーズはこれから増大していくことが想定される。上記の McCoy 氏の比較にそのまま当てはめれば、デジタル教材には HTML5 の特性が求められていることを示している。

一方、McCoy 氏は、オフライン、つまりインターネットに接続できない状況では EPUB3 を使う必要があることも指摘している。HTML5 の規格にはオフラインでの動作を考慮したものも含まれているが、機能は依然十分ではない。ここが HTML5 の課題となっている。本事業では、示されたテーマがオンラインを前提としており、その条件では HTML5 の柔軟性と自由度が圧倒的に有利である。

また、運用上の問題として、仮に EPUB を採用した場合には、EPUB ビューワーが必要となる。EPUB ビューワーのライセンス、インストール作業などにかかる費用は無視できないだろう。さらに EPUB ビューワーの製品によって、その使用感や性能に違いがでてくると考えられる。

以上の理由から、本事業では、教材の製作技術として HTML5 を採用することとした。

表 3. HTML5、Flash、EPUB3 の比較

	HTML5	Adobe Flash	EPUB3
開発環境	簡易なテキストエディタでも開発が可能。IDE（統合開発環境）もオープンソースで高機能	アドビシステムズ製の有償ソフトウェアでの開発が一般的。	簡易なテキストエディタとアーカイブソフトウェアでの開発が可能。IDE は開発の途

<http://www.epubcafe.jp/egls/epubseminar31>

	な製品が存在する。		上にあり、高機能な製品は有償であることが多い。
稼働クライアント	HTML5 対応ブラウザがインストールされた環境が必要。多くの情報端末で利用が可能。	専用の再生プレーヤーが必要となる。PC 環境については問題ないが、タブレット端末に対しては提供されていないことが多い。	ビューワーアプリケーションが必要となる。ネイティブアプリケーションや、ブラウザのプラグイン、Web サービスという形で提供されている。
DRM (デジタル著作権管理)	video 要素や audio 要素について、保護されたコンテンツへアクセスするための標準 API の策定を進めている。しかし、暗号化方式などは含まず、DRM システムの一部のみに留めている。	アドビシステムズ製の有償ソフトウェアでコンテンツの暗号化から配信まで可能。	コンテンツ全体について、軽めの標準 DRM を策定中。堅牢な DRM は専用ビューワーごとに利用されており、ビューワー間の相互利用を阻害している。
アクセシビリティ	機械が理解しやすいように構造化がされており、ガイドラインも規定されている。スクリーンリーダーも充実している。	Windows プラットフォームに対してのみ、スクリーンリーダーとのやり取りを最適化している。	形式として、HTML を基にしている部分があるため、HTML5 と同様のガイドラインが適用される。メディアオーバーレイも利用できる。
オフライン対応	オンラインを前提としているため、オフラインに対応する仕様はあるものの不十分。ローカル環境にファイルを保存した場合、表示は可能。	オンラインを前提としているが、ローカル環境にファイルを保存した場合、表示は可能。	オフラインでの利用を前提とした規格のため、オフラインで利用が可能。

2.5.3 実証の内容

HTML5 に関連する多くの規格の策定状況はかなり成熟してきており、規格を満たす実装を待つ状態と言える。しかし、ブラウザーの実装が現在進行中であり、ブラウザーの種類やバージョンによっては、未実装の箇所や、動作が異なる部分がある。そのような状況の中で、以下の実証を行う必要があると考えた。

- 効果的なデジタル教材を制作する上で十分な表現力があるか。動きのあるインタラクティブな表現や、動画、図形の描写など、多様な表現形式を持つコンテンツを制作することを通じて、教育用コンテンツの制作に対して HTML5 が十分な表現力を有しているかを検証する。
- 多様なデバイス / OS / ブラウザー上で動作するか。普及しているデバイス / OS / ブラウザー上で教育用コンテンツを実行することで、多様なクライアント環境下で HTML5 が十分なパフォーマンスを発揮できるかを検証する。
- コンテンツの開発は容易に行うことができるか。1 つのソースでマルチプラットフォームに対応するコンテンツの開発を行い、同様のコンテンツの制作、修正を他の規格で行った場合に比べ、時間と費用の面で有利であるかを検証する。

2.6 学習履歴の記録方法 : Experience (Tin Can) API

本事業においては、学習記録データの記録方式として、Experience API³¹を採用した。Experience API は、以前は Tin Can API と呼ばれていた規格で、xAPI とも表記される。

Experience API とはさまざまなツールを介した個人またはグループの活動を一元的に記録するためのシステムである。近年のデバイスや学習方法の多様化にともなって表面化してきた SCORM (「2.6.2 他の方法との比較」参照) の課題を克服するために、米国の標準化推進団体である ADL によって仕様が策定され、2014 年 3 月現在、version 1.0.1 がリリースされている。

2.6.1 本事業のポリシーとの整合性

一般に、Experience API には以下のような特徴があるとされている。

- Nouns, Verbs, Objects といった要素で構成される Statement を記述単位としている。この構造は非常に柔軟で、辞書を拡張することでほとんどの人間の活動を記述することができる。

³¹ Advanced Distributed Learning,
<http://www.adlnet.gov/tla/experience-api/>

- Experience API 同士でのデータのやり取りは難しくない。
- RESTful³²な Web API の一種であり、デバイス依存の技術ではない。(LMS³³ 以外からも利用できる。)

これらの特徴は、以下の理由から、本モデルにおける学習記録データの記述に適していると考えた。

- API を変更しなくても、辞書を拡張するだけで学習記録データの意味を拡張することができる。

本事業の目的は技術面の課題を解決することであり、教育効果の検証や学習記録データとしてどのようなことをどのような粒度で記録するべきかについての検証を含まない。Experience API であれば、特徴「辞書を拡張することでほとんどの人間の活動を記述することができる」から、そのようなレイヤーの検証を技術的な検証とは分離して行うことができる。これは、ポリシー「将来にわたって適切かつ柔軟に改良が行われることを考慮する」を満たす。

- HTML5 アプリケーションとの相性がよい。

本事業では、アプリケーション開発のために HTML5 を採用している。Experience API は、JSON³⁴ベースの RESTful な Web API であるため、これらのアプリケーションから容易に利用することができる。

- 国際規格であり、オープンな技術である。

Experience API は、ADL によって仕様が公開されており、それに準拠したシステムもオープンソースとして公開されている。特定のベンダーが独占する技術にも依存していない。これは、ポリシー「国際規格やオープンな技術を採用する」を満たす。

- 認証方法を特定しておらず、かつ、単一である必然性がない。

Experience API は、認証方法を特定しておらず、本事業で採用した認証機構に組み込むことができる。認証によって ID の管理ができるため、保存先も本来

³² Roy Fielding が提唱した REST (Representational State Transfer) の原則にしたがうシステムを RESTful と呼ぶ。REST はソフトウェアアーキテクチャのスタイルの 1 つで、アーキテクチャの原則と規約集まりである。

³³ Learning Management System の略称。e ラーニングにおける、教員などによるコンテンツの保管・蓄積、学習者へのコンテンツの適切な配信、学習者の学習履歴や成績などを統合的に管理するシステム

³⁴ JavaScript Object Notation の略称。テキストベースの軽量なデータフォーマットで、人間にとって記述と理解がしやすく、コンピューターでも容易に扱う事ができる。

1 つに限定する必要はない。将来的には、複数の学習記録データ収集サービスがエコシステム内に存在することを許容できる。これは、ポリシー「企業間の健全な競争環境を確保する」に適合する。また、Experience API であればこのように分散的に蓄えられた学習記録データを統合し解析することも設計上、視野に組み込まれている。これは、ポリシー「将来にわたって適切かつ柔軟に改良が行われることを考慮する」にも適合する。

2.6.2 他の方法との比較

Caliper

学習記録データの記録方法として提唱されている国際規格に、IMS Global Learning Consortium³⁵の Caliper³⁶があるが、実装着手段階で詳細な仕様が公開されておらず、採用を見送った。

SCORM

SCORM (Sharable Content Object Reference Mode) とは、e ラーニング共通化規格で、学習記録データの記録を含む、事実上の国際標準である。Experience API と同じ ADL により定義・公開されている。しかし、LMS を前提とした規格であり、HTML5 による Web アプリケーションとの相性が悪く、本事業では採用しなかった。Experience API は SCORM と比較して、以下の点が改善されていると言われている³⁷。

- LMS 以外からも利用可能である。
- コンテンツ配信と個人の活動に関する完全な制御を助ける。
- 学習者は異なるコンテンツ間を自由に移動しながら学習を行うことができる。
- ユーザーが不正行為を行えないようにセキュリティが追加されている。

それらによって、SCORM では難しかった以下のような学習記録データの記録が可能であるとされる³⁸。

³⁵ 世界的な教育と、企業の学習分野の技術の成長のためのグローバルな非営利団体

³⁶ Learning Measurement for Analytics Whitepaper
<http://www.imsglobal.org/IMSLearningAnalyticsWP.pdf>

³⁷ Layer 1: A Modernized version of SCORM – Tin Can API
<http://tincanapi.com/layer-1-freeing-us-from-the-constructs-of-old/>

³⁸ Layer 1: A Modernized version of SCORM – Tin Can API
<http://tincanapi.com/layer-1-freeing-us-from-the-constructs-of-old/>

- 協働教育のようなグループ学習の記録
- 1 つのコースに対する複数の成績情報の記録（事前テストと事後テスト等）
- 複数回にわたる学習行為の記録
- より詳細なテスト結果の記録

2.6.3 実証の内容

Experience API は、実証開始現在、ポリシーに適合する学習記録データの記録のための国際規格では、唯一、完全な仕様が公開されているものであった。そのため、本事業では、Experience API を採用し、以下の検証を行った。

- Experience API を HTML5 による Web アプリケーションからシームレスに活用するため、本事業の認証基盤にどのように取り込むべきか。
- クラウドを経由した学習記録データの参照による学校・家庭の連携を実現するために、実装の利便性なども踏まえて、Experience API のみで十分であるか、あるいは拡張が必要か。
- 実際の授業において Experience API で学習記録データを収集し、収集時の負荷や蓄積されたデータなどを観察することで、スケーラビリティなどの側面から、ビックデータ化を視野に入れた将来的な課題は何か。

2.7 特別な支援が必要な児童・生徒への対応の方法：アクセシブルな教育用コンテンツ

本事業の実証のテーマの一つとして、「普通学校における特別支援が必要な児童への対応」があげられている。これは、身体的な障害や発達障害などによって、教育を受ける上でさまざまな困難があり、特別な支援が必要な児童・生徒にとって、ICT を効果的に利活用することで、学習効果をあげ、児童・生徒が前向きに学校生活に取り組み、将来に向けて自己の可能性を拡げることを目指し、その適切な対応を検討するものである。

2.7.1 特別な支援が必要な児童・生徒数

全国の小学校・中学校に所属する児童・生徒で、何らかの特別支援教育サービスを受けている児童・生徒数は約 34 万 4 千人（通級指導を受ける児童・生徒数：約 6 万 5 千人、特別支援学級在籍児数：約 15 万 5 千人、特別支援学校在籍児数：約

12 万 6 千人）と報告されている³⁹。特別支援学級および特別支援学校には、視覚や聴覚、肢体など身体的に困難のある障害や、知的な障害、それらを重複して持つ児童・生徒が在籍している。

また、近年課題となっているのが発達障害のある児童・生徒への支援である。知的発達に遅れはないものの、学習面や行動面の各領域で著しい困難を示すと担任教員が回答した発達障害の可能性が考えられる児童・生徒の割合は、通常学級だけで 6.5%に上ることが報告されている⁴⁰。小学校から高校までの初等中等教育に在籍する児童・生徒数は約 1,370 万人であることから、仮にその 6.5%に発達障害が想定されたとすると、約 90 万人の児童・生徒に支援ニーズがあることが予想される。米国の例を見ると、全米で特別支援教育サービスを受けている初等中等教育に通う児童・生徒数は約 580 万人と、全児童・生徒数の約 13%を占め、そのうち学習障害のある児童・生徒数は約 240 万人に上る⁴¹。以上のことから、日本国内でも、未だ特別支援教育サービスを受けていないが、潜在的ニーズを持つ児童・生徒は相当数に上ることが推測される。

また、これら以外にも、怪我による一時的な困難や病気による入院などにより、特別な支援が求められる児童・生徒も多く存在していると思われる。

2.7.2 障害のある児童・生徒への合理的配慮

障害のある児童・生徒の教育に対する支援は、かつては特別なものであり、通常の学校では行われず、障害のある児童・生徒だけが集められた、特別支援学校などの通常学級とは別の場所で行われることが一般的であった。その体制では、障害のある児童・生徒本人または保護者が通常の学級で学ぶことを望んでも、教育機関による意思決定によって、特別支援学校や特別支援学級に参加するよう指定されることが通例であった。ICT についても、障害のある児童・生徒の学習を保障するために利用許可を求めても、他の生徒には許可されないのに、障害のある児童・生徒だけに許可するわけにはいかないという判断が一般的であったため、利用を認められる事例も少なかった。

しかしながら、近年の障害者の権利擁護に関する国際的な法制度の整備と、その日本への導入が進むことで、状況は大きく変化しつつある。まず、2014 年 1 月、日

³⁹ 文部科学省 特別支援教育資料（平成 23 年度）

⁴⁰ 文部科学省 平成 24 年「通常の学級に在籍する発達障害の可能性のある特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査結果について」

⁴¹ 2011 年 IDEA DATA, <http://www.ideadata.org/>

本が 2007 年に署名した国連「障害者の権利に関する条約（障害者権利条約）」を日本政府が批准した。この批准に向けて、国内法として「障害を理由とする差別の解消の推進に関する法律（障害者差別解消法）⁴²」が 2013 年 6 月に制定され、2016 年 4 月から施行されることとなった。この法律では、国や地方自治体が、障害者に対する差別的取扱いの禁止と、障害者に対して「合理的配慮を提供しないこと」の禁止が義務化される（民間事業者は努力義務化）。

教育にもこの法制整備の影響は大きく、今後すべての国公立の教育機関では、特段の理由なく障害があることだけを理由として入学を拒否したり、障害のある児童・生徒側から学校側に求められた合理的な範囲での変更や調整（合理的配慮の要望）を、過大な予算面または管理面の負担とならない限り、単純に否定することは差別として禁止されることとなる。国連障害者権利条約でも必要とされている、障害のある人もない人もともに参加できる共生社会という考え方に基づいた「インクルーシブ教育システム⁴³」の構築が求められ、日本の教育においても整備が進められている。

「合理的配慮」とは、障害者から何らかの配慮を求める意思表示があった場合に、過度な負担になりすぎない範囲で、日常生活や社会生活を送る上での社会的障壁を取り除くための配慮を行うことが求められることを指す。合理的配慮の不提供は差別と定義されているため、差別解消法により禁止される。したがって ICT 利用についても、それが合理的配慮として必要となった場合、「ほかの児童・生徒に ICT 利用を許可していないのに、障害のある児童・生徒だけに許可することはできない」という判断は、ICT 利用ができなければ教室での学習に参加できない児童・生徒の権利を侵害する場合があります、事例によっては差別にあたるため、禁止されることとなる。このように障害のある児童・生徒への配慮は、一部の人々の善意に基づくものから、コンプライアンス（法令遵守）に基づくものへとシフトすることとなる。

2.7.3 学習における困難と ICT の活用

児童・生徒が、障害などその特性によって学習の際にさまざまな困難に直面する場

⁴² 内閣府 障害を理由とする差別の解消の推進に関する法律

<http://www8.cao.go.jp/shougai/suishin/sabekai.html>

⁴³ 文部科学省 中央教育審議会「共生社会の形成に向けたインクルーシブ教育システム構築のための特別支援教育の推進（報告）」

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/044/houkoku/1321667.htm

合、その困難を ICT を利活用することになって補えることが指摘されている。

手足を思うように動かすことが難しい（肢体不自由）

- 鉛筆での筆記が難しくても、スイッチやキーボードなどの支援する機器を使い、情報端末に文字を入力する。
- 教科書のページめくりなどが難しくても、スイッチなどを使うことにより、デジタル教材の起動やページめくりなどを利用して学習を行う。
- 重い教科書や資料を持ち歩かずに、デジタル教材や資料をいれた情報端末のみを利用することで移動が容易になる。

見ることに困難がある（視覚障害）

- デジタル教材を自分が読みやすい大きさに文字を拡大・縮小したりコントラストを変更して利用する。
- まったく見るができなくても、デジタル教材を読み上げさせることで内容を理解する。

聞くことに困難がある（聴覚障害）

- 教員の声を耳元で聞くことができる補聴機器を利用する。
- 音声情報を文字に自動変換したり、要約筆記により文字に変換されたものを見て学習する。

通学が難しい（肢体不自由、病気等による入院）

- オンラインで授業に参加したり、録画された授業を再生して学習する。

読むことに困難がある（発達障害 / 学習障害・読字障害（ディスレクシア））

- 紙に書かれている文字を読むことが苦手でも、音声で聞いて内容を理解する。
- 情報端末により、自動的に振り仮名を振ったり、行間を変える、不要な部分を隠す、コントラストを調整するなど理解しやすいレイアウトに変更して学習する。

書くことに困難がある（発達障害 / 学習障害・書字障害）

- 鉛筆での書字が苦手でも、キーボードを使い考えを書き表す。
- 文字を学ぶツールで、間違いやすい部分を目立たせて学習する。
- 音声認識機能で、音声を文字に自動的に変換させる。

集中することが難しい、不注意がある（発達障害 / ADHD）

- アニメーションなどを使った注意をひくデジタル教材で学習する。

得意なことがある一方極端に不得手なものがある、集中しすぎることで忘れてしまう、感覚が過敏（発達障害 / アスペルガー症候群、高機能自閉症）

- 学習内容を情報端末で構造化させて理解しやすくする。
- 録音・録画された授業の内容を用いて、ペースにあわせて学習する。
- 画面のコントラスト変更や音の制限をして、情報を見やすくしたり制限する。
- 授業の始まりや休憩の終了をアラームで知らせる。

このようなデジタル教材や情報端末の利用は、学習に困難のある児童・生徒の困難が、その特性によって多岐にわたっているため、一人一人の状況によって調整されることが望ましい。そのため、特に 1 人 1 台の情報端末が利用できる環境が整備されることによって、恩恵を受ける可能性が高くなる。

例えば、現在、視覚に障害のある児童・生徒は、文字や図が拡大された拡大教科書や、点字で内容が書かれている点字教科書が利用できるが、これらは使用する児童・生徒が少なく制作にコストがかかり、視覚に障害のある児童・生徒の多様な見え方に必ずしも完全に対応できるわけではなく、またかさばるために使用や持ち運びが不便、という声もある。デジタル教材の利点として、それぞれの、例えば見え方などの特性にあわせて、コンテンツの拡大・縮小やコントラストの調整ができることは、大変なメリットである。

また、情報端末やデジタル教材による学習効果が認められていても、現状では、通常学級の授業中にその児童・生徒のみに情報端末を与えることが難しいとされるケースは多く、すべての児童・生徒に 1 人 1 台の情報端末が利用できる環境が与えられることで、特別なこととしてでなく、学習に取り組めることとなる。

2.7.4 適切なデジタル教材と支援機器の重要性と実証の内容

情報端末やデジタル教材など、教育の現場において ICT 環境が整備される際に、それらがあらゆる児童・生徒にとって利用できる環境があるか、という点は非常に重要である。例えば、教材内に「赤い部分について回答せよ」という設問があっても、色を認識することが難しい児童・生徒にはどこが赤い部分かわからず回答をすることができない。また、近年の情報端末で使用される教材は指先のタッチにより操作するものが多いが、上肢に障害がありタッチによる操作が難しい児童・生徒には、情報端末にスイッチやキーボードなどその子どもにあった支援機器を接続するなどして、タッチ操作以外でも教材を操作できるように対応する必要がある。これらは、情報端末の教材以外のソフトウェアの機能や、スイッチなどの支援機器が必要になる場合

が多い。このように、障害のある児童・生徒もともに授業に参加することを考えた場合、見た目の調整や操作面の支援機器利用など、多様なニーズのある児童・生徒が教材を利用することになる。したがって、教材そのものがこれらの多様なニーズに向けた調整の可能性をできるかぎり想定した、アクセシブルな教材であることが重要である。

よって、本事業では、アクセシブルな教材制作のためにアクセシビリティガイドラインを策定し、教材制作者に周知を行い、制作された教材の評価を行った。また、教材制作の際にアクセシビリティガイドラインをどのように参考にしたか、ガイドラインに不明な点や不備がなかったか等のヒアリングを行い、実際に **HTML5** で教材制作を行う際の指針とできるよう、今年度の本事業でのアクセシビリティガイドラインの最終版（バージョン 1.0）を作成した。

3. 実施計画

2 章に記したポリシーおよびアーキテクチャを元に、全国に展開可能なクラウド上の Web アプリケーションのプラットフォームを想定し、本調査研究の具体的な実施内容として次のような計画を立てた。

3.1 構築するシステム

次のようなシステムおよびコンテンツを構築することを計画した。

- 児童・生徒が 1 人 1 台の情報端末を持つ学習環境を前提に、学校や家庭からアクセスし、クラウドサービスを利用できるようにするための、検証用のプラットフォームを構築する。今年度構築するプラットフォームは、デジタル教材やツールなどの教育用コンテンツを管理し、共通するユーザーインターフェースをまとめて動作させる機能を持つものとする。
- 初等中等教育におけるユーザー認証基盤のトライアルの仕組みを、高等教育の分野で運用されている学術認証フェデレーションを参考に構築し、全国展開の方法と課題を検討する。この仕組みを通じ、コンテンツに対するアクセスの可否の判断や、児童・生徒個人に属するデータの保持を実現する。また、多くのサービスに対する認証を 1 度の操作で可能にする、シングルサインオンの実現を目指す。
- W3C で規定されている HTML5 を活用して、OS やブラウザーの種類に関わらず表示と動作が可能な、ワンソース・マルチデバイスのサンプルの教育用コンテンツを制作する。そこで得られた知見を、コンテンツ制作ガイドラインにまとめる。
- W3C で規定されている Web Contents Accessibility Guideline 2.0 をベースに、教育用コンテンツを特別な支援が必要な児童・生徒にも利用可能にするための要件を検討し、アクセシブルなサンプルの教育用コンテンツを制作する。そこで得られた知見を、アクセシビリティガイドラインにまとめ、コンテンツ制作ガイドラインに含める。
- 教員が教育用コンテンツを試用して評価し、クラスの児童・生徒に対する割り当てなどの授業準備を行うことができるツールを作成する。また、学習で使える教

育用コンテンツへのリンクを含む児童・生徒用のページを作成する。

- 学習の進捗状況をクラウド上にログとして記録し活用する仕組みを検討し構築する。将来の教育用ビッグデータの蓄積の基礎となるよう、保存方法の検討などを行う。
- 児童・生徒の情報端末、教員の情報端末、電子黒板の画面を連携して表示できる仕組みを構築し、実証授業で活用する。具体的には、ネイティブアプリケーションを利用し、想定する 3 種類のデバイス（Windows, iOS, Android の特定機種）で動作するシステムを活用した実証授業を行う。また、ネイティブアプリケーションを使わず、socket.io とログデータを活用して児童・生徒の情報端末に表示されている画面を電子黒板にも表示できる方法を検討し、検証用の仕組みを制作する。
- 学習用クラウドサービスのシステムを用い、socket.io の機能を活用した、緊急時に教員が児童・生徒の情報端末に一斉にメッセージを送信できる機能を検証用として構築する。

3.2 概念図

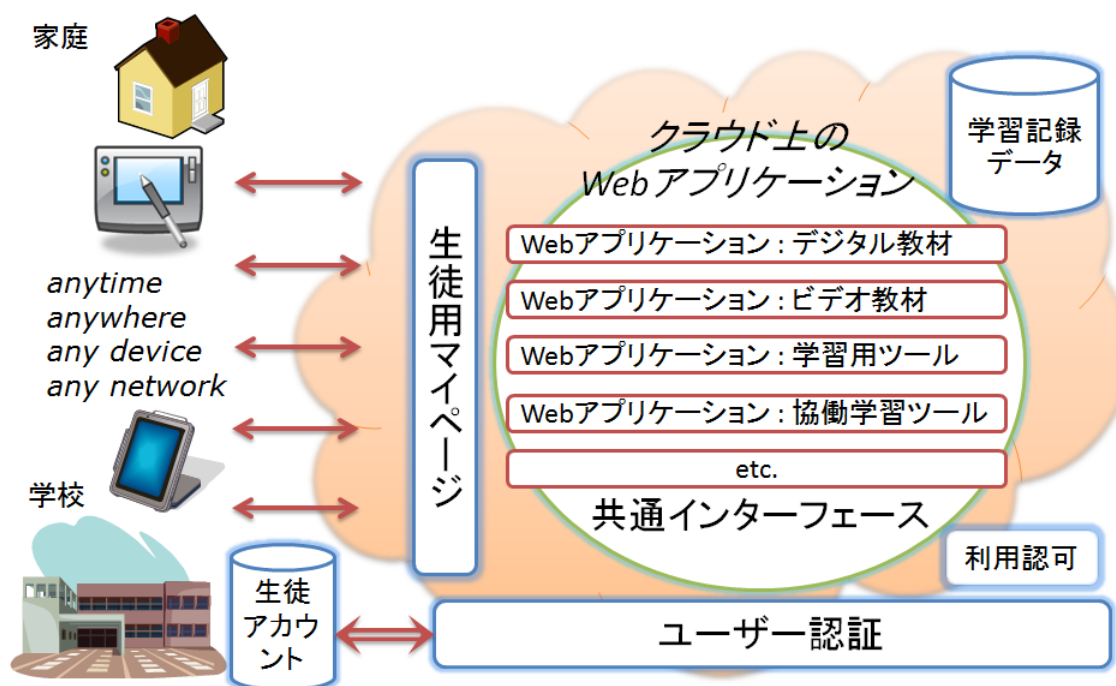


図 9. 本事業のシステム概念図

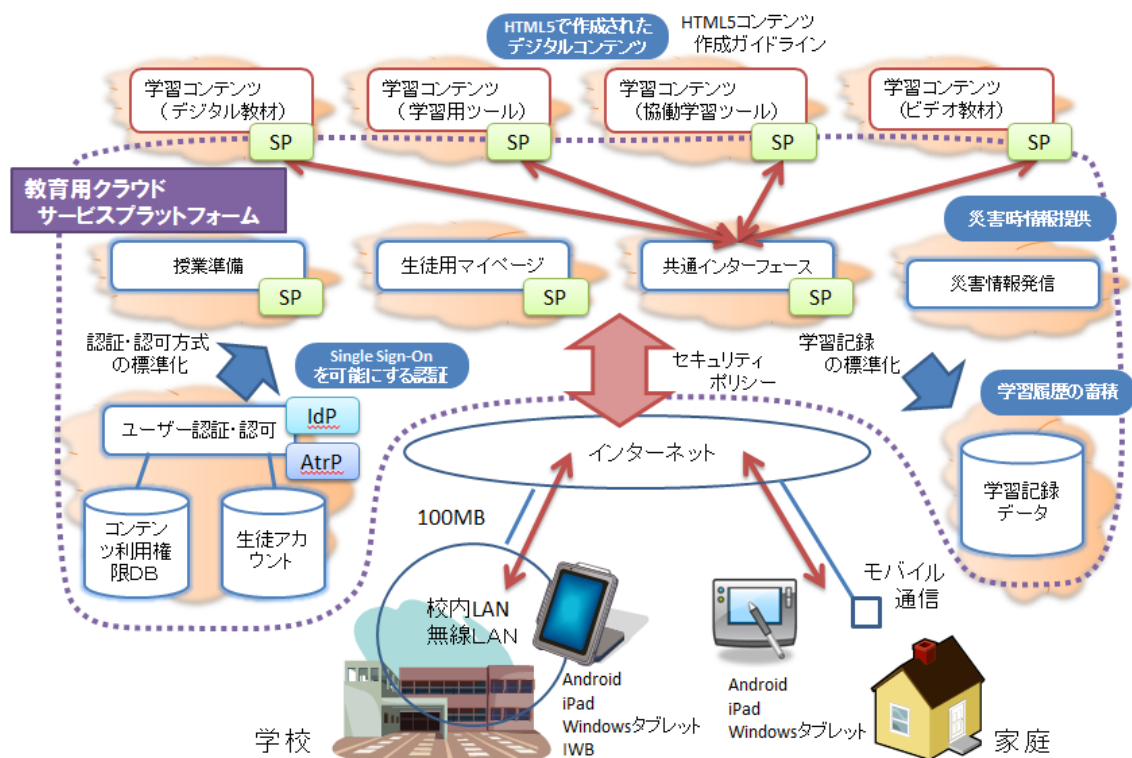


図 10. システム図

学校から教えてもらった
ユーザー ID とパスワードを入れてください。

ユーザー ID	
パスワード	
ログイン	

図 11. ログイン画面

マイページ 授業管理 防災アラート IWB 自作教材コンテンツ共有システム 成果物一覧 ようこそ 教師200 さん

教材一覧

2014 3月 19 選択 全表示

	てんびんで重さをはかるう	3年 算数 重さのたんいとはかり方
てんびんを使ってものの重さをはかってみよう。分銅（ふんどう）の組み合わせを工夫して、重さをはかります。		
	みんなでメモ	共通 共通
グループごとに協働で利用できる、方眼紙を背景にあしらったメモ教材です。この教材は、電子黒板用モニタリング・ボードとの連携利用に対応しています。		
	協働学習支援「自作教材コンテンツ共有システム」	共通 共通
先生や児童が、一太郎やパワーポイント、画像ファイルなどの自作教材・作品を、Webサーバーを通じてタブレットPCに一齐に配信することができる「自作教材共有システム」です。		
	Study21 for タブレット「割合」	5年 算数 割合
子どもたちの苦手な部分を気づかせ、補充します。理解が十分な子どもたちには応用問題や発展問題を用意。個に応じた指導で、「あったらいいね」を実現しました。		
	小学校3年 手書きドリル「かけ算の筆算」	3年 算数 かけ算の筆算
手書きで答え（数字）を入力する計算ドリル教材です。問題は5問x6セットの計30問収録しています。画面上で手書きで計算が行えるようにフリースペースも用意しています。		
	小学校5年 手書きドリル「割合」	5年 算数 割合
手書きで答え（数字）を入力する計算ドリル教材です。問題は5問x6セットの計30問収録しています。画面上で手書きで計算が行えるようにフリースペースも用意しています。		

図 12. 生徒用マイページの画面例

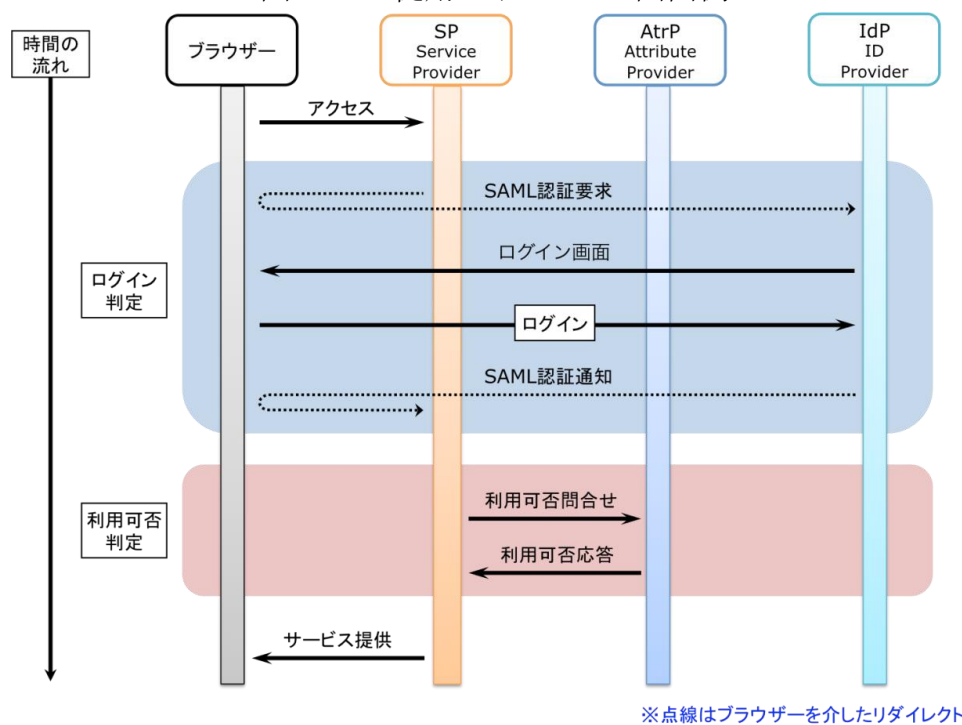


図 13. ユーザー認証プロセス

3.3 ターゲット環境

本事業は OS やデバイスに依存せずに利用可能な環境の構築を目指す。実証授業を行うにあたって対象となる環境を設定する必要がある。現状の有力なタブレット端末向けの OS である iOS, Android, Windows の 3 種類の環境を想定し、HTML5 の実装が進んでいる最新ブラウザを搭載しているデバイスとして、次の 3 種類を選定した。

表 4. ターゲット環境

OS	Android 4.4	iOS 7.0	Windows 8.1
Web ブラウザー	Google Chrome	Safari	Internet Explorer 11
デバイス名称	NEXUS10, 16GB, 10 インチ	iPad Air, 16GB, 9.7 インチ Retine ディスプレイ	富士通 STYLISTIC WQ2/J 64 ビット, 128GB, 11.6 インチ ワイド
画面解像度	2560×1600	2048×1536	1360×768

4. 調査研究体制とスケジュール

4.1 調査研究体制

本事業調査研究の実施にあたっては、モデルシステムの開発、検証用コンテンツの開発、クラウドサービス、ユーザー認証の構築、実証環境の構築・運用等に即した協力企業との連携体制を敷いた。

(1) 委託事業担当者

吉村 和郎 一般社団法人 日本教育工学振興会 事務局次長
稲葉 雅昭 一般社団法人 日本教育工学振興会 調査研究部長

(2) 地域協議会

駒崎 彰一 荒川区教育委員会 指導室 統括指導主事
菅原 千保子 荒川区教育委員会 指導主事
荒川区立第三峡田小学校 実証担当教諭
荒川区立第二日暮里小学校 実証担当教諭

(3) 推進協議会

赤堀 侃司 一般社団法人 日本教育工学振興会 会長
駒崎 彰一 荒川区教育委員会 指導室 統括指導主事
東 博暢 株式会社 日本総合研究所 戦略コンサルティング部
融合戦略クラスター長、デジタル教科書教材協議会 理事
下川 和男 一般社団法人 日本電子出版協会 副会長

(4) 実行委員会

栗山 健 株式会社 学研ホールディングス
石坂 芳実 EDi-X
各ワーキングチーム リーダー・サブリーダー
共通インターフェース ワーキングチーム
教材利用支援・教材準備 ワーキングチーム
認証基盤 ワーキングチーム
コンテンツ開発 ワーキングチーム
クラウド ワーキングチーム
検証校環境構築 ワーキングチーム
実施検証 ワーキングチーム

(5) オブザーバー

一色 正男 神奈川工科大学 ホームエレクトロニクス学科 教授
慶応義塾大学 SFC 研究所 政策・メディア研究科 特任教授
東原 義訓 信州大学教育学部 教授 附属教育実践総合センター長
田村 恭久 上智大学 理工学部情報理工学科 准教授

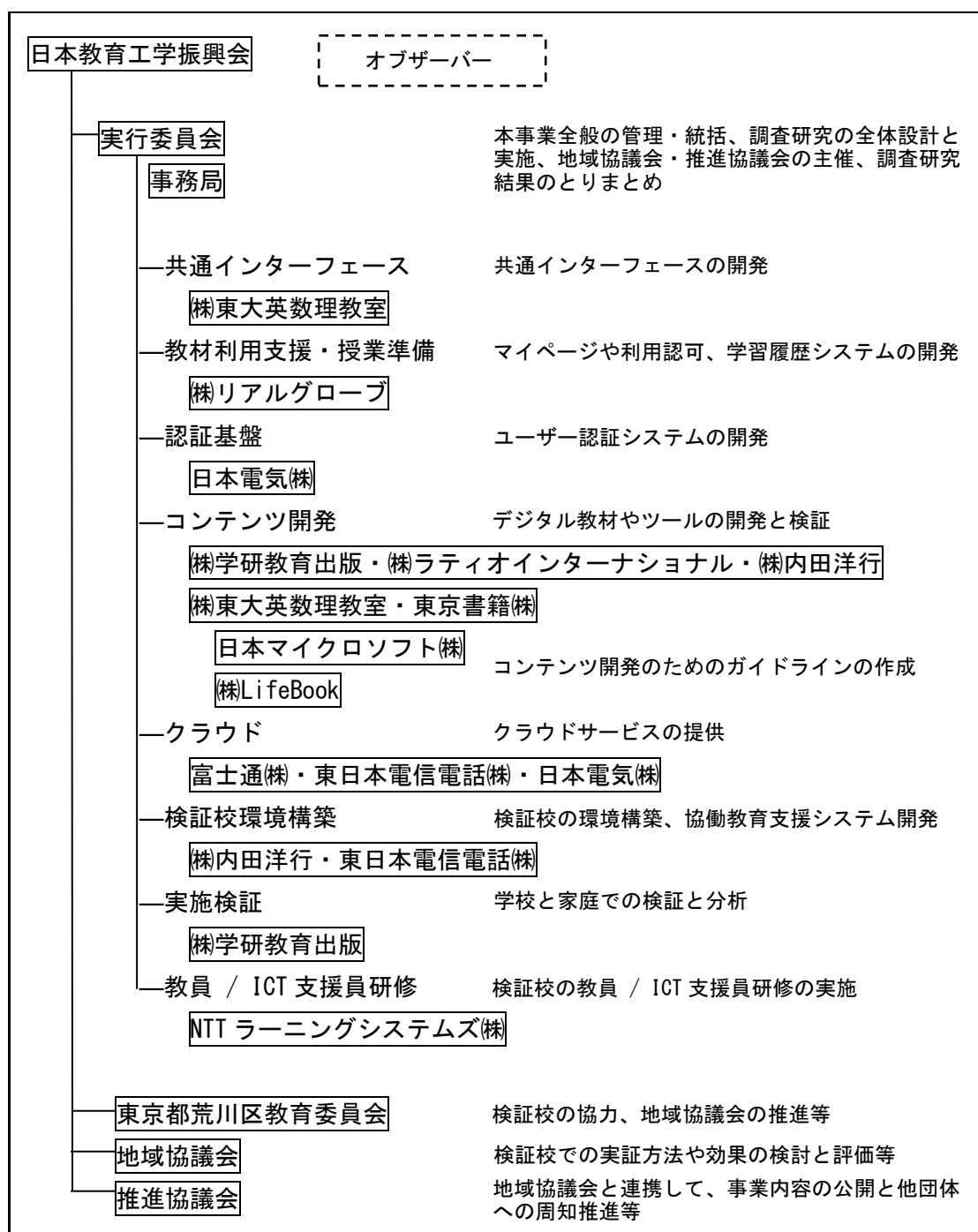


図 14. 調査研究体制

4.2 検証校の概要と ICT 環境

4.2.1 検証校（小学校）の概要

東京都荒川区立第三峡田小学校

所在地: 東京都荒川区荒川 1 丁目 43 番 1 号

全生徒数 134 名、教員数 20 名

実証学年 3 学年 20 名、4 学年 24 名（2013 年 11 月 6 日現在）

東京都荒川区立第二日暮里小学校

所在地: 東京都荒川区東日暮里 5 丁目 2 番 1 号

全生徒数 95 名、教員数 12 名

実証学年 5 学年 17 名、6 学年 12 名（2013 年 11 月 6 日現在）

4.2.2 検証校における ICT 環境

表 5. 検証校における ICT 環境

情報端末	【既存の環境】	
	導入年度	平成 25 年 7 月
	整備対象	1 年生～6 年生の全児童、および教員
	導入機種	富士通製 STYLISTIC Q702/G ハードウェアキーボード（ドッキングステーション）付
	主な仕様 	OS: Windows 8 Pro CPU: インテル® Core™ i5-3427U プロセッサー 画面: 11.6 型ワイド メモリ: 4GB 重量: 850g
【配備】		
iOS (iPad Air), Android (NEXUS10), Windows (STYLISTIC WQ2J) を追加して配備		

平成 25 年度「教育分野における最先端 ICT 利活用に関する調査研究」報告書

電子黒板	【既存の環境】 <table border="1"> <tr> <td>導入年度</td><td>平成 22 年 3 月</td></tr> <tr> <td>整備対象</td><td>全普通教室</td></tr> <tr> <td>導入機種</td><td>パイオニア製 EPD-C50E</td></tr> <tr> <td>主な仕様</td><td>  型式: プラズマディスプレイ型 サイズ: 50 インチ 操作方式: ペン、指 その他: 自立スタンド付 </td></tr> </table> 【配備】 既設の設備を利用	導入年度	平成 22 年 3 月	整備対象	全普通教室	導入機種	パイオニア製 EPD-C50E	主な仕様	 型式: プラズマディスプレイ型 サイズ: 50 インチ 操作方式: ペン、指 その他: 自立スタンド付
導入年度	平成 22 年 3 月								
整備対象	全普通教室								
導入機種	パイオニア製 EPD-C50E								
主な仕様	 型式: プラズマディスプレイ型 サイズ: 50 インチ 操作方式: ペン、指 その他: 自立スタンド付								
充電保管庫	【既存の環境】 <table border="1"> <tr> <td>導入年度</td><td>平成 25 年 7 月</td></tr> <tr> <td>整備対象</td><td>全普通教室</td></tr> <tr> <td>導入機種</td><td>内田洋行製 型番 2-728-9999</td></tr> <tr> <td>主な仕様</td><td>  収納台数: 情報端末 22 台 サイズ: W500×D450×H1032 (ハンドル部除く) 定格入力: 100V15A×2 その他: HUB 収納スペース </td></tr> </table> 【配備】 iOS, Android, Windows の情報端末の充電が可能な充電保管庫を 5 台配備	導入年度	平成 25 年 7 月	整備対象	全普通教室	導入機種	内田洋行製 型番 2-728-9999	主な仕様	 収納台数: 情報端末 22 台 サイズ: W500×D450×H1032 (ハンドル部除く) 定格入力: 100V15A×2 その他: HUB 収納スペース
導入年度	平成 25 年 7 月								
整備対象	全普通教室								
導入機種	内田洋行製 型番 2-728-9999								
主な仕様	 収納台数: 情報端末 22 台 サイズ: W500×D450×H1032 (ハンドル部除く) 定格入力: 100V15A×2 その他: HUB 収納スペース								
無線 LAN アクセス ポイント	【既存の環境】 <table border="1"> <tr> <td>導入年度</td><td>平成 25 年 7 月</td></tr> <tr> <td>整備対象</td><td>全普通教室</td></tr> <tr> <td>導入機種 (AP)</td><td>ラッカス製 ZF7363</td></tr> <tr> <td>主な仕様</td><td>  Wi-Fi 規格: 802.11a/b/g/n 対応バンド: 2.4GHz/5GHz セキュリティ: WEP、WPA-TKIP、WPA2-AES、802.11i </td></tr> </table> 【配備】 既設の設備を利用	導入年度	平成 25 年 7 月	整備対象	全普通教室	導入機種 (AP)	ラッカス製 ZF7363	主な仕様	 Wi-Fi 規格: 802.11a/b/g/n 対応バンド: 2.4GHz/5GHz セキュリティ: WEP、WPA-TKIP、WPA2-AES、802.11i
導入年度	平成 25 年 7 月								
整備対象	全普通教室								
導入機種 (AP)	ラッカス製 ZF7363								
主な仕様	 Wi-Fi 規格: 802.11a/b/g/n 対応バンド: 2.4GHz/5GHz セキュリティ: WEP、WPA-TKIP、WPA2-AES、802.11i								

インターネット アクセス ライン	【既存の環境】 各学校は荒川区のデータセンターを経由して、インターネットに接続。 各学校からデータセンターへは、10Mbps の光ファイバー（スーパーワイド LAN） 経由で接続し、データセンターからは 100 Mbps の光ファイバーでインターネットに 接続。 【配備】 100Mbps の光ファイバー（フレッツ光）を各学校に新設。既存の L3 スイッチに、本 事業で利用するクラウド上のサーバーの URL（ホワイトリスト）を登録し、それらに対 するアクセスのみデータセンターを経由せず、新設したルートを経由。 家庭学習においては、WiMAX ルーター（40Mbps）を配布して接続。
------------------------	---

4.3 事業のスケジュールと実施記録

各要件を効率的に実施するためワーキングチームを導入した。共通インターフェース、教材利用支援・教材準備、コンテンツ、認証基盤、クラウド環境、実証検証の 6 つの編成とし、全体の進捗の取りまとめや全体に関わる事項の共有、各ワーキングチーム間での共通認識等を行うために各ワーキングチームリーダー、サブリーダーから成る実行委員会を開催した。

実行委員会は内定から契約にいたるまでに 3 回の会合を開催し、事業の概要および実施に向けた準備を行った。

第 4 回実行委員会からは 11 回開催し、各ワーキングチームの進捗確認、課題抽出と対策、情報の共有などを行った。各ワーキングチームでは、必要の都度打合せを行っており、チーム内での進捗とスケジュール確認、課題への検討を行った。また、必要に応じて他のワーキングチームとの合同ミーティングを開催した。

テスト

12 月 17 日から 3 回にわたり、株式会社 内田洋行 新川オフィスの無線環境を利用して総合テストを行い、12 月 27 日には実証 2 校の教室環境を使った総合テストを実施した。

12 月 17 日（火） 1 次総合テスト 内田洋行 新川オフィス 7F

試験内容

- ・ 共通インターフェースおよび教材利用支援・教材準備システムへのアクセス確認

- ・ 教材コンテンツの動作確認
- ・ 防災アラートの送信確認

テスト結果として、生徒用マイページから選択したデジタル教材のロード時間が課題となり、システム開発関連のワーキングチームが引き続き調査することとなった。また、Windows 8.1 / IE11 上で、デジタル教材が正常に呼び出せない現象が発生し、引き続き調査を行った。

12 月 18 日（水） 1 次総合テスト 同オフィス 6F

前日の 1 次総合テストの結果を受けて、前日に検証ができなかったテスト項目について引き続きテストを行った。また、ネイティブアプリケーションである協働教育システム上でも、制作した教育用コンテンツが正しく表示され動作するかのテストを行った。

- ・ マイページからのデジタル教材のロード時間の再テスト
- ・ Windows8.1 / IE11 上でのデジタル教材の動作確認
- ・ 協働教育システム上での動作確認
- ・ 研修マニュアルの作成に向けた教材説明

教材のロード時間については、前日に比べ改善が見られたが、一部で表示までに数分かかる端末があるため、引き続き関係するチームで確認していくこととなった。

12 月 20 日（金） 負荷テスト 同オフィス 7F

- ・ Windows、iOS、Android の 3 種の情報端末を混在させた環境で、最大 22 台による負荷テストを実施。

各情報端末で一斉にアクセスし、教材がロードされることを確認した。

検証校での環境設定作業と総合テストは以下の通りである。

12 月 24 日（火）	新規 100M 回線工事
12 月 26 日（木）	荒川区立第三峡田小学校 環境設定作業
12 月 27 日（金）	荒川区立第二日暮里小学校 環境設定作業
同	各校にて総合テストの実施

平成 26 年 1 月 10 日、荒川区 ICT 支援員への研修会を実施し、各 ICT 支援員から検証校の担当教諭への伝達研修により、情報端末操作・コンテンツ内容の把握を行い、実証授業の授業設計を作成した。

検証校での実証授業が開始され、検証用授業としては以下の通りである。

2 月 4 日（火）第三峡田小学校 5 時限 4 年生 理科

2 月 5 日（水）第三峡田小学校 2 時限 4 年生 国語
同 3 時限 3 年生 算数
2 月 6 日（木）第二日暮里小学校 2 時限 6 年生 国語
同 3 時限 5 年生 算数
2 月 13 日（木）第二日暮里小学校 5 時限 5 年生 算数

また、両校においては上記実証授業のほかにも、通常の授業の中で 3 種類の情報端末と本事業で制作した教育用コンテンツが日常的に活用された。

当初は、3 種類の情報端末の扱いや ID とパスワードによるログイン作業などに戸惑いが見られたが、何度か使用していくうちに徐々にスムーズな利用ができるようになり、実証授業までにはストレスなく授業が進められるようになった。

実証授業までの期間は、両校とも情報端末や実証授業で使用する教育用コンテンツの活用が中心であったが、実証授業終了後は、ドリル教材による復習や、電子黒板との連携による発表活動、グループ学習による活用など、通常の教科の中での活用が続けられた。

実行委員会

11 回開催

第 4 回	11 月 15 日（金）	三会堂ビル 9F	第 2 会議室
第 5 回	11 月 29 日（金）	三会堂ビル 2F	S 会議室
第 6 回	12 月 13 日（金）	三会堂ビル 2F	A 会議室
第 7 回	12 月 25 日（水）	三会堂ビル 2F	S 会議室
第 8 回	1 月 17 日（金）	三会堂ビル 2F	S 会議室
第 9 回	1 月 31 日（金）	三会堂ビル 8F	JAPET 会議室
第 10 回	2 月 7 日（金）	三会堂ビル 8F	JAPET 会議室
第 11 回	2 月 21 日（金）	三会堂ビル 8F	JAPET 会議室
第 12 回	3 月 6 日（木）	三会堂ビル 8F	JAPET 会議室
第 13 回	3 月 14 日（金）	三会堂ビル 8F	JAPET 会議室
第 14 回	3 月 20 日（木）	三会堂ビル 8F	JAPET 会議室

ワーキングチーム打合せ

システム開発関連 合同	11 月 6 日（水）	（株）東大英数理教室
システム開発関連 合同	11 月 8 日（金）	三会堂ビル第 1 会議室
システム開発関連・クラウド 合同	11 月 11 日（月）	JAPET 会議室
コンテンツ ワーキングチーム	11 月 19 日（火）	学研教育出版会議室
コンテンツ・システム開発関連 合同	11 月 26 日（火）	三会堂ビル B 会議室

クラウド ワーキングチーム	12 月 5 日 (木) JAPET 会議室
ワーキングチームリーダー打合せ	12 月 10 日 (火) JAPET 会議室
テスト結果事項対策	1 月 8 日 (水) JAPET 会議室
報告書・検証内容打合せ	1 月 10 日 (金) C 会議室
クラウド ワーキングチーム	1 月 23 日 (木) JAPET 会議室
ワーキングチームリーダー打合せ	1 月 27 日 (月) JAPET 会議室
報告書・検証内容打合せ	2 月 21 日 (金) JAPET 会議室

地域協議会

検証協力校での実証方法や効果の検討と評価等を行うため、実証協力教育委員会および協力校の代表者・推進者から成る地域協議会を設けた。

第 1 回会議を開催し、本調査研究の概要についての理解と実証方法、スケジュール等について確認した。

第 1 回 12 月 19 日 (木) 荒川区立第二日暮里小学校 視聴覚室

出席者： 総務省情報流通行政局情報通信利用促進課 柳迫課長補佐
総務省情報流通行政局情報通信利用促進課 中村調査員
荒川区教育委員会 指導室 駒崎統括指導主事、菅原指導主事
荒川区立第三峡田小学校 大塚校長、仲井主任教諭、前田教諭
荒川区立第二日暮里小学校 水井校長、山崎副校長、高橋主幹教諭、
柴田教諭
吉村 (JAPET)、池田 (学研教育出版)、村松 (富士通)、
大方 (ラティオインターナショナル)、佐藤・吉田・津田 (内田洋行)、
猪狩・高塚 (NTT ラーニングシステムズ)、横山 (東大英数理教室)

主な次第

- (1) 事業の概要について
- (2) 実証内容について
- (3) 実証のための環境について
- (4) 実証期間・教材について
- (5) 研修について
- (6) 実証体制について

推進協議会

地域協議会と連携し、事業内容の公開と他団体への周知推進等を目的として、最先端 ICT 技術の研究者および研究団体を中心に推進協議会を設けた。当初の計

画では 1 回のシンポジウムを予定していたが、本事業を広く知らしめるため中間報告会と成果報告会の 2 回のシンポジウムを開催した。

シンポジウム①

本事業の中間発表の位置付けで、登壇者から将来の情報教育についての講演やパネルディスカッションを、荒川区教育委員会と本事業の実行チームのメンバーから事業概要の中間報告を行った。

日時 平成 26 年 1 月 21 日（火） 13:00～17:00

会場 機械振興会館 B2 ホール

プログラム

1. 平成 25 年度 教育分野における最先端 ICT 利活用に関する調査研究の概要
テーマ：「タブレット一人一台時代の教育・学習用クラウドサービス」

ー オープンかつユニバーサルなプラットフォームづくりに向けて ー

佐藤安紀 総務省 情報通信利用促進課課長

2. 基調講演

山口栄一 同志社大学大学院 教授

テーマ：「イノベーション創成論ー最先端 ICT は教育をどう変革するかー」

3. これまでの研究経過と成果

駒崎彰一 荒川区教育委員会 指導室 統括指導主事

菅原千保子 荒川区教育委員会 指導室 指導主事

本事業実行チームメンバー

4. パネルディスカッション

テーマ：「一人一台環境を可能にする最先端 ICT 利活用の期待と課題」

コーディネーター：赤堀侃司 JAPET 会長

パネリスト：

一色正男 神奈川工科大学教授、慶應義塾大学 特任教授、Site Manager for W3C/Keio

近藤武夫 東京大学先端科学技術研究センター准教授

東原義則 信州大学教授

田村恭久 上智大学准教授

東博暢 株式会社日本総合研究所 戦略コンサルティング部 融合戦略クラスター長、一般社団法人日本スマートフォンセキュリティ協会 (JSSEC) 理事、デジタル教科書教材協議会 (DITT) 理事

参加者 208 名

シンポジウム②

第一回のシンポジウムは調査研究期間中の中間報告であったが、第二回は本事業の成果の発表と位置付け開催した。講演者からのそれぞれの専門分野での最先端 ICT の潮流や教育分野における可能性に関する講演に加え、本事業での成果報告を行った。荒川区教育委員会からの報告と、本事業実行チームメンバーによるデモンストレーションを含む報告を実施し、コーディネーターからの質疑応答を交えて成果報告とした。

日時 平成 26 年 3 月 27 日（木）14:00～18:00

会場 機械振興会館 B2 ホール

プログラム

1. 開会挨拶

吉田靖 総務省 政策統括官（情報通信担当）

2. 講演

テーマ：「ビッグデータ時代に求められる人材像」

～実務界と教育界の比較から～

佐々木宏 立教大学 経営学部 教授、キャリアセンター部長

3. 教育分野における最先端 ICT 利活用に関する調査研究 成果報告

コーディネーター：佐藤安紀 総務省 情報通信利用促進課長

報告者：

駒崎彰一 荒川区教育委員会 指導室 統括指導主事

菅原千保子 荒川区教育委員会 指導室 指導主事

本事業実行チームメンバー

4. 講演

テーマ：「スマート化する社会における最先端 ICT 教育について」

東博暢 株式会社日本総合研究所 戦略コンサルティング部 融合戦略クラスター長、一般社団法人日本スマートフォンセキュリティ協会（JSSEC）理事、デジタル教科書教材協議会（DITT）理事

5. 特別講演

テーマ：「ICT 利活用による生涯学習への接続と世界の潮流」

白井克彦 放送大学学園 理事長、JMOOC 理事長、早稲田大学学事顧問

6. 閉会挨拶

赤堀侃司 JAPET 会長

参加者 214 名

5. 実証研究の詳細

ここでは、本事業の実証研究の詳細に関し、ワーキンググループごとに活動をまとめ、得られた知見も含めて報告する。

5.1 共通インターフェース

本事業では、デジタル教材間にて共通利用されるインターフェースを搭載し、各デジタル教材と連携することで利用者の利便性を高める制御プログラム⁴⁴を「共通インターフェース」と呼ぶ。

共通インターフェースの開発に際しては、まず、デザイン上のレイアウトに着目し、縦横の方向や、比率、解像度がさまざまなタブレット端末の画面において教材が支障なく利用できるための設計を検討した。

共通インターフェースは、従来の制御プログラムを参考に、デジタル教材の読み込み等を司るシングルページアプリケーション⁴⁵として設計されており、その背後では、サーバーとの双方向の通信や各デジタル教材への情報伝達、学習記録データを扱うアプリケーションのコンシューマーとしての役割を担っている。なお本事業では、BYOD における主にコスト面での観点からネイティブアプリケーションを利用しないことを目標としているが、共通インターフェースについても同様に、すべて HTML5 で構築し、クラウドから配信する設計とした。

共通インターフェースに搭載されたアノテーション・ツールによるアクティビティ情報については、クラウド上のサーバーを介し、電子黒板を含む複数クライアント間でのリアルタイムな双方向通信を WebSocket にて実現する設計とし、それに伴うサーバーサイドの負荷への対応について検討した上で、それぞれを socket.io と node.js にて実装した。

なお本事業では、WebSocket を含め、すべての通信は、セキュリティ面への配慮から SSL / TLS 暗号化通信で実現している。

⁴⁴ 一般的に「エンジン」、「ビューワー」と称される場合もあり、コンテンツの読み込みや表示、およびその制御などを行うアプリケーション

⁴⁵ 一般的には、SPA (Single-page Application) とも表記され、Flash, Silverlight, Java アプレットなどによる RIA (Rich Internet Application) に代わる技術として注目されている。

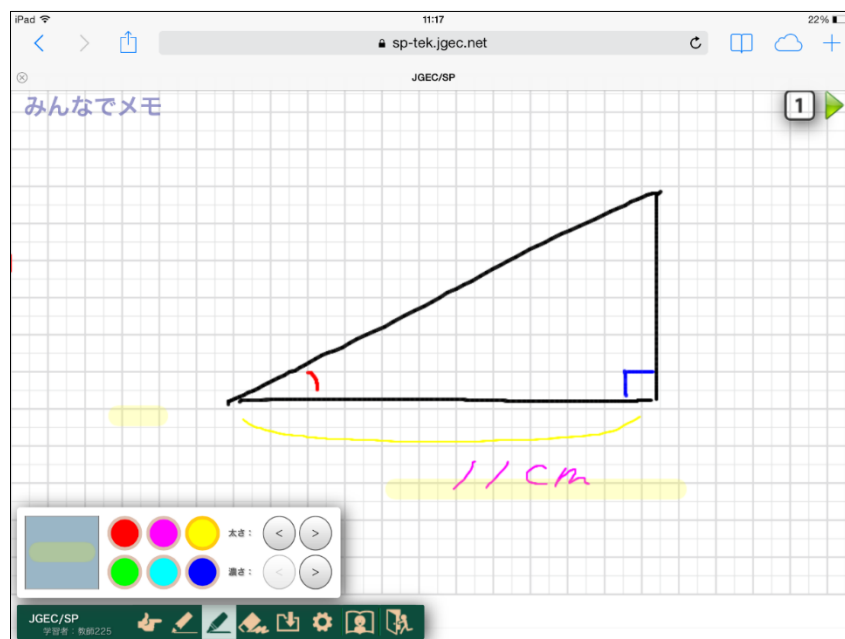


図 15. 共通インターフェースの表示イメージ（「みんなメモ」の表示時）

5.1.1 活動

共通インターフェースの画面レイアウト

共通インターフェースの設計においては、はじめに、画面レイアウトに関する検討を行った。

パソコンとタブレット端末双方での利用を想定するアプリケーションにおいては、縦横両方向でのデバイス利用を考慮する必要があり、モニターの解像度や縦横比が大きく異なる上に、ユーザーインターフェースについては、マウス等のポインティングデバイスやキーボードをサポートしながら、さらにタッチインターフェースへの対応が求められる。

BYOD での利用を想定すると、さまざまな端末への対応が求められることになるが、従来のパソコンでの利用を想定した設計とは異なる発想が要求されることを認識し、以下を考慮した上で、共通インターフェースの画面レイアウトを設計した。

- デジタル教材のレイアウトデザインに自由度を持たせ、制作上の制約を可能な限り減らす観点から、画面の四方を囲むデザインは採用しない。
- パソコン画面と比較すると、タブレット端末の画面サイズは大きくても 10 インチ程度と小ぶりなことから、デジタル教材の画面占有率を可能な限り広く確保するよう配慮する。

- 指先等でのタッチによる利用から、ユーザーインターフェースのボタンなどのパーツが小さ過ぎることがないように、最低寸法を 40 ピクセルとする。

本検討に対する結果は以下となる。

- 特に従来型のデジタル教材と比較した場合、デザイン面で違和感を覚えられる可能性があったが、結果的には、概ね好意的に受け入れられたと判断し、タブレット端末を視野に入れた画面レイアウトに対しては一石を投じられたと認識する。
- アノテーション・ツールのパレット画面については、ツール選択中に隠せない仕様としたため、狭いタブレット端末画面においてはデジタル教材の内容と重なってしまうケースもあり、いかに最少面積で利便性に影響を及ぼさないインターフェースの設計ができるかが今後の課題となった。

コードの秘匿化

HTML5 での JavaScript 言語によるプログラムについては、それが端末側にて動作することから、搭載機能によってはコードの秘匿化が必須要件となる場合がある。本事業では、現実的にどのような方策が可能なのかについて調査を行った上で、構築したシステムに対し、それらの適用を試みた。共通インターフェースでは、以下のような方法でコードの秘匿化を行ない、その有効性を確認した。

- HTML5 タグにおいては、最低限度のタグのみを HTML ファイルに記述し、実行時に JavaScript プログラムにて動的にロードする方法をとった。

[実際の記述]

body 内には、2 種のタグ、iframe と div のみしか存在しない。

```
<body>
  <iframe id="jgecsp_container" frameborder="0"></iframe>
  <div id="jgecsp_dock"></div>
</body>
```

- 秘匿化を有効とすべき外部 JavaScript ファイルについては、その在処を隠すために HTML 内には記述せず、起動後に JavaScript プログラムから動的にロードする方法をとった。
- すべての HTML 外 JavaScript ファイルに対しては、その内容の秘匿化のため、ツールによってすべてのプログラムコードに Base62 エンコードによる難読

化を施した上で配置した。

[実際の難読化後のプログラム]

```
eval(function(p,a,c,k,e,r){e=function(c){return(c<a?"":e(parseInt(c/a)))+(c=c%a)>35? ...
```

上記による効果は、かなり有効との判断に至るが、完璧かと言えば、そうではないと言わざるを得ない。さらなる対策としては、たとえば、ブラウザーか、それと協調して動作する何らかのプログラムにより解決されることが望ましいと考える。

なお、Base62 エンコードについては、コードサイズの圧縮という面では有効性が認められ、共通インターフェース本体の JavaScript ファイルで比較すると以下となり、Web アプリケーションのロード時間短縮に対しては効果的と判断できる。

- エンコード前： 73,477 バイト
- エンコード後： 26,650 バイト 圧縮率 = 64%

マイページとの連携

マイページとは、本事業での実証授業に向けて制作された利用者ごとの専用ページで、ユーザー認証を経た直後に表示されるデジタル教材選択画面である。

利用者がデジタル教材を選択すると、マイページは cookie に認証結果等のインターフェース情報を設定するとともに、選択されたデジタル教材への URL を GET パラメーターとして共通インターフェースに引き渡す。

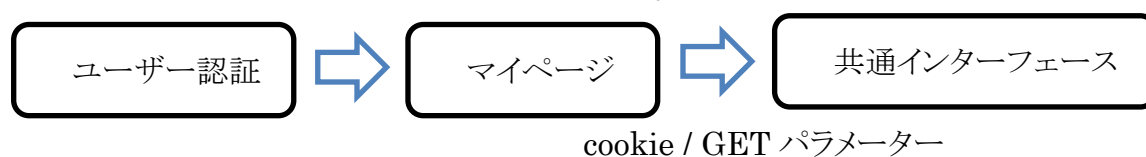


図 16. 情報の受け渡し

cookie パラメーターの内容

- ・ 学校識別情報（全角文字）
- ・ 学校識別情報（半角英数字）
- ・ 学年情報
- ・ クラス情報
- ・ 利用者識別情報（全角文字）
- ・ 利用者識別情報（半角英数字）
- ・ 学習記録データプロバイダーに接続する際に利用する認証トークン情報

GET パラメーターの内容

- https から始まる選択されたデジタル教材への URL

cookie および GET パラメーターのようなインターフェース方法においては、一般的には改竄等の危険性を伴うために利用されるシーンは限定される。しかしマイページと共通インターフェース間においては、マイページの表示時点で既にユーザー認証を経た後であることからその可能性が低い上に、渡される情報に関しては、個人を特定可能な内容や改竄によって利用者の利益に繋がる要素が含まれないため、本事業ではこのような仕様とした。

利用クラウドと共通インターフェース

共通インターフェースは、ユーザー認証システムにより管理されるクラウド内に配置され、マイページによって起動される。起動された共通インターフェースは、node.js アプリケーションによって提供される socket.io に接続し、リアルタイム双方向通信を開始する。

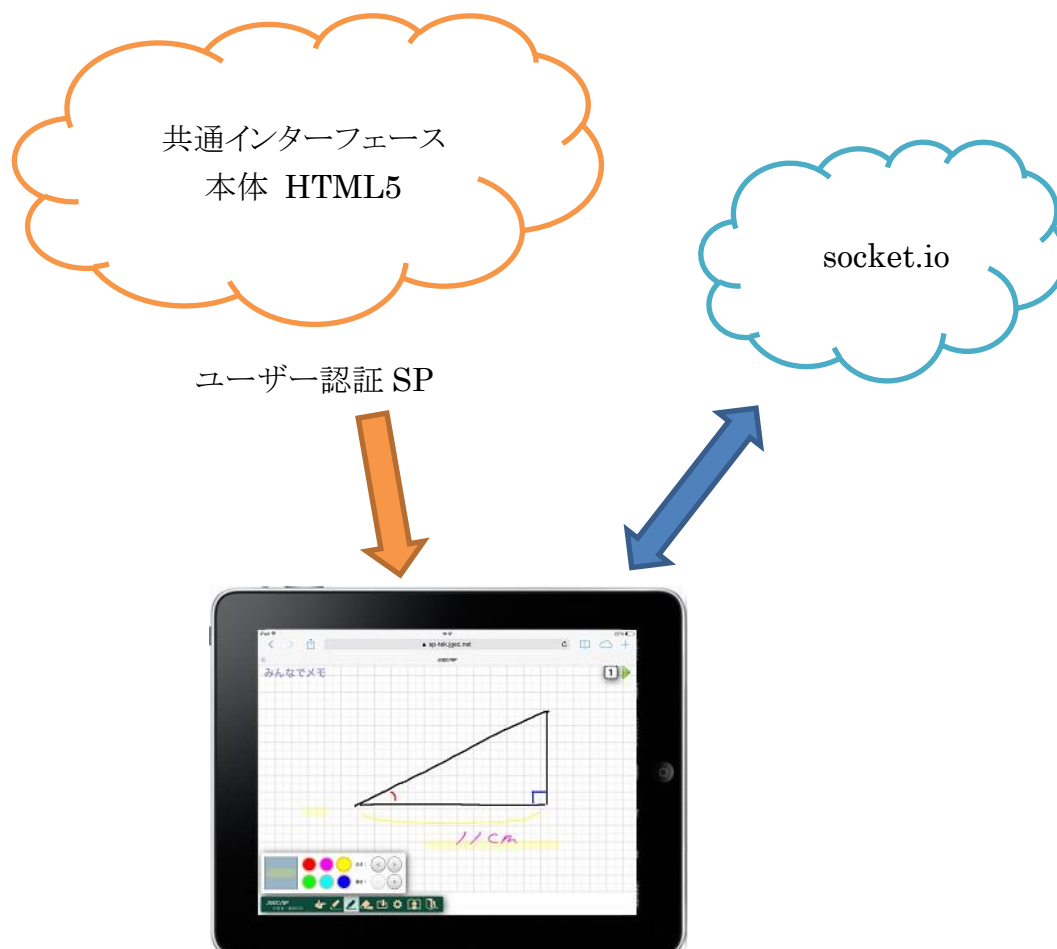


図 17. 共通インターフェースが利用するクラウドとその関係

共通インターフェース本体と、双方向通信を司る `node.js` サーバーサイド・アプリケーションを異なるクラウド上に配置する設計としたが、その理由は、共通インターフェース本体を認証システムの管理下に置くことで、共通インターフェースに対するユーザー認証をシングルサインオンで実現するためである。

デジタル教材との連携

共通インターフェースは、自身の起動後に、マイページから指定されたデジタル教材を `iframe` 内に読み込み、以後、必要に応じてそれと連携動作する。

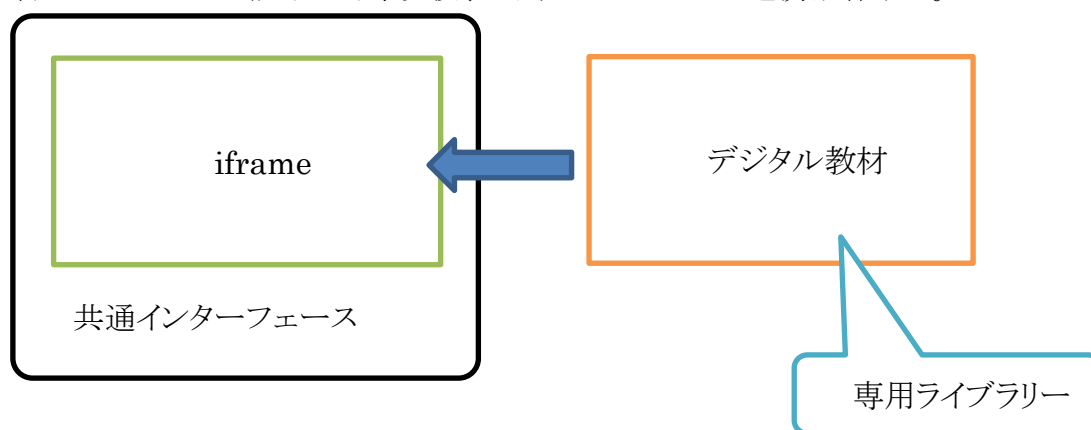


図 18. 共通インターフェース

共通インターフェースとデジタル教材の機能連携は、共通インターフェースとともに開発された専用ライブラリーが担当しており、デジタル教材は、ライブラリーをインクルードすることで、わずかな追加コードでアノテーション・ツールなどの共通機能を利用できるようになる。

この仕様に関する結果は以下となる。

- デジタル教材との連携面では特記すべき障害は発生せず、アノテーション・ツールとの連携についても、実証時に利用した 3 種類のブラウザで、動作速度面なども含め、支障なく良好に機能した。
- しかしながら、後記するシングルサインオン・ユーザー認証との組み合わせにおいては、今後の課題を残すことにもなった。

共通インターフェースの搭載機能

本事業では、以下の基本的なユーザーインターフェース機能を網羅した。

- ペン（アノテーション・ツール）描画機能（全 8 色、太さや濃さの設定）
- マーカー（アノテーション・ツール）描画機能（全 6 色、太さや濃さの設定）
- 消しゴム（アノテーション・ツール）機能（範囲設定、一括消去）

- スクリーンショット機能
- 協働利用時のグルーピング機能
- マイページへの復帰機能
- ログアウト機能

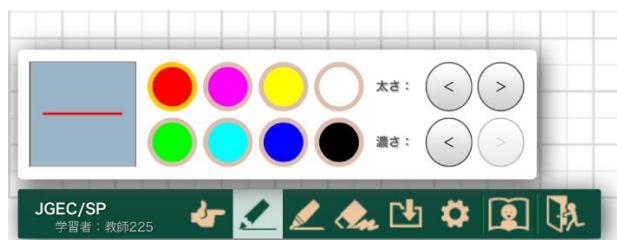


図 19. アノテーション・ツールの表示イメージ

また、背後では、概ね以下の処理を担っている。

- アノテーション・ツールの利用有無によるツールボタンの表示／非表示制御
- アノテーション・ツールによる描画時の画面スクロール・ロック機能
- WebSocket を利用したサーバー間双方向リアルタイム通信による、アノテーション・ツール情報の交信機能
- デジタル教材との双方向での情報交信機能（主にアノテーション・ツール情報）
- 学習記録データプロバイダーへの情報送信機能（ログ・コンシューマー）

本年度はプロトタイプとして最低限の機能を実装し、アノテーション・ツール関連では、実証授業を通じて今後の機能の改良に役立つ情報が得られた。なお、協働教育時における消しゴムの仕様については、さらに授業での利用に即した改善が求められる。

アノテーション・ツール情報の双方向通信

アノテーション・ツールによるアクティビティ情報の双方向通信においては、socket.io による WebSocket にて実現する方法を検討した。各々の利点は以下である。

- WebSocket は、ハンドシェイクの直後から常時接続がキープされ、HTTP のヘッダ情報等の交信を省けるためにネットワーク上でのトラフィックが軽く、端末やサーバーのリソース消費量も軽減される。
- サーバー、クライアントの双方にて、常にリアルタイムでの情報発信が可能。
- socket.io のルーム機能にて、端末ごとのグルーピングが可能。（班ごとの協働教育にて利用）
- SSL / TLS 暗号化通信をウェルノウン・ポートにて可能。

- socket.io は、仮に WebSocket に対応しない端末、および、ネットワーク環境であっても、代替通信方式による双方向通信が可能。

本機能を採用した結果は以下となる。

- 学校での授業においては、リアルタイムでの双方向通信を役立てられるシーンが多く想定できる。本事業においては、協働教育でのメモ機能や電子黒板連携で、実際の教室におけるその利便性を証明できた。双方向通信をリアルタイムに行うことが可能になれば、今後の学校間連携等に向けても大きな前進となるため、今後はさらに多方面での検討や検証が必要と考える。
- 問題点については、「5.1.2 課題、対策、知見など」の「WebSocket」を参照。

node.js サーバーサイド・アプリケーションの処理

socket.io の採用に際し、サーバーサイドのアプリケーションとしては、socket.io との親和性に定評の高い node.js を選択した。また、node.js を稼働させるクラウドとしては、PaaS⁴⁶であるために管理作業などの負担が軽いマイクロソフト社の Windows Azure を選択したが、その提供については、国内にデータセンターを持つ富士通の A5 for Windows Azure を選択し、実証を行った。

node.js の主な特徴は以下である。

- サーバーサイドの JavaScript インタープリターで、Google 社の V8 エンジンベースとするために高速。
- 現在はオープンソースで開発されている。(ベンダーロックインなし)
- シングルスレッドであるため、アクセスが集中してもサーバーサイドのリソース消費量に大きく影響せず、1 スレッドでも多くのリクエストを処理可能。
- クライアント・サイドの開発と同様の JavaScript プログラミング言語を使用するため、開発側の負担が軽い。
- 豊富なライブラリーの利用が可能で、開発工数が軽減できる。

node.js サーバーサイド・アプリケーションでは、以下の処理を行う。

- socket.io に関する処理
 - ・ SSL / TLS での、ポート番号 443 による通信
 - ・ 通信プロトコルを選択した上でのクライアント端末との接続処理

⁴⁶ [Platform as a Service] ハードウェアや OS など大規模に用意し、ユーザーが必要なだけを利用できるようにしたクラウドで、ハードウェアや OS、機器等の組み合わせや個々の設定などを行わなくてもすぐに運用開始が可能で、管理面でもメンテナンスへのコスト負担が抑えられる利点がある。

- ・ ルーム機能によるグループごとの通信
- ・ 個々のクライアント端末、もしくは、グループごとでの端末の描画内容の受信とデータ保持、および、必要に応じ、他端末へのブロードキャスト処理
- ・ 専用電子黒板アプリケーションへのブロードキャスト処理

本事業において、**node.js** に関し得られた知見は以下となる。

- ・ **JavaScript** 言語で開発できる点が非常に良い。特に、非同期処理のプログラミングについては、他に勝る言語は少ないと考える。
- ・ 手軽にプログラミングできる点が良く、アジャイル開発に非常に合う。
- ・ シングルスレッドであるための難しさは確かにあるが、豊富なライブラリーが工数を十分に軽減する。

なお、さらに大規模なクライアント数での試験は必要と考える。

● Redis⁴⁷データベースとの連携処理

- ・ クラウド上の仮想サーバーに配置された **Redis** データベースへの接続
- ・ 端末から送信された描画情報の、一定間隔でのバックアップ処理
- ・ **node.js** ワークデータが OS の再起動等の要因にて初期化された場合、**Redis** データベースに過去の情報が存在すればそれを復元

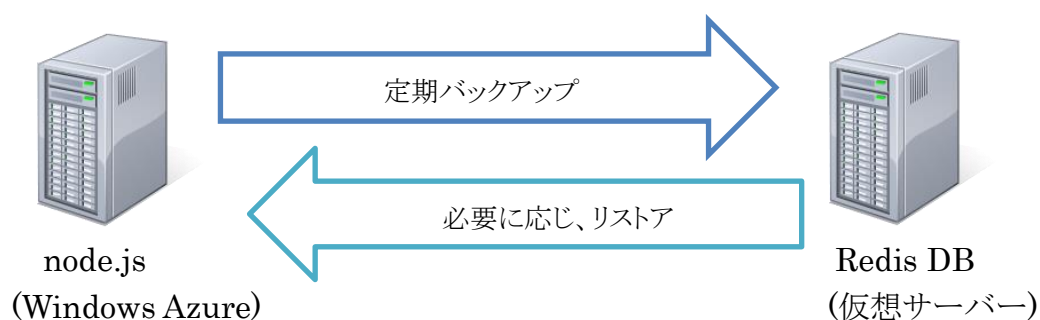


図 20. Redis データベース

なお、リアルタイムに描画情報を **Redis** に送るプロトタイプを制作して試したが、実用的な速度には追従が難しいものの、想定よりもはるかに **Redis** は高速処理が可能なことはわかった。

アノテーション・ツール情報のバックアップ

node.js のワークデータとして一時的に保持される各クライアント端末でのアノテーション

⁴⁷ NoSQL に分類される高速データベース・アプリケーション

ョン・ツール描画情報については、15 分間隔にて自動的にバックアップ処理をおこなっているが、この機能が必須となった理由は以下である。

- node.js サーバーサイド・アプリケーションは、Windows Azure のシングルスレッドとして稼働しており、何らかの要因でこのスレッドが再起動⁴⁸された場合には、node.js のすべてのワークデータが初期化され、結果、描画情報が消失してしまう。
- アノテーション・ツールでのペン等の描画によるデータは、高速かつ大量に発生するためにリアルタイムでのバックアップ処理が困難。

Experience (Tin Can) API コンシューマーの実装

本事業では、学習記録データの扱いに対して Experience API を採用し、共通インターフェースでは、以下の 2 つの機能を搭載した。共通インターフェースがこの API へのコンシューマーの役割を担うことから、デジタル教材の制作者は、個々に同じような機能を実装する必要がなくなる。

- デジタル教材の利用開始時に学習開始ログを送信する機能
- スクリーンショット・データを成果物ログとして送信する機能

なお、学習記録データプロバイダーに対しては、不正アクセスや情報改竄を防ぐ要件から、マイページが発行した認証トークン情報を利用して接続する仕様とした。

学習記録データの送信に関しては、他処理への影響や他機能との不具合も確認されず、予想以上の速度で確実に行えることが確認された。ただし、本事業では Ajax を使って実装したため、クロスドメイン問題への懸念は残る。

スクリーンショット機能

本事業では、JavaScript にてスクリーンショット機能を実現する手段として MIT License である html2canvas⁴⁹を利用した。

具体的には、html2canvas が作成したスクリーンショット画像データをテキストデータとして受け取り、これを Experience API の仕様に改変した上で statement フォーマットとして Ajax にて送信している。

⁴⁸ Windows Azure は、PaaS サービス故、OS の再起動は、必要に応じ、不定期に実施する仕組みである。再起動は、アプリケーションが配置されたスレッドごとに順次行われるが、本事業における node.js アプリケーションは、アプリケーション側にてマルチスレッドでの動作には対応しないため、再起動による影響が大きくなった。

⁴⁹ html2canvas) <http://html2canvas.hertzen.com/> (2/28, 2014 現在)

この機能に関する詳細は、「5.1.2 課題、対策、知見など」を参照。

電子黒板との連携

共通インターフェースが node.js アプリケーションに対して送信する WebSocket データをアクティビティ・ログ情報として応用することで、共通インターフェース同様、一切のネイティブアプリケーションを利用せずに HTML5 で構築した電子黒板用アプリケーションとの連携を実現した。

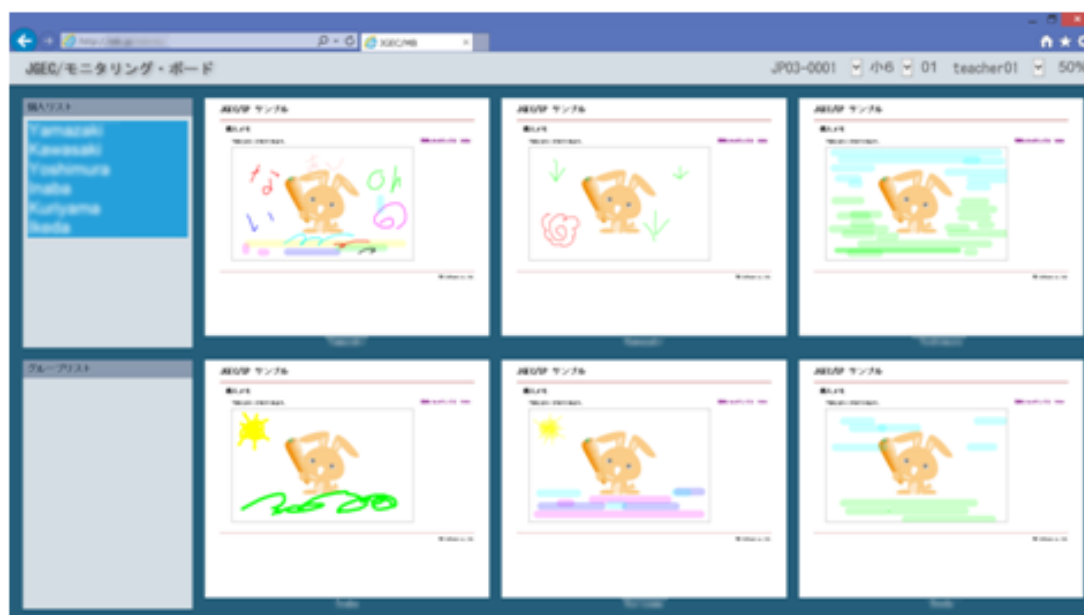


図 21. HTML5 版電子黒板アプリケーションの画面イメージ

電子黒板アプリケーションでは、以下の機能を実現している。

- 認証後の学校識別情報を共通インターフェースと共有することで、学校ごとのアプリケーション連携を実現。よって、児童・生徒は必ずしも学校や教室内にいる必要はなく、たとえば、自宅や外出先からでも授業への参加が可能。
- 学年とクラスを選択することで、クラスごとの利用が可能。
- 同学校、同学年、同クラスの全生徒の端末画面が表示対象。
- 児童・生徒の情報端末で利用されるデジタル教材が協働利用に対応している場合には、グループごとの画面表示に対応。
- 最大 6 人または 6 グループまでの端末画面を同時にプレビュー可能。
- プレビューの中から選択した 1 画面を 100% の倍率でフル画面表示可能。
- デジタル教材が、共通インターフェースのアノテーション・ツールを利用する場合には、ツールによる描画内容をリアルタイムに追従表示可能。

実証授業での電子黒板アプリケーションの活用状況より、リアルタイムでの電子黒板、

デジタル端末連携機能は、協働教育において非常に有効であると認識した。

防災アラート機能

1 人 1 台端末の利用においては、授業以外にも、防災面等での活用が注目されており、本事業においても、共通インターフェースにて防災アラート機能を実現した。

防災アラート機能は、リアルタイムな一斉送信という要件から WebSocket にて実現している。WebSocket では、サーバーから各端末に対してプッシュによる送信が可能で、さらに、高速、かつ、多くの端末に対して一斉での送信が実現できる。

防災アラートの発信に際しては、別途、防災アラート発信画面・アプリケーションを HTML5 のみで作成し、先生権限でログインしたマイページから 1 クリックで表示できるように設計した。

また、アラートとして各生徒端末に発信するメッセージについては、あらかじめ、その内容を設定しておき、送信時には、リスト内から選択して直ちに発信できる仕様とした。

防災アラートは、1 度の発信で、学校内の全学年全クラスの端末に対し送信される。

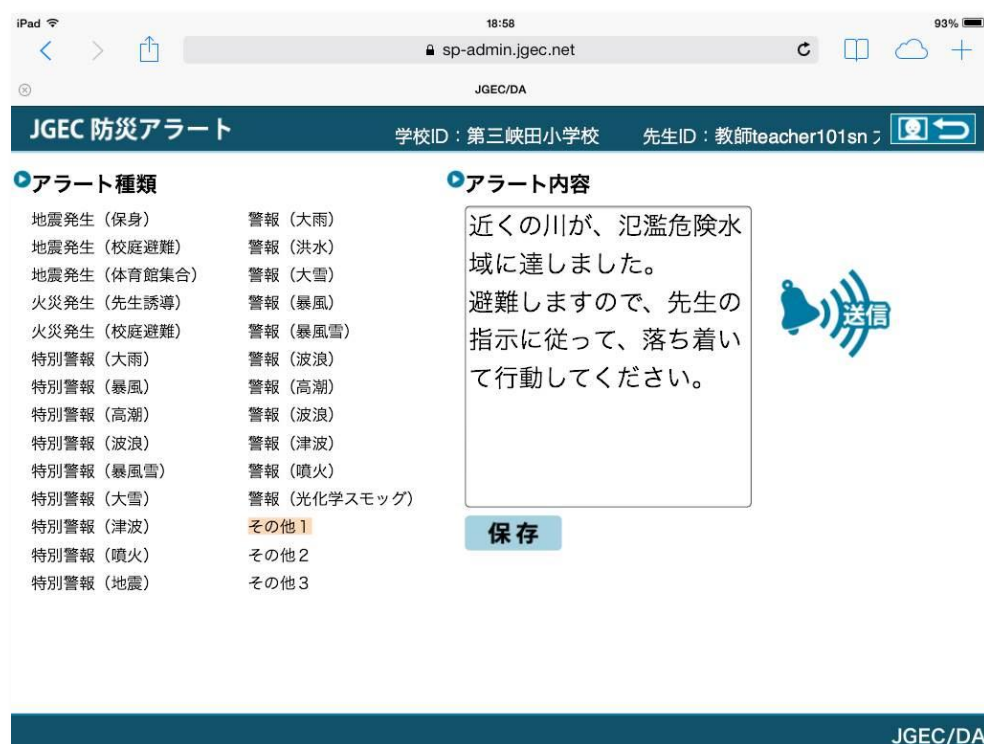


図 22. 防災アラート・コンソールの表示例

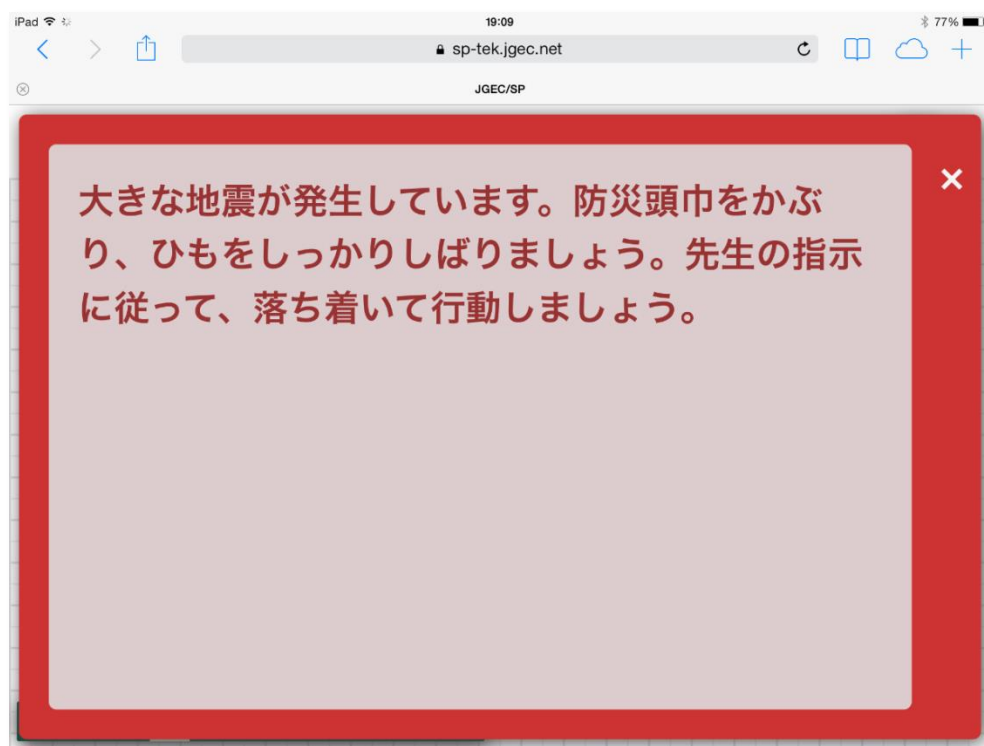


図 23. 生徒端末に表示されたアラートの表示例

なお、本事業での防災アラート機能では、以下の課題を残した。

- 共通インターフェースが利用されていない画面では、アラートを受信できない。
- iOS, Android 端末では、OS の制約から、アラート音が再生されなかった。

5.1.2 課題、対策、知見など

本事業において制作した共通インターフェースに対し、実証授業とその前後の試験にて確認された課題やその対策、得られた知見については以下が挙げられる。

WebSocket

socket.io は、リアルタイム双方向通信を開始する際、利用されるネット環境や端末のブラウザ等に対して最適な通信手段を選択する仕様だが、教室内での大多数の端末が WebSocket で接続された場合、以下のような問題が確認された。なお、同時接続を試みた端末数は最大でも 20 数台程度であり、教室内の Wi-Fi アクセスポイントは一基で、マルチキャスト対応の設定がされていた。

- 15 台程度までは接続されるが、残りの数台については 30 秒以上待ってもハンドシェイクが完了せず、タイムアウトのような状態となるケースが多く確認された。

- ハンドシェイク自体が完了しても、wss⁵⁰の初期リクエストへのレスポンスに 30 秒以上を要する端末が数台確認された。
- iOS 7, Android 4.4, Windows8.1 Pro. の 3 種類の OS にて試験をおこなったが、特に接続延滞の発生確率が高いのは、電波干渉が起きやすい 2.4GHz 帯の電波を拾う確率が本事業で利用した端末では高い結果となった Android であった。
- いったん双方向通信が開始されても、10 分程度を経過すると、ほぼすべての端末において通信断が確認され、その復帰までには 20 秒以上を要する。
- 数台の端末にて通信断が確認された場合、それが引き金となったかのように、それまで接続に問題がなかった端末までが切断される傾向があった。
- いったん双方向通信が開始されてしまえば、描画内容をリアルタイムに高負荷にて通信する仕様であるが、支障を感じられないほど快適に通信は行なわれた。

本事業では、学校での実証授業に際し、以下の対策を行った。

- socket.io の通信選択肢から WebSocket を除外し、xhr-polling⁵¹にて主に通信を行う仕様に変更することで対応した。

この対策の結果、次のように改善した。

- 15 台以上の端末で同時に利用を開始した場合、5 分以上を経過しても双方向通信が確立されない端末がかなり減少した。
- 常時双方向通信が維持される時間が、5 分程度から 20 分程度と、平均して 4 倍以上長くなった。
- 一部の端末の双方向通信が切断されても、その影響が他の端末には及びにくくなった。

なお、実証授業後、同一校舎内のネットワーク環境が他教室と同様の教室にて追加試験を行い、さらに問題を追及した結果は以下となった。

- 全端末が wss で通信するテスト用デジタル教材にて通信障害の発生を確認するとともに、その時点での Windows Azure の負荷状況を検査したところ、切断から回復までの間には想定を超える負荷がかかっていることを確認した。
- 全端末が SSL / TLS の xhr-polling で通信するテスト用デジタル教材にて試

⁵⁰ [Web Socket Secure] WebSocket の URI スキームの一種で、暗号化された内容で通信を行う

⁵¹ Ajax によるポーリングで双方向通信を実現する通信方法で、ロングポーリングと呼ばれる。

験を行ったが、結果は、実証授業時とほぼ同様で、あまり切断は発生しないが、まれに確認されることを再度認識した。

- 全端末にて、通信内容を暗号化しない xhr-polling で双方向通信するテスト用デジタル教材で試験を行ったが、試験時間内にて一度も切断が確認されず試験は打ち切られた。

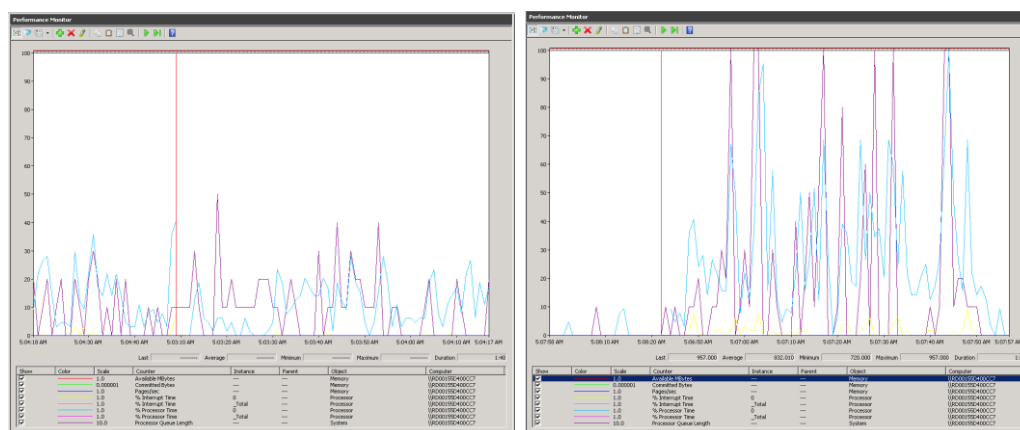


図 24. wss 正常時の Azure 負荷状況と wss 切断発生時の Azure 負荷状況

なお、試験結果については、以下のように行ったものである。

- 10 人程度にて、iOS7, Android 4.4, Windows8.1 の各 OS による計 16 台の端末を同時利用した。
- 以下のスクリーンショットのように、比較的高速にて連続描画を繰り返した。



図 25. みんなでメモ

この試験では、暗号化されない xhr-polling が最も教室において都合が良いという結果が得られたが、双方向通信の内容が暗号化されずとも支障がないかについては通信内容に関する仕様による。

また、常時接続が利点である WebSocket がどんな要因によって切断されることがあるのか、および、xhr-polling にて、なぜ、どこでリクエストへの正常レスポンスが返らないことがあるのかについては更なる検証を要すると考える。

socket.io のルーム機能

共通インターフェースのアノテーション・ツール機能のうち、デジタル教材が協働ツールとしての利用を指示した場合には、socket.io のルーム機能を利用して端末のグループ化を実現している。

しかしながら、WebSocket や xhr-polling 等での双方向通信時に一度切断が発生すると、その復旧後にグルーピングが混乱する現象が確認された。具体的には、グループ A の画面にグループ B で描画した内容が反映されてしまう等の現象となる。この障害に際しては、共通インターフェース、および、サーバーサイド・アプリケーション双方のコードレビューを繰り返し、再接続の直後に、初期接続時と同様のグルーピング処理をやり直すことで一定の解消は確認された。

今後については、再接続完了直後にも直ちにサーバー側からプッシュされるグループ外情報に対し、再接続処理を実施しながらも、受信内容に対して正確な振り分け処理を行う方法を検討する必要があると考える。

スクリーンショット機能

本事業では html2canvas ライブラリーの採用にて HTML5 アプリケーションでありながらもネイティブアプリケーションでなければ困難なスクリーンショット機能の実現を試みたが、以下のような問題が確認された。

- 単一の HTML ページで構成されたデジタル教材であっても、スクリーンショットが正常に撮れないケースがあった。
- SVG を利用しているデジタル教材では、SVG による描画部がまったく撮れない現象が確認されたが、これは、html2canvas の既知の仕様であった。
- iframe を利用しているデジタル教材においては、iframe 内がまったく撮れない結果となった。
- Ajax 等にて動的にページ内を描画している教材では、一部が正常に撮れないことが確認された。

従来のデジタル教材においては、生徒が描いた内容をイメージ・ファイル等にてサーバーに送信する機能が一般的であるが、Web アプリケーションにおいては、主に

スキミングへの対策等セキュリティへの観点から、利用者の画面内容を Web アプリケーションが取得・送信する要件については、それを抑止する仕様とされている。

html2canvas においては、表示画面の html や css を解析し、自身の CANVAS にレンダリングする手法にてスクリーンショットを実現する仕様のようではあるが、セキュリティの観点においてどのような対策がされるのかを注目した上で今後の活用を検討すべきと考える。

一般的に、ブログや SNS 等のように、写真等の転送機能を有する Web アプリケーションにおいては、ユーザーが、端末内の所定の場所に収納されたファイルを自身で選択した上でアップロードを行う手順となっており、こういった作業を行なえるスキルが ICT メディアリテラシーの観点からも求められるものと考え、スクリーンショットにおいても、端末のハードウェアによるスクリーンショット機能を利用した上で、対象となる画像ファイルをアップロードするという手続きを利用者にとらせることが最も適切ではないかと考える。

共通インターフェースの搭載方法

本事業における共通インターフェースは、シングルページアプリケーション⁵²として設計され、自身が用意する iframe 内にデジタル教材を読み込んだ上で連携動作する仕様として設計されたが、以下のような問題が認識された。

- シングルサインオン認証システムの管理下に配置する場合、ログアウト処理が、共通インターフェース、デジタル教材のどちらか一方でしか実行できないことに起因し、実際にはログアウトを行わないままとなる他方に対し、どこがどのように処理をするのかという仕様上の検討が必要とされた。今後の十分な再考が必要と考える。
- 共通インターフェースが搭載する機能を利用する場合、インターフェース連携を司る専用ライブラリーをデジタル教材側にあらかじめ付加することが前提となるが、専用デジタル教材以外の不特定なコンテンツやマイページ等のメニュー・アプリケーションにおいては、この仕様が満たせない場合、共通インターフェースとの連携ができない結果となるため、共通インターフェースのあり方や機能の提供方法等においては更なる検討が必要と考える。

リアルタイムなアノテーション・ツール情報の交信とそのバックアップ

本事業での共通インターフェースにおいては、ペン等のアノテーション・ツールによ

⁵² デジタル教材については、単に共通インターフェースの iframe に読み込む方法を採用しており、Ajax ではないことから、厳密には一般的な SPA とは異なるが、共通インターフェース単体での構造については背後で WebSocket を利用する点などから、本書では SPA と記述した。

るアクティビティ情報に対し、イベントごとの双方向通信での情報交換がどの程度実用的かを調査したが、概ね、以下のような結論を導くに至った。

- WebSocket は高速だが、従来型の xhr-polling でも、ストレスを感じさせないほどの要件に耐え得る。
- リアルタイム性を優先すると、端末数にもよるが、サーバーサイドの処理に無理が生じる可能性があり得ると判断する。
- 端末機種ごとのグラフィック描画性能には結構な差があり、かなりの影響を受ける。
- 通信状況や速度からの影響を可能な限り受けない方策の考案が必要である。
- アノテーション・ツールの特に描画情報に関するバックアップについては今後の検討を要する。リアルタイムに大量に発生するデータに対し、リアルタイムでのバックアップ処理の実現が理想であるが、NoSQL による高速データベースをもってしても要件的には高度であると考ええる。

学習記録データの扱い

改竄抑止が必須と考えられる学習記録データの扱いについては、今後の検討が必要である。

具体的には、端末側に読み込まれたプログラムでは、送信対象のデータに対して一切の判定処理を行なわない仕様が良い。

さらには、仕様の乱立防止や工数削減を目的に、デジタル教材からは、直接、学習記録データを扱うプロバイダーとの交信をさせずに、共通インターフェースが代理を担う仕様が、全国展開モデルにおいてはサーバーへの負荷対策という観点からも賢明ではないかと考える。

5.1.3 残された課題

低廉なオールインワン全国展開モデルの構築に向けては、以下の検討が重要と考える。

クラウドの活用

本事業では、リアルタイムに大量データを扱う常時双方向通信に対し、クラウド側では Windows Azure を選択したが、そのアベイラビリティ性能に関する要件を満たすには、アプリケーション側の造りにも影響し、これを node.js で実現するには、予想以上の難しさがあることを認識した。その主な理由は以下である。

- 何時、Azure により再起動されるのかが予測できないため、node.js サーバーサイド・アプリケーション自身のデータ領域は揮発性領域との認識が必要で、消

失しては支障があるデータについては、すべて、他のどこかに保持せねばならず、よって、リアルタイムな高速処理を伴うケースではその追従が難しくなる。

- Azure の再起動に備えるためには、複数スレッドにて同一の **node.js** サーバーサイド・アプリケーションを配置する必要があるが、データをすべてデータベース・サーバーに保持した上でそれらを共有する必要がある、一定以上の高速更新処理を伴う要件には不向きとなる。

クラウドサービスにはさまざまな種類があり、採用に際しては事前の調査が必要である。

たとえば、Windows Azure のような PaaS 型クラウドサービスは、管理運用面ではメンテナンスフリーに近いことから、学校や教育委員会など、スキルを持つ専任管理者を置くことが難しい状況に適したサービスと言える。反面、Web アプリケーションの機能によっては、サーバーの維持管理機能が自動化されていることが運用上の妨げとなるケースもありうる。したがって、クラウドサービスの選定においては、コストや管理面だけでなく、その運用目的や、利用する Web アプリケーションの動作要件として支障がないかなどの判断も重要になる。

通信障害のリスクに関する検討

本事業の共通インターフェースでは、アノテーション・ツールの双方向通信において通信障害が発生した際には、以下のような対応をした。

- 利用者に対し、描画情報が送信されないことを示す目的で、エラー表示とともに、描画中の際にはパレット画面を閉じて描画ができないように制御した。

本事業においては上記仕様としたが、全国展開モデルに際しては、その対応方法にかなりの問題を抱えていることを否めない故、通信障害への対策については、別途、十分な検討が必要であると考ええる。

現時点においては、共通インターフェースとサーバーサイドの両プログラムにおいて、設計レベルからの仕様再考が求められると予想するが、具体的な施策に際しては、多方面でのコアな実験の必要性を認識する故に、本事業以降に委ねることとする。なお、生徒によるリアルタイムな描画に対し、通信側が即時追従せねばならないかについては、即時性が高い方がベターであるとは考えられるが、低廉なクラウドモデルとしての観点からも十分な検討を要すると思われる。

5.2 教材利用支援・授業準備

本プラットフォームにおいては、認証のもとさまざまな Web アプリケーションが提供される。これらの Web アプリケーションを繋げ、プラットフォームとしての統一性を持たせながら、プラットフォームに参加する Web アプリケーションの開発を支援するために、以下のバックエンド機能が必要であった。

- プラットフォームに参加する全 Web アプリケーションの情報の取得
- それぞれのユーザーのそれぞれの Web アプリケーションに対するアクセス権限の管理
- 学習記録データの蓄積

また、これらの機能を実現し、API⁵³の十分性を検証するとともに、実施検証を達成するため、以下のシステムを構築した。

- アクセス権限管理システム
プラットフォームに参加する全 Web アプリケーションの情報を取得して、それぞれのユーザーのそれぞれの Web アプリケーションに対するアクセス権限を管理するシステム
- 学習記録データ収集管理システム
ADL⁵⁴が公開している、Experience (Tin Can) API 1.0.0⁵⁵に準拠して、学習記録データの収集をするシステム
- 授業管理システム
アクセス権限管理システムのユーザーインターフェース
- マイページシステム
アクセスが許可されているコンテンツの一覧を表示するポータルシステム

5.2.1 活動

アクセス権限管理システムの設計・実装

アクセス権限の管理は、ユーザー情報をもつ IdP⁵⁶と一元化することはできない。アクセス権限の情報は将来的な購入情報になるため、受益者である自治体等が管理

⁵³ Application Programing Interface の略称、ソフトウェアコンポーネントが互いにやりとるするためのインターフェースの仕様。

⁵⁴ Advanced Distributed Learning の略称、アメリカの国防総省や連邦政府により設立された、学習の仕様や設計を取り決め促進させるための標準化団体。

⁵⁵ 学習記録データの記述方法の仕様。詳細は「2.6 学習履歴の記録方法」を参照

⁵⁶ Identity Provider の略称。詳細は「2.4 ユーザー認証」を参照。

する IdP がそれを管理するのは不適切であると考えたためである。

アクセス権限の管理を IdP から切り離して実装するために、認証基盤ワーキングチームと協議を行い、本検証では以下のように実装した。

- アクセスの可否のシステムは認証基盤ワーキングチームが実装し、アクセスの可否を判断するための情報を管理するシステムを本ワーキングチームが実装した。
- 本事業では、参加する Web アプリケーションが限定されているため、特に API を設計することなく、認証基盤と本システムで識別情報を共有した。
- BYOD を許容するために、学校単位でアクセス権限の管理を行わず、個人単位で管理を行った。

学習記録データ収集管理システムの設計・実装

学習記録データの記録方式の現状について、上智大学の田村恭久准教授にヒアリングを実施して、以下のように実装した。

- ADL がオープンソースとして公開している、Experience API 1.0.0 の実装⁵⁷をベースに必要な機能の追加を行った。
- 本事業では、コンテンツ制作の負荷を軽減するため、Experience API で必要な要素⁵⁸の一部⁵⁹を自動的に挿入するように実装を行った。
- 本事業では、コンテンツ制作の負荷を軽減するため、コンテンツが独自に定める自由なフォーマットで情報を保存・参照することのできる API を実装した。
- 本事業では、アップロードしたファイルの一覧を取得する API を実装した。
- 本事業では、マイページシステムを介して、本プラットフォームの認証機構と連携した。
- 本事業では、1 日 1 回学習記録データを書き出し、リモートサーバーにバックアップした。

授業管理システムの設計・実装

アクセス権限管理システムのユーザーインターフェースを以下のように実装した。

- 認証情報を参照し、ユーザーが教員である場合のみアクセスを可能とした。
- その教員が担当するクラスの生徒・児童に対してのみ、Web アプリケーションのアクセス権限を管理することを可能とした。
- 本事業では、校長や教頭など、担当クラスを持たない教員や、中等教育における教科担任の教員については考慮に入れず、「1 人の教員につき、1 つの担

⁵⁷ https://github.com/adlnet/ADL_LRS

⁵⁸ <https://github.com/adlnet/xAPI-Spec/blob/master/xAPI.md>

⁵⁹ actor と authority の 2 つ

当クラスを持つ」場合のみを想定した。

- 本事業では、参加する学校が限定されているため、特に API を設計することなく、認証基盤と本システムで学校情報を共有した。
- タブレットでの利用を想定し、シンプルで使いやすいユーザーインターフェースを実装した。

マイページシステムの設計・実装

アクセスが許可されているコンテンツの一覧を表示するポータルシステムを以下のように実装した。

- 認証情報を参照し、そのユーザーがアクセス可能な Web アプリケーションの一覧を表示した。
- 認証情報を参照し、そのユーザーが教員であった場合のみ、「授業管理システムへのリンク」、「電子黒板へのリンク」、「防災アラートへのリンク」を表示した。
- 学習記録データ収集管理システムを本事業の認証基盤と連携するための機能を実装した。
- 本事業では、アップロードしたファイルの一覧を API を通じて取得し、その一覧を表示する機能を実装した。
- 本事業では、共通インターフェースが認証情報を取得できるように cookie⁶⁰を設置した。
- タブレットでの利用を想定し、シンプルで使いやすいユーザーインターフェースで実装した。

5.2.2 課題、対策、知見など

- 学習記録データ収集管理システムの認証
学習記録データ収集管理システムを SAML2.0/Shibboleth の SP にした場合、認証が完了していない状態でコンテンツが API を利用した時に、IdP にログインの問合せが発生し、学習記録データを正しく保存できない。そのため、本事業では、学習記録データ収集管理システムを認証基盤に組み込むために、マイページシステムを起点とし認証を行った。
- Experience API の拡張
ADL が公開する Experience API 1.0.0 の実装では、学習記録データの検索

⁶⁰ Web アプリケーションの提供者が、ブラウザを通じてアクセスしたユーザーの情報端末に一時的にデータを書き込んで保存させる仕組み。

機能が不十分であった。そのため、コンテンツ制作の負荷を軽減する目的で、学習記録データの保存とは別にコンテンツが独自に定める自由なフォーマットで情報を保存・参照することのできる API を実装する必要があった。これによって、容易に学校・家庭の連携を実現することが出来た。

- 学習記録データ収集管理システムのパフォーマンス
本事業で行った検証の規模において、学習記録データ収集管理システムは十分なパフォーマンスで動作することが確認できた。
- 学習記録データのクラウド上への蓄積
学習記録データは、クラウド上に蓄積される。そのため、アクセスする情報端末や場所によらず、蓄積したデータを活用することが可能になった。生徒・児童が家庭で学習した続きを学校で行ったり、その逆もまた、可能であることが確認できた。
- 蓄積した学習記録データの形式とスケーラビリティ
実証検証を通じ、学習記録データ収集管理システムで蓄積した学習記録データを観察した結果、Experience API で定める形式を拡張することなく、さまざまなデータを蓄積することが可能であることを確認できた。システムのスケーラビリティの課題を突破すれば、将来的にビッグデータ化することができる可能性を確認できた。
- アクセス権限の変更や参照
本事業では、認証基盤ワーキングチームと協議を行い、API の設計を行った。アクセス権限の変更や参照といった、将来的には購入情報となるべき重要な情報をブラウザ上の JavaScript から直接更新することは妥当ではない。そのため、この API は授業管理システムのサーバーとマイページシステムのサーバーからのみ利用可能とした。これによりユーザーが不正をすることを防ぐことができ、安全性を高めた状態でアクセス権限の変更や参照を行うことができた。
- クロスドメイン問題
本事業で検証に用いたブラウザでは、セキュリティの観点からさまざまな制約がある。
 - ドメイン⁶¹の異なるサーバーへの JavaScript⁶²からのアクセスができない

⁶¹ ネットワークにおいて個々のコンピューターを識別する名称。インターネット上においては、ICANN が一元管理を行い、世界中で重複しないようになっている。

➤ ドメインの異なるサーバー間での cookie の参照ができない
本事業では jgec.net のサブドメインを活用し、これらの問題を回避した。

- 学校情報の取得

授業管理システムが、Web アプリケーションへのアクセス権限の管理を行うには、学校情報や生徒・児童の一覧情報が必要である。これらの情報は、本事業で採用した認証基盤では、ポリシー上、IdP 以外では扱うことができない。
本事業では、認証基盤ワーキングチームと協議を行い、授業管理システムと認証基盤の間でこれらの情報をあらかじめ共有することで、この問題を回避した。

5.2.3 残された課題

- Experience API 利用時に成績情報の詐称が可能な問題

Experience API では認証されたブラウザからであれば、API を利用することができる。そのため、JavaScript の基本的な知識があれば、ブラウザのコンソールから自分自身の学習記録データを詐称することができる。
次年度以降の検証では、他で用いたように、サーバーサイドの処理を活用することで、これらの問題を回避する方法を検討する必要がある。

- スケーラビリティ

本事業で行った検証の規模では、各システムのサーバーリソースは十分に確保されていたため、システムの運用に支障はなかった。アクセス権限管理システムと学習記録データ収集管理システムは、より大規模で運用した場合、特に負荷が集中することが容易に予測できる。次年度以降の検証では、検証規模を拡大し、システムのスケーラビリティを確保するための設計を検証する必要がある。

- Web アプリケーション情報の管理

本事業では、参加する Web アプリケーションが限定的であったため、Web アプリケーションの情報の管理方法の検討を行っていない。次年度以降の検証では、不特定多数の Web アプリケーションの提供者が、本プラットフォームに参加できるよう、Web アプリケーションの情報の管理方法および運用体制を検証する必要がある。

⁶² プログラミング言語の一種。多くのブラウザに実装され、Web アプリケーションの高度なユーザーインターフェースに用いられる。

- 校務管理システムとの連携
ユーザー認証を行う IdP とアクセス権限管理システムは生徒・児童の情報を扱うという意味で、実用上、校務管理システムとの連携は必要であると考えられる。
- 学習記録データをどのように活用するか
本事業で、Experience API を利用して学習記録データを蓄積することができた。蓄積した学習記録データをビッグデータとしてどのように活用するかは、今後の課題である。

5.3 認証基盤

本事業では、初等中等教育向け教育クラウドのユーザー認証の仕組みとして、教育委員会 / 学校と教育クラウドサービスを認証連携する学校教育認証フェデレーション（仮称）を検討、プロトタイプを構築して実証を行った。

学校教育認証フェデレーション モデル

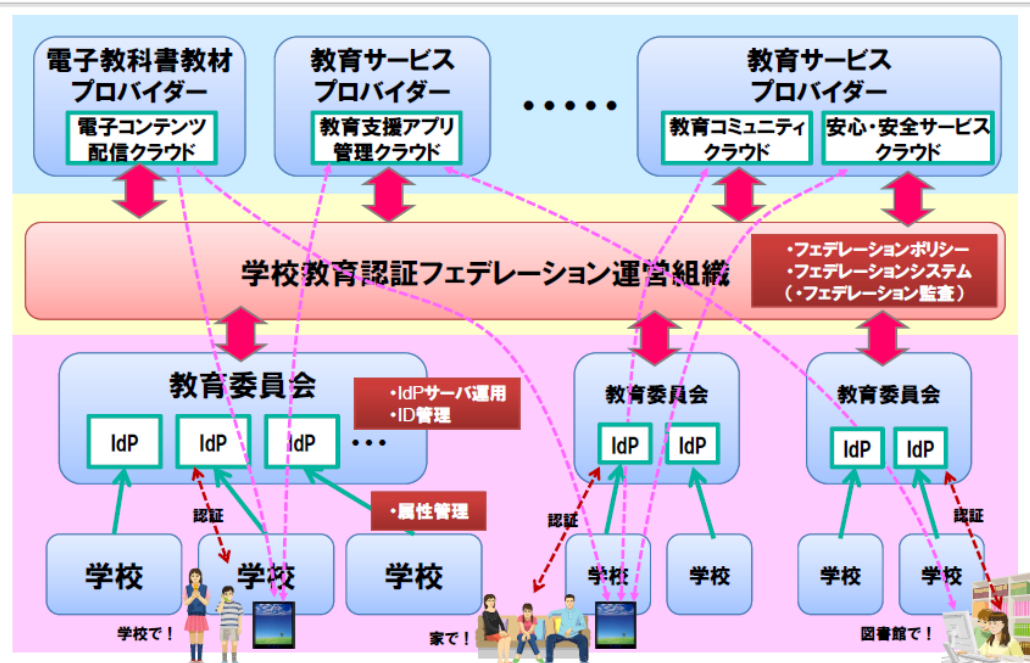


図 26. 学校教育認証フェデレーション（JSFed）モデル

5.3.1 活動

学校教育認証フェデレーションの検討

2 章に記述した通り、認証技術として SAML2.0 / Shibboleth を採択し、高等教育向けにすでに構築されている学認の仕組みを参考に、初等中等教育向け教育クラウドのユーザー認証の仕組みの検討を行った。

● IdP (Identity Provider) の検討

学認では 1 つの大学が 1 つの IdP を構築、運用し、その大学に所属する構成員（教員、職員、学生）の ID や属性を管理する構成となっている。一方、初等中等教育では、認証の対象である児童・生徒、教員、保護者の所属が教育委員会、学校、その他に分かれている。また学年や組といった学習に関連する属性は学校で管理されるものが多い。そのため、大学とは異なる組織構造や属性管理の複雑性を考慮して検討する必要がある。本事業では、IdP の構築、運用は教育委員会が行い、IdP に格納する ID、属性の管理を学校が行うモデルとした。

● AtrP (Attribute Provider) の検討

教育用コンテンツの権限管理情報やライセンス情報の管理を IdP とは独立した AtrP にて管理するモデルとして、IdP と同様に構築、運用は教育委員会が行い、管理を学校が行うこととした。ここで、AtrP は、SAML2.0 に準拠して SP が必要となる属性を SP に提供するシステムである。

● SP (Service Provider) の検討

教育用コンテンツの配信サーバーは、教育用コンテンツ提供者がそれぞれ運用することを想定しているが、教育用クラウドサービスプラットフォームとして共通の HTML5 コンテンツ配信機能と認証連携機能を備えるモデルとした。

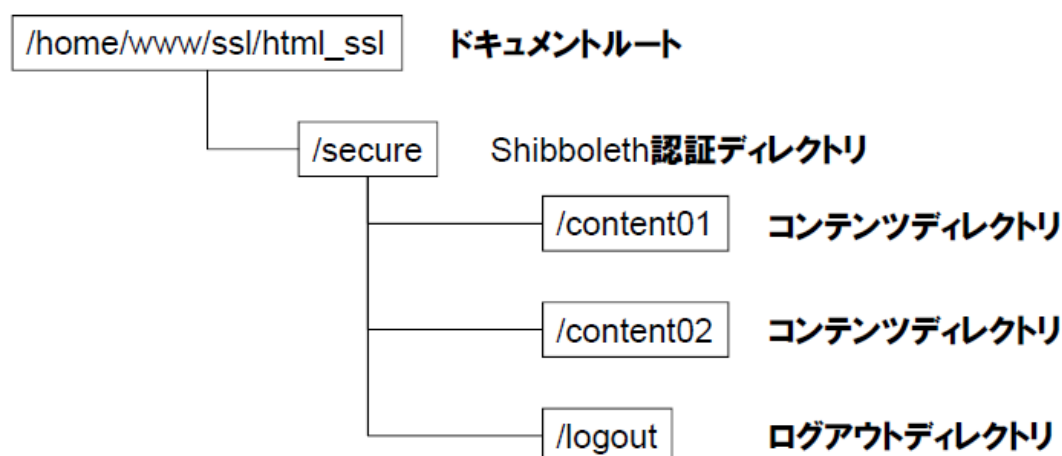


図 27. SP コンテンツフォルダ構成

表 6. content01~13 と各コンテンツの対応表

LDAP属性	教科	学年	担当(提案)会社	教材種別	内容	単元
content01	算数	3年	内田洋行	エンジン型ドリル	一問一答形式	3年:かけ算の筆算
content02	算数	5年	内田洋行	エンジン型ドリル	一問一答形式	5年:割合
content03	算数	3年	ラティオインターナショナル	思考型解説	思考・理解を深める教材	筆算のたんいとはかり方
content04	算数	5年	ラティオインターナショナル	思考型解説	思考・理解を深める教材	角柱と円柱
content05	算数	5年	東大英数理教室	解説型ドリル	思考・理解を深める教材	割合
content06	理科	4年	内田洋行	思考型解説	思考・理解を深める教材	星の動き
content07	国語	4年	学研教育出版	解説型ドリル	思考・理解を深める教材	(手書きによる漢字練習コンテンツ)
content08	国語	6年	学研教育出版	解説型ドリル	思考・理解を深める教材	(手書きによる漢字練習コンテンツ)
content09	理科	3年	学研教育出版	思考型解説	思考・理解を深める教材	実験映像クリップ(ワークシート作成)
content10	理科	6年	学研教育出版	思考型解説	思考・理解を深める教材	実験映像クリップ(ワークシート作成)
content11	共通	共通	内田洋行	教材共有ソフト	協働学習支援	—
content12	算数	3年	東京書籍	デジタル教科書	教科書紙面の短冊コンテンツ	3年:かけ算の筆算
content13	算数	5年	東京書籍	デジタル教科書	教科書紙面の短冊コンテンツ	5年:割合

● 認証スキーマの検討

教育用クラウドサービスにおける認可判断に必要な属性に関し、

- ① IdP、AtrP に格納する認証 LDAP スキーマ、認可 LDAP スキーマ
 - ② IdP-SP 間、AtrP-SP 間で属性送信を行うための各 SAML スキーマ
- について検討、決定した。

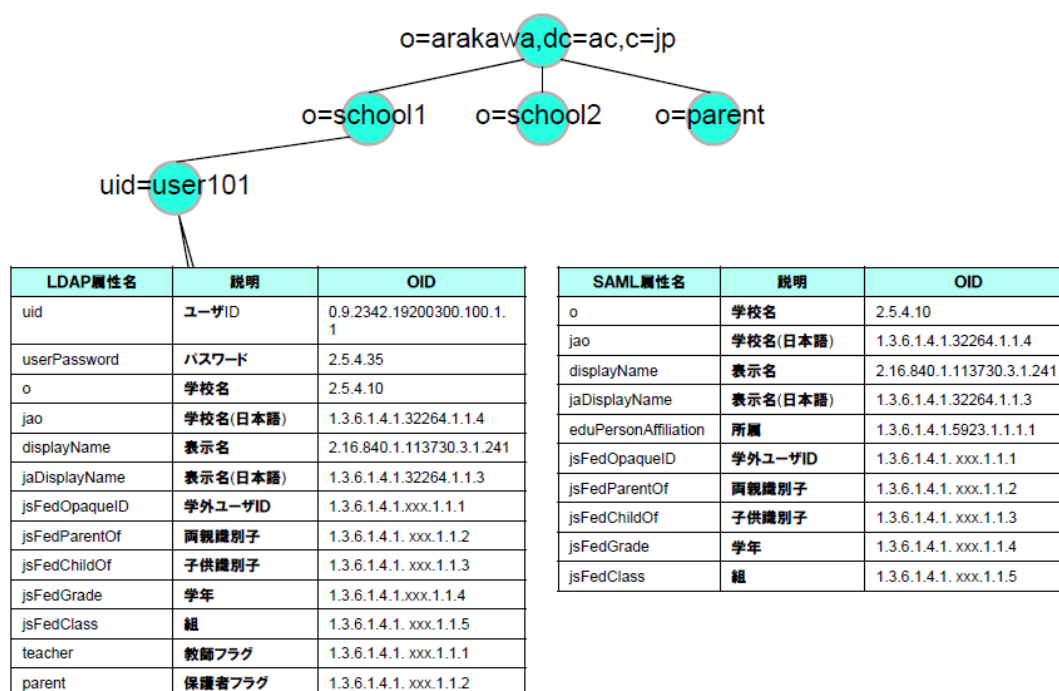


図 28. 認証 LDAP スキーマ、SAML スキーマ

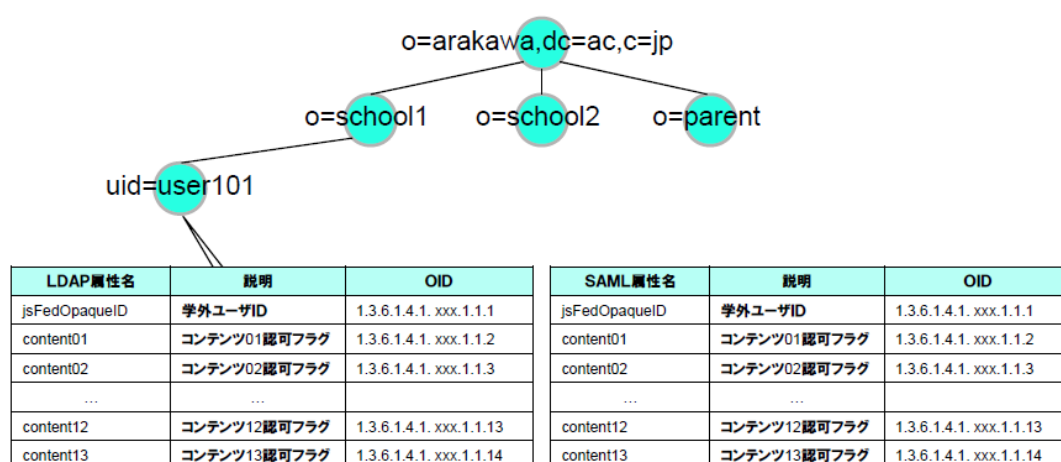


図 29. 認可 LDAP スキーマ、SAML スキーマ

学校名や表示名等、学認が規定するスキーマが利用できる属性は、学認のスキーマを流用している。

児童・生徒のログイン ID (認証 LDAP スキーマでは uid) は、学籍番号等、個人が特定できる可能性があり、個人情報保護の観点から学外で利用する ID は暗号化を行うこととして、新たな属性 “jsFedOpaqueID” を定義した。さらに、学認では規定されていない学年、組、親子関係を示す属性を新たに定義した。

AtrP から SP に送信する属性は、各コンテンツに対して動的に変化する複数の認可条件を送信するのではなく、判断した結果を認可フラグとして SP に送信するモデルとした。

● 認証プロトコルの検討

IdP-SP 間、AtrP-SP 間で利用するプロトコルを検討して、学認と同じ SAML2.0 を利用することとした。また、その他 metadata 等の認証フェデレーションに関する設定も学認と同様の設定とした。

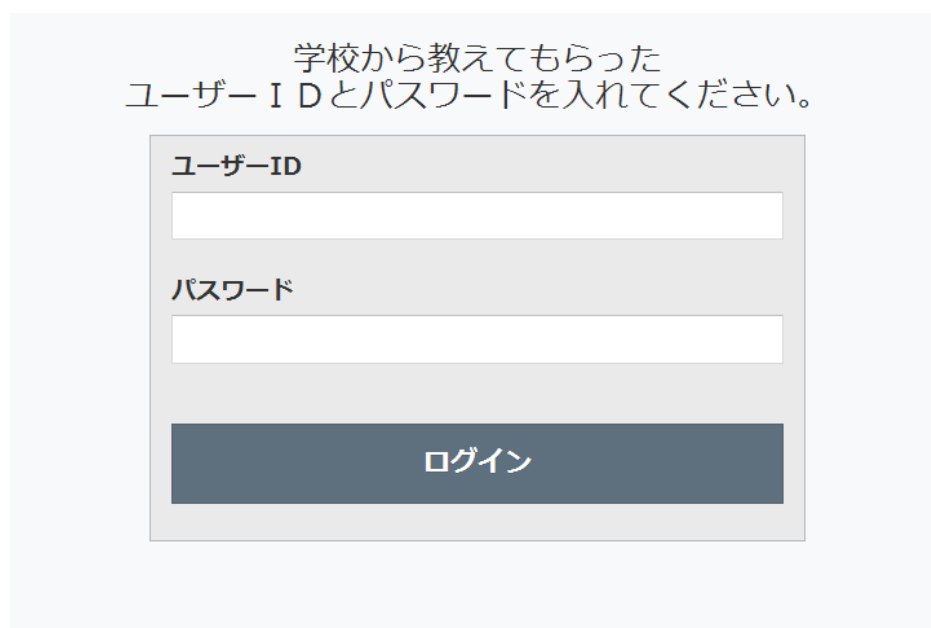
● ログアウト、タイムアウト方式の検討

本事業では、共通インターフェースがログアウトボタンを表示して、これをクリックすると、どの SP を実行中の場合でも生徒用マイページと IdP をログアウトすることでシングルログアウト機能を実現した。また、IdP と各 SP のタイムアウト時間を 8 時間に設定した。朝授業開始時にログインすれば下校するまで再ログインなしで利用可能だが、帰宅して家庭で利用する際には再ログイン必要となるよう工夫している。

● ログイン ID、パスワードの作成規則の検討

ログイン方法として ID とパスワードを入力するユーザー認証方式を用いて、小学校

3 年生～6 年生が記憶して入力でき、かつ適切なセキュリティ強度を確保する規則を検討した。特に、インターネット上にあるクラウドへのアクセスという環境では、適切なセキュリティ強度が求められるが、実験校にご意見頂きながら検討した結果、児童・生徒が授業に支障ないよう、スムーズにログインできるようにするため、覚えやすい ID とパスワードとすることとした。ただし、同じクラスの児童・生徒が別の ID で簡単にログインしていたずら等が発生しないよう、ID から簡単にパスワードを類推できないようにするという配慮を行った。



学校から教えてもらった
ユーザー ID とパスワードを入れてください。

ユーザーID

パスワード

ログイン

図 30. ログイン画面

- HTML5 コンテンツ連携方式の検討

Shibboleth では、アプリケーションにて認可判断に必要な利用者の属性情報をサーバー内で安全にアプリケーションに渡す仕組みとなっている。しかし、HTML5 コンテンツはクライアント・サイドで動作するため、サーバーからクライアントに渡す仕組みを本事業の構成の中で実現する手段を検討し、cookie を利用して渡す仕組みを実装した。

- 情報端末を用いた認証連携の検証

あらかじめ想定した Windows, iOS, Android の 3 種類の情報端末上で、複数の学習用サービスへのシングルサインオン、シングルログアウトが動作することで、児童・生徒、教員、保護者が問題なくかつスムーズに操作ができることを検証する。

5.3.2 課題、対策、知見など

教育用クラウドサービスプラットフォームとして、インターネット上に分散したクラウド上の各種教育用コンテンツサービスを認証連携することで認証フェデレーションを構成し、シングルサインオンにて利用できる環境を実証した。この実証環境において、児童・生徒の操作により分散したサービスへのシングルサインオン、シングルログアウトがスムーズに動作し、あたかも 1 つのアプリケーションのように違和感なくシームレスに利用できること、さらに、コンテンツ利用管理、ユーザー管理が各教育用コンテンツ間でスムーズに連携し、各利用者にいつでもどこでも最適な学習環境を提供することが可能となることを確認した。

● ログイン、ログアウト操作の検証

ログイン画面はまず生徒用マイページに入る時に表示される。ここで、各児童・生徒は自分の ID とパスワードを入力して生徒用マイページにログインを行う。ログインすると利用可能な教育用コンテンツの一覧が表示されるが、これら 1 つ 1 つの教育用コンテンツが異なるクラウドから提供されるサービスであり、個々に認証が必要となる。しかし、本事業においては、この個々の認証をシングルサインオンで行っているため、本来は生徒マイページからコンテンツに入ろうとした際に毎回ログイン画面が表示され、ID / パスワードの入力が必要となるが、ログイン画面の表示を再度行わずにスムーズにコンテンツに進み学習を開始できるようにしている。さらに、共通インターフェースも各コンテンツとは別のクラウドから提供しており、実際には生徒マイページからコンテンツに入る際には、毎回、共通インターフェースとコンテンツの 2 回シングルサインオンによる認証が行われている。

本事業では、ログインと同様にログアウトも一斉に行うシングルログアウトを実現した。これはクラウド上に分散するどの教育用コンテンツを利用している時でも、共通インターフェースのログアウトボタンを押すと共通のログアウト処理を行い、ログアウト画面を表示する。

これらシングルサインオンによるログインと、シングルログアウトによるログアウトにより、実証授業における児童・生徒の操作において、複数のクラウドに分散したコンテンツを情報端末上でシームレスに操作が行われることが確認できた。

さらに、これらシングルサインオンの認証処理において、ログイン ID とパスワードは一度 IdP に入力するのみで、認証フェデレーションによる IdP と SP の信頼関係を基盤として安全・安心なシングルサインオンが動作していることを確認した。

● コンテンツ利用管理の検証

生徒用マイページにログインすると、利用者が教員か児童・生徒か、また学年や組といった利用者の属性にしたがって利用可能なサービスのみが表示される。次に、

生徒用マイページから各種教育用コンテンツに入ると、教育用コンテンツでは利用者属性とライセンスにしたがって利用認可の判断を行い、認可された場合には共通インターフェースと教育用コンテンツが表示され、またこの中で必要に応じて利用者の学校名や表示名等も表示される。さらに、学習中には、共通インターフェース、および、個々の教育用コンテンツは、利用途中の状態や作成途中の作品をコンテンツデータサーバに蓄積するとともに、ユーザーID を付加した学習履歴データを学習履歴データサーバに蓄積する。

これら利用者の ID や属性は、IdP、および AtrP にて一元管理しており、それぞれシングルサインオンによるログインの際に、SAML2.0 のプロトコルにより安全に、かつ自動的に生徒用マイページ、共通インターフェース、および各種クラウドサービスに送信する仕組みとなっている。

IdP では、暗号化したユーザーID、職種（教員、児童・生徒、保護者）や、コンテンツ内で表示に利用する学校名、学年、組、表示名といった学校が管理する属性情報を管理、送信する。AtrP では、教員が授業計画時に設定する各コンテンツの利用情報と各コンテンツのライセンス情報を用いて動的に各ユーザーID が利用可能かどうかを判定して、その結果を認可フラグとして各種クラウドサービスに送信する。実証授業において、児童・生徒の操作により、情報端末上で生徒用マイページにログインした時点で、インターネット上に分散したクラウドから提供される生徒用マイページ、共通インターフェース、および各種教育用コンテンツが、教育プラットフォームの上で連携して、適切に上記のコンテンツ管理機能が動作することを確認した。

● レスポンスタイムの検証

生徒用マイページへのログイン時や、各教育用コンテンツに入る時には毎回シングルサインオンが発生する。このシングルサインオンのたびに、情報端末と IdP、AtrP、および SP の間で、SAML2.0 プロトコルによる認証情報、および属性情報の送受信を行うため、複数回の https 通信が行われる。さらに、教育用コンテンツに入る時には、共通インターフェースと教育用コンテンツへのシングルサインオンが 2 回行われる。学校の授業では、児童・生徒は同時ログインを行うため、上記複数回の https 通信によるログイン時、あるいはシングルサインオン時のレスポンスタイムが遅くなることが懸念されたが、まったく問題なく動作することを確認した。また、同時ログインによる IdP サーバー、AtrP サーバーへの負荷についても、各サーバーのログ分析を行い、本事業における同時アクセス数に比例した非常に小さな負荷であることを確認した。

● ログアウト、タイムアウトの課題

本事業では、授業中に再ログインが発生しないようタイムアウト時間を 8 時間に設定

したが、午後の授業でログインした場合に帰宅後に再ログインとならない、また、生徒用マイページを利用しない SP ではシングルログアウトにならない等、さらなる検討が必要となった。

- HTML5 コンテンツと認証基盤との連携の課題

本事業では、認可判断に必要な属性を、cookie を利用して渡す方法としたため、cookie の情報送受信によるセキュリティ的な問題や、ログアウト後、タイムアウト後にアプリケーションが属性取得できなくなる等の問題が発生するため、解決すべき課題となった。

- JavaScript、Ajax と SAML との連携の課題

JavaScript、Ajax を利用している HTML ページでログインが行われる際、ブラウザにおけるキャッシュ状況に依存して、ログイン処理の終了メッセージをブラウザが正常に処理できずエラーとなる現象が確認された。これには JavaScript、Ajax を認証で保護されていない場所に置く等の対応策が考えられるが、検討、考慮が必要な課題となった。

- SP におけるコンテンツ登録、修正の課題

コンテンツ登録、修正は、各コンテンツ提供者がクラウドのサーバーに vpn を通して ssh 接続し、作業を行った。しかし、これはコマンドラインによる操作が必要であり、操作性が課題となった。

5.3.3 残された課題

- ログイン ID、パスワードの課題

当初より想定されていたことではあるが、今回の実証では、授業に支障が出ないよう簡易な ID とパスワードを用いた。今後は利用者の利便性を向上するだけでなく、セキュリティ強度を確保するためにも、一般的な ID やパスワード入力に頼らない、マトリックス認証、ID タグ認証や顔認証といった認証方式の採用、またはそれらの組み合わせを検討する必要がある。

- IdP 構築、運用の課題

IdP の構築方法としてプライベートクラウド、パブリッククラウドとするか構成検討が必要であり、また、各学校の教員による各 IdP に格納するアカウント情報の管理方法やそのための学校からの接続方法等について検討が必要である。

- AtrP 構築、運用の課題

AtrP は、教員が各授業に対して設定する教育用コンテンツの利用権限と、教育用コンテンツの利用ライセンスの両方を管理して動的に決定される利用フラグを各 SP に送信するモデルとしている。しかし、利用ライセンスの購入単位やその管理主体を誰が行うべきか等、さらなる検討が必要である。

- 学校教育認証フェデレーション運用組織、およびポリシー等の検討

学校教育認証フェデレーションを構築、運営するため、ポリシー策定やメタデータリポジトリ等のシステムを提供する運営組織、また、IdP、SP との信頼関係を構築しフェデレーションを運営するためのポリシー等の検討が必要である。

5.4 コンテンツ開発

本事業では、児童・生徒による教育の現場への多種多様な端末の持ち込み、いわゆる BYOD を想定したとき、端末のモデルや OS によらず利用可能なコンテンツのあり方について検討した。また、コンテンツのテスト、配布、インストール・更新など、従来のネイティブアプリケーションと比較して運用面や開発面でも低廉なモデルも検討した。これら検討結果を踏まえ、「2. 実施計画の背景とアーキテクチャの選択」で記したように、HTML5 によるコンテンツを開発し、クラウドサーバーにそれらを設置し実証実施を行うこととした。

本事業では 3 種類の異なる OS とその標準ブラウザ（Windows 8.1 / IE, iOS7 / Safari, Android4.4 / Chrome）にて実行可能な HTML5 で記述されたデジタル教材やツールのサンプルを作成し、これらを実証協力校に使用してもらい実施検証を行った。これにより得られた知見を HTML5 によるコンテンツ制作ガイドラインにまとめ、全国普及を想定した場合の課題を整理した。

また、教育用コンテンツとして、普通学級における特別な支援が必要な児童への対応を検討し、アクセシブルなユーザーインターフェースを目標として制作したデジタル教材について、アクセシビリティの有識者からの評価を受け、その結果により課題を整理した。

5.4.1 活動

教育用コンテンツ開発にあたり、以下のような活動を行った。

- 教育用コンテンツを HTML5 で開発するにあたり、スクリプト等の技術的調査。
- アクセシビリティに関する有識者による勉強会やインタビューを行い、アクセシブルなコンテンツを開発するにあたっての情報収集。
- 教材を開発するにあたり、実証に協力していただく荒川区教育委員会、検証校への企画提案、ならびにヒアリングの実施。
- システム開発を担当するチームと連携し、教育用コンテンツとシステムとのインターフェースの検討を行い、その結果を Wiki の仕組みを活用したコンテンツ制作ガイドラインにまとめることによる情報の一元化。
- 実施検証において、教育用コンテンツが授業で使用される場合と、家庭への持ち帰りにおいて使用される場合とで、シームレスに利用できるようなユーザーインターフェース、ならびに学習記録データのフォーマット等の設計。
- 実施検証後に授業実施者にヒアリング調査を行い、学校現場で利用されるコンテンツに求められる要件や課題の整理を行った。

表 7. 制作した HTML5 コンテンツ一覧

No	教科	内容	単元	コンテンツ名
01	算数	ドリル	3 年:かけ算の筆算	算数手書きドリル 小学校 3 年 かけ算の筆算
02	算数	ドリル	5 年:割合	算数手書きドリル 小学校 5 年 割合
03	算数	思考・理解	重さのたんいとはかり方	てんびんで重さをはかろう
04	算数	思考・理解	角柱と円柱	いろいろな立体を調べてみよう
05	算数	思考・理解	5 年:割合	Study21 for タブレット「割合」
06	理科	思考・理解	4 年:星の動き	星の動きを調べてみよう
07	国語	思考・理解	4 年:漢字手書き練習教材	漢字道場 小学校 4 年
08	国語	思考・理解	6 年:漢字手書き練習教材	漢字道場 小学校 6 年
09	理科	思考・理解	実験映像クリップ	理科実験映像クリップ 小学校 3 年
10	理科	思考・理解	実験映像クリップ	理科実験映像クリップ 小学校 6 年
11		協働教育支援		自作教材コンテンツ共有システム
12	理科	デジタル教科書	新しい算数 3 下	3 年算数「新しい算数」デジタル教科書 3 年 かけ算 の筆算(2)

13	理科	デジタル教科書	新しい算数 5 下	5 年算数「新しい算数」デジタル教科書 5 年 比べ方を考えよう(2)
----	----	---------	-----------	-------------------------------------

各種コンテンツごとの活動詳細等は、「Appendix A 開発した教育用コンテンツ」を参照。

コンテンツ制作において検討し、実装した HTML5 によるおもな機能を以下に記す。

手書き機能

共通インターフェース搭載のペン（アノテーション・ツール）描画機能を利用。一部、コンテンツ側で独自に設計した手書き機能もある。

スクリーンショット機能

共通インターフェース搭載のスクリーンショット機能を利用。

手書き機能やスクリーンショット機能など、どの教育用コンテンツでも同じユーザーインターフェースであることがユーザビリティ上望ましい機能については、共通インターフェースにそれを実装し、各コンテンツがそれを呼び出す仕組みを検討し、開発を行った（詳細は「5.1 共通インターフェース」の「共通インターフェースの搭載機能」参照）。これはコンテンツ開発の負荷を下げることにともつながり、コストメリットへの貢献が期待できる。

SVG 要素

一部のコンテンツの画像イメージに SVG (Scalable Vector Graphic) を用いた理由としては、

- ・ VoiceOver での問題文の読み上げを可能にするために、SVG ファイルに読み上げ用の情報を含ませた。
- ・ 本事業は小学校が対象であったが、端末に内蔵しているシステムフォント（明朝体・ゴシック体）の字形は、小学校で学習する数字、かな漢字のお手本とは字形が異なり、学習に相応しい文字とは言えない。そのため、教科書体または学参 UD（学習参考書向けユニバーサルデザイン）フォント等をコンテンツ制作工程で使用し、必要に応じて画像（SVG）化を行った。

システムフォントを使用しないで、オンラインで Web フォントを使用することも可能ではあるが、本事業では見送り、今後の課題とした。

3D 要素

「小 5 算数 いろいろな立体を調べてみよう」にて、立体の表現に CSS3 の 3D

Transform の機能を使用した。

GPS 要素

「小 4 理科 星の動きを調べてみよう」にて、GPS 機能を使い、コンテンツを利用して場所を特定することで、その地点での観察日時や方向、身長を設定することで、見える星座の大きさなどを再現した。

Video 要素

「小 3 / 6 理科 理科実験映像クリップ」と「小 4 理科 星の動きを調べてみよう」で、video タグによる動画の再生機能を使用した。しかし、本事業で利用した Android4.4 の端末では、認証下に配置された映像ファイルは再生できないという問題が判明した。

実証授業の運用を優先するため、認証外に配置し、IP によるアクセス制限を設ける運用を行った。

5.4.2 課題、対策、知見など

- BYOD を想定した場合、それぞれの端末で解像度が異なること、また、ブラウザの HTML5 への対応状況が揃わないことがあり、これらにコンテンツ側で細かく対応していく必要がある。
- アクセシビリティへの対応
実証協力者からの要望と、今後の教育の現場で採用の可能性が高いと思われる情報端末のタッチインターフェース特性に合わせた、手書きによる教育用コンテンツをいくつか開発したが、これは視覚に依存している。このため視覚障害のある児童・生徒には利用できない。
また、コンテンツ開発・制作者にとって、利用対象の障害のレベルなどをどこに定めて開発すればよいか、教材を利用する場合に必要な十分条件の見極めが難しいという点も課題として挙げた。今後、コンテンツ開発・制作者の研修や特別支援教育に対するより一層の理解が求められる。
- 今回の実証に使用する Android 端末の OS バージョンである Android4.4 においては、日本語による読み上げ機能が存在しない。本事業でのアクセシビリティの実装は、OS に備わった機能を使用する方針から、この点は課題のひとつとして残った。OS の対応による解決が期待される。

共通インターフェース機能の活用

- 共通インターフェースに備わっているスクリーンショット機能が、コンテンツの作りこみの手段により取得できないことが課題として残った（「5.1.2 課題、対策、知見など」の「スクリーンショット機能」参照）。
- コンテンツとして策定した仕様・要件を整理することで、コンテンツごとに開発をせず、共通インターフェースが活用できる機能を拡充させることで、低廉で全国展開しやすいコンテンツ開発の提案ができる可能性がある。

ガイドラインに準じての開発

- HTML5 によるコンテンツは、さまざまな OS（本事業では Windows / IE, iOS / Safari, Android / Chrome）で動作することが期待されているが、現時点では各環境にて HTML5 への対応が異なっており、開発にあたっては、それぞれに対応する必要があることが多い。それら状況については、ガイドラインにも反映させることで、コンテンツ制作上のノウハウが蓄積されていくことが全国展開の一助となるだろう。
- 一方、開発者が利用しているオーサリング環境等とガイドラインで規定している内容とのバランスによっては、一定の開発スキルが求められることもある。その場合、コストに影響する場合も考えられる。

5.5 コンテンツ制作ガイドライン

本事業では、2 章でも述べたように HTML5 を用いてデジタル教材やツールなどの教育用コンテンツを制作した。HTML5 の規格自体は W3C によりほぼ固まったと言える一方、ブラウザの対応は進行中で、ブラウザの種類やバージョンによって実装のレベルは異なっている。このため、HTML5 の規格に厳密に則ってコンテンツを制作したとしても、すべてのブラウザで正常に動作するわけではないのが現状である。本事業では、数社の教科書・教材会社が参画していくつかのコンテンツの制作を行ない、制作方法は各社が判断することを基本としたが、さまざまなコンテンツに共通するノウハウはドキュメントにまとめて共有することとし、コンテンツ制作ガイドラインを制作した。

また、共通インターフェースやユーザー認証、学習記録データの書き出しなど、本事業のプラットフォームに適合させるための基準も必要であり、それらもコンテンツ制作ガイドラインにまとめた。

本年度の実証事業終了時のコンテンツ制作ガイドラインをバージョン 1.0 とした。

5.5.1 活動

HTML5 に関する動向の調査

W3C における HTML5 の制定活動の動向やさまざまな分野における利用状況などに関し、複数のエキスパートにインタビューを行ない情報の収集をした。

- HTML5 ガイドライン作成にあたり、識者に対するインタビューを行った。W3C の HTML5 策定の動向や HTML5 の利用についての話題を交わした。
- 教育用コンテンツにおける HTML5 の利用について、開発現場にも携わる識者にインタビューし、開発者としての目線で、ブラウザの対応状況など HTML5 を取り巻く環境についての意見を得た。

HTML5 を利用した既存の教育用コンテンツに関する調査

HTML5 を利用して教育用のコンテンツを制作した経験のある企業や団体を訪ね、共有できるノウハウのヒアリングを行った。また、公開されているコンテンツの調査を行ない、可能であればソースコードを入手して調査した。

- HTML5 のコンテンツへの活用を試みている複数の企業に対し、HTML5 に関する現状の取り組みと今後の展開に関するヒアリングを行った。
- 教材管理システムでの HTML5 の利活用を試みている企業とのディスカッションを行った。

Wiki の仕組みを活用したコンテンツ制作ガイドラインの制作と管理

教育用コンテンツの制作開始時に合わせ、収集した情報を Wiki⁶³の形態にまとめてコンテンツ制作企業間で共有した。MediaWiki はインターネット上の百科事典である Wikipedia の編集と公開に使われているオープンソースのソフトウェアであり、複数人でドキュメントを編集していくことに適している。本事業では、この MediaWiki 上でガイドラインを管理することで、教育用コンテンツの制作中に把握されたノウハウも順次追加していくことを意図した。

- 本事業のプラットフォームに適合させるための基準も、共通する JavaScript によるコードや学習履歴データを記録するためのサンプルコードなどの形で、コン

⁶³ Wiki とは、ネットワークに接続する事により、誰でもすぐに編集できる共同の Web サイトを指す用語である。

テンツ制作ガイドラインに収録した。

- 本事業の進行に伴い、プラットフォーム仕様の具体化や変更、またブラウザーのバージョンアップも発生した。これらに加え、テストを通じて明らかになった注意点など、本事業のプラットフォーム上で動作するコンテンツ制作に共通するノウハウを、順次コンテンツ制作ガイドラインに反映させていく体制を取った。
- 最盛期には、発生した追加や変更事項を週ごとにまとめて関係者に通知することも行った。
- HTML5 の専門家によるガイドラインへのフィードバックをいただいた。本事業中に蓄積されたノウハウに対し、専門家の視点でレビューしていただき、ガイドラインの品質を向上させた。

コンテンツ制作会社からのヒアリング

教育用コンテンツの制作が終了したのち、コンテンツ制作ガイドラインを内部的に評価するために、コンテンツ制作会社からヒアリングを行った。

5.5.2 課題、対策、知見など

コンテンツ制作会社に対し、制作ガイドラインをインターネット上のリファレンスとして運用することについてヒアリングしたところ、「最新の正確な情報が提供される場としては大変有用である」、「頻繁な更新がある場合も煩雑にならず便利である」といった好意的な意見が挙げられた。

一方、最新の情報が常に提供されるのであれば、ドキュメントファイルを配布する形式でも構わないという意見も出た。ただ、更新のたびにドキュメントを書き換えて配布することを考えると、運用上では、インターネット上でのリファレンスという形式は、見る側も編集する側も手順が少なく済むため有利である。とりわけ、本事業のように、頻繁にガイドラインの更新が想定される場合、インターネット上のリファレンスは情報を展開するために効果的である。

利用の頻度については、必要を感じた時に見るという意見が多く、定期的に確認するという意見は見られなかった。頻繁に見る項目としては、共通インターフェースやログの利用に関するページが多かった。これは、各コンテンツに必須の定形要素についての更新が頻繁にあり、具体例が記載されていたためだと考えられる。

本事業を通じて明らかになった HTML5 による教育用コンテンツ制作のノウハウは、コンテンツ制作ガイドライン バージョン 1.0 としてまとめられているので参照していた

だきたい。

5.5.3 残された課題

コンテンツ開発企業にとっては、コンテンツ作成のノウハウは企業価値の一部とも言え、オープンにして共有することが難しいケースも多々ある。本年度は Wiki を使って誰でもノウハウを書き加えられるようにしたが、実質的には機能しなかった。意見交換を活発化させるために、情報提供者もメリットを享受するような形でノウハウを持ち寄れる仕組みを検討する必要がある。

また、コンテンツ制作会社に対するヒアリングでは、ガイドラインには十分に議論された決定稿が掲載されるべきとの判断から、自ら記述を行うことはしなかったとの意見が挙げられた。MediaWiki には、各記事に対して議論を行う機能が存在しているが、充実した機能とは言えず、本事業中はメーリングリストにて議論が行われていた。議論する場と決定稿を掲載する場を用意し、簡易な方法で接続する仕組みが必要である。

ガイドラインの運用については、更新の状況が分かりにくい、といった意見も挙げられた。MediaWiki には、更新の履歴を閲覧する機能と、変更箇所の差分を表示する機能があるが、本事業ではうまく活用がされなかった。コンテンツ制作会社すべてが MediaWiki の使用方法に熟知することは難しいため、更新状況の通知を行う仕組みの検討が必要である。

HTML5 に関するノウハウは、例え HTML5 の規格が確定した後でもブラウザの実装の進行などにより、変化が続く。つまり、常に最新の情報を提供する必要があり、ガイドラインに完成はない。ガイドラインの更新と維持を行う体制の検討が必要である。

本事業では共通インターフェースの利用や、ログの取得のために、コンテンツ制作に JavaScript による共通コードの組み込みを必須としたが、将来的にはより簡便にコンテンツを開発できる手段もあることが望ましい。本格的なコンテンツ開発と、簡易的なオーサリングツールを使った開発など、複数の手段を想定し検討する必要がある。

5.6 アクセシビリティガイドライン

2.7.3 にあげたように、アクセシブルなコンテンツを制作する際の指針とするため、アクセシビリティガイドラインを策定した。

5.6.1 活動

アクセシビリティガイドラインの策定

本事業では、HTML5 のコンテンツを制作するため、W3C が提唱する Web アクセシビリティの世界標準である「Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0」をベースに、アクセシビリティガイドラインを検討した。WCAG2.0 には、A (最低レベル) から AAA (最高レベル) の 3 つの達成基準があるが、検討の結果、本ガイドラインではレベル A を網羅し、レベル AA のうち、児童・生徒が利用する教材であることで特に必要と思われる項目を追加した。また、コンテンツ制作の際に留意しやすいよう、下記の項目に分けて記述を行った。

- 見やすいコンテンツを心がける
- 代替テキストを提供する
- 音声や映像コンテンツを注意して用いる
- 構造化に留意する
- 多様な方法でのアクセスを確保する

コンテンツおよびガイドラインの評価

制作されたコンテンツがアクセシビリティガイドラインに準拠しているか評価を行った。評価結果や制作者へのヒアリングからガイドラインが適切であったかも評価を行い、ガイドラインをアップデートし、今年度の本事業における最終版（バージョン 1.0）とした。あわせて、今後に向けての課題も整理した。

5.6.2 課題、対策、知見など

コンテンツの評価結果

アクセシビリティガイドラインに準じてコンテンツが制作されているかどうかを評価し、以下のような結果が得られた。詳細な評価レポートは Appendix C を参照。

- 見やすいコンテンツを心がける
 - 色の違い 色の違いだけで情報を提供しているコンテンツはほとんどなかった。
 - 色のコントラスト 全体としては文字色と背景色のコントラスト比が確保されていると言えるが、中には不足している箇所も散見された。コントラスト比の数値は、見た目の印象よりも低くなるケースが少なくないため、注意が必要である。
 - 形や大きさ、視覚的な位置や方向 視覚的な特徴だけで説明しているコンテンツはなかった。

- 代替テキストを提供する

- **画像の代替テキスト** 画像の代替テキストを HTML ソースコードにきちんと記述しているコンテンツとほとんど記述されていないコンテンツに大きく二分された。代替テキストがないと、スクリーンリーダー（画面の情報を読み上げるソフトウェア）を使用してもコンテンツを理解するために必要な音声情報が得られない。中には、HTML ソースコードで画像を指定する **img** 要素に、代替テキストを提供する **alt** 属性自体が記述されていないケースもあった。また、コンテンツによっては、代替テキストをどのように記述すればよいか判断しづらいものもあり、ガイドラインに具体的な例を示す必要が感じられた。
- **CSSを用いた画像表示** 画像を表示する際に、CSS の背景画像として指定しているケースが散見された。HTML の **img** 要素ではなく、CSS を用いて背景画像として表示させると、弱視（ロービジョン）のユーザーが OS のハイコントラストモードを使用して反転表示すると、画像が非表示になってしまうため好ましくなく、改善が必要である。

- 音声や映像コンテンツを注意して用いる

- **音声を含む映像コンテンツ** 映像を説明しているナレーションに対してキャプションが提供されていないコンテンツがあったため、聴覚障害などにより音声を聞くことができない場合には、ナレーションが伝えている情報を得ることができない。
- **音声のない映像コンテンツ** 映像が伝えている情報に対して音声ガイドや代替コンテンツが提供されていないコンテンツがあったため、視覚障害などにより映像を見ることができない場合には、映像が視覚的に伝えている情報を得ることができない。
- **自動的な再生** 映像や音声を含むページが読み込まれても自動的に再生することではなく、この点はしっかりと留意されていた。
- **閃光** 映像には閃光を放つコンテンツが含まれておらず、この点も留意されていた。

- 構造化に留意する

- **見出しやリストのマークアップ** 見出しやリストが見ただけで、HTML の適切な要素（見出しは **h1**～**h6** 要素、リストは **ul** 要素、**ol** 要素、**li** 要素など）を用いてマークアップされていないコンテンツが見受けられた。
- **文字間のスペースや改行** 単語内にスペースや改行が入っていることはほとんどなく、スクリーンリーダーでも一つの単語として正しく認識できてい

た。

- **多様な方法でのアクセスを確保する**

- **キーボード操作** キーボード操作への対応は十分とはいえず、ドラッグ&ドロップ操作や手書き入力で利用するコンテンツなど、キーボード操作に対応していないものが見受けられた。
- **フォーカス移動順序** キーボードで操作可能な場合でも、Tab キーによるフォーカス移動順序に改善の余地があるコンテンツがあった。単に操作できるだけでなく、フォーカス移動順序にも留意する必要がある。

ガイドラインの評価結果

コンテンツ制作者へのヒアリングによると、コンテンツを制作する際に必要そうな範囲でアクセシビリティ対応を行った、というケースが多かった。また、アクセシビリティガイドラインの内容を確認したものの、時間的な制約から対応を断念したケースもあったようである。

アクセシビリティガイドライン自体については、全体的に具体例の提示を求める声が多かった。特に、画像の代替テキストについては、コンテンツ自体が視覚的な表現に依存する傾向が強いこともあり、どのように説明すればよいのか、どこまで説明すべきなのか、といった点において判断が難しいことがあったようである。

また、wiki を利用してのアクセシビリティガイドライン提供については、常に最新の情報が入手および共有できるという点から大変有用であると評価された。

その他、ガイドライン文書に加えて、コンテンツ制作者がガイドラインの要件を随時確認することのできる、簡単なチェックシートのようなものを提供することが有用であると考えられた。

5.6.3 残された課題

利用対象者の定義

本事業では「普通学校における特別支援が必要な児童・生徒」が対象であったが、本来は、1 つのアクセシブルなコンテンツを、あらゆる児童・生徒が、支援技術を組み合わせながら利用できることが理想である。

しかし、どのような利用者を対象に含めるかによって、コンテンツの仕様や設計、制作の工数およびコスト等が変わってくるため、今後、利用対象者を拡大することによる、仕様や設計上の留意点のリストアップ、制作工数およびコストの試算等の検証がされるべきである。

また、手書き入力が求められるコンテンツは視覚に依存しており、全盲の児童・生徒

にとっては利用が困難であるため、代替手法の提案も検討されるとよいと感じられた。

利用環境の定義

本事業では、3 種類の情報端末・OS・ブラウザによる実証が行われたが、アクセシブルなコンテンツを制作する上では、支援技術（製品名およびそのバージョン）の定義も重要である。

ユーザーエージェントにおける HTML5 のサポート状況は、ブラウザや支援技術によってさまざまであり、現時点ではまだ決して十分であるとはいえないため、特に支援技術を用いる利用環境については、明確にする必要がある。

また、スクリーンリーダーに関しては、OS に標準搭載されているものは機能面での差異が大きい、標準機能で実現できること、サードパーティ製の製品で実現できることを、今後明確にする必要があると考えられる。

支援技術（スクリーンリーダー）による HTML5 のサポート向上

支援技術ベンダーに対して、HTML5 のサポート向上を促す必要がある。コンテンツが HTML5 の仕様やアクセシビリティガイドラインに沿って開発されていたとしても、児童・生徒が利用するブラウザや支援技術（特にスクリーンリーダー）が HTML5 をサポートしていなければ、そのコンテンツを利用することは困難となる。同様に、アプリケーションのようなユーザーインターフェースを提供していくのであれば、それらをアクセシブルにするための仕様である WAI-ARIA⁶⁴への対応も不可欠である。

もともと、OS に標準搭載されているスクリーンリーダーは、ブラウザでの Web 利用には機能的に不十分なことがあり、HTML5 や WAI-ARIA に対応していないケースもある。また、技術文書や情報のほとんどが英語で提供されていることもあり、一般的に国内の支援技術ベンダーは、海外と比較すると新しい技術への対応がどうしても後手に回りがちであり、HTML5 や WAI-ARIA への対応もやや遅れ気味である。

ガイドラインの拡充

先に述べた利用対象者や利用環境の定義も加味し、今回のコンテンツ制作をして課題となった点の検証をさらに行い、アクセシブルなコンテンツ制作のためのアクセシビリティガイドラインをアップデートしていく必要があると考える。

⁶⁴ W3C が策定している新しい仕様で、正式名称は "Accessible Rich Internet Applications (WAI-ARIA) 1.0"。 <http://www.w3.org/TR/wai-aria/>

学習に関わるシステム全体のアクセシビリティ

今回の事業でアクセシビリティを確保する対象は教材であったが、今回教材が搭載された共通インターフェースについてもアクセシビリティは確保されるべきで、今後検討・検証の対象とすべきである。

また、児童・生徒だけでなく、教員や親が、身体の障害などによりデジタル教材を扱うためのシステムへのアクセスが制限されることのないよう、教材以外のアクセシビリティの確保についても、今後検討・検証がされるべきである。

コンテンツ制作者の教育

コンテンツ制作者への支援技術に関する教育が必要であると感じられた。本事業でも、学習における特別な支援が必要な児童・生徒についての勉強会をコンテンツ制作者向けに実施したが、コンテンツがアクセシブルであるということはどういうことかをさらに学び、支援技術の基本的な操作方法についても習得する必要があると思われる。

コンテンツがアクセシビリティガイドラインの基準を満たしているかどうかを適切に判断するには、想定する利用環境での動作確認が不可欠である。しかし、特にスクリーンリーダーなどの支援技術の操作については、一般的にコンテンツ制作者の間でもまだ馴染みがないケースが少なくない。例えば、OS に標準搭載されているスクリーンリーダーを起動しながらタッチ操作を行うと、スクリーンリーダーを起動していない場合と操作方法がまったく異なることがある。また、スクリーンリーダーは、OS や製品によって、同じ基本操作でも操作方法が異なることもある。コンテンツ制作者・開発者がそういった利用環境ごとの基本的な操作方法を知らなければ、コンテンツの動作確認を適切に行うことはできず、コンテンツのアクセシビリティを検証することができないため、教育の必要性が感じられた。

ユーザー検証によるアクセシビリティおよびユーザビリティの向上

本事業では対象外であった障害のある児童・生徒によるユーザーテストを行って、コンテンツのアクセシビリティを検証することが不可欠である。コンテンツ制作者・開発者がアクセシビリティガイドラインの基準を満たしたコンテンツを制作し、想定する利用環境での動作確認を行ったとしても、利用対象者である児童・生徒がそのコンテンツを利用できなければ、アクセシブルな教材とはいえない。

また、スクリーンリーダーに関しては、児童・生徒だけでなく、上級者のユーザーに検証してもらうことも有用である。テスト参加者がタブレット端末のタッチ操作やスクリーンリーダーの操作に習熟していない場合、問題の原因がコンテンツにあるのか、ユーザーのスキル不足にあるのかを見極めることが困難となるからである。

さらに、ユーザーテストを通じて発見されたユーザビリティ上の問題点にも可能なか

ざり対処することによって、単に使えるだけでなく、より使いやすく、より学習しやすいコンテンツにすることができると考える。

コンテンツを構成するデータの入手可能性

本事業では、アクセシブルな教材についての検討を行った。しかし、実際にあらゆる特性のあるすべての児童・生徒にとって完全にアクセスできる教材を制作することは難しく、アクセシビリティには限界があること、事前に想定した以外のニーズのある児童・生徒が常に存在する可能性が高いことを認識しておく必要がある。

しかし、アクセシブルなコンテンツを提供できない場合でも、配慮を行わないことはもちろん選択肢とはならない。配慮が行われることを促し、またそれをバックアップするような仕組みも必要であると考えられる。

米国では、障害のある児童・生徒の教科書・教材へのアクセシビリティを確保するために、IDEA (Individuals with Disabilities Education Act, 個別障害者教育法) の 2004 年の改正で、出版社は教材内のテキストデータと挿絵画像を XML ベースの所定のフォーマット (National Instructional Materials Accessibility Standard, NIMAS) に変換して政府のデータ管理機関に提出することが義務づけられている。このデータを元に、個々の障害のある児童・生徒に合わせたアクセシブルな教材 (Accessible Instructional Materials, AIMS) が全米の各地方教育局の実情に合わせて制作することが可能になっている。

このように、教材内で使用されている画像データやテキストデータが、あらゆる個別のニーズに合わせた改変に利用できるように提供されるよう前もって準備されていることで、そうした要望が障害児および学校や支援者から生まれたときに、付加的な作業を最小限にして、また、児童・生徒のニーズが生じた時点に合わせてタイムリーな形で、アクセシビリティの確保をバックアップすることができる。完全にアクセシブルなコンテンツが提供することが難しい状況では、これは大変有効であると考えられる。アクセシブルなコンテンツの検討・検証とともに、こういった仕組みについても積極的に検討されるべきであると考ええる。

障害児者向けに積極的に学習を促すツールとしてのデジタル教材を考える

教材コンテンツのアクセシビリティに関する考え方は、1 つの教材に多様なニーズのある児童・生徒が等しくアクセスできるようにする、または、障害のない児童・生徒向けに作られている教材を障害のある児童・生徒であっても利用できるように配慮をする、というものである。しかし、このような考え方はいくぶん消極的と思われる。実際には、デジタルコンテンツがあつて初めて、これまでには実現できなかった障害のある児童・生徒への教育の機会が生まれることがあり、このことを積極的に目指した教材があつても良いと言える。例えば、視覚障害のある児童・生徒が秤やビーカーなどの

機器を使って「重さを量る」という実習を行う場合、手で触って目盛りがわかるように工夫したビーカーやメスシリンダー、ほかにも音声で重量の数値を読み上げる重量計がツールとして使われることがある。ほかにも、映画などの映像作品を視覚障害者が見る際に、話者の台詞が聞こえるだけにとどまらず、画面上で展開されている視覚的な状況を、適切に理解できるよう音声で解説したオーディオ・ディスクリプションが制作され、付加的に加えられることがある。このように、視覚障害者の利用を想定して、ツールやオーディオ・ディスクリプションがあることで、視覚障害のある人向けにより多くの教育機会を増やすことができる。

多様なニーズのある児童・生徒が完全にアクセスできるコンテンツを常に提供することは難しい。先に述べたように、手書き入力やオブジェクトに操作を加えるようなコンテンツでは、視覚情報なしにはアクセスが難しいものもある。そのような場合、障害のある児童・生徒が同様の内容を学ぶためには、デジタルコンテンツではなく、実物を触って操作するという「デジタルコンテンツ以外のツール」を用いることが必要となるケースもあると考えられる。しかしそれとは逆に、場合によっては、先ほどの触ってわかるビーカーや音声重量計のように、デジタル教材自体が障害のある児童・生徒の支援ツールとなることに期待を寄せることもできる。もちろんここであげた視覚障害以外の、学習における多様な困難に対して、学びを促すデジタル教材ならではの特別な機能を用意できる可能性もある。そうした視点でデジタル教材を制作することも必要と言えるだろう。デジタル教材は、「それしか学びに利用することができない」、「特定の方法でしか学びにアクセスできない」のではなく、多様な学びのスタイルの選択肢を増やすような存在となることが期待され、教材のアクセシビリティの確保とともに、今後検討・検証される課題であると考ええる。

5.7 クラウド

クラウド環境ワーキングチームでは、本事業で使用するクラウドプラットフォームをクラウドサービスとして、PaaS もしくは IaaS レベルで提供する。本事業で利用されるアプリケーションからの要求に基づき、クラウドワーキングチームからリソースを提供する。

5.7.1 活動

クラウドサービスとして今回提供したサービスは以下の通り。

- ・ FUJITSU Cloud IaaS Trusted Public S5
- ・ FUJITSU Cloud PaaS A5 Powered by Windows Azure

- ・ ニフティクラウド
- ・ NEC BIGLOBE クラウドホスティング

アプリケーション開発側からの要求に応じて、複数のクラウドサービスを組み合わせ提供している。今回は、モデルの汎用性を実証するため、複数のクラウドサービスをあえて混在して使用した。

アプリケーションに基づく、バーチャルサーバーの構成概要は以下に示す。クラウド間の接続は、構築されたアプリケーションによってマネジメントされている。

複数のクラウドサービスを組み合わせていることから、クラウドサービス側としてはオープン性の高い構成となっている。

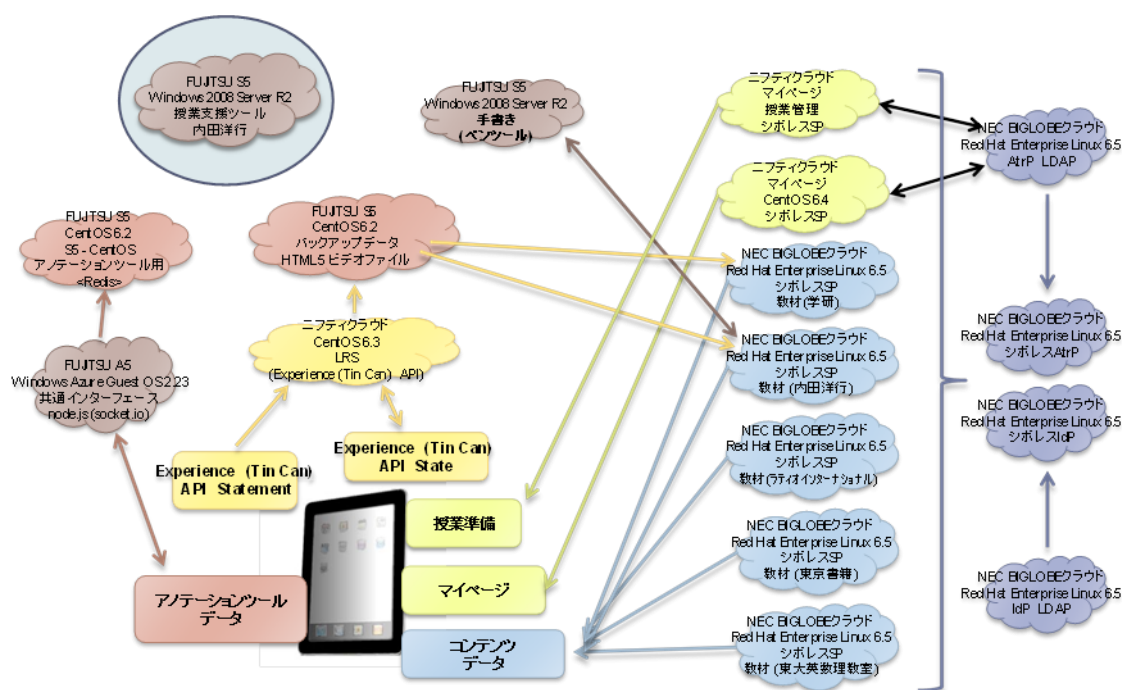


図 31. バーチャルサーバーの構成概要

それぞれのアプリケーションに対しての利用サービス一覧を次に示す。

機能	OS	CPU	メモリ	ハードディスク	備考	利用サービス
マイページ	CentOS 6.4	1 CPU (3GHz)相当	2GB	30GB		ニフティクラウド
授業管理	CentOS 6.4	1 CPU (3GHz)相当	2GB	30GB		ニフティクラウド
ログ管理 (Experience(TinCan))	CentOS 6.3	2 CPU (3GHz)相当	4GB	30GB		ニフティクラウド
シボレスIdP	Red Hat Enterprise Linux 6.5	2 CPU(2GHz)相当	2GB	100GB		NEC BIGLOBEクラウドホスティング
IdP用LDAP	Red Hat Enterprise Linux 6.5	2 CPU(2GHz)相当	2GB	100GB		NEC BIGLOBEクラウドホスティング
シボレスAtrP	Red Hat Enterprise Linux 6.5	2 CPU(2GHz)相当	2GB	100GB		NEC BIGLOBEクラウドホスティング
AtrP用LDAP, DB	Red Hat Enterprise Linux 6.5	2 CPU(2GHz)相当	2GB	100GB		NEC BIGLOBEクラウドホスティング
シボレスSP	Red Hat Enterprise Linux 6.5	2 CPU(2GHz)相当	2GB	100GB	教材1	NEC BIGLOBEクラウドホスティング
シボレスSP	Red Hat Enterprise Linux 6.5	2 CPU(2GHz)相当	2GB	100GB	教材2	NEC BIGLOBEクラウドホスティング
シボレスSP	Red Hat Enterprise Linux 6.5	2 CPU(2GHz)相当	2GB	100GB	教材3	NEC BIGLOBEクラウドホスティング
シボレスSP	Red Hat Enterprise Linux 6.5	2 CPU(2GHz)相当	2GB	100GB	教材4	NEC BIGLOBEクラウドホスティング
シボレスSP	Red Hat Enterprise Linux 6.5	2 CPU(2GHz)相当	2GB	100GB	教材5	NEC BIGLOBEクラウドホスティング
共通インターフェース	Windows Azure Guest OS 2.23 (Windows Server 2008 R2 SP1相当)	1 CPU (1.6GHz)相当	1.75 GB	225 GB	node.js	FUJITSU Cloud PaaS A5 Powered by Windows Azure
バックアップデータ	CentOS 6.2	1 CPU (2GHz)相当	3.4GB	510GB	アプリケーション用	FUJITSU Cloud IaaS Trusted Public S5
バックアップデータ	CentOS 6.2	1 CPU (2GHz)相当	3.4GB	190GB	Experience(Tin Can) API ログ・プロバイダー用	FUJITSU Cloud IaaS Trusted Public S5
HTML5 ビデオファイル	Windows 2008 Server R2	1 CPU (2GHz)相当	3.4GB	80GB	手書き	FUJITSU Cloud IaaS Trusted Public S5
手書き算数ドリル	Windows 2008 Server R2	2 CPU(4GHz)相当	15GB	120GB	授業支援	FUJITSU Cloud IaaS Trusted Public S5

表 8. それぞれの機能に対する提供サービス一覧

●実証の結果

実証を通して、クラウドサービスチームでは、アプリケーション開発側からの指摘、児童・生徒や保護者に対するアンケート、サーバーのシステムログを取得している。クラウドサービスとしては、複数ベンダーからの提供となったが、PaaS / IaaS レベルの機能提供としては問題なくサービスを提供することができている。

5.7.2 課題、対策、知見など

クラウドサービスを利用することによって、アプリケーション開発側はシステム運用から開放され、利用者は時間や場所の制約なくサービスを利用することができるようになる。しかし、それらのメリットに対して、クラウドサービスを利用したことによって生じる課題も本事業では見られた。

●クラウドサービスの仕様とシステム構築、ルール運用体制の調整（アプリケーション開発側からの指摘）

クラウドサービスでは、サーバー等のシステム運用はクラウド提供ベンダーが実施するため、クラウドサービス利用者は運用から解放される。

しかし、アプリケーション開発側からの指摘では、実際にサーバーを利用しているアプリケーション開発側が予想しないタイミングで、システムの再起動が発生し、アプリケーション開発に影響があった旨が報告されている。これは学校内にサーバーを設置するのではなく、クラウドサービスを利用した運用となっているため、サーバーの運用がクラウドベンダー側によって行われているために発生した課題である。このようなクラウドサービスを前提とした利用において、どのようなシステムを構築、ルール、運用体制を整備すればよいのか、今後検討が必要である。

●持ち帰り時の有害サイトアクセス対策（アンケート結果からの分析①）

持ち帰り時の有害サイト対策についてのアンケート結果では下記表の通り集計されている。

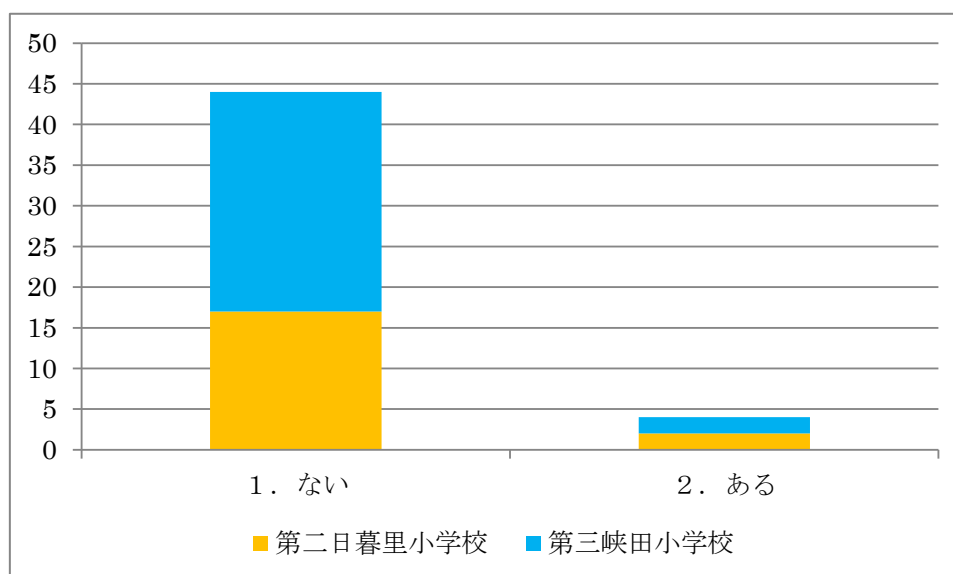


図 32. 持ち帰りに関する保護者アンケート

保護者の方にお聞きします（番号に○をつけてください）

④通信機器には子どもには見せたくない有害なサイトが見られないように通信を妨げる機能を有しておりましたが、ご不便な点などお気づきのことはありましたか。

大部分の保護者は今回ルーター側に実施したホワイトリストによる有害サイト対策について、不便な点を感じていない。ただし、「ある」と回答された中でのコメントには、「もっと厳しく制限してほしかった。ゲームサイトなど全く見られない方が良い」、「必要なものにもつながらなかった」とのコメントがあった。厳しく制限する要望があった一方で、必要なものにもつながらなかったとのコメントがある。（ただし、後者のコメントのアンケートでは、児童側は「エラーが出たり、動かなかつたりした」との回答をしており、ホワイトリストによる制限ではなく、ネットワーク自体が機能していなかった可能性もある。）

本結果より、授業とは関係のないアプリケーションや情報端末機能インターネットの閲覧を制限する方法をどのレベルで、またどのように実施するのが良いか検討が必要と考えられる。情報端末側の機能、ネットワーク事業者が提供するサービス、アプリケーション開発による対応、クラウドプラットフォームが提供する機能等、本対応には複数の選択肢が考えられる。どの選択肢が適切かは、学校・家庭でのインターネット利用について、考慮した上、運用要件を検討の上、判断する必要がある。今回の実証ではサンプル数も少ないので、今後、さらに評価を蓄積、原因を分析し、適切な改善施策を検討する必要がある。

また、本事業はBYODも想定しているため、学校・家庭双方での利用環境に合った情報端末管理ポリシーも今後、検討する必要がある。

●時間規制の検討（アンケート結果からの分析②）

保護者へのアンケートにおいて、「タブレットを使用していて困ったことや、家庭での学習について意見がありましたら、ご記入ください。」という質問を実施している。取得したコメントの中で、利用時間に関する指摘するものが下記の通り見られた。

- ・「だらだらと使い続けるのが心配」
- ・「タブレットばかりやってほかの宿題をやらない。」
- ・「エラーが出たり、トラブルが起きたとき、親に聞かれてもわからなかったり、忙しかったりで対応できず、宿題をできないことがありました。また、夜遅くまでやり、寝る時間が遅くなって困りました。」

長時間使用に関するコメント（だらだらと使い続ける。タブレットばかりやってほかの宿題をやらない。夜遅くまでやり、寝る時間が遅くなって困りました、等）が散見される。

家でのタブレット使用の時間を制限することで、学習にメリハリをつけることも今後の検討課題と考える。システムとしては、情報端末側の機能、ネットワーク事業者が提供するサービス、アプリケーション開発による対応、クラウドプラットフォームが提供する機能等、複数の選択肢がある。どの選択肢が適切かは、運用要件を検討の上、判断する必要がある。

●最適なサーバーリソースの検討（サーバーのシステムログからの分析①）

本事業では 1 クラスごとの実証であり、また、クラウドベンダーのオープン性を担保するため、敢えてアプリケーション機能ごとにサーバーを集約しないで、複数のクラウドベンダーに分散させている。そのため、実証規模に対して、リソースは十分に確保されており、サーバーリソースには大きな負荷はかけられていない。その結果、ほとんどのサーバーではサーバーリソースに問題は発生していない。

ただし、共通インターフェース (Windows Azure Guest OS 2.23) のサーバーでは下図の通り、“processor queue length” において、値が高い状態が一部見受けられる（カウンタ値の表示スケール（縦軸）が×10 倍になっているので、100 となっているところ（グラフの上限）は実際には 10 を表している）。通常利用時と比較し CPU ロード・アベレージが高くなっている可能性がある。これは、WebSocket がほぼ全情報端末で一斉に切断状態となった際の状況のグラフである。切断の原因がリソースに起因するのか、アプリケーションに何らかの問題が生じたのか、ネットワークが不安定であったために各情報端末からの再接続要求が発生し CPU ロード・アベレージがあがったのか、特定までは至っていない。更なる分析が必要である。今後、最適なパフォーマンスおよびリソース配置に向けて、アプリケーション開発側と協調した検討が必要である。

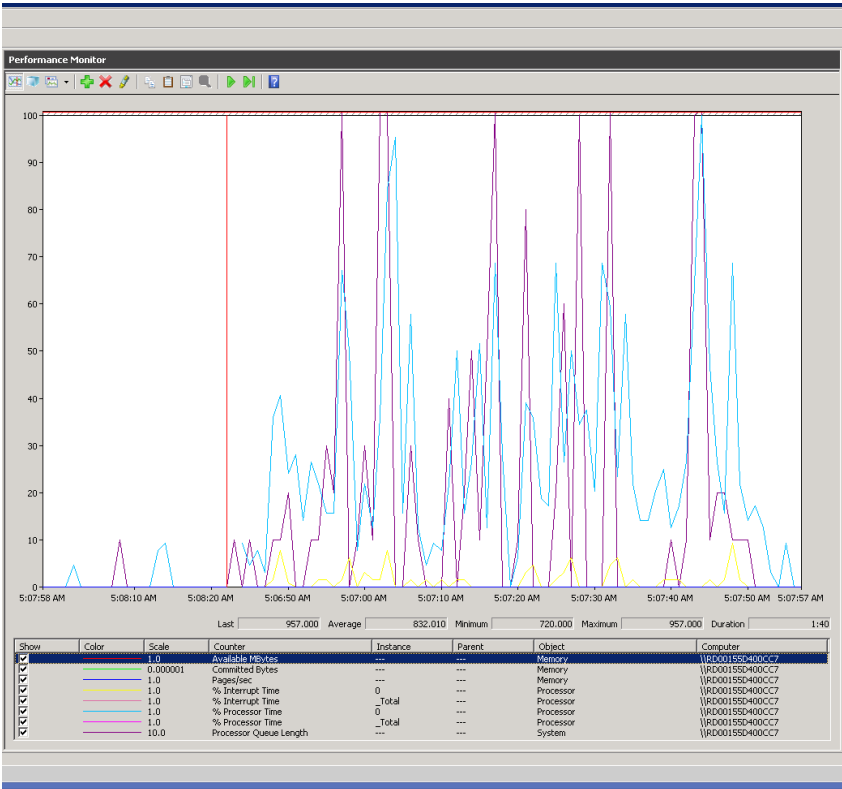


図 33. WebSocket がほぼ全情報端末で一斉に切断状態となった際のサーバー状況

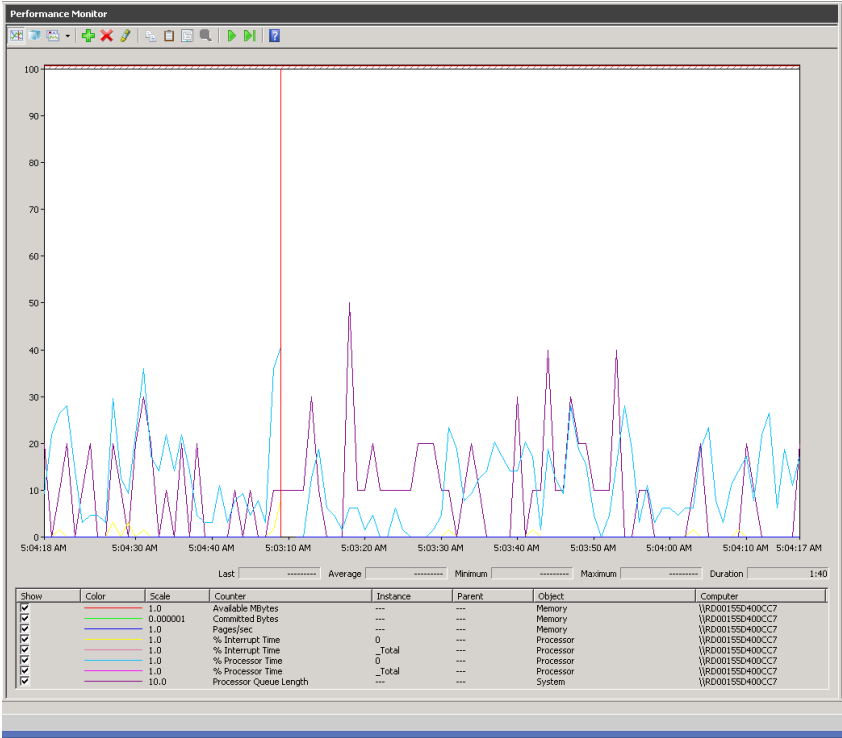


図 34. 通常利用時のサーバーの状況

●負荷を分散させる仕組みの検討（サーバーのシステムログからの分析②）

今回の実証において、動画（コンテンツ「星のうごき」）を一斉再生することがあった。その際のサーバーの状況において、メモリ負荷（最大）が41%計測された。1クラスでの使用で本値であるため、今後複数クラス、学校で使用する際には最適なリソースの配置を検討すると同時に負荷を分散させる仕組みの検討が必要になる。たとえば、コンテンツデリバリネットワーク（Content Delivery Network）等のサービスを活用することによって、負荷を分散させることも選択肢として考えられる。コンテンツデリバリネットワークを利用するためには、その利用を前提としたシステム構成等について検討する必要がある。

5.7.3 残された課題

●拡張性に関する検討

本事業では限定されたクラスでの利用であったため、比較的小規模の実証であった。そのためクラウドの特徴の1つである拡張性については実証することができていない。

大規模な施設や機器を、極めて多人数のエンドユーザーで共有することにより、柔軟かつ低廉で、スケーラビリティの高いサービス提供形態が実現できることとなる。それではどの規模で共有するのがコスト、運用上適切なものであろうか？仮にすべての小・中・高生が単一のクラウドを利用する場合、学校の始業に合わせ、1,400万人分のアクセス集中が想定される。このようなアクセス特性に対して、どのようにクラウドサービスを提供すべきなのか、都道府県単位、市町村単位等、どのように提供するのがコスト、運用上適切なものであろうか？今後、より大規模での実証を通じて、クラウドに要求されるリソース、またその限界費用を分析し、検討する必要がある。

●上り・下りの双方向の通信における情報保護に関する検討

クラウドサービスを利用する場合、ネットワークを介しての情報のやり取りを実施する。特に本事業のようにパブリッククラウドを利用する場合は、パブリックなネットワークも経由することになる。この時、デジタル教科書のようなコンテンツ情報や児童・生徒の学習記録データの配信や取得も、パブリックなネットワークを介して行われる。そのため、通信中の情報の秘匿化・保護の方法を検討する必要がある。パブリッククラウドの利用によって、コストダウンが図られ、また、家庭学習等の利用形態の多様化に対応することが可能となるが、その分のこのようなリスクも発生する。本事業においても、コードの秘匿化等対策を実施しているが、完璧かと言えば、そうではないといわざるを得ない。今回は限定された期間での実証であったが、今後、常態的にクラウドサービスの利用を進めて行く際には、クラウドのメリットがリスクによって毀損され

ないよう、リスクへの対応方法を十分に検討しておく必要がある。

●コンテンツ / 学習記録データの改竄防止、保護に関する検討

クラウドサービスを利用する場合、コンテンツ情報や児童・生徒の学習記録データは、学校内の保存領域ではなく、共用クラウド内に保存される。そのため、意図しない人物に改竄されないよう、保管情報の保護方法を検討する必要がある。そして、そのような保護をクラウドサービス提供者に確実に実施させるため、教育クラウドサービスとしての方針を検討する必要がある。また、児童・生徒から収集される学習記録データなどの保存方法とデータの受け渡し方法もあわせて検討する必要がある。

5.8 検証校環境構築

本事業では、東京都荒川区の小学校 第三峡田小学校、第二日暮里小学校の 2 校を検証校として実施する。対象 2 校には荒川区独自の整備事業として、児童 1 人 1 台情報端末である Windows 8.0 の情報端末をはじめ、各教室には電子黒板（インタラクティブホワイトボード）、PC 充電保管庫、無線 LAN アクセスポイントが整備されており、各学校は 10Mbps の広域イーサネット（スーパーワイド LAN）で接続されている。

本事業では、上記環境に Windows 端末、iOS 端末、Android 端末の 3 種類の OS の情報端末を、対象学年の児童および担任教員分として新たに導入した。上述の荒川区の独自環境と混在するため、既存環境の運用と並行稼働させることが可能な環境整備が必要となる。さらに家庭への持ち帰りによる検証も実施するため、モバイルルーターを情報端末分用意し接続できるよう設定した。

あわせて、本事業ではクラウド上に用意する HTML5 のコンテンツを主に利用することが前提となるため、対象校以外の学校も接続利用している既存の 10Mbps のスーパーワイド LAN 環境では十分な通信帯域が確保できない可能性もあると判断し、別途 100Mbps の光回線の引き込みを行った。

5.8.1 活動

検証校への実証実験機器導入と設定

導入機器

●情報端末

Windows、iOS、Android の 3 種類の OS の情報端末を、対象学年の児童および

担任教員分として新たに導入するとともに、既設の電子黒板に接続する提示用コンピュータも必要数分導入設置した。

表 9. 情報端末配備状況

OS	iOS 7.0	Android 4.4	Windows 8.1
デバイス名称	iPad Air	NEXUS10	STYLISTIC WQ2/J
台数	42 台	35 台	8 台

iOS : 第三峡田小 24 台 第二日暮里小 16 台 (各校予備機 1 台)

Android: 第三峡田小 20 台 第二日暮里小 13 台 (各校予備機 1 台)

Windows8: 第三峡田小 4 台 第二日暮里小 4 台

●提示用コンピュータ

Windows 7 のノート型コンピュータを 4 台 (第三峡田小 2 台 第二日暮里小 2 台) 既設の電子黒板に接続する提示用コンピュータとして対象教室に設置した。

●PC 保管庫

iOS、Android、Windows の 3 種類の情報端末を保管しながら充電が可能な充電保管庫を、第三峡田小学校 3 台、第二日暮里小学校 2 台設置した。

(導入イメージ)

3年生				4年生			
教師用			iPad, Nexus10 各1台	教師用			iPad, Nexus10 各1台
		iOS {iPad Air}	10台			iOS {iPad Air}	12台
児童用		Android {Nexus10}	8台	児童用		Android {Nexus10}	10台
		Win8 {Stylistic}	2台			Win8 {Stylistic}	2台

図 35. 荒川区立第三峡田小学校の配備状況

※iOS、Android 情報端末を各 1 台予備機として配備

5年生				6年生			
教師用		iPad, Nexus10 各1台		教師用		iPad, Nexus10 各1台	
児童用		iOS {iPad Air}	8台	児童用		iOS {iPad Air}	6台
		Android {Nexus10}	7台			Android {Nexus10}	4台
		Win8 {Stylistic}	2台			Win8 {Stylistic}	2台

図 36. 荒川区立第二日暮里小学校の配備状況

※iOS、Android 情報端末を各 1 台予備機として配備

●モバイルルーター

家庭への持ち帰りでの検証のため、「青少年が安全に安心してインターネットを利用できる環境の整備等に関する法律」に基づいた、**Web** アクセス制限（フィルタリングサービス）を適用したモバイルルーターを 第三峡田小学校 44 台、第二日暮里小学校 29 台導入した。

●ブロードバンドルーター

別途実証実験用で光回線の引き込みにあたり、ブロードバンドルーターを各学校 1 台設置した。

機器・ネットワーク設定

●情報端末

- ・ 既存のネットワークに接続が選定となったため、既存ネットワークと実証実験用ネットワークとを切り替えて接続できるよう、各端末のプロキシの設定を実施した
- ・ 情報端末の OS へのログオン方法については、セキュリティ面と授業運営の容易性の両面に配慮して設計すべきである。荒川区の既存環境では、情報端末へのログオンは自動ログオンであったため、協議の結果、本事業でも OS へのログオンは既存環境に準じて、自動ログオン設定とした。
- ・ 情報端末のデスクトップには、実証サイトへ容易に接続できるようショートカット用のアイコンを作成し、児童が直ぐに生徒用マイページに接続できる環境とした。
- ・ Web アプリケーションで実現する協働教育システムの開発は、非常に難易度が高いことが予想されていたため、実証校で情報端末の画面転送がスムーズに

できなかった場合の対策として、3 種類の OS に対応したネイティブアプリケーションの協働教育システムを開発し設定した。

●モバイルルーター

タブレット端末とモバイルルーターは持ち帰り時の接続の容易性に配慮し、学校ごとに配布したどのモバイルルーターにも情報端末が接続できる設定で導入した。管理面を考慮し、情報端末の番号とモバイルルーターの識別番号を紐つけて利用する運用とした。

●学校への光回線の引き込み

100Mbps の光回線を新規に引き込むことで、既存広域イーサネット通信環境よりも通信速度を上げることを可能とした。新規回線用の光回線終端装置（ONU）以下は既存の校内ネットワーク接続となるため、ブロードバンドルーターを各校に導入した。既存の校内ネットワーク環境を利用し、無線アクセスポイントは既設のものを利用する構成とした。

また、既存の L3 スイッチに実証サイトの URL（ホワイトリスト）を登録することで、実証クラウドには新規回線での接続を可能とした。この設定により、既存端末についても新規回線から実証サイトへの接続も可能となり、さらにホワイトリストを追加することで別の URL への接続も可能とした。

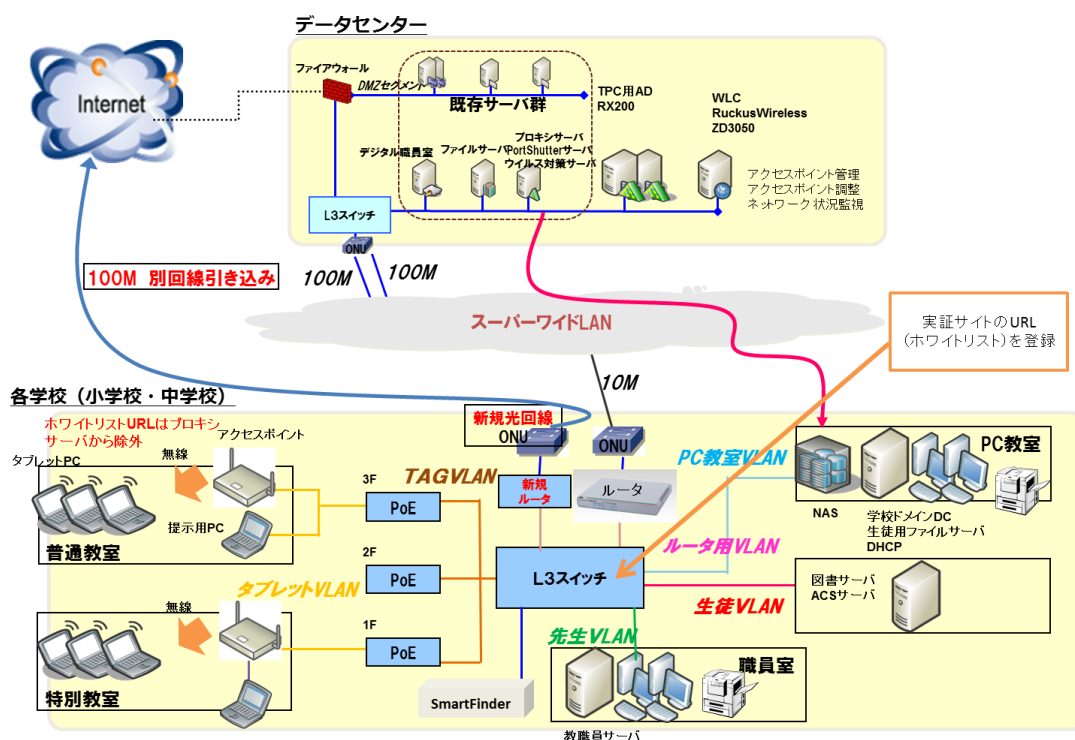


図 37. ネットワーク構成のイメージ

5.8.2 課題、対策、知見など

今回は 3 種の情報端末を検証校の既存環境で動作させるために、既存のプロキシサーバー等の設定を行った。その際情報端末によって設定方法が異なる等の理由から、動作させるまでの調整に時間を要した。

現在学校に導入されている情報端末は、プロキシサーバー経由でネットワークに接続されていることが多いため、既存環境に端末を参加させる場合には、プロキシサーバーの設定を各情報端末で設定することが必要となる。BYOD 運用の場合、この設定を児童・生徒に都度変更させることは困難であり今後の課題となる。

また、情報端末で障害が発生した場合、情報端末設定の問題か、ネットワークの問題か、コンテンツの問題か、プラットフォームの問題かの切り分けができず、問題解決に時間を要した。特にネットワークとプラットフォームの問題の切り分けが難しく、今後は障害時の切り分けの方法や手順を明確化する必要がある。

5.8.3 残された課題

情報端末に関しては、今回は既存の実証実験校の環境設定にあわせ、実証環境でのみでの動作実現を目的として導入したが、BYOD での運用となった場合は、自宅と学校双方の環境でそれぞれ独立した利用を実現させなくてはならず、セキュリティをはじめ、ネットワークの設定変更等運用面で多くの課題が生じる。BYOD を前提とした環境構築を考えるにあたっては、MDM⁶⁵や MAM⁶⁶等を導入した環境の設計、構築が必要となり、その検証が必要となる。

ネットワークに関しては、多くの自治体で構築されている教育用イントラネット環境下では、一人一台情報端末の整備により、学校が保有する情報端末台数が大きく増加した場合、情報端末からクラウドコンピューティング上にある教育用コンテンツに一斉に接続し利用するための通信帯域が十分に確保できず、運用に大きな支障をきたす懸念がある。本事業では、別途光回線を各学校に新設することで対応したが、今後は、多台数の端末が整備された環境下での運用を想定したネットワークの設計、構築が課題となる。

⁶⁵ MDM (Mobile Device Management)：企業などで社員に支給するスマートフォンなどの携帯情報端末のシステム設定などを統合的・効率的に管理する手法。それを実現するソフトウェアや情報システムなどのこと。

⁶⁶ MAM (Mobile Application Management)：業務で利用するスマートフォンなどの携帯情報端末で利用されるアプリケーションソフトを統合的・効率的に管理する手法。また、それを実現するソフトウェアや情報システムなどのこと。

5.9 実施検証

本格的な普及展開を見据えた教育向けクラウドサービスのモデルを検討するために開発したシステムならびに教育用コンテンツを、実際の教育の現場での実証授業を通じ、それにより見えてきた課題を整理した。

また、学校と家庭がシームレスでつながる教育・学習環境の構築に向けて、コンテンツの学習記録データのフォーマットの具体的な検討を行い、実装して得られた結果をまとめ、学校・家庭連携の実証の中で出てきた課題を整理した。

実証授業や家庭への持ち帰り、教員へのヒアリングなどの詳細は、「Appendix B 実証授業と家庭連携の詳細」を参照。

5.9.1 活動

学校の授業での検証、情報端末持ち帰りによる家庭学習との連携検証のために行った活動を示す。

- 検証校で授業を行う内容等、荒川区教育委員会指導主事へのヒアリング、調査を行った。
- 学校と家庭との連携について、検証に使用する教材とその連携内容について検討を行いながら、教材企画（コンテンツワーキングチーム）へのフィードバックを行った。
- 実証に協力していただく荒川区の検証校児童のユーザーアカウント（ID / パスワード）の発行について、個人情報保護にも配慮しながら検討を行った。
- 協働教育システム高度化の検証については、共通インターフェースにおける WebSocket (socket.io) を活用した開発以外に、検証校で使用に慣れのあるネイティブアプリケーションを使用することを検討、実施することとした。また、HTML5 で開発されたツールも検討し、開発を行った。
- 家庭での個別学習時における校外からのアクセス時の情報セキュリティ制御、確実なフィルタリングなどの安全・安心面の対応を検討した。
- 家庭でも、学校同様の教育・学習環境を構築するため、ルーターの用意・設定を行った。
- 総合テストの実施
平成 25 年 12 月 27 日、平成 26 年 1 月 9 日、29 日に、検証校 2 校にて、児童用情報端末と電子黒板を使用して総合テストを行った。以下、主な状況と対応をまとめる。

- ・ コンテンツの表示に時間がかかる

学校に整備されたネットワークや無線 LAN 環境では、アクセスが集中するとコンテンツが表示されにくくなったり、情報端末と電子黒板の連携に時間がかかったりするなどの問題があった。これは、端末の設定、共通インターフェースのプログラムの改善などの対策を講じることで、より安定して配信・実行できた。今後、全国展開を想定した場合、児童・生徒数や学校の立地条件を考慮し、複数の学校で実験をする必要がある。

- ・ iPad にて生徒用マイページが表示されない

プライベートブラウザの設定が ON になっており、Web Storage に書き込むときにエラーが出ていた。OFF にすることで対応した。

- ・ Android にて、ログインできない場合がある

コンテンツ側にノーキャッシュを設定することで対応した。

- ・ ブラウザーエラーが発生する

ログアウトが正常に行われていないためにエラーが発生していた。終了時はログアウトを行い、ログインはブックマークから行うことを徹底させた。

- 研修の実施

平成 25 年 12 月 19 日の地域協議会にて、実証協力 2 校の教員にコンテンツ説明会を実施した。また、教員用研修マニュアルの制作を行い、平成 26 年 1 月 9 日に検証校 2 校の ICT 支援員向けに教材使用の研修会を開催した。その後、ICT 支援員から各担当教諭へ、教材使用の詳細説明を行った。

- 実証授業の事前準備

検証校の教員は、実証授業に先立ち、平成 26 年 1 月 10 日から情報端末と教材を使用し、実証授業の準備に取りかかった。教材研究を行ったり、家庭への持ち帰りの指導に使用したりした。

- 授業のサポート、検証

平成 26 年 1 月 31 日から 2 月 13 日まで、本事業の検証スタッフが検証校に常勤して授業をサポートし、コンテンツの動作を検証した。以下、主な状況をまとめる。

1 月 31 日（金）第三峡田小学校

「漢字道場」を使った授業が行われた（対象：4 年生）。iPad、Android にて、ログイン後のエラーや、「漢字道場」での Ajax エラーが表示されることがあったが、キャッシュとクッキーのクリアで対応した。また、タブがたくさん開いて混乱する児童がみられたが、一度すべてのタブを消して対応した。

1 月 31 日（金）第二日暮里小学校

「みんなでメモ」を使った授業が行われた（対象：5 年生）。アクセスが集中してコンテンツが表示されないことがあったが、再表示して対応した。また、メモを書けなかったり、混線して別のグループの画面が表示されたりすることがあった。

2 月 3 日（月）第三峡田小学校

「理科実験クリップ」の動作確認が行われた（対象：3 年生）。iPad にてログイン後のエラーページが何度も表示される現象がみられたが、エラーが発生していたタブを閉じ、改めてログインすることで解決した。

2 月 12 日（水）第二日暮里小学校

「みんなでメモ」を使った授業が行われた（対象：5 年生）。グループに分かれて記入する際、サーバーとの接続が頻繁に切れ、書き込めない児童が半数弱いた。また、自動的な再接続に時間がかかったり、ブラウザの再表示を試しても接続されなかったりして、授業の進行に影響があった。

「自作教材コンテンツ共有システム」も使われた（対象：5 年生）。ログイン時の先生を選択する画面で、リロードや再起動をしても先生を見つけることができない児童が 5～6 人ほどいたが、先生でなく「自主学习」を選択することで授業を進行した。

- 実証授業の実施

平成 26 年 2 月 4 日、5 日、6 日、13 日に、検証校 2 校にて実証授業を実施した。詳細は、「Appendix B B.1 実証授業」を参照。

- 家庭持ち帰りの実施

平成 26 年 1 月 24 日～26 日、5 日、6 日、7 日に、検証校 2 校にて家庭への情報端末の持ち帰りを実施した。詳細は、「Appendix B B.3 家庭持ち帰りの概要」を参照。

5.9.2 課題、対策、知見など

- 本事業では、iPad、Windows、Android、3 種類の情報端末を使用し、HTML5 によるコンテンツの制作を行った。実証授業では、各情報端末においてコンテンツは問題なく動作した。
- 使用する情報端末による操作性の違いが懸念されたが、情報端末への慣れにより解決されていた。後に、児童が教え合う状況もみられた。ただし、機種による不具合が起きた際、IT 支援員や教員がその対応に時間をとられる状況がみられたため、今後、機種の操作マニュアル作成などの対応が必要と考えられる。
- 3 機種の中では、Android において、漢字の手書き練習結果の表示にわずかながら遅延が生じたり、認証下の映像ファイルが再生できないなどの課題があった。
- ユーザーID とパスワードでログインを行い、ユーザー認証の仕組みを通じてシングルサインオンを実現した。学校での学習、家庭への持ち帰り学習、ともにログインでき、コンテンツは動作した。
- ログイン時、ID やパスワードの入力が求められるが、検証校の児童は問題なくログインしていた。ただし、クラスで数人、正しく ID とパスワードを入力したにも関わらず、直前のログイン情報がブラウザーに残っていたため、ログインできない場合があった。これは、IT 支援員によりブラウザーのキャッシュやクッキーをクリアするなどの対応が必要であった。このような運用上で対処できる内容などは、随時、教材の取扱いマニュアルに反映させ実証を進めた。
- 学習記録データ上において、学校・家庭連携が正しく行われていた。例えば、「漢字道場」の学習記録において、2 月 5 日（水）の実証授業での記録と、当日、宿題として持ち帰った際の継続した学習記録が正しく残っていた。
- 家庭への持ち帰りにおいて、「タブレットの画面は、問題なく表示されましたか」の質問に「はい」が約 24%、「画面の表示に時間がかかった」が約 24%、「エラーが出たり、動かなかったりした」が約 42%であった。児童たちへ不具合が発生した状況のヒアリングを試みたが、状況をうまく伝えられる児童はほとんどおらず、原因を特定することは困難であった。このような課題については、児童でもわかる操作手順チェックシートなどを用意し、不具合の原因箇所がある程度特定しやすい実証環境を構築することが望まれる。

- 家庭への持ち帰りにおいて、保護者の意見として、「視力低下」「画面が小さい」「児童自身で操作できず、かえって手間がかかる」「紙での学習のほうがよい」などが多くみられた。今後、健康への影響についての配慮、操作マニュアルなどが求められる。また、高額機器を持ち帰ることにより、強盗・盗難など安全面での意見もみられたため、持ち帰りに際しての配慮も必要である。
- 情報端末の使用において、ノート同様、縦にして使用する場合が多くみられた。また、筆箱などで傾斜をつけ、見やすい角度にして使用する状況がみられた。今後、使用しやすい環境を考慮する必要がある。
- アクセシビリティ面では、代替テキストや、iPad の Voice Over による読み上げ機能への対応を試みた。今後、特別支援学級についての実証実験も必要と考えられる。
- マニュアルの整備、ヘルプデスクの検討
保護者へのアンケートに「タブレットを使用していて困ったことや、家庭での学習について意見がありましたら、ご記入ください。」という質問を自由記述方式で行った。
 - ・ 「エラーが出たり、トラブルが起きたとき、親に聞かれてもわからなかったり、忙しかったりで対応できず、宿題をできないことがありました。」
 - ・ 「教材が開かずにエラーになってしまい、また、まわりの大人が教えてあげられないので困りました。」これらの意見が寄せられた。
家庭に情報端末を持ち帰った際により詳しいマニュアルや、場合によってはヘルプデスク対応についても、今後、考慮していく必要がある。
ヘルプデスクを設けた場合、問い合わせの一次受付で、何(どこ)に問題があるのかを判断し、切り分け、対処するのが重要と考える。
また、ヘルプデスク自体も、ICT 支援員が対応するのか、専用ヘルプデスクを設置するのか、情報端末、ネットワーク、クラウド等のヘルプデスクに集約するのか等、今後考慮が必要である。

5.10 教員 / ICT 支援員研修

本項では各検証校の教員が授業実践においてコンテンツを利用するにあたり必要な前提知識の付与を目的として実施した教員 / ICT 支援員研修について記述する。

本事業の検証校である第二日暮里小学校および第三峡田小学校の実証対象学級の教員 / ICT 支援員へ向け、授業実践の中で利用するコンテンツの概要や操作方法、および児童・生徒が家庭学習の一環として情報端末を自宅等に持ち帰る際の留意点等について、実証期間の前段に研修を実施した。

マニュアル作成に伴うコンテンツ内容の把握、研修当日の質疑やトラブルシューティング等の観点からコンテンツ開発チーム、研修対象の召集、研修にて利用する端末準備等の必要性から学校の ICT 環境整備チームと適宜連携を図ることとした。

5.10.1 活動

研修の実施、およびコンテンツ開発の進行に伴うコンテンツ機能や操作の改変に関する教員への情報提供等を目的として以下活動を実施した。

研修マニュアル作成

研修内容の策定にあたり、NTT ラーニングシステムズ（以下、NTTLS）よりコンテンツ制作会社に赴き、コンテンツの解説およびデモンストレーションを受け、可能なものについては試行した。情報端末等ハードウェア関連および持ち帰り時のポリシー、テスト ID 等、研修対象として盛り込みが必要と想定される内容は、適宜 ICT 環境整備チームや事務局との協議、あるいは情報提供を受けることを以て対応した。その後、各コンテンツ制作者等より受領したコンテンツの説明資料や画面キャプチャを基にマニュアルを作成した。マニュアルの主な内容は以下の通り。

マニュアルの主な内容

- 各検証校への提供物品内容詳細
- 情報端末の管理に関する留意点
- 児童・生徒に情報端末を持ち帰らせる際の指導上の留意点
- 情報端末を利用中に生じ得るトラブルシューティング
- 情報端末の起動から教員用 / 生徒用マイページのログイン画面に至るまでの機種別の動線
- ログイン画面からコンテンツ利用に至るまでの動線
- 各コンテンツの概要、主な機能、操作方法、狙い、授業実践の中で想定される利用方法
- コンテンツ間の機能の使い分け
- 情報端末の持ち帰りを想定した児童・生徒用マニュアル
- 参考資料（導入されているアプリケーション、ICT 環境構成図等）

研修の実施

作成した研修マニュアルをテキストとして以下の通り研修を実施した。研修実施に伴う日程調整、研修対象の召集、会場用意、端末準備は ICT 環境整備チームと連携を図った。会場設営、テキスト準備、講師は NTTLS にて実施し、一部の授業支援ツールの機能および操作方法の解説はコンテンツ制作者にて実施した。

表 10. 研修概要

日時	2014/1/10(金) 15:00-18:00
場所	第三峡田小学校
対象者	ICT 支援員 計 6 名
回数	1 回
講師	NTTLS(一部コンテンツの操作説明は内田洋行および東大英数理教室にて実施)
参加者	事務局、コンテンツ制作者等 30 名程度
内容	・マニュアルに基づく解説、実機操作 ・質疑応答

研修は対象者 1 名に対して iOS および Android の情報端末を配備し、テキストを参照し実機を操作しながら進行することとした。研修末尾に質疑時間を設けたが、コンテンツ関連の内容が多岐に亘ることから研修中随時質疑を受け付け、内容によってコンテンツ制作者から回答を得ることとした。

マニュアルの改訂および展開

コンテンツ開発は研修実施後も進行するため、これに伴うコンテンツ機能や操作の改変に関する教員への迅速な情報提供の必要性から、コンテンツ制作者よりコンテンツの改変について随時報告を受け、改変内容を踏まえたマニュアルの改訂および ICT 支援員へのメールによる展開を図った。

5.10.2 課題、対策、知見

以下、教員 / ICT 支援員研修を通じての知見および課題等について記述する。

知見

各 OS や各コンテンツはそれぞれ構成や操作方法が異なるため、OS やコンテンツごとに可能な限り画面遷移の単位でページを構成するとともに、画面キャプチャを用いて文字情報を最少化することで、情報端末が手元になくともマニュアルの参照

により、一定程度コンテンツの操作性や機能をイメージできる作りとした。

また、開発段階で生じるコンテンツ内容の差し替えやプレゼンテーション形式での研修に耐え得るよう、資料は全編スライドベースで作成した。

授業等での児童・生徒への操作説明時、教員が任意で必要な内容をデータから抜粋し補助資料として活用できるよう、マニュアルは授業支援ツール等が記載された「指導者用ページ」とコンテンツ操作等が記載された「指導者および児童・生徒共用ページ」で構成した。

研修後、現場より情報端末持ち帰り時に教員が児童・生徒へそのまま配布可能な資料の要望が挙がったことから、モバイルルーターや情報端末の起動から終了までの動線を追加収録した児童・生徒用マニュアルを作成し提供した。

課題

今回のコンテンツはアジャイル開発的思想であるため、実証期間に及んで開発が進行し、研修時点でコンテンツの機能や実装に関わる検討がなされている段階であった。研修後もコンテンツの機能や操作、ユーザーインターフェースの改変に伴い都度マニュアル改訂が必要となった。このため、ICT 支援員へ向け日々改訂版を共有することとなる上、この工程分のタイムラグが生じがちであった。また、イメージを多用したマニュアルは容量が大きく、各社のメーラーやセキュリティの関係からマニュアル全体の共有そのものが容易ではなかった。

こうした観点から、アジャイル開発的なコンテンツの研修は、コンテンツの狙いや主要機能、操作イメージの概要を掴むための機会として位置付け、コンテンツ制作者の立ち合い等により質疑やトラブルシューティングへの対応が可能な体制を用意しておくことが妥当であると考えられる。

また、コンテンツのマニュアル等資料は、高頻度な改訂や即時展開の必要性に答え得る、例えばウィキペディアの様な相互編集、即時反映、閲覧が可能なクラウド環境のプラットフォーム等仕組みでの運用が妥当と考えられる。こうした Web 上のマニュアルであれば、動画等リンクの貼り付け等も容易で、文字や画像のみでは解説できないインタラクティブな操作説明も容易となると想定される。

5.10.3 残された課題

教員 / ICT 支援員研修において全国展開を見据えた場合、各校への訪問研修の再現性が低くなるため、操作方法の伝達レベルの内容については、以下のようなオンラインでの自学研修形式について検討する余地がある。

- ・ オンライン動画解説
- ・ Web マニュアル
- ・ e ラーニング教材

6. 得られた知見

6.1 検証テーマと実証結果

それぞれの検証テーマに対し行った検証の結果の要約は次の通りである。個々の事象の詳細は、5 章および Appendix を参照のこと。

6.1.1 普及・展開を念頭においた教育クラウドサービスモデル

クラウド上でのユーザーアカウント等の情報端末の一元的な管理

ユーザー認証の仕組みのプロトタイプを構築し、技術的な検証を行った。高等教育機関の間ですでに実用化されている学術認証フェデレーション（学認）を参考に、初等中等教育に合わせた設計を検討して実装を行った。本来、アカウント管理用の IdP (ID Provider) サーバーの設置と管理は所属機関である学校あるいは教育委員会が行う設計であるが、本年度は児童・生徒の情報の提供を受けて代行して設置した。児童・生徒および教員に対して、それぞれの権限が付与されたアカウントを設定し、ID とパスワードを発行して、それらでログインを行ってもらい、動作を検証した。

デジタル教材やツールなどの教育用コンテンツは SP (Service Provider) サーバーに置き、アクセス認可の情報を管理する AtrP (Attribute Provider) サーバーも設置した。一度のログイン操作ですべての Web アプリケーションが利用可能なシングルサインオンを目指し、すべての教育用コンテンツ (Web アプリケーション) をこのユーザー認証の仕組みに連動させた。

SSL で暗号化して連携を行うことによって、一定のセキュリティを確保した。また、ネットワーク上に流れる個人に関する情報は最小限にとどめ、氏名は分からなくても個人を特定できるようにし、個人情報保護に配慮した。

認証サーバーのレスポンスタイムは実用に耐えるスピードであることを確認した。一方、ユーザー数が増大したときの負荷や、教育用コンテンツの数が増えた時の AtrP の設計、教員や学校管理者、あるいは保護者が児童・生徒の情報にアクセスできるようにするための効率的なアカウントの設定方法、既存のアカウントとの信頼性を確保した連携の方法など、さらに検証が必要な項目も多く認められた。また、学校あるいは教育委員会が児童・生徒の情報をどう管理するかポリシーを検討して設定し、IdP でアカウントを管理するための、簡単で信頼性の高い方法を検証する必要がある。

参照項目：

「2.4 ユーザー認証の方法：SAML2.0 / Shibboleth」、

「5.2 教材利用支援・授業準備」、

「5.3 認証基盤」

クラウド上での学習記録・履歴（ビッグデータの利用を視野に入れた情報）などの一元的な管理および効果的な集約・提供

学習記録・履歴を保存する方法を技術的に検討し、実装して検証を行った。用途に適した学習記録データのフォーマットを検討し、統一規格として Experience (Tin Can) API を採用した。サンプルコードをコンテンツ制作ガイドラインに記載し、それぞれの教育用コンテンツおよび共通インターフェースから学習の履歴を出力し、学習記録データ用のサーバーに格納した。Experience API は非常に柔軟な構造を持っているが、教育用コンテンツから見たときには検索性が十分でなく、前回の学習の終了時の状況を示すデータを取り出す時に不便があったため、独自にフォーマットを拡張して、この目的を満たした。学習記録データが取りこぼしなく保存でき、後で取り出しが可能であることを確認した。

一方、今回の検証は教育用コンテンツが出力したデータをサーバーに記録する部分に対してのみ行っており、どのようなデータを学習記録・履歴として保存すべきか、また保存したデータをどのように分析すべきかに関しての検証は行っていない。また、学習記録データのデータ量は膨大なものになることが想定され、それをどのように管理、活用するか、十分な検討が必要である。さらに、学習記録データを出力するためには教育用コンテンツに独自のコード（プログラム）を追加する必要があり、コンテンツ制作に負荷をかけるため、これを簡便に行える方法を検討して開発する必要がある。また、ブラウザ上で独自のコードを実行することで、自らの学習記録データを不正に生成することを阻止する方法を検討する必要がある。

参照項目：

「2.6 学習履歴の記録方法：Experience (Tin Can) API」、

「5.2 教材利用支援・授業準備」、

「5.4 コンテンツ開発」、

「5.9 実施検証」、

「Appendix A 開発した教育用コンテンツ」、

「コンテンツ制作ガイドライン」

クラウド上での利用環境に応じたアプリケーション制御（HTML5 の利用等）、HTML5 コード等の秘匿化など情報セキュリティ制御

教育用コンテンツはすべて HTML5 で記述し、規定した 3 種類の OS およびブラウザ上で同等に動作することを確認した。また、教育用コンテンツに含まれる JavaScript のコードに対してはツールによって難読化を行ない、ロードの方法も変更して、できる限りコードの秘匿化を行った。今年度は DRM などの検討は行っていない。

参照項目：

- 「2.3 アプリケーションの実行方法：Web アプリケーション」、
- 「2.5 コンテンツの記述方法：HTML5」、
- 「5.1 共通インターフェース」、
- 「5.4 コンテンツ開発」、
- 「5.5 コンテンツ制作ガイドライン」
- 「Appendix A 開発した教育用コンテンツ」、

多種多様かつ豊富なデジタル教材やソフトウェア資産の供給方策、供給基盤の標準要件

全国の初等中等学校からアクセス可能な、クラウド上の教育・学習用プラットフォームを構想し、基礎的な実装を行った。具体的には、マーカーやメモ、ログアウトなどの、多くの教育用コンテンツに共通する機能を、共通インターフェースとしてクラウド上にまとめ、各コンテンツからそれ呼び出して利用することにより、ユーザーインターフェースの共通化を図るとともに、制作コストの低減を目指した。また、生徒ごとに利用可能な教育用コンテンツをまとめた生徒用マイページを作成し、そこから各教育用コンテンツを呼び出す仕組みにすることで操作の共通化を図った。

さらに、ブラウザによる HTML5 の実装の違いを超えてワンソース・マルチデバイスを実現するためのノウハウを集め、共通インターフェースやユーザー認証、学習記録データの仕組みを共有し、本事業の教育・学習用プラットフォームに適合させるための規定とともに、コンテンツ制作ガイドラインにまとめた。

検証校での授業においてこの教育・学習用のプラットフォーム上の教育用コンテンツを活用することを通じて、いくつかの制約はあるものの、HTML5 を利用して十分な品質のデジタル教材やツールが作成可能であることを確認した。

また、クラウドコンピューティングのメリットを活かし、デジタル教材やツールなどの教育用コンテンツはクラウド上に分散して置けるようにし、将来の拡張性を考慮した。

さらにコンテンツを利用する認可判断を行う仕組みを用意し、将来的に有料なもの

を含む多種多様なコンテンツを供給するための基礎的な実装を行った。

参照項目：

「2.2 コンピューターの利用方法：クラウドコンピューティング」、
「2.3 アプリケーションの実行方法：Web アプリケーション」、
「2.5 コンテンツの記述方法：HTML5」、
「5.1 共通インターフェース」、
「5.4 コンテンツ開発」、
「5.5 コンテンツ制作ガイドライン」、
「5.7 クラウド」、
「5.9 実施検証」
「コンテンツ制作ガイドライン」

同時アクセス等における負荷回避方策

多くの企業や団体がさまざまなデジタル教材やツールをこのプラットフォームを通じて提供し、全国の小中高校および特別支援学校から利用することを想定し、システムの基本的な設計を行った。具体的にはクラウドコンピューティングのメリットを活かし、将来のアクセスの増大に対応できるよう、アプリケーションの構成を検討し実装を行った。特に処理の負荷がかかると想定される共通インターフェースでは、サーバーサイドの機能に高負荷に対する実績がある **node.js** を採用して実証を行った。

また、システムや教育用コンテンツの制作メーカーによる個別のテスト、全体を統合した総合テスト、さらに検証校の実地の環境におけるテストを行ない、実証授業での使用に耐えるように各部の調整を行った。

さらに、シンプルな構成ながら、通信インフラやサーバーに負荷がかかる仕掛を意図的に試し、タブレット端末の状況を観察するとともに、クラウド上の各サーバーでログデータを収集し、将来のさらなる方策に生かすための基礎的な分析を行った。

児童・生徒のタブレット端末上で操作をしてから結果が現われるまでのレスポンスタイムは、以下のような要素がボトルネックになり得ることが確認できた。

- サーバーの処理能力
- 学校のインターネットアクセス回線の帯域幅と同時アクセス数
- タブレット端末のハードウェアや LAN 関連のドライバーの性能
- OS やブラウザの設定
- Wi-Fi アクセスポイントの性能と調整
- 校内 LAN や地域イントラネットの設計と性能
- コンテンツのデータ量
- プログラムの設計と実装

今回の実証は小規模なものであり、全国展開モデルとするためには、さらに多くの検証を行なう必要がある。

参照項目：

- 「2.2 コンピューターの利用方法：クラウドコンピューティング」、
- 「2.3 アプリケーションの実行方法：Web アプリケーション」、
- 「2.4 ユーザー認証の方法：SAML2.0 / Shibboleth」、
- 「2.5 コンテンツの記述方法：HTML5」、
- 「2.6 学習履歴の記録方法：Experience (Tin Can) API」、
- 「5.1 共通インターフェース」、
- 「5.2 教材利用支援・授業準備」、
- 「5.3 認証基盤」、
- 「5.4 コンテンツ開発」、
- 「5.5 コンテンツ制作ガイドライン」、
- 「5.7 クラウド」、
- 「5.8 検証校環境構築」、
- 「5.9 実施検証」

6.1.2 学校・家庭の連携

クラウドコンピューティング技術を活用し、オンラインを基本としたシームレスな教育・学習環境の構築および必要要件の整理

ユーザー認証の仕組みを活用した教育・学習用クラウドプラットフォームにより、インターネットアクセス環境があれば、家庭など学校外からも学校と同様な機能を活用できるように設計し実装を行った。また、学習記録データを活用し、前回の学習の終了時点から学習を再開できるようにコンテンツを設計し、学校と家庭のシームレスな連携を図るための基礎的な確認を行った。

参照項目：

- 「2.2 コンピューターの利用方法：クラウドコンピューティング」、
- 「2.3 アプリケーションの実行方法：Web アプリケーション」、
- 「2.4 ユーザー認証の方法：SAML2.0 / Shibboleth」、
- 「2.5 コンテンツの記述方法：HTML5」、
- 「2.6 学習履歴の記録方法：Experience (Tin Can) API」、
- 「5.1 共通インターフェース」、
- 「5.2 教材利用支援・授業準備」、

- 「5.3 認証基盤」、
- 「5.4 コンテンツ開発」、
- 「5.5 コンテンツ制作ガイドライン」、
- 「5.7 クラウド」、
- 「5.9 実施検証」

低廉・多種多様な情報端末の持ち込み・持ち帰り（BYOD）を前提とした情報セキュリティ要件、技術的要件等の整理。特に家庭での個別学習時における校外ネットワークからのアクセス時の情報セキュリティ制御、確実なフィルタリング、保護者による情報端末の管理方策などの安全・安心面への対応方策の整理

情報端末の機器認証ではなくユーザーを認証することにより、情報端末のモデルや OS の種類に関わらず一定の方法でユーザーの特定を可能にするとともに、ログインをしていないユーザーからのアクセスを排除した。サーバーとのすべての通信は SSL を用いて暗号化するとともに、クラウド上のサーバー間で認証フェデレーションを構成して認証情報および属性情報の安全な受け渡しが行なわれるようにして、情報漏えいを防止した。また、クラウドでは全体をウィルス対策、ファイヤーウォールなどで保護するとともに、運用・保守系に VPN を用いてセキュリティ対策を施した。これらの仕組みは学校外からのアクセスも学校内からのアクセスとまったく同等に扱われ、家庭での学習時のセキュリティを担保した。

今回の実証では、家庭での利用時にフィルタリング機能が付いた無線ルーターを貸出し、そのルーターを経由してインターネットにアクセスすることによって、フィルタリングを行った。今回の実証の主眼は教育・学習用プラットフォーム上に展開された教育用コンテンツに対するアクセスにあり、それ以外の Web 上の情報に対するアクセスに関しては、上記の無線ルーターのフィルタリングによる対策のみを行っている。

参照項目：

- 「2.2 コンピューターの利用方法：クラウドコンピューティング」、
- 「2.3 アプリケーションの実行方法：Web アプリケーション」、
- 「2.4 ユーザー認証の方法：SAML2.0 / Shibboleth」、
- 「5.1 共通インターフェース」、
- 「5.2 教材利用支援・授業準備」、
- 「5.3 認証基盤」、
- 「5.7 クラウド」、
- 「5.8 検証校環境構築」、
- 「5.9 実施検証」、

「5.10 教員 / ICT 支援員研修」、
「Appendix B 実証授業と家庭連携の詳細」

家庭で予習・復習を行う児童を支援するとともに、児童 1 人 1 人の能力や特性に応じた学習をサポートする保護者を支援するための機能の検討

児童・生徒個別の学習の進捗を学習記録データとしてクラウド上に保持することにより、児童・生徒本人だけでなく、保護者もその情報にアクセスすることが可能な設計とした。

また、児童・生徒の学習状況を保護者も見ることができるようにするため、ユーザー認証の仕組みに保護者のアカウントを含める方法の検討を行った。本年度は、児童・生徒 1 人に対して 1 つの保護者アカウントを設定する設計とした。

一方、保護者用の ID とパスワードをどのように保護者に通知するか、職場や家庭で普段使用している ID とパスワードとの連携は必要か、兄弟姉妹が同じ学校に通う場合にアカウントをどう統合するか、離婚 / 再婚などの家庭環境の変化にどう対処するかなど、制度や運用面で解決すべき課題が多いことを確認した。

参照項目：

「2.2 コンピューターの利用方法：クラウドコンピューティング」、
「2.4 ユーザー認証の方法：SAML2.0 / Shibboleth」、
「5.2 教材利用支援・授業準備」、
「5.3 認証基盤」、
「5.7 クラウド」、
「5.8 実施検証」
「Appendix B 実証授業と家庭連携の詳細」

6.1.3 協働教育システムの高度化

画面転送機能等の協働教育システムについて、無線 LAN 環境での利用を前提としたソフトウェアの改修・開発、クラウド化などの普及・展開を見据えた高度化に求められる標準要件

児童・生徒の画面、教員の画面、電子黒板の間の画面転送に関し、ネイティブアプリケーションを使う方法と、Web アプリケーションで実現する方法の 2 つの実装を行ない、実証授業で使用して検証を行った。本事業ではネイティブアプリケーションを使わないことを原則としているが、多機能の画面連携を行うにはネイティブアプリケーションが有利であり、この用途に対してのみ比較検討のため両方の方法を試みた。

ネイティブアプリケーションを使う方法では、3 つの環境に合わせてそれぞれアプリケーションを制作し、インストールして使用した。1 つの教室に 3 種類の OS が混在する環境でも動作することを確認した。

Web アプリケーションで実現する方法では socket.io を使い、アプリケーションを児童・生徒のタブレット端末にインストールすることなく、共通インターフェースのサーバーと情報をやり取りすることにより、電子黒板と画面の連携を行った。

参照項目：

- 「2.2 コンピューターの利用方法：クラウドコンピューティング」、
- 「2.3 アプリケーションの実行方法：Web アプリケーション」、
- 「5.1 共通インターフェース」、
- 「5.7 クラウド」、
- 「5.8 検証校環境構築」、
- 「5.9 実施検証」

6.1.4 普通学校における特別支援が必要な児童への対応

普通教室における特別な教育的支援を必要とする児童のための効果的な ICT 利活用方法についての検討。特にユーザーインターフェース等

今回の実証では HTML5 を使って多種類のデジタル教材やツールを制作したが、これらの教育用コンテンツをアクセシブルなもの（AIM: Accessible Instructional Materials）にすることを目指した。W3C が規定している、アクセシブルな Web ページの規定である Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0 をベースに、日本の状況に即したアクセシビリティガイドラインを作成し、それを元に教育用コンテンツを制作した。さらに制作した教育用コンテンツがアクセシビリティガイドラインに沿っているか、また特別な支援を必要とする児童・生徒のニーズに合っているかに関し、有識者の評価を受け、「アクセシビリティ評価レポート」にまとめた。本事業では特別な支援に関する新たなツールの開発は行わず、OS に付属している機能やすでに利用可能なツールを援用することを想定した。

参照項目：

- 「2.7 特別な支援が必要な児童・生徒への対応の方法：アクセシブルな教育用コンテンツ」、
- 「5.4 コンテンツ開発」、
- 「5.6 アクセシビリティガイドライン」、
- 「5.8 実施検証」、

「Appendix A 開発した教育用コンテンツ」、
「Appendix C アクセシビリティ評価レポート」
「アクセシビリティガイドライン」

6.1.5 災害時アラート機能の実現

本事業で構築したクラウドシステムをベースとした、災害時のアラート機能の実現

本事業の実証テーマとして示された上記の 4 つに加えて、応募時に設定した独自テーマとして、防災アラート機能を実装し検証を行った。具体的には、児童・生徒の情報端末とクラウド上のサーバーを結ぶ socket.io (WebSocket) の機能を活用し、教員が専用のページで設定したメッセージを、その時にログインしているすべての児童・生徒の情報端末に表示する仕組みを検証した。

参照項目：

「2.3 アプリケーションの実行方法：Web アプリケーション」、
「5.1 共通インターフェース」、
「Appendix B 実証授業と家庭連携の詳細」

6.2 技術的要件の整理

ここでは、主要な観点ごとに、本事業で得られた知見を基に、技術的な課題の整理を行う。なお、さらに検証が必要な項目は、7 章にまとめる。

6.2.1 Web アプリケーション

本事業では、学校での利用に適した仕組みを、インストール作業を必要とするネイティブアプリケーションを一切使わずに、Web アプリケーションのみでどの程度実現可能かについて検証した。実証授業やアンケートの結果などから、実用性に関し十分な可能性があるかと判断している。一方、本年度の実証は常時接続を前提としているが、その信頼性に関し、さらなる検討が必要である。

表 11. Web アプリケーションに関する知見

実証課題	本事業を通じて得られた知見
オープン性	HTML5 はオープンな規格であり、ベンダーロックインされずに、さまざまなコンテンツが制作および提供可能である。
ネットワークへの負荷	昨今、国内でも普及が進んでいる PaaS、IaaS といった本格的なクラウドシステムを採用し、一時的な集中アクセスや、動画などの重いファイルによる負荷についてデータを検査したところ、クラウド側については十分余裕があることが分かった。本事業で使用した 100Mbps 程度の帯域幅があれば、適切に設計されたデジタル教材の利用には支障は少ない⁶⁷と考える。
HTML5 の表現力	従前の動的な Web ページでは、サーバー側で HTML を組み立てブラウザに送信する方法が一般的である。ブラウザ内の表示データを変更する場合は、再度サーバー側で新しいデータと組み合わせて HTML を組み立て、画面全体を書き換えるため、紙芝居のような見え方となる。一方、HTML5 では JavaScript により、ある程度のデータ処理と表示が可能で、クライアント側で完結できる処理はサーバーへの問い合わせは発生しない。これにより、サーバー側はデータを入出力することだけの処理を行えばよい。これによって、画面全体の再描画がなくなり、見やすいデジタル教材が制作可能となる。 • WebSocket, WebStorage, WebCache 限定的ではあるが、データの保存や通信によるロードが可能になり、ネイティブアプリケーションに近いデータ操作も可能である。 • Video, Audio, Canvas, SVC ネイティブアプリケーションでしか表現できなかったことも HTML5 で可能になっている。 • レスポンシブデザイン 情報端末の解像度が異なる場合でも、HTML5 ではレスポンシブデザインにより、画面サイズごとにプログラムを書き変えず、スタイルの変更で対応可能である。

⁶⁷ 動画などの重いファイルに対して一斉にアクセスするようなケースでは、専用の仕組みを用意するなどの対応が必要である場合も考えられる。また、期待したように動作しない場合でも、回線の帯域幅以外に原因がある場合もあり、利用するネットワークの特徴を理解し、正確な検証が行われるべきである。

HTML5 での制作	HTML5 で制作することにより、コンテンツが構造化されてデザインとプログラムが分離されるため、大規模な画面レイアウトの変更が可能になるなど、大きな利点が実際に確認された。グラフィカルなデザインに対しても画像データは最低限のパーツで抑えられ、コントロール類に関してもほとんどをテキストエディタで制作・編集できることから、バージョンアップや内容の編集が容易で、HTML5 での制作は将来性という点でも有利であると考ええる。
HTML5 でのコードの秘匿化	通常の状態では、ブラウザ上で JavaScript のプログラムコードを参照することができるため、権利関係で懸念を持たれるケースがある。本事業では、一般に Web アプリケーションで行われている方法も参考にしながら、コードの難読化を行うとともに、ロードの方法を変更して、できる限りコードの秘匿化を行った。 ネイティブアプリケーションも、リバースエンジニアリングなどによってある程度の解析は可能であることを考えれば、本事業で取った対策で、権利者の一定の理解を得られると判断している。
情報端末での成績判定	できる限りのコードの秘匿化を行ったとしても、サーバーではなく情報端末上で JavaScript コードにより成績判定を行うと、不正な書き換えの可能性などの課題があることが判明した。
端末－サーバー間の双方向通信	本事業では socket.io を使い、リアルタイムな双方向通信を試験した結果、ロングポーリング ⁶⁸ が有効であることが分かった。アプリケーション側の設計や双方向通信をどのように利用するのかにもよるが、実用的な仕組みは実現可能と考えられる。
デジタル教材のレスポンス	特に問題となる点は確認されない。教育用コンテンツの設計による影響は想定されるが、操作に対する反応を見ても良好であった。
電子黒板連携	現状は、情報端末と電子黒板の連携は、ネイティブアプリケーションを使って実現している。本事業では、HTML5 による代替を試み、ある程度の機能制限はあるものの、想定した成果を得た。 この方法は、インターネットを介してリアルタイムな双方向通信を行って実現しているため、原理的には教室外にいる学習者

⁶⁸ Ajax による xhr-polling のこと。

	やほかの学校にある電子黒板との連携も可能であり、将来の応用が期待できる。
--	--------------------------------------

6.2.2 シングルサインオン

インターネット上に分散したクラウド上の各種教育用コンテンツを認証連携することで認証フェデレーションを構成し、校内 LAN、モバイルルーターを通じて教育クラウドにアクセスして、シングルサインオン、コンテンツ利用管理や、ユーザー管理が各教育用コンテンツ間でスムーズに連携し、児童・生徒、教員、保護者にいつでもどこでも教育環境を提供することが可能となることを確認した。

表 12. シングルサインオンに関する知見

実証課題	本事業を通じて得られた知見
複数クラウド間の認証連携機能	教育委員会が運用し、学校がその内容を管理する IdP と、教育用コンテンツベンダーが提供する SP というモデルにおける、複数のクラウド上に構築した IdP、SP 間でシングルサインオン、シングルログアウト機能が正しく動作することを確認した。特に、児童・生徒の操作において、スムーズにシングルログイン、シングルログアウトが行えることを実証した。
コンテンツ利用権限管理機能	IdP、AtrP で管理する各種属性が、SAML2.0 プロトコルにより新規策定したスキーマを利用して分散するクラウド上のサービスに送信され、生徒用マイページ、共通インターフェース、および各種教育用コンテンツにおいて利用権限管理機能や属性表示が正しく動作することを確認した。
シングルサインオンのレスポンスタイム	校内 LAN、モバイルルーターを通じた教育クラウドへのアクセスにおいて、シングルサインオン時のレスポンスタイムが問題ないことを確認した。
認証・属性プロトコル	共通インターフェース、各種教育用コンテンツが蓄積する学習記録データに付与する児童・生徒の ID や、各種権限管理等のため教育用コンテンツの中で利用する各種属性に関して、SAML スキーマが定義できること、また、この初等中等教育向け SAML スキーマを用いてそれら属性が正しく送受信できることを確認した。

情報端末上での認証動作	3 種類のタブレット端末上で、シングルサインオン等の認証連携動作や、各種属性送付による利用権限管理機能が正しく動作することを確認した。
ログイン画面のデザイン	パソコン、タブレット端末、電子黒板において、キーボードまたはソフトキーボードを利用して、教員、児童・生徒が問題なくログイン情報を入力できるデザインとなっていることを確認した。
教育用コンテンツサービスと認証機能の分離	SP モジュールをインストールしたクラウド上のサーバーにより、HTML5 の教育用コンテンツを置くだけで、シングルサインオンが機能すること、また、別のクラウドサーバーから提供され、教育用コンテンツとは独立してシングルサインオンする共通インターフェースと連携して動作することを確認した。さらに、教育用コンテンツ側に共通インターフェース API としてログアウト機能を公開し、教育用コンテンツ側で 1 行入れるだけでシングルログアウト機能が正しく動作することを確認した。

6.2.3 学校・家庭の連携

本事業では、学校・家庭の連携を可能とするために、BYOD を前提とし、オンラインを基本としたシームレスな教育・学習環境の構築をクラウドコンピューティングの技術を活用してどの程度実現可能かについて検証した。実証授業やアンケートの結果などから、実用性に関し十分な可能性があるかと判断している。

表 13. 学校・家庭の連携に関する知見

実証課題	本事業を通じて得られた知見
家庭からのアクセス	本事業では、学校内にオンプレミスサーバーを設置せず、デジタル教材を含むすべての Web アプリケーションをクラウドシステム上に置き、インターネット上に公開した。 インターネットに接続可能な環境と OS に標準搭載されているブラウザさえあれば良く、情報端末の種類やアクセスする場所を限定せずにアクセス可能である。 市販されている最新の情報端末の多くはこの条件を満たしており、家庭からのアクセスにおいて支障はないと考える。
家庭でのデジタル教材の利用	アンケートの結果によると、「生徒・児童自身で操作ができず学習を開始するまでに時間がかかった」、「高層マンションの高層階で持ち帰ったモバイルルーターの電波が入らず、イン

	ターネットに接続することができなかった」等、何らかのトラブルが発生した生徒・児童がいた。 生徒・児童のみで操作できるよう、よりシンプルで直感的に操作可能なユーザーインターフェースを持つ Web アプリケーションの制作やインターネット接続環境を持たない家庭へのサポート等が必要であると考ええる。 一方、トラブルなく家庭学習を行えた児童・生徒も多くいたため、前述の課題を解決することができれば、家庭でのデジタル教材の利用において支障はないと考える。
学習記録データ	本事業では、Experience (Tin Can) API を利用して、さまざまなコンテンツの学習記録データの規格を統一した。学習記録データを一元的にクラウド上に蓄積することで、学校・家庭間での連続性を担保することができた。 Experience API は、形式を固定しながら、意味の拡張が容易にできるため、さまざまな要求に対応できる柔軟性を確保できる。将来のビッグデータ化のための基盤となりうる可能性を見いだすことができた。
情報端末の設定	本モデルでは、VPN の構築やネイティブアプリケーションのインストールといった作業は基本的に必要ない。そのため、導入は容易であると言える。 情報端末の設定が限られているため、BYOD に適したモデルであると考ええる。

6.3 コストモデルと試算

「全ての小学校、中学校、高等学校、特別支援学校で教育環境の IT 化を実現する」ための大きな課題の一つは、そのコストである。

教育用コンテンツとして、ネイティブアプリケーションを利用する場合、情報端末はネイティブアプリケーションごとに動作が保証されたものである必要があった。

学校や自治体独自のネットワークに閉じたモデル（以下、イントラネットモデル）では、それぞれの校内サーバーまたは教育委員会などの単位で閉じた教育ネットワーク（以下、教育 NW）の設置を必要とするモデルであった。そのため、コスト面からは以下のような課題があった。

- ネイティブアプリケーションが稼働するために、情報端末の選択の幅が限られていた。
- それぞれの学校内へのサーバー設置や、教育センターなどの構築を必要としたことで、大きな初期設置費用や更新作業などの運用コストを必要とした。

本実証のモデル（以下、クラウドモデル）を採用すれば、以下のようにそれぞれの課題を解決することができると考える。

- HTML5 を採用することで、Android、iOS、Windows といった主要なタブレット端末で動作させることができる。これによって、学校や自治体の情報端末の選択の幅が広がる。
- クラウドサービス（SaaS）として教育用コンテンツを提供することで、学校や教育委員会単位でイントラネットモデルを構築するよりも、初期設置費用を大幅に抑えることができ、かつ、教育委員会や自治体の垣根を超えて割り勘効果を期待でき、運用コストを下げる事が可能になる。

以下に、イントラネットモデルとクラウドモデルの構成を図示する。

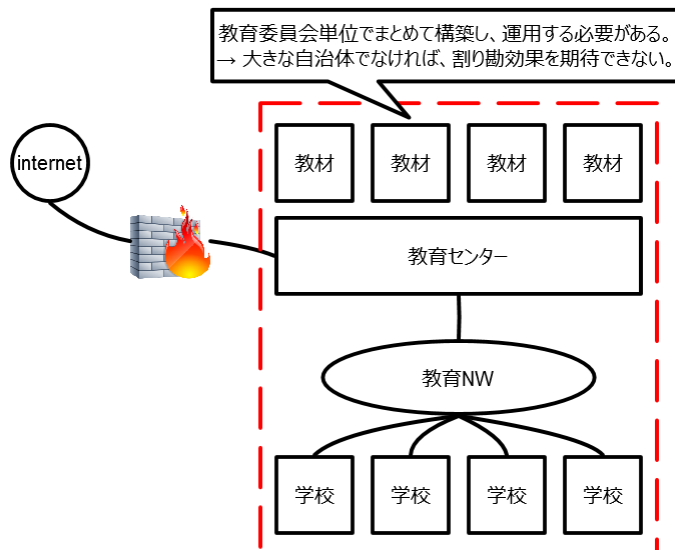


図 38. イントラネットモデル

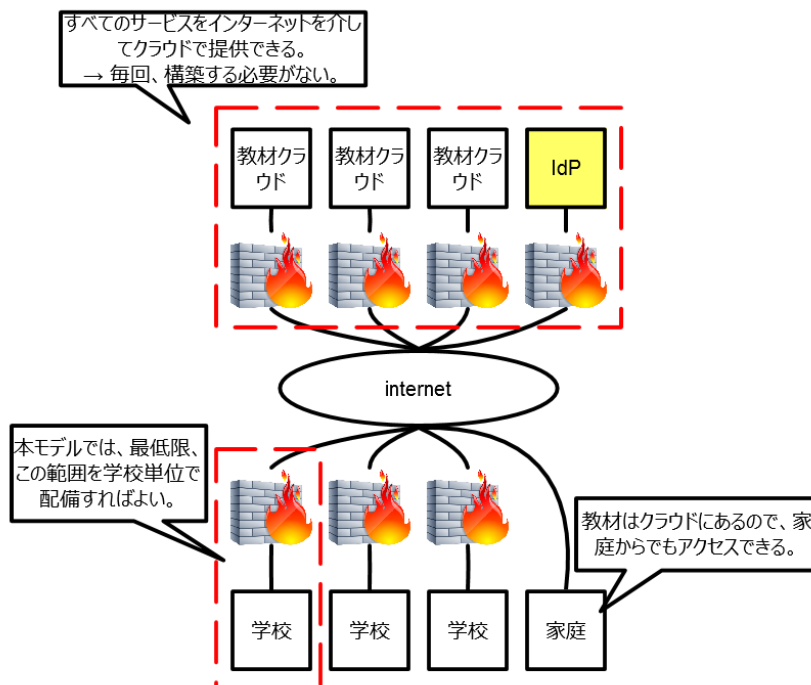


図 39. クラウドモデル

6.3.1 クラウドモデルによるコスト削減効果の試算

イントラネットモデルとクラウドモデルのコストを、以下の点においてそれぞれ試算し、比較した。

- 情報端末の選択の幅が広がったことによる効果
- 割り勘効果

試算にあたっては、以下の前提条件を置いて検討した。

なお、タブレット端末などの ICT 機器の性能や、導入するアプリケーションの種類などによってコストは大きく変動する。本試算の両モデルの数値はあくまで参考値である。

前提条件

- 小学校の児童数 324 名、教員数 20 名⁶⁹とした。
- イントラネットモデルは、1 自治体あたり 10 校⁷⁰が存在するものとして試算した。
- クラウドモデルは、25 自治体（250 校）がクラウドサービスの利用者として参加したと仮定して試算した。
- イントラネットモデルの試算は、「教育分野における ICT 利活用推進のための情報通信技術に関するガイドライン（手引書）2013 ～実証事業 3 年間の成果をふまえて～ 小学校版⁷¹」（以下、ガイドライン）を参考とした。
- それぞれのモデルで、別途、運用支援やサービスデスクなどのサポート費用が必要であるが、サービスレベルによって費用が大きく変動するため、試算には加えていない。
- 教育用コンテンツは本実証で使用した HTML5 コンテンツと同様の指針で作成されたものが提供される。ただし、教育用コンテンツの費用等は、それぞれの教育委員会・学校を選択によって大きく変動するため、本試算には加えていない。
- ネットワークの回線容量は、実証では 1 教室あたり 100Mbps を利用したことから、クラウドモデルでは全教室に導入するため 1Gbps 共有とした。イントラネットモデルは、学校（10 校）から教育センターまでの回線が VPN で 1 校当たり

⁶⁹ 平成 24 年度「学校基本調査」（文部科学省）より算出した、全国の小学校 1 校当たりの平均児童数と平均教員数を参考に設定した。

⁷⁰ 平成 26 年度「地方財政措置におけるモデル例（小学校 10 校、中学校 6 校）」（総務省）を参考に設定した。

⁷¹ http://www.soumu.go.jp/main_content/000218505.pdf

1Gbps、教育センターからインターネットに接続するための回線を 1Gbps とした。

- ガイドラインにならい、1 学年あたりの児童数を 54 名、全教室数を 13 教室として計算した。
- 情報端末の価格⁷²は、イントラネットモデルでは、市場価格を参考に 15 万円として 5 年間利用することを想定し、各年度に費用を配賦した。クラウドモデルでは、本実証で用いた最も安価な端末の価格と保証期間を参考に価格は 4 万円で 3 年間利用することを想定し、各年度に費用を配賦した。
- サービスおよびシステムは、5 年利用を前提として、各年度に費用を配賦した。
- ガイドラインにならい、予備機は全体の 12%とした。

情報端末の選択の幅が広がったことによる効果

情報端末に要求される要件を、仮に本実証で使用した HTML5 コンテンツが要求する性能要件に基づき検討した場合、クラウドモデルでは、本実証で用いた最も安価な端末が利用可能となる。この時、以下のような削減効果を期待することができる。

表 14. 情報端末の選択の幅が広がったことによる効果

	イントラネットモデル	クラウドモデル
端末購入コスト	5,743 万円 (5 年利用)	1,532 万円 (3 年利用)
年間負担	1,149 万円	510 万円

なお、HTML5 コンテンツを採用することによって、情報端末へのネイティブアプリケーションのインストール作業やアップデート作業などがなくなるため、それらにかかっていた現地作業コストも低減できると見込まれる。

また、選択の幅が広がったことによって、BYOD を実現できる可能性も高まる。その場合は、学校や教育委員会の負担はさらに削減されることを期待できるが、サポートや管理工数の増分を考慮しなければならない。

⁷² 求められる教育内容やサービスレベルによって、必要スペックが変動するため、価格も変動する。また、想定した情報端末は一般に店舗で入手できるものではなく、学校に導入されることが多い企業向け端末である。価格は、時期や導入台数、または為替によって変化するためあくまで参考価格である。さらに実際に導入する際には、サポート費を含めたコストを算出する必要がある。

割り勘効果

イントラネットモデルでも、大きな自治体であれば、十分な割り勘効果を享受することができるが、本比較で考察の前提とした小さな自治体では、それを享受することは難しい。クラウドモデルであれば、複数の自治体が共通の基盤を共有できるので、自治体の垣根を超えて、より広い範囲で割り勘効果を期待することができる。

回線利用料については、イントラネットモデルでは、教育センターからインターネットに接続する回線の費用（各学校で分担）および各学校から教育センターに接続する回線の費用の両方が必要になる。クラウドモデルは、各学校から直接インターネットに接続するため、回線は各校に 1 つでよい。

以下のような削減効果を期待することができる。（年間負担費用で比較する）

表 15. 割り勘効果

	イントラネットモデル	クラウドモデル
学校または教育委員会単位でシステムを構築する場合の初期費用	350 万円 ÷ 5 年間 = 70 万円 (初期費用を 5 年間で各年度に費用配賦)	-
クラウドサービスを利用する場合の初期費用	-	90 万円 ÷ 5 年間 = 18 万円 (初期費用を 5 年間で各年度に費用配賦)
回線を利用するための初期費用	7 万円 ÷ 5 年間 = 1.4 万円 (初期費用を 5 年間で各年度に費用配賦)	7 万円 ÷ 5 年間 = 1.4 万円 (初期費用を 5 年間で各年度に費用配賦)
教育委員会などの単位で利用する教育センター維持費	200 万円 (年間)	-
クラウドサービス利用料	-	80 万円 (年間)
回線利用料	96 万円 (年間)	64 万円 (年間)
年間負担	367 万円	163 万円
イニシャルコスト	357 万円	97 万円
ランニングコスト	296 万円	144 万円

一般的には、この他にも、サービスデスクの共有化やサポート業務の共有化による削減効果も期待できる。

まとめ

上記前提条件のもと、あくまで参考値の域を出ないが、クラウドモデルの「情報端末の選択の幅が広がったことによる効果」および「割り勘効果」だけでも、1 校当たりの年間負担を 843 万円削減することができるものと考えられる。

また、本事業の検証範囲には含まれなかったが、クラウドモデルにすることで、ビジネスモデルの幅が広がる可能性があり、それによって、利用者の選択肢が増えることが期待できる。

6.3.2 クラウドモデルに期待されるその他のコスト削減効果

クラウドモデルでは、割り勘効果以外に次のようなコスト効果が考えられる。ただしイントラネットモデルと比較したコスト削減効果は、イントラネットモデルの規模やクラウドモデルのサービスレベル、ビジネスモデルによって異なる。

ファシリティ投資の削減

個人情報取り扱いにともなうセキュリティの確保、および事業継続性の確保をするためには、イントラネットモデルではファシリティに対する投資が必要になる。またその維持のための人件費や電気代などの設備維持費のコスト負担も発生する。しかしクラウドモデルであれば高いセキュリティと事業継続性を担保したサービスを自前で確保するよりも安価に受けることができる。

利用者数等必要リソースに合わせた柔軟なコスト負担

イントラネットモデルの場合、構築時にサービスの内容やデータ容量などのスペックを事前に設定し調達をする必要がある。イントラネットモデルでは多くは 5 年利用を前提としているため、利用者数の増加を想定して調達した場合は当初は余分なリソースに対してコストを支払うことになる。想定より利用者が増えた際には、機器の更新や設計の見直しなど、当初に導入した場合よりもコスト負担が増える可能性や、リース途中の場合、全体契約期間の間のみ利用することしかできず、コスト的なデメリットが発生する可能性がある。

一方クラウドモデルであれば、利用者数によって柔軟にサイジングを変更することができるため、利用していないリソースに余分にコストを負担する必要がなくなる。利用者数が増えればその増加分のリソースだけのコストを支払えばよい。

柔軟なサービス追加

イントラネットモデルの場合、必要リソースと同様、サービスも事前に想定して設定する必要がある。利用している間にサービスの追加が発生した場合、追加されるサー

ビスやシステム設計によってはシステム全体に影響を及ぼし思わぬコストが発生する可能性がある。また上記のリソースと同様、全体契約期間に縛られるため、追加したサービスが短期間しか利用できない可能性がある。

一方クラウドモデルであれば、まずは必要なサービスのみ利用し、必要に応じて追加することが可能である。また利用している期間のみコストを支払えばよい。

コスト削減効果ではないが、クラウドモデルは利用リソースや利用サービスに応じてコストが発生するため、投資に対する説明がしやすいというメリットがある。

6.3.3 その他の必要な費用

上記費用のほかに、次のような費用も必要である。

- 教材利用料
なお、クラウドモデルにすることによって、さまざまな OS に対応したアプリケーションを個別に開発する必要がないため、教材開発工数自体の削減を期待することができる。
- インターネット回線利用料、校内無線 LAN 敷設費用
- 端末の保守やサポート費用
- 電子黒板、充電保管庫などの教室内設備

6.3.4 クラウド活用によるコスト低減例

各社のクラウドサービスの考え方やビジネスモデルの差、比較対象による差はあるものの、教育機関向けに提供されているサービスのクラウド化によってコスト削減を達成した例として次のようなものがある。

関西大学、クラウドで教育研究システム基盤を強化

仮想化とオンラインファイルサーバの活用により、ICT トータルコスト 30%、消費電力 46%削減

<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2012/10/4.html>

全国最大規模の教育クラウド基盤「ほっかいどうスクールネット」を NEC が構築

運用・管理については新たに専用のサービスデスクを設け、教職員現場管理者の負担を軽減し、TCO を約 30%削減。

http://jpn.nec.com/press/201212/20121228_01.html

7. 将来像とさらに検証が必要な課題

7.1 教育・学習用クラウドサービスのプラットフォーム

本事業では、教育・学習用のクラウドサービスのプラットフォームを想定し、まずは基礎的な構造の技術的課題を検討するためのプロトタイプを制作して、検証を行った。HTML5 によるコンテンツ制作や、共通部分の抜き出し、ユーザー認証の仕組み、学習履歴を記録するための技術的枠組みなど、全体の基礎となる部分の技術的な方向性が見えた。しかしながら、実用化に向けてはさらなる検証が必要となる。

7.1.1 諸外国の状況

諸外国の状況を見れば、広い層に多種多様な教育用のコンテンツを提供し、ICT 利活用に関するノウハウを共有して、教育の向上を支援する仕組みは、さまざまな形のものが実用化され運用されている。

昨今もっとも有名になっているのが、サルマン・カーンが始めたカーンアカデミー⁷³である。サルマン・カーン自身が講師を務めるビデオ教材を中心に、学習者の学習状況の分析を行うツールなども用意され、さらに教材と機能の拡張が続いている。英語圏を中心に、すでに世界中で月間 600 万人の生徒が学んでいると言われ、世界最大級の教育プラットフォーム⁷⁴となっている。アメリカでは一部の公立の学校でも活用されており、反転学習や補習を行うときの重要なツールとなっている。ビデオ教材の一部は日本語化されているが、日本の学習指導要領に合致しているわけではない。

ロンドン地域の自治体と学校で構成された非営利のコンソーシアムである London Grid for Learning⁷⁵は、デジタル教材を含む、さまざまな ICT 関連のサービスを学校に提供している。学校が共同して、コストを押さえながら教育の ICT 化を進める役割を果たしており、デジタル教材やソフトウェアを共同購入してボリュームディスカウントを得たり、活用のノウハウを共有したりしている。また、London Grid For Learning では、本事業でも使用した Shibboleth によるユーザー認証フェデレーシ

⁷³ Khan Academy, <https://www.khanacademy.org/>

⁷⁴ ダイヤモンド・オンライン「稀代の教育改革者は、学びを楽しむ達人だった——サルマン・カーン カーンアカデミー創設者に聞く」, 2013/7/10, <http://diamond.jp/articles/-/38562>

⁷⁵ London Grid For Learning, <http://www.lgfl.net/Pages/default.aspx>

ョンのサービスを、初等中等学校向けに USO (Unified Sign-On⁷⁶) という名称で提供している。

韓国では国が中心となって教育における ICT の活用を進めており、国の一機関である KERIS⁷⁷を中心に、さまざまな IT 関連のサービス⁷⁸が提供されている。また、民間も活発に活動しており、有償の民間サービスである i-scream⁷⁹という Web サイトには、韓国全土の小学校教員のほとんどが加入していて⁸⁰、デジタル教材や授業案を得たり、情報交換を行ったりしている。

日本でもさまざまなサービスが実用化されているが、知名度や普及度は高いとは言えず、一部先進的な諸外国に比べて利活用が進んでいない状況である。全国レベルで、優れた教育・学習用のデジタル教材やツールを活用し、その利用のアイデアやノウハウを共有する仕組みは、これからの教育にとって必須であると言える。民間には、さまざまな優れた教材やツール、分析などのノウハウがあるが、これまではそれぞれの企業ごとに提供されることが普通で、相互の連携は必ずしも十分ではなかった。

7.1.2 将来像と効果

このプラットフォームが実現し、それを通じて多種多様なデジタル教材やツール、分析サービスなどが提供されるようになれば、学校や教育委員会は、適切なインターネットアクセス環境を用意して児童・生徒のログイン情報を管理するだけで、豊富な教育用コンテンツを、従来よりも少ない手間で低廉に利用することが可能になる。メーカーごとにばらばらだった操作性もある程度共通化され、アプリケーションごとにインストール作業を行う必要もない。小規模な自治体であっても、すべてを自前で用意せずにメリットを享受できる。教育用コンテンツを、教育委員会単位ではなく学校や学級単位で利用することも容易になる。

このプラットフォームを使うと、インターネットに接続できれば場所を選ばずに学習が

⁷⁶ USO, <http://www.lgfl.net/services/pages/uso.aspx>

⁷⁷ KERIS, <http://english.keris.or.kr/>

⁷⁸ KEIS IT Service , http://english.keris.or.kr/es_pa/es_pa_600.jsp

⁷⁹ <http://www.sigongmedia.co.kr/eng/sgm/school/i-scream.asp>

⁸⁰ 教育と ICT Online, 「韓国デジタル教科書事情(2)～電子黒板は当たり前、10Gbps ネットワークで教室情報化」, 2010/12/2, <http://pc.nikkeibp.co.jp/article/column/20101130/1028847/>

可能となる。学校と家庭での学習のシームレスな連携、欠席や不登校の児童・生徒への対応、院内学級や通信制の学校、あるいは海外の日本人学校への適用など、フィールドの拡大が期待できる。

また、グローバル化と情報化が進む現代社会では、次々に新しい知識が生まれ、人々は社会に出た後も学び続けることが求められる。高齢者の学びへのニーズも高まっている。このプラットフォームの用途は公教育だけに留まらず、民間の教育機関や生涯学習など、教育に関する広い分野に応用が可能であると考えられる。

さらに、登録するコンテンツを変えれば、国を超えての利用が可能である。システムの海外への輸出も不可能ではない。



図 40. 教育・学習用クラウドプラットフォーム

7.1.3 さらに検証が必要な課題

このように大きな効果が期待できる一方で、実現に向けて解決すべき課題は多い。

一般に、学校の授業における ICT の活用には、一般企業や家庭での利用と異なる条件が存在し、その要求は非常に高いものがある。主な点だけでも、授業時間が決まっている学校では、狭い場所で同じ時間に利用が集中すること、特に小学校では、簡単な操作で作業が行える必要があること、一人に起こった小さなトラブルであっても、学級全体の授業の進行に悪影響を及ぼす可能性があることなどが挙げられる。全国規模では膨大な数の潜在的ユーザー（児童・生徒と教職員、教育委員会、保護者）が存在することを考えれば、クラウドを活用して適切な集約を行うことで全体

的な最適化を図ることが期待できる一方、各学校が持つそれぞれのニーズに対応する必要があり、費用対効果の実現も求められる。

本実証では、まず基本的な技術的方向性の確認を行うために、小規模な小学校 2 校の協力を得て、短い期間での実証を行った。期待された成果を得たが、全国の小中高校、特別支援学校へ普及可能なモデルを実現することをゴールとすれば、最初の数分の一の実証を終えたに過ぎない。

このプラットフォームを、利用者である学習者や教員、教育委員会、保護者と、コンテンツ提供者の両者にとって価値の高いものにするためには、多くの検討と実証を繰り返しながら、構築と改良を進めて行く必要がある。インターネットにアクセスできるタブレット端末があれば、いつでもどこでも、学習者個人個人の特性や状況に合ったデジタル教材やツールを使って学習が進められる姿を想定し、それを全国で実現するためには、長期的な展望に立ち、急激に進展しているインターネット関連のテクノロジーの進歩を柔軟に取り入れ、効率がよく信頼性が高いものにして行かなければならない。

そのためには、学校や教育委員会が、児童・生徒のログイン情報を管理するための、確実に簡便な方法確立し、普及させなければならない。ユーザー認証の仕組みを通じて、個人に紐づけられた情報を合理的なコストでセキュアに管理し、有効に活用する仕組みが必要である。多くの学習者が一斉にアクセスしても正常に動作する安定性も求められる。どのようなレベルのインターネットアクセスの環境が学校に必要なかを明確にし、簡単に実現する方法を用意しなければならない。多種多様なデジタル教材やツールが制作されるようにするためには、一定のルールを定めたガイドライン以外にも、プログラムを開発するためのライブラリーや、教材を編集するオーサリングツールが求められるかもしれない。さらに検証が必要な項目は多岐に渡るが、オープンな国際規格やテクノロジーをベースにしながら、各分野の知見を持つ専門家の参画を得ることで進めることができると考えている。

このプラットフォームを発展、普及させていくためには、教育の情報化に関わる行政や企業の関係者はもちろんのこと、学校や保護者に留まらず、社会の広い層の理解が必要である。技術的な検証に留まらず、必要性、有用性の理解を広めて行く活動も必要となる。

これら多くの課題をクリアしながら、高い利便性と学習効果を実現し、近い将来に全国の小中高校、特別支援学校で活用されるシステムに発展させることが望まれる。

7.2 技術的課題の検討

今年度の実証に加えて、さらに検証が必要な技術的な課題。

- モジュール化 / API 設定
 - 全体のアーキテクチャをいくつかのモジュールに分ける。
 - 全体の管理組織が管理する部分と、一般に開放する部分を検討する。
 - モジュール間の連携のための API を設定する。
- スケーラビリティ
 - 全国への展開に向けて、段階的に柔軟に拡張できるよう、スケーラビリティを検討する。
- セキュリティ確保
 - モジュールや扱うデータごとに、求められるセキュリティレベルを検討して分類する。
 - セキュリティレベルごとに対応を検討する。
- 可用性
 - 要求される稼働率を考慮し必要な対策を検討する。
- オフライン対応
 - 常時接続が切れた時の対処を、システム側とコンテンツ側の両方に対して検討する。
 - オフライン時でも利用可能にするための条件を検討する。
- 帯域幅 / ボトルネック
 - 教室や家庭とクラウド上のサーバーの間でどの程度の帯域幅が必要かに関する基準を検討する。
 - 学校で、必要な帯域幅が確保されているかチェックする方法を検討する。
 - 学校のネットアクセス環境で、どこがボトルネックになっているかを調査する方法を標準化 / 普遍化する。
 - 無線 LAN 以外の方法の可能性を検討する。
- ユーザビリティ向上
 - 共通ユーザーインターフェースなどコア部分のユーザビリティの向上を検討する。
 - コンテンツのユーザビリティを向上させる方策を検討する。
- 認証手段の多様化
 - 他の認証手段との連携の可能性を検討する。
- 国際規格の動向 / 技術トレンド
 - 採用した国際規格やテクノロジーを中心に、動向を情報収集する。
 - 必要に応じて、規格団体に提案する。

7.3 普及に向けた体制の整備

7.3.1 プラットフォームのモデルと運営体制の検討

プラットフォームのモデルを明確にして行き、将来像を明らかにする。

- モジュール化 / API 設定
（「7.2 技術的課題の検討」を参照）
- ビジネスモデルの検討
 - 全国普及を見据え、より詳細なコストモデルを分析する。
 - 他業界や他国（London Grid For Learning など）の実態を調査する。
 - 関係者と意見交換する。
- 運営組織の検討
- コンテンツ利用権限の管理方法の検討
- サービスレベルの検討

7.3.2 コンテンツ提供者の参加方法の検討と整備

コンテンツ提供者にとってのこのプラットフォームの価値や魅力を増大させるとともに、参加のハードルを下げるための施策。

コンテンツ提供者には、教科書 / 教材会社などの企業以外にも、NPO、教育委員会や教員など、さまざまなアクターが考えられる。またコンテンツも、質の高い有料のものから、小規模な個人の自作教材まで、多種多様な形態が考えられる。

- 共通インターフェースの高度化と簡易化
 - 共通インターフェースの機能を高度化する。
 - 共通インターフェースをコンテンツに組み込みやすくする。
- 学習記録データ活用サポート
 - コンテンツが学習記録データを扱いやすくする。
- コンテンツ制作ガイドラインの更新
 - 常に最新の情報を取り込む。
 - 有用で分かりやすくなるように改良する。
- SP の設置方法の検討
 - コンテンツ提供者が SP を設置する方法を検討する。
 - 共有 SP の可能性を検討する。
- コンテンツ登録方法の整備
 - プラットフォームにコンテンツを登録する方法を検討する。

- アクセシビリティ向上へのサポート
 - コンテンツのアクセシビリティを向上させる方策を検討する。
- 課金の代行
 - 有料コンテンツの課金を代行する仕組みを検討する。
- テスト/品質管理へのサポート
 - テスト環境の共有や情報の提供など、コンテンツの品質を一定以上に維持する仕組みを検討する。
- ユーザビリティ向上のサポート
 - デザインガイドの提供など、ユーザビリティを一定以上にする仕組みを検討する。
- オーサリングツールの提供
 - プラットフォームに適応するコンテンツを制作するためのオーサリングツールの提供の可能性を検討する。
- コンテンツ保護
 - コンテンツの権利を保護する方策を検討する。
- フォント
 - フォントの多様化の可能性を検討する。

7.3.3 学校の参加方法の検討と整備

学校 / 教育委員会にとってのこのプラットフォームの価値や魅力を増大させるとともに、参加のハードルを下げるための施策。

文末の記号は、現時点での活動主体の想定を表し、次の通り。

学：学校 / 教育委員会 / 自治体が行う活動

民：多様なアクターが自由なビジネス環境の中で行う活動

プ：プラットフォームの構築、運営を担当する組織が行なう活動

- プラットフォームに対する接続方法の検証：プ
 - 学校の情報管理ポリシーを設定する：学
 - ◇ ポリシー設定をサポートする：プ/民
 - IdP を設置する：学/民
(オンプレミス / クラウド / ActiveDirectory 連携)
 - IdP でアカウントを管理する：学 (民)
 - ◇ 校務情報システムとの連携を検討する：学/民
 - ログイン方法の多様化 / 簡易化を検討する：学/民/プ

(ID+パスワード / 生体認証 / ピクチャー / IC チップ)

- 学校からのインターネットアクセス方法を検証し整備する：プ/民
 - 学校からのインターネットアクセス方法のガイドライン化を検討する：プ
 - 学校のインターネットアクセスを整備する：学/民
- コンテンツの評価と購入や利用のシステム：プ/民
 - コンテンツ評価の Web サイトを検討する：プ/民
 - コンテンツ購入の仕組みを設計して運営する：プ/民
- 学習記録データの活用
 - 学校や教育委員会に対する分析支援サービスを検討する：民
 - 個人に対する分析支援サービスを検討する：民
- 情報共有の仕組み
 - 教員+教育委員会を対象にした SNS の可能性を検討する：プ/民/学

7.3.4 普及支援体制の検討

学校や教育委員会、およびコンテンツ提供者に対して利用促進を図ると共に、一般に対して必要性や有用性の理解を図る施策。

- 国のサポート
- 民間のサポート
- 世論喚起

7.4 その他の制度や運用に関する課題の検討と整理

プラットフォームの構築と運営だけでは解決が難しい、さまざまなレベルの制度や運用方法に関する調査や整理、提案など。

- 個人情報保護 / 自治体条例 / ポリシー
- 著作権 / 経済的権利
- 保護者のアカウント管理
- 進学、卒業後のアカウント管理
- 学習記録データの扱い
- 家庭からのアクセス
- BYOD
- 国民 ID

Appendix A 開発した教育用コンテンツ

A.1 開発コンテンツの概要、課題など

本事業で開発した教育用コンテンツごとの詳細を以下に記す。

A.1.1 タブレットの機能を活かした手書きドリル

「算数手書きドリル 小学校 3 年 かけ算の筆算」

「算数手書きドリル 小学校 5 年 割合」

[教材の概要]

一問一答形式のエンジン型ドリルコンテンツ。手書きで答え（数字）を入力し、その答えを手書きエンジンが文字認識をして、答えの数字が入力される計算ドリル教材。問題は 3 年、5 年ともに、5 問×6 セットの計 30 問収録している。画面上には手書きで計算が行えるようにフリースペースも用意している。

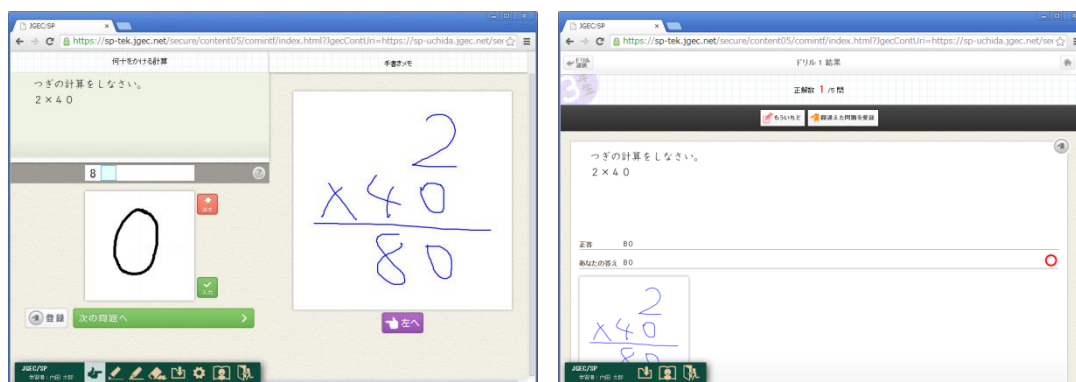


図 41. 算数手書きドリル

[課題、対策、知見]

- 今回採用している手書き文字認識エンジンの動作条件により、他のものとは違い、本コンテンツは Windows サーバー上で動作している。この環境において、認証サーバーと情報端末側とのユーザー情報のやり取りが正常に行われないことがあり、その際には、ユーザーの学年に応じた画面に自動で遷移することができなかった（ただし、ブラウザーの更新ボタンを押すことにより回避）。
- 共通インターフェースのスクリーンキャプチャ機能では、SVG⁸¹ で描画されて

⁸¹ SVG (Scalable Vector Graphic)：ベクターグラフィックスを表現するための規格。

いる画面をキャプチャできない。この課題に対する今後の対応は、共通インターフェースで使用しているライブラリの改善による。

- 今回採用した手書き文字認識エンジンの開発当初の仕様上、一文字ずつの認識しかできず、二けたの計算などのように、一度に二桁以上の数字を答えさせる問題の場合には、少し不便さが残ってしまった。
- Windows 8.1 端末で実行した際に一部ページでスクリーンに収まらない状態が確認された。収まらない部分はスクロールで表示することになるが、コンテンツ開発の共通仕様として Windows 8.1 端末ではタッチオペレーションによるスクロール操作は使用できなかったため、ユーザビリティが Windows 8.1 端末とそれ以外とで異なる結果となってしまった。将来的にはスクロールが発生しないようページレイアウトを調整するのが望ましい。
- iOS の VoiceOver 等、アクセシビリティサポート機能を有効にした状態の表示や操作は、まだ各端末・ブラウザによる差異が大きく、残念ながら十分な視覚フィードバックや操作方法を提供することができていない。今回は既存コンテンツをベースにした開発という条件もあったが、将来的には問題ない方向に改善してゆくの望ましい。ただし、各端末・ブラウザ側での制約もあるため、コンテンツ側のみでどこまで対応できるかは未知数の点もある。
- VoiceOver での問題文の読み上げを可能にするために、SVG ファイルに読み上げ用の情報を含ませた。本コンテンツでは、問題文を SVG ファイルで表示している。

A.1.2 アニメーションを活かしたシミュレーション

「てんびんで重さをはかろう」

[教材の概要]

本コンテンツは、小学校算数 3 年の学習指導要領の内容「重さについて単位と測定の意味を理解し、重さの測定ができるようにする」に対応した教材である。

[活動]

学習内容を理解するための補助教材として制作するにあたり、指でタッチを行うことによって操作ができるというタブレット端末の特性を活かせることと、アニメーションによる表現を使用することにより、児童が分かりやすく楽しく理解できることが望ましいと考えた。

上皿天秤にタッチ操作で果物（いちご、レモン、みかん、りんご）を載せ、分銅の

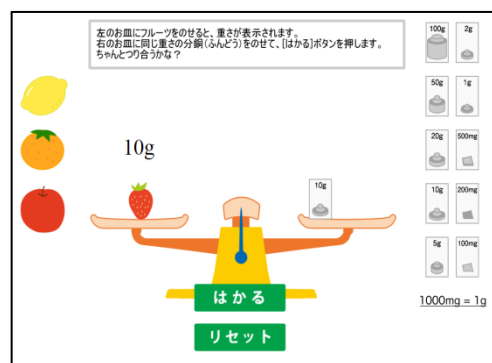


図 42. てんびんで重さをはかろう

組み合わせを工夫することで、物の重さが測れることを理解できる内容とし（図を参照）、以下を達成目標とした。

(ア) 費用や保管場所をとるために、個人で使えるよう整備することが困難な教材をデジタル技術を使って仮想的に実現する。1 人 1 台の端末を有している環境があるという利点により、学習者各自で観察活動を行うことができる。

(イ) 仮想的に実現されたものを児童・生徒が自ら操作を行うことにより、学習内容をより理解できるようにする。タブレット端末の特性を活かし、直観的で分かりやすいインターフェースが実現できている。

(ウ) 教材に用いるアニメーションについては、Adobe Flash を使用して制作する方法が主流であったが、近年は iPad 上で Adobe Flash が使用できないという事情により、代替手段として HTML5、JavaScript、CSS3 を用いて実現できることが重要となってきた。

本事業においても、HTML5、CSS3 を使用してアニメーションの制作を試み、iPad のみでなく、Windows、Android 上でも同一のソースで動作することを目指した。

以上を実現するため、HTML5、JavaScript、CSS3 とアクセシビリティに関して、以下の点の調査・検証を行った。

- ・ HTML5、CSS3、JavaScript の調査・検証
- ・ HTML5、CSS3、JavaScript で以下のアニメーション、ユーザーインターフェースが実現可能か、調査・検証をした。

- (1) 重りを天秤に載せた時の梁の傾きをアニメーションで表現する。
- (2) タッチ操作によるドラッグアンドドロップで重りを移動させる。

(1) について

下記の動きに CSS3 と JavaScript を使用した。

- ・ うでと針の傾き（回転のアニメーション）
- ・ 皿の移動（移動のアニメーション）
- ・ 正誤判定を○×で表示する（フェードイン・フェードアウトのアニメーション）

なお、天秤の画像形式は SVG を使用した。

(2) について

ドラッグアンドドロップ操作のアニメーションを実現するためには、タッチ検知時の座標を取得し、重りの移動を実現する必要がある。

タッチイベントの取得方法は JavaScript を使用するが、OS・ブラウザごとに方法が異なるので、それら異なる機能が実行環境で使えるかどうかを検知し、ブラウザの判別を行った。

● アクセシビリティ

(1) 色への配慮

一般色覚（C 型）での使用はもちろんのこと、1 型色覚（P 型：赤）、2 型色覚（D 型：緑）、3 型色覚（T 型：青）、グレースケール等で確認しても学習に支障がないようにした。

(2) スクリーンリーダーへの対応

- ・ 画像には代替テキストを入れて、ブラウザの読み上げ機能に対応した。
- ・ 100g、1ml といった英字による単位は、スクリーンリーダーに内容が伝わるように確実に読み上げがなされるよう、「100 グラム」「1 ミリグラム」と表記した。

前節の方針に基づき実装を行い、アプリケーション単体では特に問題なく実現することができた。

● 画像形式

天秤のアニメーションは PNG や JPEG 等の画像形式でも実現可能だが、その場合は、うでや針、皿のような構成部品を別々にする必要がある。SVG の場合は、これらを一つのファイルにでき、デザイン作業が比較的容易であるとともに、一つのファイル内にある各構成要素を JavaScript から操作することができる。

この特性は、複雑な画像を扱う場合には、プログラミングの構成とデザイン作業双方を簡潔で効率的なものにすると考えられる。

- タッチ操作

実証授業では児童たちはタッチ操作により、重りの移動等をスムーズに行っているように見受けられた。

タッチイベントや座標の検知はブラウザーによって方法が異なる部分があり、プログラムはやや煩雑になりがちで、加えて現在の学校ではマウス操作する Windows マシンを電子黒板につないでいる場合が多いため、それへの対応も考慮する必要がある。ただ本コンテンツはマルチタッチを必要とする機能はなく、Internet Explorer ではタッチの検知と同時にマウスボタン押下の検知も行われるため、マウス操作への対応を別にする必要はなかった。

【課題、対策、知見】

共通インターフェースのスクリーンショット機能との連携

共通インターフェースに備わっているスクリーンショット機能を使用すると、文字や PNG 画像の部分については問題なく取得できたが、SVG の部分（天秤の部分）が取得できないことが判明した。

共通インターフェースのスクリーンキャプチャ機能では、SVG をはじめ高度な HTML、CSS では、画面をキャプチャできない。この課題に対する今後の対応は、共通インターフェースで使用しているライブラリの改善による。

A.1.3 3D グラフィックスを活かしたシミュレーション

「いろいろな立体を調べてみよう」

【教材の概要】

本コンテンツは、小学校算数 5 年の学習指導要領の内容「図形についての観察や構成などの活動を通して、立体図形について理解できるようにする」に対応した教材である。

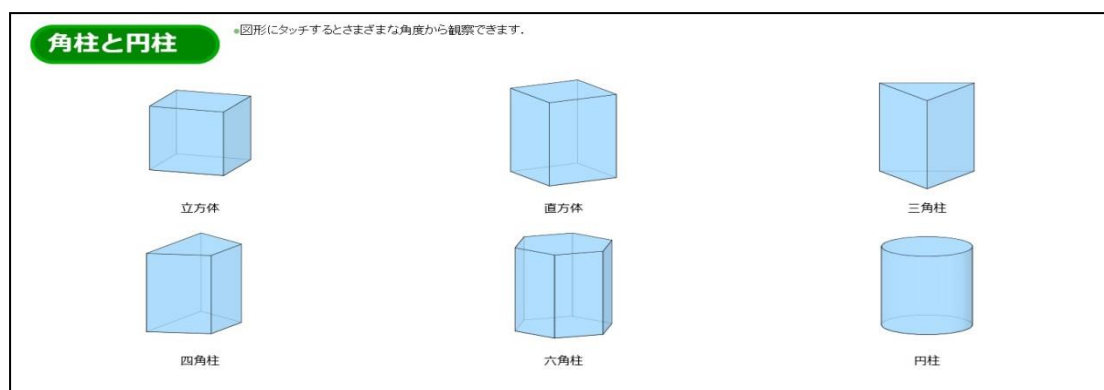


図 43. いろいろな立体を調べてみよう

学習活動としては、空間図形自体やその要素の名称の学習、空間図形の分類を通じた図形間に共通する底面や側面の特徴の抽出、面や辺、頂点の数の規則性を発見するような活動が行われる。

学習者が個人で空間図形の観察を行って学習を進めることが理想的であるが、購入費用や保管場所の問題から、従来個人用教材として整備することが困難であった。

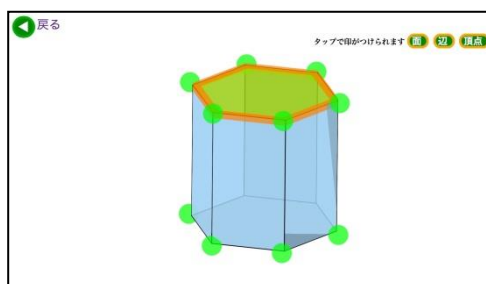


図 44. 立体操作画面

そこで、学習者用端末上で空間図形のシミュレーションを利用することで、学習者個人による観察活動が可能になる。仮想現実では、空間の遠近感をあえて再現しないことにより面と面の平行といった空間的位置関係を視覚的に把握することができる利点もある。

仮想空間ならではの学習活動の支援も必要である。実物による観察活動では、確実に数えるためや、ある観点に焦点を当てるために「印」が利用される。空間図形は回転するため、一般的な固定平面を前提としたコンテンツへの書き込み機能では対応できない。そのため、立体の回転操作と共存できる、単純な操作性による「印」付け機能による支援を提供している。

[活動]

アクセシビリティに関しては、以下の対応をした。

(1) 色への配慮

一般色覚（C 型）での使用はもちろんのこと、1 型色覚（P 型：赤）、2 型色覚（D 型：緑）、3 型色覚（T 型：青）、グレースケール等で確認しても学習に支障がないようにした。

(2) スクリーンリーダーへの対応

立体図形には代替テキストを入れて、ブラウザーの読み上げ機能に対応した。

[課題、対策、知見]

Webkit 系ブラウザー、Trident 系ブラウザー⁸² における CSS3 の 3D Transform⁸³ の動作の違い

HTML5 における 3D 変換の技術は発展途上であり、各種タブレットで用いられているブラウザーに依って挙動が異なっている。立体の表現に CSS3 の 3D Transform の機能を使用した、Webkit では空間における要素の奥行き関係を自動的に判別して表示するため、コンテンツ制作側の処理は非常に簡潔となる。反面、処理が重くなり、たまに発生する誤描画（面の欠如）の対処はできない。Trident では自動的に判別しないため、コンテンツ側で奥行き関係を解決しなければならない製作にかかる負荷が高い反面、誤描画を防ぎ作り方によっては高速な処理も可能である。

● マルチタッチ⁸⁴ の動作の違い

空間図形のコンテンツは、タブレット端末のマルチタッチ操作により、従来の PC 向けコンテンツに比べ実物に近い自由な操作が可能である。しかしながら現状ではマルチタッチの標準化が行われていないため、Safari、Chrome、IE において、それぞれの対応が必要となっている。

また実践授業では、空間図形を操作する活動を電子黒板で演示したいという需要

⁸² Webkit 系ブラウザー、Trident 系ブラウザー：Web ブラウザーはその画面生成に共通したプログラム（レンダリングエンジンと呼ばれる）が使われており、そのプログラムの代表的なものとして Webkit（iPad、Android のブラウザーで使用）、Trident（Microsoft Internet Explorer で使用）がある。

⁸³ CSS3 の 3D Transform：HTML5 では内容と装飾を分離する方針で設計されており、装飾を担当する規格が CSS3 である。CSS3 において内容を 3D 空間で表現するための一連の記述方法が 3D Transform と呼ばれる。

⁸⁴ マルチタッチ：タブレット端末では限られたインターフェースで効率的な操作を行うために、2 本以上の指を用いてズームや拡大を行う「マルチタッチ」と呼ばれる操作性を提供している。

があった。現状ではマウス操作を基盤とした電子黒板が大多数であるため、マルチタッチ操作をマウス操作で代替する操作性が依然として求められている。

- タッチによる操作の不確実性

立体図形の要素に印をつける活動にタップ操作を用いた。慣れないユーザーではタップする指がぶれることを想定して、若干のずれはドラッグではなくタップとして認識するような処理を追加している。

立体平面は画面平面との角度により感知領域が狭くなる場合がある。確実に感知されるように、面・辺・頂点のモード切り替えにより設定とした対象だけを感知領域とすることや、頂点ではつねに画面平面と平行に表示する工夫を行っている。しかし、辺や面では反応性が低くなることは避けられず、支援の余地が残っている。

- 空間図形コンテンツにおけるアクセシビリティ対応（スクリーンリーダーへの対応）

空間図形コンテンツにおいて読み上げは意味を成さず、目が見えない学習者に利用できるコンテンツにはなっていない。将来、触角表現デバイスが発達すれば、目が見えない学習者に触角により空間図形コンテンツを提供できる時代が来るかもしれない。本コンテンツは平面的な線描で立体を表現しているのではなく、HTML レベルで 3 次元空間の情報を表現しているため、HTML から触角表現デバイスに必要な 3D 情報を提供できる可能性を持っている。

- 共通インターフェースのスクリーンショット機能との連携

共通インターフェースに備わっているスクリーンショット機能を使用すると、文字や頂点の部分については問題なく取得できたが、SVG の部分（立体図形の部分）が取得できなかった。スクリーンショットは HTML5 のすべての機能に対応できるわけではないので、画像によるスクリーンショットには限界があることが分かった。

- ブラウザーの将来的な仕様変更への心配

ブラウザーの 3 次元表現やマルチタッチ操作は発展途上であり、将来的に変更される可能性がある。仕様の変更により期待しない動作が発生することで、コンテンツが将来正常に使用できなくなる恐れがある。

- 空間図形コンテンツの作成方法

今回の各空間図形は図形種ごとに書かれたプログラムにより生成されている。このプログラムの開発は複雑であり開発効率が悪いので、3D モデルデータ⁸⁵ から自動

⁸⁵ 3D モデルデータ：空間図形を GUI で構築できる 3DCG ソフトウェアが出力する、立体物を表現するデータ。

的に要素間関係を解決できるようなツールの開発が求められる。

- 共通インターフェースのスクリーンショットの機能向上

SVG のような高度な HTML5 の機能でも再現できるスクリーンキャプチャの仕組みが必要である。

- 学習履歴

空間図形コンテンツでは何を学習履歴として記録するかが課題である。思考のための道具の共通の問題として、どのような情報を収集し活用できるかの調査研究が必要である。

A.1.4 家庭学習に向けた自学自習コンテンツ

「Study21 for タブレット『割合』」

[教材の概要]

大きく以下の 5 つのブロックで構成され、子どもたちが自分でつまずきに気づき解消することを目指す。

「じゅんび体そう」: 答え方の練習・関連する既習事項の確認を行う。

「力だめし・にがてクリア」: 苦手な部分を診断し、対応する目標や間違え方にあわせた補充を行う。

「練習」: 単元の内容の定着をはかる。

「テスト」: 単元の理解度をチェック。

「チャレンジ」: 単元の理解が十分な子どもたちには、応用問題や発展問題が出題される。



図 45. Study21 for タブレット

[活動]

- HTML5 で実装するにあたり、ベースシステムの解析を行い、Shibboleth 認証下で動作するように再設計を行った。
- アスペクト比をベースシステムの 4:3 のデザインから各デバイスのアスペクト比に対応できるように画面レイアウトの調整を行った。
- 上記調整を行う際に、画面をスクロールさせずに、画面内に治まるように調整を行った。
- ログの statement に study21 が開始されたこと意味する statement を登録する機能を追加した。
- 一度学習を終了した後、続きから再開する機能をログの state を利用する形式に変更した。
- 縦表示のレイアウトの最適化を行わず、横表示のレイアウトのまま、画面に収まるようにリサイズして対応。
- 作業時間の関係で特にアクセシビリティに関する調整が滞った。仕様上、内容の充実が画面数に反映されるため、基本的に労働集約型の解決方法になると判断したことにもよるが、全国展開に向けて何らかの対処方法を見出すことが今後の課題と考える。
- 今回のような先進的な学校でも在宅でのトラブルには対応が難しい点があるように感じられた。問題点が、通信環境なのかハードウェアなのか、共通インターフェースなのかコンテンツなのかなど、責任の所在の判別が難しい。

[課題、対策、知見]

- 縦表示に最適なレイアウトの対応。
- ボタンサイズ等のユーザビリティを考慮したレイアウトの対応。
- タブの利用や別デバイスで複数のコンテンツを開いたときの続きから再開される挙動の修正。

- 非推奨とされる `iframe` を利用している箇所があるため、`iframe` を使わないように修正。
- 弱点補充や問題演習の充実など自学自習に適した教材であることから、タブレットによる個別学習・在宅学習に適していると考えていたが、タブレットとしての操作性の追求も含めインターフェースや画面の設計など上述にもあるユーザビリティへの対応にはより一層の検討の余地があると感じられた。
- 先生向けの機能の提供にあたってのデータの取り扱いに関する調整。

A.1.5 GPS 機能を使ったシミュレーション

「星の動きを調べてみよう」

[教材の概要]

思考型解説コンテンツ。日時や方向、身長を設定することにより、夜空に見える冬や夏の星座の大きさなどをタブレット PC 上で再現することができ、また、星座に関することも学習することができる。



図 46. 星の動きを調べてみよう

[活動]

- 画面解像度が端末ごとに異なるため、それらを調整するのに大変手間取った。Windows 端末は「画面解像度＝ブラウザー画面解像度」であるのに対し、Android 端末や iPad 端末は「画面解像度＞ブラウザー画面解像度」であったため、ブラウザー解像度はスペック上の画面解像度と異なり、実際の解像度に合わせるための調整が必要であった。
- iOS7 の safari のバグにより「ブラウザー画面解像度」を取得するロジックに対して、画面解像度を返してきたため、解像度を決め打ちで書かざるを得なかった。

これは今後、異なる解像度の端末に対応する際に問題となる。

- Android の Chrome では、認証がかかったサイトに置かれている動画の再生ができないことが分かった。そのため、急遽、認証のないサイトに動画データを置いて対応を図った。

【課題、対策、知見】

- スクリーンショットがすべての画面において取れない。
- 本コンテンツの構造の問題から、ペンで書いた線がドラッグした位置とは違うところに表示されるなど、ペン機能が正常に動作しない。そのため、今回はペン機能を非表示にしている。
- タブレット PC の横持ちを前提に開発を行ったが、縦持ち・横持の両方に対応すべきである。

A.1.6 手書きの学習記録データを活用した漢字練習コンテンツ

「漢字道場 小学校 4 年」

「漢字道場 小学校 6 年」

【教材の概要】

漢字の音訓、筆順、意味、例文など漢字辞典機能。

タブレットのペンを使用して漢字のなぞり書きによる漢字の書き取り練習が行える。

練習した漢字の書き取りの状態は、Experience (Tin Can) API により学習記録データとして保存される。



図 47. 漢字道場

[活動]

- 児童が使用するアプリケーションであるため、直感的に操作できるよう、極力シンプルな表示 / 操作の検討を行った。
- タッチデバイスがアプリケーションを動作させるプラットフォームであることより、その特徴を活かし、直接画面に触れて操作させるようなコンテンツの検討 / 作成を行った。
- クラウド環境を前提としていることより、学習時の情報をクラウドへ保存を行い、再度クラウドからその情報を再現させる機能を実装した。

[課題、対策、知見]

- タッチ機能を使用したコンテンツの特性から、アクセシビリティに関する実装が十分でない状態であった。
- デバイスのスペックにより動作が遅くなる場面があり、児童が操作に迷ってしまっている状態が見受けられた。動作速度の向上のため処理の最適化が必要であるとする。
- 各デバイス / OS に付属ブラウザの HTML5 (JavaScript+CSS3) の実装は進んでおり、ほぼ同じソースコードで動作させることができた。しかしながら、IE では一部独自の方法を採用していることもあり、理想的な状態ではない部分もあった。OS / ブラウザーでの条件分岐で対応。
- コンテンツのリクエストごとの認証で、Ajax 通信で認証エラーが起きた場合の共通の対処方法がなく、そもそもコンテンツ側で認証の状態の確認 / 処理を行うべきかという判断もできなかった。認証基盤との情報共有によって課題解決が図れると考える。
- ネイティブアプリケーションでしか実装が不可能と思われていたアプリケーションが、今日 HTML5 (JavaScript+CSS3) により作成可能となりつつある。漢字の筆順認識など部分的に高い機能の実装も意味のある試みであるとする。
- タッチデバイス特有のアプリケーションの実装とアクセシビリティ実装について。タッチ機能と読み上げ機能の競合が発生してしまい、同時に実装することが困難であった。コンテンツの設計時点で、対象となる利用者やデバイスに応じてア

クセシビリティ実装について検討が必要と考える。

A.1.7 映像・画像コンテンツと学習成果物の保存

「理科実験映像クリップ 小学校 3 年」

「理科実験映像クリップ 小学校 6 年」

【教材の概要】

理科の実験映像（ショートクリップ）や写真資料が活用できる。

必要な資料のみ選択し、授業で利用する教材だけを表示できるメニューを設定したり、実験観察カードなどのデジタルワークシートが作れたりする。デジタルワークシートの学習成果物は、Experience (Tin Can) API により学習記録データとして保存される。



図 48. 理科実験映像クリップ

【活動】

- 児童・生徒の学習成果物を保存・復元する機能をできるだけ JavaScript を用いて実現することを試みた。
- 読み上げ機能によるアクセシビリティの確保のため、インターフェース部分ではボタンを含め画像を一切使用しないこととして進めた結果、視覚的デザイン表現の水準をある程度満たせる反面、その限界もある程度把握することができた。
- 画角が動的に縦・横位置に変化し、かつデバイスの持つ表示ピクセル数が一定でない条件に対応するよう、リキッドレイアウトの実現を試みた。
- Android 端末の Chrome では、認証下に置かれた映像ファイルが再生できない問題があり、対策を検討した。結果としては、認証外のサーバーに格納して、

IP アドレスでの制限をかけて授業運営に対応した。

[課題、対策、知見]

- 個数変動するアイコンを、縦・置横位置の画角に動的に対応してレイアウト表示する機能に、「美しさ」を実現することは今後の課題と思われる。
- Android 端末の標準ブラウザ（Chrome）は ogg フォーマットに対応しておらず、結果、現段階で汎用的に使用できる映像フォーマットは mp4 であった。
- 教員によるコンテンツの追加機能や単元を横断的に検索するコンテンツ検索機能などの実装の可能性を模索したが、これらはサーバーアプリケーションを介して実現可能な機能であるため、本事業では範疇外の要件であった。

A.1.8 HTML5 による協働教育システム

「自作教材コンテンツ共有システム」

[教材の概要]

協働教育支援ツール。先生や児童が自作教材・作品（一太郎やパワーポイントのファイル、画像ファイルなど）を、Web サーバーにアップロードすることにより、タブレット PC のブラウザ上でそれらを共有したり、ある児童の画面を電子黒板に投影したりしながら、協働的な学習を進められるシステム。

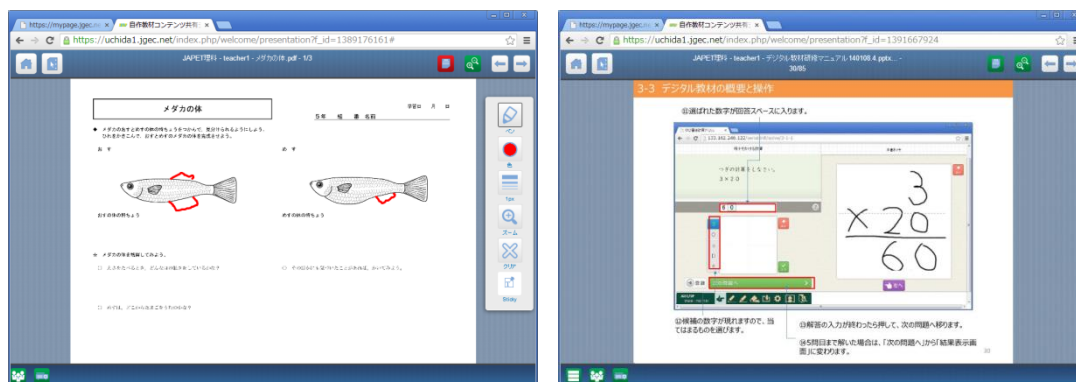


図 49. 自作教材コンテンツ共有システム

[活動]

- Nexus10 のペン描画にスムーズに書けない不具合があった。これは、Android 用 Chrome と解像度の大きさの兼ね合いが原因となっているようで、イベントの処理を対応させた。

【課題、対策、知見】

- 本システムとユーザー認証システムとの連携が図られていないことから、マイページから起動しても再度ログインが必要である。来年度以降の課題としたい。
- ICT が不得手な先生や児童・生徒でも、操作に困らないようなユーザーインターフェースが必要である。

A.1.9 デジタル教科書

「3 年 算数 「新しい算数」 3 年 かけ算の筆算 (2)」

「5 年 算数 「新しい算数」 5 年 比べ方を考えよう (2)」

【教材の概要】

検証校で使用している印刷物としての教科書をデジタル化した教材である。今回の開発コンテンツ群の中では、唯一に教科書の内容を直接扱うものとなる。算数教科書の記載内容を、短冊状に区切り、それぞれの画面の中で完結するよう関連要素を同時に表示する。

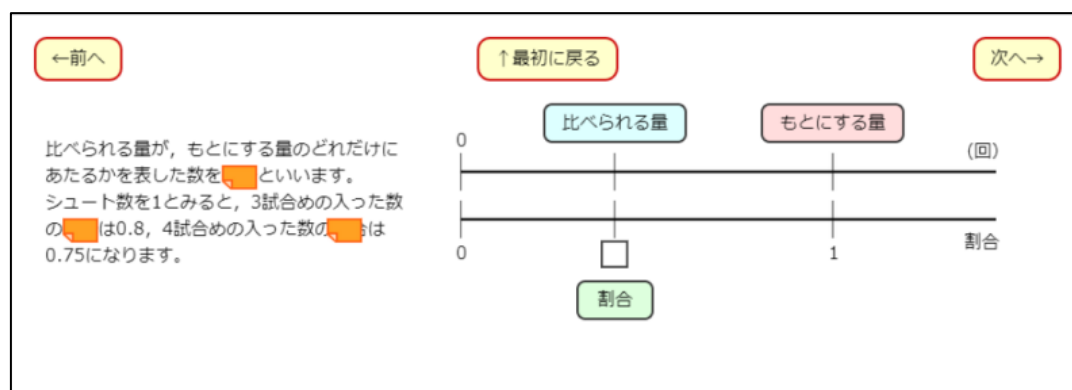


図 50. 新しい算数

【活動】

- 教科書の内容を短冊状にするのは、印刷物としての教科書では、同一見開きページに課題と解き方が併存しているが、デジタル化するにあたっては、段階的に課題のみを表示することで検討対象に集中できる利点があるからである。各短冊状コンテンツで完結させるため、原本中の指示語は適切に書き変えた。
- 3 年の「かけ算の筆算」では、課題を解決するための計算の工夫について、教科書に登場するキャラクターによる考え方の説明を順序立てて示すようにアニメーション

メーション化を試みた。

- 5 年の「比べ方を考えよう」では、バスケットボールのシュートごとの記録を成否で並べ替える機能を試みた。

【課題、対策、知見】

- 算数では、算用数字が非常に多く登場するが、端末に内蔵しているシステムフォントの字形は、小学校で学習する数字のお手本とかけ離れている。かな漢字全般を見ても、システムフォント（明朝体・ゴシック体）では学習に相応しい文字とは言えない。教科書体または学参 UD（学習参考書向けユニバーサルデザイン）フォントを使用したい。オンラインで Web フォントを使用することが可能な場合でも、教科書体または学参 UD フォントでなければならない。
今回は電子化された教科書は算数のみであったため、数字フォント以外では画面表示上不都合な表示は少なかったが、他教科目の教科書を HTML5 で忠実に表現するには課題が多い。横書きにおいては、日本語の圏点表現は向上しているが、国語では必須の縦書き表現については、Web ブラウザーのレベルでは十分とはいえない。電子書籍専用端末以上の表現能力が求められる。国語の漢文によく付せられる返り点や白文補助テキストをどのように表現するか、社会科の歴史でよく見られる歴史上の人物名に付せられる、よみがなと生没年のような上下注記は可能か、問題文によく現れる、傍線や傍点、ブランク、注記記号などを適切に表現できるかという課題がある。ブラウザーのレンダリングエンジンの能力に依存するところが大きい。
- Text to Speech (TTS) などの音声補助について、算数ではほとんどの画面では、テキストと同時にイラストや計算方法の模式解説がしるされているが、イラストの内容を適切に言語化することが困難だったため、読み上げ用の ALT 属性テキストを定義できなかった。数式や図を音声化するための適切なテキスト化は課題である。他の教科であつても、教科書紙面を忠実に再現できた場合、どのような順番で読上げすればよいか、教科書の構造を理解して順序を決める必要がある。
- 写真やイラストを代替テキストで表現するのも容易ではないが、グラフや表、地図などをどのようなテキスト表現すればよいのか、過去の好事例を参照できるガイドラインが必要である。

Appendix B 実証授業と家庭連携の詳細

B.1 実証授業

実証授業の概要を示す。なお、以下の日時以外にも、本事業のシステムと教育用コンテンツを使用した授業は行われていたが、ここには、クラウド側のログの取得を行うなど、正規の実証授業として行ったもののみを示す。

表 16. 実証授業の概要

日 時	学年・科目	学校名
平成 26 年 2 月 4 日 (火) 5 時限目 (13:50~14:35)	4 年 理科	荒川区立第三峡田小学校
平成 26 年 2 月 5 日 (水) 2 時限目 (9:35~10:20)、 3 時限目 (10:45~11:30)	4 年 国語 3 年 算数	荒川区立第三峡田小学校
平成 26 年 2 月 6 日 (木) 2 時限目 (9:40~10:25)、 3 時限目 (10:45~11:30)	6 年 国語 5 年 算数	荒川区立第二日暮里小学校
平成 26 年 2 月 13 日(木) 5 時限目 (13:40~14:25)	5 年 算数(協働教育)	荒川区立第二日暮里小学校

B.1.1 荒川区立第三峡田小学校 (4 年 理科) の実証授業

荒川区立第三峡田小学校 (4 年 理科) の実証授業の概要は、表の通りである。ログイン時、教員や IT 支援員のサポートが必要な児童がいたが、コンテンツの操作は問題ないようであった。

ただし、ブラウザーの進む・戻るボタンを使用することにより、ログインやログアウトが正しくできずにエラーになる場合がみられた。キャッシュとクッキーをクリアし、ログイン・ログアウトの方法を徹底させた。

なお、コンテンツが表示されない情報端末が 1 台あった。

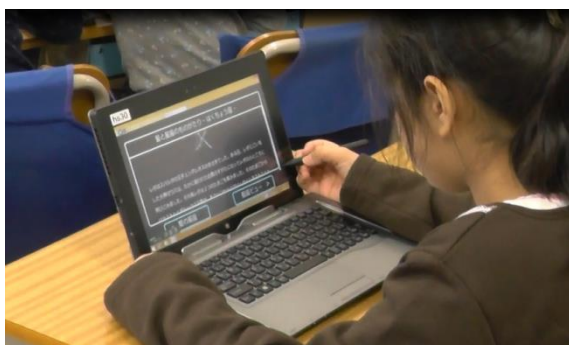
表 17. 荒川区立第三峡田小学校 (4 年 理科) の実証授業の概要

学年・教科 (単元)	4 年 理科
使用コンテンツ	星の動きを調べてみよう
チェック項目	下記の項目について、表示、動作を確認した。

	1 ログインが円滑に行えるか 2 メニューページ（冬/春星座・物語選択） 3 星座選択ページ 4 星座表示 5 イラスト表示 6 ビデオ再生（冬の星座のみ） 7 星と星座のものがたり
--	---

表 18. コンテンツを使用した授業内容

学習形態	学習活動
一斉	①教科書や指導者用デジタル教材で、星座の動きや、星の並びを学習する。
個別	②児童は、情報端末で「オリオン座」を選択し、星座について確認する。
一斉	③教員が「観察のめあて」を説明する。 ・ 時間がたつと、オリオン座の位置はどのように変わるだろうか。 ・ 星座の並び方は変わらないだろうか。 以下の項目を宿題として提示。 ・ 午後 7 時 南東の方向を向いてオリオン座を見る。 ・ 午後 9 時 同じ場所でオリオン座を見る。
一斉	④方位磁針で北の方角を確認した上で、南東方向を確認する。 ⑤教員が情報端末を用いて星座の探し方を説明し、児童は、情報端末を持って、南東の方角を向いてオリオン座の探し方を確認する。
個別	⑥児童は、情報端末で「星と星座のものがたり」を学習する。



B.1.2 荒川区立第三峡田小学校（4 年 国語）の実証授業

荒川区立第三峡田小学校（4 年 国語）の実証授業の概要は、表の通りである。ログインに時間がかかった情報端末があったが、IT 支援員のサポートによりログインできた。3 年同様、画面が表示するのに時間がかかったり、エラーページが表示されたり、コンテンツがリロードされなかったりした情報端末もあったが、キャッシュとクッキーのクリアで対応した。コンテンツの操作は問題ないようであった。

表 19. 荒川区立第三峡田小学校（4 年 国語）の実証授業の概要

学年・教科（単元）	4 年 国語
使用コンテンツ	漢字道場
チェック項目	下記の項目について、表示、動作を確認した。 1 ログインが円滑に行えるか 2 スタートページ（学習者名表示） 3 漢字一覧 選択ページ 4 各漢字のメニュー 5 ①漢字カード 6 ②筆順 7 ③漢字練習（漢字のなぞり書き練習） 8 ④漢字特訓（漢字の練習）

表 20. コンテンツを使用した授業内容

学習形態	学習活動
一斉	①教員が、電子黒板で漢字の筆順を模擬的に見せ、黒板でも、「はねる」「はらう」などの注意点について注意喚起する。
個別	②児童が、情報端末で学習する漢字を選択し、「漢字練習」で漢字を書いて練習をする。
一斉	③教員がデジタル教科書のフラッシュカードで漢字の確認をする。
個別	④児童が、プリントにて漢字テストを行う。

B.1.3 荒川区立第三峡田小学校（3 年 算数）の実証授業

荒川区立第三峡田小学校（3 年 算数）の実証授業の概要は、表の通りである。本事業の実証実験の中では低学年であったが、ログインや操作に関しては、他学年と同様、大きな問題はなかった。ただ、リセットボタンなど、言葉の意味がわからない児童が多かった。

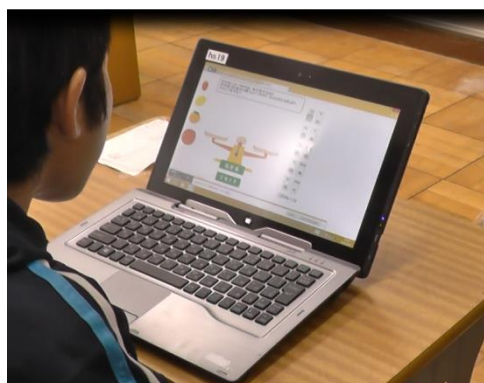
Android にて、生徒用マイページとコンテンツが、リロードしてもなかなか表示されないことがあったが、キャッシュとクッキーのクリアにて解決した。

表 21. 荒川区立第三峡田小学校（3 年 算数）の実証授業の概要

学年・教科（単元）	3 年 算数
使用コンテンツ	てんびんで重さをはかろう
チェック項目	下記の項目について、表示、動作を確認した。 1 ログインが円滑に行えるか 2 スタートページ（学習者名表示） 3 くだものが正しく天秤に乗せられた 4 分銅の組み合わせによる判定 5 リセットボタン

表 22. コンテンツを使用した授業内容

学習形態	学習活動
一斉	①教員が、ものさしとプラスチックのカップで作った天秤を使い、物の重さを比べる。
協働	②児童がグループごとに、天秤で物の重さを比べる。
一斉	③教員が、情報端末の「てんびん」の使い方を説明する。
個別	④児童が、情報端末の「てんびん」で、くだものの重さを分銅ではかる。リセットボタンを選択し、繰り返し重さをはかる。



B.1.4 荒川区立第二日暮里小学校（6 年 国語）の実証授業

荒川区立第二日暮里小学校（6 年 国語）の実証授業の概要は、表の通りである。授業前にログインをすませていたため授業はスムーズに行われ、コンテンツの操作上の問題はなかった。

表 23. 荒川区立第二日暮里小学校（6 年 国語）の実証授業の概要

学年・教科（単元）	6 年 国語
使用コンテンツ	漢字道場
チェック項目	下記の項目について、表示、動作を確認した。 1 ログインが円滑に行えるか 2 スタートページ（学習者名表示） 3 漢字一覧 選択ページ 4 各漢字のメニュー 5 ①漢字カード 6 ②筆順 7 ③漢字練習（漢字のなぞり書き練習） 8 ④漢字特訓（漢字の練習）

表 24. コンテンツを使用した授業内容

学習形態	学習活動
一斉	①ドリル教材を使い、児童が学習する漢字を読みあげる。
個別	②児童が、情報端末で学習する漢字を選択し、「筆順」を確認する。 ③児童が、「漢字練習」で漢字を書いて練習し、書いた漢字を再生することで筆順を再確認する。



B.1.5 荒川区立第二日暮里小学校（5 年 算数）の実証授業

荒川区立第二日暮里小学校（5 年 算数）の実証授業の概要は、表の通りである。立体のように視覚的に見て判断しやすいものは、アクセシビリティ面でも効果的であった。コンテンツの操作上の問題は、特になかった。ただし、タッチペンが壊れたしまま授業を受けている児童がいたので、予備のタッチペンに交換して対応した。

表 25. 荒川区立第二日暮里小学校（5 年 算数）の実証授業の概要

学年・教科（単元）	5 年 算数
使用コンテンツ	いろいろな立体を調べてみよう
チェック項目	下記の項目について、表示、動作を確認した。 1 ログインが円滑に行えるか 2 立体一覧ページ 3 立方体 4 直方体 5 三角柱 6 四角柱 7 六角中 8 円柱

表 26. コンテンツを使用した授業内容

学習形態	学習活動
一斉	①教員が、指導者用デジタル教材で立体の仲間分けについて説明する。
個別	②児童が、情報端末で、「立方体」「直方体」「角柱」を回転しながら、側面、頂点、辺の数を調べ、ワークシートに記入する。 ③立体の性質について考察する。



15 立体をくわしく調べよう

①、②、③、④のような立体を、角柱といいます。
角柱で、上下に向かい合った2つの面を底面といい、まわりの四角形の面を側面といいます。

底面が三角形、四角形、五角形、……の角柱を、それぞれ三角柱、四角柱、五角柱、……といいます。

問題1 立方体や直方体、角柱の側面、頂点、辺の数をタブレットPCを使って調べましょう。

	三角柱	立方体	直方体	四角柱	六角柱
側面の数					
頂点の数					
辺の数					

問題2 問題1の結果から、立方体と直方体は、それぞれ何角柱といえますか。

立方体・……（ ）
直方体・……（ ）

問題3 問題1の結果から、気づいたことを書きましょう。

問題4 五角柱の側面の数、頂点の数、辺の数はそれぞれいくつだと思いますか。

側面の数 （ ） 頂点の数 （ ）
辺の数 （ ）

B.1.6 荒川区立第二日暮里小学校（5 年 算数、協働教育）の実証授業

荒川区立第二日暮里小学校（5 年 算数）の実証授業の概要は、表の通りである。協働教育システムを使用した授業であったが、電子黒板と情報端末との連携は問題なく、授業はスムーズであった。「みんなでメモ」「ネイティブアプリ版協働ツール」、ともに、問題なく動作していた。

なお、情報端末にペンで記入させる状況が多く、ペンの種類によっては記入が困難で、指先で記入している児童もみられた。

表 27. 荒川区立第二日暮里小学校（5 年 算数、協働教育）の実証授業の概要

学年・教科（単元）	5 年 算数
使用コンテンツ	みんなでメモ、自作教材コンテンツ共有システム
チェック項目	下記の項目について、表示、動作を確認した。 1 ログインが円滑に行えるか 「みんなでメモ」 2 ペンツールで書き込みできないとき、共通インターフェースの「JGEC/SP」の文字が白色ではなくなっているか。 3 みんなでメモの利用時に、グルーピングは正常に機能しているか。 4 みんなでメモの利用時に、ページングは正常に機能しているか。 5 電子黒板ツールの利用時に、選択した児童（グループ）の画面が電子黒板に表示されているか。 6 電子黒板が児童の情報端末と正常に連動しているか。 「自作教材コンテンツ共有システム」 7 授業アプリケーションのログインが円滑に行えるか。 8 ペン機能などが正常に動くか。 9 児童画面が電子黒板に表示されるか。 10 指定した児童の画面が拡大表示されるか。

表 28. コンテンツを使用した授業内容

学習形態	学習活動
協働	①児童がグループごとに、みんなのメモを利用し、情報端末で分数の計算の復習をする。 ②電子黒板に、各グループの計算を提示する。
個別	③児童は、分数のワークシートに取り組む。

一斉	④児童は、ワークシートの結果を発表し、教員が板書する。
個別	⑤板書からわかった計算の規則を、児童が自作教材コンテンツ共有システムを利用して記入する。
協働	⑥児童が 2～3 人で 1 組となり、互いに情報端末を見せ合い、計算の規則について話し合う。 ⑦電子黒板に、話し合った結果を提示する。



分数のたし算・ひき算の復習	名前
下の式の□、○、△に数を入れて、正しい式をつくりましょう。 ただし、□、○、△には同じ数は入らず、○△は約分できない分数です。	
$\frac{1}{3} - \frac{1}{\square} = \frac{\bigcirc}{\triangle}$	
1 成り立つ式を書き出しましょう。	
見つけた式を□の数がいっしょにならべましょう。	
$\frac{1}{3} - \frac{1}{\square} = \frac{\bigcirc}{\triangle}$	
$\frac{1}{3} - \frac{1}{\square} = \frac{\bigcirc}{\triangle}$	
$\frac{1}{3} - \frac{1}{\square} = \frac{\bigcirc}{\triangle}$	
$\frac{1}{3} - \frac{1}{\square} = \frac{\bigcirc}{\triangle}$	
$\frac{1}{3} - \frac{1}{\square} = \frac{\bigcirc}{\triangle}$	
$\frac{1}{3} - \frac{1}{\square} = \frac{\bigcirc}{\triangle}$	
$\frac{1}{3} - \frac{1}{\square} = \frac{\bigcirc}{\triangle}$	
○まとめ	
$\frac{1}{3} - \frac{1}{\square} = \frac{\bigcirc}{\triangle}$	
○練習問題の答え	
$\frac{1}{3} - \frac{1}{\square} = \frac{\bigcirc}{\triangle}$	
見つけたきまり	

B.2 実証授業担当教員へのヒアリング

後日、実証授業を行った教員へのヒアリングの際の意見を示す。

児童 1 人 1 台の環境について

教員に比べ、児童のほうが情報端末をスムーズに使っており、操作性に問題はない。

児童が映像を見続けたり、動画を撮ったりするなど、情報端末の操作に夢中になる面があるため、機能制限が必要と思われる。

情報端末について

情報端末の種類によって筆圧や動作（スピード）の感度が異なり、ストレスとなる場合がみられた。iPad はタップし続けるとフリーズする、Android は反応が鈍いなどがあった。機種は統一してほしい。

コンテンツについて

各コンテンツの動作（スピード）が実証実験期間中に改善された。動作が遅いと授業では使用できない。

操作のための説明用語（「成果物一覧」等）が専門的でわかりづらい。

デジタル教材として欲しいのはシミュレーションや疑似体験である。

小さな部分を選ぶ動作が苦手な児童がいるので、選択肢の数字は手書き入力できるとよい。

授業支援システムについて

児童や教員の情報端末を電子黒板にリアルタイムで表示できるとよい。また、電子黒板に表示する際、多くの情報端末を一度に表示すると見えづらい。スライドショー、数枚ずつ順番に表示する、教員が選択した情報端末（複数台）のみ表示するなどができるとよい。

児童の画面をキャプチャしてアーカイブする機能があると、評価の際に使用できる。

通信機能を用いた授業について

他校との通信授業は時間を合わせるのが難しいため、コーディネーターがいるとよい。遠隔地、不登校の児童が授業に参加できるのがよい。

B.3 家庭持ち帰りの概要

家庭への情報端末持ち帰りによる、家庭学習との連携検証を行った。以下、概要を示す。

表 29. 家庭持ち帰りの概要

日 時	学年・科目	学校名
平成 26 年 1 月 24 日 (金) ～平成 26 年 1 月 26 日 (日)	6 年 国語 (漢字道場)	荒川区立第二日暮里小学校
平成 26 年 2 月 5 日 (水)	4 年 国語 4 年 理科 (星座)	荒川区立第三峡田小学校
平成 26 年 2 月 6 日 (木)	3 年 算数 (手書きドリル)	荒川区立第三峡田小学校
平成 26 年 2 月 7 日 (金) ～平成 26 年 2 月 9 日 (日)	5 年 算数 (Study21)	荒川区立第二日暮里小学校

- 4、6 年 国語 漢字

学校の授業にて、教育用コンテンツの使い方の説明がされた。そして、実際に授業で数文字練習を行い、その続きを家庭に持ち帰り行った。

- 4 年 理科 星の動きを調べてみよう

学校の授業にて、教育用コンテンツが扱っている学習内容と実装された機能から、冬の星座を観察するときに活用できることが説明された。そして、家庭に持ち帰り、保護者と夜空を観察する課題が出された。

- 3 年 算数 手書きドリル かけ算の筆算

学校の授業にて、教育用コンテンツの使い方の説明がされた。そして、実際に授業で解いたあと、その続きを家庭に持ち帰り行った。

- 5 年 算数 Study21「割合」

学校の授業にて、教育用コンテンツの使い方の説明がされた。そして、家庭に持ち帰り、自学自習コンテンツとして取り組まれた。教材の特性から、宿題としての範囲を定めず、各自の学習到達度に合わせた自由なペースで取り組んだ。

- 防災アラート

教員の勤務時間内で実施したが、その時間帯には習い事をしている児童も多く、日

時の調整が難しかった。また、防災アラートが教育用コンテンツを動作させているときに受信できる仕様のため、教員からのテスト配信時、コンテンツによる学習をしていなかったことも推測される。

B.4 家庭連携 アンケート結果

家庭への情報端末持ち帰りによる、児童と保護者へのアンケート結果を示す。

● 対象

検証校 2 校

3 年生 18 名/20 名中（回答率 90%）

4 年生 16 名/23 名中（回答率約 69%）

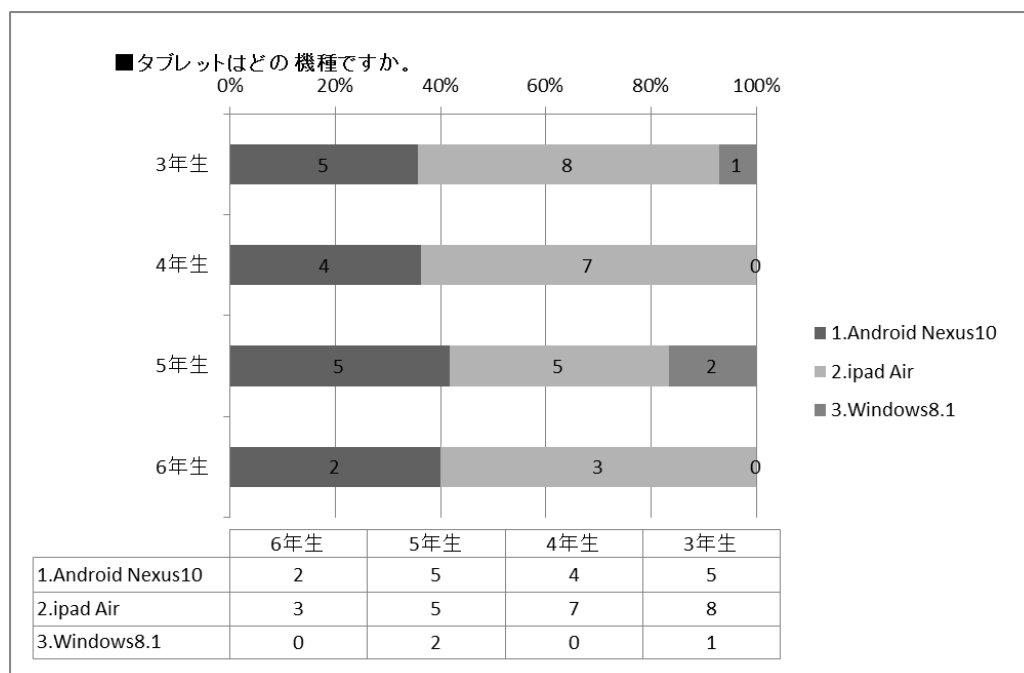
5 年生 14 名/17 名中（回答率約 82%）

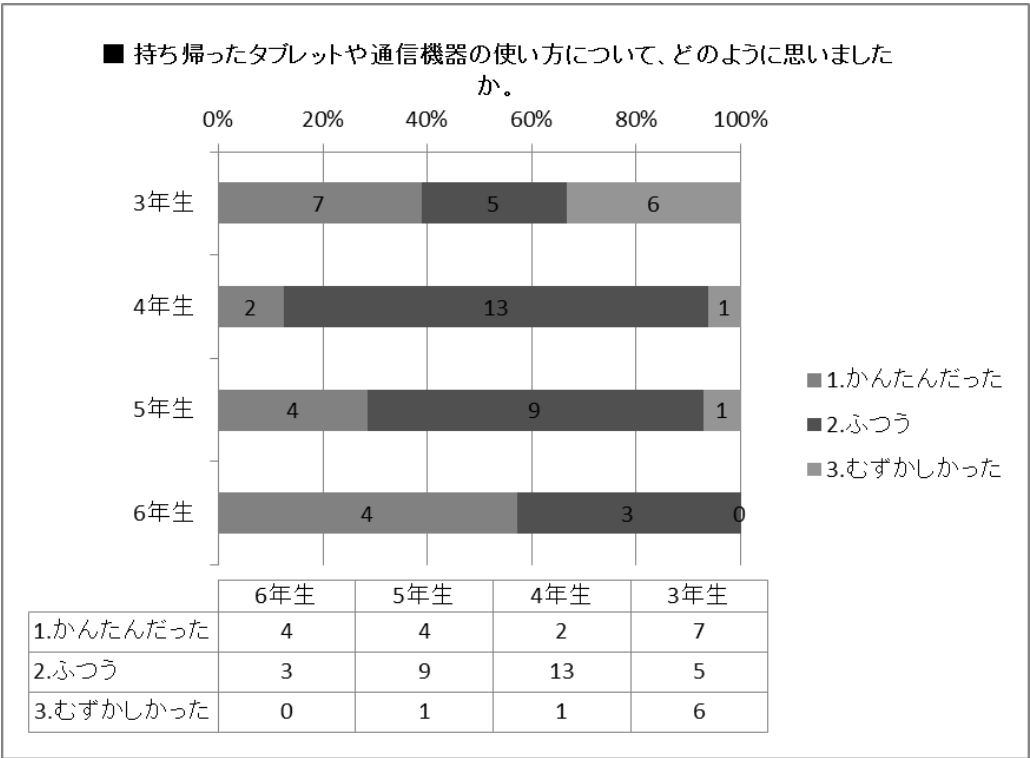
6 年生 7 名/12 名中（回答率約 58%）

計 55 名/73 名中（回答率約 75%）

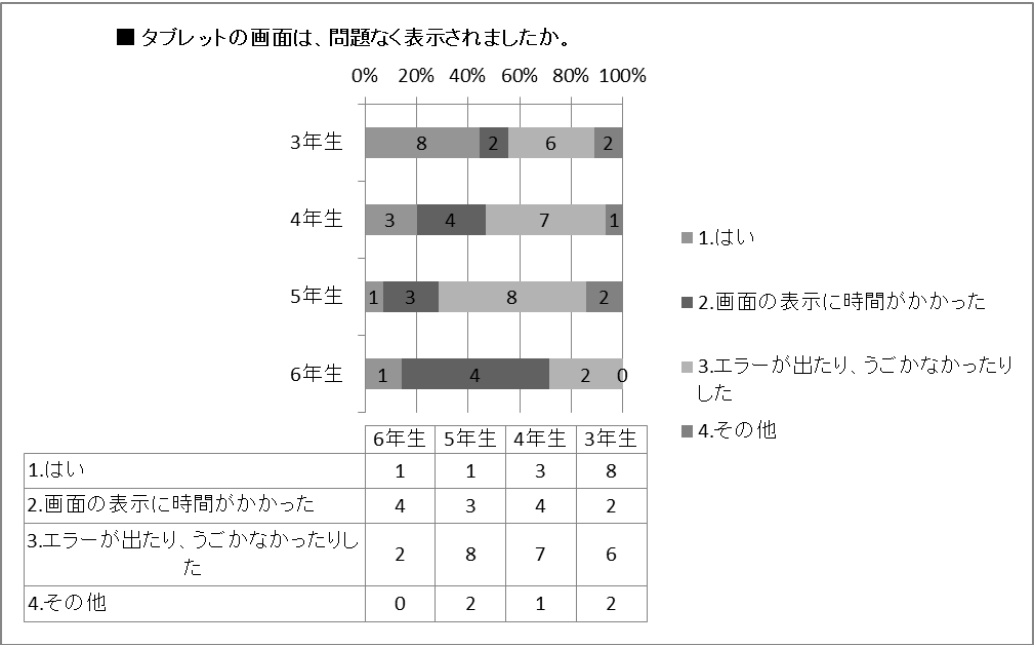
※未記入、無回答については集計せず。

児童のみなさんにお聞きます。

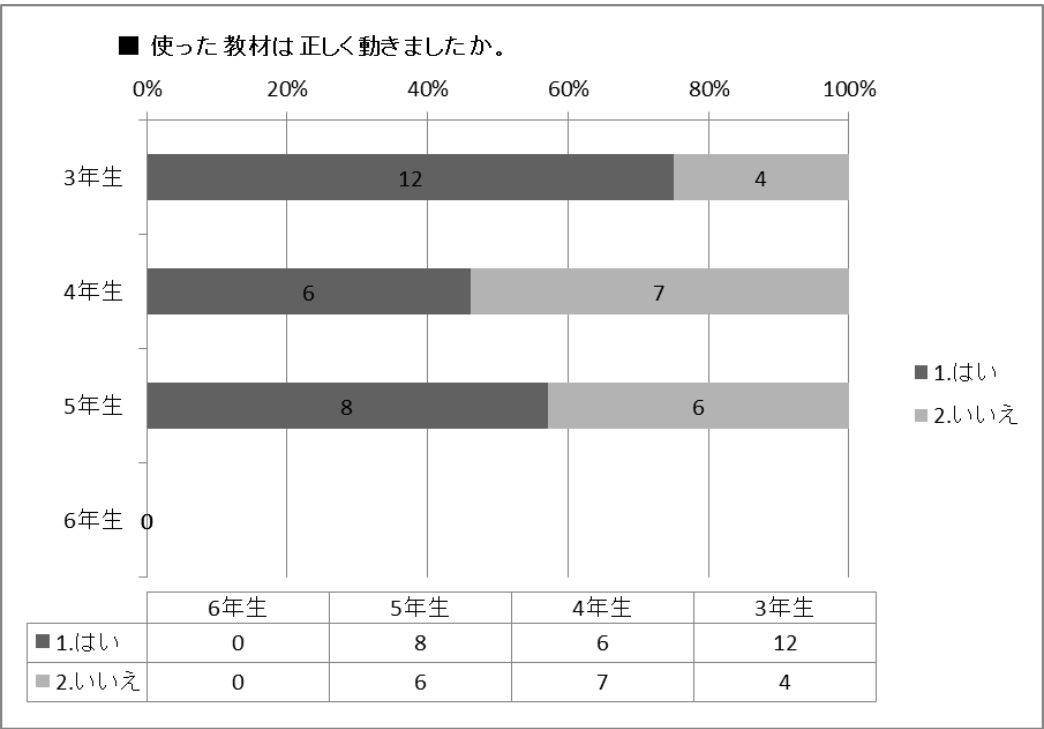




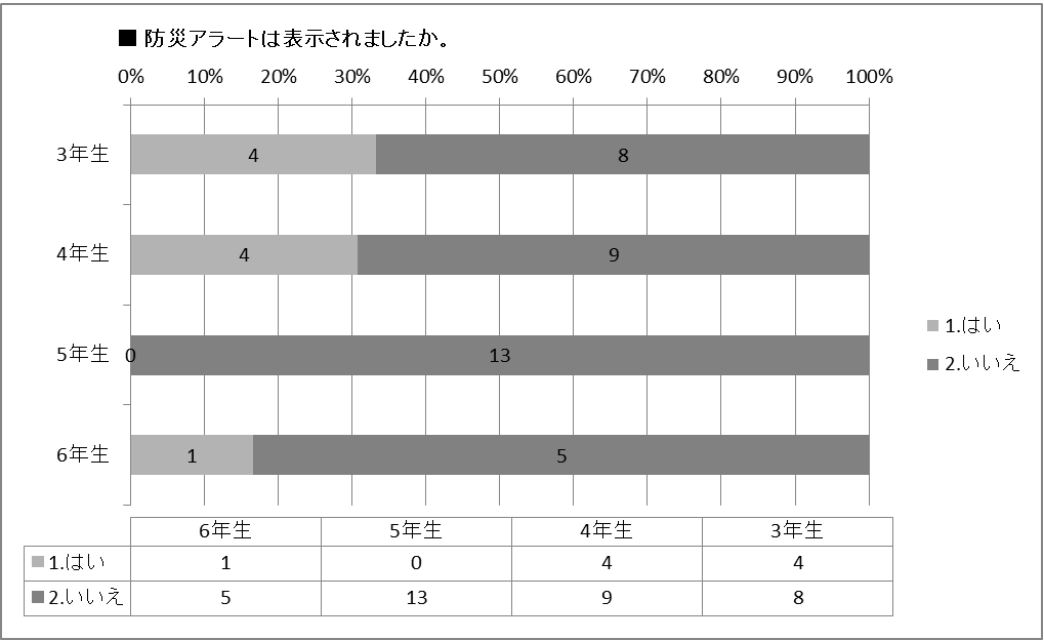
3 年生は、使い方が「むずかしかった」と答える児童が 33%いる。学齢が低くなるほど、使い方について「ふつう」「むずかしかった」と答える児童が多いことがわかる。そのため、家庭に持ち帰る場合、保護者のサポートが必要になると思われる。



「画面の表示に時間がかかった」「エラーが出たり、うごかなかったりした」という不具合が、6 年生 86%、5 年生 79%、4 年生 73%、3 年生 44%あった。

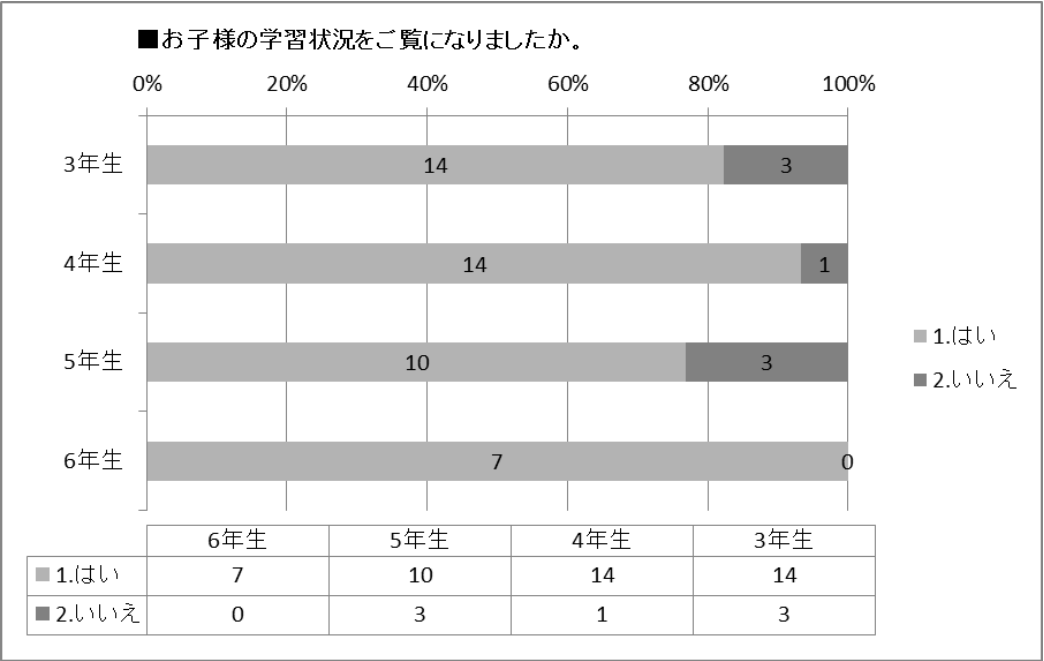


「使った教材は正しく動かなかった」という回答が、5 年生 43%、4 年生 54%、3 年生 25%あった。

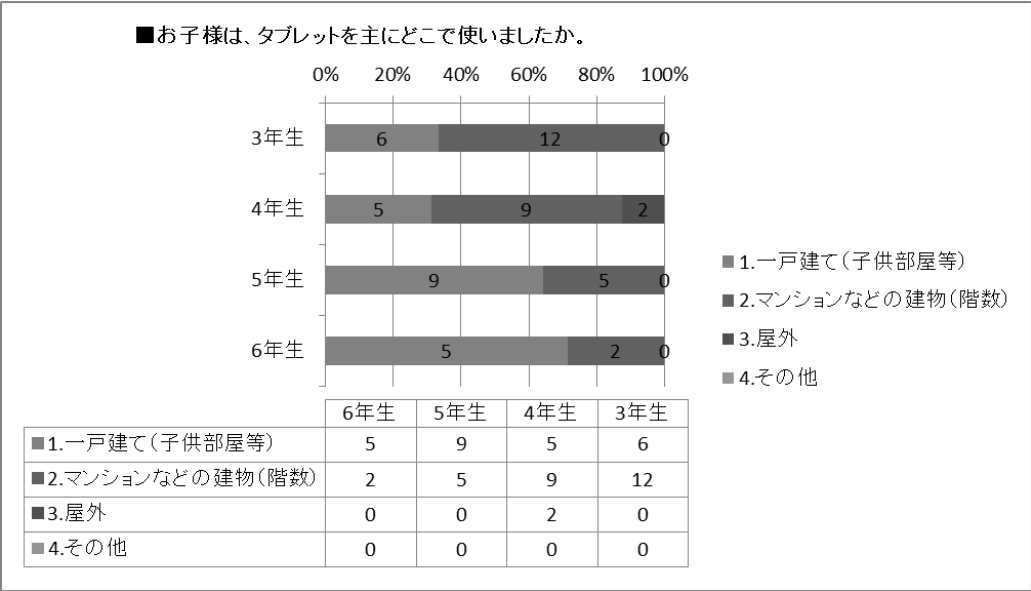


5 年生では、防災アラートの検証が行われなかった。「防災アラートが表示されなかった」という回答が 6 年生 83%、4 年生 69%、3 年生 67%だが、ネットワークにつながることができなかったり、検証時に外出したりした児童がいたためだと思われる。

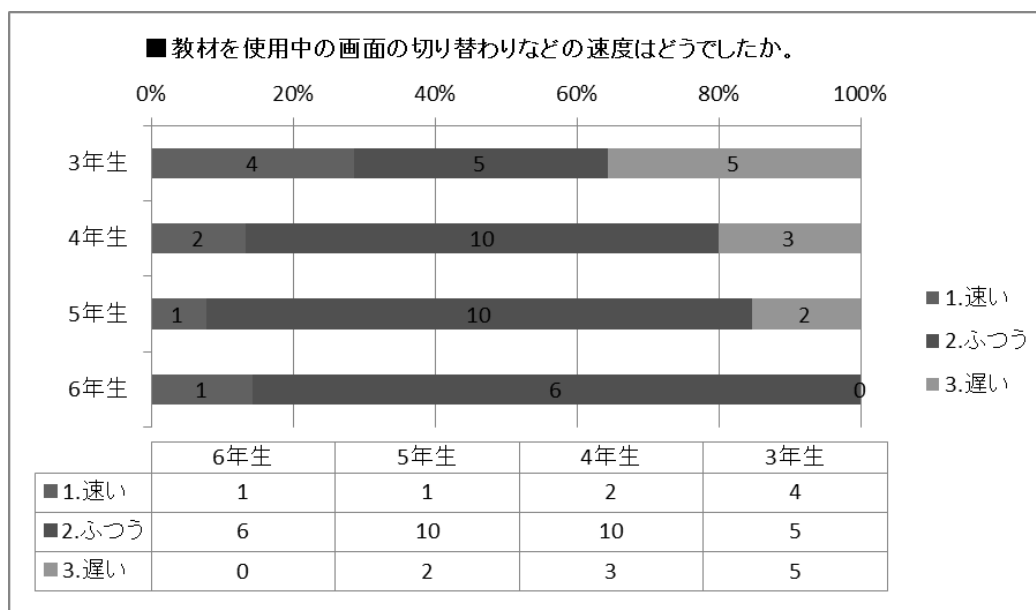
保護者の方にお聞きします。



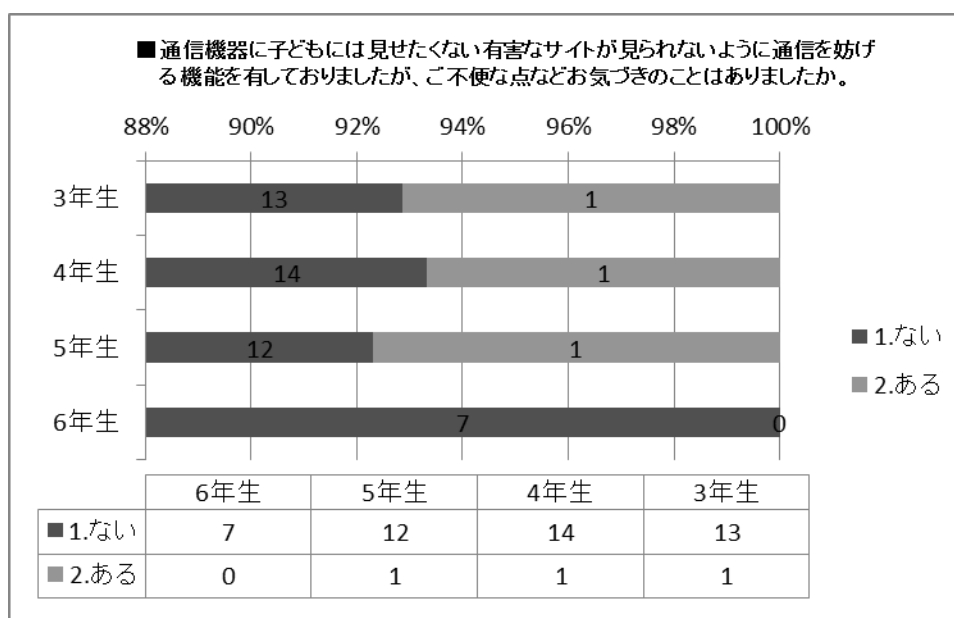
「はい」と回答した保護者が 6 年生 100%、5 年生 77%、4 年生 93%、3 年生 82%にのぼった。保護者の関心が高いことがわかった。一方、持ち帰り学習は、保護者の協力が必要であることも裏づけられた。



家庭学習でも、ネットワーク環境は問題ないことがわかった。



切り替わりの速度が「速い」「ふつう」と回答した保護者は、6 年生 100%、5 年生 85%、4 年生 80%、3 年生 64%に達した。ネットワーク環境は整っていることがわかった。



有害サイトを見られないようにするフィルタリング機能について、保護者は特に不便な点を感じていなかった。

Appendix C アクセシビリティ評価レポート

制作された教育用コンテンツについて、アクセシビリティガイドラインへの準拠状況を事例を交えて評価し、教材制作の参考になるようにまとめた。

C.1 見やすいコンテンツを心がける

色の違い

色の違いだけで情報を提供しているコンテンツはほとんどなかった。

色のコントラスト

全体としては文字色と背景色のコントラスト比が確保されていると言えるが、中には不足している箇所も散見された。コントラスト比の数値は、見た目の印象よりも低くなるケースが少なくないため、注意が必要である。

形や大きさ、視覚的な位置や方向

視覚的な特徴だけで説明しているコンテンツはなかった。

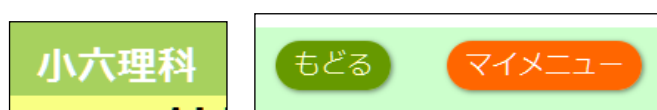
C.1.1 色のコントラスト

準拠している例



- 文字色と背景色のコントラスト比を 4.5:1 以上確保している。

準拠していない例



？かける数が大きくなったときのかけ算について考えていこう。

- 文字色と背景色のコントラスト比が 4.5:1 未満であり、コントラストが不十分なために、ユーザーによっては文字が読みづらいと感ずる可能性がある。特に、緑やオレンジは見た目の印象よりも、コントラスト比の数値が低くなる傾向があるため、注意が必要である。

C.2 代替テキストを提供する

画像の代替テキスト

画像の代替テキストを HTML ソースコードにきちんと記述しているコンテンツとほとんど記述されていないコンテンツに大きく二分された。代替テキストがないと、スクリーンリーダーの読み上げ音声ではコンテンツを理解するために必要な情報が得られない。中には、HTML ソースコードで画像を指定する `img` 要素に、代替テキストを提供する `alt` 属性自体が記述されていないケースもあった。ただ、コンテンツによっては、代替テキストをどのように記述すればよいか判断しづらいものもあり、ガイドラインにさらに多くの具体例を示す必要が感じられた。

CSS を用いた画像表示

画像を表示する際に、CSS の背景画像として指定しているケースが散見された。HTML の `img` 要素ではなく、CSS を用いて背景画像として表示させると、弱視（ロービジョン）のユーザーが OS のハイコントラストモードを使用して反転表示すると、画像が非表示になってしまうため好ましくなく、改善が必要である。

C.2.1 画像の代替テキスト

準拠している例



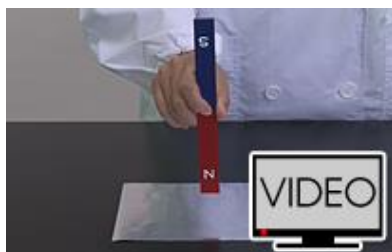
```

```



```

```



```

```

- HTML ソースコードで、画像を指定している `img` 要素の `alt` 属性を用いて、画像が伝えている情報を代替テキストとして記述している。それにより、スクリーンリーダーで画面を読み上げた際も、画像と同等の情報を得ることができる。

準拠していない例



```










```

style="display: block; cursor: pointer; ">

	投げた回数	入った回数
けんた	20	5
ゆうき	30	6

<IMG SRC=../common/3.gif WIDTH=260px
HEIGHT=136px border=0>



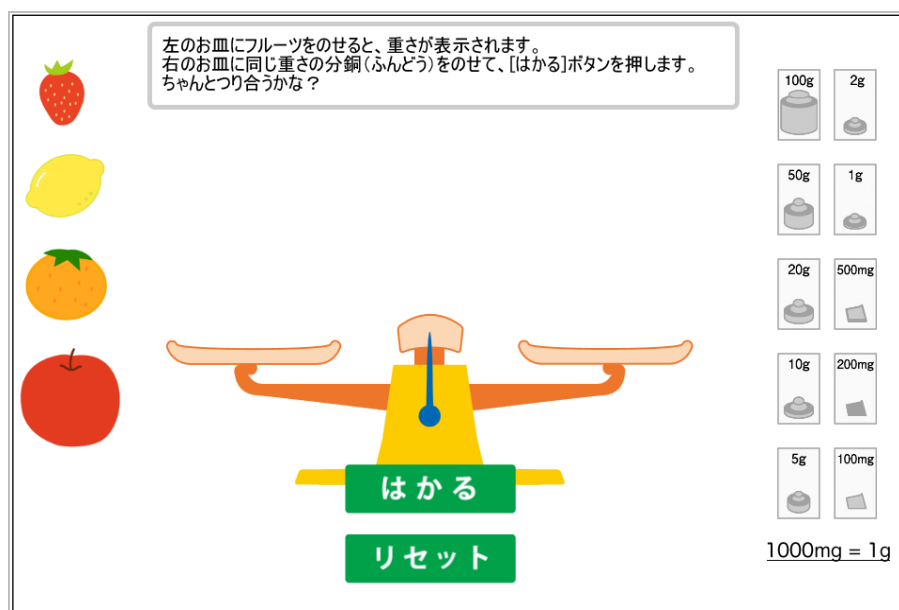


- img 要素に alt 属性がなく、画像に対する代替テキストが提供されていない。そのため、スクリーンリーダーで画面を読み上げた際には、画像のファイル名を読

み上げたり、画像がリンクの場合にはリンク先の URL が読み上げられたりする。ユーザーにとって理解しづらいだけでなく、場合によってはまったく理解できないこともある。

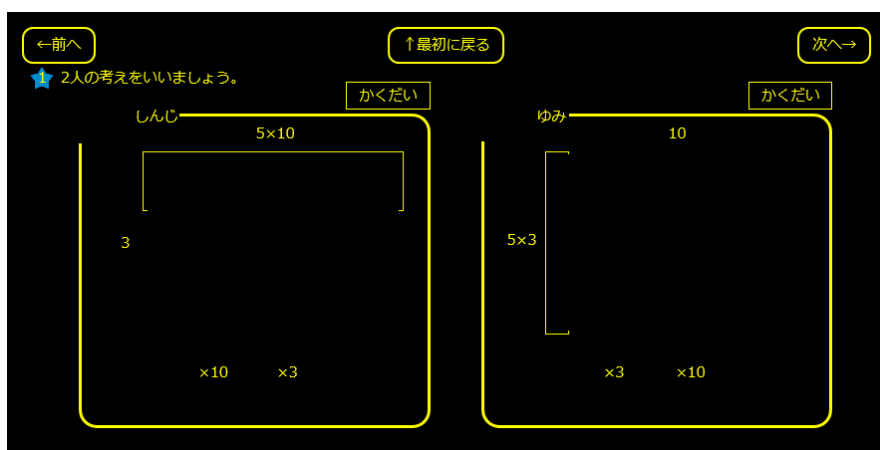
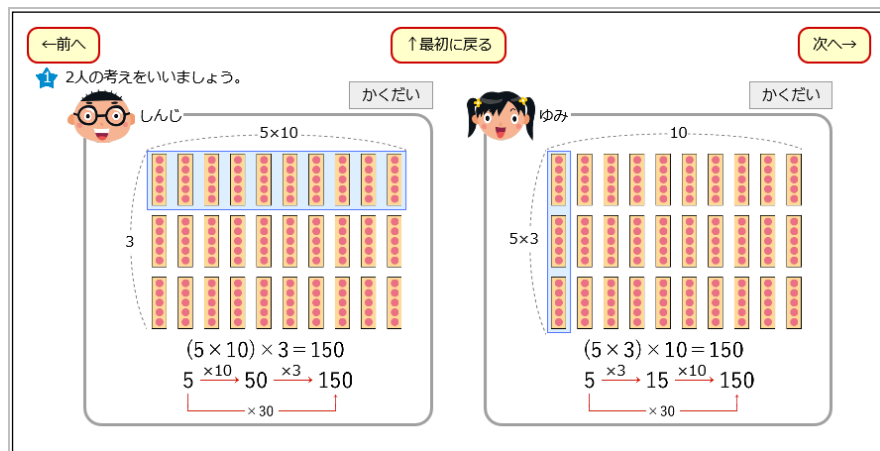
C.2.2 CSS を用いた画像表示

準拠している例

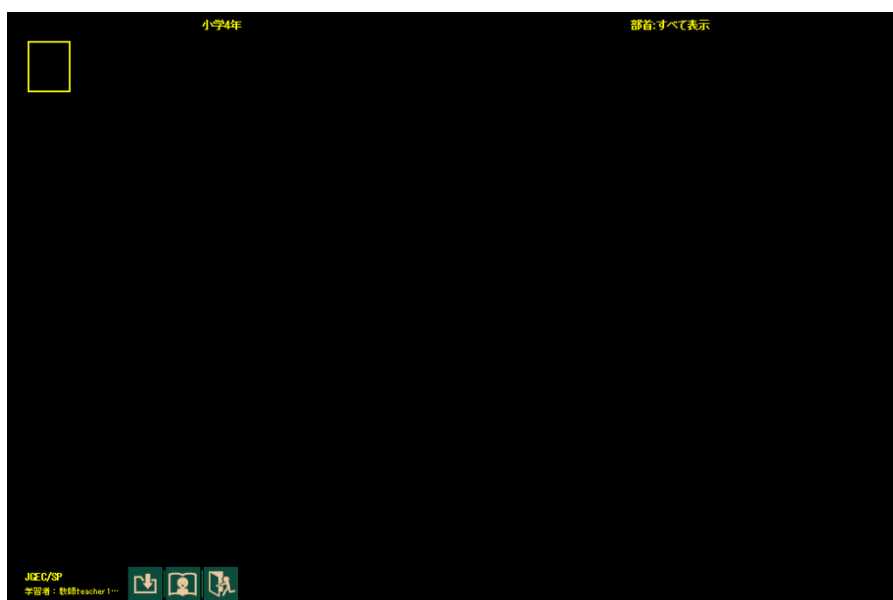


- 画像に `img` 要素や `SVG` を用いている。OS のハイコントラスト表示で画面を反転させた状態でも画像が表示されるため、コンテンツを問題なく利用することができる。

準拠していない例



- CSS を用いて背景画像として画像を指定している。そのため、OS のハイコントラスト表示にして反転した状態では、画像が非表示になってしまい、コンテンツのほとんどを見ることができなくなってしまう。



- CSS を用いて背景画像として画像を指定している。そのため、OS のハイコントラスト表示にして反転した状態では、画像が非表示になってしまい、ほぼすべてのコンテンツを見ることができなくなってしまう。

C.3 音声や映像コンテンツを注意して用いる

音声を含む映像コンテンツ

映像を説明しているナレーションに対してキャプションが提供されていないコンテンツがあったため、聴覚障害などにより音声を聞くことができない場合には、ナレーションが伝えている情報を得ることができない。

音声のない映像コンテンツ

映像が伝えている情報に対して音声ガイドや代替コンテンツが提供されていないコンテンツがあったため、視覚障害などにより映像を見ることができない場合には、映像が視覚的に伝えている情報を得ることができない。

自動的な再生

映像や音声を含むページが読み込まれても自動的に再生することはなく、この点はしっかりと留意されていた。

閃光

映像には閃光を放つコンテンツが含まれておらず、この点も留意されていた。

C.3.1 音声を含む映像コンテンツ

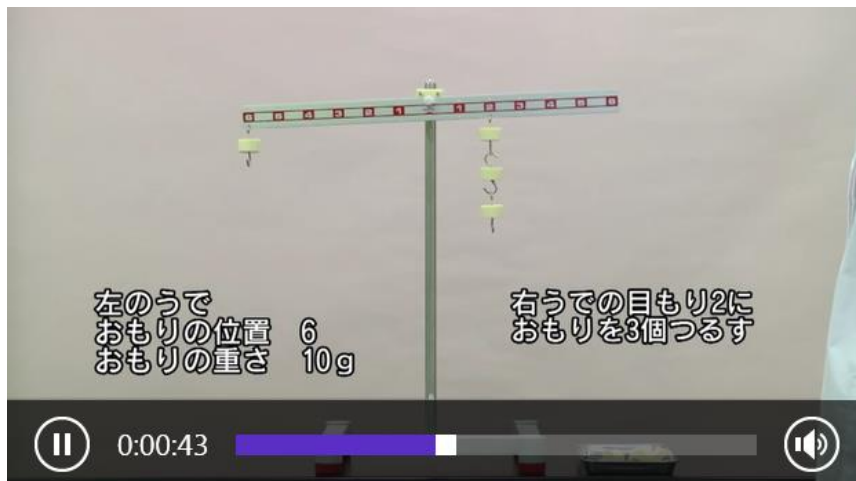
準拠していない例



- 映像を説明するナレーションの音声提供されているが、その内容をテキストに書き起こしたキャプションが提供されていない。そのため、音声を聞くことができない場合には、この動画の音声伝えている情報を入手することができない。

C.3.2 音声のない映像コンテンツ

準拠していない例



- 動画に表示されるテロップ（文字）や映像が視覚的に伝えていることを説明する音声ガイドが提供されていない。また、動画の内容をテキストに書き起こした代替コンテンツも提供されていない。そのため、動画を見ることができない場合、この動画の映像が視覚的に伝えている情報を入手することができない。

C.3.3 自動的な再生

準拠している例





- 動画が自動的に再生されることなく、ユーザーが再生ボタンを押すことによって動画の再生が開始される。

C.4 構造化に留意する

見出しやリストのマークアップ

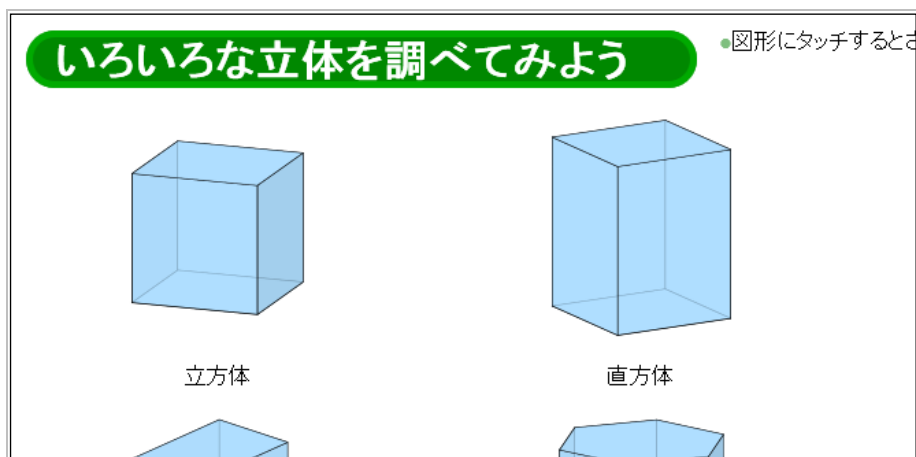
見出しやリストが見ただけで、HTML の適切な要素（見出しは h1～h6 要素、リストは ul 要素、ol 要素、li 要素など）を用いてマークアップされていないコンテンツが見受けられた。

文字間のスペースや改行

単語内にスペースや改行が入っていることはほとんどなく、スクリーンリーダーでも一つの単語として正しく認識できていた。

C.4.1 見出しやリストのマークアップ

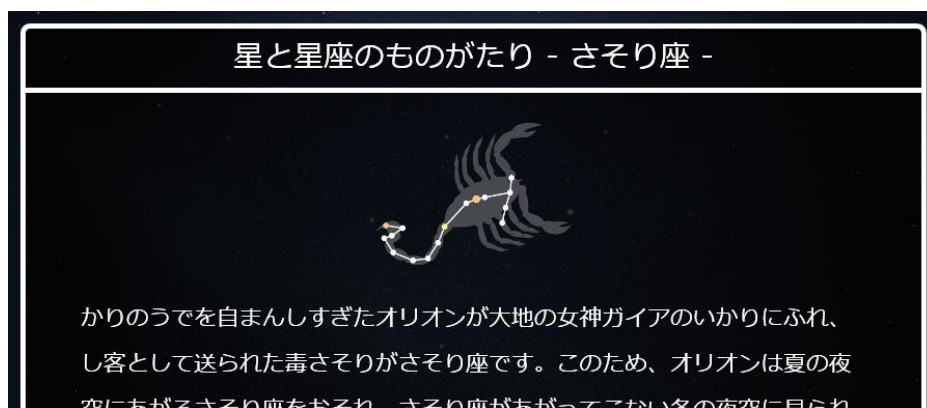
準拠している例



<h1>いろいろな立体を調べてみよう</h1>

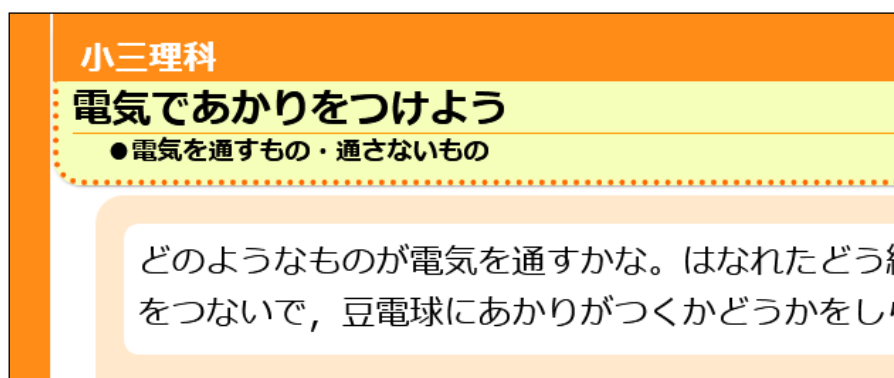
- 見た目だけでなく、HTML ソースコードで h1 要素を用いて見出しとしてマークアップしている。

準拠していない例



<div id="story_title" class="story_title">星と星座のものがたり - さそり座
-</div>

- 見た目には見出しのように見えるが、HTML ソースコードでは h1 要素ではなく div 要素を用いているため、見出しであることが分からない。

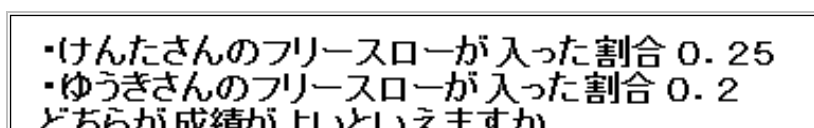


<div id="menu_header">

電気であかりをつけよう

• • •

- 文字サイズが大きく太字なので見た目には見出しのように見えるが、HTML ソースコードでは **h1** 要素ではなく **div** 要素を用いているため、見出しであることが分からない。



<DIV ID=107917696 style="margin:0px 0px 0px 0px; position:absolute; left:40px; top:180px; width:540px; height:110px; text-align:left; font-family: M S ゴシック, M S ゴシック; color:#000000; text-decoration:none; font-size:19px; font-weight:bold; font-style:normal">

・けんたさんのフリースローが入った割合 0.25

- ・ゆうきさんのフリースローが入った割合 0.2

...

- 見た目には順不同リストだが、HTML ソースコードでは ul 要素を用いていないため、順不同リストであることが分らない。

1. かんじカード
2. ひつじゅん
3. かんじれんしゅう⁰
4. かんじとっくん¹

```
<a id="description-btn" class="main-btn" tabindex="1"
href="javascript:void(0)"> 1.かんじカード </a>
<a id="model-btn" class="main-btn" tabindex="2" href="javascript:void(0)">
2.ひつじゅん </a>
<a id="trace-btn" class="main-btn" tabindex="3" href="javascript:void(0)">
3.かんじれんしゅう<span id="traceCount">0</span></a>
<a id="exercise-btn" class="main-btn" tabindex="4"
href="javascript:void(0)">
4.かんじとっくん<span id="exerciseCount">1</span></a>
```

- 見た目には番号付きリストだが、HTML ソースコードでは ol 要素を用いていないため、番号付きリストであることが分からない。

C.5 多様な方法でのアクセスを確保する

キーボード操作

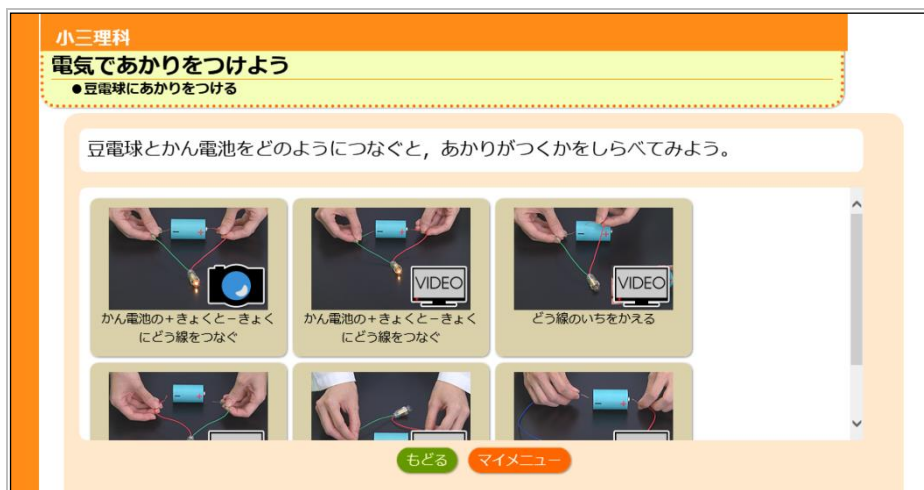
キーボード操作への対応は十分とはいえず、ドラッグ&ドロップ操作や手書き入力
で利用するコンテンツなど、キーボード操作に対応していないものが見受けられた。

フォーカス移動順序

キーボードで操作可能な場合でも、Tab キーによるフォーカス移動順序に改善の余地があるコンテンツがあった。単に操作できるだけでなく、フォーカス移動順序にも留意する必要がある。

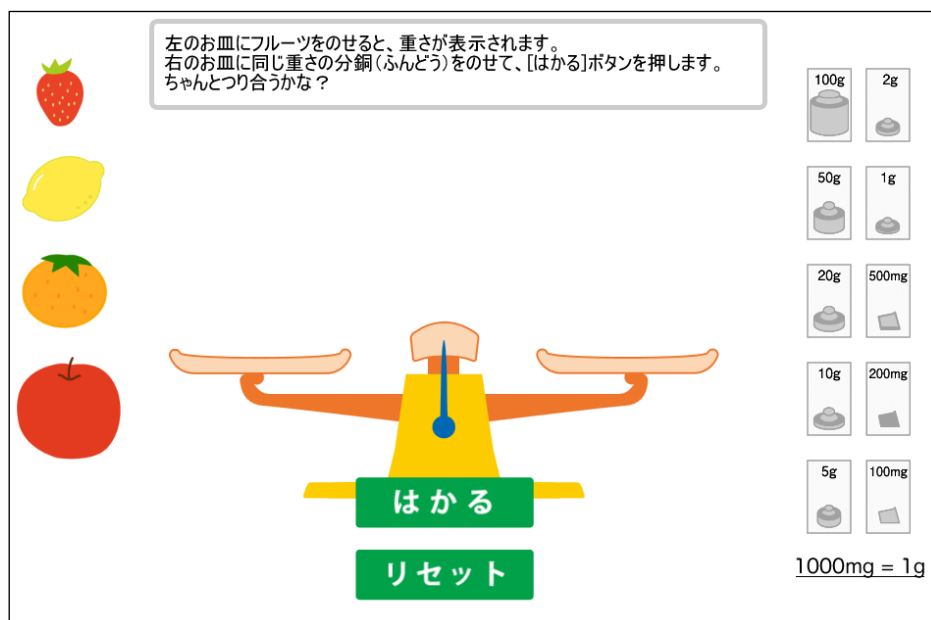
C.5.1 キーボード操作

準拠している例

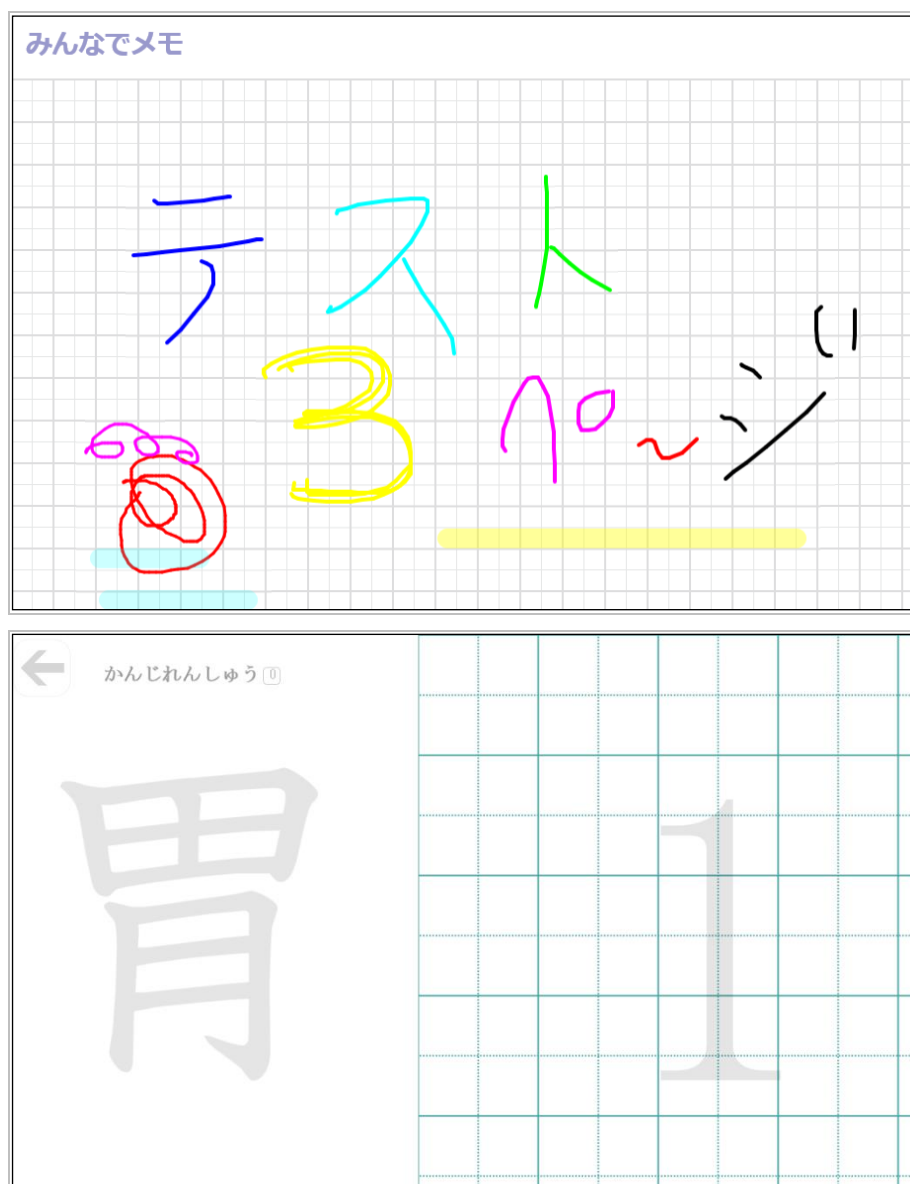


- HTML で標準のリンク (a 要素) を用いており、すべてのリンクはキーボードでも操作可能である。

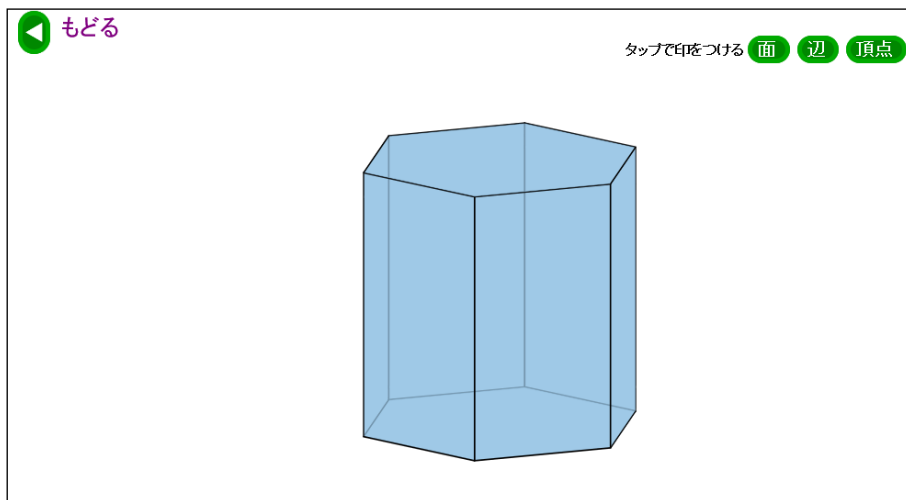
準拠していない例



- ドラッグ&ドロップでなければ操作できず、キーボード操作やスクリーンリーダーには対応していない。



- 手書き入力しかできないため、キーボードでは操作できない。また、視覚に大きく依存しているため、スクリーンリーダーへの対応は困難であると考えられる。



- タッチ操作のみに対応しており、マウスやキーボードでは操作できない。また、視覚に大きく依存したコンテンツであるため、スクリーンリーダーへの対応は困難であると考えられる。

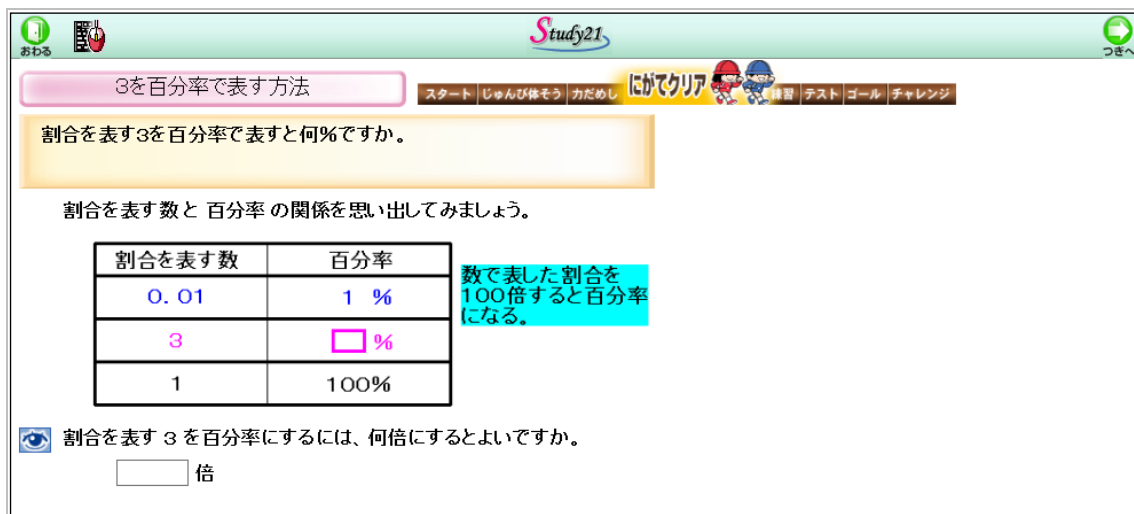
C.5.2 フォーカス移動順序

準拠している例



- キーボードの Tab キーを押下すると、リンクが画面に配置されている順（上から下へ、左から右へ）と同じ順序でキーボード・フォーカスが順に移動していく。

準拠していない例



Study21

3を百分率で表す方法

スタート | ジャンプ体そう | カだめし | はがてクリア | 練習 | テスト | ゴール | チャレンジ

割合を表す3を百分率で表すと何%ですか。

割合を表す数と 百分率 の関係を思い出してみましょう。

割合を表す数	百分率
0.01	1 %
3	3 %
1	100 %

数で表した割合を100倍すると百分率になる。

割合を表す3を百分率にするには、何倍にするとよいですか。

倍

- この画面の中では、フォーカス移動順序の一番最後が画面下にあるテキストフィールドになっている。そのため、キーボード操作の場合、テキストフィールドに回答を記入した後、次の画面に移動するためにページ右上にあるリンク画像「つぎへ」を押すには、フォーカスを逆順で戻さなくてはならない。
実際の作業の順序である「問題」→「回答」→「次への移動」という順でフォーカスが移動されることが望ましい。

Appendix D 学習記録データのサンプル

本事業では、Experience (Tin Can) API をベースに、学習履歴の記録を行った。Experience API では、学習に関する活動を、Actor (主体)、verb (行動)、object (対象) という 3 つの概念を中心に statement と呼ばれる単位にまとめ、データとして記録して行く。ここでは、典型的な statement の例を元に学習記録データのサンプルを示す。

D.1 Experience (Tin Can) API の statement のサンプル

D.1.1 ファイルアップロードなし

```
{
  "verb": {
    "id": "http://www.tincanapi.co.uk/verbs/started",
    "display": {
      "jp": "started"
    }
  },
  "version": "1.0.0",
  "timestamp": "2014-03-27T07:16:33.161160+00:00",
  "object": {
    "id":
"https://sp-tek.jgec.net/secure/content05/content98/index.html",
    "objectType": "Activity"
  },
  "actor": {
    "mbox": "mailto:",
    "name": "Bq3sP8EwfB6BNI9P4vuzkBK4vJuRMY",
    "objectType": "Agent"
  },
  "stored": "2014-03-27T07:16:33.161160+00:00",
  "authority": {
    "mbox": "mailto:",
    "name": "Bq3sP8EwfB6BNI9P4vuzkBK4vJuRMY",
    "objectType": "Agent"
  }
}
```

```
    },  
    "id": "b9a97436-b57f-11e3-9037-0050568057d4"  
  }  
}
```

D.1.2 ファイルアップロードあり

```
{  
  "verb": {  
    "id": "http://adlnet.gov/expapi/verbs/created",  
    "display": {  
      "en-US": "created"  
    }  
  },  
  "attachments": [{  
    "sha2":  
"JGECSP_SCREENSHOT_tcr225_2014-03-27_16-15-30_sp_tek_jgec_net_  
secure_content05_content98_index_html.png",  
    "contentType": "image/png",  
    "description": {  
      "en-US": "JGEC/SP Contents Screenshot Attachment"  
    },  
    "usageType":  
"https://sp-tek.jgec.net/secure/content05/content98/index.html",  
    "length": 65,  
    "display": {  
      "en-US": "JGEC/SP Contents Screenshot"  
    }  
  }],  
  "timestamp": "2014-03-27T07:15:01.507796+00:00",  
  "object": {  
    "id": "act:sp-tek.jgec.net/secure/content05/content98/index.html",  
    "objectType": "Activity"  
  },  
  "actor": {  
    "mbox": "mailto:",  
    "name": "Bq3sP8EwfB6BNI9P4vuzkBK4vJuRMY",  
  }  
}
```

```
    "objectType": "Agent"
  },
  "stored": "2014-03-27T07:15:01.507796+00:00",
  "authority": {
    "mbox": "mailto:",
    "name": "Bq3sP8EwfB6BNI9P4vuzkBK4vJuRMY",
    "objectType": "Agent"
  },
  "version": "1.0.0",
  "id": "830842c2-b57f-11e3-a429-0050568057d4"
}
```

D.2 statement の構成要素

Experience API の仕様に関する詳細は、次の Web サイトを参照。

公式ドキュメント: <https://github.com/adlnet/xAPI-Spec/blob/master/xAPI.md>

日本語訳 : http://www.elc.or.jp/Portals/0/data/tincan/xAPI_ja.pdf

1. verb

「開始した」「作成した」などの行動

1.1 id

行動の説明を記述してある URL

この URL が指し示す先に、verb が示す行動が定義されている。本事業では、あらかじめ ADL が定義しているものを利用したが、サンプルのうち、<http://adlnet.gov/expapi/verbs/created> に関しては、現在公開が停止されている。

1.2 display

「言語:表示名」の形式で記述した行動の表示名

2. version

Experience API のバージョン番号

3. timestamp

ISO 8601 形式で、statement が発生した時間

サンプルの「2014-03-27T07:15:01.507796+00:00」は UTC（協定世界時）で 2014 年 3 月 27 日 7 時 15 分 1 秒に **statement** に発生したことを示す。JST（日本時間）は UTC より 9 時間進んでいるので、JST に直すと 2014 年 3 月 27 日 16 時 15 分 1 秒となる。

4. **object**

行動の対象

4.1 **id**

statement を記録したコンテンツの URL

サンプルの「<https://sp-tek.jgec.net/secure/content05/content98/index.html>」は、「みんなでメモ」に対する **statement** を表す。

4.2 **objectType**

object の種類

サンプルの「**Activity**」は活動を表す。

5. **actor**

Statement のユーザー

5.1 **mbox**

メールアドレス

本事業ではメールアドレスの設定をしていないので、「mailto:」のみを記述している。

5.2 **name**

ユーザー名

5.3 **objectType**

actor の種類

サンプルの「**Agent**」はエージェントを表す。

6. **stored**

ISO 8601 形式で、システムの保存された時間

詳細は前述の **timestamp** を参照。

7. authority

statement の認証者の情報

本事業では actor と同じユーザーが認証したとして記述しているため、actor と同じ内容となっている。

8. id

statement の識別子

9. attachment

アップロードしたファイルの情報

9.1 sha2

ファイル名

9.2 contentType

ファイルの種類

9.3 description

「言語:概要」の形式で、ファイルの概要

サンプルの「JGEC/SP Contents Screenshot Attachment」は、共通インターフェースのスクリーンショット機能を利用して画像をアップロードしたことを表す。

9.4 usageType

アップロードしたコンテンツの URL

9.5 length

ファイルの octet (情報量) の長さ

9.6 display

「言語:表示名」の形式で、行動の表示名