文部科学省

デジタルコンテンツとしてのデジタル教科書の配信基盤の整備事業

「通信回線速度が遅い学校でもデジタル教科書や連携するデジタル教材等が確実に届く配信基盤の実証研究事業 及び自治体が共同利用する ID 統合管理/SSO 機能及びセキュリティ/データセンター機能の基盤整備の実証研究事業」

事業成果報告書

一般社団法人エビデンス駆動型教育研究協議会

令和 5 年 3 月

目次

第 1 章 事業概要 4
1.1. 事業概要と目的 5
1.1.1. 事業の目的 5
1.1.2. 事業概要 7
1.1.3. その他 11
1.2. 実施体制 12
1.2.1. 実証校 13
1.2.2. 企画推進委員会 14
第 2 章 実証成果概要 15
2.1. 通信回線速度が遅い学校でもデジタル教科書や連携するデジタル教材等が確実に届く配信基盤の仕組みについて 16
2.1.1. 既存技術の活用による配信基盤の仕組みにおける検討結果 16
2.1.2. 先端技術の応用による配信基盤の仕組みの検討結果 16
2.2. 自治体が共同利用する ID 統合管理/SSO 機能及びセキュリティ/データセンター機能の基盤の実証研究について 17
第 3 章 通信回線速度が遅い学校でもデジタル教科書や連携するデジタル教材等が確実に届く配信基盤の仕組みについて 19
3.1. 既存技術の活用による配信基盤の仕組みの検討 20
3.1.1. 実証の概要及び目的 20
3.1.2. 実証校の概要 21
3.1.3. 検証内容及び検証結果 22
3.1.4. 各実証校における実証 28
3.1.5. 実証校での調査からわかったこと 45
3.2. 先端技術の応用による配信基盤の仕組みの検討 50
3.2.1. 実証の概要及び目的 50
3.2.2. 概念整理 54
3.2.3. 検証内容 55
3.2.4. 要件定義 59
3.3. 考察 114
3.3.1. 既存技術の活用による配信基盤の仕組みにおける検討結果 114
3.3.2. 先端技術の応用による効果の考察 114
3.3.3. 先端技術の応用による配信基盤の導入に向けた課題 115
3.3.4. その他補足すべき事項 116
第 4 章 自治体が共同利用する ID 統合管理/SSO 機能及びセキュリティ/データセンター機能の基盤の実証研究について 118
4.1. 実証の概要及び目的 119
4.1.1. 実証校の概要 131
4.1.2. 教科書コンテンツのデジタル化 151

4.1.3. 教科書紙面が掲載されたデジタル教材のクラウド配信 201
4.1.4. ID・ライセンス管理／SSO（シングルサインオン）機能及びセキュリティ 204
4.1.5. 学習履歴及び分析ツール 210
4.1.6. 関係法令との関連 230
4.2. 考察 239
第 5 章 まとめ 242
5.1. 通信回線速度が遅い学校でもデジタル教科書や連携するデジタル教材等が確実に届く配信基盤の仕組みについて 243
5.1.1. 既存技術の活用による配信基盤の仕組みにおける検討結果 243
5.1.2. 先端技術の応用による効果の考察 243
5.1.3. その他補足すべき事項 245
5.2. 自治体が共同利用する ID 統合管理/SSO 機能及びセキュリティ/データセンター機能の基盤の実証研究について 246
第 6 章 開発内容 248
第 7 章 資料編 【MEXT-CDN】エッジ型 CDN 基本設計例 252
7.1. ER 図 253
7.2. テーブル定義書 254
7.3. プリキャッシュ取得バッチ 268
7.4. インタフェース定義書 271

第 1 章
事業概要

1.1. 事業概要と目的

1.1.1. 事業の目的

「令和の日本型学校教育」を構築し、全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びを実現するためには、学校教育の基盤的なツールとして ICT は必要不可欠なものになっている。

それを踏まえ推進された、GIGA スクール構想の下、学校現場では一人1 台端末やネットワーク環境などが整備され、急速に ICT 環境が整っているが、一方でインターネット接続の帯域不足や学校の学習指導での活用、端末の管理運用など、運用開始に伴い様々な課題が明らかになっており[1]、これらの対応が喫緊の課題となっている。

とりわけ、デジタル教科書については、「デジタル教科書の今後の在り方などに関する検討会議（第一次報告）」（令和３年６月）（以下、「デジタル教科書の今後の在り方などに関する検討会議（第一次報告）」とする。）において、「児童生徒の学習環境をより良いものに改善し、学校教育の質を高めていくためには、各学校におけるデジタル教科書の活用を一層推進する必要がある。今後、（略）令和６年度を、デジタル教科書を本格的に導入する最初の契機として捉え、（略）着実な取組を進めるべきである。」と報告されており、デジタル教科書の活用を推進する際に生じる課題に対応していく必要がある。

それらを踏まえ、本実証研究における基本方針を大きく以下に設定する。

【実証研究における基本方針】

１．全ての教科書などを教科書紙面が掲載されたデジタル教材として使用できるよう、一般的な PDF 仕様のデータを教科書紙面が掲載されたデジタル教材化して配信し、各 OS の標準ブラウザで内容を閲覧できるクラウド配信基盤を構築する。

２．当該基盤については、ユーザである教員及び児童生徒に過度の負担をかけないよう、学習 e ポータルを通じて、ID 連携(SSO)やライセンス管理などの機能を有することとする。

３．低速回線の学校においても当該基盤が機能するよう、ネットワークの在り方について検討する。

４．当該基盤には、教科書紙面が掲載されたデジタル教材に加えて、教員自身が作成した教材やクイズも登録でき、それら教材への閲覧履歴や回答履歴を、学習ログの国際標準規格である xAPI 形式で蓄積し、分析するシステムを提供する。

本事業において、「低速回線の学校においてもデジタル教科書や連携するデジタル教材などが確実に届く仕組みの検討」や、「児童生徒一人一人が様々なデジタル教科書を日常的に活用するため、ID・ライセンス管理(利用登録など)による児童生徒・教職員の利便性向上、共通的なログ蓄積による利活用の推進を図るための基盤整備の実証研究」を実施することにより、その課題への対応策を検討することとする。

なお、「各学校におけるデジタル教科書の活用を一層推進する」ためには、特定のベンダーのみが提供できるシステムや、特定のソフトウェアでのみ機能するシステムではなく、汎用的、一般

[1] GIGA スクール構想に基づく 1 人1 台端末の円滑な利活用に関する調査協力者会議（第 3 回）配布資料より（https://www.mext.go.jp/content/20210827-mxt_jogai01-000017383_10.pdf）

的な仕組みの中で対応することが極めて重要である。全ての可能性を網羅的に実証することは現実的ではないが、客観性や汎用性を意識して実証を行い、1 つの手法に拘泥せず、様々な可能性に言及することとする。

1.1.2. 事業概要

本事業に掲げられた以下の項目に関し、各種の調査研究を実施した。本事業は、「事 1」と「事 3」に大きく分かれる。

図表 1 調査研究概要一覧

No	調査種別	調査内容
事 1	通信回線速度が遅い学校でもデジタル教科書や連携するデジタル教材等が確実に届く配信基盤の仕組みの検討	既存技術の活用（キャッシュサーバーの導入）や先端技術の応用（CDN の概念実証）による効果検証を通じて、配信基盤の検討を行う。
事 3-1	自治体が共同利用する ID 統合管理/SSO 機能及びセキュリティ/データセンター機能の基盤の実証研究	教科書コンテンツのデジタル化
事 3-2		教科書紙面が掲載されたデジタル教材のクラウド配信
事 3-3		ＩＤ・ライセンス管理／ＳＳＯ（シングルサインオン）機能及びセキュリティ
事 3-4		学習履歴及び分析ツール
事 3-5		関係法令との関連
事 3-6		助言体制の構築
	その他	他事業との連携

事 1　通信回線速度が遅い学校でもデジタル教科書や連携するデジタル教材などが確実に届く配信基盤の仕組みの検討

デジタル教科書発行者共通のデータ流通基盤とデータ配信基盤(キャッシュ機能)の PoC[2]（概念実証）により、低速回線の学校においてもデジタル教科書や連携するデジタル教材などが確実に届く配信基盤（CDN[3]：大容量のデジタルコンテンツをインターネット上で大量配信するためのネットワーク）について実証研究を行った。

この実証にあたっては、様々な技術を組み合わせることを想定した上で、学校現場での具体的な検証を実施する実証（既存技術の活用）と概念的な整理を行う実証（先端技術の応用）の 2 つに分けて検討することとした。

図表 2 配信基盤の仕組みの検討

分類	調査種別	調査内容
既存技術の活用	負荷分散装置（キャッシュサーバー）の導入による効果検証	実証校 3 校に対し、負荷分散装置（キャッシュサーバー）を実際の学校ネットワーク内に導入し、その効果を検証し、導入等における留意点等を調査する。

[2] Proof of Concept の略。概念実証のこと。本事業においては、リバースプロキシ型キャッシュサーバーの実地検証及び机上調査による CDN の効果検証の両者を示す。

[3] Content Delivery Network の略で、「コンテンツ配信ネットワーク」を示す。

先端技術の応用	CDN の導入による効果検証	汎用的な CDN の概念と複数の技術を組み合わせた新たな配信基盤の仕組みを検討することで、学校(団体)ごとに重なるアドレス体系上で効果的なコンテンツ配信が出来るかを調査する。

（ｉ）キャッシュサーバーの学校現場への導入

通信回線速度が遅い学校においても、デジタル教科書の利用を確実かつ快適に行うためのデータ配信基盤の一例としてキャッシュサーバーを導入し、その効果などを検証した。

キャッシュサーバーは学校ネットワーク内部に設置され、LAN 内部と配信元サーバーの通信に含まれる特定のデータを保存（キャッシュ）して応答することで、LAN 内部と外部の通信量を削減させるための仕組みである。

本実証では、フォワードプロキシ方式およびリバースプロキシ方式の構成を取るキャッシュサーバーを学校ネットワーク内部に導入し、学校にキャッシュサーバーを導入する際の構成や条件の確認をし、通信速度が遅い学校においても、キャッシュ対象としたデジタル教科書・デジタル教材へのアクセスを安定的に行えることを検証した。

（ⅱ）概念整理による実証

様々な可能性を検証するため、概念整理による実証として CDN の導入による効果検証を行った。

一般的に CDN は、大容量のデジタルデータの同時配信や一斉同時アクセスに対する遅滞ない同時配信を実現することを目的とし、インターネット上に分散配置される。しかし、インターネット上にのみ存在する CDN の場合、その CDN に到達するまでの通信回線が低速な場合においてはその恩恵を十分に受けることが出来ない側面がある。

本実証においては、一般的な CDN そのものの仕組みのみだけでなく、CDN を構成する複数の技術を組み合わせ、インターネット上の CDN(親)に加え各学校にも CDN(子)を配置する構成とし、CDN 親子間でデジタルデータを同期させることで、デジタル教科書の高速配信に最適化された新たな配信基盤の仕組み(以下「エッジ型 CDN」と呼称)を検討した。

事 3　自治体が共同利用する ID 統合管理/SSO 機能及びセキュリティ/データセンター機能の基盤の実証研究

事 3-1～事 3-2 を通じ、小学校、中学校、高等学校合わせて 16 校に対して、現存する技術を効果的に活用した簡易な方法により作成した教科書紙面が掲載されたデジタル教材による実証研究を行った。

本実証で整備する基盤は以下の要素で構成される。教育データの利活用を見据えた設計をしつつ、かつ各学校の既存の学習環境に影響が少なく容易に導入できる必要があるため、一般社団法人 エビデンス駆動型教育研究協議会（以下、当法人）が提供する「BookRoll（以下、「簡易ビューア」とする。）」を中心にした基盤を整備し、個別最適な学びと協働的な学びを実現する環境をとして実証した。

当該基盤は Web ブラウザで機能する汎用的・一般的な仕組みであり、搭載するコンテンツについても一般的な PDF で動作可能となる。

また、教育データの利活用による教育改善のためには、教科書データは最も重要なデータの 1 つであり、教材配信基盤システムの整備だけでなく、教育データの標準化や学習 e ポータルを絡めた全体の構想が重要となる。それぞれの関連機関との連携をした上で、本事業を実施した。

事 3-1　教科書コンテンツのデジタル化

①　文部科学省著作教科書等及び教科書発行者が作成した教科書等の版下データ（PDF 形式等）を基にデジタル化を行う。 ②版下データのみでは備えられない機能の必要性について、実証において検証する。 ③上記のうち、教科書発行者が作成した教科書については、児童生徒に提供可能な過去の学年のデジタル教科書についても使用させ、その有用性を確認する。

事 3-2　教科書紙面が掲載されたデジタル教材のクラウド配信

①　クラウド環境を用意して事 3-1 で準備した教科書紙面が掲載されたデジタル教材を配信する。 ②　配信された教科書紙面が掲載されたデジタル教材は、各 OS の標準ブラウザ（Microsoft Edge, Google Chrome, Apple Safari）で閲覧できることとする。 ③　教科書紙面が掲載されたデジタル教材を閲覧する際に、標準的な機能（本文や図版の拡大・書き込み・ページめくり等）を搭載していることとする。 ④　「（５）要件定義されたデジタル教科書・配信方法の開発、実証研究事業」にて、検討される新しい形のデジタル教科書との連携についての考えを示す。

事 3-3　ID・ライセンス管理／SSO（シングルサインオン）機能及びセキュリティ

①　ユーザ情報や学習履歴が一元管理でき、当該情報のセキュリティを担保できる基盤とする。 ②　児童生徒が児童生徒端末に一度ログインすればセキュリティが確保された環境において複数社の教科書紙面が掲載されたデジタル教材をすべて閲覧できることとし、学習 e ポータルと

連携することとする。
③　複数社のデジタル教科書ライセンスの登録・管理を容易に行えるようにするため、また将来デジタル教科書と関連するデジタル教材との連携を円滑に行うためにどのような基盤を構築すべきかを検討する。

事 3-4　学習履歴及び分析ツール

個人情報保護に留意した上で、児童生徒が教科書紙面が掲載されたデジタル教材を使用した履歴をクラウド環境に蓄積し、その履歴を分析ツールを用いて分析する。また、その履歴や分析結果を教職員や児童生徒に示すなど、効果的な利活用方法について検証することとする。

事 3-5　関係法令との関連

本事業を実施するうえで、関係する法令等との関連性を示すとともに、必要となる手続等を示すこと。また、自治体の条例が各々異なることは前提としながらも、自治体が本事業の環境を活用するうえで必要となる一般的な手続きや考え方について検討する。

事 3-6　助言体制の構築

本事業に対する助言・協力を得るために、研究開発機関等の専門的な知識を有する団体や専門的な知識を有する者等からなる助言の体制を構築することとする。

1.1.3. その他

（ｉ）各種事業との連携について

本事業は、委託要項（６）「デジタル教科書の配信基盤の整備に関する総括事業」の総括の下で、連携・共有などを行う事業であるため、事業の実施に当たっては総括事業者と連携を図ることとした。

加えて、事業の実施にあたっては、「デジタル教科書の今後の在り方等に関する検討会議（第一次報告）」など、関連する報告書などを踏まえることとした。

（ⅱ）実証校への支援、利用者の負担軽減について

円滑な事業推進を図るため、利用者向けのマニュアルや専用の支援サイトを設定。 また、専用のヘルプデスクを設け、利用者の負担を軽減する。

本実証の円滑な実施にあたっては、現場の教員や児童生徒がスムースに本システム全体を理解、操作できることが必要となる。そのため、利用者が無理なく本システムを利用できるよう、支援サイトを構築し、各実証校専用の担当を設置することにより、学校からの問合せに対して迅速かつ適切に対応した。

1.2.　実施体制

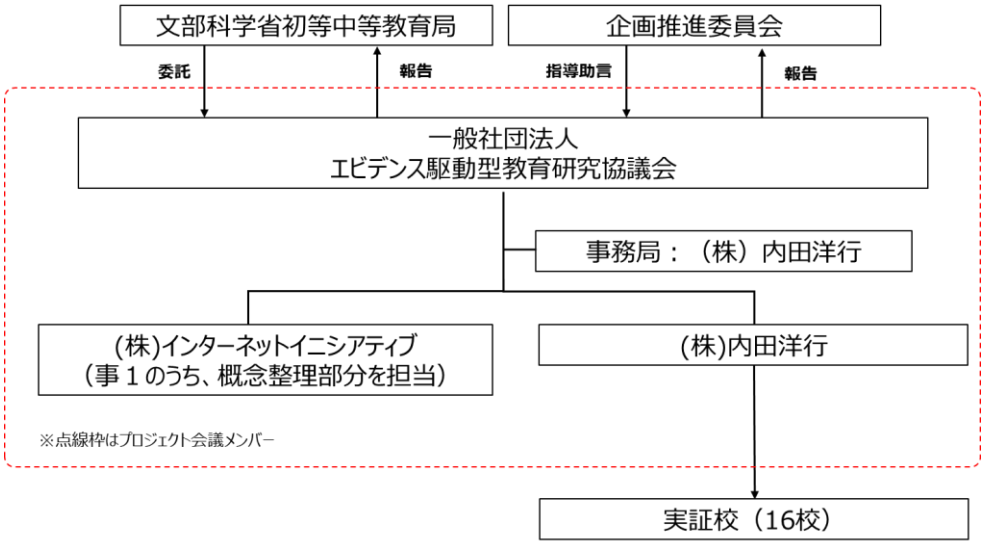
（ｉ）体制について

研究開発機関等の専門的な知識を有する団体や有識者と体制を構築し、事業を推進する。推進に当たっては、本事業の遂行に必要な技術・ノウハウ・実績を有しているメンバーが中心となる。

本事業を効果的、効率的に推進するため、事１について株式会社インターネットイニシアティブと協業し、事１及び事３について、株式会社内田洋行との協業体制を構築するほか、研究開発機関などの専門的な知識を有する団体や有識者と体制を構築し、事業を推進した。

具体的な体制については以下の通りである。

図表 3 推進体制



また、本推進体制における役割は以下の通りである。

図表 4 推進体制における役割

番号	参画者	役割
1	企画推進委員会	専門的な知識を有する団体や有識者で構成。事業実施に関する指導助言を担う。
2	（一社）エビデンス駆動型教育研究協議会	本事業の実施主体。再委託事業者と連携し、事業全体のマネジメントを行う。
3	（株）内田洋行	再委託事業者。事業実施事務局及び事１の現場検証部分、事３の実施を担う。
4	（株）インターネットイニシアティブ	再委託事業者。事１の概念整理部分を担う。
5	実証校	実証校として参画する。

1.2.1. 実証校

本事業において実証校として参画した学校は以下のとおりである。（詳細情報は 3 章及び 4 章に記載する）

図表 5 実証校

番号	学校名	実証区分		区分		
		事 1	事 3	小	中	高
1	東京学芸大学附属竹早小学校	○	○	○		
2	仙台白百合学園小学校	○	○	○		
3	富谷市立富ケ丘小学校		○	○		
4	姫路市立東小学校		○	○		
5	姫路市立安室中学校	○	○		○	
6	宮城教育大学附属中学校		○		○	
7	京都市立西京高等学校附属中学校		○		○	
8	滋賀県立彦根東高等学校		○			○
9	滋賀県立膳所高等学校		○			○
10	滋賀県立大津商業高等学校		○			○
11	早稲田摂陵中学高等学校		○			○
12	京都市立西京高等学校		○			○
13	京都市立常磐野小学校		○	○		
14	京都市立柊野小学校		○	○		
15	川崎市立川崎総合科学高等学校		○			○
16	福岡市立博多工業高等学校		○			○

以上 16 校

1.2.2. 企画推進委員会

本実証を推進する上で、指導助言を担う機関として、「企画推進委員会」を設置した。研究開発機関などの専門的な知識を有する団体や有識者などを委員として想定するほか、文部科学省もオブザーバー参加いただき、適宜情報を共有する場として想定して設置した。

企画推進委員会の構成メンバーは以下のとおりである。

「デジタルコンテンツとしてのデジタル教科書の配信基盤の整備事業」
企画推進委員会委員一覧

氏名	所属・役職
安藤 明伸	宮城教育大学教授
上田 浩	法政大学　情報メディア教育研究センター 教授
漆谷 重雄	国立情報学研究所　教授／副所長
黒川 弘一	一般社団法人教科書協会 デジタル教科書政策特別委員会座長
白井 詩沙香	大阪大学　サイバーメディアセンター　講師
杉本 雅則	北海道大学大学院情報科学研究院　教授
西岡 千文	国立情報学研究所　助教
芳賀 高洋	岐阜聖徳学園大学　DX 推進センター長
（主査）美濃 導彦	理化学研究所　情報統合本部　本部長
毛利 靖	一般財団法人日本視聴覚教育協会主席研究員
山田 恒夫	一般社団法人日本 IM S 協会理事
山田 政寛	九州大学 基幹教育院准教授

（以上、12 名。五十音順。所属は令和 4 年 3 月現在）

本実証期間中、企画推進委員会では以下を実施した。

1） 企画推進委員会会議

- 第 1 回 2022 年 11 月 10 日開催
  事業概要と実施の方向性に対する各委員からの助言・意見
- 第 2 回 2023 年 3 月 9 日開催
  実証後の成果概要に対する各委員からの助言・意見

2） 各実証校への視察同行

第 2 章
実証成果概要

本実証の成果について、まずその概要を以下に記載する。その詳細並びに課題・考察については、後の章で詳しく論じる。

2.1. 通信回線速度が遅い学校でもデジタル教科書や連携するデジタル教材等が確実に届く配信基盤の仕組みについて

デジタル教科書発行者共通のデータ流通基盤とデータ配信基盤(キャッシュ機能)の PoC（概念実証）により、低速回線の学校においてもデジタル教科書や連携するデジタル教材などが確実に届く配信基盤（CDN：大容量のデジタルコンテンツをインターネット上で大量配信するためのネットワーク）について実証研究を行った。

この実証にあたっては、様々な技術を組み合わせることを想定した上で、学校現場での具体的な検証を実施する実証（既存技術の活用）と概念的な整理を行う実証（先端技術の応用）の 2 つに分けて検討することとした。

2.1.1. 既存技術の活用による配信基盤の仕組みにおける検討結果

既存技術の活用として、実際の学校ネットワークに対しキャッシュサーバー利用した仕組み（リバースプロキシ方式、フォワードプロキシ方式） を導入しその効果を計測した。リバースプロキシ方式において、キャッシュサーバー用の DNS を追加した設定としたが、キャッシュサーバーを意図通りに経由しない現象が発生した。この現象により 1 校については実証期間での対策が取れず意図通りの挙動とならなかったが、 その他の学校においてはキャッシュサーバーによりデータ通信量を大きく削減できる可能性があることが分かった。また、キャッシュサーバーと端末の間の通信速度の状況から、学校外部回線の制限を超える速度での通信が可能であることも分かった。

2.1.2. 先端技術の応用による配信基盤の仕組みの検討結果

先端技術の応用による配信基盤の仕組みの検討では、既存技術の活用による配信基盤の仕組みに加えてプリキャッシュ機能の有用性について机上検証を実施した。

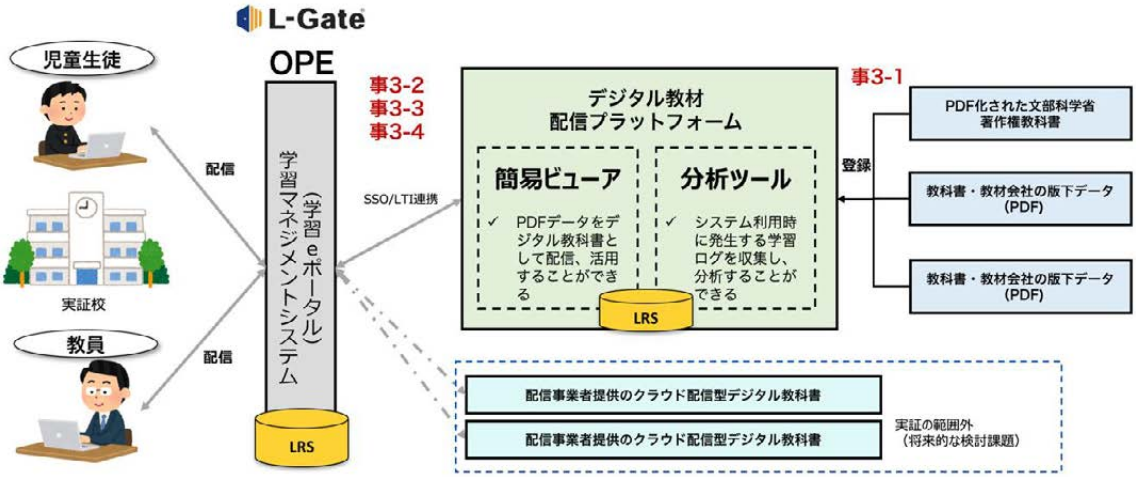
プリキャッシュ機能は、事前にエッジ型 CDN 内に教科書コンテンツをキャッシュしておき、学内ネットワークからのアクセスに対してキャッシュしたコンテンツを配信することで、学外への通信量を削減する仕組みである。CDN の有効性検証の通り、プリキャッシュがない状態では、同時利用者数と教科書コンテンツのサイズが多くなるほど取得時間が長くなり、特に「拠点－インターネット間の通信速度」が低速であるほど、プリキャッシュ機能が有効となる結果が示された。

2.2. 自治体が共同利用する ID 統合管理/SSO 機能及びセキュリティ/データセンター機能の基盤の実証研究について

小学校、中学校、高等学校合わせて 16 校に対して、現存する技術を効果的に活用した簡易な方法により作成した教科書紙面が掲載されたデジタル教材による実証研究を行った。

本実証で整備する基盤は教育データの利活用を見据えた設計をしつつ、簡易ビューアを中心にしたデジタル教材配信基盤システムにて、個別最適な学びと協働的な学びを実現する環境を実証した。

図表 6 実証全体のイメージ



【教科書コンテンツのデジタル化】

教科書コンテンツをデジタル化し、デジタル教材配信基盤システムにて配信を行った。当該基盤に関し、アンケートを通じて半数以上の教員、児童生徒ともに総じて満足度や実用性を感じていると読み取ることができた。

【教科書紙面が掲載されたデジタル教材のクラウド配信】

当該基盤を用いて、各 OS の標準ブラウザで閲覧できるクラウド環境が構築できることが確認できた。

【ID・ライセンス管理／SSO（シングルサインオン）機能及びセキュリティ】

実証校からのヒアリングを通じて今後の学習環境のデジタル化が進むに当たり、アカウントの登録・運営の課題があることを再確認した。またその課題は、学習 e ポータル上にある名簿情報とアプリケーションを、LTI 国際技術標準に準じて連携させることにより、解消の一助となることも確認した。

【学習履歴及び分析ツール】

非常に短期間の実証であったものの、本実証より、学習履歴及び分析ツールを用いたデータの利活用は、教員にとって授業をさらに効果的に設計できる手段であることをアンケート結果から

確認できた。

【関連法令との関連】

教科書を一部抜粋した教科書コンテンツ（PDF）であったとしても、本事業基盤の様なシステムで配信することは、著作権処理等膨大な工数がかかるうえ、搭載が誰か、配信が誰かによっても可否やその後の手続きが大きく異なってくることを本実証で確認できた。

また、個人情報についても同様の配慮が必要であることを確認した。後述する通り、個人情報の取得に際しては、「利用目的」を「出来る限り特定」したうえで、「児童生徒に対し」、明示する必要がある。当該目的の範囲内で利用することや提供することは可能だが、目的の範囲を超えると本人同意が必要であることに留意が必要となる。

第３章
通信回線速度が遅い学校でもデジタル教科書や連携するデジタル教材等が確実に届く配信基盤の仕組みについて

3.1. 既存技術の活用による配信基盤の仕組みの検討

3.1.1. 実証の概要及び目的

通信回線速度が遅い学校においても、デジタル教科書や連携するデジタル教材等の利用を確実かつ快適に行うための配信基盤の仕組みについて検討する。既存技術の活用として、実際の学校ネットワークに対して負荷分散用装置（キャッシュサーバー）の導入を行い、その効果等を実際に計測する。また、導入にあたっては、キャッシュサーバーへ端末が接続する方式として、フォワードプロキシ方式とリバースプロキシ方式の 2 種類の接続方式の導入を検証し、校内ネットワークにおける影響や導入における留意点等を調査する。特にリバースプロキシ方式による接続は、CDN を構成する要素技術のひとつであることから、「3.2. 先端技術の活用による配信基盤の仕組み」におけるエッジ型 CDN を校内ネットワークに導入する際の設定その他の参考となる。

3.1.2. 実証校の概要

本実証における実証校として以下の 3 校を設定した。実証校の概要は以下のとおりである。

姫路市立安室中学校

項目	情報
児童生徒数	745 名
端末	Chromebook
学校出口の通信速度	300Mbps
利用したデジタル教科書	中学校 1、3 年 音楽 中学校 1、2、3 年 技術 中学校 1、2、3 年 外国語
利用対象者数（教師含む）	750 名

東京学芸大学附属竹早小学校

項目	情報
児童生徒数	小学校 429 名（中学校 448 名）
端末	Windows/iPad
学校出口の通信速度	10Gbps（学校出口手前 2Gbps）
利用したデジタル教科書	小学校 5 年 国語 小学校 6 年 社会歴史 小学校 3 年 外国語活動 小学校 2 年 国語
利用対象者数（教師含む）	108 名

仙台白百合学園小学校

項目	情報
児童生徒数	218 名
端末	iPad
学校出口の通信速度	120Mpbs
利用したデジタル教科書	小学校 6 年 算数 小学校 3 年 国語
利用対象者数（教師含む）	44 名

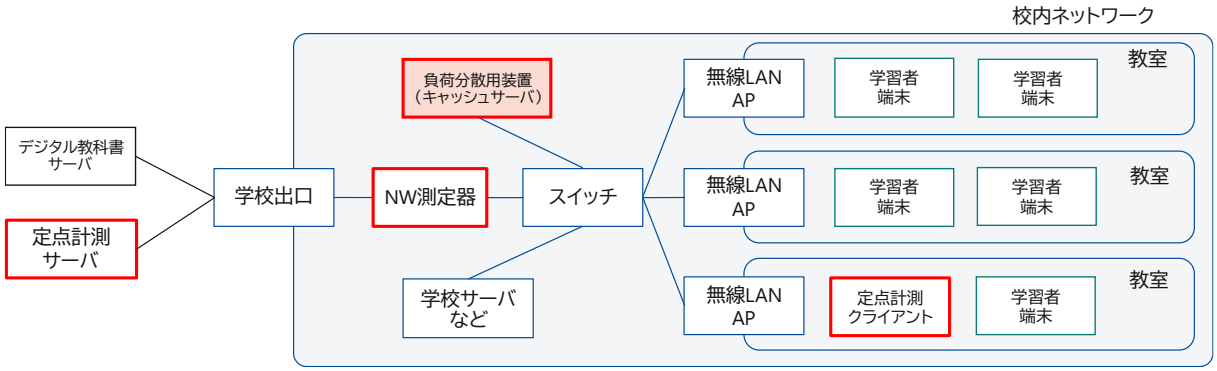
3.1.3. 検証内容及び検証結果

(1) 実証環境の構成と測定項目

① 構成概要

実証環境の構成を図表 7 に示す。既存の学校ネットワーク設備に追加するものとして、負荷分散用装置（キャッシュサーバー)、ネットワーク測定器、定点計測クライアントが挙げられる。このうち、キャッシュサーバーはキャッシュ対象とした配信サーバーのデジタル教科書やデジタル教材の利用において機能する設備である。ネットワーク測定器および定点計測クライアント・サーバーについては、通信測定のみを目的として設置した機器である。

図表 7 構成概要



② 負荷分散用装置（キャッシュサーバー）

端末とサーバーの間の通信に介入して、通信されるデータの一部を記録（キャッシュ）する。キャッシュに存在しているデータについては、端末へ代理応答をすることで、通信トラフィックの負荷分散を行う。

本実証においては、配信基盤として最大限の性能を発揮させることを目的として、積極的なキャッシュを実施することを目的に設定を行った。また、配信サーバーにおいてアクセス許可が与えられたユーザー以外のユーザーがアクセス可能になってしまったり、アクセス許可を与えられた期間を超えてアクセスが可能になったりして、アクセス制御から逸脱することの無いように設定を行った。キャッシュサーバーの仕様について、主にハードウェアに関する仕様を図表 8 に、キャッシュの挙動に関する仕様を図表 10 に示す。

図表 8 キャッシュサーバーのハードウェア仕様

項目	情報
製品名	ぷらっとホーム社製　OpenBlocks IX9 FW 搭載 128GB モデル
CPU	Intel Atom®プロセッサー E3845 1.91GHz (Quad core)
メインメモリ	8GB (DDR3L SDRAM SO-DIMM module)
内蔵ストレージ	8GB (eMMC) + 128GB (SSD)
Ethernet	10/100/1000BASE-T x 4 ※Auto MDI/MDI-X 対応
筐体サイズ	101(W)×142.1(D)×41(H)　※ゴム足・突起部含まず

図表 9 キャッシュサーバー外観

図表 10 キャッシュサーバーのキャッシュ挙動仕様

項目	情報
キャッシュ対象の デジタル教科書・教材配信サーバー	事業 3 において利用されたデジタル教材配信サーバーと、実証校が使用しているデジタル教科書を配信しているデジタル教科書配信サーバーを対象として、URL パターンによる指定を行った。
キャッシュ対象データ	Web 通信において一般的な以下の拡張子を対象とした指定を行った。 css / gif / html / ico / jpeg / jpg / js / json / map / mp3 / mp4 / opf / pdf / png / svg / ts / txt / woff / woff2 / xmlwoff2 xml また、上記に加えて、事業 3 の実証で利用された簡易ビューアに関するキャッシュを行うにあたって、暗号化済みコンテンツデータの URL パス部分を個別に指定した。
キャッシュ有効期限	8 時間 注）キャッシュサーバーはキャッシュ対象サーバーの HTTP ヘッダ情報のみを取得して、データの更新日時やハッシュ値を参照して配信更新データの再取得を行う。本体装置のディスク容量の状態によって本体内部のキャッシュが強制的に削除されたりする可能性もあるため、上記よりも実際の有効期間は短くなる可能性がある。

キャッシュサーバーにおいては、図表 11 のようなアクセスログが記録されており、通信状況を分析可能である。また、キャッシュサーバーの通信状況として、③ネットワーク測定器と同様の TCP セッションの記録を実施しており、通信スループットの測定も同時に行っている。

図表 11 キャッシュサーバーに記録されるアクセスログ

項目	情報
日時	端末からのアクセスが発生した日時
キャッシュステータス	キャッシュの状態 HIT（キャッシュが存在した） MISS（キャッシュが存在しない） BYPASS （キャッシュ対象でない通信） など
送信データサイズ（byte）	端末に送信されたデータ量
宛先ホスト	アクセス先のアドレス（ドメイン部分）
リクエスト	アクセス先のアドレス（ドメイン以下の部分）

（ア） 端末との接続方式

キャッシュサーバーは、プロキシとして挙動することで端末とキャッシュ対象サーバーの間の通信に介入する。本実証では、リバースプロキシ方式とフォワードプロキシ方式の双方での接続が可能な構成とした。キャッシュに関わる挙動については、接続方式に関わらず同一である。

【リバースプロキシ方式】

リバースプロキシ方式は、端末が参照する DNS の応答をカスタマイズして、端末からのキャッシュ対象サーバー（ドメイン）へのアクセスをキャッシュサーバーに誘導するもので、サーバーの代理（proxy）として端末からのアクセスを受け付ける方式である。

DNS の応答をカスタマイズし、キャッシュ対象サーバーのドメイン名の名前解決が行われた際に、結果としてキャッシュサーバーの IP アドレスを応答する。このため DNS サーバーが必要になるが、本実証においては、負荷分散用装置の内部にはキャッシュサーバーに加えて、DNS サーバー機能も搭載している。

DNS の設定により対象のドメインを明示的に指定することで、どのドメイン宛ての通信がプロキシを経由するのかの制御を行っている。端末がキャッシュ対象サーバーのドメインにアクセスする際、インターネット上に存在する本来のサーバーでは無く、実際にはローカルネットワーク内部に設置されているキャッシュサーバーにアクセスすることになる。

通常、端末が参照する DNS は、インターネットの通信に必須の機能であるため、ルーター等が DHCP によって設定を配布することで、ネットワーク内の端末は設定を自動取得していることが多い。このような環境下では、ルーター等に設定されている配布用の DNS の IP アドレス設定を変更する必要がある。

【フォワードプロキシ方式】

一般的にプロキシと表現される場合は、フォワードプロキシ方式を指している場合が多い。端末（ブラウザ）にサーバーの登録を行い、ブラウザのアクセスをキャッシュサーバーに誘導する。端末の代理（proxy）としてサーバーにアクセスするための方式である。

端末の Web ブラウザにプロキシサーバーの設定をすることで、ブラウザはプロキシにアクセス

るようになり、通信に介入することができる。標準的には全ての通信に対して介入するため、プロキシを経由したくない宛先などを、端末において除外する必要がある。

端末側の設定は MDM などによって実施することもでき、また自動プロキシ構成スクリプト(PAC ファイル)を利用して、細かい挙動を定義した設定を配布することも可能である。

図表 12 接続方式の比較

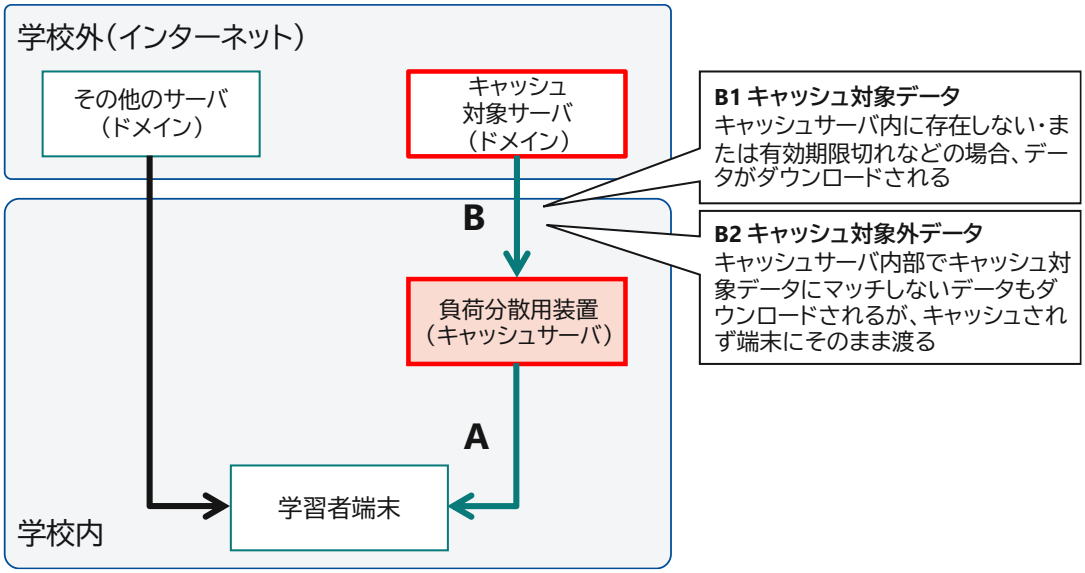
項目	リバースプロキシ方式	フォワードプロキシ方式
概要	サーバーの代理（proxy）として端末からのアクセスを受け付ける。	端末の代理（proxy）としてサーバーにアクセスする。
設定箇所	端末が参照する DNS を変更する。 多くのネットワークではDHCP による設定の自動配布が行われている。	端末（ブラウザ）に設定する。 MDM による設定や、自動構成スクリプト（PAC ファイル）の配布も可能である。
キャッシュ対象の指定	キャッシュサーバーを経由させたい宛先ドメインを DNS に設定する。	標準ではすべてのアクセスがプロキシを経由する。キャッシュサーバーを経由させたくない宛先ドメインの除外等の設定を行う。

（イ） キャッシュサーバーによる通信量について

キャッシュサーバーにおける通信の節約（削減）についての概念を図表 13 に示す。キャッシュサーバーは端末が対象サーバーにアクセスする通信に介入し、常に端末に代理応答している。端末がサーバーから要求したデータについて、装置内部のキャッシュに記録されているかを判定し、存在する場合は記録されているデータを応答する。存在しない場合や有効期限が切れている場合などは対象サーバーからの取得を実施する。図表 13 における A は、キャッシュサーバーと端末間の通信量であり、これを総通信量と見なす。B はキャッシュ対象サーバーからキャッシュサーバーが取得した通信量であるため、A-B を通信節約（削減）量とし、(A-B)/A を通信節約（削減）率とする。

図表 13 における B のキャッシュサーバーが対象サーバーから取得するデータについては、設定によってキャッシュ対象に含まれなかったり、動作の安定性を目的としてあらかじめ除外されたりしているものも含まれており、これらの通信は、キャッシュサーバーを経由しているが、記録等はされずにそのまま端末に中継されている。キャッシュサーバーは、すでに記録されているデータについても、データの有効性やバージョンの確認などのために、サーバーと通信を行うことがあるため、キャッシュが存在していたとしても、キャッシュ対象サーバーとキャッシュサーバーは、全く通信しなくなるものではない。

図表 13 キャッシュサーバーにおける通信量



③ ネットワーク測定器

学校出口の手前において、測定機器のネットワークポートを 2 つ利用し、ネットワークをブリッジする（図表 14)。ネットワークに物理的に挟み込むことで、測定機器の 2 つのネットワークポートの間、つまり学校出口と校内ネットワークの間の通信トラフィックの測定を行う。

図表 14 ネットワーク測定器によるネットワークのブリッジ

ネットワーク測定器のハードウェア仕様については、キャッシュサーバーと同機種を利用しており、スペックは同一である（図表 8)。

通信測定においては、図表 15 にあるような通信トラフィック解析により、TCP/UDP セッションの記録を行い、学校全体におけるスループットに加えて、パケット再送率をはじめとした通信品質の測定を実施した。

図表 15 通信トラフィック解析の主な仕様

項目	情報
概要	ネットワーク内 IP トラフィックを観測し、同一の発信元発信先アドレス・ポートペアに属する一連の通信（セッション）に分類し、 セッション毎に特性情報を抽出し、セッション終了後に特性情報をまとめて出力する。
対象プロトコル（Transport 層）	TCP、UDP、QUIC
対象プロトコル（Network 層）	IP Version 4、IP Version 6
主な測定項目	・セッション継続時間 ・セッションのデータ転送量 ・セッション終了時における装置全体の 1 秒平均トラフィックの総合ピーク値 ・二重 ACK ・TCP 再送率 ・セッション認識開始時のパケットの送信アドレス及びポート ・セッション認識開始時のパケットの受信アドレス及びポート

④ 定点計測サーバー及び定点計測クライアント

校内ネットワーク内の無線 LAN に定点計測クライアントを接続し教室に設置した。定点計測クライアントは、定点計測サーバーと定期的に通信を行い、TCP セッションにおけるデータ通信速度と、周回遅延（RTT）及び、パケットロス率の測定を行い、教室内の端末における実効的なインターネット通信の品質が低下していないかを把握する。

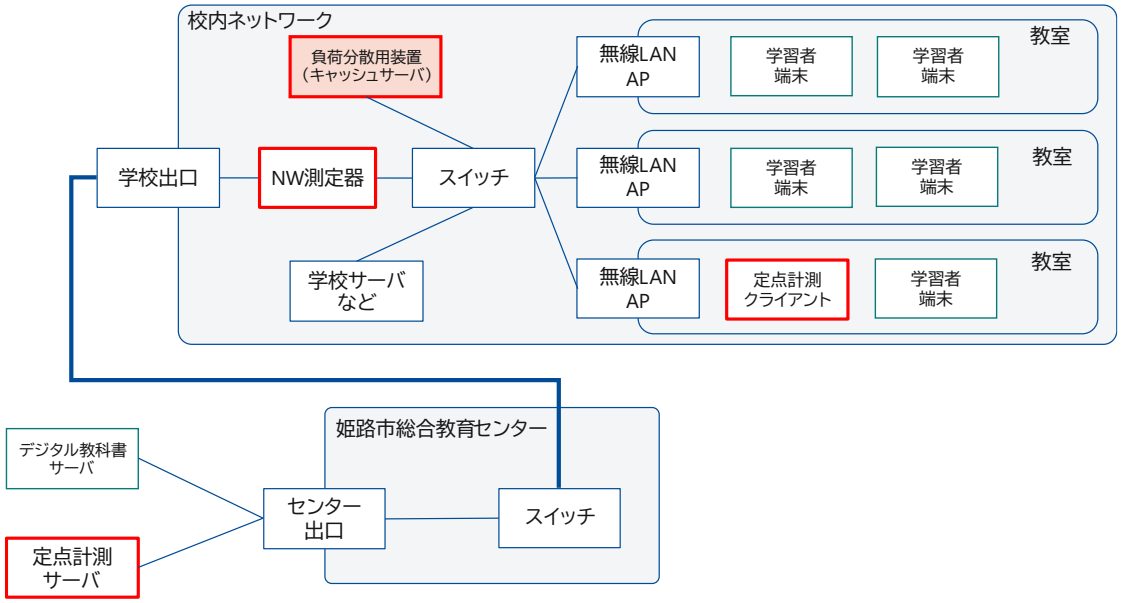
3.1.4. 各実証校における実証

(1) 姫路市立安室中学校

① 構成

本実証校の構成（図表 16）は、図表 8 で示した構成概要とほぼ同様の構成である。学校出口の回線は、市内の総合教育センターに収容されており、センター経由でインターネット接続されている。

図表 16 姫路市立安室中学校の構成



② 設置及び設定

本実証校では、リバースプロキシ方式によるキャッシュサーバーの稼働を行うため、設置に当たって以下の作業を実施した。

- 対象機器の設置
- ルーターが DHCP により配布している端末側の参照先 DNS をキャッシュサーバーへ変更
- 端末への証明書ファイルの導入（MDM による端末への一括設定）
- 既存プロキシサーバー（フォワードプロキシ方式）からのキャッシュ対象サーバー（ドメイン）の除外設定（MDM による端末への一括設定）

本実証校では、既存のプロキシサーバーが Web フィルタリングを目的として運用されていた。そのままの設定状態では、端末の Web アクセスは既存のプロキシサーバーを経由するため、今回設置のキャッシュサーバーにはアクセスは発生しない。そのため、利用するキャッシュ対象サーバーのドメインについては、既存プロキシサーバーを経由しないように除外設定を実施した。

詳細は 3.1.5.(1)①に述べるが、複数の DNS が設定されている環境ではリバースプロキシ方式のキャッシュサーバーを意図通りに挙動することができない現象が確認された。本実証校では、

ネットワーク管理者の許可を得て、端末への DNS の設定については、キャッシュサーバーの IP アドレスのみ、1 つだけを指定する設定を行った。

図表 17 ネットワーク測定器及びキャッシュサーバーの設置状況（姫路市立安室中学校）

図表 18 教室内の定点計測クライアント設置状況（姫路市立安室中学校）

③ 検証期間

本実証校の検証期間を図表 19 に示す。

図表 19 検証期間（姫路市立安室中学校）

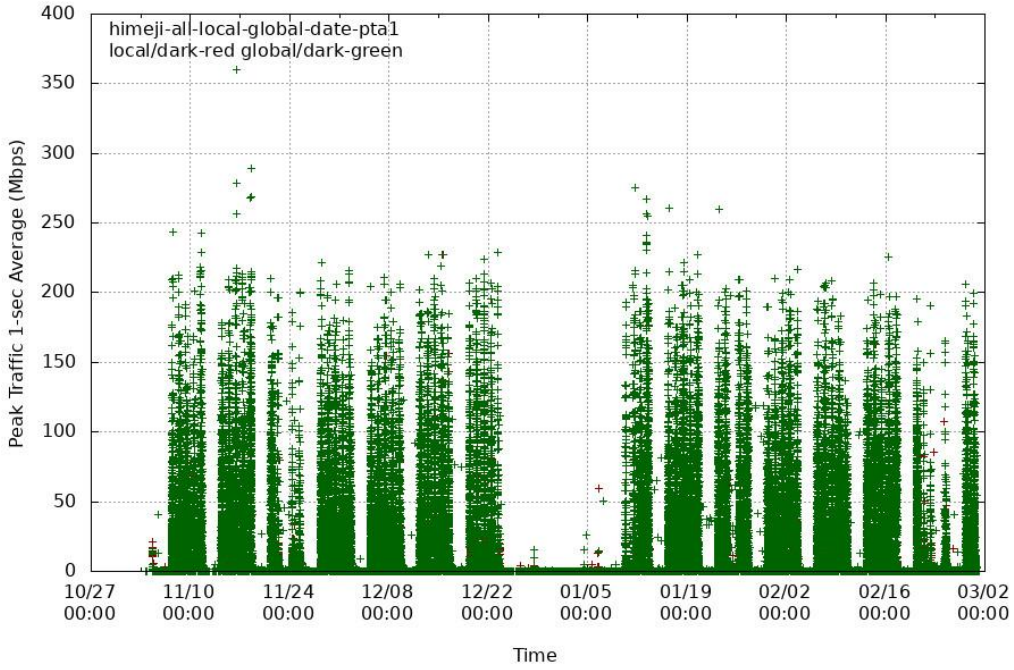
項目	開始日	終了日
学校ネットワーク環境測定期間	2022 年 11 月 4 日	2023 年 2 月 28 日
キャッシュサーバーの稼働期間	2023 年 2 月 1 日	2023 年 2 月 28 日

④ 学校出口の速度及び品質

本実証校の出口回線速度は、300Mbps のスペックであるが、ベストエフォート型の接続であるため、測定結果からは概ね 200-250Mbps が学校出口における性能の上限であると考えられる。一

時的に通信がピークに到達することは確認されているが、長時間にわたり通信が上限に張り付いてしまう現象は確認されていない。通信がピークに達したタイミングでも TCP 再送率、二重 ACK 数、周回遅延（RTT）、パケットロス率などが顕著に高まる現象は確認されていないことから、通信品質について大きな問題が無いネットワークであると評価した。

図表 20 学校出口の秒間ピーク通信速度（姫路市立安室中学校）



⑤ キャッシュサーバーへのアクセス状況

本実証校でのキャッシュサーバーに対するアクセス状況について、総リクエスト数を図表 21 に、1 分間のリクエスト数合計を図表 22 に示す。

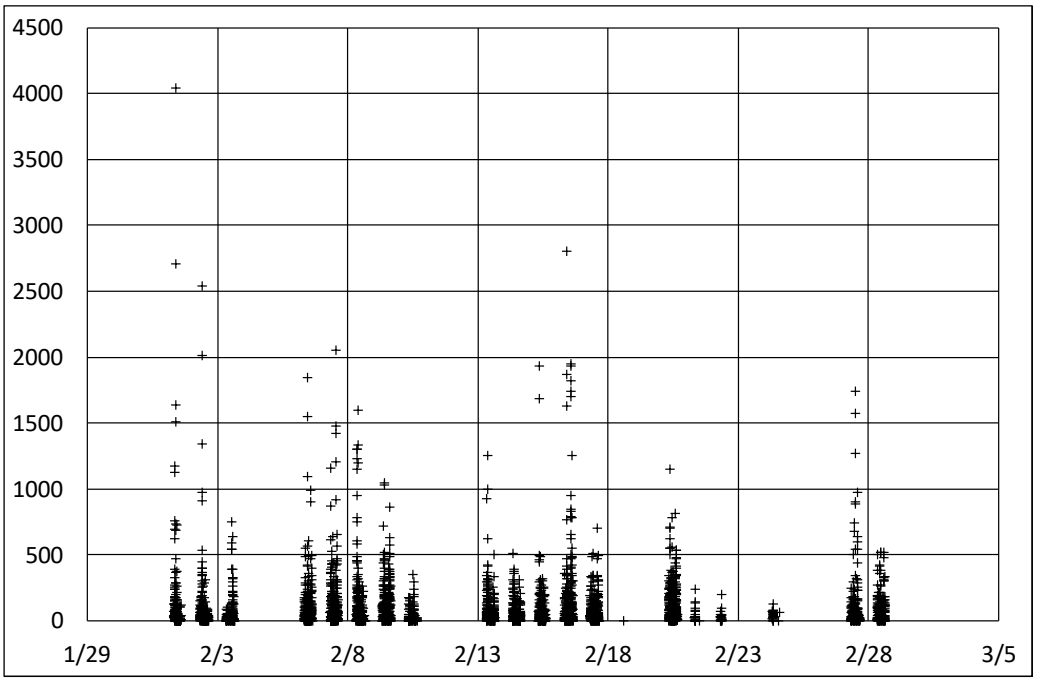
リクエスト数は、利用するアプリケーションによって発生の度合いに違いはあるが、概ね端末台数やアクセス頻度に比例して増大し、キャッシュサーバーの負荷に関連すると考えられる。本実証校は、実証校の中で最大の端末台数が利用されている環境であるが、キャッシュサーバーへのアクセスの集中による障害等は発生しなかった。

図表 22 の結果より、ほとんどの平日においてアクセスが発生しており、最大で 1 分あたりおよそ 4000 リクエストのアクセスが確認されているが、標準的なピークのアクセス状況は、1 分当たり 1000-2000 リクエストと言える。

図表 21 キャッシュサーバーへの総リクエスト数（姫路市立安室中学校）

	姫路市立安室中学校
総リクエスト数	395,721

図表 22　キャッシュサーバーへの分間リクエスト数の推移（姫路市立安室中学校）



⑥ キャッシュサーバー通信量

本実証校における通信量について、図表 23 に示す。通信量に関する考え方は、3.1.3.(1)②(イ)②に基づくものである。 キャッシュサーバーの利用により、キャッシュ対象サーバーの通信において、76.58%の通信節約（削減）が確認された。

図表 23 通信の節約（削減）状況（姫路市立安室中学校）

（単位:byte）

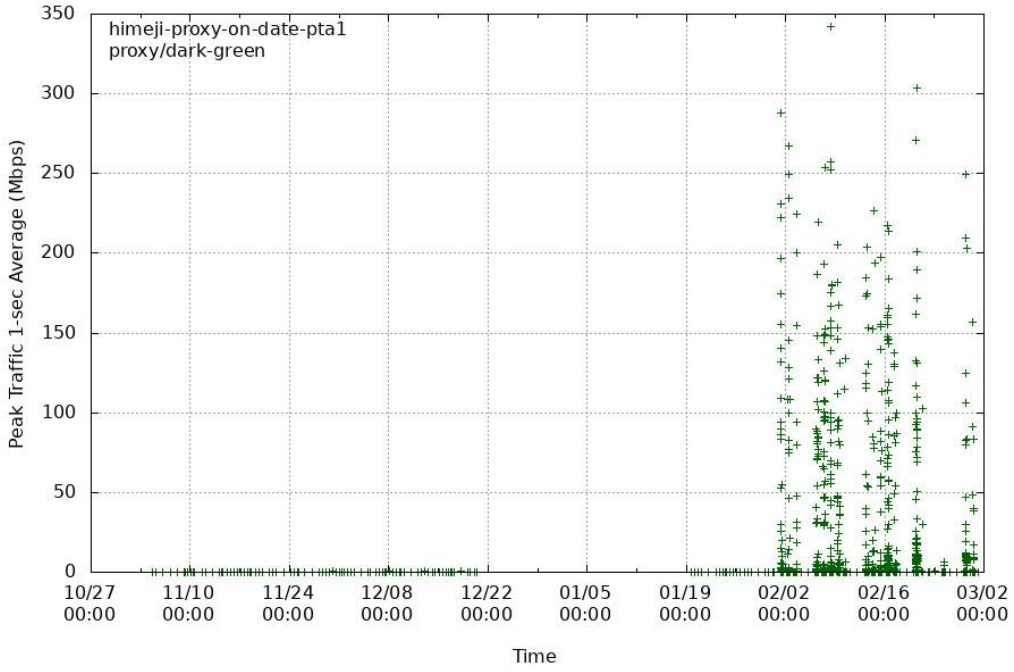
	姫路市立安室中学校
A 総通信量	46,771,192,611
B キャッシュ通信量	10,953,506,575
B1 キャッシュ対象通信量	6,990,936,884
B2 キャッシュ対象外通信量	3,962,569,691
A-B 通信節約（削減）量	35,817,686,036
(A-B)/A 通信節約（削減）率	76.58%

⑦ キャッシュサーバーの通信速度

キャッシュサーバーの秒間ピーク通信速度を図表 24 に示す。

キャッシュサーバーは専ら端末がキャッシュ対象サーバーへのアクセスした際のみ通信を行うため、常に通信が行われているわけではないが、最大では 300Mbps を超える速度で通信していることが分かる。学校出口回線のピーク通信速度がおよそ 200-250Mbps であるので、キャッシュサーバー単体で見ると、学校出口回線のピーク通信速度を上回る通信速度で通信が行われている。

図表 24 キャッシュサーバーの秒間ピーク通信速度（姫路市立安室中学校）



⑧ キャッシュ対象のデジタル教科書・教材の通信が全体の通信に占める割合の推定

キャッシュ対象のデジタル教科書･教材の利用が学校全体の通信に占める割合の推定を行った。

調査期間として、キャッシュサーバーが稼働していない 2023 年 1 月 10 日～1 月 31 日のデータを分析した。通信の記録対象は 1 秒以上の通信を行った TCP セッションであること、また、宛先 IP アドレスについては、対象サーバーのドメインを正引きした結果によって判断している。これらのことから、結果については、推定として取り扱う。

結果を図表 25 に示す。学校出口におけるネットワーク測定器で計測された TCP セッションの数量と転送量に対して、デジタル教科書・教材配信サーバーの IP アドレスを宛先とする通信は、およそセッション数で 2.0%、転送量で 3.3%を占めている。学校全体のトラフィックに対する、デジタル教科書・教材の利用トラフィックの割合は多くを占めていないことが分かった。

図表 25 対象通信の割合の推定（姫路市立安室中学校）

		姫路市立安室中学校 学校出口 (1/10-1/31)
すべて	セッション数	245,151
	転送量(byte)	951,353,639,715
対象 IP アドレス を宛先とする通信	セッション数	4,951
	転送量(byte)	30,943,571,641
構成比	セッション数	2.0%
	転送量	3.3%

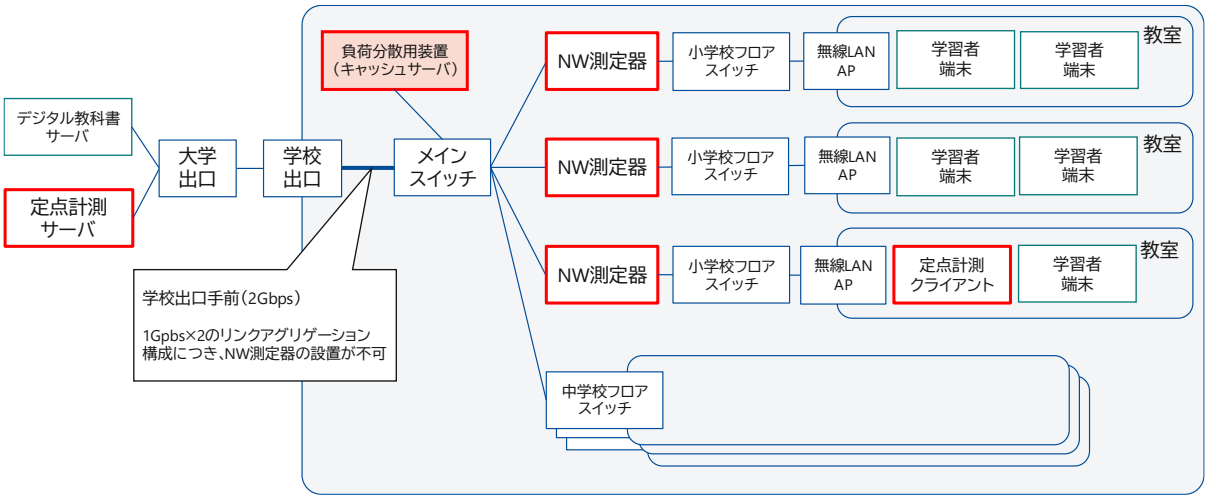
(2) 東京学芸大学附属竹早小学校

① 構成

本実証校においては、学校ネットワーク出口とメインスイッチの間が 1Gbps×2 のリンクアグリゲーション構成を取っていたことで、学校出口手前にネットワーク測定器を設置することができず、小学校の各フロアスイッチ手前の 1Gbps 回線部分に設置して測定を行った（図表 26）。そのため学校出口の通信速度等は、各測定器から得られた数値からの推定である。本構成においても、キャッシュサーバーの稼働そのものについての影響はなかった。

本実証校では小中学校が施設一体となっており、ネットワークは分割されていない。学校出口の通信速度スペックは 10Gbps であるが、学校出口の手前に設置されている校内基幹ネットワークスイッチの接続状況から、2Gbps がスペック上の最大通信速度と推定される。大学を通じて SINET に接続されている。

図表 26 東京学芸大学附属竹早小学校の構成



② 設置及び設定

本実証校では、リバースプロキシ方式とフォワードプロキシ方式の双方の接続方式を実施した。Windows 端末をリバースプロキシ方式で構成し、その後、iPad をフォワードプロキシ方式で構成した。設置に当たっては以下の作業を実施した。

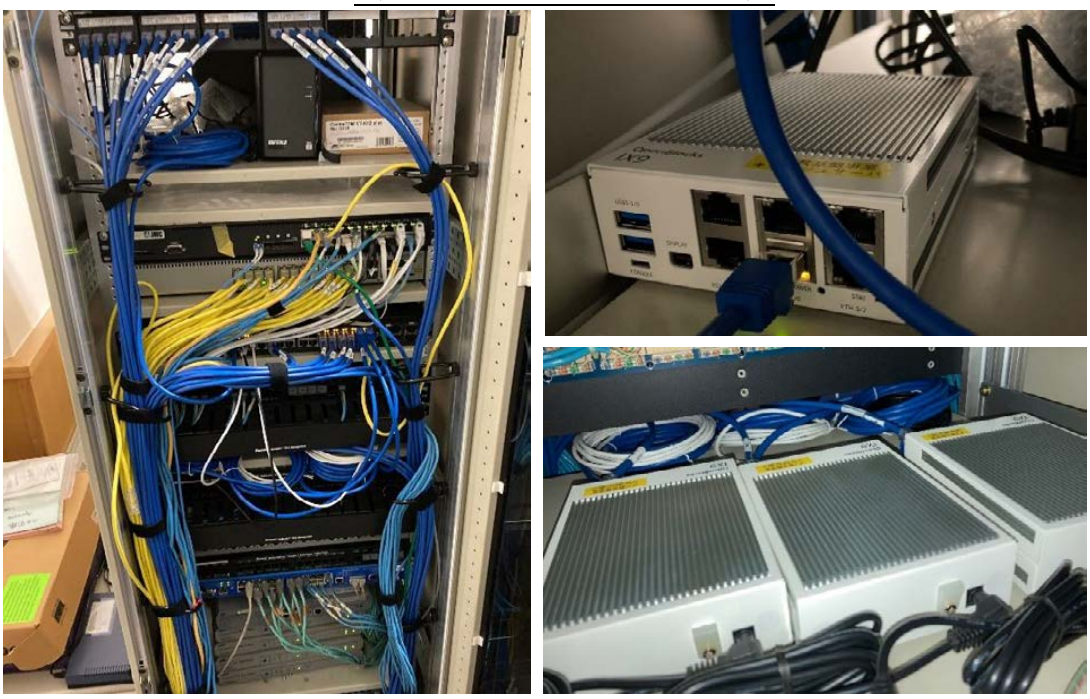
- 対象機器の設置
- ルーターが DHCP により配布している端末側の参照先 DNS をキャッシュサーバーの IP アドレスへ変更
- iPad 端末への証明書ファイルの導入
- iPad 端末へのプロキシ設定の導入

端末側設定として、リバースプロキシ方式の構成を行う Windows については、ルーターの設定を変更するのみで設定が完了した。（上記の 2 までの作業）

フォワードプロキシ方式の構成を行う iPad 端末については、本実証校では MDM 等を利用していなかったため、設定の導入を手動で実施した。フォワードプロキシの動作については、プロ

キシ自動構成スクリプト（PAC ファイル）を利用して、キャッシュ対象サーバーのアクセスのみをキャッシュサーバーに誘導するための除外設定及び、学校外に端末が持ち出された際にプロキシサーバーを経由しないように通信するための設定を反映させた。

図表 27 ネットワーク測定器及びキャッシュサーバーの設置状況
（東京学芸大学附属竹早小学校）



図表 28 教室内の定点計測クライアント設置状況
（東京学芸大学附属竹早小学校）

③ 検証期間

本実証校の検証期間は以下のとおりである。

フォワードプロキシの稼働については、端末への設定を行ったタイミングの関係で、リバースプロキシとずれが生じているが、キャッシュサーバーへの接続方式により端末への設定反映時期に違いが出たものである。

図表 29 検証期間（東京学芸大学附属竹早小学校）

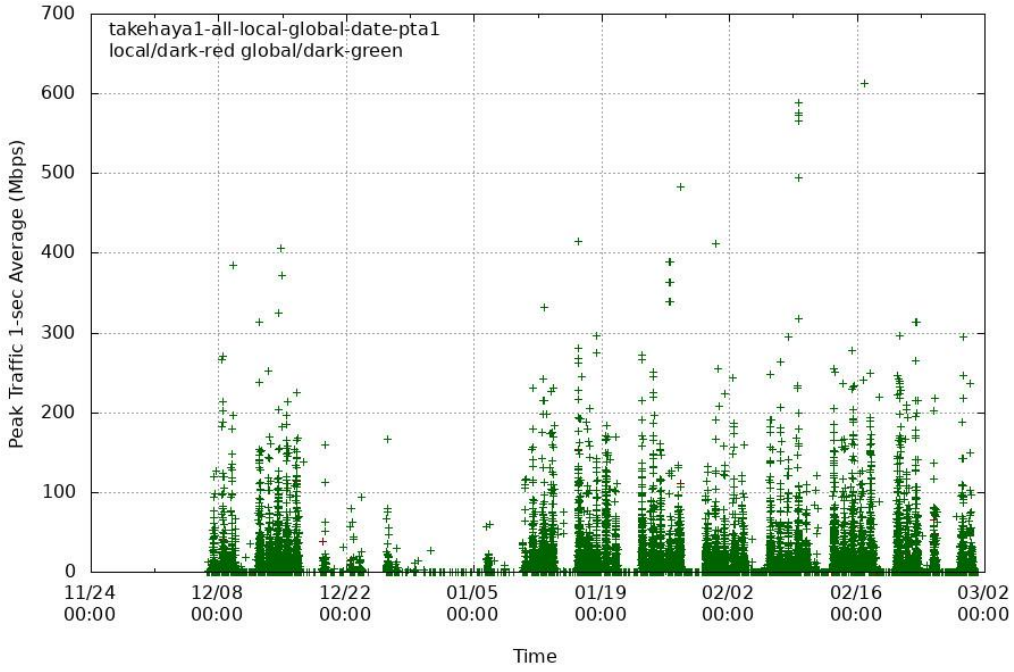
項目	開始日	終了日
学校ネットワーク環境測定期間	2022 年 12 月 6 日	2023 年 2 月 28 日
キャッシュサーバーの稼働期間	2023 年 1 月 23 日	2023 年 2 月 28 日
リバースプロキシの稼働期間	2023 年 1 月 23 日	2023 年 2 月 28 日
フォワードプロキシの稼働期間	2023 年 2 月 14 日	2023 年 2 月 28 日

④ 学校出口の通信速度及び品質

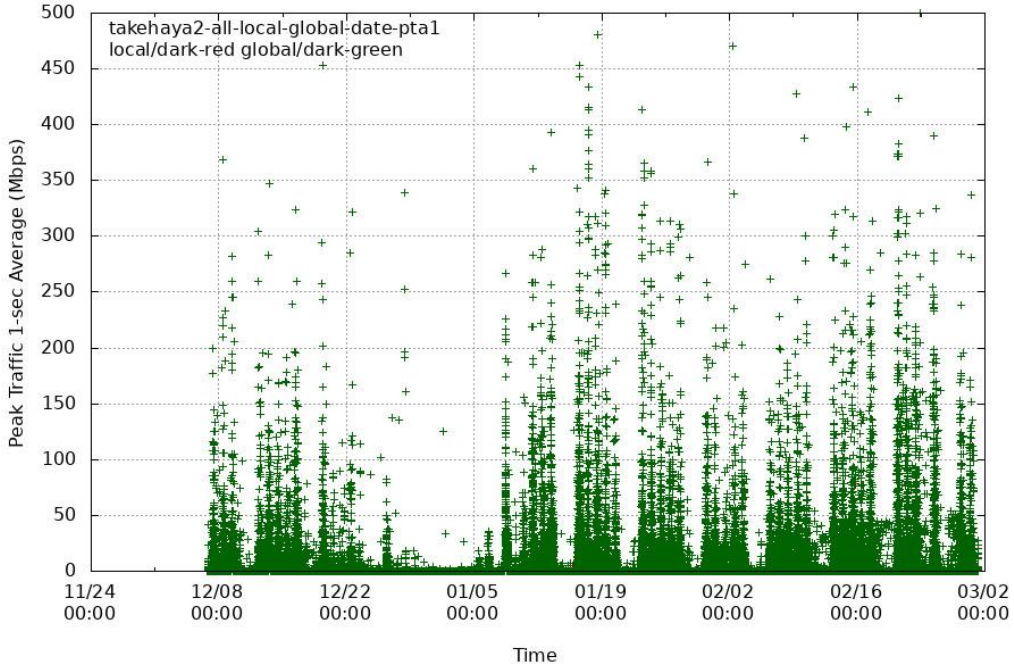
本実証校においては、小学校フロアスイッチ手前における 3 台のネットワーク測定器における測定となっている。それぞれのネットワーク測定器から得られた秒間ピーク通信速度の推移を図表 30、図表 31、図表 32 に示す。

各フロアスイッチ手前のネットワーク測定器によって記録された秒間ピーク通信速度は、それぞれが最高で 450-600Mbps の値が記録されている。フロアスイッチにおける通信速度は 1Gbps のスペックであること、また学校出口手前が 2Gbps であることから、通信帯域には余裕のあるネットワーク環境であると考えられる。TCP 再送率、二重 ACK 数、周回遅延（RTT)、パケットロス率などの面からも、通信品質についても問題が無いネットワークであると評価した。

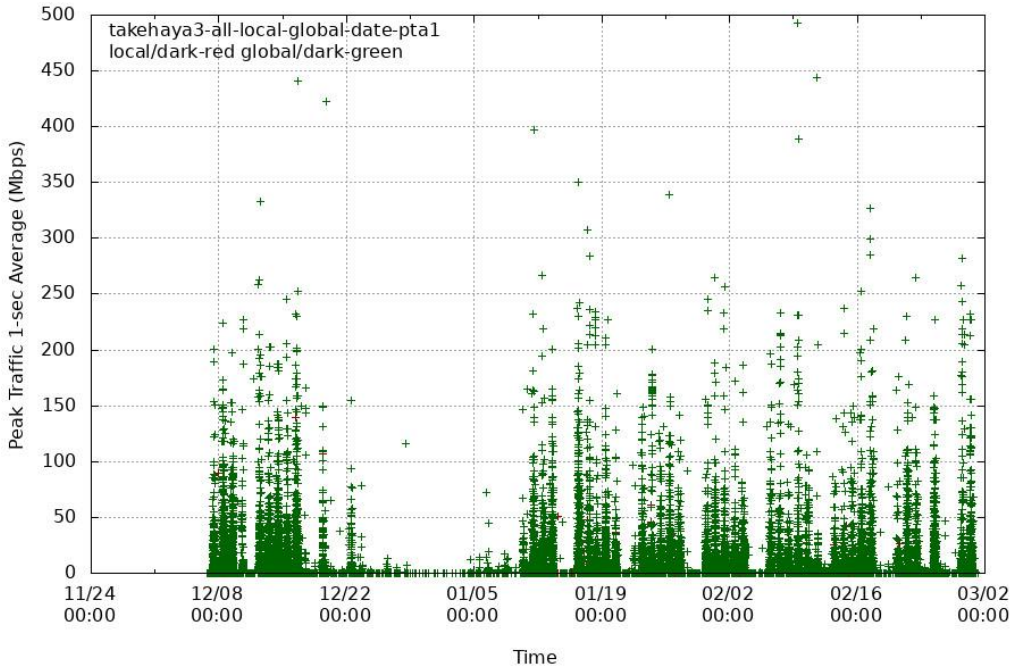
図表 30 フロアスイッチ手前の秒間ピーク通信速度 1（東京学芸大学附属竹早小学校）



図表 31 フロアスイッチ手前の秒間ピーク通信速度 2（東京学芸大学附属竹早小学校）



図表 32 フロアスイッチ手前の秒間ピーク通信速度 3（東京学芸大学附属竹早小学校）



⑤ キャッシュサーバーへのアクセス状況

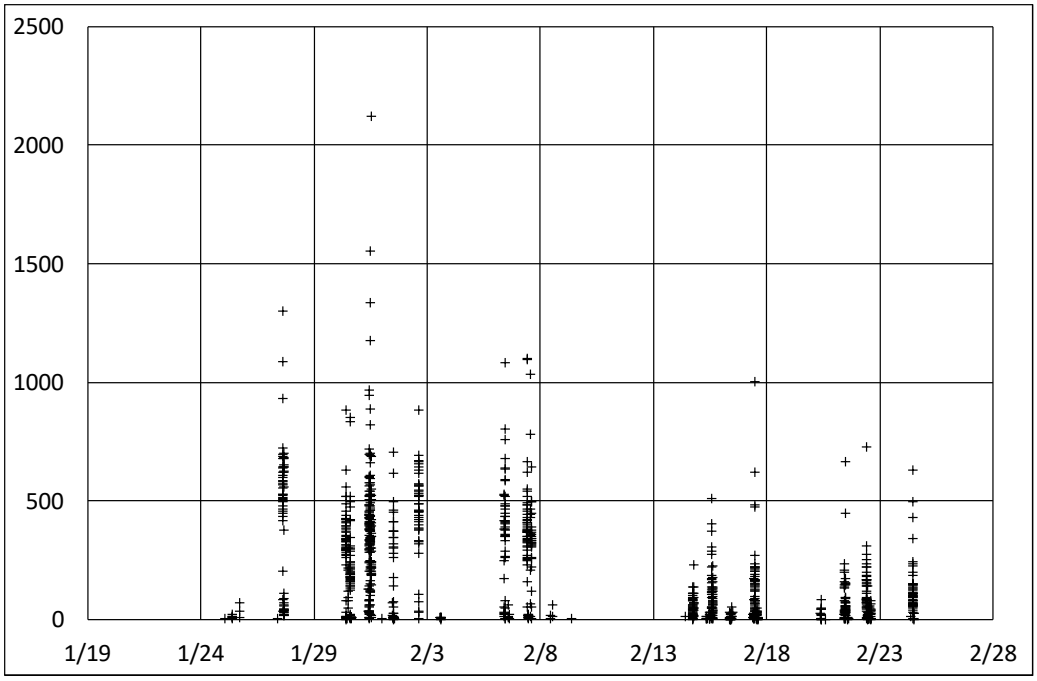
本実証校でのキャッシュサーバーに対するアクセス状況について、総リクエスト数を図表 33 に、1 分間のリクエスト数合計を図表 34 に示す。

本実証校は、最大で 1 分あたりおよそ 2000 リクエストのアクセスがあり、日常的な最大値は 1 分当たりおよそ 1000-1500 リクエストである。

図表 33 キャッシュサーバーへの総リクエスト数（東京学芸大学附属竹早小学校）

	東京学芸大学 附属竹早小学校
総リクエスト数	229,146

図表 34 キャッシュサーバーへの分間リクエスト数の推移（東京学芸大学附属竹早小学校）



⑥ キャッシュサーバーの通信量

本実証校における通信量について、図表 35 に示す。通信量に関する考え方は、3.1.3.(1)②(イ)②に基づくものである。 キャッシュサーバーの利用により、キャッシュ対象サーバーの通信において、全体で 91.75%の通信節約（削減）が確認された。

本実証校では、リバースプロキシ方式とフォワードプロキシ方式の両方の接続が実施されたため、それらの方式によっての通信量の違いの内訳も示している。リバースプロキシ方式の通信節約（削減）率は 95.74%で、フォワードプロキシ方式の節約（削減）率は 66.67%であった。

接続方式が違っていてもキャッシュの挙動は仕様上同一であるため、通信節約（削減）率に見られる差異は、リバースプロキシ方式・フォワードプロキシ方式の接続方式の違いによって発生したものとはみなしていない。稼働時期の違いにより、総通信量について大きな差があることと、授業での利用状況や、利用が集中した教科等の違いにも影響を受けたものと判断している。

図表 35 通信の節約（削減）状況（東京学芸大学附属竹早小学校）

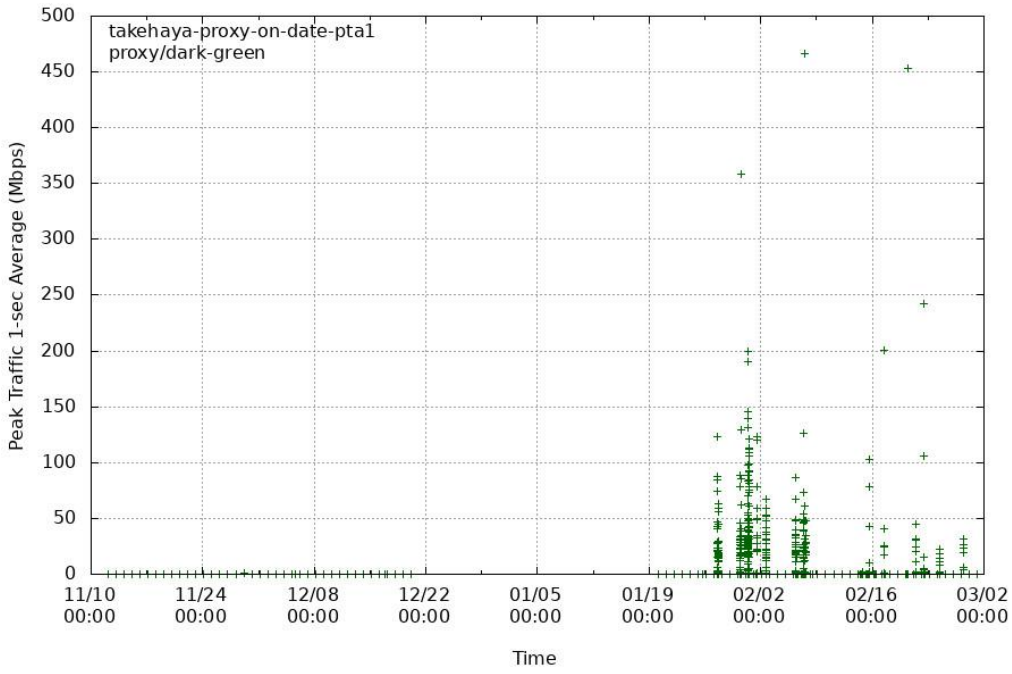
（単位:byte）

	リバース プロキシ方式	フォワード プロキシ方式	東京学芸大学 附属竹早小学校合計
A 総通信量	16,202,245,777	2,577,089,883	18,779,335,660
B キャッシュ通信量	690,752,460	858,920,386	1,549,672,846
B1 キャッシュ対象通信量	282,325,850	702,135,853	984,461,703
B2 キャッシュ対象外通信量	408,426,610	156,784,533	565,211,143
A-B 通信節約（削減）量	15,511,493,317	1,718,169,497	17,229,662,814
(A-B)/A 通信節約（削減）率	95.74%	66.67%	91.75%

⑦ キャッシュサーバーの通信速度

キャッシュサーバーは最大で450Mbpsを超える速度で通信していることが分かった。(図表36)
平日日中の授業における利用において、キャッシュサーバーが通信を行っていることを確認した。

図表 36 キャッシュサーバーの秒間ピーク通信速度（東京学芸大学附属竹早小学校）



⑧ キャッシュ対象のデジタル教科書・教材の通信が全体の通信に占める割合の推定

キャッシュ対象のデジタル教科書・教材の利用が学校全体の通信に占める割合の推定を行った。

東京学芸大学附属竹早小学校では、ネットワーク測定器がフロアスイッチ手前に設置されているため、通信対象 IP アドレスとしてキャッシュサーバーの宛先 IP アドレスを利用し、調査機関として、キャッシュサーバーが稼働している 2023 年 1 月 27 日～2 月 7 日のデータを分析した。また、通信の記録対象は 1 秒以上の通信を行った TCP セッションであることから、結果については、推定として取り扱う。

結果を図表 37 に示す。学校出口におけるネットワーク測定器で計測された TCP セッションの数量と転送量に対して、デジタル教科書・教材の対象通信は、およそセッション数で 7.1%、転送量で 3.1%を占めている。学校全体のトラフィックに対する、デジタル教科書・教材の利用トラフィックの割合は多くを占めていないことが分かった。

図表 37 対象通信の割合の推定（姫路市立安室中学校）

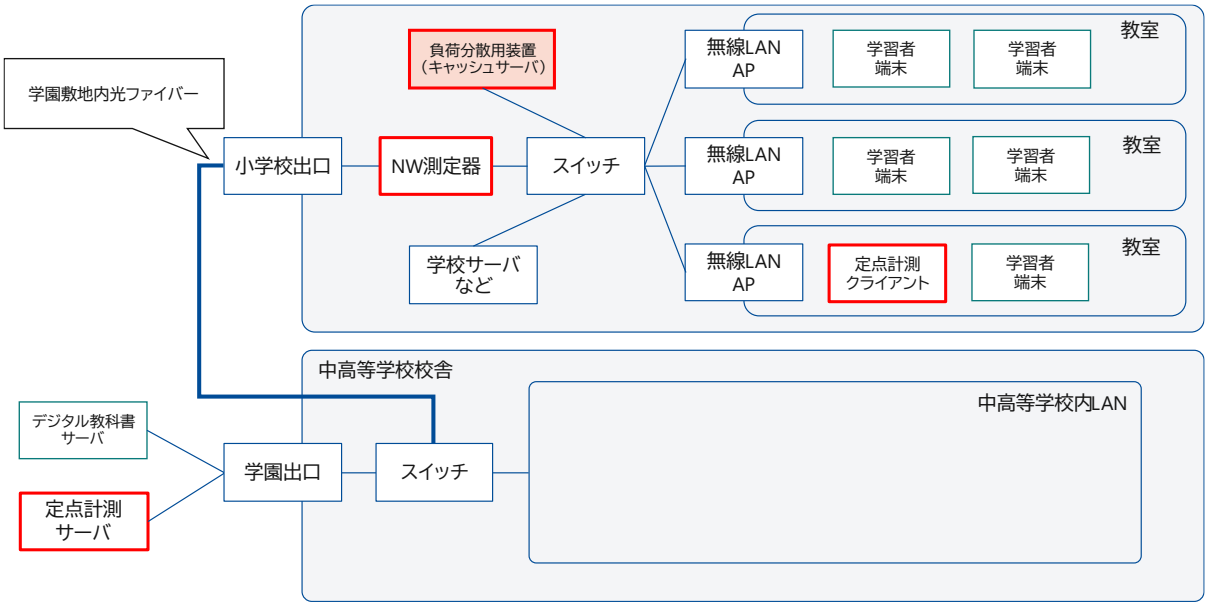
		東京学芸大学 フロアスイッチ (1/27-2/7)
すべて	セッション数	103,900
	転送量(byte)	611,042,644,329
対象 IP アドレス を宛先とする通信	セッション数	7,345
	転送量(byte)	19,079,577,607
構成比	セッション数	7.1%
	転送量	3.1%

(3) 仙台白百合学園小学校

① 構成

本実証校の構成（図表 38）は、図表 8 で示した構成概要とほぼ同様の構成である。学校出口は、敷地内の小学校棟出口である。光ファイバーケーブルを経由して、中高等学校棟へ収容され、インターネットに接続している。

図表 38 仙台白百合学園小学校の構成



② 設置及び設定

本実証校では、リバースプロキシ方式によるキャッシュサーバーの稼働を行うため、設置に当たって以下の作業を実施した。

- 対象機器の設置
- 端末への DNS 設定の変更（対象端末のみ手動で変更）

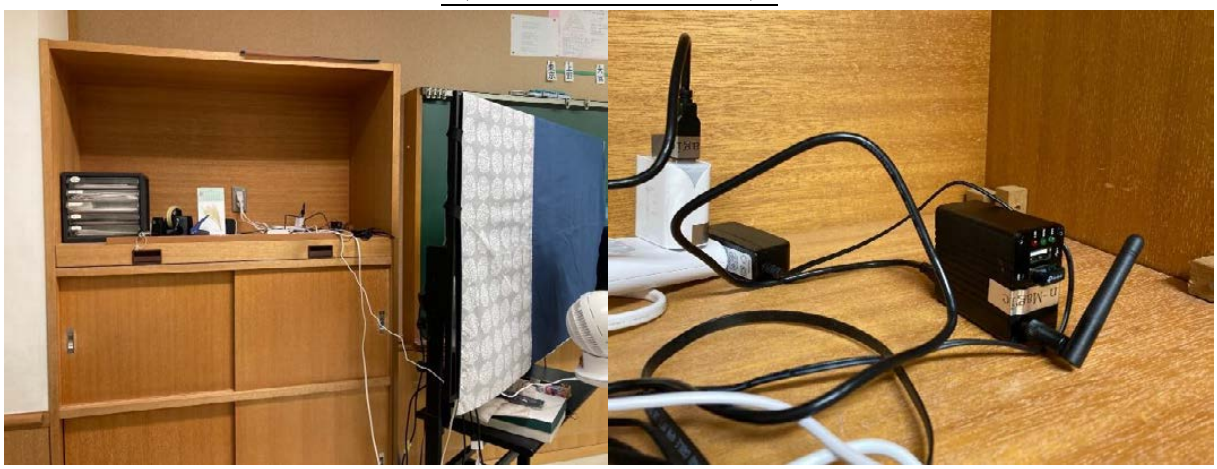
本実証校では、対象学年の端末のみに限定して設定を実施した。MDM は利用していたものの、利用対象の端末が限られることから、手動での設定を行った。

詳細は 3.1.5.(1)①に述べるが、端末に複数の DNS が設定されている環境ではリバースプロキシ方式のキャッシュサーバーを意図通りに挙動することができない現象が確認された。本実証校では、学校外ネットワークへの持ち出しなどのへの対応のため、複数の DNS を設定する必要があり、これを回避することができなかった。

図表 39 ネットワーク測定器の設置状況（仙台白百合学園小学校）

図表 40 ネットワーク測定器の設置状況（仙台白百合学園小学校）

図表 41 教室内の定点計測クライアント設置状況
（仙台白百合学園小学校）



③ 検証期間

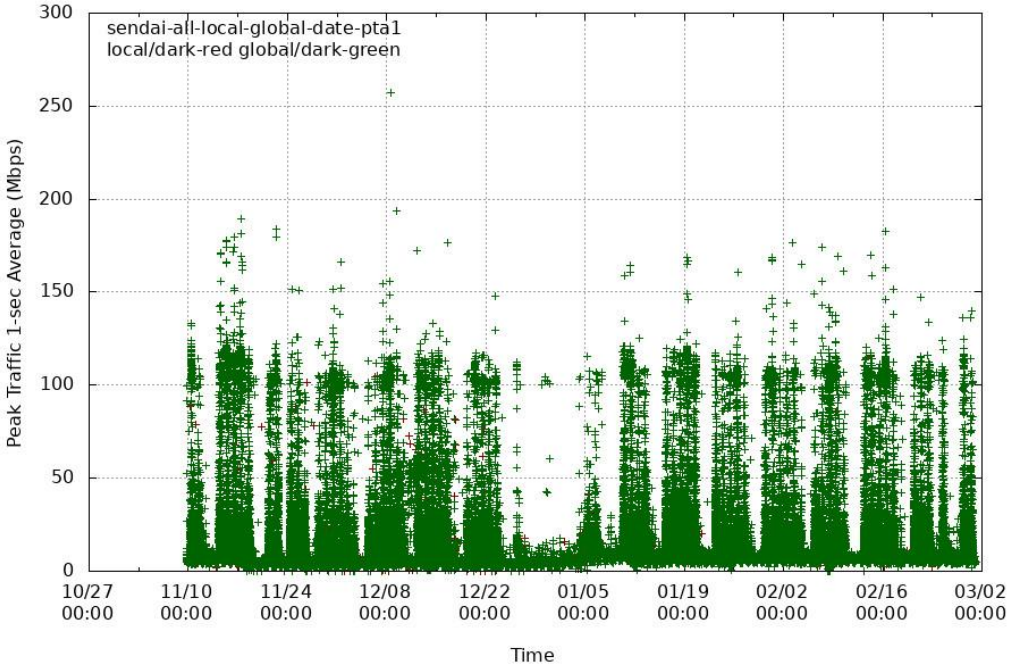
仙台白百合学園小学校の検証期間は以下のとおりである。

項目	開始日	終了日
学校ネットワーク環境測定期間	2022 年 11 月 10 日	2023 年 2 月 28 日
キャッシュサーバーの稼働期間	2022 年 12 月 19 日	2023 年 2 月 7 日

④ 学校出口の通信速度及び品質

出口回線速度は、120Mbps のスペックであり、スペック通りの通信速度が可能な環境であると言える。一時的に通信がピークに到達することは確認されており、その頻度は全ての実証校の中で最も多いが、長時間にわたり通信がスペック上限に張り付いてしまう現象は確認されていない。通信がピークに達したタイミングでも TCP 再送率、二重 ACK 数、周回遅延（RTT)、パケットロス率などが顕著に高まる現象は確認されていないことから、通信品質について大きな問題が無いネットワークであると評価した。

図表 42 学校出口の秒間ピーク通信速度（仙台白百合学園小学校）



⑤ キャッシュサーバーへのアクセス状況

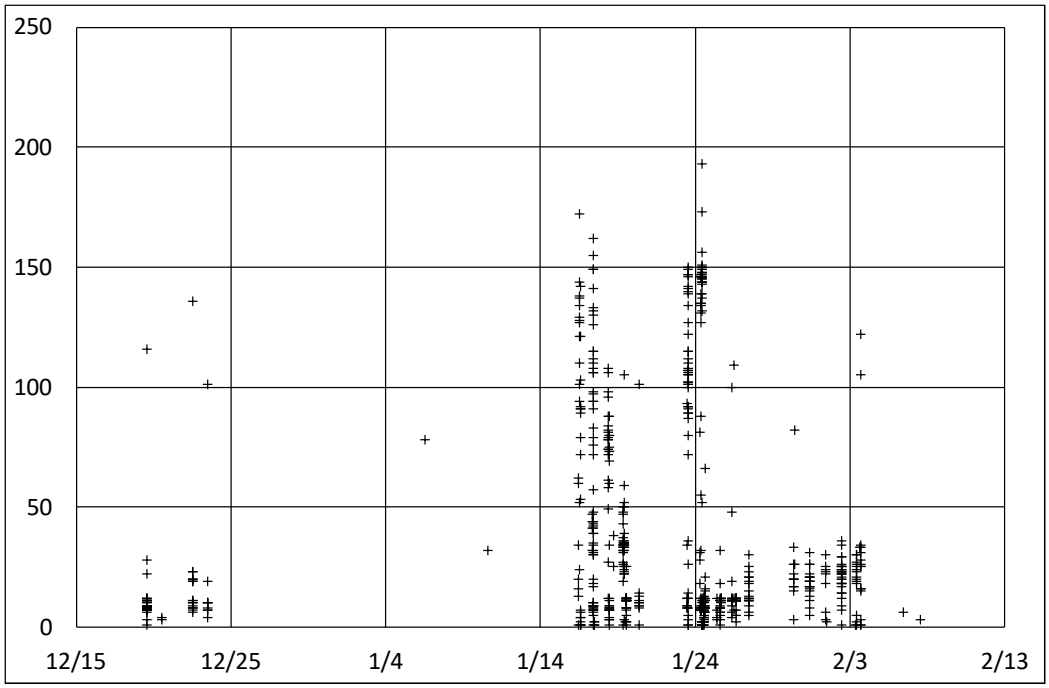
本実証校でのキャッシュサーバーに対するアクセス状況について、総リクエスト数を図表 43 に、1 分間のリクエスト数合計を図表 44 に示す。

本実証校は、最大で 1 分あたりおよそ 200 リクエストのアクセスがあり、日常的な最大値は 1 分当たりおよそ 100-150 リクエストである。

図表 43 各実証校の総リクエスト数

	仙台白百合学園 小学校
総リクエスト数	26,614

図表 44 キャッシュサーバーへの分間リクエスト数の推移（仙台白百合学園小学校）



⑥ キャッシュサーバーによる通信量

本実証校における通信量について、図表 45 に示す。通信量に関する考え方は、3.1.3.(1)②(イ)②に基づくものである。 キャッシュサーバーの利用により、キャッシュ対象サーバーの通信において、全体で 22.71%の通信節約（削減）が確認された。

本実証校での通信節約（削減）率は他の実証校と比較して低い数値となっている。これは、利用しているデジタル教科書およびデジタル教材のデータ容量が小さいこと、キャッシュサーバーを利用している端末台数が限られていること、他地域と比較して利用時間の集中の度合いが低いことなどが影響していると考えられる。また、システム面からは、リバースプロキシ方式でキャッシュサーバーを稼働させる際に、端末に対してキャッシュサーバーが意図通りに通信に介入できない現象が確認されており、この影響を受けていることも分かっている（本事象の詳細は 3.1.5.(1)①に述べる）。そのため総通信量自体も低い数値となっているが、実証校におけるデジタル教科書及び連携するデジタル教材の利用が低調だったものではないと認識している。

図表 45 通信の節約（削減）状況（仙台白百合学園小学校）

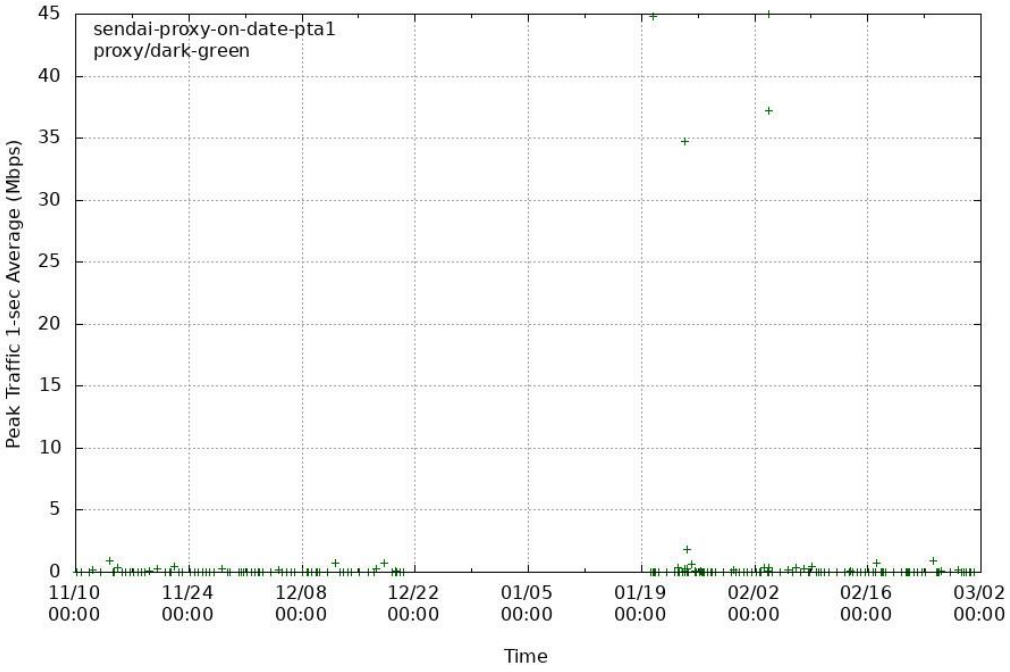
（単位:byte）

	仙台白百合学園小学校
A 総通信量	309,792,815
B キャッシュ通信量	239,429,526
B1 キャッシュ対象通信量	192,457,026
B2 キャッシュ対象外通信量	46,972,500
A-B 通信節約（削減）量	70,363,289
(A-B)/A 通信節約（削減）率	22.71%

⑦ キャッシュサーバーの通信速度

キャッシュサーバーは最大で 30-35Mbps で通信していることが分かった。（図表 46）ただし、本実証校においては、キャッシュサーバーが意図通りに通信に介入できない状況があったため、通信速度においても、意図通りの性能が得られていない可能性が高いことに注意が必要である。

図表 46 キャッシュサーバーの秒間ピーク通信速度（仙台白百合学園小学校）



3.1.5. 実証校での調査からわかったこと

(1) キャッシュサーバーの通信節約（削減）効果

各実証校における通信節約(削減)を比較したものが図表 47 である。全実証校合計では、80.65%の通信節約（削減）が行われた。この数値は、令和 3 年度「学習者用デジタル教科書のクラウド配信に関するフィージビリティ検証」などで示されている数値と比較しても高い数値を示している。本実証では 3.1.3.(1)②で述べたように、積極的なキャッシュを実施したことで、通常より大きな通信節約（削減）が確認されたものである。通信量等は利用状況によって容易に大きく変化する数値であるため、同一の学校でも時期などによって数値が変動することが容易に想定されるため、削減率の数値そのものの評価には注意を要する。

実証校ごとの状況を見ると、仙台白百合学園小学校の節約率が他の実証校と比較して低い状況であった。これは、利用しているデジタル教科書及び連携するデジタル教材などのデータ容量が小さいこと、キャッシュサーバーを利用している端末台数が限られていること、他地域と比較して利用時間の集中の度合いが低いことなどが影響していると考えられる。同時に、システム面からは、リバースプロキシ方式でキャッシュサーバーを稼働させる際に、端末に対してキャッシュサーバーが意図通りに通信に介入できない現象が確認されており、この影響を受けていることも分かっている。

図表 47 各実証校の通信の節約（削減）状況　（単位：byte）

	姫路市立 安室中学校	東京学芸大学 附属竹早小学校	仙台白百合学園 小学校	合計
A 総通信量	46,771,192,611	18,779,335,660	309,792,815	65,860,321,086
B キャッシュ 通信量	10,953,506,575	1,549,672,846	239,429,526	12,742,608,947
B1 キャッシュ 対象通信量	6,990,936,884	984,461,703	192,457,026	8,167,855,613
B2 キャッシュ 対象外通信量	3,962,569,691	565,211,143	46,972,500	4,574,753,334
A-B 通信節約 （削減）量	35,817,686,036	17,229,662,814	70,363,289	53,117,712,139
(A-B)/A 通信節約 （削減）率	76.58%	91.75%	22.71%	80.65%

① 端末がキャッシュサーバーを意図通りに経由しない現象について

学校内ネットワークにおいて、キャッシュサーバーを意図通りに通信に介入させられない状況が確認された。この現象はリバースプロキシ方式での稼働時にのみ発生し、フォワードプロキシ方式においては発生しない。

リバースプロキシ方式においては、キャッシュ対象となるサーバーのドメイン名を DNS に問い合わせた際に、キャッシュサーバーの IP アドレスが応答されることで通信に介入する。端末には従来利用していた通常の DNS ではなく、キャッシュサーバー用の特殊な DNS が設定される必

要がある。耐障害性を考慮すると、端末には複数の DNS を設定することが多いため、DNS1 にキャッシュサーバー用 DNS を、DNS2 には従来利用していた DNS の設定が望ましい。

この設定環境では、端末はキャッシュ対象サーバーの名前解決の結果として、DNS1 からはキャッシュサーバーの IP アドレスを取得し、DNS2 からはキャッシュ対象サーバーの本来の IP アドレスを取得することになる。この時、端末は必ずしも先の順序で設定された DNS の応答結果のみを利用しているわけでは無いことがわかった。結果的にキャッシュサーバーの IP アドレスへのアクセスが発生せず、インターネット上のキャッシュ対象サーバーの IP アドレスへアクセスする現象が発生した。

この挙動は端末の OS の種類によって挙動が異なり、Windows では設定順序の高い DNS の結果を信頼する確率が最も高く、ほとんどのアクセスがキャッシュサーバーを経由した。iOS 及び ChromeOS においては、キャッシュサーバーを経由しないことが多かった。各 OS のドキュメント等に、DNS の利用に関する挙動（仕様）等に関する記述は確認できなかったため、詳細は不明であり、実際の現象として確認されたものである。

各実証校における対応としては次のとおりである。姫路市立安室中学校では、ネットワーク管理者の許可を得て、端末（ChromeOS）の DNS を単一の設定に変更したことで、現象の発生を抑止できた。東京学芸大学附属竹早小学校では、リバースプロキシ方式で利用した端末（Windows）においては、OS 側の影響でほぼ状況が発生しなかったのと、フォワードプロキシ方式をとった端末（iOS）は影響を受けなかった。仙台白百合学園小学校の端末（iOS）については、上記の様な抑止が行えず、意図通りの挙動をさせることができなかった可能性が高いと認識している。

DNS が 1 つだけ設定される環境では、ネットワーク全体の耐障害性を落とす結果となるため、リバースプロキシ方式において、完全なキャッシュと耐障害性を実現するためにはキャッシュサーバー自体を 2 重化するなどの対応が必要である。ただしフォワードプロキシ方式においてもサーバーの障害等で通信ができなくなる可能性はあるため、耐障害性の観点のみで言うと、2 重化の必要性自体はフォワードプロキシにおいても同様である。

② リバースプロキシ方式とフォワードプロキシ方式の違いについて

リバースプロキシ方式とフォワードプロキシ方式については、キャッシュの挙動仕様が同一であれば通信節約（削減）効果は同一であると考えられる。ただし、実際の環境に設定する場合においてはそれぞれに留意すべき点が存在する。

【リバースプロキシ方式】

端末への設定の配布は DHCP による DNS 設定の自動配布によって行うことが最も容易であった。一方で DHCP による配布は細かく設定対象の端末を制御することができないため、特定の端末に設定を実施する必要がある場合は、MDM による設定の配布など、別の手段を取る必要がある。複数の DNS を設定する場合の注意点については、先に述べたとおりである。

既存のフォワードプロキシが設定されている場合、端末のアクセスがフォワードプロキシに誘導されてしまうため、キャッシュ対象のサーバー（ドメイン）がフォワードプロキシを経由しないように除外設定などを実施する必要がある。

【フォワードプロキシ方式】

端末への設定については、個別に実施する方式のほかに、MDM や DHCP などの手段によって設定を自動配布することも可能であるが、利用できる環境が存在しなかったため、本実証では利用しなかった。

学校ネットワークごとに個別の条件によっては、プロキシの挙動を制御するための設定を細かく実施する必要があると思われる。例えば、別の用途で利用している既存のフォワードプロキシがすでに存在しているケースや、キャッシュ対象ドメイン以外の通信についてフォワードプロキシを経由させないように除外が必要なケース、あるいは端末を学校外への持ち出すなどのケースが考えられる。

③　キャッシュサーバーの利用が学校のネットワーク全体に与える影響について

実証において、デジタル教科書のトラフィックが学校全体のネットワークに占める割合について推定を行った。デジタル教科書や連携するデジタル教材の利用はそれほど大きくは無いため、現時点においては、キャッシュサーバーの稼働によって、学校全体のネットワーク速度や品質の大きな改善には繋がらないと考えられる。また、キャッシュサーバーはキャッシュ対象のデジタル教科書やデジタル教材の利用を円滑にするための負荷分散を実現しているが、それによって学校外部回線に帯域の余裕が生まれたとしても、TCP/IP 通信の特性を踏まえると、負荷分散されていないその他の通信が空いた帯域を利用しようとすることが想定される。

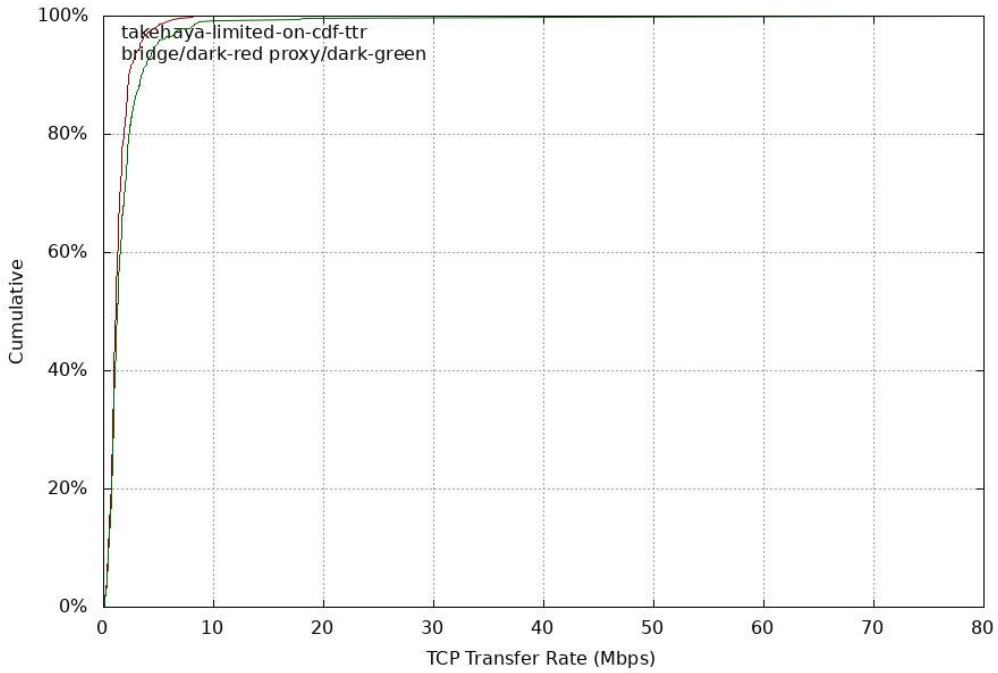
このことから、キャッシュサーバーはデジタル教科書やデジタル教材の利用を円滑にするための工夫のひとつであって、学校外部回線や学校全体のネットワーク性能・速度の向上をもたらすものではないことに留意する必要がある。今後、デジタル教科書の利用が増大してゆくこととで学校全体の通信に占める割合が増大した場合や、学校外部回線の性能向上が実施できない状況等において、デジタル教科書やデジタル教材を円滑に利用するための方策としては有効に機能すると考えられる。

④　クラウド直接通信とキャッシュサーバーを経由した場合の通信品質の比較

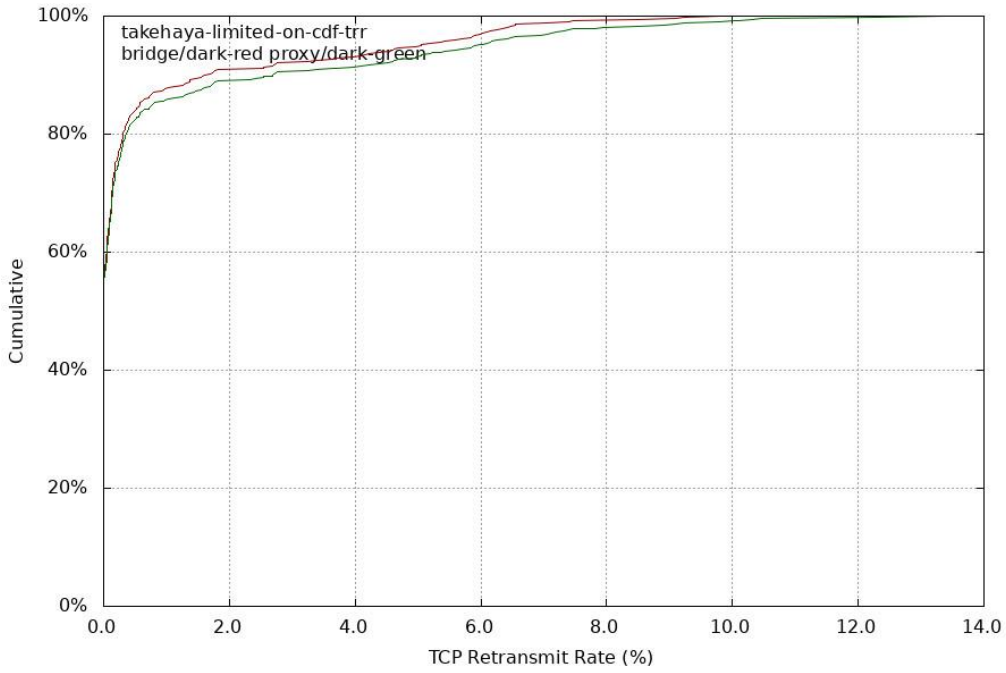
学校外部の回線速度や品質が高い環境下においては、キャッシュサーバーが存在していることが、むしろ通信の性能や品質において低い通信状況の発生をもたらすことが懸念されたが、今回の実証ではそのような状況は確認されなかった。

東京学芸大学附属竹早小学校における、TCP セッション性能、TCP 再送率、二重 ACK 数について、ネットワーク全体の数値とキャッシュサーバーの通信を比較したところ、著しい差は見られず、ほぼ同等程度の性能・品質が確保されていたと評価した。

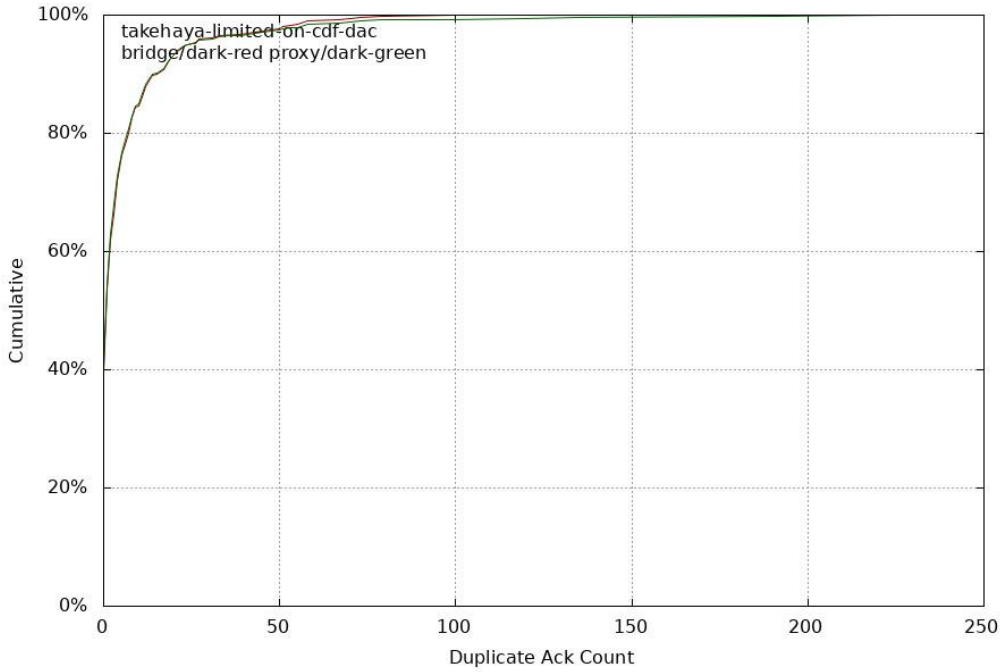
図表 48　東京学芸大学附属竹早小学校における TCP セッション性能の累積総体度数
（ネットワーク全体とキャッシュサーバーの比較）



図表 49　東京学芸大学附属竹早小学校における TCP 再送率の累積相対度数
（ネットワーク全体とキャッシュサーバーの比較）



図表 50　東京学芸大学附属竹早小学校における二重 ACK 数の累積相対度数
（ネットワーク全体とキャッシュサーバーの比較）



3.2. 先端技術の応用による配信基盤の仕組みの検討

3.2.1. 実証の概要及び目的

(1) 実証の概要

通信回線速度が遅い学校でもデジタル教科書や連携するデジタル教材などが確実に届く配信基盤の仕組みの検討にあたって様々な可能性を検証するため、概念整理による実証（机上調査）として CDN の導入による効果検証を行う。

一般的に CDN は、大容量のデジタルデータの同時配信や一斉同時アクセスに対する遅滞ない同時配信を実現することを目的とし、インターネット上に分散配置されるが、インターネット上にのみ存在する CDN の場合、その CDN に到達するまでの通信回線が低速な場合においてはその恩恵を十分に受けることができない側面がある。

本実証においては、一般的な CDN そのものの仕組みのみだけでなく、CDN を構成する複数の技術を組み合わせ、インターネット上の CDN（親）に加えて各学校にも CDN（子）を配置する構成とし、CDN 親子間でデジタルデータを同期させることで、デジタル教科書の高速配信に最適化された新たな配信基盤の仕組み（以下「エッジ型 CDN」と呼称）を検討する。

(2) 実証の目的

各学校にフォワードプロキシ構成のキャッシュサーバーを配置する従来の方法では、以下の問題点が存在する。

① 通信全体の速度への影響及び障害時の影響が多大

http/https の通信全てがフォワードプロキシ構成のキャッシュサーバーを経由することで、http/https 通信全体の速度に影響を及ぼすとともに、キャッシュサーバー障害時に全断する等影響が大きい。

② ヒット率の向上が困難

フォワードプロキシ構成のキャッシュサーバーにおいては必要/不要関係なくファイルをキャッシュすることで、当該キャッシュサーバー内のキャッシュ容量は膨らむが、ヒット率（アクセスした端末が当該キャッシュサーバーのコンテンツをダウンロードする率）を向上させることは困難である。

③ 汎用的な拡張が困難

例えば前段に通信を振り分ける専用機器を設置する、または端末にプロキシ自動設定ファイルを配布するなど、キャッシュサーバーとその他コンテンツの通信を振り分ける手法も考えられるが、学校（教育委員会）側の付加機材設置によるコスト負担の上昇や、設置機器の運用が個別運用となることより汎用的に拡張することが難しい。

本実証では、上記問題点の解消を図ることを目的として、汎用的な CDN の概念と複数の技術を組み合わせた新たな配信基盤の仕組みを検討する。

＜本実証の目指すべきゴール＞

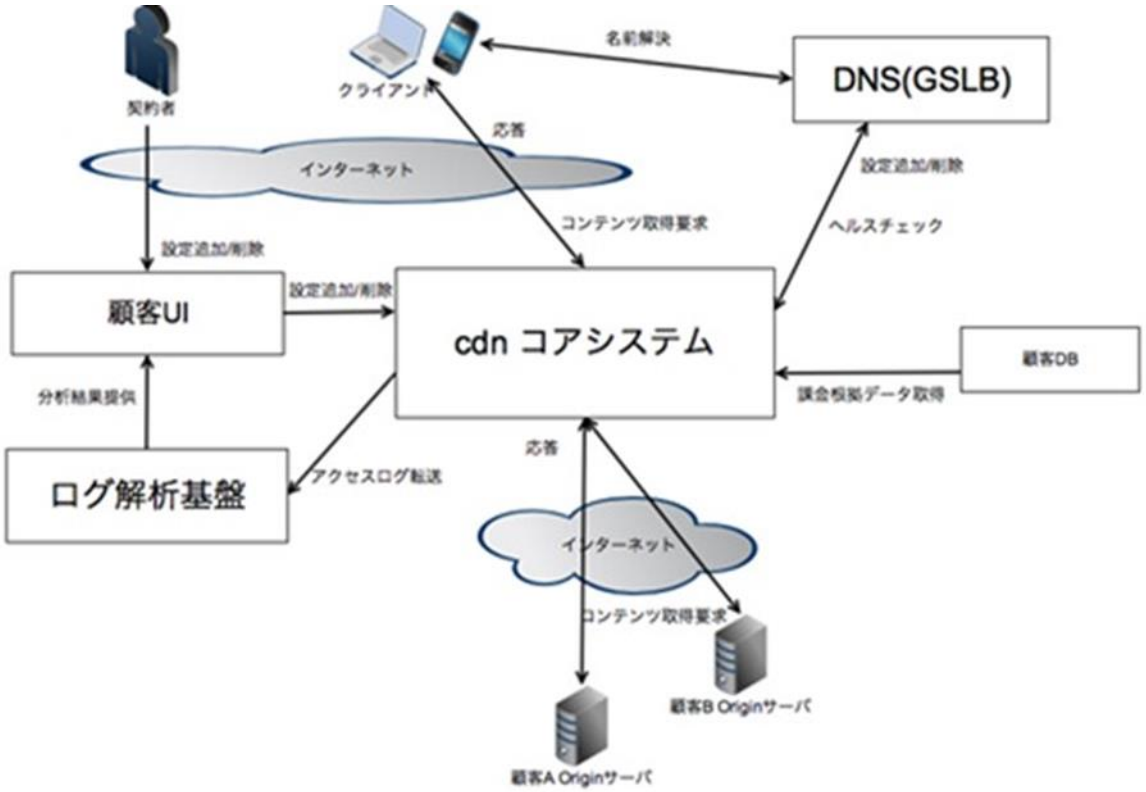
① 学校内端末もしくは学校内設備機器に特別な仕組みを施すことなく、エッジ型 CDN を利用できる環境を実現する。

② 通信全体の速度に影響を及ぼすことなくエッジ型 CDN を用いた対象コンテンツへのダウンロードサービスの提供を実現する。

③ データ流通基盤に格納されるデータのアップデート時には、遅滞なく CDN にアップデート情報が連携されることを実現する。

④ 学校外での利用のユースケースに於いても、適切な場所から教科書コンテンツがダウンロードされることを実現する。

図表 51 一般的な CDN による概念図

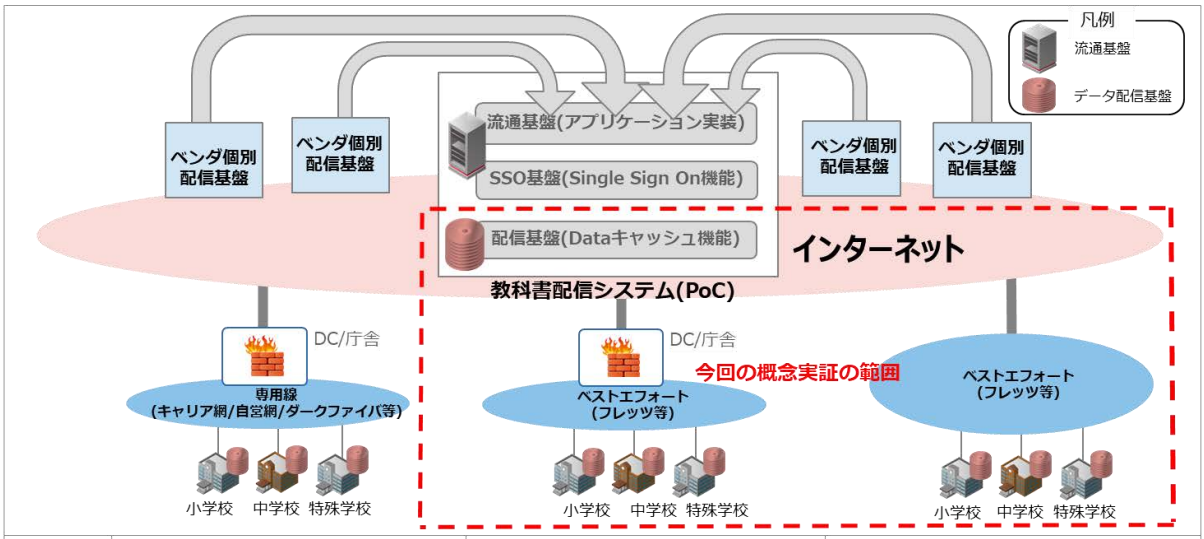


＜技術的検証のポイント＞

全国の学校における多種多様な通信環境は大きく 3 種に大別されると想定し、特に低速な通信環境においても効率的にデータ配信が行える仕組みについて机上検証を中心に検討する。

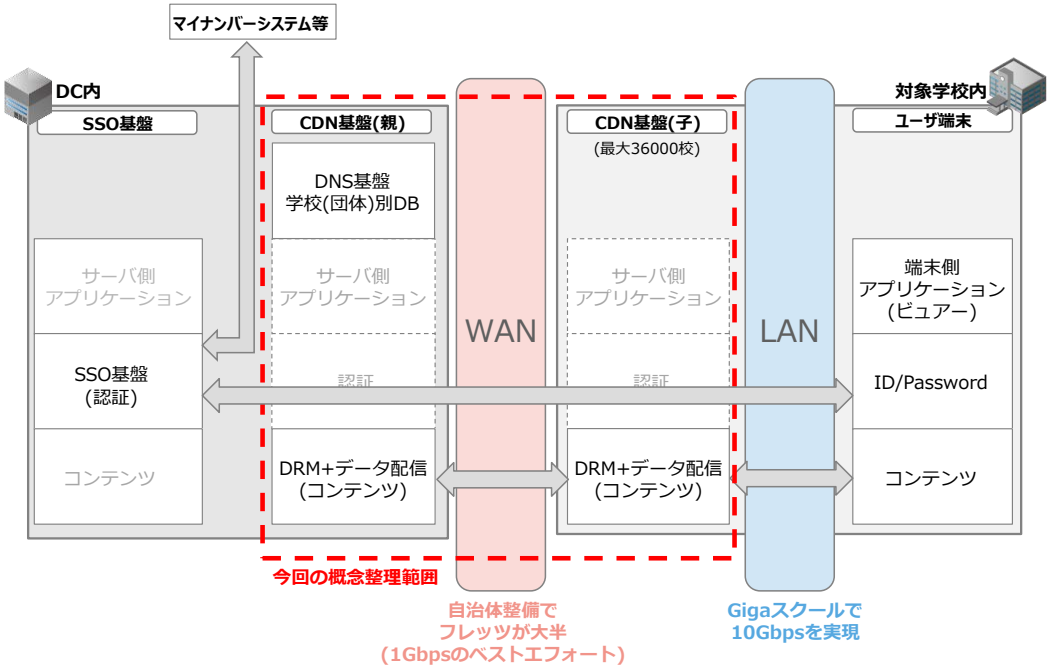
本実証では、以下の範囲を概念整理による実証範囲とする。

図表 52 CDN による概念整理範囲

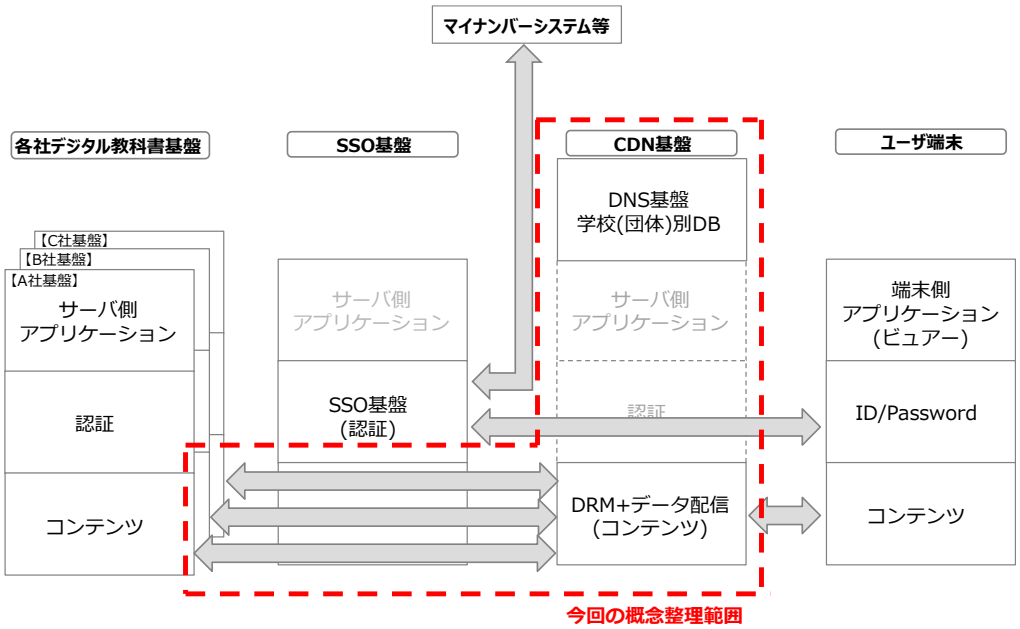


網構成	DCで集約した後、インターネットに接続している	DCで集約した後、インターネットに接続している	LBOで直接インターネットに接続している
回線速度	回線が団体専用であり通信速度は比較的早い	回線が共用されており通信速度が遅い	回線が共用されているがDCを介さない為通信速度はそこそこ
IPアドレス	グローバルアドレスはDCまで。学校はプライベートアドレス	グローバルアドレスはDCまで。学校はプライベートアドレス	グローバルアドレスが学校に直接付与されている
CDN	新たな仕組みの検討が必要	新たな仕組みの検討が必要	一般的な技術で対応可能

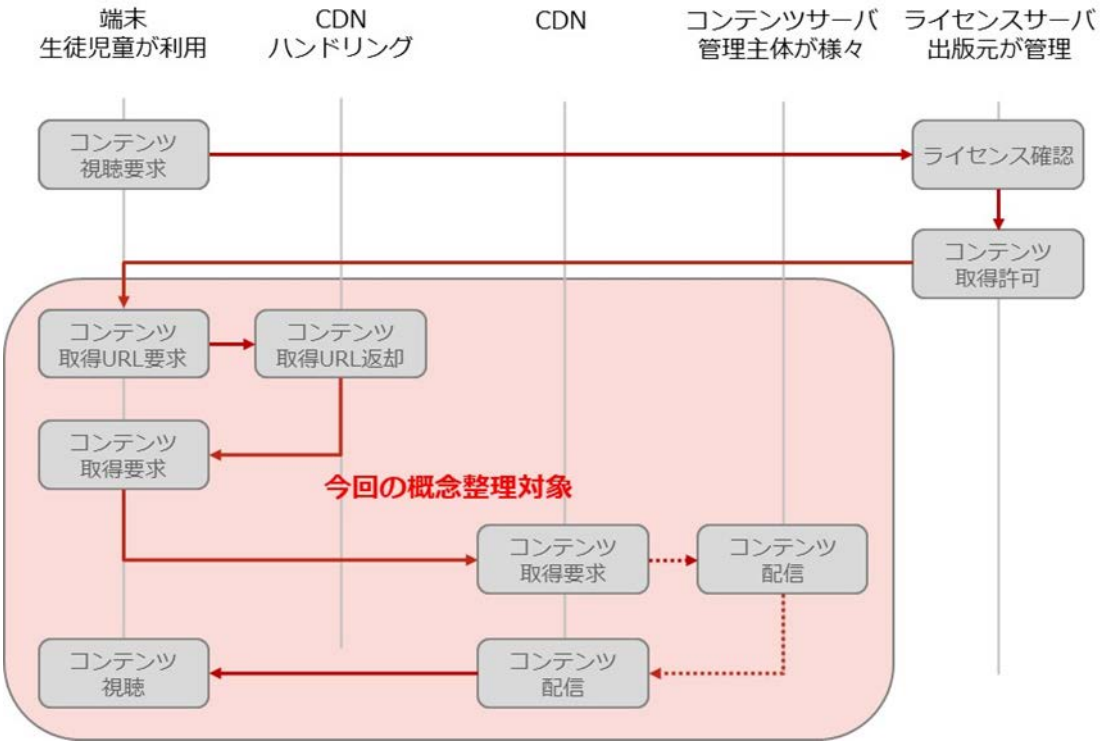
図表 53 CDN による配信基盤の全体概要と概念整理範囲



図表 54 CDN による配信基盤詳細



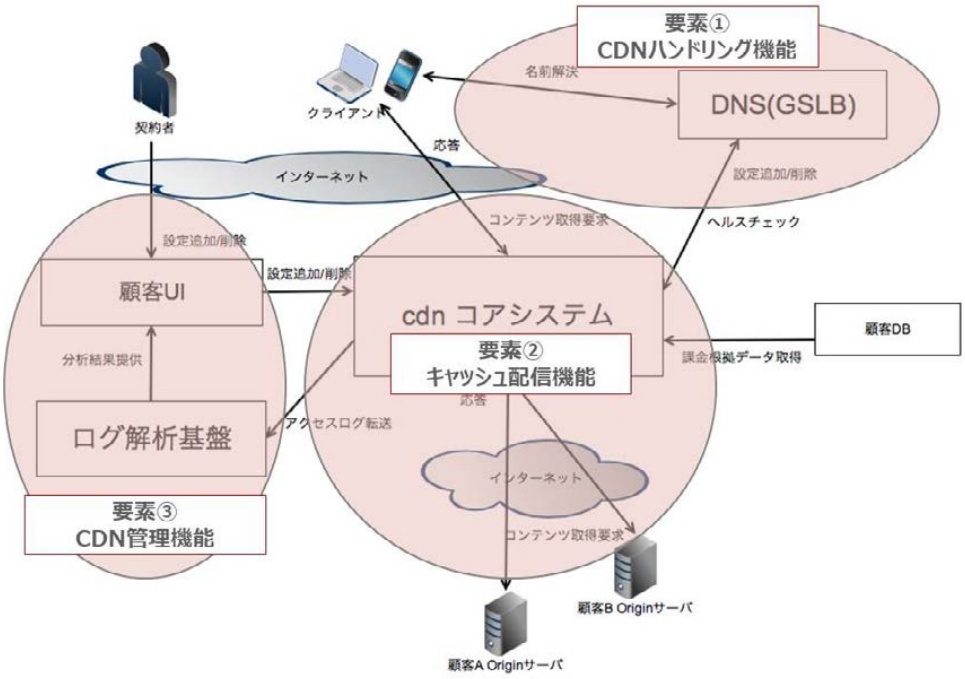
図表 55 実証で想定されるシーケンス



3.2.2. 概念整理

（1） CDN の構成要素

図表 56 CDN の構成要素



① CDN ハンドリング機能

クライアントからのコンテンツ取得要求を適切な CDN にアクセスさせる機能をいう。クライアントからリクエストされたコンテンツがキャッシュ対象か対象外かを判定し、適切な参照先を返却する機能を有する。

② キャッシュ配信機能

クライアントからのリクエストに対して適切なキャッシュを応答する機能をいう。キャッシュ対象コンテンツを取得し、キャッシュとして保持する。クラインアントとからのリクエストに対して、キャッシュ済みの場合はキャッシュコンテンツを配信し、キャッシュが存在しない場合は配信元からキャッシュを取得して配信する機能を有する。

③ CDN 管理機能

設定管理、監視、ログ解析など CDN 基盤を管理する機能をいう。Web アプリケーションは、キャッシュ対象コンテンツや取得タイミング等の管理機能を有する。監視サーバーは、システムの死活監視や顧客によるログ解析のためのログ取得機能を有する。

エッジ型 CDN 特有の管理機能としては、デジタル教科書やデジタル教材を適切に各エッジ型 CDN へ配信する必要があることから、これらの情報の確認や登録といったキャッシュ管理情報メンテナンス機能も必要となる。

3.2.3. 検証内容

(1) CDN システムの検証

① GIGA スクール端末を使用する場所（学内外）で最適なキャッシュサーバーから教科書コンテンツを取得する方式の検証

学内での利用時のみではなく、持ち帰り学習などの学外利用も想定し、異なる通信環境においても最適な CDN として稼働するサーバーから教科書コンテンツを取得する方式を検討する。

② CDN として稼働するサーバー～クライアント間の通信を HTTPS とする場合のサーバー証明書の管理手法

CDN（親）、エッジ型 CDN で同じサーバー証明書を利用する方針とする。CDN（親）でサーバー証明書を更新した場合、複数の学校に配置されているエッジ型 CDN のサーバー証明書を一括で更新する方法を検討する。

③ 複数の教科書コンテンツを収容することを想定した FQDN（ドメイン名）の最適な利用方法

CDN（親）に複数の教科書コンテンツを集約し、配信を行う想定としている。CDN（親）の FQDN（ドメイン名）について、1 つとする対応と教科書・教材会社単位でドメインを分けて管理する対応のどちらが最適な利用方法かを検討する。

④ CDN として稼働するサーバーに教科書コンテンツを搭載する手法の検討

CDN（親）からキャッシュ取得対象の教科書コンテンツを取得する方法を検討する。

⑤ CDN 基盤でキャッシュした教科書コンテンツの著作権の取り扱いについての検討

CDN 基盤でキャッシュした教科書コンテンツを配信する際に障壁となる著作権上の問題や課題について検討する。

⑥ 性能検証

学内ネットワーク回線速度を 1Gbps、学内同時利用者数を最大 1,200 人（1 クラス 40 人×1 学年 5 クラス×6 学年）と仮定して検証を行う。以下の性能目標を満たしていることを検証する。

- エッジ型 CDN に全校生徒（1,200 人）が同時接続可能であること。
- 10MB の教科書コンテンツを 1,200 人が 5 分間でダウンロードできること。

(2) 運用面の検証

① 学内に設置した CDN として稼働するサーバーが故障した場合でもサービス提供を維持するための手法の検討

CDN として稼働するサーバーが故障した場合、学内の情報端末からのコンテンツ取得先を CDN（親）とする方法を検討する。

② 学内外の CDN として稼働するサーバーを遠隔から管理する手法の検討

● 学内に設置したエッジ型 CDN として稼働するサーバーの監視、運用保守作業の実施方法

学校内に設置したエッジ型 CDN として稼働するサーバーの監視及び運用保守作業について、監視方法及び監視項目、アラート時の対応、ログ及びログの監視、OS またはミドルウェアのパッチ適用について検討する。

● 学外の CDN（親）、CDN 管理基盤として稼働するサーバーの監視、運用保守作業の実施方法

学校外の CDN（親）、CDN 管理基盤として稼働するサーバーの監視及び運用保守作業について、監視方法及び監視項目、アラート時の対応、ログ及びログの監視、OS またはミドルウェアのパッチ適用について検討する。

● アプリケーションのリリース・設定変更を一括で行う方法の検討

全ての学校の学内に設置したエッジ型 CDN に対して、アプリケーション（バッチ含む）のリリース、設定ファイルの変更を一括で反映する方法を検討する。

③ CDN として稼働するサーバーに配布する教科書コンテンツの管理手法の検討

各学校で利用する教科書コンテンツのみエッジ型 CDN にキャッシュする管理手法を検討する。

④ DRM コンテンツの配信方法についての検討

DRM コンテンツ配信時の処理フロー、通信要件、想定される通信量について検討する。

⑤ 転校した場合に前の学校で利用していた教科書を参照する方法の検討

想定している設計にて、転校前の学校で利用していた教科書の参照が可能かを検討する。

⑥ 運用時に発生するメンテナンスの対応方法の検討

運用時に発生するメンテナンス内容について、対応方法を検討する。

(3) 有効性の検証

① 学校規模や回線速度に応じた CDN システムの有効性の検討

- 学内のネットワーク帯域

性能検証の結果を基に、学内に必要なネットワーク帯域を検討する。

- CDN の有効性検証

CDN あり、CDN なしでのコンテンツ取得時間の比較を行う。コンテンツサイズ、同時利用者数、回線速度によってコンテンツ取得までに掛かる時間を検証する。

以下の条件を組み合わせて検証を行う。

- 回線速度
  学内～CDN（親）　10Mbps、100Mbps、1Gbps
  学内　1Gbps
- 同時利用者数
  1,200 人　大規模校想定（30 学級）
  720 人　中規模校想定（18 学級）
  440 人　小規模校想定（11 学級）
- コンテンツサイズ
  10MB、20MB、30MB

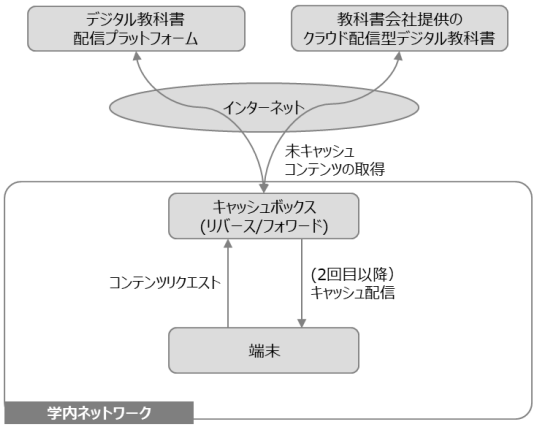
- プリキャッシュの有効性検証
  CDN あり（プリキャッシュあり)、CDN あり（プリキャッシュなし）の状態で 40 人がアクセスした場合の 1 アクセスのダウンロード時間を計測する。2 秒ごとに 1 人がアクセスする前提で検証を行う。
  - 回線速度
    学内～CDN（親）　10Mbps、100Mbps、1Gbps
    学内　1Gbps
  - 利用者数
    40 人　1 クラス想定
  - コンテンツサイズ
    30MB

(4) システム比較検討

学内にリバースプロキシ型キャッシュサーバーを配置する場合とエッジ型 CDN システムを導入する場合との比較検討を行う。ただし、基本的にシステム構成は同様であり、差分は下記の通り、「プリキャッシュ機能の有無」のみとなる。

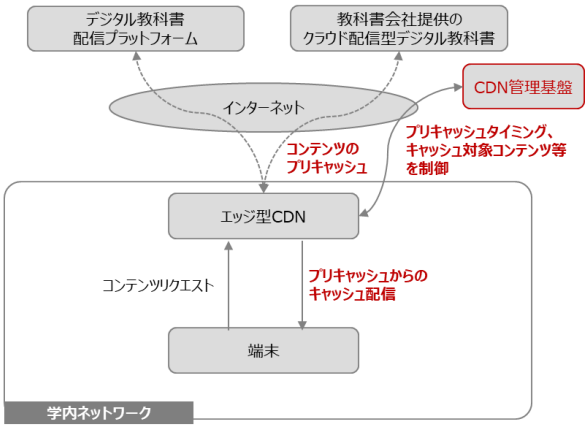
図表 57 キャッシュ配信基盤における構成方式の比較

キャッシュボックス(リバース/フォワード)



- 初回リクエスト時はキャッシュを保持していないため、キャッシュボックスからのコンテンツ取得が発生
- 2回目のリクエスト以降はキャッシュボックスからキャッシュ配信が可能

エッジ型CDN



- エッジ型CDNに対し事前にコンテンツをプリキャッシュしておく事により、初回リクエスト時からキャッシュ配信
- プリキャッシュ対象コンテンツや取得タイミング等をCDN管理基盤にて制御

3.2.4. 要件定義

(1) CDN ハンドリング方法の検討

CDN を構成する要素のうち、CDN ハンドリング機能に関する 4 つの実装案の検討結果を以下に示す。

＜4 つの実装案の概要＞

① 出版元側で最適な URL をコンテンツに埋め込む方式
この方式では、各学校、教育委員会にソフトウェア納品時にコンテンツサーバーの在り処を設定しておいたコンテンツを納品してもらう。

② URL サーバーで最適な CDN の宛先を発行する方式
この方式では、コンテンツ取得時に必ずコントロールサーバーに問い合わせに行き、最適な CDN の配信サーバーを返却する。

③ 送信元 IP アドレスによって最適な CDN の宛先を発行する方式
この方式では、コンテンツ取得時の DNS の名前解決の際、DNS が送信元 IP アドレスによって最適な CDN の配信サーバーの IP アドレスを発行する。

④ 学校内の DNS で配信サーバーを参照させる方式
この方式では、校内の DNS に配信サーバーの宛先を登録しておき、クライアントからのリクエストに対して最適な配信サーバーを返却する。

＜各実装案の検討結果と採用可否＞

図表 58 各実装案の検討結果と採用可否

検討項目		実装案①	実装案②	実装案③	実装案④
コンテンツ配布元の作業の必要性		学校ごとに異なるコンテンツサーバーの在り処の設定が必要	学校ごとに異なる任意の ID やトークン、ヘッダの設定が必要	不要	不要
	評価	×	×	○	○
CDN での作業の必要性		不要	学校ごとにどのサーバーにアクセスをさせるかの事前設定が必要	送信元 IP アドレスに応じてどのサーバーにアクセスをさせるかの設定が必要	校内の DNS に配信サーバーを設定する作業が必要
	評価	○	×	×	△
開発の必要性		不要	必要（クライアントモジュールとアプリの開発）	不要	不要

	評価	○	×	○	○
学内への配信サーバーの設置可否		設置可能 現状、ビューアアプリで解決している手法	設置可能 学内に配信サーバーを設置し、ホスト名を DNS に設定	設置不可 グローバルの DNS でプライベート IP アドレスは返却不可	設置可能 学内キャッシュと同一筐体で DNS の運用可能
	評価	○	○	×	○
総合評価と採用可否		各出版社が負荷の高い各学校の設定作業を実施する前提であり、現実的でない。	開発が必要なことに加えて、各教科書・教材会社、またはビューアアプリ会社の作業が発生する。	地域やネットワーク毎に各学校のクライアントが参照する DNS の構築が必要であり現実的でない。	大きな課題はなく、学校側の作業の延長で対応ができるため、現実的である。
	採否	不採用	不採用	不採用	採用

(2) CDN システム要件定義

① 機能要件

配信基盤として本番構成時に必要な機能を以下に示す。

- エッジ型 CDN

学内ネットワーク内からのアクセスに対して、キャッシュしたコンテンツを配信する。コンテンツをキャッシュし、配信するキャッシュサーバーとしての機能、学内ネットワーク内の名前解決を行う DNS の機能、キャッシュコンテンツを取得するためのプリキャッシュ取得機能が必要となる。

図表 59 エッジ型 CDN の機能一覧

機能区分	機能名	機能概要	機能要件
CDN（子）	認証判定	認証状態を判定し、認証済みの場合のみキャッシュコンテンツを配信する。	認証済みの場合、キャッシュコンテンツをクライアントに配信する。
	コンテンツキャッシュ	CDN（親）で配信しているキャッシュ対象コンテンツを取得し、キャッシュとして保持する。	複数の教科書・教材会社が提供しているデジタル教科書のキャッシュを可能とする。
	コンテンツ配信	クライアントからのリクエストに対して、キャッシュしたコンテンツを配信する。	・リクエストされたキャッシュコンテンツを配信する。 ・キャッシュが存在しない場合は CDN(親)からキャッシュを取得し配信する。
DNS	学内ネットワーク内の 名前解決	学内の情報端末に対し、エッジ型 CDN の宛先を返す。エッジ型 CDN 以外については既存の学内の DNS を参照し、宛先を返す。	・学内ネットワーク内でキャッシュ対象コンテンツ取得時はエッジ型 CDN の IP アドレスを返却する。 ・キャッシュ対象外コンテンツ

			取得時は既存の学内 DNS へフォワードする。
プリキャッシュ取得バッチ	プリキャッシュ取得	キャッシュ取得対象コンテンツを管理情報に従い、適切な時間帯に事前にキャッシュコンテンツを取得する。	・「キャッシュ管理情報取得 API」を実行し、取得した情報をもとに対象の URL にアクセスしてキャッシュコンテンツを取得する。 ・「キャッシュ取得結果連携 API」を実行し、キャッシュ取得結果を CDN 管理基盤に送信する。 【実行タイミング】 日次 夜間（21:00～8:00）

- CDN 管理基盤

  学校の情報、教科書コンテンツの情報を管理する。どの学校が何の教科書コンテンツをキャッシュするのかなどの情報を管理するために WEB アプリケーションとして「キャッシュ管理情報メンテナンスアプリ」が必要となる。

  また、プリキャッシュ取得バッチで利用するインタフェースを CDN 管理基盤にて提供する。

  「キャッシュ管理情報取得 API」によって「キャッシュ管理情報メンテナンスアプリ」で登録されたキャッシュ対象コンテンツの情報を提供し、「キャッシュ取得結果連携 API」によってキャッシュ取得結果を更新可能とする。

図表 60 CDN 管理基盤の機能一覧

機能区分	機能名	機能概要	機能要件
キャッシュ管理情報取得 API	キャッシュ管理情報返却	「キャッシュ対象コンテンツ」の情報（コンテンツ取得先 URL 等）を返却する。	エッジ型 CDN からのリクエストに対して、指定された学校の「キャッシュ対象コンテンツ」の情報（コンテンツ取得先 URL 等）を返却する。
キャッシュ取得結果連携 API	キャッシュ取得結果登録	エッジ型 CDN のキャッシュ取得結果を登録する。	エッジ型 CDN から連携されたキャッシュ取得結果を CDN 管理基盤のデータベースに登録する。
キャッシュ管理情報メンテナンスアプリ	認証	ID、パスワードを入力し、キャッシュ管理情報メンテナンスアプリにログインする。	・ログインしたユーザの権限の範囲で、「キャッシュ管理情報メンテナンスアプリ」を利用可能とする。 ・「キャッシュ対象コンテンツ一覧表示/一括登録・更新」、「キャッシュ可能コンテンツ一覧表示/一括登録・更新」はユーザの権限によって参照、更新できる範囲を制限する。 ・「キャッシュ取得状況確認」は

			ユーザの権限によって参照できる範囲を制限する。
	キャッシュ可能コンテンツ一覧表示	キャッシュ取得対象とする教科書コンテンツの情報を一覧表示する。	・「キャッシュ可能コンテンツ」を Web ブラウザ上で一覧表示する。 ・一覧を CSV でダウンロード可能とする。 ・検索を可能とする。
	キャッシュ可能コンテンツ一括登録・更新	「キャッシュ可能コンテンツ」の一括登録・更新を行う。	Web ブラウザ上でリスト(CSV)をアップロードすることにより、「キャッシュ可能コンテンツ」の一括登録・更新を可能とする。
	キャッシュ対象コンテンツ一覧表示	各学校でエッジ型 CDN にキャッシュする教科書コンテンツを一覧表示する。	・「キャッシュ対象コンテンツ」を Web ブラウザ上で一覧表示する。 ・一覧を CSV でダウンロード可能とする。 ・検索を可能とする。
	キャッシュ対象コンテンツ一括登録・更新	「キャッシュ対象コンテンツ」の一括登録・更新を行う。	・Web ブラウザ上でリスト(CSV)をアップロードすることにより、「キャッシュ対象コンテンツ」の一括登録・更新を可能とする。 ・「キャッシュ可能コンテンツ一覧」に登録されたコンテンツのみ登録可能とする。
	キャッシュ取得状況確認	各学校のキャッシュ取得状況を表示する。	・各学校のキャッシュ状況を Web ブラウザ上で一覧表示する。 ・一覧を CSV でダウンロードを可能とする。 ・検索を可能とする。 ・キャッシュ取得状況のサマリを Web ブラウザ上で表示可能とする。

- CDN（親）

  エッジ型 CDN にキャッシュするコンテンツを配信する。

図表 61 CDN（親）の機能一覧

機能名	機能概要	機能要件
認証判定	認証状態を判定し、認証済みの場合のみコンテンツを配信する。	・認証済みの場合、コンテンツをクライアントに配信する。 ・エッジ型 CDN からのリクエスト時は認証判定なしでコンテンツを配信する。
コンテンツ配信	クライアントからのリクエストに対して、コンテンツを配信する。	リクエストされたコンテンツを配信する。

- CDN コンテンツの認証判定方式

エッジ型 CDN、CDN（親）ではコンテンツ配信時に認証判定を行う想定としている。認証判定方式について、3 案を検討している。

対応案を確定するためには、各事業者との調整が必要となる。開発時に改めて検討を行う必要がある。

図表 62 CDN コンテンツの認証判定方式比較表

	【案 1】CDN で認証を行わない	【案 2】SSO 認証（SAML）	【案 3】トークン認証
対応内容	コンテンツの保護は DRM に任せる方式。 CDN では認証判定を行わない。 全てのリクエストに対して、コンテンツを配信する。	配信すべき人に対してコンテンツを配信する方式（コンテンツ自体の保護は DRM で対応） 学習 e ポータルが連携している認証基盤と SSO 認証を行う。 認証済みの場合のみ、コンテンツを配信する。	URL 漏洩時のダウンロードを抑止する方式（コンテンツ自体の保護は DRM で対応） 教科書・教材会社側で発行したトークンで認証を行う。 CDN でトークン内容を検証し、問題なければコンテンツを配信する。
コンテンツ取得可能なユーザ	制限なし	学習 e ポータルに SSO でログインできるユーザ	コンテンツの参照権限があるユーザ
【DRM 未対応コンテンツ】参照可能なユーザ	制限なし	制限なし	コンテンツの参照権限があるユーザ
【DRM 保護済みコンテンツ】参照可能なユーザ	コンテンツの参照権限があるユーザ	コンテンツの参照権限があるユーザ	コンテンツの参照権限があるユーザ
コンテンツ参照可否の判定場所	ライセンスサーバー ※DRM 保護済みコンテンツのみ対象	ライセンスサーバー ※DRM 保護済みコンテンツのみ対象	認証サーバー、ライセンスサーバー ※DRM 保護済みコンテンツのみ対象
CDN での作業	なし	･SSO 認証状態の判定処理の実装 ・認証基盤（Azure AD または Google Workspace for Education）との連携設定	・トークン検証処理の実装 共通鍵を利用してトークンを復号し、トークン内容を検証する。
教科書･教材会社での作業【CDN 認証対応】	なし	・ビューアアプリの開発 SSO 認証後に再度コンテンツリクエストを行う。	・認証サーバーの構築 ユーザのコンテンツ参照権限を判定し、共通鍵を利用してトークンを生成する。 生成したトークンを暗号化する。

			・ビューアアプリの開発 　コンテンツを取得する際に、トークンありの URL でリクエストを行う。
教科書･教材会社での作業 【DRM 対応】	・ライセンスサーバーの構築 　コンテンツを DRM 保護する際に使用した暗号鍵の情報を登録する。 　ユーザのコンテンツ参照権限を判定し、ライセンスを返却する。 ・ビューアアプリの開発 　ライセンスサーバーにライセンス発行要求を行う。 　取得したライセンスを使用してコンテンツを復号する。	・ライセンスサーバーの構築 　コンテンツを DRM 保護する際に使用した暗号鍵の情報を登録する。 　ユーザのコンテンツ参照権限を判定し、ライセンスを返却する。 ・ビューアアプリの開発 　ライセンスサーバーにライセンス発行要求を行う 　取得したライセンスを使用してコンテンツを復号する。	・ライセンスサーバーの構築 　コンテンツを DRM 保護する際に使用した暗号鍵の情報を登録する。 　ユーザのコンテンツ参照権限を判定し、ライセンスを返却する。 ・ビューアアプリの開発 　ライセンスサーバーにライセンス発行要求を行う。 　取得したライセンスを使用してコンテンツを復号する。
その他	・エッジ型 CDN にキャッシュされたコンテンツはコンテンツの参照権限を保持していないため、コンテンツ参照権限の判定ができない。 ・本来参照権限のないコンテンツも URL を知っていれば取得、参照できる。（特定の学年、生徒のみが参照可能なコンテンツ）	・SSO 認証済みの場合は、URL を知っていれば参照権限のないコンテンツが取得できてしまう。 （参照権限のない DRM 保護済みコンテンツは取得はできるが参照はできない状態となる。） ・DRM 未対応コンテンツは URL を知っていれば SSO ログインできるユーザ（学校関係者）は参照できてしまう ・認証基盤（Azure AD または Google Workspace for Education）のない学校では利用できない。	一般的な CDN で利用されている認証判定方式である。
メリット	CDN 認証対応に関する開発作業が発生しない。	コンテンツの取得を SSO ログインできるユーザ（学校関係者）のみに限定できる。	コンテンツの取得、参照を参照権限のあるユーザのみに限定できる。
デメリット	・URL を知っていれば誰でもコンテンツが取得できてしまう。（参照権限のない DRM 保護済みコンテンツの場合、取得はできるが参照はできない状態となる。） ・DRM 未対応コンテンツ（副教材など）は URL を知っていれば誰でも参照できてし	・SSO 認証済みの場合は、URL を知っていれば参照権限のないコンテンツが取得できてしまう。（参照権限のない DRM 保護済みコンテンツの場合、取得はできるが参照はできない状態となる。） ・DRM 未対応コンテンツは URL を知っていれば SSO ロ	教科書・教材会社側でトークン認証対応に関する開発作業を実施する必要がある。

	まう。	グインできるユーザ（学校関係者）は参照できてしまう。 ・認証基盤（Azure AD または Google Workspace for Education）のない学校では利用できない。	
コスト感	低 CDN 認証対応で教科書・教材会社側の追加開発は不要	高 CDN 認証対応で教科書・教材会社側の追加開発が必要 運用時、認証基盤と CDN の連携が必須となるため、運用負荷は高い。	中 CDN 認証対応で教科書・教材会社側の追加開発が必要 トークンの生成は認証サーバー、トークンの判定は CDN で実施となり、それぞれの処理は独立している。 運用時、認証サーバーと CDN の連携は不要なため運用負荷は低い。

② 非配信機能要件

デジタル教科書配信基盤の運用方式や可用性等の非機能要件を以下に示す。

- 可用性（耐障害性・回復性・継続性）

  デジタル教科書配信機能の安定したサービス提供を担うため、各サーバーで発生する障害が発生した場合でも、多重障害を除きサービスが停止することないよう、単一障害点を排除したインフラ設計を行う。

図表 63 耐障害性等の非機能一覧

非機能要求区分	機能名	機能概要	機能要件
耐障害性	サーバー（エッジ型 CDN）	デジタル教科書配信機能の提供を担う、各サーバーで発生する障害が発生（多重障害を除く）しても、停止することなくサービスの提供を維持する。	【コンポーネント冗長】 利用者へのデジタル教科書配信機能を停止させない。
	サーバー搭載ディスク（エッジ型 CDN）	ディスク故障が発生してもデータ保全ができるよう、サーバーに搭載するディスクは冗長化する。	【コンポーネント冗長】 RAID1 で搭載する。
	ストレージ機器（CDN 親・CDN 管理基盤）	デジタル教科書配信機能の提供を担う、各サーバーが利用する専用ストレージ機器のディスクアレイなどの外部記憶装置で発生する障害に対して、サービスを維持する。	【コンポーネント冗長（ノード、経路、ディスク耐性）】 専用ストレージ機器で、ディスクアレイなどの外部記憶装置を使用する場合は、機器障害が起きたとしても専用ストレージ機

非機能要求区分	機能名	機能概要	機能要件
			器を冗長構成にすることでサービスを維持する。
	データ保護（CDN 親・CDN 管理基盤）	デジタル教科書配信機能のキャッシュ管理情報に関するデータについて、定期的バックアップを実施し、保護を実施する。	【バックアップ方式】 オンラインバックアップで取得できること。 【データ復旧対象】 一部のキャッシュ管理情報のみ復旧できること。
回復性	復旧作業	デジタル教科書配信機能の停止を伴う障害が発生した際、復旧作業に必要となるバックアップ等の 復旧用ソフトウェア及び保守業務（手動オペレーション）により復旧する。	【復旧作業】 復旧用ソフトウェア及び保守業務（手動オペレーション）により復旧する。
	可用性確認	デジタル教科書配信機能の可用性を考慮すべき範囲を定める。	・デジタル教科書配信機能を担保する。 ・コンテンツ配信機能を停止させず、コンテンツ配信機能を継続・維持できるよう CDN（子）が利用できない場合、CDN（親）を参照するようにすることでデジタル教科書配信機能を担保する。
継続性	稼働率	デジタル教科書配信機能の稼働率をデジタル教科書配信機能を提供できる割合で定義する。	稼働率は CDN（親）・CDN 管理基盤側の稼働率とし、99.99%とする。 稼働率：（1-（1-0.99） x （1-0.99））%=99.99%
	年間停止時間	稼働率よりデジタル教科書配信機能の機能提供時間内で、サービス中断が発生する時間について想定時間を算出し、年間停止時間を求める。	年間停止時間：60（秒） x 60（分） x 13（時間（8 時～21 時）） x 365（日） x 0.01%（停止率） =28 分 30 秒

非機能要求区分	機能名	機能概要	機能要件
	業務継続性	デジタル教科書配信機能の可用性を保証するにあたり、要求されるデジタル教科書配信機能の冗長範囲とその条件を示す。	【業務継続の要求度】 ・サーバーの単一障害時は、デジタル教科書配信機能の停止を許容せず、サービス提供を継続する。 ・サーバーの二重障害時は、復旧時間の規定内で実施する。 ・キャッシュ管理情報の復旧可能な仕組みを準備する。 【対象業務範囲】 ・デジタル教科書配信機能 ・キャッシュ管理情報の定点バックアップ
	計画停止	デジタル教科書配信機能の稼働時間や停止運用に関する情報を定義する。	【計画停止の有無】 有り（運用スケジュールの変更不可） 夜間のみ（21:00～翌 8:00）
	事業継続性 復旧方針	地震、水害、テロ、火災などの大規模災害時における、コンテンツ配信機能の継続性を満たすための要求を定義する。	【復旧方針】 同一の構成でコンテンツ配信システムを再構築する。
	事業継続性 目標復旧水準 （大規模災害）	大規模災害が発生した際、どれ位でデジタル教科書配信機能を復旧させるかの目標を示す。 （大規模災害とは、火災や地震などの異常な自然現象、あるいは人為的な原因による大きな事故、破壊行為により生ずる被害のことを指し、システムに甚大な被害が発生するか、電力などのライフラインの停止により、システムをそのまま現状に修復するのが困難な状態となる災害を指す。）	【システム再開目標】 CDN（親）・CDN 管理基盤：15 営業日 エッジ型 CDN： 6 ヶ月
	事業継続性 目標復旧水準	デジタル教科書配信機能の停止を伴う障害が発生した際、何をどこま	【RPO（目標復旧時点）】 5 登校日前の時点

非機能要求区分	機能名	機能概要	機能要件
		で、どれ位で復旧させるかの目標を示す。	（週次バックアップからの復旧） 【RTO（目標復旧時間）】 6 時間以内 【RLO（目標復旧レベル）】 特定機能のみ

- 性能条件・性能品質保証

デジタル教科書配信基盤のインフラは安定したサービス提供のため、十分な処理性能で配備する。特に CDN 管理基盤については、スケールアウト等による拡張性を持たせられる構成とする。

図表 64 性能条件等の非機能一覧

非機能要求区分	機能名	機能概要	機能要件
性能条件	CPU 拡張性（CDN 親・CDN 管理基盤）	デジタル教科書配信機能は利用者の増加を想定し、一定のリソース拡張余力を残して構築する。	エッジ型 CDN については十分な性能で配備し、CDN（親）・CDN 管理基盤についてはスケールアウトによって拡張性を持つ構成とする。
	メモリ拡張性（CDN 親・CDN 管理基盤）	デジタル教科書配信機能は利用者の増加を想定し、一定のリソース拡張余力を残して構築する。	
	ディスク拡張性（CDN 親・CDN 管理基盤）	デジタル教科書配信機能は利用者の増加を想定し、一定のリソース拡張余力を残して構築する。	
性能品質保証	コンテンツ配信機能の性能品質のテストの有無	デジタル教科書配信機能の性能品質を保証するテストを実施する。	テストを実施する。

- 前提条件・制約条件

デジタル教科書配信基盤の構築を検討する事業者が順守するべき情報セキュリティに関する組織規程やルール、法令、ガイドライン等を示す。

図表 65 前提条件等の非機能一覧

非機能要求区分	機能概要	機能要件
情報セキュリティに関するコンプライアンス	デジタル教科書配信機能検事業者が順守すべき情報セキュリティに関する組織規程やルール、法令、ガイド	【順守すべき社内規程、ルール、法令、ガイドライン等の有無】

	ライン等が存在するかどうかを示す。 なお、順守すべき規程等が存在する場合は、規定されている内容と矛盾が生じないよう対策を検討する。 例） ・情報セキュリティポリシー ・不正アクセス禁止法 ・個人情報保護法 ・電子署名法 ・プロバイダ責任法 ・特定電子メール送信適正化法 ・SOX 法 ・IT 基本法 ・ISO/IEC27000 系 ・政府機関の情報セキュリティ対策のための統一基準 ・FISMA ・FISC ・PCI DSS ・プライバシーマーク ・TRUSTe など	■情報セキュリティ基本方針及び情報セキュリティポリシー及び法令遵守 ・電気通信事業法、個人情報保護法、情報セキュリティに関する法令、その他の規範、ガイドライン及び契約上のセキュリティ要求事項を遵守する。 ・情報セキュリティに関する組織的かつ継続的な運用を実現するため、情報セキュリティ責任者（CISO）及び情報セキュリティ委員会を設置する。 ・全ての社員に対する教育活動を実施し、情報資産を適切に扱うことが重要な社会的責務であることを認識し、業務を遂行する。 ■ISMS ・情報資産の利用目的・重要度に応じた適切な管理体制を実現するため、情報資産に対する脅威を特定し、継続的にリスク分析・評価する。 ・情報資産の機密性・完全性・可用性を確保するために、リスク評価の結果に基づいて、特定された脅威に対する合理的な情報セキュリティ対策を実施し、情報資産の安全管理に取り組む。 ・内外からの監査を定期的に実施し、実施中の情報セキュリティ対策の合理性を客観的に評価するとともに、継続的な改善に取り組む。 万が一情報セキュリティ事故が発生した場合、迅速に処理し被害の拡大を防止する。

- セキュリティリスク管理

デジタル教科書配信機能を提供する各サーバーのセキュリティパッチ適用に関する適用範囲、方針及び適用のタイミングを定義する。また、各サーバーへのログイン可能な ID/パスワードは厳重に管理を行い、サーバーログインに関するログについては一定期間保存する。

図表 66 セキュリティリスク管理等の非機能一覧

非機能要求区分	機能名	機能概要	機能要件
セキュリティリスク管理	セキュリティパッチ適用（CDN 親・CDN 管理基盤）	デジタル教科書配信機能を提供する各サーバーのセキュリティパッ	【セキュリティパッチ適用範囲】

		チ適用に関する適用範囲、方針及び適用のタイミングを定義する。 これらのセキュリティパッチには、ウィルス定義ファイル等を含む。 また、セキュリティパッチの適用範囲は、OS、ミドルウェア等毎に確認する必要があり、これらセキュリティパッチの適用を検討する際には、デジタル教科書配信システム全体への影響を確認し、パッチ適用の可否を判断する。	CDN（親）・CDN 管理基盤を対象に実施する。 【セキュリティパッチ適用方針】 対象のセキュリティパッチを適用とする。 【セキュリティパッチ適用タイミング】 定期保守時に実施する。
アクセス・利用制限	ログイン元 IP 制限（CDN 管理基盤）	デジタル教科書配信機能の提供を行うサーバーは、デジタル教科書配信機能運用事業者のみ OS ログインを可能とする。	【ログイン元 IP 制限】 デジタル教科書配信機能運用事業者のみとする。
	サーバーログインユーザ【管理権限を持つ主体の認証（root）】	運用・保守業務では ID/パスワードでログインする。（パスワードは関係者内にて厳重に管理する。） なお、Linux では SSH での root ユーザの直接ログインを禁止する。	【管理権限を持つ主体の認証（root）】 1 回
	サーバーログイン機能【管理権限を持たない主体の認証（user）】		【管理権限を持たない主体の認証（user）】 1 回
不正アクセス追跡	不正ログイン追跡	サーバーログインに関するログを取得する。	【ログの取得】 実施する。
	不正ログイン追跡	サーバーログインに関するログの保管期間を定義する。	【ログ保管期間】 180 日間

- 導入時対応計画

デジタル教科書配信機能検討事業者が、デジタル教科書配信機能のエッジ型 CDN を学校に配備をする際には、対象校の担当教員及び、対象校を担当するシステム事業者と協議の上で配備計画を策定する。

図表 67 導入計画等の非機能一覧

非機能要求区分	機能名	機能概要	機能要件
導入計画	導入作業分担	導入作業の作業分担を定義する。	【導入時の作業分担】 調達事業者と教育委員会、学校と協議の上で実施する。
	導入試験	導入試験の実施範囲を定義する。	【導入リハーサル範囲】 主要な正常ケースのリハーサルを実施する。

- 保守・運用・サポート体制

  デジタル教科書配信基盤の保守・運用・サポート体制などの要件について示す。

図表 68 保守・運用等の非機能一覧

非機能要求区分	機能名	機能概要	機能要件
通常運用	サービス停止時間	学校内端末からのリクエストに対して、教科書コンテンツを配信しない時間を定義する。	【停止時間】 夜間のみ停止（21 時～翌朝 8 時）
	バックアップ（CDN 親・CDN 管理基盤）	デジタル教科書配信機能のデータのバックアップに関する項目を定義する。	【外部データの利用可否】 一部のデータ復旧に利用できる。 【サーバーのシステムデータのバックアップ取得間隔】 週次で取得 【サーバーのシステムデータのバックアップ保存期間】 6 ヶ月 【キャッシュ管理情報の世代管理】 5 世代 ・バックアップが正常に取得できていない場合はアラートにて通知する。
	運用監視（CDN 親・CDN 管理基盤）	CDN（親）・CDN 管理基盤、あるいはそれを構成するハードウェア・ソフトウェア（業務アプリケーションを含む）に対する監視に関する項目を定義する。	【サーバー監視】 死活監視（PING）、プロセス監視、ネットワーク利用率、CPU 利用率、メモリ利用率、ストレ

非機能要求区分	機能名	機能概要	機能要件
			ージ容量および性能（I/O）監視を行う。 【ネットワーク監視】 死活監視（PING）、ネットワーク利用率、CPU 利用率、メモリ利用率監視を行う。 【プロセス監視】 インストールされたアプリケーション、ミドルウェアのプロセス監視を行う。 【ログ監視】 エラーメッセージの監視を行う。 【URL 接続監視】 URL 接続監視を行う。 【監視間隔】 リアルタイム監視（分間隔）とする。
	運用監視（エッジ型 CDN）	エッジ型 CDN、あるいはそれを構成するハードウェア・ソフトウェア（業務アプリケーションを含む）に対する監視に関する項目を定義する。	【サーバー監視】 死活監視（PING）、プロセス監視、ネットワーク利用率、CPU 利用率、メモリ利用率、ストレージ容量および性能（I/O）監視を行う。 【サーバー機器監視】 サーバー管理ツールでサーバー監視を行い、アラート時はアラートメールをログサーバーに通知する。 【プロセス監視】 インストールされたアプリケーション、ミドルウェアのプロセス監視を行う。 【ログ監視】 エラーメッセージの監視を行う。

非機能要求区分	機能名	機能概要	機能要件
保守運用	計画停止	デジタル教科書配信機能の保守作業の実施を目的とした、事前計画済みのサービス停止に関する事前通知を定義する。	【計画停止の事前アナウンス】 原則 4 週間前には通知する。
	パッチ適用ポリシー（CDN 親・CDN 管理基盤）	パッチ情報の展開とパッチ適用のポリシーに関する項目を定義する。	【パッチリリース情報の提供】 ソフトウェアベンダが定期的にデジタル教科書配信機能運用事業者へパッチリリース情報を提供する。 【パッチ適用方針】 セキュリティ上推奨されるパッチ、不具合を改善する（障害）パッチのみを適用する。 【パッチ適用タイミング】 定期保守時にパッチ適用を行う。 【パッチ検証の実施有無】 障害パッチとセキュリティパッチの両方でパッチ検証を実施する。
	活性保守（ハードウェア）	デジタル教科書配信機能の停止の必要がない活性保守が可能なコンポーネントの範囲を示す。	【ハードウェア活性保守の範囲】 活性保守が可能なハードウェア及びハードウェア部品は活性保守を行う。
	活性保守（ソフトウェア）		【ソフトウェア活性保守の範囲】 活性保守が可能なソフトウェアのみ活性保守を行う。
障害時運用	交換用部材の確保	デジタル教科書配信機能の障害時、故障したコンポーネントに対する交換部材の確保方法を示す。	【保守部品確保レベル】 保守契約に基づき、部品を提供するベンダが契約年数の間、保守部品を確保する。

非機能要求区分	機能名	機能概要	機能要件
	障害レベル	デジタル教科書配信機能の障害レベルについて定義した項目を示す。	【障害レベル】 有り デジタル教科書配信機能が停止しており、配信に影響が有る場合：障害検知後即時復旧対応を着手する。 デジタル教科書配信機能が継続しているが、配信影響は軽微または無い場合：夜間帯（21 時～翌朝 8 時）に保守作業を実施する。
運用環境	開発環境の設置	開発者がシステムの動作を試験する目的で導入する環境についての項目を示す。	【ステージング環境の設置有無】 機能・性能検証用の専用の開発環境を設置する。
サポート体制	保守契約（ハードウェア）	保守が必要な対象ハードウェアの範囲を示す。	ハードウェアベンダのサポート契約を行う。（システムを構成する全製品を対象とする。）
	保守契約（ソフトウェア）	保守が必要な対象ソフトウェアの範囲を示す。	・OS 等のサポート契約を行う。（システムを構成する全製品を対象とする。） ・OS ベンダが提供しているサポート契約を行う。ミドルウェアによって別途サポートが必要な場合はそのミドルウェアのサポートも別途契約を行う。
	定期報告会	保守に関する定期報告会の開催の頻度と報告内容を示す。	【定期報告会実施頻度】 月 1 回 【報告内容のレベル】 運用状況報告及び障害が発生していた場合は加えて障害報告を行う。
その他の運用管理方針	問題管理	インシデントの根本原因を追究し、可能であれば取り除くための処置を講じるプロセスの実施有無を示す。	【問題管理の実施有無】 有り 問題管理のプロセスを新規に規定する。

(3) CDN システム基礎設計例

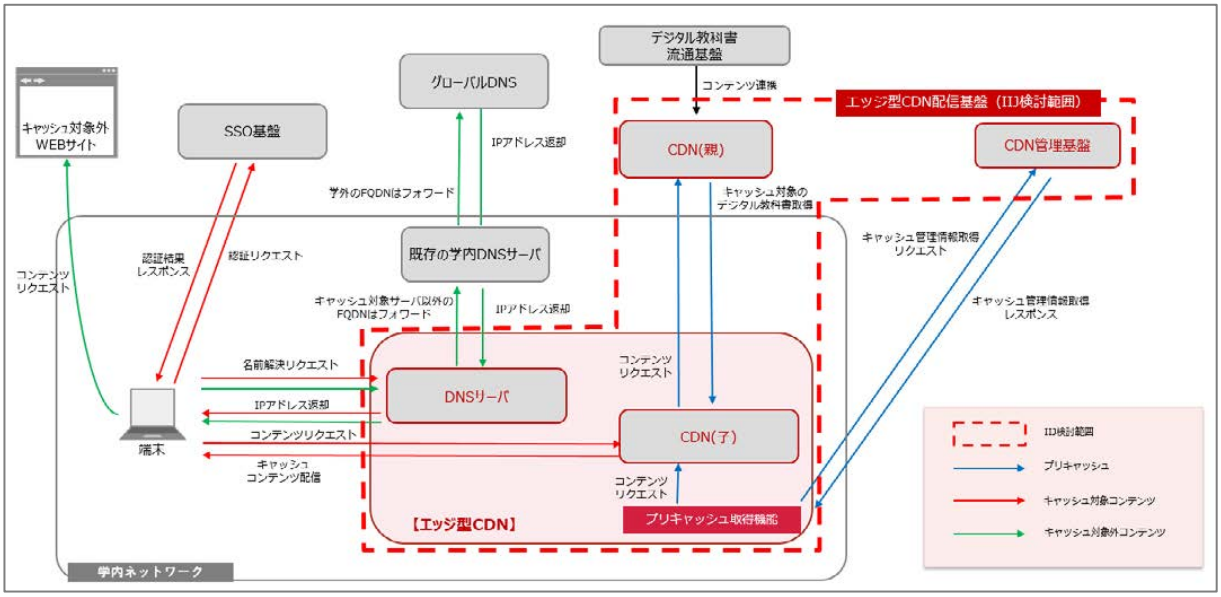
① システム構成例

- システム構成図（全体）

システムの全体像を以下に記載する。赤枠で囲った部分が IIJ 検討範囲である。

学内ネットワークにエッジ型 CDN を配置し、インターネット上にある CDN（親）から教科書コンテンツを取得する。CDN（親）にはデジタル教科書流通基盤から連携された教科書コンテンツを配置する。

図表 69 システム構成図（全体）

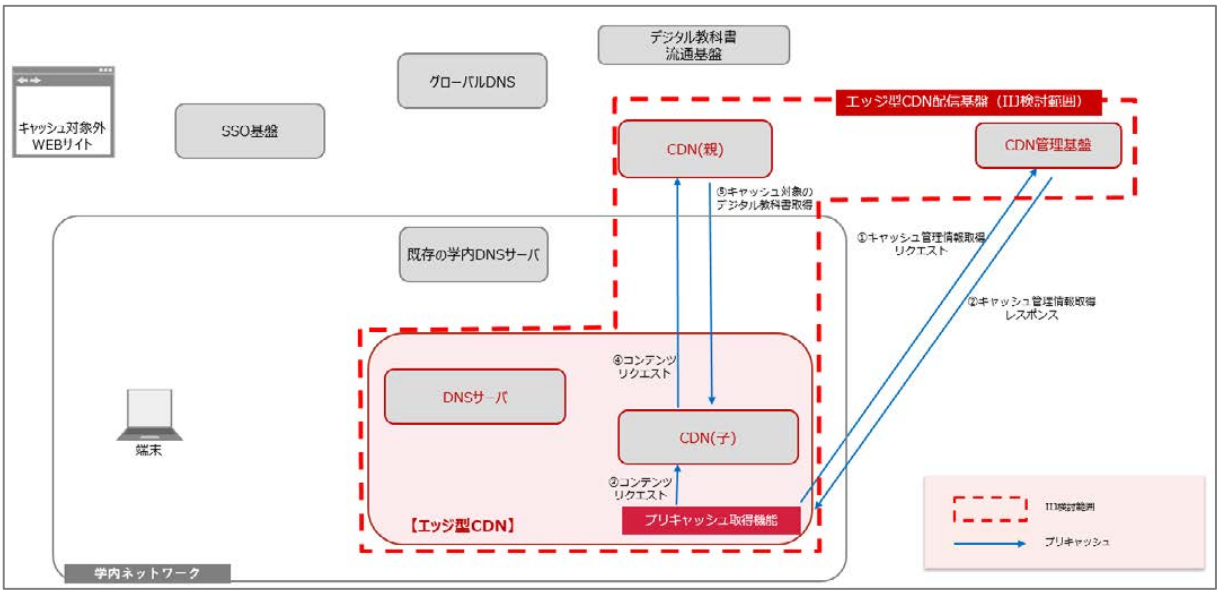


- プリキャッシュ時

インターネット上の CDN 管理基盤にてプリキャッシュ対象コンテンツの情報を管理し、エッジ型 CDN 内に配置したプリキャッシュ取得バッチにより、コンテンツのプリキャッシュを行う。

プリキャッシュ取得バッチでは、CDN 管理基盤からキャッシュ管理情報を取得する。取得した情報を利用して CDN（親）にコンテンツをリクエストし、キャッシュ対象の教科書コンテンツを取得する。

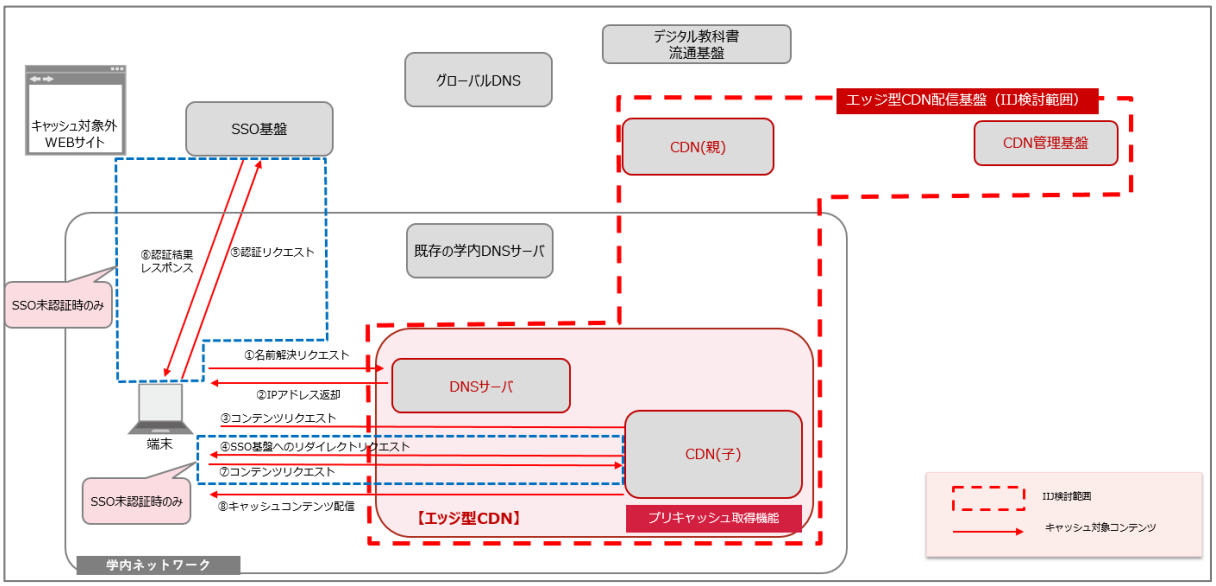
図表 70 システム構成図（プリキャッシュ時）



- キャッシュ対象コンテンツ取得時

  プリキャッシュ機能でキャッシュ対象コンテンツは取得済みのため、エッジ型 CDN から対象のコンテンツを取得する処理となる。学内の情報端末が教科書コンテンツを取得する URL のドメインの名前解決を行う際に、エッジ型 CDN 内の DNS サーバーにアクセスする。エッジ型 CDN サーバー内の DNS では、教科書コンテンツを取得する URL のドメインにアクセスした場合に、エッジ型 CDN のサーバーの IP アドレスを返却する設定とすることで学内の情報端末からの教科書コンテンツ取得のアクセス先がエッジ型 CDN となる。

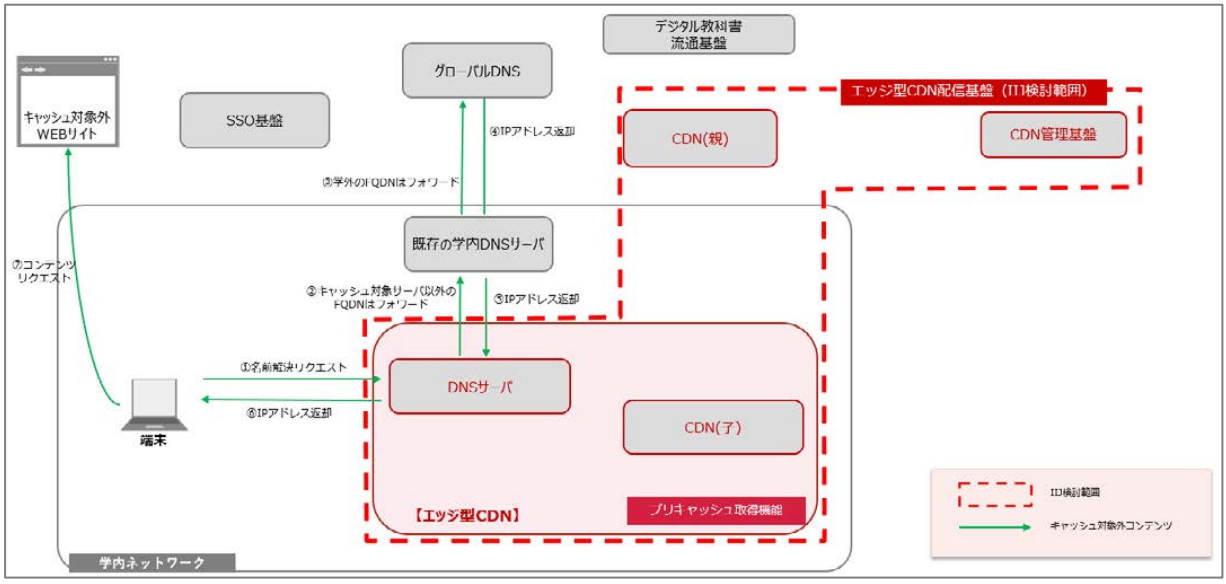
図表 71 システム構成図（キャッシュ対象コンテンツ取得時）



- キャッシュ対象外コンテンツ取得時

  キャッシュ対象外の URL にアクセスした場合の処理フローとなる。学内の情報端末から URL のドメインの名前解決を行う際は必ずエッジ型 CDN 内の DNS サーバーにアクセスする。キャッシュ対象外のドメインの場合は、エッジ型 CDN 内で情報を持っていないため、既存の学内 DNS サーバーに名前解決を行う。既存の学内 DNS サーバーは学内ネットワークの情報しか持っていないため、学外ドメインの場合はさらにグローバル DNS へ名前解決を行う。グローバル DNS で取得した情報をもとに、インターネット上の WEB サイトへのアクセスが可能となる。

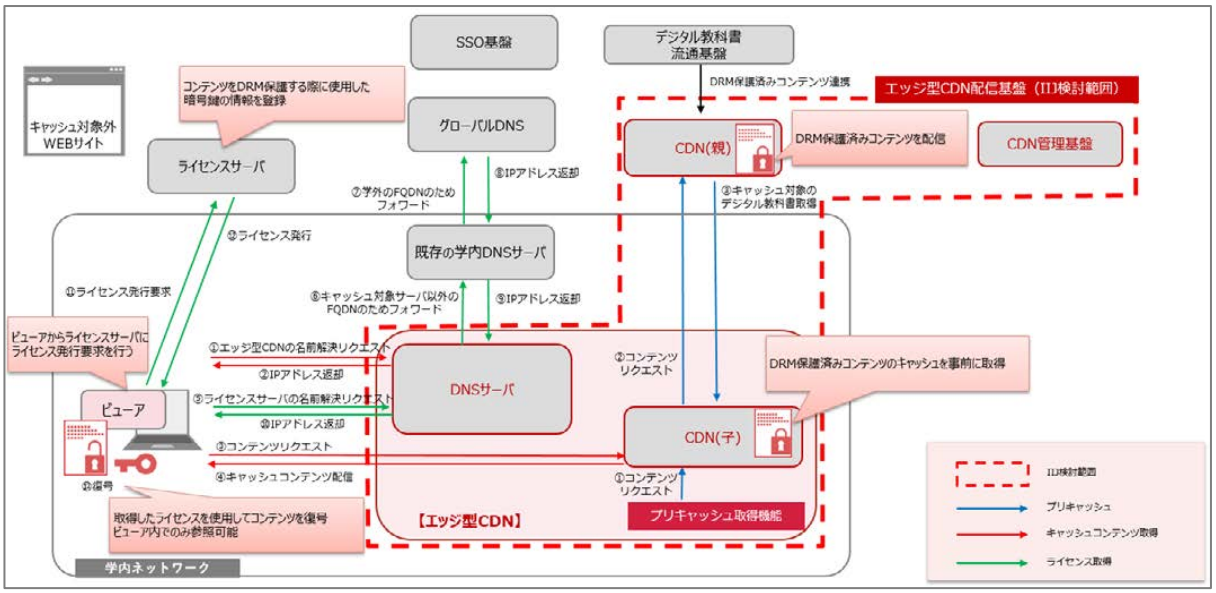
図表 72 システム構成図（キャッシュ対象外コンテンツ取得時）



- DRM 保護済みコンテンツの配信

  DRM 保護済みコンテンツを配信する場合の処理フローとなる。教科書・教材会社にて DRM 保護を行ったコンテンツを CDN（親）に配置する。ライセンスサーバーには、教科書・教材会社がコンテンツを DRM 保護する際に使用した暗号鍵の情報を登録する。DRM 保護済みコンテンツについても、キャッシュの取得が可能なため、プリキャッシュ取得機能で事前にキャッシュの取得を行う。学内端末からキャッシュコンテンツを取得するところまでは、「キャッシュ対象コンテンツ取得時」と同様の処理フローとなる。取得したコンテンツを学内の情報端末で参照するために、ビューアからライセンスサーバーにライセンス発行要求を行う。取得したライセンスを使用してコンテンツを復号することで、ビューア内でのみコンテンツを参照できる状態となる。

図表 73 システム構成図（DRM 保護済みコンテンツの配信）



② サーバー設計/ミドルウェア構成例

エッジ型 CDN 配信基盤は、教科書コンテンツを取得する CDN（親）、CDN 管理基盤、学校内に設置するエッジ型 CDN に分類される。それぞれの環境で必要な機能要件を実現するためのサーバーとミドルウェアの構成例を示す。

- CDN（親）、CDN 管理基盤

  CDN（親）、CDN 管理基盤は、各学校のエッジ型 CDN からインターネットで接続できる環境（IaaS 等）下にサーバー基盤を構築する。必要なサーバーとサーバーOS、ミドルウェアの構成例について以下に示す。

  - CDN（親）

    ・配信基盤（オリジン）サーバー

    Red Hat Enterprise Linux
    Nginx
    zabbix node
    munin node
    fluentd

  - CDN 配信基盤

    ・キャッシュ管理サーバー

    Red Hat Enterprise Linux
    Nginx
    MySQL
    Spring Boot

OpenJDK
zabbix node
munin node
fluentd

・DB サーバー
Red Hat Enterprise Linux
MySQL
zabbix node
munin node
fluentd

・監視兼ログサーバー
Red Hat Enterprise Linux
Fluent Agregater
Postfix
Dovecot
zabbix
zabbix node
munin
munin node

・学内エッジ型 CDN 監視兼ログサーバー
Red Hat Enterprise Linux
Fluent Agregater
Postfix
Dovecot
zabbix
zabbix node
munin
munin node

- 学内に設置するエッジ型 CDN

学内の情報端末からの教科書コンテンツ取得のアクセス先として使用するエッジ型 CDN について、使用する学校内にオンプレミス機器のサーバーを設置する。

エッジ型 CDN から CDN（親）、CDN 管理基盤へインターネット接続ができる必要がある。必要なサーバーとサーバーOS、ミドルウェアの構成例について以下に示す。

・CDN（子）兼 DNS サーバー
Red Hat Enterprise Linux
Nginx
Spring Batch
Spring Boot
OpenJDK
BIND
zabbix node
munin node
fluentd

③ DB 設計例

CDN 管理基盤にて、学校の情報、教科書コンテンツの情報、キャッシュ取得情報を管理する。データベースで管理する情報と各テーブルの関係については、7.1、7.2 を参照のこと。

④ バッチ設計例

プリキャッシュ取得バッチでは、CDN 管理基盤からキャッシュ対象リストを取得し、CDN（親）のキャッシュ対象コンテンツをエッジ型 CDN サーバーのキャッシュ保存領域に保存する処理を行う。

詳細は 7.3 を参照のこと。

⑤ I/F 設計例

プリキャッシュ取得バッチで利用するインタフェースを定義する。

詳細は 7.4 を参照のこと。

図表 74 インタフェース一覧

インタフェース	通信元 通信先	概要	通信方式
キャッシュ管理情報取得 API	エッジ型 CDN CDN 管理基盤	エッジ型 CDN からのリクエストに対して、適切な「キャッシュ可能な時間帯の情報」と「キャッシュするコンテンツの情報」を返却する。	プロトコル：HTTPS データ送信形式： POST パラメータ データ返却形式： JSON
キャッシュ取得結果連携 API	エッジ型 CDN CDN 管理基盤	エッジ型 CDN からのキャッシュ取得結果連携リクエストに対して、該当するコンテンツのキャッシュ取得結果を更新し、処理結果を返却する。	プロトコル：HTTPS データ送信形式： JSON データ返却形式： JSON

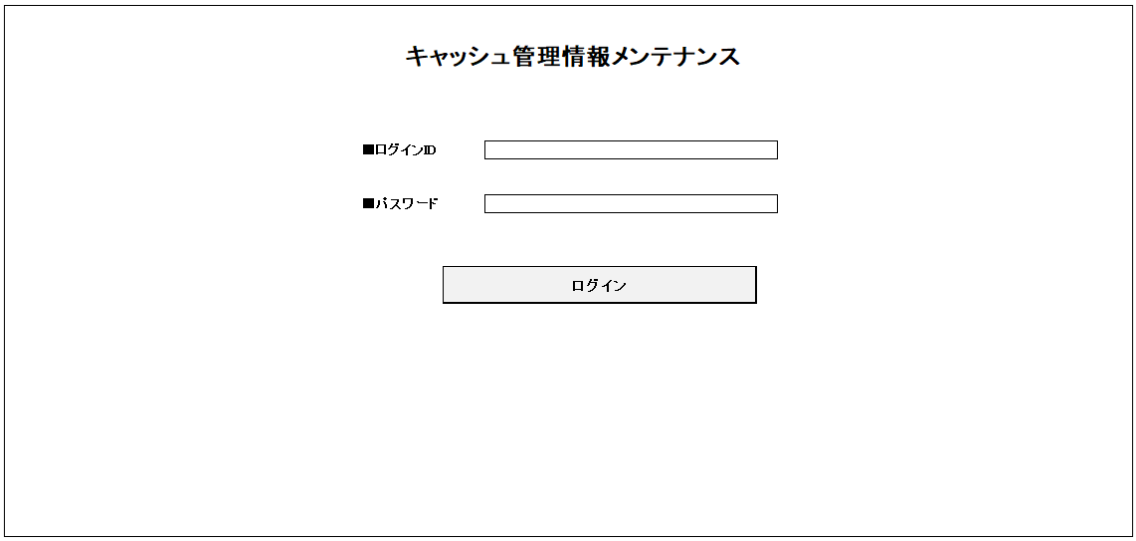
⑥ 画面設計例

「キャッシュ管理情報メンテナンスアプリ」の画面イメージを以下に示す。

- 認証

  システムへのログイン認証を行う。

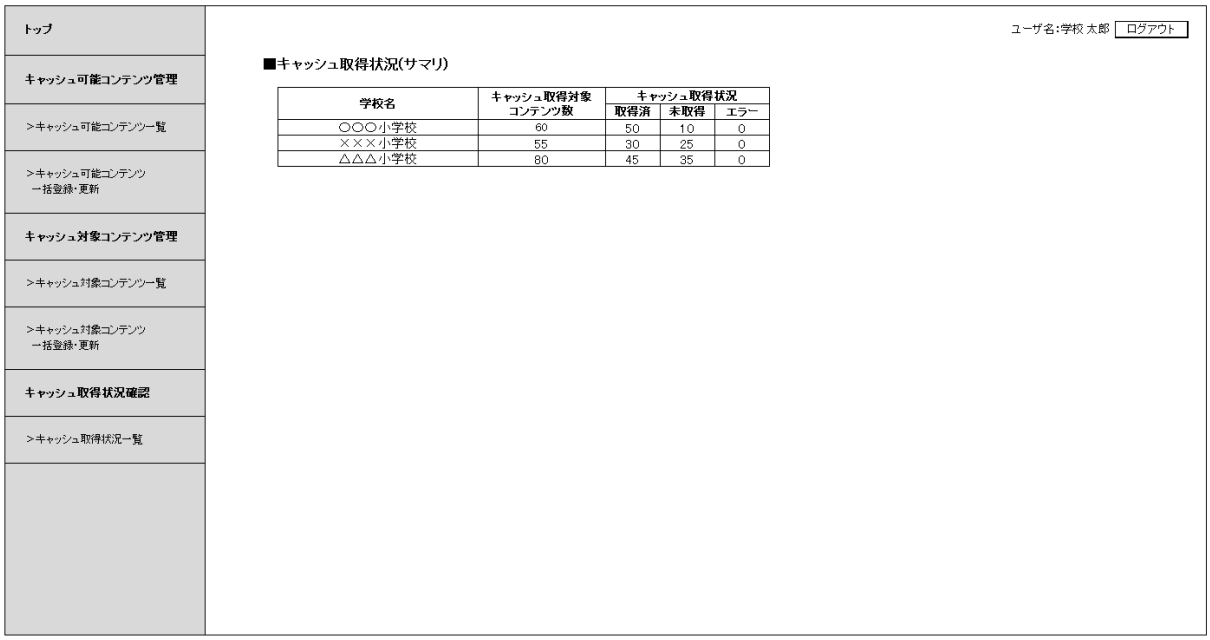
図表 75 画面イメージ（認証）



- トップ

  認証後のトップ画面に各学校のキャッシュ取得状況のサマリを表示する。ユーザの権限によって参照できる範囲を制限する。

図表 76 画面イメージ（トップ）



● キャッシュ可能コンテンツ一覧

キャッシュ取得対象とする教科書コンテンツの情報一覧を表示する。

検索結果のラベルをクリックすることで、昇順／降順での並び替えを可能とする。チェックボックス以外の全ての項目が並べ替えの対象となる。

図表 77 画面イメージ（キャッシュ可能コンテンツ一覧）

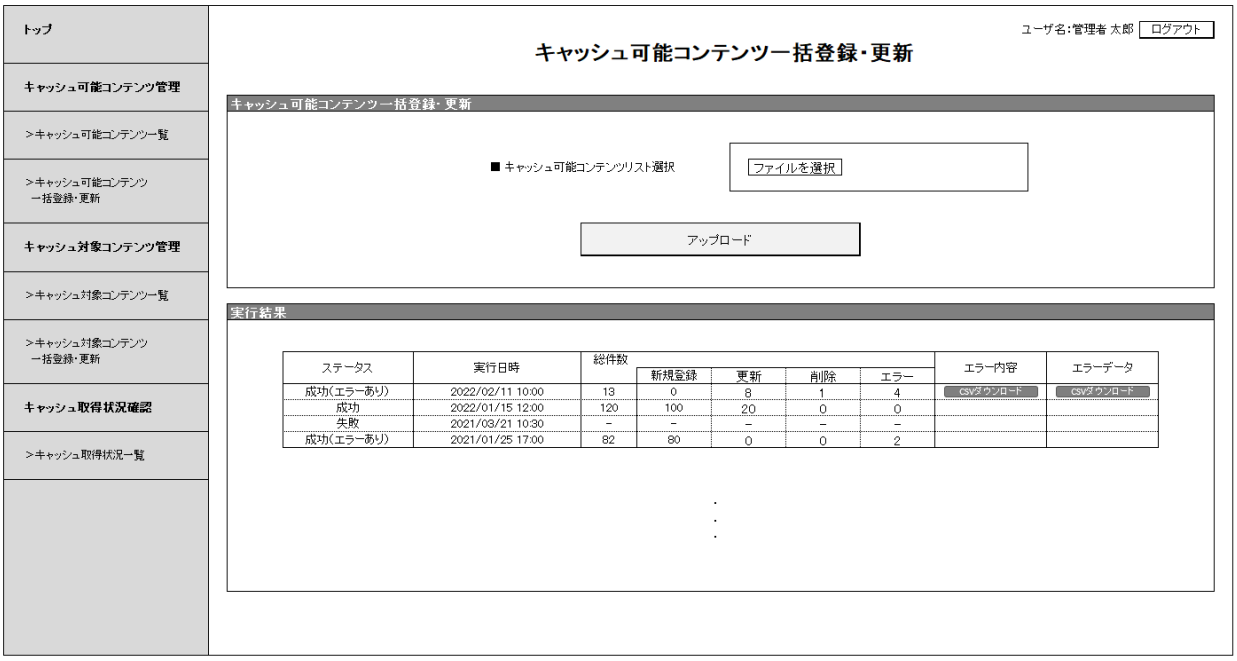
● キャッシュ可能コンテンツ一括登録・更新

キャッシュ取得対象とする教科書コンテンツを一括登録・更新する。「キャッシュ可能コンテンツ」メンテナンス担当者のみ利用可能とする。

「アップロード」ボタン押下後、アップロードした CSV ファイルに不備があった場合は、以下のデータのダウンロードを可能とする。ダウンロードできるデータは直近の 1 件のみとする。

- エラー内容が記載された CSV
- エラーとなったデータを抽出した CSV

図表 78 画面イメージ（キャッシュ可能コンテンツ一括登録・更新）

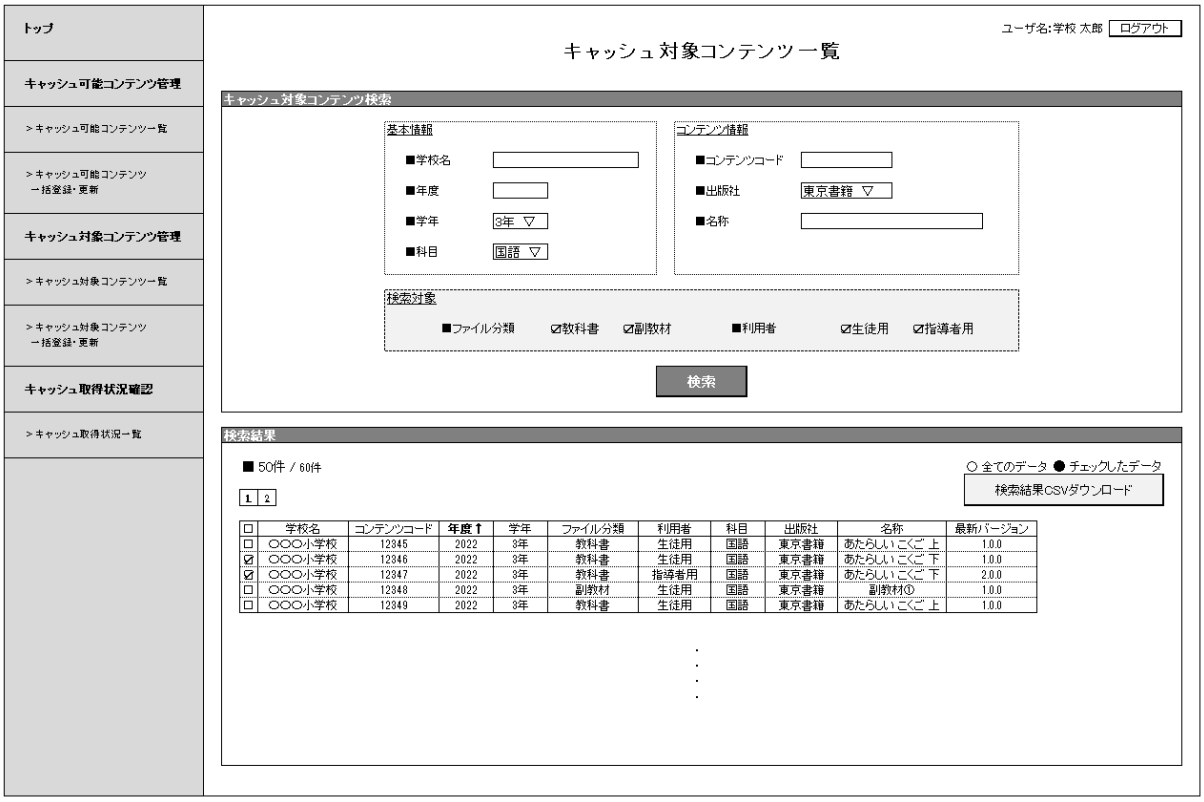


- キャッシュ対象コンテンツ一覧

各学校でエッジ型 CDN にキャッシュする教科書コンテンツの一覧を表示する。ユーザの権限によって参照できる範囲を制限する。

検索結果のラベルをクリックすることで、昇順／降順での並び替えを可能とする。チェックボックス以外の全ての項目が並べ替えの対象となる。

図表 79 画面イメージ（キャッシュ対象コンテンツ一覧）



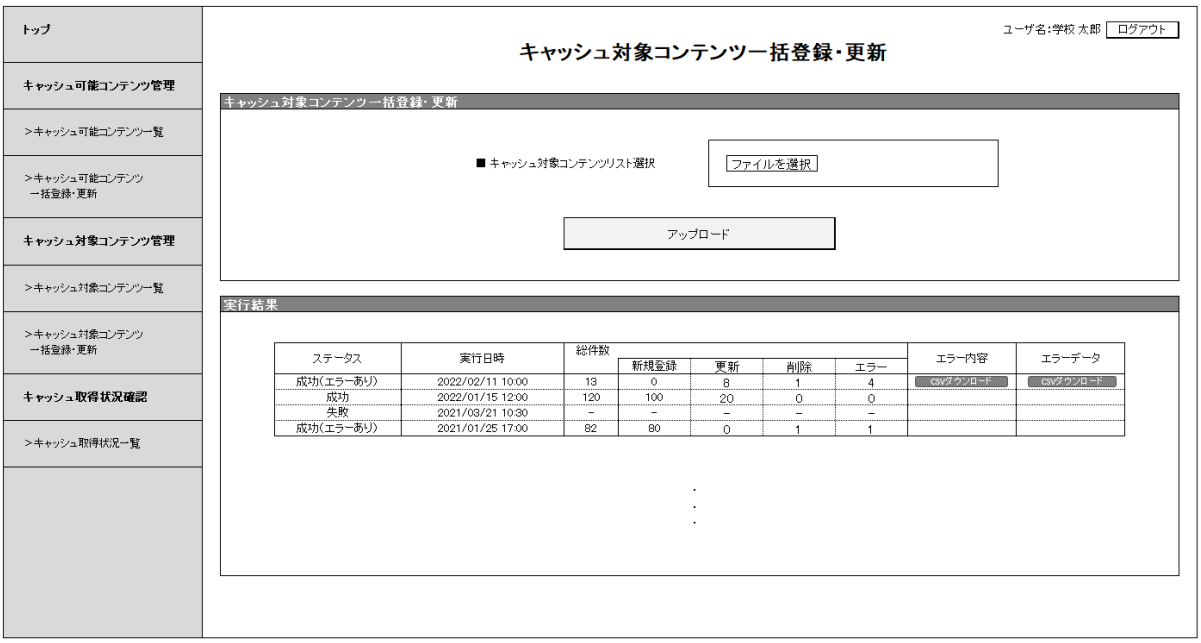
- キャッシュ対象コンテンツ一括登録・更新

各学校でエッジ型 CDN にキャッシュするコンテンツを一括登録・更新する。ユーザの権限によって登録・更新できる範囲を制限する。

「アップロード」ボタン押下後、アップロードした CSV ファイルに不備があった場合は、以下のデータのダウンロードを可能とする。ダウンロードできるデータは直近の 1 件のみとする。

- エラー内容が記載された CSV
- エラーとなったデータを抽出した CSV

図表 80 画面イメージ（キャッシュ対象コンテンツ一括登録・更新）



● キャッシュ取得状況確認

各学校のキャッシュ取得状況を一覧表示する。ユーザの権限によって参照できる範囲を制限する。

検索結果のラベルをクリックすることで、昇順／降順での並び替えを可能とする。チェックボックス以外の全ての項目が並べ替えの対象となる。

図表 81 画面イメージ（キャッシュ取得状況確認）

⑦ エッジ型 CDN 配信基盤機器構成

前述「②サーバー設計/ミドルウェア構成例」の構成例及び機能要件を踏まえ、CDN（親）、CDN 管理基盤、学内に設置するエッジ型 CDN についての機器構成と根拠を以下に示す。

- CDN（親）、CDN 管理基盤
  - サーバー構成設計

    対象校に対して安定したサービスを提供するため、学内に設置するエッジ型 CDN からのプリキャッシュ取得リクエストに応えた上で、教科書コンテンツの配信が可能なサーバー設計を示す。

図表 82 CDN（親）・CDN 管理基盤 サーバー構成設計

機能名称	CPU（GB）	メモリ（GB）	ソフトウェア	システム領域（GB）	構成
配信基盤（オリジン）サーバー#1	32	64	Red Hat Enterprise Linux Nginx zabbix node munin node fluentd	100	・コンテンツ領域は共有ストレージを使用する。 ・耐障害性面の考慮としロードバランサー配下での構成とする。
配信基盤（オリジン）サーバー#2	32	64	Red Hat Enterprise Linux Nginx zabbix node munin node fluentd	100	
キャッシュ管理サーバー#1	16	32	Red Hat Enterprise Linux Nginx MySQL Spring Boot OpenJDK zabbix node munin node fluentd	100	・コンテンツ領域は共有ストレージを使用する。 ・耐障害性面の考慮としてロードバランサー配下での構成とする。
キャッシュ管理サーバー#2	16	32	Red Hat Enterprise Linux Nginx MySQL Spring Boot OpenJDK zabbix node munin node fluentd	100	

機能名称	CPU（GB）	メモリ（GB）	ソフトウェア	システム領域（ＧＢ）	構成
DB サーバー（マスター）	16	32	Red Hat Enterprise Linux MySQL zabbix node munin node fluentd	100	・データベース領域は共有ストレージを使用する。 ・耐障害性面の考慮としてロードバランサー配下での構成とする。
DB サーバー（スレーブ）	16	32	Red Hat Enterprise Linux MySQL zabbix node munin node fluentd	100	
監視兼ログサーバー#1	8	16	Red Hat Enterprise Linux fluent Agregater zabbix zabbix node munin munin node fluentd	100	・ログを保存する領域は共有ストレージを使用する。 ・耐障害性面の考慮としてロードバランサー配下での構成とする。
監視兼ログサーバー#2	8	16	Red Hat Enterprise Linux fluent Agregater zabbix zabbix node munin munin node fluentd	100	
学内エッジ型 CDN 監視兼ログサーバー#1	8	16	Red Hat Enterprise Linux postfix dovecot zabbix zabbix node fluentd	100	・ログを保存する領域は共有ストレージを使用する。 ・耐障害性面の考慮としてロードバランサー配下での構成とする。
学内エッジ型 CDN 監視兼ログサーバー#2	8	16	Red Hat Enterprise Linux postfix dovecot zabbix zabbix node fluentd	100	
共有ストレージ	-	-	-	12,000	・ログ保存領域として 10,000GB を利用する。 ・HA 構成になっており、使用しているノードに障害が発生してアクセスが可能な構成とする。

➢ サーバー構成根拠

前述のサーバー構成についての根拠を示す。

下記の表「Nginx（RPS for HTTPS Requests」は、Nginx の 1 秒間に処理可能な HTTPS のリクエスト数の測定値である。（帯域 1Gbps）

CPU（core）あたりの測定値であり、1kB/Req の場合、約 120 万 RPS の処理が可能であることを示している。リクエストが継続することを考慮し、1,000 校のエッジ型 CDN から同時にプリキャッシュ取得のリクエストが継続したとしても、CPU コアが 32core であればリクエストに応えることが可能である。

図表 83 Nginx（RPS for HTTPS Requests）

CPU（core）	0kB/Req	1kB/Req	10kB/Req	100kB/Req
1	71,561	40,207	23,308	4,830
2	151,325	85,139	48,654	9,871
4	324,654	178,395	96,808	19,355
8	647,213	359,576	198,818	38,900
16	1,262,999	690,329	383,860	77,427
32	2,197,336	1,207,959	692,804	90,430
36	2,175,945	1,239,624	733,745	91,842

※性能測定時の HTTPS 条件は以下の通り。

- ✓ 暗号化形式
- ✓ ECDHE-RSA-AES256-GCM-SHA384 cipher
- ✓ 2,048-bit RSA key
- ✓ Perfect forward secrecy （as indicated by ECDHE in the cipher name）
- ✓ OpenSSL 1.0.1f
- ✓ 通信帯域 1Gbps

FW、LB については、Nginx 以上の性能が必要であることから、コネクション数、リクエスト数についてそれぞれ 100,000 以上が可能であり、1Gbps のアウトバウンドトラフィックを処理可能な性能を持った機器またはアプライアンスを選定することが前提となる。

- 学内に設置するエッジ型 CDN

➢ サーバー構成根拠

エッジ型 CDN に対して学校内端末 1,200 台が同時にアクセスしたと仮定した場合でも、教科書コンテンツの配信が可能なサーバー設計を示す。

図表 84 エッジ型 CDN サーバー構成設計

機能名称	CPU（GB）	メモリ（GB）	ソフトウェア	システム領域（GB）	備考
CDN（子）兼 DNS サーバー	8	16	Red Hat Enterprise Linux Nginx Spring Batch Spring Boot OpenJDK BIND	300	・NIC は 2 ポートを使用し、チーミング構成であること。 ・内蔵ハードディスクは RAID1 構成であること。 ・電源アダプタは冗長構成であること。

➢ サーバー構成根拠

前述のサーバー構成についての根拠を示す。

下記の表「Nginx RPS for HTTP Requests」は、Nginx の 1 秒間に処理可能な HTTP のリクエスト数の測定値である。（帯域 1Gbps）

CPU コアが 8core の場合、100kB/Req で約 9 万リクエストの処理が可能と示しており、学校内端末 1,200 台からエッジ型 CDN 内の CDN（子）に対して、教科書コンテンツのリクエストに応えることが可能である。

図表 85 Nginx（RPS for HTTP Requests）

CPUs	0 KB	1 KB	10 KB	100 KB
1	145,551	74,091	54,684	33,125
2	249,293	131,466	102,069	62,554
4	543,061	261,269	207,848	88,691
8	1,048,421	524,745	392,151	91,640

また、下記の表に示す Nginx が 180 秒間維持できるリクエストのスループットについて、CPU コアが 8core 時に 10MB で 71GBbps の処理が可能であり、必要とするスループット値を超える。

図表 86 Nginx （スループット Gbps）

CPUs	100 KB	1 MB	10 MB
1	13	48	68
2	20	69	71
4	45	67	71
8	50	68	72

通信帯域性能として学校内ネットワークが 1Gbps であれば、理論値は 93.8 秒となり、学校内端末 1,200 台から 10MB の教科書コンテンツを 5 分（300 秒）以内にダウンロードすることが可能となる。

➢ 10M（byte） x 8 x 1200（req）/ 1Gbps ＝ 93.8（秒）

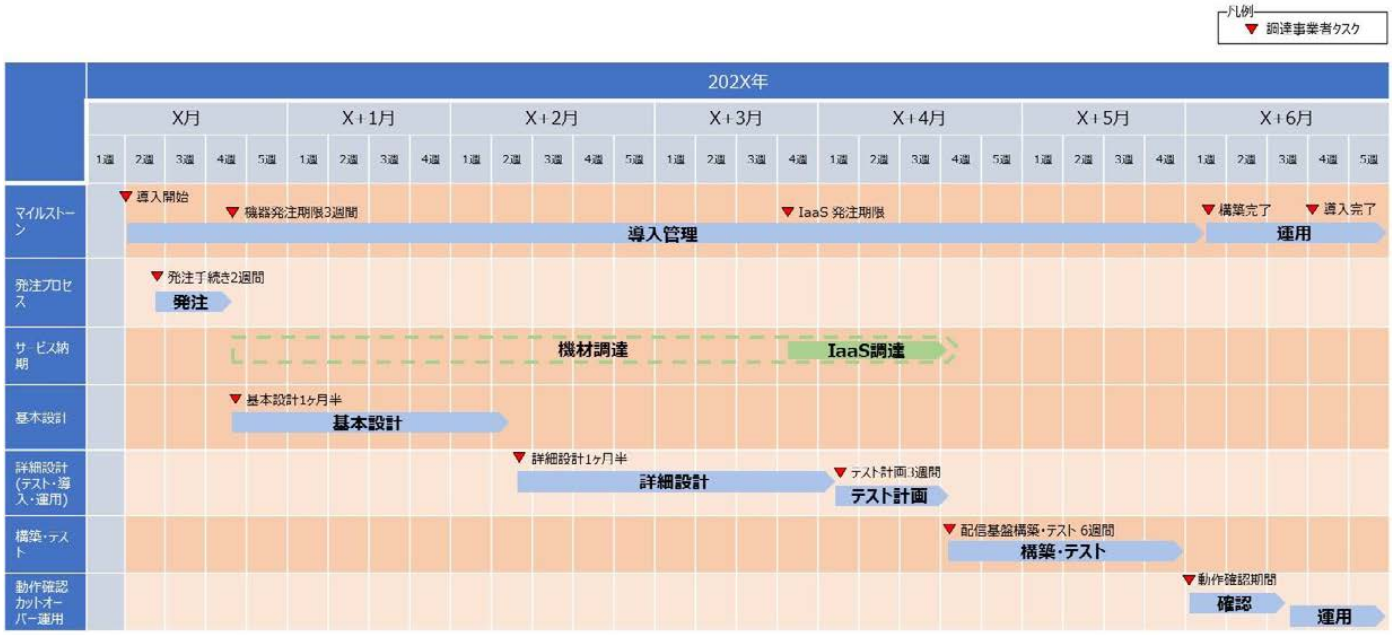
(4) エッジ型 CDN 配信基盤導入スケジュールの試算

学外の CDN（親）、CDN 管理基盤の構築スケジュール（案）、各学校内に設置するエッジ型 CDN の設置要件及び構築スケジュール（案）について以下に示す。

- CDN（親）、CDN 管理基盤

CDN（親）、CDN 管理基盤の構築スケジュール（案）を以下に示す。

図表 87 CDN（親）、CDN 管理基盤構築スケジュール（案）



構築スケジュールを約 6 ヶ月とする。構築は全て調達事業者側で実施するものとするが、教科書データを配信するオリジンサーバーとの連携方式等は、各教科書・教材会社の協力を得て実施する。

サービスの納期について、一般的な IaaS を利用して構築する場合は機材調達において短納期（20 営業日程度）となるが、オンプレで構築する場合は全て個別調達となるため、下記に示す通り、約 4 ヶ月程度掛かる見込みである。

- 基本設計：1 ヶ月半
- 詳細設計：1 ヶ月半
- テスト計画：3 週間
- 構築・テスト：1 ヶ月半

- 学校に展開するエッジ型 CDN

各学校内に設置するエッジ型 CDN のサーバー作業については、調達事業者側で実施するものとする。ただし、各学校内のネットワーク設定変更及び設置場所等の要件を確認する必要があり、設置要件について、学校及び学校が所属している教育委員会と調整の上で実施す

るものとする。

エッジ型 CDN の設置要件を以下に示す。

図表 88 エッジ型 CDN の設置要件

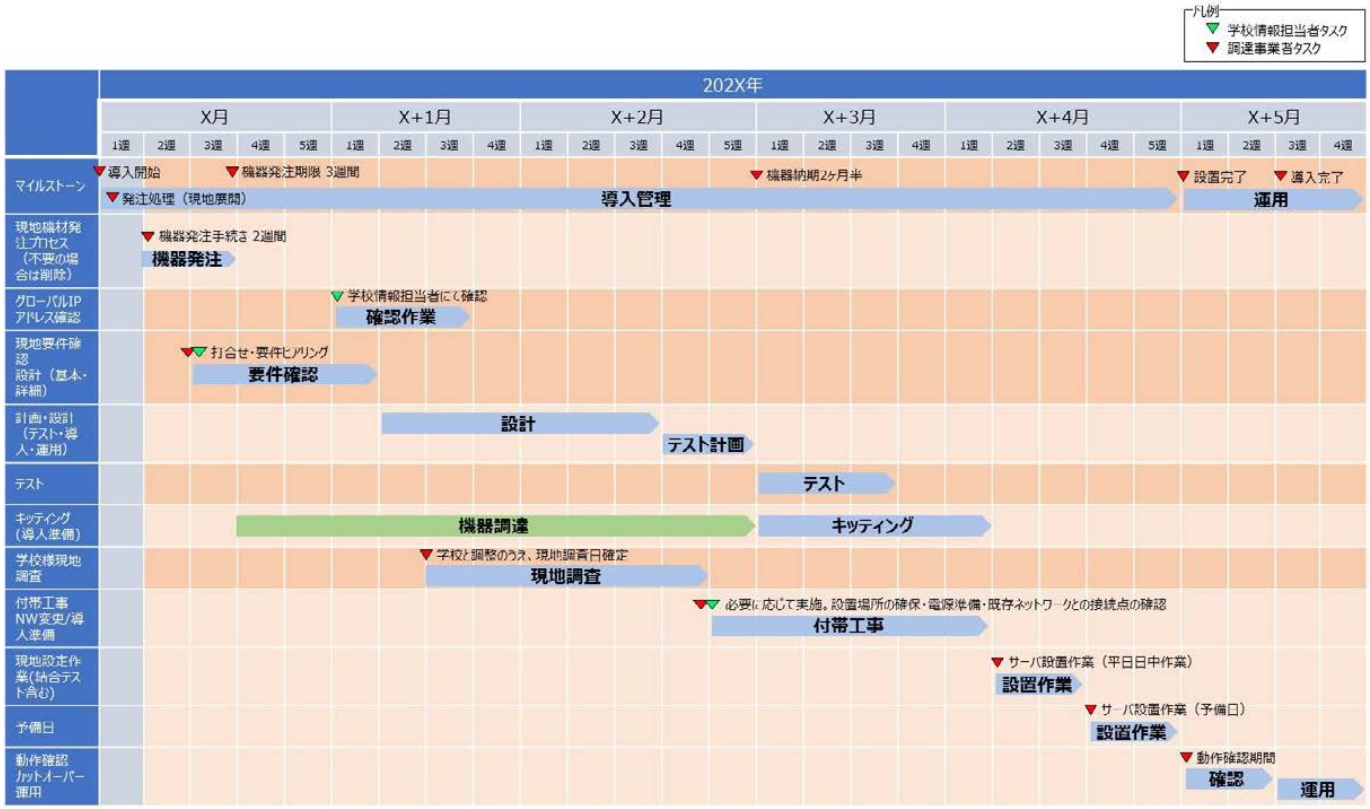
No.	分類	実施内容	詳細	備考
1	機器発注	機器発注	・各学校へ設置するサーバーについては、調達事業者で調達を行う。 ・サーバーに対してサーバーメーカーのオンサイト保守を契約は必須とする。	平日営業時間内のサーバーメーカーオンサイト保守契約は必須
2			・OS ライセンス（Red Hat Enterprise Linux）およびミドルウェアライセンス（MySQL）をソフトウェア事業者より必要数調達する。	－
3	要件確認	要件ヒアリング	・導入する学校のネットワーク環境を管理している事業者と学校内の環境確認を実施する。 - DC/庁舎/学校の設置場所の確認 - DC/庁舎/学校の DNS 設定確認 - DC/庁舎/学校への CDN 親機から設置サーバーへの接続方式の確認 - DC/庁舎/学校内のネットワーク管理事業者、クライアント管理事業者の確認	・設置場所が確保されているか、電源・ネットワーク・DNS への接続について環境確認を実施する。 ・学校、学校のネットワーク環境を管理している事業者、クライアント管理事業者と協議の上、付帯工事・設定変更依頼を想定
4		現地接続経路確認	・本基盤用のメンテナンス用経路を確認する。（グローバル IP アドレスの払出依頼または行えない場合、VPN 接続を行う。）	グローバル IP アドレスについては、 1IP 必要で IP がない場合は別途契約が必要（払い出しが行えない場合は VPN 接続経路を確認する。）
5	設計書作成	詳細設計書（サーバー）	・詳細設計書の作成を実施する。 - サーバー設計書（パラメータシート）	ネットワーク設計については、導入する学校のネットワーク環境を管理している事業者で実施を想定
6	構築	マスターイメージ作成	・構築手順書の作成を兼ね、サーバー 1 台目のキッティング作業を実施する。 ・マスターイメージを作成し、調達請負事業者でのキッティング作業を実施する。 ・マスターイメージを展開する構築手順書作成する。	・バックアップまたはクローンによるマスターイメージ取得し、調達事業者で保管を想定 ・マスターイメージが更新されることを想定して、マスターイメージ用のサーバーを 1 台別途用意する。
7		マスターイメージの更新	・セキュリティアップデート等の適用により、マスターイメージの更新を実施する。 ・実施の際は、調達事業者側で対応する。	－
8		現地環境設定	・導入する学校の環境設定を調達事業者で実施する。	－

No.	分類	実施内容	詳細	備考
			・サーバーの機能で OS とは切り離した環境でアラートが発信できるように調達事業者で設定を行う。	
9	機器・ライセンス管理	機器・予備機器管理	・機器は調達事業者で管理する。 ・予備機器は調達事業者で保管する。 ・調達事業者に保管する予備機器は全体の導入機器数の 1%を確保する。	サーバー故障率+α（展開予備）を鑑み保管台数を決めておく。 ・上記を鑑み展開台数の 1%（少数切り上げ） or 最低 2 台を目安にキッティング済の予備機を含めて内部確保する。 ・100 台以上となる場合は予備機目安を 1%、1,000 台以上となる場合は、予備機目安を 0.5%とする。 ・上記ルール時の予備機器台数 10 台⇒2 台、20 台⇒2 台、100 台⇒3 台、300 台⇒5 台、500 台⇒7 台、1,000 台⇒7 台
10		ライセンス管理	OS ライセンス（Red Hat Enterprise Linux）およびミドルウェアライセンス（MySQL）については、利用台数の管理を調達事業者で実施する。	－
11	キッティング作業	キッティング作業	キッティング作業については、調達事業者で実施する。	－
12		機器発送	・配送時の物損については、配送業者の保険にて対応する。 ・配送先は、国内（離島含む）に限定する。 ・保険の加入、機器の発送手続きは調達事業者で実施する。	－
13	現地作業	現地調査	・設置場所の状況確認（電源・スペース・ネットワーク）を調達事業者で実施する。	－
14		付帯工事（現調結果に準じて実施）	・現地調査の結果、別途設置場所の付帯工事が必要な場合、別途作業を実施する。 ・ネットワーク設定変更が必要な場合、学校のネットワーク環境を管理している事業者へ設定変更を依頼する。 ・各クライアントへの DNS の設定変更が必要な場合、学校のクライアント環境を管理している事業者へ設定変更を依頼する。	工事・作業環境に応じて別途費用が発生する。
15		現地作業	・現地へ機器の設置及び疎通確認の機器	－

No.	分類	実施内容	詳細	備考
			設置作業を調達事業者で実施する。 ・設置後の DNS 動作確認、CDN 動作確認について、調達事業者で実施する。	
16	運用保守	運用設計書・手順書作成	導入する学校環境への運用設計書・手順書の作成を調達事業者で実施する。	－
17		運用説明	学校情報担当者への運用説明を調達事業者で実施する。	現地での機器設置時を想定
18		保守対応	・セキュリティアップデート等の更新は、調達事業者にて各サーバーへ更新を実施する。 ・サーバーで OS とは切り離した環境でアラートが発信された場合、調達事業者にて切り分けを実施する。 ・学校情報担当者より連絡でも対応を行う。 ・同一の窓口にて、運用保守依頼を受け付ける。 ・ハードウェア故障に起因する場合、調達事業者はサーバーメーカーへオンサイト対応を依頼し、機器の復旧対応を実施する。それに係る各種対応についても調達事業者で調整する。 ・ハードウェア故障が起因しない場合は、学校情報担当者へ内容説明を行い、学校のネットワーク環境を管理している事業者、クライアント管理事業者へも説明して原因究明を図る。	・セキュリティアップデート等の更新は夜間を想定 ・復旧対応は平日営業時間内を想定
19	廃棄データ消去	廃棄機器受領	破棄機器については調達事業者で一括受領する。	－
20		データ消去	ハードディスクは「現 NSA 方式（ランダムランダムゼロ)」でのデータ消去を調達事業者で実施する。	－
21		廃棄機器	廃棄機器の廃棄は調達事業者で実施する。	－

エッジ型 CDN の構築スケジュール（案）を以下に示す。

図表 89 エッジ型 CDN 構築スケジュール（案）



構築スケジュールについて、1 団体 20 校程度での展開を前提とした場合、学校に展開を実施する 1 サイクル・約 5 ヶ月～6 ヶ月と想定できる。

上記以上の複数校に同時展開することは可能だが、学校数に応じて機器納期、要件定義、設計、テスト、キッティング等の工期が順延するリスクを含むため、その場合はリスクを見込んだスケジュールを立案する必要がある。

(5) 検証結果

① CDN システムの検証

- GIGA スクール端末を使用する場所（学内外）で最適なキャッシュサーバーから教科書コンテンツを取得する方式の検証
  - 学外、学内で情報端末の設定変更を行うことなくコンテンツを取得可能とするために、DNS でコンテンツの取得先を変更する方式での対応とする。学外からコンテンツを取得する場合は、グローバル DNS で名前解決を行い、CDN（親）からコンテンツを取得する。学内からコンテンツを取得する場合は、エッジ型 CDN 内の DNS で名前解決を行い、エッジ型 CDN からコンテンツを取得する。情報端末が参照する DNS によって、コンテンツ取得先が変わることは検証済みである。なお、CDN ハンドリング方法については、「3.2.4.要件定義　(1) CDN ハンドリング方法の検討」

にて比較検討のとおり、「④学校内の DNS で配信サーバーを参照させる方式」の手法を用いることが最適と思われる。

- CDN として稼働するサーバー～クライアント間の通信を HTTPS とする場合のサーバー証明書の管理手法
  - CDN（親)、エッジ型 CDN で同じサーバー証明書を利用する。CDN（親)、エッジ型 CDN からコンテンツを取得する際、HTTPS の通信であること、証明書エラーとならないことは検証済みである。

    CDN（親)、エッジ型 CDN で同じサーバー証明書を利用するため、CDN（親）のサーバー証明書が更新された場合は、エッジ型 CDN で利用しているサーバー証明書についても更新を行う必要がある。エッジ型 CDN で定期実行される「更新ファイル反映バッチ」を利用して、全ての学校のエッジ型 CDN のサーバー証明書を一括更新する。

    「更新ファイル反映バッチ」の処理は「3.2.4 要件定義 (5) 検証結果 ③運用面の検証 学内外の CDN として稼働するサーバーを遠隔から管理する手法の検討（アプリのリリース・設定変更を一括で行う方法の検討)」を参照のこと。

    【対応内容】
    サーバー証明書一式と反映用シェルスクリプトを zip ファイル（パスワード付き）にまとめ、CDN 管理基盤の配布用フォルダに格納する。

    【反映用シェルスクリプトの処理内容】
    サーバー証明書を対象のフォルダに配置し、エッジ型 CDN の Nginx をリロードする。

- 複数の教科書コンテンツを収容することを想定した FQDN（ドメイン名）の最適な利用方法
  - CDN（親）で 1 つのドメインで管理する対応と教科書・教材会社単位でドメインを分けて管理する対応で比較検討を行った。比較結果を以下に示す。

図表 90 ドメイン管理方法の比較

検討項目	1 つのドメインで管理する場合	教科書・教材会社単位でドメインを分けて管理する場合
対応内容	・配信用のドメインを 1 つ新規で取得する。 ・共通のドメインで全ての教科書コンテンツを配信する。	教科書・教材会社別に異なるドメインで自社が発行するコンテンツを配信する。
必要な SSL サーバー証明書の数	1 つ	複数 ※収容する教科書・教材会社分必要
教科書・教材会社が取得しているドメインの利用可否	不可	可 ※SSL サーバー証明書、鍵を入手する必要がある。

検討項目	1つのドメインで管理する場合	教科書・教材会社単位でドメインを分けて管理する場合
教科書コンテンツの管理	教科書・教材会社別でフォルダを分ける。	教科書・教材会社別でフォルダを分ける。
教科書・教材会社追加時の作業 【CDN（親）】	教科書コンテンツを収容するフォルダを作成する。	・教科書コンテンツを収容するフォルダを作成する。 ・Web サーバーの設定変更 - 新規ドメインの設定を追加する - SSL サーバー証明書、鍵を所定の場所に配置する。
教科書・教材会社追加時の作業 【エッジ型 CDN】	なし	・Web サーバーの設定変更 - 新規ドメインの設定を追加 - SSL サーバー証明書、鍵を所定の場所に配置する。 ・DNS の設定変更 - 新規ドメインの名前解決の設定を追加
メリット	・教科書・教材会社追加時にエッジ型 CDN での作業が発生しない。 ・管理するドメインが 1 つのため、SSL サーバー証明書更新等の運用負荷が低い。	教科書・教材会社で教科書コンテンツを配信している場合、配信している WEB サイトのドメインを継続利用できる。
デメリット	教科書・教材会社が教科書コンテンツ配信に利用しているドメインを利用できない。	・教科書・教材会社追加時にエッジ型 CDN での作業が発生する。 ・管理するドメインが複数のため、SSL サーバー証明書更新等の運用負荷が高い。

CDN（親）での教科書コンテンツの管理は、どちらの対応方法でも教科書・教材会社別でフォルダを分けて管理することを想定している。教科書・教材会社単位でドメインを分けて管理する対応では、複数のサーバー証明書が必要となる。管理するドメインが複数となり、サーバー証明書更新などの運用負荷が高くなる。教科書・教材会社追加時についても、エッジ型 CDN のマルチドメイン設定変更が必要となる。

1 つのドメインで管理する方法は、管理するサーバー証明書が 1 つであること、教科書・教材会社追加時にエッジ型 CDN のマルチドメイン設定変更が不要であることから運用負荷が低い。そのため、1 つのドメインで管理する方法が最適な利用方法であると考える。

- CDN として稼働するサーバーに教科書コンテンツを搭載する手法の検討
  - エッジ型 CDN のプリキャッシュ取得バッチを利用して、CDN（親）からキャッシュ取得対象のコンテンツを取得する。

    プリキャッシュ取得時の処理フローについては、「3.2.4.要件定義（3）システム基礎設計例　①システム構成例」の「DRM 保護済みコンテンツの配信」を参照のこと。機能の詳細ついては、「3.2.4.要件定義（3）システム基礎設計例　③バッチ設計例」を参照のこと。

プリキャッシュ取得バッチでキャッシュ取得対象のコンテンツを取得できることは検証済みである。また、10 ファイル（合計 100MB）のプリキャッシュを取得するために必要なダウンロード時間について計測を行った。低回線速度（10Mbps）でのダウンロード時間は「80.728 秒（1 分 20 秒)」となった。プリキャッシュ取得バッチは、エッジ型 CDN の利用がない夜間の時間帯(21:00～8:00)に実行する想定としている。プリキャッシュ取得バッチの実行時間を 9 時間とした場合、低回線速度（10Mbps）では約 39GB のコンテンツのプリキャッシュ取得が可能な想定となる。

図表 91 100MB のプリキャッシュ所要時間（検証実績）

プリキャッシュ取得バッチ実行時間		
10Mbps	100Mbps	1Gbps
80.728 秒	8 .603 秒	6.414 秒

- 「CDN（親)」に配置した教科書コンテンツ以外の WEB サイトについては、サーバー証明書と鍵を連携する必要があるが、エッジ型 CDN に搭載及び DNS 設定を含めたマルチドメイン設定をすることで、キャッシュ対象とすることが可能である。

- CDN 基盤でキャッシュした教科書コンテンツの著作権の取り扱いについての検討
  - CDN 基盤では、以下の対応を想定している。

    ・教科書・教材会社から提供を受けた教科書コンテンツを CDN（親）に配置する。

    ・学内の「エッジ型 CDN」のキャッシュ対象は「CDN（親)」に配置するコンテンツとする。

    上記とした場合、著作権上の問題があるか、確認を行った。

    第一に、著作権法第 47 条の 4(電子計算機における著作物の利用に付随する利用等)において、必要と認められる限度内で、また、著作権者の利益を不当に害することがないことを条件として、情報処理や自動公衆送信を円滑に、効率的に行うために著作物を電子計算機の記録媒体に記録する場合、すなわち、キャッシュを作成する場合は著作権者の許諾は不要とされる。

    したがって、本 CDN 基盤において、「CDN（親)」から配信されるコンテンツのキャッシュの作成は、著作権法第 47 条の 4 が適用されるため、著作権者の許諾は不要であると考えられる。

    第二に、「CDN（親)」からコンテンツを配信することについては、著作権法第 23 条（公衆送信権等）に該当する。そのため、教科書コンテンツの配信（著作物の公衆送信）については、著作権者の許諾が必要となる。

    したがって、CDN（親）から配信しようとする教科書コンテンツは、著作権者の許諾を取ったものでなければならないが、教科書コンテンツ制作会社（教科書・教材会

社）が教科書コンテンツの制作過程で、著作権者から許諾を取ることになると想定している。

なお、この CDN のコンテンツ配信（公衆送信）は、著作権法第 35 条で定める授業目的公衆送信には該当しないため、授業目的公衆送信補償金の支払い義務は発生しないものと考えられる。

> 二　自動公衆送信装置を他人の自動公衆送信の用に供することを業として行う者が、当該他人の自動公衆送信の遅滞若しくは障害を防止し、又は送信可能化された著作物の自動公衆送信を中継するための送信を効率的に行うために、これらの自動公衆送信のために送信可能化された著作物を記録媒体に記録する場合
> 三　情報通信の技術を利用する方法により情報を提供する場合において、当該提供を円滑又は効率的に行うための準備に必要な電子計算機による情報処理を行うことを目的として記録媒体への記録又は翻案を行うとき。
>
> 【著作権法（第 23 条)】
> （公衆送信権等）
> 第二十三条　著作者は、その著作物について、公衆送信（自動公衆送信の場合にあつては、送信可能化を含む。）を行う権利を専有する。
> 2　著作者は、公衆送信されるその著作物を受信装置を用いて公に伝達する権利を専有する。

（令和 5 年 3 月 28 日時点）

- 性能検証
  - 学内ネットワーク回線速度を 1Gbps とした状態で検証を行った。以下の結果となり、性能目標を満たしていることを確認した。

【エッジ型 CDN に全校生徒（1,200 人）が同時接続可能であること】

エッジ型 CDN への同時接続数が 1,200 件となるようにリクエストを実行し、エラーが発生しないことを確認した。

【10MB の教科書コンテンツを 1,200 人が 5 分間でダウンロードできること】

1,200 人が 10MB のファイルをダウンロードした場合の、ダウンロード時間を計測した。5 回実行した平均値が「106.164 秒（1 分 46 秒)」となり、ダウンロードの平均時間が 5 分以内であることを確認した。

② 運用面の検証

- 学内に設置した CDN として稼働するサーバーが故障した場合でもサービス提供を維持するための手法の検討
  - エッジ型 CDN として稼働するサーバーの故障時は、学外からのコンテンツ取得時と同様に、CDN（親）からコンテンツを取得する対応とすることでコンテンツが可能な状態を維持する。

    学内の DHCP サーバーが配布する DNS 設定を「優先 DNS サーバー：エッジ型 CDN、代替 DNS サーバー：既存の学内 DNS サーバー」とし、エッジ型 CDN 内の DNS サーバーはエッジ型 CDN 以外の名前解決を既存の学内 DNS サーバーで行うように設定する。

    このように設定することで、エッジ型 CDN サーバー障害時は、学内の情報端末は代替 DNS サーバーを利用するようになるため、名前解決の機能は維持される。また、エッジ型 CDN 内の DNS サーバー正常だが、キャッシュサーバーの異常によりコンテンツ取得できない場合を考慮して、コンテンツ取得に問題がある場合は自動でエッジ型 CDN 内の DNS を停止する機能が必要となる。

    エッジ型 CDN 内のキャッシュサーバーの稼働状況の監視により DNS を停止する機能、及びエッジ型 CDN 内の DNS サーバーの停止により情報端末が名前解決を行う DNS が切り替わることは検証済みである。

    【バッチの処理内容（エッジ型 CDN で定期実行)】

    エッジ型 CDN 内の DNS が起動中の場合、エッジ型 CDN の URL に対して接続確認を行う。対象の URL 接続でエラーとなった場合は、Nginx を再起動する。Nginx 再起動で事象が解消しない場合は、エッジ型 CDN 内の DNS を停止する。

    バッチの実行は 5 分に 1 回を想定している。

- 学内外の CDN として稼働するサーバーを遠隔から管理する手法の検討
  - 学内に設置したエッジ型 CDN として稼働するサーバーの監視、運用保守作業の実施方法

    統合システム監視ソフトウェアを利用した監視を主体として OS の監視を実施する。監視に際して各学校に配置したエッジ型 CDN から学内エッジ監視兼ログサーバーとの通信が双方向で可能が行えるよう設定する。運用保守作業の詳細を以下に示す。

図表 92 エッジ型 CDN 運用保守作業（学校内）

No.	分類	実施内容	詳細	備考
1	監視	サーバー監視	・調達事業者で CDN 全体を監視できる監視環境を構築する。 ・現地設置のエッジ型 CDN サーバーの OS から統合システム監視ソフトウェア用 Agent を設定し、統合システム監視ソフトウェア用 Agent からサーバーの状況を取得する。取得	CDN（親）・CDN 管理基盤への疎通確認、プロセス監視（ミドルウェア)、ネットワーク利用率、CPU 利用率、メモリ利用率、ストレージ容量および性能（I/O）

No.	分類	実施内容	詳細	備考
			対象は OS の各監視項目及びレスポンス項目とする。	監視を一定間隔で行う。
2			現地設置の各エッジ型 CDN サーバーに付随しているリモートサーバー管理ツールよりサーバーの状態を監視、アラート時はサーバーよりメールを送付する。	－
3		ログ管理	現地設置した各エッジ型 CDN サーバーより CDN 管理基盤内に設置する学内エッジ型 CDN 監視兼ログサーバーへログを送付することでログを管理する。	・ログ管理の期間は 180 日とする。 ・OS の各ステータス、リソース及びアプリケーションで使用しているログをログ管理対象として保存する。
4	運用保守	通常運用	現地設置の各エッジ型 CDN サーバーは統合システム監視ソフトウェア用 Agent を使用した監視を行う。	－
5		セキュリティアップデート	・セキュリティアップデート等の更新は、調達事業者にて実施する。 ・導入時リモートでログインした上で、調達事業者にてセキュリティアップデートを実施する。（グローバル IP の付与またはグローバル IP アドレス付与が行えない環境の場合は、VPN 接続によるアクセスで実施する。）	リモートでの各サーバーへの接続可能な構成が必要と想定（グローバル IP アドレス付与が環境上、できない場合は VPN 接続によるアクセスで実施する。VPN 接続で接続設定が必要な場合は、調達事業者にて VPN の接続設定等を行う。）
6		アプリケーションアップデート	・アプリケーションアップデート等の更新は、調達事業者にて実施する。 ・CDN（親）から CDN（子）に対してリリース資材を反映する。	－
7		教科書コンテンツ更新	夜間帯に CDN（親）から CDN（子）へ同期を行うことでコンテンツの最新性を維持する。	－
8	障害	サーバー機器障害時	・サーバー機器でアラートが発信された場合、調達事業者にて切り分けを実施する。 ・調達業者にてベンダ手配を実施し、故障部位をオンサイトによる交換作業を実施する。	－
9		アプリケーション障害時	OS 障害でアプリケーションが起動しない等が発生した場合、調達事業者にて予備機器より代替サーバーを用意し、現地での交換作業を実施して復旧対応を行う。	－
10		OS 障害時	OS が起動しない等の障害が発生し、サーバー機器からアラートがない場合は、調達事業者にて予備機器より代替サーバーを用意し、現地での交換作業を実施して復旧対応を行う。	－
11		その他	・サーバー機器、アプリケーション、OS で	学校内端末から切り分けを

No.	分類	実施内容	詳細	備考
			障害・アラートは発生していないが、学校内端末から CDN（子）への接続ができない場合、CDN（親）へ DNS 切替えを行い、教科書コンテンツが参照できるように対応する。 参照できた場合、サーバー機器、アプリケーション、OS の三面から調査対応を行い、調査結果に従って復旧対応を行う。（予備機器より代替サーバーを用意し、現地での交換作業を前提とする。） 参照できない場合、学校内のネットワークに異常がある可能性が高いことから、対象の学校のネットワーク環境を管理している事業者、学校内端末管理事業者へ説明して原因究明を図る。	実施して、事象によって対応を復旧に向けた対応を行う。

- 学外の CDN（親）、CDN 管理基盤として稼働するサーバーの監視、運用保守作業の実施方法

統合システム監視ソフトウェアを利用した監視を主体として OS の監視を実施する。監視に際して学内エッジ監視兼ログサーバーとの通信が行えるよう設定する。運用保守作業の詳細を以下に示す。

図表 93 CDN（親）・CDN 管理基盤運用保守作業（学校外）

No.	分類	実施内容	詳細	備考
1	監視	サーバー監視	・調達事業者で CDN（親）、CDN 管理基盤を監視できる監視環境を構築する。 ・調達事業者で CDN（親）、CDN 管理基盤に統合システム監視ソフトウェア用 Agent を設定し、統合システム監視ソフトウェア用 Agent からサーバーの状況を取得する。取得対象は OS の各監視項目及びレスポンス項目とする。	サーバー監視は、死活監視（PING）、プロセス監視、ネットワーク利用率、CPU 利用率、メモリ利用率、ストレージ容量および性能（I/O）監視を行う。ネットワーク監視は、死活監視（PING）、ネットワーク利用率、CPU 利用率、メモリ利用率監視を行う。
2			監視サーバーよりステータスを監視、アラート時はサーバーよりメールを送付する。	リモートサーバー管理ツールでサーバー・OS 画面操作ができるオプションを契約することを想定
3		ログ管理	・調達事業者でログ管理サーバーを構築する。 ・現地設置したサーバーについてより CDN 管理基盤内に設置する監視兼ログサーバーへログを送付することでログを管理する。	・CDN（親）について監視兼ログサーバーへログを送付する。ログ管理の期間は 180 日とする。 ・OS の各ステータス、リソース及びアプリケーション

No.	分類	実施内容	詳細	備考
				で使用しているログをログ管理対象として保存する。
4	運用保守	通常運用	現地へのサーバー設置後は統合システム監視ソフトウェア用 Agent を使用した監視を行う。	－
5		セキュリティアップデート	セキュリティアップデート等の更新は、調達事業者にて実施する。	リモートでの各サーバーへの接続可能な構成が必要と想定
6		アプリケーションアップデート	アプリケーションアップデート等の更新は、調達事業者にて実施する。	－
7		バックアップ取得	1 日 1 回バックアップを取得する。	－
8	障害	サーバー機器障害時	・サーバー機器でアラートが発信された場合、調達事業者にて切り分けを実施する。 ・調達業者にてベンダ手配を実施し、故障部位をオンサイトによる交換作業を実施する。	－
9		アプリケーション障害時	OS 障害でアプリケーションが起動しない等が発生した場合、調達事業者にて障害が発生したサーバーの状態を確認し、復旧または機器の交換対応を行う。	代替サーバーの交換は調達事業者にて実施する。
10		OS 障害時	OS が起動しない等の障害が発生した場合、調達事業者またはバックアップをより復旧対応を行う。	－

- アプリのリリース・設定変更を一括で行う方法の検討

エッジ型 CDN で実行する更新ファイル反映バッチにて、CDN 管理基盤に配置された更新対象ファイルをダウンロードすることでエッジ型 CDN 内の変更対象のファイルを更新する。

各学校に配置したエッジ型 CDN が CDN 管理基盤から更新対象ファイルを取得することで、全ての学校のエッジ型 CDN に対して更新対象ファイルの一括反映が可能である。

【「更新ファイル反映バッチ」の処理内容（エッジ型 CDN で定期実行)】

CDN 管理基盤の配布用フォルダに格納された zip ファイル（パスワード付き）をダウンロードする。

ダウンロードした zip ファイルを解凍し、フォルダ内の反映用シェルスクリプトを実行する。

バッチの実行は 1 日 1 回を想定している。

【CDN 管理基盤での対応】

更新対象ファイル配布用のフォルダを作成する。配布用フォルダには更新対象のファイルと反映用シェルスクリプトを含んだ zip ファイル（パスワード付き）を格納する。

zip ファイルのパスワードは全学校で共通のものを利用するものとし、ファイル名は「更新ファイルバージョン（5 桁の数字)」とする。(例「00001.zip」)

また、更新対象ファイル配布用フォルダ内のファイルに https でアクセス可能な状態とし、クライアント認証で接続元を各学校のエッジ型 CDN のみに制限する。クライアント証明書は全学校で共通のものを利用する。

配布済の更新ファイルを取り下げる場合には、中身がない状態で zip ファイルを作成することで、更新ファイルバージョンによる処理順序の整合性を保つものとする。

【環境依存情報の管理】

IP アドレスなどの学校によって異なる情報については、環境依存情報として設定ファイルに全学校分の内容をまとめて記載し、エッジ型 CDN 内に格納する。「更新ファイル反映バッチ」実行時に学校コードで判定して、一致する学校の設定ファイルの情報を環境変数として読み込む。

【更新ファイル反映状況の管理】

各学校に配置したエッジ型 CDN にて、更新ファイルの反映状況を管理する必要がある。CDN 管理基盤のデータベースで学校に配置したサーバーの MAC アドレス、更新ファイル反映済バージョンを管理し、以下のインタフェースを利用して情報の取得、更新を行う。

図表 94 インタフェース一覧

インタフェース	通信元 通信先	概要	送受信情報
学校情報返却 API	エッジ型 CDN CDN 管理基盤	指定した MAC アドレスのサーバーを持つ、学校の情報を返却する。 ※更新ファイル反映バッチで利用する。	【送信】 ・MAC アドレス 【受信】 ・学校コード ・更新ファイル反映済バージョン
更新ファイル反映結果連携 API	エッジ型 CDN CDN 管理基盤	指定した学校コードの「更新ファイル反映済バージョン」を更新する。 ※反映用シェルスクリプトで利用する。	【送信】 ・学校コード ・更新ファイル反映済バージョン

- CDN として稼働するサーバーに配布する教科書コンテンツの管理手法の検討

- どの学校が何の教科書コンテンツを取得するのかなどの情報を管理するために、WEB アプリケーションが必要と考える。CDN 管理基盤上に「キャッシュ管理情報メンテナンスアプリ」を構築し、管理する想定としている。

  「キャッシュ管理情報メンテナンスアプリ」で管理する情報、画面イメージについては「3.2.4.要件定義（3）システム基礎設計例」の「③DB 設計例」「⑥画面設計例」を参照のこと。「キャッシュ管理情報メンテナンスアプリ」の利用者は以下を想定している。

図表 95 「キャッシュ管理情報メンテナンスアプリ」利用ユーザ

担当者名	役割	備考
「キャッシュ可能コンテンツ」メンテナンス担当者	新しく発行された教科書コンテンツを登録する。	教科書・教材会社単位を想定している。
「キャッシュ対象コンテンツ」メンテナンス担当者	各学校で使用する教科書コンテンツをキャッシュ対象として登録する。	学校単位を想定している。 管理対象となっている学校のみ登録・更新を可能とする。

「キャッシュ管理情報メンテナンスアプリ」は主に教科書の新規登録・更新時、学校で使用する教科書の登録・更新時に利用する。

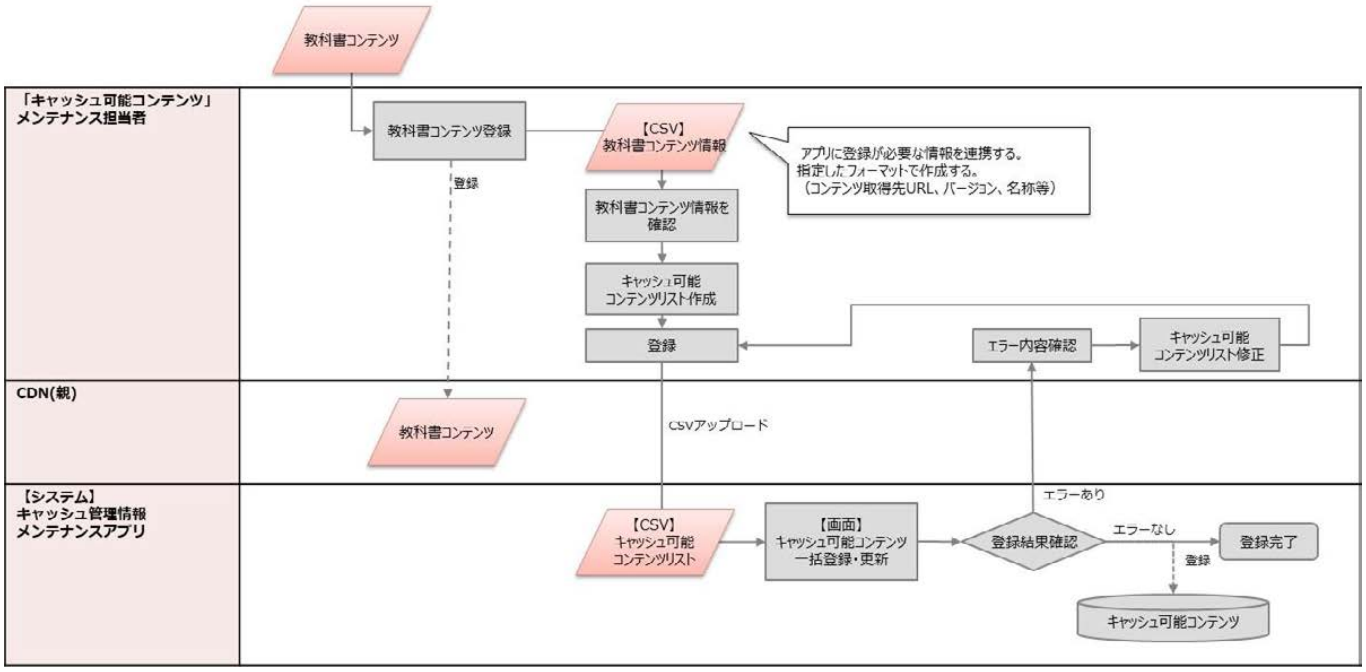
【教科書の新規登録、更新時】

新しいキャッシュ対象教科書コンテンツが発行された場合、または登録済み教科書コンテンツの新版が発行された場合に、教科書コンテンツの新規登録・更新を行う。

配信される教科書コンテンツを CDN（親）サーバーに配置する想定としている。配置した教科書コンテンツの情報を「キャッシュ可能コンテンツ」メンテナンス担当者に連携する。「キャッシュ可能コンテンツ」メンテナンス担当者は受領した情報を基に、キャッシュ可能コンテンツリストを作成し、「キャッシュ可能コンテンツ一括登録・更新」画面から登録を行う。

運用フローを以下に示す。

図表 96 教科書の新規登録・更新（登録済みの教科書の新版が発行された場合）



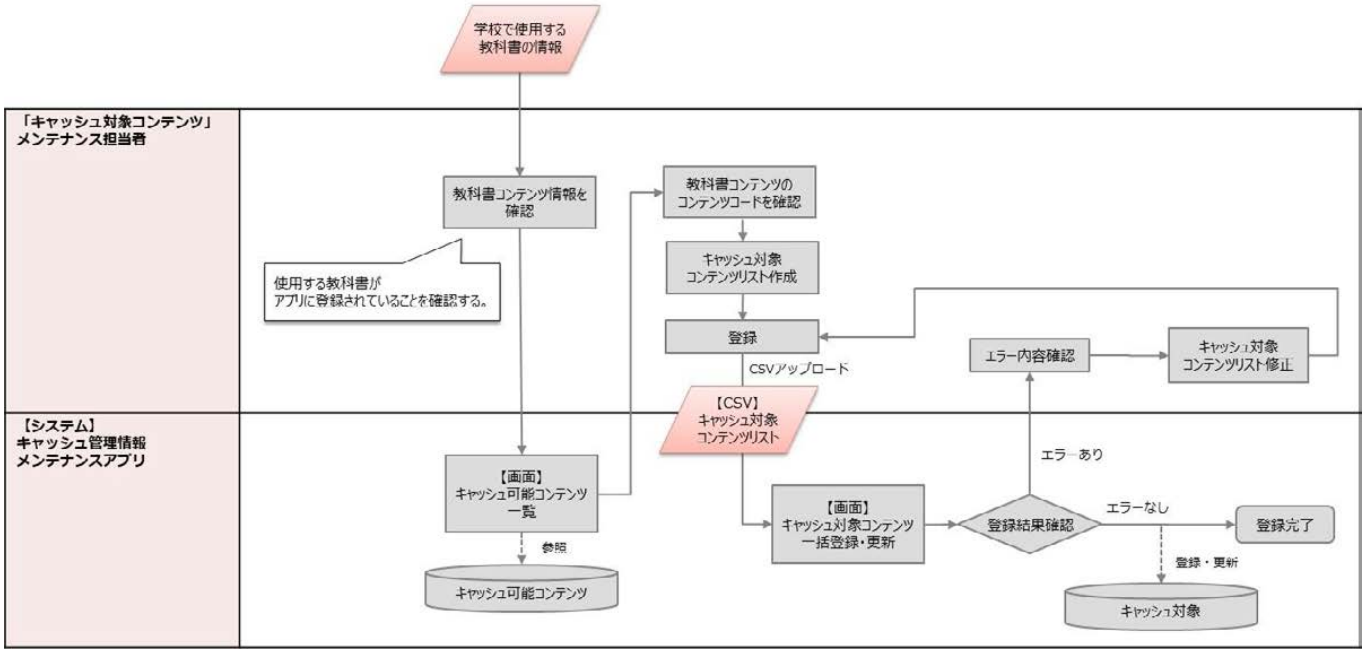
【学校で使用する教科書の登録、更新時】

各学校のエッジ型 CDN にキャッシュ取得対象として指定する教科書コンテンツの登録・更新を行う。

各学校で使用する教科書の情報を「キャッシュ対象コンテンツ」メンテナンス担当者に連携する。「キャッシュ対象コンテンツ」メンテナンス担当者は受領した情報を基に、キャッシュ取得対象として登録する教科書コンテンツが「キャッシュ管理情報メンテナンスアプリ」に登録されていることを確認する。登録されている場合は、キャッシュ対象コンテンツリストを作成し、「キャッシュ対象コンテンツ一括登録・更新」画面から登録を行う。

運用フローを以下に示す。

図表 97 学校で使用する教科書の登録・更新



- DRM コンテンツの配信方法についての検討
  - DRM コンテンツ配信時の処理フローについては、「3.2.4.要件定義（3）システム基礎設計例　①システム構成例」の「DRM 保護済みコンテンツの配信」を参照のこと。

    ビューア、ライセンスサーバー間では、ライセンスを取得するために通信が発生する。送信情報をもとにライセンスサーバーで認証を行い、認証 OK の場合はライセンスが返却される。

図表 98 ビューア、ライセンスサーバー間の通信（インタフェース）

インタフェース	通信元 通信先	通信 タイミング	プロトコル	1 アクセスの通信量	送信情報 受信情報
ライセンス取得 API	情報端末（ビューア）	教科書コンテンツ取得時	HTTPS	1KB	・教科書コンテンツ情報 ・ユーザ情報
	ライセンスサーバー				・ライセンス

図表 99 ビューア、ライセンスサーバー間の通信（想定される通信量）

同時利用者数	通信量	通信時間		
		10Mbps	100Mbps	1Gbps
1,200 人	1,200KB	1.0 秒	0.1 秒	0.01 秒

1,200 名が同時利用した場合の通信量は「1,200KB」となる。低回線速度である「10Mbps」の場合の通信時間は「1.0 秒」となるため、回線への影響はないと考える。

ライセンス取得するための通信は教科書コンテンツごとに実施される。ビューアの改修が必要となるが、1 度取得したライセンスはビューア内で保持される。有効期限内のライセンスを保持している場合は、ライセンスサーバーへの通信を行わないため通信量を削減できる。ライセンスをビューアに保持せず、都度認証とすることも可能である。通信頻度と有効期限の期間については、開発時の検討課題とする。

- 転校した場合に前の学校で利用していた教科書を参照する方法の検討
  - 転校前に利用していた教科書が、転校した学校でプリキャッシュ取得となっていなかった場合を想定している。

「3.2.4 要件定義（2）CDN システム要件定義　①機能要件」の「CDN コンテンツの認証判定方式」にて検討している CDN 認証判定方式にて、前の学校で利用していた教科書コンテンツを継続して参照可能であることを確認した。

学外の場合は、CDN（親）から教科書コンテンツの取得が可能である。

学内の場合は、転校前に利用していた教科書がプリキャッシュ取得対象となっていなくても、教科書コンテンツの URL を参照し、対象のコンテンツの取得が可能である。初回のアクセス時はキャッシュされていないため、CDN（親）から取得、2 回目以降はエッジ型 CDN 内にキャッシュが取得されている状態のため、エッジ型 CDN から取得となる。

DRM で利用するライセンスサーバー、トークン認証で利用する認証サーバーは全学校で共通のものを利用する想定である。そのため、参照権限のある教科書コンテンツは継続して参照可能である。また、SSO 認証はコンテンツの取得可否のみを判定する認証方式を想定する。転校後の環境で SSO 認証済みの状態であれば、プリキャッシュされていないコンテンツの取得が可能である。

詳細を以下に示す。

図表 100 転校した場合に前の学校で利用していた教科書を参照する方法（学外）

検討項目	【案 1】 CDN で認証を行わない	【案 2】 SSO 認証(SAML)	【案 3】 トークン認証
教科書コンテンツ取得	CDN（親）から取得		
コンテンツ取得時の認証	なし	転校後の学校で利用している認証基盤（Azure AD または Google Workspace for Education）で SSO 認証	教科書会社側で発行したトークンで認証
【DRM 未対応コンテンツ】 教科書コンテンツ参照可否	参照可		
【DRM 保護済みコンテンツ】 教科書コンテンツ参照可否	参照可 ※ライセンスサーバーで参照可否を	参照可 ※ライセンスサーバー、トークン認証	

検討項目	【案 1】 CDN で認証を行わない	【案 2】 SSO 認証(SAML)	【案 3】 トークン認証
	判定	サーバーで参照可否を判定	

図表 101 転校した場合に前の学校で利用していた教科書を参照する方法（学内）

検討項目	【案 1】 CDN で認証を行わない	【案 2】 SSO 認証(SAML)	【案 3】 トークン認証
教科書コンテンツ取得	・キャッシュされていないため、初回は CDN（親）から取得 ・2 回目以降はエッジ型 CDN から取得		
コンテンツ取得時の認証	学外の場合と同様		
【DRM 未対応コンテンツ】 教科書コンテンツ参照可否	学外の場合と同様		
【DRM 保護済みコンテンツ】 教科書コンテンツ参照可否	学外の場合と同様		

- 運用時に発生するメンテナンスの対応方法の検討
  - 運用時に発生するメンテナンス作業は、現地に行くことなく、リモートで対応を行う。想定しているメンテナンス作業は以下となる。

図表 102 運用時に発生するメンテナンス作業

分類	実施タイミング	作業対象サーバー	作業概要
バッチのリリース 【エッジ型 CDN】	以下のバッチのリリース時 ・プリキャッシュ取得バッチ ・DNS 自動停止バッチ ・更新ファイル反映バッチ	CDN 管理基盤 ※バッチで「エッジ型 CDN」の対象ファイルを更新する。	・CDN 管理基盤からエッジ型 CDN に遠隔から一括で反映させるため、リリース用ファイル（対象バッチファイル）を CDN 管理基盤のバージョンアップ公開フォルダに配置する。 ・エッジ型 CDN の更新ファイル反映バッチの定期実行により、CDN 管理基盤に配置されたリリース用ファイルをダウンロードして設定変更を反映する。
設定ファイルのリリース 【エッジ型 CDN】	以下の設定ファイル変更時 ・Nginx ・DNS ・環境依存情報		・CDN 管理基盤からエッジ型 CDN に遠隔から一括で反映させるため、リリース用ファイル（設定ファイル）を CDN 管理基盤のバージョンアップ公開フォルダに配置する。 ・エッジ型 CDN の更新ファイル反映バッチの定期実行により、CDN 管理基盤に配置されたリリース用ファイルをダウンロードして設定変更を反映する。
SSL サーバー証明書の管理 【エッジ型 CDN】	SSL サーバー証明書更新時 ・有効期限切れによる更新 ・再発行		・CDN 管理基盤からエッジ型 CDN に遠隔から一括で反映させるため、リリース用ファイル（SSL サーバー証明書ファイル）を CDN 管理基盤のバージョンアップ公開フォルダに配置する。

分類	実施タイミング	作業対象サーバー	作業概要
			・エッジ型 CDN の更新ファイル反映バッチの定期実行により、CDN 管理基盤に配置されたリリース用ファイルをダウンロードして設定変更を反映する。
クライアント証明書の管理 【エッジ型 CDN】	クライアント証明書更新時 ・有効期限切れによる更新 ・再発行		・CDN 管理基盤からエッジ型 CDN に遠隔から一括で反映させるため、リリース用ファイル（クライアント証明書ファイル）を CDN 管理基盤のバージョンアップ公開フォルダに配置する。 ・エッジ型 CDN の更新ファイル反映バッチの定期実行により、CDN 管理基盤に配置されたリリース用ファイルをダウンロードして設定変更を反映する。
SSL サーバー証明書の管理 【CDN(親)】	SSL サーバー証明書を更新時 ・有効期限切れによる更新 ・再発行	CDN（親）	CDN（親）に SSH 接続し、SSL サーバー証明書の更新を行う。
キャッシュ管理情報メンテナンスアプリの管理	新規学校追加時	CDN 管理基盤	追加する学校情報を新規登録する。 ※エッジ型 CDN のサーバー固有情報(Mac アドレス）を登録する。
	プリキャッシュ取得時間変更時		対象の学校のプリキャッシュ取得バッチの実行時間を変更する。
	エッジ型 CDN のサーバー交換時		対象の学校のエッジ型 CDN のサーバー固有情報（Mac アドレス）を更新する。
	ユーザ登録、更新、削除時		キャッシュ管理情報メンテナンスアプリのログインユーザの登録、更新、削除を行う。
障害対応	各サーバーのアラート検知時、または問い合わせ時 ・CDN（親） ・CDN 管理基盤 ・エッジ型 CDN	CDN（親） CDN 管理基盤 エッジ型 CDN	該当サーバーに SSH 接続し、原因を調査し、対応を行う。

【エッジ型 CDN】

上記の対応は、全ての学校に配置しているエッジ型 CDN に対して一括で反映する必要があるため、エッジ型 CDN で定期実行される「更新ファイル反映バッチ」を利用する。「更新ファイル反映バッチ」の処理は「3.2.4 要件定義 (5) 検証結果 ③運用面の検証 学内外の CDN として稼働するサーバーを遠隔から管理する手法の検討（アプリのリリース・設定変更を一括で行う方法の検討)」を参照のこと。

③ 有効性の検証

- 学校規模や回線速度に応じた CDN システムの有効性の検討
  - 学内のネットワーク帯域

「3.2.4 要件定義 (5) 検証結果 ②CDN システムの検証 性能検証」にて、学内ネットワークの回線速度が 1Gbps の場合、10MB のファイルを 1,200 人がダウンロードする時間は「1 分 46 秒」という結果となった。検証結果により、学内のネットワーク帯域については、1Gbps あれば十分と考えられる。

- CDN の有効性検証

CDN を導入した場合の有効性を検証するため、CDN あり、CDN なしの状態でコンテンツ取得時間を計測した。検証結果により、低回線速度（10Mbps、100Mbps）の場合は CDN を学内に設置することが有効であると考えられる。なお、同時利用者数、コンテンツサイズが大きくなるほど、コンテンツ取得時間が長くなる結果となった。

図表 103 コンテンツ取得時間（コンテンツサイズ：10MB）

同時利用者数	CDN あり（プリキャッシュあり）	CDN あり（プリキャッシュなし）	CDN なし		
	1Gbps	1Gbps	10Mbps	100Mbps	1Gbps
1,200 人	106.163 秒（約 1 分 46 秒）	109.673 秒（約 1 分 49 秒）	10,615.879 秒（約 3 時間）	1,061.579 秒（約 18 分）	106.161 秒（約 1 分 46 秒）
720 人	63.663 秒（約 1 分 3 秒）	64.771 秒（約 1 分 4 秒）	6,366.154 秒（約 1 時間 46 分）	636.613 秒（約 11 分）	63.663 秒（約 1 分 3 秒）
440 人	38.876 秒	39.577 秒	3,887.143 秒（約 1 時間 5 分）	388.718 秒（約 6 分）	38.876 秒

図表 104 コンテンツ取得時間（コンテンツサイズ：20MB）

同時利用者数	CDN あり（プリキャッシュあり）	CDN あり（プリキャッシュなし）	CDN なし		
	1Gbps	1Gbps	10Mbps	100Mbps	1Gbps
1,200 人	211.468 秒（約 3 分 31 秒）	214.506 秒（約 3 分 34 秒）	21,146.846 秒（約 5 時間 52 分）	2,114.657 秒（約 35 分）	211.468 秒（約 3 分 31 秒）
720 人	126.849 秒（約 2 分 6 秒）	127.945 秒（約 2 分 7 秒）	12,684.648 秒（約 3 時間 31 分）	1,268.459 秒（約 21 分）	126.850 秒（約 2 分 6 秒）
440 人	77.487 秒（約 1 分 17 秒）	78.212 秒（約 1 分 18 秒）	7,748.647 秒（約 2 時間 9 分）	774.846 秒（約 12 分）	77.487 秒（約 1 分 17 秒）

図表 105 コンテンツ取得時間（コンテンツサイズ：30MB）

同時利用者数	CDN あり（プリキャッシュあり）	CDN あり（プリキャッシュなし）	CDN なし		
	1Gbps	1Gbps	10Mbps	100Mbps	1Gbps
1,200 人	316.720 秒（約 5 分 16 秒）	318.429 秒（約 5 分 18 秒）	31,667.734 秒（約 8 時間 48 分）	3,166.714 秒（約 53 分）	316.720 秒（約 5 分 16 秒）
720 人	189.974 秒	191.071 秒	18,996.975 秒	1,899.689 秒	189.971 秒

	（約 3 分 9 秒）	（約 3 分 11 秒）	（約 5 時間 17 分）	（約 32 分）	（約 3 分 9 秒）
440 人	116.062 秒 （約 1 分 56 秒）	116.771 秒 （約 1 分 56 秒）	11,605.963 秒 （約 3 時間 13 分）	1,160.593 秒 （約 19 分）	116.062 秒 （約 1 分 56 秒）

- プリキャッシュの有効性検証

既存技術（プリキャッシュなしのリバースプロキシ型キャッシュサーバー）を導入した場合と、先端技術（プリキャッシュありのエッジ型 CDN）を導入した場合にどのような差異があるか検証するため、学内のネットワーク回線速度を「1Gbps」に制限した上で、CDN にて、プリキャッシュなし、プリキャッシュありの状態で 40 人が 2 秒間隔でアクセスした場合の 1 アクセスのダウンロード時間を計測した。各回線速度での検証結果を以下に記載する。検証結果により、低回線速度（10Mbps）の場合は、プリキャッシュが有効であると考えられる。

【拠点－インターネット間回線速度：10Mbps】

■プリキャッシュなし

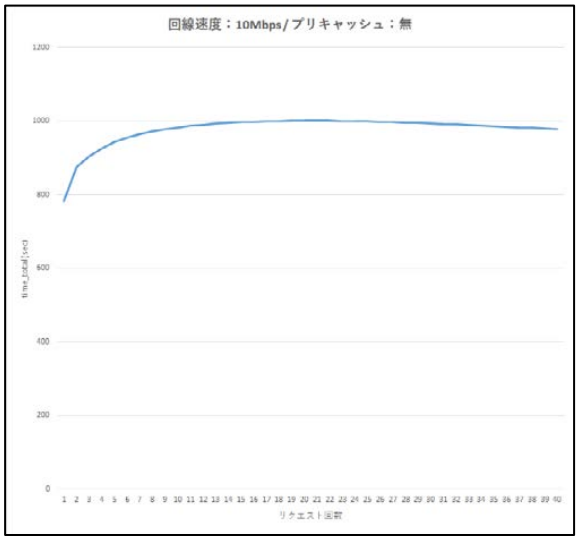
40 回中、40 回全て「CDN（親）」からコンテンツを取得する結果となった。

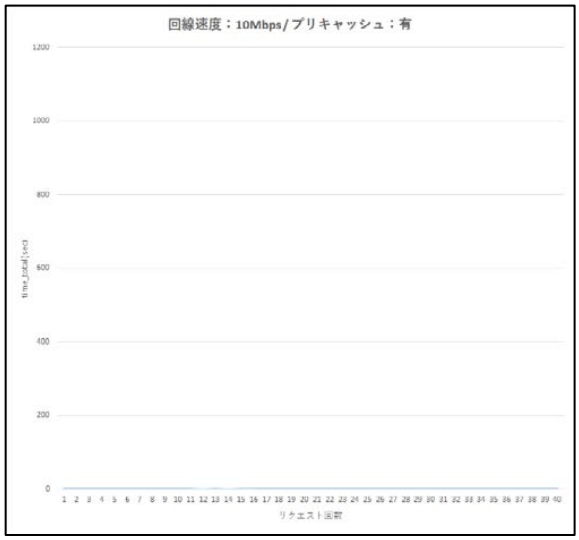
次々にくるアクセスによる利用帯域の低下により最初のリクエストが完了しないためにキャッシュが機能せず、全て「CDN（親）」へリクエストとなっている。結果として全アクセスのダウンロード時間が長時間化している。

■プリキャッシュあり

初回から「エッジ型 CDN」にキャッシュされたコンテンツを取得しているため、1 アクセスのダウンロード時間が短時間で完了している。

図表 106 ダウンロード時間計測グラフ（10Mbps）





【拠点－インターネット間回線速度：100Mbps】

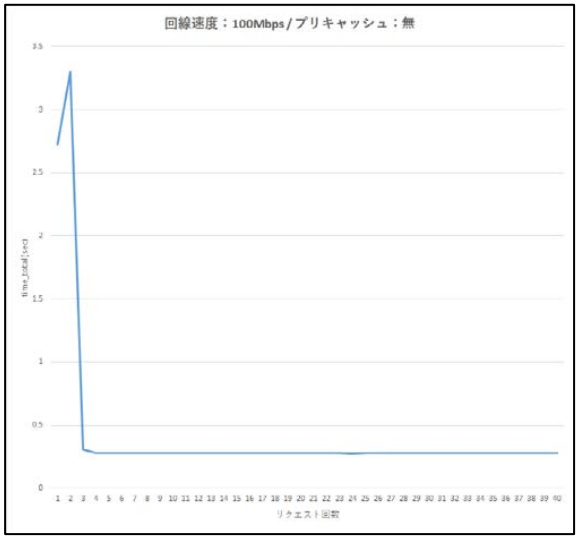
■プリキャッシュなし

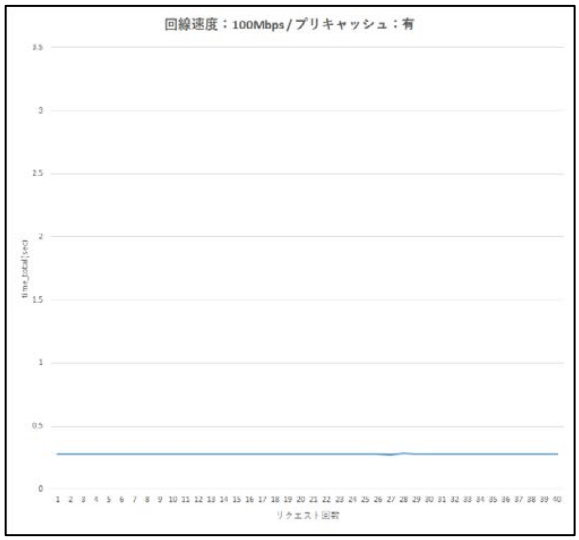
40 回中、2 回目まで「CDN（親）」からコンテンツを取得し、3 回目からは「エッジ型 CDN」から取得する結果となった。3 回目からは「エッジ型 CDN」にキャッシュされたコンテンツを取得するため、1 アクセスのダウンロード時間が短時間となっている。

■プリキャッシュあり

初回から「エッジ型 CDN」にキャッシュされたコンテンツを取得しているため、1 アクセスのダウンロード時間が短時間である。

図表 107 ダウンロード時間計測グラフ（100Mbps）





【拠点－インターネット間回線速度：1Gbps】

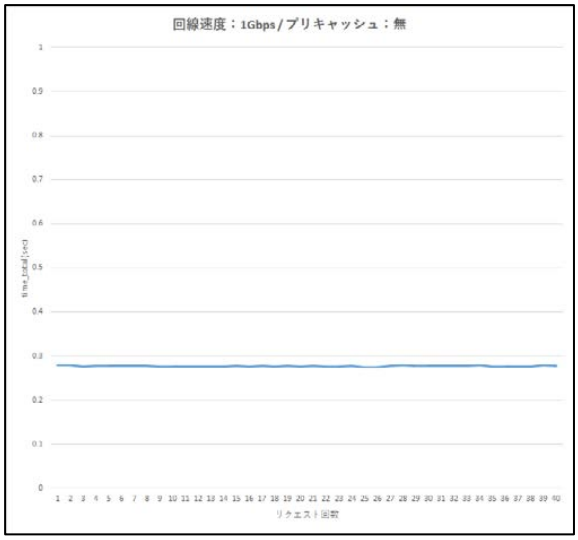
■プリキャッシュなし

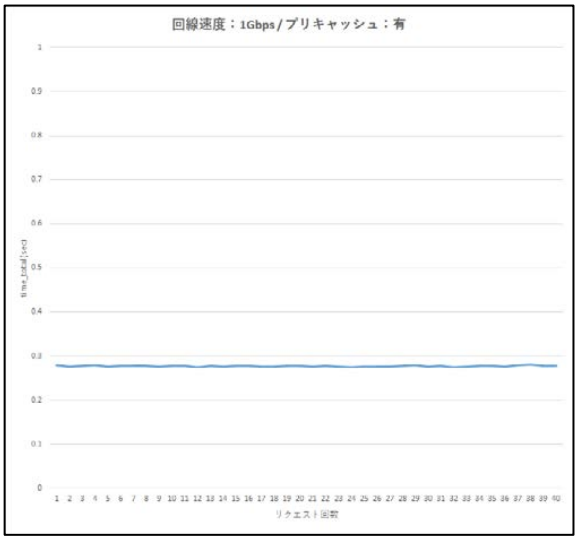
40 回中、1 回目は「CDN（親）」からコンテンツを取得し、2 回目からは「エッジ型 CDN」から取得する結果となった。学内ネットワークの帯域も 1Gbps のため、1 回目と 2 回目以降の結果に差異がない。

■プリキャッシュあり

初回から「エッジ型 CDN」にキャッシュされたコンテンツを取得しているが、学内ネットワークの帯域も 1Gbps のためプリキャッシュなしと結果に差異がない。

図表 108 ダウンロード時間計測グラフ（1Gbps）





④ システム比較検討

学内にリバースプロキシ型キャッシュサーバーを配置する場合とエッジ型 CDN システムを導入する場合との差分は「プリキャッシュ機能の有無」のみであるため、検証結果については「③有効性の検証」（学校規模や回線速度に応じた CDN システムの有効性の検討）を参照のこと。

3.3. 考察

3.3.1. 既存技術の活用による配信基盤の仕組みにおける検討結果

既存技術であるキャッシュサーバーを利用した仕組みによって、データ通信量を大きく削減できる可能性があることが分かった。また、キャッシュサーバーと端末の間の通信速度の状況から、学校外部回線の制限を超える速度での通信が可能であることも分かった。これらのことから、キャッシュサーバーを利用することで、学校外部の通信回線速度の状況に強く依存せずに、対象となるデジタル教科書および連携するデジタル教材の利用を円滑に行うことが可能と判断できる。キャッシュサーバーを学校内ネットワークにおいて正常に機能させるための設定等については、様々に配慮すべき点が存在していることも判明した。導入の容易さや効果の大きさは状況に依存しているため、導入にあたっては現在の学校ネットワークの個別の設定状況等に基づいて検討されることが望ましい。

実証において、キャッシュ対象となったデジタル教科書やデジタル教材のトラフィックの学校全体のネットワークに占める割合はそれほど大きくは無かったため、キャッシュサーバーの導入によって、学校全体のネットワーク速度や品質の大きな改善には繋がらないと考えられる。

3.3.2. 先端技術の応用による効果の考察

先端技術の応用による配信基盤の仕組みの検討では、既存技術の活用による配信基盤の仕組みに加えてプリキャッシュ機能の有用性について机上検証を実施した。

プリキャッシュ機能は、事前にエッジ型 CDN 内に教科書コンテンツをキャッシュしておき、学内ネットワークからのアクセスに対してキャッシュしたコンテンツを配信することで、学外への通信量を削減する仕組みである。CDN の有効性検証に示した通り、プリキャッシュがない状態では、同時利用者数と教科書コンテンツのサイズが多くなるほど取得時間が長くなり、特に「拠点－インターネット間の通信速度」が低速であるほど、プリキャッシュ機能が有効となる検証結果が示されている。

既存技術であるキャッシュサーバーを利用した仕組みによって、データ通信量を大きく削減できる可能性があることが分かり、学校外部の通信回線速度の状況に強く依存せずに、対象となるデジタル教科書及び連携するデジタル教材の利用を円滑に行うことができる可能性が示されている。ここにプリキャッシュ機能を組み合わせることで、さらに学外へのデータ通信量を削減し、デジタル配信基盤の円滑な利用に寄与することが期待される。

3.3.3. 先端技術の応用による配信基盤の導入に向けた課題

（1） システム設計面での課題

① CDN コンテンツの認証判定方式について

エッジ型 CDN 及び CDN（親）では、コンテンツ配信時に認証判定を行う想定としている。認証判定方式については 3 案（案 1：CDN では認証なし、案 2 ：SSO 認証、案 3：トークン認証）を検討しているが、対応案を確定するためには各事業者との調整が必要であり、設計時の検討課題となる。

② DRM コンテンツの配信方法について

ビューア、ライセンスサーバー間では、ライセンスを取得するために教科書コンテンツごとに通信が発生する。ビューアの改修が必要となるが、1 度取得したライセンスはビューア内で保持され、有効期限内のライセンスを保持している場合は、ライセンスサーバーへの通信を行わないため通信量を削減できる。

ライセンスをビューアに保持せず、都度認証とすることも可能であり、ビューア、ライセンスサーバー間の通信頻度と有効期限の期間については設計時の検討課題となる。

③ プリキャッシュ取得の最適な時間帯について

机上検証においては、プリキャッシュ取得バッチはエッジ型 CDN の利用がない夜間の時間帯（21:00～8:00）に実行する想定とし、実行時間を 9 時間とした場合では低回線速度（10Mbps）でも約 39GB のコンテンツのプリキャッシュ取得が可能という実証結果を得ている。

ただし、各学校では年度末と年度初めに新しい教科書の登録などによりネットワークトラフィックが増大することが想定されるため、各学校の回線速度や授業時間等の実情を総合的に判断した上で、プリキャッシュ取得バッチの実行時間帯を決定することが設計時の検討課題となる。

④ キャッシュ対象の教科書コンテンツについて

今回の机上検証では、「複数の教科書コンテンツを収容することを想定した FQDN（ドメイン名）の最適な利用方法」を検討し、どちらでも対応可能であることを確認している。ドメインを分けて管理する手法では、マルチドメインの設定変更や複数のサーバー証明書が必要になるため、運用負荷が高くなる。

この仕組みを使えば、例えば教師が独自で利用しているデジタルコンテンツ等もキャッシュ対象として登録すること自体は可能だが、サーバー証明書の入手方法や著作権問題などクリアすべき課題がある。キャッシュ対象とする教科書コンテンツの明確化については、システム設計時の検討課題となる。

⑤ 対応ブラウザの要件について

今回の机上検証では、「キャッシュ管理情報メンテナンスアプリ」画面の機能検証は「Microsoft Edge」で実施している。クライアントのバリエーションについては検証しておらず、クライアント依存の問題は洗い出せていない。対応ブラウザの要件については、システム設計時の検討課題となる。

⑥ エッジ型 CDN サーバーの冗長化について

今回の机上検証では、「学内に設置した CDN として稼働するサーバーが故障した場合でもサービス提供を維持するための手法の検討」を実施し、エッジ型 CDN サーバーに障害が発生した場合でも CDN（親）から教科書コンテンツを取得可能であることを確認している。

また、今回の要件定義では、エッジ型 CDN サーバーを冗長化構成としていないが、障害発生時は実質的に CDN がない状態で教科書コンテンツを取得することになり、ダウンロード速度は外部回線速度の影響を多大に受けることになる。（CDN がない状態での検証結果については、「3.2.4.要件定義 (5) 検証結果 ③有効性の検証」以下の「CDN の有効性検証」を参照のこと。）

エッジ型 CDN サーバーの冗長化については、実運用時の耐性面やコストを総合的に勘案する必要があり、システム設計時の検討課題となる。

（2） 運用設計面での課題

➢ キャッシュ管理情報のメンテナンスについて

エッジ型 CDN では CDN 管理基盤において、学校の情報や学校ごとにキャッシュ対象とする教科書コンテンツを管理する必要がある。また、教科書コンテンツ自体の登録・追加・削除、各学校におけるキャッシュ対象の登録・追加・削除を行う担当者が必要になる。これらの実施主体となる、運用担当者または団体の選定についても、エッジ型 CDN の運用設計時の検討課題となる。

（3） 導入面での課題

➢ エッジ型 CDN のサーバー設置要件について

調達事業者側で実施する各学校内へのエッジ型 CDN のサーバー設置作業は、事前に各学校内のネットワーク設定変更及び設置場所等の要件を確認する必要がある。

エッジ型 CDN のサーバー設置要件については、学校及び学校が所属している教育委員会との調整が必要であり、導入時の検討課題となる。

（4） その他の留意事項

➢ 机上検証での成果について

今回の机上検証（機能検証）は、他のリソースが混在しない理想的なクラウド環境で実施している。学内に設置するエッジ型 CDN についても、学校ごとに異なる様々な要件を考慮したものではない。本番環境の構築においては、事前に実際の現場（学校）での実証が不可欠であると考える

3.3.4. その他補足すべき事項

3.1 及び 3.2 のいずれも、学校外部の通信回線速度の状況に強く依存せずに、対象となるデジタル教科書及び連携するデジタル教材の利用を円滑にするための配信基盤の仕組みとして実現可能である。一方で、配信基盤は学校外部回線から完全に切り離された状態で、デジタル教科書および連携するデジタル教材が利用可能になるものではない点にも留意が必要である。現時点におい

ては、デジタル教科書のトラフィックが学校全体のネットワークに占める割合は大きくないため、配信基盤の利用が学校全体のネットワーク速度や品質の大きな改善には繋がらないと考えられるが、今後デジタル教科書の科目数や利活用率の増加により、当該トラフィックが増大する可能性はある。デジタル教科書の円滑な利用のためには、配信基盤の導入は有効な手段の一つとして考慮できるが、学校外部回線の増強等が最も重要な方策であることは明確である。

第 4 章
自治体が共同利用する ID 統合管理/SSO 機能及びセキュリティ/データセンター機能の基盤の実証研究について

4.1.　実証の概要及び目的

本事業に掲げられた以下の項目に関し、調査研究を実施した。

図表 1 調査研究概要一覧（再掲）

No	調査種別	調査内容
事 3-1	自治体が共同利用するID統合管理/SSO 機能及びセキュリティ/データセンター機能の基盤の実証研究	教科書コンテンツのデジタル化
事 3-2		教科書紙面が掲載されたデジタル教材のクラウド配信
事 3-3		ＩＤ・ライセンス管理／ＳＳＯ（シングルサインオン）機能及びセキュリティ
事 3-4		学習履歴及び分析ツール
事 3-5		関係法令との関連
事 3-6		助言体制の構築
－	その他	他事業との連携

事 3-1～事 3-2 を通じ、小学校、中学校、高等学校合わせて 16 校に対して、現存する技術を効果的に活用した簡易な方法により作成した教科書紙面が掲載されたデジタル教材による実証研究を行った。

本実証で整備する基盤は教育データの利活用を見据えた設計をしつつ、簡易ビューアを中心にしたデジタル教材配信基盤システムにて、個別最適な学びと協働的な学びを実現する環境を実証した。

当該基盤は Web ブラウザで機能する汎用的・一般的な仕組みであり、搭載するコンテンツについても一般的な PDF で動作可能となる。

また、教育データの利活用による教育改善のためには、教科書データは最も重要なデータの 1 つであり、教材配信基盤システムの整備だけでなく、教育データの標準化や学習 e ポータルも絡めた全体の構想が重要となる。それを踏まえ、本事業を実施した。

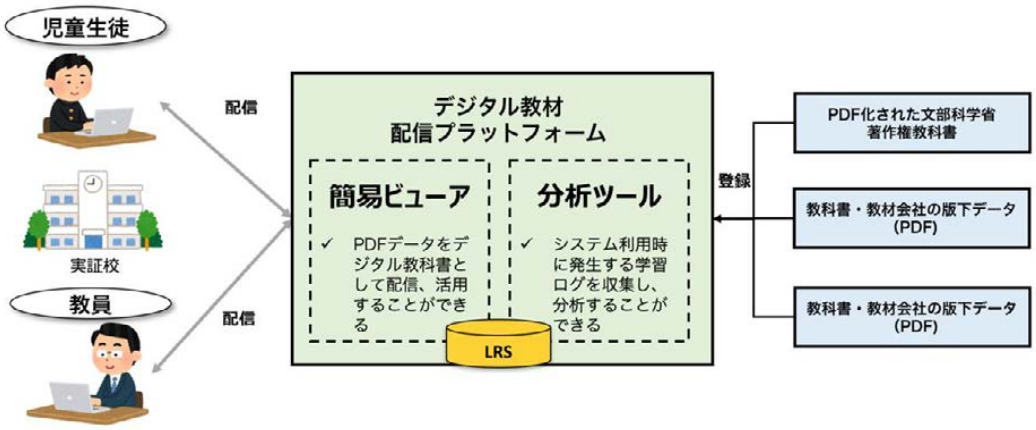
図表 109　実証の基盤要素

要素名	システム	概要
デジタル教材配信プラットフォーム	簡易ビューア(BookRoll) 分析ツール(ログパレ)	PDF データ等を教材として登録、配信することができるプラットフォーム。PDF データをデジタル教材として利用できることができる。児童生徒が記載したマーカーの履歴等のログの分析なども可能。本事業では主に文部科学省著作教科書の PDF 版や、教科書・教材会社の版下データを搭載し、教科書紙面が掲載されたデジタル教材として使用する。学習 e ポータルと連動するため、学習 e ポータルへのログインだけで利用可能となる。

学習 e ポータル	L-Gate OPE（Open Platform for Education）	本実証のポータルサイトとして機能する。SSO 機能により、一度学習 e ポータルにログインすれば新たなログインは不要。アカウントの管理運営もポータルサイト上で行うことができる。また、LTI[4]連携により、デジタル教科書のみならず、MEXCBT など様々な各種のアプリケーションと一元的に連携することができる。

本実証の核となるデジタル教材配信プラットフォームのイメージを以下に示す。

図表 110 デジタル教材配信プラットフォームのイメージ



当該デジタル教材配信プラットフォームを利用することで、プラットフォームに搭載された各種の PDF データを配信することが可能となる（具体的な機能は 4.1.2 にて後述）。プラットフォーム自体はブラウザ上で閲覧可能なため、特殊なビューアを必要としない一方、ブラウザ上の操作を各種の学習ログとして収集することも可能となる。

なお、本実証では、当該プラットフォームを中核に据えた仕組みを構築したが、既に流通している学習者用デジタル教科書や、各種のアプリケーションとの連携も将来的に必要となるところであり、本実証の仕様にも、「児童生徒が児童生徒端末に一度ログインすればセキュリティが確保された環境において複数社のデジタル教科書をすべて閲覧できること。また、学習 e ポータルと連携すること。」とされているところである。

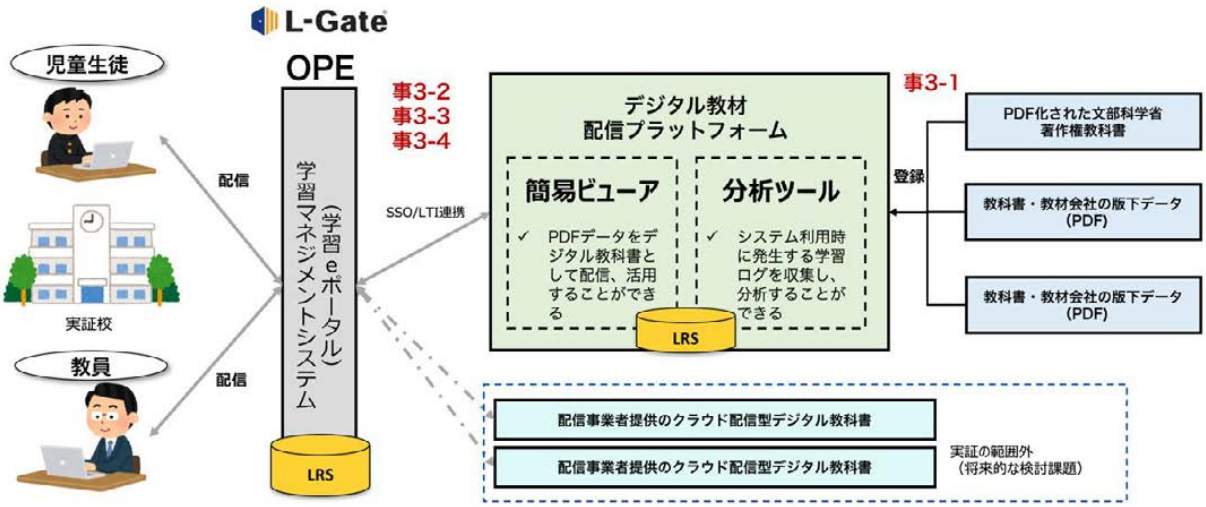
そのため、将来的な学習者用デジタル教科書間のデータ連携も視野に入れ、当該プラットフォームを中核としつつ、児童生徒や教員からのアクセスは学習 e ポータルを窓口とする基盤を構築することとした。

また、中央教育審議会初等中等教育分科会「個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実に向けた学校教育の在り方に関する特別部会（教科書・教材・ソフトウェアの在り方ワーキンググループ）」の「個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実に向けた教科書・教材・ソフトウェアの在り方について～審議経過報告～」（令和５年２月２０日）においても、「学習 e ポータル等の LMS（学習管理システム）の機能を通じた、デジタル教科書・デジタル教材・学習支援ソフト

[4] Learning Tools Interoperability の略。学習ツールの相互運用性に関する国際技術標準。各ツールに保存されるさまざまなデータを横断的に利活用することが可能となる。

ウェアの多様な連携の形が必要」であるという方向性が示されている。本事業では、学習 e ポータルを経由し、複数社のデジタル教科書ライセンスの登録・管理を容易に行えるようにするほか、デジタル教科書と関連するデジタル教材などの各種アプリケーションとの連携を円滑に行うことを踏まえ、どのような基盤を構築すべきかを検討した。

図表 111 実証全体のイメージ



本実証では、上記全体を実証環境として整備することを想定し、実施した。

学習 e ポータルを中心として、文部科学省著作権教科書や、教科書・教材会社が作成した教科書などの版下データ（PDF 形式等）及び、既存のデジタル教科書にアクセスできる環境を構築する。

また、これらの利用履歴を収集し、教員及び児童生徒にその集計分析結果をフィードバックする。

教科書発行者が作成した教科書などの版下データ（PDF 形式など）は、そのままでは標準的な機能（本文や図版の拡大・書き込み・ページめくりなど）を搭載していないため、テキスト付 PDF データを教科書紙面が掲載されたデジタル教材として利用するために何らかのビューアが必要となる。

一方で、既にそれらのビューアを搭載している学習者用デジタル教科書と使用上の整合性を図る必要がある。これについては、「デジタル教科書の今後の在り方などに関する検討会議（第一次報告）」でも、「現在デジタル教科書はそれぞれの教科書発行者が教科等の特性等に応じてビューアや配信システムを開発している状況であり、規格や機能が異なっている。今後、学校においてデジタル教科書を複数の教科等で使用するようになれば機能等が共通していることがより重要になると考えられ、異なるビューアを使用している場合であっても、児童生徒や教師が使用しやすい標準的な規格や機能等が備えられていることが求められる。」とされており、共通した機能や運用が必要とされているところである。

特に、1 人 1 台端末が普及し、児童生徒一人一人のアカウントが強く意識される現在の ICT 環境では、使用する教科書ごとにログインを行ったり、様々なシステムで収集した利用履歴をそれぞれ加工して活用するなどの運用は現実的ではなく、利用者にとってなるべく簡単、手軽にデジタル教科書を活用できる環境を提供する必要がある。

そのため、これらの整合性を図るべく、本実証では当該プラットフォームを中核とした配信基盤を構築し、教科書紙面が掲載されたデジタル教材の配信を行うこととした。

なお、本基盤は、再委託先事業者の IIJ が国内のデータセンターで運営するパブリッククラウドに搭載する。同社はプライバシーマークや ISMS 取得企業であり、当該クラウドサービスは「政府情報システムのためのセキュリティ評価制度（ISMAP）」にも登録されており、児童生徒の学習履歴データの保護など、セキュリティに配慮した基盤を構築することが可能となった。

（ｉ）デジタル教材配信プラットフォームについて

当該プラットフォームは、デジタル教材の配信・閲覧ツールで、授業で使用するデジタル教科書などのデジタル教材や資料を配信し、児童生徒が閲覧可能になるシステムである。

オンラインの環境があればいつでもどこでもパソコンやタブレット端末・スマートフォンの Web ブラウザから閲覧することができ、閲覧画面では、ブックマークやマーカー・メモ機能を利用し学習に活用することが可能で、それらの教材上の活動（閲覧・マーカー・メモなど）が分析ツールに記録される。

簡易ビューアのホーム画面を以下に示す。SSO により OS ログイン後学習 e ポータルログイン→簡易ビューアログインが自動的に連携されるため、利用者は意識せず簡易ビューアを利用することが可能である。赤枠の部分が簡易ビューアに搭載された教材の一覧で、PDF 化した教材データもこの領域に表示される。それぞれのタイトルを押下すると教科書紙面が掲載されたデジタル教材にアクセスすることができる。

簡易ビューアは、LTI1.1/1.3 による学習 e ポータルとの連携のほか、LDAP 認証、Shibboleth 認証、ローカル認証等の機能を有しているため、多様なシステムとの接続が可能となる。

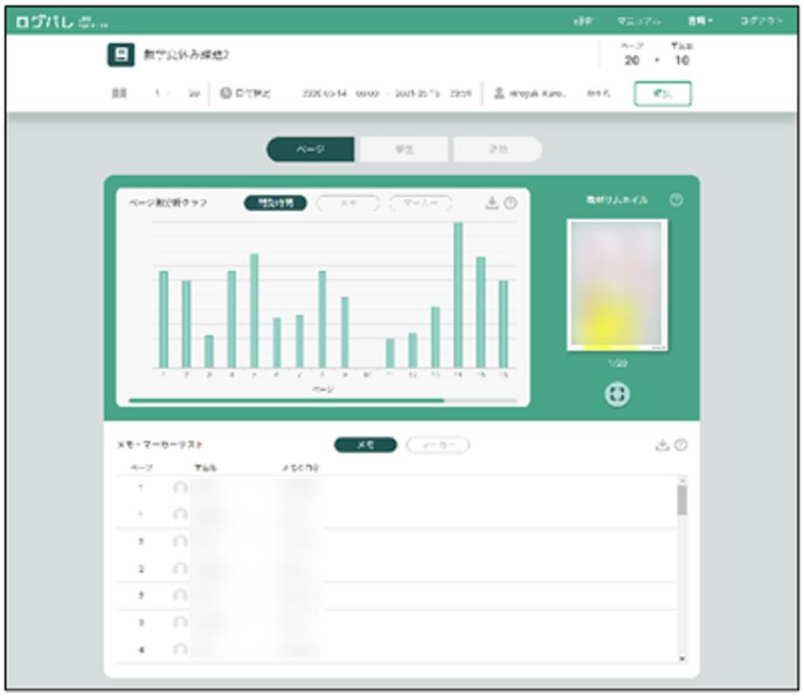
図表 112 簡易ビューアホーム画面

簡易ビューアは、PDF 化した教科書のビューアとして利用することができる。また、分析ツールは、児童生徒個人またはクラス全体の学習状況の把握に役立てたり、教員による授業の振り返りと次の授業設計に役立てたりすることができる。分析ツールが参照して集計分析する簡易ビューアの操作履歴（ログデータ）は、xAPI（Experienced API)形式で LRS[5](Learning Record

[5] Learning Record Store の略。児童生徒等の学習者の学習履歴等を格納するデータベース

Store)に蓄積される。

図表 113 分析ツールの分析イメージ



簡易ビューアと分析ツールは、以下に示すように、国内外で既に約 100 の学校に導入され、長年にわたり数多くの実績がある。また、簡易ビューアを用いて蓄積されたデータの解析技術については、ラーニングアナリティクスの学術分野で多くの論文が発表されている[6]。

図表 114 簡易ビューアの導入校（2022 年 5 月末時点）

初等中等教育機関	高等教育機関
京都市立西京中学(360 名)・高校(820 名)、京都市立七條第三小学校(80 名)、福岡市立西陵高校(100 名)、横須賀三浦学苑高校(100 名)、滋賀県立膳所高校(1192 名）、滋賀県立彦根東高校(948 名）、滋賀県立大津商業高校(948 名）、大阪府立高津高校（1080 名）大阪府早稲田摂陵中学高等学校	国内：京都大学、九州大学、東京大学、滋賀大学、熊本大学、神戸大学、長崎大学、芝浦工業大学、帝京大学 海外：台湾（23 大学)、インド(65 大学)、中国（2 大学)、トルコ（1 大学）

（ⅱ）学習 e ポータルについて

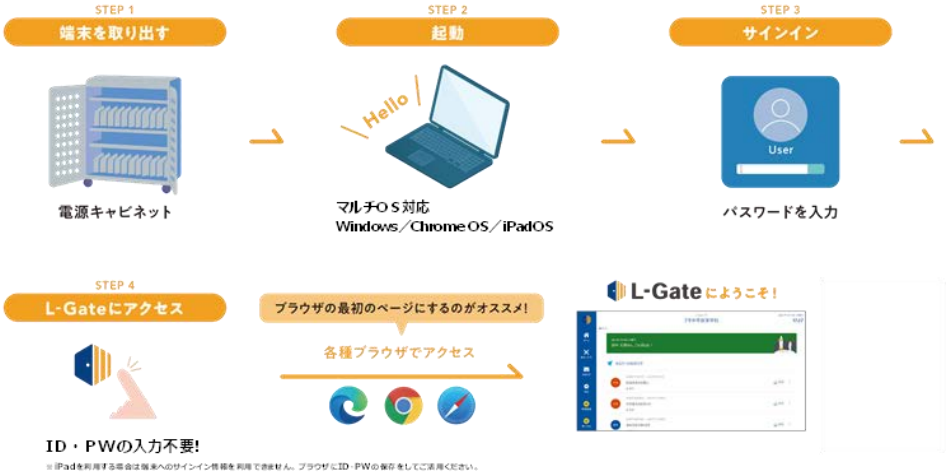
学習 e ポータルとは、学校や教員、児童生徒が教育のデータをよりよく活用するための学習管理システムで、文部科学省が定義した標準モデルに基づいている。学習者用デジタル教科書や学習ツールなどとシングルサインオンで連携する。GIGA スクール構想による 1 人 1 台端末の環境と高速ネットワークを活かし、ソフトウェア間の相互運用性を確立し、デジタル学習をサポートしている。

[6] https://www.let.media.kyoto-u.ac.jp/publications-2/

L-Gate

L-Gate とは、株式会社内田洋行が提供する 1 人 1 台・1 アカウントを使った日々の学びと運用・管理を支援する、学校向けポータルサイトである。Microsoft 365 及び Google Workspace for Education とのシングルサインオン（SSO）に対応しており、端末へのサインイン情報を利用するので、L-Gate 自体に個別にサインインする必要はない。

図表 115 L-Gate 起動イメージ



OPE (Open Platform for Education)

OPE とは、日本電気株式会社が提供する様々な学習コンテンツやツールをポータルからワンストップで活用でき、1 人 1 台管理・運用サポートも加えた教育プラットフォームである。OPE の認証基盤を使ったログインの他、Microsoft 365 及び Google Workspace for Education とのシングルサインオン（SSO）に対応しており、この場合、端末へのサインイン情報を利用するので、OPE 自体に個別にサインインする必要はない。

図表 116 OPE 特徴

なお、本事業はあくまで単年度事業であり、年度更新などは実証の範囲外だが、学校現場で円滑にデジタル教科書を運用する上で、年度更新などを含めたアカウント管理は避けて通れない課題となる。

令和 3 年 12 月に文部科学省から出された「GIGA スクール構想 年度更新タスクリスト7」においても、「複数のアカウントが存在することを見落とさずに、年度更新作業においてアカウント相互の順番が決まっているものがあることにも留意し、全体のスケジュールと作業手順を明確にしておくことが重要」とされているが、各種のデジタル教科書が別アカウントで機能している場合、それらの管理更新を行うことは現実的に不可能である状況も想定される。

学習 e ポータルを中心とした運用を図ることは、これらを簡易化、効率化するという意味でも極めて高い意義を有していると考えている。

（ⅲ）実証校選定の考え方と地域

本実証では、当該プラットフォームを中核に学習 e ポータルを構築した上に、新たに学習者用教科書紙面が掲載されたデジタル教材を使用することとなるため、実証校から見ると、複数の新たな仕組みを短期間で活用することとなる。

前述の通り、それらは一元的に連携するため、各システムを個別に導入する場合と比して格段にユーザビリティが高いものの、一方で、現場の教員や児童生徒に一定程度の負担が生じる懸念もある。

そのため、実証校に関しては、既に簡易ビューアの活用経験や、一人一台端末の積極的な活用がされている学校を中心に選定し、導入後は速やかに現場への研修会やヘルプデスクを設けるなど、ユーザの負担を必要最小限とした。具体的な実証校は 1.2.1 に記載している。

なお、簡易ビューア導入校については、既に 18 以上の教科書・教材会社の教材をテキスト付 PDF 化して運用している実績を有している。また、学校が通常使用しているブラウザで動作していることを確認している。

図表 117 これまでに簡易ビューアに搭載した教科書・教材会社の実績（一部抜粋）

日本教材出版学友社	光村図書出版株式会社	株式会社 Z 会ソリューションズ
株式会社いいずな書店	実教出版株式会社	株式会社ドリームブロッサム
株式会社育伸社	数研出版株式会社	かもがわ出版・特定非営利活動法人フトゥーロ
株式会社新興出版社啓林館	大日本図書株式会社	CNN English Express 朝日出版社
株式会社増進堂・受験研究社	東京書籍株式会社	Oxford University Press (OUP)
株式会社大修館書店		

事 3-1　教科書コンテンツのデジタル化

①　文部科学省著作教科書等及び教科書発行者が作成した教科書等の版下データ（PDF 形式等）を基にデジタル化を行う。
②　版下データのみでは備えられない機能の必要性について、実証において検証する。

[7] https://www.mext.go.jp/content/20211228-mxt_shuukyo01-000019684_001.pdf

③　上記のうち、教科書発行者が作成した教科書については、児童生徒に提供可能な過去の学年のデジタル教科書についても使用させ、その有用性を確認する。

①について

高等学校の農業、工業、水産、家庭及び看護の教科書の一部や特別支援学校用の教科書など、需要数が少なく民間による発行が期待できない教科書については、「文部科学省著作教科書」として、文部科学省が発行しているが、これらのデータをテキスト付 PDF 化し、簡易ビューアに搭載した。

また、学校教育法附則第 9 条第 1 項に基づく教科書[8]についても、文部科学省と相談の上、PDF 化して簡易ビューアに搭載した。加えて、教科書発行者が作成した教科書などの版下データ（PDF 形式等）についても搭載した。

当該データの搭載は、本事業の中で当法人が対応したが、将来的に教員が教材を簡易ビューアに搭載することも見据え、状況に応じて実証校の教員に搭載を依頼することも行った。

簡易ビューアの教材搭載画面は、操作に不慣れな教員でも直感的に操作することが可能で、対象の PDF を選択の上、簡易ビューア上にアップロードして搭載し表示させることができる。

②について

版下データは基本的には素の PDF（単純な OCR データ）である可能性が極めて高く、学習者用デジタル教科書の標準的な機能（本文や図版の拡大・書き込み・ページめくりなど）が付加的に実現できるよう、その機能を有している簡易ビューアを使用する。機能の詳細は 4.1.2.(2)にて後述する。

③について

教科書発行者が作成した教科書については、児童生徒に提供可能な過去の学年のデジタル教科書についても使用させ、その有用性を確認した。

「過去の学年のデジタル教科書」をどの範囲で設定するかについては、実証校や教育委員会などと綿密に調整を行い、その対象を決定した。

事 3-2　教科書紙面が掲載されたデジタル教材のクラウド配信

①　クラウド環境を用意して事 3-1 で準備した教科書紙面が掲載されたデジタル教材を配信する。 ②　配信された教科書紙面が掲載されたデジタル教材は、各 OS の標準ブラウザ（Microsoft Edge, Google Chrome, Apple Safari）で閲覧できることとする。 ③　教科書紙面が掲載されたデジタル教材を閲覧する際に、標準的な機能（本文や図版の拡大・書き込み・ページめくり等）を搭載していることとする。 ④　「（５）要件定義されたデジタル教科書・配信方法の開発、実証研究事業」にて、検討される新しい形のデジタル教科書との連携についての考えを示す。

[8] 高等学校、中等教育学校の後期課程、特別支援学校並びに特別支援学級において、適切な教科書がないなど特別な場合には、上記以外の図書の使用が許されることがある。

①について

当法人が準備する仕組みは、全てクラウド環境で機能し、教科書紙面が掲載されたデジタル教材を配信する。そのため、利用者の既存環境を大きく変えることなく利用することが可能である。

この簡便さは、様々な形式で提供されるデジタル教科書を取り扱う上で非常に大きなポイントだと考えている。

②について

簡易ビューアは、各 OS の標準ブラウザ（Microsoft Edge, Google Chrome, Apple Safari）で閲覧することが可能で、GIGA スクール構想において凡そ１／３ずつ整備された各 OS[9]に対応することが可能である。

③について

簡易ビューアは、本文や図版の拡大・書き込み・ページめくりといった基本機能に加え、ブックマークやマーカー機能、メモ機能、キーワード検索機能、しおり機能などを有している。

これらは、学習者用デジタル教科書の効果的な活用の在り方等に関するガイドライン（令和３年３月改訂／文部科学省）[10]に示された学習方法（詳細は 4.1.3.(3)にて後述）に対応可能で、試行錯誤したり、写真やイラストを細部まで見ることが出来たり、学習内容の習熟の程度に応じた学習を行ったりするなど、児童生徒一人一人の能力や特性に応じた活用が可能になる。

④について

事業を通じて得られた知見をもとに、「（５）要件定義されたデジタル教科書・配信方法の開発、実証研究事業」にて、検討される新しい形のデジタル教科書も踏まえつつ、その連携についての考え方について将来的な方向性を検討した。

事 3-3　ID・ライセンス管理／SSO（シングルサインオン）機能及びセキュリティ教科書コンテンツのデジタル化

①	ユーザ情報や学習履歴が一元管理でき、当該情報のセキュリティを担保できる基盤とする。
②	児童生徒が児童生徒端末に一度ログインすればセキュリティが確保された環境において複数社の教科書紙面が掲載されたデジタル教材をすべて閲覧できることとし、学習 e ポータルと連携することとする。
③	複数社のデジタル教科書ライセンスの登録・管理を容易に行えるようにするため、また将来デジタル教科書と関連するデジタル教材との連携を円滑に行うためにどのような基盤を構築すべきかを検討する。

[9] 文部科学省「端末利活用状況等の実態調査（令和３年７月末時点）（速報値）」より

[10] https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/139/houkoku/1412207_00001.htm

①について

ユーザ情報は学習 e ポータルにて一元的に管理され、それを使った SSO 連携により簡易ビューアや各種のアプリケーションに登録された教科書紙面が掲載されたデジタル教材やデジタル教科書に暗号化された経路で透過的にアクセスすることができる。それらの教科書紙面が掲載されたデジタル教材やデジタル教科書、各種のアプリケーションを利用した結果の利用履歴についても、やはり暗号化された経路で逐次 LRS に送信され集約される。

ユーザ情報・利用履歴は、簡易ビューアや学習 e ポータルが依拠するクラウド基盤上の様々なセキュアな仕組みによって厳重に管理される。外部からのアクセスについては全て暗号化され、LRS に送信されたデータも同様に暗号化されて分析ツールのデータベースに保存される。

また、それらのデータを不正アクセスから保護するため、特定のアクセスしか許可しないようネットワーク層とアプリケーション層それぞれにファイヤーウォールを設置し、厳重に管理する。

②について

前述の通り、L-Gate/OPE は Microsoft 365 や Google Workspace for Education の認証基盤とアカウントを使って SSO を行うことが可能である。また、学習 e ポータル標準モデルに準拠した LTI 連携による SSO を行うことで簡易ビューア等の各種のアプリケーションについても、利用者が新たにログイン操作することなく利用可能となる。

つまり、利用者は端末に一度ログインした後は、教科書紙面が掲載されたデジタル教材ごとに個別のログインは不要となり、セキュリティが確保された環境において、学習 e ポータル内で複数社の教科書紙面が掲載されたデジタル教材を全て閲覧できることとなる。

③について

「複数社の教科書紙面が掲載されたデジタル教材ライセンスの登録・管理を容易に行えるようにすること」及び、「将来デジタル教科書と関連するデジタル教材との連携を円滑に行うこと」は、様々な事業者がそれぞれで開発を進める現状に照らすと一足飛びに改善する課題ではないと理解している。

そのため、将来的にどのような基盤を構築すべきかの方向性を検討するため、本実証では主に以下の論点を重点的に検証した。

図表 118 将来の基盤構築に向けた論点

番号	論点	概要
1	アカウントの登録・運営	デジタル教科書事業者ごとに発行されるアカウントをどのように管理し、効率的な運用を図ることができるか。児童生徒マスタをどこにどのように持たせるか。
2	アカウントの更新	年度末、年度初めのアカウントの更新作業や、転入出におけるアカウントの増減をどのように管理するか。
3	ライセンスの管理	進級後に過去学年のデジタル教科書を使用することができるか。紙であれば容易だが、デジタル教科書の場合は過去学年に紐づけたライセンス管理テーブルが必要。
4	配信プラットフォーム間の連携	教科書・教材会社が指定するプラットフォームと学校が指定するプラットフォームが分かれたとしても、相互に利用できるようにするには

番号	論点	概要
		どのような仕組みが必要か。
5	デジタル教材との連携	デジタル教科書と関連するデジタル教材とどのような連携を図るか。例えば、合致する教科領域に関するデジタル教材へのリンクや、児童生徒の学習記録データとの連携等。
6	データの一次利用／二次利用に向けた整理	教育委員会、学校がデータを分析できるよう、どのような形で LRS を構築するべきか。また、データの二次利用については、どうするべきか。

事 3-4　学習履歴及び分析ツール

個人情報保護に留意した上で、児童生徒が教科書紙面が掲載されたデジタル教材を使用した履歴をクラウド環境に蓄積し、その履歴を分析ツールを用いて分析する。また、その履歴や分析結果を教職員や児童生徒に示すなど、効果的な利活用方法について検証することとする。

分析ツールを用いて、LRS に蓄積された学習履歴の分析を行った。分析ツールでは、児童生徒の学習活動をデータ化し、閲覧することができる。LRS 上の学習活動を分析することにより、授業設計や学習の改善につながる。

事 3-5　関係法令との関連

本事業を実施するうえで、関係する法令等との関連性を示すとともに、必要となる手続等を示すこと。また、自治体の条例が各々異なることは前提としながらも、自治体が本事業の環境を活用するうえで必要となる一般的な手続きや考え方について検討する。

本事業の実施にあたり関係する法規として、「個人情報保護」や、「著作権の管理」が想定されたため、その論点整理を行った。

事 3-6　助言体制の構築

本事業に対する助言・協力を得るために、研究開発機関等の専門的な知識を有する団体や専門的な知識を有する者等からなる助言の体制を構築することとする。

本事業を効果的、効率的に推進するため、株式会社内田洋行との協業体制を構築の上、研究開発機関等の専門的な知識を有する団体や有識者と体制を構築し、事業を推進した。

その他

（ｉ）各種事業との連携 について

本事業は、委託要項（６）「デジタル教科書の配信基盤の整備に関する総括事業」の総括の下で、連携・共有などを行う事業であるため、事業の実施に当たっては連携などを図ることとした。

加えて、事業の実施にあたっては、「デジタル教科書の今後の在り方等に関する検討会議（第一次報告）」等、公募要領に示された報告書などを踏まえることとした。

（ⅱ）実証校への支援、利用者の負担軽減について

円滑な事業推進を図るため、利用者向けのマニュアルや専用の支援サイトを設定。

本実証の円滑な実施にあたっては、現場の教員や児童生徒がスムーズに本システム全体を理解、操作できることが必要となる。そのため、利用者が無理なく本システムを利用できるよう、支援サイトを構築し、各実証校専用の担当を設置することにより、学校からの問合せに対して迅速かつ適切に対応した。支援内容について以下に示す。

図表 119 支援内容

番号	概要	支援内容	実施内容
1	本実証の概要	本実証の趣旨や内容等、事業概要について説明する。	実証校の教員に対して実証校担当から説明を実施
2	簡易ビューア／分析ツール利用方法	簡易ビューア／分析ツール利用方法について説明する。	実証校の教員に対して開発担当から説明を実施
3	よくある質問	お問合せの多い質問については、カテゴリー別に整理のうえ、運営支援サイトに掲載する。 ・使い方がよくわからない。 ・教科書紙面が掲載されたデジタル教材が閲覧できない。 ・インターネットにアクセスできない　など。	支援サイト[11]によくある質問を掲載し、実証校へ案内を実施
4	利用マニュアル	各種のマニュアルを掲載する。閲覧やダウンロードが可能である。アップデート等によりマニュアルの記載内容に変更が生じた場合は速やかに改定される。	支援サイトに利用マニュアルを掲載し、実証校へ案内を実施
5	問い合わせ	利用や運用に関する問合せをメールで受付する。	実証校担当にて実証校からの質問に対して回答を実施
6	アンケート	アンケート（事 3-1 及び事 3-2 で実施）の回答を行うことができるフォームを設ける。	Microsoft Form を利用し、各校向けのアンケートを作成及び教員・生徒にアンケートを実施した。

[11] https://eds.let.media.kyoto-u.ac.jp/previous/?page_id=1065

4.1.1. 実証校の概要

本実証における実証校として以下の 16 校を設定した。実証校の概要は以下のとおりである。

【東京学芸大学附属竹早小学校】

項目			情報
基礎情報	住所		東京都文京区小石川 4-2-1
	使用している指導者用デジタル端末	機種	HP
		OS	Windows11 Pro Education
		スペック	CPU：Intel Corei5 メモリ：8MB ストレージ：256GB
		端末操作方法	指
		Web ブラウザ	Microsoft Edge / Google Chrome
	使用している学習者用デジタル端末	機種	Dynabook
		OS	Windows10 Pro Education
		スペック	CPU：Intel® Celeron® Processor N4020 メモリ：4MB ストレージ：64GB
		端末操作方法	画面上で指操作 / タッチバッドでの指操作
		Web ブラウザ	Microsoft Edge / Google Chrome
	ネットワーク（同時利用可能最大人数）		学校出口の通信速度 10Gbps
	端末の持ち帰りの有無		有　3 年生以上
	簡易ビューア以外のデジタル教科書の導入（有 / 無） ＊マークの教科書は、本事業で実践する教科と同じ		【学習者用・英語】 学校図書　みらいスクール
実践教科	国語	クラス（人数）	5 年 2 組（35 名）
		教科書	光村図書出版「国語五」
		授業数	9
	英語	クラス（人数）	3 年 2 組（35 名）
		教科書	文部科学省「Let's Try!1」
		授業数	3
	社会	クラス（人数）	6 年（35 名）
		教科書	日本文教出版「小学社会 6 年」
		授業数	3

【仙台白百合学園小学校】

項目			情報
基礎情報	住所		仙台市泉区紫山 1-2-1
	使用している指導者用デジタル端末	機種	iPad / Surface7
		OS	iPadOS / Windows10
		スペック	教員用 iPad は児童用と同種
			Surface7 CPU：i5 メモリ：8GB ストレージ：256GB
		端末操作方法	キーボード、マウス、手、Surface ペン
		Web ブラウザ	Google Chrome / Microsoft Edge
	使用している学習者用デジタル端末	機種	iPad
		OS	iPadOS
		スペック	ストレージ：32GB 液晶：10.2 型 Wifi モデル 型番：MW752J/A
		端末操作方法	指、（キーボード、ペン=家庭にて自由購入）
		Web ブラウザ	Apple Safari
	ネットワーク（同時利用可能最大人数）		学校出口の通信速度 100Mbps
	端末の持ち帰りの有無		有
	簡易ビューア以外のデジタル教科書の導入（有 / 無） ＊マークの教科書は、本事業で実践する教科と同じ		【指導者用・社会】 ・日本文教出版　まなビューア 【学習者用・英語】 ・啓林館　超教科書
実践教科	国語	クラス（人数）	3 年
		教科書	東京書籍 「新しい国語三下」
		授業数	4
	算数	クラス（人数）	6 年
		教科書	教育出版「算数 6」
		授業数	9

【富谷市立富ケ丘小学校】

項目			情報
基礎情報	住所		宮城県富谷市富ケ丘 1-17-37
	使用している指導者用デジタル端末	機種	iPad
		OS	iPadOS
		スペック	ストレージ：64GB
		端末操作方法	Wi-Fi モデルはキーボード Cellular モデルはペン
		Web ブラウザ	Apple Safari
	使用している学習者用デジタル端末	機種	iPad
		OS	iPadOS
		スペック	ストレージ：64GB
		端末操作方法	指
		Web ブラウザ	Apple Safari
	ネットワーク（同時利用可能最大人数）		80 人、1 学年全員で接続しても問題ない。
	端末の持ち帰りの有無		有
	簡易ビューア以外のデジタル教科書の導入（有 / 無） ＊マークの教科書は、本事業で実践する教科と同じ		【指導者用・算数】 東京書籍　Lentrance* 【指導者用・英語】 東京書籍　Lentrance 【指導者用・国語】 東京書籍　Lentrance* 【指導者用・書写】 東京書籍　Lentrance
実践教科	国語	クラス（人数）	4 年 1 組（40 名） / 4 年 2 組（40 名）
		教科書	東京書籍「新しい国語四下」
		授業数	24
	算数	クラス（人数）	4 年 1 組（40 名） / 4 年 2 組（40 名）
		教科書	東京書籍「新しい算数 4 下 考えると見方が広がる！」
		授業数	4
	音楽	クラス（人数）	4 年 1 組（40 名） / 4 年 2 組（40 名）
		教科書	教育芸術社「小学生の音楽 4」
		授業数	12

【姫路市立東小学校】

項目			情報
基礎情報	住所		兵庫県姫路市市之郷町 2-34
	使用している指導者用デジタル端末	機種	DELL Lattitude3380
		OS	Windows10
		スペック	CPU：Core i3-6006U メモリ：4GB ストレージ：128GB SSD
		端末操作方法	マウス
		Web ブラウザ	Google Chrome / Microsoft Edge
	使用している学習者用デジタル端末	機種	DELL Chromebook 3100 2in1
		OS	Chrome OS
		スペック	CPU：Intel® Celeron® Processor N4020 メモリ：4G ストレージ：32GB eMMC
		端末操作方法	指
		Web ブラウザ	Google Chrome
	ネットワーク（同時利用可能最大人数）		学校出口の通信速度 300Mbps 地域イントラネット経由
	端末の持ち帰りの有無		無
	簡易ビューア以外のデジタル教科書の導入（有 / 無） ＊マークの教科書は、本事業で実践する教科と同じ		【指導者用・英語】 光村図書出版　まなビューア EduMall 【指導者用・道徳】 日本文教出版　まなビューア EduMall 【指導者用・家庭】 開隆堂　まなビューア　EduMall 【学習者用・英語】 光村図書出版　まなビューア 【学習者用・音楽】 教育芸術社　まなビューア*
実践教科	音楽	クラス（人数）	5 年（53 名） / 6 年（52 名）
		教科書	教育芸術社「小学校の音楽 5 」「小学校の音楽 6 」
		授業数	2

【姫路市立安室中学校】

項目			情報
基礎情報	住所		兵庫県姫路市田寺東 2-6-1
	使用している指導者用デジタル端末	機種	DELL Lattitude3380
		OS	Windows10
		スペック	CPU：Core i3-6006U メモリ：4GB ストレージ：128GB SSD
		端末操作方法	マウス
		Web ブラウザ	Microsoft Edge / Google Chrome
	使用している学習者用デジタル端末	機種	DELL Chromebook 3100 2in1
		OS	Chrome OS
		スペック	CPU：Intel® Celeron® Processor N4020 メモリ：4G ストレージ：32GB eMMC
		端末操作方法	指
		Web ブラウザ	Google Chrome
	ネットワーク（同時利用可能最大人数）		学校出口の通信速度 300Mbps 地域イントラネット経由
	端末の持ち帰りの有無		無
	簡易ビューア以外のデジタル教科書の導入（有 / 無） ＊マークの教科書は、本事業で実践する教科と同じ		【指導者用・国語】 東京書籍　指導書ビューア 【指導者用・英語】 東京書籍　指導書ビューア 【指導者用・社会】 帝国書院　超教科書　EduMall 【指導者用・音楽】 教育芸術社　まなビューア EduMall* 【指導者用・道徳】 日本文教出版　まなビューア EduMall 【学習者用・英語】 東京書籍　Lentrance 【学習者用・音楽】 教育芸術社　まなビューア EduMall* 【学習者用・技術/家庭科】

			教育図書　みらいスクール EduMall*
実践教科	音楽	クラス（人数）	中１（241 名） / 中３（244 名）
		教科書	教育芸術社「中学校の音楽１」「中学校の音楽２・３下」
		授業数	4
	技術	クラス（人数）	中１（241 名） / 中２（240 名）
		教科書	教育図書「技術分野教科書」
		授業数	2

【宮城教育大学附属中学校】

項目			情報
基礎情報	住所		宮城県仙台市青葉区上杉 6-4-1
	使用している指導者用デジタル端末	機種	Windows
		OS	Windows10 Pro 64bit
		スペック	CPU：Core i5-8265U メモリ：8GB
		端末操作方法	教員用端末にタッチ機能はナシ
		Web ブラウザ	Google Chrome
	使用している学習者用デジタル端末	機種	Windows
		OS	Windows10 Pro 64bit
		スペック	CPU ：Core i5-8265U メモリ：8GB
		端末操作方法	ペン操作は殆ど行っていない（タッチ操作は基本指で、タッチペンは学校側では整備していない。学年に数名，自前でペンを持っている生徒がいる。）
		Web ブラウザ	Google Chrome
	ネットワーク（同時利用可能最大人数）		ローカル BO、SINET6 直結 中学校が GW を持っており、小学校は中学校経由でアクセスする。出口の容量が大きいため、今のところトラフィックの不安はない
	端末の持ち帰りの有無		無
	簡易ビューア以外のデジタル教科書の導入（有 / 無） ＊マークの教科書は、本事業で実践する教科と同じ		【学習者用・英語】 東京書籍　Lentrance* 【学習者用・技術】 開隆堂　まなビューア
実践教科	技術	クラス（人数）	中 2（74 名）
		教科書	開隆堂「技術分野」
		授業数	10

【京都市立西京高等学校附属中学校】

項目			情報
基礎情報	住所		京都市中京区西ノ京東中合町 1
	使用している指導者用デジタル端末	機種	Surface go, go2, go3
		OS	Windows10, 11
		スペック	-
		端末操作方法	（ペン）タッチパッド、指
		Web ブラウザ	Google Chrome
	使用している学習者用デジタル端末	機種	Surface go, go2, go3
		OS	Windows10, 11
		スペック	-
		端末操作方法	ペン、タッチパッド、指
		Web ブラウザ	Google Chrome
	ネットワーク（同時利用可能最大人数）		良い
	端末の持ち帰りの有無		有
	簡易ビューア以外のデジタル教科書の導入（有 / 無） ＊マークの教科書は、本事業で実践する教科と同じ		【学習者用・英語】 東京書籍　Lentrance* 【学習者用・歴史】 帝国書院　超教科書クラウド 【学習者用・公民】 光村図書出版　まなビューア
実践教科	国語	クラス（人数）	中 1（120 名）／中 2（118 名）
		教科書	光村図書出版「国語 1」「国語 2」
		授業数	18
	数学	クラス（人数）	中 1（120 名） / 中 2（118 名）
		教科書	－
		教材	数研出版「STEP 演習中学数学 1」「STEP 演習中学数学 2」
		授業数	授業では利用せず、家庭学習等で利用
	英語	クラス（人数）	中 1（120 名） / 中 2（118 名）
		教科書	—
		教材	学友社「サクセスコーチ中学 1 年」「サクセスコーチ中学 2 年」 日本英語検定協会「過去の英語検定試験問題」 ドリームブロッサム「ebook」 オックスフォード大学出版局「74 冊の book」

		授業数	授業では利用せず、家庭学習等で利用
	理科	クラス（人数）	中 1（120 名） / 中 3（118 名）
		教科書	大日本図書「理科の世界 1」「理科の世界 3」
		授業数	27
	社会	クラス（人数）	中 1（120 名） / 中 2（118 名）
		教科書	帝国書院「中学生の地理」「中学生の歴史」 日本文教出版「中学校の社会　公民的分野」
		授業数	54

【滋賀県立彦根東高等学校】

項目			情報
基礎情報	住所		滋賀県彦根市金亀町 4-7
	使用している指導者用デジタル端末	機種	HP ProBook x360 11 65 EE
		OS	Windows11 Pro Education 64bit
		スペック	CPU：Intel® Celeron® Processor N4020 メモリ：4GB ストレージ：64GB
		端末操作方法	キーボード / 指 / タッチパッド
		Web ブラウザ	Google Chrome / Microsoft Edge
	使用している学習者用デジタル端末	機種	1 年：Microsoft Surface Go 3 2 年：Microsoft Surface Go 2
		OS	1 年：Windows11 Pro 64bit 2 年：Windows10 Pro 64bit
		スペック	1 年：Pentium Gold 6500Y メモリ：8GB ストレージ：128GB 2 年：Pentium Gold 4425Y メモリ：8GB ストレージ：128GB
		端末操作方法	ペン / キーボード / 指 / タッチパッド
		Web ブラウザ	Google Chrome / Microsoft Edge
	ネットワーク（同時利用可能最大人数）		1 クラス 40 人（通信状況が悪い時もある）
	端末の持ち帰りの有無		有
	簡易ビューア以外のデジタル教科書の導入（有 / 無） ＊マークの教科書は、本事業で実践する教科と同じ		無
実践教科	現代文	クラス（人数）	高 2（314 名）
		教科書	教育出版「精選現代文 B」
		授業数	30
	公共	クラス（人数）	高 1（322 名）
		教科書	実教出版「詳述公共」
		授業数	7

【滋賀県立膳所高等学校】

項目			情報
基礎情報	住所		滋賀県大津市膳所 2-11-1
	使用している指導者用デジタル端末	機種	-
		OS	Windows11
		スペック	-
		端末操作方法	ペン有り
		Web ブラウザ	Microsoft Edge / Google Chrome
	使用している学習者用デジタル端末	機種	Surface5
		OS	Windows11
		スペック	-
		端末操作方法	ペン有り
		Web ブラウザ	Microsoft Edge / Google Chrome
	ネットワーク（同時利用可能最大人数）		-
	端末の持ち帰りの有無		有
	簡易ビューア以外のデジタル教科書の導入（有 / 無） ＊マークの教科書は、本事業で実践する教科と同じ		【学習者用・数学】 数研出版　エスビューア
実践教科	実践なし		

【滋賀県立大津商業高等学校】

項目			情報
基礎情報	住所		滋賀県大津市御陵町 2-1
	使用している指導者用デジタル端末	機種	Acer
		OS	Windows11
		スペック	CPU：Intel® Celeron® Processor N4020 メモリ：4GB
		端末操作方法	タッチペン
		Web ブラウザ	Google Chrome / Microsoft Edge
	使用している学習者用デジタル端末	機種	HP
		OS	Windows11
		スペック	CPU：Intel® Celeron® Processor N4020 メモリ：4GB
		端末操作方法	タッチペン
		Web ブラウザ	Google Chrome / Microsoft Edge
	ネットワーク（同時利用可能最大人数）		悪い。簡易ビューア動作中に頻繁にエラーが発生する。端末スペック、ネットワーク等複合的な要因が考えられる。
	端末の持ち帰りの有無		有
	簡易ビューア以外のデジタル教科書の導入（有 / 無） ＊マークの教科書は、本事業で実践する教科と同じ		無
実践教科	簿記	クラス（人数）	高 1（360 名）
		教科書	実教出版「商業 708　高校簿記」
		教材	実教出版「反復式　学習と検定簿記問題集　全商 2 級」「最新段階式　簿記検定問題集　全商 3 級」
		授業数	7

【早稲田摂陵高等学校】

項目			情報
基礎情報	住所		大阪府茨木市宿久庄 7-20-1
	使用している指導者用デジタル端末	機種	iPad 第 8 世代 Wi-Fi モデル
		OS	iPadOS
		スペック	32GB
		端末操作方法	指
		Web ブラウザ	Apple Safari / Google Chrome
	使用している学習者用デジタル端末	機種	<高 1> iPad 第 9 世代 Wi-Fi, Cellular モデル <その他の生徒> iPad 第 8 世代 Wi-Fi, Cellular モデル
		OS	iPadOS
		スペック	<高 1 > ストレージ：64GB <その他の生徒> ストレージ：32GB
		端末操作方法	ペン / キーボード / 指 （生徒によって異なる）
		Web ブラウザ	Apple Safari / Google Chrome
	ネットワーク（同時利用可能最大人数）		教員：Wi-Fi 同時利用可能最大数約 500 生徒：LTE 月 7GB まで 4G 回線
	端末の持ち帰りの有無		有
	簡易ビューア以外のデジタル教科書の導入（有 / 無） ＊マークの教科書は、本事業で実践する教科と同じ		無
実践教科	数学	クラス（人数）	1 年 W 組（22 名）
		教科書	数研出版「数 I /712」「数 II /709」
		教材	数研出版「4STEP I+A」「4STEP II +B」
		授業数	2
	英語	クラス（人数）	1 年 2 組（31 名） / 1 年 W 組（22 名）
		教科書	-
		教材	数研出版「Blue Marble English

			Communication，ナビゲーションノート」
		授業数	2
	地理	クラス（人数）	1年1組（19名）/1年2組（31名）/1年3組（32名）/1年4組（33名）/1年5組（33名）/1年6組（38名）/1年7組（37名）/1年8組（37名）
		教科書	実教出版「地理総合」
		授業数	26
	情報	クラス（人数）	1年1組（19名）/1年6組（38名）/1年7組（37名）/1年8組（37名）
		教科書	日本文教出版「情報1」
		授業数	32

【京都市立西京高等学校】

項目			情報
基礎情報	住所		京都市中京区西ノ京東中合町 1
	使用している指導者用デジタル端末	機種	Surface go, go2, go3
		OS	Windows10, 11
		スペック	<Suface go> CPU: Intel® Pentium® Gold 4415Y メモリ：4GB ストレージ：64GB <Surface go2> CPU: Intel® Pentium® Gold 4425Y メモリ：4GB ストレージ：64GB <Surface go3> CPU: Intel® Pentium® Gold 6500Y メモリ：8GB ストレージ：128GB
		端末操作方法	タッチパッド / 指
		Web ブラウザ	Google Chrome
	使用している学習者用デジタル端末	機種	surface go, go2, go3（端末個人購入）
		OS	Windows10, 11
		スペック	<Suface go> CPU: Intel® Pentium® Gold 4415Y メモリ：4GB ストレージ：64GB <Surface go2> CPU: Intel® Pentium® Gold 4425Y メモリ：4GB ストレージ：64GB <Surface go3> CPU: Intel® Pentium® Gold 6500Y メモリ：8GB

			ストレージ：128GB
		端末操作方法	ペン / タッチパッド / 指
		Web ブラウザ	Google Chrome
	ネットワーク（同時利用可能最大人数）		良い
	端末の持ち帰りの有無		有
	簡易ビューア以外のデジタル教科書の導入（有 / 無） ＊マークの教科書は、本事業で実践する教科と同じ		【指導者用・生物】 数件出版　エスビューア
	数学	クラス（人数）	高 1 （265 名） / 高 2 （271 名）
		教科書	数研出版「数学Ⅰ712」「数学 A712」「改訂版数学Ⅱ327」「改訂版数学 B325」
		教材	数研出版「新課程版サクシード数Ⅰ」「新課程版サクシード数 A」「改訂版サクシード数Ⅱ」「改訂版サクシード数 B」
		授業数	8

【京都市立常磐野小学校】

項目			情報
基礎情報	住所		京都市右京区太秦京ノ道町 20-5
	使用している指導者用デジタル端末	機種	Arrows Tab Q7311 / FE
		OS	Windows10 Pro
		スペック	CPU：Corei5 ストレージ：128GB メモリ：8GB
		端末操作方法	キーボード
		Web ブラウザ	Microsoft Edge
	使用している学習者用デジタル端末	機種	Dynabook / Lenovo Ideapad D330 / iPad
		OS	Windows 10 Education / iPadOS
		スペック	メモリ：4GB
		端末操作方法	マウス、キーボード
		Web ブラウザ	Microsoft Edge / Google Chrome
	ネットワーク（同時利用可能最大人数）		1AP につき 100 人
	端末の持ち帰りの有無		有
	簡易ビューア以外のデジタル教科書の導入（有 / 無） ＊マークの教科書は、本事業で実践する教科と同じ		【学習者用・英語】 文部科学省
実践教科	英語	クラス（人数）	小 3（95 名）
		教科書	文部科学省「Let’s Try!」
		授業数	14
	星本	クラス（人数）	特別支援級（8 名）
		教科書	文部科学省「さんすう☆☆☆」「さんすう☆☆（１）」「さんすう☆☆（２）」
		授業数	4

【京都市立柊野小学校】

項目			情報
基礎情報	住所		京都市北区上賀茂女夫岩町 21
	使用している指導者用デジタル端末	機種	iPad
		OS	iPadOS
		スペック	ストレージ：32GB
		端末操作方法	指
		Web ブラウザ	Safari
	使用している学習者用デジタル端末	機種	iPad
		OS	iPadOS
		スペック	-
		端末操作方法	指
		Web ブラウザ	Google Chrome
	ネットワーク（同時利用可能最大人数）		30
	端末の持ち帰りの有無		-
	簡易ビューア以外のデジタル教科書の導入（有 / 無） ＊マークの教科書は、本事業で実践する教科と同じ		【学習者用・国語/英語】 光村図書出版　まなビューア 【学習者用・道徳】 日本文教出版　まなビューア 【学習者用・書写】 教育出版　みらいスクールプラットフォーム
実践教科	星本	クラス（人数）	特別支援級（1 名）
		教科書	文部科学省「こくご☆☆」「さんすう☆☆」
		授業数	0

【川崎市立川崎総合科学高等学校】

項目			情報
基礎情報	住所		神奈川県川崎市幸区小向仲野町 5-1
	使用している指導者用デジタル端末	機種	iPad
		OS	iPadOS
		スペック	第 9 世代
		端末操作方法	指（キーボード付き）
		Web ブラウザ	Apple Safari
	使用している学習者用デジタル端末	機種	BYOD
		OS	生徒により異なる
		スペック	生徒により異なる
		端末操作方法	生徒により異なる
		Web ブラウザ	生徒により異なる
	ネットワーク（同時利用可能最大人数）		100 名程度
	端末の持ち帰りの有無		有
	簡易ビューア以外のデジタル教科書の導入（有 / 無） ＊マークの教科書は、本事業で実践する教科と同じ		無
実践教科	工業	クラス（人数）	高 1（39 名）
		教科書	文科省著作「デザイン実践」
		授業数	5

【福岡市立博多工業高等学校】

項目			情報
基礎情報	住所		福岡市城南区東油山 4-20-1
	使用している指導者用デジタル端末	機種	Arrows Q5010 / DE
		OS	Windows
		スペック	CPU：Intel® Celeron® Processor N4020 メモリ：4GB
		端末操作方法	マウス / ペン
		Web ブラウザ	Google Chrome
	使用している学習者用デジタル端末	機種	Apple iPad 64G
		OS	iPadOS
		スペック	第 7 世代
		端末操作方法	指の操作が中心（外付け KB は特に使用していない）
		Web ブラウザ	Apple Safari
	ネットワーク（同時利用可能最大人数）		増強を行ったため、特に帯域の懸念なし
	端末の持ち帰りの有無		有
	簡易ビューア以外のデジタル教科書の導入（有 / 無） ＊マークの教科書は、本事業で実践する教科と同じ		無 ※実教出版の指導書用 CD を活用
実践教科	工業	クラス（人数）	高 2（38 名） / 高 3（38 名）
		教科書	文科省著作「デザイン技術」「インテリア装備」「インテリア計画」「インテリアエレメント生産」
		授業数	15

4.1.2. 教科書コンテンツのデジタル化

① 文部科学省著作教科書等及び教科書発行者が作成した教科書等の版下データ（PDF 形式等）を基にデジタル化を行う。 ② 版下データのみでは備えられない機能の必要性について、実証において検証する。 ③ 上記のうち、教科書発行者が作成した教科書については、児童生徒に提供可能な過去の学年のデジタル教科書についても使用させ、その有用性を確認する。

上記に対し、検証結果を本項にて「(1)版下データを基にした教科書コンテンツのデジタル化」「(2)本実証における教科書紙面が掲載されたデジタル教材の配信・閲覧について」「(3)他ビューア等との機能比較」「(4)機能に関する各種調査結果」「(5)教科書紙面が掲載されたデジタル教材の有用性／必要性に関する考察」の 5 点に分けて記載する。

(1) 版下データを基にした教科書コンテンツのデジタル化

【本実証におけるデジタル化の手順について】

今回は実証事業であるため、教科書協会、教科書著作権協会及び教科書・教材会社との協議の上、以下手順にて教科書コンテンツのデジタル化を実施した。

1. 実証校より利用を希望する科目・教科書一覧・範囲を受領
2. 一般社団法人教科書著作権協会を通して、1 の教科書の利用許諾願を各教科書・教材会社様へ依頼
3. 各教科書・教材会社様より、本実証で利用可能な教科書範囲の著作権者の連絡先一覧を、一般社団法人教科書著作権協会を通して受領
4. 3 で受領した著作権者の連絡先一覧を元に、本事業に対しての利用許諾を個別で依頼
5. 利用許諾が取れた範囲の教科書 PDF データを各教科書・教材会社様より、一般社団法人教科書著作権協会を通して受領

   一部、利用許諾が取れない著作物がある教科書は、教科書・教材会社へ利用許諾が取れない著作物の表示をマスク処理しても良いかを確認の上、受領した PDF データにマスク処理を実施

【教科書コンテンツのデジタル化における課題について】

教科書コンテンツのデジタル化と著作権についての課題は、4.1.6.(2)にて後述する。

【デジタル化した教科書や教材の一覧】

<教科書>

教科書・教材会社	教科	教科書名	実証校
開隆堂	技術	技術分野	宮城教育大学附属中学校
教育芸術社	音楽	小学校の音楽 5	姫路市立東小学校
		小学校の音楽 6	
		中学校の音楽 1	姫路市立安室中学校
		中学校の音楽 2 ・ 3	
教育出版	現代文	精選現代文 B	滋賀県立彦根東高等学校

	算数	算数６	仙台白百合学園小学校
教育図書	技術	技術分野教科書	姫路市立安室中学校
実教出版	地理	地理総合	早稲田摂陵高等学校
	公共	詳述公共	滋賀県立彦根東高等学校
	簿記	商業 708 高校簿記	滋賀県立大津商業高等学校
数研出版	数学	数学Ⅰ／712	早稲田摂陵高等学校 京都市立西京高等学校
		数学Ⅱ／709	早稲田摂陵高等学校
		数学 A／327	京都市立西京高等学校
		数学 B／325	
大日本図書	理科	理科の世界１	京都市立西京高等学校附属中学校
		理科の世界３	
帝国書院	社会	中学生の地理	京都市立西京高等学校附属中学校
		中学生の歴史	
東京書籍	国語	新しい国語三下	仙台白百合学園小学校
		新しい国語四下	富谷市立富ケ丘小学校
	算数	新しい算数４下	
日本文教出版	社会	中学校の社会　公民的分野	京都市立西京高等学校附属中学校
	情報	情報１	早稲田摂陵高等学校
光村図書出版	国語	国語五	東京学芸大学附属竹早小学校
		国語１	京都市立西京高等学校附属中学校
		国語２	
文部科学省著作教科書及び小学校外国語活動教材	英語	Let’s Try!1	東京学芸大学附属竹早小学校 京都市立常磐野小学校
	算数	さんすう☆☆☆	京都市立常磐野小学校
		さんすう☆☆（１）	京都市立常磐野小学校 京都市立柊野小学校
		さんすう☆☆（２）	京都市立常磐野小学校 京都市立柊野小学校
	国語	こくご☆☆	京都市立柊野小学校
	工業	デザイン実践	川崎市立川崎総合科学高等学校
		デザイン技術	福岡市立博多工業高等学校
		インテリア装備	
		インテリア計画	
		インテリアエレメント生産	

＜教材＞

教科書・教材会社	教科	教材名	実証校
学友社	英語	サクセスコーチ中学１年	京都市立西京高等学校附属中学校
		サクセスコーチ中学２年	
実教出版	簿記	反復式　学習と検定　簿記問題集　全商２級	滋賀県立大津商業高等学校
		最新段階式　簿記検定問題集　全商３級	
数研出版	数学	STEP 演習　中学数学１	京都市立西京高等学校附属中学校
		STEP 演習　中学数学２	
		4STEP　Ⅰ＋A	早稲田摂陵高等学校
		4STEP　Ⅱ＋B	
		新課程版サクシード数Ⅰ	京都市立西京高等学校
		新課程版サクシード数 A	
		改訂版サクシード数Ⅱ	
		改訂版サクシード数 B	
日本語検定協会	英語	過去の英語検定試験問題	京都市立西京高等学校附属中学校
オックスフォード大学出版局	英語	74 冊の book	京都市立西京高等学校附属中学校
ドリームブロッサム	英語	ebook	京都市立西京高等学校附属中学校

(2) 本実証における教科書紙面が掲載されたデジタル教材の配信・閲覧について

本実証では、版下データの配信及び閲覧に簡易ビューアを利用する。簡易ビューアの配信及び閲覧機能について以下詳細を示す。

【簡易ビューアの配信機能について】

簡易ビューアの教材搭載画面は、以下のとおりである。本画面にて、教科書を登録することで児童生徒や教員へ教科書の配信が可能となる。操作に不慣れな教員でも直感的に操作することが可能で、対象の PDF を選択の上、簡易ビューア上に表示させることができる。

図表 120 教材登録機能

【簡易ビューアの閲覧機能について】

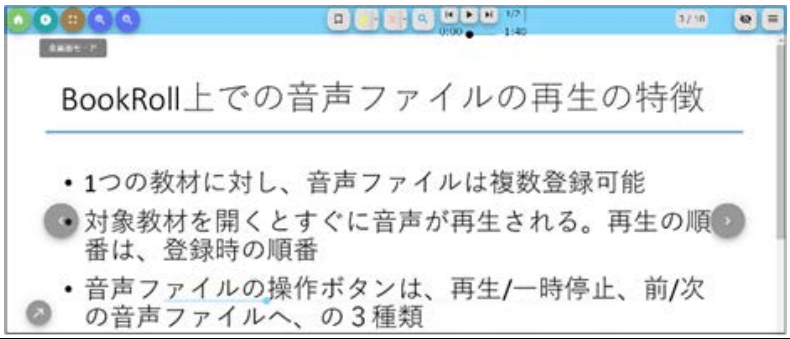
ビューアとしての機能を以下に示す。

図表 121 簡易ビューアの閲覧機能

番号	アイコン	概要
1	ホームアイコン	ホーム画面（教材選択画面）に戻る。
2	リコメンド・クイズ	リコメンドやクイズを出力する。
3	全画面表示切替	教材の表示方法を全画面モードに切り替える。
4	拡大	画面を拡大する。
5	縮小	画面を縮小する。
6	ブックマーク・マーカー・メモ・キーワード検索	教材にしおりをつける。ページ内にマーカーを引いて印をつける。メモを貼り付ける。教材内をキーワード検索する。
7	現在のページ／全ページ数	現在のページを表示する。
8	操作ボタンの表示切替	操作ボタンを切り替え表示する。
9	メニューボタン	メニューを表示する。
10	前後ページへ移動	ページ送りを行う。
11	ブックマーク	ブックマークを付けることができる。
12	ページ移動とスライダー	スライダーで画面を遷移させる。

また、それ以外の機能として、以下の機能を有する。なお、簡易ビューアは、上記の各ボタンの操作履歴並びに、以下の機能の操作履歴を全てサーバー上の LRS に xAPI 形式で保存する。

図表 122 簡易ビューアの各種機能

番号	アイコン	概要
1	キーワード検索機能	ヘッダの教材検索ボックスに検索ワードを入力して教材を検索することができる。
2	音声再生機能	教材ごとに音声ファイルを添付することができる。添付された音声ファイルは音声再生アイコンから再生することができる。音声の添付は教材の登録時に行う。 
3	クイズ作成機能	教材のページごとに関連するクイズ（選択式／記述式）を設けることができる。

4	手書きメモ機能	教材の好きな場所に手書きのメモを作成することができる。メモのみでも活用できるほか、教科書紙面が掲載されたデジタル教材の任意の場所に直接メモをすることもできる。
5	リコメンド機能	教材に関連する URL を児童生徒に推薦（リコメンド）することができる。追加した各リコメンドは児童生徒にはリンクとして表示される。

(3) 他ビューア等との機能比較

【あるべき機能との比較】

「デジタル教科書の今後の在り方などに関する検討会議（第一次報告）」の記載を元に、同会議で「デジタル教科書に共通して求められる機能」と簡易ビューアの各種機能を比較する。

デジタル教科書に共通して求められる機能	簡易ビューア機能
ピンチイン・ピンチアウトによる拡大・縮小表示機能	○有り ただし、ボタンによる拡大・縮小表示のみ対応しており、ピンチイン・ピンチアウトは未対応となる
図やグラフや挿絵のポップアップ等	×無し
ペンやマーカー、付箋機能等による、フリーハンド又はキー操作による簡易な書き込み・消去	○有り
書き込んだ内容の保存・表示	○有り
機械音声の読み上げや、読み上げ速度の調整、読み上げている箇所のハイライト表示	×無し
リフロー画面への切り替えによるレイアウトの変更	×無し
背景色・文字色の変更・反転、明るさ等の調整	×無し
文字のサイズ・フォント・行間の変更	×無し
ルビ振り	○有り

	ルビの表示/非表示設定はできないが、PDF データにルビが入っている場合は表示可能である
目次機能、ページ数の入力による指定ページへの移動、スワイプ等のデバイスを使った任意のページめくり方法の設定	● 目次機能：×無し ● ページ数の入力による指定ページへの移動：○有り ● スワイプ等のデバイスを使った任意のページめくり方法の設定：×無し

【現状のデジタル教科書ビューアとの比較】

令和 3 年度「学習者用デジタル教科書のクラウド配信に関するフィージビリティ検証事業成果報告書（その 1）[12]」（127 頁以降）の記載を元に、7 社の各社ビューアの対応状況と、簡易ビューアの対応状況を比較する。

➢ 7 社の各社ビューア一覧

ビューア名	配信事業者名
Lentrance Reader	株式会社 Lentrance
まなビューア	光村図書出版株式会社
みらいスクールプラットフォーム	富士ソフト株式会社
超教科書	BPS 株式会社
ことまな	株式会社三省堂
ひまわりポケット	株式会社光文書院
エスビューア	数研出版株式会社

➢ 対応状況比較表

区分	機能	機能（詳細）	対応ビューア	簡易ビューアの機能
基本機能	ページ移動	1 ページごとに移動	7 社/7 社	○有り
		複数ページの移動	7 社/7 社	○有り
		目次からの移動	7 社/7 社	×無し
	書き込み（ペン）	-	7 社/7 社	○有り
	書き込み(マーカー)	-	7 社/7 社	○有り
	書き込み（線分）	-	7 社/7 社	○有り
	スタンプ	-	7 社/7 社	○有り
	書き込み消去	任意の箇所を消す	7 社/7 社	○有り
		選択・一括で消す	7 社/7 社 ※複数の書き込みを選択して消す機能は各社ない	○有り ※複数の書き込みを選択して消す機能はないが、一括で消す機能有り
		ひとつ前に戻る	4 社/7 社	○有り
	付箋機能	-	5 社/7 社 文字入力：5 社 手書き認識：1 社	○有り ※文字入力及び手書き認識機能有り
	画面分割機能	-	1 社/7 社	×無し
	検索機能	-	2 社/7 社	○有り
	リンク追加	-	5 社/7 社	○有り

[12] 令和 3 年度「学習者用デジタル教科書のクラウド配信に関するフィージビリティ検証」成果報告書（その 1）（https://www.mext.go.jp/content/20220510-mxt_kyokasyo02-000022288_05-1.pdf）

	しおり・ブックマーク	-	3社/7社	○有り
	画像貼り付け	-	2社/7社	×無し
	保存	-	7社/7社 自動のみ:2社 手動のみ:1社 自動・手動両方:4社	○有り 自動のみ
操作設定機能	固定レイアウト画面・リフロー画面の変更	-	7社/7社	×無し
	ルビ	-	7社/7社	○有り ルビの表示/非表示設定はできないが、PDF データにルビが入っている場合は表示可能
	分かち書き	-	3社/7社	×無し
	文字のフォント・大きさの変更	-	7社/7社	×無し
	色の反転・配色設定	-	7社/7社	×無し
	背景色の変更	-	7社/7社	×無し
	明るさ・コントラストの調整	-	2社/7社	×無し
	拡大・縮小	-	6社/7社	○有り ボタンによる拡大縮小機能有り
	音声読み上げ	-	7社/7社	×無し ただし、音声データの登録及びビューアでの音声データ再生が可能である
その他	ボタンの大きさ	ブラウザのウインドウサイズを変更した際に、メニューバーのボタンの大きさが変わる	4社/7社	×無し
		ブラウザの表示倍率を変更した際に、メニューバーのボタンの大きさが変わる	3社/7社	○有り
	シングルサインオン	-	5社/7社	○有り
	ログイン ID・ユーザ ID・パスワード	-	6社/7社	○有り
	アカウント登録（CSV 一括）_CSV 項目	-	4社/7社	○有り
	アカウント登録（CSV 一括）_CSV 項目以外 -	-	4社/7社	○有り
	アカウント登録（個別）	-	4社/7社	○有り

	ライセンス紐づけ	-	7 社/7 社	○有り

(4) 機能に関する各種調査結果

本調査にあたり検証観点並びに対象者を以下と整理し、アンケート及びヒアリングによる調査を行った。

【検証観点・対象者】

No	検証観点	検証観点（詳細）	アンケート対象者	ヒアリング対象者
1	教科書紙面が掲載されたデジタル教材の実用性	現状のビューアとの比較	教員 / 児童生徒	教員 / 児童生徒
2		紙の教科書との比較	教員	教員 / 児童生徒
3		授業運営	教員 / 児童生徒	教員
4		操作	児童生徒	児童生徒
5	あるべき機能との比較		-	教員
6	ナビメニューとの比較		-	教員

【アンケート設問一覧】

＜教員＞

項目	区分	設問概要	設問	回答形式
1	基本項目	学校名	学校名を教えてください。	自由記述
2		対象学年	対象学年を教えてください。	自由記述
3		活用した教科	簡易ビューアを活用した教科を教えてください。	自由記述
4		情報端末の利用頻度（PC、タブレットなど）	週にどれくらい情報端末（PC、タブレットなど）を利用していますか。	単一選択（ほぼ毎日／ときどき／ほとんど使わない／全く使わない）
5		簡易ビューアの利用頻度	週にどれくらい、簡易ビューアを利用していますか。	単一選択（ほぼ毎日／ときどき／ほとんど使わない／全く使わない）
6	現状のビューアとの比較	拡大･縮小機能（ページを大きくしたり、小さくしたりする）	現在ご利用の学習者用デジタル教科書と比べ、拡大・縮小機能（ページを大きくしたり、小さくしたりする）を用いて教育や学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
7		ページ移動機能（次ページ、前ページに移動する）	現在ご利用の学習者用デジタル教科書と比べ、ページ移動機能（次ページ、前ページに移動する）を用いて教育や学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
8		ページジャンプ機能（閲覧したいページに移動する）	現在ご利用の学習者用デジタル教科書と比べ、ページジャンプ機能（閲覧したいページに移動する）を用いて教育や学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）

9		書き込み機能（ペンやマーカーで内容を記入する）	現在ご利用の学習者用デジタル教科書と比べ、書き込み機能（ペンやマーカーで内容を記入する）を用いて教育や学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
10		消去機能（書いた内容を消す）	現在ご利用の学習者用デジタル教科書と比べ、消去機能（書いた内容を消す）を用いて教育や学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
11		メモ（ふせん機能）（任意の場所にメモを貼り付ける）	現在ご利用の学習者用デジタル教科書と比べ、メモ（ふせん機能）（任意の場所にメモを貼り付ける）を用いて教育や学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
12		検索機能（本文やキーワードを探す）	現在ご利用の学習者用デジタル教科書と比べ、検索機能（本文やキーワードを探す）を用いて教育や学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
13		ブックマーク機能（見たいページにブックマークを付ける）	現在ご利用の学習者用デジタル教科書と比べ、ブックマーク機能（見たいページにブックマークを付ける）を用いて教育や学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
14	紙の教科書と同等の実用性について	ページ移動機能（閲覧したいページに移動する）	紙の教科書と比べ、ページ移動機能（閲覧したいページに移動する）を用いて教育や学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
15		書き込み機能（ペンやマーカーで内容を記入する）	紙の教科書と比べ、書き込み機能（ペンやマーカーで内容を記入する）を用いて教育や学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
16		検索機能（本文やキーワードを探す）	紙の教科書と比べ、検索機能（本文やキーワードを探す）を用いて教育や学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
17		メモ（ふせん機能）（任意の場所にメモを貼り付ける）	紙の教科書と比べ、メモ（ふせん機能）（任意の場所にメモを貼り付ける）を用いて教育や学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
18	-	指示のしやすさか	学習に必要なページや文章の指示をしやすかったと思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
19		必要だと思われる機能や、課題	実際に使用してみて、必要だと思われる機能や、課題について教えてください。特に紙との比較や、学習者用デジタル教科書と比較の観点から教えてください。	自由記述

20	授業運営について	授業運営にとって役立つか	簡易ビューアは自身の授業運営にとって役立つと思いますか。	単一選択 （思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
21		操作は簡単か	簡易ビューアの操作は簡単だと思いますか。	単一選択 （思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
22		児童生徒は教科書を見ることができるか	児童生徒は簡易ビューアの画面を立ち上げて、教科書を見ることができていたと思いますか。	単一選択 （思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
23		授業を行いやすいか	簡易ビューアを用いて授業を行いやすかったと思いますか。	単一選択 （思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
24		児童生徒の理解度は高まったか	簡易ビューア使用前と比べ、児童生徒の理解度が高まったと思いますか。	単一選択 （思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
25		教員の負担感が軽減したか	簡易ビューア使用前と比べ、教員の負担感が軽減したと思いますか。	単一選択 （思う／やや思う／あまり思わない／思わない）

＜児童生徒＞

項目	区分	設問概要	設問	回答形式
1	基本項目	学校名	学校名を教えてください。	自由記述
2		学年	対象学年を教えてください。	自由記述
3		クラス	クラスを選択してください。	自由記述
4		出席番号	出席番号を選択してください。	自由記述
5		情報端末の利用頻度（PC、タブレットなど）	週にどれくらい情報端末（PC、タブレットなど）を利用していますか。	単一選択（ほぼ毎日／ときどき／ほとんど使わない／全く使わない）
6		簡易ビューアの利用頻度	週にどれくらい、今回のシンプルな仕組み（簡易ビューア）を利用していますか。	
7	学習者用デジタル教科書と同等の実用性について	拡大・縮小機能（ページを大きくしたり、小さくしたりする）	ページを大きくしたり、小さくしたりして、学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
8		ページ移動機能（次ページ、前ページに移動する）	次ページ、前ページに移動して、学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
9		ページジャンプ機能（閲覧したいページに移動する）	見たいページに移動して、学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
10		書き込み機能（ペンやマーカーで内容を記入する）	ペンやマーカーで内容を記入して、学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
11		消去機能（書いた内容を消す）	書いた内容を消して、学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
12		メモ（ふせん機能）（任意の場所にメモを貼り付ける）	任意の場所にメモを貼り付けて、学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
13		検索機能（本文やキーワードを探す）	本文やキーワードを探して、学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
14		ブックマーク機能（見たいページにブックマークを付ける）	見たいページにブックマークを付けて、学習を十分に行うことができると思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）

15		指示されたページ・文章の見つけやすさ	先生が指示したページや文章を見つけやすかったと思いますか。	単一選択 （思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
16		紙やデジタル教科書と比較した際の観点について	紙やデジタル教科書と比べて、あったらいいなと思う点について教えてください。 また、使用に当たって困った点があれば教えてください。	自由記述
17		シンプルな仕組みで十分学習できるか	今回利用したようなシンプルな仕組み（簡易ビューア）でも十分学習できると思いましたか。	単一選択 （思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
18	操作について	適切な速度で表示されたか	操作時は適切な速度で表示されたと思いますか。	単一選択 （思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
19		操作に困ることはあったか	操作に困ることがあったと思いますか。 ある場合、その操作は具体的に何ですか。	単一選択 （思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
20			【「思う」と回答した方】 操作に困ることがあったと思いますか。 ある場合、その操作は具体的に何ですか。	自由記述
21		操作の際に画面が固まったか	操作の際に画面が固まることはありましたか。	単一選択 （当てはまる／少し当てはまる／あまり当てはまらない／当てはまらない）
22		教科書を見るのは簡単だったか	簡易ビューアの画面を立ち上げて、教科書を見るのは簡単だったと思いますか。	単一選択 （思う／やや思う／あまり思わない／思わない）

【アンケート結果】

＜教員＞

回答者数：教員 42 名

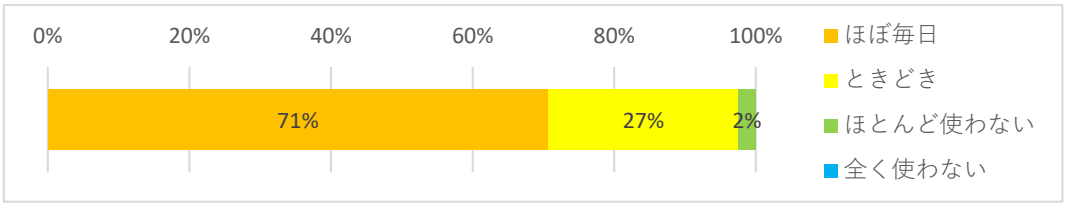
1. 情報端末の利用頻度（PC、タブレット等）

✓ 教員の約 7 割が「ほぼ毎日」情報端末を利用している。（図表 123）

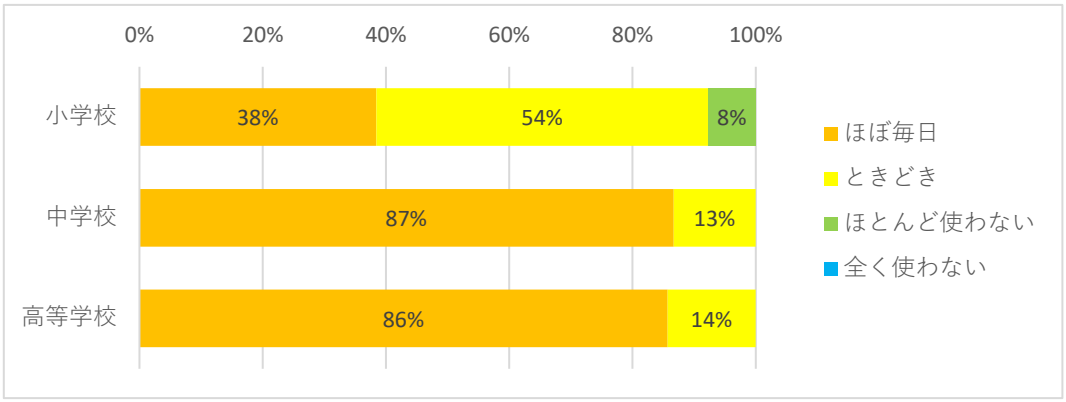
✓ 中学校と高等学校ではほぼ同様に利用しており、比較すると小学校の情報端末の利用頻度は低い。（図表 124）

✓ デジタル教科書の利用「有」群では「ほぼ毎日」が約 7 割弱、「無」群では「ほぼ毎日」が約 9 割弱であった。（図表 125）

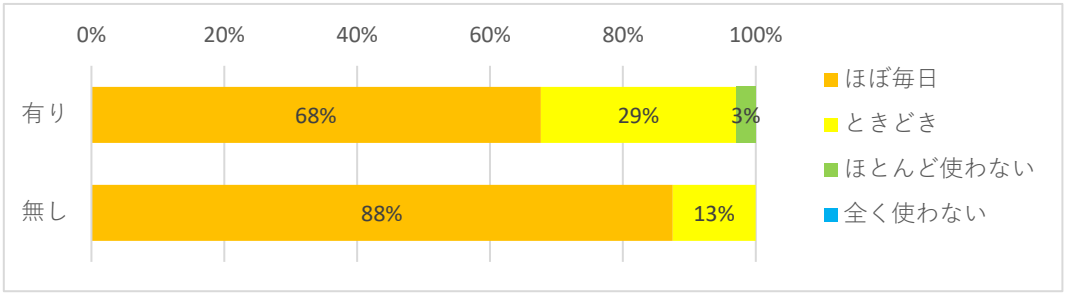
図表 123 情報端末の利用頻度



図表 124 情報端末の利用頻度(学校種別)



図表 125 情報端末の利用頻度(デジタル教科書の利用経験有無)

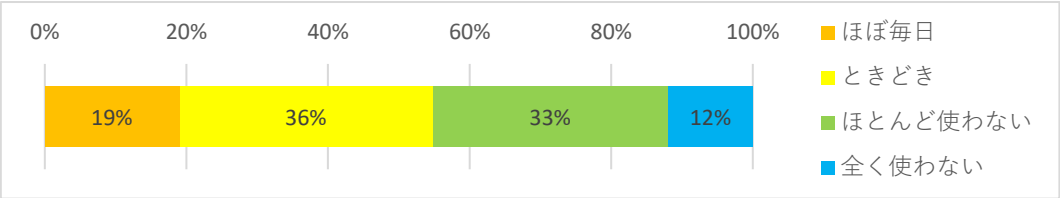


2. 簡易ビューアの利用頻度

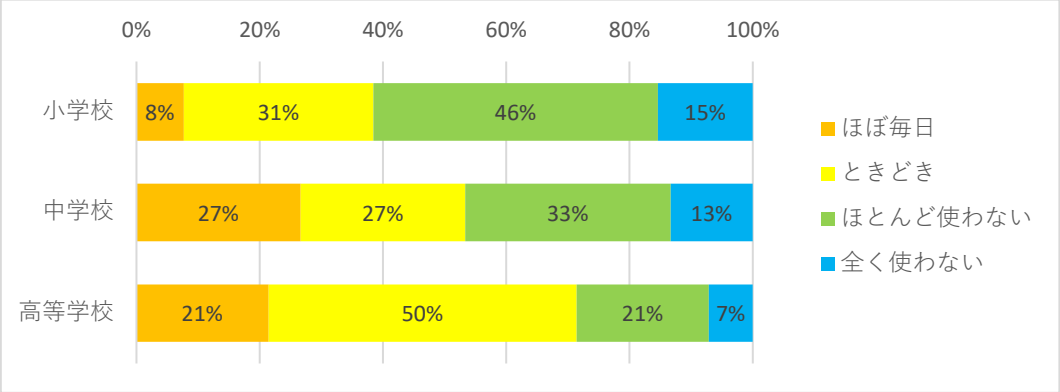
✓ 教員の約 2 割弱が「ほぼ毎日」簡易ビューアを利用している。（図表 126）

✓ 中学校、高等学校、小学校の順に、簡易ビューアの利用頻度が高い。（図表 127）

図表 126 簡易ビューアの利用頻度



図表 127 簡易ビューアの利用頻度(学校種別)

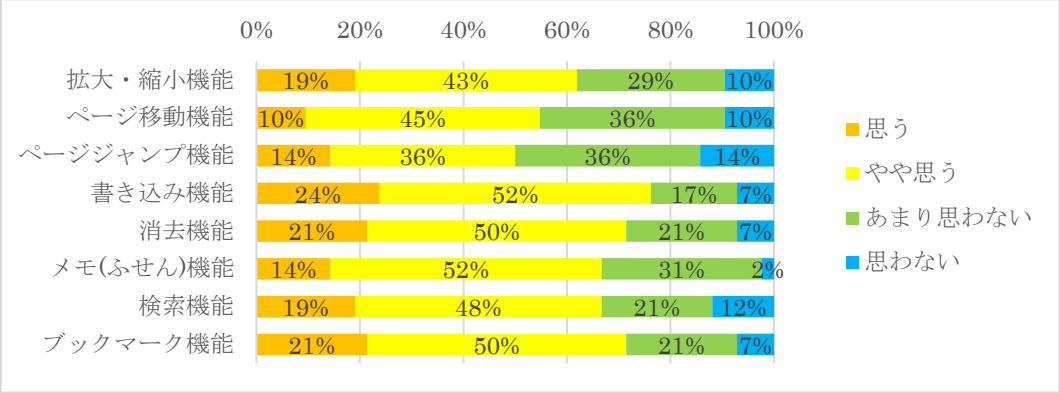


3. 学習者用デジタル教科書と比較した際の有用性

✓ 「現在ご利用の学習者用デジタル教科書と比べ、●●機能を用いて教育や学習を十分に行うことができると思いますか。」について、全ての機能において「思う」「やや思う」の割合が 5 割以上（ポジティブ）として回答された。(図表 128)

- 拡大・縮小機能（ページを大きくしたり、小さくしたりする）
- ページ移動機能（次ページ、前ページに移動する）
- ページジャンプ機能（閲覧したいページに移動する）
- 書き込み機能（ペンやマーカーで内容を記入する）
- 消去機能（書いた内容を消す）
- メモ（ふせん機能）(任意の場所にメモを貼り付ける）
- 検索機能（本文やキーワードを探す）
- ブックマーク機能（見たいページにブックマークを付ける）

図表 128 学習者用デジタル教科書と比較した際の有用性(機能別)



4. 紙の教科書と比較した際の有用性

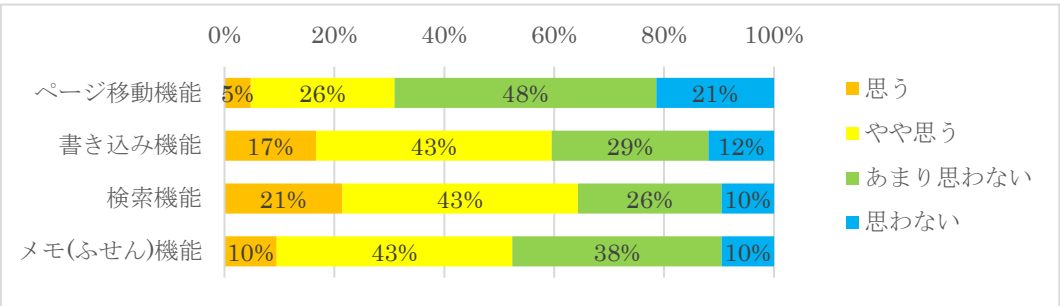
✓ 「思う」「やや思う」の割合が 5 割以上（ポジティブ）（図表 129）

- 書き込み機能（ペンやマーカーで内容を記入する）
- 検索機能（本文やキーワードを探す）
- メモ（ふせん機能）（任意の場所にメモを貼り付ける）

✓ 「思う」「やや思う」の割合が 5 割未満（ネガティブ）（図表 129）

- ページ移動機能（閲覧したいページに移動する）

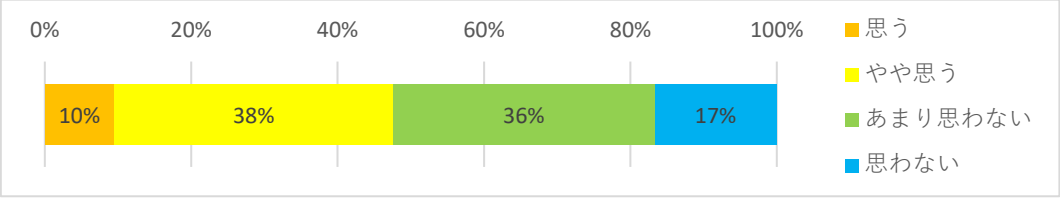
図表 129 紙の教科書と比較した際の有用性(機能別)



5. 各教科書と比較した際の有用性

✓ 「簡易ビューアでは、学習に必要なページや文章の指示をしやすかったと思いますか。」について、教員の約 5 割弱が「思う」「やや思う」と回答した。（図表 130）

図表 130 簡易ビューアの指示のしやすさ



✓ 特に、紙や学習者用デジタル教科書と比較の観点について、
実際に使用して必要だと思われる機能や、課題については主な回答は以下の通り。（図表131）

図表 131 簡易ビューアに必要だと思われる機能・課題

	主な回答
紙の教科書との比較 と読み取れる回答	＜必須だと思われる機能＞ ・マーカーなどは紙では書き直しができないため、デジタルで扱える方がメリットがあって良いと思います。 ・全文検索ができることには期待があります。例えば、教科書は同じ用語が複数の場所に異なった使い方で出てくることがあります。ある特定の用語について、「これは前に出てきたことがある気がする」といった場合にすぐに探すことができれば、よりよい学習につながると思います。 ・学習ログが蓄積されること、生徒の学習状況が教員の手元に集約されることは、かなり便利な機能だと感じたので、操作性が改善されることを希望する。 ＜課題＞ ・ システムの都合上仕方ないのかもしれませんが、紙の教科書は見開きページで作られています。半ページずつの PDF は閲覧しづらく、進めたくないのに次のページに進んでしまうという問題点もありました。 ・ 必要なページへの移動については、今のままだと生徒に指示しづらいと感じています。教科書のページと簡易ビューアでのページが異なり、間違いが起きたり、時間が掛かったりすることがありました。その点が改善できればさらに使いやすくなると感じます。 ・紙だと自分の見たいページにすぐ飛べる（手で好きな枚数を一気にめくれる）し、目線だけで（拡大縮小せずに）見たい場所にフォーカスを当てることができる。デジタルでも、できるだけ紙と同程度またはそれ以上の使いやすさが欲しい。特に拡大・縮小はサッとできてほしいし、画面の左とかに目次が常に出ている状態だとさらに目的のページに飛びやすいと思う。
学習者用デジタル 教科書との比較 と読み取れる回答	＜必須だと思われる機能＞ ・生徒は紙と変わりがないが、教員は分析ツールを使って、生徒のつまずきがよくわかり、授業に活かせられる。

	・読み上げ機能は、多様なバックグラウンドをもつ子供たちが使用することを考えると必須と考える。 ＜課題＞ ・拡大縮小の際、生徒たちは指またはマウスパッドを使用して、画面を広げたり、縮めたりしますが、その操作では画質が粗いまま拡大されてしまいます。「＋」「－」ボタンをつかうと画質は変わらないと声をかけていますが、慣れないので、指のスクロールやタッチパッドの操作でも画質が変わらないようになれば良いなと思いました。 ・メモ機能は画面に直接内容が反映されるとありがたい。

6.　授業運営への有用度

✓　「思う」「やや思う」の割合が 5 割以上（ポジティブ）（図表 132）

・ 簡易ビューアは自身の授業運営にとって役立つと思いますか。

・ 簡易ビューアの操作は簡単だと思いますか。

・ 児童生徒は簡易ビューアの画面を立ち上げて、教科書を見ることができていたと思いますか。

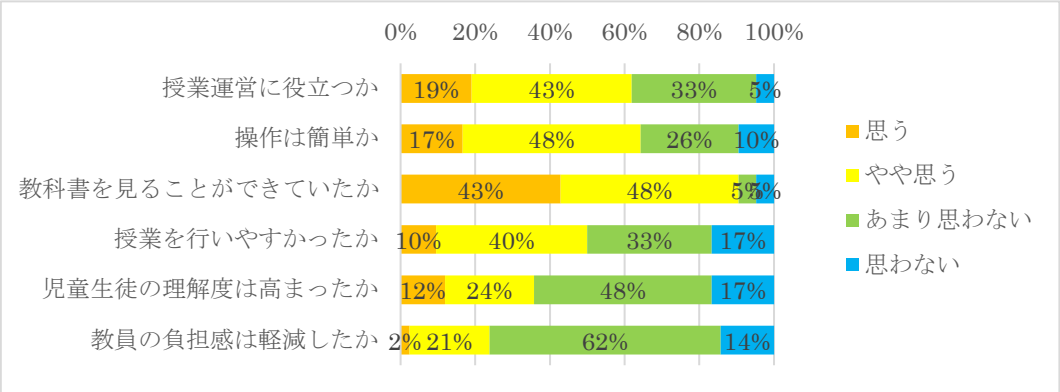
・簡易ビューアを用いて授業を行いやすかったと思いますか。

✓　「思う」「やや思う」の割合が 5 割未満（ネガティブ）（図表 132）

・ 簡易ビューア使用前と比べ、児童生徒の理解度が高まったと思いますか。

・ 簡易ビューア使用前と比べ、教員の負担感が軽減したと思いますか。

図表 132 授業運営への有用度(機能別)



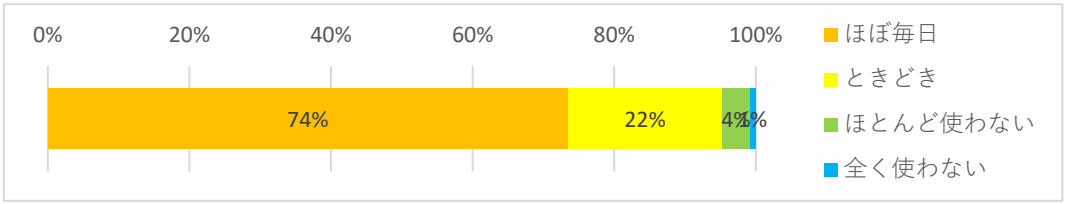
＜児童生徒＞

回答者数：
児童：349 名
生徒：1,324 名

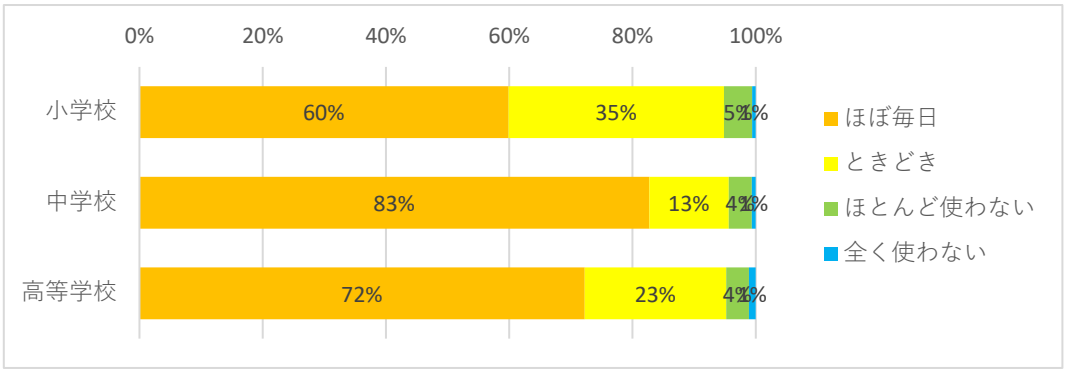
1. 情報端末の利用頻度（PC、タブレット等）

✓ 児童生徒の約 7 割強が「ほぼ毎日」情報端末を利用している。（図表 133）
✓ 中学校、高等学校、小学校の順に、情報端末の利用頻度が高い。（図表 134）

図表 133 情報端末の利用頻度



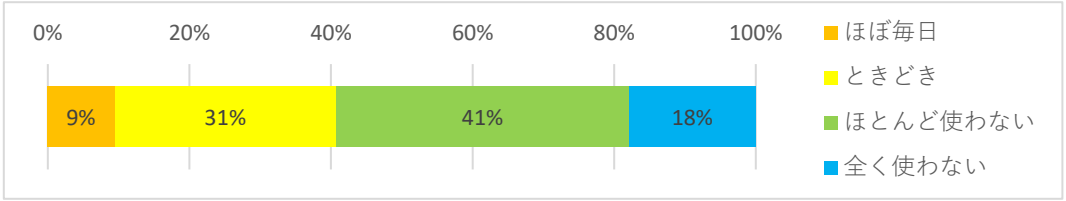
図表 134 情報端末の利用頻度(学校種別)



2. 簡易ビューアの利用頻度

✓ 児童生徒の約 1 割弱が「ほぼ毎日」簡易ビューアを利用している。（図表 135）
✓ 「ほぼ毎日」「ときどき」を含めると、児童生徒の約 4 割が簡易ビューアを利用している。（図表 135）

図表 135 簡易ビューアの利用頻度

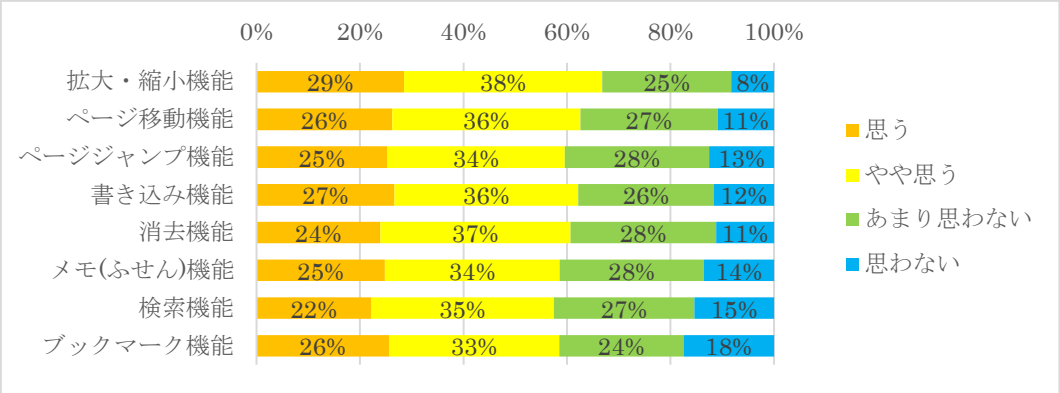


3. 学習者用デジタル教科書と比較した際の有用性

✓ 「●●機能を利用して、学習を十分に行うことができると思いますか。」について、全ての機能において「思う」「やや思う」の割合が 5 割以上（ポジティブ）として回答された。（図表 136）

- 拡大・縮小機能（ページを大きくしたり、小さくしたりする）
- ページ移動機能（次ページ、前ページに移動する）
- ページジャンプ機能（閲覧したいページに移動する）
- 書き込み機能（ペンやマーカーで内容を記入する）
- 消去機能（書いた内容を消す）
- メモ（ふせん機能）（任意の場所にメモを貼り付ける）
- 検索機能（本文やキーワードを探す）
- ブックマーク機能（見たいページにブックマークを付ける）

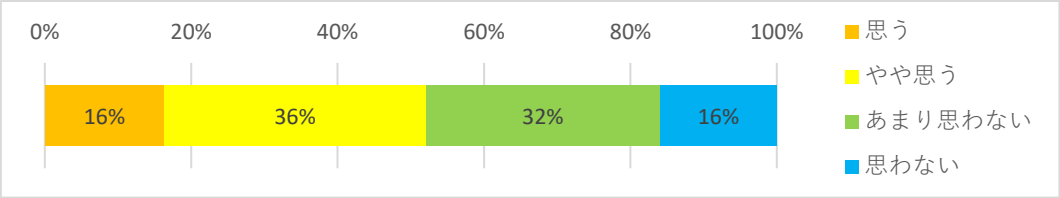
図表 136 学習者用デジタル教科書と比較した際の有用性(機能別)



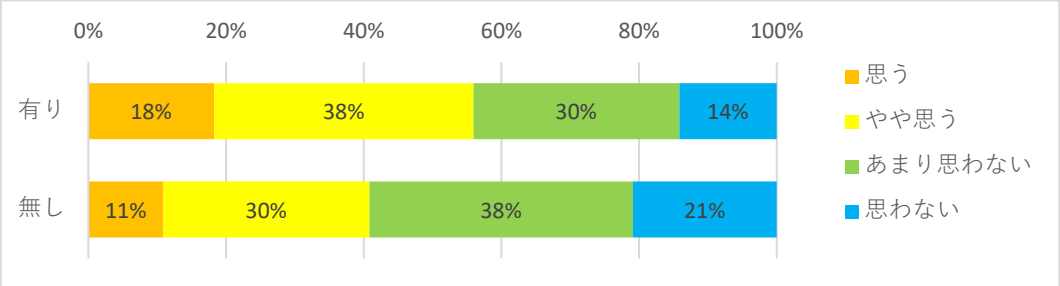
✓ 「先生が指示したページや文章を見つけやすかったと思うか。」について、児童生徒の約 5 割が「思う」「やや思う」と回答した。（図表 137）

✓ 「思う」「やや思う」を含めたポジティブ回答において比較すると、デジタル教科書の利用「有」群の方が「無」群に比べ 15 ポイント高い。（図表 138）

図表 137 指示されたページ・文章の見つけやすさ



図表 138 指示されたページ・文章の見つけやすさ(デジタル教科書の利用経験有無)



✓ 「紙やデジタル教科書と比べて、あったらいいなと思う点や困った点」について、主な回答は以下の通り。(図表 139)

図表 139 紙やデジタル教科書と比較した際の観点について

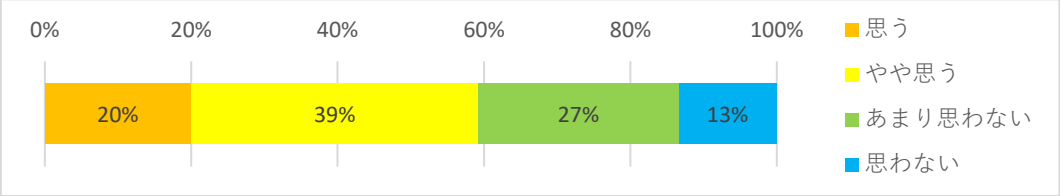
	主な回答
あったらいいなと思う点	・学校に教科書を忘れたら宿題で教科書の何ページをノートに解くのか分からないので授業の宿題の確認の時にふせんをはれる機能があったらいい。 ・はじめに開いたときのページの大きさがやや大きかったためもう少し小さい設定が良いと思った。 ・動画をつけてほしい。 ・画像の質をよくしてほしいです。 ・マーカーの色を増やしてほしい。 ・細かいところまで書き込みをしやすくしてほしい ・言葉の意味がすぐわかるようにしてほしいです。 ・ページを検索にかけるとそのページが開く機能
こまった点	・一部とても重くなってほぼ使えない状態になった時もありました。メモや文字を打つ時ももっと手軽にできればと思いました。パソコンから簡易ビューア入るまで手間がかかってしまうと思いました。 ・赤の線や黄色の線が 1 本しか引けない。 ・ページをめくる向きが逆なので次のページをめくろうとした時に、前のページに戻ってしまう。 ・紙と違って重かったり勝手にページが進んだりして少し使いにくかったです。 ・音声があるところとないところがあったから、聴けないところが聴けなくて少し残念だった。

✓ 「今回利用したようなシンプルな仕組み（簡易ビューア）でも十分学習できると思いましたか。」について、児童生徒の約 6 割弱が「思う」「やや思う」と回答した。（図表 140）

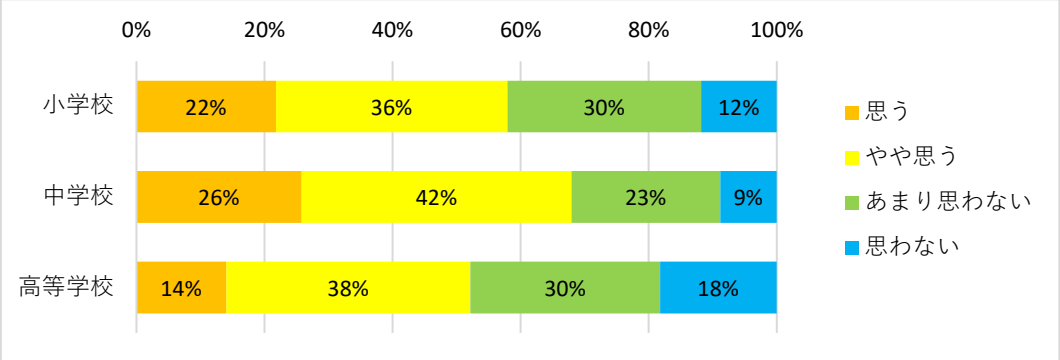
✓ 「思う」「やや思う」を含めると、中学校が最も高く約 7 割弱、高等学校が最も低く約 5 割が十分学習できると感じている。（図表 141）

✓ 「思う」「やや思う」を含めたポジティブ回答において比較すると、デジタル教科書の利用「有」群の方が「無」群に比べ 10 ポイント高い。（図表 142）

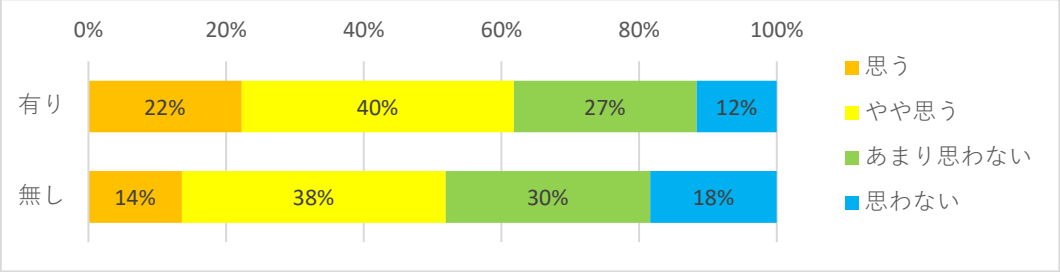
図表 140 シンプルな仕組みで十分学習できるか



図表 141 シンプルな仕組みで十分学習できるか(学校種別)



図表 142 シンプルな仕組みで十分学習できるか(デジタル教科書の利用経験有無)

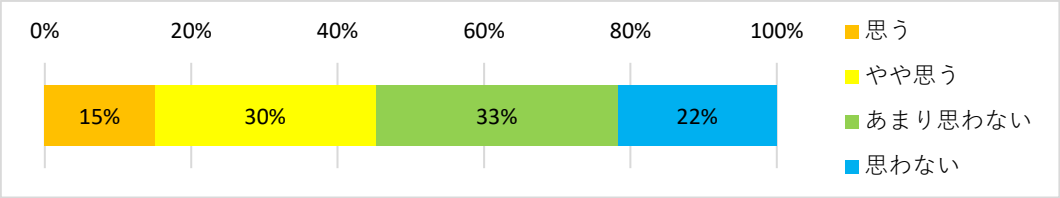


4. 操作について

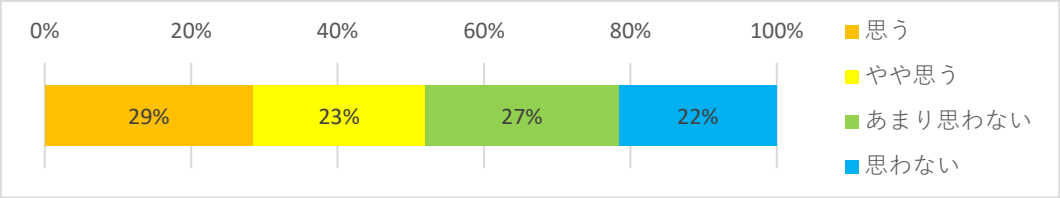
✓ 「操作時は適切な速度で表示されたと思いますか。」について、児童生徒の 4 割強が「思う」「やや思う」と回答した。（図表 143）

✓ 「操作に困ることがあったと思いますか。」について、児童生徒の約 5 割が「思う」「やや思う」と回答した。（図表 144）

図表 143 適切な速度で表示されたか

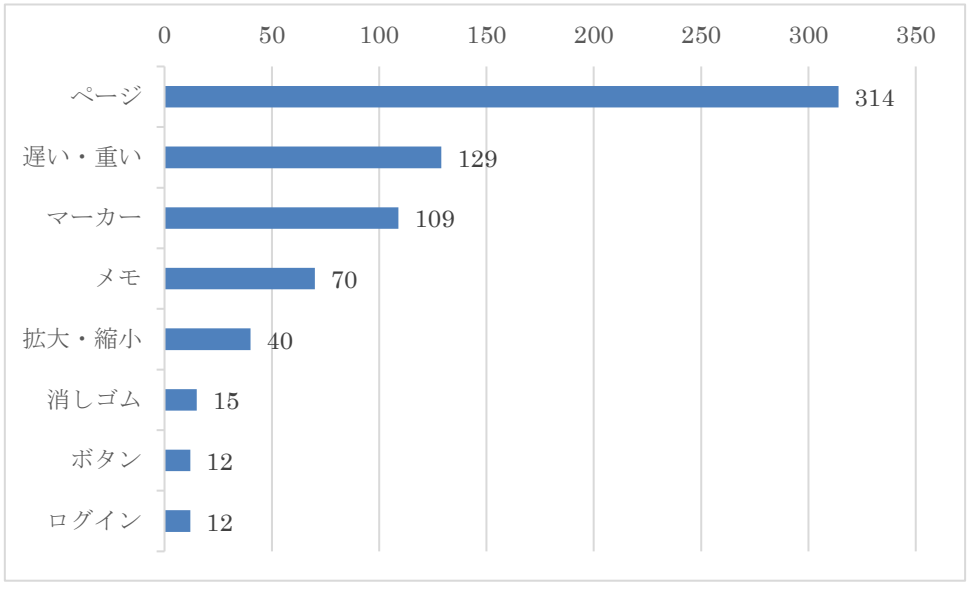


図表 144 操作に困ることはあったか



✓ 「操作に困ることがあったと思いますか。ある場合、その操作は具体的に何ですか。」について、主な回答内容は下記の通りであるが、「速度が遅い、マーカーペンが使いづらい、マーカーの消し方が分かり難い、意図せずページ移動する」など、基本的な操作や速度に関してのものが多かった。(図表 145)

図表 145 操作に困ることはあったか(頻出単語別)

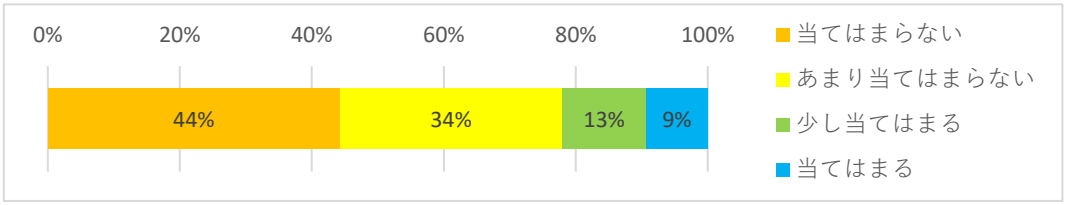


図表 146 操作に困ることがあったか(主な回答)

主な回答
＜ページ＞ ・次のページに行こうとして矢印を押したら動かなかったから、もう一回押したら違うページになった ・後ろの方のページに行くとき、実際の教科書のページと違うし下のバーを使うときに何ページか見えるようにしてほしい ＜遅い・重い＞ ・動作が重くなってしまい、思うようにページがめくれなくて困っていた。 ＜マーカー＞ ・マーカーを引く時たまに違うページに移動したり、何もしてないのにエラーが発生してパスワードと ID を入れ直さないといけない ＜メモ＞ ・メモ機能なしで書き込み（手書きも手打ちも）またはメモを常時表示されている状態にしていただきたい。また、メモ機能では拡大縮小のしづらさやそもそも書いても反応が悪くうまく文字が書けませんでした。 ＜拡大・縮小＞ ・プラスボタン、マイナスボタンでしか拡大したりできないこと。 ・拡大縮小をするとページがめくられてしまって困っていた。 ＜消しゴム＞ ・マーカーを消す方法がわからなかった。消しゴムマークとかあると嬉しい。 ＜ボタン＞ ・一回次のページのボタンを押したのに二回押したということがある。

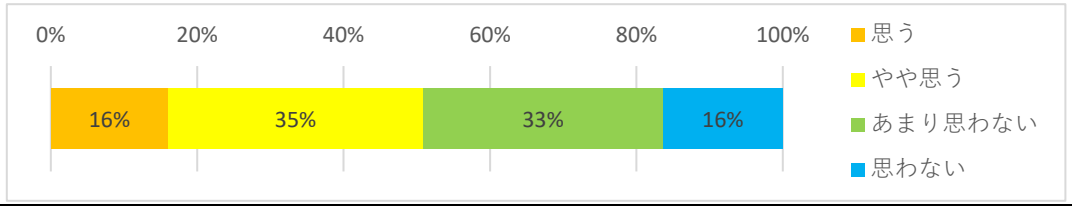
✓ 「操作の際に画面が固まることはありましたか。」について、児童生徒の約 8 割弱が「当てはまる」「少し当てはまる」と回答した。(図表 147)

図表 147 操作の際に画面が固まったか



✓ 「画面を立ち上げて、教科書を見るのは簡単だったと思いますか。」について、児童生徒の約 5 割が「思う」「やや思う」と回答した。(図表 148)

図表 148 教科書を見るのは簡単だったか



【ヒアリング設問一覧】

<教員>

項目	区分	設問	ヒアリング対象
1	基本項目	対象学年	全実証校
2		簡易ビューアを活用した教科を教えてください	全実証校
3		週にどれくらい情報端末を利用していますか	全実証校
4		週にどれくらい、簡易ビューアを利用していますか	全実証校
5	学習者用デジタル教科書と同等の実用性について	学校で利用している紙の教科書と比べて、どのように感じましたか（効果、課題、負担感）	全実証校
6		学校で利用しているデジタル教科書と比べて、どのように感じましたか（効果、課題、負担感）	全実証校
7	あるべき機能との比較	各配信事業者のビューアは以下の機能が搭載されています。この機能と比較して、充足している機能や足りない機能等があれば教えてください。	全実証校
8		「デジタル教科書の今後の在り方等に関する検討会議（第一次報告）」では、「デジタル教科書に共通して求められる機能」として、以下の機能が列挙されています。 この機能と比較して、充足している機能や足りない機能等があれば教えてください。	全実証校

9		標準的な PDF ファイルなどから作られた簡易な教科書紙面が掲載されたデジタル教材を閲覧するツールとして、今回簡易ビューアをご利用いただきました。単純な PDF ビューアと比べた所感をお聞かせください。 単純な PDF ビューアとは、Adobe Acrobat Reader、Web ブラウザ　等を指します。	全実証校
10		文部科学省では、学習者用デジタル教科書に共通する項目として「ナビメニュー」を検討しています。この「ナビメニュー」の必要性や、簡易ビューアへの搭載の是非について教えてください。	2 社以上のデジタル教科書を利用している以下の学校に限定 ・仙台白百合学園小学校 ・姫路市立東小学校 ・姫路市立安室中学校 ・宮城教育大学附属中学校 ・京都市立西京高等学校附属中学校 ・京都市立柊野小学校
11		簡易ビューアの各機能を使って教育や学習を行う際、必須だと思われる機能、もしくは必ずしも必要だと思わない機能について教えてください。	全実証校
12		過去の教科書の使用は行われましたか。行った場合は、どのように活用したかについて教えてください。	過去の教科書を使用した学校に限定する ・福岡市立博多工業高等学校

＜児童生徒＞

項目	設問	ヒアリング対象
1	学校で使っている紙の教科書と比べて、どのように感じましたか（効果、課題、負担感）	全実証校
2	学校で使っているデジタル教科書と比べて、どのように感じましたか（効果、課題、負担感）	全実証校
3	操作に困ることは多かったですか。(また、その操作は具体的に何ですか)	全実証校

【ヒアリング結果】

＜教員＞

回答者数：32 名

【基本項目】

1．対象学年

- ✓ 高 1（8 校）、高 2（3 校）、高 3（1 校）
- ✓ 中 1（2 校）、中 2（3 校）、中 3（2 校）
- ✓ 小 3（3 校）、小 4（2 校）、小 5（2 校）、小 6（4 校）
- ✓ 特別支援級（1 校）

2．簡易ビューアを活用した教科を教えてください

- ✓ 技術・家庭科（技術分野）
- ✓ 社会、地理総合、公共
- ✓ 国語、現代文Ｂ
- ✓ 簿記
- ✓ 情報Ⅰ
- ✓ 算数、数学
- ✓ 英語
- ✓ 音楽
- ✓ 特別支援（こくご、さんすう）　等

3．週にどれくらい情報端末を利用していますか

- ✓ ほぼ毎時間（14 件）
- ✓ 週３程度
- ✓ 週１程度

4．週にどれくらい、簡易ビューアを利用していますか

- ✓ 週 1～２（9 件）
- ✓ 週３～６
- ✓ 毎時間

【学習者用デジタル教科書と同等の実用性について】

5．学校で利用している紙の教科書と比べて、どのように感じましたか（効果、課題、負担感）

【効果】

- ✓ 生徒がメモ、マーカーしたものを教員が確認できることによって、生徒のつまずきポイントがわかりやすい。また、それをもとに説明に重点が置ける。
- ✓ わからないところ／重要なところが個々の生徒、全体の傾向として教員側が把握できる。それを基に発問したり、生徒同士で対話させたりできるなど、教員側に効果的である。
- ✓ 紙の教科書では、生徒が何を書いているか、どんなことをしているかは集めない限り確認できないが、デジタルだとすぐに確認できる。
- ✓ 教科書とノートが簡易ビューア一つで完結している点は良かった。また、重複したマーカーが濃くなる仕様も児童から評判が良かった。
- ✓ 写真や図の画質の良さが生徒に好評だった。生徒が画像を拡大して活用しており、その画質に感動していた。紙の教科書では画像の拡大はできないため、その点はデジタルの利点だった。
- ✓ デジタルの方が児童の反応も良く、データ上でできる内容であればデジタルの方が便利だと感じた。

- ✓ 音が実際に出るような、紙の教科書ではできない内容を扱うことができる。
- ✓ タイピングテストでは文章の表示と入力で 2 画面用意したいので、同じディスプレイ上に同時に表示できるのはデジタルのいい点だった。

【課題】

- ✓ デジタル教科書はネットワーク環境に左右されるため、ページを開くのに時間がかかる場合がある。
- ✓ 通信の切断が常に心配だった。1 回でも通信が切れてデータが消えてしまうと、他の時間で取り返す必要が出てしまう。
- ✓ 教員作成の教材を共有できるメリットがある反面、著作権に違反しないよう注意する必要がある。
- ✓ 画面が固まったりエラーが出たりした場合に、なにもしない、画面を連打するなど、どうすればいいか分からなくなる児童が多かった。
- ✓ 特定のページを開く際に、教科書のページ数と簡易ビューアのページ数が異なっており、かつその事実を知らなかったため混乱が起きてしまっていた。
- ✓ 国語の教科書だと、ページの全体を見ることができないため使いにくかった。タブレット画面の向きを縦や横にして自分の見やすいように利用していたが、自分で拡大縮小しないといけない点は不便だと感じた。
- ✓ 操作の不慣れやエラーにより、初めは画面の準備だけで 20 分使用してしまったことがあった。

【その他】

- ✓ 国語の教科書だと、ページの全体を見ることができないため使いにくかった。タブレット画面の向きを縦や横にして自分の見やすいように利用していたが、自分で拡大縮小しないといけない点は不便だと感じた。

6．学校で利用しているデジタル教科書と比べて、どのように感じましたか（効果、課題、負担感）

【効果】

- ✓ 簡易ビューアは分析ツールがあって、生徒の様子が分かるという点が優れている。
- ✓ 教員が希望する教材編成ができる。
- ✓ メモ機能は使い慣れたら魅力的だと感じた。
- ✓ 必ず必要ではなかったが、音声ガイドや画像の拡大など、特別支援の生徒向けであれば便利だと思う機能はあった。

【課題】

- ✓ 指導者用デジタル教科書の方が、音声の再生ができたり、コンテンツを動かせたりできるので使い勝手が良い。

- ✓ 簡易ビューアには作曲機能がなかったため、括りとしては教科書に近いと感じた。メモを活用することはあったが、教員・児童共に、書いたその場で文字を見たいという意見で一致した。
- ✓ 使用しているデジタル教科書では、クリックするとインターネットに繋がる（関連サイトなど)。生徒は楽しみながら学習できる。
- ✓ マーカー機能に関してはあまり魅力を感じなかった。
- ✓ PDF を採用している理由など今回の背景は理解したが、それでも元々使用していたデジタル教科書の方が扱いやすかった。
- ✓ 表示されているページ数が教科書のページ数と異なっているため、合わせて欲しかった。

【あるべき機能との比較】

7．各配信事業者のビューアは以下の機能が搭載されています。この機能と比較して、充足している機能や足りない機能等があれば教えてください。

（機能名末尾の＊マークは、簡易ビューア未搭載機能であることを示す。）

区分	機能	充足	不足	その他
基本機能	1-1.1 ページごとに移動	21 名	5 名 ・スムーズでなかった。	6 名 ・横にボタンで動くのではなく、縦にスクロールできた方がよかった。
	1-2.複数ページに移動	19 名 ・スライダーでの移動はしやすい。 ・ボタンを連打するとフリーズする。	6 名 ・スムーズでなかった。	6 名 ・どちらでもよい。
	1-3.目次からの移動（＊）	16 名	8 名 ・1 ページ当たりのサムネイルの表示数が少ない。	6 名
	2.書き込み（ペン）	21 名 ・ペンの電池の消費が早い。 ・もう少し色のバリエーションが豊富だとよい。	2 名	8 名 ・スペースが小さく、ペンがないと記入が難しい。
	3.書き込み（マーカー）	22 名 ・もう少し色のバリ	1 名 ・ピンポイントにマ	8 名 ・色を増やしてこち

		エーションが豊富でもよい。色を区別して使い分けできるのがよいと思う。 ・反映も早くて良い	ーカーを引きたいが、複数行に一気に引かれてしまうことがある。	らで設定できると良いと感じた。 ・科目によっては必要。
	4.書き込み（線分）	14 名	5 名	13 名 ・科目によっては必要。 ・線は欲しいが、自由書きは不要。
	5.スタンプ	6 名	12 名	13 名
	6-1.任意の箇所を消す	19 名	3 名 ・範囲を指定して消せると良い。	8 名 ・操作が難しい。 ・消す作業はしていたと思うが、指で引いていたので、消す操作にも手間取っていた。
	6-2.選択・一括で消す	15 名	8 名 ・一括で消す機能が不足。	9 名 ・消す作業はしていたと思うが、指で引いていたので、消す操作にも手間取っていた。
	6-3.ひとつ前に戻る	21 名	5 名	6 名 ・「ひとつ前に戻る」を押すと、エラーが起きた。
	7.付箋機能	17 名 ・メモが消えたケースがある。	7 名 ・メモ機能は小さすぎて見えない。	8 名 ・生徒がタイピングに慣れておらず、使いこなせていない。 ・書き込みが終わると表示が小さくなり、開かないと内容がわからない。 ・メモ機能があれば不要。

	8.画面分割機能（＊）	5 名	15 名	10 名
	9.検索機能	11 名 ・非常に有用な機能だと思う。	6 名	15 名 ・検索したが、適切な結果を表示できないことが多かった。
	10.リンク追加	8 名 ・あると嬉しい機能である。	8 名	15 名
	11.しおり・ブックマーク	11 名	8 名	13 名 ・離れたページに飛ぶと、ブックマークがなくなることがあった。
	12.画像貼り付け（＊）	5 名	14 名	11 名
	13.保存	18 名	6 名 ・メモが消えたケースがある。	9 名 ・初期サイズが全画面になっておらず使いづらい時がある。 ・メモやマーカーなどの操作が消えていることが度々あった。
操作設定機能	1.固定レイアウト画面・リフロー画面の変更（＊）	8 名	12 名 ・特に必要ないと考える。 ・iPad のピンチイン／ピンチアウトで対応できるのであれば特に必要ない。ボタンのみの場合は、あると良いと考える。	11 名 ・特別支援であれば必要
	2.ルビ	8 名	11 名 ・義務教育課程については仕様化が進んでいるので、あった方がよい。	12 名 ・ある方がよい（あり、なしが選べる方が良い）段階によってはひらがなを先に読んでしまうことが

				あるので、状況に応じて選択できると良い。
	3.分かち書き（＊）	8 名	12 名	15 名 ・状況に応じて選択できると良い。
	4.文字のフォント・大きさの変更（＊）	8 名	9 名 ・義務教育課程については仕様化が進んでいるので、あった方がよい。	14 名 ・よりシンプルな操作で出来る方がよい（児童が自主的に操作できるため)。
	5.色の反転・配色設定（＊）	5 名	12 名 ・義務教育課程については仕様化が進んでいるので、あった方がよい。	15 名 ・豊富に変えることができると、色が刺激になってしまうこともあるため、多岐に渡るよりは効果的なものに絞られた状態が望ましい。
	6.背景色の変更（＊）	4 名	13 名 ・特に必要ない。	13 名 ・豊富に変えることができると、色が刺激になってしまうこともあるため、多岐に渡るよりは効果的なものに絞られた状態が望ましい。
	7.明るさ・コントラストの調整（＊）	9 名	9 名	13 名 ・豊富に変えることができると、色が刺激になってしまうこともあるため、多岐に渡るよりは効果的なものに絞られた状態が望ましい。
	8.拡大・縮小	20 名 ・機能はあるが使いづらさがある。	4 名 ・iPad で拡大縮小した際に、ログアウト	7 名 ・拡大した時にどこに表示されているか

			する事象があった。	児童が閲覧する際にわかりにくかった。 ・意図せずマーカーや書き込みをしてしまうことがあった。
	9.音声読み上げ（＊）	8 名	9 名	15 名 ・発音などの音声を繰り返し聞いて学習することができるため、あると良い。
その他	1.ボタンの大きさ	18 名 ・マーカーの▼が押下できない。	4 名	8 名 ・ボタンが小さく、隣に干渉してしまい意図しない動作になった。 ・iPad で使用すると。マーカーの色を変える操作が難しかった。
	2.シングルサインオン	19 名 ・メモでエラーが発生しログアウトしたときに、簡易ビューアのログイン画面になる。	3 名	9 名 ・機能や操作そのものより、ログインに時間がかかった。1 回でもログイン操作が少ない方が良い。
	3.ログイン ID・ユーザ ID・パスワード	10 名 ・メモでエラーが発生しログアウトした際に、簡易ビューアのログイン画面になる。	3 名	19 名
	4.アカウント登録（CSV 一括）_CSV 項目	4 名	2 名	25 名
	5.アカウント登録（CSV 一括）_CSV 項目以外	1 名	2 名	28 名
	6.アカウント登録	2 名	2 名	27 名

	（個別）			
	7.ライセンス紐づけ	1 名	4 名	26 名

8．「デジタル教科書の今後の在り方等に関する検討会議（第一次報告)」では、「デジタル教科書に共通して求められる機能」として、以下の機能が列挙されています。
この機能と比較して、充足している機能や足りない機能等があれば教えてください。
（機能名末尾の＊マークは、簡易ビューア未搭載機能であることを示す。）

共通して求められる機能	充足	不足	その他
ピンチイン・ピンチアウトによる拡大・縮小表示機能	12 名 ・ブラウザ上で使用可。	13 名 ・ホイール未対応。 ・スムーズに拡大･縮小されない。	6 名 ・アイコンのクリックよりもピンチイン、アウトの操作の方がしやすい。 ・動作が遅い。
図やグラフや挿絵のポップアップ等（＊）	7 名	19 名 ・あった方がよい。 ・なくて良い。 ・拡大･縮小機能があれば必要さは感じない。	5 名 ・ポップアップになると、それまでの学習の流れとつながらず、児童が別のものとして捉えることもあるため、ポップアップで表示されるものが多ければ多いほど良いというわけではない。 ・カラーで挿入できると良い。
ペンやマーカー、付箋機能等による、フリーハンド又はキー操作による簡易な書き込み・消去	22 名 ・ノート代わりに使用する際に便利。	5 名 ・操作性に難あり。 ・消去による問題あり。	5 名 ・指での操作より、ペンでの操作の方がスムーズ。 ・書き込みと消去の操作の切替に難あり。
書き込んだ内容の保存・表示	22 名 ・重くならないようにしてほしい。	6 名 ・エラーが出る問題がある。	3 名 ・書き込めているが、ページ移動時になくなる、undo でエラーが起きる。

機械音声の読み上げや、読み上げ速度の調整、読み上げている箇所のハイライト表示（＊）	6 名	16 名 ・あった方がよい。 ・なくて良い。 ・必要である。	9 名
リフロー画面[1]への切り替えによるレイアウトの変更（＊）	6 名 ・国語は確実に欲しい。 ・教科書の拡大だと文章が途中で切れてしまうため、好きな文字のサイズで読めるとよい。	16 名 ・なくて良い。 ・高校生だと自分で工夫しながら操作できる。画面の切替ができすぎてしまうと却って混乱する。	9 名 ・あった方が便利だが、中学生であれば自分でできる操作であるので、現在搭載されている機能と同等の必要性は感じない
背景色・文字色の変更・反転、明るさ等の調整（＊）	7 名 ・背景が白色だと目に負担があるので、背景色が変えられると良い。	16 名 ・あった方がよい。 ・なくて良い。	8 名 ・状況によって必要になると考えられる。
文字のサイズ・フォント・行間の変更（＊）	8 名 ・〇行目などの指示が難しくなるのが懸念。教員が指示した箇所が生徒に見えるようにできるのは良いかもしれない。	15 名 ・あった方がよい。 ・なくて良い。	8 名 ・あった方が便利。
ルビ振り	9 名 ・表示／非表示が切り替えられる方がよいと思う。	15 名 ・あった方がよい。 ・なくて良い。	7 名 ・あった方が便利。
目次機能（＊）、ページ数の入力による指定ページへの移動、スワイプ等のデバイスを使った任意のページめくり方法の設定（＊）	11 名 ・ページ送りが速くなるとよい。 ・ページ送りの簡便性が鍵と考える。	5 名 ・スワイプのみ不足。 ・必要である。	4 名 ・目次機能は必須がよい。

9．標準的な PDF ファイルなどから作られた簡易な教科書紙面が掲載されたデジタル教材を閲覧するツールとして、今回簡易ビューアをご利用いただきました。単純な PDF ビューアと比べた所感をお聞かせください。

単純な PDF ビューアとは、Adobe Acrobat Reader、Web ブラウザ　等を指します。

＜肯定的な意見＞

- ✓ PDF を閲覧する上では一般的なビューアと遜色ないと思われる。
- ✓ ファイルが一覧で表示されており、行方不明になりにくい。
- ✓ 線を引くことに関しては簡易ビューアの方が感覚的にわかりやすい。PDF ビューアは雑然としている。
- ✓ 子供が直接書き込むという「受け身ではない」形式になる点は良かったと感じた。
- ✓ 記録方法に改良は必要だと感じたが、メモ機能は良かった。ワークシートと教科書を一体化できるという点でいえばありがたかった。
- ✓ 通常の PDF ビューアよりは良いと感じた。一人一人の学びの履歴が残る点も良い点だった。

＜否定的な意見＞

- ✓ ファイル名しか表示されないため、どのバージョンか等、ファイル情報がわかりにくい。（教材登録画面で確認しなければならない。）
- ✓ Acrobat Reader は慣れていて使いやすい。PDF のページ送りは簡易ビューアだと矢印で進め必要があるため不便である（Acrobat　Reader の方がスムーズに進む）
- ✓ 標準的な PDF と比較すると機能は豊富だが、逆に煩雑になっている。
- ✓ マーカーの追加・削除ができる点は良かったが、削除する際に一時的に教科書の文章も消えてしまうため、児童たちがとても戸惑っていた。

＜その他＞

- ✓ 簡易ビューアの全ての機能を指導者、児童が理解して活用することは難しいこと、インターネット環境への影響を受けて遅延等が発生する等、紙の教科書の方がよいと感じることも多い。
- ✓ 低学年の場合、機能が多くても扱いきれないため、ただの PDF で充分だと感じた。

１０．文部科学省では、学習者用デジタル教科書に共通する項目として「ナビメニュー」を検討しています。この「ナビメニュー」の必要性や、簡易ビューアへの搭載の是非について教えてください。

項番	機能名	機能詳細
1	書き込み	ペンなどで紙面上に書き込みを行う機能
2	書き込み消去（消しゴム）	紙面上の書き込みを削除する機能
3	戻る・進む	ページ戻り、ページ送り

4	アクセシビリティ	ルビ、色の反転・配色設定、リフロー機能
4-1	ルビ	紙面上の文字にルビ表示を行う機能
4-2	色の反転・配色設定	色の反転・配色設定機能
4-3	フォントの大きさ・ 行間の変更	リフロー機能
5	ナビメニュー最小化	ナビメニューを最小化する機能
6	ナビメニュー再表示	ナビメニューを再表示する機能

【学習者用デジタル教科書に共通する項目としての「ナビメニュー」の必要性】

＜必要：13 名＞

- ✓ ナビメニューの機能は全て重要。
- ✓ 常時ではなく、必要な時に表示できれば良い。
- ✓ 常に画面上に表示されている方がよい
- ✓ ナビメニューはあると有用だが、例えば iPad であればペンをタッチすることで書き込み／消しゴム機能を切り替えることができる、拡大・縮小についても画面をタップすることで切り替えることができるなど、メニューを介さずとも操作できるとよい。
- ✓ 必要だと思うが、「言語設定」のような段階の基本設定ではないかと感じた。
- ✓ 自分で見る時にはルビを表示したいが、他の児童と共有するときには消しておきたいなど、場合によって切り替えができる状態が望ましい。

＜不要：3 名＞

- ✓ あった方が生徒に対し円滑に指示ができる。しかし、特に中学生以上であれば独自のアプリであっても自然に操作を学ぶことができるため、統一の機能としては必ずしも必要ではない。

＜その他：4 名＞

- ✓ 進む、戻るだけでは思ったページにすぐに飛べず不便。目次で単元名（第 1 章第 3 節）をクリックしてそのページにジャンプできると嬉しい。
- ✓ 色反転等などは教科によって要不要が分かれると思う。
- ✓ 常に表示されていると操作の妨げになる。

【簡易ビューアへの搭載の是非】

＜必要：9 名＞

- ✓ 現状搭載されているものでもよいし、示されているナビメニューに置き換わっても問題はない。
- ✓ 常に表示されている状態がよい。
- ✓ 統一するのであれば簡易ビューアにも搭載するべき。

＜不要：2 名＞

- ✓ 中学生には不要
- ✓ リフローは自分が打ち込んだテキストでの利用をイメージするが、何かメモをとるのであれば書き込みで書いた方が早いので必要性をあまり感じない。
- ✓ ボタンとしては、「戻る」「進む」の他に word のように、「元に戻す undo」「やり直し redo」があれば良いのではないか。

＜その他：5 名＞

- ✓ 拡大・縮小機能はほしい。
- ✓ 簡易ビューアのページ間移動がスムーズにできるようにして欲しい。
- ✓ コンピュータ上で、教科書・教材会社問わず同系列の問題がグルーピングされて、生徒がレベルに応じて基礎・応用・発展で様々な問題を選べるような機能が搭載されると良い。特に入試問題のような発展的な問題は、単元を横断した知識が必要になるので、そのような知識に関する基礎的、応用的な問題が網羅的にリンクされて利用できるようになると良いと思った。
- ✓ なくても子供は対応できるが、あるならあるで良い。

１１．簡易ビューアの各機能を使って教育や学習を行う際、必須だと思われる機能、もしくは必ずしも必要だと思わない機能について教えてください。

【ビューア機能】

必須と考える	必ずしも必要だと思わない	その他
ホームアイコン＜ホーム画面（教材選択画面）に戻る。＞		
25 名 ・別の教材に移動できると良い。	3 名 ・戻ることがあまりないので不要。	3 名
リコメンド・クイズ＜リコメンドやクイズを出力する。＞		
15 名	5 名	10 名 ・クイズ機能は不具合が起きて、仕様を控えるようにアナウンスされた。

		・玄人の教員は必要だと思う。新人の教員には必ずしも必要ではない。
全画面表示切替＜教材の表示方法を全画面モードに切り替える。＞		
21 名	5 名	5 名 ・なくてもよい。
拡大・縮小＜画面を拡大／縮小する。＞		
23 名	1 名	7 名 ・機能は使用できるが、他機能（マーカーや書き込み）との兼ね合いに難あり。
ブックマーク＜教材にしおりをつける。＞		
16 名	8 名 ・ブックマークするとどうなるのかいまいちわからなかったため、使わなかった。	8 名 ・ページをまたいで移動した際に、ブックマークが消えることがある。 ・教科によっては必要。
マーカー＜ページ内にマーカーを引いて印をつける。＞		
21 名	0 名	10 名 ・マーカーの色の違い、切り替えを生徒が意識しているか不安はある。色を増やしてこちらで設定できると良い。ページの端まで引くとページが移動してしまうことがある。 ・教科によっては必要。
メモ＜メモを貼り付ける。＞		
20 名 ・大きく表示されると良い。	2 名	9 名 ・教科によっては必要。
キーワード検索＜教材内をキーワード検索する。＞		
16 名 ・数式や図形も検索出来ればなおよい。	6 名 ・小学校では不要。 ・1 単元の利用では不要。	9 名 ・教科によっては必要。
現在のページ／全ページ数＜現在のページを表示する。＞		
23 名	1 名	7 名
操作ボタンの表示切替＜操作ボタンを切替表示する。＞		
21 名 ・あった方がよい。	2 名	8 名 ・切替ではなく常に表示したい。

		もしくは邪魔にならないところに表示してほしい。メモモードにするとメモ以外のメニューが消える機能も必要ない
メニューボタン＜メニューを表示する。＞		
23 名	1 名 ・言語設定はホーム画面にあってもよいのではないか。	7 名
前後ページへ移動＜ページ送りを行う。＞		
20 名 ・特定ページへの移動機能も欲しい。	2 名	9 名 ・ボタンを連打するとフリーズする。
ページ移動とスライダー＜スライダーで画面を遷移させる。＞		
18 名	6 名	8 名 ・重すぎて使えなかった。

【その他機能】

必須と考える	必ずしも必要だと思わない	その他
キーワード検索機能 ＜ヘッダの教材検索ボックスに検索ワードを入力して教材を検索することができる。＞		
16 名 ・タイトル内の類題検索に使えると良い。	6 名 ・ホーム画面上では、本文の検索は不要。	9 名 ・検索をしてもヒットしなかった。
音声再生機能 ＜教材ごとに音声ファイルを添付することができる添付された音声ファイルは音声再生アイコンから再生することができる音声の添付は教材の登録時に行う＞		
12 名 ・情報の授業ではあまり利用しないかもしれないが、英語や古典などでは利用するのではないか。	11 名 ・自分では使わないが、使い方次第かと思う。 ・数学では難しいのではと考える。 ・地理総合としては不要。 ・登録後も追加したい。 ・教科書の読み上げ機能であれば欲しい。 ・音読が苦手な生徒にとっては有効だと思う。特に英語であれば、先生が読み上げた英文をリス	8 名

	ニングすることができる。 ・英語・算数では好評だった。イヤホン前提であれば必要。	
クイズ作成機能 ＜教材のページごとに関連するクイズ（選択式／記述式）を設けることができる＞		
17 名 ・Google form や manaba でも利用している。	1 名	13 名 ・単語レベルでマーカーを引いて、クイズをするという学習方法ではよかった。クイズ機能が不具合で消えてしまうことがあった。 ・玄人の教員には必須、新人の教員には必ずしも必要ではない
手書きメモ機能 ＜教材の好きな場所に手書きのメモを作成することができるメモのみでも活用できるほか、教科書紙面が掲載されたデジタル教材の任意の場所に直接メモをすることもできる＞		
20 名 ・左に教科書、右にメモが書けるとよい。	3 名 ・ペンの力量による。	8 名
リコメンド機能 ＜教材に関連する URL を児童生徒に推薦（リコメンド）する事ができる追加した各リコメンドは児童生徒にはリンクとして表示される。＞		
15 名	4 名 ・口頭での紹介が多いため不要。	12 名 ・各自の端末で見ることはなかった。総合学習で別々の作業を行うのであればわかるが、主要教科で使う想定はしていなかった。

１２．過去の教科書の使用は行われましたか。行った場合は、どのように活用したかについて教えてください。

- ✓ 生徒が自主的に必要に応じて振り返ったり、予習したりする。
- ✓ 数学において過去の教科書を搭載し、必要に応じて参照した。
- ✓ 教科書としてはほとんど使わないが、過去の授業内容を振り返る時に、教科書の一部を切り取ってスライドに貼り付けて、注意喚起や発問の題材として活用したことはある。
- ✓ 作曲作業で活用した。

＜児童生徒＞

回答者数：11 名

1. 学校で使っている紙の教科書と比べて、どのように感じましたか（効果、課題、負担感）

＜効果＞

- ✓ 間違えた箇所を確認し、新たに自分の考えを表示できる。
- ✓ 分析ツールで間違えた問題などを一瞬で確認できるのは良い。
- ✓ デジタルであれば、配布された問題などを白紙の状態に戻してやり直しやすい点がよい。
- ✓ 簡易ビューアによって教員だけでなく、生徒側もみんなが間違えやすい問題を共有出来て良いと思った。他のツールを使用していると、他の人がどの程度間違っているのかわからない。
- ✓ 教科書紙面が掲載されたデジタル教材であれば、端末があれば全ての教科書を確認できるので忘れることがなくよい。
- ✓ 紙よりもデジタルの方が良い。紙に文字を書くよりも、デジタルで文字を打ち込む方が綺麗にまとまってみることができる。
- ✓ 拡大が見やすい。クイズが良かった。
- ✓ 紙の教科書は慣れ親しんだもの。時代が変わったと感じた。

＜課題＞

- ✓ 2 か所にマークしたいのに 1 か所目が消えてしまう不具合がある。ログインし直せばよいが、1 授業内に上記の現象が発生すると集中が途切れる。
- ✓ デジタルと紙で、どちらを利用してもよい場合は紙の教科書を使用しがち。紙の方が文字も大きく、全体が見やすい。デジタルは目が疲れる。
- ✓ PC を立ち上げて教科書紙面が掲載されたデジタル教材を開くまでの時間のロスを考えると、紙の教科書の方がさっと開いて問題を解くことができるので良い。
- ✓ 機動性などを考えると、スマホでも見やすく、使いやすくなると良い。
- ✓ 紙の教科書であれば顔を近づけるだけで細かいところまで簡単に見ることができるが、教科書紙面が掲載されたデジタル教材だと、ボタンを押さなければ拡大できないため面倒。
- ✓ 音声が流れる機能が欲しい。英文の読み方が分からないため、発音を聞いて繰り返し勉強したい。ツールを 1 回 1 回開く必要がある点が面倒だった。

＜その他＞

- ✓ どちらにもメリットはあるので、紙と教科書紙面が掲載されたデジタル教材の両方があるとよい。

2. 学校で使っているデジタル教科書と比べて、どのように感じましたか（効果、課題、負担感）

＜効果＞

✓ ページの移動が遅かったが、いつもと比べると今回の方が早かったと感じた。

＜課題＞

特になし。

＜その他＞

✓ あまり違いは分からなかった。

3. 操作に困ることは多かったですか。（また、その操作は具体的に何ですか）

✓ スマートフォンで簡易ビューアを開くと、縦に 1 行改行されて文字などが見づらい。
✓ スマートフォンだとアイコンを押しづらい。
✓ 動作が重く、読み込みに少し時間がかかりカクカクする。
✓ 少しのスワイプでページが移動してしまうのが逆に不便に感じる。
✓ 電車で英単語などを学習するので、スマートフォンで見やすく操作しやすくなると嬉しい。
✓ ページをめくるときに読み込みが遅いため、反応していないと思い連打してしまう。これにより一気にページが進んでしまうため使いにくい。読み込みの速度が早ければ全く問題ない。
✓ 入力エラーが発生し、ログインしなおすことが多かった。
✓ 手書きメモ機能を使用したとき､消しゴムで消すとマーカーも一緒に消えてしまった。
✓ ページを開くときにスクロールしないといけない。
✓ マーカーと戻るボタンが近く、指で押したときに間違って操作してしまう
✓ エラーが多く、動作が遅かった。
✓ ページ移動のスクロールバーが使いにくかった。表示されているページと教科書のページが違うため、思ったページに移動できなかった。
✓ 画面を拡大すると画質が荒くなってしまい見えにくかった。

【操作ログ】

簡易ビューアの操作ログからは以下のような結果が確認できた。

実証を通じ､「マーカーを引く」 「手書きメモを追加する」について多く利用されている。

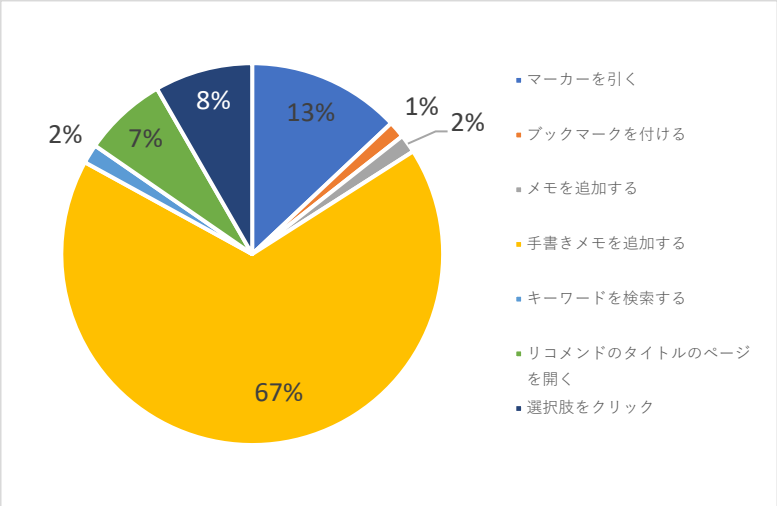
1 ユーザあたりの操作数　機能別操作割合（平均）

✓ 手書きメモの利用割合が全体の約 67%（図表 149）
✓ いずれの校種でも手書きメモの利用割合は 50%以上（図表 150）
✓ 教科別では、以下の特徴が確認された。

・中学数学では約 92%が手書きメモ（図表 151）
・小学国語ではマーカーの利用割合も約 39%（図表 152）

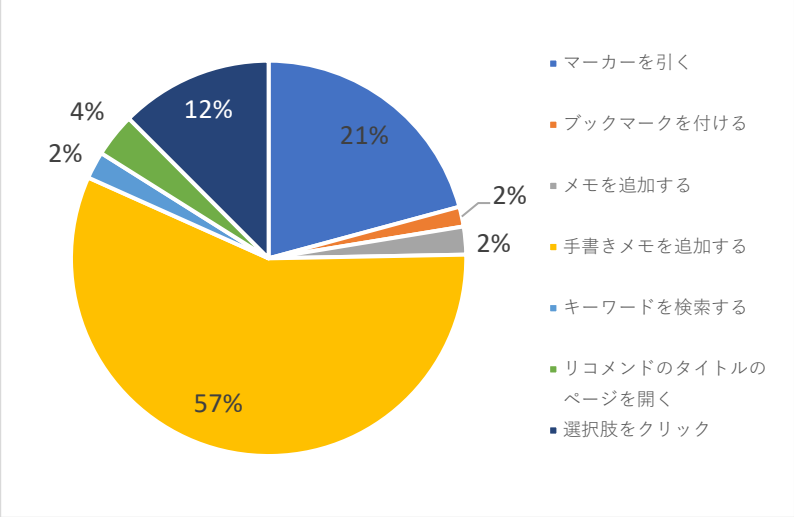
✓ 「手書きメモを追加する」を除くと「マーカーを引く」について多く利用されている（図表 153）

図表 149 1 ユーザあたりの操作数　機能別操作割合　全体

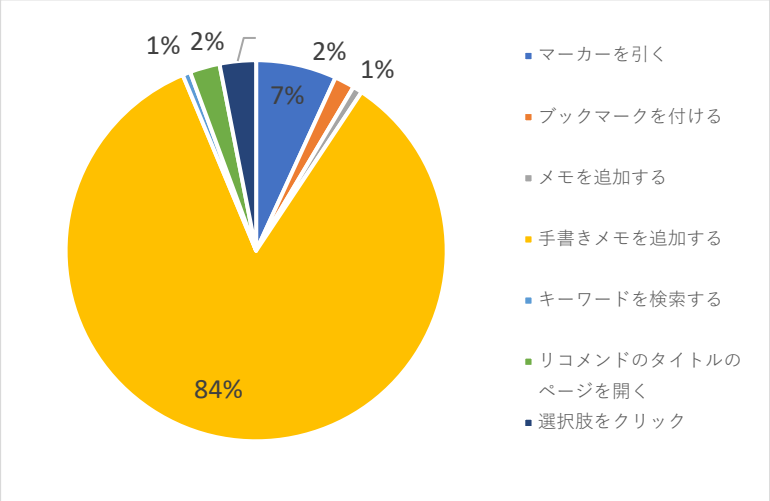


図表 150 1 ユーザあたりの操作数　機能別操作割合　校種別

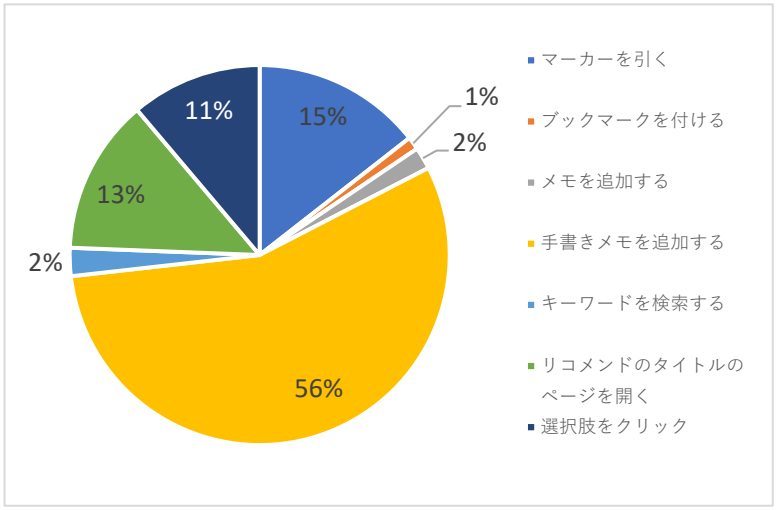
小学校



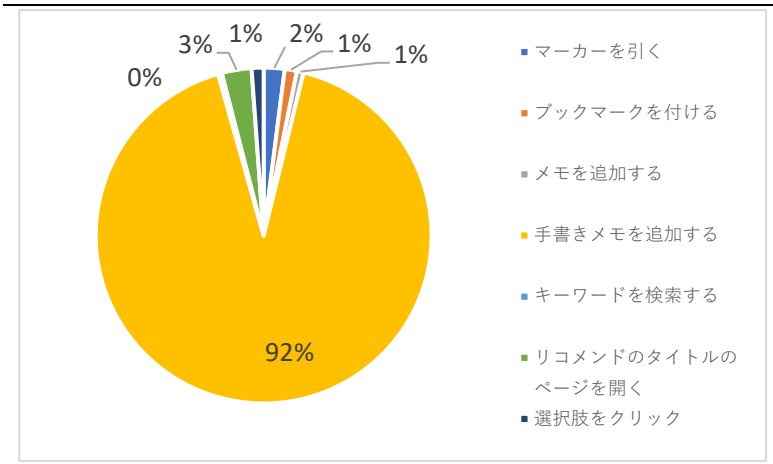
中学校



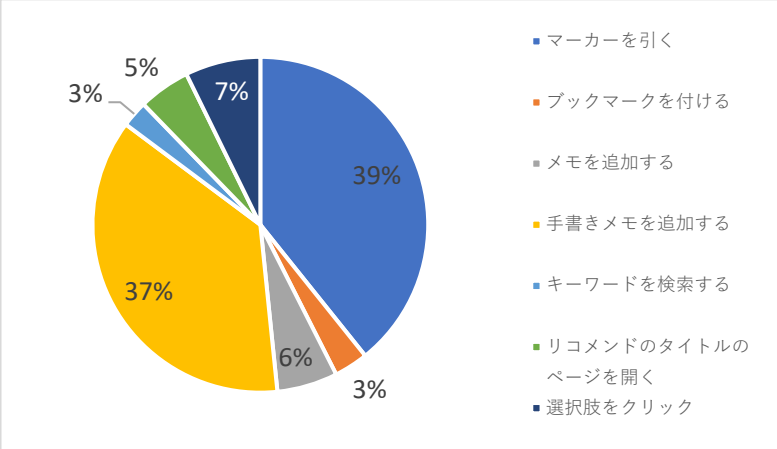
高等学校



図表 151 1 ユーザあたりの操作数　機能別操作割合　中学数学

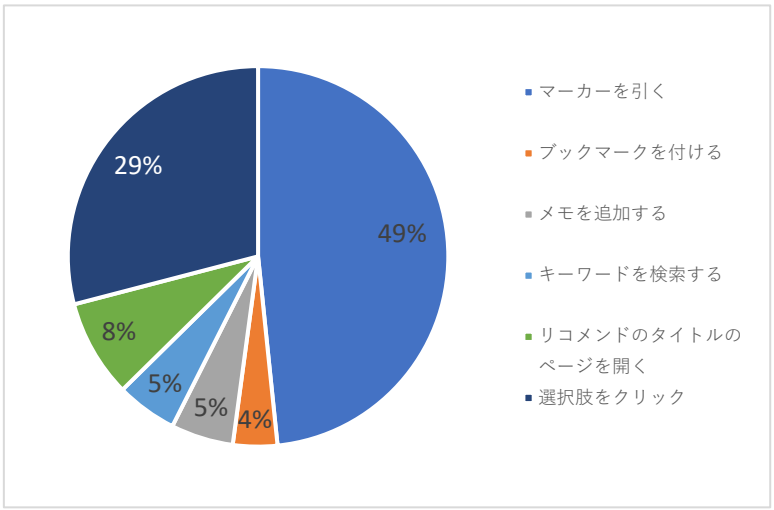


図表 152 1 ユーザあたりの操作数　機能別操作割合　小学国語

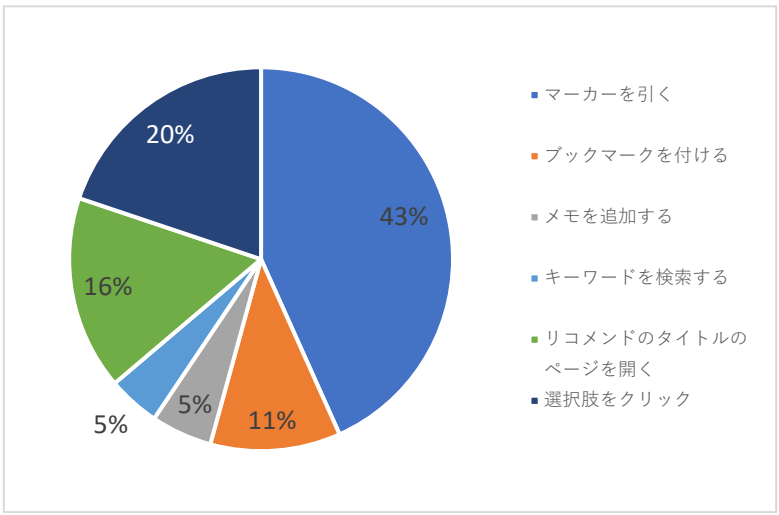


図表 153 1 ユーザあたりの操作数　機能別操作割合（手書きメモ以外）　校種別

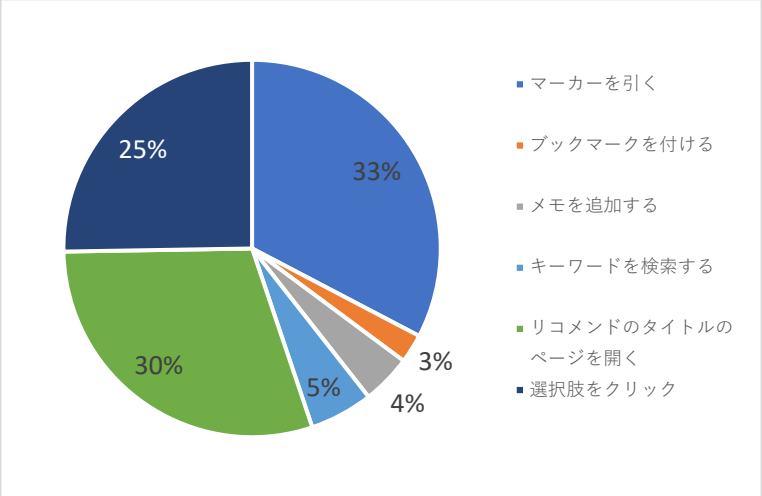
小学校



中学校



高等学校



【平均について補足】
「全体」並びに「校種別」は当該機能を利用した学校の平均。教科別（「中学数学」「小学国語」）は当該教科を実践で使用した学校の平均を算出している。

(5) 教科書紙面が掲載されたデジタル教材の有用性／必要性に関する考察

本実証にて得られたアンケート並びにヒアリング、操作ログの結果から、現存する技術で簡易な方法により作成するデジタル教科書の実用性について考察する。なお、本考察は、既存の学習者用デジタル教科書・教材を基本としつつ、選択肢の 1 つとしての実用性を確認することを前提としている。

また、教員と児童生徒に実施したアンケート結果を用いる際、単一選択形式の回答については、以下と捉え考察を進めた。

	アンケート項目番号	回答に対する捉え方
教員向けアンケート	7~19、21~26	思う／やや思う：ポジティブ あまり思わない／思わない：ネガティブ
児童生徒向けアンケート	8~16、18~19、23	思う／やや思う：ポジティブ あまり思わない／思わない：ネガティブ
	20（操作に困ることがあったと思いますか。）	思う／やや思う：ネガティブ あまり思わない／思わない：ポジティブ
	22（操作の際に画面が固まることはありましたか。）	当てはまる／少し当てはまる：ネガティブ あまり当てはまらない／当てはまらな

		い：ポジティブ

児童生徒に向けたアンケート設問「今回利用したようなシンプルな仕組み（簡易ビューア）でも十分学習できると思いましたか。」に対して「思う」「やや思う」と答えた児童生徒が全体の約59%。教員に向けたアンケート設問「簡易ビューアは自身の授業運営にとって役立つと思いますか。」に対して「思う」「やや思う」と答えた教員が全体の約 62%であったことから、総論としては、満足度や実用性を感じていると読み取ることができる。

以降は「授業運営」「操作」「紙の教科書との比較」「現状のデジタル教科書ビューアとの比較」の 4 つの観点から詳細に考察する。

【授業運営】

教員向けアンケート設問「操作は簡単だったか」や「児童生徒が教科書を見ることができたか」についてはポジティブな回答が約 50%以上と、授業運営自体は一定の有用度があると読み取れる。

一方で「児童生徒の理解度が高まったか」「教員の負担感が軽減したと思うか」についてはネガティブな回答の割合が高かった。負担感についてはヒアリングにて「指示の仕方が異なる（教科書の頁数と異なる）という手間がある。」との聴取結果が得られており、紙の教科書との差を授業運営にて埋める必要がある点が要因のひとつと推察される。ただし、簡易ビューアを本実証の以前より導入している習熟度が高い学校（例：京都市立西京高等学校附属中学校）における「児童生徒の理解度が高まったか」「教員の負担感が軽減したと思うか」の回答はどちらも約 50%がポジティブであったことから、本事業のスケジュール上、短期間での実証であった点の影響も大きいと考える。

【操作】

児童生徒向けアンケート設問「操作時は適切な速度で表示されたと思いますか。」「操作に困ることがあったと思いますか。」「操作の際に画面が固まることはありましたか。」「簡易ビューアの画面を立ち上げて、教科書を見るのは簡単だったと思いますか。」に対し、表示速度と操作性でネガティブな回答の割合が高かった。

表示速度については、現存する技術で簡易な方法により作成するデジタル教科書として用いた PDF ファイルの容量の他、端末の処理速度、OS や web ブラウザ、ネットワーク環境など、複合的な影響を受けるところであり、本実証の研究対象外であることから、さらなる調査研究が必要と考える。

「操作に困った点」については自由記述式での回答で詳細を確認したところ、ページ移動に関する操作に対する回答（紙の教科書のページ数と簡易ビューア上の表示ページ数の相違）が確認できた。機能としては十分に具備されている操作ではあるものの、習熟度や閲覧する PDF データのページ数などの影響を受けたと考えられる。

【紙の教科書との比較】

教員に向けたアンケート設問「紙の教科書と比べ、ページ移動機能（閲覧したいページに移動

する）を用いて教育や学習を十分に行うことができると思いますか。」「紙の教科書と比べ、書き込み機能（ペンやマーカーで内容を記入する）を用いて教育や学習を十分に行うことができると思いますか。」「紙の教科書と比べ、検索機能（本文やキーワードを探す）を用いて教育や学習を十分に行うことができると思いますか。」「紙の教科書と比べ、メモ（ふせん機能）（任意の場所にメモを貼り付ける）を用いて教育や学習を十分に行うことができると思いますか。」に対して、「書き込み機能」「検索機能」「メモ（ふせん機能）」は概ねポジティブであった一方、「ページ移動」はポジティブが約 31%と、満足度が低い結果となった。

この要因整理にあたり教員に向けたアンケート設問「実際に使用してみて、必要だと思われる機能や、課題について教えてください。特に紙との比較や、学習者用デジタル教科書と比較の観点から教えてください。」の自由記述から読み解くと、「片ページ表示」「紙の教科書のページ数と簡易ビューア上の表示ページ数の相違」といった表示に関する紙の教科書との差異や、「紙の教科書に対して自身の手で繰った方が、ページのジャンプがしやすい」「紙の教科書は目線だけで見たい場所にフォーカスをあてられる」など、操作性に関する紙の教科書との差異がネガティブな結果につながったと考えられる。

【現状のデジタル教科書ビューアとの比較】

前述の対応状況比較表を基に、簡易ビューア各機能の実用性に関し、児童生徒向け教員向けアンケートにて「十分に学習を行うことができると思いますか」との質問を行った。加えて、十分ではないと思われる機能は教員向けヒアリングで確認した。

アンケートでは児童生徒、教員ともに「拡大縮小機能」「ページ移動機能」「ページジャンプ機能」「書き込み機能」「消去機能」「メモ(ふせん)」「検索機能」「ブックマーク機能」といった全ての機能でポジティブな回答が約 50%以上であり、簡易ビューアの各機能は、現状のデジタル教科書ビューアと比較して、同等かそれ以上の実用性があると読み取れる。その中でも、児童生徒は「検索機能」、教員は「ページジャンプ機能」が前述の機能の中でポジティブな回答の割合が低かった。「ページジャンプ機能」については前述の紙の教科書のページ数と簡易ビューア上の表示ページ数の相違が関係していると思われる。「検索機能」は簡易ビューア上のボタンレイアウトなどの UI の改善が望まれる。

また、現状のデジタル教科書ビューアとの機能差分に「リフロー機能」がある。この機能においてはヒアリングにて何名かの教員にその必要性を確認しているが、国語や特別支援において、必要度が高いとの回答が確認できた。ただし数名へのヒアリングであり、教科によりその必要度が変わる機能であるため、本実証の成果としてはあくまでも聴取結果の記載に留める。

4.1.3. 教科書紙面が掲載されたデジタル教材のクラウド配信

① クラウド環境を用意して事 3-1 で準備した教科書紙面が掲載されたデジタル教材を配信する。 ② 配信された教科書紙面が掲載されたデジタル教材は、各 OS の標準ブラウザ（Microsoft Edge, Google Chrome, Apple Safari）で閲覧できることとする。 ③ 教科書紙面が掲載されたデジタル教材を閲覧する際に、標準的な機能（本文や図版の拡大・書き込み・ページめくり等）を搭載していることとする。 ④ 「（５）要件定義されたデジタル教科書・配信方法の開発、実証研究事業」にて、検討される新しい形のデジタル教科書との連携についての考えを示す。

上記に対し、検証結果を本項にて「(1)デジタル教科書のクラウド配信」「(2)各 OS の標準ブラウザでの閲覧」「(3)標準的な機能の搭載について」「(4)「（５）要件定義されたデジタル教科書・配信方法の開発、実証研究事業」にて、検討される新しい形のデジタル教科書との連携」の 4 点に分けて記載する。

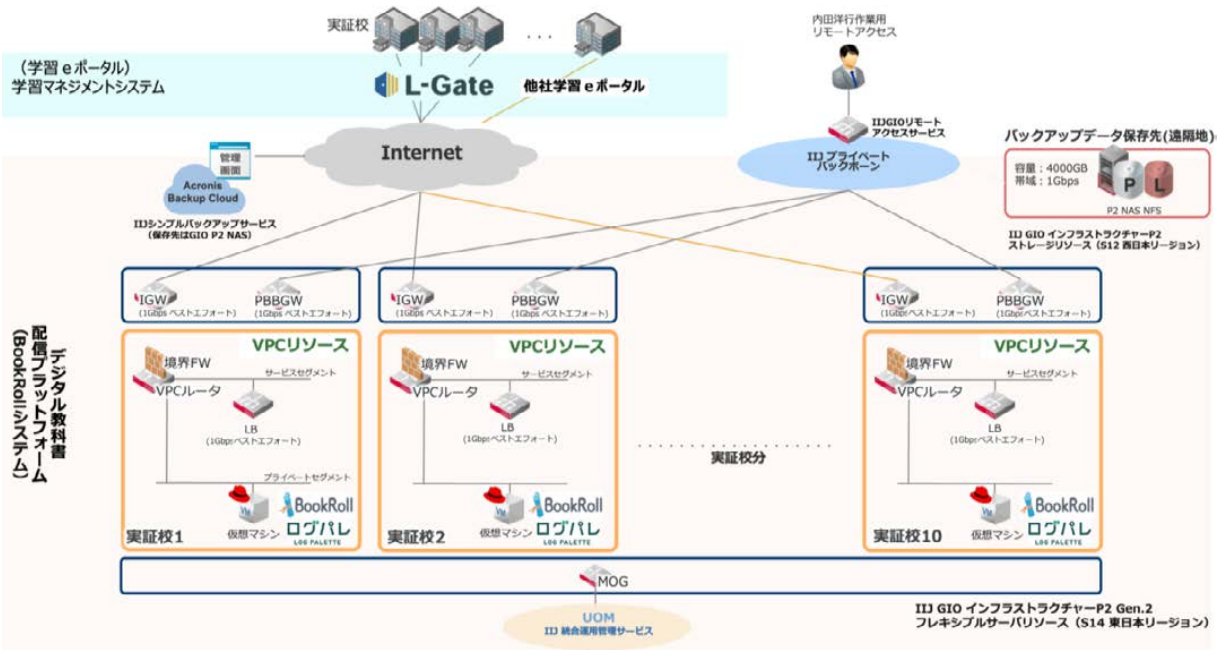
(1) 教科書紙面が掲載されたデジタル教材のクラウド配信

本実証では、クラウド環境にて簡易ビューア/分析ツールが利用可能な環境を構築した。

【クラウド環境について】

本実証では、以下に示すクラウド環境の構築を行った。

図表 154 構築したクラウド環境



(2) 各 OS の標準ブラウザでの閲覧

以下の各 OS の標準ブラウザで簡易ビューアにて閲覧できることを確認した。該当の OS・ブラウザを利用した実証校も併せて記載する。

OS	ブラウザ種別	利用校
Windows	Microsoft Edge （標準ブラウザ）	東京学芸大学附属竹早小学校 仙台白百合学園小学校 姫路市立東小学校 姫路市立安室中学校 滋賀県立彦根東高等学校 滋賀県立膳所高等学校 滋賀県立大津商業高等学校 京都市立常磐野小学校 京都市立柊野小学校 川崎市立川崎総合科学高等学校
	Google Chrome	東京学芸大学附属竹早小学校 仙台白百合学園小学校 姫路市立東小学校 姫路市立安室中学校 宮城教育大学附属中学校 京都市立西京高等学校附属中学校 滋賀県立彦根東高等学校 滋賀県立膳所高等学校 滋賀県立大津商業高等学校 京都市立西京高等学校 京都市立常磐野小学校 京都市立柊野小学校 川崎市立川崎総合科学高等学校 福岡市立博多工業高等学校
iPadOS	Apple Safari （標準ブラウザ）	仙台白百合学園小学校 富谷市立富ケ丘小学校 早稲田摂陵高等学校 川崎市立川崎総合科学高等学校 福岡市立博多工業高等学校
	Google Chrome	早稲田摂陵高等学校 川崎市立川崎総合科学高等学校
macOS	Apple Safari （標準ブラウザ）	利用校なし
	Google Chrome	利用校なし
ChromeOS	Google Chrome （標準ブラウザ）	姫路市立東小学校 姫路市立安室中学校 川崎市立川崎総合科学高等学校

(3) 標準的な機能の搭載について

「教科書紙面が掲載されたデジタル教材を閲覧する際に、標準的な機能（本文や図版の拡大・書き込み・ページめくり等）を搭載していること。」については、学習者用デジタル教科書の効果的な活用の在り方等に関するガイドライン（令和３年３月改訂／文部科学省）に示された以下の学習方法に対応可能で、試行錯誤したり、写真やイラストを細部まで見ることが出来たり、学習

内容の習熟の程度に応じた学習を行ったりするなど、児童生徒一人一人の能力や特性に応じた活用が可能となる。

図表 155 ガイドラインに示された主な学習方法

区分	例示	本実証での実現
学習者用デジタル教科書を学習者用コンピュータで使用することにより可能となる学習方法	教科書の紙面を拡大して表示する（ポップアップやリフロー等を含む）。	○
	教科書の紙面にペンやマーカーで書き込むことを簡単に繰り返す。	○
	教科書の紙面に書き込んだ内容を保存・表示する等。	○
学習者用デジタル教科書を他の学習者用デジタル教材と組み合わせて使用することにより可能となる学習方法	音読・朗読の音声やネイティブ・スピーカー等が話す音声を教科書の本文に同期させつつ使用する。	△
	教科書の文章や図表等を抜き出して活用するツールを使用する。	△
	教科書の紙面に関連付けて動画・アニメーション等を使用する。	△
	教科書の紙面に関連付けてドリル・ワークシート等を使用する。	△
学習者用デジタル教科書を他の ICT 機器等と組み合わせて使用することにより可能となる学習方法	大型提示装置や教師用コンピュータに児童生徒の学習者用デジタル教科書の画面を表示する。	○
	ネットワーク環境を利用して、児童生徒が行った書き込みの内容や関連して検索した情報などを教師や児童生徒間、さらには学校・家庭間で共有する。	○

上記図表のうち、「他の学習者用デジタル教材と組み合わせて使用することにより可能となる学習方法」については、専用ビューアでの実現が意識されているが、簡易ビューアは Web ブラウザ上で動作するため、その実現は、ブラウザや OS の機能を用いて簡易に実現されている。従って簡易ビューアでの厳密な実現は将来的な検討課題だが、いわゆる学習者用デジタル教科書として最低限必要な機能を有しているのみならず、分析ツールを活用することで、児童生徒の深い学びを見取ることが可能となる。

その他、簡易ビューアの機能の詳細については、前述 4.1.2.(3)を参照のこと。

(4) 「（５）要件定義されたデジタル教科書・配信方法の開発、実証研究事業」にて、検討される新しい形のデジタル教科書との連携

「（５）要件定義されたデジタル教科書・配信方法の開発、実証研究事業」にて、デジタル教科書としてあるべき姿が提示される予定である。想定される内容としては、ナビメニューなどの機能要件からビューアの起動時間などの非機能要件が想定される。配信事業者の仕様書に依存することなく、幅広に共通した仕様を持つことが期待される。

4.1.4. ID・ライセンス管理／SSO（シングルサインオン）機能及びセキュリティ

① ユーザ情報や学習履歴が一元管理でき、当該情報のセキュリティを担保できる基盤とする。 ② 児童生徒が児童生徒端末に一度ログインすればセキュリティが確保された環境において複数社の教科書紙面が掲載されたデジタル教材をすべて閲覧できることとし、学習 e ポータルと連携することとする。 ③ 複数社の教科書紙面が掲載されたデジタル教材ライセンスの登録・管理を容易に行えるようにするため、また将来デジタル教科書と関連するデジタル教材との連携を円滑に行うためにどのような基盤を構築すべきかを検討する。

上記に対し、検証結果を本項にて「(1)本実証における ID 統合管理/SSO 機能及びセキュリティ担保できる基盤について」「(2)ID 統合管理/SSO に関する各種調査結果」「(3)将来の基盤構築に向けた論点（課題含む)」の 3 点に分けて記載する。

(1) 本実証における ID 統合管理/SSO 機能及びセキュリティ担保できる基盤について

本実証では、ID 統合管理/SSO 機能及びセキュリティを担保できる基盤として、学習 e ポータルポータルである「L-Gate」及び「OPE（Open Platform for Education)」を用いて検証する。

製品名	実証校
L-Gate	東京学芸大学附属竹早小学校 仙台白百合学園小学校 富谷市立富ケ丘小学校 姫路市立東小学校 姫路市立安室中学校 宮城教育大学附属中学校 滋賀県立膳所高等学校
OPE（Open Platform for Education）	京都市立西京高等学校附属中学校

(2) ID 統合管理/SSO に関する各種調査結果

本調査にあたり検証観点並びに対象者を以下と整理し、ヒアリングによる調査を行った。

【検証観点・対象者】

No	検証観点	ヒアリング対象者
1	ID 統合管理/SSO 機能の有用性	教員

【設問一覧】

項目	設問
1	通常の新規アプリケーションを導入する際、アカウントの設定はどのように行っていますか
2	（学習 e ポータル導入している場合）以前の運用はどのように行っていましたか。
3	学習 e ポータル導入前のデジタル教科書の管理はどのように行っていましたか
4	学習 e ポータルの導入により、学習者用デジタル教科書の導入や管理のフローはどのように変化しましたか

【ヒアリング結果】

1．通常の新規アプリケーションを導入する際、アカウントの設定はどのように行っていますか

◆ **教員が設定：7 校**

- ✓ 担当の教員（校内に 1 人）が設定している。
- ✓ アプリに対して担当者をつけ、サービス会社へアカウントを作ってもらっているケースが多い。
- ✓ 情報担当の教員に全てお任せしている。すでに大変そうだったが、転入の処理などがあるとすぐには対応できないと感じた。
- ✓ アプリケーションに限らず Web サイトなどの閲覧・利用に関しては、Web フィルタリングにかからないものであれば利用できるようにしている。フリーのアプリケーションをダウンロードするようなことは基本的には許可していない。
- ✓ 教育委員会からの許可を得てアプリケーションを導入している。

◆ **その他（教育委員会、大学等）が設定：5 校**

- ✓ アプリケーションのインストール作業は、教育委員会から業者を通じて実施される。
- ✓ 全て一括で、研究部側で行っていただいている。アカウントの一覧を表にして児童へ渡す流れになっている。転入転出があった場合でも研究部で行っている。M365 アカウントは情報部で管理している。それぞれの部が必要だと感じた内容を提案し、申請が通れば設定する形となっている。

◆ 不明：3 校

2．（学習 e ポータル導入している場合）以前の運用はどのように行っていましたか。

- ✓ 学習者用デジタル教科書はクラウドを利用しており、学習者一人ずつにアカウントがある。
- ✓ MEXCBT 接続経験はあるが、使っていない。
  - ➢ 何の学習 e ポータルを利用したかは覚えていない（意識していない）。
  - ➢ MEXCBT の際は、ICT 支援員さんにアカウントの登録などをして頂いた。
- ✓ デジタル教科書は、デジタル教科書を閲覧するためのビューア（超教科書クラウド、まなビューア）から直接閲覧している。
- ✓ 以前から教科によって Moodle を導入して利用されていた。
- ✓ デスクトップにショートカットを作成し、運用している。そこに加え、ファイルや URL の配布用として Microsoft Teams を活用している。
- ✓ Google ClassRoom のショートカットを利用していた。現在も活用している。
- ✓ Google ClassRoom にリンクを搭載して運用していた。これまでよりは今回の方が扱いやすかった。また、Google ClassRoom でワークシートを配付し、課題を出していた。

3．学習 e ポータル導入前のデジタル教科書の管理はどのように行っていましたか

- ✓ 市内の各学校の Web ライブラリのアカウントは市が一括で準備する。どの科目の教科書を導入するかは学校の要望で対応されている。
- ✓ 教科書・教材会社毎に契約して承諾を得られたものはデータをもらって、提携する大学に依頼して登録してもらっている。利用する教科書は教育委員会が選定する。そのうえで、教科書・教材会社に PDF をもらえるかどうかを交渉してアップロードしている。(現状は、数学のみ)
- ✓ 基本的にはブラウザのブックマークで利用していた。
- ✓ 指導者用デジタル教科書のみ Google ClassRoom にリンクを搭載して運用していた。これまでよりは今回の方が扱いやすかった。

4．学習 e ポータルの導入により、学習者用デジタル教科書の導入や管理のフローはどのように変化しましたか

- ✓ 一括で登録できるのであれば手間は少ないが、ID/PW が複数になると生徒が忘れてしまう場合も散見される。
- ✓ エントリー(入力)作業が一回で済むのであれば良いと思う。
- ✓ 以前よりはデジタル教科書を開きやすくなったと思う。
- ✓ 便利ではあったが、昨年度の運用方法が染みついており、L-Gate の利用が生徒たちに浸透していない。L-Gate を開く指示を出してもすぐにはピンと来ないようで、スムーズに開いてくれない。より多くの教科で使用し慣れていけば浸透していくと思う。

(3) 将来の基盤構築に向けた論点（課題含む）

本実証では主に以下の論点を重点的に検証し、将来的にどのような基盤を構築すべきかの方向性を検討した。

番号	論点	概要
1	アカウントの登録・運営	デジタル教科書事業者ごとに発行されるアカウントをどのように管理し、効率的な運用を図ることができるか。児童生徒マスタをどこにどのように持たせるか。
2	アカウントの更新	年度末、年度初めのアカウントの更新作業や、転入出におけるアカウントの増減をどのように管理するか。
3	ライセンスの管理	進級後に過去学年のデジタル教科書を使用することができるか。紙であれば容易だが、デジタル教科書の場合は過去学年に紐づけたライセンス管理テーブルが必要。
4	配信プラットフォーム間の連携	教科書・教材会社が指定するプラットフォームと学校が指定するプラットフォームが分かれたとしても、相互に利用できるようにするにはどのような仕組みが必要か。
5	デジタル教材との連携	デジタル教科書と関連するデジタル教材とどのような連携を図るか。例えば、合致する教科領域に関するデジタル教材へのリンクや、児童生徒の学習記録データとの連携等。
6	データの一次利用／二次利用に向けた整理	教育委員会、学校がデータを分析できるよう、どのような形で LRS を構築するべきか。また、データの二次利用については、どうするべきか。

【アカウントの登録・運営】【アカウントの更新】

学習 e ポータル導入前は、アプリケーションごとにアカウント管理されているケースが多かった。その場合、アプリケーション導入及び更新の際にはアプリーションごとにアカウントの登録及び更新を実施する運用となっていた。多くの学校ではアプリケーション管理に専属人員を配置している学校がおらず、授業を受け持つ教員が兼務していることから、その負担は相当大きいと推察される。また、アカウントを利用する教員・児童生徒にとっても、ID/パスワードを個々人で管理し、アプリケーションごとにログインを実施しなければならないことに対して負担である旨の声がヒアリングにて多く挙がった。今後の学習環境のデジタル化が進むに当たり、アカウントの登録・運営の課題があることを再確認した。

学習 e ポータル導入後は、学習 e ポータル上に児童生徒マスタを持たせることにより、連携するアプリケーションを追加したとしても、アプリケーションごとの登録が不要となり、アカウントの管理が一元化できる。そのため、「アカウントの管理」「アカウントの利用」どちらにとっても負担が軽減され有用であるとヒアリング結果から確認ができた。

本実証の結果より、学習 e ポータルによるアカウントの一元化により、担当者の負担が軽減され、教員が本来の役割に集中できると考えられる。また、利用者にとってもログインの手間が減ることにより、円滑な授業運営ができると考えられる。

ただ課題として、学習 e ポータルと LTI 連携できないアプリケーションについては、これまでと変わらず個別でアカウント管理・ログインの必要がある。そのため、今後ますます学習 e ポータルと LTI 連携可能なアプリケーションの拡大が望まれる。

【ライセンスの管理】

本実証では、学習 e ポータルにて各児童生徒・教員が所属するコース（例：「2022 年度 1 年 1 組 数学」）を作成し、簡易ビューアにて各コースで閲覧可能な教科書/教材コンテンツの登録を行い、ライセンス管理を行なっている。

また、本実証のヒアリングでは、博多市立博多工業高等学校にて過去学年の教科書を利用しているケースがあり、1 年生の教科書を 3 年生が利用していた。本実証における確認ケースが少ない点は考慮しつつも、学校在籍中に付与された教科書は少なくとも当該生徒が在籍する限り、利用できる状態であることが望ましいと考えられる。他の学校のヒアリングにおいても、学年を超えて辞書的に教科書を参照する場合、紙の教科書だとかさや重さからなかなか持参しないが、デジタルであれば端末とアクセス権さえ入手すれば参照できるというメリットがあるとの意見もあった。

上記を実現するためには、児童生徒の過年度の教科書ライセンスの保有履歴が必要である。現在の配信事業者の方式では、学習者ごとにライセンス管理されている場合が多く、対応可能であると考えられる。ただこの場合、学習者ごとのライセンス数（教科書×学習者）が膨大となり年度ごとのライセンス更新作業が煩雑となる。そのため、今回実証した簡易ビューアのように、児童生徒が属する学習コースごとに当該学習コースで使用する教科書のアクセス権を割り当て、それを年度更新時にも保持し、過去の学習コースの教科書も閲覧可能にする方式も考えられる。

【配信プラットフォーム間の連携】

今回の実証では、複数の教科書紙面が掲載されたデジタル教材を利用するために、複数の学習 e ポータルを導入している学校があった。その場合、それぞれでアカウント管理をする必要があり、負担があることがヒアリングから確認できた。

そのため、利用する学習 e ポータルを学校で 1 つに限定し、それを利用するのみで複数社のデジタル教科書を手間なく利用できることが理想と考えられる。

これを実現するためには、配信事業者が、各社の学習 e ポータルとの LTI 連携を進めることにより、児童生徒・教員が一つの学習 e ポータルにログインしただけで複数社のデジタル教科書を利用できる環境の実現が望まれる。

【デジタル教材との連携】

今回の実証で利用した簡易ビューアでは、教科書紙面が掲載されたデジタル教材と関連するデジタル教材の連携については、教科書紙面が掲載されたデジタル教材にリコメンド機能により教科書や教材の URL リンクを貼ることで実現できる。また、URL がクリックされたログと、遷移先の教科書・教材が開かれたログを蓄積しており、学習履歴の連携も可能である。

将来的には、以下のような連携が考えられる。(一例として記載する)

① ビューア上に関連書籍のリンクを設ける
ビューア内に「関連書籍」という名のボタンを配置し、ボタンを選択すると関連書籍一覧を表示し、関連書籍を選択すると関連書籍がすぐに表示される仕組みなど

② ビューア内に教科書と教材を同時に表示可能とする
画面を左右 2 分割にし、左に教科書、右に教材を表示する仕組みなど

③ 教科書と教材の学習履歴の連携により、教科全体の分析結果を確認できる

また、教科書と教材の閲覧可能なビューアが異なる場合、配信事業者間での連携が必要であるが、現状では配信事業者間での連携規定はない。複数社の教科書・教材を連携するための仕組みの検討が望まれる。

【データの一次利用／二次利用に向けた整理】

今回の実証では、16 校の学習履歴データを xAPI に準じた形式で収集し、LRS に保存する環境を構築した。16 校の分析にあたり、xAPI により統一された技術標準でデータ収集できたことにより、16 校全てに対して同一の分析方法で効率的に分析することができた。

また、技術標準が統一されていることにより、各校における分析にとどまることなく、学校を横断した分析や、関連ツールを横断した分析も可能であった。

今後、全国の学校においても、xAPI に準拠した学習履歴データを LRS へ保存する環境の導入がより多く広がれば、さらに大規模かつ詳細な分析（自治体単位、環境単位など）が可能になると考えられる。

ただし、課題として、複数の LRS を分析するような場合、xAPI 技術標準にはデータ規定が十分にはなされていないため、分析に手間がかかるケースも存在した（どの学校か、どの教科のどの組か、どの単元か など)。さらに分析をしやすくするためには、データ規定の整備が必要であ

ると考える。

研究者や行政などが利用できるようにする二次利用に関しては、議論が成熟しているとは言えず、法令のみならず社会的な合意形成が必要となる。

(4) ID 統合管理/SSO に関する考察

本実証により、ユーザ情報並びに学習履歴が一元管理でき、当該情報のセキュリティ担保ができる基盤としては、学習 e ポータルが有用であることが確認できた。学習 e ポータルでは、児童生徒が児童生徒端末に一度ログインすればセキュリティが確保された環境で利用することができる。

各配信事業者にて各学習 e ポータルとの LTI 連携ができるようになれば、学習 e ポータルにログインするのみで複数社のデジタル教科書の利用が可能になると考えられる。さらに、同一学習者のログが同一 ID で記録されるため、複数社の教科書・教材や学習活動を横断した学習分析を行うことができる。

今後、デジタル教科書を始めそれ以外の各種アプリケーションの利用が広がっていくと考えられる。学習 e ポータルと LTI 連携ができないアプリケーションについては、様々な事業者がそれぞれで開発を進める現状に照らすと一足飛びに改善する課題ではない。しかし、児童生徒・教員が個別でアカウント管理・ログイン操作の手間が発生しないようにするため、また学習分析のさらなる活用のためには、学習 e ポータルと LTI で連携可能なアプリケーションの拡大が望まれる。

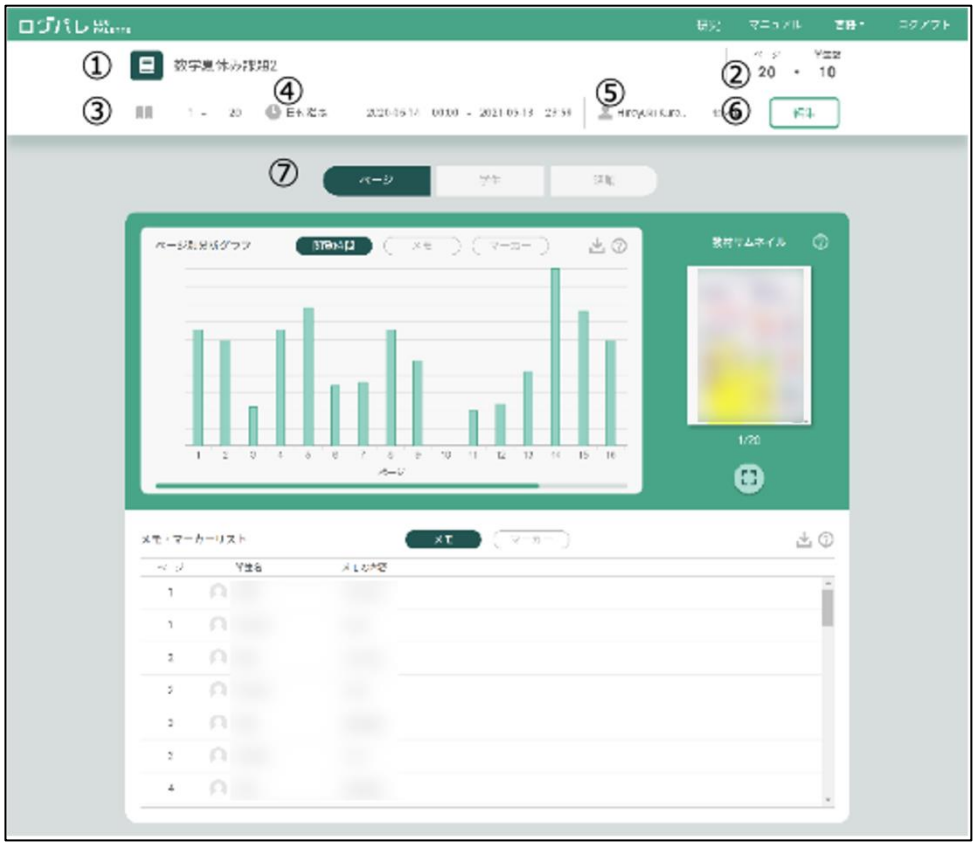
4.1.5. 学習履歴及び分析ツール

個人情報保護に留意した上で、児童生徒がデジタル教科書を使用した履歴をクラウド環境に蓄積し、その履歴を分析ツールを用いて分析します。また、その履歴や分析結果を教職員や児童生徒に示すなど、効果的な利活用方法について検証することとします。

上記について、検証結果を本項にて「(1)学習履歴管理・分析ツールの概要説明」「(2)実証で確認された利活用方法」「(3)学習履歴及び分析ツールに関する各種調査結果」「(4)学習履歴及び分析ツールに関する考察」の 4 点に分けて記載する。

(1) 学習履歴管理・分析ツールの概要説明

図表 156 簡易ビューアの分析機能



番号	アイコン	概要
①	教材タイトル	選択している教材が表示される。
②	ページ・学生数	教材の総ページ数と登録学生数が表示される。
③	表示領域	分析したい教材の範囲（ページ）が表示される。
④	日付指定	分析期間が表示される。
⑤	氏名表示	分析したい児童生徒名が表示される。1 名、複数、全学生などが選べる。
⑥	編集ボタン	編集ボタンを押して分析期間や分析する児童生徒を設定する。
⑦	パネル種別	「ページ別分析」、「児童生徒別分析」、「活動分析」のいずれかを選択する（画面は開発中のため、「児童生徒別分析」が「学生」と表示されている）。

また、児童生徒の学習情報は、大きく「ページ別分析」、「児童生徒別分析」、「活動分析」の 3 つのパネルで表示することができる。

【ページ別分析パネル】

簡易ビューアで閲覧した教材のページごとに、閲覧時間やメモの数、マーカー（赤色・黄色）の数をグラフ形式で表示することができる（下図表左）。また、児童生徒がメモまたはマーカーを引いたページの番号やメモの内容を確認することができる。

図表 157 ページ別分析グラフ（左）とメモ・マーカーリスト（右）

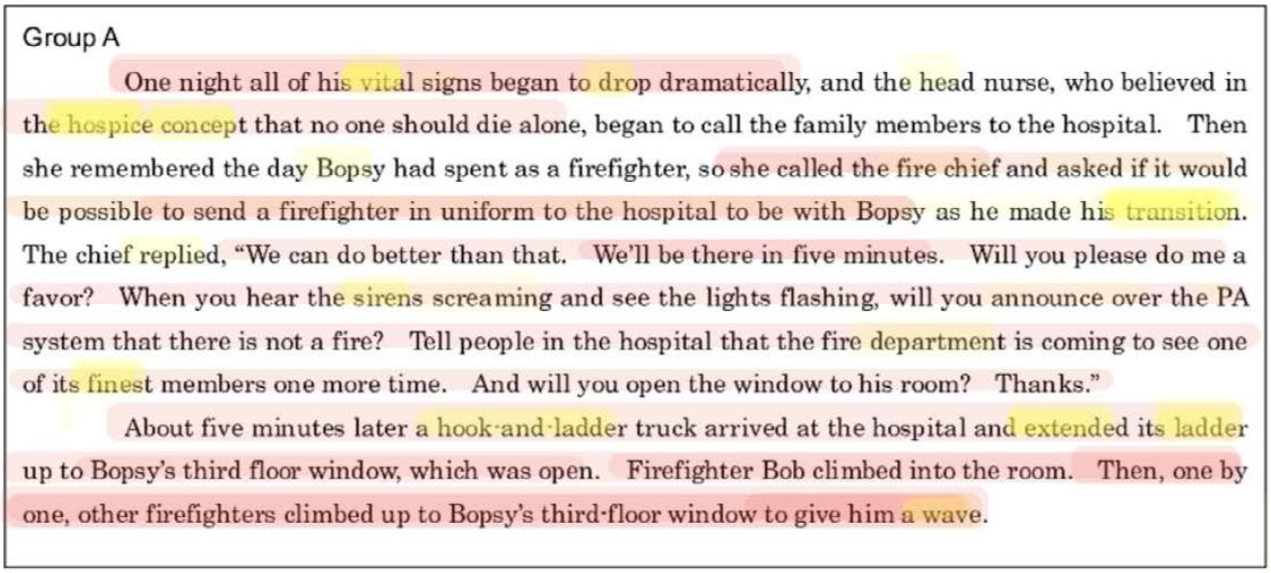
＜マーカーの可視化＞

同じ教材を利用する児童生徒全員が簡易ビューアで引いたマーカーをその教材の上に重ね合わせて表示することができる。

簡易ビューアを使って、生徒には「わからない単語」には黄色マーカー、「重要と思う単語」には赤色マーカーを引いてもらう。黄色のマーカーの色が濃い単語は多くの生徒が分からない単語となる。従って教員は、黄色が濃くなっている単語の説明を以後の授業で重視する必要がある。

また、赤色のマーカーの色が濃い単語は多くの生徒が重要だと思っている単語となる。例えば、授業中に、これらの単語について児童生徒同士で議論させるなどの展開が考えられる。このようにして、これまで教員はその勘や経験で「児童生徒の分からないと思う単語や重要と思う単語」を判断していたのに対し、分析ツールを利用することによって、データやエビデンスに基づいて児童生徒の状況を把握し、授業に活かすことが可能となる。

図表 158 マーカー可視化イメージ


Group A

One night all of his vital signs began to drop dramatically, and the head nurse, who believed in the hospice concept that no one should die alone, began to call the family members to the hospital. Then she remembered the day Bopsy had spent as a firefighter, so she called the fire chief and asked if it would be possible to send a firefighter in uniform to the hospital to be with Bopsy as he made his transition. The chief replied, "We can do better than that. We'll be there in five minutes. Will you please do me a favor? When you hear the sirens screaming and see the lights flashing, will you announce over the PA system that there is not a fire? Tell people in the hospital that the fire department is coming to see one of its finest members one more time. And will you open the window to his room? Thanks."

About five minutes later a hook-and-ladder truck arrived at the hospital and extended its ladder up to Bopsy's third floor window, which was open. Firefighter Bob climbed into the room. Then, one by one, other firefighters climbed up to Bopsy's third-floor window to give him a wave.

【児童生徒別分析パネル】

簡易ビューア上で児童生徒が行った活動を、分析ツール上で児童生徒ごとに分析することができる。「表」または「グラフ」を選んで表示できる。以下の表（下図表左）でも表示されるが、一定の閾値を設け、値を下回ると、数値背景に自動的に色を付けることも可能。

図表 159 児童生徒パネルにおける表とグラフ

アイコン	概要
閲覧達成率	教材を閲覧したページ数の割合が表示される。
時間（分）	教材を閲覧した時間が表示される。
操作回数	簡易ビューア上で行われた全操作数が表示される。代表的な操作には、ページの移動、黄色マーカー、赤色マーカー、メモ、ブックマーク機能がある。
ブックマーク	ブックマークした数。
黄色マーカー	黄色マーカーを引いた数。
赤マーカー	赤色マーカーを引いた数。
メモの数	メモをした数。

【活動分析パネル】

児童生徒全体もしくは特定の児童生徒の活動（学習状況）を詳細に確認することができる。

図表　160　児童生徒の学習状況

アイコン	概要
閲覧達成率（%）	閲覧したページの平均の割合が表示される。
時間（分）	学生一人当たりの教材を閲覧した時間が表示される。下段は学生全体の閲覧時間。
ブックマーク（個）	学生一人当たりのブックマークした回数。下段は学生全体のブックマーク回数。
黄色マーカー（個）	学生一人当たりの黄色マーカーを引いた回数。下段は学生全体の黄色マーカーを引

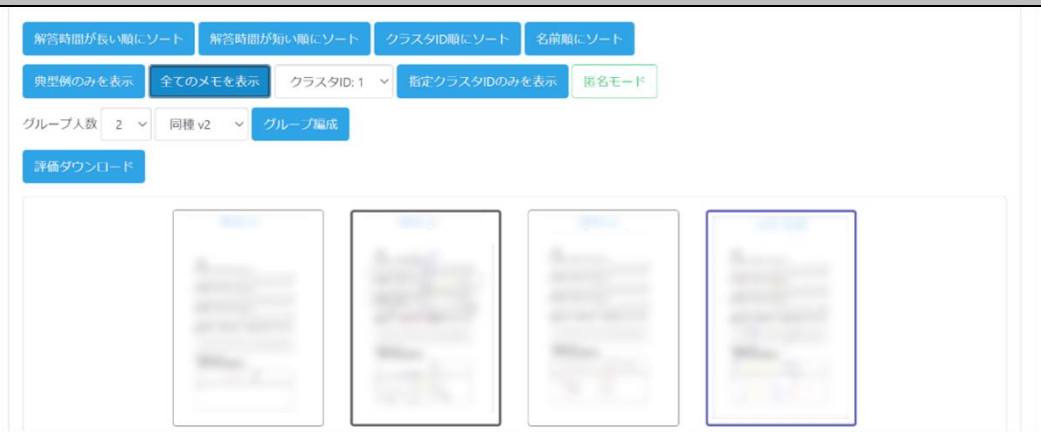
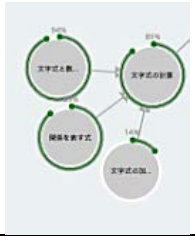
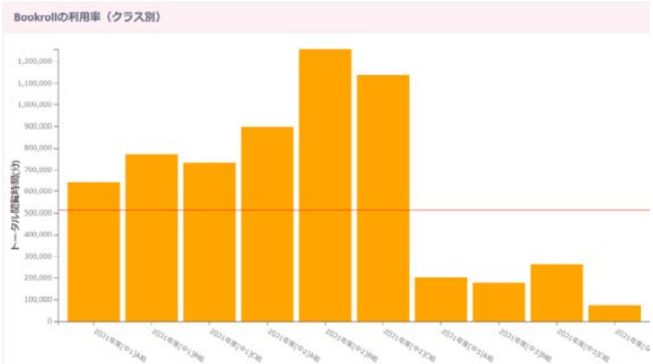
アイコン	概要
	いた回数。
赤マーカー（個）	学生一人当たりの赤色マーカーを引いた回数。下段は学生全体の赤色マーカーを引いた回数。
メモ（個）	学生一人当たりのメモを書いた回数。
メモの数	メモをした数。

また、それ以外の分析として以下が可能である。[13]

図表 161 各種の分析機能

機能	概要
グループ編成機能	グループワークなどに必要な児童生徒のグループを自動で編成できる機能。得点、読書スタイル、活動量など以前のグループワークの結果などのデータに応じて、同種または異種のグループを自動で作成することができる。
グループ評価機能	児童生徒が同じグループ内のメンバーと他のグループのパフォーマンスを相互評価できる。
ペンストローク分析機能	数学などの答案における筆跡を分析できる。児童生徒が書いた手書きプロセスを分析することができ、これによりつまずき箇所や思考プロセスを把握することができる。

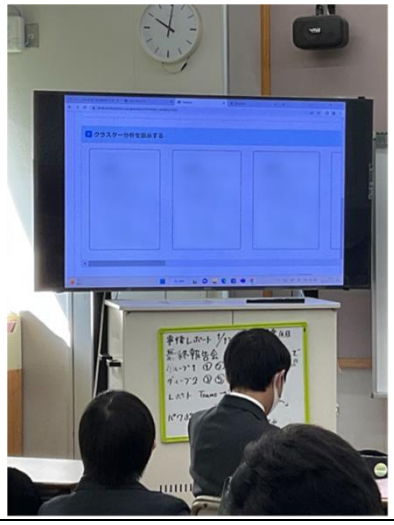
[13] https://www.let.media.kyoto-u.ac.jp/presentations-2/

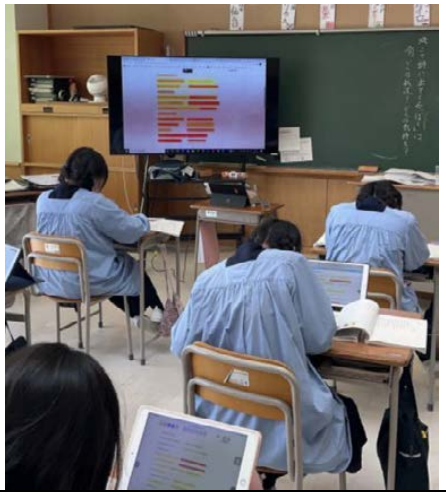
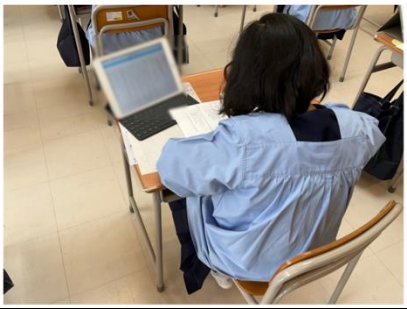
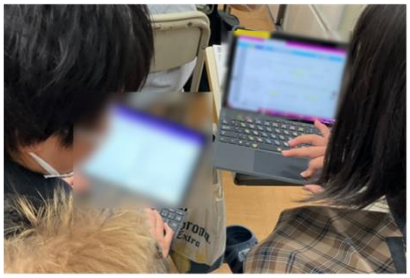
機能	概要
	
ナレッジマップ機能	クラスの知識の状態を可視化する。簡易ビューアの教材やクイズのリンクと共に、学習要素を直接選択できる。 
辞書機能	児童生徒または児童生徒のグループによって行われた、辞書検索結果を表示する。また、辞書を引いた単語は、学習ログとして記録され、検索頻度の高い単語を分析ツールにおいて列挙できる。
管理者用統計	クラス別、学年別の簡易ビューア利用状況などの統計情報を表示する。 
成績データアップロード機能	CSV 形式で児童生徒の小テストなどの成績データをアップロードできる。グループ編成などに利用できる。

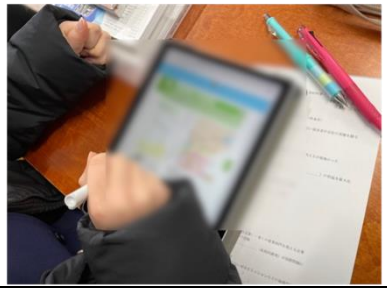
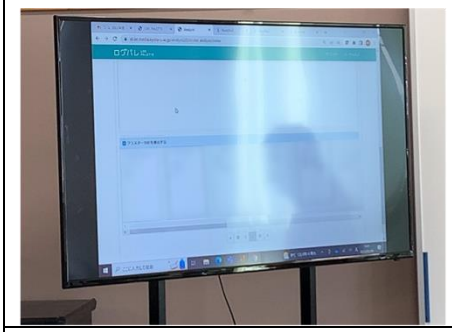
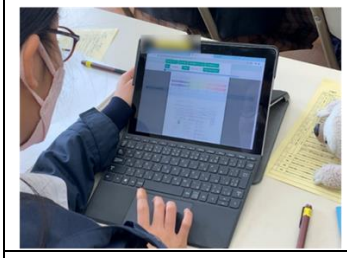
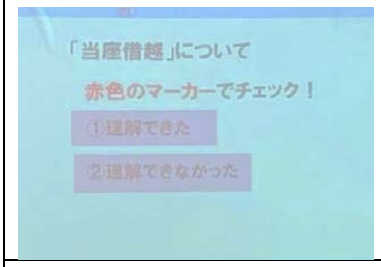
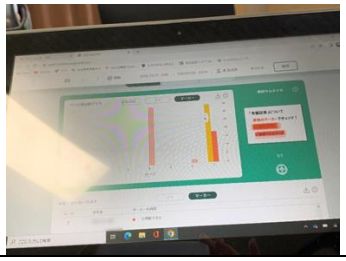
機能	概要
データダウンロード機能	CSV 形式でデータをダウンロードして分析できる。

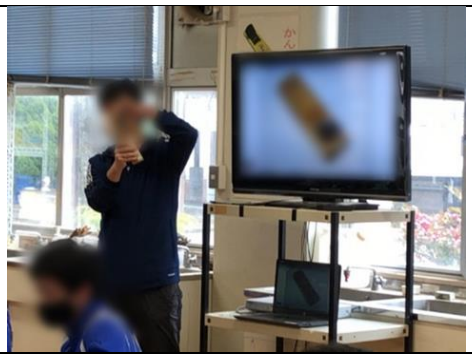
(2) 実証で確認された利活用方法

実証で確認された利活用方法は以下の通り。

利活用方法	教科（例）
【授業展開・説明箇所の選定：前回のログ】 授業中に引かせたマーカーや解答させた手書きのログを次回の授業前に確認し、授業展開・重点的に説明する箇所の決定に利用 	数学 / デザイン実践
【授業展開・説明箇所の選定：リアルタイム】 授業中に引かせたマーカーを見ながら、授業の展開や重点的に説明する箇所をリアルタイムに意思決定 	英語 / 公民
【発言のきっかけ：マーカー】 大型提示装置でクラス全員のマーカーを集約表示し、なぜそこにマーカーを引いたかを児童生徒に問い、発言を促す	算数 / 国語

	
【解答前のきっかけ・補足：マーカー】 プリントに記入する前に解答の根拠になる場所にマーカーを引く ※直接プリントに書き始めるよりも、着手のハードルが下がる ※教員は児童生徒のログから問題の補足説明が可能 	国語
【グループ活動前のきっかけ：マーカー】 発問に基づいてマーカーを引き、隣の人と共有議論、全体共有 ※突然意見交換を始めるよりも、議論のハードルが下がる ※教員は児童生徒のログから指名するペアの選択が可能 	英語 / 国語
【他の学習者から学ぶ：マーカー分析】 自分がマーカーを引いた箇所と、教員が提示するクラス全体のマーカー箇所を比べる ※クラス全体と自分との類似・相違点に気が付く	算数 / 公民

	
【理解度・プロセスの把握：ペンストローク分析】 書いた順番、手が止まったところ（つまずきポイント）の把握、いくつかの解法の紹介、つまずきポイントの解説 	数学
【自分の学びを振り返る：ペンストローク分析】 手書きメモ機能を用いて解答を記入。ペンストローク分析機能で解答プロセスを再生自分の解答過程を振り返り、各プロセスで何を行ったかを入力（「自己説明」活動） 	数学
【マーカーを投票代わりに使用】 集約表示：クラス全体の理解状況の把握 マーカーリスト：1 人 1 人の理解状況の把握  	簿記
【演習型授業における机間指導の参考に使用】 全体説明時に不明点にマーカーを引かせたのち、演習 iPad で分析ツールを確認しながら、生徒の理解に応じて机間指導	技術

(3) 学習履歴及び分析ツールに関する各種調査結果

本調査にあたり検証観点並びに対象者を以下と整理し、アンケート及びヒアリングによる調査を行った。

No	検証観点	対象者
1	自身の授業運営への有用度	教員
2	操作の簡便さ	教員
3	授業設計の変化（根拠に基づいた設計を行えるようになったか）	教員
4	児童生徒の学習方法の変化の有無	教員 / 児童生徒
5	良い（悪い）と感じた点	教員

【アンケート設問一覧】

＜教員＞

項目	検証観点	設問	回答形式
1	自身の授業運営への有用度	分析ツールは自身の授業運営にとって役立つと思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
2	操作の簡便さ	分析ツールの操作は簡単だと思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
3	授業設計の変化（根拠に基づいた設計を行えるようになったか）	分析ツールを使用することで根拠に基づいた授業設計を行えるようになったと思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
4	児童生徒の学習方法の変化の有無	分析ツールを使用することで子供たちの学習方法に変化が生じたと思いますか。	単一選択（思う／やや思う／あまり思わない／思わない）
5	良い（悪い）と感じた点	分析ツールをご利用された場合、どのようなログをどのような場面で活用することが有用だと思いましたか。 具体的にご記入ください。	自由記述

6		分析ツールを使って良かった点や、難しいと感じた点を教えてください。	自由記述

＜児童生徒＞

項目		設問	回答形式
1	児童生徒の学習方法の変化の有無	自分が書き込んだメモやマーカーのログ（履歴）を確認したことがありますか。	単一選択 （ある／ない／質問の意味がわからない）
2		【「したことがある」と回答した方】 ある場合は、どのような場面だったかを教えてください。	自由記述

【アンケート結果】

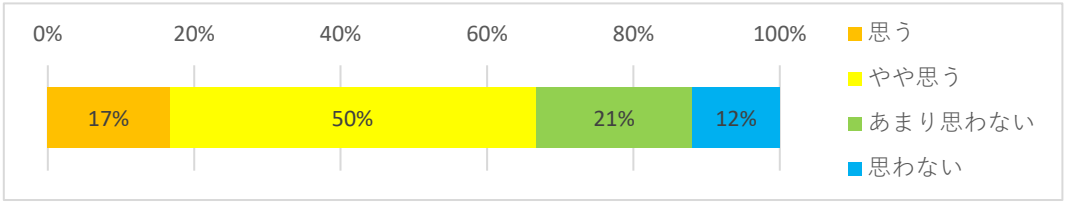
＜教員＞

1. 自身の授業運営への有用度

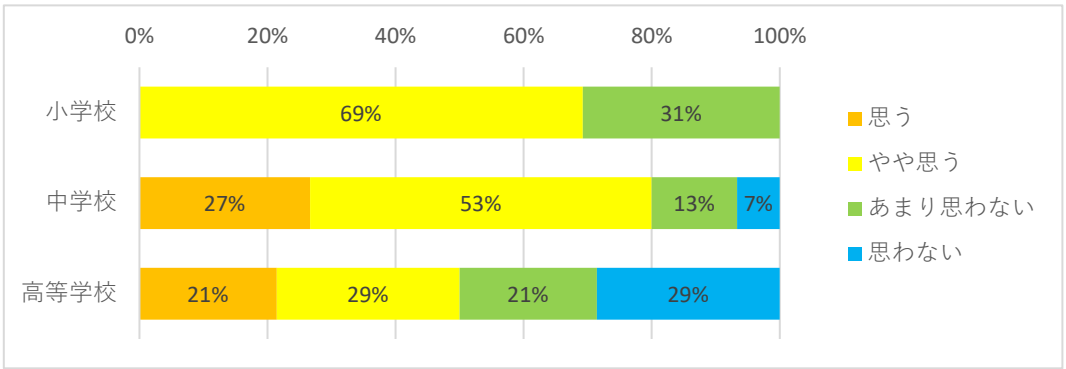
✓ 教員の約 7 割弱が「思う」「やや思う」と回答した（図表 162）

✓ 「思う」「やや思う」を含めると、中学校、小学校、高等学校の順に高く、授業運営への有用度を感じている。（図表 163）

図表 162 授業運営への有用度



図表 163 授業運営への有用度(種別種別)



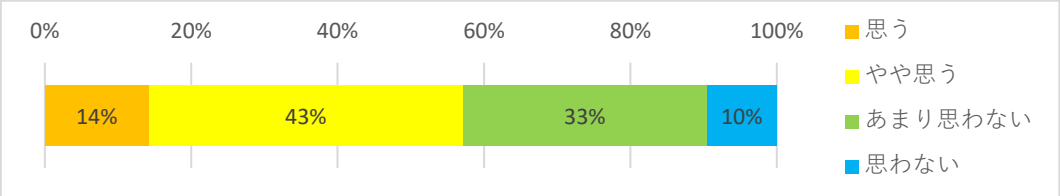
2. 操作の簡便さ

✓ 教員の約 6 割弱が「思う」「やや思う」と回答した。（図表 164）

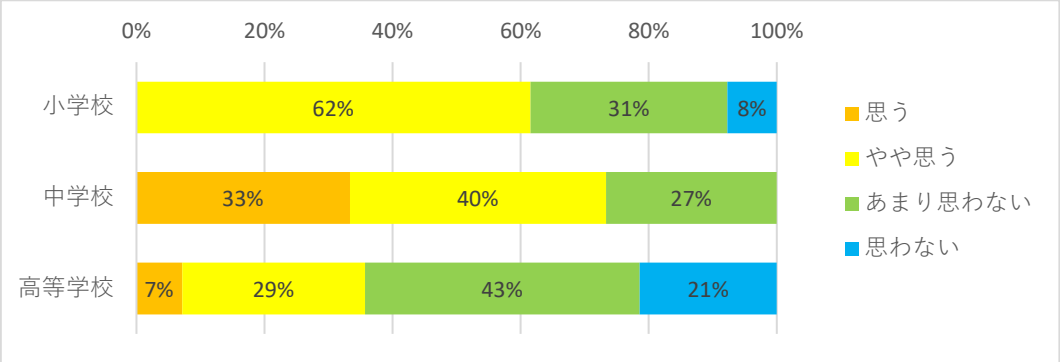
✓ 「思う」「やや思う」を含めると、中学校、小学校、高等学校の順で高く、操作の簡便さを感じている。（図表 165）

✓ デジタル教科書の利用「有」群では「思う」「やや思う」が約 6 割、「無」群では「思う」「やや思う」約 4 割弱であり、デジタル教科書の利用「有」群の方が操作の簡便さを感じている。（図表 166）

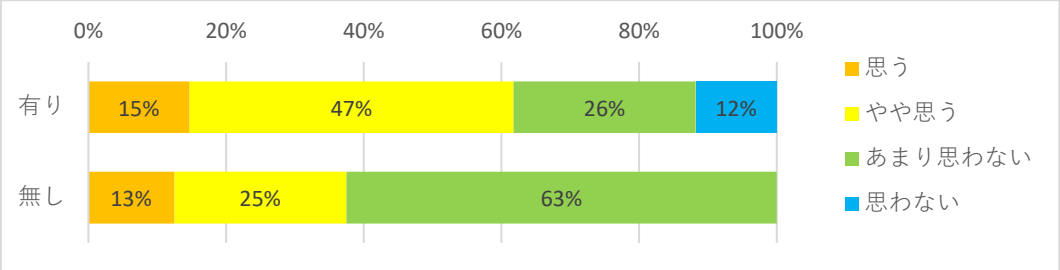
図表 164 操作の簡便さ



図表 165 操作の簡便さ（学校種別）



図表 166 操作の簡便さ（デジタル教科書の利用経験有無）

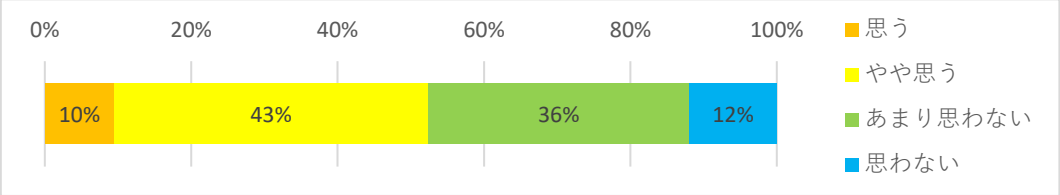


3. 授業設計の変化（根拠に基づいた設計を行えるようになったか）

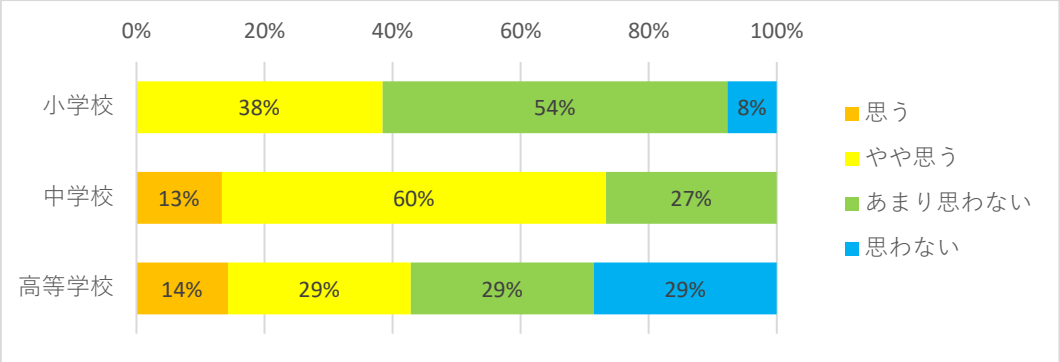
✓ 教員の約 5 割強が「思う」「やや思う」と回答した。（図表 167）

✓ 「ほぼ毎日」「ときどき」を含めると、中学校の教員が授業設計の変化を最も感じている。（図表 168）

図表 167 授業設計の変化



図表 168 授業設計の変化(学校種別)

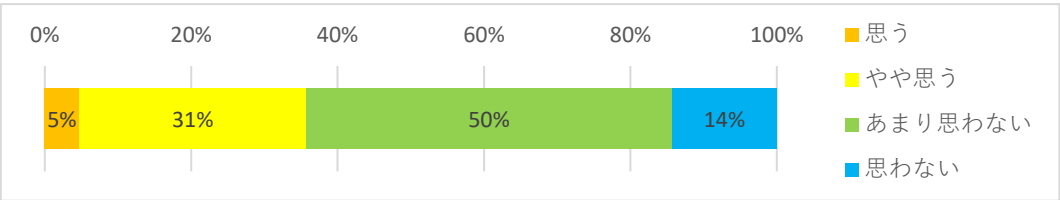


4. 児童生徒の学習方法の変化の有無

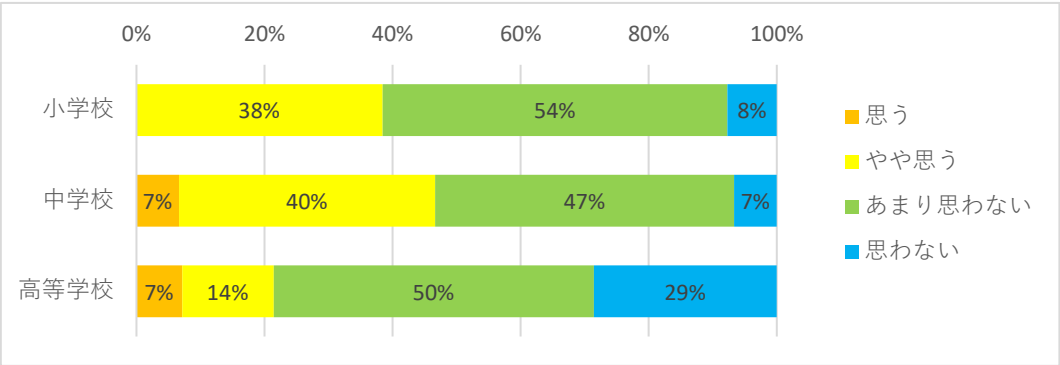
✓ 教員の約 4 割弱が「思う」「やや思う」と回答した。(図表 169)

✓ 「思う」「やや思う」を含めると、中学校、小学校、高等学校の順に、教員は「児童生徒の学習方法」の変化を感じている。(図表 170)

図表 169 児童生徒の学習方法の変化



図表 170 児童生徒の学習方法の変化(学校種別)



5. 学習ログについて良かった点、難しいと感じた点

✓ 活用するログとしては「マーカー・メモ(テキスト)・メモ(ペンストローク)」が挙げられた。

✓ 活用場面として「家庭学習の確認・理解度の確認・個別指導・意見交換・授業設計・成績処理」などが挙げられた。

✓ 活用教科としては「英語・数学・音楽・デザイン」と見受けられる意見が挙がった。

図表 171 学習ログの利用場面

主な回答
・マーカー機能が 2 色あるので、歌唱の授業では「よくできたところ」「難しかったところ」の 2 種類、鑑賞の授業では「1 番のお気に入り」「2 番目のお気に入り」と意味を持たせて生徒にマーカーをしてもらいました。共有した画面を教員が大型モニターで見せると、反応がありました。 ・メモ機能に関して、生徒の意見を一気に集約できることに魅力を感じました。 ・ペンストロークは、生徒の悩みや思考回路を共有するのに有効。 ・家庭学習等で予習として児童は考えをマーキング・メモ機能で記録し、その分析画面を授業導入時に活用する。 ・分からないところや難しいところを黄色のマーカーで引かせることで、生徒の理解度を把握することや，机間指導で個別指導をスムーズに行うことができた。また、マーキングが多いところを見て，全体で共有したり、説明したりするなど、自分自身の感覚以外の確実な情報を持って授業ができる点が有用だと感じた。 ・数学の教科書の説明文を予習でマーカーさせ、次の授業で生徒と一緒に分析ツールを確認し、そこから不明点を詳しく授業することができると思いました。 ・教材中のどの箇所にマーカーをひいたのか、メモにどんなことを書いたのか、互いの考えを見合う場面。 ・児童同士が内容を交流したり、教員側が成績処理したりするときに活用したい。 ・マーカー機能の利用状況を見られるのは、生徒が疑問を感じている部分が、視覚的に認識できるのでよかった。 ・授業の中で児童が考えたことをマーキング機能で表現し、その分析画面を授業終末時に活用する。 ・英語科では長文読解や文法事項の確認等でも使えるように思う。 ・生徒の注目ワード等の、抽出機能は授業設計やカリキュラムマネジメントに役立つと思いました。また、教科書を開いた時間の集計なども、理解度や学習確認の根拠になりました。特に個別最適化という意味でも、教科書を見ている割に余り理解していない生徒や、逆に余りみていなくてライン（痕跡等）も適当なのに、アウトプットが的確な生徒を確認できるため、指導に活かすことができると思いました。

✓ 良かった点として「児童生徒の理解度・考えを把握できる」「意見を集約して可視化できる」「児童生徒が自分の理解度を知ることができる」が挙げられた。
✓ 難しいと感じている点について「活用例を知りたい」「限られた授業時間の中で意見を深化できるか」「学級の膨大な情報をどのように役立てるか」などが挙げられた。

図表 172 分析ツールを使った所感

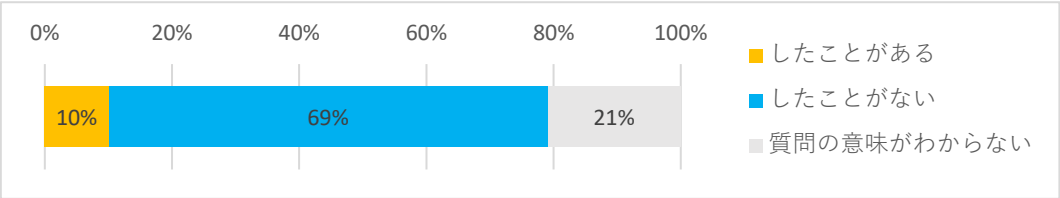
	主な回答
良かった点	・マーキングによる理解度の把握や教員の説明を生徒がどう捉えているのか視覚的に判断することができる点が良かった。 ・児童の考えの集約ができた（マーカー部）。 ・メモ機能から授業で取り上げるべき子供の考え等を把握できた。 ・分からないことを発言できない生徒にとっては効果的 ・それぞれ個人(児童生徒)が周りと比較して、自分の理解度を知ることができる。
難しいと感じた点	・マーキング以外のツールを上手く活用できていないので、活用例などを知られたらよいと思った。 ・50 分の授業の中で、意見を集約し、生徒に共有し、さらに意見を深めるというところまで進めていくのは、難しいと感じました。 ・40 人という 1 学級の児童の膨大な量をいかに処理し、授業設計に役立てるかは課題

＜児童生徒＞

1. 児童生徒の学習方法の変化の有無

✓ 児童生徒の約 1 割が「自分が書き込んだメモやマーカーのログ」を確認したことがある。（図表 173）

図表 173 児童生徒の分析ツールの利用の有無



✓ 活用するログとしては「マーカー・メモ(テキスト)・メモ(ペンストローク)」が挙げられ、分析ツールの利用のほか、振り返りを行うなどノートとして利用が挙がった。
✓ 活用場面として「家庭学習・テスト勉強・復習・理解度の確認・意見交換・自己説明」などが挙げられた。
✓ 活用教科としては「英語・国語・数学・音楽・情報・簿記」と見受けられる意見が挙がった。
✓ 児童生徒が学習ログを活用した場面については主な回答は以下の通り。（図表 174）

図表 174 分析ツールの利用場面(主な回答)

	主な回答
分析ツールの利用場面	・メモをまとめるとき ・メモをした場所の確認のため ・意見を発表するような時 ・家で内容の見直しをするときに確認しました ・事前に解いておいた問題を復習するとき ・どんな事を書いたのかを見るときや、ふり返りをするとき ・いままででどんな内容を学んできたか、学習するときの参考としてたまに使っている。 ・過去に自分が解いた問題の解き方を確認するため。 ・テスト勉強のとき、復習として履歴をみて復習した。 ・定期テスト勉強の時に教員が重要だと言っていたところを見直しました。 ・自分が気になるところと分からないところを色分けして残しておいて、授業の復習ができる。 ・教員に質問したいところにマークする場面 ・音楽で自分がどのようなところにマーカーを引いたか確認する時 ・英語の教科書の本文で分からない単語をマークして、復習することに使いました。 ・数学の演習で解いた問題をどのように自分が解いたのか確認するとき

【ヒアリング項目】

＜教員＞

項目	設問
1	分析ツールを実際にご利用になられて、効果や課題について教えてください。
2	分析ツールをご利用された場合、どのようなログをどのような場面で活用することが有用だと思いましたか。具体的にご回答ください。

＜児童生徒＞

項目	設問
1	自分が書き込んだメモやマーカーのログ（履歴）を確認したことがありますか。ある場合は、どのような場面だったかを教えてください。
2	自分や友だちの取り組んだ記録（学習ログ）について、授業中に教員が取り上げたことはありましたか。また、それについてどう思いましたか

【ヒアリング結果】

＜教員＞

1．分析ツールを実際にご利用になられて、効果や課題について教えてください。

＜効果＞

- ✓ 児童がどこにマーカーを引いたか、濃淡でわかるのがよい。
- ✓ 他の児童に誰がどのようなメモを書いたか考えを表示し、共有できるのがよい。
- ✓ 技術分野だと特に、個別活動になった際、黄色のマーカーを確認して机間指導しやすい。机間指導の時間がスマートになった。
- ✓ 予測した箇所とそれ以外の箇所にもマーカーが引かれている箇所があり、違いが見られてよかった。
- ✓ 1時間目に大事なところをみんなでマーカーし、後日2時間目に問題を解くという形式で行ったときには、生徒全体のマーカーを見せて振り返りとして活用することができた。

＜課題＞

- ✓ 重要なところや、関連している言葉に赤マーカーを引いた。分析ツールで確認したが、棒グラフが散らばっており、分析結果を活用するまではできなかった。
- ✓ 学年全体を分析したい場合に、時間を要する。そのため、効果的な分析を行うレベルまで活用ができていない。
- ✓ マーカーが重なりすぎると文字が見えなくなる、色が混在で見にくいなど改善の余地あり。
- ✓ データ量が多く、動作が重い。特に手書きのものについては結果がなかなか表示されない。
- ✓ 分析対象外のフリーハンド機能しか利用できなかったため、分析ツールは利用できていない。
- ✓ 使いきることができなかった。社会の場合、どこを見たのか、クイズの正答率はどうだったか、というデータからは生徒の理解度を把握することは難しかった。
- ✓ 常に通信する影響で動作が重いのであれば、一定の時間でサーバーに接続する形式でも良いと感じた。授業後にログを確認することが多いため、その時間で接続させるだけでも良いかもしれない。
- ✓ データ量が多すぎて扱いきれず、使いにくかった。マーカーの散らばりを生徒に見せるために使用していたが、ログまで確認したことはなかった。
- ✓ マーカーが重なっているところにカーソルを合わせると生徒の名前が分かるが、どの部分を見ても同じような生徒の名前が出てきてしまう。表示される生徒の優先度はどのように設定されているのかわからない。
- ✓ 低学年では分析ツールは活用できないと感じた。

2．分析ツールをご利用された場合、どのようなログをどのような場面で活用することが有用だと思いましたか。具体的にご回答ください。

利用するログ	利用する場面
全般	➢ 低学年では難しいため、高学年での活用であれば有用だと感じる。
マーカー機能	➢ 生徒がマーカーを引いた内容を教員が授業後に確認し、次の授業で活用できる。紙では教科書を提出させることになるため、マーカーの確認が難しい。 ➢ 教員がどのような意図で色を区別して児童に使用させるか、それを教員がどのようなタイミングで活用したいかで利用する場面は変わる。例えば、家庭学習で取り組ませたい場合は導入の場面で、主発問や授業の中で取り組ませた場合は振り返りの場面で活用できると思われる。 ➢ マーカーの重複を可視化して共有することが有用だと感じた。 ➢ 重なっているマーカーの生徒名を確認する場合、下に表示されているマーカーの一覧と照らし合わせなければ確認できなかった。そこと比較することで誰がどのマーカーを引いているのか確認できた。
メモ機能	➢ 家庭での振り返りのために利用。簡易的なノートの役割を果たすことができるのではないか。
ログ機能	➢ 反転学習に役立つ。基礎的な内容は家庭学習で予習する。そのうえで授業中に意見交換などの時間を設けられる。 ➢ 教員としては、予習の様子が事前にわかる。 ➢ 生徒がわからない箇所をすぐにデータとして落とし込むことができる。 ➢ 次の授業で何をするか、ログの内容を授業後にゆっくり確認しながら検討することができると感じた。
共有機能	➢ 生徒が取り組んだ課題について、記述の結果だけでなくプロセスも見ることができるため、結果に至るまでにどのような考え方をしたか共有したい内容を授業中に表示し、フィードバックできる。 ➢ 教科書上に CD のジャケットが並んでおり、CD の場所ごとにそれぞれの楽曲に対する感想のメモを記入したかった。また、その内容を集計し、マーカーのように注目度などを確認できるとよりよかった。誰がどんな考えを持っていたのかを全体で可視化し、共有させたい。
評価機能	➢ 予習の評価が形として見やすい。

＜児童生徒＞

1．自分が書き込んだメモやマーカーのログ（履歴）を確認したことがありますか。ある場合は、どのような場面だったかを教えてください。

＜経験なし＞6 名

＜経験あり＞5 名

- ✓ ノートをコピーして使用した。
- ✓ 一度だけ開いたことがあるが、基本的には紙に書いたものを見ていた。
- ✓ 分析ツール（AI 推薦）でみんなの学習状況を確認して、みんなが解いた問題と認識したうえで解くことがあった。
- ✓ 授業中に、リアルタイムで生徒が引いたマーカーの箇所や手書きメモが即時に共有されて解説された。

2．自分や友だちの取り組んだ記録（学習ログ）について、授業中に教員が取り上げたことはありましたか。また、それについてどう思いましたか。

＜経験なし＞6 名

＜経験あり＞5 名

- ✓ 教員が取り上げた他の生徒のマーカーを全員で引くことになったため、結局全員で同じところを引いていた。そのため、集計結果でも指示された場所のマーカーが多くなってしまっていた。
- ✓ 自分が注目していなかったけれど他の人が注目していた箇所を、授業中に教員が学習ログを使って取り上げてくれたことで、覚えなおしたり再確認したりするきっかけになってよかった。
- ✓ みんなが間違いやすい問題や、重要なポイントをスピーディーに共有できるのは良いと思った。紙ベースだと教員が一人一人のテストなどを回収して、つまずきポイント等を把握してから解説するためタイムラグが発生するが、その点分析ツールを使えばわからないところをリアルタイムで解説してもらえるのは良いと思う。
- ✓ 自由に書き込まれたメモを全体に共有されてしまうというのは、例えばノートであれば自分のところだけで済んでいたいたずら書きなどもクラスに共有されてしまうということになり、授業のテンポが崩れてしまう一因となるのではないか。

【操作ログ】

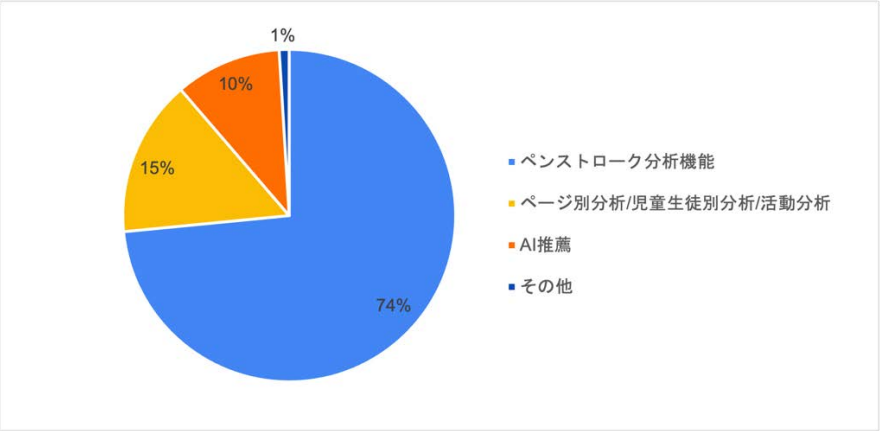
特に高頻度で活用を行った学校における分析ツールの操作ログを参考情報として以下記載する。

分析ツール内の「ペンストローク分析機能」「ページ別分析/児童生徒別分析/活動分析」、「AI 推薦[14]」について多く利用されていた。

- ✓ 特に「ペンストローク分析機能」が 74%と多く活用されている（図表 174）
- ✓ 活用教科としては、「数学」が大半を占めていた。

14 「ラーニングアナリティクスの研究と実践の最新動向」公開シンポジウム（https://eds.let.media.kyoto-u.ac.jp/previous/?page_id=3319）の「ラーニングアナリティクスと説明できる AI」を参照

図表 175 分析ツール内の機能別利用率



(4) 学習履歴及び分析ツールに関する考察

教員向けアンケート設問「分析ツールは自身の授業運営にとって役立つと思いますか。」に対して、約 70%弱が「思う」「やや思う」と回答したことから、教員にとって授業をさらに効果的に設計することができるツールであることが確認できた。ヒアリングでも具体的に「個別活動になった際、黄色のマーカーを確認して机間指導しやすい。」「マーカーの状況を見て授業の中での説明時にどこを取り上げるか、どこに重点を置くか等、反映させることができる。教員の想定とは違うところにマーカーが集中する事もあり、思い違いが修正できる。」「個々の生徒／全体のわからない点が可視化されることで、重点的に説明するポイントや発問、テストの出題内容を決めるために活用できる。」といった意見もあることから、学習履歴の活用の有用性は高いと考えられる。

さらに児童生徒からも「自分が注目していなかったけれど他の人が注目していた箇所を、授業中に先生が学習ログを使って取り上げてくれたことで、覚えなおしたり再確認したりするきっかけになってよかった。」という意見も出ていることから、児童生徒が履歴を確認することで、考えをより深化させることができるツールであることも確認できた。

以上、各実証校への視察を通じて、将来的なユースケースも含め、以下の活用可能性が明らかになった。

- 教員
  - 学習者を理解する
    - ✓ 授業設計

      授業中に引かせたマーカーや解答させた手書きのログを次回の授業前に確認し、授業展開・重点的に説明する箇所の決定に利用する。授業中に引かせたマーカーを見ながら、授業の展開・重点的に説明箇所をリアルタイムに意思決定する。など
    - ✓ 発問・指名

      大型提示装置でクラス全員のマーカーを集約表示し、なぜそこにマーカーを引いたかを児童・生徒に問い、発言を促す。など
    - ✓ 机間指導

演習型授業において、全体説明時に不明点にマーカーを引かせたのち、演習を開始し、分析ツールを確認しながら、生徒の理解に応じて机間指導を行う。など

- 仲間を理解する
  - ✓ 事例共有 / 研修
- 自分を理解する
  - ✓ 自身の授業の振り返り

- 児童生徒
  - 仲間を理解する
    - ✓ 共有

      自分がマーカーを引いた箇所と、先生が提示するクラス全体のマーカー箇所を比べることで、クラス全体と自分の類似点・相違点に気が付く。など
    - ✓ 学び合い

      発問に基づいてマーカーを引き、隣の人と共有、議論（教員が児童生徒のログから、指名するペアを選択することも可能)。など
  - 自分を理解する
    - ✓ 振り返り

      手書きメモ機能を用いて解答を記入した後、ペンストローク分析機能で解答プロセスを再生、自分の解答過程を振り返り各プロセスで何を行ったかを入力（「自己説明」活動）する。など

従前より取り組みが進んでいるテストや試験の結果の分析に加え、上記の利用可能性を「学習のプロセス全体の分析」と捉え、授業改善・学習改善につなげることが、「個別最適な学び」と「協働的な学び」の充実を促進すると考える。

4.1.6. 関係法令との関連

(1) 個人情報保護について

デジタル教材配信プラットフォームに限らず、クラウドサービスに限らず、教育データを取り扱う際には、個人情報保護法等の関係法令に留意する必要があるが、個人情報保護に関する法令は、令和 4 年以降と令和 3 年度以前で大きく異なっている。

そのため、まずは、本法令の変遷等を記載したのち、本実証における個人情報保護法との関連性について記載する。

① 個人情報保護法の変遷

令和 3 年度以前の個人情報保護に関する制度は、行政機関、独立行政法人等、民間事業者を適用対象とする 3 つの法律と、地方公共団体（都道府県及び市区町村等）がそれぞれ独自に定める個人情報保護条例で構成されており、主体ごとに順守すべき法令が異なるため、「個人情報」の定義も共通ではなかった。

ここでは、個人情報保護に関する法律（以下、「個人情報保護法」とする。）は、民間事業者を対象としたものであり、学校でいうと学校法人が対象となる。

一方、独立行政法人等は、「独立行政法人等の保有する個人情報の保護に関する法律」、行政機関は、「行政機関の保有する個人情報の保護に関する法律」の適用を受け、地方公共団体はそれぞれの独自条例で個人情報の保護を定めていた。

特に、地方公共団体それぞれの個人情報保護条例については、その規定や運用が地方公共団体ごとに異なり、いわゆる「2000 個問題」と呼ばれていた。

そのため、令和 3 年 5 月 19 日、「デジタル社会の形成を図るための関係法律の整備に関する法律」が公布され、主体ごとに異なっていた個人情報の保護に関する規律は、個人情報保護委員会が所管する改正個人情報保護法に一元化されることとなった。

具体的には、令和 4 年 4 月 1 日より「行政機関の保有する個人情報の保護に関する法律」及び「独立行政法人等の保有する個人情報の保護に関する法律」は個人情報保護法に一元化されることとなり、地方公共団体についても、公布の日から起算して 2 年以内の日（令和 5 年 4 月 1 日）に、個人情報の保護について順守すべき規律が個々の条例から個人情報保護法に一元化されることとなっている。

本事業はこのような法改正の端境期に実施されたものであり、その対象については当該事情を留意することが必要となる。

なお、文部科学省は、「GIGA スクール構想の下で整備された 1 人 1 台端末の積極的な利活用等について（通知）[15]」（令和 3 年 3 月 12 日）の中で、学校現場の個人情報保護について、他の地方自治体の事例も参考にしつつ適切な運用を行うことを求めているが、令和 5 年 4 月以降、地方公共団体にも個人情報保護条例ではなく、個人情報保護法が適用されることになることを踏まえ、本実証のようなクラウドサービスの仕組みを検討する必要があると考えられる。

更に、教育委員会・学校において教育データの利活用が進む中で、セキュリティや個人情報等に関して心配の声があることを受け、教育データを利活用するに当たって安全・安心を確保するために、教育委員会・学校が留意すべき事項を整理した「教育データの利活用に係る留意事項」

[15] https://www.mext.go.jp/content/20210414-mxt_jogai01-000014225_001.pdf

を令和５年３月に公表している。

これは、「教育データの利活用に関する有識者会議」の議論を踏まえて、教育データの利活用の安全・安心を確保する観点から留意すべきポイント等をまとめたものであり、本報告書の方向性とも合致している。

② 個人情報とは

個人情報保護法では、「個人情報」を以下のように定義している。

> **（定義）**
> **第二条**　この法律において「個人情報」とは、生存する個人に関する情報であって、次の各号のいずれかに該当するものをいう。
> 一　当該情報に含まれる氏名、生年月日その他の記述等（文書、図画若しくは電磁的記録（電磁的方式（電子的方式、磁気的方式その他人の知覚によっては認識することができない方式をいう。次項第二号において同じ。）で作られる記録をいう。以下同じ。）に記載され、若しくは記録され、又は音声、動作その他の方法を用いて表された一切の事項（個人識別符号を除く。）をいう。以下同じ。）により特定の個人を識別することができるもの（他の情報と容易に照合することができ、それにより特定の個人を識別することができることとなるものを含む。）
> 二　個人識別符号が含まれるもの
> ２～１１　（略）

ここでいう「個人に関する情報」とは、氏名、住所、性別、生年月日、顔画像等個人を識別する情報に限られず、個人の身体、財産、職種、肩書等の属性に関して、事実、判断、評価を表す全ての情報であり、評価情報、公刊物等によって公にされている情報や、映像、音声による情報も含まれている。また、暗号化等によって秘匿化されているかどうかを問わない。

取り扱うデータの性質に照らし、個別に判断することが必要であるものの、テスト結果や、本実証で収集される PDF 閲覧記録等の学習記録データや、児童生徒と紐づけられている ID（例：クラス番号＋出席番号等）一覧等は、個人情報に該当する場合が多いと考えられる。

③ オンライン結合の取り扱い

クラウドサービスを使用して個人情報を取り扱う際、従前論点となっていたのがいわゆるオンライン結合の取り扱いである。

地方公共団体によって表現や対応は異なるものの、個人情報保護条例では、概ねオンライン結合（通信回線を通じた電子計算機の結合・いわゆるクラウドサービスもこれに該当する。）による個人情報の提供を原則的に禁止する規定を定めているものが多く存在する。この場合、クラウドサービスを使用するためには、個人情報保護審査会の諮問を受ける必要があり、その準備や手間に多くの時間を割かざるを得ない点が指摘されていた。

他方、個人情報保護法は、個人情報の利用目的以外での利用を厳格に制限していることから、条例で示すような制限規定を定めていない。

前述の通り、令和５年４月以降、地方公共団体も個人情報保護法の対象となり、「個人情報の保

護に関する法律についてのガイドライン（行政機関等編）[16]」においては、「個人情報保護やデータ流通について直接影響を与えるような事項であって、法に委任規定が置かれていないもの（例：オンライン結合に特別の制限を設ける規定、（中略））について、条例で独自の規定を定めることは許容されない。」とされている。

そのため、改正前は、学校法人は「利用目的の範囲内か」で判断し、地方公共団体は必要に応じて個人情報保護審査会の諮問手続きがを行う等、公立と私立で異なる処理が行われていた個人情報は、改正により統一して個人情報保護法を踏まえた対応が必要となった。

もっとも、前述の通り、地方公共団体は令和５年４月１日から法律が一元化されるところであり、現状の対応は過渡期の対応であることに留意が必要となる。

④ 個人情報の「保有」について

前述の通り、本事業で取り扱う学習記録データ（個々人の閲覧ログや操作ログ等）は、個人情報に該当する可能性が極めて高いと考えられるため、本事業のように簡易ビューア等、クラウド上のサービスを用いるためには、以下の個人情報保護法の対応が論点となる。

> **（個人情報の保有の制限等）**
> **第六十一条**　行政機関等は、個人情報を保有するに当たっては、法令の定める所掌事務又は業務を遂行するため必要な場合に限り、かつ、その利用目的をできる限り特定しなければならない。
> ２　行政機関等は、前項の規定により特定された利用目的の達成に必要な範囲を超えて、個人情報を保有してはならない。
> ３　行政機関等は、利用目的を変更する場合には、変更前の利用目的と相当の関連性を有すると合理的に認められる範囲を超えて行ってはならない。

「法令の定める所掌事務又は業務を遂行するため必要な場合に限り」の解釈については、「個人情報の保護に関する法律についての事務対応ガイド（行政機関等向け）令和４年２月」に解釈が示されている。

これによると、「各行政機関等の所掌事務又は業務には、当該行政機関等の設置の根拠となる法令において「所掌事務」や「業務の範囲」を定める条文に列挙されている事務又は業務のほか、「権限」を定める条文上で規定されている事務又は業務や、作用法上規定されている事務又は業務が含まれる。「法令の定める所掌事務又は業務を遂行するため必要な場合に限り」とは、個人情報の保有が、これらの所掌事務又は業務のうち、当該個人情報を保有することによって遂行しようとする具体的な事務又は業務の遂行に必要な場合に限り許容されることを意味する。」とされている。

本事業における簡易ビューアの活用は、教科書の一部を PDF 化して授業で使用するものであり、かつ、その授業内容も学習指導要領の定めるところである。つまり、一般的な授業の中で簡

[16] https://www.ppc.go.jp/personalinfo/legal/

易ビューアを活用しているにすぎず、学校教育法施行規則 52 条[17]、74 条[18]、84 条[19]等に則り、「法令の定める所掌事務又は業務を遂行するために必用な場合」といい得ると考えられる。また、授業中の使用ではなく、授業準備や学習評価、成績処理の際に簡易ビューアを活用する場合にも同様に、「必要な場合」と言い得ると解釈できる。

その上で、論点となるのが、「その利用目的をできる限り特定しなければならない」という点である。

「個人情報の保護に関する法律についての事務対応ガイド（行政機関等向け）令和 4 年 2 月」では、この点について、以下の通り記載されている。

> 個人情報が無限定に取り扱われ、個人が不測の権利利益侵害を被ることを未然に防止するためには、まず、個人情報の利用目的が明確にされ、以後、その利用目的に沿って適切に取り扱われることが必要である。「利用目的」は、保有から利用及び提供に至る個人情報の取扱いの範囲に係る重要な要素である。
>
> 「その利用目的をできる限り特定」するとは、個人情報がどのような事務又は業務の用に供され、どのような目的に使われるかをできるだけ具体的、個別的に特定することを求める趣旨であり、利用目的の特定の程度を行政機関等の恣意的判断に委ねるものではない。また、利用目的は、具体的な利用行為が当該利用目的の範囲内であるか否か、合理的かつ明確に判断できるものでなければならない。

また、この「出来る限り特定」された利用目的については、一定の場合を除き、収集時にあらかじめ本人に対し、明示しなければならないとされている[20]。

つまり、本事業（もしくは類似のクラウドサービス）における個人情報（つまり ID や利用ログ等）の収集については、あらかじめ、「利用目的」を「明示」することが必要となる。

⑤ 「利用目的」について

個人情報が無限定に取り扱われ、個人が不測の権利利益侵害を被ることを未然に防止するためには、「利用目的」が明確にされる必要がある。厳密に記載しすぎると、都度「利用目的の明示」が必要となるため、柔軟性に欠けるものの、漠然と記載しすぎると個人の権利利益侵害が発生する恐れがある。

---

[17] 学校教育法施行規則第五十二条　小学校の教育課程については，この節に定めるもののほか，教育課程の基準として文部科学大臣が別に公示する小学校学習指導要領によるものとする。

[18] 学校教育法施行規則第七十四条　中学校の教育課程については，この章に定めるもののほか，教育課程の基準として文部科学大臣が別に公示する中学校学習指導要領によるものとする。

[19] 学校教育法施行規則第八十四条　高等学校の教育課程については、この章に定めるもののほか、教育課程の基準として文部科学大臣が別に公示する高等学校学習指導要領によるものとする。

[20] 著作権法第 62 条　行政機関等は、本人から直接書面（電磁的記録を含む。）に記録された当該本人の個人情報を取得するときは、次に掲げる場合を除き、あらかじめ、本人に対し、その利用目的を明示しなければならない。

（1） 人の生命、身体又は財産の保護のために緊急に必要があるとき。

（2） 利用目的を本人に明示することにより、本人又は第三者の生命、身体、財産その他の権利利益を害するおそれがあるとき。

（3） 利用目的を本人に明示することにより、国の機関、独立行政法人等、地方公共団体又は地方独立行政法人が行う事務又は事業の適正な遂行に支障を及ぼすおそれがあるとき。

（4） 取得の状況からみて利用目的が明らかであると認められるとき。

⑥ 「明示」について

行政機関等は、本人から直接書面（電磁的記録を含む。）に記録された当該本人の個人情報を取得するときは、法に記載された一定の場合を除き、あらかじめ、本人に対し、その利用目的を明示しなければならない。

一方で、利用目的を明示することにより他の権利利益を損なうおそれがある場合等、利用目的の明示を義務付けることが適当でない場合や、利用目的が明らかである場合にまで、一律にあらかじめ利用目的を明示することは合理的でなく、以下の適用除外について定められている。

＜適用除外規定＞

- 人の生命、身体又は財産の保護のために緊急に必要があるとき
- 利用目的を本人に明示することにより、本人又は第三者の生命、身体、財産その他の権利利益を害するおそれがあるとき
- 利用目的を本人に明示することにより、国の機関、独立行政法人等、地方公共団体又は地方独立行政法人が行う事務又は事業の適正な遂行に支障を及ぼすおそれがあるとき
- 取得の状況からみて利用目的が明らかであると認められるとき

簡易ビューア等のクラウドサービスを利用し、個人情報を取り扱うことは、授業の一環として極めて意義深いものである一方、適用除外規定が採用されるほどの緊急性や支障等が存在するとは考えにくい。

そのため、「利用目的」を児童生徒に「明示」することが必要となる。

⑦ 個人情報の「利用や提供」について

前述の通り、個人情報の「取得」については、①法令の定める所掌事務又は業務を遂行するため必要な場合に限り、②その利用目的をできる限り特定し、明示することで可能となるが、それを「利用または提供」する場合には留意が必要となる。

例えば、分析ツール等を用いて本事業で収集した学習記録データを分析することは、「個人情報の利用」に該当する（同様に、クラウドサービスを利用して児童生徒の ID を管理運用する場合も含む）が、この「分析すること」が明示された「利用目的」に含まれるか否かが問題となる。

利用目的に含まれる場合は、既に明示された範囲での利用となるため問題ないが、利用目的の範囲外（あらかじめ明示された（当初想定された）利用目的を超える場合）の場合は、個人情報保護法に定められた「例外的に利用目的以外の目的のための利用及び提供が認められる場合」に該当するか否かが問題となる[21]。

個人情報保護用第 69 条 2 項では、「例外的に利用目的以外の目的のための利用及び提供が認められる場合」として、以下の 4 つの例外規定を設けている。

(1) 本人の同意があるとき、又は本人に提供するとき。
(2) 行政機関等が法令の定める所掌事務又は業務の遂行に必要な限度で保有個人情報を内部で利用する場合であって、当該保有個人情報を利用することについて相当の理由があるとき。
(3) 他の行政機関、独立行政法人等、地方公共団体又は地方独立行政法人に保有個人情報を提

[21] 個人情報保護法 69 条 2 項

供する場合において、保有個人情報の提供を受ける者が、法令の定める事務又は業務の遂行に必要な限度で提供に係る個人情報を利用し、かつ、当該個人情報を利用することについて相当の理由があるとき。

(4) 上記に掲げる場合のほか、専ら統計の作成又は学術研究の目的のために保有個人情報を提供するとき、本人以外の者に提供することが明らかに本人の利益になるとき、その他保有個人情報を提供することについて特別の理由があるとき。

(1)については、前述の通り、児童生徒の発達段階によっては、明示された利用目的を本人が十分に解釈・判断する能力を有していない場合もあるため留意が必要となる。

(2)については、「各学校や教育委員会の内部で利用する場合」と読み替えて解釈することができる。つまり、利用目的の範囲外での利用が学校や教育委員会の「法令で定める所掌事務又は業務」を行う上で必要な利用であって、その個人情報を利用しなければならない相当の理由があるときには、児童生徒本人や保護者の同意を取得する必要はないと考えられる。

(3)については、提供を受ける公的機関（他の行政機関、独立行政法人等、地方公共団体の機関又は地方独立行政法人等）の「法令で定める事務又は業務」を行う上で必要な利用のためであって、当該個人情報を利用しなければならない相当の理由があるときには、児童生徒本人や保護者の同意を取得する必要はないと考えられる。

(4)について、民間企業など公的機関以外の第三者への提供を児童生徒本人や保護者の同意を得ないで行うことができる場面は、法律により厳しく制限されているので、特に注意が必要となる。

具体的には、学校が、研究機関に対して教育分野の研究利用目的で教育データを提供するとき、提供が明らかに児童生徒本人の利益になるとき、特別な理由があるときのみ、児童生徒本人や保護者の同意が不要となる。ただし、「特別の理由」は、「相当の理由」よりもさらに厳格に解釈されるため、特に慎重に検討する必要がある。

ただし、恣意的な運用を避けるため、これらの例外規定は厳格に判断されるべきであるし、これらに該当する場合であっても、本人又は第三者の権利利益を不当に侵害するおそれがあると認められるときは、利用し、及び提供することができない（法第 69 条第 2 項本文）ことに留意が必要となる。

⑧ 本事業における対応

上記の通り、本事業の実施に当たっては、「利用目的」を明示したうえで、その目的の範囲外であれば、本人同意（保護者同意）が必要となるため、それに応じた対応を図っていた。また、一部では、クラウド活用における個人情報保護審査会の過去の審査結果を準用し、簡易ビューアというクラウドサービスを利用することとしていた。

(2) 著作権との関係について

簡易ビューアに教科書の PDF ファイルを搭載し、それを「デジタル教科書」として配信する場合、どのような法律上の論点が生ずるのかについて確認した。

特に、本事業のように、「現存する技術を効果的に活用した簡易な方法により作成したデジタル

教科書」を用いる際に、どのような点に留意すべきかについて確認する。

（本事業のＰＤＦファイルの法的位置づけ）

なお、本事業では、事業名称にもある通り、当該 PDF ファイルの利用を、「デジタル教科書」と表現しているが、元来、学校教育法第 34 条第 2 項[22]、学校教育法施行規則第 56 条の 5[23]及び著作権法第 33 条の 2 第 1 項[24]に基づく教科用図書に代えて使用することができる教材（「教科用図書代替教材」）と言えるためには、紙の教科書の「発行者」が発行する教科書の内容の「全部」をそのまま記録した電磁的記録と定義されているので、当該教科書の PDF ファイルは「教科用図書代替教材」には該当しない（単なる「教材」。）。

（著作権法上の取扱いについて）

「現存する技術を効果的に活用した簡易な方法により作成したデジタル教科書」は「教科書」や学習者用デジタル教科書ではなく、「教材」であるところ、それを作成し、配信する場合には、著作権の処理が必要となる。その際、掲載対象となる教科書や教材の著作物の権利者の許諾を得ることで利用することができる。一方で、著作権法上の権利制限規定に該当する場合には以下のとおり許諾なくして利用することもできる。

（著作権法第 33 条の 2 との関係）

また、著作権法第 33 条の 2 に掲げられた「教科用図書代替教材」は、学校教育法第 34 条第 2 項及び同施行規則第 56 条の 5 柱書に基づく「教科用図書代替教材」と同義であるので、

当該 PDF は「教科用図書代替教材」（学習者用デジタル教科書）とは言えず、同法の適用を受けない。また、その名称は「教科書の一部分の紙面が掲載されたデジタル教材」とすべきであり、それを前提として、以下各論点を記載する。

---

[22] 学校教育法第 34 条　小学校においては、文部科学大臣の検定を経た教科用図書又は文部科学省が著作の名義を有する教科用図書を使用しなければならない。

②　前項に規定する教科用図書（以下この条において「教科用図書」という。）の内容を文部科学大臣の定めるところにより記録した電磁的記録（電子的方式、磁気的方式その他人の知覚によつては認識することができない方式で作られる記録であつて、電子計算機による情報処理の用に供されるものをいう。）である教材がある場合には、同項の規定にかかわらず、文部科学大臣の定めるところにより、児童の教育の充実を図るため必要があると認められる教育課程の一部において、教科用図書に代えて当該教材を使用することができる。

[23] 学校施行法規則第５６条の５　学校教育法第三十四条第二項に規定する教材（以下この条において「教科用図書代替教材」という。）は、同条第一項に規定する教科用図書（以下この条において「教科用図書」という。）の発行者が、その発行する教科用図書の内容の全部（電磁的記録に記録することに伴つて変更が必要となる内容を除く。）をそのまま記録した電磁的記録である教材とする。

[24] 著作権法第３３条の２　教科用図書に掲載された著作物は、学校教育の目的上必要と認められる限度において、教科用図書代替教材（学校教育法第三十四条第二項又は第三項（これらの規定を同法第四十九条、第四十九条の八、第六十二条、第七十条第一項及び第八十二条において準用する場合を含む。以下この項において同じ。）の規定により教科用図書に代えて使用することができる同法第三十四条第二項に規定する教材をいう。以下この項及び次項において同じ。）に掲載し、及び教科用図書代替教材の当該使用に伴つていずれの方法によるかを問わず利用することができる。

２　前項の規定により教科用図書に掲載された著作物を教科用図書代替教材に掲載しようとする者は、あらかじめ当該教科用図書を発行する者にその旨を通知するとともに、同項の規定の趣旨、同項の規定による著作物の利用の態様及び利用状況、前条第二項に規定する補償金の額その他の事情を考慮して文化庁長官が定める算出方法により算出した額の補償金を著作権者に支払わなければならない。

（著作権法第 35 条との関係）

① 著作権法第 35 条の適用と解釈

教科書（学習者用デジタル教科書）と言い得ないため、当該著作物はあくまで「教材」としての取り扱いとなる著作権法第 35 条では、学校等において、「教育を担任する者」や「授業を受ける者」が、「公表された著作物」について「授業の過程」で「必要と認められる」範囲で著作権者等に許諾なしで複製し、公衆送信（送信可能化含む）等できる旨規定している（著作権法 35 条第 1 項）。そして、公衆送信を行う場合は、著作物の集中管理団体である授業目的公衆送信補償金等管理協会（ＳＡＲＴＲＡＳ）に補償金を支払わなければならない。（著作権法第 35 条第 2 項）例えば、教員または児童生徒が授業等で、教科書ではなく「教科書紙面が掲載されたデジタル教材」として簡易ビューアを利用して配信を行う場合は、学校等がＳＡＲＴＲＡＳに補償金を支払うことで、許諾なくして実施できうる（詳細は、「改正著作権法第 35 条運用指針（令和 3 （2021）年度）」を参照すること。）。

② 教科書や教材の PDF データの複製・公衆送信について

教科書・教材会社が発行した PDF（もしくは一部抜粋）（教科書発行者や教材会社の著作物）の利用について以下、主体を分けて検討する。

＜教員が複製・公衆送信する場合＞

著作物の利用主体が教員であることから、上述のとおり、著作権法第 35 条第 1 項・第 2 項の要件に該当する場合には、教員や生徒が授業の過程で必要と認められる範囲で著作権者等の許諾なくして複製・公衆送信することができる。公衆送信を行う際は、授業目的公衆送信補償金等管理協会（ＳＡＲＴＲＡＳ）に補償金を支払うことが必要である。

＜事業者が搭載・配信する場合＞

事業者が PDF を複製し、公衆送信する場合は、著作物の利用主体が事業者となるので、基本的には著作権法第 35 条が適用されず、著作権者等の許諾を得る必要がある。

(3) 考察

上記を踏まえると、教科書を一部抜粋した教科書コンテンツ（PDF）であったとしても、本事業基盤の様なシステムで配信することは、著作権処理等膨大な工数がかかるうえ、搭載が誰か、配信が誰かによっても可否やその後の手続きが大きく異なってくる。

そのため、当初本事業で想定していた「現存する技術を効果的に活用した簡易な方法により作成したデジタル教科書」の仕組みを検討する前提として、教科書事業者との調整や、教科書制度に関する現行法の理解を要することに留意が必要である。

また、個人情報についても同様の配慮が必要である。個人情報の取得に際しては、「利用目的」を「出来る限り特定」したうえで、「児童生徒に対し」、明示する必要がある。当該目的の範囲内で利用することや提供することは可能だが、目的の範囲を超えると本人同意が必要であることに

留意が必要となる。

4.2. 考察

本実証では、「児童生徒一人一人が様々なデジタル教科書を日常的に活用するため、ID・ライセンス管理(利用登録など)による児童生徒・教職員の利便性向上、共通的なログ蓄積による利活用の推進を図るための基盤整備の実証研究」を実施することで、「デジタル教科書の今後の在り方などに関する検討会議（第一次報告)」において「児童生徒の学習環境をより良いものに改善し、学校教育の質を高めていくためには、各学校におけるデジタル教科書の活用を一層推進する必要がある。今後、（略）令和６年度を、デジタル教科書を本格的に導入する最初の契機として捉え、（略）着実な取組を進めるべきである。」と報告された、デジタル教科書の活用を推進する際に生じる課題への対応策を検討した。

本事業は、前述の通り、現存する技術を効果的に活用し、簡易ビューア等でデジタル化した教科書コンテンツを配信するものである。現存する学習者用デジタル教科書がある意味リッチコンテンツだとすると、簡易な方法により作成したビューアに関し、必要最小限の機能の実用性を確認するもので、本実証で用いた仕組みであっても、一定の有用性を確認することが出来た。

学習者用デジタル教科書は、書き込みや消去が容易にできるうえ、拡大や縮小も可能であることが「デジタル教科書の今後の在り方に関する検討会議」等でも示されている。これらの機能を最大限に活用することで、主体的・対話的で深い学びの推進や、個別最適な学び・協働的な学びの実現に寄与することが可能であり、必要最小限の機能を実装した本実証の簡易ビューアでも実現されているところである。

それ加えて、本実証では、現存する学習者用デジタル教科書が有しない機能として学習ログの蓄積と「分析ツール」の有用性が示された。具体的には、本報告書にも示したとおり、教員や児童生徒は学習者や授業者である自身や学習者自身の学習状況や理解度等を確認する手段として、本ツールを活用していた。

これらのビューアやツールを更に活用し、より、授業や学習を充実させるために、教科書コンテンツのデジタル化や、クラウド配信の手法、セキュリティへの配慮、二次利用の簡素化、分析ツールの充実等々の課題が想定される。

以下にその内容を記載する。また、本実証は新しいデジタル教科書の在り方を示すという側面もあり、終了後も各学校が自走していくための課題・要求、今後の展望などを提言した方が良いと考えることから、本事業で実践した取り組みを継続する為に必要な提言についても含めた内容とする。

【教科書コンテンツのデジタル化】

4.1.2.(5)記載の通り、教科書コンテンツをデジタル化し、デジタル教材配信基盤システムにて配信を行った。当該基盤に関し、アンケートを通じて半数以上の教員、児童生徒ともに総じて満足度や実用性を感じていると読み取ることができた。

一方で、簡易ビューアに表示するために準備を進めた版下データを基にしたデジタルデータ（PDF）の配信においては、4.1.6 で触れている著作権法との関連もあり、今後の課題と捉えている。特に、本事業においては、PDF データをネットワークで配信するための著作権処理に時間を

要した。

今後、学校現場での運用を検討する場合においては、紙の教科書を学校に提供する際に、同時に PDF データを提供することで、ネットワークで配信可能にするなどの仕組みや制度を整備する必要があると考える。

【教科書紙面が掲載されたデジタル教材のクラウド配信】

標準的な機能（本文や図版の拡大・書き込み・ページめくり等）を搭載した簡易ビューアを用いて、各 OS の標準ブラウザ（Microsoft Edge, Google Chrome, Apple Safari）で閲覧できるクラウド環境が構築できることは、4.1.3 記載の通り、本実証で確認できた。また、以下で述べる学習 e ポータルを用いたＩＤ連携やシングルサインオン、学習ログデータの分析による教育・学習活動の支援などのメリットも大きい。

しかし、今後の継続を想定した際、必要となる各種の費用（サーバーのレンタル費用やシステムの維持管理費用等のインフラ費用など）については、その負担元の取り決めが課題である。

【ID・ライセンス管理／SSO（シングルサインオン）機能及びセキュリティ】

4.1.4(3)記載の通り、ヒアリングを通じて今後の学習環境のデジタル化が進むに当たり、アカウントの登録・運営の課題があることを再確認した。またその課題は、学習 e ポータル上にある名簿情報とアプリケーションを、LTI 国際技術標準に準じて連携させることにより、解消の一助となることも確認した。

一方で、教科書や教材へのアクセス管理（ライセンス管理）は、学校単位で行う方法や学習者単位で行う方法など、未だ検討中である。

将来的には、サブスクリプションモデルなど、アクセス管理の煩雑さを極力避ける方法で、教員や児童生徒が自由に複数の教科書や教材を利用できる管理方法もひとつの選択肢として加えることが必要と考える。また、さらなる展開として、教員が作成した学習コンテンツを全国で共有できるようにするなど、活用方法の拡張も望まれる。

4.1.4(3)では「データの一次利用／二次利用に向けた整理」についても触れている。本事業は、短期間の実証であったため、教育データが十分に利活用できたとは言い難い。短期間の利用であっても、教員や児童生徒、保護者がメリットを感じられるようにしたり、教育委員会が全体の傾向を把握して教育政策に生かすことができるようにしたりするための方策の検討が必要となる。また、二次利用については 4.1.4(3)記載の考慮を伴う議論を進めるためにも、データの標準化が重要と考える。これにより、研究者や行政などがデータを利用できるようになるだけでなく、教科書のログデータを次の教科書の改訂に活かすといった展望も見えてくる。

【学習履歴及び分析ツール】

非常に短期間の実証であったものの、4.1.5 記載の成果から、学習履歴及び分析ツールを用いたデータの利活用は、教員にとって授業をさらに効果的に設計できる手段であることを確認できた。一方で、授業中でのリアルタイムな利用などの高度な活用や児童生徒の利用は一部の実証校

にとどまった。

このため、分析ツールの利用に慣れるには一定の時間が必要であり、加えて、教員や児童生徒がデータ利活用に関する機能を十分に利用し習熟度を上げてデータ活用の効果を感じるには、さらに時間をかけた取り組みが必要であると考えられる。

また、学びにおける教育データの利活用は過去に例のない取り組みであることから、一人一人の研究や創意工夫のみでこれを推進することは困難であり、システムを活用した授業方法の知見の共有が不可欠である。具体的には「事例を共有するサイトの構築」「教員の研修（ビデオ教材の開発)」「エビデンスの抽出と共有」といった啓蒙活動並びに発信、トレーニングなどの取り組みの推進が重要と考える。

第５章
まとめ

5.1. 通信回線速度が遅い学校でもデジタル教科書や連携するデジタル教材等が確実に届く配信基盤の仕組みについて

5.1.1. 既存技術の活用による配信基盤の仕組みにおける検討結果

既存技術の活用として、実際の学校ネットワークに対しキャッシュサーバー利用した仕組みを導入しその効果を計測した結果から、キャッシュサーバーを利用することで、学校外部の通信回線速度の状況に強く依存せずに、対象となるデジタル教科書およびデジタル教材の利用を円滑に行うことが可能と判断できる。

キャッシュサーバーを学校内ネットワークにおいて正常に機能させるためは、様々に配慮すべき点が存在していることも判明した。導入の容易さや効果の大きさは状況に依存しているため、導入にあたっては現在の学校ネットワークの個別の設定状況等に基づいて検討されることが望ましい。

5.1.2. 先端技術の応用による効果の考察

先端技術の応用による配信基盤の仕組みの検討では、既存技術の活用による配信基盤の仕組みに加えてプリキャッシュ機能の有用性について机上検証を実施した。

プリキャッシュ機能は、特に「拠点－インターネット間の通信速度」が低速であるほど、プリキャッシュ機能が有効となる検証結果が示された。

既存技術であるキャッシュサーバーを利用した仕組みにプリキャッシュ機能を組み合わせることで、さらに学外へのデータ通信量を削減し、デジタル配信基盤の円滑な利用に寄与することが期待される。

【先端技術の応用による配信基盤の導入に向けた課題】

(1) システム設計面での課題

① CDN コンテンツの認証判定方式について

コンテンツ配信時の認証判定方式については 3 案（案 1：CDN では認証なし、案 2：SSO 認証、案 3：トークン認証）を検討しているが、対応案を確定するためには各配信事業者との調整が必要であり、設計時の検討課題となる。

② DRM コンテンツの配信方法について

ビューア、ライセンスサーバー間では、ライセンスを取得するために教科書コンテンツごとに通信が発生する。ビューアの改修が必要となるが、1 度取得したライセンスはビューア内で保持され、有効期限内のライセンスを保持している場合は、ライセンスサーバーへの通信を行わないため通信量を削減できる。

ライセンスをビューアに保持せず、都度認証とすることも可能であり、ビューア、ライセンスサーバー間の通信頻度と有効期限の期間については設計時の検討課題となる。

③　プリキャッシュ取得の最適な時間帯について

机上検証においては、プリキャッシュ取得は夜間の時間帯（21:00～8:00）に実行する想定とし、実行時間を 9 時間とした場合では低回線速度（10Mbps）でも約 39GB のコンテンツのプリキャッシュ取得が可能という実証結果を得ている。

ただし、各学校では年度末と年度初めに新しい教科書の登録などによりネットワークトラフィックが増大することが想定されるため、各学校の回線速度や授業時間等の実情を総合的に判断した上で、プリキャッシュ取得の実行時間帯を決定することが設計時の検討課題となる。

④　キャッシュ対象の教科書コンテンツについて

今回の机上検証では、「複数の教科書コンテンツを収容することを想定した FQDN（ドメイン名）の最適な利用方法」を検討し、対応可能であることを確認している。

この仕組みを使えば、例えば教員が独自で利用しているデジタルコンテンツ等もキャッシュ対象として登録すること自体は可能だが、サーバー証明書の入手方法や著作権問題などクリアすべき課題がある。キャッシュ対象とする教科書コンテンツの明確化については、システム設計時の検討課題となる。

⑤　対応ブラウザの要件について

今回の机上検証では、「キャッシュ管理情報メンテナンスアプリ」画面の機能検証は「Microsoft Edge」で実施している。クライアントのバリエーションについては検証しておらず、クライアント依存の問題は洗い出せていない。対応ブラウザの要件については、システム設計時の検討課題となる。

⑥　エッジ型 CDN サーバーの冗長化について

今回の要件定義では、エッジ型 CDN サーバーを冗長化構成としていないが、障害発生時は実質的に CDN がない状態で教科書コンテンツを取得することになり、ダウンロード速度は外部回線速度の影響を多大に受けることになる。

エッジ型 CDN サーバーの冗長化については、実運用時の耐性面やコストを総合的に勘案する必要があり、システム設計時の検討課題となる。

(2) 運用設計面での課題

➢　キャッシュ管理情報のメンテナンスについて

エッジ型 CDN では CDN 管理基盤において、学校の情報や学校ごとにキャッシュ対象とする教科書コンテンツを管理する必要がある。また、教科書コンテンツ自体の登録・追加・削除、各学校におけるキャッシュ対象の登録・追加・削除を行う担当者が必要になる。これらの実施主体となる、運用担当者または団体の選定についても、エッジ型 CDN の運用設計時の検討課題となる。

(3) 導入面での課題

➢ エッジ型 CDN のサーバー設置要件について

配信事業者側で実施する各学校内へのエッジ型 CDN のサーバー設置作業は、事前に各学校内のネットワーク設定変更及び設置場所等の要件を確認する必要がある。

エッジ型 CDN のサーバー設置要件については、学校及び学校が所属している教育委員会との調整が必要であり、導入時の検討課題となる。

(4) その他の留意事項

➢ 机上検証での成果について

今回の机上検証（機能検証）は、他のリソースが混在しない理想的なクラウド環境で実施している。学内に設置するエッジ型 CDN についても、学校ごとに異なる様々な要件を考慮したものではない。本番環境の構築においては、事前に実際の現場（学校）での実証が不可欠であると考える。

先端技術の応用による配信基盤の導入にあたっては、特にキャッシュ管理情報の運用面の体制整備と各学校内に設置するエッジ型 CDN サーバーの設置要件確認及び設置作業が肝要になる。また、全国規模への展開に際しては、イニシャルコストのみならずランニングコストを考慮する必要がある。サービスの設計にあたっては、各学校内のネットワークの個別要件に加えて、運用体制面やコスト面を総合的に勘案することが望ましい。

5.1.3. その他補足すべき事項

5.1.1 及び 5.1.2 のいずれも、学校外部の通信回線速度の状況に強く依存せずに、対象となるデジタル教科書および連携するデジタル教材の利用を円滑にするための配信基盤の仕組みとして実現可能である。一方で、配信基盤は学校外部回線から完全に切り離された状態で、デジタル教科書及び連携するデジタル教材が利用可能になるものではない点にも留意が必要である。現時点においては、デジタル教科書のトラフィックが学校全体のネットワークに占める割合は大きくないため、配信基盤の利用が学校全体のネットワーク速度や品質の大きな改善には繋がらないと考えられるが、今後デジタル教科書の科目数や利活用率の増加により、当該トラフィックが増大する可能性はある。デジタル教科書の円滑な利用のためには、配信基盤の導入は有効な手段の一つとして考慮できるが、学校外部回線の増強等が最も重要な方策であることは明確である。

5.2. 自治体が共同利用する ID 統合管理/SSO 機能及びセキュリティ/データセンター機能の基盤の実証研究について

本実証では、「児童生徒一人一人が様々なデジタル教科書を日常的に活用するため、ID・ライセンス管理(利用登録など)による児童生徒・教職員の利便性向上、共通的なログ蓄積による利活用の推進を図るための基盤整備の実証研究」を実施することで、「デジタル教科書の今後の在り方などに関する検討会議（第一次報告)」において報告された、デジタル教科書の活用を推進する際に生じる課題への対応策を検討した。

【教科書コンテンツのデジタル化】

教科書コンテンツをデジタル化し、デジタル教材配信基盤システムにて配信を行った。当該基盤に関し、アンケートを通じて半数以上の教員、児童生徒ともに総じて満足度や実用性を感じていると読み取ることができた。

なお、版下データを基にしたデジタルデータ（PDF）の配信においては、著作権法との関連もあることから、運用上の配慮が必要となる。

今後、学校現場での運用を検討する場合においては、紙の教科書を学校に提供する際に、同時に PDF データを提供することで、ネットワークで配信可能にするなどの仕組みや制度を整備する必要があると考える。

【教科書紙面が掲載されたデジタル教材のクラウド配信】

当該基盤を用いて、各 OS の標準ブラウザで閲覧できるクラウド環境が構築できることが確認できた。また、学習 e ポータルを用いたＩD連携やシングルサインオン、学習ログデータの分析による教育・学習活動の支援などのメリットも大きいと考えられる。

しかしながら、今後の継続を想定した際、必要となる各種の費用（サーバーのレンタル費用やシステムの維持管理費用等のインフラ費用など）については、その負担元の取り決めが課題である。

【ID・ライセンス管理／SSO（シングルサインオン）機能及びセキュリティ】

実証校からのヒアリングを通じて、アカウントの登録・運営の課題があることを再確認した。またその課題は、学習 e ポータル上にある名簿情報とアプリケーションを、LTI 国際技術標準に準じて連携させることにより、解消の一助となることも確認した。

一方で、教科書や教材へのアクセス管理（ライセンス管理）は、学校単位で行う方法や学習者単位で行う方法など、未だ検討中である。

将来的には、サブスクリプションモデルなどで、教員や児童生徒が自由に複数の教科書や教材を利用できる管理方法もひとつの選択肢として加えることが必要と考える。また、さらなる展開として、教員が作成した学習コンテンツを全国で共有できるようにするなど、活用方法の拡張も望まれる。

「データの一次利用／二次利用に向けた整理」については、短期間の実証であったため、教育データが十分に利活用できたとは言い難い。短期間の利用であっても、教員や児童生徒、保護者

がメリットを感じられるようにしたり、教育委員会が全体の傾向を把握して教育政策に生かすことができるようにしたりするための方策の検討が必要となる。また、二次利用については、議論が成熟しているとは言えず、法令のみならず社会的な合意形成が必要である。議論を進めるためにも、データの標準化が重要と考える。これにより、研究者や行政などがデータを利用できるようになるだけでなく、教科書のログデータを次の教科書の改訂に活かすといった展望も見えてくる。

【学習履歴及び分析ツール】

非常に短期間の実証であったものの、本実証のアンケート・ヒアリング結果から、学習履歴及び分析ツールを用いたデータの利活用は、教員にとって授業をさらに効果的に設計できる手段であることを確認できた。一方で、授業中でのリアルタイムな利用などの高度な活用や児童生徒の利用は一部の実証校にとどまった。

学びにおける教育データの利活用は過去に例のない取り組みであることから、一人一人の研究や創意工夫のみでこれを推進することは困難であり、システムを活用した授業方法の知見の共有が不可欠である。

【関連法令との関連】

教科書を一部抜粋した教科書コンテンツ（PDF）であったとしても、本事業基盤の様なシステムで配信することは、著作権処理等膨大な工数がかかるうえ、搭載が誰か、配信が誰かによっても可否やその後の手続きが大きく異なってくることを本実証で確認できた。

また、個人情報についても同様の配慮が必要であることを確認した。個人情報の取得に際しては、「利用目的」を「出来る限り特定」したうえで、「児童生徒に対し」、明示する必要がある。当該目的の範囲内で利用することや提供することは可能だが、目的の範囲を超えると本人同意が必要であることに留意が必要となる。

第 6 章
開発内容

「自治体が共同利用する ID 統合管理/SSO 機能及びセキュリティ/データセンター機能の基盤の実証研究（ＩＤ・ライセンス管理／ＳＳＯ（シングルサインオン）機能及びセキュリティ）」において、以下事業内容の検証をするために、以下の開発を行った。

No	事業内容	検証	開発
		検証内容	必要なシステム改修
1	事 3-1 教科書コンテンツのデジタル化版下データのみでは備えられない機能の必要性について、実証において検証する。 事 3-2 教科書紙面が掲載されたデジタル教材のクラウド配信 クラウド環境を用意して事 3-1 で準備した教科書紙面が掲載されたデジタル教材を配信する。 配信された教科書紙面が掲載されたデジタル教材は、各 OS の標準ブラウザ（ Microsoft Edge, Google Chrome, Apple Safari）で閲覧できることとする。 教科書紙面が掲載されたデジタル教材を閲覧する際に、標準的な機能（本文や図版の拡大・書き込み・ページめくり等）を搭載していることとする。	＜検証項目①＞ ・簡易な方法により作成できるデジタル教材であっても、学習者用デジタル教科書と同等の実用性の実現（簡易ビューアのクラウド運用版への改善）が可能であることを検証する。	・簡易ビューアの円滑利用の妨げとなる既存バグの修正・UI 改善 - ナビゲーション文字の重複の解消 - メモ一覧からのメモ編集 - ページ番号入力によるジャンプ - テキストメモの文字カウント - マーカー機能の改善 - 教材の複数登録 - マーカー削除時の改善 - 「レコメンド」の名称変更 - テキストメモ入力ウィンドウの改善 - 手書きメモ表示改善
2		＜検証項目②＞ ・IIJ のクラウド環境上へ簡易ビューア利用環境を構築する。	IIJ のクラウド環境上へ簡易ビューアの構築
3			実証時に顕在化した不具合 - ページ読込速度の改善 - ページスクロールの改善 - Spring 等のバージョンアップ

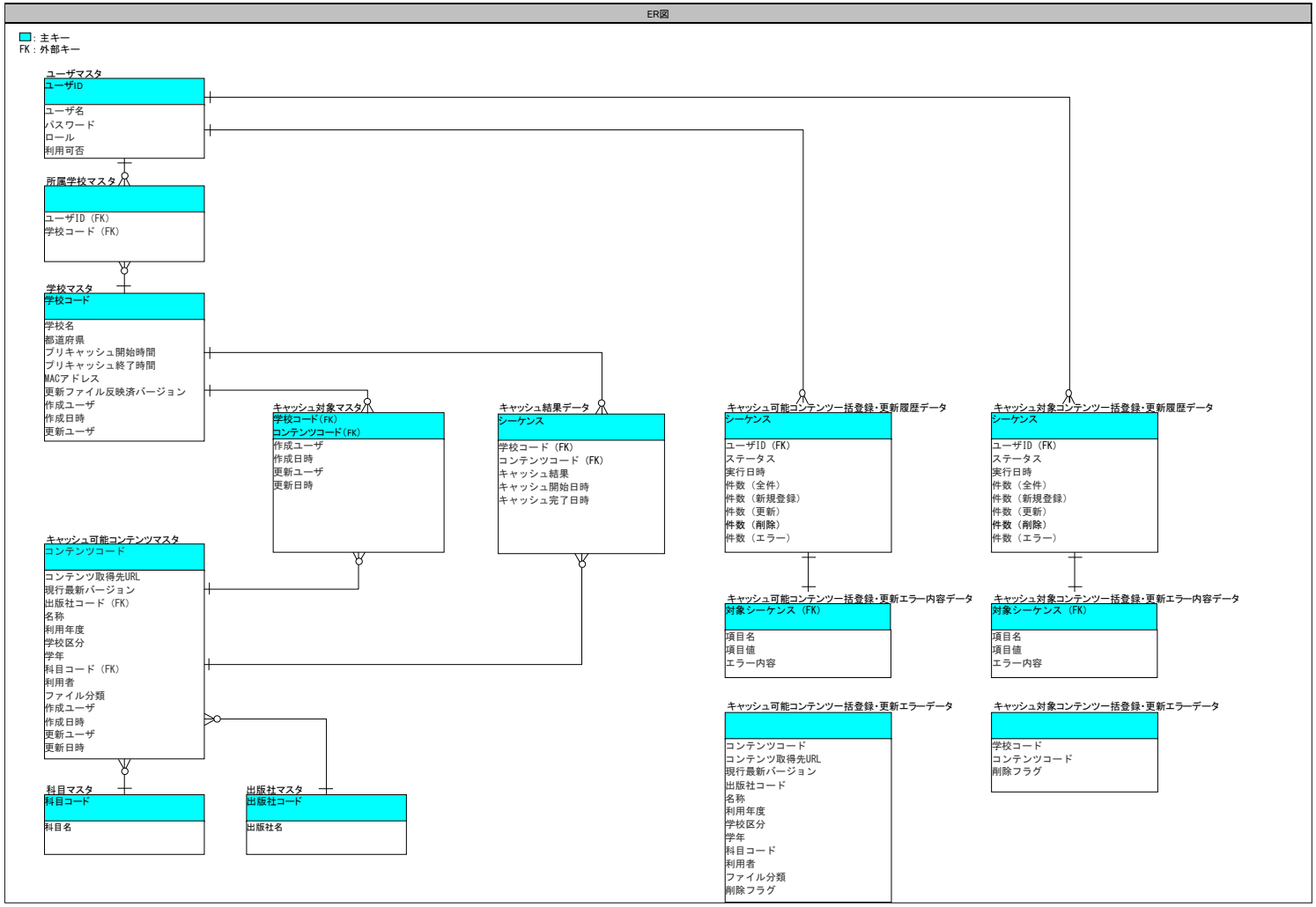
4	事 3-3 ID・ライセンス管理／SSO（シングルサインオン）機能及びセキュリティユーザ情報や学習履歴が一元管理でき、当該情報のセキュリティを担保できる基盤とする。 児童生徒が児童生徒端末に一度ログインすればセキュリティが確保された環境において複数社のデジタル教科書をすべて閲覧できることとし、学習 e ポータルと連携することとする。 複数社のデジタル教科書ライセンスの登録・管理を容易に行えるようにするため、また将来デジタル教科書と関連するデジタル教材との連携を円滑に行うためにどのような基盤を構築すべきかを検討する。	・IIJ のクラウド環境のセキュリティが担保されていることを検証する。 ＜検証項目③＞ ・デジタル教科書と L-Gate 及び OPE 連携による SSO となる基盤を整備し、SSO 機能が児童生徒や教員の負担軽減に繋がることを検証する。 ・複数のデジタル教科書の管理ができる基盤を整備し、ID 統合管理が教員の負担軽減に繋がることを検証する。	・簡易ビューアと分析ツールの LTI1.3 Core と NRPS 対応
5			・内田洋行 L-Gate の NRPS 対応
6			・NEC OPE(Open Platform for Education)の NRPS 対応
7	事 3-4 学習履歴及び分析ツール 個人情報保護に留意した上で、児童生徒がデジタル教科書を使用した履歴をクラウド環境に蓄積し、その履歴を分析ツールを用いて分析します。また、その履	＜検証項目④＞ ・IIJ のクラウド環境上へ分析ツール利用環境を構築する。	教材ログデータの分析機能改善 - マーカー数等の背景色を変えないようにする - クイズ集計の改善 - マーカーの軸ラベルの統一 - 本人の履歴の匿名表示解除

8	歴や分析結果を教職員や児童生徒に示すなど、効果的な利活用方法について検証することとします。		実証時に顕在化した不具合 - ペンストローク機能の不具合 - NRPS のリスト数指定 - 当日を分析対象に含める - 教材名の重複 - 教材表示範囲の不具合 - 児童生徒の初期匿名表示 - フィードバックパネルの閲覧時間の小数点表示

第 7 章
資料編
【MEXT-CDN】エッジ型 CDN 基本設計例

7.1. ER 図

ER図	MEXT-CDN_-ERDiagram	（備考・概要等）



7.2. テーブル定義書

7.2.1. 【テーブル定義書】ユーザマスタ

テーブル定義書	MEXT-CDN_-TableDefinition	（備考・概要等）

テーブル論理名	ユーザマスタ
テーブル物理名	user_mst
レコード長[Byte]	

No	項目論理名	項目物理名	項目種別	データ型	文字長さ（桁数）	サイズ（byte）	NOT NULL制約 空白：Null可 ○：Null不可	一意制約 空白：一意制約なし ○：一意制約あり	インデックス情報						シーケンス	デフォルト値	暗号化 空白：なし ○：あり	補足説明 ※フラグ値や項目に関する補足がある場合に記載
									プライマリキー	セカンダリ1	セカンダリ2	セカンダリ3	セカンダリ4	セカンダリ5				
1	ユーザID	user_id	文字	VARCHAR	30		○	○	○									
2	ユーザ名	user_name	文字	VARCHAR	30		○											
3	パスワード	password	文字	VARCHAR	100		○										○	
4	ロール	role	コード	TINYINT	1		○									2		特権管理者→0 キャッシュ可能コンテンツ管理者→1 一般ユーザ→2
5	利用可否	enabled	コード	TINYINT	1		○									1		利用不可→0 利用可能→1

7.2.2. 【テーブル定義書】所属学校マスタ

テーブル定義書	MEXT-CDN_-TableDefinition	（備考・概要等）

テーブル論理名	所属学校マスタ
テーブル物理名	affiliation_school_mst
レコード長[Byte]	

No	項目論理名	項目物理名	項目種別	データ型	文字長さ（桁数）	サイズ（byte）	NOT NULL制約 空白：Null可 ○：Null不可	一意制約 空白：一意制約なし ○：一意制約あり	インデックス情報						シーケンス	デフォルト値	暗号化 空白：なし ○：あり	補足説明 ※フラグ値や項目に関する補足がある場合に記載
									プライマリキー	セカンダリ1	セカンダリ2	セカンダリ3	セカンダリ4	セカンダリ5				
1	ユーザID	user_id	文字	VARCHAR	30		○											
2	学校コード	school_code	コード	INTEGER		4	○											

7.2.3. 【テーブル定義書】学校マスタ

テーブル定義書 MEXT-CDN_-TableDefinition	（備考・概要等）

テーブル論理名	学校マスタ
テーブル物理名	school_mst
レコード長[Byte]	

No	項目論理名	項目物理名	項目種別	データ型	文字長さ（桁数）	サイズ（byte）	NOT NULL制約 空白：Null可 ○：Null不可	一意制約 空白：一意制約なし ○：一意制約あり	インデックス情報						シーケンス	デフォルト値	暗号化 空白：なし ○：あり	補足説明 ※フラグ値や項目に関する補足がある場合に記載
									プライマリキー	セカンダリ1	セカンダリ2	セカンダリ3	セカンダリ4	セカンダリ5				
1	学校コード	school_code	コード	INTEGER		4	○	○	○						○			AUTO_INCREMENT、UNSIGNED
2	学校名	school_name	文字	VARCHAR	100		○											
3	都道府県	school_prefecture	文字	VARCHAR	4		○											
4	プリキャッシュ開始時間	pre_cache_start_time	文字	VARCHAR	6		○											hhmmss
5	プリキャッシュ終了時間	pre_cache_end_time	文字	VARCHAR	6		○											hhmmss
6	MACアドレス	mac_address	文字	VARCHAR	17		○											学校に配置したサーバのMACアドレスを管理
7	更新ファイル反映済バージョン	update_file_ver	文字	VARCHAR	5		○											
8	作成ユーザ	create_user	文字	VARCHAR	30		○											
9	作成日時	create_datetime	日時	DATETIME		8	○											
10	更新ユーザ	update_user	文字	VARCHAR	30		○											
11	更新日時	update_datetime	日時	DATETIME		8	○											

7.2.4. 【テーブル定義書】キャッシュ可能コンテンツマスタ

テーブル定義書 MEXT-CDN_-TableDefinition	（備考・概要等）

テーブル論理名	キャッシュ可能コンテンツマスタ
テーブル物理名	cache_content_mst
レコード長[Byte]	

No	項目論理名	項目物理名	項目種別	データ型	文字長さ（桁数）	サイズ（byte）	NOT NULL制約 空白：Null可 ○：Null不可	一意制約 空白：一意制約なし ○：一意制約あり	インデックス情報						シーケンス	デフォルト値	暗号化 空白：なし ○：あり	補足説明 ※フラグ値や項目に関する補足がある場合に記載
									プライマリキー	セカンダリ1	セカンダリ2	セカンダリ3	セカンダリ4	セカンダリ5				
1	コンテンツコード	content_code	コード	INTEGER		4	○	○	○						○			AUTO_INCREMENT、UNSIGNED
2	コンテンツ取得先URL	origin_url	文字	VARCHAR	100		○											
3	現行最新バージョン	version	文字	VARCHAR	11		○											999.999.999
4	出版社コード	publisher_code	コード	INTEGER		4	○											
5	名称	name	文字	VARCHAR	100	8	○											
6	利用年度	year	数値	INTEGER		4	○											
7	学校区分	school_type	数値	INTEGER		4	○											小学校→1 中学校→2 高等学校→3
8	学年	grade	数値	INTEGER		4	○											
9	科目コード	subject_code	コード	VARCHAR		4	○											
10	利用者	user_type	数値	INTEGER		4	○											生徒用→1 指導者用→2
11	ファイル分類	file_type	数値	INTEGER		4	○											教科書本体→1 副教材→2
12	作成ユーザ	create_user	文字	VARCHAR	30		○											
13	作成日時	create_datetime	日時	DATETIME		8	○											
14	更新ユーザ	update_user	文字	VARCHAR	30		○											
15	更新日時	update_datetime	日時	DATETIME		8	○											

7.2.5. 【テーブル定義書】科目マスタ

テーブル定義書 MEXT-CDN_-TableDefinition	（備考・概要等）

テーブル論理名	科目マスタ
テーブル物理名	subject_mst
レコード長[Byte]	

No	項目論理名	項目物理名	項目種別	データ型	文字長さ（桁数）	サイズ（byte）	NOT NULL制約 空白：Null可 ○：Null不可	一意制約 空白：一意制約なし ○：一意制約あり	インデックス情報						シーケンス	デフォルト値	暗号化 空白：なし ○：あり	補足説明 ※フラグ値や項目に関する補足がある場合に記載
									プライマリキー	セカンダリ1	セカンダリ2	セカンダリ3	セカンダリ4	セカンダリ5				
1	科目コード	subject_code	コード	INTEGER		4	○	○	○						○			AUTO_INCREMENT、UNSIGNED
2	科目名	subject_name	文字	VARCHAR	30		○	○										

7.2.6. 【テーブル定義書】出版社マスタ

テーブル定義書 MEXT-CDN_-TableDefinition	（備考・概要等）

テーブル論理名	出版社マスタ
テーブル物理名	publisher_mst
レコード長[Byte]	

No	項目論理名	項目物理名	項目種別	データ型	文字長さ（桁数）	サイズ（byte）	NOT NULL制約 空白：Null可 ○：Null不可	一意制約 空白：一意制約なし ○：一意制約あり	インデックス情報						シーケンス	デフォルト値	暗号化 空白：なし ○：あり	補足説明 ※フラグ値や項目に関する補足がある場合に記載
									プライマリキー	セカンダリ1	セカンダリ2	セカンダリ3	セカンダリ4	セカンダリ5				
1	出版社コード	publisher_code	コード	INTEGER		4	○	○	○						○			AUTO_INCREMENT、UNSIGNED
2	出版社名	publisher_name	文字	VARCHAR	30		○	○										

7.2.7. 【テーブル定義書】キャッシュ対象マスタ

テーブル定義書 MEXT-CDN_-TableDefinition	（備考・概要等）

テーブル論理名	キャッシュ対象マスタ
テーブル物理名	cache_mst
レコード長[Byte]	

No	項目論理名	項目物理名	項目種別	データ型	文字長さ（桁数）	サイズ（byte）	NOT NULL制約 空白：Null可 ○：Null不可	一意制約 空白：一意制約なし ○：一意制約あり	インデックス情報						シーケンス	デフォルト値	暗号化 空白：なし ○：あり	補足説明 ※フラグ値や項目に関する補足がある場合に記載
									プライマリキー	セカンダリ1	セカンダリ2	セカンダリ3	セカンダリ4	セカンダリ5				
1	学校コード	school_code	コード	INTEGER		4	○	○	○									
2	コンテンツコード	content_code	コード	INTEGER		4	○	○	○									
3	作成ユーザ	create_user	文字	VARCHAR	30		○											
4	作成日時	create_datetime	日時	DATETIME		8	○											
5	更新ユーザ	update_user	文字	VARCHAR	30		○											
6	更新日時	update_datetime	日時	DATETIME		8	○											

7.2.8. 【テーブル定義書】キャッシュ結果データ

テーブル定義書	MEXT-CDN_-TableDefinition	（備考・概要等）

テーブル論理名	キャッシュ結果データ
テーブル物理名	cache_result_data
レコード長[Byte]	

No	項目論理名	項目物理名	項目種別	データ型	文字長さ（桁数）	サイズ（byte）	NOT NULL制約 空白：Null可 ○：Null不可	一意制約 空白：一意制約なし ○：一意制約あり	インデックス情報						シーケンス	デフォルト値	暗号化 空白：なし ○：あり	補足説明 ※フラグ値や項目に関する補足がある場合に記載
									プライマリキー	セカンダリ1	セカンダリ2	セカンダリ3	セカンダリ4	セカンダリ5				
1	シーケンス	seq	コード	INTEGER		4	○	○	○						○			AUTO_INCREMENT、UNSIGNED
2	学校コード	school_code	コード	INTEGER		4	○											
3	コンテンツコード	content_code	コード	INTEGER		4	○											
4	キャッシュ結果	cache_result	コード	INTEGER		4	○											キャッシュ成功→100 キャッシュ延期→200 キャッシュ失敗→900 その他エラー　→999
5	キャッシュ開始日時	cache_start_datetime	日時	DATETIME		8	○											
6	キャッシュ完了日時	cache_end_datetime	日時	DATETIME		8	○											

7.2.9. 【テーブル定義書】キャッシュ可能コンテンツ一括登録・更新履歴データ

テーブル定義書 MEXT-CDN_-TableDefinition	（備考・概要等）

テーブル論理名	キャッシュ可能コンテンツ一括登録・更新履歴データ
テーブル物理名	cache_content_history
レコード長[Byte]	

No	項目論理名	項目物理名	項目種別	データ型	文字長さ（桁数）	サイズ（byte）	NOT NULL制約 空白：Null可 ○：Null不可	一意制約 空白：一意制約なし ○：一意制約あり	インデックス情報						シーケンス	デフォルト値	暗号化 空白：なし ○：あり	補足説明 ※フラグ値や項目に関する補足がある場合に記載
									プライマリキー	セカンダリ1	セカンダリ2	セカンダリ3	セカンダリ4	セカンダリ5				
1	対象シーケンス	seq	コード	INTEGER		4	○	○	○						○			AUTO_INCREMENT、UNSIGNED
2	ユーザID	user_id	文字	VARCHAR	30		○											
3	ステータス	status	コード	INTEGER		4	○											1→成功 2→成功（エラーあり） 3→失敗
4	実行日時	exec_datetime	日時	DATETIME		8	○											
5	件数（全件）	count_all	数値	INTEGER		4	○											
6	件数（新規登録）	count_regist	数値	INTEGER		4	○											
7	件数（更新）	count_update	数値	INTEGER		4	○											
8	件数（削除）	count_delete	数値	INTEGER		4	○											
9	件数（エラー）	count_err	数値	INTEGER		4	○											

7.2.10. 【テーブル定義書】キャッシュ可能コンテンツ一括登録・更新エラー内容データ

テーブル定義書 MEXT-CDN_-TableDefinition	（備考・概要等）

テーブル論理名	キャッシュ可能コンテンツ一括登録・更新エラー内容データ
テーブル物理名	cache_content_error_detail
レコード長[Byte]	

No	項目論理名	項目物理名	項目種別	データ型	文字長さ（桁数）	サイズ（byte）	NOT NULL制約 空白：Null可 ○：Null不可	一意制約 空白：一意制約なし ○：一意制約あり	インデックス情報						シーケンス	デフォルト値	暗号化 空白：なし ○：あり	補足説明 ※フラグ値や項目に関する補足がある場合に記載
									プライマリキー	セカンダリ1	セカンダリ2	セカンダリ3	セカンダリ4	セカンダリ5				
1	対象シーケンス	seq	コード	INTEGER		4	○	○	○									
2	項目名	csv_colmn	文字	VARCHAR	30		○											
3	項目値	csv_val	文字	VARCHAR	100		○											
4	エラー内容	error	文字	VARCHAR	1000		○											

7.2.11. 【テーブル定義書】キャッシュ可能コンテンツ一括登録・更新エラーデータ

テーブル定義書 MEXT-CDN_-TableDefinition	（備考・概要等）

テーブル論理名	キャッシュ可能コンテンツ一括登録・更新エラーデータ
テーブル物理名	cache_content_error_data
レコード長[Byte]	

No	項目論理名	項目物理名	項目種別	データ型	文字長さ（桁数）	サイズ（byte）	NOT NULL制約 空白：Null可 ○：Null不可	一意制約 空白：一意制約なし ○：一意制約あり	インデックス情報						シーケンス	デフォルト値	暗号化 空白：なし ○：あり	補足説明 ※フラグ値や項目に関する補足がある場合に記載
									プライマリキー	セカンダリ1	セカンダリ2	セカンダリ3	セカンダリ4	セカンダリ5				
1	コンテンツコード	content_code	文字	VARCHAR	100													
2	コンテンツ取得先URL	origin_url	文字	VARCHAR	100													
3	現行最新バージョン	version	文字	VARCHAR	100													
4	出版社コード	publisher_code	文字	VARCHAR	100													
5	名称	name	文字	VARCHAR	100													
6	利用年度	year	文字	VARCHAR	100													
7	学校区分	school_type	文字	VARCHAR	100													
8	学年	grade	文字	VARCHAR	100													
9	科目コード	subject_code	文字	VARCHAR	100													
10	利用者	user_type	文字	VARCHAR	100													
11	ファイル分類	file_type	文字	VARCHAR	100													
12	削除フラグ	delete_flg	文字	VARCHAR	100													

7.2.12. 【テーブル定義書】キャッシュ対象コンテンツ一括登録・更新履歴データ

テーブル定義書 MEXT-CDN_-TableDefinition	（備考・概要等）

テーブル論理名	キャッシュ対象コンテンツ一括登録・更新履歴データ
テーブル物理名	cache_subject_history
レコード長[Byte]	

No	項目論理名	項目物理名	項目種別	データ型	文字長さ（桁数）	サイズ（byte）	NOT NULL制約 空白：Null可 ○：Null不可	一意制約 空白：一意制約なし ○：一意制約あり	インデックス情報						シーケンス	デフォルト値	暗号化 空白：なし ○：あり	補足説明 ※フラグ値や項目に関する補足がある場合に記載
									プライマリキー	セカンダリ1	セカンダリ2	セカンダリ3	セカンダリ4	セカンダリ5				
1	対象シーケンス	seq	コード	INTEGER		4	○	○	○						○			AUTO_INCREMENT、UNSIGNED
2	ユーザID	user_id	文字	VARCHAR	30		○											
3	ステータス	status	コード	INTEGER		4	○											1→成功 2→成功（エラーあり） 3→失敗
4	実行日時	exec_datetime	日時	DATETIME		8	○											
5	件数（全件）	count_all	数値	INTEGER		4	○											
6	件数（新規登録）	count_regist	数値	INTEGER		4	○											
7	件数（更新）	count_update	数値	INTEGER		4	○											
8	件数（削除）	count_delete	数値	INTEGER		4	○											
9	件数（エラー）	count_err	数値	INTEGER		4	○											

7.2.13. 【テーブル定義書】キャッシュ対象コンテンツ一括登録・更新エラー内容データ

テーブル定義書	MEXT-CDN_-TableDefinition	（備考・概要等）

テーブル論理名	キャッシュ対象コンテンツ一括登録・更新エラー内容データ
テーブル物理名	cache_subject_error_detail
レコード長[Byte]	

No	項目論理名	項目物理名	項目種別	データ型	文字長さ（桁数）	サイズ（byte）	NOT NULL制約 空白：Null可 ○：Null不可	一意制約 空白：一意制約なし ○：一意制約あり	インデックス情報						シーケンス	デフォルト値	暗号化 空白：なし ○：あり	補足説明 ※フラグ値や項目に関する補足がある場合に記載
									プライマリキー	セカンダリ1	セカンダリ2	セカンダリ3	セカンダリ4	セカンダリ5				
1	対象シーケンス	seq	コード	INTEGER		4	○	○	○									
2	項目名	csv_colmn	文字	VARCHAR	30		○											
3	項目値	csv_val	文字	VARCHAR	100		○											
4	エラー内容	error	文字	VARCHAR	1000		○											

7.2.14. 【テーブル定義書】キャッシュ対象コンテンツ一括登録・更新エラーデータ

テーブル定義書 MEXT-CDN_-TableDefinition	（備考・概要等）

テーブル論理名	キャッシュ対象コンテンツ一括登録・更新エラーデータ
テーブル物理名	cache_subject_error_data
レコード長[Byte]	

No	項目論理名	項目物理名	項目種別	データ型	文字長さ（桁数）	サイズ（byte）	NOT NULL制約 空白：Null可 ○：Null不可	一意制約 空白：一意制約なし ○：一意制約あり	インデックス情報						シーケンス	デフォルト値	暗号化 空白：なし ○：あり	補足説明 ※フラグ値や項目に関する補足がある場合に記載
									プライマリキー	セカンダリ1	セカンダリ2	セカンダリ3	セカンダリ4	セカンダリ5				
1	学校コード	school_code	文字	VARCHAR	100													
2	コンテンツコード	content_code	文字	VARCHAR	100													
3	削除フラグ	delete_flg	文字	VARCHAR	100													

7.3. プリキャッシュ取得バッチ

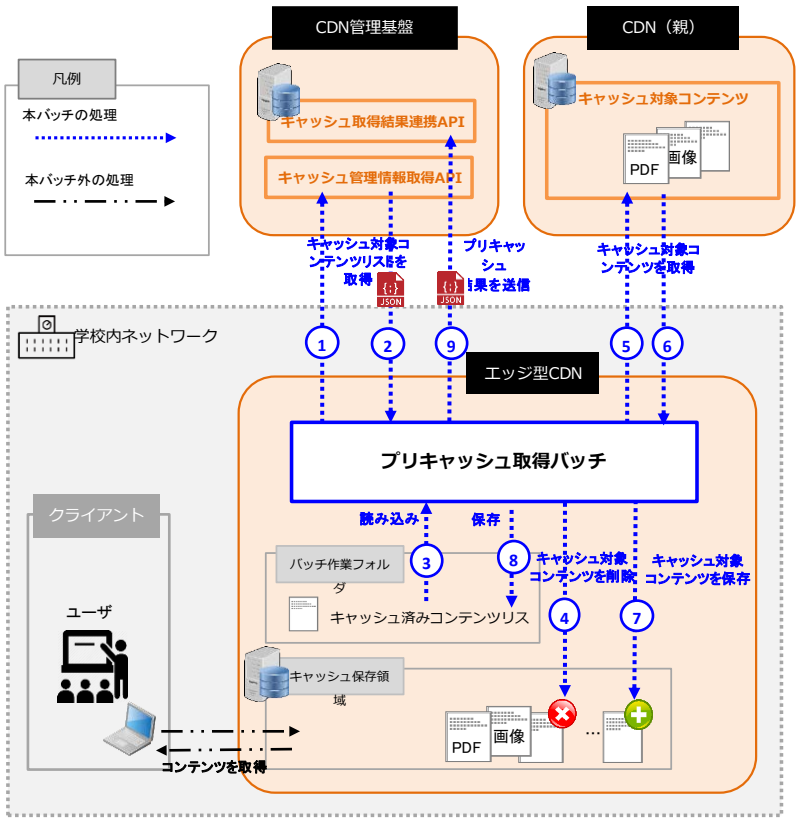
7.3.1 【プリキャッシュ取得バッチ】処理概要

プリキャッシュ取得バッチ	（備考・概要等）
処理概要	

バッチID	BAT01	バッチ名称	プリキャッシュ取得バッチ

処理概要（図）

■全体構成図



処理概要（説明）

【機能概要】

学校内ネットワーク内のエッジ型CDNサーバにユーザ（先生、生徒）が利用するコンテンツを事前にキャッシュする（プリキャッシュ）ため、CDN管理基盤からキャッシュ対象リストを取得し、CDN（親）のキャッシュ対象コンテンツをエッジ型CDNのキャッシュ保存領域に保存する。

【処理概要】

本バッチ処理は、キャッシュ対象コンテンツリストの取得、
キャッシュ対象コンテンツの取得・保存、
プリキャッシュ結果リストの連携処理で構成される。

・CDN管理基盤
各エッジ型CDNのキャッシュ対象コンテンツ情報、本バッチの実行時間帯を管理し、
エッジ型CDNにキャッシュ対象コンテンツリストを連携する。

・CDN（親）
各エッジ型CDNにプリキャッシュする対象コンテンツの取得元。

・エッジ型CDN
学校内ネットワークに配置され、本バッチの実行により、
CDN（親）から取得したキャッシュ対象コンテンツが保存される。
ユーザ（先生、生徒）が利用するコンテンツはエッジ型CDNに
事前にキャッシュされたコンテンツから配信される。

・キャッシュ対象コンテンツリスト
CDN（親）から返却されるキャッシュ対象コンテンツの一覧情報。
コンテンツ情報以外に本バッチの実行可否情報、実行停止時刻が返却される。

・キャッシュ済みコンテンツリスト
エッジ型CDNにキャッシュされているコンテンツの情報を管理するリスト。
キャッシュ対象コンテンツリストと比較し、キャッシュファイルの削除、保存を行う。

7.3.2 【プリキャッシュ取得バッチ】処理詳細

プリキャッシュ取得バッチ 処理詳細	（備考・概要等）

バッチID	BAT01	バッチ名称	プリキャッシュ取得バッチ

処理

[起動トリガ/起動方式]

1. Linuxのcronにて、定時起動する。
2. バッチ起動時に本処理が起動される。
3. 本プログラムはエラー後の再実行を可能とする。

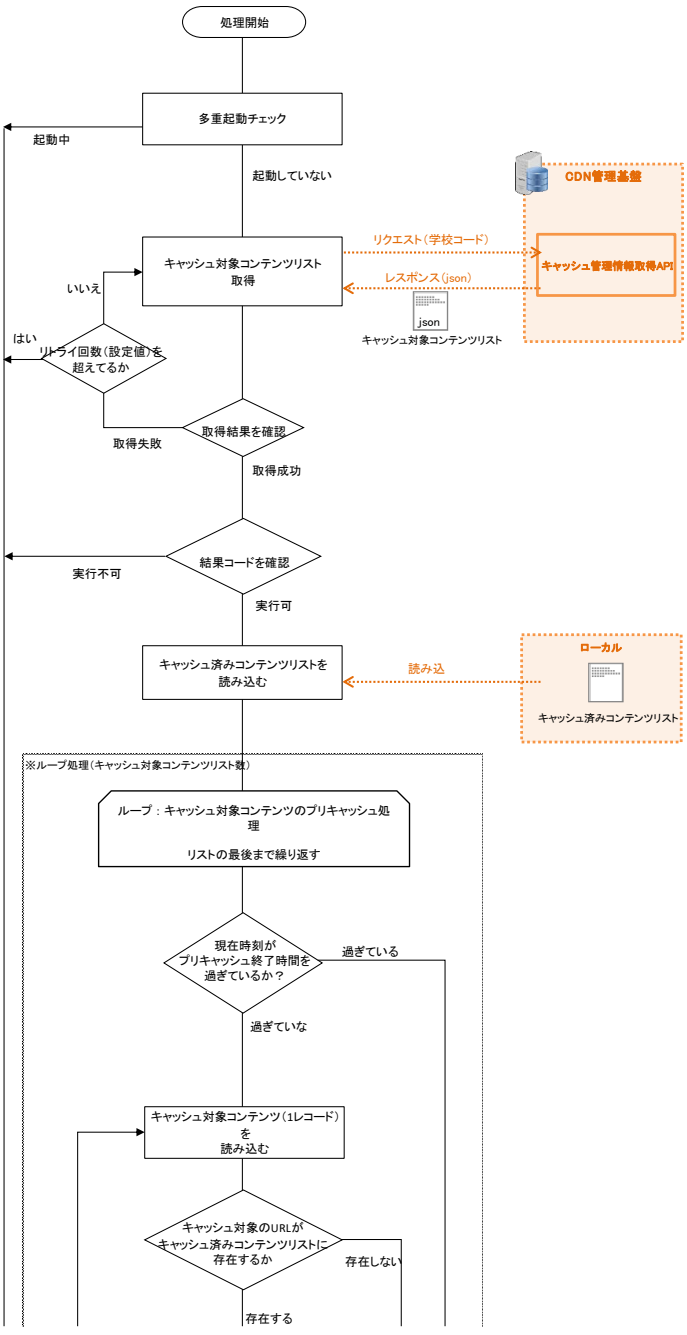
[起動時刻]

1時間（任意）間隔で、定時起動する。 ※継続時間：無期限

[起動条件]

1. 多重起動していないこと。
2. キャッシュ管理情報取得APIにて、実行可能コードが返却されること。

[処理フロー/処理内容]



＜処理概要＞

・起動時刻、起動条件について
クライアントの利用時間外で、本バッチによるプリキャッシュ処理ができるように以下の仕組みで実行を行う。

・1時間（任意）間隔で、継続的に定時起動を行い、キャッシュ管理情報取得APIのレスポンス結果が実行可能の場合、プリキャッシュを行う。

・キャッシュ管理情報取得APIから、プリキャッシュ終了時間を取得し、プリキャッシュ処理を中断できるように稼働制御を行う。

1. 処理を開始する。

2. バッチ処理開始時に多重起動チェックを行う。

3. キャッシュ対象コンテンツリストを取得する。
キャッシュ管理情報取得APIにパラメータ（学校コード）を連携し、キャッシュ対象コンテンツリストを取得する。

・キャッシュ対象コンテンツリストの情報
－ 結果コード（1レコード）
－ プリキャッシュ終了時間 （1レコード）
－ 学校コード （1レコード）
※以下の項目は複数レコード有り
－ キャッシュ対象コンテンツのコンテンツコード
－ キャッシュ対象コンテンツのURL
－ キャッシュ対象コンテンツのバージョン

4. 取得結果を確認
・取得成功
後続処理に進む。

・取得失敗
※リトライ回数は設定ファイルに定義

・リトライ回数を超えていない場合、
再度キャッシュ対象コンテンツリストを取得する。

・リトライ回数を超えている場合、
本バッチ処理を終了する。

5. 結果コードを確認
・実行可
後続処理に進む。

・実行不可
バッチ処理時間外のため、本バッチ処理を終了する。

6. キャッシュ済みコンテンツリストを読み込む。

・キャッシュ済みコンテンツリストの情報
－ キャッシュ済みコンテンツのURL
－ キャッシュ済みコンテンツのバージョン

7. ループ 開始：キャッシュ対象コンテンツのプリキャッシュ処理
キャッシュ対象コンテンツリストの最後まで繰り返す。

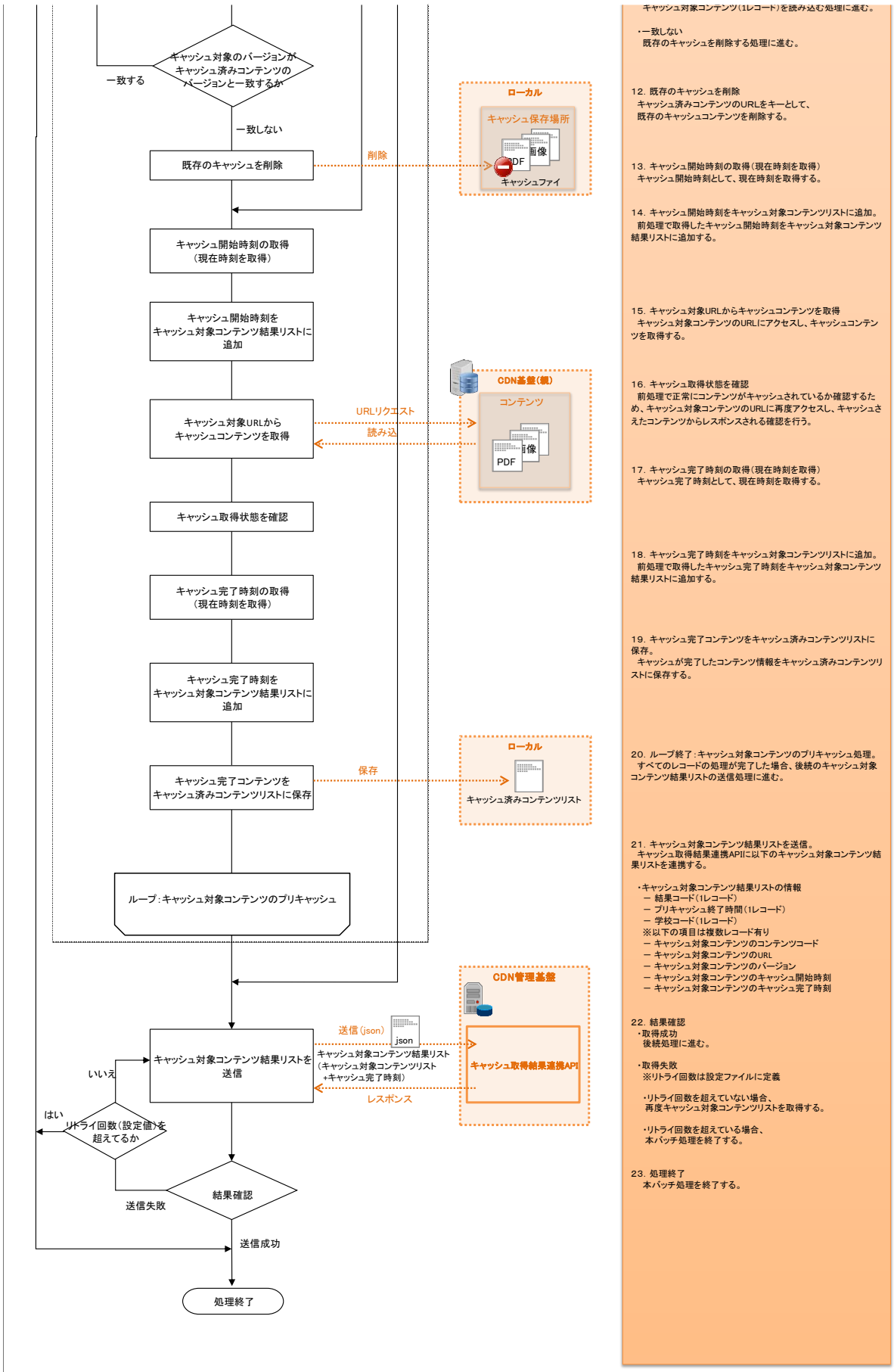
8. 現在時刻がプリキャッシュ終了時間を過ぎているか？
本バッチ処理の継続可否を判定するため、現在時刻を取得し、プリキャッシュ終了時間と比較する。
・過ぎていない
次のレコードの処理を行うため、
キャッシュ対象コンテンツ（1レコード）を読み込む処理に進む。
・過ぎている
バッチ処理時間外のため、ループ処理を終了し、キャッシュ対象コンテンツ結果リストを送信処理に進む。

9. キャッシュ対象コンテンツ（1レコード）を読み込む。
キャッシュ対象コンテンツリストから1レコード分を情報を読み込む。

10. キャッシュ対象のURLがキャッシュ済みコンテンツリストに存在するか。
・存在する
キャッシュ対象コンテンツのバージョン確認処理に進む。

・存在しない
キャッシュ対象URLからキャッシュを取得する処理に進む。

11. キャッシュ対象のバージョンがキャッシュ済みコンテンツのバージョンと一致するか
・一致する　※既にキャッシュ済みコンテンツ
次のレコードの処理を行うため、


キャッシュ対象コンテンツ(1レコード)を読み込む処理に進む。
・一致しない
既存のキャッシュを削除する処理に進む。
キャッシュ対象のバージョンが
キャッシュ済みコンテンツの
バージョンと一致するか
一致する
一致しない
既存のキャッシュを削除
削除
ローカル
キャッシュ保存場所
画像
PDF
キャッシュファイ
12. 既存のキャッシュを削除
キャッシュ済みコンテンツのURLをキーとして、
既存のキャッシュコンテンツを削除する。
13. キャッシュ開始時刻の取得(現在時刻を取得)
キャッシュ開始時刻として、現在時刻を取得する。
キャッシュ開始時刻の取得
(現在時刻を取得)
14. キャッシュ開始時刻をキャッシュ対象コンテンツリストに追加。
前処理で取得したキャッシュ開始時刻をキャッシュ対象コンテンツ
結果リストに追加する。
キャッシュ開始時刻を
キャッシュ対象コンテンツ結果リストに
追加
15. キャッシュ対象URLからキャッシュコンテンツを取得
キャッシュ対象コンテンツのURLにアクセスし、キャッシュコンテン
ツを取得する。
CDN基盤(親)
コンテンツ
画像
PDF
キャッシュ対象URLから
キャッシュコンテンツを取得
URLリクエスト
読み込
16. キャッシュ取得状態を確認
前処理で正常にコンテンツがキャッシュされているか確認するた
め、キャッシュ対象コンテンツのURLに再度アクセスし、キャッシュさ
えたコンテンツからレスポンスされる確認を行う。
キャッシュ取得状態を確認
17. キャッシュ完了時刻の取得(現在時刻を取得)
キャッシュ完了時刻として、現在時刻を取得する。
キャッシュ完了時刻の取得
(現在時刻を取得)
18. キャッシュ完了時刻をキャッシュ対象コンテンツリストに追加。
前処理で取得したキャッシュ完了時刻をキャッシュ対象コンテンツ
結果リストに追加する。
キャッシュ完了時刻を
キャッシュ対象コンテンツ結果リストに
追加
19. キャッシュ完了コンテンツをキャッシュ済みコンテンツリストに
保存。
キャッシュが完了したコンテンツ情報をキャッシュ済みコンテンツリ
ストに保存する。
ローカル
キャッシュ済みコンテンツリスト
キャッシュ完了コンテンツを
キャッシュ済みコンテンツリストに保存
保存
20. ループ終了:キャッシュ対象コンテンツのプリキャッシュ処理。
すべてのレコードの処理が完了した場合、後続のキャッシュ対象
コンテンツ結果リストの送信処理に進む。
ループ:キャッシュ対象コンテンツのプリキャッシュ
CDN管理基盤
送信(json)
json
キャッシュ対象コンテンツ結果リスト
(キャッシュ対象コンテンツリスト
+キャッシュ完了時刻)
キャッシュ取得結果連携API
レスポンス
21. キャッシュ対象コンテンツ結果リストを送信。
キャッシュ取得結果連携APIに以下のキャッシュ対象コンテンツ結
果リストを連携する。
・キャッシュ対象コンテンツ結果リストの情報
ー 結果コード(1レコード)
ー プリキャッシュ終了時間(1レコード)
ー 学校コード(1レコード)
※以下の項目は複数レコード有り
ー キャッシュ対象コンテンツのコンテンツコード
ー キャッシュ対象コンテンツのURL
ー キャッシュ対象コンテンツのバージョン
ー キャッシュ対象コンテンツのキャッシュ開始時刻
ー キャッシュ対象コンテンツのキャッシュ完了時刻
キャッシュ対象コンテンツ結果リストを
送信
いいえ
はい
リトライ回数(設定値)を
超えてるか
結果確認
送信失敗
22. 結果確認
・取得成功
後続処理に進む。
・取得失敗
※リトライ回数は設定ファイルに定義
・リトライ回数を超えていない場合、
再度キャッシュ対象コンテンツリストを取得する。
・リトライ回数を超えている場合、
本バッチ処理を終了する。
送信成功
23. 処理終了
本バッチ処理を終了する。
処理終了

7.4. インタフェース定義書

7.4.1. キャッシュ管理情報取得 API

7.4.1.1. 【キャッシュ管理情報取得 API】IF 概要

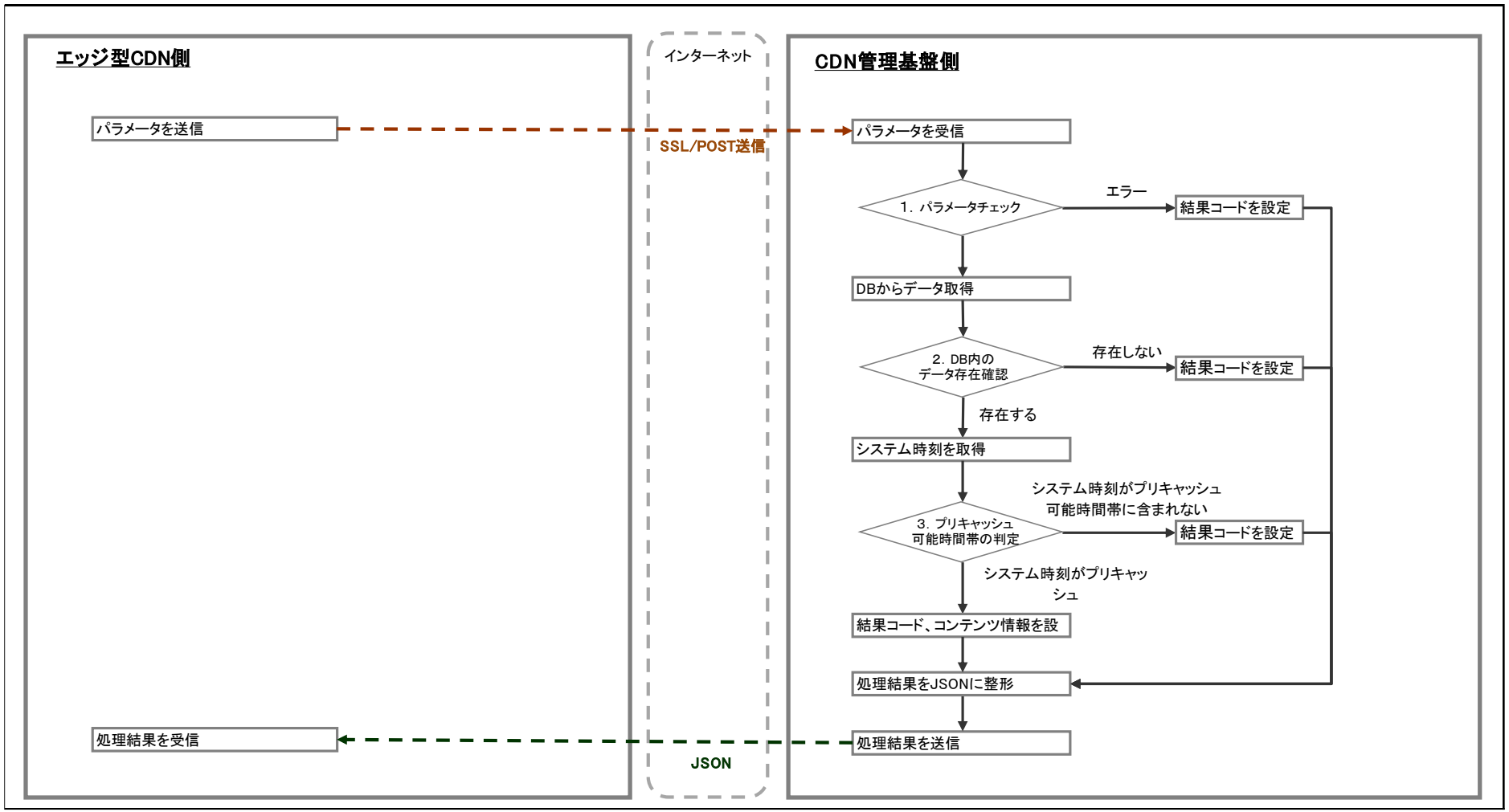
■インタフェース概要
エッジ型CDNからのリクエストに対して、適切な「キャッシュ可能な時間帯の情報」と「キャッシュすべきコンテンツの情報」を返却する。

項目	内容
通信方向	通信元：（各学校内に配置された）エッジ型CDN 通信先：CDN管理基盤
利用トリガー	エッジ型CDNの事前キャッシュ取得バッチ実行
利用タイミング	随時
通信プロトコル	HTTPS
認証有無	無
データ送信形式	POST
データ返却形式	JSON
文字コード	UTF-8

■通信先URL定義
インタフェースを利用するための試験環境および本番環境における通信先のURLは以下の通りとする。
https://＜CDN管理基盤用に払い出されたドメイン＞/api/cacheInfo/

7.4.1.2. 【キャッシュ管理情報取得 API】処理フロー

インタフェース定義書	MEXT-CDN_IFDefinition	（備考・概要等）
処理フロー	インタフェースID　cacheInfo	
	インタフェース名　キャッシュ管理情報返却API	



7.4.1.3. 【キャッシュ管理情報取得 API】送信パラメータ定義

インタフェース定義書	MEXT-CDN_IFDefinition		（備考・概要等）
送信パラメータ定義	インタフェースID	cacheInfo	
	インタフェース名	キャッシュ管理情報返却API	

項番	パラメータ論理名	パラメータ物理名	パラメータ概要	文字コード	属性	max size		固定・可変	必須		備考
						桁	単位		項目	値	
1	学校コード	school_code	キャッシュ管理情報リクエスト元の学校コード	UTF-8	半角数字	4	byte	可変	○	○	

7.4.1.4. 【キャッシュ管理情報取得 API】返却データ定義

インタフェース定義書	MEXT-CDN_IFDefinition	（備考・概要等）
返却データ定義	インタフェースID cacheInfo	
	インタフェース名 キャッシュ管理情報返却API	

項番	返却データ論理名		返却データ物理名	返却データ概要	文字コード	属性	max size		固定・可変	必須		設定可能値	備考
							桁	単位		項目	値		
1	単一結果返却前提	結果コード	result_code	インターフェースの処理結果を格納	UTF-8	半角英数字	8	文字	可変	○	○	RES00001	※「【キャッシュ管理情報返却API】補足説明」シート『■「結果コード」と「プリキャッシュ終了時間」について』を参照
2		プリキャッシュ終了時間	pre_cache_end_time	プリキャッシュを終了させる時間	UTF-8	半角数字	6	文字	可変	○		080000	
3		学校コード	school_code	キャッシュ管理情報リクエスト元の学校コード	UTF-8	半角数字	4	byte	可変	○			
4	複数結果返却前提	コンテンツコード	content_code	キャッシュ対象コンテンツのコード値	UTF-8	半角数字	4	byte	可変	○		0～4294967295	「result_code=RES00001」以外の場合は、「値：<空>」,「単一結果」を返却
5		コンテンツ取得先URL	origin_url	キャッシュ対象コンテンツ取得先のURL	UTF-8	半角英数字・記号	100	文字	可変	○		https://AAA.com/aaa/bbb/ccc.pdf	
6		バージョン	version	キャッシュ対象コンテンツのバージョン	UTF-8	半角数字・記号	11	文字	可変	○		999.999.999	

7.4.1.5. 【キャッシュ管理情報取得 API】補足説明

インタフェース定義書	MEXT-CDN_IFDefinition		（備考・概要等）
補足説明	インタフェースID	cacheInfo	
	インタフェース名	キャッシュ管理情報返却API	

■「結果コード」と「プリキャッシュ終了時間」について

「【キャッシュ管理情報返却API】返却データ定義」シート内、「結果コード（result_code）」と「プリキャッシュ終了時間（pre_cache_end_datetime）」にて返却する値を以下の通り定義する。

result_code	pre_cache_end_datetime	値セットタイミング　（※）	内容	備考
ERR00001	＜空＞	１．パラメータチェック	必須パラメータの不足（学校コード）	
ERR00002	＜空＞	２．DB内の データ存在確認	学校コードが「学校マスタ.学校コード」に存在しない	
RES00001	学校マスタ.プリキャッシュ終了時間	３．プリキャッシュ 可能時間帯の判定	システム時刻が 「学校マスタ.プリキャッシュ開始時間」～「学校マスタ.プリキャッシュ終了時間」に含まれる	プリキャッシュ可能時間帯
RES00002	＜空＞	３．プリキャッシュ 可能時間帯の判定	システム時刻が 「学校マスタ.プリキャッシュ開始時間」～「学校マスタ.プリキャッシュ終了時間」に含まれない	プリキャッシュ不可時間帯
ERR99999	＜空＞	（任意のタイミング）	本I/Fにて問題が発生している場合	

（※）処理フローにおけるフロー番号を指定

7.4.2. キャッシュ取得結果連携 API

7.4.2.1. 【キャッシュ取得結果連携 API 】IF 概要

インタフェース定義書	MEXT-CDN_IFDefinition		（備考・概要等）
IF概要	**インタフェースID**	cacheResultInfo	
	インタフェース名	キャッシュ取得結果連携API	

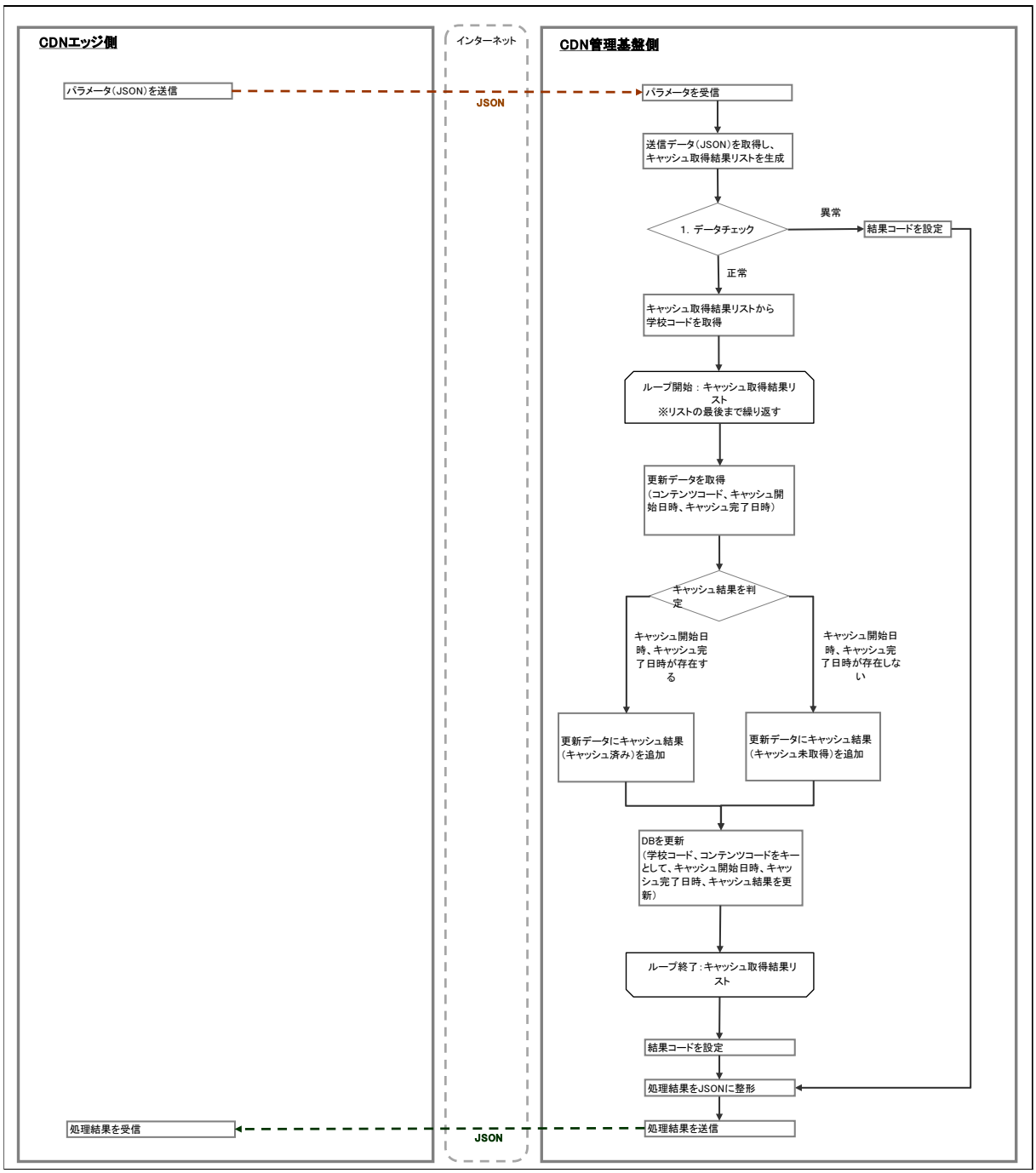
■インタフェース概要
エッジ型CDNからのキャッシュ取得結果連携リクエストに対して、該当するコンテンツのキャッシュ取得結果を更新し、処理結果を返却する。

項目	内容
通信方向	通信元：（各学校内に配置された）エッジ型CDN 通信先：CDN管理基盤
利用トリガー	エッジ型CDNの事前キャッシュ取得バッチ実行
利用タイミング	随時
通信プロトコル	HTTPS
認証有無	無
データ送信形式	JSON
データ返却形式	JSON
文字コード	UTF-8

■通信先URL定義
インタフェースを利用するための試験環境および本番環境における通信先のURLは以下の通りとする。
https://＜CDN管理基盤用に払い出されたドメイン＞/api/cacheResultInfo/

7.4.2.2. 【キャッシュ取得結果連携 API 】処理フロー

インタフェース定義書	MEXT-CDN_IFDefinition	（備考・概要等）
処理フロー	インタフェースID　cacheResultInfo	
	インタフェース名　キャッシュ取得結果連携API	



7.4.2.3. 【キャッシュ取得結果連携 API 】送信パラメータ定義

インタフェース定義書	MEXT-CDN_IFDefinition		（備考・概要等）
送信パラメータ定義	**インタフェースID**	cacheResultInfo	
	インタフェース名	キャッシュ取得結果連携API	

項番	パラメータ論理名		パラメータ物理名	パラメータ概要	文字コード	属性	max size		固定・可変	必須		備考
							桁	単位		項目	値	
1	単一 送信前提	結果コード	result_code	インターフェースの処理結果を格納	UTF-8	半角英数字	8	文字	可変	○	○	
2		プリキャッシュ終了時間	pre_cache_end_time	プリキャッシュを終了させる時間	UTF-8	半角数字	6	文字	可変	○	○	
3		学校コード	school_code	キャッシュ管理情報リクエスト元の学校コード	UTF-8	半角数字	4	byte	可変	○	○	
4	複数 送信前提	コンテンツコード	content_code	キャッシュ対象コンテンツのコード値	UTF-8	半角数字	4	byte	可変	○	○	
5		コンテンツ取得先URL	origin_url	キャッシュ対象コンテンツ取得先のURL	UTF-8	半角英数字・記号	100	文字	可変	○	○	
6		バージョン	version	キャッシュ対象コンテンツのバージョン	UTF-8	半角数字・記号	11	文字	可変	○	○	
7		キャッシュ開始日時	cache_start_datetime	キャッシュを開始した時間	UTF-8	半角数字	14	文字	可変	○		キャッシュ取得できなかった場合は空欄
8		キャッシュ完了日時	cache_end_datetime	キャッシュを終了した時間	UTF-8	半角数字	14	文字	可変	○		キャッシュ取得できなかった場合は空欄

7.4.2.4. 【キャッシュ取得結果連携 API 】返却データ定義

インタフェース定義書	MEXT-CDN_IFDefinition		（備考・概要等）
返却データ定義	**インタフェースID**	cacheResultInfo	
	インタフェース名	キャッシュ取得結果連携API	

項番	返却データ論理名	返却データ物理名	返却データ概要	文字コード	属性	max size		固定・可変	必須		設定可能値	備考
						桁	単位		項目	値		
1	結果コード	result_code	インターフェースの処理結果を格納	UTF-8	半角英数字	8	文字	可変	○	○	RES00001、ERR99999	

7.4.2.5. 【キャッシュ取得結果連携 API 】補足説明

インタフェース定義書	MEXT-CDN_IFDefinition		（備考・概要等）
補足説明	インタフェースID	cacheResultInfo	
	インタフェース名	キャッシュ取得結果連携API	

■「結果コード」について

「【キャッシュ取得結果連携API】返却データ定義」シート内、「結果コード（result_code）」にて返却する値を以下の通り定義する。

result_code	値セットタイミング　（※）	内容	備考
RES00001	正常終了時	各処理でエラーが発生せず、正常終了した場合に設定	
ERR99999	1．データチェック または（任意のタイミング）	受信データチェック処理で異常があった場合または本I/Fにて問題が発生している場合	

（※）処理フローにおけるフロー番号を指定

以上