

# 文部科学省委託事業 生成AIの活用を通じた教育課題の解決・教育DXの加速 「学びの充実など教育課題の解決に向けた教育分野特化の生成AIの実証研究事業」

## 教科書データ活用基盤の構築による 学習サービスの品質向上の実現

成果報告書

東京書籍株式会社

# 目次

---

## 1. エグゼクティブサマリー

- ✓ 実証概要
- ✓ 実証の成果

## 2. 実証の概要

- ✓ 実証の全体像
- ✓ 実証体制
- ✓ 実証スケジュール
- ✓ 生成AIによる業務変革可能性
- ✓ インプット・アウトプットイメージ

## 3. 成果知見まとめ

- ✓ 論点別知見

## 4. 実証内容の詳細

- ✓ 実証内容詳細
- ✓ 現場実証詳細
- ✓ 効果検証方法・指標

## 5. まとめと今後の展望

- ✓ まとめ
- ✓ 今後の展望

## Appendix

# 1. エグゼクティブサマリー

- 実証概要
- 実証の成果

# 1. エグゼクティブサマリー | 実証概要

## 教科書データの活用基盤の構築による教育サービスの品質向上の実現

テーマ i 個別最適・協働的な学び	テーマ ii 誰一人取り残さない	テーマ iii データ利活用
----------------------	---------------------	-------------------

### 実証概要

#### 背景・課題



- 信頼性・系統性を担保したデータ（ナレッジ）基盤がなく、誤情報を提供するリスクがある
- 学習サービスの教科書への準拠性が乏しい

#### 実証論点



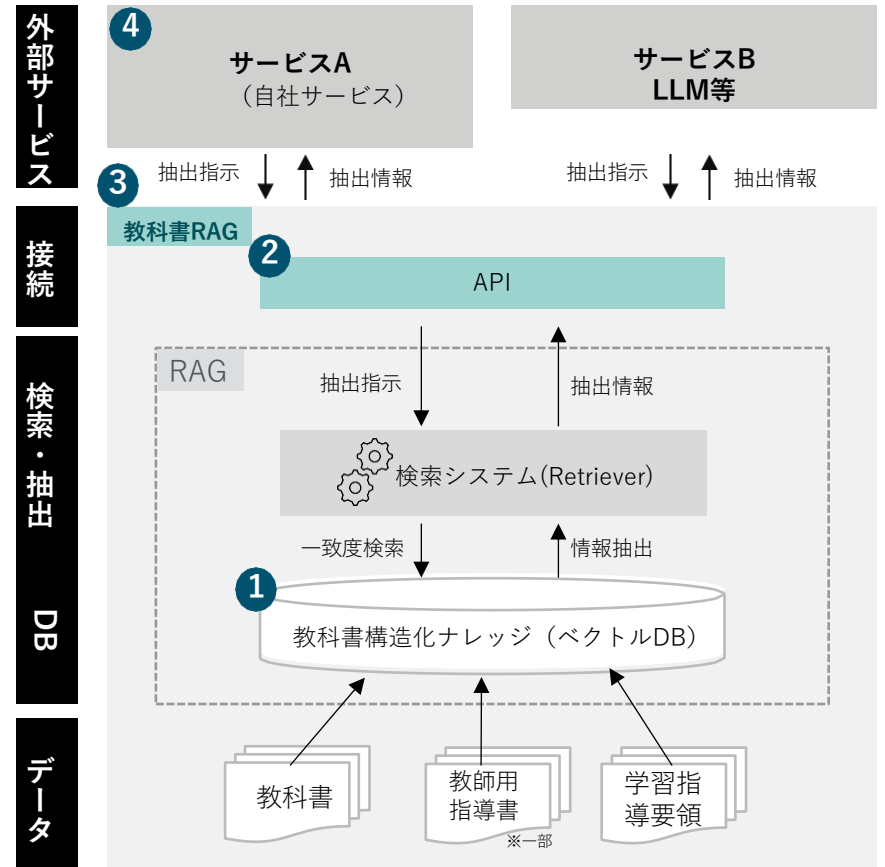
教科書データを構造化し、外部サービスが活用可能な基盤を整備することにより、外部サービスの教育サービス品質向上につながるか？

- （技術知見）生成 AI が情報を正確かつ効率的に参照するための、教科書データの構造・メタ情報は何か
- （技術知見）教科書RAGと各種サービスの接続方式はどのようなものが適当か
- （技術知見）教科書RAGがインフラとして普及するための要件は何か（機能、サービスモデル）
- （教育課題解決）教科書RAGを提供することで系統だった情報を提供し、サービスの品質向上につながるか

#### 実証対象・フィールド

- 教科書データ構造化・教育的信頼性  
→教科書編集委員・協力者（現場教諭）、立命館大学附属守山中学校
- 教科書RAGと教育サービスの接続方式、追加機能  
→自社サービス、株式会社manabie

### 実証内容スキーム



## 1. エグゼクティブサマリー | 実証の成果

教科書を意味単位で構造化し、生成AIに読み取り可能なベクトルデータにすることで、教育的信頼性の高い学習支援サービスが実現される。

## 中論点

## 結果

## 中論点1

## 技術知見

生成AIが情報を正確かつ効率的に参照するための、教科書データの構造・メタ情報は何か？

- 生成AIが教科書の内容を正確かつ文脈に沿って参照するためには、教科書を教科固有の意味単位（セグメント）で分割し、「基本情報」「内容」「構造情報」「学習要素」「指導情報」に「学習指導要領」を加えた**5層+1層のメタ情報を備えた構造化データとして保持する方式が適当**である。

## 中論点2

## 技術知見

教科書RAGと各種サービスの接続方式はどのようなものが適当か？

- 教科書RAGは、教科書由来の情報を、出典情報を保持した構造化データとして **API 経由で提供する方式が適当**である。
- 教科書RAGは、**JSONを基本としつつ、Markdown形式も用途に応じて選択可能**とする設計が妥当である。

## 中論点3

## 技術知見

教科書RAGがインフラとして普及するための要件は何か？（機能、サービスモデル）

- 教科書RAGには、教科書データを出典付きで正確に参照でき、**データ取得制御と安定した検索精度を備えた形での外部提供**が求められる。
- 教科書の不正利用を防ぐ**技術・制度的統制の確立と、出版社の継続的な関与を担保しながらRAG利用者にとっても適切な価格設計**が必要である。

## 中論点4

教育課題  
解決

教科書RAGを提供することで系統だった情報を提供し、サービスの品質向上につながるか？

- 教科書RAGの提供により、AIサービスは教科書に即した学年相応の回答を提示でき、その根拠となる出典もあわせて示すことができる。
- これにより、学習者・教員はAIの応答を授業・自習・課題づくりなど多様な学習場面で教科書と同じ文脈で理解・活用でき、**教育的信頼性の高い学習支援が実現**される。



## 2. 実証の概要

- 実証の全体像
- 実証体制
- 実証スケジュール
- 生成AIによる業務変革可能性
- インプット・アウトプットイメージ

## 2. 実証の概要 | 実証の全体像

# 系統的かつ信頼ある教科書を再構築し、高品質かつ多様な学習サービスを支える教科書ナレッジ活用基盤（教科書RAG）として提供する。

### As-Is：現状（解決すべき教育課題）

生成AIの急速な普及により、誰もが自然言語で学習支援を受けられる環境が広がっている一方、以下の課題が顕在化している。

- **信頼性・系統性の課題:** AIが生成する情報の根拠が確認できず、誤情報のリスクがある。学習内容が系統立っておらず、誤った理解につながる可能性がある。
- **データ活用の課題:** 信頼性や系統性が担保された、教育データ（ナレッジ）基盤がないため、学習向け生成AIサービスやアプリの品質が向上していない。
- **学校現場での活用限定:** 上記課題により、結果として、学校における生成AIの利活用が限定的なものにとどまっている。

### To-Be：実証を通じて実現したい目指す姿

本実証では、これらの課題を解決し、以下の実現を目指す。

- **教科書の再構築:** 高品質で信頼性の高い教科書を、生成AIで利用可能な形で再構築する。
- **教科書RAGの構築:** 教科書データをRAG化し、多様な教育サービス提供者が活用できる基盤として構築する。
- **多様で質の高い教育サービスの創出:** 教科書RAGの提供により、生成AIを活用した質の高い多様な教育サービスの創出に寄与する。

これらが結果として、学習者の年齢・理解度・特性に応じた支援を可能にし、「個別最適な学び」と「誰一人取り残されない学び」を支える。

### 本実証のアプローチ

本実証は、以下の3つの柱でアプローチを進める。

#### 1. 教科書構造化とメタ情報定義（構造化教科書データベース）

- 教科書を、意味単位（段落・図・表・語句など）でセグメント化し、「教科・学年・単元・出典・関連性・発展性」などのメタデータを付与。系統性・信頼性・出典明示性を備えた構造化教科書ナレッジデータベースを構築する。本実証では、中学校の数学、英語、理科、社会で実施。

#### 2. 検索生成システム構築（RAG）

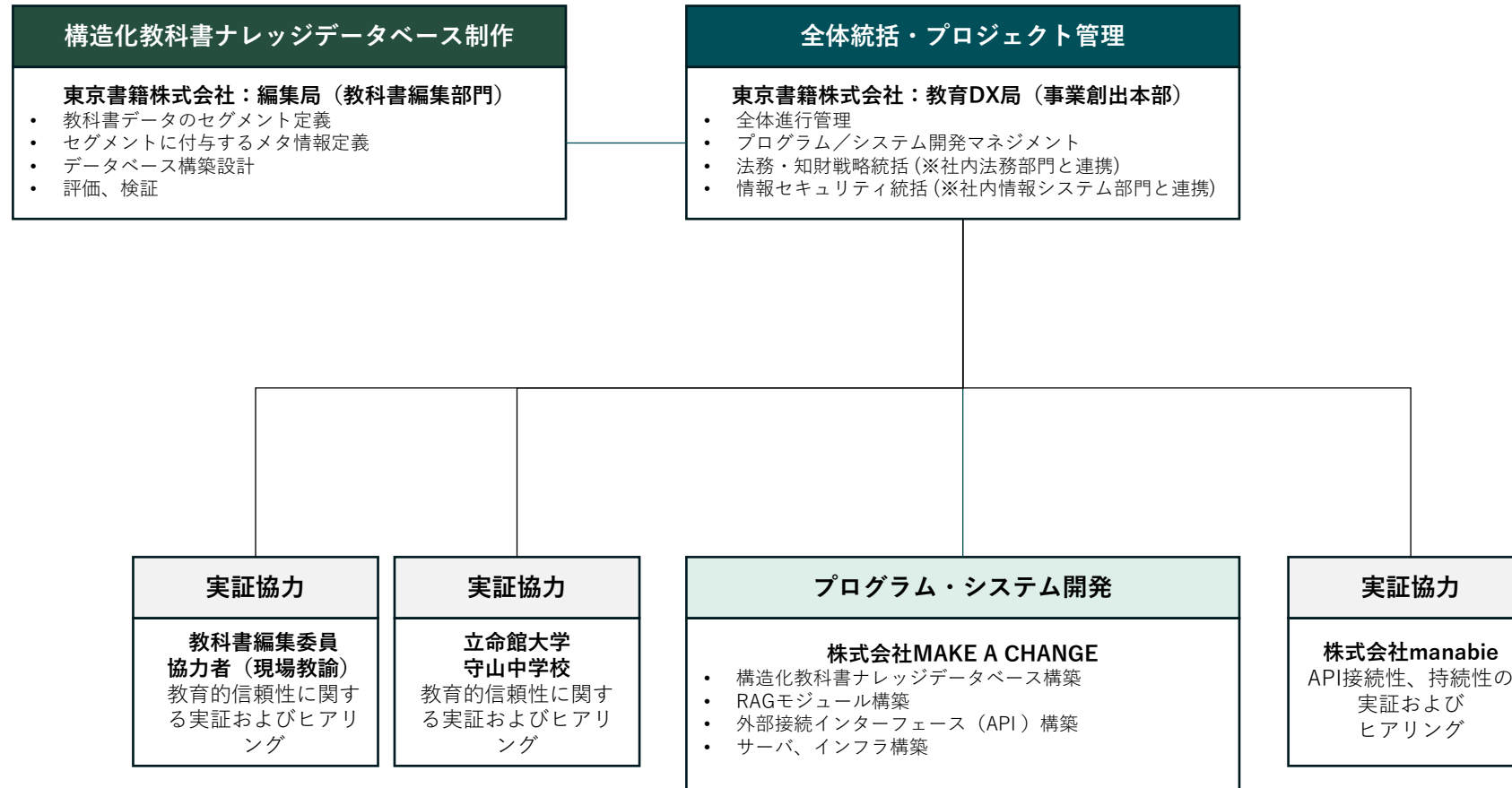
- 自然言語の質問に対応するため、構造化教科書データベースをベクトル検索可能な形式に変換し、RAG（Retrieval-Augmented Generation）として整備。
- データベースからの抽出範囲や抽出内容に関する共通仕様を構築する。

#### 3. 公開・接続可能なインターフェース整備（API）

- 教科書ナレッジ活用基盤をAPI化し、教育サービス提供者（事業者・自治体・社会教育施設・学校等）が接続・活用できる形で整備。
- 接続性・再現性・拡張性を担保しつつ、持続可能な教育インフラとして必要な条件と提供方法を整理する。

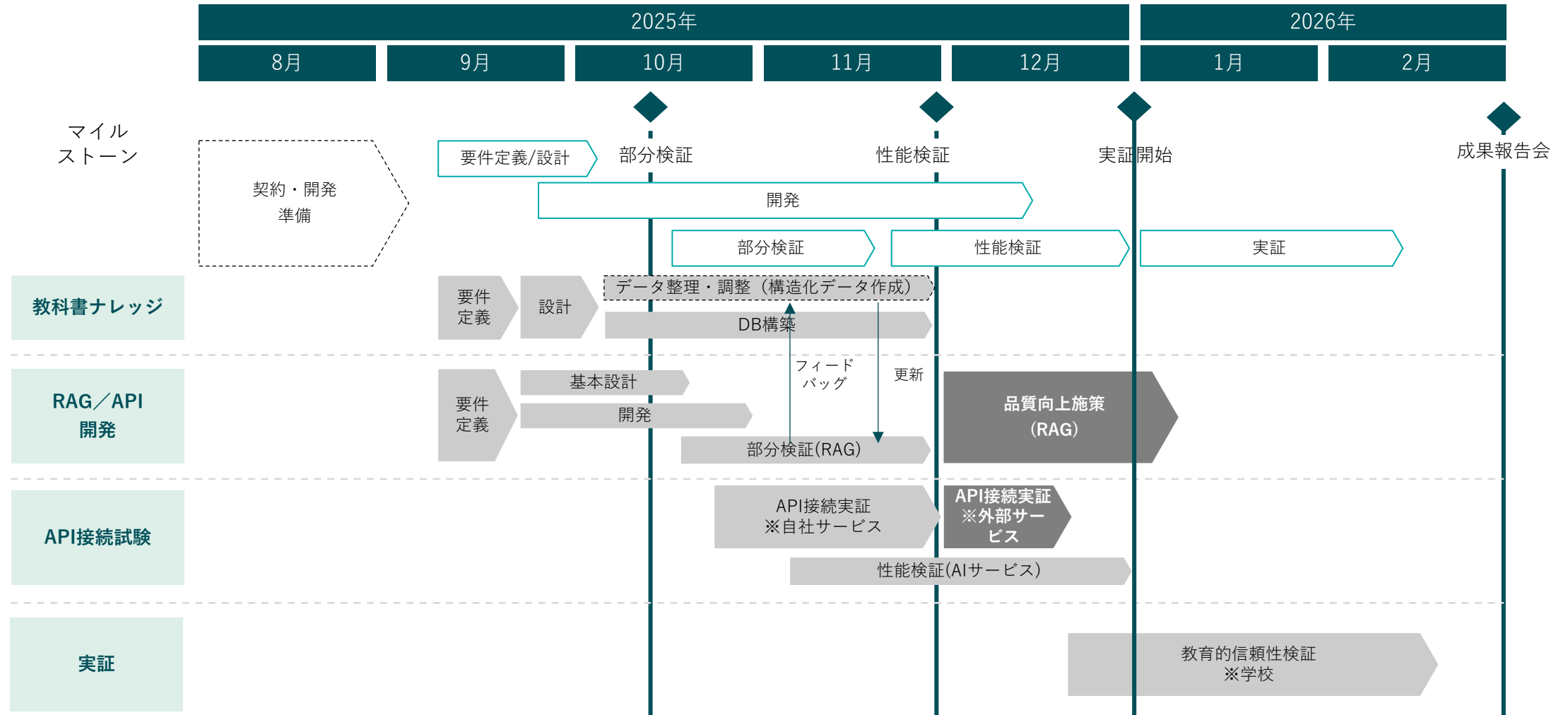
## 2. 実証の概要 | 実証体制

教育DX推進と教科書編集の専門性を融合した盤石な社内体制に加え、教科書編集委員・協力者、および経験豊富なAI開発パートナーとの連携を構築。



## 2. 実証の概要 | 実証スケジュール

本実証では、教科書データ整備、RAG/API開発、外部接続検証および学校現場での教育的信頼性検証を計画的に実施した。



## 2. 実証の概要 | 生成AIによる業務変革可能性

教科書RAGは、信頼性を設計として実装する基盤整備を通じて、教育AIサービスの高度化と学校現場への波及を実現し、質の高い教育環境を構築する。

### 現状分析

#### ① 教育AIサービス事業者の課題

- 学校現場が求める高品質な教育データが不足
- 教育的信頼性を設計として担保する仕組みが未整備
- 権利処理・データ整形・保守に高いコスト負担

→学校現場が求める信頼できるAIサービスの供給に課題。

#### ② 学校現場の課題（教師・生徒）

- 個別対応や確認作業の増加により、深い学びを設計する余力が不足
- 汎用LLMは、発達段階への適応、授業進度や教科書内容との接続性、出典の曖昧さなどの理由から、学校現場での日常的に活用にはなお一歩課題が残る。

→期待値はあるものの、正確性・信頼性への懸念がAI導入の障壁に。



#### ① 教科書RAG

- 教科書構造化データベース（データ）
- 教科書データの検索・抽出システム（RAG）
- 接続インターフェース（API）

教育的信頼性を仕様として組み込む基盤を提供。

#### ② 教育AIサービスの質的向上

- 高品質教育データを安定活用可能
- 教科書準拠機能を標準実装可能
- 教育的信頼性を客観的に説明可能
- データ実装・保守コストの低減

信頼できる教育AIサービスの開発が可能に。

#### ③ 学校現場への波及

- 教科書出典によるAI利活用。
- 発達段階に沿った安心設計。
- 単元全体を踏まえた授業設計支援。
- 授業との接続性を踏まえた教材制作・準備。

教科書という信頼基盤に基づくAI活用環境が成立。

#### ④ 教育効果

- AI活用への安心感の醸成
- 児童生徒への多様かつ個別最適な学びの実現。
- 教師業務の負担軽減による、深い学びを設計する時間的余裕の創出。

教科書を基準点とした信頼できるAI活用の定着

深い学びを支える持続可能な教育環境の実現

## 2. 実証の概要 | インプット・アウトプットイメージ

教科書の内容に即した回答を生成。テキスト以外に画像ファイルの出力・表示も可能に。回答根拠の明示がAIの信頼性向上に寄与。

Input

聖徳太子について教えて



Output



教科書にそって、聖徳太子についてポイントをしばって説明するね。

【教科書に書かれている内容】

- ・時代と立場
- ・飛鳥時代、推古天皇の「おい」として政治を助けた
- ・本名は「厩戸王（うまやどのおう）」で、「聖徳太子」もの。
- ・推古天皇のもとで、蘇我馬子と協力して、大王（のちの天皇）を中心とする国づくりを目指した。
- ・どんな政治をしたか（改革の内容）
- ・冠位十二階：家柄ではなく、冠の色などで身分を分け、才能や功績のある人を役人に登用しようとした制度。
- ・十七条の憲法：仏教や儒学の考えを取り入れ、役人の心構えを示した決まり。例)「和をもって貴しとなす（なかよくすることを大事にせよ）」「仏・法・僧（仏教）を厚く敬え」「天皇の命令は必ず守れ」など。
- ・外国との関係
- ・中国（隋）の進んだ制度や文化を取り入れるために、小野妹子らを遣隋使として送った。
- ・多くの留学生や僧も同行し、帰国後に活躍した。
- ・文化への影響（飛鳥文化）
- ・仏教を重んじ、飛鳥地方とその周辺に多くの寺が建てられた。
- ・日本で最初の仏教文化を「飛鳥文化」といい、法隆寺や法隆寺の釈迦三尊像などが代表。
- ・法隆寺は、現存する世界最古の木造建築といわれる寺で、聖徳太子が建てた時代の姿をよく伝えているとされる。

教科書の内容に基づいた回答生成によって、学習者の発達段階に適した内容に。

【参照情報】教科書名：新編 新しい社会 歴史（東京書籍）発行年度：令和7年度版章タイトル：日本節タイトル：古代国家の歩みと東アジア世界項タイトル：聖徳太子の政治～43（本文・補足・図表・写真・文字資料）

根拠の明示によって信頼性向上に寄与。

Input

顕微鏡の図表や画像を表示して



Output



以下に教科書に関する顕微鏡の図表や画像を表示します。

1. 顕微鏡の種類



鏡筒上下式顕微鏡

ステージ上下式顕微鏡

2. 電子顕微鏡で見たヒトの小腸の内壁の表面



ヒトの小腸の内壁の表面

0.25 mm

3. 電子顕微鏡で見たタンポポの花粉



図や写真、イラストの出力にも対応。

## 2. 実証の概要 | インプット・アウトプットイメージ

# 教科書や指導書の参照によって、教員の授業準備・教材作成を支援する用途にも活用可能。

Input

問い7を解説して。



Output



教科書データに基づき、「問7」の解説を行います。

問7

$a + 4b$  と  $4a - 2b$  の和を求めなさい。

$a + 4b$  から  $4a - 2b$  をひいた差を求めなさい。

解説 1. 和を求める場合

式は  $(a + 4b) + (4a - 2b)$  です。

計算手順：

それぞれの項をまとめます。

$$a + 4a = 5a$$

$$4b - 2b = 2b$$

$$\text{答えは } 5a + 2b.$$

2. 差を求める場合

式は  $(a + 4b) - (4a - 2b)$  です。

計算手順：

括弧を外して符号を変えます。

$$a + 4b - 4a + 2b$$

それぞれの項をまとめます。

$$a - 4a = -3a$$

$$4b + 2b = 6b$$

$$\text{答えは } -3a + 6b.$$

最終解答

$$5a + 2b$$

$$-3a + 6b$$

計算の途中で質問があれば、気軽に聞いてください！😊

参照情報

教科書名: 新編 新しい数学 2

発行年度: 令和7年

章タイトル: 式の計算

節: 1 式の計算

指導書・解説資料に基づく解答解説によって正確性を担保。

Input

prepareを使った例文をつくりたい。教科書で使われている例を教えてください。



Output



教科書データに基づき、以下のように解説します。

教科書で使われている「prepare」の例

Riko, tell me what your family has done to prepare for a disaster.

災害に備えるためにどんなことをしているか教えてください。

用法: prepare for + 名詞 (～に備える)

It shows you what you should prepare in English.

それ (リンク) を見れば、何を準備すべきか英語で分かるよ。

用法: what you should prepare (何を準備すべきか)

ポイント

動詞 prepare は「～を準備する/～に備える」

目的語をとる: prepare dinner (夕食を用意する)

前置詞 for と一緒に: prepare for a disaster (災害に備える)

関連表現 (形容詞): Are you prepared for a disaster? (災害への準備はできていますか)

練習してみよう

次の2パターンで自分の例文を1つずつ作ってみてね。

prepare for + 名詞 (例: テスト、発表、旅行)

what + 主語 + should + prepare (「何を準備すべきか」)

できたら送ってね。wakuがチェックするよ!

参照情報

教科書名: NEW HORIZON 3 (東京書籍)

発行年度: 令和7

章タイトル: Unit 4 How can we help each other in a disaster?

節: Part 2 (会話本文・解説)

ページ: p.53 (Riko, tell me what your family has done to prepare for a disaster. / It shows you what you should prepare in English.)

その他の関連情報: Part 1 p.52 (Are you prepared for a disaster? = prepared の用例)

その他の関連情報: Part 1 p.52 (Are you prepared for a disaster? = prepared の用例)

その他の関連情報: Part 1 p.52 (Are you prepared for a disaster? = prepared の用例)

その他の関連情報: Part 1 p.52 (Are you prepared for a disaster? = prepared の用例)

その他の関連情報: Part 1 p.52 (Are you prepared for a disaster? = prepared の用例)

その他の関連情報: Part 1 p.52 (Are you prepared for a disaster? = prepared の用例)

その他の関連情報: Part 1 p.52 (Are you prepared for a disaster? = prepared の用例)

その他の関連情報: Part 1 p.52 (Are you prepared for a disaster? = prepared の用例)

教科書の掲載内容に基づく回答生成も。教師の課題作成支援にも。

### 3. 成果知見まとめ

- 論点別の知見
  - 中論点1：生成 AI が情報を正確かつ効率的に参照するための、教科書データの構造・メタ情報は何か
  - 中論点2：教科書RAGと各種サービスの接続方式はどのようなものが適当か
  - 中論点3：教科書RAGがインフラとして普及するための要件は何か
  - 中論点4：教科書RAGを提供することで系統だった情報を提供し、サービスの品質向上につながるか
- 残論点・課題

### 3. 成果知見まとめ

- 論点別の知見

- 中論点1：生成 AI が情報を正確かつ効率的に参照するための、教科書データの構造・メタ情報は何か
- 中論点2：教科書RAGと各種サービスの接続方式はどのようなものが適当か
- 中論点3：教科書RAGがインフラとして普及するための要件は何か
- 中論点4：教科書RAGを提供することで系統だった情報を提供し、サービスの品質向上につながるか

- 残論点・課題

### 3. 成果知見まとめ | 論点別サマリー

# 教科書を意味単位で構造化した教科書RAGによって、教育的信頼性の高い学習支援サービスが実現される。

## 中論点

## 結果

中論点1 技術知見	生成 AI が情報を正確かつ効率的に参照するための、教科書データの構造・メタ情報は何か？
中論点2 技術知見	教科書RAGと各種サービスの接続方式はどのようなものが適当か？
中論点3 技術知見	教科書RAGがインフラとして普及するための要件は何か？（機能、サービスモデル）
中論点4 教育課題解決	教科書RAGを提供することで系統だった情報を提供し、サービスの品質向上につながるか？



- 生成AIが教科書の内容を正確かつ文脈に沿って参照するためには、教科書を教科固有の意味単位（セグメント）で分割し、「基本情報」「内容」「構造情報」「学習要素」「指導情報」に「学習指導要領」を加えた**5層+1層のメタ情報を備えた構造化データとして保持する方式が適当**である。
- 教科書RAGは、教科書由来の情報を、出典情報を保持した構造化データとして **API 経由で提供する方式が適当**である。
- 教科書RAGは、**JSONを基本としつつ、Markdown形式も用途に応じて選択可能**とする設計が妥当である。
- 教科書RAGには、教科書データを出典付きで正確に参照でき、**データ取得制御と安定した検索精度を備えた形での外部提供**が求められる。
- 教科書の不正利用を防ぐ**技術・制度的統制の確立**と、**出版社の継続的な関与を担保しながらRAG利用者にとっても適切な運用モデル**が必要である。
- 教科書RAGの提供により、AIサービスは教科書に即した学年相応の回答を提示でき、その根拠となる出典もあわせて示すことができる。
- これにより、学習者・教員はAIの応答を授業・自習・課題づくりなど多様な学習場面で教科書と同じ文脈で理解・活用でき、**教育的信頼性の高い学習支援が実現**される。

### 3. 成果知見まとめ

- 論点別の知見
  - 中論点1：生成 AI が情報を正確かつ効率的に参照するための、教科書データの構造・メタ情報は何か
  - 中論点2：教科書RAGと各種サービスの接続方式はどのようなものが適当か
  - 中論点3：教科書RAGがインフラとして普及するための要件は何か
  - 中論点4：教科書RAGを提供することで系統だった情報を提供し、サービスの品質向上につながるか
- 残論点・課題

### 3. 論点別の知見 | 中論点1

# 生成AIが正確に参照するための教科書データ構造は、教科固有の意味単位を最小単位とし、教育的メタ情報付与された構造である。

## 小論点

## 結果

### 中論点1

生成AIが情報を正確かつ効率的に参照するための、教科書データの構造・メタ情報は何か？

生成AIにインプット（理解）させることを前提とした“意味単位”（=セグメント）の定義、セグメントに付与すべき“教育的メタ情報”はどうあるべきか。

教科書データの構造化とメタ情報付与において、出版社（東京書籍）が担うべき中核的役割の範囲とは何か。



- 生成AIが情報を正確に参照し、教育的文脈を誤らず理解するためのセグメントは、「テキスト本文／問題／図表」など、教科固有の意味単位」を最小単位である。
- 各セグメントは「基本情報」「コンテンツ（内容）」「構造情報」「学習要素」「指導要素」をメタ情報として保持し、「学習指導要領（コード）」が付与されている構造である。
- 意味単位によるセグメント構造を中核としつつ、学年や学習単位（単元）など、教科書を一定程度のまとまりとして参照できるデータ構造とする。
- 出版社が担うべきは教科書データのセグメント化と教育的メタ情報付与という、唯一無二の役割である。
- 出版社外部の情報は、拡張的に活用する可能性はあるが、必須とは言えない。



### 3. 論点別の知見 | 中論点1の実証結果

# 教科書を最小の意味単位で分割（セグメント化）し、学年や教科、ページ、構造情報を付与し、AIが参照可能となるよう構造化。

#### ■教科書データ（※中学校理科）

4 心臓のはたらきと血液の循環

① 心臓が送り出す血液が流れる血管を動脈、心臓にもどる血液が流れる血管を静脈という。全身の主な動脈と静脈を示すと図3のようになる。心臓から送り出された血液は、動脈を通して器官や組織まで運ばれる。組織には、毛細血管とよばれる細い血管が網のように張りめぐらされている(図4)。毛細血管では組織の細胞と血液の間で物質のやりとりが行われ、血液は静脈を通して心臓にもどってくる。この一連の流れを血液の循環という。

② 心臓から送り出される血液が流れる血管を動脈、心臓にもどる血液が流れる血管を静脈という。全身の主な動脈と静脈を示すと図3のようになる。心臓から送り出された血液は、動脈を通して器官や組織まで運ばれる。組織には、毛細血管とよばれる細い血管が網のように張りめぐらされている(図4)。毛細血管では組織の細胞と血液の間で物質のやりとりが行われ、血液は静脈を通して心臓にもどってくる。この一連の流れを血液の循環という。

③ 心臓から送り出される血液が流れる血管を動脈、心臓にもどる血液が流れる血管を静脈という。全身の主な動脈と静脈を示すと図3のようになる。心臓から送り出された血液は、動脈を通して器官や組織まで運ばれる。組織には、毛細血管とよばれる細い血管が網のように張りめぐらされている(図4)。毛細血管では組織の細胞と血液の間で物質のやりとりが行われ、血液は静脈を通して心臓にもどってくる。この一連の流れを血液の循環という。

④ 心臓から送り出される血液が流れる血管を動脈、心臓にもどる血液が流れる血管を静脈という。全身の主な動脈と静脈を示すと図3のようになる。心臓から送り出された血液は、動脈を通して器官や組織まで運ばれる。組織には、毛細血管とよばれる細い血管が網のように張りめぐらされている(図4)。毛細血管では組織の細胞と血液の間で物質のやりとりが行われ、血液は静脈を通して心臓にもどってくる。この一連の流れを血液の循環という。

⑤ 心臓から送り出される血液が流れる血管を動脈、心臓にもどる血液が流れる血管を静脈という。全身の主な動脈と静脈を示すと図3のようになる。心臓から送り出された血液は、動脈を通して器官や組織まで運ばれる。組織には、毛細血管とよばれる細い血管が網のように張りめぐらされている(図4)。毛細血管では組織の細胞と血液の間で物質のやりとりが行われ、血液は静脈を通して心臓にもどってくる。この一連の流れを血液の循環という。

#### ■構造化データ

jh-002-sc005		
jh-002-sc004		
jh-002-sc002		ミ た
jh-002-sc003		2生 はた
①基本情報	理科/中学校/2年/東京書籍株式会社/新編新しい理科/2生物のからだのつくりとはたらき/3動物のからだのつくりとはたらき/4心臓のはたらきと血液の循環/139ページ	
②内容	コンテンツ種別: イラスト ヒトの全身の血管の分布 動脈を赤色、静脈を青色で示している。 図表URL: <a href="https://x.x.x.x.△△△">https://x.x.x.x.△△△</a>	
③構造情報	jh-002-sc001	
①基本情報	理科/中学校/2年/東京書籍株式会社/新編新しい理科/2生物のからだのつくりとはたらき/3動物のからだのつくりとはたらき/4心臓のはたらきと血液の循環/139ページ	
②内容	コンテンツ種別: 本文 血液の循環 心臓から送り出される血液が流れる血管を動脈、心臓にもどる血液が流れる血管を静脈という。全身の主な動脈と静脈を示すと図3のようになる。心臓から送り出された血液は、動脈を通して器官や組織まで運ばれる。組織には、毛細血管とよばれる細い血管が網のように張りめぐらされている(図4)。毛細血管では組織の細胞と血液の間で物質のやりとりが行われ、血液は静脈を通して心臓にもどってくる。この一連の流れを血液の循環という。	
③構造情報	jh-002-sc002 / jh-002-sc004 / jh-002-sc005	
④学習要素	(非公開とさせていただきますと幸いです)	
⑤指導情報	(非公開とさせていただきますと幸いです)	
⑥学習指導要領		

※構造化の詳細については4章を参照ください。

※本スライドの内容は構造のイメージとなります。実際のデータ形式とは異なりますのでご了承ください。

### 3. 論点別の知見 | 中論点1の実証結果

# 5層からなる構造化処理によって、教科書データが正しく適切な範囲で抽出され、AIの回答生成に寄与することを確認。

ユーザーの入力

血液の循環について教えて



抽出した教科書データを用いたAIの回答



教科書データに基づいて、「血液の循環」を中2向けにかんたんにまとめるね。

【1】血液の通り道血液は、心臓と血管をぐるぐる回っているよ。  
心臓から出る血液の道：**動脈**  
心臓にもどる血液の道：**静脈**  
体のすみずみで細くなった血管：**毛細血管**  
心臓→動脈→毛細血管→静脈→心臓という一連の流れを、**血液の循環**というよ。

【2】体循環と肺循環心臓から出た血液は、2つのコースを通る。  
**体循環**：心臓→全身（肺以外）→心臓→全身の細胞に酸素・養分を届け、二酸化炭素などを受け取る流れ。  
**肺循環**：心臓→肺→心臓→肺で二酸化炭素を出し、酸素を受け取る流れ。

【3】酸素の運び方  
酸素をたくさんふくむ血液：**動脈血（赤で表すことが多い）**  
酸素が少ない血液：**静脈血（青で表すことが多い）**  
体循環では  
心臓→動脈→全身の細胞：酸素をわたす  
細胞→静脈→心臓：二酸化炭素を受けとってもどる  
肺循環では  
心臓→肺動脈→肺：二酸化炭素を出す  
肺→肺静脈→心臓：酸素を受けとってもどる

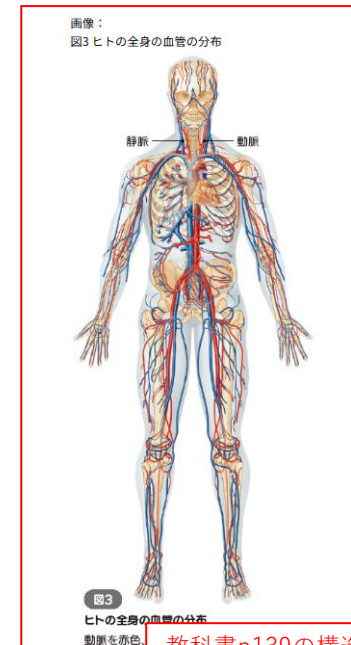
【4】血液と細胞の物質のやりとり  
毛細血管から血しょうがしみ出して組織液になり、細胞のまわりを満たす。  
組織液を通して  
細胞へ：酸素・養分が運ばれる  
細胞から：二酸化炭素・アンモニアなど不要物が出て、また血管にもどる  
ここまでで、どこが一番分りにくかった？「体循環と肺循環」「動脈・静脈・毛細血管」など、どの部分をもう少し詳しく知りたいか教えてね。

参考情報  
教科書名：新編 新しい科学2（東京書籍）  
発行年度：令和7年版  
タイトル：動物のからだのつくりとはたらき  
節：心臓のはたらきと血液の循環  
ページ：138～141

教科書p139の構造化データ（jh-002-sc001）が正しく抽出され、ユーザーの入力にする回答生成に寄与している。

※教科書p140の関連情報のため、前ページには含まれておりません。

セグメント単位で付与した情報が正しく反映されている。



教科書p139の構造化データ（jh-002-sc003）が正しく抽出され、ユーザーの入力にする回答生成に寄与している。



### 3. 成果知見まとめ

- 論点別の知見
  - 中論点1：生成 AI が情報を正確かつ効率的に参照するための、教科書データの構造・メタ情報は何か
  - 中論点2：教科書RAGと各種サービスの接続方式はどのようなものが  
適当か
  - 中論点3：教科書RAGがインフラとして普及するための要件は何か
  - 中論点4：教科書RAGを提供することで系統だった情報を提供し、  
サービスの品質向上につながるか
- 残論点・課題

### 3. 論点別の知見 | 中論点2

# 教科書RAGは、出典付き構造化データを標準APIで提供し、top\_kや学年・教科などを柔軟に制御できる設計である。

## 小論点

## 結果

**中論点2**

教科書RAGと各種サービスの接続方式はどのようなものが適当か？

幅広いサービスが連携できる、基本的な接続方式（API）を確立するために必要な条件は何か。

各種AIサービスとの高度な連携を実現するための接続方式とは何か。



- 教科書RAGが多様なAIサービスと接続する基盤となるためには、その出力形式として、出典・構造情報を保持したデータ提供を前提に、JSONを基本としつつ、Markdown形式も用途に応じて選択可能とする設計が妥当である。
- さらに、top\_k、学年、教科など取得条件を制御可能なパラメータを備え、API利用者が用途に応じて柔軟にデータ取得できる設計が必要である。

- 教科書RAGは、AIサービスが必要とする教科書由来の情報を、出典情報を保持した構造化データとしてAPI経由で提供する方式が適当である。
- API方式は、異なる技術スタックを持つ外部システムと、標準的なHTTPプロトコルで、言語・環境非依存に接続できる唯一の現実的選択肢であり、教科書RAGの接続方式として適当である。
- ただし、AIサービスの次世代接続方式としてのMCP方式への対応が今後求められることが示唆された。

### 3. 論点別の知見 | 中論点2の実証結果

## 教科書RAGの役割を「AIサービス・アプリが回答生成するために必要となる素材を提供すること」と定義。

#### 教科書RAG (インフラ/API)

目的：生成AIが「教科書にはどのように書いてあるか」を正確に参照できるようにすること

##### 役割

- ・教科書を意味単位に分割して構造化
- ・教科・単元・出典・関連性などのメタ情報を付与
- ・ベクトルDB+RAGで自然言語検索可能にする
- ・APIで外部サービスが利用できるように公開
- ・出典や文脈を明示して「回答の信頼性」を担保する

##### 責務範囲

- ・正確さ (出典に基づく)
- ・系統性 (教科書の構造に準拠)
- ・透明性 (どこから引用しているか明示)

抽出データの提供

#### 教育サービス (アプリ、システム)

目的：学習者や教師など、「利用者にとって最適な回答や支援」を実現(=回答を生成)すること

##### 役割

- ・基盤から得られた「事実(教科書情報)」をもとに、教育的文脈に即した応答を設計
- ・学習者のレベル・状況に応じたヒント出し、問い返し、フィードバックを実装
- ・UI/UX設計(生徒や教師にとって「納得感」「使いやすさ」があること)
- ・学習履歴や個別ニーズに基づいた適応型支援

##### 責務範囲

- ・教育的最適化(理解を促す説明・練習)
- ・ユーザー体験(授業や家庭学習で使える形)
- ・学習効果(知識定着・思考力育成への寄与)

### 3. 論点別の知見 | 中論点2の実証結果

# 構造化した教科書データをベクトルDB化。APIを通じてJSON形式で教科書データを取得可能に。

入力プロンプト（クエリ）：心臓にある4つの部屋について知りたい

```
{
  "query": "心臓にある4つの部屋について知りたい",
  "filters": {
    "教科": "理科",
    "学年": 2
  },
  "topK": 100,
  "results": [
    {
      "rerankScore": 0.8479806780815125,
      "id": "0199f084-ed0a-768c-a215-92317672c89a",
      "version": 185,
      "score": 0.6498399,
      "payload": {
        "sourceFileId": "7ed2f5a5-e7ae-4e33-81b2-ee494f05e06e",
        "storageFileId": "13318b8a-1a96-47e5-b00c-0bf3be36d1af",
        "active": true,
        "metadata": {
          "ID": null,
          "教科": "理科",
          "学年": 2,
          "発行年度": "令和7",
          "版/刷": "A1",
          "単元": 2,
          "単元名": "生物のからだのつくりとはたらき",
          "章": 3,
          "章タイトル": "動物のからだのつくりとはたらき",
          "節/項": 4,
          "項タイトル": "心臓のはたらきと血液の循環",
          "ページ": 138,
          "コンテンツ種別": "図表",
          "出典": "教科書",
          "見出し/図表名": "心臓の動き方",
          "コンテンツ": "(※ファイルパス)",
          "URL": null,
          "図表説明(キャプション)": "ヒトの心臓は右心房、右心室、左心房、左心室の4つの部屋に分かれていて、全身からもどった血液は、右心房→右心室→肺→左心房→左心室→全身と流れていく。",

```

```
"図表解説(セリフなどの補足)": null,
"問題解答": null,
"問題解説": null,
"学習要素(章タイトル)": "動物のからだのつくりとはたらき",
"系統・関連1(節タイトル)": "心臓のはたらきと血液の循環",
"系統・関連2(小見出し)": null,
"関連図表(本文との関連)": null,
"関連問題(本文との関連)": null,
"難易度(1…基礎、2…標準、3…応用)": null,
"観点(資質能力の3観点、問題について)": null,
"発展": null,
"座標(1頁の中での位置)": "下",
"到達目標(年カリから抜粋)": "動物が生命を維持するはたらきについて、見通しをもって解決する方法を立案して観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈し、動物のからだのつくりとはたらきについての規則性や関係性を見いだして表現する。(思考・判断・表現)",
"評価規準": "心臓に4つの部屋があることの意味を理解し、動脈、毛細血管、静脈、心臓、肺のつながりを表現している。"
}
}
```

### 3. 論点別の知見 | 中論点2の実証結果

top\_k、学年、教科など取得データの制御が可能なパラメータを具備し、API利用者の柔軟なデータ取得を可能な設計に。

The screenshot displays the 'RAG APIテスト' (RAG API Test) interface. It includes a sidebar with navigation options like 'RAG API設定', 'RAGデータ管理', and 'RAG APIテスト'. The main area shows the endpoint URL, HTTP method (GET), and a search prompt: '中学校英語79ページの新出語句ってなに?'. Parameters for 'top\_k' (100), '教科' (英語), and '学年' (3) are set. A '送信' (Send) button is visible. The response area shows a JSON object with a query, filters, topK, and a list of results. One result includes a rerankScore, id, version, score, and a detailed payload with metadata such as sourceFileId, storageFileId, and document details like '発行年度' (令和7), '版/刷' (A1), and 'ページ' (79).

### 3. 論点別の知見 | 中論点2の実証結果

## 教科書RAGを API で提供するという接続方式が、教育サービスとして実運用に耐えうる性能水準にあることを確認。

#### ■APIレスポンスタイムの計測

- APIレスポンスタイムの計測

クエリ	top_k=20	参考：top_k=100
心臓にある4つの部屋って何？	2442.00	3167.20
章末問題の問2の解き方が分からない	2583.90	7719.60
縄文時代の土器の写真について教えて	2193.50	3260.40
『加減法』や『代入法』が説明されている節を特定して	2283.50	3902.20
連立方程式の問題の中で必須の問題だけ出して	2305.50	3131.20
平均	2361.68	4236.12

- 生成フェーズ（アプリ・サービス）を含めたUXについて

- ✓ 現時点のAPIの応答時間2~3秒はUX上の許容範囲ではあると判断しているものの、生成フェーズ（アプリ・サービス層）と組み合わせると、ユーザーの体感待ち時間は5~10数秒程度になる可能性がある。
- ✓ 生成AIサービスにおいては、正確性や根拠提示を伴う処理では数秒以上の待ち時間が発生することが一般的であり、5~10秒程度の体感待ち時間は、適切な進捗提示や文脈説明があれば致命的なUX低下には直結しない。  
 (参考) [GPT5の応答速度：基本モデル 2~5秒、Thinkingモデル 10~30秒、Pro 2-10分](#)
- ✓ しかしながら、ユーザーの体験価値において、応答速度は重要な指標となることから、RAG APIでは検索条件の最適化や返却データの軽量化などの施策を講じ、応答時間のさらなる短縮を目指していく。

### 3. 論点別の知見 | 中論点2の実証結果

# APIデータ出力についてMarkdown形式の検証リサーチを実施。回答生成の質的影響は少ないがトークン削減効果大きく、APIとして対応を検討。

#### ■検討背景

- 教科書RAG APIの多様なAIサービスとの連携を想定し、出力形式（JSON／Markdown）の影響を検証

#### ■JSON / Markdown比較

観点	JSON形式	Markdown形式
技術的な特徴	構造化データ（機械可読）	構造化文書（人・LLM可読）
トークン効率	△（キー・階層分増える）	◎（記法により圧縮可能）
サービス側の自由度	◎ 加工・再構成しやすい	○そのままLLMに渡しやすい
LLM入力時の扱いやすさ	△ 前処理が必要	◎ 直接利用しやすい

#### ■検証結果

- markdown形式にすることで**40%程度のトークン削減が可能**であることが分かった。
- JSONを適切に整形してLLMに渡した場合と、Markdown形式で渡した場合とで、**回答生成の品質に大きな差は確認されなかった。**

### 3. 論点別の知見 | 中論点2の実証結果

**外部事業者とのAPI接続を実施。本接続方式が、設計思想・性能・実装可能性のいずれにおいても特定事業者に依存しない形で成立することを確認。**

#### ■外部事業者（manabie様）との接続テスト

##### ● APIドキュメントの送付と接続テスト

- ✓ 教科書RAGへ接続するためのID Token / Refresh Token、および簡易的なAPI定義書を送付し、接続テストを依頼。

##### ● 教科書RAGの評価

- ✓ 教科書に基づく問題生成、回答生成ができることで、自社サービスのオフィシャル性向上、質的向上につながることを確信している。
- ✓ テキストもそうだが、図や写真、イラストも参照できるのは、より素晴らしいと感じている。

##### ● 教科書RAGを実装したサービス検討（ユースケース）について

- ✓ manabie様の持つプロダクトへの活用について具体的な検討を実施。
  - 生徒向けに展開している「AIチューター」機能に教科書参照モードを搭載。教科書に基づいた回答ができる機能を。
  - 教科書の見出しや目次、その内容を参照した教科書カリキュラム学習機能。
  - 教科書範囲からのテスト問題、類題生成機能。

### 3. 論点別の知見 | 中論点2の実証結果

外部事業者とのAPI接続を実施。本接続方式が、設計思想・性能・実装可能性のいずれにおいても特定事業者に依存しない形で成立することを確認。

(参考) manabie様の実装状況とサービスイメージ

#### テスト範囲の入力

教科書のテスト範囲を入力して、自動で練習問題を生成しましょう！

+ 新しいテスト範囲を作成

#### マイテスト範囲

<b>理科</b> <span style="color: green;">完了</span>	練習問題を見る		
科目: 理科	学年: 中学2年	ページ範囲: p.86 - p.161	テスト日: 18/12/2025
<b>社会</b> <span style="color: green;">完了</span>	練習問題を見る		
科目: 社会	学年: 中学2年	ページ範囲: p.22 - p.56	テスト日: 17/12/2025
<b>中間テスト</b> <span style="color: green;">完了</span>	練習問題を見る		
科目: 数学	学年: 中学2年	ページ範囲: p.30 - p.78	テスト日: 18/12/2025

#### 理科

理科 - 中学2年 p.86 - p.161 18/12/2025

難易度: すべての難易度 6 練習問題

**#1** 基礎 p.86-161 解答を隠す

問題

動物のからだの中で、判断や命令などを行う中心的な役割を果たす、脳やせきずいのことを何と呼びますか。

学習要素

刺激と反応 動物のからだのつくりとはたらき

解答

中枢神経

解説

脳やせきずいは、外部からの刺激を受け取ったり、からだの内部の状態を把握したりして、それに対する判断や命令を行う、神経系の中心的な部分です。これを中枢神経と呼びます。

**#2** 基礎 p.86-161 解答を見る

### 3. 成果知見まとめ

- 論点別の知見
  - 中論点1：生成 AI が情報を正確かつ効率的に参照するための、教科書データの構造・メタ情報は何か
  - 中論点2：教科書RAGと各種サービスの接続方式はどのようなものが適当か
  - 中論点3：教科書RAGがインフラとして普及するための要件は何か
  - 中論点4：教科書RAGを提供することで系統だった情報を提供し、サービスの品質向上につながるか
- 残論点・課題

### 3. 論点別の知見 | 中論点3

# 教科書RAGの普及には、安定的に参照できる実装可能なAPI機能と、取得・保持を伴わない提供および明確な利用統制の両立が求められる。

#### 小論点

#### 結果

#### 中論点3

教科書RAGがインフラとして普及するための要件は何か？（機能、サービスモデル）

教科書RAGが普及するために求められる基本的な機能要件、サービス条件とは何か？

教科書RAGが「社会インフラ」として持続的に運用・発展していくために、解決すべき運用・保守・リスク面の課題は何か？



- 教科書RAGにおける機能要件のうち、最も基本的でかつ、最低限具備すべき要件は、教科書データを正しく参照できることである。
- ここでいう教科書データとは「テキスト、図表、問題」であり、これらが出典元が明らかになった状態で、外部事業者が商用利用可能になっていることである。
- 学年に応じた回答制御を実現するための、参照する学年を制限できる機能を有している。
- 教科書RAGには、理想的な入力や高度な実装を前提とせず、表記ゆれや意図の曖昧さを基盤側で吸収しながら、安定した検索精度と再現性を提供することが求められることが示唆された。
- 教科書RAGを社会インフラとして持続的に運用するためには、教科書データの不正取得・漏洩や不正保持・再配布に対する技術的・契約的統制、ならびに運用・ガバナンス上のリスクに対する組織的統制が不可欠である。

### 3. 論点別の知見 | 中論点3の実証結果

# 教科書RAGの活用によって、根拠を明示した回答生成が可能に。生成AIサービスの信頼性を支える基盤となる。

## ■定義／用語の確認

維管束のはたらきは？



次数ってなんだっけ？



教科書データに基づき、以下のように解説します。

#### 維管束の働き

水や養分を運ぶ（道管と師管）

維管束には2種類の管があります：

**道管：**根から吸収された水や肥料分を葉などの体全体に運ぶ管。

**師管：**葉で光合成によって作られた養分（デンプンなど）が水に溶けやすい形に変わり、植物全体に運ばれる管。

#### 植物のからだを支える

維管束は茎や葉の中で束のようになっており、骨組みのように植物を支える役割も果たします。

#### 植物の種類による並び方

維管束の配置は植物によって異なり、以下ようになります：

**単子葉類（例：トウモロコシ）：**茎の中で維管束が全体に散らばっている。

**双子葉類（例：ヒマワリ）：**茎の中で維管束が輪の形に並ぶ。

**チェッククイズ** 維管束に含まれる「師管」の役割は何ですか？

根から吸収した水を運ぶ

葉で作られた養分を運ぶ

植物の体を支える

日光を葉に届ける

どれが正しいと思うか考えてみてください！

#### 参照情報

教科書名: 新編 新しい科学2 (東京書籍株式会社)

発行年度: 令和7

章タイトル: 植物のからだのつくりとはたらき

節: 水の通り道

ページ: 124-126

その他の関連情報: 道管と師管の役割、単子葉類・双子葉類の維管束の特徴



教科書データに基づき、以下のように「次数」について解説します。

次数とは？

#### 単項式の次数：

単項式に含まれる文字の指数の合計を「次数」といいます。

例：

$3ab$ の場合、 $a^1b^1$ なので、次数は $1 + 1 = 2$ です。

$-4x^2y$ の場合、 $x^2y^1$ なので、次数は $2 + 1 = 3$ です。

#### 多項式の次数：

多項式において、各項の次数の中で最も大きいものをその多項式の次数といいます。

例：

$2x^2 - 3x + 5$ の場合、各項の次数は2, 1, 0なので、最も大きな次数は2（これは2次式）。

$a^2b - ab + 2a$ の場合、各項の次数は3, 2, 1なので、最大の次数は3（これは3次式）。

#### 次数の言い方：

「次数が1」の式を「1次式」。

「次数が2」の式を「2次式」。

同様に、3次式や4次式…というように呼びます。

次数を求めるときは、文字の指数の合計や各項の最大次数に注目しましょう！

#### 参照情報

教科書名: 新編 新しい数学2 (東京書籍)

発行年度: 令和7

章タイトル: 式の計算

ページ: 14-15

教科書からの出典情報

### 3. 論点別の知見 | 中論点3の実証結果

# 教科書RAG側での教科書データの適切な権利処理と利用条件の明確化によって、生成AIサービス提供者の負担軽減に。

## ■問題抽出・解説

問い7を解説して。



教科書データに基づき、「問7」の解説を行います。

#### 問7

$a + 4b$  と  $4a - 2b$  の和を求めなさい。

$a + 4b$  から  $4a - 2b$  をひいた差を求めなさい。

#### 解説1. 和を求める場合

式は  $(a + 4b) + (4a - 2b)$  です。

計算手順：

それぞれの項をまとめます。

$$a + 4a = 5a$$

$$4b - 2b = 2b$$

答えは  $5a + 2b$ 。

#### 2. 差を求める場合

式は  $(a + 4b) - (4a - 2b)$  です。

計算手順：

括弧を外して符号を変えます。

$$a + 4b - 4a + 2b$$

それぞれの項をまとめます。

$$a - 4a = -3a$$

$$4b + 2b = 6b$$

答えは  $-3a + 6b$ 。

#### 最終解答

$$5a + 2b$$

$$-3a + 6b$$

計算の途中で質問があれば、気軽に聞いてください！

#### 参照情報

教科書名: 新編 新しい数学 2

発行年度: 令和7年

章タイトル: 式の計算

節: 1 式の計算

関連ページ: 16 どうだった? 分かりにくいところがあれば、さらに詳しく解説するよ!



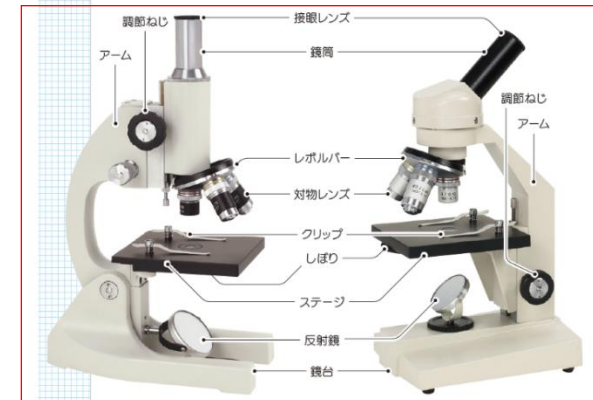
## ■画像抽出・解説

顕微鏡の図表や画像を表示して



以下に教科書に関連する顕微鏡の図表や画像を表示します。

#### 1. 顕微鏡の種類



鏡筒上下式顕微鏡

#### 2. 電子顕微鏡で見たヒトの小腸の内壁の表面



ヒトの小腸の内壁の表面

東京書籍が自社で権利を保有、もしくは権利保有者との間で適切な利用許諾を得ている教科書データを提供。基盤の利用者は新たな負担なく教科書データを利用可能に。

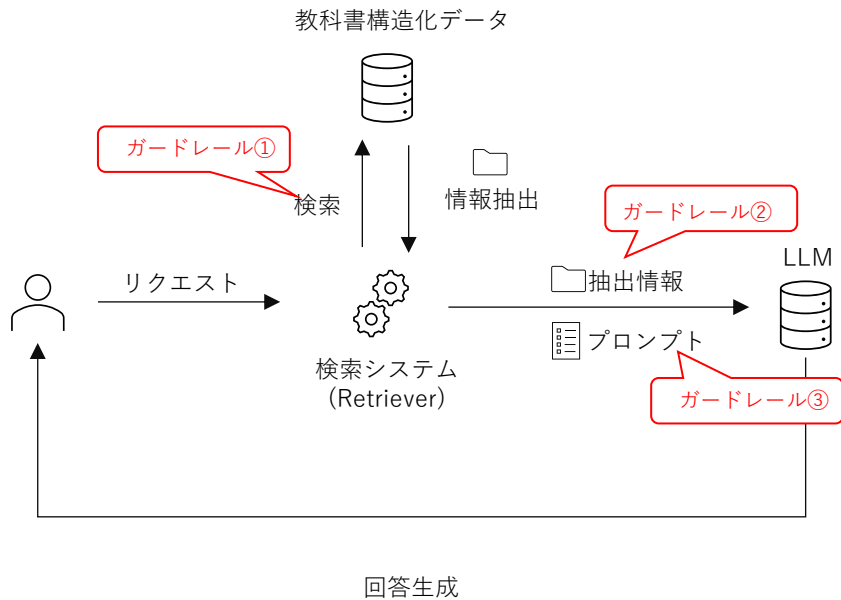
#### 3. 電子顕微鏡で見たタンポポの花粉



### 3. 論点別の知見 | 中論点3の実証結果

# 学年や発達段階に応じた適切な情報提供を実現するため、教科書RAG側で学年制御を可能にする設計を実装済み。

## ■教科書RAGを用いた学年制御



## ■実装方法（例）

処理レイヤ	A. 学年制御を厳密にしたい場合 ⇒ 検索時フィルタで制御	B. 学年制御を柔軟にしたい場合 ⇒ 抽出情報で処理
① 検索時フィルタ ※RAG API パラメータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>grade = 当該学年 に固定</li> <li>上位学年の内容は取得しない</li> <li>必要に応じて subjectを指定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>grade は固定せず、当該学年を中心に広めに取得</li> </ul>
② 抽出情報（チャンク） 処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>原則なし（当該学年のみが返る想定）</li> <li>学年外チャンクが混入した場合は除外</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>チャンクを学年で区分               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 当該学年</li> <li>- 下位学年（前提）</li> <li>- 上位学年（発展／参考）</li> </ul> </li> <li>当該学年を優先順位1位に設定</li> </ul>
③ 生成時プロンプト	<ul style="list-style-type: none"> <li>回答は当該学年チャンクのみ（※抽出情報のみ）を根拠に生成</li> <li>学年相当の語彙・文量を指定</li> <li>専門用語・理論背景の過剰提示を避ける など</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>当該学年を中心に構成しつつ、他学年はラベル付きで提示</li> <li>「当該学年／前提／発展」を混在させない</li> <li>学年外内容は扱う学年や位置づけを明示・出典（学年・教科書等）を併記</li> </ul>
サービス例	生徒向けの学習支援サービスなど	教師向けの教材・指導案生成サービスなど



### 3. 論点別の知見 | 中論点3の実証結果

## 教科書RAGを持続的に運用するための想定リスクを構造化し、統制可能な対策設計を整理。

リスク	想定リスク	対策案
教科書データの不正取得・漏洩リスク	<ul style="list-style-type: none"> <li>APIレスポンスから教科書本文・問題・図表を大量取得される</li> <li>スクレイピングやBotによる自動収集</li> <li>APIキーの漏洩・不正利用</li> </ul>	<p>APIアクセス制御</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>APIキー発行制（事業者単位）</li> <li>IP制限</li> <li>リクエスト頻度制限</li> </ul> <p>監査ログ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>取得内容・頻度・利用ユースケース別ログ保存</li> <li>異常検知（短時間大量取得、同一ページ連続取得）</li> </ul>
教科書データの不正保持・再配布リスク	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部事業者がレスポンスJSONを蓄積・二次利用</li> <li>API停止後もデータが残り続ける</li> <li>教科書データを使った「類似DB」の構築</li> </ul>	<p>利用規約・契約での明確化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>教科書データは「参照利用」のみ</li> <li>永続保存・再配布・二次利用の禁止</li> <li>サービス終了時のデータ削除義務</li> </ul> <p>監査権の明示</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>年1回程度の利用状況確認</li> <li>重大違反時の即時停止条項</li> </ul>
運用・ガバナンス上のリスク対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>実証から本格展開時の社内統制。</li> <li>教科・学年拡張時の管理不全</li> <li>教科書改訂、更新時の体制整理。</li> </ul>	<p>社内ガバナンス体制の整備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>教科書データ管理責任者</li> <li>API提供審査プロセス</li> </ul>

### 3. 成果知見まとめ

- 論点別の知見
  - 中論点1：生成 AI が情報を正確かつ効率的に参照するための、教科書データの構造・メタ情報は何か
  - 中論点2：教科書RAGと各種サービスの接続方式はどのようなものが適当か
  - 中論点3：教科書RAGがインフラとして普及するための要件は何か
  - 中論点4：教科書RAGを提供することで系統だった情報を提供し、サービスの品質向上につながるか
- 残論点・課題

### 3. 論点別の知見 | 中論点4

# 教科書RAGは、出典と文脈を明示することで教育的信頼性を高め、学校現場で活用可能な学習支援基盤となる。

## 小論点

## 結果

### 中論点4

教科書RAGを提供することで系統だった情報を提供し、サービスの品質向上につながるか？

教科書に基づく出典や文脈の提示は、生成AIの学習支援におけるユーザーの信頼獲得や納得感にどのような影響をもたらすか。

学校現場での活用を想定したとき、インフラ設計に求められる柔軟性・わかりやすさとは何か。



- 生成AIからの回答が教科書の内容に基づき、児童生徒にとって余計な情報に広がらずに返ってくることで、安心して学習指導に活用できることが実証された。
- 生成AIからの回答が教科書の内容に基づいていることは、教師にとっても、教材準備や教材研究の手間が大幅に削減につながることで立証された。
- 学校現場で活用される教育AIインフラには、単に正確な情報を返すだけでなく、個々の問いを教科書の体系的な学びへと橋渡しし、学習の背景や見通しを共有できる柔軟性とわかりやすさが求められることが示唆された。



### 3. 論点別の知見 | 中論点4の実証結果

# 教育現場での活用には、出典・根拠の明示による安心感に加え、学年や授業文脈に応じて情報の粒度や役割を調整できる設計が必要である。

項目	評価の傾向	示唆/課題
<b>教育的信頼性</b> 教科書根拠の正確性・安心感	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書に基づいてAIが回答することについて、「安心して使える」「生徒に示すことへの心理的ハードルが下がる」といった発言が複数の教員から聞かれた。</li> <li>教科書のページや該当範囲が示されることで、<u>回答の根拠が明確</u>になる点に評価。</li> <li>一方で、「汎用モデルとの体感的な差は大きくない」「想像していたほどの違いは感じなかった」という発言も一部に見られた。</li> <li>教科や用途によっては、教科書準拠であることの価値が明確に意識される場面と、そうでない場面があることが示唆された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>教育的信頼性は、<u>正確性そのもの以上に「根拠が見えること」によって成立</u>していた。</li> <li>生成AIからの一次回答を教科書内容に限定する設計とすることで、教育現場での安心感を確保できる。</li> </ul>
<b>教育現場との接続性</b> 授業・教科書との自然な連携	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書と同じ内容・用語で説明される点について、<u>授業とのズレが生じにくいという評価</u>が見られた。</li> <li><u>自学自習や授業後の振り返りでの利用イメージは語られた一方、生成AIがすぐに回答を生成してしまうこともあり、授業全体の中でどのように組み込むかについては、具体的な活用像を描き切れていない発言も複数聞かれた。</u></li> <li>教科や単元、さらに見開き単位で学習内容（AIに求める役割）が変わるため、教科書だけではなく<u>学習指導要領や指導書など、教科書の背景情報（文脈情報）への要望も。</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>授業中での利用を想定した場合には、<u>単元・見開きなど利用範囲を特定した設計が有効であると考えられる。</u></li> <li>教科書の内容を正確に答えることだけでなく、<u>学習のねらいや意図、目的に応じた回答が求められるため、指導書レベルへの接続も。</u></li> </ul>
<b>発達段階の適合性</b> 学年相応・わかりやすい表現	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書準拠であることが当該学年にとって<u>理解しやすい水準に収まっており、学習が苦手な生徒にとっては、説明が整理されている点が有効である。</u>一方、<u>理解が進んでいる生徒には物足りなさを感じる可能性も示された。</u></li> <li>中学1年生段階では、用語の意味だけでなく、「なぜその考え方をするのか」「何と何を結びつけて理解するのか」といった思考の足場が<u>不足しやすい</u>ため、<u>説明量や問い返しの設計への指摘も。</u></li> <li><u>日本語の読解に困難を抱える生徒にとっても、説明が整理されている点が有効だ</u>という声があった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発達段階への適合は、<u>単に語彙や難易度を調整するだけでは不十分であり、思考の段階をどう踏ませるかという応答設計が重要。</u></li> <li>学年や学習状況に応じて、<u>説明量・問い返しの深さを</u>変えられる設計が望ましい。</li> </ul>
<b>授業支援性</b> 授業・課題・指導案等で活用できるか	<ul style="list-style-type: none"> <li>生徒向けの直接的な学習支援以上に、<u>教員の授業準備・教材作成を支援する用途に強い関心と期待</u>が示された。</li> <li>演習問題や確認問題のたたき台を短時間で用意できる可能性が評価された。プリント作成、問題の言い換え、段階別問題の作成など、<u>授業準備の一部工程を軽減できそう</u>だという声があった。</li> <li>授業構成を考える際に、「この説明で中学生に通じるか」を確認するための相手として使えそうだという意見があった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>生徒向け機能と教員向け機能を明確に分離し、それぞれに異なる品質基準・役割を設定</u>することが現実的である。</li> <li>教科書RAGは、<u>授業準備の効率化だけでなく、教員が生徒と向き合う時間を確保するための補助線として位置づけられる。</u></li> </ul>

## 4. 実証内容詳細

- 開発内容
- 現場実証時の役割分担
- 効果検証指標・手法

## 4. 実証内容詳細

- 開発内容詳細
- 現場実証詳細
- 効果検証指標・手法

#### 4. 開発内容 | 開発サマリー

# 教科書構造化データベース、RAG検索・抽出機構、外部公開APIから成る教科書ナレッジ活用基盤を構築した。

### 目的 (WHY)

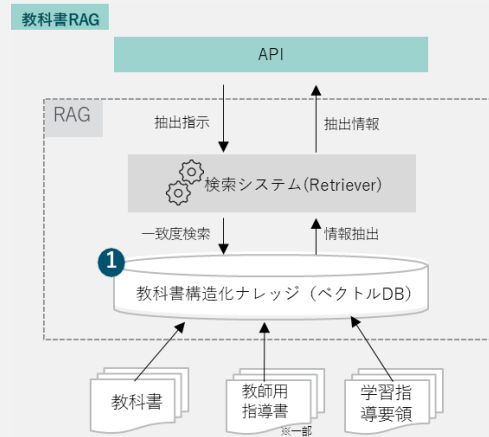
教科書データの活用基盤 (= 教科書RAG) を構築し、教育サービスの信頼性・系統性を向上させる。

### ペルソナ (WHO)

- 一次利用者 (直接利用者)**
- 教育AIサービス開発者
- 最終利用者 (間接利用者)**
- 生徒・教師

### 開発物概要

#### 開発物イメージ



### 使用場面 (WHEN・WHERE)

- 一次利用者 (直接利用者)**
- 教育AIサービス開発時
  - 教科書準拠AI機能の実装時
- 最終利用者 (間接利用者)**
- 授業中の確認・演習
  - 家庭学習中の質問
  - テスト前の復習
  - 教材作成・指導案作成時

### 機能 (WHAT)

- 教科書構造化データベース (ベクトルDB)
- RAG検索・抽出機構
- API接続 (外部公開インターフェース)

#### 4. 実証内容詳細 | UI・UX上の工夫

# 教科書RAGは、API利用者による実装容易性と、教育現場での利用体験を前提としたAPI設計を実施した。

	信頼性の担保	教科書構造の保持	発達段階への配慮	応答最適化	実装柔軟性の確保
設計意図	<b>出典明示設計</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>教育的信頼性の確保。</li> <li>生徒が情報の根拠を確認できる。</li> <li>教師が安心して活用できる。</li> </ul>	<b>5層構造設計</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>単なる検索APIではなく、構造を保つUXに。</li> <li>本文だけ、問題だけといった“部分的抽出”を防止。</li> <li>問題と解説、図と本文を結びつけた回答生成が可能</li> </ul>	<b>学年制御設計</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>難しすぎる説明や学習範囲外の情報の混入を防止。</li> <li>指導設計や発展的説明に活用できる柔軟性を確保。</li> </ul>	<b>応答最適化設計</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>生徒・教師が利用する際の体感待ち時間の抑制。</li> <li>サービス全体の応答遅延の最小化</li> <li>検索精度と応答速度のバランス確保。</li> </ul>	<b>出力形式柔軟化設計</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>API利用者（開発者）による実装容易性の向上。</li> <li>サービス設計の自由度確保。</li> <li>多様なAIサービスとの接続を可能にする基盤設計。</li> </ul>
具体的な工夫	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書構造化データに「教科・学年・章節・ページ・出典」を保持</li> <li>APIレスポンスに必ず出典情報を含める設計とした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>本文・図表・問題・解答・学習要素・到達目標を相互に関連付けた構造データとして保持。</li> <li>セグメント間の関係性を明示する設計とした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>gradeパラメータによる検索フィルタリング機能を実装。</li> <li>当該学年限定抽出を可能とした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>top_kをAPIパラメータとして外部から制御可能に。</li> <li>Markdown出力によりトークン量を削減。</li> <li>レスポンスタイムの計測を実施し、性能水準を確認。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>API出力形式として、JSON形式およびMarkdown形式の両形式に対応。</li> <li>利用用途に応じて、出力形式を選択可能とする設計とした。</li> </ul>

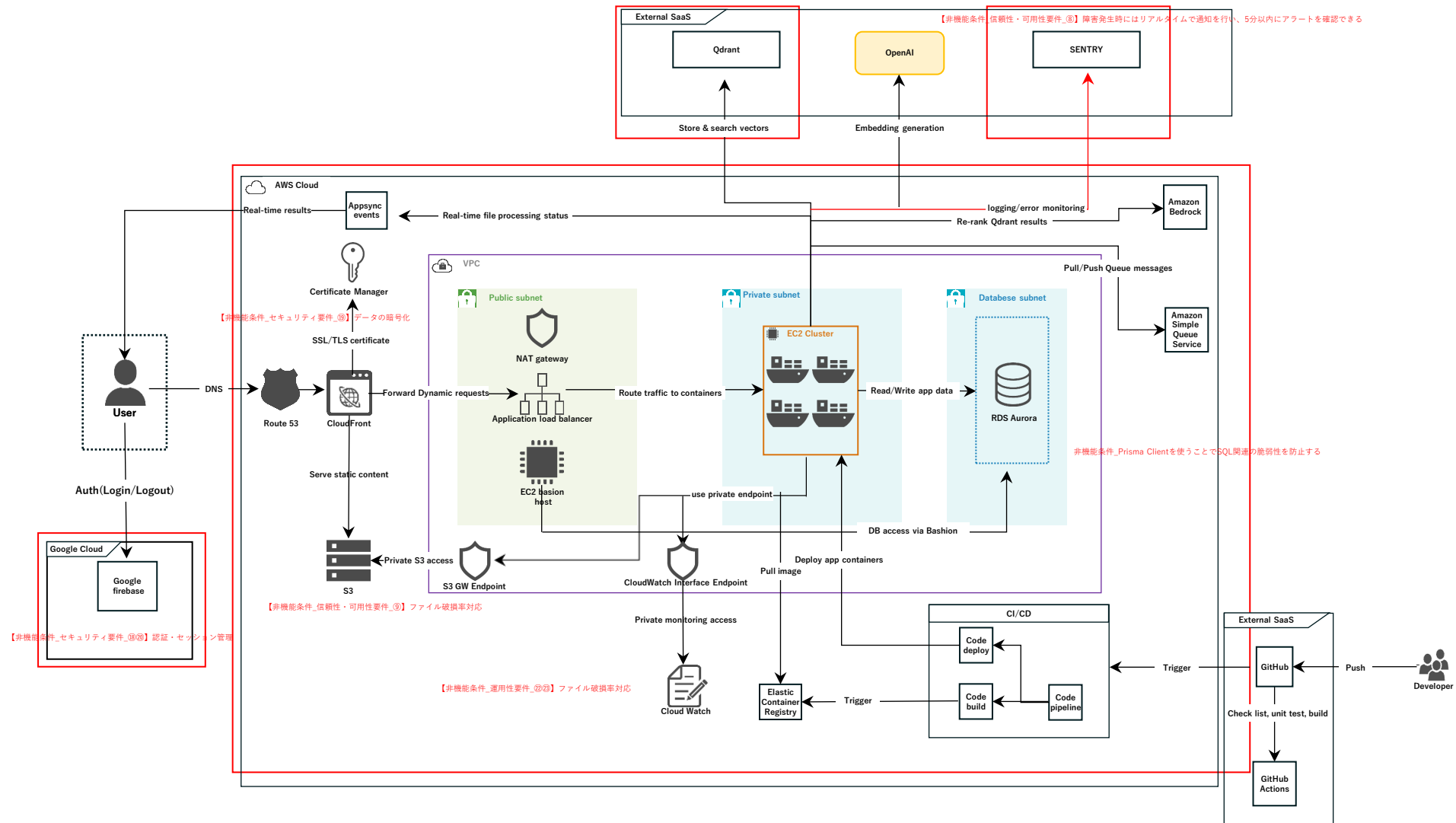
教育現場での利用体験（生徒・教師）に向けたUX設計

RAG利用者（開発者）に向けたUX設計

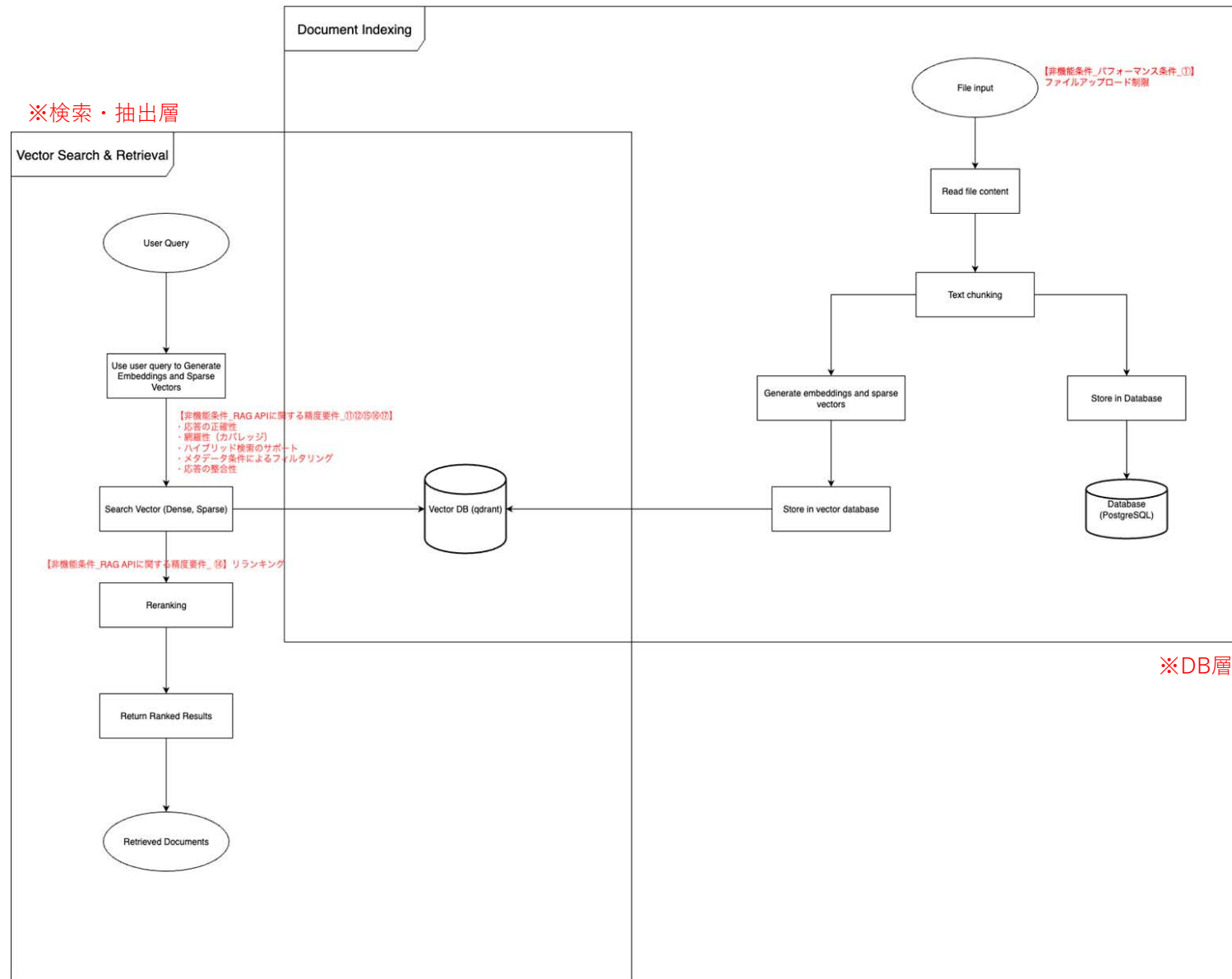
# 4. 実証内容詳細 | システムアーキテクチャ

## システムアーキテクチャ図

※赤枠部分が教科書RAGに関するアーキテクチャ



## 4. 実証内容詳細 | ロジック図 (AIエージェント/データ処理)



#### 4. 実証内容詳細 | アーキテクチャ・ロジック上の技術的工夫

## 高精度検索、再ランキング、トークン最適化、パラメータ制御を組み合わせ、教育用途に最適化したRAGアーキテクチャを構築した。

#	技術的工夫	工夫内容詳細	効果
1	ハイブリッド検索 (セマンティック+キーワード)	OpenAI text-embedding-3-largeによるセマンティック検索とBM25アルゴリズムによるキーワード検索を組み合わせ。 MMR (多様性係数0.5) でチャンクの偏りを防ぎ多様性を担保、キーワード検索では厳密なマッチングを重視。	曖昧で抽象度が高い質問でも文脈から適切な情報を検索でき、かつ専門用語での厳密な検索も可能。多様な学習スタイルに対応。
2	リランキング機能	AWS Bedrockの Cohere Rerank v3.5で、重複排除→階層的メタデータのフラットテキスト化→関連性スコア (0.1以上) で精査。 検索クエリとチャンクを1組ずつ採点し、最も回答に役立つ結果を優先。	検索結果の精度が向上し、利用者が求める解説や問題に最短でたどり着ける。
3	JSONからMarkdownへトークン圧縮	RAG APIのJSON出力をMarkdown形式に変換するオプションを提供。 トークン削減 (構造の冗長性排除) と可読性向上を両立し、運用コストを最適化。	教科書データAIモデルの応答速度が向上し、生徒の待ち時間を短縮。 対話の効率が向上し、学習意欲の維持に貢献。
4	Function Calling によるパラメータ制御	OpenAI Function Callingでツールスキーマを定義。text (質問)、grade (学年)、subject (教科)、contentType (文法/単語等)、topK (取得件数) をLLMが自動判断・セット。	生徒が教科やコンテンツタイプを明示しなくても、文脈から適切な教材を自動的に検索可能。ストレスフリーな学習体験を提供。

## 4. 実証内容詳細 | データ一覧

#	データ内容					取得方法				
	データ名	データ使用目的 (使用箇所)	データ種別	データ対象	量	取得状況	取得先	データ所有者 (権利者)	取得手続き	取得期限
例	表情データ	宿題実施時の学習意欲の把握	動画	視線・表情等	小3生30人分	取得中	〇〇小学校	保護者	保護者同意書 (教育委員会経)	8月末
1	教科書	RAGデータとして利用	テキスト		中学校4教科、各1冊	取得済	自社	自社	無し	
2	教科書	RAGデータとして利用	画像		中学校4教科、各1冊	取得済	自社	自社	無し	
3	指導書	RAGデータとして利用	テキスト			取得済	自社	自社	無し	
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

#### 4. 実証内容詳細 | 利用データ・処理方法の工夫

## 教科書紙面を学年・単元構造や数式表現を保持した教育的構造データとして再設計した。

#	利用データ	利用用途・目的（教育的効果）	利用方法	加工方法
1	教科書※1	教科書RAGにおいて、参照されるデータ	RAGデータとして利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科に応じた最小の意味単位で教科書を構造化（セグメント化）。</li> <li>セグメント単位で、教科・学年・単元などのメタ情報を付与。</li> <li>数学や理科の数式や記号については、あらかじめLatex形式に変換したうえで、構造化</li> <li>画像ファイルについては、別途画像サーバーに個別ファイルを格納し、構造化データには個別のURLを記載して格納した。</li> </ul>
2	教師用指導書※2	教科書掲載コンテンツを補足するコンテンツ（問題解答例、和訳例など）として一部指導書データを利用。	RAGデータとして利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>セグメント毎に、必要となる補足コンテンツを付与。</li> </ul>
3	学習指導要領/学習指導要領コード※3	教科書コンテンツと学習指導要領との関連性を紐づけるために利用。	RAGデータとして利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>セグメント毎に、必要となる学習指導要領および学習指導要領コードを付与。</li> </ul>

※1 利用した教科書の一覧は以下

- ✓ 令和7年度版 新編新しい社会 歴史（東京書籍）
- ✓ 令和7年度版 新編新しい数学1,2,3（東京書籍）
- ✓ 令和7年度版 新編新しい科学2（東京書籍）
- ✓ 令和7年度版 NEW HORIZON English Course3（東京書籍）

※2 利用した教師用指導書の一覧は以下

- ✓ 令和7年度版 新編新しい社会 教師用指導書（東京書籍）
- ✓ 令和7年度版 新編新しい数学1,2,3 教師用指導書（東京書籍）
- ✓ 令和7年度版 新編新しい科学2 教師用指導書（東京書籍）
- ✓ 令和7年度版 NEW HORIZON English Course3 Teacher's Manual（東京書籍）

※3 中学校数理社英（文部科学省 2025年）[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/1384661.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1384661.htm)

## 4. 実証内容詳細 | 利用データ・処理方法の工夫

# 教科書構造化の要点①「教科に応じた最小の意味単位での分割」

- 教科ごとに紙面の構成要素が異なるため、教科に応じた最小の意味単位で分割するとともに、適切なコンテンツ種別のフラグを策定。
- コンテンツ種別については、従来の「本文」「問題」「図表」の3分類では教科書の構成要素を正しく分類できない可能性が高いため、教科の特性に応じて、テキスト本文を「本文、文法、単語、補足、脚注」、問題を「例、問、確認問題」、図表を「図、写真、イラスト、グラフ」などに細分化した。

### ■意味単位と分類（数学）

**本文** 意味単位：形式上は問題であるが、意味としてはテキスト（本文）のため、本文として分類

**問題** 項式では、各項の次数のうちもっとも大きいものを、その多項式の次数という。次数が1の式を1次式、次数が2の式を2次式という。

**問題** 多項式  $x^2 + 4x^2 - 5x$  の各項の次数のうちもっとも大きいものは3であるから、 $x^2 + 4x^2 - 5x$  は3次式である。

**問題** 次の式は何次式ですか。  
 (1)  $2x^2 - 3x + 5$  (2)  $-4x + y$   
 (3)  $a^2b - ab + 2a$  (4)  $-x^2y^2 + \frac{1}{4}$

**本文** 多項式の加法や減法について考えてみよう

**本文**  $5x + 7 - 3x + 6$  を計算してみましょう。また、 $5x + 7y - 3x + 6y$  の計算はどうなるでしょうか。

**本文** とえば、 $5x + 7y - 3x + 6y$  のように、文字の部分が同じである項を同類項という。同類項は、右のように、分配法則を使って1つの項にまとめることができる。

**問題** 次の計算をせよ。  
 (1)  $4x + 7y + 2x - 5y$  (2)  $5x^2 + 2x - 4x - 3x^2$   
 (3)  $4ab - 2a - ab + 2a$  (4)  $a^2 - 5a - a - 3a^2 + 3$

**問題** 次の多項式の項をいいなさい。  
 (1)  $6x^2 - 7x + 3$  (2)  $4a + 3b$  (3)  $-2x + y - 3$

**問題** 次の多項式の項をいいなさい。  
 (1)  $-3y^2$  (2)  $\frac{1}{2}x^2y^2$  (3)  $4y$

**問題** 単項式でかけられている文字の個数を、その式の次数という。  
 $3ab$  の次数は2、 $-4x^2y$  の次数は3である。

**問題** 次の式の次数をいいなさい。  
 (1)  $-3y^2$  (2)  $\frac{1}{2}x^2y^2$  (3)  $4y$

### ■意味単位と分類（英語）

**本文** What does this campaign do?

**本文** School Backpacks Travel Overseas

**文法** I can't go to school. I wish I could go to school. I don't have pens and notebooks. I wish I had pens and notebooks.

**問題** 世界の子供たちの願い事がインターネットの掲示板に書かれています。①② could speak many languages.

**イラスト** 発展途上国の子供たちが描いている問題について、あなたが知っていることを本文を参考に書いてください。

**本文** What would Eddy do if he were a Japanese student?

**本文** Have you ever heard of groups that collect Japanese school backpacks? They send them overseas.

**文法** If I were you, I would ask my friends for help.

**問題** ボランティア活動に興味のあるエディは、できたらいいなと思うことについて話しています。①②

**イラスト** I will make a lot of money. I will save many lives.

**問題** あなたはどのようにして、発展途上国の子供たちを支援することができますか。本文を参考に2ペラで伝え合ってください。

**単語** backpack(s), overseas, unused, supply, supplies, abroad, donate, this way, campaign

**単語** Afghanistan, definitely, so far

**文法** Grammar 4

## 4. 実証内容詳細 | 利用データ・処理方法の工夫

# 教科書構造化の要点①「教科に応じた最小の意味単位での分割」

- 教科ごとに紙面の構成要素が異なるため、教科に応じた最小の意味単位で分割するとともに、適切なコンテンツ種別のフラグを策定。
- コンテンツ種別については、従来の「本文」「問題」「図表」の3分類では教科書の構成要素を正しく分類できない可能性が高いため、教科の特性に応じて、テキスト本文を「本文、文法、単語、補足、脚注」、問題を「例、問、確認問題」、図表を「図、写真、イラスト、グラフ」などに細分化した。

### ■意味単位と分類（社会）

This block shows a screenshot of a social studies textbook page (page 42) with various annotations. The page title is '古代国家の歩みと東アジア世界' (The Progress of Ancient States and East Asia World). The main content is '聖徳太子の政治改革' (Political Reforms of Prince Shotoku). Annotations include:

- 写真** (Photo): Points to images of ancient architecture and Prince Shotoku.
- 文字資料** (Textual Source): Points to a quote from the 'Nihon Shoki'.
- 図** (Diagram): Points to a flowchart of the political system.
- 本文** (Main Text): Points to paragraphs of text describing the reforms.
- 補足** (Supplement): Points to a '飛鳥文化' (Asuka Culture) section.
- イラスト** (Illustration): Points to a map of ancient Japan.
- 問題** (Problem): Points to a 'スキル・アップ' (Skill Up) section.

意味単位：本文テキストは、同一ページであっても意味が分割できる場合、意味単位（小見出し単位）に分割。

### ■意味単位と分類（理科）

This block shows a screenshot of a science textbook page (page 138) with various annotations. The page title is '4 心臓のはたらきと血液の循環' (The Function of the Heart and Blood Circulation). The main content is '血液の循環' (Blood Circulation). Annotations include:

- 本文** (Main Text): Points to paragraphs explaining the heart's function and blood flow.
- イラスト** (Illustration): Points to diagrams of the heart and blood vessels.
- 問題** (Problem): Points to a 'レッツスタート!' (Let's Start!) section.
- 補足** (Supplement): Points to a section about '成分や酸素、二酸化炭素は、心臓、血管、血液のはたらきによってどのように運ばれるのだろうか。' (How are components and oxygen, carbon dioxide transported by the heart, blood vessels, and blood?).







## 4. 開発内容 | 非機能要件一覧

No	処理元	大項目	中項目	中項目説明	メトリクス (指標)	重要度	計画値	実績値
1	ロジック図	パフォーマンス要件	ファイルアップロード制限	ユーザーがRAG学習用データをアップロードする際、1ファイル最大10MBまで対応可能であること。大容量ファイルによる処理遅延を防止	ファイルサイズ	高	≤10MB	10MB
2	APIロジック図		ページネーション応答時間	RAGファイルが10件を超える場合、画面での一覧表示を2秒以内に完了し、ユーザーが快適に参照できること	応答時間	高	≤2秒	2~3 秒台に収束
3	APIロジック図		最大同時接続数	複数ユーザーから同時に検索／質問を受けても、性能が低下せず安定して応答できること	同時接続ユーザー数	高	200	※サービスローンチ時に対応
4	APIロジック図		検索応答時間	ユーザーの検索または質問に対して、システムが結果を返すまでの時間	平均応答時間	高	≤3秒	2~3 秒台に収束
5	APIロジック図	信頼性・可用性要件	稼働率	システムの年間稼働率を99.9%以上に維持すること	年間稼働率	高	≥99.9% (ダウンタイム < 8時間45分)	※サービスローンチ時に対応
6	APIロジック図		フェールオーバー機能	サーバーダウン等の障害発生時には、自動的に代替サーバーへ切り替える	フェールオーバー切替時間／成功率	高	切替 ≤ 10秒、成功率 ≥ 99%	※サービスローンチ時に対応
7	APIロジック図		バックアップ	重要なデータ (ユーザーデータ、ログデータ、設定データ等) については、1日1回のバックアップを実施すること	バックアップ実行成功率	高	100%	100%
8	システム構成図		障害検知	障害発生時にはリアルタイムで通知を行い、5分以内にアラートを確認できること	障害検知時間	中	5分以内	※サービスローンチ時に対応
9	システム構成図		ファイル破損率	登録済みRAGファイルが破損せず、常に正常に読み込めること	破損率 (%)	高	0%	0%
10	APIロジック図		検索インデックス同期失敗率	インデックス更新が安定的に実行され、同期失敗率を0.1%以下に抑制すること。検索結果の正確性を担保	失敗率 (%)	高	≤0.1	0%
11	ロジック図	RAG APIに関する精度要件	応答の正確性	ユーザーが検索または質問を行った際、返却される応答は保存済みのデータと正確に一致すること	検索時に正確な内容を含むレコードが結果として	高	≥80%	RAG APIの機能検証の結果平均スコア90.4を達成
12	ロジック図		網羅性 (カバレッジ)	関連情報が存在する場合、システムは必ず該当情報を検出できること	利用可能な関連情報を検出できた割合	高	≥80%	RAG APIの機能検証の結果平均スコア90.4を達成
13	APIロジック図		データ更新の即時性	データの追加／更新は速やかに索引 (index) へ反映され、検索対象として利用できること	索引反映までの遅延 (Indexing latency)	高	小規模データ : ≤ 5分 / 大規模 (バッチ) : ≤ 1時間	5分以内
14	ロジック図		結果の再ランク付け	関連度の高い結果を優先的に提示するため、システムは自動で再ランク付けを行い、最も適切な結果を上位に表示すること	上位3件に最も関連性の高いレコードが含まれる割合	高	≥80%	100%
15	ロジック図		ハイブリッド検索のサポート	意味検索 (Dense Retrieval) とキーワード検索 (Sparse Retrieval) を組み合わせ、意味的・語句的に関連する結果を返却すること	ハイブリッド検索結果の上位5件に関連情報が含ま	高	≥80%	100%
16	ロジック図		メタデータ条件によるフィルタリング	指定されたメタデータ条件に基づき、検索結果を正確に絞り込めること	メタデータ条件適用時のフィルタリング正確性	高	100%	100%
17	ロジック図		応答の整合性	同一内容の質問に対しては表現が異なっても矛盾のない応答を返し、一貫性を保つこと	同等内容の質問に対し矛盾のない応答が返却される割合	高	≥80%	同音異義語誤字 : 76.64 ひらがな : 49.37 / カタカナ : 33.93 ※APIリクエスト前にLLMで補正・無毒化を行うことで改善可能な見込み
18	システム構成図	セキュリティ要件	認証・認可	Webアプリにおいて、ユーザー認証 (ID/パスワード認証、SNS認証) 機能を実装すること	認証処理成功率	高	100%	100%
19	システム構成図		データの暗号化	データ送信・ファイル登録時にはSSL/TLSを用いて通信を暗号化し、保存時には重要データ (パスワード) を暗号化すること	暗号化適用率	高	100%	100%
20	システム構成図		セッション管理	セッションの有効期限を20分に設定し、一定時間操作がない場合は自動的にセッションを終了すること	セッションタイムアウト時間	中	20分	20分
21	APIロジック図			CSRF (クロスサイトリクエストフォージェリ) および XSS (クロスサイトスクリプティング) 対策を実装すること	診断結果における重大脆弱性件数	高	0件	0件
	実施を意識済のため、省略		脆弱性管理	リリース前にOWASP Top 10に基づくセキュリティ診断を実施し、重大な脆弱性がないことを確認すること	High以上の脆弱性件数	高	0件	0件
22	システム構成図	運用性要件	監視	サーバーおよびアプリケーションのパフォーマンス、CPU使用率、メモリ使用率、ディスク使用量、ネットワークトラフィック等を継続的に監視・確認できる環境を構築すること	監視データ取得成功率	高	≥99%	100%
23	システム構成図		ログ管理	エラーログ、アクセスログ、操作ログを取得し、最低3ヶ月間保持すること ログには、ユーザーID、操作内容、操作日時、IPアドレス等、追跡に必要な情	ログ保存期間	高	≥90日	※サービスローンチ時に対応 ※テスト環境は30日
					ログ取得成功率	高	100%	100%
	実施を意識済のため、省略		メンテナンス性	メンテナンスは、可能な限りユーザーへの影響を最小化するようスケジュールを調整すること	平均メンテナンス時間	中	≤2時間	※サービスローンチ時に対応
	実施を意識済のため、省略		更新管理	バージョンアップやバッチ適用時には、事前検証環境で動作確認を行い、リリース後の不具合が発生しないよう対応する	リリース後の重大不具合件数	中	0件	※サービスローンチ時に対応

## 4. 開発内容 | ステークホルダー一覧 (開発時)

#	ステークホルダー (組織)	役割	関与タイミング	ポイント	備考
1	株式会社MAKE A CHANGE	プログラム・システム開発 <ul style="list-style-type: none"> <li>構造化教科書ナレッジデータベース構築</li> <li>RAGモジュール構築</li> <li>外部接続インターフェース(API)構築</li> <li>サーバ、インフラ構築</li> </ul>	1. 定例会議 (週次) 2. AdHoc定例 (週次) 3. 開発に応じて適宜	<ul style="list-style-type: none"> <li>教育的要件 (出典明示・学年制御等) を技術仕様への確に反映。</li> <li>定例・随時協議を通じて、設計課題を迅速に解消。</li> </ul>	
2	株式会社manabie	実証協力 <ul style="list-style-type: none"> <li>API接続性、持続性の実証およびヒアリング</li> </ul>	1. 8月：実証協力打診 2. 9月：NDA締結 3. 10月：機能要件ヒアリング 4. 11月：API接続検証 5. 1月：ビジネス要件ヒアリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>実サービス視点からAPIの実装容易性・接続安定性を検証。</li> <li>ユースケース提示を通じて、機能要件の具体化に貢献。</li> </ul>	
3	立命館大学守山中学校 (※中学校教員4名)	実証協力 <ul style="list-style-type: none"> <li>教育的信頼性に関する実証およびヒアリング</li> </ul>	1. 8月：スケジュール説明 2. 12月：試用アプリ提供 3. 1月：試用、ヒアリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>教育的信頼性 (出典・学年適合性等) の妥当性を検証。現場活用を想定した実用性・懸念点をフィードバック。</li> </ul>	
4	教科書編集委員・協力者 (現場教諭)	実証協力 <ul style="list-style-type: none"> <li>教育的信頼性に関する実証およびヒアリング</li> </ul>	1. 10月～：協力依頼 2. 11月～：試用アプリ提供 3. 12月～：ヒアリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>教育的信頼性 (出典・学年適合性等) の妥当性を検証。現場活用を想定した実用性・懸念点をフィードバック。</li> </ul>	

## 4. 実証内容詳細

- 開発内容詳細
- **現場実証詳細**
- 効果検証指標・手法

## 4. 現場実証 | 現場実証の進め方の全体像

# 教科書RAG（教科書データ活用基盤）の検証を①機能的信頼性と②教育的信頼性の2つの観点で実施。

### ■ 検証の位置づけ

- RAGが正しく動くか（機能的信頼性）と、その結果として教育現場の信頼を獲得しうるか、ということを検証論点とする。
- 実証テーマを考慮すると、機能的信頼性を前提としつつ、教育的信頼性の検証にも力点を置く。

### ■ 検証プロセスの全体像

フェーズ	概要	検証概要	検証主体	検証時期	論点
機能的信頼性の検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書RAGが技術的に正確かつ再現可能に動作し、</li> <li>外部サービスが安定して教科書データを参照できることを確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 教科書RAG および教科書RAGを組み込んだテストサービスにおいて、ユースケース別の参照精度・再現性を検証。</li> <li>✓ 自社サービス+外部事業者とのAPI接続試験を実施し、接続性・安定性・実装負荷を確認。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>東京書籍（開発チーム+教科書編集部）</li> <li>外部事業者（manabie様）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>11～12月</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①（技術知見）生成AIが情報を正確かつ効率的に参照するための、教科書データの構造・メタ情報は何か</li> <li>②（技術知見）教科書RAGと各種サービスの接続方式はどのようなものが適当か？</li> <li>③（技術知見）教科書RAGがインフラとして普及するための要件は何か（機能、サービスモデル）</li> </ul>
教育的信頼性の検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書RAGを組み込んだAIサービス（ex.教科書AIワカル等）が、教育現場で“教育的に信頼できる”と評価されるかを確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 2～4週間、RAG組込み版AIサービス（教科書AIワカル）を試用。</li> <li>✓ アンケート評価（5段階+自由記述）により次の観点を評価： <ul style="list-style-type: none"> <li>① 教育的信頼性（教科書に基づく正確性・信頼性）</li> <li>② 指導内容との整合性（授業との接続のしやすさ）</li> <li>③ 発達段階の適合性（生徒の理解レベルに合っているか）</li> <li>④ 授業支援性（教材・課題づくりに使えるか）</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現場教諭（各教科1～2名）</li> <li>実証協力校</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>12月～1月</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>④（教育課題解決）教科書RAGを提供することで系統だった情報を提供し、サービスの品質向上につながるか</li> </ul>

## 4. 実証内容詳細

- 開発内容詳細
- 現場実証詳細
- 効果検証指標・手法

#### 4. 効果検証指標・手法 | 論点別検証方法概要

本実証では、教科書RAGの技術的妥当性および教育的有効性について、複数の観点から指標を設定し検証を実施した。

実証論点	検証観点	検証手法・指標	検証基準	検証結果
<p>① (技術知見) 生成 AI が情報を正確かつ効率的に参照するための、教科書データの構造・メタ情報は何か</p> <p>② (技術知見) 教科書 RAGと各種サービスの接続方式はどのようなものが適当か?</p> <p>③ (技術知見) 教科書 RAGがインフラとして普及するための要件は何か (機能、サービスモデル)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書構造化データの参照精度</li> <li>教科書RAG (API) 出力データの構造精度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ユースケースごとに設定した想定クエリに関する教科書RAG (API) からの出力結果 (JSON) の整合性検証。</li> <li>AIによる機会判定とヒューマンレビューによる判定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>スコア平均&gt;80</li> </ul>	<p>全項目でスコア90以上を達成。</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書RAG (API) の接続性</li> <li>教科書RAG (API) 応答の実用性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自社サービスおよび外部サービスからの接続テスト</li> <li>APIの応答速度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>接続率100%</li> <li>API応答速度3s以下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>接続率100%を達成</li> <li>top_k=20で3s以下を達成</li> </ul>
<p>② (教育課題解決) 教科書RAGを提供することで系統だった情報を提供し、サービスの品質向上につながるか</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書RAGを組み込んだAIサービス (ex.教科書AIワカル等) が、教育現場で“教育的に信頼できる”と評価されるかを確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アンケート評価 (5段階 + 自由記述) により次の観点を評価</li> </ul> <p>① 教育的信頼性 (教科書に基づく正確性・信頼性)</p> <p>② 指導内容との整合性 (授業との接続のしやすさ)</p> <p>③ 発達段階の適合性 (生徒の理解レベルに合っているか)</p> <p>④ 授業支援性 (教材・課題づくりに使えるか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>スコア平均4.0以上</li> </ul>	<p>①4.6</p> <p>②3.9</p> <p>③3.7</p> <p>④4.2</p>

## 4. 効果検証指標・手法 | 検証方法詳細

# 教科書RAG (API) 出力結果の整合性・妥当性検証方法

### 目的

- 教科書RAG (API) から出力されたJSONをLLMに渡した場合、クエリに十分答えられるか

### 検証方法・指標 詳細

- 検証時期：2025年11月～12月
- 対象者：東京書籍（開発チーム+教科書編集部）
- 検証方法
  - クエリ入力：各ユースケースごとに設定した想定クエリ（5件）を、RAG API管理ツールに入力。
  - API出力（JSON）の確認
    - レスポンスとして返されたチャンクを確認。
    - 出力構造が5層（基本情報,コンテンツ,構造情報,メタ情報,指導関連）で整形されていることを確認する。
  - 整合性確認（AIによる機械検証）
    - それぞれのユースケースで判定基準とした要件（例：出典の正確性、抽出範囲の妥当性、構造情報の整合性など）と教科書RAG (API) から出力されたJSONファイルの整合性について、AI（OpenAI）による機械判定を実施。
  - 繰り返し実施（n=5）
    - 各ユースケースごとに、複数のクエリで①～③を5回繰り返す。

### 目標

- 結果を集計し、AIによる判定基準80%以上。
- AIによる判定基準を達成したJSONを抽出して成形し、目視によるヒューマンレビューを実施。

#### 4. 効果検証指標・手法 | 検証方法詳細

## 教科書RAG (API) の出力JSONが、LLMによる回答生成に必要な情報を過不足なく含んでいることを確認した。

### ■ AI精度検証サマリー

- 生成AIによる機械検証と、抽出データのヒューマンレビューを実施。「教科書データ正しく正確に参照し、必要なデータを5層のJSON形式で提供する」点において、十分な精度を有していることを確認。
- top\_kの設定によっては、下位層に関連度の低いチャンクが含まれるケースがあるため、推奨top\_Kを設定するなどの工夫も必要。
- 表記ゆれ、誤字（意図しない誤字）、ひらがなやカタカナ入力など、キーワードやベクトル検索において十分な精度がないパターンがある。この問題に対する解決策として、LLMでユーザーが入力したクエリを正しく整形してからRAG APIにアクセスすることが有効となる可能性が高い。
- 問題コンテンツにおいては、小問単位でのチャンク細分化も検討の余地あり。
- 現状のデータ構造では広範囲かつ要素が多いデータ抽出が困難であり、top\_kの動的調整などの対応策は今後の検討課題である。

	用語・定義確認	問題・解答抽出	図表抽出・解説	掲載箇所確認	範囲抽出
総合平均スコア (最高値100)	91	90	91	90	90
ヒューマンレビュー (5段階評価)	4.6	4.0	4.3	4.2	4.0

#### (機能性検証手順概要)

- 各ユースケースの想定クエリ5件をAPIに入力し、出力されたJSONが規定の5層構造になっているかを確認する。
- 返却された回答の正確性や妥当性について、判定基準に基づきAI (OpenAI) を用いた機械検証を計5回繰り返し実施する。
- 全試行の結果を集計し、AIによる判定の合格率が80%以上であることを最終的な合格ラインとする。
- AIによる判定基準を達成したJSONを抽出して成形し、目視によるヒューマンレビューを実施。判定基準を満たしているかを3人以上が5段階でスコア化。

#### 4. 効果検証指標・手法 | 検証方法詳細

## 教科書RAG (API) の接続性および実装妥当性の検証

### 目的

- 教科書RAGの接続方式 (API) が、性能・実装可能性のいずれにおいても特定事業者依存しない形で成立するか

### 検証方法・指標 詳細

- 検証時期：2025年11月～12月
- 対象者：東京書籍、manabie
- 検証方法
  - ①基礎的な接続 (外部システム接続) の確立
    - 教科書RAGと物理的に切り離された東京書籍の自社AIサービスからのAPI接続
    - 外部事業者からのAPI接続
  - ②実用性 (応答速度) 検証
    - 教科書RAGからのデータ出力の応答速度測定

### 目標

- ①：接続成功率100%。
- ②：応答速度3s以内。

## 4. 効果検証指標・手法 | 検証方法詳細

# 自社および外部事業者とのAPI接続を実施。接続が100%成功し、外部システム接続が確立できたことを確認。

### 自社サービス

問い7を解説して。

教科書データに基づき、「問7」の解説を行います。

**問7**  
 $a + 4b$  と  $4a - 2b$  の和を求めなさい。  
 $a + 4b$  から  $4a - 2b$  をひいた差を求めなさい。

**解説 1. 和を求める場合**  
 式は  $(a + 4b) + (4a - 2b)$  です。  
 計算手順：  
 それぞれの項をまとめます。  
 $a + 4a = 5a$   
 $4b - 2b = 2b$   
 答えは  $5a + 2b$ 。

**2. 差を求める場合**  
 式は  $(a + 4b) - (4a - 2b)$  です。  
 計算手順：  
 括弧を外して符号を変えます。  
 $a + 4b - 4a + 2b$   
 それぞれの項をまとめます。  
 $a - 4a = -3a$   
 $4b + 2b = 6b$   
 答えは  $-3a + 6b$ 。

**最終解答**  
 $5a + 2b$   
 $-3a + 6b$

計算の途中で質問があれば、気軽に聞いてください！  
**参照情報**  
 教科書名: 新編 新しい数学 2  
 発行年度: 令和7年  
 章タイトル: 式の計算  
 題: 1式の計算  
 関連ページ: 16 どうかだ？ 分かりにくいところがあれば、さら

画像の図表や画像を表示して

以下に教科書に関連する画像の図表や画像を表示します。

1. 顕微鏡の種類



顕微鏡上下式顕微鏡      ステージ上下式顕微鏡

2. 電子顕微鏡で見たヒトの小腸の内壁の表面



3. 電子顕微鏡で見たタンポポの花粉



### manabieサービス

#### テスト範囲の入力

教科書のテスト範囲を入力して、自動で練習問題を生成しましょう！

[+ 新しいテスト範囲を作成](#)

#### マイテスト範囲

<b>理科</b> <span style="color: green;">完了</span>	科目: 理科	学年: 中学2年	ページ範囲: p.86 - p.161	テスト日: 18/12/2025	<a href="#">練習問題を生成</a> <a href="#">編集</a> <a href="#">削除</a>
<b>社会</b> <span style="color: green;">完了</span>	科目: 社会	学年: 中学2年	ページ範囲: p.22 - p.56	テスト日: 17/12/2025	<a href="#">練習問題を生成</a> <a href="#">編集</a> <a href="#">削除</a>

#### 理科

理科 - 中学2年 p.86 - p.161 18/12/2025

科目: 数学      学年: 中学2年      難易度: すべての難易度      [6 練習問題](#)

**#1** 基礎 p.86-161 解答を見る

問題  
動物の中からだの中で、判断や命令などを行う中心的な役割を果たす、脳やせきずいのことを何と呼びますか。

学習要素  
細胞と反応    動物のからだのつくりとはたらき

解答  
中樞神経

解説  
脳やせきずいは、外部からの刺激を受け取り、からだの内部の状態を把握したりして、それに対する判断や命令を行う、神経系の中心的な部分です。これを中樞神経と呼びます。

**#2** 基礎 p.86-161 解答を見る

#### 4. 効果検証指標・手法 | 検証方法詳細

教科書RAG (API) の応答時間は、top\_k=20において平均約2.4秒となり、実用に耐えうる水準であることを確認した。

##### ■APIレスポンスタイムの計測

- APIレスポンスタイムの計測

クエリ	top_k=20	参考: top_k=100
心臓にある4つの部屋って何？	2442.00	3167.20
章末問題の間2の解き方が分からない	2583.90	7719.60
縄文時代の土器の写真について教えて	2193.50	3260.40
『加減法』や『代入法』が説明されている節を特定して	2283.50	3902.20
連立方程式の問題の中で必須の問題だけ出して	2305.50	3131.20
平均	2361.68	4236.12

- 生成フェーズ (アプリ・サービス) を含めたUXについて

- ✓ 現時点の教科書RAGの応答時間2~3秒はUX上の許容範囲ではあると判断しているものの、生成フェーズ (アプリ・サービス層) と組み合わせると、ユーザーの体感待ち時間は5~10数秒程度になる可能性がある。
- ✓ 生成AIサービスにおいては、正確性や根拠提示を伴う処理では数秒以上の待ち時間が発生することが一般的であり、5~10秒程度の体感待ち時間は、適切な進捗提示や文脈説明があれば致命的なUX低下には直結しない。  
(参考) GPT5の応答速度: 基本モデル 2~5秒、Thinkingモデル 10~30秒、Pro 2-10分
- ✓ しかしながら、ユーザーの体験価値において、応答速度は重要な指標となることから、RAG APIでは検索条件の最適化や返却データの軽量化などの施策を講じ、応答時間のさらなる短縮を目指していく。

## 4. 効果検証指標・手法 | 検証方法詳細

# 教科書RAG活用AIサービスの教育的有効性検証

### 目的

- 教科書RAGを組み込んだAIサービス（ex.教科書AIワカル等）が、教育現場で“教育的に信頼できる”と評価されるか。

### 検証方法・指標 詳細

- 検証時期：2025年12月～2026年2月
- 対象者：現場教諭
- 検証方法
  - 2～4週間、RAG組込み版AIサービス（教科書AIワカル）を提供。その後、インタビューを実施。
  - アンケート評価（5段階+自由記述）により次の観点を評価：
    - ① 教育的信頼性（教科書に基づく正確性・信頼性）
    - ② 指導内容との整合性（授業との接続のしやすさ）
    - ③ 発達段階の適合性（生徒の理解レベルに合っているか）
    - ④ 授業支援性（教材・課題づくりに使えるか）

### 目標

- アンケートスコア4.0以上





## 4. AIセーフティ観点での取り組み

# 本実証におけるAIセーフティの観点での取り組みは以下の通り。(2/3)

項目	本実証の取組（運用面）	本実証の取組（技術面）	サービスインに向けた今後の残
ハイリスク利用・目的外利用への対処	<ul style="list-style-type: none"> <li>本実証においては、教科書RAGを利用する外部サービスと秘密保持契約（NDA）を締結したうえで、教科書RAGの提供および検証を行った。</li> <li>提供にあたっては、実証目的および教育的利用文脈を共有し、教科書RAGの返却情報を実証範囲外で利用しないことを前提として運用した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APIアクセス制御により、教科書データの不正な大量取得や自動的な収集を防止した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>利用規約や契約により、外部事業者によるレスポンスデータの蓄積や二次利用を禁止し、教科書RAGの返却情報が想定外の用途へ転用されることを抑制する。</li> <li>API利用を、教育的な目的・文脈を前提とした「権利提供」と位置づけ、利用目的や利用範囲を契約レベルで管理する運用とする。</li> <li>社内においてガバナンス体制を整備し、教科書RAGの利用状況や外部連携について定期的に確認・見直しを行う運用とする。</li> <li>教科書データを「参照は可能だが、取得・保持・再配布はできない」形で提供することを前提とした、技術的統制を確立する。</li> </ul>
プライバシー保護	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書RAGの情報を検定教科書データに限定し、個人情報を含む外部データや利用者データを検索・参照対象としない運用とした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>利用者の入力内容や個人に関する情報を蓄積・学習しない構造とした。</li> <li>推論や生成を行わず、教科書内の記述を検索・抽出して返却する設計とすることで、個人情報を新たに生成・復元する経路を持たない構造とした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書RAGが個人情報を取り扱わないことを利用条件やドキュメント上で明確に示すことを検討する。</li> <li>接続先AIサービスに対し、個人情報の取り扱いはサービス側の責務であることを明示するガイドラインの整備を検討する。</li> </ul>
セキュリティ確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>社内ガバナンス体制を整備し、運用上のリスクに対策する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APIアクセス制御により、教科書データの不正取得・漏洩リスクに対処する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>API認証・アクセス管理の高度化および監査ログの整備。</li> <li>不正利用や異常アクセスの検知体制の強化。</li> <li>教科書データの保管環境における技術的・物理的セキュリティ対策の継続的見直し。</li> </ul>
説明可能性	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書RAGの返却情報は、接続先AIサービスが根拠確認に利用できるよう、教科・学年・単元・ページ等の出典情報を付与して提供する運用とした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書RAGは、教科書内の記述を意味単位で検索・抽出し、抽出結果に教科・学年・単元・ページ等の出典情報を必ず付与して返却する構造とした。</li> <li>推論や生成を行わず、教科書に「何がどのように書かれているか」を提示する機能に限定することで、出力根拠を教科書記述として明確に示せる設計とした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>接続先AIサービスが出典を省略したり、出典と無関係な生成を混ぜたりすると、説明可能性が崩れるため、「出典の表示を必須化」「根拠と生成の区別」をAPIガイドラインで担保する必要。</li> </ul>

#### 4. AIセーフティ観点での取り組み

### 本実証におけるAIセーフティの観点での取り組みは以下の通り。(3/3)

項目	本実証の取組（運用面）	本実証の取組（技術面）	サービスインに向けた今後の残
ロバスト性	<ul style="list-style-type: none"> <li>本実証では、教科書RAGの利用にあたり、表記ゆれや誤入力への対応はRAG検索前段の処理で行うことを前提とし、基盤側では意図が整理されたクエリを受け取る運用とした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書RAGは、クエリの意図解釈や正規化を行わず、構造化された教科書データに対する検索・抽出に機能を限定した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agentic RAG 等を用いた、教育文脈から大きく逸脱したクエリを検索対象外とする仕組みの検討。</li> </ul>
データ品質	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書RAGの対象を、教科書データに限定し、正確性と公共性が担保されたデータのみを扱う運用とした。</li> <li>教科書編集部門が構造化データの内容確認に関与し、教科書の記述内容が構造化後も意図せず改変されていないことを前提として管理した。</li> <li>教科・学年・単元等の体系情報を維持した形でデータを管理し、文脈を欠いた断片的な利用が生じにくい運用とした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書RAGでは、教科書データを教科・学年・単元・ページ等のメタ情報とともに構造化し、来歴を追跡可能な形で管理する設計とした。</li> <li>データの検索・抽出にあたっては、最小限の意味単位で返却することで、記述の意味が失われないよう配慮した。</li> <li>推論や生成を行わず、教科書に記載された内容のみを返却する構造とすることで、データ品質が基盤の処理過程で劣化しない設計とした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書データの更新履歴やバージョン管理を含めた来歴管理手法の高度化。</li> <li>構造化単位の妥当性を継続的に検証するための品質評価プロセスの整理。</li> </ul>
検証可能性	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書RAGの参照対象を、教科・学年・単元・ページ等の体系情報とともに管理し、返却結果の出典が確認可能な状態で運用した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書RAGでは、教科書データを教科・学年・単元・ページ等のメタ情報と紐づけて構造化し、返却結果と参照元の対応関係を技術的に追跡可能な設計とした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書RAGの仕様や前提条件を整理したドキュメントの整備。</li> <li>検索・返却処理に関するログ管理の明確化および検証手順の整理。</li> <li>接続先AIサービスとの連携において、基盤返却情報の利用状況を確認できる仕組みの検討。</li> </ul>

## 5. まとめと今後の展望

- まとめ
- 今後の展望

## 5. まとめと今後の展望

本実証により、教科書RAGは出典可視化と柔軟設計を通じて教育的信頼性を担保し、教育サービスの品質向上に寄与し得る基盤であることが確認できた。



### 教科書RAGは「教育的信頼性」を獲得できる

- 公平性と信頼性に裏付けされた質の高い教科書を基盤に回答することが、生成AIの信頼担保装置として機能する。



### 信頼性は「正確性」だけでなく「出典可視化」によって生まれる

- 教育AIにおいては、「正しい」だけでなく「どのようなデータを参照しているか」を明示的に可視化できることが価値となる。



### 現場活用には“柔軟設計”が不可欠

- 学年に応じた説明深度の調整、単元・見開き単位での参照制御、生徒向け機能と教師向け機能の分離、思考の段階に応じた問い返し設計など、発達段階・授業文脈に応じた設計が必要である。



### 教科書RAGは「サービス品質向上」に寄与する

- 授業準備の効率化、教材作成支援、授業内での即時活用可能性、教科書RAGは、単なる検索基盤ではなく、教育サービスの品質向上を支える基盤となりうる。

## 5. まとめと今後の展望

教科書RAGを、教育的信頼性を深化させる基盤から社会実装可能なインフラへと発展させる。

### 信頼性の深化

#### 発達段階適合

- 単元・教科のねらいや目標を踏まえた説明深度の制御や、発達段階に応じた問い返し設計により、教育的信頼性をさらに深化させる。教科書RAGを「正確な基盤」から「適応性を備えた基盤」へと発展させる。

### 精度の高度化

#### Agentic RAG

- 自律的な意図解釈と検索戦略を実装し、表記ゆれや曖昧な入力に対しても、AIが最適な情報へ到達できる仕組みを構築する。

### 社会実装

#### インフラとしての展開

- 利用権・プライシング・ガバナンスの具体化を進め、外部AIサービスとの連携を拡大することで、社会全体の教育基盤へ展開する。
- ローカル環境での利用や、低コスト基盤としてのSLM活用の可能性を検討する。

# Appendix

- 「教育特化（教科書RAG+LLM）」と「汎用LLM」の出力の違い
- 現場ヒアリング（インタビュー）コメント要旨

Appendix | 教科書RAGによる教育的信頼性の獲得— 保証の構造の違い —

教科書データをRAGで組込んだ教育特化な生成AIにより、①教科書に準拠した一貫した学び、②学習段階（系統性）を踏まえた学びの実現につながる。



Appendix | 教科書RAGによる教育的信頼性の獲得— 保証の構造の違い —

# 「教育特化（教科書RAG+LLM）」と「汎用LLM」の出力の違い

## 教科書RAG+LLM

## 分母をはらう方程式の解き方を教えて

## 汎用LLM

教科書データに基づいて、分母を含む方程式の解き方を説明します。

**ポイント: 「分母をはらう」とは?** 方程式に分数が含まれている場合、方程式の両辺に分母の最小公倍数を掛けて、分数を含まない形に変形する方法を「分母をはらう」と言います。この操作により、計算が簡単になります。

**解き方の手順**  
分母の最小公倍数を求める分母に含まれるすべての数の最小公倍数を計算します。  
両辺にその最小公倍数を掛ける方程式全体を最小公倍数で掛けて、分母をなくします。  
分母が消えた方程式を解く通常の一次方程式の解き方に従い、解を求めます。

**例題**  
方程式:

$$\frac{1}{4}x = \frac{1}{6}x + 1$$

分母の最小公倍数を求める分母の「4」と「6」の最小公倍数は「12」です。  
両辺に12を掛ける

$$\frac{1}{4}x \times 12 = \left(\frac{1}{6}x + 1\right) \times 12$$

$$3x = 2x + 12$$

分母を消去した後の方程式を解く左辺から右辺を引いて整理すると、

$$3x - 2x = 12$$

$$x = 12$$

**なぜ分母をはらうのか?**  
分母を取り除くことで、分数の計算がなくなり、方程式を解きやすくなります。

**参照情報**  
教科書名: 新編 新しい数学  
発行年度: 令和7年度  
章タイトル: 方程式  
節タイトル: 方程式とその解き方  
ページ: 101

分母をはらう方程式の解き方を教えて

~マだね。中学生～高校初期でよくつまずくところ  
\*\*「分母をはらう方程式」\*\*は、基本の型を押さえると一気に楽になります。

分母をはらう方程式って?  
こんな形の方程式のことです。

$$\frac{2x+1}{3} = \frac{x-4}{5}$$

分数があって、このままだと計算しにくい。→「分母をなくす(はらう)」のが目的。

解き方の基本ステップ (超重要)

① 分母の最小公倍数を見つける  
上の例だと分母は3と5  
→ 最小公倍数は15

② 方程式の両辺に最小公倍数をかける

$$15 \times \frac{2x+1}{3} = 15 \times \frac{x-4}{5}$$

③ 分母を消す (ここが「分母をはらう」)

$$5(2x+1) = 3(x-4)$$

※ 分母と同じ数で割られているところが消える

④ あとは普通の一次方程式

$$10x + 5 = 3x - 12$$

$$10x - 3x = -12 - 5$$

$$7x = -17$$

$$x = -\frac{17}{7}$$

よくあるミス

- ✗ 分母を掛け忘れる  
→ 必ず両辺全部にかける
- ✗ かっこをつけない  
×  $5 \cdot 2x + 1$   
○  $5(2x + 1)$

分母に「x」がある場合 (要注意)

$$\frac{1}{x} + 2 = 3$$

手順

- 両辺にxをかける  
 $1 + 2x = 3x$
- 解く  
 $x = 1$
- 最後にチェック!  
分母が0にならないが確認  
→ 今回はOK

まとめ (これだけ覚えよう)

- 分母の最小公倍数を両辺にかける
- 分母を消したら 普通の方程式
- 分母に文字があったら 解のチェック必須

もしよければ、

- 中学生向けにもっと噛み砕いた説明
- 教科書っぽい説明
- 練習問題つき

どれがいい?

① 定義・説明の違い (学習基準との整合)

② 例・順序の一致 / 再現性 (学習手順の再現)

④ 出典情報の明示 (参照根拠)

# Appendix | 教科書RAGによる教育的信頼性の獲得— 保証の構造の違い —

## 「教育特化（教科書RAG+LLM）」と「汎用LLM」の出力の違い

### 教科書RAG+LLM

thatを使った関係代名詞について教えて



### 汎用LLM

教科書では、関係代名詞 that について次のように説明しています。

**1. ものを説明するときに使う（主格）** ①

- 例文：This is a movie that [which] makes people happy. ②
- 意味：「これは人々を幸せにする映画です。」
- movie（名詞）を、that makes people happy が後ろから説明しています。
- この that は主語の位置（that makes）の「主格の関係代名詞」です。
- which に言いかえてもOKです。

**1. ものを説明するときに使う（目的格）** ①

- 例文：This is a picture that [which] I found on the internet. ②
- 意味：「これは私がインターネットで見つけた写真です。」
- picture（名詞）を、that I found on the internet が後ろから説明しています。
- この that は I found のうしろに来る目的語のはたらきなので、「目的格の関係代名詞」です。
- which に言いかえてもOKです。
- 口語では picture I found ... のように that / which を省くこともあります。

1. 教科書に出てくる that の文の例

- a law that the British made for salt
- the legacy that Gandhi left
- the gym that the students use in their P.E. class
- the piano that the students play in their music class など、「も」

①定義・説明の違い  
(学習基準との整合)

②例・順序の一致/再現性  
(学習手順の再現)

ざっくりまとめると：

- 関係代名詞 that は「前にある名詞（主にもの）を説明する言葉のつなぎ役」
- that の前の名詞を「先行詞」と呼ぶ
- 主格：that が文の主語の位置（that+動詞）
- 目的格：that が動詞のうしろの目的語の位置（主語+動詞+that）
- 人には普通 who、ものには that / which を使う、というのが中学の基本です。

練習してみようか。次の日本語を英語にすると、that を使ってみてください。

- これは人々を笑顔にする本です。
- これは私が昨日買ったカバンです。

自分で書いてみてくれる？ 書いてくれた文を見て、どこが関係代名詞になっているか一緒に確認しよう。

**【参照した教科書情報】**・東京書籍「NEW HORIZON 3」令和7年度版 Unit 5 p.67 Key Sentences 17 「関係代名詞that [which]（主格）」 Unit 5 p.67 Key Sentences 18 「関係代名詞 that [which]（目的格）」 Unit 5 p.64-65, p.66 本文・Practice (a law that the British made など)の用例 Unit 6 p.79 本文 (groups that collect Japanese school backpacks の用例)

④出展情報の明示  
(参照根拠)

関係代名詞の that は、先行詞（説明したい名詞）が「人」でも「物」でも使える、非常に万能で便利な言葉です。

基本的には who や which の代わりに使うことができますが、「thatを使うのが一般的」とされるケースや「thatしか使えない」ケースもあります。

**1. 基本的な使い方**

関係代名詞は、2つの文章を1つにつなげる「接着剤」と、後ろから前の名詞を説明する「形容詞」のような役割をします。

- 物の場合:** I have a book that is interesting. (私はおもしろい本を持っています。)
- 人の場合:** The girl that lives next door is kind. (隣に住んでいる女の子は親切です。)

**2. that が好まれる・使われるケース** ③

以下のような場合は、who や which よりも that がよく使われます。

① 先行詞に「強い限定」を表す言葉がつくとき

「これしかない！」と特定するニュアンスが強まると、that が選ばれやすくなります。

- 最上級:** This is the best movie that I've ever seen.
- 序数 (the first, the second...):** She was the first person that arrived here.
- 限定語 (the only, the very, the same):** This is the only key that opens the door.

② 先行詞が「人+物・動物」のとき

「人間」と「物」が混ざっている場合、who か which が迷うため、両方カバーできる that 使います。

- Look at the man and his dog that are running over there. (あそこを走っている男性と犬を見て。)

③ 先行詞が all, every, no, something, anything などのとき

- Is there anything that I can do for you? (私に何かできることはありますか?)

**3. that を使うときの注意点（できないこと）** ③

- 前置詞を前に置けない

which や whom の場合は in which や with whom と言えますが、that の前に前置詞を置くことはできません。

- × The house in that he lives...
- The house that he lives in...

- カンマ (,) の後ろには使えない（非制限用法）

補足説明をする「カンマ+関係代名詞」の形では、that は使えません。

- × I read the book, that was famous.
- I read the book, which was famous.

**まとめ表**

先行詞の種類	主格（～は）	目的格（～を）	備考
人	that (who)	that (whom)	thatの方が口語的
物・動物	that (which)	that (which)	
人+物			thatが必須

Google スプレッドシートにエクスポート

③学習段階外情報の提示  
(発達段階との適合)

もし、特定の例文（学校の課題や開発中のアプリで使うフレーズなど）で迷っているものがあれば、具体的に教えていただければ詳しく解説します。

次は、「\*\*関係代名詞 that の省略\*\*」について詳しく解説しましょうか？

## 現場ヒアリングにおけるコメント要旨①

項目	コメント	課題・提案
教育的信頼性	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書に準拠しているので、安心して生徒に使わせられる。【中学校・英語】</li> <li>「東京書籍が作っている」という事実だけで校内の信頼度が高い。【中学校・英語／中学校・理科 ほか複数】</li> <li>学習指導要領から外れにくく、授業の流れを壊さない。【中学校・理科／中学校・英語 ほか複数】</li> <li>教科書に基づいているという前提だけで、教員としての心理的ハードルはかなり下がる。</li> <li>教科書範囲を逸脱しない設計は、教育用として非常に重要。</li> <li>内容が教科書の記述と一致しているので、後で修正する必要がないのは安心。</li> <li>最低限の“公的な正確性”が担保されている点が、汎用AIとの決定的な違い。</li> <li>「教科書に戻れる導線」がある点は、一般AIにはない強みだと評価。【中学校・社会】</li> <li>中学生は回答をそのまま信じてしまいがちなので、教科書準拠であることは「飛躍しすぎない安全性として有効である。【大学・社会】</li> <li>練習問題や教科書に載っている内容については、正確に返ってくるという前提があるため、信頼して使える。【中学校・数学】</li> <li>インターネット検索や汎用生成AIでは、出典が曖昧であり、どこから来た情報か分からない点に不安がある。【中学校・社会】</li> <li>汎用型AIの能力は高く評価するが、出力される内容の確かさや、発達段階に応じた情報量の制御など、教育利用にはある程度の「安全装置」が必要だと考える。【大学・社会】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書にない範囲が出たときは、位置づけ（発展など）を明示してほしい。【中学校・社会】</li> <li>生徒が誤解しないよう、教科書との関係性を常に見せてほしい。【中学校・社会】</li> <li>「どこまでが教科書範囲か」がより視覚的に分かるとよい。【中学校・社会】</li> <li>AIの回答を生徒が無批判に正しいと受け取るリスクがある。【中学校・社会 ほか複数】</li> <li>AIの正答性よりも「使い方の教育」が伴わないと信頼が形骸化する恐れ。【中学校・英語】</li> <li>教科書を超えた発展的な質問、歴史的に議論のあるテーマ、公民分野における価値判断などの情報をどこまで扱うかは慎重な設計が必要。【大学・社会】</li> <li>一次回答は教科書以外の情報を一切出さない制御が必要。【大学・社会／中学校・社会】</li> <li>ニュースなど一般的な問いを教科書内容に結びつける役割があると良い。【中学校・社会】</li> <li>社会科などでは、汎用生成AIとの差があまり感じられず、準拠の価値が体感しづらい。【中学校・社会】</li> <li>資料集や図版なども含めて根拠提示できないと、教科書準拠としての強みが十分に活かされない。【中学校・社会】</li> </ul>

## 現場ヒアリングにおけるコメント要旨②

項目	コメント	課題・提案
教育現場との接続性	<ul style="list-style-type: none"><li>授業で扱っている単元・本文・語彙とそのままつながるため、「いま授業でやっている内容を、その場で聞く・使う」ことが自然に成立する。【中学校・英語】</li><li>辞書代わり、予習・復習、テスト作成補助まで、教科書起点でそのまま授業に乗る。【中学校・英語】</li><li>教科書の構成や扱っている内容と自然につながっており、授業の流れの中で違和感なく使える。【中学校・理科】</li><li>テスト前の復習やまとめ学習との相性が良い。【中学校・数学】</li><li>教科書の構造を崩さずに整理してくれるのが使いやすい。【中学校・理科】</li><li>教科書に基づくため、授業と乖離しない点が現場では重要。【中学校・社会】</li><li>振り返りやテスト前の確認など、授業と直結した場面では使いやすい。【中学校・数学】</li><li>汎用型AIは学習範囲を逸脱しやすく、授業のねらいとズレた回答が出る可能性がある。【中学校・数学】</li><li>汎用型のAIの回答は、授業で説明する内容と違う言い方をされることがあり、積極的にはつかいづらい。【中学校・理科】</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>問題の解き方を聞くと答えまで出てしまうのは困る。「ヒント止まり」にできるモードがほしい。【中学校・理科】</li><li>発展的な知識は段階的に、位置づけを明示したうえで提示すべき。【中学校・社会】</li><li>教科書上で範囲指定→即質問できるUIがあるとより良い。【中学校・社会】</li><li>教科書以外の指導書・副教材データとの連携拡張余地。【中学校・社会】</li><li>教科横断的なつながりが見えると、さらに授業設計に活かせる。【中学校・社会】</li><li>同単元内での「見方・考え方」まで接続できると、より教育的になる。【中学校・社会】</li><li>板書例やワークシート例まで一体で提示されると、より授業に直結する。【中学校・社会】</li><li>単元の狙い・編集意図まで踏まえた回答が必要。【中学校・社会】</li><li>図や写真など、ビジュアル資料の更なる充実。【中学校・社会】</li><li>教科書外に広がる探究的学習では、準拠であることが物足りなさにつながる場合がある。【中学校・社会】</li></ul>

## 現場ヒアリングにおけるコメント要旨③

項目	コメント	課題・提案
発達段階の適合性	<ul style="list-style-type: none"><li>中学生にとって必要なレベルの答えが返りやすく、高校レベルに飛びすぎない点は非常に良い。【中学校・英語／中学校・理科、ほか複数】</li><li>指示の仕方によって、説明の分量や表現を調整できる点は、生徒の理解段階に合わせた支援として有効だと感じた。【大学・社会】</li><li>特に、文章を読むのが苦手な生徒や、日本語理解にハードルがある生徒にとって、「簡潔に」「まとめて」といった指示で出力を変えられる点は大きな助けになる。【大学・社会】</li><li>読むのが苦手な生徒にも対応できる柔軟性がある。【中学校・社会】</li><li>苦手な生徒にとっては、教科書範囲に限定されることが理解しやすさにつながる。【中学校・理科】</li><li>高校内容に不用意に踏み込まないことは、発達段階に適した配慮といえる。【中学校・英語】</li><li>中学生は生成AIの出力をそのまま信じてしまう傾向があるため、汎用型AIの自由度の高さはリスクになり得る。【中学校・英語】</li><li>汎用型のAIでは情報量が多く、中学生にとっては自分にとって必要な情報が分かりにくくかえって混乱を招く。【中学校・理科】</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>発展的な知識は段階的に、位置づけを明示したうえで提示すべき。【中学校・社会】</li><li>時々やや難しい語彙や表現が出ることがあり、語彙レベルをより細かく制御できるとよい。【中学校・英語】</li><li>生徒がAIの答えをそのまま鵜呑みにしてしまう可能性。特に中1・中2では、教師の関与なしに使わせるのは不安。【中学校・英語】</li><li>使い方によっては情報量がやや多く感じられる可能性もある。今後は学年や利用場面に応じた初期設定やガイドがあると、より安心して使えると感じた。【中学校・英語】</li><li>音声化や対話形式は、理解の入り口を広げる。【中学校・社会】</li><li>多言語対応は外国籍生徒への支援として有効。【大学・社会】</li><li>思考を促す問い返しが標準で入ると、丸写し防止になる。</li><li>同じ学年内でも習熟度差が大きく、一律のレベルでは対応できない。【中学校・英語】</li><li>あえて教科書範囲を超えることで学びが深まる場合もある。【中学校・英語】</li><li>「止まる」「ヒントだけ出す」など、段階的支援の設計が欲しい。【中学校・理科】</li></ul>

# 現場ヒアリングにおけるコメント要旨④

項目	コメント	課題・提案
<p>教師の指導支援</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>教科書範囲に基づいた要約や比較整理、レポート作成の補助、さらには定期テストや高校入試風の問題作成まで、教員が日常的に行っている作業をそのまま代替・支援できる。【中学校・理科】</li> <li>「長文を要約してテスト用英文を作る」「語数指定で教材を作る」「単語・本文を入力する準備が不要」など、教材研究・授業準備の負担軽減効果が非常に大きい。【中学校・英語】</li> <li>空いた時間を、生徒への声かけや個別指導に回せる。【中学校・数学】</li> <li>授業中の補足説明、ワークシート作成、レポート課題の下書き支援、テスト問題や確認問題の作成など、教員の実務に直結する活用イメージが具体的に持てた。【中学校・英語 ほか複数】</li> <li>特に社会科では、要点整理や比較、用語説明など、日常的に教員が行っている作業との親和性が高く、「実際に使う場面がすぐに思い浮かぶ」点が非常に評価できる。【大学・社会】</li> <li>若手教員や、地域外から赴任してきた教員にとっても、教材理解や授業準備の支えになると感じた。【大学・社会】</li> <li>小学校英語など、苦手教師のサポーターとして可能性がある。【中学校・英語】</li> <li>テスト問題作成はすぐに実務に使える。【大学・社会】</li> <li>指導案の叩き台作成は大きな支援になる。【大学・社会】</li> <li>汎用型AIを使う場合、毎回、単語や本文（などの教科書情報）を一から入力し、前提を学習させたうえで利用しなければならず、その準備工程が不要になる点は非常に大きいと感じた【中学校・英語】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>指導案作成や発問設計の壁打ち、仮想中学生との授業シミュレーションなど、授業準備を支援する。【中学校・社会】</li> <li>図・写真・イラストが自動で出るとさらに使いやすい。【中学校・社会】</li> <li>UI上で教科書との対応関係をより明確にしてほしい（ex. 教科書紙面が表示される、など）【中学校・英語】</li> <li>AIが授業を“代替”する設計にはすべきでない。【中学校・英語】</li> <li>教師のAIリテラシー向上がセットで必要。【中学校・英語】</li> <li>年間指導計画との接続があると、より実践的。【中学校・理科】</li> <li>教科書の編集意図まで踏まえないと本質的支援にならない。【中学校・社会】</li> <li>授業の中で生徒にAIを使用させるイメージがわかなかった。【中学校・英語】</li> </ul>

## 現場ヒアリングにおけるコメント要旨⑤

項目	コメント	課題・提案
ユースケース	<ul style="list-style-type: none"><li>• 数学などの演習時間において、解き方や考え方を確認する対話相手として使う。教員が常に対応しなくても、個別に学習を進められる。【中学校・数学】</li><li>• 家で教科書内容を振り返る際に、わからない部分を教科書範囲で質問できる。範囲を逸脱しないため、安心して使える。【中学校・理科／中学校・社会ほか複数】</li><li>• 理解度が低い単元について、教科書の範囲内で繰り返し確認する用途。基礎に戻ることを支えるツールになりうる。【中学校・理科、社会、英語ほか複数】</li><li>• 家庭学習の伴走支援。家で質問できる人がいない状況での宿題中の疑問の即時解消ツールに。【中学校・理科／中学校・数学ほか複数】</li><li>• 調べ学習の出発点。ネット検索ではなくまず教科書基準で理解する。情報の起点としての利用。【中学校・理科／中学校・社会】</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 教科書の単元内容をもとに、問題生成やプリント作成の補助として使う。特に数学では反復練習問題の大量生成。【中学校・数学】</li><li>• 生徒の質問履歴を要約・抽出することで、つまずきの傾向を把握し、声かけの材料にしたい。【中学校・理科】</li><li>• 授業準備時の用語・概念確認。「教科書ではどう書いてあったか」を即時確認。言い回しを授業用に整える前段階のチェック。【中学校・理科】</li><li>• 授業中の補助説明の参照。生徒から想定外の質問が出たときその場で教科書範囲内の説明を確認。教科書とズレない形で補足できる。【中学校・理科】</li><li>• 授業準備の負担軽減（入力作業不要）。教科書の本文や単語を毎回コピーして学習させる必要がない。準備時間が短縮される。週単位で見ると大きな時間創出効果。【中学校・英語】</li><li>• 「この文法を使って」「この語数で」などの条件付きの問題生成が可能。教科書内容を踏まえた問題作成ができる。汎用AIと違い、前提情報を毎回入力しなくてよい。【中学校・英語】</li><li>• 自由進度学習の個別対応。進度がバラバラのクラスでは、分からない子がその場で聞ける相手になる。【中学校・数学】</li></ul>

## 現場ヒアリングにおけるコメント要旨⑥

項目	コメント
その他生成AI活用全般に対するコメント	<ul style="list-style-type: none"><li>• 個別最適化への期待が大きい。生徒の理解度やつまづきに応じて課題を出し分けたり、解けそうで解けないレベルの問題を提示したりできれば、従来よりもきめ細かな支援が可能になる。【中学校・数学】</li><li>• 反復練習問題を大量に生成できることは、特に数学などで実務的なメリットがある。プリント作成の負担軽減につながる可能性がある。【中学校・数学】</li><li>• 教師の役割変化。「教科書を理解させるのは教師の役目」だったが、AIが理解支援を担うと役割が変わる。授業の意味そのものが再定義される可能性。【中学校・社会】</li><li>• AIがすぐに正解を提示してしまうことで、生徒の思考が止まり、「考える過程」が失われるのではないかという懸念がある。【中学校・英語】</li><li>• 「最短最適解」を常に示すことが、本来教育で重視される回り道や他者との対話による学びを弱める可能性がある。【中学校・英語】</li><li>• AIが“完璧な答え”を出すことよりも、あえて止まったり、ヒントだけを出したりするような教育的設計が必要ではないかという問題提起。【中学校・英語】</li><li>• AIとのやり取りの中で学習が完結してしまい、教室での人間同士のやり取りや創造的な議論が減少するのではないかという懸念。【中学校・理科】</li><li>• AIはかなりの部分は補ってくるけど、本番はリアルなもの。そこからは逃げられない。【中学校・英語】</li><li>• 発展学習や知識の広がり、対話や思考支援のパートナーとしては、AIの可能性は期待できる。深い学びのパートナー、ツールになり得る。【中学校・社会】</li><li>• AIが知識習得の補助役を担うことで、家庭の経済格差を補完し、教育機会格差の緩和にもつながる。【大学・社会】</li><li>• AIが「ある」ことを前提として、教員は役割を変化しなければいけない。AIが答えられる問いを出し続ける授業は成り立たない。【大学・社会】</li><li>• 教育観にも変化が生まれると思う。細かい知識をすべて覚える、というよりは、大きな流れや事象の関係性を把握できる力が求められていく。【大学・社会】</li><li>• 教科書も、すべての内容を網羅するという使い方ではなくなるのではないか。【大学・社会】</li><li>• 学校現場においては、体験や議論、フィールドワークの価値が高まっていくと思う。【大学・社会】</li><li>• AIの能力が上がれば上がるほど、AIの回答を鵜呑みにしてしまい、自分にとって都合の良い回答ばかりを信じすぎてしまう子どもがさらに増えるのではないか。児童生徒も教師も、AIリテラシーを高めていくことが欠かせないと感じた。【中学校・社会】</li></ul>

**End of File**