

高校数学における生成 AI を活用した Moodle 小テストの効果検証について

雲雀丘学園中学校・高等学校 増井 貴明¹

Takaaki Masui, Hibarigaoka Gakuen Junior & High School

1 はじめに

2019 年に提唱された GIGA スクール構想および新型コロナウイルス拡大の影響により、高校の教育現場における 1 人 1 台端末環境や教室内の高速ネットワーク通信環境の整備が加速化されてきた。文部科学省の調査報告 [1] によると、令和 7 年 3 月の時点で、高校（調査数 3439 校）において、生徒 1 人当たりの学習用コンピューター台数が 1.2 台、普通教室の無線 LAN の整備率は 99.4% となっている。こうした状況において、ICT を活用して教師が生徒一人一人の特性や学習進度、学習到達度等に応じて指導方法や教材、学習時間等の柔軟な提供や設定を行う「指導の個別化」、あるいは生徒自身が自らの学習が最適となるように調整を行う「学習の個別化」を総称した、「個別最適な学び」の実現が一層求められている [2]。一方で、それらの実践報告は、校内で行う授業内実践に留まるものが多く、生徒の自宅学習や教室の外で自発的に行う自主学習の場面において、その実態や効果について言及されたものは少ない現状である。

本稿では、生徒の「個別最適な学び」を教室内の学習に留めるのではなく、自宅学習や自発的学習との接続を図ることを目的として導入した、Moodle を活用した小テストの実践について報告する。第 2 章では、現任校の抱える課題について述べ、高校の教育現場で広く導入されている教育クラウドサービスに対する Moodle の優位性について述べる。第 3 章では、Moodle の問題バンクを充実させることを目的として、筆者が行った生成 AI を活用した問題作成の手法について述べる。第 4 章では、従来の紙小テストと Moodle 小テストを比較した生徒の学習意欲、学習動機づけの変化について ARCS モデルに基づく質問紙調査の結果について述べる。また、複数の同僚数学科教員から得た各問題に対する妥当性の評価について報告する。

2 研究の背景

2.1 現任校の課題

筆者の現任校では、従来から、生徒の基礎学力向上および学習習慣の定着を図ることを目的として、学年一斉に国語、数学、英語を中心とした小テストを曜日別 to 実施してきた。現任校は中高一貫校であるため、中学入学生と高校入学生では、数学の授業進度

¹t-masui@hibari.ed.jp

が異なっている（中学入学生は、いわゆる先取り学習を行うため、高校1年生が始まる時点で数学I、数学Aの学習が済んでいる）。したがって、実施する小テストの範囲は、必然的に高校入学生の授業進度に適用せざるを得ない実態があった。

こうした状況において、昨年度、筆者が高校1年生を対象に実施した小テストの結果について簡単に述べる。全21回（各回10点満点、3～5分程度で実施）の各回における平均得点の結果を示したのが図1である。横軸は各回（*..* は * 学期の ** 回目であることを表す）、縦軸は得点を表す。在籍人数は中学入学生が164人、高校入学生が125人であった。小テストの問題は、教科書の基本例題から抽出したものであり、決して難易度が高い問題とは言い難い（これは、小テストの位置付けがあくまでも基礎学力の定着に重点を置いているからである）。しかし、実際には、どの回においても中学入学生の得点率の低下が著しく、前述のとおり中学入学生にとっては既習内容であるにもかかわらず、学習内容の定着の観点で大きな課題が浮き彫りとなった。原因を探るべく、数人の生徒に対してヒアリングを行ったが、「小テストの内容が今、授業で習っている内容ではないので、学習のモチベーションが上がらない」という回答もあった。

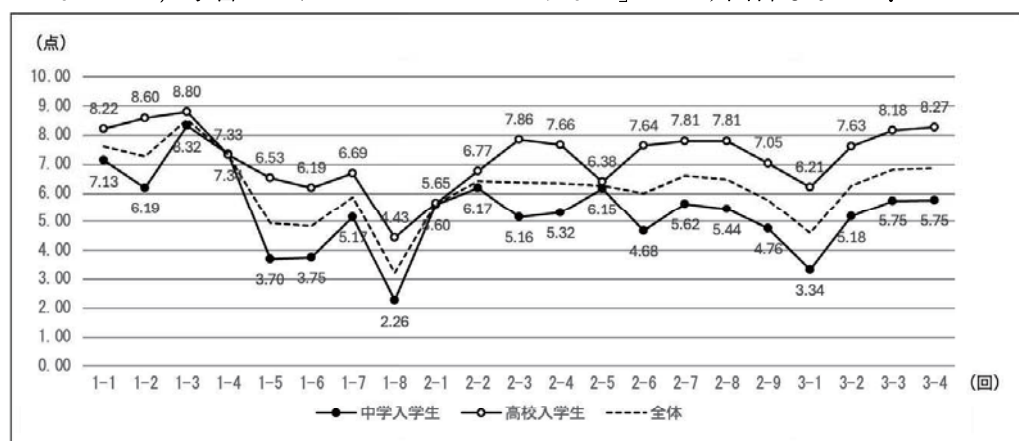


図1: 2024年度に実施した数学小テストの平均得点の結果

また、昨年度の小テストの運用を通して、教師側の業務的課題も浮き彫りとなった。具体的には、小テストを紙に生徒人数分を印刷し、回収した答案用紙を個別に採点し、可能な限り当日中に返却する、という小テストの従来の運用方法は、近年、デジタル採点システムを採用することにより、若干の負担感を縮小できたとはいえ、年間を通しての業務となると、看過できない状況にあった。そこで、今年度は、生徒の授業進度を考慮し、学習意欲や学習の効果をより向上させられるような、かつ、教師側の業務負担感をより縮小できるような小テストの実施方法を検討するにあたり、Webシステム上で実施する小テストの構想に至った。

2.2 教育クラウドサービスの比較

理想的な小テスト環境について、筆者は次の3点を挙げたい。

- 生徒が何度でも、どこでも、いつでも自由に取り組めること

- 授業進度や学習習熟度に合わせて生徒自身が学習内容を選択できること
- 生徒の取組状況や成績推移について学習ログが取れること

これらを実現するためには Web システム上で小テストを実施する方法が考えられる。とりわけ、既に高校の教育現場で広く導入されていた教育クラウドサービス（主に Google Workspace や Microsoft Teams）の活用も考慮されたが、Moodle の導入において、その優位性について述べたい。

表 2 は、Moodle と前述の教育クラウドサービスの主な機能について比較したものである。特に数学分野においては、Google、Microsoft とともに数式の取扱いが十分ではないことが知られており、Moodle で $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ を標準で扱える点は大きなメリットと言える。また、Google、Microsoft はデータ出力の際、小テストごとに異なるスプレッドシート、あるいは Excel シートが作成されるので、生徒の学習の履歴や成績を一元的に管理することが難しい。さらに、Moodle のように問題バンクからランダム出題をしたり、詳細な項目に関して学習ログが取れる（例えば 1 問の回答に要した時間等）機能は Google、Microsoft では実現が難しい。

観点	Google Forms	Microsoft Forms	Moodle
導入コスト	Google アカウント	Microsoft 365	本体は無料
数式入力	LaTeX は標準非対応	Math 機能で簡単な数式入力に対応	LaTeX/TeX フィルタで数式表示が標準対応
問題タイプ	多肢選択/記述・チェック等、基本型	Google と同程度 + Likert 等	20 種以上、問題バンク、カテゴリー管理
自動採点 部分点	クイズ化で自動採点、部分点は手動付与可	クイズで自動採点、基本的な配点	問題タイプごとに細かい採点設定・部分点・ 配点重み付け
ランダム化	問題順・選択肢のシャッフル可、 問題バンクは非対応	選択肢・質問のシャッフル可、 問題バンクは非対応	問題バンクからのランダム抽出、 選択肢シャッフル
タイマー	標準なし	標準でタイマー設定が可能	開閉時刻・制限時間を標準設定
監督 不正対策	ドメイン/1 回答制限、Chromebook ロック等 + アドオンで監督	ドメイン/1 回答制限 + 外部監督 ツール連携	Safe Exam Browser 連携、 パスワード、IP 制限 等
分析・成績	Google スプレッドシート	Excel	詳細な項目分析（識別指数・難易度・ Cronbach's α 等）
データ出力	Sheets 経由で CSV/Excel 化	ワンクリックで Excel 出力	成績表/受験ログの CSV/Excel 出力、 問題バンクの GIFT/XML
条件分岐	分岐ロジックあり	分岐ロジックあり	コース設計側で柔軟 (グループ・受験回数・オーバーライド等)
連携	Google Classroom	Teams/Assignments、 Power Automate	LTI/SCORM、SSO、学内システム

表 2: Moodle と教育クラウドサービスとの主な機能の比較

3 研究の方法

3.1 Moodle 小テストの作成

第 2 章で述べたように、中学入学生と高校入学生では授業進度が異なるため、同じ内容の小テストではなく、生徒が自分で学習内容を選択できる実施環境を整備する必要から、高校数学の全単元の基本問題を作成することを念頭に計画を進めた。図 3 は、Moodle 小テストの作成手順を示したものである。まず、Moodle の問題ファイルの 1 つである GIFT ファイルを作成し、問題バンクに取り込む。そして、科目・単位ごとにレッ

単元	扱う内容	問題数
数と式	展開, 因数分解, 平方根, 一次不等式	40
集合と論証	十分条件・必要条件, ド・モルガンの法則	22
2次関数	2次式の平方完成, 2次方程式, グラフの最大値・最小値	41
図形と計量	三角比の値, 正弦定理・余弦定理, 三角形の面積	42
データの分析	データの代表値, 相関	13
場合の数と確率	順列, 組合せ, 確率	30
図形の性質	チェバの定理, メネラウスの定理, 方べきの定理	30
整数の性質	最大公約数・最小公倍数, 不定方程式	30
三角関数	一般角の三角比, 正弦定理・余弦定理, 三角形の面積	30
微分と積分	導関数の計算, 極値の計算, 不定積分・定積分の計算	42
数列	等差数列, 等比数列, Σ の計算, 基本的な漸化式	36
ベクトル	内積の計算,	28

表 5: 作成した問題の各単元と扱う内容

扱う問題は基本的な求値問題とし、2025 年 8 月の時点で計 384 題を作成するに至った。数学Ⅱで扱う「方程式・式と証明」「図形と方程式」「指数関数・対数関数」、数学Bで扱う「統計的な推測」、数学Ⅲで扱う「微分・積分」、数学Cで扱う「平面上の曲線」「複素数平面」については、今後追加をしていく予定である。

ここで、今年度の生徒の Moodle 学習方法について述べておく。4 月に高校 2 年生全体の 277 人に Moodle にアクセスするための ID とパスワードを配付し、登校後は各自で Moodle にアクセスして学習に取り組むよう指示をした。生徒には、「どの単元を、どのタイミングで学習するか」という学びの調整を自分自身で考えて推進してほしいと考え、2 週間はレッスン機能を活用して何度も繰り返し練習を行うドリル形式で学習を進め（朝学習）、3 週目に小テストを受験するように計画を立てさせた。レッスン、小テストはともに選んだ単元の問題バンクからランダムに 5 題出題されるように設定し、小テストは実施時間 3 分という時間制限を設けることでレッスンとのメリハリをつけて学習が進められるように工夫をした。1 学期は 8 回分の学習を行った（レッスン 6 回、小テスト 2 回）。

3.2 ARCS モデルに基づく学習動機づけの効果調査

Moodle の学習が従来の紙小テストと比較して、どの程度生徒の学習動機づけに効果があったかを定量的に測定するために、ARCS モデルに基づいた質問紙調査を生徒に対して実施することとした。ARCS モデルは Keller[3] によって提唱された、学習意欲の向上に関する動機づけモデルであり、教育現場や企業研修の場で広く用いられているモデルである。ARCS という言葉は以下に示す 4 つの要素「注意喚起」「関連性」「自信」「満足感」の頭文字を取ったものである。

- 注意喚起（Attention）：学習者の知的好奇心や興味，探求心を刺激しているか
- 関連性（Relevance）：学習者のやりがいや学習目標と関連しているか
- 自信（Confidence）：やればできるという成功体験を実感させられているか
- 満足感（Satisfaction）：やってよかったという効果を実感させられているか

調査の方法について以下に述べる．対象となる生徒は高校2年生 277 人であり，Web アンケートで回答をさせた．回答期間は 2025 年 7 月 9 日から 7 月 16 日であり，有効回答数は 141（中学入学生 72 人，高校入学生 69 人）であった．質問項目は ARCS の各要素に対して 3 つずつとし，5 件法（1: 紙の方が非常に当てはまる，2: やや紙の方が当てはまる，3: どちらともいえない，4: やや Moodle の方が当てはまる，5: Moodle の方が非常に当てはまる）で回答させた．また，紙と Moodle の比較について自由記述欄も設けた．

項目	番号	質問内容
Attention	AT01	問題の形式が面白く，最後まで集中できた．
	AT02	解いている途中で退屈になった．
	AT03	採点結果や正答の確認方法が目を引いた．
Relevance	RE01	出題内容が授業や模試，入試に役立つと感じた．
	RE02	問題が今の自分のレベルに合っていた．
	RE03	「自分には関係ない」と感じた．
Confidence	CO01	制限時間内に解けるという見通しが持てた．
	CO02	正解できるか不安で手が止まった．
	CO03	点数が伸びる実感（成長の手応え）があった．
Satisfaction	SA01	終了後，「受けて良かった」と思えた．
	SA02	フィードバックが役に立たなかった．
	SA03	次回も同じ形式で取り組みたいと思う．

表 6: ARCS モデルに基づき作成した質問内容

3.3 問題と選択肢の妥当性の調査

生成 AI を活用して作成した問題や選択肢について，実用上の妥当性を検証するために，同校の同僚数学科教員 10 人の協力を得て，質問紙調査を実施した．具体的には，1 人 20 題をランダムに割り当て，問題と選択肢それぞれに対して，「修正の必要あり」「修正の必要なし」のいずれかを回答させた．修正の有無の判断については，個々の教員経験則に基づく判断を依頼し，20 題のうち 5 題については，全員が共通して評価する問題とし，定点観測ができるように設計した（図 7）．妥当性の判定方法として，「修正の必要あり」の回答数を割合に変換し，その割合の値を指標としたうえで，25% 未満であれば「問題（選択肢）は妥当である」と判断することとした．

①確率

事象 A と B について $P(A) = \frac{1}{2}$, $P(B) = \frac{1}{3}$, $P(A \cap B) = \frac{1}{6}$ のとき, $P(A \cup B)$ を求めよ。

- ☐ a. $\frac{1}{6}$
- ☐ b. $\frac{5}{6}$
- ☐ c. $\frac{2}{3}$
- ☐ d. $\frac{1}{3}$

③三角関数

$\cos x + \sin x = 1$ ($0 \leq x < 2\pi$) を解け。

- ☐ a. $\frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}$
- ☐ b. $\frac{\pi}{4}, \frac{5\pi}{4}$
- ☐ c. $0, \pi$
- ☐ d. $0, \frac{\pi}{2}$

⑤1次不等式

$\frac{x}{2} > -3$ を解け。

- ☐ a. $x \geq -6$
- ☐ b. $x > -3$
- ☐ c. $x > -6$
- ☐ d. $x < -6$

②数列

$a_{n+1} = -\frac{1}{2}a_n$, $a_1 = 6$ の一般項 a_n を求めよ。

- ☐ a. $a_n = -3\left(\frac{1}{2}\right)^{n-1}$
- ☐ b. $a_n = 6\left(-\frac{1}{2}\right)^n$
- ☐ c. $a_n = 6\left(-\frac{1}{2}\right)^{n-1}$
- ☐ d. $a_n = 6\left(\frac{1}{2}\right)^{n-1}$

④2次不等式

$3x^2 + 6x + 1 > 0$ を解け。

- ☐ a. 解なし
- ☐ b. $x < \frac{-3 - \sqrt{6}}{3}, \frac{-3 + \sqrt{6}}{3} < x$
- ☐ c. $\frac{-3 - \sqrt{6}}{3} < x < \frac{-3 + \sqrt{6}}{3}$
- ☐ d. すべての実数

図 7: 同僚数学科教員 10 人が評価した共通問題

4 調査の結果と考察

4.1 ARCS モデルに基づく学習動機づけの効果調査

結果：調査結果について表 8 に示す。表の数値は 5 件法に基づく回答値の平均値 v を示している。 $v < 3.00$ であれば紙小テスト優位, $3.00 < v$ であれば Moodle 優位とみなすこととする。各要素における特徴的な結果について述べる。Attention では、問題形式 (AT01) や採点結果の確認方法 (AT03) において従来の紙小テストが優位となり、問題が次々と出題される形式は筆者の予想に反して、退屈さを誘発させる結果となった。Relevance では、出題内容と模試や入試との関連 (RE01) において紙小テストが優位となった一方で、問題レベルの適正 (RE02) においては Moodle 優位を示した。Confidence では、時間内に解くことの見通し (CO01), 成長の手応え (CO03) において紙小テスト優位を示した。Satisfaction では、小テストを受けて良かった (SA01), 次回も同じ形式で受けたい (SA03) において紙小テスト優位を示し、フィードバックが役に立たない (SA02) で Moodle 優位となった。

自由記述回答からは、半数以上の生徒が授業の振り返りや、苦手克服のために Moodle を活用したことが見てとれた。Moodle 導入の当初の目的であった「自分のやりたい単元を、何度でもやり直しができる」ということをメリットとして挙げた生徒も一定数存在していることから、Moodle の一定の効果を示すことができた。一方で、Moodle で問

題に取り組む際に、紙を置いて計算や過程を記述する必要があり、紙小テストで十分ではないかという意見も見られた。また、今回の取組では正解・不正解のフィードバックが十分に整備できず、正誤チェックのみを生徒が行うものになってしまったことも改善点として挙げられた。

考察：デジタルネイティブ世代である高校生にとって、Web 上で行う小テストは、小学校や中学校でも少なからず経験していることから、導入段階で特に戸惑いや操作に関する不安を感じることはなかったものの、Attention 要素の結果から、Web 小テストを実施する意図について、高校生に改めて理解を求める必要性を実感した。扱う問題についても、例えば2次式の平方完成や指数計算・対数計算といった何度も繰り返して計算力や計算精度を向上させる必要がある分野に特化して Moodle を活用し、場合の数と確率や図形と計量など、解答に至るまでにある程度の数学的な問題解決過程をふまえる必要がある問題は紙小テストで実施する等、ハイブリッド的な実践も今後検討していく必要があるだろう。

項目	中学入学生	高校入学生	全体	SD
AT01	2.47	2.52	2.50	1.22
AT02	3.53	3.41	3.47	1.09
AT03	2.81	2.99	2.89	1.20
RE01	2.47	2.59	2.53	1.14
RE02	3.07	3.03	3.05	1.09
RE03	3.21	3.12	3.16	0.80
CO01	2.89	2.99	2.94	1.25
CO02	3.15	3.09	3.12	1.05
CO03	2.50	2.52	2.51	1.08
SA01	2.72	2.71	2.72	1.09
SA02	3.50	3.20	3.35	1.09
SA03	2.61	2.75	2.68	1.17

Moodle をどんな目的で活用したか	授業の内容を振り返るため (90)，苦手単元を克服するため (81)，定期考査・模試に向けた学習のため (37) ※ () 内は回答人数
Moodle の良い点	自分のやりたい単元を学習できる/ドリルをして小テストの形式が自分には合っていた/どの問題が自分にとって弱いのか分かりやすい/合格点を取るまで受け直しができる
Moodle の改善すべき点	計算をするために結局紙が必要だった/正解・不正解だけでなく解説も欲しい/インターネット環境がないと学習ができない/選択式なので勘でも当たることがあった

表 8: ARCS の各要素に対する回答（数値）と自由回答（記述）

4.2 問題と選択肢の妥当性の調査

結果：数学科教員 10 人が検証した共通問題 5 題について、「修正の必要あり」と回答した割合を表 9 に示す。数列の問題において、10 人中 3 人が「修正の必要あり」と判断し、5 題の中では最も多い割合となった。教科書（例えば [4]）では、「 $a_1 = 6, a_{n+1} = -\frac{1}{2}a_n, (n = 1, 2, 3, \dots)$ 」で定められた数列 $\{a_n\}$ の一般項を求めよ.」と記されていることを鑑みて、「修正の必要あり」と判断したのではないかと推察する。その他の 4 題については、今回の検証では「修正の必要なし」と評価された。

	①確率	②数列	③三角関数	④2 次不等式	⑤1 次不等式
問題文	0.0	30.0	0.0	0.0	10.0
選択肢	10.0	12.5	7.0	0.0	12.5

表 9: 共通問題における「修正の必要あり」のカウント数の割合 (%)

また、検証した問題（155 題）について、「修正の必要あり」と回答した割合を表 10 に示す。横罫線の区切り線は科目「数学 I」「数学 A」「数学 II」「数学 B」「数学 C」を表している。特徴的な結果として、数学 A の単元「場合の数と確率」「図形の性質」「整数の性質」、数学 II の単元「三角関数」「微分と積分」について、「修正の必要あり」と判断された。一方で、数学 I「数と式」「2 次関数」、数学 B「数列」、数学 C「ベクトル」は「修正の必要あり」と判断された割合は比較的低かった。

単元	検証した 問題数	「修正あり」の割合 (問題文)	「修正あり」の割合 (選択肢)
数と式	18	11.7	7.6
集合と論証	13	46.2	23.1
2 次関数	15	13.3	16.7
図形と計量	20	5.0	17.5
データの分析	5	0.0	0.0
場合の数と確率	12	33.3	19.6
図形の性質	11	63.6	6.8
整数の性質	11	63.6	25.0
三角関数	12	50.0	15.2
微分と積分	15	40.0	15.0
数列	12	19.2	9.4
ベクトル	11	18.2	9.1

表 10: 検証した問題（155 題）における「修正の必要あり」のカウント数の割合 (%)

考察：今回の検証では、生成 AI を活用した作問において、図形の性質を問う問題の作問は、文章表記で出題すること自体が難しく困難を実感した。また、確率の問題では、選択肢が約分前の形で提示されていたことも「修正の必要あり」と判断されたことに起因しているのではないかと推察する（図 11）。一方で、数と式の計算問題や、2 次式の平方完成の問題については、安定した作問ができたと評価でき、生成 AI で作問をする上での得意単元、不得意単元が存在する可能性がある。

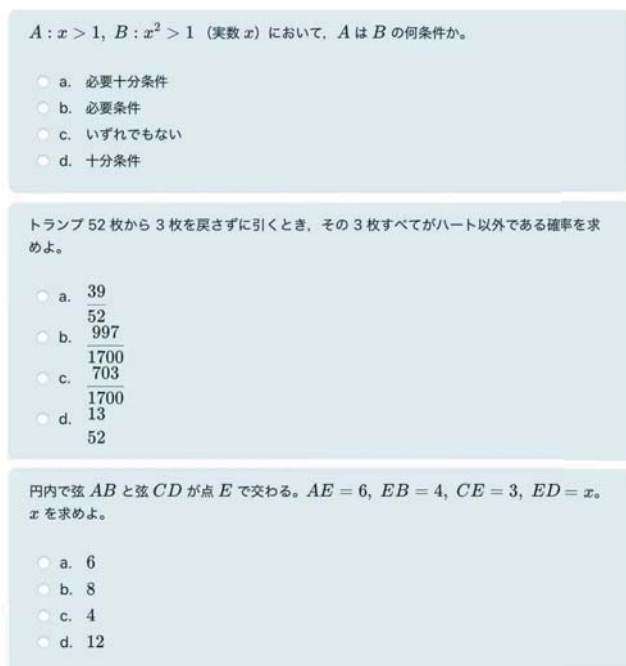


図 11: 「修正の必要あり」の割合が高い問題（集合と論理，確率，図形の性質）

5 まとめと今後の課題

本稿では、生成 AI を活用した Moodle 小テストを構築し、生徒の「個別最適な学び」を支援する学習環境について、その効果検証を図った。また、複数の数学科教員のよる問題、選択肢の実用上の妥当性を検証することで、今後、生成 AI を活用した作問を行う上での懸念点や改善点について示唆を得た。

運用方法として、計算用の紙が必要であることや、正誤の確認の際のフィードバックの方法について課題点があるものの、生徒が自ら学習単元を選んだり、何度も繰り返して苦手単元に取り組めた結果から、一定の効果を得た。複数教員から得た評価をもとに、今後はどのような修正を加えるべきか、詳細に検討を重ねるとともに、生成 AI に事前に学習させる教材やプロンプトを整理して、問題品質の向上を図りたい。また、生徒の詳細な学習ログの解析を進め、学習時間と外部模試の成績との相関性の有無や小問集合の正答率との関係性について、検証を進めたい。

参考文献

- [1] 文部科学省: 令和 6 年度学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果（概要）, https://www.mext.go.jp/content/20251031-mxt_shuukyo01-000044325_01-1.pdf, 2025 年 10 月。

- [2] 文部科学省: 学習指導要領の趣旨の実現に向けた個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実に関する参考資料, https://www.mext.go.jp/content/210330-mxt_kyoiku01-000013731_09.pdf, 2021 年 3 月.
- [3] John M. Keller: Development and use of the ARCS model of instructional design, *Journal of Instructional Development*, Volume 10(3), pp.2–10, 1987.
- [4] 俣野博・河野俊丈ほか 50 名: 数学 B Standard, 東京書籍株式会社, 2024.