

数学学習における BYOD の有用性

ー『対数関数』の理解を促す活用に向けてー

教育学研究科 教育実践創成専攻 教科領域実践開発コース 中等教科教育分野 1年 相原良美

1 研究の動機

令和4年度より高等学校においても BYOD (Bring Your Own Device) が導入され、今年度で2年目になる。それ以前から、高校生にとってスマートフォンは身近な ICT となっていた。東京都によると、令和元年度の調査では、高校生のスマートフォン所有率は9割以上だったと発表されている。山梨県内の高校生にとっても、コミュニケーションツールとして、なくてはならないICTとして広く浸透している。特にコロナウィルス感染症流行下においては、学校における ICT 機器の活用として、出欠席の確認や連絡事項の送受信など、授業以外の場面でより活用が身近になった。一方で、BYOD の導入間もないこともあり、授業における ICT 活用の場面については各教師による模索が続いており、発展途上にあると言える。しかし、学習指導要領でも、ICT 機器の活用が生徒の学習に対する意欲や、学習効果を高めることが明記されていることから、実際に ICT 機器の効果的な活用場面を設定し、実践していくことで、数学を苦手と感じる生徒の、学習に対する意識変容につなげられることを検証することは意義のあることと考えられる。

2 研究の背景と目的

2-1 「高等学校学習指導要領」での ICT 活用の状況

ICT 活用の背景や意義について、「数学教育でコンピュータなどを積極的に活用することも重要である。(中略) コンピュータなどが活用できるようになった現在では、高等学校数学においてもより現実の世界を反映した問題を取り扱い、社会や生活との関連を重視した学習が

可能となってきた。そのような学習は、数学の学習に対する関心や意欲が高くない生徒にも数学を学習する意義を認識させ、意欲を高め数学的な力を伸ばすことにもつながると考えられる。」と示されている。

学習指導要領で高等学校の数学科における各分野の ICT についての記述を調べた結果を表1に示す。

表 1 ICT について記述のある分野

	記述あり	記述なし
第1章 総則	第3款1(3)	
第2章 数学Ⅰ	二次関数 データの分析	数と式 図形と計量
数学Ⅱ	図形と方程式	いろいろな式 指数関数・対数関数 三角関数 微分・積分の考え
数学Ⅲ	極限	微分法、積分法
数学A	図形の性質	場合の数と確率 数学と人間の活動
数学B	統計的な推測	数列 数学と社会生活
数学C	平面上の曲線 と複素数平面	ベクトル
	第3款2(2)	

学習指導要領において、“コンピュータなどの情報機器”の活用について触れられているのは、数学Ⅰ、Ⅱ、などの科目ごとに1、2分野である一方、解説の方での言及がされている分野(右列、ゴシック体下線)を含めば、高校数

学で学ぶ内容の全体では7割以上となる。また、第4節第3款2(2)において、「必要に応じてコンピュータ等を適切に活用し」という形で、特定分野に拘らずに柔軟に対応するよう広い分野での活用が示唆されている。

2-2 「全国学力・学習状況調査」からみた ICT 活用の現状

次に、全国学力・学習状況調査において、教員に対する質問「前年度に ICT 機器を活用した授業を1クラスあたりどの程度行ったか」という項目では、調査のあった3年間で、小中学校ともに、その使用頻度は年々増加している。特に、令和4年度ではほぼ毎日の使用があったという回答が7割近くを占めた。また、児童・生徒への質問「学習の中で ICT 機器を使うことが勉強に役立つと思うか」という項目では、調査開始後2年間で、肯定的な回答が9割以上となっている。

義務教育段階での ICT 機器の活用がかなり進んでいることや、児童・生徒の立場からも、学習においての有用感を多くの割合で感じていることがわかる。

2-3 先行研究より

先行研究「授業理解を促すための ICT の活用方法について」(中村 2015)では、

- ・考察し表現することを「できる」観点
- ・理解を深めることを「わかる」観点
- ・創造性の基礎を培うことを「見つける」「つくる」観点
- ・数学を活用することを「使う」観点

という5つの観点到に注目している。ICT 活用の意義は、このうち「できる」「わかる」観点的目標を實現し、そのうえで「見つける」「つくる」

「使う」観点的目標を達成するためにあり、特に、後半3つの観点是、ICT を活用しなければ十分な達成にならない、と述べている。

さらに、この意義を踏まえて、ICT 活用的方向性として①問題の動的な扱い、②問題の発展的な扱い、③性質の発見から証明、④グラフ的表現と幾何的表現の関連付け、⑤社会や日常生活との関連付け、に注目して行うことを提案している。

2-4 研究の目的

中村(2015)での提案を参考に、本研究の目的は、ICT 機器を活用した授業を通して、数学の学習に対する意識の変容を調査すること、「見つける」「つくる」の観点的を取り入れた ICT の活用により、苦手意識のある生徒の学習支援方法について検証すること、とする。そもそも「活用」とは、デジタル大辞泉によると、「物や人の機能・能力を十分に生かして用いること。効果的に利用すること。」と定義されている。それを踏まえ、この研究では活用について、生徒自身の“効果的な利用”と位置づけて検討したい。

また、ICT 教材の開発にあたっては一般的に数学科教師の技術・能力を超える部分が大きい。中には高いスキルを身に付け、自ら開発できる教師もいるが、すべての数学科教師ができることではない。さらに、開発できるスキルをもつ教師であっても膨大な時間を要することもあり、クラス指導、部活動指導等を抱える学校業務の中で、授業で活用するのにふさわしい教材をゼロから開発することは難しい。したがって、今回の実践では、学校における様々な業務に当たりながらも活用できる“既存のもの”を用いての活動を行った。本研究では、これまでの授業で生徒が認知していたこと、その使用によって生徒自身の「見つける」「つくる」体験ができ、今後の学習のヒントに繋がる可能性が期待できると判断したこと、BYOD の活用ということから、教科書のコンテンツではなく数学ソフトウェアである GeoGebra 等のソフトウェアを用いた。

3 研究の内容

3-1 実習校の実際

今回の研究は、山梨県内にある公立 A 高校において、BYOD 導入初年度の入学生である2年生の文系クラスを対象とした。数学の学習に対しては、与えられた課題を丁寧に取り組むなど、真面目な姿勢がうかがえるが、自ら考えて試行錯誤する活動は、あまり見られなかった。また、参与観察を始めた5月から7月までの様子と、

担当教諭への聞き取りから、ICTの活用について、授業内での活用は学習分野や授業者に依存している状況であることが分かった。利用は、問題解説の表示や GeoGebra の提示などの教師による活動のほかに、毎週の小テストを生徒自身が BYOD を用いて解答する活動が主であった。これらは、生徒視点からみると、“利用”の範囲にとどまるものと考ええる。

また、実習校の教員に対して令和4年度の ICT の活用実態について、アンケート調査をした結果は図1のとおりである。回答教科は、数学科に加え、国語科、公民科、理科、英語科となっている。最も回答が多かったのは、「授業等の連絡」「課題の指示」「資料やスライドの投影」で、主に教師による利用であり、次いで、「課題提出」「小テスト」「グループワーク」と生徒の活動に伴う利用の順であった。いずれも、生徒視点からすると、利用の範疇にとどまっている。

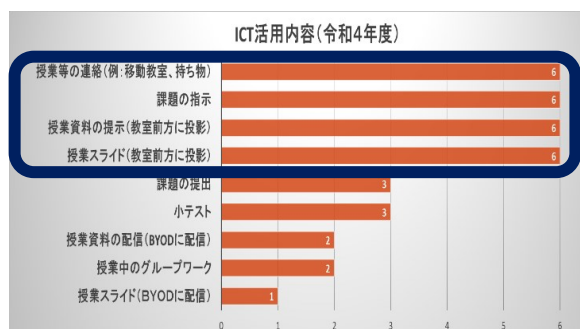


図1 ICTの活用内容(令和4年度)

3-2 授業の概要

- 【対象】 山梨県立A高校 2年生(文系)
 【期間】 令和5年9月19日(火)~28日(木)
 【内容】 数学II 指数関数・対数関数
 2節 対数関数
 【活用場面】 GeoGebra、PowerPoint、
 Kahoot! を使用

授業実施後に、数学の授業に対する意識、ICT活用に関する意識、ICT活用についての感想を問うアンケートを実施した。

3-2-1 活用場面①グラフの性質を捉える

グラフの性質を捉えるために、GeoGebraを用いて描いたグラフと紙面に描いたグラフを比較する活動、GeoGebraで底を変えて複数の

グラフを描写する活動を行った。

図2の生徒Aは、 $y = \log_a x$ の底 a を $a > 1$ の範囲で入力したグラフの変化について考察している。事前に紙面に描いたグラフよりも、変化のしかたや連続性が正確かつ詳細に表示されるため、グラフのイメージがつかめている様子がうかがえた。また、複数のグラフを、底の値に注目して比較している様子が見られ、底を変えながらグラフの変化を予想して確かめていく活動につながった。これらは「見つける」活用だったと考える。

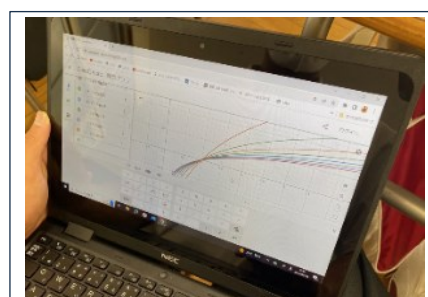


図2 生徒Aによる比較画面

さらに図3の生徒Bは、 $y = \log_a x$ の底 a に $a = 0.5, 1, 2$ を入力しグラフの変化を考察している。底が逆数になるとグラフがどのように変化するかを試す中で対称性に気づき、他の逆数の組み合わせでもグラフを表示している様子があった。その過程で、特に $a = 1$ の場合に注目するとグラフが y 軸に平行になることに気が付いた。このことから授業では、既習の指数との対応から、 $1^x = 1$ を示し、指数関数における、 $y = a^x$ のグラフとの関連を扱うことができた。この $x = 1$ のグラフは、教科書には示されていないので、この活動は「つくる」活用があり、そこからさらなる発見、すなわち「見つける」活用につながったと考える。



図3 生徒Bによる比較画面

いずれも、GeoGebra を用いることで複数のグラフの表示が容易になり「つくる」活用が行われ、比較することで「見つける」活用へ、さらに新たに「つくる」活用へと発展したことが示唆される。

3-2-2 活用場面②気づいた性質を共有する

グラフの性質について気づいたことを共有するために PowerPoint を用いてまとめる活動を行った。4、5 人のグループで 1 枚のスライドを作成した。

全体での共有は、始めにすべてのグループに共通して挙げられた項目について行った。その際、図 4 の 1 班のように、特に指示しなくても訂正や補足が必要だと感じた部分をスライドに書き込み（枠内）、グループ内で追加共有を図るような活用を行った班もあった。

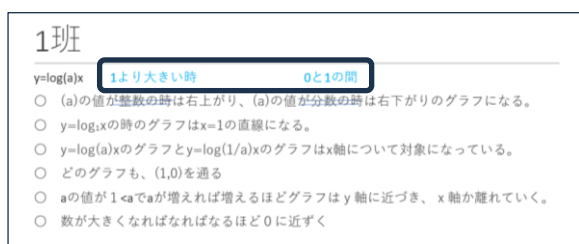


図 4 1 班スライド

共有する活動は、性質の理解を深めることで「わかる」活用となったとともに、自分の言葉で表現することで理解を深め、「できる」ようになるための活用に繋がった。

3-2-3 活用場面③オンライン復習

知識定着のための復習として、オンラインで行う Kahoot! クイズを実施した。Kahoot! はノルウェーで開発され、提供されている教育用ゲームのプラットフォームである。

実習校では学習定着度の確認として、通常週に 1 度小テストを実施している。今回の Kahoot! を用いた復習は、普段の小テストとの違いとして、「1 問ごとに制限時間がある」「1 問ごとに正答率がわかる」「1 問ごとに参加者のスコア・順位がわかる」「終了後すぐに総合順位がわかる」などの特徴がある。この即時的に結果が分かる点と、順位や正答率を上げたいという外発的動機につながる点から、定期的

な復習に用いることで学習意欲の喚起につながると考えられる。実際、ゲーム性の高いアプリのため、学習へのハードルを下げ、内容理解への意欲が高まり、利用を通して「わかる」ための活用に繋がった。

4 分析、考察

4-1 アンケート内容と結果および分析

アンケートは授業後の 10 月に、意識調査 2 種類、感想 1 種類の合計 3 種類を実施した。

意識調査については「数学に対する意識調査」「ICT の活用に関する意識調査」の 2 種類で、ほぼ同じ表現による質問を 10 問と、ICT の操作性に関する質問を 1 問用意した。質問項目は、中村ら（2021 年）から援用し、興味、実用性、姿勢（ICT に関するもののみ操作性も含む）について 5 件法とし、25 名から回答を得た。

数学および ICT 活用に対する意識調査の、主に学習に対する姿勢を問う設問について分析する。

1 つめの「自分の考えをよく発言できるか」の項目について、回答は図 5 のとおりである。



図 5 「自分の考えをよく発言できるか」に対する回答

上段が、数学の授業において、下段が、ICT を用いた場合の授業において、となっている。数学の授業全般における発言のしやすさは、肯定的な回答が 2 割に満たなかった（16%）が、ICT を介することで、3 割を超える（32%）結果となった。ICT ツールによって発言に対するハードルが下がったと考えられる。

2 つ目の「他の生徒/他の考えがよくわかるか」の項目についての回答は図 6 のとおりである。数学の授業全般において、肯定的な回答が 5 割弱（48%）だったが、ICT を介することで 7 割近く（68%）まで増えている。先述の項目と総

合すると、ICTを用いた授業の方が意見を発言しやすく、他の考えを知る機会に繋がると認識していると考えられる。



図 6 「他の生徒/他の考えがよくわかるか」に対する回答

また、「ICT活用に関する感想」はGeoGebra、PowerPoint、Kahoot! に関して、記述式で授業後に実施し、回答は24名から得られた。

GeoGebraについての感想は、「表示」「比較」「イメージ」のしやすさについてさらに分類した。「表示」のしやすさについて述べた回答は図7の通り8件確認できた。

- A1:簡単にグラフが示せるので使いやすい。
復習しやすい
A2:少し適当に入力すれば新しい関数とかが知れるからものすごくよい
A3:数字を打つだけでグラフがでたのすごかった
A4:数字を変えたりしてグラフをいろいろ作れてよかった
A5:数字を打ち込むだけでグラフがつけれるところが良い
A6:自分で紙に書くよりも効率よくできて良かった
A7:手でグラフを書くだけじゃわからないことも多いから、細かいところを見ることができた
A8:簡単にグラフが表されて、わかりやすかった

図 7 表示のしやすさについて述べたGeoGebraの感想

紙上にグラフを描くよりも効率的に示せる点や、手書きでは曖昧だった関数の連続性を確認できる点、「底」を変えて複数表示することが容易な点などが挙げられた。これまで、手書きで

グラフを描く際、与えられた関数の式から x 座標が整数値となる点を求めてつなぐ、という作業をしていたと考えられる。対数の計算に慣れていない段階では手間がかかり、複数のグラフを示したいという欲求は高まりにくい。その点、ICTを用いることで、 x 座標が整数でない部分も正確に示すことができ、全体を簡単に表示できる。そのため、底を変えてグラフがどのように変化するかを思考する（「見つける」）きっかけに繋がったと考える。

また、「比較」のしやすさについて述べた回答は7件確認できた（図8）。複数表示したうえで比較しやすい点など、違いや性質を「見つける」視点の感想が複数回答された。また、A10下線部のように比較することで学びが深まったと自覚した生徒もいた。

- A9:図を正確に表しているのを実際に見ることで数値でのグラフの違いがわかった
A10:自分でグラフ同士の比較をして学びを深めることができた。
A11:沢山グラフをいれて比べるとき違いが分かりやすかった
A12:値を変えることでグラフがいくつか重なって違いがわかりやすかった
A13: 使い方がわかればたのしめたが、自分で考えることが減るのかなと思った。それでもいくつかのグラフとの比較はしやすかった。
A14:自分で数を変えながらグラフの変化を自由に見ることができたのでとてもわかりやすかった
A15:何個も見比べることができて比較するのに最適だった。

図 8 比較のしやすさについて述べたGeoGebraの感想

さらに複数のグラフを表示したことでの、「イメージ」のしやすさについては5件、確認できた（図9）。対数関数についてはここでの学びが初出であるため、生徒に $y = \log_a x$ のグラフのイメージを残すことができたことは大きい。先述の図8、A13下線のように、グラフを

描く際に思考する機会の減少について危惧する感想もあったが、ここで ICT を用いてグラフを示した経験が、のちに紙面上に示す際にも生かせることを踏まえると、GeoGebra を用いた活動は、生徒自身が効果的に利用し、自ら発見する機会となったと考えられる。

A16: グラフのだいたいのイメージがついたのでよかった

A17: グラフのイメージがつかめてよかった
グラフが確認できたのでわかりやすかった
グラフはわかりやすかったが、操作方法が難しかった。

A18: 使いやすかった。関数をグラフでイメージすることができるのでわかりやすかった。

A19: イメージしやすいので良かった

A20: 関数のグラフが分かりやすかった
イメージができたので問題を解くときに理解しやすかった

図 9 イメージのしやすさについて述べた GeoGebra の感想

次に、PowerPoint に関する感想では、他者との共有のしやすさ、コミュニケーションのとりやすさなど、ツールとしての利便性に関する感想があった(図 10)。便利だけでなく、図 4 の 1 班のように色を変えてポイントを追加するなど印象に残るように編集を加える活動は、生徒が自ら考え、スライドを効果的に用いた結果である。また図 6 の意識調査のように、共同編集の際に発言に対するハードルが下がったことで、一人では至らない新たな発見や、自分に無かった考えを共有することにより、この活動が「見つける」視点につながっていることがわかる。

Kahoot! について(図 11)は、復習になった、覚えやすい、知識の定着になった、など利用を通しての「できる・わかる」視点の感想が多数回答された。特に、学びに対する外発的動機につながる感想や、楽しい、やる気が出た、などゲーム的な要素によって、学習の意欲が高

まるという感想が複数の回答から確認できた。文系志望の生徒にとって、少しでも学習の意欲が高まる瞬間を味わえたことは、今後の学習への効果が大きいと考える。

B1: 他人のいろいろな意見を知ることができたり新たな発見が生まれて良い(多数)

B2: 他人がどう考えているかを見れたので視点が広がった

B3: 自分には無い考えを知れたり、自分の考えを人に伝わるように言葉にすることで自分の考えを具体化することができ良かったと思う

B4: 自分が思ったこと、班員が思ったことを共有できるので良いと思った(多数)

B5: コミュニケーションもとれてよかった

B6: 手をあげて発言するよりも自分の意見を言いやすかった

図 10 PowerPoint の感想(抜粋)

C1: 復習になった(多数)

C2: 少しの間でもそうやって覚えやすいようにゲーム形式で行えるのはとても良かった(多数)

C3: 楽しく知識を定着させることができた(多数)

C4: 選択で簡単にできて覚えられるし、わかりやすかった

C5: 公式や計算を確認できるしタイムを競い合ったりしたりできてとても楽しかった。これからも活用していきたい。

C6: ランキングがでるのでやる気が出た

C7: 単純に早く正確に解こうという意識がわいてよかった

図 11 Kahoot! の感想(抜粋)

4-2 定着度テストの結果と分析および考察

対数関数分野の小テストは全 3 回(9 月 25 日、10 月 2 日、10 月 10 日)実施されたが、当該授業の内容を含む小テストは、10 月 2 日回だったため、分析はその回を行った。授業後、間をおいて確認テストを行うことから、学習期

間とずれがあった。文系2クラスを習熟別に3パートで展開しているが、すべて同一問題を実施している。3つのパートは、対象グループ、比較グループ①、比較グループ②とする。対象グループと比較グループ①は、第2回定期考査の結果から、平均点がほぼ同等となるように分かれている。また、グループの特徴として、比較グループ①はICTの使用が少ない点、比較グループ②は、ほかの2グループよりも平均点では低い点、少人数での授業を実施し、基本的な内容を中心に学習を進めている点がある。

表2 グループ別の定着度テスト結果(10月2日)

10月2日	対象G	比較G①	比較G②
平均値	72.27	70.38	58
Q3	85	85	85
中央値	72.5	85	60
Q1	56.25	47.5	42.5

(注) Q1:第一四分位数、Q3:第三四分位数

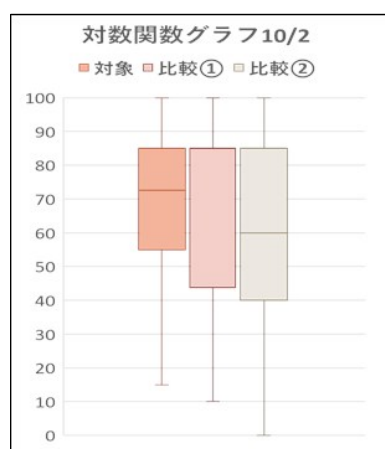


図12 各グループの定着度テスト結果の点数分布(箱ひげ図)(10月2日)

分析においては、学習到達度が同等となるように分けた対象グループと比較グループ①において述べる。

表2および図12によると、平均点が一番高いのは対象グループであった。第三四分位数は3グループとも85点で等しく、各グループの25%以上が80点以上となっていたことがわか

る。特に対象グループにおいては、範囲及び四分位範囲が最も小さく、成績のちらばりが最も小さくなっているといえる。

図13は対象グループと比較グループ①の得点を階級幅20点のヒストグラムで表したものである。80点以上の上位層は、どちらのグループも約半数存在しているため、80点未満の階級について考察した。対象グループは階級が上がるにつれて度数が増えているのに対して、比較グループ①では、40点から59点の階級を山とした分布になっている。対象グループの分布から、中間層の生徒にとってGeoGebraの操作経験が学習理解に活かされていると考えられる。また、図9に示したGeoGebraの感想のA20下線より「イメージができたので問題を解くときに理解しやすかった」とあったことから、生徒自身もICT(GeoGebra)の活用体験が問題を解く際に生かされていると認識していると考えられる。

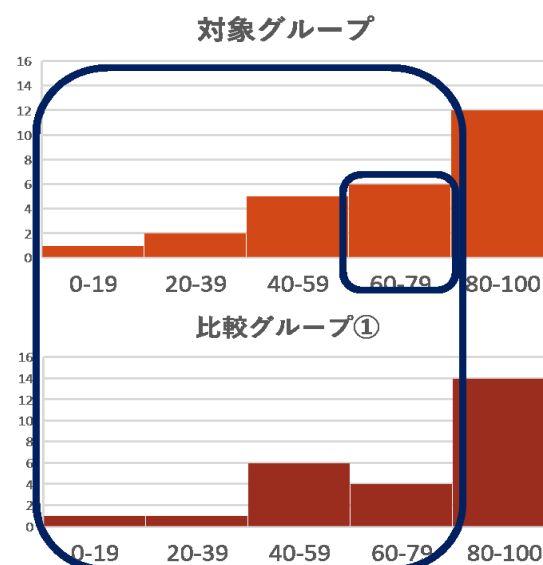


図13 対象グループと比較グループ①

4-3 実践授業の成果と課題

今回の授業実践の成果として、ICTの活用によって、「できる」「わかる」の観点は実現できること、「見つける」「つくる」の観点も達成できること、そして自由記述のアンケート回答と小テストの結果から、ICT活用の経験が学習理解と学習意欲向上のきっかけになることから、

学習における有用性を見取ることができた。

また、授業実践を通して ICT 活用の課題として、活動の中におけるデバイスの位置づけ、「使う」の観点での教材開発の必要性が挙げられる。

5 ICT活用場面の検討

授業実践の課題より、主に以下の点に留意した ICT 活用の場面について検討したい。

5-1 ①有用な ICT 活用とは

研究を通して、BYOD によって個人での活動が可能になったことで、思考を深める際に ICT は有用であるとわかった。しかし数学の学習に対して消極的な生徒にとって、“個”での作業や、“個”で学びを深める活動には限界がある。今回、少人数での活動の中で、他者に伝えるために考えをまとめることや、他の意見を知ることにより理解が深まること、他者に自分の発見を受け容れてもらうこと、などの経験が、深い学びにつながっている。活用のなかでアウトプットするツールとしてグループ活動の中で ICT を用いることがその有用性を高めていた。さらに、利用をきっかけとして学習意欲が高まった場面があったことから、ICT が単なる“利用”にあたる場合でも、意欲を高める活用として有用となり得ることがある。

5-2 ②「使う」観点での活用

中村（2015）で指摘されていた「使う」の観点については、今回の授業実践の範囲では設定しなかった。しかし、対数関数は生徒にとって身近なものとして捉えづらく、学習する意味が見いだしにくい分野である。そのような分野において「使う」観点は特に、日常生活との関連のある部分を含む教材開発が必要だと感じる。学習指導要領解説理数編（p.61）にあるように、実際のデータを BYOD で処理することで、問題をより自分事として捉える経験を通し、数学の学習に対しての意識の変容にも繋がっていくことが期待できる。

目となり、全学年生徒が各自のデバイスを保有する初年度となる。生徒自身が有用性を認識しながら、BYOD を活用できる教材や授業の研究を、今後も続けていきたい。

引用・参考文献

- 1) 「デジタル大辞泉・Weblio 辞書・百科事典」, <https://www.weblio.jp/cat/dictionary/sgkdj> (「活用」の意味や使い方がわかりやすく解説 Weblio 辞書), (参照日 2024-01-09).
- 2) 国立教育政策研究所, 「令和4年度全国学力・学習状況調査」, 2023, <https://www.nier.go.jp/22chousakekkahouku/22summary.pdf>, (参照日 2023-06-20).
- 3) 文部科学省, 「高等学校学習指導要領（平成30年3月告示）」, 株式会社東山書, 2018, p.1-10, 37-45.
- 4) 文部科学省, 「高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説 数学編 理数編」, 学校図書株式会社, 2018, p.1-139.
- 5) 文部科学省, 「算数・数学科の指導における ICT の活用について」, 2021, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/mext_00915.html, (参照日 2023-06-29).
- 6) 中村好則, 「高校数学科における ICT を活用した指導とその意義」, 岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要 14, 2015, p.37-45.
- 7) 中村好則・立花佳帆・山本奨, 「中学校への ICT 環境導入初期の数学学習における ICT 活用の可能性と課題ー「いわて学びの改革研究事業」の研究協力校での生徒への質問紙調査を通してー」, 岩手大学大学院教育学研究科研究年報 5, 2021, p.149-157.
- 8) 生活文化スポーツ局都民安全生活推進部都民安全課（東京都）, 「家庭における青少年のスマートフォン等の利用等に関する調査」, <https://www.metro.tokyo.lg.jp/tosei/hodohap/pyo/press/2023/03/28/32.html>, (参照日 2024-01-17).

6 まとめ

令和6年度には高等学校 BYOD 導入も3年