

第15章

ICTの活用が学力格差に与える影響 —分位点回帰モデルによる実証分析—

井上 海揮

要約

本稿では、学校での ICT の活用が生徒の学力や学力格差にどのような影響をもたらすのかについて考察する。既存の研究では、ICT の活用が生徒の学力を向上させることを主張する研究もあるが、結果はまちまちで、学力格差への影響については一貫した結果がない。そこで、本稿では学校単位で集計した PISA データを利用して、生徒と教員の ICT 利用が、生徒の学力及び学力格差に与える効果を分析した。学力への影響ではデータの階層性を考慮して階層線形モデルを、学力格差への影響では、格差の縮小と拡大への寄与を捉えるために固定効果分位点回帰モデルを適用した。分析の結果、生徒の ICT 利用率は学力と負の関連を持つ一方、教員の ICT 利用率は学力向上に寄与するという知見が得られた。しかし、学力格差との関係では、教員の ICT 利用率は特に上位層の生徒の学力を向上させる傾向が見られ、むしろ学力格差の拡大の一因となっている可能性が示唆された。ICT の教育利用では、教科ごとの有効性の違いに留意しつつ、学力下位層の生徒の取り込みが課題になると言える。

1. はじめに

本稿では、学校における ICT の活用が生徒の成績及び学力格差に与える影響を明らかにすることを目的とする。学力格差は、子どもが生まれ育った環境により学力に差が生じる状況を指し、多くの国で社会問題として認識されている。この格差を解消するために教育関係者や政策立案者が ICT の教育への潜在的価値に着目し始め、多くの先進的 ICT 機器の導入が進められている (Gumus and Atalmis 2011; Skryabin et al. 2015)。このような背景のもと、ICT が教育に与える影響に関する研究は注目を集めており、特に学力格差を解決する手段として ICT の利用に期待が寄せられている (Sanfo 2023)。

Blurton (1999) によれば、ICT は「情報を伝達、作成、普及、保存、管理するために利用される多様な技術的手段と資源の集合」(Blurton 1999, p.46) と定義される。多くの研究により、ICT の導入が学力向上に貢献しているとの報告がなされている。学校の授業でコン

コンピュータを活用することは、従来の教室では講義のペースについていけない生徒や、自分のペースでより早く教材を進めることができる生徒の双方に有益であるとされる (Barrow et al. 2009)。しかし、全ての研究で見解が一致しているわけではなく、ICT の教育利用に関する共通の学術的意見は確立されていない。一部の研究では、ICT の利用方法によって学力効果が変わる可能性を指摘しており、成績が優れている生徒は自らの学習に ICT を効率的に組み入れる能力があるため、ICT の利用によって得られる利益が他の生徒と比べてより顕著であるという主張も見られる (Falck et al. 2018)。

しかし、上記のような既存研究の多くは国レベルの分析を中心としており、学校や生徒個々の ICT の影響に関する研究は不足している。国別のデータを用いると、国内の学校における教育環境や文化、社会経済的背景の違いが一律に扱われる恐れがある。そのため、本稿では学校レベルで集計されたデータを用いて、ICT の活用が学業成績や学力格差に与える影響を検証する。

理論的には、生徒が ICT を活用することにより、それまで教育資源にアクセスすることが困難だった生徒にも平等な学習手段が与えられて、他の生徒の学力レベルに追いつく機会が得られると考えられる。また、教員が ICT を利用することで、学習進捗のモニタリングや個別指導を含んだ、多くの面で生徒の学習を促進することが可能になる (Bulman and Fairlie 2015)。しかし、実際の分析結果からは、教員の ICT 利用が生徒の学力向上に寄与する一方で、生徒自身の ICT 利用は成績と負の関係が見られた。また、生徒及び教員の ICT 利用が学力格差の拡大を助長する可能性も示唆された。更に、教員向けの ICT サポート体制の強化が、全体的な学力水準の向上をもたらすものの、やはり格差を拡大させるリスクもあることが結論づけられた。この点を踏まえ、ICT を活用しつつ学力格差の拡大を防ぐためには、生徒の個々の能力や教科の特性に応じた ICT の利用と、教員が効果的に ICT を活用するための研修及びサポート体制の整備が重要であると考えられる。

2. 先行研究

ICT の活用が教育効果を向上させることを期待して、学校はテクノロジーに多額の資金を投じている (Barrow et al. 2009; Bulman and Fairlie 2015)。ICT の活用と学力の関係性について、学校でのコンピュータ利用が生徒の学業成績に良い影響を及ぼすことが示されている (Simões et al. 2022)。Carrasco and Torrecilla (2012) によると、学校に自由に使えるコンピュータが 10 台以上設置されている場合、学校全体の成績が向上するとされている。しかし、学校でのコンピュータ利用と生徒の学業成績の関係は逆 U 字型であるとの研究結果もあり (Fuchs and Wossmann 2004)、一概に ICT の増加が成績向上に寄与するわけではないことが示唆されている。

個別の教科ごとの ICT の有効性の違いも注目されており、正負両方の影響が報告されて

いる。一般的には数学、理科、国語の三教科において研究されるケースが多く、Harrison et al. (2002) はいずれの教科においても ICT の利用と成績の間に正の関係があることを明らかにしている。特定の教科に焦点を当てた研究もあり、数学では、ゲーム活動や情報管理、技術操作、コンテンツの創造や問題解決の手段として ICT を利用することで、数学の成績が上がるという報告もある (Meggiolaro 2018)。理科においては、ICT の利用経験があり、インターネットを頻繁に閲覧し、基本的な ICT 作業に自信を持っている生徒ほど、理科の得点が高いという (Luu and Freeman 2011)。一方で、ICT の利用と個別の教科の教育成果との間に負の相関を見出す研究もある。Hu et al. (2018) は OECD 加盟国 44 カ国を分析し、学校での ICT 利用が各教科のテストスコアに負の影響を及ぼすと結論付けている。Petko et al. (2017) も、39 カ国の分析で同じ結果を導いている。

上記のように ICT 活用と学力向上の関連については多くの研究が行われているが、ICT 活用と学力格差の関連に注目した研究は少ない。その中でも、Karlsson (2022) によると、学校での日常的なコンピュータ利用はテストスコアと負の関連があり、そのような負の関連は成績の低い生徒において顕著で、ICT の過剰利用は学力格差を拡大させると指摘した。また、Sanfo (2023) は日本のデータを用いて、学校での ICT 利用はその形態に応じて学業成績にプラスにもマイナスにも影響することを明らかにした。具体的には、成績が低い生徒では ICT 利用と学業成績の間に負の相関があり、成績が高い生徒では正の相関があるが、この関係は国語のみで統計的に有意な結果が得られた。

このように、ICT の学習効果に対する期待にもかかわらず、その実証的な結果は一貫していない (Odell et al. 2020; Torgerson and Zhu 2004)。その一因として、コンピュータの利用方法や活動内容に学習成果が大きく依存していることが挙げられる (Meggiolaro 2018)。ICT の利用法の中には、生徒の成績を向上させるものもあれば、オンラインサーフィンやメール、メッセージの利用など、勉強の妨げとなり成績を下げることにつながるものもある (Lei and Zhao 2007)。特に、学習ツールとしてではなく娯楽目的で ICT を利用する生徒や、コンピュータを暇つぶしやゲームをするための道具であると感じる生徒は、成績が低い傾向にある (Simões et al. 2022)。しかし同時に、ICT は情報収集やコミュニケーションのための有効なツールとしての価値を持ち、適切に利用すれば学習効果を高めることができる (Lei and Zhao 2007)。そのため、教育における ICT の効果的な取り入れ方には、教育プログラムの内容や学習活動の方法を綿密に考慮することが重要であると考えられる。

3. 理論仮説

ICT が生徒の学力向上に与える影響については、多岐にわたる理論が提唱されている。一つには、ICT の利用は生徒の個別化された学習を可能にし、生徒一人ひとりの学習ペースや能力に合わせた教材や課題を提供することができる。このような環境は、生徒が自らの弱点

を特定し、克服することを助けるとされる (Barrow et al. 2009)。また、ICT は生徒の学習モチベーションを高める要因ともなり得る。生徒が関心を持った際、より主体的に学習に取り組み、結果として学業成績にプラスの影響を与える (Habók et al. 2020)。特定の教科においては、数学や理科では図形を視覚的に表示することにより直感的な理解を促進する。そして、国語や英語では、文章を音声データとして再生することで、個々の習熟度に応じた学習が可能になる (Lee and Wu 2012)。

一方で、教員による ICT の利用は、作業効率を向上させることで生徒の成績に良い影響を与えられ考えられる。まず、ICT の活用により、教員の作業能力が向上し、授業準備や指導が効率的かつ適切になり、教室マネジメントが容易になる (Gellerstedt et al. 2018; Mugizi and Amwine 2020)。また、最新の教材を用いた指導により、教員はより興味深く魅力的な授業を設計し、生徒の積極的な授業参加を促すことができる (Ghavifekr and Rosdy 2015)。これらの考察に基づき、次の仮説が導かれる。

仮説 1-1 生徒が ICT を活用する授業ほど、生徒の学力平均点を向上させる。

仮説 1-2 教員が ICT を活用する授業ほど、生徒の学力平均点を向上させる。

また、ICT の利用は学力格差にも影響を与える。学力格差が縮小するプロセスとしては、アクセスの平等化とフィードバックの迅速化の二つの側面が考えられる。アクセスが平等化されることで、これまで教育資源にアクセスできなかった生徒が他の生徒と同等の学習機会を得ることができ、結果として学力格差が縮小する可能性がある。また、教員が ICT を用いて生徒の進捗をリアルタイムで確認できれば、授業全体の進捗についていけない生徒の問題点を早期に特定し、効果的な対応を取ることができる。これに基づく仮説は以下の通りである。

仮説 2-1 生徒が ICT を活用する授業ほど、生徒の学力格差を縮小させる。

仮説 2-2 教員が ICT を活用する授業ほど、生徒の学力格差を縮小させる。

一方、ICT はデジタルデバイドを拡大させる問題も有している。デジタルデバイドとは、ICT へのアクセスとこれらの技術を効果的に利用するスキルを持つ者と持たない者との間に生じる情報格差を指す (Hilbert 2011)。Falck et al. (2018) によると、全ての生徒が均等に ICT を活用することはできず、成績の高い生徒は低い生徒に比べて ICT の恩恵をより多く受ける。成績が低い生徒は、ICT を利用して学習の難易度やスピードを自分のレベルに合わせて繰り返し学習することができるが、成績が高い生徒は既に優れた成績を収めており、さらに ICT を活用するための自主性を身に付けている。その結果、成績が高い生徒はさらに成績を向上させる一方で、成績が低い生徒は遅れを取ることで学力格差が拡大する可能性がある。この考えに基づいた仮説は以下の通りである。

仮説 2-3 生徒が ICT を活用する授業ほど、生徒の学力格差を拡大させる。

仮説 2-4 教員が ICT を活用する授業ほど、生徒の学力格差を拡大させる。

最後に、学力格差の縮小に寄与する要因として、学校における教員への ICT サポートに注目する。一般的に教員は、既存の教え方を変更せずに限られた範囲でのみ ICT を利用し、必ずしも十分に効果的な活用がされていない (Ertmer and Ottenbreit-Leftwich 2010)。これは、教員の ICT 利用頻度の高さは、学習成果と直接的な強い関連性を持たない可能性を示唆している (Hu et al. 2018)。したがって、教員が ICT を有効活用できるように、学校のサポート体制を充実させることが重要であり、このような ICT サポートの存在は生徒にプラスの影響を与える助けとなると考えられる。Hockly (2020) は、2021 年度から日本の小中学校で開始された 1 人 1 台の端末環境整備¹が成功するためには、教員のトレーニングが不可欠であると主張する。さらに、教員向けの ICT 研修プログラムは、生徒に実用的な利益を提供すると期待される (Bozkus 2021; Ghavifekr and Rosdy 2015)。これらを踏まえて、以下の仮説を検討する。

仮説 3-1 教員への ICT サポート体制が整っている学校ほど、生徒の学力平均点を向上させる。

仮説 3-2 教員への ICT サポート体制が整っている学校ほど、生徒の学力格差を縮小させる。

4. データと方法

4-1. データ

授業中の ICT の活用が学力向上及び学力格差に与える影響を明らかにするため、経済協力開発機構 (OECD) が実施する国際的な学習到達度調査である PISA のデータセットを活用した。PISA は 2000 年以降 3 年ごとに実施され、義務教育修了段階の 15 歳の生徒を対象に、読解リテラシー、数学的リテラシー、科学的リテラシー²の 3 分野を評価している³。本稿では、ICT 教育に関連するデータが拡充された 2018 年度のデータを用いた。PISA では 2015 年から従来の冊子型の問題をコンピュータ画面上で実施する形式に移行し、ICT 教

¹ 文部科学省は 2019 年に、学校で児童生徒に 1 人 1 台のパソコンやタブレットなどの ICT 機器を割り当てることを含む GIGA スクール構想を発表した。https://www.mext.go.jp/content/20200605-mxt_chousa02-000007680-6.pdf (2023 年 11 月 11 日)。

² 以降、国語、数学、理科と呼称。

³ <https://www.oecd.org/pisa/aboutpisa.htm> (2023 年 11 月 11 日)。

育に関する項目も増加させている⁴。日本では、調査対象となるのは高校1年生で、2018年の調査は6月から8月に実施された⁵。この年度の調査には、日本を含むOECD加盟国37カ国と、非加盟国42カ国及び地域を合わせた、79カ国及び地域のデータが含まれている(OECD 2019)。

4-2. 従属変数

従属変数としては、学校平均テストスコアを利用する。PISAが提供する「Student questionnaire」から得た「plausible value (PV)」を用いて算出した。PVは個々の生徒の成績の推定値であり、個人レベルでの利用は適切ではないが、集団レベルの統計量としては信頼性がある(OECD 2014)。そこでまず、生徒のサンプリングウェイトを考慮し、各教科のスコアの計算を行った。具体的には、各教科の10個のPVについてそれぞれサンプリングウェイトを適用した加重平均を求め、これらの単純平均を取ることで生徒の平均スコアを算出した。最後に、学校IDに基づく生徒のデータをグループ化し、学校平均テストスコアを導いた。

4-3. 独立変数

主要な独立変数として、ICTスコアを設定する。このスコアはPISAの「ICT familiarity questionnaire」における「対象の教科の授業でICT機器を利用しているか」⁶という質問の回答を基に算出し、生徒と教員の利用状況に応じて異なる変数を設けた。回答選択肢は、「教員も生徒も利用する」、「生徒のみが利用する」、「教員のみが利用する」、「利用しない」、「この教科を履修していない」の5つであった。それぞれの学校の選択率に基づき、「生徒のみが利用する」を「生徒のみICT利用率」、「教員のみが利用する」を「教員のみICT利用率」、「教員も生徒も利用する」を「生徒教員両方ICT利用率」とした。さらに、「教員も生徒も利用する」と「生徒のみが利用する」の合計回答率を「生徒ICT利用率」、「教員も生徒も利用する」と「教員のみが利用する」の合計回答率を「教員ICT利用率」と設定した。

次に、学校が教員に提供するICTサポートの程度を求める。具体的には「School questionnaire」からICTを利用して学習と教育を強化する学校の能力について尋ねた質問から、教員に特化した回答を選んだ⁷。回答は1(強く反対)から4(強く同意)の4段階評価

⁴ <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/PISA-2022-Integrated-Design.pdf> (2023年11月11日)。

⁵ https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2018/01_point.pdf (2023年11月11日)。

⁶ “Within the last month, has a digital device been used for learning or teaching during lessons in the following subjects?”の筆者訳。

⁷ “To what extent do you agree with the following statements about your school’s capacity to enhance learning and teaching using digital devices?”の質問から、“Teachers have the

であり、その平均値を使用した。

なお、従属変数と独立変数の関係を正確に評価するため、いくつかの統制変数を導入した。学校レベルでは学校の形態を示す私立ダミーと学校サイズ、生徒レベルでは性別を示す男性ダミーと社会経済的地位の計 4 つを加えた。社会経済的地位とは、生徒の経済的、社会的、文化的地位を示す指標であり、家庭の財産、親の教育水準、親の職業の地位などから計算された複合スコアである (OECD 2014)。以上の変数の説明は表 1 の通りである。

生徒を学校ごとにグループ化する過程で、分析の信頼性を確保するため、データに含まれる生徒数が 10 人以上の学校のみを分析対象とした。この基準を適用した結果、学校数は 11094 校から 9735 校へと減少した。しかしながら、データの約 87.8%が保持されていることから、データの妥当性は維持されていると考えられる。

表 2 は表 1 で示した各変数の記述統計を詳細に示したものである。3 つの教科のテストスコアの平均値はほぼ同じであり、分散にも顕著な差異は見られない。一方で、生徒と教員の ICT 利用率は、教科によってわずかに異なる傾向が見られる。特に、理科と国語の ICT 利用率は数学に比べて全体的に高い。これは、各教科のカリキュラムにおける ICT の活用方法の違いを示唆していると考えられる。

4-2. 分析手法

本稿では、学力向上と学力格差の影響を検討する上で、異なる分析モデルを使用する。まず、学力向上の推定には階層線形モデルを用いる。このモデルは、学校と国という 2 つのレベルでの階層的なデータ構造に特有の分散を考慮しており、同じ国内で異なる学校間の学力の相対的な変動を評価するのに適している (Delen and Bulut 2011)。階層線形モデルの分析には、R の lme4 パッケージ (Bates et al. 2015) を使用した。

一方、学力格差については固定効果付きの分位点回帰モデルを用いて推定する。分位点回帰は、データの分布における異なる分位点を使用し、回帰分析を行う手法である。通常、最小二乗法による線形回帰は、ある目的変数 (y) の値を、説明変数 (x) の値に基づいて期待値 $E(y|x)$ を求める手法である。それに対し、分位点回帰は説明変数 (x) と目的変数 (y) の分布における特定の分位点 (p) に基づいて、 $Q_p(y|x)$ を推定する手法である。目的変数の格差を検討する場合、分布の両端、例えば 10%と 90%の分位点で分位点回帰を実施し、傾きの差を見ることで評価が行える。分位点ごとの回帰分析を行うことにより、説明変数の

necessary technical and pedagogical skills to integrate digital devices in instruction, Teachers have sufficient time to prepare lessons integrating digital devices, Effective professional resources for teachers to learn how to use digital devices are available, An effective online learning support platform is available, Teachers are provided with incentives to integrate digital devices in their teaching, The school has sufficient qualified technical assistant staff”の 6 つの項目の回答率を用いた。

値の変動に伴う目的変数の分布形状の変化を分析することも可能となる（元山 2015）⁸。分位点回帰に加えて、本稿の研究では国ごとの固定効果を考慮する必要があるため、階層データの分位点回帰モデルに R の lqmm パッケージ（Geraci 2014）を利用した。

表 1 変数説明

変数名	変数説明	出典
テストスコア（教科別）	10個の各教科のPV値それぞれにサンプルの重みを適用して加重平均を求め、単純平均を取った値。	Student questionnaire data files (PISA 2018)
生徒のみICT利用率（教科別）	生徒のみがICTを使用している授業割合（%）。	
教員のみICT利用率（教科別）	教員のみがICTを使用している授業割合（%）。	
生徒教員両方ICT利用率（教科別）	生徒と教員の両方がICTを使用している授業割合（%）。	
生徒ICT利用率（教科別）	生徒のみICT利用率と生徒教員両方ICT利用率の合計割合（%）。	
教員ICT利用率（教科別）	教員のみICT利用率と生徒教員両方ICT利用率の合計割合（%）。	
教員ICTサポート	学校で教員に対するICT使用におけるサポート体制がなされている割合（%）。	
私立ダミー	私立学校を1とするダミー変数。	School questionnaire data files (PISA 2018)
学校サイズ	「SCHSIZE」という項目を平均0、分散1でスケール化し、平均を取った値。	
男性ダミー	男性を1とするダミー変数。	Student questionnaire data files (PISA 2018)
社会経済的地位	「ESCS」という項目の中の平均を取った値。	

表 2 記述統計

	観測数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
数学テストスコア	9735	468.7288	69.2119	234.6279	730.8236
理科テストスコア	9735	466.8617	67.6051	202.6359	693.6597
国語テストスコア	9735	463.8383	69.9630	224.9373	679.1202
数学生徒のみICT利用率	9735	0.1316	0.1142	0	1
数学教員のみICT利用率	9735	0.2141	0.1642	0	1
数学生徒教員両方ICT利用率	9735	0.2822	0.1906	0	1
数学生徒ICT利用率	9735	0.4138	0.2202	0	1
数学教員ICT利用率	9735	0.4963	0.2198	0	1
理科生徒のみICT利用率	9735	0.1342	0.1117	0	1
理科教員のみICT利用率	9735	0.2666	0.1813	0	1
理科生徒教員両方ICT利用率	9735	0.3189	0.2000	0	1
理科生徒ICT利用率	9735	0.4531	0.2200	0	1
理科教員ICT利用率	9735	0.5855	0.2089	0	1
国語生徒のみICT利用率	9735	0.1314	0.1085	0	1
国語教員のみICT利用率	9735	0.2233	0.1751	0	1
国語生徒教員両方ICT利用率	9735	0.3516	0.2119	0	1
国語生徒ICT利用率	9735	0.4830	0.2300	0	1
国語教員ICT利用率	9735	0.5749	0.2141	0	1
教員ICTサポート	9735	2.6355	0.5661	1	4
私立ダミー	9735	0.1843	0.3877	0	1
学校サイズ	9735	0.0169	0.8497	-0.9748	12.7924
男性ダミー	9735	0.5033	0.1728	0	1
社会経済的地位	9735	-0.2577	0.7199	-3.7392	1.5148

⁸ 分位点回帰は外れ値の影響を受けにくいというメリットもある。

5. 分析結果

5-1. ICT利用率と学力の関係

図1では、学校平均の教科別テストスコアとICT利用率の関係を散布図と回帰直線で図示している。また、表3から表5には、各教科でのICT導入授業がテストスコアに与える影響を示す回帰テーブルが示されている。全体的な結果からは、生徒のみのICT利用率がテストスコアと負の関係にあることが分かる。対照的に、教員のICT利用率とテストスコアの間には正の関係が見られる。生徒と教員が同時にICTを利用する場合の効果は、教科によって異なることが確認された。教科別の結果を詳しく見ると、数学では生徒のみのICT利用率が1ポイント上昇するとテストスコアが-92.2点も減少することが示唆され、3教科の中で最も大きな負の値であった。教員のみのICT利用に関しては、理科では係数が39.8、国語では38.7と、数学の23.8よりも大きな正の効果が見られた。つまり、数学では生徒のICT利用の負の影響が大きく、教員のICT利用の正の影響が小さい。生徒と教員の両方がICTを利用する場合の効果は、ほぼ横ばいであった。そして、理科における教員と生徒の両方のICT利用率を除く全ての変数において、統計的に有意な結果が得られた。

図1 教科別のICT利用率とテストスコア（散布図と回帰直線）

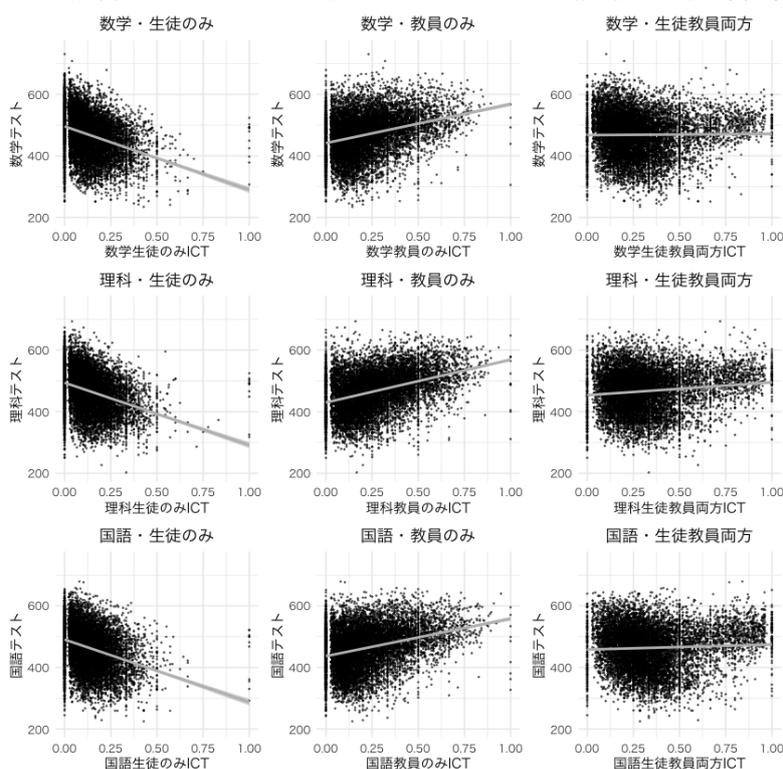


表3 数学ICT利用率がテストスコアに及ぼす効果（階層線型モデル）

固定効果	従属変数 数学テストスコア		
	Model 1	Model 2	Model 3
(切片)	504.9005 *** (5.0742)	491.9923 *** (5.3021)	499.3381 *** (5.4527)
Level 1 (学校レベル)			
数学生徒のみICT利用率	-92.1511 *** (3.4891)		
数学教員のみICT利用率		23.7761 *** (2.6353)	
数学生徒教員両方ICT利用率			-7.4169 ** (2.4022)
私立ダミー	-10.1943 *** (1.0868)	-10.6431 *** (1.1210)	-10.6711 *** (1.1298)
学校サイズ	1.2204 * (0.4755)	1.4188 ** (0.4904)	1.3432 ** (0.4921)
男性ダミー	-6.6667 *** (2.0214)	-13.6390 *** (2.0663)	-13.4892 *** (2.0748)
社会経済的地位	67.4164 *** (0.7106)	70.1185 *** (0.7244)	70.6679 *** (0.7243)
ランダム効果			
切片	1146.7427	1240.0460	1317.2903
残差	1135.7296	1207.6086	1216.2853
AIC	95469.6	96062.6	96134.3
N	9646	9646	9646
国家数	47	47	47

(1) ***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$.

(2) ()内は標準誤差。

表4 理科ICT利用率がテストスコアに及ぼす効果（階層線型モデル）

固定効果	従属変数 理科テストスコア		
	Model 1	Model 2	Model 3
(切片)	507.7076 *** (4.9311)	486.8235 *** (4.9748)	498.0782 *** (5.3240)
Level 1 (学校レベル)			
理科学徒のみICT利用率	-82.4683 *** (3.6021)		
理科教員のみICT利用率		39.8011 *** (2.4930)	
理科学徒教員両方ICT利用率			4.6213 (2.4200)
私立ダミー	-11.4228 *** (1.1108)	-10.1994 *** (1.1298)	-11.9931 *** (1.1477)
学校サイズ	1.4303 ** (0.4862)	1.6112 ** (0.4928)	1.5151 ** (0.4992)
男性ダミー	-19.2928 *** (2.0569)	-21.8310 *** (2.0793)	-23.4488 *** (2.1033)
社会経済的地位	67.1069 *** (0.7231)	67.7332 *** (0.7337)	69.4544 *** (0.7367)
ランダム効果			
切片	1074.2441	1069.7211	1242.6796
残差	1187.6454	1220.1644	1251.1708
AIC	95895.5	96155.2	96402.9
N	9646	9646	9646
国家数	47	47	47

(1) ***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$.

(2) ()内は標準誤差。

表5 国語ICT利用率がテストスコアに及ぼす効果（階層線型モデル）

固定効果	従属変数 国語テストスコア		
	Model 1	Model 2	Model 3
(切片)	522.3103 *** (4.7823)	503.9606 *** (4.8208)	519.9489 *** (5.0624)
Level 1 (学校レベル)			
国語生徒のみICT利用率	-80.6496 *** (3.9145)		
国語教員のみICT利用率		38.6901 *** (2.7941)	
国語生徒教員両方ICT利用率			-19.1138 *** (2.4935)
私立ダミー	-11.9429 *** (1.1782)	-11.1907 *** (1.1939)	-11.1536 *** (1.2071)
学校サイズ	3.0611 *** (0.5157)	3.1478 *** (0.5218)	2.9402 *** (0.5254)
男性ダミー	-53.9958 *** (2.1817)	-56.4380 *** (2.2018)	-57.1122 *** (2.2158)
社会経済的地位	70.7803 *** (0.7635)	71.3569 *** (0.7726)	72.6668 *** (0.7724)
ランダム効果			
切片	997.1104	995.2222	1104.0252
残差	1337.1773	1369.0105	1387.1510
AIC	97029.8	97256.2	97387.4
N	9646	9646	9646
国家数	47	47	47

(1) ***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$.

(2) ()内は標準誤差。

Model 1 の結果からは、生徒のみが ICT を利用する授業は、生徒の学力平均点を減少させることが確認され、仮説 1-1 は支持されなかった。これは、生徒が授業中に ICT を学習ツールとして利用するのではなく、他の目的で利用する可能性があることに注意を促す先行研究の知見と一致する (e.g. Lei and Zhao 2007; Simões et al. 2022)。しかし、Model 2 の結果は、教員のみが ICT を利用する授業では、生徒の学力平均点が向上することを示し、仮説 1-2 は支持された。

5-2. ICT利用率と学力格差の関係

次に、ICT利用率と学力格差との関係について検証した。表6及び表7の結果⁹から、生徒と教員のICT利用率と学力格差の間に若干の拡大傾向が見られる。図2及び図3は、この関係を図示したものである。

まず、生徒のICT利用率に関する結果を考察すると、全教科にわたり負の関係が確認され、独立変数の中でも特に関心のある生徒ICT利用率は全ての結果で統計的に有意であった。具体的には、数学では0.9分位点で係数が-0.30、0.5分位点で-0.52、0.1分位点で-0.62

⁹ lqmm パッケージを利用するにあたり、テストスコアが平均0、分散1にスケール化されている。そのため、実際のテストの点数を直接反映していないことに留意が必要である。

となり、係数の傾きが徐々に大きくなる傾向が見られる。これは、テストスコアの高い生徒（0.9 分位点）と低い生徒（0.1 分位点）との間の格差が開いていることを示唆している。国語でも同様の傾向が見られるが、数学ほど上位層と下位層との差はなかった。理科においては、このような明瞭な傾向は見られなかった。

一方、教員の ICT 利用に関する結果では、階層線形モデルの結果と同様、教員の ICT 利用率の増加とテストスコアの間には正の相関が見られた。理科では 0.1 分位点で係数が 0.45、0.5 分位点で 0.57、0.9 分位点で 0.73 となり、テストスコアが高い生徒ほど係数の傾きが大きくなることが確認された。これは格差が拡大していることを示し、全ての分位点で統計的にも有意であった。数学と国語では、理科と同様に 0.9 分位点での教員の ICT 利用の正の効果が大きかったが、0.5 分位点や 0.1 分位点では統計的に有意ではなかった。これは、教員の ICT 利用が特定の生徒層に対してのみ利益をもたらす可能性を示唆している。

表 6 生徒 ICT 利用率がテストスコアに及ぼす効果（分位点回帰モデル）

	従属変数								
	数学テストスコア			理科テストスコア			国語テストスコア		
	0.1分位点	0.5分位点	0.9分位点	0.1分位点	0.5分位点	0.9分位点	0.1分位点	0.5分位点	0.9分位点
(切片)	0.6536 *** (0.1247)	0.6644 *** (0.0952)	0.4910 ** (0.1429)	0.5769 *** (0.1260)	0.7735 *** (0.1211)	1.0046 *** (0.1823)	1.2130 *** (0.1650)	1.1000 *** (0.1014)	1.0518 *** (0.1630)
生徒ICT利用率 (教科別)	-0.6179 *** (0.1159)	-0.5243 *** (0.0883)	-0.3012 ** (0.0882)	-0.3489 ** (0.1097)	-0.4571 *** (0.1066)	-0.3504 ** (0.1083)	-0.5614 *** (0.1424)	-0.5516 *** (0.1055)	-0.4629 *** (0.1112)
私立ダミー	-0.2155 *** (0.0576)	-0.0916 (0.0558)	-0.0998 * (0.0453)	-0.1642 * (0.0616)	-0.1109 (0.0682)	-0.1446 * (0.0561)	-0.1593 * (0.0740)	-0.1204 * (0.0578)	-0.0779 (0.0482)
学校サイズ	0.0618 ** (0.0187)	0.0281 (0.0176)	-0.0351 (0.0261)	0.0371 † (0.0213)	0.0115 (0.0184)	-0.0496 * (0.0206)	0.0629 * (0.0243)	0.0469 ** (0.0171)	0.0053 (0.0208)
男性ダミー	-0.2006 * (0.0860)	-0.1859 * (0.0790)	-0.0521 (0.0966)	-0.4160 *** (0.0928)	-0.3717 *** (0.0812)	-0.1166 (0.1093)	-0.8806 *** (0.0857)	-0.8377 *** (0.0894)	-0.6116 *** (0.1052)
社会経済的地位	1.0246 *** (0.0670)	0.9670 *** (0.0669)	1.0032 *** (0.0717)	1.0111 *** (0.0695)	0.9862 *** (0.0707)	1.0409 *** (0.0639)	1.0079 *** (0.0757)	1.0030 *** (0.0696)	1.0005 *** (0.0829)
AIC	18746.7	14517.2	18787.9	19833.0	15698.7	19250.0	20601.2	15825.8	19042.3

(1) ***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, †: $p < 0.1$.
(2) ()内は標準誤差。

図 2 生徒 ICT 利用率がテストスコアに及ぼす効果（分位点回帰モデル）

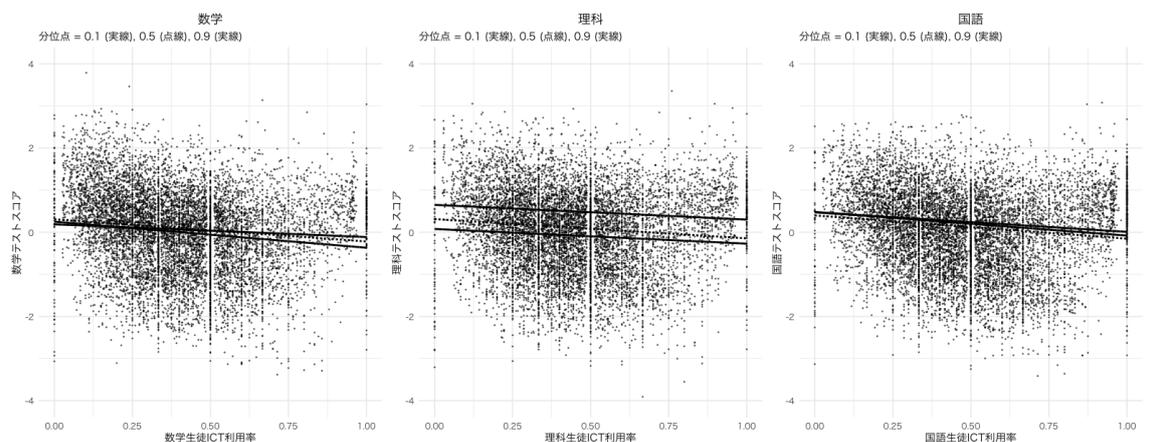


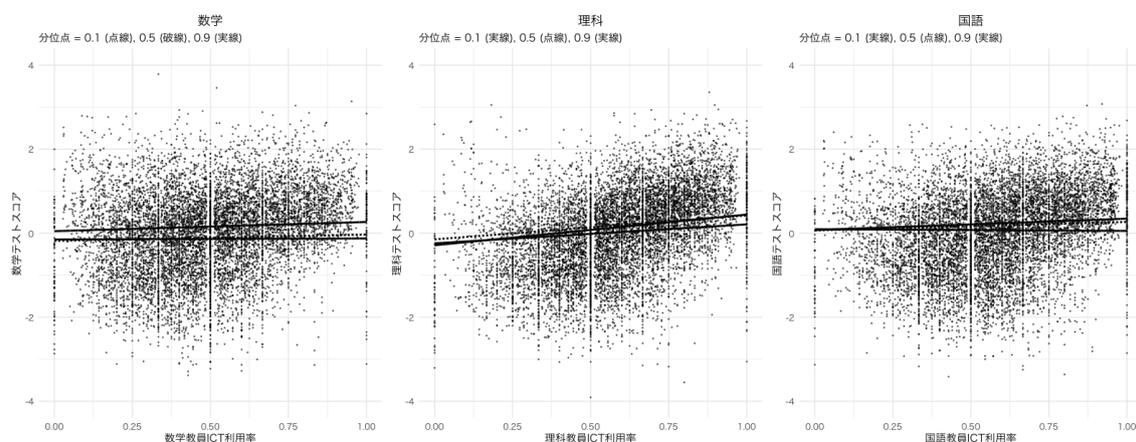
表7 教員ICT利用率がテストスコアに及ぼす効果（分位点回帰モデル）

	従属変数								
	数学テストスコア			理科テストスコア			国語テストスコア		
	0.1分位点	0.5分位点	0.9分位点	0.1分位点	0.5分位点	0.9分位点	0.1分位点	0.5分位点	0.9分位点
(切片)	0.2972 † (0.1605)	0.2160 (0.1366)	0.3760 ** (0.1369)	0.2398 † (0.1254)	0.2964 * (0.1300)	0.0757 (0.2153)	0.8504 *** (0.1315)	0.7923 *** (0.1261)	0.6568 *** (0.1481)
教員ICT利用率（教科別）	0.0237 (0.0909)	0.1489 (0.0911)	0.2186 * (0.0954)	0.4516 ** (0.1429)	0.5693 *** (0.1168)	0.7304 *** (0.1021)	-0.0409 (0.1302)	0.2029 * (0.1005)	0.2711 *** (0.0748)
私立ダミー	-0.1977 ** (0.0663)	-0.1515 * (0.0582)	-0.1081 * (0.0419)	-0.1661 * (0.0677)	-0.1666 * (0.0672)	-0.1401 * (0.0550)	-0.1645 * (0.0774)	-0.1606 ** (0.0549)	-0.1222 ** (0.0429)
学校サイズ	0.0491 * (0.0201)	0.0097 (0.0189)	-0.0185 (0.0291)	0.0495 * (0.0230)	0.0319 (0.0196)	-0.0199 (0.0208)	0.0616 * (0.0255)	0.0435 ** (0.0162)	0.0202 (0.0216)
男性ダミー	-0.2938 ** (0.0901)	-0.2043 * (0.0859)	-0.0905 (0.1053)	-0.4039 *** (0.0797)	-0.3354 ** (0.0958)	-0.1757 † (0.1013)	-0.9424 *** (0.0915)	-0.8662 *** (0.0943)	-0.6040 *** (0.0938)
社会経済的地位	1.0192 *** (0.0721)	1.0393 *** (0.0655)	1.0141 *** (0.0637)	0.9622 *** (0.0580)	0.9465 *** (0.0730)	0.9613 *** (0.0645)	0.9726 *** (0.0971)	1.0164 *** (0.0839)	0.9994 *** (0.0841)
AIC	18955.8	14866.4	18803.8	19807.7	15548.7	19037.1	20909.2	16110.7	19284.9

(1) ***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, †: $p < 0.1$.

(2) ()内は標準誤差。

図3 教員ICT利用率がテストスコアに及ぼす効果（分位点回帰モデル）



5-3. 教員ICTサポートと学力格差の関係

これまでの分析では、各教科の授業における ICT を利用する主体が学力向上と学力格差に与える影響を検証してきた。最後に、学力格差を縮小させる要因として、学校の教員への ICT サポート体制に焦点を当て、追加の分析を試みる。

表 8 の階層線形モデルを用いた分析結果から、教員への ICT サポートが数学、理科、国語の各教科のテストスコアに正の効果を持つことが示唆された。しかし、これらの効果は統計的に有意ではないため、教員への ICT サポートが学生の学力に与える影響は限定的であると考えられる。また、表 10 に示された分位点回帰モデルを用いた分析結果からも、ICT サポート体制が学力格差に与える影響は限定的であることが確認された。図 4 及び図 5 から、散布図が左右対称であり、分位点回帰を用いるのに適した裾の広がり方ではないことが分かる。現状の ICT サポートは生徒の学力と関連しておらず、教育現場における ICT サポートの提供方法や利用方法を再評価し、より効果的な教育支援を目指すべきである。

図4 教員ICTサポートと教科別のテストスコア（散布図と回帰直線）

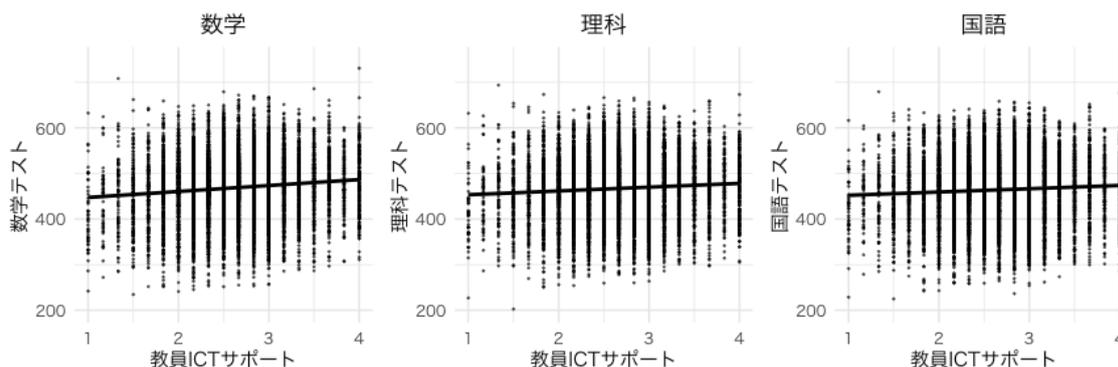


表8 教員ICTサポートがテストスコアに及ぼす効果（階層線型モデル）

固定効果	従属変数 教科別テストスコア		
	数学	理科	国語
	Model 1	Model 2	Model 3
(切片)	494.8904 *** (5.7626)	498.4353 *** (5.6017)	513.4509 *** (5.4428)
Level 1 (学校レベル)			
教員ICTサポート	1.0160 (0.7221)	0.3844 (0.7322)	0.2421 (0.7730)
私立ダミー	-11.2543 *** (1.1378)	-11.8349 *** (1.1536)	-12.2037 *** (1.2176)
学校サイズ	1.3353 ** (0.4926)	1.4825 ** (0.4994)	3.0256 *** (0.5272)
男性ダミー	-13.7955 *** (2.0755)	-23.4419 *** (2.1046)	-57.7243 *** (2.2223)
社会経済的地位	70.6091 *** (0.7286)	69.5285 *** (0.7386)	72.6207 *** (0.7794)
ランダム効果			
切片	1331.2849	1238.8613	1129.3245
残差	1217.1812	1251.6287	1395.4810
AIC	96144.2	96408.7	97448.3
N	9646	9646	9646
国家数	47	47	47

(1) ***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$.

(2) ()内は標準誤差。

6. 結論

本稿では、学校における ICT の利用が学力向上及び学力格差に与える影響を分析した。分析の結果、まず生徒のみが ICT を利用する授業では、学力平均点が減少することが明らかになり、仮説 1-1 は支持されなかった。特に数学では、生徒の ICT 利用率の増加に伴い、テストスコアが著しく低下する傾向が示された。この結果は、教科や生徒が ICT を利用する方法によって、学力向上に逆効果をもたらす可能性があることを示唆しており、Meggiolaro (2018) の指摘するように、コンピュータを使った様々な活動の詳細な区別が重

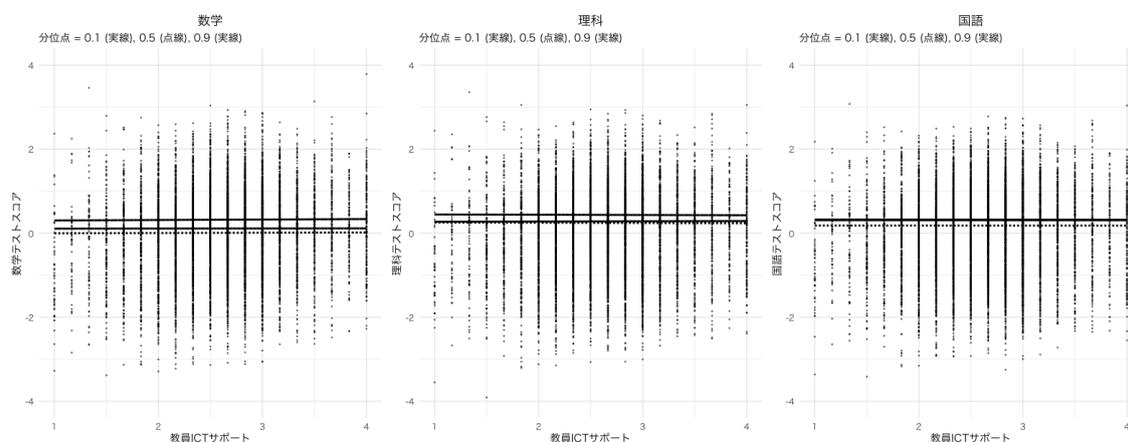
表9 教員ICTサポートがテストスコアに及ぼす効果（分位点回帰モデル）

	従属変数								
	数学テストスコア			理科テストスコア			国語テストスコア		
	0.1分位点	0.5分位点	0.9分位点	0.1分位点	0.5分位点	0.9分位点	0.1分位点	0.5分位点	0.9分位点
(切片)	0.5641 *	0.3990 *	0.6209 ***	0.9555 ***	0.7377 ***	0.6454 **	1.0667 ***	0.8971 ***	0.9195 ***
	(0.2198)	(0.1623)	(0.1550)	(0.1610)	(0.1552)	(0.2357)	(0.1561)	(0.1284)	(0.2194)
教員ICTサポート	0.0062	0.0187	0.0334	-0.0184	-0.0175	0.0168	-0.0056	-0.0019	-0.0002
	(0.0259)	(0.0213)	(0.0263)	(0.0304)	(0.0268)	(0.0310)	(0.0262)	(0.0230)	(0.0264)
私立ダミー	-0.2038 *	-0.1643 **	-0.1069 †	-0.1516 †	-0.1623 *	-0.1491 †	-0.1598 *	-0.1453 **	-0.1631 ***
	(0.0788)	(0.0563)	(0.0562)	(0.0858)	(0.0782)	(0.0836)	(0.0759)	(0.0540)	(0.0440)
学校サイズ	0.0467 †	-0.0012	-0.0264	0.0490 *	0.0176	-0.0397 *	0.0483 *	0.0478 *	0.0076
	(0.0273)	(0.0202)	(0.0310)	(0.0214)	(0.0178)	(0.0197)	(0.0237)	(0.0194)	(0.0175)
男性ダミー	-0.3103 ***	-0.2037 †	-0.0796	-0.4466 ***	-0.3595 ***	-0.1583	-0.9250 ***	-0.8447 ***	-0.6387 ***
	(0.0808)	(0.1019)	(0.1125)	(0.0842)	(0.0932)	(0.1102)	(0.0892)	(0.1092)	(0.1048)
社会経済的地位	1.0180 ***	1.0373 ***	0.9981 ***	0.9992 ***	1.0546 ***	1.0254 ***	0.9578 ***	1.0227 ***	1.0022 ***
	(0.0739)	(0.0752)	(0.0756)	(0.0739)	(0.0688)	(0.0730)	(0.0705)	(0.0759)	(0.0749)
AIC	19046.7	14992.6	18836.8	20091.8	15880.2	19430.0	20966.4	16184.1	19354.3

(1) ***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, †: $p < 0.1$.

(2) ()内は標準誤差。

図5 教員ICTサポートがテストスコアに及ぼす効果（分位点回帰モデル）



要であることを示している。一方で、教員のための ICT 利用は学力平均点を向上させることが確認され、仮説 1-2 は支持された。この傾向は特に理科と国語で顕著であり、教員が ICT を使って効果的な指導を行なえる可能性があり、ICT を利用した教育が生徒の理解を深める一助となっていると言える。

しかし、本稿の分析結果からは ICT 利用が学力格差を拡大させる可能性も示唆された。数学では、特にテストスコアが低い生徒と高い生徒との間で格差が拡大していることが明らかになり、理科では教員の ICT 利用率の増加がテストスコアの低い生徒に対してより大きな恩恵をもたらしていることが示された。これらの結果から、ICT の利用が生徒の学力格差を拡大するとした仮説 2-3、仮説 2-4 が支持され、仮説 2-1 と仮説 2-2 は支持されなかった。特定の生徒層に対してのみ ICT が恩恵をもたらす可能性があるならば、ICT を活用する際、テストスコアの低い生徒へのサポートが求められるであろう。また、学校による教員への ICT サポートが生徒のテストスコアに及ぼす影響は、各教科に対して正であるものの、統計的に有意でなく、学力格差への影響も一貫しないことから、仮説 3-1・3-2 は支持され

なかった。さらに、これによる学力格差の縮小も期待できないことが明らかになり、仮説 3-2 は支持されなかった。

総じて、生徒の ICT の利用には学習以外の目的での利用リスクがあるため、適切な監督が行われる環境が必要である。それに加えて、Sanfo (2023) によれば、数学では複雑な問題を解く際に時間の使い方を指導することを推奨している。他にも理科では生徒に直接ツールを使わせるのではなく、例えばミニ実験プロジェクトを通じて ICT を効果的に使えるような指導が有効であること、国語では学習の不安を軽減し、自立した学習者になるための ICT 活用法の指導が重要であると提言している。結果として、学校における ICT への投資や教員への ICT サポート体制は生徒の学業成績に影響を与える要素の一部に過ぎず、学力格差の大幅な改善を期待することは困難である。しかし、ICT は学校と教員との連携、保護者への情報提供など、学業成績では捉えられてない多くの教育的効果を提供する可能性を秘めている。

最後に、本稿での結論を踏まえ、今後の課題や方向性について述べる。まず、本稿では学校における ICT の利用と成績との関連を明らかにしたが、これは因果関係を直接示すものではない。したがって、ICT の利用が報告された成績の差を直接引き起こすと断定することは難しい。また、本稿の分析は PISA の生徒調査アンケートから得たデータに依存しているが、自己報告による測定は参加者が真実や正確な回答をするとは限らないため、完全な信頼性を保証することはできない (Wenglinsky 2005)。アンケートでは、授業での学習や指導に利用する ICT について尋ねているが、実際に生徒が学習に ICT を利用しているか、また教員が ICT を利用しているかについては、生徒の自己申告に依存している。さらに、サンプルの偏りも考慮すべきである。PISA のデータは主に先進国に基づいており、発展途上国や本稿で除外された国々の状況を反映していない。このため、これらの国の状況について語る際には慎重な解釈が必要である。最後に、本稿では学力格差を縮小させる要因として教員への ICT サポートに焦点を当てたが、明確な結果を得ることはできなかった。Bellibas (2016) が提案するように、家庭での教育リソース、ICT の利用可能性、授業規模の縮小などの他の要因も考慮し、学力格差縮小のための更なる研究が求められる。

7. 参考文献

- 元山 齊. 2015. 「Commentary 分位点回帰について—理論と応用」『社会と調査』(14): pp.92-97.
- Barrow, Lisa, Markman, Lisa, and Cecilia E. Rouse. 2009. “Technology's Edge: The Educational Benefits of Computer-Aided Instruction.” *American Economic Journal: Economic Policy* 1(1): pp.52-74.
- Bates, Douglas, Maechler, Martin, Bolker, Ben, and Steven Walker. 2015. “Fitting Linear

- Mixed-Effects Models Using lme4.” *Journal of Statistical Software* 67(1): pp.1-48.
- Bellibas, Mehmet S. 2016. “Who Are the Most Disadvantaged? Factors Associated with the Achievement of Students with Low Socio-Economic Backgrounds.” *Educational Sciences: Theory and Practice* 16(2): pp.691-710.
- Blurton, Craig. 1999. “New Directions of ICT-Use in Education.” *World Communication and Information Report* pp.46-61.
- Bozkus, Kivanc. 2021. “Digital Devices and Student Achievement: The Relationship in PISA 2018 Data.” *International Online Journal of Education and Teaching* 8(3): pp.1560-1579.
- Bulman, George and Robert W. Fairlie. 2015. “Technology and education: Computers, Software, and the Internet.” *Handbook of the Economics of Education* 5: pp.1-65.
- Carrasco, Marcela R. and F. Javier Murillo Torrecilla. 2012. “Learning Environments with Technological Resources: A Look at Their Contribution to Student Performance in Latin American Elementary Schools.” *Educational Technology Research and Development* 60(6): pp.1107-1128.
- Delen, Erhan and Okan Bulut. 2011. “The Relationship Between Students' Exposure to Technology and Their Achievement in Science and Math.” *Turkish Online Journal of Educational Technology* 10(3): pp.311-317.
- Ertmer, Peggy A. and Anne T. Ottenbreit-Leftwich. 2010. “Teacher Technology Change.” *Journal of Research on Technology in Education* 42(3): pp.255-284.
- Falck, Oliver, Mang, Constantin, and Ludger Woessmann. 2018. “Virtually No Effect? Different Uses of Classroom Computers and Their Effect on Student Achievement.” *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 80: pp.1-38.
- Fuchs, Thomas and Ludger Woessmann. 2004. “Computers and Student Learning: Bivariate and Multivariate Evidence on the Availability and Use of Computers at Home and at School.” *CESifo Working Paper* (1321): pp.1-20.
- Gellerstedt, Martin, Babaheidari, Said M., and Lars Svensson. 2018. “A First Step Towards a Model for Teachers' Adoption of ICT Pedagogy in Schools.” *Heliyon* 4(9).
- Geraci, Marco. 2014. “Linear Quantile Mixed Models: The lqmm Package for Laplace Quantile Regression.” *Journal of Statistical Software* 57(13): pp.1-29.
- Ghavifekr, Simin, and Wan A.W. Rosdy. 2015. “Teaching and Learning with Technology: Effectiveness of ICT Integration in Schools.” *International Journal of Research in Education and Science* 1(2): pp.175-191.
- Gumus, Sedat and Erkan H. Atalmis. 2011. “Exploring the Relationship between Purpose of Computer Usage and Reading Skills of Turkish Students: Evidence from PISA 2006.” *Turkish Online Journal of Educational Technology* 10(3): pp.129-140.

- Habók, Anita, Magyar, Andrea, Németh, Mária B., and Benő Csapó. 2020. "Motivation and Self-Related Beliefs as Predictors of Academic Achievement in Reading and Mathematics: Structural Equation Models of Longitudinal Data." *International Journal of Educational Research* 103.
- Harrison, Colin, Comber, Chris, Fisher, Tony, Haw, Kaye, Lewin, Cathy, Lunzer, Eric, McFarlane, Angela, Mavers, Di, Scrimshaw, Peter, Somekh, Bridget, and Rob Watling. 2002. "ImpaCT2: The Impact of Information and Communication Technologies on Pupil Learning and Attainment. *ICT in Schools Research and Evaluation Series* (7): pp.1-53.
- Hilbert, Martin. 2011. "The End Justifies the Definition: The Manifold Outlooks on the Digital Divide and Their Practical Usefulness for Policy-Making." *Telecommunications Policy* 35(8): pp.715-736.
- Hockly, Nicky. 2020. *Focus on Learning Technologies*. Oxford University Press.
- Hu, Xiang, Gong, Yang, Lai, Chun, and Frederick K.S. Leung. 2018. "The Relationship Between ICT and Student Literacy in Mathematics, Reading and Science Across 44 Countries: A Multilevel Analysis" *Computers & Education* 125: pp.1-13.
- Karlsson, Linn. 2022. "Computers in Education: The Association Between Computer Use and Test Scores in Primary School." *Education Inquiry* 13(1): pp.56-85.
- Lee, Yuan-Hsuan and Jiun-Yu Wu. 2012. "The Effect of Individual Differences in the Inner and Outer States of ICT on Engagement in Online Reading Activities and PISA 2009 Reading Literacy: Exploring the Relationship Between the Old and New Reading Literacy." *Learning and Individual Differences* 22(3): pp.336-342.
- Lei, Jing and Yong Zhao. 2007. "Technology Uses and Student Achievement: A Longitudinal Study." *Computers & Education* 49(2): pp.284-296.
- Luu, King and John G. Freeman. 2011. "An Analysis of the Relationship Between Information and Communication Technology (ICT) and Scientific Literacy in Canada and Australia." *Computers & Education* 56(4): pp.1072-1082.
- Meggiolaro, Silvia. 2018. "Information and Communication Technologies Use, Gender and Mathematics Achievement: Evidence from Italy." *Social Psychology of Education* 21(2): pp.497-516.
- Mugizi, Wilson and Christopher M. Amwine. 2020. "Information Communication Technology Use and Job Performance of Teachers at a Private International School in Uganda." *Creative Education* 11: pp.166-181.
- Odell, Bryce, Cutumisu, Maria, and Mark Gierl. 2020. "A Scoping Review of the Relationship Between Students' ICT and Performance in Mathematics and Science in the PISA Data." *Soc Psychol Educ* 23(6): pp.1-33.

- OECD. 2014. *PISA 2012 Technical Report* <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/PISA-2012-technical-report-final.pdf> (2023 年 11 月 11 日).
- OECD. 2019. *PISA 2018 Results: Combined Executive Summaries Volume I, II & III* https://www.oecd.org/pisa/Combined_Executive_Summaries_PISA_2018.pdf (2023 年 11 月 11 日).
- Petko, Dominik, Cantieni, Andrea, and Doreen Prasse. 2017. “Perceived Quality of Educational Technology Matters: A Secondary Analysis of Students' ICT Use, ICT-Related Attitudes, and PISA 2012 Test Scores.” *Journal of Educational Computing Research* 54(8): pp.1070-1091.
- Sanfo, Jean-Baptiste M.B. 2023. “Examining Student ICT Use and Learning Outcomes: Evidence from Japanese PISA Data.” *Computers and Education Open* 4: pp.1-20.
- Simões, Sofia, Oliveira, Tiago, and Catarina Nunes. 2022. “Influence of Computers in Students' Academic Achievement.” 8(3).
- Skryabin, Maxim, Zhang, JingJing, Liu, Luman, and Danhui Zhang. 2015. “How the ICT Development Level and Usage Influence Student Achievement in Reading, Mathematics, and Science.” *Computers & Education* 85: pp.49-58.
- Torgerson, Carole and Die Zhu. 2004. “A Systematic Review and Meta-Analysis of the Effectiveness of ICT on Literacy Learning in English.” *The Impact of ICT on Literacy Education* 5(16): pp.1-97.
- Wenglinsky, Harold. 2005. “Technology and achievement: The Bottom Line.” *Educational Leadership* 63(4): pp.29-32.

