

中学校数学教員の ICT 活用指導力向上のための
研修プログラム開発とその評価

2021 年 9 月

佐賀大学大学院工学系研究科

システム創成科学専攻

米田 重和

目次

第1章 序論

- 1.1. 本研究の背景
- 1.2. 本研究の目的と方法, 意義
- 1.3. 本研究の構成

第2章 中学校数学教員の ICT 活用指導力

- 2.1. 中学校数学教員の ICT 活用指導力特定の方法
- 2.2. 熟達者に共通する行動特性と能力の抽出
- 2.3. 中学校数学教員の ICT 活用指導力の特定

第3章 中学校数学教員の ICT 活用指導力向上のための研修プログラムの開発と実施

- 3.1. 研修プログラムの要件
- 3.2. 研修プログラムの構成
- 3.3. 研修プログラムの設計方針
- 3.4. 開発した研修プログラム
- 3.5. 研修プログラムの実施状況

第4章 中学校数学教員の ICT 活用指導力向上のための研修プログラムの効果測定

- 4.1. 効果測定の方法
- 4.2. 効果測定の結果

第5章 考察

- 5.1. ICT 活用指導力の具体化・明確化 (P1)
- 5.2. 研修の在り方と開発手順の明確化 (P2)

第6章 結論

- 6.1. 研究のまとめ
- 6.2. 今後の課題

引用・参考文献

第1章 序論

本研究は、中学校数学教員の ICT 活用指導力向上のための研修プログラムの開発に関する研究である。本章では最初に、教員の ICT 活用指導力にまつわる研究の背景として、社会的背景や先行研究の整理、問題の所在について述べる。次に、本研究の目的と方法、意義について言及する。最後に本論文の構成について説明する。

1.1. 本研究の背景

1.1.1. 社会的背景

2017, 2018 年に改訂された学習指導要領では、「情報活用能力」を学習の基盤となる資質・能力に位置づけ、ICT 環境の整備を進めると共に、ICT を活用した教育の充実を謳っている（文部科学省 2017a, 2017b, 2018a）。さらに、2019 年には、子ども達一人ひとりに個別最適化され、創造性を育む教育 ICT 環境の実現を目指した GIGA スクール構想が打ち出された（文部科学省 2019）。また、2020 年には新型コロナウイルス感染症の感染が世界中に拡大し、我が国では全都道府県に緊急事態宣言が発令され、急遽オンラインによる遠隔授業を実施する学校もあるなど、ICT を活用した教育の可能性や必要性を改めて実感する状況となった。こうした社会状況も相俟って今後益々 ICT を活用した教育が進展していくと予想される。2018 年に文部科学省が作成した「教育の情報化の手引き」でも、教員一人一人が ICT を活用した指導ができるよう、研修に参加したりするなど、自ら研鑽を深めることを求めている（文部科学省 2018b）。

1.1.2. 教員の ICT 活用指導力向上に向けた国の施策と

本研究の位置づけ

教員の ICT 活用指導力を育成するための施策を、我が国でも継続的に講じてきている。2018 年に文部科学省は「教員の ICT 活用指導力のチェックリスト」（文部科学省 2018c, 以下、「チェックリスト」と略記）を改訂し、教員の ICT 活用指導力に対する規準を 4 件法（4 できる, 3 ややできる, 2 あまりできない, 1 ほとんどできない）で回答する 16 項目からなる質問項目の形式で提示している。この「チェックリスト」は 2007 年に策定されたものの改訂版であり、その年以降文部科学省は「チェックリスト」を用いて全国の小中高等学校の教員の ICT 活用指導力について調査・分析し、その改善や向上に役立てきた。しか

しながら、「チェックリスト」は、教科に応じた ICT 活用指導力には対応していないという問題がある。「チェックリスト」にある質問項目は、例えば、「B-3: 知識の定着や技能の習熟をねらいとし、学習用ソフトウェアなどを活用して、繰り返し学習する課題や児童生徒一人一人の理解・習熟の程度に応じた課題などに取り組ませる。」のように色々な教科で共通する一般的な表現でしか指標が示されていない。日本教育工学振興会ほか（2012）によれば、教員の多くは授業における ICT 活用には賛成しているものの、約半数の教員が ICT を授業で活用することに不安を感じており、授業の準備時間や自身の ICT スキル不足などに課題を感じており、さらには、ベネッセ教育総合研究所（2014）によれば、中学校の教科間では ICT の活用率に差がある。これらの不安や課題を解決するには、教科に応じた教員の ICT 活用指導力を育成しなければならない。このことに対して、「教育の情報化の手引き」では小中高等学校の各教科に応じた ICT を活用した指導例を示しているものの、教科に応じた教員の ICT 活用指導力を育成する研修の在り方については何も述べられていない。（文部科学省 2018b）。

実際には、教科に応じた教員の ICT 活用指導力を育成する研修プログラムを開発する際は教科を特定しなければならない。特に、数学教育においては、ICT 活用教育が謳われる以前の 1990 年代には、図形や関数を動的・視覚的に扱えるパソコン用ソフトウェアが開発され、数学の抽象的な概念を可視化したり、数式だけでは想像しづらい世界を視覚化したりして数学の学習につなげてきた。垣花ほか（2008）は、図形の頂点や辺を動かしたり、関数の変数の値を変えたり、視覚化された対象を動的に扱い、その中で、生徒に不動な点や規則的に変化する点などに気づかせ、学習への動機づけや創造的な活動を実現してきたと主張している。このように数学では ICT を使いグラフや図形を動的・視覚的に表現することで規則性を見出し、数学的な探究を促すといった教科特有の活用法がある。このように数学が ICT 活用に適した教科であることに加え、自身の専門分野や中学校数学教員を 19 年に渡り務めてきた経験を踏まえ、本研究では、対象教科として数学を取り上げることにした。

また、研修プログラムを開発・実施する際は、同じ校種の方がカリキュラムや教育内容を把握しており議論が深まりやすいと考えられることから、校種を限定すべきである。日本教育工学振興会ほか（2012）によれば、ICT を活用した指導を推進しにくい要因として、小中高特支の教員の中で、教材研究に時間がかかる、授業に使える教材が少ないといった項目で中学校教員が最も高い割合で課題を感じているという結果を示している。中学校教員を対象とした ICT 活用指導力向上のための研修プログラムを開発することでそういった課題を解決できると期待されることから、本研究では校種を中学校に限定することにした。

これまでの議論を踏まえ、本研究では中学校数学教員の ICT 活用指導力向上のための研修プログラムの開発を行うことにした。

1.1.3. 先行研究の整理と問題点

教員の ICT 活用指導力の育成に関連する先行研究として、皆川ほか（2009）は、授業中に ICT を活用して指導する能力向上のため模擬授業・研究授業・ワークショップ型事後検討会の 3 つの活動を組み合わせた研修プログラムを開発し、これらの活動及び構成は妥当であるという結果を得ている。清水ほか（2010）は、「チェックリスト」の項目や教科に対応した教員の ICT 活用指導力向上のためのシステム「TRAIN」を開発している。溝口ほか（2013）は、ICT を活用した指導力向上のための集合研修とフォローアップ研修を開発・実施し、これらの組み合わせによる継続的な教員研修の有効性を示している。小川ほか（2017）は、教員の ICT 活用指導力向上のため、「間違い探し」動画教材作成・閲覧による学習モデルを開発し、特に授業中に ICT を活用して指導する能力の向上に有効であるという結果を報告している。しかし、これらの研究では、一般的な ICT 活用指導力の育成に向けた研修プログラムの設計方法や方針を述べているだけで、特定の教科における ICT 活用指導力育成に向けた研修プログラムの開発方法については論じられていない。

中学校数学という校種・教科に特化した ICT 活用指導力向上のための教員研修プログラムに関する研究は少ない。村山（2008）は中学校数学における ICT 利活用例を知り、どう利活用するか考え、実際に利活用して効果を実感するという 3 段階に分けた研修を実施している。また、Lau & Yuen（2013）は、講師による ICT 機器と幾何・代数・関数・統計のパソコン用ソフトウェアの実演、それらの操作技能習得、ICT を活用した授業づくり、その発表と協議という内容の研修を実施している。ただし、村山や Lau & Yuen の研究では、ICT を活用して数学を指導すること自体が目的となっており、研修プログラムの設計段階で、受講者が ICT を活用して数学を指導するために身に付けるべき能力については何も議論されていない。

以上を踏まえ、先行研究の問題点を以下の 2 点にまとめた。

- P1. 中学校数学教員が身に付けるべき ICT 活用指導力が具体的ではなく、かつ明確でない。
- P2. 中学校数学教員が身に付けるべき ICT 活用指導力向上を目的とした研修の在り方やプログラムの開発方法が明確でない。

1.2. 本研究の目的と方法，意義

1.2.1. 本研究の目的と方法

本研究の目的は、1.1.3. で明確にした問題点 P1. と P2. の解決を図るため、中学校数学教員の ICT 活用指導力向上のための研修プログラムを開発することである。

そのために、本研究では、

- R1. 本研修プログラムで身に付けるべき中学校数学教員の ICT 活用指導力の特定

R2. 中学校数学教員の ICT 活用指導力向上のための研修プログラムの開発及び実施

R3. 開発した研修プログラムの効果測定

の手順で進める。以下ではそれぞれについて説明する。

R1.では、問題点 P1.の解決を図った。具体的には、まず、4人の熟達者を選出し、中学校数学における ICT 活用に関するインタビューを実施した。次に、インタビューの音声記録を文字化し、数学における ICT の活用に関連する重要な行動をリストアップした。それから、リストアップした行動を意味のまとまりを考慮して連文節等で区切り、文章を再構成することで行動特性の抽出した。最後に、KJ法を用いて中学校数学教員の ICT 活用指導力を特定した。

R2.では、問題点 P2.の解決を図った。具体的には、R1.で特定した中学校数学教員の ICT 活用指導力を育成するための研修プログラムの要件と構成、設計方法を策定した上で研修プログラムを開発した。開発した研修プログラムは 20～50 代の 13 人の中学校数学教師を対象に実施した。

R3.では、R2.で開発・実施した研修プログラムの効果測定を行った。具体的には、Kirkpatrick モデル (Kirkpatrick 1984, 2007) のレベル 1～4 を使って、13 人の受講者および、受講者のうち 7 人の教員が担当した生徒 174 人に対して質問紙調査を行った。

1.2.2. 本研究の意義

先に述べたように、これまでの研究には P1.および P2.という問題点があった。これは、これまでの研修が、やや場当たりに開発された結果ともいえるであろう。それに対して、本研究では、研修で育成すべき中学校数学教員の ICT 活用指導力を具体的かつ明確にし、ICT 活用指導力向上を目的とした研修の在り方やプログラムの開発方法を提案した。

また、教員の ICT 活用指導力向上のための研修プログラムには、教員が研修で学んだことを学校現場で活用し、ひいてはそれが、子ども達の学習状況の改善につながることを求められる。そのため、研修の効果測定を行う際には、満足度や知識定着度だけでなく、研修受講者の行動変容や受講者による成果も測定すべきである。しかしながら、我々の知る限りにおいて、これまで実施されてきた教員の ICT 活用指導力育成に向けた研修プログラム（各都道府県の教育センターや教員免許状更新講習で実施されている研修を含む）における効果測定では、そういった面が十分とはいえない。それに対して、本研究では、研修プログラム開発の段階において、Kirkpatrick モデルに基づき、受講者の行動変容（レベル 3）や成果（レベル 4）を含む効果測定を実施するという前提で、研修プログラムの要件や構成、設計方針を策定し、実際に研修プログラムおよびその効果測定を実施した。この点に本研究の特徴がある。

1.3. 論文の構成

本論文の構成について説明する。まず第2章では、1.2.1.の R1.：中学校数学教員の ICT 活用指導力の特定について述べる。次に、第3章では、1.2.1.の R2.：中学校数学教員の ICT 活用指導力向上のための研修プログラムの開発と実施について記述する。続いて、第4章では、1.2.1.の R3.：中学校数学教員の ICT 活用指導力獲得に向けた研修プログラムの効果測定について説明する。それから、第5章では、第2章～第4章までの内容を踏まえ、序章で述べた問題点について考察する。最後に、第6章では、本研究のまとめと今後の課題を述べる。

第2章 中学校数学教員の ICT 活用指導力

中学校数学教員の ICT 活用指導力向上のための研修プログラムを開発するためには、その研修プログラムで身につけるべき指導力を具体的かつ明確にしておかなければならない。本章では、それを明らかにする。

2.1 中学校数学教員の ICT 活用指導力特定の方法

本研究で開発する研修プログラムで育成すべき能力を可能な限り明確にするため、熟達者に共通する能力を抽出することとした。そのために、熟達者4人（佐賀県の中学校数学教師3人と佐賀県教育庁教育振興課主幹1人（元中学校数学教師））を選出した。この4人は、佐賀県教育委員会から、ICTを活用した数学の授業改善に積極的に取り組み、生徒の学力を向上させた実績があるとして推薦を受けた者である（表1）。佐賀県は、公立の小中高等学校の各教室への電子黒板の普及率は100%、公立の高等学校は全生徒がタブレットを使用できる授業環境にあるなどICT教育に関して先進的な県である。選出された4人には、十分なICT活用教育指導力が備わっていると期待される。

表1 ICTを活用した数学指導の熟達者

年齢	性別	ICTの活用経験
40代	A 男	研究主任、ICTを活用した研究発表
30代	B 男	文部科学省のICT関連の研究指定校で中心的な役割
40代	C 女	ICT利活用の推進委員
50代	D 男	教育振興課主幹、ICT推進に携わる

また、本研究では堤ほか（2007）のコンピテンシー抽出のプロセスに基づいて熟達者から抽出した能力を、中学校数学教員のICT活用指導力と位置づけた。もともと、コンピテンシーはハーバード大学のMcClelland（1973）が提唱した概念であり、「ある職務において卓越した業績を生む原因となる個人の根源的特性」と定義している。その後、コンピテンシーに関する研究を経て、現在では「高業績を上げている人に共通する行動特性」の意味で用いられるようになった。本研究においてもコンピテンシーを、この意味で用いる（佐藤 2015）。コンピテンシーは2003年にOECDがキーコンピテンシーとして子ども達が身につけるべきコンピテンシーを世界中に発信するなど今や重要な概念となっている（OECD 2005）。

堤ほか（2007）が示したコンピテンシー抽出のプロセスを基にして、本研究では以下の表2の手順で中学校数学教員のICT活用指導力を特定した。

表2 中学校数学教員の ICT 活用指導力抽出の手順

1. 選出した熟達者4人(表1)に対して、ICTの活用に関わる項目(表3)を含むインタビューを実施する。
2. インタビューの音声記録を文字化し、数学におけるICTの活用に関連する重要な行動をリストアップする。
3. リストアップした行動を意味のまとまりを考慮して連文節等で区切り、文章を再構成することで行動特性の抽出する。
4. KJ法を用いて中学校数学教員のICT活用指導力を特定する。

表3 ICTの活用に関わる主なインタビュー項目

- 数学の授業でICTを活用することは生徒の学力向上につながると感じますか。(ここでの学力とは知識・技能、思考力・表現力・判断力、学びに向かう力を指し、認知面と情意面の両方を含む。)
- 数学の授業づくりでは何を重視していますか。その中でどうICTの活用を位置づけていますか。
- 数学の授業にICTを活用することで、あなたの授業はどのように変わりましたか。
- 数学の授業でICTのどのような機器をどのような場面で使っていますか。

2.2. 熟達者に共通する行動特性と能力の抽出

表2の1.のインタビューの音声記録を文字化し、2.の数学におけるICTの活用に関連する4人の熟達者のインタビュー記録を表4に抜粋した。その中で、下線を引いた文章は重要な行動としてリストアップしたものである。ただし、内容が重複している文章には下線を引いていない。なお、音声記録の文字化については個人名や略記など文章の意味合いを変えない範囲で修正している。

表4 数学におけるICTの活用に関連するインタビュー記録の抜粋

A 男	<ul style="list-style-type: none"> ・ICTの活用には反転学習が有効である。予習の動画を家庭でタブレットを使い視聴することで、同じスタート地点にたって学習することができている。予習をすることで発表できる。8割の生徒が反転学習の動画を見てくことに好感を持っているという答えを示している。 ・<u>時間の無駄を省けて、視覚に訴えかけられるので、問題理解が早くなり、生徒に考えさせたり、話し合わせたりする時間が見いだせる。</u> ・ICTを使い生徒のひらめき、気づきなど発想力を身につけさせたい。それをもとになぜかを生徒に追究させたい。 ・パソコンソフトの使い方を習得して、まず、使ってみることが大切である。授業でどのようにICTを使うのかといった使い方を同僚から学んでいる。しかし、領域によっては使いづらいときがある。 ・<u>フラッシュカードの問題を使った復習は有効である。グラフや図形を動的に提示することで生徒に規則性等を発見・気づかせることができる。</u>
B 男	<ul style="list-style-type: none"> ・実物がないと理解が難しい問題もアニメーションや実験の映像を見せることで問題を理解させることができる。数学は実験で終わるのではなく、その後根拠を追求させるのが大切だと思う。 ・ICTを使うと時間短縮ができ視覚的に表現されるのでわかりやすい。 ・<u>ICTを使用すると興味・関心を高めることができる。研究授業や富士通の方から使い方を勉強して子どもの発見や気づきを引き出す使い方ができるとわかった。図形や関数領域で使うことが多い。</u> ・<u>映像を撮影したものを編集したものを提示するのに使っている。書画カメラは子どもの考えを提示するために用いている。そうすることで子どもの思考時間の確保につながる。</u> ・ICTを使用すると興味・関心を高めることができる。 ・生徒の思考につなげる手立てとしてICTを使っている。最初はICTに抵抗があり、おもしろいで終わるのではないか、活用や思考力の向上につながらないのではないかという思いがあった。じっくり考えるための、発見や気づきの場面を作ることができる。 ・ICTを使ったアニメーションを提示したことで問題が理解でき、問題が解ける子どもが増えた。納得も得られるようになった。低学力の生徒にとって考える手立てとなっている。 ・問題文から理解することには時間がかかるが、ICTは視覚的でわかりやすいため、その分の時間短縮ができ、思考させる時間を確保できた。
C 女	<ul style="list-style-type: none"> ・視覚に訴えることができるから、一部の生徒にしかイメージできなかったようなことが、視覚的に見えるので下位の生徒にもイメージさせることができるようになった。

	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>関数の動点の問題を視覚的・動的に見せられるので成績が下位の生徒にもイメージさせることができるようになった。納得も得られるようになった。</u> ・ 知識・技能の習得として ICT を活用して反復繰り返しをさせる際は時間の短縮となる。 ・ 多様な考え方が出るような課題のとき ICT を活用すると有効である。 ・ 導入で動画を見せたり，復習をテンポよく行ったりするときに使うと有効である。生徒を集中させることができ顔が上がる。ただし，ICT のみに頼るのではなく，使い分けが重要と考える。 ・ <u>生徒のタブレットの映像を電子黒板に映したり，他の生徒に見せ合ったりしながらすることで説明させるようにしている。他の考え方を知ることができ，それを元に話し合いが活発になり，思考を深められている。</u> ・ 電子黒板に移すものは生徒が思考するもので，板書はノートに写すものという使い分けをしている。 ・ ICT を使う前は教師が話をしている時間が長かった。子ども達が思考する時間が多くとれていなかった。ICT を使うようになって，時間の無駄を省き，視覚に訴えかけられるので，問題の理解が早くなり，生徒に考えさせる時間が見いだせるようになった。
D 男	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>視覚的に変化を捉えさせながら，形を変化させたらどうなるか，個数を変化させたらどうなるかなど発展的な課題を提示するようにしている。</u> ・ ICT を活用して，子ども達の考えを見せる，比較することができる。グループ活動やアクティブラーニングを促進できる。 ・ ICT に頼ろうとしすぎない。 ・ 電子教科書をただ見せるだけではなく，使い方を一工夫する。 ・ ICT があっても発問など問題を工夫する。 ・ ICT で興味・関心を高めることができる。 ・ 黒板でできないものを補うものを ICT で表現する。

3.では，2.でリストアップした行動（表3），例えば，A 男：「時間の無駄を省けて，視覚に訴えかけられるので，問題理解が早くなり，生徒に考えさせたり，話し合わせたりする時間が見いだせる。」を意味や内容が変わらないように「問題提示の時間を短縮する。」

（文の前半）と「個人やグループで思考する時間を確保する。」（文の後半）のように文章を再構成して2つの行動特性を抽出した。そうやって抽出・整理した行動特性が表5である。

表5 ICTの活用に関わる行動特性

<ul style="list-style-type: none"> ・問題提示の時間を短縮する. ・個人やグループで思考する時間を確保する. ・帰納や演繹といった考え方を促す. ・規則性の発見を促す場面設定ができる. ・生徒がICTを使い視覚的・動的に説明する. ・フラッシュカードにしてテンポよく復習する. ・生徒の考え方をICTで共有し時間を短縮する. ・視覚的に見せることでイメージをつかませる. ・視覚的に見せることで生徒に納得させる. ・視覚的に見せることで生徒の興味関心を引く. ・条件の変更や一般化など発展的な課題の提示ができる.
--

4.では、抽出した各行動特性を各1枚のカード（付箋紙）に記述し、これらのカードを、ICTを活用した数学の授業で何を重視しているのか、何のために活用しているのかといった視点でいくつかのグループにまとめ、それぞれのグループに見出しをつけた（図1）。なお、その中の1つに「数学教師の授業実践に関する能力」という見出しがあり、一見するとICT活用能力とは無関係のように思えるかもしれない。しかし、4人の熟達者へのインタビューは、数学の授業におけるICTの活用という観点から行われている点に注意されたい。そのため、この能力は、あくまでも数学の授業においてICTを活用するのに必要な能力と位置付けられる。

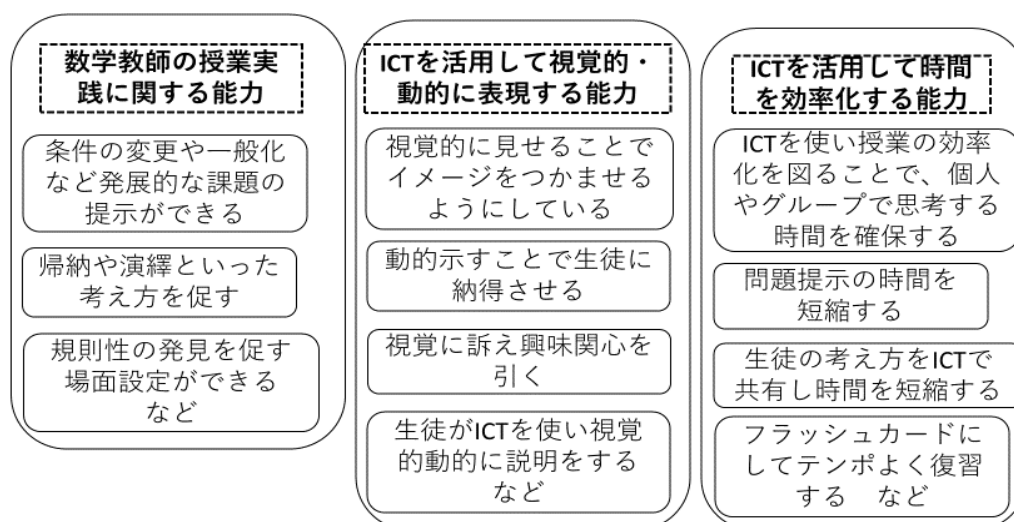


図1 KJ法による行動特性の整理

2.3. 中学校数学教員の ICT 活用指導力の特定

図1を表6のように文書化し中学校数学教員のICT活用指導力の素案としてまとめた。

表6 特定した能力と行動特性

<p>①数学教師の授業実践に関する能力</p> <ul style="list-style-type: none">(a) 特殊から一般，具体から抽象，単純から複雑，条件の変更，発展といった数学的な文脈性に考慮した授業展開ができています。(b) 規則性や法則性など数学的な気づきや発見を促す場面設定ができています。(c) 数学的な表現（図，表，式，グラフなど）を使って，根拠の追究を促す発問や指示ができています。(d) データを数学的に処理し，問題の解決につなげる授業展開ができています。 <p>②ICTを活用して視覚的・動的に表現する能力</p> <ul style="list-style-type: none">(a) 生徒の興味・関心を高めるために視覚的・動的に印象に残る場面提示ができています。(b) 生徒がイメージをつかみやすくするため視覚的・動的に場面提示ができています。(c) 生徒自身がICT機器を使い，視覚的・動的な表現を用い説明しています。 <p>③ICTを活用して授業を効率化する能力</p> <ul style="list-style-type: none">(a) ICTを活用することで問題提示までの時間を短縮するなどし，個人思考や集団思考の時間を生み出しています。(b) フラッシュカードでテンポよく復習するなど，限られた時間を有効に使っています。(c) 書画カメラ等を使い生徒の考えを瞬時に共有して書く時間を省略するなどして授業時間の効率化を図っています。
--

表2で示した2～4のプロセスは米田ほか（2021）の第一著者と第二著者，及び，教員向け研修の設計・実施・評価を行っている研究者1人の計3人が話し合いながら行い，意見が分かれたところは三者間で協議の上進めた。その後，上記4人の熟達者，さらに，その4人以外の熟達者1人（佐賀大学附属中学校に勤務する40代の数学教師であり，日ごろからICTを活用した授業実践を重ねている）の5人各々に，抽出の手順と収集したデータを示し，能力や行動特性を記した表6の素案を確認してもらったところ，5人全員が過不足はないと回答した。教育現場において知識や経験が豊富な5人全員が，素案には過不足はないと回答したことから，我々は表6の素案には過不足がないと判断し，本研究で開発する研修プログラムで育成すべき中学校数学教員のICT活用指導力と位置づけた。

これらを、「チェックリスト」で関連する部分

- B-1. 児童生徒の興味・関心を高めたり，課題を明確につかませたり，学習内容を的確にまとめさせたりするために，コンピュータや提示装置などを活用して資料などを効果的に提示する。
- B-2. 児童生徒に互いの意見・考え方・作品などを共有させたり，比較検討させたりするために，コンピュータや提示装置などを活用して児童生徒の意見などを効果的に提示する。
- B-3. 知識の定着や技能の習熟をねらいとして，学習用ソフトウェアなどを活用して，繰り返し学習する課題や児童生徒一人一人の理解・習熟の程度に応じた課題などに取り組ませる。

および，2019年に文部科学省が作成した教育の情報化に関する手引にある中学校数学におけるICTを活用した教育場面例と関連する部分

- M1. 観察や操作，実験などを通して，問題を見いだす場面
- M2. 問題を解決するために必要なデータを収集する場面
- M3. 数，式，図，表，グラフなどを作成して処理する場面
- M4. 問題解決の過程を振り返り評価・改善する場面

を表6に対応させると表7のようになる。

表7 特定した能力との対応

チェックリスト	特定した能力と行動特性
B-1	② (a), ② (b)
B-2	② (c), ③ (a)
B-3	③ (b), ③ (c)
中学校数学の教育場面例	特定した能力と行動特性
M1	① (b), ② (b)
M2	① (d), ② (c)
M3	① (c), ③ (a)
M4	① (c), ③ (a)

表7より、「チェックリスト」にある能力は本研究で抽出した②および③と対応がつき，中学校数学における教育場面例 M1～M4 は①と②もしくは③との組み合わせで対応がつく。このように対応がつくのは、「チェックリスト」が様々な教科で共通する一般的な表現で記載されているため，当然の結果といえるだろう。しかしながら，① (a) は「チ

チェックリスト」, 教育場面例ともに対応がつかなかった. このことから, ① (a) は本研究で新たに抽出された中学校数学教員特有の行動特性といえる. また, 例えば, ② (a), (b) の「視覚的・動的な表現や場面提示」, ③ (a) の「問題提示までの時間を短縮」は, それぞれ「チェックリスト」の B-1, B-2 と対応はつくものの, 「チェックリスト」にはこのような具体的な行動は記されていない. 表 5 と表 6 を使えば, チェックリストの B-1 に対応するより具体的な行動が分かる. そして, 具体的な行動が明確になれば, 教員が ICT を指導に活用する際, 何をどうすればよいか分かり, それを自らの指導に取り入れることで, 指導力向上につながれると期待される. さらに, 「はじめに」で述べたように, ベネッセ教育総合研究所 (2014) によれば, 約半数の教員が ICT を授業で活用することに不安を感じており, 授業の準備時間や自身の ICT スキル不足などに課題を感じているが, とるべき行動が明確になれば, その課題の克服にも繋がるであろう.

また, Matthew, Koehler & Mishra (2015) によれば, TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) とは, 教員が, テクノロジー, 今の場合, ICT を活用して効果的に教えるのに必要な知識を記述するためのフレームワークであるが, そこで身に付けるべき能力として TCK (Technological Content Knowledge) が挙げられている. TCK は, ある教科をとりあげるとき, どのような技術がそれに適合しているか, ある技術を用いると新たに見えたり, 考えたりすることができる内容は何かをイメージできる知識と理解できる (小柳 2016) ものである. ①は, 数学教師の授業実践に関する能力であり, これが備わっていると, ICT 活用による授業展開がイメージできると考えられるため, ①は TCK に対応するといえる. 一方, TPK (Technological Pedagogical Knowledge) は, ある目的の達成に向けて, 授業で用いることができる技術としてどのようなものがあるか, なぜ授業でその技術を用いる必要があるのか, その技術を用いるとどのような効果が期待できるのか, に関する汎用的な知識と考えられるものであり, ②「視覚的・動的に表現する能力」および③「授業を効率化する能力」はこれに対応するといえるだろう.

以上, 表 7 や TPACK の観点からも, 表 6 の①～③は中学校数学教員が身に付けるべき ICT 活用指導力であると判断した.

第3章 中学校数学教員のICT活用指導力向上のための研修プログラムの開発と実施

本章では、研修プログラムの要件と構成、設計指針を策定した上で、第2章で特定した数学教員のICT活用指導力育成に向けた研修プログラムの開発と実施について述べる。

3.1. 研修プログラムの要件

研修プログラムを設計するために、研修プログラムの要件を明確にする。溝口ほか(2013)は、集合研修の要件として、「ICT活用の授業イメージをもつための演習」、「授業での活用目的や活用場面を理解するためのワークショップ」、「授業での効果的な活用法を修得するための模擬授業」、「ICT活用を行うための授業計画立案」の4つを設定している。Lau & Yuen (2013)は、ICTを活用した数学指導の研修プログラムを「ICT機器や数学に関するパソコンソフトの使い方の理解」、「ICT機器や数学に関するパソコンソフトの操作技能の習得」、「ICTを活用した授業づくり」、「発表と協議」の4つの要素で構成している。Niessほか(2011)は、教員がTPACKを発展させて機能させるには、「認識(Recognition)」、「受容(accepting)」、「適用(adapting)」、「探究(exploring)」、「進展(advancing)」の段階を上っていく必要があると主張している。

本論文では、溝口ほかとLau & Yuenの研修プログラム要件、NiessほかのTPACK発展段階の全てを含むようにして、本研究における研修プログラムの要件を、(I)知識の習得、(II)技能の習得、(III)知識と技能の活用、(IV)模擬授業の4つにまとめた(表8)。これらは研修を設計する際のフレームワークとなる。

表 8 研修プログラムの要件

要件	溝口ほか	Lau & Yuen	Niess ほか
(I) 知識の習得	授業での活用目的や活用場面を理解するためのワークショップ	ICT 機器や数学に関するパソコンソフトの使い方の理解	認識 受容
(II) 技能の習得		ICT 機器や数学に関するパソコンソフトの操作技能の習得	
(III) 知識と技能の活用	ICT 活用の授業イメージをもつための演習と ICT 活用を行うための授業計画立案	ICT を活用した授業づくり	適用 探究
(IV) 模擬授業	授業での効果的な活用法を修得するための模擬授業	発表と協議	進展

3.2. 研修プログラムの構成

本研修プログラムは、成人の教育アンドラゴジーを援用して構成した。Knowles (1980) が提唱するアンドラゴジーの考え方からすれば、「大人は納得しないと学ばない」、「役に立たないものは学びたくない」という性格を持つため、技能の習得の前に「何の役に立つのか」、「どういった使い方をするのか」という知識を学ぶのが適している。つまり、(I)、(II) という順になる。次に、(III) は習得した知識と技能を活用するので、(I) と (II) の後に行うべきである。そして、(IV) の模擬授業は、(III) で作成した教材を使って実施するため、(III) の後に実施せざるを得ない。以上のことから、研修の順序は、(I)、(II)、(III)、(IV) とした。この順序は、ブルームのタキソノミーの (1) 知識、(2) 理解、(3) 応用、(4) 分析、(5) 統合、(6) 評価の順にも沿っている (石井, 2003)。

以上を踏まえて、本研修プログラムでは研修プログラムの要件の内容を以下のように定めた。

(I) 知識の習得では、受講者が ICT 機器の使い方を理解するだけでなく、ICT 活用指導力も理解・納得することが重要となる。そこで、本研修プログラムでは表 6 の①、②、③に関する知識について習得させる。

(II) 技能の習得では、(I) で知識を習得したとしても ICT の活用はできないため、ICT を活用して指導ができるようパソコンソフトや ICT 機器を使うための技能を習得させる。本研修プログラムでは、表 6 の①、②、③に必要な技能を学ばせる。

(III) 知識と技能の活用では、(I) と (II) で習得した知識と技能を使って ICT を活

用した教材を作成させる。受講者が、習得した知識と技能を活用し、指導に活かしてはじめて研修の意義がある。本研修プログラムでは表6の①、②、③を満たすような教材を作成させる。

(IV) 模擬授業では、受講者自身の課題を明確にしたり、他の受講者の活用方法から学んだりするため、(III)で作成したICT活用教材を用いた模擬授業を実施し、受講者同士で議論させる。

3.3. 研修プログラムの設計方針

研修プログラムの設計方針にKirkpatrickの4段階モデル(Kirkpatrick 1984, 2007)を採用した。Kirkpatrickの4段階モデルとは、主に研修の効果を測定するために世界で広く使われているモデルであり、以下の4つのレベルで表現される。

レベル1 Reaction (研修に対する受講者の満足度)

レベル2 Learning (研修の受講者の学習到達度)

レベル3 Behavior (研修後の受講者の行動変容)

レベル4 Results (研修後の受講者の成果)

このモデルを使うメリットは、研修の効果を測定できるだけでなく、研修を設計する際の指針になるという点である。より具体的には、まず、教員が身につけているICT活用指導力を想定した上で、レベル4においては、「研修を受講した後、受講者がどのような成果を出せることを目指すのか」を考え、次に、レベル3においては「その成果を出せるようにするために、どのような具体的な行動が求められるのか」を考えて、レベル3とレベル4が実現できるように学習到達目標を設定する。

本研修では、「研修後、学んだことを実践する受講者の授業で生徒自身に『楽しい』、『分かった』、『できた』と実感してもらう」(レベル4) 必要があり、そのためには「ICTを活用した教材の作成を行うようになる」(レベル3) ことが必要だと考えた。そして、これらを達成できるように学習到達目標を「生徒の興味・関心を高めたり、学習の理解の助けになったりするように PowerPoint のアニメーション処理やフリーソフトを使った視覚的・動的な学習場面の提示ができる」と設定した。

その上で、「行動変容を起こせるようになるには、どのような知識・技能等をどの程度教える必要があるのか」(レベル2)、「受講者が満足するような研修にするにはどうしたらいいか」(レベル1) を考えて、学習到達目標を達成できるように研修を設計する。本研修プログラムで扱う内容(知識・技能等)は、3.1.で述べた要件(I)～(IV)である。受講者は初級者を対象としているので、これらを習得するには最低でも各90分以上は必要だと思われる。一方、多忙な学校現場の現状を考慮すると、教員に2日以上研修へ参加を求めるのは現実的ではなく、1日で終了するスケジュールを組むべきである。学校現場

の現状を踏まえたスケジュールにすることで受講者の満足度も高まると考えられる。そこで、(I)～(IV)を各90分で行うこととし、内容を厳選した。

このように、本研修プログラム設計のために Kirkpatrick モデルを援用した。なお、効果測定にも Kirkpatrick モデルを用いる。設計方針と効果測定に同じモデルを用いることで研修プログラムの設計と評価が一貫するため、研修プログラムの評価・改善が行いやすくなるというメリットを期待できる。効果測定に関しては第4章で詳しく説明する。

3.4. 開発した研修プログラム

3.1.～3.3.で検討した結果をもとに、研修プログラムを設計し、プレゼンテーションやその説明資料、練習問題を作成した。作成した資料等に関しては、米田ほか(2021)の第一著者と第二著者だけでなく、教員向け研修を設計・実施・評価している研究者1人で内容の確認を行い、妥当性を検討した。その結果、開発した研修プログラムが表9である。

表9 研修プログラム

要件	時間	形態	研修内容
研修 (I) 知識の習得	9:00 ～ 10:30	講義 講義	・熟達者から特定した中学校数学教員の ICT 活用指導力について理解する。 ・中学校数学における ICT 活用指導力に沿った教材及び授業例を知る (PowerPoint, GC, GeoGebra, GRAPES, 書画カメラの実演を含む)。
研修 (II) 技能の習得	10:40 ～ 12:10	講義 演習	・ICT を活用した教材の作成方法について学ぶ。 ・パソコンソフトの使用方法的説明. PowerPoint と数学のフリーソフトを用いた教材の模倣・作成をする (初級, 中級, 上級レベル別)。
研修 (III) 知識と技能 の活用	13:00 ～ 14:30	演習	・ICT を活用した教材 (電子黒板による PowerPoint, GC, GeoGebra, Grapes を使った学習場面の提示) を作成する。
研修 (IV) 模擬授業	14:40 ～ 16:10	演習	・受講者が作成した教材を用いた模擬授業と議論を行う。 ・アンケートを記入する。

表9の研修 (I) の講義は PowerPoint スライドで進め、スライドの内容を印刷した資料を受講者に配付した。研修内容にある GC は飯島が開発した動的な図形操作が可能なフリーソフト (飯島 1997), GRAPES は友田が開発した動的なグラフ作成が可能なフリーソフト (友田 2019), GeoGebra は Hohenwarter が開発した図形・グラフ・統計・数式処理を統合したフリーソフト (GeoGebra 公式 Web ページ) である。研修を行うにあたり、ス

ライド投影用の PC と電子黒板，実演用の書画カメラを用意した。なお，研修の学習到達目標は，3.3.で述べたように「生徒の興味・関心を高めたり，学習の理解の助けになったりするように PowerPoint のアニメーション処理やフリーソフトを使った視覚的・動的な学習場面の提示ができる」であるが，中学校数学教員の ICT 活用指導力について理解してもらうため，表 6 の①～③全ての能力と行動特性について紹介することにした。ただし，研修内容の教材及び授業例では，受講者として初級者を想定したため，授業展開や根拠の追求など経験を必要とする行動特性① (a) ， (c) ， (d) を扱わず，簡潔に実演しながら説明できる① (b) および，②，③を取り上げることにした。

研修 (Ⅱ) の講義はスライドで進め，スライドの内容を印刷した資料を受講者に配付した。演習では，受講者各個人で PowerPoint を中心とした教材の模倣・作成を行った。受講者によってパソコン操作スキルに差があるという前提で，レベルを初級，中級，上級に分け，レベルに応じた教材の模倣・作成を通してスキルを習得させる。受講者が，PowerPoint では困難なこと，例えば，統計や関数グラフ表示などもできるようになるよう，他のソフトの初歩的な操作技能も受講者に習得させる。

研修 (Ⅲ) の演習では，受講者各個人で PowerPoint，GC，GRAPES，GeoGebra を用いた学習場面を電子黒板上で提示する教材を作成させる。そのため，各自が利用できる PC が必要であるが，今回はノート PC を各自持参してもらった。また，インターネット上のフリー素材（絵や写真など）の利用も想定しているため，インターネット環境も必要である。なお，受講者に ICT を活用した教材を作成してもらうためには，対象とする単元が必要なので，受講者自身が利用している教科書を各自持参してもらった。

研修 (Ⅳ) では，受講者に (Ⅲ) で作成した自作教材を使って模擬授業を行ってもらい，それに基づいて受講者で議論を行う。(Ⅳ) の模擬授業を通して実践的な指導力を養うとともに，議論を通して，表 5 の能力と行動特性についての理解を深める。

さて，研修 (Ⅰ) ～ (Ⅳ) のタイムスケジュールについて説明を加える。研修 (Ⅰ) はスライドが 43 枚で 1 枚 1 分程度の説明時間と実演 5 種類で 1 種類 8 分程度，確認テスト 5 分と想定して 90 分，研修 (Ⅱ) はスライドが 25 枚で 1 枚 1 分程度の説明時間とパソコンの操作技能の練習時間 60 分，確認テスト 5 分で 90 分，研修 (Ⅲ) は教材の選定，構想，作成時間で 90 分，研修 (Ⅳ) は 1 人 10 分の発表と意見交換の時間を想定して 9 人で 90 分と見積り，研修 (Ⅰ) ～ (Ⅳ) を 1 日で終了できるように 9:00 開始とするスケジュールにした。

これらに基づいて，募集人数を最大 9 人とした。研修にかかる費用は資料の印刷費，ICT を活用した学習課題を持ち帰るための USB メモリーの代金を合わせて 1 人 1000 円程度となった。

3.5. 研修プログラムの実施

佐賀県の中学校数学教師で、ICT 活用に関して初級者である教員に希望者を募り、4.4. で開発した研修プログラムを 2018 年 8 月と 2019 年 6 月に実施した。2 回の研修における受講者は、20～50 代の佐賀県内の中学校数学教師 13 人であった。また、研修施設は最新の ICT 機器の設備が整う佐賀大学内の ICT 教育クラスルームで行った。研修後、ICT 教材を活用した授業の実施と生徒のアンケート調査まで協力を得た教師は 7 人であり、その 7 人が担当した生徒は 174 人であった。

第4章 中学校数学教員の ICT 活用指導力向上のための研修プログラムの効果測定

本章では、まず、効果測定の方法について説明した後、効果測定の実施およびその結果について述べる。

4.1. 効果測定の方法

3.3.で述べたように、本研修プログラムは、Kirkpatrick モデルと密接な関係にある。それを踏まえた効果測定法の概要を図2に示す。破線部分は、効果測定のために実施する項目を表す。また、各レベルの効果測定法の概要を表10に、各レベルにおけるアンケート項目を表11に示す。表11の各質問項目は4件法（4…かなりあてはまる、3…まあまああてはまる、2…あまりあてはまらない、1…まったくあてはまらない）で受講者に自己評価させた。

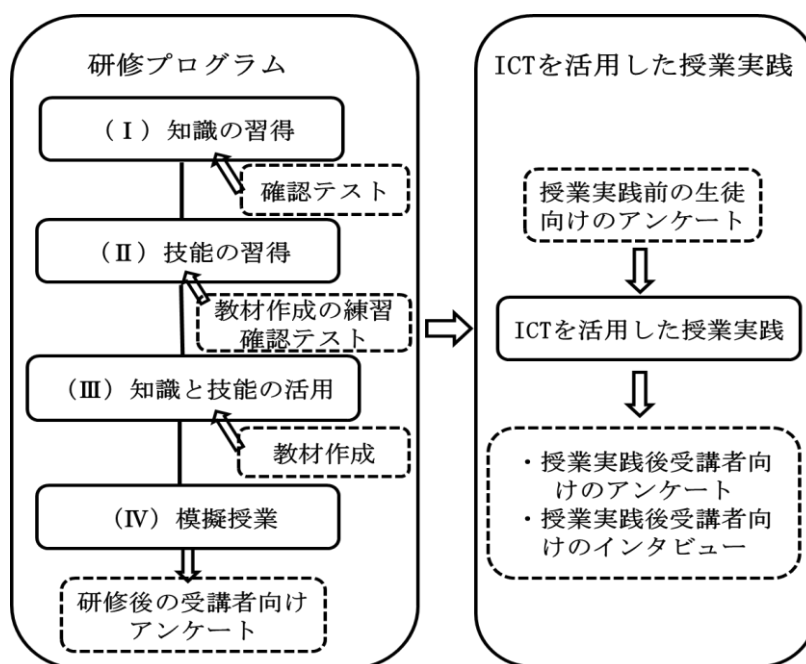


図2 研修プログラムと効果測定法の概要

表 10 効果測定方法の概要

レベル	対象	時期	調査法
1 満足感	受講者	研修直後	アンケート（4件法，自由記述）
2 学習	受講者	研修中	確認テスト（選択問題と自由記述），教材作成練習，作成した教材
		研修直後	アンケート（4件法，自由記述）
3 行動変容	受講者	研修の数か月後	アンケート（4件法，自由記述）
4 成果	受講者が担当する生徒	受講者の授業実践前	アンケート（4件法，選択肢，自由記述）
		受講者の授業実践後	アンケート（4件法，選択肢，自由記述）

表 11 各レベルにおけるアンケートの項目

レベル 1 (研修直後)	満足感	(a) 研修内容は私のニーズに応えるものとなっていた。 (b) 研修は全体として満足できるものだった。
レベル 2 (研修直後)	学習	(c) ICT を活用する数学教師に求められる能力について理解できた。 (d) 数学の授業で ICT の活用方法を知ることができた。 (e) パワーポイントや簡単な数学のフリーソフトを使った教材の作成ができた。
レベル 3 (授業実践後)	行動変容	(f) 研修で学んだことを授業に活かしている。 (g) ICT を活用した授業を行うことで生徒の興味・関心は高まったと感じる。 (h) ICT を活用した授業を行うことで生徒の思考時間が確保できた。
レベル 4 (授業前後)	成果	(i) 生徒が，数学の授業は面白いと感じる。 (j) 生徒が，数学の授業はよくわかると感じる。 (k) 生徒が，数学の授業で出される問題はよく解けると感じる。

4.1.1. レベル 1（満足感）

レベル 1 は，研修直後の受講者向けアンケート（表 11 のアンケート項目 (a) (b) と自由記述）で測定する。

4.1.2. レベル 2 (学習)

レベル 2 を測定するために、以下のことを行う。

- 研修直後に、受講者向けアンケート（表 11 のアンケート項目 (c) ～ (e) と自由記述）を実施する。
- 表 9 の研修 (I) および研修 (II) の最後に各 5 分程度で確認テスト（表 12）及び自由記述を実施する。

表 12 確認テスト

(I) 知識の 習得	(ア) コンピテンシーの意味は「高業績を上げる人に共通の行動特性」のことである。 (イ) ICT を活用すると子ども達が課題に取り組む時間を確保したり、話し合いの活性化を図ったりすることが困難になる。 (ウ) ICT は視覚的に印象に残り、生徒の興味・関心を高めるのに有効である。 ※講師の説明と違うものを 1 つ選択、正答 (イ)
(II) 技能の 習得	(ア) パワーポイントでは場面を動的に表現 (アニメーション) することができない。 (イ) 図形を動かしたり、グラフを描いたりできるフリーソフトが開発されており、自由に使うことができる。 (ウ) スマホやデジタルカメラで写したものは簡単に電子黒板に映し出すことができる。 ※講師の説明と違うものを 1 つ選択、正答 (ア)

- 研修 (II) において、PowerPoint と数学のフリーソフトを用いた教材作成の練習を評価する (初級・中級・上級のレベル別)。評価は各レベルに応じた視覚的・動的な学習場面を講師が例示した後に、受講者が同じ内容の教材を PowerPoint のアニメーション処理やフリーソフトを使って作成し、その完成度を講師が判定することで行った。
- 研修 (III) において受講者が作成した ICT 活用教材の評価を実施する。評価は、受講者が研修 (II) で選択したレベルに応じて、学習到達目標「生徒の興味・関心を高めたり、学習の理解の助けになったりするように PowerPoint のアニメーション処理やフリーソフトを使った視覚的・動的な学習場面の提示ができる」を満たしているかで講師が判定した。

4.2. 効果測定の結果

4.2.1. レベル1の結果

表11のアンケート(a),(b)の結果を図3に示す。全員が「大変そう思う」または「だいたいそう思う」であり、全体的に評価が高かった。また、自由記述においても、研修に対する肯定的な記述だけで、否定的な記述がなかった。そのため、研修プログラムに関する満足度は高かったといえる。

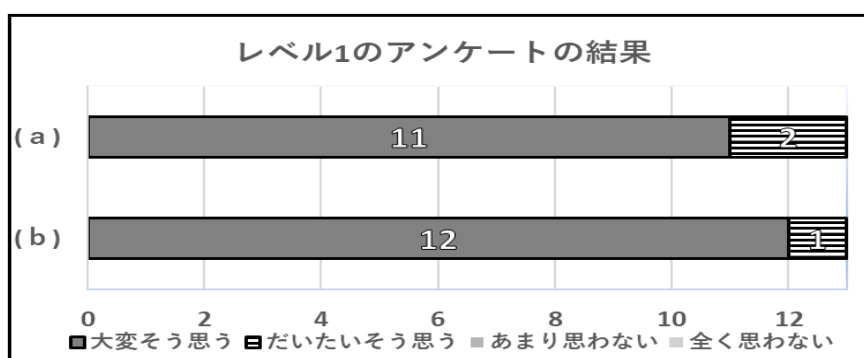


図3 レベル1のアンケートの結果

以下に、自由記述例を記述するが、これ以降、自由記述については、個人名や略記などは文章の意味合いを変えない範囲で修正している。

○アンケートの自由記述例

- ・ICTを今後授業に取り入れる際のいいヒントになりました。
- ・ICTの活用がよいと言われているが、現場ではなかなかいい活用法を知る機会がないので研修に参加して良かった。
- ・一緒に研修をさせていただいた先生と話をさせていただき、学んだことやそのことを通して受けた刺激をいかしていきたいと思います。
- ・先生方と議論する時間はとても有意義で学びが多かったと感じました。
- ・研究でICTを使った授業づくりについて学んでいるため、大変参考になりました。
- ・基本的なことからしっかり教えていただきよかったです。
- ・すぐにでも役立つ内容であったのがよかった。様々な面で応用していきたい。
- ・ICTの使い方をあまり知っていなかったのが、今回知ることができて良かった。これから活かしていきたい。
- ・フリーソフトの扱いは非常に役立った。授業で使っていきたいと思った。
- ・ICTのよさ、有効性を改めて知ることができた。また、具体的にどんな場面でどう使用するかまでわかったのが、現場で実践したい。

4.2.2. レベル 2 の結果

確認テスト（表 12）に対する受講者の正答率は高く、表 19 の研修（Ⅰ）の確認テストの正答率は 85.7%，研修（Ⅱ）の確認テストの正答率は 100%であった。そして、全ての受講者が研修（Ⅱ）において、ICT を用いた教材作成の練習を完遂し、研修（Ⅲ）では習得した操作技能のレベルに応じた ICT を活用した教材が作成できていた。この教材について、表 14 に 3 人の例を示す。なお、初級選択者、中級選択者、上級選択者とは、研修（Ⅱ）の PowerPoint と数学のフリーソフトを用いたレベル別の教材作成の練習において、それぞれ初級、中級、上級を選択した受講者のことである。

表 14 受講者が作成した ICT を活用した教材

初級選択者	1 年生の方程式の単元で等式の性質について天秤をモデルとして使って説明するという内容。インターネットのフリー素材と図形を合成させ、PowerPoint のアニメーション機能を使って視覚的・動的に方程式の性質を理解させ、簡単な方程式を解くというもの。時間の効率化も図る教材。
中級選択者	2 年生の一次関数の応用問題。長方形 ABCD の周上に点 A を起点として点 P が点 A から点 D まで動くときの△APD の面積の変化を式に表す問題。PowerPoint のアニメーション機能を使って表現し、イメージさせることで変化する量の規則性に気づかせる教材。問題提示までの時間を短縮させる教材。
上級選択者	3 年生の関数の教材で、A 店、B 店、C 店どのレンタサイクルから借りると得か、グラフや表から考えるという問題。PowerPoint と Grapes を使って生徒の意欲を喚起するような問題場面を視覚的にかつ短時間で提示できる教材。

また、表 11 のアンケート（c）～（e）の結果（図 4）、全員が「大変そう思う」または「だいたいそう思う」と肯定的な回答をしていた。

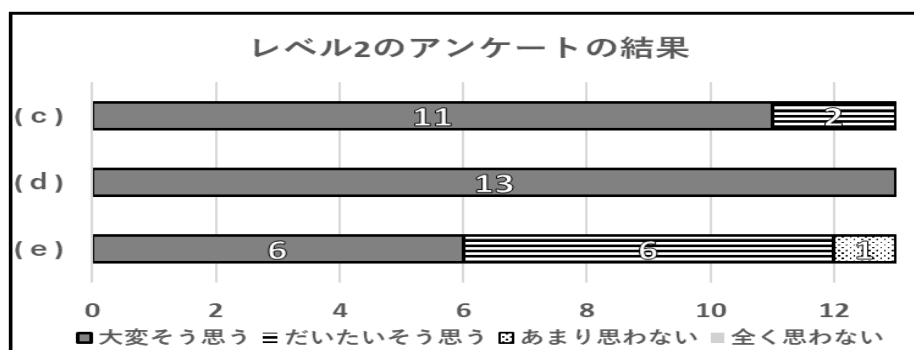


図 4 レベル 2 のアンケートの結果

さらには、アンケートと確認テストの自由記述においても、「熟達者に共通する能力を学んだ」、「パソコンソフト等の操作技能を習得できた」や「授業で活用したい」という知識・技能の獲得や行動変容に繋がる内容が見られた。以下に、自由記述例を記す。

○アンケートの自由記述例

- ・自作教材を作りたいと思っていたので、授業を構想して作成することができて少し自信がつけました。
- ・具体的にどんな場面でどう使用するかまでわかりました。
- ・ICTを用いる事で生徒がイメージしにくい場面を視覚的に表示できました。今回作った教材で生徒がどのように反応してくるのかがとても楽しみになりました。
- ・パワーポイントの使い方を改めて学んだ。他にも学べるものは多い。
- ・実際授業のパワーポイント教材を作りました。授業で使ってみたいと思います。

○確認テストの自由記述例

研修（Ⅰ）

- ・熟達者に共通する能力を自分の授業改善などに役立てられると思った。
- ・これからの生徒たちはデータを読み取ったり、発信したりしていく能力が必要となると考えているので、GeoGebraの活用を現場に出た際に行っていきたいと思った。
- ・Grapesは使ったことがあったが、GC、GeoGebraは初めて知った。単元に応じてソフトを活用した授業づくりを考えたい。
- ・関数や表を表示するのにたくさんのソフトがあって面白かった。

研修（Ⅱ）

- ・パワーポイントを使うことで教材に「動き」をつけ再現できる。子供がわかりやすいような教材の開発を視野に入れて作っていきたいと思う。
- ・いろいろ便利なフリーソフトで作った内容をパワーポイントに簡単に挿入できた。
- ・復習内容をパワーポイントで示すことで時間を短縮し復習できると実感した。
- ・パワーポイントを使って導入をすることで、生徒に興味関心を高めたり、時間短縮をすることができたりする。
- ・実際に教材を作ってみて、授業の導入をもっと工夫できるようになりたいと思いました。実験・操作活動ができない、ではなくて、動画を利用するのもよいと思いました。

以上の結果より、受講者は中学校数学教員のICT活用指導力獲得に向けた知識、技能、態度ともに身につけられたと判断できる。

4.2.3. レベル3の結果

表11 アンケート (f) ~ (h) の結果 (図5) 全員が「大変そう思う」または「だいたいそう思う」と肯定的な回答をしていた。

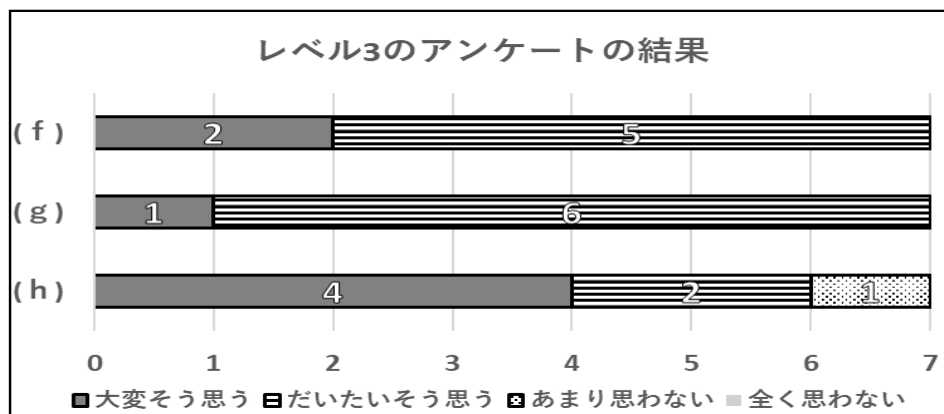


図5 レベル3のアンケートの結果

また、アンケートの自由記述やインタビューの結果によれば、受講者は研修後も学んだことを活かして自作のICTを活用した教材を作成しており、受講者の行動変容が見られる。以下に、自由記述とインタビューの結果の例を示す。

○アンケートの自由記述例

- ・ICTを活用することで生徒が思考を深める時間を確保できる。視覚的に印象づけることができる。効果的に使い分けることが大事である。
- ・前時の復習や課題の把握の場面（主に導入）での活用を実践したが、他の場面でも活用したい。

4.2.4. レベル4の結果

受講者の生徒174人に対して、表11のアンケート(i)~(k)を実施したところ、回答の平均値では、全ての項目で実践後の平均値が高い数値になっていた。その結果をレーダーチャートで表したものを図6に示す。

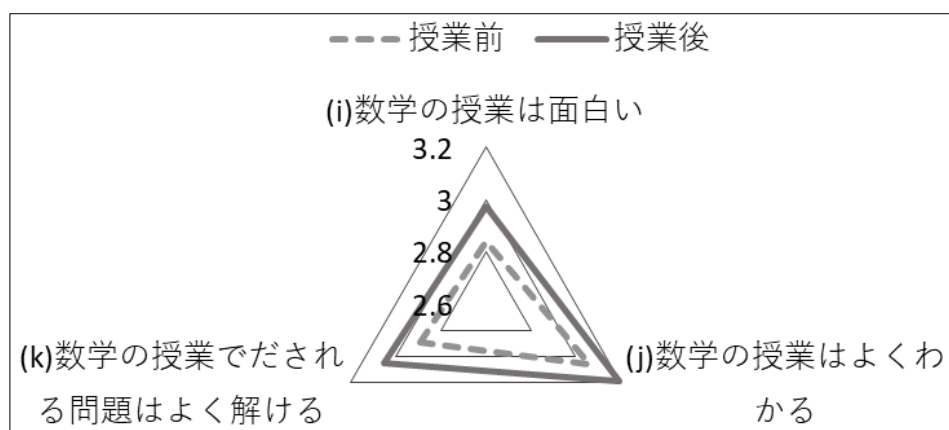


図6 生徒向けアンケート4段階評価の平均値

ただし、片側t検定を行ったところ、授業実践前と実践後で有意差はみられなかった(表15)。

表15 4段階評価(4点満点)の平均値のt検定結果

質問項目	授業前	授業後	p値
(i) 数学の授業は面白い	2.805	2.905	0.127
(j) 数学の授業はよくわかる	3.000	3.060	0.238
(k) 数学の授業でだされる問題はよく解ける	2.821	2.911	0.156

そこで、アンケート(i)～(k)において肯定的(4点中3点以上の)回答をした生徒に対して、表13の選択肢の中でICTに関する項目「電子黒板やタブレットを使うとわかりやすいから」を選択した生徒数の割合に対して母比率の差の検定を実施した。その結果、(j)「数学の授業はよくわかる」、(k)「数学の授業で出される問題はよく解ける」の2つの項目において、有意水準5%で有意差が見られた(表16)。

表16 ICTの活用に関する母比率の差の検定の結果

ICT活用に肯定的割合	授業前	授業後	p値
(i) 数学の授業は面白い	41/122 =0.336	51/127 =0.402	0.284
(j) 数学の授業はよくわかる	38/136 =0.279	55/138 =0.399	0.037*
(k) 数学の授業でだされる問題はよく解ける	20/125 =0.160	35/135 =0.269	0.034*

以上のことより、授業実践後には、数学が『分かった』、『できた』と実感した生徒の割合は増えているといえる。

次に、生徒の自由記述の結果について述べる。ICT を活用した授業実践前後の生徒の自由記述の設問は「数学の授業で ICT を使うことの良いと感じることや悪いと感じることがあれば書いて下さい。」である。

○アンケートの自由記述例（授業実践前）

- ・電子黒板はとても見やすくいい。
- ・画面がでかいから見やすい。
- ・問題が見やすい。
- ・文字が大きくて見やすい。
- ・電気などで反射して見えないことがある。
- ・ペンで文字を書いたりできるからいいと思う。
- ・図が見やすい。
- ・色がついて分かりやすい。黒板に書かずにすむ。
- ・反射して見づらい。
- ・実験や説明を見られてよくわかる。
- ・教科書と同じものが写るからわかりやすい。

○アンケートの自由記述例（授業実践後）

- ・電子黒板を使って復習などをするとわかりやすい。
- ・復習をするときにわかりやすい。
- ・数学の勉強がわかりやすくなる。
- ・分かりにくいことがわかりやすくなる。
- ・電子黒板は目が悪くなる。
- ・動画とかを見ると説明がわかりやすい。
- ・例や図が動いてわかりやすい。
- ・目がちかちかする。目が乾燥する。
- ・黒板で図などを説明するよりわかりやすい。
- ・目が痛い。
- ・動きがあってわかりやすい。
- ・言葉ではわかりにくいところでも ICT は図形を動かしたりしてわかりやすい。
- ・ICT を使うと予測ができるので頭の中で計算ができていいと思った。

授業実践前に多く見られた言葉に「見やすい」があった。この言葉は「ICT 機器を用いた提示は大きくてはっきり見える」といった文脈で用いられており、学習内容の習得とは関係のないことが読み取れる。一方、授業実践後に多く見られた言葉に「復習」、「内容」

があった。これらの言葉は「ICTを使った復習がわかりやすい」「内容が理解できた」といった文脈で用いられており、ICTが生徒の学習内容の理解に貢献していることを確認できる。一方、授業実践前と後で共通して「目が痛くなる」、「目が悪くなる」といった記述が見られ、配慮すべき点も明らかになった。

第5章 考察

ここでは、第2章～第4章の内容を踏まえて、序章で述べた問題点 P1.および P2.について考察する。

5.1. ICT 活用指導力の具体化・明確化 (P1)

本研究では、中学校数学教員の ICT 活用指導力および行動特性を表6のように特定し、初級者向けの研修プログラムを開発・実施した。そして、研修効果測定の結果、4.2.2.より、受講者は中学校数学教員の ICT 活用指導力についての知識・技能・態度を身につけ、4.2.3.より、望ましい行動変容が見られた。特に、表14の受講者が作成した教材と表17の能力と行動特性を対応づけると、初級選択者が作成した教材は、表6の②(a), (b)「視覚的・動的な表現」、③(a)「問題提示までの時間の短縮」に、中級選択者と上級選択者が作成した教材は、①(b)「気づきや発見を促す場面設定」、②(a), (b)「視覚的・動的な表現」、③(a)「問題提示までの時間の短縮」に対応がつく。このことから、この3人の受講者は表17の能力と行動特性に対応した教材の作成ができているといえる。なお、その他の受講者が作成した教材についても同様に表6との対応がついた。

結局のところ、

- A) 中学校数学教員の ICT 活用指導力および行動特性を表17のように特定した。
- B) 研修受講者は、本研修で表6の能力と行動特性に対応した教材が作成でき、行動変容も見られた。

ことになる。つまり、A)より、中学校数学教員が身に付けるべき ICT 活用指導力が表6のように具体的かつ明確になり、B)より、それは研修により獲得可能なものであるといえる。また、表7によって、「チェックリスト」や教育場面例における行動も具体的かつ明確になった。以上のことより、序章で述べた問題点 P1.に対して、我々は、表6(第3章.で説明したその作成方法も含めて)のように、中学校数学教員の ICT 活用指導力を明確かつ具体的にしたといえる。

5.2. 研修の在り方と開発手順の明確化 (P2)

4.2.1.～4.2.3.で示したように、本研修プログラムは、Kirkpatrick モデルのレベル1～3において概ね肯定的な回答が得られている。また、4.2.4.で述べたように、レベル4においても受講者による授業実践後には、数学が『分かった』、『できた』と実感している生徒の割合が増えており、肯定的な回答が得られているといえる。これらのことから、本研修プログラムが中学校数学教員の ICT 活用指導力向上に寄与していると考えられる。この成果は表9の研修プログラムを実施して得られたものあり、表9が研修の在り方の一つである。したがって、表9が問題点 P2.の前半「研修の在り方」に対する解決策だといえる。

表9の研修プログラムは、第3章より、中学校数学教員の ICT 活用指導力を具体的かつ

明確化した上で、4.1.より、研修プログラムの要件を「(Ⅰ) 知識の習得」、 「(Ⅱ) 技能の習得」、 「(Ⅲ) 知識や技能の活用」、 「(Ⅳ) 模擬授業」に整理し、4.2.より、成人の教育アンドラゴジーを援用して、研修を(Ⅰ)、(Ⅱ)、(Ⅲ)、(Ⅳ)の順で構成した。また、4.3.より、設計ではKirkpatrickモデルを援用し、時間的な制約も考慮した。今回の研修プログラムの開発手順をまとめると、

1. 育成すべき能力の具体化・明確化
2. 研修プログラムの要件の明確化
3. 成人の教育アンドラゴジーの援用による研修構成
4. Kirkpatrickモデルに基づく研修設計

となる。この手順に基づいて開発された研修は、Kirkpatrickモデルに基づいて設計されているため、同モデルによる研修効果測定も行いやすい。実際、第4章で述べたような研修効果測定が可能である。このような一連の研修プログラムの開発手順が問題点P2.の後半「プログラムの開発手順」に対する解決策だといえる。

第6章 結論

6.1. 研究のまとめ

本研究では、1.1.3.で明らかにした2つの問題点「P1. 中学校数学教員が身に付けるべきICT活用指導力が具体的ではなく、かつ明確でない.」, 「P2. : 中学校数学教員が身につけるべきICT活用指導力向上を目的とした研修の在り方やプログラムの開発方法が明確でない.」の解決を図るため、第2章で、本研修プログラムで身につけるべき中学校数学教員のICT活用指導力の特定、第3章で、中学校数学教員のICT活用指導力向上のための研修プログラムの開発及び実施、第4章で、開発した研修プログラムの効果測定を行った。以下では、第2章から第5章までをまとめる。

第2章では、中学校数学におけるICT活用指導力を可能な限り明確にした。そのために、佐賀県内のICT活用した数学指導について熟達者と認められる4人の中学校の教員から、4つの手順に沿って中学校数学教員のICT活用指導力を特定した。特定した指導力は、「チェックリスト」や教育の情報化の手引き、TPACKの観点から、中学校数学教員が身に付けるべきICT活用指導力として妥当であることを確認した。

第3章では、第2章で特定した中学校数学教員のICT活用指導力の向上するための研修プログラムとなるよう、研修プログラムの要件と構成、設計方法を明確にした上で、研修プログラムを開発・実施した。具体的には、本研修プログラムの要件を、溝口ほかとLau & Yuenの研修プログラム要件、NiessほかのTPACK発展段階の全てを含むようにして、(I)知識の習得、(II)技能の習得、(III)知識と技能の活用、(IV)模擬授業の4つにまとめた。本研修プログラムの構成を、成人の教育アンドラゴジーを援用して、(I)、(II)、(III)、(IV)の順で構成した。研修プログラムの設計を、Kirkpatrickモデルをレベル4からレベル1を逆向きに考え、第3章で開発した尺度をもとに教員が身につけているICT活用指導力を想定して定めた。学校現場の現状を踏まえ、(I)～(IV)を各90分で行うこととし、1日で終える初級者向けの研修プログラムを開発した。

佐賀県内の20～50代のICT活用に関して初級者である中学校数学教員13人に対し研修を実施した。

第4章では、第3章で開発した研修プログラムの効果測定を実施した。受講者およびその生徒へ質問紙調査を行った結果、Kirkpatrickモデルのレベル1～4すべてにおいて、研修に対する多様な肯定的回答が得られた。実際、受講者のうち7人の教員が担当した生徒174人に対して、授業前後に質問紙調査を行った結果、学習意欲・活動の改善が見られた。

第5章では、これらから、本研究で開発した研修プログラムは中学校数学教員のICT活用指導力を向上させる上で有用であることが示唆された。

6.2. 今後の課題

今後の課題として以下の2点にまとめた。

第一に、本研究で開発した研修プログラムの効果測定のレベル4の測定に課題が残る。受講者による授業実践後のアンケートの結果、数学が『分かった』『できた』と実感している生徒が増加している。しかしながら、生徒による意識調査をただけであり、授業中の生徒の行動観察や授業後インタビュー調査の実施、テストによる得点の変化などの方法も考える必要がある。

第二に、本研究で特定した中学校数学教員のICT活用指導力は4人の熟達者からしか能力を抽出していない点である。今後、多くの熟達者と認められる中学校数学教員を対象に調査を行うことで、本研究で特定した能力以外の能力が特定される可能性がある。そして、特定された能力に基づいて教員のICT活用指導力を評価する尺度が作成できれば、教員がICT活用指導力を自己評価したり、ICT活用指導力に応じた研修プログラムを開発したりするなど、本研究の発展に結びつくことが期待される。

引用・参考文献

- 飯島康之（1997）GC を活用した図形の指導. 明治図書出版, 東京
- 五十嵐寛（2016）成人教育と授業設計の観点から今後のセミナーを考える. 日本臨床麻酔学会誌, 36(3) : 339-344
- 石井英真（2003）「改訂版タキソノミー」によるブルーム・タキソノミーの再構築 -知識と認知過程の二次元構成の検討を中心に-. 教育方法学研究, 28 : 47-58
- OECD（2005）The definition and selection of key competencies executive summary: 1-20
<http://deseco.ch/bfs/deseco/en/index/02.parsys.43469.downloadList.2296.DownloadFile.tmp2005.dskcexecutivesummary.en.pdf>
(accessed 2019.01.19)
- 小川美奈恵, 森本康彦, 北澤武, 宮寺庸造（2017）ICT 活用指導力向上のための「間違い探し」動画教材作成・閲覧による学習モデルの開発と評価. 日本教育工学会論文誌, 40(4) : 265-275
- Kirkpatrick, D., & Kirkpatrick, J. (1984) Evaluating training programs: The four levels. Berrett-Koehler Publishers. Oakland
- Kirkpatrick, D., & Kirkpatrick, J. (2007) Implementing the four levels. Berrett-Koehler Publishers. Oakland
- 垣花京子, 福田千恵子（2008）数学教育における創造性の育成とテクノロジーの役割. 第41回数学教育論文発表会論文集 : 243-248
- 小清水貴子, 藤木卓, 室田真男（2014）校内における ICT 活用推進を促す教員研修の評価方法の提案と効果の検証. 日本教育工学会論文誌, 38(2) : 135-144
- 小清水貴子, 藤木卓, 室田真男（2016）ICT 活用推進リーダーを対象にした集合研修の改善と評価. 日本教育工学会論文誌, 40(2) : 113-126
- 米田重和, 皆本晃弥（2021）中学校数学教員の ICT 活用指導力向上のための研修プログラムの開発. 日本教育工学会論文誌 , 45(1) : 79-92
- 小柳和喜雄（2016）教員養成及び現職教員における「技術と関わる教育内容知識(TPACK)」育成プログラムに関する予備的研究. 教育メディア研究, 23(1) : 15-31
- 佐藤純（2015）コンピテンシー評価モデル集 改訂増補第5版: 各社事例にみる評価と活用. 生産性労働情報センター, 東京
- GeoGebra 公式ホームページ,
<http://www.geogebra.org/> (accessed 2020.03.23)
- 清水康敬, 堀田龍也, 中川一史, 森本容介, 山本朋弘（2010）教員の ICT 活用指導力を向上させる研修システムの開発, 日本教育工学会論文誌, 34(2) : 115-123
- 堤宇一, 久保田享, 青山征彦（2007）はじめての教育効果測定—教育研修の質を高めるために. 日科技連出版社, 東京

- 友田勝久 (2019) GRAPES USERS' MANUAL Ver 7.60
<https://tomodak.com/grapes/>(accessed 2020.03.26)
- Niess, M. L., Emily, H., Henry, G. W.(2011) Knowledge Growth in Teaching Mathematics/Science with Spreadsheets: Moving PCK to TPACK through Online Professional Development. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 27(2): 42-52.
- 日本教育工学振興会, 日本マイクロソフト (2012) 「学校での ICT 活用についての実態調査」
<https://resemom.jp/article/2012/01/31/6057.html>
(accessed 2020.11.22)
- Knowles, M. (1980). *The modern practice of adult education: Andragogy versus pedagogy.* Cambridge Book Co. Cambridge
- ベネッセ教育総合研究所 (2014) 「ICT を活用した学びのあり方」に関する調査報告書
https://berd.benesse.jp/up_images/research/0410_WEB_BENESSE_ICT.pdf
(accessed 2020.11.22)
- Mcclelland, D. C. (1973) Testing for competence rather than for intelligence. *American Psychologist*, 17 (2) : 219-243
- Mathew, J., Koehler, M.J., & Mishra, P. (2015) TPACK (technological pedagogical content knowledge). In J. Spector (Ed.), *The SAGE encyclopedia of educational technology.* Thousand Oaks, CA: SAGE Publications: 783-786
- 溝口博史, 山本朋弘, 清水康敬 (2013) ICT 活用の実 践と指導力向上のための集合研修とフォローアップ研修の評価. *日本教育工学会研究報告集, JSET13-2* : 9-14
- 村山聡 (2008) 中学校数学における I C T 利活用の促進－学習指導上の課題解決を目指した教科研修会－, 群馬県総合教育センター長期研修者報告書: 1-10
- 文部科学省 (2017a) 小学校学習指導要領解説総則編. 東洋館出版社, 東京
- 文部科学省 (2017b) 中学校学習指導要領解説総則編. ぎょうせい, 東京
- 文部科学省 (2018a) 高等学校学習指導要領解説総則編. 東洋館出版社, 東京
- 文部科学省 (2018b) 教育の情報化の手引き
https://www.mext.go.jp/content/20200609-mxt_jogai01-000003284_003.pdf
(accessed 2020.10.13)
- 文部科学省 (2018c) 教員の ICT 活用指導力チェックリスト
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/_icsFiles/afieldfile/2019/05/17/1416800_001.pdf
(accessed 2020.9.30)

文部科学省 (2019) GIGA スクール構想の実現へ

https://www.mext.go.jp/content/20200625-mxt_syoto01-000003278_1.pdf

(accessed 2021.4.1)

皆川寛, 高橋純, 堀田龍也 (2009) 「授業中に ICT を活用して指導する能力」向上のための校内研修プログラムの開発. 日本教育工学会論文誌, 33(Suppl.) : 141-144

Lau, W. F., & Yuen, H. K. (2013) Educational technology training workshops for mathematics teachers: An exploration of perception changes. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(4): 595-611

脇本健弘, 稲垣忠, 寺嶋浩介, 中橋雄, 島田希, 堀田龍也, 坂口真 (2017) ICT 研修ファシリテーター養成講座の開発と評価. 日本教育工学会論文誌, 40 (Suppl) : 145-148