

ICT が活用できる教員を養成するための数学科教育法の授業展開

—数学を「見つける」「つくる」「つかう」を観点として—

中村好則・山崎浩二・立花正男・井上祥史・塚野弘明*

佐藤宏行・佐藤寿仁・佐々木亘**

*岩手大学教育学部, **岩手大学教育学部附属中学校

(平成 26 年 3 月 7 日受理)

1. 背景と目的

ICT は現代社会で重要な社会基盤となり、新興国を含め多くの国（例えば、韓国やシンガポールなど）で教育への導入が進んでいる。特に算数数学の指導においては、ICT は算数や数学を創造的に学習する道具として、また、数学的な問題解決や数学的モデル化を取り入れた学習活動を支援するために、その活用が期待されている。しかし、日本の算数数学の指導において、ICT は十分に活用されているとは言い難い状況である。その原因として、教師が ICT 活用の方法やその効果を十分に理解しておらず、ICT 活用に抵抗感があることが指摘されている（杉山 2012）。教師の ICT 活用能力は教員養成の段階から計画的に育成することが必要であり重要である。

そこで、本研究では、ICT 活用の指導事例（以下、ICT 活用事例）を数学科教育法の授業内容に位置付け、数学指導における ICT 活用の意義、ICT 活用の内容と方法、有効性や限界等を学ぶ機会を設け、それを実践し、学生に対する質問紙調査の結果を分析することで、将来 ICT を数学指導に活用できる教員を養成するための数学科教育法の授業展開を検討することを目的とする。

2. 方法と内容

数学指導における ICT 活用事例を次の 1) のように数学科教育法の授業内容に位置付けることを提案し、数学科教育法Ⅱ（2013 年度後期）において実施する。対象学生に対して授業前後に質問紙調査を実施し、それらを分析することで、提案した数学科教育法Ⅱの授業展開を検討する。

1) 数学科教育法の授業展開の提案 (3 コマ + α)

- (1) 数学教育における ICT 活用の意義 (0.5 コマ)
- (2) 体験的活動への ICT 活用事例 (1 コマ)
- (3) 図形指導における ICT 活用事例 (1 コマ)
- (4) 関数指導における ICT 活用事例 (0.5 コマ)
- (5) その他 (上記以外での ICT 活用事例: 随時)

2) 対象学生

数学科教育法Ⅱを受講する学生 21 名 (男 11 名, 女 10 名) で、2 年生 20 名, 3 年生 1 名である。

3) 質問紙調査

数学科教育法Ⅱの最初の時間に事前調査 (2013 年 10 月 3 日: 第 1 回, この回数は数学科教育法Ⅱの全授業数 15 回のうち何回目の授業かを示す) を行い、提案した授業展開が終了後の時間に事後調査 (2013 年 12 月 5 日: 第 9 回) を行った。質問紙調査の内容は、以下の(1)から(6)までの 16 項目である。ただし、(1)は事前調査のみ、(5)は事後調査のみで実施した。

- (1) ICT を活用した算数数学の授業経験 (3 項目)
- (2) ICT 活用の有効性について (7 項目)
- (3) ICT 活用 (したい・できる) について (2 項目)
- (4) ICT 活用が有効な数学の領域 (1 項目)
- (5) 授業での ICT 活用事例の有効性 (3 項目)
- (6) 自由記述 (1 項目)

4) 使用する ICT 機器とソフトウェア

TI-Nspire CX CAS Handheld	21 台
Docking Station for CX	1 台
CBR2 (距離センサー)	1 台
TI-Nspire CAS Student Software	
TI-Nspire & TI-Nspire CAS Teacher Software	
パソコン, プロジェクタ	各 1 台

5) 数学科教育法の授業展開の内容

(1) 数学教育における ICT 活用の意義(0.5コマ)

数学教育における ICT 活用の意義や課題等を講義形式で授業を行う。特に以下の内容を扱った。世界的に数学教育は、数学が「わかる」「できる」という観点から、数学を「見つける」「つくる」「つかう」という観点にその重点が移っていること(杉山 2012)。この数学を「見つける」「つくる」「つかう」という観点からの学習活動の構成に ICT 活用が期待されていること(杉山 2012)。これからの数学教師にとっては ICT を活用し数学を「見つける」「つくる」「つかう」という観点からの学習活動を構成できる能力を身に付けることが必要であり重要であること。(2013年11月14日:第6回)

(2) 体験的活動への ICT 活用事例 (1コマ)

歩く動作とグラフと関数の式とを関連付けるために ICT を活用する指導事例である。そのために、TI-Nspire CAS Student Software と CBR2 (距離センサー)、パソコン、プロジェクタを使う。CBR2 は、一定時間ごとに CBR2 と人との距離を測り、リアルタイムで時間と距離のグラフを表示する。学習活動では、図1のようなグラフを与え、与えられたグラフと同じようにできるだけ正確に画面上に再現するにはどう歩くかを、ストップウォッチ(時間)とメジャー(距離)を使いながら考える。(2013年10月7日:第3回)

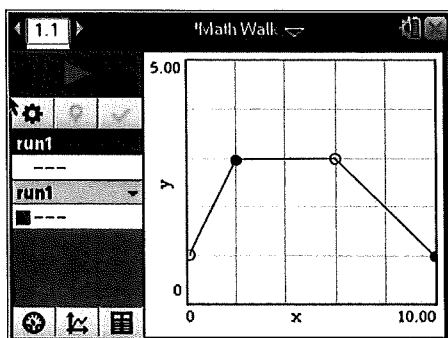


図1 グラフを歩く

(3) 図形指導における ICT 活用事例 (1コマ)

初めに図形機能の操作の練習を兼ねて、二等辺三角形、正三角形、正方形、長方形、平行四辺形、ひし形などの基本図形の作図を行う。次に、教科書で扱われている問題を ICT を活用した指導ではその扱い方が分かる事例を取り上げる。教科書の問題では、与えられた図形において成り立つ性質を先に提示し、その性質を証明することが課題

となる場合が多い。しかし、ICT を活用することで、性質を生徒が探究・発見し、その発見した性質を証明するという活動に学習活動を変える事例である。【問題1】とその他に2題の事例を取り上げた。(2013年11月14日:第6,7回)

【問題1】(図2)

四角形 ABCD を作図し、辺 AB, BC, CD, DA の中点をそれぞれ P, Q, R, S とする。このとき、四角形 ABCD の形を変えると、四角形 PQRS はどのような形になるか。そのような形になるのは、四角形 ABCD がどのような四角形のときか。

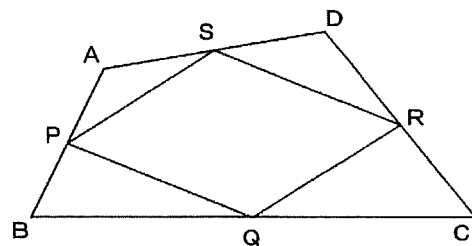


図2 【問題1】

(4) 関数指導における ICT 活用事例 (0.5コマ)

従来の指導では扱えない問題の指導事例である。

【問題2】は与えられた2次関数の係数を動かし、見つけた性質を代数的に確かめる学習活動を行う。

【問題2】の③では、多くの学生は2次関数のグラフの開き具合が変わることしか予想ができなかったが、実際にはグラフの頂点はある直線上を動く(図3)。(2013年11月21日:第7回)

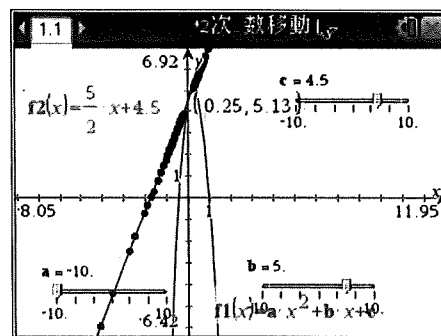


図3 【問題2】の③

【問題2】 a, b, c の値がそれぞれ変化するとき、 $y = ax^2 + bx + c$ のグラフはそれぞれどのように変化するか。

- ① 係数 c を動かすと、グラフはどう動くか?
- ② 係数 b を動かすと、グラフはどう動くか?
- ③ 係数 a を動かすと、グラフはどう動くか?

(5) その他（上記以外での ICT 活用事例：随時）

確率（2013年11月28日：第8回）や空間図形（2013年12月5日：第9回）の授業で、ICTを活用した指導事例を提示した。学生らは、それらの操作体験はしていない。

3. 結果

質問紙調査では、次の1)から10)、12)は「そう思う、だいたいそう思う、あまりそう思わない、そう思わない」から選択、11)は複数選択、13)は自由記述である。事前調査は20名（欠席者1名）、事後調査は19名（欠席者2名）が回答した。

1) ICT を活用した算数・数学の授業経験（図4）

小中高校の算数・数学の授業でICTを活用した学習の経験があるかどうかを質問した。ICTを活用した学習経験がないと答えた学生は、小学校90.0%、中学校85.0%、高校75.0%で、ほとんどの学生がICTを活用した学習経験がない。この傾向は前年度の履修学生と同様である（中村2013）。

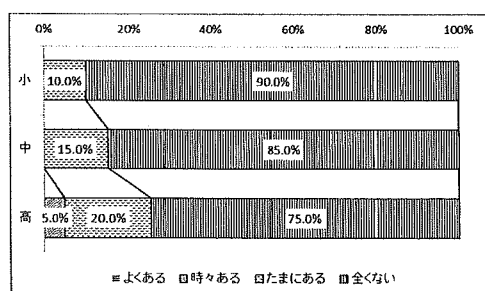


図4 ICT を活用した算数・数学の授業経験

2) 知識・理解の習得に有効（図5）

ICT活用が知識・理解の習得に有効と考えるかを質問した。肯定的回答（「そう思う」と「だいたいそう思う」、以下同様）の割合は、授業前85.0%、授業後94.8%に増加した。授業前後において直接確率計算を行った結果、 $p=0.6050$ （両側検定）で有意差はなかった。

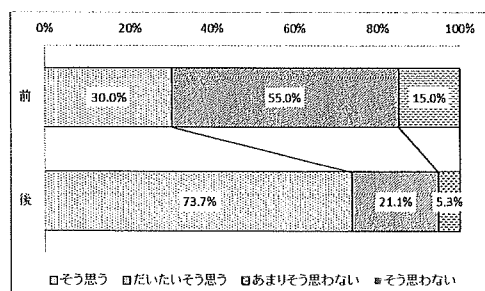


図5 知識・理解の習得に有効

3) 数学的見方・考え方の育成に有効（図6）

ICT活用が数学的見方・考え方の育成に有効と考えるかを質問した。肯定的回答の割合は、授業前75.0%、授業後100%に増加した。授業前後において直接確率計算を行った結果、 $p=0.0471$ （両側検定）であり有意水準5%で有意であった。

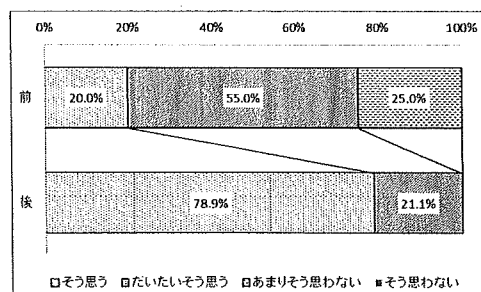


図6 数学的見方・考え方の育成に有効

4) 興味・関心・意欲の向上に有効（図7）

ICT活用が興味・関心・意欲の向上に有効と考えるかを質問した。肯定的回答の割合は、授業前95.0%、授業後100%に増加した。授業前後において直接確率計算を行った結果、 $p=1.0000$ （両側検定）で有意差はなかった。

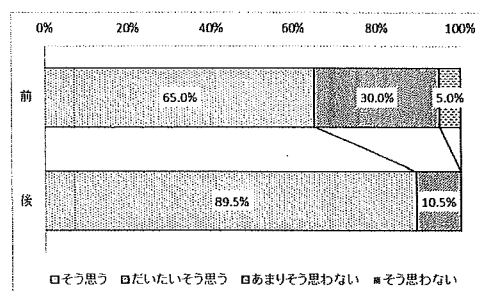


図7 興味・関心・意欲の向上に有効

5) 思考力・判断力・表現力の育成に有効（図8）

ICT活用が思考力・判断力・表現力の育成に有効と考えるかを質問した。肯定的回答の割合は、授業前65.0%、授業後100%に増加した。授業前後において直接確率計算を行った結果、 $p=0.0083$ （両側検定）であり有意水準1%で有意であった。

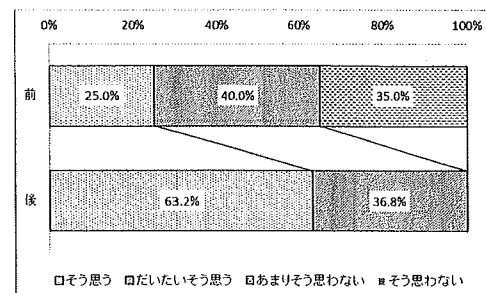


図8 思考力・判断力・表現力の育成に有効

6) 数学的な技能の習得に有効 (図 9)

ICT活用が数学的な技能の習得に有効と考えるかを質問した。肯定的回答の割合は、授業前 45.0%、授業後 100%に増加した。授業前後において直接確率計算を行った結果、 $p=0.0001$ (両側検定) であり有意水準 1%で有意であった。

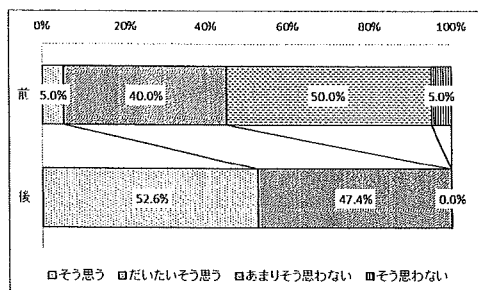


図 9 数学的な技能の習得に有効

7) 創造性の育成に有効 (図 10)

ICT活用が創造性の育成に有効と考えるかを質問した。肯定的回答の割合は、授業前 65.0%、授業後 84.2%に増加した。授業前後において直接確率計算を行った結果、 $p=0.2733$ (両側検定) で有意差はなかった。

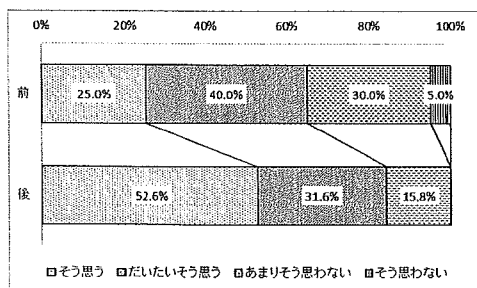


図 10 創造性の育成に有効

8) 活用力の育成に有効 (図 11)

ICT活用が活用力の育成に有効と考えるかを質問した。肯定的回答の割合は、授業前 60.0%、授業後 94.7%に増加した。授業前後において直接確率計算を行った結果、 $p=0.0197$ (両側検定) であり有意水準 5%で有意であった。

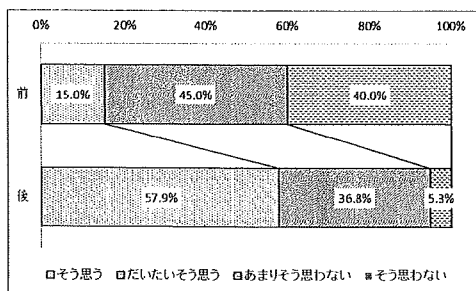


図 11 活用力の育成に有効

9) 算数・数学の指導で ICT を活用したい (図 12)

将来、算数・数学の指導で ICT を活用したいかを質問した。肯定的回答の割合は、授業前 80.0%、授業後 89.5%に増加した。授業前後において直接確率計算を行った結果、 $p=0.6614$ (両側検定) で有意差はなかった。「そう思わない」と回答 (強い否定) した学生の割合は 0%から 5%に増えた。

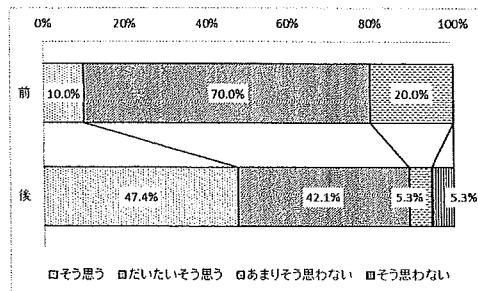


図 12 算数・数学の指導で ICT を活用したい

10) 算数・数学の指導で ICT を活用できる (図 13)

算数・数学の指導で ICT を活用できるかを質問した。肯定的回答の割合は、授業前 31.6%、授業後 52.6%に増加した。授業前後において直接確率計算を行った結果、 $p=0.2118$ (両側検定) で有意差はなかった。「そう思う」と回答 (強い肯定) した学生の割合は 0%から 26.3%に増えた。

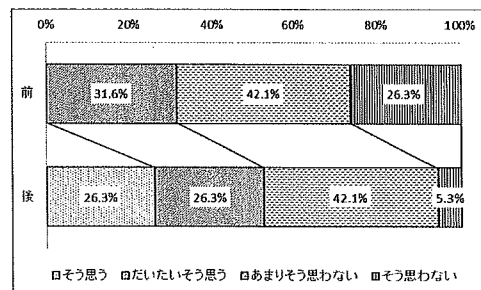


図 13 算数・数学の指導で ICT を活用できる

11) ICT 活用が有効な数学の領域 (図 14)

ICT活用が有効と考える領域について複数選択で質問した。授業後に図形と関数、代数の領域で ICT 活用が有効と考える学生の割合が増えた。逆に、確率、統計、微積の領域では減少した。

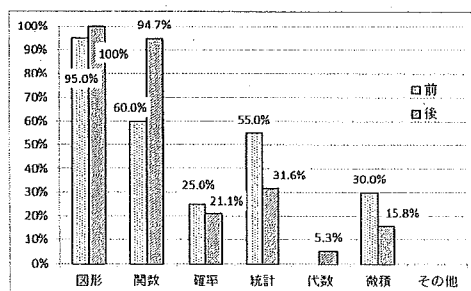


図 14 ICT 活用が有効な数学の領域

12) 授業での ICT 活用事例の有効性 (図 15)

授業で扱った ICT 活用事例について ICT 活用が有効であったと考えるかを質問した。肯定的回答の割合は、図形指導 100%、関数指導 83.4%、体験的活動 (センサー) 81.3%であった。

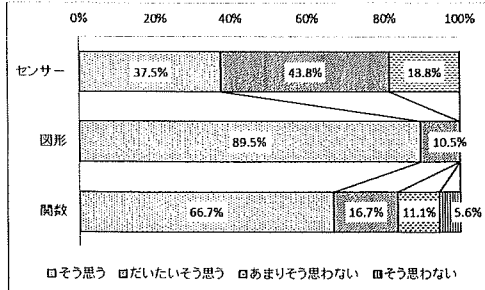


図 15 授業での ICT 活用事例の有効性

13) 自由記述の結果

自由記述の内容を、肯定的意見と否定的意見に分け、その代表的な意見を以下に示す。

(1) 事前質問紙調査の結果

<肯定的意見>

- A1: 図形やグラフの変化が一目で分かり、視覚から得た情報は覚えやすい。
- A2: 自分でモノを動かして考える方がマウスやキーボードを動かすより考えやすいと思うが、現代の子供はパソコンの方が興味関心を示すだろうと思う。
- A3: 生徒の好奇心を惹きつけたり、理解を深めたりするのに有効だと思う。1回くらいなら経験した方がいいが、毎回だと頼ってしまうので頻繁に使わないようにしたい。
- A4: 黒板だけでは分かりにくいことを ICT を活用することによって、とらえやすくなる。
- A5: 現在、数学教員を目指している人の中で、ICT を活用できる人はおそらくいないと思うから、そういうのを学ぶ機会があればよいと思う。
- A6: 分野や場面に合せて臨機応変に活用できれば、よりよい指導になると思うので私たちも扱える力を身につけられるといいと思う。

<否定的意見>

- B1: 新しいやり方として興味・関心を得られると思うが、多くの単元では自分で考え、計算することの方が必要であり、あまり有効性を感じられない。
- B2: 教材を理解させるのには役立つかもしれないが、

特別数学的な能力が身に付くとは思わない。

- B3: 補足等に使うならよいと思うが、基本的には使わずに黒板とノート、その他の道具を用いた指導がよいと思う。
- B4: ICT 活用が主体では、授業が講義形式になりかねないと思うので、あくまで黒板を使った板書が主体で、その補助として、ICT 活用すべきだと思う。
- B5: 正確な図、グラフなどを見るのは大事だが自分で創造して考える力がなくなってしまうような気がする。
- B6: 実際に図形などを見られることで理解はしやすくなるかもしれないが、そうすることで逆に頭の中でイメージすることが苦手になってしまうのではないかと思う。
- B7: 自分が受けたことがないため、どういうものかわからない。

(2) 事後質問紙調査の結果

<肯定的意見>

- C1: 知識の習得よりも、それまでに学習したことを応用させる授業の際に ICT のよさが発揮できると感じた。
- C2: ICT 活用した授業を受ける前よりはだいぶ ICT 活用を受け入れられていると思う。何のために活用するのか、目的やそこから学ぶべきことを明確にすれば ICT 活用の機会が増えてもよいと考える。
- C3: 「数学を理解し、できること」ではなく「数学をつくり、使うこと」を目的とするならば、ICT 活用はとても有効な手段であると感じる。また、生徒の興味・関心を引きやすいと思うので定着度も上がりそうだと思う。
- C4: 体験を通して学ぶことができるので取り入れていくべきだと考えるが、通常の授業ができたうえで ICT を活用した方がいいと考える。
- C5: 初めて ICT を使った授業を経験してみて、こんなに便利で分かりやすいものとは思わなかった。
- C6: 講義を受ける前に比べ、ICT 活用に肯定的になった。使い方を考慮すれば、数学教育における重要な教授手段の 1 つにもなると思う。
- C7: 一度も使ったことがなかった頃より、実際体験

して見て、ICT は非常に便利なものだと感じた。
導入部分や応用部分で使用したい。

<否定的意見>

D1：操作が難しいこと、普段使うことのない機器に生徒が夢中になりすぎて授業を進めにくいことが懸念されるので自分は活用しないと思う。

D2：小・中学生が操作するには少々難しいのではと思った。それから、機械を扱うので不具合が生じた場合の対処が大変だとも思った。

D3：操作は難しいというほどではなかったが、クラス全体、子どもたちに伝えるには工夫が必要だし、スムーズにいかないことも十分に考えられるので組み立て方をよく考える必要があると感じた。

D4：小・中学生には必要ないと思う。楽しいだけの授業になってしまいそう。

4. 考察

質問紙調査の結果からは、提案した授業展開は、ICT 活用の有効性のすべての項目（7 項目）において肯定的回答の割合が増加し、学生の ICT 活用の有効性に対する意識を肯定的に変えることができたと考えられる。特に、授業前後において有意差があった「思考力・判断力・表現力の育成」「数学的な技能の習得」「数学的見方・考え方の育成」「活用力の育成」については、活用事例を通じて ICT 活用の有効性の理解を深めることができたと言える。「活用力の育成」は「つかう」観点、「思考力・判断力・表現力の育成」「数学的見方・考え方の育成」は「見つける」「つくる」観点、「数学的な技能の習得」は「できる」観点での有効性である。ICT 活用の有効性を「わかる」観点からだけでなく、「見つける」「つくる」「つかう」の観点からも捉えることができたと考えられる。さらに、「できる」観点での ICT 活用は否定的であったが、それを肯定的に変えることにも効果があったと言える。

自由記述の結果からは、授業前は興味・関心の向上（A2, A3）や「わかる」観点（A1, A3, A4）での有効性に関する肯定的意見が多く見られた。しかし、授業後は「つかう」観点での有効性に関する肯定的意見（C1, C3）が見られ、提案した授業展開により「わかる」観点だけでなく「つか

う」観点での有効性についても理解を促せたことが示唆される。また、授業前では ICT 活用よりも紙と鉛筆による指導の方が重要である（B1, B2, B3, B4）、考える力がつかない（B5, B6）などの否定的意見が多くあった。しかし、授業後では、操作性や ICT 機器のトラブルに関する意見（D1, D2, D3）が多くなり、否定的意見の内容に変化が見られる。授業後の否定的意見の原因は、短時間で多くの事例を扱ったために、操作の説明や練習時間を十分にとらなかったことが考えられる。また、楽しいだけの授業になってしまう（D4）や活用しない（D1）という意見もあり、ICT 活用事例の意図が必ずしも伝わっていない学生がいることが分かった。その原因の分析が必要である。

一方、関数と図形の領域での ICT 活用の有効性は理解できたと考えられるが、確率や統計など、活用事例を直接体験していない領域では、むしろ活用が有効と考える割合が減少した。授業で扱う ICT 活用事例の領域についても検討が必要である。

5. まとめと課題

本研究では、数学を「見つける」「つくる」「つかう」の観点での ICT 活用事例を授業で取り上げることで、学生が数学教育における ICT 活用の意義、ICT 活用しなければ扱えない内容や方法、有効性と限界等を学び理解することを目指し、そのための数学科教育法の授業展開を検討した。質問紙調査を分析・考察した結果からは、提案した授業展開は、学生の ICT 活用の有効性に関する観点を変え、ICT 活用の有効性の理解を深めるのに効果があることが明らかとなった。一方で、ICT 機器の操作や ICT 活用能力の育成については、今回の授業展開だけでは不十分と考える。今後の検討課題である。また、小学校の算数や教員研修での ICT 活用についてのカリキュラム等も検討したい。

引用文献

- 1) 中村好則 (2013) 数学指導における ICT 活用に関する学生の意識, 日本教育工学会第 29 回全国大会論文集, pp.349-350.
- 2) 杉山吉茂 (2012) 確かな算数・数学教育をもとめて, 東洋館出版社.