

ICTを用いた数学学習と教育実習生によるICT活用に関する一考察

莊司雅規・竹村景生・吉岡睦美

(奈良教育大学附属中学校)

花木 良・舟橋友香

(奈良教育大学 数学教育講座)

吉井貴寿

(奈良教育大学 理数教育研究センター)

Study of mathematics learning using ICT and ICT application by student teacher

Manato SHOJI, Kageki TAKEMURA, Mutsumi YOSHIOKA

(Nara University of Education Junior High School)

Ryo HANAKI, Yuka FUNAHASHI

(Department of Mathematics Education, Nara University of Education)

Takatoshi YOSHII

(Center for Education of Science and Mathematics Nara University of Education)

要旨：ICTを用いた学習が昨今盛んに行われている。また数学に関するアプリの進展も早く、算数・数学で学習し習熟した内容がコンピュータで瞬時にできる時代になっている。本稿では、ICTを用いた数学学習の可能性を議論し、教育実習生がどのようにICTを活用していたかについて述べる。アプリに関しては、数学総合ソフトのGeoGebra、初等幾何に関するGC(Geometric Constructor)を取り上げ、ICTを用いた数学学習を想起する。それらを学生に指導し、教育実習生としてICT活用をどのように行ったかを考察した。その結果、iPadを活用する力は極めて高かったが、実践でのICT活用は提示に留まってしまっていることがわかった。また実践を通して関数のグラフの拡張や範囲の変更は、学びを深めることがわかった。

キーワード：ICT、

教材研究 study of teaching materials、

教育実習 practice teaching

1. はじめに

「世界最先端 IT 国家創造」宣言 (<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20150630/siryou1.pdf>) の中で、「学校の高速ブロードバンド接続、1人1台の情報端末配備、電子黒板や無線 LAN 環境の整備、デジタル教科書・教材の活用など、初等教育段階から教育環境自体のIT化を進め、児童生徒等の学力の向上と情報の利活用力の向上を図る。」を目標にしている。そのことを踏まえ、教師が機器の扱い方を理解することや、ICTを活用した教材の作成や、ICTがもたらす教育的価値の明確化など、教師自身のICTへの関心や活用力を高める必要がある。ICTを使って学びが豊かになったり数学の知識理解が深まったりするように心がけるべきである。例えば、写真を撮るだけの使用やわかりやすさを追求しただけの資料の提示等は、生徒の人間形成に寄与しない。

最近、アプリの進展も早く、算数・数学で学習し習熟した内容がコンピュータで瞬時にできる時代になっている。例えば、アプリ「Calculator」では計算式を手書きすれ

ば瞬時に計算結果が表示される。アプリ「PhotoMath」では、印字された数式、方程式をカメラで映せば、方程式の解と解法を表示することも可能である。

このように今まで長い時間をかけ学習し身につけてきた内容が簡単に手に入るアプリによって一瞬で解ける時代がやってきている。何を学校で学習し身につけるべきかを再考する必要性も年々増してきている。

そこで本稿では、ICTを用いた数学学習の可能性を議論し、教育実習生がどのようにICTを活用していたかについて述べる。第2章でICTを用いるとどのような数学の学習が可能かを振り返り、第3章でその学習を実現するアプリケーションを紹介し、第4章で第2、3に関する内容を教育実習前にどのように指導したかを紹介する。第5章で教育実習中のICTの活用を考察し、最後にまとめを行う。

2. ICT を用いた数学の学習

ICTを用いることで今まで異なる学習が行うことができることを紹介する。

2. 1. グラフの描画

今まで手では描きづらかったグラフを ICT を用いることで容易に描くことができる。図 1、2 は、附属中学校で採択している中学校 1 年生の日本文教出版教科書 p.123 と p.133 である。比例と反比例の単元で、グラフに描くことやそれを考察することを学習する。比例のグラフが直線であることは厳密には証明が必要であるが難しく、反比例のグラフがなめらかな曲線であることも論証することが難しい。このことを直観的に理解させるために、式から通る点を導き多くプロットした図を見せる必要がある。学習指導要領の解説 p.91 にも、『式を基に曲線をかくことは初めてなので、座標平面上に必要な応じて点をとることにより、グラフが滑らかな曲線になることを理解することが大切である。その際、電卓等を利用することにより、対応する x , y の値を求める計算の効率化を図ることも考えられる。』と書いてある。

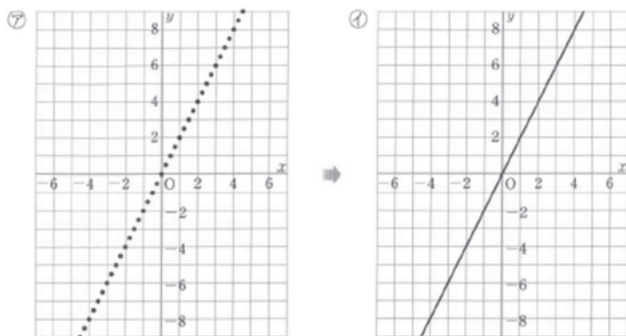


図 1 比例のグラフの導入(日本文教出版中学校 1 年 p.123)

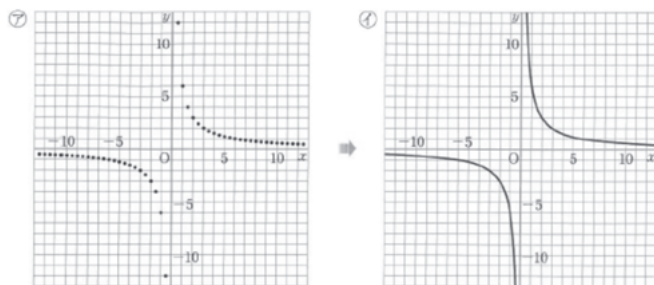


図 2 反比例のグラフの導入(日本文教出版中学校 1 年 p.133)

また、点をプロットするという方法は、今後のグラフの学習においても重要である。この方法がわかっていれば、未習の 2 次関数や 3 次関数のグラフを想像することも可能である。ICT を生徒が用いる場合、自らこのような未習の内容にも積極的に触れて欲しい。また、そのような経験は次の学習を想望することに繋がるであろう。3 次関数を描いた生徒は、2 つの極値があることに気づ

き、その座標やそれを求める方法を知りたくなるであろう。現在では関数を入力すると、簡単にグラフを描画するアプリも多く開発されている。そこでも、原理的には多くの点をプロットすることで直線や曲線のグラフを表示している。また、何かの実験結果から法則を発見する際にも、座標平面上で点をプロットする行為は大切である。

2. 2. 図形の考察

今までは図形の考察には定規や分度器を使って測定していた。しかし、後述の GeoGebra や GC (Geometric Constructor) を用いると、図を動かしたりリアルタイムで角度や辺の長さの変化を考察することが可能である。これを用いると、帰納的推論が行いやすくなる。具体例としては、円を描き、円周上に 2 点 (A, B) を取る。そして、自由に動く点 C をとり、 $\angle ACB$ を考察する。点 C は直線 AB に関して同じ側にあるとし、C が円周上にあるとき $\angle ACB$ は一定の角度 α になり、C が円周内にあるとき $\angle ACB$ は α より大きくなり、C が円周外にあるとき $\angle ACB$ は α より小さくなる。この考察は、円周角の定理やその逆に関する帰納的推論になる。手で描いて測ることに比べて、多くの点で考察できることや測定誤差をなくすることができる。さらに、円周に対する弧の長さに対して円周角の大きさが決まることを実感すると、高等学校での正弦定理の学習の素地にもなる。

3. 算数・数学に関するアプリケーションの紹介

2 章で紹介した算数・数学の学習に関連したアプリを 2 つ紹介する。

3. 1. GeoGebra

Markus Hohenwarter 氏を中心とするグループで開発されている。Java 上で動作するオープンソースソフトウェアである。日進月歩進化しており、3D のグラフを



図3 GeoGebra起動時の画面(iPad)

表示することも可能になっている。大きく分け、「数式&グラフィックス」、「幾何」、「表計算」、「CAS (数式処理)」、「3D グラフィックス」、「確率」に関するコンテンツが用意されている (図3)。これらは独立しているわけではなく、相互補完的に使用することも可能である。したがって、式と表とグラフを統合的に見ることも可能である。

具体的には、表計算を選択し、表に数字を Excel のように (オートフィル、B 列は「 $=6/A$ 」等を用いて) 書き込む。A の列が x で、B の列が y であると見なす。これらの点を座標平面上にプロットすることができる (図4)。

さらに容易に x の間隔を変えることも可能である (図5)。オートフィルを使っていれば、A2 の値を 1.5 にすれば、以後も 0.5 間隔に変化し、プロットした点も更新される。したがって、教科書に記述されていた内容を容易に手元で行える。

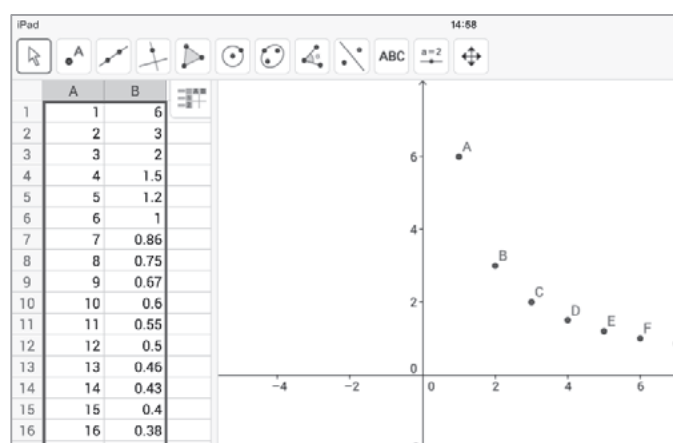


図4 点のプロット

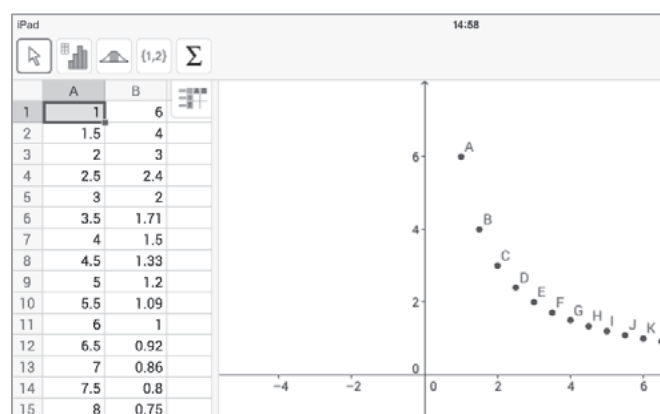


図5 間隔を変えて点をプロットする

3. 2. GC (Geometric Constructor)

愛知教育大学の飯島康之氏が考案したものであり、現在では html5 を基に作られたものが主である。したがって、標準的なブラウザがあればよく、OS 等に依存することなく使えるという大きなメリットがある。画面は小さいがスマホでも動作する。また、オンライン保存の機能もあるため、事前に保存しておけば、ネット環境のあ

る場所ですぐに使うことも可能である。ネット環境のない場所では、html5 のファイルを保存しておけば使用可能である。

点と取り円、直線や線分を描くことができ、線分の長さや角度を表示させることも可能である。点に関しては、円上等の動く範囲の設定もできる。前章で紹介した円周角に関するものは、例えば、図6で表される。B を動かすと円の大きさが変化する。C と D は円上を動き、E は自由に動く点である。

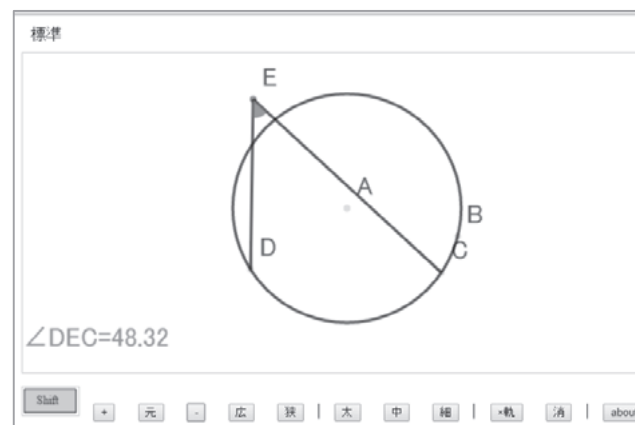


図6 角度を表示させる

4. 教育実習以前の指導

この章では、附属中学校で実習を行った学生が、実習以前に ICT に関するどのような指導を受けていたかを紹介する。

4. 1. 中等教科教育法 I (数学) での指導

第四著者は「中等教科教育法 I (数学)」の半分を担当している。今年度教育実習へ行った学生は、2 年生のとき、この授業を受講している。GC を用いた三角形の四心に関する授業を学習指導案とともに模擬授業をしている。GC 上で、自由に動く三角形と、それに連動する四心 (重心、垂心、外心、内心) があり、どの点かどの中心かを考察し、性質の習熟を図る題材である。

そして、iPad を貸与し、3~4 名の班で、ICT を用いた学習指導案の作成と模擬授業を行わせた。学生の行った内容を紹介する。三平方の定理に関して GC を用いて辺の長さを表示させる授業 (中学校 3 年)、軌跡に関して GC を用いて軌跡の残像を表示させる授業 (数学 II 図形と方程式)、GC を用いて三角形の合同条件を発見させようとする授業 (中学校 2 年)、問題提示で ICT を用いたナポレオンの問題を取り扱う授業 (中学校 3 年) があった。模擬授業後には助言を行い、指導案の再提出を行わせた。具体的には、GC を用いた三平方の定理では 2 辺の長さを固定して、1 辺の長さを可変にし、性質を探るようにすると、三平方の定理の逆や余弦定理の学習に繋

すると指摘した。三角形の合同条件（決定条件）に関しては、「2 辺の長さが決まっているとき、どれだけの三角形が考えられるのだろうか。」というような展開が考えられる。例えば、AB と BD の長さが与えられているとし D を動かす。このとき、D は与えられた長さ BD を半径とする円上の点になる。

([http://ijijima.auemath.aichi-edu.ac.jp/ftp/yijijima/gc_html5s/hanaki_tyukyoho1/gchtml/gc_00015-2 辺の長さ（三角形の決定条件）.htm](http://ijijima.auemath.aichi-edu.ac.jp/ftp/yijijima/gc_html5s/hanaki_tyukyoho1/gchtml/gc_00015-2%20辺の長さ（三角形の決定条件）.htm))。これを考察すると、「このうち B の角度が決まれば ABD が一つに決まるなあ」「A が 50° とわかっているけど三角形は 2 つ考えられるなあ」ということに生徒が気づくようになる。このような指摘や提案を行った。

4. 2. 教育實習事前指導

教育実習が始まるおよそ一週間前に、実習生を集めて事前指導を行った。実習生は附属中学校数学科が決めた内容の指導案（ICT の活用を義務付けてはいない）を作成し模擬授業を行い、その後、教員からの指導助言を受けた。今回は ICT の活用を促すために、第一著者が ICT 活用に関する指導を行った。具体的には、GC や GeoGebra の iPad のグラフ描画アプリの紹介や、そのアプリを用いた各学年における具体的な例を紹介した。中学 1 年では前章で紹介した反比例での座標のプロットする方法、中学 2 年では比例（ $y=ax+0$ ）から 1 次関数（ $y=ax+b$ ）へのグラフの変化を GeoGebra のスライダー（定数を変化させるもの）を用いて動的に見せる方

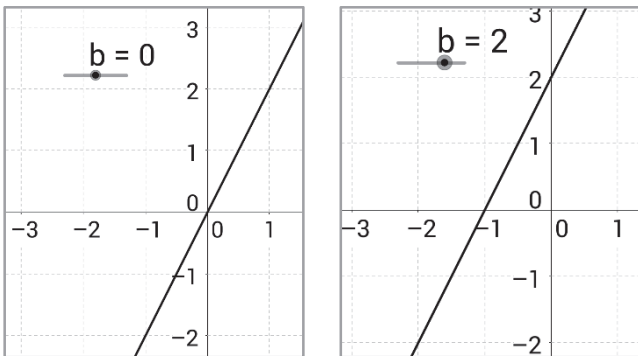


図7 比例から1次関数へのグラフの変化

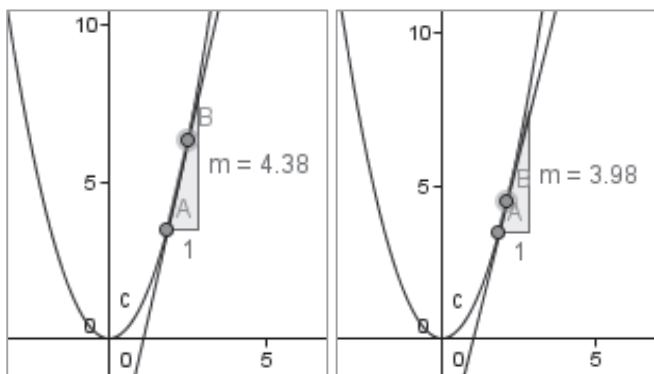


図8 微分に繋がる変化の割合

法（図7）、中学3年では、関数 $y=ax^2$ の変化の割合を表示させる方法（図8）を紹介した。また、これらをICTを用いて行う意義を伝えた。比例から1次関数では、小学校や中学校で学習する比例の一般化として1次関数が捉えられることや b の変化によってグラフがどのように変化するかが視覚的に理解できる。変化の割合では、今までは2点を限りなく近づけることは十分に学習されてこなかったが、ICTを用いることで変化の割合から接線やある点での傾きといった微分の考えに触れることができる。そして、教育実習以前にiPadを1人に1台ずつ貸し出した。

5. 教育実習中の ICT の活用と考察

実習中に、教育実習生が ICT を活用していた事例を紹介し、それに対する考察をまとめる。

5. 1. 比例

第一学年では、反比例のグラフの特徴を見出す授業において、ICT が用いられた。授業では、 $y=6x$ において、まず x と y の値が整数の場合について、表を作成しグラフに点をプロットしていくことを通してグラフの概形を予想することが行われた。次に、点と点の間がどのようになっているかに焦点が当てられ、 x が小数の値の場合の y の値を求め、グラフに書き込んでいく活動がなされた。その後、 x の値を限りなく大きくした場合、グラフの先がどのように伸びていくかが問題となった。約 25 名の生徒は、 y 軸を越えて下向きに伸びていくと予想した。ある生徒は、「 x 軸にすれすれで、最終的にひつつく」と主張し、また約 5 名の生徒は「 x 軸をすれすれにいつて、0 になるまでひつつかない」と主張した。そこで、具体的な数値を代入して考察する中で、「分数でめっちゃでかい数にしても、何分の一になる」と生徒は気づき、 y の値は限りなく 0 に近づきながら減少するが、0 にはならないという結論が導かれた。その後、実習生は ICT を用いて x が大きい値までのグラフの提示等を行わなかった。

この場面においては、GeoGebra のグラフの画面をピンチインをし、 x の値が大きいところでのグラフの挙動を見せると、より効果的な指導となった。

また、他にも比例の導入の授業で写真を用いた水の増え方を写真で提示し、それをもとに授業を行っていた。この実践では、水の増え方をみせるだけで、生徒のイメージの補助に留まっており、ICTの十分な活用とは言い難かった。

5. 2. 1 次関数

第二学年では、1 次関数の単元で GeoGebra を用いた実践が行われた。具体的には、1 次関数のグラフをかく授業で教育実習事前指導の時に紹介をした比例から 1 次

関数のグラフへの変化を GeoGebra を用いて考察する授業を行っていた。

また、1 次関数の利用の三角形上の動点 P に伴って変化するについて考察していく授業のなかで、GeoGebra を用いた導入を行っていた (図 9)。

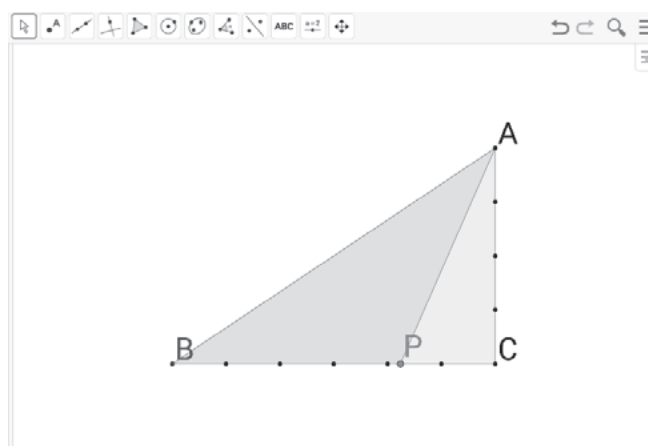


図9 iPadのGeoGebra上で点Pの移動を表示している

6. おわりに

今回の実践から、GeoGebra などの簡単な操作を教えれば、実習生が自ら新たな使い方を見つけ出し、授業の中に活用することができることが明らかになった。iPhone などのスマートフォンの普及もあり、iPad を活用する力は極めて高かった。一方で、実践において提示に留まってしまっていて、ICT を数学の授業で用いることに十分な教育的価値が実習生から語られることはな

かった。そのためには、教育的価値を考えうえで ICT を活用する力の育成が今後は重要になってくる。比例の実践によって、 x の範囲を広げたグラフを見ることの意義を知ることとなった。すなわち、教科書で扱われるグラフは x の値が 15 くらいまでに留まっているが、それでは十分ではなく、ICT を用いて x の範囲を広げたものを見せるべきである。このようなグラフの拡張や x の範囲の変更は、ICT のメリットといえる。これは、反比例のグラフや放物線がどれも相似であるということに生徒自ら気づくことができるということを示唆している。このような実践で得られた結果を大学教員と附属学校教員が共有し、具体例を豊富にし、新たな ICT 教材を提案していくことを今後も行っていきたい。今回の実習期間中はどの学年も関数分野であったため、図形分野や確率統計分野を扱うことはできなかった。また、昨年度と同様に (詳細は、西仲他, 2015 参照)、実習生は、授業の考察と授業後の討議を iPad による MetaMoJi というアプリを用いて行った。授業の考察や討議における ICT 活用の有効性についても検証していくことが、今後の課題である。

7. 参考文献

- 大西俊弘 (2014)、「数学学習・数学教育用ソフトウェア GeoGebra 入門」講演資料。
- 西仲則博、花木良、舟橋友香、吉井貴寿、竹村景生、吉岡睦美 (2015)、教育実習生の数学授業における ICT を用いた授業力の育成に関する実践的研究、次世代教員養成センター研究紀要、pp.311-316。
- 重松敬一ほか 24 名 (2011)、「中学数学 1・2」日本教出版株式会社。