

高等学校数学科における効果的なICTの活用について - 「社会人基礎力」の育成を視野に入れて -

福岡教育大学教職大学院 1 年次 佐藤 慎大

福岡教育大学教職大学院 1 年次 内田 幹貴

福岡教育大学教職大学院 有元 康一

Yoshihiro Sato, Yoshitaka Uchida, Koichi Arimoto,

Graduate School Research Divisions of Education, University of Teacher Education
Fukuoka

1 はじめに

GIGA スクール構想が本格実施されて 2 年目を迎えた。小・中学校等においてハード面については、1 人 1 台端末環境が整備されている。このようななか、高等学校数学科においても教師には 1 人 1 台端末環境に対応した授業設計が求められる。昨年度、ICT 利用に関する視察で中学校を訪問した際には、タブレット端末を利用した授業を見学し、1 人 1 台端末の環境で協働的な学びが展開されており、生徒が使いこなしている様子であった。このことから、中学校と高等学校では ICT の活用状況に大きな差を感じた。

本年度から高等学校においても、新学習指導要領による授業が年次進行によって実施されている。高等学校学習指導要領 [1] では、Society5.0 とも呼ばれる新たな時代の到来により、社会や生活を大きく変えていくことが予想されることにより（予測困難な時代）、生徒一人一人に社会で求められる資質・能力を育み、生涯にわたって探究を深める未来の創り手として送り出していくことが、これまで以上に重要となっている。また「主体的・対話的な深い学び」による授業改善が求められるなか、従来の数学教育における成果を踏まえたうえで、令和の時代における時代に対応すべく指導のあり方について模索していくことが望まれている。

このようななか、本研究では教師を志望している大学院生の視点から、これからの時代に要請される、高等学校数学科における ICT 利用の可能性を模索し、効果的な活用について検討する。そして、今後の数学教育の求められるべき方向と共通の要素がある社会人基礎力を取り上げ、この能力の育成を視野に入れたうえで、数学ソフトウェアを活用した授業構想例を述べる。

2 ICT 活用により期待できる効果および留意点

2.1 期待できる効果

ここでは、高等学校数学科の授業で ICT 機器を利用する際に期待できる効果について考察する。

2.1.1 授業時間の有効な利用

教師が板書する内容を PowerPoint 等のプレゼンテーションソフトを活用して提示することによって、板書する時間を短縮することが期待できる。デジタル教科書の活用も同様のメリットが期待できる。板書時間を短縮することより生じた時間を有効に活用することで、授業の幅を広げていくことにつながる。

2.1.2 学習履歴の蓄積・分析・利活用

中央教育審議会 [2] では、生徒の学習履歴（スタディ・ログ）の蓄積・分析・利活用を指摘している。学習履歴をデータとして扱うことで、今後の指導に生かすことができる。また、生徒指導上のデータ、健康診断情報等も含めて蓄積・分析・利活用することも含めて、教師の負担を軽減することの重要性を指摘している。

2.1.3 生徒の興味・関心を高める

実験や操作を伴う活動は生徒の学習意欲を高めるための一つの要素となり得ると考えられる。また、Quizlet¹等のオンライン学習ツールを活用して、学習にゲーム性をもたせることも場合によっては有効な手段となるかもしれない。

2.1.4 協働的な学びにつながる

ある問題を解く際に、生徒によって解法が異なることもある。そのときに他者の考え方や解法を知ることにより、生徒自身の幅を広げることにつながる。中央教育審議会 [2] では、「ICT の活用により、子供一人一人が自分のペースを大事にしながら共同で作成・編集等を行う活動や、多様な意見を共有しつつ合意形成を図る活動など、「協働的な学び」もまた発展させることができる。」と述べ、さらに ICT 利用により空間的・時間的制約を緩和することにより、遠隔地の専門家とつないだ授業や他の学校・地域や海外との交流などの学習活動が可能になるため、これを「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善に生かしていくことの必要性を指摘している。

2.1.5 視覚的な支援

よく知られているように、グラフや図形を提示する際に Grapes² や Geogebra³等の使用が考えられる。その他には、Desmos⁴等のグラフ計算機を活用する方法が考えられる。Desmos は電子教科書の機能の一部で使用されているため、生徒にとっても馴染みやすいと思われる。Grapes や Geogebra はよく使われているため実践例の蓄積があり、指導者間で操作方法や指導方法を共有しやすい。

¹<https://quizlet.com/ja>

²<https://tomodak.com/grapes/>

³<https://www.geogebra.org/?lang=ja>

⁴<https://www.desmos.com/calculator?lang=ja>

2.1.6 多数のデータを扱う

多数のデータを扱う統計分野では、実際のデータによって代表値（平均値、中央値、最頻値）やデータの散らばりを表す標準偏差などを計算してその値によって集団の傾向を分析することができる。よく使われている Excel 等の表計算ソフトでこれらのことは実現でき、生徒や教師にとっても馴染みがあり使いやすいという利点がある。

2.2 留意点

ICT を活用する場合は、その目的を明確にしておく必要がある。そうでなければ、状況によれば生徒が考える機会を奪ってしまうことにもなるため、このようなことがないようにしていかなければならない。ICT を活用するタイミングを検討し、生徒にどのような教育効果が望めるのかなどの様々な観点から考えていく必要がある。

3 ICT 活用の必要性および活用内容

文部科学省 [3] において、算数・数学科における ICT 活用の必要性が指摘され、活用例が提示されている。本節ではその内容をまとめる。ICT 活用の必要性については、小学校算数科、中学校数学科とともに述べられているため、小・中学校についても併せて提示する。

3.1 ICT 活用の必要性

算数・数学科の指導に求められる観点として、

- 具体を通して、算数・数学の内容を確実に理解し、数学的に考える力を育成することが必要。
- 日常生活や社会の複雑な事象の問題を解決するために、様々なデータを収集・整理・分析し、その結果をもとに判断・表現できる力の育成が必要。

としており、ICT を効果的に活用することが重要であると述べている。また、ICT 活用にあたっての算数・数学科の特質を踏まえて、

- 小学校算数科では、具体的な体験を伴う学習等を通じて、児童に算数の論理を理解させることが大切であり、教師の丁寧な指導のもとで ICT を活用する場面を適切に選択することが必要。
- 中学校・高等学校数学科では、学習内容の抽象度が高まるとともに、複雑な問題を扱う学習等が増加するため、ICT の活用で理解を促進。

としており、ICT を活用する場面を適切に選択することが重要であると述べている。

3.2 ICT の活用内容

文部科学省 [1] において、各科目における指導内容のなかで、コンピュータなどの情報機器を用いることを述べているものは以下の通りである（表 1）。

表 1: 高等学校新学習指導要領での ICT の活用（[3] を一部改変）

科目	内容
数学 I	二次関数
数学 I	データの分析
数学 II	図形と方程式
数学 III	極限
数学 A	図形の性質
数学 B	統計的な推測
数学 C	平面上の曲線と複素数平面

以下において、[3] で述べられている活用例をまとめておく。

3.2.1 数学 I（二次関数）

二次関数のグラフの特徴などを理解し、それらをもとに考察する場面において、二次関数 $y = ax^2 + bx + c$ の式とグラフとの関係を、 a, b, c の値をそれぞれ変化させて考察する活動が考えられる。ここでは、 b はグラフで何を表しているのかを考えさせ、 a, c を固定して b を変化させるとグラフは斜めに移動することから、 b を変化させると軸と頂点が変わることが分かる。二次関数のグラフが下に凸のとき b および c の符号によって頂点が第何象限にあるかを考えさせる。

3.2.2 数学 II（いろいろな関数（三角関数）など）

発展的な内容を取り上げて理解を深める場面において、次の関数の最大値と最小値を求める活動が考えられる。

$$y = \cos 2x - 2 \sin x \quad (0 \leq x < 2\pi)$$

この関数のグラフをコンピュータを活用してかき、最大値と最小値を求めたうえで、 $y = -2\sin^2 x - 2\sin x + 1$ と変形して $t = \sin x$ と置き t の二次関数として $-1 \leq t \leq 1$ の範囲で最大値と最小値を求めさせる。

複雑なグラフもコンピュータを活用すると容易にかくことができる。グラフを確認するとむしろ、複雑なグラフをかかなくても置き換えを利用して二次関数の最大・最小に持ち込む数学的な考え方のよさを実感できる。

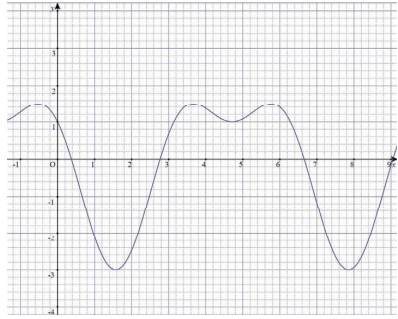


図 1: $y = \cos 2x - 2 \sin x$ のグラフ (Grapes を活用)

4 社会人基礎力

文部科学省 [4] では、社会環境の変化のなかで求められる人材像について「学んだ知識を現場に適用し有効に活用していくための能力として、「課題発見・解決力」、「コミュニケーション能力」等、いわゆる「社会人基礎力」として括られる要素」を例示している。この社会人基礎力は経済産業省 [5] において、「職場や地域社会で多様な人々と仕事をしていくために必要な基礎的な力」とされており、この能力を、「前に踏み出す力（主体性・働きかけ力・実行力）」、「考え抜く力（課題発見力・計画力・創造力）」、「チームで働く力（発信力・傾聴力・柔軟性・状況把握力・規律性・ストレスコントロール力）」として、12 の要素からなる 3 つの能力として定義し、共通言語として発信している。これらを以下にまとめておく [6]。

4.1 前に踏み出す力（アクション）

「一歩前に踏み出し、失敗しても粘り強く取り組む力」であり、次の能力要素で構成される。

- 主体性 … 物事に進んで取り組む力
- 働きかけ力 … 他人に働きかけ巻き込む力
- 実行力 … 目的を設定し確実に行動する力

4.2 考え抜く力（シンキング）

「疑問を持ち、考え抜く力」であり、次の能力要素で構成される。

- 課題発見力 … 現状を分析し目的や課題を明らかにする力
- 計画力 … 課題の解決に向けたプロセスを明らかにし準備する力
- 想像力 … 新しい価値を生み出す力

4.3 チームで働く力（チームワーク）

「多様な人々とともに、目標に向けて協力する力」であり、次の能力要素で構成される。

- 発信力 … 自分の意見をわかりやすく伝える力
- 傾聴力 … 相手の意見を丁寧に聴く力
- 柔軟性 … 意見の違いや立場の違いを理解する力
- 状況把握力 … 自分と周囲の人々や物事との関係性を理解する力
- 規律性 … 社会のルールや人との約束を守る力
- ストレスコントロール力 … ストレスの発生源に対応する力

5 指導構想の例

ここでは、新学習指導要領の趣旨を踏まえ、また、上述の社会人基礎力の考え方を意識したうえで、ICTを活用した授業構想について述べる。まず、単元「二次関数」（数学Ⅰ）について、 $y = ax^2 + bx + c$ における b の値を変化させたときの頂点の軌跡を求める授業について述べる。この発想については、文部科学省[3]にも関連する記載がある。次に、単元「図形と方程式」（数学Ⅱ）について、円の方程式の標準形 $(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$ における右辺の値を変化させたときの表す図形について考察する授業について述べ、最後に、単元「微分と積分」（数学Ⅱ）について、二次関数が表す放物線上のある点における接線の方程式、放物線外のある点から放物線に引いた接線の方程式を求める授業について述べる。

5.1 二次関数（数学Ⅰ）

5.1.1 目標

二次関数 $y = ax^2 + bx + c$ 、 $a \neq 0$ において、 b の値を変化させたときの頂点の軌跡を考えることができる。（思考力・判断力・表現力）

5.1.2 本時の主な授業展開（生徒の学習活動）

1時間の計画で授業を構想した。生徒の学習活動について概要を以下に述べる。

教員準備物：教科書、プリント（生徒へ配付）、PC（Grapes）

生徒準備物：教科書、PC（Grapes）

1. 二次関数 $y = ax^2 + bx + c$ において、 b の値が変化させたときの頂点の軌跡を推測す

る。(個人)

各自, Grapes を活用して, b の値を変化させたときの放物線をそれぞれかいて予想する。

2. 各自の意見を発表することにより全体で共有する。(全体)

3. 予想した事がらが正しいことを説明する。(個人→全体)

実際, $y = ax^2 + bx + c$ より,

$$y = a \left(x + \frac{b}{2a} \right)^2 - \frac{b^2}{4a} + c$$

となるため, 頂点の座標は $(-\frac{b}{2a}, -\frac{b^2}{4a} + c)$ と表される。ここで, $-\frac{b}{2a} = X$ とおくと, 頂点の座標は X を用いて $(X, -X^2 + c)$ となるから, 頂点の軌跡は放物線 $Y = -X^2 + c$ であることがわかる。

5.2 図形と方程式 (数学 II)

5.2.1 目標

- 円の方程式の一般形を標準形に変形することができる。(知識・技能)
- 円の方程式(標準形)の右辺の値を変化させたときに, どのような図形になるのか考えることができる。(思考力・判断力・表現力)

5.2.2 本時の主な授業展開 (生徒の学習活動)

1 時間の計画で授業を構想した。生徒の学習活動について概要を以下に述べる。

教員準備物: 教科書, プリント (生徒へ配付), PC (PowerPoint, Grapes)

生徒準備物: 教科書, PC (Grapes)

1. 円の定義, 円の方程式(標準形)について復習する。(全体)

PowerPoint のスライドを活用して以下の活動を行う。

- (1) 中心が点 $(3, 1)$, 半径が 4 となる円の方程式を求める。
- (2) 円 $(x + 5)^2 + (y - 2)^2 = 12$ の中心の座標と半径を求める。

2. 円の方程式(標準形)において, 右辺の値が 0 以下になった場合の表す図形について考える。(個人)

必要に応じて, 各自の PC で Grapes を使って考えてもよいこととする (3, 4 も同様)。

3. 2 に関して, 各自の考えを出し合って話し合う。(グループ)

- ・ どうしてそのように考えたのかを大事にする。

4. グループで考えたことを発表する。(全体)

5. どのような図形になるのかを, Grapes を活用して電子黒板に表示する。(全体)

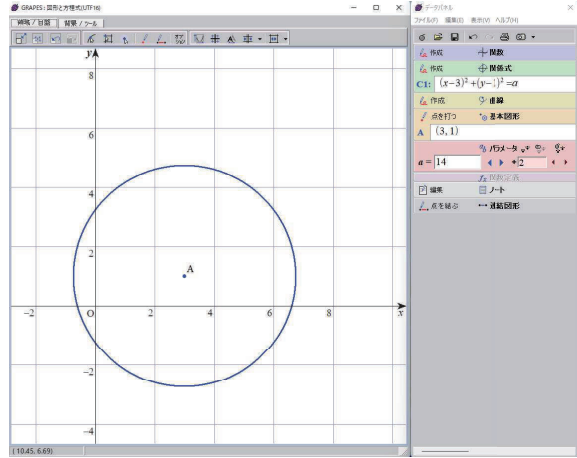


図 2: Grapes を活用して提示する図

6. 5 で調べたことが, なぜ成り立つのかを考察する。(全体)

(1) 右辺の値が 0 のとき

$(x+5)^2 + (y-2)^2 = 0$ である。ここで, $(x+5)^2 = 0$ かつ $(y-2)^2 = 0$ より, $x = -5, y = 2$ を得る。したがって, 1 点 $(-5, 2)$ を表す。

(2) 右辺の値が負のとき

$(x+5)^2 \geq 0, (y-2)^2 \geq 0$ より, $(x+5)^2 + (y-2)^2 \geq 0$ となり, 右辺の値が負になるような x, y の値は存在しない。

7. 円の方程式 (一般形) について知る。(全体)

1 の (2) で考えた, 方程式 $(x+5)^2 + (y-2)^2 = 12$ を展開して整理すると, $x^2 + 10x + y^2 - 4y + 17 = 0$ となる。このように, 円の方程式は, l, m, n を定数として, $x^2 + y^2 + lx + my + n = 0$ の形で表すこともできる。

8. 一般形で表された円の方程式から, 中心と半径を求める。(全体)

(1) 例題として, $x^2 + y^2 - 6x + 2y - 6 = 0$ の表す図形を求める。

(2) 練習問題に取り組み, 答えを確認する。

9. 本時の振り返りを行い, Google Classroom の所定のクラス内に提出する。(個人)

5.3 微分と積分（数学 II）

5.3.1 目標

二次関数のグラフ上の 1 点における接線, および, 二次関数のグラフ外の 1 点からこのグラフに引いた接線の方程式を求めることができる。（知識・技能）

5.3.2 本時の主な授業展開（生徒の学習活動）

1 時間の計画で授業を構想した。生徒の学習活動について概要を以下に述べる。

教員準備物：教科書, PC (Grapes)

生徒準備物：教科書, ノート

1. 二次関数のグラフ上の与えられた点における接線の方程式を求める（全体）

二次関数 $y = x^2 + 3$ のグラフ上の点 $(1, 4)$ における接線の方程式を求める。（図 3 左）

2. 二次関数のグラフ外の与えられた点から、このグラフに引いた接線の方程式を求める。（全体）

二次関数 $y = x^2 + 3$ のグラフ外の点 $(1, 0)$ から引いた接線の方程式を求める。（図 3 右）

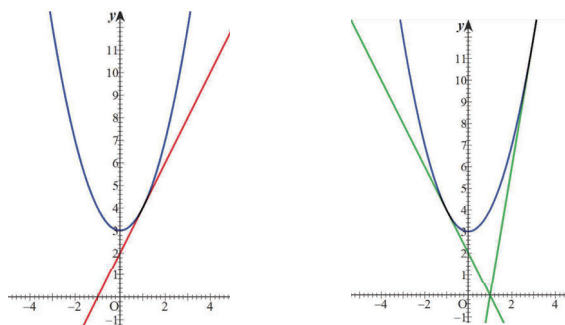


図 3: Grapes を活用して提示する図

3. 練習問題に取り組む（個人→全体）

4. 1 および 2 の違いについて話し合う（グループ→全体）

6 結語

本研究では, 小・中学校において 1 人 1 台端末環境に対応した授業が展開されているなかで, 高等学校数学科における活用のあり方について考察しながら, 授業構想例を述

べた。今回述べた事例においては、最後のものを除いては生徒の端末を活用することを前提としている。今後も今回構想した授業を実践することも含めて研究を継続していきたい。

附記

本稿は、大学院開設科目「教科教育実践と指導法の改善」において第一著者と第二著者がそれぞれ作成した指導構想をもとに、それらを著者全員で授業終了後に再検討して付加、修正をして、再構成したものである。また、第一著者と第二著者は大学院における課題演習で高等学校数学科の授業における ICT 利用について研究しており、特に社会人基礎力の観点から考察する視点は第一著者が研究テーマとしているものである。本稿において、大学院における課題演習での研究成果も一部掲載している。

謝辞

本研究について有益な御助言を頂きました、本学教職大学院の先生方に御礼を申し上げます。また、著者らによる RIMS 共同研究「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」における講演に対して、有益な御助言をいただきました先生方に御礼を申し上げます。

参考文献

- [1] 文部科学省：「高等学校学習指導要領（平成 30 年度告示）解説 数学編 理数編」，2019.
- [2] 中央教育審議会：「「令和の日本型教育」の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～（答申）」，
https://www.mext.go.jp/content/20210126-mxt_syoto02-000012321_2-4.pdf
(2022 年 8 月 13 日最終閲覧)
- [3] 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，
https://www.mext.go.jp/content/20200914-mxt_jogai01-000009772_001.pdf
(2022 年 8 月 21 日最終閲覧)
- [4] 文部科学省：社会環境の変化と求められる人材像，
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu10/siryo/attach/1335152.htm (2022 年 7 月 31 日最終閲覧)
- [5] 経済産業省：社会人基礎力，
<https://www.meti.go.jp/policy/kisoryoku/> (2022 年 8 月 26 日最終閲覧)
- [6] 経済産業省 中小企業庁：「我が国産業における人材力強化に向けた研究会」（人材力研究会）報告書，
https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/data/pdf/20180319001_1.pdf
(2022 年 7 月 31 日最終閲覧)