

気づきを促す ICT 教材開発と実践

－ 2 次関数の場合分けの直観的理解のために－

教育学研究科 教育実践創成専攻 教科領域実践開発コース 中等教科教育分野 功刀 聡将

1. 研究の動機と目的

1-1. 数学教育における ICT 教材の意義

高校数学において、紙面上に描かれた図から動きや変化をイメージすることが難しい題材は多い。図形を頭の中で想像して構築する能力には人によって差異があり、特に立体図形や空間認識となると、それは非常に顕著である。しかし、ICT 教材は図形やグラフを自在に動かすことが可能であり、その動きを観察することで直観的に性質を洞察できる強力なツールとなる。ICT 教材を活用することで、多面的・多角的な思考を補助し、有意義な学びに繋がると考えられる。

1-2. BYOD による ICT 教材の在り方の変化

2022 年 4 月より高等学校で BYOD の使用が開始され、生徒一人一人が自分の端末で ICT 教材を扱える環境は、授業をする上で大きなターニングポイントとなった。従来の ICT 教材は、生徒にとって、教師主体の受動的なツールであったが、自分自身で自由に操作できる能動的なツールとなり、教師から「与えられる」から「自ら気づく」への転換になったと言える。しかし、BYOD を活用する授業は、多くの教員にとって、未知の領域である。内容を深く理解する教師と初めて学ぶ生徒とでは、ICT 教材の在り方は異なるはずであり、授業で活用する上での留意点を考慮に入れた新たな設計思想が必要と考える。

1-3. 先行研究についての考察

中村 (2015) では、『「できる」「わかる」観点での目標を実現し、さらに「見つける」「つくる」「使う」観点での目標を達成するためには、ICT を活用した指導を高校数学科においても促進する必要があるものとする。いやむしろ、ICT を活用しなければ十分に達成できないと言えるかもしれない。ICT 活用は数学指導の目標の達成を

握るカギとなるものとする。』と述べている。BYOD が開始された現在、高校数学の指導目標を達成するための環境は整ったが、生徒が自ら操作し観察によって気づきが得られる ICT 教材の開発と実践の積み重ねが今は必要であろう。

1-4. 昨年度の実践からの考察

昨年度、BYOD を活用する授業のために ICT 教材を GeoGebra で実際に作って実践を行った。

代表例としては、共分散の公式を散布図と比較することで、複雑な相関係数を理解するための ICT 教材を作成・活用した授業実践である。

(山梨県 M 高校 普通科 1 年 2023.11.16 実施)

$$\text{相関係数} \quad r = \frac{S_{xy}}{S_x \cdot S_y} = \frac{\frac{1}{n} \{ (x_1 - \bar{x})(y_1 - \bar{y}) + (x_2 - \bar{x})(y_2 - \bar{y}) + \dots + (x_n - \bar{x})(y_n - \bar{y}) \}}{\sqrt{\frac{1}{n} \{ (x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2 \}} \sqrt{\frac{1}{n} \{ (y_1 - \bar{y})^2 + (y_2 - \bar{y})^2 + \dots + (y_n - \bar{y})^2 \}}}$$

図 1 相関係数の公式

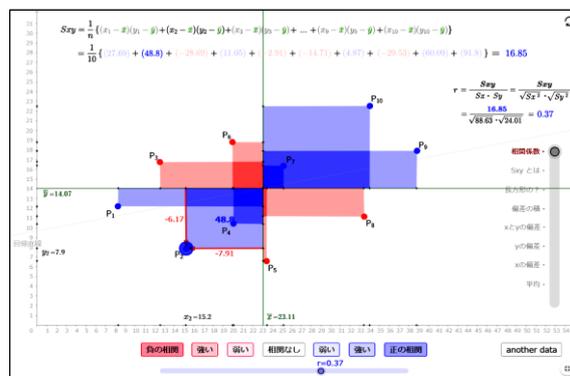


図 2 散布図と相関の ICT 教材

具体的には、2つの共通項（平均・偏差・偏差積）を段階的に表示する仕様にした。散布図の標本点を指で動かし、分布の変化と数式の変化を比較観察し、相関の正負と数式の正負が一致する理由を視覚的に探究する活動とした。この ICT 教材の設計は、筆者の「点を自由に動かし、同時に公式の数値変化も見たい」という思いから始まり、生徒の「こうしたい」思いを直感的に操作

できる ICT 教材の実現に繋がった。

探究活動を通じて、ICT 教材が単なる内容を理解するためだけのツールでなく、生徒が気づきを得て、新たな疑問を持って熱心に試行錯誤する姿が見られた。このようなフロー状態*1 を保つことは探究活動においてきわめて重要である。

--- ICT 教材を操作する生徒の会話 -----

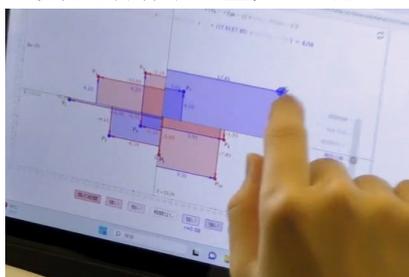


図3 ICT教材を操作する様子

C: これ 52.5 ってどういうこと?

C: あっ! わかった! これだ! あった。赤い点がある。この点が散布図の負の部分に飛び出しているのが、ちょっとしかないから淘汰されちゃう。偏差積の数値が負になるのが少ないと、共分散の式全体として正になる。

生徒 C は、直感的な操作による観察によって、教材にのめり込む様子が伺えた。フロー状態を持続し、10分で共分散の式を直観的に理解し、この後クラス全体に解説できるまでに至った。

- ① 話だけではイメージ出来ないものを自分で動かせるから、より理解し易くなった。
- ② 自分が気になる場所を動かせることで、理解がより深まった。

生徒のアンケート記述より抜粋

2つの記述から、ICT教材を操作する体験から教師の説明を実感できたこと、ICT教材の操作中に新たな疑問が生まれ、自ら試行錯誤しながら理解を深める体験ができたことが想像できる。

1-5. 研究の目的

自分で疑問に気づき、試行錯誤して学ぶ体験は、記憶に刻まれる深い学びに繋がる。そのために、「こうしたい」想いを直感的に操作でき、試行錯誤に集中できる ICT 教材を目指す。煩雑な操作

や情報過多は極力排除し、視認性・操作性といったユーザビリティの高い仕様に努めたい。昨年度の研究に引き続き、生徒が自ら操作して主体的・直観的に気づきを得られる ICT 教材を開発する。また、探究活動の授業実践を通じて、その効果的な活用方法を考察することとする。

2. 題材について

2-1. 題材「定義域のある二次関数の最大・最小の場合分け」

題材は、高等学校 数学 I の「定義域のある二次関数の最大・最小の場合分け」とした。中学数学から一転し、場合分けの厳密性と緻密な解答記述が求められ、躓きやすい部分が多い。

まず、初めて問題文を読んだとき場合分けが発想できない生徒は多い。二次関数の係数内の変数が変化すると放物線が動いて、場合分けが生じるが、これまでに経験がないため「変数が変わる」と「放物線が動く」という発想に繋がらない。

また、場合分けを表現するための不等式の範囲表現の未熟さも理解を妨げる要因だ。不等号には比較表現と範囲表現の二種類があるが、中学校で習った「大なり・小なり」という比較表現が習慣化している生徒は、変数を主語にして読む範囲表現に難を覚える傾向がみられる。例えば、定義域「 $1 < x < 4$ 」は「 x は、1より大きく4より小さい」と読むが、「1小なり x 小なり4」という読み方は、読み手自身の理解の妨げとなる。

このように、場合分けの考え方と不等号の範囲表現の両方で生徒は躓きやすく、場合分け構造の複雑さも相まって、多くの生徒が戸惑い苦手になりがちな題材である。

2-2. 指導上の留意点と対策

ICT教材を生徒に使わせることを前提に、本題材の指導上の留意点を順にまとめてみると、概ね次の3つに区分できると考えた。

① 下に凸の放物線から指導する。最大値と最小値の二重構造になっており、場合分けの考え方が少し異なることに気づきが必要である。特に最大値では、問題文に直接登場しない「定義域の中央」の存在に留意する。

② 変域の不等号の使い方・読み方で躓くこと

が多いため、予め次の指導をしておく。

- ・変域は、文字変数を主語にして読む。
- ・変域は、数直線に沿って不等式を書く。
(『<』のように右に開く不等号になる。)

視覚的な場合分けを理解できても、正しく記述できるとは限らない。随時指導して慣れさせる。

③ 上に凸の場合もあるため、場合分けは三重構造となる。下に凸の場合と合わせて全パターンをまとめて書くと見た目の複雑さが際立つため、複雑さを感じさせない指導法を考える。

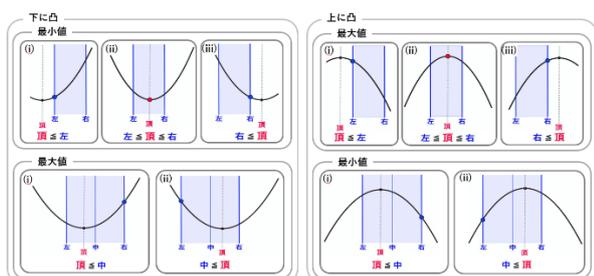


図4 2次関数の最大・最小の場合分け

以上の留意点を考慮して、授業実践に向けて次の対策・活動を取り入れることにした。

- I. 場合分け構造をシンプルに捉えさせるため、主体的・直観的な ICT 教材を開発する。
- II. ICT 教材で場合が切り替わるタイミングを観察させることで、主体的・直観的に気づきを促す探究活動を行う。
- III. ICT 教材で得た理解を解答記述能力の育成に繋げるため、文語表現から数式表現に繋げる言語活動を行う。

3. 授業設計

3-1. 生徒が自ら操作する ICT 教材の必要性

最大値・最小値の候補は3点あり、放物線の頂点と放物線と定義域両端との2交点だ。

まず、グラフを動かす。すると候補点のいずれかが最大点と最小点として切り替わっていく。切り替わりを境界とする頂点の範囲が、場合分けのための変域である。このように前後関係を理解して、場合が切り替わる様子を観察するためには、ICT 教材は打って付けだ。

教師が ICT 教材を操作しスクリーンに投影する場合、傍観者である生徒は前後関係を理解しづらくなるため、教材の動きと教師の説明の繋

がりを見失う恐れがある。しかし、生徒自身が教材を操作することで、どこを動かせばグラフ上の何がかわるのか関係を直観的に把握し、場合の切り替わりを自分のペースで観察できる。

3-2. 場合分けの指導法の見直し

場合分け構造は見た目上複雑であるが、似た構造の繰り返しであるため、指導の単純化がポイントになる。通常、場合分けの「考え方」と「不等号の範囲表現」は特に区別せずに指導されるが、単純化のために初期段階では不等号の範囲表現を指導から外して考える。具体的には、問題文の読み解きや ICT 教材の観察を通じて、口語表現を用いながら場合分けの考え方を学ばせ、場合分け構造の全体像をシンプルに把握させる。

その後で、口語表現しておいた場合分けを不等式に置き換える指導を行い、生徒が段階的に順を追って理解を深められるようにしたい。

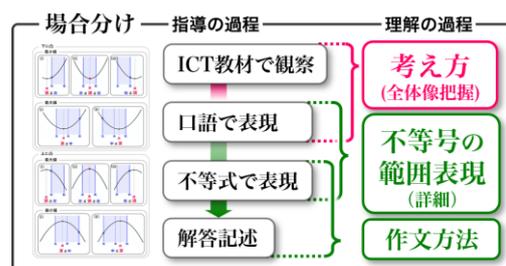


図5 場合分けの指導の過程

3-3. 場合分けの全体像把握の指導と ICT 教材

ICT 教材にどのような仕掛けを施すのか。2-3で挙げた留意点①～③を考慮して考えてみる。

第1段階は、下に凸の最小値の場合について、最小値の候補点を観察によって挙げさせ、それぞれどのような場合か文章で黒板に書きだす。

第2段階は、下に凸の最大値の場合を観察させる。最小値のときと異なり、問題文中に記載されていない「定義域の中央」の数値への気づきが必要になる。板書説明では気づかない生徒が多いが、動きを観察できる ICT 教材なら話は別である。最大値の切り替わりを観察する探究活動①とする。ICT 教材で「定義域の中央」を明示してしまっは、本人の気づきに繋がらない。つまり、常時提示しない仕様とし、【定義域の中央直線提示ボタン】を作る。探究活動時、ボタンを使うか使わないかも含めて完全な自由観察とする。

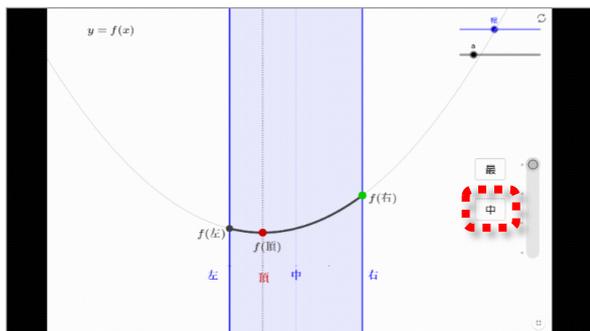


図6 ICT教材：定義域の中央直線の表示

第3段階では、上に凸の最大・最小を同時に取り扱う。下に凸と同様に2段階にしてもいいのだが、新規の観察活動を増やすと冗長な活動になり、生徒の負担感が増えてしまう。また、同時に考えることで、下に凸と上に凸とを俯瞰する視点になり、違いだけでなく共通点にも目を向けやすい。場合分け構造をよりシンプルに捉えられることが期待できる。では、ICT教材の仕様をどうするのか。係数 a を変化させるスライダや、凸を切り替えるボタンも考えたが、場合の切り替わりを観察する最中に、その操作を一旦止めて、スライダやボタンを押すことになる。その都度ボタンを押すのでは観察にならない。直観的観察のためには、場合の切り替わりを観察する操作を止めずに、かつ凸の上下の切り替えを同時にできる即時比較の仕掛けが必要だ。

思案を重ねるうち、ある時「位置関係を指で動かして観察するのだから、その延長であればいいのでは？」という考えが浮かんだ。つまり、指を横移動すれば、位置関係が動いて場合の切り替わりを観察でき、指を縦移動すれば、凸の上下が切り替わる。設計上、大きな仕様変更になってしまうが、上に凸と下に凸の場合分けを比較観察する探究活動②のためには必要と考えた。

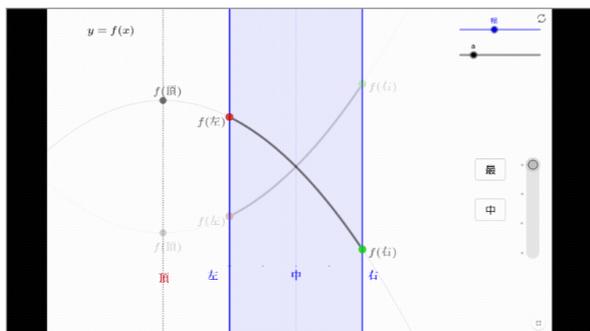


図7 ICT教材：凸の場合分けの比較観察

3-4. 場合分けの数式表現の指導と ICT 教材

ICT教材の観察で板書した「場合分けの文章」を「不等式の範囲表現」に繋げる流れを考える。変域は文字変数を主語に読むため、板書された文章も同様の表現であることが理想的である。つまり、ICT教材を操作した生徒が言葉にする文章が重要ということになる。

「頂点と定義域の位置関係が変わる。その後、最大・最小の補点が動く。」初めて本題材に触れる生徒が、教師の説明なしにこの前後関係を把握させるためには、ICT教材でも「頂点や定義域を操作オブジェクトとし、対応して動く候補点を観察オブジェクト」としておく。つまり、ICT教材の設計次第で、この前後関係を生徒が自然に理解できるようにすることが可能だ。

では、実際に操作オブジェクトを頂点と定義域のどちらにするのか、これは出題される問題によって変わってくるため両方を動かせる設計にする。最初は頂点を指で動かして観察する活動にした方がわかりやすいだろう。つまり、ICT教材を操作して発する言葉は、「頂点が、定義域内にあるとき、…」のような自身が指で動かしていた頂点を主語とする文章になるはずだ。

次は、文章を数式表現に置き換える。中間表現「左端 \leq 頂点 \leq 右端」を考えてみた。

- ・口語表現「頂点が、定義域内にある」
- ・口語表現「頂点が、左端以上かつ右端以下」
- ・中間表現「左端 \leq 頂点 \leq 右端」
- ・数式表現「 $1 \leq a \leq 4$ 」

ICT教材でも実際の数値のみでなく、「頂」「左」「右」のような言葉で表示できる仕様とする。

【数値 \leftrightarrow 文字を、段階的に変化させるスライダ】で数値に左右されない普遍的理解ができる。

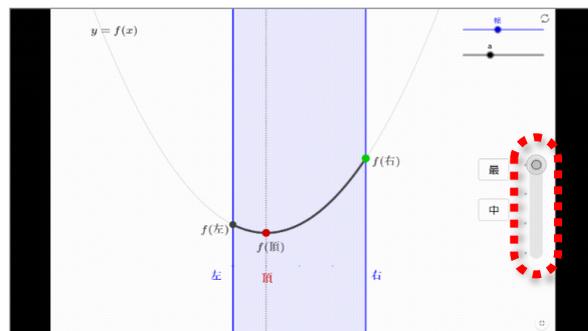


図8 ICT教材：数値 \leftrightarrow 文字の段階的表示

4. 授業実践

山梨県 S 高校 普通科 1 年 (2024.6.20 実施)



図 9 授業実践の概要

4-1. 導入

まず、問題文から題材の読み解きを行った。

1 a は定数とする。関数 $y=2x^2-4ax+a^2$ ($1 \leq x \leq 4$) について、次のものを求めよ。

(1) 最小値を求めよ

(2) 最大値を求めよ

経験がなければ、問題文を読んでも場合分けが必要という判断ができない。 $a=0$ ならば、 $y=2x^2$ 、 $a=1$ ならば、 $y=2x^2-4x+1$ 放物線に変わる。ICT 教材で a の数値が変わると放物線が動く様子を見せて動くイメージを持たせた。頂点と定義域の位置関係の変化で、最大・最小が変わって、場合分けが必要になるという流れだ。

その流れで ICT 教材を操作させて自由観察する時間をとった。教材の操作に慣れさせ、何がどう動くのか教材の見方を覚える。その後、気づいたことを隣同士2,3人で会話する時間をとった。

--- 自由観察の生徒の会話① -----

D: 頂点のところでも最小値になるけど、そうじゃないときもある。

E: 端っこのところも最小になるってことか。

--- 自由観察の生徒の会話② -----

F: 動かしていると、最大値の点が急に変わるんだけど、放物線がちょうど真ん中におさまってる。

会話①からは、下に凸だからといって、必ずしも頂点でだけ最小になるわけではないことへの気づきが見てとれる。会話②では、放物線を主語にしているため「(定義域の) ちょうど真ん中に

おさまる」という表現をしているが、これは最大値の場合分け上で重要な気づきである。

4-2. 展開①

展開①では、下に凸の場合分けについて ICT 教材で観察させて隣同士で話し合わせた。

第1段階は、下に凸の最小値の場合分けについて、観察により候補点を挙げさせ、それぞれどういう場合なのかを尋ねた。観察による場合分けを教師が板書した。生徒の言葉をそのまま板書するため、生徒がどのような表現で返答するかが大事な部分である。ICT 教材で頂点を指で動かしているため、頂点が主語の言葉を期待して不安ではあったが、実際そのように返ってきた。そうならなかった場合は、教師が頂点を主語になるよう言い直して修正を入れるつもりだった。教師が修正したとしても ICT 教材が頂点を動かす仕様になっているため、生徒は自然に受け入れるだろう。頂点を基準に場合分けを考えることを意識づけることが重要だ。

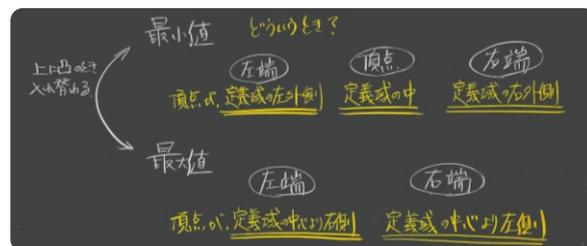


図 10 ICT 教材の観察のまとめの板書

第2段階は、下に凸の最大値の場合分けについて、同様に候補点を挙げさせる。候補は『定義域の左端』と『定義域の右端』であるが、変わり目がわかりづらい。探究活動①の観察により、生徒から「定義域の真ん中」という言葉で返ってきた。問題文に登場しないため、板書説明の授業での気づきは難しいが、ICT 教材による観察というアドバンテージは大きかったと考える。探究活動①は、最小値の場合分けとの違いを大きく印象付ける役割もある。

4-3. 展開②

第3段階は、上に凸の場合であり、場合分けの三重構造を理解する探究活動②である。頂点を縦にスライドすると凸の切り替えが行えることを伝えて活動に入る。最大・最小だけでなく凸の上下も同時に観察するため、生徒たちには負担

が大きいかとも考えていたが、活動が始まると熱心に観察し話し合う姿が見られた。

--- 探究活動②の生徒の会話 -----

G: 今度は頂点が最大になるから…

H: さっきと逆になるだけ (最大と最小が)

他グループと比べ、生徒 H は早い段階でシンプルな答えに辿り着いていた。「逆って何が?」という筆者の質問に対し、H は板書に書かれた文章を指さして「最小値の場合分けと最大値の場合分けが逆になる。」という明快な回答だった。板書もシンプルに「上に凸の時は入れ替わる」と書き足すのみに留めた。場合分け構造をグラフも含めて全て書きだすと膨大な量になるが、口語表現ならこんなにも単純化できる。さらに解答記述に近い表現で板書したものが図である。これが解答記述の原型になる。

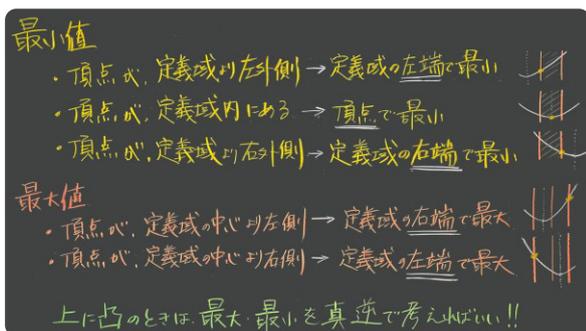


図 11 場合分けの解答記述のための板書

4-4. 展開③

最終目標は、問題を解いて解答記述できる状態である。導入時に提示した問題の(1)最小値を求める解答記述をプリント配付する。通常なら教師が板書しながら解説するだろうが、生徒同士で記述観察する活動を取り入れることにした。

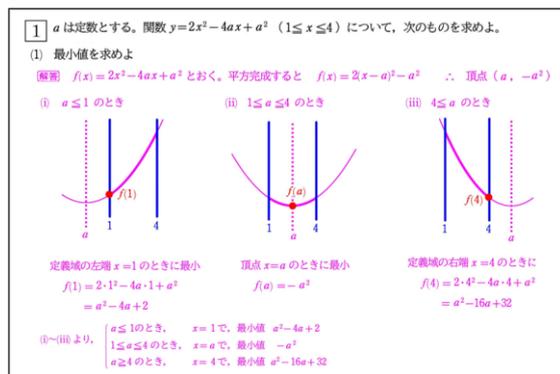


図 12 記述観察用の解答文

目的は、ICT 教材で観察した板書まとめと比較して、場合分けの解答記述法を観察させることである。具体的には、(1)の最小値を求める場合分けの解答記述を観察することで、(2)の最大値を求める場合分けの解答記述を考察する。4人グループの活動として、意見を出しやすくするために、ホワイトボードを一つずつ渡す。ここで ICT を使用しない理由は、アイデアや数式やグラフを素早く自由に書いたり消したりできる。また、書ける面積が広いため複数人で見やすく、画面に光が反射して見づらいということもない。スクリーンに映し出す発表ができないデメリットもあるが、生徒たちが協働して考察する環境を重視することにした。

--- 記述観察による考察例① -----

場合分けを適切に考えることができているが、最大値になる点も理解しているが、場合分けが不等式で表現できていない。

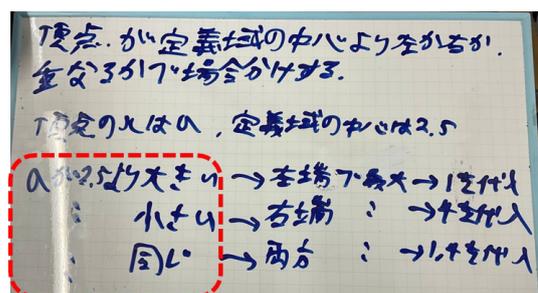


図 13 グループ観察による考察例①

--- 記述観察による考察例② -----

グラフを描いており最大値になる点を理解できているが、場合分けの不等式が最小値の場合分けのままになってしまっている。

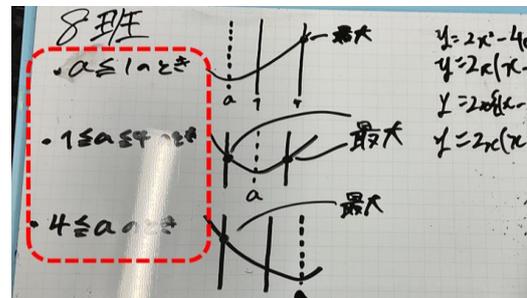


図 14 グループ観察による考察例②

以上のように、ICT 教材を使って視覚的に場合分けを理解できたとしても、正しく不等式で数式表現できるとは限らないことがわかる。

4-5. 教師による補足説明

問題の(1)の解答文から、場合分けを解答に記述する際の注意点を補足した。

- ・(i),(ii),(iii)のように場合分けを区分けして書く。
- ・グラフは分けてそれぞれの区分けに描く。
- ・最後に各場合分けごとまとめて答を書く。

以上は、記述作法であることを伝え、解説などをよく見て書き方を覚えるよう話し、授業のまとめとした。残りの時間は、追加問題に取り組むよう指示して授業を終えた。

5. 授業実践の検証

5-1. アンケートの分析

2クラスで実践した後、アンケートをとった。「教材から得られた気づきや理解は何ですか」という記述アンケートの回答は、場合分けとICT教材の2種類の記述に分類できた。

--- 場合分けについての抜粋 -----

- ・上に凸と下に凸のグラフを比べた時に、最小値と最大値の求め方が逆になる。
- ・定義域の中心が、最大値を求め基準になる。
- ・場合分けの仕方や変化の仕方、どのような共通点があるのか気づいた。

--- ICT教材についての抜粋 -----

- ・グラフを自在に変化させることができたため、問題外である数値など多くのパターンを試すことができ理解が深められた。
- ・頭で考えたことが実際のグラフとは違った。



図15 アンケート記述の項目別記述数

記述の感想から下記の4つ事実を抽出した。

- ・場合分け構造の概念把握: 頂点を基準とした定義域との位置関係による最大・最小の変化と凸の場合分けについて違いだけでなく共通点の理解も得られた。
- ・場合分けの視覚的理解: グラフの位置関係や場

合分けが切り替わるタイミングを観察できる。

- ・アクティブでインタラクティブな学習体験 : 自ら操作して試行錯誤ができ、予想の確認に使うなど能動的に考えることで理解が深まった。また、生徒同士の対話・協働学習にも利用できた。
- ・ICTの特性・イメージ力の向上: 素早く正確に様々な状況を再現でき、動き・色分け等の視覚効果が役立った。また、紙面の静止図と違って実際の動きを観察することで、自身で図示するためのイメージ能力向上の貢献に期待できる。

また、「ICT教材が場合分けの理解の助けとなりましたか」というアンケートでは、図16のように2クラスとも同等の回答内容が得られた。

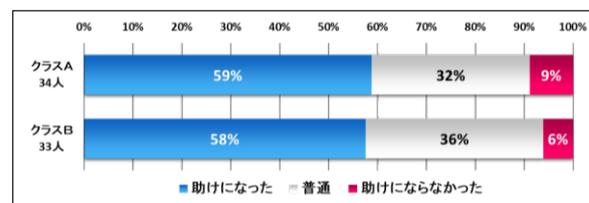


図16 ICT教材への回答

5-2. 内容理解と記述表現の検証

後日、場合分けの定着状況の調査のため、生徒間の相談なしに個々で問題(2)を解かせた。

図は、指導した記述表現の項目別に、正誤に関係なく記述表現ができた生徒の割合を示す。配色はどこまで正解したか段階を表す。

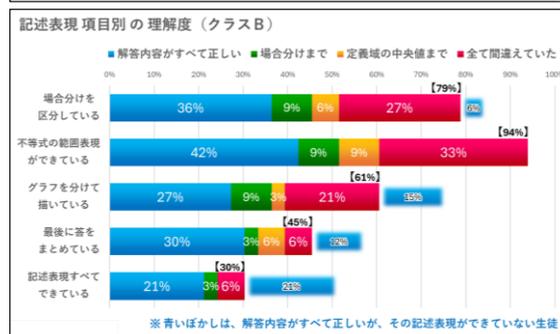
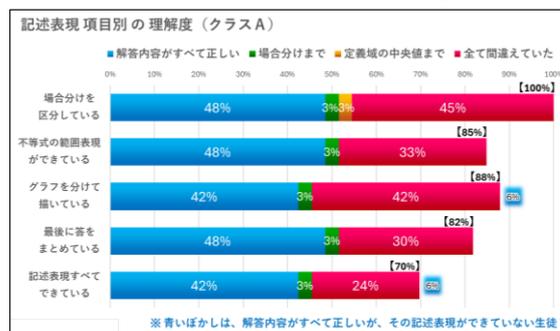


図17 記述表現の理解度 (上: A, 下: B)

クラス A・B は、同等の学力で分けられた集団であるが予想外に大きく差が開いた。A では事前に ICT 教材を生徒に操作させながら、同時にスクリーン投影して記述の確認をした後に行ったのに対し、B では急遽授業者変更により ICT 教材のリンクが使えない状況であったため操作投影しながら記述確認が行えなかった。

そのためか記述表現できている割合の差が顕著だ。一番下の青い部分は、解答内容と記述表現の両方が十分な完全正解である。A は 42%、B は 21%、かつ B は青いぼかし部分も 21%と解答内容がすべて正しいのに記述表現に落ちがあった生徒が多く、記述指導が不十分であったと考えられる。また、赤い部分は、解答内容はすべて間違えていたが記述表現ができている生徒で、記述意欲はあると評価でき、A では比較的多いが、B では少ない。正誤に関係なく最後まで書き上げた生徒が A で 70%、B で 30%と、やはり記述指導の不十分さは否めない結果となった。

場合分けは内容が難しいため、定着するまでは随時指導が必要であることがわかる。クラス A で、70%という高い記述意欲が最後まで維持されたことから記述指導の成果はあったと考える。ICT 教材は、その底上げの役割を十分果たしたと考える。

6. 研究のまとめ

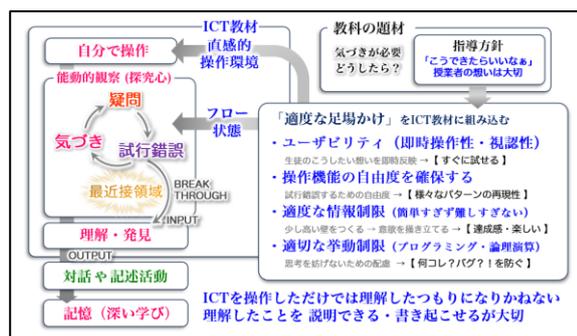


図 18 気づきを促す ICT 教材 実践チャート

気づきを促す ICT 教材とは、要するに、最近接領域で気づきに到達するための足場かけである。難解な概念の理解や動的イメージ化が必要となる題材では、教師の熱心な解説であっても生徒の理解が追いつかないことは多々ある。しかし、ICT 教材で難解な概念を視覚化できれば、生徒

自身の操作や観察により能動的な気づきに繋がることが実践を通じて明らかになった。では、足場かけとしての ICT 教材の在り方とは何か。「最近接領域で、フロー状態を持続できる」環境を生徒に与えるために、次のような仕様を ICT 教材に組み込むことが重要である。

- ① ユーザビリティの高い操作性・視認性
- ② 思ったことをすぐに試せる即時実行性
- ③ 予想を自由に試せる多様なパターン再現性

以上の 3 点が、直観的観察を実現する現時点で筆者が得た ICT 教材の仕様だ。集中力を持続させるためには、直感的に即時実行できる操作性・視認性が重要である。疑問から予想し、試行錯誤により直観に導く ICT 教材が理想的だ。

さらに、ICT 教材作りに先立ち、「こう動かしたら」という視点が最重要である。「自分が見ている教材風景を見せてあげたい。」という先駆者から創出されるアイデアなくして、観察教材の具現化は果たされない。直観に繋げる操作性の実現を目指して、新しいテクノロジーに臆さず、授業者自身が試行錯誤して学び続ける追初心こそが、生徒の深い学びに繋がると考える。

○注釈*1:フロー状態とは、ある活動に没頭して、集中している状態を指す。ミハイ・チクセントミハイ氏が 1975 年に提唱した心理学の概念。

○教材開発ソフトウェア：GeoGebra

○ 引用・参考文献

- ・今井康晴 (2008) 「ブルーナーにおける「足場かけ」概念の形成過程に関する一考察」広島大学大学院教育学研究紀要 第一部 第 57 号, pp.35-42.
- ・酒井隆光, 小川哲男 (2011) 「生活科の「気付き」の質を高める授業改善の理論的構築—動機付け研究「フロー (Flow) 理論」を基に—」昭和女子大学紀要 No850, pp.32-39.
- ・中村好則 (2015) 「高校数学科における ICT を活用した指導とその意義」岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要 第 14 号, pp.37-45.
- ・中村宗敬, 早川健, 功刀聡将 (2025) 「GeoGebra による数学的探究活動のための ICT 教材開発, 教育実践研究」山梨大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要 30, pp.111-128.