高等学校数学科における統合的・発展的に考察する力を育む授業実践
－ICT 活用を通して－

教職実践専攻・教科領域実践コース
学籍番号　23GP301　　氏名　市川　幸亮

１　本研究の目的と方法
（１）本研究の目的

教師が生徒に公式を示したり，問題演習のみに終始させたりする数学の授業は，「出来上った「結果としての数学」」(國本，2009，p. 54) を生徒に学ばせていることとなる。これは，生徒に「「数学は覚えるべきもの」,「習っていなければ数学の問題は解けない」といった価値観を醸成しかねない」(西澤・服部，2023，p. 3)。しかし，そうではなく教師は生徒が数学を創造的に考える「活動（創造過程）としての数学」(國本，2009，p. 54) という数学観に立たせるような授業を行うことが必要である。中島（2015）は,「算数・数学科において究極的に目指すもの」が,「創造的な能力，態度」であり，加えて「統合的発展的な考察」は「数学的な創造に関わる重要な観点であって,「数学的な考え方」の育成という立場できわめて重要な意義をもつものである」と述べる（中島，2015，p. 39)。

生徒に統合的・発展的に考察する力を育む上では，藤井（2001）は,「文字の式」をもって考察することで,「発展的考察を確証的考察に深める」ことを明らかにし，それに関して小岩（2016）は「文字式の活用の文脈では，数による事象の探究が重要である」ことを明らかにしている。

「図形と方程式」の分野において，河田ら（2023）は GeoGebra や Jamboard を用いて，生徒に問題解決の過程を可視化させ振り返らせることで，生徒の数学の学習に対する意識の改善が見られることを明らかにしているが，生徒に「図形と方程式」を学習させる上で統合的・発展的に考察を促すかどうかの検証まではされていない。加えて ICT 活用の統合的・発展的考察に対する有効性についても示されてはいない。高校数学の範囲での，線形計画法を題材にした学習指導には井上 (2014) や三輪ら (2022) がある。これらの研究は，日常生活の事象を考える上で線形計画法が有用であることを，学生や生徒に実感させるために役立つことを提案しているが，線形計画法と統合的・発展的な考察との関係性については示唆されていない。

なお,「微分法と積分法」に関連した統合的・発展的な考察力に関連する先行研究は見られなかった。

以上を踏まえ，統合的・発展的な考察を重視した「図形と方程式」における線形計画法に題材をとった領域と最大・最小と「微分法と積分法」における微分係数や導関数とその計算についての授業構想を練る。本研究の目的は，高等学校数学科における，生徒の統合的・発展的に考察する力を育むための授業構想を明らかにし，実践することである。

（２）研究の方法

まずは，主たる教材である教科書に，領域と最大・最小や導関数とその計算においてどのような記述が見られるのか分析する（第２章)。その後，生徒に統合的・発展的な考察力を育むために，筆者自身の「統合的・発展的に考察する力」に関する認識を明らかにし

（第３章），それらを踏まえた授業を構想・実践することで（第４章，第５章），その特徴と価値を考察し（第６章），今後の展望を考えていく（第７章）。

（３）昨年度の取り組み

昨年度は，主に ICT 機器の活用に関する先行研究等を基に，高等学校数学科における ICT を活用した授業案を練り，授業実践を行い，授業後に生徒たちに ICT 機器を授業内で扱うことに関してアンケート調査を行った。その結果，生徒たちは ICT 機器を授業にて扱うことに対する抵抗が少ないことが分かった。しかし，本授業では，授業内にて学習課題を生徒に考えさせせるときに，GeoGebra を用いることを強いることになってしまったという点で ICT 機器を活用することが目的となっていた。そこで，生徒が授業において有効的に ICT 活用を行えるためにも，そもそも数学教育に関しての認識を様々な先行研究を通して改めた。そこで，数学を指導する上で重要視されている「統合的・発展的考察」について自分自身の見識を見つめ直し，様々な先行文献を参考に数学の授業で生徒に「統合的・発展的に考察する力」を育むための授業構想を考えた。

２　教材の分析による問題の特定と研究の方針

（１）問題の所在（領域と最大・最小）

本授業構想にて扱う領域と最大・最小は,「線形計画法に題材をとった不等式とその領域に関する応用問題」である（俣野博ほか，2022b，p. 149）。次は本授業構想にて扱う学習

x，yがそれぞれ，$2x+y\leq 8$，$2x+3y\leq 12$，$x\geq 0$，$y\geq 0$の示す領域を満たすとき，$x+y$の最小値，最大値を求めよ。

課題である。

①数研出版（図１）

図１は「高等学校シリーズ」の領域と最大・最小の記述である。問題の冒頭ではすでに不等式の領域が図示されており，その上で$x+y=k$と置くことが示され，kを切片として捉え，グラフを基に$x+y$の最大・最小を求めていくという展開である。

②東京書籍（図２）

図２は「Standard シリーズ」の領域と最大・最小の記述である。問題を解くプロセスは数研出版と同様で，問題の冒頭で不等式の領域が示され，その上で$x+y=k$と置き，k を切片として捉え，それを基に$x+y$の最大・最小を求めている。

筆者は教科書会社３社から出版されている教科書を難易度別で区別されるものも含め，計６冊の記述の比較を行った。この結果，問題を解く上での$x+y=k$とおくプロセスについて違いは見られなかった。加えて，６冊に共通して，冒頭で不等式によって示される領域を図示した後唐突に，「$x+y=k$とおく」という記述が出現している。しかし，そのように文字におく理由や文字におく利点に関しては一言程度でまとめられてしまっており，詳しくは書かれていない。（なお，本学習課題に関しては，教科書分析を行ったすべての教科書において類似した内容が書かれていたため，代表して「高等学校シリーズ（数研出版）」と「Standard（東京書籍）」のみ教科書の参考画像を掲載した。）

[redacted]

図１　数研出版(p. 107)

[redacted]

図２　東京書籍(p. 111)

（２）問題の所在（導関数とその計算）

①数研出版（図３）

図３は「高等学校シリーズ」の導関数とその計算の記述である。微分係数との関係性や導関数の定義などを用いて，導関数の説明がなされ，その説明の後には，練習問題が示され，問題演習を通して生徒に導関数を理解させるという順序となっている。

②東京書籍（図４）

図４は「Standard シリーズ」の導関数とその計算の記述である。ボールを斜面から転がし始めてから，数秒後の瞬間の速さを求めさせる例題を掲載し，例えば１秒後，２秒後等の具体的な経過時間後での瞬間の速さをいくつか求めさせる活動をさせている。その後，先の帰納的活動によって得られた結果を規則性に則り，１つの関数にまとめ上げ，それを導関数と結論付け，導関数の定義を改めて掲載している。

筆者は教科書会社３社から出版されている教科書を難易度別で区別されるものも含め，計４冊の記述の比較を行った。その結果，３冊の教科書において，微分係数と導関数の違いに触れながら一通り説明がなされた後，導関数の定義を掲載し，演習問題が用意されていたが，東京書籍の教科書には，唯一帰納的活動から導関数が導かれていた。筆者は，この帰納的活動から導関数を導く学習過程に統合を感じ，この学習を基に，より統合を意識した指導を考え，授業を構想した。(※なお，東京書籍以外の３冊の教科書では記述が類似していたため，その中でも「高等学校シリーズ（数研出版)」のみ掲載した。)

[redacted]

図３　数研出版（pp186-187）（※）

[redacted]

図４　東京書籍（pp204-205）

（３）研究の方針

Lisa（2013）は教科書には，このように思考すべきという Expectation が組み込まれていると述べ，その Expectation が生徒の学習課題への向き合い方に大きく影響すると述べている（以下では Expectation を期待と訳す)。「図形と方程式」の内容で比較した６冊の教科書とも「$x+y=k$とおく」ことが，Lisa（2013）の表現を借りれば，教科書が生徒に期待することである。「微分法と積分法」の内容で比較した４冊の教科書では,東京書籍では，導関数を求めるまで帰納的な活動をし，導関数を導くことが，しかし，それ以外の教科書会社では,微分係数の定義での文字を変数におき換えて導関数の定義として考えることが，教科書が生徒に期待することである。どのような思考の過程を経てこのように文字や関数としておくことができるのか，なぜ，そのように文字で表現する利点については言語化されていない。従って，この記述の通りに指導を行うのであれば，生徒にとって探究的な活動にはなりえず，生徒は「こういった問題はこのように解くのだ」と機械的に覚えてしまうようになる可能性がある。

そこで，領域と最大・最小では$x+y=k$と置くまでの過程を，導関数とその計算では帰納的活動から導関数を導くことを重視し，このように統合することの理由や利点を生徒が考えられるようにする。さらに，生徒に統合という考えを意識させる場をつくる。換言すれば，本授業にて，学習内容の思考過程を見直し，生徒が中島（2015）の述べる「統合的発展的な考察」を実感できるように，教師が統合的・発展的に考えられる場面をつくるのである。加えて，授業構想において ICT 機器を用いた方が生徒により統合を感じさせることができると考えられる場面については，ICT 活用がどのように生かされるかについても考えていく。

３　統合的・発展的に考察する力の重視

（１）統合的発展的な考察について

中島（2015）は，統合の意味に関して，主要な３つの場合として類型化している。「はじめは，異なったものとしてとらえられていたものについて，ある必要から共通の観点を見出して一つのものにまとめる」という「集合による統合」,「はじめに考えた概念や形式が，もっと広い範囲（はじめの考えでは含められない範囲のものまで）に適用するために，はじめの概念の意味や形式を一般化して，もとのものも含めてまとめる」という「拡張による統合」,「すでに知っている概念や形式だけでは，適用できない場合が起こるとき，補うものを加えて,「完全になる」ようにまとめる」という「補完による統合」である（中島，2015，pp. 139-140)。本研究では，統合的・発展的に考察する過程を重視する。具体的には，領域と最大・最小では直線を点の集合として統合する場面と，直線群を一般化し，文字を用いて統合する場面を，導関数とその計算では帰納的活動から得られる結果を規則性から１つの関数に統合する場面を重視するのである。

直線を点の集合として統合する考え，および，直線群を文字を用いて統合する考えは，「集合による統合」の考えである。例えば,（1，4）や（2，3）のように，xの値とyの値を足すと５となる点の集まりを，統一的に表現したいという必要性から点が一様にまっすぐ並んだものという共通の観点で捉えて，1 つの集合，すなわち，直線$x+y=5$としてまとめるのである。

帰納的活動から得られる結果を規則性に則り，１つの関数に統合する考えもまた,「集合による統合」の考えである。本授業構想においては，ある特定の値での微分係数を，どんな値の場合でも迅速に微分係数を求めたいという必要性から，共通的な要素で１つの関数

としてまとめるのである。

（２）統合的発展的な考察に向けた文字式の活用

直線群（本稿の課題では，$x+y=1$，$x+y=2$，…）を一般化し，文字を用いて$x+y=k$と統合する際の文字kは，三輪（1996）の「既知の数量－一般化を意図して－一般の定数，一般化された数，値」（三輪，1996，p. 5）である。

中島（2015）の定義した「集合による統合」と照らし合わせると，傾きが同じく切片が異なる直線群を，1 つの直線としてまとめたいという必要から，傾きが同じという共通の観点でとらえ，切片を文字に置いて統合するのである。

文字式の利用について藤井（2001）は，「文字の式」が「発展的考察を確証的考察に深める価値」をもっていることを明らかにし，「「文字の式」が使用される過程を「式に表す」「式を読む」と「式の形式的処理」として特徴付け」（藤井，2001，p. 21）ている。そして，小岩（2016）は，藤井（2001）による式の機能「式に表す」「式をよむ」に着目し，変数の理解のためにも「文字式の活用の文脈では,数による事象の探究が重要である」(小岩，2016，p. 219）ことを明らかにしている。そこで，本授業構想では，生徒に統合的・発展的に考察する力を育む上で,「数による事象の探究」を取り入れることで，文字を使った探究活動を行う。$x+y=k$とおくまでの過程を生徒に意識させることで，数による事象の探究を行わせるのである。以上のことから，領域と最大・最小の学習課題の中で，直線群からそれらを一般化し，文字におく活動によって，生徒は「集合による統合」を感じることができる。

４　授業構想とその実践①（図形と方程式）

（１）授業の概要

本稿で述べる１つ目の授業構想は，高校 2 年生を対象に行う「図形と方程式」の「領域と最大最小」についてであり，単元計画は次の通りである（表 1)。

本時のねらいを以下のように設定した。

ア，直線は，点が集まって形成されていることを理解できる（知識・技能)。

イ,直線群を一般化し統合できるようになるとともに，ICT 機器を用いて，$x+y=k$ととらえる意味を理解することができる（思考・判断・表現)。

表１　単元計画（図形と方程式）

点と直線（11）	2 点間の距離	2
	内分点・外分点	3
	直線の方程式	5
	練習問題	1
円（8）	円の方程式	2
	円と直線	5
	練習問題	1
軌跡と領域(7)	軌跡とその方程式	2
	不等式の表す領域　（本時 4/4)	4
	練習問題	1

（２）授業実践

①学習課題の提示

導入では教材研究で述べた課題を提示し，思考させる。冒頭で生徒に自力解決をさせる理由は，統合を意識させる前に，生徒の素朴な考えを顕在化させ，本学習活動による考えの変容を生徒に意識させるためである。続けて本課題の不等式による領域を図示させる(前時の復習である)。

②点の座標を代入することを用いた個人の活動

本展開では，$x+y$の最小値・最大値について考察させる。実践では，多くの生徒が点の

座標を代入することで最小値・最大値を求めていた。しかし，この方法では解を導き出すために，領域内の無限に存在する点の座標を代入する必要がある。従って，異なった問題解決の仕方が必要なことを生徒に認識させる必要がある。

③点としての見方から直線としての見方へ

本展開は，中島（2015）の述べる「集合による統合」を感じることができる1つ目の展開である。領域内に存在している点を点の集合としたとき，その集合の要素は無限に存在する。その集合の要素1つ1つについて考察することは不可能であるから，それらの点について規則性を持たせたいという必要を感じ，その点の集合の中でも，例えば$x+y=5$という直線上にあるという共通の観点を持つ点の集合を直線としてまとめる。このように生徒に考えさせることで,「集合による統合」を体感させることができる。ここではまた，生徒に直線の切片を意識させる。加えて，ここで領域と直線の位置関係を考えさせるためにも，グラフを用いた方法が効果的であることを生徒に示す。

④直線と領域を用いた最大値・最小値検討

本展開では，グラフを用いて直線と領域の位置関係から最大値・最小値を確認する。教師が黒板で教具を用いて視覚的に示すことで，生徒に，$x+y=6$では領域との共有点がなく，$x+y=5$という直線と領域が共有点を1つだけ持つことより，$x+y$の最大値が5であることが分かりやすく説明できる。最小値についての議論も同様に行う。

その後，生徒の思考をさらに発展させるために，直線の切片によって直線と領域Aがどのように共有点を持つかを生徒たちに確かめさせる。教師はここで領域Aに対し，切片が1ずつ異なる複数の直線を引いたようなグラフを示す。

⑤直線群を$x+y=k$と統合する活動

本展開は，本授業構想において,「集合による統合」を感じることのできる2つ目の展開である。$x+y=5$や$x+y=0$のような傾きが等しく切片が異なる直線群を一本一本に対し考察することは合理的ではないため，まとめて合理的に考えようとする必要から，傾きが等しいという共通の観点で，切片を1つの文字に置いてまとめて考える。このように生徒に考えさせることで「集合による統合」を体感させることができる。そこで教師は，変数を強調した板書を示し，教具を直線と見立て，傾きを変えずに切片を強調しながらスライドさせることで，統合を実感できるように働きかける。

⑥GeoGebraの活用について

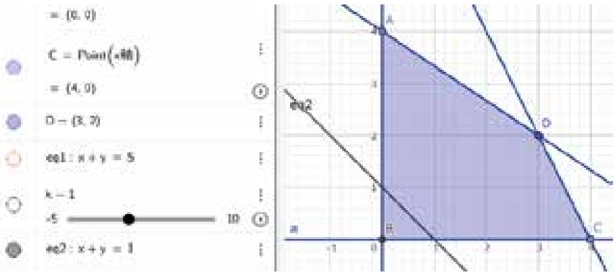

図５　領域Aと$x+y=k$

図５は領域Aと$x+y=k$のGeoGebra上での描画である。GeoGebraでは，スライダー機能によって，傾きを変えないまま直線を移動させられる。このように，GeoGebraを用いれば，今まで板書を駆使して説明してきた統合という考えを，生徒自身にも実体験をもって体感させることができる。また，前提の条件が変わるとどうなるかを生徒に考えさせることでさらに発展的な探究活動ができる。

⑦授業のまとめ

授業のまとめでは，記述解答上の注意点等を説明した後，今までの学習活動をもって，今一度生徒に同じ問題を解かせる。そうすることで，授業冒頭で解かせた考えから，どのように統合的な見方・考え方が変容したのかを見取り，評価できる。

（３）授業後のアンケート調査

授業実践を行った際，生徒たちに本授業において，どのような点が大事だったかに関するアンケートを行った。以下は生徒 A，生徒 B らの実際の記述の抜粋である。

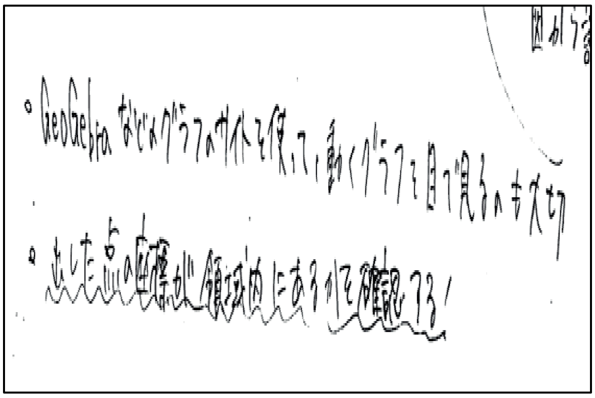

図６　生徒 A

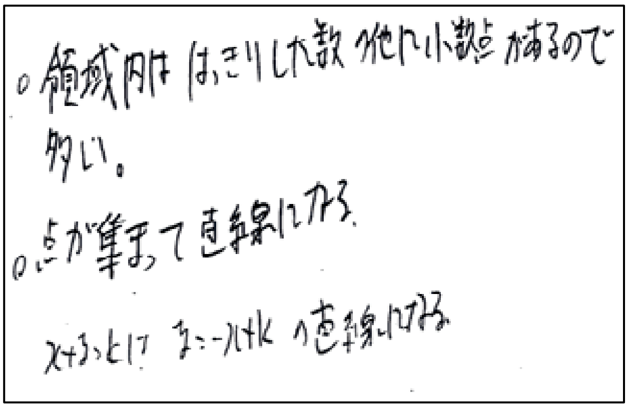

図７　生徒 B

本授業を通して，多くの生徒たちは$x+y=k$とおくことが大切であると記述してくれていた。中でも，生徒 A は領域と最大・最小の問題を考える上で，「GeoGebra などのグラフのサイトを使って，動くグラフを目で見るのも大切」という記述を行っていた。この点については生徒自らが GeoGebra を用いて問題を見つめた際に，領域と直線の位置関係を確認したからこそ，このような記述が現れたと推測する。そのため，GeoGebra を活用することは,生徒に統合的･発展的に考察する力を育む上での一助となる可能性を示唆している。生徒 B は領域内に無数に存在している点を考えることは困難であることより，直線を考えるべきであるということに気づくことができている。従って，この記述から，生徒 B が直線を点が規則性を持って並んでいるという集合による統合を意識していることが分かる。

５　授業構想とその実践②（微分法と積分法）

（１）授業の概要

本稿で述べる２つ目の授業構想は，高校２年生を対象に行う「微分法と積分法」の「導関数とその計算」についてであり，単元計画は次の通りである（表２）。本時のねらいは以下のように定めた。

表２　単元計画（微分法と積分法）

微分の考え（14）	導関数	4
	導関数の計算（本時）	3
	関数のグラフと増減	7
積分の考え（9）	原始関数	2
	定積分	3
	面積	4

ア，GeoGebra を操作することを通して，微分係数$f'(a)$の意味をグラフの接線の傾きとして理解することができる（思考・判断・表現）。

イ，微分係数の理解を基に，複数の微分係数を求める活動から，それらを統合する活動を通して，導関数$f'(x)$がもとの関数$f(x)$上のある特定の点における接線の傾きを表していることを理解することができる（思考・判断・表現）。

（２）授業実践

①微分係数の図形的な意味の視覚化

本授業での導入場面であるが，ここでは中学校の知識や前回学習した内容の振り返りも兼ねて，微分係数は直線の傾きに極限の考えを付随させたものであることを振り返る。加えて，ここでは GeoGebra 上に２次関数と２次関数上の２点を通る直線を描画し，その２次

関数上の２点をスライダー機能で任意に動かせるようにしたものを用意し，生徒に微分係数の持つ図形的な意味を，視覚的に復習をさせた。

②微分係数の定義に基づく一般化への接続に向けた帰納的活動

本活動は次の統合を意識した活動につながる重要な活動である。本活動では生徒に図８のような表を作成させた。この表はxが特定の値（上段）のときに，それに対応した微分係数を求めさせた（下段）表である。この表を求めさせる目的はそれぞれの値における微分係数を求める計算の煩わしさを体感させることと，この表の規則性を生徒に気づかせることである。本活動の段階で微分係数を求める煩わしさを体感させたことは後の導関数を活用することの利便性に気づかせることにつながる。また，ここでは生徒がこの表の規則性に気づき，統一的に表すという活動をしたくなるように，板書において文字を強調するような板書を行った。

$x=a$	⋯	-2	-1	0	1	2	⋯
$f'(a)$	⋯	-4	-2	0	2	4	⋯

図８　微分係数を求める表

③微分係数の文字による一般化

本展開が，本授業において中島（2015）による統合を意識した授業展開である。図８のの表の作成時に，個別に微分係数を求めるのは計算が煩わしく合理的ではないという必要から，特定の値が変わると微分係数の値もそれに伴って変化するという共通的な要素で，1 つの関数にまとめさせて考える。このように生徒に思考させることで，生徒には「集合による統合」を体感させることができる。

本展開にて気を付けたい点はもう一点ある。それは，表から算出したものをそのまま導関数としてしまわないことである。なぜなら，上述した活動だけでは，表から導関数を推測したに過ぎないため，実際に微分係数の定義に，変数である文字を代入して確かめさせる必要がある。そのようにして，表から算出した微分係数を文字で統合的に表したものと微分係数の定義に変数である文字を代入したものが一致することを，生徒に確認させる。

④結果から導関数の定義を導く活動

本展開では，先の活動によって求めた表から算出した微分係数を文字で統合的に表したものから導関数を導く活動である。このときに使用されている文字が，定数ではなく変数のように扱われていることを確認することにより，表から算出した微分係数を文字で統合的に表したものにどのような値を代入しても，それに対応した微分係数が得られることから，それを導関数と定義する活動を行う。ここで生徒に導関数の定義をさせる理由は，生徒にとって初見となる導関数を，生徒が統合を意識した上でどのように考え，定義としてまとめるのかを読み取るためである。

⑤生徒による定義の意味付けと振り返り

本授業の最後である本展開では，生徒に本授業を通して大事であると感じた点を言葉で振り返る活動をさせる。加えて，導関数を求めさせる練習問題を行わせ，その問題で求めた導関数についても，グラフ上ではどのような意味を持つのかを生徒に言語化をさせる。そのようにして，生徒の思考の整理を図る。

（３）授業中の生徒によるワークシートの記載

以下は本授業内における生徒 C，生徒 D，生徒 E らの実際の記述の抜粋である。

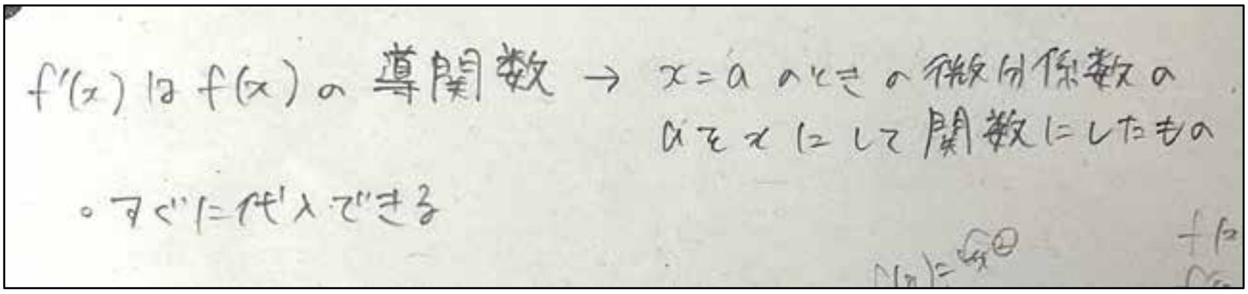

図９　生徒Ｃ

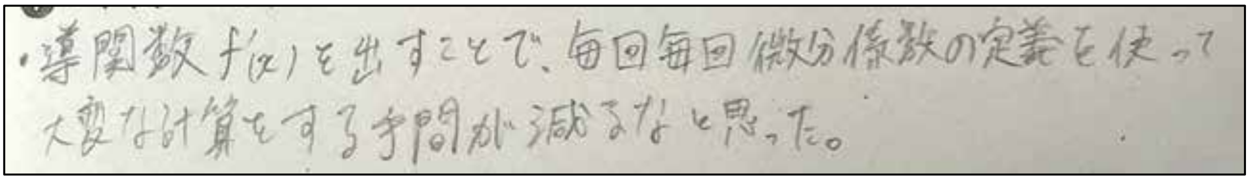

図１０　生徒Ｄ

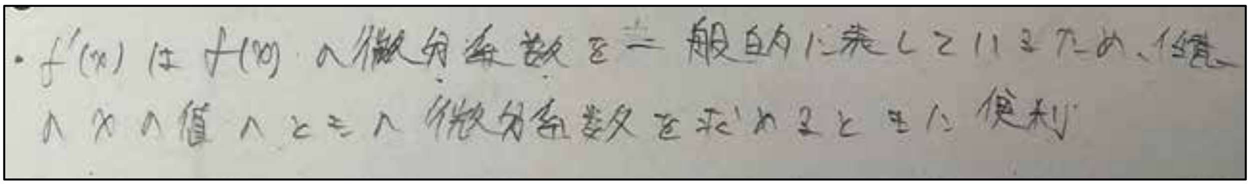

図１１　生徒Ｅ

本授業を通して，ほとんどの生徒たちが生徒Ｃや生徒Ｄのように導関数を用いることによって，微分係数を算出する手間が省けたという記述を行ってくれた。中には導関数の定義に関して簡易的なグラフを添えて記述してくれていた生徒もいた。これらの記述から本授業展開の「②微分係数の定義に基づく一般化への接続に向けた帰納的活動」の中で，個々の微分係数をわざわざ計算によって算出する煩わしさを体感させたからこそ，導関数の利便性について記述を行ってくれたと考えられる。その中でも生徒Ｃは，導関数の定義に関してとても端的に分かりやすくまとめていた。生徒Ｅでは「（導関数は）微分係数を一般的に表している」と「一般」という言葉を用いてまとめてくれていた。これはいかにも，中島（2015）の述べる統合の中に登場する一般化の考えが顕在化された結果であると捉えられる。

６　まとめ

本研究の目的は，高等学校数学科の「図形と方程式」における領域と最大・最小や「微分法と積分法」における「導関数とその計算」について，統合的・発展的に考察する力を育む授業構想を明らかにし実践することであった。この結果，本研究では，統合的・発展的に考察する力を育むために，「図形と方程式」では，生徒に直線を点の集合と統合する活動や切片が異なる直線群を文字に置いて統合する活動が大切であるという示唆が得られた。その上で，GeoGebra を用いて視覚的に学習課題を捉えたことで，生徒による記述に統合を意識しているような記述が散見されたため，統合を意識させる探究活動を行う際には，GeoGebra を用いることが効果的であるという示唆も得られた。また，「微分法と積分法」では，帰納的活動から，微分係数を導関数として統合的にまとめる活動を行った結果，生徒による記述に導関数の利便性に関する記述や，統合を意識しているような記述が現れたことから，生徒に統合を意識させることができたと考える。以上のことからも高等学校数

学科の授業実践において，生徒に統合的・発展的に考察する力を育むためには，授業内において統合を意識できるような学習活動を実施することが効果的であると考えられる。

７　今後の展望

本研究での課題は，端的に２つ存在していると考えている。

１つ目は，他単元における統合を実感できるような学習活動を考案できていない点にある。そのため，他単元においてもどのような場面で，生徒に統合を意識させることができるかを考え授業実践に組み込んでいきたい。

２つ目は，学級の中の全員に統合を意識させることが困難であったという点である。第４章，第５章にて記述した生徒たちのように，授業を通して統合を意識できている生徒がいる反面，数学を苦手としている生徒にとっては何をすべきか分からない様子も感じ取られた。

そのため，今後の授業実践等を通じて，高等学校数学科における様々な単元において生徒が統合を感じられるような指導を考案し，数学に苦手意識を持っている生徒に対しても，統合を感じることのできる授業を考案していきたいと考える。

８　謝辞

本研究にあたり，ご協力くださった実習校の教職員・生徒の方々，並びに教職大学院の先生方に，心より御礼申し上げます。

引用・参考文献

１）藤井斉亮（2001）．学校数学における「文字の式」の理解に関する研究：認知的コンフリクトによる理解の顕在化と分析．日本数学教育学会，83（R76），19-24．https://doi．org/10．32296/jjsme．83．R76_19

２）井上秀一（2014）．線形計画法による数学の有用性の認識．日本科学教育学会第 38 回年会論文集，325-326．

３）河田勇希・御園真史（2023）．数学 II「図形と方程式」における構想・見通しを立てる活動の効果の検討：1 人 1 台端末を活用して．日本科学教育学会研究会研究報告，38（2），205-210．https://doi．org/10．14935/jsser．38．2_205

４）小岩大（2016）．学校数学における変数の理解に関する研究－文字式の大小比較問題の解決に焦点を当ててー．日本数学教育学会，99(R109)，219．https://doi．org/10．32296/jjsme．99．R109_27

５）國本景亀（2009）．数学的推論の研究について：数学観と操作的証明を中心に．日本数学教育学会第 42 回数学教育論文発表会,「課題別分科会」発表集録・要項，54-59．

６）俣野博ほか（2022a）．新課程　高等数学　数学 II　Standard．東京書籍株式会社，111，186-187．

７）俣野博ほか（2022b）．数学 IIStandard 指導書．東京書籍株式会社，8，149，204-205．

８）O’Keeffe．L．(2013)．A framework for textbook analysis．*International Review of Contemporary Learning Research*，*2*(01)，1-13．http://dx．doi．org/10．12785/IRCLR/020101

９）三輪直也・熊田亘（2024）．普通科高校における「線形計画法」に関する学習指導の可能性 III：数学科と公民科の教科横断的な指導に焦点を当てて．筑波大学附属高等学校研究紀要，65．35-48．

１０）三輪辰郎（1996）．文字式の指導序説．筑波数学教育研究，15，5-6．

１１）中島健三（2015）．算数・数学教育と数学的な考え方：その進展のための考察（復刻版）．東洋

館出版社.（原著出版 1982 年）
１２）西澤誠・服部裕一郎（2023）. 統合的・発展的に考える力の育成を目指した中学校数学授業の実践. 日本数学教育学会，105(7)，2-13. https://doi. org/10. 32296/jjsme. 105. 7_2
１３）戸瀬信之ほか（2022）. 新課程　高等学校　数学 II. 数研出版株式会社，107.