

J.デューイの教育理論オキュペーション概念による探究的な学習への 情報機器活用の可能性 -教育の歴史と教育制度及び「総合的な学習の時間」の目標を 視座において-

茂野 賢治*1 細矢 和博*2 工藤 祥子*3 岸田 修成*4

Possibility of the utilization of information equipment to the inquiry learning based on the occupation concept by J. Dewey's educational theory: Through the studies of the educational history, system and the purpose of "total study time"

Kenji SHIGENO*1 Kazuhiro HOSOYA*2 Sachiko KUDO*3 Syuusei KISHIDA*4

Abstract

The purpose of this research is to give an overview of the modern public education system and to explore the possibility of better application of the utilization of information equipment to the inquiry learning required in modern education based on the occupation concept, which is one of the educational theories of educational thinker J. Dewey, who has an influence on modern education.

Based on a class example of the mathematics department of the third grade of junior high school aiming to realize the purpose of "total study time", we focused on a certain student and analyzed the development of the functional concept by the utilizing of information equipment.

As a result, it was suggested that the utilization of information equipment would reconstruct the existing knowledge of the students and form a new concept.

1. 研究の目的

本研究の目的は、現代公教育制度を概観し、現代教育に影響のある教育思想家 J.デューイの教育理論の一つであるオキュペーション概念による現代教育において必要とされている探究的な学習への情報機器活用のよりよい適用の可能性を、ある授業事例を用いて探ることである。

現在、我が国の小学校、中学校、高等学校(以後、本稿では学校としてまとめて表記する)では、各教科等への授業改善の一つの方向がある。その方向とは、子どもがみな一人一台の情報端末機器を持つことで、より効果的な学習環境を作り出そうとする「GIGA スクール構想」による教育における情報機器の活用である(文部科学省, 2020)。新たな教育行政施策の一つであるこの構想による方向を単なる教育の流行にとどめず、まずは、現代公教育制度の面から問い直し、この構想の位置付けを見直すことは、今後の教育の方向性を考える上でも意義があると考えられる。

また、新しい学習指導要領のもと、各教科等、道徳、特別活動、総合的な学習の時間(高等学校では総合的な探究の時間の名称)において「主体的・対話的で深い学び」の実現が現在の学校教育には求められている。その学びの実現

のため、既存の知識や技能を活用し、思考力、判断力、表現力を有する学習者の育成が目指され、その力の育成のため、学習者が主体的に課題を解決する探究的な学習を基軸とする授業が、我が国の小学校から高等学校の各段階に求められている(文部科学省, 2017a, 2017b, 2018)。上述した情報機器の活用と合わせ、探究的な学習のあり方を探ることは、新たに始まった学習指導要領の実践上での検討と合わせて、今後の我が国の学習のあり方を探るためにも必要なことといえる。

そこで、本研究では、公教育制度として学校教育が始まり、それぞれの時代における公教育の課題を教育制度の観点から改めて見直し、現代公教育の教育行政施策の一つである情報機器を活用した学習を検討することで、現代公教育における施策への示唆を得ることを考える。そのため、学校教育における学習の中心である授業の側面から、事例を用いて考察する上述の目的を設定した。

2. 研究の基本的視座

本章では、本研究の基本的な視座を以下で述べる。

(1) 現代公教育制度とその課題

桑原(2011)によると、教育制度とは教育がうまく行われ

*1 東京工芸大学工学部工学科教授 *2 東京工芸大学工学部非常勤講師 東京大学附属中等教育学校教諭

*3 神奈川過労死等を考える家族の会 代表 *4 東京工芸大学工学部非常勤講師 湘南学園小学校校長

るための制度であり、時代背景や社会の要請によって求められる教育が変容することから、教育制度も求められる教育によって変容の必要があることを指摘している(Ibid, p2)。教育制度は人間の歴史のある時期から登場し、教育制度の歴史を振り返ると、学校も教育制度の一つとして文字の発明とともに登場したといわれている。そして、学校は、1460年代の活版印刷技術の発明によって庶民の生活に文字が浸透して、庶民の学校として広く設けられるようになった(Ibid, p6)。やがて、国家がその発展のため、学校教育を活用するようになると、国や公共団体の管理する教育として公教育が始まり、教育が学校教育とほぼ同等の意味としてみなされることになったとされている(Ibid, p8)。また、桑原(2011)は公教育制度を規定する条件として一定の教育理念を前提とすることを指摘する。そして、教育政策を「権力の支持する教育理念」と定義した上で、教育制度を動かすものの第一は教育政策としている(Ibid, p10)。一方で、桑原・清水(2011)は、憲法の教育条項から読み取れる現代公教育制度は、人間の生活を追求する過程で生じる課題解決のために必要となる学習を援助する教育を受ける権利の保障にあることを指摘する(Ibid, p20)。これら教育制度の解釈の違いから現代公教育の課題として、国家、社会の要請である教育が、学習者の学習を保障する権利としての教育を侵食していく可能性もあるといえる。

また、木村ら(2009)は、現代公教育制度として学校を捉えた場合、こんにちの課題を以下のように指摘する。上述した活版印刷の発明による紙と文字による大量のテキストの共有を背景に生み出された学校を教育制度として捉えたコメニウスの一斉教授は、精巧な知識の伝達方式とする制度としての学校を確立した。一方で、国民や産業人養成のための知識伝達や身体訓練といった画一的で注入的な学習を助長した学校という現代公教育制度は、学習の本質である自己の存在意義を探り、個人として抱く自己実現に対する興味関心にもとづく固有の学びの世界から外れてしまうという課題を、こんにちまで残すことになった(Ibid, pp.39-48)。すなわち、近代からこんにちに至る学校という制度自体が揺らぎ、教育制度としての学校に行く意味が問われることになったと指摘しているのである。木村ら(2009)の指摘には、現代公教育制度の課題として、学校が学習者の学習権をどのようにして保障することができるのかを改めて、問う必要があることを主張しているといえる。

以上の議論から、教育制度上の教育施策の視点から、学習者の学習権を保障する学校の学びの中心である授業のあり方を問うことで、現代公教育制度の課題解決の方途を見いだすことを考える。

(2) 教育思想家 J. デューイのオキュペーション

本節では、前節で概観した現代公教育制度の課題である国家と産業が要請する従順な労働力の形成のみを目的とした学びの世界から脱却し、学習者の固有の学びを保障する一つの解決方法として教育思想家 J. デューイのオキュ

ペーション概念(デューイ, 1957)を取り上げ、本研究の目的における位置付けを説明する。

子どもに真の学びの機会を与えていこうとする試みが、20世紀前半にルソー以来の人間の発達をめぐる自然主義、ペスタロッチが提起した実生活との結合や直観教授の思想を継承し、学習者の興味や自発的活動を尊重していこうとする新教育運動として行われた(木村ら, 2009)。新教育運動にて活躍した一人にデューイ(1859-1952)がいる。デューイ(1957)は、現代教育の中で失われつつある学習者個人の学びの世界の復活のため、シカゴ大学の中で、自身の創設した実験学校においてオキュペーションと呼ばれる機織りや耕作などの活動的で協働的な手作業の遂行で埋められていたカリキュラムを創設した。

オキュペーションは、特定の技能獲得のためになされる作業教育を目的としているのではない。道具を駆使させながら遂行される事物や環境との直接的な交渉から課題解決的な探究の世界を作り出し、仲間との豊かなコミュニケーションと協働によって実験的な知性を形成させていくとともに、民主主義の倫理も獲得させていくことをオキュペーションは目的としている(デューイ, 1957)。

木村ら(2009)は、デューイの教育学は経験主義と呼ばれているが、デューイが述べた「なすことによって学ぶ」というフレーズは、経験と反省によって既存の知識や価値の絶えざる再構成が促されていくきわめて知性的な過程を表していると指摘する(Ibid, p97)。

仮に、オキュペーション概念を現代教育に置き換えると、道具の駆使として情報機器を活用することにより、仲間との豊かなコミュニケーションと協働による課題解決を図る探究の世界によって、知性と民主主義の倫理を子どもたちが獲得する可能性があるといえそうである。

道具を駆使したひとまとまりの子どもの経験の中で、自己の中ですでに形作られている知識の意味の再構成を行うことを可能とする協働による探究的な学習のあり方を追求することで、上述した現代公教育制度の課題解決として、子どもの固有の学びの実現の可能性が学校において、はかれると考える。そこで、オキュペーション概念の適用を協働による探究的な学習に対して、道具である情報機器の活用とすることで、現代公教育制度の課題を克服する可能性が期待できるため、本研究の目的にオキュペーション概念を取り入れることを考える。

(3) 我が国における「総合的な学習の時間」の目標

デューイのオキュペーション概念(デューイ, 1957)でもあり、我が国の学校の各教科において必要とされる協働による探究的な学習であるが、既有知識の再構成による新たな知識の創造を目的とした授業実践への適用を考える際、示唆的であるのが学習指導要領において示されている「総合的な学習の時間」の目標(文部科学省, 2017c, p8)(以後、「総合的な学習の時間」について本稿では、中学校の学習指導要領をもとにして話を進める)の趣旨である。

学習指導要領にある「特別活動」の目標が、様々な集団

活動に取り組むことである(文部科学省, 2017d, p11)のに対して、「総合的な学習の時間」の目標では、集団での取り組みだけでなく、探究的な見方・考え方を働かせ、横断的・総合的な学習を行うことを通して、よりよく課題を解決し、自己の生き方を考えていくための資質・能力の育成が目指されている。また、各教科等を横断する探究的な学習に学習者が主体的・協働的に取り組むことを中心とした展開が授業実践において想定されている(文部科学省, 2017c, p 8)。さらに、「総合的な学習の時間」の目標の趣旨を生かした授業実践は、「主体的・対話的で深い学び」を実現する探究的な学習の授業実践として、各教科においても求められている(文部科学省, 2017b, pp77-81)。

また、学習指導要領では協働的に学ぶことの意義として、共に学ぶことが個人の学習の質を高め、同時に集団の学習の質も高めていくこととしている。そして、協働的に取り組む学習活動を行うことが、生徒の学習の質を高め、探究的な学習を実現することにもつながるとしている(文部科学省, 2017c, p.115)。

これら「総合的な学習の時間」の目標の趣旨は、道具を駆使して探究の世界をつくり、知性の構築を目指すオキュペーション概念と同様な点がいくつも存在するといえる。そこで、本研究の目的を果たす上で、「総合的な学習の時間」の目標の趣旨が目指されている授業事例の選定を考える。

(4) 授業における情報機器の活用

本研究の目的である授業への情報機器のよりよい活用を探る際、佐藤(2021)の指摘は示唆的である。教育学者の佐藤(2021)は、協働による探究的な学習の促進のための情報機器の活用を指摘している。情報機器の一つコンピュータの「学びのツール」としての活用 CAL(Computer Assisted Learning)と、コンピュータの「教えるツール」としての活用 CAI(Computer Assisted Instruction)との違いを指摘した上で、CAI による授業への活用の脱却を指摘している(Ibid, pp.154-161)。つまり、佐藤(2021)の指摘は、これからの学習のあり方として、協働による探究的な学習とした上で、その学習を促進するための「学びのツール」として情報機器の活用を提唱しているのである。そして、この佐藤(2021)の指摘は、OECD による国際調査である PISA 調査の結果からも同様に指摘されている(シュライヒャー, 監訳 鈴木寛, 秋田喜代美, 2019, pp.304-311)。

佐藤(2021)の指摘に従えば、協働による探究的な学習における授業への情報機器の「学びのツール」としての活用によって学習の質が向上する可能性があるといえる。

以上、本研究の基本的視座をふまえて、本稿では協働による探究的な学習への情報機器の活用を探る。上述した現代公教育制度の課題として端を発したコメニウスの一斉教授に基礎をおく印刷技術が大量のデータを処理する方法として代わっただけの情報機器の活用としてではなく、協働による探究的な学習に基礎をおくデュイのオキュペーション概念をもとにした我が国における授業への活

用のあり方を探る。その際、学習指導要領に規定されている「総合的な学習の時間」の目標にもある探究的な学習に、学習者が主体的・協働的に取り組める学習環境を有する授業事例を選定し、授業実践における情報機器活用の可能性を探っていく。

3. 研究方法

(1) 授業事例の選定

本研究では、授業事例を選定する際、いくつかの条件が必要である。選定する授業として、協働を伴う授業展開による探究的な学習内容を扱う教科と単元領域が必要となる。

そこで、本稿では、これらの条件が加味された中学校三年生数学科の授業である関数領域を事例に取り上げる。そして、情報機器の活用によって、授業の探究場面において捉えようとする既存の知識が再構成されていく概念については、中島(2015)の指摘した観点の変更や場面構造の再構成をする際の着想として働く数学的なアイデアを用いる。学習者の既存の知識が、どのように再構成されていくのか、概念形成として数学的なアイデアの創造を探る。

中島(2015)の指摘した数学的なアイデアは、探究的な学習において、既存の知識が再構成されていく概念形成による創造であるので、本事例において情報機器の活用によってはかる知性の形成にふさわしいと考えたためである。

また、協働による探究的な学習の事例選定における条件として、数学的なアイデアの特質も加味した学年やクラス、学習内容及び授業者である教師の生徒に期待する学習内容が必要になる。そこで、以下①～③のように事例選定の条件を設定し、授業事例を選定した。

①生徒の観点の変更の表出が期待できるような創造的な活動の場面及び対象学年。

②既習の数学的な知識とつながりを付けていくことで課題解決が期待できる学習主題及び概念カテゴリー。

③コミュニケーションによる協働におけるディスコース上で、語彙や視覚的媒介物の表出が期待できる学習形態。

(2) 選定した授業事例の概要

上述した事例の選定条件を鑑み、本稿では以下の授業事例を選定した。その事例の概要を以下の①～③で示す。

①本研究の目的と照らし合わせると、創造的な活動を起動させるため、生徒の創造的な活動が期待できる場面の選定が適切と考える。創造的な活動の要件として、観点の変更や場面構造の再構成を要求することから、わが国の学習カリキュラムのもとになる学習指導要領において、学習が発展的な内容を含むことが適切と考える。従って、事例の選定では、学習内容面と対象学年との関係において、本来、学習カリキュラムとして高等学校における内容を中学三年生の同じ領域として行った関数学習の授業場面とすることで、その要件を満たすと考える。

②学習主題として極限概念を活用して課題解決を行う場面を取り上げる。

本稿でいう極限概念とは、高等学校の学習カリキュラムでは、関数 $y = f(x)$ において、 x の値を限りなくある値に近づけていくと、 $f(x)$ の値が一定の値に近づく場合に、その近づく値を極限值という数学的な考え方である(デボラ・ヒューズ=ハレット他, 訳 永橋英郎, 2010, pp.2-84)。グラフ図においてのイメージは(図 1)である。

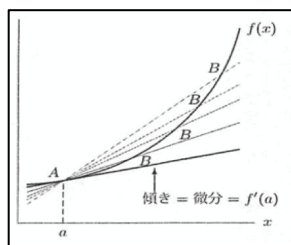


図 1: 極限概念

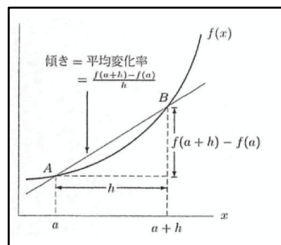


図 2: 平均概念

本事例で形成が期待される極限概念とは、二次関数のグラフ上の接線を、接点を含む割線の列の極限とみなすことである(レイコフ, G.&ヌーニェス, R., 訳 植野義明, 重光由加, 2012, pp.291-295)。極限概念(図 1)を取り上げた理由は、(図 2)のようにこれまでの既習の観点(本事例では平均概念)からの変更によって、新たな観点到に転換するためのつながりを学習者がつけていくことが、期待できる概念カテゴリーと考えたからである。

③本事例で取り上げた対象は、学校全体で日頃から協働的な学習形態を取っているクラスの授業である。本事例においても、コの字型の 4 人グループでの話し合いや図を描く活動を通して生徒同士、生徒と教師の相互交渉が表出する学習形態を取っている。この形態によって、語彙や視覚的媒介物の表出が期待できると考えた学校とクラスを選定している。

以上により、本授業事例において想定される情報機器の活用によって捉えられる協働による探究的な学習の成果は、「極限概念」という数学的なアイデアの創造が、生徒に表出されるということになる。

(3) 分析枠組みの構築

本研究の目的と照らし合わせて、本節では数学授業を分析する際の枠組みを設定する。本稿の事例を分析する際、数学授業の探究場面において、情報機器の活用によって既習の知識が再構成されていく概念形成について捉えることであった。そして、この概念形成については中島(2015)の指摘した数学的なアイデアを用いることであった。本稿で捉えようとする数学的なアイデアとは、課題解決における観点の変更や場面構造の再構成をして、既習の知識とつながりをつけるための着想としての働きであった(Ibid, 2015, p.89)。そこで、この着想の働きを捉えるためには、数学的な概念形成を捉えるある枠組みが必要と考える。そこで、Sfard の具象化論(1991)における概念の形成段階の枠組みを用いる。この枠組みを用いて、着想から既習の知識とのつながりをつける過程に対して、概念の形成として

捉えていくことを本稿では試みる。

数学学習をコミュニケーションの一形態とする数学学習研究者 Sfard(1991)の具象化論とは、三つの性質から概念形成を捉える理論である。一点目は、操作的概念は構造的な概念に先立つという順序性。二点目は、概念を創り上げていくための相補性。三点目は、概念形成を三つの層に分けた段階性である。その三つの層とは内面化(interiorization)、凝縮化(condensation)、具象化(reification)である。内面化とは、操作の過程を熟達することであり、凝縮化とは、操作と数学の本質を結びつけようとする段階であり、具象化とは、それが結びつき、一つの構造と理解された段階である。これにより概念形成を操作的概念から構造的な概念への移行と特徴付けているのである。

この具象化の枠組みは、概念形成を段階的に捉えているので、数学的なアイデアが創造する過程を微視的に捉えられると考える。その際、具象化を学習者の協働のコミュニケーションにおけるディスコースの文脈におく。それにより、本事例では、より概念形成が観察しやすい形としてかつ、具象化における概念がディスコースの発達(Sfard, 2000)として捉えることが可能になる。その際、ディスコースの発達を捉える枠組みとして、メタディスコース規則の変更(Sfard, 2001)の観点をを用いる。

メタディスコース規則とは、ディスコース参加者の活動における異なるパターンである。さらに、メタディスコース規則の変更をより実践上の観察可能な形で捉えるために、語彙と視覚的媒介物をメタディスコース規則の変更の観点として、本稿では位置づけておく。例えば、発話者の語彙や図の使用において、具象化論におけるメタディスコース規則の変更とは、操作的段階から構造的段階への移行である。

(4) 事例の分析方法

分析手続きとして、まず中学三年生 20 名のクラスを授業参与させて頂いた。その際、ビデオカメラ 2 台を窓側前方後方に置かせて頂き、ホワイトボードに記述したものと生徒の発話と様子を同時に映像として記録した。また、小グループの話し合い時に、全 5 グループにそれぞれ 1 台の割合で IC レコーダーを置き、教師に小マイクを付けて頂き、音声として授業後の教師インタビューも記録した。生徒たちの使用したプリント及びノートの複写をして、生徒たちの記述を採取した。

分析手段として、ビデオカメラ及び IC レコーダーの記録、フィールドノーツ、生徒のノートとプリントの複写から毎時間ごと、生徒の数学的解釈を作成しながら中心となる理論的なカテゴリーを導出した。これと、生徒たちと教師の発話データをコード化したものと照らし合わせて、発話を解釈して分析を行った(本稿では、生徒の名前は全て仮名として以後報告する)。

4. 結果と考察

本章では、紙面の都合上、探究的な学習において情報機器の活用場面を中心とした授業概要、具象化の結果及びその考察を以下で報告する。

(1) 結果

本稿で紹介する事例は、中学校第三学年数学科の学習単元「二乗に比例する関数」(201×年 10 月から翌年 1 月まで全 20 時間)の授業参与のうち、後半の「二乗に比例する関数の応用」10 時間分の記録に基づいている。右の(表 1)で 10 時間分の構成を示す。

1.1 対象とする授業の概要

教師は、パラボラアンテナの反射の仕組みを捉える学習を探究的な学習として生徒が扱えるように、アンテナの反射面を二次関数曲線のグラフの形状に理想化して、学習課題「パラボラアンテナの反射の仕組みを探ろう!」を設定した(図 3 参照)。

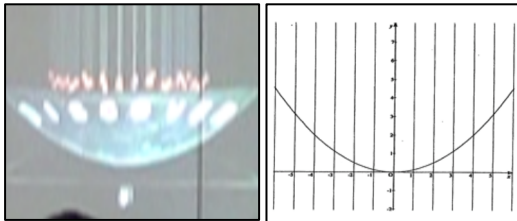


図 3: パラボラアンテナの反射映像とグラフ用紙

生徒の活動として、教師は実際の反射の様子を生徒が課題解決の糸口として掴みやすいようにグラフ図に反射の様子を描かせた。反射の様子をグラフ図に描くことで、極限概念の創出として反射の基準となる接線を生徒が表出することを教師が期待したためである。パラボラアンテナの実際の反射の仕組みを説明するためには、反射した光がある一点に集まるための反射の基準となる線をグラフ上に創り出す必要がある。グラフ上に小円を描くことで、反射の基準となるグラフ曲線に対する反射点における接線(図 4 参照)を創り出す方法を Mk さんらがクラスに紹介した。この時に用いられた操作的な方法から課題解決に迫る着想、つまり既存の知識である「平均概念」を数学的なアイデアとして再構成させた概念カテゴリーが「極限概念」となる。

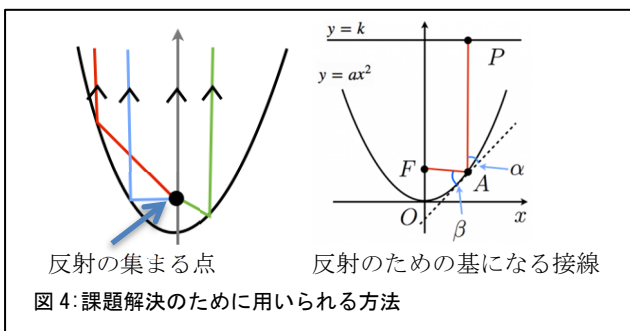


図 4: 課題解決のために用いられる方法

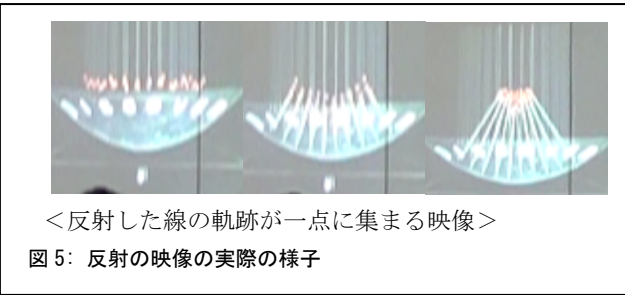
表 1:「二乗に比例する関数の応用」単元構成

授業番号	授業内容	中心となる問い
1	課題提示と課題把握	パラボラアンテナは光をどのように反射するか
2	課題把握とグラフ用紙へのイメージ図の作成	パラボラアンテナの反射の様子を二乗に比例する関数のグラフとして見立てるとどうなるか
3	イメージ図の交流と解決のための議論	曲線に反射するとき光を制御するためにはどうすればいいか
4	イメージ図を用いての解決方法共有のための議論	反射する際の基準となる線をどのように生み出すか
5	イメージ図による解決方法の Mk さんたちによる説明	小円を描いて反射の基準線をつくる考えにしたのはなぜか
6	グラフ図による解決方法の表示活動	共有した方法をグラフに描いてみるとどうなるか
7	グラフ図による解決方法の表示活動と議論	反射の線は一致するか
8	解決方法の正当性の吟味	正確に反射の基準線をつくるにはどうすればいいか
9	解決方法の正当性の吟味と共有	なぜ、円を小さくするといいのか
10	計算による解決方法の検証	計算でこの方法が適切か確かめてみよう

1.2 Mk さんの具象化

反射の様子をグラフ図に描くだけの操作だけでは、反射した線の一致が生徒たちに見られない、つまり課題解決には至らないので、授業 8 の最初に、教師はクラスにおいて、情報機器を活用して反射の実際様子である映像を生徒たちに 5 回見せた。実際の映像を生徒たちに見せることで

仮想直線である反射の基準としての接線を用いた課題解決の方法に、教師は気づかせようとした。教室全体で見た映像の一部が(図5)である。



映像を数回見た後のディスコースにおいて、具象化の前段階である凝縮化が Mk さんに見られた。具象化の三段階に特化した授業場面を、具象化の見られた生徒 Mk さんに着目してディスコースと用いられた図及びそれらのメタディスコース規則と具象化の段階をまとめた(表2参照、表2中の発話の前の番号は発話コード番号を表す)。

(2) 考察

本節では、情報機器の活用による反射した線の軌跡の実際の映像をクラスで見た前後の場面において、既有知識の再構成として「極限概念」が創出された Mk さんの具象化の考察を行う。

まず、Mk さんのメタディスコース規則の変更を同定する。当初、Mk さんは操作的に円を小さくすることで、反射の基になる線を見出そうとする(表2:授業番号5,発話053,図 Mk5 の線分 BC とグラフ上の曲線 BC との接近)。しかし、小さくすると反射の線は一致に近づくが一致することなく(表2:授業番号8,図 Mk8 の反射線の交点の不一致)、かつ反射の基になる線分は小さくなりやがてゼロに近づくので描くことができなくなる(発話 084,086)。そこで、本来はゼロには近づくがゼロには一致しない小円だが、ゼロになったと想定し(表2:授業番号9,発話092,図 Mk9 の小円)、反射の基になる線を見立てるという考え方を合理的に受け入れて(図 Mk9 の反射線の一致)、課題解決に向かったといえる。この変容は、Mk さんが課題解決をするために操作的、動的に捉える見方から、構造的、静的に捉える見方を行った結果といえる。つまり、Mk さんは動的、プロセスとしての操作的表記から静的、プロダクトとしての構造的表記を行い課題解決に向かったのであった。このプロセスに、Mk さんのメタディスコース規則の変更が同定できる。変更は、Mk さんの発話(発話053⇒発話092)と描いた図(図 Mk5⇒図 Mk9)の変容に表れている。

次に、Mk さんのメタディスコース規則の変更に伴う具象化による概念形成の過程を捉える。内面化における概念は、操作的に円を小さくすることで、反射の線がある一点に近づくというメタディスコースに従っている。次に、映像を見た後の凝縮化の概念は、操作的に円をどんなに小さく描いても反射の光線は一点に交わることがないので、円をゼロと仮定したときに現れると予想することで、解決に結びつけるメタディスコースに従っている。そして、具象

化の概念は操作的に円を小さくすることと現象としては、存在しないゼロの円を想定し、操作と仮想の二つを結びつけて、構造的に捉えるメタディスコース規則に従っている。最終的に、存在すると仮想した線を基に反射させることで課題解決に向かっている。この具象化の概念は、操作のプロセスと結果のプロダクトの両方から従うメタディスコース規則ともいえる。

Mk さんの概念形成の過程におけるメタディスコース規則の変更から、数学的なアイデアである「極限概念」が創出された。創出された理由は、具象化に伴うメタディスコース規則の変更による数学的ディスコースの発達(Sfard, 2000)といえる。このメタディスコース規則の変更を誘発させた原因には、生徒たちに教師が情報機器を活用した反射の実際の様子である映像を見せたことが要因として窺われる。

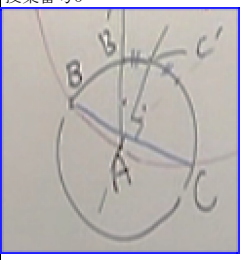
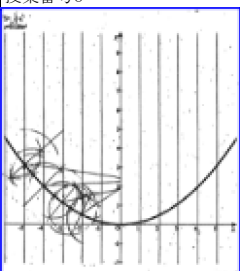
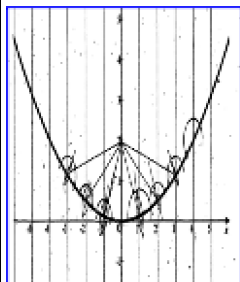
映像が、協働による探究の世界を促進させた理由は、反射線が一致する実際の映像を情報機器の利点として、生徒たちが繰り返し見ることで、反射を制御する反射の基準線の表出に対するグラフ図による操作的見方の限界に気づき、構造的、観念の見方として曲線上の反射点における接線を想像できたからといえる。その接線の表出の仕方として、Mk さんは他者とのコミュニケーションから、協働による小円を小さくすることでできる線分の究極のゴールである観念の見方から接線が見出せたといえる。

仮想直線である反射の基準としての接線を表出させるためには、操作としてではなく、構造的な見方として接線を創造することに映像が寄与したといえる。本事例におけるメタディスコース規則の変更とは、操作的、現象的な見方から、仮想として存在するものとして見なす構造的、概念的な見方への変更であるから、実際に反射が制御され、反射の線が実際に一点に集まるという映像による事実から、語彙や図を操作的、動的に捉えた表出から構造的、静的に捉えた表出へ変更できたといえる。この変更のプロセスには、曲線状において反射した線は一点に集まるように制御された実際の映像を生徒たちが見ることによって、反射のための基準となる接線の存在を確認するため、協働的に生徒たちが話し合い、探究を深めたともいえる。

つまり、反射点における反射の基準線として、接線の存在を Mk さんに仮想させた要因は、観点の変更や場面構造の再構成である概念形成に映像が機能したので、着想としての数学的なアイデアが創造されたといえる。

結論として、情報機器の活用によって、数学的なアイデアが着想として働き、既習の知識を元にする操作的、動的な見方と構造的、静的な新たな見方とつながりがついたといえる。

表2:具象化から捉えた各段階

Mkさんの描いた図	中心となるディスコースと発話 ()内は発話と同時の行動を示す。	Mkさんの発話と描かれた図の様態	Mkさんのメタディスコース規則の状態	具象化の各段階として解釈できる特徴的な語彙と図の表出
授業番号5  図Mk5	051: Mkさん: 「それを結ぶと、大体沿った、グラフに沿った直線が書けるじゃないですか。」 052: 教師: 「こう結ぶ。(BとCを結んで線分を作る)」 053: Mkさん: 「で、その円の直径を段々小さくしていくと、そのズレる幅が小さくなるから大体グラフに沿ってくる。」 054: 教師: 「この考えにしようと思ったことは、何かコメントない?」 055: Tyさん: 「とにかくその (Mkさんの書いた図を指しながら) 曲がってるグラフに対して、何かしら直線を引かないと上手くいかないんですよ。それは点Aを中心にして、等距離の点を結ぶってというのが、こうなんていうか書きやすくて分かりやすくて、円を小さくすれば誤差が減る。」	Mkさんは、小円をより小さく描くことで、線分BCが、よりグラフの曲線に近づくことを記号を入れた図Mk5を用いて、一般化する説明を行う。	操作的に円をより小さく描くことで、グラフとの二交点を結んでできる線分BCが曲線に近づくので、それを反射の基の線分にするという操作的なメタディスコース規則に従っている。	内面化 グラフに近い線を描くため、円をより小さくしていく動的プロセスとしての発話051「グラフに沿った直線が書ける」、053「だんだん小さくしていく」と線分BCと弧BCが近い図の表出。
授業番号8  図Mk8	083: 教師: 「そうするとBCに対する垂線を引いたということは、この図からいけばいいんだよね。BCの垂線引ける。より正確に引くことを考えたら改善する所ある?」 084: Mkさん: 「BCをゼロに等しくする。無理だけど。」 085: Nmさん: 「だけど、無理だろ。」 086: Mkさん: 「だけど、そうやらないと無理じゃね。ぴったりするには。」 (中略) 089: Nmさん: 「BCのこと消すんじゃないのか。」	Mkさんは、小円を描いた操作の結果として、発話084において、線分BCを無理だがゼロにすること、発話086で線分とグラフの曲線がぴったりすることの説明を行う。合理的に捉えた操作プロセスの結果を、図Mk8を用いて説明する。	円をより小さく描くと最終的にできる線分の長さはゼロになるので反射の基になる線は表出できない。しかし、曲線と線分が一致するために線分の長さをゼロに描いた時にできる線分を反射の基にするというメタディスコース規則に従っている。	凝縮化 操作を続けていくと結果としてゼロになる動的プロセスと無理だがゼロとしての存在であるBCの静的プロダクトを結びつけていくための発話084「BCをゼロに等しくする。無理だけど。」086「そうやらないと無理」と反射の点が一致しないプロセスとしての図の表出。
授業番号9  図Mk9	091: 教師: 「何で円小さくするっていいんだ?」 092: Mkさん: 「えっだって、その円の長さがゼロになるから、ゼロで書けるとしたらそれが、その垂直な線のもとだから。」 093: 教師: 「すると、そっか、そっかこれさ、ちょっとピンと来た人いない?ピンと来た人いる?これさ、円ちっちゃくするとさ、これ例えば、こういう状態を考えているんですよ。緑色の円をたとえよ。(グラフにさらに小さい半円を書き加えながら) こういう円を考えるんだよね。こういう円考えると、何が黒い円と違ってくるんだ?」 094: Fmさん: 「何か変化の割合っていうか、線分が、短くなる。」 095: Mkさん: 「つなげたときに、こうズレが小さくなる。(手でグラフの形状をつくる身振りを加えて)」 096: Mtさん: 「グラフに対するズレが小さくなるから。」	Mkさんは、発話092で円を小さくすれば、やがて線分は結果ゼロになる操作的プロセスと、ゼロのときに表れると仮定した線分を基にすれば、反射した光は一点に集まるプロダクトを構造的にまとめたプロセスとプロダクトを図Mk9と共に表出させる。	円をゼロにした時にできる線分はグラフとの二交点を結んでできる線分ではなく長さはゼロになる。本来、描くことはできないが、求める線として描けたと仮定してできる線を反射の基になる線と見なす構造的なメタディスコース規則に従っている。	具象化 操作を続けていく結果としてゼロになる動的プロセスとゼロで書いたと仮定したときに表出する線の静的プロダクトの同時の発話092「円の長さがゼロになるから、ゼロで書けるとしたらそれが、その垂直な線のもと」と円がゼロでなくかつ反射の点が一致する図の表出。

5. おわりに

本研究の目的は、現代公教育制度を概観し、現代教育に影響のある教育思想家 J. デューイの教育理論の一つであるオキュペーション概念による現代教育において必要とされている探究的な学習への情報機器活用のよりよい適用の可能性を探ることであった。そこで、「総合的な学習の時間」の目標の趣旨の実現を目指している中学校三年生数学科の授業事例をもとに、ある生徒に着目して情報機器の活用による関数概念の発達を分析した。その結果、情報機器の活用によって、生徒の既有的知識が再構成され、新たな概念が形成されることが示唆された。

本事例の教室では、他者と図を見比べ、他者への説得的かつ数学を合理化し正当化していくディスコースを他者と協働でつくっていく探究の世界に、情報機器が効果的に機能したので、課題解決のための着想となる数学的なアイ

ディアとして「極限」が創造されたといえる。本事例では、「極限」「微分」などの数学用語は表出されてはいなかったが、ディスコースの発達の結果として、旧来から数学用語として存在する「極限」の概念の創出とその新たな知識の構成が行われた。

このことは、あるべき教科内容の修得やそれらを通した思考活動を行うこと、つまりこれまでの教科内容(コンテンツ)としての「極限」の考え方の修得というより、本事例では教科横断的な資質・能力(コンピテンシー)として、社会生活に汎用的な物事を捉える考え方の創造があったといえる。

本研究の結果は、現代公教育制度を支える新たな教育行政施策の一つである「GIGA スクール構想」(文部科学省, 2020)を具現化する協働による探究的な学習を有する授業への情報機器の活用によって、制度化された現代公教育の課題である学習権の保障といった失われつつある子どもにとっての固有の学びの世界の実現の可能性が示唆され

る。人間がその人なりに抱く自己実現に向けたかけがえのない固有の学びの世界の実現の一端が、情報機器の活用から協働による探究的な学習を促進する学校の授業において実現される可能性が示唆されるのである。

また、本研究の結果に加え授業実践上では、情報機器の活用から導かれた探究的な学習における協働のツールとして、子どもが描いたグラフ図を学習履歴として残すことで、子ども自身の思考のプロセスの振り返りとすることや、教師の学習評価としての活用も期待できる。

これら期待される情報機器の別の活用を探ることや本研究で示された映像を見ることでなぜ、知識が再構成され新たな概念カテゴリーが創造されるのか、このメカニズムを探ること、あるいは教師の役割として情報機器活用の検討が今後の研究課題である。

参考文献

- 1) 木村元・小玉重夫・船橋一男. (2009). 『教育学をつかむ』. 有斐閣.
- 2) 桑原敏明. (2011). 『要説 教育制度 新訂第三版 教育制度研究会編』. 学術図書出版社, pp.2-8.
- 3) 桑原敏明・清水一彦. (2011). 『要説 教育制度 新訂第三版 教育制度研究会編』. 学術図書出版社, p.232.
- 4) 佐藤学.(2021). 『学びの共同体の創造-探究と協同へ』. 小学館, pp.154-161.
- 5) Sfard, A. (1991). On the dual nature of mathematical conceptions: Reflections on processes and objects as different sides of the same coin. *Educational Studies in Mathematics*, 22(1), pp.1-36.
- 6) Sfard, A. (2000). Symbolizing mathematical reality into being: How mathematical discourse and mathematical objects create each other. In P. Cobb, K. E. Yackel, & K. McClain (eds.), *Symbolizing and communicating in mathematics classrooms: Perspectives on mathematical discourse, tools, and instructional design*, pp.37-98. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- 7) Sfard, A. (2001). There is more to discourse than meets the ears: looking at thinking as communicating to learn more about mathematical learning. *Educational Studies in Mathematics*, 46(1/3), pp.13-57.
- 8) シュライヒャー,A. (2019). *World Class: How to Build a 21st-Century School System*. 『教育のワールドクラス-21世紀の学校システムをつくる-』, 監訳 鈴木寛, 秋田喜代美, Benesse, pp.304-311.
- 9) デボラ・ヒューズ=ハレット他.(2010). 『概念を大切にする微積分 1変数(訳 永橋英郎)』. 日本評論社, pp.2-84.
- 10) デューイ, J. (1957). 『学校と社会(宮原誠一 訳)』. 岩波文庫.
- 11) 中島健三.(2015). 『復刻版 算数・数学教育と数学的な考え方』, 東洋館出版社.
- 12) 文部科学省.(2017a). 『小学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説総則編』. https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afiedfile/2019/03/18/1387017_001.pdf, (2021 年 8 月 5 日取得).
- 13) 文部科学省.(2017b). 『中学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説 総則編』. https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afiedfile/2019/03/18/1387018_001.pdf, (2021 年 8 月 5 日取得).
- 14) 文部科学省.(2017c). 『中学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説 総合的な学習の時間編』. https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afiedfile/2019/03/18/1387018_012.pdf, (2021 年 8 月 5 日取得).
- 15) 文部科学省.(2017d). 『中学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説 特別活動編』. https://www.mext.go.jp/content/20210113-mxt_kyoiku01-100002608_2.pdf, (2021 年 8 月 5 日取得).
- 16) 文部科学省.(2018). 『高等学校学習指導要領(平成 30 年告示)解説 総則編』. https://www.mext.go.jp/content/20200716-mxt_kyoiku02-100002620_1.pdf, (2021 年 8 月 5 日取得).
- 17) 文部科学省.(2020). 『「GIGA スクール構想」について』. https://www.mext.go.jp/kaigisiryoo/content/20200706-mxt_syoto01-000008468-22.pdf, (2021 年 8 月 14 日取得).
- 18) レイコフ ,G.,& ヌーニェス ,R. (2012). *WHERE MATHEMATICS COMES FROM*. 『数学の認知科学』. 訳 植野義明, 重光由加, 丸善出版, pp. 291-295.