

微分積分の基本的概念を形成する ための指導に関する一考察

—高校生への質問紙調査等の結果から見た
学校設定科目「理数数学序論」での指導の成果について—

奈良教育大学 准教授 竹 村 謙 司

TAKEMURA Kenji

奈良県立奈良北高等学校 教諭 米 田 直 樹

KOMEDA Naoki

奈良県立奈良北高等学校 教諭 大 塚 いづみ

OTSUKA Izumi

要 旨

奈良県教育委員会により平成 30 年に策定された県立高等学校適正化推進方針において、「理数教育の充実」「キャリア教育の充実」が方向性として掲げられており、その方向性に沿った目標の一つとして、新たな学科の設置を検討することによる「教育内容の再編成」が挙げられる。この目標を受け、令和元年度から奈良県立奈良北高等学校数理情報科の設置に関わる教育課程等の研究を行い、学校設定科目「理数数学序論」での指導についての分析を行ったところ、自然科学の基礎となる微分積分の基本的概念に対する興味・関心が高まっていることが示唆された。また、数理情報科での学びを社会で起きていることとの理解につながるものとして受講生が捉えている一方で、自らの進路実現のために微分積分の発展的概念を理解する必要性を感じている部分も見られ、キャリア教育の充実における成果と課題として捉えることができた。

キーワード： 魅力と活力あるこれからの高校づくり、数理情報科での学び、
微分積分の基本的概念、キャリア教育の視点

1 はじめに

平成 29 年 3 月に保育所保育指針、幼稚園教育要領、小・中学校学習指導要領が、平成 30 年 3 月に高等学校学習指導要領がそれぞれ告示された。これら新学習指導要領等における今回の改訂の基本的な考え方として、教育基本法、学校教育法などを踏まえ、これまでの我が国の学校教育の実践や蓄積を生かし、子どもたちが未来社会を切り拓くための資質・能力を一層確実に育成するとともに、子どもたちに求められる資質・能力とは何かを社会と共有し、連携する「社会に開かれた教育課程」を重視することが挙げられる。さらに、知識及び技能の習得と思考力、判断力、表現力等の育成のバランスを重視する現行学習指導要領の枠組みや教育内容を維持した上で、知識の理解の質をさらに高め、確かな学力を育成していくことが示されている。

これらの考え方を受け、特に高等学校における改訂は、高大接続改革という、高等学校教育を含む初等中等教育改革と、大学教育改革、そして両者をつなぐ大学入学者選抜改革の一体的改革の中で実施されるものであると位置付けられている。

高等学校学習指導要領における教育内容の主な改善事項の一つとして「理数教育の充実」が示されている。理数を学ぶことの有用性の実感や理数への関心を高める観点から、日常生活や社会との関連を重視するとともに、見通しをもった観察や実験を行うことなどの科学的に探究する学習活動の充実により学習の質を向上させ、更には必要なデータを収集・分析し、その傾向を踏まえて課題を解決するための教育を充実させることで、将来、学術研究を通じた知の創出をもたらすことができる創造性豊かな人材の育成を目指していく。そして理数教育の充実は、社会の変化の状況等を踏まえ、持続可能な社会の構築、情報化の一層の進展、グローバル化などへの対応の視点を持ち、社会的・職業的自立に向けて必要な基盤となる資質・能力を身に付けていく「キャリア教育の充実」へとつながっていくのである。

奈良県で平成 30 年より進められている「県立高等学校適正化実施計画」において、「理数教育の充実」「キャリア教育の充実」の視点を踏まえた適正化計画の一つとして、令和 2 年度より奈良県立奈良北高等学校数理情報科が新設された。その学科設置における特色ある取組として、学校設定科目「理数数学序論」が開設され、数理情報科第 1 期生がこの講座を受講した。今回、奈良県立教育研究所主催の事業「令和 2 年度 対話的で探究的な学びの構築事業」において、この講座における講座受講前後の数学の学習に関する意識と行動の変容を見ることにより、受講生の資質や能力の向上との関係性についての考察を行い、資質や能力の効果的な向上について検証するとともに、講座内容の妥当性の検討や、今後実施していく講座における内容の改善に活用することを研究目的とした。

研究方法としては、「理数数学序論」での講座実施前後における受講生への質問紙調査及び講座実施時における「振り返り」に関するドキュメント記述の結果を、定量的及び定性的な手法を用いて分析することとした。

2 奈良県立高等学校適正化計画について

(1) 魅力と活力のあるこれからの高校づくり

奈良県立高等学校では、時代の進展や社会の変化に対応し、高等学校教育に期待される様々なニーズに応えるために、教育内容の特色化や多様化を推進し、全県的な視野に立って地域の活性化に資するための高校づくりに努めなければならないという視点に基づき、奈良県教育委員会では、令和 4 年度より実施される高等学校学習指導要領等も踏まえながら、高等学校教育の質向上と再編成により魅力と活力あるこれからの高校づくりを推進するため、教育内容、地域の活性化、校名等の複合的な観点から高等学校の適正化を推進するための方針として、平成 30 年 4 月に「県立高等学校適正化推進方針 ～高等学校教育の質向上と再編成のために～」を策定した。この方針では、これからの高校づくりの具体的な方策について示されているが、その中で「情報に関する学習」として、普通科等設置校の中に情報に関する学習の拠点と位置付ける高等学校を置き、大学等と連携した専門的な学習が可能となる教育課程を編成・実施することとし、学科やコースの設置を検討することや、「理数教育」として、理数科においてはより体系的な理数教育を目指すとともに、普通科との併設校については、普通科理型との関係を整理するよう検討することが示されている。

この「県立高等学校適正化推進方針」を基にして、今後おおむね 10 年間で県立高等学校において「魅力と活力あるこれからの高校づくり」を進めるための質向上と再編成を図る具体的な計画について検討を行い、平成 30 年 10 月には「県立高等学校適正化実施計画」が策定された。この中で、「魅力と活力あるこれからの高校づくり」のための教育内容の再編成を実施する高等学校として、奈良県立奈良北高等学校において「2020 年度に高度な情報に関する学科またはコースを設置し、大学等と連携した専門的な学習が可能となる教育課程を編成」することが示されている。

(2) 奈良県立奈良北高等学校数理情報科

奈良県立奈良北高等学校は、前身である奈良県立北大和高等学校と奈良県立富雄高等学校の伝統を引き継ぎ、「好きな分野・得意な分野を伸ばす高校」として新たに理数科 3 クラスと普通科 6 クラスを設置し、平成 17 年 4 月に開校された。理数科は、事象を探究する過程を通じて、科学及び数学における基本的な概念、原理・法則などについての系統的な理解を深め、科学的、数学的に考察し表現する能力と態度を育て、創造的な能力を高めることを学科の目標として、普通科で学習する理科と数学の各科目の内容を、発展的・系統的にまとめた専門科目において学習している。将来の科学技術を支える有為な人材の育成を目指して、自然科学や数学への興味・関心を伸ばし、国公立大学を中心に医・薬・理・工・農など理系学部への進学を目指す学科として、多くの卒業生を輩出している。数学科における専門科目は「理数数学Ⅰ（4 単位）」「理数数学Ⅱ（11 単位）」「理数数学特論（5 単位）」が、理科における専門科目は「理数物理（4 単位）」「物理特論（4 単位）」「理数化学（9 単位）」「理数生物（5 単位）」「生物特論（4 単位）」がそれぞれ設定された。また、「課題研究（4 単位）」として、科学及び数学に関する課題を設定し、その課題の解決を図る学習を通して、専門的な知識と技術の深化、総合化を図る。さらに、問題解決の能力や自発的、創造的な学習態度を育てる取組を行っており、課題研究のテーマごとに実験や実習に取り組み、レポート等の作成を通じて、研究成果を研究論文という形で言語化し、第三者に伝えるためのプレゼンテーションの手法を向上させるとともに研究発表会を行っている。

平成 30 年に策定された「県立高等学校適正化推進方針」及び「県立高等学校適正化実施計画」を受け、奈良北高等学校理数科では令和元年度に教育内容の再編成を検討し、「数理情報科」として、高度な情報に関するコースの設置や大学等と連携した専門的な学習が可能となる教育課程の編成を行った。具体的には三つのテーマで構成されており、一つ目は「『数学』を理解する」をテーマに、数学や自然科学への興味・関心を伸ばし、1 年次に数理情報科で学ぶ数学に必要な基礎的概念を学習する。二つ目は「『情報』を活用する」をテーマに、情報に関する分野で高度な情報活用能力を育み、将来の科学技術を支える人材の育成を目指す。三つ目は「『研究』を体験する」をテーマに、奈良先端科学技術大学院大学情報領域と提携して、生徒が大学に赴き、継続的に研究を行う。これらのテーマに基づき、数理情報科では次のような教育課程の編成やコース設置を行っている。1 年次には、大学などへの校外研修を行うとともに数学、理科の授業時間を充実させる。2、3 年次には、数理科学コースと情報科学コースに分かれ、数理科学コースでは、「課題研究」の授業で物理、生物、化学の分野から研究テーマを設定して研究を行い、情報科学コースでは、「課題研究」の授業で奈良先端科学技術大学院大学情報領域の研究室において、数学的な手法を生かしたテーマを設定して研究を行っていく。令和 2 年 4 月には、数理情報科第 1 期生 2 クラス 80 名が奈良北高等学校に入学した。

3 研究実施について

(1) 学校設定科目「理数数学序論」

令和2年度の数理情報科設置に向け、1年次に数理情報科で学ぶ数学に必要な基礎的概念を学習するために、数学、理科、情報等、これからサイエンスを学ぶ上で最も必要な数学の分野である微分や積分などの考え方を学び、科学の基礎を身に付けるための科目として、学校設定科目「理数数学序論（1単位）」を設定するため、令和元年6月より、奈良北高等学校長、数学科教員とともに研究協議を行った。数・量・図形などに関する学問というような狭い意味での数学そのものではなく、情報科学や計算機科学など関連諸科学をも視野に入れた、より広範な学問である「数理科学」と、情報の収集・整理・蓄積・処理などを体系的に研究する学問であり、様々な学問分野において、情報の視点をもって理解することを扱う学問である「情報科学」の両分野を基にして、高等学校1年次における発達段階も踏まえながら科目目標や学習内容等の検討を重ねた。その中で、理数数学序論の目標を「微分や積分の基本的な考え方や発想を、中学校までの知識をベースに、物理、情報、三角比・三角関数等との関連を踏まえて理解することにより、計算手法の習得だけではない微分積分の概念を学ぶ。物理基礎、数学Ⅰ、数学Ⅱの学習内容を踏まえた構成となっている。」と設定した。表1は具体的な学習内容も含んだ理数数学序論の概要である。また、理数数学序論の年間学習指導計画を添付資料1に示す。

表1 「理数数学序論」の概要

| | |
|---|---|
| 「理数数学序論」（1単位） 微分や積分の基本的な考え方や発想を、中学校までの知識をベースに、物理、情報、三角比・三角関数等との関連を踏まえて理解することにより、計算手法の習得だけではない微分積分の概念を学ぶ。物理基礎、数学Ⅰ、数学Ⅱの学習内容を踏まえた構成となっている。 | |
| 第1章 微分法【物理基礎、数学Ⅰ、数学Ⅱ】 1. イントロダクション 2. 接線とは 3. 接線が表すもの 4. 接線を引くためには 5. 接線の傾きを求める① 接線の傾きを求める② 接線の傾きを求める③ 6. 接線の傾きを表す関数 7. いろいろな関数の微分 8. 導関数の公式 9. 導関数のグラフ | 第3章 積分法【数学Ⅱ】 1. イントロダクション 2. 面積の公式① 面積の公式② 3. 直線や曲線で囲まれた部分の面積① 直線や曲線で囲まれた部分の面積② 4. 面積を表す関数 5. 直線や曲線で囲まれた部分の面積③-1 直線や曲線で囲まれた部分の面積③-2 直線や曲線で囲まれた部分の面積③-3 直線や曲線で囲まれた部分の面積③-4 6. 関数を積分して求まる関数 7. 原始関数を表す記号 8. 微分積分学の基本定理 9. 定積分① 定積分② |
| 第2章 三角比【数学Ⅰ】 1. 接線の傾きと角度① 接線の傾きと角度② 2. 三角比の値① 三角比の値② 3. 三角比の関係① 三角比の関係② 三角比の関係③ 4. 三角比の三角形への応用 | |

(2) 質問紙調査の概要

国立教育政策研究所教育課程研究センターでは、平成21年に告示され、平成25年度より実施されている現行の高等学校学習指導要領について、各教科の目標や内容に照らした生徒の学習の実施状況に関するデータ等を得るため、平成27年11月に調査実施校の生徒及び教員に対して質問紙調査を実施している。数学については「数学Ⅰ」の科目に関する質問紙調査が実施されており、この調査項目に準じた質問紙を作成し、今回の理数数学序論受講生に対して、質問紙調査を行った。調査項目は、理数数学序論の学習全般についての質問2項目を設問1、理数数学序論の学習の仕方や興味・関心についての質問10項目を設問2A、理数数学序論の授業につ

いての質問 12 項目を設問 2 B、理数数学序論の学習や自分の将来に関する事柄についての質問 10 項目を設問 2 Cとした 4 次元 34 項目の測定尺度で構成し、各質問項目について、国立教育政策研究所教育課程研究センターが実施した質問紙調査に準じ、「1 そう思う」「2 どちらかといえばそう思う」「3 どちらかといえばそう思わない」「4 そう思わない」「5 その他」の 5 件法を採用した。表 2 は 4 次元 34 項目の測定尺度の具体的な質問項目である。また、実際の質問紙を添付資料 2 に示す。

表 2 質問紙調査の質問項目

| 次元（上位尺度） | 項目（下位尺度） |
|--------------------------------------|--|
| 設問 1 理数数学序論の 学習全般 | (1) 数学の学習が好きだ。 (2) 数学の学習をすれば、ふだんの生活や社会に出て役立つ。 |
| 設問 2 A 理数数学序論の 学習の仕方や興 味・関心 | (1) 数学で新しい内容を学習したとき、前に学習したこととどのような関係があるかを考えよう としていますか。 (2) 数学の問題を解くとき、前に解いた問題と似ているところや違っているところがどこかなど を考えようとしていますか。 (3) 数学の問題を解いていて問題の意味や解き方がすぐに思い浮かばないとき、図や表などをか いたりして考えようとしていますか。 (4) 数学の問題の解き方が分からないとき、あきらめずにいろいろ考えようとしていますか。 (5) 数学の問題を解くとき、自分や友達にとって分かりやすいように言葉や、数、式、図、表、 グラフなどを用いて解答を書こうとしていますか。 (6) 数学の問題が解けたとき、別の解き方を考えようとしていますか。 (7) 数学の問題に取り組んだとき、何が分かり、何が分からなかったのか、振り返って考えよう としていますか。 (8) 数学で学習したことを、日常生活や他教科の学習で使おうとしていますか。 (9) 学習したことをもとに、まだ学習していない数学の問題や疑問を考えようとしていますか。 (10) 数学で学習した内容を、人々がどのようにして創り出し、発展させてきたのかを考えようと していますか。 |
| 設問 2 B 理数数学序論の 授業 | (1) 数学の授業で、観察や実験などをすることがありますか。 (2) 数学の授業で、学んだことをもとにして数や図形の性質などを見つけたり、発展させたりす ることがありますか。 (3) 数学の授業で、数学の知識や技能を日常生活や社会の場面に利用することがありますか。 (4) 数学の授業で、自分の考えを、根拠を明らかにし筋道立てて説明し伝え合うことがあります か。 (5) 数学の授業で、言葉や、数、式、図、表、グラフなどを関連付けて考えることがありますか。 (6) 数学の授業で、学んだことをレポートなどにまとめることがありますか。 (7) 数学の授業で、数学的な見方や考え方について話し合うことがありますか。 (8) 数学の授業で、グループに分かれてグループのみんなが自分の考えを出し合って話し合うこ とがありますか。 |

| | |
|--|---|
| | <p>(9) 数学の授業で、ある問題のいろいろな解き方を考えて発表し合うことがありますか。</p> <p>(10) 数学の授業で、自分たちが持っている疑問を出し合ったり自分たちで問題を設定して解こうとしたりすることがありますか。</p> <p>(11) 数学の授業で、自分たちで電卓を使って問題を考えたりすることがありますか。</p> <p>(12) 数学の授業で、自分たちでパソコンを操作して問題を考えたりすることがありますか。</p> |
| <p>設問 2 C 理数数学序論の学習や自分の将来に関する事柄</p> | <p>(1) 数学の学習は大切だと思いますか。</p> <p>(2) 数学の学習は、受験に関係なくても大切だと思いますか。</p> <p>(3) 数学を学習すれば、論理的に考えることができるようになると思いますか。</p> <p>(4) 自分の希望する仕事に就けるよう、数学を学習したいと思いますか。</p> <p>(5) ふだんの生活や社会に出て役立つよう、数学を学習したいと思いますか。</p> <p>(6) 将来、数学の学習を生かした仕事をしたいと思いますか。</p> <p>(7) 数学は、社会のあらゆる分野で必要だと思いますか。</p> <p>(8) 数学を学習すれば、社会で起きていることの理解が深まると思いますか。</p> <p>(9) 数学を学習すれば、論理的に説明することができるようになると思いますか。</p> <p>(10) 数学を学習すれば、みんなで協力して考え合うことができるようになると思いますか。</p> |

※各質問項目において、「数学」は「理数数学序論」に置き換えて回答するよう受講生に指示している。

受講生の講座受講前後の数学の学習に関する意識と行動の変容を見るため、質問紙調査は講座実施前の令和2年6月と講座終了後の令和3年2月にそれぞれ行っており、2月の質問紙調査実施時には、上記質問紙調査に加えて記述形式による質問紙調査も行った。調査項目は、理数数学序論の授業で最も印象に残った授業についての質問を設問A、理数数学序論の授業で取り組めたことや課題であったことについての質問を設問B、理数数学序論の授業で今後実施してもらいたい内容や工夫・改善をしてもらいたい要望についての質問を設問Cとしている。実際の質問紙を添付資料3に示す。また、令和2年6月、10月、令和3年2月にそれぞれ公開授業を実施したが、その際に受講生が記述した各授業の「振り返り」によるドキュメント調査も行った。

さらに、国立教育政策研究所教育課程研究センターが作成した「数学I」の科目に関する教員用の質問紙調査にある調査項目に準じた質問紙を作成し、理数数学序論に係る奈良北高等学校の教員に対して、令和3年2月に質問紙調査を行った。調査項目は、理数数学序論の授業における様々な活動についての質問を設問A、理数数学序論の授業における様々な方策についての質問を設問B、理数数学序論の授業で主として課題学習に係る指導についての質問を設問C、理数数学序論の授業を考える際の事柄についての質問を設問Dとして、記述による回答形式としている。

(3) 研究実施の流れ

理数数学序論における研究実施の流れは次のようになる。

理数数学序論の講座は、当初令和2年4月から実施する予定であったが、新型コロナウイルス感染症の影響による奈良県立学校の臨時休業等があったことから、実際の講座が始まったのは6月中旬となった。数理情報科1年8、9組の受講生79名に対して、この講座実施前である令和2年6月に質問紙調査を行い、その時点での数学の学習等に対する受講生の実態を把握するとともに、第1回公開授業を6月16日に実施した。その後、10月20日には第2回公開授業

を、令和3年2月9日には第3回公開授業を行った。各回の公開授業における実施内容については表3に示すとおりである。また、各公開授業の学習指導案、配布資料及び受講生への課題を、それぞれ添付資料4、5、6に示す。第3回公開授業終了後に6月と同内容の質問紙調査を行ったが、6月と2月の質問紙調査を比較し、4次元34項目の測定尺度について、理数数学序論の講座を受講してどの程度の向上が見られたかを調査することで、定量的な分析を行う。さらに、第3回公開授業終了後に実施した記述形式による質問紙調査と、3回の公開授業を実施した際、各回において受講生が記述した授業の「振り返り」によるドキュメント調査について、定性的な分析を行う。

表3 理数数学序論の公開授業における実施内容

| 公開授業実施日 テーマ | 内容及び目標 |
|---|--|
| 第1回 令和2年6月16日 「費用曲線」のグラフ | 「微分」という概念とはどのようなものなのかについて、身近な事例を基にして思考する中で理解を深める。具体的には、資金と利益との関係を表す費用曲線（3次関数）のグラフを分析し、「微分」の考えを用いれば、一定の資金でより多くの利益を得ることができることから、その有用性について理解する。 |
| 第2回 令和2年10月20日 「ぼらりす」の面積 ※「ぼらりす」…奈良北高校の マスコットキャラクター | 「面積」をどのようにして求めるのかについて、身近な図形を基にして思考するなかで考察を深める。具体的には、2次関数のグラフと直線とで囲まれた部分の面積を考察し、三角形や長方形等の面積が求まる既知の図形を基にすれば、曲線で囲まれた部分の面積を求めることができるという、積分の基本的な考え方について理解する。 |
| 第3回 令和3年2月9日 「無限級数」 | 無限級数 $1+1/2+1/3+\dots$ をどのようにして求めるのかについて、数列の和と図形の面積との比較を行うなかで考察を深める。具体的には、数列の和を長方形の面積の和としてとらえた図形と、双曲線と直線とで囲まれた部分の面積を比較することで、積分における面積の考え方をどのように活用するかについて理解する。 |

4 結果と分析

(1) 質問紙調査の結果と分析

受講生に、講座実施前の6月と講座終了後の2月に質問紙調査をそれぞれ行い、4次元34項目の測定尺度で調査した。各質問項目において、「1 そう思う」「2 どちらかといえばそう思う」「3 どちらかといえばそう思わない」「4 そう思わない」「5 その他」の選択肢のうち、「5 その他」については質問項目の達成度を見る選択肢ではないことから、「5 その他」を除外した4件法による集計を採用した。集計の際には、「1 そう思う」を4点、「2 どちらかといえばそう思う」を3点、「3 どちらかといえばそう思わない」を2点、「4 そう思わない」を1点として得点化した。なお、除外した「5 その他」は欠損値となるが、平均値にバイアスが生じるのを避けるため、各質問項目における欠損値を除いた平均値を欠損値に充てることで

対応した。集計方法としては、調査前後における同一測定尺度の平均値の差が統計的に有意かどうかを確かめるために、対応のある t 検定を行うとともに、四つの次元に関する質問項目のまとまりについての信頼性を検討するため、 α 係数を算出した。質問紙調査に回答した 79 名について、t 検定及び α 係数（質問項目の内的整合性を表す指標で、 $0 < \alpha < 1$ の範囲をとり、1 に近い値であるほど測定尺度に関する質問項目のまとまりがよいことを示す）の結果を整理した（表 4）。

これを見ると、 α 係数については、質問項目が 2 問だけであった設問 1 「理数数学序論の学習全般」を除く三つの設問に関する質問項目のまとまりにおける信頼性が見られた。t 検定については、「理数数学序論の学習全般」に関する質問項目 (2) 「数学の学習をすれば、ふだんの生活や社会に出て役立つ」（ $p < .05$ ）、「理数数学序論の学習の仕方や興味・関心」に関する質問項目 (10) 「数学で学習した内容を、人々がどのようにして創り出し、発展させてきたのかを考えようとしていますか。」（ $p < .05$ ）、「理数数学序論の授業」に関する質問項目 (1) 「数学の授業で、観察や実験などを行うことがありますか。」（ $p < .01$ ）、質問項目 (4) 「数学の授業で、自分の考えを、根拠を明らかにし筋道立てて説明し伝え合うことがありますか。」（ $p < .001$ ）、質問項目 (6) 「数学の授業で、学んだことをレポートなどにまとめることがありますか。」（ $p < .001$ ）、質問項目 (7) 「数学の授業で、数学的な見方や考え方について話し合うことがありますか。」（ $p < .001$ ）、質問項目 (8) 「数学の授業で、グループに分かれてグループのみんなが自分の考えを出し合って話し合うことがありますか。」（ $p < .001$ ）、質問項目 (9) 「数学の授業で、ある問題のいろいろな解き方を考えて発表し合うことがありますか。」（ $p < .001$ ）、質問項目 (10) 「数学の授業で、自分たちが持っている疑問を出し合ったり自分たちで問題を設定して解こうとしたりすることがありますか。」（ $p < .001$ ）、質問項目 (11) 「数学の授業で、自分たちで電卓を使って問題を考えたりすることがありますか。」（ $p < .001$ ）、「理数数学序論の学習や自分の将来に関することから」に関する質問項目 (8) 「数学を学習すれば、社会で起きていることの理解が深まると思いますか。」（ $p < .01$ ）、質問項目 (10) 「数学を学習すれば、みんなで協力して考え合うことができるようになると思いますか。」（ $p < .001$ ）で、それぞれ得点が有意に向上した。3 回の公開授業を基にして、グループ活動を中心とした活発な意見交流や発表、ICT 機器を活用した課題解決型学習、微分や積分に関する数学的な見方や考え方について筋道立てて考える取組を行ったことにより、多くの有意に向上した質問項目が見られる結果につながったと考えられる。

一方、「理数数学序論の学習の仕方や興味・関心」に関する質問項目 (4) 「数学の問題の解き方が分からないとき、あきらめずにいろいろ考えようとしていますか。」（ $p < .01$ ）、「理数数学序論の授業」に関する質問項目 (5) 「数学の授業で、言葉や、数、式、図、表、グラフなどを関連付けて考えることがありますか。」（ $p < .05$ ）、「理数数学序論の学習や自分の将来に関することから」に関する質問項目 (4) 「自分の希望する仕事に就けるよう、数学を学習したいと思いますか。」（ $p < .01$ ）において見られる、得点の平均値の差における有意差については、理数数学序論の授業を通して、図やグラフを活用した微分積分の概念等の発展的な考え方にも踏み込んだことから、進路実現のために微分積分の概念を理解することの必要性は感じているが、同時にその発展的 개념の理解に対する困難さも感じていると推測される。キャリア教育の視点からも、高等学校 1 年という発達段階を踏まえた場合に、より適切な指導方法や学習内容を検討していく必要性を示唆している。

表4 調査前後における測定尺度及び各質問項目の得点の変化

| 質問項目 | N | 第1回(R26月実施) | | 第2回(R32月実施) | | t 値 | 信頼度係数 |
|---|----|-------------|-------|-------------|-------|----------|----------------|
| | | 平均値 | 標準偏差 | 平均値 | 標準偏差 | | |
| (1) 数学の学習が好きだ | 79 | 3.19 | 0.89 | 3.14 | 0.76 | -0.69 | |
| (2) 数学の学習をすれば、ふだんの生活や社会に出て役立つ | 79 | 3.11 | 0.74 | 3.29 | 0.69 | 2.19 * | |
| 理数数学序論の学習全般 | 79 | 6.30 | 1.25 | 6.43 | 1.12 | 1.16 | $\alpha=0.278$ |
| (1) 数学で新しい内容を学習したとき、前に学習したこととのような関係があるかを考えようとしていますか。 | 79 | 2.84 | 0.79 | 2.89 | 0.75 | 0.52 | |
| (2) 数学の問題を解くとき、前に解いた問題と似ているところや違っているところがどこかなどを考えようとしていますか。 | 79 | 3.16 | 0.78 | 3.06 | 0.63 | -1.05 | |
| (3) 数学の問題を解いていて問題の意味や解き方がすぐに思い浮かばないとき、図や表などをかいたりして考えようとしていますか。 | 79 | 3.13 | 0.88 | 3.16 | 0.69 | 0.36 | |
| (4) 数学の問題の解き方が分からないとき、あきらめずにいろいろ考えようとしていますか。 | 79 | 3.37 | 0.77 | 3.13 | 0.79 | -2.71 ** | |
| (5) 数学の問題を解くとき、自分や友達にとって分かりやすいように言葉や、数式、図、表、グラフなどを用いて解答を書こうとしていますか。 | 79 | 2.92 | 0.96 | 2.89 | 0.86 | -0.32 | |
| (6) 数学の問題が解けたとき、別の解き方を考えようとしていますか。 | 79 | 2.18 | 1.02 | 2.37 | 0.94 | 1.84 | |
| (7) 数学の問題に取り組んだとき、何が分かり、何が分からなかったのか、振り返って考えようとしていますか。 | 79 | 2.77 | 0.83 | 2.78 | 0.65 | 0.16 | |
| (8) 数学で学習したことを、日常生活や他教科の学習で使おうとしていますか。 | 79 | 2.51 | 0.88 | 2.49 | 0.89 | -0.13 | |
| (9) 学習したことをもとに、まだ学習していない数学の問題や疑問を考えようとしていますか。 | 79 | 2.53 | 0.90 | 2.42 | 0.84 | -1.18 | |
| (10) 数学で学習した内容を、人々がどのようにして創り出し、発展させてきたのかを考えようとしていますか。 | 79 | 1.89 | 0.88 | 2.15 | 0.89 | 2.45 * | |
| 理数数学序論の学習の仕方や興味・関心 | 79 | 27.28 | 5.27 | 27.35 | 4.64 | 0.15 | $\alpha=0.807$ |
| (1) 数学の授業で、観察や実験などをすることがあります。 | 79 | 1.62 | 0.74 | 1.96 | 0.84 | 3.11 ** | |
| (2) 数学の授業で、学んだことをもとにして数や図形の性質などを見つたり、発展させたりすることがあります。 | 79 | 2.86 | 0.90 | 2.82 | 0.81 | -0.36 | |
| (3) 数学の授業で、数学の知識や技能を日常生活や社会の場面に利用することがあります。 | 79 | 2.59 | 0.87 | 2.61 | 0.76 | 0.13 | |
| (4) 数学の授業で、自分の考えを、根拠を明らかにし筋道立てて説明し伝え合うことがあります。 | 79 | 2.54 | 0.90 | 2.91 | 0.75 | 3.71 *** | |
| (5) 数学の授業で、言葉や、数式、図、表、グラフなどを関連付けて考えることがあります。 | 79 | 3.35 | 0.70 | 3.20 | 0.67 | -2.04 * | |
| (6) 数学の授業で、学んだことをレポートなどにまとめることがあります。 | 79 | 1.68 | 0.86 | 2.26 | 0.90 | 4.57 *** | |
| (7) 数学の授業で、数学的な見方や考え方について話し合うことがあります。 | 79 | 2.49 | 0.93 | 3.03 | 0.82 | 4.46 *** | |
| (8) 数学の授業で、グループに分かれてグループのみんなが自分の考えを出し合って話し合うことがあります。 | 79 | 2.54 | 1.13 | 3.28 | 0.71 | 5.07 *** | |
| (9) 数学の授業で、ある問題のいろいろな解き方を考えて発表し合うことがあります。 | 79 | 2.61 | 1.04 | 3.11 | 0.85 | 3.87 *** | |
| (10) 数学の授業で、自分たちが持っている疑問を出し合ったり自分たちで問題を設定して解こうとしたりすることがあります。 | 79 | 2.06 | 0.84 | 2.73 | 0.93 | 5.38 *** | |
| (11) 数学の授業で、自分たちで電卓を使って問題を考えたりすることがあります。 | 79 | 1.96 | 1.02 | 3.11 | 0.89 | 8.32 *** | |
| (12) 数学の授業で、自分たちでパソコンを操作して問題を考えたりすることがあります。 | 79 | 1.44 | 0.75 | 1.64 | 0.81 | 1.75 | |
| 理数数学序論の授業 | 79 | 27.77 | 6.30 | 32.67 | 5.95 | 6.83 | $\alpha=0.824$ |
| (1) 数学の学習は大切だと思います。 | 79 | 3.57 | 0.59 | 3.56 | 0.59 | -0.19 | |
| (2) 数学の学習は、受験に関係なくても大切だと思います。 | 79 | 3.24 | 0.80 | 3.21 | 0.85 | -0.34 | |
| (3) 数学を学習すれば、論理的に考えることができるようになります。 | 79 | 3.13 | 0.84 | 3.20 | 0.70 | 0.74 | |
| (4) 自分の希望する仕事に就けるよう、数学を学習したいと思います。 | 79 | 3.42 | 0.71 | 3.16 | 0.73 | -3.05 ** | |
| (5) ふだんの生活や社会に出て役立つよう、数学を学習したいと思います。 | 79 | 3.16 | 0.82 | 3.16 | 0.67 | 0.00 | |
| (6) 将来、数学の学習を生かした仕事をしたいと思います。 | 79 | 2.87 | 0.97 | 2.82 | 0.81 | -0.49 | |
| (7) 数学は、社会のあらゆる分野で必要だと思います。 | 79 | 2.99 | 0.79 | 3.06 | 0.79 | 0.78 | |
| (8) 数学を学習すれば、社会で起きていることの理解が深まると思います。 | 79 | 2.49 | 0.84 | 2.78 | 0.79 | 2.94 ** | |
| (9) 数学を学習すれば、論理的に説明することができるようになります。 | 79 | 3.06 | 0.87 | 3.14 | 0.73 | 0.81 | |
| (10) 数学を学習すれば、みんなで協力して考え合うことができるようになります。 | 79 | 2.65 | 0.90 | 3.16 | 0.77 | 4.47 *** | |
| 理数数学序論の学習や自分の将来に関することがら | 79 | 30.59 | 5.43 | 31.25 | 5.40 | 1.13 | $\alpha=0.858$ |
| 合計 | 79 | 91.94 | 15.21 | 97.70 | 14.54 | 4.27 | |

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

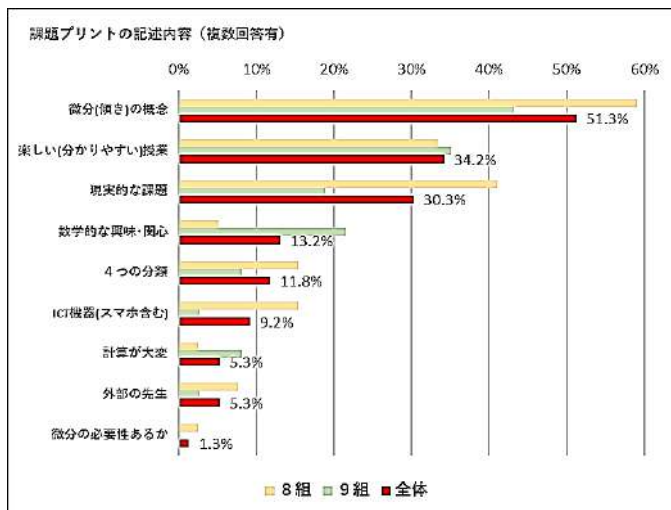
(2) 「振り返り」によるドキュメント調査等の結果と分析

6月、10月、2月に公開授業を実施した際に、授業を受けてどのようなことが理解できたのか、また授業を受けてどのように感じたのかを受講生に記述させる、授業の「振り返り」によるドキュメント調査について、さらに、第3回公開授業終了後に実施した記述形式による質問紙調査について、それぞれ定性的な分析を行った。記述形式による質問紙調査の調査項目は、理数数学序論の授業で最も印象に残った授業についての質問を設問A、理数数学序論の授業で取り組めたことや課題であったことについての質問を設問B、理数数学序論の授業で今後実施

してもらいたい内容や工夫・改善をしてもらいたい要望についての質問を設問Cとしている。図1、図2は、それぞれの調査について、記述内容を項目化して分類したものである。

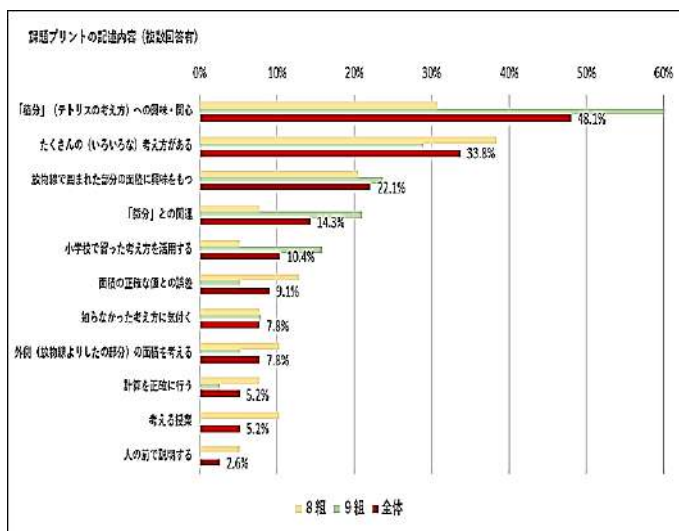
公開授業の「振り返り」に関して、図1-1を見ると、第1回授業では「微分の考え方」「楽しい(分かりやすい)授業」「現実的な課題」「数学の必要性」「スマホ(電卓)を用いた授業」といったキーワードが、図1-2を見ると、第2回授業では「積分の考え方」「放物線で囲まれた部分の面積をどのようにして求めるのか」「微分の考え方との関連」「面積の正確な値」といったキーワードが、図1-3を見ると、第3回授業では「無限級数の値」「無限級数と微分や積分との関係」「班で協力して活動」「予想と異なり」といったキーワードがそれぞれ見られた。前述の質問紙調査で得点が有意に向上した質問項目として、「理数数学序論の授業」に関する質問項目である「根拠を明らかにし筋道立てて説明し伝え合う」「数学的な見方や考え方について話し合う」「グループのみんなが自分の考えを出し合って話し合う」「いろいろな解き方を考えて発表し合う」「自分たちで問題を設定して解こうとしたりする」「電卓を使って問題を考えたりする」、更には「理数数学序論の学習や自分の将来に関することがら」に関する質問項目である「社会で起きていることへの理解が深まる」「みんなで協力して考え合うことができるようになる」が挙げられるが、これらの質問項目と「振り返り」で見られたキーワードとの間には深い関連性があると推測される。

記述形式による質問紙調査に関して、図2-1、図2-2を見ると、理数数学序論の授業で最も印象に残った授業についての調査項目である設問Aでは、「新しい内容や考え方を知る」「正しい数値を求めようとした」「グループで考えたり発表したりする」という記述が見られた。公開授業を中心とした1年間の理数数学序論の授業において、協働での学習を行う中で微分積分の基本的概念を理解していったことを示している。図2-3、図2-4を見ると、理数数学序論の授業で取り組めたことや課題であったことについての調査項目である設問Bでは、「微分や積分の内容を理解する」「グループで考えたり話し合ったりする」「グループ内で意見を言う、分かりやすく説明する」という記述が見られた。取り組めたことや課題であったことの両項目に微分や積分の理解、グループでの活動などが挙げられていることは、微分積分の基本的概念の理解と同時にその発展的概念を理解することの困難さも感じていることや、協働による学習活動の達成と同時にその活動における自己表現の難しさも感じていることを示している。図2-5、図2-6を見ると、理数数学序論の授業で今後実施してもらいたい内容や工夫・改善をしてもらいたい要望についての調査項目である設問Cでは、「この内容でよい」「ICT機器の活用」「学んだ内容の発展」「興味深い内容を考える」「グループ活動を増やしてほしい」「授業時間を増やしてほしい」「分かりやすい説明」という記述が見られた。多くの受講生が今回の理数数学序論におけるカリキュラム内容について一定の満足度を示しているが、その中で、電卓やスマホ等のICT機器を活用した取組やグループ活動の更なる工夫、微分積分の概念理解における基礎的、発展的学習内容の精選、現在1単位で実施している理数数学序論における単位数の検討などが必要であることを示す結果となった。



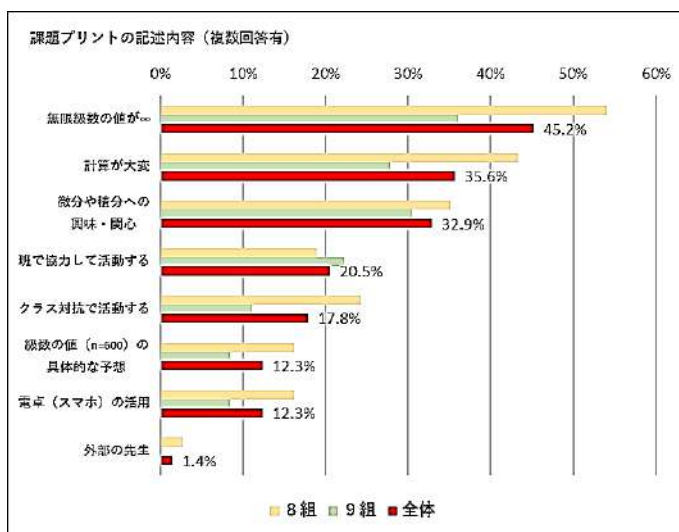
- ・微分の考え方(Δx)や接線の傾きについて理解できた … 51.3%
- ・楽しい(分かりやすい)授業だった … 34.2%
- ・ケーキ屋の資金と利益との関係という現実的な課題であった … 30.3%
- ・3次関数のグラフや数学の必要性について興味・関心をもった … 13.2%
- ・資金と利益のグラフにおけるA、B、C、D 4つの分類に興味をもった … 11.8%
- ・パワーポイントやスマホ(電卓)を用いた授業はおもしろかった … 9.2%

図1-1 第1回公開授業の「振り返り」(「費用曲線」のグラフ)



- ・積分の考え方(テトリス的発想)について興味・関心をもった … 48.1%
- ・たくさんの(いろいろな)考え方があることが分かった … 33.8%
- ・放物線で囲まれた部分の面積をどのようにして求めるのか興味・関心をもった … 22.1%
- ・微分の考え方との関連について興味・関心をもった … 14.3%
- ・小学校で習った考え方を高等学校の学習で活用することができた … 10.4%
- ・面積の正確な値との誤差がどれだけなのか気になった … 9.1%

図1-2 第2回公開授業の「振り返り」(「ぼらりす」の面積)



- ・ $1 + 1/2 + 1/3 + \dots$ の無限級数の値が $+\infty$ であることが分かった … 45.2%
- ・たくさんの小数の計算は大変だった … 35.6%
- ・無限級数と微分や積分との関係について興味・関心をもった … 32.9%
- ・班で協力して活動するのが楽しかった … 20.5%
- ・8、9組のクラス対抗で計算結果を競うのが楽しかった … 17.8%
- ・ $n=600$ までの級数の値(6.9程度)が予想と異なり驚いた … 12.3%
- ・電卓やスマホを使って計算するのは大変だったが楽しかった … 12.4%

図1-3 第3回公開授業の「振り返り」(「無限級数」)

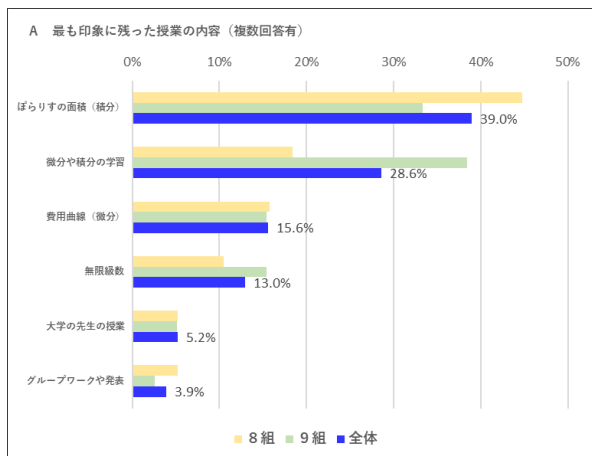


図 2-1 最も印象に残った授業の内容

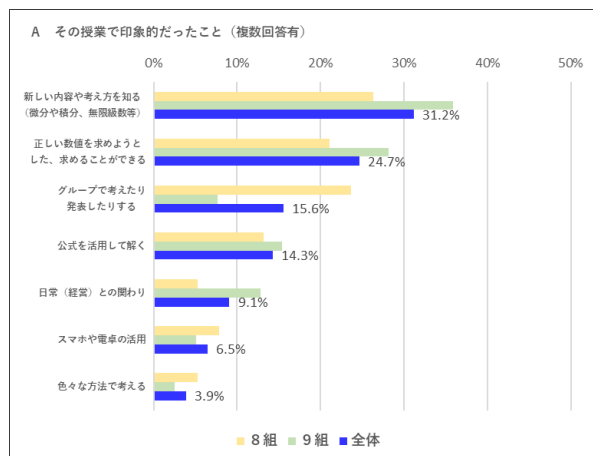


図 2-2 その授業で印象的だったこと

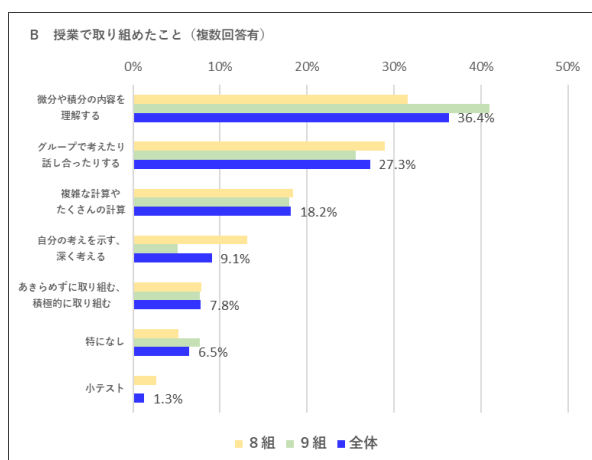


図 2-3 授業で取り組めたこと

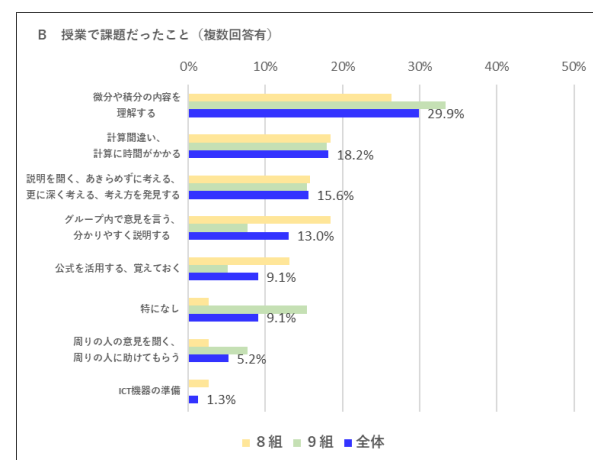


図 2-4 授業で課題だったこと

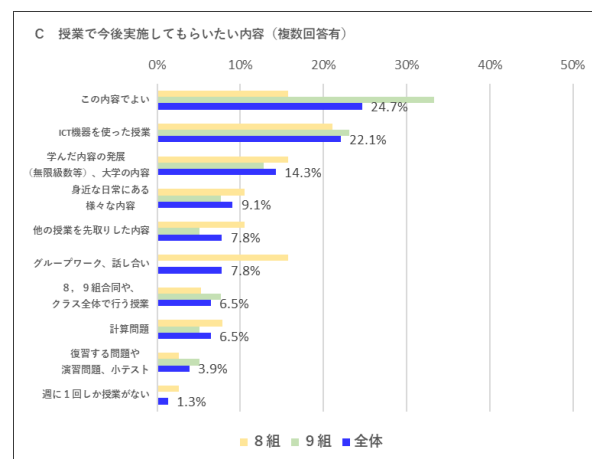


図 2-5 実施してもらいたい内容

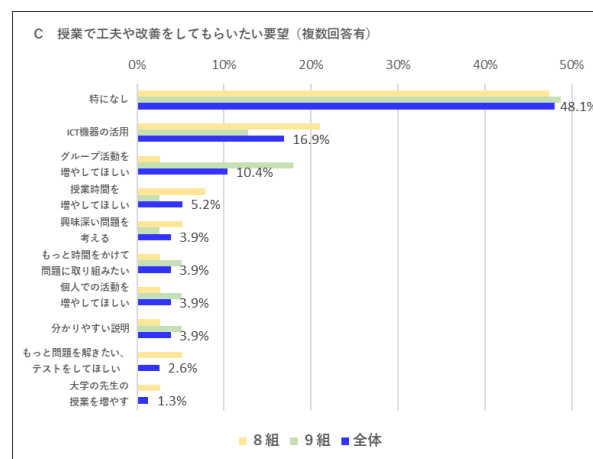


図 2-6 工夫や改善をしてもらいたい内容

5 分析結果の考察

質問紙調査及び「振り返り」によるドキュメント調査の結果から、理数数学序論の授業において、グループ活動を中心とした活発な意見交流や発表を行い、電卓やスマホ等のICT機器を積極的に活用する中で、数学的な見方や考え方について筋道を立てて考える取組を行ったこ

とにより、微分積分に関する基本的概念の理解に関して一定の成果が示された。それと同時に、キャリア教育の視点から、進路実現のために微分積分の発展的概念を理解することのできる、適切な指導方法や学習内容を検討していく必要性が示された。

理数数学序論に係る奈良北高等学校の教員に対して行った質問紙調査では、理数数学序論の授業における様々な活動についての調査項目である設問Aでは、「数学的な見方、考え方を実感させるため、多くのグループ活動を取り入れ発表させるなど、この教科ならではの活動ができた。」「受講生が数理情報科として選ばれ授業に臨んでいるという意欲や自信がうかがえた。」「生徒たちが自ら課題を見つけたり、問題を提起したりできる展開づくりを行いたい。」という記述が、理数数学序論の授業における様々な方策についての調査項目である設問Bでは、「生徒用、教師の教材用PCや大型提示装置等の環境が本年度は整っていなかった。」「日常生活との関連やグラフの性質を確認する際にICTの活用を設けられないか。」という記述が、理数数学序論の授業で主として課題学習に係る指導についての調査項目である設問Cでは、「数学で学んだことや他教科で学んだことを用いて、検証していく作業が大切である。」「仮説を立てて協力して調べる活動を通して、微分や積分の考え方に触れることはできたが、実際の計算等ができるようになっていないのは課題である。」という記述が、理数数学序論の授業を考える際の事柄についての調査項目である設問Dでは、「生徒の意欲、興味・関心を高め、思考力や表現力を培うことに有効な科目であった。」「理数数学序論以外の数学の科目との関係や位置付けをどのようにするのが難しい。」という記述が、それぞれ見られた。いずれも、質問紙調査及び「振り返り」によるドキュメント調査の結果に反映された成果や課題との関連性を見ることができると推察される。

6 おわりに

本稿の目的は、学校設定科目「理数数学序論」の講座における講座受講前後の数学の学習に関する意識と行動の変容を見ることにより、受講生の資質や能力の向上との関係性についての考察を行い、効果的な受講生の資質や能力の向上について検証するとともに、講座内容の妥当性の検討や、今後実施していく講座における内容の改善に活用することであった。

講座実施前後における受講生への質問紙調査及びドキュメント調査等を用いて、定量的及び定性的な手法による分析を行ったところ、自然科学の基礎となる微分積分の基本的概念に対する興味・関心が高まっていることが示唆された。また、数理情報科での学びを社会で起きていることとの理解につながるものとして捉えている一方で、自らの進路実現のために微分積分の発展的概念を理解する必要性を感じている部分も見られ、キャリア教育の充実における成果と課題として捉えることができた。

今後は、電卓やスマホ等のICT機器の効果的な活用やグループ活動の更なる工夫、微分積分の概念理解における基礎的、発展的学習内容の精選、キャリア教育の充実につながる授業内容や他の教科・科目との関連等が検討課題と考える。

なお、第2期生以降の受講者についても調査対象として、継続的な調査研究を行う予定である。

参考・引用文献

- (1) 文部科学省(2017)『保育所保育指針、幼稚園教育要領、小・中学校学習指導要領』

- (2) 文部科学省 (2018) 『高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示) 』
- (3) 文部科学省 (2018) 『高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示) 解説 数学編 理数編』
- (4) 文部科学省 (2009) 『高等学校学習指導要領』
- (5) 文部科学省 (2009) 『高等学校学習指導要領解説 数学編』
- (6) 文部科学省 (2009) 『高等学校学習指導要領解説 理数編』
- (7) 奈良県教育委員会 (2018) 『県立高等学校適正化推進方針 ～高等学校教育の質向上と再編成のために～』
- (8) 奈良県教育委員会 (2018) 『県立高等学校適正化実施計画』
- (9) 国立教育政策研究所教育課程研究センター (2015) 『高等学校学習指導要領実施状況調査』