

高等学 校

令和 3 年度

# 教育研究員研究報告書

理 数

東京都教育委員会

## 目 次

I	研究主題設定の理由	1
II	研究の視点	2
III	研究の仮説	3
IV	研究の方法	7
V	研究の内容	8
VI	研究の成果	15
VII	今後の課題	15

## 研究主題

# 探究の過程を通して、主体的・創造的に生き抜くために必要な『資質・能力』を育成する指導法と評価法の研究・開発

### I 研究主題設定の理由

令和4年度から実施される高等学校学習指導要領（平成30年3月）（以下「学習指導要領」と表記。）では、共通教科「理数」が新設された。高等学校学習指導要領解説理数編（平成30年7月）（以下「解説」と表記。）では、PISA等の国際調査から、我が国の生徒は、諸外国に比べて数学及び理科の学習に対する興味・関心・意欲について課題があることが示されている。

現在、我が国は様々な課題に直面しており、これらの解決手段としてイノベーションに大きな期待が寄せられている。革新的な価値は、多様な学問分野の知の統合により生まれることが多く、従来の慣習や常識にとらわれない柔軟な思考と斬新な発想によってもたらされるものである。したがって、強い知的好奇心や自発的な研究態度、自ら課題を発見したり未知のものに挑戦したりする態度などが求められている。国が指定しているスーパーサイエンスハイスクール（SSH）では、それぞれの生徒が自らの興味や関心などに基づいて様々な課題を設定して課題研究を行っており、相応の成果も上げている。さらに、理数に関する学科においても課題研究が行われており、その教育的な有効性についても広く認められている。

知の創出をもたらすことができる人材の輩出を目指すには、そのための基礎的な資質・能力を身に付けるとともに、数学や理科に関する横断的なテーマに徹底的に向き合い考え抜く力を身に付ける必要があると考えられる。

学習指導要領によると、教科「理数」の目標は「様々な事象に関わり、数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を組み合わせるなどして働かせ、探究の過程を通して、課題を解決するために必要な資質・能力」を育成することとされている。また、「育成を目指す資質・能力」である「知識及び技能」、「思考力、判断力、表現力等」、「学びに向かう力、人間性等」の具体的な目標は、以下のとおり示されている。

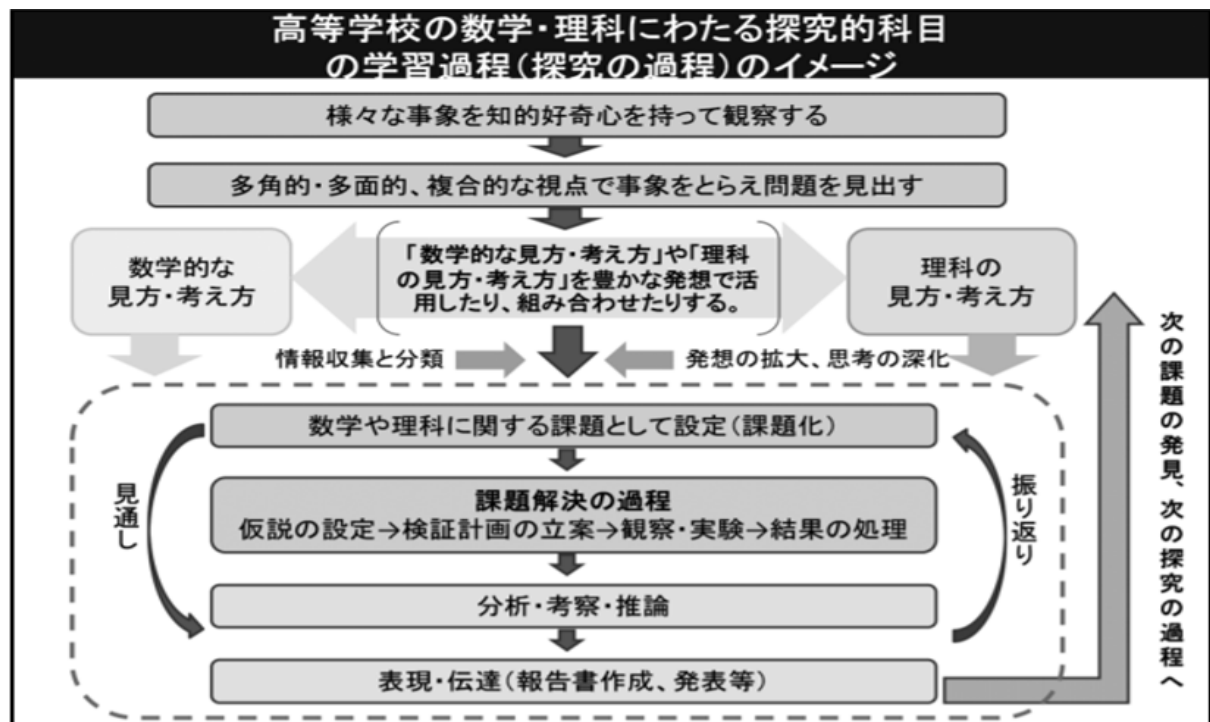
- (1) 対象とする事象について探究するために必要な知識及び技能を身に付けるようにする。
- (2) 多角的、複合的に事象を捉え、数学や理科などに関する課題を設定して探究し、課題を解決する力を養うとともに創造的な力を高める。
- (3) 様々な事象や課題に向き合い、粘り強く考え行動し、課題の解決や新たな価値の創造に向けて積極的に挑戦しようとする態度、探究の過程を振り返って評価・改善しようとする態度及び倫理的な態度を養う。

なお、解説では、「探究の過程」を以下（【図1】）のように示している。

他方、社会の変化に伴い、「主体的・対話的で深い学び」の重要性が高まり、学習指導要領の「第3章 各科目にわたる指導計画の作成と内容の取扱い 第1節 指導計画作成上の配慮事項」では、「主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善」として、「生徒が数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を組み合わせるなどして働かせ、様々な事象や課題に向き合い、主体的に探究することができるよう創意工夫を生かした教育活動の充実を図ること」が求

められている。さらに、「小学校、中学校、高等学校及び特別支援校等における児童生徒の学習評価及び指導要録改善について（通知）（平成31年3月）」では、各教科等の目標及び内容を「知識及び技能」、「思考力、判断力、表現力等」、「学びに向かう力、人間性等」の資質・能力の三つの柱で再整理した新学習指導要領の下での指導と評価の一体化を推進する観点から、観点別学習状況の評価の観点についても、これらの資質・能力に関わる「知識・技能」、「思考・判断・表現」、「主体的に学習に取り組む態度」の3観点に整理して示し、これに基づく適切な観点を設定することと示されている。

以上のことから、本部会では、研究主題を「探究の過程を通して、主体的・創造的に生き抜くために必要な『資質・能力』を育成する指導法と評価法の研究・開発」とした。



【図1】 資質・能力を育むために重視する数学・理科にわたる学習過程のイメージ

## II 研究の視点

新教科・科目の設置の理由として、「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）」（文部科学省 平成28年12月21日）（以下「答申」と表記。）では「探究的な学習は、学習に対する興味・関心・意欲の向上をはじめ、知識・技能の着実な習得や思考力・判断力・表現力等の育成に有効であると考えられ、高等学校の数学及び理科の分野における探究的な学習を中核に据えた科目として、『数学活用』及び『理科課題研究』が設定されているが、指導のノウハウが教員間で共有されておらず、高等学校における科目の開設率が極めて低くなっている。」と述べられている。

また、解説では、「科学では、それまで正しいと考えられていた研究成果であっても、後に否定されることがある。これは、科学者が過去の研究成果に対して批判的な考えをもって議論したり、検証したりするからである。生徒が探究を進めるに当たっては、このような考えをもたせるとともに、自分自身の探究の過程に対しても批判的な考えをもって評価・改善するよう指

導することが重要である。」と述べられている。

以上のことを踏まえ、本研究では、各理数部員の所属校における課題等を共有し、多くの学校で実践できる探究活動に視点を置き、仮説の設定を行って研究の方法を計画した。

「児童生徒の学習評価の在り方について(報告)」(文部科学省 平成31年1月21日)では、指導と評価の一体化を図る上で、「教師によって評価の方針が異なり、学習改善につなげにくい」「評価規準や評価方法等の評価の方針等について、必ずしも教師が十分に児童生徒等に伝えていない場合がある」といった課題が挙げられている。

すなわち、学習評価の妥当性や信頼性が高められるよう評価規準や評価方法を事前に教師同士で検討し明確化することが求められている。それらを生徒に事前に示し共有しておくことで、生徒は身に付けるべき資質・能力を認識し、主体的に学習活動に取り組むことができる。教師は、指導と評価の一体化の観点から見通しをもって授業改善を行うことができる。

これらを踏まえて本研究では、学校において探究活動を推進していくにあたり、探究課題や授業を実施する学校に依らず、探究の過程ごとに評価規準を設定するために、学習指導要領に基づいた表現を用いて、教師用ルーブリック(【表1】)を観点別学習状況の評価に係る項目ごとに開発することとした。この教師用ルーブリックに基づき、指導案に則して生徒用ルーブリックを作成して授業を実践し、探究過程の振り返りを行うことで、生徒の意欲を向上させ、主体的な取組を実現させるという観点から、学習評価の在り方を検討することとした。

### Ⅲ 研究の仮説

本研究では、前述した「Ⅱ 研究の視点」を踏まえて、本部会の主題である「探究の過程を通して、主体的・創造的に生き抜くために必要な『資質・能力』を育成する指導法と評価法の研究・開発」について、1年間にわたり研究を続けてきた。

なお、本研究では解説に則り、共通教科「理数」の資質・能力を以下のように位置付けた。

- 探究の意義やその過程、研究倫理などの知識、観察、実験、調査等についての技能や分析するための技能
- 多角的、複合的に事象を捉え、課題を設定して探究し、課題を解決する力や創造的な力
- 様々な事象や課題に向き合い、粘り強く考え行動し、課題の解決に向けて挑戦しようとする態度や、探究過程を振り返り評価・改善しようとする態度

また、上記の求められる資質・能力を育成するために、以下の仮説を立てた。

- 探究活動で求められる知識及び技能を習得し、思考力、判断力、表現力等の過程を繰り返し実践することで、必要な資質・能力を身に付けることができる。
- 探究活動の過程において、観点別学習状況の評価の項目に基づいた生徒用ルーブリックを活用し、振り返りを行うことで生徒の意欲を向上させ、主体的に取り組むようになる。

#### 1 実生活の場面に基づいた探究的な学習を経験させる

OECD 生徒の学習到達度調査 2018 年調査 (PISA2018) の結果を踏まえた文部科学省の施策では、「日常生活や社会との関連を重視する活動、実験・観察など科学的に探究する活動の充

実」について示され、実生活の場面に基づき理数教育を充実させることを重視している。

また、解説においても、「課題を設定させるためには、身の回りにある自然事象や社会的事象等に関心をもたせ、なぜそうなっているかという疑問や、どうやって解決すればよいかという問題意識などをもたせることが大切である。例えば、数学や理科などの授業で疑問に思ったことを基に課題を設定させたり、科学史などの話題を参考に課題を設定させたりすることが考えられる。」とあり、自然事象や社会的事象等に対する疑問や問題意識などをもたせるような働きかけや、その機会をつくることが重要である。さらに、生徒が設定しようとする課題が、学校の施設・設備などの条件によって探究を進めることが難しい場合は、学校内で取り組めるような課題に設定し直すことが考えられるとも述べられている。

しかし、生徒が設定する課題が、学校の施設・設備などの条件によって探究を進めることが難しい場合が多く、学校外の施設・設備の活用を検討したり、大学と連携して探究活動を進めたりすることも必要となる。このような探究活動の事例は、多くの学校における探究活動を推進していくにあたり、課題となっている。

これらを踏まえて本研究では、「数学や理科における実生活の場面に基づき、思考力、判断力、表現力等の過程を繰り返し実践することで、生徒に必要な資質・能力を身に付けさせる。」という視点を取り入れた授業改善を行うことで、多くの学校で実践できる授業を検討することにした。

## 2 探究活動の過程における評価の充実

共通教科「理数」における探究的な学習の指導のポイントは、以下のとおり答申及び解説で挙げられている。

### (1) 答申

- 「理数探究」の評価に当たっては、探究の成果における新たな知見の有無や価値よりも、探究の過程において資質・能力をどの程度身に付けることができたかや、探究の過程全体を俯瞰的に捉え、自らがどの位置にいるか、どこで間違ったのかなどが説明できるようになっているかという点を重視すべきである。
- 探究の過程における観察・実験の内容やその中で生じた疑問、それに対する自らの思考の過程などを「探究ノート」等に記録させ、自己の成長の過程を認識できるようにするとともに、評価の場面でも用いることが重要である。また「探究ノート」等を通じて生徒の独創的な思考や探究の過程における態度を評価するほか、報告書や発表の内容、発表会における生徒による相互評価や自己評価を取り入れるなど、多様な評価方法を用いるとともに、複数の教員による複合的な視点で評価することが必要である。

### (2) 解説

- 自分自身の探究の過程に対しても批判的な考えをもって評価・改善するよう指導することが重要である。
- 探究の過程を振り返って評価・改善しようとする態度及び倫理的な態度を養うことも大切である。

【表1】教師用ルーブリック

観点	項目	対応する主な過程				評価基準	
		①	②	③	④	S：発展的である	A：十分に満足できる(履修目標)
知識・技能	探究の意義について理解している。	○				自ら課題を設定し、探究の過程を遂行することを通して、より主体的に以下の探究の意義について理解している。 ・新たな知識及び技能の獲得 ・課題を発見する力の獲得 ・様々な探究活動の積み重ねが、科学技術の進歩や新たな価値の創造につながっていることへの理解	探究を行うことにより以下の探究の意義について理解している。 ・新たな知識及び技能の獲得 ・課題を発見する力の獲得 ・様々な探究活動の積み重ねが、科学技術の進歩や新たな価値の創造につながっていることへの理解
	探究の過程について理解している。	○	○	○		自ら課題を設定し、探究の過程を遂行することを通して、より主体的に以下の探究の過程について理解している。 ・先行研究を調べる必要性 ・演繹的な方法や帰納的な方法等を用いることの重要性 ・探究のための具体的な方法を固定して考えず探究の過程を適宜振り返り改善することの重要性	探究の過程全体を自ら遂行する方法について以下の事を理解している。 ・先行研究を調べる必要性 ・演繹的な方法や帰納的な方法等を用いることの重要性 ・探究のための具体的な方法を固定して考えず探究の過程を適宜振り返り改善することの重要性
	研究倫理について理解している。		○	○	○	自ら課題を設定し、探究の過程を遂行することを通して、より主体的に以下の研究倫理について理解している。 ・参照した情報の信頼性に注意を払うこと ・既存の情報は出典を明らかにしたりする必要があること ・データのねつ造や論文の盗用などの不適切な行為は、科学の信頼を損ね、健全な発展を脅かすこと ・生物を対象とする探究では配慮すべき生命倫理があること ・人を対象とする研究では人権等への配慮が求められること	探究の信頼性を高めるために、以下の研究倫理について理解している。 ・参照した情報の信頼性に注意を払うこと ・既存の情報は出典を明らかにしたりする必要があること ・データのねつ造や論文の盗用などの不適切な行為は、科学の信頼を損ね、健全な発展を脅かすこと ・生物を対象とする探究では配慮すべき生命倫理があること ・人を対象とする研究では人権等への配慮が求められること
	観察、実験、調査等のための基本的な技能を身に付けている。	○				自ら課題を設定し、探究の過程を遂行することを通して、より主体的に以下の観察・実験・調査等の技能を身に付けている。 ・観察、実験器具の特徴や性質を理解して安全かつ正確に使用できる技能 ・調査対象の特徴や性質を考量した上で、法則などを見いだすために必要なデータを収集する方法、サンプルの抽出方法を身に付けている ・観察、実験、調査等の目的を明確にして適切に条件制御等を行い、見直しをもって計画を立てること ・データの質を高め、十分なデータを集めて観察、実験、調査等の信頼性を高めること ・事後の再現性を意識したデータの収集方法などを身に付けている	以下の観察・実験・調査等の技能を身に付けている。 ・観察、実験器具の特徴や性質を理解して安全かつ正確に使用できる技能 ・調査対象の特徴や性質を考量した上で、法則などを見いだすために必要なデータを収集する方法、サンプルの抽出方法を身に付けている ・観察、実験、調査等の目的を明確にして適切に条件制御等を行い、見直しをもって計画を立てること ・データの質を高め、十分なデータを集めて観察、実験、調査等の信頼性を高めること ・事後の再現性を意識したデータの収集方法などを身に付けている
	事象を分析するための基本的な技能を身に付けている。		○			自ら課題を設定し、探究の過程を遂行することを通して、より主体的に以下の事象を分析するための技能を身に付けている。 ・観察、実験、調査等で得られたデータには誤差やばらつきがあることを考慮して、統計量を基に分析すること ・推定や仮説検定、単回帰などの統計的手法(グラフ作成等)を活用したりすること ・実験値と、理論値や数値シミュレーションから得られた結果とを比較するなどして分析の質を高めること	事象を分析するための技能を身に付けている。 ・観察、実験、調査等で得られたデータには誤差やばらつきがあることを考慮して、統計量を基に分析すること ・推定や仮説検定、単回帰などの統計的手法(グラフ作成等)を活用したりすること ・実験値と、理論値や数値シミュレーションから得られた結果とを比較するなどして分析の質を高めること
	探究した結果をまとめ、発表するための基本的な技能を身に付けている。			○		自ら課題を設定し、探究の過程を遂行することを通して、より主体的に以下の探究の成果などをまとめて発表するための技能を身に付けている。 ・探究の成果をまとめて論理的に記述すること ・先行研究等の情報と自分で得た情報を区別して記述すること ・発表資料などの作成や話し方及び質疑応答の技能 ・探究の目的や成果などを分かりやすく伝えること ・議論を通して考察を深めること	以下の探究の成果などをまとめて発表するための技能を身に付けている。 ・探究の成果をまとめて論理的に記述すること ・先行研究等の情報と自分で得た情報を区別して記述すること ・発表資料などの作成や話し方及び質疑応答の技能 ・探究の目的や成果などを分かりやすく伝えること ・議論を通して考察を深めること
思考・判断・表現	課題を設定することができる。	○				以下の主体的に課題を設定するための力を身に付けている。 ・問題を発見する力 ・仮説を立てる力 ・先行研究具体的な事例を複数検討する力 ・意見交換などを通して課題を明確化する力	以下の課題を設定するための力を身に付けている。 ・問題を発見する力 ・仮説を立てる力 ・先行研究具体的な事例を複数検討する力 ・意見交換などを通して課題を明確化する力
	数学的な手法や科学的な手法などを用いて、探究の過程を遂行することができる。		○	○		以下の探究の過程を遂行する力を身に付けている。 ・課題を解決するための手法を適切に選択する力 ・課題の解決のための手法で教科・科目の枠を超えた様々な組合せがあること等の柔軟な発想を生かす力 ・より多くの数学的な手法や科学的な手法を用いる力	以下の探究の過程を遂行する力を身に付けている。 ・課題を解決するための手法を適切に選択する力 ・課題の解決のための手法で教科・科目の枠を超えた様々な組合せを生かす力 ・数学的な手法や科学的な手法を用いる力
	探究した結果をまとめ、適切に表現することができる。				○	以下の探究の過程を整理し、成果などを適切に表現する力を身に付けている。 ・探究した過程を整理する力 ・探究の成果を適切に表現する力 ・探究の成果などを相手に分かりやすく表現する力 ・探究全体を自己評価する力	以下の探究の過程を整理し、成果などを適切に表現する力を身に付けている。 ・探究の成果を適切に表現する力 ・探究の成果などを相手に分かりやすく表現する力 ・探究全体を自己評価する力
取組む主体的な態度	探究する態度	○	○	○	○	以下の探究しようとする態度が養われている。 ・粘り強く考え行動し、課題を解決しようとする態度 ・新たな価値の創造に向けて積極的に挑戦しようとする態度 ・探究の過程を振り返って評価・改善しようとする態度 ・倫理的な態度	以下の探究しようとする態度が養われている。 ・粘り強く考え行動し、課題を解決しようとする態度 ・新たな価値の創造に向けて積極的に挑戦しようとする態度 ・探究の過程を振り返って評価・改善しようとする態度

観点	項目	対応する主な過程				評価基準		
		①	②	③	④	B：概ね満足できる(到達目標)	C：努力を要する	
知識・技能	探究の意義について理解している。	○				探究を行うことにより以下の探究の意義について理解している。 ・新たな知識及び技能の獲得 ・課題を発見する力の獲得	探究を行うことにより以下の探究の意義について理解している。 ・新たな知識及び技能の獲得	
	探究の過程について理解している。	○	○	○		探究の過程全体を自ら遂行する方法について以下の事を理解している。 ・先行研究を調べる必要性 ・探究のための具体的な方法を固定して考えず探究の過程を適宜振り返り改善することの重要性	探究の過程全体を自ら遂行する方法について以下の事を理解している。 ・先行研究を調べる必要性	
	研究倫理について理解している。			○	○	○	探究の信頼性を高めるために、以下の研究倫理について理解している。 ・既存の情報は出典を明らかにしたりする必要があること ・データのねつ造や論文の盗用などの不適切な行為は、科学の信頼を損ね、健全な発展を脅かすこと ・生物を対象とする探究では配慮すべき生命倫理があること ・人を対象とする研究では人権等への配慮が求められること	探究の信頼性を高めるために、以下の研究倫理について理解している。 ・データのねつ造や論文の盗用などの不適切な行為は、科学の信頼を損ね、健全な発展を脅かすこと ・生物を対象とする探究では配慮すべき生命倫理があること ・人を対象とする研究では人権等への配慮が求められること
	観察、実験、調査等のための基本的な技能を身に付けている。			○			以下の観察・実験・調査等の技能を身に付けている。 ・観察、実験器具の特徴や性質を理解して安全かつ正確に使用できる技能 ・観察、実験、調査等の目的を明確にして適切に条件制御等を行い、見通しをもって計画を立てること ・事後の再現性を意識したデータの収集方法などを身に付けている	以下の観察・実験・調査等の技能を身に付けている。 ・観察、実験器具の特徴や性質を理解して安全かつ正確に使用できる技能 ・事後の再現性を意識したデータの収集方法などを身に付けている
	事象を分析するための基本的な技能を身に付けている。				○		事象を分析するための技能を身に付けている。 ・観察、実験、調査等で得られたデータには誤差やばらつきがあることを考慮して、統計量を基に分析すること ・推定や仮説検定、単回帰などの統計的手法（グラフ作成等）を活用したりすること	事象を分析するための技能を身に付けている。 ・推定や仮説検定、単回帰などの統計的手法（グラフ作成等）を活用したりすること
	探究した結果をまとめ、発表するための基本的な技能を身に付けている。					○	以下の探究の成果などをまとめて発表するための技能を身に付けている。 ・先行研究等の情報と自分で得た情報を区別して記述すること ・発表資料などの作成や話し方及び質疑応答の技能 ・探究の目的や成果などを分かりやすく伝えること	以下の探究の成果などをまとめて発表するための技能を身に付けている。 ・先行研究等の情報と自分で得た情報を区別して記述すること ・探究の目的や成果などを分かりやすく伝えること
思考・判断・表現	課題を設定することができる。	○				以下の課題を設定するための力を身に付けている。 ・先行研究具体的な事例を複数検討する力 ・意見交換などを通して課題を明確化する力	以下の課題を設定するための力を身に付けている。 ・意見交換などを通して課題を明確化する力	
	数学的な手法や科学的な手法などを用いて、探究の過程を遂行することができる。			○	○	以下の探究の過程を遂行する力を身に付けている。 ・課題を解決するための手法を適切に選択する力 ・数学的な手法や科学的な手法を用いる力	以下の探究の過程を遂行する力を身に付けている。 ・数学的な手法や科学的な手法を用いる力	
	探究した結果をまとめ、適切に表現することができる。					○	以下の探究の過程を整理し、成果などを適切に表現する力を身に付けている。 ・探究の成果などを相手に分かりやすく表現する力 ・探究全体を自己評価する力	以下の探究の過程を整理し、成果などを適切に表現する力を身に付けている。 ・探究の成果などを相手に分かりやすく表現する力
主体的に学習に取り組む態度	探究する態度	○	○	○	○	以下の探究しようとする態度が養われている。 ・粘り強く考え行動し、課題を解決しようとする態度 ・新たな価値の創造に向けて積極的に挑戦しようとする態度	以下の探究しようとする態度が養われている。 ・粘り強く考え行動し、課題を解決しようとする態度	

注意

- 1 「理数探究基礎」「理数探究」の目標、解説等を参考に設定した。具体的な項目に関しては、実践する探究活動に応じて、上記の限りではない。  
2 過程①～④とは、①課題の設定、②課題解決の過程、③分析・考察・推論、④発表・伝達のことである。



## IV 研究の方法

### 1 検証について

#### (1) 具体的方策

探究の過程を通して、これからの社会を主体的・創造的に生き抜くために必要な資質・能力を育成する指導において、観点別学習状況の評価等と関連付けたルーブリックを作成・活用し、授業改善を図ることで、理数に属する科目で育成を目指す「資質・能力」を生徒が身に付けられるようにすることを目指し、研究を行った。

具体的には、以下の2点の指導法を工夫し、検証授業を行った。

- 事前に生徒用ルーブリックを提示し発問の内容を工夫することで、生徒が目標や課題を設定し、見通しをもって主体的に探究活動を進めるようにした。
- 生徒が探究の過程を振り返るための振り返りシート等の教材を工夫し、生徒自身が学習状況を自己評価して今後の探究活動の改善を図ることができるようにした。

#### (2) 検証授業の実施

全日制単位制高等学校1校で検証した。

#### (3) 検証方法

以下の取組を通して、仮説を検証した。

- 指導案に基づいた授業を実践し、観点別学習状況の評価に係る項目・基準を基に学習評価を行う。
- 生徒の自己評価を行い、その結果を分析する。
- 教師の行っている学習評価と生徒の自己評価の相関等の分析を行う。

### 2 成果と課題のまとめ方

本研究の「探究の過程を通して、主体的・創造的に生き抜くために必要な『資質・能力』を育成する指導法と評価法の研究・開発」の実践結果について、生徒の活動の様子や振り返りシート等を基に成果と課題を整理した。

## V 研究の内容

### 1 研究構想図

全体テーマ： 「これからの社会を主体的・創造的に生き抜いていく子供の育成」

高校部会テーマ： 「これからの社会を主体的・創造的に生き抜くために必要な『資質・能力』の育成に向けた授業改善と学習評価の充実について」

- 各教科等における「これからの社会を主体的・創造的に生き抜くために必要な『資質・能力』
- (1) 探究の意義やその過程、研究倫理などの知識、観察、実験、調査等についての技能や分析するための技能
  - (2) 多角的、複合的に事象を捉え、課題を設定して探究し、課題を解決する力や創造的な力
  - (3) 様々な事象や課題に向き合い、粘り強く考え行動し、課題の解決に向けて挑戦しようとする態度や、探究過程を振り返り評価・改善しようとする態度

#### 高校部会テーマにおける現状と課題

##### 【現状】

- (1) 実験や実習を通じた探究プロセスの知識、探究活動の計画・実施するための技能が足りない。
- (2) 生徒が探究の過程全体を自ら遂行する力が不十分である。
- (3) 様々な事象や課題に徹底的に向き合い考え抜く態度や倫理的な態度が養われていない。

##### 【課題】

- (1) 知識・技能を実生活の様々な場面に活用できるように探究的な学習を経験させる必要がある。
- (2) 生徒が探究の過程全体を自ら遂行できるような機会を設ける必要がある。
- (3) 様々な事象や課題に徹底的に向き合い考え抜く態度や倫理的な態度を身に付けさせる必要がある。

#### 高等学校理数部会主題

探究の過程を通して、主体的・創造的に生き抜くために必要な『資質・能力』を育成する指導法と評価法の研究・開発

#### 仮説

以下の取組を通して、これからの社会を主体的・創造的に生き抜くために必要な『資質・能力』を身に付けることができると仮説を立てる。

- (1) 探究活動で求められる知識・技能を習得し、思考・判断・表現等の過程を繰り返し実践することで、必要な資質・能力を身に付けることができる。
- (2) 探究活動の過程において、観点別学習状況の評価の項目に基づいた生徒用ルーブリックを活用し、振り返りを行うことで、生徒の意欲を向上させ、主体的に取り組むようになる。

#### 研究方法

##### 【具体的方策】

- (1) 理数探究基礎の単元の一部を焦点化し、指導案と観点別学習状況の評価に係る項目を作成する。
- (2) 観点別学習状況の評価に係る項目に基づいて、生徒が用いる振り返りシートとルーブリックを作成する。

##### 【検証方法】

- (1) 指導案に基づいた授業を実践し、観点別学習状況の評価に係る項目・基準を基に学習評価を行う。
- (2) 生徒の自己評価を行い、その結果を分析する。
- (3) 教員の行っている学習評価と生徒の自己評価の相関等の分析を行う。

## 2 仮説の実践事例

### (1) 教科・科目、単元名、使用教材（教科書、副教材）

- ア 教科・科目 理数・理数探究基礎
- イ 単元名 第1章 探究の進め方
- ウ 使用教材 「理数探究基礎 未来に向かって」（啓林館）

### (2) 教科・科目の目標

- ア 知識及び技能
  - ・ 探究するために必要な基本的な知識及び技能を身に付けるようにする。
- イ 思考力、判断力、表現力等
  - ・ 多角的、複合的に事象を捉え、課題を解決するための基本的な力を養う。
- ウ 主体的に学習に取り組む態度
  - ・ 様々な事象や課題に知的好奇心をもって向き合い、粘り強く考え行動し、課題の解決に向けて挑戦しようとする態度を養う。

### (3) 単元の目標

- ア 知識及び技能
  - ・ 探究の意義やその過程、研究倫理などの知識、観察、実験、調査等についての技能や分析するための技能を身に付けるようにする。
- イ 思考力、判断力、表現力等
  - ・ 多角的、複合的に事象を捉え、課題を設定して探究し、課題を解決する力や創造的な力を身に付けるようにする。
- ウ 主体的に学習に取り組む態度
  - ・ 様々な事象や課題に向き合い、粘り強く考え行動し、課題の解決に向けて挑戦しようとする態度を養う。
  - ・ 探究過程を振り返り評価・改善しようとする態度を養う。

### (4) 単元の評価規準

ア 知識・技能	イ 思考・判断・表現	ウ 主体的に学習に取り組む態度
(ア) 探究の意義について理解している。 (イ) 探究の過程について理解している。 (ウ) 研究倫理について理解している。 (エ) 観察、実験、調査等についての基本的な技能を身に付けている。 (オ) 事象を分析するための基本的な技能を身に付けている。 (カ) 探究した結果をまとめ、発表するための基本的な技能を身に付けている。	(ア) 課題を設定するための基礎的な力を身に付けている。 (イ) 数学的な手法や科学的な手法などを用いて、探究の過程を遂行する力を身に付けている。 (ウ) 探究した結果をまとめ、適切に表現する力を身に付けている。	(ア) 様々な事象や課題に向き合い、粘り強く考え行動し、課題の解決に向けて挑戦しようとしている。 (イ) 探究過程を振り返り評価・改善しようとしている。

(5) 単元の指導と評価の計画（8時間扱い）

時間	学習活動	評価の観点			評価規準 (評価方法など)
		ア	イ	ウ	
第1時	・探究の意義、探究の過程、研究倫理を確認する。	●			ア(ア)(イ)(ウ) (振り返りテスト)
第2時	・予備調査を行い、『輪投げの百発百入法』について調べ、課題の設定の仕方を確認する。 ・『輪投げの百発百入法』の問題点を考え、仮説の立て方を確認する。 ・検証計画を確認する。		●		イ(ア) (プリントの記述内容)
第3時 (本時)	・『黄金軌道』の数学モデルを構築し、『輪投げの百発百入法』を導き、『輪投げの百発百入法』のマニュアルを作成する。		●	●	イ(イ) (プリントの記述内容) ウ(ア) (行動観察・プリントの記述内容)
第4時	・導き出した『輪投げの百発百入法』の検証実験を行い、記録したデータから成功率を計算し、表とグラフを作成する。	●	●	●	ア(エ) (行動観察・プリントの記述内容) ア(オ) (作成した表とグラフ) イ(イ) (プリントの記述内容) ウ(ア) (行動観察・プリントの記述内容)
第5時	・結果から言えることを考察し、結論を導く。 ・班で導きだした『輪投げの百発百入法』の成果をまとめ、報告書を作成する。	●	●	●	ア(カ) (プリントの記述内容) イ(イ) (プリントの記述内容) イ(ウ) (プリントの記述内容) ウ(ア) (行動観察・プリントの記述内容)
第6時	・課題解決の過程と成果を発表し、相互評価の結果からこれまでの探究を振り返り、改善策を考える。	●		●	ア(カ) (発表内容) ウ(イ) (行動観察・プリントの記述内容)
第7時	・『輪投げの百発百入法』について、新たな課題を設定し、仮説を立てる。		●	●	イ(ア) (振り返りテストの記述内容) ウ(イ) (振り返りテストの記述内容)
第8時	・異なる探究過程の検証計画書を作成する。		●		イ(イ) (振り返りテストの記述内容)

(6) 本時（全8時間中の3時間目）

ア 本時の目標

- ・ 数学的な手法や科学的な手法などを用いて、探究の過程を遂行する力を身に付けている。
- ・ 様々な事象や課題に向き合い、粘り強く考え行動し、課題の解決に向けて挑戦しようとしている。

イ 仮説に基づく本時のねらい

探究活動で求められる知識及び技能を習得し、思考力、判断力、表現力等を習得するための学習過程を繰り返し実践することで、必要な資質・能力を身に付けさせる。探究活動の過程において、観点別学習状況の評価の項目に基づいた生徒用ルーブリックを活用し、振り返

りを行うことで生徒の意欲を向上させ、主体的に取り組む態度を育成する。また、本時では観点別学習状況の評価の観点「思考・判断・表現」に焦点を当て評価を行う。

#### ウ 本時の展開

時間	学習内容・学習活動	指導上の留意点	評価規準・方法
導入 5分	前時の内容を振り返り、本時の活動内容と生徒用ルーブリックを確認し、共有する。	生徒用ルーブリックの内容を意識しながら活動するよう指示する。	
展開 ① 15分	<p>【班での活動】</p> <p>表計算ソフトを利用し、『〇班の黄金軌道』の数学モデルを構築する。(3点を通る2次関数の決定)</p> <p>『〇班の黄金軌道』から、投輪時の指先の位置を決定する。</p> <p>『〇班の黄金軌道』を、グラフ描画ソフトを使って可視化し、投輪する際に心掛ける点、注意する点を調べる。</p>	『〇班の黄金軌道』の数学モデルのシミュレーションを通して、数学的な視点で輪の動きを予想させ、思考を促し深めさせる。	イ(イ)数学的な手法や科学的な手法などを用いて、探究の過程を遂行する力を身に付けている。(プリントの記述内容)
展開 ② 20分	<p>【班での活動】</p> <p>導き出した『輪投げの百発百入法』で実際に輪を投げて、『〇班の黄金軌道』の数学モデルや投輪時の指先の位置を改良する。また、投輪する際に心掛ける点、注意する点が他にないか調べる。</p>	<p>可能な限り多くの試行を行わせ、科学的な視点で、最適な『輪投げの百発百入法』を探らせる。</p> <p>積極的に改良するように促し、改良する場合は、改良する明確な理由を考えさせる。</p>	ウ(ア)様々な事象や課題に向き合い、粘り強く考え行動し、課題の解決に向けて挑戦しようとしている。(行動観察・プリントの記述内容)
まとめ 10分	<p>【個人での活動】</p> <p>班で導き出した『輪投げの百発百入法』のマニュアルを作る。</p> <p>自己評価を行う。</p>	生徒用ルーブリックの内容を確認させながら、マニュアルを作成させる。	

#### (7) 本時の振り返り

##### ア 具体的方策

振り返りシート(【図2】)を配布し、各班で導き出した『輪投げの百発百入法』のマニュアル作りを個人で10分間取り組ませ、最後に生徒用ルーブリックによる本時の自己評価を行わせた。

##### イ 生徒の取組

授業導入時に本時の生徒用ルーブリックを確認していたため、戸惑うことなく積極的に記述している生徒が多く見られた。95%の生徒が『輪投げの百発百入法』のマニュアルの記述欄を全て埋めることができた。

##### ウ 本時の生徒用ルーブリック

教師用ルーブリック(【表1】)を基に本時の生徒用ルーブリック(【表2】)を作成した。

# 振り返りシート

1年 組 番 氏名

課題 班が導き出した『輪投げの百発百入法』のマニュアルを作ろう。

① ○班の黄金軌道の数学モデル(M)と頂点の座標

数学モデル 頂点の座標

② 投輪時の指先の位置

投輪ラインからの棒方向に \_\_\_\_\_ m、地面からの高さ \_\_\_\_\_ m の位置

③ グラフ描画ソフトを使って○班の黄金軌道を可視化(グラフ化)した時に気付いたことや、グラフから読み取れたこと

【解答例】予想以上にとがった形の放物線であるため、もう少し頂点の高さを低くした方がよい。【不十分な例】グラフが動く。とがった形の放物線である。

④ 実際に輪を投げて感じた○班の黄金軌道(数学モデル)の良い点や、改良すべき点

【解答例】投輪時の指先の高さが棒の高さとほとんど変わりがなくて投げにくい。あと 10cm 位高くした方がよい。

【不十分な例】投げにくい。投輪時の指先の位置を変える。

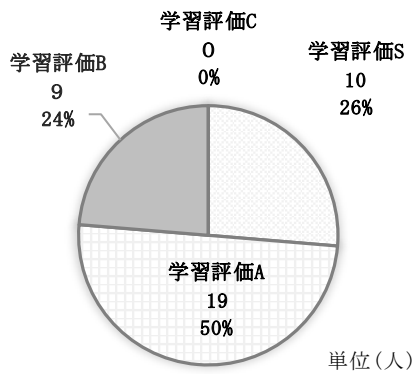
【図 2】 振り返りシート

【表 2】 本時の生徒用ルーブリック

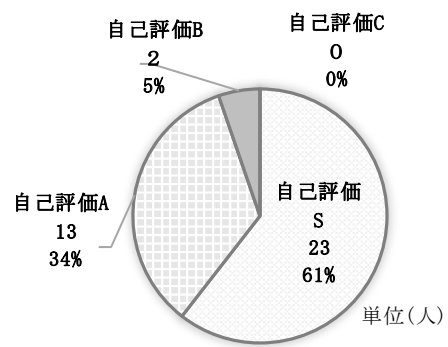
観点別学習状況評価の観点「思考・判断・表現」 (探究の過程：検証計画の立案)			
S：十分に満足できる	A：満足できる	B：おおむね満足できる	C 努力を要する
数学的な気付き(課題1)や、科学的な○班の黄金軌道の良い点、改良すべき点(課題2)が、合わせて3点以上書かれている『輪投げの百発百入法』のマニュアルを作成することができた。	数学的な気付き(課題1)や、科学的な○班の黄金軌道の良い点、改良すべき点(課題2)が、合わせて2点書かれている『輪投げの百発百入法』のマニュアルを作成することができた。	数学的な気付き(課題1)や、科学的な○班の黄金軌道の良い点、改良すべき点(課題2)が、どちらか1点書かれている『輪投げの百発百入法』のマニュアルを作成することができた。	『輪投げの百発百入法』のマニュアルを作成した。

## エ 教師による学習評価と生徒の自己評価の相関

本研究員3名がそれぞれ生徒の学習評価を行い、その結果を総合的に判断し生徒の学習評価を行った。教師による学習評価の内訳(【図3】)、生徒の自己評価の内訳(【図4】)を円グラフで示した。



【図3】 教師による学習評価の内訳

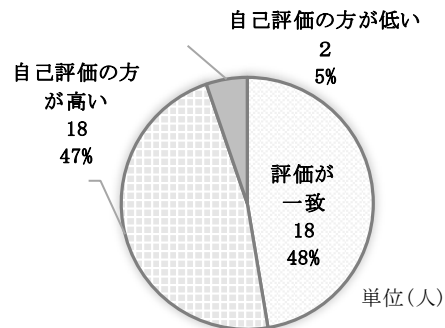


【図4】 生徒の自己評価の内訳

また、教師による学習評価と生徒の自己評価の相関（【表3】）（【図5】）、教師の学習評価段階別、生徒の自己評価の内訳（【図6】）を表と円グラフで示した。

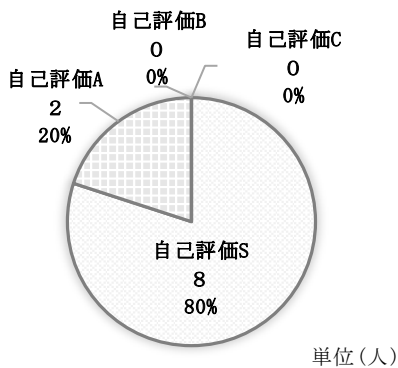
【表3】 教師による学習評価と生徒の自己評価の相関 単位(人)

		教師による学習評価				計
		S	A	B	C	
生徒の 自己評価	S	8	11	4	0	23
	A	2	8	3	0	13
	B	0	0	2	0	2
	C	0	0	0	0	0
計		10	19	9	0	38

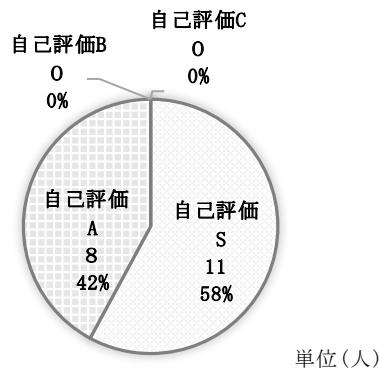


【図5】 教師による学習評価と生徒の自己評価の相関 単位(人)

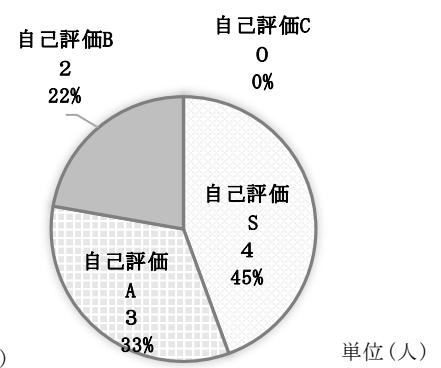
※エクセルによる計算の誤差がある。



【学習評価Sの生徒】



【学習評価Aの生徒】



【学習評価Bの生徒】

【図6】 教師による学習評価段階別、生徒の自己評価の内訳

## オ 振り返りシートの生徒の解答例

### (ア) 教師による学習評価 S の生徒の解答例

- ・課題 1 放物線は思ったより頂点に向けて緩やかなカーブを描いていた。
- ・課題 2 投輪位置と頂点の位置が近く、投げた輪が通る放物線の軌道が想像しづらかったため、もう少し投輪位置を頂点から遠くすれば良いと思った。投輪位置から頂点の高さのところを通るように意識をしたら、輪が的に入りやすかった。黄金軌道に乗りやすい位置に投輪位置と頂点を設定できたからだと思う。

### (イ) 教師による学習評価 A の生徒の解答例

- ・課題 1 ゆるやかな放物線だったため、投げる時に頂点の位置が分かりづらい。
- ・課題 2 頂点の位置が低くて投げづらかったので 1.5m でも良かったと思った。時間が余ったので試しに点 A(0, 0.21) の位置から放物線を描くように投げたところ意外と入った。

### (ウ) 教師による学習評価 B の生徒の解答例

- ・課題 1 ちょうどいい放物線
- ・課題 2 最初は投げにくかったが、頂点の高さを少し高くしたら少し投げやすくなった。

## (8) 検証結果

図 3 より、教師による学習評価の内訳は、S が 26%、A が 50%、B が 24%、C が 0%であった。図 4 より、生徒の自己評価の内訳は、S が 61%、A が 34%、B が 5%、C が 0%であった。自己評価 S の生徒の割合は、学習評価 S の生徒の割合より 35 ポイント高いことが分かった。

図 5 より、教師による学習評価と自己評価が一致した生徒は全体の 48%、一致しなかった生徒は全体の 52%であった。評価が一致しなかった生徒の大半が、教師による学習評価より高い自己評価をしていた。教師による学習評価段階別に生徒の自己評価と比較をすると、図 6 より、教師による学習評価と生徒の自己評価が一致した生徒の割合は、学習評価 S の生徒は 80%、学習評価 A の生徒は 42%、学習評価 B の生徒は 22%で、学習評価の段階が下がるほど教師と生徒の評価が異なった。教師による学習評価より高い自己評価を行っている生徒の割合は、学習評価 A の生徒では 58%、学習評価 B の生徒においては 78%と極めて高い。

以上より、生徒の自己評価力は低く、教師による学習評価が低い生徒ほど、自己を過大に評価する傾向にあることが分かった。

本時の授業では、観点別学習状況の評価の観点「思考・判断・表現」に焦点を当て評価を行った。本研究で作成した教師用ルーブリックを基にした生徒用ルーブリックを事前に生徒に提示することで、生徒は授業の目標を明確に理解し、意欲を向上させながら主体的に取り組むことができた。また、振り返りシートによる『輪投げの百発百入法』のマニュアル作りも戸惑うことなく書き上げることができた。

生徒の自己評価においては、教師による学習評価よりも生徒は自己を過大評価する傾向にあり、学習評価が低い生徒ほどその傾向は顕著に見られた。要因は次の 5 点が考えられる。



- 生徒が、探究した結果を論理的に記述する技能を身に付けていない。
  - 生徒が、探究した結果を適切に表現することができていない。
  - 生徒が、自分の考察や推論が正しいかどうかを十分判断できていない。
  - 生徒が、出題された課題の意図を読み取って理解することができていない。
  - 教師が提示した課題の内容や文言が、生徒にとって理解しやすい表現になっていない。
- また、一人の教師が平等に正しく学習評価をすることは難しく、共通の評価規準の下、複数の教師で学習評価を行ったり、適切な評価基準や評価方法等の検討と改善を行う必要性がある。

## VI 研究の成果

### 1 仮説について

本研究では、以下の仮説について検証を行った。

- 探究活動で求められる知識及び技能を習得し、思考力、判断力、表現力等を習得するための学習過程を繰り返し実践することで、必要な資質・能力を身に付けることができる。
- 探究活動の過程において、観点別学習状況の評価の項目に基づいた生徒用ルーブリックを活用し、振り返りを行うことで生徒の意欲を向上させ、主体的に取り組むようになる。

検証授業の中でも、生徒が数学的、科学的な視点を持ち、探究の過程を繰り返し実践する場面を設けることで、探究に必要な資質・能力を身に付ける機会となることが、振り返りシートから確認できた。さらに、数学モデルを考察する活動よりも投輪の実験をする活動の方が探究の深まりが見られた。また、生徒用ルーブリックを事前に生徒に提示することで、学習目標が明確になり、本時全体を通して意欲的、主体的に取り組む生徒の様子が見られた。

### 2 具体的方策について

本研究では以下の具体的方策を基に研究を行った。

- 理数探究基礎の単元の一部を焦点化し、指導案と観点別学習状況の評価に係る項目を作成する。
- 観点別学習状況の評価に係る項目に基づいて、生徒が用いる振り返りシートとルーブリックを作成する。

検証授業の中では、探究の過程と観点別学習状況の評価の対応を考慮し、指導案及び振り返りシート、生徒用ルーブリックを作成した。これらは指導と評価の一体化を踏まえた学習評価の充実を目指し、教師と生徒が焦点化された具体的な学習目標を共有した上で授業に臨むことで、前述した仮説の検証に効果的であった。また、振り返りシートの作成にあたり、課題と評価項目を対応させることで、観点別学習状況の評価の質の向上を目指した。

## VII 今後の課題

本研究では、指導と評価の一体化を踏まえた学習評価の充実を目指した。そこで解説を参考に教師用ルーブリック（【表1】）を作成した。それを基に探究の過程に対応させた授業用

の生徒用ルーブリック（【表2】）も作成した。これを用いて行った検証授業を通して以下の課題が出た。

### 1 教師による評価

本研究では複数の教師が評価に参加し、教師による学習評価を行った。本研究においては、複数の教師による評価が一致しない場合の評価における課題が見られた。また、日常的に複数の教師が評価を行うことには現実的な課題もある。そのため、適切な評価基準や評価方法等の検討を学校全体で組織的・計画的に行うとともに、妥当性、信頼性のある評価を単独の教師で行うことが出来るようにする必要がある。

### 2 生徒用ルーブリック

各学校の生徒の状況に応じて、生徒用ルーブリック（【表2】）及び課題の内容や文言について、継続的な研究が求められる。本研究では、単独の学校での検証にとどまったため、探究の過程や生徒の学習状況の変化に対応した生徒用ルーブリックの作成には課題がある。教科内できちんと協議・検討し、生徒の学習実態に合った生徒用ルーブリックの作成等が求められる。

### 3 生徒の資質・能力の適切な評価

理数探究基礎及び理数探究の学習は、発展的に繰り返されていくことが望まれている。そのため、生徒の資質・能力の変容を1時間の授業及び一つの単元で評価していくことは難しい。探究の過程を繰り返し経験する中で、資質・能力が育まれ、学習到達目標が達成されていくものであると考える。そのため継続的・発展的な授業実践に伴って、教師の授業改善、及び生徒の自己評価の質的向上を目指していくことが課題である。

# 令和3年度 教育研究員名簿

## 高等学校・理数

学 校 名	職 名	氏 名
東京都立両国高等学校	主任教諭	工藤 諭
東京都立翔陽高等学校	主任教諭	森崎 真由美
東京都立清瀬高等学校	主任教諭	◎北村 洋
東京都立多摩科学技術高等学校	主任教諭	夏原 智史
東京都立多摩科学技術高等学校	教 諭	亀井 善之

◎ 世話人

〔担当〕 東京都教育庁指導部高等学校教育指導課  
指導主事 坂本 泰裕

令和3年度  
教育研究員研究報告書  
高等学校・理数

令和4年3月

編 集 東京都教育庁指導部指導企画課  
所 在 地 東京都新宿区西新宿二丁目8番1号  
電話番号 (03) 5320-6849