

01	名古屋	桜田中学校	ウサミ イヨリ 名前 宇佐美 偉之
分科会番号	5	分科会名	理科教育（中学校）

探究の主導権をもつ生徒の育成

－自分の問いの表出と、生成AIの支援レベルの調整を通して－

I 研究のねらい

令和5年9月、名古屋市は学びの基本的な考えとして「ナゴヤ学びのコンパス」を示した。ここでは「子どもは有能な学び手である」という子ども観を大切に、自分で学びを進められる生徒を育てる必要性が述べられている。

私はこれまでに主体的に探究することができる生徒の育成を目指して、タブレット端末で自分の考えを整理できる「デジタル探究カード」（図1）を作り、活用してきた。生徒が自分のペースで学ぶ授業の中で使ったところ、生徒は試行錯誤を繰り返しながら粘り強く探究するようになった。しかし、二つの課題が残った。一つは、生徒が自分で探究できる課題をつくるのが難しく、教師が選択肢を用意する必要があったことである。もう一つは、うまくいかないときに教師の助けを待つ生徒が多く、自分で計画や予想を見直せなかったことである。

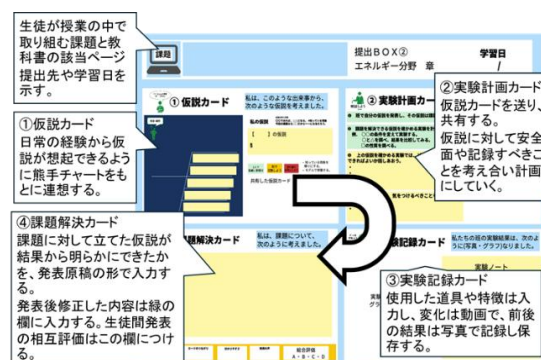


図1 デジタル探究カード

そこで本年度の研究のテーマを「探究の主導権をもつ生徒の育成」とした。「探究の主導権をもつ生徒」とは、何をどう調べるかを自分で決め、うまくいかないときには仮説や実験方法を見直すことができる生徒のことである。具体的には、次の二つの姿を目指す。

ア 学習の前に抱いていた疑問から問いを立て、自分の課題を決める姿

イ 実験の計画や予想が科学的であるかを見直し、よりよく探究を進める姿

理科の探究（図2）は、身の回りの出来事への気付きから始まり、課題の設定、予想、計画、実験、考察と進む。この出発点である「自然事象に対する気付き」から「課題の設定」までのやり方を見直し、生徒が自分の疑問から課題を設定できるようにしたい。また、一人一人違う課題や計画に合わせた支援に、生成AIを活用することで、探究をよりよく進めることができると考える。これらの手立てを具体化し、単元の学習を進めることで、探究の主導権をもつ生徒を育てたい。

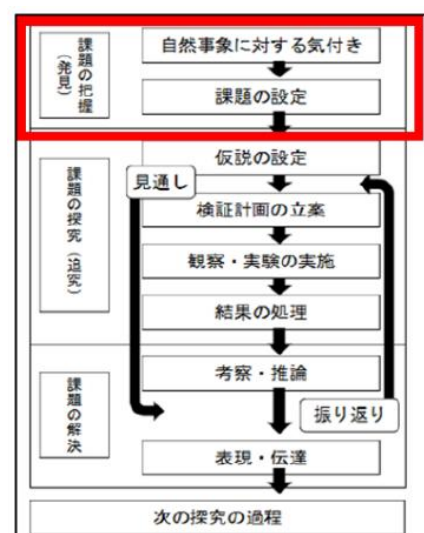


図2 理科の探究の過程

II 生徒の実態

- 1 調査方法 「ナゴヤ学びのコンパス」に関する質問紙調査「ScTN 質問紙・通常版（ライト）」
- 2 調査の対象 名古屋市立桜田中学校 第3学年 112名
- 3 調査の結果と考察

「協同の学び」に関する項目は4.1と4.0で高く、仲間と協力して学ぶ姿勢は身に付いていた。

一方、「授業を進めるのは、先生ではなくて、自分だ」と思いながら学んでいるという項目は3.0で、最も低かった。授業では、正解を求める傾向が強い生徒が多い。また、失敗を恐れて新しい課題に挑戦しなかったり、教師の指示を待ったりする姿が見られる。

Ⅲ 研究の手立て

1 具体的な手立て

(1) 自分の疑問から課題を設定するための手立て（手立て①）

探究の課題は、生徒自身が「知りたい」と思うものでなければならない。教師が与えた課題では、生徒は指示を待つだけになってしまう。そこで、生徒自身が抱いた疑問から課題を設定することができるようにするために、まず、小単元の学習前に、その小単元の学習内容に関する疑問を表出させる。小単元の学習後に、学んだことを踏まえて「もっと知りたい」と思ったことを表出させる。これらの「疑問」と「問い」を、大単元を通してワークシートに書きため、全ての小単元の学習後に、書きためた「問い」（図3）の中から生徒自身が一番「知りたい」と思うものを「課題」として選択できるようにすることで、「疑問」から自分で「課題」を設定することができる。と考える。

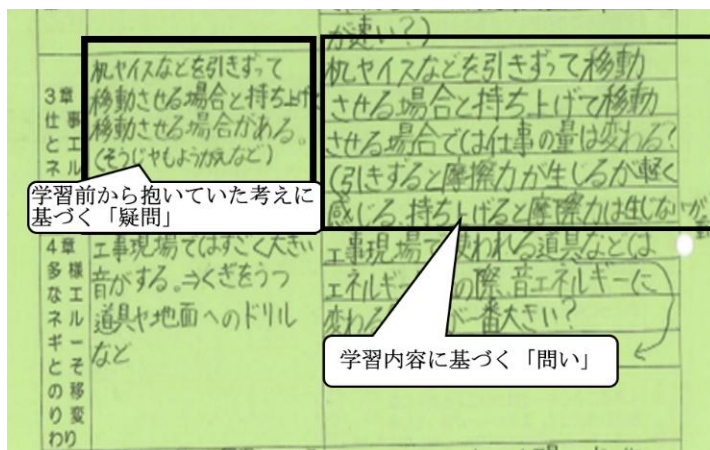


図3 「疑問」と「問い」を書きためるワークシート

(2) 探究をよりよく進めるための手立て（手立て②）

課題が一人一人違えば、実験の計画も、つまりく場所も一人一人違う。教員一人ですべてに対応することは難しい。そこで、生成AIを活用することで一人一人に合った支援を行うことができると考える。それぞれの実践での具体的なAIの活用については、「V 実践の様子」において述べる。また、これまで使ってきた「デジタル探究カード」を活用する。「デジタル探究カード」は、「仮説」「実験計画」「実験記録」「課題解決」の4枚で構成されており、探究のどの過程でどのような取り組みを行うか（行ったか）を可視化するツールである。それぞれの過程で何をしたか（何をするか）を記述させ、実験の結果が仮説と異なる場合には、仮説や実験計画を見直すことを促すことで、自らの探究の過程を調整できると考える。大単元学習後の探究の場面においてこれらの手立てを講じることで、よりよく探究を行うことができるようになる。と考える。

2 手立ての検証

手立てが有効だったかは、①実践後の生徒アンケート、②ワークシートに書いた「疑問」と「問い」、デジタル探究カードに書いた「課題」、③単元の学習前・一斉授業の後・探究活動の後の三回に同じ質問をする調査（三時点調査）、④授業中の記録と抽出生徒（変化を詳しく見るために選んだ生徒）の様子、から検証する。目指す姿と手立て、検証方法の対応は図4のとおりである。

目指す姿	手立て	主な検証方法
ア 疑問から問いを立て、自分の課題を決める姿	①ワークシート ②探究課題支援アプリ	実践後アンケート 「問い」と「課題」の記述
イ 計画や予想が確かかを見直し、よりよく探究を進める姿	②自己調整チェックリスト ②デジタル探究カード	授業中の記録・三時点調査 カードの記述・抽出生徒の様子

図4 目指す姿・手立て・検証方法の対応

Ⅳ 実践計画

1 対象生徒 名古屋市立桜田中学校 第3学年 112名

2 実践単元

(1) 第1次実践 単元3「運動とエネルギー」(35時間完了)

時	学習活動	具体的な活動内容	手立て
30	小単元の学習	「力の合成と分解」「物体の運動」「仕事とエネルギー」等の学習を進めながら、小単元の学習の前後に疑問と問いをワークシートに書きためる。	①
1	課題の設定	書きためた疑問と問いを見返し、一番知りたい問いから課題を設定する。	
1	検証計画の立案	生成AIを活用した支援アプリのヒントをもとに、デジタル探究カードに課題・仮説・実験計画を書く。	②
1	予備実験	予備実験を行い、見通しと異なる点を修正し、本実験が行えるようにする。	
1	本実験・考察・まとめ	修正した計画で本実験を行い、結果をもとに考察をまとめる。	
1	発表・共有	探究の成果を発表・共有する。	

(2) 第2次実践 単元4「地球と宇宙」(16時間完了)

時	学習活動	具体的な活動内容	手立て
12	小単元の学習	「天体の動き」「月と金星の見え方」「太陽系と恒星」等の学習を進めながら、小単元の学習の前後に疑問と問いをワークシートに書きためる。	①
1	課題の設定	書きためた疑問と問いを見返し、一番知りたい問いから課題を設定する	
1	計画の立案・探索実験	課題を探究するために、仮説・計画を自分で考え、モデルが正しく作れるか探索する実験をする。	②
1	計画の修正・予備実験	探索実験をもとに生成AIが出力したチェックリストを参考にし、モデルの大きさや条件を予備実験で確かめ、計画を見直す。	
1	本実験・考察・まとめ	見直した計画で本実験を行い、結果をもとに考察をまとめる。	
1	発表・共有	探究の成果を発表・共有する。	

V 実践の様子

1 第1次実践「運動とエネルギー」

(1) 生成AIの活用について

第2時の「実験の計画を立てる場面」で使った。生徒が選んだ「問い」は、そのままでは実験できないことが多い。実験できる「課題」にするには二つの作業がある。一つは、「問い」を教室で確かめられる大きさや形に置き換えること（モデル化）、もう一つは、変える条件とそろえておく条件を決めること（変数の整理）である。個別の「課題」に対して、一人一人に支援を行うのは、教員一人では難しい。そこで、理科室にある器具や使える時間をあらかじめ入力しておき、生徒の「問い」に合わせてヒントを出す「探究課題支援アプリ」を自作した。第1次実践では、生徒の「問い」を教師がアプリに入力し、返ってきたヒント（図5）を生徒に渡した。生徒はそれをもとに、デジタル探究カードに課題・仮説・計画を書くこととした。

生徒の疑問

ボーリングの球は等速直線運動するのだろうか。

モデル化の提案

もしボーリングの球（あるいはそれに代わる球）が等速直線運動をするならば、一定の時間で進む距離は一定になるはずです。

☒ **変化させる条件（変数）**

時間

☒ **同じにする条件（定数）**

- 使用する球の種類と大きさ
- 球を転がす面の材質と傾き（水平にする）
- 球に与える初速度（できるだけ一定にする）

実験のアイデア

1. 平らで長い板（または床面）に、球が転がるためのコースを設定します。スタート地点を決め、そこから10cm、20cm、30cmといったように、一定の距離ごとに目印をつけます。2. スタート地点から球を静かに転がします。できるだけ毎回同じくらいの速さでスタートさせるように注意しましょう。3. 球がそれぞれの目印を通過するのにかった時間をストップウォッチで測定し、記録します。4. この測定を数回繰り返します。

図5 支援アプリが作成したヒントの一部

(2) 授業で見られた生徒の姿

生徒が選んだ課題（図6）は生活の中の経験に根ざしており、一人一人違うものになった。例えば生徒Aは「周りを冷やせば、発生する熱を抑えられるのか」という問いを選んだ。生成AIは「熱の発生そのものを抑えるのか、温度の上がり方を抑えるのかを分けて考えよう」という視点を示し、「同じ熱を出す電熱線を使い、周りの水の温度を変えて、温度の上がり方を比べる」という方法を提案した。生徒Aはこれをもとに、自分で使える器具を選んで計画を立てた。ヒントが自分の考えと違うと感じて見直す生徒もいれば、よりよい方法を相談しに来る生徒もいた。他の生徒のカードを見に行く生徒もいたが、多くの生徒はAIのヒントを見ながら自分の計画を書き直していた。また、生徒Cは紙粘土を使い、同じ重さで形の違う物体が速さを測る器具を通るように斜面の角度を決めており、予備実験においてこの計画で予想を確かめられるか、発表で見せる結果を撮影できるかを考える姿が見られた。

生徒 A	周りを冷やすことによって、発生する熱を抑えることができるのか。
生徒 B	表面積や質量はほとんど変わらないのに、力を込めた時と抜いた時で浮き沈みに違いがあるのはなぜか。
生徒 C	斜面を下る速さと物体の形は関係あるのだろうか。また、なぜボールなどの丸い物体は丸くない物体より斜面を下る速さが速いのか。

図6 生徒一人一人が選んだ課題

(3) 成果と課題 (○:成果 ●:課題)

- 大単元の学習後に行ったアンケート調査では、自分が本当に知りたい「問い」を「見つけられた・まあまあ見つけられた」と答えた生徒の割合は 92%だった。
- 実践後のアンケート調査では、生成 A I のヒントが、「問い」を「課題」に変える上で「役立った・まあまあ役立った」と答えた生徒の割合は 83%だった。教員一人では手が回らない部分を、一人一人の「問い」に合わせて支援できた。
- 生成 A I が示した条件をそのままカードに書き写し、指示どおりに実験を進める生徒がいた。実験の後に「なぜその条件にしたの」と聞くと、その生徒は「A I がそう言ったから」と答えた。生成 A I に任せたことで、「どの条件を変えるか」「その方法でよいか」を自分で判断していないと思われる生徒が見られた。

2 第2次実践「地球と宇宙」

(1) 生成 A I の活用について

第1次実践の課題を踏まえ、第2次実践では生成 A I の使い方に三つの変更を加える。

一つ目は、A I を使う前に、自分で考える時間をとることとした。まず生徒が、自分の「課題」について仮説・実験の計画・モデルの作り方を、A I を使わずに自分で書く。はじめの考えは、必ず生徒自身がつくるようにした。

二つ目は、その計画で本当にモデルを作ることができるかを、A I を使わずに自分の手で試す「探索実験」の時間を新しく設けることとした。理科室で実際に大きさや距離を測ってみると、教室に収まらない、暗くて観察できないなど、自分の計画のどこがうまくいかないかに生徒自身が気付く。ここで出てきたつまずきが、次に A I へ入力する材料になる。

三つ目は、A I に答えではなく、確かめるための視点と数値の例を変えさせることとした。教師が生徒の計画と探索実験の記述を入力し、A I には実験の方法ではなく「自己調整チェックリスト」（自分の計画を自分で見直すための確認表）（図7）を作らせる。「変える条件とそろえる条件は適切か」といった問いとともに、「地球を 10 c m にするなら月は 300 c m 先」といった具体的な数値の例が示される。生徒はこの数値をそのまま使うのではなく、各々が必要であれば予備実験で確かめ、取り入れることで課題が解決できるかどうかを選択、判断してから本実験に進むこととした。

図7 自己調整チェックリスト

項目	第1次実践	第2次実践
A I を使う前	問いを選び、すぐに A I のヒントを受け取る。	仮説・実験の計画・モデルを自分で考え、探索実験をする。
A I の役割	実験の方法まで提案する。	探究をよりよくするため、確認する視点を返す。
A I の後	ヒントのとおりにより予備実験を行う。	予備実験で自分の手で確かめ、計画を直す。

図8 生成 A I の支援のレベルの調整（第1次実践と第2次実践の比較）

(2) 授業で見られた生徒の姿

チェックリストを受け取って計画を直す場面では、モデルの大きさについての話し合いが起きた。生徒はチェックリストにある目安（地球を 10cm にすると月は 300cm 先）を見て計算し、驚きの声を上げた。教科書では隣り合って描かれている天体が実際にはとても遠いという事実、自分の手でモデルを作る中で気付いた様子であった。「教室で再現するには、地球をもっと小さくするか、廊下を使うしかない」と、自分たちで計画を直し始めた。A I の指示を待つ姿は見られなかった。

また、「地球が動いても星座の形が変わらないのはなぜか」という問いを立てた生徒は、理科室の端から端まで使って実験した。地球に見立てたカメラの位置を変えて撮影したが、星に見立てたモデルの位置関係はほとんど変わらなかった。これまでであれば「変化がない＝失敗」と考えてしまう結果である。しかし、この生徒はチェックリストの「モデルの見方」に立ち返り、「変化がほとんどないほど星が遠いということが分かった。もし星が月くらいの距離にあれば、形は変わって見えただろう」とデジタル探究カードに書き残した。

(3) 成果と課題（○：成果 ●：課題）

○ 三時点調査（図 9）で、「地球は、太陽や他の星との『関係』や『位置』で考えるものだ」という見方を選んだ生徒は、単元前の 57.3% から一斉授業後には 45.3% に下がり、探究活動後には 66.7% に上がった。一方、用語の知識は一斉授業の後に 53.3% まで上がっている。知識は増えたのに見方が下がったのは、生徒の意識が「自転」「公転」といった一つ一つの用語に向き、宇宙全体を見わたす見方が一時的に弱まったためだと考えられる。探究活動が、ばらばらの知識をつなぎ直したといえる。論理的に書けた生徒の割合も、探究活動後に上がっている。

● A I の提案を「そのまま使ったか、直して使ったか」を数で調べていない。A I への頼り方がどう変わったかを、数値で示すことはできなかった。

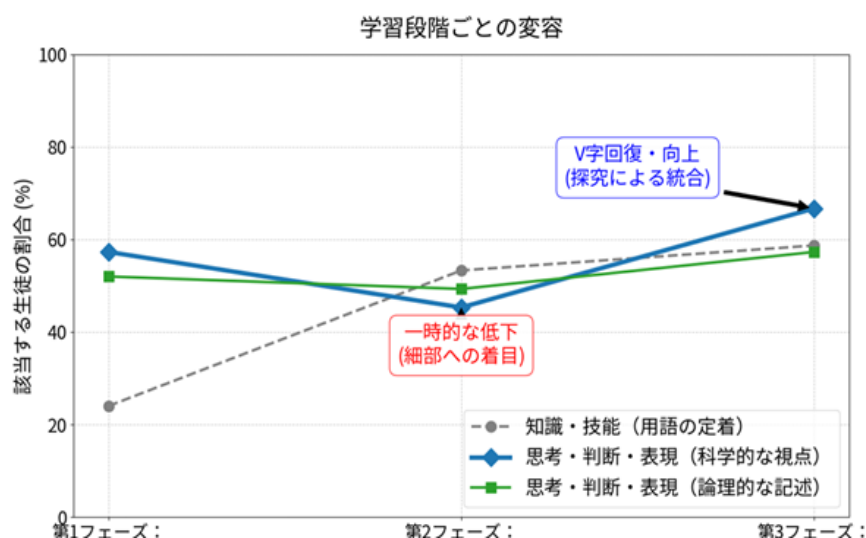


図 9 三時点調査における生徒の変容

3 抽出生徒 E の変容

どちらの実践でもモデルを使った実験（モデル実験）に取り組んだ生徒 E の、それぞれの実践での記述を比較した（図 10）。

第 1 次実践では、原子のエネルギーをスーパーボールの衝突で表す実験を行い、「ぶつかる衝撃がエネルギーになると分かった」と結論づけた。モデルの中で起きたことを、そのまま本物の原子の世界の出来事と同じだと考えている。A I が示した方法をそのまま受け取り、その方法でよいのかを問う場面がなかった。

第 2 次実践では、日食の仕組みについて「太陽・月・地球が一直線に並ぶこと」「新月であること」を実験から導き出した。その上で振り返りに、「天体どうしの距離を実際の比率にそろえられなかったので、この結果が本当に正しいのか疑問が残った」と書いた。実験がうまくいった後で、モデルの限界に自ら目を向けている。結果を出して終わりではなく、その結果がどこまで確かなのかを自分で問う姿であり、よりよく探究を進める姿そのものである。

項目	第1次実践「運動とエネルギー」	第2次実践「地球と宇宙」
実験の内容	原子のエネルギーをスーパーボールの衝突で表す。	日食の仕組みを太陽・月・地球のモデルで確かめる。
生徒Eの記述	ぶつかる衝撃がエネルギーになると分かった。	距離を実際の比率にそろえられなかったの で、この結果が本当に正しいのか疑問が残った。
読み取れること	モデルの中の出来事を、本物の世界と同じ だと考えている。	モデルの限界に気付き、実験の条件が適切か を自分で問うている。

図10 抽出生徒Eの記述の変化

VI 研究のまとめ

実践の前後で行った、「ナゴヤ学びのコンパス」に関する質問紙調査「ScTN 質問紙・通常版（ライト）」の結果の比較（図11）は以下の通りである。

評価項目	主な質問項目	実践前	実践後	増減
本物の学び	普段の生活のことや、社会で話題になっていることを材料に学んでいる。	3.5	3.8	+0.3
	「授業を進めるのは、先生ではなくて、自分だ」と思いながら学んでいる。	3.0	3.3	+0.3
探究の学び	自分の興味や関心に基づいて、自分なりに問いや課題を立てて学んでいる。	3.5	3.6	+0.1
	挑戦と失敗を繰り返しながら、問いや課題の解決に取り組んでいる。	3.7	3.9	+0.2
個別の学び	学習の方法やペースを自分で選んだり決めたりしながら学んでいる。	3.6	3.8	+0.2
	分からないことがあれば、先生が自分に合わせて教えてくれる。	3.5	3.8	+0.3
協同の学び	自分が必要な時に、必要な仲間と協力しながら学んでいる。	4.1	4.4	+0.3
	他の人の考えや意見を自分の学びに生かしている。	4.0	4.1	+0.1

図11 質問紙調査の結果の推移（最大値5、最小値1）

小単元の学習前の「疑問」と、小単元の学習後の「問い」を大単元の学習を通してワークシートに「転がるようなボールの方がボールでない物体より斜面を下る速さが速いのか」という疑問を抱いていた生徒は、「摩擦力が運動を妨げる方向に力がはたらく」という学習を経て、「転がるものの方が斜面を下る速さが速い」という「問い」に変えている。最終的に「斜面を下る物体の速さに形は関係あるのだろうか」という「課題」を設定することができた。このような生徒は112人のうち、第1次実践では82人、第2次実践では99人となった。

質問紙調査では、本研究の課題であった「本物の学び」をはじめ、すべての項目で数値が上がった。実践後の感想には「条件に縛られずに自分で疑問をもち、課題を作り、実験をして、自分が探究したんだって感じた」とあった。「正解を探す学習」から「自分の問いを深める面白さ」へと、学びに対する見方が変わったと言える。

本実践を通して、生成AIは、教師が教える授業から、生徒が自分で学びを進める授業へ変える力をもっている一方で、便利すぎるために生徒が考える機会を奪ってしまう危険もあると実感した。第1次実践では、生成AIの提案をそのまま書き写す生徒がいた。生成AIの提案が自分の「課題」に合っているかを確かめる場が、どこにもなかったからである。第2次実践では、生成AIを使う前に自分で計画を立てて探索実験で試し、そのつまづきをもとに生成AIが返した数値を予備実験で確かめてから本実験に進む順序にした。生徒に身に付けてほしい力に応じて、教師が生成AIの設定と支援のレベルを決めることが欠かせない。今後は、個々の生徒への生成AIの支援のレベルを判断するためにも、生成AIへの頼り方の変化を調べる項目を用意したい。また、生徒の習熟度に応じてチェックリストの中身を変えるなど、一人一人に合わせた工夫を続け、生徒が自分の頭で考え、探究の主導権をもつ授業づくりに挑戦していきたい。

参考・引用文献

森一夫 編著 「21世紀の理科教育」学文社（2003）

文部科学省「中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編」（2018）

名古屋市教育委員会「ナゴヤ学びのコンパス」（2023）

文部科学省「初等中等教育段階における生成AIの利活用に関するガイドライン（Ver.2.0）」（2024）

一般社団法人日本教育情報化振興会・ScTN研究会「ScTN 質問紙調査」 <https://sctn.jp/>（2025年5月16日 閲覧）