

数理的探究における思考のサイクルを回す教材開発と授業提案

—ボールが繰り返しバウンドする現象を題材に—

数学科 天羽 康

次期学習指導要領の改訂において、「理数探究」の新設が予定されており、ICT 機器の活用の充実も求められている。また、「理数探究」に取り組むにあたり、深い探究を伴う教材、ICT 機器を扱うような教材、理科の現象を数学で探究するような教材を蓄積していくことが今後の課題である。

そこで、実験結果の処理が簡単にできる超音波距離センサに注目し、「ボールが繰り返しバウンドする現象」を基にした教材を開発し、実践した。本稿では、教材開発の意図、実践の概要を報告するとともに、高等学校シンポジウムにおいて実践した高校 1 年生を対象とした授業をもとに成果と課題を考察した。

<キーワード> 理数探究 ICT 機器 超音波距離センサ

1. 研究の背景と目的

世界的にも理数教育の充実や創造性の育成が重要視されており、米国等における STEM (Science、Technology、Engineering and Mathematics) 教育においては、問題解決型の学習や探究的な学習が重要視されている。また、次期学習指導要領において、特に数学・理科に関しては、SSH での成果などをもとに、選択科目として「理数探究」が新設されるなど、探究がより一層重視されている。「理数探究」は高等学校の数学・理科にわたる探究的科目のあり方に関する検討から生まれたもので、途中までは「数理探究」という名称であったが、受け身的なものに位置づけられやすい数学での主体的・協同的な学びを実現するとともに、そこでは理科での実験等を生かした指導のあり方なども求められ、「理数探究」に変化している。つまり、数学科の教員は、これまでの数学科での指導のあり方とは大きく変わった内容・方法をチームとして身につけていくことが求められているとともに、数学科および理科の教員との連携が必要不可欠となる。「理数探究」に取り組むにあたり、学習指導要領でも推奨されている「ICT 機器の活用」が有効である。ICT 機器を利用することで、生徒の学習活動や学習内容の幅を確実に広げることを実感するが、日々の授業で常に生徒に ICT 機器を活用させるには環境面からも課題は多い。また、生徒の探究活動を充実させるためには、教員の支援や仕掛けが不可欠であり、これらを仕掛けることのできる教材が必要であり、そこに ICT 機器利用の可能性を見出したい。

文部科学省より 2018 年 7 月に公表された「高等学校学習指導要領解説 総合的な探究の時間編」によると、「問題解決的な学習が発展的に繰り返されていく」ことを「探究と呼ぶ」としている。そして探究は、生徒が「①日常生活や社会に目を向けた時に湧き上がってくる疑問や関心に基づいて、自ら課題を見付け、②そこにある具体的な問題について情報を収集し、③その情報を整理・分析したり、知識や技能に結び付けたり、考えを出し合ったりしながら問題の解決に取り組み、④明らかになった考えや意見などをまとめ・表現し、そこからまた新たな課題を見付け、更なる問題の解決を始めるといった学習活動を発展的に繰り返していく」こととし、「物事の本質を自己との関わりで探り見極めようとする一

連の知的営みのこと」と定義している。なお、①から④の探究のプロセスは「物事の本質を探って見極めようとする時、活動の順序が入れ替わったり、ある活動が重点的に行われたりすることは、当然起こりうることだから」固定的に捉える必要はないとされている。

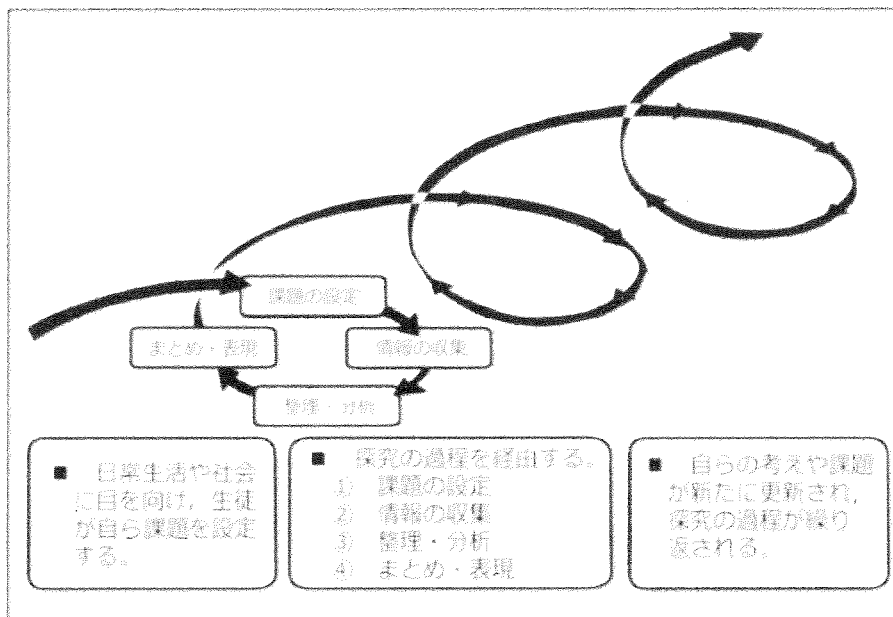


図1 探究における生徒の学習の姿

また、「高等学校学習指導要領解説 数学編 理数編」によると、図2の学習過程を遂行することを「数学的活動」と位置づけ、算数・数学において学習の過程が重要であることが述べられている。この学習過程では現実の世界のサイクルと数学の世界のサイクルの2つのサイクルが別々にまわるよりむしろ相互に乗り入れて発展している。

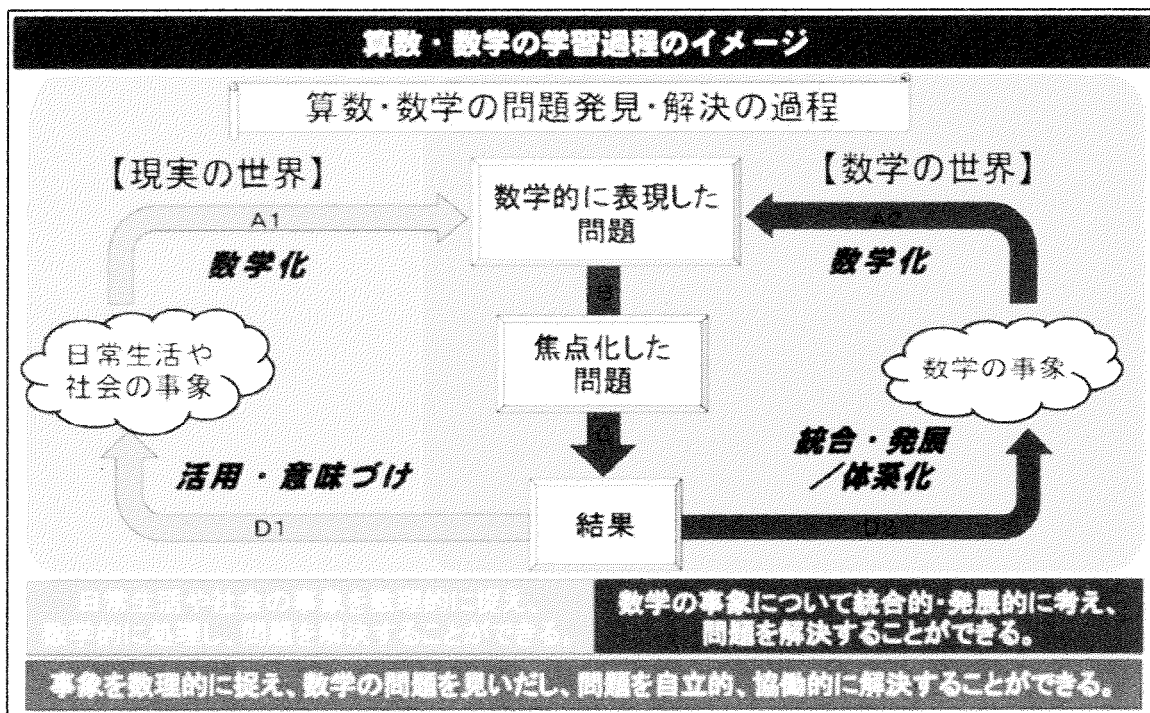


図2 算数・数学の学習過程のイメージ

そこで、本校数学科では、研究の取り掛かりとして実験結果の処理が簡単にできる超音波距離センサとデータロガーを分析のツールとして用いて、2つのサイクルがまわるような教材の開発を行った。

以下、実践で活用する ICT 機器、今年度の実践に関わる数理的探究の成果を報告する。

2. 教材と授業構想

(1) 背景

昨年度の実践では、超音波距離センサとデータロガーを活用することで、正確にデータを収集することができること、すぐに可視化してくれるので実験のやり直しが短時間で繰り返すことができることがわかった。今年度は、可視化されたデータはデジタル的に再利用できる利点を活かし、実験回数を減らしつつ数学の世界での思考のサイクルがまわるような教材の開発を目指した。

ピンポン玉が硬い面の上をバウンドする場合、跳ね返る高さは最初の高さよりも低くなる。中学校数学の二次関数で、物体が落下する運動は二次関数であり、落下しはじめてからの時間を x 秒、その間に落下する距離を y m とすると、 x と y の関係は、 $y = 4.9x^2$ となることは既習事項であるが、深く触れられてはいない。二次関数を学習した高校生であれば、実験の結果を観察することで物体が落下する運動に二次関数が潜んでいることに気づき、それが正しいことを数学的に証明できるのではないかと考えた。さらには、実験の結果を観察することで生まれてくる様々な数学的な問いに焦点を当てることで数理的探究を通して思考のサイクルが深まるのではないかと考えた。

(2) 実践で活用する ICT 機器

超音波距離センサとは、超音波パルスを使用して、対象物との距離・速度・加速度を計測できるセンサである。センサから超音波パルスを発生させて、そのパルスが測定する物体で反射して戻ってくるまでにかかる時間を検出することにより、物体との距離を測定する。同時にその時間差から速度・加速度を測定することができる。

思考のサイクルをまわす上で、超音波距離センサの活用に見込まれる利点は次の3点である。

- ① 正確にデータを収集することができる
- ② 収集したデータをすぐに可視化することができる
- ③ 可視化されたデータはデジタル的に再利用できる



図3 超音波距離センサと接続機器

(3) 教材について

昨年の研究では、超音波距離センサとデータロガーを活用することで、正確にデータを収集することができること、すぐに可視化してくれるので実験のやり直しが短時間で繰り返すことができることがわかった。本年度は、可視化されたデータをデジタル的に利用し、実験回数を減らしつつ数学の世界での思考のサイクルが回るような教材の開発をした。

スタンド上部に超音波距離センサを固定し、ボールが繰り返しバウンドする現象を図4のような実験装置で計測すると、図5のようなデータが得られる。

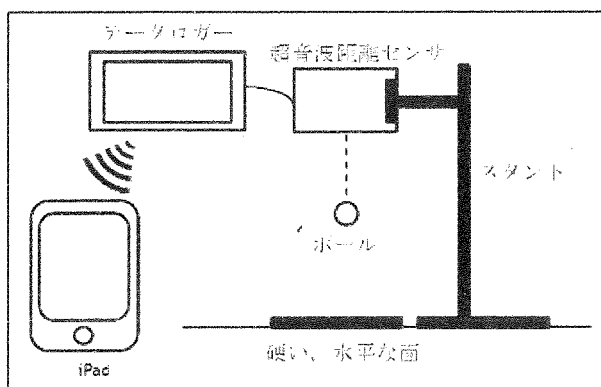


図4 実験装置

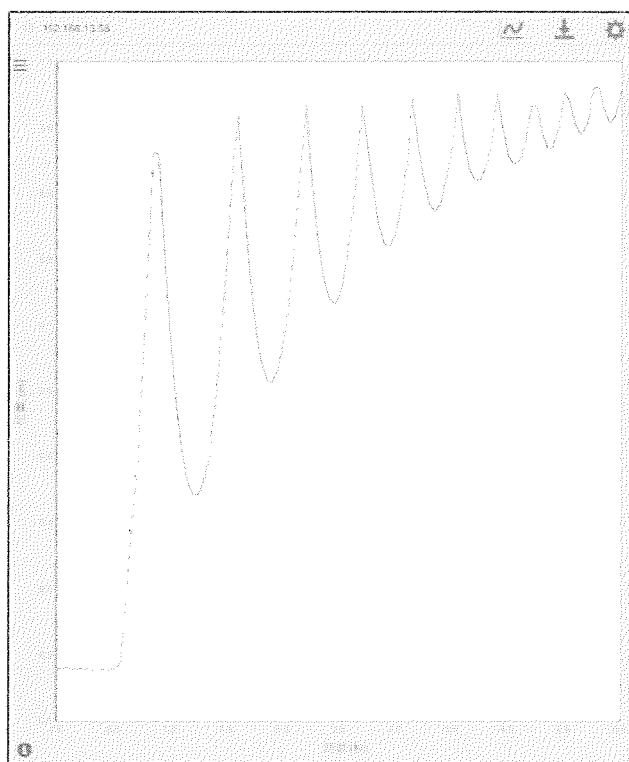


図5 実験で得られたグラフ

この実験結果を観察することで「繰り返し現れる二次関数は相似か合同か」「頂点の軌跡を結ぶとどのような関数になるか」「そもそも地面に接していないように見えるのはなぜか」「頂点における高さの比や時間の比はどうなっているか」といった様々な問いと既習内容に応じた方法で解決することが課題である。

本教材を通して、生徒たちが思考のサイクルが回る授業を提案することが本研究の目的である。

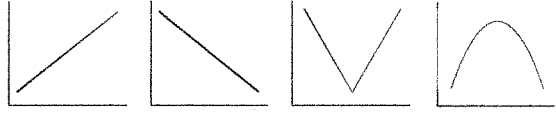

本実践は高校1年生の1学期の学びを振り返りつつ追及できるように、課題を「繰り返し現れる二次関数は相似か合同か」に設定した。

(4) 授業計画

平成30年10月～11月に愛知教育大学附属高等学校の1年全5クラスのうち、2クラスを対象として実施した。本実践はICT機器が不可欠であり、機材の都合のため、同時期に同一教材を実施することは不可能であったため、数学I担当の教員2名のうち、1名の担当2クラスを対象に授業を実施した。なお、生徒は、本実践に入る前に数学I「二次関数」は学習済みであるが、教育課程編成上の関係で、1年生では物理基礎を受講していない。

平成30年度 授業構成 (50分×3時間)

時	テーマ	学習活動
1	超音波距離センサについて知る。グラフから運動を読み取る。	導入 超音波距離センサの仕組みを知る。 超音波距離センサ、AirLink、iPadの接続方法と起動方法を教える。 超音波距離センサが測定したグラフの読み取り方やデータの読み取り方を学ばせる。

		<p>活動 1 グループでの活動</p> <p>どのように動けば、次のグラフのようになるだろうか。予想してみよう。</p>  <p>個人で予想したことワークシートに記入させ、グループ内で発表し合い、実験の方法を決定する。超音波距離センサを利用しながら各グループで協力をしてグラフを作成させる。どのように動けば右上がりの一次関数、右下がりの一次関数、折れ線、二次関数になるかを考えながら体で表現させる。</p> <p>いくつかのグループの実験結果をプロジェクターで投影させ、どのように工夫したかを発表させる。</p> <p>活動 2 グループでの活動</p> <p>複雑なグラフに挑戦してみよう。どのように動けばよいか予想してみよう。</p>  <p>個人で予想したことワークシートに記入させ、グループ内で発表し合い、実験の方法を決定する。超音波距離センサを利用しながら各グループで協力をしてグラフを作成させる。どのように動けばグラフがかかるかを意識しながら体で表現させる。</p> <p>いくつかグループの実験結果をプロジェクターで投影させ、どのように工夫したかを発表させる。</p>
2	<p>ボールが自由落下する現象はどのような関数か。</p>	<p>導入 本時の課題を理解させる</p> <p><発問> (ボールの斜方投射や自由落下を見せ) これを超音波距離センサで計測するとどのようなグラフになるだろうか。予想してみよう。</p> <p>個人で予想したことワークシートに記入させ、グループ内で発表し合い、実験の方法を決定する。</p> <p>いくつかのグループに発表させる。</p> <p><予想される解答></p> <ul style="list-style-type: none"> ・二次関数である ・一次関数である

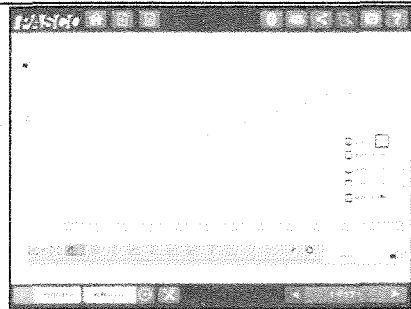
		<p>活動 1 グループでの活動</p> <p><発問> 実際に二次関数になるのだろうか。実験を行い、計測してみよう。</p> <p>超音波距離センサの動作確認をさせる。</p> <p>ボールを自由落下させて時間と距離のデータを計測し、どのような関数になったか話し合わせる。サンプリング回数の変更や画面の拡大・縮小の仕方については生徒の様子を見て適宜教える。いくつかのグループの実験結果をプロジェクターで投影させ、二次関数とみなせそうだということに気づかせる。</p> <p>活動 2 二次関数の決定</p> <p><発問> 二次関数であるならば、定式化を行いたい。どうすればよいだろうか。</p> <p>グループ内で話し合わせ、数学 I「二次関数」で習ったことを振り返らせる。頂点（らしき点）と 1 点、または任意の 3 点を利用すれば二次関数を導出することができることを確認させ、計算させる。</p> <p>活動 3 グループでの活動</p> <p>測定したデータを用いて手計算で解くことが困難であることを実感させ、回帰機能を利用して定式化させる。</p> <p>まとめ</p> <p>物体が自由落下する現象は二次関数とみなしてほとんど誤差がない。さらに、時間があれば上手に投げ上げをしてみると上に凸のグラフが出来上がるはずということを確認させる。</p>
3	<p>ボールを繰り返しバウンドさせたとき、それぞれの二次関数の関係を調べよう。</p>	<p>導入 本時の課題を理解させる</p> <p><発問> 前はボールを 1 回落としました。今回は繰り返しバウンドさせます。（ボールを繰り返しバウンドさせた様子を見せ）どのようなグラフになるだろう。</p> <p>個人で予想したことワークシートに記入させ、グループ内で発表し合う。</p> <p>いくつかのグループに発表させる。</p> <p>活動 1 グループでの活動</p> <p>距離センサの動作確認をさせる。</p>

ボールを落とす高さやサンプリング数などを話し合わせ、実験を行わせる。どのような結果になったかを発表させる。

活動 2 グループでの活動

<発問>

計測されたグラフから、どんなことに気づきましたか。



各グループの中で意見を出させ、話し合わせる。

<予想される解答>

- ・二次関数が繰り返し現れている
- ・現れた二次関数が似ている（相似）
- ・現れた二次関数が同じ（合同）
- ・頂点の高さの減衰に法則はあるのだろうか
- ・頂点を結ぶと二次関数になるのではないだろうか

複数の気づきや意見が出た場合、高校 1 年生の 1 学期の学びを振り返りつつ追及できるように、課題を「繰り返し現れる二次関数は相似か合同か」に設定する。

<発問>

繰り返し現れる二次関数は相似か合同か。

各グループの中で意見を出させ、話し合わせる。

<予想される解答>

- ・相似である
- ・合同である

<発問>

相似とはなにか、合同とはなにか。

各グループで相似と合同の定義を確認させ、発表させる。

相似

- ・相似は形が一緒だけど大きさが違う
- ・対応する線分の長さの比はそれぞれ等しい
- ・対応する角の大きさはそれぞれ等しい

合同

- ・合同であれば重ねたらぴったり合うはず
- ・対応する線分の長さはそれぞれ等しい
- ・対応する角の大きさはそれぞれ等しい

		<p>活動 3 グループでの活動</p> <p><発問> 相似か合同かを解決するためには、どこに注目し、何がわかればよいか。</p> <p>各グループの中で意見を出させ、話し合わせる。 いくつかの班の代表に発表させる。</p> <p><予想される解答></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ グラフを重ねてみる ・ 平方完成して、平行移動する ・ 回帰機能を利用して、二次関数の係数を比較する <p>ことでそれぞれの二次関数が合同であることに気づかせる。</p> <p>活動 4 グループでの活動</p> <p><発問> 回帰機能を利用して二次関数の係数を比較してみよう。</p> <p>各グループで回帰機能を利用して二次関数の係数を比較させる。 係数が近い値を取っていることその意味について声掛けを適宜行い、気づいたことを共有するように促す。 クラスを代表して、1つのグループに係数がどうなったかを発表させ、そこから気づいたことをクラス全体で共有する。</p> <p>まとめ</p> <p>「二次の係数 a の値に着目すれば、(誤差がありつつもほぼ) 同じ値を取っている」ことに触れるが、教員からの解説は行わずに、あくまでも生徒が納得して解決できるまで意見を出させることに留意する。必要に応じて、「二次の係数 a の値に着目すれば、それぞれの二次関数は(誤差がありつつもほぼ) 合同で、1つの二次関数を平行移動したものが連なっている」ことや「すべての二次関数は相似であること」に触れる。</p> <p>今回挙げた様々な問いについては、次年度以降に取り組むことを予告する。</p>
--	--	---

3. 実践とその分析

(1) 実践の中での生徒の反応から

以下、高等学校シンポジウムにおいて公開授業で行われた3時間目の授業展開に沿って、生徒の学習活動の様子を取り上げ、考察した。

1) 気づきや問いの可能性

中学3年生でこだわりを持って相似・合同を扱っていた高校1年生にとっては受け入れやすいと想定して取り組んだところ、実験結果のグラフを見ることで、繰り返し現れる二次関数が「似ている」「同じ

だ」という声が自然と出た。「繰り返し現れる二次関数は相似か合同か」は自然な問いとして妥当であることを確認できた。また、その他にも「地面に接地する瞬間の高さのデータが異なるのはなぜか」「頂点の軌跡がどのような式になるのか」「バウンドが止むまで続けたらどうなるか」といった、注目に値する事実や問いが多いことがわかった。それらを元に、生徒がグループ等の中で多様な探究を展開するためのきっかけを提供してくれると判断できた。

2) 思考のサイクルの可能性

実験結果は簡単に処理できるため、なるべく生徒に任せて、自分たちで試行錯誤しながら解決させた。少なくとも実験機器を十分にセッティングして自分たちなりの答えを出すということは上手くできていた。「ただ単に問題を解いて終わり」ではなく、予想からはじまり、実験し結果から規則性を発見するまで学習の一連の流れを体験させることができた。その理由として、扱っているグラフが自分たちの実験で得られたデータである点大きい。与えられた問題を受け身で解いているのではなく、自分たちのグラフだから、自分たちでどうにか解決しようという強い気持ちがあったように思われる。

「繰り返し現れる二次関数は相似か合同か」について、生徒から次のような発言があった。

「繰り返し現れる二次関数は相似か合同か」生徒の発言より

T:こうすればわかるんじゃないかなという人いますか？はい、S1さん。

S1:最初、合同かなって思ったんですけど...あの、前に出てもいいですか？

T:どうぞ。

S1:ここ(一番左の放物線)とここ(左から二つ目の放物線)を重ねたときに、たぶん重なりはするんですけど、途中までしかないから...この形は一致するけど大きさとかは一緒じゃないから相似なんじゃないかなって。

S(全員):(えーすごーい)

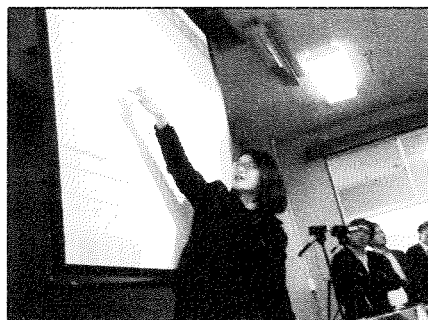
T:みなさん、どう思う？はい、じゃあS2くん。

S2:左側の大きい放物線ですけど。「伸ばしたら一緒になる」っていうことは、式が一緒だということじゃないですか。あの一。「伸ばしたら合同になる」っていうのは形の話で、二次関数としては式が同じだったら合同だと思います。

S(全員):(あー)

T:どうわかった？では次に、S3くんに聞いてみましょう。

S3:この二次関数は範囲決めはされていないから。どのグラフであれ、永遠に続くから。例えば、一番右の、そのちっちゃいやつを一番左に持って行ったとしても、一番右はずっと永遠に続けているから、すっぽりはまるということで、傾き(ここでは二次の係数 a の値を指している)も同じだし、すべての傾きが同じだから合同じゃないかなって。



実測値の処理においては、必ず誤差が生じる。とはいうものの、今回の現象において、それぞれの二次関数の二次の係数 a の値はかなり共通の値をとっている。どこに注目すれば、合同と言えるはずかという推論を展開していくことができるなど、数学の特徴を主体的に議論することで、思考のサイクルが深まっていくことを確認できた。

3) ICT 機器をうまく使いこなすことができたか

ソフトウェアのフィッティング機能の利用やサンプリング回数の変更をし、実験・検証を的確に進めることができた。また、ボタンを押すだけで解決できるわけではなく、グラフを拡大しなければ観察できないことに生徒自身が気づき、操作することができた。普段からスマートフォンやタブレットの扱いに慣れている生徒にとっては拡大・縮小は「当たり前に行える操作」の一つであると考えられる。デー

タを読むだけでも生徒たちなりの対話が行えたと言える。3時間の授業ではあるが、生徒たちはアプリケーションをかなり円滑に使うことができた。しかし、思いもかけずアプリケーションが突然停止し、記録が消えてしまうなどのソフトウェアの問題も多々起こった。随時保存したり、スクリーンショットしたりするなど、データの残し方に関して工夫することや予備の機械を用意することで解決できると考える。

(2) 授業実践後の生徒のアンケート結果

授業終了後、以下の項目で自由記述式のアンケートを行った。

1) 授業全体（3時間）についての感想

・授業中にグループ内の個人個人、またはグループごとで意見交換をすることで、新しい考え方、求め方、調べ方をいくつも知ることができ、すごくいい学習方法だなと思いました。一人ではできなかったような問題も解くことができたり、意見交換をすることで、組み合わせで新しい考え方が生まれたりとすごく新鮮な気分で授業を受けることができました。

・距離センサを使ったことがなかったし、きれいなグラフを作ろうといろいろと工夫ができて楽しかった。自由落下の二次関数のグラフをつくるのがとても難しかった。

・教科書やノートだけでなく、自分たちでどうなるかを考え実行したので、楽しく学べたし、意外と難しかった。

・班で話し合いをして答えを出したり、実験をするのはとても楽しかったです。数学の授業でこういった機器を使うことはしてこなかったので新鮮で面白かったです。

・今まで習ってきたことをいろいろ使って考えることができてよかった。普段の授業とは違って、みんなまで相談しながらできたのでよかった。

・中学の理科で右上がりの放物線を作ることは予想できたが、他が難しく、どのように作るか試行錯誤するのが楽しかった。

・班の子とのコミュニケーションを取りながらの授業だったので、クラスのことも深められたし、内容もみんなと教え合ってしっかり理解できるようになった。

・とても楽しかったです。班の人と協力して意見を言い合いながらグラフを作り充実した授業でした。

・1時間目の自分たちでグラフを作る授業は、班で試行錯誤しながらできて楽しかった。2、3時間目は、今まで学習した二次関数を用いたりして、難しかったけれどやりごたえがあった。

2) 実験を行う授業や ICT 機器（超音波距離センサ）を使った授業についての感想

・結果だけ言われるより、自分で過程を実感できてわかりやすかった。グラフが、なぜそうなるのか、どうなるのかよく考えることができたので、想像する力が少し身についたと思う。

・課題に対してどうすればよいかを自分たちでやってみたので楽しかった。

・グラフをきれいに作ることができず、難しかった。でも、頭だけでなく体を使って実験をするのはとても楽しかった。

・それぞれの二次関数の頂点を結ぶとどのようなグラフになるか気になった。

・いつもと違った感じで、体感するような授業だったので、とても分かりやすく、理解が深められた。

・考えるだけでは分からないことを実際にやることによって理解できたから、とてもよかった

・等加速度運動で二次関数が出てくるのは予想できた。それらの頂点を結ぶと二次関数になると思う。

・言葉や文章で述べられるより、実際に行った方が理解できるように感じた。より詳しく結果が出てく

るので達成感もありました。初めは予想通りにいくかと思っていたが、実際には違っていた。その結果について、一度どうしてか考えることができた。

・とても難しかったけど、試行を重ねるにつれて、だんだん構造が分かるようになってきて、上手にグラフが作れるようになりました。

・ボールの落下や投げたときは二次関数が関係していることがわかった。プラス理科とも関わっている。(等加速度運動)

・イメージから予想を立てて実験することで過程が分かるので、新しい見方を見出せる力が付いたと思う。

3) 気になったところ、追究したい課題

・なぜ床の高さ(床と距離センサの距離)は変わらないはずなのに、グラフのようにこの部分に高低差があるのか気になった。

・連続して放物線ができたときに、相似じゃなくて、合同になることをもう少ししっかり理解したい。

・ボールを上から落としたときの弾みの減り方にも特徴がありそうだと思ったので、もっと追究してみたい。

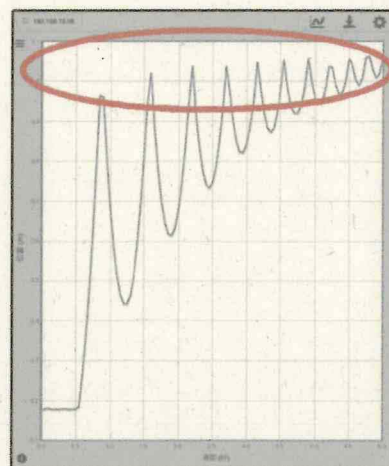
・ボールを落としたときに、徐々に頂点の高さが下がっていく。つなげると一直線になる？

・ボールの大きさや重さを変えたらグラフはどうなるのかやってみよう。

・ボールを高い所から落とす場合と低い所から落とす場合で違いはあるのか。重たいボールと軽いボールでグラフは変わるのか。

・頂点を結ぶとどんな式になるのか見てみたい。

・数回バウンドしたときのグラフはほぼ同じだったけど、バウンドが止むまで続けても同じなのかと思いました。



4) その他(希望・改善してほしいこと)

・普段の授業でもこのようなやり方の授業をたまにでいいのでやってほしい。

・もう少し他の班の人の考えや方法を知りたかった。

・まだこの授業がしたかった。

・毎回班員が同じなので出来に差ができてしまう。

・色々な距離についてのグラフを作ってみよう。

(3) 第1分科会研究協議会参加者感想(回答参加56名)

本実践(3限目)は、愛知教育大学附属高等学校「第38回高校教育シンポジウム」にて授業公開した。その後、研究協議会を実施し、その参加者から以下の項目で感想をいただいた(回答参加56名)。

1) 公開授業について

・実験を通した学び合いの授業で大変参考になります。

・関数(曲線)の合同、相似(どちらでもないも含めて)については、もう少し知識があってから問かけのべきかと思いました。(あるいは発問を「合同であることを言うにはどうしたらよいか」とする

か)

- ・数学と物理の複合教科のような授業で合科的な取り組みとして考えの幅が広がった。
- ・現実に見える数学として、生徒自らが課題を見つけ、解決しようとする様、また、自身の主張の正しさを示そうとする様に素晴らしさを感じました。今回の授業を作るにあたり、日頃はどのような指導をされているのか、またどのタイミングでこのような内容に取り組みさせるのか、非常に興味があります。
- ・距離センサーを用いた実験で、直感的に、リアルタイムに結果が分かる点は、生徒の理解を助けるように感じました。距離センサーだけでなく、他のセンサーでも実施できそうで興味が湧きました。
- ・話し合いの中で、生徒の解答を、先生が「数学的には～」と言い、上手く誘導されていました。講義形式と違い、結論を出すことに急がず、質問を多く投げかけることで、考える時間が確保され参考になりました。
- ・なかなか進学校ではできない課題学習。大学入試に対応できる授業はしっかりとできているのでしょうか。データの中のそれぞれの放物線を実際に切り取って平行移動させ重ね合わせることができたらと思ったら、グラフに合わせると $y = ax^2 + bx + c$ の a 、 b 、 c の値が求まるアプリがあり驚いた。「傾き」と発言があった時に、「微分の話へ進むのか」と焦った。
- ・物理基礎を学習する前に行くというのがとても面白かったです。次年度の物理基礎と有機的につながりそうです。
- ・意見を活発にかわす生徒さん達を見て、普段から思考力を育てる授業をされていることが伝わってきました。数学科にとどまらず、「総合的な探究の時間」、「理数探究」の内容としても参考になりました。もっと自分も授業力を磨かなくてはと改めて思われました。
- ・物理の内容を数学的に考察することが大変参考になった。
- ・生徒が機器を活発に活用していて感心した。ボールのバウンドを用いた授業の前後は何をやっているか気になった。
- ・何より生徒が目をは輝かせて取り組めていて、素晴らしいと思いました。私は日頃、実験をさせる授業ができていないので、生徒が実体験をできるよう工夫していきたいと感じた。
- ・生徒がグループで活発に意見交換していたので、普段の授業から対話的なことを行っているのだと感じました。また、自然現象のすばらしさを生徒が体験していたという点で、数学に対する興味・関心が深まる内容だったと思いました。
- ・とても生徒が興味を持てる教材であると感じた。身の回りにある物を数学的に捉え、グラフにおこし、話し合う活動において、教員が最終的に答えを言わないことが生徒の自主性を高めると感じた。生徒間のコミュニケーションが活発にできていたことは、普段から行われているのだなと感じた。
- ・広がりのある授業で大変参考になりました。二次関数の相似についてだけでも、1時間の学習になる気がしました。
- ・二次関数のグラフと連結させて考える、物理と繋げて指導することの大切さを感じることができました。
- ・グループで実験をし、データを活用して考えを深めていくという内容で、グループで行うことの良さを感じました。しかしながら、今日の授業で何を学んだのかわからず、「理数探究」のように見えてしまいました。

2)分科会研究協議会について

- ・3年間を通した指導を前提とした、ある授業の中でのモヤモヤ感は、これから我々が意識的に作って

いく必要があると考えています。

- ・授業の中でどこをポイントにするかで展開が変わること、意図する指導の違いを知ることができた。物理との兼ね合いが今後どのように進んでいくかが楽しみである。

- ・数学を学問で見るのか、教育で見るのかで授業のつくりが大きく変わると感じました。生徒の成長、探求心を探るという意味では、今日のような茶を濁すような投げかけもよかったと思います。

- ・自分が理科の教員なので、数学の教員、学生の意見を聞いて、違う視点の考えがありました。

- ・「寸止め」で生徒たちの探求心をくすぐることができているのか。他教科の授業を受けてせっかく目覚めた探求心が消えてしまっていないだろうか。日常生活でいつ数学を利用しているのか。受験だけでないこと、微積が何に役立つか教えらえるといいと思いながら授業する毎日である。

- ・パラメーターと値をしっかりと意識させるとよいと思う。何を見ているのかに注目させたい。1次関数…何が何の1次関数。このまま追求を生徒にまかせてしまうと、ちょっと生徒の思考が発散してしまうのかなと思った。というかこのままだと忘れられてしまってもったいないのかなと思った。もう少しフォローが必要なのでは。授業計画当日配布資料p.4によれば『合同を確認する』とあったので。

- ・学びに向かう力というキーワードを思い出しました。授業の「モヤモヤ」が次の授業への学習意欲となると私は感じました。科学と数学とのつながりを生徒が感じられることが、本当の意味での理数教育の充実なのかなと思いました。

- ・種まきの仕方や他教科、他分野とのつながり、生徒にとどくまで教え、何を考えさせるのかと様々なことを考えさせられた。

- ・教科横断的な内容で、生徒の学びにつながると感じました。「日常とのかかわり」「学んだ後の余韻」という2点は私もさらに意識していきたいと思いました。生徒が自分の意見を持ち、表現するよいトレーニングだと思います。

- ・あえて答えを言わず、生徒に考えさせることで主体的な学びを誘うことができるということを学べました。本時の目標として生徒に何を学ばせたいかを明確にすることは大事だと思いました。

- ・今ある知識の中で、いかに教員がいろいろな知識を使った発問が投げられるのかが、重要だと感じた。1時間で発問は終わらせず、前後のつながりを持たせることで、生徒間での話し合いのゆとりを持たせることが大切だと感じた。

- ・単元として何ができるようになったのか、また、子どもの意欲を高める工夫について考える機会になりました。

- ・これからこういった教育のやり方が求められていくのか自分の中で少し明確になりました。

3) その他について

- ・センターの研究、研修にも活用させていただきたいと思います。

- ・前任校の教え子のがんばっている姿が見られよかった。どの教科もICTを用いて行っているのだから、本校でも取り入れてやっていきたい。

- ・昨日に愛知県数学教育情報委員会が横須賀高校であり、反転授業（予習型授業）の研究授業を参観した。ICTを活用した授業の方法も様々だと感じたが、とにかく準備が大変だと思う。教員の多忙化が叫ばれる中、全ての教員が準備できるか、一人の教員が作成したものを他の教員が活用できるか。

- ・本稿も、理数探究の授業に向けて動いており、今回のシンポジウムの内容は大変参考になりました。

- ・相似、合同。厳密にいうとどちらでもない。一部が合同ですね。女性の生徒がその意見言っていました。スルーでした。

- ・各教室にプロジェクターの備え付け、スクリーンがあることは ICT 教育を行う環境としては適していると思った。
- ・STEM 教育について、教員間のつながりを通して、いろいろな視点からものを見させてあげることが大切だと感じた。
- ・設備が整っていないとできない授業だと思います。しかし、子ども一人一人が主体的に取り組みことができる重要性を感じることができました。

4. まとめと今後の課題

本実践では、ICT 機器の活用を前提とした問題解決型の教材を開発し、生徒の学習の様相をまとめた。生徒にとってはハードルの高い、自由度の高い課題であったものの、生徒の学習は活発で、概ね自分たちなりにデータと向き合う生徒が多かった。実践のアンケートでも「試行錯誤するのが楽しかった」「もう少し時間がほしかった」といった前向きなコメントが多く、実験に対して意欲的に取り組む姿が印象的であった。加えて、得られたデータから推論することで数学的な思考のサイクルがまわっていたといえる。また、実験で得られたグラフを基に感じることや予想が多様になり課題の適切性を実感することができた。

一方、このような問題解決型の学習では、「何を学んだか」が生徒によって異なることや明確にならないことが課題として挙がる。協議会でも「落としどころ」が話題に上がったが、生徒のアンケートにもある通り、この活動自体に価値を感じている生徒が多かった。

最後に、ICT 環境の整備を課題としてあげる。今回のような実験を行い、解析させるにあたっては、テクノロジー活用が不可欠である。今回の授業では、利用する機器に関しては、8 セット（主として 5 人 1 組）を愛知教育大学理科教育講座の岩山勉教授から貸与されているものを使用することができた。分科会研究協議会でも「ICT を活用した授業の方法も様々だと感じたが、とにかく準備が大変だと思う。教員の多忙化が叫ばれる中、全ての教員が準備できるか、一人の教員が作成したものを他の教員が活用できるか。」といった話題が上がったが、多くの学校ではハード面、ソフト面、サポート体制ともにまだまだ課題が多い。

5. 謝辞

本実践を行うにあたり、教材の着想から授業設計や実践について、ご指導いただきました愛知教育大学数学教育講座の飯島康之先生、環境整備についてご指導いただきました愛知教育大学理科教育講座の岩山勉先生にお礼を申し上げます。

参考引用文献

文部科学省：「高等学校の数学・理科にわたる探究的科目の在り方に関する特別チームにおける審議の取りまとめについて（報告）」、2016 年

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/070/sonota/1376995.htm

文部科学省：「次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめ（第 2 部）」、2016 年

http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2016/09/09/1377021_1_4.pdf

文部科学省：「高等学校学習指導要領解説」、2018 年

http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1407074.htm