

令和4年度「理科モデル授業オンライン研修会」合同研修会概要

2022年8月11日（木・祝）13時～17時

会場：埼玉大学教育学部・岐阜大学教育学部

参加57名（大学内51名、オンライン6名）{学生23名、教員34名}

1 開会挨拶（小倉康埼玉大学教授）

埼玉大学と岐阜大学をネットワークでつなぎ、それぞれの大学で対面での参加も可能とした。従来の研修会のモデル授業は、中核的理科教員の授業実践力を対象としたものであるのに対し、この合同研修会は教材研究力に焦点を当てたものである。優れた教材研究は指導法と同じく、すべての教員が追究するものである。両県の4名の中核的理科教員からこれまで工夫してこられた教材を紹介していただく。優れた教材や指導法を知的財産として共有化することで、広く理科教育の向上に資することとする。全国の理科を教える理科教員に広く活用していただきたい。

2 セッション1 「知って良かった教材や指導の工夫①」 @岐阜大学会場

<1>講師 篠田耕佑氏（大垣市時小学校教諭）

テーマ 「地学事象の規則性を捉えるモデル教材の開発」

1) 自作教材を作成するにあたって意識していること

地学領域では、自然の力は規則性を持つが不規則でもあり、この成り立ちを解き明かすところに楽しさと面白さを感じる。しかし、それらが長期間であったり範囲が大きく変化し続けているものであったりして、再現が難しいところが、また地学領域の難しさであると感じる。

そこで、①成り立ちを解き明かすために、観察して捉えた事実やその原因を子どもたちが明確にできるもの、②目の前のモデルと子どもたちの捉えた事象が結び付けられるもの、③教室などの大きさや範囲に合わせたコンパクトでかつ事象が子どもたちの印象に残るインパクトを与えられるものを意識して、自作教材作成に取り組み、進めている。これら3点は子どもたちの思考に沿ったものである必要があり、自作教材を作ったからそれを使って示すのではなく、子ども自身の問題解決能力や知識の育成につながるための手立ての一つとして位置付けている。

2) 3つの実践の紹介 小学校地球分野における自作教材とそれを用いた授業づくりの紹介

①第6学年「大地の変化とつくり」

地層を観察し、どのように地層ができるかを明らかにするための教材である。1回土を流すことで地層が一層できることの意味を大切にとらえることに留意した。層を作ることが目的ではなく、層ができる間隔についても意識をさせながら、目の前の事象と自然の事象とをつなげて考えさせるようにした。



図1 地層の作成

②第3学年「太陽とかげの動き」

スタイロフォームで中心をくりぬいた円盤を作り、太陽に見立てた発泡スチロール球、三角錐、懐中電灯などを用い、かげの位置を記録し、太陽の位置の変化の規則性を見出すことを目標とした。自分で観察記録をとったり自分が太陽になって観察記録と同じ影をつくったりすることにより、「太陽」と「もの」と「かげ」が一直線になることから、位置関係を考え、考察を深めた。

③第6学年「月の形と太陽」

使い方を変えた②の円盤を活用し、ボール（月）、観測者（地球）、ライト（太陽）に見立て、光を当てたところからものの形を見たり、自分の手を使って高さを確認したりした。月の位置と形を記録したり、方位磁針で方位を確認し、観察記録を作成した。このモデル実験では、太陽の位置を西に固定するために18時頃の観察を行った。円盤の中から光に照らされた球を見ることで、「太陽」と「月」と「自分」の位置関係の変化を

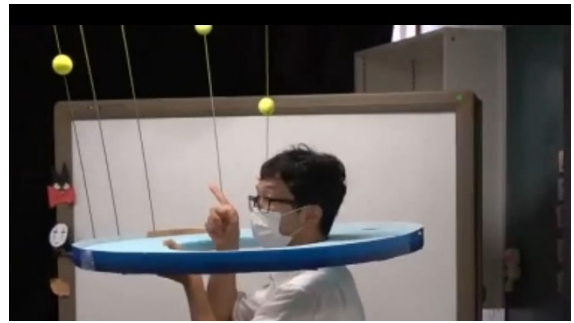


図2 円盤の中から光に照らされた球を見る

捉えることができ、観察して得られた事実と、モデルで得られた結果がぴったり重なることを体感できた。モデルを見ている時は月を見上げる状況と等しくなるよう工夫した。第3学年と第6学年でのモデルの使い方は異なるが、観察記録と円盤型のモデル使用は規則性を見出すのに有効である。

4) 今後に向けて

子どもの論理的な問題解決の過程と自作教材の使い方において、子どもは自分の仮説を解決するための方法を発想する。子どもの資質能力を育成するために、問題解決の過程に沿うように、教材を提示していくことが大切と考える。

感想：第3学年は生活科を終えたばかりで 子どもたち自身が記録をしていくという学習活動に生活科からのつながりを感じ、大変良かった。

感想：子どもたちのなぜ？を踏まえ、地球教材を作るとよいのはわかっているが、なかなか時間が無くてうまくいかない状況にある。地学の流水のところの実験で、詳しくスライドで説明しており、自分でも取り組みそうだと感じられた。

感想：流水の実験を是非してみたいと感じた。

感想：太陽とかげとの関係で、子どもは夕方に影が伸びていることは意外と目にしていると感じている。今回のモデル教材は、このことを活かして気付けるように導くことができると感じた。

質問：太陽のかげの記録から太陽の高度を調べる学習活動において、実際の事象と実験室のモデルとでは相似の関係にあると思うが、その関係の理解に低い学年での混乱はなかったか？高度について、小学校第3学年、または第6学年で十分な理解ができたか？

講師：観察をする前に、子どもたちは教科書に示されるように太陽の高度とかげの長さについて、自分自身の体を使って関係を考える活動をした。相似という言葉は使わなかったが、子どもたちからは、「大きな三角形ができています」と声が挙がり、三角形を多く見つけるという活動の中で、目に見えない大きな線を結び、大きな三角形の存在を想像して、モデルでも抵抗なく理解を深めることができたと考える。

質問：流水・地層の実験はコンパクトでわかり易いが、広がりについてどのように子どもたちは捉えたのか？

講師：実験器具の示す方向は、切り取って横から見たところが繋がっている状況を示すものがアクリル板から見られる。それらが繋がっている状態にあることを説明し、広がりという意識を持たせた。

質問：資質・能力や子どもの主体性に関連し、子どもの思考の実態を聞きたい。透明半球を用いた実験手順と似ているが、今回はそれにスケールがあり、教材の工夫を感じた。透明半球を用いると、数が揃えば一人に一つずつという教材の提供が可能だという利点がある。この教材な

らではの利点を知りたい。

講師：このモデル教材の使用により、球の位置と影の位置と、自分が実際に観察したモデルから示される位置とで直線をイメージし、モデルでも相似を示す三角形の存在を捉えることが可能となった。実際の自然事象や身の回りの木や建物においても、三角形のイメージを描くことができたことから、このモデルの使用により自然現象の規則性に繋がられたのではないかと考える。スケールが大きいからこそ気づくことができたのではないかと考える。

〈2〉講師 高木健氏（関市立小金田中学校教諭）

テーマ 「運動とエネルギー」の自作教材と授業実践

中学校第3学年の「力と運動」の単元における自作の斜面教材で、力が働くことによって運動が変化することを直感的に理解させる授業の紹介である。教材を作ることが目的ではなく、知識・技能を身に付けさせるために、またこのような力を付けさせたいという願いの裏に、教材開発があると考える。

1) 理科における誤概念を克服することの重要性

学習者は物体の運動方向に必ず力が働いているという自然法則に反した考え方をもちやすく（MIF 素朴概念（J.Clement（1982））、そうした考え方をなかなか変えられないところが、この運動の単元における学習の最大の難しさだと考える。

2) 子どもに身に付けさせたい力

学習指導要領によると、子ども自身が「見だして理解すること」と記載されている。「子どもに探究の過程を通して見出させたい。」つまり、子ども自身が既習内容を適宜振り返りながら、子ども自身が運動と力の規則性を見つけていくことが目標である。授業が終わった時、斜面を下る台車がだんだん速くなるのは、①進行方向に ②一定の大きさの力が ③働き続けているという点を子どもに見つけさせたいという願いから、この教材開発が始まっている。

3) 「台車定加速装置」の開発と単元構想

教科書によっては各社多様なアプローチが見られる。「斜面における運動は力によるもので働いていること」を振り返らせることを特にねらいとした。

力についての基本事項をまず教え、斜面で角度を変えることも含めて、子どもたちに徹底的に遊ばせる。〔①力の基本的な性質〕「なぜそうなるのだろうか？」という疑問を子どもたちから出させるように導いた。そこで、引っ張り続ける力を加えるための装置を取り付けて実験を行った。データのグラフ化により、同じ形になることがわかる。〔②運動の規則性〕斜面の運動も重力によって引っ張られたことを体感させたい。〔③運動の規則性と力の働きとの関連性〕開発した「台車



図3 台車定加速装置 +おもり



図4 台車定加速装置+力学台車

定加速装置」を用いて、同じ大きさの力で台車を引っ張り続けた時に、一定の割合でだんだん速くなることを記録させ、運動の規則性に、力の働きが関係していることを定着させる。〔④力の働きを変化させたときの運動の変化〕このような展開で生じうる間違っただけの考え方や不要な考え方をできるだけ防ぎ、排除する工夫をして、学習内容の整理を目指した。

感想：台車を子どもたちに色々動かすように試させて、自分も自然現象を沢山試す機会を与え、その中で疑問を出させるようにしたいと感じた。

感想：どのように学ばせることをデザインするかが大切だと感じた。紹介された素朴概念は最もで、力で運動や向きや速さを捉えていくことの重要性を改めて感じた。

感想：等速直線運動を敢えて混ぜたデータがあり、比較検討するのも一案と考えた。広がりのある教材であり各要素だと感じた。

質問：装置に高さを考慮することで、等速直線運動への発展性も踏まえた学習内容の広がりも考えられるのではないか。そのような意味でも素晴らしい装置だと感じた。

講師：装置に高さを加えたり、等速直線運動についても考えたりできるが、誤概念に繋がらないようにするため、意図的にロープの長さも最低限とした。

質問：MIF 素朴概念を踏まえ、実験を通してこの素朴概念がどのように変わったのか知りたい。生活場面で素朴概念の解消などが見られた例などがあれば是非知りたい。

講師：学習後すぐには、誤概念が改善され、レディネステストにおいても誤概念が解消された結果が得られた。時間の経過とともに誤概念に再びすり替わってしまうことが課題である。また学習の中で子どもが任意に力の大きさを書くことを体感したからこそ、斜面上に下向きの力が働く矢印を書く子どもも見られたと考える、力の矢印を生み出した点に関して、この実験は成果だと考える。

<3>講師 米津秀人氏（垂井町立不破中学校教諭）

テーマ 「地球と宇宙」日食を参考にした自作教材と授業実践

中学校第3学年の天体の単元において、「日食」から月と太陽のモデルを用いて位置関係や見え方を調べた。月の400倍の大きさの太陽が、地球と月の距離の400倍離れたところにあるため、モデルの活用により太陽が月と同じ大きさに見えることに気付かせ、宇宙の広がりを理解できるように工夫した。また地学の天体分野はスケールが大きいので、できる限り数字を使うことでわかり易くしたいと考えた。

1) 実践1 太陽と月の重なり

金環日食では太陽と月が重なったら太陽が見えなくなる。しかし太陽と月の大きさは同じではない。実際の知識を与えた後、関係や並びを把握しやすくするためにモデルを活用した。太陽は大きいけど遠くにあるから小さく見え、小さい月は近くにあるので大きく見えるという、遠近法に疑問を持つことから学習に入り、地球と月、太陽の大きさと距離を表す資料の数字を計算できて認識しやすい単位に換算して示した。

（太陽を直径1.4mの円、地球はビー玉1つ分、月は3mmのBB弾位）。教室から150m先に太陽モデルを貼り、50cmの物差しの上で月（BB弾）を動かし、どの位の距離で太陽と月が重なるかを調べた。

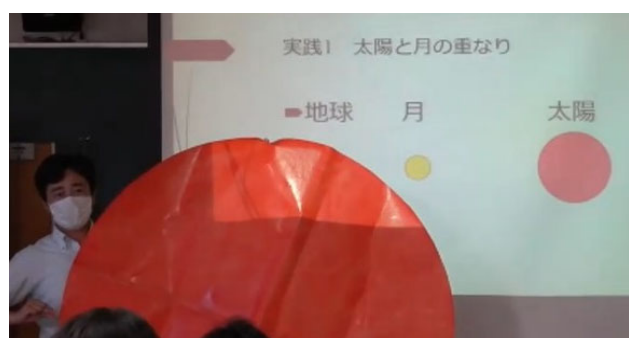


図3 地球と月と太陽の大きさ

美術の遠近法や数学の相似の学習内容とつながりがあり、理解を深めることに繋がった。自分の目に近い時には月の方が大きく見えるが、遠くなる際には重なるなどの、現象としての実感が得られた。指導側が準備し、説明しなければならぬ指導方法であったが、離れたところに貼られていた太陽モデルに対し、生徒自身が月のモデルを用いて同様の関係が見られるのかどうか試す姿が見られた。

100メートル以上離れているものを見るにはぼやけて見えてしまう。また一斉に同じことを試した場合、果たして同じものが見えているのかわからない。400対1は数値が大きすぎて、捉えられないという実態もあった。これらを踏まえ、カメラのレンズを通して皆が同じものを見られるようにし、これらを終末事象に持っていき、相似を用いて他の場面でも同じよう見られるように工夫した。

2) 実践2 季節の変化「季節の変化はどうして起こるのだろうか。」

季節の変化や南中高度が捉えられる工夫の紹介。簡易地球儀を作成し、ストロー2本を取り付けて地軸を傾けた状態で試すと四季の変化が見られるが、地軸を0度にしたら変化が見られない。公転面のずれなど実際との違いを実感しながら試すことができる。太陽の光が当たる角度と温度変化との関係を考えるには、発泡スチロール板に黒い画用紙を貼り、サーモテープとつまようじを用いてモデルを作成した。子どもたちと実際に起きている物をモデル化して授業が進められるように考えた教材。



図4 簡易地球儀作成の工夫

感想：つま楊枝を立てて影の長さを確認していくなど試みた

が、それ以前の様々な学習事項が繋がり、積み重ねていくからこそ、中学校での理解に繋がると感じた。また教師が十分理解しているからこそ教材がこのように工夫されており、そのことがよく表れていることがわかった。広がりについて数字でとらえていくには難しいので工夫を重ねたい。

感想：ハンドボールに黒い画用紙を貼り付け、懐中電灯を固定し、明るい部分は光が当たる部分とし、黒い部分が影である教材を用いて学習に活用してきた。正確な相似を用いて説明することが大事と感じた。

感想：工夫され、わかり易い実験装置の工夫であったのでぜひ使ってみたいと感じた。

質問：サーモテープを用いて太陽が当たる角度でどのように温度が変わるかという点において、角度によってどの位温度変化が見られるか？

講師：11月末、気温の低い段階で教室の窓際の太陽の光では、5分かからずに2～3度の違いが見られる。角度が90度近い状態の場合には、5分ほどで6度上がる。角度が小さく平らな場合では、2～3度の上昇が見られる。

3 セッション2「知って良かった教材や指導の工夫②」 @埼玉大学会場

＜1＞講師 横須賀篤氏（さいたま市立美園北小学校教諭）

テーマ 「岩石標本づくり」「モーターのしくみを調べる教材」

1) はじめに

授業には十分な教材研究をするのは重要なことだが、実際には難しいこともある。そこで、先輩の先生方の授業や隣のクラスの板書を見たりして、仲間と共に勉強し合うことを大切にすると

よい。また、1年に1単元ずつ丁寧に授業を作り、これを毎年実践していくとよい。

2) 小学校第6学年「大地のつくりと変化」

岩石標本づくりを通して、石の特徴を学ぶ。石の分野は、教材としても取り上げられ難いが、研究は未知の部分も少なくない。そこで、将来を担う子どもたちに、ぜひ小学校で石に興味を持ってもらい、その後の学習の発端（スタート地点）にしてもらいたい。

①分類することの意味

標本用の石を手にとって観察しただけでは学ぶ楽しさを感じられない。五感を活かして調べ、自分の視点で分類するから楽しい。

②授業展開例

(1) 身近に使われている石は？

(2) 石の分類をしてみよう

なぜそのように分けたのか？岩石名を教えず仮の名前で呼び、記録用紙に該当する石の破片を置かせてみる。

(3) 石を分類した特徴は？

記録用紙に項目ごとに特徴を記入させる。色、質感、重さ、割れ方、におい、音など、五感を活かした観察事項を記入する。

(4) 石の特徴をまとめる

子どもたちが発見したことを活かし、まとめる。

色：問いかけた際、子どもたちがイメージでき、納得できる表現を活かす。どちらが良いとは言わない。「おうど色」・「ストッキングの色」、「ゴマ塩の色」・「ダルメシアン（犬）」等
におい：「マヨネーズみたい」塩原火山の石、「温泉みたい」大島の噴火口の石。子どもたちが奥日光の源泉に出向く野外学習を話題に挙げる。

手触り：手に取って触ることをしなければ、石を見ただけで終わりになる。「手に付く」ことは大切で、粒が細かいことを表す。校庭に体育座りをして立ち上がった時、お尻をパンパンと払った時には「泥」、「じゃりじゃり」したらは砂。「じゃりじゃり」と「さらさら」が区別できれば砂岩と泥岩の区別となる。

(5) 標本づくりで興味をさらに高める

3) モーターのしくみを調べる教材

約1か月間磁石の学習をしても、モーターがなぜ回るのか説明するのは難しい。そこでモーターの中が磁石であることに気付かせたいと考えた。遊びを通して自身で気付ける教材として、模型用モーターを分解し、回転する仕組みがわかりやすいように工夫された教材の紹介である。

実験ネタを見つけるとき、科学の祭典などに足を運ぶと、教育職以外に携わる専門家からの情報が得られる。ソニーの科学教育財団などのプログラムも活用し、教材の工夫をするとよい。



図 5 石の標本作成

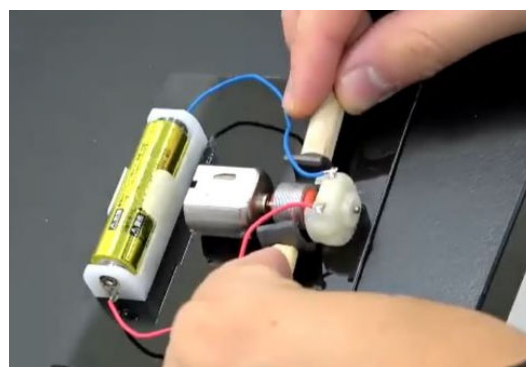


図 6 モーターのしくみを調べる

質問：さいたま市で地層を教材として扱うときに露頭を見つけづらい。写真資料や準備した資料になりがちである。さいたま市での地層を活用した例を知りたい。

講師：学校のボーリング試料を見せて話をするとよい。実際の砂岩と泥岩の資料を見せた後にボーリング試料を見せる。また3層のボーリング試料などを見せ、地層の広がりの説明するとよい。

4 大学教員から教材・指導法を提案

〈1〉 中村琢（岐阜大学教育学部准教授）@岐阜大学会場

テーマ 「力学教材 第3学年 力と運動の単元の体系的な概念の獲得」

1 はじめに

力と運動の単元の体系的な概念獲得は難しい。大学においても、ニュートンの3法則の学習者の概念調査をしてみると、意外と誤概念の実態がある。力の概念を身に付ける学習は中学校から取り組む。力と運動に着目すると、徐々に速くなる運動と、徐々に遅くなる運動では斜面の事象を扱っており、ここが難しさを生んでいるのではないかと考える。特に力が物体にどのように働いているのか、関連付けることが難しい。そこで平面から学習を始めるとよいと考え、概念獲得に向けた教材の紹介をする。

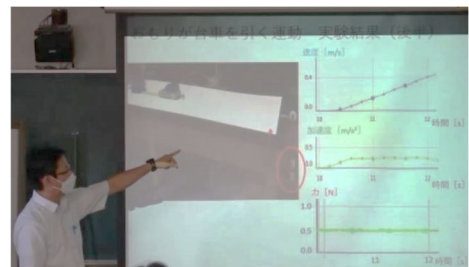


図7 おもりが台車を引く運動

2 授業の流れと教材

力学台車と超音波センサーによる距離計、結果をリアルタイムで読みだすコンピューターを用いたシステムで、演示実験として教師が示したり実験動画のみを提示したりして活用するとよい。位置-時間のグラフや、結果を時間で微分した速度-時間グラフ、さらに微分した加速度-時間グラフを示すことができる。中学校では、グラフや数値を表示せず、力学台車の動きを見せることも有効である。力学台車に働く力との関係を議論させるために、力学台車に力センサーを取り付け、結果を読み出せるようにすることも有効である。

授業の流れの例：① 歩く・走る速さを測定する。等速で動く、速度を測定する。② 手で台車を引く。③ 台車を糸で結び、他端を滑車に通して、重りをつけて重りの重力で台車を引く運動。④③で引く重りの重量を変えたときの運動。⑤③で引く重りの重量を一定にし、引かれる台車の重量を変えたときの運動。⑥③で台車を引く一定の力がなくなったときの運動。⑦正味の力がゼロのときの運動。⑧自由落下。下向きに一定の力が働くときの運動。⑨鉛直投げ上げ。下向きに一定の力が働くときの運動。⑩静止摩擦力と動摩擦力。⑪最大静止摩擦力と動摩擦力の大小。⑫作用と反作用。力学台車と超音波センサーによる距離計、および結果をリアルタイムで読みだすコンピューターを用いる。

3 力学概念の定着に必要なポイント

- 1) 1つの事象を力と関連付けて思考させる。物体に働く力の合力（正味の力）がゼロであるか、一定であるか、つりあっているのかなど、力の働き方の種類と運動を関連付けて思考させる。
- 2) 1つ1つの事象を関連付けて思考させ、既習事項との共通点、差異点を考えさせる。このことを意識させると、実験・観察の際に、力に関連付けて思考させる1)のポイントが自然にできるようになる。
- 3) 簡単な事象から扱い、一足飛びの事象に行かない。例：平面においた台車を手で台車を引く

事象、さらに、台車をひもで引く事象といったような単純な事象を扱い、そのあとで斜面を扱うと、力との関連に気づきやすくなる。

テーマ 「光の屈折実験用の光源の作成」

理科の「光の屈折」の単元で扱う光源、理科学機器メーカーから販売されている製品で LED 1 色の安価なものでも 1 万円を超えるほど高価で、生徒実験用に数をそろえるのは現実的ではない。そこで、300 円程度で自作できる安価な光源を紹介。

スタイロボード、黒プラスチック板、LED 赤、LED 青、保護抵抗、プリント基板、乾電池等を材料に作成。次のような授業での展開が可能である。

- ①光の直進。光が真っ直ぐ媒体を進む様子を観察する。
- ②光の反射。鏡や異なる媒質との境界面で光が反射する。
- ③入射角。④反射角。⑤光の反射の法則。⑥凹凸のある物体に照射させたときに発生する乱反射。
- ⑦光の屈折。ガラスの他、透明な容器に入れた水も観察できる。⑧屈折角。グラフ用紙を用いて実測できる。⑨全反射。入射角を大きくしていくと屈折光が見えなくなり、境界面ですべての光が反射する。⑩凸レンズの働き。⑪焦点および焦点距離。凸レンズに平行に入射させるときの光路をグラフ用紙に写し取る。また、高等学校でも扱える発展的内容の一例として、以下も紹介された。①ガラスへの入射角を変えながら反射角を測定し、ガラスの屈折率を測定する。②①と同じことを赤色光と青色光で比較し、波長による屈折の違いを測定する。③ガラスの代わりに透明なケースに入れた水で行い、水の屈折率を測定する。

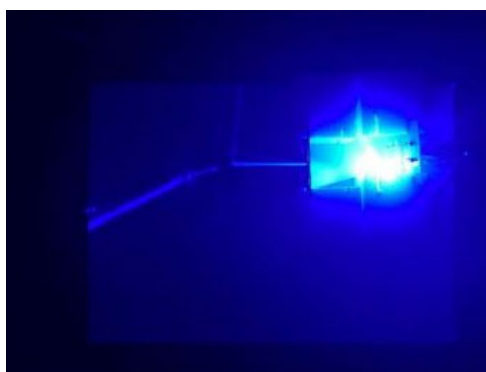


図 8 青色光の直角プリズムでの反射と屈折

<2>小倉康（埼玉大学教育学部教授）@埼玉大学会場

テーマ 「光の屈折現象の探究に利用できるレンズの作成と指導の工夫」（会場での教材作成）

中学校第一分野の単元「光の世界」は計 8 時間で学習を進める。物の見え方、光の反射、凸レンズの像のでき方（本時 3 時間）を学習し、その後、光の屈折に学びを進めることで、より探究的な展開を意識した授業展開が可能となり、その一例を紹介する。

小学校で虫めがねを使って日光で黒い紙を焦がした経験から、どうして焦げたのだろうか？と問いかけ、日光が凸レンズの焦点距離で、どうして一点に集まるのかという疑問より、自然現象の気づきから課題の設定を行い、予想を立てさせる。この仮説の設定から、どのような実験をすれば予想が確かめられるのか？計画した実験をするとどのような結果になると思うか？と検証計画

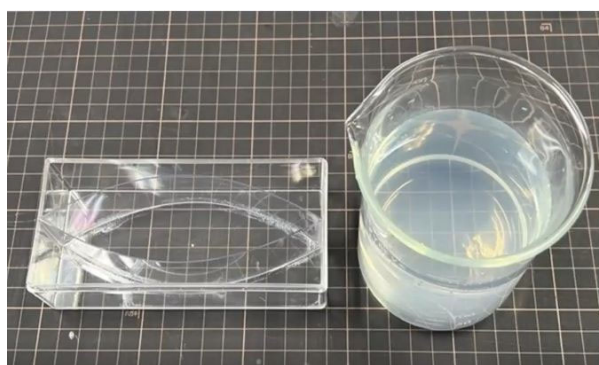


図 9 自作凸レンズと石けん水

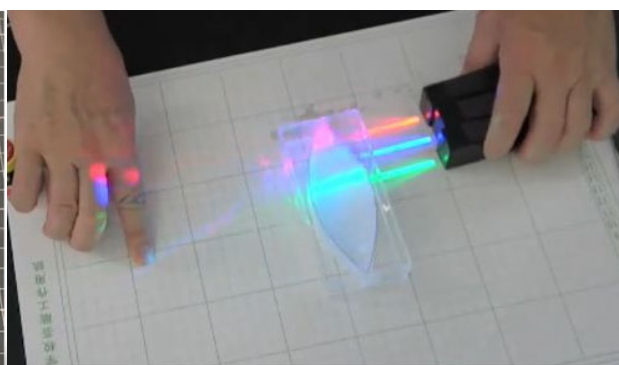


図 10 自作凸レンズの屈折

の立案を進める。実験結果はどのようになるか？実験結果から何が言えるか？予想との比較をし、観察・実験を実施し、結果の処理を行い、わかったことをまとめる。この後、凸レンズでなく直方体のガラスや水に光を入射させるとどのように進むだろう？虫眼鏡や凸レンズを使うときに、太陽を決して見てはいけないのはなぜだろう？虫眼鏡を使うとどうして物が大きく見えるのだろう？と、更なる課題の解決に向けた探究活動をより深めていくことができる。

2) 自作教材による探究的な実験

光の屈折現象の探究に利用できるレンズの作成方法の紹介として、透明スチロールケースと透明塩ビ板等を用いて、凸レンズの作成を行った。更にこれらを用いた探究的な実験が紹介された。①凸レンズの屈折、②凸レンズの焦点距離、③凸レンズによってものが拡大される見え方、④直方体ガラス（水）による屈折、⑤凸レンズの外側に水を入れた場合の屈折、⑥自作凹レンズの屈折とももの見え方、⑦自作三角プリズムによる分光、⑧凸レンズの厚みと焦点距離の変化（高校）、⑨水を砂糖水や油に変えた屈折率の変化（高校）。更には問題として、老眼鏡、近視鏡はどの実験に関係しているか、など、高校で扱われる内容を含むが、探究的課題として中学生にも興味深い活動例を紹介した。

この後、各会場にて自由に質疑や交流がなされた。

5 閉会

次回（9月22日「モデル授業オンライン研修会」の案内と共に閉会した。