

光の現象を光の道筋と関連付けてとらえながら科学的思考力を高める子ども

— 中学1年「光の進み方を考えよう」の実践から —

1 単元のねらい

ものの見え方と光の進み方（直進・反射・屈折）を関連付けたり，作図により光の道筋を表したりする学習を通して，身近な現象と光の進み方を関連付けてとらえることができる

2 授業の構想

(1) 子どものとらえについて

単元に入る前に，中学1年生140名を対象に素朴概念調査を行った。光はどのようなものかという設問に対し，「虫眼鏡で集めると燃える」「鏡に反射するもの」「まぶしいもの」といった記述が多く見られた。このことから，小学校3年時の「光の性質」の学習において虫眼鏡で日光を集める実験をした経験が印象深く残っていることが分かる。また，身の回りの電灯などの光源から出るものを光としてとらえていることもうかがえた。光を遮断した真っ暗な部屋に長時間いた時に見えるものは何かという設問に対して

表1：素朴概念調査

光を遮断した真っ暗な部屋に長時間いた時に見えるものは何か。				
	① 鏡	② 白いボール	③ 黒い紙	④ 何も見えない
事前調査 [%]	19	33	3	45

は，光がないと何も見えないと回答した生徒は半分程度であった（表1）。それ以外の生徒は目が慣れてくると白いものや鏡は見える

と回答した。これは，現在は常に光を出している電化製品が多く，夜であっても光の全くない状態は体験しにくいためであると考えられる。

本単元では，こうした子どもたちの実態を踏まえて，光を空間的にとらえ，目の前の事象と光の進み方を関連付けながら光の性質の学習を進めたいと考えた。

(2) 本単元の内容と理科で考える思考力・判断力・表現力の育成との関わりについて

本学校園理科部では，中等部の思考力・判断力・表現力を「自然の事物現象について問題を見だし，目的意識をもって観察・実験などを行い，事象や結果を分析して解釈し，言葉や図を使って考察し表現して，問題や課題を解決していく力」ととらえている。

本単元においても，光の性質や光に関わる様々な現象において，帰納的な思考だけでなく，抽象的な科学概念を自然事象に置き換える演繹的な思考ができるように構成した。課題を解決する場面では，事実に基づいた自分の考えをもつ時間，班の中でそれぞれの意見を言葉や図を使って表現し合うことができる場を確保した。そして，その意見を学級全体で共有し，互いの意見を交換しながら課題を解決する学習を進めた。このように，単元全体を通して科学的な思考力・判断力・表現力を高めようと試みた。

(3) 思考力・判断力・表現力に関する学び合う場面の構想について

まず，素朴概念調査の結果を踏まえた上で「光はどのように進むのか」を単元を貫く柱とした。そして，単元全体で出てくる光の現象について，常に光の道筋を考えながらとらえることができるように展開した。さらに第10時では，それまでに考えてきた光の道筋に目を向けながら考えを深めて欲しいと願い「実像が映っている状態の凸レンズの下の部分を4分の3覆うとどうなるか」という課題を設定した。この課題に対する子どもたちのはじめの考えはいくつかに分かれ，解決意欲が喚起されると予測した。課題解決の過程で考えを出し合い，多様な意見を共有しながら，個々の考

えを問い直し、学級全体で解決していく。このような過程を通じて、思考力・判断力・表現力を高めていけると考えた。

この学び合いでは、次のような教師のはたらきかけを意識して学習を進めた。学んだことをいかに話し合いができるように、「像ができるとはどういうことか」「ろうそくから出た光はどのように進んだのか」を「思考の道具」とし、考えを深める授業を展開した。また、生徒の発言に対しては、すぐに評価するのではなく、互いの意見を比較・関連させたり、復唱・要約したり、問い返したりすることで、子どもたちの思考をゆさぶり、学び合いの中で思考を深めさせることを大切にしたい。こうして学級全体の話し合いにより解決した事象を、さらに実感を伴ってとらえて欲しいと願い、実験動画と生徒実験により実証することを試みた。

3 展開計画（全10時間）

次	主な学習	時	具体的な学習・内容（◇印は、学び合い）
1	ものが見えるとはどういうことか。	1	<ul style="list-style-type: none"> ・ものが見えるとはどういうことかを光を遮断した空間を体験しながら考える。 ・様々な光源の光を観察し、光の直進性に気付く。
2	光はどのように進むのか。 ①光の性質について (直進・反射・屈折)	2	<ul style="list-style-type: none"> ・鏡に映る像の位置をアクリル板を使って確かめ、物体から目まで届く光の道筋を使って考える。 ・記録を基に作図をし、光の進む道筋を予想する。 ・鏡とレーザーで実験を行い、光の道筋を確かめる。また、光の反射の法則を見いだす。
		3	<ul style="list-style-type: none"> ・空気中と水、油などのような異なる物体の境界面では、どのように光が屈折するかを考える。 ・半円レンズとレーザーを用いて、異なる物体の境界面における光の進み方について規則性を見いだす。
		4	<ul style="list-style-type: none"> ・お椀の中にあるマークが水を入れるとちがう位置に見える現象を体験し、光の進み方を確かめる実験を行う。
		5	<ul style="list-style-type: none"> ・屈折の実験を行い、お椀の中にあるマークが水を入れるとちがう位置に見える現象と光の進み方を関連付けて説明する。 ・光ファイバーの実験により、全反射について理解する。
	②凸レンズのはたらきについて	7	<ul style="list-style-type: none"> ・凸レンズを通る光の道筋を確かめ、はたらきを知る。
		8	<ul style="list-style-type: none"> ・凸レンズを用いて実像や虚像をつくる実験を行い、物体の位置、実像の位置及び大きさの関係を見いだす。
		9	<ul style="list-style-type: none"> ・凸レンズを通る光による実像と虚像を作図で説明する。
		10	<ul style="list-style-type: none"> ◇実像が映っている状態の凸レンズの下の部分を4分の3覆うとどうなるかを考え、図を使って説明する。

4 授業の実際

本単元では、前述のとおり単元を貫く柱を「光はどのように進むのか」として構成してきた。そのために、第1次、第2次①では、ものが見えることと光の道筋を関連付けてとらえるための工夫を行った。第2次②では、凸レンズでできる実像と光の道筋を関連付けてとらえるための学習を進めた。

(1) ものが見えることと光の道筋を関連付けてとらえるための工夫

① 暗闇に入る体験

単元の導入として、暗闇の中に入る体験を取り入れた(図1)。光がないと何も見えないと考えた子も、白い物や鏡は見えると考えていた子も、光がなくては何も見えないことを実感していた。暗闇の中に入る体験の後、空間的に光をとらえるために、フォグマシンとレーザーなどの光源を用いて光の道筋を観察した(図2)。この時間は、光の直進性だけでなく、光源や物体からはあらゆる方向に光が出ていることと、あらゆる方向に出ている光の一部が目が届いた時、私達は見えると認識することがきちんととらえられるように学習を進めた。

② 光の反射

見ることと光の道筋を関連付けてとらえるために、アクリル板を用いて像の位置を観察する実験を行った(図3)。下の子どものふりかえりにもあるように、観察者から透明なアクリル板を見ると、アクリル板の向こうにも同じ物体がもう一つあるように見えるため、子どもたちは口々に不思議さやおもしろさを言葉にした。その際、像がなぜそこに見えるのかを問いかけることで、子どもたちは光の道筋についても目を向け、説明するようになっていった。この実験では、像の位置を方眼紙に記録をすることができるので、光の道筋を考える上で有効であった(図4)。その後、光の進み方を実証するために、鏡にレーザーの光を当てる実験も行った(図5)。この時、光の道筋をとらえやすくするために、フォグマシンも用いた。

生徒 A アクリル板を使って映っている人形を見ると、本当にそこにあるみたいでおもしろかった。(図3)

生徒 B 鏡に映る像が鏡の世界のどこにあるかを透明なアクリル板を使って調べたら、物体をどこにおいても対称な位置にできることがよく分かった。(図3, 4)

生徒 C 鏡と人形を使って予想した光の道筋を、レーザーの光が本当に通ったのでうれしかった。(図5)



図1：暗闇の中に入る体験

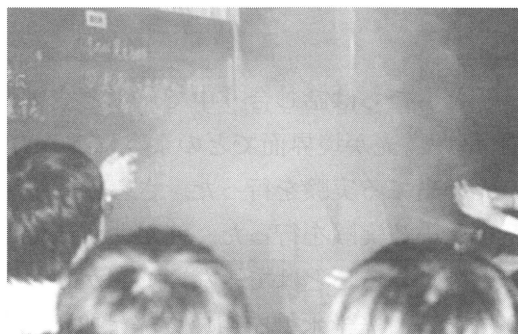


図2：光の直進性の観察

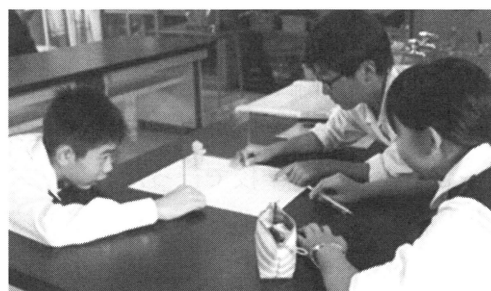


図3：アクリル板を用いた実験

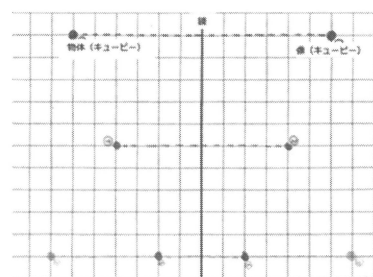


図4：アクリル板を用いた実験データ



図5：鏡にレーザーの光を当てる実験

③ 光の屈折

ここでも引き続き、ものを見ることと光の道筋を関連付けながら学習を進めた。まず「お椀の中の10円玉が水を入れると上にずれて見えるのはなぜだろう」という課題から、屈折による物体の見え方と光の道筋を予想した。子どもたちは次のような予想を立てた(図6)。

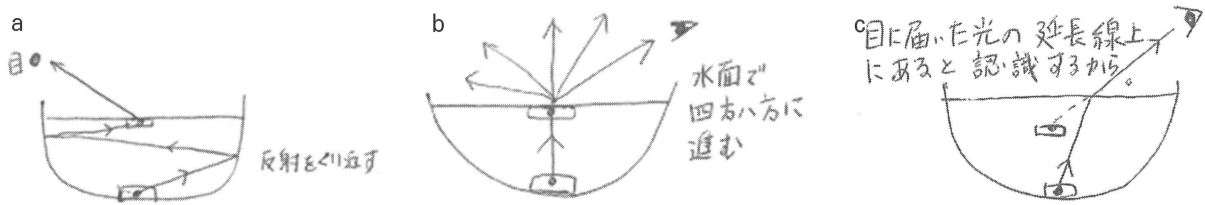


図6：生徒の予想

子どもたちは話し合う中で、水と空気の境界面で光の進み方が変わったとしか考えられないと結論付けた。光が境界面でどのように進み方を変えるかを確認するために、光学水槽を用いてレーザーの光を当てる実験を行った。さらに、ものを見ることと光の進み方を関連付けるために、曲がった筒を用いる実験を行った。筒が曲がっているため、水の入っていない入れ物にある10円玉を筒でのぞいても見ることはできない。しかし、入れ物に水を入れると、光の屈折により10円玉が見えるようになる。光学水槽を用いて光は水面で屈折することを学習した後なので、「曲がった筒をのぞけば水の中の10円玉が見えるはずである」と子どもたちが予想すると期待した。しかし実際は、全員「見えない」と予想した。子どもたちは、筒を水の中に入れて10円玉が見えることを体験し、とても驚いていた。光の進み方と自分がものを見ることをつなげて考えることは、教師が思う以上に子どもたちにとって難しいことが分かった。

(2) 凸レンズのはたらきを理解するための工夫

子どもたちは小学校で行った凸レンズで太陽の光を集めて黒い紙を焦がす活動をよく覚えている。そこで、太陽の光の道筋をレーザー光で確認し、小学校で学んだことと中学校の学習をつなぐことを意識した。凸レンズのはたらきの理解を深めるために、作図に用いる物体は凸レンズの軸上に置かず、ろうそくの下の部分から出る光にも目を向け、その光の進む道筋を考えることができたようにした(図7)。

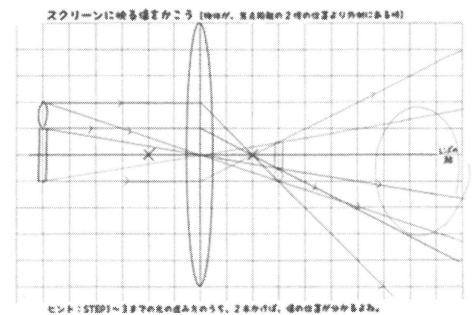


図7：生徒のワークシート

(3) 思考力・判断力・表現力に関する学び合いの実際

第9時までに考えてきた光の道筋に目を向けながら考えて欲しいと願い、第10時では「実像が映っている状態の凸レンズの下部分を4分の3覆うとどうなるかを説明しよう」をテーマに学び合う学習場面を設定した。

① 学習課題について個で考え、班で話し合う

はじめにワークシートに自分の考えを記入した上で、それをもとに班で話し合いを行いホワイトボードにまとめた。予想は三つに分かれた(図8, 表2)。

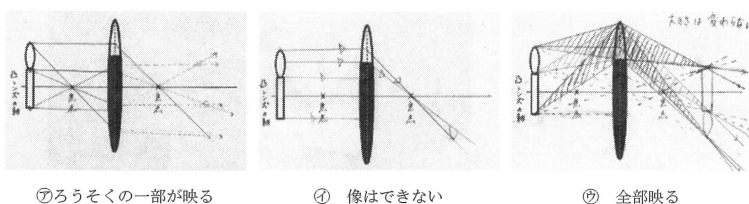


図8：生徒のワークシート

表2：生徒の考え

	①ろうそくの一部が映る	②像はできない	③全部映る
はじめの考え (%)	39	42	19
話し合い後の班の考え (班の数)	3	3	3

② 各班のホワイトボードの記述をもとに学級全体で学び合う

ホワイトボードの記述を基に学級全体で学習を進め、「像ができるとはどういうことか」「ろうそくから出た光はどのように進んだのか」に焦点を当てて思考を深めた。

ろうそくの一部（4分の1だけ）が映ると説明した班は、「レンズが4分の3覆われたことにより、何か特別な現象が起こるのではないかと考えた。像が映らないと考えた班は、「作図をしたところレンズを通る光が一本だから光が集まらないので、像が映らないと判断した」と説明した。次に示すのは、「像は全部映る」と考えた子どもが説明している場面の授業記録である。

生徒D：ろうそくからは四方八方に光が出ているので、この光（ろうそくの先端）もここ（レンズの覆われていない部分）を通るわけだから、像はできると思いました。レンズは4分の3隠れているので、像は薄く映ると思いました。

T：なぜ薄く映ると思うのですか。

生徒D：本来はここを通って像ができるのですけれど、今回はここしか通らないので薄く映ると思います。

T：本来ならというのは隠さなかったらと言うことですか。

生徒D：はい。

T：Dさんの説明を聞いてみなさんどうですか。Dさんは映るって言っているけど・・・。

映らないと言っている班は、1本なら通過することが確認できるけれども、他の光は通過できないから映らないということでしたね。Eさんの班の考えはどうですか。

生徒E：映らないと言っている班はレンズを通る光が1本しかないと言ったけど、前にパワーポイントで勉強したように、全部隠していない時は、レンズのどの部分を通った光も一点に集まるってやったじゃないですか。ということは、今回の場合も、もしレンズが隠れていなかった場合、ここ（像の位置）に集まるということじゃないかと思います。なので、それを利用すると、レンズが覆われていてもここ（レンズの覆われていない部分）を通った光はここ（像の位置）に集まるということになります。光は1本ではないので像ができると思います。

T：Eさんの説明を聞いて、映らないと考えている人はどう思いますか。

生徒F：そうかなあと思った。

T：そうかなあと思った？どうかな？6班もたくさん線を引いているので聞いてみましょうか。

生徒G：だいたいDさんやEさんと同じ説明なんですけど、まず私たちは最初に、この覆いをとったときには、どこで光の道筋が交わるのかということを考えました。覆いをとった時に炎の先端の光が本来集まる場所は像の位置です。[中略]ろうそくから四方八方に出た光の一部は覆われていないレンズを通過し、一定に集まることを班で話しました。ろうそくの炎の下の部分も、ろうそくの一番下の部分も同じです。いくらレンズが隠れていても、空いた部分を通して光が通過するので光は集まります。それと、4分の3隠れていると本来通る光の量の4分の1しか通らないので像は暗くなると思います。

生徒D、E、Gは、3人とも像が映るという同じ考えをもっていた。この3人の説明は、話し手が替わるたびに、前の発言を引き継ぎながら展開されていった。これにより、全員が少しずつ以前に学んだことを想起し、学んだことと課題を関連付けて考えながら個々の理解を深めていったように思う。像ができるためには光が集まらなくてはならないことを共通の視点にして話を進めたところ、レンズを通過する光が一本か否かという点に話は焦点化されていった。また前時に3本の光を取り上げて作図を行ったために、光が3本しかないようにとらえていた子どもも、他の子が「光は四方八方に出ている」と発言したことを機に、もう一度作図し直したり、考えたりする様子が見られた。この時間の終わりには動画（図9）や班実験により課題について実証した。



図9：動画による実証

5 成果と課題

(1) 成果

① 単元の柱について

子どもたちの素朴概念を踏まえ、単元を貫く柱を「光はどのように進むのか」とした。教師が単元の柱を強く意識し、はたらきかけ続けることで、生徒も光の道筋を意識しながら、単元全体を通して科学的に思考していくことができたように思う。

② 学びをいかすことに視点をいた学び合いについて

本単元での学び合いの課題は、単元全体を通して学んできたことを駆使して解決するものであった。子どもたちが解決の見通しをもつことができ、その解決に当たって意見が分かれるであろう課題を設定したことにより、生徒の解決意欲が高まった。また、話し合い後の変容から、学級で学び合い、全員で課題を解決していくことに効果があることが分かる(表3)。はじめから像が全部映ると考え、学び合いの

場面で、そのように説明していた生徒Eにも変容があった(図10)。つまり学び合いは、はじめから正しく認識していた生徒にとっても思考力・判断力・表現力をさらに高める場となるのである。ふりかえりには、友達と一緒に考えた充実感や再び思考が始まろうとする兆しもあらわれている(図11)。今回の学び合いでは、教師が「像ができるとはどういうことか」「ろうそくから出た光はどのように進んだのか」ということに注目し続けたことで、生徒自身の力で課題を解決していくことができた。そのことから、教師が「思考の道具」をもった上ではたらきかけていくことがとても重要であると言える。

(2) 課題

① 課題の設定について

作図(図12)を第9時に行った学級では、予想の段階で全員正解を選んだ。この作図を行わず第10時を迎えた学級では、逆にほぼ全員「実像は映らない」と予想した。研究授業対象学級では、第8時にこの作図を行った。その結果、予想は三つに分かれ、理科部の考える解決意欲が喚起される課題となった。つまり、同じ課題であっても、それまでの学習の流れによって全く異なる状況がうまれる。今後、子どもの意識や理解の流れをよく見据えた課題の設定を目指したい。

② 個に戻る時間について

第10時は、課題について個で考え、班で話し合い、学級で学び合った。さらに、課題の実証のために動画や実際の班での実験を行った。

しかし、最後にもう一度自分の考えを整理する時間が不足した。像の映り方と光の進み方とを関連付けずに説明していた子どもにこそ、その時間は重要となってくる(表4)。今後は、個に戻る時間もきちんと確保できる授業づくりを目指していきたい。

表3：生徒の考えの変容

	①ろうそくの一部分が映る	②像はできない	③全部映る
はじめの考え [%]	39	42	19
学び合い後の考え [%]	2	0	98

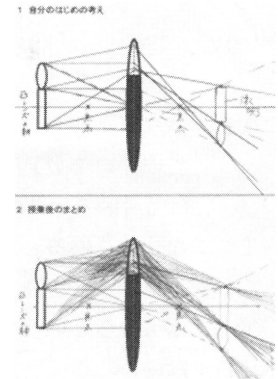


図10：生徒Eのワークシート

はじめは、映らないと思っていたので、映る といってる人がいてびっくりしました。みんなの説明と聞いていたら、よけいに分らなくなってきたけど、最後に Gさんの説明を聞いたから、ピカーンって分かってスッキリした。たけど、最後の実験で、レンズをどんと隠してるとスクリーンにうつっているを見て、手だ不思議な気がしてきました。

図11：生徒の感想

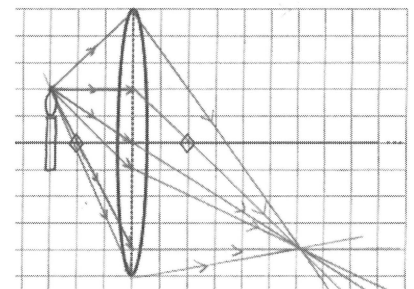


図12：生徒のワークシート

表4：評価(第10時)

学習活動	学習活動における具体的な評価規準	評価基準		
		A	B	C
実像が映っている状態の凸レンズの下部分を4分の3覆うとどうなるかを考え、説明する。	レンズを4分の3覆うと物体全体の暗い実像が映ることを、光の進み方と関連付けて考えている。	レンズを4分の3覆うと物体全体の暗い実像が映ることを、作図をしながら光の進み方と関連付けて説明している。	レンズを4分の3覆うと物体全体の暗い実像が映ることを、作図をしながら光の進み方と関連付けて説明している。	光の進み方と関連付けずに、説明している。
		54%	31%	14%

(文責 大山 朋江)