

20	蒲郡	蒲郡市立形原中学校	てらざわ りゅう 寺澤 龍
分科会番号	5	分科会名	理科教育（中学校）

研究の主題

「自然の仕組みを感動的にとらえさせる理科学習」

～中2・理科『なぜ動く？リニアモーターの仕組みをさぐれ！』～電流が磁界から受ける力～』の実践を通して～

1 蒲郡市理科サークルの研究全体のねらい

蒲郡市理科サークルでは、教材との出会わせ方の工夫や教材・教具の開発を行い、子どもたちが主体的に追究する中で、自然の仕組みを感動的にとらえさせる理科学習の在り方について研究実践に取り組んできた。本年度も、自然事象に積極的にかかわりたくなる教材・教具の開発をもとに、自然の仕組みを感動的にとらえ、課題を主体的に追究する子を育てたいと考え、実践を行った。

本市理科サークルでは「自然の仕組みを感動的にとらえさせる学習」を以下のように定義している。

- ・自然事象に心揺さぶられ、「あれ？」「おや？」「調べてみたい」といった追究意欲をもつ学習
- ・主体的に追究する中で、自然のしくみについて、自分なりの発見をする学習
- ・友だちや周りの人と考えをかかわらせながら、科学的な見方・考え方を深めたり、広げたりする学習

2 本年度の実践

（1）単元設定の理由

本学級の生徒は、実験や観察などの活動に意欲的に取り組むことができる。実践「気象の観測」では、自分たちで観測計画を立てて校内の気象観測に出かけたり、観測地点による結果の違いを不思議に思い、何度も粘り強く観測に取り組んだりする姿が見られた。一方で、実践「化学変化と物質の質量」では、銅やマグネシウムを加熱して質量の変化を測定したが、その結果から法則性を見いだしたり、複数の測定値を比較して考察したりすることに苦手意識をもつ生徒が多く見られた。

そこで、生徒一人一人が課題に対する自分なりの考えをもてるようにしたいと考えた。本単元では、一人一実験が可能な材料と時間を用意することで、粘り強く個別追究に取り組めるようにしたい。また、個別追究の結果を図示できるワークシートを用意することで、仲間と意見交換をする中で、多面的・多角的な視点から、考察することができるようにしたい。仲間とのかかわりを通じて、新たな見方、考え方を獲得したり、考えを広げたりする姿に期待したい。

（2）仮説と手立て

【仮説Ⅰ】生徒にとって意外性のある動きをするリニアモーター実験器を教材として出会わせ、一人一実験ができる十分な材料と時間を用意することで、生徒は「なぜ動くのか知りたい」という思いをもち、主体的に追究に取り組むことができるだろう。

手立てⅠーア 教材との出会わせ方の工夫

「不思議だな」「自分でも動かしてみたい」という思いが生まれるように、アルミ棒が左右に動き続けるように工夫したリニアモーター実験器を見せ、主体的に追究に取り組もうとする意欲を引き出す。

手立てⅠーイ 教材・教具の工夫

ストローやアルミホイルといった身近な材料で構成された、リニアモーター実験器と出会わせる。リニアモーター実験器は一直線であることから、電流が磁界から受ける力の向きや大きさを考えやすい。複数種類の磁石など、細かく条件制御をしながら一人一実験ができる材料を用意し、生徒にリニアモーター実験器を自作させることで、アルミ棒が動く仕組みや法則性について、自らの仮説をもとに追究できるようにする。

【仮説Ⅱ】図による考察の視覚化や仲間や教師との対話など、互いの考えを共有する場を設けることで、多面的・多角的な視点で考えを導き出すことができるだろう。

手立てⅡーア ワークシートによる考察の視覚化

一人一実験の結果をもとに考察するために、リニアモーター実験器でアルミ棒が動く際に、どのような力がはたらいているのかを図示できるワークシートを用意する。はたらいている力を可視化することで、仲間に自身の考えを伝えやすくなり、多面的な視点で考察できる。

手立てⅡーイ 仲間とのかかわりを増やす振り返りの工夫

自分の考えとの共通点や相違点を見だし、多角的な視点で考察できるようにするために、視点を与えた振り返りを用意し、ロイロノートを活用して考えを共有できるようにする。

(3) 単元構想について (全 12 時間)

活動内容	教師の手だて
<u>どうしてアルミ棒が動くのだろう？ ①②③</u> - 手で触れていないのにアルミ棒が動いているよ。不思議だな。自分でもやってみたい。 - アルミ棒にもレールにもアルミ箔が巻かれているね。金属に動く秘密があるのかな。 - レールには導線がつながっているよ。電流が流れているようだね。 - よく見ると、レールの間には磁石がしいてあるよ。磁石の力で動いているのではないかな。	- 生徒に関心をもたせるために、アルミ棒が前後に動き続けるリニアモーター実験器を見せる。【手だてⅠーア、イ】 - 仲間の理解したことや疑問をもとに考えを深めるため、毎時間授業の振り返りを書き、共有する場を設ける。【手だてⅡーイ】
アルミ棒が動くしくみを解明したい！	アルミ棒が動くしくみを確かめるために、リニアモーター実験器を1人1つ作成させ、個別追究のための十分な材料と時間を用意する。【手だてⅠーイ】
<u>アルミ棒が動く条件を探ろう ④⑤⑥⑦⑧</u> - 自分でも装置を作ってみたら、考えていた方向と反対向きに進んでしまったよ。どうしてだろう。 - 電流の向きを反対にしたら、アルミ棒が動く向きも反対になったよ。電気の力で動いているのかな。 - 磁石の向きを反対にしても動く向きが反対になったよ。磁石の力も影響しているようだね。 - 電流や磁石を強くすると、動く速度が大きくなった。電気や磁石の力が関係するのは間違いないね。 - アルミ棒が動くときにはたらく力と、電気や磁石の力の関係性を分かりやすくしたいな。図で表して表現してみよう。	- 個別追究をもとに、アルミ棒の動くしくみについて考察するために、リニアモーター実験器に働く力を図示できるワークシートを用意する。【手だてⅡーア】 - 電流と磁界が生み出す力に注目させるため、力についての既習事項を確認して、調べる場を設ける。【手だてⅡーイ】
<u>電流が磁界から受ける力 ⑨⑩⑪⑫</u> - 電流は磁界を生むんだね。これは小学校で電磁石を作って勉強したよ。この磁界と磁石の力が、アルミ棒を動かしていたんだね。 - 電流のつくる磁界と磁石の磁界が互いに強め合ったり弱め合ったりしてアルミ棒が動いたんだね。	電流が磁界から受ける力について理解を深めるために、通常のモーターを分解して、その差異としくみについて調べる場を設ける。【手だてⅡーイ】
2	

3 研究の実際

① どうしてアルミ棒が動くのだろう

～リニアモーター実験器と出会い、疑問をもつ生徒たち～

【手立てⅠーア、Ⅰの検証】

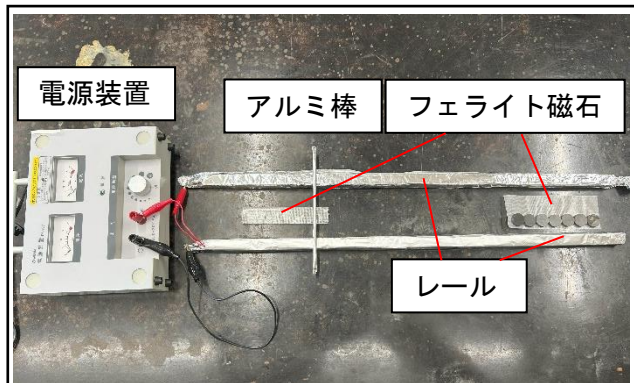
ストローと角材、アルミホイル、磁石、電源装置を使って、リニアモーター実験器を作成した（資料1）。磁石は両端に極をそれぞれ反対にして置くことで、電流が流れる限りレールの上を往復するように工夫した。これを生徒たちに見せると、「動いた！」「どうしてストローが行ったり来たりするの？」と驚いていた。

生徒Aから「自分もやりたい」という声が上がったので、電源装置を切り、電流を流さない状態で生徒にストローにアルミホイルを巻いたもの（アルミ棒）を渡した。すると、生徒Aが試してみてもアルミ棒は動かなかった。試した生徒Aからは「電源装置が切れているから動かない」というつぶやきがあり、電源装置をつけたことで実際にアルミ棒が動いた。生徒Aたちは試してみる中で、電流が流れていないとアルミ棒が動かないことに気づき、リニアモーター実験器が電気の力で動いていると考えた。

そこで、なぜ電流を流すとアルミ棒が動くのかを問うと、生徒Aは「下の棒（レール部分）に機械が入っているから」と予想した。そこで、リニアモーター実験器のレールに巻かれたアルミホイルをはがすと、中からは木の角材が出てきた。仕掛けがあると考えていた生徒たちは、「なんで木で動くの？」「木って電流流れないよね？」と声を上げていた。一部の生徒が「アルミホイルが電気を通しているからだよ」とつぶやいたが、生徒Aが「でもアルミホイルに電気が流れることは、アルミ棒が動く理由にはならないんじゃない？」と切り返すと、生徒たちは考え込む様子を見せた。

しばらくすると、生徒Bがレールの間に磁石が入っていることを見つけ、「磁石だから反発してるだけじゃん！」と発言した。すると生徒たちはその意見に納得したようで、磁石の力でアルミ棒が進んでいると解釈していた。しかし、生徒Aは「アルミホイルは磁石と反応しないと思う。磁石の反発で動いているなら、電源装置を切ったときに動かなかったのと矛盾する」と反対意見を出した（資料2）。

生徒Aは、振り返りに「なんで動くのか全然分からなかったのを知りたいです」と書いた（資料3）。自然と「アルミ棒がなぜ動くのか」を話し合い始めた生徒たちの姿から、「どうして動くのか知りたい」という思いをもったと考えられる。そこで、次時にそれぞれで実験器を使って動く仕組みを検証してみることにした。



資料1 作成したリニアモーター実験器

教師「どうしてアルミ棒が動かないんだろうね」

生徒A「先生が電源装置を切ったから動かないんだよ」

教師「じゃあ（電源装置を）つけたら動く？」

実際に電源装置をつける。

生徒ら「本当に動いた！」

教師「電流を流すと動いたね。なんでだろう？」

生徒A「アルミ棒はストローとアルミホイルだったから、下の棒の方に機械が入ってて、電流で動くんですよ」

教師「なるほどね。じゃあレールの方も見てみる？」

生徒らがレールのアルミホイルをはがす。

生徒ら「えっ、木じゃん。なんで木で動くの？」

生徒ら「木って電流流れないよね？」

生徒B「でもアルミホイル巻かれてるから、電気を通すよ」

生徒A「アルミホイルに電流流しても動かないから、それがアルミ棒の動く理由にはならないんじゃない？」

生徒Bがリニアモーター実験器の磁石を見つける。

生徒B「磁石ある！じゃあ反発してるだけじゃん！」

生徒A「磁石は鉄としか反応しないよ。あと、本当に磁石なら、電源装置切っても動くでしょ。」

資料2 授業記録

②今日の授業で分からなかったことや気になったこと、確かめてみたいことを教えてください

先生が電源装置を切ったときに動かなかったということは、ストローが動くのには電気が関係していると思うけど、アルミホイルに電気を流したら動くっていうのは聞いたことがないから、なんでストローが動くのか全然分からないから知りたいです。

資料3 生徒Aの振り返り

② アルミ棒の動く条件を探ろう

～実験器を自作し、活動の中で追究を進める生徒たち～

【手立てⅠーⅠ・ⅡーⅠの検証】

前時で生徒たちがもった「リニアモーター実験器のアルミ棒が動く仕組みについて調べたい」という思いをもとに、リニアモーター実験器に使われている材料を用意し、生徒たちがそれぞれリニアモーター実験器を作成して、アルミ棒が動く仕組みについて調べる時間を設けた。このとき、電圧の大きさが可変の電源装置や、様々な種類の磁石を多数用意して、リニアモーター実験器の条件を変更できるようにした。

しかし、教師のリニアモーター実験器を見よう見まねで作った生徒たちのリニアモーター実験器では、アルミ棒が思うように動かなかった。そんな中、生徒Aは見本のリニアモーター実験器の磁石において全て同じ極が上になっていることに気づき、アルミ棒を動かすことに成功した。その様子を見て、他の生徒たちも磁石を並べ替え、リニアモーター実験器でアルミ棒を動かすことに成功した。

生徒たちはアルミ棒を動かすことに成功したものの、思った方向にアルミ棒が進まないことに気がついた。試行錯誤する中で、磁石の極や電流の向きがアルミ棒の進行方向に関係していることに気がついた。さらに、様々な磁石を使って実験器を動かしたところ、生徒たちは磁石のもつ磁力の強さによってアルミ棒の動き方が変わることを発見した。

生徒たちは振り返りの中で、「磁石はすべて同じ向きじゃないと転がらない」や「分厚くて面積も大きい磁石のほうが薄く小さい磁石よりアルミ棒が転がった」というように、磁石の向きや強さによってアルミ棒の動きが変わることに注目して記述した（資料4）。また、「どうしてアルミホイルを巻くと転がるようになったのか分からなかったです」というように、電流と磁石をそろえるとアルミ棒が動くという条件は理解したものの、電流の流れ方が関係していることまで思い至らない記述もあった（資料5）。

これらの振り返りから、生徒たちに十分に教具に触れ、検証する時間を設けたことは、生徒の追究を深めることに効果的であったと言える。一方で、アルミ棒の動きと磁石、電流が具体的にどのような関係するのかについては、理解が不十分であった。そこで、次時ではそれらの関係性について仮説を立て、それぞれで個別実験を行うことで、電流と磁石がアルミ棒の動きにどのような影響を及ぼしているかを確かめた。

③ アルミ棒が動く仕組みを考えよう

～実験結果から生まれた疑問を、追究する生徒たち～

【手立てⅠーⅠ・ⅡーⅡ、Ⅲの検証】

生徒たちは、アルミ棒が動くのに電流と磁石が必要だと分かったものの、「それらがどのように関わっているか」という疑問をもった。そこで、それぞれこの疑問に対する仮説を立て、リニアモーター実験器を使って各自で電流と磁石がアルミ棒に及ぼす影響について、検証する時間を設けることにした。また、生徒たちには、検証を行った結果から、アルミ棒が動くときに電流や磁石がどのように影響しているかを分かりやすく説明できるように、図と言葉で表せるワークシートを用意した。

磁石の反発によってアルミ棒が動くと考えていた生徒Bは、検証実験の中で、アルミ棒はアルミホイルを巻いているので、「通電すると電磁石になり、反発するのではないか」という新たな仮説を立てた。実際に実験を行ったところ、電流を流したアルミ棒は磁石に引き寄せられたため、電磁石になっていることが分かった。生徒Bは「アルミ棒にアルミが巻かれているから電流が流れて電磁石になる」としつつ、アルミ棒が進む仕組みについては、「電磁石が置いてある磁石と反発し合ってアルミ棒が動くことができる」とワークシートに記述した。また、アルミ棒が動く向きが決まっていることについては、「電源装置に近いと電圧が大きい、離れると電圧が小さくなる」として、電圧と電磁石の磁力の大きさに関係があるのではないかと考えた。一方で、生徒Aも検証実験の中で、同様にアルミ棒に

学びのあしあと

①今日の授業で分かったことや気づいたことを教えてください

- ・ ストローは長い方より細い方がよく転がった。
- ・ 磁石の極はすべて同じ向きじゃないと転がらない。
- ・ 磁石と電流で力が発生する。
- ・ 木の棒のアルミホイルから伝わった電流がストローに伝わり磁石と引き合ったり反発しあったりして転がっていると思った。
- ・ 電流を木の棒に流した状態でストローを転がしたりしてみるとよく転がったりするところもあれば全然転がらず、少ししか動かないところもあった。
- ・ 分厚くて面積も大きい磁石のほうがうすく小さい磁石よりストローがころがった。

資料4 磁石に注目した生徒の振り返り

②今日の授業で分からなかったことや気になったこと、確かめてみたいことを教えてください

普通のストローではなくどうしてアルミホイルを巻くと転がるようになったのか分からなかったです。

資料5 電流とアルミ棒の動きの関係性が結びつかない生徒の振り返り

通電することで電磁石となるため、磁石の力によってアルミ棒が動いているという仮説を立てた。生徒Aはアルミ棒が回転していることに注目して、「アルミ棒は一直線に進むのではなく、コロコロと転がりながら動くことから、S（極の磁力をもつ）のアルミ棒と引き合ったり退け合ったりする必要がある」とワークシートに書いた（資料6）。そのため生徒Aは、レールに巻かれたアルミホイルがN極とS極が交互に入れ替わることで電磁石を動かしていると考えた。

お互いの考えを比較できるように、ロイロノートを用いて全体で考えを共有し合う時間を設けた。その後、それぞれの考えについて意見を述べ合う対話の時間を設けた。生徒Bが自身の考えを発表すると、アルミ棒が電磁石となり反発しているという意見に同意を示す生徒が多くいた。それに対して、生徒Aは、「電圧の大小によって進行方向が変わるのであれば、レール間に置いてある磁石の極を入れ替えたときにアルミ棒の進む向きが変わるのはおかしい」と反論した。その上で、自身の考えを発表した。しかし、生徒Aに対しても別の生徒から、「レールが電磁石になるときは、どうして電磁石の極が交互に変わるのか」という質問を受けた。また、全体の疑問として、磁石の極が入れ替わるだけでなく、電流の向きが変わってもアルミ棒の進行方向が変わるのはなぜだろうという意見が出た。これらの様子から、生徒たちが一人一実験を行ったことは、それぞれが仮説をもとに意見を持ち、主体的に追究に取り組むことに効果的であったと言える。生徒たちはアルミ棒が電磁石になることで動くのだろうという共通の仮説をもったが、電磁石の極がどのように決まるのか情報が不足していると考えた。そこで次時には、電磁石のアルミ棒はどのように磁力をはたらかせているのか、確かめることにした。

④ アルミ棒にはたらく磁力について知りたい

～学習した知識をもとに、さらに考えを深める生徒たち～【手立てⅠーイ・Ⅱーア、イの検証】

前時で生徒がもった、アルミ棒にはたらく磁力について知りたいという思いに応えるために、アルミホイルを巻いたアルミ棒に電流を流し、その上から砂鉄をまぶすことで、磁界の様子を観察した（資料7）。すると、アルミ棒に対して垂直になるように磁力線が見られた。そして、生徒たちは電流を流した物体には、電流の向きに対して垂直方向に磁石の力がはたらくことに気づいた。また、さらに調べ学習を進める中で、磁界や磁力線について知識を修得し、電流の向きに対して垂直方向に円形に磁界が発生することを知った。

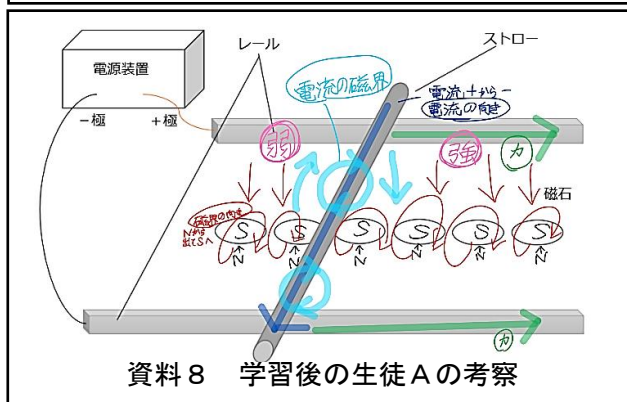
これまでの実験計画と調べて得た知識をもとに、再度、リニアモーター実験器でアルミ棒が動く際には、どのような影響がはたらいているかを図で考える時間を設けた。生徒Aは、学習をもとに、アルミ棒の周囲には円形の磁界が発生する様子を図にかいた（資料8）。さらに、生徒Aはレール間に置かれた磁石にも注目し、磁力線

① ストロークが動くときにはたらいている力を図に表そう

② 図で示した力のはたらきを言葉でも説明してみよう

自分の意見のストロークは磁石に引きつけられたり、しりぞけられたりして動くということからストロークは磁石のような性質をもっている。磁石は全てSが上だけど、ストロークは磁石に引きつけられないことからストロークは「Sの力をもっている。ストロークは一直線に進むのではなく、コロコロ転がりながら動くことから、Sのストロークしりぞけられたり引きあわたりする必要があるため、棒にはSとNの力が交互に働いている。一番はここがNだと、ストロークが引きつけられて停まる。棒は引きあわたり、S極の力を感じている。棒にSとNの力がはたらくのは、電子が移動し、静電気が発生し、帯電するのと同じで、互いの極が離れたいがために、互いに引きあわたりする。

資料6 生徒Aの説明



がN極からS極に向かって出ていくことから、置かれた磁石には上向きに磁界がはたらいっていることも図示した。これらのことから、生徒Aはアルミ棒が動くとき、進行方向側ではアルミ棒の磁界と置かれた磁石の磁界が下向きに強め合い、進行方向の反対側ではアルミ棒の磁界と置かれた磁石の磁界が逆向きになるので弱め合うため、転がって動くと考えていることがわかった。

こうした考えを実証するために、電流の向きや磁石の向きを変更して実験を行った。電流の向きや磁石の向きを反対にすると、それぞれ磁石の向きも反対になるため、力の強め合いや弱め合いが起こる場所が逆になる。そのため、進行方向が反対になることを、リニアモーター実験器を使って確かめた。こうした複数回にわたる実験により、生徒たちはアルミ棒の動く仕組みについて深く追究できたと考える。

4 成果と課題

(1) 仮説Ⅰについて

リニアモーターという、一見するとなぜ動くのか分からない仕組みと出会ったことで、生徒たちが夢中になって追究に向かう姿が見られた。また、出会わせ方の工夫として、アルミ棒の動きが途中で反対側になるように磁石を配置し、電流の流れる限り動くような構造にして見せたことで、「不思議」「なんでだろう」と強い興味をもたせることができた。

また、身近な材料をリニアモーター実験器に使用したことは、生徒たちが考えを深める一助となった。特に、演示した際にはレールに秘密があると考えていた生徒が、実際にレールの中身には木材が入っているのを見て、驚きとともに夢中になって追究を始めようとする姿が見られた（資料9）。

さらに、一人一実験を行えるようにリニアモーター実験器の材料を用意したことで、生徒たちは条件を変えながら繰り返し実験に取り組む姿が見られた。自身の立てた仮説を検証するために、使用する磁石などを手軽に変えられたことで、アルミ棒が動く仕組みについて多種多様な考察があった。

これらのことから、リニアモーターを教材として用いて、生徒たちに身近な材料で作成したリニアモーター実験器を扱ったことは、手立てとして有効であったと考えられる。

(2) 仮説Ⅱについて

ロイロノートを用いて振り返りを共有したことで、生徒の思いに沿う形で単元を実施することができた。また、振り返りを共有することで、生徒間で活発な意見交換が生まれ、新たな考えが生まれることもあった。振り返りの中に『生徒名』さんからアドバイスをもらって、（アルミ棒が）転がるには磁石の向きが関係していることが分かった」といった記述があり、生徒の意見交換から追究が進んだことが分かる（資料10）。

また、生徒に考察を図で示させたことで、学習前後での思考の変容が視覚的に示された。生徒Aは、はじめは電流と磁界を分けて考えていたが、個別実験や仲間との意見交換を通して、電流の生み出す磁界と磁石のもつ磁界が力を生み出していることに気付くことができた。

これらのことから、図による考察の視覚化や仲間や教師との対話など、互いの考えを共有する場を設けることは、手立てとして有効であったと考えられる。

(3) 課題について

アルミホイールが熱で張り付いてしまうことがあり、アルミ棒が滑らかに回転しないことがあった。特に高電圧で顕著であり、電圧や電流とアルミ棒の動き方について確かめようとしていた生徒は、定量的なデータを得づらかった。厚手のアルミホイールを使用するなどの熱対策をすべきであった。また、今後はより自然の仕組みを感動的にとらえられるように、アルミ棒が動く仕組みにとどまらず、力の大きさなどの既習事項とも関連させて、アルミ棒の速度などにも迫れるような追究を行っていきたい。



資料9 実験に取り組む生徒の様子

①今日の授業で分かったことや気づいたことを教えてください
[]さんからアドバイスをもらって、磁石の向きを全部統一して並べてみると、ストローが転がるようになったので、転がるには磁石の向きが関係していることが分かった。

資料10 生徒の振り返り