

理科の主張

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-03-12 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 高橋, 政宏, 井出, 祐介 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00028066

理科の主張

高橋政宏 井出祐介

1 教科で育みたい人間像

私たちは理科を通して、「科学のまなざし」をもつ人を育みたいと考えている。「科学のまなざし」とは「自然の事物・現象をよく見つけ、そこから見えないものを捉えようとする感覚」のことである。自然の事物・現象に対して意図的に目を向けると見えないものが見えてくる。見えないものとは自然の事物・現象の本質のような「知」と、自然に対する畏敬の念のような「情」の二つである。

「科学のまなざし」をもった子どもたちは、身の回りにあふれる自然の事物・現象から様々な「知」と「情」を涵養し、人生を豊かにすることができるだろう。「知」と「情」を深めた子どもは、自らを取り巻く自然環境や社会に対して、客観的な根拠や事実に基づいた議論を重ね、道徳的な価値判断をすることができるようにもなるだろう。それは、自然や社会との共生が必要な未来を生きるために必要な資質・能力でもある。

子どもたちが理科を通して、「科学のまなざし」をもち、自らの人生を豊かにしていく人になることを私たちは願っている。

2 教科ならではの文化

「科学のまなざし」は「理科ならではの文化」を味わう中で育まれる。私たちは「理科ならではの文化」を「実証性・再現性・客観性にこだわりながら、自然の事物・現象に向き合う営み」と考えている。理科の授業で子どもたちが試行錯誤する際、その拠り所となるものは実証性・再現性・客観性の三つの視点である。言い換えれば、この三つの視点に基づく試行錯誤こそ、他教科にはない理科の特徴でもある。三つの視点にこだわりながら自然の事物・現象に向き合うことは、自分の考えが誰にとっても納得のできる妥当なものであるのか、矛盾のない説明になっているのかを子どもたち自身が確かめるきっかけとなり、子どもが自分の考えを深化・発展することにつながると考えている。

実証性	考えが観察・実験の結果に基づいていること
再現性	同様の観察・実験を行った仲間と意見を比較したり、繰り返し行ったりしても同様の結果が得られること
客観性	異なる観察・実験であっても共通している部分があったり、疑いようのない事実であったりすること

3 授業づくりで大切にしていること

私たちが願う子どもの学びとは、自らの疑問を課題化し、課題の解決のための探究活動を主体的に行って事実を導き出すことや、事実から探究心を高めたり、自然の事物・現象の捉え方が発展・深化したりすることである。

これまでの研究から、私たちはそのような学びの実現のためには、一人で科学的なアプローチをするだけでなく、実証性・再現性・客観性の三つの視点に基づく、仲間との「科学的対話」が大切であることを見いだしてきた。そこで本年度は、「科学的対話」について以下の点を大切に授業づくりを行う。

- ・「科学的対話」を引き出すことができるよう、題材の工夫をすること
- ・「科学的対話」を引き出すことができるよう、子どもたちの問いの共有場面を設定すること
- ・子どもたちにとって、三つの視点に基づく「科学的対話」が自覚的になるための工夫をすること

身近な自然の事物・現象に着目するなどの工夫された題材を用いることで、子どもたちは自分たちなりの疑問をもち、主体的に自然の事物・現象のしくみや原因を解き明かそうとするだろう。また、お互いの疑問を出し合って探究の目標をすり合わせるなどの、問いの共有を行うことで、子どもたちは同様の探究の見通しをもった目的集団となるだろう。つまり、題材の工夫と問いの共有場面の設定によって、探究における主体的な目的集団が形成され、「科学的対話」のための環境ができあがると考えられる。さらに、主

体的な目的集団の中で、三つの視点に基づく試行錯誤を自覚的に行うことができれば、「科学的対話」は、より質の高いものとなるだろう。

質の高い「科学的対話」は、子どもたちを「理科ならではの文化」へ誘い、子どもたちの「科学のまなざし」を育てていこう。このようにして私たちは、理科の授業だからこそ育むことのできる子どもの学びの実現をめざしたいと考えている。



「理科の主張」イメージ図

授業実践

- 1 題材名 「ゆらゆら人形」が動く仕組み
 - 導線 1 本は磁界をもつか - (第 2 学年)

2 題材の目標

「ゆらゆら人形」の仕組みについて電流や磁界の条件を制御しながら分析することを通して、磁界中で電流を流すと力が働くことを見いだして理解することができる。また、探究の過程を通して、電流と磁界と力に関する視点から身近な自然の事物・現象を捉えたり、新たな疑問をもったりすることができる。

3 題材観

(1) 「ゆらゆら人形」と「科学のまなざし」

①不思議な「ゆらゆら人形」

100 円均一ショップや、各地のみやげ屋などで見かける、ゆらゆらと体を動かし続けるおもちゃがある。このような人形を総称して本稿では「ゆらゆら人形」と呼ぶことにする (図 1)。

日のよくあたるところに置くと半永久的にコミカルな動きを続ける。



図 1 ゆらゆら人形

しかしよく考えてみれば不思議なおもちゃである。乾電池などは一切使っていないのになぜ動くのだろうか。そう考えてよく観察してみると、人形に太陽光電池がついていること

に気がつく。どうやら、太陽の光から電気をつくっていると思われる。電気でものを動かすとなると、モーターが内蔵されているのだろうか。それにしても音が静かすぎるし、人形の質量が小さすぎる。モーターを使わずどのように動かしているのだろうか。

②「科学のまなざし」で「ゆらゆら人形」を見つめる

その仕組みは、きっと「ゆらゆら人形」の底をマイナスイオンドライバーで開ければすぐにわかるだろう。しかし、普段私たちは、人形を買ってきても底を開けたりはしない。私たちが底を開けるという行為に踏み切るときには少なくともその前に、何か「知りたいこと」や「明らかにしたいこと」がある。開ける前に様々な疑問や、予想や、推測が生まれているのだ。したがって、底を開けたときには、開ける前とは違ったものの見方で人形を捉えているのだろう。その捉え方の変化が学びで

ある。

ではその学びのきっかけは何なのだろうか。それは、「ゆらゆら人形」が気になることに他ならない。気になる感覚とは、よく見たくなる感覚であり、その見えない仕組みを解き明かそうとする感覚である。このような感覚を本校理科部では「科学のまなざし」と呼んでいる。

実際に「ゆらゆら人形」の底を開いてみると、コイルと磁石が入っていることがわかる。モーターが入っていると思っていただけに、ここで新たな疑問が生まれてくる。なぜコイルと磁石で動くのだろうか。コイルに電流を流すと磁石になるということだろうか。また新たな、目に見えない仕組みに気づき、「科学のまなざし」で人形を見つめる必要が出てくる。

このように「科学のまなざし」で「ゆらゆら人形」を見つめることで、そこに施された動きの仕組みや、電流と磁界と力の関係性のおもしろさを探究する扉が開かれていく。

(1) 「ゆらゆら人形」の教材としての価値

①「ゆらゆら人形」が運動するわけ

「ゆらゆら人形」の底を開けると、底蓋と人形部分に分かれる。底蓋には太陽光電池、コンデンサー、コイル、基板がついており (図 2)、人形部分にはフェライト磁石がついている (図 3)。磁石は振り子のおもりのように心棒の先についており、心棒は左右に揺れるよう設計されている。

人形が揺れる仕組みは次のとおりである。

- 1 太陽光電池が電源となり、コイルに電流を流す
- 2 コイルに電流が流れる間、コイルは磁界をもつ
- 3 磁界をもったコイルと磁石には斥力が生じる
- 4 磁石は力を受け、心棒を動かす
- 5 心棒の揺れが人形の動きとなる

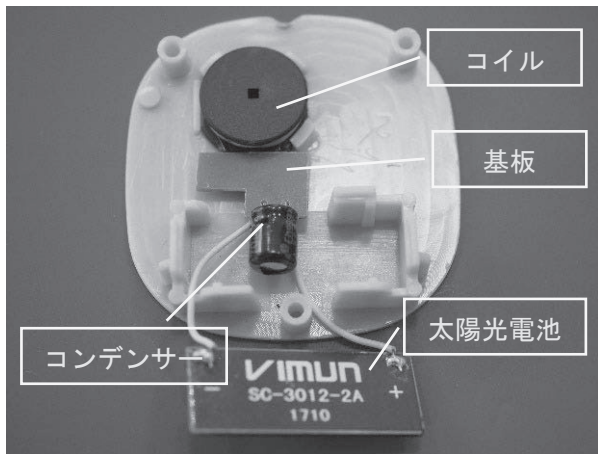


図 2 底蓋のようす

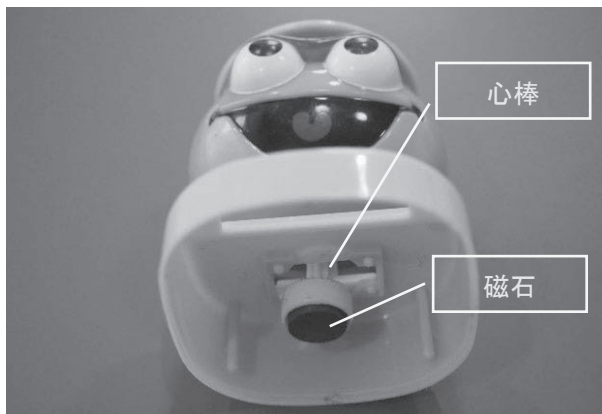


図 3 人形部分のようす

コイルに流れる電流は基板で定期的に入り切りされるため、コイルの磁界は存在と消滅を繰り返す。そのため磁石が反発と重力による振り子運動を繰り返すことになる。つまり、太陽光電池に光が当たっている限り、心棒が止まることはない。コンデンサーは太陽光電池の蓄電装置として作用していると考えられ、多少太陽光電池に当たる光量に変化しても、安定した電圧を維持できるようになっていると思われる。

②教材としての魅力

「ゆらゆら人形」は、多くの子どもが目にしたことがあるものの、その仕組みは一般的にあまり知られていない。しかし、上述した通り、その仕組みは極めて単純である。コンデンサーと基板は補助的な役割をしているだけなので、仕組みは電源とコイルと磁石だけに簡略化できる。

子どもにとって、コイルと磁石で動きが生まれる現象は不思議なものと映るだろう。しかし、小学校第 3 学年「磁石の性質」における、磁石同士を近づけると動き（引力や斥力による動き）が生まれる経験や、小学校第 6 学年「電流が作る磁力」における、鉄心に導線を巻き付けて電流を流すと鉄心が磁石になる（電磁石になる）という経験が

ら、人形に動きが生まれる理由を「コイルに電流が流れば磁石になるのかもしれない」と類推できると考えられる。つまり、コイルと磁石による動きは、子どもたちにとって見当のつかない問題ではなく、既習事項を想起させることで解決可能となる現象といえる。

また、「ゆらゆら人形」は仕組みの単純さから、図 4 のようにモデル化して考えることが可能であることも、魅力の一つである。

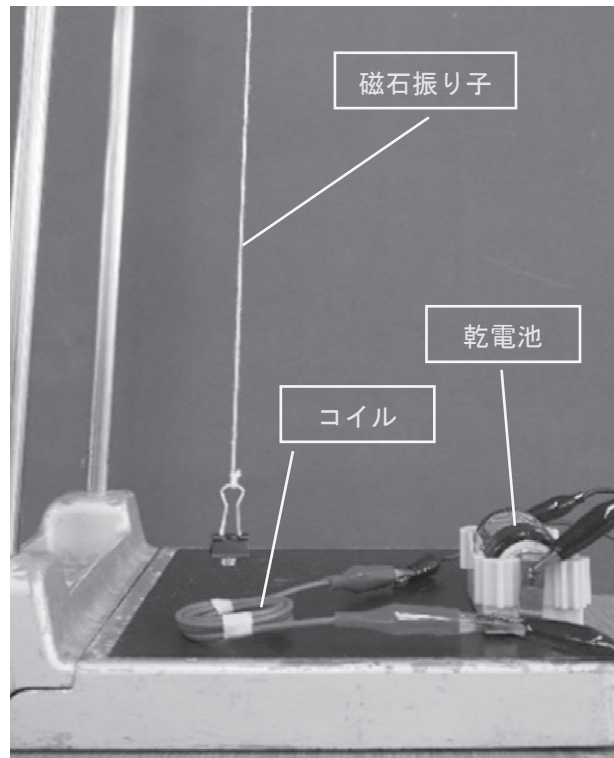


図 4 モデル化のようす

このモデルを用いれば、コイルの巻き数を変化させたり、乾電池の個数を変えて電圧を変化させたり、磁石の種類を変えて磁力を変化させたりすることが可能になる（図 5）。

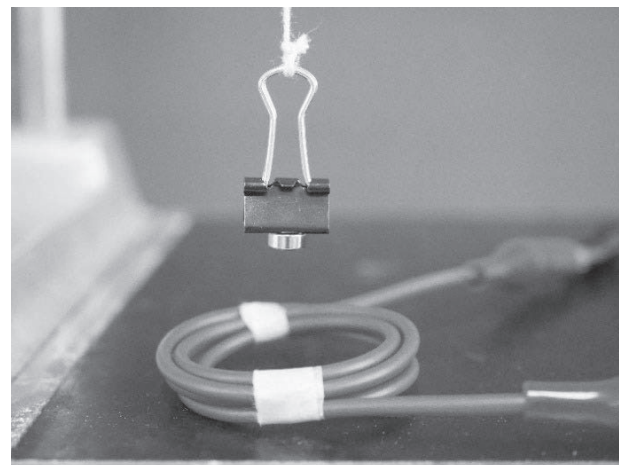


図 5 磁石とコイルのようす

磁石はフェライト磁石に変えたりすることで磁力の変更が可能。コイルは巻き数を自由に変更することができる。

モデル化によって、子どもたちが自らの思考に沿って条件を制御させながら実験することが可能になる。そのため、能動的な学びを促すことも期待できる。

(3) 磁界中で電流を流すと力が働くことを学ぶ価値

では、磁界中で電流を流すと力が働くことの学びは子どもたちにとってどのような価値があるのだろうか。

①知覚できない作用を説明する

電気や磁気的作用は、現象を観察することで誰にでも理解できる。例えば、下敷きで髪の毛をこすり合わせると髪の毛と下敷きが引きつけ合ったり、磁石が離れた鉄釘を引き寄せたりする現象は子どもから大人まで誰でも興味深く観察でき、その現象自体を疑うことはない。しかし、その仕組みを説明しようとした途端、電気や磁気的作用は難解なものになる。その理由は仕組みが目に見えないからである。

日本人は「目に見えないけれど、そこに存在していると考えなければ説明がつかないもの」を「気」と呼んでいる。「元気」や「空気」などがよい例である。「電気」や「磁気」も例外ではない。実体のはっきりしないものではあるが、子どもたちはこれまでの生活の中で「電気」と「磁気」を経験的に区別して認識してきたはずである。また、「電気」や「磁気」という言葉を用いて区別することで、それぞれの実体の危うさに折り合いをつけてきたとも言えるだろう。

これまでの生活経験上、無関係だと思っていた電気と磁気が互いに作用するという事象は、子どもたちにとって、知覚できない作用と映るだろう。それでも子どもたちは、知覚できない作用に向き合い、科学的に探究することで、少しずつ説明の材料を獲得していく経験を積み重ねていくだろう。

知覚できないものの作用を説明できるようになるという経験や過程そのものが、科学的に物事を考えることの価値を実感することにつながると考えられる。

②モデルを用いて考える

知覚できない作用を説明するためには大きく分けて二つの方法がある。一つめが「何らかの生命力のようなものが作用している」というようなアニミズム的な考え方である。アニミズムとは、ものには靈魂のようなものが存在しているという考え方であり、古代の人類や、幼い子どもにこのよ

うな思考が多く見られる。二つめが、実験的に物事を捉える科学的な考え方である。理科では当然、この二つめの科学的な考え方を養うことが求められる。科学的な考え方を養うためには客観性・再現性・実証性の視点で対話することが欠かせない。本題材では「ゆらゆら人形」を観察するだけではなく、人形のつくりをモデル化することで様々な条件制御が可能になる。条件制御は原因の特定に極めて有効となるため、モデル化は知覚できない作用を説明するための大きな手だてになると言える。

磁界中で電流を流すと力が働くことの学びは、モデル化という手法が、科学的に物事を考える際の大きな武器になることを知るという意味で価値のあるものであると考える。

③電気と磁気の間を知る

子どもたちに電気とは何かと問えば、静電気や家庭用のコンセント、乾電池などを思い浮かべるだろう。一方、磁気とは何かというと、永久磁石や方位磁針を思い浮かべるだろう。このように、多くの子どもたちは、電気と磁気は全く無関係な別の現象と捉えていると考えられる。

しかし実際は、電気と磁気は密接な関係がある。電子が動けばそこには磁界ができて、磁界が変化すれば電子を動かす作用をもつ。子どもたちにとってこのことは、電気と磁気に対する認識が大きく変容することを意味する。このような認識の変化そのものが学びの価値であると考えられる。

④身近な電化製品の見え方が変わる

電気と磁気が全く別のものではなく、密接した関係にあることの認識は、身近な電化製品の見え方を変えるきっかけになると考える。子どもたちは電気で動く製品のプラグをコンセントに差し込み、電源を ON にすれば、電化製品が運動ことに疑いをもたない。ともすれば、電流が運動に変換する過程が子どもたちにとってブラックボックスであることにも気がついていないかもしれない。

本題材を学ぶことで、電流が運動に変換する過程がブラックボックスであることに気づき、そのブラックボックスを解き明かす過程を経ることで、身近な電化製品が動く仕組みに興味に向かうであろう。例えば、電気で運動するものにはコイルと磁石が入っているはずだと考え、電化製品の仕組みを見てみたくなったり、製品の動き方からコイルや磁石の設置のされ方をイメージしてみたりするだろう。さらには、次の単元における電磁誘導の仕組みの理解も容易なものとなることが期待できる。

子どもたちには、本題材を通して、自分たちの身の回りのものは自然法則を実にうまく利用しているという実感をもってほしい。

(4) 本題材で味わう理科ならではの文化

本題材における理科ならではの文化を「**実証性・再現性・客観性にこだわりながら、電流が磁界からうける力に向き合う営み**」とする。

電気と磁気的作用という不思議な現象に、仲間と共に向き合い、科学的な対話を通して試行錯誤をする中で、子どもたちの「科学のまなざし」が育まれていくと考える。その際、実証性・再現性・客観性にこだわることで、自分たちの説明の妥当性や矛盾点に気づき、考えをより確かなものにしたたり、修正したりすることが主体的に繰り返されると考えられる。

(5) 願う学びと子どもの姿

本題材で願う学びは、「**ゆらゆら人形**」に関する自らの疑問を課題化し、課題の解決のための探究活動を主体的に行い、**磁界中で電流を流すと力が**

働く関係性を導き出すことや、その関係性から探究心を高めたり、自然の事物・現象の捉え方を発展・深化させたりすることである。

題材の序盤では、「ゆらゆら人形」の分解から電流と磁界と力の関係を課題化する姿に期待したい。

中盤では、客観性・再現性・実証性にこだわりながら「ゆらゆら人形」が動く仕組みの探究活動を主体的に行う姿に期待したい。

終盤では電流と磁界と力の関係を見いだし、理解する姿に期待したい。その際、探究の過程を通して、電流と磁界と力に関する視点から身近な自然の事物・現象を捉え直したり、新たな疑問をもったりする姿が見られると考えられる。

題材を通して子どもたちは、何の変哲もない 100 円均一ショップのおもちゃを探究しながら、これまで知りもしなかったことや、見えなかった事実を次々に明確にし、つなげていくことを経験する。そのとき子どもたちは探究に心躍らせるだろう。本題材をそんな子どもたちと共に、授業者も胸を高鳴らせ、わくわくしながら授業をすることができたら素敵なことではないだろうか。

参考文献：安孫子誠也，岡本拓司，小林昭三，田中一郎，夏目賢一，和田純夫(2007)

『はじめて読む 物理学の歴史』ベレ出版

板倉聖宣(2006)『電磁波を見る』仮説社

北村俊樹(2004)『図解入門 よくわかる 高校物理の基本と仕組み』秀和システム

久保田博南，五日市哲雄(2014)『おもしろサイエンス 磁力の科学』日刊工業新聞社

後藤富治(2016)「ひだまりこぐま・小型方位磁針」

『授業が楽しくなる 科学モノ情報・活用と入手法 VOL.3』大日本図書

重光司(2013)『電気と磁気の歴史 人と電磁波のかかわり』東京電機大学出版局

高橋哲郎(1985)『教師のための科学史教育入門』新生出版

竹内 柁，富山小太郎(1961)「電磁気学とその教材」

『岩波講座 現代教育学 10 自然科学と教育』岩波書店

福島肇(2007)『新装版 電磁気学の ABC やさしい回路から「場」の考え方まで』講談社

渡辺 愈(1993)『身近な物理学の歴史』東洋書店

参考資料：大日本図書 サイエンス CAFÉ https://www.dainippon-tosho.co.jp/science_cafe/072/

杉原和男 「S-cable」概要

<http://www.eonet.ne.jp/~sugicon/gogo/10s-cable/outline/outline.html>

4 学習指導要領との関連

(3) 電流とその利用

ア 電流，磁界に関する事物・現象を日常生活や社会と関連付けながら，次のことを理解するとともに，それらの観察，実験などに関する技能を身に付けること。

(イ) 電流と磁界

① 磁界中の電流が受ける力

磁石とコイルを用いた実験を行い，磁界中のコイルに電流を流すと力が働くことを見いだし理解すること。

イ 電流，磁界に関する現象について，見通しをもって解決する方法を立案して観察，実験などを行い，その結果を分析して解釈し，電流と電圧，電流の働き，静電気，電流と磁界の規則性や関係性を見い出して表現すること。

5 題材構想 (全 8 時間)

- (1) 「ゆらゆら人形」との出会い
- (2) 「ゆらゆら人形」はなぜ動くのだろう
- (3) まっすぐな導線 1 本で磁石振り子は揺れるのだろうか
- (4) 力の働きの規則性を探ろう
- (5) コイルと磁石の身近な電化製品への利用

私たちの願う子どもたちの姿を生み出すためには、子どもたちが探究の見通しをもったり、今向き合っている事象が探究のどこに位置づくものなのか理解したりするなど、自覚的に学ぶことが欠かせないと考える。本題材では「ゆらゆら人形が動く仕組み」を子どもの主体性に任せて探究させる。そうすることで課題にこだわらせ、探究の意欲を引き出すことができると考える。

その上で、授業者から「導線 1 本でも、振り子は振れるか」という問いをなげかける。この問いこそが、本題材における自覚的な学びを促す最大の手だてである。この問いによって、子どもたちはこれまでの学びを総動員させながら、コイルと磁石の関係での思考から、電流と磁界の関係への思考へと見方を変容していこう。また、子どもたちにとってこの問いは、共有された問いである「ゆらゆら人形が動く仕組み」の探究を深めるものになりそうだという認識をもって取り組むきっかけになると考えられる。

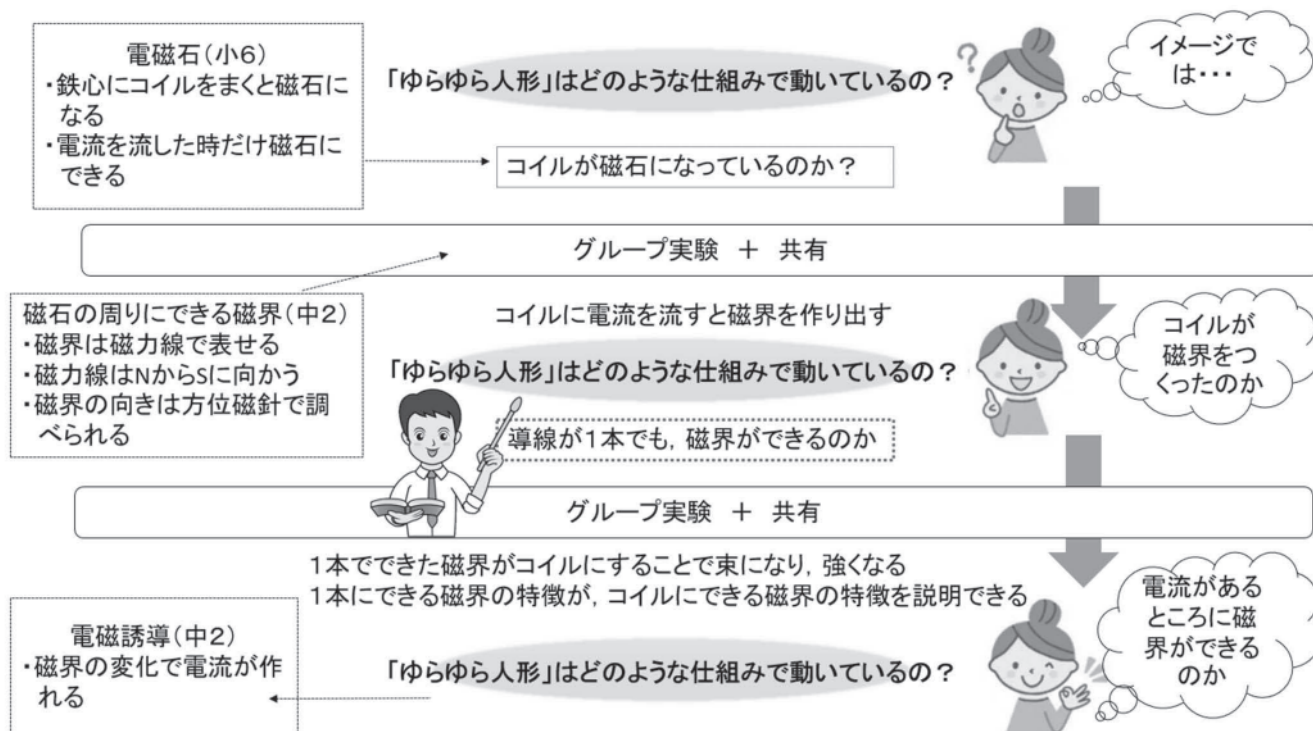


図 6 題材構想のイメージ図

6 本題材でみられた子どもたちのあらわれ

(1) 「ゆらゆら人形」との出会い

授業者は「ゆらゆら人形」を子どもたちに紹介した。その際、太陽光電池に光を当てると人形が動くようす、光を当てないと徐々に動きが止まるようすを見せた。

その後「ゆらゆら人形は光を当てるとなぜ動くのか、中の構造を想像してみよう」と問いかけた。この問いかけによって子どもたちは電気でものが運動する過程を想像していくことができた(図 7)。

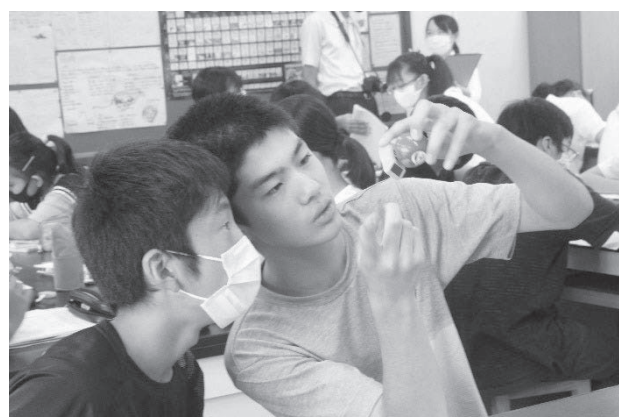


図 7 「ゆらゆら人形」の仕組みを想像するようす

実際に、子どもたちは「ゆらゆら人形」の構造について、以下のように考えた。

- ・光が当たれば、電気が流れるので動く。
- ・電気の力で振り子を動かしている。
- ・電気が流れるとなぜ動くのだろう。
- ・モーターが入っているはずだが、それにしても軽いし、音が静かだ。
- ・磁石が入っているかもしれない。
- ・揺れるのだから磁石は 2 つ入っているはずだ。振り子のおもりとして磁石が 1 つあり、その近くにもう 1 つあるはずだ (図 8)。

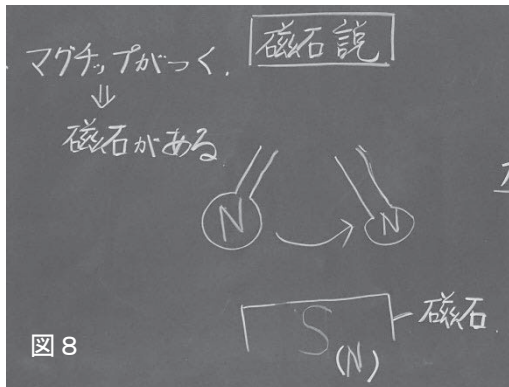


図 8

- ・下にあるのは電磁石ではないか。電磁石なら N 極や S 極を切り替えられる (図 9)。

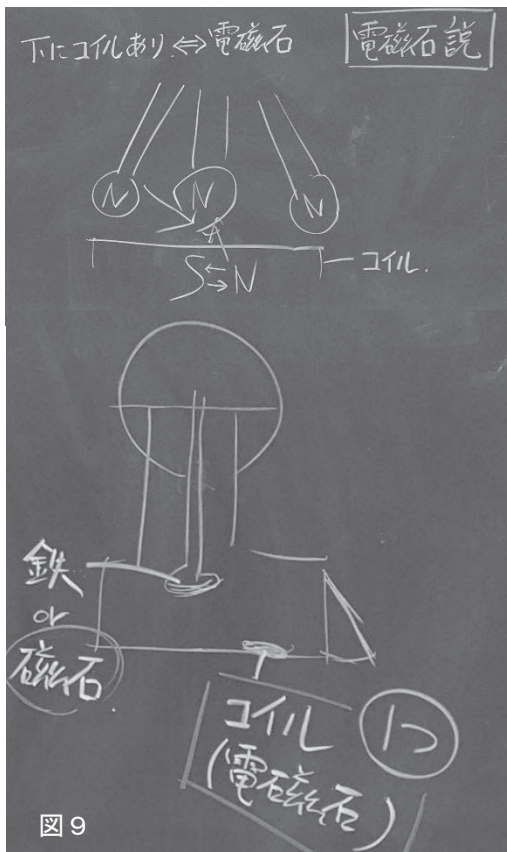


図 9

子どもたちは、人形の構造を考えながら、電気が流れるとなぜものが動くのかという疑問をもっていた。子どもたちから「人形を分解しよう。

どうなっているか知りたい」という声があがったため、実際に構造を確認することにした (図 10)。

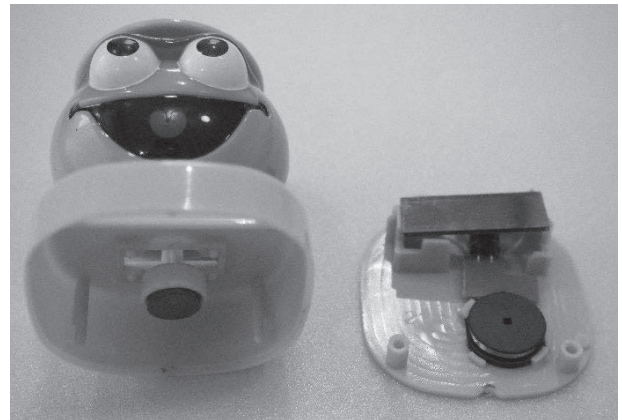


図 10 「ゆらゆら人形」を分解したようす

人形を分解して構造を見た子どもたちは、以下のような考えを出し合っていた。

- ・コイルと磁石が入っている。
- ・なぜコイルと磁石で動きが生まれるのだろうか。
- ・コイルの役割は何なのだろうか。
- ・コイルが磁石になるということがあるのだろうか。
- ・電流が流れるとコイルが磁石になるのだろうか。
- ・磁石とコイルは反発しているのか、引き合っているのか知りたい。
- ・コイルは何極になるのだろうか。

子どもたちはこのような仲間の考えを聞く中で「ゆらゆら人形はなぜ動くのだろう」という問いを共有していくことができた。その際、授業者は共有された問いを価値づけ、子どもたちの探究の意欲を駆り立てるよう心掛けた。

(2) 「ゆらゆら人形」はなぜ動くのだろう

共有された問いをもとに、授業者は子どもたちに「コイルと磁石でなぜ動くか」をたずねた。子どもたちは、磁石が動くことで人形が揺れる仕組みから、「コイルが磁石になるのではないかと予想し、次のような考えをもっていた。

- ・コイルが磁石に反発する力をもつのだろうか。
- ・コイルが磁石を引きつけるのではないかと。
- ・コイルに電流を流すと極が入れ替わるのではないかと。
- ・コイルを使うと電気の入り切りが起こるのではないかと。

子どもたちは、考えを共有する中で「電流を流したときのコイルにはどのような磁界が存在するのか」を探究する必要性を感じたと考えられる。

本題材の前に、棒磁石や円形のフェライト磁石に広がる磁界を調べているため、子どもたちは、方位磁針を用いて磁界の向きを調べる計画を立て始めた。

子どもたちの中には、コイルに広がる磁界を調べるにあたり「ゆらゆら人形」そのもので実験をするだけでなく、モデルを用いて実験する必要性に気づく子もいた。授業者はそのような子どものようすを取り上げ、モデル化してグループで実験するよう促した。

実験をする子どもたちからは以下のようなあらわれが見られた。

〔コイルを磁石に変える実験〕

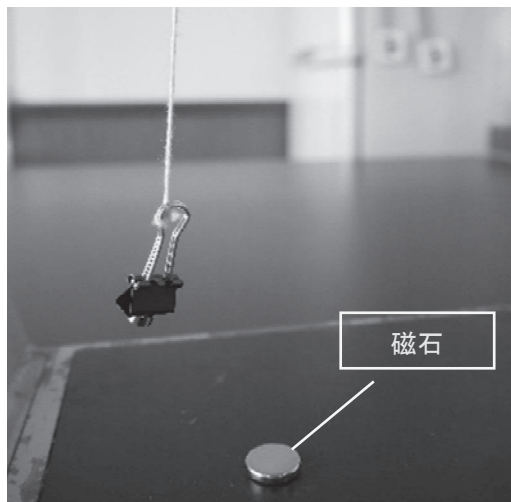


図 11 コイルを磁石に変えたときの様子

- もしもコイルが磁石になっているならばコイル部分を磁石に変えて、振り子運動をするかどうか調べないといけない。
- コイルを磁石に変えると、磁石が反発して振り子運動が起こった。
- でもしばらくすると止まってしまう。
- コイルに見立てた磁石の極を変えると、引力が働いて、振り子運動がすぐに止まってしまう。
- コイルを磁石に変えると極にかかわらず、磁石振り子はいずれ止まるということは、コイルは磁石になっていないということだろう。
- コイルが磁石になるとして、どうやって極を入れ替えたり、極の入り切りをしたりしているのだろう。
- 電流の向きを入れ替えたり、電流を入り切りしたりすればいいのではないか。

〔方位磁針を用いて、モデルのコイルの周りの磁界を調べる実験〕

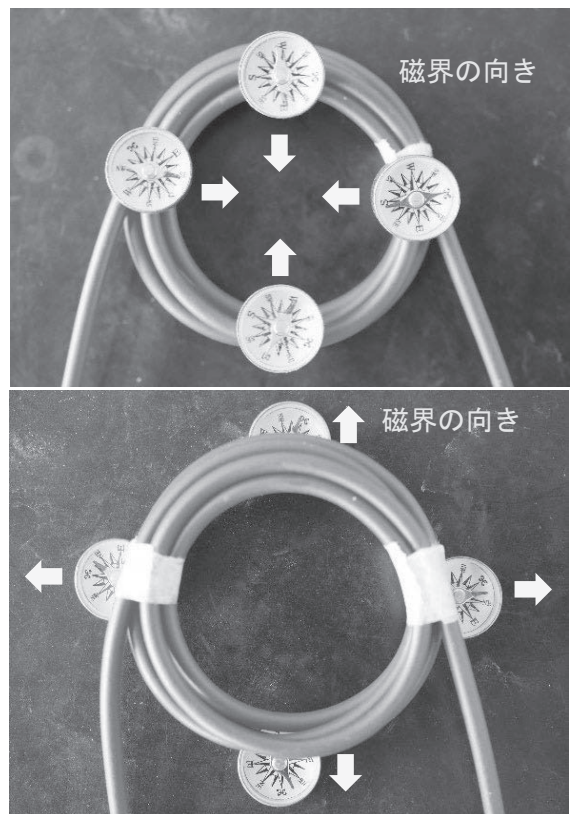


図 12 モデルのコイルの周りの磁界のようす
上図はコイルの上面の磁界のようす。
下図はコイル下面の磁界のようす。

- コイルが磁石になるのなら、コイルの周りに磁界ができているはずだ。
- コイルの周りにどのような磁界が広がっているかマグチップをまいて、調べてみよう。
- マグチップの反応が見られない。弱い磁力なのだろう。
- 方位磁針で調べてみよう。
- コイルの横は反応が見られない。
- コイルの上に方位磁針を置くと反応が見られた。
- コイル上部の磁力線はコイルの中心部分に向かっているようだ。
- では、コイルの下側の磁力線はどうなるのだろう。
- コイルの下に方位磁針を置いても反応が見られた。
- コイル下部の磁力線はコイルの中心から外側に向かっているようだ。
- コイル全体では磁力線が上から入って下に出る形になっている (図 13)。
- 磁界の広がり方が棒磁石と似ている。
- 上がS極で、下がN極になるといえそうだ。

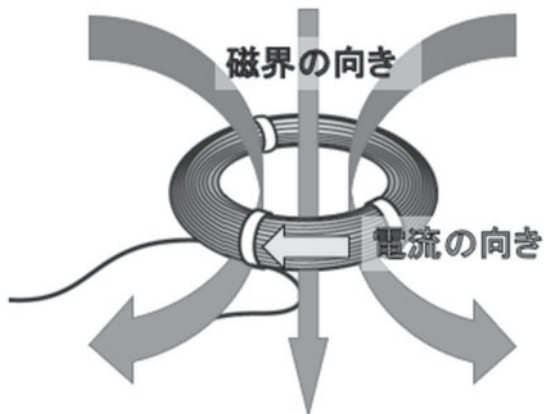


図 13 コイルに広がる磁界のようす

[方位磁針を用いて「ゆらゆら人形」のコイルの周りの磁界を調べる実験]

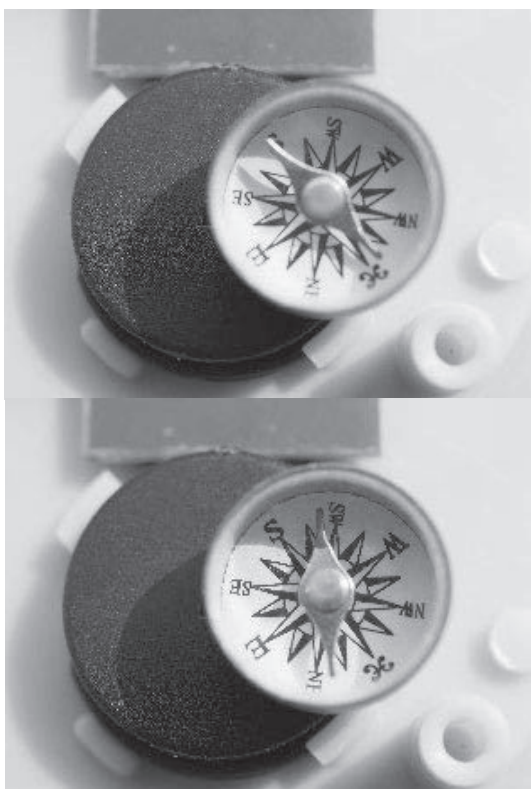


図 14 「ゆらゆら人形」のコイルの周りの磁界のようす

一定時間ごと上図と下図を往復するように変化する。

- コイルの横は反応が見られない。
- コイルの上に方位磁針を置くと反応が見られた。
- 方位磁針は周期的に変動する。
- 磁界が周期的に変化するといえそう。
- どうやって周期的に磁界を変化させるのだろう。
- 電流が入れ替わっているのではないか。
- 電流が入り切りされているのではないか。
- モデルを使って電流を制御して、確かめる必要がある。

実験後、授業者はグループで行った実験を共有するよう伝え、「ゆらゆら人形はどのような仕組みで動くのか」を考えるよう促した。子どもたちは対話を通して、以下のようなことに気づいていた。

- コイルは磁界をもつようだ。
- 電流を流すとコイルは磁界をもつようだ。
- 電流を逆にすると磁界の向きが反対になるようだ (図 15)。

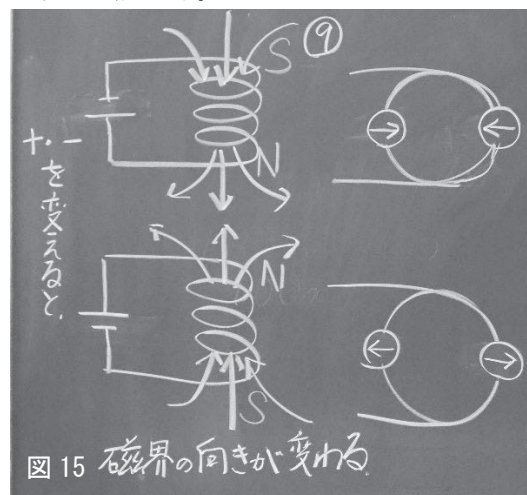


図 15 磁界の向きが変わる

- コイルはずっと極が変わらない状態である (図 16)。

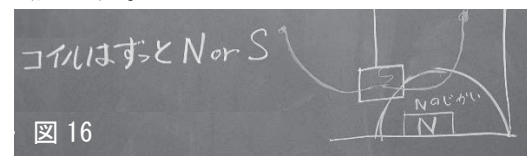


図 16

- コイルに流れる電流を入り切りすれば磁石振り子が揺れる (図 17)。

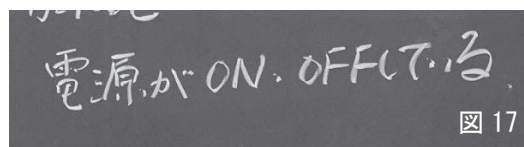


図 17

- コイルに流れる電流の向きが入れ替われば磁石振り子が揺れる (図 18)。

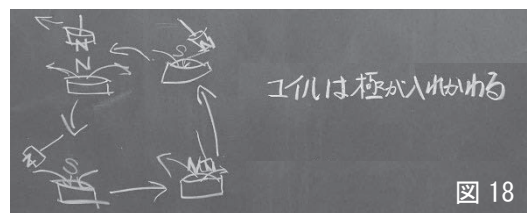


図 18

- コイルに流れる電流は入り切りされているのか、それとも入れ替わっているのか。

子どもたちは磁石振り子が揺れる原因が、①電流の入り切りなのか、②電流の向きを入れ替わりなのかをはっきりさせたい思いに駆られていった。そこで授業者は「ゆらゆら人形」のコイル部分を

検流計に付け替え確かめるよう伝えた (図 19)。その際、磁石振り子が揺れる原因が、①電流の入り切りならば、検流計の針が 0 とプラス (またはマイナス) を往復する反応を繰り返す結果になり、②電流の向きを入れ替わりならば、検流計の針がプラスとマイナスを往復する結果になるという見通しをもたせた。

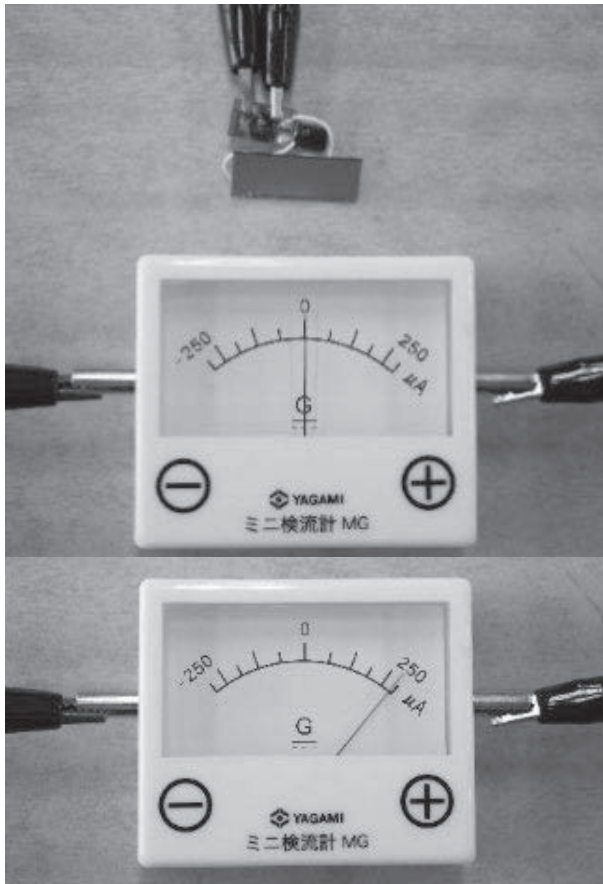


図 19 基板を検流計につないだときの様子

【実験結果】

一定時間間隔で、検流計の針が 0 とプラスを往復する

子どもたちは、「ゆらゆら人形」が動く仕組みについて以下のように結論づけていった (図 20)。

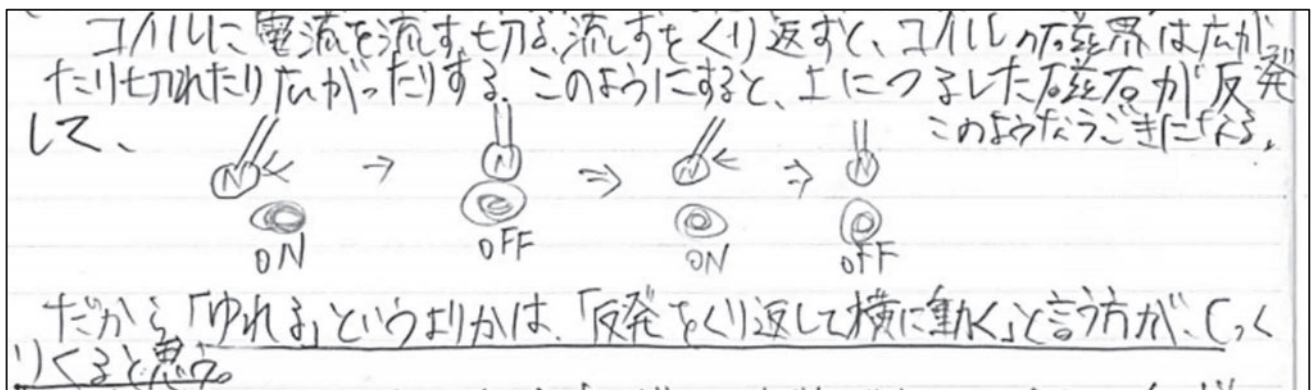


図 20 子どもたちのノートの例

その際、授業者は子どもたちに磁力線を用いて説明するよう促した。そうすることで、極同士の作用 (引力・斥力) だけではなく、磁界の向きを意識した思考をすることができた。

- ・コイルの電流を入り切りすることで、コイルの周りに磁界を生み出したり、消滅させたりしている。その結果、磁石が動く。
- ・コイルは電流を流すと磁界を生じ、磁石に力を与える。電流が入り切りされることで磁石のついた振り子を止めることなく、揺らすことができる。
- ・コイルに電流が流れている間、磁石のような磁界を作る。同極の磁石同士が反発するように、電流を流したコイルと磁石は反発し、振り子が動く。「ゆらゆら人形」は基板で電流を入り切りしているため、反発と重力による振り子運動を繰り返していることで動き続ける。
- ・コイルに電流が流れると、磁石の磁界と逆向きの磁界が生まれる。したがって斥力が発生する。電流が流れなくなると斥力が消え、通常の振り子運動に戻る。これが繰り返させて「ゆらゆら人形」が動く。

(3) まっすぐな導線 1 本で磁石振り子は揺れるのだろうか

コイルに電流が流れると磁界が生じることを見いだした子どもたちに対し、授業者は改めてコイルで磁石振り子が触れるようすを演示した。その後、授業者はコイルを少しずつほどいて見せた。そして、コイルが完全にほどかれて、1本の導線になったところで「まっすぐな導線 1 本で磁石振り子は揺れるのだろうか」と問いかけた。

子どもたちは、以下のような考えをもち、討論を繰り返していった (図 21)。

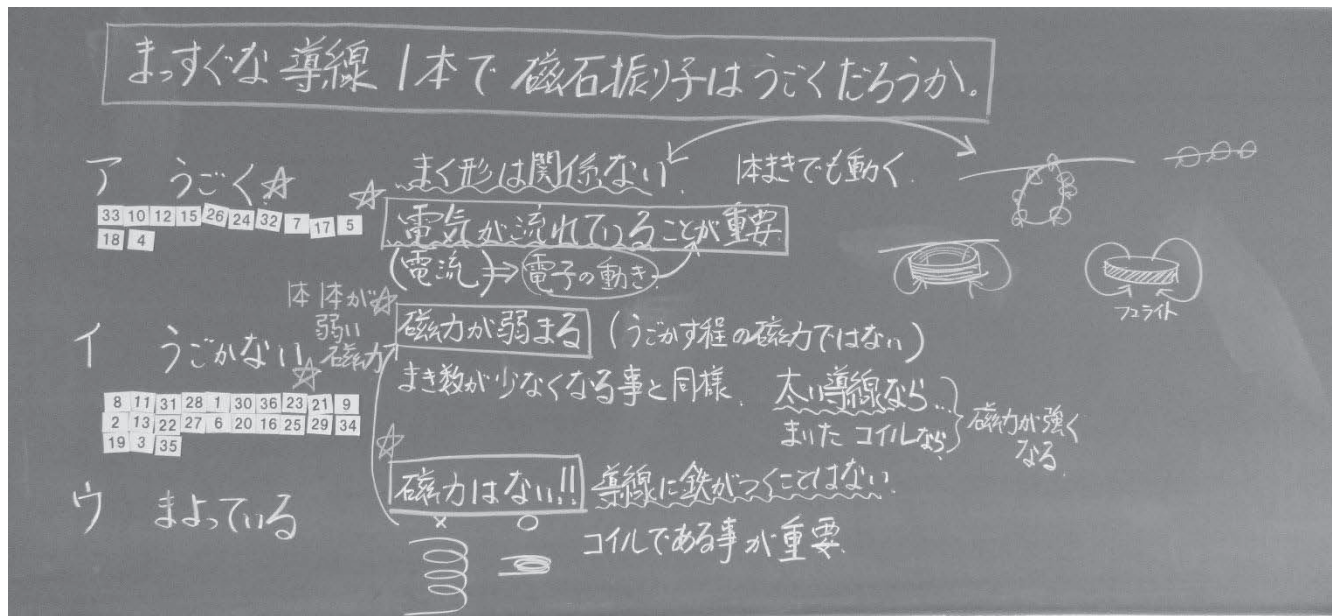


図 21 授業後の板書

【1本でも揺れると思う派】

- コイルの周りには磁界が生じる。それならば、導線の周りにも磁界が生じているはずである。
- コイルは導線が束になったものだから1本でも揺れる。
- 1本では磁界が弱くなる可能性がある。揺れは小さくなるけど、揺れると思う。
- 巻く形は関係がない。大切なことは、コイルかまっすぐかではなく、導線に電流が流れているかどうかである。電流が流れれば磁界はできる。
- 電流の大きさが問題になると思う。電流の大きさが大きければ1本でも揺れる。

【1本では揺れないと思う派】

- 巻く形が重要だと思う。コイルだから磁界を作るのであり、コイルでない1本の導線は磁界を作らない。
- コイルは棒磁石のようなN極から出てS極に戻るような磁界を作るから、磁石と反応する。一卷きコイルなら動くかもしれないが、まっすぐな1本の導線では、棒磁石のような磁界は作れないので動かない。
- 磁界はできているが、コイルのように束になっているわけではないので、磁石振り子を動かすほどの力はない。
- 導線1本で磁界ができるなら、家電のコードの周りに鉄がくっついてしまうことになる。そんな経験はないので、磁界はできない。

子どもたちは、①導線1本に磁界が生じるか否か、②磁界が生じるならばそれは磁石を動かす磁界であるのかという論点で討論を行う中で、各々の考えを明確にしていると考えられる。

そこで授業者は、乾電池に導線をつなぎ、モデルの磁石振り子を用いて実験を行った(図 22)。



図 22 導線1本で磁石振り子を揺らすようす

【実験結果】

導線1本で磁石振り子は揺れる

討論と実験結果から子どもたちは、導線の周りに磁界が存在することを見いだすことができた。授業では、コイルとは形状の異なる1本の導線には、どのように磁界が広がるのかをはっきりさせようという声が上がった。そのため、授業者は子どもたちに、導線1本の周りの磁界の広がり調べよう伝えた(図 23)。

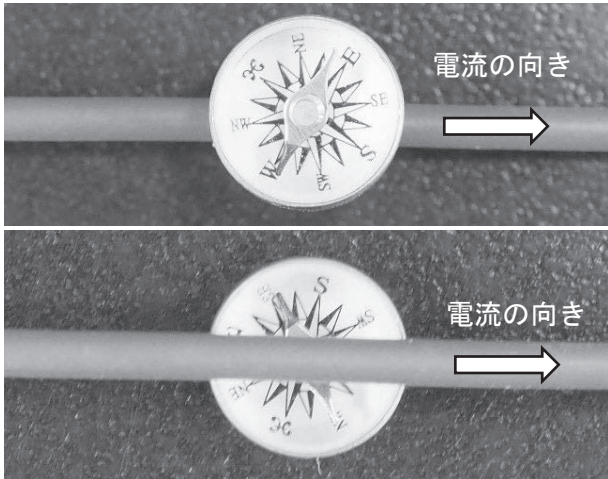


図 23 導線の周りの磁界を調べるようす

実験から子どもたちは、導線に巻き付くような磁界を見いだしていった。さらに、授業者は子どもたちの見いだした、導線の周りの磁界のようすをより確かにするために、以下の二つの演示実験を行った（図 24, 図 25）。

演示実験 1

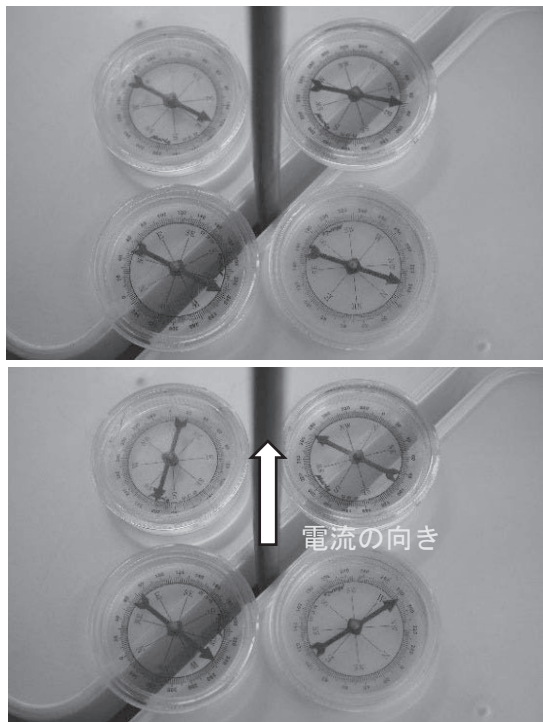


図 24 方位磁針を複数用いて導線の周りの磁界を調べるようす

上図は電流が流れていないときのようなようす。
 下図は電流が流れているときのようなようす。
 ケーブルは S-cable を用いている。

演示実験 2



図 25 鉄粉を用いて導線の周りの磁界を調べるようす

演示実験から子どもたちは以下のように考えを確かにしていった。

- ・磁界は導線の周りを一周するように広がっている。
- ・極が存在しない。
- ・電流の向きを変えると磁界の向きが逆になる。
- ・同心円状に磁界が広がっている。
- ・右ねじの法則ということを知ったことがある。

一方で「まっすぐな導線に極がないのに、コイルになると極ができるのはなぜか」という疑問が生まれた。子どもたちは対話を通して、以下のような認識を見いだしていった（図 26）。

- ・導線 1 本ではスタートとゴールのない磁界になっている。しかし、導線を一巻きすると全体として磁界のスタートとゴールが生まれ出されるような磁界をつくる。
- ・導線は巻くとフェライト磁石の磁界のような磁界ができる。
- ・導線は巻くほど、磁界が強くなることがわかる。
- ・コイルは 1 本導線の磁界が束になったものと考えることができる。
- ・コイルの巻き数を多くすれば、その分だけ磁界が強くなる事実と一致する。
- ・「ゆらゆら人形」で導線がコイルになっていたのは、磁界を強くするためだったとわかった。

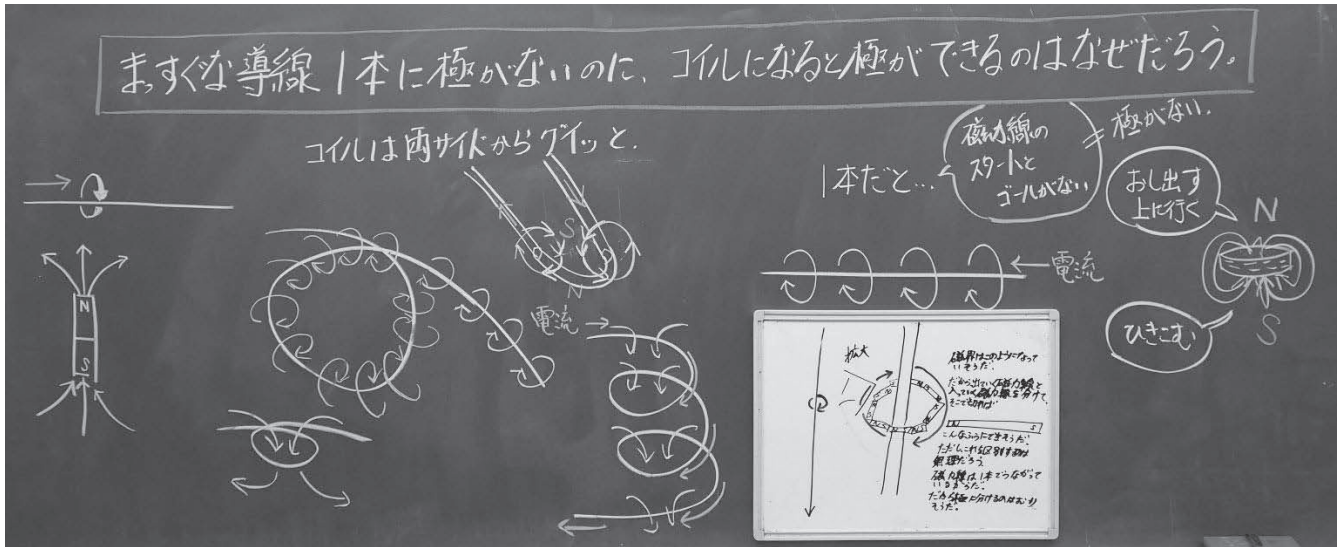


図 26 授業後の板書

子どもたちは、導線1本の周りの磁界を理解することで、コイルが導線の増幅装置のように見えてきていると考えられる。

(4) 力の働きの規則性を探ろう

しかし、子どもたちにとって「導線1本では極ができないのにどうして磁石が動くのだろうか」という疑問は解決されていない。子どもたちは磁界の中で導線1本に電流を流したときに、どのような力を受けるのか、その規則性を明らかにしたいと言い出した。そこで授業者は、「導線の動きを変える方法を考えよう」となげかけ、動きの規則性を見いだすよう促した。その際、導線1本の場合、質量は磁石に対して導線の方が小さいため、導線を動かす方が子どもたちにとって実験がしやすいと考える。授業者は、U字型磁石の振り子を固定した導線で動かす現象と、U字型磁石を固定して導線のブランコを動かす現象を見せ、子どもたちに、力は相対的なものであることを説明した(図 27)。そのうえでこれまでの磁石を動かす実

験と今回の導線を動かす実験は、同一のものであることを補足した。

【実験結果】

- 磁界の向きを変えたら、導線は逆向きに振れる
- 電流の向きを変えたら、導線は逆向きに振れる
- 電流と磁界の向きをともに変えたら、導線の振れる向きは変化しない

実験の結果から子どもたちは、電流の向きと磁界の向きが力の向きを決定することに気づいていた。ここで授業者は、「フレミングの左手の法則」によって簡易的に力の向きが予測できることを伝えた。

ここまで探究すると、子どもたちの中には「ゆらゆら人形」のコイルに流れる電流の向きと磁石の磁界の向きから力の向きを考える子も現れ始めた。そこで授業者は、子どもたちに「ゆらゆら人

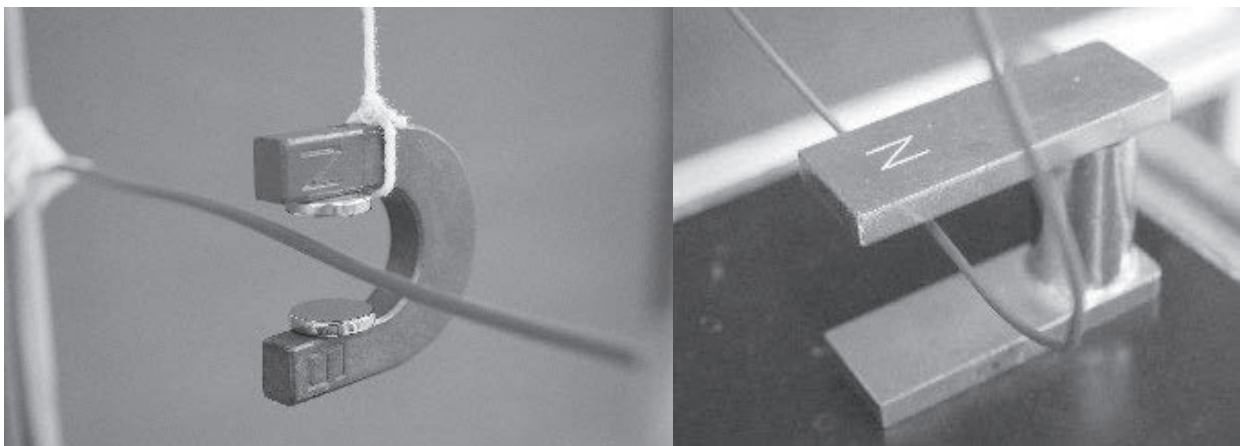


図 27 力が相対的であることを説明する実験

左図はU字型磁石による振り子を導線で動かすようす。右図はU字型磁石を用いて導線を動かすようす。

形」の場合に働く力の向きを考えるよう伝えた。ただし、「ゆらゆら人形」の場合、力が働く対象が磁石であるため、考えなければならない力の向きが「フレミングの左手の法則」における電流が受ける力の向きと一致しない。磁石の受ける力は電流の受ける力の反作用になるためである。授業者は、子どもたちに図 27 の実験を改めて提示したり、解説を示したプリントを配布したりして、子どもたちが力の向きについて混乱しないよう留意した。

以下の感想から、子どもたちは「フレミングの左手の法則」が「ゆらゆら人形」の動きにも当てはまることに気づき、電流と磁界が生み出す力の規則性を実感する事ができたと考えられる。また、磁石ふりが揺れる現象を、同極同士の反発力と、ローレンツ力の反作用の 2 つの方法で説明が可能なのに気付く子どもも現れたと考えられる（図 28）。

- ・ コイルに流れる電流の向きと磁石の磁界に、フレミングの左手の法則を当てはめると力はコイルの内側にはたらく。しかし、コイルは固定されているので、磁石振り子の方がコイル外側に向かって動くことがわかった。
- ・ 電流が磁界から受ける力の向きが内側に向いているから、上の磁石がローレンツ力の反作用で動こうとして動く。
- ・ 今回わかったローレンツ力の反作用は、コイルに電流を流したときの極の反発と同じ動きになる。フレミングの左手の法則で、なぜ極の反発が起こるのかもわかった。

(5) コイルと磁石の身近な電化製品への利用

ここまでの探究を通して、磁界の中で電流が流れば力が生み出されることを見いだした子どもたちは、これまで電気を使って動かしていたものの仕組みにはコイルと磁石が存在していると容易に想像できるようになっているはずである。

そこで授業者は子どもたちにモーターを与え、分解してもよいことを伝えた。子どもたちは分解を通して、電気で運動するものにはコイルと磁石が欠かせないということを確認したものとしていった。さらに授業者は、ハードディスク、スマートフォンのスピーカー（図 29）やバイブレーターなどの電化製品の分解画像を紹介したり、モーターが回転する仕組みを紹介したりして、題材を閉じた。

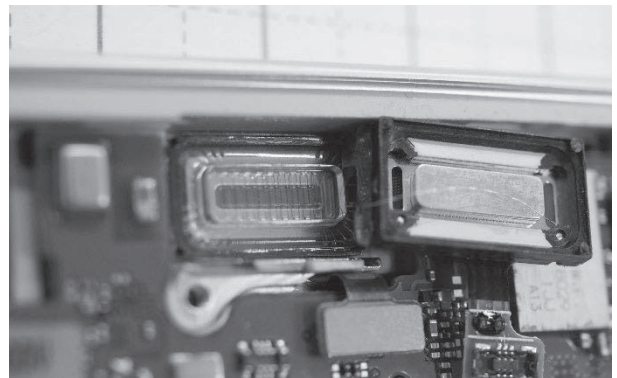


図 29 スマートフォンのスピーカーのようす

題材を通した子どもたちの感想からは、「ゆらゆら人形」に関する自らの疑問を課題化し、課題の解決のための探究活動を主体的に行い、磁界中で電流を流すと力が働く関係性を導き出すことや、その関係性から探究心を高めたり、自然の事物・

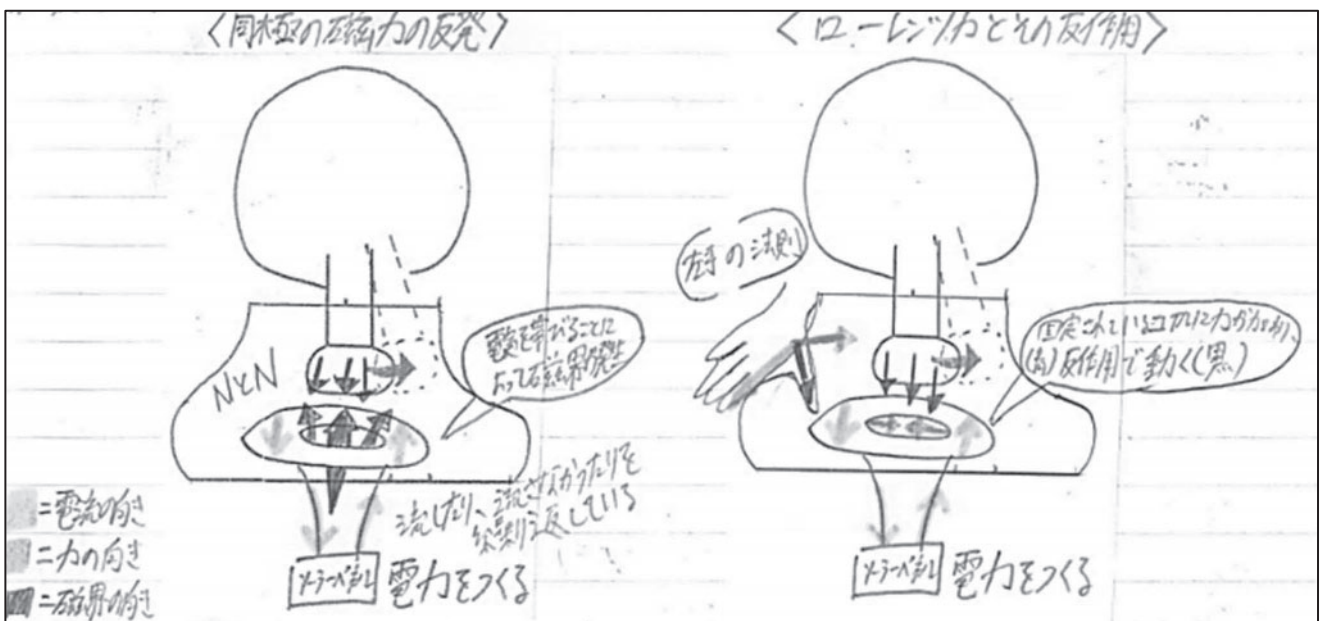


図 28 子どもたちのノートの例

現象の捉え方を発展・深化させたりする姿が読みとれるのではないかと考えられる (図 30)。

- ・導線の磁界, コイルの磁界も知ることができて, こういう磁石と電流の関係で「ゆらゆら人形」や他の電化製品が動いているんだな, ということがよくわった。
- ・小学校の時まわるのが当たり前のモーターは, 実は電気が流れるものは磁界を生み, 磁界同士で極を生み, 極と極で退け合ったり, 引っ付き合ったりするのを繰り返して回っていた。
- ・私たちの身近にある動く電化製品はすべて

- ・コイルと磁石が入っているということだ。
- ・磁界の中で電流を流せば力が生まれることがわかった。では, 磁界の中で力を加えれば電流が生み出せるのだろうか。
- ・「電気が流れている」=「磁界が発生している」ということである。
- ・フレミングの左手の法則で, 磁界・電流・力が必ず使われてくるが, これは化学の分子みたいだ。電流の周りには必ず磁界があり, コイルのようにまとまれば極ができ, 力が生まれる。この3セットは分子のようにまとまって一つと考えてもよさそうだ。

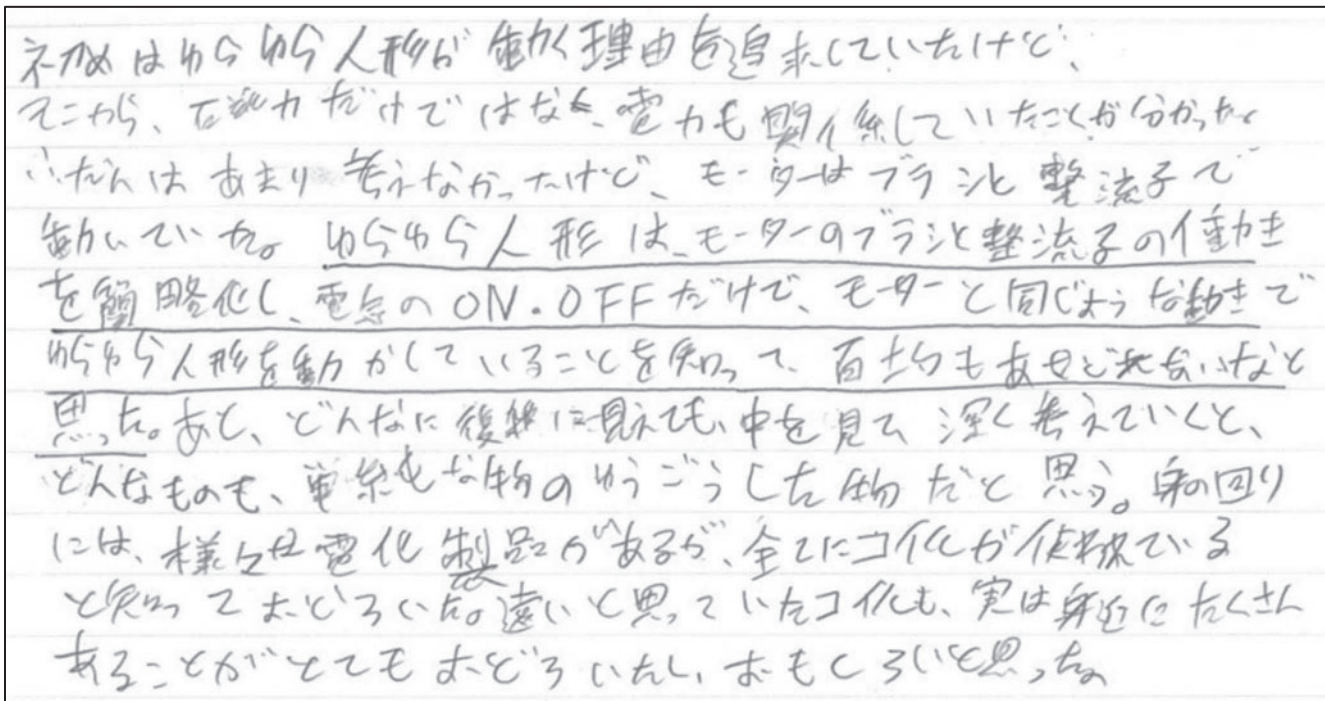


図 30 子どもたちのノートの場合

成果と課題

1 成果

理科部では、「科学のまなざしをもつ人」を育むために「理科ならではの文化」を味わう授業を目指してきた。そのための手立てとして、仲間との「科学的対話」について以下の点を大切にしたい授業実践を心がけてきた。

- ・「科学的対話」を引き出すことができるよう、題材の工夫をすること
- ・「科学的対話」を引き出すことができるよう、子どもたちの問いの共有場面を設定すること
- ・子どもたちにとって、三つの視点（実証性・再現性・客観性の視点）に基づく「科学的対話」が自覚的になるための工夫をすること

このような授業実践を繰り返すことで、子どもたちの学びに次のような成果があった。これらの成果は「理科ならではの文化」を味わったからこそ育まれたものだと考えている。

(1) 自然の事物・現象の捉え方における深化・発展と概念化

本題材では、まっすぐな1本の導線の周りの磁界の様子とコイルの周りの磁界の様子を関連付ける場面で、「コイルは1本導線の磁界が束になったものだ」と考える子どもの姿が見られた。さらに、ゆらゆら人形が動く仕組みを見いだしたり、身近な電化製品を分解したりする場面では、「身近にある動く電化製品はすべてコイルと磁石が入っている」と考える子どもの姿が見られた。このように一つの自然の事物・現象を粘り強く追究することで、自然の事物・現象の捉え方を深化・発展させ、一般化された概念を創り上げることができるとわかった。

(2) 学びの自己調整の可能性

題材の工夫と問いの共有によって、子どもの学びの自己調整を促すことができた。本題材では、子どもたちが教師の力を借りることなしに仮説を分類化したり、意見をまとめたり、実験方法を検討したりするなど、子どもたち自身が授業をファシリテートするあらわれが数多く見られた。また、演示実験でも「電流を大きくしたらもっと磁石振り子は大きく振れるはずだ」と主体的に考える姿が見られた。これらの姿は子どもたちにとって題材が問いの共有ができるものがあったことと、問いが共有されたことにより、見通しをもって探究ができたことを示すものであると考える。

(3) 外的事項と関連付けられた学び

「科学的対話」の中には既習事項や、他教科、日常生活経験と関連付けたものが数多く見られた。本題材では、「6年生のときにやった電磁石では……」と小学校で学んだ学習と関連付けたり、「コイルは技術で扱ったよね」と技術科の経験と結び付けたりしながら対話する姿が見られた。このような姿から、子どもの学びは題材の中で閉ざされたものではなく、多くの外的事項と結びついていることがわかってきた。また、一定数の子どもたちは自分自身の追究している学びと、参考になる学びを明確に区別して考えるなど、自身の学びを俯瞰的に捉えていることを見いだすこともできた。

2 課題

実践を通していくつかの課題も浮き彫りになった。一つめが、子どもたち自身の学習記録の時間の十分な確保である。子どもたちの思考の流れを止めないよう、ノート記録の時間を積極的に設定しなかった。その結果、子どもの思考が自身の学びの記録に残らず、学びの定着の足かせになったと考える。思考の流れを止めない一方で、学びを記録に残すことが必要になると考える。今後は学びの記録をどのような方法で行うか、時間をどのように確保するかについて検討する必要がある。二つめが、三つの視点（実証性・再現性・客観性の視点）に基づく「科学的対話」のさらなる自覚化である。対話の中に三つの視点に触れたあらわれは見られたものの、十分とは言えない。例えば、観察・実験結果を表やグラフで示せなかったり、適切な科学の用語を用いて説明できなかったりする子どもがいることも事実である。そのような子どもに対して、上記の成果の部分揺るがすことなく、どのようにアプローチしていくべきなのかは、今後検討の余地が十分にあると考える。

これら二つの課題の解決は、子どもたちの「科学的対話」を磨き上げ、「科学のまなざしをもつ人」の育成に寄与するものと考えている。

理科の研究実践については以下の QR コードからもご覧いただけます。

静岡大学教育総合実践センター紀要（第 31 巻）

「中学校理科『自然と人間』分野の科学的対話がより深まる題材開発と実践

ー駿河湾におけるサクラエビ不漁についてー」（井出祐介）

