

モーターが回る理由を理解できる教材の開発

— 手動スイッチでモーターを回すことを通して —

Development of teaching material that children can understand why motor turns

— Through turning the motor with a manual switch —

沼倉 徹 民部田 悟

Toru NUMAKURA Satoru MIBUTA

キーワード：電磁石 モーター 回る理由 手動スイッチ リードスイッチモーター

1 問題の所在と研究の目的

学習指導要領解説理科編で小学校5年生の理科「電流がつくる磁力」の学習では「ものづくりとしては、電流の大きさなどによって電磁石の強さを変えるという観点から、例えば、物を動かすことを目的としたモーター、鉄を引き付けたり放したりして移動させることを目的としたクレーンなどが考えられる。」とあり、どの教科書にもコイルモーターが掲載されている¹⁾。

コイルモーターは材料も少なくてすみ、比較的簡単にできて、よく回るので、授業でも製作させることが多い。

しかし、児童はコイルモーターを製作し、回すことができても、それがなぜ回るのかは説明できない子がほとんどである。それどころか、整流子としての働きを作るために、クリップ等に接触する部分のエナメル線を半面だけ磨く意味も分からずに進めている児童も多く、製作が学習した内容の「活用」ではなく、「やらされている作業」になりかねない状況がある。かといって、モーターの回る仕組みを解説しても児童にはなかなか理解できない。コイルの持つ磁力の仕組みと整流子の仕組みが難しいのである。

では、モーターは電磁石の活用としてのものづくりに向かないのかというと、そうとは言えない。児童はこうした手作りのモーターが回ることによって大きな喜びを感じるし、電気の力が

回転する運動エネルギーに変わることから、6学年で学習する「電気の変換、利用」にも結び付く。児童の制作するモーターが「回る理由」を理解できるのであれば、効果的な教材となりうる。そこで、モーターの本質を維持したまま、児童の理解を困難にしている部分を変えていけばよいと考えた。それは、次のような内容である。

第一にコイルではなく、授業の中で製作した鉄芯入りの電磁石を使う。コイルモーターが回るわけを説明しようとするれば、フレミングの法則にぶつからざるを得ない。しかし、電磁石を使えば、2極モーターの仕組みで説明できる。鉄芯入りの電磁石では磁束は中の鉄芯に収束しているので、フレミングの法則と一步距離を置くことができる。もちろん、「電流がつくる磁力」の内容は「一本の導線の周りの磁力」、そして「コイルの磁力」、「鉄芯を入れて強化した電磁石の磁力」とつながって理解されることが望ましいことなので、「コイルの磁力」を捨象するべきだといっているのではない。製作したモーターが回る理由の理解を優先して考えると、電磁石を使うほうが児童にとってわかりやすいと考えたのである。

第二に、回転子をコイルや電磁石ではなく、永久磁石にする。コイルや電磁石が回転すると、電源である乾電池との接触が確認しにくくなることから、児童が仕組みを理解することが難しくなるからである。

第三に、整流子を使わず、手動で電磁石のスイッチを ON、OFF させて回転させる仕組みにする。DC ブラシレスモーターのトランジスタスイッチ²⁾もしくはリードスイッチモーターのリードスイッチを手動で行うと考えればよい。児童にとって、最も理解することが困難なのが整流子であり、動きながら電流の方向を変えていることや、スイッチを ON、OFF させていることの理解は小学生では難しすぎる。

こうした三点の考えをもとに工夫したものが「手動スイッチで回すモーター」である。このモーターであれば、どの児童も簡単に製作でき、自作モーターを回すことで喜びを感じるとともに、回しながらモーターの回る仕組みをじっくりと考えていくことができるのではないかと考えた。

今回は、以上の考え方で工夫した「手動スイッチで回すモーター」の製作を小学校5年生の授業で実践して、その教材としての有効性を検証するのが本研究の目的である。

さらに、児童に「本物のモーター」として意識させるためにリードスイッチモーターへの作り変えを行わせたい。そのことで児童がリードスイッチモーターの回る仕組みを理解できれば、手動スイッチモーターはリードスイッチモーターの理解のためにも前段階として有効な教材だということができる。そのことも併せて検証したい。

2 教材の工夫と仮説の設定

(1) 手動スイッチモーター

前述した「手動スイッチで回すモーター」は図1のとおりである。

乾電池（乾電池ボックスは図に記載省略）、電磁石、スイッチはそれまでの授業で作成し、活用したものをそのまま使えるようにした。

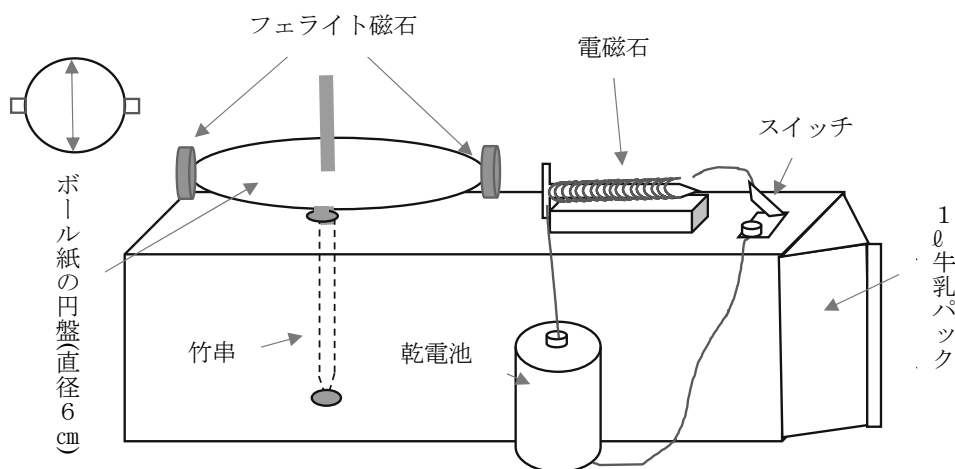
直径6 cmの円盤に、フェライト磁石を張り付ける耳を両端に着けた形をボール紙で作って中心に穴をあけ、竹串を通してボンドで固定する。フェライト磁石を両端の耳に両面テープで貼り付ける。

図1のように、牛乳パックに垂直に穴をあけ竹串を刺した円盤を差し込み、コマのように回転するように取り付け、回転子とする。フェライト磁石は両方とも同じ極を外側に向けておく。電磁石もフェライト磁石の外側と同じ極を回転子の側に向けて台の上に固定する。

フェライト磁石が電磁石の前を通り過ぎようとするときに電磁石のスイッチを入れたら、同極同士の反発で回転子の回転は加速する。その後スイッチを切り、再び反対側のフェライト磁石が電磁石に近づき、通り過ぎようとするときにスイッチを入れれば、回転が加速する。

この繰り返しで回転子が回転し続けることになる。スイッチ ON、OFF のリズムが分かると、児童は簡単に回転させられるようになるし、また、スイッチを ON のままにすると回転子は

図1 手動スイッチモーター



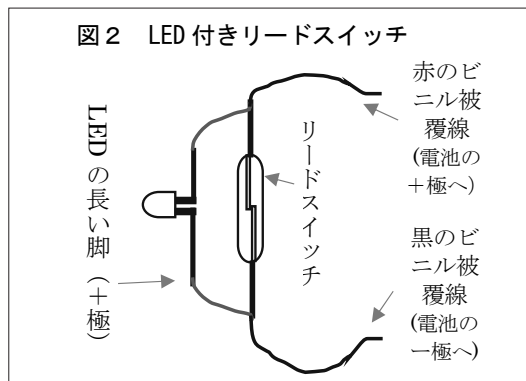
モーターが回る理由を理解できる教材の開発

いったん止まって、反対向きに回ろうとする。操作に慣れた児童は逆回しも自由にさせられるようになるだろう。

ちなみに、円盤の直径を6cmとしたのは、児童のスイッチ ON、OFF の操作性を考慮したことによる。これ以上直径が大きいと1回のスイッチ ON で半回転しにくい。また、これ以上小さいと、ON、OFF の操作が速くなりすぎて児童の観察が追い付かない恐れがある。

(2) リードスイッチモーターへの改造

手動スイッチモーターを児童が回せるようになり、永久磁石の回転子が回る仕組みを理解できた後、図2のようにリードスイッチとLED をはんだ付けしたものを提示し、磁石が近づくとリードスイッチのガラス管の中の金属が磁化されてくつき、スイッチがONになり、磁石が離れるとばねの力で金属が元に戻って離れるためにスイッチがOFFになるという仕



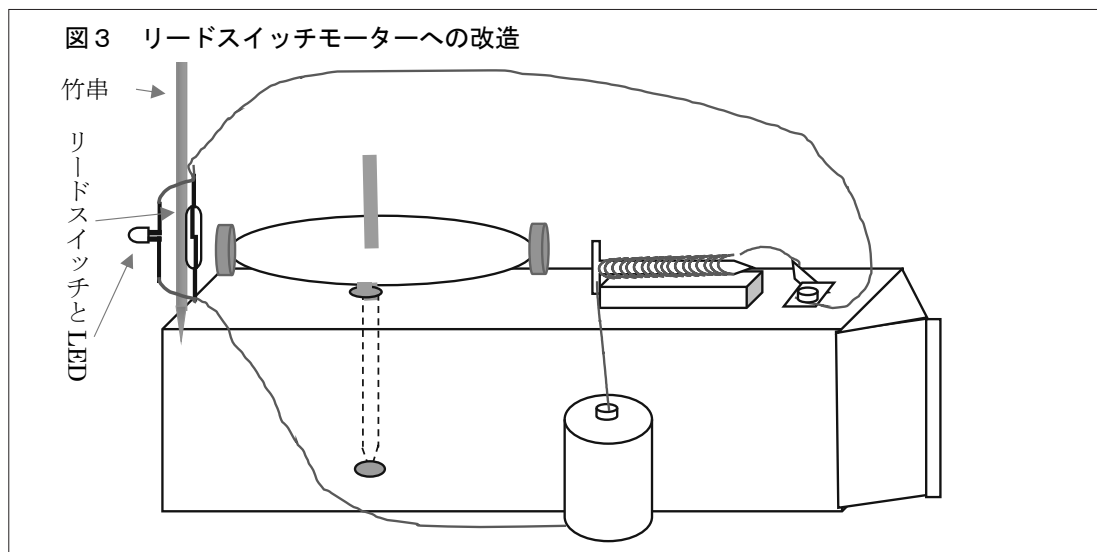
組みを説明し、手動スイッチで行っていたことと同じことをリードスイッチが代行してくれることに気付かせる。そして、本当に代行できるか検証するために、実際にリードスイッチを固定して手動スイッチのモーターを回してみせる。

その後、全員にLED つきのリードスイッチを配り図3のように竹串にセロテープ止めした形で持たせ、電磁石の反対側から近づけさせて試させる。

なお、誘導起電力は5年生では扱わないため、リードスイッチにLEDをつける意味については説明が難しい。ここでは、リードスイッチが働くときに逆向きの電流が生じるので、LED を使ってその電流を逃がしているという説明にとどめたい。ただし、生じる電流が逆向きであることを説明しないとLED のプラス・マイナス極を逆向きに配線する児童も出てくるためこの説明は不可避である。今回は、起電した電流をLED に流すようにLED の長いほうの+電極を電池のマイナス極側に配線しておくと同時に、はんだ付けするビニル被覆線を赤と黒にし、児童が間違いにくくしておく。

(3) 仮説の設定

児童は手動スイッチモーターを回す活動の中で「自分の操作で」永久磁石の回転子が回ることの喜びと、回ることの不思議さを感じつつ、この操作を繰り返し行うことになる。こうした繰り返しの操作と回転子の回り方を見な



がら、児童は自然にこれらの関係づけをしていくようになるだろう。

つまり、回転子が回る仕組みを「磁石の同極同士の反発で回転する」ことと、「反対側の磁石が来た時に反発しないようにスイッチを OFF にしておく必要がある」ことだと認識できると考えた。これは、そのまま本来のモーター（電力を動力に変換する装置）の基本的な仕組みである。

さらに、手動のスイッチ部分をリードスイッチに置き換え、「リードスイッチモーター」に改造すれば、確かにこの原理でモーターが回っているのだという実感と、完成度の高いモーターを製作できたという達成感・満足感を持つことができるものと考えた。

3 検証授業の概要

(1) 実施期日

2019 年 12 月

(2) 授業対象児童

公立小学校 5 学年 1 学級

児童数 32 人

(3) 授業計画（11 時間扱い）

第一次 電磁石の極（計 4 時間）

1. 電磁石が使われている装置を例に、電磁石について話し合う。（1 時間）
2. 電磁石を作る。（1 時間）
3. 電磁石を操作して、永久磁石との働きについて比較する。（1 時間）
4. 電流の向きを変えると、電磁石の極の向きが変わるか調べる。（1 時間）

第二次 電磁石の強さ（計 4 時間）

1. 電磁石が鉄を引き付ける力を、より強くするための方法を予想する。（1 時間）
2. 電流の大きさを変えたときの電磁石の強さを調べる。（1 時間）
3. コイルの巻き数を変えたときの電磁石の強さを調べる。（1 時間）
4. 実験結果から、電磁石の強さについてまとめる。（1 時間）

第三次 電磁石の活用（計 3 時間）

1. 手動スイッチモーターを作り、モーターが回る仕組みについて考える。（2 時間）
2. リードスイッチモーターを作り、そ

の仕組みについて考える。（1 時間）

4 調査方法

(1) 手動スイッチモーターを作成した後、モーターが「回る理由」について話し合い、その内容から児童の理解の筋道を探る。

また、リードスイッチモーターに作り変えた後も同様に話し合う場面を設けて、その内容から児童の理解の筋道を探る。

(2) 手動スイッチモーターの授業後、自由記述で、手動スイッチモーターが回る理由を書かせ、次の視点から理由を書けているかどうかを見る。

- ①磁石の反発の力で動く
- ②スイッチを入れっぱなしにすると止まる
- ③スイッチを切っておき、永久磁石が通る時、タイミングよくスイッチを入れる

この 3 つの視点から、理解度を判断する。

(3) さらに、リードスイッチモーターに作り変えた授業の後も、リードスイッチモーターが回る理由を自由記述で書かせ、次の視点で回る理由を理解したかどうかを見る。

- ①リードスイッチの仕組み
- ②リードスイッチを使って回る仕組み
- (4) 授業後の児童の感想や疑問などの自由記述から、児童の理解の筋道と、手動スイッチモーター、リードスイッチモーターの教材性を探る。

5 「第三次電磁石の活用」の授業実践の内容と児童の反応

(1) 手動スイッチモーター製作と児童の反応

①製作から操作まで

前時で学習した電磁石の強さについて振り返りをした後に、身の回りで電磁石を利用している物がな

図 1 提示した手動スイッチモーター



モーターが回る理由を理解できる教材の開発

た。児童からクレーンやモーターなどに電磁石が使われていると聞いたことがあるという発言があった。どのように電磁石が関わっているのか問いかけた後、教師が手動スイッチモーターを提示した。大型テレビに映し出された回転子が回っている様子を観察した児童からは驚きの声が上がった。次に、回転子を逆回しにさせると「電流の向きが反対になったのかな」と予想をする児童も見られた。操作を終えて、これから提示した手動モーターを製作することを告げると、児童はとても喜んだ。

その後、製作手順の確認を行い製作に入った。

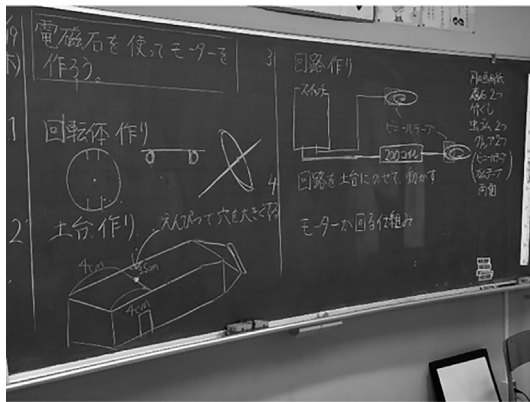


図2 製作手順説明時の板書

モーターの製作を終え、回路がしっかりと繋がっているかどうか確認したり、電磁石の位置の調整を行ったりした児童から手動スイッチモーターの操作に入った。

しかし、多くの児童がクリップ同士を接触させて回路に電流を流すだけでは、モーターが動かすことができない課題に直面した。クリップ同士を接触させて電流を流したままだと、回転子が動きはするが、行ったり来たりするだけで、一方向に回転し続けないのだ。そこで改めて、教師が回転子についている2つの磁石の両方共S極を電磁石側に向けているという説明を行った。

回転子が動いた理由が電磁石との反発であるということを確認した児童は反発させ続けてしまうことによって一度動いた回転子の動きを反対の向きに変えてしまうことに気づいたものと思われる。そして、回転子を回し続けるためには、単にクリップを接触させて電流を流

し電磁石と永久磁石を反発させるだけではなく、クリップを離し電流を流さない時間を作り回転子の動きに合わせてタイミングよくクリップを接触させる必要があるということについて操作をしながら気付くことができた。

さらに、回すことができた児童には、初めに教師が提示したように、回している途中で逆回転させる操作に挑戦するように促すと、ほとんどの児童がすぐに逆回転もさせられるように操作を工夫していった。

一方で、操作を続けてもモーターを回すことができない児童に対して他の児童がモーターを回す方法を説明しながら教えている姿も見られた。

また、操作を続けていく中で磁石同士の反発し合う力ではなく、引き付け合う力を使ってモーターを回転させる試みをする児童も現れた。見事、引き付け合う力でもモーターを回転させることに成功し、反発させる力で回した時のクリップ同士を接触させるタイミングの違いについても考えることができた。

②「回る理由」の話し合い

T：モーターを作ってみてどうだった。

C：楽しかった。

T：できた後も操作をして楽しいね。

C：はい。

T：みんなモーターを上手に回せたね。モーターを回すためには、考えて操作しなくてはならなかったと思うけど、みんなはどんなことを考えながら回しましたか？このモーターはどうやって回っているのかな。

C：わからない。

T：難しいね。このモーターは何を使っているんだろうね。

C：S極とN極が働いていると思います。

T：S極とN極が働いているということは、何が働いているんだろう。

C：磁力。

T：そうだね。磁力が働いているんだね。でも、S極とN極がどのようにして働いてモーターが動いているんだろう。

C：磁石同士が反発している力を使っているんだと思う。

T：そうか、磁石の反発している力を使って動いているんだね。それでモーターが動く仕組みについての説明は十分かな。

C：それだけじゃないと思う。

T：そうしたらもう少し詳しく考えていきたいのだけれど、モーターが回る仕組みとして磁石同士が反発している他にどんなことが関わっているんだろう。

C：クリップとクリップを付けることによって回路ができるから。

T：回路ができるとどうなるんだっけ。

C：電気が流れて、磁石の働きをするようになる。

T：電気が流れた時に磁石の働きをするものを電磁石と言いましたね。そしたら、このモーターは「磁石の反発している力を使って動いている」、「回路を繋いで電気が流れた時だけ回る」これで回る説明はつくかな。

C：うーん。もうちょっと。

T：それじゃあ今やってみようか。回路を繋いでそのままにして回り続けますか。

C：回らない。

T：さっき、みんなが実験で操作したときはモーターが回り続けていたね。どうやって回し続けたの。どんな操作をしたのかな。

C：クリップを付けたり、離したりした。

T：みんなクリップをカチカチ、付けたり離したりしていたね。なんで、付けたり離したりしていたの。

C：ずっと付けていると止まっちゃうから。クリップを付けている時は磁石の働きをしているけど、クリップを離すと磁力がなくなるから、付けたり離したりしていると回る。

T：もう一度確認しよう。クリップを付けたり離したり、カチカチ操作することでどうなるんだっけ。

C：回路ができたり、できなかったりする。

T：なんで回路になったりならなかったりするとモーターが回るのかな。

C：コイルが電磁石になったり、ならなかったりすることでモーターに付いている磁石と反発したり、反発しなかったりしてモーターが回る。

T：回路ができたりできなかったりすると、電

磁石になったりならなかったりするわけだね。自分の言葉でもう一度モーターが回る仕組みを説明してみようか。

C：回路を繋いで、電気を流すと電磁石になって磁力を出すからモーターについている磁石と反発する。モーターに付いている2つの磁石の両方ともに電磁石は反発するからそのままと止まっちゃう。回路を繋いだり、切ったりすることで、反発させたりさせなかったりすることで止めずに回すことができる。

T：モーター作りの前にも確認したけど、モーターの回転子に付けた、2つの磁石は両方とも外側が同じS極だと言いました。反発させっぱなしだと回らないということもわかりました。だけど今の説明では、反発させたり？

C：反発させなかったり

T：そうだね。反発したりさせなかったりすることで回ってというのがわかったね。みんなこれでモーターの回る仕組みはわかったかな。

C：はい。回路を繋いだり、切ったりすることで、電磁石になったりならなかったりする性質を利用して、磁石と反発させたりさせなかったりしてモーターが回っているということがわかりました。

C：でも、反発だけで動くわけじゃないと思う。

T：どういうことか説明してくれる。

C：仕組みとしては同じなんですけど、モーターに付いている永久磁石と、電磁石を違う極同士にして引き付け合う力を使ってもモーターを回すことができるから、それも回る説明に付け加えた方がいいと思う。

T：なるほど。モーターを回す力は反発する力だけじゃないんだね。それじゃあみんなも引き付け合う力でもモーターが本当に回るか確かめてみよう。

(電磁石をN極にして永久磁石のS極をひきつけた瞬間にスイッチを切る。反対側に永久磁石が近づいたときに再びスイッチを入れるという操作を繰り返す。ほぼ全員ができた様子を確認した後に話し合いを再開した。)

T：みんな磁石同士が引き付け合う力でもモーターを回すことができたね。それじゃあこ

モーターが回る理由を理解できる教材の開発

の場合がどうやって回っているのかも説明してみよう。

C：モーターに付いている磁石と電磁石が違う極の場合は、モーターに付いている磁石が電磁石に近づいてきた時には回路を繋いでおいて、磁石が通り過ぎるときに回路を切るとモーターが回りました。

T：二つの方法に共通していることはなんだろう。

C：スイッチを入れたり切ったりしているところ。

T：そうだね。だからクリップを付けたり離したりして操作するんだね。モーターの動く仕組みがよくわかりましたね。

(2) リードスイッチモーターへの作り変えと児童の反応

①リードスイッチモーターへの作り変え

前時の手動スイッチモーターの製作を終えて、児童からモーターをより速く回したいという話が出た。しかし、手動スイッチモーターを回すためにはスイッチを入れるタイミングを計って手で操作するしかなく、手で操作するのにも限界がありそうだ。世の中にあるモーターを使った製品はどのようにして速く回り続けているのか疑問を投げかけ、教師がLED付きリードスイッチを提示した。リードスイッチは初めて見る児童が多かったため、ガラス管の中に離れた2枚の鉄の板が入っていること、このままでは電流は流れないが、磁力で2枚の鉄の板が接触したときにだけ回路が繋がって電流が流れることを先に説明をした。その後、LED付きリードスイッチの回路への繋ぎ方を確認し、実際に操作をして見せた。これまで手動では不可能だった速さで回っているリードスイッチモーターを見た児童からは歓声が沸いた。

回路におけるLEDの役割についても簡単に説明し、高電圧がかかる可能性があるので手で持つ位置に絶縁テープを貼るようにするなど安全面での指導も行い、リードスイッチモーターの製作に入った。

前回作成したモーターへのLED付きリードスイッチの取り付けは、難なく終わることができ、すぐに操作に移る児童がほとんどだった。操作に入った児童の半数以上はすぐにリードスイッチモーターを回すことができなかった。

リードスイッチのスイッチを入れるための永久磁石との距離や、モーターを回すために回転子の反対側の永久磁石が電磁石の前を通り過ぎた直後にスイッチが入るような場所に置くことなどの微妙な調節が必要だったからである。

その後、児童自身が実験操作を繰り返して途中で自然に解決したり、教師の支援で解決したりすることができる児童が増えてきた。「やったあ!できた!」と次々に児童から声が上がった。

操作を続けていく中で、持って操作していたLED付きリードスイッチをテープでモーター本体に固定し、回路のスイッチを入れるだけで自動にモーターが回り出すように工夫する児童も現れた。

実験をして30分ほど経ったときには、先に回すことができた児童が回らない児童に支援したこともあり、ほぼ全員がリードスイッチモーターを回すことができたが、操作しているうちにモーターがまた回らなくなってしまう操作や調整をし直す児童も少なくなかった。リードスイッチ自体が身近でないせいなのか、何が原因で回らなくなったのか困惑している児童も見られた。

②回る理由の話し合い

全員のリードスイッチモーターが回ったのを確認した後、リードスイッチモーターの回る仕組みについての話し合いに移した。

T：リードスイッチを使ってモーターを回すことができたね。人によっては、セロハンテープでリードスイッチを固定して、スイッチを入れるだけでモーターを回し続けられた人もいました。完全にモーターとしての動きになっていたと思います。では、なんでリードスイッチを使ってモーターが回っていたのでしょうか。

C：リードスイッチにガラスの中には2つの金属の板が入っていて、磁石を近づけると回路が繋がって電流が流れて電磁石になるけれど、モーターが回ってリードスイッチのそばに磁石がないと2つの金属の板が離れて回路に電流が流れなくなって電磁石にならないから…。

T: リードスイッチの中の2つの金属板がくっついたときに電流が流れるんだよね。モーターが回っているときに2つの金属板がくっつかないときがあるということについて話してくれました。

C: 前は自分で操作してモーターを回していたけど、今回リードスイッチが追加されたことで ON、OFF を自動で繰り返すようになって、反発する力と引き付ける力を繰り返して回っているんだと思う。

T: 反発する力と引き付ける力を繰り返して回っている…反発っていうのは回転子に永久磁石と電磁石との間の力だよね。引き付ける力っていうのはどんなところに働いているんだろう。

C: 回っている途中で、電流が流れていないときは電磁石が回転子の磁石を引き付けると思う。

T: 回路に電流が流れていなくても?

C: コイルの中に鉄心が入っているから回転子の磁力が反応していると思う。

T: 確かに手動スイッチモーターを製作したときも電流を流していなくても回転子の永久磁石が電磁石の鉄心と引き付け合っていた様子は見られたね。でも、電磁石との永久磁石との反発する力の大きさと、鉄心と永久磁石が引き付け合う力の大きさはどちらが大きい?

C: 反発する力の方が大きかった気がする。

T: そうだね。鉄心と永久磁石が引き付け合う力は確かにあるけれど、このモーターを回している主な力はやっぱり電磁石と永久磁石の反発し合う力なんじゃないかな。

(中略)

T: 今回リードスイッチを使ってモーターを製作して見たけれど、この前に作った手動スイッチモーターと同じところも見つけることができましたね。

6 調査結果と考察

(1) 手動スイッチモーターの製作と回す操作について

今回は、手動スイッチモーターの製作と児童がモーターを回すことに約 60 分を要してい

る。しかし、全員が作成し、回すことができた。児童にとって製作と操作には無理がないといえることができる。

そのあとの「回る理由」の話し合いでも、児童から作ることも操作することも楽しいという発言があり、また、ほとんどの児童が製作や操作に夢中になっている様子が見られた。

(2) 回る理由の理解について

① 話し合いの経過と内容から

「回る理由」の話し合いの経過と内容を見ると、論理のみではなく、実際に操作をした時の体験・実感が根拠となって理解が広がっていると思われる。それは、次の部分からも読み取ることができる。

「T: 回路を繋いでそのままにして回り続けますか。」

C: 回らない。

T: さっきのみんなが実験で操作したときはモーターが回り続けていたね。どうやって回し続けたの。どんな操作をしたのかな。

C: クリップを付けたり、離したりした。

T: みんなクリップをカチカチ、付けたり離したりしていたね。なんで、付けたり離したりしていたの。

C: ずっと付けていると止まっちゃうから。クリップを付けている時は磁石の働きをしているけど、クリップを離すと磁力がなくなるから、付けたり離したりしていると回る。」

児童は回る理由を論理的に整然とは説明できていないので、教師が対話しながら整理をしているが、児童が自分たちの操作を思い起こしながら回る理由に意味づけ、整理しようとしているのが読み取れる。この時、周りの児童が多く挙手し、他の児童の発言に肯いていた様子が見られたので、共通認識が得られていたと考えられる。

さらに、授業の中では全く想定していなかった「異極同士の引き付ける力を使って回す」ということを成功させた児童が出てきたことには驚いた。回る理由の話し合いでもこの回し方を説明する児童が出てきて、教師が全員に異極同士の引き付け合いで回すことを試すように促すと、あっという間に全員が回すことができるようになった。(教師が回せた児童は赤白帽

モーターが回る理由を理解できる教材の開発

子を白にして被るように指示したので一目瞭然だった。) これは、児童が同極の反発で回る理由を十分に理解できていたから、その応用として実践できたからだと考えられる。

②「回る理由」の自由記述から

手動スイッチモーターの授業後、自由記述で、手動スイッチモーターが回る理由を書かせたところ、表1の結果になった。

①磁石の反発の力で動いていることについては、ほとんどの児童が言及し、それに加えて③永久磁石が通る時、タイミングよくスイッチを入れたら回ると回るとを75%の児童が記述している。②と④の内容は③を記述した子が重ねて述べている。中に1人①②④を記述して③を書いている児童がいたが、記述内容から、③の内容も理解していると判断できた。

また、①以外、②③④のような記述がなかった児童については個別に口頭でインタビューしたところ、記述してはいないが内容的には理解していると思われる児童が4人いた。この4人と前述の1人を加えると90%以上の児童が手動スイッチモーターの回る理由について理解したといえることができる。

記述内容	割合
①磁石の反発の力で動く	93.8%
②スイッチを入れっぱなしにすると止まる	28.1%
③永久磁石が通る時、タイミングよくスイッチを入れる	75.0%
④異極での操作 (引き付ける力で回る仕組み)	53.1%
モーターの仕組みについての理解 (自由記述の文章では読み取れなかったが口頭で聞きとったところ正しく答えられた児童4人を含む)	90.6%

(3) リードスイッチモーターの製作と回す操作について

教師が手動スイッチモーターのスイッチをリードスイッチに作り変えることを提案した時、児童の反応は大きく分かれたように見えた。「これはすごい!」といって、喜んで取り組む

児童と、周りの様子を見ながら恐る恐るやってみる児童が見られた。作り変えた後「すごい、回った! 速い! ずっと回っている!」という声や、セロテープでリードスイッチを固定し自動で回り続けるようにして喜んでいる児童が出てくる一方で、手順通りに作り変えても回らないことに戸惑っている児童も少なくなかった。

その後、教師の支援と先にできた児童の支援で、全員がリードスイッチで作り変え、回すことができたが、その後も、回せなくなった児童が現れた。手動スイッチモーターを製作した時と比べて、児童によって差が大きいと言わざるを得なかった。

(4) リードスイッチモーターの回る理由について

①話し合いの経過と内容から

話し合いは順調で、児童の発言も手動スイッチモーターの時よりもさらに論理的な説明になってきている。何人もの児童がこのような論理的な説明ができることは素晴らしいし、リードスイッチモーターはこうした論理性や操作にたけた児童にとって興味・関心を高める効果的な教材になるとと思われる。

一方、手順通りの製作はできたが、リードスイッチを近づける場所や向きによって回ったり回らなかったりすることに戸惑った児童も少なくなかった。(中には2人、リードスイッチそのものの不具合があり、回らなかった児童もいた。) 先に回せた児童や教師の支援で回せるようにはなったものの、リードスイッチを置く場所や角度のちょっとした違いで回らなくなることがあって、「リードスイッチとはよくわからないもの」という印象を持たせてしまったのではないかと考えられる。

②「回る理由」の自由記述から

リードスイッチモーターに作り変えた後、自由記述で、リードスイッチモーターが回る理由を書かせたところ、表2の結果になった。

記述内容	割合
リードスイッチの仕組み	34.4%
リードスイッチを使って回る仕組み	25.0%

リードスイッチモーターの回る仕組みに言及する前に、リードスイッチの仕組みそのものの理解ができていない児童が3分の2存在する。作り変えの授業の初めにリードスイッチの仕組みを教師が説明をしたのだが、リードスイッチのガラスの中は小さくてよく見えないし、手順道理に作り変えたのに回ったり回らなくなったりすることから、リードスイッチそのものがブラックボックスに見えたのではないかと思われる。リードスイッチに逆起電力を逃がすためのLEDがついていることも児童のブラックボックスイメージを高めたのではないかと思われる。

結果的にリードスイッチモーターが回る理由について理解できているのは4分の1の児童だけという結果だった。リードスイッチがブラックボックスになってしまうのだったら、普通のモーターの整流子と同じことになってしまう。手動スイッチモーターで理解した「回る理由」を大切に、その段階で止めるべきだったのではないかと考えられる。

7 まとめと課題

今回の検証授業で、手動スイッチモーターの教材性は確かめることができた。6学年の児童が興味をもって製作に取り組むことができ、60分程度で製作と操作ができ、操作しながら回る理由を考えることができるという3点で優れた教材性を有しているといえる。

「繰り返し操作しながら考えることができる」という特性は、児童の思考特性に合致する。児童が論理を組み立てるときにはこうした繰り返しの操作をしながら少しずつ形にしていくことが多いからである。

しかも、この手動スイッチで回す操作と「回る理由」を考えることは、指導要領解説でも強調している学習内容に「実感」を持たせること、「活用」によって「習得」を確実なものにすることにも合致する。それは、電磁石の極が電流の向きによって変えられること、スイッチのON、OFFで磁力をON、OFFできること、それらの特性を操作することによって、ものを動かす、つまり、電気エネルギーを運

動エネルギーに変換できることなどを体験的に理解することができるからである。

一方で、リードスイッチモーターへの作り変えについては教材性を再考しなければならない。児童にとってリードスイッチがブラックボックス化するのであれば、もとの2極モーターの整流子と同じ、理解を阻む要素になってしまうからである。今回の研究では、手動スイッチモーターの段階で終了した方が良いと結論づけられる。

＜授業者のまとめ＞

手動スイッチモーターの製作は、90%以上の児童がモーターの回る仕組みについて説明をすることができ、大きな成果となった。学習後の児童の感想からは「モーターを作ったり、回したりすることが楽しかった」「モーターが回って嬉しかった」など、学習に意欲的に取り組めた様子がうかがえた。また、「モーターは磁石が反発し合って回っている」「電流を流すタイミングが大切」などモーターの仕組みについての理解の現れが見えた。そして、「実際のモーターの中はどうなっているんだろう」や「もっと本当のモーターのように速く回したい」など製作を通して新たな課題をもつこともできた。手動スイッチモーターの製作は、児童自身が操作をしながらモーターの仕組みを探ることができ、まさしく実感の伴った理解へと繋がったように思う。

リードスイッチモーターの製作では、手動スイッチモーターと同様に全員がモーターを回すことができたが課題も出た。学習後の児童の感想からは、「リードスイッチを付けることでより速くモーターが回った。実際のモーターの仕組みがわかって楽しかった」と書かれている一方で、「リードスイッチから磁力が出ていて、その力でモーターが速く回転することができた」など、リードスイッチがブラックボックス化してしまい、リードスイッチ自体の構造やモーターの回る仕組みへの理解に誤りが見られたのである。リードスイッチの構造や、リードスイッチモーターの回る仕組みについて理解するためには、電磁石の仕組みについてより理解を深める必要性を感じた。電流が流

モーターが回る理由を理解できる教材の開発

れた導線一本からでも電流の働きで磁力がでていることやコイルの形状についても理解をすることでリードスイッチモーターの動力についてより妥当な考えを出せたのではないかと考える。

註・引用、参考文献

- 1) 大日本図書「新版たのしい理科 5 年」
学校図書「小学校理科 5 年」
啓林館「わくわく理科 5 年」
教育出版「未来をひらく小学理科 5 年」
信濃教育出版「楽しい理科 5 年」
- 2) DC ブラシレスモーターは、永久磁石を回転子とし、電磁石を固定子とするモーターであり、スイッチ部分は半導体を使って制御している。その半導体がスイッチングトランジスタである。
- 3) 執筆分担は次の部分が民部田、他の部分が沼倉。
 - ・ 3 検証授業の概要 (3) 授業計画
 - ・ 5 「第三次電磁石の活用」の授業実践の内容と児童の反応
 - ・ <授業者のまとめ>
 - ・ 表 1, 2 についてのデータ集計