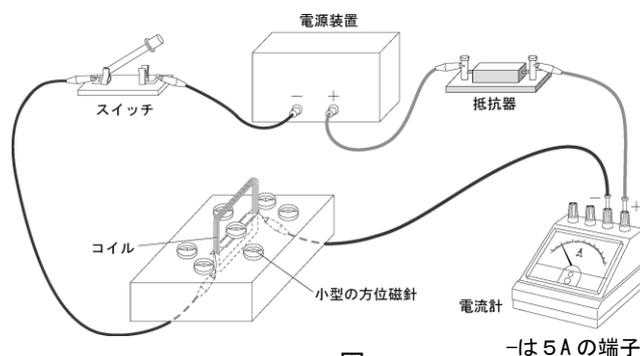


単元名 電流と磁界

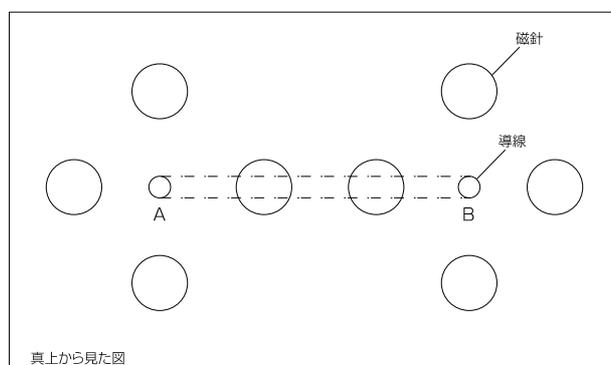
<はじめに 現状と問題点>

小学校第3学年では、磁石の異極は引き合い、同極は退け合うことを学び、磁石の働きにより鉄が磁化することを学習している。また、第5学年では、電流の流れているコイルは鉄心を磁化する働きがあること、電磁石の強さは電流の大きさや導線の巻き数によって変わることについて学習している。小学校では、電流の流れているコイル自体が磁石の働きをしていることについては発展扱いとなる。第3学年と第5学年の学習を通し、生徒は電流と磁界について、どのような理解をしているだろうか。これまでの経験から判断すると、電磁石としての磁力を強くするにはどうすればよいかという工学的なアプローチに関する知識が強く残っているのではないかと考えている。

中学校の教科書（G社）では、小学校での磁石の性質（NとN、SとSが反発し合い、NとSが引き合う）の復習を兼ねて、棒磁石のまわりに鉄粉を撒き、そこにできる模様を観察させたり、方位磁針を幾つか置いて観察させたりして、磁界、磁界の向き、磁力線等の科学の用語を理解させることから始まる。その後、電流の流れるコイルが磁石であることを前提のように扱い、ソレノイドに電流を流し、ソレノイドの外側にある磁界の向きを方位磁針で確認する。ここで、「コイルはもともと1本の導線からできているので、コイルにする前の1本の導線にも磁界ができているのかな」という気づきを経由して、課題として「1本の導線にはどのような磁界ができるか。磁界は電流とどのような関係があるか。」が提示される。導線1本では、安全な大きさの電流を流したときには磁界が弱くて調べにくいので、導線を四角形に巻いた束状のコイルを用いるなどの工夫が必要である。この知識のない生徒が実験方法をゼロから構想することは難しい。そこで、1本のまっすぐな導線に電流が流れたときの磁界を調べる実験（教科書の探究6）においては、図のような装置を教師が提案したり、ワークシートを準備したりする。その後、ワークシートの一部にあるA（B）部分では、紙面に対して垂直方向に電流はまっすぐ同じ向きに流れていることになることと、この部分を1本の導線とみなすことになることを生徒に説明する。実験を終えたのちに、生徒がソレノイドの外側にある磁界の向きを考えるためには、この実験で用いたコイルを横方向に引き伸ばして考えなければならない。以上のことを踏まえて、私がこれまで行ってきた学習展開の問題点を整理して、授業デザインの方向性を考えたい。



図



ワークシートの一部

問題点①：小学校からの学びが定着しているのならば、電磁石は鉄心とコイルがセットであると認識していると考えられる。また、鉄以外の物質は磁石にくっつかないという知識も獲得しているはずである。その知識を短絡的に結びつけると、「鉄心があるから電磁石になる」と認識してしまうことになる。このような生徒も一定数いたはずだが、電流の流れるコイルが磁石であることを前提として扱っていた。

問題点②：電流を流した時にコイルが作り出す磁界の様子を説明することは、一本の導線まわりにできる磁界の様子を理解し、それを適応させることで可能となる。ただし、教科書通りの手順で探究を進めた場合、一本の導線まわりにできる磁界の様子を理解するために、導線を四角形に巻いた束状のコイル（導線を何本も重ねる工夫）を用いる。生徒にとってみれば、その束状のコイルを実験で使うことが、1本の導線のまわりの磁界を測定していることになるという理解がたい。そこで、生徒の理解を助けるために教師からの説明が多くなってしまふ。この展開は、体系化された科学の知識を効率よく説明することと同義であり、生徒主体の探究から離れてしまっていた。

問題点③：生徒の年齢、個人差に基づく、空間認知の能力について特別の配慮を考えず、右ネジの法則や右手の法則を知識として与えて、コイルに関する磁界の向きの規則性や関係性を理解させようとしていた。

本研究では、この私の三つの問題点を意識しながら、生徒が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、電流と磁界の規則性や関係性を見いだして表現すること（生徒主体の探究）を目指した「指導と評価の計画」を構想した。

#### <指導と評価の計画の詳細>

本指導と評価の計画では、第1時で、回路になるとプラス極からマイナス極に電流が流れるという基本的事項の振り返りと、電流計の測定方法を扱った後、磁界を先行して学習する展開にした。第2・3時は、磁力は直接接触した状態で働くだけではなく、離れて働くことについても振り返りながら、磁界は空間に立体的に広がっていることを見いだす展開とした。また、永久磁石と電磁石を比較し、両者のまわりには同じような磁界が広がっていることについて学習した。

本時である第4時では、問題点①の解決を狙うことから始める。生徒の気づきから磁石につく鉄心を抜いても、コイルは磁石の性質を示すのだろうか。という探究課題1を設定し、それを検証して明らかにする展開とする。生徒は、この課題を解決することを通し、電流がコイルに流れるとそのまわりに磁界が生じるということを見いだす。

次に、鉄心を抜いたコイルの内部について、磁界の向きがどうなっているのかを探究課題2とする。これまでのCSTの取組から、生徒の磁界の向きに対する認識がNからSという理解に留まり、コイル内の磁界の向きを反対向きに予想してしまう傾向にあることが分かってきた。つまり、スケルトンタイプのソレノイドを用いた実験でコイル内部の磁界の向きを明らかにした時、コイル内部の磁界の向きが鉄心を抜いた電磁石のSからNになっていることを疑問に感じるはずである。ここで、電流計のつなぎ方を

反対にすると針が逆に触れた経験等と結び付け、導線を通る電流の向きに何らかの関係がありそうだと気付かせたい。その上で、探究課題3を設定し、第5時での、電流がつくる磁界の規則性を見いだす展開につなぎたい。第5時では、アルミニウムワイヤーのモデルを使って、測定した磁界の向きと流れる電流の向きを整理していくことで、生徒が1本の電流が作る磁界の重ね合わせであることに気付く展開となることにつなぎたい。これができるれば、問題点②の解決になるのではないかと考える。なお、スケルトンソレノイドやアルミニウムワイヤーモデルは問題点③で指摘した空間認知への支援を狙っている。

### 1 単元の目標

- (1) 電流と磁界に関する事物・現象を日常生活や社会と関連付けながら、電流がつくる磁界、磁界中の電流が受ける力、電磁誘導と発電について理解するとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けること。
- (2) 電流と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、電流と磁界の規則性や関係性を見いだして表現すること。
- (3) 電流と磁界に関する事物・現象に進んで関わり、科学的に探究しようとする態度を養うこと。

### 2 単元の評価規準

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
電流と磁界に関する事物・現象を日常生活や社会と関連付けながら、電流がつくる磁界、磁界中の電流が受ける力、電磁誘導と発電についての基本的な概念や原理・法則などを理解しているとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本操作や記録などの基本的な技能を身に付けている。	電流と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、電流と磁界の規則性や関係性を見いだして表現しているなど、科学的に探究している。	電流と磁界に関する事物・現象に進んで関わり、見通しをもったり、振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。

### 3 指導と評価の計画(11時間)

時間	ねらい・学習活動	重点	記録	備考
0	小学校における学びの診断的な評価を行う。 磁石と、電磁石についての実験の図を準備して、「これは何を確かめようとしている実験の様子ですか。この実験から何が分かりましたか。班のメンバーと話し合っ、図や言葉で教えてください。」と問う。			・班ごとでの活動とし、相談しながら作成を行うことにする。 本単元に関連する既存の事項について診断的評価を行い今後の学習指導に生かす。
1	【回路について振り返り、電流計の使い方を知る】 (1)電池と導線で豆電球を点灯させる。 (2)ソケットなしの豆電球を点灯させ、回路への理解を深める。 (3)電流計の使い方を知り、測定方法を習得する。	技	○	中学校で使用する電流計を使うことを通して、電流には向きがあることを再認識させる。

2	<p>【永久磁石と電磁石は同じように磁界をつくることを学ぶ1】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>OPP シートの単元を貫く問いを考える。</li> </ul> <p>(1)永久磁石にクリップを鈴なりにするようにつけて、磁石は鉄でできた物体を引きつける(クリップが一時的に磁石の性質を持つ)ことを振り返る。</p> <p>(2)図のような装置(QRのURL参照)について考えることを通し、磁石は触れていても、離れていても磁力が働くことを振り返り、磁界という意味を知る。</p> <p>(3)磁石の性質と磁界の広がりとその向きを認識するために、永久磁石と砂鉄と方位磁針を用いて、磁界の様子を観察し、磁界を磁力線で表現する。(2つの永久磁石の間NSとNN、SS)</p>	知	<ul style="list-style-type: none"> <li>OPP シートの単元を貫く問いを「最近の携帯電話は、このようなワイヤレス充電方式を採用する機種も増えてきました。携帯電話と充電器を繋ぐ端子を使わなくても、なぜ充電することができるのでしょうか。」とする。</li> </ul>  <p><a href="https://youtu.be/rqbM8woKfbQ">https://youtu.be/rqbM8woKfbQ</a></p>
3	<p>【永久磁石と電磁石は同じように磁界をつくることを学ぶ2】</p> <p>(1)永久磁石のまわりの磁界の様子を砂鉄で観察する。</p> <p>(2)磁界の様子を園芸給水スポンジとモールを使って、モデル化する。</p> <p>(3)砂鉄の代わりに細かく切った針金を用いて、永久磁石のまわりに3Dで広がる磁界を意識しながらモデルを修正し、永久磁石周りの磁界を立体的に認識する。</p> <p>(4)電磁石も磁石の性質を持っていることを振り返り、電磁石まわりの磁界の様子を砂鉄で観察し、永久磁石と電磁石は同じように磁界をつくることを学ぶ。</p>	思 ○	<ul style="list-style-type: none"> <li>永久磁石のまわりに広がる磁界の様子をモデル化することを通して、磁界の広がりを立体的に認識することができる。[行動観察、記述分析]</li> </ul>
4	<p>【コイル内部の空間にある磁界の向きを検証して、電流がつくる磁界の規則性を見つけたい】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>電磁石の鉄心にクリップがくっつくことを確認し、次に鉄心を抜いた電磁石の塩化ビニルのパイプにクリップがつかないことを確認する。</li> </ul> <p>探1：磁石につく鉄心を抜いても、コイルは磁石の性質を示すのだろうか。検証して明らかにしよう。</p> <p>考1：鉄心を抜いてもコイルだけで磁石の性質を示した。だから(弱い)磁石に付かない導線に電流が流れるだけで磁界ができると考えられる。</p> <p>探2：コイル内部の磁界の向きはどのようになっているのだろうか。</p> <p>考2：この装置では、コイル内部の磁界の向きは、鉄心を抜いた電磁石のS極からN極だった。</p> <p>探3：(コイルがつくる磁界の向きについて)コイル内部が考2になる理由を、電流がつくる磁界の規則性を見つけて、推理しよう。</p>	態	<ul style="list-style-type: none"> <li>方位磁針を入れることのできるスケルトンソレノイドをオリジナル教材として用いる。</li> <li>鉄心を抜いたコイルが磁石の性質を示すのかを明らかにする実験とコイル内部の磁界の向きの予想を確かめる実験に進んで関わり、問いを解決する方法を立案したり、その解を明らかにしようとしたりする。(主体的に学習に取り組む態度)[行動観察、記述分析]</li> </ul>
5	<p>【一本の導線のまわりにできる磁界の様子を調べる】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>アルミニウムワイヤーでできたモデルを使って問3の解を見いだす。</li> </ul> <p>考3：磁界の規則性は、電流が導線を通る向きに対して時計回りに磁界ができるのではないかと推察し、アルミニウムワイヤーでできたモデルを縮めて、導線を四角形に巻いた束状のコイルと関連付け、電流の向きと1本の導線のまわりにできる磁界の様</p>	知	<ul style="list-style-type: none"> <li>スケルトンソレノイドをアルミニウムワイヤーでできたモデルに置き換える。このモデルで空間認知を支援する。</li> <li>電流がつくる磁界についての基本的な概念や原理・法則などを理解している。[行動観察、記述分析]</li> </ul>

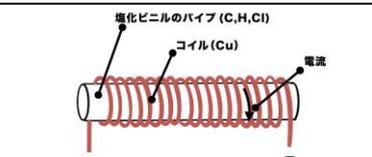
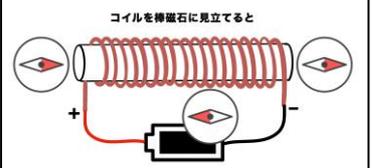
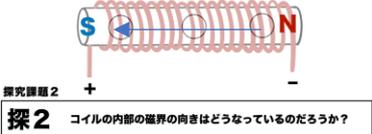
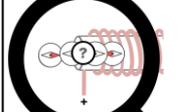
	<p>子はどのような関係にあるかを明らかにする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・右ネジの法則、右手の法則を理解する。</li> <li>・エールステッドの実験と関連付ける。</li> </ul>			
6	<p>【電流が磁界との相互作用で受ける力を調べる】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ゆらゆら人形を分解し、中が磁石とコイルであることを知り、これまでの学習と関連付けて、コイルに電流が流れてできる磁力と、磁石の持つ磁力の関係で動くのではないかと考える。</li> <li>・前時で使用した電流を流したコイルが、磁界の中で受ける力を意図的に変化させる方法について、条件を制御した方法を立案し、実験する。</li> </ul> <p>問：どのようにすれば、コイルを意図的に動かすことができるだろうか。</p>	思	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・100均のゆらゆら人形を教材として用いる。</li> <li>・条件を制御した適切な実験方法を立案している。</li> </ul> <p>[ノート記述分析]</p>  <p><a href="https://youtu.be/kHpWbtpu4nU">https://youtu.be/kHpWbtpu4nU</a></p>
7	<p>【電流が磁界から受ける力の規則性を見いだす】</p> <p>前時の結果を利用し、磁界の向きや強さ、電流の向きの大きさ、力の向きや大きさの規則性を見いだす。</p>	思		<ul style="list-style-type: none"> <li>・磁界の向きや強さ、電流の向きや大きさと、力の向きや大きさの規則性を見いだそうとしている。</li> </ul> <p>[行動観察]</p>
8	<p>【モーターの回転する仕組みを知る】</p> <p>問：モーターは電気ブランコのように止まらず、回転し続けるのはなぜだろう。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・モーターの回転する仕組みを、電流が磁界から受ける力と関連付けながら理解する。</li> </ul>	知		<ul style="list-style-type: none"> <li>・モーターの整流子とブラシの構造に着目し、電流の向きを変えない工夫を理解している。</li> </ul>
9	<p>【電磁誘導の現象を観察する】</p> <p>問：誘導電流の向きや大きさを変化させるにはどのようにすればよいだろうか。</p> <p>誘導電流を意図的に変化させる方法について、条件を制御した方法を立案し、実験する。</p>	思	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・条件を制御した適切な実験方法を立案している。[ノート記述分析]</li> </ul>
10	<p>【誘導電流の規則性を見いだす】</p> <p>前時の結果を共有し、誘導電流の向きや大きさを変化させる条件を見いだす。</p>	態	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・誘導電流の向きや大きさを変化させる条件を見いだそうとしている。</li> </ul>
11	<p>【直流と交流を知る】</p> <p>問：電流の流れ方の違いを説明しよう。</p> <p>電流には直流と交流があることを理解する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・OPPシートの単元を貫く問いを宿題にする。</li> </ul>	知	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電流に直流と交流があり、その違いを理解している。[定期テスト]</li> </ul>

#### 4 本時案（第1次 第4時）

##### (1) 本時の目標

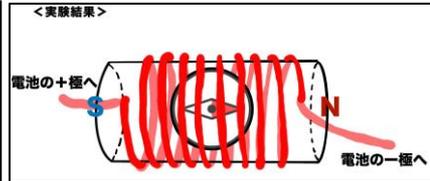
鉄心を抜いたコイルが磁石の性質を示すのかを明らかにする実験とコイル内部の磁界の向きの予想を確かめる実験に進んで関わり、問いを解決する方法を立案したり、その解を明らかにしようとしたりする。（主体的に学習に取り組む態度）

##### (2) 展開

学習活動	スライド・教師の指導・支援	評価方法等
<p>1. 探究1を設定し、その解を見いだす。</p> <p>(1) CST 教材の電磁石にクリップを近づけると、鉄心にクリップがくっつくことを確認する。電磁石には、鉄心、コイル、パイプ、電流全てが必要なのかを考える。</p> <p>(2)(1)の電磁石から鉄心を抜き、クリップを塩化ビニルのパイプに近づけるとクリップがつかないことを確認する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p><b>探1：磁石につく鉄心を抜いても、コイルは磁石の性質を示すのだろうか。検証して明らかにしよう。</b></p> </div> <p>(3) 磁力は、空間に広がっていることを振り返り、その検証方法を考え、教師に説明する。</p> <p>(4) 見通しを持つことのできた班から検証を進め、解をつくる。 例：鉄心を抜いたコイルの端に方位磁針を近づける。 鉄心を抜いたコイルの上に紙を置いて砂鉄を振る。等</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p><b>考1：鉄心を抜いてもコイルだけで磁石の性質を示した。だから（弱い）磁石に付かない導線に電流が流れるだけで磁界ができると考えられる。</b></p> </div> <p>(5) コイルのまわりにある空間の磁界の向きを明らかにしていない班もあるので、改めて、コイルのまわりの磁界の向きを調べる。</p>	<p>○生徒の気づきや疑問から探1を設定することができるようにする。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">  <p><b>探究課題1</b> 磁石につく鉄心を抜いても、コイルは磁石の性質を示すのだろうか。検証して明らかにしよう。</p> </div> <p>○砂鉄、方位磁針等生徒が考えるであろう検証方法に対応する道具を準備しておく。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>電磁石と棒磁石を比較して、気づきや疑問はありませんか</p>  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">  <p><b>探究課題2</b> コイルの内部の磁界の向きはどうなっているのだろうか？</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">  </div> <p>○スライドで視覚支援する。</p>	<p>CST 教材</p> <p>鉄心を抜いたコイルが磁石の性質を示すことを見通しを持って明らかにしようとしている【行動分析、ノート等】</p> <p>コイル内部の磁界の向きの予想を確かめる実験に進んで関わろうとしている。【行動分析、ノート等】</p>
<p>(2) 予想したのち、教師と実験方法を考え、検証を行い、解を導く。</p>		

- ・磁界の向きがNからSに向かうという知識から図のような予想をする。
- ・S極として振る舞うコイルの内部空間に方位磁針を置いた場合、方位磁針のN極同士がぶつかることに疑問を感じる。
- ・検証方法について、教師と対話しながら検討する。
- ・導線を通る電流の向きに注意しながらスケルトンソレノイドを使った実験をして、確かめる。

考2：(この装置では)コイル内部の磁界の向きは、鉄心を抜いた電磁石のS極からN極の向きになっている。



3. 考察2 (コイル内部の磁界の向きがコイルのS極からN極) のようになる理由を、電流がつくる磁界の規則性を見だして、推論しようとする。
- (1)コイルまわりの磁界はN極からS極へ向かうが、コイル内部の磁界はS極からN極になることに疑問を持つ。
- (2)電流計のつなぎ方を反対にすると針が逆に触れた経験と結びつけ、導線を通る電流の向きに何らかの関係がありそうだと考える。

探3：この向きで電流を流すと、コイル内部の磁界が鉄心を抜いた電磁石のS極からN極になる理由を、電流がつくる磁界の規則性を見つけて、推理しよう。

- (3)スケルトンソレノイドをアルミニウムワイヤーのモデルに置き換えて、各場所の磁界の向きを整理することを通し、規則性を見つけようとするを知り、第5時への見直しを持つ。
4. 本時の学習を振り返り、大切だと思ったことを、OPPシートに記入する。

○コイルを大きくすれば良い等、生徒へ実験方法の構想の一部を委ね、それを再現したスケルトンソレノイド教材を準備しておく。



CST 教材

コイルのまわりに生じる磁界の向きは、電流の向きを変えたと反対になるのだろうか。

探究課題3

この向きに電流を流すと、コイル内部の磁界が右向きになる理由を、モデルを使って電流がつくる磁界の規則性を見つけて、推理しよう。

探3

アルミニウムワイヤーモデルのイメージ

