

13	豊橋	中部中学校	スズキ コウイチ
分科会番号	5	分科会名	理科教育（中学校）
			名前 鈴木 晃一

<研究主題>

**自己調整しながら主体的な追究を進め、  
他者とのかわり代で自然現象への考えを深める生徒の育成  
～2年「どうして動く！？コイルトレイン」の実践を通して～**

**1 主題設定の理由**

文部科学省は、主体的で深い学びの実現に向けて、「個別最適な学び」と「協働的な学び」という観点から学習活動の充実の方向性を示した<sup>1)</sup>。前者に関しては、自己調整しながら学習を進める重要性が指摘され、後者では、一人一人のよい点や可能性を活かすことで異なる考え方が組み合わせられ、よりよい学びを生み出すとしている。また、木村<sup>2)</sup>は学習者が見通しを立て、学習したことをふり返り、調整しながら学ぶ自己調整学習にあり方について提案している。生徒一人一人が自分の思いを大切に、自己調整しながら主体的に学び、他者の意見を価値あるものととらえて共に学んでいくことができるような研究を構想する必要がある。

本学級の生徒は、実験に大変意欲的であるが、教師から与えられた課題の解決であり、生徒から生まれた疑問(はてなと命名)から始まる実験の経験や、皆ではてなを試行錯誤しながら解決したり、ある現象を仲間のさまざまな意見や視点から深く考えたりする経験が少なかった。そのこともあってか、ふり返りでは、はてなや「これをやってみよう」という思いの記述があまり見られなかった。ただ、植物の体のつくりで、「どんなつくりをしているのだろうか?」というはてなから始まった学習では、一人一人がさまざまな植物を持参して、夢中になって実験・観察する姿が見られた。生徒一人一人の思いを大切に授業の必要性を改めて実感し、調べるための実験や観察などの選択肢をより広げて生徒に任せることで更に主体的に活動するのではないかと考えた。

以上のことから、“はてなや思いを大切に自己調整の学びを進め、主体的に追究をしていく姿”、“仲間の考えや思いを大切に協働的な学びを進め、自然事象への考えを深める姿”になってほしいという願いを含め、本主題を設定して実践を行った。

※参考文献 (1)文部科学省(2021):「学習指導要領の趣旨に実現に向けた個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実に関する参考資料」,pp.7-10.  
(2)木村明憲(2023):「主体的な学習者を育てる方法と実践 自己調整学習」,pp.29-32,明治図書出版社。

**2 研究の構想**

(1) めざす生徒の姿

- ① はてなや思いを大切に自己調整の学びを進め、主体的に追究をしていく生徒
- ② 仲間の考えや思いを大切に協働的な学びを進め、自然事象への考えを深める生徒

(2) 研究の仮説

- 【仮説1】 はてなや思いを大切に自己調整の学びを進め、主体的な追究をしていくために  
自然とはてなや思いが生まれるような自然事象と出会い、自己調整しながら学習していくような単元構想を設定すれば、主体的な追究をしていくだろう。
- 【仮説2】 仲間の考えや思いを大切に協働的な学びを進め、自然事象への考えを深めるために  
追究の過程で、個々の学びを支えるだけでなく、仲間の考えや思いに気づき、いかすような協働的なかわりの場を設定すれば、自然事象への考えを深めていくだろう。

(3) 研究の手だて

仮説 1 の手だて 「はてなや思いを大切にした自己調整の学びを進め、主体的な追究を進めていくための手だて」

【手立て1-a】「コイルトレインとの出会い」

コイルトレインでは、電池の両端にネオジム磁石をつけたトレインがコイルの中を走り抜けていく現象が見られる(資料1)。電池の向きやコイルの巻き方で走る向きが変わり、磁石の極の向きによって動いたり、動かなかったりする。また、電池とコイルがショート回路になり電池が熱くなる現象も観察できる。一人一人が製作する過程で、「どうして走る・走らないときがあるの？」などの多様なはてなが生まれ、仕組みを理解したいと追究意欲を高めるだろう。



資料1 コイルトレイン

さらに、走る現象の科学的な説明は2つ存在する。1つ目は「磁石の磁界と電池からコイルに電流が流れた際にコイルに発生した磁界による反発や引き合い」によるものであり、2つ目は「コイルに流れた電流が磁石の磁界から受ける力」によるものである。多様なアプローチ(実験, 見方・考え方など)によって、個々の興味・関心に合った追究を進め、その仕組みを理解していくだろう。

【手立て1-b】「自己調整しながら学習していく単元構想」

「仕組みを明らかにする“最終報告”までの計8時間の実験計画を皆に任せる」ことを伝え、実験計画表(資料2)を提示した。いつまでに何をすればよいか生徒自身が考えるため、見通しをもって実験に臨み、自らの学びを調整しながら追究を進めるだろう。また、毎時間の授業で、「見通す」、「実行する」、「振り返る」の3つの段階を設定している。今日はどんな実験を行い、何を明確にするのかを生徒が決め、自ら学習を進めていく。そして振り返りにより、次回への計画を立てる。自己選択・自己決定していく経験が、主体的な追究を更に加速させていくだろう。

コイルトレインとの出会い
実験計画(1)
実験計画(2)
実験計画(3)
中間報告I
教科タイム
実験計画(4)
実験計画(5)
実験計画(6)
中間報告II
実験計画(7)
実験計画(8)
最終報告

コイルトレインの追究を通して、振り返り

資料2 実験計画表

仮説 2 の手だて 「仲間の考えや思いを大切にした協働的な学びを進め、自然事象への考えを深めるための手だて」

【手立て2-a】「かかわり合いの場としてのタブレット」

学習タブレットのコラボノートを活用する(資料3)。具体的な活用方法は、「気づきやはてなの表出(資料3①, ③)」、「追究内容の焦点化(資料3②, ④)」、「結果の共有(資料3の実験シェアノート)」の3つである。タブレットの利用により、新たな視点に気づき、考えを深められるだろう。

コイルトレインとの出会い	①「コイルトレインを体験して」
実験計画(1)	②「電池・磁石・コイル何がポイント？」
実験計画(2)	磁石・電池(電流)・コイルの3つのうち、何がポイントなのかを明らかにする。
実験計画(3)	
中間報告I	
教科タイム	
実験計画(4)	③「コイル一番コイルを体験して」
実験計画(5)	④「コイル一番コイルどちらで考える？」
実験計画(6)	磁石・電池(電流)・コイルの3つがどのような関係なのか明らかにする。
中間報告II	
実験計画(7)	コイルトレインがどのような仕組みで動くのか明らかにする。
実験計画(8)	
最終報告	

※実験は「タブレット活用」のタイミング  
※応用は「中間・最終報告」のタイミング

資料3 実験計画表(かかわりの場)

【手立て2-b】「かかわり合いの場としての中間・最終報告」

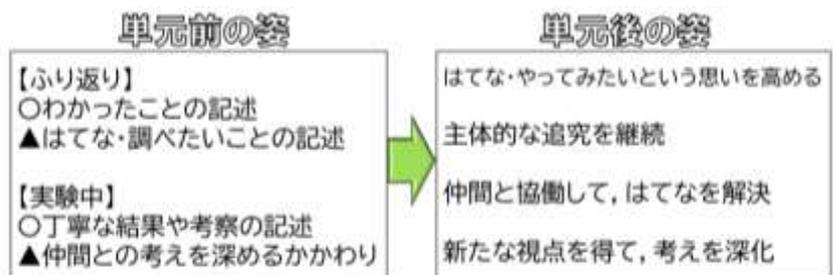
コイルトレインについての考えを焦点化・深化させるために、個々が分かったことやはてななどを出し合う、中間・最終報告の場を設ける(資料3)。報告の場により、新たな視点に気づき、考えを深められるだろう。

3 研究計画

(1) 研究対象 2年生40名(男子21名, 女子19名)

(2) 仮説の検証方法

生徒Aを抽出生徒とし、生徒Aの様子や考えなどをとらえる。そして、めざす姿へと近づいているのか、変容する姿を探ることで仮説の検証を行う。生徒Aの単元前, 単元後のめざす姿を右に示す(資料4)。



資料4 生徒Aの単元前後の姿

(3) 単元構想図(15 時間完了)



・電流, コイル, 磁石から連想する言葉って何だろう?

コイルトレインから生まれたはてな ①②

- ・電池と磁石, コイルを使って, どうやって動かすのだろう?
- ・なんで磁石をつけた電池が, コイルの中を動いていくの?
- ・どうしてトレイン磁石を, 外側が両方ともN(S)極にするの?
- ・電池の向きの違いで, 走ったり, 反発したりするのはなぜ?
- ・トレインがコイルに引っかかったときに熱くなる。どうしてかな?
- ・何度かやったら走らなくなった。どうして走らなくなったのかな?

手だて 1-a  
コイルトレインとの出会い

手だて 1-b  
自己調整で進めていく追究

手だて 2-a  
かわり合いの場 (タブレット)

えっ!? なんて動くの? 不思議! どれが走るポイントなの? ③④⑤

磁石がポイントだ!      コイルがポイントだ!      電池がポイントだ!  
・磁石, コイル, 電池はどんな役割をしているのかな? 実験で調べたい!

ヒント実験①磁石が気になる!

ヒント実験②コイルが気になる!

ヒント実験③電池が気になる!

ヒント実験①~③

丸型磁石  
トレイン磁石  
棒磁石  
U字型磁石



コイル(電磁石)  
円形の導線  
直線の導線



電池から電流が流れる?  
電池を別物に替えたら?



動画



生徒に提示

・自分とちがう実験をした人の結果を知りたい。結局, どれがポイントになるの?

中間報告 I コイルトレインの仕組みは何? -3つ(電池・磁石・コイル)のどれが走るポイント? ⑥

わかった!!

- ・磁石や電流が流れたコイルには, 磁界が発生し, その力を磁力線で表せるよ。
- ・電池から磁石, コイルに電流が流れていることがわかった。電流が必要だ。
- ・走るためには3つが必要かも!

はてな・よくわからない

- ・結局どうしてコイルトレインが走るのか, わからないな。
- ・3つの関係が気になる。それぞれどんな働きをしているのか, どんな関わりがあるのか知りたい。

手だて 2-b  
かわり合いの場 (報告会)

3つにはどんな関係があるの?

ヒント実験④磁石・コイル・電池の関係が気になる! ⑦



電流の流れたコイルに磁石

電流の流れた一巻コイルに磁石



動画

・どうして磁石を近づけるとコイルが動くの? コイルトレインの解決のヒントになるかも。

ヒント実験⑤コイルで考えたい!

ヒント実験⑥一巻きコイルで考えたい! ⑧⑨⑩

コイルの中にトレイン



一巻きコイルの中にトレイン



ヒント実験⑤, ⑥



生徒に提示

・自分の実験とちがう実験をした人の結果を知りたい。結局, どんな関係なの?

中間報告 II コイルトレインの仕組みは何? -3つにはどんな関係があるの?- ⑪

わかった!!

- ・コイルが電磁石になって磁石と反発, 引き合うことが起きているのかも。
- ・コイルトレインの進む向きと逆にコイルが動くことがわかったよ。

はてな・よくわからない

- ・まだ, どうしてトレインが走るのか, はっきりしないな。
- ・トレインだけでなく, コイルも動いていたけど, なんでコイルも動くの?

皆の意見をもとにトレインが走る理由をはっきりさせたい。⑫⑬

最終報告

結局, コイルトレインの仕組みは何? ⑭

極同士の反発・引き合い

電流が磁界から受ける力

- ・コイルに発生した極と磁石の反発と引き合いで動くよ。

- ・コイルに力が働くけど, コイルが重いから, トレインが反対向きに動くよ。

- ・コイルトレインの「はてな」がすべて解決! 電流, コイル, 磁石がすべて関係していたね!
- ・自己調整しながら, 自分たちで実験して追究していくって楽しい! また, やってみたいな!

⑮

出  
会  
い  
個  
別  
の  
学  
び

協  
働  
の  
学  
び

個  
別  
の  
学  
び

協  
働  
の  
学  
び

個  
別  
の  
学  
び

協  
働  
の  
学  
び

ふ  
り  
返  
り

## 4 研究の実践と考察

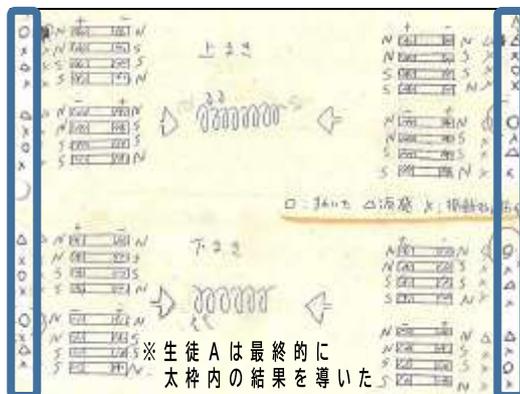
### (1) コイルトレインとの出会い(第 1, 2時)

導入で、コイルトレインが走る様子を紹介した【手立て1-a】。生徒らは「どうして走るの!？」と、目の前の現象に大変驚いていた。銅線(直径0.9mm,長さ10m),丸棒1本(直径30mm×450mm),単4電池1本,ネオジム磁石4個(直径13mm×2.4mm)を渡し,一人一人が製作にとりかかった【手立て1-a】。しばらくすると、「動いた!すごい!」などと声が挙がり始めた。そこで、タブレットのコラボノート【手立て2-a】を提示し、結果を共有できるようにした。生徒Aは、走り方が16通りあると考え、結果を一つ一つまとめた。ただ、他の結果を比較した際、「自分の結果と全く逆の人がいること」、「自分は走らなかったのに、他の人では走っている時があること」に気づいた。走る仕組みを追究したいという思いを高めた。

### (2) 仕組みは何?3つ(電池・磁石・コイル)のどれがポイント?(第3~5時)

実験計画表を示し【手立て1-b】、「電池・磁石・コイルの3つのうちどれが走るポイントなのか」を尋ねた。そして、コラボノートに座席表を作り,3つから追究したい項目を選択させた【手立て2-a】。生徒Aは“電池”を選択し、前時での自分と真逆の結果に興味をもち、その原因を探る追究を進めようとした。教師からのヒント実験や、実験シェアノート【手立て2-a】を参考にし、追究を始めた。

生徒Aは、真逆の結果の生徒と交流し、自分の時計回りの巻き方(上巻きと命名)と逆だったことに気づいた。そこで、上巻きと下巻き(反時計回り)のコイルを用意し、すべてのパターンを確かめようとした(資料5)。32通りのパターンがあることに気づいたが、「なぜ電池につける磁石の外側が両方 S 極(外 SS と命名)では進まないのか」わからずにいた。そんな中、磁石の極を判別するN極側に貼ったシールを取って実験すると、外SSでも走ることを発見した。「電池と磁石の間に電気を通さない紙があったから進まない」と結論付け、全パターンを明らかにした。ふり返りに、「すべての謎が解明されてよかった」と記述し、はてなを解決する面白さを実感した。



資料5 コイルトレインの全パターン

### (3) 中間報告 I-3つ(電池・磁石・コイル)のどれがポイント?-(第6時)

生徒らは、今までの実験結果やはてなから,3つのうちどれがポイントになるのか話し合い始めた【手立て2-b】。生徒Aは、実験シェアノート【手立て2-a】で、コイルトレインの走る全パターンを紹介した。ふり返りには、「3つのうちすべてが大事で互いに影響し合っている」と記述し、3つの関係性について考えを深めていた。また、「コイルにN・S極があるという意見がすごいと思った。そうかもしれないので調べてみたくなった」と、中間報告をきっかけに新たな視点を知り、追究意欲を高めた。

### (4) 教師タイム-思考を揺さぶる実験-(第7時)

電池・磁石・コイルの3つがどんな関係なのか、考えが深まっていなかったため、思考を揺さぶる実験を行った。磁石を電流の流したコイルに近づけたり、磁石を固定した状態でコイルに電流を流したりして、コイルが動く現象を観察した。「コイルがなんで動くの?」と自然にはてなを表出し、生徒Aは実験の動画撮影を繰り返して、その現象に夢中になっていた。そして、電流の向きを変えるとトレインの動きが変わることに興味を抱いた。再び、コラボノートを示し,実験結果の共有の場と追究の焦点化を促す座席表を提示【手立て2-a】した。生徒Aは“コイル”を活用して追究していくことを決め、コイルに流れる電流の向きによって、コイルトレインがどのように進むのか、追究意欲を高めた。

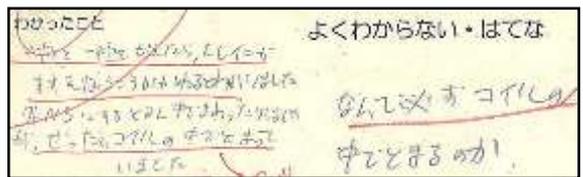
### (5) 仕組みは何?3つ(電池・磁石・コイル)にはどんな関係があるの?(第8~10時)

ヒント実験を参考に自己調整の追究を始めた【手立て1-b】。生徒Aは、目標を「コイルの中を走るときの条件」と定め、水の上にトレインを浮かしてコイルの中を動く様子を考察した(資料6)。外SSや外NN(磁石の両方の外側がN極)のときに、コイルと反発したり、引き合ったりする様子を観察し、「コイルにうまれたN・S極と相互作用



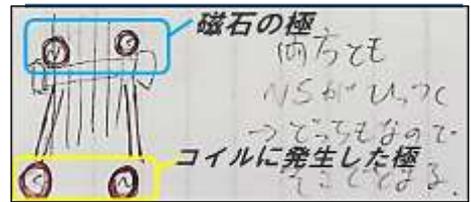
資料6 水上での外 NS の実験

が起きているのではないかと考えた。また、「外NS (磁石の外側をN極とS極)にすると、真ん中で回ったりしましたが、絶対コイルの中で止まっていた」「なんで必ずコイルの中で止まるのか」と、追究により新たなはてなが生じ、次の追究へと歩み始めた(資料7)。



資料7 わかったこと・はてな(第8時)

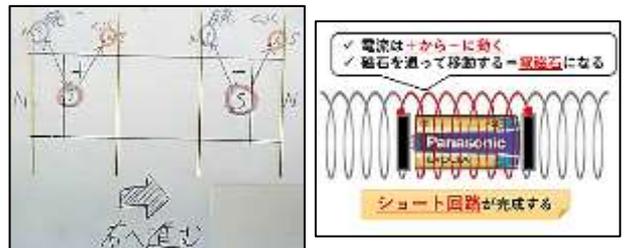
第9時では、生徒Aは、目標を「外NSが中で止まる理由を追究する」と定めた。繰り返しの実験で、結果を丁寧に分析し、図を描いて仕組みを理解しようとした。そして、外NS, 外NN, 外SSでの動きを、「磁石の極とコイルに発生した極の相互作用によるもの」と自分なりに説明した(資料8)。ただ、自信がなかったため、中間報告Ⅱでかかわりたいという必要感を抱いた。



資料8 外NSの動きの考察(第9時)

### (6) 中間報告Ⅱ-3つ(電池・磁石・コイル)にはどんな関係があるの?-(第11時)

生徒らは、3つの関係性について実験シェアノートを活用して話し合った【手立て2-a・b】。生徒Aは、撮影した動画を見せて考察を紹介した。意見交流では、“磁力線”や“電流が磁石から受ける力”で説明した考えなど、生徒Aにとって新たな視点が多く出てきた。中でも、「コイル一本一本にN・S 極がある」「コイルトレインはショート回路になっている」という考察に注目した(資料9)。ふり返りには、「全くそのような考え方をしなかったので、すごく皆の意見は大事」と語り、中間報告で考えを深めていた。



資料9 生徒Aが注目した考察(第9時)

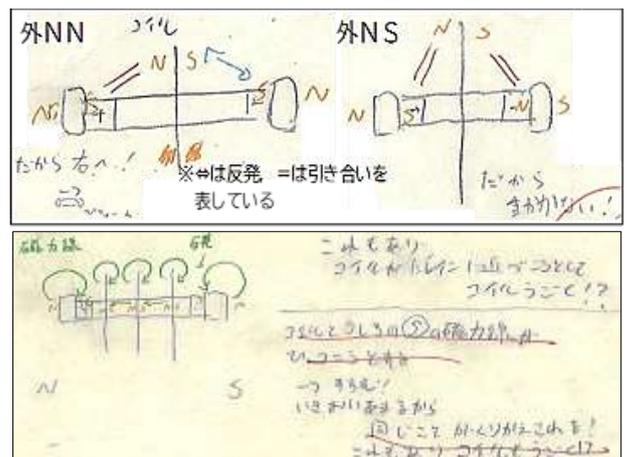
また、ある生徒が一巻きコイルと磁力線で考えを説明した際(資料10)、一巻きコイルがトレインの進む向きとは逆に動いていたことを語った。コイルがトレインの逆向きに動く現象を、生徒Aを含め大半が気づいていなかったため、実際にコイルトレインで実験を行って確かめると、「本当だ!コイルが逆に動いている!」と声を挙げ、今まで見逃していた現象に「なんで?」と驚いた。ここでも、新たなはてなが生じ、追究を継続させた。



資料10 コイルも動いている?

### (7) 結局、コイルトレインの仕組みは何?-(第12, 13時)

今まで現象のみを扱い、考察などを説明していた。そこで、考えるヒントとして、“右ねじの法則”や“フレミングの左手の法則”を紹介した。生徒Aは、中間報告Ⅱで得た考えをもとに、外NNが動く理由、外NSが動かない理由を、イラストで表現した(資料11)。また、トレインの進行方向とは逆にコイルが動くことを、「コイルと後ろ(磁石)のS極の磁力線がひっつく」と考察をした(資料11)。磁力線の考えやコイルが動く現象を新しい視点としてとらえ、それをもとに考察していくことで自分の考えを更に深めた。



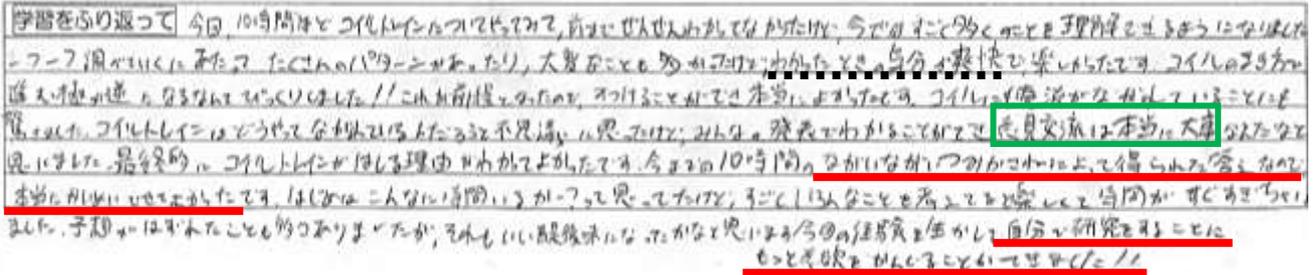
資料11 トレインの動きに関する考察(第12~13時)

### (8) 最終報告-結局、コイルトレインの仕組みは何?-(第14時)

生徒Aは、今までの考察をもとに、自信をもってコイルトレインの仕組みを説明した。ある生徒が、コイルが逆に動くのは「磁力線の向きによる相互作用から磁力に強弱が生まれ、その差によりコイルが動くから」と説明したことで、生徒Aは、「磁力線が同じ方向→強くなる、逆の方向→弱くなる」という意見を新たな視点として獲得し、考えを深めた。生徒Aは、「(コイルトレインが走る)原因は1つではなく2つもあることに驚きました」「わからないこともあったので調べてみたい」とふり返り、コイルトレインの仕組みについての考えを深めることができた。

## 5 仮説の検証

今までの追究の姿と、生徒 A の単元終末のふり回り(資料12)をもとに、検証をしていきたい。



### (1)【手だて1-a】コイルトレインとの出会い

資料12 単元終末での生徒 A のふり回り

コイルトレインとの出会いで、多くのはてなが生まれたことが追究の原動力となった。生徒Aは、自分の進み方の結果とちがう結果を比較したことで、はてなが生まれた。そして、そのちがいがコイルの巻き方によるものと気づいた後も、外NSや外NNなどの動き、コイルが動く理由など、最後の最後まではてなが生まれ、追究意欲を継続させた。「わかったときの気分が爽快」(資料12, 黒の点線)と語り、コイルトレインについてのはてなを解決していくという「追究のおもしろさ」を実感していた。以上のことから、主体的な追究を促す手だてとして、【手だて1-a】は有効であったと言える。

### (2)手だて1-b「自己調整しながら学習する単元構想」

8時間の実験計画を行い、見通す、実行する、振り返る段階を設けることで、自分のはてなや思いをもとに、自分なりの計画で学びを進めた(資料13)。「長い長い積み重ねによって得られた答えなので、本当に解明できてよかった」「自分で研究することにもっと意欲を感じることができました！」(資料12, 赤の実線)と語り、自分のはてなや思いを大切にしながら追究を継続させた。以上のことから、主体的な追究を促す手だてとして、【手だて1-b】は有効であったと言える。

タイミング	目標	方法	ふり回り(生じたはてな)
実験計画(1)	電磁の極が他の人と違う時にすんでしまったーなぜか！	コイルの巻き方で進む電池の極は変わるのか。	本当にコイルの巻き方で進む極がちがうのか。
実験計画(2)	電磁の極が他の人と違う時にすんでしまったーなぜか！	巻き方のちがうコイルに電池を走らせてみる。	なんで巻き方で進ってくるのかわからない。なぜ外NNだけ進むのか。
実験計画(3)	電磁の極が他の人と違う時にすんでしまったーなぜか！	コイルの巻き方で進む電池の極は変わるのか。	なんで巻き方で進む向きが違ってくるのかわからない。外NSが振動しているのどうしてなのか。
中間報告Ⅰ			
実験計画(4)	コイルの中を走るとき条件	水を使ってコイルの動く方向を実験。	なんで必ずコイルの中を通るのか。
実験計画(5)	中ではある理由を追究	水を使ってコイルの動く方向を実験。	下巻きにしたらどうなるのか。
実験計画(6)	下巻きはどうなるのか！	水を使う。	コイルトレインはどうなるのか。
中間報告Ⅱ			
実験計画(7)	コイル一本一本のNN極で考える！	イラストで考える。	トレインだけでなく、コイルも動くのどうしてなのか。
実験計画(8)	コイルがどうして動くのか！	イラストで考える。	.....

資料13 生徒Aの自己調整した学び

### (3)手だて2-a「かかわり合いの場としてのタブレット」

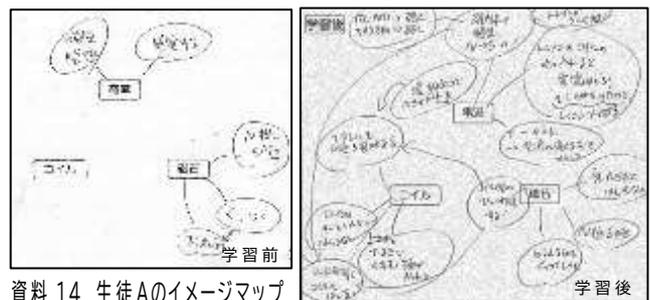
タブレットのコラボノートによって、誰がどのようなことに興味をもち、どんな実験をしているのかを知り、さらには、自分の追究だけでは気づかないような新たな気づきをもたらした。例えば、生徒Aはコイルトレインの進み方で自分の結果とは真逆の生徒の存在に気づいた。そして、交流することで、巻き方によって進み方が変わるという新たな視点を得て、考えを深めていた。以上のことから、コイルトレインに関する自然事象の考えを深める手だてとして、【手だて2-a】は有効であったと言える。

### (4)手だて2-b「かかわり合いの場としての中間報告・最終報告」

生徒Aは、中間報告Ⅰで「コイルにN・S極がある」と知り、外NN、外NSなどの動きを考察した(資料8)。中間報告Ⅱでも「コイル一本一本にN・S極がある」「トレインの進む逆向きにコイルも動く」ことを知り、次の実験計画にいかして、仕組みを解明した(資料11)。「意見交流は本当に大事」(資料12, 緑の囲み線)と語ったことから、コイルトレインに関する自然事象の考えを深める手だてとして、【手だて2-b】は有効であったと言える。

## 6 研究の成果

“コイルトレインとの出会い・自己調整を促す単元構想”によって、生徒Aのみならず、他の生徒も無我夢中で追究する姿が見られた。また、イメージマップ(資料14)からも、3つの関係性を見出し、考えを深めたことがわかる。必要感を抱いた“かかわり合いの場”によって自然事象への考えを深める姿が見られた。今後も、主体的で協働的な学びを行いながら、自己調整した学びを支援する手立てを考えていきたい。



資料14 生徒Aのイメージマップ