

<実践報告>

問題解決学習の方法による「運動と力」の学習展開

相渡 弘 上松町立上松中学校

Learning Dynamics by Learning Method to Solve the Problems

AIDO Hiroshi : Agematsu Junior High School, Agematsu Town

In a unit of dynamics, students usually think that power always functions to move objects. And it's a peculiarity of this unit that there is a great difference in each of the students' faculties to think investigative method. I want to promote their faculties to think investigative method. Therefore I think it the most important to devices a penomenon presentation, to make a situation that students can think their own method easily, and to think devise of learning plan when they experiment conclusive evidence or counterevidence.

【キーワード】 生きる力 問題解決学習 確証・反証

1. はじめに

昨今、「生きる力」の育成が注目され、理科学習の育てたい資質として「問題解決の力」を育成することをねらった実践が研究されている。本実践報告も理科教育を通して、問題解決の力を育成し、「生きる力」に迫ろうとしたものである。

この実践は、信州理科教育研究大会の長野大会で公開した授業のまとめである。長野市立櫻ヶ岡中学校の理科教科会を中心に信州理科教育研究会の長野支部中学校部会の皆さんの指導・支援を受けて平成10年に実践したものである。

2. 問題の所在

理科学習を通して、生徒に「生きる力」を育てたいと願い日々の実践に取り組んでいる。理科学習でつける「生きる力」とは、自然事象に関わった問題解決の能力ととらえ、問題解決学習を授業の中に位置づける努力を続けている。しかしながら、中学校での問題解決学習のできる場面は限られていたり、時間的な制約があったりして現実に問題解決学習が不十分なまま単元を終えてしまうこともある。また、生徒は多様な考えを持ちながら理科の問題解決に生かせないまま終えてしまうこともある。

そこで、問題解決の学習において、従来の展開と異なり「確証と反証」を大切にした学

習展開を考えた。生徒が、自分なりの仮説を持って、事実（観察・実験）と出会い、仮説を確証したり、反証したりすることによって科学的な見方・考え方を身につけていくものと考えた。特に、反証されたときは、生徒の仮説が間違っていたことを事実によって確認することである。従来の学習では、間違えることができるだけさける傾向にあった。本稿では、生徒が間違った仮説を持ったときに重要と考え、学習展開を間違ったことを前提として構築しようとした。つまり、正しい仮説の確認の確証と間違った仮説の確認の反証をはじめから予想して複線型の学習展開を考えることに焦点をあてた。

以上、理科学習の中で主体的に問題を解決することを通して、問題解決の力を育て「自然の摂理の見事さや確かさに気づき、自ら自然の奥深さを知る（問題を解決する）喜びが持てる生徒」を願って努力を続けてきた。

3. 展開の実際

本研究では、問題解決の力を育成する問題解決学習の在り方を明らかにし、さらに、問題解決が可能な場面を3年間を見通した理科年間指導計画の作成をする中で、問題解決の力の育成を図ろうとした。特に、物理的領域は理科学習の基礎であり、科学の基本的な方法を学ぶ場として最適である。従来、「運動と力」の単元では、落下運動や等加速度運動を問題解決学習として試みたが、生徒の主体的な学習になりにくい面があった。

そこで、問題解決の力を分析し、鋭角的につける力を決め出し、生徒の思考に沿った単元展開を工夫することにした。また、生徒が考えるゆとりをもてるような教材・教具を工夫し、学習過程の複線化などの工夫をしてみた。つまり、主体的な問題を解決していく学習になるよう試みた。

3.1 問題解決学習について

「生きる力」につながる問題解決の力を育成するために、筆者は、仮説を設定し、検証する過程を大切にしてい取り組んできた。問題に対する解決の見通しとしての仮説を自ら考え、観察や実験結果によって仮説の確証をもったり、反証されて新たな仮説設定を迫られたりする。確証をもった生徒は、より深まった実験に進み、反証された場合には、情報を収集して新たな仮説を考えて実験を繰り返すことになる。この活動を通して、問題解決の力が育ち、科学的な深まりのある見方・考え方ができるようになる。そのためには、生徒一人ひとりが、自分の仮説（予想）を考えて、それに基づいて観察・実験をし、事実によって確証や反証するために教師は、生徒の意識を把握し、それに沿った展開をしなければならない。仮説もなしに観察・実験をして得た結果をまとめただけでは、問題解決の力は育ちにくい。確証、反証することもできないであろう。一人ひとりの実態を把握し、どのような問題解決の力をつけるか明確にした指導の工夫を図った。

3.2 研究の具体

ここでは、仮説を生徒が主体的に設定し、検証する学習過程を考えた。しかし、確証だけを意識した授業構想であった。そこで、この授業を改善し、多くの方の助言により確証

・反証の複線型の授業展開を構築しようとした。

(1) 仮説検証の授業の考察

摩擦の小さな面を運動する物体を観察し、生徒は、物体に力がはたらいているかはたらいていないか考えた。生徒は、自分の考えた仮説を検証することで、等速直線運動をしている物体には、力がはたらいていないことが、納得して理解できると考えられる。この仮説を検証して納得した体験は、科学的な見方・考え方を喜びをもって学んでいくことにつながらうと考えられる。

(2) 残された問題

- ・生徒一人ひとりの考えを引き出し、全員が自分自身の考えで仮説を考えたり、実験（検証実験）方法を考えたりすることができなかった。一部の生徒の考えを中心に授業が展開される傾向があった。生徒一人ひとりの実態把握の甘さと一人ひとりにつける力が明確になっていなかったためと考えられる。
- ・「運動している物体は力がはたらいている」「力がはたらいている物体は、必ず運動している」という見方・考え方を満足感、充実感をもって変えていくには充分ではなかったと考えられる。さらに単元展開の工夫が必要であろう。
- ・「等速直線運動をしている物体には力がはたらいていない」という仮説と「等速直線運動している物体には一定の力がはたらいている」という二つ仮説が設定できた。ところが、「物体には力がはたらいている」と仮説を設定した生徒は、実験によって反証はされたが、反証されたままになってしまい、自分の考えを修正し確認までたどりつくことができなかった。
- ・つける力を、知識面に重点をおいたので、生徒自ら検証実験の方法を考えることができないままになってしまった。多様な実験方法を考えさせる場面が必要である。つける力は、問題解決を通して得た知識理解という考え方をしたい。

(3) 問題点の解決のための方略

- a, 1時間の授業でつける力及び、それに沿った個々へのつける力をできる限り明確にする。つける力にそって個の実態把握をすることが必要になってくる。
- b, 「運動している物体には力がはたらいている」「力がはたらいている物体は、必ず運動する」という考え方を根底から突き動かすために単元展開を日常経験からの発想を大切に展開にする。また、科学の歴史的な発展も参考にしながら展開を考える。そこで、摩擦のある面の運動から展開するようにする。
- c, 事象提示に等速直線運動だけ見せたのは、比較する運動がなく生徒には分かりにくかったので等速直線運動と等加速度運動が比較できるように事象提示する。
- d, 実験方法を考える中で生徒一人ひとりが仲間と共同で自分の仮説を考えていけるように場面を作る。
- e, 生徒が、自分達の実験方法を考え、確認、反証の実験をしながら「等速直線運動には力がはたらいていない」という見方・考え方ができるようにする。そのために、確認を

もった生徒には、力がはたらいっていないことを確認できる実験を用意する。反証される実験を考えた生徒には、確認実験した仲間の情報を与える。

f, 学習が多様な考えを基にできるように生徒実験を準備をして、展開が複線に進むようにする。また、反証・確認の基準を明確にしていく。

g, 生徒の多様な考えを引き出すためにも補助的な役割をする教師を配置し、複線の展開に対応する。

(4) 授業構想と手だての工夫（単元展開の構想は省略）

つける力を明確にして、等速直線運動を問題解決の過程を通して、学習する場面を構築しようとした。つける力は予想をもとに実験方法を自ら考え、実験し、確認・反証を繰り返すことで事象を理解することとした。そこで、実験方法を考え実験することによって等速直線運動は、力がはたらいっていないという見方・考え方ができるようにしたいと考えた。

以上の方略を考え、授業の構想をした。

事象提示での手だて

- 演示実験で等速直線運動と等加速度運動の両方を提示し、違いを観察させる。
- 等速直線運動では、台車の運動の力を加える部分を見せないようにして、運動全体の一部が等速直線運動であることを意識させる。
- 生徒に確認・反証の基準とさせるために等速直線運動の部分を記録テープで、提示する。

主な発問計画と予想される反応

- T こんなふうになりました。速さの変化について、どんな事が言えそうですか。
- C 少し遅くなっている。あまり間隔が変化がない。
- T ちょっと遅くなっていますね。けどあまり変化がないですから、速さは見てもらった通り、ほぼ一定です。なんでちょっと遅くなるんですか。何という力がはたらいっているんだろう。
- C 摩擦力があるから。

生徒実験の手だて

- 生徒が実験方法を自分で考え追究させる。
 - ・ 自分の仮説をもとに実験方法を考えさせる。
 - ・ 生徒が考えられる実験を用意し、生徒が多様な考えを実験できるようにしておく。
 - ・ 摩擦のはたらかない等速直線運動は、地球上にないことから理想と実際には摩擦が少しはたらいっている事実を理解させてから実験させる。
 - ・ 複線型の学習活動にする。
 - ・ 確認・反証の基準は、記録タイマーのテープの打点の間隔にさせる。

----- 主な発問計画と予想される反応 -----

T 速さが一定な運動を作ってみよう。どうやったら速さが一定の運動をさせることができるだろうか。

(必要な実験道具は用意しておく)

- ・台車にゴムをつけ、ゴムを伸ばした状態から台車を押さえていた手を離す。
- ・砂袋をひもで台車につけ、砂袋を落下させて台車を引く。
- ・手で台車を押して手を離す、など。

----- 実験方法の中間発表の手だて -----

- 友の発表を聞いて（情報収集し合い）、反証された生徒は、実験の軌道修正をさせる。
- 確証した生徒は、水平器で泡が動かないことで、力がはたらいていないことを確認する。

----- 主な発問計画と予想される反応 -----

- T どのようにしたら速さが一定の運動になったのか、ならなかったのか中間発表をして下さい。
- C 輪ゴムを最初引っ張って、台車を押さえて、それで台車を離した。始め速くて、それで一定になって、遅くなった。
- C 砂袋を落としたら、だいたい一定になったんだけど、ちょっと部分的に速い所があった。
- C 手で押したら、ほぼ一定になった。
- T どんなふうにしたときに、速さが一定の運動をしたのか考えながら実験を続けて下さい。
- C 砂袋を落下させ台車を引き、途中で砂袋の落下をイスで止める。
- C ゴムを伸ばして、ゴムの伸びがなくなってもとの状態になってから一定になった。
- C 手で押したときは、手と台車が離れたとき。力を加えた後。
- T 一定の運動をするときはどんなとき。
- C 力を加えた後、手と台車が離れたとき。
- C 加えた力がなくなったとき。
- C 力がなくなった後。

----- まとめの手だて -----

教師の支援として、生徒自身が作り出した運動と記録テープを対応させる。する

と「一定の運動をするときは、どんなときか」の問いに、力が加わっていないことに気づいた生徒は、等速直線運動には力がはたらいていないことを自分の実験結果をもとに発見するだろう。

生徒は、自ら実験の方法を考え、検証実験をすることで、問題解決の力が育ちながら、等速直線運動をしている物体には、力がはたらいていないということを体を通して発見していくようにしたい。

3.3 学習指導案

(1) 単元名 「運動と力」

(2) 単元設定の理由

生徒は、1学年で、力の基本的な学習として、物体に力がはたらきときの物体の変化、力の表し方、及びばねと力の関係を量的（変化を伴った量的関係）に捉える学習をしている。

生徒は、日常生活でも力と運動の関係について日々接しているが、力と運動の関係について統一した見方・考え方はできない状態である。特に、「運動している物体には力がはたらいている」という日常的な思いこみを持った生徒が多い。

このような生徒に、「運動と力」におけるつける力を明確にし、日常生活に見られる摩擦の運動を始めに学習させることによって、自然な物体の運動と力の関係について意識させるように単元展開を工夫した。また、事象提示の工夫によって、学習問題を明確にさせ、生徒が試行錯誤して実験方法を考え出せるようにした。さらに、考え出した実験方法は、自分の予想を確かめるものになったかどうか確認や反証の活動を通して、科学的な見方・考え方を自ら高めていけるように追究の過程を複線型にした。

以上の手だてによって生徒は、問題解決の過程を通し、生徒は追究する喜びを味わい、自然科学の基礎である物理領域の基礎・基本的な知識や科学的な見方・考え方を育てて行こう。

(3) 目標（省略）

(4) 小単元展開の構想と本時の位置（省略）

(5) 本時案

1) 本時の位置（12時間扱い中の第9時）

前時：だんだん遅くなる物体の運動について、実験の結果から力と速さの関係を見出した。

次時：等速直線運動について時間と速さ・移動距離の関係を見出す。また、慣性の法則について理解する。

2) 本時の主眼

運動している物体には力がはたらいていると考えている生徒が、物体に等速直線運動をさせる方法を考え、台車の運動とテープの打点間隔の変化と照らし合わせることで、打点間隔から力のはたらいている部分・はたらいていない部分を見分けることによ

て、等速直線運動している物体には力がはたらいていないことを発見する。

3) 本時でつける力

問題解決の力：等速直線運動をさせる実験方法を考える力（予想を実験結果から確認したり反証したりして理解し事象を再現する力）

知識・理解：テープの打点間隔が一定になることから、等速直線運動をしている物体には力がはたらいていないことがわかる。

4) 指導上の留意点（省略）

5) 展開（授業記録）授業構想に沿って、まとめています。

----- 事象提示 -----

1（演示用実験台の前に集合し演示実験から授業開始）

T「台車の速さを観察してください」（PT：だんだん遅くなる台車の運動を見せる）
「どんな速さでしたか？〇〇さん。」

生徒「はい、だんだん速くなって、一定になって、遅くなる運動。」

生徒「全体に遅くなる運動。」

「これは前の時間学習しましたね。では次の台車を見てください。」

（PT：一定の速さで運動する台車を見せる。）

「どんな速さでしたか？」

生徒「一定の速さに見えました。」

T「一定の速さに見えましたか。じゃあ、本当に一定の速さか確かめてみましょう。」
（記録タイマーで取ると）「打点間隔はどうなる？」

生徒「間隔も一定になる。」

T「一定になるかどうか調べてみましょう。」

（PT：ストロボ・記録タイマーをつけて一定の速さで運動する台車を見せる。やり直し）「もう一回」

T「これが台車についていたテープです。台車の運動に照らし合わせると」（テープを台車の軌道に合わせ貼る。）

T「皆に見えるように10打点ずつ印を付けますね。」（マジックで印をつける。）

T「ここから（観察した範囲を指示し）ここまでの打点間隔はどうなっていますか？」

生徒「一定になっている。」

T「ということは、台車の運動は、台車の運動は一定の速さだったということですね。」

2「さっきの台車のスーという運動と同じ運動を体験したり、見たことありますか？」

生徒「スケートの氷の上の運動。」

生徒「自転車でペダルをこいでいない時。」

生徒「スノーボードとか。」

生徒「床にワックス塗って滑っている時。」

T「今日はスーというような、一定の速さの運動を作ってみましょう。台車を一定の速さの運動にするにはどうしたらいいか？」

(PT：フラッシュカードを貼示)

生徒実験

3「台車を動かすものですが、ゴムでもいいですし、バネでもいいですし、重りでもいいです。」(実物を取って提示)「一つだけ選んで作ってみてください。自分が使いたい物をカードに書いてください。」「班で話して一つに決めて下さい。」

班毎に、ゴム、バネ、ゴム、重りを使うことを決める。

生徒1・生徒2は「ゴム」生徒3は「重り」と記入。班内で何を使うか話す。生徒3の提案が通り、「重り」に決まる用意の分担を決める。

4「それでは始めて、一定の速さが作れた班は先生を呼んでください。テープをわたします。役割を決めて始めてください。」

実験開始

生徒3は重りを、生徒は台車を手に取る。重りを着けて台車を動かす。

生徒2「(準備が)できたの？」

生徒3「できたよ。よしっ」PTを呼ぶ。動かして確認

生徒3「いいでしょ？」PT「おっっ」

PT：テープを計って切ってわたす。

生徒3、テープを台車に着け、生徒2は重りを持つ。

生徒1「いくよっ、いい？」タイマーで記録

生徒3：テープを見て「えっ？長くなってる。」

生徒2「あたったからじゃない？」再度確認する。

生徒3「重りが落ちたからでは？もう一度やってみよう。」

生徒3「ほらっ」重りが床に落ちる前後の違いに気づき、「後は勢いだよ」落ちた時の打点を探す

「ここだっ、ここまでは(後ろからの見方で)一定なんだ。」

生徒3「どうするの？」生徒1「先生いる？」

生徒3「この位置からずっと同じだ。」「どうすりゃいいんだ？」

生徒2「もう一度やってみよっ!？」

生徒3「初めのが遅いか？速いか？」

生徒2「遅いんだ」生徒3「わかんねー」

生徒3：テープの向きを逆にして確認する

生徒3「一応一定の速さになったな？丸？」

生徒2「うん」カードに○をつける

巡視して来たLTに、

生徒3「これってさー、全部一定?」「あつ、じゃーできてる。」

生徒2「重りのついていたヒモを先に着けて、ヒモを重りの力で動かした。」

中間発表

5「それではいったんやめてください。どうでしょうか、一定の速さの運動つくれましたか?つくれた班、手を挙げて。」

全員挙手

「全員できたねー。〇〇君の班、テープをもって前に来て。」

生徒5「バネを使って、台車を押しつけておいて、バネの反動の力を使って動かしました。」

T「ここはどういう時?」

生徒5「えっと、バネが台車から離れた時。」

生徒6「重りを使って引っ張りました。」

10班：演示

T「ここから一定の速さになっています。」(3打ごとの印をつけた紙の上で確認)

T「この時、重りはどうだったの。」

生徒7「下に落ちていた。」

生徒8「ゴムを二つ使ってやりました。」

6班：演示

「ゴムを引っかけて、引っ張ってやりました。」

T「ここから一定の長さになっているね。これはどうなった時?」

生徒10「たるんだ時。」

まとめ

6「全部の班ができたわけだけど、カードに、どうやったら一定の速さにできたのか書いてください。自分たちの使った道具がどうなった時、一定の速さになったのか書いてください。」

生徒1・生徒2・生徒3三人とも「重りが地面についた時。」

(カード)「台車に働く力は?」生徒3「ない時。」

T「台車に働く力がないことを確かめる方法は?」「あれだっ、前のやつだ、水平器」「使ってみる?」水平器をわたす。

台車に乗せて動かしてみる。台車が動いても、泡が中心にあることを確認して納得。

「一定の速さの運動をつくれた人は手を挙げて。」「何がどうなった時一定の速さの運動がつくれたのか発言してください。」

生徒11「えーと、ゴムがたるんだときに作られました。」

生徒 12 「同じで、ゴムがはずれたり、たるんだときに一定の速さになりました。」
 生徒 13 「バネが縮んだ状態からのびきった時に一定の速さになりました。」
 生徒 14 「重りでやって、重りが下に落ちたとき」
 生徒 12 「重りが床に落ちたとき」
 T 「三つの実験からどんなことが言えるのでしょうか？」
 生徒 2 「力がかからなくなった時に」
 T 「今の生徒 2 さんの発表についてだれかどうだろ？」
 生徒 15 「えっと、力が働いていないのに何で一定の速さになるんですか？」
 生徒 2 「水平器をのせて、重りで台車をひかせたら、進んだ方に泡は行っただけど、重りが落ちてからは泡は真ん中にいたから。」
 T 「一定の速さで運動している物体に働く力について、どんなことが言えますか？」
 生徒 16 「力がかからなくなった時に、一定の速さになることがわかりました。」
 生徒 3 「運動している物体に力が働いていない。」 以下省略

4. 研究のまとめ

生徒が、科学的に問題を解決する力をつけ、自然の見事さや確かさを実感するためには、自分が問題解決のために持った考え（仮説）と事実とが一致することを体験しなくてはならない。そのために、生徒は、問題を解決するために自らの考えを仮説として持ち、観察・実験を通して検証することが大切である。検証とは、仮説を持って事実と出会うことであり、生徒が自ら確証（自分の考えか正しいと判断すること）したり、反証（自分の考えが誤りであると判断すること）したりする活動につながるものである。仮説検証的に問題を解決する過程は、確証・反証を繰り返し、仮説と自然の事実を一致させることである。生徒は、自らの仮説が確証・反証によって自然の摂理と一致することを学んだとき、自然の摂理の見事さや確かさを実感するであろう。また、仮説が、反証されたとき、自らを振り返ることの大切さを身をもって体験することになると思われる。さらに、中間発表など情報交換などで、反証を修正する機会を作ることは、生徒自身の力で修正することにつながると考えられる。

これらの学習過程は、科学史の事実と一致する過程でもあり、今後、研究を深めて行きたいと考えている。

参考文献

- 第 25 回 信州理科教育研究会「長野大会」研究要項 1998 年
 相渡 弘 「理科教育における科学観のあり方と授業改善に関する研究」信州大学教育学部修士課程論文 1995 年
 イムレ・ラカトシュ／アラン・マスグレーヴ編著 森 博監訳「批判と知識の成長」1990 年