

# 生徒が主体的に取り組む授業展開の考察

指導主事 奥田 俊詞

Okuda Shunji

## 要 旨

物理の授業における科学史活用の有効性と、生徒の思考過程に沿った授業構成について考察し、生徒が主体的に取り組める授業の具体例を示した。その上で、生徒の主体的に取り組む力を育成するために教員が取り組むべき課題の整理とその方向性を探った。

キーワード： 主体的に取り組む力の育成、演繹的考察、帰納的考察、学習の必然性

## 1 はじめに

物理の授業展開の多くは、具体的な現象を法則に当てはめるところから始まり、それらを用いて具体的な現象を計算により予測することに重点をおいてきた。その結果、生徒は物理法則から導かれる公式を暗記し、与えられた条件を当てはめる機械的な作業に終始してしまう傾向にある。生徒にとって、主体的な取組ができないだけでなく、興味のわかない授業や、物理量の意味や法則の本質を理解しないままに終わってしまう授業になってしまうことも多い。

近年、総合的な学習の時間の導入や評価規準の考え方に表れているように、多くの知識を生徒に一方的に与えることよりも、思考力、判断力、表現力、問題解決の能力など「生きる力」につながる「確かな学力」を育てることが求められている。このような力は、生徒が主体的に取り組む授業を積み上げなければ育たない力である。

そこで、本稿では、生徒が主体的に取り組める物理授業の方向性、主体的に取り組む力を育成するための方途について考察する。

## 2 研究方法

- (1) 科学史を授業に活用する方途とその活用例を示す。
- (2) 生徒が主体的に取り組める授業構成の在り方を考察する。

## 3 研究内容と考察

- (1) 科学史の活用について

歴史的な流れの中で科学者が法則を発見する過程には、優れた発想と工夫があり、私たちの知的な好奇心と研究意欲をかき立てるものがある。科学史を活用した授業は、法則から導かれる公式の活用という従来の学習形態と比べて、次のような効果があると考えられる。

- 物理量が定義された歴史的背景を知ることによって、その物理量の必要性を感じることができ、理解しようとする意欲が高められる。
- 科学者の研究過程をふり返ることによって、現象の分析、定性化など法則にたどり着く道筋を知ることができ、思考の方法を学ぶことができる。

○ 実験方法などの中に科学者の優れた工夫がみられ、その発想の豊かさに感銘を受けることが多く、科学的思考のおもしろさやよさを感じたり、あこがれをもったりすることができる。

○ 科学者が、説の正当性を主張するために示した手法は、まさに優れた表現の集大成であり、知識や技術を活用することの重要性に気付くのに適している。

高校生が、過去の科学者のように高いレベルの数学力や実験技術をもっているわけではないので、すべての事柄を科学史の流れに乗せて学習することは困難であることも事実である。しかし、このことについては次のような工夫によって解消し、取り扱うことができる内容を広げることが可能である。

○ 複雑な数学的部分をモデル化するなどして、生徒が理解しやすい形で示す。

○ 多くの時間を必要とする実験の場合は、メディアなどを用いて実験を擬似的に体験させた後に、過去の科学者が得たデータを提供し、分析と考察をさせる。

○ 高度な実験技術を必要とする場合には、その技術を補う近代的な装置を使用できるようにする。

これらのことを考慮に入れ、科学史を活用することが効果的である場面とそのねらいについて挙げるとすれば、次のようなものが考えられる。

○ 新しい物理量を定義する場面

様々な物理量は必要性があって定義されているのであり、歴史的な背景の中でどのような必要性があったかを追求させることにより、物理量について生徒の興味・関心を高め、より深い理解へと導く。

○ 多くの科学者が取り組み、様々な観点で論じられているテーマ

対立する科学者の立場に立って論理を展開させることで、科学的な思考や表現の工夫に取り組みさせる。

○ 再現可能な実験によってなされた発見

歴史的な実験を体験することにより、科学に取り組むことの喜びを感じさせるとともに、人間の知恵のすばらしさに気付かせる。

○ 思考実験による仮説説明

実際に物を扱うのではなく、自分の頭の中に描いた世界の中で様々な考察をさせることで創造力を育てる。

## (2) 思考過程の明確化

『高等学校学習指導要領の展開』(明治図書)の中で江田稔と三輪洋次は、物理の学習で育てる「生きる力」「考える力」「総合的な問題解決力」の具体的な能力として次の7点を挙げている。

① 基本的な公式や法則、事象を記憶し、これを必要に応じて思い出し、利用できる能力

② 言語により自分の意志や考えを正確に他人に伝える能力

③ グラフ、図、地図や記号(数学を含む)などの言語以外の手段で表現する能力、また、それらから情報を正確に読み出す能力

④ 仮説や仮定を立て、演繹・類比・推論を用い、考える能力

⑤ 物事を分析しそれらを構成する要素間の関係を把握し、総合的に理解する能力

⑥ 部分的な情報から全体を推察して構築し、必要な情報を探し出し、整理する能力

⑦ コンピュータなどの情報機器を用いて、情報を的確に処理する能力

①については今まで重要視されてきた傾向にあるが、他の能力、特に④、⑤、⑥についてはその重要性は主張されても具体的な取組は少なかったのが現実である。しかし、「分かることの喜び」が

それらの能力によって得られることを思えば、それらの能力を発揮し評価される場面をつくることは、生徒が主体的に取り組むための大きな原動力となるはずである。

しかしながら、④、⑤、⑥の能力を身に付けることが、生徒の目指す具体的な目標（「生徒にとってのゴール」）になってしまえば、生徒にとってその実現は難しく、取り組むことすらできなくなってしまう。そこで、教員のねらいとは別の形で「生徒にとってのゴール」を見通せるようにすることが、生徒の意欲・関心を引き出し、主体的な取組にするために重要となるのである。

『学びの意味を育てる理科の教育評価』（東洋館出版社）の中で、堀哲夫は、学習や授業を帰納的過程と演繹的過程に大別している。その上で、「既存の知識や考えを重視し学習の必然性を生み出す授業・学習の過程」として次のようなモデルを提唱している。

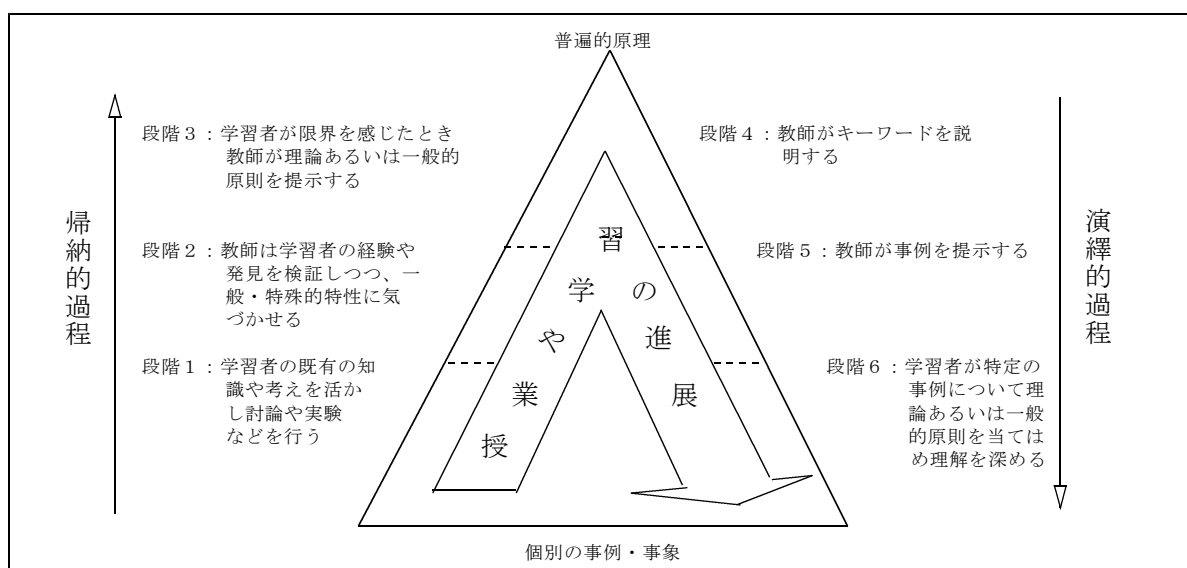


図1 既存の知識や考えを重視し学習の必然性を生み出す授業・学習の過程

（『学びの意味を育てる理科の教育評価』堀 哲夫 より）

すなわち授業を、既存の知識や目の前にある現象を概念や法則に収斂させて普遍的原理や法則に至る帰納的過程（段階1～3）と、法則を実際の現象に適用していく演繹的過程（段階4～6）の往復として構成するのである。生徒の意欲はゴールを見通せないと高まらないものであるから、学習過程を帰納的過程と演繹的過程に分けて、それぞれの過程にゴールを設定し、直線的な指導にすべきである。すなわち生徒たちのゴールは、帰納的過程においては目の前の現象や経験から法則性を見出すことであるが、演繹的過程においては見いだした法則によって実際の現象を検証することがゴールになる。教員は、それぞれの過程に応じた適切な助言を与える必要がある。特に実験や観察においては、その位置付けが重要となる。段階1で行われる実験・観察は、現象の中に見られる共通性や法則性を示す基となるデータを与えてくれるものでなければならない。異なる既存知識をもつ生徒たちに共通した現象を考察させることによって、目指すべきゴールに向けてスタートさせるのである。そして、その現象が興味深いものであればあるほど意欲・関心が高まり、主体的な態度で取り組むようになる。逆に、段階6で行われる実験・観察は、法則の正しさを確認したりその有用性を実感したりするためのものでなければならない。学習によって得られた知識を現実の現象で確かめたり、応用したりすることによって学習内容はより定着が図れるであろうし、更なる学習意欲が生まれるはずである。

この帰納的考察と演繹的考察による思考は、アリストテレス以後科学史の中で多く利用された方

法であり、科学史を活用して学習させるときには特に強く意識すべきである。

(3) 具体例 「速度と加速度について」 —落下運動の解析を基に—

自分たちの目の前で起こっている日常的な運動を分析するための題材として、アリストテレスの運動論を用いる。アリストテレスといえ、誤った運動論を提唱したことで引き合いに出されることが多いのだが、アリストテレスの運動論は観察される現象を率直にとらえ定量化したもので、その当時の科学としては非常に優れたものであった。しかし、2000年もの間すべての科学者に支持され続けたわけではなく、宗教的な権威に利用され、科学的な批判から保護され続けたのである。実際、多くの科学者が矛盾を指摘し、その矛盾を解決するための説を展開したのだが、アリストテレスの説に対する批判は社会的に受け入れられなかった。このような歴史的背景の中で、科学の進歩は少なからず停滞した。その停滞を打破したのがガリレオであり、宗教裁判などの弾圧に負けずに自分の説を主張し続けたのである。この事実は、人間の生き方としても感銘を与えるものであり、生徒たちにとっても充分共感できるものである。

そこで、「ガリレオがどのようにアリストテレスの運動論を覆したのか」を明らかにすることが「生徒にとってのゴール」となるような学習活動を設定し、速度、加速度の学習へとつないでいく授業展開を次に示す。

- ねらい
- 自らの自然現象に対する概念を整理し、客観的に評価できる能力を獲得する。
  - 示された説の問題点を見だし、それを解決するための新しい理論体系を構築しようとする意欲を身に付ける。
  - 現象を整理し必要なデータを得るための実験や観察の方法を考えることで、積極的に創意・工夫し問題解決するための力を身に付ける。

道 標	学習活動及び資料	生徒の思考
○ ガリレオが宗教裁判にかけられた時代的背景を知ろう。	科学史の資料を読む。	共感、意欲の高まり ゴールの設定
○ アリストテレスの説を覆そう。 ・ 相手を知ることが大事。  ・ 自分を知ることが大事。 ・ 知恵を出し合うことも大事。 ・ 行動すれば何かが見える。	アリストテレスの運動論を研究する。  1枚ポートフォリオ グループ討議 落下運動を調べるための実験を考え自由試行する。	調査・研究  既有知識の検証 推論、観察、分析
・ 困ったときは先人に学ぼう。 ○ 「私の運動論」を展開しよう。	ガリレオの研究 落下運動の整理	調査・研究 整理・表現 達成感

生徒がゴールへ到達し、自分なりの運動論ができあがった状態になれば、自ずと速さを定量化することや測定することの必然性が生まれるはずである。この必然性によって速度や加速度を定義することの意味、及び等加速度運動に関する公式の実用性を予感することができ、学習への取組が更に意欲的になるのである。

運動の定式化により等加速度運動の公式を整理する学習（段階4）をした後、演繹的過程のスタートを切る。そのゴールは獲得した法則を実際の現象に活用し、その有用性を体験することである。

ここでは、ガリレオが運動の法則化のために取り組んだ実験や仮説を確認することをゴールに設定する。

道 標	学習活動及び資料	生徒の思考
○ ガリレオの取組を考察しよう。 ○ 学習したことを使って確かめてみよう。 ○ 検証する方法を考えよう。	科学史の資料を読む。 ガリレオの取組の中から検証しようとするテーマを選ぶ。 (グループ構成) ・斜面実験の再現 ・落下実験 ・落下距離と速さの関係についての実験 (図2)	ゴールの設定  実験・観察
○ 実験結果を吟味しよう。	実際の現象と法則との整合性を確認する。	分析、考察 有用性の実感

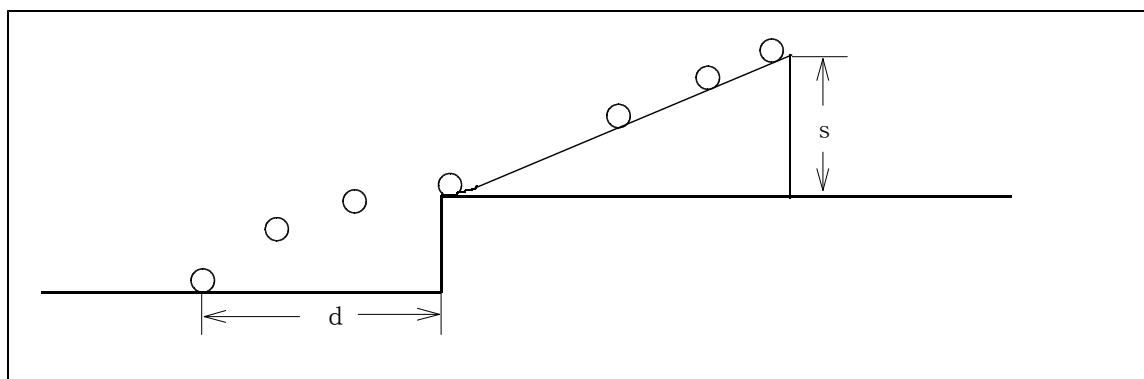


図2 ガリレオの落下距離と速さの関係を求める実験

表1 実験での実測値

s	300	600	800	828	1000
d	800	1172	1328	1340	1500

#### (4) 主体的に取り組む力の育成

学習活動において、興味・関心・態度という主体的に取り組む姿勢は欠かすことのできない要素であり、そのための力を発達段階に沿って育てていくという視点は、教員に求められている重要な課題である。具体的には次の①～③のように、目の前のおもしろさによって学習に取り組む段階から、自らの学習によっておもしろさをつくり出す段階へと、児童生徒を導いていく取組が必要である。

- ① おもしろそうな事象に積極的にかかわろうとする資質（受動的な興味・関心）を育てる段階。
- ② 自らおもしろさを見付けようと事象を見る意欲・態度（能動的な興味・関心）を育てる段階。
- ③ 困難を乗り越え課題を克服するおもしろさを求め、取り組もうとする意欲・態度（探究力）を育てる段階。

つまり、①の段階では好奇心を刺激し、関心のもてる教材選択と授業展開が求められ、②の段階では児童生徒のアプローチによって興味が深められるような課題設定の工夫が必要である。そのよ

うな取組の積重ねによって学習に対する意欲が育ち、困難を乗り越える達成感によって③の段階へと導かれるのである。そのためには、基礎的な知識・理解とともに、集中する力や忍耐強く取り組む力なども段階に応じて育てなければならない。教員が児童生徒の状況を見極め、適切な場面づくりをすることが大切である。その観点をおろそかにしてしまうと、児童生徒の主体性が全く現れない授業になったり、「おもしろければそれでよい」という授業に陥ってしまったりするのである。

このような力（主体的に取り組む力）を十分育てられなかったことが、「理科嫌いの増加」にも大きくかかわっているように思われる。特に高等学校段階では、興味・関心はもとより課題を克服することの喜びからくる強い学習意欲が求められる。なぜなら、単に事象の理解ではなく規則性や法則性を見つけ出す力の育成が求められており、基本原理が深くなればなるほどその前には多くの壁が存在しているからである。したがって、主体的に取り組む力を育成し学習意欲を高めるための取組が今後も強く求められる。

このような主体的に取り組む力は、教科指導だけでなく学校生活全体の中で育成されるものではないだろうか。学校生活の中で児童生徒が主体的に取り組み、課題を解決して、成功体験を得ることができる、そのような場面が多く存在する学校をつくらなければならない。学校行事をはじめとする特別活動や様々な教育活動などあらゆる場面で児童生徒は育つのであり、それらの活動をサポートする教員の姿勢によって育つ力が決まるのである。総合的な学習の時間の取組が有効に機能している学校では、掲示物や学校行事など様々なところに生き生きとした児童生徒の活動の様子をうかがうことができる。これは、教員の姿勢が学校を変えるという事例の典型的なものではないだろうか。

#### 4 おわりに

これまで、学校現場において、新実験の開発や実験器具の改良についての研究に比べて、実験を生かすための授業展開の工夫は少なかったように思える。総合的な学習の時間において体験が目的になってはいけないように、実験や観察が物理の授業の目的ではない。実験を計画するとき、実験を通してどのような力を育てるのか、学習の流れの中でその実験がどのような意味をもつのかを教員は明確にし、生徒の思考の方向性を見失わないようにしなければならない。また、児童生徒の興味・関心が高められるような教材研究とともに、自らが主体的に取り組む力を育成する取組も、更に積極的に進める必要がある。

#### 参考文献

- |     |             |                  |         |      |
|-----|-------------|------------------|---------|------|
| (1) | 奈良近代物理学史研究会 | 高校生のための近代物理学史    |         | 2004 |
| (2) | 江田稔・三輪洋次 編  | 改訂高等学校学習指導要領の展開  | 明治図書    | 2000 |
| (3) | 鬼塚史郎        | 近代科学の足跡をたどる      | 東京図書出版会 | 2004 |
| (4) | 堀哲夫         | 学びの意味を育てる理科の教育評価 | 東洋館出版社  | 2003 |