

# 物理教育 主体的・対話的で深い学びの実践



～新学習指導要領へ向けて～

東京学芸大学 教授

新田 英雄

## 1. はじめに

2020年の新学期は新型コロナウイルス感染拡大防止対策のため、ほとんどの学校が生徒を登校させずに授業は遠隔で行うことになった。多くの教員は遠隔授業に取り組むのは初めてであったが、待ったなしの状況に少しでもよい授業を配信しようと懸命な努力をした。緊急事態宣言が解除された後は、多くの学校で生徒を登校させているものの、理科では生徒実験ができないか、できてもかなりの制約のもとでの実施になるなど、平常時の授業とは大きく異なったものとなっているのが6月、7月の現状であろう。

私の所属する大学も5月上旬まで休講措置をとり、その後、春学期は全面的に遠隔で授業を実施することに決まった。私も初めて遠隔授業用の教材を作成することになったが、予想をはるかに超えてビデオや教材の作成に時間がとられている。

対面形式で授業ができなくなったことで最も大きな影響を受けたのは、実験、観察、実習、実技を伴う授業である。それだけでなく、生徒同士の話し合いなどの能動的な学習法を導入した授業も、不可能とはいわないまでも極めて強い制約のもとでしか実施できなくなった。

要するに、新型コロナウイルスにより、これまで当たり前と思っていた、生徒を教室に集めて授業をするという教育の風景が一変したのである。授業の在り方や意義を改めて見つめ直す機会になったという教員も多いだろう。

本稿では、授業とは何かという根本的な問いを念頭に置きつつ、新学習指導要領によって打ち出された「主体的・対話的で深い学び」について考えていきたい。



▲図1 14世紀のボローニャ大学での授業風景

## 2. 伝統的な授業と相互作用型授業

図1の絵画は14世紀中ごろに描かれたイタリアのボローニャ大学における授業風景である。ボローニャ大学は1088年に創立された世界最古の大学であるから、この絵が描かれたときには既に300年近い歴史がこの大学にはあったことになるが、現代はそこからさらに600年ほどの時が経っているわけである。描かれている授業風景で大変興味深いのは、学生たちの様子である。前の方に座っている学生は熱心に教授の話の聞いている。しかし、後ろの方の学生は寝ていたり、お喋りしていたり、隣の女性に見とれていたりしている。「内職」している学生もいる。このような授業風景は、現代も全く変わっていないといえる。もちろん、現代の教室には教卓の後ろに黒板があり、プロジェクターを用いてスライドを映し出せるようになっていたという違いはある。しかし、教授が学生に向かって講義し、それを学生が聞くという伝統的なスタイルは何百年間も不変のままなのである。

一方、学習のメカニズムについての理解は、20世紀の認知科学の発展により刷新された。知識・概念の獲得とは、上の絵画の頃に信じられていたように知識

を白紙の状態の頭（タブラ・ラサ）に書き込んでいくようなものではなく、新たな知識を既に獲得した知識とつなげていくことであることが明確になった。見方を変えると、暗記に頼ったつながりのない形での知識の詰め込みは、せいぜい一夜漬けの試験対策くらいにしかならず、試験が終わればすべて忘れ去ってしまうのである。

私は物理学を専門としているが、物理学においては、特に体系的な概念理解が重要になってくる。物理の研究者や教員になるような人は、自主的な学習努力によって、そのような体系的な知識構造をつくりあげている。わからなかったことなども、大半は自ら答えを見だし乗り越えてきたことだろう。それは物理学が好きだからできることなのである。

しかし、物理を学習している生徒のほとんどは物理の専門家になるわけではない。したがって、物理教員は、自分がしてきた「好きであることを動機とする自主的な学習努力」を多くの生徒に期待することは正しくない。

では、どのようにすればすべての生徒を物理の概念理解に導くことができるのだろうか。授業において生徒に新たな概念を獲得させるには、上述のような、既存の知識・概念と、学習対象となる新たな知見との間につながりを構築させる必要がある。そのためには、生徒自らが疑問をもち、その疑問を、自分の中の知識を土台にしつつ、新たな知見を組み合わせながら解決していくような仕掛けを授業に組み込む必要がある。そのような授業形式が、「相互作用型授業」（インタラクティブな授業）である。ここで相互作用型授業とはいわゆるアクティブラーニングとほぼ同義であるが、教員と生徒の相互作用、生徒間の相互作用、教材（特に理科の場合は実験・観察）と生徒の相互作用を基本とした授業づくりであることを明示した表現となっている。これら相互作用は、新指導要領の標語「主体的・対話的で深い学び」を授業で実現するために不可欠な要素といえる。

### 3. 新学習指導要領と相互作用型授業

今回の指導要領改訂は、理科においてはじめて科目の名称や単位数が変わらず、内容も旧課程からほとんど変更されていないようにみえる。しかし、注意深く読むと、内容よりも授業展開を変えていこうとする

方針が見えてくる。

まず、新「高等学校学習指導要領解説理科編」（以下、「解説」と略す）において「物理基礎」の「性格」に、次のように書かれていることに注目したい。

今回の改訂では、**観察、実験の一層の充実を図るために、幾つかの小項目について実験などを行うことを明示した。**（p.45）

この一文からは、多くの高校で物理実験が行われていない現状を文科省も把握しており、それを変えていこうとする意図がうかがえる。また、実験はただ単に生徒にやらせればよいとしているわけではないことも読み取れる。

具体例として、運動の法則を見てみよう。

#### 運動の法則

**物体に一定の力を加え続けたときの運動に関する実験などを行い、物体の質量、物体に働く力、物体に生じる加速度の関係を見いだして理解するとともに、運動の三法則を理解すること。**

**…物体の質量と加速度の関係を予想させて実験を行い…。**（p.51）  
（下線は筆者）

ここで「関係を見いだして理解する」とあるのは、生徒が主体的に実験に取り組むことを要求している。さらに、「予想させて実験を行い」とあるのは、実験を行う前に、生徒にはその実験から何が明らかになるのかを今までの知識を総動員して考えさせ、何らかの予想をもって実験に臨ませなさい、ということである。単に実験手順の通りに実験を行っていく実験は、米国では「料理本実験（cook-book experiments）」と呼ばれ、せっかくの実験の意義が失われることが物理教育研究で指摘されている。米国物理教師会（AAPT）元会長のデイヴィッド・ソコロフ氏は「予想をもたせずに行う物理実験は無意味だ」とまでいい切っている。

また、「解説」に書かれている次の留意事項にも注目すべきである。

運動の法則の指導に当たっては、生徒が経験的にもっている誤った概念として、運動をする物体には運動の向きに常に力が働いているという考えや、質量の異なる二つの物体が互いに力を及ぼし合うとき、質量の小さい物体が他の物体に及ぼす力よりも、質量の大きい物体が他の物体に及ぼす力の方が大きいという考えなどがあることに留意する。(p.51)

この記述は、授業に臨む生徒の頭の中が白紙の状態ではなく、すでに日常生活に根差した経験的知識すなわち素朴概念が形成されていることを指摘したものと見える。この場合、教育は白紙の状態よりも難しいのである。例えば、日常生活で、物体を一定の速度で動かす続けるためには、一定の力を加え続けないと止まってしまうことを、生徒は多くの経験で知っている。そのような経験や知識が積み重なり、生徒は「力を加え続けられない限り物体は等速度で運動できない」という素朴概念を有するようになる。一方、運動の法則からは「力を受けていない物体は等速直線運動をする」ことが帰結される。したがって、運動の法則を学習する際に物理概念と既存の概念とが衝突し、生徒は知的に葛藤する。このような葛藤を乗り越えられない経験が重なると、生徒は「物理法則は、『摩擦がない』とか『大きさが無視できる』とかの教科書の中だけの架空の世界でしか成り立たず、現実にあてはまらない」と思うようになってしまう。その結果は悲惨である。物理学は互いに関連のない細切れの知識を集めた暗記科目になり果ててしまうのだ。そんな科目が面白いわけがない。

ではどのようにすればよいのだろうか。それは、概念間の葛藤に正面から生徒を向き合わせ、克服させることである。「力を加え続けられない限り、物体は等速度で運動できない」という素朴概念は、日常生活の経験と観察から形成されており、その意味で正しいのである。したがって、問題は「力を受けていない物体は等速直線運動をする」という物理概念とどのように折り合いをつけていくかということになる。これは、教員が「こう考えればよい」と教えても、よくわかっている生徒にしか理解されず、素朴概念にとらわれている生徒には通じない。ひとたび自転車に乗れるようになった人が、なぜ自転車に乗れないのかがわからなく

なるように、教員は、わからない生徒がどうしてわからないのかがわからなくなっている。

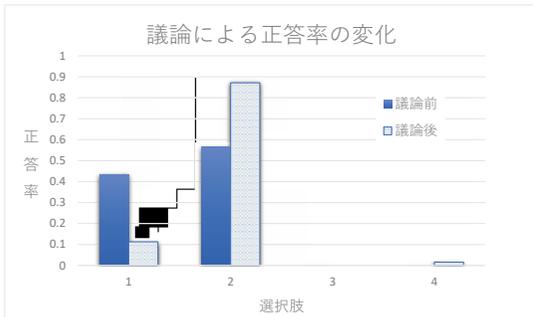
大事なことは、同様な素朴概念を抱えている生徒同士が話し合い、自分の考えや疑問、経験、理解したことをぶつけ合うことである。その議論の中で、運動している物体には、実は摩擦などの運動を妨げる向きに力が働いていて、それを打ち消すだけの力を加えない限り等速度で運動できないことを集団の知恵で見いださせ、日常経験と物理法則をつなげさせることなのである。このような知識・概念間のつながりの構築は、一人ではできなくても複数の生徒が集まることにより、生徒たちの力だけで成し遂げることができる。これが相互作用型授業の神髄である。なお、このときの教員の役割は、あくまで生徒の議論がスムーズにいくようにするためのファシリテーターであることを注意しておきたい。

一定の速度でクルマが進んでいるとき、推進力（前向き）と 抵抗力（後ろ向き）の関係は？

1. 推進力 > 抵抗力
2. 推進力 = 抵抗力
3. 推進力 < 抵抗力
4. 速度によって異なる

▲図2 ピア・インストラクションの概念問題の例

もっとも、これまでずっと講義形式の授業を行っていた教員が、上記のような相互作用型の授業に直ちに転換せよといわれても大いに戸惑うだろう。そのような場合に推奨できるのがピア・インストラクションである。ピア・インストラクションは、従来型の講義の合間に、授業で教えたばかりの概念を問う選択肢問題(図2参照)を出題し、隣近所の生徒同士で議論させるものである。出題後、まず個人の考えを回答させてから議論させ、議論を終えた後にまた回答させる。生徒同士の議論だけで、正答率は図3のように上昇する。「進行方向に力が働かないと進まない」という誤概念を持つ回答1の生徒の多くが正答に移行している。もちろん、必ずしもピア・インストラクションだけで生徒に概念変容をおこせるわけではないが、生徒を「主体的・対話的で深い学び」に導くトリガーとしては効果的な手法である。



▲図3 議論前後の正答率の変化 (図2の問題)

新学習指導要領は上記のような概念形成上の課題をどのようにとらえているのであろうか。「解説」の「内容の取り扱い」における次の記述を引用しておく。

物理現象を扱う際には、生徒が経験的にもっている素朴な概念に留意して指導をすることが大切である。そのためには、学習課題に関する生徒の考えを引き出し、物理学の原理・法則との整合性を議論させ、他の生徒や教師との関わりを通して、自らの考えの正しかった部分、誤っていた部分等について振り返らせることが重要である。(p.60)

ここでは振り返り活動の重要性も指摘されている。振り返り活動は、新たに獲得した知識と従来の知識との整合性を再確認させて知識のつながりを堅固なものにするだけでなく、自らの学習方略を改善・発展させていく上でも極めて重要である。「主体的・対話的で深い学び」における「深い学び」の観点には、学習内容を深めるだけでなく、学習方略自体も深めていくことが含まれると解釈される。

#### 4. おわりに

冒頭に述べた遠隔授業への対応で、一番困らなかったのはおそらく伝統的な講義形式の授業を行っていた教員だろう。普通の授業を、生徒の前でなくビデオの前で行い、配信すればよいからである。しかし、主体的な学びができていない生徒の取りこぼしが今まで以上に増えていることが懸念される。一方、相互作用型授業を展開していた教員は、相当、苦勞しているようである。遠隔授業においても何とか相互作用を含んだ授業展開をしようと腐心し、オンラインのアン

ケート機能を用いて演示実験の結果を予想させたり、テレビ会議システムのグループ分け機能を利用して生徒同士の話し合いをさせたりしている。しかし、現状では、生徒を目の前にして行う授業に効果は及ばないようである。

市川伸一氏は、1995年発行の著書「学習と教育の心理学」(岩波書店)の中で、すでに次のように述べている。「集団学習では、学校や学級に集まって一緒に学ぶということには、個別学習によって知識・技能を獲得するというのとは異なる意義がある。逆にいえば、こうしたねらいをもたないならば、集団での学習の意義は半減し、すべて放送教育、ビデオ教材、CAI、個別学習指導などに置き換えられることにもなってしまうのである。」私は、相互作用型授業についての解説記事やFDで、何度もこの市川氏の言葉を引用してきた。学校で生徒が学ぶ意義をこれほどわかりやすく述べている言葉はないと思う。

伝統的な講義形式の授業をするだけならば、何も生徒を学校に集める必要はない。教室に集まることによってのみ実現可能な形式の授業こそ、真に学校という場で行うべき授業なのである。

今回の新型コロナウイルス禍の中で、「学校や学級に集まっていっしょに学ぶということ」ができなくなり、図らずもその意義を見直す機会となっている。「主体的・対話的で深い学び」を十分に実現するためには、学校に生徒が集まり、話し合いや実験などの様々な相互作用をすることが欠かせない。

人と人が集い高め合う場所としての学校が、少しでも早く正常化することを願ってやまない。