

“過学習”の論理 vs 科学の論理

筑波大学附属駒場中・高等学校 今和泉 卓也

1. 今年度の共通テストから

図1は、今年初めて行われた大学入試共通テスト「物理」¹⁾のある1問です。この問いを見て何か気づくことはありませんか？何もおかしく感じないののだとしたら、もしかしたらそれは入試演習への慣れが背景にあるのかもしれませんが。

正解は①ですが、そこがおかしいわけではありません。注目したいのは、②と③(⑤と⑥も同様)です。運動量はベクトル量です。もし、②のように「運動量の和が y 方向について保存しない」としたら、それは「運動量の和が保存しない」ということになります。つまり、②と③は互いに排反の関係ではないのです。もし②が正解なら、③も正解です。

実際にはどちらも正解ではないからよいではないか、という意見もあるでしょうが、論理的に甘い部分の残る問題作成を行うこと自体、避けられるべき

ことだという点はおおむね同意されるところだと思います(論理パズル的な観点から消去法で①にたどりつくといった「判断力」は、少なくとも新指導要領の理科においてはあまり望まれていないはずです)。

また、仮に②が正解の場合、「最も適当」を選ぶのだから③を排除できるのではないかと、という意見もありそうですが、詳しく説明していること自体が、ベクトル量の保存についての表現として「より適当」だということになるのでしょうか。そもそも、外力が存在する系であっても、その力積に直交する成分の運動量の和はいつも「保存」しますから(すなわち、保存する方向は必ず存在しますから)、②と③の表現は等しく比べられる対象ではないでしょう。

2. 演習問題の論理が先行してしまう？

このような問題が大学入試問題などに組みこまれ、そしてあまり話題にならない、という背景にどんなものがあるのか考えてみたのですが、「解法スキーム」の過度な定着が要因の一つとしてあるのではないかと思います。それは簡単に言えば、「演習問題の論理の先行」といった現象を呼び起こしてしまうのではないのでしょうか。

この例の「運動量保存」に関していえば、問題演習をよく指導されている先生ならおわかりかと思いますが、「運動量保存」の問題は、1次元のものか、2次元だとしても水平方向が保存し、鉛直方向が保存しないものがほとんどになってしまっています。本来、運動量保存則は、ベクトル量として表記されます。そして、そこがこの法則で重要なポイントであるはずですが。

しかし、あまりに「水平方向のみが保存する」という類の問題を解きすぎてしまうと、本来の自然法則を飛びこえて(通過しているのではなく「飛びこえて」)、自然現象の経験を軽視して、問題演習の経験から対応するようになってしまっているのではないのでしょうか。解法スキームとして「 x 方向が保存し、 y 方向が保存しない」という観点があったとしても、それ

図 7

過程(a) 運動エネルギー E_0 の電子と状態 A で静止している水銀原子が衝突し、電子の運動エネルギーは E となる。水銀原子は状態 A のまま、運動エネルギー E_{atom} をもって運動する。

過程(b) 運動エネルギー E_0 の電子と状態 A で静止している水銀原子が衝突し、電子の運動エネルギーは E' となる。水銀原子は状態 A よりエネルギーが高い状態 B に変化して、運動エネルギー E'_{atom} をもって運動する。

問 5 それぞれの過程における衝突の前後で、電子と水銀原子の運動量の和はどうなるか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 23

	過程(a)の運動量の和	過程(b)の運動量の和
①	保存する	保存する
②	保存する	x 方向は保存するが y 方向は保存しない
③	保存する	保存しない
④	保存しない	保存する
⑤	保存しない	x 方向は保存するが y 方向は保存しない
⑥	保存しない	保存しない

図1 令和3年度大学入試共通テスト「物理」第1日程 第3問Bより

は本来、法則の次の段階に来ることだと思うのです。その異なる段階のものが並列に選択肢に現れたときに「違和感」を覚えないこと自体が、正しく法則を捉えていない表れなのかもしれませんし、私たち教師がこの法則を適切に教えていない証拠なのかもしれません(このように考えていくと、もしかしたら、この選択肢はそのような教育現場への警鐘を鳴らすためにつくられたものかもしれないという気も…)。

機械学習の分野では「過学習」という現象が存在します。例えば、手書き数字認識において、訓練データ(教師データともいう！)に含まれないデータであっても適切に認識できる「汎化能力」が、機械学習には求められるわけですが、ある訓練データだけに最適化されてしまうと、うまく認識できなくなってしまうのです。つまり、汎用性がなくなってしまうわけで、これを「過学習」というのですが、これにとっても似ている気がします。私たちの「教師データ」は果たして適切なのでしょうか。生徒に「過学習」(注: 上述の通り、単に多量に学習させるという意味ではない)させていないでしょうか。そんなことを考えさせられる1問でした。

3. そして、高校入試も

このような例はほかにもあって、平成28年度の都立高校入試の力の描画に関する問題(図2)²⁾³⁾などもそうだと思います。くり返しの演習で身につけた「力の作用点を面や物体の中心とする経験」が「剛体の力学法則」を超越してしまった例だともいえます。

また、数年前の大阪大学の音波に関する入試問題も、ベクトル波たりえる音波の性質を直視せず(自然現象を直視せず)、よくある干渉の解法スキームに引きずられてしまったとみることもできそうです。

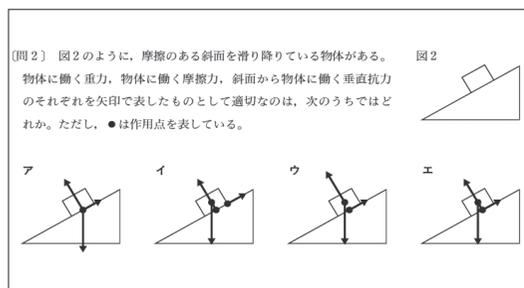


図2 平成28年度都立高校入試「理科」
第1問 問2より

4. 教師自らの「論理」や「過学習」を疑う機会に

私はこういった問題に出会うたびに、自分自身の授業や現在の中高等教育の現状を省みることにしています。たとえば、運動量保存については、少し前から前述のような問題意識をもって、昨年度から2次元衝突について定量的な測定を行う生徒実験⁴⁾を行うように変更しています。

単に批判するだけでなく、自らの教育環境や授業内容が適切かどうかを省みて、改善すべきところがあれば改善に結びつける機会にするのが大事だと思います。というのも、これらの問題は、現在の中等教育の状況を素直に映し出した結果なのかもしれないと思えるからです。

「我々の論理」は「科学の論理」を超越してはいないか。「批判的思考力」は生徒以上に私たち教師に求められていると感じます。こういった問題は、私たちにとって貴重な「教師データ」なのです。

新しい学習指導要領を見据えて、「思考力」「判断力」「表現力」という言葉が、流行り言葉のようにさまざまな場面で聞かれる今日この頃ですが、これらの能力が、演習問題への付度によるものであっては決してならないでしょう。それは「科学的思考力」とは到底呼べるものではないのは明らかです。

「科学的思考力を！」と言うならば、忖度なく「先生、これおかしいと思うんですけど…」とってくれる生徒を育てていきたいですし、それを言うことが歓迎される雰囲気教育現場がならねばならないと思うのです。私たち教師が、生徒に過度のバイアスをかけて(いわば「過学習」させて)、生徒がそのような思考できる環境を奪ってしまっていないか、常に注意を払う必要があると痛感させられるのが、毎年、この入試の時期でもあります。

参考文献

- 1) 令和3年度大学入試共通テスト(第1日程)
- 2) 平成28年度都立高校入学者選抜学力検査問題
- 3) 山本明利, 斜面上を回転せずに滑走する物体にはたらく力の作用点 http://www2.hamajima.co.jp/~tenjin/labo/dynamics_on_slope.pdf(21.3.14参照)
- 4) 実験動画 <https://youtu.be/jur3L3JILH0> (21.3.14参照)