

物理赤恥青恥テスト — 学生のプライドを刺激し、やる気を起こさせるテスト

谷村 省吾

京都大学大学院情報学研究科

1. 序

多くの人々にとって「テスト」は、嫌なもの、忌避したいものであるかもしれない。学者の中には「テストは大好きだった」という人もいるかもしれない。大学生にとっては、大学の期末試験は、単位を取るため、卒業するための必要悪でしかないかもしれない。また、大学教員にとっては、試験は、最低限の勉強を学生にさせるための強制力を伴った唯一の方法であり、合法的に学生を卒業させる方途にすぎないのかもしれない。

そんなふうにネガティブに捉えられがちな「テスト」を、学生にとって楽しくて、やる気の出るものにする方法がある。と言うよりも、そもそも動機の希薄な学生に、どうしたら、やる気を起こさせることができるだろうか？と考えてやってみたのが、この「物理赤恥青恥テスト」である。

「物理赤恥青恥テスト」とは何かと言うと、要するに、とっても易しい物理の問題を学生に出して、こんな簡単な問題も解けないのか、ということを経験者に思い知らせるという、悪意を込めたテストである。問題は、一見して「解けないと恥ずかしい」と思えるくらいの、レベルの低い問題にしておく。しかも「イエスかノーか」だけで答えられるような軽い形式にしておく。例えば、「電波は空気中を流れる微弱な電流である。ホントかウソか？」というようなクイズ形式の問題を10問くらい続けざまに出題するのである。

学期の第1回目の授業でいきなり、「今日は

赤恥青恥テストをやる。これはとても易しい問題ばかりのテストだ。君たちが今まで勉強してきたことがどれくらい身についているか試させてもらう」と言って、試験問題を配り始める。当然、学生たちは「ええ～！？」という悲鳴を上げる。学生たちに問題用紙と解答用紙を配り、答えを書かせる。ほとんどの学生が解答しきった（手が動かなくなった）頃を見計らって、試験終了とする。次に「答案用紙を隣の席の人と交換して下さい。私が黒板で正解を説明するので、その解説を聞いて、隣の人の答案を採点して下さい」と言う。すると学生たちは「ええ～！？」と一段と大きな悲鳴を上げる。「なんで『ええ～？』なんだ？他人に見られて困ることを書いたわけじゃあるまい」と私は意地悪なことを言う。そうやって、学生たちに他人の答案を相互添削させて、点数までつけさせて、お互いの得点を確認させる。答案を回収し、私が添削し直し、データを収集してから、学生たちに返却する。この一連の作業が「赤恥青恥テスト」である。

2. 赤恥青恥テストの由来

このテストの「物理赤恥青恥テスト」という名称は、1995年から2003年にかけてテレビ東京系列で放送されていた「クイズ赤恥青恥（あかつぱじ・あおつぱじ）」という番組のタイトルから思いついた。この番組は「答えはわからなくても、答えられないと恥ずかしいということはわかる」ような簡単なクイズを街角の複数の一般市民に出題して答える様子をビデオに収録しておき、スタジオにいるタレントは一般市

民回答者の顔ぶれを見て、どの回答者が正答できるかを予想し、当たりはずれを競う、というゲームだった。

出題範囲は多岐にわたるが、いわゆる常識問題の類である。例えば、漢字の問題として『『勞り』を読んで下さい』、地理の問題として「2つの『合衆国』を答えて下さい」といった調子である。また、科学系の問題として『『UV』って何の略?』といった問題があった（正解は本論文の末尾に書いておきます）。

3. 本テストの対象と目的

このテストは京都大学工学部物理工学科3回生を対象に、2002年4月と2003年4月に行った。ここに報告するのは2002年のテストの結果である。当時、私は工学研究科の講師であった。工学部3回生を対象とする量子物理学1という講義の初回に「物理赤恥青恥テスト」と称して、原子物理学の基礎知識と応用について学生の理解を問う小テストを行った。受験者は学部生68名であった。学生たちはこの学年までに電磁気学、熱統計力学、量子力学の触りまでの原子物理学を学んでいる。これらの知識がどれほど定着しているか、とくに身の回りの物理現象を、習った知識と照らし合わせて理解することができるか、という点について学生の実態を調べて授業の指針を得ることが本テストの目的であった。また、学生たちに量子力学を学ぶ動機を与えることも、本テストの狙いであった。

4. 本テストの内容

問題は19問、そのうち「ホントかウソか」という形式の問題が12問。ウソだと答える場合は、ホントのところはどうなのか説明せよと設問の初めに書いておいた。「題意が曖昧な問題もあるが題意をどう捉えるかということまで問題の一部として考えてほしい」とテスト時間中

に口頭で伝えた。また、このテストの結果は単位・成績とは無関係であることを明言した。以下に問題と略解を示す。同等の内容は論文 [1] にもあり、資料全編を web [2] にも掲載しておく。

問 1. 銅の原子は、銅らしく赤茶色をしている。ホントかウソか? (解) ウソ。電磁波吸収スペクトルは物質の電子状態によって決まり、原子の種類だけでなく、分子や結晶の構造によって異なる。要するに、化合物の色は原子の色ではない。「分子や原子は物質の性質を保つ最小の要素である。例えば水の分子を分解すると水としての性質を失う」というような教科書的紋切り型の記述を鵜呑みにしていないか問うことが問題の狙いであった。正答率は25%。

問 2. 光も原子でできている。ホントかウソか? (解) ウソ。光子または電磁波。正答率65%。

問 3. 電気をよく通す物質と、通しにくい物質があるのは、電気をよく通す原子と、通しにくい原子があるからである。ホントかウソか? (解) ウソ。自由電子の有無、電子状態、ひいては分子・結晶構造による。正答率68%。

問 4. 磁石にくっつく物質とくっつかない物質があるのは、磁石にくっつく原子と、くっつかない原子があるからである。ホントかウソか? (解) ウソ。電子の磁気モーメントの存在と強磁性相の発現。物質の性質は単独原子の相似拡大ではなく、原子集団に創発される性質があるという認識を尋ねる問題。「陽子と電子の偏りがあると磁石にくっつく」という学生の答えもあり、誘電分極と勘違いしているようである。「鉄でも錆びるとくっつかない」という的を射た答えもあった。正答率34%。

問 5. 固体中の原子たちがばらばらに散ってしまわないでくっついているのは、原子同士の間、万有引力が働いているからである。ホ

ントかウソか？（解）ウソ。万有引力も働いているが、まったく微弱で取るに足りない。共有結合・イオン結合・ファンデルワールス結合なども正解とした。究極要因は、クーロン力である。「原子間力」・「分子間力」という言葉で済ませているものについて、その正体を考えたことがあるか問うてみた。正答率 53%。

問 6. 液体の水の分子同士の間にも引力が働いている。ホントかウソか？（解）ホント。正答 99%。

問 7. 鉄は錆びるときに発熱する。ホントかウソか？（解）ホント。鉄の酸化は吸熱反応。問題の狙いは、手もみカイロなど身近な現象に証拠を見つけることができるか問うことであった。学生はホントと答えるだけで、根拠や証拠を示す者はいなかった。つまり、ホントと答えてしまえばそれ以上考える必要がないような設問にしていたことがまずかった。正答率 93%。

問 8. 鉄を熱して解かすことはできるが、地球上では鉄を気化させることはできない。ホントかウソか？（解）ウソ。鉄といえども 2754°C という有限の沸点が存在する。「地球上で」という条件は「現存の人間の技術で」という程度の断り書きのつもりだった。学生は「融けた鉄」の映像はテレビや写真で見たことがあるだろうが、「蒸発する鉄」の映像はあまり見たことがないだろう。「物質の相変化」という教科書言葉を、本当に想像できるか問いかけてみた。「鉄の気化は不可能」という答えが多かった。また「室温でも多少は気化している」という答えもあった。正答率 44%。

問 9. 電波とは、空気中を流れる微弱な電流である。ホントかウソか？（解）ウソ。電磁波。携帯電話世代の学生にもかかわらず「ホント（電波は電流だ）」という答えが半数近くあった。「波動」（何の波動なのかは不明）、「電子の波」といった怪しい答えもあった。正答率

53%。

問 10. 電波はまっすぐ進む。ホントかウソか？（解）ホントとも言えるしウソとも言える。この問題は曖昧である。「まっすぐ進む」とはどういう意味かということから考えなければいけない。電波の送信機と受信機の上に障害物を置けば電波が遮られることを、電波の直進性と定義するのが適切であろう。電磁波は回折するので、送信器と受信器の間に障害物があっても、波長より小さなものなら回りこむ。それより大きな障害物は「影」を作る。道の角の向こうにいる人の姿は見えなくても声は聞こえるのは、光と音の波長の違いのせいだ。学生の答えは、「放射状に広がる」（だからまっすぐではない?）、「大気の屈折率が変化すると曲がる」など題意が伝わっていない回答が目立った。「磁場・電場・重力などで曲げられる」という妙な知識にもとづいた答えもあった。サインカーブを描いて、「うねりながら進む」と答える者もいた。教科書で波動の説明に使われている三角関数のグラフが電波の進路だと思っているらしい。正答率 25%。

問 11. 赤外線ストーブでも長く当たっていると、日焼けして皮膚が黒くなる。ホントかウソか？（解）ウソ。2年後期の原子物理学で熱輻射とエネルギー量子については既習。正答率 59%。

問 12. 純粋な水は、光も電波も紫外線も遮らない。つまり完全に透明である。ホントかウソか？（解）ウソ。水は可視領域外の電磁波をよく吸収する。そもそも水を透過する波長域の電磁波を見るように生物の眼は進化してきたのだ。可視光以外の電磁波について想像力が及ぶか試すことがこの問題の狙いだった。ほとんどの学生が「屈折または反射する」と答えた。つまり、水が赤外線や紫外線を吸収することは彼らの想像の域にはないようだった。水による光

の吸収率は、可視光と比べて赤外では6桁、紫外では9桁も大きい。紫外線に対しては水は非常に不透明であり、紫外線の眼で見たら水は真っ黒だと言える。だから水中生物は紫外線対策が不要なのだ。「電子レンジで加熱できるのでウソ」という的を射た答えもあった。正答率7%。

問 13. 一個の原子が直径 10 cm になるまで拡大すると同じ比率で直径 10 cm のボールを拡大するとその大きさはいくらになるか？ (解) 直径約 5 万 km (原子の半径を 0.1 nm とした場合)。計算せずに適当に言っている答えが目立つ。「地球くらい」「10 km」など。正答率 34%。

問 14. コップ 1 杯の水を海に捨てて、世界中の海水とよくかき混ぜて、もう一度コップ 1 杯の海水を汲み取る。最初のコップに入っていた水の分子のうち、何個の分子が後のコップに入るか？ (解) 約 940 個。コップの容積 200 cm^3 、アボガドロ数 $6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 、水の分子量 $18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、地球の半径 6400 km、地球の表面のうち海面が占める割合 $\frac{7}{10}$ 、海の平均深さ 3800 m といったデータから計算できる。これらのデータはテスト時間中にヒントとして黒板に書いて教えた。それでも、海水の体積の計算ができない、大きい数を扱えない、そもそも計算しようとしないうる、したがって適当にあてずっぽうの答えを書くという学生が多かった。正答率 11%。

問 15. 一滴の油を水の上に垂らすと、油は広がって薄い膜になる。膜の厚さが一個の分子の大きさになるまで膜が薄くなったら、膜の面積はいくらになるか？ (解) 約 1 m^2 (油滴の体積 1 mm^3 、油膜の厚さ 1 nm とした場合)。テスト時間中にヒントは与えた。学生の答えは、ほとんど手つかずか、あてずっぽうのでたらめな数であった。 10^{10} m^2 など。正答率 7%。

問 16. 「におい」の正体は何か？ 分子、イオン、電気、熱、粉末、その他のどれか？ (解) 分子。嗅覚と味覚は分子センサーと言ってよいであろう。分子というものが架空の存在ではなく、我々が知覚している存在なのだということが気づいてほしかった。正答率 51%。

問 17. 電子レンジはどうやってものを加熱しているのか？ 熱風、電流、電波、赤外線、光、紫外線、X線、圧力、その他のどれを用いているのか？ (解) 電波 (マイクロ波)。正答率は高かったが、「赤外線」「電流」「X線」「電子」「 α 線」「温度上昇」などでたらめな答えも一通り出た。正答率 76%。

問 18. 20°C の空気中に置かれたコップの中の水が蒸発して、水蒸気に気化熱を奪われていくと、 10°C の水が 5°C に冷えたりすることがあるか？ (解) この設問については私の理解が足りなかったと反省している。単純に、熱は高温部から低温部に移動するという原則を適用すれば、水が外気温より冷たくなることはないが、初めの水の温度が 20°C だったとしても、空気中の水蒸気分圧が 20°C での蒸気圧よりも低ければ、蒸散によって水の温度が 20°C よりも下がることはあり得る (この点を私が見落としていたことは、北海道教育大学の阿部修氏に指摘していただいた)。ただ、「気化熱を奪う」という言葉を安直に使ってはいけないということを示唆することがこの問題の狙いであった。正答率 31%。

問 19. 金属は、力を加えれば変形しやすく、きらきらしていて (光沢がある)、電気を伝えやすく、熱を伝えやすい。どうしてこんな性質を持っているのか？ (解) 自由電子があるから。正答率 60%。

問 20. このような問題を解かされた感想はいかがですか？

問 21. 何問くらい正解した自信がありますか？

か？

5. テストを受けた学生の反応

平均正答率は 47 %であった。

学生の感想：「全然わからないです。」「自分は何も知らないと思った。」「全て適当にしか答えられない。」「工学部にいてもけっこう情けない結果になりました。原子の大きさを覚えていなくてがっかりしました。」「勉強せなあかんあと思った。」「楽しかった。」「びっくりしましたが結構楽しめました。」「なかなか面白かったです。考えさせられて楽しかったです。」「面白い！」「早く答えが知りたいです。」「あまり普段考えないことばかりでわからないのが多かった。」「難しい。今まで学んだ知識が日常生活と結びついていないことに気づいた。」「磁石にくっつく、くっつかない等のよくある現象についてまったく知らないことを改めて認識できた。」「わかっていそうで、意外と自分の知識のあやうさを自覚した。」「自分の知識の曖昧さを呪った。」「痛いところを突かれた感じ。」「この授業の最初に興味を引き出してもらった気がしました。よかったです。」

感想を読むと、学生たちがこのテストを楽しんでいて、自分が思ったほどにはできなかったことに気づいている様子が見てとれる。また、一方で「ミクロはいや。」「計算問題の数字が大きいです。」といった感想もあった。機械工学系の学生にとっては、原子サイズの世界はなじみがないようであった。また、単位の換算や、10の何乗というベキの使用や、概数を求める計算は、苦手なようであった。計算問題に関しては、初めから計算をあきらめていて、適当な数をあてずっぽうで書いている答案が目立った。

6. 結び

たぶん京都大学の学生は「自分ならこれくらいできるはずだ」という自信があるのだろう

と思う。たしかにそれなりに難しい入学試験をクリアしてきたという実績と自負はある。しかし、いったん大学に入ってしまうと、自分の習熟度を自覚的・相対的に比較・確認する機会が減ったにない。実際には学生たちは同世代の他人と比べられることを気にしているのだが、何となく日本社会全体が「子供の能力を比較するのはいけないことだ」「学生の成績は個人情報であり、守秘されなければならない」みたいな雰囲気覆われていて、堂々と「君はよくできる」「君はもっと勉強しなければいかん」というようなオープンな指導をすることが、やりにくくなってしまっている。そういう風通しの悪い社会の中で、自分の能力を自己イメージや他人と比較して試す機会を与えられずに置かれている若者は、保護されているようでいて、じつは危険な状況に置かれているのではないか。日本の大学の学生でいる間は自分の能力を読み誤ることは「恥」で済むが、社会に出たら、国際的な競争に晒されたら「恥」だけでは済まないだろう。それこそ「生きる力」に関わる問題になるだろう。学生に自覚と動機を与える手段として「赤恥青恥テスト」は、多少荒っぽいのが、有効なモデルになるのではないだろうか。

第2節のクイズの答え：『劣り』の読みは『いたわり』。世界には United States of America と United Mexican States という2つの合衆国がある。UVはultraviolet（紫外）の略。

参考文献

- [1] 谷村省吾「物理赤恥青恥テスト—学生のハートをつかむ『テスト』—」大学の物理教育 2003年2号, 72-76.
- [2] 「谷村省吾」で検索してもらえば資料に辿りつける。URL: <http://yang.amp.i.kyoto-u.ac.jp/tanimura/index.html>