

素朴な運動観とニュートン力学

福田 美 優 (県立青翔高等学校)

あらまし

物理に対する苦手意識の原因は、学習者の素朴な運動観がニュートン力学と食い違うところにあるのではないかと考え、アンケート調査により、「動く物体は、運動方向に力を受けている」という誤概念の保持率と、学習による効果を検証した。

キーワード

誤概念、素朴概念、素朴理論、素朴物理学

1 はじめに

物理は苦手意識を抱えやすい科目ではないかと感じる。「物理」と聞くだけで「難しい」「無理」というアレルギー反応が返ってくることもしばしばだ。学習者が最初から毛嫌いする割合は、例えば数学と比べても多くないだろうか。使用する数式はずっと簡単なのに。これは、ニュートン力学に直感と食い違うような概念が含まれるために、生徒は腑に落ちないまま授業を受けていて、物理の学習が理解というよりも、テストのための記憶大会になっているからではないかと推測している。そして履修が終われば、納得できなかった内容は全て忘れ去られてしまう。

科学的知見から誤りとされる素朴な信念は、誤概念などと呼ばれる。そのなかでも今回は「動く物体は、運動方向に力を受けている」という誤概念について調査を行った。

2 目的

アンケート調査により、「動く物体は、運動方向に力を受けている」という誤概念の保持率と、教育によるニュートン力学の定着率を検証する。

3 方法

奈良県立青翔中学校・高等学校の中学1年生か

ら高校2年生までの生徒と先生方にアンケート調査を実施した。教員(20~60代)は大学入試で物理を選択したかどうかで「教員(非選択)」「教員(選択者)」と分類する。アンケートには図1を示し、5地点のボールにははたらく力を、それぞれ矢印で書きこんでもらった。

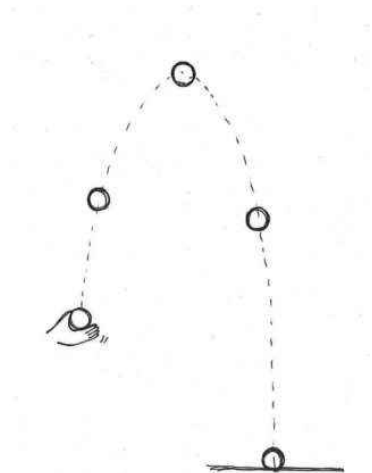


図1

今回は手から離れた直後(二つ目)の位置において分析を行う。ボールは上昇していくが、はたらく力は重力のみで、上向きの力は作用していない。物体の運動方向(上向き)と力の方向(下向き)が異なり、誤概念が露呈しやすい状況設定である。現行の指導要領では「物理基礎」で最初に扱う内容になっている。横向きの力は一切無視し、上向きと下向きの力に絞って分析を行った。

4-1 結果と考察（データの分析）

結果を表1に示す。（Nは回答人数）

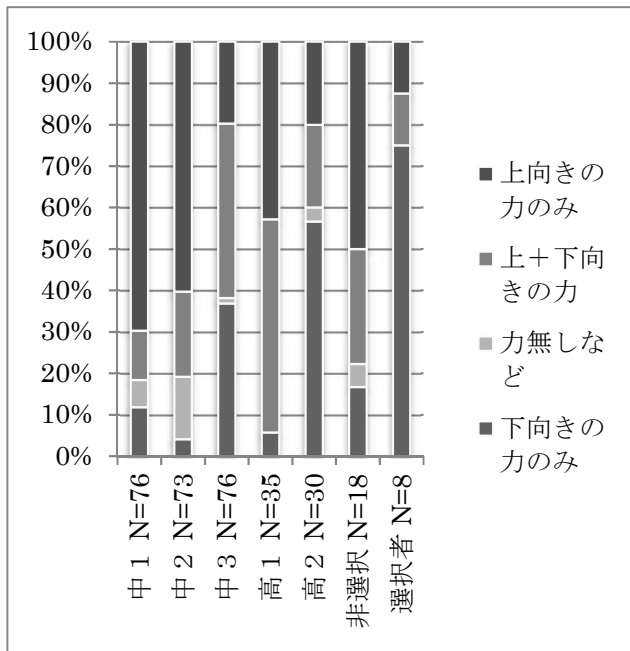


表1

中1、中2では上向きの力を想定する生徒（「物体は運動方向に力を受けている」誤概念保持者）が圧倒的多数（「上向きの力のみ」60～70%、「上+下向きの力」10～20%、合わせて約80%）である。このことから、運動方向（上向き）の力を想定することが素朴な運動観であると考えられる。

中3では「下向きの力のみ」は37%で、正答が大幅に増える。物理基礎で力学を履修したことの効果と言える。（青翔中学校では、中3の1～2学期前半に物理基礎の力学を履修。調査は2月。）また「上+下向きの力」の割合も増える。これは、運動方向ではない力（重力）の存在は思いつもの、運動方向（上向き）に力がかかって「いない」ことは受け入れていないことを示す。

高1では正答率が落ち込む。「下向きの力のみ」だけを見ると中1、中2と変わらない。高1では運動の法則を扱わないので、学習内容を忘れてしまったのだろうか。運動方向（上向き）に力がかかって「いない」ことを受け入れることは難しいことを示す結果である。また「上+下向きの力」

は中2よりも増えている（51%）ので、重力の存在は忘れていない。運動方向ではない力を受け入れることは比較的容易であることがわかる。

高2、教員（選択者）でやっと正答率が過半数に達する。大学受験に向け、力学の内容を続けて学習することで、定着が進んだと考えられる。

ここで、中1集団が成長して教員（非選択）になった（同じ集団の経年変化の前後）とみなして、二つのグラフを比較してみる。「下向きの力のみ」（正答）あるいは「力無しなど」を想定する割合はほぼ同じである。これは、もともと「下向き」「力無し」を想定するグループは、学習の前後で運動観が変化しなかった可能性を示す。また「上向きの力のみ」の減少分が「上+下向き」に移行したように見える。そうだとするならば、やはり、運動方向以外の力を受け入れることはできても、運動方向に力がかかって「いない」ことは受け入れ難いということだろう。

4-2 結果と考察（思考課程の推測）

誤概念と言われていようともここまで多くの人に共有されているからには、少なくとも日常生活には耐えうるものだ。長い進化の中で、ニュートン力学ではなく、むしろこの誤概念が認知の方法として採用され、強固に定着している状況を目の当たりにすると、この信念があながち「間違い」とも言い切れないような気がしてくる。

ここで錯視図形を一つ紹介する（図2）。

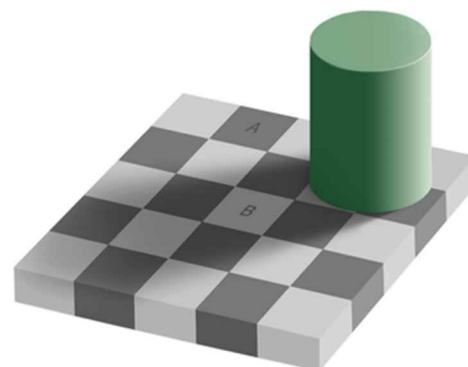


図2

これは「チェッカーシャド―錯視」と呼ばれ、MITの視覚科学の教授 Edward H. Adelson が 1995 年に発表した錯視である。A と B の領域は物理的には同じ色だが、そうではないように見える。錯視でおもしろいのは、同じ色だということを知っていたとしても、やはり濃淡が違って見えてしまうところにある。この「間違い」は愚かさというより、生きるために必要な認知の結果である。もし同じ濃さに見える人がいたとしたら、物体の影をうまく把握できずに、日常生活で困難を抱えることになるだろう。客観的に色の濃淡が判断できることよりも、錯視をしてしまうことが「正しい」認知の仕方なのかもしれない。

素朴な運動観に話を戻す。「間違い」方には多くの人に同じ傾向が認められる。これは錯視と同じく、この「間違い」が生きるために必要なものである可能性を示唆する。また正解した人でも、ニュートン力学を直感のレベルで理解していたのだろうか。そうではなくて、上向きの力というものが典型的な「間違い」であることを意識して、引っ張られないようにしていたのではないだろうか。私自身が実はそうである。「この場合、物体には重力しかはたらく余地がない。上に上がっていくのは、力が加わるからではなくて、最初の勢いがついているだけだ。」というように考え、上向きの力を排除して問題に対応する。しかし、身の回りの物体を動かそうとするときには「この力を排除しよう」などと頭でっかちに考えはしない。

経験的に、動いている物体を止めようとするときには、運動方向に慣性力を感じる。この見かけの力である慣性力のことを、「物体にはたらく力」と判断してしまうことが、この誤概念の原因ではないかと推測される。しかし、とっさの判断で物体の運動を止めようとするとき、この慣性力を瞬時に想定できないと危険なのではないだろうか。

5 まとめ

「動く物体は、運動方向に力が加わっている。」

この誤概念は日常を送ることを支えている「常識」であり、じゃまものというよりも必須のものである、と仮定をしてみたい。では物理の授業ですべきことはなんだろう。学習者の誤概念を愚かだと矯正することではなく、ニュートン力学を紹介することで、自身に隠された思考のクセに気づかせることではないか、と私は考える。

ニュートン力学は、学習者の「自然」な思考の流れを高度化することだけでは、なかなか腑に落ちないのではないだろうか。難しさは思考の高度化ではなく、学習者の直感と衝突する概念を力学が含んでいることにあると考える。

そうであるなら、学習者はニュートン力学を直感のレベルで理解し、運動観を塗り替えなくてもいい。落ち着いて考えたときに、ニュートン力学を展開させて問題に対処できるようになれば、それでいいのだから。知っていても違う色に見える「チェッカーシャド―錯視」を楽しむように。その段階を経て初めて、一分の隙もないニュートンの運動法則の完全さに感動することができる。

【参考文献】

- 人はいかに学ぶか―日常的認知の世界（中公新書）
稲垣佳世子 波多野誼余夫 1989
- 考えることの科学―推論の認知心理学への招待（中公新書）市川伸一 1997
- Clement, J. "Students' preconceptions in introductory mechanics." American Journal of Physics, 1982, 50, 66-71.
- Wikipedia : 『チェッカーシャド―錯視』