

iPad を活用してミス・コンセプションの修正を図る物理の授業実践

伊藤 慧

satoshi.ito.toho@gmail.com

桐朋中学・高等学校

Key Words : 物理, ミス・コンセプション, 重力加速度, iPad, アプリケーション

1. はじめに

認知心理学的研究により、生徒は理科の授業を受ける以前に日常経験から自然現象について強固な考えを持っていることが分かっている。それらの認識を主に素朴概念と呼ぶ¹⁾。欧米では膨大な調査結果が蓄積されている。有名なものとして、McCloskey, Washburn および Felch が 1983 年に報告した直落信念(straight-down belief²⁾)がある。これは「歩いている人が物体を落としたとき、物体は真つすぐ下に落ちる」というものである。また、Clement³⁾は 1982 年に「運動している物体は力を含んでいる」という MIF 理論(Motion Implies a Force)を提唱した。どちらも慣性の法則の理解が不十分な段階で、日常生活における物体の運動の様子を観察しているうちに定着してしまうものと考えられる。素朴概念は主に科学概念に反する誤った認識を指すが、ここでは特にミス・コンセプション(misconception⁴⁾)と呼ぶことにする。

現場の教員が生徒の保持しているミス・コンセプションの実態を把握した上で授業を行うことは「分かる授業」を展開する上で大変有益となる。近年、日本の教育現場においても生徒の素朴概念の調査および分類⁵⁾や、それらを修正する授業実践⁶⁾が複数報告されている。

2. 問題の所在

本校は 6ヶ年中高一貫の私立男子校である。附属

小から約 70 名内部進学し、中学入試を経て約 190 名入学する。さらに高校入試を経て約 50 名入学する。中学は 1 学年 6 クラス、高校は 7 クラス編制である。私は本校に着任して 2 年目であるが、評判に聞いていた通りのリベラルな校風である。また、男子校だけあって、理系分野に興味関心を持ち、進学を希望する者の割合は多い。本校では理科 4 分野をそれぞれ専門の教員が授業担当している。

生徒は中学 1, 2 年次に「物理」を週 2 コマ履修する。高校では 1 年次に「物理基礎」を週 2 コマ履修し、2, 3 年次に選択で「物理」を週 3 コマ履修する形式である。十分な授業時数を確保することで、検定教科書にとらわれず、高度な内容を速い進捗で扱うことが可能となっている。例えば、生徒は中学 2 年次に等加速度運動を学習し、重力による運動も学ぶ。つまり、加速度の概念を学んだ後、等加速度運動の公式

$$v = v_0 + at \quad \dots (1)$$

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad \dots (2)$$

を習う。さらに物体の落下は等加速度運動であることを学び、自由落下の公式を習う。その後、鉛直投げ上げ運動、鉛直投げ下げ運動、水平投射、斜方投射まで扱う。高校入試を経て入学する者を除いては中 3 で物理を履修しないブランクはあるものの、等加速度運動や重力による運動を 6 年間で 2 回学習することで理解の深化を図れるカリキュラムとなって

いる。

一方、昨年度、高1の授業を担当した印象としては等加速度運動などの内容が十分に定着しているとは言えなかった。勿論、基本的な内容から扱うものの定期考査の結果からも公式(1)、(2)を使いこなせていないと感じた。問題を解けたとしても、公式丸暗記で対処するなど、幾つもある公式を有機的に関連づけての本質的な理解に至っている者は多くはない。

私は昨年度2学期あたりから、生徒の定期考査の記述内容や授業中の発言から、生徒の保持するミス・コンセプションが理解の阻害をしているのではないかと思い始めた。そこで我々教員が生徒の実態を把握した上で効果的な一貫教育を行うために、まずはテストを行うことにした。後述の通り、やはりミス・コンセプションを保持する生徒が一定数いることが判明した。

本校高1では1学期に記録タイマーを用いて重力加速度の測定実験を行う。しかし、測定や計算といった煩雑な作業に追われるあまり、本質的な理解に至らない現状がある。即ち、「物体の落下速度は質量に依らず、落下運動は等加速度運動である。」ということが定着しにくい。従って、中2の段階で物体の落下運動について視覚的に捉えさせることが効果的ではないかと考えた。2学期に等加速度運動については学習しているため、自由落下などの公式の円滑的導出に寄与する。

3. 実態把握の調査

3-1 調査対象

今回、調査を行ったのは私が授業担当をしている本校の中学2年生2クラス(3組42名、6組41名、計83名)である。

3-2 調査日

2014年1月10日(3組)、2014年1月14日(6組)。

3-3 調査内容

生徒の保持しているミス・コンセプションの実態

を調査すべくマークシート形式でテストを行った。以下にそのうちの3問を示す。問2、3は素朴概念とは直接の関連はないものの、次回以降の授業を見据え、生徒の実態把握のために設定した。

問1. 100kgの物体と30kgの物体を同じ高さから同時にそつと落下させた。どちらの方が早く地面に達するか。以下の選択肢から1つ選べ。

[1]100kgの物体 [2]30kgの物体 [3]同じ

問2. 物体をある高さからそつと落下させたとする。落下する物体の様子として正しいと思うものを以下の選択肢から1つ選べ。

[1]だんだんと加速しながら落下する。

[2]常に一定の速度で落下する。

[3]だんだんと減速しながら落下する。

問3. 物体をある高さから鉛直下向きに投げ下ろしたとする。落下する物体の様子として正しいと思うものを以下の選択肢から1つ選べ。

[1]だんだんと加速しながら落下するが、加速の割合は物体をそつと落下させた場合よりも大きい。

[2]だんだんと加速しながら落下するが、加速の割合は物体をそつと落下させた場合と等しい。

[3]だんだんと加速しながら落下するが、加速の割合は物体をそつと落下させた場合よりも小さい。

[4]常に一定の速度で落下する。

[5]だんだんと減速しながら落下する。

3-4 調査結果

図1はテスト結果をまとめたものである。

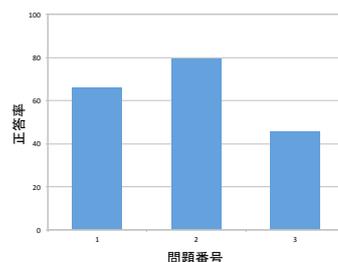


図1 問題別正答率 (授業前)

予想した通り、図1から30%以上の生徒は「重い物体と軽い物体とでは重い物体の方が早く落ちる」

というミス・コンセプションを保持していることが分かる。また、中学受験で問2の類似問題は出題されることもあるためか正答率が高い。しかし、問3の正答率が低いことから本質的な理解には至っていないと考えられる。MIFが関係している、若しくはニュートンの運動の第2法則を未学習であることが原因かもしれない。

4. 授業実践の内容

私は本実践を「重力による運動」の第1回目の授業として行った(3組:1月11日,6組:1月20日)。主な目的は「物体の落下速度は質量に依らないこと」と「物体の落下運動は等加速度運動であること」の2点を視覚的に理解させることである。授業はAV機器の備わった階段教室の物理講義室において行った。準備として、模造紙に等間隔の直線を目盛りとして描いた。その模造紙をホワイトボードに貼り付け、手前で重いゴムボールと軽いピンポン球を生徒の代表者にそっと落としてもらい、その様子を私がiPadで撮影した(図2)。高速連続撮影するために「超速300連写」というアプリケーションを利用した。1秒間に30枚の高解像度の写真を撮影でき、比較的安価である。

また、予めiPadはソフトウェアAir PlayでノートPCにワイヤレス接続し、PCはHDMIケーブルで教卓下のAV機器に接続してある。従って、iPadのカメラで捉えた様子をほぼ同時にプロジェクターで大型スクリーンに投影できる。同時に2物体を落とせるまで複数回撮影し、カメラロールの撮影画像を1枚ずつ見比べながら、生徒たちは「物体の落下速度は質量に依らないこと」を視覚的に理解できた様子であった(図3)。

本アプリでは物体が落下するほど加速し、残像が酷くなってしまう。そこで、敢えて「残像が次第に酷くなるということはどういうことかな?」といった具合に発問をした。すると何人もの生徒が「加速

している!」といった具合に即答してくれた。私は「そうだね。では、後ろの模造紙に描いてある線を手がかりにどのように加速しているのか計算してみよう。」と続けた。

生徒たちは2学期に記録タイマーにセットした紙テープを自分の手で引っ張り、加速度を求めるという実験を行った。従って、同じ要領で30分の1秒間の移動距離から平均の速さを計算し、各区间での加速度を求めるという計算は出来るはずである。しかし、冬休みを挟んでいるため、2学期の学習内容を忘れた生徒も多いのではと思われた。そこで、スクリーンに1枚ずつ撮影写真を投影し、落下距離をみんなで読み取った。生徒の作業の指導には、アプリケーション「Note Anytime」を利用した。これは取り込んだ画像にタッチペンを用いて書き込みが出来るアプリである。配布プリントと同様のものをスクリーンに投影し、記入の仕方や計算方法を確認しながら指示を出した。ほぼ全員が加速度の平均値を算出できた頃合いを見計らって、何人かの生徒のプリントをカメラ撮影し、スクリーンに投影した。友人のものと比較しながら計算結果の確認を行い、クラス全体で学習内容の共有を図ることが出来た(図4)。

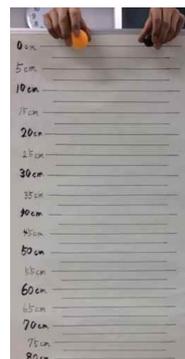


図2 「超速300連写」

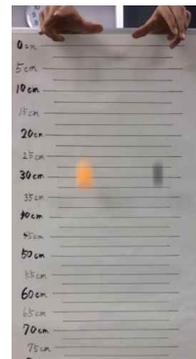


図3

時刻	物体の座標	平均の速さ	加速度
0	0		
1/30	2	0.6m/s ²	9m/s ²
2/30	5	0.9m/s ²	9m/s ²
3/30	8	0.9m/s ²	36m/s ²
4/30	15	2.1m/s ²	0m/s ²
5/30	22	2.1m/s ²	18m/s ²
6/30	29	2.7m/s ²	9m/s ²
7/30	38	3.0m/s ²	18m/s ²
8/30	48	3.6m/s ²	9m/s ²
9/30	60	3.9m/s ²	
10/30	73		

図4 Air Playの投影による学習内容の共有

5. 授業実践の効果

本実践により生徒の保持するミス・コンセプションがどれほど修正されたか調べるために、授業後に同様のテストを行った（3組42名：1月17日，6組42名：1月21日）。図5は授業前後での比較を行ったものである。

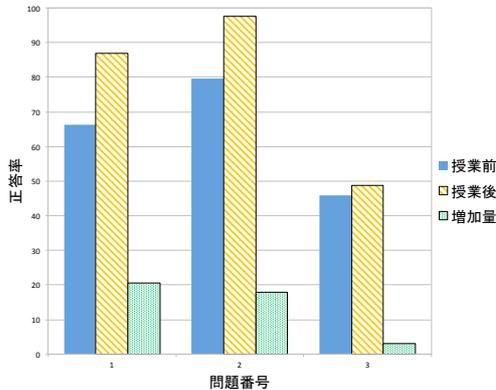


図5 問題別正答率（授業前後比較）

問1と問2については正答率が20%ほど上昇した。問3に関しては授業時間の関係で鉛直投げ下げの演示が出来なかったものの、微増した。

6. おわりに

本実践により、生徒は「物体の落下速度は質量に依らないこと」と「物体の落下運動は加速度運動であること」を視覚的に学習できた。また、仮に1台しかiPadがなくても、様々なアプリケーションを活用することで比較的安価に、且つ、PCやiPadをチョークで汚さずに授業進行することが可能であると分かった。特に「Note Anytime」は「書画カメラ」の代用として大変有効であった。モバイル性が高く、机間巡視をしながら教員の記入したものを投影できる。

一方で、iPadで撮影する作業は大半の生徒にとっては受け身的な演示であり、主体的な学習とは言えない。iPadを複数購入し、グループ活動を取り入れればその点は解消できそうである。費用対効果を向上できる授業実践を継続して模索したい。

また、当初、次回以降の授業を見通して、自由落

下が重力加速度 9.8 m/s^2 の等加速度運動であることも学ばせたいと考えた。しかし、図4から分かるように値にばらつきがあり、等加速度運動であると言い切るのは難しい。例えば、図4の場合は加速度の平均値は 11 m/s^2 と求まる。まとめとして、「精密な測定結果から $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ と分かっている」という多少天狗下りの説明になってしまった。物体が落下するほど後方の目盛りとの間に角度が生じてしまうため、落下距離を正確に読み取ることは困難である。iPadの手軽さの代わりに測定の正確さを犠牲にしたと言える。

また、テスト結果から各問の正答率は上昇したが、これは授業実施日からそれほど時間経過していない状態での調査結果である。故に、数ヶ月・数年単位での継続的調査を行わなくては授業の効果に信憑性を与えることは出来ない。昨年度は通常授業に追われ、3回目のテスト実施が出来なかった。以上を今年度以降の課題としたい。

参考文献

- 1) 村山 功：自然科学の理解『教科理解の認知心理学』，新曜社，pp.99-151，1989.
- 2) McCloskey, M., Washburn, A., & Felch, L: Intuitive physics, The straight-down belief and its origin, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol.9, pp.146-156, 1983.
- 3) Clement, J.: Student's preconceptions in introductory mechanics, *American Journal of Physics*, Vol.50, pp.66-71, 1982.
- 4) K.Fisher: A Misconception in Biology: Amino Acid and Translation, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.22, No.1, pp.53-62, 1985.
- 5) 川村康文：大学生にみる物理分野における素朴概念の実態，*物理教育*，Vol.48, No.1, pp.78-82, 2000.
- 6) 田中照久：遠心力と慣性を結びつける授業方略の開発と実践，*物理教育*，Vol.56, No.1, pp.25-29, 2008.