

# シミュレーション動画による物体の運動に関する物理教育の試み

和田 浩明, 中村 純\*

国士舘大学 政経学部

hrwada@kokushikan.ac.jp

\* 広島大学 情報メディア教育研究センター

nakamura@riise.hiroshima-u.ac.jp

概要：大学の教養教育における物理学の授業では、物理の基本的な概念を学生に理解させることが重要である。そのための基礎となるのが物体の運動に関する位置、速度、加速度といった物理量の理解である。ところが、これらの物理量の時間変化をグラフで表わすと、それがどのような運動であるかを正しく認識できない学生は少なくない。そこで、本報告ではシミュレーション動画により物体の運動を学生に示し、その運動に対応する位置と速度がどのように時間変化していくかを理解させるような授業運営の試みを行った。

## 1 はじめに

大学の教養教育における物理学の授業では、学生が物理について興味を持ち、より深く物理の基本概念を把握できるような授業を実施することが重要である。計算機が大学の教室で利用されるようになってから、このような試みは始まっている[1]。文献[2]では、シミュレーションの物理教育における利用場面として、可視化による理解とパラメータ操作による習熟の2つが挙げられている。多くの大学の物理学の授業では、物体の運動が位置、速度、加速度の3つの物理量で表わされるということを最初に学生に教える。ところが、物体が直線上しか運動しない場合であっても、途中で加速度や速度が変化するとき、3つの物理量がどのように時間変化していくかを完全に答えられる学生は多くない。さらに、物体の運動を表現するために有効な方法として、「速度と時刻の関係を表わすグラフ(v-t グラフ)」や「位置と時刻の関係を表わすグラフ(x-t グラフ)」を使用するが、それらのグラフを実際の運動に対応づけることを苦手とする学生をしばしば見受ける。その1つの要因として考えられるのは、物体の運動は時間が経つにつれて状態が変化していく現象なので、教科書や黒板に書かれた文章や静止した図だけでは学生の十分な理解のために不十分であるということである。そこで、実際にボールを転がしたり、物体を落下させるなどの現実の運動を見せるという方法が考えられるが、途中で急に速さや向きを変えるような運動は実際に再現することは困難である。そこで、シミュレーション動画を使うことにより、様々な運動を学生の目の前で示し、それらの運動に対応する v-t, x-t グラフとの対応を学生に考えさせることにより、より深い理解に導く授業の設計を考える。また、シミュレーションでは教室では再現が困難な運動も含めることができる。

本報告では、このような授業を実現するために、シミュレーション動画を活用した事例を報告する。

## 2 物体の運動について

直線上を運動している物体の状態を表わすために、物理学では図1のようなx軸を用いた座標系で表す。このとき、運動の向きは物体が右向きに動くときを「正の向き」、左方向に動くときを「負の向き」とし、物体の位置はx軸の座標によって表わすことができる。物体が移動することによって位置が変化する場合、「位置の変化量」を「移動にかかる時間」で割った量が速度である。別の表現をすると、速度は単位時間内での物体の位置の変化量を表わすとも言える。速度は向きを持つ量で、物体が正の向きに動くとき速度も正の値となり、逆に物体が負の向きに動くとき速度は負の値となる。

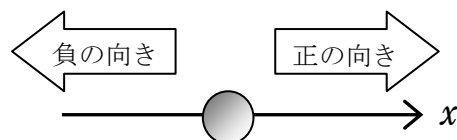


図1. x軸上の物体の運動

物体の運動は、位置と速度の時間に対する振る舞いによって詳しく表わされる。例として、直線上を物体が正の向きの速度で運動し、しかも時間が経過するにつれて速度0[m/s]から単調増加していく運動を考える。まず、この運動では、物体は正の向きにしか移動せず、ある決まった時間内で移動する距離は時間が経つほど増加していくので、物体の位置と時刻の関係は図2のようなグラフで表わされる。つぎに、速度の時刻との関係は、速度は時間が経過するにつれて一定の割合で増加す

るので、図3のような傾きが一定の直線グラフで表わされる。このように、「位置と時刻グラフ(x-t グラフ)」と「速度と時刻グラフ(v-t グラフ)」によって、位置や速度が時間が経つとどのように変化するかを表わすことは、物体の運動状態を理解する上で非常に重要である。

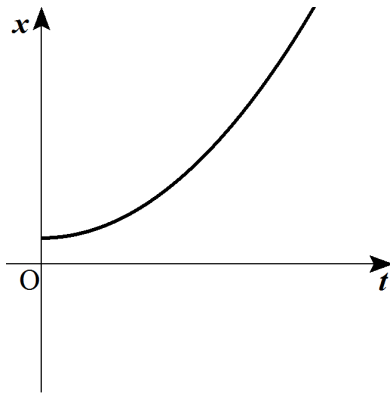


図2. 位置と時刻グラフ(x-t グラフ)の例  
(縦軸は位置(x座標), 横軸は時刻を表わす。)

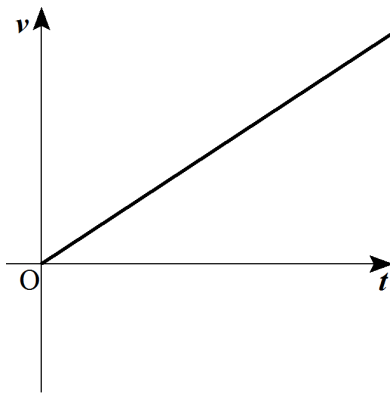


図3. 速度と時刻グラフ(v-t グラフ)の例  
(縦軸は速度, 横軸は時刻を表わす。)

### 3 調査方法

今回行った調査は、いろいろな直線運動に関して説明した文章を学生に見せて、あらかじめ示しておいたグラフの選択肢の中からその運動に該当するx-tグラフとv-tグラフを選びとってもらうというものである。そして、そのすぐ後に文章で説明した物体の運動をシミュレーション動画によってみせ、同じように選択肢の中から該当するグラフを答えてもらった。この作業を交互に行い、合わせて6種類の運動について出題した。なお、今回の調査は、理工系の大学4年生が主に受講している情報系の科目の授業内で行った。教室には演習用のパーソナルコンピューターが設置されており、プレゼンテーションや問題・動画の表示はそれぞれの学生の目の前にあるモニターに映し出した。また、シミュレーション動画は、「十進 BASIC」

を使って出力した。なお、問題の回答とアンケートは無記名で提出してもらうことにした。

実際に行った調査の手順は以下のとおりである。まず、直線上の物体の運動と「位置と時刻のグラフ(x-t グラフ)」と「速度と時刻(v-t グラフ)」の関係についての説明を約10分行った。その際、例題として、正の向きで速さを変えない直線運動について、そのx-tグラフとv-tグラフを示した。

次に、6種類の直線運動について、

- (問1) 物体がx軸上(直線上)を常に正の向きの速度で運動し、しかも時間が経つにつれて速度が増えていく。
- (問2) 物体がx軸上(直線上)を静止している。
- (問3) 物体がx軸上(直線上)を一定の負の向きの速度で運動している。
- (問4) 物体がx軸上(直線上)を初めのうちは正の向きの速度で遅くなっていき、途中で運動の向きを変え、その後は負の向きの速度で速くなっていく。
- (問5) 物体がx軸上(直線上)を初めのうちは一定の正の向きの速度で運動し、途中でしばらく静止し、その後は一定の負の向きの速度で運動する。
- (問6) 物体がx軸上(直線上)を初めのうちは負の向きの速度で遅くなっていき、途中で運動の向きを変え、その後は正の向きの速度で速くなっていく。

という説明文を30~60秒間程度見せて、その間にそれぞれ6種類のグラフからx-tグラフとv-tグラフを選択してもらった(例えば、問1のx-tグラフとv-tグラフは図2と3に該当する)。その後、すぐに同じ運動をシミュレーション動画で2回再現し、同じように該当するグラフを回答してもらった。これを計6回繰り返したが、グラフの選択肢はの間変更せず、x-tグラフ、v-tグラフともに問題数と同じ6種類であり、全てのグラフは6種類の運動のいずれかに該当する。

最後に、シミュレーション動画を見ることにより、運動に関して理解が深まったかどうかをアンケート形式で答えてもらった。

## 4 調査結果

### 4.1 グラフを選択する問題の結果

6種類の直線運動について、x-tグラフとv-tグラフの両方を正解した学生の全体の割合(正答率)を、文章による出題と動画による出題とで比較すると図4のようになった。この図から、問3,4,5の正答率が他の問に比べて悪いことが分かった。問2の正答率が100%なのは物体が静止しているため、x-tグラフとv-tグラフは最も選択が容易であるためだと思われる。また、問6の正答率が100%であるが、この問題は最後に出題され、選択

肢となるグラフが 1 通りしか残らないことも要因の 1 つだと考えられる。

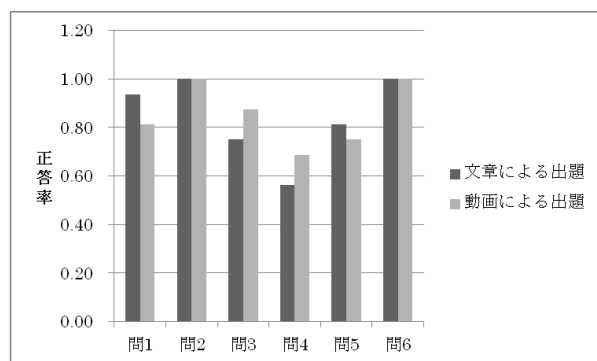


図 4. x-t グラフと v-t グラフ両方とも正解した学生の割合(正答率)

正答率が他に比べて低かった問 3, 4, 5 について、詳しく見るために、x-t グラフの正答率と v-t グラフの正答率をそれぞれ図 5 と図 6 に示した。図 5 と図 6 を比較すると、文章と動画による出題の正答率が、いずれの場合も x-t グラフの方が v-t グラフよりも高いことが分かる。また、図 5 では、文章による出題と動画による出題に対して x-t グラフの正答率にあまり差が見られず、問 6 で文章による出題の方が若干高い正答率になっていることが分かる。図 6 では、問 3 と問 4 において動画を見せることによって、v-t グラフの正答率が上がっていることが分かる。

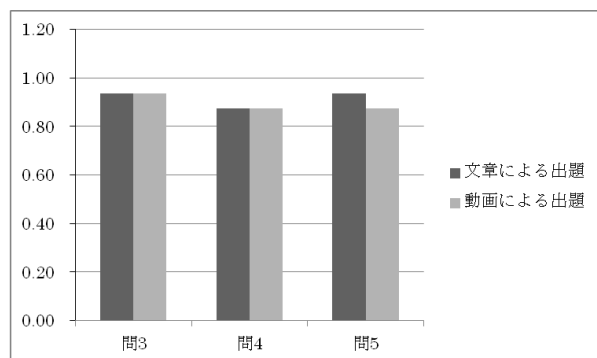


図 5. 問 3,4,5 における、x-t グラフの文章と動画による出題の正答率の比較

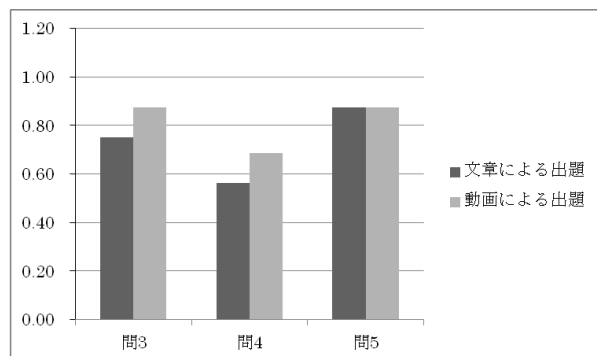


図 6. 問 3,4,5 における、v-t グラフの文章と動画による出題の正答率の比較

以上のように、今回の調査では、文章による出題と動画による出題の間に大きな違いは見受けられなかったが、シミュレーション動画を示すことで、物体の運動と v-t グラフの関係の理解につながりそうな傾向がみられた。

#### 4.2 シミュレーション動画に対する感想

前節のような問題の回答をしてもらった後、シミュレーション動画を使うことに関して以下のようなアンケートを実施した。

(Q1) 動画を使った授業は興味を引いたか?

(Q2) 動画により「位置と時刻」の関係が分かりやすくなったか?

(Q3) 動画により「速度と時刻」の関係が分かりやすくなったか?

これらのアンケートの質問を「はい」、「いいえ」、「どちらでもない」の 3 つの選択肢から選んでもらったところ、回答者 16 人から表 1 のような結果を得た。

表 1. 動画を使用することによる感想

Q	はい	いいえ	どちらでもない
1	13	1	2
2	10	1	5
3	10	2	4

回答してくれた 16 名の学生のうち約 4/5 以上は、今回のようなシミュレーション動画を使った授業に興味を示してくれたが、そのうちの 2 割強の学生は動画によって運動に対する理解が深まったとは思っていないことが分かった。

#### 5 考察と今後の課題

今回行った調査によって、文章による運動の説明だけではなく、シミュレーションによる動画を見せることにより、速度と時刻グラフ(v-t グラフ)の理解度が上がる傾向がみられた。また、位置と時刻グラフ(x-t グラフ)の理解度は動画を見せてもそれほど変わらなかった。今回は、同じ運動について、文章による説明をした後で動画を見せたが、その順序を逆にした場合にどのような結果になるのかを検討しておく必要がある。

今回の調査は理工系の 4 年生 16 人を対象にして行った。大学 4 年生は教養教育を受講する学生よりも、物体の運動に関してよりよく理解していると思われるので、正答率が高い傾向になった。また、調査人数が 16 人と少人数

であるので、統計的に十分とは言えない。今後、教養教育を受講している学生に対して調査を継続していく予定である。

#### **参考文献**

- [1] 木下 順二,福沢 美菜,上村 克紀,青木 禎、「大学教養課程の物理学における力学シミュレーション実験」、日本教育情報学会学会誌 3(3)、63-69、1987
- [2] 稲垣知宏, 太田朱美, 佐々井裕二, 隅谷孝洋, 長登康, 中村純, 平方正樹, 福永優、「シミュレーションを用いた物理教育」、計算工学講演会論文集 9、721-724、2004