慣性の法則を実感する理科学習

沖花 彰[1)]，藻塩淳正

1）京都教育大学 理学科　okihana@kyokyo-u.ac.jp

キーワード：慣性の法則，お手玉，ホッピンアイ，実践授業

（受付：2010月2月18日）

抄録

中学校理科第１分野「運動とエネルギー」の慣性の法則について，生徒が実感できる学習を開発した。慣性の法則について，現行の教科書で挙げられている実験は，「力を加えない限り静止したものが静止し続ける」ことを示すものがほとんどである。そこで今回，「動いているものが動き続ける」ことを実感する，学校でできる簡単な実験学習を開発し実践したので報告する。

Ⅰ．はじめに

現在中学校で慣性の法則がどのように扱われているかを調べた。現行の学習指導要領（文部科学省，1998）では第１分野下の「運動の規則性」の単元で「物体に力が働く運動及び力が働かない運動についての観察，実験を行い，力が働く運動では物体の速さなどが変わること及び力が働かない運動では物体は等速直線運動をすることを見いだすこと」という内容で「力が働かない運動」として学習する。この学習は平成 24 年度実施予定（平成 21 年度から先行実施）の新学習指導要領（文部科学省，2008）でも同じ内容となっている。そこで現在発行されている教科書 5 社（吉川ほか，2009，戸田ほか，2009，細谷ほか，2009，石川ほか，2009，三浦ほか，2009）について調べた。

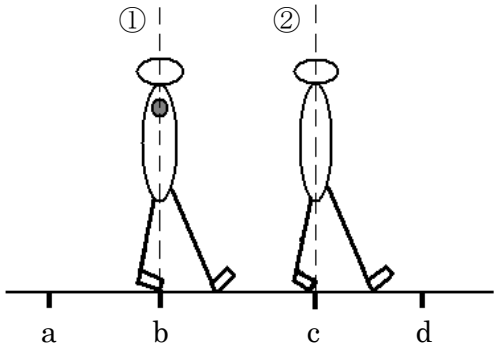
「力が働かない運動」についての扱いはどれも本文 1～2 ページ程度で，実験の図は「だるま落し」，「コイン引き」，「輪引き」など「静止している物体」の一部に力を加えて動かしても，「力が働かなかった」部分については「静止し続ける」ことを示すものばかりで，「運動している物体」に「力が働かない」場合「運動し続ける」ことを示す実験はほとんど提示されていない。その一方で，本文を見ると「一定の速さで進んでいる電車でブレーキがかかったり加速したりしたときの乗客が倒れたりする様子」や「自動車の衝突の際の乗っている人の様子」，「カーリング」，「惑星探査機」などを挙げて，「動いている物体」に「力が働かないとき」物体は「そのまま動き続ける，等速直線運動をする」と説明している。ただ，実際にやってみる学習にはなっていない上に，電車の外で止まっている人から現象を観察することがないため，「動いていているものに力が働かない場合，物体は動き続ける」という慣性の法則が実感しにくい。高等学校で，電車の中にいる場合に体感する「みかけの力，慣性力」を学習したとき，電車の外から見た「力が働かない運動」である慣性の法則と電車の中から見た「慣性力が働く運動」をきちんと区別して理解されない。物理学を学ぶ大学生に電車が止まろうとするときつり革が前に傾く理由を聞くと，「つり革には

『そのまま動き続けようとする力が働いて』前に傾く」と答えるものがかなりいる。

平成 15 年度国立教育政策研究所の小中学校教育課程実施状況調査（国立教育政策研究所，2005）でも，慣性の法則に関する問題の通過率が非常に低いことが明らかになっている。「慣性の法則を日常生活と関連付けて考察できる」が設定通過率 60%に対し通過率 55%，「慣性の法則について理解している」が設定通過率 65%に対し通過率 21.5%である。

Ⅱ．事前調査

まず実際理解度がどの程度かを調べるため京都教育大学生 76 名（うち高校での物理履修ありのものは 41 名）を対象に，図 1 を示しながらボールがどこに落ちるかを問うた。結果は表 1 のように，半数近くが b の，手を離したところに落ちると回答した。また c と正解したものの中にも，動き続けるための力をイメージしているものが 1/3 もあった。



A君が右手にボールをにぎって水平に保ったまま，地面を一定の速さで歩いています。①の位置で握っていた手をパッと広げボールを離しました。ボールが地面に着いたとき，A君は②の位置まで進んでいます。

さて，ボールは a, b, c, d のどの位置に落ちたでしょうか。なお，風の影響はないものとします。

図 1　大学生への調査

表 1　調査結果

	人数	
a	4	
b	34	
	ボールに力が働いていないので，そのまま下に落ちる。その場にとどまろうとする。	
c	理由も含めて正解 25	
	理由不正解 13 ボールには進行方向に力が働く。	
d	0	

Ⅲ．慣性の法則を実感する実験学習

以上の調査結果を踏まえ以下のような視点で教材開発した。

・力が働かない限り，動いているものが動き続けることが理解しやすいものとする。

・生徒自身が実験，実感できるものとする。

・身近にあるものを用いる。

さらに授業では，理解が定着するようビデオのコマ送り再生で物体の動きをしっかり確認させた。

（1）お手玉の実験

この実験はよく知られているが簡単で実感しやすいので学習に取り入れると効果

的である。今回ボールの代わりにお手玉を用い落下点が分かりやすいようにした。
＜準備物＞お手玉。跳ねたり，転がったりするのが少ないので落下した位置が分かりやすい。
＜実験方法＞
１．同じ速さで歩く練習を 5 回繰り返す。
２．手を離す地点にポールを立てる。
３．ポールの少し手前からお手玉を水平に持って同じ速さで歩き，ポールのところで歩きながらお手玉を離す。（できるだけ力を入れず自然に。）
４．ポールの位置からお手玉の落ちた位置まで測る。５回繰り返す。
５．早足で歩きながら同じ事を繰り返す。
６．ダッシュしながら同じことを繰り返す。
＜この実験の特徴＞
・簡単であるが結果が分かりやすい。

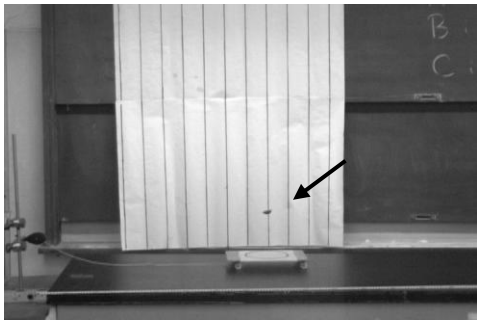
（2）ホッピンアイの実験
動いているものから飛び出しても元に戻るという曲芸は多い。それを学習に適用した。
＜準備物＞　十分長いひものついた台車（1 辺約 30cm の長方形の台に半径 13cm の円を描いておく），ホッピンアイ（図 2 のような半球状のゴムで，裏返して置くと数秒後，元に戻ろうとして，真上に跳ねる）
＜準備実験＞　ホッピンアイは真上に 50cm 程度跳ぶので再び落ちるまでの時間は約 0.6 秒である。台をひく速さを秒速 1m/s とすると約 60cm 進むことになるので台に比べて十分長く，台車に乗るか落ちるかを十分判定できる。ホッピンアイが真上に跳ぶかを事前に調べた。静止した台の中心においたホッピンアイが真上に跳んで半径 13cm の円内に落下する確率は 100 回中 75 回だった。

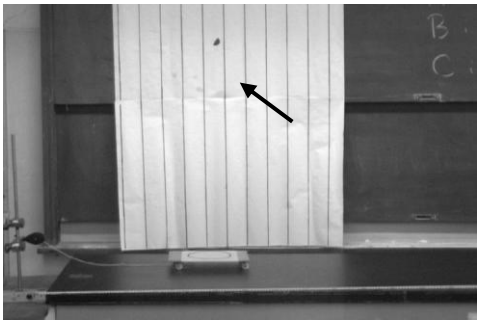


図 2　ホッピンアイ（左）とそれを裏返したもの（右）

＜実験方法＞
１．ホッピンアイをひっくり返して止まっている台車の上に乗せてホッピンアイが真上に跳ぶよう 10 回程度練習する。台車の真ん中に上手に乗せないと斜めに跳ぶので注意する。
２．台車をできるだけ真横に同じ速さで引っ張って動かす練習を 10 回程度する。
３．ホッピンアイを台車に乗せて，すぐ台車を同じ速さで引っ張る。ホッピンアイがどこに落ちたかを記録する。10 回繰り返す。
４．引っ張る人を交替して 10 回繰り返す。
＜この実験の特徴＞
・ホッピンアイをのせてすぐ，一定の速さで台車を引くと数秒後，ホッピンアイが上方へ跳ね，図 3 のように放物線を描いて台車に落ちる。
・台車の上に置いてしばらくしてから跳ねるので，置いてから引き始めることができる。

・遊び感覚でできるので生徒を惹きつける。





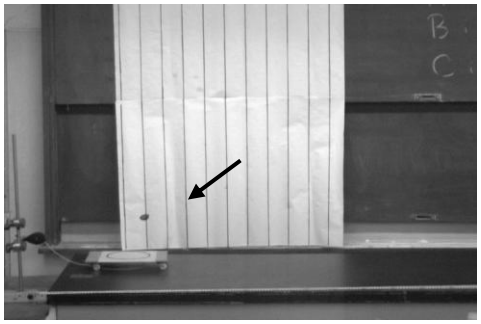


図3　左上：ホッピンアイが跳ねたところ
　　右上：真上にきたところ
　　左下：台に着地するところ

注）矢印はホッピンアイの位置を示す.

Ⅳ. 実践授業

平成21年6月京都教育大学附属京都中学校2, 3年生35名の選択授業（2校時連続100分）で実践授業を行った。このうち3年生については1ヶ月ほど前に通常の授業で運動の規則性，慣性の法則については学習済みである。授業の前半では資料にあるような慣性の法則に関するアンケートを行った。表2にその結果を示す。問3の正解率が高いのは問1と2のアンケート後解説を行ったあとに出題したためだと思われる。2年生の正解率が悪いことから，学習前には生徒はかなりあやまった日常的なイメージをもっていることが伺える。その一方で1ヶ月前に学習済みの3年生でも理由も含めた正解が半数程度であることから通常の学習では理解が十分ではないことも分かる。

表2　事前学習アンケート

	1地球の自転	2バイク	3お手玉
2年19名	正解4名 理由不正解10名 わからない5名	正解（真上に跳ぶ）10名 A（前に跳ぶ）4名 B（斜め前に跳ぶ）5名	正解c　12名 b　7名
3年16名	正解9名 理由不正解4名 わからない3名	正解（真上に跳ぶ）8名 A（前に跳ぶ）3名 B（斜め前に跳ぶ）2名 わからない3名	正解c　15名 わからない1名

これらの学習の後，お手玉の実験，ホッピンアイの実験を班ごとに行った。1班4～5名の9班で行った。教室内では行えないため廊下や校庭で行った。実験手順も分かりやすいので特にとまどうことなく楽しく行っていた。ただホッピンアイが跳ねるタイミングが長すぎたり跳ねないときもあったりした。生徒が遊んでしまう場面も見受けられた。

実験終了後のまとめでは，ホッピンアイやお手玉の動きをビデオ録画したものをコマ送り再生することで，放物線を描くことも示した。授業後のアンケートでは9割の生徒がわかったと答え，7割近くが興味を持ったと答えた。授業後の主な感想を示す。

・慣性の法則をはじめて知ってなるほどなと思った。動いているものは動き続けること。
　放物線を描くということが。
・人がものを離してもそのものが動くというところがよくわかった。
・自分たちで予想をし分かりやすい実験をした上で結果をまとめたのがよかった。
・授業で習っていたのでわかっていたけど実際に実験してみてへえーと思ったりした。
・ホッピンアイは楽しかった。ホッピンアイがはねて着地したときがおもしろかった。
・いままでにやったことのない面白い授業だった。

Ⅴ．まとめ

身近なものを使ってすぐにでもできる実感する学習を開発し実践した。生徒の反応は非常によく，動いていたものは力を加えない限り動き続けることをよく理解できたと思われる。

最後に実践授業は附属京都中学校でさせていただいた。ここに感謝します。

文献

細谷治夫ほか　26名　2009．実験から自然のしくみを見つける　理科1分野下，教育出版，pp.54-55，p.123，東京．

石川勝也ほか　27名　2009．中学校科学　物質とエネルギー編　1分野下，学校図書，p.50-51，東京．

国立教育政策研究所　2005．平成15年度小中学校教育課程実施状況調査．

三浦　登ほか　45名　2009．新編新しい科学　1分野下，東京書籍，p.55，p.60，東京．

文部科学省，中学校学習指導要領理科，平成10年改訂
http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301/03122602/005.htm

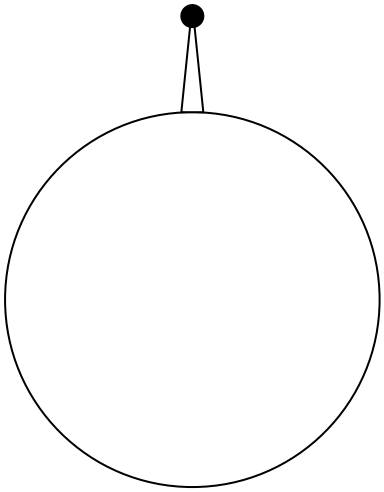
文部科学省，新中学校学習指導要領理科，平成20年改訂
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/ri.htm

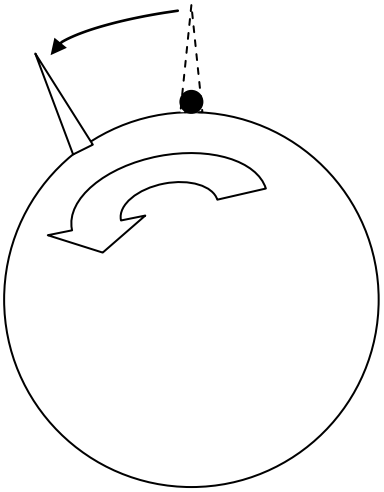
戸田盛和ほか　47名　2009．新版中学校理科　1分野下，大日本図書，p.61，p.74，東京．

吉川弘之ほか　46名　2009．未来へひろがるサイエンス　1分野下，啓林館，pp.57-58, p.78，大阪．

資料　中学生に行った事前アンケート

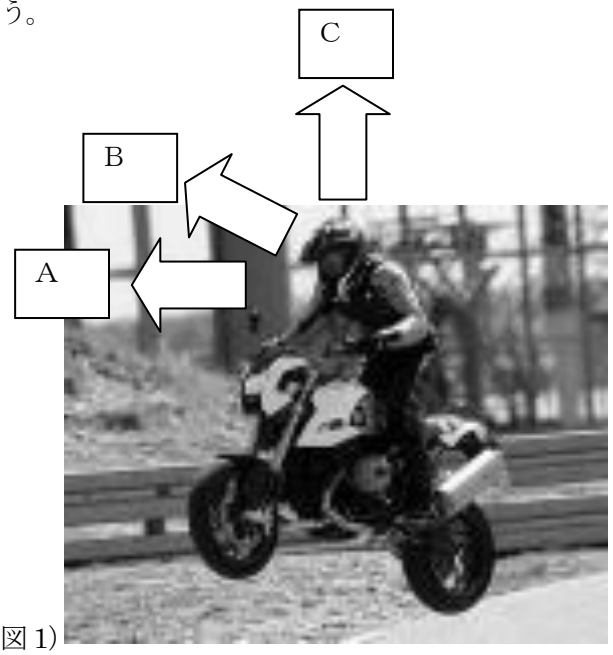
1．天動説を唱える人は，地動説を唱えるガリレオに向かって，「もし地球が自転しているなら，高い塔（例えば 50m）から静かに手を離して持っていた石を落とすと，地面と一緒に動いている塔の後ろに落ちるはず。でも実際には石は塔の真下に落ちる。つまり地球が動いているのは真っ赤なうそだ」と言いました。さてみなさんはどう思いますか？（風の影響は無視してください。）





2．オートバイの曲芸で，猛スピードで走っているオートバイに乗った人が，ジャンプしてオートバイから離れ，またオートバイにみごと着地していました。さてジャンプするとき，この乗っているライダーは，どの方向に向かって飛び上がれば，またオートバイに着地するでしょう。
（風の影響は無いとします。）

A：ほとんど前に向かって飛ぶ
B：斜め前に向かって飛ぶ
C：ほとんど真上に飛ぶ



3．大学生への調査と同じもの（図 1）