

無重量

川原拓也 谷 拓也 福本竜也
福家康記 吉本健志 吉本正敏

実験概要

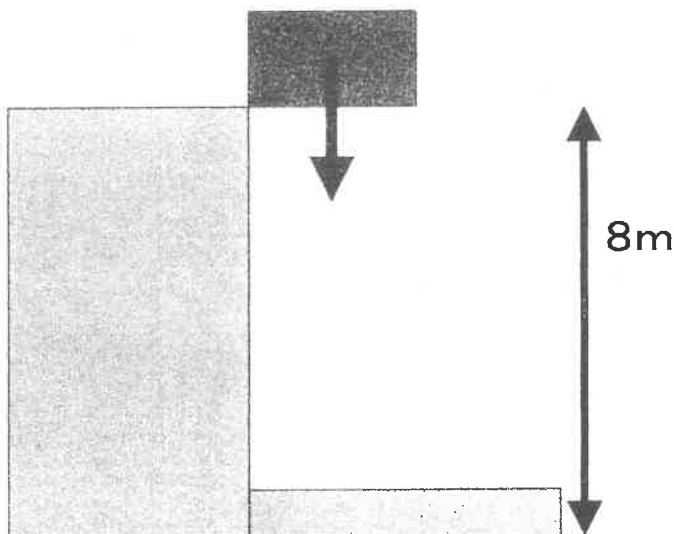
始めに、カメラと振り子、火のついたろうソク、プリン、などの実験対象物を箱の中に入れる。次に、その箱を8 mの高さから落とす。この自由落下中箱には重力に等しい力が加わるので、箱の中は無重量となる。

First, put a camera and objects of our experiment, such as a pendulum, burning candle, custard pudding and so on. Second, drop that box from a height of 8 meter. During this free fall, the box receives the force of inertia equivalent to gravity, and so the inside of the box becomes weightless.

1 実験の動機

エレベーターや遊園地のフリーフォールで感じる、浮くような感覚に幼いころから疑問を抱いていたのだが、高校物理を学んでいくうちにそれが慣性力によるものだと分かった。さらにその力を利用することで近似的な無重量状態が観察できるのではないかと思い実験に至った。

2 実験の方法



箱の中にカメラと実験対象物を設置し、高さ8mから自由落下させる。地面に衝突するまでの時間は約1.28秒であり、衝突直前の箱の速さは約12.5m/sになる。また落下時の衝撃は約200kgwである。

3 実験器具

(1) 衝撃を確かめる

衝撃を確かめるために実験を想定し、重りを箱に入れ、8mの高さから落下させた。結果、想像以上に衝撃が大きく、外部も内部も激しく破損した。

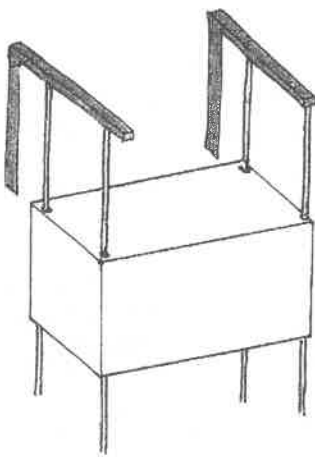
これから、実験を始めるより前に、いかに衝撃をやわらげるかが課題となった。

(2) 新たな課題

衝撃を吸収する方法を見つけるために、試行錯誤を続けるうちに新たな課題に直面した。それは箱のバランスがとれないために回転することである。回転すると、回転による慣性力の影響が生じるので、無重量状態が観察できない。

これらを踏まえたのが以下の装置である。

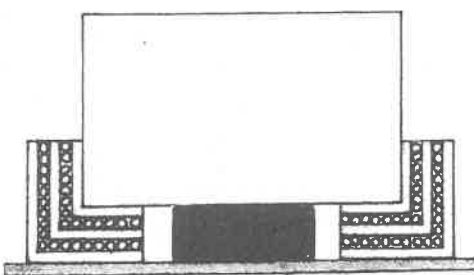
1号機



左図のように箱の四隅にロープを通し回転を防ぎ自由落下させる。落下地点にはクッションを置き、衝撃を吸収する。しかし、この装置では摩擦が予想以上に大きかったためうまく観察することができなかった。

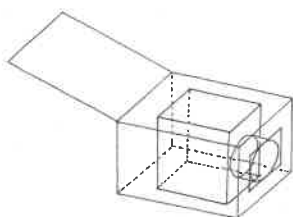
そこで、四隅を固定することなく回転を防ぐ方法が必要となった。

2号機



衝撃を和らげるため、装置の四隅に発泡スチロールとセルシートを重ね合わせたクッションを設置し、中央部には重心を安定させるために重りを設置した。また、衝撃が等しく分散するように板をその下に敷いた。さらに、回転を防ぐために装置の中心を非常に重くすることにより重心を中心に集めた。

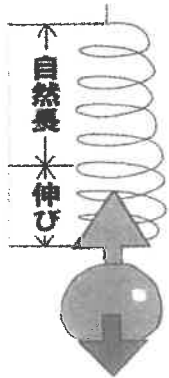
* 装置の内部



カメラを衝撃から守るため箱の中にクッションを入れ、そこにカメラをセットし、それを装置内部に固定した。

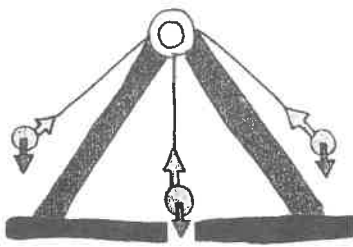
4 実験内容

I バネにつながれた物体の運動



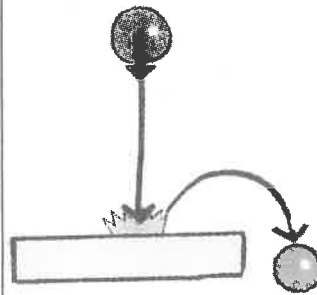
重力下では重力とバネの弾性力が釣りあう点で物体は静止する。これが無重量下ではどのように観察されるかを調べる。

III 振り子運動



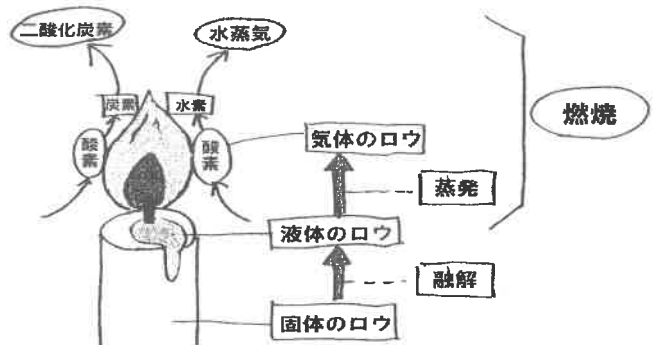
重力下では振り子運動をするが無重量下ではどのような運動をするかを調べる。

II ボールの運動



はね返ったボールは重力が働くため、再び下に落ちていく。この運動が無重量状態ではどのように観察されるかを調べる。

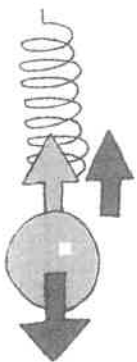
IV ロウソクの燃焼



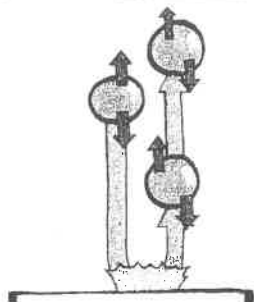
上図のように、重力下では、熱によって炎の周りの空気の密度が小さくなり、上昇気流ができ、炎が穂のような形になる。これが、無重量下ではどのように観察されるかを調べる。

5 実験結果

I バネにつながれた物体の運動



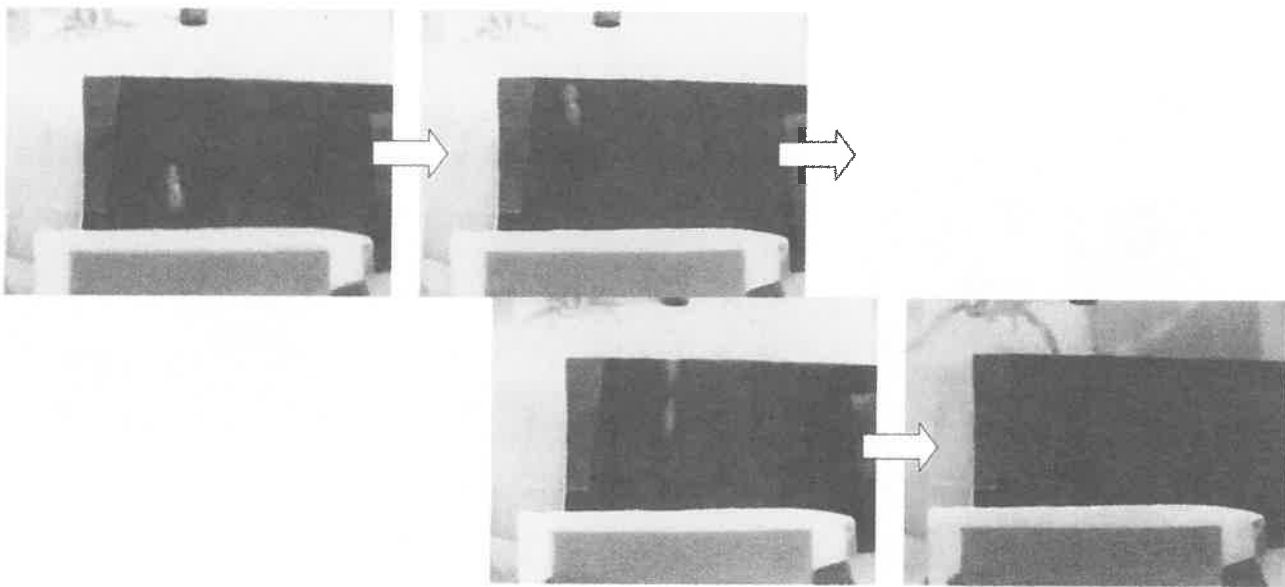
自由落下させることにより生じた上向きの慣性力と重力とが釣り合い、物体は弾性力のみを受ける。よってこの弾性力が復元力となり、物体は自然長の位置を中心とする単振動をする。



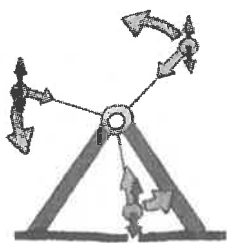
II ボールの運動

無重量下でボールを運動させると、重力と慣性力が釣りあっているため、

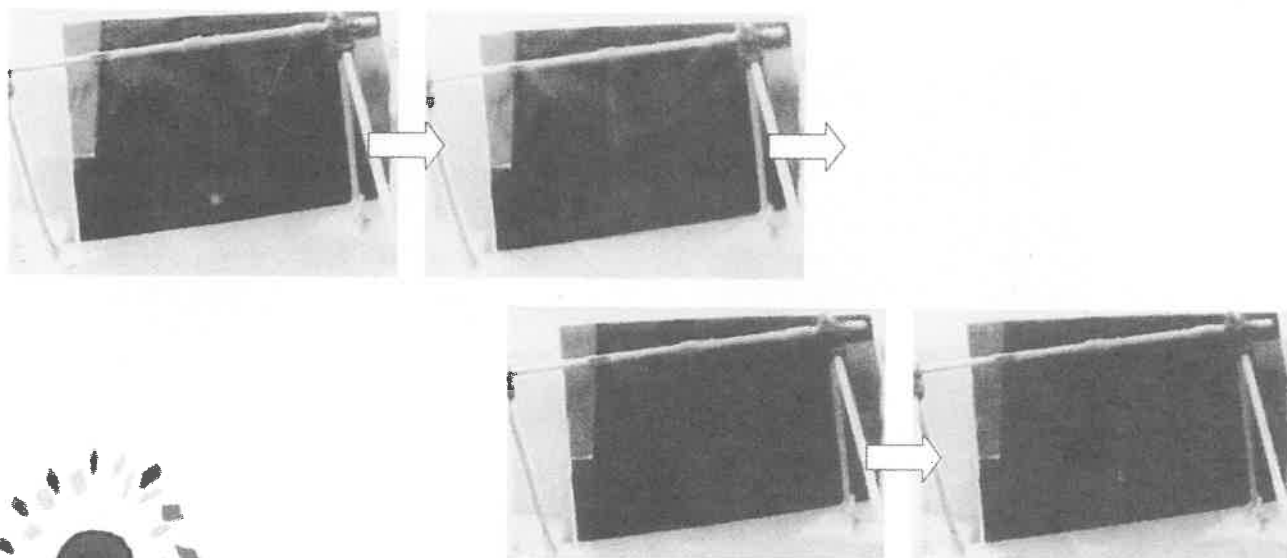
はね返る前もはね返った後もそれぞれの速度で等速運動をする。



III 振り子の運動



無重量状態で振り子を運動させると、重力と慣性力がつりあい、張力だけが残り向心力となり、円運動をする。

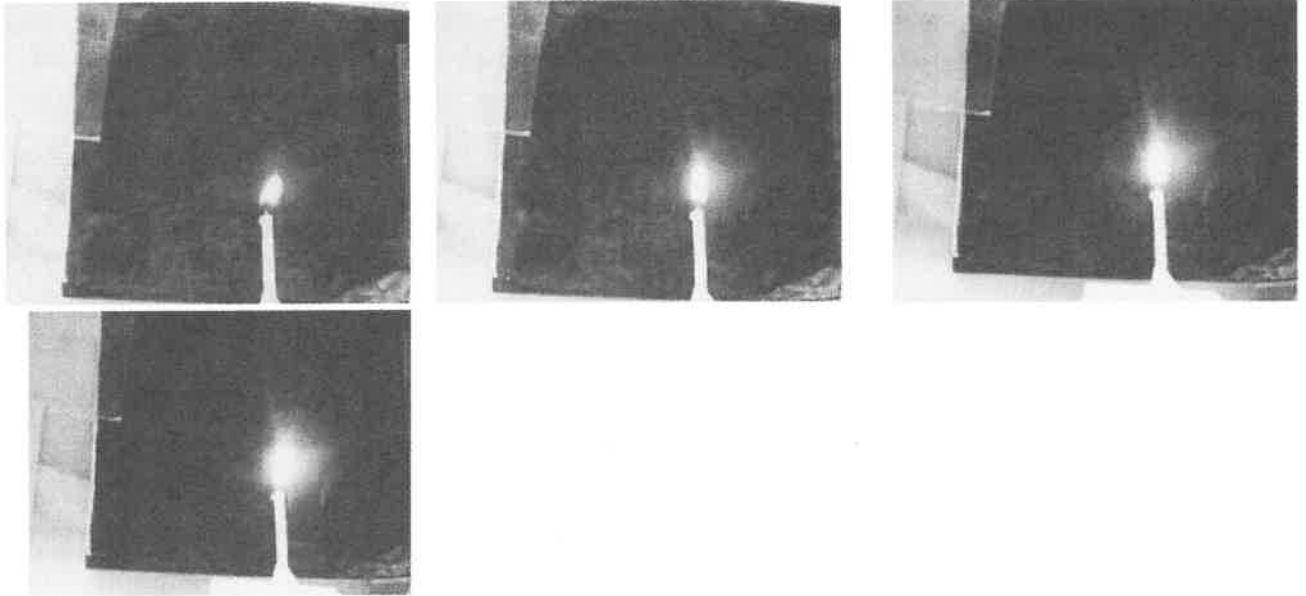


IV ロウソクの燃焼

予想では、無重量下において上昇気流は生じないために炎は球形となり、また、新しい酸素が供給されにくいために消えてしまう、ということであった。

しかし、実際に実験を行い、映像を確かめてみると、炎は確かに球形にはなったも

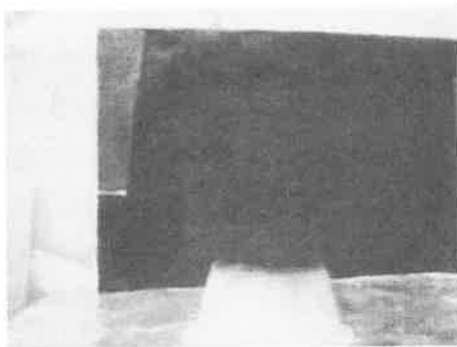
の、明るくなっただけであった。考えられることは滞空時間が短いため、炎が消える前の遷移期間が観察されたということである。炎が明るくなったことについては、無重量のため、蓄積した炭素の微粒子（スス）が不完全燃焼を起こし、その熱放射によって起こったものと思われる。



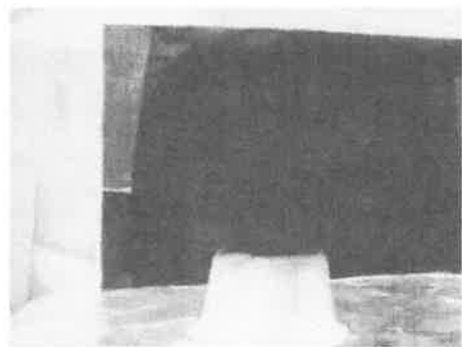
そのほかにプリン、線香の煙、水などを観察した。

プリン

重力下



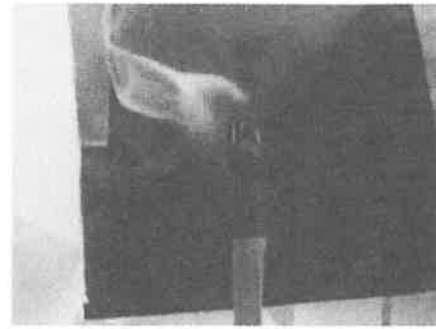
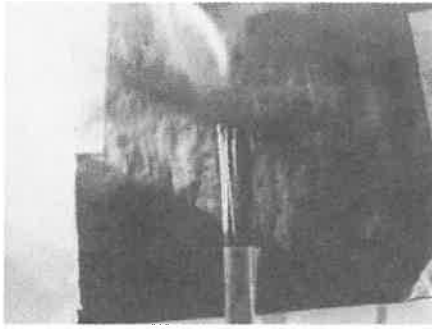
無重量下



線香の煙

重力下

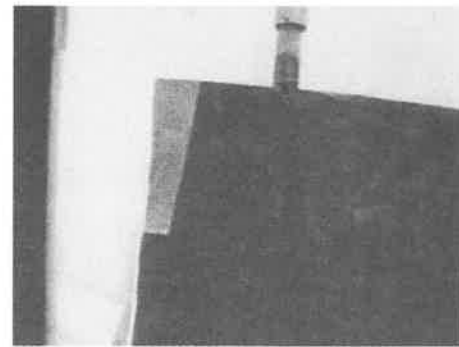
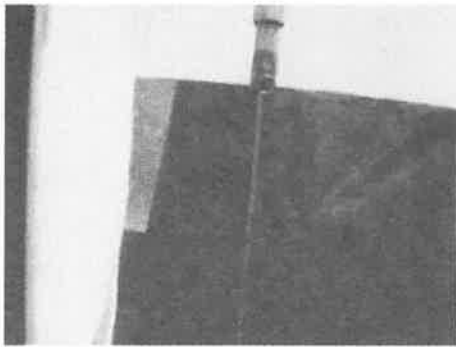
無重量下



水

重力下

無重量下



6 考察

まず実験装置を作るのに苦労し時間がかかった。なぜならば、実験を正確に行うためには、箱の回転を防ぎ、かつ内部のカメラと実験器具を保護するという二つの条件を少なくとも満たさなければならなかったからだ。試行錯誤の末に出来上がった装置(2号)は、この条件をうまく満たすことができ近似的ではあるが無重量下での物体の運動を観察できた。しかし、「ろうそく」と「煙」については、あまり満足のできる結果ではなかった。上記の両実験は予想段階においては、不燃物がたまりやがて炎は消える、ということであったが、実験装置の都合上あまり高い位置からの自由落下を行うことができなかつたので、期待していた結果を得るために必要な滞空時間を確保できず、最後まで観察できなかったからだ。

そこでこれからの課題としては、いかに滞空時間を長くし落下時の衝撃を和らげるかということである。また滞空時間を長くすると、空気抵抗も無視できなくなるので、より真空に近い条件下での実験が望まれる。また機会があれば挑戦したいが、技術的資金的な面から実現は困難と思われるので、ここではあくまで理想の実験装置を記すことに留めておく。

今後の展望

より正確な実験を行うためには以下のような実験装置、条件が望ましい。

- ・高さ約 8000m を越える山に穴を掘り、中を真空状態にして空気抵抗をなくす。
- ・装置の回転を防ぐためにほとんど摩擦の無視できるレールを設置する。
- ・装置を自由落下させた後に上向きに 34N の力をかけ続け 11 秒かけて実験装置を停止させる。

こうすることで無重量状態を約 30 秒観察できる。この実験方法における利点は実験を真空下で行うので、それに伴う空気抵抗がなくなる。

感想

この実験を通し、簡単な原理の実験であっても期待する結果を得ることの難しさを痛感した。しかし、だからこそ紙の上での計算したこと、推考したことが、その通りの結果となった時は非常にうれしかった。また予想の段階では考えもつかなかった現象を目の当たりにした時、実験の持つ意味を感じ、そしてその現象を解明したいという気持ちが沸いてきた。これらのことは僕たちにとって貴重な経験となりました。高校生としての限界を感じることはしばしばあったが、その挑戦が常に実験を、そして僕たちを前進させてきたと思います。重量 17.0kg の箱が高さ 8m から自由落下する。その 1.28 秒の間、箱の中に詰まっていたのは我々の科学に対する計り知れない情熱と飽くなき探求心だったのかもしれない。