

小型ビデオカメラによる微小重力実験

県立湘南台高校 山本明利

またまた、NIFTY-Serve【理科の部屋】からヒントを得た実験です。

重力に身を任せて自由落下する観測者には、いわゆる「無重力状態」が実現するのはご承知の通りですが、これを実現するには一般に宇宙船などの大掛かりな実験設備が必要になります。したがって、私たちはせいぜい宇宙飛行の記録映像でこれを間接体験し、「自由落下するエレベーター」のような思考実験によって想像をたくましくするほかなかったのです。

しかし、小型のCCDビデオカメラの登場で、私たち一般人もその気になれば比較的簡単に、間接的ながら「無重力」を目の当たりにすることができるようになりました。要するに、実験対象を仕込んだ箱に小型ビデオカメラをとりつけて、カメラもろとも落下させればよいわけです。

とは言っても、ハンディカムのようなカメラを落下させたのでは壊れてしまいます。しかし、デッキ部を持たず、CCDと光学系だけが独立した超小型カメラを用いれば、極めて軽量でメカニカルな部分がないので衝撃にも強そうです。さらに、ビデオトランスミッターという小型送信機を用い、撮影した映像をワイヤレスで伝送し、室内アンテナで受信してビデオデッキで記録すれば、わずらわしいコードの処理も不要です。もちろん、カメラもトランスミッターもバッテリーで動作するものを用います。

以下は1995年12月に行った予備実験の概要です。下記の装置を段ボール箱などの中にセットし、ほんの一瞬の微小重力の世界を記録しました。

A : カラービデオカメラ《まめカム》 CCD-MC1 (SONY)

B : リチャージャブルバッテリーパック NP-55H (SONY)

C : ビデオトランスミッター UT-101 (UNIKOM)

D : カメラ固定用小型雲台

E : UHF用室内アンテナ TA-V2 (National)

F : ビデオデッキとモニターテレビ

Aのカメラはハンディカムやビデオウォークマンのアクセサリとして発売されているもので、ハンディカムの光学系と受光・撮像回路だけを独立させたようなものです。デッキ部はなく、単にビデオ／音声信号が取り出せるだけです。ハンディカム用の充電式バ

バッテリーで動作可能です。映像信号はこのカメラで撮影し、即、電波にのせて送信し、室内に置いたアンテナEで受信してFのVTRデッキで記録すると共に、モニターに出力してリアルタイムで観察します。映像信号をUHFの電波に変換するのがトランスミッターCです。たまたま手元にあった安物で、これもバッテリー（006P）で動作します。重量はカメラ、バッテリー、トランスミッターで計625gと軽量です。（図1）

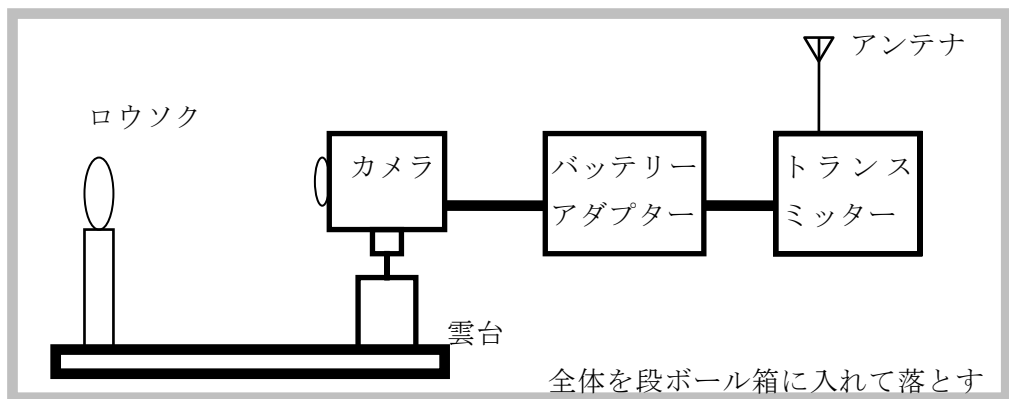


図1 カメラ(左)とトランスミッター(右)

【実験1】微小重力下のロウソク

カメラの前でロウソクをともしてカメラ・トランスミッターと共に箱に入れ（箱は風防代り）、両手で頭上まで持ち上げて箱もろとも床に落下させます。無重力になると空気の対流が起きないので、長く伸びたロウソクの炎が丸くなるのが観察できるのでは？という実験です。ロウソク自身が光源なので撮影も楽です。概念図を図2に示します。

図2



もちろん、衝撃に備えて回路部とトランスミッターは緩衝材で保護した後、段ボール箱内部にガムテープで固定、カメラ部はむき出しですが、ふっとばないように板に固定して箱の底にはりつけました。ロウソクも同じ板の上に立ててカメラの角度を調整しておきます。床にも緩衝材を敷いておきます。

さて、ロウソクに火をともし、段ボールのふたをして、火が段ボールに燃え移らないように注意しながら、頭の上まで持ちあげて箱ごと自由落下。落下距離2m程ですので、実験は1秒もかからずに終わります。トランスミッターが動くことによる画像の乱れもなく、床との衝突の瞬間もはっきりとらえられます。コマ送りで観察すると1秒足らずの実験も

ゆっくり観察できますから十分実用になります。

微小重力下のロウソクの炎をコマ送りで詳しく観察すると、落下しはじめる直前まで長く伸びていた炎（図3 a）が、落下の瞬間急に半分以下の長さに縮み、火勢が衰えるように見えます（図3 b）。空気の流れが悪くなって酸素の供給が不足するためでしょう。しかし、炎は完全に丸くはならず、やはり紡錘形をしています。原因はよくわかりませんが、空気の流れが若干はあることになります。箱が受ける空気抵抗で、完全な無重力にはならないためかも知れません。

そして、床への激突の瞬間、炎は平常燃焼時よりも極端に伸びて（図3 c）、直後に衝撃のため消えます。炎が伸びるのは炎の周りに瞬間的な強い気流が生じていることを示します。おそらく急減速の際、上向きの大きな加速度のせいで（みかけの）重力が増し、浮力も大きくなるので強い上昇気流が発生するのだろう考えられます。もちろん一瞬のことですが。



図3

(a)

(b)

(c)

(a) 落下前の炎の状態（長く伸びて明るく燃えている）

(b) 落下中の炎の状態（炎は縮んで暗くなるが、なぜか球形ではない）

(c) 床に激突した瞬間（炎が一瞬極端に伸びて燃え上がり、直後に消える）

【実験2】微小重力下の単振り子

次に、カメラの前で小さな単振り子を揺らしておいて、箱ごと自由落下させます。0 Gのもとでは振り子は振動できないはずですが。

落とすタイミングがけっこうむずかしくて、振幅いっぱいまで振れた瞬間に手を放すと、初速度が0ですので糸が傾いたまま静止しています（図4）。では、振り子が速度を持っている時に手を放すとどうなると思いますか？

答えは、「等速円運動をする」です。糸と直角な方向に初速度がありますのでそのまま糸を緊張させつつ等速円運動に入り、やがて壁や天井にぶつかることになります。実験では箱が小さかったのですぐに壁に激突して運動は乱れてしまいましたが、直前まで小幅に振れていたのが振幅を越えて運動するようすが観察できました。

この実験では採光のため箱を段ボールからプラスチックの虫かごにかえて、外界が見えるようにしてみました。落下物体からの視点もそれなりにおもしろいですが、つい動く背景の方を見てしまいますので善し悪しです。



図 4

【謝辞】

以上、急ごしらの微小重力実験のあらましをご報告しました。この予備実験をもとに、もう少し汎用性の高い「微小重力実験箱」を製作してみたいと思っています。なお、冒頭に述べたように、この実験は【理科の部屋】の話題からヒントを得て実現したものです。極めて有用な示唆を与えてくださった、檀上さん、鵜沼さん、薬師さん、HAN. さんにこの場を借りて御礼申し上げます。