

目の前の宇宙空間 小型ビデオカメラによる微小重力実験

山本明利（神奈川県立湘南台高等学校）

1. 宇宙へのあこがれ

筆者は米ソの宇宙計画が壮絶にしのぎを削っていた頃に少年時代を過ごし、アポロ計画が華やかな成功を収めた頃に青春を迎えた。その間の興味とあこがれはもっぱら「宇宙」にあって、「宇宙空間とはどんなところだろう」と思いをめぐらすことが多かった。自分の進路決定も「宇宙」に大きな影響を受けていたと思う。

今日、TVでオンエアされているアニメなどにも宇宙を舞台にしたものが少なからずあり、子供の興味を喚起していると思う。筆者は現在、高等学校の教壇に立っているが、やはり地上のありふれた現象の話よりは、宇宙ネタの方が生徒の関心が高くうけがよい。生徒の心理としては宇宙飛行士という選ばれたヒーローへのあこがれももちろんあるが、映像を通して見るいわゆる「無重力」という不思議な世界への好奇心は尽きないようだ。

しかし、彼らはともすればそれを全く別世界のこととして、自分の住む地上の環境や一般的な物理法則と切り離して考えてしまう傾向がある。そもそも宇宙では物理法則が全く異なるかのような錯覚・・・例えば宇宙では全ての物が重さを失うので、どんなに質量の大きなものでも軽々動くとか、無重力と真空を混同するとかいう勘違いをしがちである。

彼らは望んでもそれを実際には体験できないのだから、そうした錯覚は無理もないと言えるかもしれない。しかし、重力や大気のないプレーンな物理空間を正しくイメージでき

ることは物理的思考の原点だから、このミスコンセプションを是正することは実は理科教育上極めて重要な意味を持つのだと思う。

2. 自由落下による微小重力実験

生徒の頭の中で、地上と宇宙を結び付けてイメージさせるにはどうしたらよいか。何とか宇宙を身近なものとして認識させたいと考えて筆者が授業で行っている実験教材の一つをご紹介します。

重力に身を任せて自由落下する観測者はいわゆる「無重力状態」を体験する。これを実現するには一般にパラボリックフライトをする飛行機や、北海道・岐阜県にある落下塔施設のような大掛かりな実験設備が必要である。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。

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った。要するに、実験対象を仕込んだ実験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のである。

ハンディカムのようなカメラを落下させるのはリスクが大きすぎるが、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（市販品）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

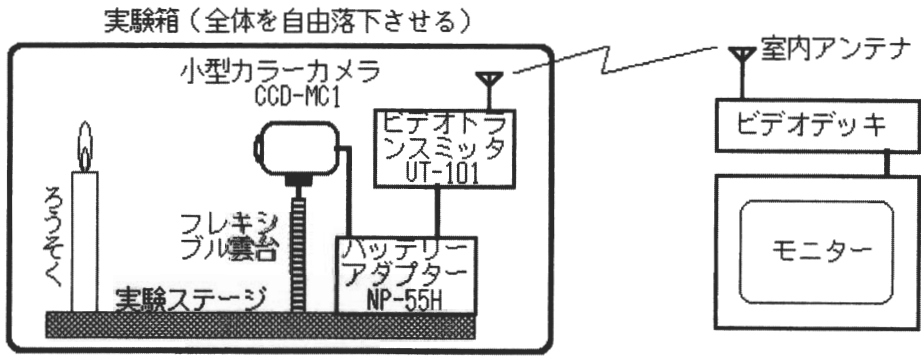


図1. 微小重力実験装置の構成

ある。わずらわしいコードの処理を避けるためには、カメラがとらえた映像をビデオトランスミッターにより UHF 電波で送信し、近くに室内アンテナを置いて受信すればよい(図1)。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る。使用した主な機材は

- ・カラービデオカメラ CCD-MC1 (SONY)
 - ・ビデオトランスミッター UT-101 (UNIKOM)
 - ・UHF 用室内アンテナ TA-V2 (National)
- である(図2)。

天井の高さがたかだか3mの教室では、落下時間は1秒にも満たず、つかの間の「ミニ宇宙」にすぎないが、映像はビデオに録画してあとからコマ送りでゆっくり観察することができる。

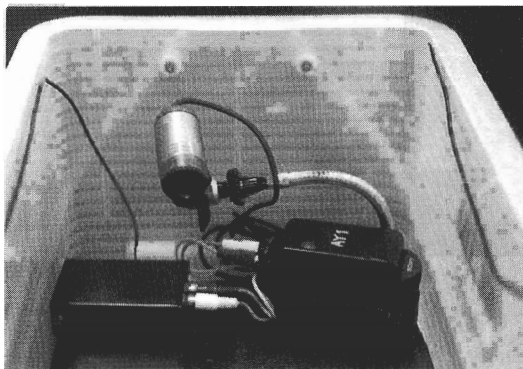


図2. CCDカメラとトランスミッター

図3は授業中の実験風景である。代表生徒が教卓上にのぼって天井付近から実験箱を落下させる。下では数名の生徒が空中にシートを広げてこれを受け止める。実験箱の中には振り子やろうそくをとりつけ、内部のようすをそばに置いたテレビで観察し、ビデオに録画しながら実験をすすめる。この体験を通じて生徒は目前に「ミニ宇宙」が実現していることを実感し、同時にそれが自分たちが日ごろ経験している世界と質的に異なることを肌で悟るのである。

なお、実験手順の詳細については文献 [3] に紹介してあるので参照されたい。

3. 微小重力下の単振り子の運動

実験の手始めは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

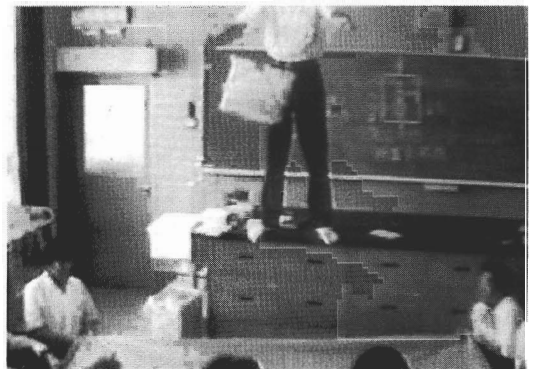


図3. 授業風景(ビデオ映像から)

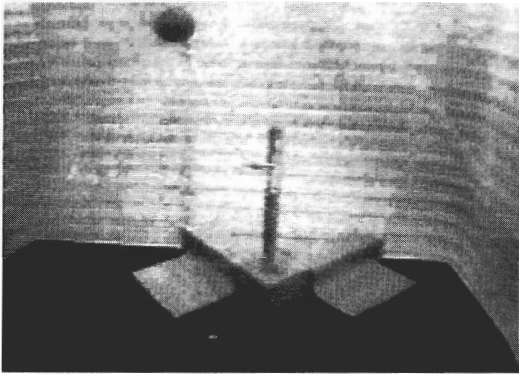


図4. 円運動する振り子（ビデオ映像から）

る。微小重力のもとでは振り子は振動できず、落とすタイミングによって、次の二つのパターンの運動を見せる。

すなわち、振幅いっぱいまで振れた瞬間に手を放すと、初速度が0なので糸が傾いたまま静止している。振り子が速度を持っている時に手を放せば、そのまま糸を緊張させつつ等速円運動に入るのが観察される（図4）。

4. 微小重力下のろうそく

カメラの前でろうそくをともして落下させ

ると、微小重力下での燃焼のようすが観察できる。ろうそく自身が光源なので撮影は楽であるが、実験箱を焼かないようにすばやく事を運ぶ必要がある。

ろうそくに火をともし、急いで箱のふたをして頭の上まで持ちあげ、箱ごと自由落下させる。落下距離は2 m程なので、実験は1秒もかからずに終わるが、あとからビデオをコマ送り再生すれば、経過を詳細に分析することができる。

はじめ図5のように紡錘形をして燃えているろうそくの炎は、落下中、図6のように極端に縮み、丸くなる。微小重力のもとでは対流が起こらず、酸素の供給が不足するからである。一方、実験箱が下で受け止められるときには、逆向きの加速度のために大きなみかけの重力を生じ、強い上昇気流で炎が一瞬長く伸び（図7）、吹き消される。

5. 目の前の宇宙・身近な宇宙

以上の実験は、実際の宇宙実験、落下塔実験や飛行機のパラボリックフライトによる実験に比べ、まことにささやかでけなげである

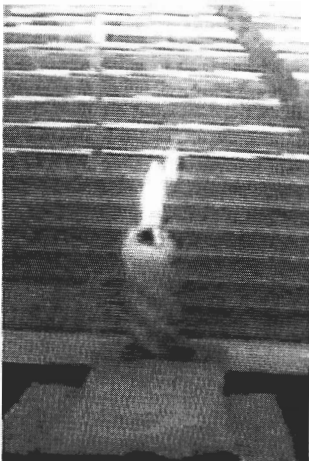


図5. 落下前

見慣れた紡錘形の炎である。（写真はいずれもビデオ映像から）



図6. 落下中

炎は縮んで丸くなる。

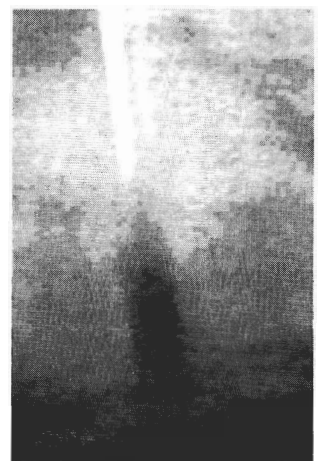


図7. 受け止めたとき

炎は一瞬伸びて吹き消される。

と言わざるを得ない。しかし、自分たちの手で実験を行い、自分たちの目の前で起こっている現象をリアルタイムに別の立場からも観察して比較することで、生徒たちは宇宙船内で起こっていることが特殊な現象ではないことを理解するようになる。ここで生徒は重要な一つの階段を登るのである。

ところで、わが国の国民には、宇宙開発、中でも有人宇宙飛行はアメリカやロシアが行なうもので、日本の出る幕ではないというビハインドな意識が潜在している。宇宙は空間的にも遠いが、意識の上ではもっと遠いのである。到底手の届かないところにあるという認識が、先のように宇宙を特殊化し、正しい理解を妨げている。教育上の困難な障壁の一つである。

しかし、邦人宇宙飛行士がスペースシャトルで活躍し、国際宇宙ステーションの一画に自前の実験棟 JEM を構えることが現実のものとなった今、わが国の理科教育も新たなステップを踏み出すときが来たと考える。すなわち宇宙を「身近な教材」としてもっと引き寄せることである。

例えば、玩具などを使った青少年向け宇宙実験はアメリカのスカイラブやスペースシャトルでも数々行われてきたが、中には生活文化の違いからわれわれ日本人にはびんとこないテーマも少なからずあった。日本人の感覚で選んだ、日本の子供たちにおなじみの身近な現象を、日本の実験モジュール内で日本語の解説のもとで実験することはまことに意義深いことである。たとえ内容が二番煎じであっても日本がそれを行うことに意義があるのである。重要なはその現象が子供にとって身近な現象であることだ。

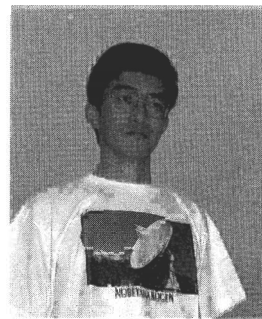
この小論でご紹介してきたものはどちらかというと物理教育の分野に属するが、天文教育にあっても、手の届かないものとして夜空をながめるだけにとどまらない体験的・直観的な教育法がもっと開発されてもよいと思

う。

国産の探査機が月や火星や小惑星をめざす時代がついにやってきたことはまことに喜ばしいことである。宇宙を身近なものとしてとらえ、理解し、さらなる探求活動を支持してくれる国民を育てていきたいものだと思う。

参考文献

- [1] 山本明利, 1996, 「小型ビデオカメラによる微小重力実験」, 物理教育通信第 83 号
- [2] 同報告の Web ページ
<http://www.fin.ne.jp/~tenjin/gravity.htm>
- [3] 山本明利, 1998, 「小型ビデオカメラで教室に宇宙を」, たのしくわかる物理実験事典 (左巻健男/滝川洋二編著), 東京書籍, pp.102-104



山本明利

tenjin@fin.ne.jp