

画像で学ぶ物の運動

大久保 政俊

(おおくぼ まさとし 物理研究室研究員)

物の運動の様子を画像にとりこんで分析できるソフトを異なる手法で2種類開発した。ホームページのhtml形式とdelphiで作成した実行形式の2つのソフトについて内容と使用方法を紹介する。

[キーワード] 中学校理科 高等学校理科 物体の運動 画像

1 はじめに

物体の運動を擬似的にシュミレートしたり、分析したりするソフトは数多くあるが、生徒が行った実験や屋外施設・自然の中で観察した物(体)の運動とむすびついたソフトはほとんどない。生徒の実験データ(物体の運動)を画像で表し、それを基に生徒が手軽に運動の特徴を分析して調べることができるソフトを2種類の仕様で開発した。

1つはホームページ上で解析できるようhtml言語(運動の様子を表すbitmap画像を再生するため一部 bisual basic scriptを使用)で作成した。microsoftが無償で提供しているインターネット関連ソフトさえあれば簡単に操作でき、学校現場で自由に使えるフリーソフトである。また、html, bisual basic script言語で作成しているためソースがオープンであり、自由に変更が可能である。

2つめはdelphi3.0で作成し、コンパイルして完全実行形式のプログラムを作成した。このソフトはビデオの画像をaviファイルとして保存しておけば、これを任意の速さで再生し解析できるようになっている。

以後、上記の1つめのソフトをホームページソフト、2つめのソフトを実行形式ソフトとして表示し、区別する。

2 ソフトの仕様

- (1) ソフト名 画像で学ぶ物の運動
- (2) ソフト分類 学習指導用, シミュレーション型
- (3) 校種 中学校・高等学校
- (4) 学年 中学校第3学年 高校該当学年
- (5) 教科・科目 中学校理科(第1分野) 高等学校 物理 I a, I b, II
- (6) 対応機種

① 機種: windows95が可動するパソコン(pentium130mh以上推奨)

② 画面表示：メモリが大きく、画面は640×480 256色の方が高速に表示できる。

(7) os :windows95

(8) ホームページソフトを動作するにあたって必要なソフトについて

(全てmicrosoftが無償で提供しているインターネット関連ソフト)

microsoft internet explorer 3.01日本語版for windows95 & nt4.0

3.02は一部プログラムが対応せず。(セキュリティを中にして使用すること)

htmlレイアウトコントロール for windows95 & nt4.0

activexコントロールのうちで

- ・microsoft forms 2.0コントロール

(activex control padをインストールすると同時にセットアップされる。)

- ・timerコントロール

(<http://www.microsoft.com/activex/gallery>からダウンロード。なお、ダウンロードしたコントロールはインターネットにつながっていないパソコンにもインストールできる。)

(9) ホームページソフトを作るにあたって使用した開発言語、ツールについて

(全てmicrosoftが無償で提供しているインターネット関連ソフト)

開発言語 html, bisualbasicscript

ツール activex control padおよび日本語入力用コンポーネント(setupjpn.exe)
エディタ(windows95付属のメモ帳など)

(10) 実行形式ソフトを動作するにあたって必要なソフトについて

完全実行形式のexeファイルになっているのでwindows95上では単独で実行できる。

(11) 実行形式ソフトを作るにあたって使用した開発言語、ツールについて

開発言語 objectpascal ツール delphi 3

ソフトの特徴

生徒自身が撮った実際の物体の運動を画像で表し、それを基にシュミレートしたり、分析することができる。

ホームページソフトはファイルがhtml, bisual basicscript言語で書かれているのでホームページ上でソフトが容易に配布できプログラムソースがオープンである。また自由に自分の用途に合わせて変更が可能であり真のフリーソフトである。

実行形式ソフトはファイルのサイズが376kbと小さく、フロッピー等で配布でき、フロッピー上から起動でき、自由に利用出来る。

4 ソフトの内容・機能

(1) 物体の運動に関して画像を任意の速さで再生させたり、コマ送り戻しができる。

また、ホームページソフトでは全コマ表示もできる。

- (2) コマ送りしながら物体の位置をマウスでクリックすると物体の運動の軌跡のマークをつけることができる。また画面に定規を表示して定規上にマークをつけることも可能である。マークをつけたままで画像を連続再生して運動を確認できる。
- (3) 単振動については初期位相、角速度をいろいろと変えて調べることができる。
- (4) プレゼンテーションやシュミレーションが可能。
- (5) 画像を変更することで屋外での物の運動の分析が可能

5 利用方法

(1) 教育課程での位置づけ

<中学校>

理科実験を支援し充実させるためにコンピュータを必要に応じて適切に活用する。

<高等学校>

コンピュータの利用に当たっては、実験のシュミレーション、グラフィックの活用など、多様な活用方法を工夫するとともに、他の指導と有機的に組み合わせることが望まれる。

コンピュータの利用に当たっては、シュミレーションなどの疑似体験のみに頼って実際の観察、実験の怠ることのないようにする。

以上の学習指導要領の注意事項をうけて、実際に実験や観察した物体の運動をもとにそのビデオ画像をコンピュータに取り込み、視覚的に分析させることで疑似体験のみにならないように配慮している。

(2) 学習の形態

生徒による個別学習あるいはグループ学習にもとづく発表形式

(3) 進め方

- ① 1時限目に生徒個人またはグループで録画したビデオカメラの映像（室内での実験、屋外や自然の中での物の運動の映像）を予め教師がコンピュータにビデオキャプチャで取り込み、必要なコマ数をbmp、aviファイルとして編集する。
- ② 2時限目に生徒に自分の録画した物体の運動をソフトを使って調べさせる。調べた結果や問題点をお互いにコンピュータの画面を使ってプレゼンテーションしながら発表させる。

6 ホームページソフトの動かし方

a 自由落下運動

- (1) 自由落下.htmファイルをダブルクリックすると、internet explorer が起動して全画面表示になる。「全画面モード切り替え」のボタンを左クリックするごとに、全画面表示と通常表示が交互に切り替わる。
- (2) 自由落下のbmpファイル8個を ms間隔で切り替えさせて連続再生するので整数を入れ

て（1秒間隔の時は1000）、「連続再生・停止」をクリックすると繰り返し連続表示される。再度クリックすると停止する。コマの位置はスクロールバー・コントロールの左から右の動きで表示される。



図1 連続再生

- (3) 連続再生を停止させて、コマ送り、戻しをさせることができる。「1コマ進む」「1コマ戻る」のボタンをクリックするとそれぞれ画面が1コマ進んだり、戻ったりする。それに合わせてスクロールバーコントロールが動く。スクロールバーをドラッグしてコマ送りもできる。
- (4) 「全コマ表示・消去」のボタンをクリックすると全コマ表示（8コマの物体の落下の様子を合成した画面表示）になる。（図2）再度クリックすると前のコマに戻る。



図2 全コマ表示

(5) 落下する物体の位置を画面上にマークすることができる。(図3)

1コマ送りしながら、あるいはスロー再生(時間間隔を5000程度にして連続再生)させながら画面上の物体の上にカーソルを置いて左クリックすると**赤いマーク**がつく。



図3 マークを表示

コマが動かない間はマークの位置は上記の方法で変更可能である。コマ送りされてもマークは消えずに残っている。マークを付け終わった後で、連続再生させたり、コマ送りさせたり、あるいは全コマ表示させたりして物体の運動の様子を調べることができる。またマークを消去させたり、マークを戻すことができるので(画面上の「マーク～」ボタンを押す)、連続再生しながら、マークの消去・戻しを押すとプレゼンテーションとしてより効果的である。

(6) 定規を画面表示させながら(「定規表示」のボタンをクリックする)、物体の上にカーソルを置いてクリックすると、**定規の上にマークがつく**。(図4) 画像の中に基準の長さになるものを写しておく、この長さで定規の目盛りを比較換算して実際の落下距離を計算できるので定量的に落下距離を調べることができる。



b 放物運動（動いているホバークラフトに乗って真上にボールを投げる）

- (1) 放物運動.htmファイルをダブルクリックすると、internet explorer が起動して全画面表示になる。「全画面モード切り替え」のボタンを左クリックするごとに、全画面表示と通常表示が交互に切り替わる。
- (2) 放物運動のbmpファイル16個をms間隔で切り替えさせて連続再生するので整数を入れて（1秒間隔の時は1000）、「連続再生・停止」をクリックすると繰り返し連続表示される。再度クリックすると停止する。

コマの位置はスクロールバー・コントロールの左から右の動きで表示される。（図5）

- (3) 連続再生を停止させて、コマ送り、戻しをさせることができる。

「1コマ進む」「1コマ戻る」のボタンをクリックするとそれぞれ画面が1コマ進んだり、戻ったりする。それに合わせてスクロールバーコントロールが動く。スクロールバーをドラッグしてコマ送りもできる。



図5 連続再生

- (4) 「全コマ表示・消去」のボタンをクリックすると全コマ表示（16コマの放物運動の様子を合成した画面表示）になる。（図6）再度クリックすると前のコマに戻る。



図6 全コマ表示

(5) 放物運動するボール位置を画面上にマークすることができる。(図7) 1コマ送りしながら、あるいはスロー再生(時間間隔を5000程度にして連続再生)させながら画面上のボールの上にカーソルを置いて左クリックすると赤いマークがつく。コマが動かない間はマークの位置は上記の方法で変更可能である。コマ送りされてもマークは消えずに残っている。マークを付け終わった後で、連続再生させたり、コマ送りさせたり、あるいは全コマ表示させたりしてボールの運動の様子を調べることができる。また、マークを消去させたり、マークを戻すことができるので(画面上の「マーク～」ボタンを押す)、連続再生しながら、マークの消去・戻しを押すとより効果的である。



図7 マークを表示

(6) 定規を画面表示させながら(「定規表示」のボタンをクリックする) ボールの上にカーソルを置いてクリックすると**ボールの上と二つの定規の上にマークがつく**。(図8)



図8 定規を表示

ボールのマークから放物運動が理解できる。さらに水平の定規のマークから水平方向は等速直線運動を，垂直の定規のマークから垂直方向は，鉛直投射運動をしていることがわかる。定規およびマークを表示させて，コマ送り，連続再生，全コマ表示をするとより効果的である。また，マークを表示させた後，一旦消去させて，連続再生しながら「マーク戻し」をクリックすると，プレゼンテーションとしても効果的である

[次へ進む](#)[前に戻る](#)[研究紀要のページへ戻る](#)

c 単振動と円運動（ばねにつるした鉄球の運動と円運動との関係）

- (1) 単振動円.htmファイルをダブルクリックすると、internet explorer が起動して全画面表示になる。「全画面モード切り替え」のボタンを左クリックするごとに、全画面表示と通常表示が交互に切り替わる。

＜単振動の連続再生・コマ送り＞

- (2) 単振動のbmpファイル18個を ms間隔で切り替えさせて連続再生するので整数を入れて（1秒間隔の時は1000）、「単振動連続再生・停止」をクリックすると繰り返し連続表示される。（図10）

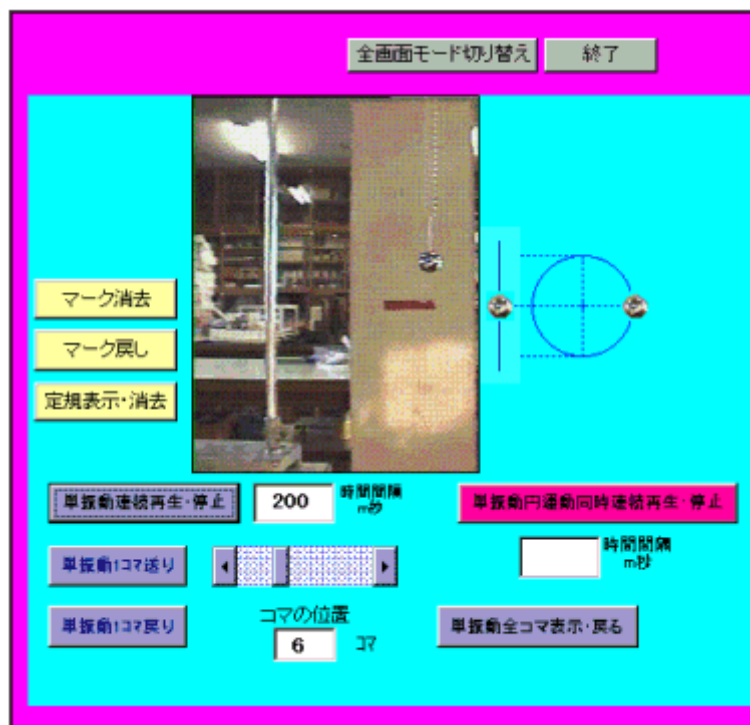


図10 連続再生

再度クリックすると停止する。コマの位置はスクロールバー・コントロールの左から右の動きおよびコマの位置の数字で表示される。

- (3) 連続再生を停止させて、コマ送り、戻しをさせることができる。「1コマ送り」「1コマ戻る」のボタンをクリックするとそれぞれ画面が1コマ進んだり、戻ったりする。それに合わせてスクロールバーコントロールが動く。スクロールバーをドラッグしてコマ送りもできる。
- (4) 「単振動全コマ表示・消去」のボタンをクリックすると全コマ表示（18コマの単振動の様子を水平に合成した画面表示）になる。（図11）再度クリックすると前のコマに戻る。

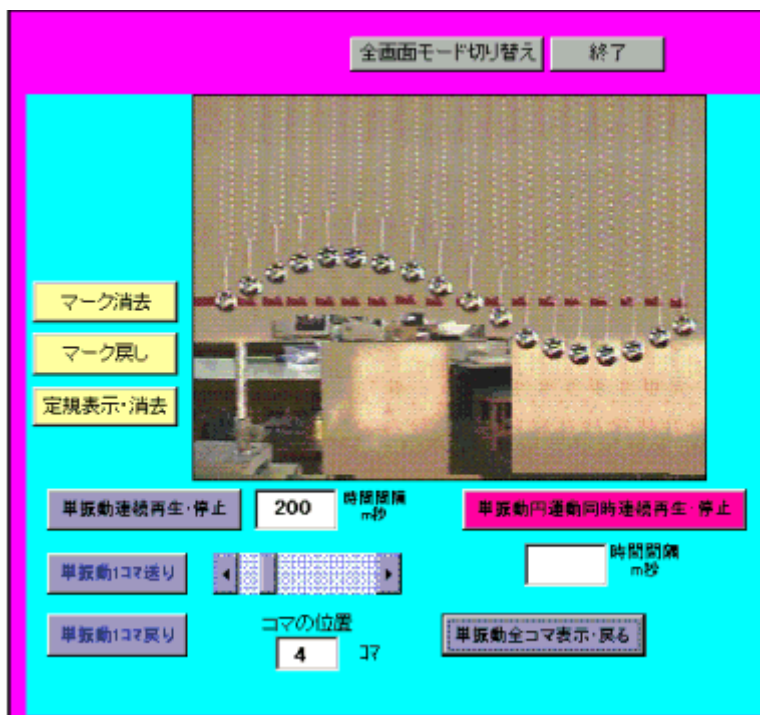


図11 全コマ表示

(5) 単振動する球の位置を画面上にマークすることができる。詳細はb放物運動の(5)を参照のこと

(6) 定規を画面表示させながら(「定規表示」のボタンをクリックする), 球の上にカーソルを置いてクリックすると, 定規の上にマークがつく。詳細はa自由落下の(6)を参照のこと

<円運動の連続再生・コマ送り>

(7) 角速度(1コマ当たりの角度, 単位は度)と再生速度の値を整数で入れて, 「円運動連続再生・停止」のボタンをクリックすると円運動および円運動の垂直方向への射影が連続的に表示される。(初期位相の値は始めは0度になっているが値を入れてクリックすると変更することができる。)停止させるとその時点の円運動の球の角度(水平軸から左回りに正の角度で計る)が初期位相の角度として表示される。

(8) 連続再生を停止させて, コマ送り, 戻しをさせることができる。それに合わせて画像に表示されている円運動の球の初期位相の値が変化する。

<単振動と円運動の同時連続再生>

(9) 「単振動円運動同時連続再生・停止」のボタンをクリックすると単振動と円運動が同時に連続再生する。初期位相を0度, 角速度を20度にすると**円運動の垂直方向への射影の球と単振動の球の動きが同期して, 単振動と円運動が対応していることがわかる。**(図12)

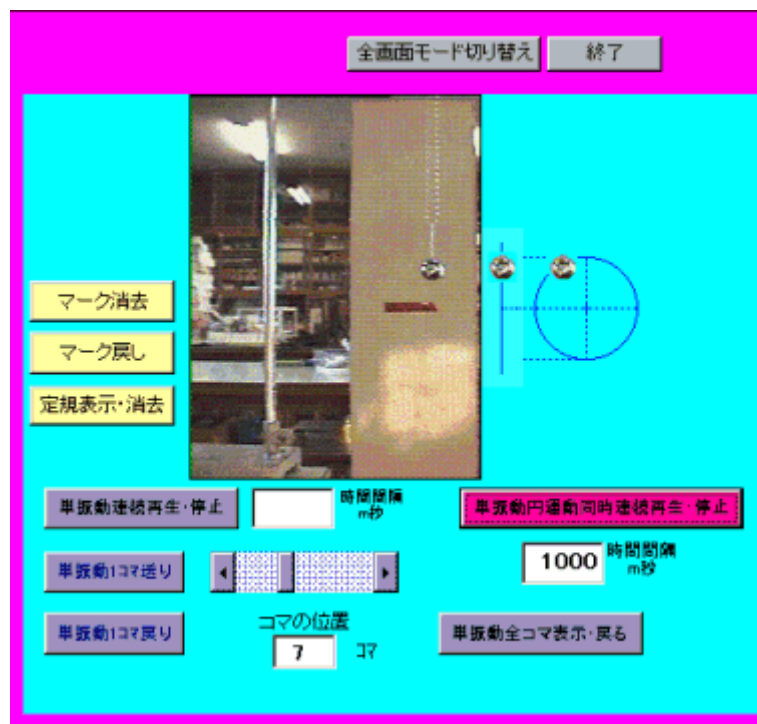


図12 単振動と円運動の同時連続再生

連続再生しながら単振動のコマ送り，戻りや円運動のコマ送りや戻しをすることによって位相をずらすことができる。生徒達には初期位相や角速度をいろいろ変えて，また単振動や円運動の始まりのコマの番号を変えたりしてシュミレーションさせることで単振動と円運動の関係について学習することができる。その際，単振動の全コマ表示より1周期に18コマあるので角速度（1コマ当たりの角度）が20度（ $360^\circ / 18$ ）であることを理解させることがポイントになる。

[次へ進む](#)
[前に戻る](#)
[研究紀要のページへ戻る](#)

6 実行形式ソフトの動かし方

(1) 運動. exeをクリックすると図13のような画面が起動する。

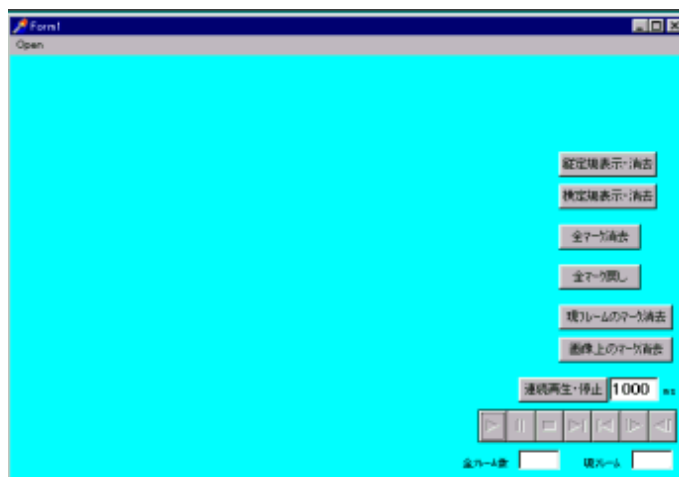


図13 起動画面

- (2) 左クリックするとファイル選択のダイアログが現れるのでavi ファイルを読み込む。
- (3) 読み込み可能なファイルはフレーム数が最大90フレーム(90コマ)である。
- (4) 読み込みが終わると一度avi ファイルを再生し、最後のフレームで止まる。



また再生の間に、フレーム数に等しいマークを作る。avi ファイルの画面サイズの大小にかかわらず、図14の大きさに常に再生する。avi ファイルは、ハードディスクのような高速で読み込みできるドライブにコピーしたほうが良い。



図14 avi ファイルの読み込み

- (5) 任意の速さで再生できる。1 フレームの切り替わる速度の値を入れる。1000で1秒

である。

- (6) 1フレーム進めるごとに画面上の物体を左クリックすると赤マークが、右クリックすると青マークがはりつく。
- (7) 同じフレームの画面上で再度クリックするとマークが移動し何度でも修正が可能である。消す時は現フレームマーク消去をクリックする。
- (8) 1つのフレーム画面に赤と青のマークをはりつけることができるので、周期的な運動（単振動，円運動）や2物体の衝突の軌跡を印すのに便利である。
- (9) このマークは画面を再生しても消えないので運動の軌跡を調べるのに有効である。再生しながら，マークを消去したり，戻したりすると効果的である。

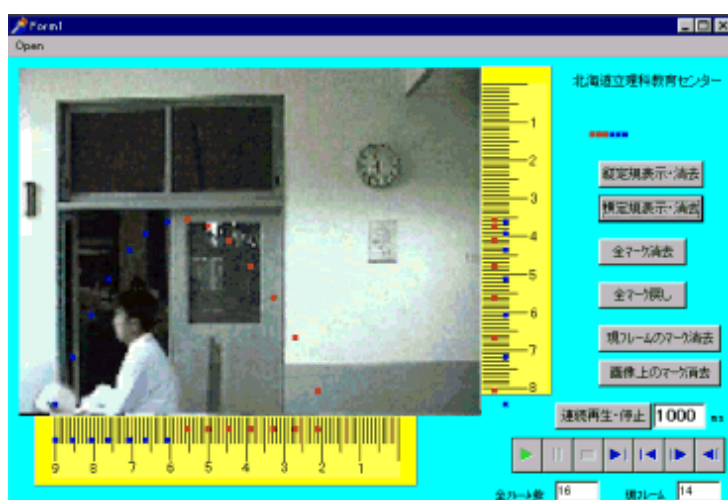


図15 放物運動

図15は縦，横の定規を表示してホバークラフトから投げ出されたボールの軌跡を調べているところです。定規についてのマークから放物運動上での水平，垂直の運動が理解できる。上昇中は赤マーク，下降中は青マークをつけて定規上でマークが重ならないように区別している。

7 実践例

- (1) 理科センターでの理科教員研修講座（中学理科・高校物理）の中で実施

センターのコンピューターのビデオキャプチャーボードにビデオカメラの映像を直接取り込み，ソフトで解析を行う。基本的な運動として自由落下運動（卓球のラケットを落下させたときの重心の運動。あらかじめラケットの重心にビニルテープを貼っておく），放物運動（手作りの掃除機の送風機を利用したホバークラフトに乗ってバレーボールを真上に投げたときの運動），等速直線運動（滑走台をすべるドライアイスの運動）をとりあげている。また発展として戸外に出かけて自動車や自転車の運動をビデオに撮ってきて分析している。

- (2) 北海道中学校理科教育研究会札幌大会

公開授業 1997年11月7日

運動とエネルギー 物体の運動と速さ

「力がはたらかないときはどのような運動をするか」

授業者 長内 康志 教諭

生徒 札幌市立向陵中学校 3年6組

「授業内容」

3年生の教科書の加速度運動・等速直線運動を学習した後に次に述べる結論に到達するまでの授業を展開した。

「放物運動は一見落下運動や等速直線運動とは別次元のものに見えるがその実縦方向の等加速度運動と横方向の等速直線運動の合成の結果に過ぎない。」

走っているトラックの荷台でジャンプするとどこに落ちるかという課題を生徒に提示し自作の慣性実験器（台車からの球の打ち上げ）を使ってグループ毎に実験をデジタルカメラで連続撮影し画像を分析する。具体的には透明シートに連続写真からボールの軌跡を写しとらせさらにボールの軌跡から縦方向または横方向だけのボールの位置の変化を一直線上に表してみる。その結果 縦方向は鉛直投げ上げ運動横方向は台車とともに等速直線運動をしていることを視覚的・直感的に発見させる。生徒との討議の後最後の結論を確認・解説する場面でより説得力のある”納得”を生徒に与えるため物体の運動解析ができる本ソフトを使ってコンピュータ画像を見せる。

8 おわりに

動画や静止画をコンピュータに取り込むことが、windows95では容易になり、目の前の運動をリアルタイムに調べることが可能になった。そこで画像を分析するソフトを2種類開発した。1つはホームページ上で動くソフトであり、広く実験の分析結果を知らせることができる。2つめは完全実行形式のソフト（delphiで作成）であり単独で容易に動かすことができる。これらのソフトを使うことより、従来の記録タイマーと較べ運動の様子が直感的に理解しやすく、理論値と比較することも可能となった。

参考文献

- 1) 田中 尚 物理実験教材の開発とその指導 に関する研究Ⅴ ―パソコン計測の活用―
岡山県教育センター 1997
- 2) 渡辺 祐治 ビデオ画像を利用した運動解析（Ⅰ） ―自由落下と斜方投射―
科学技術教育研究紀要・第7号 三重県総合 教育センター 1997
- 3) 互野 恭治 try pc 7 cq出版社1997
- 4) ホームページ上で動くソフトは、
平成9年度第13回学習ソフトウェアコンクールで文部大臣奨励賞を受賞している。

（おおくぼ まさとし 物理研究室研究員）

[前に戻る](#) [研究紀要のページへ戻る](#)