

# 市販の高速度デジタルカメラを使った マルチメディア教材の作成について

室谷 心

## 〈 目 次 〉

1. はじめに
2. 機材の仕様
3. 準備撮影
4. 科学の祭典当日
5. まとめ

## 1、はじめに

2008年春に発売されたハイスピードカメラ CASIO PRO EXILIM EX-F1 は高速読み出しが可能な CMOS 映像素子を搭載し、秒間1200フレーム（1200fps）の動画撮影のできる家庭用デジタルカメラとして注目された。本体実売価格が10万円以下ということもあり、高校など学校での理科教材作成を目的として購入された例も多い。実際に教材作成の道具として、すでにいくつかの活用例も報告されている [1,2]。

我々は、CASIO EXILIM PRO EX-F1と、2009年6月にCASIOにより公開された「パソコンによる EXILIM PRO EX-F1制御システム」をインストールしたノートパソコンとを USB 接続して、「2009青少年のための科学の祭典・松本大会」（2009年8月1日、8月2日）において演示実験を行った。教材作成ツールとしての使い勝手や必要な機材など、今後の教材作成に役立つような点をまとめて報告したい。

## 2、機材の仕様

カシオのハイスピードカメラ CASIO EXILIM PRO EX-F1は映像素子として、有効画素数600万ピクセルの1/1.8型高速 CMOS を搭載し、毎秒60枚の連写（静止画の連続撮影）が可能である。また動画に関しては、画像サイズ1920×1080ピクセル、フレームレート60fields/秒（progressive JPEG）のフル HD ムービーが撮影可能であるだけでなく、1秒間に1200fps（秒間1200フレーム インターレース方式）までのハイスピード動画が撮影可能である。ただし、高速の動画の場合には、音声の録音はできず、さらに、1フレームの画素数も少なくなる（表1）。

佐藤 [2] は高速度撮影ビデオのコマ送り画像から座標を読み取り重力加速度の測定実験をやっているが、このような正確な時間間隔が必要となる場合には、表2の右欄にあげた数値が必要となる。この半端な数値はテレビの規格である NTSC（29.97fps インターレース）との親和性からであろう [3]。

表1. 高速動画の秒間フレーム数と画素数

1秒間のフレーム数	ピクセル数	正確なフレーム数[3]
30-300 fps	512 × 384=196608	
300 fps,	512 × 384=196608	299.7 fps
600 fps	432 × 192=82944	599.4 fps
1200 fps	336 × 96=32256	1193.6 fps

高速度撮影した動画を通常再生すると、スローモーションの映像となる。通常の動画の規格はテレビの NTSC で約30fps なので、再生時には300fpsの動画で10倍、600fpsで撮影した動画で20倍、1200fpsで撮影した動画の場合には40倍に時間を引き延ばしたスローモーションとなる。

最近の標準的なデジタルカメラとして、焦点距離を連続的に変化させるズーム機能もついているが、高速動画の撮影中にはズーム機能は働かない。また、オートフォーカス機能や明るさを調節する自動絞機能も撮影開始時に固定される。マニュアルでのピントや絞りの設定も可能であるが、いずれにしても高速動画の撮影中に変更することはできない。

高速度モードでの撮影は、一度に撮影できる動画のファイルサイズは4GBが限界であり、説明書によれば SD メモリーカードに録画する場合に、1GBあたりだいたい7分程度のシーンを撮

影録画できる。録画形式は QuickTime の MOV 形式である。データ圧縮がかかっているため、実際に記録された動画のファイルサイズは画像の内容によって変動する。このカメラの場合、高速撮影のモードでは撮影速度 (fps) が大きくなるに従って画素数が小さくなっているため、撮影時間とデータサイズの関係は、圧縮効率によってデータごとに多少の変動はあるが、撮影速度によらずほぼ一定である。

### 3、準備撮影

科学の祭典当日は、来客者の実際の動画を撮影したが、スクリーンに投影するデモ用に、いくつかの動画を撮影してみた (表 2)。



図 1 水風船の破裂の様子 1200fps. 連続した 3 フレーム.

撮影した動画から静止画を切り出した例が図 1 - 図 3 である。図 1 の風船の破裂シーンは、カシオがこのデジタルカメラの商業に使用している事象であり、メーカーの宣伝同様の印象的なシーンを簡単に撮影することができた。撮影現場が晴天の屋外であったため、明るさも十分に特に照明の必要はなかった。図 1 は 1200fps で撮影した動画の連続した 3 コマの画像であり、風船のゴムが収縮していく様子とゴムがなくなった水面から水が飛び散る様子がハッキリと写っている。

表2 デモ用に高速度撮影した動画

事象	撮影速度	撮影環境
水風船の破裂	1200fps	屋外・晴天
水滴・ミルククラウン	1200fps 600fps	屋内
ライター着火	600fps	屋内
マッチ着火	600fps	屋内
逆立ちごま	300fps	屋内

図2はミルクの滴の落下とミルククラウンである。室内で1200fpsで撮影したために、卓上の電気スタンドを照明に使ったが、明るさが十分ではなかった。また、このカメラの弱点としてマクロ撮影能力が低いため、水滴のような小さなものははっきりと撮ることが難しい。もっと強力な照明をあてて十分に明るくすれば、自動調節の絞りがもっと絞られ、その結果被写界深度が深くなって、より広い範囲でピントの合った画像を得ることができたであろう。

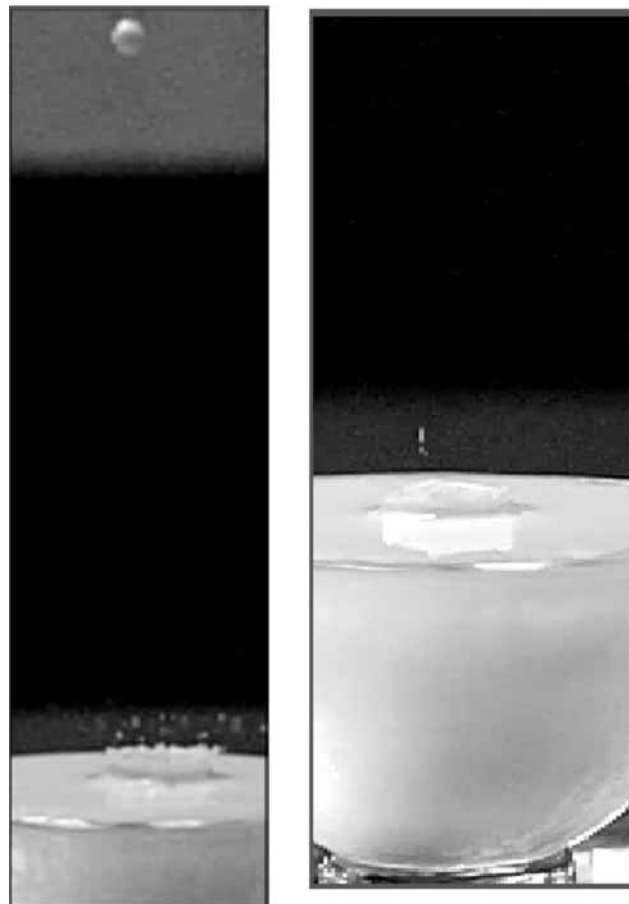


図2 ミルククラウン1200fps (左) と600fps (右)

ミルククラウンの場合、1200fps (図2左) では、盛り上がった王冠の縁から飛び出る小さな水滴が写っているが、600fps (図2右) で撮影した際には、大きな波の様子はきれいに撮れるが、小さな水滴は撮影することができなかった。ここでは静止画の連続撮影ではなくインターレースモードの動画を撮っているので画面上を走定しており、各瞬間の様子が正確に捉えられているわけではない。動画を制止させた場合も、得られた画像は動画の1フレームの時間尺度によって阻止化され

た映像と考えるべきである。図2の結果から、ミルククラウンの現象に関しては、600fpsと1200fpsの間で、決定的な時間尺度の違いがあると考えられる。また落下中のミルクの滴も1200fpsで撮るときちんと球形に写るが、600fpsの場合には像が流れてしまって形がはっきりとは見えない。

図3はライターの着火の様子で、600fpsで撮影した。静止画で見てもあまり明瞭ではないが、動画で見ると火花が跳んだ後にガスが広がり引火する様子がはっきりと見て取れる。



図3 ライターの着火の瞬間600fpsで撮影

表2に上げた動画を科学の祭典でのデモ用動画として準備した。前章のカメラの規格のところで述べたように、高速度撮影した動画は、再生時にはスローモーションになり、10倍から40倍の時間がかかる。したがって、撮影時では一瞬の間であったものが再生時には長い退屈な待ち時間となる。デモ用の動画として利用する場合には、編集して不要部分を極力切っておくことが不可欠である。動画編集には色々なソフトが市販されているが、特に高価なものは必要ない。今回はTMPGEnc 4.0 Xpress (2006年版)を利用した。

高速度でみるべき現象は瞬間的な現象が多いので、高速度撮影した動画であっても再生時に必要な部分はそれほど長いものではない。不要な待ち時間部分をカットした編集後は、今回のデモ用の動画のファイルサイズはいずれも数MB程度であった。

#### 4、科学の祭典当日

「2009青少年のための科学の祭典・松本大会」は2009年8月1日、8月2日の二日間にわたって、信州大学松本キャンパスで開催された(図4)。われわれは、「科学の祭典」での出し物としては、祭典に来た子供や市民の方に自分で水風船を割ってもらってそれを撮影したり、ゴルフスイングや野球のスイング、縄跳びの様子などをその場で撮影し、それをCDに焼いてお土産にさしあげるという形を計画した[3]。出店の運営の仕方として、時間を区切ってクラス授業風に解説するのではなく、ブースは常に開けておき、来たお客に対して順次対応していくという形をとった。



図4 科学の祭典ポスター



図5 「科学の祭典」当日の様子

図5が実際の演示の様子である。デジタルカメラとパソコンをUSB接続し、パソコンの画面はプロジェクターを使ってスクリーンに投影した。「科学の祭典」当日はあいにくの天気が出足が鈍く、例年と比べると来客数は少ないようであった。屋外にカメラを持ち出して縄跳びや、サッカーボールを蹴る瞬間などを撮影することも計画していたが、天候に恵まれず残念ながら実行できなかった。

雨天での屋内の撮影で、部屋の明るさが高速度動画には十分でなかったため研究室のスタンドを急遽借用して照明に使ったが、蛍光灯のちらつきが入ってしまい美しい動画がとれなかった。美しい高速動画をとるためには、ちらつきのない明るい照明が必須である。

会場でのデモンストレーション演示から、来客者の実演の撮影、静止画の印刷、CDの作成まで一連の作業は、松本大学の学生（総合経営学部3年生）2人に依頼した。事前練習はほとんどしていないにもかかわらず、各来客の組について10分から30分程度で一連の作業を滞りなくこなしていた。また、当日の空いた時間には、クラッカーの爆発の瞬間や線香花火などの撮影も自分たちでこなしていた。このことは、このカメラを使った高速度撮影ビデオの作製に伴う一連の作業には、特に難しい技術や知識は必要とせず、一般の教員による教材作成が十分可能であることを示唆している。

ブースでは図5のように、デジカメとパソコンとUSBでつなぎ、「パソコンによるEXILIM PRO EX-F1制御システム」で撮影の大部分の操作をスクリーンに映しながらコントロールした。図6が制御システムの画面である。

このシステムによって、デジタルカメラの大部分の機能をパソコンからコントロールできる。ただ一点、データ転送の問題か高速撮影中は撮影画面がパソコンの画面には表示されない。この点だけが使いにくい印象を与える点であった。デジタルカメラをパソコンからコントロールすることによって、直接カメラの小さなボタンに触るの必要がなくなり操作性が向上するとともに、スイッチ操作による手ぶれも避けることができる。また、もともとのカメラにはついていない機能であるインターバル撮影も可能となった。



図6 パソコンによるコントロール画面、操作画面（上）と設定メニュー（下）。

## 5、まとめ

カシオのハイスピードカメラ CASIO EXILIM PRO EX-F1 を使い、動画教材の作成・活用の実例として「科学の祭典」に参加した。演示用のデモデータとして、風船の割れる様子やミルククラウンなどを撮影したが、カメラの宣伝に使われているのと同等の動画を、特に苦勞なく撮影することができた。また、科学の祭典当日は、当日初めて機器に触った学生2人が、自分たちだけで高速撮影からCDの作成まで特に問題なくこなしていたことから、一般の教員が教材作成に利用することも十分可能だといえるであろう。

実際に動画を撮影してみてわかったことは、高速撮影のためには、①カメラを固定する3脚と、②ちらつきのない明るい照明が必須であり、③撮影後には不要部分をカットする編集作業が不可欠である。インターネット上には、蝶の羽ばたきの様子の動画もあるが、カメラ自体は接写の機能が十分ではなく、小さなものを撮るにはもう一段追加の工夫が必要である。また、高速撮影を始めると、フォーカスや絞り、ズームなどの調節はできなくなるため、動きのある物体を撮影する際にも特別な工夫が必要である。

今回デモ用として、表2にあげた動画を撮影したが、これらの事象は“スローモーションでみていて興味深いもの”として選んだものである。教科の教材として考えたときに、高速撮影の長所を十分に生かすにはどのような教材が適しているかはまだ議論と試行錯誤の段階であり、今後よりいっそうの検討が必要である [1,2]。

この研究は松本大学地域共同研究の補助を受けている。地域共同研究に共同研究者として参加していただいた、信州大学理学部特認教授美谷島實氏に感謝したい。

### 参考文献

- [1] 例えば、真鍋陽子、山田茂樹、川上紳一、東條文治、岐阜大学教育学部研究報告（自然科学）33, pp55 (2009)；畠山森魚、小林昭三、興治文子「2008年度日本物理教育学会年会講演予稿集」pp.41-42 (2008)。
- [2] 佐藤 実、「2009年度日本物理教育学会年会講演予稿集」 pp77, (2009)。表1右欄の“実際のフレーム速度”については、口頭での講演報告があった。
- [3] CASIO サービスセンターの回答。300fps、600fps の際の実際のフレーム数が NTSC の29.97fps のちょうど10倍、20倍になっているのに対して、1200fps は NTSC の40倍にはなっていない。
- [4] 室谷 心、「2009青少年のための科学の祭典・松本大会 実験指導書」, C-7, pp99 (2009年8月1日、8月2日)。