

コンピュータを使った自動撮影システムとビデオ教材

中津橋男* 櫻井愛子¹

*情報教育講座

Automatic Video Recordings and Video Teaching Materials

Narao NAKATSU* and Aiko SAKURAI¹

Department of Information Sciences, Aichi University of Education, Kariya, Aichi 448-8542 Japan

1. はじめに

児童の興味を引きつけたり、理解を促進する目的でビデオ教材が広く利用されている。しかし、その多くは、専門家が制作したものであり、児童にとって馴染みのあるものではない。また、そのほとんどが、TVやVTRを用いて授業時間中に再生されるので、ある場面をもう一度みたいと思っても見ることができない。

近年、パソコンの性能が向上し、デジタル処理技術が向上したことによって、パソコン上で映像処理が可能となってきた。ムービー処理ソフトを使えば、パソコンにビデオカメラを接続し、撮影したムービーをハードディスクに録画することができる。パソコン上に記憶されたムービーは再生、停止、コマ送り、コマ戻しができ、必要に応じて何度でも繰り返し見ることができる(図1)。またこれらのムービーは、WWWを使って世界中に配信できる。個人がムービーを撮影・編集し、ビデオ作品を制作することが比較的安価で可能になってきている。

授業でビデオ教材を利用する場合、その内容が児童の身近にある素材であればあるほど児童の興味を引くものと考えられる。例えば、花が太陽の動きに連れて向きを変える様子は、専門家の作ったビデオよりも、校庭に実在する花を素材にしたビデオのほうが興味を引く。セミが脱皮する様子であれば、クラスの児童が採ってきたセミが脱皮する様子を撮影したビデオのほうが親近感を感じることができる。

個人がムービー作品を制作する場合に、もっとも問題となるのは、その制作時間と必要な手間である。例えば、セミが脱皮する様子を撮影しようとするれば、真夜中に5~6時間、撮影をしなければならない。途中でテープを交換する必要も生じる。その後、撮影した内容を吟味して、編集を行い、5分程度の作品にまと

める必要がある。ビデオ編集ソフトを使えば、ムービーの1コマ単位で編集が行えるが、編集には莫大な時間がかかる。5分程度の作品を作るには、内容によるが、20時間から30時間かかり、こうした撮影・編集の手間がムービー制作のネックになっている。

筆者らは、入力画像に簡単な画像処理を行うことによって画像編集が不要になるようなビデオの自動撮影システムを開発した。画像処理による自動撮影としては次の2つのケースを対象としている。

① いつ発生するかわからない事象を待ち、その事象が発生すれば、一定時間録画を行いたい場合。例えば、交差点での事故の瞬間の撮影などが、このケースに相当する。

② 長時間かけて、ゆっくりと進行する現象を短時間で再現するようなビデオを作成したい場合。

撮影者は対象に向けてカメラをセットすれば、コンピュータのハードディスクに空きがある限り、自動的に必要な箇所の録画が行われる。必要な装置は、ビデオキャプチャボードを内蔵したパソコンとビデオカメラで、それ以外の特別な装置は不要である。対象を自動追跡する機能はないので、対象が位置を変えたり、短時間に動きの激しい映像の録画は不可能である。

2. 基本事項

ビデオテープは映像を記録する部分(映像トラックと呼ばれる)と音声を記録するトラックを持っている。コンピュータで扱われるムービーファイルはハードディスク上にデータを格納するため、ビデオテープに比べてはるかに柔軟な構造をしており、映像、音声の他に、コンピュータグラフィックスの画像、文字列、アニメーションなどさまざまなメディアをムービーファイルに含めることができる。

Quick Time [1, 2] は種々のメディアを別々のトラックとして格納し、それらを時間軸という概念を使って統合して扱うために Apple コンピュータ社が

1 愛知教育大学学生 (Student, Aichi University of Education) 現在デンソーテクノ(株)

開発した技術である。それぞれのメディアが独立したトラックとして記憶されているため、例えば音声だけを取り出して、別の音声と差し替えるなどの処理が容易にできる。動画の記憶法として AVI, MPEG [3], 画像の記憶法として, JPG, GIF, TIFF [3, 4] などさまざまなフォーマットがあるが, Quick Time はこれらメディアの多くのフォーマットをサポートしている。Quick Time はムービー処理に必要な基本機能が API として数多く提供され, ムービーを再生・編集するためのアプリケーションソフトも用意されている。図 1 は Movie Player と呼ばれるムービー再生ソフトの画面で, 下部のコントロールバーと呼ばれるインターフェースを介して, ムービーの再生, 停止, 早送り, 巻き戻し, 1 コマ送り, 1 コマ戻し, 音量調節が可能である。また, メニューを使って, ムービーの一部のカットアンドペーストが可能である。

Quick Time にはビデオ取り込み機能が用意され, 様々な種類のビデオキャプチャボードによる違いを吸収してくれる。音声についても同様で, マイク, CDROM など様々な入力源からの音声を録音できる。Quick Time は Apple 社の Macintosh 用と, Windows 用の 2 種類が提供されており, 同じように利用できる。

またムービーファイルは self-contained 形式で保存すれば, いずれの機械でも共通して利用できる。さらに, QuickTime プラグインをインストールすれば, WWW でも配信, 視聴することが可能である。この機能を利用した, 新作映画の予告編が常時公開されている [5]。筆者らはこの Quick Time を利用して C 言語でシステム開発を行った。



図 1 Quick Time Player によるムービーの表示

3. 事象の監視録画システム

3. 1 目的

銀行やコンビニエンスストアでは防犯目的で, 常時店内の様子が録画されている。現在利用されている監視システムは, カメラとビデオ装置を利用したものがほとんどで, 常時録画している。このため, 必要性のない場面まで録画されるので, 一定時間ごとにビデオテープを取り替えたり, 1 本のエンドレステープを利用する必要がある。テープの取替え回数を減らすために画質を犠牲にする場合もある。また, エンドレステープの場合には, 一定時間以前のデータは消去される。

筆者らは, カメラとコンピュータを用い, 監視する画像に変化が生じたら, その瞬間から一定時間だけ録画するというシステムを開発した。監視する事象の種類に応じて, 変化の検出部分を変更する必要性が生じるが, 変化のない場合は録画されないため, 必要な部分だけを録画することができる。

データはコンピュータのディスク装置に保存されるので, ディスクが一杯になるまでメンテナンスが要らない。またいったん監視事象が発生したことが検出されれば, その時点から盲目的に録画されるので, 高品質に録画することができる。

今回は, 研究室のドアの開閉を監視し, ドアが開かれてから数秒間録画するという監視システムを作成した。この他に, 流星の自動観測などにも利用できるものと考えている。本システムは, 画像の変化をソフトウェアで検出し, それを録画のためのスイッチとして利用している。このため事象の変化が画像の変化として定義できないような事象に対しては, 本システムを適用することは困難である。例えば, 研究室への入室者が男性の場合のみ録画するといったことはできない。これは, 男性が入室したときの画像と, 女性が入室したときの画像の区別が, 画像の変化としてうまく定義できないからである。

3. 2 システムの使い方

まずビデオカメラの video-out (ビデオ信号が出力される端子, 通常は黄色く縁取りされている) とパソコンの video-in をアナログケーブル (ビデオケーブル) で接続する。最近ではデジタルビデオカメラが普及し, デジタル画像をそのままパソコンに入力できるようになっている。ソフトウェアを起動すると, 図 2 に示すウィンドウが表示される。このウィンドウには現在カメラで撮影中の画像が表示される。ウィンドウを見ながらカメラの方向や角度を調節する。

File メニューの下にあるサブメニューと, その説明を以下に示す。

① Start: Start メニューを選ぶとファイル名の入力ウィンドウが開かれる。ファイル名を入力すると, 監

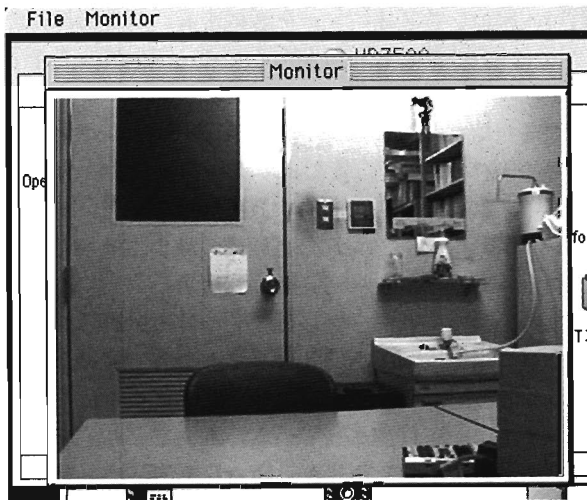


図2 事象の監視・録画システムの実行時の様子

視が開始される。画像の変化を察知すると一定時間録画され、ムービーが作成される。作成が終了すると、さらに監視が続けられ、次に変化が発生すれば、同様に新しいムービーが作成される。ムービーの名前は利用者の指定したファイル名の最後に、1から順に数字が付与されたものになる。

これによって、事象の発生順を把握することができる。監視を終了する場合は、画面上でマウスをクリックすればよい。再び監視を開始するには、再度、Startを選択する。

② Quit：システムの終了を指示する。

③ Area：監視エリアを設定する。変化を検出する領域を指定する。指定領域は四角形で、左上のコーナーをクリックし、そのまま右下へドラッグし、マウスを離すことで領域を指定できる。領域を変更する場合は、再び Area を選べばよい。

Monitor メニューの下にあるサブメニューと、その説明を以下に示す。

① RecordVideo：ビデオの録画を行うか、行わないかの選択。録画を行う場合はチェックマークがつく。

② RecordSound：音声の録音を行うか、行わないかの設定。録音する場合はチェックマークがつく。

③ VideoSettings：入力信号の種類（S ビデオなど）、フォーマット（NTSC、PAL など）の他に、画像の色相、彩度、明るさ、コントラスト、シャープネスなどの調節を行う。明るさや色合いは、変更するつど、すぐにディスプレイにその成果が反映されるため、ディスプレイを見ながら最適な値にセットできる。またムービーとしてディスクに保存する場合の圧縮法の選択と、フレームレート（1秒間に何枚の画像を表示するかの指定。通常のビデオでは1秒に30枚の画像を表示する）の設定を行う。

④ SoundSettings：音声の入力源（CD、外部マイクなど）の選択や、入力利得、サンプリングレート、ステレオかモノラルかの設定ができる。ムービーと同様

に、圧縮法の選択ができる。

この4つのサブメニューの処理は、Quick Time が提供する標準処理を使用している。

3.3 変化の検出とシステム評価

観測したい事象が発生したかどうかを検出するには、事象の発生によってどのように画像が変化するかを知る必要がある。

今回の実験では、研究室のドアの開閉を監視することにしたので、監視エリアをドアの右端を含む部分に限定することにした。流星の観測では画面の上端部分の変化を捉えればよいものと考えられる。交差点での交通事故の瞬間を捉える場合には、画像の変化ではなく、音量の変化を検出すればよい。

流星の観測などでは、画像の明るさの変化を捉えればよいが、ドアの開閉では、監視領域内部の色成分の度数変化を捉らえることにした。その方法は次の通りである。ビデオカメラから入力された画像をメモリーに取り込み、監視領域内部のピクセルのRGB成分の値を調べ、各成分の値を量子化して、その度数分布を記憶する。次の画像に対しても同様の操作で度数分布を調べ、両者に一定（閾値と呼ばれる）以上の差があれば変化が生じたと判断し、録画を開始する。閾値以上の差がなければ、次の画像をメモリーに取り込み、同様の処理を続ける。

本システムでは、監視領域を指定しているので、領域外で変化が生じたとしても録画できない。監視領域を広く設定すれば、変化の検出に時間がかかってしまう。そこで、目的に応じて、適当な大きさの監視領域をうまく設定する必要がある。また、ビデオカメラのアナログ出力をデジタル化しているため、画像に変化がなくても色成分の度数分布が絶えず変動し、このため閾値は実験的に設定する必要がある。

今回の実験では、研究室のドアを監視し、研究室の人の出入りを監視した。その結果、ドアが開いた瞬間から始まっているムービーはなく、全てのムービーの始まりはドアが半分以上開いたところからであった。これは変化の検出に何分の1秒かの時間がかかっており、変化を検出し録画を始めるときには既にドアが半分以上開いてしまっていることを意味している。しかしその後の映像はビデオと同等の質で録画されており、人物の認識も容易であった。流星観測などではこの時間後れが致命的とも考えられ、変化検出のアルゴリズムを高速化する必要がある。今回使用したパソコンはPower Mac 7500（主記憶32MB、Power PC601、100MHz）で、最新のパソコンを利用すれば、この時間は数分の1に短縮すると思われる。

より正確を期すには、主記憶に一定時間分の映像を常時録画し、変化が起きれば、一定時間前の映像からディスクに保存するようにソフトウェアを改良する必

要がある。

4. ビデオ教材の自動作成

4.1 目的

花が咲く様子を写したビデオを作成する場合、これまでは、花が咲くまでをビデオテープに録画しつづけて、一定時間おきにシャッターを切って、写真を取り、その後、ビデオ編集機で編集して、目的のビデオを作製する必要があった。この作業は長時間拘束される単調で根気の要る作業である。このため個人がビデオ教材を作成することが困難になっている。

ここではこうした作業を自動化し、利用者のビデオ教材作成を支援するシステムを開発した。ムービーファイルの作成にはムービーファイルの構造を知り、圧縮アルゴリズムの記述が必要になる。ここでは Apple から提供されている静止画集合からムービーファイルを作成するツール Convert To Movie を利用することにした (Quick Time Player の pro バージョンでも同様のことができる)。このため、システムとしては必要な静止画列を生成すればよい。

一般に長時間ある現象を観測し、そのダイジェストを作成するには次の2つの方法が考えられる。

①1つは、一定時間毎に画像を撮影し、この画像をもとにビデオを作製する方法である。これは時間経過に伴う現象を、時間軸を一定割合で縮めて再現することを意味し、時間の経過に忠実に再現するという特徴を有する。一方で、短時間に急激な変化が発生した場合は、その変化を一定時間おきにしか見れず、ムービーとしてはギクシャクしたビデオになる。

②他の方法は、時間軸を可変にし、変化のない場合は時間間隔を長くとり、変化の激しい場合は、時間間隔を短くして撮影する方法である。この場合は、現象の変化を滑らかに再現するビデオが得られる。

我々の作成したシステムは、①②のいずれの場合にも対応できる。①の場合にはパソコンが内蔵するタイマーを監視し、一定時間毎にビデオカメラで撮影した映像を画像として保存すればよいので、プログラムとしては簡単である。以下では②について述べる。

4.2 システムの使い方

システムのハードウェア構成は3と同じで、ビデオ入力ボードを内蔵したパソコン、ビデオカメラおよび接続ケーブルである。ビデオカメラの代わりに、VTRを使い、録画済みのビデオテープを利用することも可能である。ソフトウェアの使い方、メニューの構成も3のシステムとほぼ同じである。まず Video Settings で入力画像の色相、彩度、明度、コントラストなどを調整する。音声は録音しない (Record Sound サブメニューのチェックをはずす)。次に File メニューの中のサブメニュー Area で、変化を検出する領域指定を

行い、Start サブメニューを選択する。3と同様に、ファイル名の問い合わせがあるので、ファイル名を入力すればシステムが撮影を始める。

画像の指定領域に変化がある度に、静止画が PICT 形式で保存される。ここで PICT 形式とは Macintosh で用いられる標準的な画像の表現形式で、先に示した Convert To Movie は PICT 形式の静止画像列を入力とする。画像ファイルの名前は、利用者の入力したファイル名の最後に0から順に整数をつけて区別される。

3と同様に、画面をクリックすることで撮影が停止する。3と違って、File メニューの下に新たに Pause サブメニューが付加されている。画面をクリックすることで撮影を中断した場合、Start を選べば再びファイル名の問い合わせが始まるが、Pause を選べば、以前に作成されたファイル名の続きから画像を保存できる。これは撮影中に、カメラの位置やアングルを変えたりする必要が生じる場合を考慮した結果である。例えば、朝顔の成長記録の撮影などの場合、背丈の伸長によって当初のカメラ位置を変更しなければ先端を捉えきれなくなる。こうした場合には、やむを得ず、カメラの位置やアングルを変更することも必要である。ビデオテープからダイジェストを作成する場合には、途中でテープを交換することも必要である。この場合にも Pause が利用できる。撮影の中断中に、Quit サブメニューを選択することでシステムは終了する。

4.3 システムの評価

今回は予め花が開花する様子をビデオテープで録画しておき、このデータを繰り返し使用しながらプログラム開発を行った。使用したデータはビデオテープ3本 (1本は2時間の録画時間) であった。6時間以内に開花させるために、きり花を電気ストーブで暖めて撮影したため、自然の開花とは少し様子が違っているかもしれない。

プログラムの1回の実行に何時間もかかるので、3

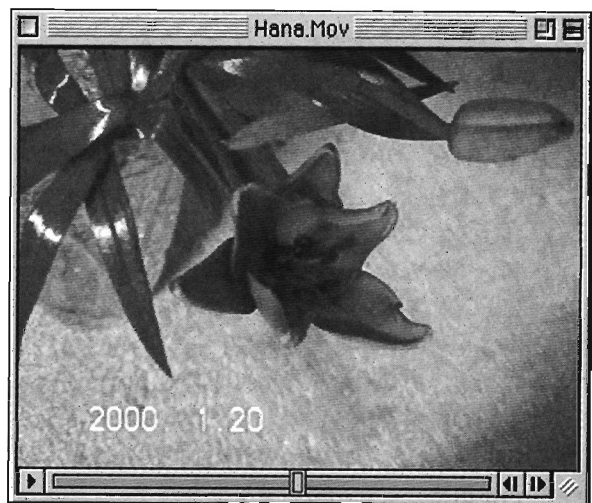


図3 作成されたビデオ教材の1場面

の場合以上に変化検出の閾値の設定に苦勞した。このシステムでは、長時間に渡って観測を続けるため、周りの環境の変化（晴れたり曇ったり、夜になる場合などのほか、屋外の撮影では、風の影響など）を対象物の変化と間違わないようにプログラム側で対処する必要がある。今回の実験では、切り花を屋内で撮影したため、周りの環境の変化はほとんどなかったため、プログラムでは余り環境変化は考慮していない。

なお実験時間を節約するために、ビデオを高速再生で再生して実験を行ったが、特に問題はなかった。6時間分のビデオデータに対して、数秒程度のダイジェストビデオが得られた。この1場面を図3に示す。

このムービーを再生したところ、画像がほとんど常時変化していることが確認され、ほぼ満足のゆく結果となった。閾値を変更したり、静止画集合からムービーを作る際にフレームレートを変更することによって、再生時間を柔軟に変更できる。できたムービーを再生しながらナレーションを録音し、音声トラックとしてムービーファイルに追加したり、説明文をテキストトラックとして追加することで、学習教材としてのビデオを作製することができる。

5. ま と め

限られた用途ではあるが、パソコンとビデオカメラを使った自動撮影システムを開発した。対象によってプログラムの小修正が必要と思われるが、安価で簡単な教材ビデオが作成できるものと期待される。

こうしたビデオ教材が、他の学習教材と同様に広く公開されることが望まれる。ビデオ教材の場合には、その容量の大きさの問題（数秒のムービーが何十MBもの大きさを持ち、インターネットを通してダウンロードする場合、辛抱できないほどの時間がかかる）や著作権の問題（ムービー全体が利用者のコンピュータのディスクにキャッシュされ、簡単にコピーされてしまう）があった。

そこで従来は、ムービーは専用回線を利用したVOD（ビデオオンデマンド）という形でしか利用できず、そうした設備のある学校でしか利用できなかった。

しかし、最近ではストリーミングサービスといって、ムービーをキャッシュせずに、受信しながら再生する技術が普及しつつあり、こうした問題が解決されつつある。

Quick Time [6] や Real Player [7] はこれらのストリーミングサービスをサポートしており、インターネットに接続されてさえおればどこでもムービーを視聴できるようになっている（もちろん現実には、スムーズな再生画像を見るには、ある程度の回線スピードが要求される）。

こうしたムービーファイルは、コンピュータベースの百科事典や幼児用の教材でも多用されているほか、通常のHTML言語を使ってホームページに埋め込むことができ、高等教育の場で実際に利用されている[8, 9]。さらにQuick TimeムービーはHREFと呼ばれる特殊なトラックを利用して、ムービーの再生中にある場面にくれば、他のムービーを呼び出して再生したり、HTMLファイルを表示したりすることもでき[2, 10]、単なるビデオ教材とは違ったダイナミックな教材としての可能性も秘めている。

専門家によるビデオ教材に加えて、教師による地域色豊かなビデオ教材が作成され、授業に使われることが期待される。

参考文献・資料

- [1] <http://www.apple.com/quicktime/>
- [2] 田中監修, 姉齒他著, Quick Time プログラミングバイブル, アスキー出版局, 1999.
- [3] <http://www.etl.go.jp/~yamana/www4mac/AP.html>
- [4] Weidong Kou, *Digital Image Compression Algorithms and Standards*, Kluwer Academic Publisher, 1995.
- [5] <http://www.apple.com/trailers/>
- [6] Apple Computer Inc., *Mac OS X Server Tutorial*, 1999.
- [7] <http://www.real.com/>
- [8] 園田他, 生活学科における教材のオープン化への取組み, 日本教育工学会研究報告 JET2000-2,7-12,2000年3月.
- [9] *Embedding Quick Time for Web Delivery*, in <http://www.apple.com/quicktime/authoring/embed2.html>
- [10] <http://www.apple.com/quicktime/authoring/href-synt.html>

(平成12年8月28日受理)