

8 mm VTR とパーソナルコンピュータを用いた動作分析の検討

玉木 啓一

Examination of motion analysis using 8mm VTR and personal computer

Keiichi TAMAKI

キーワード：動作分析，パーソナルコンピュータ

スポーツの指導などで動作分析を行うことは、選手に的確な指導を与える上で有用である。動作を分析する方法としては、人体の関節角度の変化を記録することが主となるが、この目的を達成するためには、ゴニオメーターを身体の各関節に取り付け、関節角度を連続的に測定することによりなされてきた。⁹⁾しかし、有線の測定機器では、その行動範囲が著しく制限されていた。また、電波等を利用したテレメトリーシステムを用いたとしても、測定機器を身体に装着しなければならないことには変わりはなく、実際の試合等でデータを収集することは困難であった。フィルムやビデオテープに動作を記録することは、^{1,8)}これらの不都合を生じさせることなく動作の記録が可能である。近年、家庭用のビデオカメラが廉価になり汎く普及し、手軽に動作を記録することが可能となった。スポーツの指導等においても、これらの機器は汎く用いられ利用されている。しかしながら、実際にこれらの記録から客観的な数値データとして応用していくためには、分析用のコンピュータを含んだ高価な専用の分析機器を必要とし、容易に動作分析を行える状況とは言いがたかった。しかし、パーソナルコンピュータも個人で使用することが希なことではなくなり、動作分析のためのハードウェアの問題は、あまり大きな障害とはならなくなってきた。しかし、動作分析を行うためのソフトウェアに関して言えば、きわめて専門的なコンピュータおよび周辺機器に関する知識が必要となるか、ハードウェアよりも高価なソフト

ウェアと特注する必要がある、簡単に動作分析を行える状態ではなかった。しかしながら、ここ1～2年の間に、コンピュータを利用したマルチメディアが急速に発展し、コンピュータにビデオ映像を取り込み、加工を行うことが専門的な知識がなくとも可能な状況ができつつある。

そこで本研究では、一般に市販されている8mmビデオカメラ及びパーソナルコンピュータならびに、比較的安価なアプリケーションソフトを利用し、スポーツにおける動作分析の可能性について検討することを目的とした。

方 法

現在我国で放送されているテレビジョンの画面は、毎秒30フレームである。⁹⁾通常の、テレビジョン放送を見るのと同程度の映像を家庭用のビデオカメラでも撮影し、見ることはできるわけであるが、VTRに記録された映像からスポーツ科学に有効なデータを得るためには、時系列のしっかりした画像を管理できなければならない。いわゆるVTRの「コマ送り」で可能であるが、各フレームを飛ばすことなく確実に1コマずつ送ることが要求される。本研究ではこの目的を達成するため、映像と同時にビデオテープに絶対的なカウンタ(RCタイムコード)を記録できる⁹⁾ビデオカメラを使用した。

ビデオテープに記録された映像は、各フレームごとに管理され、画像からの座標軸の読みとりなどの数値化を行う必要がある。この作業の方法と

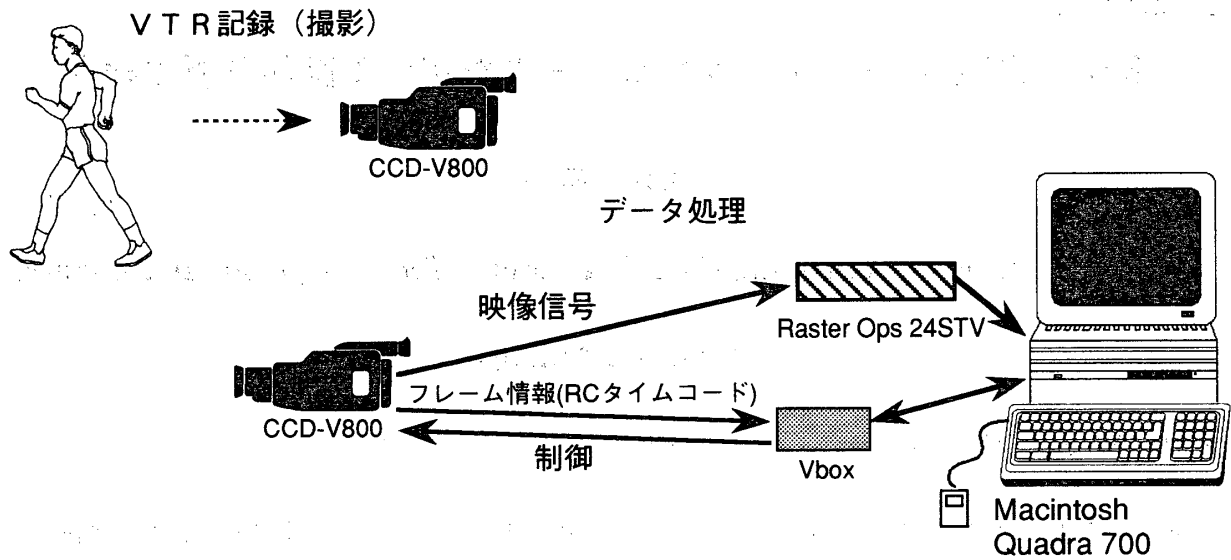


図1 測定システムブロックダイアグラム

しては、①コンピュータの画面にVTRの映像を重ねて表示し、そこから座標を読みとる方法。②VTRの映像をコンピュータのイメージデータとして入力し、そこから座標を読む方法が考えられる。いずれの場合にも、コンピュータからVTRの制御ができれば作業の省力化が計れる。本研究では、コンピュータからシリアルインターフェイスを介して、これに対応したVTRを制御できるハードウェア⁷⁾を利用した。また、今回は、前述の②の方法を採用して動作分析を行った。VTRの映像は、ビデオキャプチャーボード⁸⁾にてコンピュータに入力した。このボードは、VTRの画面(通常のテレビジョンの画面)を640×480点(横×縦)の画像データに変換するものである。毎秒30フレームをリアルタイムでコンピュータに入力することは、現在のコンピュータの処理速度では困難である。動作分析のためには、1フレームも欠けることも重複することもなくコンピュータに入力することが必要であるが、数秒間の動作を解析するだけでも、数百フレームの画像データとなってしまう、各フレームの入力作業を手作業で行っているのは、膨大な労力を必要としてしまう。本研究では、ビデオテープに記録されたRCタイムコードを読みながら、VTRを制御するアプリケーション(QTJOY version 1.55, コージン・グ

ラフィックス・システムズ社)を利用し、1フレーム毎の画像をコンピュータに入力する作業を、分析する動作の開始時間と終了時間を指定することにより自動的に行った。QTJOYで入力した画像データは、pics形式と呼ばれるファイル形式で光磁気ディスクドライブに保存した。実際の画像データの座標の読みとりは、画像処理アプリケーション(NIH Image version 1.54, National Institutes of Health)を用いて行った。

本研究で用いたシステム

動作撮影及び再生用のVTRとして、8mmビデオカメラ(CCD-V800, SONY社)を、データ処理用のパーソナルコンピュータとして、Macintosh Quadra 700(RAM:20MB, HDD:240MB, Apple社)を用いた。また、画像データ保存用外部記憶装置として、3.5インチ光磁気ディスクドライブ(plover128MOe, エムアイシー・アソシエーツ社)を使用した。ビデオカメラをパーソナルコンピュータから制御するインターフェイスとして、Vboxインターフェイス(CI-1000, SONY社)を用いた。ビデオ信号をコンピュータに取り込むために、ビデオキャプチャーボード(Raster Ops 24 STV, Raster Ops社)をMacintosh Quadra 700に内蔵した。図1に、本研究で用いた測定システムのブロックダイアグラムを示した。

表1 VTRの録画時間と実際の時間

VTRにおける 経過時間(秒)	10	20	30	40	50	60
ストップウォッチの 表示時間(秒)	10.00	20.01	30.02	40.03	50.04	60.05

結 果

表1に、VTRにおける経過時間(30フレームを1秒に換算)と実際の経過時間(ストップウォッチを撮影した結果)との比較を60秒間(1800フレーム)にわたって調べた結果を示してある。10秒間で約0.01秒のずれが生じていた。

本研究での座標読みとりの解像度は、画面を横640点、縦480点に分けるものである。つまり、高さ2mのものを画面一杯に撮影した場合、4.2mm程度まで解析できることとなる。画像を解析する場合、記録した画像が、被写体と比較してどの程度歪んでいるのか検討しておく必要がある。"本研究において、既知の長さのものを水平、垂直で撮影、分析した結果、縦横の長さの誤差は、0.55%程度であった。これは、前述の条件で撮影した場合、11mm程度の誤差となる。

図2に、実際にコンピュータに取り込んだ画像の例を、連続した10フレーム(3分の1秒間)を示してある。図2には、撮影した画面の1部分を切り取り、縮小して示してあるが、実際の座標の読みとりは、画面全体をカラー画面で行うことができる。

考 察

本研究において、表1に示したとおりVTRで管理する時間は、ストップウォッチのデータと異なるものであった。この誤差が、今回使用したビデオカメラ個体の特有のものであるかは明らかではないが、今回の誤差が一定の法則に従った体系的なものであることが推測され、フレーム間の時間を用いて、画像データから微分演算を行い動作速度等を計算し、⁹⁾さらにその絶対値を問題にする場合には、検討しなければならないことである。

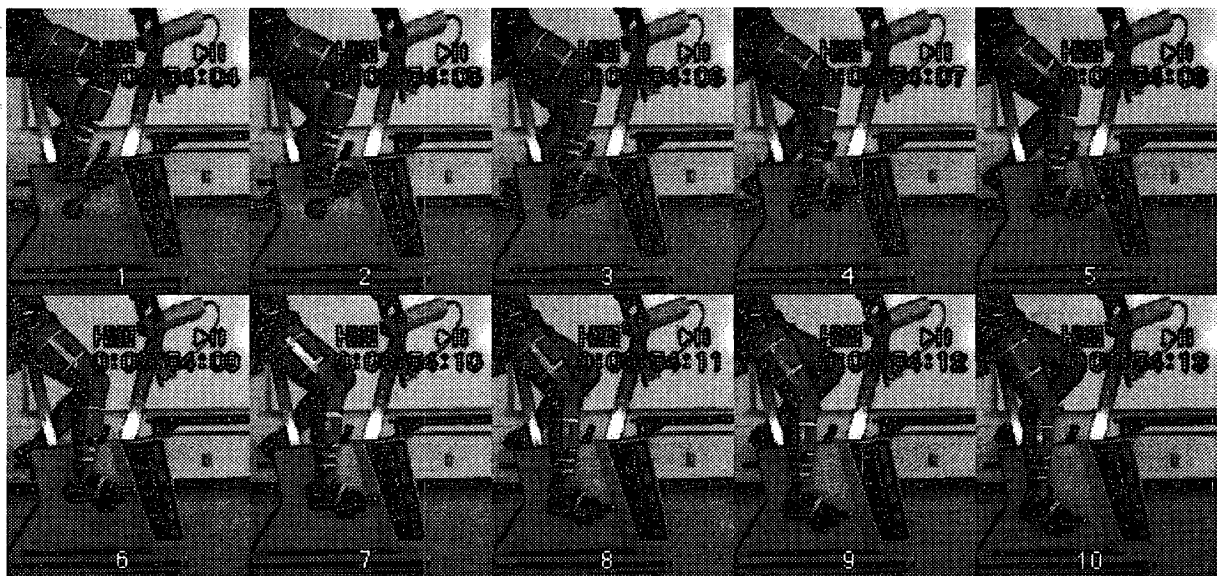


図2 コンピュータに取り込んだ画像例

しかし、今回の誤差(1フレーム当たり 3.33×10^{-5} 秒)は、人間の読みとり誤差³⁾に吸収されてしまうものであり、動作解析の障害とはならないであろう。

今回、8mmビデオカメラとパーソナルコンピュータを用いて動作解析を行ってみて、以下に述べるような問題点が考えられる。第一に、コンピュータで画像データを扱う場合、そのデータ量は膨大なものとなり、コンピュータ本体に大容量のメモリ(RAM:ランダムアクセスメモリ)を必要とすることがあげられる。また、データの保存のために大容量の外部記憶装置(HDD:ハードディスクドライブやMO:光磁気ドライブ等)が必要とされる。しかし、最近のコンピュータのハードウェアの発展と価格の低下は著しいものがあり、20年前であれば国家予算のプロジェクトでやっと購入可能なメモリ容量と処理速度のコンピュータが、個人の入門用コンピュータとして購入可能な時代になっており、性能と価格とのバランスは、今後とも改善されていくだろう。

次に、今回は、VTRに記録した映像を一旦コンピュータに入力・保存した後に、データ分析を行う方法をとった。外部記憶容量の節約のためデータに圧縮を行うと、5秒間の映像記録でも150回の圧縮作業をコンピュータが行うため、これに要する時間も相当なものとなる。これらの問題も、圧縮プログラムのアルゴリズムの改善など、明るい材料がそろっている。

さらに、動作分析のための映像撮影で留意しなければならないこととして、シャッター速度の問題がある。通常のビデオカメラでは、30分の1秒のシャッター速度で撮影されることが標準のようである。人間のスポーツにおける動作であってもこのシャッター速度では、静止画面でぶれが生じてしまい画像の数値化で困難が生じる。幸い、ほとんどのビデオカメラはシャッター速度を調節できる機能があり、500分の1よりも速いシャッター速度を選択することでこの問題は解決できる。速いシャッター速度を選択する時には、被写体に十分な光量が当たっていることが必要となるが、照明機器を利用することでほとんどの場合には解決できるだろう。

また、実際に記録した映像を数値化して動作解析する場合には、映像の座標を読みとる部分(実際には体の一部分であることが多い)が画面上で明瞭に識別できる必要がある。このことについては、反射テープのようなものでマークを作り、カメラのレンズに近くから照明を被写体に当てることにより、明るく明瞭なマークを記録することができる。マーク以外の部分の反射を抑えることで、マークとそれ以外の部分との明度差を大きくすることができ、コンピュータにより画像の数値化を自動化することも可能であろう。

本研究では、ビデオテープにフレーム毎の情報(RCタイムコード)を記録できるビデオカメラを使用し、ビデオ信号入力のハードウェアを利用した。従って、通常のビデオカメラとパーソナルコンピュータですぐに動作分析が行えるわけではない。しかし、すでに8mmビデオカメラがあるのであれば、RCタイムコードを追加記録可能で、コンピュータからケーブル一本の接続で制御可能なビデオデッキも市販されている。また、今回用いたビデオカメラが他と比較して特別高価な製品でもない。コンピュータに標準でビデオ信号入力機能が備わっている製品も従来のものと同程度の価格で販売されている。本研究で利用したアプリケーションも、一つは定価で3万円弱、もう一つもパソコン通信を利用すれば、無料で入手可能である。これから、これらの機材を購入・買い換えるのであれば大きな経済的負担もなく動作分析が可能になるであろう。

本研究で、個人でも比較的手軽にスポーツ活動の動作分析を行えることが明らかとなった。このことは、スポーツ指導等に客観的なデータを反映して指導を行えることの可能性を示唆するものである。

文 献

- 1) 安藤孝司: 高速度写真撮影手法による写真計測法—バイオメカニクスシネマトグラフィー—. *J. J. Sports Sci.*, 2:200-212, (1983)
- 2) 石坂 敦: Raster Ops 24 STVリアルタイムビデオ入力機能搭載フルカラービデオカード. *MAC LIFE*, 36:144-145, (1991)

- 3) 小林一敏：映像解析における諸問題. J. J. Sports Sci., 2:160-162, (1983)
- 4) 松田純一：VideoMagician II新たにSONY Vbox対応を実現したマルチメディア・ツールキット. MAC LIFE, 36:164-167, (1991)
- 5) 大道 等：写真解析の読み取り誤差と微分演算－速度・加速度算出の問題点－. J. J. Sports Sci., 2:182-199, (1983)
- 6) 大道 等：動作計測法. 高文堂出版社, 東京, (1989), pp. 91-93
- 7) 大谷和利：Vboxインターフェイス 身近になるメディア・インテグレーション. MAC LIFE, 36:138-143, (1991)
- 8) 角田俊幸, 中井道雄：ビデオと画像処理. J. J. Sports Sci., 2:213-220, (1983)