

VTR による動作分析システムの開発

阿江通良, 石島 繁*, 横山直也, 浅井 武, 高橋伍郎, 宮丸凱史

A Development of Motion Analysis System Using A Video Tape Recorder for Practical Use in the Field of Physical Education and Sport

M. Ae, S. Ishijima*, N. Yokoyama, T. Asai,
G. Takahashi and M. Miyamaru

Abstract

Cinematography has been employed as a means to observe, analyze and assess human movements in physical education classes and sport activities. On the contrary, video tape recording has not been used for quantitative analysis because of its low resolution and slow progress of VTR technology. Recent advance in VTR technology, however, is introducing it to motion analysis, being accompanied by strong aspects such as quick playback, lower running cost and so on.

We attempted to develop a motion analysis system for practical use, which was composed of a video rotary shutter camera, video cassette recorder, video motion analyzer TV, video position analyzer (VPA-1000) and micro computer system (Fig. 1). VPA-1000 was a main device to digitize the data on a monitor TV and obtain x and y coordinates. Computer programs written in BASIC language and their functions as software for this system were shown in Fig. 2. More programs are being developed.

Introducing a high solution VTR, a video timer and a light pen unit for quick digitizing (Fig. 5), and improving the present system, it is expected that VTR motion analysis system will more frequently be used to obtain quantitative informations concerning teaching and the research on teaching.

* 筑波大学体育科学系, Institute of Health and Sport Science, The University of Tsukuba

はじめに

筑波大学では、その正課体育の目標の一つとして、各種スポーツ技能の獲得・向上があげられている。この目標を効果的に達成するためには、指導者は学習者の技能水準を適確に把握し、評価する方法を身につけていなければならないと考えられる。Winter¹⁾は、身体運動を科学的に評価するには、(1)対象となる運動を測定し、記述する段階、(2)分析する段階、(3)分析結果をもとに評価する段階の三段階を経る必要があると述べ、主観的観察に加えて客観的資料を分析することの重要性を指摘している。

これまで、体育・スポーツの分野では、技能を分析するための手段として主観的観察に加えて、各種の客観的観察手段が用いられてきている。そのうちでも、8 mm や 16 mm などの映画撮影法は、応用性、有効性、情報量などの点からもきわめて頻繁に用いられている手段の1つと言えよう。しかし、映画撮影法は、画質、解像力に優れているが、現像などの過程を経るため即時性に欠ける、フィルムや現像のコストが高いなどの欠点が常にもなっている。一方、ビデオテープレコーディングは即時再現性、経済性には著しく優れ

ているが、静止画像が鮮明でないために定量的測定には適さないことなどから、開発が遅れていた。しかし、最近ではVTRに関する技術が著しく進歩したこともあって、これまでのVTRでは行えなかった定量的な分析も可能になり、VTRやTVが動作分析に導入されるようになってきている。^{2,10)}

上述したような最近のVTR技術の進歩を背景にして、本センターでは、体育・スポーツの場への活用を意図したVTRによる動作分析システムを開発した。ここでは、本システムの内容(装置およびソフトウェア)と動作分析の実際について述べることにする。

1. VTR 動作分析システムの概要 および装置

本報告で紹介するVTR動作分析システムは、ビデオテープレコーダーに記録した身体運動をバイオメカニックス的側面から分析するものである。図1に示したように、本システムは、1)身体運動を記録するための部分、2)記録を再生し画面から任意の分析点の座標を得るための部分、3)得られた原データをパーソナルコンピュータに入力して演算処理を行い、出力する部分に大別される。

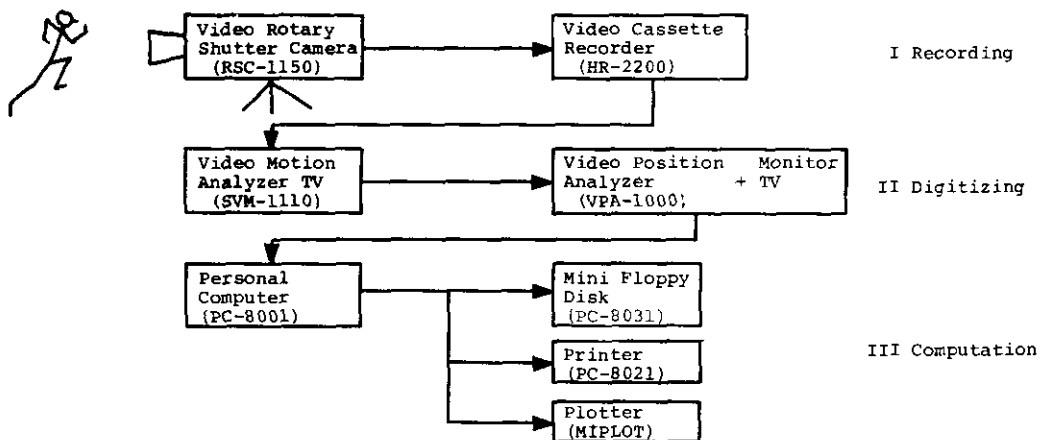


Fig. 1 Motion analysis system using a video tape recorder.

(1) ビデオロータリーシャッターカメラ

動作分析では、まず分析対象とする身体運動をビデオカメラにより記録することになる。しかし、一般のVTRカメラでは、露出時間が長いので、スポーツにおける動きのように移動速度の大きい被写体を撮影する場合には、画像にブレが生じ判読がきわめて困難なことが多い。そこで、本システムでは、ビデオ信号に同期して高速度で回転するシャッター板が内蔵されているロータリーシャッターカメラ(ソニー、RSC-1150)⁷⁾を用いた。本ロータリーシャッターカメラの露出時間は1/500秒であり、従来のVTRカメラでみられたブレを著しく小さくし、鮮明な静止画像を得ることができた。

本ロータリーシャッターカメラの短所の一つは、ファインダーが付属していないので、撮影範囲を確実にカバーするには、モニターTVを必要とすることである。しかし、図5に示したように、ファインダー付きの露出時間がより短いロータリーシャッターカメラ(SK-1000H)が開発・実用化されており、この短所はなくなりつつある。

(2) ビデオカセットレコーダー

本ビデオカセットレコーダー(ビクター、HR-2200)は軽量小型で、フィールドワークにきわめて適したものである。しかし、静止画像にブレが入る、ビデオヘッド保護のため静止画像が約4~5分しか保持できない、などの制約がともなうため、本レコーダーから直接モニターTVに入力するのみでは、一画面あたり30個近くの分析点のデータを取り込むことは、実用上かなり困難である。

(3) ビデオモーションアナライザーTV

上述したレコーダーの制約を取り除くため、本システムでは、レコーダーとモニターTVの間にビデオモーションアナライザーTV(ビデオストロボ、ソニー、SVM-1110)⁸⁾

を介した。本装置は、レコーダーからの出力画像(約10秒間分)を内蔵のビデオシートレコーダーに一時記憶し、それをテレビ画面上に再生したり、1/60秒間隔の静止画像を出力したりすることができるものである。本装置を介することにより、レコーダーの欠点をほぼ補い、ロータリーシャッターカメラの機能を十分引き出すことができた。

(4) ビデオポジションアナライザーおよびモニターTV

本装置(日本事務光機、VPA-1000)⁹⁾は、モニターTVに写し出された画像上の任意の分析点に「+」印をダイヤルにより移動させ、その点の二次元座標を表示するとともに、デジタル量およびアナログ量として出力するものである。しかし、「+」印の移動は手動によるため時間がかかり、例えば、一画面あたり27個の分析点がある場合には、手慣れたものでも約3分間必要とした。しかし、この分析時間(Digitizing time)は、図5に示したライトペンユニット(LP-1100)を導入することにより、かなり短縮できるものと考えられる。

(5) パーソナルコンピューターシステム

本動作分析システムには、VPA-1000により得られた原データを処理し、出力する部分としてパーソナルコンピューターシステム(CPU本体、ミニフロッピーディスク、プリンター、プロッター)を用いた。しかし、コンピューター(NEC、PC-8001)の容量(32Kバイト)の制約をうけ、一回の動作分析で処理できる画面数(コマ数)は最大80程度に限られる。今後、高速・大容量のコンピューターを導入すれば、多くのデータを高速で処理でき、高度な演算も行えるようになるであろう。

2. VTRによる動作分析の実際

図2に示したように、VTR動作分析シス

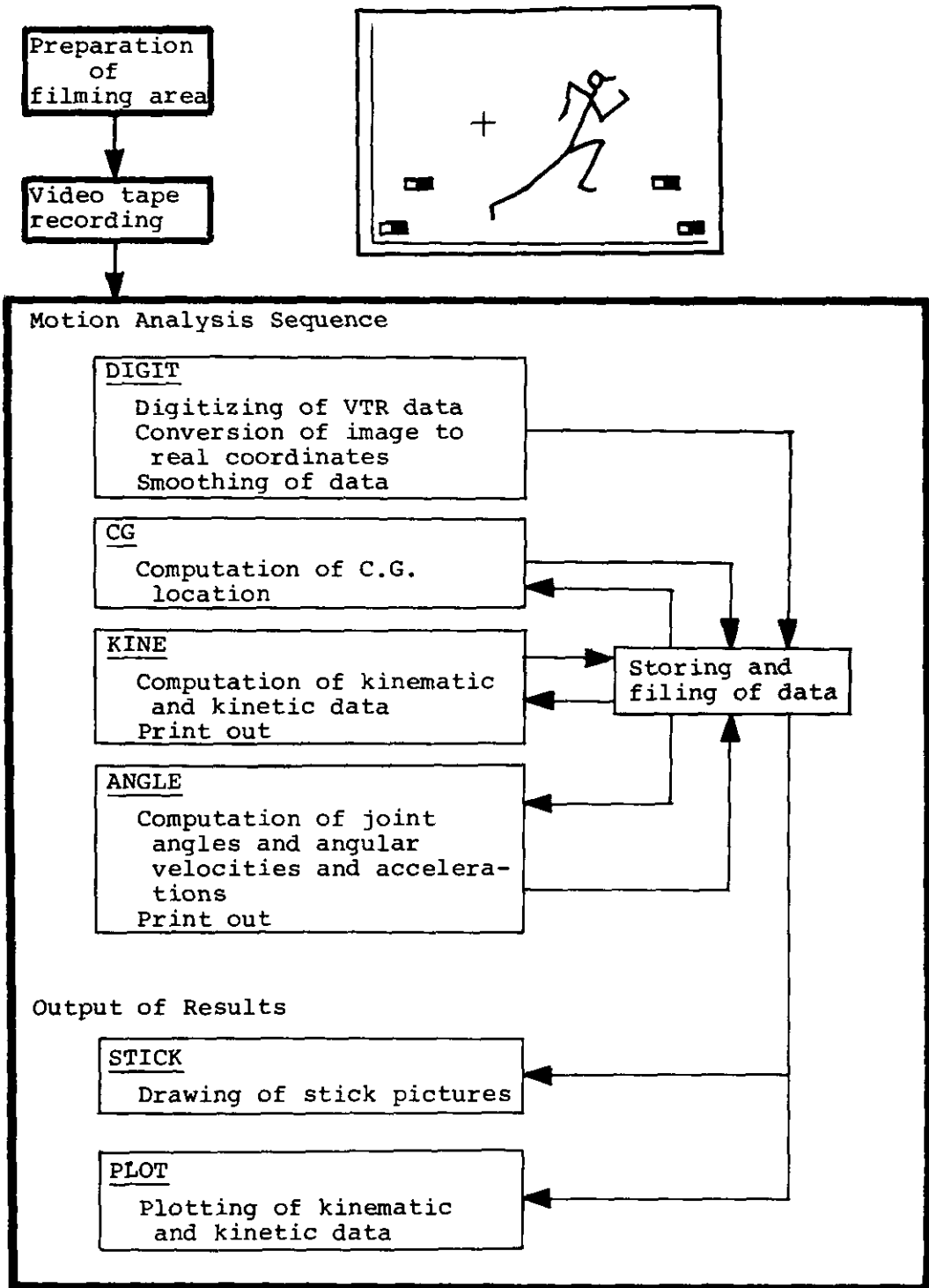


Fig. 2 Computer programs for motion analysis system.

テムを用いて実際に身体運動を分析する場合には、撮影準備、撮影、分析、データー処理などの過程を経ることになる。ここでは、まずこれらを実行する場合の手順、留意点などについて述べ、ついで本システムのもう一方の重要な部分であるソフトウェア（コンピュータプログラム）について説明することにする。

(1) 撮影準備および撮影

画像データーをもとにした動作分析の成否は、撮影とその準備によって決まると言ってもよく、撮影範囲の決定、カメラの設定位置、レンズの選択、露出時間、撮影速度、絞りの決定、基準マークの設置などが重要になってくる。さらに、このうちでも撮影範囲(縦×横の大きさ)の決定と基準マークの設置は、実際のスポーツや体育授業の場合であっても、動作を定量的に分析しようとする場合には、不可欠なものであると言えよう。

本ビデオポジションアナライザー (VPA-1000) の分解能が有効画面の 80%×1/256 程度であることから、撮影範囲は分析対象物の大きさを考慮して決める必要がある。例えば、4×4 m の範囲をカバーしたとすれば、VPA-1000 のライン 1 本当り実長で約 1.6 cm となるので、これ以下のものを対象に分析することは不可能になる。このように、VPA-1000 の分解能は、他のディジタイザー(グラフペン、BIT-PAD-ONE など) に比べると、約 1/10~1/14 で、著しく劣ることに注意しておくべきであろう。

基準マークは、実長変換のための距離較正、カメラの傾きの修正などに必要なものである。本システムでは、撮影範囲に 4 個のマークを設置し、マーク間の距離を正確に測定しておくだけで十分である(図 2)。

(2) 分析

次に、記録した画像をモニター-TV に出力

し、VPA-1000 によりデーターを数値化することになる。全身を分析対象とする場合には、分析点は 23 個必要となるが、これにマーク 4 個を加え、一画面あたりの分析点は合計 27 個となる。さらに、竹刀、ボール、ラケットなどの動きを分析することも可能である。

(3) データー処理ソフトウェア (プログラム)

図 2 に示したように、動作分析のためのプログラムは現在 6 つであるが、いずれも BASIC 言語で書かれており、利用者がこれらのプログラムを改良したり、新しいプログラムを作成し付け加えることも比較的容易にできる。

① DIGIT

このプログラムは、初期設定として、試技番号、分析点数、撮影スピード、マーク間距離、データー平滑の方法などを対話形式で入力し、分析点の座標(原データー)を得、それを実座標に変換してフロッピーディスクに保存するためのものである。

② CG

このプログラムは、DIGIT により得られた分析点の実座標をフロッピーディスクより入力して身体各部の部分重心(14 個)および全身の重心位置を計算し、フロッピーディスクに保存するためのものである。重心算出のための係数は、R. F. Chandler et al. (1975)³⁾ のものを用いているが、松井(1958)⁴⁾ の係数などを用いることも可能である。

③ KINE

このプログラムは、分析点あるいは重心位置のデーターをフロッピーディスクより入力し、それぞれの位置、速度、加速度、運動量、加速力などを算出するとともに、任意の計算結果をフロッピーディスクに保存するためのものである。

④ ANGLE

このプログラムは、分析点のデーターをフ

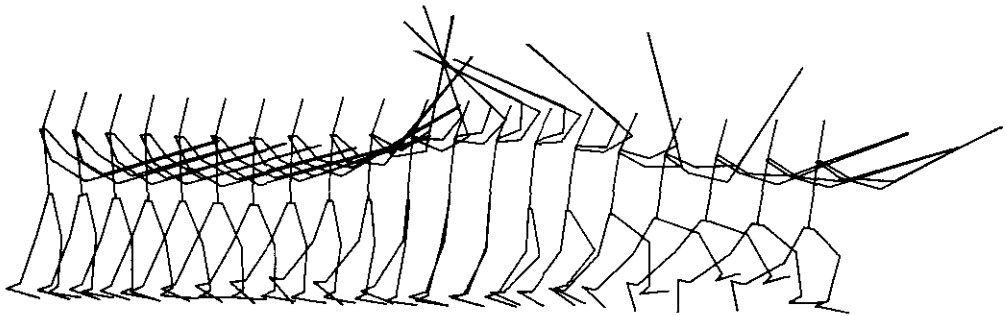


Fig. 3 An example of the output from program STICK.

ロッピーディスクより入力し、任意に選択した3点を結んでできる角度およびその角速度、角加速度を算出するとともに、KINEと同様に任意のデーターを保存するためのものである。

⑤ STICK

このプログラムは、DIGITで得られた全身の分析点データーを入力し、各点を線で結んだスティックピクチャーをプロッターに出力するためのものである。また、本プログラムでは、スティックピクチャーの数、表示法(重ね描き、移動描き)、図の大きさを任意に設定することができる。図3は、剣道の打ち込みを上述したプログラムにより処理し、1/15秒間隔で1cmの移動描きを行った場合の出力例を示したものである。

⑥ PLOT

このプログラムは、CG, KINE, ANGLEで算出し保存したデーターを、任意のスケールでプロットするためのものである。図4は、走高跳の踏切における腰、膝、足底の各角度変化を1/60秒ごとにプロットしたものにSTICKで出力されたスティックピクチャーを貼付したものである。このようにすることによって、数値で取らえにくいデーターを視覚的にとらえることができる。

上述したプログラム群を用いて図3に示した出力を得るための所要時間は、約2時間20

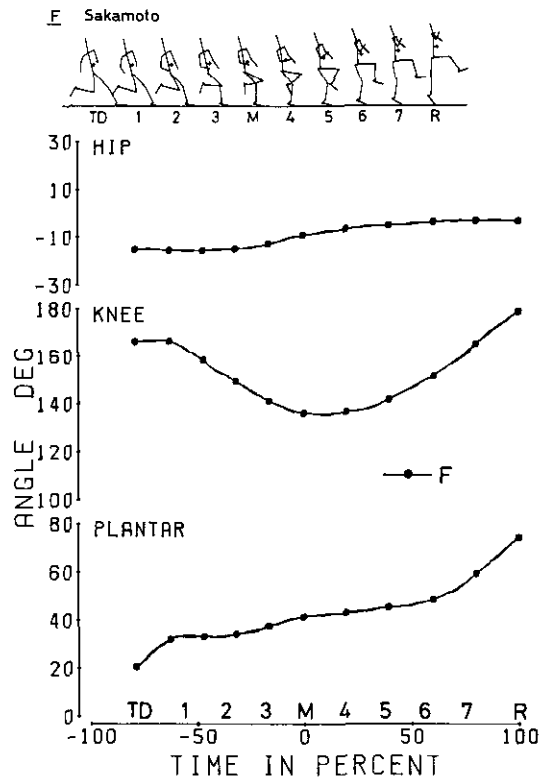


Fig. 4 An example of the output from program PLOT.

分であった。しかし、DIGITに要する時間がその約75%以上を占めることを考えると、図5に示したようなライトペンユニットを導入した新システムを用いることにより、所要時間は著しく短縮するであろう。

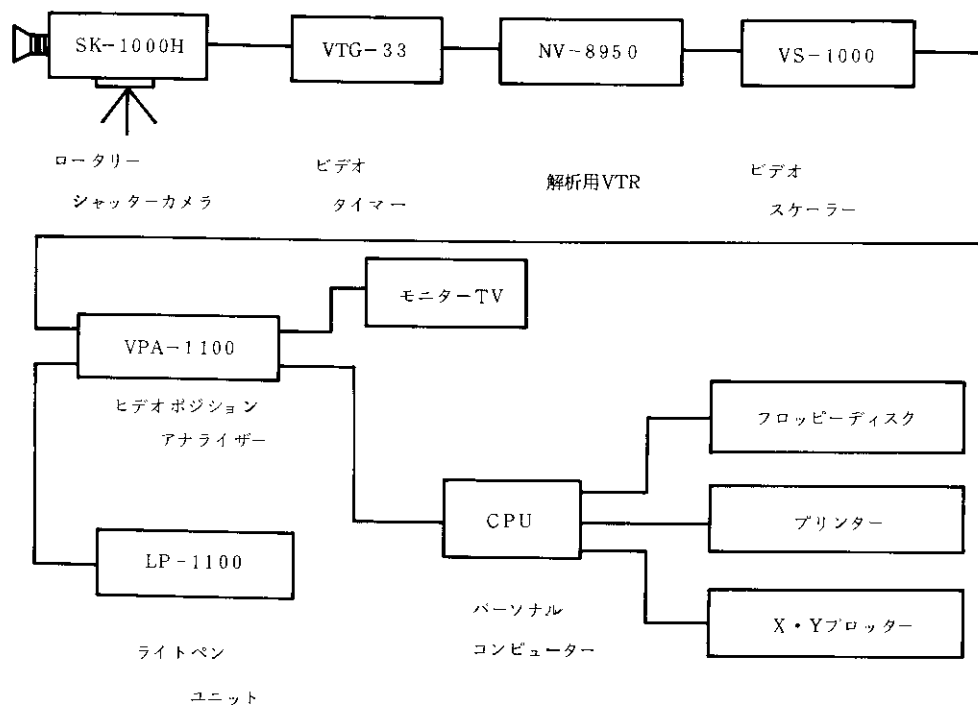


Fig. 5 An advanced motion analysis system (MVA-2) introducing a light pen unit prepared by Nihon Jimu-koki Co., 1982.

おわりに

今回紹介したVTRによる動作分析システムは、VTRの利点である即時再現性、経済性などを生かし、体育・スポーツの場における活用を意図した比較的簡便なものである。しかし最近では、ビデオ技術の発達は著しいものがあり、またNHKの開発した高品位テレビなどの技術を取り入れたりすることによって、より精度の高い分析結果を得ることができるようになるであろう。

また、本報告では、二次元動作分析に限定したが、複数のカメラを用いることにより、三次元動作分析システムを展開させることも可能であろう。今後、VTRは、体育・スポーツの分野において単なるモニター的な活用のみではなく、研究あるいは教育のための支援情報を得る手段としても用いられるようになるであろう。

本システムを開発するにあたり、国立特殊教育研究所 宮地 力氏並びに日本事務光機株式会社 寺田篤司氏に協力をいただいた。ここに記して、感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 阿江通良「高くとぶための跳に関する運動生力学的研究——踏切における身体各部の貢献とメカニズムについて——」昭和56年度筑波大学教育学博士論文, 1982.
- 2) Boccardi, S., et al., "Evaluation of muscular moments at the lower limb joints by an on-line processing of kinematic data and ground reaction," J. of Biomechanics, 14: 35-45, 1981.
- 3) Chandler, R. F., et al., "Investigation of Inertia Properties of the Human Body," Aerospace Medical Research Laboratory, Aerospace Medical Center, U.S.A. 1975.

- 4) 松井秀治, 運動と身体の重心——各種姿勢の重心位置に関する研究——, 体育の科学社, 1958. P.53.
- 5) 日本事務光機, ビデオポジションアナライザ VPA-1000 取扱説明書, 1978.
- 6) 日本事務光機, MVA-2 型運動動作解析装置パンフレット, 1982.
- 7) ソニー, ロータリーシャッターカメラ RSC-1110 取扱説明書, 1978.
- 8) ソニー, ビデオモーションアナライザー SVM-1110 取扱説明書, 1978.
- 9) 筑波大学大学体育研究会, 大学体育教本, 不昧堂出版, 1977. PP. 9-16.
- 10) Winter, D. A., A. O. Quanbury and G. D. Reimer, "Instantaneous energy and power flow in normal human gait," In Biomechanics V-A, P. V. Komi(ed.), University Park Press, Baltimore, 1976. PP. 334-40.
- 11) Winter, D. A., Biomechanics of Human Movement, John Wiley & Sons, New York, 1979. PP. 1-6.