

Title	簡易型動作分析システムを利用した体力・運動能力の評価について
Author(s)	坂東, 隆男; 生田, 香明; 平井, 富弘 他
Citation	大阪大学大学教育実践センター紀要. 2 p.21-p.29
Issue Date	2006-03-30
oaire:version	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/12851">https://hdl.handle.net/11094/12851</a>
rights	本文データはCiNiiから複製したものである
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 簡易型動作分析システムを利用した 体力・運動能力の評価について

坂東 隆男・生田 香明・平井 富弘・杉江 正敏

Assessment of Physical Fitness and Motor Ability Using a Simple Motion Analysis System

Takao BANDO, Komei IKUTA, Tomihiro HIRAI and Masatoshi SUGIE

Sports tests are conducted to ascertain the physical fitness and motor ability of individuals and groups. The assessment methods for sports tests are defined by implementation guidelines. To the best of our knowledge, no studies have been conducted to date that have assessed physical fitness and motor ability using utilizing motion analysis techniques. The objective of the present study was therefore to employ a motion analysis system to assess the physical fitness and motor ability of subjects and clarify its usefulness.

Vertical jump, sitting trunk flexion and handball throw were measured in 32, 35 and 40 male university students, respectively. During these tests, the movements of the subjects were captured using a digital camcorder and transferred to a laptop computer for analysis where the some parameters were calculated using simple motion analysis software.

Vertical jump, sitting trunk flexion and handball throw were measured using rulers and tape measures. The averages of measured values (actual values) were found similar to those of calculated values (image analysis values), with no significant differences and a high degree of correlation found between the two methods ( $p < 0.01$ ). However, the difference between actual and image analysis values was  $>30\%$  in some individuals.

These findings show that use of motion analysis techniques for conducting sports tests is well suited to assessments of the physical fitness and motor ability of groups, but not for individuals. The use of such a system was shown to be effective in improving test efficiency, accuracy and preventing injury.

### はじめに

体力について猪飼<sup>19)</sup>は、「人間の生存と活動の基礎をなす身体的及び精神的能力」と定義し、単に身体的機能だけではなく、精神的機能や免疫機能を含む、広い範囲を示している。しかしながら一般的には、行動・機能面など、狭義に解釈される場合が多く<sup>6) 44)</sup>、これらは具体的には、体格、筋力、瞬発力、持久力、敏捷性、調整力、柔軟性などの要素である<sup>39) 41)</sup>。個人の体力は健康と密接に関連しているため<sup>46) 51) 57)</sup>、健康の指標として利用することが可能である<sup>52)</sup>。また教育現場において、体力の測定・評価は、個人や集団の体力の現状を把握する目的のほか、学習の範囲や内容を決定する基礎資料とする、グルーピングの資料とする、学習の達成度を評価する、動機付けのために用いる、指導法の有効性評価に用いる、などの目的のために行われている<sup>36)</sup>。

このような考え方から、従来より種々の体力に関する測定が実施されている<sup>11) 37) 38)</sup>。文部省(現在は文部科学省)は昭和39年より、体力診断テスト(反復横とび、垂直とび、背筋力、握力、伏臥上体そらし、立位体前屈)、運動能力テスト(50m走、走り幅とび、ハンドボール投げ、懸垂腕屈伸(女子は斜め懸垂)、持久走)からなるスポーツテスト<sup>59)</sup>を実施し、広い年代にわたる調査を実施してきた。その後、約30年を経過して、平成11年に測定内容の見直しが行われ、現在に至っている<sup>33)</sup>。

スポーツテストは、全国で実施された性別・年齢別のデータ集計が、毎年、体力・運動能力調査報告にまとめられている<sup>43)</sup>。そのため、データの正確性、信頼性を高めるために、全国どこで測定しても、同じ方法で実施出来るよう、実施要綱<sup>42)</sup>が定められている。また、多人数を対象とした場合でも、効率よく速やかに測定できるよう、測定方法が配慮され、さらに測定に必要な用具も、

比較的容易に入手できるものが選択されている<sup>4)</sup>。したがって、スポーツテストの実施方法については、従来から継続して同じ方法がとられており、この方法についての改変や変更に関する試み、検討はあまりなされていない。

ところで今日、運動・スポーツの場面において、より効果的・効率的な指導を行う目的で、多くの視聴覚機器が用いられている<sup>23) 53)</sup>。著者ら<sup>10)</sup>は過去に、対人格技中の一方の練習者のみに対して、無線でリアルタイムに言語アドバイスを伝達する方法や、レーザー光投射機能を持つ竹刀による、剣道の構え姿勢のトレーニングと評価<sup>9)</sup>、小型ビデオカメラを内蔵した剣道竹刀による剣道の構えの評価システムなどを独自に開発し、その有効性について検証してきた<sup>8)</sup>。その結果、運動・スポーツにおいて、練習者が気づきにくい技能上の欠点や修正すべき点を客観的に本人に伝達し、気づかせることが可能であり、有効性を確認している。

多くの視聴覚機器の中でも、動作分析システムや位置検出システム<sup>13) 58)</sup>は、動作に関するさまざまなパラメータを算出することが可能であり<sup>29)</sup>、運動やスポーツの分析・評価に広く用いられている<sup>1) 2)</sup>。著者ら<sup>7)</sup>は特に、微細な動きや動揺を検出可能な測定システムや、広大な範囲を正確に位置検出する計測システムを開発している<sup>55)</sup>。これらの機器により得られた結果は、練習者本人に還元することにより、技能向上や技術習得の手助けとすることが可能であった。また一方で、指導者にとっては、練習者の達成度の確認や段階的指導の計画に利用することが出来るなど、その利用価値は高いと考えられる<sup>30) 56)</sup>。

特にビデオカメラを中心とした映像機器の発達により、複雑な動作がデータ化できるようになり<sup>17)</sup>、さまざまな映像分析システムが開発されている<sup>3)</sup>。しかしながら、従来の映像による動作分析では、多数のカメラを同時に使用し、解析にもデスクトップ型パソコンを使用するなど、システムが大型であった<sup>58)</sup>。そのため、実験室内などの制約された場所での測定には有効であっても、スポーツテストを実施するような体育館やグラウンドでの使用には適していない場合がほとんどである。また、測定後のデータ処理が煩雑で測定から分析、結果の算出まで時間を要し、結果をすぐには知ることは困難であった。さらに、システムそのものが非常に高価であった。

これに対し、近年非常にコンパクトなデジタル・ビデオカメラや、安価な簡易型の動作分析用ソフトウェアが市販され、ノート型パソコンと組み合わせることにより、体育館やグラウンドにおいて、操作、分析、結果の表示

までが手軽に行えるようになった。これらのシステムをスポーツテストに利用することにより、効率化などが期待できると考えられるが、過去にこれらのシステムをスポーツテストに利用し、その有用性について検討した報告は見あたらない。

そこで本研究では、スポーツテストのなかでも特に、垂直とび、長座体前屈、ハンドボール投げの測定に対して、簡易型の動作分析システムを利用し計測することにより、体力・運動能力評価における同システム利用の有用性について明らかにすることを目的とした。

## 方 法

### 1. 使用機器の概要

今回使用したシステムは、デジタル・ビデオカメラ（ソニー・DCR-PC300）、ビデオ・キャプチャー（映像・音声信号入力）機能つきノートパソコン（日立・PCF-PN33K）、簡易映像分析ソフト（ディケイエイチ・フィールド画像再生プログラムDual Stream）から構成されている（写真1）。



写真1 簡易型動作分析システム

デジタル・ビデオカメラはミニDVテープ方式による一般家庭用で、録画・再生機能つき（ビデオカメラ・レコーダー）の機種であった。ノートパソコンについても一般的に使用されている機種であり、カメラからの映像・音声信号をビデオキャプチャー・ソフト（Microsoft・Windowsムービーメーカー Ver 5.1）により、映像信号として取り込む機能が付属していた。

簡易映像分析ソフト（フィールド画像再生プログラム）は、簡易型の動作分析用ソフトウェアであり、一般的なビデオ再生画像であるフレーム再生（30分の1コマ毎秒）に加え、フィールド再生<sup>32)</sup>（60分の1コマ毎秒）による再生・分析が可能である。取り込んだ画像データをもと

に、距離、速度、傾斜角度（垂線とのなす角度）、角度（3点間）の計測機能および移動軌跡表示、2画面同期再生表示の機能を有している。従来型のビデオ動作分析システムにおけるソフトウェアでは一般化な、複数台のカメラ撮影による3次元動作分析<sup>20) 48)</sup>には対応していません、画像保存機能、データ保存機能、フィルタリング<sup>34)</sup>をはじめとするデータ演算機能も付属していませんが、価格は従来のソフトウェアに比較し、およそ10分の1であった。

## 2. 測定内容

体力テスト、スポーツテスト<sup>40) 47)</sup>における垂直とび、長座体前屈、ハンドボール投げについて、以下の要領にしたがって測定・実測した。その様子をビデオカメラで撮影し、得られた映像を分析し、測定項目別に各種の数値を算出した。

### (1) 垂直とび

壁から20cm離れた場所で、手の指先にチョークの粉をつけた被験者を立たせ、その場で高く跳びあがり、最高位点で壁面に設置した黒板に指先で印をつけさせた（写真2-a）。その後、被験者は壁に体側を接して立ち、片手をまっすぐ上に伸ばして指先で印をつけさせた（写真2-c）。跳びあがってつけた印と立ってつけた印との距離を読み取り、実測値とした。



写真2-a

写真2-b

写真2-c

写真2 垂直とび

被験者の後方10m、高さ1.5mに三脚で設置したデジタル・ビデオカメラで、この様子を撮影した。得られた映像から、簡易型動作分析システムを使用し、跳びあがってつけた印の指先位置と立ってつけた印の指先位置との距離を計測した（指先位置映像計測値）。また、最も高

く跳びあがった時と、立って黒板に印をつけた時の頭頂部の距離を計測した（頭頂部映像計測値）。

さらに、跳躍により足が床面を離れた瞬間と、その後再び足が床面に着地した瞬間の映像の画像（フィールド）数から、被験者が空中に跳んでいる時間Tを求め、以下に示す淵本<sup>14)</sup>の方法で、被験者の跳躍した高さ（跳躍高映像算出値）Hを算出した。

被験者を物体と仮定すると、t秒後の落下速度vは、

$$v = g t \quad \dots \textcircled{1} \quad (\text{但し、} g \text{ は重力加速度} 9.8\text{m/s}^2)$$

式①の両辺を時間tで積分すると、t秒後の落下距離hとなるので、

$$h = (1/2) g t^2 \quad \dots \textcircled{2}$$

跳躍による上昇と下降が同じ所要時間と仮定すると、落下時間tは被験者が空中に跳んでいる時間Tの半分となるので、

$$t = T/2 \quad \dots \textcircled{3}$$

③を②に代入して、跳躍した高さ（跳躍高映像算出値）Hは、

$$H = (1/8) g T^2$$

### (2) 長座体前屈

壁に背部・臀部を接触させた長座（足を前方に伸ばして座った状態）の姿勢を被験者にとらせ、2つの段ボール箱（A4コピー用紙の空箱）の上部を厚紙でつないで作った測定器に肘を伸ばし両手で保持させた（写真3-a

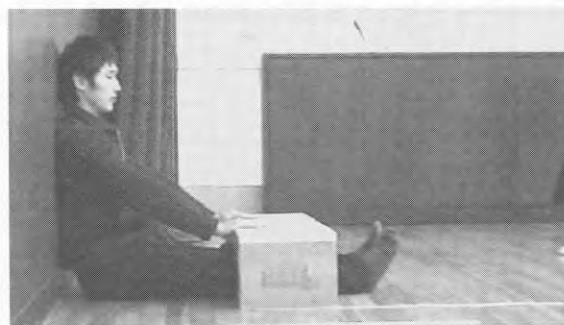


写真3-a

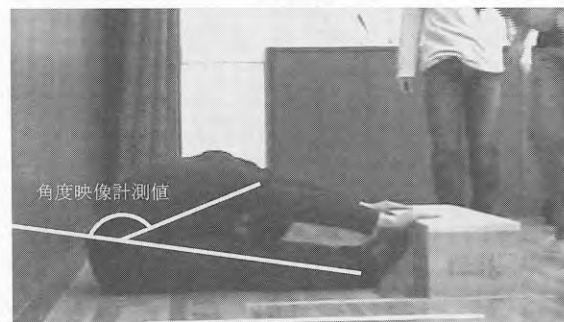


写真3-b

写真3 長座体前屈

a)。肘、膝を曲げずに上体を前方に倒して測定器を両腕で押し（写真3-b）、測定器が最初にあった場所から移動した距離を物差しで測り、実測値とした。

被験者の側方10m、高さ0.3mに三脚で設置したデジタル・ビデオカメラで、この様子を撮影した。得られた映像から、簡易型動作分析システムを使用し、動かす前と後の測定器の移動した距離を計測した（測定器映像計測値）。

また、被験者が最も身体を屈曲させた場面の画像から、体前屈の角度計測法<sup>40)</sup>に準じ、上前腸骨棘と腓骨外果を結ぶ直線と、上前腸骨棘と肩峰点を結ぶ直線とのなす角度（写真3-b）を求めた（角度映像計測値）。

### (3) ハンドボール投げ

地面に描いた直径2mの円内から、ハンドボールを出るだけ遠くに投げるよう指示した。円周からボールが落下した地点までの距離を巻尺で測定し、実測値とした。

被験者の側方10m、高さ1.0mに三脚で設置したデジタル・ビデオカメラで、この様子を撮影した。得られた映像から、簡易型動作分析システムを使用し、被験者の手を離れた直後のボールの速度（ボール速度映像計測値） $v$ とボールの角度（水平方向とのなす角） $d$ 、その際のボールの地面からの距離 $h$ を求め（図1）、以下に示す方法<sup>31)</sup>で、投げたボールの着地点との距離（投擲距離映像算出値） $L$ を計算した。

風の影響を無視した場合に、投射点と落下点と同じ高

さと仮定した投射体運動方程式より、投擲距離 $x$ は、

$$x = (2/g) \cdot (v \cos d) \cdot (v \sin d) \cdots \textcircled{1}$$

（但し、 $g$ は重力加速度 $9.8\text{m/s}^2$ ）

投射点は地面より高さ $h$ なので、求めるボールの着地点との距離（投擲距離映像算出値） $L$ は、

$$L = (1/g) \cdot (v \cos d) \cdot ((v \sin d)^2 + 2gh)^{1/2}$$

### 3. 被験者

垂直とびでは、大学学部に所属する健康な男子32名とした。また、長座体前屈では、同じく健康な男子35名、ハンドボール投げでは40名とした。いずれの被験者にも、測定の趣旨を説明し、協力に同意を得た。

### 4. 統計処理

垂直とびにおける実測値と指先位置映像計測値、頭頂部映像計測値、跳躍高映像算出値の間で、対応のある1元配置分散分析<sup>45)</sup>およびTukey HSD法<sup>12)</sup>による平均の有意差検定を実施した。長座体前屈では、実測値と測定器映像計測値との間で、対応のある2群のT検定<sup>54)</sup>を実施した。ハンドボール投げにおいても、実測値と投擲距離映像算出値との間で、対応のある2群のT検定を実施した。また、実測値と各種数値の間において、Pearsonの相関係数<sup>26)</sup>を求め、相関係数の有意性の検定<sup>25)</sup>を実施した。いずれも有意水準は、5%以下1%未満と、1%以下とした。統計処理には統計ソフトウェア、Kaleida Graph Ver 3.6 (Synergy Software)を使用した。

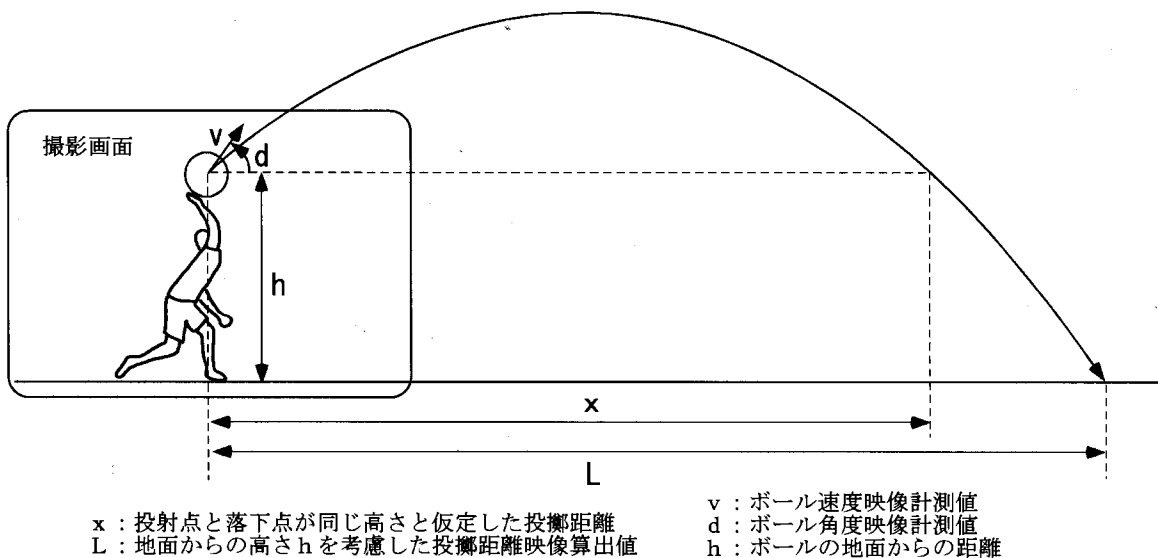


図1 投擲距離映像算出値

表1 垂直とびにおける実測値と各計測値, 算出値

項目	実測値 (cm)	指先位置 映像計測値 (cm)	頭頂部 映像計測値 (cm)	跳躍高 映像算出値 (cm)
平均値	59.3	ns 58.5	** 53.5	** 45.0
標準偏差	7.13	6.81	5.81	5.01
実測値との 相関係数	—	** 0.85	** 0.71	** 0.72
実測値との差 最大値 (絶対値)	—	12.0	17.1	23.4

\*\* :  $p < 0.01$ , ns : 有意差なし (平均値の行は実測値との平均の有意差検定結果, 実測値との相関係数の行は相関の有意差検定結果)

## 結果

測定に先立ち, 今回使用したシステムの測定精度について検討するために, 竹製の1mものさしの中央に穴を開け, ボルトおよびナットを通して自由に回転できるようにした校正用の道具を作成した。カメラから10mはなれた地点で校正用の道具を保持し, カメラ光軸と垂直になるよう注意して, ものさしを回転させながら, 撮影画角内を出来るだけ移動してまわり, その様子を撮影した。その後, 得られた連続した映像200画面 (フィールド) について, ものさしの長さを計測した。その結果, 全画像の長さについての標準偏差は0.01591mであり, 標準誤差は0.00113m, 最大値-最小値は0.074m, 平均値-最大値または最小値 (絶対値) は0.040mであった。

表1は垂直とびの実測値と指先位置映像計測値, 頭頂部映像計測値, 跳躍高映像算出値について, 平均値と標準偏差, 実測値との相関係数, 実測値との差の最大値 (絶対値) について示したものである。

対応のある1元配置分散分析の結果, 項目間に有意差 ( $F=124.2$ ,  $p < 0.01$ ) が確認されたため, 実測値と各項目との間で有意差検定を実施した。その結果, 実測値は

59.3±7.13cm (平均値±標準偏差) であり, 指先位置映像計測値58.5±6.81cmに近似した値を示し, 有意差は確認されなかった。両者の相関係数は0.85で, 有意 ( $p < 0.01$ ) な相関を示していたが, 実測値との差の最大値 (絶対値) は12.0cmであった (図2に垂直とび実測値と指先位置映像計測値との散布図, 回帰直線を示した)。頭頂部映像計測値は53.5±5.81cmで, 実測値の平均値より約6cm低く, 有意 ( $p < 0.01$ ) な差を示していた。相関係数は0.71 ( $p < 0.01$ ), 実測値との差の最大値 (絶対値) は17.1cmであった。跳躍時間から求めた跳躍高映像算出値は45.0±5.01cmで, 実測値の平均値より約14cm低く, 有意 ( $p < 0.01$ ) な差が確認された。実測値との相関係数は0.72 ( $p < 0.01$ ) であり, 実測値との差の最大値 (絶対値) は23.4cmと大きかった。

表2は長座体前屈の実測値と測定器映像計測値, 角度映像計測値について, 平均値と標準偏差, 実測値との相関係数, 実測値との差の最大値 (絶対値) について示したものである。

その結果, 実測値44.4±11.02cmに対し, 測定器映像計測値は43.5±11.38cmであり, 有意差は確認されなかった。両者の相関係数は0.97 ( $p < 0.01$ ) と高い値を示し

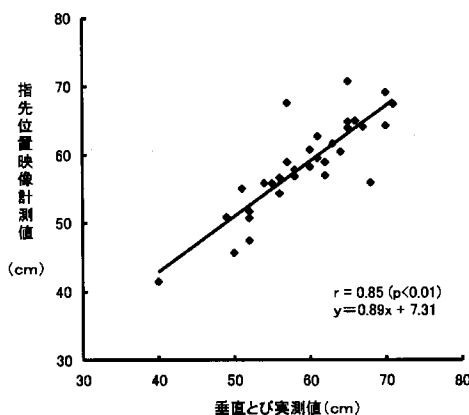


図2 垂直とび実測値と指先位置映像計測値の散布図

表2 長座体前屈における実測値と計測値

項目	実測値 (cm)	測定器 映像計測値 (cm)	角度 映像計測値 (度)
平均値	44.4	ns 43.5	136.4
標準偏差	11.02	11.38	14.91
実測値との 相関係数	—	** 0.97	** 0.84
実測値との差 最大値 (絶対値)	—	9.2	—

\*\* :  $p < 0.01$ , ns : 有意差なし (平均値の行は実測値との平均の有意差検定結果, 実測値との相関係数の行は相関の有意差検定結果)

ていた。しかし、実測値との差の最大値（絶対値）は9.2cmであった（図3に長座体前屈の実測値と測定器映像計測値との散布図を示した）。角度映像計測値の平均は $136.4 \pm 14.91$ 度であり、実測値との間で相関係数0.84の有意（ $p < 0.01$ ）な相関関係を示していた。

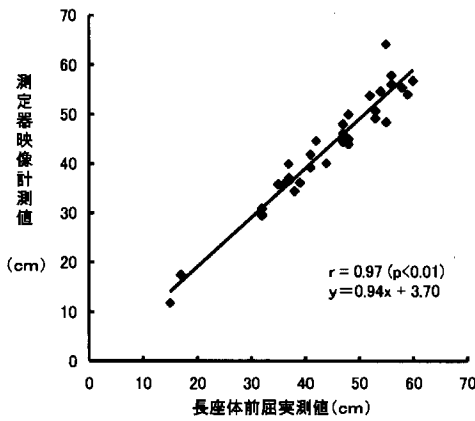


図3 長座体前屈実測値と測定器映像計測値の散布図

表3はハンドボール投げの実測値と投擲距離映像算出値、ボール速度映像計測値について、平均値と標準偏差、実測値との相関係数、実測値との差の最大値（絶対値）について示したものである。

表3 ハンドボール投げにおける実測値と算出値、計測値

項目	実測値 (m)	投擲距離映像算出値 (m)	ボール速度映像計測値 (m/秒)
平均値	28.8	ns 29.5	18.1
標準偏差	4.86	6.11	2.24
実測値との相関係数	—	** 0.80	** 0.85
実測値との差最大値	—	10.1	—

\*\* :  $p < 0.01$ , ns : 有意差なし（平均値の行は実測値との平均の有意差検定結果、実測値との相関係数の行は相関の有意差検定結果）

実測値 $28.8 \pm 4.86$ mに対し、投擲距離映像算出値は $29.5 \pm 6.11$ mと、近似した値を示し、両群に有意差は確認されなかった。両者の相関係数は0.80を示していたが、実測値との差の最大値（絶対値）は10.1mと大きかった（図4にハンドボール投げの実測値と投擲距離映像算出値との散布図を示した）。ボール速度映像計測値は $18.1 \pm 2.24$ m/秒で、実測値との間で相関係数0.85の有意（ $p < 0.01$ ）な相関関係を示していた。

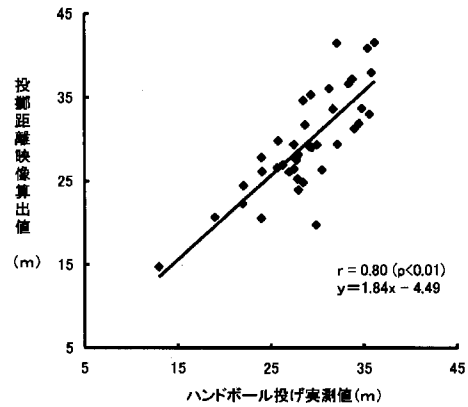


図4 ハンドボール投げ実測値と投擲距離映像算出値の散布図

考察

実測値の平均値と、映像をもとにして求めた計測値および算出値の平均値を比較してみると、垂直とびの指先位置映像計測値および長座体前屈の測定器映像計測値との間において1cm以下、ハンドボール投げの投擲距離映像算出値との間においても1m以下という、きわめて近似した値を示していた。また、これらの相関係数は0.8から0.9の高い相関を示していた。したがって、集団における平均値についてのみ限定すれば、簡易型の動作分析システムの利用は、従来の方法による実測値に近い値を求めることが可能であった。また、求めた回帰直線を利用することにより、本システムにより求めた数値から、さらに実測値に近似した推定値の予測<sup>26)</sup>が可能であると考えられた。

しかしながら、個々人の結果についてみると、垂直とびにおける実測値と映像による計測値との差の最大値（絶対値）は12.0cmであり、長座体前屈では9.2cm、ハンドボール投げでは10.1mと、かなり大きな差を示していた。特に垂直とびとハンドボール投げにおけるこれらの数値は、実測値の30%をこえる値であった。したがって、集団の特性を把握する目的で、平均値の予測を本システムで行うことは可能と考えられたが、個人個人の評価に今回のシステムを適用することは、不相当と判断された。

各測定項目における個々人の実測値と、映像をもとにして求めた計測値または算出値との間に差が出た原因として、今回使用したシステムにおける測定上のばらつき誤差<sup>13)</sup>が考えられる。従来の動作分析システムにおける繰り返し計測の標準偏差<sup>13)</sup>が0.2~5mmであるのに対し、本システムでは約16mmと大きく、この点が実測値



との差に影響したと考えられた。しかし、これらはシステムの機能上の問題であるため、今後さらに改善された性能や高い精度を有する機種が出現すれば、個人の評価に使用できる可能性もあると思われる。

本システムはすべて充電式のバッテリーにより動作するため、AC電源の供給が期待できない体育館やグラウンドでも使用することが可能であり、携帯性・機動性において優れていた。また、対象のグループに測定動作のみを行わせ、その様子を連続して撮影・録画しておき、後で映像をもとに、計測をまとめて行うといった使い方も可能である。従来の測定の様に、被験者がその場で測定動作と記録の読み取りまでを行った場合に比べると、効率よく測定を終えることができるため、測定のための限られた時間を有効に活用できると考えられる。

また、測定の様子を含めて映像として記録に残すことができるため、個人個人の測定方法が正しく実施されたかどうかのチェックを後で行うことが可能であった。長座体前屈において、前屈時に被験者がひざを曲げた場合や、ハンドボール投げにおいて、地面に描かれた円を踏み越してボールを投げた場合など、正しく測定が実施されなかった場合にデータを削除することもできるため、正確なデータの収集<sup>27)</sup>に役立つと考えられた。

垂直とびでは、片手をまっすぐ上に伸ばして黒板に指先をつけた姿勢(写真2-c)に比べ、跳び上がって最高点で指先を黒板につけた姿勢(写真2-a)は、片方の肩が大幅に挙上しているため、跳躍による身体の特定の部位(腰、頭など)や重心の移動距離に比べ、実際より大きい数値を示すことが知られている<sup>35)</sup>。本測定においても、実測値に比較して、頭頂部映像計測値が有意に小さな値を示していたのは、そのためと考えられる。妥当性の観点<sup>49) 50)</sup>から見ると、本システムによる測定の頭頂部映像計測値の方が適当であると考えられる。

垂直とびを実施した被験者は、一方の腕を高く上げ、上方の黒板を凝視しながら片足で着地する、極端に不安定な姿勢を強いられていた(写真2-b)。そのため、着地時にバランスを崩し、転倒する被験者も多かった。黒板を使用せず、本システムのみを使用することにより、安定した着地姿勢をとることが可能であるため、安全面においてより有効であると考えられた。

跳躍により足が床面を離れ、その後着地するまでの時間から求めた跳躍高映像算出値は、実測値との間で有意な差を示し、実測値との差の最大値(絶対値)も23.4cmと大きかった。本システムを用いた今回の計測項目の中

では唯一、位置計測を用いない映像分析であったが、画面(フィールド)数のカウントに依存しているため、時間分解能が60分の1秒までであり、それ以下の時間精度での計測ができなかった。そのため、実測値との差が大きくなったものと考えられた。また、足が床面を離れて上昇する時間と、下降して床面に着くまでの時間が同じであるという仮定のもとに跳躍高を算出しているが、実際には、両足で床面を踏み切り、片足で着地する被験者が多く(写真2-b)、跳躍時と着地時の姿勢の違いから、上昇と下降が同じ所要時間になってはいなかった。この点も、差の増大の原因と推察された。

立位(台の上に立った姿勢)で前屈する測定方法によって得られた角度法の全国標準値<sup>40)</sup>は、 $138.0 \pm 9.0$ 度であり、今回の長座での角度映像計測値 $136.4 \pm 14.91$ 度に比較的近い値であった。立位による前屈動作は、転倒や転落、腰痛<sup>16)</sup>の危険があり、子どもや高齢者に不向きとされている<sup>4)</sup>。したがって、今回の長座による角度法の実施がより望ましいと判断される。また、スポーツテストにおける長座体前屈の測定では、長さを測る距離法による評価がなされているが、被験者の身長や腕の長さの違いが測定値に影響を及ぼすため、角度法による評価の方が妥当性は高いとされている<sup>40)</sup>。しかしながら角度法の測定では、専用の角度計など特殊な道具が必要である上、測定者の測定法に対する熟練も必要であるため、あまり一般化していない。本システムにおける角度計測機能を使用することで、体前屈の角度法による評価が簡単・迅速に可能であった。被験者に計測点<sup>15) 21)</sup>を示すマークをあらかじめ貼付しておくことで、さらに正確な計測が可能と考えられた。

ハンドボール投げにおいては、実測値と投擲距離映像算出値との相関係数(0.80)よりも、実測値とボール速度映像計測値との相関係数(0.85)の方が高い値を示していた。投動作においては、投擲物の初速が投擲距離に強く影響する<sup>31)</sup>ことが、大きな原因のひとつと考えられた。また、本システムにおいて、画像からボールの位置を入力する際に、ボールのほぼ中央付近にカーソルを合わせて入力したため、ボールの位置データが不正確になったことが予想された。ボール速度の入力・計測とは別に、ボール角度の入力・計測を行ったために、両者の誤差が加算され、実測値と投擲距離映像算出値との相関係数が低下したのと考えられた。

ハンドボール投げの測定に本システムを利用する場合には、被験者の投げる場面のみを撮影すれば済むため、ボールの着地点までを含む測定のための広い場所は必要



とせず、壁やネットに向かって投げれば計測可能と考えられる。また、実測用の距離表示をあらかじめ地面に描いておく必要がなく、準備の手間が省けるなどの長所が確認された。さらに、ハンドボール投げ実施中には、投げたボールが遠く離れた別の人に当たるというアクシデントが多く、本システムの利用により、事故の防止にも役立つと考えられた。

今回のシステムを利用し、垂直とび動作時の加速時間の決定や仕事量<sup>5)</sup>、長座体前屈時の前屈角速度の計測、ハンドボール投げ時の上肢速度の計測など、パフォーマンスに関連の深い多くのパラメータ<sup>2) 22) 24) 28)</sup>の算出が可能であると予想された。また、スポーツテストにおける他の測定項目、たとえば、上体起こし、反復横とび、立ち幅とびなどへも本システムの適用が考えられ、応用範囲は広いと判断された。

### まとめ

スポーツテストは、個人と集団における体力と運動能力の特徴を調べるために実施されており、その実施方法は、実施要綱により定められている。過去に、動作分析の方法を利用して、体力と運動能力の評価を実施した報告は見あたらない。そこで本研究では、スポーツテストのなかでも特に、垂直とび、長座体前屈、ハンドボール投げの測定に対して、簡易型の動作分析システムを利用し計測することにより、体力・運動能力評価における同システム利用の有用性について明らかにすることを目的とした。

32人の男子大学生が垂直とびの測定に参加し、35名が長座体前屈に、40名がハンドボール投げに参加した。測定中の被験者の動作をデジタル・ビデオカメラで撮影し、その映像をノートパソコンに収録した。そして簡易型の動作分析ソフトウェアを使用して、各種の計測値および算出値を求めた。

その結果、垂直とび、長座体前屈、ハンドボール投げの測定において、ものさしや巻尺を使用して測った測定値(実測値)の平均は、動作分析システムによる映像分析により求めた計測値または算出値の平均に近似しており、有意な差は確認されなかった。実測値と映像分析値・算出値との間に、有意( $p < 0.01$ )な高い相関関係が確認された。しかしながら、実測値と映像計測値・算出値の差が、実測値の30%を超える被験者も存在した。

以上の結果から、スポーツテストへの動作分析システム導入は、集団の体力と運動能力の特徴を調べる目的に

適していた。しかし、個人個人のそれらの評価には適していなかった。本システムの利用により、時間や場所に関する効率化とデータの正確な収集、傷害防止の効果などが期待された。

本研究は平成16年度大阪大学健康体育部プロジェクト研究(教育)の助成を得て実施された。

### 文献

- 1) 阿江通良: 画像データによる動作解析法, Japanese Journal of Sports Sciences, 10 (3): 196-203, 1991
- 2) 阿江通良: スポーツにおける運動計測, BME, 5 (1): 25-32, 1991
- 3) 安藤幸司: 映像解析最前線, Japanese Journal of Sports Sciences, 7 (9): 554-561, 1988
- 4) 青木純一郎, 新井 忠: 文部省体力テスト再考, 体育の科学, 47 (11): 847-851, 1997
- 5) 浅見高明: わかる體のはかり方, 前田印刷, 2000
- 6) 朝比奈一男: 「体力の考え方」日本人の体力(第3版), 福田邦三(監修) 船川幡夫ら(代表編), 杏林書院: 1-15, 1983
- 7) 坂東隆男ほか: コーナーミラーおよびレーザー光を用いた身体動揺の計測, 第10回バイオメカニズム学術講演会予稿集, 119-122, 1989
- 8) 坂東隆男, 黒田英三: 小型ビデオカメラを用いた剣道の中段の構えにおける剣先方向の測定と分析, 大阪武道学研究, 10: 9-15, 2001
- 9) 坂東隆男, 杉江正敏ほか: 剣道の構えにおける剣先方向の研究—レーザー光投射竹刀の試作と指導—, 大阪武道学研究, 12: 37-42, 2003
- 10) 坂東隆男ほか: 小型FM受信機を利用した指導に関する事例研究—剣道の互角練習中における指導・助言の試み—大阪大学健康体育部紀要, 5: 57-63, 1990
- 11) Clark, H. (栗本関夫訳): 保健・体育への測定の活用, ベースボール・マガジン社, 1977
- 12) 出村慎一ほか(編著): 健康・スポーツ科学のためのSPSSによる多変量解析入門, 184-214, 2004
- 13) 江原義弘, 山本澄子(代表著) 臨床歩行分析研究会(編): 関節モーメントによる歩行分析, 医師薬出版, 1997
- 14) 淵本隆文: 地面反力の測定, 大阪体育学会主催研究方法セミナー資料, 2005
- 15) 深代千之ほか: スポーツバイオメカニクス, 朝倉書店: 103, 2000
- 16) 波多野義郎: 立位体前屈から長座体前屈へ, 体育の科学, 47 (11): 884-888, 1997
- 17) 平野裕一: 時系列データ収集へ向かうVTR利用, 体育の科学, 39 (6): 449-454, 1989
- 18) 星川 保: 学校体育でのスポーツ科学, Japanese Journal of Sports Sciences, 11 (2): 82-83, 1992
- 19) 猪飼道夫: 体育生理学序説(第7版), 杏林書院: 42-72, 1983

- 20) 池上康男ほか：映像解析－3次元計測の実際－, *Japanese Journal of Sports Sciences*, 13 (4) : 459-465, 1994
- 21) 石田明允：関節運動とその計測, *BME*, 5 (1) : 1-6, 1991
- 22) 石田明允 (代表著)：身体運動のバイオメカニクス, コロナ社 : 126-166, 2002
- 23) 石井喜八：体育の領域における映像解析, *体育の科学*, 39 (6) : 436-441, 1989
- 24) 石井喜八：科学の眼でみたスポーツ動作の隠し味, ベースボール・マガジン社 : 49-124, 1996
- 25) 岩原信九朗：推計学による新教育統計法 (第38版), 日本文化科学社 : 43-59, 1980
- 26) 岩原信九朗：教育と心理のための推計学 (第26版) : 日本文化科学社 : 346-360, 1982
- 27) 和泉貞男：体育測定, 道和書院 : 87-91, 1977
- 28) Jensen, R. J. と G. W. Schultz (波多野義郎, 小林義雄 訳)：スポーツ動作の科学的分析－応用キネシオロジー－, 泰流社 : 259-345, 1977
- 29) Juris, T. (Edited): *Science in Biomechanics Cinematography*, Academic Publisher: 1-9, 1979
- 30) 加賀谷照彦：体育授業の科学, *Japanese Journal of Sports Sciences* 11 (2) : 91-97, 1992
- 31) 金子公宥：スポーツバイオメカニクス入門, 杏林書院, 1982
- 32) 木原信敏：ビデオレコーディング技術, 産報出版 : 46-76, 1981
- 33) 小林寛道：何故体力テストが必要なのか－過去から未来へ－, *体育の科学*, 47 (11) : 844-846, 1997
- 34) 小林一敏, 大島義晴：映像解析におけるフィルタリング, *Japanese Journal of Sports Sciences*, 2 (3) : 172-181, 1983
- 35) 小林 規：「体力測定における垂直跳びの意義と問題点」ジャンプ研究, 日本バイオメカニクス学会 (編), メディカルプレス : 170-177, 1990
- 36) 松浦義行：体力測定法, 朝倉書店 : 3-14, 1986
- 37) Marley, W. P.: *Health and Physical Fitness - Taking Charge of Your Health- Saunders College* : 305-322, 1982
- 38) Mathews, D. K.: *Measurement of Physical Education*, W.B. Saunders : 1-24, 1978
- 39) 飯塚鉄雄 (代表著) 日本体育学会測定評価専門分科会 (編)：体力の診断と評価 (第4版), 大修館: 23-58, 1980
- 40) 飯塚鉄雄 (代表著) 東京都立大学身体適性学研究室 (著)：日本人の体力標準値 (第4版), 不昧堂, 1989
- 41) 宮下充正 (編著)：体力を考える－その定義・測定と応用－, 杏林書院 : 16-62, 1998
- 42) 文部科学省ホームページ：新体力テスト実施要項  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/sports/stamina/03040901.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/03040901.htm), 2005
- 43) 文部科学省ホームページ：体力・運動能力調査,  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/toukei/001/index22.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/001/index22.htm), 2005
- 44) 永田 晟 (代表著)：健康・体力づくりハンドブック, 大修館 : 218-279, 1983
- 45) 永田 靖, 吉田道弘：統計的多重比較法の基礎, サイエンス・テイスト社 : 19-62, 2001
- 46) 小野三嗣：健康と体力の科学, 大修館 : 1-60, 1980
- 47) 大槻丈夫 (代表著) 東京都立大学体力標準値研究会 (編著)：新・日本人の体力標準値, 不昧堂, 2000
- 48) Paul Allard et al. (Edited): *Three Dimensional Analysis of Human Movement, Human Kinetics* : 3-141, 1995
- 49) Safrit, M. J. (遊佐清有ほか訳)：体育アセスメントの評価, 泰流社 1982
- 50) Safrit, M.J.: *Introduction to Measurement in physical Education and Exercise Science, Times Mirror* : 226-264, 1986
- 51) Stull, G. A.: *Encyclopedia of Physical Education, Fitness, and Sports, Training, Environment, Nutrition, and Fitness, Brighton* : 95-252, 1980
- 52) 田畑 泉：健康に関連する体力, *体育の科学*, 47 (11) : 852-857, 1997
- 53) 高橋四郎：「体育学習と視聴覚教材の使い方」現代学校体育大事典, 松田岩男, 宇土正彦 (編)：大修館 : 143-148, 1977
- 54) Thomas, J. R. and J. K. Nelson (田中喜代次ほか訳)：身体活動科学における研究方法, ナップ : 145-178, 2004
- 55) 植村清雄ほか：レーザービームスキャナを用いた複数運動体の実時間遠隔計測システム, *信学技報, MBE 97-167* : 59-66, 1998
- 56) 植屋清見：学校体育の指導に関するバイオメカニクス, *Japanese Journal of Sports Sciences* 11 (2) : 84-90, 1992
- 57) Whitley, J. W.: *Fitness for Health, Figure/Physique, Posture* (5th Edition), Wm. C. Brown, 1968
- 58) 山本利幸：最新の映像機器の紹介, *体育の科学*, 39 (6) : 461-467, 1989
- 59) 油座信男：「体力テスト」体育学実験・演習概説, 体育科教育研究会 (編) 洪川侃二ら (代表著), 大修館 : 188-197, 1979
- (ばんどう たかお 大学教育実践センター・講師)  
(いくた こうめい 大学教育実践センター・教授)  
(ひらい とみひろ 大学教育実践センター・助教授)  
(すぎえ まさとし 大学教育実践センター・助教授)