

タイトル	スポーツトレーニングにおける計測機器の活用(<特集論文>経営学部でスポーツPart2：経営学と健康・スポーツ科学の相互理解による新しい価値の創造)
著者	田中，昭憲
引用	北海学園大学経営論集，6(3)：133-141
発行日	2008-12-25

## スポーツトレーニングにおける計測機器の活用

田 中 昭 憲

### I. スポーツトレーニングにおける測定の意義

スポーツトレーニングにおける測定・評価の役割の一つに、選手やチームの現状を理解するための診断的評価があります。この診断的評価により、トレーニングの目標を明確にすることができます。トレーニング目標は、個人の目標、監督が目指しているチーム像や戦術・戦略に応じた目標も含まれます。測定に関わる者は、選手やコーチと十分に相談した上で、現場の要望に応えられる測定項目を決める必要があります。

トレーニング目標が明確になったら、次にトレーニング内容を計画し、実行します。実際にトレーニングを進めていく中で、そのトレーニングがうまくいっているのかどうかを評価することが必要になってきます。これを形成的評価といいます。形成的評価のための測定を実施する場合、トレーニング効果が過去の測定結果と比較できるように、測定内容や測定条件をできるだけ一致させる必要があります。例えば、50 m ダッシュの能力を、夏の場合はスパイクシューズを着用してグラウンドで測定し、冬になったらアップシューズを着用して体育館で測定する。この二つの記録を単純に比較しても意味を持ちません。シューズやサーフェイスの条件だけでなく、天候や気温、風速など、できるだけ同じ条件で測定することが重要となります。

実際の試合や競技会での達成度（ここでは敢えて成績と呼ばず、チームや選手の目標に対する達成度と強調します）を評価することが、総括的評価ということになります。そして、スライド2のように、診断的評価→トレーニング→形成的評価→トレーニング……試合→総括的評価のサイクルをうまく回していくことが、トレーニングにおける測定・評価ではとても大切です。

### II. 測定項目の条件

スポーツトレーニングにおける測定項目は、以下の4つの条件を満たす必要があります。

#### 1. 妥当性

文部科学省の体力測定項目では握力の測定を行っています。近年の子どもの体力の傾向を調べる目的で、握力を指標として筋力レベルの年代推移を評価することには妥当性を見出すことが可能と思われます。しかし、脚筋力を調べる目的で、握力を筋力の指標として測定することは全く妥当性が無いといえます。

#### 2. 信頼性

50 m ダッシュをストップウォッチで測定する際に、測定者によって結果が変わってしまうような場合は、信頼性のある測定とは言えません。ストップウォッチの誤差は、被験者内誤差が0.2-0.4秒であり、被験者間誤

差はさらにばらつきます。測定値には必ず誤差が含まれるので、その誤差ができるだけ少なくなるような方法を考えなければなりません。ストップウォッチの測定であれば、測定者は同じ人物とし、できれば複数で測定して値を平均する。そして、スタートとゴールの判断基準（例えば、後ろ足が地面から離れた瞬間をスタートとし、トルソーがゴールラインを通過した瞬間をゴールとするなど）を明確にしておくことが望まれます。

### 3. 客観性

誰が測定しても同じ結果が得られるかどうか。その器械の使い方が人によって違うと、結果が変わってしまうということが往々にしてあります。誰が測っても同じ結果が得られるよう測定機器の使用法や評価基準の統一が重要です。

### 4. 実用性

スポーツの測定では、精密な測定は実験室で実施されることが多く、そこで妥当性、信頼性、客観性という条件を補償してきました。このような実験室での測定（ラボテスト）は、スポーツ科学を格段に発展させてきました。しかし、ラボテストでは、選手が測定室に足を運ぶ必要があり、また実験室という様々な制約を受けた中でのパフォーマンス発揮を求めなければなりません。近年、コンピュータの小型化や情報端末の技術発展に伴って、かなり精密な測定を、トレーニングや競技会の現場において実施できるようになってきています。そして、測定結果を選手やコーチにその場で即時フィードバックすることによって、このような測定結果を日常のトレーニングに利用できるようになってきました。

## III. 疾走能力の測定の留意事項

本日は、疾走能力の測定と評価に焦点を絞

り、私たちが実際に使用している測定機器をご紹介します。その前に、疾走能力を測定する際に、疾走タイムに大きな影響を及ぼすスタート方法についての留意事項をお話しします。

### 1. スタート方法

陸上競技の短距離走では、クラウチング姿勢を取り、ピストルの号砲でスタートします。陸上競技の公式記録は、ピストルの号砲からトルソーがゴールラインを通過するまでの時間となります。野球やサッカーでは自由な姿勢からのスタートダッシュがほとんどです。スタンディングスタートの場合、スタートの基準となるイベントを予め決めておくことが、測定の信頼性を高めることにつながります。例えば、スタート後1歩目の着地の瞬間をスタート（測定開始）とするなどです。スタンディングスタートの場合、光電管をスタートライン上に低く設置（0-15 cm）しておくと、スタート動作で被験者の後足が地面から離れた瞬間には、前脚が光電管を切るような局面となります。したがって、ストップウォッチの測定の場合は、被験者の後足が離れた瞬間をスタートの基準とすることにより、その測定結果を光電管の測定結果と近似させることが可能になります。また、スタンディングスタートでも、正面向きと横向き姿勢ではスタートに要する時間に違いが生じます。

### 2. 反応時間

陸上競技の場合、ピストルの号砲がスタートの合図となります。その場合は、単純反応時間が問題となります。しかし、球技では音刺激だけではなく、視覚刺激や聴覚刺激もスタートの合図となります。さらに、何らかの刺激に対して、止まる、逆方向にスタートする、上方に跳ぶなどの判断を伴う場合があります。これを選択反応と言い、単純反応時間よりもさらに時間がかかります。スタートの

反応時間をどう処理するか、疾走能力の評価に反応時間を含めるのか含めないのかということも重要です。

### 3. 助走や反動の利用

スタート動作に助走や反動を利用するかどうかで、スタート時のスピードに大きな影響を及ぼします。身体を小刻みに左右に動かしながらスタート合図を待つと、スタート時には身体が進行方向あるいは逆向きにスピードを持った状態でのスタートとなるので疾走タイムに影響します。身体を上下に動かしたり、小さなジャンプ動作を行ったりすることによって、脚のストレッチ・ショートニング・サイクル(SSC)を利用したスタート動作となり、スタート時の身体スピードを増加させることができます。陸上競技の短距離走では、「用意」の後に静止することが求められ、反動動作は使用できません。

このように、疾走能力を測定する際には、測定結果から何を評価するのかを考慮し、スタート方法と測定方法を決定することが重要です。

## IV. 疾走能力の測定機器

### 1. 疾走タイムの測定：光電管

2台の光電管の間を被験者が通過した時間を測定する装置です。私たちは、これを複数組み合わせて、疾走中の区間タイムを測定しています。50 m 走では、5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m 地点に光電管を設置し、各区間の平均速度を算出することによって、スライド3のような疾走速度曲線を作成することができます。

光電管の設置に当たっては、その高さがとても重要です。光電管の位置が高いと、疾走動作によっては、前傾姿勢のために、身体が光電管の下をくぐってしまう場合があります。その反対に、光電管の位置が低いと、振り上

げた脚が光電管を切ってしまうことがあります。また、腕振り動作中の手が光電管を切ってしまうこともあります。おおよそ地面から1.0-1.1 m ぐらいの高さに光電管を設置すると、上記のような測定誤差を生み出す危険性を少なくすることはできますが、完全な対処方法ではありません。

光電管による疾走タイムの測定結果は、スライド4のような評価表によって、選手やコーチにフィードバックします。パーセントイル表を示すことによって、疾走局面別に、各自の疾走能力を評価することができます。その結果、弱い区間を補強するのか、それとも得意な区間を伸ばすのかなど、トレーニング目標をコーチと選手で話し合い、トレーニング計画を作成することになります。

### 2. 疾走速度の測定：レーザー式速度測定器

レーザー式速度測定器は、人体に影響のないクラス1レーザー光を測定対象に当てることにより、対象物までの距離を測定します。ここに紹介するLAVEG SPORT LDM300C(JENOPTIK社製、ドイツ)は、サンプリング周波数が100 Hz、速度測定に関する測定精度は10 m/s以下で±0.1 m/sです。レーザー光は、被験者の後方から背中の中に向けて照射します。しかし、100 mの距離でレーザー光が直径30 cmまで拡散するため、レーザーの照射位置によっては、被験者が振っている腕や脚(足)までの距離を測定している可能性があります。実際の測定結果には、スライド5のようにノイズが多く含まれており、距離データを差分して速度にすると、その波形は大きくゆらぎます。私たちは、0.5 Hz以上の周波数を遮断するフィルター処理をして、速度データを得ています。

スタート時のピストルと光電管、ビデオカメラなど他の測定機器との同期をとるために、スライド6のようなシステムを構築しています。このシステムを、競技場や学校のグラウ

ンド、体育館、廊下などに持ち運んで測定を実施しています（スライド7）。

スライド8は、50m走をLAVEG SPORTで測定し、距離データを0.5Hzでフィルタリングした速度曲線の一例です。この例では、最高疾走速度が8.59 m/s、そして最高速度到達距離が43.5m地点であったことがわかります。この被験者は、50mを7秒07で走りました。

スライド9は、高校硬式野球部員19人の50m走について、50m走タイム（7.54±0.31秒）と最高疾走速度との関係を示したものです。両者の間には、非常に高い相関関係が認められます（ $R^2=0.941$ ）。したがって、50m走タイムを向上させるためには、最高疾走速度を高めることが重要です。

スライド10は、高校硬式野球部員19人の50m走について、1m毎の各地点での疾走速度を求め、それぞれ50m走タイムとの相関係数を示したものです。スタートから1m地点の速度と50m走タイムとの相関係数は $r=0.58$ でした。それが2m地点では $r=0.84$ となり、5m地点では $r=0.90$ となります。すなわち、5m地点の疾走速度で、50m走タイムを約80%以上説明できることとなります。このように50m走では、疾走前半（5m地点）であっても、その加速能力が50m走タイムと大きく関連していることが理解できます。

スライド11は、高校硬式野球部員19人の50m走について、5m区間毎の速度の増加量と最高疾走速度との相関係数を表わしたものです。言い換えると、最高疾走速度の高さに大きな影響を及ぼす加速区間はどの区間かを示したものです。これをみると、0-5m、5-10m、10-15m区間の加速能力が、最高疾走速度と $r=0.8$ 以上の相関係数を示しました。したがって、最高疾走速度の高い選手ほど、スタート後15m地点までの加速能力に優れていることがわかります。

これらまでの結果から、高校硬式野球部員の50m疾走能力に関して、スライド12のようなモデルを考えました。これに関しては、現在、被験者数を増やしてさらに検討を進めているところです。

スライド13は、ある中学生陸上部員の50m走の疾走速度曲線を1年間半、縦断的に測定したものです。この間で50m走タイムは1秒04も向上しました。疾走能力が向上すると疾走速度曲線はどのように変化するかというと、やはり5m地点からの疾走速度に向上が認められます。また、その後の疾走速度の上昇も大きく、第2加速区間といわれている10-30m区間も滑らかに加速ができるようになっています。このように、疾走速度曲線を縦断的に記録することによって、疾走能力の発達の様子を知り、トレーニング課題を把握するための資料を得ることができま

### 3. ストライド、ピッチ、接地時間の測定：ジャンプ測定器

疾走速度は、ストライド（歩幅；m）とピッチ（脚の回転数；Hz）の積に相当します。疾走をジャンプの連続と考えることによって、ストライド、滞空時間、ピッチ、接地時間の各要素に分けることができます。このような疾走速度を構成する要素を測定できる器械が、オプトジャンプ（MICRO GATE社製、イタリア）です。この測定器は、長さ1mのバーに、光電管のセンサーが地上3mmの高さに3cm間隔で33個装着しています。私たちは、これを10組設置して、10m区間のストライド、滞空時間、ピッチ、接地時間を測定しています。結果はすぐにPCで処理されグラフや表として表示されます。

スライド14は、円山競技場に設置した際の写真です。この日は、スタート直後の0-10m区間を測定しました。スライド15は、

中学生陸上部員の測定結果の一例です。1歩目(左足)はスタートラインから46cmの地点に接地し、0.191秒の接地時間で地面を蹴っています。そして2歩目(右足)は93cmのストライドに0.049秒を要し、接地時間は0.185秒であったことを示しています。これらの結果は、すぐにグラフ表示することができ、PC画面等で疾走直後に確認することができます。

スライド16はストライド長の変化を表示したのですが、ストライドの左右差が認められます。具体的には右足で蹴ったときのストライドが長く、左足踏切のストライドは短いという特徴があります。

スライド17は接地時間と滞空時間の変化を表示したものです。この選手の場合、2-3歩目の滞空時間が短くなっています。2-3歩目に何があったのかを、疾走後に本人に確認したり、ビデオで分析したりすることにより、問題解決に役立てることができそうです。接地時間は1歩目の0.191秒から歩数ごとに徐々に短くなっていき、7歩目には0.118秒となっています。パワートレーニングの代表格であるパワークリーンでは、リフティング中の足の接地時間は約0.3秒です。これに比べると疾走中の接地時間はかなり短いことがわかります。また、疾走局面(加速の様相)によって足の接地時間が調節されていることが伺えます。

スライド18は加速度の変化をグラフ表示したものです。この値は、ストライドとピッチの積により求めた1歩毎の疾走速度の変化量で示しています。加速度にも、ストライドのグラフで見たような左右差が認められます。この選手の場合、左足で蹴った時にピッチが高くなりストライドが短くなります。右足で蹴った時はストライドが長くなり、ピッチが遅くなります。ですから、速度で見ると、左右差は少なくなりますが、速度を産み出す要因は、左右の脚で異なっていることがわかり

ます。

## V. まとめにかえて

本日は、「疾走能力を測る」ということを題材にして、最近のスポーツトレーニング現場の一端を簡単にご紹介させていただきました。近年のコンピュータの小型化、情報端末の技術発展により、以前は実験室でしかできなかった精密な測定が、トレーニングや競技会の現場において実施できるようになってきています。このようなフィールドテストは、測定結果の即時フィードバックが求められますが、様々なソフトウェアの開発や情報処理技術の発達により、日常のトレーニング活動においても利用できるようになってきています。しかし、これらの測定機器は、まだ高価であることと、使用に当たっては専門的な知識を必要とするため、一般のスポーツ現場にはあまり普及していません。

私たちは、スポーツ科学とスポーツトレーニング現場との橋渡しを行うべく、スポーツ現場への出前の測定活動を実施しています。今後は、測定結果を選手やコーチに対して、よりわかりやすく提示する方法の検討が必要だと感じています。また、北海道の冬季間の室内トレーニングについて、このような測定活動から得た知見を基に、アイデアを出していきたいと考えています。

## 付 記

本稿は2008年6月7日に行った第6回経営学部公開講座「経営学部でスポーツ——Part2——」の講演記録を大幅に書き換えたものである。

## 〈参考文献〉

長谷川裕(2005)スピード強化のトレーニングと

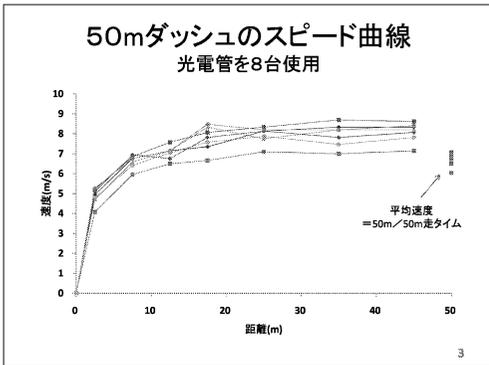
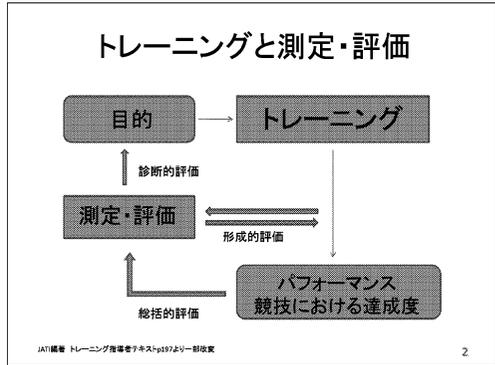
- コーチング・テクノロジー(1). コーチング・クリニック19(2):44-47.
- 長谷川裕 (2005) スピード強化のトレーニングとコーチング・テクノロジー(2). コーチング・クリニック19(3):44-47.
- 長谷川裕 (2005) スピード強化のトレーニングとコーチング・テクノロジー(3). コーチング・クリニック19(4):44-47.
- 長谷川裕 (2005) スピード&クイックネスの強化(1)身体移動能力. コーチング・クリニック19(11):44-47.
- 長谷川裕 (2005) スピード&クイックネスの強化(2)オプトジャンプ・システム. コーチング・クリニック19(12):44-47.
- 長谷川裕 (2006) スピード&クイックネスの強化(3)ストライド分析の実際. コーチング・クリニック20(1):44-47.
- 長谷川裕 (2006) スピード&クイックネスの強化(4)ストライドデータの活用. コーチング・クリニック20(2):44-47.
- 長谷川裕 (2006) スピード&クイックネスの強化(5)評価とフィードバック法. コーチング・クリニック20(3):44-47.
- 松尾彰文, 金高宏文 (2001) レーザー方式による経時的疾走速度の計測. 体育の科学51(8):593-597.
- 宮崎俊彦, 田中昭憲, 佐藤孝一 (2006) 中学生男子と高校生男子における100m走記録と最大疾走スピードおよび最大加速度の特徴. 北海道体育学研究41:49-54.
- NPO法人日本トレーニング指導者協会編著 (2008) トレーニング指導者テキスト実践編. ベースボールマガジン社:p197.

第6回 北海学園大学経営学部公開講座  
経営学部でスポーツ-Part2

2008年6月7日(土)

## スポーツトレーニングにおける 計測機器の活用

北海学園大学経営学部  
田中 昭 彦



### ダッシュ力評価表

測定日	学生	名前	S<0.1m	0.1-5m	5-10m	0.1-10m	10-30m	0.1-30m	P=10m	30m
080216	2	A	0.82	E	0.96	B	0.72	A	1.68	AA
080216	2	B	0.81	E	0.94	A	0.73	B	1.87	AA
080216	2	C	0.93	C	1.04	C	0.76	C	1.80	C
080216	2	D	0.49	C	0.99	B	0.74	B	1.73	B
080216	1	E	0.48	C	1.20	EE	0.84	EE	2.04	EE
080216	1	F	0.75	EE	0.83	AA	0.74	B	1.87	AA
080216	1	G	0.84	E	1.02	G	0.78	D	1.80	C
080216	2	A	0.82	E	0.96	B	0.72	A	1.68	AA
080216	2	B	0.81	E	0.94	A	0.73	B	1.87	AA
080216	2	C	0.93	C	1.04	C	0.76	C	1.80	C
080216	2	D	0.49	C	0.99	B	0.74	B	1.73	B
080216	1	E	0.48	C	1.20	EE	0.84	EE	2.04	EE
080216	1	F	0.75	EE	0.83	AA	0.74	B	1.87	AA
080216	1	G	0.84	E	1.02	G	0.78	D	1.80	C
080216	2	A	0.82	E	0.96	B	0.72	A	1.68	AA
080216	2	B	0.81	E	0.94	A	0.73	B	1.87	AA
080216	2	C	0.93	C	1.04	C	0.76	C	1.80	C
080216	2	D	0.49	C	0.99	B	0.74	B	1.73	B
080216	1	E	0.48	C	1.20	EE	0.84	EE	2.04	EE
080216	1	F	0.75	EE	0.83	AA	0.74	B	1.87	AA
080216	1	G	0.84	E	1.02	G	0.78	D	1.80	C
080216	2	A	0.82	E	0.96	B	0.72	A	1.68	AA
080216	2	B	0.81	E	0.94	A	0.73	B	1.87	AA
080216	2	C	0.93	C	1.04	C	0.76	C	1.80	C
080216	2	D	0.49	C	0.99	B	0.74	B	1.73	B
080216	1	E	0.48	C	1.20	EE	0.84	EE	2.04	EE
080216	1	F	0.75	EE	0.83	AA	0.74	B	1.87	AA
080216	1	G	0.84	E	1.02	G	0.78	D	1.80	C

