

【原著論文】

# レーザードップラー方式距離計測装置を用いた 短距離疾走能力評価方法

～大学生のソフトボール選手と陸上短距離選手の比較～

高橋流星<sup>1)</sup>, 筒井崇護<sup>1)</sup>, 柏木 悠<sup>2)</sup>, 船渡和男<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 運動方法 (ソフト・野球) 研究室

<sup>2)</sup> 大学院トレーニング科学系

## A new method for evaluating the sprint ability by using Laser Doppler Device

—Comparison between collegiate softball players and track-and-field sprinters—

Subaru TAKAHASHI, Takamori TSUTSUI, Yu KASHIWAGI and Kazuo FUNATO

**Abstract:** The purposes of this study were to examine the instantaneous speed curve during maximum sprint running using Laser Doppler Device (Laveg) and apply for evaluating the difference in rate of speed development between track-and-field sprinters and softball players.

[Methods] Subjects of this research were female softball players (n=20), male softball players (n=14) and male track-and-field sprinters (n=8). In each trials from 10 to 100 m sprint running, instantaneous maximum speeds were calculated as well as the rate of speed development which correspond to the distance where 63.2% of maximum speed was attained in instantaneous speed curve in sprint running.

[Results] In 10 m sprint running, maximum speed could not determined because instantaneous speed continued to increase. As results of comparing male softball players with female softball players, male softball players showed high values in all variables tested. Track-and-field sprinters showed statistically significant faster time in all sprint distance as well as large maximum instantaneous speed and rate of speed development compared with male softball players ( $p<0.001$ ).

[Conclusion] Validities for evaluating the instantaneous maximum speed as well as rate of speed development by Laveg during sprint running were confirmed. In track-and-field sprinters, higher value in both maximum speed and rate of speed development were observed.

(Received: October 26, 2012 Accepted: January 29, 2013)

**Key words:** Laser Doppler Device, maxim speed, sprint-run

キーワード：レーザードップラー方式距離計測装置, 最大速度, 短距離疾走

### 1. はじめに

疾走運動における速度分析は、現在に至るまで様々な方法を用いた多くの計測が考案されてきた。古くは1890年から1900年頃での、Marey<sup>23,24)</sup>による測定法では、走路に立てた支柱に横木が取り付けられ、走者が横木に触れたときに接点が切れるようにしたスイッチ接点法が考案されている。その後1920年代には、より精度の高い測定法が考案され、Hill<sup>10)</sup>やFurusawaら<sup>9)</sup>が走者にマグネットを装着させ、コイルを巻きつけた

支柱を走路に一定間隔にならべ、走者が支柱に近づくときに生じる誘電起電力を増幅して記録し、速度を計測した。一方我国においては、前述した研究に類似した方法を用いて猪飼<sup>12)</sup>は、1972年に走運動中における瞬時速度の測定を試みた。そこでは走路に光電管を一定間隔に設置して速度計測を実施し、加速度や推進力などを求めている。金子、北村<sup>15)</sup>は、土走路において一歩ごとの足の痕跡からストライド長を実測し、速度を算出している。そして、阿江<sup>2)</sup>や松尾<sup>20)</sup>らはビデオカメラを用いた計測法で画像分析を用い、時間と距離

の情報から走運動における各区間の最大疾走速度や平均疾走速度などを算出している。しかし、これらの方法は運動中の1歩毎のストライドの連続変化を正確に捉えることは可能であるが、ストライドの実測が困難な競技会や痕跡が残らない場所では測定ができない。また、画像法では、動作を視覚的情報として得ることはできるが分析に時間を要すなどの実用化に向けた問題点が指摘されている。

そのような背景をうけて近年においては、レーザードップラー距離計測装置を用いた研究を金高<sup>16-19)</sup>や松尾<sup>20,21)</sup>、尹ら<sup>6)</sup>、広川ら<sup>11)</sup>が遂行しており、最大疾走速度の算出や加速度やラップタイムの分析から疾走運動の評価を行ってきている。それらの先行研究から、疾走能力に関係する重要な要素として、最大速度、最大速度到達距離、最大速度維持区間及び速度の減速率という4つが指摘されている<sup>21)</sup>。

しかしながら、それらの研究の対象となったのは、走り専門とする陸上競技選手が主であり他の球技などのスピード曲線についての報告は少ない。

一方、素早い身体移動が必要なスポーツでは、走り出しの最初の1歩の速さが重要であり、そこでは瞬時に発揮する筋力が重要な要因となっている<sup>5)</sup>。例えば、各ベース間の距離が18.29 mのソフトボール競技では、その短い距離をいかに加速や減速できるかという走能力が重要とされている。また、アメリカンフットボールのバックフィールド陣においても、ファーストダウン獲得距離の10ヤードを爆発的スピードで疾走する能力が必要であるとされている。また、野球やサッカー、ラグビーといったスポーツも加速と減速の多いスポーツであり、減速後瞬時に加速し相手を突破しなければならない<sup>5)</sup>。そのことを評価するためには、疾走において最大速度が出現するまでの加速局面が非常に重要であるそのために、区間の疾走タイムと同時に、最大疾走速度や疾走速度の立ち上がりを評価する必要があると考えられている。また、筋力の測定法や評価から捉えた場合、瞬時に筋力を発揮させる能力は力の立ち上がりと称されており、素早い動作やパワーなどと関連性の深い筋の収縮特性の重要な要素の1つとしても知られている<sup>27)</sup>。

つまり、走るという動作においても同様に、高い疾

走速度を得たとしても、最大速度出現までに時間を要しては、加速能力に劣ることになる。一方、10 mや20 mといった短い距離では、最大速度の維持および速度の減減率も示されない。この様に、単にスプリント走と言っても、速度の立ち上がりの速さ、最大速度および速度を維持する能力が大切となり、それらの要素が多くスポーツ動作では要求されると考えられる。

本研究では、疾走タイムの計測と同時にレーザードップラー距離計測装置から得られる瞬時速度曲線を応用し、10 mから100 mまでのスプリント走トライアルにおいて最大疾走速度や疾走速度の立ち上がりを評価することとした。

このことは全力疾走に関して非常に重要な情報を得る手がかりになることが考えられることから、最大疾走速度と速度の立ち上がりについて、瞬時に力発揮が必要不可欠な競技である男女ソフトボール選手の男女差および疾走能力があると思われる陸上短距離選手を対象に疾走曲線の競技別差異をみることを本研究の目的とした。

## 2. 方 法

### 1) 被験者

被験者は、女子ソフトボール選手20名、男子ソフトボール選手14名、男子陸上競技短距離選手8名であった。被験者の身体的特徴は(表1)に示す。また、男子陸上短距離選手における100 m走のベスト公式公認記録は、平均10.92秒(範囲10.74 sec ~ 11.12 sec)であった。

実験を行うにあたり、日本体育大学倫理規定に基づき、同倫理委員会の承認を得た上で(承認番号:第009-H002号)、被験者に測定の目的と安全性に関する説明を行い、参加者から同意が得られたものを本測定の対象者とした。

### 2) 実験の設定

実験設定として、レーザードップラー距離計測装置(LDM300C-SPORT, JENOPTIK社製:以下Laveg)は、スタートラインの後方15 mに設置し、データのサンプリング周波数は100 Hzで位置記録を行った。Laveg

表1 被験者の身体的特徴(平均値±標準偏差)

	人数(人)	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
ソフトボール選手(女子)	20	20.0 ± 1.0	160.8 ± 5.4	62.7 ± 7.2
ソフトボール選手(男子)	14	20.0 ± 0.8	172.0 ± 5.9	67.0 ± 7.7
陸上競技短距離選手(男子)	8	19.6 ± 0.8	172.9 ± 3.7	62.5 ± 4.3

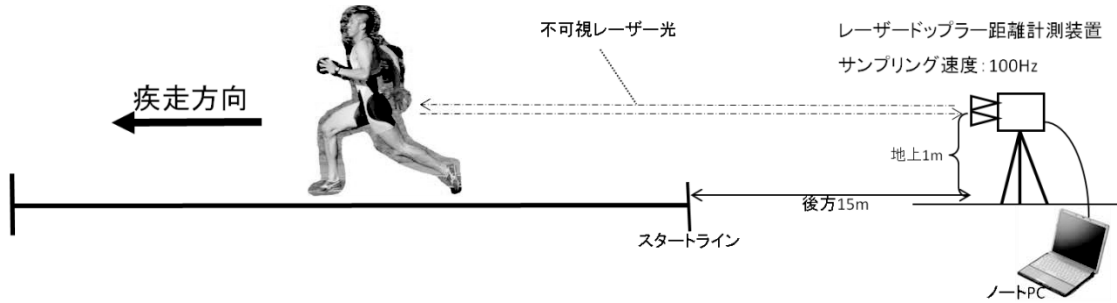


図1 走行速度分析のための実験設定図

のレンズ高は、被験者の腰の付近にあたる地上1mに設置した(図1)。また、被験者の背部にレーザー光の照準が合うようにパンニング操作を行った。疾走路については、陸上競技公式公認記録会が開催可能トラックのタータン上にて測定を行った。

被験者の服装は、Lavegのレーザー光が反射しやすいとされる白色のTシャツに統一し、実験の内容および項目の詳細を十分に説明した後、ウォーミングアップを行わせてから測定を行った。

被験者のスタート開始姿勢は、Lavegのレーザー光を被験者の重心付近に当てやすくするためスタンディング姿勢に統一させ、スパイクは禁止し運動靴で試技を実施させた。

また、Lavegの測定精度は高橋ら<sup>30)</sup>の先行研究より、10m～70mのそれぞれの距離でそれぞれの既知と比較した結果、 $r=0.999$  ( $p<0.001$ )で測定偏差が0.03%であり非常に高い精度であった。

### 3) 測定手順

女子ソフトボール選手は、10m走から順に20m走を行い、その次に30m走、40m走、50m走、60m走、70m走の順に各1試行ずつ疾走距離を変更し、各々の距離の(計7試行)全力走行を行った。

また、男子ソフトボール選手は、60m走と70m走の疾走距離を除き、男子陸上競技短距離選手と比較するため、100m走を疾走させた(計6試行)。

ソフトボール競技は、冒頭でも述べたように塁間が18.29mであるため、男女差異を見るために、上記の距離を疾走させた。

一方、男子陸上競技短距離選手は、走りを専門とする被験者であり、疲労の蓄積等の配慮も含め、10m走から順に20m走、40m走、50m走、100m走の順に各1試行ずつ疾走距離を変更し、各々の距離を(計5試行)全力走行させた。また、疲労が残らないことを考慮して測定間は4～5分程度の休憩を挟んだ。1試技の測定が終わった後、即座に距離データを確認し追従ミスやデータに誤りがないか確認した。

### 4) データ解析

Lavegより得られる時間-距離データをMicrosoft Excel上に取り込み、各疾走距離のタイムを算出した。

時間-距離データは、金高<sup>17)</sup>の方法を参考に1Hzのローパスフィルター(4次のバターワース型)を用いて平滑化した。平滑化した時間-距離データを、時間微分し( $\Delta t: 1/100$  sec)、距離-速度データを算出した。

次に、酸素摂取応答<sup>324)</sup>や筋力発揮の立ち上がり評価などで使用される時定数( $\tau$ )に着目した。時定数( $\tau$ )とは、物理的には、時定数はシステムが最終値の約63.2%に達するまでの時間(sec)を示すものであるが、本研究では、時定数( $\tau$ )を距離(m)として応用し分析を行った。Lavegから得られた瞬時の速度曲線からは、以下の項目を算出した(図2, 3)。

- ① 最大速度 (m/s)
- ② 最大速度到達距離 (m): スタートから最大速度に到達するまでの距離
- ③ 最大速度の63% (m/s)
- ④ 最大速度の63%に到達した距離 (m)
- ⑤ 速度逓減率: 最大速度出現から最も速度が低下した率

速度逓減率

$$= (\text{最大速度} - \text{最大速度出現後最少速度}) / (\text{最大速度}) \times 100$$

### 5) 統計処理

各測定項目において、平均値±標準偏差を算出した。各疾走距離の特徴については、統計処理ソフト JMPバージョン6.0(SAS社製)を用い、女子ソフトボール選手の10m走、20m走、30m走、40m走、50m走、60m走、70m走の各々の最大疾走速度および最大速度63%距離について、一元配置分散分析を行った後に、Tukey-kramerHSDの多重比較を行った。有意水準は、すべて危険率5%とした。

また、男女ソフトボール選手及び男子陸上競技短距離選手の比較も同様の統計処理ソフトを用い、対応なし母平均の差の検定にて比較を行った。

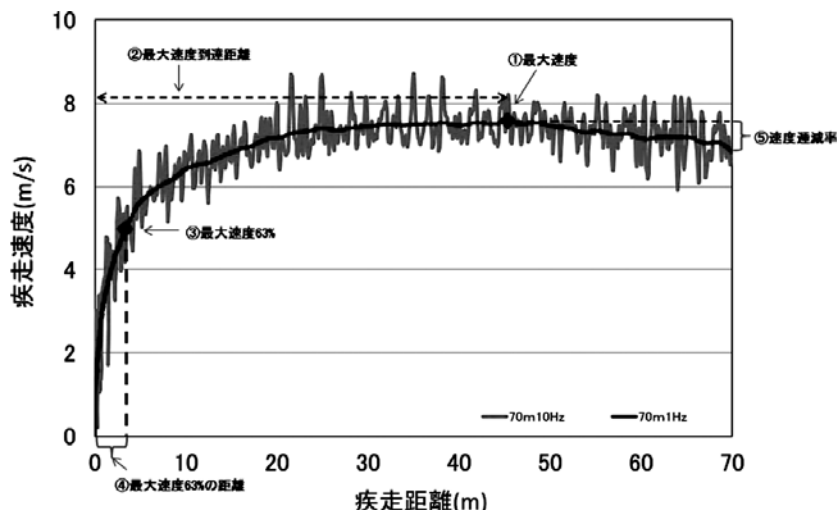


図2 距離-速度曲線から算出した項目の定義図

- ① 最大速度 (m/s)
- ② 最大速度到達距離 (m): スタートから最大速度に到達するまでの距離
- ③ 最大速度の63% (m/s)
- ④ 最大速度の63%に到達した距離 (m)
- ⑤ 速度減減率: 最大速度出現から最も速度が低下した率

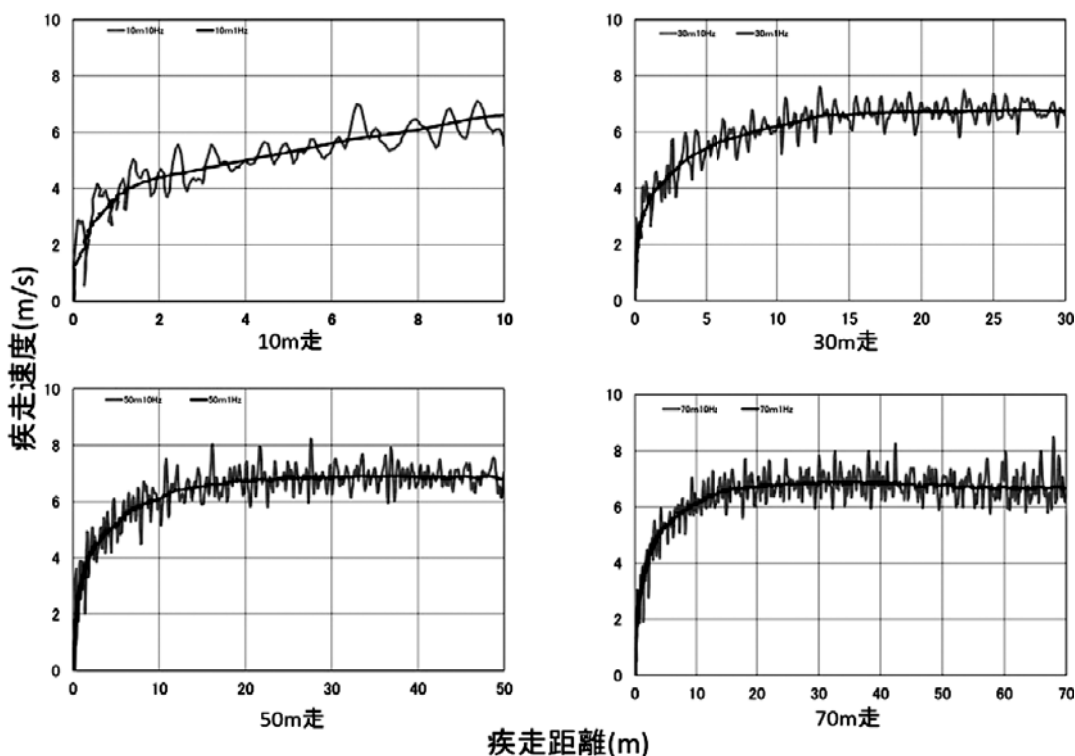


図3 各々の疾走距離における速度曲線および加速度曲線のサンプル図

### 3. 結果

#### 1) 最大速度及び速度の立ち上がり評価のための測定基準

図4は、女子ソフトボール選手における各々の疾走距離の最大疾走速度比較である。

統計処理の結果では、10 m 走では他の疾走距離と比較すると、値も小さくすべての疾走距離において有意な差が認められた。20 m 走以降は、全ての測定距離において有意な差は認められなかった。

この結果から、10 m 走では、本実験で対象とした被験者内の女子ソフトボール選手においては、最大疾走速度を出現させることができないと示唆された。

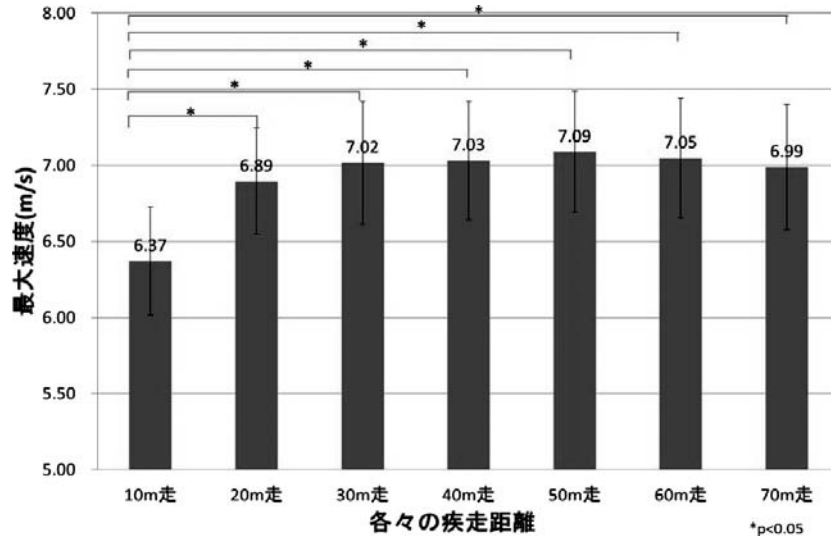


図4 女子ソフトボール選手における各々の疾走距離の最大疾走速度比較

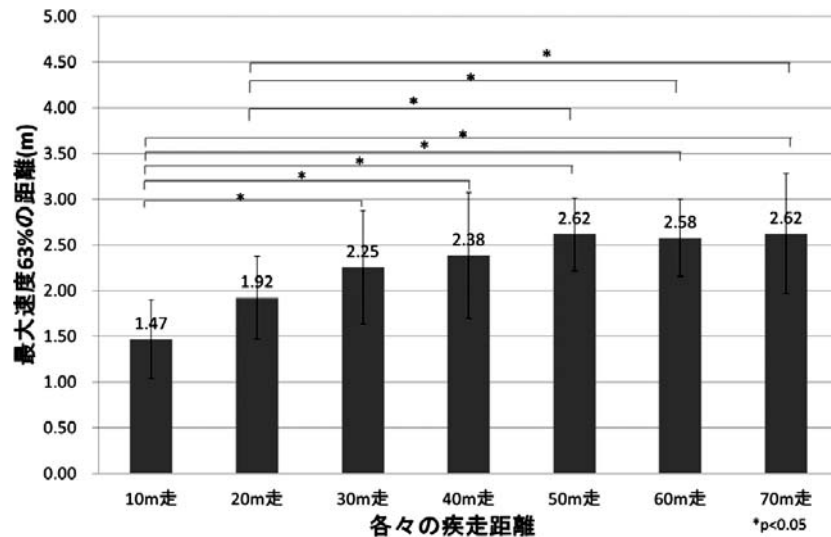


図5 女子ソフトボール選手における各々の疾走距離の最大疾走速度63%の距離比較

また、図5の最大速度63%の距離(m)については、疾走距離が長くなるにつれて、63%の距離値も大きくなっていることが示された。

また、統計処理の結果は、10m走では、他の測定距離と全てにおいて有意な差が認められたが、30m走以降は、全ての距離において有意な差は認められなかった。

## 2) 男女ソフトボール選手の比較からみた男女差

男子ソフトボール選手と女子ソフトボール選手を比較した結果(表2)、全ての疾走距離において男子選手の方が高い値を示し、有意な差が認められた。

## 3) 男子陸上短距離選手と男子ソフトボール選手の比較からみた競技別差異

男子陸上競技短距離選手と男子ソフトボール選手を

比較した結果(表2)、全ての疾走距離において、陸上競技短距離選手が男子ソフトボール選手よりも高い値を示し、有意な差が認められた。

## 4. 考 察

### 1) 最大速度及び速度の立ち上がり評価のための測定基準

女子ソフトボール選手における最大疾走速度は、10m走では、他の疾走距離と比較すると測定値も小さく、両群間に有意な差が認められた(図4)ことから、最大疾走速度を出現させることは難しく、瞬時の爆発的な筋力発揮能力が続いているこの範囲では、被験者の最大疾走速度を評価することが出来ないことが示された。

また、平均して最も高い最大疾走速度を得た距離は

表2 各項目における結果の競技別差異 (平均値 ± 標準偏差)

	10m走				20m走				30m走				40m走				50m走				
	女子ソフト		男子ソフト		女子ソフト		男子ソフト		女子ソフト		男子ソフト		女子ソフト		男子ソフト		女子ソフト		男子ソフト		
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	
疾走タイム	2.10 ± 0.12	0.12	2.00 ± 0.05 ***	0.20	3.30 ± 0.20	0.20	3.30 ± 0.12 ***	0.27	4.48 ± 0.15 ***	0.32	5.69 ± 0.21 ***	0.43	6.83 ± 0.24 ***	0.43	6.83 ± 0.24 ***	0.43	7.93 ± 0.21 ***	0.43	8.59 ± 0.37 ***	0.40	8.59 ± 0.37 ***
最大疾走速度	6.37 ± 0.36	0.36	7.22 ± 0.26 ***	0.35	8.09 ± 0.35	0.35	8.09 ± 0.28 ***	0.40	8.41 ± 0.32 ***	0.39	8.48 ± 0.33 ***	0.40	8.59 ± 0.37 ***	0.40	8.59 ± 0.37 ***	0.40	7.09 ± 0.40	0.40	8.59 ± 0.37 ***	0.40	8.59 ± 0.37 ***
最大速度到達距離	9.45 ± 0.89	0.89	9.39 ± 0.63 n.s.	1.31	18.61 ± 1.31	1.31	18.61 ± 0.78 *	1.82	26.82 ± 1.67 n.s.	5.70	33.85 ± 3.09 ***	6.20	35.26 ± 4.67 ***	6.20	35.26 ± 4.67 ***	6.20	29.77 ± 6.20	6.20	35.26 ± 4.67 ***	6.20	35.26 ± 4.67 ***
最大速度63%速度	4.03 ± 0.22	0.22	4.56 ± 0.17 ***	0.45	5.11 ± 0.18 ***	0.45	5.11 ± 0.18 ***	0.62	5.31 ± 0.20 ***	0.46	5.36 ± 0.21 ***	0.46	5.43 ± 0.23 ***	0.46	5.43 ± 0.23 ***	0.46	4.48 ± 0.25	0.46	5.43 ± 0.23 ***	0.46	5.43 ± 0.23 ***
最大速度63%距離	1.47 ± 0.43	0.43	2.13 ± 0.16 ***	0.58	2.97 ± 0.22 ***	0.58	2.97 ± 0.22 ***	0.48	3.32 ± 0.28 ***	0.56	3.42 ± 0.28 ***	0.56	3.52 ± 0.32 ***	0.56	3.52 ± 0.32 ***	0.56	2.62 ± 0.40	0.56	3.52 ± 0.32 ***	0.56	3.52 ± 0.32 ***
最大速度出現後最少速度	6.34 ± 0.37	0.37	7.05 ± 0.49 ***	0.58	7.89 ± 0.47 ***	0.58	7.89 ± 0.47 ***	0.48	7.99 ± 0.82 ***	0.56	8.19 ± 0.40 ***	0.56	8.18 ± 0.51 ***	0.56	8.18 ± 0.51 ***	0.56	6.62 ± 0.57	0.56	8.18 ± 0.51 ***	0.56	8.18 ± 0.51 ***
速度減速率	0.54 ± 0.85	0.85	2.39 ± 4.76 n.s.	2.87	2.53 ± 3.81 n.s.	2.87	2.53 ± 3.81 n.s.	2.13	5.12 ± 7.54 n.s.	3.98	3.55 ± 1.63 ***	4.53	4.85 ± 2.86 n.s.	4.53	4.85 ± 2.86 n.s.	4.53	6.67 ± 4.53	4.53	4.85 ± 2.86 n.s.	4.53	4.85 ± 2.86 n.s.

	10m走				20m走				40m走				50m走				100m走			
	陸上選手		男子ソフト		陸上選手		男子ソフト		陸上選手		男子ソフト		陸上選手		男子ソフト		陸上選手		男子ソフト	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
疾走タイム	1.87 ± 0.02	0.02	2.00 ± 0.05 ***	0.06	3.30 ± 0.20	0.20	3.30 ± 0.12 ***	0.09	5.69 ± 0.21 ***	0.10	6.83 ± 0.24 ***	0.22	8.59 ± 0.37 ***	0.22	13.03 ± 0.53 ***					
最大疾走速度	7.88 ± 0.42	0.42	7.22 ± 0.26 ***	0.28	8.09 ± 0.35	0.35	8.09 ± 0.28 ***	0.19	8.48 ± 0.33 ***	0.19	8.59 ± 0.37 ***	0.21	8.59 ± 0.37 ***	0.21	8.55 ± 0.35 ***					
最大速度到達距離	10.00 ± 0.00	0.00	9.39 ± 0.63 *	0.72	18.61 ± 1.31	1.31	18.61 ± 0.78 **	1.38	33.85 ± 3.09 *	3.33	35.26 ± 4.67 ***	7.43	39.96 ± 5.27 ***							
最大速度63%速度	4.98 ± 0.27	0.27	4.56 ± 0.17 ***	0.18	5.11 ± 0.18 ***	0.18	5.11 ± 0.18 ***	0.11	5.36 ± 0.21 ***	0.12	5.43 ± 0.23 ***	0.13	5.40 ± 0.22 ***							
最大速度63%距離	2.38 ± 0.37	0.37	2.13 ± 0.16 *	0.29	2.97 ± 0.22 **	0.29	2.97 ± 0.22 **	0.29	3.42 ± 0.28 ***	0.21	3.52 ± 0.32 ***	0.27	3.53 ± 0.29 ***							
最大速度出現後最少速度	7.88 ± 0.42	0.42	7.05 ± 0.49 ***	0.32	7.89 ± 0.47 ***	0.32	7.89 ± 0.47 ***	0.21	8.19 ± 0.40 ***	0.26	8.18 ± 0.51 ***	0.28	7.33 ± 0.86 ***							
速度減速率	0.00 ± 0.00	0.00	2.39 ± 4.76 n.s.	0.49	2.53 ± 3.81 n.s.	0.49	2.53 ± 3.81 n.s.	0.82	3.55 ± 1.63 ***	0.98	4.85 ± 2.86 ***	1.10	14.36 ± 5.56 ***							

\*\*\*p<0.001 \*\*p<0.01 \*p<0.05

50 m 走であったが、20 m 走以降有意な差が認められなかったことから、最大疾走速度を評価するためには最低でも 20 m 以上あれば評価が出来ることが推察された。

次に、最大速度 63% の距離に関しては、10 m 走ではそれぞれの疾走距離に有意な差が認められた(図 5)。また、20 m 走では 50 m ~ 70 m 走で有意な差が認められた。しかし、30 m 走以上の疾走距離において有意な差が認められなかった。これらのことから、30 m 以上の疾走距離があれば、速度の立ち上がり进行评估することができることが推察される。

以上のことから、最大疾走速度を評価するためには 20 m 以上、加えて速度の立ち上がり进行评估するためには、30 m 以上の疾走距離が必要であることが示された。

一方、疾走距離が長くなるとともに最大速度 63% の距離値も増加傾向であった。松尾ら<sup>21)</sup>は、100 m 走においては、より好タイムを得る為に、最大速度の到達距離をのばし、速度減減率を極力少なくするような走りを行っているという報告をしており、本研究の被験者も最大速度 63% の距離を大きくし、最大速度の維持と速度が減速しないようにする疾走スキルを有していると推察される。

ソフトボール競技は、ベース間が 18.29 m という短い距離で行われるスポーツであり、その短い区間を如何に素早く移動するかという走能力が必要である。このようなスポーツにとって、疾走速度の立ち上がりはパフォーマンスに影響することから<sup>6)</sup>、疾走速度の立ち上がりの評価は、選手のタレント発掘や育成および強化、トレーニングを行う上でも非常に有益な情報になることが考えられる。

## 2) 男女ソフトボール選手の比較からみた男女差

男子及び女子ソフトボール選手を比較した結果(表 2)、全ての疾走距離において最大疾走速度、最大速度 63% の距離ともに、男子選手の方が高い値を示した。

競技パフォーマンスの性差は、骨格筋量、筋線維組成、エネルギー代謝、筋の収縮速度などが考えられている<sup>1)</sup>。また、文科省の体力・運動能力に関する 50 m 走の調査結果報告<sup>26)</sup>においても、疾走タイムは 11 歳から男女差が顕著に表れるという報告がなされている。また小川ら<sup>28)</sup>は、男女ソフトボール選手のベースランニングタイムを比較した結果、顕著に男女差が認められたという報告もなされていることから、本研究の被験者においても男女差が認められた。

## 3) 男子陸上短距離選手と男子ソフトボール選手の比較からみた競技別差異

男子陸上競技短距離選手と男子ソフトボール選手の結果から、全ての疾走タイム及び最大疾走速度におい

て、陸上競技短距離選手がソフトボール選手よりも高い値を示し、統計的にも有意な差が認められた。

この結果から、陸上競技短距離選手は、最大疾走速度および速度の立ち上がりが優れていることが考えられる上に、ゴールの最後まで疾走速度が低下しないようなスキル能力の高い走り方をしていることが示された。松尾ら<sup>21)</sup>や広川ら<sup>11)</sup>は、短距離種目(100 m)において世界的レベルで活躍するためには、最大疾走速度の向上、疾走速度の維持が重要であると述べており、本研究の陸上競技短距離選手も疾走速度を低下しないように疾走していると推察される。加えて、日常のトレーニング効果とその意識も関与していることが考えられる。

本研究で対象となったソフトボール選手は平均値では、陸上選手と比較すると加速能力が低いですが、その他の球技系スポーツと比較することにより、ソフトボール選手特有の疾走特性が示されると推察される。つまり競技特性上、ソフトボール選手には加速と減速を頻繁に繰り返す能力が必要となることから、今後測定方法の改善を行う事により、より競技に特化した疾走特性が示される可能性がある。

以上のことより、高い加速の早期出現がその後のパフォーマンスへ大きく影響するため<sup>6)</sup>、速度の立ち上がりの評価または、陸上競技選手の疾走能力や競技種目に特化したスキル要素も含んだ能力を反映していることが明確となった。

## 5. まとめ

Laveg を用いたときの疾走能力に関する最大疾走速度および速度の立ち上がりの指標である最大速度 63% の距離の評価について、本研究で対象とした被験者内では、30 m 以上の疾走距離があれば、両者を評価でき、かつ競技種目に特化した能力の評価もできることが明らかとなった。競技種目に特化した能力の評価となる疾走速度の立ち上がり进行评估することは、タレント発掘、ジュニア期の育成や発達、トップアスリートの強化、またトレーニングを行う上でも非常に有益な情報になることが考えられる。

付記 本研究は日本体育大学大学院体育学科研究科に提出した修士論文に、新たに文章等を加え、まとめ直したものである。なお、本研究の内容の一部は以下の学会にて発表した。

高橋流星、船渡和男、小川幸三：レーザー方式距離計測器を用いた短距離疾走能力評価法、第 58 回日本体育学会大会、2007、9。(神戸大学)

謝辞 本研究の遂行ならびに本論文をまとめるにあたり、株式会社ヴァーゴ豊水庸一氏には実験からデータ

の分析・討論などと貴重な示唆を頂戴いたしました。記して厚く感謝申し上げます。加えて、実験の際にはご多忙にもかかわらず、快くお時間を割いてくださいました日本体育大学陸上部部長石井隆士教授、陸上部部員、ソフトボール部部員、大学院の学生および友人の皆様に心からお礼申し上げます。

## 6. 参考文献

- 1) 安部 孝, 坂牧美歌子, 尾崎隼朗: 筋量・筋機能とスポーツパフォーマンスの男女差. バイオメカニクス研究, バイオメカニクス研究, 13(2), 65-75, 2009.
- 2) 阿江通良: 特集: スプリント学会の10年. スプリントに関するバイオメカニクスの研究から得られるいくつかの示唆. スプリント研究, 11, 15-26, 2001.
- 3) Arzac, L. M., Locatellil, E.: Modelling the energetics of 100 m-running by using speed curves of world champions. *J. Appl. Physiol.*, 92, 1781-1788, 2002.
- 4) 浅川正一, 武政喜代次, 工藤高良, 岡田康雄, 山西哲郎, 佐々木秀幸, 長谷川宏一, 岡田泰士: エレクトロニクス, カウンターによる疾走能力に関する分析的研究 (第3報), 特に時定数を中心とした: 体育学研究, 12(5), 208, 1968.
- 5) 浅見俊雄: 身体運動学概論. 大修館書店, 東京, pp. 129-190, 1976.
- 6) 尹 聖鎮, 田内健二, 船渡和男, 松尾彰文: 30 m ダッシュにおける疾走速度と各種体力要因との関係. 体力科学, 52(6), 738, 2003.
- 7) Chelly, S. M., Denis, C.: Leg power and hopping stiffness: relationship with sprint running performance. *Med Sci Sports Exerc.* (2), 326-333, 2001.
- 8) di Prampero, P. E., Fusi, S., Sepulcri, L., Morin, J. B., Belli, A., Antonutto, G.: Sprint running: a new energetic approach. *J. Exp. Bio.*, 208(Pt14), 2809-2816, 2005.
- 9) Furusawa, K., Hill, A. V., Parkinson, J. L.: The dynamics of "sprint running. *Proc. Roy. Soc. B*102, 29-42, 1927.
- 10) Hill, A. V.: The air resistance to a runner. *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 102: 380-385, 1927.
- 11) 広川龍太郎, 杉田正明, 松尾彰文, 阿江通良, 高野進, 末續慎吾: 男子100 m 走における, 国内GPにて収集した外国人選手と末續慎吾選手の疾走速度分析. 陸上競技研究紀要, 3(3), 39-41, 2007.
- 12) 猪飼道夫, 芝山秀太郎, 石井喜八: 疾走能力の分析—短距離走のキネシオロジー—. 体育学研究, 7(3), 1-12, 1963.
- 13) Ingen Schenau, van. G. J., Jacobs, R., de Koning, J.J.: Can cycle power predict sprint running performance? *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*, 63(3-4), 255-260, 1991.
- 14) 伊藤知之, 金子憲一, 袴田智子, 柏木 悠, 船渡和男: レーザー速度測定器を用いた小学生男子児童の50 m 疾走能力の評価, 日本体育大学紀要, 41(2), 161-170, 2012.
- 15) 金子公有, 北村潔和: 100 m 疾走のスピード遞減要因に関するキネシオロジー的分析. 昭和47年度日本体育協会スポーツ科学研究報告V. (財)日本体育協会. 東京, pp. 12-20, 1972.
- 16) 金高宏文, 秋田真介: レーザー速度計測器とビデオカメラを利用した100 m 疾走中の疾走速度, ピッチおよびストライド測定の実用性について. 日本スプリント学会第10回大会抄録集, 56-57, 1999.
- 17) 金高宏文: レーザー速度計測器を用いた疾走速度測定におけるデータ処理の検討. 鹿屋体育大学学術研究紀要, 22, 99-108, 1999.
- 18) 金高宏文, 秋田真介, 松田三笠, 瓜田吉久: 100 m 走における加速時のパワー発揮分析—加速時に段階的なパワー発揮はあるのか?—, 鹿屋体育大学学術研究紀要, 26, 33-38, 2001.
- 19) 金高宏文, 松村 勲, 瓜田吉久: 100 m 走の加速区間における局面区分の検討—疾走速度, ストライド及びピッチの1歩毎の連続変化を手がかりにして—. スプリント研究, 15, 89-99, 2005.
- 20) 松尾彰文: 特集: フィールドワークとスポーツ科学, フィールドワークにおけるカメラワーク, 陸上競技のフィールドワーク—トラック競技編—. 体育の科学, 49(3), 206-212, 1999.
- 21) 松尾彰文, 金高宏文: 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, 2001.
- 22) 松尾彰文, 広川龍太郎, 杉田正明, 阿江通良: レーザー方式による100 m およびハードルのスピード分析. 陸上競技研究紀要, 3(3), 59-64, 2007.
- 23) Marey, E. J.: *Mouvement*. G. Masson, editure, Paris, 1894.
- 24) Marey, E. J.: *The history of chronophotography*. The Smithsonian institute Annual Report for 1901, Washington, Government Printing Office, 1902.
- 25) 見澤達夫, 小松栄一, 山口一郎, 高橋敬治, 宮沢光瑞: 運動に対する酸素摂取量応答の時定数. *Japanese circulation journal* 56(Supplement), 328, 1992.
- 26) 文部科学省: 平成19年度の体力・運動能力に関する調査結果 (50 m 走, ボール投げ).
- 27) 西蘭秀嗣: スポーツ選手と指導者のための体力・運動能力測定法. 第3部 (身体の動きを知る). 東京, 大修館出版, pp. 65-81, 2004.
- 28) 小川幸三, 大貫克英, 松田竜太郎, 長谷川健, 菅田真里, 清田 寛, 大和 真: ソフトボール男女選手の等速性筋力とPerformanceに関する研究. 日本体育大学紀要, 29(1), 57-64, 1999.
- 29) 杉田正明, 広川龍太郎, 阿江通良: 日本選手権の男女100 m 走中のスピード分析, 日本陸連科学委員会研究報告, 3(1), 19-23, 2004.
- 30) 高橋流星, 小川幸三, 船渡和男: レーザードップラー方式距離計測装置によって得られた歩行運動の移動距離と速度の正確性及び妥当性, 日本体育大学紀要, 40(1), 35-42, 2010.
- 31) Volkov, N. I., Lapin, V. I.: Analsis of the velocity curve in sprint running. *Med. Sci. Sports.*, 11, 332-337, 1979.

### <連絡先>

著者名: 高橋流星  
住 所: 東京都世田谷区深沢7-1-1  
所 属: 運動方法 (ソフト・野球) 研究室  
E-mail アドレス: subaru-takahashi@nittai.ac.jp