

走記録と体力の関係について

大 谷 和 寿*

Kazutoshi OHTANI

On the Relationships between
Running Performance and Physical Fitness

I はじめに

走競技において良い記録を出すためには、ランニング技術のマスターと共に、体力面の優秀性が重要な要因となる。

体力の概念と構成要素については研究者により見解に相違があるが、福田⁵⁾は体力を防衛体力と行動体力に分類し、猪飼⁷⁾は防衛体力に生存性、行動体力に適応性ということばを適用し、行動体力を作業能力としてとらえている。本研究では、行動体力のうち走記録に大きく影響すると考えられる身体的要素をとりあげた。これは形態、筋力、瞬発力、敏捷性、平衡性、柔軟性、持久性に要因分類される²⁴⁾。

ところで、ある距離を全力で疾走する場合、これらの体力要因のいずれかがタイムを決定する限界因子として作用する。中距離走では脚筋・心臓・呼吸機能・精神機能の持久性が限界因子として考えられ⁸⁾、短距離走では筋の収縮力の速さ⁶⁾とかパワー⁹⁾が重大な意義を持つと報告されている。このように走距離によって特に必要とされる体力要因が異なる。

そこで、疾走能力を体力面から探求する目的で疾走タイムと体力要因の関係について検討がなされてきている。中距離走に関しては呼吸・循環機能の側面からの研究が多く、最大酸素接種量や PWC_{170} ¹⁴⁾¹⁷⁾¹⁸⁾²⁰⁾、無酸素的作業閾値²³⁾、無酸素的能力²⁵⁾、血中乳酸値⁴⁾、呼吸・循環機能を中心としたバッテリー³⁾などとの関係が検討されている。短距離走では、酸素負債¹⁾¹²⁾、筋力²²⁾、パワー¹⁰⁾などとの関係が検討されている。筆者等は既報¹⁹⁾において短・中・長距離走それぞれにおいて中枢となる体力要素の検討を行った。しかし、これらはいずれも単相関、単回帰にもとづいて検討がなされたものである。

ところで、複数個の体力要因から疾走能力を推定する

目的で重回帰分析を利用しようとする場合、体力要因間に多重共線性が存在するとみなされるため、走タイムを従属変数、体力要因を独立変数とする重回帰分析の結果が不安定であることが予想される²⁾²¹⁾。

本研究では体力要因のうち、筋力・瞬発力・敏捷性・筋持久力・形態に該当する12項目の測定を行い、主成分分析を施した。そして、これらの項目がどのような互いに無相関な総合特性値に要約されるかを調べた。

次に、因子得点を独立変数、走タイムを従属変数とする重回帰分析を行い、走記録と抽出された因子との関係について検討した。

II 実験方法

A 被験者

被験者は3年以上の競技歴を有する島根大学陸上競技部所属男子学生33名（短距離種目を専門とする者11名、中長距離種目を専門とする者8名、跳躍種目を専門とする者8名、投てき種目を専門とする者6名）であった。年齢は18歳～23歳であった。

B 測定項目

1. 疾走能力は、短距離走として30m走タイム・50m走タイム・100m走タイムを、中距離走として800m走タイムを、長距離走として、有酸素的なエネルギー供給が大部分を占めるようになる¹⁵⁾、4000m走タイムを測定した。
2. 筋力は脚伸展力と足底屈曲力を測定した。
3. 瞬発力は、自転車エルゴメーターによる最大無酸素パワーと垂直跳を測定した。
4. 敏捷性は、単純反応時間、全身反応時間と反復横跳を測定した。
5. 筋持久力は脚伸展作業回数を測定した。
6. 形態は、長育として身長と下肢長を、周育として大

* 島根大学教育学部保健体育研究室

腿囲を、量育として体重を測定した。

C 測定方法

1. 疾走能力の測定

- 1) 短距離走タイムの測定は直線コースでスパイクシューズとスターティングブロックを使用して行い、0.1秒単位で計時した。
- 2) 800m走タイムの測定は一周400mのトラックでスパイクシューズを使用して行い、秒単位で計時した。
- 3) 4000m走タイムの測定は一周400mのトラックでアップシューズを使用して行い、秒単位で計時した。

2. 筋力の測定

筋力の測定には竹井機器製の多用途筋力測定装置を用い、丸型バネ秤を使用した。左右2回づつkg単位で測定し、左右それぞれの最高値の平均を筋力値とした。

- 1) 脚伸展力の測定は椅坐位で膝角度を直角にし、上体及び腰部が動かないように三点式ベルトで固定して実施した。
- 2) 足底屈曲力の測定は、仰臥位で足角度を直角にし、腰部をベルトで固定して実施した。

3. 瞬発力の測定

- 1) 最大無酸素パワーの測定は生田等の方法¹¹⁾に準拠して実施した。負荷は2kpから7kpまでの6種類とし、各負荷毎に約10秒間全力で自転車をこがせた。

- 2) 垂直跳の測定は文部省制定スポーツテストの方法¹⁶⁾で実施した。

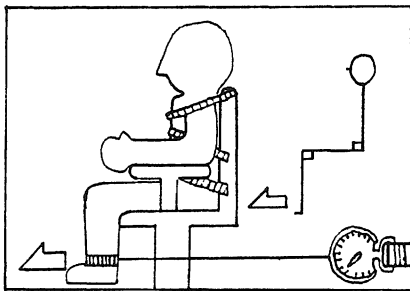
4. 敏捷性の測定

- 1) 反応時間の測定には1/1000sec.まで計測できるデジタルタイマーに、刺激装置（音刺激）と反応装置を連動させたものを使用した。反応装置として単純反応時間では電鍵、全身反応時間では跳躍台を用いた。測定は7回行い、最高値と最低値を省いた5回の平均を記録した。

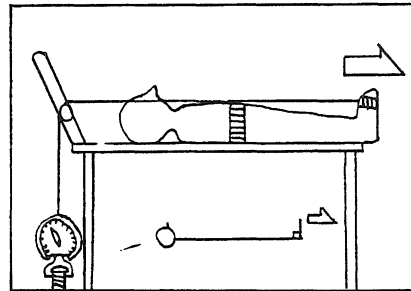
- 2) 反復横跳の測定は文部省制定スポーツテストの方法¹⁶⁾で実施した。

5. 筋持久力の測定

筋持久力の測定には等尺性最大筋力の $\frac{1}{3}$ の重さを負荷として用い、走幅跳の踏切足で膝角度を 90° から 120° まで伸展させる脚伸展作業を毎分50回の反復リズムで行わせ、リズムに合わせて作業することができなくなるまでの回数を求めた。測定に際しては、仰臥位で腰



A



B

Figure 1 Measurements of maximum muscle strength

A: knee extension strength

B: ankle plantar flexion strength

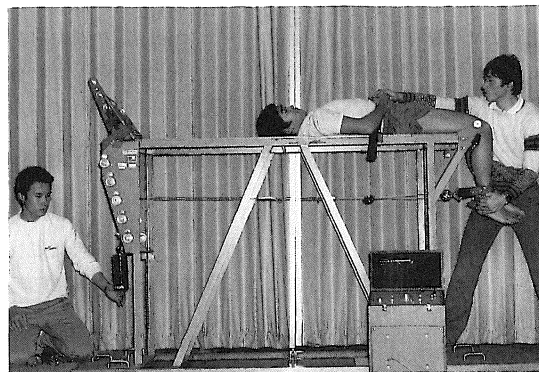


Figure 2 Measurement of muscular endurance

部をベルトにより固定して実施した。

した。

6. 形態の測定

形態の測定にはマルチン式人体測定器と台秤を使用

1) 身長と下肢長は1mm単位で計測した。下肢長は床面から上前腸骨棘までの高さとし、左右両脚の平均

Table 1 Means and standard deviations of the running performances and physical fitness tests of thirty-three subjects

		mean	SD
running performance	30m running time (sec.)	4.37	0.188
	50m running time (sec.)	6.62	0.325
	100m running time (sec.)	12.29	0.575
	800m running time (sec.)	136.7	11.70
	4000m running time (sec.)	974.5	140.72
physical fitness test	knee extension strength (kg)	60.6	11.82
	anle plantar flexion strength (kg)	90.7	20.69
	maximum anaerobic power (kgm/sec.)	74.47	13.868
	vertical jump (cm)	62.1	6.89
	side step (point)	51.9	4.07
	simple reaction time (m sec.)	151.4	18.14
	jumping reaction time (m sec.)	272.0	19.25
	muscular endurance (time)	58.4	25.30
	standing height (cm)	173.18	6.562
	lower limb length (cm)	94.35	4.852
	body weight (kg)	63.36	8.980
	thigh girth (cm)	52.9	3.99

を求めた。

- 2) 大腿囲は5 mm単位で計測し、左右両脚の平均を求めた。
- 3) 体重は0.1kg単位で計測した。

III 結果と考察

疾走タイムと体力要因の指標となる12項目の平均と標準偏差はTable 1に示した。

A 主成分分析

体力要因の指標となる12項目（反応時間は主成分の解釈が容易となるよう逆数変換した値を用いた）について主成分分析を施したところTable 2に示すような固有値と寄与率が得られた。

下位の主成分の固有値が小さいことより、12項目の測

定値間に多重共線性が存在すると考えられる²⁾²¹⁾。

固有値が1以上なのは第3主成分までで、ここに75%以上の情報が集まっている。

この三つの主成分と元の変数との因子負荷量を示すとTable 3のようになる。

まず第1主成分についてみると、最大無酸素パワー、身長、下肢長、体重、大腿囲、脚伸展力、足底屈曲力が0.8以上の因子負荷量となっている。ここには形態、パワー、最大筋力に関連する項目が含まれているので、身体の大きさと筋の最大出力の因子とみなしてよからう。

第2主成分では、全身反応時間の因子負荷量が0.8以上であり、単純反応時間の因子負荷量は0.74、反復横跳の因子負荷量は0.69と大きいので、敏捷性の因子と考えられる。

第3主成分では筋持久力の因子負荷量が0.8以上であ

Table 2 Eigenvalue, percent of variance (PCT OF VAR) and cumulative percent variance (CUM PCT) for each factor on unrotated factor matrix

FACTOR	EIGENVALUE	PCT OF VAR	CUM PCT
1	5.694	47.5	47.5
2	2.447	20.4	67.8
3	1.071	8.9	76.8
4	0.863	7.2	84.0
5	0.650	5.4	89.4
6	0.342	2.9	92.3
7	0.316	2.6	94.9
8	0.264	2.2	97.1
9	0.183	1.5	98.6
10	0.090	0.8	99.4
11	0.063	0.5	99.9
12	0.011	0.1	100.0

り、筋持久力の因子とみなされる。

B 重回帰分析

各被験者の疾走タイムを従属変数、三つの主成分の因子得点を独立変数として、重回帰分析を行った結果を、Table 4に表わした。

1. 短距離走

重相関係数は、30m走と50m走で1%、100m走で5%の危険率で統計的に有意であった。

決定定数により、三つの主成分で30m走タイムの分散の約41%、50m走タイムの分散の約34%、100m走タイムの分散の約31%が説明されることがわかる。

標準回帰係数をみると、第2主成分の値が最も大きく1%水準で有意である。短距離走タイムに対しては敏捷性因子の貢献度が最も大きいようである。次いで第1主成分の標準回帰係数が大きく、30m走において

5%水準で有意となっている。身体が大きく筋の最大出力に優れることはすばやい加速をもたらす、短距離走タイムを良くする要因となると考えられる。

2. 中距離走

800m走における重相関係数は1%の危険率で有意であった。三つの主成分により800m走タイムの分散の約56%が説明されることになる。

標準回帰係数は第1主成分の値が最も大きく1%水準で有意であった。800m疾走能力に対して身体の高さと筋の最大出力の因子が抑制的に影響していると解釈される。第2主成分の標準回帰係数も1%水準で有意であった。800m走において、敏捷性に優れることは、タイムを良くする要因であると思われる。

3. 長距離走

4000m走における重相関係数は1%の危険率で有意

Table 3 Factor matrix using principal factor with no iterations

physical fitness test items	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3
maximum anaerobic power	0.910	-0.011	0.130
vertical jump	0.569	0.447	0.149
standing height	0.824	-0.228	0.147
lower limb length	0.817	-0.176	0.267
body weight	0.879	-0.404	-0.056
thigh girth	0.803	-0.408	-0.088
side step	0.363	0.694	0.022
simple reaction time	0.319	0.746	0.314
jumping reaction time	0.120	0.808	0.028
knee extension strength	0.878	0.069	-0.014
ankle plantar flexion strength	0.821	0.026	-0.349
muscular endurance	-0.278	-0.365	0.839

であった。三つの主成分により4000m走タイムの分散の約46%が説明されることになる。

第1主成分の標準回帰係数のみが1%水準で有意であり、4000m走タイムに対しては身体の大きさと筋の最大出力の因子が抑制的に影響しているという結果であった。

ところで、800m走と4000m走においては第1因子が抑制的に影響していると解釈された。走運動は体重が負荷となっているので、疾走距離が長くなると体重が重いことは不利な要素となる¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾と考えられるが、身長に関しては、800m走では長身であることが必要と考えられている¹³⁾。

そこで、身長や体重と中長距離走タイム間の単相関係数をみると、身長と800m走($r=0.406$, $P<0.05$)、身長と4000m走($r=0.331$)、体重と800m走($r=0.761$, $P<0.001$)、体重と4000m走($r=0.651$, $P<0.001$)のようになる。このような結果となったのは身長と体重の間の

相関が高い($r=0.791$, $P<0.001$)ことに起因する可能性があると考えられる。そこで体重を消去した偏相関係数をみると、身長と800m走($r=-0.494$, $P<0.01$)、身長と4000m走($r=-0.396$, $P<0.05$)となり、体重を不変と仮定すると、身長の高いことは中長距離走に有利な要素と考えられる。

主成分分析により多数の変数が互いに無相関な総合特性値に要約され、主成分として抽出されるが、上記のように、もとのデータのもっている情報が失われることは否めない。また、主成分回帰分析からただちに個人の疾走能力を推定することは困難である。そこで、主成分分析により主成分を抽出して、それをもっともよく代表し、しかもなるべく互いに相関がなく、それぞれの走タイムに貢献すると考えられる変数(測定項目)を選択し、独立変数として重回帰回帰を施すことにより個人の疾走能力を推定する方向を検討するのが今後の課題であると考ええる。

Table 4 Multiple regression analysis for running performance

	Multiple R	R Square	Adjusted R Square	Standard Regression Coefficient		
				Factor 1	Factor 2	Factor 3
30 m Run	0.643**	0.414	0.353	-0.298*	-0.554**	-0.132
50 m Run	0.581**	0.338	0.270	-0.292	-0.490**	-0.112
100 m Run	0.552*	0.305	0.233	-0.311	-0.429**	-0.155
800 m Run	0.751**	0.564	0.519	0.617**	-0.402**	-0.146
4000 m Run	0.674**	0.455	0.398	0.627**	-0.159	-0.188

** $p<0.01$, * $p<0.05$

IV ま と め

本研究の目的は走記録と体力の関係を検討することである。被験者は陸上競技部所属男子学生33名であった。12項目の体力テスト及び5種目の走記録が測定された。

体力テストの結果が主成分分析にかけられ、3因子が抽出された。さらに、3因子の因子得点を独立変数、走記録を従属変数として重回帰分析を行った。

A. 体力要因の指標である12項目について主成分分析を施したところ三つの主成分が抽出された。第1主成分は身体の大きさと筋の最大出力の因子、第2主成分は敏捷性の因子、第3主成分は筋持久力の因子とみなされた。

B. 重回帰分析により次のことが明らかとなった。

1. 短距離走記録に対して、敏捷性の因子と、身体の大きさと筋の最大出力の因子の貢献度が大きく、これらの因子が促進的に影響していた。

2. 800m走記録に対して、身体の大きさと筋の最大出力の因子は抑制的に、敏捷性の因子は促進的に影響していた。

3. 4000m走記録に対して、身体の大きさと筋の最大出力の因子が抑制的に影響していた。

4. 筋持久力の因子はいずれの距離の走記録にも有意な影響を及ぼさなかった。

本研究の計算は島根大学計算機センターを經由し、京都大学大型計算機センターを利用して、SPSSの統計サブプログラムによって行われた。

本研究をまとめるにあたり、種々ご指導を賜った島根大学教育学部教官、伊藤豊彦氏と辻卓見氏に感謝の意を表します。

V 引用・参考文献

- 1) 青木純一郎, 清水達雄 (1971): 陸上競技短距離走におけるスピードと酸素負債との関係, 日本体育協会スポーツ科学研究報告No.IIハイスピード持続能力の解明—第1次研究報告—: 24-29.
- 2) Chatterjee, S., and Price, B. 著, 佐和隆光, 加納悟訳 (1981): 回帰分析の実際, 新曜社, 東京: 158-180.
- 3) Costill, D.L. (1967): The relationship between selected physiological variables and distance running performance, *J. Sports Med.* 7: 61-66.
- 4) Costill, D.L., Thomason, H., and Roberts, E. (1973): Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running, *Medicine and Science in Sports* 5(4): 248-252.
- 5) 福田邦三編 (1970): 日本人の体力—体力の国際比較—, 第2版, 杏林書院, 東京: 2.
- 6) 長谷川常次郎 (1957): 短距離走の基礎的研究, 東京学芸大学研究報告 (体育) 8: 7-14.
- 7) 猪飼道夫 (1969): 日本人の体力, 遺伝23 (2): 5-10.
- 8) 猪飼道夫, 加賀谷焔彦, 進藤宗洋 (1966): 持久性の限界因子について—円谷選手の測定記録を中心として—, 体力科学14 (4): 173-180.
- 9) 生田香明, 根本哲朗, 栗原崇志, 播本定彦 (1981): 敏捷性・筋力・パワーからみた短距離疾走能力, 体育学研究 26 (2): 111-117.
- 10) 生田香明, 渡辺和彦, 大築立志 (1972): 50m疾走におけるパワーの研究, 体育学研究17 (2): 61-67.
- 11) 生田香明, 猪飼道夫 (1972): 自転車エルゴメーターによるMaximum Anaerobic Powerの発達の研究, 体育学研究17 (3): 151-157.
- 12) 鎌田喜雄 (1956): 最大酸素債と疾走能力との関係について, 体力科学 5 (5): 176-179.
- 13) 金原勇編 (1976): 陸上競技のコーチング (1), 大修館書店, 東京: 414-417.
- 14) 北川薫, 宮下充正, 山本恵三 (1977): 青年男女の身体組成, 最大酸素接種量および2400m走, 体育学研究21(6): 335-340.
- 15) Mathews, D.K., and Fox, E.L. (1976): *The Physiological Basis of Physical Education and Athletics*, Second Edition, W.B. SAUNDERS COMPANY, Philadelphia・London・Toronto: 26-28.
- 16) 文部省スポーツ課内社会体育研究会編 (1978): スポーツテスト(児童生徒編)—その実施と活用—, 第1法規出版, 東京, 223-245.
- 17) 大谷和寿, 久保田康毅 (1977): 1500m走と体重・身長・PWC₁₇₀の関係についての研究, 島根大学教育学部紀要 (自然科学) 11: 25-28.
- 18) 大谷和寿, 久保田康毅 (1976): PWC₁₇₀と持久走の相関について, 島根大学教育学部紀要 (自然科学) 10: 49-54.
- 19) 大谷和寿, 久保田康毅 (1981): ランニングタイムにかかわる体力要素の分析, 島根大学教育学部紀要 (教育科学) 15: 1-6.
- 20) 大谷和寿, 久保田康毅, 桧谷卓夫 (1979): 持久走記録を制限する因子についての研究, 島根大学教育学部紀要 (自然科学) 13: 25-30.
- 21) 杉山高一 (1983): 多変量データ解析入門, 朝倉書店, 東京, 124-125.

- 22) 高橋善行 (1963) : 短距離疾走能力の分析的研究—脚筋力を中心として—, 山形大学紀要(教育科学) 3 (2) : 15-26.
- 23) Tanaka, K., Matsuura, Y., and Moritani, T. (1981): A Correlational Analysis of Maximal Oxygen Uptake and Anaerobic Threshold as Compared with Middle and Long Distance Performances, 体力科学 30 (2) : 94-102.
- 24) 東京都立大学身体適性学研究室編 (1980) : 日本人の体力標準値, 第三版, 不昧堂出版, 東京 : 11.
- 25) 山崎省一, 青木純一郎 (1977) : 長距離走者の競技記録と無酸素的能力, 体力科学26 (2) : 87-95.