

広島体育学会

---

# 広島体育学研究

## 第42巻

---

### 原 著

- 柳川 和優・松田 亮・磨井 祥夫  
足関節可動域の制限が歩行動作に及ぼす影響 ..... 1

### 研究資料

- 高橋 啓悟・磨井 祥夫  
レーザー速度測定器を用いたスプリント走における .....11  
ストライド長とピッチの推定

### 実践研究

- 橋原 孝博・西 博史  
大学教養教育における自然観察を活用した  
オリエンテーリングによる野外教育の実践研究 .....19
- 森木 吾郎・古市 裕磨・福田 倫大・足立 達也・上田 毅  
グライド投法による砲丸投の投距離に及ぼす筋力の影響 .....31

平成27年度広島体育学会活動報告

---

2016

## 「広島体育学研究」投稿規定

1995年3月4日 改正

2011年6月3日 改正

1. 本誌に投稿できるのは、本学会員（正会員、準会員）および編集委員会が認めた者とする。
2. 論文は、体育・スポーツに関するものであり、総説、原著、実践研究、事例報告、研究資料、書評に区分し、完結した未発表のものであり、他誌に投稿中でないものに限る。
3. 総説は、特定の課題に関する内外諸研究の総合的な概観である。
4. 原著は、科学的論文としての内容と体裁を調えたものである。
5. 実践研究は、指導法に関する実用的研究やスポーツ選手の分析研究などである。
6. 事例報告は、特定の少数事例を調査・研究したものである。
7. 研究資料は、内外の諸研究の追試検討、方法論的試論、新しい実験装置の発明あるいは新しい資料の発見などである。
8. 書評は、新たに発表された内外の著書・論文を紹介・批評したものである。
9. 論文は、別に定める執筆要領に準拠して作成し、総説・原著論文・実践研究・事例報告・研究資料・書評などの区分を指定して、「広島体育学研究」編集委員会あてに提出するものとする。
10. 投稿論文は、編集委員会が審査し、掲載の可否を決定する。
11. 本誌の発行は年1回とし、各年度の投稿の締切りは9月末日とする。ただし、投稿の受付と審査は年間を通して行う。
12. 論文の印刷において、規定のページを超過している場合、あるいは図（写真を含む）など特に費用を要する場合は、執筆者は指定された費用を負担しなければならない。
13. 投稿論文は計3部提出する。本誌に掲載された論文の原稿は、原則として返却しない。返却希望があれば、投稿時にその旨申し出るものとする。
14. 著者校正は初校のみとする。校正は誤植など印刷上のミスによるものにとどめ、文章などの加除は認められない。
15. 別刷りは著者校正時に希望部数を申し出るものとし、費用は著者の負担とする。
16. 本誌に掲載された論文の著作権は、広島体育学会に帰属するものとする。

## 「広島体育学研究」執筆要領

1995年3月4日 改正

2011年6月3日 改正

1. 投稿論文の長さは図・表などを含め、総説は12ページまで、原著は10ページまで、実践研究、事例報告、研究資料は8ページまで、書評は2ページまでとする（1ページの文字数は刷り上り全角約1,600文字）。
2. 原稿の執筆にあたっては、下記の点を厳守すること。
  - (1) 原稿はワードプロセッサで作成する。A4判縦置き横書きとし、全角40字30行（英文綴りおよび数値は半角）で、フォントの大きさは10.5ポイントとする。本文は現代かなづかいとし、外国語をかな書きする場合はカタカナで表記すること。
  - (2) 原稿は、1枚目に論文の区分、論文題目、著者名および所属機関名とその所在地（和文および欧文）ならびに投稿者の連絡先（郵便番号、住所、電話番号、E-mail アドレス）を、2枚目に欧文要約（250語以内）を、3枚目に和文要約を記載する。4枚目以降に本文、参考文献、表、図を、この順に書くこととする（書評については、欧文要約は不要）。なお、原稿のページには通し番号を、各ページには行番号をつけること。
  - (3) 外国人名・地名等の固有名詞には、原則として原語を用いること。固有名詞以外は訳語を用い、必要な場合は初出のさいにだけ原語を付すること。
  - (4) 文献表の見出し語は「文献」とする。文献の記載は、原則として著者名のアルファベット順とする。定期刊行物の書誌データは、著者名、発行年、論文題目、誌名、巻（号）、ページの順とする。また、単行本の場合は、著者名、発行年、書名（版数、ただし初版は省略）、発行所、発行地、引用ページ（p. または pp.）の順とする。書式は下記の例に従うこと（書式等の詳細は、体育学研究『投稿の手引き』を参照のこと）。

「定期刊行物の例」

Neumann, M. and Eason, D. (1990) Casino world: Bringing it all back home. *Cult. Stu.*, 4 (2): 45-60.

関 修 (1990) ストレスを癒すフィジカル・エクササイズ. *イマージ*, 1 (3) : 172-181.

「単行本の例」

Moony, J. (1983) The Cherokee ball play. In: Harris, J.C. and Park, R.J. (Eds.) *Play, games and sports in cultural contexts. Human Kinetics: Champaign*, pp. 259-282.

新島龍美 (1990) 日常性の快楽. 市川浩ほか編 *技術と遊び*. 岩波書店: 東京, pp. 355-426.
  - (5) 図と表は1枚の用紙に1つだけ書き、それぞれに一連番号をつけること。また、挿入箇所は、本文の欄外に赤字で指定すること。
3. 研究の遂行に当たっては、人権の尊重と安全の確保を最優先し、かつ法に基づき研究が行われることに十分な配慮がなされなければならない。また、動物を対象とする研究においても、動物愛護の精神に基づいて、同様の倫理的配慮がなされなければならない。

〔原著〕

## 足関節可動域の制限が歩行動作に及ぼす影響

柳 川 和 優\*  
松 田 亮\*  
磨 井 祥 夫\*\*

### Influence of Restriction of the Range of Motion in the Ankle Joint on Walking Pattern

Kazumasa YANAGAWA

(Department of Sport Business Administration, Faculty of economics,  
Hiroshima University of Economics)

Ryou MATSUDA

(Department of Sport Business Administration, Faculty of economics,  
Hiroshima University of Economics)

Sachio USUI

(Division of Behavioral Sciences, Faculty of Integrated Arts and Sciences, University of Hiroshima)

#### Abstract

The purpose of this study was to clarify the influence affecting walking movements during restriction of the range of motion in the ankle joint. Six healthy young men participated as the subjects in this study. The angle data of the right hip joint, knee joint and that of the ankle joint were analyzed synchronously with the image data of bare foot movements during free, slow, fast, and maximum speed walking with restriction (Taping group) and without restriction (Control group). The following results were obtained:

1. When the ankle joint was restricted by taping, it was found that at heel contact there was difficulty in raising the toe.
2. Free walking and walking within similar range of speeds showed variables with significant difference in the height of toe at heel contact, angular displacement of hip joint, angular displacement of knee joint, and angular displacement of ankle joint. In other words, in the Taping group, during heel contact there was difficulty in raising the toe, as well as a decrease in knee joint motion, and a tendency for a shorter step length and smaller walking ratio .
3. When the ankle joint movement was restricted by taping, all but one person showed a change of posture control strategy from an ankle joint strategy to a hip joint strategy.

From the above results, it can be inferred that a decrease in ankle joint function is related to a change of walking movements, and can be suggested that walking movements of young men resemble the walking movements of the elderly when the ankle joint is restricted.

---

\* 広島経済大学経済学部スポーツ経営学科

\*\* 広島大学総合科学部行動科学講座

## I. はじめに

加齢に伴い歩行能力は衰える。特に歩行速度は、高齢者の身体機能、健康度、平均余命などを総合的に最もよく代表する指標であると考えられている (Furuna et al., 1998)。この歩行速度は60歳頃から急速に低下し (Himann et al., 1988; Kaneko et al. 1991), その原因が主としてステップ長の減少にある (Nagasaki et al., 1996) ことが報告されている。その他の高齢者の歩容の特徴として、両脚支持時間の増大 (山岸・徳田, 1975; 徳田, 1977; 高見・福井, 1987; Ferrandez et al., 1990; Kaneko et al., 1990, 1991), 歩隔の増大 (高見・福井, 1987; Kaneko et al., 1990), 爪先開き角の増大 (Murray et al., 1964), 足指の遊脚期における挙上高の減少 (Kaneko et al., 1991), 股関節開脚角度の減少 (Murray et al., 1969), スイング期の膝関節屈曲角度の減少 (Murray et al., 1969), 踵着地時における足関節背屈角度の減少 (渡部ほか, 1992), 上体の上下動の減少と左右動の増加 (Murray et al., 1969), 骨盤の回転の減少 (Murray et al., 1969), 肩の前方への揺れと肘の後方への伸びの減少 (Murray et al., 1969), 上肢の運動範囲の減少 (徳田, 1977) など多くの変化が示されている。

加齢に伴う歩行能力低下の主な要因として、大腰筋の筋量の減少 (金ほか, 2000; 金ほか, 2001), 膝伸展筋力の低下 (伊東ほか, 1985; 淵本ほか, 1999; 福永, 2000; 金ほか, 2000), 足底屈・足背屈筋力の低下 (Vandervoort and McComas 1986; 淵本ほか, 1999; 福永, 2000), バランス機能の低下 (伊東ほか, 1990), および関節可動域の低下 (James and Parker, 1989; 形本ほか, 2000) などが報告されており、歩行能力の低下はこれらが複合的に絡み合ったものであると考えられる。その他の要因として、視覚の感受性の低下 (Sekuler et al., 1980) や脳幹もしくは脊髄に存在すると考えられている歩行を誘発する中枢パターン発生器 (Rossignol, 1996; 中澤, 1999) を含めた神経-筋系の機能低下 (橋詰,

2002) が歩行能力低下に関わっている可能性も否定できない。

以上のように、高齢者の歩容の特徴は、複数の要因が相互に複合的に影響しあった結果として現れていると考えられる。これらの要因は、加齢という共通因子により相互に関連しているため、特定の要因が歩容に及ぼす独自の影響についてはあまり検討されていない。Demura T and Demura S (2011) は、若年者を対象に、視覚と膝関節可動域を制限すると、歩行速度および歩幅が小さく、歩隔および足向角度が大きくなり、高齢者の歩容の特徴と類似していたと報告している。つまり、視覚あるいは膝関節機能の低下単独の影響が歩容に現れたことを示している。では、足関節可動域を制限した場合、歩容に同様の影響が現れるであろうか。

関節可動域の低下に関して、James and Parker (1989) は、下肢10個所の関節可動域を調べた結果、加齢にともなう可動域の低下が最も著しいのは、足関節における背屈・底屈であることを示した。さらに、高齢者の姿勢制御戦略の特徴として、足関節優位の姿勢制御が困難になり、股関節優位の姿勢制御戦略を用いるようになることが知られている (Horak et al., 1989a; Manchester et al., 1989)。これらの報告から、足関節の機能低下と歩容の変化に関して、何らかの関連があると推察される。

これらの背景により、「若年者の足関節可動域を制限すると、高齢者の歩行動作に近づく」という仮説を立てた。したがって本研究の目的は、高齢者が歩行能力を維持するためには、足関節の可動域を大きく保つことが重要であると考え、足関節可動域の制限が歩行動作に及ぼす影響を明らかにすることとした。

## II. 方法

### A. 被検者

被検者は、健常な若年者 (21~23歳) 男子6名であった。被検者の身体的特徴は、年齢: 22.0 ± 0.6歳 (mean ± SD, 以下同様), 身長: 176.1 ± 5.6cm,

体重:69.7±9.1kg, 体脂肪率:13.1±3.8%であった。

## B. 実験手順

実験室内に長さ 12m の歩行路を設置し、歩行路上での歩行に十分慣れた後に測定を行った。歩行は、自由歩行、遅歩行、速歩行、最大速度歩行の 4 条件とした。被検者への速度の指示は、自由歩行は「速くも遅くもない普通で」、遅歩行は「やや遅く」、速歩行は「やや速く」、最大速度歩行は「できるだけ速く」とした。足関節固定については、固定なしの Control 群 (C 群) とテーピングで固定した Taping 群 (T 群) の 2 群とした。なお、テーピングでの固定は、足関節捻挫直後に応急処置として行う一般的な方法を用いた。すべての被検者は、C 群および T 群の 2 条件において 4 種類の速度での歩行を各 3 回行った。各変量におけるデータ数は 6 人 × 3 試行 = 18 試行とした。ただし、股関節角度範囲は、1 名の被検者において正確に測定できなかったため、C 群、T 群ともに 5 人 × 3 試行 = 15 試行とした。すべての歩行は裸足で行い、テーピングにより制限した足関節角度 (背屈、底屈) の測定は、歩行実験開始時に行った。

被検者の右脚に装着したゴニオメータ [バイオメトリクス社製: SG150 型 (股・膝関節), SG110 /A 型 (足関節)] による関節角度をサンプリング周波数 1 kHz で記録した。被検者の踵部位 (左右の踵骨突起) と右足親指の爪先部に反射マーカーを貼り付け、右側方より毎秒 60 コマ、シャッ

ター速度 1 /500 秒でビデオ撮影 (Panasonic 製: NV-GS400) をした。

これらの測定データから以下の変量を算出した。定常歩行中の 1 スライド長と 1 スライド時間をビデオ画像データにより測定し、これらの値から歩行速度、ステップ長、歩調を算出した。また、踵着地時の爪先高は踵着地時の画像データから算出した。足関節、膝関節、股関節の角度変位は、ゴニオメータデータにより算出した。

## C. 統計処理

各歩行変量における足関節固定の影響については、歩行速度および固定の有無を固定因子とし、被検者を変量因子とする 3 要因分散分析を行い、歩行速度と固定状態の交互作用が有意である場合は、歩行速度ごとに固定状態と被検者を因子とする 2 要因分散分析を行った。自由歩行および同一速度歩行での C 群と T 群の差の検定は、固定状態を固定因子とし、被検者を変量因子とする 2 要因分散分析を行った。なお、有意水準は 5 % 未満とし、統計解析は IBM SPSS Statistics ver. 20 を用いた。

## Ⅲ. 結果

表 1 は、足関節を固定しなかった場合 (C 群) と足関節をテーピングにより固定した場合 (T 群) の背屈角度、底屈角度を示したものである。テーピングで固定することにより、足関節の背屈角度、底屈角度は有意に小さくなった。

表 1. 足関節角度の比較

	右足		左足	
	背屈角度 (deg)	底屈角度 (deg)	背屈角度 (deg)	底屈角度 (deg)
固定なし(C群)	17.7 (±1.9)	51.7 (±5.9)	17.8 (±2.0)	52.2 (±6.0)
固定あり(T群)	7.9 (±1.0)	23.2 (±6.2)	8.3 (±1.6)	22.8 (±8.0)
有意水準	p<0.01	p<0.01	p<0.01	p<0.01

\* 静止立位時を 0°とした

mean (±SD)

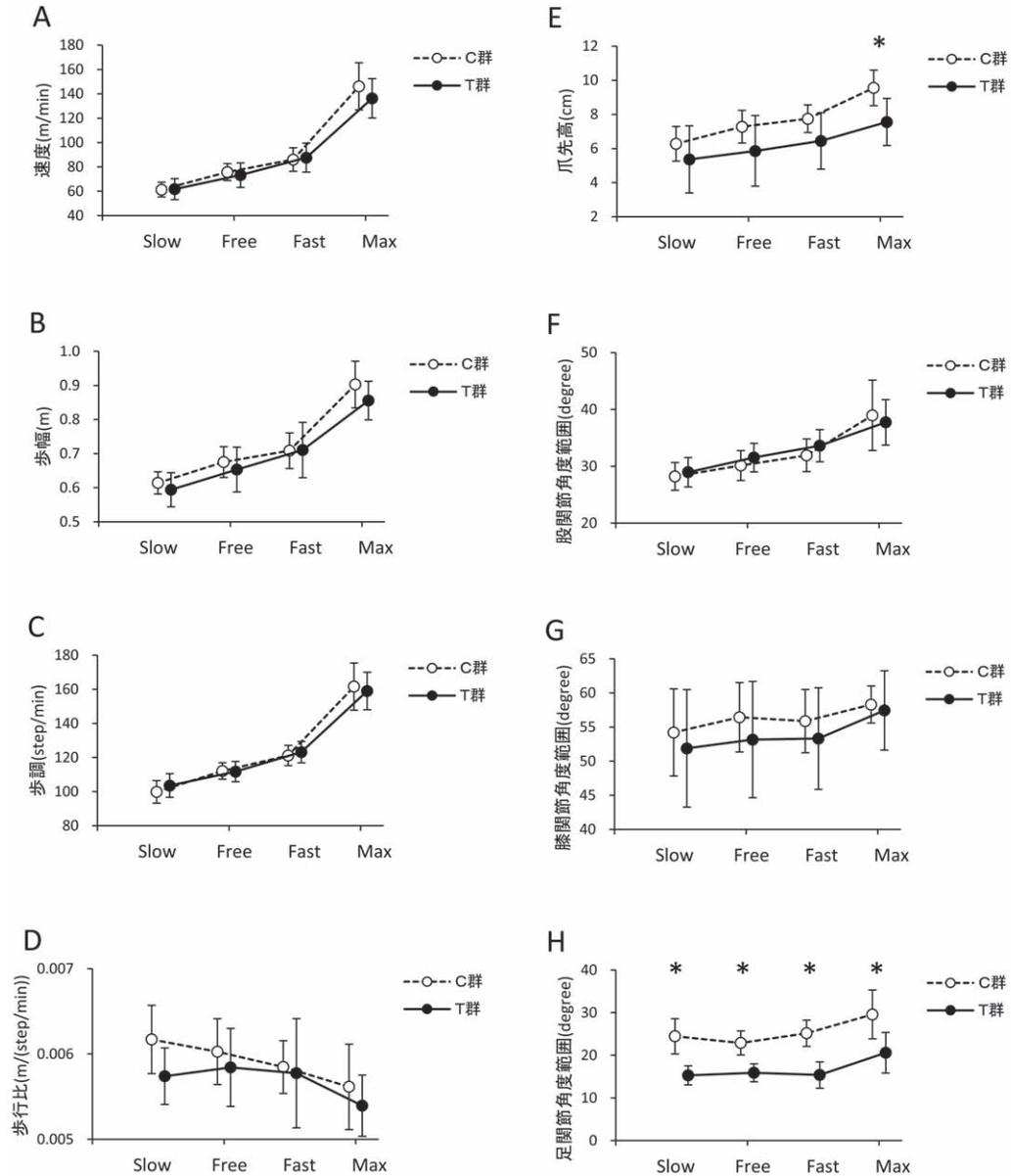
**A. 歩行速度別に見た各変量の比較**

遅歩行 (Slow), 自由歩行 (Free), 速歩行 (Fast), 最大速度歩行 (Max) における C 群と T 群の比較を図 1 に示した。遅歩行, 自由歩行, 速歩行, 最大速度歩行時の足関節角度範囲 (図 1-H) と最大速度歩行時の爪先高 (図 1-E) において有意

に T 群の値が小さかった ( $p < 0.05$ )。

**B. 自由歩行中と同一速度歩行中における各変量の比較**

本研究においては, 自然な歩行である自由歩行のみならず, 速度の影響を除くために同一速度歩



※  $p < 0.05$

図 1. 歩行速度別に見た各変量の比較

行での比較を行った。表2は、C群およびT群の自由、遅、速、最大速度歩行のすべての試行を対象とした歩行速度の度数分布を示したものである。同一速度歩行の選別については柳川ほか(2002, 2003)の方法で行い、両群に多くのデータが含まれる歩行速度が55~85m/minの歩行を採用した。同一速度歩行中の速度は、両群間に有意差は認められなかった。

図2は、自由歩行中と同一速度歩行中における2群間の各測定値(mean±SD)を示したものである。自由歩行時のデータ数は、6人×3試行=18試行(ただし、股関節角度範囲は5人×3試行=15試行)、同一速度歩行時のデータ数は、速度が55-85m/minを満たす試行なので変量により異なる。

自由歩行中および同一歩行中においてほとんどの変量はT群において減少傾向を示した。逆に、T群の増大傾向が認められたのは、自由歩行中および同一歩行中の股関節角度範囲と同一歩行中の歩調であった。

### C. 足関節角度と股関節角度の関連

図3は、同一速度歩行時の各被検者におけるC群およびT群の平均値を代表値とし、C群からT群へのテーピング固定効果を矢印で示したものである。テーピングにより足関節可動域が制限された時に、股関節角度範囲を大きくする被検者が3名、逆に小さくする被検者が1名、ほとんど変わらない被検者が1名であった。

## IV. 考察

本研究は、足関節固定単独の影響を調べるために、足関節固定なしのC群と足関節をテーピングで固定したT群による比較を行った。このC群とT群の差が足関節固定による影響を示すと考えられる。まず、歩行速度別に比較し、次に、自由歩行中と同一速度歩行中の比較を行った。

### A. 歩行速度別に見た特徴

遅歩行(Slow),自由歩行(Free),速歩行(Fast),最大速度歩行(Max)における各変量を比較すると、遅歩行,自由歩行,速歩行,最大速度歩行時

表2. 歩行速度の度数分布

歩行速度 (m/min)	度数 (C群)		度数 (T群)		度数 (計)
	遅,自由,速,最大		遅,自由,速,最大		
35~	0	(0, 0, 0, 0)	0	(0, 0, 0, 0)	0
45~	3	(0, 3, 0, 0)	5	(4, 1, 0, 0)	8
55~	11	(11, 0, 0, 0)	11	(6, 4, 1, 0)	22
65~	15	(4, 8, 3, 0)	9	(7, 1, 1, 0)	24
75~	12	(0, 8, 4, 0)	17	(1, 12, 4, 0)	29
85~	10	(0, 2, 8, 0)	9	(0, 0, 9, 0)	19
95~	3	(0, 0, 3, 0)	2	(0, 0, 2, 0)	5
105~	2	(0, 0, 0, 2)	3	(0, 0, 1, 2)	5
115~	0	(0, 0, 0, 0)	2	(0, 0, 0, 2)	2
125~	1	(0, 0, 0, 1)	6	(0, 0, 0, 6)	7
135~	5	(0, 0, 0, 5)	2	(0, 0, 0, 2)	7
145~	3	(0, 0, 0, 3)	1	(0, 0, 0, 1)	4
155~	4	(0, 0, 0, 4)	5	(0, 0, 0, 5)	9
165~	2	(0, 0, 0, 2)	0	(0, 0, 0, 0)	2
175~	1	(0, 0, 0, 1)	0	(0, 0, 0, 0)	1
合計	72		72		144

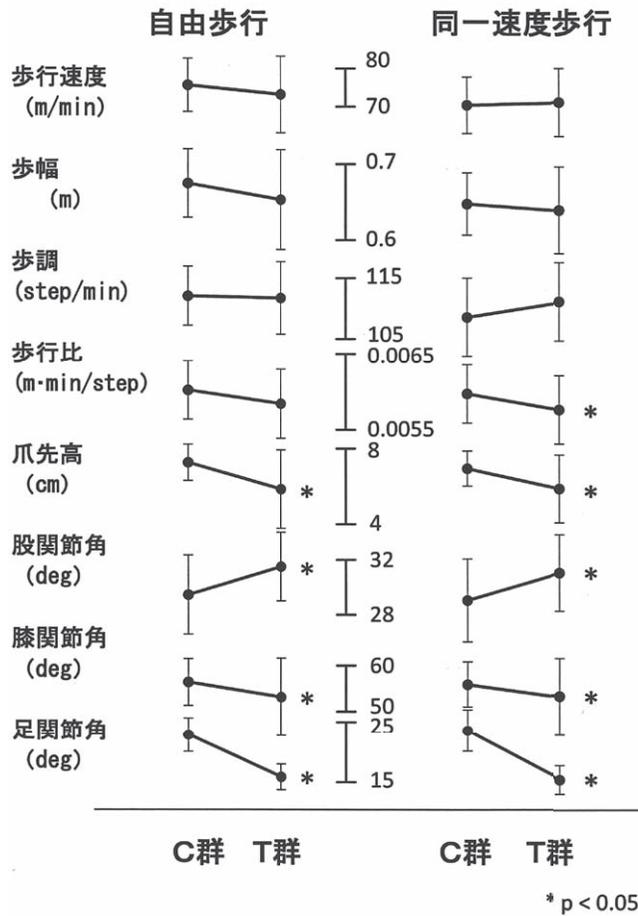


図2. 自由歩行中と同一速度歩行中における各変量の比較

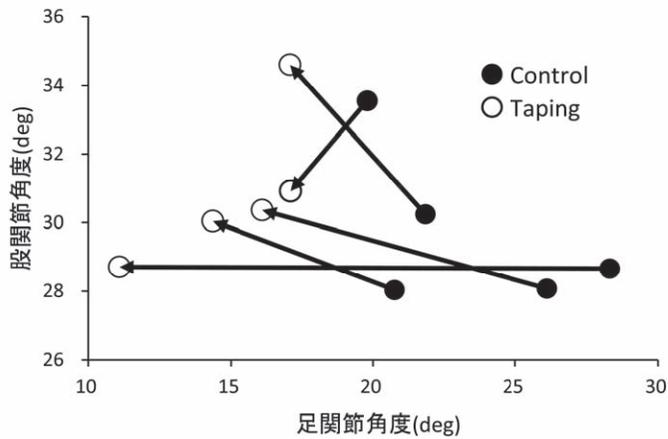


図3. 足関節角度と股関節角度の関連

の足関節角度範囲 (図 1-H) と最大速度歩行時の爪先高 (図 1-E) において有意に T 群の値が小さかった ( $p < 0.05$ )。

テーピングにより足関節可動域を制限した結果、各歩行速度における足関節の角度範囲は小さくなったわけである。一方、C 群と T 群における各歩行速度には有意差は認められていない (図 1-A)。にもかかわらず、各歩行速度における爪先高は T 群において小さくなる傾向にあり、最大速度歩行においては有意に小さかった (図 1-E)。このことにより、テーピングにより足関節可動域を制限すると踵着地時に爪先が上がりにくくなることが示唆された。

## B. 自由歩行中と同一速度歩行中における特徴

これまでに報告された高齢者の歩行動作に関する研究は数多く、若年者との比較からさまざまな特徴が報告されており、速度の異なる歩行に関して比較検討した研究が多い。しかしながら、歩行速度の遅い高齢者の歩容は、速度が遅いことだけでさまざまな特徴を説明できる可能性がある。Ferrandez et al. (1990) はこのことに注目し、歩行速度が同じならば高齢者の歩行動作は若年者と変わらないと報告している。つまり、若年者と高齢者の歩行動作の差異は、歩行速度の違いのみに起因する可能性があることを示唆している。そこで本研究では、若年者と高齢者の比較において自由歩行で差が認められ、かつ同一速度歩行においても差が認められる変数が高齢者の本質的な特徴を示すと考えて分析を行った。

自由歩行中と同一速度歩行中における 2 群間の各測定値 (mean±SD) を図 2 に示した。自由歩行中および同一速度歩行中の各変数が、C 群から T 群へと減少していれば、足関節の固定により高齢者の歩行に近づいたことになる。自由歩行中および同一歩行中においてほとんどの変数は T 群において減少傾向が認められた。その中で、自由歩行中および同一歩行中の股関節角度範囲と同一歩行中の歩調においてのみ T 群において増大傾向が認められた。速度は歩幅と歩調の関で決まる

ため、同一速度歩行において C 群より T 群の歩調が大きくなったのは歩幅が小さくなったことによるものである。

柳川ほか (2003) は、自由歩行中、同一速度歩行中ともに両群間に有意差が認められた変数が高齢者の歩行動作の特徴を示していると報告している。すなわち高齢者は、歩幅と歩行比が小さく、スイング速度が遅く、踵着地時に爪先が上がらず (足関節の背屈程度が小さく)、膝関節の動作域が小さく、体幹をあまり動かさずに歩いていることを示した。

本研究において、自由歩行中、同一速度歩行中ともに両群間に有意差が認められた変数は、踵着地時の爪先高、股関節角度範囲、膝関節角度範囲、足関節角度範囲であった。さらに、自由歩行中、同一速度歩行中ともに歩幅と歩行比は T 群において減少傾向が認められた。以上のことにより、T 群において踵着地時に爪先が上がらず、膝関節の動作域が小さくなることが示され、歩幅と歩行比を小さくして歩く傾向が認められた。したがって、足関節を固定すると若者の歩行動作は高齢者に近づくことが示唆された。

一方、股関節角度範囲のみ、自由歩行中および同一速度歩行中の T 群において増加傾向が認められた。足関節の角度範囲を制限された分だけ、股関節の運動範囲を広げたのであろうか。このことを検討するために、足関節角度と股関節角度の関連を図 3 に示した。その結果、足関節角度範囲の減少により股関節角度範囲は 3 名が増加し、1 名は減少した。データ数が少ないので明確な結論を示すことはできないが、足関節固定により股関節角度範囲が増加した理由は次のように考えることができる。

高齢者の姿勢制御戦略の特徴として、足関節優位の姿勢制御が困難になり、股関節優位の姿勢制御戦略を用いるようになること (Horak et al., 1989a ; Manchester et al., 1989) や、姿勢の不安定な高齢者は、足関節戦略を効果的に用いることができず、ほとんどの重心移動に対し股関節戦略かステップング戦略を利用すること (Horak et

al., 1989b) が知られている。このストラテジーの変化が足関節可動範囲の減少に因るのであれば、それと同じことが本実験の若年者に現れたと考えられることができる。

本研究の結果、T群において踵着地時に爪先が上がらず、膝関節の動作域が小さくなることが示され、歩幅と歩行比を小さくして歩く傾向が認められた。さらには、個人差はあるが、テーピングにより足関節可動域が制限されると、股関節の運動範囲を増加することで安定した歩行動作を維持しようとする可能性も否定できなかった。

以上のことから、足関節の機能低下と歩容の変化に関して関連があると推察でき、足関節を固定すると若年者の歩行動作は高齢者に近づくことが示唆された。このことにより、高齢者における歩行能力低下の防止策として、足関節の柔軟性を維持することの重要性を強調することができる。

## V. まとめ

本研究では、足関節可動域の制限が歩行動作に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。健康な若年者6名を対象とし、右脚股関節、膝関節、足関節の角度データ、および、側方から撮影した映像データを同期させ、裸足による足関節可動域を制限しない自由歩行、遅歩行、速歩行、最大速度歩行と足関節可動域をテーピングにより制限した同様の4種類の速度での歩行動作を分析した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) テーピングにより足関節可動域を制限すると踵着地時に爪先が上がりにくくなることが示唆された。
- 2) 自由歩行中、同一速度歩行中ともに両群間に有意差が認められた変量は、踵着地時の爪先高、股関節角度範囲、膝関節角度範囲、足関節角度範囲であった。すなわち、T群において踵着地時に爪先が上がらず、膝関節の動作域が小さくなることが示され、歩幅と歩行比を小さくして歩く傾向が認められた。
- 3) 1名の例外を除いて、テーピングにより足関節可動域が制限されると、姿勢制御戦略を

足関節ストラテジーから股関節ストラテジーに変更している可能性が認められた。

以上のことにより、足関節の機能低下と歩容の変化に関して関連があると推察でき、足関節を固定すると若年者の歩行動作は高齢者に近づくことが示唆された。

## 文献

- Demura T and Demura S (2011) Influence of Restricted Vision and Knee Joint Range of Motion on Gait Properties During Level Walking and Stair Ascent and Descent. *J Mot Behav*, 43 : 445-450.
- Ferrandez AM, Pailhous J, Durup M (1990) Slowness in elderly gait. *Exp Aging Res* 16 : 79-89.
- 淵本隆文・加藤浩人・金子公宥 (1999) 高齢者の歩行能力に関する体力的・動作学的研究 (第2報) - 膝伸展, 足底屈, 足背屈の筋力と歩行能力の関係 -. *体育科学*, 28 : 108-115.
- 福永哲夫 (2000) 中高年者の筋量と筋力. *体育の科学*, 50(11) : 864-870.
- Furuna T, Nagasaki H, Nishizawa S, Sugiura M, Okuzumi H, Ito H, Kinugasa T, Hashizume K, Maruyama H (1998) Longitudinal change in the physical performance of older adults in the community. *J Jpn Phy Ther Assoc* 1 : 1-5
- 橋詰謙 (2002) : 筋と神経の老化. *体育の科学*, 52(8) : 608-611.
- Himann JE, Cunningham DA, Rechnitzer PA, Paterson DH (1988) Age-related changes in speed of walking. *Med Sci Sports Exerc* 20 : 161-166.
- Horak FB, Diener HC, Nashner LM. (1989a) Influence of central set on human postural responses. *J Neurophysiol*, 62(4) : 841-53.
- Horak FB, Shupert CL, Mirka A (1989b) Components of postural dyscontrol in the elderly: A review. *Neurobiology of Aging* 10(6) : 727-738.

- 伊東元・橋詰謙・斉藤宏・中村隆一 (1985) 大腿四頭筋機能と歩行能力の関係. リハビリテーション医学, 22 : 164-165.
- 伊東元・長崎浩・丸山仁司・橋詰謙・中村隆一 (1990) 健常老年者における最大歩行速度低下の決定因 - 重心動揺と歩行率の関連 -. 理学療法学, 17 (2) : 123-125.
- James B and Parker AW (1989) Active and passive mobility of lower limb joints in elderly men and women. Am J Phys Med Rehab 68(4) : 162-167.
- Kaneko M, Fuchimoto K, Fuchimoto T, Morimoto Y, Kimura M, Kitamura T, Tsutsui Y, Arita T (1990) Biomechanical analysis of walking and fitness testing in elderly woman. In Fitness for the Aged, Disabled, and Industrial Worker. Kaneko M, ed., 84-89, Human Kinetics Pub.
- Kaneko M, Morimoto Y, Kimura M, Fuchimoto K, Fuchimoto T (1991) A kinematic analysis of walking and physical fitness testing in elderly woman. Can J Sports Sci 16(3) : 223-228.
- 形本静夫・青木純一郎・石原啓次・畑中恵子 (2000) 柔軟性が高齢者における歩行の経済性に及ぼす影響. 体育科学, 29 : 83-90.
- 金俊東・久野譜也・相馬りか・増田和実・足立和隆・西嶋尚彦・石津正雄・岡田守彦 (2000) 加齢による下肢筋量の低下が歩行能力に及ぼす影響. 体力科学, 49(5) : 589-596.
- 金俊東・大島利夫・馬場紫乃・安田俊広・足立和隆・勝田茂・岡田守彦・久野譜也 (2001) 長期間トレーニングを継続している高齢アスリート筋量の歩行能力の特徴. 体力科学, 50(1) : 149-158.
- Manchester D, Woollacott M, Zederbauer-Hylton N, Marin O. (1989) Visual, vestibular and somatosensory contributions to balance control in the older adult. J Gerontol, 44(4) : M118-27.
- Murray MP, Drought AB, Kory RC (1964) Walking patterns of normal men. J Bone Joint Surg 46A(2) : 335-360.
- Murray MP, Kory RC, Clarkson BH (1969) Walking patterns in healthy old men. J Gerontol 24 : 169-178.
- Nagasaki H, Itoh H, Hashizume K, Furuna T (1996) Walking patterns and finger rhythm of older adults. Perceptual and Motor Skills 82 : 435-447.
- 中澤公孝 (1999) ヒト脊髄の歩行発生能力とその可塑性. バイオメカニクス研究, 3 (3) : 195-200.
- Rossignol S (1996) Neural control of stereotypic limb movements, In Handbook of Physiology, Sec12, Exercise, regulation and integration of multiple systems. Rowell LB and Shepherd JT, eds, 173-216, Oxford University Press.
- Sekuler R, Hutman L, Owsley C (1980) Human aging and spatial vision. Science 209 : 1255-1256.
- 高見政利・福井関彦 (1987) 床反力計による健常者歩行の研究 - 特に年齢および性別の違いについて -. リハビリテーション医学, 24 : 93-101.
- 徳田哲男 (1977) 老人の歩行. 人間工学, 13(5) : 219-222.
- Vandervoort AA and McComas J (1986) Contractile changes in opposing muscles of the human ankle joint with aging. J Appl Physiol, 61(1) : 361-367.
- 渡部和彦・塩川満久・宮川健 (1992) 高齢者の歩行調整機能に関する研究 I - トレッドミル上での着地局面における足部の姿勢に着目 -. 体育科学, 20 : 104-109.
- 山岸豪・徳田哲男 (1975) 老人歩行 - 光学的分析による -. リハビリテーション医学, 12(2) : 97-104.
- 柳川和優・磨井祥夫・山口立雄・渡部和彦 (2002) 筋放電パターンからみた高齢者における歩行動作の特徴. 日本運動生理学雑誌, 9 (1) : 33-45.
- 柳川和優・磨井祥夫・山口立雄・渡部和彦 (2003)

若年者と高齢者における歩行動作の比較－歩行  
速度に着目して－. バイオメカニクス研究, 7  
(3) : 179-192.

[研究資料]

## レーザー速度測定器を用いたスプリント走における ストライド長とピッチの推定

高橋 啓 悟\*  
磨井 祥 夫\*

The estimation of stride length and stride frequency in sprint with the  
laser velocity measuring device

Keigo TAKAHASHI

(Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University)

Sachio USUI

(Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University)

### Abstract

This study aimed to examine the accuracy of step length and frequency in sprint running obtained using a laser velocity measuring device. Ten male college sprinters participated in this study. The subjects performed 50-m sprint running. Estimated step length (ESL) and step frequency (ESF) calculated using the laser velocity measuring device were compared with the actual step length (ASL) and step frequency (ASF) using two-dimensional motion analysis.

The mean error-ratio difference between ESL and ASL was  $0.16 \pm 0.06$ , and that between ESF and ASF was  $0.18 \pm 0.14$ . The mean error-ratio difference between estimated stride (2 steps) length and actual stride length was  $0.10 \pm 0.04$ , whereas that between estimated stride frequency and actual stride frequency was  $0.12 \pm 0.11$ .

These results indicate that the estimated stride length and frequency in sprint running obtained using the laser velocity measuring device can be used for measuring stride length and frequency.

---

\* 広島大学大学院総合科学研究科

## I. 緒言

スプリント走におけるストライド長とピッチ測定には、ビデオカメラや光電管、近年ではレーザー速度測定器が使用されてきた。レーザー速度測定器は疾走する一人の選手の体幹部にレーザー光を真後ろから照射し、選手の位置を計測するものである。測定誤差は、70mで2cm以下である(Harrison et al., 2005)。また、Laveg社製専用ソフトにより測定後即座に距離-速度関係のグラフを表示させることができる。

スプリント走中の疾走速度、ストライド長及びピッチ測定における課題として、以下の3点がある。(1) 競技会での測定の制約、測定機器の有無(簡便性)。(2) 選手や指導者への即時フィードバック(即時性)。(3) 区間毎の評価(精密性)。

これまでスプリント走の疾走速度、ストライド長及びピッチ測定は、ビデオカメラや光電管を用いたり、ビデオカメラとレーザー速度測定器を併用することで測定可能であることが報告されている(阿江ら, 1994; 金高ら, 2004; Kintaka et al., 2013)。しかし、簡便性、即時性及び精密性を備えたレーザー速度測定器のみで測定可能であるかについての報告はなされていない。

そこで、本研究の目的をレーザー速度測定器だけを用了スプリント走の1歩毎および2歩毎のストライド長とピッチ測定の正確性を検討することとした。なお、正確性の検討には基準値として画像データを用いた。

## II 方法

### 1. ストライド長とピッチの定義

本研究で用いるストライド長は1歩の歩幅とし、ピッチは1歩に要した時間の逆数とした。

### 2. 被験者

被験者は陸上競技短距離選手男子大学生10名とした。被験者の100m走ベスト記録は11.62 ± 0.48秒であった。

本研究は、被験者に対して研究目的、研究方法、

研究の危険性、個人情報および研究データの取り扱いについて、書面にて説明し許可を得た上で実施した。また、広島大学総合科学研究科研究倫理委員会の承認を得た。

### 3. 試技

被験者は全天候型トラックの直走路で50m全力疾走を3試行行った。疲労を考慮して試技間に10分程度の休憩を挟んだ。1試技毎に距離-速度データを表示し、レーザー速度測定器の照射追従ミスがないかを確認した。

### 4. 実験設定

レーザー速度測定器(LDM300C-SPORT: JENOPTIK社製)は、スタートライン後方10mに設置し、サンプリング周波数を100Hzとした。疾走中の走者の背部にレーザー光が照射されるようにパンニング操作を行った。

デジタルハイスピードカメラ(EX-SC100: CASIO社製, EX-FC160S: CASIO社製)は、走路側方に8台設置した。撮影速度は毎秒240コマ、露出時間は天候に合わせて1/250-1/1000秒とした。1台は走者の接地および離地時を撮影するため足部が画角に映るようにパンニング撮影をした。7台のカメラは、ストライドを算出するために固定撮影した。DLT法による2次元座標系を構築するため、試技前にキャリブレーション撮影を行った。キャリブレーションはスタートライン後方1mからゴール方向に向かって51m地点までポールを6-8m間隔で配置し、固定カメラにて撮影した。固定カメラの画角は8-10mに設定した(図1)。

### 5. 算出方法

#### 【レーザー速度測定器】

ストライド長とピッチの算出方法は以下の手順で行った。

- (1) レーザー速度測定器から得られた距離-速度データを Butterworth digital filter(Winter

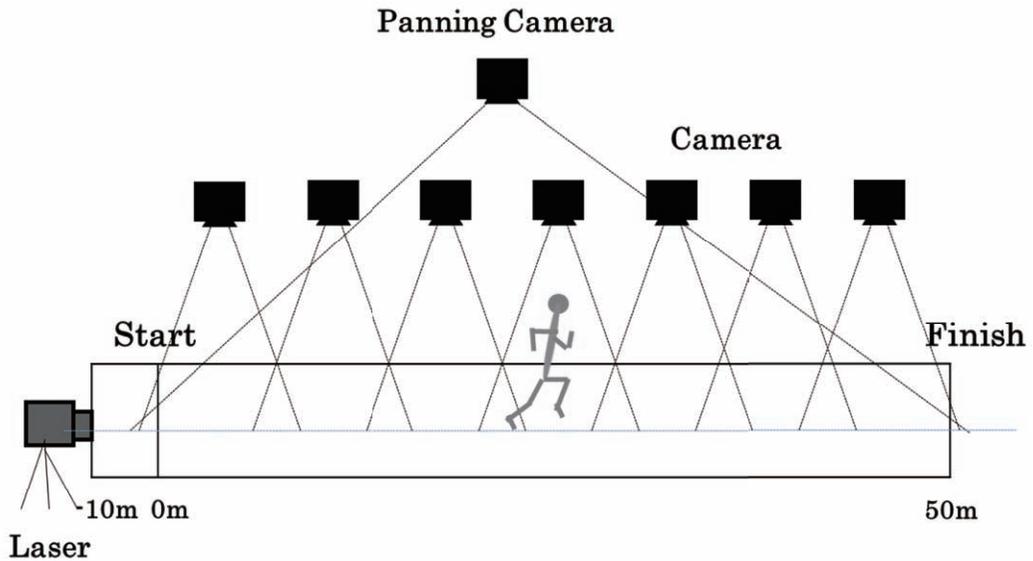


図1. 実験設定図

- 1990) を用いて、遮断周波数 1 Hz で平滑化する (図2)。\*
- (2) レーザー速度測定器から得られた距離-速度データを遮断周波 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5Hz で平滑化する (図3)\*\*。
- (3) (2) で得られたデータから (1) で得られたデータを減じた距離-速度曲線における 1 周期毎の極小および極大値を検出する (図4)。
- (4) 1 周期毎の極小および極大値における位置と時間から、1 歩毎のストライド長とピッチを算出する (図5)。
- \* データに含まれる高周波ノイズを除去するために遮断周波数を 1 Hz とした (金高 1999)。
- \*\* スプリント走のピッチを 3.5~5.5 歩/s と仮定し、遮断周波数を 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5Hz とした。

#### 【デジタルハイスピードカメラ】

ストライド長はビデオ動作解析システム (ToMoCo-VM: 東総システム社製) を用いて、2 次元 DLT 法によってつま先接地位置の座標を算出し、接地脚のつま先から対側脚のつま先接地までの距離とした。

ピッチは 1 歩に要した時間の逆数とした。

#### 6. 分析方法

画像から得られたストライド長とピッチを真値とし、レーザー速度測定器から得られたストライド長とピッチとの 1 歩毎および 2 歩毎の誤差率を算出することで正確性を検討した。誤差率は、レーザー値と真値の差の絶対値を真値で除した値とした。

分析方法を画像あり条件と画像なし条件の 2 方法とした。画像あり条件は、デジタルハイスピードカメラから得られた画像データを参照し、レーザー速度測定器から得られたストライド長とピッチの誤差率が最小となるように以下の (1), (2), (3) の処理を行い、誤差率を算出した。画像なし条件は、画像データを参照せず、外れ値の数が最小となるように以下の (1), (2), (3) の処理を行い、誤差率を算出した。なお、分析対象は全被験者のデータがある 27 歩までとした。

また、画像あり条件と画像なし条件の誤差率の差を検討するために、対応のある t 検定を用いた。有意水準は 5% 未満とした。

- (1) 遮断周波数の選択 (3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5Hz)

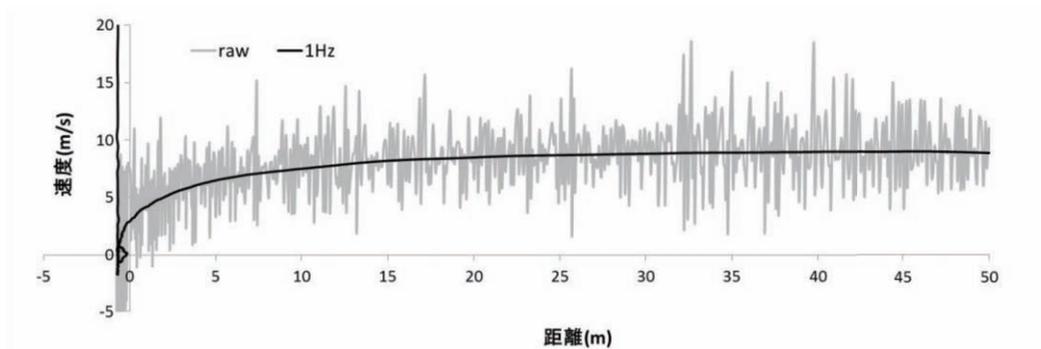


図2. raw データと1Hzで平滑化された距離-速度曲線

\* スタート時のレーザーの照射位置は走者の臀部であり、約-1m地点から測定されるので、0m地点では速度が約3m/sとなる。

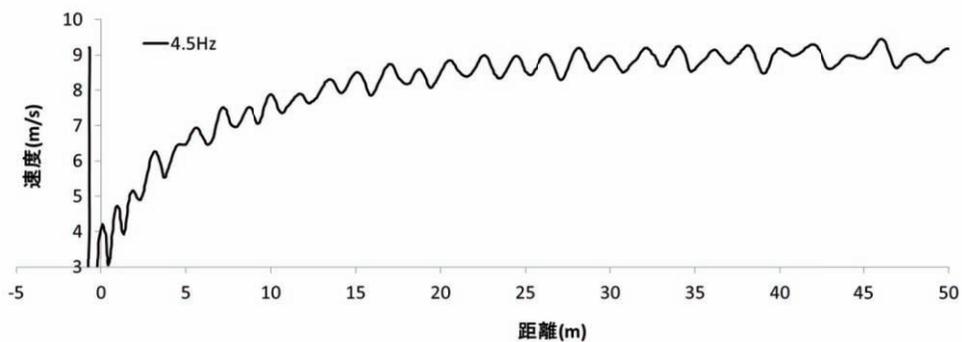


図3. 4.5Hzで平滑化された距離-速度曲線

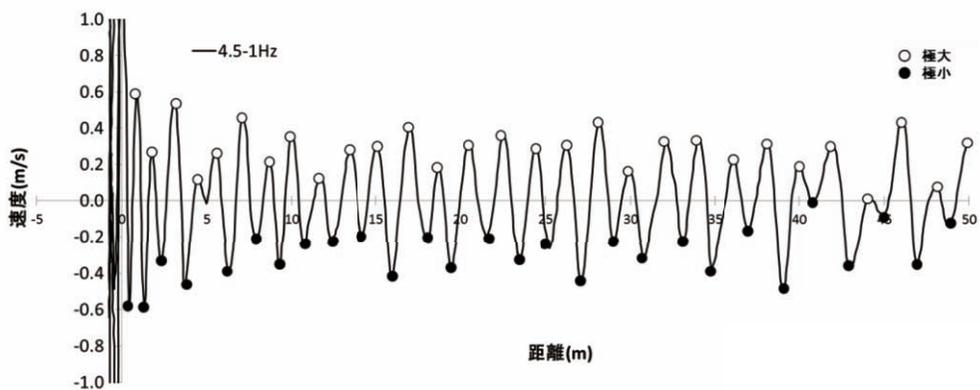


図4. 4.5Hzから1Hzを減じた距離-速度曲線

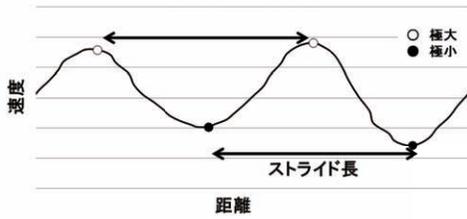


図5. 図4拡大図

- (2) 極大極小値の選択
- (3) 外れ値の除去\*

\* 外れ値は、ピッチ (歩/s) が3以下又は6以上の値とした。

### Ⅲ. 結果

#### 1. ストライド長とピッチの変化

画像データとレーザー速度測定器による画像あり条件および画像なし条件の1歩毎のストライド長とピッチの変化の代表例を図6に示した。

レーザー速度測定器によって得られたストライド長とピッチの変化は画像データと類似した傾向であった。

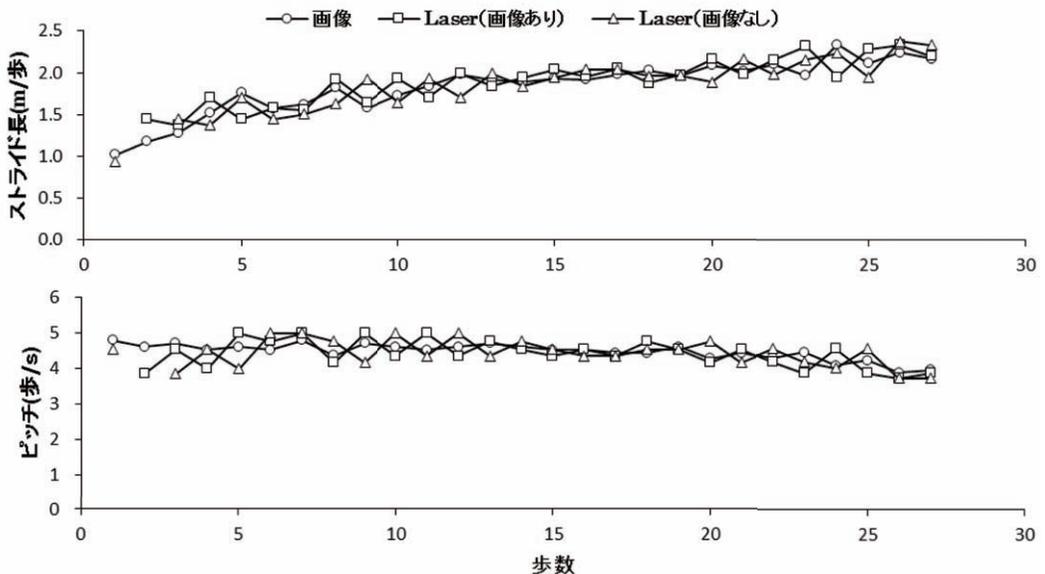


図6. 1歩毎のストライド長とピッチの連続変化例

\* Laser から算出したストライド長とピッチは外れ値を除いているのでデータが欠損している。

#### 2. 1歩毎のストライド長とピッチの誤差率

画像データとレーザー速度測定器による画像あり条件および画像なし条件の1歩毎のストライド長とピッチの誤差率を図7に示した。画像あり条件のストライド長とピッチの平均誤差率はそれぞれ  $0.11 \pm 0.03$  (n=19),  $0.10 \pm 0.03$  (n=19) であり、最大誤差率は、0.18, 0.14であった。画像なし条件のストライド長とピッチの平均誤差率はそれぞれ  $0.16 \pm 0.06$  (n=19),  $0.18 \pm 0.14$  (n=19) であり、最大誤差率は、0.31, 0.41であった。ストライド長とピッチともに画像あり条件は有意な低値を示した(表1)。

#### 3. 2歩毎のストライド長およびピッチの誤差率

画像データとレーザー速度測定器による画像あり条件および画像なし条件の2歩毎のストライド長とピッチの誤差率を図8に示した。画像あり条件のストライド長とピッチの平均誤差率はそれぞれ  $0.06 \pm 0.02$  (n=19),  $0.05 \pm 0.02$  (n=19) であり、最大誤差率は、0.12, 0.08であった。画像なし条件のストライド長とピッチの平均誤差率はそれぞれ

れ  $0.10 \pm 0.04$  (n=19),  $0.12 \pm 0.11$  (n=19) であり、最大誤差率は、0.20, 0.30であった。ストライド長とピッチともに画像あり条件は有意な低値を示した(表2)。

#### IV 考察

##### 1. レーザー速度測定器におけるストライド長とピッチの正確性

レーザー速度測定器から算出された画像あり条件のストライド長とピッチの平均誤差率は1歩毎が  $0.11 \pm 0.03$ ,  $0.10 \pm 0.03$  であり、2歩毎が  $0.06 \pm 0.02$ ,  $0.05 \pm 0.02$  であった。画像なし条件のストライド長とピッチの平均誤差率は1歩毎が  $0.16 \pm 0.06$ ,  $0.18 \pm 0.14$  であり、2歩毎が  $0.10 \pm 0.04$ ,  $0.12 \pm 0.11$  であった。画像あり条件は画像なし条件よりも正確性が高い。しかし、画像あり条件では、画像データを参照しながら分析を行っており、簡便性、即時性が必要とされる競技現場では画像なし条件の分析方法での高い正確性が必要とされる。また、本研究ではレーザー速度測定器によるストライド長とピッチの算出はプログラムを用いて自動で処理を行い、要した時間は1分で

あった。遮断周波数、極大極小値および外れ値の選択は手動で行ったため、どのくらいの時間で算出できるかは不明であるが、プログラムを用いて自動で処理を行うと、これまでの画像データからの算出法より短い時間で測定ができると考えられる。

##### 2. 誤差の原因

1歩毎および2歩毎の誤差率の変化は、スタート付近とフィニッシュ付近で高値を示している(図7, 8)。金高ら(2004)やKintaka et al. (2013)もスタート付近での誤差が大きい傾向があり、加速に伴う前傾姿勢の変化やレーザー照射位置のずれの問題を指摘している。また、加速局面、最大スピード局面、減速局面に分けて、平滑化処理を行わなかったため、特にピッチの急激な増加がみられるスタート付近(Mackala, 2007)において適切な平滑化処理がなされていないと考えられる。

Kintaka et al. (2013)は、時間-距離データをレーザー速度測定器で採取すると同時に足の接地時の映像をデジタルビデオカメラにて撮影し、接

表1. 1歩毎のストライド長とピッチの平均誤差率および最大誤差率

	ストライド長		ピッチ	
	平均±SD	最大	平均±SD	最大
画像あり(n=19)	$0.11 \pm 0.03$	0.18	$0.10 \pm 0.03$	0.14
画像なし(n=19)	$0.16 \pm 0.06$	0.31	$0.18 \pm 0.14$	0.41
Differences	p<0.01		p<0.05	

表2. 2歩毎のストライド長とピッチの平均誤差率および最大誤差率

	ストライド長		ピッチ	
	平均±SD	最大	平均±SD	最大
画像あり(n=19)	$0.06 \pm 0.02$	0.12	$0.05 \pm 0.02$	0.08
画像なし(n=19)	$0.10 \pm 0.04$	0.20	$0.12 \pm 0.11$	0.30
Differences	p<0.01		p<0.01	

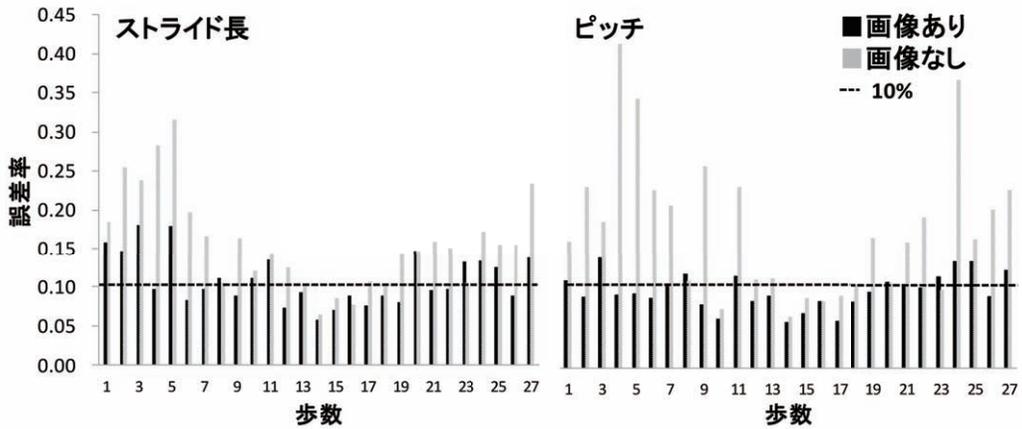


図7. 1歩毎のストライド長とピッチの誤差率

\* 誤差率は1歩毎の平均値を示す。

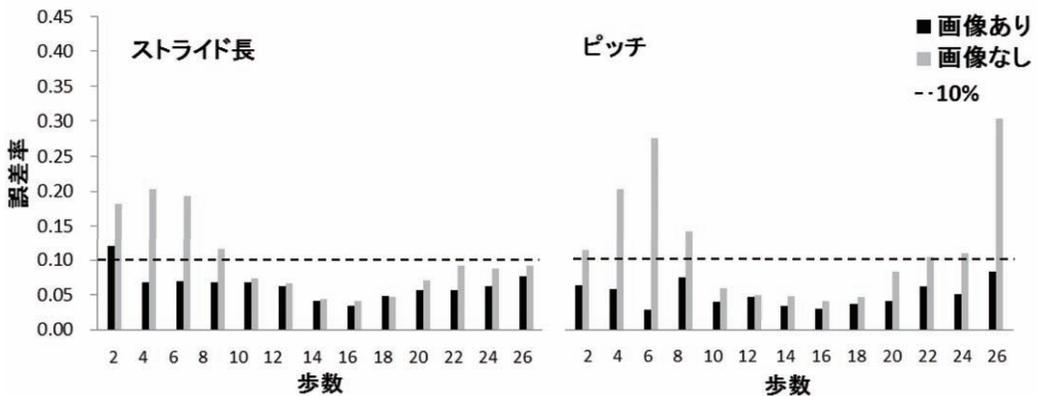


図8. 2歩毎のストライド長とピッチの誤差率

\* 誤差率は2歩毎の平均値を示す。

地時の距離データを読み取ることで体幹変位（ストライド長）を算出した。2次元動作解析により算出されたストライド長を真値とし、レーザーデータとの比較を行った。その結果、レーザーデータの1歩毎の誤差は0.05-0.20mであると報告した。これは、本研究より誤差が小さい。その理由として、本研究ではストライド長を距離-速度曲線における1周期毎の極大極小値から推定しているため、極小および極大値における走フォームのばらつきによる誤差が考えられる。また、スターティングブロックでのスタートのためスタート後

にレーザー照射位置が臀部から背中へとずれることによる誤差が考えられる。

### 3. 今後の課題

今後の課題として、スタート付近とフィニッシュ付近の遮断周波数を適宜選択することでさらに正確な推定が可能であると考えられる。また、距離-速度曲線の極小および極大値における走フォームのばらつきによるストライド長の誤差がどの程度か検討する必要がある。

## V. まとめ

レーザー速度測定器だけを用いたスプリント走の1歩毎および2歩毎のストライド長とピッチ測定 of 正確性を画像データと比較した結果, 以下の結果が得られた。

1. 画像あり条件の1歩毎のストライド長, ピッチの誤差率は  $0.11 \pm 0.03$ ,  $0.10 \pm 0.03$  であった。
2. 画像あり条件の2歩毎のストライド長, ピッチの誤差率は  $0.06 \pm 0.02$ ,  $0.05 \pm 0.02$  であった。
3. 画像なし条件の1歩毎のストライド長, ピッチの誤差率は  $0.16 \pm 0.06$ ,  $0.18 \pm 0.14$  であった。
4. 画像なし条件の2歩毎のストライド長, ピッチの誤差率は  $0.10 \pm 0.04$ ,  $0.12 \pm 0.11$  であった。

以上の結果から, レーザー速度測定器を用いたスプリント走のストライド長とピッチの測定に関して, 2歩毎では約10%の誤差で推定できることが明らかになった。

## 文献

- 阿江通良・鈴木美佐緒・宮西智久・岡田英孝・平野敬靖 (1994) 世界一流スプリンターの100mレースパターン分析—男子を中心に—. 世界一流陸上競技者の技術. 日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編. ベースボールマガジン社: 東京, pp.14-28.
- Harrison, A. J., Jensen, R. L., and Donoghue, O. (2005) A comparison of laser and video techniques for determining displacement and velocity during running. *Measurement in Physical Education and Exercise Science.*, 9(4): 219-231.
- 金高宏文 (1999) レーザー速度測定器を用いた疾

走速度測定におけるデータ処理の検討. 鹿屋体育大学研究紀要, 22: 99-108.

金高宏文・松田三笠・瓜田吉久 (2004) レーザー速度測定器とビデオカメラを利用したスプリント走中のストライド変化の推定. *スプリント研究*, 14: 65-75.

Kintaka, H., Urita, Y., and Ae, M. (2013) Development of software for analyzing step length courses in sprint dash with the use of the laser velocity measuring device and digital video camera. *The 31st Conference of the International Society of Biomechanics in Sports.*, P 03-16.

Mackala, K. (2007) Optimisation of performance through kinematic analysis of the different phases of the 100 metres. *New Studies in Athletics.*, 22(2): 7-16.

Winter, D. A. (1990) *Biomechanics and motor control of human movement* (2nd ed.). Wiley-Interscience: Canada, pp.33-45

〔実践研究〕

## 大学教養教育における自然観察を活用した オリエンテーリングによる野外教育の実践研究

橋原孝博\*

西博史\*\*

Practical Research on Outdoor Education by Orienteering using Natural  
Observation in University Liberal Arts Education

Yoshihiro HASHIHARA

(Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University)

Hirofumi NISHI

(Doctoral Program, Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University)

### Abstract

Since the importance of outdoor education was recognized, the walking orienteering, with observing nature or learning peace, was added to the Health and Sports classes from 1993. There are 10 courses in the Higashi-Hiroshima campus and one course in Hiroshima Peace Memorial Park today. There are many cenotaph for A-bomb victims along to the Motoyasu riverside, which are used for these courses. After I started to use the points of the quiz during orienteering for evaluations, most of the students use google to find answers.

---

\* 広島大学総合科学研究科

\*\* 広島大学大学院総合科学研究科

## 緒言

### 1. 野外教育の重要性

野外教育という用語は、1940年頃からアメリカで使われはじめた Outdoor Education が語源と言われている。日本では、1960年代頃から、アメリカの野外教育が本や雑誌で紹介された（江橋、1969）。1996年に文部科学省の「青少年の野外教育の充実について：青少年の野外教育の振興に関する調査研究協力者会議報告書」をきっかけとして、野外教育という用語が頻繁に使われるようになった。

野外教育は、キャンプ、スキー、カヌーといった野外活動、動植物や星の観察など自然を活用して行われる自然体験活動を通して行う教育活動のことである。心身の調和のとれた青少年を育成するためには家庭、学校、地域社会それぞれの場において、青少年が自主的、主体的な活動体験を豊富に積み重ねることが必要である。

かつては、自然との触れ合いや異年齢の交流など、日常的な遊びが、青少年の人間形成に重要な役割を果たしてきたが、今日の社会の進展や生活の変化に伴い、青少年にとってそのような遊びの機会や場が減少してきた。このため、意図的、計画的に、青少年に様々な体験の機会を提供する必要が生じてきている。

野外教育に期待される成果には、次のようなものが考えられる。自然の理解を深める：自然の中での体験的活動を通して、青少年は、動植物、水、土、気象などに関する知識やその関連性、さらにはその重要性を学ぶことができる。こうした自然に対する理解は、日常生活における環境保全や自然愛護への積極的な態度を培い、今日問題となっている地球規模の環境問題への認識を高めることとなる。さらには、生物としての人間や生命の尊さを学ぶことにもつながる。

自主性や協調性、社会性を育てる：野外教育では、一般的に小グループでの生活や活動が主体となる。こうした生活や活動では、自分のことは自分です、仲間とよく相談し協力する、弱い者を

助けるといった態度や行動が求められる。このような生活や活動の実践・反復は、青少年の自主性や協調性、社会性の育成に大いに役立つものである。

心身をリフレッシュし、健康・体力を維持増進する：今日のような複雑な人間関係や時間に追われるゆとりのない生活から、自然の中に足を踏み入れると、時間的にも空間的にも、落ち着きやすがすがしさを感じさせる。自然の中での生活や活動は、心身をリフレッシュさせ、健康・体力の維持増進にも役立つものである。このように野外教育は、自然現象や自然のしくみを総合的に学ぶ機会を提供するものであり、青少年の育成にとって極めて有効である（文部科学省、1996）。

### 2. オリエンテーリングの野外教育への活用

スウェーデン語の Orientering が語源となり、英国やアメリカで Orienteering と呼ばれるようになった。また略号の OL は、ドイツ語の Orientierungs Lauf（方向を定めて走る）を略したものである。オリエンテーリングは、地図とコンパスを用いて、山野に設置されたポイントをスタートから指定された順序で通過し、フィニッシュまでの所用時間を競うスポーツである。日本への伝来は、1963年12月に国民の「体力増強・健康づくり」が閣議で採決されたことによる。この主旨を受けて、国民健康づくり運動協会が「歩け歩け運動」を推進するなかで、ヨーロッパで普及のめざましいオリエンテーリングを取り入れることになった。そして1966年6月に「徒歩ラリー大会」の名称で、高尾山で開催された第1回大会が、わが国におけるオリエンテーリングの幕開けとなった（山本、1974）。

西村（1993）は、徒歩オリエンテーリングの各ポイントに、自然観察の問題を掲示して、この問題を回答しながら散策する「グリーンアドベンチャー」を提唱した。西村（1993）によると「指導者の解説によって自然観察をする方法に対して、観察の仕方に少し競技性を加味したやり方である。別にルールや定型があるわけではなく、よ

り自然に親しみやすい、より自然が分かりやすい方法で工夫されている。ときには、フィールドワークグリーンOLという呼び方で同じようなことをやっている場合もある。

目的は、自然に親しみ、自然を知り、自然と友だちになって、自然と共に生きていく心を育てることである。自然のしくみ、自然のはたらき、自然の植物の名前を知識として学習するだけでは役に立たない。自然は、見て、聞いて、嗅いで、触って、味わってみたいとわからない。草や木や花が、どうしてこんな姿をしているのか、どうしてこんな形をしているのか、どうしてこんな美しい花をつけるのか考えたり、調べたりして自然を体感することが必要である。

日常生活の中で、自然を破壊していて、気にもかけないでいる、気づこうともしないでいる人々が多くなってきている。自然のしくみ、自然のはたらきを学習し、体感することによって、何気ない日常の自然破壊に気づき、反省するきっかけにしてほしい。自然破壊は、企業がもたらす公害だけではない。一人一人が毎日小さな自然破壊を繰り返している。また企業の経営方針を決定するのも、つきつめれば一人一人の自然環境意識にかかっている。

### 【自然から何を学ぶか】

- ① 人間は自然をどんなことに利用してきたか  
建築材、日用品、染料、食用、薬用、香料、行事、鑑賞、庭園、街路樹、砂防、緑化
- ② 森の役割  
いつどんな花をつけるのか、どんな葉をつけるのか、どんな実をつけるのか、どんなところに生えるのか、森の生物たちとの関係、どんな特性を持っているのか、人間はどんな恩恵を受けているのか
- ③ 名前の由来  
人間とのつながりで名前がついたのか、植物分類学上研究者によってつけられたのか、名前の由来は何か、地方名は何か
- ④ 日本文学と植物  
文学と植物、芸術と植物、詩や歌と植物、地域

や家庭の行事と植物

### 【コースをセットするときの留意点】

- ① 目的を持つこと  
樹木を中心にするのか、草を中心にするのか、植物の特性を観察するのか、植物の用途を理解するのか、食・毒・薬の違いを理解するのか、植物の名前や由来を理解するのか
- ② 対象やレベルに合わせること  
小学生、中学生、高校生、社会人それぞれによって、目的・コース・観察点を変えなければならない。レベルによって観察視野が広がり、高度化しなければならない。
- ③ 季節によってコースをかえること  
植物は、季節によってその姿をかえる。季節によって最も特徴がはっきりする植物を選びたい。特に草を選ぶ場合、花の季節を選ぶ方がよい。また樹木を選ぶ場合も、花や実のなるタイミングを考えてコースをつくる方がよい。
- ④ 安全に対する配慮を忘れないこと  
地形上の安全、マムシ、ムカデ、ハチなどの小動物に対する注意、ハゼ、ウルシ、ツタウルシなどのかぶれ植物に対する注意、トリカブト、シキミ、ドクウツギ、アセビ、バイケイソウなどの有毒植物に対する注意
- ⑤ 自然に対する保護精神を忘れないこと  
自然観察のために標本をとることを極力さける。植物を掘ってもちかえることは絶対に許されない。自然観察を通して、自然の植物と友だちになること。自然の営みや価値を理解して、自然を大切にすることを養う。ゴミや、セットに使ったテープなどは必ず持ち帰る。」

### 3. 本研究の目的

1993年広島大学総合科学部の東広島キャンパスへの統合移転を契機に、自然観察を中心とした徒歩オリエンテーリングを、教養教育科目スポーツ実習に取り入れて実施した。1コマ90分間という授業時間の制限はあるが、自然に恵まれた東広島キャンパスの広大な敷地を利用したオリエンテーリングを実習することにより、自然観察を通



広島大学スポーツ実習キャンパスOL回答用紙

No	質問	回答
1	樹皮が暗緑色でマクワウリの皮に似ていることから名付けられました。このカエデの名前は何かでしょう。	
2	この赤煉瓦の門柱は広島市の旧キャンパスから移転したものです。それでは旧キャンパスの地番は何番何号だったのでしょうか。	
3	秋には美しく紅葉して工学部を彩る街路樹になるアメリカフウのフウを漢字で書いて下さい。 ヒント：カエデの仲間	
4	昭和55年に書かれた「広島大学新キャンパス総合計画図」を見て下さい。計画変更で建設されていない学部があります。何学部でしょうか。 ヒント：総合科学部の近くにあります	
5	工学部三大名物と言えは赤煉瓦の門柱とてっかい船のいかりと、もう一つは何でしょうか。	
6	縄文時代から利用されてきた日本在来の食用ナッツ。材が腐りにくいことから鉄道の枕木としても使われた。この木の名前は何かでしょう。	
7	アカマツの利用法に片木がある。プラスチックのトレイができる前までは弁当など食材を包む入れ物として一般的に使われていた。「片木」の読みを書いて下さい。	
今日の授業に一言：		

図1. 2015年前期の工学部周辺OLコース

して植物の名前、名前の由来、用途、史跡の経緯などの知識を学習すること、そして年齢・体力に応じた運動を生涯にわたり行うことができる素地を養い、マナーや協調性などの社会的ルールを身につけることを授業の目標とした。

そこで本研究の目的は、これまで実践してきたキャンパス内オリエンテーリングを一般に公表し、さらにより良い授業が行えるよう検討することである。

## 研究方法

### 1. キャンパス内オリエンテーリングの概要

① キャンパス内オリエンテーリングのやり方  
自然観察を中心とした徒歩オリエンテーリングである。コース内に設置されたポイントを回って授業時間内に戻ればよいとし、タイムトライアルは行わない。

② 自然観察で出題した植物およびモニュメントの問題

OLポイントごとに植物の名前、名前の由来、用途、モニュメントの経緯などについて問題を作成した。参加学生に1人ずつ回答用紙を配布し、採点后、次回授業で問題の正解を解説して、学生に返却した。2013年度前期からの約3年間でOL問題に出題した植物は、次の92品種である。【ア行】アオハダ、アカマツ、アジサイ、アセビ、アメリカフウ、イタドリ、イタヤカエデ、イチヨウ、イヌザンショウ、イヌマキ、イロハカエデ、ウバメガシ、ウメ、ウリハダカエデ、エゴノキ、エンジュ、オバナ 【カ行】カイヅカイブキ、カキノキ、カクレミノ、カヤ、カリン、キョウチクトウ、キンモクセイ、キリ、クスノキ、クス、クチナシ、クスギ、クマザサ、クリ、クロガネモチ、クロモジ、クローバー、ゲッケイジュ、ケヤキ、コナラ 【サ行】サカキ、サザンカ、サルトリイバラ、サルスベリ、サンゴジュ、サンショウ、ザクロ、シロツメクサ、スギ、ススキ、スマレ、セイタカアワダチソウ、センダン、ソメイヨシノ、ソヨゴ 【タ行】タイサンボク、タチバナモドキ、タブノキ、タラ

ノキ、タンポポ、ツゲ、ツツジ、ツバキ、トチノキ、ドクダミ 【ナ行】ナツツバキ、ナンキンハゼ、ナンテン、ネムノキ、ネズミモチ 【ハ行】ハギ、ハクウンボク、ハチク、ハナミズキ、ハンテンボク、ヒイラギモクセイ、ヒイラギナンテン、ヒヨクノキ、ビワ、フェニックス、フジバカマ、プラタナス、ベニバナボロギク 【マ行】マテバシイ、ミツマタ、メタセコイア、モチノキ 【ヤ行】ユーカリ、ユキヤナギ、ユズリハ、ユリノキ、ヤマグワ 【ラ行】リンゴ、リョウブ

③ オリエンテーリングコースの設定

徒歩でも授業時間内に戻れる距離を考慮して、OLコースを設定した。前期あるいは後期の授業期間に、キャンパス内のOLコースを重複使用しないよう、複数のコースを設定した。2013年度からの約3年間で使用したOLコースは次の通りである。1) 総合科学部・南グランド周辺コース、2) 生物生産学部・野球場周辺コース、3) ががら職員宿舎・附属農場周辺コース、4) 山中池・学生宿舎周辺コース、5) 理学部周辺コース、6) 工学部周辺コース、7) 法経・文学部周辺コース、8) 教育学部周辺コース、9) キャンパス内回りコース、10) キャンパス外回りコース、11) 広島平和公園および元安川河畔の原爆慰霊碑巡りによる平和学習OLコース。なお平和学習OLコースは、野外(広島大学の敷地外)における教育活動であるから、事前に野外教育活動実施計画書を大学へ届け出た。

### 2. OL 授業の欠席人数と成績評価の検討

これまでのキャンパス内オリエンテーリングでは、自然観察の問題を採点していても、出席率を重視して成績評価することが多かった。しかし文部科学省の出席率を成績の評価対象に含めない旨の指導があり、オリエンテーリングの授業でも2014年度から成績評価を見直すことにした。そして授業内容の理解度が高まることを期待して、自然観察の問題の採点を取り入れて評価することにした。

そこで、出席率を重視して成績をつけていた2013年度前期水曜日1・2時限および3・4時限、2013年度後期水曜日3・4時限、成績評価の見直しを開始した直後の2014年度前期水曜日1・2時限および3・4時限、2014年度後期水曜日3・4時限、そして成績評価の見直しから1年後の2015年度前期水曜日1・2時限および3・4時限の授業を対象に、欠席人数の年次変化、成績評価の年次変化を算出し、今後のオリエンテーリングの授業方法について検討した。

## 結果と考察

### 1. キャンパス内オリエンテーリング

キャンパス内オリエンテーリングの10コースには、それぞれ季節に合った自然観察ができるように、前期の春・夏バージョンと後期の秋・冬バージョンの2通りを用意した。図1は、工学部周辺コースについて、2015年前期授業で使用した回答用紙とマスターマップを示したものである。事前にコースの下見をし、無事に授業できるか、確認した。もし自然観察の問題で使用する植物が伐採され、あるいはモニュメントが撤去されていたら、その箇所を訂正して、資料の準備をした。B4用紙に印刷したOL資料を学生1人に1枚ずつ配布した。

マスターマップについてみると、⑤西体育館前を出発し、7つのポイントを巡って帰ってくる設定になっている。ポイントの設定は、磁石もコンパスも使用しないから、必ずしも正確な位置ではない。マスターマップの①から⑦で示す付近に、図2で示すオレンジ色の布袋(OLポスト)を吊した。従って、学生が地図を確認しながら、OLポストが探せるように、無理のない位置へ吊さなければならない。OLポストを発見したら、そこへ行った証として、OLポストに装着しているスタンプを回答用紙に押印させた。

各ポイントの植物あるいはモニュメントを観察し、問題の答えを回答欄に記述させる。No 1, 3, 6は植物の名前について、

No 7は植物の用途に関する問題である。またNo 2, 4, 5はモニュメントに関する問題である。注意深く自然観察すると、例えば、No 4の問題では、昭和55年に書かれた広島大学新キャンパス総合計画図を見ると、図3のように、総合科学部の近くに計画変更で建設されていない学部が発見できる。しかし通常は、問題の答えが掲示されていない場合が多い。最近の学生は、検索機能が



図2. OLポストとスタンプ



図3. 広島大学新キャンパス総合計画における体育学部の配置図

付いた多機能携帯電話等を所持しているから、例えばNo 1の問題では、カエデ、マクワウリの語句で検索すると、答えのウリハダカエデが発見できるようである。

全てのポイントを巡って、⑤西体育館へ帰ってきたら、今日の授業に一言の欄に感想を書かせ、OL資料を回収した。回収したOL資料は、次回授業までに採点し、正解を説明した後、学生に返却した。

OLポストの設置と撤去は、授業中に、学生と一緒に歩きながら行うのが良い。授業が1コマの時は、学生の先頭を歩きながら、ポストを設置した。授業が2コマ続きの時は、2コマ目の授業で、学生の最後尾を歩きながら、ポストを外して回収した。OLポストを事前に設置して、学生を自由に実習させると、歩かないで自転車やバイクを使う、またジャンケンで負けた者が代表してポイントを巡るなど、授業を真面目に実施しない者が出てくるからである。監視も兼ねてOLポストの設置と撤去を行えば、狡いことをするなと口うるさく言わなくても済む。

雨天時には、キャンパス内オリエンテーリングは実施できない。その場合には、椋鳩十(1988)、林竹二(1984)、斉藤善博(1981)、沖原豊(1990)などの教養になる本を教材にして、読書の授業をしている。

## 2. 広島平和公園および元安川河畔の原爆慰霊碑巡りオリエンテーリング

総合科学部が移転した1993年と翌年の1994年は、移転が遅れて、広島市に残っている他学部のスポーツ実習のために、西条と東千田の両キャンパスを掛け持ちで授業した。そして東千田の旧キャンパスでも、東千田キャンパス内OL、京橋川OL、中区スポーツセンターOL、平和大通りOL、元安川河畔OLなどの徒歩オリエンテーリングを実施した。なお、元安川河畔OLは、通常自然観察によるOLではなく、原爆の慰霊碑巡りによる平和学習OLである。原爆の地、広島に相応しい体験学習ができるので、移転後20年が

経った現在でも、止めてしまうのが惜しく、継続して実施しているOLコースである。

図4と5は、東広島キャンパスから公共交通機関を利用して現地まで行き、元安川河畔の慰霊碑巡りOLが実施できるように作成したOL回答用紙とマスターマップを示したものである。B4用紙に両面印刷したOL資料を学生1人に1枚ずつ配布した。前期あるいは後期の授業期間中、学生が都合のつく日時に現地へ行って実習してくる活動計画なので、教員の引率はない。現地へ行った証として、ポイント⑩元安橋を渡ったところのレストハウスにある記念スタンプ、または平和記念資料館にある記念スタンプをOL資料に押印させた。元安川河畔OLを実施した日時は、学生によって違うので、OL資料の提出は、学生が持参次第に回収した。中には、OL資料の提出が学期末になる学生もいるので、OL資料の返却は、学生全員にはできなかった。

## 3. OL授業の欠席人数の年次変化

表1は、オリエンテーリングの授業における欠席人数を、欠席日数の少ない順に、まとめて示したものである。授業を実施した曜日は、2013年、2014年、2015年のいずれの年度も同様に水曜日である。水曜日1・2時限で実施した授業は、2013前期①、2014前期①、2015前期①である。それ以外の2013前期②、2013後期、2014前期②、2014後期、2015前期②は、水曜日3・4時限で実施した授業である。

1・2時限の授業では、欠席人数が多かった。特に、2013年前期①と2014年前期①では、欠席日数0日(全出席)の人数の割合が、それぞれ42%、40%であり、3・4時限の全出席した人数の割合に比べて少なかった。また、欠席日数が非常に多い学生、例えば、欠席日数が授業回数の上半以上になるような学生は、再履修の学生に多い傾向があった。なお、欠席人数の年次変化は、2013年から2015年では、特に顕著な傾向はみられなかった。

広島大学スポーツ実習元安川OL回答用紙

学部 学生番号 \_\_\_\_\_ 氏名 \_\_\_\_\_

※No	問	期	回	答
1	☆JR広島駅から1番線の踏面電車に乗り広大前まで行って下さい。宇品行きですが比治山経由は駄目ですよ！ 日赤病院の入口に原爆の資料が展示されています。説明文によれば、病院の地下に保管されています。ある変化をおこしたことから、8月6日に投下された爆弾が原子爆弾であったと判明したそうです。地下に何が保管され、それがどんな変化をしたのでしょうか。			
2	☆元安川河原まで歩いて行って下さい。車に気をつけて！☆☆☆ 昭和19年4月広島高等師範（現広島大学）へ71名、シブ、ジツ、アト、ミナ、ミナ、ミナから20数名の留學生が入学しました。当時元安川河原にあった寮が宿舍に当てられました。広島大学の施設では一番爆心地に近く、2名の学生が亡くなりました。その他広島大学関係者が昭和20年末までに670余名亡くなりました。さてこの寮の名前は何でしょう。原爆の犠牲になられた皆さんのご冥福を祈り、合掌してから答えを書きましょう。			
3	保存されている旧橋の親柱（向かって右側にある）と被爆写真（左の川土手にある）の説明文を踏み次の間に答えて下さい。 1.この橋は爆心地から何mの位置で被爆したでしょうか。 2.当時県庁が加古町に所在していたことから県庁橋とも呼ばれたこの橋の名前は何でしょうか。平仮名で答えて下さい。 3.この橋にまつわる被爆状況を説明して下さい			m 橋  被爆状況

※No	問	期	回	答
4	☆ヒライギの生け垣の中にある慰霊碑に行ってください。 この慰霊碑は誰の霊を慰めるために、いつ建立されたのでしょうか。合掌して冥福を祈ってください。			誰の霊 昭和 年
5	慈母観音像にまつられている霊は、いくつの学校のいくつの子どもの霊でしょうか。合掌して冥福を祈ってください。			校 人
6	この毛髪碑は誰が建立したのでしょうか。冥福を祈ってください。			建立者
7	この慰霊碑はどの職員のいくつ人の霊をまつたものでしょうか。右側の真側に刻まれている名前を覚えてみて下さい。合掌して冥福を祈ってください。			会 人
8	ここは広島瓦斯会社です。会社名の「広島瓦斯」は何と読むのでしょうか。またこの建物は爆心地からどれくらいの距離で被爆したのでしょうか。広島瓦斯会社の被爆写真を見て答えて下さい。			読み方 爆心地から 約 m
9	ヒロシマの碑に書いてある碑文を讀んでから合掌して下さい。回答欄に碑文を全部書きましょう。 天が			
10	元安橋は爆心地から約130mの近距離で被爆しました。爆心直下の被爆の特徴を示す元安橋の状況を被爆写真を見て答えて下さい。			被爆状況

図4. 元安川OL回答用紙



表1. OL 授業の欠席人数の年次変化

	欠席日数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	合計
2013前期①	(人数)	21	12	9	3		1	1		1	1	1				50
	(%)	42	24	18	6		2	2		2	2	2				100
2013前期②	(人数)	32	7	1							1					41
	(%)	78	18	2							2					100
2013後期	(人数)	32	3	10	1	1					1			2		50
	(%)	64	6	20	2	2					2			4		100
2014前期①	(人数)	21	14	8	5	1				1			1		2	53
	(%)	40	26	15	9	2				2			2		4	100
2014前期②	(人数)	29	9	6			2		1				1			48
	(%)	60	19	13			4		2				2			100
2014後期	(人数)	34	9	5								1	1			50
	(%)	68	18	10								2	2			100
2015前期①	(人数)	28	4	4	3	2								1		42
	(%)	66	10	10	7	5								2		100
2015前期②	(人数)	22	7		2	1					1	1				34
	(%)	65	20		6	3					3	3				100

#### 4. OL 成績評価の年次変化

表2は、オリエンテーリングの授業における成績評価を示したものである。評価基準のS(秀)90~100点, A(優)80~89点, B(良)70~79点, C(可)60~69点, D(不可)59点以下, Z(欠席)に従って成績をつけた。成績評価の配点は、2013年度は、出席点が80%、平和学習のレポート提出が20%とした。また、2014-2015年度は、自然観察の問題の採点が80%、平和学習のレポート提出が20%とした。なお、授業に欠席した場合は、当日の自然観察の問題の点数を0点として採点した。

自然観察の問題の採点を評価に取り入れた直後の成績が悪かった。2014年前期①と2014前期②においてSと評価された割合は、それぞれ21%と23%と少なく、AやBと評価された割合は、32%と30%、38%と23%と多かった。

2014年後期には、第1週目のガイダンスで、自然観察の問題の採点を評価に加える旨の説明をした。そして、2015年度のシラバスには、自然観察の問題の採点は、配点が80%と記述した。ほ

とんどの学生が、多機能携帯電話等の検索機能を活用して、自然観察の問題を調べるようになった。多機能携帯電話等を活用して問題を検索、回答することで自然環境に対して関心を深めた成果と考えられる。

#### まとめ

野外教育の重要性を認識し、自然観察を中心とした徒歩オリエンテーリングを、教養教育科目スポーツ実習に取り入れて実施した。本研究の目的は、広島大学統合移転を契機に、これまで実践してきたキャンパス内オリエンテーリングを一般に公表し、さらにより良い授業が行えるよう検討することであった。

徒歩でも授業時間内に戻れる距離を考慮して、キャンパス内OLを10コース設定した。各コースは、季節に合った自然観察ができるように、前期の春・夏バージョンと後期の秋・冬バージョンの2通りを用意した。タイムトライアルは行わず、OLポイントごとに植物の名前、名前の由来、用途、モニュメントの経緯などについて自然観察の

表2. OL 成績評価の年次変化

成績	S	A	B	C	D	Z	合計
2013前期① (人数)	22	11	11		3	3	50
(%)	44	22	22		6	6	100
2013前期② (人数)	32	7		1		1	41
(%)	78	18		2		2	100
2013後期 (人数)	35	11	1		1	2	50
(%)	70	22	2		2	4	100
2014前期① (人数)	11	17	16	5	2	2	53
(%)	21	32	30	9	4	4	100
2014前期② (人数)	11	18	11	5	3		48
(%)	23	38	23	10	6		100
2014後期 (人数)	33	9	6			2	50
(%)	66	18	12			4	100
2015前期① (人数)	25	10	3	2	1	1	42
(%)	60	24	7	5	2	2	100
2015前期② (人数)	14	14	2	1	1	2	34
(%)	41	41	6	3	3	6	100

問題を作成し、回答させた。

また、原爆の地、広島に相応しい体験学習として、学生が都合がつく日時に、東広島キャンパスから公共交通機関を利用して、広島平和公園および元安川河畔まで行き、原爆慰霊碑巡りの平和学習オリエンテーリングを実施させた。

成績評価に自然観察の問題の採点を加えたことで、ほとんどの学生が、多機能携帯電話等の検索機能を利用して問題を調べるようになった。

雨天時にはオリエンテーリングができないから、読書の授業をしている。しかし授業期間中の天気が全て晴れたとき、現有のOLコースだけでは足りないで、その対策を検討する必要がある。

また、この授業の目標に照らし合わせた成果の検証も今後の課題として研究を進めるべきである。

## 文献

江橋慎四郎 (1969) 野外教育. 体育の科学社: 東

京, pp.1-60.

橋原孝博 (1993) 西条キャンパスにおける体育実技の現状と健康との関わりについて. 広島大学総合科学部健康相談室報告書, 20, 7-11.

橋原孝博 (1995) Photo Essay 西条キャンパスの自然 (植物). 広大フォーラム, 317, 39.

林竹二 (1984) 人間について. 教育の再生を求めて. 筑摩書房: 東京, pp.80-108.

林竹二 (1984) もの識りであるということと賢いということ. 教育の再生を求めて. 筑摩書房: 東京, pp.157-182.

文部科学省 (1996) 青少年の野外教育の充実について: 青少年の野外教育の振興に関する調査協力者会議報告. インターネット検索, 2015.8.5, URL: [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/sports/003/toushin/960701.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/sports/003/toushin/960701.htm)

椋鳩十 (1988) 感動は心の扉をひらく. あすなろ書房: 東京, pp.3-85.

西村清巳 (1993) 野外生活と環境教育. 平成5年

- 度リカレント学習コース, 広島地域リカレント  
教育推進協議会, pp.6-7.
- 沖原豊 (1990) 心の掃除, 心の教育. 学陽書房:  
東京, pp.1-30.
- 沖原豊 (1990) 善悪のけじめ・自由と規律, 心の  
教育. 学陽書房:東京, pp.31-77.
- 齊藤善博 (1981) 実践とは何か, 教師の実践とは  
何か. 国土社:東京, pp.117-137.
- 山本勇 (1974) オリエンテーリングの歴史, オリ  
エンテーリング. 日東書院:東京, pp.42-56.

〔実践研究〕

## グライド投法による砲丸投の投距離に及ぼす筋力の影響

森 木 吾 郎\*  
古 市 裕 磨\*  
福 田 倫 大\*  
足 立 達 也\*  
上 田 毅\*

The effect of muscle strength on the distance put in the shot put  
by glide throwing

Goro MORIKI

(Hiroshima University Graduate School of Education, 1-1-1 Kagamiyama, Higashihiroshima)

Yuma FURUICHI

(Hiroshima University Graduate School of Education, 1-1-1 Kagamiyama, Higashihiroshima)

Tomohiro FUKUDA

(Hiroshima University Graduate School of Education, 1-1-1 Kagamiyama, Higashihiroshima)

Tatsuya ADACHI

(Hiroshima University Graduate School of Education, 1-1-1 Kagamiyama, Higashihiroshima)

Takeshi UEDA

(Hiroshima University Graduate School of Education, 1-1-1 Kagamiyama, Higashihiroshima)

### Abstract

The purpose of this study was to clarify the relationships of the distance in shot put by glide throwing and muscle strength. The subjects were 9 male collegiate athletes as a skilled group, 8 male and 11 female who were students in physical education majors as an unskilled group. The distance in shot put, their weight of 1RM, power of 8RM in relation to the bench press, squat and dead lift were measured. As the results, all of measurements showed significant correlations with respect to the distance of shot put in all subjects. Furthermore, the multiple regression analysis was performed. It was shown that the distance of put shot depended upon the power of 8RM for squat in all subjects, the body weight in skilled group, and weight of 1RM for bench press and height in unskilled male group, power of 1RM for dead lift and weight in unskilled female group. In relation to the distance of the shot put, muscle power of lower muscles such as quadriceps femurs and gluteus maximus was a critical factor regardless of skill level. When the subjects were further divided into skilled and unskilled subjects, it was suggested that the increases of the muscle mass in skilled groups and the maximum muscle strength in unskilled groups led to increase the distance of the shot put in the glide throwing.

---

\* 広島大学大学院教育学研究科

## I. 諸言

砲丸投は、体力と技能の両方を要する競技である。これらの片方だけを向上させるだけでは競技力の向上にはつながらない。このため、体力と技能の両方をバランスよく向上させる必要がある。室伏（1999）は、投擲種目における競技力（投距離）向上の仕組みとして、高められたエネルギー（体力）を最適な方向に効率よく出力（技術）させる事であり、パフォーマンスには、体力では、筋力（筋肉）、反応（神経）、持久（循環器・呼吸器）、可動（骨・靭帯）が関与し、技術では、投射スピード、投射角度、投射高が関与するとした。この他、競技力向上に寄与する要素として、技術面で上体のしゃがみ込みや押し出しでの右脚の突っぱり・上体の起こし、突き出しでの左肩の回し込みによる上体のひねり（植屋、1988）などの補助動作やフォロースルー、リバース（松尾、1976）などの投擲後の動作なども挙げられる。

砲丸投の投距離と筋力との関係について、Lawrence et al. (2013) は、ベンチプレスやスクワットのような筋力を向上させるウェイトトレーニングに加え、パワークリーンのような爆発的なパワーを要するウェイトトレーニングを行い、筋力の最大値（1RM 値）を高めることが砲丸投トップ選手の投距離を向上させるとしている。高梨（2010）は、陸上競技投擲種目を専門とする女性競技者を対象に、立ち幅跳び、立三段跳び、30m ダッシュ、砲丸後方投げの4種目のコントロールテストを実施した。その結果、競技力の高い選手が、これら4種目においていずれも優れていたことを報告している。つまり、投擲選手における筋

力の向上は、少なくとも投距離を向上させる可能性があると考えられる。大谷・久保田（1980）は、運動部に所属する男子大学生および高校生を対象に、砲丸投の投距離と筋力、周経囲の関係について検討した。その結果、砲丸投の投距離と関係性が高かった項目として側方水平前振力、前腕囲、大腿囲、下腿囲、背筋力を挙げている。また、体重が重いほど砲丸投の投距離は大きかったことを報告している。

このように、上肢、下肢および体幹の筋群の筋量や筋力が砲丸投の投距離と密接に関連していると推察されるが、これらの報告はいずれも筋量や発揮される筋力の最大値と砲丸投の投距離との関係を検討しており、単位時間当たりに発揮される筋パワーとの関係については検討していない。また砲丸投の投距離と筋力および筋パワーの関係について、熟練者もしくは未熟練者のどちらかを対象にしているものが多く、この両者を対象にした投距離と筋力及び筋パワーの関係について検討した報告は見当たらない。

以上のことから、本研究では、熟練者と男女の未熟練者を対象に、グライド投法による砲丸投の投距離と各種筋力・筋パワーの関連について検討することを目的とした。

## II. 研究方法

### 1. 被検者

被検者は、砲丸投を専門種目とする大学生男子9名（以下、熟練者）、授業以外で砲丸投の経験のない体育専攻学生男子8名および体育専攻学生女子11名を未熟練者とした。

表1に被検者の性別、年齢、身長、体重、BMI

表1. 被検者の身体的特性と投距離

	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	BMI	投距離
熟練者 (n=9)	20.2±1.4	180.3±6.1	91.3±13.2	28.1±3.7	12.6±2.4
男子未熟練者 (n=8)	20.8±0.5	171.3±5.3	63.3±9.4	21.5±2.4	5.9±1.0
女子未熟練者 (n=11)	20.6±0.5	161.0±6.2	55.4±6.1	21.3±1.4	4.0±0.9

(mean±SD)

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$

指数, 投距離を示した。

## 2. 実験手順

### 1) 砲丸投の投距離の測定

砲丸投の投距離測定は, 男子では7.26kg, 女子では4kgの砲丸を使用した。被検者はウォーミングアップの後, 5分ほどグライド投法による練習を行い測定として一投した。本研究における投法は全被検者で「投射方向へ背を向けてスタートし, 投てき方向への移動による加速動作(グライド)(松尾, 1976)」を行う, 後ろ向きグライド投法いわゆるオプライエン投法に統一した。

### 2) 1RM(Repetition Maximum: RM)値の測定

1RM値の測定は砲丸投の投距離の測定及び8RMのパワー値の測定とは別日に行った。ウォーミングアップを行った後, ある重量に対して一回挙上することが出来れば次の重量に臨む(池田・高松, 2005), いわゆる漸増負荷法によりベンチプレス, スクワット, デッドリフトの1RM値を測定した。

### 3) 8RMのパワー値の測定

8RMのパワー値の測定は投距離の測定及び1RM値の測定とは別日に行った。ウォーミングアップを行った後, ベンチプレス, スクワット, デッドリフトそれぞれの8RMの負荷でパワー値の測定を行った。

## 3. 測定項目

### 1) ウェイトトレーニングの1RM値の測定

ウェイトトレーニングの1RM値の測定はベンチプレス, スクワット, デッドリフトの3種目を選定した。ベンチプレス, スクワット, デッドリフトはBIG3と言われ(石井, 1999), ウェイトトレーニングの中でも一般的な種目である。BIG3は, 比較的大きな筋肉のトレーニングであるため筋量を全体的に増加させることができ, 筋量が増加することにより体重も増加する。また, 全身的なトレーニングであるためバランスよく筋力を増加する事が出来る。そのため, 砲丸投の投距離に密接に関わる種目であると考えた。

### 2) 8RMのパワー値の測定

ベンチプレス, スクワット, デッドリフトの1RM値を元にWathen(1994)より改変した有賀(2002)の換算表を用いて8RM値を換算し(8RM = 80% 1RM), ベンチプレス, スクワット, デッドリフトの3種目で, 8RMの負荷でのパワー値(瞬時パワーの最大値)を測定した。測定は, フィットロダイン・プレミアム(エスアンドシー株式会社)を使用した。なお, 本研究においては他のスポーツと比較して負荷の大きい重量物を用いたパワー発揮が必要となる砲丸投の競技特性から, 一般に筋パワーのトレーニングに用いられる60% 1RM程度の重量よりも大きな負荷となる8RMを用いて, 全被検者で統一し, 測定を行った。

## 4. 統計処理

測定値は全て平均値±標準偏差で示した。熟練者, 男子未熟練者, 女子未熟練者における砲丸投の投距離, 1RM値, 8RMのパワー値の差を検討するため, 1要因分散分析を用いた。検定の主効果が有意であった場合, Tukey法を用いて多重比較を行った。投距離と各測定項目間の関係を検討するため, ピアソンの積率相関係数を求めた。また, 投距離に影響する測定項目を明らかにするため, 重回帰分析を用いた。全ての検定において $p < 0.05$ をもって有意とした。本研究は広島大学教育学研究科倫理委員会の承認を得た。

## Ⅲ. 結果

### 1. 各群における測定項目の平均値

表1に, 各群における被検者の身体的特性と投距離を示した。身長について, 分散分析の結果, 群の主効果は有意であり( $F(2, 25) = 26.4, p < 0.01$ ), 多重比較の結果, 熟練者が男子未熟練者及び女子未熟練者より有意に高値を示し( $p < 0.05$ ), 男子未熟練者が女子未熟練者より有意に高値を示した( $p < 0.01$ )。体重について, 分散分析の結果, 群の主効果は有意であり( $F(2, 25) = 35.6, p < 0.01$ ), 多重比較の結果, 熟練者が男

子未熟練者及び女子未熟練者より有意に高値を示した ( $p < 0.01$ )。投距離について、分散分析の結果、群の主効果は有意であり ( $F(2, 25) = 79.1, p < 0.01$ )、多重比較の結果、熟練者が男子未熟練者及び女子未熟練者より有意に高値を示し ( $p < 0.01$ )、男子未熟練者が女子未熟練者より有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。

図1に各群における1RM値(ベンチプレス、スクワット、デッドリフト)の平均値を示した。1RM値は、分散分析の結果、ベンチプレス ( $F(2,$

$25) = 26.3, p < 0.01$ )、スクワット ( $F(2, 25) = 65.4, p < 0.01$ )、デッドリフト ( $F(2, 25) = 31.3, p < 0.01$ ) のいずれも群の主効果が有意であり、多重比較の結果、3種目すべてにおいて熟練者が男子未熟練者及び女子未熟練者より有意に高値を示した ( $p < 0.01$ )。スクワット及びデッドリフトに関しては男子未熟練者が女子未熟練者より有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。

図2に各群における8RMのパワー値(ベンチプレス、スクワット、デッドリフト)の平均値を

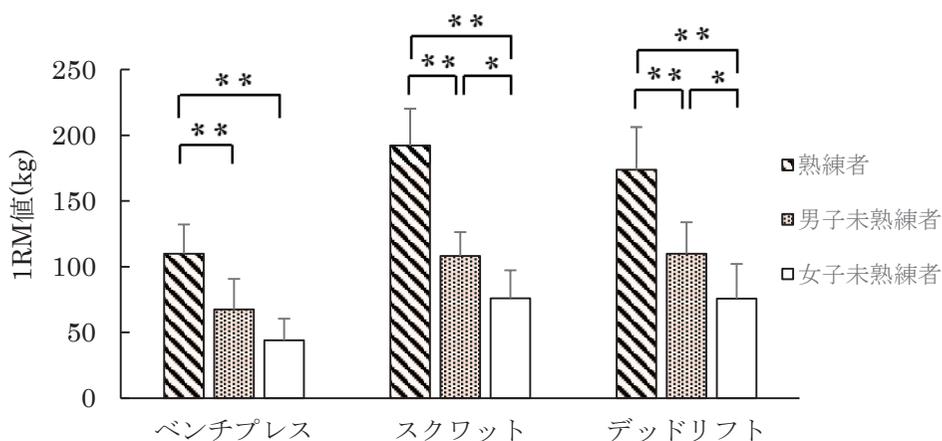


図1. 各群における1RM値(ベンチプレス・スクワット・デッドリフト)の平均値

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$

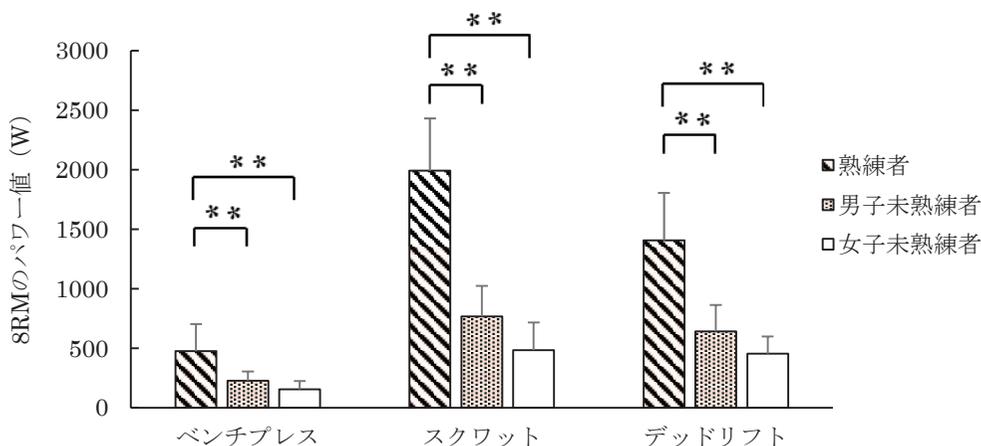


図2. 各群における8RMのパワー値(ベンチプレス・スクワット・デッドリフト)の平均値

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$

示した。8 RM のパワー値は、分散分析の結果、ベンチプレス ( $F(2, 25) = 13.7, p < 0.01$ )、スクワット ( $F(2, 24) = 57.8, p < 0.01$ )、デッドリフト ( $F(2, 24) = 32.2, p < 0.01$ ) のいずれも群の主効果が有意であり、多重比較の結果、3 種目すべてにおいて熟練者が男子未熟練者及び女子未熟練者より有意に高値を示した ( $p < 0.01$ )。

## 2. 投距離と各測定項目間の関係

表2に砲丸投の投距離と各測定項目間の相関係数を示した。全被検者 ( $n = 28$ )、全男子被検者 ( $n = 17$ ) 及び全未熟練者 ( $n = 19$ ) においては、投距離に対して全測定項目が正の有意な相関を示した ( $p < 0.01$ )。熟練者 ( $n = 9$ ) においては、投距離に対して体重、1 RM 値 (ベンチプレス、スクワット、デッドリフト)、8 RM のパワー値 (スクワット) は正の有意な相関を示した ( $p < 0.05$ )。男子未熟練者 ( $n = 8$ ) においては、投距離に対して体重、1 RM 値 (ベンチプレス、スクワット、デッドリフト)、8 RM のパワー値 (デッドリフト) は正の有意な相関を示した ( $p < 0.05$ )。女子未熟

練者 ( $n = 11$ ) においては、投距離に対して体重、1 RM 値 (ベンチプレス、スクワット、デッドリフト)、8 RM のパワー値 (デッドリフト) は正の有意な相関を示した ( $p < 0.05$ )。

## 3. 投距離と各測定項目間の重回帰分析

各測定項目が投距離に与える影響を検討するため、ステップワイズ法 (増減法) による重回帰分析を行った。説明変数は身長、体重、1 RM 値 (ベンチプレス、スクワット、デッドリフト)、8 RM のパワー値 (ベンチプレス、スクワット、デッドリフト) の8変数とした。ステップワイズにおける変数選択は投入: F 値確率  $\leq 0.05$ , 除去: F 値確率  $\geq 0.10$  を基準とした。その結果を表3に示した。全被検者においては、投距離に影響を及ぼす独立変数として8 RM のパワー値 (スクワット) が抽出され、標準偏回帰係数  $\beta = .949$ , 重相関係数  $R = .947$  ( $p < 0.01$ ) であった。熟練者においては、投距離に影響を及ぼす因子として体重が抽出され、標準偏回帰係数  $\beta = .923$ , 重相関係数  $R = .909$  ( $p < 0.01$ ) であった。男子未熟練者におい

表2. 投距離と各測定項目間の相関係数

	身長		1RM値			8RMのパワー値		
	身長	体重	ベンチ	スクワット	デッド	ベンチ	スクワット	デッド
全被検者	.831 **	.965 **	.915 **	.960 **	.935 **	.827 **	.949 **	.868 **
熟練者	.623	.929 **	.861 **	.787 *	.852 **	.613	.785 *	.266
男子未熟練者	.657	.902 **	.905 **	.761 *	.871 **	.653	.692	.771 *
女子未熟練者	.369	.763 **	.612 *	.793 **	.827 **	.528	.390	.728 *
全未熟練者	.739 **	.840 **	.827 **	.873 **	.889 **	.693 **	.689 **	.793 **

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$

表3. 砲丸投げ投距離と各測定項目間の重回帰分析結果

	説明変数	目的変数	投距離 (標準B)	重相関係数 (R)	決定係数 (R <sup>2</sup> )
全被検者	1. スクワット8RMのパワー値		.949 **	.947	.897 **
熟練者	1. 体重		.923 **	.909	.827 **
男子未熟練者	1. ベンチプレス1RM値		.768 **	.964	.929 **
	2. 身長		.386 *		
女子未熟練者	1. デッドリフト1RM値		.585 *	.881	.776 **
	2. 体重		.442 *		
全未熟練者	1. デッドリフト1RM値		.889 **	.881	.777 **

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$

ては、投距離に影響を及ぼす因子として1 RM 値（ベンチプレス）及び身長が抽出され、標準偏回帰係数はそれぞれ  $\beta = .768$ ,  $\beta = .386$ , 重相関係数  $R = .964$  ( $p < 0.01$ ) であった。女子未熟練者においては、投距離に影響を及ぼす因子として1 RM 値（デッドリフト）及び体重が抽出され、標準偏回帰係数はそれぞれ  $\beta = .585$ ,  $\beta = .442$ , 重相関係数  $R = .881$  ( $p < 0.01$ ) であった。全未熟練者においては、投距離に影響を及ぼす因子として1 RM 値（デッドリフト）が抽出され、標準偏回帰係数  $\beta = .889$ , 重相関係数  $R = .881$  ( $p < 0.01$ ) であった。

また、表4に各群における各測定項目間の相関係数を示した。

#### IV. 考察

体格に関する測定項目は身長・体重ともに熟練者が未熟練者よりも有意に高値を示し ( $p < 0.05$ )、全被検者において、投距離と身長に高い正の相関 ( $r = .831$ ,  $p < 0.01$ )、投距離と体重にもすべての群において有意な正の相関が認められた ( $p < 0.01$ )。松尾 (1976) によると、砲丸投競技に適した体型は「長身で体重のある筋肉質者」としており、本研究の結果と一致する。特に体重に関して、西藤 (1969) は一般的に成人男性の体重の約40%が筋であることを指摘し、そのため体重と筋量に関連があることを示唆している。さらに本研究においては全被検者が何らかの運動部に所属し、ウェイトトレーニングを定期的、継続的に実施していることから、過体重になればなる程筋量が多くなっていると推測される。したがって、本研究の結果は、体重が重い、すなわち筋量が多い者ほど、砲丸に大きな力を与えることができ、投距離が大きくなったと推測された。また、植屋 (1988) は、筋力発生という本質に加え、ただ単に質量（脂肪でも良い）による運動量の発生を大きくするために砲丸投選手には体重が必要と述べており、本研究の結果と一致する。

1 RM 値については、本研究の結果、全ての群において、投距離との間に有意な正の相関が示さ

れた ( $p < 0.05$ )。ベンチプレスについては大胸筋、小胸筋、上腕三頭筋、三角筋など (ドラヴィエ, 2002, pp. 42-43; マノッキア, 2008, pp. 106-107) が、スクワットについては大腿四頭筋、大殿筋、脊柱起立筋、ハムストリングスなど (ドラヴィエ, 2002, pp. 78-79; マノッキア, 2008, pp. 36-37) が、デッドリフトについては腰部の筋、大腿四頭筋、大殿筋、広背筋、外腹斜筋など (ドラヴィエ, 2002, pp. 69-70; マノッキア, 2008, pp. 80-81) が強く作用する種目とされている。松尾 (1976) により筋力は砲丸投において最も重要な体力要素であることが示されており、筋力が大きければ強い力を発揮し投距離が大きくなると考えられる。Lawrence (2007) も筋力トレーニングは砲丸投の投距離を向上させるための基盤になるものであると報告している。このため1 RM 値が大きい者の投距離が大きくなったと考えられた。

同様に、8 RM のパワー値についても、本研究の結果は全被検者と男女未熟練者の投距離に対して有意な正の相関が示された ( $p < 0.01$ )。パワーも筋力と同様に砲丸投において重要な体力要素の1つとされている (松尾, 1976)。吉岡ら (2010) もまた、投擲種目において筋パワーが大きいほど投距離が大きくなったと報告している。パワー値は単位時間当たりの仕事で表される。以上のことから、一定の負荷を素早く加速させる力であるパワー値も重要であると考えられたが、本研究の結果、熟練者、男・女未熟練者の3群のいずれも投距離と1 RM 値全てに相関関係が認められたのに対して投距離と8 RM のパワー値との相関関係は各群1種目ずつのみであり、相対的に相関係数も低いことと合わせて考えると、最大筋力の方がより重要であることが推測された。

各群における重回帰分析の結果をみると、熟練者から未熟練者までを合わせた全被検者においては、投距離に影響する因子として、8 RM のパワー値 (スクワット) ( $\beta = .949$ ,  $p < 0.01$ ) が抽出された。畑山ら (2011) は、円盤投選手においてスクワットの1 RM 値が投距離に強く関連すると報告している。さらに、先述したように、スクワット

表4. 各群における各測定項目間の相関係数

全被検者 (n=28)		投距離	身長	体重	1RM値			SRMのパワー値		
					ベンチ	スクワット	デッド	ベンチ	スクワット	デッド
投距離		.831 **			.915 **	.960 **	.935 **	.827 **	.949 **	.868 **
身長			.836 **		.770 **	.807 **	.794 **	.584 **	.781 **	.722 **
体重				.926 **	.957 **	.926 **	.829 **	.929 **	.851 **	
1RM値	ベンチ				.914 **	.912 **	.912 **	.844 **	.916 **	.778 **
	スクワット					.951 **	.951 **	.834 **	.935 **	.870 **
	デッド						.774 **	.866 **	.822 **	
SRMの パワー値	ベンチ							.852 **	.710 **	
	スクワット								.823 **	
	デッド									.823 **

\*\*: p < 0.01

熟練者 (n=9)		投距離	身長	体重	1RM値			SRMのパワー値		
					ベンチ	スクワット	デッド	ベンチ	スクワット	デッド
投距離		.623			.861 **	.787 *	.852 **	.613	.785 *	.266
身長			.411		.415	.284	.555	.008	.464	-.066
体重				.865 **	.887 **	.803 **	.650	.737 *	.246	
1RM値	ベンチ				.613	.691 *	.679 *	.679 *	.843 **	.088
	スクワット					.770 *	.770 *	.717 *	.516	.270
	デッド						.504	.381	.192	
SRMの パワー値	ベンチ							.722 *	.119	
	スクワット								-.076	
	デッド									-.076

\*: p < 0.05, \*\*: p < 0.01

男子未熟練者 (n=8)		投距離	身長	体重	1RM値			SRMのパワー値		
					ベンチ	スクワット	デッド	ベンチ	スクワット	デッド
投距離		.657			.905 **	.761 *	.871 **	.653	.692	.771 *
身長			.714 *		.351	.515	.636	-.003	.277	.583
体重				.827 *	.927 **	.943 **	.511	.739 *	.790 *	
1RM値	ベンチ				.805 *	.805 *	.805 *	.742 *	.810 *	.608
	スクワット					.913 **	.913 **	.436	.871 **	.758 *
	デッド						.410	.811 *	.884 **	
SRMの パワー値	ベンチ							.380	.363	
	スクワット								.719 *	
	デッド									.719 *

\*: p < 0.05, \*\*: p < 0.01

女子未熟練者 (n=11)		投距離	身長	体重	1RM値			SRMのパワー値		
					ベンチ	スクワット	デッド	ベンチ	スクワット	デッド
投距離		.369			.612 *	.793 **	.827 **	.528	.390	.728 *
身長			.826 **		.220	.344	.034	.219	.368	.607 *
体重				.587	.726 *	.549	.502	.650 *	.840 **	
1RM値	ベンチ				.831 **	.698 *	.900 **	.803 **	.582	
	スクワット					.882 **	.658 *	.737 **	.653 *	
	デッド						.544	.604 *	.609 *	
SRMの パワー値	ベンチ							.657 *	.569	
	スクワット								.684 *	
	デッド									.684 *

\*: p < 0.05, \*\*: p < 0.01

全未熟練者 (n=19)		投距離	身長	体重	1RM値			SRMのパワー値		
					ベンチ	スクワット	デッド	ベンチ	スクワット	デッド
投距離		.739 **			.827 **	.873 **	.889 **	.693 **	.689 **	.793 **
身長			.801 **		.529 *	.661 **	.539 *	.397	.558 *	.695 **
体重				.797 **	.834 **	.789 **	.610 **	.764 **	.852 **	
1RM値	ベンチ				.857 **	.812 **	.856 **	.856 **	.856 **	.699 **
	スクワット					.929 **	.929 **	.681 **	.847 **	.762 **
	デッド						.619 **	.778 **	.792 **	
SRMの パワー値	ベンチ							.641 **	.574 *	
	スクワット								.770 **	
	デッド									.770 **

\*: p < 0.05, \*\*: p < 0.01

は大腿四頭筋, 大殿筋, 脊柱起立筋, ハムストリングスなど(ドラヴィエ, 2002, pp. 78-79; マノッキア, 2008, pp. 36-37)の脚部, 体幹, 臀部の筋に作用するトレーニングである。福永ら(1991)は投てき物により強い力を与えるためには脚部及び臀部による強い蹴りのパワーが重要であることを示唆している。また, 橋本ら(1996)によると, 砲丸の重量に関わらず, 砲丸及び上肢の持つ力学的エネルギーの60~70%が脚部や体幹で発揮されたエネルギーであることを示した。これらのことから, 筋力, 性別などが異なる全被検者で投距離に最も影響を与える因子として8RMのパワー値(スクワット)が抽出されたと考えられる。

熟練者においては投距離に影響する因子として, 体重( $\beta = .923, p < 0.01$ )の1項目のみが抽出された。熟練者はすべてが砲丸投を専門としている選手であり, 専門のトレーニングを行っているため, 砲丸投で特有の技能を有していると推測された。このため, 特定の筋力についての項目でなく, 筋量と深く関連し(西藤, 1969), 運動量の発生を大きくする上で重要(植屋, 1988)と考えられる体重が投距離に最も影響を与えると考えられた。

一方で, 男子未熟練者及び女子未熟練者においては, 投距離に影響する因子として, それぞれ1RM値(ベンチプレス)( $\beta = .768, p < 0.01$ )及び1RM値(デッドリフト)( $\beta = .585, p < 0.05$ )が抽出され, これらが投距離に有意に影響を与える因子であった。先述したように, ベンチプレスは大胸筋等の筋群を強く作用させるトレーニングであり(ドラヴィエ, 2002, pp. 42-43; マノッキア, 2008, pp. 106-107), 大胸筋は砲丸の突き出し局面で主働的に活動するものと考えられる(白井ら, 2011)。吉岡ら(2010)は, ベンチプレスの最大値が大きいほど砲丸投の投距離も大きかったと報告した。さらに, 大谷・久保田(1980)は, 大胸筋, 三角筋等の筋力が大きいほど, 砲丸投の投距離が大きくなったと報告している。加えて, 男子未熟練者群は砲丸投を専門に行っている被検者ではなく, 砲丸投に適した筋力を有していると

は考えにくい。そのため, 砲丸投の最終局面である突き出しに十分な大胸筋等の筋力を有していない被検者が多くいた可能性が考えられる。男子の7.26kgという砲丸の重量は専門競技者以外にとっては過負荷であると考えられ, そのため, 脚部や体幹でエネルギーを作り出したとしても, その力を投距離につなげるための最終局面である突き出しを行う大胸筋等の最大筋力の多寡が投距離に影響を及ぼしたと考えられる。女子未熟練者においては, 1RM値(デッドリフト)が抽出された。先述したように, デッドリフトは腰部の筋, 大腿四頭筋, 大殿筋, 広背筋, 外腹斜筋などが強く作用するトレーニングであり(ドラヴィエ, 2002, pp. 69-70; マノッキア, 2008, pp. 80-81), 特に腹斜筋は投擲動作時において体幹の起こしや回旋動作を担う筋として活動するものと考えられる(白井ら, 2011)。このため, デッドリフトは, グライド動作や投動作時に地面を蹴る局面, 砲丸をリフトアップする局面, また身体のひねりを作る局面に関係する種目として考えられる。ここで, 女子の砲丸重量は4kgであり, 女子にとっての4kg砲丸というのは相対的に男子と比べて軽いことが示唆されている(橋本ら, 2004)。そのため, 突き出し動作で必要となる大胸筋等の筋力は女子においては男子と比べて相対的に小さいことが推測され, また図1より本研究においては, 男子未熟練者と女子未熟練者のベンチプレスの1RM値にも有意な差が無いことと合わせて考えると, 本研究においては, 男子未熟練者と比べて女子未熟練者は突き出しを行うのに必要な大胸筋等の筋力を有していたことが推測される。そのため, グライド動作や投動作時に地面を蹴る局面, 砲丸をリフトアップする局面, また身体のひねりを作る局面などの突き出し以前のエネルギーを作り出す局面に関係する腰部の筋, 大腿四頭筋, 大殿筋, 広背筋, 外腹斜筋などの脚部や体幹の最大筋力の多寡が投距離に影響を及ぼしたと考えられる。

まとめると, 本研究におけるグライド投法による砲丸投の投距離は, 熟練度に関わらず大腿四頭筋, 大殿筋等の下肢の筋パワーが, 熟練者におい

ては筋量（体重）が、男子未熟練者においては大胸筋等の最大筋力が、そして女子未熟練者においては脚部や体幹の最大筋力がそれぞれ影響を及ぼしたと考えられ、各群においてこれらの要素を向上させることが投距離の増加につながる事が示唆された。

## V. 結論

本研究では男子大学生競技者と男女体育専攻学生を対象に、身長、体重及びベンチプレス、スクワット、デッドリフトの1RM値と8RMのパワー値と砲丸投の投距離との関係を検討した。その結果、全被検者でみると、砲丸投の投距離に対して全ての測定項目が正の有意な相関を示した。重回帰分析の結果、全被検者では8RMのパワー値（スクワット）、熟練者では体重、男子未熟練者では1RM値（ベンチプレス）と身長、女子未熟練者では1RM値（デッドリフト）と体重がそれぞれ投距離に有意に影響を与える因子として抽出された。このことから、熟練度に関わらず共通する項目として大腿四頭筋、大殿筋等の下肢の筋パワーがグライド投法による砲丸投の投距離の増加につながる事が示唆された。さらに熟練者と未熟練者に分けた場合、熟練者では全身的な筋量（体重）の増加が、未熟練者では最大筋力の増加がそれぞれグライド投法における砲丸投の投距離の増加につながる事が示唆された。

## VI. 文献

有賀誠司（2002）筋力トレーニングのスポーツ選手への適用. バイオメカニクス研究, 6 (3) : 227-239.

ドラヴィエ：白木仁・今井純子訳（2002）目でみる筋力トレーニングの解剖学. 大修館書店：東京, pp. 1-126.

福永哲夫・松尾彰文・船渡和男・川上泰雄・沼沢秀雄（1991）各種動作様式で発揮されるパワー出力計測システムの開発. 人間工学, 27 (Supplement) : 152-153.

橋本勲・池上康男・桜井伸二・室伏重信・安藤好

郎・岡本敦（1996）砲丸投げのエネルギー発揮に関する砲丸重量の影響—体幹および脚部の役割—. 中京女子大学研究紀要, 30 : 21-28.

橋本勲・大北英紀・阪本孝男・斉藤良太・安藤好郎・佐野真也・池上康男（2004）大学女子砲丸投げ選手のエネルギー発揮に関する研究—脚部および体幹の役割について—. 中京女子大学研究紀要, 38 : 21-29.

畑山茂雄・高梨雄太・佐々木大志（2011）円盤投競技者の体力特性と競技力の関係性. 陸上競技研究, (4) : 17-26.

池田達昭・高松薫（2005）動的筋力トレーニングにおける目標設定の行い方に関する研究. 体育学研究, 50 (4) : 425-436.

石井直方(1999)レジスタンス・トレーニング. ブックハウス HD : 東京, pp. 142-146.

Lawrence W. J. (2007) Developing speed strength: in-season training program for the collegiate thrower. Strength Cond, 29(5) : 42-54.

Lawrence W. J., Bellar D., Thrasher A. B., Simon L., Hindawi O. S. and Wanless E. (2013) A pilot study exploring the quadratic nature of the relationship of strength to performance among shot putters. Int.J. Exerc.Sci., 6(2) : 171-179.

マノッキア：宮崎俊太郎訳（2008）運動解剖学で図解する筋力トレーニングパーフェクトマニュアル. 悠書館：東京, pp. 1-183.

松尾昌文（1976）第5章砲丸投. 金原勇編, 陸上競技のコーチング（Ⅱ）フィールド編. 大修館書店：東京, pp. 269-331.

室伏重信（1999）投擲競技・競技力向上の仕組み. 中京大学体育学論叢, 40 (2) : 41-50.

大谷和寿・久保田康毅（1980）砲丸投記録と筋力の関係についての研究. 島根大学教育学部紀要, 自然科学, 14 : 13-16.

西藤宏司（1969）砲丸投の投てき技術に関する研究：グライド動作について. 中京体育学論叢, 11 (1) : 309-325.

- 白井裕紀子・上村孝司・岡田雅次・角田直也・青山利春(2011)砲丸投げ選手における体幹トレーニングが投擲記録に及ぼす影響. 国士館大学体育研究所報, 30:135-139.
- 高梨雄太(2010)陸上競技投擲競技者におけるコントロールテストに関する研究. 東京女子体育大学・東京女子体育短期大学紀要, 45:79-86.
- 植屋清見(1988)砲丸投げの動作学とその指導(投げの科学と指導<特集>). 体育の科学, 38(2):112-118.
- Wathen, D. (1994) Load assignment. In: Baechle, T. R. (ed.)Essentials of strength training and conditioning. Human Kinetics: Champaign, pp. 435-446.
- 吉岡利貢・中野陽平・森健一・中垣浩平・鍋倉賢治(2010)筋力・筋パワーからみた十種競技の体力特性. 陸上競技研究, (3):26-34.

## 平成27年度広島体育学会研究発表例会

◆ 日時：平成27年11月7日(土) 13:30~14:40

◆ 場所：広島経済大学立町キャンパス4階 131教室

◆ 13:00~ 受付

◆ 13:30~13:35 開会挨拶(東川安雄 会長)

◆ 13:35~13:50

話題提供(発表時間10分, 質疑応答5分)

1. 「インソールの材質が身体の運動効率に及ぼす影響」

○角田和繁(広島大学大学院総合科学研究科)

◆ 13:50~14:20

一般研究発表(発表時間10分, 質疑応答5分)

1. 「テニス/ダブルスのゲーム分析~ファーストサービスの確率に着目して~」

○能勢優史(広島大学大学院教育学研究科)

2. 「高等学校におけるサッカー部指導者の指導観に関する研究—競技成績の違いに着目して—」

○小島裕司(広島大学大学院教育学研究科)

◆ 14:20~14:40

平成26年度広島体育学会奨励賞授与式及び講演

「Ice slurry ingestion reduces both core and facial skin temperatures in a warm environment」

○Sumire Onitsuka, Xinyan Zheng, Hiroshi Hasegawa

Journal of Thermal Biology 51:105-109, 2015

## 【話題提供要旨】

## インソールの材質が身体の運動効率に及ぼす影響

角田和繁（広島大学総合科学研究科）

## 【研究背景・目的】

スポーツシューズは、使用者が安全に、快適に運動を行えるように様々な機能を有している。その機能の中でも衝撃緩衝性は、パフォーマンスの維持や障害予防の観点で特に重要である。シューズの構造において、衝撃緩衝を担っているのは、主にインソールとミッドソールの2か所である。ミッドソールは、シューズ購入後に付け替えることが困難であるが、インソールはシューズ購入後でも付け替えることが可能であるため、使用者の用途や好みに合わせて敷設できる利点がある。

インソールに使用される材質は様々であり、スポーツメーカーによって日々研究され、改良され続けている。しかし、インソールが身体運動に及ぼす影響を検討した研究のほとんどは、インソールの形状に着目したものが多く、例えば、福山ら(2003)は、踵部を6mm上げたヒールリフト加工、外側部を6mm上げたアウトサイドリフト加工のインソールが、サイドステップ動作時の着離床経過時間や下腿のぶれ角度に影響を及ぼすかを検討し、アウトサイドリフト加工のインソールを使用すると、パフォーマンス向上を有効にする可能性を示唆している。しかし、インソール素材が身体運動にどのような影響を及ぼすかについて検討した研究は少ない。そこで本研究の目的は、日常行われる運動で頻度の高い歩行動作・走行動作に着目し、インソールの素材が歩行中・走行中の運動効率に及ぼす影響を床反力データおよび筋電図データから検討することである。運動効率とは、エネルギーの有効性を示す指標であり、運動課題を達成するために要した出力エネルギーを様々な入力エネルギーで除すことで求められる(阿江通良、藤井範久2002)。本研究においては、床反力データを筋電図データで除すことで、発揮された筋力がどの程度有効に推進力に変換されたかを示す。また、下肢関節角度・角速度を算出することで、下肢の動きに及ぼす影響についても検討する。

## 【方法】

被験者は、大学生及び大学院生男子10名とし、実験に使用するインソールは、衝撃吸収性能に関して一般的に評価の高いコルク質、ポリウレタン、EVA(エチレン酢酸ビニル共重合樹脂)、ウォー

タージェル、コントロール群の合計5種類とする。試行は、実験室内の直線路で10m歩行(時速約4km)及び走行(時速約11km)を各5試行行う。直線路の側方にデジタルビデオカメラを1台設置し、撮影スピードは毎秒240コマ、露出時間は1/500秒とする。解析方法は、デジタルビデオカメラで撮影して得られた画像から2次元DLT法により股関節・膝関節・足関節角度および角速度を算出する。

床反力計は、スタートライン前方5mに設置し、サンプリング周波数1000Hzで歩行・走行の支持脚接地中における、減速期及び加速期の進行方向と鉛直方向の合成床反力を測定する。

筋電図は、被験者の右脚の前脛骨筋、腓腹筋外側、大腿直筋、外側広筋、大腿二頭筋、大臀筋における筋活動をサンプリング周波数1000Hzで記録する。右足接地中の各筋電図を全波整流し、時間で積分することで筋放電量を算出する。

また、加速期に得られた床反力データ(出力)を得られた筋電図データ(入力)で除した値を運動効率(阿江通良、藤井範久2002)として算出する。この指標は、筋放電量(筋発揮量)に対してどの程度の推進力が得られたかを示し、値が大きいほど運動効率が良いとして評価する。

分析は、床反力データ、筋電図データ、運動効率をインソール間で比較する。

## 【結果】

これまでに行った実験のデータの傾向として、以下の4点が挙げられる。

- ①インソール間で、床反力データに大きな差は見られない。
- ②筋出力は、コルク質が一番大きく、ウォータージェルが一番小さい値を示した。
- ③運動効率は、ウォータージェルが一番大きく、コルク質が一番小さい値を示した。
- ④2次元画像データは、足関節角度に小さな差が見られた。

## 【参考文献】

福山東人・仲哲治・大久保衛・大槻伸吾(2003)『インソールが人間の運動動作に及ぼす影響』。体力科学, 52(3)。

〔奨励賞講演要旨〕

## Ice slurry ingestion reduces both core and facial skin temperatures in a warm environment

Sumire Onitsuka, Xinyan Zheng, Hiroshi Hasegawa

アイススラリーは口腔からの摂取により顔の皮膚温を低下させ、脳の伝導性冷却をもたらすと考えられている。しかしながら、これまでの研究は直腸温に及ぼす影響を評価したものばかりで、アイススラリーの摂取による顔の皮膚温の変化を測定した研究は見当たらない。本研究ではその冷却が脳温を低下させることが示されている前額部に着目し、温暖環境下におけるアイススラリーの摂取が前額部皮膚温に及ぼす影響を検討することを目的とした。健常成人男性8名が室温30℃、相対湿度80%の環境下において15分間で7.5g/kgのアイススラリー（-1℃；ICE）または冷たいスポーツ飲料（4℃；COOL）、中性温度のスポーツ飲料（37℃；CON）を摂取した後、1時間安静にした。実験中5分毎に生理的指標（直腸温、前額部皮膚温、平均皮膚温、心拍数）および主観的指標（温熱感覚）を測定し、実験前後に裸体重および尿比重を測定した。ICE条件ではCONおよびCOOL条件と比較して直腸温および前額部皮膚温、温熱感覚が有意に低下した。その他の指標に条件間で有意差は見られなかった。温暖環境下におけるアイススラリーの摂取はこれまでと同様に直腸温を低下させるだけでなく、前額部皮膚温を有意に低下させることが明らかとなり、脳の伝導性冷却をもたらす可能性があることが示唆された。



# 編集委員会

上 田 毅（委員長） 関 矢 寛 史  
長谷川 博 東 川 安 雄

## Editorial Committee

T. Ueda(Chief Editor)

H. Sekiya

H. Hasegawa

Y. Higashikawa

2016年3月31日発行

発行所 広島体育学会

非売品

〒739-8521 東広島市鏡山1丁目7番1号

広島大学大学院総合科学研究科内

TEL (082) 424-6587

振替 広島01330-4-16226

編集発行者 東川安雄

印刷所 株式会社ニシキプリント

〒733-0833 広島市西区商工センター7丁目5-33

---

# HIROSHIMA JOURNAL OF PHYSICAL EDUCATION

---

## CONTENTS

### Original Article

- Kazumasa YANAGAWA, Ryou MATSUDA, Sachio USUI  
Influence of Restriction of the Range of Motion  
in the Ankle Joint on Walking Pattern ..... 1

### Material

- Keigo TAKAHASHI, Sachio USUI  
The Estimation of Stride Length and Stride Frequency  
in Sprint with the Laser Velocity Measuring Device .....11

### Case Study

- Yoshihiro HASHIHARA, Hirofumi NISHI  
Practical Research on Outdoor Education by Orienteering  
using Natural Observation in University Liberal Arts Education .....19
- Goro MORIKI, Yuma FURUICHI, Tomohiro FUKUDA, Tatsuya ADACHI, Takeshi UEDA  
The Effect of Muscle Strength on the Distance Put in the Shot  
Put by Glide Throwing .....31

Proceeding of the Meeting of Hiroshima Society of Physical Education in 2015

---

Edited by  
Hiroshima Society of Physical Education