

目 次

◆原著論文

- 中学・高校における混成競技の因子構造とパフォーマンス分析…………… 1
渡邊將司
- 投擲記録とハンマー投競技者のターン動作における下肢動作のキネマティクス変数との関係性…………… 9
藤井宏明, 大山卞圭悟, 藤井範久
- 大学生におけるランニング中の着地様式と滞空期の脚動作との関係…………… 21
岩佐貫汰, 前田正登

◆研究資料

- 短距離走の加速局面における疾走速度の簡易的な計測法…………… 33
伊藤信之
- バウンディング運動における接地期中の足の着地様式に関する研究…………… 47
岩井勇樹, 前田正登
- ピッチとストライドの改善を目的とした短時間・低頻度のスプリントトレーニングが疾走速度に及ぼす影響
—スポーツ専攻学生を対象として—…………… 57
齋藤壮馬, 藤林献明, 小田俊明
- 国内男子十種競技者の棒高跳への取り組み方に関する調査…………… 69
村山凌一, 榎 将太, 川間羅聖, 森田 彩, 中山滉一, 米原博章
- 世界および日本トップレベル男女短距離・ハードル競技者の記録発達の特徴…………… 77
山元康平, 山田航平, 内藤 景, 宮代賢治

◆キーノートレクチャー

- 人権拡大の観点から考えるオリンピック・ムーブメントの意義と課題…………… 89
來田享子

◆Round-up

- 東京 2020 陸上競技における医療救護活動…………… 97
加藤 基, 松尾信之介, 眞鍋芳明
- パラリンピック陸上競技における救護活動の留意点…………… 105
廣重陽介, 加藤 基, 武井隼児, 山田睦雄

◆日本陸上競技学会第 20 回大会

特別講演	111
尾縣 貢	
シンポジウム①	115
今村文男, 三浦康二, 杉田正明, 谷井孝行, 清水茂幸	
シンポジウム②	120
森長正樹, 澤野大地, 木越清信	
◆日本陸上競技学会会則	123
◆陸上競技学会誌 投稿規程	124
◆陸上競技学会誌 執筆要項	125
◆日本陸上競技学会 学会賞・優秀発表賞規程	128

中学・高校における混成競技の因子構造とパフォーマンス分析

渡邊將司¹⁾

Factor structure and performance analysis of combined events for junior high and high school athletes

Masashi WATANABE¹⁾

Abstract

The purpose of this study was to clarify the factor structure and factors that influence the performance of combined events in junior high school and high school athletes. The subjects was the athletes that ranked within the 100th place in the national ranking in the 2017-2019 tetrathlon in junior high school and octathlon / heptathlon in high school. As a result of factor analysis, disciplines related to sprint ability such as sprinting, hurdles, and long jump were extracted as the first factor in all combined events. Combined events depended on sprint ability, as they accounted for half of the constituent events. Looking at the relationship between the overall score and the performance of each discipline, the upper group showed a weak to moderate correlation with the overall score in all disciplines. On the other hand, the non-upper group had a small correlation overall. Improving the performance of all disciplines is essential to achieving a high overall score.

キーワード：四種競技, 七種競技, 八種競技, 因子分析, スプリント能力

1. 緒 言

陸上競技には、一人の選手が複数種目に取り組む混成競技がある。各種目には、パフォーマンス（記録）に応じた得点が割り付けられており（World Athletics, 2001）、その総合得点で順位を競う。オリンピック、世界選手権、日本選手権といった主にシニアの大会においては、男子で十種競技、女子で七種競技が開催されている。

混成競技は走・跳・投種目で構成されているが、それらのバランスは均一ではない。例えば走幅跳は跳躍種目に位置付けられているが、高い助走速度は跳躍距離に好影響をもたらすことから跳躍能力だけでなくスプリント能力も重要な要素となる（深代, 1990）。つまり、混成競技を構成している種目には、求められる能力が重複している種目がある。十種競技を構成する種目同士の関連性（因子構造）を分析した研究は、国際レベルの選手を対象にして古くから行われてきた。Linden（1977）は、

戦後のオリンピック（1948～1976年）に出場した延べ160人分のデータに因子分析を適用し、十種競技の種目はrunning speed（100m・400m）、explosive arm strength or object projection（砲丸投・円盤投・やり投）、running endurance（1500m）、explosive leg strength or body projection（走幅跳・走高跳・110mH・棒高跳）の4因子に分類されることを明らかにした。Woolf et al.（2007）は、1986～2005年の間に8000点を越えた173名のデータにクラスター分析を適用し、生理学的観点からみて説明がつく5因子に分類できることを明らかにした。すなわち、[100m・400m・110mH・走幅跳]、[砲丸投・円盤投・やり投]、[棒高跳]、[走高跳]、[1500m]とした。Park and Zatsiorsky（2011）は、1988～2008年までのオリンピック選手166名のデータに主成分分析を適用して3因子の構造であることを明らかにした。すなわち第1因子は100m・走幅跳・400m・110mH、第2因子は砲丸投・走高跳・円盤投・棒高跳・やり投、第3因子は1500mとした。これらの研究は共通して非常に高い競技レベルの選手を対象にしているが、時代や分析方法の違いによって差異がみられる。一方で大規模集団での分析も報告されている。近藤（2019）は、Decathlonデータセットに登録されている6800点以上の2717名のデータを用いて因子分析をしたところ、4因子に分類されることを明らかにした。すなわち、第1因子は100m・400m・走幅跳・110mH・棒高跳、第2因子は砲丸投・円盤投・やり投・棒高跳、第3因子は400m・1500m、第4因子は走高跳・走幅跳・110mH・棒高跳であった。400m、走幅跳、110mH、棒高跳はあまり高い因子負荷量を示さず、複数の因子をまたぐ構造であった。似た結果は、1998～2009年の間に6800点以上をマークした3103名のデータからも得られている（Wimmer et al.,

1) 茨城大学教育学部 College of Education, Ibaraki University
〒310-8512 茨城県水戸市文京 2-1-1

2011).

十種競技のパフォーマンスすなわち総合得点にはどのような要素の貢献が大きいのだろうか. 近藤 (2019) の報告をみると, 第 1 因子はスプリント能力が関連する種目群であると解釈できる. 10 種目中 5 種目はスプリント能力が関係する種目であることから, 短距離走のパフォーマンスが高いことは有利な条件であると言え, Woolf et al. (2007) や松林ほか (2012a) も同様の見解を示している. 例えば, 世界歴代 2 位の記録を持つアメリカの A.Eaton 選手は, 十種競技の 400m において 45.00 秒をマークするほど突出した種目を持つ. 加えて, 世界トップクラスの選手は全体的に高いパフォーマンスを示し (Kenny et al., 2005; 森ほか, 2019), 特に技術要素の高い種目 (110mH, 円盤投, 棒高跳など) の貢献が大きくなるようである (Bilic et al. 2015; Pavlovic and Idrizovic, 2017).

七種競技の因子構造とパフォーマンス分析に関する研究は十種競技よりも少ない. 1992 年のオリンピック出場者のデータにクラスター分析を適用した研究では, 砲丸投と 800m のパフォーマンスで上位と下位をほぼ半分に分類できることを明らかにした. 加えて, メダリストは 200m・走高跳・100mH・走幅跳のパフォーマンスが高かったという (Dawkins et al., 1994). 2010 年における世界ランキング 173 位 (5267 点) 以内の選手のデータに因子分析を適用した研究では, 4 因子に分類されることを明らかにした. すなわち第 1 因子は 100mH・200m, 第 2 因子は走高跳・走幅跳, 第 3 因子は砲丸投・やり投, 第 4 因子は 800m であった (Heazlewood, 2011). 一方, Gassmann et al. (2016) は 10 名の世界大会優勝者の 200 のデータに対して因子分析を適用したところ, 第 1 因子に 100mH・走高跳・200m・走幅跳, 第 2 因子に砲丸投・やり投で, 800m はどの因子にも分類されなかった.

Gassmann et al. (2016) が明らかにした七種競技の因子構造をみると, 第 1 因子にはスプリント能力が要求される種目が分類されていることがわかる. また重回帰分析を適用してみると, 第 1 因子にある種目で総合得点の 72% を説明できるという. 松林ほか (2012b) も同様に七種競技の総合得点とこれら 4 種目との間に $r=0.60$ 以上の相関関係があることを示している. さらに村山ほか (2019) も, 走幅跳を中心にスプリントおよび跳躍系種目のパフォーマンス向上の重要性を説明している. つまり, 七種競技は十種競技よりもスプリント能力の影響を強く受ける構造であると言える.

日本における混成競技は, 小学生世代でコンバインド種目 A・B, 中学生世代で四種競技, 高校生世代では男子で八種競技および女子で七種競技が開催されている. 中学生の四種競技は 2004 年度から三種競技 A・B 代わって開催されるようになった. すでに 15 年以上の年月が経っているが, ほとんど研究が進んでいない (繁田ほか,

2005). 高校の八種競技および七種競技は 1986 年から開催されるようになった. まもなく関岡と尾縣 (1989) は, 八種競技におけるスプリント能力の重要性を指摘した. それを支持するように, 小林ほか (1990) は全国ランキング 50 位以内の選手の総合得点と各種目との関係について分析し, $100\text{m} \cdot \text{走幅跳} \cdot 400\text{m} \cdot 110\text{mH}$ が $r=0.4$ 以上の相関関係であることを示した. しかし因子構造に関する研究は見当たらない. 高校七種競技に至ってはほとんど研究が進んでいない.

そこで本研究は, 中学四種競技および高校八種/七種競技の因子構造とパフォーマンス分析を行うことを目的とする. これらを明らかにすることは, 混成競技の強化ならび普及に役立つと考える.

2. 方法

2.1 対象

対象は, 2017 ~ 2019 年度の 12 月 31 日時点において, 中学四種競技および高校八種/七種競技で全国ランキング 100 位以内にランクインした選手である. 3 年間の集計には同一人物が重複していたため延べ人数として集計した (各種目延べ 300 名). ランキングは陸上競技社が刊行する記録年鑑を参照した. 欠損あるいは記録の記載ミスがあった場合には, 各都道府県陸協のホームページや陸上競技マガジン記録部が編集するランキングサイト (<https://rikumaga.com/>) 等にアクセスして記録を確認または修正した. なお, 対象者の得点範囲および人数と割合は表 1 に示した.

2.2 分析方法

混成競技は走・跳・投種目で構成されているが, 求められる能力が似ている種目がある. 互いに相関関係にある種目のまとまりを作るにあたって因子分析 (最尤法) を用いた. 抽出された因子には斜交回転を施し, スクリーンプロット基準にて因子数を決定した (清水・荘島, 2017).

総合得点に影響する種目が競技レベルによって異なるかを分析するにあたり, 集計したデータの上位 50% (上位群: 各種目 150 名) と下位 50% (非上位群: 各種目 150 名) に分けて比較した. 群間比較には対応のない t 検定を用いた. またデータの差の大きさを分析するにあたっては効果量 (Effect Size: ES) を用いた. 効果量とは, サンプル数に依存せずに群間の差を標準化して比較する方法である. 代表的な指標である Cohen's d は, $d < 0.2$ なら効果なし, $0.2 \leq d < 0.5$ なら効果小, $0.5 \leq d < 0.8$ なら効果中, $0.8 \leq d$ なら効果大と解釈する (小野寺・菱村, 2005). 総合得点と各種目のパフォーマンスとの関係には相関分析を用いた. 相関関係の強さは, $0 \leq r < 0.2$ を無相関, $0.2 \leq r < 0.4$ を弱い相関, $0.4 \leq r < 0.7$ を中程度の相関, $0.7 \leq r$ を強い相関と解釈した (小野寺・菱村, 2005). 統計処理には, 統計ソ

表1 各種目の総合得点分布

男子				女子			
四種競技(n=300)		八種競技(n=300)		四種競技(n=300)		七種競技(n=300)	
得点範囲	人数(%)	得点範囲	人数(%)	得点範囲	人数(%)	得点範囲	人数(%)
2900~2999	4(1.3)	5900~5999	2(0.7)	3000~3099	5(1.7)	5300~5399	1(0.3)
2800~2899	7(2.3)	5800~5899	2(0.7)	2900~2999	7(2.3)	5200~5299	2(0.7)
2700~2799	8(2.7)	5700~5799	4(1.3)	2800~2899	26(8.7)	5100~5199	3(1.0)
2600~2699	32(10.7)	5600~5699	9(3.0)	2700~2799	24(8.0)	5000~5099	7(2.3)
2500~2599	55(18.3)	5500~5599	21(7.0)	2600~2699	48(16.0)	4900~4999	6(2.0)
2400~2499	52(17.3)	5400~5499	18(6.0)	2500~2599	67(22.3)	4800~4899	6(2.0)
2300~2399	101(33.7)	5300~5399	26(8.7)	2400~2499	117(39.0)	4700~4799	10(3.3)
2300未満	41(13.7)	5200~5299	27(9.0)	2400未満	6(2.0)	4600~4699	15(5.0)
		5100~5199	52(17.3)			4500~4599	15(5.0)
		5000~5099	61(20.3)			4400~4499	22(7.3)
		4900~4999	68(22.7)			4300~4399	38(12.7)
		4900未満	10(3.3)			4200~4299	37(12.3)
						4100~4199	57(19.0)
						4000~4099	61(20.3)
						4000未満	20(6.7)

フトウェア JMP14.0 を用い、有意水準は5%とした。

3. 結果

表2は因子分析の結果である。四種競技では、男女とも第1因子でスプリント系種目(400m/200m)とハードル種目(110mH/100mH)が高い因子負荷量を示した。砲丸投と走高跳はそれぞれ独立した因子と解釈できた。八種競技では、第1因子で100m・400m・走幅跳・110mH、第2因子で1500mと400m、第3因子で砲丸投とやり投が高い因子負荷量を示した。走高跳の因子負荷量は小さく、どの因子にも抽出されなかった。七種競技では、第1因子で200m・100mH・800m・走幅跳、第2因子で砲丸投とやり投、第3因子で走高跳と100mHが高い因子負荷量を示した。

表3および表4は、上位群と非上位群の総合得点および各種目のパフォーマンスである。すべての種目において

有意差が認められた。効果量は、すべての種目において中程度以上の効果が認められた。

表5は、群別にみた総合得点と各種目得点との相関係数である。男女とも上位群ですべての種目において弱から中程度の有意な相関関係が認められた。一方、非上位群で有意性を示したのは、四種競技においては男子400mと女子砲丸投、八種競技では走幅跳・砲丸投・400m・やり投、七種競技では100mH・砲丸投・やり投であった。すべてにおいて上位群より相関係数が小さかった。

図1は、構成種目における最高得点と最低得点の差を群別にプロットした。四種競技をみると、男子の上位群は 281.3 ± 88.7 点、非上位群は 279.0 ± 93.3 点($p=0.832$, $ES=0.03$)、女子の上位群は 318.0 ± 92.2 点、非上位群は 318.0 ± 95.3 点($p=0.943$, $ES=0.00$)で有意差は認められなかった。八種競技においては、上位群は

表2 因子分析の結果

男子				女子			
四種競技	因子1	因子2	因子3	四種競技	因子1	因子2	因子3
400m	0.57	0.09	0.01	100mH	0.74	0.00	-0.05
110mH	0.53	-0.12	-0.02	200m	0.73	0.00	0.05
砲丸投	0.00	0.50	0.00	走高跳	0.00	0.61	0.00
走高跳	0.00	0.00	0.50	砲丸投	0.00	0.00	0.59
固有値	1.33	1.01	0.97	固有値	1.63	1.01	0.90
累積寄与率	33.3	58.5	82.8	累積寄与率	40.8	66.0	88.5
八種競技				七種競技			
八種競技	因子1	因子2	因子3	七種競技	因子1	因子2	因子3
100m	0.90	-0.12	-0.01	200m	0.98	-0.05	-0.08
400m	0.45	0.38	-0.07	800m	0.31	0.00	-0.03
走幅跳	0.34	-0.03	0.01	走幅跳	0.31	0.12	0.28
110mH	0.33	0.03	0.01	やり投	0.01	1.02	-0.22
1500m	-0.11	1.02	0.01	砲丸投	-0.03	0.49	0.13
走高跳	-0.04	-0.04	-0.15	走高跳	-0.09	0.00	0.61
やり投	-0.13	-0.02	0.62	100mH	0.42	-0.01	0.46
砲丸投	0.00	-0.11	0.62	固有値	2.00	1.49	1.09
固有値	1.94	1.40	1.23	累積寄与率	28.5	49.8	65.5
累積寄与率	24.3	41.8	57.2				

0.3以上の因子負荷量は斜体にした

表3 男子における上位群・非上位群の基本統計値

	上位群(n=150)			非上位群(n=150)			P	ES
	平均値±標準偏差	最高記録	最低記録	平均値±標準偏差	最高記録	最低記録		
四種競技								
総合得点(点)	2574±120	2977	2421	2330±41	2420	2262	<.01	2.72
110mH(秒)	15.41±0.55	14.02	16.80	16.02±0.60	14.85	18.68	<.01	1.06
砲丸投(m)	11.36±1.29	15.44	8.54	10.21±1.30	14.75	6.73	<.01	0.89
走高跳(m)	1.73±0.09	1.98	1.50	1.66±0.08	1.88	1.46	<.01	0.82
400m(秒)	54.13±1.32	50.71	57.46	55.41±1.60	51.73	60.17	<.01	0.87
八種競技								
総合得点(点)	5358±189	5934	5127	5002±64	5123	4869	<.01	2.52
100m(秒)	11.34±0.23	10.88	12.03	11.51±0.21	11.01	12.08	<.01	0.77
走幅跳(m)	6.55±0.29	7.41	5.56	6.32±0.28	7.22	5.72	<.01	0.81
砲丸投(m)	10.62±1.11	13.82	8.17	9.85±1.00	12.96	7.66	<.01	0.73
400m(秒)	51.18±1.09	48.48	54.60	52.12±1.08	49.74	55.88	<.01	0.87
110mH(秒)	15.73±0.60	14.31	17.54	16.29±0.60	14.71	17.97	<.01	0.93
やり投(m)	45.39±5.39	59.39	26.50	42.27±6.10	56.02	21.25	<.01	0.54
走高跳(m)	1.79±0.09	2.07	1.60	1.74±0.10	2.01	1.50	<.01	0.53
1500m(秒)	282.19±9.74	253.22	320.8	287.60±10.38	263.85	316.36	<.01	0.54

最高記録は最も優れた記録を指す。すなわちトラック種目は最小値、フィールド種目および総合得点は最大値である。ES:効果量

表4 女子における上位群・非上位群の基本統計値

	上位群(n=150)			非上位群(n=150)			P	ES
	平均値±標準偏差	最高記録	最低記録	平均値±標準偏差	最高記録	最低記録		
四種競技								
総合得点(点)	2706±134	3098	2525	2457±40	2524	2393	<.01	2.52
100mH(秒)	15.09±0.50	13.92	16.40	15.60±0.48	14.55	17.36	<.01	1.04
走高跳(m)	1.52±0.07	1.69	1.33	1.46±0.08	1.62	1.29	<.01	0.80
砲丸投(m)	9.98±1.24	13.82	7.18	8.95±1.04	12.67	6.81	<.01	0.90
200m(秒)	27.10±0.62	25.51	29.14	27.78±0.67	26.19	29.69	<.01	1.05
七種競技								
総合得点(点)	4532±261	5346	4232	4090±72	4228	3974	<.01	2.31
100mH(秒)	15.16±0.64	13.95	17.39	15.88±0.61	14.33	17.77	<.01	1.15
走高跳(m)	1.55±0.08	1.73	1.35	1.48±0.08	1.67	1.30	<.01	0.88
砲丸投(m)	9.09±0.94	11.56	7.25	8.29±0.96	11.18	5.53	<.01	0.84
200m(秒)	26.67±0.65	25.37	29.50	27.15±0.62	25.78	28.75	<.01	0.74
走幅跳(m)	5.17±0.23	5.67	4.30	4.95±0.23	5.62	4.32	<.01	0.96
やり投(m)	32.18±5.95	50.92	18.36	28.53±4.97	44.82	16.10	<.01	0.67
800m(秒)	149.64±6.12	136.67	170.49	154.26±6.79	136.67	175.43	<.01	0.72

最高記録は最も優れた記録を指す。すなわちトラック種目は最小値、フィールド種目および総合得点は最大値である。ES:効果量

表5 総合得点と各種目得点との相関係数

男子	上位群	非上位群	女子	上位群	非上位群
四種競技			四種競技		
110mH	0.557**	0.153	100mH	0.562**	0.120
砲丸投	0.444**	0.142	走高跳	0.419**	0.102
走高跳	0.367**	0.088	砲丸投	0.517**	0.256**
400m	0.398**	0.220**	200m	0.423**	0.100
八種競技			七種競技		
100m	0.366**	0.148	100mH	0.604**	0.265**
走幅跳	0.442**	0.233**	走高跳	0.420**	0.159
砲丸投	0.230**	0.167*	砲丸投	0.419**	0.245**
400m	0.390**	0.214**	200m	0.507**	0.003
110mH	0.478**	0.024	走幅跳	0.533**	0.106
やり投	0.325**	0.237**	やり投	0.503**	0.172*
走高跳	0.465**	0.105	800m	0.375**	0.009
1500m	0.283**	0.146			

*p<0.05 **p<0.01

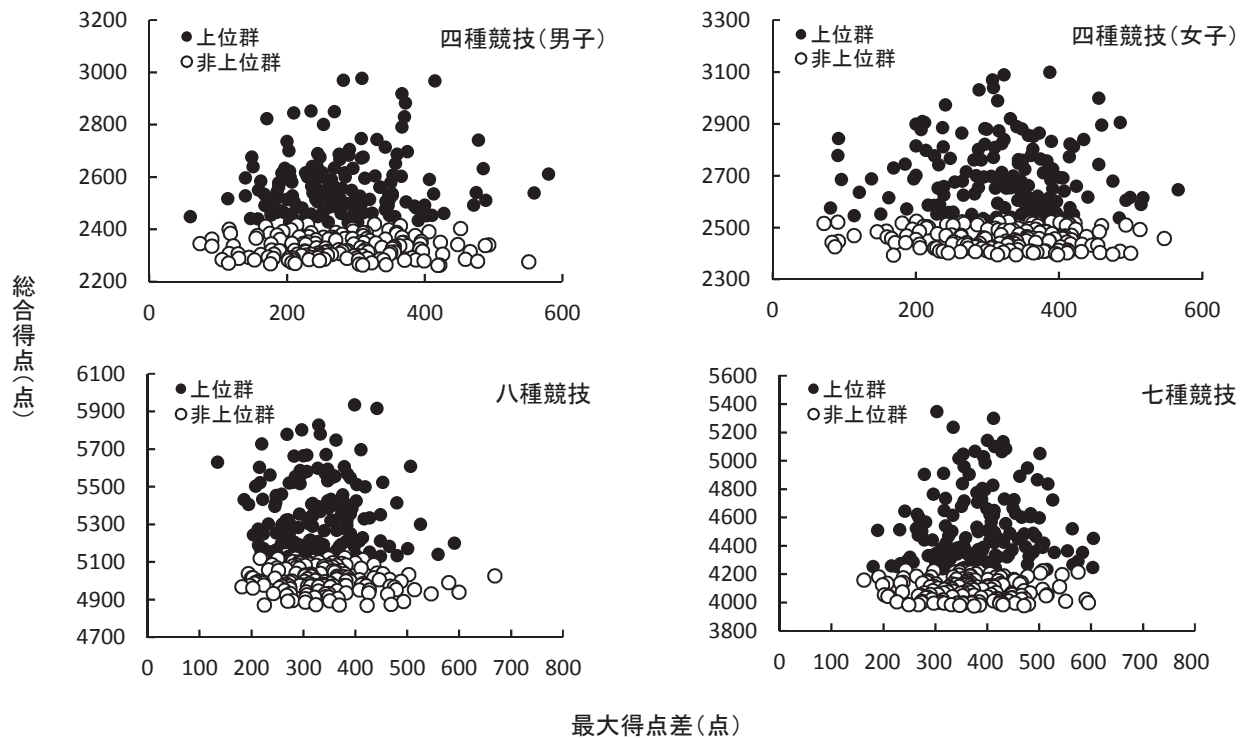


図1 総合得点と最大得点差との関係

329.7 ± 78.5 点, 非上位群は 338.6 ± 84.2 点 ($p=0.341$, $ES=0.11$), 七種競技においては, 上位群は 390.3 ± 87.6 点, 非上位群は 369.4 ± 85.8 点 ($p=0.038$, $ES=0.24$) で有意差は認められなかった。

4. 考察

表1から得点分布の割合の特徴を探ると, 男子四種競技は 2300 点台と 2400 点台との間に 16.4%, 女子四種競技は 2400 点台と 2500 点台との間に 16.7%, 八種競技は 5100 点台と 5200 点台との間に 8.3%, 七種競技は 4100 点台と 4200 点台との間に 6.7%と他よりも割合の変化が大きかった。比較的大きな差が生じた得点以上の選手の割合つまり男子四種競技で 2400 点以上は 52.6%, 女子四種競技で 2500 点以上は 59%, 八種競技で 5200 点以上は 36.4%, 七種競技で 4200 点以上は 54%であった。八種競技においては 36.4%と少ないものの他はおおよそ 50%であることから, 全国ランキング 50 位は一つの壁であると考えられる。したがって, 小林ほか (1990) で採用された全国ランキング 50 位以内そして本研究で用いた 3 年分収集したデータの上位 50%は, 全国上位者として区分できる一つの基準であると判断できるだろう。

4.1 混成競技の因子構造

因子構造をみてみると, すべての混成競技の第1因子には短距離走, ハードル, 走幅跳といったスプリント能力が求められる種目が分類された。実に構成種目の半分

にスプリント能力が要求される構造となっていることがわかる。四種競技においては砲丸投と走高跳は独立していると解釈できるため, 四種競技は, スプリント系の2種目, 跳躍1種目, 投てき1種目という構成であると言える。八種競技は第1因子のスプリント系種目の他に, 持久系種目 (1500m), 投てき種目 (砲丸投・やり投), 跳躍種目 (走高跳) に分類できる。七種競技も似たように, 第1因子のスプリント系種目の他に, 投てき種目 (砲丸投・やり投), 跳躍種目 (走高跳) に分類できる。走高跳と走幅跳は一般に跳躍種目に分類されるが, 互いの跳躍スタイルは全く異なる。走高跳は比較的低い速度で助走して跳躍し, 空中では背面跳びでもってバーをクリアする。一方で走幅跳は, 高い助走速度でもって跳躍するが, 跳躍距離には助走速度の影響が大きい (深代, 1990)。こういった特徴から, 走幅跳はスプリント系種目に分類されることになったと言える。女子の 800m が第1因子つまりスプリント系種目群に分類されたのは興味深い。10 名の世界チャンピオンのデータを分析した Gassmann et al. (2016) の研究では, 800m はどの因子にも属さなかったと報告されているが, 10 名から 200 のデータを収集して分析していたことからバイアスがかかっていた可能性が考えられる。種目間の相関行列から 800m と 200m および走幅跳との関係を見ると, 松林ほか (2012b) はそれぞれ $r=0.36$ および 0.25, 森ほか (2019) は $r=0.47$ および 0.56 と弱から中程度の相関関係があることを示しているため本研究の結果と近似する。七種競

技はスプリント能力に依存するため、基本的に短距離走が速く走れる選手が取り組んでいると思われる。日々のトレーニングにおける走り込みが 800m のパフォーマンスに好影響をもたらしている可能性が考えられるが、本研究ではトレーニングに関する調査はしていないのでこれ以上背景を探ることはできなかった。

4.2 混成競技のパフォーマンス分析

総合得点と各種目得点との関係を上位群と非上位群で比較したところ、男女四種競技、八種競技、七種競技において上位群では弱から中程度の相関関係が認められたことから、高いパフォーマンスの選手はすべての種目において優れている傾向にあると解釈できる。その中でもより影響の強い種目をいくつか確認できる。四種競技ではハードルと砲丸投が他の 2 種目よりも高い相関関係にあることから、全国のさらに上位を目指すためにはこれらの種目の向上が求められると言えそうだ。八種競技では、特に 110mH・走高跳・走幅跳の相関関係が高かった。これは、身長が高くハードルを得意とする選手が八種競技で好成績を残しているという繁田ほか（2002）の報告と一致する。身長が高いことは必然的に重心も高くなるため走高跳にも好影響をもたらす。技術レベルがあまり高くない可能性のある混成競技者だからこそ、より有利に働くのかもしれない。このように、スプリント能力だけでなく高身長もパフォーマンスに関係していると示唆される。七種競技は八種競技よりも全体的に高い相関関係を示している。その中でも特にハードル、走幅跳、200m の相関関係は高い。また、やり投の相関も比較的高いことは興味深い。関岡・尾縣（1989）によると、七種競技で最も得点差がつきやすいのは、走高跳とやり投としている。本研究では、両種目とも中程度の相関関係を示していたが、やり投の方がやや影響が強いと言えそうだ。

一方、非上位群では総合得点と各種目得点との相関関係は上位群に比べて全体的に小さかった。その背景を探るにあたって表 3 および表 4 をみると、非上位群の中には上位群に匹敵するくらいの最高記録を示す者がいるため、非上位群の選手は特定の得意種目によって高い総合得点を獲得しているように見えるかもしれない。しかし図 1 で最高得点と最低得点の差を見てみると、上位群と非上位群に差はない。これは、両群とも得意種目で高得点を獲得する者もいれば（つまり得点差が大きい）、全体的にバランスよく得点を獲得する者もいることを表している。しかし、各種目の平均得点に有意差があることから（表 3, 4）、非上位群は上位群に比べて全体的にパフォーマンスが低いと言える。つまり、得意種目で多くの得点を獲得して総合得点に反映させるのには限界があり、総合得点を高めるためには全体的にパフォーマンスを高める必要があると言える。

混成競技は、走・跳・投能力がバランスよく求められ

る構成になっているようにみえるが、スプリント能力は複数の種目のパフォーマンスに影響しており、アンバランスな構造になっている。加えて、得点配分のアンバランスも指摘されている。投てき種目および中距離走種目の得点は、短距離や跳躍種目に比べて低い傾向にある（松林ほか、2012a；2012b）。現在の採点表の作成にあたっての基準記録は不明であるが、男子の混成競技で 1000 点を獲得するにあたって、100m は 10.39 秒、走幅跳は 7m76、砲丸投は 18m40、110mH は 13.80 秒、円盤投は 56m18、1500m は 3 分 53 秒 79 である（World Athletics, 2001）。なお 2019 年の世界選手権において、砲丸投、円盤投、1500m で 900 点以上を獲得した選手はおらず、一方で走幅跳、110mH、棒高跳は入賞した選手の半数が 900 点以上を獲得していた（森ほか、2019）。このように、投てき種目や中距離種目での高得点獲得は難しい。さらに言えば、最後に実施される 400m や 1500m が得意な選手にとって、疲労した状態でこれらの種目に臨むことは公平でないという指摘もある（Cox and Dunn, 2002）。

5. 混成競技の強化および普及に向けた提案

十種競技や七種競技はスプリント能力に依存する構成であることを鑑みれば、シニアで活躍する混成競技選手をジュニア段階から育成・強化するに当たっては、現在の中学校での四種競技や高校での八種／七種は適しているのかもしれない。2019 年度日本ランキング 20 位以内の選手における中学および高校期の混成競技出場の有無をみると、十種競技で 9 名および 16 名、七種競技で 14 名および 20 名であった（<https://rikumaga.com/>）。男子の四種競技を除いては、中学および高校期の混成競技の経験がシニアにつながっていると言えそうだ。

一方、混成競技に取り組む選手は練習時間の不足を感じているようである（繁田ほか、2002, 2005）。学校教員の部活動負担の軽減や生徒の過剰な練習を抑制するガイドラインが示された現在では（スポーツ庁、2018）、ますます混成競技に取り組まなくなることが危惧される。このような背景から、構成する種目数を減らして取り組みやすくすることは競技人口拡大（普及）につながる可能性がある。中学では、2003 年以前のような三種競技の方が取り組みやすいかもしれない。以前実施されていた三種競技 A（100m・走高跳・砲丸投）は、本研究の因子分析の結果と照らし合わせても走・跳・投のバランスが良い構成であると言えそうだ。高校においては五種競技があれば取り組みやすいかもしれない。将来的に八種競技や七種競技につなげていこうとするならば、それらの総合得点と相関関係の高い走幅跳（男子）や、やり投（女子）を中学四種競技の種目に加えた構成にすると良いだろう。それを新人戦の種目に設定すれば、段階的に八種競技や七種競技に移行できるようになるかもしれない。さらに五種競技なら 1 日で終了させることが

できるため、単日で開催される記録会等に取り入れて出場機会を増やすことができる点もメリットとして挙げられる。

6. まとめ

本研究の目的は、中学および高校における混成競技の因子構造とパフォーマンス（総合得点）に影響する要因を明らかにすることであった。対象は2017～2019年度の中学四種競技および高校八種／七種競技において全国ランキング100位以内にランクインされたデータを用いた。因子分析の結果、すべての混成競技の第1因子には短距離走・ハードル・走幅跳といったスプリント能力が関連する種目が抽出された。それらで構成種目の半分を占めていたことから、混成競技はスプリント能力に依存する構成であった。総合得点と各種目パフォーマンスとの関係を見ると、上位群はすべての種目において総合得点と弱から中程度の相関関係を示した。一方で非上位群は、全体的に相関関係が小さかった。高い総合得点を獲得するためには、すべての種目のパフォーマンスを向上させることが不可欠である。

文献

Bilic, M., Smajlovic, N. and Balic, A. (2015) Contribution to discipline decathlon total score results in relation to decathlon age and result-level. *Acta Kinesiologica*, 9 (1): 66-69.

Cox, T.F. and Dunn, R.T. (2002) An analysis of decathlon data. *Journal of the Royal Statistical Society Series D*, 51 (2): 179-187.

Dawkins, B.P., Andreae, P.M. and O'Connor, P.M. (1994) Analysis of Olympic heptathlon data. *Journal of the American statistical association*, 89 (427): 1100-1106.

深代千之 (1990) 跳ぶ科学. 大修館書店：東京, pp.34-36.

Gassmann, F., Frohlich, M. and Emirich, E. (2016) Structural analysis of women's heptathlon. *Sports*, 4: 12.

Heazlewood, I.T. (2011) Factor structure of the women's heptathlon: applications of traditional factor analysis and structural equation modelling. *Theories & Applications the International Edition*, 1 (1): 114-125.

Kenny, I.C., Sprevak, D., Sharp, C. and Boreham, C. (2005) Determinants of success in the Olympic decathlon: some statistical evidence. 1 (1): 5.

小林敬和・水村信二・山本利春 (1990) 八種競技選手の競技成績に関する分析的研究. 日本体育学会第41回大会号, 639.

近藤亮介 (2019) 十種競技におけるパフォーマンス構造に基づくパフォーマンスタイプの判定. 体育学研究, 64 : 587-601.

Linden, M. (1977) Factor analytical study of Olympic decathlon data. *Research Quarterly*, 48 (3): 562-568.

松林武生・持田 尚・本田 陽・松田克彦 (2012a) 陸上競技・混成競技のパフォーマンス分析. *トレーニング科学*, 24 (1) : 27-35.

松林武生・持田 尚・本田 陽・松田克彦 (2012b) 七種競技の走幅跳パフォーマンス分析. *陸上競技研究紀要*, 8 : 73-78.

森 健一・松林武生・村山凌一 (2019) 世界選手権ドーハ大会における競技パフォーマンス分析—競技達成率と得点分布からみる混成競技の動向—. *陸上競技研究紀要*, 15 : 59-65.

村山凌一・伊藤明子・山元康平・大山下圭吾・木越清信・尾縣 貢 (2018) 得点分析にもとづく女子七種競技者のアセスメントのための基準値の作成. *陸上競技研究紀要*, 14 : 36-47.

小野寺孝義・菱村 豊 (2005) 文科系学生のための新統計学. ナカニシヤ出版：京都.

Park, J. and Zatsiorsky, V.M. (2011) Multivariate statistical analysis of decathlon performance results in Olympic athletes (1988-2008). *International Scholarly and Research & Innovation*, 5 (5): 779-782.

Pavlic, R. and Idrizovic, K. (2017) Factor analysis world record holders in athletic decathlon. *Sports Science*, 10 (1): 109-116.

関岡康雄・尾縣 貢 (1989) 混成競技. ベースボールマガジン社：東京.

繁田 進・有吉正博・大城戸靖雄・上野祐紀子 (2002) 高校混成競技者のトレーニングおよび意識に関する調査研究. *陸上競技紀要*, 15 : 96-102.

繁田 進・有吉正博・上野祐紀子・西中友季子 (2005) 中学四種競技者のトレーニングおよび意識についての調査研究—全国大会レベル競技者の場合—. *陸上競技研究紀要*, 1 : 45-51.

清水裕士・莊島宏二郎 (2017) 社会心理学のための統計学. 誠信書房：東京.

スポーツ庁 (2018) 部活動の在り方に関する総合的なガイドライン.
https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/shingi/013_index/toushin/_icsFiles/fieldfile/2018/03/19/1402624_1.pdf
 (参照日：2021年7月5日)

Wimmer, V., Fenske, N., Pyrka, P. and Fahrmeir, L. (2011) Exploring competition performance in decathlon using semi-parametric latent variable models. *Journal of quantitative analysis in sports*. 7 (4): 6.

Wolf, A., Ansley, L. and Bidgood, P. (2007) Grouping of decathlon disciplines. *Journal of quantitative analysis in sports*, 3 (4): 5.

World Athletics (2001) IAAF Scoring Tables for Combined

Events.

https://www.athle.fr/pdf/docffa/IAAF_TablesCombined_Events.pdf (World Athletics は、2019 年 11 月 11 日に

International Association of Athletics Federation から名称変更)

投擲記録とハンマー投競技者のターン動作における 下肢動作のキネマティクス変数との関係性

藤井宏明¹⁾，大山卞圭悟²⁾，藤井範久²⁾

Relationships between the throwing records and kinematic variables of lower limbs movements
in hammer thrower during turn phase

Hiroaki FUJII¹⁾, Keigo OHYAMA BYUN²⁾, Norihisa FUJII²⁾

Abstract

The purpose of this study was to investigate the relationships between the throwing records and kinematic variables of lower limbs movements in hammer thrower during turn phase and to clarify the characteristics of the lower limbs motion of high-record thrower. Forty-four male throwers (throwing record: 80.50-44.17m) participated in the study as subjects. The throwing motions were videotaped on high-speed VTR cameras (250-300 fps), and three-dimensional coordinates were calculated using a DLT method. The kinematic parameters of the lower limbs and trunk were calculated, and the correlations between the throwing record and each kinematic parameter were examined. The main results were as follows: (1) The higher record of thrower, the smaller the range of right ankle plantar flexion motion during Double Support Phase (DSP). In addition, the higher the average hip rotation velocity, the smaller the range of the right knee flexion motion during DSP. (2) The range of left lower limb motion during DSP rarely had a significant correlation with the throwing records. (3) The higher record of thrower, the more left thigh and left shank were tilted forward at right foot contact during 1st and 2nd turn out of 4 turns. In the right limb it is considered that the knee joint flexion movement and the ankle joint plantar flexion motion were reduced to correspond to the high-speed turn during DSP. In addition, tilting the left thigh and shank during Single Support Phase (SSP), it is possible to shorten the time required for the time of SSP and increase the acceleration distance of the hammer head in the phase from the high point to low point.

キーワード：ターン動作，右膝関節屈曲動作，右足関節底屈動作

I. 緒 言

ハンマーヘッドスピードの増加は，主にターン動作中の両脚支持局面（Double Support Phase，以下 DSP と略す）に生じることが報告されている（Dapena, 1984, 池上ら，1994）．DSP は競技者の回転の勢いを獲得する局面でもある（Dapena and McDonald, 1989）．ターン動作中のハンマーヘッドスピード増加について，藤井ほか（2020）は，投擲記録の高い競技者ほど，ハンマーヘッ

ド速度ベクトルを接線方向，ハンマーヘッドから瞬間回転中心への方向を法線方向とした座標系における接線方向のハンドル速度が高かったことを報告し，この接線方向のハンドル速度は主に身体の鉛直軸まわりの回転動作によって獲得されていたことも報告している．さらに，藤井ほか（2021）は，投擲記録の高い競技者ほど DSP における水平面上の身体（肩および腰）の回転スピードが高かったことを報告している．これらのことから，ハンマー投の競技記録向上においては，ターン動作中における身体の回転スピードを高める必要があるといえよう．

身体の回転スピードを獲得するためには，左右の下肢で地面反力を獲得し，身体を回転させる力のモーメントを獲得する必要がある．Dapena and McDonald（1989）は，右投げのハンマー投のターン動作中に鉛直軸まわりの正の角運動量（上方からみて反時計回り）を獲得していたことを報告している．さらに，ハンマーと身体の合成重心まわりの角運動量の変化量は地面反力によって生じたトルク（力のモーメント）の結果であると述べている．また，Murofushi et al.（2007）はターン動作中の地面反力を測定し，左右の脚で発揮される地面反力によって身体を回転させる力のモーメントを獲得していたことを報告している．これらのことから，競技力向上のためにターン動作中の下肢関節の力発揮や下肢の動作技術が身体の回転スピードに及ぼす影響を検討する必要があると考えられる．

指導書において，ターン動作中の下肢動作の技術については，投射直前までその膝関節の角度や脚と胴体との角度を維持しておかなければならないこと（室伏，1994），ハンマーがローポイントを通過すると同時に地

1) 帝京大学 Department of Judo Therapy, Teikyo University Faculty of Medical Technology
〒320-8551 栃木県宇都宮市豊郷台 1-1

2) 筑波大学体育系 Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1

面に接地しながら鉛直軸まわりに回転していた左下肢の回転を止めることにより、上半身の捻りを速く戻すこと（室伏，1994），投射時に膝関節の急速な伸展によって地面から大きな反発を得ること（室伏，1994），右足は軸脚に近づけて巻き込むように素早く回すこと（尾縣，1990）などが指摘されている．一方，ハンマー投のバイオメカニクスの研究については，ターン動作中における身体動作のキネマティクスについて複数の報告がある（池上ほか，1994；藤井ほか，2008；田内と藤井 2009；藤井ほか，2010；藤井ほか，2020；藤井ほか 2021；岡本 ほか，2005；Otto, 1991; Gutierrez-Davila and Rojas-Ruiz, 2005）．その中でも，ターン動作における下肢の動きに着目した研究は，世界一流選手の膝関節の動きについて報告したもの（岡本ほか，2005; Otto, 1991），ターン動作中の下肢の筋活動（碓井ほか，2000）が挙げられる．しかしながら，ターン動作中の下肢関節のキネマティクスを詳細に検討した研究や様々な投擲記録の競技者を対象にした研究は見当たらない．これらのことから，ハンマーヘッド加速局面における下肢の動作について詳細に検討することで，指導書でも未だ指摘されていないハンマーヘッド加速に有効な下肢の動作技術を明らかにすることができる可能性がある．さらに，坂東ほか(2006)は，投擲記録の高い競技者は高い速度条件下でハンマーヘッド速度を加速することのできる能力（体力と技術）がある可能性を示唆している．このことから，競技力の高い競技者と低い競技者を含めてターン動作中の下肢の動作を検討し，高速回転運動に対応した加速技術の特徴を明らかにすることは，高いレベルで競技力向上を目指す指導者および競技者にとって有用な情報となると考えられる．

そこで，本研究の目的は，投擲記録と下肢関節キネマティクス変数との関係性を検討することによって，投擲記録の高い競技者のハンマー加速過程における下肢動作の特徴を明らかにすることであった．

II. 方 法

1. 対象者およびデータ収集

対象者は，ハンマー投を専門とする男子競技者 44 名（投擲記録：80.50 – 44.17m 4 回転投法）であった．分析対象者には，世界選手権大会優勝者やオリンピック優勝者などの世界一流競技者（計 15 名），日本選手権大会上位入賞者や日本学生選手権大会優勝者などの日本一流競技者や日本学生一流競技者（計 13 名）が含まれていた．投擲動作は，2007 年度から 2015 年度の競技会，競技会と同様の条件下での実験試技において，全力で正規重量のハンマーを用いた投擲を 3 ～ 6 投行った試技である．なお，競技会と同様の条件下での実験試技においては，「自己記録をねらう」ように指示した．競技会においては，競技会主催者から許可を得た上で撮影を行った．本研究

で用いた VTR 画像の一部は（財）日本陸上競技連盟科学委員会によって撮影されたものも含まれている．また，競技会と同様の条件下での実験試技に関しては対象者に研究目的，実験内容や起こりうる危険性などを書面および口頭で十分に説明し，安全面に十分配慮し遂行することを条件に実験参加への同意を得た．投擲試技の撮影には，ハイスピードカメラ（2007 年度から 2008 年度は HSV-500C³（撮影スピード毎秒 250 コマ，露出時間 1/2000 秒，NAC 社製）を 2 台，2009 年度から 2015 年度は Exlim EX-F1（撮影スピード毎秒 300 コマ，露出時間 1/2000，CASIO 社製）を 2～3 台）を用いた．なお，競技会に参加した 3 回転投法の競技者は除外し，4 回転投法を用いる対象者の最も記録の良い試技を分析試技とした．

VTR 画像を Frame Dias IV（DKH 社製）を用いて 1 コマおきに手動デジタイズし，身体分析点 23 点およびハンマーヘッド 1 点の 2 次元座標値を得た．キャリブレーションボールの座標値からカメラごとに DLT 定数を算出し，DLT 法（Abdel-Aziz and Karara, 1971）を用いて分析点の 3 次元座標値を算出した．サークルの中心に右手座標系を設定し，X 方向を投擲方向に対し直交する方向，Y 方向を投擲方向，Z 方向を鉛直方向とした．なお，撮影を複数回に分けて行っており，標準誤差の最小値と最大値は X 軸：0.005m – 0.009m，Y 軸：0.007m – 0.009m，Z：0.007m – 0.011m であった．そして，残差分析法（Winter, 2004）を用いて，分析点の座標成分ごとの最適遮断周波数（4.6 – 7.8Hz）を決定し，Butterworth low-pass digital filter を用いて平滑化を行った．なお，上方からみて時計まわりへ回転する左投げ競技者については，X 座標値の正負を反転することで，右投げ対象者と同様に反時計まわりに回転する対象者として扱った．

2. 算出項目

2.1 分析区間および動作区分点

本研究では，スイング終了時点（右足離地）からハンマーが手から離れた時点（リリース時点）までをターン動作局面と定義し，分析対象区間とした（Fig.1）．右足が離地した時点を Roff，右足が接地した時点を Ron とした．片脚支持局面（Single Support Phase，以下 SSP と略す）は右足が離地してから接地するまでの局面，DSP は右足が接地してから離地するまでの局面とし，SSP と DSP を合わせた局面を 1 回転とした．なお，ハンマーヘッドの鉛直座標値が極大となる 4 回の時点（High point）を HP1，HP2，HP3，HP4 とし，ハイポイント後にハンマーヘッドの鉛直座標値が極小となる 4 回の時点（Low point）を LP1，LP2，LP3，LP4 と定義した．

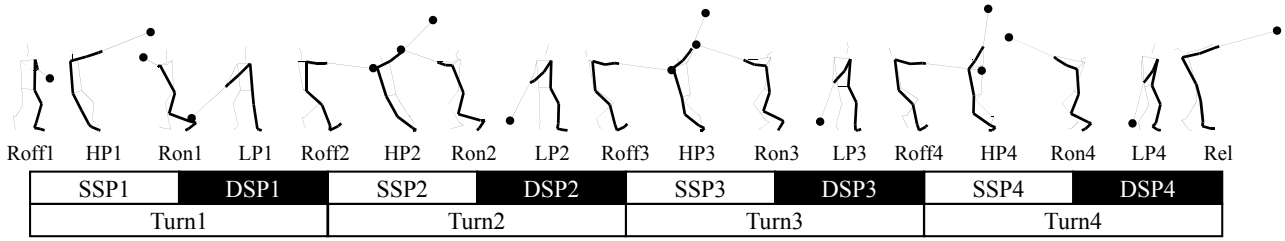


Fig.1 Definition of turn phases

2.2 下肢のキネマティクス変数の算出について

2.2.1 体幹座標系および下胴座標系

Fig.2 に体幹座標系および下胴座標系の定義を示した。左右の股関節中心を結んだ線分の中点（以下、両股関節中点）を原点とし、原点から左右の肩関節中心を結んだ線分の中点（以下、両肩関節中点）に向かうベクトルを Z_t とした。 Z_t と左股関節中心から右股関節中心に向かうベクトル X'_t との外積により Y_t を算出、 Y_t と Z_t の外積により X_t を算出し、 X_t 、 Y_t 、 Z_t からなる移動座標系を体幹座標系と定義した (Fig.2a)。

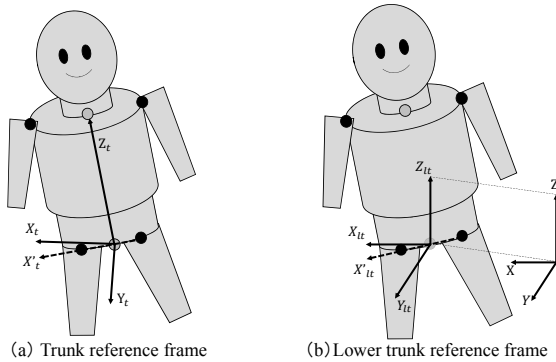


Fig.2 Definition of reference frame

Fig.2b に下胴座標系の定義を示した。両股関節中点を原点とし、静止座標系の Z 方向の単位ベクトルを Z_{it} とした。左股関節中心から右股関節中心に向かうベクトル X'_{it} と Z_{it} の外積により Y_{it} を算出、 Y_{it} と Z_{it} の外積により X_{it} を算出し、 X_{it} 、 Y_{it} 、 Z_{it} からなる移動座標系を下胴座標系として定義した。

2.2.2 左股関節伸展屈曲角度および右股関節伸展屈曲角度

体幹座標系の Y_tZ_t 平面に左股関節中心から左膝関節中心に向かうベクトルを投影し、 Z_t とのなす角を左股関節伸展屈曲角度とした (Fig.3a)。同様に、体幹座標系の Y_tZ_t 平面に右股関節中心から右膝関節中心に向かうベクトルを投影し、 Z_t とのなす角を右股関節伸展屈曲角度とした。なお、角度の増大は股関節の屈曲、角度の減少は股関節の伸展を示す。

2.2.3 左股関節内外転角度および右股関節内外転角度

体幹座標系の X_tZ_t 平面に左股関節中心から左膝関節中心に向かうベクトルを投影し、 Z_t とのなす角を左股関節内外転角度とした (Fig.3b)。同様に、体幹座標系の X_tZ_t 平面に右股関節中心から右膝関節中心に向かうベク

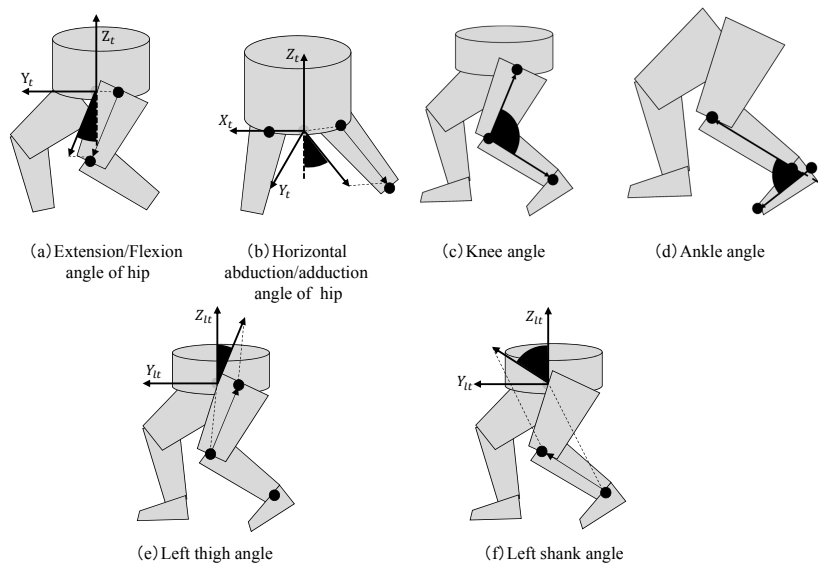


Fig.3 Angle definitions

トルを投影し、 Z_t とのなす角を右股関節内外転角度とした。なお、角度の増大は股関節の外転、角度の減少は股関節の内転を示す。

2.2.4 左膝関節伸展屈曲角度および右膝関節伸展屈曲角度

左膝関節伸展屈曲角度は左大腿部と左下腿部がなす角、右膝関節伸展屈曲角度は右大腿部と右下腿部がなす角とした (Fig.3c)。なお、角度の増大は膝関節の伸展、角度の減少は膝関節の屈曲を示す。

2.2.5 左足関節底背屈角度および右足関節底背屈角度

左足関節底背屈角度は左足部と左下腿部がなす角、右足関節底背屈角度は右足部と右下腿部がなす角とした (Fig.3d)。なお、角度の増大は足関節の底屈、角度の減少は足関節の背屈を示す。

2.2.6 左大腿前後傾角度および左下腿前後傾角度

下胴座標系の $Y_{tt}Z_{tt}$ 平面に左膝関節中心から左股関節中心を結ぶ線分を投影し、 Z_{tt} とのなす角を左大腿前後傾角度とした (Fig.3e)。また、下胴座標系の $Y_{tt}Z_{tt}$ 平面に左足関節中心から左膝関節中心を結ぶ線分を投影し、 Z_{tt} とのなす角を左下腿前後傾角度とした (Fig.3f)。 Z_{tt} と平行の場合を 0° とし、鉛直軸よりも前傾した場合には正の角度、後傾した場合に負の角度とした。

2.2.7 腰回転角速度

左股関節中心から右股関節中心を結ぶベクトルを静止座標系の XY 平面に投影し、 X 方向となす角を腰の回転角度とした (藤井ほか, 2021)。なお、右投げ競技者の回転方向である反時計まわりを正の値とした。さらに、算出した腰の回転角度を時間微分することで、腰回転角速度を算出した。そして、各ターンの DSP および SSP における腰回転角速度の平均値 (以下、腰回転角速度平均値) および DSP における腰回転角速度の増加量を算出した。

3. 時間の規格化

時系列データについては、1 ターンにおける 4 局面 (Roff - HP, HP - Ron, Ron - LP, LP - Roff) の時間をそれぞれ 25% とし、1 ターンを 100% と定義した。さらに、分析区間 (4 ターン) のデータを、3 次スプライン関数を用いた内挿補間を行うことで時間の規格化 (400%) を行った。なお、本研究の時系列データのグラフは、横軸は規格化時間、縦軸は算出したハンマーおよび身体のカネマティクス変数であり、全対象者の平均値 $\pm$ 標準偏差で示した。

4. 統計処理

本研究では、各動作イベントにおける投擲記録と左右下肢のカネマティクスとの関係性を検討するため、ピアソンの積率相関係数を算出した。なお、危険率は 5% とした。

III. 結果

1. ターン動作中における右下肢のカネマティクス変数

Fig.4 にターン動作中の右下肢関節角度を示した。右股関節伸展屈曲角度は、各ターンの Roff - HP で値が増加 (屈曲) し、HP - Roff で値が減少 (伸展) していた (Fig.4a)。右股関節内外転角度は、各ターンの SSP で値が増加 (外転) し、DSP で値が減少 (内転) していた (Fig.4b)。右膝関節伸展屈曲角度は、SSP で増加 (伸展) し、DSP4 を除く DSP で減少 (屈曲) していた (Fig.4c)。右足関節底背屈角度は、各ターンの DSP 後半 (LP - Roff) において値が増加 (底屈) していた (Fig.4d)。

Table1 に、投擲記録と各動作イベントにおける右下肢のカネマティクス変数との相関関係を示した。右股関節伸展屈曲角度は、LP1 のみ投擲記録と有意な負の相関関係が認められた。右股関節内外転角度は Roff2, Roff3, Roff4, LP4, Rel において投擲記録と有意な負の相関関係が認められた。右膝関節伸展屈曲角度は、Ron2, Ron4 および LP4 で投擲記録と有意な負の相関関係が認められた。右足関節底背屈角度は、Ron1, Roff2, Roff3 において投擲記録と有意な負の相関関係が認められた。また、LP2, LP3 および Ron4 においては投擲記録と有意な正の相関関係が認められた。

Table 2 に、投擲記録と DSP における右股関節伸展角度変化量、右股関節内転角度変化量、右膝関節屈曲角度変化量および右足関節底屈角度変化量との相関関係を示した。その結果、投擲記録と DSP における右足関節底屈角度変化量との間に DSP2, DSP3, DSP4 において負の相関関係が認められた。

Table 3 に、DSP における腰回転角速度平均値と右膝関節屈曲角度変化量との相関関係を示した。DSP1, DSP2 および DSP3 において負の相関関係が認められた。

Table 4 に、DSP における腰回転角速度増加量と右股関節内転角度変化量との相関関係を示した。DSP1 および DSP2 において正の相関関係が認められた。

2. ターン動作中における左下肢のカネマティクス変数

Fig.5 に、ターン動作中の左下肢関節角度を示した。左股関節伸展屈曲角度は、各ターンにおいて LP - HP で減少 (伸展)、HP - LP で増加 (屈曲した) していた (Fig.5a)。左股関節内外転角度は、ターン動作中 HP - LP で値が増加 (外転) し、LP - HP で値が減少 (内転) していた (Fig.5b)。左膝関節伸展屈曲角度は、各ターンの SSP で減少 (屈曲) し、DSP で増加 (伸展) して

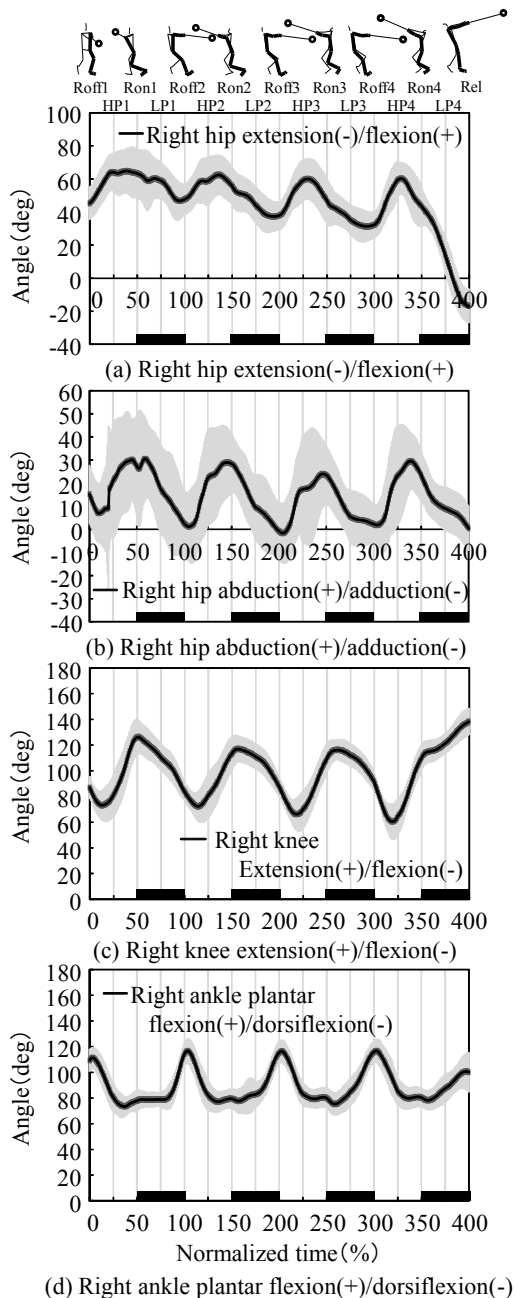


Fig.4 Angle of right leg joints during turn phase

いた (Fig.5c). 左足関節底背屈角度は, Turn 1 および DSP4 を除いてほぼ一定の値を示していた (Fig.5d).

Table 5 に, 投擲記録と各イベントにおける左下肢のキネマティクス変数との相関関係を示した. 左股関節伸展屈曲角度について, 投擲記録と4つのイベントの角度との間の相関関係について, HP1, Ron1, LP1, Ron2, LP2, Roff3 とターン前半において, 投擲記録と有意な負の相関関係が認められた. 左股関節内外転角度は, Rel のみ投擲記録と正の相関関係が認められた. 左膝関節伸展屈曲角度は, 投擲記録と Ron1 は正の相関関係, HP2 および HP3 は負の相関関係が認められた. 左足関節底背屈角度は, Rel のみ投擲記録と負の相関関係が認められた.

Table 6 に, 投擲記録と DSP における左股関節屈曲角度変化量, 左股関節伸展角度変化量および左膝関節伸展角度変化量との相関関係を示した. 投擲記録と DSP1 における左股関節屈曲角度変化量との間に正の相関関係が認められた. また, 投擲記録と DSP1 における左膝関節伸展角度変化量との間に負の相関関係が認められた.

Table 7 に腰回転角速度増加量と DSP 中における左股関節外転動作範囲との関係性を示した. DSP1 および DSP3 において有意な相関関係が認められた.

Fig.6 に, ターン動作中の左大腿前後傾角度および左下腿前後傾角度を示した. 左大腿前後傾角度 (Fig.6a) および左下腿前後傾角度 (Fig.6b) は, SSP で増加 (前傾) し, DSP で減少 (後傾) していた. なお, 投擲記録と左大腿前後傾角度との間には, HP1, Ron1, Ron2, Roff3 において正の相関関係が認められた (Table 5). 投擲記録と左下腿前後傾角度との間には, Roff2, HP2, Ron2, Roff3 において正の相関関係が認められた (Table 5).

3. 投擲記録と SSP の所要時間および腰回転角速度平均値との関係性

Table 8 に, 投擲記録と各ターンの SSP 所要時間との相関関係を示した. 全ての SSP において投擲記録と負の相関関係が認められた.

また, Table 9 に投擲記録と SSP における腰回転角速度平均値との相関関係を示した. 全ての SSP において投擲記録と正の相関関係が認められた.

Table 1 Correlation coefficient between record and right leg joints kinematics parameter at each event

	Roff1	HP1	Ron1	LP1	Roff2	HP2	Ron2	LP2	Roff3	HP3	Ron3	LP3	Roff4	HP4	Ron4	LP4	Rel
Extention/Flexion angle of Right hip	0.064	0.029	-0.224	-0.419 *	-0.250	0.208	-0.175	-0.222	0.040	0.046	-0.271	-0.126	0.120	-0.073	-0.121	0.041	0.192
Abduction/Adduction angle of Right hip	-0.132	-0.008	0.010	0.019	-0.334 *	0.247	0.100	-0.203	-0.354 *	0.140	-0.168	-0.265	-0.426 *	0.148	0.006	-0.305 *	-0.299 *
Extension/flexion angle of Right knee	0.215	0.189	-0.068	-0.090	-0.069	-0.030	-0.414 *	-0.290	-0.114	-0.116	-0.265	-0.232	0.024	-0.050	-0.307 *	-0.301 *	-0.169
Extension/flexion angle of Right ankle	-0.279	-0.131	-0.316 *	0.202	-0.302 *	0.098	0.109	0.421 *	-0.457 *	0.093	0.283	0.350 *	-0.288	0.055	0.313 *	0.268	-0.157

*a significance level is set at a risk rate of 5% or less.

Table 2 Correlation coefficient between record and angular displacement of right leg joint during DSP.

		Average value (deg)	Correlation coefficient Vs record
Displacement of right hip joint extension	DSP1	15.64+17.10	-0.180
	DSP2	18.10±12.67	-0.183
	DSP3	18.10±14.72	-0.321 *
	DSP4	60.44±15.08	-0.232
Displacement of right hip joint adduction	DSP1	38.08+19.06	0.261
	DSP2	33.93±15.93	0.312 *
	DSP3	24.27±11.28	0.010
	DSP4	25.34±11.40	0.143
Displacement of right knee joint flexion	DSP1	-42.26+12.62	-0.034
	DSP2	-25.61±14.89	-0.320 *
	DSP3	-17.05±13.70	-0.248
	DSP4	28.70±13.11	-0.121
Displacement of Right ankle joint plantar flexion	DSP1	36.24+ 9.87	-0.011
	DSP2	35.65± 9.82	-0.505 *
	DSP3	35.59±11.61	-0.410 *
	DSP4	19.65±15.90	-0.298 *

*: a significance level is set at a risk rate of 5% or less.

Table 3 Correlation coefficient between hip rotation angular velocity during DSP and angular displacement of right knee joint flexion during DSP.

	Correlation coefficient
DSP1	-0.355 *
DSP2	-0.533 *
DSP3	-0.544 *
DSP4	-0.248

*: a significance level is set at a risk rate of 5% or less.

Table 4 Correlation coefficient between increase of hip rotation velocity and angular displacement of right hip adduction during DSP.

	Correlation coefficient
DSP1	0.421 *
DSP2	0.298 *
DSP3	0.287
DSP4	0.011

*: a significance level is set at a risk rate of 5% or less.

IV. 考 察

1. 投擲記録と右下肢キネマティクス変数との関係性について

DSP における右股関節伸展屈曲角度変化に着目すると、股関節は伸展動作を行っていた (Fig.4a). 次に、右膝関節伸展屈曲角度は Ron 付近で最大伸展位を示し、その後右足離地 (Roff) に向けて屈曲していた (Fig.4c). これらのことから、競技者は DSP において右膝関節の屈曲を伴いながら、主に右股関節伸展動作を行っていたといえる。また、右足関節底背屈角度は HP から LP までは約 80 度で角度が維持された後、LP - Roff で右足関節の底屈動作が行われていた (Fig.4d). 加えて、投擲記録と DSP2, DSP3, DSP4 における右足関節底屈角度変化量との間に負の相関関係が認められた (Table 2). つまり、投擲記録の高い競技者ほど、LP - Roff における右足関節の底屈動作が小さかったことを示している。短距離走の下肢動作について、伊藤ほか (1998) は股関節

伸展速度を効果的に脚全体のスイング速度に転換し、効率よいキック動作を行うためには、膝関節の伸展や足関節の底屈動作が少ないキック動作を行うことが重要であることを報告している。また、伊藤 (1998) は、足関節の役割は股関節伸筋群によって発揮されたキック力をそのまま地面に伝達することであり、足関節を固定させ、あそびをなくすことによって短い接地局面に対応していたと考察している。本研究でも同様に、競技者の右下肢は DSP において主に股関節伸展動作を行っており、投擲記録の高い競技者ほど LP - Roff における右足関節底屈動作が小さいという特徴を示した。さらに、ハンマー投においても、DSP の所要時間は投擲記録の高い競技者ほど短く (広瀬ほか, 2016), DSP における肩および腰の回転速度平均値が高い (藤井ほか, 2021) ことが報告されている。これらのことから、ハンマー投の DSP においても、投擲記録の高い競技者ほど短い時間で力発揮を行う必要性があり、DSP 中の右足関節底屈角度変化量を小さくして、高速回転下でのターン動作を可能に

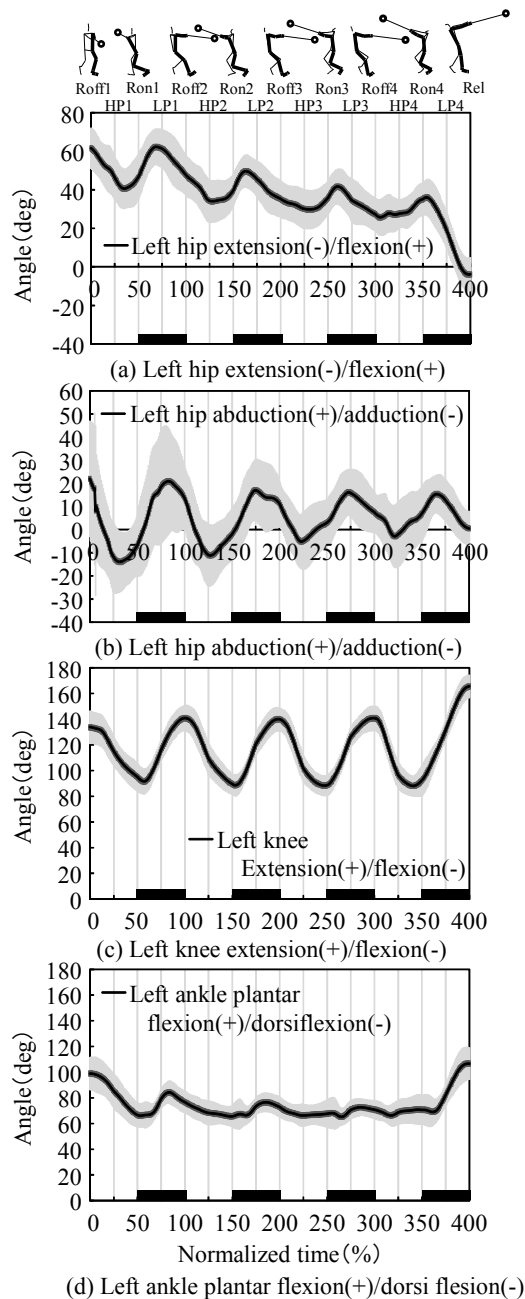


Fig.5 Angle of left leg joints during turn phase

していたと推察される。

投擲記録と相関関係はみられなかったものの、DSPの腰回転角速度平均値が高い競技者ほど、DSP1、DSP2およびDSP3で右膝関節屈曲角度変化量が小さかった (Table 3)。藤井ほか (2021) は、投擲記録の高い競技者ほど DSP の腰回転角速度平均値が高かったことを報告しており、このことも DSP における投擲記録の高い競技者の下肢動作の特徴と捉えることができよう。これらのことから、ハンマー投のターン動作中において投擲記録の高い競技者は、DSP において右膝関節の屈曲、右足関節の底屈を抑えた股関節主導の脚のスイング動作を行うことで、高速回転下でのターン動作を可能にしていたと推察される。

右股関節内外転角度は、DSP において内転方向へ変化していた (Fig.4b)。また、投擲記録の高い競技者ほど Roff2、Roff3、Roff4 においてより内転位であった (Table 1)。Murofushi et al. (2007) は、鉛直軸まわりに身体を回転させる力のモーメントの生成について、主に右足によって獲得された地面反力の貢献が大きかったことを報告している。そこで、DSP 中の腰回転角速度増加量と右股関節内転角度変化量との関係性について検討すると、腰回転角速度増加量が多い競技者ほど、DSP1 および DSP2 において、右股関節内転角度変化量が大きかった (Table 4)。右股関節の内転動作は、競技者の右下肢を回転方向へ向ける動作となることから、水平面上における地面反力の向きや大きさに影響している可能性がある。これらのことから、DSP (Ron - Roff) における右股関節の内転動作は、DSP の地面反力の水平成分の向きを変化させ、右脚による身体を回転させる力のモーメントの獲得に寄与し、DSP 中の身体の回転スピードを大きくすることに関係していた可能性がある。しかしながら、本研究では地面反力の測定を行っておらず、検討することは困難である。このことについて検討するためには地面反力の測定を行い、水平面上における地面反力の獲得に対する右下肢動作との関係性について検討する必要があると考えられる。さらに、金子 (1988) や尾縣 (1990) は、ターン動作の観察ポイントとして、SSP において、送り足 (右足) を、軸足 (左足) に絡ませるように送っているかどうかを観察することが大事で

Table 5 Correlation coefficient between record and left leg joints kinematics parameter at each event

	Roff1	HP1	Ron1	LP1	Roff2	HP2	Ron2	LP2	Roff3	HP3	Ron3	LP3	Roff4	HP4	Ron4	LP4	Rel
Extension/Flexion angle of Left hip	-0.124	-0.500*	-0.602*	-0.320*	-0.187	-0.184	-0.462*	-0.394*	-0.333*	-0.164	-0.277	-0.295	-0.245	0.030	-0.105	-0.136	0.069
Abduction/Adduction angle of Left hip	-0.081	0.116	-0.096	-0.026	0.227	0.137	-0.047	-0.092	0.262	0.216	0.020	-0.141	-0.023	-0.042	-0.264	0.104	0.351*
Extension/Flexion angle of Left knee	0.248	0.102	0.401*	0.192	-0.225	-0.361*	-0.057	0.218	-0.151	-0.324*	0.136	0.240	0.064	-0.221	0.134	-0.076	-0.119
Extension/Flexion angle of Left ankle	0.168	-0.014	0.163	0.162	0.051	-0.247	0.245	-0.025	-0.263	-0.032	0.246	-0.099	-0.215	-0.226	0.250	-0.289	-0.324*
Left thigh angle	0.289	0.509*	0.612*	-0.068	0.081	0.122	0.410*	0.294	0.354*	0.012	0.260	0.276	0.245	-0.209	0.060	0.256	-0.041
Left shank angle	-0.140	0.261	0.169	-0.183	0.371*	0.428*	0.306*	-0.146	0.393*	0.243	-0.071	0.007	0.219	0.049	-0.066	0.210	-0.263

*a significance level is set at a risk rate of 5% or less.

Table 6 Correlation coefficient between record and angular displacement of left leg joint during DSP.

		Average value(deg)	Correlation coefficient vs record
Displacement of left hip joint flexion	DSP1	19.04+10.46	0.371 *
	DSP2	12.65± 8.49	0.265
	DSP3	8.44± 6.35	0.210
	DSP4	3.17± 3.95	0.064
Displacement of left hip joint extension	DSP1	18.11+ 8.94	-0.151
	DSP2	16.98± 7.15	0.218
	DSP3	17.05± 8.73	0.116
	DSP4	42.14±11.36	-0.108
Displacement of left knee joint extension	DSP1	45.86+12.56	-0.526 *
	DSP2	50.37±10.22	-0.086
	DSP3	52.20±11.50	-0.043
	DSP4	73.29±14.64	-0.182

*: a significance level is set at a risk rate of 5% or less.

Table 7 Correlation coefficient between increase of hip rotation velocity and angular displacement of left hip joint abduction duiring DSP.

		Average value(deg)	Correlation coefficient vs increase of hip rotation angular velocity
Displacement of left hip joint abduction	DSP1	40.40±22.89	0.463 *
	DSP2	27.69±17.03	0.153
	DSP3	19.05±11.97	0.530 *
	DSP4	13.11±10.15	0.156

*: a significance level is set at a risk rate of 5% or less.

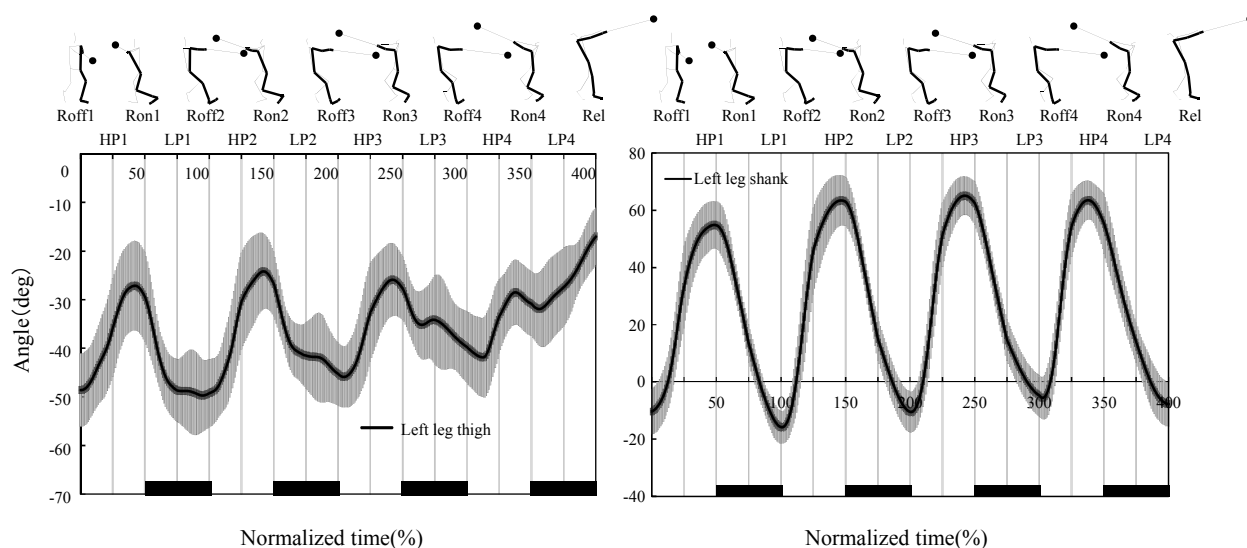


Fig.6 Left thigh angle and left shank angle during turn phase

あると指摘している。一般的に、軸脚の膝（左膝）と右膝をより近づけることで、右脚が回転軸よりも遠回りしないようにし、すばやく次のターンにおける右足接地動作を行うよう現場で指導がなされる。また、尾縣（1990）は、右足を送るときに軸足から離して回転すると、からだの捻りを十分に利用できず、ハンマーに大きな加速を

与えることが難しくなるとも述べている。これらのことから、投擲記録の高い競技者は、DSPに右股関節を内転させ、Roff時に右股関節内転位でSSPを迎えることで、次のハンマーヘッド加速に対する準備を行っていたものと考えられる。

2. 投擲記録と左下肢キネマティクス変数との関係性について

ターン動作中の DSP における左下肢動作について、左股関節は Ron - LP で屈曲し、LP 付近から Roff で伸展していた (Fig.5a)。また、DSP における左膝関節は、Ron—Roff で伸展していた (Fig.5c)。これらのことから、DSP の LP - Roff において競技者は左脚股関節および膝関節伸展動作を行っていたといえる。Murofushi et al. (2007) は、DSP の投擲方向（本研究における Y 方向）の地面反力について、左足は投擲方向へ、右足はその反対方向への地面反力を発揮し、鉛直軸まわりの身体を回転させる力のモーメントを獲得していたことを報告している。これらのことから、競技者は左股関節伸展および左膝関節伸展動作を行うことで、投擲方向への地面反力を獲得していたと考えられる。そこで、投擲記録と DSP における左股関節屈曲角度変化量、左股関節伸展角度変化量および左膝関節伸展変化量との関係性について検討すると、投擲記録と DSP1 における左股関節屈曲角度変化量と左膝関節伸展角度変化量との間に有意な相関関係が認められたものの、その他の局面においては有意な関係性が認められなかった (Table 6)。これらのことから、DSP における左股関節伸展および左膝関節伸展動作範囲については、投擲記録による差は小さいものと考えられる。

DSP における左股関節内外転角度に着目すると、DSP 前半 (Ron - LP) で外転し、DSP 後半 (LP - Roff) で内転していた (Fig.5b)。また、DSP における腰回転角速度増加量の高い競技者ほど、DSP1 および DSP3 における左股関節外転動作範囲が大きかった (Table 7)。藤井ほか (2010) は、左股関節の水平外転動作によって骨盤の左回旋のための左股関節の水平内転可動域を確保し、骨盤の左回旋を行いやすくしていたと考察している。本研究の結果から、腰回転角速度増加量が大きい競技者ほど、Ron - LP にかけてより左股関節を外転させることで、その後の腰の回転速度増加につなげていたものと考えられる。

投擲記録の高い競技者ほど SSP の所要時間が短く、SSP における腰回転角速度平均値が大きかった (Table 8 および Table 9)。すなわち、本研究の結果から投擲記録

Table 8 Correlation coefficient between throwing record and time during SSP.

	Time (s)	Correlation coefficient
SSP1	0.33±0.04	-0.562 *
SSP2	0.28±0.04	-0.595 *
SSP3	0.25±0.03	-0.570 *
SSP4	0.26±0.04	-0.510 *

*: a significance level is set at a risk rate of 5% or less.

の高い競技者ほど腰の回転速度を高め、SSP の所要時間を短くする能力に優れていたといえよう。SSP はハンマーヘッドの減速区間であることから、所要時間を短くすることはハンマーヘッドが距離的にも時間的にも長く先行することを避け、ハンマーヘッドスピードの減少を抑えることができる可能性があること（藤井ほか、2010）、さらに、主なハンマーヘッド加速区間である HP—LP（藤井ほか、2020）のハンマーヘッド加速距離を大きくすることが可能となる。また、SSP の左膝関節伸展屈曲動作について着目すると、左膝関節は屈曲動作を行っていた (Fig.5c)。SSP では左膝関節を素早く屈曲し、脚の回転を高めることで SSP の所要時間を短くすることができるといわれている（金子、1988）。そこで、投擲記録と SSP の左膝関節伸展屈曲角度との関係性に着目すると、HP2 および HP3 において投擲記録の高い競技者ほど屈曲が大きかった (Table 5)。さらに、投擲記録と SSP における左大腿前後傾角度および左下腿前後傾角度について着目すると、左大腿前後傾角度は HP1、Ron1、Ron2 で正の相関関係、左下腿前後傾角度は、HP2 および Ron2 において正の相関関係が認められた (Table 5)。このことは、投擲記録の高い競技者ほど、Ron1 においては左大腿部が前傾位、Ron2 においては左大腿部および左下腿部が前傾位であったことを示している。なお、同時点における投擲記録と左股関節伸展屈曲角度との相関関係をみると、HP1、Ron1、Ron2 で投擲記録の高い競技者ほど股関節伸展位であった (Table 5)。すなわち、投擲記録の高い競技者ほど、ターン前半 (Turn1 および Turn2) において、より左股関節を伸展お

Table 9 Correlation coefficient between throwing record and hip rotation angular velocity during SSP

		Angular velocity (deg/s)	Correlation coefficient vs throwing record
Hip rotation angular velocity	SSP1	644.79 ± 81.55	0.404 *
	SSP2	782.99 ± 107.11	0.475 *
	SSP3	874.24 ± 117.18	0.676 *
	SSP4	893.67 ± 97.79	0.651 *

*: a significance level is set at a risk rate of 5% or less.

よび左下腿部を前傾させた状態(左脚を前傾させた状態)で右足接地動作を行っていたといえる。SSPで左脚の下腿部を前傾させることは、上昇するハンマーに対して身体重心を低くすることや、右足の接地を早めることに繋がると考えられる。これらのことから、投擲記録の高い競技者ほど、SSPにおける腰回転角速度を高めるだけでなく、ターン前半(Turn1およびTurn2)において、左脚(軸脚)の大腿部および下腿部をRon時に前傾位になるように接地を行い、SSPの所要時間を短くしていた可能性があると考えられる。

V. まとめ

本研究の目的は、投擲記録の高い競技者の下肢動作の特徴を明らかにするために、投擲記録と下肢関節キネマティクス変数との関係性を検討することであった。主な結果は以下の通りである。

- (1) 両脚支持期(DSP)中の右下肢動作は、主に股関節伸展、膝関節屈曲動作を行っていた。DSP後半(LP-Roff)では、足関節底屈動作もみられた。
- (2) 投擲記録の高い競技者ほど、DSP中の右足関節底屈角度変化量が小さかった。また、各ターンの腰回転角速度平均値が高い競技者ほど、DSP中の右膝関節屈曲角度変化量が小さかった。
- (3) DSP中の左下肢動作は、主に左股関節伸展および左膝関節伸展動作を行っていた。動作範囲に関して、投擲記録と有意な相関関係を認めた局面は少なかった。
- (4) 投擲記録の高い競技者ほど片脚支持期(SSP)の所要時間が短く、SSPにおける腰回転角速度平均値が大きかった。また、ターン前半(Turn1およびTurn2)のRonにおいて、投擲記録の高い競技者ほど、左大腿部および左下腿部が前傾位であった。

これらのことから、投擲記録の高い競技者ほど、DSPにおいて右膝関節の屈曲および右足関節の底屈動作を小さくしながら股関節伸展動作を行うことで、高速回転下でのターン動作に対応していたと推察される。また、SSPの腰回転角速度平均値を大きくすること、ターン前半においてSSPからDSPの移行局面で軸脚の前傾動作(大腿部や下腿部の前傾)を強調した接地動作を行うことで、SSPの所要時間を短くし、HP—LPにおけるハンマーヘッドの加速距離を増加させる可能性がある。

文献

Abdel-Aziz, Y.I. and Karara, H.M. (1971) Direct linear transformation from computer coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. Proceedings of the symposium on close-range photogrammetry, American Society of Photogrammetry: Falls Church, pp.1-19.

坂東美和子・田辺 智・伊藤 章 (2006) ハンマー投げ記録とハンマーヘッド速度の関係. 体育学研究, 51 (4): 505-514.

Dapena J. (1984): The pattern of hammer speed during a hammer throw and influence of gravity on its fluctuations. Journal of Biomechanics, 17 (8): 553-559.

Dapena J. and McDonald C, (1989) A three-dimensional analysis of angular momentum in the hammer throw. Medicine and Science in Sports and Exercise, 21 (2): 206-220.

藤井宏明・大山卞圭悟・藤井範久 (2021) 記録水準の異なるハンマー投選手のターン動作におけるハンマーヘッド加速動作のキネマティクスの分析. 体育学研究, 66 : 219-237.

藤井宏明・大山卞圭悟・藤井範久 (2020) 記録水準の異なるハンマー投競技者のハンマーヘッドスピードとハンドルの動き. 体育学研究, 65 : 643-657.

藤井宏明・大山卞圭悟・田内健二・持田 尚・遠藤俊典・末松大喜・大宮真一 (2008) ハンマー投における世界一流選手と日本一流選手のバイオメカニクスの分析 (日本陸連科学委員会研究報告). 陸上競技研究紀要 4: 128-132.

藤井範久・小山陽平・阿江通良 (2010) ハンマー投ターン局面におけるハンマーヘッド加速技術の研究—ハンマーヘッド加減速パターンの違いに着目して—. 体育学研究, 55 (1): 17-32.

Gutierrez-Davila, M. and Rojas-Ruiz, FJ. (2005) Comparative biomechanical analysis between hammer throwers of different performance levels. Journal of Human Movement Study, 49 (1): 31-47.

広瀬健一・大山卞圭悟・前田 奎・梶谷亮輔・山元康平・中野美沙・木越清信・尾縣 貢 (2016): ハンマー投のターン動作と投てき記録との関係. 陸上競技研究, 105 : 24-29.

池上康男・櫻井伸二・岡本 敦・植屋清美・中村和彦 (1994) ハンマー投のバイオメカニクスの研究. 日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編, 世界一流競技者の技術, 第3回世界陸上競技選手権大会バイオメカニクス班報告書. ベースボール・マガジン社, pp.240-256.

伊藤 章・市川博啓・斎藤昌久・佐川和則・伊藤道郎・小林寛道 (1998) 100m 中間疾走局面における疾走動作と速度との関係. 体育学研究, 43 (5-6): 260-273.

金子今朝秋 (1988) 陸上競技指導教本 種目別実技編. 日本陸上競技連盟, 大修館書店, pp.244-247.

Murofushi K., Sakurai S., Umegaki K. and Takamitsu J. (2007) Hammer acceleration due to thrower and hammer movement patterns. Sports Biomechanics 6 (3): 301-314

室伏重信 (1994) ハンマー投げ. ベースボール・マガジ

- ン社, pp.36-50.
- 岡本 敦・池上康男・桜井伸二 (2005) 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班 男子一流ハンマー投げ選手のバイオメカニクスの分析. 陸上競技研究紀要, 1: 163-166
- 尾縣 貢 (1990) 実践陸上競技—フィールド編—. 大修館書店, pp.189-190.
- Otto, R, M. (1991) A kinematic analysis of Yuriy Sedikh's world record hammer throw. *Modern Athlete and Coach.*, 29: 3-7.
- 田内健二・藤井宏明 (2009) ハンマー投げ一回す力, 飛ばす力. 体育の科学, 59 (6) : 396-402
- 碓井 崇・大山下圭悟・永井 純 (2000) ハンマー投ター
- ン動作における右脚の筋活動. 陸上競技研究 41 (2) : 29-32.
- 梅垣浩二・室伏広治・藤井宏明・桜井伸二・田内健二 (2010) 世界陸上大阪大会の男・女ハンマー投上位8名のバイオメカニクスの特徴. 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班編, 世界一流競技者のパフォーマンスと技術, 第11回世界陸上競技選手権大阪大会, 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書. 日本陸上競技連盟, pp.201-211.
- Winter, D. A. (2004) *Biomechanics and Motor Control of Human Movement* (third edition). John Wiley and Sons, pp.49-50.
-

大学生におけるランニング中の着地様式と 滞空期の脚動作との関係

岩佐貫汰¹⁾, 前田正登²⁾

Relationship between foot strike patterns and swing leg movement during running
in university students

Kanta IWASA¹⁾, Masato MAEDA²⁾

Abstract

The purpose of this study was to clarify the effect of subjectively changing running speed on foot strike patterns and swing leg movement, and to determine the relationship between foot strike patterns and swing leg movement. Participants were 11 university students. Seven subjective effort levels (50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%, s100%) were set, with 50% representing a jogging pace and 100% representing maximum effort during long-distance running, and s100% representing maximum effort during short-distance running. The participants ran on a flat track, attempting one set for each of the effort levels. The running motion of the participants was captured using a single digital video camera (240 fps). In addition, the pressure distribution of the sole of the foot during running was measured (720 Hz) using the sensor sheet of the F-scan system that was inserted in the shoes of each participant, and an attempt was made to determine the foot strike patterns.

The results of analyzing the running motion and the pressure distribution of the sole of the foot for each attempt are summarized as follows.

1. The relative running speed tended to be higher when the effort was higher in all participants. In addition, it is considered that the relative running speed tended to vary among participants in the trials with lower levels of subjective long-distance running effort as well as in maximum short-distance running effort (s100%).
2. At long-distance running effort levels, rear foot strike (RFS) was standard, whereas at short-distance running effort (s100%), some runners exhibited RFS and others exhibited middle foot strike (MFS).
3. Participants who exhibited MFS had a smaller plantar angle immediately before landing compared with participants who exhibited RFS, and the leg swung backward.

From the above, it was clarified that differences in foot strike patterns are related to the size of the plantar angle immediately before landing as well as differences in the range of movement when the leg swings backward.

キーワード : subjective effort, long distance running, foot strike patterns, swing period, plantar angle

I. 緒言

走運動には、足が地面に着地してから離地するまでの期間（以下、支持期）と離地後、再び足が地面に着地するまでの期間（以下、滞空期）がある。支持期の開始時点である足が地面に着地する際の着地様式に関して、陸上競技の長距離種目では、国際大会で上位を占めるケニア、エチオピアの選手が前足部付近から着地していることが確認されており（NHK スペシャル取材班, 2013）、足の着地様式が一部の長距離種目において記録向上に大きく関係している可能性があると言われている（中雄ほか, 2014）。このような背景から、近年、足の着地様式に注目度が高まっており（NHK スペシャル取材班, 2013）、これまでに、走運動を対象にした足の着地様式に関する研究報告がいくつかなされている。後藤ほか（2018）は、5000m 競技中における男子選手 373 名の着地様式を調査し、後足部で着地する群が全体の 74.2% であったことを報告している。また、Kasmer et al. (2013) や Hasegawa et al. (2007) は、それぞれフルマラソン、ハーフマラソンの大会出場者（フルマラソン: 2,112 名、ハーフマラソン: 415 名）の着地様式を調査し、いずれも後足部での着地が多かったことを報告している。競技レベル別に着地様式を調査した西出ほか（2019）の報告によると、5000m の自己ベスト記録の平均が 13 分 48 秒の上位群は前足部、14 分 31 秒の下位群は後足部で着地する傾向があると述べている。さらに、小学生を対象に着地様式を調査した水島ほか（2016）の報告では、シューズを履いた状態で疾走すると小学生 94 名のうち約 82% にあたる 77 名が後足部での着地となり、はだし状態で疾走させると 77 名のうち約 69% にあたる 53 名が前足部や中足部での着地に変容したと報告している。これら

1) 神戸大学大学院人間発達環境学研究科 Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University
〒657-8501 神戸市灘区鶴甲 3-11

2) 神戸大学 Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University
〒657-8501 神戸市灘区鶴甲 3-11

のように先行研究では、特定の走速度下での着地様式を判別・調査したものが多く、同一ランナーが主観的に努力度を調節し走速度を変化させたときの着地様式に及ぼす影響に関して報告したものは少ない。長距離走ではレース中の駆け引きや戦略によって走速度を変化させながら疾走する場合があり（榎本ほか，2005；榎本ほか，2014；松尾ほか，1997），走速度によって最適な着地様式は異なる可能性が示唆されている（後藤ほか，2020）。また，長距離走ペースを超え短距離走等の全力疾走，つまり対象者個人の最大走速度時の着地様式に関する知見は競技力向上を目的とした課題の発見やトレーニングの計画・立案に繋がる（後藤ほか，2020）有意義なものとなることが期待される。

走運動中の足の着地様式と脚動作の関係についての研究もいくつか報告されている。前田（2018）は，足の着地様式と支持期中の脚動作の関係を調査し，前足部着地，後足部着地のいずれの場合であっても，それぞれの着地様式であることが支持期後半の脚動作に影響を及ぼすことはなく，接地局面の動作を考えるには，滞空期から支持期に至るまでの身体重心と着地の際の身体各部との位置関係をモデル化する等により検討する方が適切であると報告している。また，信岡ほか（2020）は，足の着地様式のタイプによる脚動作の違いが支持期と滞空期の比率に影響を及ぼしていることを報告し，さらに，着地時の足関節の姿勢が足の着地様式と関係がある可能性を示唆している。このように，足の着地様式は脚動作と密接に関係しており，着地時以前の滞空期も分析対象区間に入れた上で脚動作を観察する必要があると考えられている（前田，2018）。しかし，これらの先行研究のように，足の着地様式と支持期の脚動作に注目したものは多いが，足の着地様式と滞空期の脚動作の関係に関してはあまり注目されていない。

また，走運動中の足の着地様式に関する報告は，陸上競技経験者やトップアスリート，あるいは信岡ほか（2020）や水島ほか（2016）のように身体が発達段階にある小学生を対象としたものは散見されるが，陸上競技未経験の一般成人を対象にした報告は少ない。谷川ほか（2008）は陸上競技経験者と一般大学生，大学院生の走および歩動作が異なることを示し，また山田ほか（2013）は，成人男性では支持期の脚動作が小学生男子のそれとは全く異なるものであったと報告している。これらのことから，対象者の陸上競技経験の有無や身体が発達段階の違いは足の着地様式にも影響を及ぼす可能性がある。さらに近年，健康志向が高まる中「ランニングブーム」といわれるように，ランニング愛好者が急増している（備前ほか，2016）ことを踏まえると，一般成人におけるランニング中の足の着地様式の実態を明らかにすることは意義があるものと考えられる。

本研究では，陸上競技部に所属しない一般人を対象に，

走速度を主観的に変えさせることが足の着地様式や着地直前の滞空期の脚動作に及ぼす影響を明らかにするとともに，足の着地様式と滞空期の脚動作との関係を検討することを目的とした。

Ⅱ. 方 法

1. 被験者

被験者は陸上競技の経験が無く，日常的に専門的なランニングのトレーニングを行っていない男子大学生 11 名で足部および下肢の怪我がない者（Table 1）とした。なお，実験を行うにあたり，被験者には本実験の要旨をあらかじめ説明し，参加の同意を得た。

2. 実験方法

被験者には十分なウォーミングアップの後，実験試技としてアスファルト上の平坦な走路上にて，7段階（50%，60%，70%，80%，90%，100%，s100%）の主観的努力度（以下，努力度）を設定し，各設定の努力度で1試技ずつ行わせた。各試技のスタートにはスタンディングスタートを用いることとし，試技順は，努力度 50 % から始め，努力度 60 %，70 %，80 %，90 %，100%，s100%の順に，努力度を高めていくことで走速度を変化させるようにした。本研究の努力度の設定は努力度 50%から努力度 100%までは長距離走を想定し，被験者には努力度 50%がジョギングペース，努力度 100%が 3000m ～ 5000m 程度の長距離を走ることを想定したときの全力ペース，また，努力度 s100%は努力度 100%を超え短距離走等の全力，つまり対象者個人の最大走速度となるようにおおよその目安を伝えた。なお，被験者には走動作を撮影する旨および疾走距離の後半 10m の

Table 1 被験者の身長，体重および年齢

	身長 (m)	体重 (kg)	年齢 (歳)
subj. A	1.87	70	22
subj. B	1.81	74	23
subj. C	1.80	75	21
subj. D	1.76	95	22
subj. E	1.76	68	23
subj. F	1.75	66	19
subj. G	1.74	78	21
subj. H	1.69	66	23
subj. I	1.68	59	23
subj. J	1.67	58	23
subj. K	1.66	60	24
Mean±SD	1.74±0.06	70±10.1	22±1.3

撮影区間を分析対象にすることを事前に伝え、疾走距離後半 10m の撮影区間に設定した努力度を反映させるように指示した。そこに至るまでの加速距離は、努力度 50%と 60%は 10m 程度、努力度 70%と 80%は 20m 程度、努力度 90%と 100%および s100%は 30m 程度とし、被験者は努力度ごとの加速距離区間で十分に加速し疾走距離後半 10m の撮影区間は安定した走動作で走行していた。また疲労の影響がないように、被験者には試技間に十分な休息を取らせた。

被験者の走動作を分析するために、走路の右側方に設置した 1 台のデジタルビデオカメラ (EX-100F, CASIO 社) により 240 fps (露光時間 1/1000 秒) でパンニング撮影した。測定試技にあたっては、被験者全員が各被験者の足のサイズに合わせたシューズ (アクト 303, ラッキーベル社) を用いるものとし、シューズ内には足底圧力分布測定システム (F スキャン II, ニッタ社: 720 Hz) のセンサシートを挿入し、腰部背面にデータロガーユニットを装着して試技を行わせた。なお、F スキャン II のセンサは厚さ 0.15mm のフィルム状のシートであり、被験者の足のサイズに合わせて自由にカットすることが出来るものとなっている。また、スタート直後からの被験者の歩数をカウントするために、走路の左前方にも 1 台のデジタルビデオカメラ (EX-100F, CASIO 社) を設置し、疾走全体を 120 fps (露光時間 1/1000 秒) で撮影した。

3. 分析方法

パンニング撮影によって収録された映像をもとに、撮影区間内において、右足が地面に着地した後、再び右足が地面に着地するまでの右脚の 1 サイクル (右足が地面と接している期間: 支持期、および地面に接していない期間: 滞空期) を分析対象 (Fig. 1) とし、2 次元動作解析ソフトウェア (Frame-DIAS V, Q'sfix 社) を用いて分析を行った。また、右足離地時後の滞空期の後半で足首が最も前方に位置した時点を振り出し時とした (Fig. 1)。分析対象コマ分について、身体 23 点のデジタイズ処理

を行い、2 次元 DLT 法により各測定点の 2 次元座標を得た。なお、2 次元座標データはバターワース型ローパスデジタルフィルタにより 6Hz で平滑化した。動作分析のキャリブレーションには、分析対象となる 10 m の撮影区間を網羅するようにコントロールポイントを写しこんだ映像を用いた。キャリブレーションによる測定誤差は X 軸方向が 0.005~0.016m, Y 軸方向が 0.006~0.014m であり、これらの値は、測定範囲に対して十分に小さく得られた測定データに影響するものではないと判断した。

足底圧力の測定にあたってはセンサシート毎に足底圧力分布測定システム搭載のキャリブレーションを行うものとし、同じ被験者でも実験途中にセンサシートを変更した場合はキャリブレーションを行った後に測定を実施した。測定により得られた足底圧データはセンサシートに出力があったセルの面積を乗ずることで鉛直方向の力 (以下、地面反力) とした。本研究では、右足にかかる地面反力が 10 N を上回った時点を着地時とし、10 N を下回った時点を離地時とした。また、右足にかかる地面反力が 10 N 以上の期間を支持期、10N 未満の期間を滞空期とした。なお、センサシートは各被験者の運動靴のサイズに合わせて加工したため、センサシートの座標はセンサシートの中心を原点として表記した。

4. 分析項目

a. 相対走速度 (%)

分析対象の右足が着地してから、次に右足が着地するまでの時間の 1/2 の逆数 (ピッチ) と距離の 1/2 (ストライド) の積より走速度を算出し、努力度 100%での走速度を基準に各努力度の試技について相対走速度 (%) を算出した。

b. 着地時の COP 位置 (%)

足底圧力分布測定システムによって、右足にかかる地面反力が 10 N を超えた時点の荷重面積の中心位置を算出し、センサシートについての相対位置を求め着地時の COP 位置とした。

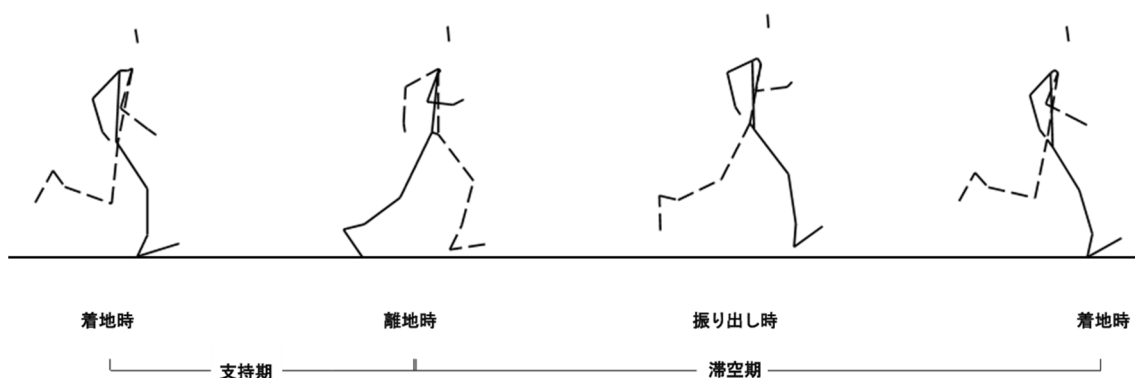


Fig. 1 ランニングの 1 サイクル

c. 振り出し時および着地時の足底面角度 (deg)

振り出し時および着地時における足底面と水平面がなす角度 (以下, 足底面角度) を算出した (Fig. 2-1).

d. 振り出し時から着地時までの脚スイング角度 (deg)

振り出し時および着地時における右脚 (右大転子と右足首を結ぶ線分) と右大転子を通る鉛直線がなす右脚角度を算出し, 振り出し時の右脚角度 α と着地時の右脚角度 β の差を脚スイング角度とした (Fig. 2-1).

e. 膝の相対移動量 (m)

右大転子点を基準として右膝および右足首, 右つま先の移動軌跡を描き, 右脚の動きを抽出した. そして, 振り出し時から着地時までの間について右大転子点を基準に右膝の移動量を算出し, 被験者の身長で除すことで正規化して膝の相対移動量とした (Fig. 2-2).

Ⅲ. 結果

1. 努力度と相対走速度

各努力度における走速度を Table 2-1 に, 努力度 100% での走速度を基準とした各努力度における相対走速度を Table 2-2 に, 努力度と相対走速度の関係を Fig. 3 に示す.

Table 2-1 より努力度が高いほど走速度は高くなる傾向がみられ, Table 2-2 より努力度 50%, 60%, 70%, 80%, 90% の試技において, subj. H の努力度 80%, 90% の試技の場合を除き, 各被験者の努力度の相対走速度は 100% を下回っており, 努力度が高いほど相対走速度も高い傾向がみられた. さらに, 努力度が低い試技は, 被験者間の標準偏差がやや大きい傾向であった (Table 2-2, Fig. 3). 努力度 $\leq 100\%$ の試技において, subj. A を除き, 各被験者の相対走速度は 100% を上回っており, 標準偏差は他の努力度での標準偏差に比べて極めて大きかった.

2. 着地時における足底面内の COP 位置

Fig. 4 および Fig. 5 に着地時の足底面内の COP 位置を示す. Fig. 4 および Fig. 5 より, COP 位置は相対走速度の大小に関係なく足底面の中心よりも後方の踵側寄り, かつ外側寄りとなっていた試技が多く, 後足部の外側寄りでの着地 (以下, 後足部着地) が標準的となっていた. 一方で, subj. B, subj. E および subj. I の努力度 $\leq 100\%$, subj. A の努力度 80%, 100%, $\leq 100\%$, subj. C の努力度

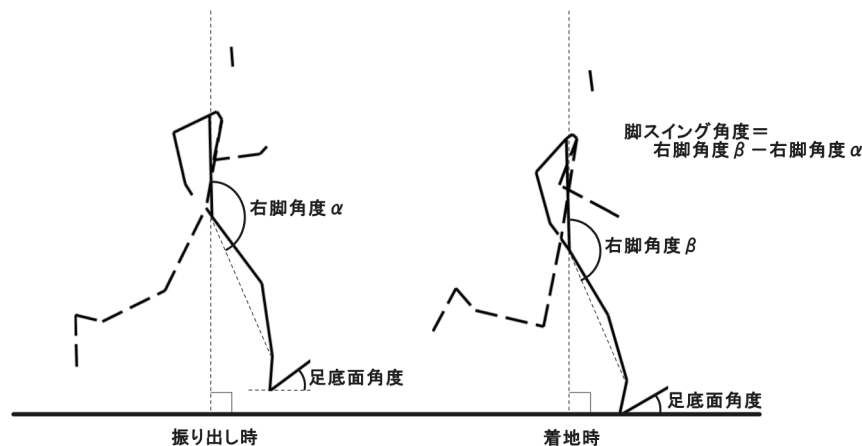


Fig. 2-1 角度の定義

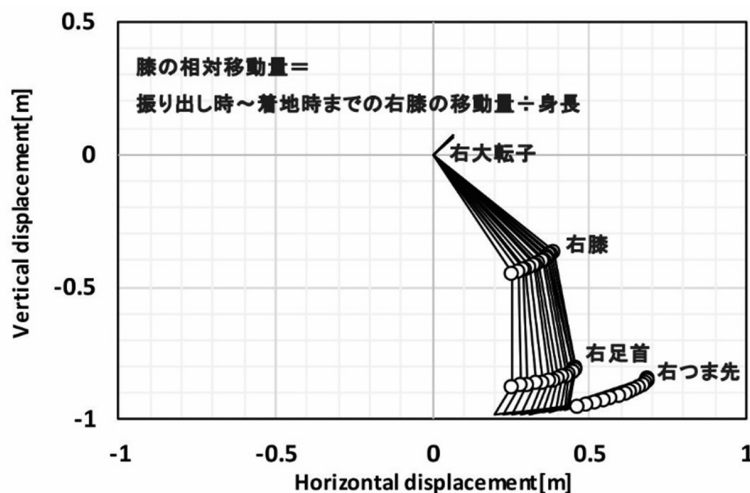


Fig. 2-2 膝の相対移動量の定義

Table 2-1 各努力度における走速度

(走速度の単位 : m/s)

	努力度						
	50%	60%	70%	80%	90%	100%	s100%
subj. A	4.07	4.67	6.01	6.93	7.82	8.59	8.18
subj. B	4.78	4.88	5.54	6.15	6.63	7.12	7.66
subj. C	3.69	3.72	4.80	4.72	5.13	6.23	7.68
subj. D	3.66	4.18	4.72	5.24	5.43	5.92	7.22
subj. E	4.43	4.56	5.66	5.87	6.18	6.63	7.95
subj. F	3.44	3.99	4.57	5.17	5.52	6.22	8.38
subj. G	3.14	3.94	4.83	5.06	5.48	5.86	7.45
subj. H	4.38	5.03	6.11	6.80	7.06	6.67	7.69
subj. I	3.07	3.60	4.34	4.41	4.68	5.10	8.49
subj. J	5.36	5.92	6.41	6.39	6.57	7.00	7.55
subj. K	3.99	4.61	5.38	5.55	5.58	5.92	7.91
mean ± SD	4.00 ± 0.67	4.46 ± 0.64	5.31 ± 0.66	5.66 ± 0.80	6.01 ± 0.89	6.48 ± 0.87	7.83 ± 0.37

Table 2-2 努力度 100% での走速度を基準とした各努力度における相対走速度

(相対走速度の単位 : %)

	努力度						
	50%	60%	70%	80%	90%	100%	s100%
subj. A	47.4	54.3	70.0	80.6	91.0	100.0	95.2
subj. B	67.0	68.5	77.8	86.3	93.1	100.0	107.6
subj. C	59.2	59.7	77.0	75.7	82.3	100.0	123.3
subj. D	61.8	70.7	79.8	88.6	91.8	100.0	122.0
subj. E	66.8	68.7	85.4	88.6	93.2	100.0	120.0
subj. F	55.3	64.2	73.5	83.1	88.8	100.0	134.7
subj. G	53.6	67.2	82.4	86.3	93.4	100.0	127.1
subj. H	65.6	75.4	91.6	102.0	105.8	100.0	115.3
subj. I	60.3	70.7	85.3	86.5	91.8	100.0	166.5
subj. J	76.6	84.5	91.6	91.3	93.8	100.0	107.9
subj. K	67.3	77.9	90.9	93.7	94.2	100.0	133.6
mean ± SD	61.9 ± 7.7	69.3 ± 7.9	82.3 ± 7.1	87.5 ± 6.6	92.7 ± 5.3	100.0	123.0 ± 17.8

70 %, 80 %, 90 %, 100 %, s100 % の計 11 試技では, COP 位置が足底面の中心よりもやや前方寄りであり, 中足部付近の外側寄りの位置で着地 (以下, 中足部着地) に至っていた。

3. 振り出し時から着地時までの脚動作と着地様式

振り出し時の足底面角度を Fig. 6-1 に, 着地時のその角度を Fig. 6-2 に示す。Fig. 6-1, Fig. 6-2 より, 振り出し時, 着地時において subj. A の努力度 80 %, 100 %,

s100 %, subj. C の努力度 70 %, 80 %, 90 %, 100 %, s100 %, subj. B, subj. E および subj. I の努力度 s100 % の計 11 試技 (中足部着地の試技) は 25deg を大きく超えることなく, 他の試技 (後足部着地の試技) よりも足底面角度が小さい傾向であった。

振り出し時から着地時までの脚スイング角度を Fig. 7 に, 振り出し時から着地時までの間の膝の相対移動量を Fig. 8 に, 各努力度における振り出し時と着地時の足底面角度, 脚スイング角度および膝の相対移動量の平均値

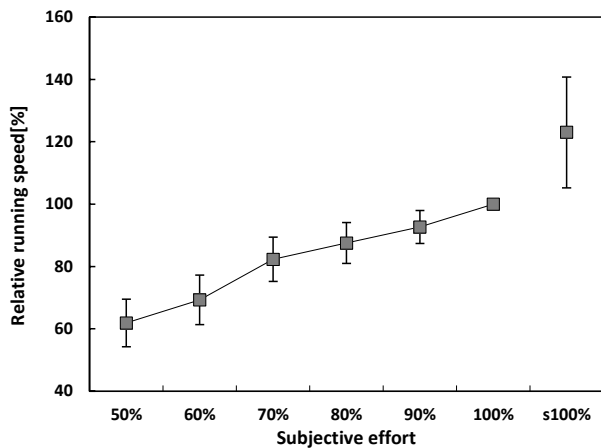


Fig. 3 努力度と相対走速度の関係

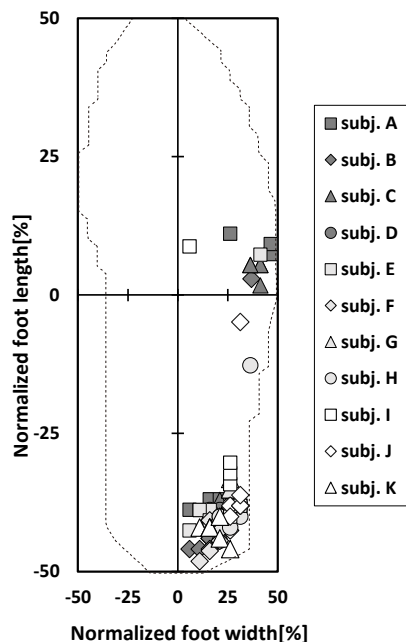


Fig. 4 着地時の足底面内の COP 位置

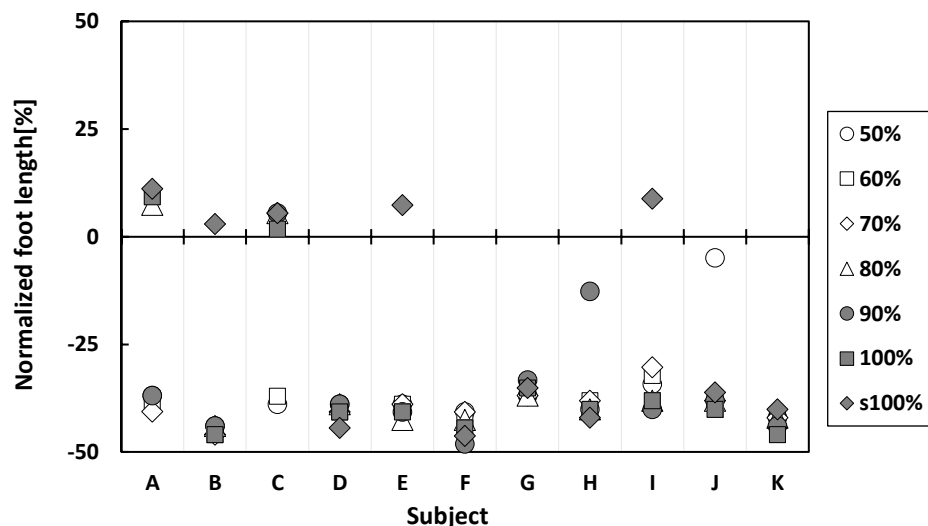


Fig. 5 努力度ごとの着地時の COP 位置（足長方向）

と標準偏差を Table 3 にそれぞれ示す。また、努力度 s100% の試技における振り出し時から着地時までの間の右脚の動きを右膝、右足首および右つま先の軌跡とともに Fig. 9 に示す。Fig. 7 より、努力度が 50% ~ 100% である長距離走ペースの試技の脚スイング角度は 10deg を下回る試技がほとんどであり、いずれの被験者も努力度を高めると脚スイング角度はわずかに増加するものの 0 ~ 10deg の範囲内で大きく変化することはなかった (Table 3)。また、努力度 s100% の試技における脚スイング角度については、中足部着地となっていた subj. B, subj. E の s100% が 10deg を超え他の被験者のそれよりも大きかった。Fig. 8 より、努力度が 50% ~ 100% である長距離走ペースの試技では膝の相対移動量が 0.06m を超えることはなく、努力度を高めるとわずかに増加するものの、0 ~ 0.06 m の範囲内で大きく変化することはなかった (Table 3)。また、Fig. 8, Fig. 9 より努力度 s100% の試技において中足部着地となっていた subj. B, subj. E の膝の相対移動量は 0.08m を超え、後足部着地となっていた他の被験者の試技や中足部着地となっていた subj. A の努力度 80%, 100%, s100% の各試技、subj. C の努力度 70%, 80%, 90%, 100%, s100% の各試技および subj. I の努力度 s100% の試技のそれらより顕著に大きかった。

IV. 考 察

1. 努力度と相対走速度の関係

本研究では、7 段階の努力度を設定し、努力度 50% から努力度 100% までの 6 段階は長距離走を想定して、被験者には努力度 50% がジョギングペース、努力度 100% が長距離走の全力ペースとなるように指示した。また、努力度 s100% は短距離走等の全力となるようにおおよその目安を伝え、走速度を変化させるように指示した。その結果、被験者ごとに努力度が高い試技ほど相対走速

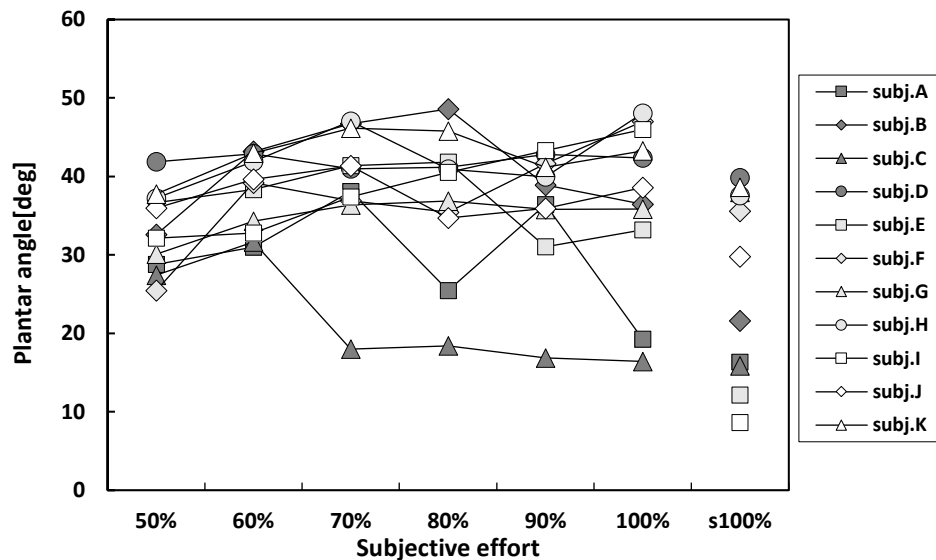


Fig. 6-1 振り出し時の足底面角度

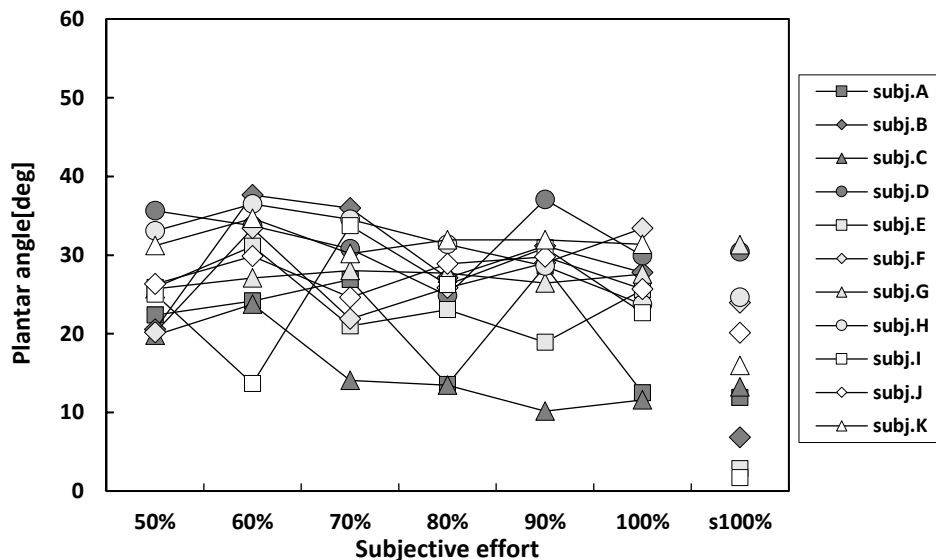


Fig. 6-2 着地時の足底面角度

度も高い傾向がみられた (Table 2-2, Fig. 3). 伊藤・村木 (1997) は, 走・跳・投動作において努力度と実際に発揮された客観的出力値 (本研究の相対走速度に相当する) との間には高い相関関係が認められたことを報告している. また, このような関係は陸上競技経験者だけでなく, 一般の小学6年生から大学生を対象とした場合でも, 努力度と客観的出力値との間に直線的関係が認められており, 感覚的に努力度合いを高くしたり低くしたりする能力は小学生で既に身につけていることが報告されている (太田・有川, 1998). Table 2-2, Fig. 3 より本研究においても同様の傾向がみられたことから, 本研究の被験者においても, 指示された7段階の努力度それぞれについて走速度に反映させるよう調節が行われていたものと考えられる.

また, 長距離走を想定させた努力度50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%において, 努力度が低い試技

は相対走速度の標準偏差が大きい傾向がみられ, 短距離走等の全力を想定させた努力度s100%においても相対走速度の標準偏差が大きく, 被験者間でばらつきがあった. 太田・有川 (1998) は努力度が低いときの疾走は, 努力度を調節する際の個人差が大きいことを報告している. また, 篠原・前田 (2016) は, 陸上競技経験が無い者が被験者である場合, 努力度が低いときの相対走速度は被験者間でばらつきが大きくなることを報告している. 太田 (2021) は, 小学6年生を対象に, 5段階の主観的努力度を設定し50mを1回ずつ疾走させる課題において, 低い努力度での客観的出力値には個人差があったことを報告し, 小学6年生では, 指示された努力度合い, 特に低い努力度で走るトレーニングの経験や学習が少ないことから, 低い努力度による運動のコントロール能力が欠如しており, 指示された低い努力度で走ることを困難にさせていると述べている. 太田・有川 (1998),

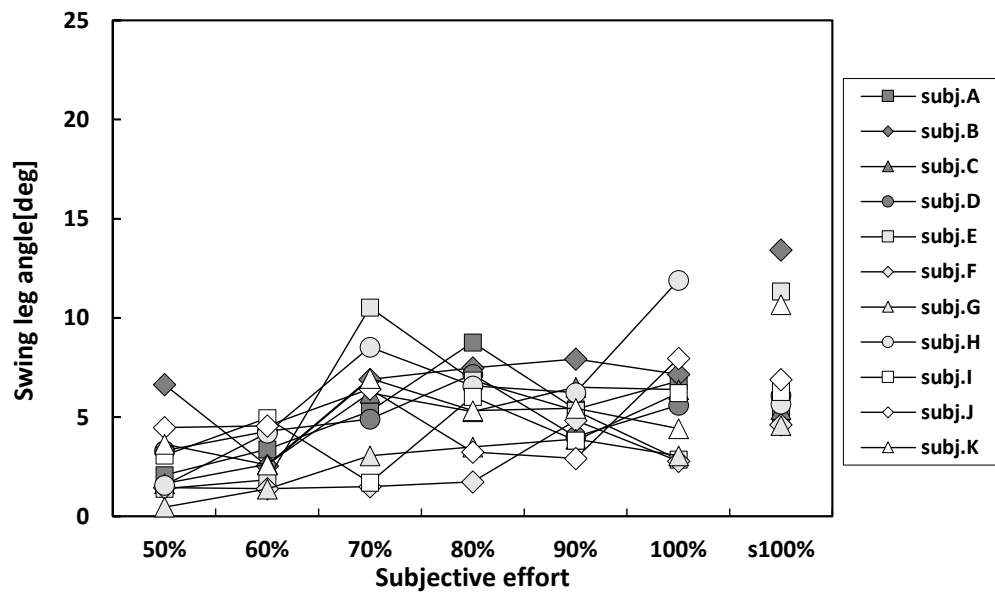


Fig. 7 振り出し時から着地時までの脚スイング角度

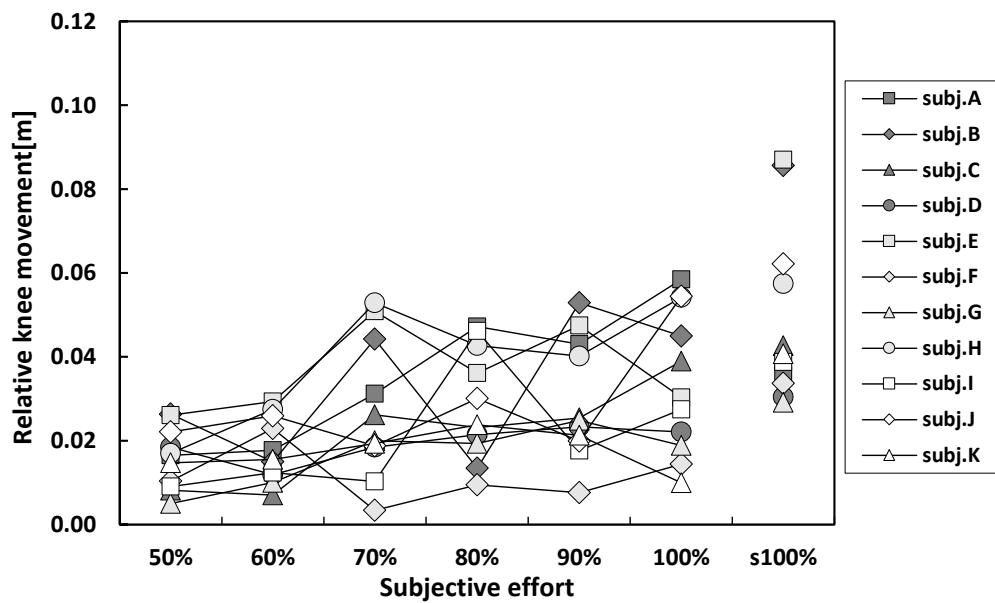


Fig. 8 振り出し時から着地時までの間の膝の相対移動量

Table 3 各努力度における振り出し時と着地時の足底面角度, 脚スイング角度
および膝の相対移動量

	努力度						
	50%	60%	70%	80%	90%	100%	s100%
振り出し時の足底面角度 (deg.)	33.3±4.8	38.0±4.5	39.1±7.7	37.3±8.3	36.7±7.2	36.9±10.1	26.7±11.4
着地時の足底面角度 (deg.)	26.0±5.1	29.6±6.7	27.4±6.3	24.9±5.9	27.5±6.9	24.7±6.7	16.6±9.9
脚スイング角度 (deg.)	2.7±1.7	3.1±1.2	5.6±2.6	5.6±2.0	5.1±1.4	5.9±2.6	7.2±2.9
膝の相対移動量 (m)	0.016±0.007	0.018±0.007	0.027±0.015	0.028±0.012	0.029±0.014	0.034±0.016	0.049±0.020

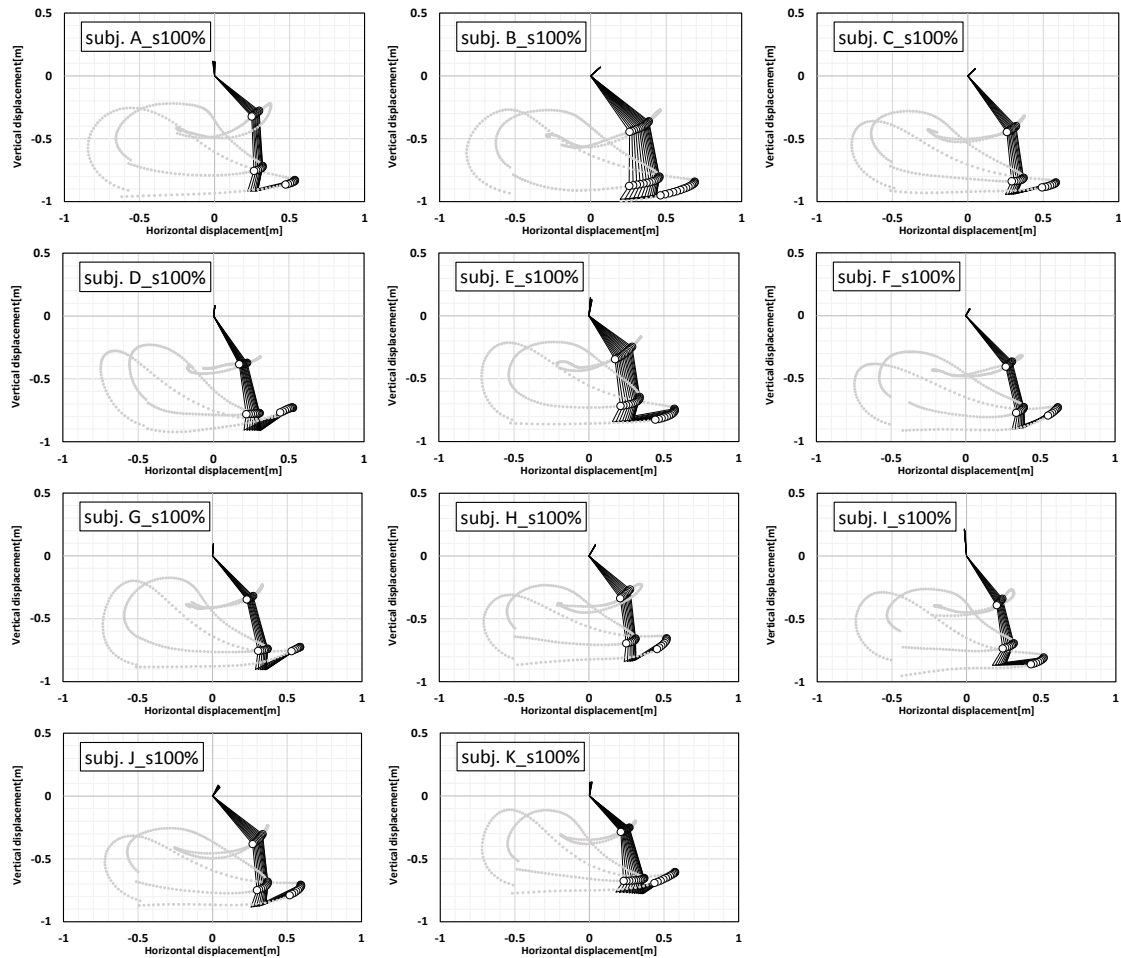


Fig. 9 努力度 s100% の試技における振り出し時から着地時までの間の脚の動き

篠原・前田（2016）および太田（2021）の先行研究を踏まえると、本研究の被験者は、日頃、長距離走や短距離走に関する練習を行っていない一般の大学生であり、指定された努力度合いが低い時、あるいは、努力度 100%，つまり長距離走を想定した全力走を超え、短距離走等での全力疾走を想定した努力度で走る機会や経験が少ないことが、具体的なスピードを想定することを困難にさせ、相対走速度にばらつきが生じたものと考えられる。

2. 着地様式と振り出し時から着地時までの間の脚動作の関係

本研究では、被験者が着用するシューズの構造の違いが着地様式に及ぼす影響を排除するために同一規格のシューズ（アクト 303，ラッキーベル社）を着用させ、アスファルト上の平坦な走路上を走行させており、走路環境は一般的な市民マラソン大会と極めて近いものであった。

長距離走を想定させた努力度 50%，60%，70%，80%，90%，100% の試技の着地様式は、subj. A の努力度 80%，100%，subj. C の努力度 70%，80%，90%，

100% の 6 試技を除き、努力度および相対走速度の大小に関係なく、着地時の COP 位置が足底面の中心より後方寄りの踵側、かつ、中心より外側寄りの位置となるような着地（後足部着地）になっていた（Fig. 4, Fig. 5）。一方で、短距離走等の全力疾走を想定させた努力度 s100% においては、11 名の被験者のうち、subj. D, subj. F, subj. G, subj. H, subj. J, subj. K の 6 名が後足部着地、subj. A, subj. B, subj. C, subj. E, subj. I の 5 名は中足部付近での着地（中足部着地）となっていた（Fig. 5）。高橋ほか（2000）は、陸上競技の長距離を専門とする熟練者と未熟練者を対象にジョギングペース、5000m のレースペース、5000m のラストスパートペースの 3 種類の走速度で走行させた時の着地様式を調査し、熟練者はジョギングペースでは後足部着地であったが、走速度が高まると前足部での着地となる傾向があり、未熟練者は走速度が高まって後足部着地のままであったことを報告している。本研究の長距離走を想定させた努力度 50%，60%，70%，80%，90%，100% における着地時の COP 位置の結果は高橋ほか（2000）の未熟練者の結果と類似しており、陸上競技部に所属しない一般人が長距離走を行う際には、走速度が変化しても着地様式が大きく変化

することはないものと考えられる。一方で, subj. A, subj. C のように長距離走のペースを想定していても異なる努力度として走速度を変えさせると着地様式も変わる者がいることが示された。また, 短距離走等での全力疾走を想定させた場合は, 後足部着地のままである者と中足部での着地に着地様式が変わる者とに分かれることが示された。また, 走行時には脚の運びや体重移動を円滑に行うために股関節の内転が生じ, それに伴い足部は腓骨(小指側)が下がった状態となると言われている(Cavanagh, 1980)。後足部着地と中足部着地のいずれの着地様式であっても足底面の中心より外側寄りの位置で着地していた原因は走行時に股関節が内転し, 小指側から地面を捉えやすいような足部の姿勢になっていたことが関係している可能性が考えられる。

本研究の長距離走を想定させた努力度 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100% の試技(全 66 試技)において, 着地時の足底面角度は, 中足部着地の試技(subj. A の努力度 80%, 100%, subj. C の努力度 70%, 80%, 90%, 100% の 6 試技)の方が後足部着地であった試技(60 試技)よりも小さい傾向であり(Fig. 6-2), 着地時直前の振り出し時においても, 中足部着地の試技の方が後足部着地の試技より足底面角度は小さい傾向であった(Fig. 6-1)。前田・吉村(2019)は小学 5 年生を対象にした調査において, 前足部で着地する場合の足底面角度はかなり小さかったと報告している。本研究の中足部着地の 6 試技における振り出し時および着地時の足底面角度の結果は前田・吉村(2019)の報告と類似しており, 振り出し時および着地時の足底面角度が小さいことが中足部での着地に繋がっている可能性が考えられる。また, 本研究の被験者においては, 長距離走ペースを想定した 6 種類の努力度の試技では走速度が変化しても, 脚スイング角度および膝の相対移動量は小さく, 振り出し時から着地時までの間に脚を後方にスイングする動きの範囲が小さかった(Fig. 7, Fig. 8)。前田(1999)は, 対象とした大学陸上競技部の短距離選手のうち, 前足部着地の競技者が振り出し時から速い速度で脚をスイングするように振り下ろして着地に至っていたのに対し, 後足部着地の競技者は振り出しから着地に至る際には踵を地面に下ろすように着地していたと報告している。本研究の subj. A, subj. C を除くほとんどの被験者のように, 振り出し時の足底面角度が大きく, 振り出し時から着地時までの間に脚を後方にスイングする動きの範囲が小さい場合では, 振り出し時から着地時にかけて踵を地面に下ろすようにして着地に至っていた可能性が考えられ(前田, 1999), そのような脚の動きが後足部での着地に繋がったと考えられる。一方, subj. A, subj. C は脚を後方にスイングする動きの範囲が小さいものの, 振り出し時の足底面角度が小さく(Fig. 6-1), より前方の中足部付近の位置で地面を捉えることが出来ていたものと考えられ

る。また, 短距離走等の全力疾走を想定させた努力度 s100% では, subj. D, subj. F, subj. G, subj. H, subj. J, subj. K の 6 名は長距離走ペースでの走動作から大きく変わることなく後足部着地のままであった。さらに, subj. A, subj. C, subj. I の 3 名の努力度 s100% の試技は, 長距離走ペースの試技で中足部での着地であった subj. A や subj. C の走動作と類似しており(Fig. 6-1, Fig. 7, Fig. 8), 脚を後方にスイングする動きの範囲は小さいものの振り出し時の足底面角度が小さく中足部での着地となっていた。これらに対して subj. B, subj. E の 2 名の努力度 s100% の試技では, 振り出し時の足底面角度が小さく(Fig. 6-1), 努力度 s100% の試技において中足部着地となっていた subj. A, subj. C, subj. I の 3 名より, 脚スイング角度および膝の相対移動量は大きかった(Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9)。つまり subj. B と subj. E の場合は, 試技として想定したのが長距離走ペースではなく短距離走等の全力疾走であったことで, 振り出し時の足底面角度を小さくし, 着地時までの間に膝を動かし脚を伸展させながら後方へスイングするような脚動作にすることにより中足部付近での着地に至っていたと考えられる。このように, 日頃, 長距離走や短距離走の練習を行っておらず, 具体的なスピードを想定することが困難と考えられる一般学生の場合, 着地様式の違いは滞空期後半の振り出し時の足底面角度の大きさと振り出し時から着地時に至るまでの脚を後方へスイングする動きの範囲の違いが関係していることが明らかとなった。

V. まとめ

本研究では陸上競技部に所属しない一般学生を対象に, 主観的に走速度を変化させることが足の着地様式や着地直前の滞空期の脚動作に及ぼす影響を明らかにし, 足の着地様式と滞空期の脚動作の関係を検討することを目的とした。主な結果を以下に示す。

1. 長距離走を想定した試技では, 努力度が高いほど相対走速度も高い傾向がみられた。また, 長距離走を想定した試技で努力度が低い場合, および長距離走のペースを超える短距離走等での全力疾走を想定した試技では, 相対走速度にばらつきが生じやすいものと考えられた。
2. 一般学生が長距離走を想定したランニングを行う際の着地様式は足底面の後方(踵)寄りの箇所での着地が標準的であり, 走速度を変化させても着地様式に及ぼす影響は小さいと考えられた。一方, 短距離走等での全力疾走を想定させた場合は, 後方(踵)寄りの着地のままである者と前方(つま先)寄りの中足部での着地へと着地様式が変わる者とに分かれた。
3. 中足部着地となっていた試技は, 後足部着地の試技より振り出し時の足底面角度が小さく, 振り出

し時から着地時に至るまでに脚を後方にスイングするような動きとなっていた。

以上のことから、足の着地様式の違いには、滞空期後半の足底面角度の大きさや脚を後方へスイングする動きの範囲の違いが関係していることが明らかになった。

文献

- 備前嘉文・二宮浩彰・庄子博人 (2016) 市民マラソンランナーが都市型市民マラソン大会への参加を検討するにあたり生じる構造的制約. 生涯スポーツ学研究, 13 (2) : 1-14.
- Cavanagh P. R. (1980) The Running Shoe Book. Anderson World : California.
- 榎本靖士・杉田正明・松尾彰文・阿江通良 (2005) 日本一流女子中距離選手の 800m レースパターン分析. 陸上競技研究紀要, 1 : 116-117.
- 榎本靖士・門野洋介・岡崎和伸・松林武生・広川龍太郎 (2014) 2014 世界ジュニア陸上競技選手権大会における中長距離種目のラストスパート. 陸上競技研究紀要, 10 : 87-92.
- 後藤晴彦・鳥居 俊 (2018) 陸上競技 5000m における接地パターン. 日本臨床スポーツ医学会誌, 26 (1) : 135-143.
- 後藤晴彦・鳥居 俊 (2020) 国内一流長距離選手の 5000m 走における接地パターン. トレーニング科学, 32 (2) : 73-80.
- Hasegawa H., Yamauchi T. and Kraemer W. J. (2007) Foot strike patterns of runners at the 15-km point during an elite-level half marathon. J Strength Cond Res, 21 (3): 888-893.
- 伊藤浩志・村木征人 (1997) 走, 跳, 投動作のグレーディング能力に関する研究. スポーツ方法学研究, 10 (1) : 17-24.
- Kasmer M. E., Liu X-c, Roberts K. G., and Valadao J. M. (2013) Foot-strike pattern and performance in a marathon. Int J Sports Physiol Perform, 8 (3): 286-292.
- 前田正登 (1999) 短距離走における足の接地に関する研究. スポーツ方法学研究, 12 (1) : 193-201.
- 前田正登 (2018) 小学校 6 年生における最大疾走速度時の足の接地様態. 身体行動研究, 7 : 33-38.
- 前田正登・吉村知紗 (2019) 子どもの疾走における走動作と足の接地様態に関する事例研究. 身体行動研究, 8 : 17-27.
- 松尾彰文・杉田正明・井本岳秋・若山章信・小林寛道 (1997) アトランタオリンピックの中長距離レースにおけるスピード, ピッチとストライドの変動. 鹿屋体育大学学術研究紀要, 18 : 49-52.
- 水島 淳・小山宏之・大山卞圭悟 (2016) 「はだし」が児童の疾走動作に及ぼす影響: 接地様式に着目して. 発育発達研究, 73 : 13-19.
- 中雄勇人・小倉庸輔・谷田 彪・石田真規 (2014) 長距離走における接地動作の違いがパフォーマンスに及ぼす影響. 群馬大学教育学部紀要, 49 : 85-91.
- NHK スペシャル取材班 (2013) 42.195km の科学—マラソン「つま先着地」vs「かかと着地」. 角川書店:東京, pp.98-99.
- 西出仁明・廣瀬泰輔・山田 洋・小河原慶太・五十嵐健太・宮崎誠司・両角 速 (2019) 大学トップランナーの接地動作と競技レベルの関係. 東海大学スポーツ医科学雑誌, 31 : 13-20.
- 信岡沙希重・樋口貴俊・後藤悠太・中田大貴・磯 繁雄・彼末一之 (2020) 児童の接地タイプによる疾走パフォーマンスの違い. スポーツ科学研究, 17 : 28-43.
- 太田 涼・有川秀之 (1998) 短距離走における主観的強度と客観的強度の対応関係に関する研究—小学生から大学生を対象に—. 陸上競技研究, 31 : 2-14.
- 太田 涼 (2021) 小学 6 年生のグレーディング能力に関する研究. 山梨学院大学スポーツ科学研究, (4) : 11-15.
- 篠原康男・前田正登 (2016) 陸上競技経験の有無が主観的努力度と疾走速度変化の関に及ぼす影響. トレーニング科学, 27 (3) : 81-92.
- 高橋昌宏・前田正登・野村治夫・柳田泰義 (2000) 長距離選手における走行時の足底圧分布. スポーツ産業学研究, 10 (1) : 75-88.
- 谷川 聡・島田一志・岩井浩一・尾縣 貢 (2008) 競技者と一般人の走および歩動作の特徴. 体育学研究, 53 : 75-85.
- 山田敦志・村木里志・古達浩史・濱中伸介 (2013) 小学生男子と成人男性との全力疾走時における動作の違い. 37 (4) : 243-248.

短距離走の加速局面における疾走速度の簡易的な計測法

伊藤信之¹⁾

A Simple Method for Measuring the Running Velocity During the Acceleration Phase of Sprint

Nobuyuki ITO¹⁾

Abstract

The purpose of this study was to clarify the reliability of the simple method for measuring the running velocity during the acceleration phase of maximal sprinting and to examine the possibility of evaluating sprinting ability during the acceleration phase calculating data every 1 meter. Fourteen male track and field athletes performed maximal effort 60-m sprints. Sprinting motion was recorded with five high-speed cameras. For each run, a spline interpolation technique was applied to the obtained distance-time curve. Then, we used the integral over time of the equation that fits the velocity-time curve with a biexponential function. We compared this method to the running velocity calculated by motion analysis. Then, the running velocity and the spatiotemporal variables for each 1 meter were calculated and compared between individuals. The main results were as follows.

1) The running velocity calculated from the data of only the passing time every 10 meters showed a slight difference from the value obtained by the motion analysis. It was confirmed that the reliability was improved by adding the time-distance data of the 1st step, the 2nd step, and the 4th step.

2) It was found that the running velocity with high accuracy can be calculated by using the estimated value from the passing time of 10 meters instead of using the measured value of the 1st step, the 2nd step, and the 4th step.

3) By calculating the running velocity and the spatiotemporal variables every 1 m, the average value and standard deviation can be calculated every 1 meter. Then, it was recognized that it became possible to make direct comparisons between individuals.

It was concluded that this simple method allows the running velocity during acceleration phase and could be useful in further field measurements.

キーワード：疾走速度測定の簡易法，スプリントの加速局面，1m ごとの時空間変数

1. 緒 言

陸上競技の 100m 走の記録は，レース中の最大速度と非常に強い相関関係がある（松尾ほか，2008）．永原（2015）は，スタートから最高速度に達するまでの加速時間は，パフォーマンスレベルに依存しないため，限ら

れた加速時間にどれだけ疾走速度を増加させられるかが非常に重要であるとし，加速局面の疾走能力向上は走能力向上のトレーニングに最も優先すべき課題であることを指摘している．Delecluse et al.（1995）は，一般学生を対象とし，疾走速度の主成分分析から，最大速度に達するまでの加速局面には，スタートから 10m までの初期加速局面，10m から最大疾走速度に至るまでのランジション局面があることを報告している．内藤ほか（2014）は，Delecluse et al.（1995）の指摘するランジション局面に相当するスタート後およそ 10m 地点以降の走パフォーマンスが，最大走速度に影響する可能性があることを報告している．こうした短距離走の加速局面における疾走速度変化について詳細に検討するには，連続的かつ微細な時間間隔で疾走速度を測定する必要があると言える（藤村，2014）．

スタートからの疾走速度の変化を測定するために，ビデオカメラを用いて撮影された動画から 10m ごとの通過タイムを読みとり，区間ごとの平均疾走速度を算出する方法が多く用いられている（加藤ほか，2000；加藤ほか 2002；伊藤宏，2007）．特殊な機材を使用する必要がなく，簡易にデータを取得できる方法ではあるが，Prendergast（2001）は，こうした区間ごとの平均速度は，経過時間から算出されることにより誤差が拡大されやすいこと，また，最大疾走速度がある区間の平均速度としてしか示されないことを指摘している．さらに，10m ごとの区間平均速度からでは，連続的で微細な間隔での疾走速度を評価することは難しいといえる．

小林ほか（2017）は，競技会の 100m のレースを 6 台の高速度カメラで撮影し，110m ハードルの 1 台目および 100m ハードルの 1,3,5,7,9 台目のグラウンドマーク上を選手のトルソーが通過する時間を読み取り，スプライ

1) 横浜国立大学教育学部 Yokohama National University
〒240-8501 横浜保土ヶ谷区常盤台 79-2

ン補間によって内挿することでレース全体の時間 - 距離情報から、10m 区間ごとの疾走速度を算出し、最大疾走速度発現区間および疾走速度低下率について報告している。伊藤 (2019) は、小学校の児童を対象に 50m 走を行わせ、スタート後の 1 歩目、2 歩目、4 歩目の身体重心位置と接地時点のスタートからの時間および 10m 毎の通過時間を用いて、1m ごとの疾走速度の変化を算出している。これらの方法では、連続的かつ微細な時間間隔で疾走速度を高価なシステムを用いずに測定することが可能である一方、疾走速度が経過時間を用いて算出されるため、誤差が拡大されやすいという問題点が残るといえる。

Slawinski et al. (2015) は、公表されている 10m ごとの通過時間を用いて、スプライン補間により距離 - 時間曲線を算出した上で、Morin et al. (2006) の提案した二つの指数関数からなる数式を用いて連続的な疾走速度を算出し、世界トップクラスの短距離選手の男女差について報告している。疾走速度は、スタート後急激に増大した後、漸進的に増加の度合いが緩やかとなるため (永原ほか, 2013), 10m ごとの通過時間だけでなく、スタートから 10m 未満における時間や距離のデータを追加することで、より精度の高い値が得られる可能性があると考えられる。さらに、10m 未満の時間 - 距離データを実測値ではなく推定値で代用することが可能であれば、より簡易に時々刻々と変化する疾走中の疾走速度を算出することが可能となると考えられる。しかし、これまでこうした方法による疾走速度の信頼性については明らかにされてはいない。10m 未満の時間距離データを加えたものと、10m の通過タイムのみで算出された疾走速度を、動作分析から算出された疾走速度と比較することなどによって、正確性がどの程度向上するか検討する必要があるだろう。さらに、10m 未満の時間 - 距離データを実測値ではなく推定値を用いた簡易法による疾走速度の値の精度が確保されていれば、高価な測定機器を使わず、分析の労力も軽減することが可能となると考えられる。

金高ほか (2005) や永原ほか (2013) は、加速局面の疾走速度を歩毎の平均値として算出している。測定値の 1 歩ごとの変化量を検討するためには、歩毎に値を算出することが重要となるが、試技間の比較をしようとする場合、10m 地点が何歩目になるか参照し直す必要があり、データを直接比較することが難しくなると考えられる。加速局面の疾走速度について 1 歩ごとに平均値を算出するのではなく、一定間隔の距離ごとに値を算出することで、連続的な微細な変化を捉えつつ、平均値や個人間および個人内の比較を行うことが可能となるのではと考えられる。また、全力での加速疾走中における疾走速度は指数関数的に漸進的に変化する一方、時空間変数の変化は特徴的に変化的に変化することが報告されている (永原,

2015)。これら測定項目についても 1m ごとに値を算出することによって、同距離での疾走速度との関係について比較検討を行うことが可能となると考えられる。このことは、加速疾走の能力を高めるための選手個々の課題の設定を検討する際の一助となると考えられる。

本研究では、①加速疾走中の疾走速度の変化を簡易的に測定する方法の信頼性を確認すること、②一定間隔の距離ごとに疾走速度およびステップ長やステップ頻度などの時空間変数を算出することで、加速疾走能力の評価にどのように活用できるかについて検討することを目的とした。

2. 方法

2.1 被験者および測定方法

被験者は、大学陸上競技部に所属している短距離および跳躍選手 14 名 (年齢 21.6 ± 1.2 歳, 身長 1.74 ± 0.05 m, 体重 65.1 ± 6.5 kg, 100m 自己最高記録 11.12 ± 0.31 s; 10.54 - 11.84 s) であった。本研究は所属する大学の研究倫理指針 (人に関する研究) に基づいて行われた。事前に本研究の目的や危険性を十分に説明し、危険を感じた場合や身体に違和感を生じた場合には、いつでも測定を中止できることを説明するとともに、実験参加に対する同意を書面で得た上で実施した。ウォーミングアップの後、各被験者にスターティングブロックからの 60m 全力走を各自のスパイクシューズを着用してウレタンサーフェスの陸上競技場トラックで行わせた。

図 1 は、60m 走の撮影およびタイム計測のためのカメラ配置を示したものである。走路の 3m, 9m, 20m, 30m, 40m 地点と直交する右側方約 40m 地点に設置した 5 台の高速カメラ (EX-F1, Casio, Tokyo, Japan, 300fps) を用いて、60m に渡る被験者の疾走をパンニング撮影した。各カメラの画角は、カメラの正面において水平方向に約 5m とした。実長換算のために、スタートラインから 42m に至るまで、走路の両側白線上に 2m 間隔で較正マークを設置し、疾走中の被験者の撮影時に画角内に映り込むようにした。Camera 1 は、スタートから 6m まで、Camera 2 は 6 ~ 12m 地点まで、Camera 3 は 20m 地点前後、Camera 4 は 30m 地点前後、Camera 5 は 40m 地点前後から 60m までの疾走動作をそれぞれ撮影した。

撮影された動画から 10m ごとに設置された目印のコーンを走者のトルソーが横切った時点を読み取り、10m 地点 (Camera 2 より)、20m 地点 (Camera3 より)、30m 地点 (Camera 4 より)、40m 地点 (Camera5 より)、50m 地点 (Camera 5 より)、60m 地点 (Camera5 より) の通過タイムを算出した。10m, 50m, 60m 地点については、カメラが直交していないため、カメラから見て、10m ごとの区切り地点が走路中央として見える位置にコーンの設置場所を調整した。Camera 1 より走者が合

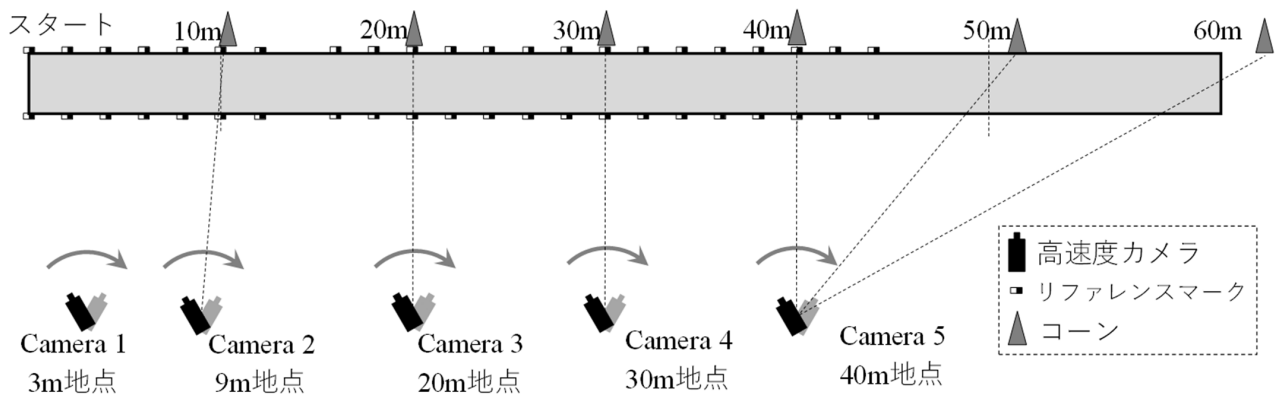


図1 60m 走の撮影およびタイム計測のためのカメラ配置

図に反応して動き出す瞬間の時点（以下、 T_0 ）および“セット”時の前脚のつま先がスターティングブロックから離れる瞬間の時点（以下、 T_{off} ）を読み取り、スタートの合図から T_0 および T_{off} までの時間をそれぞれ算出した。被験者がスターティングブロックを離れ、次に接地した時点をも1歩目の接地とした。スタートの合図を起点として1歩ごとの接地および離地の瞬間の時点を読み取った。片足の接地時点から反対足の接地時点までを1歩と定義し、1歩に要した時間の逆数をステップ頻度とした。また、接地時点から続く離地時点までを支持時間、離地時点から続く接地時点までを滞空時間として求めた。

T_0 時および1歩目から6歩目の接地の時点、10m、20m、30m、40m をまたぐ走の1サイクルの接地時点（左足-右足-左足もしくは右足-左足-右足）の画像から身体分析点（23点）および前後左右の4つの校正マークを、Frame-DIAS system (DKH Co., Tokyo, Japan) を用いてデジタイズし、身体の2次元座標値を4点の校正マークをもとに実座標に換算した。得られた身体分析点の実座標から阿江（1996）の身体部分慣性係数を用いて、 T_0 の時点およびそれぞれの歩の接地時点での身体重心位置を算出した。

2.2 疾走速度の算出方法

Prendergast (2001) や Slawinski et al (2015) は、公表されている10m ごとの通過タイムを用いて疾走速度を算出しているが、スタート直後の疾走速度の変化は非常に大きいため（永原ほか, 2013）、10m 未満の時間-距離変化のデータを加えることで、より精度の高い疾走速度の算出が可能になると考えられる。10m 未満の時間距離データを加えたものと、10m の通過タイムのみで算出された疾走速度を、動作分析から算出された数字と比較することで、正確性がどの程度向上するか検討することとした。次に10m 未満の時間-距離データを実測値ではなく推定値とする簡易法による疾走速度の値の

精度が確保されているか検討した。また、10m ごとの区間タイムから区間平均速度を求め、比較を加えた。以下、それぞれの算出方法について述べる。

(1) 画像のデジタイズによる算出法 (Dig 法)

T_0 時およびスタート後1歩目から6歩目にかけての接地の時点での連続する身体重心位置の水平変位をステップ長とした。1歩ごとのステップ長とステップ頻度を乗じることで疾走速度を求め、2歩ごとに平均値を算出した（1-2歩目、3-4歩目、5-6歩目）。10m、20m、30m、40m のそれぞれの地点をまたぐ2歩の身体重心位置から算出したステップ長およびステップ頻度を用いて疾走速度を求め、2歩の平均値を算出した。このようにしてデジタイズによって得られた二次元座標値を用いて算出された疾走速度の値を Dig 法による疾走速度とし、後述する各手法により算出された疾走速度との相違を検討できるようにした。

(2) 通過タイムに10m 未満のデータを加えての算出法 (SP 法)

Slawinski et al. (2015) は、10m ごとの通過時間を用いて、スプライン補間により距離-時間曲線を算出した上で、二つの指数関数からなる数式を用いて疾走速度を算出していた。本研究では、より精度の高い疾走速度の算出するために、10m ごとの通過時間に10m 未満の時間-距離のデータを加えることで疾走速度を算出した（以下、SP 法とする）。図2は、スプライン補間によるスタートからの距離の算出の例を示したものである。デジタイズおよび実長換算によって算出された T_0 時および1歩目から6歩目の接地の時点の身体重心位置の中から、 T_0 時、1歩目、2歩目、4歩目の接地時の身体重心位置を用いた。これらの測定値とスタートの合図からの時間（伊藤, 2019）および10m ごとの通過タイムを用いて、スプライン補間によって各被験者のスタートから60m にかけて300Hz に補間された時間-距離データを算出した。スプライン補間を用いて発走から60m のゴールにかけての値を算出するためには、対象区間の前と後

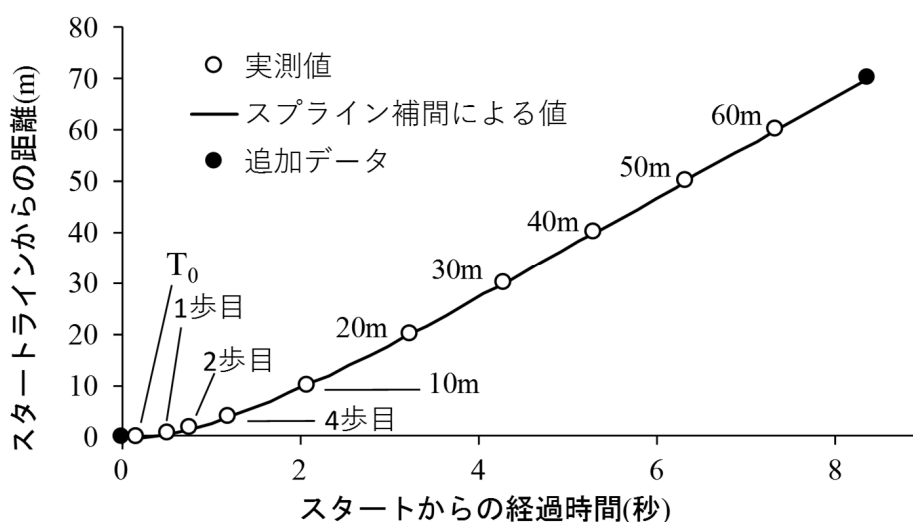


図2 スプライン補間によるスタートからの距離の算出の例

にデータを加える必要がある。発走前の追加データとしては、スタートの合図の瞬間を用いた。ゴール後の追加データとしては、40～50m区間の平均速度と50～60m区間の平均走速度から、同様の速度変化が続くと仮定して算出した70m地点のタイムを用いた。このようにして得られた時間－距離データから、 T_0 時から60mにかけての各歩の接地瞬間の時点の距離を読み出し、連続する位置の水平変位をステップ長とした。1歩ごとのステップ長とステップ頻度を乗じることで疾走速度を求めた。

経過時間から算出される疾走速度は、誤差が拡大されやすいことから (Prendergast, 2001)、わずかな読み取りの誤差により、疾走速度の変化が波打つような曲線になってしまうことがある。図3 (b) は、10m地点と30m地点の通過時間に0.01秒を加えた場合を示している。わずか1/100秒の読み取り誤差によって、算出された疾走速度の変化が波打つようになることが分かる。読み取り誤差による影響を小さくするために、Morin et

al. (2006) の提案した二つの指数関数からなる以下の数式を用いて、各被験者が発走してからフィニッシュするまでの時間－速度変化を以下のように数式化した。

$$v(t) = v_{\max} [e^{((t-t_{\max})/\tau_2)} - e^{(-t/\tau_1)}] \quad (\text{Morin et al., 2006})$$

ここで、 V は疾走速度 (m/s) を、 t はスタートからの経過時間を、 e は自然対数の底を、 $V_{\max}$ は最大疾走速度に関する定数を、 $t_{\max}$ は最大疾走速度達成時のスタートからの時間に関する定数を、 τ_1 は加速に関する定数を、 τ_2 は減速に関する定数を意味している。 $V_{\max}$ 、 $t_{\max}$ 、 τ_1 、 τ_2 の4つの定数は未知数である。実測した1歩毎の接地の時点のスタートからの時間およびスプライン補間によって算出された1歩ごとの疾走速度を当てはめ、最小二乗法によってこれら4つの定数の値を求め、得られた各定数の値を数式に当てはめることで、発走から60mにかけての疾走速度を数式化した。数式を用いて疾走速度を算出することにより、適切に読み取られた値とほぼ同じ値が得られることが確認できる (図3c)。

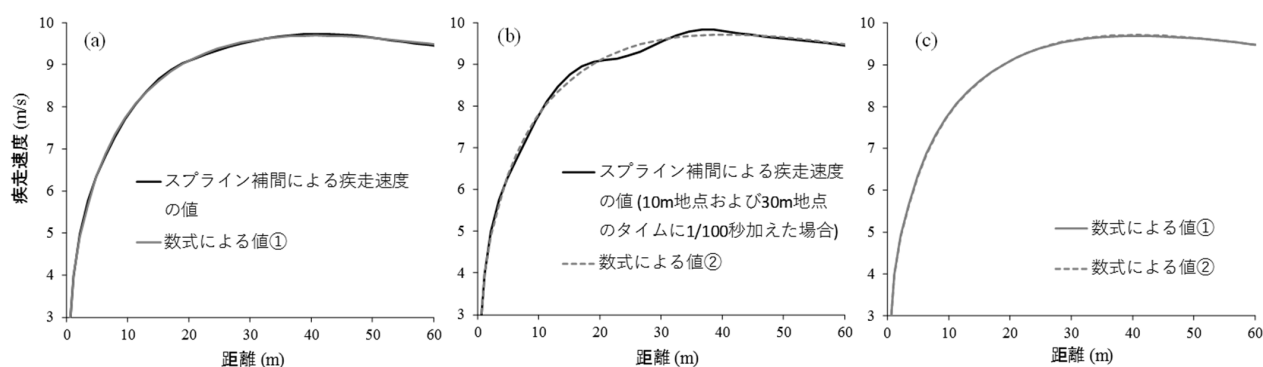


図3 時間－速度変化の数式化の例

黒線はスプライン補間によって算出された値、灰色線は二つの指数関数からなる数式 (Morin, 2006) から算出された値を示している。

(3) 10m 未満のデータを推定値とする算出法 (簡易法)

10m 未満の時間-距離データの実測値のかわりに平均値から算出された時間のデータ (T_1 , T_2 , T_4) および 10m の通過タイムから求められた距離の推定データ (D_1 , D_2 , D_4) を用いて、疾走速度を算出した (以下、簡易法とする)。これらの推定値を算出するにあたっては、スタートの合図に対する走者の反応時間による影響を省くことで、より精度の高い推定値が算出されることが考えられる。 T_0 は走者がスタートの合図に反応した瞬間の時点ではあるが、目視で正確に特定するのは困難であるのに対して、スタートの合図後に前脚のつま先がブロックから離れる時点である T_{off} については明確に判別が可能であることから、 T_{off} の時点を中心とした時間および距離のデータを用いることとした。

SP 法によって得られた各被験者の時間-距離の値から、 T_{off} 時および T_1 , T_2 , T_4 時の時点の距離を読み出した。10m タイム (T_{off} 時を基点として) を独立変数、 T_{off} 時のスタートラインからの距離を基点とした T_1 , T_2 , T_4 時までの距離を従属変数とした一次の回帰式から、各被験者の T_1 , T_2 , T_4 時の距離を、それぞれ求めた (図 4a,b,c)。これらの距離は T_{off} 時を基点とした距離となるため、スタートラインから T_{off} 時までの身体重心の水平変位の平均値 (0.35m) を加えたものを D_1 , D_2 , D_4 とした。図 5 は、簡易法で使用する時間-距離のデータについて示したものである。 T_0 には、スタート合図から走者が動き出す瞬間までの時間の平均値である 0.16 秒の値を入れることとした。 T_1 は、スタート合図後前脚のつま先がブロックから離れる瞬間 (以下、 T_{off}) から 1 歩目接地までの時間の平均値 (0.076 秒) に各被験者の発走合図から T_{off} までの時間の値を加えた値、 T_2 は、 T_{off} から 2 歩目接地までの時間の平均値 (0.318 秒) に各被験者の発走合図から T_{off} までの時間の値を加えた値、 T_4 は T_{off} から 2 歩目接地までの時間の平均値 (0.774 秒) に各被験者の発走合図から T_{off} までの時間の値を加えた値、 D_0 は、スタート合図前の SET 時のスタートラインから身体重心位置の水平変位の平均値 (-0.23m) とした。

1,2,4 歩目の実測値の代わりにこれらの平均値 (時間) および推定値 (距離) を用いて 10m 以降の時間と距離のデータとあわせて、発走から 60m にかけての 300Hz に補間された時間-距離のデータを算出した。各歩の接地瞬間の時点の距離を読み出し、連続する位置の水平変位をステップ長とした。1 歩ごとのステップ長とステップ頻度を乗じることで疾走速度を求めた。その後、SP 法と同様に数式を用いて、発走から 60m にかけての疾走速度を算出した。

(4) 10m ごとの通過タイムからの算出 (SP₁₀ 法)

10m 未満の時間-距離のデータを用いず、スタートから 10m, 20m, 30m, 40m, 50m, 60m 通過時のタイムから疾走速度を算出した (以下 SP₁₀ 法とする)。 T_0 に

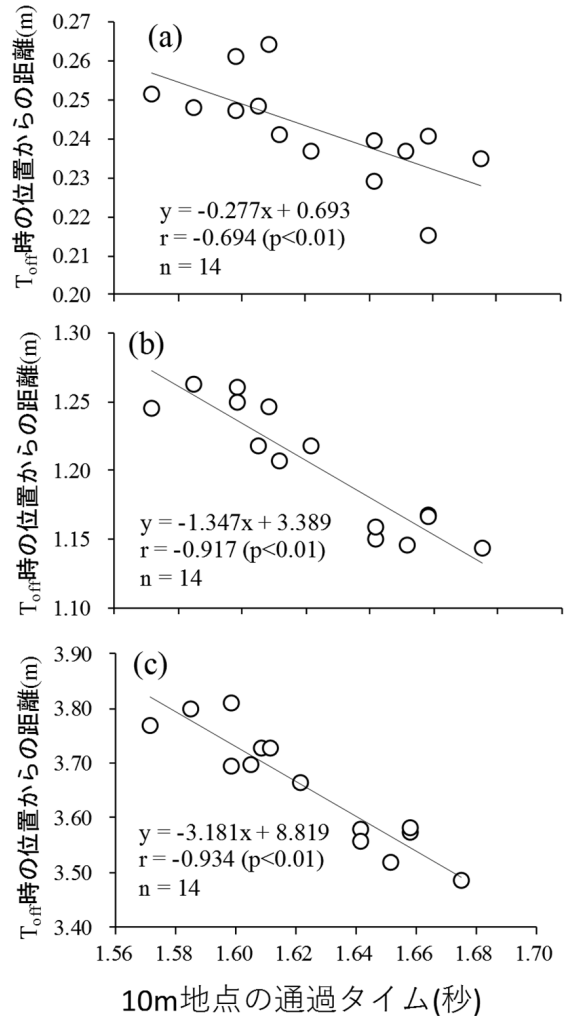


図4 T_{off} の時点を中心として 10m 地点の通過タイムと (a) T_1 , (b) T_2 , (c) T_4 時の T_{off} 時の位置から距離との関係

は、スタート合図から走者が動き出す瞬間までの時間の平均値である 0.160 秒の値を入れ、 D_0 は、スタート合図前の SET 時のスタートラインから身体重心位置の水平変位の平均値 (-0.23m) とした。10m 以降の時間と距離のデータとあわせて、発走から 60m にかけての 300Hz に補間された時間-距離のデータを算出した。各歩の接地瞬間の時点の距離を読み出し、連続する位置の水平変位をステップ長とした。1 歩ごとのステップ長とステップ頻度を乗じることで疾走速度を求めた。その後、SP 法と同様に数式を用いて、発走から 60m にかけての疾走速度を算出した。

2.3 簡易法のデータを用いた 1m ごとの測定値の算出

各歩のスタート地点からの距離は個人毎に異なるため、一定間隔の距離ごとでの測定項目の値の比較を行うため、1m ごとの数値を算出することとした。簡易法によって得られた 1 歩ごとの測定値と距離の値から、スプ

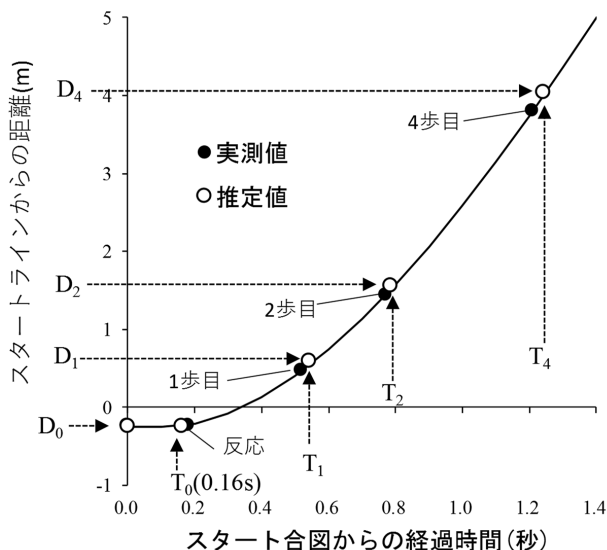


図5 簡易法Aで使用する時間-距離データ。

平均値から算出された T_0 , T_1 , T_2 , T_4 , D_0 および 10m の通過タイムから算出された D_1 , D_2 , D_3 を 1 歩目, 2 歩目, 4 歩目の時間-距離データとして用いる。

T_0 : スタート合図から反応した瞬間までの時間の平均値 (0.160 秒)

T_1 : T_{off} から 1 歩目接地までの時間の平均値 (0.076 秒) に各被験者の発走合図から T_{off} までの時間の値を加えた値

T_2 : T_{off} から 2 歩目接地までの時間の平均値 (0.318 秒) に各被験者の発走合図から T_{off} までの時間の値を加えた値

T_4 : T_{off} から 4 歩目接地までの時間の平均値 (0.774 秒) に各被験者の発走合図から T_{off} までの時間の値を加えた値

D_0 : スタート合図前の SET 時のスタートラインから身体重心位置の水平変位の平均値 (-0.23m)

D_1 , D_2 , D_3 : 10m の通過タイムから算出されたスタートラインからのそれぞれの距離にスタート合図後前脚がブロックから離れる瞬間の身体重心位置の平均値 (0.35m) を加えた値

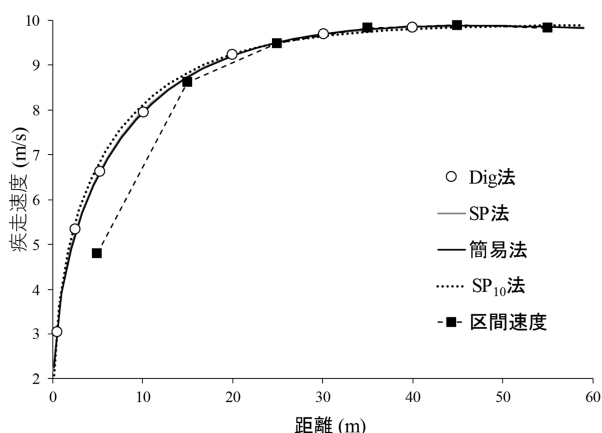


図6 本研究で用いた4つの手法によって算出された疾走速度の典型例 (Sub.4)

Dig 法, SP10 法, SP 法, 簡易法に加えて, 10m ごとの通過タイムから算出された区間平均速度を 5m 地点, 15m 地点, 25m 地点, 35m 地点, 45m 地点, 55m 地点にそれぞれ示している。

ライン関数によって補間することで, 1m ごとの疾走速度を算出した。ストライド, ピッチ, 支持時間, 滞空時間の算出にあたっては, 1 歩ごとの左右差の影響を排除するため, 以下の式を用いて 5 点加重移動平均法による

$$g_i = \frac{1}{16}(g_{i-2} + 4g_{i-1} + 6g_i + 4g_{i+1} + g_{i+2})$$

平滑化を行った後, 1m ごとの値を算出した (図7)。

ここで, g は測定項目, i は歩数を意味している。1, 2 歩目および最後の 2 歩のデータは用いることができないため, ステップ長およびステップ頻度, 支持時間, 滞空時間は, 3m ~ 55m にかけての距離での 1m ごとの値を算出することとした。

2.4 統計処理

手法間の相違を明らかにするために, 1-2 歩目, 3-4 歩目, 5-6 歩目および 10m 地点, 20m 地点, 30m 地点, 40m 地点における疾走速度の平均値を Dig 法, SP 法, 簡易法, SP₁₀ 法ごとに求め, 一元配置の分散分析を用いて平均値の有意差検定を行った。主効果が有意であった場合, Holm 法を用いて多重比較を行った。さらに, 各手法と Dig 法の値との差分の絶対値の平均値である平均絶対誤差 (Mean Absolute Error, 以下 MAE) を算出した。各手法と Dig 法との一致度を検討するためには, 検者間の信頼性の指標である級内相関係数 (ICC2,1) (谷, 1997) を用いた。級内相関係数の大まかな判定基準については, 桑原ほか (1993) を参考に, 0.6 未満で re-work (要再考), 0.6 ~ 0.8 で possible (可能), 0.7 ~ 0.8 で OK (普通), 0.8 ~ 0.9 で good (良好), 0.9 以上を great (優秀) とした。統計処理には Microsoft® Excel を用いた。分散分析および級内相関係数については Excel のワークシート上にそれぞれ一元配置および二元配置の分散分析表を作成し算出した。計算結果に誤りがないか, EZR version1.37 (Kanda, 2013) を用いて, Excel によるものと EZR によるものの F 値がすべて同一であることを確認した。すべての検定の有意水準は 5% 未満とした。

3. 結果

表1は, T_{off} (スタート合図後前脚のつま先がブロックから離れる瞬間) から, 1 歩目, 2 歩目, 4 歩目接地までの時間の平均値 ($\pm$ SD) および 60m タイムとの相関係数を示したものである。それぞれの平均値に各被験者のスタート合図から T_{off} までの時間を加えたものを, 簡易法に用いた。 T_{off} から, 1 歩目, 2 歩目, 4 歩目接地までの時間と 60m タイムとの間には有意な相関関係は認められなかった。

図4は, T_{off} の時点を中心として 10m 地点の通過タイムと T_{off} 時の位置を中心として, T_1 時 (a), T_2 時 (b), T_4 時 (c) の距離との関係を示したものである。それぞれ,

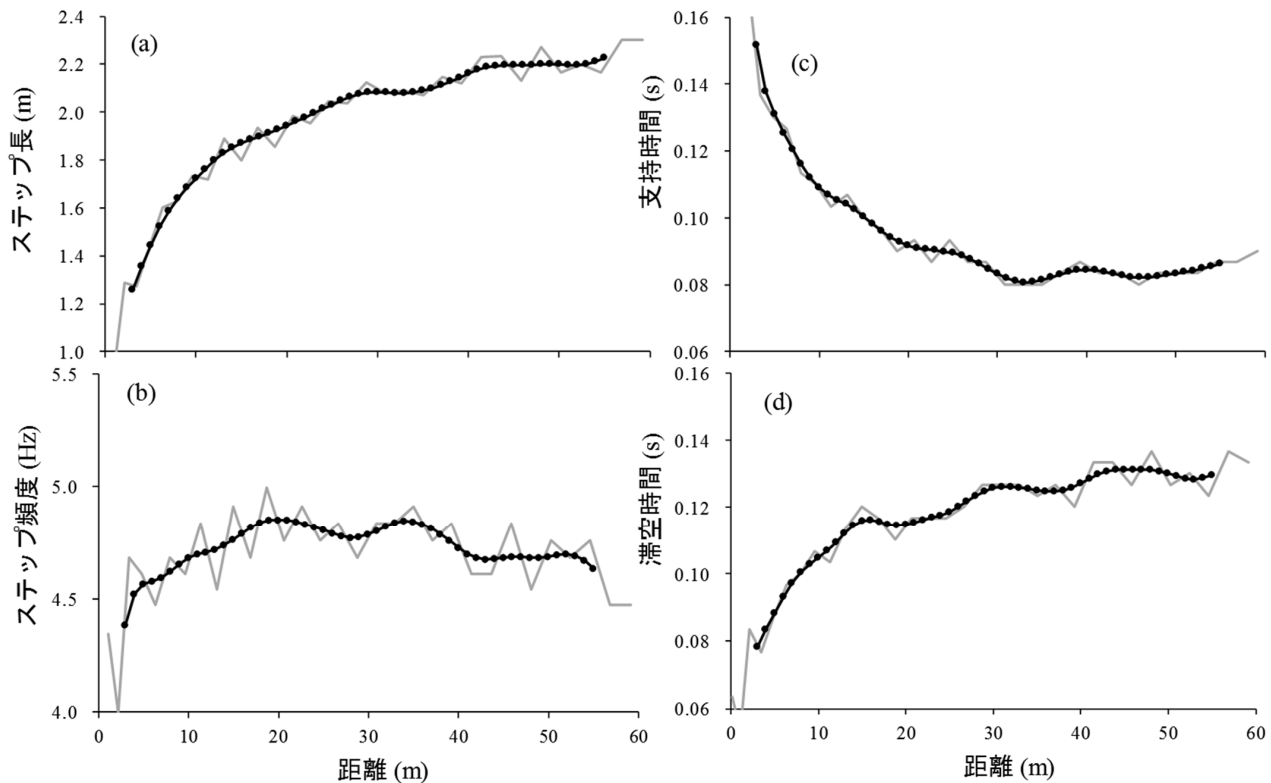


図7 本研究で用いた (a) ステップ長, (b) ステップ頻度, (c) 支持時間, (d) 滞空時間の例 (Sub.4). 各グラフの灰色線は生データ, 黒線は5点加重移動平均によって平滑されたデータを示している。

表1 T_{off} から1歩目, 2歩目, 4歩目接地までの時間の
平均値±標準偏差および60mタイムとの相関係
数 ($n=14$)

	時間 (s)	相関係数	
1歩目	0.076 ± 0.016	0.169	ns
2歩目	0.318 ± 0.020	0.436	ns
4歩目	0.774 ± 0.035	0.265	ns

ns: non significant

有意な相関関係が認められた。とりわけ, 2歩目と4歩目にあたる T_2 時 (b), T_4 時 (c) のスタートから距離と10m地点の通過タイムとの間には, 非常に強い負の相関関係が認められた。

図6は, 本研究で用いた4つの手法 (Dig法, SP法, 簡易法, SP₁₀法) によって算出された疾走速度の典型例を示したものである。さらに10mごとの通過タイムから算出された区間平均速度を5m地点, 15m地点, 25m地点, 35m地点, 45m地点, 55m地点にそれぞれ示した。SP₁₀法は5~20mまで距離で, 他の手法による値を上回る傾向が見られた。区間速度は20~30m区間の平均速度以降は, ほぼ疾走速度曲線上にプロットされていたが, 0~10m区間の平均速度は大きくかけ離

れた値であった。

図7は, 本研究で用いたステップ長 (a), ステップ頻度 (b), 支持時間 (c), 滞空時間 (d) の例を示したものである。灰色線は1歩ごとに算出された生データ, 黒線は平滑化された上で1mごとに算出されたデータを示している。この被験者 (Sub.4) では, ステップ長は (図4a), スタート後急激に増加し, その後緩やかに増加し続けた。ステップ頻度 (図4b) は, スタート後20m地点まで増加した後, 40~60mにかけてやや減少した値が維持されていた。支持時間は (図4c), スタート後急激に減少した後, 10m中盤以降は緩やかに減少し30m付近で最小となった。滞空時間は (図4d), スタート後急激に増加した後, 20m以降では緩やかに増加した。

表2は各手法によって算出された疾走速度の比較を示したものである。すべての位置で疾走速度には, 手法間に有意な主効果が認められたが, 多重比較の結果, Dig法, SP法, 簡易法の値には有意な差がみられず, SP₁₀法のみ異なる値を示した。SP₁₀法による値は, 1-2歩目では, 他の手法の値より有意に小さかった。3-4歩目では, Dig法との間に有意な差は見られなかったが, SP法, 簡易法よりも有意に大きかった。5-6歩目, 10m地点, 20m地点では, Dig法, SP法, 簡易法より有意に大きく, 30m地点では, Dig法との間に有意な差は見られなかったが, SP法, 簡易法よりも有意に小さく, 40m地点では,

表2 各手法によって算出された疾走速度 (m/S) の比較 (n=14)

位置	Dig法 (mean±SD)	SP法 (mean±SD)	簡易法 (mean±SD)	SP ₁₀ 法 (mean±SD)	主効果
1-2歩目 (1.07 ± 0.09m)	3.04 ± 0.13	3.07 ± 0.11 ^d	3.07 ± 0.09 ^d	2.70 ± 0.13 ^{a,b,c}	F=90.1 (p < 0.01)
3-4歩目 (3.36 ± 0.20m)	5.37 ± 0.16	5.33 ± 0.14 ^d	5.33 ± 0.14 ^d	5.36 ± 0.15 ^{b,c}	F=7.9 (p < 0.01)
5-6歩目 (6.17 ± 0.36m)	6.64 ± 0.19	6.63 ± 0.16 ^d	6.62 ± 0.17 ^d	6.78 ± 0.17 ^{a,b,c}	F=27.2 (p < 0.01)
10m	7.55 ± 0.19	7.56 ± 0.18 ^d	7.55 ± 0.19 ^d	7.73 ± 0.19 ^{a,b,c}	F=50.2 (p < 0.01)
20m	9.21 ± 0.24	9.20 ± 0.22 ^d	9.20 ± 0.22 ^d	9.25 ± 0.22 ^{a,b,c}	F=12.0 (p < 0.01)
30m	9.67 ± 0.25	9.66 ± 0.25 ^d	9.66 ± 0.24 ^d	9.64 ± 0.25 ^{b,c}	F=3.6 (ns)
40m	9.84 ± 0.26	9.82 ± 0.27 ^d	9.82 ± 0.27 ^d	9.78 ± 0.27 ^{a,b,c}	F=12.6 (p < 0.01)

() 内の数字は、Dig法でのスタートからの距離の平均値

ns: non significant

^a Dig法と有意差あり(p<0.05), ^b SP法と有意差あり(p<0.05)^c 簡易法と有意差あり(p<0.05), ^d SP₁₀法と有意差あり(p<0.05)

他の3つの手法よりも有意に小さかった。

表3は、各手法による疾走速度の値とDig法の値とのMAEおよび級内相関係数(ICC(2.1))を示したものである。SP法による疾走速度の値とDig法による値のMAEは0.04～0.06m/sと小さく、級内相関係数は0.9以上、10m地点以降は0.96～0.98となっていた。簡易法では、1-2歩目のMAEがやや大きく、級内相関係数が0.605とやや小さかった以外は、SP法と同様の傾向を示した。SP₁₀法では、3-4歩目および20m地点以降のMAEは小さく、級内相関係数は0.95以上の値を示したが、1-2歩目でMAEが0.34m/sと大きく、級内相関係数も0.153と小さい値を示した。5-6歩および10m地点

で、MAEがやや大きく、級内相関係数の値が小さい傾向があった。

表4は、SP法と簡易法の疾走速度のMAEおよび絶対差分の最大値と最小値を示したものである。MAEは1-2歩目以外で0.03m/s以内の数字に収まっていた。絶対値の差分の最大値は、1-2歩目は0.20m/sとやや大きな値となっていたが、3-4歩目から10m地点までは0.06～0.08m/s、20m以降は0.03m/s以内の数字となっていた。

図8は、1mごとに算出された疾走速度の平均値(縦線は標準偏差を示す)と2名の被験者(Sub.5とSub.10)の例(a)および被験者の疾走速度と平均値の差を標準

表3 各手法による疾走速度の値とDig法の値とのMAEおよび級内相関係数(ICC(2.1))(n=14)

位置	SP法		簡易法		SP ₁₀ 法	
	MAE (m/s)	級内相関係数 (ICC(2.1))	MAE (m/s)	級内相関係数 (ICC(2.1))	MAE (m/s)	級内相関係数 (ICC(2.1))
1-2歩目 (1.07 ± 0.09m)	0.04	0.922	0.08	0.605	0.34	0.153
3-4歩目 (3.36 ± 0.20m)	0.05	0.925	0.05	0.919	0.04	0.961
5-6歩目 (6.17 ± 0.36m)	0.06	0.923	0.06	0.911	0.13	0.663
10m	0.05	0.962	0.05	0.951	0.18	0.647
20m	0.04	0.981	0.03	0.983	0.05	0.966
30m	0.04	0.982	0.04	0.981	0.05	0.972
40m	0.04	0.984	0.05	0.981	0.07	0.962

() 内の数字は、Dig法でのスタートからの距離の平均値

表4 SP法と簡易法の疾走速度のMAEおよび絶対差分の最大値と最小値 (n=14)

位置	MAE (m/s)	絶対差分の最大値(m/s)	絶対差分の最小値(m/s)
1-2歩目 (1.07 ± 0.09 m)	0.06	0.20	0.01
3-4歩目 (3.36 ± 0.20 m)	0.02	0.06	0.00
5-6歩目 (6.17 ± 0.36 m)	0.03	0.07	0.00
10m	0.03	0.08	0.00
20m	0.01	0.02	0.00
30m	0.01	0.02	0.00
40m	0.01	0.03	0.00

() 内の数字は、Dig法でのスタートからの距離

偏差で除した標準化スコアの例を示したもの (b) である。疾走速度の平均値は、スタート後急激に増加した後、漸進的に増加の度合いが緩やかになり、40m以降に最大速度に達した。Sub.5は、いずれの距離でも平均値を大きく上回っており、20～40mにかけての標準化スコアは2.0以上の値を示していた。Sub.10は、疾走速度を見ると平均値とほぼ重なる速度変化のパターンを示していたが、標準化スコアを見ると、10m地点まではやや高いレベル、10～40m地点ではマイナスの値を、50m以降にかけてはプラスの値を示していた。50m以降は減速する傾向があり、標準化スコアはマイナスの値を示していた。

図9は、ステップ長 (a)、ステップ頻度 (b)、支持時間 (c)、滞空時間 (d) の1mごとの平均値 (縦線は標準偏差を示す) および2名の被験者の例を示したものである。ステップ長の平均値は、スタート後急激に増加し、その後緩やかに増加し続けた (図9a)。ステップ頻度の平均値は、5m以降緩やかに増加し、40m以降は徐々に

小さくなった (図9b)。支持時間の平均値は、スタート後急激に減少した後、15m地点以降は緩やかに減少し、30m地点以降はほぼ一定の値を示した (図9c)。滞空時間の平均値は、スタート後急激に増加した後、15m地点以降緩やかに増加した (図9d)。Sub.5は、ステップ長はスタートから24mまでにかけて平均値を下回っていた。ステップ頻度はすべての距離で平均値を大きく上回っていた。支持時間はすべての距離で平均値よりも小さく、滞空時間は8m、20m、40mの前後で平均値を下回っていた。Sub.10は、すべての距離でステップ長は平均値を下回り、ステップ頻度は平均値を上回っていた。支持時間は平均値以上にスタート後急激に減少し、5m地点でかなり小さい値を示した。その後25m以降は平均値と同じもしくはやや上回る値を示した。滞空時間は20m地点前後で平均値とほぼ同じ値を示した以外、5m以降のすべての距離で平均値を大きく下回っていた。

4. 考 察

4.1 簡易法の信頼性

(1) 10m未満の時間および距離のデータを加えることの影響

SP₁₀法による疾走速度は、5～20mの距離において他の方法よりも大きい傾向が見られた (図6)。5-6歩目、10m地点、20m地点では、Dig法およびSP法、簡易法による値よりも有意に大きく、1-2歩目および40m地点では他の手法による値よりも有意に小さかった (表2)。一方、SP法の疾走速度は、Dig法のものとほぼ重なっており (図6)、すべての距離でDig法との間に有意な差は見られなかった (表2)。5-6歩目および10m地点のDig法との級内相関係数は、SP法が0.9以上でありgreat (優秀) と判定される値を示していたのに対して、SP₁₀法では0.65前後のpossible (可能) と判定される値となっていた。5-6歩目および10m地点におけるSP₁₀

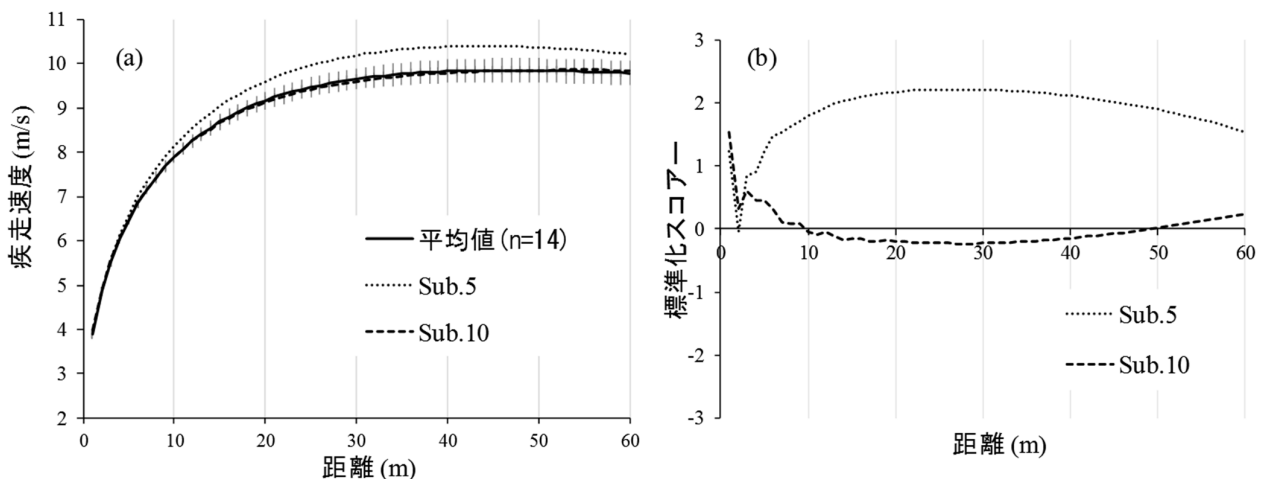


図8 (a)1mごとに算出された疾走速度の平均値 (縦線は標準偏差を示す) と2名の被験者 (Sub.5とSub.10) の例、および (b) 被験者の疾走速度と平均値の差を標準偏差で除した標準化スコアの例。

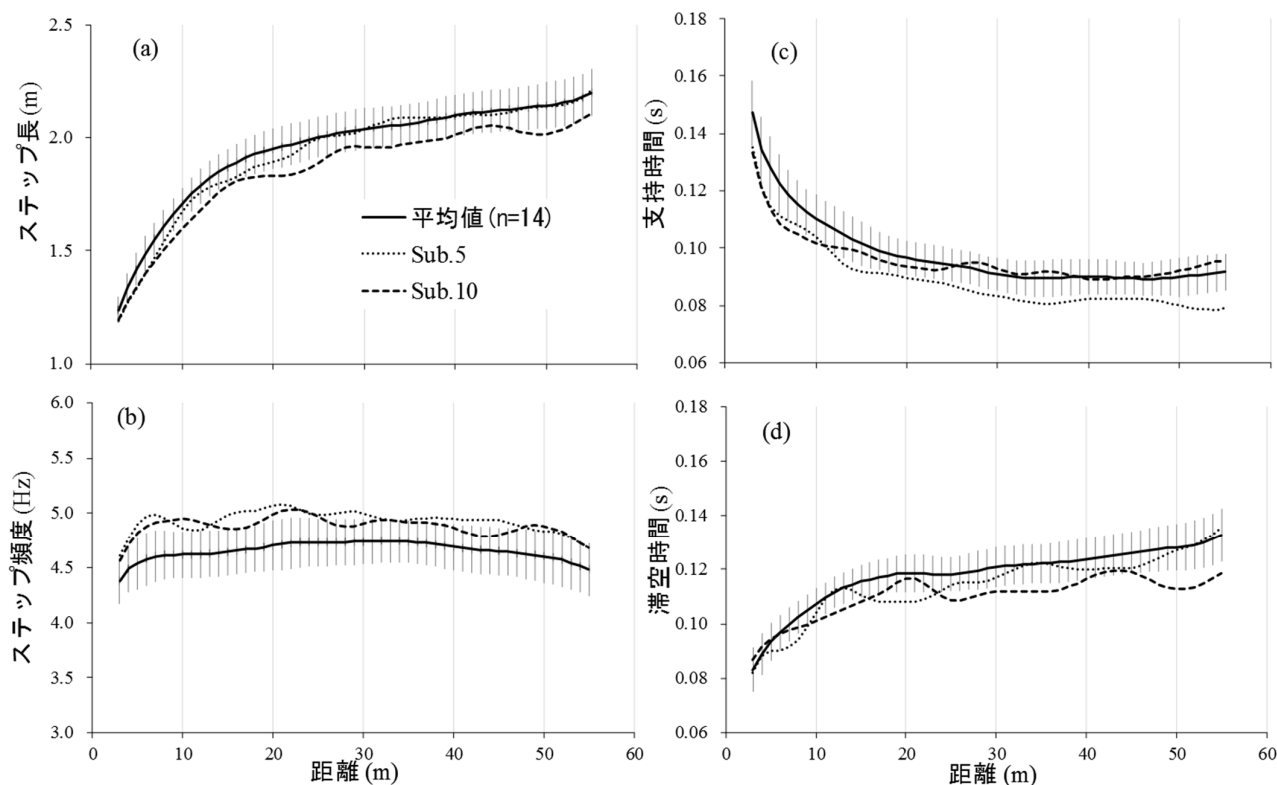


図9 (a) ステップ長, (b) ステップ頻度, (c) 支持時間, (d) 滞空時間の 1m ごとの平均値 (縦線は標準偏差を示す) および 2 名の被験者 (Sub.5 と Sub.10) の例.

法と Dig 法との MAE も SP 法の倍以上の大きさとなっていた (表 3). 一方, SP₁₀ 法と Dig 法との 20m 地点以降の級内相関係数は 0.95 以上となっていたため (表 3), 10m 未満の時間-距離のデータを用いない場合, スタート直後および 5 ~ 20m 前後にかけての疾走速度の信頼性がやや欠けており, 疾走速度の値が過大評価される傾向となることが示唆される.

SP 法は Dig 法との MAE は, どの位置でも 0.04 ~ 0.06m/s であった. 金高 (2004) は, レーザー速度測定器を用いて得られたスプリント走中の疾走速度と, メジャーを用いて実測した 1 歩毎のストライドから算出した疾走速度の絶対差分の平均は 0.15 ~ 0.25m/s であったことを報告している. 本研究で算出した MAE は疾走速度の絶対差分の平均を示すものであり, Dig 法と SP 法の値の差はかなり少ないと言える. Dig 法との一致度の指標となる級内相関係数は, SP 法では, どの位置でも 0.9 以上であり, 20m 地点以降は 0.98 以上という非常に大きな値を示した (表 3). こうしたことから, 10m 未満の時間-距離データとして, 1,2,4 歩目のデータを加えることで, より精度の高い疾走速度のデータが得られることが示唆される.

(2) 10m 未満の時間および距離のデータを推定値とすること

本研究では, 簡易法における推定値の算出にあたって,

時間の要因については被験者の平均値を利用した. T_{off} から 1 歩目, 2 歩目, 4 歩目の接地までの時間は, 60m の走タイムとの間に有意な相関関係が認められなかったことから (表 1), これらの時間は, 個人差による多少の違いはあるものの, 走パフォーマンスとの関係は小さいといえる. 10m の通過タイムと, これらの平均値時点での T_{off} 時を起点とした距離との間には, それぞれ有意な相関関係が認められ (図 4abc), 特に 2 歩目と 4 歩目にあたる T_2 と T_4 時では相関係数が 0.9 以上の値を示し, 強い相関関係が認められたことから, 2 歩目と 4 歩目にあたる距離の推定値である D_2 と D_4 は適切な値が得られていたと考えられる. 1 歩目にあたる T_1 時は, 相関係数の値が -0.694 と, やや小さな値であったが, T_1 時の T_{off} 時を起点とした距離の最小値から最大値までの差が小さく (0.22 ~ 0.26m), 測定値と推定値の絶対差分の平均値 (SD) は 0.01 (0.01) であったことから, 実測値と推定値の差分の大きさが与える影響は小さいものと考えられる.

ここで, 得られた回帰式より, 各被験者の T_1 , T_2 , T_4 時の距離をそれぞれ求め, スタートラインから T_{off} 時までの身体重心の水平変位の平均値 (0.35m) を加えたものを D_1 , D_2 , D_3 として, 10m 地点のタイムから算出した距離の推定値とした. T_{off} 時のスタートラインからの距離は, スターティングブロックと前脚のつま先が接

触している状態での位置となるため、身長や下肢長の影響が大きいと考えられるが、10m タイムとの間に有意な相関関係が認められなかったことから ($r=-0.455$, $p=0.102$), スタートラインから T_{off} 時までの距離としては平均値を用いることとした。ここで、 T_{off} ではなく、スタートの合図を基点としたデータを用いた場合、10m 地点の通過タイムと各時点との相関係数は、 T_1 時で $r=-0.234$ (ns), T_2 時で $r=-0.428$ (ns), T_3 時で $r=-0.581$ ($p<0.05$) となり、決定係数が大幅に低下することから (T_1 時: $0.48 \rightarrow 0.06$, T_2 時: $0.84 \rightarrow 0.18$, T_3 時: $0.87 \rightarrow 0.34$), 推定値の精度がかなり低下することになるといえる。プロットされた実測値と推定値を見ると (図5), 接地時の時間と $T_{1,2,3}$ の時点から時間がずれたことに対応した距離の値が算出されており、スプライン曲線で補間された時間-距離データの曲線上にプロットされていることが確認できる。

SP 法と簡易法の疾走速度はほぼ同じ値を示し、平均値に有意な差は見られなかった (表2)。簡易法と Dig 法との MAE および級内相関係数は、1-2 歩目以外は、SP 法のものとはほぼ同レベルの値となっていたことから、1,2,4 歩目にあたるデータを推定値としても、十分精度の高い実用的なデータを算出することが可能であることが示唆される。しかし、1~2m の距離での標準化スコアの値は、3m 以降に比べると値が大きく変動していた (図8b)。このことには、1~2m の距離での疾走速度の標準偏差の値が小さかったことも影響していると考えられるが、簡易法と Dig 法との級内相関係数が 3-4 歩目以降 0.9 以上であったのに対して 1-2 歩目の級内相関係数が 0.605 と低い値を示していたことによる影響も考えられることから、簡易法による疾走速度を用いる際は、1-2m の値は参考値としておくべきことが示唆される。

推定値を算出する回帰式の係数は、競技レベル、性別、スタート方法の違いなどによって、異なってくることが予想され、様々な走者に対応した、適切な係数について検討するためには、被験者数をさらに増やしていく必要があると考えられる。本研究の被験者の 100m の自己記録は、最も速い者で 10 秒 54, 遅い者で 11 秒 84 であった。これらの被験者の中で、推定値と実測値の差が大きい者ほど、簡易法によって算出される疾走速度の値が、SP 法によるものとの差が大きくなると考えられる。しかし、SP 法と簡易法の疾走速度の絶対差分の最大値は、1-2 歩目では 0.20m/s とやや大きかったが、3-4 歩目以降はすべて 0.10m/s を下回っており、20m 以上の地点では、0.02~0.03m/s と非常に小さい値を示していた (表4)。これらのことは、推定値を用いても、3m 以降の疾走速度については十分実用的な値が算出されていることを示すものであり、本研究で用いられた係数は、陸上競技を専門としてトレーニングを行っている 100m の記録が 10 秒台中盤から 12 秒程度までの男子選手には適用が可能で

はないかと考えられる。

スタート後数歩にわたって身体 23 点を撮影された画像からデジタイズし、実長換算された二次元座標から身体重心位置を算出するのは、日常のトレーニングの測定での利用を考えると、かなり労力を要する作業となるといえる。簡易法での疾走速度の算出に必要なデータはスタートから T_{off} 時および 10m までの通過時間のみであるため、通過時間の読み取りのためのマークの設置位置を工夫することにより 2 台程度のカメラでの撮影によって疾走速度や時空間変数の算出が可能となる。また分析のための作業時間はかなり短縮されることになり、日常のトレーニングにおいても手軽に活用していくことが可能となると考えられる。

4.2 簡易法による測定値を用いた加速疾走能力の評価について

簡易法を用いて算出された疾走速度および時空間変数について 1m 毎の値を算出したものを用いて、個人の加速局面の評価をどのように活用できるかについて検討した。

(1) 1m 毎の測定値の平均値

金高ほか (2005) や永原ほか (2013) では、加速局面の疾走速度を歩毎の平均値として算出している。測定値の 1 歩ごとの変化量を検討するためには、歩毎に値を算出することが重要となるが、試技間の比較をしようとする場合、10 歩目が何 m 地点になるかなど、参照し直す必要があり、データを直接比較することが難しくなると考えられる。1m ごとに算出された疾走速度の平均値を見ると、先行研究 (永原ほか, 2013; Morin, et al., 2006, Slawinski, et al., 2015) によるものと同様に、疾走速度はスタート後急激に増加した後、漸進的に増加の度合いが緩やかになり、40m 以降に最大速度に達するという特徴が捉えられていた (図8a)。疾走速度の値を小数点以下二桁とすると、同じ疾走速度の値が 4~6 メートルに渡ってつづいており、ほとんどの被験者でスタート後 3m~20m にかけての距離でのステップ長は 1~2m の範囲であったことから、1m ごとに測定値を算出することによって加速局面における疾走速度を連続的かつ微細な間隔での測定が十分可能となると考えられる。1-2m の値は参考値としておくべきと考えられたので、3m 以降の疾走速度を対象に検討することとした。

区間平均速度のグラフを見ると、20~30m 区間以降は、疾走速度曲線上にプロットされていたが、0~10m 区間の平均速度は大きくかけ離れた値であった (図6)。区間平均速度は、5m 地点では平均で簡易法の値の 73.5% となり、簡易法との級内相関係数 (ICC (2.1)) を計算すると 0.684 となっていた。Dig 法や簡易法の疾走速度と重なってくるのは 20~30m の区間平均速度以降となるため、スタートから 20m までは実際の疾走速

度をあまり反映していないといえる。Nagahara et al. (2014) は、身体重心高の変化から加速局面全体における2つの区分点を個人ごとに特定し、それらの区分点は、それぞれ 4.4 ± 0.9 歩目、 14.1 ± 2.0 歩目であったことを報告している（スタートラインから 5.0 ± 1.1 m 地点、 23.0 ± 2.8 m 地点）。10m ごとの区間の平均疾走速度からでは、上記のような局面ごとの疾走速度の特徴などを十分に説明することが難しいのに対して、1m ごとに算出された疾走速度の変化は、こうした局面での疾走速度の特徴を検討することが可能となると言える。

(2) 個人の評価への適用例

平均値と標準偏差が1mごとに算出されることで、1mごとの個人の標準化スコアを算出することが可能となる（図8b）。Sub.5は、すべての距離で疾走速度が平均値を大きく上回り、14～46mにかけては標準化スコアの値は2.0以上であった。Sub.5のステップ長の大きさは平均値程度であり、スタートから24mまでの距離では平均値を下回っていたことから（図9a）、Sub.5の高い疾走速度レベルはステップ頻度の大きさ（図9b）によってなされていたことが示唆される。すべての距離でステップ頻度が大きかったのは、支持時間と滞空時間の双方が小さかったことによることが分かる（図9c, d）。25m前後および42m前後における滞空時間は平均値を下回っていたにも関わらず、ステップ長が平均値とほぼ同じ大きさとなっていたのは、疾走速度が大きかったことで、滞空期での身体重心の水平変位が確保されたことによるものと考えられる。

Sub.10の疾走速度は、平均値とほぼ重なっていたが（図8a）、標準化スコアを見ると、10～48mにかけてマイナスの値を示し、50m以降はプラスの値を示した（図8b）。Sub.10のステップ頻度は、非常に高い疾走速度のレベルを示していたSub.5とほぼ同じ値であったが（図9b）、ステップ長がすべての距離で小さかったことによって（図9a）、疾走速度が平均値レベルにとどまっていたと考えられる。Sub.10に見られた疾走速度の停滞は15m前後の地点から始まっていた（図8b）。その地点からステップ長が停滞するとともに（図9a）、ステップ頻度は10m地点のものよりも低下していた（図9b）。支持時間は10m地点まで平均値をかなり下回っていたが、10m以降15m地点にかけて、Sub.5の支持時間が減少を続けているのに対して、Sub.10の支持時間は減少の幅が小さくなり、平均値のレベルに近づいていた（図9c）。内藤ほか（2014）は、加速局面におけるスプリント走パフォーマンスを縦断的に調査し、15m地点の疾走速度の変化に対応して、疾走能力が変化しており、この局面ではステップ長を低下させずにより大きいステップ頻度を獲得できるようになることが疾走速度を増加させることにつながり、このステップ頻度の増加には支持

時間の減少が影響していたと報告している。15m地点は、Delecluse et al. (1995) が指摘する10m地点以降から始まるトランジション局面に初期にあたる。この局面においてステップ長の増大が停滞していたこと、さらに支持時間の減少が停滞することでステップ頻度が低下していたことが、15mから48mにかけてSub.10の疾走速度が停滞した傾向を示していたことに影響を与えていた可能性について考えることができる。こうしたことを踏まえた上で、スプリントのパフォーマンスが向上した場合やそうでない場合の個人内の比較を加えていくことで、より適切な課題の設定が可能となると考えられる。

5. まとめ

本研究では、加速疾走中の疾走速度の変化を簡易的に測定する方法の信頼性を確認することおよび一定間隔の距離ごとに疾走速度およびステップ長やステップ頻度などの時空間変数を算出することで、加速疾走能力の評価にどのように活用できるかについて検討することを目的とした。陸上競技の短距離、跳躍を専門とする男性14名を対象に、60mの全力疾走を行わせ、スプライン補間および数式を用いて疾走速度を算出し、動作分析によって算出された疾走速度の値と比較した。さらに1mごとの疾走速度および時空間変数を算出し、個人間の比較を行った。主な結果は以下の通りである。

1) 10mごとの通過タイムのデータのみから算出された疾走速度は、スタートから10m前後にかけて誤差が多く含まれており、10m未満の時間—距離データを加えることで、信頼性が高まることが確認された。

2) 10m未満の時間—距離データの実測値を用いるかわりに10mの通過タイムから算出した推定値を用いても、スタート後3m以降での疾走速度は十分実用的な値となることが認められた。

3) 疾走速度および時空間変数を1mごとに算出することで、平均値と標準偏差を用いた個人間の評価によって有用な知見が得られることが認められた。

本研究の結果から、10mごとの通過タイムを用いて連続的かつ微細な間隔で精度良く疾走速度を測定することが可能であることが示された。この方法を用いることで高価な測定機器を用いずに、有用なデータのフィードバックを短い期間で行うことが可能となると考えられた。

文献

- 阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数. *J J Sports Sci*, 15 (3) : 155-162.
- Delecluse, C.H.; Coppenolle, H. van; Willems, E.; Diels, R.; Goris, M.; Leemputte, M. van; Vuylsteke, M. (1995) Analysis of 100 meter sprint performance as a multidimensional skill. *Journal of human movement*

- studies 28 (1995), 2, S. 87-101, Lit.
- 藤村美歌・篠原康男・前田正登 (2014) 小学校高学年の児童における疾走速度推移に関する研究. 陸上競技学会誌 12 (1) : 21-32.
- 伊藤 宏 (2007) 小学高学年の望ましい短距離疾走距離についての研究. スプリント研究 17 : 32-40.
- 伊藤信之 (2019) 7秒間走の実施が小学校中・高学年の児童の疾走パフォーマンスに与える影響. 教育デザイン研究 11 : 71-80.
- 加藤謙一・関戸康雄・岡崎秀充 (2000) 小学6年生の体育授業における疾走能力の練習効果. 体育学研究 45 : 530-542
- 加藤謙一・佐藤里枝・内原登志子・杉田正明・小林寛道・岡野 進 (2002) 小学生スプリンターにおける短距離走の適正距離の検討. 体育学研究 47 : 231-241.
- Kanda, Y. (2013) Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZ' for medical statistics. Bone Marrow Transplantation 48: 452-458.
- 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
- 金高宏文・村松 勲・瓜田吉久 (2005) 100m 走の加速区間における局面区分の検討. スプリント研究 15 : 89-99
- 小林 海・大沼勇人・高橋恭平・松林武生・広川龍太郎・松尾彰文 (2017) 桐生祥秀選手が10秒の壁を突破するまでの100mレースパターンの変遷. 陸上競技研究紀要, 13 : 109-114.
- 桑原洋一・斉藤俊弘・稲垣義明 (1993) 検者内および検者間の Reliability (再現性, 信頼性) の検討—なぜ統計学的有意が得られないのか, 呼吸と循環 41 (10) : 945-952.
- 松尾彰文・広川龍太郎・柳谷登志雄・土江寛裕・杉田正明 (2008) 2007年男女100m, 100mハードルおよび110mハードルのスピード分析報告. 陸上競技研究紀要, 4 : 48-55.
- Morin, J. B., Jeannin, T., Chevallier, B., Belli, A. (2006) Spring-Mass Model Characteristics During Sprint Running: Correlation with Performance and Fatigue-Induced Changes. Int J Sports Med 27: 158-165.
- 永原 隆・図子浩二 (2013) 女子短距離選手を対象としたステップ変数による加速能力の評価. 陸上競技研究 94 (3) : 38-46.
- Nagahara, R., Matsubayashi, T., Matuo, A. and Zushi, K. (2014) Kinematics of transition during human accelerated sprinting. Biol. Open, 3: 686-699.
- 内藤 景・山元康平・苅山 靖・谷川 聡 (2014) 専門的準備期から試合期への加速局面におけるスプリント走パフォーマンスの縦断的变化. 陸上競技研究 98 (3) : 16-27.
- 永原 隆 (2015) 加速疾走における局面の区分と疾走動作の変容. 陸上競技研究 102 (3) : 2-9.
- Prendergast, P. (2001) A mathematical model of the 100 m and what it means. New Studies in Athletics 16: 3; 31-36 2001
- Slawinski, J., Termoz, N., Rabita, G., Guilhem, G., Dorel, S., Morin, J. B., Samozino, P. (2020) How 100-m event analyses improve our understanding of world-class men's and women's sprint performance. Scand.J. Med. Sci. Sports, 27: 45-54.
- 谷 浩明 (1997) 評価の信頼性. 理学療法科学 12 (3) : 113-120.

バウンディング運動における接地期中の 足の着地様式に関する研究

岩井勇樹¹⁾, 前田正登²⁾

A study of foot-strike patterns in the bounding exercise

Yuki IWAI¹⁾, Masato MAEDA²⁾

Abstract

This study aimed to investigate the landing pattern of each step in the bounding exercise and determine how plantar pressure during contact changes with each step as well as among athletes. Participants were five male jumpers who belonged to the university track and field club. Each participant performed standing ten-step jumps while wearing athletic shoes equipped with a sensor sheet that measured the plantar pressure distribution. The vertical ground reaction force, load area, center of pressure (COP) position, and COP velocity (i.e., the moving velocity of the plantar area when making contact with the ground) were measured for each step of the ten-step jump. The results were as follows. (1) In the step with the largest jumping distance, the ground reaction force was large at the first and second peaks. (2) Instead of landing in a narrow area near the heel, each step landed in a relatively wide area of the sole. (3) The larger the load area at the second peak, the larger the ground reaction force tended to be, suggesting that the jumping distance might have been increased by increasing the load area at the second peak. (4) In the bounding exercise, the changing pattern of the COP position did not change significantly as the number of steps increased. (5) Steps with a high COP velocity tended to have a large jumping distance, suggesting that COP velocity may be one of the indicators for increasing jump distance in the bounding exercise.

キーワード: track and field, jumping events, bounding, active landing, pressure distribution on the plantar surface, ground reaction force, foot contact

1. 緒 言

水平方向への連続跳躍として、陸上競技などのトレーニングにおいて一般的に行われているバウンディング運動が挙げられる。バウンディング運動は、片脚交互に踏み切りながら前進していく連続の跳躍運動である。これは爆発的な脚のパワーを発揮するためのプライオメトリックジャンプの一種でもあり、疾走能力向上にも役立つトレーニングとされている（伊藤, 2002）。バウンディ

ング運動は陸上競技の跳躍選手はもちろん、短距離選手や投てき選手においても、トレーニングとして頻繁に実施される汎用性の高い運動となっている。

バウンディング運動における各跳躍の踏切では「積極的着地」と言われる動作技術が重要となる（近藤ら, 2013）。積極的着地とは踏切時の水平方向のスピードロスを最小限に抑える接地の際の動作技術であり（村木, 1982; Hay and Miller, 1985）、連続跳躍においては非常に重要な動作技術である。積極的着地に関する研究報告はいくつかあり、「接地直前の先取り動作」（村木, 1982）や「後方へ掃くように着地する」（Miller and Hay, 1986）などと表現されている。しかし、これらの先行研究はいずれも踏切における着地時を含む着地直前の身体あるいは脚の動きに注目したものであり、着地時やそれ以降の接地中における接地面の様態、つまり、足裏の接地様態および足部の挙動について十分な検討がなされているわけではない。

また、一般人の健康維持増進の一環で行っている歩行やジョギング運動を対象に、接地中の足底圧値および足底圧分布から足の接地様態を検討した研究がいくつか報告されているが（桜井ら, 2007; 長谷川ら, 2010; 堀本・丸山, 2010）、陸上競技の走種目や跳躍種目などの競技種目につながる運動を対象に足底圧の観点から足裏の接地様態に着目した研究は少なく、バウンディング運動のような水平方向への連続跳躍の各踏切についての報告は見当たらない。跳躍トレーニングの現場において「フラット接地」と表現されるように、水平方向への連続の跳躍運動における接地中の足底圧の時間変化や足裏の接地様態に関しての知見を得ることは、跳躍パフォーマンスの向上のためには不可欠であると考えられる。

1) 神戸大学大学院人間発達環境学研究科 Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University
〒657-8501 兵庫県神戸市灘区鶴甲3丁目11

2) 神戸大学 Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University
〒657-8501 兵庫県神戸市灘区鶴甲3丁目11

本研究では、陸上競技跳躍選手によるバウンディング運動について、各ステップの際の足裏の接地様式や接地中の足底圧が選手個人内でどのように推移・変化するか、また、それら推移・変化の選手間の相違について事例的に検討する。

2. 方 法

2.1 被験者

被験者は大学陸上競技部で跳躍種目を専門とする男子選手 5 名とし、被験者の属性と実験で使用した靴のサイズ、および、立ち五段跳びのベスト記録、専門種目を表 1 に示した。

本研究は所属大学の倫理審査委員会の承認のもとに実施された。被験者には、本実験の主旨をあらかじめ説明し、参加の同意を得たうえで実験を行った。

2.2 実験方法

被験者には、実験試技を行う前に十分なウォーミングアップをさせた。各被験者には、それぞれの足のサイズに適合した市販の運動靴（ラッキーベル社、ベルトップ 2000）に足底圧力分布測定システム（F スキャン II, ニッタ社：720Hz）のセンサシートを挿入したものを着用させた。

実験試技は、全天候型陸上競技場の直線レーンで、立位姿勢から 10 ステップのバウンディング運動、すなわち、立ち十段跳び（Standing ten-step jumps；以下、STJ）を最大努力で 1 回行わせるものとした。なお、この際の最大努力は 10 回分のステップの合計跳躍をできるだけ大きくすることとし、各被験者には本実験の主旨のもと試技を最大努力で行うように指示した。また、1 歩目に着地する脚を左右のいずれにするかは各被験者の任意とした。各試技における被験者の動作は、1 台のデジタルカメラ（EX-100F, CASIO 社：120fps）を用いて被験者の側方 40m の位置からパンニング撮影した。

2.3 測定項目

足底圧力分布測定システムのキャリブレーションにあ

たっては、荷重がかかっているセンサセルからの出力値の合計と被験者の体重との関係から変換係数を求め、圧力値への換算に用いた。得られた圧力値に出力があったセンサセルの面積を乗ずることにより地面に加えられる力を求め、鉛直方向の力（以下、地面反力）とし、各被験者の体重で除すことにより規格化して示した。また、出力があったセンサセルの面積の合計値を荷重面積とし、被験者が使用したセンサシートについて測定可能なセンサセルの合計面積で除すことにより、センサシートの総面積に対しての相対値として示した。なお、STJ の最初のステップの踏切は両足であるため、これを第 0 ステップとして対象から除外し、第 1 ステップ以降第 9 ステップまでの地面反力を求めるものとした。

各ステップにおいて 10N 以上の地面反力が検出されている期間をそのステップにおける接地期とした。また、接地期においてセンサシートにかかっている荷重の均衡点の座標を荷重中心位置（Center of pressure：COP）とし、各ステップの接地期における COP の時間変化を求めた。また、着地時から地面反力の第 2 ピーク時（図 1 参照）までの間に COP が移動した距離をそれに要した時間で除すことによって、COP の移動速度（以下、COP 速度）を算出した。

なお、センサシート上の座標は長軸（足長）方向を X 軸、短軸（足幅）方向を Y 軸とし、各被験者の運動靴のサイズに合わせて加工したセンサシートの中心を原点とした。また、足幅方向は外側（小指側）に向かう方向を正、内側（親指側）に向かう方向を負とし、足長方向は前側（つま先側）の方向を正、後ろ側（踵側）の方向を負となるように座標軸を設定した。

デジタルカメラにより収録された映像をもとに、2 次元動作解析ソフトウェア（Frame-DIAS V, DKH 社）を用いて、被験者の両足のつま先部をデジタイズし、2 次元パンニング DLT 法により両足のつま先部の 2 次元座標値を得た。各試技において接地した足のつま先から次に接地した反対脚のつま先までの水平距離をそのステップの跳躍距離とし、10 ステップ分のステップごとの跳躍距離を算出しそれらの合計を総跳躍距離とした。

表 1 被験者の属性と専門種目および立ち五段跳びのベスト記録

Subject	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	Shoe size (cm)	Standing five- step jumps (m)	Specialty jump events
A	22	172.2	65.6	25.5	16.20	Triple Jump
B	23	169.5	61.1	25.5	15.50	High Jump
C	18	177.0	69.1	27.0	15.20	Long Jump
D	24	162.0	56.4	25.5	14.20	Pole Vault
E	18	160.3	55.8	25.5	13.70	Pole Vault

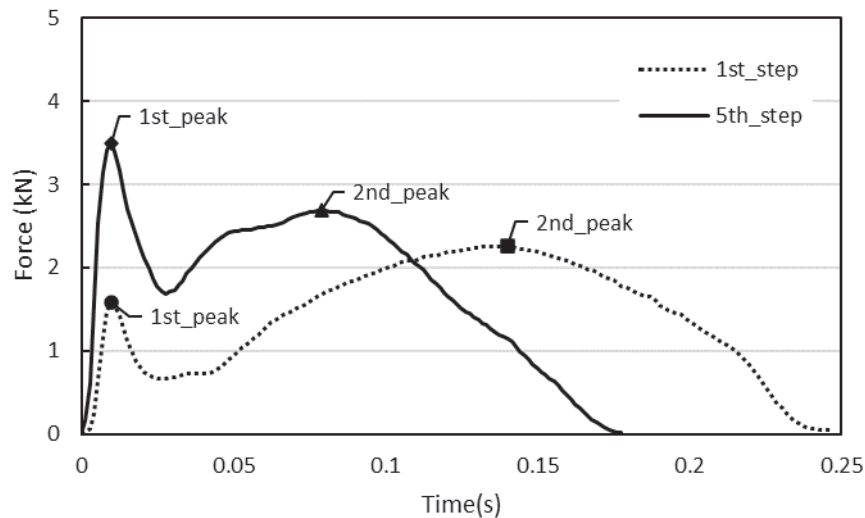


図1 第1および第5ステップにおける地面反力の時間変化(例: Subj.A)

なお, 本測定のカリブレーションによる標準誤差は, 水平方向で 0.33cm, 鉛直方向で 0.19cm であった。

3. 結果と考察

3.1 各ステップの跳躍距離と地面反力

本研究の被験者では, STJ の各ステップにおける地面反力は第1ピークと第2ピークでの大きさが異なっており, 二峰となるような時間変化となっていた(図1)。ランニングやスプリントにおける地面反力の時間変化は二峰性の時間変化となり, 第1ピークは受動的衝撃, 第2ピークは能動的衝撃と呼ばれ, 第1ピークとなる力は人が意図的に発揮した力ではなく足部と地面との衝突によるもので, 第2ピークとなる力は人が能動的に発揮する力であると考えられている(宮地, 1992)。STJ のような連続する片足踏切の各跳躍において, 選手は着地の

際に衝撃を受けながらも跳躍距離を獲得するために積極的に力を発揮しているものと推察される。

STJ の各ステップにおける跳躍距離の推移を図2に, STJ の総跳躍距離を表2に示す。また, 各ステップでの

表2 STJの総跳躍距離

Subject	Total distance (m)
A	29.60
B	27.45
C	27.72
D	25.33
E	25.27

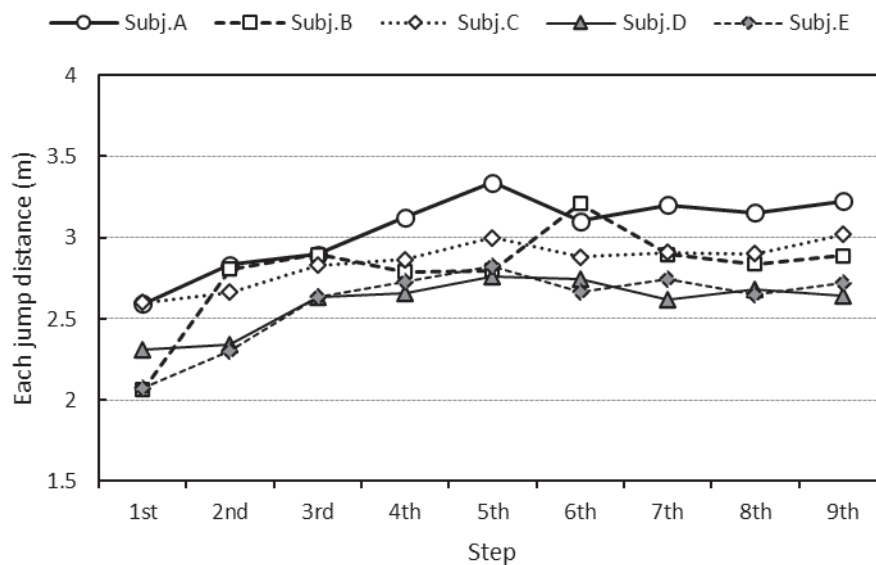


図2 各ステップの跳躍距離

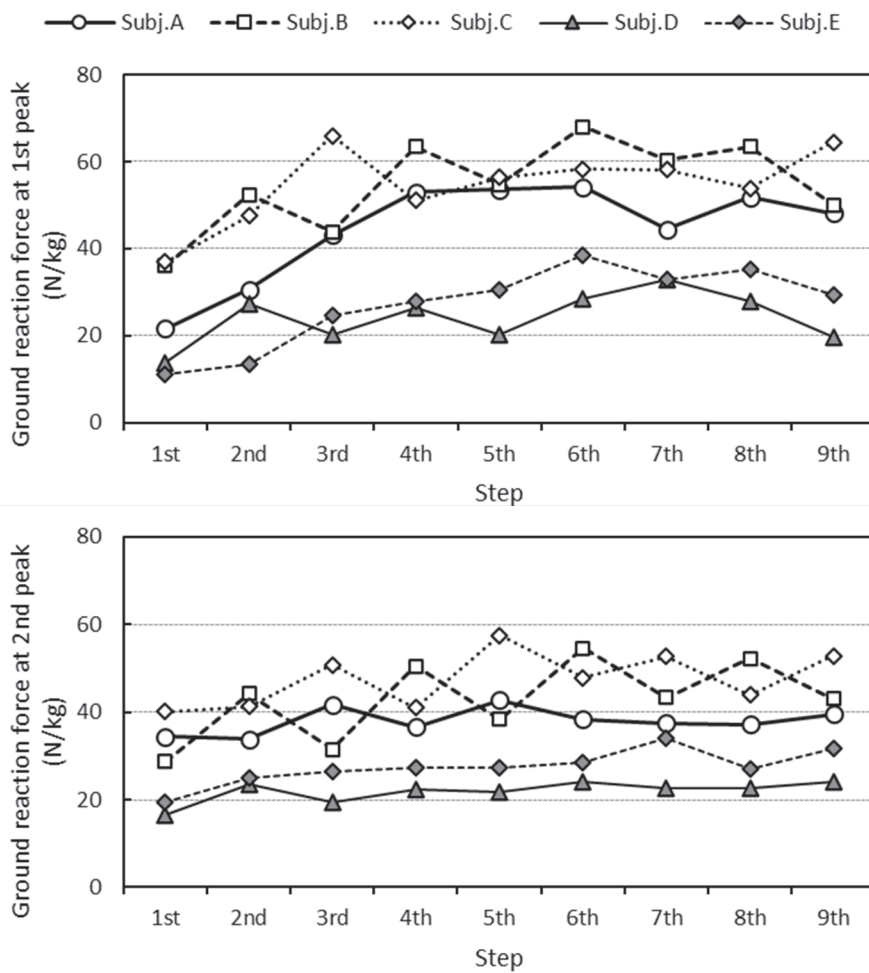


図3 各ステップにおける地面反力（上段：第1ピーク時，下段：第2ピーク時）

第1および第2ピーク時の地面反力を図3に，各ステップの跳躍距離と第2ピーク時の地面反力との関係を図4に示す。

Subj.A, Subj.BおよびSubj.CはSubj.DやSubj.Eよりも跳躍距離や第1および第2ピーク時の地面反力が大きかった（図3）。また，第2ピーク時の地面反力が大きいほど大きな跳躍距離を獲得している傾向が見られた

（図4）。つまり，跳躍距離は能動的な鉛直方向への力発揮によって獲得できるものと考えられる。

酒井ら（2014）は立ち五段跳びの離地瞬間における身体重心速度と跳躍距離との関係を検討し，バウンディング運動においては鉛直方向への力発揮を運動感覚の中に強調する必要があると結論付けている。本研究のバウンディング運動のように，水平方向への跳躍距離の獲得

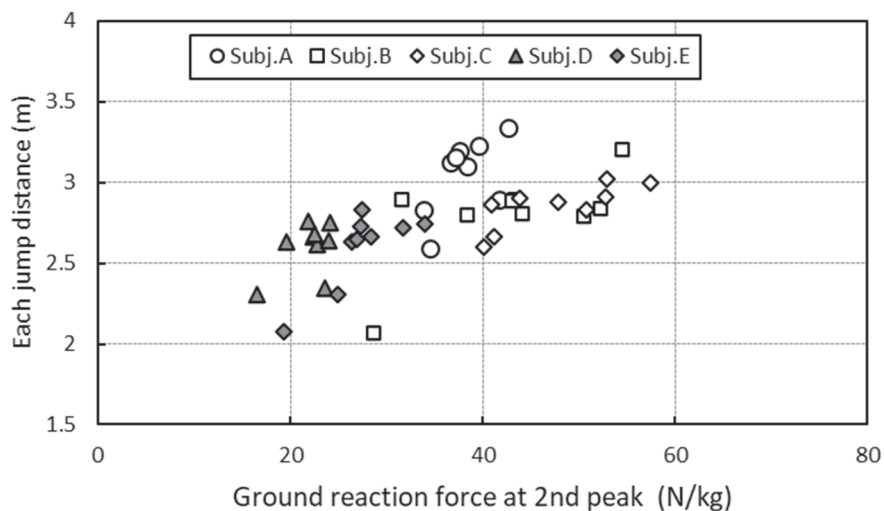


図4 各ステップにおける第2ピーク時の地面反力と跳躍距離の関係

を目指した運動では前方向への推進力を得るために後方への力を発揮しながらも、鉛直下向きにより大きな力を加えることによって離地後の滞空時間が延長され、結果的に跳躍距離の大きさに繋がるものと考えられる。

3.2 各ステップの荷重面積と COP

各ステップの第1ピーク時の荷重面積を図5に示す。図5に示されるように、Subj.Cの荷重面積は被験者の中では比較的大きく、Subj.Dは第5、第7ステップの荷重面積が突出して大きいものの、全体的には荷重面積が著しく小さかった。木越ら(2012)は、バウンディング運動の踏切では短距離走の最大疾走局面と比較して鉛直下向きの地面反力がより高い値を示すと述べている。本研究のバウンディング運動では、Subj.A、Subj.BおよびSubj.Cのいずれにおいても着地時の衝撃が大きく(図3上)足裏の広範囲で受け止めていたことがうかがえ、Subj.Cは被験者の中でも比較的広範囲で衝撃を受け止めていたものと考えられる。荻山・図子(2015)は、下肢

のStiffnessが高く(硬いばねを有する)バウンディング能力が優れた者は、バウンディング運動の際の着地時に足の裏全体で地面を捉えるような接地動作をする一方、その能力が劣る者は踵付近で接地していることを報告している。これらのことから、Subj.Cは足裏の広範囲で地面を捉えるように着地しているが、Subj.Dは踵付近のごく狭い範囲での着地となっているために、第1ピーク時の荷重面積に大きな差が生じた可能性が考えられる。

Subj.CおよびSubj.Dにおける各ステップについての第1ピーク時のCOPの位置を図6に示す。両者を比較すると、すべてのステップでSubj.CのCOP位置がSubj.Dのそれらよりもつま先側に位置しており、Subj.DがSubj.Cよりも踵付近寄りの位置で着地していることが確認できる。さらに、Subj.Dにおいて第5および第7ステップのCOP位置が他のステップのそれらよりも突出してつま先側に位置していることがわかる。図5で示されたように、Subj.Dの第5、および第7ステップは荷重面積

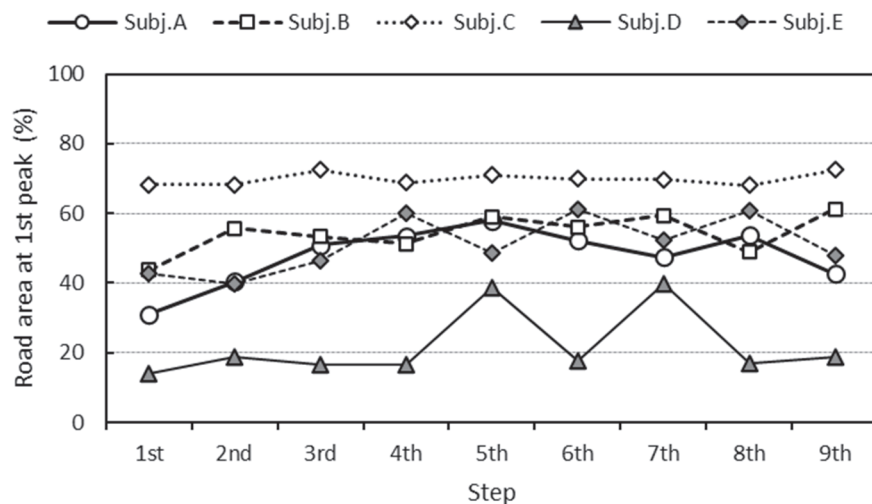


図5 各ステップの地面反力第1ピーク時における荷重面積

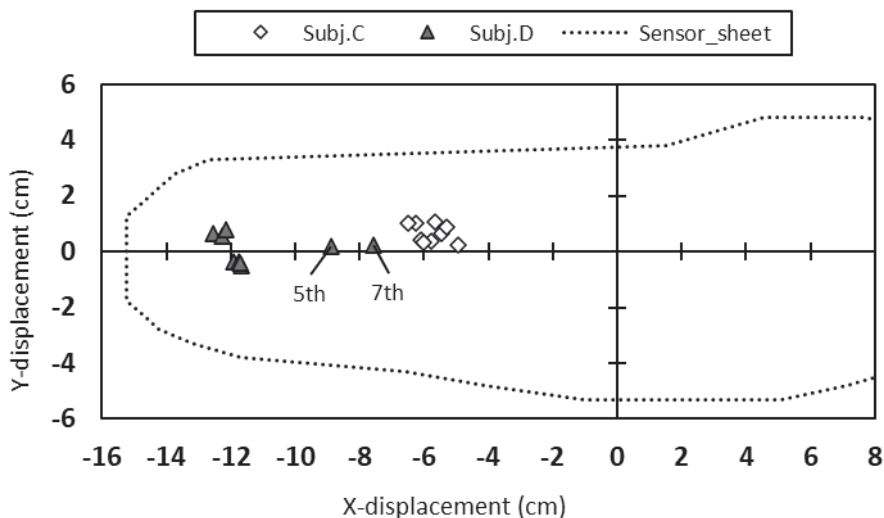


図6 各ステップにおける第1ピーク時のCOPの位置

が突出して大きかったステップであった。これらのように、バウンディング運動の各ステップでは踵付近だけの狭い範囲で着地するのではなく、足裏の比較的広範囲で着地し着地時の衝撃をごく狭い範囲だけで受けないようにしているものと推測される。

各ステップの第2ピーク時における荷重面積と跳躍距離の関係を図7に、第2ピーク時の荷重面積と地面反力との関係を図8に、および、各ステップにおける第2ピーク時までの時間と跳躍距離の関係を図9にそれぞれ示す。図7に示されるように、第2ピーク時の荷重面積が大きいほど跳躍距離は大きい傾向がみられた。また、Subj.Dを除く4名は荷重面積が大きいほど地面反力は大きい傾向であり（図8）、これらの被験者では地面に加える力と荷重面積を大きくすることにより跳躍距離を大きくしていた可能性が推察される。Subj.Dについては第1ステップを除く各ステップにおける第2ピーク時までの時間が比較的長いステップが目立つことから（図9）、

力を加える時間を意図的に長くしていた可能性が考えられる。酒井ら（2014）は立ち五段跳びの接地時間が長い者ほど跳躍距離を獲得できていなかったこと報告している。また、図子（2012）は、跳躍運動における高負荷に抗する踏切において接地時間が長くなることは、脚の「つぶれ」に繋がることを解説している。本研究のバウンディング運動においても、Subj.Dのように接地時間を長くすることで跳躍距離の獲得を目指すことは推奨されないものと考えられる。

3.3 接地期中における COP

Subj.A および Subj.D の第1ステップと第5ステップについて、COP 位置の時間変化を接地期を100%にして図10に示す。Subj.Aにおいては、COP位置が着地時の0%時点から10%時点程度までのわずかな間に足裏中央部外側から後方踵部へと移動する推移であったが、Subj.Dは踵中央付近から着地するパターンであった。これら以

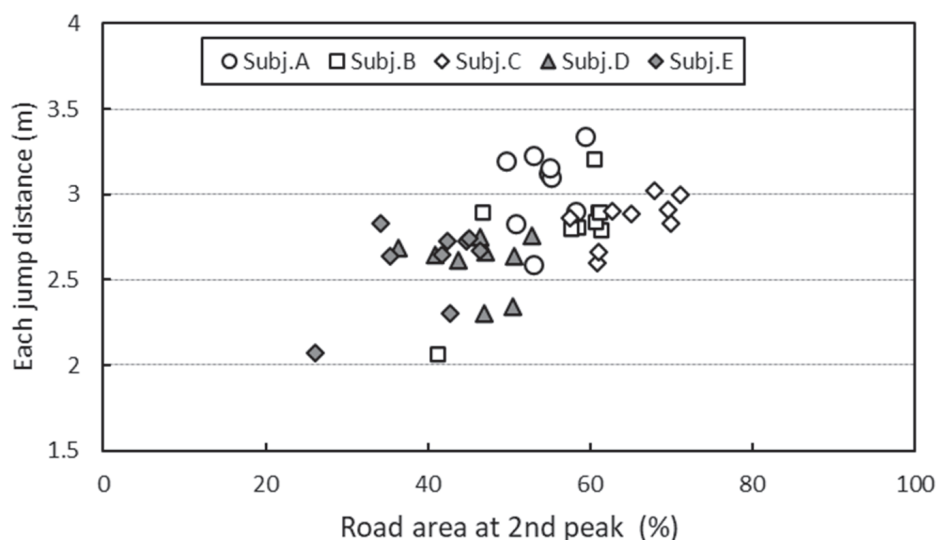


図7 各ステップの地面反力第2ピーク時における荷重面積と跳躍距離

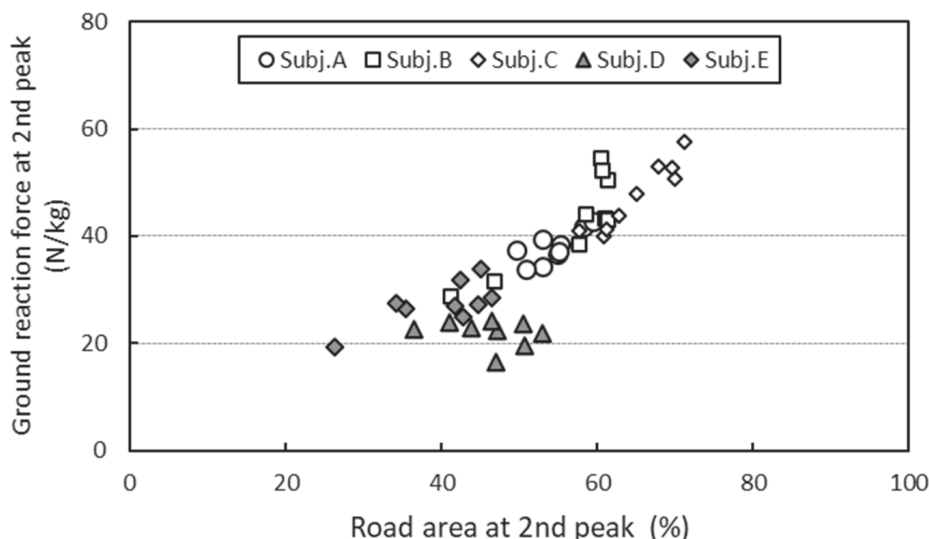


図8 各ステップの地面反力第2ピーク時における荷重面積と地面反力

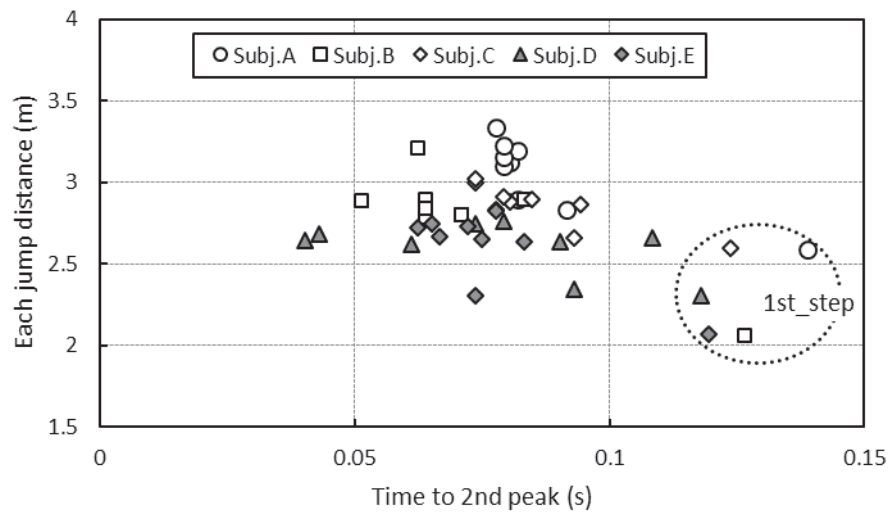


図9 各ステップにおける地面反力第2ピーク時までの時間と跳躍距離

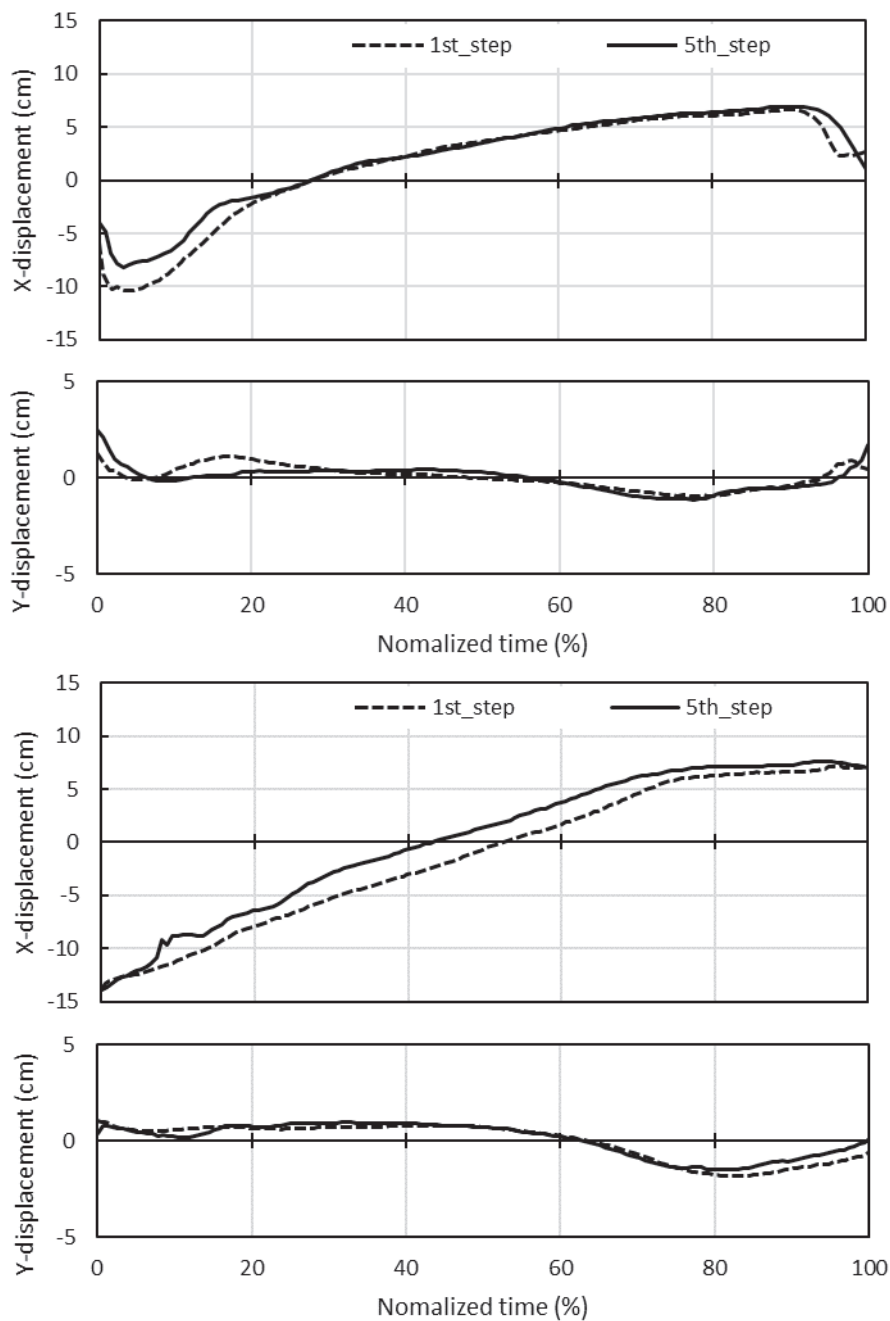


図10 接地期中における COP 位置の変化 (上段: Subj.A, 下段: Subj.D)

外の3名の被験者におけるCOP位置の時間変化はSubj. Aと同様であり、また、いずれの被験者においても、COP位置の変化パターンがステップ間で大きく変化することはなかった。

Cavanagh and LaFortune (1980)によると、歩行や走行の際には脚の運びや体重移動などを円滑に行うために股関節の内転が生じ、それに伴い着地直前の足部は小指側に下がった状態になると報告されている。また小林ら(2003)は、ランニングにおいては、着地時の地面反力を分散するために踵骨内反位で着地すると報告している。これら先行研究で報告されている歩行や走行、あるいは、ランニングの場合と同様に、バウンディング運動の各ステップにおいても着地の際には足裏中央部外側から地面に接し、その直後には踵が地面に向かって落ち込むように地面に近づいていくためにCOP位置が一旦踵部寄りに移動する推移となっているものと推察される。高橋ら(2000)は長距離選手を対象とした走行時における足底圧分布について検討しており、走速度が上昇する

に伴い、前足部寄りで着地するように変化することを報告している。本研究のバウンディング運動もステップを重ねることで前進方向の速度は増加するとみられるが、ステップ数の増加に伴ってCOP位置の変化パターンが大きく変化することはなかった。したがって、バウンディングのような連続する跳躍運動においては、ステップを重ねても接地様態が大きく変容することがなく、いずれのステップも同程度の速度で同様の跳躍動作となっているものと考えられる。

バウンディング運動においては、積極的着地として前方に振り出した脚を意識的に強調して「引き戻す」必要があるとされており(近藤, 2013)、そのような動作により、接地期中における身体重心の前方への移動が円滑になるものと考えられる。つまり、各ステップの接地期において身体重心を素早く前方へ移動させることができる者ほど前方への跳躍能力が高い可能性が考えられる。

各ステップの接地期におけるCOP速度、および、COP速度と跳躍距離の関係を図11および図12に示す。

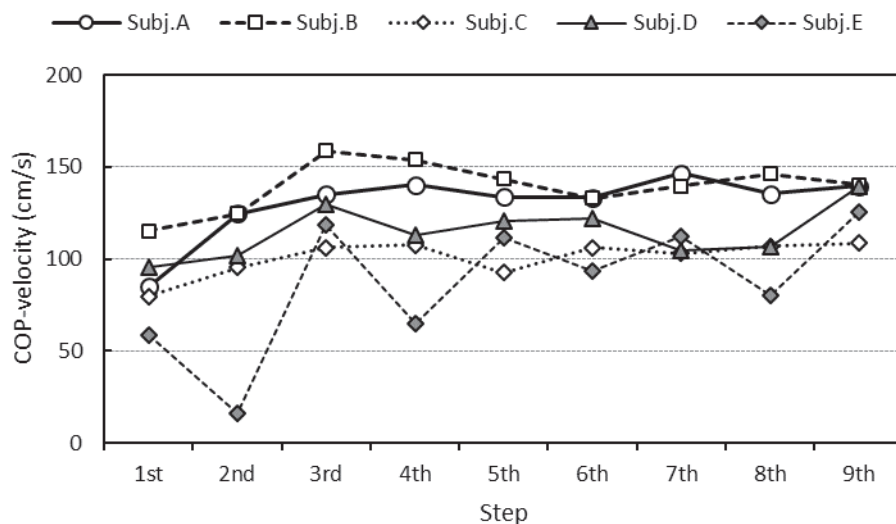


図 11 各ステップの接地期における COP 速度

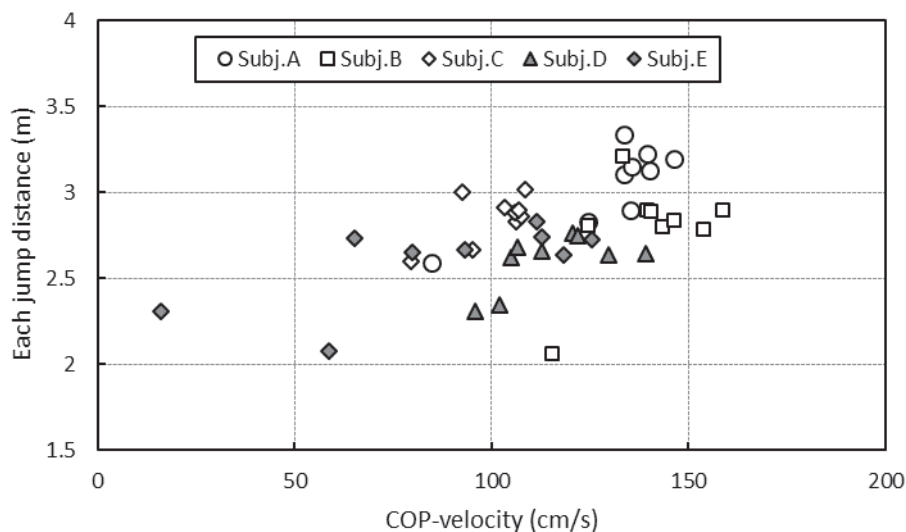


図 12 各ステップの COP 速度と跳躍距離の関係

図11に示されるように、Subj.AおよびSubj.BにおいてはCOP速度が他の被験者よりも全体的大きな値となっており、Subj.Eを除く4名のCOP速度は第2ステップ以降で大きく変化することはなく、ほぼ同程度のCOP速度でバウンディング運動を行っていたことがうかがえる。一方Subj.Eは、偶数ステップと奇数ステップとでCOP速度が大きく異なり、左右の脚で動作が著しく異なっていたことが推察される。また図12より、全体的にみればCOP速度が大きいステップは跳躍距離も大きいことがわかる。これらのことから、COP速度はバウンディング運動における跳躍距離獲得のための指標の1つになり得る可能性が示唆される。

4. 総括

本研究では、バウンディング運動における各ステップの足裏の接地様式や接地中の足底圧が選手個人内でどのように推移・変化するのか、また、それら推移・変化の選手間差について事例的に検討した。

主な結果は以下のとおりである。

- (1) 跳躍距離が大きいステップでは第1および第2ピーク時の地面反力が大きかった。
- (2) 各ステップの着地について、踵部付近だけの狭い範囲で着地するのではなく、足裏の比較的広範囲で着地していた。
- (3) 5名中4名の被験者において、第2ピーク時の荷重面積が大きいほど地面反力が大きい傾向であり、第2ピーク時の荷重面積を大きくすることにより跳躍距離を大きくしていた可能性が推察された。
- (4) バウンディング運動においては、ステップ数の増加に伴ってCOP位置の変化パターンが大きく変化することはなかった。
- (5) COP速度が大きいステップは跳躍距離が大きい傾向であり、バウンディング運動においては、COP速度が跳躍距離の獲得のための指標の1つになり得る可能性が示唆された。

文献

- Cavanagh, P. R. and LaFortune, M. A. (1980) Ground reaction forces in distance running. *Journal of biomechanics*, 13 (5): 397-406.
- 長谷川正哉・島谷康司・金井秀作・沖 貞明・六車晶子・

大塚 彰 (2010) 静止立位時の足趾接地状態が歩行に与える影響. *理学療法科学*, 25 (3): 437-441.

Hay, J. G. and Miller, J. A. (1985) Techniques used in the triple jump. *Journal of Applied Biomechanics*, 1 (2): 185-196.

堀本ゆかり・丸山仁司 (2010) 健康成人における足底圧中心軌跡の特徴. *理学療法科学*, 25 (5): 687-691.

伊藤道郎 (2002) スプリントトレーニングにおけるバウンディング運動の効果. *天理大学学報*, 203: 7-13.

荏山 靖・図子浩二 (2015) バウンディングにおけるStiffness特性へ影響する踏切脚の力およびパワー発揮: リバウンドジャンプとの比較から. *体育学研究*, 60 (1): 137-150.

木越清信・磯部 慶・加藤彰浩 (2012) 特徴の異なるバウンディング運動における力およびパワー発揮の特異性. *陸上競技学会誌*, 10: 1-10.

小林寛和・宮下浩二・藤堂庫治 (2003) スポーツ動作と安定性. *関西理学療法*, 3: 49-57.

近藤亮介・東畑陽介・瓜田吉久・松村 勲・金高宏文 (2013) 立五段跳における跳躍距離向上を目指した練習法の提案—大学短距離競技者の1カ月間の取り組み事例より—. *スポーツパフォーマンス研究*, 5: 102-117.

Miller, J. A., and Hay J. G. (1986) Kinematics of a world record and other world-class performances in the triple jump. *Journal of Applied Biomechanics*, 2 (4): 272-288.

宮地 力 (1992) 着地衝撃における計測とシミュレーション. *計測と制御*, 31 (3): 425-429.

村木征人 (1982) 現代スポーツコーチ実践講座2 陸上競技(フィールド). 大石三四郎および浅田隆夫 編著 ぎょうせい: 東京, pp.326-378.

酒井 卓・福島洋樹・山田 顕・堀田朋基 (2014) 水平移動バウンディング運動の動作特徴. *富山大学人間発達科学部紀要*, 8 (2): 57-65.

桜井進一・坂本雅昭・中澤理恵・川越 誠・加藤和夫 (2007) 健康成人女性の歩行分析. *理学療法科学*, 22 (2): 209-213.

高橋昌宏・前田正登・野村治夫・柳田泰義 (2000) 長距離選手における走行時の足底圧分布. *スポーツ産業学研究*, 10 (1): 75-88.

図子浩二 (2012) プライオメトリックス. *体育の科学*, 62 (1): 44-50.

ピッチとストライドの改善を目的とした短時間・低頻度のスプリントトレーニングが疾走速度に及ぼす影響 —スポーツ専攻学生を対象として—

齋藤壮馬¹⁾, 藤林猷明²⁾, 小田俊明¹⁾

Training effects of short period and low frequency to aim to improve stride frequency and stride length on running velocity: For collegiate students majoring sports

Soma SAITO¹⁾, Nobuaki FUJIBAYASHI²⁾, Toshiaki ODA¹⁾

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effectiveness of training based on individual differences in step characteristics among collegiate “athletics” students. Thirty-five male students who actively engaged in sports participated in the study. All subjects were measured on the 50 m run, countermovement jump, and rebound jump. The stride frequency and stride length were calculated based on the 50 m run measurement. Two training groups, a stride length training group and a stride frequency training group, were classified based on the average values of stride frequency and stride length of the subjects. During the study, training for each task was carried out ten times during the warm-up period (15 to 20 minutes), and the same measurement was performed in the Pre - Post period.

As a result, a significant increase in running velocity was observed in both groups. Additionally, a significant increase in stride length and stride frequency was observed in the stride length and stride frequency training groups, respectively. The results of this study suggest that the training task setting based on the step characteristics may be suitable for individual tasks and may be applied as an effective sprint running training method.

キーワード：疾走速度，ピッチ，ストライド，短時間・低頻度トレーニング

1. 緒 言

走運動は、その遂行能力がパフォーマンスに直結する陸上競技をはじめ、多くのスポーツ種目に出現する基礎的な運動である。特に、高い疾走速度を獲得する短距離走のような能力は、多くの競技種目のパフォーマンスの向上に寄与できる可能性がある。

走動作は2歳半頃から観察される運動であり(宮丸, 2001), その技能や最大疾走速度は、加齢に伴って発達し、一般的には男子では高校期にピークを迎え(加藤ら, 2006), 18歳頃から経年的に低下する傾向がある。大山ら(2005)は、大学生に関する調査を実施しており、一

般男子大学生の疾走速度は中学1年生(13歳)の平均値(6.82m/s)、一般女子大学生の疾走速度は小学校4年生(10歳)の平均値(5.62m/s)に相当するものと報告している。18歳以降の疾走速度の低下は、トレーニングを日常的に行っている大学生アスリートにおいても同様であり、意図的に疾走速度を向上させるプログラムを取り入れなければ、わずか4か月で疾走速度が低下したことが報告されている(齋藤・藤林, 2018)。これらのことから、成長期を終えた大学生や成人アスリートが最大疾走速度を向上・維持させるためには、特別なトレーニングプログラムを意図的に取り入れる必要があることが指摘できる。

しかしながら、大学生や成人アスリートでは、陸上競技を専門とする場合を除き、専門種目の技術や戦術の練習に時間が割かれることが多く、疾走能力を向上させるトレーニング時間を十分に確保することは困難であると考えられる。このような問題に対応するために、齋藤と藤林(2018)は、体育・スポーツ系大学の「陸上競技」の授業の一部に、疾走速度を増加させるために、ピッチの増加を目的としたマーク走を実施したクラスと、ストライドの増加を目的としたマーク走を実施したクラスのトレーニング前後の疾走速度の比較を行った。その結果、ピッチの増加を目指したマーク走を実施することで、大学生の疾走速度が増加できたことを報告している。一方、ピッチがすでに高く、ストライドの増加が必要な対象者の疾走速度が維持される結果を示した。これらのことから、トレーニング目的と対象者が有する課題が一致しなかった場合、疾走速度の向上には至らず、対象者自身に適したトレーニングプログラムの必要性を課題として示した。同様の課題は男子高校生を対象とした西村ら

1) 兵庫教育大学大学院連合学校教育研究科 Hyogo University of Teacher Education, The Joint Graduate School
〒637-1494 兵庫県加東市下久米942-1

2) 中京大学スポーツ科学部 Chukyo University, Health and Sports Sciences
〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立101

(2016) も報告しており、学習者の疾走能力によって指導すべき技術的課題を適切に選択する必要があることを示している。しかし、個人課題の分析・設定には長期的な観察や専門的な機器を使った分析的な検証が必要となり、トレーニング現場で簡易的に設定することは容易ではない。

疾走速度はピッチとストライドの積で決定される (Hunter et al., 2004) ことから、両者は最大疾走速度を構成する因子であり、トレーニング現場でも比較的容易に計測可能な項目である。ピッチとストライドはトレードオフ (相反) の関係があり、いずれかを増加させる介入をすれば、他方は減少する。つまり、疾走速度を増加させるためには、両者の増加、または、一方を増加させながらも、他方の低下をできるだけ抑制する、もしくは維持させることが求められる。そして、ピッチとストライドのどちらかを課題に設定するかについては、個人特性によって異なる (内藤ら, 2013; Salo et al., 2011)。よって、ピッチとストライドの観点から個別の課題を設定することができれば、トレーニング現場で評価できる指標をもとに、個人課題に応じたトレーニングを提供できると考えられる。

トレーニング効果はトレーニング前後のタイムや疾走速度を用いて評価でき、ピッチとストライドの変化に着目することで、パフォーマンス変化を導いた要因を大まかに検討できる。そして、ピッチは脚の動作範囲を小さくする (阿江, 2001) ことや、股関節の屈伸に関係する筋群が大きなトルクやパワーを発揮すること (渡邉ら, 2003)、ストライドは遊脚期の大腿部角度を大きくする (豊嶋ら, 2018)、支持期の足関節底屈筋群が発揮するトルクやパワーを増加させることなどによって向上できる (渡邉ら, 2003) ことなどが報告されている。すなわち、ピッチとストライドは技術的要因と体力的要因の相互作用によって決定されている。そのため、トレーニング前後のピッチとストライドの変化のみの比較では、技術的と体力的要因のどちらが影響しているかを判別することは困難である。技術的要因の変化は、動作分析などによって評価することが可能であるが、体育実技や陸上競技以外の実践場面への導入は容易でない。一方、体力的要因については、各部位の筋力などの詳細な測定は難しいが、下肢のパワー発揮能力などであれば、ジャンプテストの評価を用いることで比較的容易に計測することが可能 (図子ら, 1993) である。例えば、垂直跳 (以下, CMJ) やリバウンドジャンプ (以下, RJ) は疾走能力と関係がありながら、短時間かつ簡単な手順で測定できる方法として多くの先行研究で用いられる (Bret et al., 2002; 岩竹ら, 2002)。つまり、跳躍能力を測定することで疾走速度の増加の要因を詳細に検討できると考えられる。また、RJ や CMJ はともに下肢のパワー発揮能力の評価を現場で容易に計測できるが、RJ は接地時間当たりに獲

得した跳躍高を用いて、足関節と膝関節のパワー発揮能力を評価することから、疾走動作のような短時間でのパワー発揮が求められる種目の競技特性を反映させた能力を評価する方法として応用できる (岩竹ら, 2002)。また、CMJ は時間的制約のない単純に下肢が発揮できるパワーの大きさを評価できると考えられる。したがって、疾走速度、ピッチ、ストライドなどのステップ変数に加え、CMJ, RJ を組み合わせて評価することで、疾走速度に変化が生じた要因をトレーニング現場で簡易かつ詳細に検証できると考えられる。

以上の検証によって、体育・スポーツ系学部のある大学、もしくは、教員養成系大学で履修されることの多い陸上競技の授業の一部という限られた時間の中で、疾走能力を向上させることができるトレーニング手段を示すことができれば、疾走速度の向上を必要としながらも十分にトレーニングの時間を割くことができない大学生アスリートのパフォーマンス向上に寄与できる可能性がある。そこで本研究は、体育・スポーツを専攻している男子大学生を対象に、ピッチとストライドの情報から個々の課題を抽出することで、疾走速度を向上させるトレーニング方法を考案した。そして、トレーニングの効果について、トレーニング前後の疾走速度、ピッチ、ストライド、CMJ, RJ の変化を用いて検討することを目的とした。

2. 方 法

2.1 対象者

本研究の対象者は、体育・スポーツ系大学において「陸上競技」の実技授業 (週 1 回, 1 回 90 分) を受講した男子学生 35 名 (サッカー部 16 名, 野球部 10 名, バスケットボール部 3 名, 水泳部 2 名, 陸上競技部 2 名, 柔道部 2 名) であった。対象者の身体的特性は表 1 に示した。受講者のうち、スポーツ障害などの影響で、後述する効果測定のための計測に未参加、もしくは、全力で取り組むことができなかった学生は対象としないこととした。なお、全ての対象者は、学内外でスポーツ系のクラブ活動を行っており、日常的に専門的な運動習慣を有していた。

表 1 各群の身体的特性

	ストライドトレーニング群 (n=22)	ピッチトレーニング群 (n=13)
身長 (m)	1.70 ±0.05	1.77 ±0.07
	**	
体重 (kg)	64.49 ±7.17	68.78 ±5.24
	n.s	

** : p<0.01

本研究はびわこ成蹊スポーツ大学学術研究倫理委員会の承認を受け研究を行った。研究の実施時には、ヘルシンキ宣言を遵守して、全ての対象者には事前に本研究の目的、方法、安全性、個人情報の取り扱いについて口頭で説明した。正課の実技授業で測定した記録やデータを研究に応用することから、これらのデータのへの応用についての合意を書面で得た。その際には、データの研究利用の拒否により、成績を含めて不利益が一切生じない

こと、研究目的で授業を構築しているのではなく、授業の到達目標を達成するために組まれたプログラムを一部測定して研究に応用することを十分に説明した。

2.2 トレーニング展開及び内容

トレーニング期間は、ある年の4月から7月の3ヶ月間にわたり、週1回行われた全15回の授業における連続した10回とした(表2)。第1回目の授業では、本研

表2 授業の実践内容

授業回数	授業目標	授業内容
1	本授業の目的の説明 現在の基礎体力の測定	本授業の説明(ガイダンス) ウォーミングアップ 50m走・各種跳躍能力測定
2	走幅跳の踏切動作の習得	課題別ウォーミングアップ 走幅跳踏切ドリル・短助走からの踏切練習
3	走幅跳の助走距離の把握	課題別ウォーミングアップ 助走距離の調査・全助走からの跳躍練習
4	走幅跳びの測定	課題別ウォーミングアップ 助走合わせ・跳躍練習・測定
5	走高跳の踏切動作と助走の習得	課題別ウォーミングアップ 走高跳踏切ドリル・助走の仕方・助走位置の把握
6	走高跳の助走の測定	課題別ウォーミングアップ 助走合わせ・跳躍練習・測定
7	ジャベリックスローの投げ方を覚える	課題別ウォーミングアップ ジャベリックスローの握り方・投げ方 立ち投げ・助走の説明・投擲練習
8	ジャベリックスローの測定	課題別ウォーミングアップ 助走合わせ・投擲練習・測定
9	短距離走の走り方(フォーム)の習得	課題別ウォーミングアップ 腕振りの仕方・短距離走ドリル・ショートダッシュ
10	スタートダッシュ 中間疾走の走り方	課題別ウォーミングアップ スターティングブロックの設定の仕方とスタートダッシュの説明および実践・スタートから中間疾走への繋げ方
11	短距離走の測定	課題別ウォーミングアップ スタートダッシュ練習・測定
12	基礎体力の測定	課題別ウォーミングアップ 50m走・各種跳躍能力測定
13	ハードルの抜き脚とリード脚の仕方と3台目までの練習	所属していない方の課題別ウォーミングアップ 抜き脚とリード脚ドリル・スタートから1台目および3台目までのハードル練習
14	ハードル間(インターバル)と5台目までの練習	所属していない方の課題別ウォーミングアップ 抜き脚とリード脚ドリル・インターバル練習・5台目までのハードル練習
15	ハードルの測定	所属していない方の課題別ウォーミングアップ スタートから1台目の確認・測定

究のプログラムとは別の一般的な準備運動を行った後に、陸上競技に必要な基礎的な体力を測定・評価する正課のプログラムとして、50m 走と CMJ, RJ を実施した。第 12 回の授業で授業期間における体力の変化を評価する学習課題が組み込まれていたことから、第 1 回目と同様の測定を行い、2 回の測定結果を分析に用いた。なお、測定順序は第 1 回目と第 12 回目で個人内では同じとしている。そして、第 2 回目から第 11 回目の授業では、準備運動の時間帯（15 ～ 20 分間）に、後述する 2 種類の課題別のトレーニングを組み込み、残りの時間は通常の陸上競技授業と同様の授業展開を実施した。実施したトレーニングの相違が正課授業としての学習効果に与える相違を最小限にするために、第 13 ～ 15 回目の授業内において、自身の課題とは異なる練習内容をクロスオーバーして実施する配慮を行った。

2.3 測定項目

疾走速度の評価には、50m 走の全力疾走を用いた。本研究は最大疾走速度の向上に対するトレーニング効果を検討することが目的であったため、大学生の 50m 走の最大疾走速度が 20m 以降で出現することを考慮し（伊藤, 2017）、タイム計測区間は 20m かけて加速した後の後半 30m とした（以下、20+30m 走）。対象者には、前脚がスタートラインに触れないように構えたスタンディングスタートの姿勢から自身のタイミングでスタートを行い、ゴールまで全力疾走をするように指示をした。20m 地点と 50m（ゴール）地点にそれぞれ光電管（Microgate 社製 WITTY）を設置してタイム計測し、区間の平均疾走速度（以下、疾走速度）を算出した。また左側方 15m の地点からハイスピードカメラ（CASIO 社製 EX-100, 毎秒 240 コマ）で対象者の動画撮影を行った。撮影範囲は先行研究（加藤ら, 2006）を参考に、35m 地点を中心に前後 3m とした。得られたデータから疾走動作に関するパラメーターとして、ピッチ、ストライド、接地時間、滞空時間を算出した。ピッチは、接地から逆足接地までの所要時間の逆数とし、2 ステップ分の平均値を分析に採用した。ストライドは、足が地面に接地した時のつま先から次の脚のつま先までの距離について、Frame Dias V（DKH 社製）を使用し、4 点の較正マーク（1m 間隔）の距離から実長換算した値を用いた。接地時間および滞空時間は、1 サイクル中の脚と地面が接地もしくは離地している時間をハイスピードカメラの映像のコマ数から求め、その逆数とした。

CMJ と RJ の計測には Optojump system（Microgate 社製）を使用し、それぞれ 2 回ずつ計測を行い、記録の良い方を採用した。CMJ は跳躍高（m）を評価指標として、時間の制約下でない下肢の力発揮の評価として用いることとした。測定では、立位姿勢から鉛直方向にできるだけ高く跳ぶように指示をした。疾走動作が腕を利用した

運動動作であることから、腕の利用には制限を設けなかった。RJ は、時間あたりに獲得した跳躍高を用いて下肢の力発揮の評価指標として用いた。測定では、立位姿勢から両脚で鉛直方向に 6 回連続跳躍を行い、短い接地時間でできるだけ高く跳ぶことを指示した。算出項目は、跳躍高（m）、接地時間（s）、跳躍高を接地時間で除した値である RJ-index（m/s）とした。分析には、6 回の跳躍において RJ-index が最高値を示した跳躍から獲得した 3 項目の値を用いた。

これらの測定項目の変化率を以下の式で算出した。

$$\text{変化率} = (\text{Post} - \text{Pre}) / \text{Pre} \times 100$$

2.4 対象者の群分け

ピッチとストライドに基づく課題設定を実施するために、第 1 回目の測定時におけるピッチとストライドのそれぞれの平均値（ピッチ：4.38Hz、ストライド：1.89m）を基に群分けを行った。ピッチとストライドを用いた群分けについて、本研究では授業場面で測定していることから、身長などの形態を考慮しない絶対値を用いた（齋藤・藤林, 2018；渡邊・加藤, 2006）。ピッチとストライドは身長の影響を受けることが報告されており（内藤ほか, 2013）、ピッチとストライドの特徴を正確に把握するためには、身長に対する相対値として評価する方法が用いられている（Alexander, 1977）。一方、このことを逆の視点で捉えると、高身長という身体的特性を有している場合は、ストライドの獲得は容易であるが、ピッチの獲得は苦手であると考えられることができる。本研究のような陸上競技のトレーニングを専門的に行っていない対象者が多くいる場合は、身体的特性を打ち消すような能力を有していないと仮定し、対象者個々人の身体的特性を含めて個人の特性とすることとした。なお、体育・スポーツ系大学生を対象とした先行研究における平均ピッチおよび平均ストライドはそれぞれ、4.34Hz、1.81m であり（齋藤・藤林, 2018）、概ね一般的な大学生アスリートの特徴を反映していたと考えられる。

2.5 トレーニング課題の設定

集団の平均値に対する対象者のピッチとストライドを整理して、平均値よりも劣っている要因を平均値へと向上させることをトレーニング課題として設定した。したがって、「ピッチが平均以上であるが、ストライドが平均以下であった場合」はストライドの増加をトレーニング課題（以下、ストライドトレーニング群）とし、「ストライドが平均値以上で、ピッチが平均値以下の場合」はピッチの増加をトレーニング課題（以下、ピッチトレーニング群）とした。なお、ピッチとストライドが共に平均値以上の対象者には、陸上競技部の学生が多く含まれたことから、本研究の目的である「疾走速度を高める特

別なトレーニングを実施していない学生」の範疇に外れるため対象外とした。また、ピッチとストライドが共に平均値以下の対象者については、そもそもの疾走能力が劣り、どのようなトレーニングを施しても疾走速度が増加する可能性を否定できないため対象外とした。さらに、ピッチとストライドが共に平均値に近い対象者については、各群の特性を反映していない可能性がある。そのため、各群の特性をより鮮明に反映させるために、先行研究（比留間ほか、2013）を基に、ピッチとストライドの平均値±0.5標準偏差以内に両方該当する対象者も、本研究から除くこととした。最終的に、ストライドトレーニング群22名（サッカー部9名、野球部8名、バスケットボール部2名、柔道部2名）、ピッチトレーニング群13名（サッカー部7名、野球部2名、バスケットボール部1名、水泳部1名、陸上競技部2名）を分析対象に用いた。

ストライドを増加させるためには、地面に対して大きな力を加えることが求められる（豊嶋ら、2018）。そのため、ストライドトレーニング群には「大きな力を地面に加える」ことを目的としたトレーニングプログラムを設定した。一方、ピッチを増加させるためには、滞空時間および接地時間を短くする（Hunter et al., 2004）ことが要求されることを考慮して、ピッチトレーニング群には「短時間での動作遂行」を目的としたトレーニングプログラムを設定した。トレーニング内容については、

授業内で簡単かつ安全に実施できることに考慮しながら、日常的に陸上競技の指導に携わっている指導者の3名の合意によって決定した。具体的なトレーニング内容については表3に示した。トレーニングに相当する準備運動の時間では、授業担当者と研究実施者の2名が分担してトレーニング指導を実施した。

なお、本研究は、対象者の課題をストライドとピッチの観点から抽出し、平均値へ近づけることをトレーニング課題とした。したがって、平均値より劣る項目は改善の余地が大きいことが想定できる。陸上競技授業内で実施しているため、コントロール群の設定が困難であったため、手段にかかわらず継続的にスプリントトレーニングを実施した結果、課題が改善された可能性も考えられる。しかしながら、西村ら（2016）や齋藤・藤林（2018）の報告によると、トレーニング目的と対象者が有する課題が一致しなかった場合、疾走速度の向上には至らないことを報告しており、本研究での効果は、トレーニングの効果によるものであると推察する。

2.6 統計処理

20m+30mの疾走タイム、疾走速度、ピッチ、ストライド、接地時間、滞空時間およびCMJ、RJの各項目の結果に対する各群のトレーニング前後及び群間の平均値の差を調査するために、二要因分散分析を行った。下位検定にはBonferroniによる多重比較を行った。トレーニ

表3 トレーニング内容及び留意点

ストライド向上トレーニング		
トレーニング名	内 容 ・ 回 数	目 的 ・ 意 図 ・ 注 意 点
①抱え込みジャンプ	膝を胸の高さまで上げるジャンプ (10回×2)	股関節の大きな伸展動作を利用して地面に大きな力を加える技能を習得する。
②キャッチング	脚を真っすぐ伸ばした状態で脚を交互に前に出して振り戻す (20m×2)	①と同様の動作を片脚かつ水平方向への移動を伴わせることで、①の課題をスプリントに近い姿勢で実施させる。脚全体の振り戻し動作を大きくすることでストライドの獲得に繋げる。
③遊脚ジャンプ	片脚を地面から離れた状態で、その脚を後ろから前へ動かした勢いでジャンプしながら進む (20m×2)	遊脚の動作で身体を推進させる動作を習得する。大きなストライドを獲得するためには滞空時間を長くするため、遊脚の動作だけで水平方向を推進する技能を身に付ける。
④負荷歩き	2人組になり、1人が相手を押しながら前へ進む (20m×2)	地面を強く押しながら身体を前方に大きく推進させる動作を習得する。地面に対し大きな力を加えることから、疾走中の大きな地面反力の獲得を目指し、ストライドの増加に繋げる。
⑤バウンディング	片脚を交互に前に出しながら前方へジャンプする (30m×2)	地面を強くかつ素早く踏みしめながら身体を前方に大きく推進させる動作を習得する。より疾走に近い状態で遊脚を大きく動かし、支持脚は地面に大きな力を加え、水平方向に大きく移動することを目的とする。
⑥ミニハードルもも上げ	大腿部を大きく動かしながらミニハードルを1つずつ越えていく (ミニハードル15台×2 ミニハードル間：0.6m 高さ：0.3m)	①～⑤までの動きをまとめ、スプリント動作に繋げるためにもも上げを行いながら、大きく前方へ推進することを意識する。
ピッチ向上トレーニング		
トレーニング名	内 容 ・ 回 数	目 的 ・ 意 図 ・ 注 意 点
①両脚ジャンプ	その場で短い接地時間を意識した両脚ジャンプ (20回×2)	膝関節の屈伸、足関節の底背屈をできる限り抑制した状態で鉛直方向に短時間で高く跳躍し、短い接地時間で力を発揮する能力を習得する。
②片脚ジャンプ	その場で短い接地時間を意識した片脚ジャンプ (20回×2)	①と同様のことを疾走動作に近い状態である片脚支持で実施する。
③はきみ込みドリル	片脚で遊脚の振込動作を誇張して前方へ速く移動する (20m×2)	ピッチを増加させるためには脚の回復動作が素早くなることが求められるため、②の状態から遊脚を素早く身体の前方向へ移動させることを習得させる。
④リズムステップ	片脚で2ステップのリズムでもも上げ動作をしながら前方へ進む (20m×2)	2ステップでリズムを取りながら素早く脚を入れ替える動作を習得する。支持脚と遊脚のタイミングを合わせることで、脚をスムーズに連動する技能を習得する。．．
⑤ピッチアップマーク走	自分の身長より短いマーク間を選択し、素早くマークを1歩ずつ越えながら疾走する (マーク15台×2)	普段のストライドより短いマーク間隔で疾走することで高いピッチで疾走する感覚を身に付ける。①～④の内容をまとめ、短い接地時間で脚を素早く回転させることでピッチ増加を目指す。
⑥高速ステップ (台の昇降)	0.1mの高さの台を用いてできるだけ素早く昇降運動を行う (10秒×1)	高いピッチを可能にするには脚を素早く入れ替えること短い接地時間が必要になるため、台に素早く昇降することで敏捷性を向上させる。

ング後における上記の各種測定項目の変化率の相関関係の検定には Pearson の積率相関係数を用いた。いずれの検定においても、有意水準は 5% とした。統計解析には、エクセル統計 Ver.3.22（株式会社社会情報サービス）を使用した。

3. 結 果

3.1 トレーニング群別の各種パラメーターのトレーニング前後の比較

図 1 及び図 2 には、トレーニング群別の測定項目に関

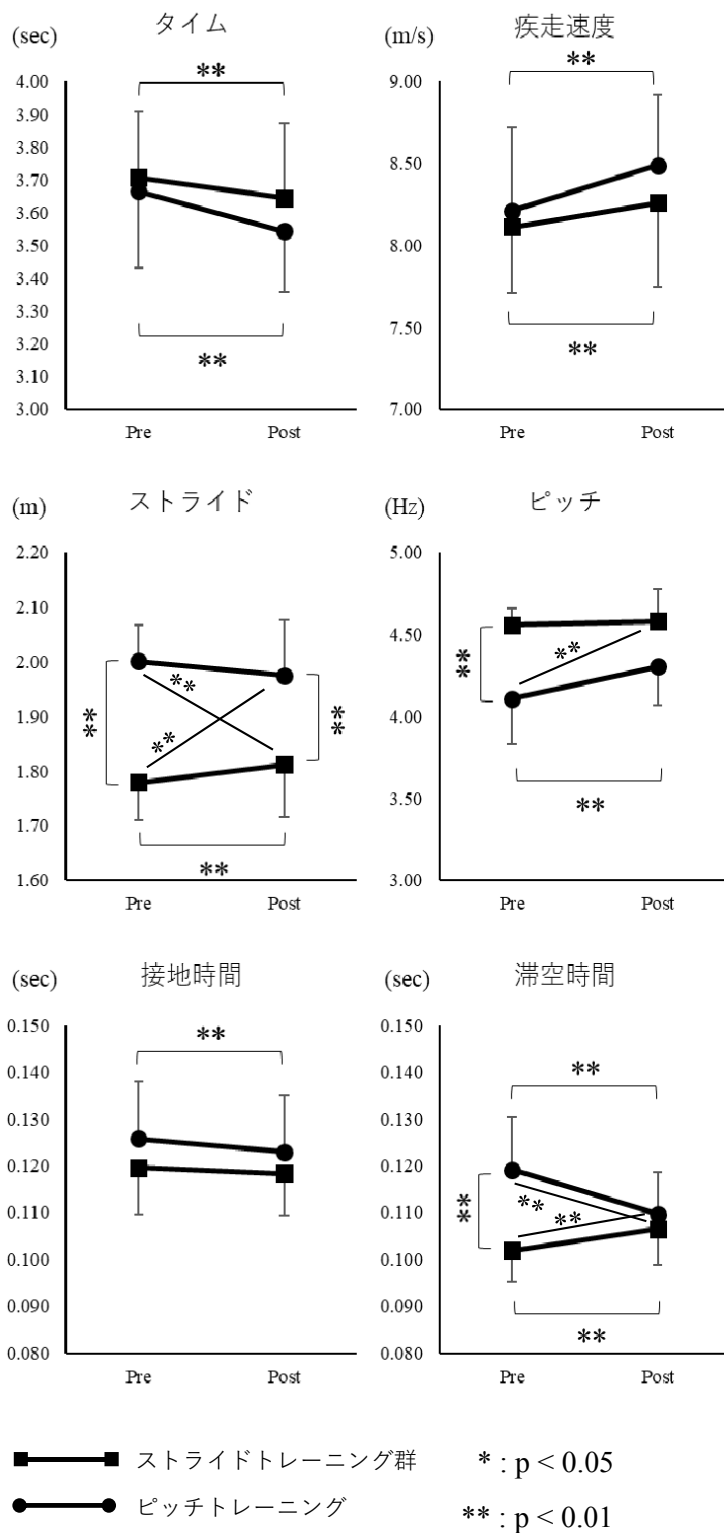


図 1 各群のステップ変数の変化

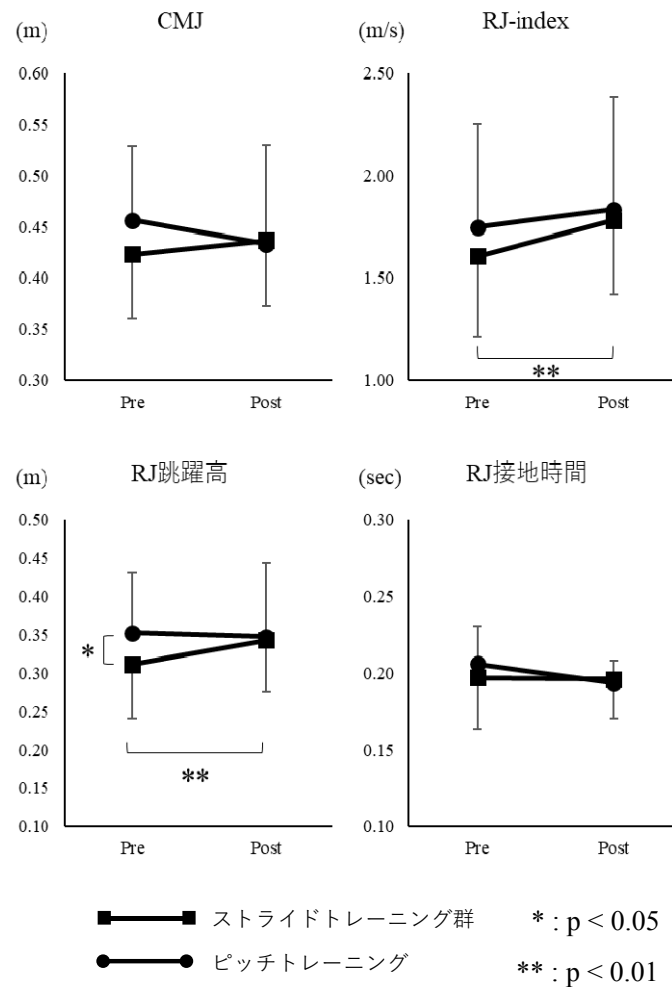


図2 各群の跳躍能力の変化

するパラメーターの変化を示した。Preの時点において、ストライド ($F(1,33)=56.24, p<0.01$)、ピッチ ($F(1,33)=40.74, p<0.01$)、滞空時間 ($F(1,33)=34.81, p<0.01$)、RJ跳躍高 ($F(1,33)=5.13, p<0.05$) との間に交互作用と主効果が認められた。Postの時点では、ストライドのみに交互作用が認められ、主効果 ($F(1,33)=30.58, p<0.01$) が認められた。

ストライドトレーニング群のトレーニング前後の比較において、20+30mタイム ($F(1,33)=4.74, p<0.05$)、疾走速度 ($F(1,33)=5.32, p<0.05$)、ストライド ($F(1,33)=10.60, p<0.01$)、滞空時間 ($F(1,33)=9.45, p<0.01$)、RJ-index ($F(1,33)=7.67, p<0.01$)、RJ跳躍高 ($F(1,33)=5.25, p<0.05$) に主効果が認められた。

ピッチトレーニング群のトレーニング前後の比較において、20+30mタイム ($F(1,33)=10.95, p<0.01$)、疾走速度 ($F(1,33)=10.75, p<0.01$)、ピッチ ($F(1,33)=19.04, p<0.01$)、滞空時間 ($F(1,33)=23.36, p<0.01$) に主効果が認められた。

3.2 各測定項目のトレーニング前後における変化率の相関

表4はストライドトレーニング群の測定項目間のトレーニング前後の変化率の相関を示した。疾走速度の変化率は、ストライドの変化率と有意な正の相関 ($r = 0.55$)、ピッチの変化率は、ストライドの変化率と接地時間の変化率との間に有意な負の相関 ($r = -0.50, r = -0.58$) が認められた。また、ストライドの変化率とRJ-indexの変化率との間に有意な正の相関 ($r = 0.49$) が認められた。さらに、接地時間の変化率とCMJの変化率との間に有意な負の相関 ($r = -0.43$)、RJ跳躍高の変化率はRJ接地時間の変化率及びRJ-indexの変化率との間に有意な正の相関 ($r = 0.69, r = 0.69$) が認められた。

表5はピッチトレーニング群の測定項目間のトレーニング前後の変化率の相関を示した。疾走速度の変化率は、ピッチの変化率及びRJ接地時間の変化率との間に有意な正の相関 ($r = 0.59, r = 0.59$)、ピッチの変化率と滞空時間の変化率との間に有意な負の相関 ($r = -0.70$) が認められた。また、CMJの変化率とRJ跳躍高の変化率

表4 ストライドトレーニング群における測定項目の変化率の相関

	疾走速度	ピッチ	ストライド	接地時間	滞空時間	CMJ	RJ跳躍高	RJ接地時間	RJ-index
疾走速度		0.40	0.55 **	-0.37	-0.40	0.12	0.25	-0.03	0.30
ピッチ			-0.50 *	-0.58 **	-0.34	0.21	0.07	0.00	-0.11
ストライド				0.06	-0.10	0.02	0.23	-0.03	0.49 *
接地時間					-0.12	-0.43 *	-0.12	0.04	-0.09
滞空時間						0.16	-0.02	0.12	-0.05
CMJ							0.29	0.06	0.29
RJ跳躍高								0.69 **	0.69 **
RJ接地時間									0.03
RJ-index									

** : p<0.01 * : p<0.05

表5 ピッチトレーニング群における測定項目の変化率の相関

	疾走速度	ピッチ	ストライド	接地時間	滞空時間	CMJ	RJ跳躍高	RJ接地時間	RJ-index
疾走速度		0.59 *	0.44	-0.41	-0.34	0.45	0.29	0.59 *	-0.12
ピッチ			-0.46	-0.50	-0.70 *	0.35	0.14	0.47	-0.18
ストライド				0.09	0.42	0.09	0.16	0.13	0.06
接地時間					-0.21	-0.07	0.35	-0.13	0.47
滞空時間						-0.31	-0.34	-0.36	-0.11
CMJ							0.56 *	0.04	0.51
RJ跳躍高								0.24	0.79 **
RJ接地時間									-0.38
RJ-index									

** : p<0.01 * : p<0.05

の間に正の相関 ($r = 0.56$), RJ 跳躍高の変化率と RJ-index の変化率との間に有意な正の相関 ($r = 0.79$) が認められた。

4. 考 察

4.1 トレーニング期間におけるトレーニング効果

トレーニング期間を通して、ストライドトレーニング群とピッチトレーニング群の 20+30m タイムの有意な短縮、疾走速度の有意な増加が認められた。また、ストライドトレーニング群はストライド、ピッチトレーニング群はピッチが有意に増加したことから、本研究で実施したトレーニングは、トレーニング目的に適合した能力を向上させるために適切であった可能性が示唆された。対象者の個人課題を考慮せずランダムでトレーニング課題を提供した先行研究では、本研究のストライドトレーニング群に相当するトレーニングを実施させた対象者の疾走能力を向上できなかったことを報告しており(齋藤・藤林, 2018), これは個人の課題を無視して一律なトレーニングを処方したことに起因したことを示唆している。本研究は、個人の課題を事前に把握し、その課題に適合したトレーニングを実践した。したがって、ストライド向上が求められる対象者に対してはストライド向上を目的としたトレーニング、ピッチ向上が求められる対象者にはピッチ向上を目的としたトレーニングを処方するこ

との重要性が確認された。さらに、本研究のような 20+30m 走タイムが 3.40 ~ 4.27s の範囲である対象者においては、本研究で用いたトレーニング課題の設定、方法が適切であったと考えられる。そして、特別なプログラムを実施しなかった場合は低下した疾走速度(齋藤・藤林, 2018) が、週 1 回 15 ~ 20 分の実施であっても、適切なトレーニングを処方・実践することで、疾走速度が向上する可能性が示唆された。

次に、このようなトレーニング成果が得られた要因について、各群の変化に関する詳細な検討を群別に実施した。

4.2 ストライドの増加を目指したトレーニング効果について

ストライドトレーニング群では、トレーニング前後にストライドが増加していたことから、疾走速度の増加はストライドの増加によるものだと考えられる。そこで、疾走速度の変化率とストライドの変化率に着目すると、両者には有意な正の相関が認められた。加えて、ストライドとトレードオフの関係にあるピッチは低下することなく維持できたことから、疾走速度が向上したことが示唆された。ストライドは滞空時間が長くなると増加することから (Hunter et al., 2004), ストライドの増加は滞空時間が起因の 1 つであると考えられる。下肢の力発揮

能力を評価する項目であるジャンプテストの結果に着目すると、RJ-indexはトレーニング前後に有意な向上が認められた。このRJ-indexの向上は、RJの接地時間を変化させずに、跳躍高が有意に増加したことから、ストライドトレーニング群はトレーニング前と同じ時間内で大きな力を発揮できるような能力を習得していたことが理解できる。ストライドの変化率とRJ-indexの変化率との間に有意な正の相関が認められたことから、大きな力発揮がストライドの増加に貢献している可能性が考えられる。これらの要因で、ストライドトレーニング群はピッチを低下させずにストライドを増加できたと考えられる。

ストライドトレーニング群のトレーニング内容は、進行方向の反対に抵抗を加えてくる補助者を前方に爆発的に押し返しながらかく「負荷歩き」や、大きなストライドを獲得しながら短時間で前方へ跳躍する「バウンディング」(表2)といった地面に対し大きな力を加えながら前方へ進むことを目的としたトレーニングであった。これらのトレーニングにより、接地中に大きな鉛直方向の力発揮能力が向上したと考えられ、接地期の大きな力積の増加が滞空時間の延長した結果、大きなストライドと高い疾走速度を獲得できた可能性が考えられる。

4.3 ピッチの増加を目指したトレーニング効果について

ピッチトレーニング群は、トレーニング前後においてピッチが有意に増加し、ストライドに有意な差は認められなかったことから、疾走速度の増加はストライドを維持しながらピッチを増加できたことの影響を受けていたと考えられる。また、疾走速度の変化率とピッチの変化率との間に有意な正の相関が認められたことから、疾走速度の増加にはピッチの貢献が大きいことが考えられる。この時、トレーニング前よりも滞空時間が有意に減少しており、滞空時間のトレーニング前後の変化率とピッチの変化率に有意な負の相関が認められた。滞空時間の短縮はピッチ、延長はストライドが増加することから(Hunter et al., 2004)、滞空時間の減少がピッチの増加に貢献したことが考えられる。また、接地時間も有意に短縮していたことから、接地時間もピッチの増加に貢献し、疾走能力を向上させたと考えられる。一方、下肢のパワー発揮能力を評価するジャンプテストの結果においては、トレーニング前後で有意差は認められなかった。トレーニング前後で発揮されるパワーに変化がなかったことが、ストライドの維持された要因であると予想される。

ピッチを増加させるためには、後方へとキックされた脚を前方へ素早く脚を回復させる必要があるため、脚の動作範囲を小さくする(阿江, 2001)ことや、下肢をはじめ全身を動かす原動力になる股関節の屈伸に関係する筋群(大殿筋やハムストリングスなど)が発揮するトル

クやパワーが重要であると報告されている(中田ら, 2013; 渡邊ら, 2003)。ピッチトレーニング群に処方したトレーニングには、短い接地時間での運動実施を課題とした。「両脚ジャンプ」や「片脚ジャンプ」、四肢の素早い動作を課題とした「リズムステップ」や「ピッチアップマーク走」、「高速ステップ」を取り入れた。このようなトレーニングが、四肢の素早い動作の遂行を可能とする能力の獲得につながり、ピッチと疾走速度の増加に影響を与えていた可能性が考えられる。

4.4 現場への示唆

本研究の結果から、ピッチとストライドの優劣を基準として疾走速度向上の課題を抽出し、課題に応じたトレーニングを実践する有効性が示唆された。ピッチおよびストライドについては、ビデオカメラやメジャー、スマートフォンアプリなどで比較的簡単に計測できることから、トレーニングや体育実技現場において応用しやすい方法であるといえる。一方、本研究では対象の集団における平均値をもとに群分けを行ったが、この基準については集団によって異なる可能性がある。明確な数値を示すためには多くのデータ収集が必要になるが、本研究の数値を基に参考値を示すと、スポーツ活動を継続して実施している成人、もしくは20+30m走の疾走タイムが3.40～4.27sの範囲の対象者の場合は、ピッチが4.38Hz、35m地点付近のストライドが1.89mを基準に群分けが可能であると考えられる。この値は先行研究と類似する値であることから(伊藤, 2017; 齋藤・藤林, 2018)、この値を基にピッチとストライドの個人特性を整理した情報を提供することで、学生は個人に必要な個別の課題を容易に把握することができると考えられる。

なお、本研究では、体育実技授業をトレーニングの場として選択したことから、コントロール群が設定できなかった。したがって、得られたトレーニング成果が、設定したトレーニングによるものであったかについて明言できないという限界がある。しかし、すべての群にタイムと疾走速度に有意な向上が認められた。特に、先行研究(齋藤・藤林, 2018)において、トレーニング効果が認められなかったストライドトレーニング群のトレーニング効果が認められたことから、本研究で設定したトレーニングの影響であったことが推察できると思われる。一方では、本研究の結果をより確かなものへとするために、授業場面ではない実験環境によってコントロール群を設定した追加検証は今後求められる課題である。

5. まとめ

本研究の目的は、体育・スポーツを専攻している男子大学生を対象に、ピッチとストライドの情報から個人の課題を抽出する方法と、その課題を改善するトレーニングを陸上競技授業に導入したときの効果について検証す

ることであった。日常的にスポーツ活動を実施している男子大学生 35 名を対象とし、ピッチとストライドが集団における平均値よりも劣る項目をトレーニング課題として抽出し、課題となる項目を解決するトレーニングをタイプ別に提供した。主な結果と考察は以下の通りである。

- ① 本研究で実施したトレーニング課題の抽出および設定したトレーニング手段は、対象者の個人課題を簡易的に抽出して、課題を解決するトレーニングとして適切であることが示唆された。
- ② 個人課題を適切に導き出してトレーニング手段を設定することで、週 1 回、15 ～ 20 分という短期間・低頻度での実施であっても疾走能力の向上が可能になることが示唆された。
- ③ ストライドを向上させるためには、短時間に大きな力発揮が必要となるため、「負荷歩き」や「バウンディング」といった前方へと推進しながらも鉛直方向への地面反力を獲得するトレーニング処方が有効となることが示唆された。
- ④ ピッチを増加させるためには、滞空時間を短縮させる必要があるため、「リズムステップ」、「ピッチアップマーク走」、「高速ステップ」などといった四肢を素早く動かし、空中における時間を短くするトレーニング処方が有効であることが示唆された。

以上の結果から、ピッチとストライドの観点から個別の課題を設定することで、トレーニングや体育実技授業の現場などで簡易的に、個人課題に応じたトレーニングを提供できることが明らかとなった。このような授業展開を陸上競技実技授業の一部に導入することで、最大疾走速度の向上が求められるようなスポーツを実施する大学生アスリートのパフォーマンス向上について、疾走速度向上の側面から寄与できることが示唆された。

文献

阿江通良 (2001) スプリントに関するバイオメカニクス
的研究から得られるいくつかの示唆. スプリント研究,
11 : 14-28.

Alexander, R. M (1977) Terrestrial locomotion. In:
Alexander, R. M. and Goldspink, G. (eds.) Mechanics and
energetics of animal locomotion. Chapman and Hall, 168-
203.

Bret, C., Rahamani, A., Dufour, A.B., Messonnier, L.,
Lacour, J.R. (2002) Leg strength and stiffness as ability
factors in 100m sprint running. J. Sports Med. Phys.
Fitness, 42 : 274-281.

深代千之 (2017) 瞬発性運動におけるパワー評価. 体育
の科学, 67 : 221-225.

Hunter, J. P., R. N. Marshall., P. J. McNair (2004)
Interaction of step length and step rate during sprint

running. Med. Sci. Sports Exerc., 36 :261-271.

伊藤 宏 (2017) 大学生の短距離走の速度変化とフォー
ムに対する認識について. 常葉大学教育学部紀要,
38 : 401-408.

岩竹 淳・鈴木明美・中村夏美・小田宏之・長澤 健・
岩壁達男 (2002) 陸上競技選手のリバウンドジャンプ
における発揮パワーとスプリントパフォーマンスの関
係, 体育学研究, 47 : 253-261.

加藤謙一・宮丸凱史 (2006) 一般高校生の疾走動作. 体
育学研究, 51 : 165-175.

宮丸凱史 (2001) 疾走能力の発達. 杏林書店:東京, p.10.

水本 篤・竹内 理 (2008) 研究論文における効果量の
報告のために—基礎的概念と注意点—. 英語教育研究,
31 : 57-66.

内藤 景・荻山靖・山元康平・宮代賢治・谷川 聡
(2013) 短距離走競技者のステップタイプに応じた
100m レース中の加速局面の動態. 体育学研究, 58 :
523-538.

内藤 景・荻山 靖・山元康平・宮代賢治・谷川 聡
(2017) 試合期における 100m レース中のストライド
およびピッチの個人内変動. 陸上競技学会誌, 15 :
55-66.

中田和寿・阿江通良・宮下 憲・横澤俊治 (2013) バイ
オメカニクスデータを活用した短距離疾走動作の改
善. 陸上競技学会誌, 1 : 30-38.

西村三郎・宮崎明世・小林育人・岡出美則 (2016) 一般
高校生の短距離疾走能力に応じた技術的課題の検討 :
中間疾走の動作から. スポーツ教育学研究, 36 :
1-14.

大山康彦・鋤柄純史・佐藤晋也 (2005) 大学生疾走能力
の発達に関する一考察 (第Ⅱ報). 茨城キリスト教大
学紀要, 39 : 311-326.

齋藤壮馬・藤林献明 (2018) 体育実技「陸上競技」授業
内において走速度を向上させる授業展開 : スポーツ大
学生に対する“マーク走”の効果. びわこ成蹊スポー
ツ大学紀要, 15 : 41-49.

Salo, A. I., I. N. Bezodis, A. M. Batterham, D. G. Kerwin
(2011) Elite Sprinting : are athletes
individually step-frequency or step-length reliant?, Med.
Sci. Sports Exerc., 43 : 1055-1062.

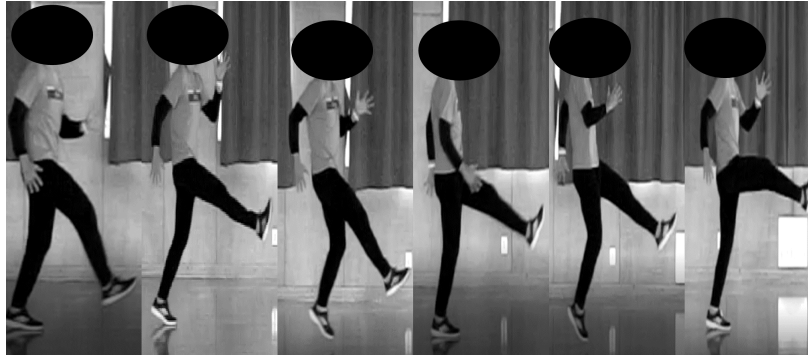
豊嶋陵司・桜井伸二 (2018) 短距離走の最大疾走局面に
おける遊脚キネティクスとピッチおよびストライドの
との関係. 体育学研究, 63 : 479-493.

渡邊信晃・榎本靖士・大山卞圭吾・宮下憲・尾縣貢・勝
田茂 (2003) スプリント走時の疾走動作および関節ト
ルクと等速性最大筋力との関係. 体育学研究, 48 :
405-419.

渡邊 聡・加藤謙一 (2006) 中学校の体育授業における
短距離走の練習効果. 体育学研究, 51 : 689-702.

図子浩二・高松 薫・古藤高良（1993）各種スポーツ選手における下肢の筋力およびパワー発揮に関する特

性. 体育学研究, 38：265-278.



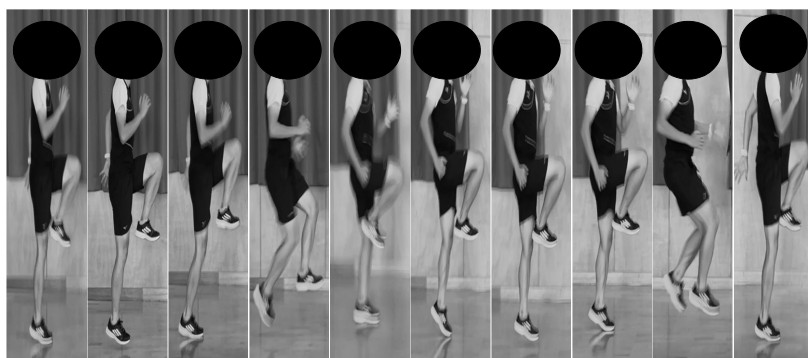
ストライド向上トレーニング② キャッチングの連続写真



ストライド向上トレーニング③ 遊脚ジャンプの連続写真



ピッチ向上トレーニング② はさみ込みドリルの連続写真



ピッチ向上トレーニング④ リズムステップの連続写真

付録：トレーニング内容（一部）の連続写真

国内男子十種競技者の棒高跳への取り組み方に関する調査

村山凌一¹⁾, 榎 将太²⁾, 川間羅聖^{3, 4)}, 森田 彩⁵⁾, 中山滉一⁶⁾, 米原博章⁷⁾

A Survey on Japanese Male Decathletes' Approach to Pole Vault

Ryoichi MURAYAMA¹⁾, Shota ENOKI²⁾, Raki KAWAMA^{3, 4)}, Aya MORITA⁵⁾, Koichi NAKAYAMA⁶⁾, Hiroaki YONEHARA⁷⁾

Abstract

The objective of the current study was to clarify the approach of decathletes to the track and field event of pole vaulting. Seventy-two decathletes completed a questionnaire survey regarding their tactics for improving the pole vault performance, training frequency, and difference in takeoff leg between the pole vault and the other events. Our main findings are as follows:

1) A significant positive correlation was observed between the total decathlon score and the pole vault record. It was also identified that a high-performing group of decathlons had a higher pole vault record than the low-performing group.

2) Survey results also revealed that while pole vaulting 29% of decathletes used the opposite leg of the other events at takeoff.

3) The decathletes usually trained for the pole vault once a week regardless of the difference in the performance level of decathlon. Most of the decathletes conducted their training twice a week, especially in case of the group where the total decathlon score ranged from 6000 to 6499 points.

4) The decathletes were mainly supervised for the pole vault technique by athletes specializing in the pole vault when ignoring the difference in the decathlon performance level. However, it is also noted that many decathletes with a total decathlon score of > 7000 points were supervised by a pole vault coach for the pole vaulting technique. This implied that the pole vault coach positively influenced the pole vaulting performance of a decathlete.

Authors hope that the present findings would impart relevant information for the performance enhancement of pole vaulting in decathletes.

キーワード：十種競技, 棒高跳, 踏切脚, 跳躍トレーニング頻度, 指導者属性

1. 緒 言

十種競技は、陸上競技の混成競技種目としてオリンピックや世界選手権等で採用されている種目である。十種競技者は、走・跳・投の陸上競技の特性が異なる種目に取り組むことから、いずれかの専門種目を選択する競技者とは形態的および機能的に異なっており (Dengel et al., 2019; 吉本ほか, 2020; 吉岡ほか, 2010), 各種目で用いている技術やトレーニング戦略も異なっていることが報告されている (松林ほか, 2010; 松林ほか, 2020; 岡室ほか, 2019)。

十種競技に関するこれまでの研究では、各種目の総合得点への貢献度に関する検討 (小林, 1990; 安田ほか, 2013) や、各種目の類似性に関する検討 (小林ほか, 1998; 近藤, 2019; Woolf et al., 2007) が多く行われており、パフォーマンス構造を把握する取り組みがなされてきた。これらの結果を見ると、多くの研究で、競技レベルが高くなるほど比較的技術性の高い棒高跳の貢献度が高いことが明らかとなっている (小林, 1990; 小林ほか, 1998)。また、世界選手権出場者と日本選手権出場者の十種競技各種目のパフォーマンス達成率に着目した潮崎ほか (2019) は、日本選手権出場者の試合における棒高跳のパフォーマンス達成率が世界選手権出場者と比

-
- 1) 太成学院大学人間学部 Taisei gakuin university, Faculty of Human Studies
〒 587-8555 大阪府堺市美原区平尾 1060-1
 - 2) 中京大学スポーツ科学部 School of Health and Sport Sciences, Chukyo University
〒 470-0393 愛知県豊田市貝津町床立 101
 - 3) 同志社大学大学院スポーツ健康科学研究科 Graduate School of Health and Sports Science, Doshisha University
〒 610-0394 京都府京田辺市多々羅都谷 1-3
 - 4) 日本学術振興会特別研究員 Research Fellow of Japan Society for the Promotion of Science
 - 5) 武庫川女子大学健康運動科学研究所 Mukogawa Women's University, Institute for Health and Exercise Science
〒 663-8558 兵庫県西宮市池開町 6-46
 - 6) 中京大学大学院スポーツ科学研究科 Graduate School of Health and Sport Sciences, Chukyo University
〒 470-0393 愛知県豊田市貝津町床立 101
 - 7) 特定非営利活動法人ボウタカ Specified Nonprofit Corporation BOUTAKA
〒 305-0005 茨城県つくば市天久保 2-2-32-107

較して低いことを報告している。こうした背景から、十種競技における棒高跳は、技術の独立性が高いものの総合得点を高めるために重要な種目であり、十種競技者にとって棒高跳を強化することは、十種競技のパフォーマンスを安定して発揮することにつながると考えられる。

一方で、十種競技は大学生年代以降のカテゴリーで取り組まれることが多い種目であり、それ以前の混成競技種目には棒高跳が含まれていない八種競技が行われている。このことから、村木ほか（1993）は十種競技者の多くが、発育発達段階で経験すべき体操競技的な運動経験が乏しい状態で棒高跳に取り組む可能性があり、棒高跳を専門として取り組んでいる競技者とは異なる課題が存在する可能性を示唆している。また、棒高跳は跳躍種目において唯一道具を用いて跳躍を行う種目であることから、跳躍を行う環境や指導者の有無など環境的な側面がパフォーマンスに大きく影響する可能性が考えられる。加えて、棒高跳は、ポールを用いて跳躍を行う特性上、ポールの操作を容易に行うために、利き腕を上グリップとして保持し、上グリップと反対側の脚が踏切脚となる。しかし、十種競技は棒高跳以外に他の跳躍種目（走幅跳と走高跳）およびハードル種目（110m ハードル）に取り組むことから、棒高跳の踏切脚と他の跳躍およびハードル種目の踏切脚が同一でない可能性も考えられる。さらに、複数種目のトレーニングを行うことから、棒高跳を専門とする競技者と比較して棒高跳のトレーニング時間も限られていることが予想される。図子（2014）はスポーツパフォーマンスを向上させるためには、競技者がおかれている現状を把握し、パフォーマンス構造に則った形で課題を見極め、トレーニングを実行する必要があると述べている。このことから、十種競技の各種目に精通し、パフォーマンス構造を熟知したコーチといえど、競技者がおかれている現状を把握せずに、パフォーマンスを向上させる指導（コーチング）を行うことは困難であるといえる。つまり、効率よく十種競技のパフォーマンスを向上させるためには、十種競技者の棒高跳への取り組み方や、抱えている問題点について明らかにし、その現状を把握することが求められる。しかし、十種競技者の棒高跳に対する取り組み方について、どのような課題が存在するかを検討した報告は数少なく、村木ほか（1993）の重大事故が起きた事例についての報告や、個人のトレーニング過程に関する研究等（奥山ほか、2019）で触れられる程度である。十種競技者の棒高跳に対する取り組み方の現状を明らかにすることができれば、これまで明らかにされてきた棒高跳のパフォーマンスを向上させるための知見と合わせて、より合理的な指導を可能にするための知見となるだろう。

そこで本研究は、十種競技者の棒高跳に対する取り組み方を明らかにすることを目的に、十種競技者の特徴、棒高跳の踏切脚と他の跳躍およびハードル種目の踏切脚

との関係、棒高跳の跳躍トレーニング頻度および指導者の属性の調査を行うこととした。

本研究によって上記が示されることは、十種競技者の棒高跳指導に携わるコーチが、指導する際の手掛かりとなることが期待される。

2. 方 法

2.1 対象者とデータ収集方法

日本で活動する十種競技者を対象としてアンケート調査を行った。アンケート回答の際に、アンケート結果の研究利用に関する説明を文書にて行い、同意が得られた者の回答をデータとして用いた。アンケートには74名から回答が得られ、そのうち回答に欠損があった2名を除いた72名を本研究の対象者として扱った。

調査項目は以下のとおりである。

- ・十種競技の総合得点および競技歴（記述）
- ・棒高跳の記録および競技歴（記述）
- ・身長および体重（記述）
- ・十種競技の跳躍およびハードル種目の踏切脚（種目ごとに左右を選択）
- ・棒高跳の跳躍トレーニング頻度（週に2回、週に1回、月に2回、月に1回、試合のみ、ほとんどない、から選択）※シーズン中やシーズンオフのような時期の指定はしなかった。
- ・棒高跳の指導者属性（棒高跳コーチ、混成競技コーチ、現役棒高跳競技者、現役混成競技者、その他（コーチ無し）、から選択）

2.2 データの集計および群分けの定義

収集したデータのうち、十種競技の総合得点および競技歴、棒高跳の記録および競技歴、身長および体重の6項目については、平均値±標準偏差で示した。十種競技の跳躍およびハードル種目の踏切脚および、棒高跳の跳躍トレーニング頻度、棒高跳の指導者属性の3項目については、各項目の人数およびその割合を示した。また、本研究は十種競技者の棒高跳における取り組みの実態を競技レベルごとに把握するために、十種競技の総合得点をもとに以下の5つの群に分類し、それぞれの群ごとにデータを集計した。

分類の方法は、十種競技未経験者をA群（6名）とし、十種競技経験者については総合得点500点ごとに分類を行い、十種競技の総合得点6000点未満をB群（20名）、十種競技の総合得点6000点以上6500点未満をC群（17名）、十種競技の総合得点6500点以上7000点未満をD群（14名）、十種競技の総合得点7000点以上をE群（15名）とした。

2.3 統計処理

十種競技の総合得点と棒高跳の記録との関係を検討す

るために Pearson の積率相関係数を算出した。十種競技の総合得点および競技歴、棒高跳の記録および競技歴、身長および体重の群間の有意差を検定するために一元配置分散分析を行い、Bonferroni 法により多重比較を行った。いずれも統計処理ソフト (IBM 社製, SPSS Statics 26.0) を用いて分析を行い、いずれも有意水準を 5% とした。

3. 結果

3.1 十種競技者の特徴

図 1 は、十種競技の総合得点と棒高跳の記録との関係を検討したものである。十種競技の総合得点と棒高跳の記録との間には、有意な正の相関関係が認められた ($r=0.772$, $p<0.01$)。

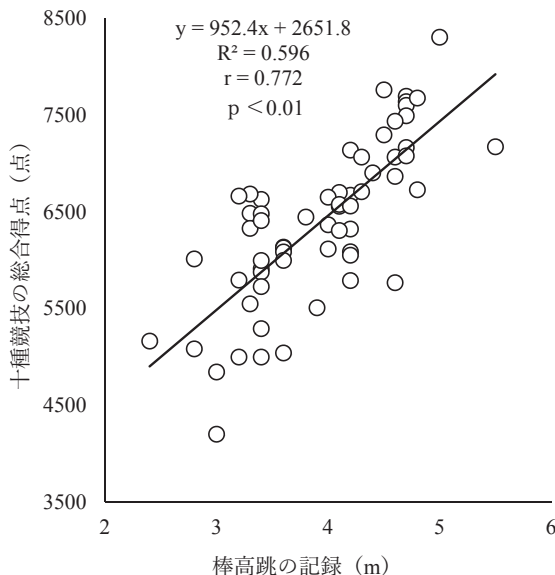


図 1 十種競技の総合得点と棒高跳の記録との関係

表 1 は、十種競技の総合得点、十種競技の競技歴、棒高跳の記録、棒高跳の競技歴、身長、体重の平均値±標準偏差を対象者全体および群ごとに示したものである。各調査項目の群間の差について多重比較を行ったところ、十種競技の総合得点は、A 群を除き、すべての群間に有意な差が認められ、B 群、C 群、D 群、E 群の順に高値であった。十種競技の競技歴は、A 群および B 群と D 群および E 群、C 群と E 群との間に有意な差が認められた。棒高跳の記録は、B 群および C 群と D 群との間に有意な差が認められ、D 群と E 群との間にも有意な差が認められた。棒高跳の競技歴は、A 群、B 群および C 群と D 群および E 群との間に有意な差が認められた。身長は、B 群と D 群および E 群との間に有意な差が認められた。体重は、A 群および C 群と E 群との間に有意な差が認められ、B 群と D 群および E 群との間にも有意な差が認められた。いずれにおいても後者が有意に高値であった。

図 2 は、棒高跳の踏切脚と、十種競技の他の跳躍およびハードル種目の踏切脚との関係を示したものである。対象者全体において、すべての種目で同じ脚を踏切脚としている対象者は 28 名 (39%) であり、棒高跳のみ踏切脚が異なる対象者は 21 名 (29%) であった。また、棒高跳の踏切脚が、走幅跳、走高跳、110m ハードルの踏切脚といずれかと同じである対象者は 23 名 (32%) であった。群ごとに結果を見ると、すべての種目で同じ脚を踏切脚としている対象者は A 群で 2 名 (33%)、B 群で 8 名 (40%)、C 群で 5 名 (29%)、D 群で 7 名 (50%)、E 群で 6 名 (40%) であり、30% から 50% の範囲であった。棒高跳のみ踏切脚が異なる対象者は A 群で 2 名 (33%)、B 群で 4 名 (20%)、C 群で 6 名 (35%)、D 群で 5 名 (36%)、E 群で 4 名 (27%) であり、20% から 36% の範囲であった。また、棒高跳の踏切脚が走幅跳、

表 1 対象者の特徴

	全体	A群 未経験	B群 ～5999点	C群 6000点 ～6499点	D群 6500点 ～6999点	E群 7000点～	多重比較
人数 (人)	72	6	20	17	14	15	p<0.05
十種競技の 総合得点 (点)	6357.5±817.8	—	5414.8±483.9	6239.1±163.1	6686.4±97.1	7441.7±337.9	B<C<D<E
十種競技の 競技歴 (月)	49.0±57.2	4.2±4.3	24.2±23.1	31.6±14.5	81.5±93.9	89.5±43.9	A,B<D,E C<E
棒高跳の 記録 (m)	3.87±0.68	—	3.35±0.51	3.66±0.41	4.09±0.47	4.68±0.29	B,C<D<E
棒高跳の 競技歴 (月)	52.1±61.6	1.8±0.9	27.5±23.3	28.4±15.1	84.3±94.4	100.0±55.1	A,B,C<D,E
身長 (m)	1.76±0.06	1.76±0.06	1.73±0.05	1.76±0.04	1.77±0.04	1.77±0.07	B<D,E
体重 (kg)	71.2±6.8	66.6±7.3	67.1±4.5	72.5±5.7	73.6±4.6	74.5±8.5	A,C<E B<D,E

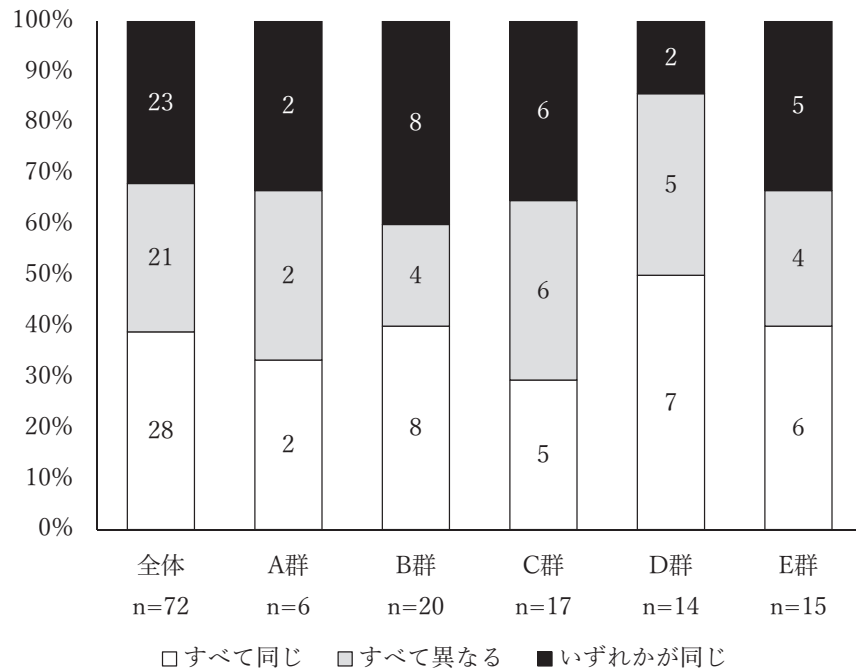


図2 棒高跳の踏切脚と他の跳躍およびハードル種目の踏切脚との関係

走高跳、110m ハードルの踏切脚といずれかが同じである対象者はA群で2名(33%), B群で8名(40%), C群で6名(35%), D群で2名(13%), E群で5名(33%)であり、13%から40%の範囲であった。

3.2 十種競技者の棒高跳への取り組みに関する調査

図3は、棒高跳の跳躍トレーニング頻度を示したもの

である。対象者全体において、最も多かった回答は、週1回の36名(50%)であり、次いで週2回以上の17名(24%)、月2回が11名(15%)という結果であった。また、月1回と答えた対象者は4名(6%)おり、試合のみまたは跳躍トレーニングはほとんど行わないと答えた対象者は4名(6%)いた。群ごとに結果を見るとC群において週2回以上と回答した対象者は7名(41%)

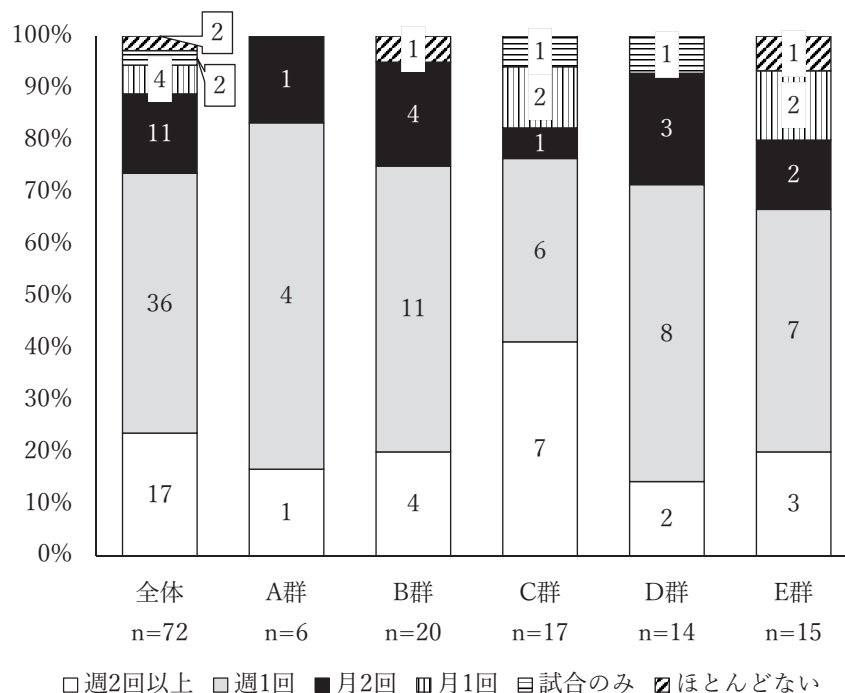


図3 棒高跳の跳躍トレーニング頻度

と最も大きな割合であり、その他の群においては、週1回と回答した対象者が多く、A群で4名(67%), B群で11名(55%), D群で8名(57%), E群で7名(47%)であった。また、試合のみ、ほとんどしないと答えた対象者はB, C, D, E群でそれぞれ1人ずつであった。

図4は、棒高跳の指導者の属性を示したものである。対象者全体において最も多かった回答は、現役棒高跳競技者の28名(39%)であり、次いで混成競技コーチの20名(28%), 棒高跳コーチ14名(19%), 現役混成競技者6名(8%), その他(コーチ無し)4名(6%)の順であった。群ごとに結果を見ると、A群においては混成競技コーチと回答した割合が50%(3名)と最も多く、次いで棒高跳コーチ、現役棒高跳競技者および現役混成競技者であった。B群においては、現役棒高跳競技者と回答した割合が55%(11名)と最も多く、次いで混成競技コーチ、そして棒高跳コーチおよび現役混成競技者の順であった。C群においては、現役棒高跳競技者と回答した割合が53%(9名)と最も多く、次いで現役混成競技者、混成競技コーチ、棒高跳コーチの順であった。D群においては、現役棒高跳競技者と回答した割合および混成競技コーチと回答した割合がそれぞれ36%(5名)と多く、次いで棒高跳コーチ、現役混成競技者の順であった。E群においては、棒高跳コーチと回答した割合が60%(9名)と最も多く、次いで混成競技コーチ、現役棒高跳競技者の順であった。

4. 考 察

本研究は、十種競技者の棒高跳に対する取り組み方を

明らかにすることを目的に、十種競技者の特徴、棒高跳の踏切脚と他の跳躍およびハードル種目の踏切脚との関係、棒高跳の跳躍トレーニング頻度および指導者の属性の調査を行った。得られた調査結果から、今後十種競技の棒高跳指導に携わるコーチが、指導する際の手掛かりを提示すべく、十種競技者の特徴および十種競技者の棒高跳への取り組み方の実態について考察を進めていく。

まず、本研究における十種競技者の特徴を把握するために、十種競技の総合得点と棒高跳の記録との関係を検討したところ、両者の間には有意な正の相関関係が認められた。また、各群の棒高跳の記録を見ると、B群およびC群とD群との間には有意な差が認められD群で有意に高値であり、E群はD群よりも高値であった。この結果は、これまで棒高跳の記録と十種競技の総合得点との相関関係を検討してきた先行研究(小林, 1990; 小林ほか, 1998)を支持する結果であった。各群の身長および体重をみると、D, E群はB群と比較して身長および体重が有意に高く、E群はC群と比較して体重が有意に高いことが明らかとなった。これまで十種競技において優れた競技者は身長が高く(繁田ほか, 1989)、筋量が多いことが報告されている(Aikawa et al., 2020)。本研究においては、身長および体重のみをアンケート調査にて収集したことから、筋量について言及することはできないが、高いレベルで競技を行っているD群およびE群の身長および体重が有意に大きいことは、筋量が多い可能性を示すものであると考えられる。

次に、十種競技者の棒高跳の踏切脚と他の跳躍およびハードル種目の踏切脚との関係について検討を行った。

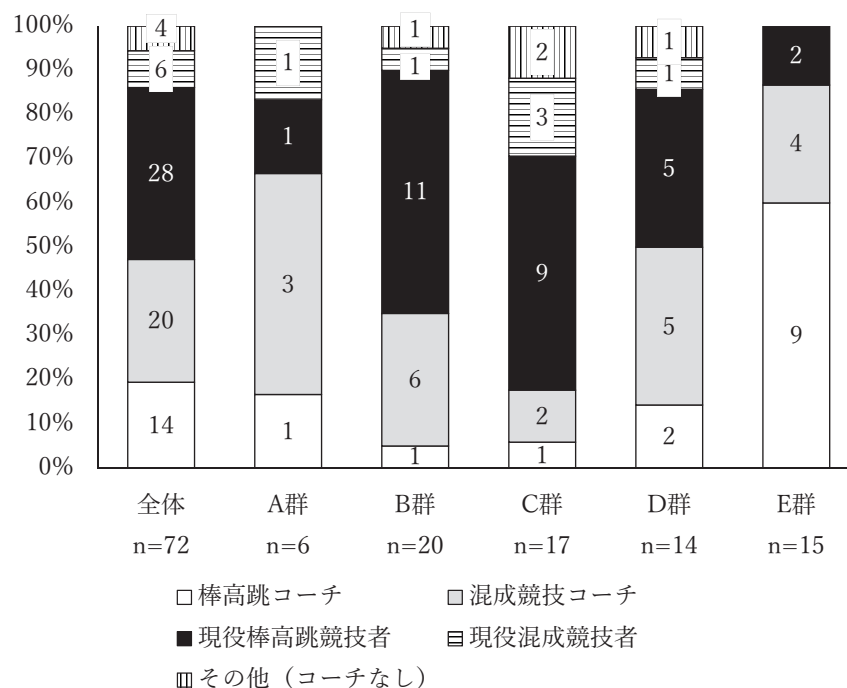


図4 棒高跳の指導者属性

その結果、対象者全体で十種競技のすべての種目で踏切脚が同じであった対象者の割合は39%であり、棒高跳のみ異なる脚で踏切を行っている対象者の割合は29%であった。群ごとにその割合を検討したところ、競技レベルが高いD群、E群において、棒高跳のみ異なる脚で踏切を行っている競技者は一定数認められ、他の跳躍およびハードル種目の踏切脚とは異なるいわゆる逆脚で棒高跳に取り組むことが、パフォーマンスを制限するものではないと推察される。本研究の結果から、これまで示されてこなかった、棒高跳の踏切脚と他の跳躍およびハードル種目の踏切脚との関係を把握することができ、競技レベルを向上させていく過程で制限要因にならない可能性が示された。しかし、どのような取り組みを経て、棒高跳において他の跳躍およびハードル種目と異なる脚での踏切を可能にしたのかについてや、十分な踏切を行っていたのかについては不明である。今後は棒高跳のみ異なる脚で踏切を行っている対象者がどのような競技者であるのかについてや、どのようなプロセスで踏切脚を決定し、どのようなトレーニングを経て、動作や感覚がどのように変化したのかについて検討する必要がある。

さらに、十種競技者の棒高跳の跳躍トレーニング頻度を調査したところ、対象者全体で週1回の頻度で棒高跳の跳躍トレーニングを行っているとは回答した対象者が多かった。十種競技は、棒高跳の他に多くの技術種目のトレーニングを決められた時間資源の中で行い、各種目のパフォーマンスを高める必要がある（ハリー：眞鍋訳、2004）。そのため、棒高跳に費やすことのできる時間は限られている。全体のトレーニング割合については本研究で調査を行っていないことから、具体的なトレーニング割合について論じることはできないが、10種目あるうちの1種目を、週に1回もしくは週に2回行っている競技者が多いという実態から、十種競技者の多くが、積極的に棒高跳のトレーニングを行っていることが推察できる。群ごとの跳躍トレーニング頻度を見ると、C群においてのみ週2回以上と回答した対象者が多かった。2021年の日本学生陸上競技対校選手権大会の参加標準記録はA標準が6850点、B標準が6600点であることから、その手前のレベルであるC群の学生十種競技者の多くが、D群（6500~6999点）のレベルに到達することを目指す過程で週に2回の跳躍トレーニングを行う戦略をとっていることが推察される。今後はシーズンを通した棒高跳の詳細なトレーニング内容や頻度を調査し、トレーニング戦略を明らかにする必要があるといえる。

最後に、十種競技者が棒高跳の指導をどのような人から受けているかを検討した結果、対象者全体では、現役棒高跳競技者が最も多く、次いで混成競技コーチ、棒高跳コーチ、現役混成競技者の順に高い割合であった。このことから、「コーチ」と呼ばれるカテゴリーの指導者

から棒高跳の指導を受けている十種競技者はおよそ半数であり、残りの半数は現役の競技者から指導を受けているもしくは指導を受けていないということが明らかとなった。本研究によって、棒高跳を教える「コーチ」が不在の状況下で棒高跳のトレーニングを行っている十種競技者が多く存在することが明らかとなった。また、群ごとに棒高跳の指導をどのような人から受けているか検討したところ、A群では混成競技コーチが最も多く、B、C、D群においては、現役棒高跳競技者が最も多く、E群では棒高跳コーチが最も多い割合であった。この結果から、十種競技のレベルによって異なる属性の指導者から指導を受けていることが明らかとなった。特に、E群は棒高跳コーチから指導を受けている割合が多く、D群においても、最も多い指導者は現役棒高跳競技者ではあるが、棒高跳コーチと混成競技コーチを合わせた「コーチ」の割合が50%である。このことは、D群やE群に相当する熟練した十種競技者は、棒高跳コーチおよび混成競技コーチの「コーチ」からより専門的な指導を受けていることが考えられる。一方で、十種競技の総合得点が比較的低いB群とC群は、現役棒高跳競技者から棒高跳の指導を受けている場合が多く、現役混成競技者も含めた現役の競技者から棒高跳の指導を受けていることが明らかとなった。B群の棒高跳の記録とC群の棒高跳の記録との間には有意な差はなく、B群とC群は、D群やE群と比較して低い棒高跳の記録であることから、棒高跳の記録を向上させ、高い十種競技レベルに至るためには、「コーチ」と呼ばれる指導に精通した指導者の存在が必要であることが示唆された。このことから、十種競技の棒高跳の記録向上のためには、「コーチ」の存在が影響していることが考えられるものの、十種競技者たちのおよそ半数は、「コーチ」がいない環境で棒高跳を行っているという現状が示された。

5. まとめ

本研究は、十種競技者の棒高跳に対する取り組み方を明らかにすることを目的に、十種競技者の特徴、棒高跳の踏切脚と他の跳躍およびハードル種目の踏切脚との関係、棒高跳の跳躍トレーニング頻度および指導者の属性の調査を行った。主な結果は以下のとおりである。

- 1) 十種競技の総合得点と棒高跳の記録との間には有意な相関関係が認められ、十種競技のパフォーマンスが高い群において、高い棒高跳の記録を有していることが明らかとなった。
- 2) 棒高跳の踏切を、他の跳躍およびハードル種目とは異なる踏切脚で行っている十種競技者が29%存在していることが明らかとなった。
- 3) 棒高跳の跳躍トレーニング頻度は、対象者全体の特徴として週1回が多く、十種競技の総合得点6000点から6499点の群において週に2回行っている割合が高かつ

た。

4) 十種競技者は棒高跳の指導を、主に現役の棒高跳競技者から受けている傾向にあるが、十種競技の総合得点7000点以上の群においては、棒高跳コーチから指導を受けていることが多く、競技レベルの上達にはコーチの存在が影響していることが示唆された。

今後は、十種競技者の詳細な形態測定データの収集や、全体のトレーニング割合の把握、抱えている課題について等を探ることで、本研究の結果と合わせて、よりの確かな十種競技者の棒高跳コーチングを可能にする知見が得られると考えられる。

文献

- Aikawa, Y., Murata, M., and Omi, N. (2020) Relationship of height, body mass, muscle mass, fat mass, and the percentage of fat with athletic performance in male Japanese college sprinters, distance athletes, jumpers, throwers, and decathletes. *The journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 9 : 7-14.
- Dengel, D. R., Keller, K. A., Stanforth, P. R., Oliver, J. M., Carbuhn, A. and Bosch, T. A. (2019) Body Composition and Bone Mineral Density of Division 1 Collegiate Track and Field Athletes, a Consortium of College Athlete Research (C-CAR) Study. *Journal of Clinical Densitometry*, 23 : 303-313.
- ハリー：眞鍋芳明 (2004) 十種競技. 澤村博ほか監訳 コーチングマニュアル (第1版). 陸上競技社：東京, pp242-250. 〈USA Track & Field (2000) USA Track & Field Coaching Manual. Human kinetics : Champaign Illinois〉
- 小林敬和 (1990) 十種競技記録に関する分析的研究：新旧の競技レベルの比較と重回帰分析. 中央学院大学教養論叢, 3 : 47-64.
- 小林 諭・繁田 進・有吉正博・持田 尚・佐藤正伸 (1998) 十種競技の競技記録に関する分析的研究. 陸上競技紀要, 11 : 38-43.
- 近藤亮介 (2019) 十種競技における競技パフォーマンス構造に基づくパフォーマンスタイプの判定. 体育学研究, 64 : 587-601.
- 岡室憲明・前田 奎・大山卞圭悟・松林武生・水島 淳・木越清信 (2019) 観察的動作評価法を用いた十種競技者における円盤投の技術的課題の検討. コーチング学研究, 33 : 31-41.
- 奥山剛史・繁田 進・有吉正博・小林 諭・持田 尚 (1999) 十種競技選手のトレーニング過程に関する事例的研究. 陸上競技紀要, 12 : 44-51.
- 繁田 進・有吉正博・山本利春・小林敬和・笠井 淳 (1989) 十種競技選手のタレント発掘に関する一考察—体格及び下肢筋力に着目して—. 日本体育学会大会号, 40B : 640.
- 潮崎 傑・青山清英・青山亜紀 (2019) オリンピックイヤーにおける十種競技世界トップ選手・日本トップ選手の競技パフォーマンス動態に関するトレーニング学的研究. 陸上競技研究, 116 : 46-49.
- 松林武生・持田 尚・松尾彰文・松田克彦・本田 陽・阿江通良 (2010) 十種競技選手の走幅跳, 棒高跳での跳躍パフォーマンス分析. 陸上競技研究紀要, 6 : 137-147.
- 松林武生・小山宏之・苅山 靖・山本真帆・吉村隆哉・大沼勇人・岩崎 領 (2019) 十種競技選手の走幅跳助走速度と100m レース最高走速度との関係 —日本人選手と海外選手との比較—. 陸上競技研究紀要, 15 : 265-267.
- 村木征人・阿江通良・繁田 進 (1993) 十種競技における棒高跳での重大事故事例検証による安全指導のためのガイドライン試案. 陸上競技研究, 13 : 36-45.
- Woolf, A., Ansley, L., and Bidgood, P. (2007) Grouping of decathlon disciplines. *Journal of Quantitative Analysis in sports*, 3(4) : 1-13.
- 安田昌弘・大山卞圭悟・木越清信 (2013) 国内一流十種競技者におけるパフォーマンス向上過程に関する縦断的研究. 陸上競技研究, 93 : 38-44.
- 吉本隆哉・大沼勇人・岩山海渡・松林武生 (2020) 日本トップレベル十種競技選手における各種ジャンプ能力の特徴：国内トップレベルの跳躍選手との比較から. 陸上競技学会誌, 18 : 1-6.
- 吉岡利貢・中野陽平・森 健一・中垣浩平・鍋倉賢治 (2010) 筋力・筋パワー発揮から見た十種競技者の体力特性. 陸上競技研究, 82 : 26-34.
- 図子浩二 (2014) コーチングモデルと体育系大学で行うべき一般コーチング学の内容. コーチング学研究, 27 : 149-161.

世界および日本トップレベル男女短距離・ハードル競技者の記録発達の特徴

山元康平¹⁾, 山田航平¹⁾, 内藤 景¹⁾, 宮代賢治²⁾

Characteristics of performance development in world and Japanese top-level sprinters and hurdlers

Kohei YAMAMOTO¹⁾, Kohei YAMADA¹⁾, Hikari NAITO¹⁾, Kenji MIYASHIRO²⁾

Abstract

This study aimed to investigate the characteristics of performance development in world and Japanese top-level sprinters and hurdlers. Seasonal and personal best record (SB and PB) of world level (W group) and Japanese level (J group) sprinters (100m, 200m and 400m) and hurdlers (110mH/100mH and 400mH) were corrected (men: n=154, women: n=169, respectively). The main results were as follows: (1) SB developed from late teens to mid-twenties, after that, maintained in some years and slowly declined. (2) The age of PB was significantly lower in the J group than in the W group in men's 100m, women's 200m, 400m, 100mH, and 400mH. (3) U23PB was significantly lower in the J group than in the W group in all events, and U23-PB development was significantly smaller in the J group than in the W group in men's 400mH, women's 400m, 100mH, and 400mH. (4) The duration of 99% PB in the J group was significantly longer than in the W group. These results suggest that it is necessary for Japanese top-level sprinters and hurdlers to develop their performance more in the senior period.

キーワード：自己記録達成年齢，記録の伸び，パフォーマンス維持期間

1. 緒言

日本陸上競技連盟（以下，日本陸連とする）は，「生涯を見通し長期的展望に立った競技者育成の方向性を具体的に示す」ことを目的に，「競技者育成指針」（JAAF Athlete Development Model：JADM）を2018年に策定した（日本陸上競技連盟，2018）。JADMの中で，「普及・育成・強化プロセスの問題」として，男子100mの世界および日本歴代上位記録達成者の比較から，日本人競技者は世界トップレベル競技者に比して，生涯最高記録（Personal best record. 以下，PBとする）の達成年齢が早く，高い競技レベルの維持期間が短い傾向がみられるとした上で，その原因として，早期専門化，競技会カレンダー，競技の早期高度化などの問題を指摘している。

具体的なデータは森丘（2014，2016）によって報告されており，PB達成年齢について，男子100mにおいて約3歳程度，男子400mHにおいて約2歳程度，日本人競技者が世界トップレベル競技者に比して早かったことが報告されている。さらに，年齢毎の年次記録（Seasonal best record. 以下，SBとする）やSBのPBに対する達成率（以下，PB達成率とする）の推移から，日本人競技者は，高校生期（17-18歳）からシニア期前半（22-23歳）にかけて急激にパフォーマンスを高め，以降は徐々に低下する「山型」を示したのに対して，世界トップレベル競技者は，26歳あたりまで緩やかにパフォーマンスを高めながら30歳代に至るまで高いPB達成率を維持する「丘型」であることが示されている。このように，PB達成年齢やSBおよびPB達成率の推移からみた世界および日本トップレベル競技者の生涯にわたる記録発達の特徴や相違を明らかにすることは，ナショナルレベルの競技者育成のビジョンにも影響する極めて重要なアプローチといえる。

これら以外の種目についてみると，犬井ほか（2020）が男女の走高跳について，山元ほか（2019）および山元・内藤（2020）が男女の走幅跳および三段跳について検討を行っている。これらの研究の結果を概観すると，PB達成年齢は，女子走高跳および三段跳において，日本人競技者は世界トップレベル競技者に比して有意に低いものの，その他の種目においては有意な差は認められなかったことや，シニア期における記録の伸びについても，世界トップレベルと日本人競技者との間に差が認められない種目もみられるなど，森丘（2014，2016）の報告と異なる結果も散見される。また，他国や国際レベルの競技者を対象とした研究として，Hollings et al.（2014）は，

1) 福井工業大学スポーツ健康科学部 Department of Sports and Health Sciences, Fukui University of Technology
〒910-8505 福井県福井市学園3丁目6-1

2) 日本文化大学法学部 Department of Law, Nihon Bunka University
〒192-0986 東京都八王子市片倉町977番地

陸上競技の各種目における世界トップレベル競技者を対象に、年齢と記録の関係について線形混合モデルを用いて分析し、ピークパフォーマンス（ここではPBではなく、年齢と記録の関係を2次回帰式で表した際の記録のピーク値）の年齢およびピークパフォーマンスを維持していた期間について検討しており、両変数には種目差および男女差が認められたことを報告している。さらに、パフォーマンスレベルによる記録発達の相違について、Haugen et al. (2018) は、Hollings et al. (2014) と同様の方法で記録と年齢の関係について検討し、世界トップレベル（各シーズンの上位10名）とそれ以下（11-100位）のピーク年齢は、短距離走種目では有意な差は認められなかったものの、ハードル種目ではトップレベルが有意に高かったことを報告している。また、イタリア国内を対象にした研究において、パフォーマンスが高い競技者は、パフォーマンスの低い競技者に比してPB達成年齢が高い傾向がみられた報告や（Boccia et al., 2019）、U18年代で世界トップレベルであった短距離および跳躍競技者を対象とした研究において、U18年代で世界トップレベルであった競技者が、その後十分にパフォーマンスを向上させることができていない場合があることなどが報告されている（Boccia et al., 2020, 2021）。JADM（日本陸上競技連盟, 2018）では、男子100mを例に、上記のような我が国の現状を示したうえで、「同様の傾向は他の複数の種目においてもみられた」と言及しているものの、犬井ほか（2020）、山元ほか（2019）、山元・内藤（2020）および国際レベルや他国の調査結果に鑑みるに（Boccia et al., 2019, 2020, 2021；Haugen et al., 2018；Hollings et al., 2014）、世界トップレベル競技者と比較した日本人競技者の記録発達の現状は、種目によって異なることが考えられ、特に女子についてはより顕著な差が認められる可能性がある。そのため、女子も含めた他種目の状況についても検討し、世界トップレベルと比較した日本人競技者の記録発達の特徴について明らかにするとともに、各年代における記録やその伸び、パフォーマンスの維持期間等の具体的指標について示すことは重要であると考えられる。さらに、陸上競技の中でも短距離・ハードル種目は、ゴールドターゲット種目（男子100m, 200m, 400mR）やメダルターゲット種目（男子400mH）、女子のリレー強化プロジェクト、近年のハードル種目における複数の日本記録の更新等、日本陸連の強化方針においても重視される種目であり（麻場, 2019）、これらの種目の現状や具体的指標を示すことは、トップレベル競技者のコーチングおよびトレーニングに資する重要なアプローチであると考えられる。

これらのことから本研究の目的は、男女短距離・ハードル種目における世界および日本歴代上位記録競技者の記録発達の推移から、PB達成年齢や記録の伸びおよびパフォーマンスの維持期間について検討することで、我

が国のトップレベル男女短距離・ハードル競技者のトレーニングおよびコーチングに資する知見を得ることである。

2. 方 法

(1) 対象者

2021年10月末現在の男女短距離・ハードル種目（100m, 200m, 400m, 110mH/100mH, 400mH）の世界および日本歴代30位以内の競技者を分析対象とした（犬井ほか, 2020；森丘, 2014, 2016；山元ほか, 2019；山元・内藤, 2020）。2020年および2021年の年次記録を有する競技者は、競技を継続しており、生涯最高記録を更新する可能性があるため分析対象から除外した。なお、2020年および2021年の年次記録を有する競技者であっても、報道等によって競技からの引退が明らかな者等は可能な限り分析対象に含めた。その結果、分析対象者数は延べ323名（男子154名、女子169名、100mと200m等において、同一競技者が重複している場合がある）であった。表1は、各種目における世界歴代上位競技者（World群：以下、W群とする）および日本歴代上位競技者（Japanese群：以下、J群とする）の分析対象者数およびPBを示したものである。

現役競技者の扱いについて、先行研究では、競技を継続している現役競技者を分析対象者に含めるかについて言及されていない研究もみられるが、PB達成年齢や年齢に伴う記録の推移を評価する上で、現役競技者を含めることは結果に重大な影響を及ぼすと考えられる。例えば、男子100mの日本記録保持者である山縣亮太氏は、29歳になる2021年シーズンに現日本記録を樹立したが、日本トップレベルに到達した2012年（20歳、10.07秒）以降、24歳、25歳、29歳でPBを更新しており、仮に、2013年時点で調査が行われた場合、山縣氏は20歳でPBを達成したことになり、PB達成年齢は実際より低年齢に評価され、PBに基づくPB達成年齢の推移からみた相対的な発達傾向も適切に評価が行えない（若年でのPB達成率が高く評価される）ことになる。そのため、対象者に若年の現役競技者が多く含まれる場合、結果に及ぼす影響は非常に大きくなる。実際に、現在の男子100m世界歴代30傑には20名、日本歴代には15名の現役競技者が含まれている（表1）。これらのことから、本研究では、分析対象から現役競技者を除外する分析方法を採用することとした。その結果、サンプルサイズは小さくなってしまふものの、より実態に即したデータをもとに検討が行えていると考えられる。

(2) データの収集

データの収集は、World Athleticsの公式ホームページ（World Athletics, online）および国内のランキングwebサイトにおいて行った（陸上競技マガジン記録編集部、

表1 W群およびJ群の対象者数およびPB

		100m		200m		400m		110mH/100mH		400mH	
		W	J	W	J	W	J	W	J	W	J
男子	n	10	15	12	15	14	18	21	10	24	15
	PB (秒)	9.81 ± 0.09	10.14 ± 0.07	19.63 ± 0.19	20.37 ± 0.16	43.81 ± 0.32	45.47 ± 0.31	12.96 ± 0.05	13.50 ± 0.14	47.39 ± 0.26	48.73 ± 0.46
		9.58 - 9.86	10.00 - 10.21	19.19 - 19.79	20.13 - 20.57	43.18 - 44.13	44.78 - 45.78	12.87 - 13.03	13.16 - 13.64	46.78 - 47.75	47.89 - 49.27
女子	n	17	16	17	15	23	15	19	10	21	16
	PB (秒)	10.75 ± 0.09	11.45 ± 0.07	21.75 ± 0.14	23.57 ± 0.19	48.73 ± 0.50	53.13 ± 0.49	12.36 ± 0.08	13.16 ± 0.12	52.84 ± 0.26	56.94 ± 0.81
		10.49 - 10.82	11.32 - 11.56	21.34 - 21.95	23.15 - 23.77	47.60 - 49.29	51.75 - 53.70	12.21 - 12.44	13.00 - 13.30	52.34 - 53.21	53.34 - 57.82

平均値±SD, 下段は最小値-最大値

online)。対象者の各年齢におけるSBを調査した。

(3) 分析項目

先行研究(犬井ほか, 2020; 森丘, 2014, 2016; 山元ほか, 2019; 山元・内藤, 2020)を参考に, 以下の項目を算出した。

① PB達成年齢

PBを達成した年齢を算出した。年齢は, 記録達成時ではなく, 当該シーズンの満年齢とした。

② 18歳までおよび22歳までの最高記録および各期間における記録の伸び

我が国の高校生年代および大学生年代に相当する19歳未満および23歳未満の最高記録を算出した(犬井ほか, 2020; 山元ほか, 2019; 山元・内藤, 2020)。それぞれ, 対象者が18歳および22歳になるシーズンまでのPBとし, U19PBおよびU23PBと表記した。

また, 各年代における記録の伸びの指標として(犬井ほか, 2020; 山元ほか, 2019, 山元・内藤, 2020), 大学生年代の記録の伸びに相当するU19PBからU23PBの伸び, 大学卒業以降の記録の伸びに相当するU23PBからPBまでの記録の伸びを算出した。それぞれ, U19-U23伸び, U23-PB伸びと表記した。

③ PB達成率およびパフォーマンス維持期間

パフォーマンスの維持期間について, 森丘(2014, 2016)は, PB達成率の推移から定性的な評価を行っている。また村木(1984)は, 跳躍競技者を対象とした報告において, PB達成率95%以上の期間を「高次活動期間」と定義しているが, 95%を基準とした根拠については言及されていない。さらに, Hollings et al. (2014)は, Hopkins (2005)の国際レベルの陸上競技の各種目におけるパフォーマンスのSmallest worthwhile enhancements(結果に重要な影響を及ぼす最小量, 永原, 2019)を基準に, ピークパフォーマンスを維持していた期間について検討しており, 短距離・ハードル種目ではピークパフォーマンスに対して0.8%の低下を基準としている。このように, トップレベル短距離・ハードル競技者のパフォーマンス維持期間について, これまでに定義が確立されているとはいえない。そのため, どの程度の基準を用いるべきかを検証するために, 複数の評価レベルを設定して検証することは意義深いと考えられる。本研究で

はこれらの状況に鑑み, 各年における対象者のPB達成率($SB/PB \times 100$)を算出し, 相対的な記録発達および維持の指標とした。パフォーマンスの発達および維持の指標として, PB達成率99%, 98%および97%に相当する記録に初めて到達した年齢, 最後に記録した年齢, およびそれぞれを維持していた期間を算出した。それぞれ, %PB到達年齢, %PB終了年齢および%PB維持期間と表記した。最低ラインを97%とした根拠は, 森丘(2014, 2016)の報告における男子100mおよび400mH競技者のデータにおいて, 世界トップレベル競技者の引退時の水準を参考にした。例えば, ある競技者のPB達成率が初めて99%を上回ったシーズンの年齢が20歳, 最後に上回ったシーズンの年齢が27歳であった場合, 20歳から27歳までのシーズン(8年間)をPB達成率99%以上の期間と判断した。それぞれの基準の解釈について, 具体例を挙げて確認すると, 世界トップレベルでは, 男子100m世界記録保持者(9.58秒)のUsain Bolt氏を例にすると, 99%PB(9.67秒)は, 世界記録を樹立したベルリン世界選手権の2009年からオリンピックを連覇した2012年までの4年間(23-26歳), 98%PB(9.77秒)は, 100mに本格参戦し世界記録とオリンピック優勝を達成した2008年からロンドンオリンピック翌年(2013年)までの6年間(22-27歳), 97%PB(9.86秒)は, 同様に2008年から引退前年のリオデジャネイロオリンピックの2016年までの9年間(22-30歳), にそれぞれ相当する。また, 日本人競技者でみると, 男子400mH日本記録保持者(47.89秒)の為末大氏では, 99%PB(48.37秒)は, 世界選手権における2度のメダル獲得期間(2001年から2005年)の5年間(23-27歳), 98%PB(48.84秒)は, 大学4年生で初めてオリンピックに出場した2000年から最後の世界選手権代表の2007年までの8年間(22-29歳), 97%(49.32秒)は, 高校3年生の1996年から最後のオリンピック代表の2008年までの13年間(18-30歳), にそれぞれ相当する。

(4) 統計処理

各測定項目の平均値および標準偏差(以下, Standard Deviation: SDとする)を算出した。W群とJ群の群間の有意差検定には, 対応のないt検定を用いた。本研究

の目的に鑑み、男女間および種目間の有意差検定は行われなかった。効果量はCohen's dを算出し、0.2、0.5および0.8を基準に、それぞれSmall（効果量小）、Medium（効果量中）、Large（効果量大）と解釈した（Cohen, 1992；水本・竹内, 2008）。統計処理にはSPSS Statistics 26.0（IBM社製）を用い、有意水準は5%とした。

3. 結 果

図1および図2は、W群およびJ群の年齢に伴うSBおよびPB達成率の推移を示したものである（図1:男子、図2:女子）。左段がSB、右段がPB達成率を示しており、プロットが個人のデータ、折れ線が各群の平均値を示している。なお、いずれの種目においても、対象者によってSBが確認できない年齢があるため、各年齢におけるデータ数は異なっており、平均値を示す折れ線は、3名以上の競技者のSBが確認できた年齢に表示している。平均値の推移から全体の傾向について定性的な評価を行うと、男女、種目および群によって相違はみられるものの、全体の傾向として、SBおよびPB達成率は、10歳代後半から20歳代半ばにかけて向上し、一定期間停滞した後に緩やかに低下する傾向がみられた。W群とJ群を比較すると、SBでは、男女いずれの種目においても、J群はW群に比して、全年齢にわたって記録が低い傾向がみられた。また、PB達成率では、J群はW群に比して、10歳代後半におけるPB達成率が高い傾向が男子100m、200m、400mH、女子100m、400m、100mH、400mHにおいてみられた。

表2および表3は、W群およびJ群のPB達成年齢、U23PB、U19PB、U19-U23伸び、U23-PB伸び、%PB年齢および維持期間を示したものである（表2：男子、表3：女子）。なお、U19PBおよびU19-U23伸びは、一部の種目においてW群のデータ数が極端に少なかったため、全ての種目において統計解析からは除外し、考察の一助とした。

PB達成年齢は、男子100m、女子200m、400m、100mHおよび400mHにおいて、J群がW群に比して有意に低く、男子100mおよび女子400mHは効果量大であった。U23PBは、全ての種目においてJ群がW群に比して有意に低く、全ての種目において効果量大であった。U23-PB伸びは、男子400mH、女子400m、100mHおよび400mHにおいてJ群がW群に比して有意に小さく、全ての種目において効果量大であった。

99%PB到達年齢は、男子400mH、女子200m、400m、100mHおよび400mHにおいて、J群がW群に比して有意に低く、全ての種目において効果量大であった。99%PB終了年齢は、男子400mHおよび女子400mHにおいて、J群がW群に比して有意に低く、両種目において効果量大であった。99%PB維持期間は、女子400mにおいてJ群がW群に比して有意に長く、効

果量中であった。

98%PB到達年齢は、男子200m、女子200m、400m、100mHおよび400mHにおいてJ群がW群に比して有意に低く、全ての種目において効果量大であった。98%PB終了年齢は、男子400mH、女子400mおよび400mHにおいて、J群がW群に比して有意に低く、男子400mHおよび女子400mHにおいて効果量大であった。98%PB維持期間は、いずれの種目においても有意な差は認められなかった。

97%PB到達年齢は、男子200m、400mおよび女子全種目において、J群がW群に比して有意に低く、このうち女子100m以外の全ての種目において効果量大であった。97%PB終了年齢は、女子400m、100mHおよび400mHにおいて、J群がW群に比して有意に低く、100mHおよび400mHにおいて効果量大であった。97%PB維持期間は、いずれの種目においても有意な差は認められなかった。

4. 考 察

本研究の目的は、男女短距離・ハードル種目における世界および日本歴代上位記録競技者の記録発達の推移について検討することで、我が国のトップレベル男女短距離・ハードル競技者のトレーニングおよびコーチングに資する知見を得ることであった。男女短距離・ハードル種目の世界および日本歴代30位以内の競技者を分析対象に、記録発達の推移やPB達成年齢について検討した。以下では、世界トップレベル競技者と比較した日本人競技者の特徴について、(1)SBおよびPB達成率の推移、(2)PB達成年齢、(3)U19およびU23PBと記録の伸び、(4)%PB達成年齢とパフォーマンス維持期間、の観点から考察を行う。

(1) SB および PB 達成率の推移

まず、年齢に伴うSBおよびPB達成率の推移について検討する（図1および図2）。平均値の推移から全体の傾向について定性的な評価を行うと、SBは10歳代後半から20歳代前半にかけて急激に向上した後に、一定期間維持され、その後緩やかに低下する推移を示した。村木（1994）は、トップレベル競技者の競技的発達過程は、①初期発達段階（スポーツ・トレーニングの開始からトップレベルへ到達するまでの期間）、②高次活動期間（トップレベルへの到達、生涯最高業績の達成、トップレベルを維持する期間）、③終末段階（トップレベルの維持後引退までの期間）に分けられると述べており、本研究の結果は、この指摘および先行研究の結果と概ね一致していた（犬井ほか, 2020；森丘ほか, 2014, 2016；山元ほか, 2019；山元・内藤, 2020）。W群とJ群とを比較すると、J群はW群に比して、全年齢にわたってSBが低く、特に女子においてその傾向が顕著であっ

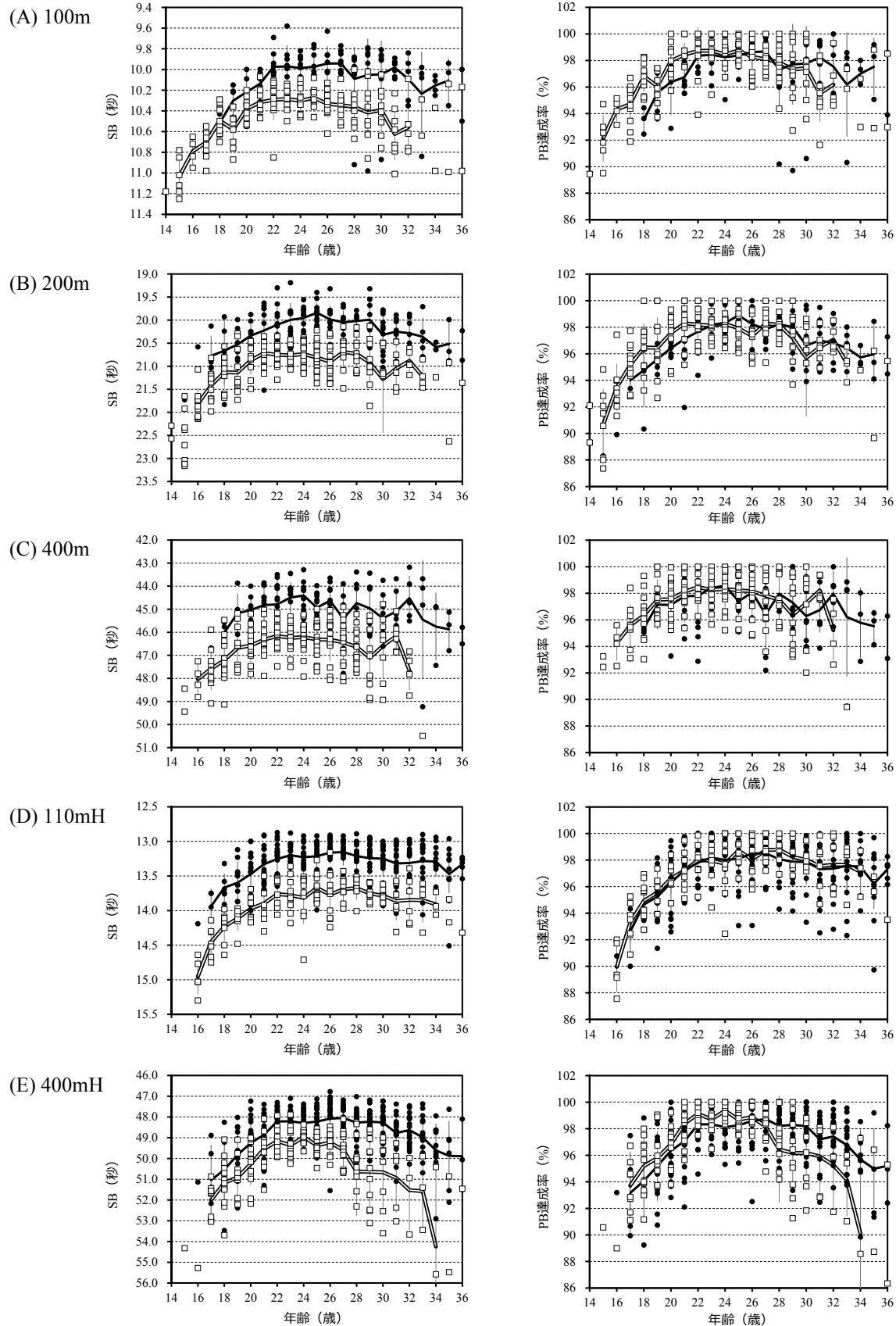


図1 男子W群およびJ群の年齢に伴うSBおよびPB達成率の推移

左：SB 右：PB達成率 ● — W群 □ — J群
 プロット：個人のデータ 折れ線：各群の平均値±SD

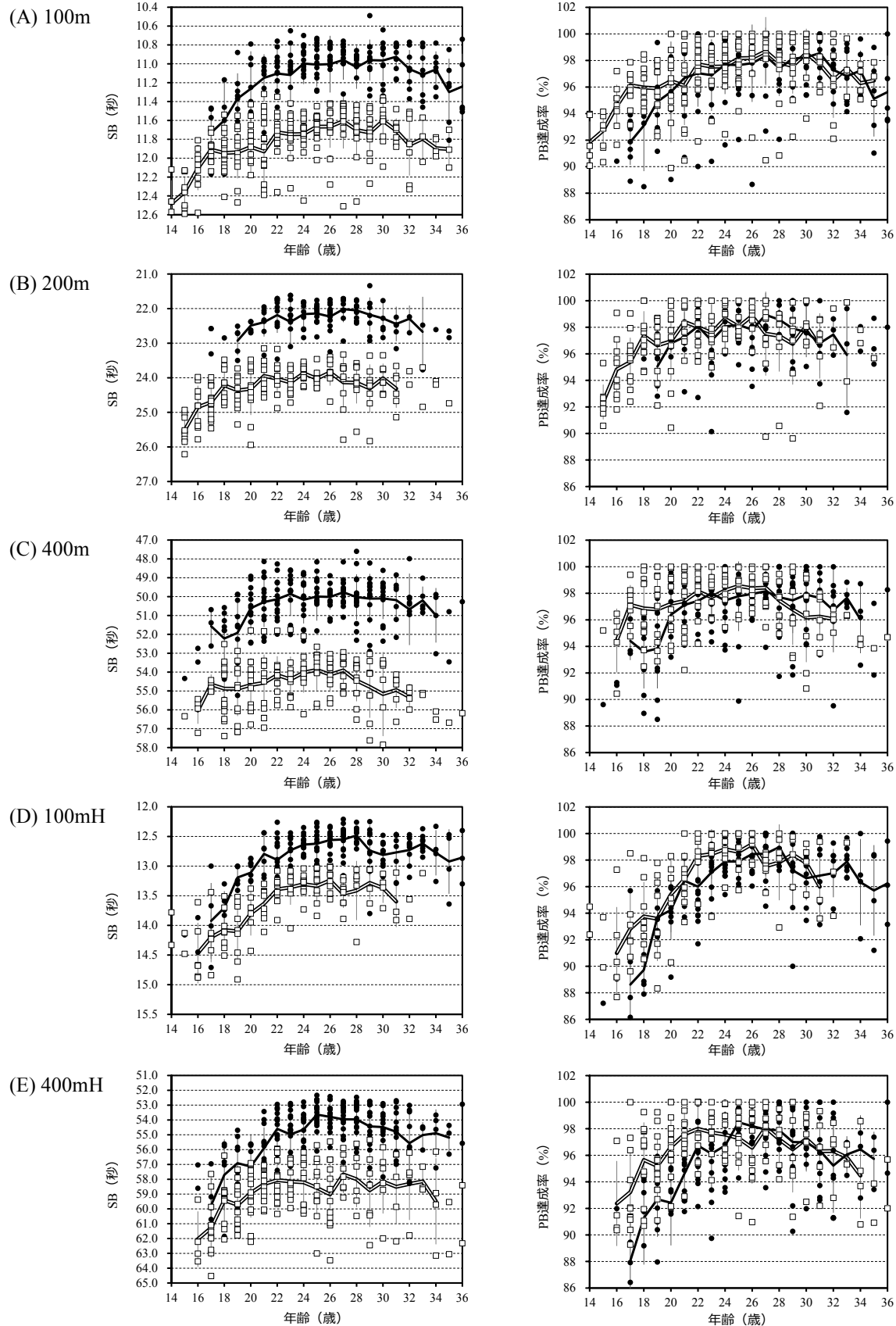


図2 女子W群およびJ群の年齢に伴うSBおよびPB達成率の推移

左: SB 右: PB達成率 ● — W群 □ — J群
 プロット: 個人のデータ 折れ線: 各群の平均値±SD

表2 男子W群およびJ群のPB達成年齢, U19PB, U23PB, U19-U23伸び, %PB年齢および維持期間

	100m						200m						400m					
	W			J			W			J			W			J		
	n			n			n			n			n			n		
PB達成年齢 (歳)	10	27.1 ± 3.2	22 - 30	15	24.2 ± 3.1	20 - 30	12	24.8 ± 2.2	21 - 29	15	22.9 ± 3.3	18 - 29	14	24.4 ± 3.8	19 - 32	18	23.7 ± 3.0	19 - 30
U19PB (秒)	3	10.52 ± 0.09	10.43 - 10.98	15	10.55 ± 0.19	10.29 - 10.98	5	20.66 ± 0.72	19.93 - 21.83	14	21.23 ± 0.51	20.57 - 22.57	4	46.02 ± 0.42	45.47 - 46.43	14	47.22 ± 0.89	45.47 - 49.09
U23PB (秒)	9	9.97 ± 0.14	9.69 - 10.98	15	10.33 ± 0.27	10.07 - 10.98	12	19.97 ± 0.36	19.30 - 20.43	15	20.56 ± 0.20	20.29 - 20.96	14	44.53 ± 0.91	43.50 - 46.51	18	45.88 ± 0.51	45.03 - 46.96
U19-U23伸び (秒)	3	0.57 ± 0.09	0.49 - 0.50	15	0.22 ± 0.14	0.00 - 0.50	5	0.93 ± 0.41	0.49 - 1.33	14	0.68 ± 0.37	0.00 - 1.61	4	1.98 ± 0.17	1.84 - 2.22	14	1.46 ± 0.54	0.31 - 2.27
U23-PB伸び (秒)	9	0.16 ± 0.10	0.00 - 0.89	15	0.19 ± 0.30	0.00 - 0.89	12	0.34 ± 0.29	0.00 - 0.75	15	0.19 ± 0.28	0.00 - 0.80	14	0.72 ± 0.95	0.00 - 2.45	18	0.42 ± 0.46	0.00 - 1.25
到達年齢 (歳)	10	25.1 ± 3.2	22 - 28	15	23.1 ± 2.4	20 - 28	12	23.7 ± 2.6	21 - 29	15	22.4 ± 3.1	18 - 29	14	23.6 ± 3.3	19 - 29	18	22.4 ± 2.6	18 - 27
99% PB 終了年齢 (歳)	10	28.7 ± 3.1	22 - 32	15	25.8 ± 3.5	20 - 32	12	26.5 ± 3.4	21 - 32	15	23.9 ± 3.4	19 - 29	14	24.9 ± 3.8	19 - 32	18	25.2 ± 4.0	19 - 31
維持期間 (年)	10	4.6 ± 2.8	1 - 11	15	3.7 ± 2.9	1 - 11	12	3.8 ± 2.4	1 - 8	15	2.5 ± 2.3	1 - 8	14	2.4 ± 1.6	1 - 5	18	3.8 ± 3.4	1 - 11
到達年齢 (歳)	10	23.5 ± 2.8	20 - 28	15	21.5 ± 2.8	18 - 28	12	22.9 ± 2.5	20 - 29	15	20.7 ± 2.0	18 - 25	14	21.9 ± 2.0	19 - 26	18	20.9 ± 2.1	17 - 25
98% PB 終了年齢 (歳)	10	30.2 ± 4.1	22 - 36	15	28.1 ± 2.9	23 - 36	12	28.8 ± 3.3	22 - 33	15	26.7 ± 3.1	23 - 34	14	26.6 ± 4.4	21 - 34	18	26.2 ± 3.5	19 - 31
維持期間 (年)	10	7.7 ± 4.9	1 - 16	15	7.6 ± 4.0	2 - 16	12	6.8 ± 2.4	3 - 11	15	7.1 ± 2.6	4 - 12	14	5.8 ± 3.6	1 - 13	18	6.3 ± 3.8	1 - 14
到達年齢 (歳)	10	21.9 ± 2.1	19 - 25	15	20.3 ± 2.6	18 - 25	12	21.8 ± 2.0	18 - 25	15	19.5 ± 2.1	16 - 24	14	21.4 ± 2.0	19 - 26	18	19.8 ± 1.5	17 - 22
97% PB 終了年齢 (歳)	10	31.4 ± 3.6	24 - 36	15	28.8 ± 2.9	23 - 36	12	29.6 ± 2.7	25 - 33	15	28.2 ± 2.8	24 - 32	14	27.3 ± 4.3	21 - 34	18	27.2 ± 3.7	19 - 32
維持期間 (年)	10	10.5 ± 3.5	6 - 16	15	9.5 ± 3.6	3 - 16	12	8.8 ± 1.9	6 - 11	15	9.7 ± 2.5	7 - 15	14	6.9 ± 3.9	1 - 15	18	8.3 ± 3.6	1 - 15

	W			J			W			J		
	n			n			n			n		
PB達成年齢 (歳)	21	26.0 ± 3.4	22 - 34	10	26.6 ± 2.6	24 - 32	24	26.6 ± 3.9	20 - 36	15	24.4 ± 2.6	21 - 29
U19PB (秒)	6	13.67 ± 0.20	13.32 - 13.91	9	14.23 ± 0.21	13.98 - 14.64	8	50.40 ± 1.58	48.26 - 53.47	14	51.18 ± 1.13	49.09 - 53.69
U23PB (秒)	20	13.25 ± 0.24	12.87 - 13.65	10	13.80 ± 0.23	13.50 - 14.13	23	48.19 ± 0.65	47.24 - 49.48	15	49.09 ± 0.50	47.93 - 49.70
U19-U23伸び (秒)	6	0.64 ± 0.17	0.41 - 0.88	9	0.47 ± 0.20	0.20 - 0.73	8	2.41 ± 1.21	0.57 - 3.99	14	2.13 ± 1.18	0.62 - 4.74
U23-PB伸び (秒)	20	0.29 ± 0.23	0.00 - 0.67	10	0.30 ± 0.21	0.02 - 0.67	23	0.79 ± 0.61	0.00 - 2.04	15	0.36 ± 0.38	0.00 - 1.23
到達年齢 (歳)	21	24.5 ± 3.0	20 - 32	10	25.1 ± 3.3	21 - 32	24	24.1 ± 2.9	20 - 30	15	22.0 ± 1.6	19 - 25
99% PB 終了年齢 (歳)	21	28.7 ± 4.1	22 - 35	10	27.8 ± 2.7	24 - 32	24	28.6 ± 3.3	22 - 35	15	25.6 ± 2.4	22 - 29
維持期間 (年)	21	5.1 ± 3.2	1 - 12	10	3.7 ± 2.9	1 - 7	24	5.5 ± 3.6	1 - 12	15	4.6 ± 2.2	1 - 8
到達年齢 (歳)	21	22.9 ± 2.7	19 - 29	10	23.2 ± 2.7	20 - 28	24	22.4 ± 2.5	18 - 28	15	21.1 ± 1.4	18 - 24
98% PB 終了年齢 (歳)	21	31.0 ± 3.5	24 - 36	10	29.0 ± 3.4	25 - 34	24	30.0 ± 3.4	22 - 36	15	26.9 ± 2.8	22 - 32
維持期間 (年)	21	9.1 ± 3.5	3 - 17	10	6.8 ± 3.5	2 - 13	24	8.6 ± 3.7	2 - 13	15	6.8 ± 2.7	1 - 12
到達年齢 (歳)	21	21.8 ± 2.2	19 - 27	10	21.7 ± 2.3	19 - 26	24	21.5 ± 2.3	17 - 27	15	20.2 ± 1.3	18 - 22
97% PB 終了年齢 (歳)	21	32.2 ± 3.4	25 - 37	10	29.8 ± 3.5	25 - 34	24	30.8 ± 3.3	23 - 36	15	28.0 ± 2.8	22 - 34
維持期間 (年)	21	11.4 ± 3.1	4 - 17	10	9.1 ± 3.4	4 - 14	24	10.3 ± 3.8	3 - 15	15	8.8 ± 3.0	2 - 14

平均値±SD. 下段は最小値-最大値. ES: Effect size. 効果量

表 3 女子 W 群および J 群の PB 達成年齢, U19PB, U23PB, U19-U23 伸び, % PB 年齢および維持期間

	100m			200m			400m		
	n	W	J	n	W	J	n	W	J
PB達成年齢 (歳)	17	26.7 ± 3.8 20 - 36	26.8 ± 3.2 21 - 32	17	25.9 ± 2.9 21 - 31	23.3 ± 4.1 18 - 30	23	25.6 ± 3.4 21 - 32	23.2 ± 3.6 18 - 29
U19PB (秒)	7	11.56 ± 0.24 11.17 - 11.87	11.89 ± 0.19 11.54 - 12.31	3	22.91 ± 0.37 22.58 - 23.31	24.28 ± 0.51 23.48 - 25.27	8	52.22 ± 1.74 50.58 - 55.44	54.74 ± 1.46 52.52 - 57.39
U23PB (秒)	16	11.12 ± 0.31 10.76 - 11.77	11.68 ± 0.21 11.32 - 12.28	14	22.28 ± 0.55 21.71 - 23.50	23.89 ± 0.50 23.15 - 25.27	18	49.99 ± 1.10 48.14 - 51.99	53.59 ± 0.83 51.80 - 55.48
U19-U23伸び (秒)	7	0.56 ± 0.23 0.29 - 0.86	0.25 ± 0.15 0.00 - 0.55	3	0.89 ± 0.44 0.48 - 1.36	0.43 ± 0.36 0.00 - 0.95	8	2.30 ± 1.67 0.00 - 5.20	1.29 ± 1.18 0.00 - 3.51
U23-PB伸び (秒)	16	0.35 ± 0.33 0.00 - 1.09	0.22 ± 0.22 0.00 - 0.92	14	0.53 ± 0.55 0.00 - 1.69	0.32 ± 0.51 0.00 - 1.92	18	1.14 ± 0.94 0.00 - 2.92	0.46 ± 0.68 0.00 - 2.28
到達年齢 (歳)	17	25.1 ± 3.5 19 - 31	24.4 ± 2.7 20 - 30	17	25.0 ± 2.8 21 - 30	22.1 ± 3.8 16 - 30	23	25.1 ± 3.4 20 - 32	20.8 ± 3.0 17 - 27
99% 終了年齢 (歳)	17	28.1 ± 4.1 20 - 37	28.3 ± 3.4 22 - 33	17	27.0 ± 2.8 22 - 33	25.1 ± 4.6 18 - 33	23	26.5 ± 3.2 21 - 32	24.3 ± 4.3 18 - 30
維持期間 (年)	17	3.9 ± 3.5 1 - 12	4.9 ± 3.3 1 - 13	17	3.0 ± 2.2 1 - 8	4.1 ± 3.4 1 - 13	23	2.4 ± 1.8 1 - 7	4.5 ± 3.6 1 - 11
到達年齢 (歳)	17	23.4 ± 3.0 19 - 30	22.4 ± 3.2 18 - 30	17	24.2 ± 2.6 21 - 29	20.7 ± 3.0 16 - 26	23	23.6 ± 3.1 20 - 30	19.9 ± 2.5 17 - 25
98% 終了年齢 (歳)	17	29.6 ± 3.9 21 - 37	29.0 ± 3.1 22 - 33	17	27.7 ± 3.3 22 - 37	25.9 ± 4.7 18 - 33	23	27.8 ± 3.5 21 - 36	24.9 ± 4.4 18 - 31
維持期間 (年)	17	7.2 ± 4.1 1 - 14	7.6 ± 3.7 1 - 14	17	4.5 ± 3.4 1 - 13	6.3 ± 3.5 1 - 13	23	5.2 ± 3.2 1 - 12	6.0 ± 3.9 1 - 13
到達年齢 (歳)	17	22.5 ± 3.0 19 - 30	20.6 ± 2.0 18 - 24	17	22.6 ± 2.6 19 - 28	19.3 ± 2.5 16 - 25	23	22.9 ± 2.8 19 - 29	19.0 ± 2.1 17 - 24
97% 終了年齢 (歳)	17	30.9 ± 4.8 21 - 40	29.4 ± 3.5 22 - 35	17	28.5 ± 3.2 22 - 37	26.7 ± 4.9 18 - 34	23	28.8 ± 3.6 21 - 37	25.9 ± 4.4 18 - 31
維持期間 (年)	17	9.4 ± 5.4 1 - 20	9.9 ± 3.8 3 - 17	17	6.8 ± 3.8 2 - 18	8.4 ± 4.2 2 - 15	23	6.9 ± 3.1 1 - 13	7.9 ± 3.9 1 - 13

	100mH			400mH		
	n	W	J	n	W	J
PB達成年齢 (歳)	19	26.4 ± 2.5 21 - 29	24.6 ± 2.1 21 - 28	21	27.2 ± 3.3 22 - 36	23.1 ± 3.3 17 - 29
U19PB (秒)	7	13.75 ± 0.55 13.00 - 14.71	13.97 ± 0.38 13.44 - 14.51	6	57.39 ± 1.78 55.62 - 59.94	59.67 ± 2.00 56.41 - 64.53
U23PB (秒)	16	12.96 ± 0.57 12.26 - 14.71	13.36 ± 0.22 13.08 - 13.91	18	55.19 ± 1.83 52.95 - 59.17	57.56 ± 1.03 55.94 - 59.19
U19-U23伸び (秒)	7	0.76 ± 0.57 0.00 - 1.57	0.58 ± 0.44 0.07 - 1.21	6	1.93 ± 1.49 0.00 - 3.87	2.22 ± 1.78 0.00 - 5.34
U23-PB伸び (秒)	16	0.60 ± 0.58 0.00 - 2.46	0.20 ± 0.21 0.00 - 0.74	18	2.36 ± 1.81 0.00 - 6.40	0.62 ± 0.88 0.00 - 2.70
到達年齢 (歳)	19	26.0 ± 2.7 21 - 33	23.6 ± 2.2 21 - 28	21	26.6 ± 3.4 22 - 36	22.4 ± 2.7 17 - 27
99% 終了年齢 (歳)	19	28.0 ± 3.0 23 - 37	26.4 ± 3.2 21 - 33	21	27.9 ± 3.3 23 - 36	23.9 ± 3.9 17 - 31
維持期間 (年)	19	3.0 ± 1.5 1 - 6	3.8 ± 3.1 1 - 10	21	2.3 ± 1.6 1 - 5	2.5 ± 2.4 1 - 10
到達年齢 (歳)	19	24.6 ± 2.4 21 - 29	21.4 ± 3.0 17 - 28	21	25.6 ± 3.3 21 - 34	22.4 ± 3.1 17 - 27
98% 終了年齢 (歳)	19	29.5 ± 3.3 26 - 38	26.8 ± 3.4 21 - 33	21	28.6 ± 2.8 25 - 36	25.0 ± 4.2 20 - 34
維持期間 (年)	19	5.8 ± 3.0 1 - 14	6.4 ± 3.2 2 - 12	21	4.0 ± 2.0 1 - 9	3.6 ± 4.5 1 - 12
到達年齢 (歳)	19	23.6 ± 2.0 21 - 29	20.6 ± 2.5 16 - 25	21	24.9 ± 3.4 21 - 34	20.0 ± 2.2 16 - 25
97% 終了年齢 (歳)	19	30.6 ± 3.3 26 - 38	27.6 ± 3.4 22 - 33	21	29.4 ± 2.7 25 - 36	26.1 ± 4.2 21 - 34
維持期間 (年)	19	7.9 ± 3.7 1 - 17	8.0 ± 3.0 3 - 12	21	5.6 ± 2.7 1 - 10	7.1 ± 3.3 1 - 13

平均値±SD. 下段は最小値-最大値. ES: Effect size. 効果量

た。また、PB達成率は、10歳代後半において、J群がW群に比して高い傾向が複数の種目において確認された。さらに、20歳代後半から30歳代にかけての記録の維持についても、J群はW群に比して記録を維持できず、大きく低下してしまうあるいは引退する競技者が多い傾向も複数の種目でみられた。これらの傾向は、他種目を対象とした先行研究の結果と概ね一致しており（犬井ほか，2020；森丘ほか，2014，2016；山元ほか，2019；山元・内藤，2020），日本人競技者の記録発達の特徴であると考えられる。一方で、男子400mや110mHでは、PB達成率の推移は両群に大きな差は認められないことや、女子の多くの種目において上記の特徴が男子に比してより顕著であるなど、種目毎の特徴もみられたことから、記録発達からみた我が国の競技者育成の課題や対策については、種目毎に個別かつ具体的に検討する必要があると考えられる。

(2) PB 達成年齢

次に、PB達成年齢について検討する（表2および表3）。W群のPB達成年齢は、いずれの種目も先行研究の報告と概ね一致していることが確認できた（Berthelot et al., 2012；Haugen et al., 2018；Hollings et al., 2014；村木，1994）。また、W群とJ群とを比較すると、男子は100mのみに有意な差が認められ、女子は100mを除く4種目において有意な差が認められ、いずれもJ群はW群に比してPB達成年齢が低かった。この結果は、JADMの根拠となる森丘（2014，2016）の報告に一致しているものの、全ての種目においてJ群のPB達成年齢が低いわけではなく、男子400mや110mHは両群のPB達成年齢はほぼ同等であった。男子走幅跳、三段跳および走高跳においても、PB達成年齢は、世界トップレベル競技者と日本人競技者との間に有意な差は認められなかったことが報告されている（犬井ほか，2020；山元・内藤，2020）。このことから、記録発達からみた我が国の競技者育成については、種目毎の個別の検討が必要であると考えられるとともに、女子においては日本人競技者の競技発達の早期化と記録の早期頭打ち傾向が改めて示されたといえる。

(3) U19 および U23PB と記録の伸び

続いて、U19およびU23PBと各年代の記録の伸びについて、U23PBを中心に検討する（表2および表3）。U23PBは、全ての種目において有意な差が認められ、W群がJ群に比して顕著に高かった（効果量大）。U23PBは、およそ我が国の大学生期におけるPBに相当し、全ての短距離・ハードル種目において、大学生期に既に世界トップレベルとは競技力の顕著な差が生じており、多くの種目においてW群の記録は日本記録を上回る水準であることが示された。一方、U23PBから生

涯PBまでの記録の伸びは、男子400mH、女子400m、100mHおよび400mHにおいて有意な差が認められ、W群がJ群に比して記録の伸びが大きかった。換言すれば、これら以外の種目は、大学卒業後に相当する23歳以降の記録の伸びは、世界トップレベルと日本人競技者は同程度であった。例えば、U23-PB伸びにおいて有意な差は認められなかったものの、差の効果量が中程度（0.55）を示した男子200mにおいても、W群とJ群のPBの平均値の差は約0.73秒であり、これに対して、U23PBの差は約0.59秒、U23-PB伸びの差は約0.15秒であり、最終的なPBの差の約80%がU23の時点で生じていた。さらに、W群のデータ数が少ないために統計解析は行わず参考値として示したU19PB（我が国の高校生期の記録に相当）は、W群の記録は、我が国の高校生トップレベルに相当する記録が多い一方で、U19PBからU23PBへの記録の伸びが大きい傾向がみられた。これらの傾向は、跳躍種目を対象とした先行研究の結果に一致していた（犬井ほか，2020；山元ほか，2019；山元・内藤，2020）。ここまで述べたSBおよびPB達成率の推移、PB達成年齢およびシニア期における記録の伸びの世界トップレベル競技者と比較した日本人競技者の特徴について、JADM（日本陸上競技連盟，2018）では、早期専門化、競技会カレンダー、競技の早期高度化など、主にジュニア期の問題を指摘しており、犬井ほか（2020）、山元ほか（2019）および山元・内藤（2020）は、これらジュニア期の問題に加えて、大学期以降の一般のおよび専門的体力および技術のさらなる向上のためのトレーニングおよびコーチングモデルの確立の重要性を指摘している。本研究の結果からも、短距離走・ハードル種目において、大学生期においてより高いレベルにパフォーマンスを向上させるための専門的なトレーニングおよびコーチングの重要性が示唆される。

(4) % PB 達成年齢とパフォーマンス維持期間

最後に、%PBを基にしたパフォーマンスの維持期間について検討する（表2および表3）。本研究では先行研究を参考に（Hollings et al., 2014；村木，1984）、PB達成率99%、98%および97%レベルの記録の維持期間について検討した。個人のPBのレベルによって異なるものの、方法で述べたBolt氏および為末氏の例やそれぞれの%PB到達年齢および終了年齢から、99%PBレベルはその選手のキャリアの最高レベルの期間の3-5年、98%PBはシニアの代表レベルでの活動期間の6-8年、97%レベルは引退に至るまでのシニア期全体の8-10年程度、に概ね相当すると考えられる。また、Hollings et al. (2014)は、ピークパフォーマンスの維持期間を、ピークパフォーマンスに対して0.8%の低下を基準としているため、本研究の99%PB維持期間は、Hollings et al. (2014)のピークパフォーマンス維持期間と概ね一致

していた。JADM(日本陸上競技連盟, 2018)や森丘(2014, 2016)のいう「高い競技レベルの維持期間」がどのレベルを指すかは明確でないものの、これから、本研究で用いた% PB 維持期間によって、シニア期におけるパフォーマンスの維持期間について検討できると考えられる。% PB 維持期間について、W 群とJ 群を比較すると、女子 400m の 99% PB 維持期間に有意な差が認められたのみであり、その他はいずれの種目においても、パフォーマンスの維持期間には有意な差は認められなかった。また、女子 400m の 99% PB 維持期間は、J 群 (4.5 ± 3.6 年) が W 群 (2.4 ± 1.8 年) に比して有意に長いという結果であり、JADM (日本陸上競技連盟, 2018) の指摘とは異なる結果であった。そのため、JADM (日本陸上競技連盟, 2018) および森丘 (2014, 2016) のいう「日本人競技者は世界トップレベル競技者に比して高い競技レベルの維持期間が短い」という傾向は、本研究の結果からは必ずしも見出せなかった。一方で、それぞれの% PB の到達年齢および終了年齢は、J 群はW群に比して早い傾向が複数の種目でみられ、特に女子においてその傾向は顕著であった。また、統計的に有意な差は認められないものの、女子では、多くの種目において、J 群が W 群に比して、% PB 維持期間が長い傾向がみられた (表 3)。これらのことから、特に女子においては、シニア期における記録の発達が小さく、高いピークが形成されないことで、相対的に% PB 維持期間が長くなっている可能性が考えられる。このような高いピークの形成と維持期間の相互関係については、今後の検討課題である。

最後に、今後の検討課題について確認する。男女 100m や男子 400mH など、20 歳代後半以降の記録の維持に顕著に差が認められる種目や、30 歳以内に現役競技者が多く、今後傾向が変化する可能性がある種目 (世界 および 日本 男子 100m, 200m, 男女 日本 110mH/100mH) もみられた。さらに、本研究では、多様な出身国の世界トップレベル競技者と比較した日本人競技者の特徴について検討したが、世界トップレベル競技者の中でも、出身国によって記録発達の特徴が異なる可能性も考えられるため、国別の記録発達の特徴についても検討する必要がある。これらについては、今後の検討課題である。

5. 要 約

本研究の目的は、男女短距離・ハードル種目における世界および日本歴代上位記録競技者の記録発達の推移から、PB 達成年齢や記録の伸びおよびパフォーマンスの維持期間について検討することで、我が国のトップレベル男女短距離・ハードル競技者のトレーニングおよびコーチングに資する知見を得ることであった。世界トップレベル競技者 (W 群) と日本トップレベル競技者 (J 群) を比較した。主な結果は、以下の通りである。

- (1) SB および PB 達成率は、W 群、J 群ともに 10 歳代後半から 20 歳代半ばにかけて向上し、一定期間停滞した後に緩やかに低下する傾向がみられた。SB では、男女いずれの種目においても、J 群は W 群に比して、全年齢にわたって記録が低い傾向がみられるとともに、PB 達成率では、10 歳代後半における PB 達成率が高い傾向が複数の種目 (男子 100m, 200m, 400mH, 女子種目) においてみられたが、顕著な違いはない種目 (男子 400m, 男子 110mH) もみられた。
- (2) PB 達成年齢は、男子 100m, 女子 200m, 400m, 100mH および 400mH において、J 群が W 群に比して有意に低かった。
- (3) U23PB は、全ての種目において J 群が W 群に比して有意に低く、U23-PB 伸びは、男子 400mH, 女子 400m, 100mH および 400mH において J 群が W 群に比して有意に小さかった。
- (4) % PB 維持期間は、女子 400m の 99% PB 維持期間に有意な差が認められたのみであり、J 群が W 群に比して有意に長かった。各% PB の到達年齢および終了年齢は、J 群はW群に比して早い傾向が複数の種目でみられ、特に女子においてその傾向は顕著であった。

これらの結果から、世界トップレベル競技者と比較した我が国の男女短距離・ハードル競技者の記録発達の傾向は種目によって異なるとともに、全ての種目に共通して、大学生期におけるパフォーマンスの向上が課題となる可能性が示唆された。

文献

- 麻場一徳 (2019) シニア競技者の強化。競技者育成プログラム。公益財団法人日本陸上競技連盟 : 31-36.
- Berthelot, G., Len, S., Hellard, P., Tafflet, M., Guillaume, M., Vollmer, J.C., Gager, B., Quinquis, L., Marc, A. and Toussaint, J.F. (2012) Exponential growth combined with exponential decline explains lifetime performance evolution in individual and human species. *Age (Dordr)*, 34 (4) : 1001-1009.
- G., Brustio, P.R., Moisé, P., Franceschi, A., La Torre, A., Schena, F., Rainoldi, A. and Cardinale, M. (2019) Elite national athletes reach their peak performance later than non-elite in sprints and throwing events. *J. Sci. Med. Sport.*, 22 (3) : 342-347.
- Boccia, G., Cardinale, M. and Brustio, P.R. (2020) World-Class Sprinters' Careers: Early Success Does Not Guarantee Success at Adult Age. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 16 (3) : 367-374.
- Boccia, G., Cardinale, M. and Brustio, P.R. (2021) Performance progression of elite jumpers: Early

- performances do not predict later success. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 31 (1) : 132-139.
- Cohen, J. (1992) A power primer. *Psychol Bull*, 112: 155-159.
- 犬井亮介・柴田篤志・山元康平・村山凌一・杉浦澄美・福地修也・木越清信 (2020) 世界および日本トップレベル男女走高跳競技者の記録発達の特徴. *陸上競技研究*, 2020 (4) : 22-31.
- Haugen, T.A., Solberg, P.A., Foster, C., Morán-Navarro, R., Breitschädel, F and Hopkins W.G. (2018) Peak Age and Performance Progression in World-Class Track-and-Field Athletes. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 13 (9) : 1122-1129.
- Hollings, S. C., Hopkins, W. G., & Hume, P. A. (2014) Age at peak performance of successful track & field athletes. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 9 (4) : 651-661.
- Hopkins, W. G. (2005) Competitive Performance of Elite Track-and-Field Athletes: Variability and Smallest Worthwhile Enhancements. *Sportscience*, 9 : 17-20.
- 水本 篤・竹内 理 (2008) 研究論文における効果量の報告のために：基本的概念と注意点. *関西英語教育学会紀要 英語教育研究*, 31 : 57-66.
- 森丘保典 (2014) タレントトランスファーマップという発想—最適種目選択のためのロードマップ—. *陸上競技研究紀要*, 10 : 51-55.
- 森丘保典 (2016) 陸上競技の普及・育成・強化の連続性について考える：最適種目選択のためのタレントトランスファーマップに向けて. *スプリント研究*, 25 : 7-13.
- 村木征人 (1984) 日本及び世界一流ジャンパーの記録発達の特徴. *月刊陸上競技*, 18 (11) : 200-207.
- 村木征人 (1994) 競技的発達過程から見た競技者のライフ・サイクル. *スポーツ・トレーニング理論. ブックハウス・エイチディ* : 東京, pp.39-49.
- 永原 隆 (2019) 近年の実践研究で国際的に用いられる分析方法の例. *スポーツパフォーマンス研究*, editorial 2019 : 17-27.
- 日本陸上競技連盟 (2018) 競技者育成指針. <http://www.jaaf.or.jp/development/model/> (参照日 2021 年 10 月 31 日)
- 陸上競技マガジン記録編集部 (online) 陸上競技ランキング. <https://rikumaga.com/> (参照日 2021 年 10 月 31 日)
- World Athletics (online) Toplists. <https://www.Worldathletics.org/records/toplists/> (accessed 2021-10-31).
- 山元康平・柴田篤志・犬井亮介・広瀬健一・前田 奎・木越清信・尾縣 貢 (2019) 世界および日本トップレベル女子水平跳躍競技者の記録発達の特徴. *陸上競技研究*, 2019 (3) : 22-31.
- 山元康平・内藤 景 (2020) 世界および日本トップレベル男子水平跳躍競技者の競技的発達の特徴. *福井工業大学研究紀要*, 50 : 206-213.

人権拡大の観点から考えるオリンピック・ムーブメントの意義と課題

来田 享子 (中京大学)

はじめに

戦後の日本のオリンピック復帰は、1952年ヘルシンキ五輪からであった。しかし、これに先立ち、日本体育協会ではすでに五輪招致の意向を示す動きが見られたことが同協会の議事録等に示されている。日本が開催したオリンピック大会は、1964年東京、1972年札幌、1998年長野の3大会であり、招致がかなわなかった名古屋、大阪の2大会に加え、現在は札幌が2030年冬季オリンピック大会の招致をめざしている。東京2020大会が終了した9月までの間、日本は戦後76年のうち58年11カ月をオリンピック大会の招致や開催準備に費やしてきた¹⁾。こうした現状もあり、日本は世界でも無類の「五輪好き」とされてきた。

ところが、東京2020大会は、新型コロナウイルス感染症の世界的拡大の中、開催の意義が問われることとなった。大会の開催による感染拡大への不安が広がり、メディア各社による調査の結果、約8割の人々が中止または延期を望むという状況が発生した。この状況に、オリンピックへの出場をめざしていた選手、関係者自身もまた、大会の意義とそれをめざしてきた自らの努力の意義を問い直さざるを得なかった。

関係者は、理屈の上では、大会の中止によって選手個人の人間的な成長が失われたり、選手や関係者たちの存在意義が失われるわけではない、ということを理解している。オリンピックをめざすという、選手の道のりそのものに、すでに十分な意義がある。しかし、そのことを「オリンピックという存在」の意義とともに説明する言葉を深めておくことは、今後の選手の育成に資すると考えられる。

本稿は、はじめにオリンピックの創始者であるピエール・ド・クーベルタンによるオリンピック構想について概観する。この内容は、オリンピックの意義とは何かを考えるための重要な手がかりを与えてくれるだろう。次に、近年のIOCが力を入れている人権戦略の変化、ジェンダー平等の観点からの東京2020大会の成果の分析を行う。その上で、スポーツの公平と平等をめぐる人権課題について、IOCが提示した最新の原則を紹介する。これにより、東京2020大会から得た教訓を活かし、選手と関係者がオリンピックをめざす道のりの意義を言語化

するための資料を提示したい。

1. ピエール・ド・クーベルタンによる「オリンピック構想」

ピエール・ド・クーベルタン (Pierre de Coubertin, 1863 - 1937) は、フランスのパリで生まれた貴族階級出身の男性であった。7才の時、母国とドイツの戦争を経験している。当時、ヨーロッパは、国同士の武力による争いが絶えなかった。

そのヨーロッパで、スポーツは白人男性たちの娯楽に過ぎなかった。ところがクーベルタンは、この娯楽に教育的な価値を見出した。スポーツは、若者が自分自身を高めようと努力する中で、自分を律し、自分に打ち勝ち、さらには自分の力の限界をも知ることができる活動だと考えた。

人間は、競争で勝利したいという欲望に駆られ、夢中になる。その欲望を逆手にとり、優れた人間性を育てるツールとしてスポーツに着目した発想は、義務教育制度を整えたばかりの欧米諸国にとっても、斬新であった。

この発想を世界に広めるための国際的な社会運動がオリンピック・ムーブメントであった。大会はこのムーブメントを象徴する存在であり、若者たちの日々の努力と成果に世界が注目する場として、中核に置かれた。

クーベルタンは30歳を迎えようとする1892年の冬に、はじめてオリンピックの構想を公表したとされる。その時に彼が残した言葉は、世界で唯一のスポーツを通じた社会運動としてのオリンピックの性格を端的に表している。

「みなさん、漕手たちを、走者たちを、剣の使い手たちを、海の向こうの国々へ送り出しましょう、彼らアスリートは、平和の使者になるのです。」

若者が努力の成果を試し、認め合い、観客が彼らの姿に人類の理想を見出す大会。そこでは、互いを知らないために、偏見や誤解が浸透し、争っていた人々が、理想の人間像を共有することができる。それは、戦争に明け暮れる世界を変えるきっかけを生むに違いない。クーベルタンがそのように考えていたことは、彼の多くの著作から読み取ることができる。

2. オリンピックの理想と現実の乖離

上述のようなスポーツ・教育・世界の平和という3つを関連づけたクーベルタンの構想は壮大すぎ、理解を得ることが難しかった。大会の開催が実現するには、クーベルタンの構想の公表から4年の歳月が必要だった。さらに、勝ち負けだけを競うことがスポーツの価値だと信じられていた時代にあって、IOC委員やIFの関係者でさえ、彼の構想を理解しないまま、大会だけが開催される現実には長く続いた。

成文化された最初のオリンピック憲章には、IOCの目的が「大会の定期的な開催を確実にし、クーベルタンによる教育的構想や大会の着想を得た古代ギリシャの競技会に相応しいものとしていくこと、『近代における競技(l'athlétisme moderne)』をより望ましいものへと導くこと」²⁾であると記されている。クーベルタンの構想にとって、当時の競技は必ずしも望ましいものではなかったことが、ここには示されている。クーベルタン自身もまた、100年後に生まれ変わったら、自分自身が現世において築いたものを自らの手で破壊すると述べ、単なるメダル争いとしてのオリンピック大会の現状を批判している³⁾。

クーベルタンによるオリンピック構想は、現在でも十分に理解されているとは言いがたい。いまなお、勝利だけを追い求める姿勢は、体罰、暴力、ドーピング等、スポーツの価値を毀損する出来事を頻発させている。

IOC自体によって、大会がメダル争いであるかのような誤解を生じさせる対応もみられる。オリンピック憲章6条には、「オリンピック競技大会は、個人種目または団体種目での選手間の競争であり、国家間の競争ではない」⁴⁾ことが明記されている。その一方で、IOCや組織委員会自らがNOCごとのメダル獲得数をランキング表示することを可能にする憲章の改正が行われた⁵⁾。この改正は、以前からIOC内部でも問題視されていた問題に対し、メディアの注目を集め、大会のビジネス上の価値を高める方向に大きく舵を切ったものであるといえる。

こうしたIOCの姿勢は、その財政状況⁶⁾が放送権料とパートナー企業によるスポンサーシップに大きく依拠していることとも関係する。すなわち、グローバルに展開されるビジネスとして大会を成功させることによって、オリンピック・ソリダリティプログラムによる支援や選手への支援が成立しているという現実が存在する。

国内外を問わず、オリンピック競技とそれらの競技に関わるスポーツ組織の活動は、こうした現実と理想のはざままで苦心している。だからこそ、オリンピック構想の起点、オリンピックの理念は、若い世代への教育的な働きかけによって、知らされる必要がある。この点は、ビジネスと切り離せない選手のマネジメントの観点から、選手自身のブランド力の向上にとって、重要である

と考えられる。

3. オリンピックにおける人権問題

国際的なスポーツイベントの中でも、とりわけオリンピックでは、人権問題への対応が重視されている。オリンピック憲章オリンピズムの根本原則⁷⁾においては、「人間の尊厳に重きを置く」、すなわち人権侵害が認められないだけでなく、差別や不平等を容認しないという積極的な姿勢が求められている。

東京2020大会では、組織委員会委員長による女性に対する差別的な発言や開会式の演出スタッフによる過去の人権侵害が大きな問題となり、コロナ禍で問われた大会の意義をさらに揺さぶることになった。2月に閉幕した2022年北京冬季五輪においては、開催地における人権問題に対する国際社会の懸念が示された。

オリンピックが人権侵害と向き合う必要に迫られる事態は、戦前から存在する。それを象徴するのが、大会のボイコットの歴史である。

最も初期の事例は、1928年アムステルダム大会のプログラムに、初めて女子陸上競技が試験的に採用された時にみられる。1920年代初期から、女子陸上競技の採用をめぐるのは、国際女子競技連盟(FSFI)がIOCおよび国際陸上競技連盟(IAAF)⁸⁾との交渉を続けていた。FSFIは10種目の採用を求めたが、大会では5種目しか認められなかった⁹⁾。これに異議を唱えたイギリスの女子陸上競技選手たちが大会をボイコットした。

この後も、ボイコットは幾度もオリンピックの開催を危ういものにした。1936年ベルリン大会では、ユダヤ人差別に抗議し、米・英・仏などでボイコットが検討された。1968年メキシコシティ大会では、南アフリカにおけるアパルトヘイトへの抗議として、アフリカ諸国とそれに同調した社会主義国がボイコットを表明した。55カ国という大規模ボイコットは、IOCが南アフリカの大会参加の承認を取り消すことによって回避された。しかし、1976年モントリオール大会では問題が再燃し、アフリカの22カ国がボイコットした。このように、オリンピックにおけるボイコットは、人権問題との関わりが深い¹⁰⁾。

90年代以降、大会そのものに大きな影響を与えるボイコットはみられなくなった。この背景には、オリンピックの商業化が進み、巨額の税、放送権料、スポンサーの利益に配慮すればするほど、大会は失敗が許されないイベントになったことがある。どの国のスポーツ界にとっても、日常の競技団体の運営にとって、オリンピックに参加しないことから受ける経済的リスクは増大していった。その中で、人権侵害に対して展開されるようになったのは、開会式等に各国の政府要人が参加しないという、外交的ボイコットである。この事例は、ロシアの同性愛宣伝禁止法を批判する2014年ソチ冬季五輪を皮切りに、

2022年北京冬季五輪でも国際社会の注目を集めた。

これらのボイコットや国際社会の動きに遅れながら、オリンピック憲章オリンピズムの根本原則は図1のように変化していった。図1からは、オリンピックにおける人権問題への対応は、主として戦後に見られるようになり、1) 人権侵害を容認しない場面が大会からムーブメントへと拡大したこと、2) 容認しない差別の形態が次第に増えたこと、を読み取ることができる¹¹⁾。

4. IOCにおける人権戦略

IOCによる人権問題への取り組みの転機のひとつは2009年に見られる。この前年には、2008年北京五輪が開催された。北京での大会開催にあたっては、開催前から中国における人権問題への懸念が示されていた。たとえば、国際人権NGO アムネスティ・インターナショナルは、北京での開催はオリンピック憲章の理念に則ったものではないことを指摘し、中国国内でとられるべき対応を提示した¹²⁾。IOC内部にも懸念はあったとされる一方で、オリンピックが中国国内の状況の変化を誘引することを期待する声もあった。

しかし、大会を前に聖火リレーが世界各地で混乱する

という、オリンピック史上、例をみない事態が発生した。中国の人権侵害に対する抗議が、聖火リレーの妨害というかたちで表明されたためであった。当時、IOCと組織委員会の連携を図る役割を担った調整委員会委員長は、聖火リレーの混乱について「オリンピック・ブランドはこうした打撃を受け止めるには十分な強さを持っていたが、そこから結論を導き出し、教訓を得る必要がある痛ましい経験であった」と評価したことが議事録¹³⁾に残されている。

この経験以降、IOCからは新たな人権戦略が示されるようになっていった。その第一は、国連との関係の強化である。

IOCは1992年の第99回IOC総会において『『オリンピック休戦』を指示するIOCのアピール』を決議した。その翌年以降、夏季・冬季大会の前年の国連総会では、オリンピック休戦決議が採択されるようになった¹⁴⁾。2008年北京五輪の翌年となる2009年、IOCは国連総会のオブザーバー資格を付与された。私的な契約にもとづくスポーツ・イベントを主催するスイスのNPO法人が国際社会において一定の法的地位を獲得した¹⁵⁾ことになる。

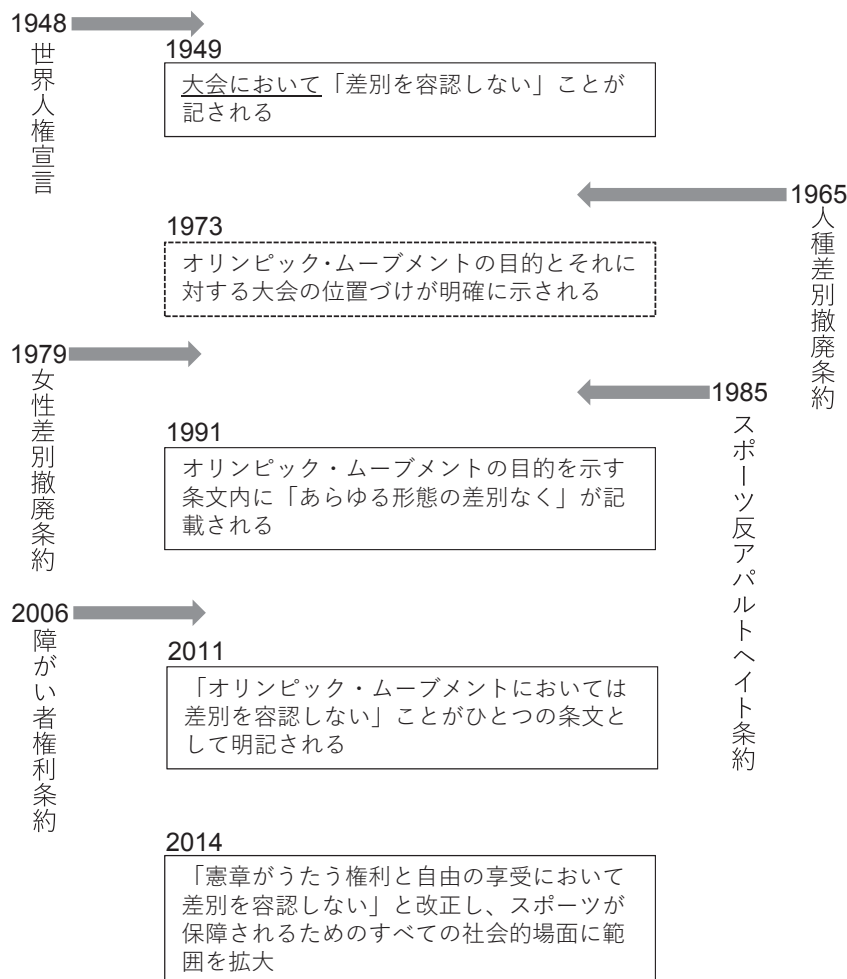


図1 オリンピック憲章の根本原則における差別を容認しない条文の変化（来田，2022）

2012年のロンドン五輪直後には、「人権とオリンピック・パラリンピックイギリス、ロシア、ブラジル、韓国共同声明」が公表されている¹⁶⁾。この声明は、2012年から7年間の大会開催都市が共同で公表したものであり、大会が人権の尊重や差別撤廃に寄与することを宣言するものであった。

さらに、IOCは2014年に中長期戦略「オリンピック・アジェンダ2020」¹⁷⁾を採択し、この戦略にオリンピック憲章の改正やジェンダー平等の推進を盛り込んだ。戦略策定の成果は主として3点をあげることができる。第一は、2014年版オリンピック憲章オリンピズムの根本原則の第6項に容認しない差別の形態として「性的指向」が加えられたことである。この差別の形態の追加は、政治・文化・宗教などの様々な違いを乗り越えることができるスポーツだからこそ、なしえた改正であったとされている。

第二は、2016年IOC持続可能性戦略に人権への配慮が盛り込まれたことである。この背景には、オリンピックがグローバルに展開するスポーツ・ビジネスでもあるという観点から「国連ビジネスと人権に関する指導原則」に則った運営が求められるようになったことがある。

第三は、2018年にIOCジェンダー平等再検討プロジェクトによる「ジェンダー平等報告書」¹⁸⁾が公表されたことである。この報告書による提言がカバーする領域は、図2に概観することができる。ちなみに、東京2020大

会組織委員会、この報告書に沿って大会を評価した上で、「オリンピック・パラリンピック競技大会の開催を機に、進展可能な国内課題を体系的に整理し、明確な枠組みを提示し、モニタリング結果を踏まえながら戦略的に取り組むことができているならば、組織委員会の各部署、個々人で取り組んだ活動が、より一体的な効果を発揮し、より多くのインパクトを社会に残せた可能性がある」とする報告書を公表した¹⁹⁾。この報告書における評価の概要は、表1のようにまとめることができる。

直近の戦略提示は、「オリンピック・アジェンダ2020」の後継となる「オリンピックアジェンダ2020+5」²⁰⁾にみられる。この文書には、特にIOCが人権アプローチを強化すべきことが盛り込まれている。背景には、2020年3月に公表された「IOC人権戦略のための提言」²¹⁾がある。この提言では直近の大会である東京2020大会についてはサプライチェーンの人権侵害に疑惑が生じたことを、また北京冬季五輪では、大会を前にした人権活動家の拘束等の起こりえる人権侵害の影響について、批判的分析がなされている。その上で、IOCには、大会期間中に現れる人権侵害だけでなく、スポーツへの参加に影響を与える根本原因に働きかけ、各国のパートナーに働きかける責任があることが明記されている。

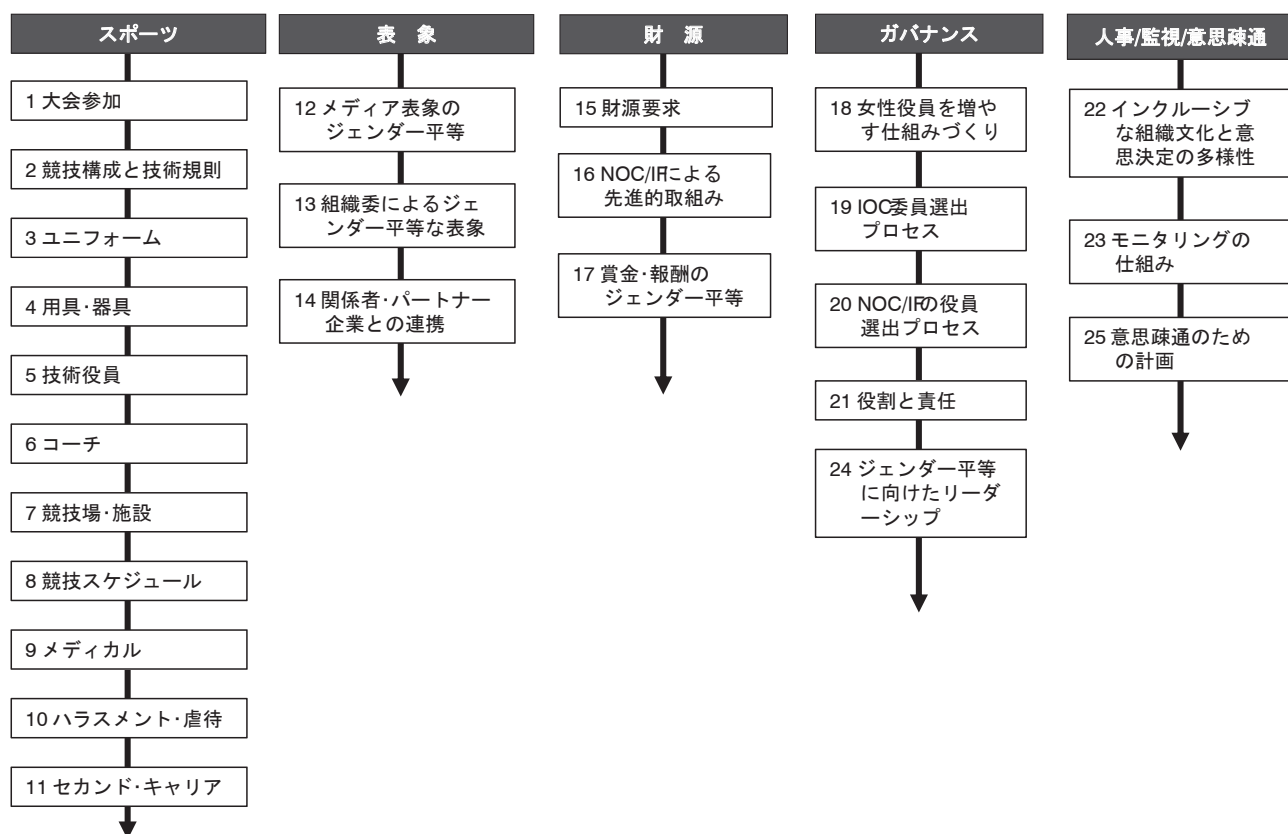


図2 IOC ジェンダー平等報告書 (2018) 5つの主要領域と25の提言
IOC ジェンダー平等再検討プロジェクト報告書より作成（来田，2022）

表1 IOC ジェンダー平等再検討プロジェクトによる25の提言の概要とそれに沿った東京2020大会での進捗確認

1	大会参加	2024年夏季大会および2026年冬季大会以降の両性の参加者数および正式種目の平等	オリンピックの参加選手の女性選手の割合は、リオデジャネイロ大会の45.6%から約48%に増加。パラリンピックの参加選手の女性割合も同様に38.6%から約42%に増加。参加したNOC・難民選手団のうちオリンピックでは201、パラリンピックでは162が少なくとも1名の女子選手を派遣。競技種目・選手枠数ではオリンピック11競技13種別、パラリンピック10競技で改善
2	競技構成と技術規則	競技における距離、競技カテゴリー、ラウンド数等の可能な限りの平等化	競泳で女子のみだった800m自由形を男子に追加、男子のみだった1500m自由形を女子に追加。混合種目は前大会9種目から18種目に増加、パラリンピックでは38種目から40種目に増加
3	ユニフォーム	技術的な必要性以外にユニフォームに違いを設けない	大会スタッフのユニフォームは年代・性別・国籍等にかかわらず着用できるユニセックスシルエットを採用。セレモニーのボランティアはパンツスタイルとワンピーススタイルのいずれかを選択。技術役員はジェンダーニュートラルの観点から男女ともにスラックススタイルに統一。ドイツ女子体操チームがセクシズムに偏った注目に対抗するためのユニタードを着用し、問題提起する出来事があった
4	用具・器具	可能な限り用具および器具を両性で同一にする	IFが定めた基準に則り、男女種目での不平等は認められなかった
5	技術役員	技術役員のジェンダーバランスの確保	技術役員の女性割合はオリンピックで約31%、パラリンピックで約38%
6	コーチ	大会派遣コーチのジェンダーバランスの確保	コーチの女性割合はオリンピックで約13%、パラリンピックで約20%
7	競技場・施設	可能な限り両性が同じ競技場・競技施設を使用する	会場と施設に関する差異は認められなかった
8	競技スケジュール	大会における両性の試合スケジュールを平等に存在させる	男女の決勝を種目別に交互に設定したり、オリンピックの5つの競技では女子団体の決勝を最終のクライマックスイベントとして設定。クライマックスイベントや開催都市時間のゴールデンタイムの競技スケジュールは、さらに改善できる可能性がある
9	メディカル	両性の平等な扱いに関し用具や器具の変更にあたっては、健康と安全面から両性に対して医学的検討を行う	史上初の女性アスリートの総合的サポートを行う女性アスリート科を総合診療所に設置。女性医師が毎日在籍し、診療を実施。女性特有の病気や悩みに関する受診が受け受診実績は88件（オリンピック43件、パラリンピック45件）
10	ハラスメント・虐待からの安全防護	IOCのガバナンス原則にジェンダー差別を含むハラスメントや虐待の予防を含める	大会における会場入場者の禁止行為としてアスリート等への性的ハラスメント目的の疑念を生じさせる写真等の撮影を明示。選手村ではIOCにより総合診療所にセーフガーディング・オフィサーを常駐する体制をとるとともに、ハラスメント事案等を報告できる「IOCインテグリティ・コンプライアンス・ホットライン」を設置。組織委内では公益通報窓口、ハラスメント等相談窓口、差別やハラスメントを禁じる「持続可能性に配慮した調達コード」の違反通報受付窓口、ボランティア向けの相談窓口を設置
11	引退後の転職	競技引退後の女性オリンピアンや選手の転職に関し、既存のプログラムを最大限利用しながら戦略的計画を策定する	(OCOGの活動範囲ではないため記載なし)
12	両性の均等なメディア表象	IOCはあらゆる形態のコミュニケーション活動において、公正かつバランスのとれた描写を行うための原則とガイドラインを策定	大会に先駆けIOCが「スポーツにおけるジェンダー平等・公平でインクルーシブな描写のための表象ガイドライン」を改訂。組織委員会と和訳版を作成し、英・和版をメディアに周知
13	OCOGによる両性の平等な表象	両性の公平かつ平等な描写について、オリンピック憲章の尊重およびオリンピックブランドの保護の観点からOCOGの公約を求める	すべての参加NOC、NPC、難民選手団が男女1名ずつの旗手を務めることが奨励され、オリンピックでは約91%、パラリンピックでは約60%が実施。開会式の選手宣誓も男女同数とした。メディア関係者の女性割合はオリンピックで約22%、パラリンピックで約25%
14	オリンピック関係者・パートナーとの連携	すべてのメディアが公平で平等なスポーツウーマンの描写が提供されるために、関係者およびパートナー企業等と共に取り組み、モニタリングするための組織的対応をとる	大会パートナー企業の朝日新聞社が主催したジェンダー平等に関するオンライン講演会に参加。同社主催アスリートのジェンダー多様性に関するオンライン講演会を後援。その他、組織委員長・理事・ジェンダー平等推進チームヘッドおよびアドバイザーがメディアからの取材に対応し、50件以上の関連記事を通して、社会に対する問題提起。
15	財源要求	競技環境、ガバナンス、運営におけるジェンダー平等達成のための適切な財源の確保	ダイバーシティ&インクルージョンに関する研究等の予算を確保。2021年2月以降の取り組みを情報発信のための展示パネル等で公表。専門性と人員の限界から、ジェンダー平等推進チームにアドバイザーを選任し、理事、有識者等で構成される組織委内の人権労働・参加協働WG等の関係者の協力によって進めた
16	NOCおよびIFの主導	いくつかのNOC、IFがすでに女性プログラムへの財源投資を行っていることから他の関連組織にも同様の実践を求める	(OCOGの活動範囲ではないため記載なし)
17	両性における平等な賞金・報酬	NOCおよびIFは賞金や報酬に関するジェンダー不平等を解消する仕組みを確立する	(OCOGの活動範囲ではないため記載なし)
18	ガバナンスにおけるリーダーシップの促進	IOCにおける組織者および役員としての女性候補者を増やすための仕組み作り	この提言はIOCのアクションとして示されたものであるが、趣旨をふまえて組織委では、2021年2月に女性会長が就任し、理事の女性割合を42%に引き上げた。評議員の女性割合は約17%。大会パートナー企業と組織委で好事例共有会を2021年5月に実施。その他「東京2020D&Iアクション」にパートナー企業25社が協力し、宣言を公表
19	IOC委員選出プロセス	多様性および均衡を担保するための選出プロセスの見直し	(OCOGの活動範囲ではないため記載なし)
20	NOCおよびIFの役員選出プロセス	NOCおよびIFの意思決定機関におけるジェンダー均衡を促進する戦略としての役員選出プロセスの見直し	(参考) 2021年に役員改選を迎えた国内25のスポーツ関連組織のうち、女性役員の割合は平均で約26%。改選前に90団体を対象に行われた調査の平均は15.5%
21	役割と責任	IOCと関係組織・関係者は、ジェンダー平等の達成や持続可能性のためには、両性が共に周縁化に対する責任を負うべきことを呼びかけ、組織の運営と意思決定に女性が影響を与える役割や意思決定の責任を担えるようにする	2021年8月1日時点の組織委女性管理職の割合は、特別職及び管理職（局長級、部長級、課長級）のうち約18%。国、地方自治体、企業からの出向者が多いため、多様性を尊重する意識を醸成できる職場であることからアピールしてリクルートを実施。女性職員の活躍事例等の紹介も行った
22	文化および多様性を包摂する組織としての意思決定機関	2017-2020オリンピアードのために持続可能行動計画および2020人的資源開発戦略計画と適合するようIOC人事委員会と連携	「多様性と調和」の大会を担う組織委内部の組織づくり、人づくりを一貫して実施。その他、D&I戦略を策定し、LGBT当事者との交流会、組織委職員へのアンケートにもとづくコミュニケーションマナー集の作成等を実施。職場のセクシュアル・マイノリティへの取組評価「PRIDE指標」でゴールドを受賞
24	ジェンダー平等に向けたリーダーシップ	IOCおよび関係組織の運営に影響を与えるすべてのジェンダー平等活動に関しIOC上層部の役員が調整していくことを確約する	組織委員長、政府担当大臣、開催都市の首長がすべて女性であった。2021年2月の前組織委員会長の発言後にジェンダー平等推進チームを設置し、取り組みを行った
23	人事/監視/対話	監視追跡（モニタリング）の仕組み	本報告書による進捗報告
25	広報計画	本WGの成果を継続的に広く普及し、組織者、アスリート、大会関係者、役員の意識の啓発とエンパワーのための包括的な意思疎通計画の必要性。	ウェブサイトにおける広報、2021年2月以降はジェンダー平等／多様性と調和の専用ページ開設。「多様性と調和」の取り組みを競技会場におけるパネル展示によりスタッフ・関係者に広報、メインプレスセンターでは持続可能性インフォメーションブースで広報

注 23と24の位置が逆になっているのは、該当する領域によるもので間違いではない

5. スポーツの公平性と平等をめぐる課題

近年、スポーツの公平性と平等のバランスをとり、人権侵害のないスポーツのルールのあり方が問われている。このテーマは、特に陸上競技の女性選手をめぐる問題として、戦前からオリンピック史上にみられる。

スポーツでは、競技の公平性の観点から、性別に競う

制度を確立してきた。特に、陸上競技において女性の参加が増加しはじめた1930年代後半から、このテーマは可視化され²²⁾、1936年当時、全米体育協会(AAU)、米国オリンピック委員会(USOC)の会長であり、IAAFの副会長であったアベリー・ブランデージ(Avery Brundage, 1887-1975)が女子競技に参加する選手の性別

に対する疑義への対応を求めたことを起点にしていると考えられる。

第二次世界大戦時期のスポーツ界の混乱により、対応策への検討は一時停滞したが、ブランデーがIOC会長在任時代の1968年グルノーブル冬季五輪において、性別確認検査が開始された。しかし、検査方法の医学的妥当性と人権侵害という2つの観点から、2000年には性別確認検査は廃止されることとなった。

一方で、2008年以降のキャスター・セメンヤ（Caster Semenya, 1991-）選手以降、DSD²³⁾選手の参加資格基準をめぐるのは、セメンヤ選手のほかデュティー・チャンド（Dutee Chand, 1996-）選手らがスポーツ仲裁裁判所に提訴するなどの問題となっている。セメンヤ選手の訴えに関しては、国連人権委員会²⁴⁾や国際人権NGOヒューマンライツウォッチ²⁵⁾などからも人権を尊重するスポーツに対する提言が出されている。

東京2020大会では、トランスジェンダー女性²⁶⁾選手が公表された事例としてははじめて、オリンピック大会に参加した。オリンピックの理念に則れば、LGBTQ+などの性的マイノリティとされる人々の参加は、歓迎されるべきである。一方で、競技の公平性にとっての参加基準については、競技特性に応じて検討される必要があることが指摘されている。

東京2020大会での議論の高まりを受け、IOCは2021年11月に新たな参加ガイドライン「公平で性自認や身体の性の多様性にもとづく排除や差別を容認しないIOCの枠組み」²⁷⁾を公表した。このガイドラインでは、差別を受けることなく、健康、安全、尊厳が尊重される方法でスポーツを行う権利をすべての人に保障することと同時に、競技スポーツ、特にハイレベルな組織された競技大会の信頼性を不公平で不均衡な競争条件によって損なうことがないようにすることをめざしている。

このガイドラインの原則では、①排除がないこと、②選手の心身の健康と福祉が優先され、被害が防止されること、③差別を容認しないこと、④科学的根拠にもとづかないような優位性の推定を行わないこと、⑤基準による参加の制限を行う場合は、倫理的な収集方法によって得られた科学的根拠にもとづき実施すること、⑥不必要な医学的介入などによる健康及び選手の身体の自律性を毀損しないこと、⑦選手その他の影響を受ける関係者が十分な議論を行い、懸念や苦情を表明するための仕組みが整備されていること、⑧プライバシーの権利が守られていること、⑨倫理、人権、法律、科学、医学のシンボを反映するための定期的な見直しを行うこと、が求められている。

おわりに

他の世界選手権やワールドカップ等と一線を画する大会としてのオリンピックの価値は、従来、「オリンピッ

クの理念の追求」に置かれてきた。それは、本稿第1項でみたようなクーベルタンのオリンピック構想がIOCによって引き継がれ、失敗や挫折を繰り返しながらも理念を維持してきたことに支えられてきた。

またスポーツは、どの国においても多額の税を投じて施設やトレーニング環境や人的配備が維持されている。そのことはスポーツの公共性を高めており、とりわけ近年の国際社会では、SDGsへのスポーツの貢献に期待が寄せられている。その状況下で、近年のIOCがビジネスとしての成功とのバランスをとるために、とりわけ力を入れて取り組んでいる課題のひとつが人権の拡大である。

本稿でみたIOCの人権戦略の変化の分析からは、3点に注目することができる。第一は、それぞれのスポーツ組織が規模にかかわらず、明確な理念を提示し、時代や社会の変化に即してその理念を見直すことによって、具体的な戦略を策定するという進め方の重要性である。第二は、国連ビジネスと人権に関する指導原則は、スポーツにおいても無関係とはいえない重要な国際基準として視野に入れる必要があることである。第三は、ジェンダー平等はオリンピックにおける重要な人権課題のひとつに位置づけられており、これへの対応は国内ではスポーツ庁のガバナンスコードに則るだけでは十分とはいえない状況があることである。IOCのジェンダー平等政策は、小規模な国内スポーツ組織やクラブには、すぐには適用できない内容もあるが、規模にあわせて修正し、活用できる内容も含まれている。

陸上競技は、オリンピック史上、戦前の人種差別や女性の参加問題の可視化とそれへの対応にはじまり、近年のDSD選手の参加資格基準など、スポーツにおける人権の拡大をめぐる最前線となってきた歴史を持つ。それぞれの能力や目的に応じて誰もがアクセスしやすい代表的な競技であるからこそ、時代の先端となるような多様性を承認する文化であることが求められる。

そのような陸上競技にとって、本稿で紹介したクーベルタンのオリンピック構想やIOCの人権戦略と課題は、スポーツ組織の政策策定や選手の20年後の将来を見据えた育成の手がかりとなるのではないだろうか。オリンピックが本来めざしていること、オリンピックが他の国際競技大会とは異なる理由について、スポーツ現場の日常で草の根レベルから明確に伝えることは、競技力の向上だけでなく、スポーツ文化全体を支える人々を増やすことにつながるだろう。

東京2020大会で関係者が認識したことのひとつは「オリンピック大会は開催されないこともあり得る」という、冷徹な事実であった。実際、変化する国際情勢の中で、テロ、災害、感染症のパンデミックなどの不測の事態によって大会が開催されない状況は、今後も生じ得る。そのような事態においても、選手たちがスポーツの意義や

選手としての存在意義を見失わないでいられる情報を日頃から提供し、言語化するために支援することは、すべてのスポーツ関係者の責務であるように思われる。

最後に、2022年北京冬季五輪の閉会式を総括したNHKアナウンサーの言葉を紹介しておきたい。ここには、私たちスポーツ関係者がめざす選手たちの姿が示されている。そうした選手たちの生き方を支えるのは、人権に配慮したスポーツ界の土壌に他ならないだろう。

選手たちはこの地で、勝負、記録、環境、相手、そして過去の自分、いろいろなものと闘っていました。その中でこのオリンピックを通じて、選手たちから一番感じたのは、自分らしさとは何かを考え、つきつめ、表現していく姿と言葉。

最後、直線コースで追い抜かれても、終始レースを引っ張った渡部暁斗選手、4回転半ジャンプを諦めなかった羽生結弦選手、体力限界ぎりぎりでも5種目に挑戦を続けた高木美帆選手。勝ち負けだけではない、自分がどうありたいか、それを追及してまた前を向いていく。私たちの人生は自分と向き合うことの連続ですね。その姿がこのオリンピックにはたくさん詰まっていました。

注

- 2022年1月29日付東京新聞。期間の調査は坂上康博氏（一橋大学大学院）による。
- 来田享子（2020）オリンピック憲章における「スポーツ」一考察，現代スポーツ評論 42：82-90。
- 和田浩一（2016）クーベルタンが考えたオリンピック（日本体育学会第66回大会専門領域体育史シンポジウム「歴史学から考えるオリンピック」記録），体育史研究第33号：33-39。
- IOC（2021）Olympic Charter. p.18.
- IOC（2021）Olympic Charter. p.94.
- IOC（2020）Annual Report 2020. https://stillmed.olympics.com/media/Documents/International-Olympic-Committee/Annual-report/IOC-Annual-Report-2020.pdf?_ga=2.104736384.126839303.1645861368-1169897531.1620441674
- IOC（2021）Olympic Charter. p.9.
- 当時の国際陸上競技連盟は、1912年設立時のInternational Amateur Athletic Federationを正式名称とし、2001年にInternational Association of Athletics Federationsへと改称、2019年に現在のWorld Athleticsとなった。本稿ではそれぞれの文脈の時代における当時の組織名称の略称を用いた。
- 来田享子（1998）アムステルダム大会への女子陸上競技採用決定直後のFSFIの主張：FSFIとIOCの往復書簡の検討から，体育学研究 43（2）：91－101。
- 日本国内では、東西冷戦時代における1980年モスクワ大会および1984年ロサンゼルス大会の2大会の印象が深い。この理由は1980年大会に日本代表選手団が派遣されないという、日本のスポーツ界が直接的に関わったボイコットであるためだと考えられるが、この2大会のボイコットは、国同士の政治的対立によるものであり、本稿であげた例とは性格が異なると捉える必要がある。
- 来田享子（2016）オリンピック・アジェンダ2020を読む－東京大会には何が求められているのか－，石堂典秀・大友昌子・木村華織・来田享子編著『知の饗宴としてのオリンピック』，エイデル研究所，pp.176-206。
- Amnesty International（2007）Media Kit “Legacy of the Beijing Olympic – China’s Choice”
- IOC（2008）Minutes of the 120th IOC Session, p.32.
- 黒須朱莉（2013）IOCによるオリンピック休戦アピールの決議決定－1992年第99回IOC総会議事録と国内外の新聞資料を手がかりに－，スポーツ史研究 26：17-31。
- 建石真公子（2014）人権とオリンピック・パラリンピック－イギリス，ロシア，ブラジル，韓国共同声明く解説く，スポーツとジェンダー研究 12：148-150。
- 前掲注14，資料翻訳紹介：147-148。
- JOCによるオリンピックアジェンダ2020の訳は次のURLから閲覧することができる。https://www.joc.or.jp/olympism/agenda2020/pdf/agenda2020_j.pdf
- 新井喜代加，石原康平，大勝志津穂，来田享子（2018）海外文献紹介：IOCジェンダー平等再検討プロジェクト（2018）IOCジェンダー平等報告書，スポーツとジェンダー研究 18：97-114。
- 公益財団法人東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会（2021）TOKYO2020「多様性と調和」におけるジェンダー平等報告書。
- JOCによるオリンピックアジェンダ2020+5の訳は次のURLから閲覧することができる。https://www.joc.or.jp/olympism/agenda2020/pdf/agenda2020-5-15-recommendations_JP.pdf
- Prince Zeid Ra’ad Al Hussein and Rachel Davis（2020）Recommendations for an IOC Human Rights Strategy. この文書は、IOCが2018年末に新たな人権諮問委員会を設置し、その委員長らに人権に関する戦略的枠組みに関する提言を依頼したことを受け、作成されたもの。
- 来田享子（2021）1968年グルノーブル冬季五輪における性別確認検査導入の経緯－国際オリンピック委員会史料の検討を中心に－，楠戸一彦先生退職記念論集刊行会編『体育・スポーツ史の世界－大地と

人と歴史との対話』, pp.103-118. 溪水社.

- 23) DSD は Differences of Sex Development の略。医学的には性分化疾患とされ, 「身体の性に関する多様な発達の状態」を意味する。DSD には様々な状態があり, スポーツに対する影響に関するエビデンスは十分には得られていない。当事者の性自認は女性／男性のいずれかで明確である場合が多く, 中間性, 男でも女でもない性などの表現は, DSD 当事者の人権侵害にあたる。
- 24) United Nations Hight Commissioner for Human Rights

(2020) “Intersection of race and gender discrimination in sport”, A/HRC/44/26, 15 June 2020.

- 25) Human Rights Watch (2020) “They’re Chasing Us Away from Sport: Human Rights Violations in Sex Testing of Elite Women Athletes”.
- 26) 出生時の性別が性自認とは異なり, 男性として割り振られた女性。
- 27) IOC (2021) IOC Framework on fairness, inclusion and non-discrimination on the basis of gender identity and sex variations.

東京 2020 陸上競技における医療救護活動

加藤 基 (帝京大学)
松尾信之介 (大阪学院大学)
眞鍋 芳明 (中京大学)

1. 救護体制構築の必要性

陸上競技大会は、Field of Play (以下、FOP) と呼ばれる競技エリアやその付近に選手と競技役員しか入れないこと、異なるチームに所属する複数の選手が参加していること、複数の種目が同時に開催されること、競技会場が広いことなどの点で、他の競技種目とは異なる特殊性を持っている。また種目によって発生する外傷・障害やアクシデントが異なっており、救護体制を構築するためには陸上競技に対する理解が必要不可欠である。

図1には東京2020オリンピック陸上競技の3日目(8/1) モーニングセッションの競技会タイムテーブルと競技実施場所を示した。複数種目が同時に、かつ数時間にわたって入れ替わりながら実施され、競技エリアも広いことがわかる。

球技系競技や競泳、器械体操など他の個人競技でも、大会公式の医師や救護係が配備されることもある。対戦型競技であれば、チーム関係者が競技エリアの付近に待

機しており、すぐに自チームに起きたアクシデントへの対応を行いやすい。また競泳では複数種目が同時並行的に実施されることは原則なく、器械体操では多項目実施されるが各種目1名ずつの参加で競技が行われる。

トラック & フィールドの競技会では競技会運営として競技特性を熟知した人員による救護体制の構築が求められる。今大会では、国際オリンピック委員会(International Olympic Committee: 以下、IOC)と大会組織委員会が計画した医療サービスの計画を元に、国際陸上競技連盟(World Athletics: 以下、WA)が定める陸上競技会での医療ガイドライン(World Athletics Competition Medical Guidelines)¹⁾に基づいて救護体制を整えた。公益財団法人日本陸上競技連盟(以下、日本陸連)の医事委員会では、日頃から安全な陸上競技会開催のため、人材育成と競技会への派遣などを行っており、東京2020オリンピック陸上競技においてもその経験を生かしながら活動を行った。

時刻	種目	男女	フェーズ	組数	選手数	開始	所要時間	公式練習	競技時間	終了時刻	通過条件	通過条件
9:10	ハンマー投	女	予選A	16		01:10	48	0:30	0:56	10:06	73.50	
9:40	3000m 競歩	女	予選	3		15:00	0:10	0:05	0:40	10:20	3+6	
9:50	走幅跳	女	予選AB	16		01:25	48	0:30	1:08	10:58	6.75	
10:35	砲丸投	女	決勝	12		01:10	36	0:30	0:42	11:17		
10:40	ハンマー投	女	予選B	16		01:10	48	0:30	0:56	11:36	73.50	
10:45	400m	男	予選	6		08:00	0:01	0:06	0:41	11:26	3+6	

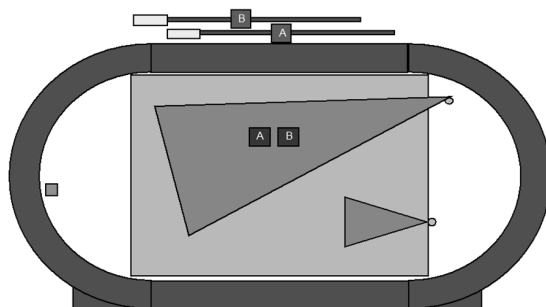


図1 東京2020オリンピック陸上競技の日程例
(2021年8月1日モーニングセッション)

2. 活動者の資格背景とルール

Athlete Medical Supervisor（以下、AMSV）を選手対象の医療救護体制の統括とし、その下にスタッフが派遣され活動を行った。図2は今大会における医療体制と統括者、および理学療法士（以下、PT）や Athlete Care Assistant（以下、ACA）の都道府県別派遣人数である。

日本陸連では、医事委員会トレーナー部に登録している者が、陸上競技大会において「トレーナー」として活動している。今大会ではIOCの規定に則り、医療資格によってPTとACAとして区分され活動を行った。下記資格を保有する者をACAとし、医師やPTの指示のもと選手の対応に当たることとなった。

・救命救急士・はり師・きゅう師・あん摩マッサージ指圧師・柔道整復師・作業療法士・アスレティックトレーナー資格（JSPO-AT・NATA・CATA）・海外の理学療法士資格

陸上競技には競技者に対する助力に関する定めがある。このルールでは「診察、治療、理学療法は、主催者によって任命され、（中略）識別可能な服装を着用した公式の医療スタッフが（中略）行うことができる」（競技規則第144条²⁾とされている。そのため、今大会ではFOP救護ステーションだけでなく、全ての医療救護スタッフは、ビブスによりメディカルスタッフとして識別可能な服装をしていた。医師、看護師、PTはMedicalと書かれた赤いビブスを、ACAは白いビブスを着用した。競技者のファーストコンタクトや処置は赤ビブス着

用者とし、そのサポートを白ビブス着用者が行った。

3. 医療救護体制の配置と役割

日本陸連では、主催大会を中心としてこれまでもスリーステーション・サポートシステムという体制を採用してきた。スリーステーション・サポートシステムとは、競技会場およびその周辺内に、役割の異なる3種のステーション（拠点）を設置し、その3者が連携して安全な競技会の実施と選手支援に貢献しようとするものである。役割の異なる3つのステーションとは、アスリートメディカルステーション（以下、AMS）、FOP救護ステーション、トレーナーステーションである。

今回の東京2020オリンピック陸上競技においても、IOCやWAと相談の上、上記のような救護体制を構築し、相互に連携し合って活動を行った。なお、COVID-19の拡大により、最終的にトレーナーステーションは設置せず、ウォームアップエリアに医務室を設けた。

3-1. AMSとHeat Deck

A) AMS

AMSは競技者のための医務室である。外傷・障害を負った選手や体調不良を起こした選手に対して処置を行う。今大会においては、図3（A）の通り、国立競技場のゴール近くに設置され、医師（4名程度）、看護師（3名程度）、PT（2名）、ACA（10名）が常駐した。

医務室内部の様子は図4の通りである。主にFOP救護の人員と連携をとり、FOPや待機場所などから救護

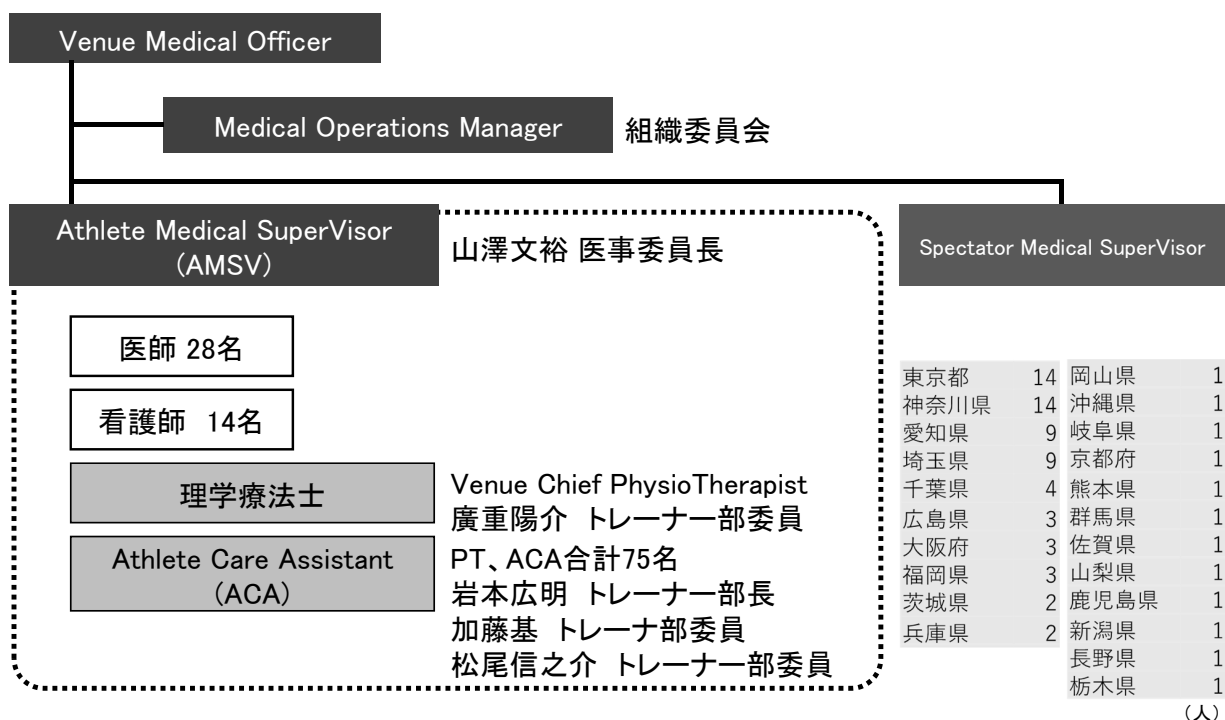


図2 東京2020オリンピック陸上競技の組織図と都道府県別派遣者数

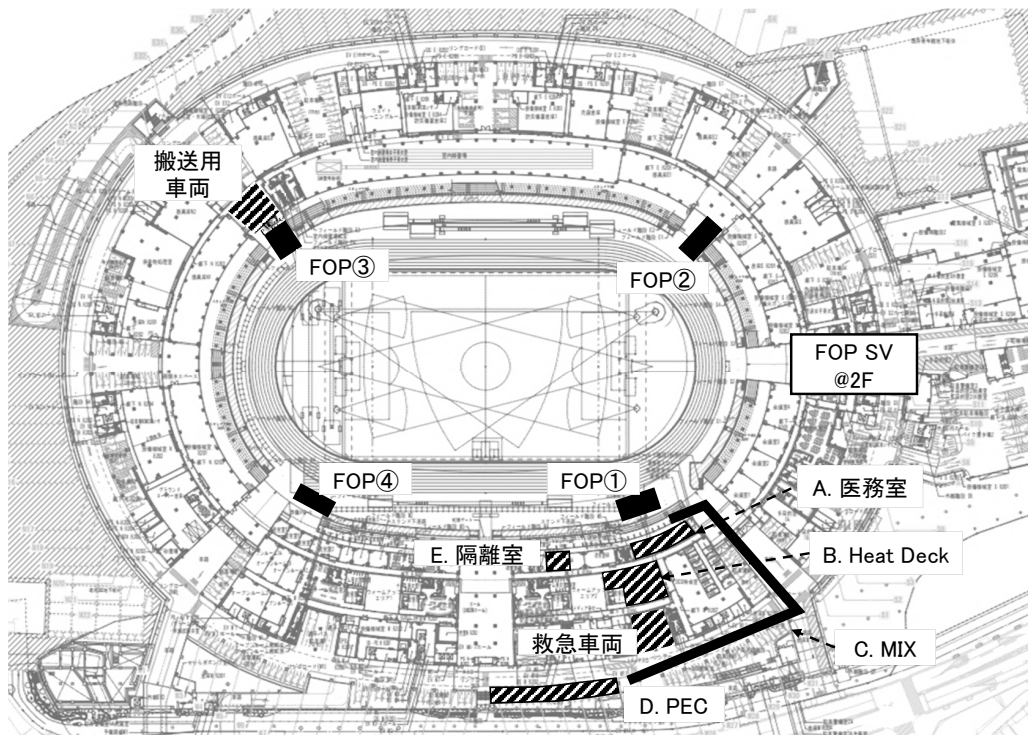


図3 国立競技場内の各ステーション配置

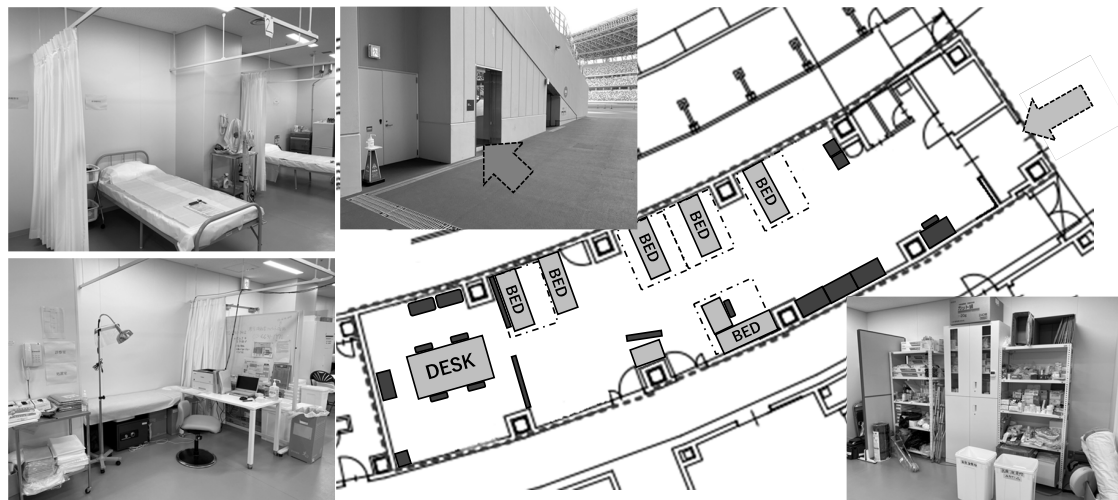


図4 国立競技場内の選手用医務室の様子

が必要な選手を医務室に搬送した。その後、医師の指示のもと医務室内で選手の対応にあたり、その場での処置だけでなく、状態によっては医療機関への搬送や選手村ポリクリニックへの引き継ぎが行われた。特に労作性熱中症が疑われる場合には、直腸温測定後に Heat Deck に移動し、CWI (cold water immersion) やアイスタオル療法を実施した。

B) Heat Deck

熱中症症例に対して、Cold Water Immersion (冷水浸

漬：以下、CWI) を実施する場所を Heat Deck という(図3 (B))。医務室に搬送、もしくは自力で訪れた後、労作性熱中症が疑われる場合には深部体温として直腸温を測定し、重度である場合にはアイスバスへの浸漬、中程度以下であればアイスタオルを用いた冷却が行えるよう準備を行った³⁾。この際、医師と看護師で体温のモニタリングや全身所見の観察等を行い、PT と ACA で移動や体勢の保持、タオルの交換などを実施した。図5は大会期間中に実施した研修の様子(傷病者役は選手ではない)である。



図5 Heat DeckにおけるCWIの例
上：直腸温をモニタリングしながらのアイスバス
下：左はアイスタオル実施中、右はアイスバスから経過観察への移乗

3-2. FOP 救護ステーション

FOP 救護ステーションは、競技会が安全かつ円滑に実施されるために、FOP での事故の予防、観察、搬送を行う。その場で完結するごく簡単な処置は例外として、原則は傷病者を発見し、必要に応じてメディカルステーションに搬送することを主たる役割とする。

今大会での FOP 救護ステーションの配置は図 6 の通りである。各コーナーに 1 班ずつ、原則 5 名（医師 1 名、PT1 名、ACA3 名）の配置を行った。また広い競技エリア全体を観察するため、観客席上段から競技エリア全体を俯瞰する FOP スーパーバイザー（FOP SV）を配置した。FOP スーパーバイザーは、FOP 救護各班に対して、配置や観察範囲などについて指示を与え、FOP 救護の統括者としての役割を担った。FOP スーパーバイザーが指揮をとれない場合には、ゴール地点の FOP 救護リーダーがその役割を担った。

オリンピック、世界選手権、アジア大会などのような大きな競技会では、競技終了後の選手が大会の管理エリアから出るまでに、メディア対応などのために数百メートルの動線を移動しなくてはならない。このようなメディア対応のエリア（MIX エリア）や荷物の受け取りエリア（ポストイベントコントロールエリア：PEC）では、競技終了直後には問題がなかった選手が、移動している最中に体調不良に陥ることも多い。今大会では

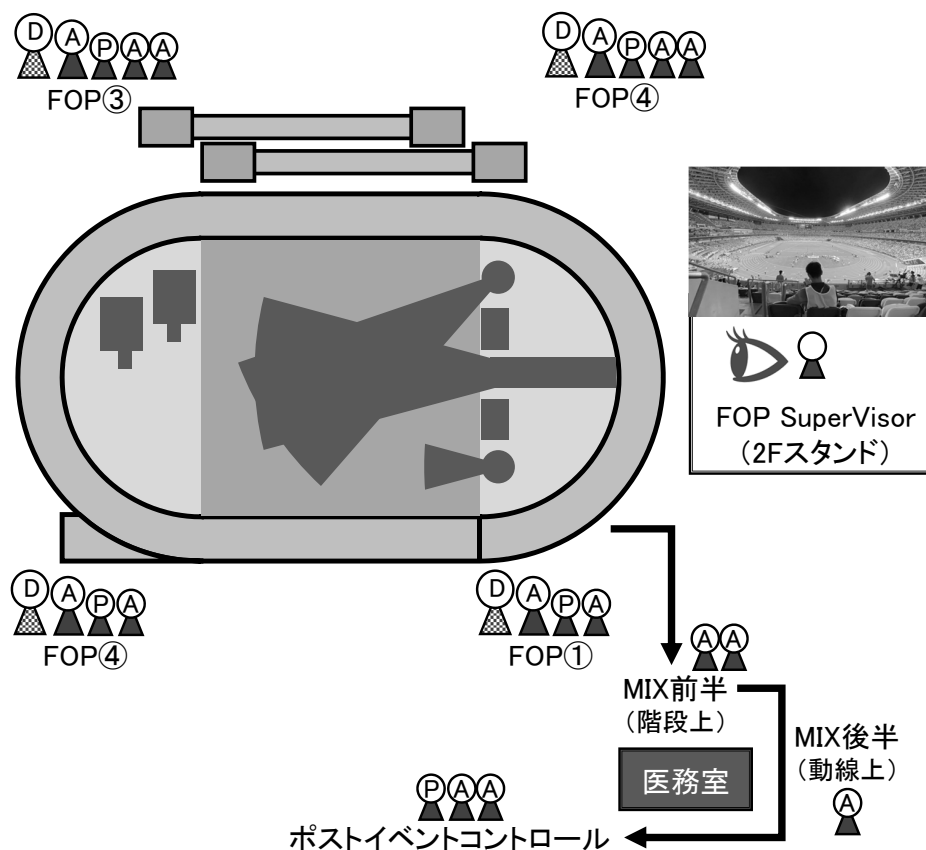


図6 FOP 救護全体の配置

MIX エリア (図3 (C)) や PEC (図3 (D)) にも人員を配置した。FOP ①から FOP ④と階段上 MIX の様子は図7の通りである。

これがトラック & フィールドの競技会で想定できる最大の FOP 救護体制であり、通常の国内の競技会であれば、規模や活動する救護担当者の数に FOP 救護体制規模は左右される。

3-3. ウォームアップエリア医務室

前述の通り、本来であればウォームアップエリアにトレーナーステーションを設け、選手のコンディショニングやケアを行う予定であった。しかし COVID-19 の拡大により、トレーナーステーションの設置は行わず、医務室のみを設置した。このウォームアップエリア医務室には、医師 (1 名)、看護師 (1 名)、PT (2 名)、ACA (7 名) を配置し、医務室来訪者への対応に加えて、ウォーミングアップエリアでの事故の予防、観察、搬送を担った。

3-4. 練習会場

練習会場として、ウォーミングアップエリアの他に、江戸川陸上競技場と代々木陸上競技場が開設された。こちらも傷病者の対応と、練習エリア内の事故の予防、観察、搬送のため、PT (1 名) と ACA (1 名) をそれぞれ配置した。

4. 準備物

IOC と大会組織委員会が主となり物品は準備された。下記は FOP 救護が配置箇所に持参した物品の一例である。

・救護バッグ (3 種類)、AED、スクープストレッチャー、車椅子、クーラーボックス (中に氷)

救護バッグは、衛生材料やハサミなど軽度の外傷処置に必要な物に加え、大量出血や変形、心肺停止時など重篤な事象にも対応できるよう準備された。これら物品を各 FOP 救護班は持参し、競技進行や放映への影響も配慮しながら、着席にて競技者を観察した。

5. 実際の活動

5-1. FOP 救護

FOP 救護の各人員の役割は図8の通りである。FOP 各班の連絡にはトランシーバーを使用した。トランシーバー保持者であるリーダーは、原則直接の処置者にならないよう、ACA のうち陸上競技救護活動の熟練者が担った。

競技実施中には各種目を観察し、傷病発生状況を見逃すことのないよう注意し観察する。観察中は、FOP スーパーバイザーや他班と連携をとり、観察しにくい場所の確認や異常を感じさせる選手の情報の共有が大切である。

アクシデント発生時には、ACA ① (図6) がトランシーバーで FOP スーパーバイザーおよび他班に救護行動に入ることを伝え、医師 (多重の場合には PT) とともに傷病者に近づく。このとき周囲の競技役員 (審判) に競技エリアへの侵入の許可を取り、そのうえで競技の進行状況をよく確認し、競技の妨げにならないように注意する。残りの班員は、初動の 2 名の動きに注意しながらも、継続中の競技の観察を継続する。駆けつけた医師や PT

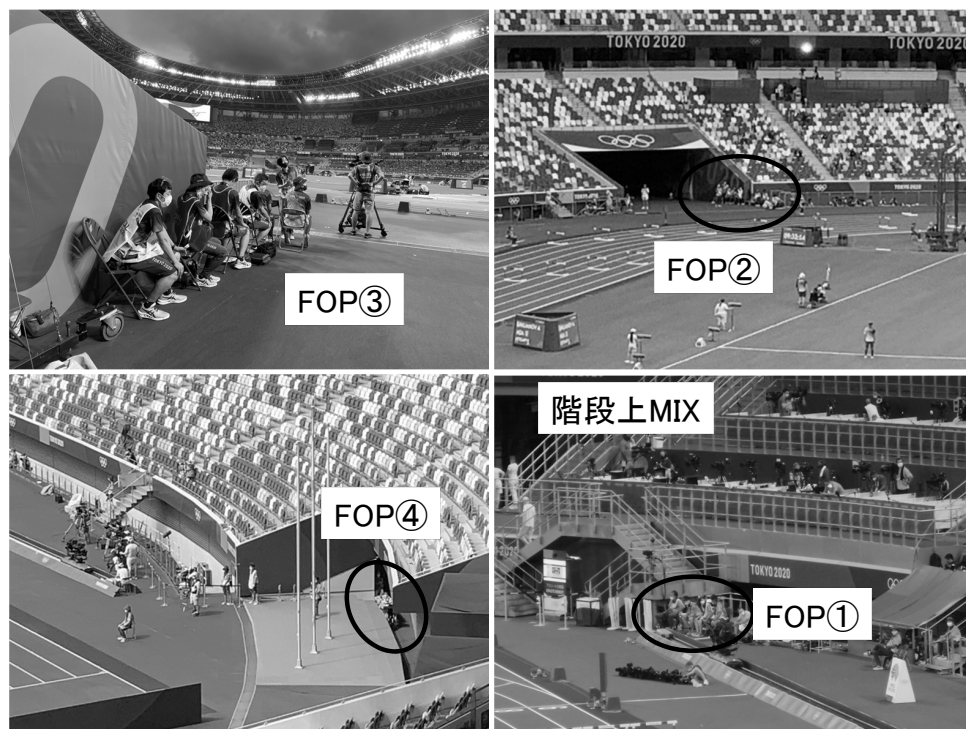


図7 FOP 救護の様子

医師	駆けつけ・声掛け、状態確認、対応指示
ACA①	リーダー、連絡、医師補助
PT	処置／医師補助／観察継続
ACA②	物品／搬送
ACA③	観察継続／搬送

図 8 FOP 救護における役割分担

は、傷病者に対して救護担当者であることを告げ、救護の必要性を確認する。傷病者から救護の必要性について確認をとれるか、明らかに救護が必要だと判断できる場合は、原則として競技の妨げにならない安全な場所に移動させ、その後に搬送や手当などの必要な対応を行う。ただし、生命に関わる緊急を要する事態の場合は、その場で対処を行う。搬送や手当に人手が必要な場合は、FOP スーパーバイザーを通じて医務室に原則 ACA の派遣を要請する。

他の班が救護行動に入った場合、残りの班は継続中の競技の観察範囲を広げるとともに、FOP スーパーバイザーと相談の上、応援要請があった場合に迅速に向かえるように準備する。

5-2. 競歩・マラソン会場における FOP 救護

競歩およびマラソン競技は札幌会場にて実施された。図 9 は競技日程および救護活動時間である。8 月 7 日の 7:00 から開始予定だった女子マラソンは前日 17:00 に 1 時間繰り上げることが決定、通知されて 6:00 開始となった。図 10 は男女 20km 競歩における FOP 救護配置図である。南北一直線 1km の周回路を 20 周回行うものであり、コースの端から端まで目視できる状態での救

護活動であった。FOP 救護所を 2 ヶ所に設置した。救護システムは東京会場と類似したものであり、FOP 救護を統括する救急情報管理者（ACA）および FOP の ACA1 名がトランシーバーを保持した状態で救護活動を行った。アクシデントが発生した場合、現場の ACA が救急情報管理者と連携をとりながら医師（多重の場合は PT）ともに対応、搬送が必要な場合は車椅子にて AMS に搬送するようにした。なお、AMS には Heat Deck を設置し、熱中症に陥った競技者に対して、CWI やアイスタオル療法を実施した。

男子 50km 競歩においても救護体制は同様であるが、コースが南北に 500m ずつ延長された 2km の周回路を 25 周回行うものであったため、FOP 救護所を 4 カ所に増設して救護活動を実施した。

図 11 は男女マラソンコース概要および FOP 救護配置図である。マラソンコースは札幌大通り公園をスタートし、南下しながら南ループを一周して大通り公園へ戻った後、北上し北海道大学構内を通過する北ループを三周するという大きな周回路であった。救護人員の都合上、FOP は南ループに 2 カ所（最終ランナー通過後は AMS へと撤収）、北ループに 2 カ所と北海道大学構内に 1 カ所のみとした。そして札幌市の救急車 2 台、民間救急車 2 台、メディカルカー（ワンボックスカー）が 2 台の合計 6 台がランナーに随行し各車両に乗車している医師が、AMS に併設されたコントロールセンター内に待機している救急情報管理者と無線で連携を取りながらアクシデントに対応した。コントロールセンター内には各車両の位置情報を GPS を用いてリアルタイムに把握できる救護 navi（アールビーズ社製）を設置し、救急情報管理者が常に把握できるようにした。さらにコース上には約 180 名の消防職員、多数の警察官（およそ 100m 毎に 1 名程度配備）が配備、コントロールセンター内にいる各責任者と無線で連携を取り、アクシデント発生時に即座に状況を把握できるようにした。アクシデント

競技日程

8月5日（木）	16:30	男子20km競歩
8月6日（金）	5:30	男子50km競歩
8月6日（金）	16:30	女子20km競歩
8月7日（土）	6:00	女子マラソン
（※前日17時に当初の開始時間7:00より変更通知）		
8月8日（日）	7:00	男子マラソン

活動時間

8月5日（木）	13:30～20:00
8月6日（金）	2:00～12:00
8月6日（金）	13:00～20:15
8月7日（土）	3:30～12:15
8月8日（日）	3:30～12:00

図 9 競歩およびマラソンの競技日程および救護活動時間

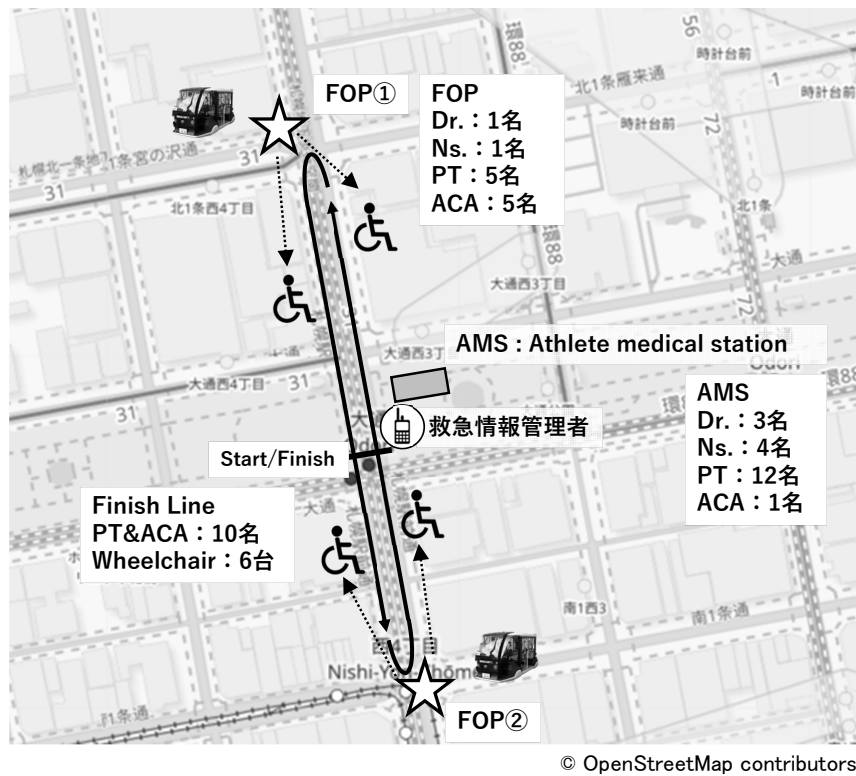


図10 男女20kmにおけるFOP救護配置図

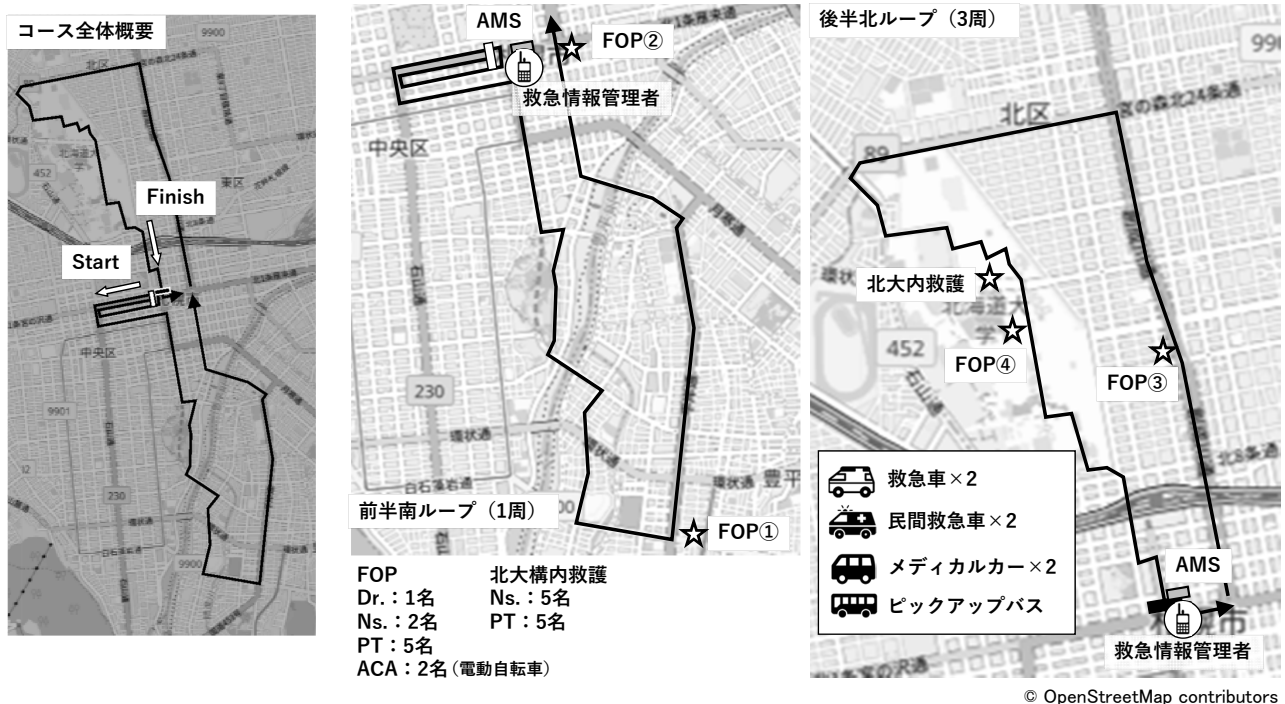


図11 男女マラソンコース概要およびFOP救護配置図

発生時は、その情報を救急情報管理者へと集約し、一元化された指示系統によって各車両、各FOPおよび競歩・マラソンAMSが対応した。

5-3. 感染対策

大会組織委員会が作成した「医療行為における感染症対策マニュアル(競技会場) Ver.3」に基づいて、COVID-19への対策を行った。医務室とは別に隔離室(図3(E))を設け、傷病者の感染疑いや、濃厚接触者が傷

病者となった場合には隔離室へ搬送することとした。活動者は、基本的な手指の洗浄や消毒、サージカルマスクの着用は常時徹底され、毎日 PCR 検査を行った。また FOP 救護で活動を行い際には、サージカルマスク、手袋、アイ（フェイス）シールドを着用し、必要に応じてガウンやキャップが着用できるよう準備した。

6. まとめ

日本陸上競技連盟医事委員会およびトレーナー部は、これまで様々な国際競技会を国内で経験しており、その経験から競技者の健康確保と競技会の円滑な運営のために、役割の異なる3つのステーション、すなわち Athlete Medical Station (AMS)、FOP (Field of Play) 救護ステーション、トレーナーステーションを設けてきた。東京 2020 陸上競技の実際の医療活動を紹介したが、これまでの国際競技会での経験が大変に役だった。また、今回のオリンピックの円滑な救護活動の実践を目指し、様々なトレーニングを行い、競技者の救護活動のレベル

アップにつながった。全国から集まった陸連トレーナー部員が、後輩のトレーナーに経験を伝え、オリンピックのレガシーとなることを期待したい。しかしながら、陸上競技の救護活動において経験を多く持つトレーナー、すなわち ACA、が IOC の指示により活動範囲が狭められたことは残念であった。

参考文献

- 1) World Athletics: World Athletics Competition Medical Guidelines - October 2020 Second Edition (<https://www.worldathletics.org/about-iaaf/documents/health-science>)
- 2) 公益財団法人日本陸上競技連盟：陸上競技ルールブック 2021 (<https://www.jaaf.or.jp/about/rule/>)
- 3) Hosokawa, Y., Casa, D. J., Racinais, S. (2020). Translating evidence-based practice to clinical practice in Tokyo 2020: how to diagnose and manage exertional heat stroke. British journal of sports medicine, 54 (15), 883-884.

パラリンピック陸上競技における救護活動の留意点

廣重陽介（環太平洋大学）

加藤 基（帝京大学）

武井隼児（水戸協同病院）

山田陸雄（流通経済大学）

1. はじめに

スポーツ活動を行う上で、不慮の外傷および障害は度々発生する。外傷や障害が発生した場合、迅速に適切な処置を行うことで外傷や障害に伴う二次的な損傷・障害を最小限にすることができる。また、陸上競技においては競技会における外傷や障害の発生が一定数見られ（Edouard et al., 2016）る。加えて、陸上競技大会の特殊性として、広い競技会場で複数の種目が同時に開催されること、競技エリアに入ることができるのは選手と競技役員のみであることから、競技会の安全管理および救急処置の役割を担う救護活動は重要となる。

2021 年、当初の予定から 1 年遅れでパラリンピックが東京にて開催された。それまで本邦のパラ陸上競技においては、組織的な医務活動がなされた報告はなく、東

京でのパラリンピックが初めての試みとなった。筆者らは、この大会に医療救護スタッフとして参加し、救護活動を経験した。本稿では、その救護活動経験や先行研究を踏まえ、パラ陸上競技における救護活動の在り方についての議論をすすめる一助となる情報提供を行うことを目的とする。尚、本稿ではオーバーユースによる障害を「障害」、パラアスリートがもつ肢体の機能低下や欠損、知的・視覚障害を「障がい」と表記する。

2. パラ陸上競技における救護活動の準備

2.1. 障がい特性と競技規則の把握

2021 年に開催された東京パラリンピック陸上競技において、図 1 に示される多様な障がい種別およびクラスにて 167 種目の競技が開催された。同じ障がい種別にお

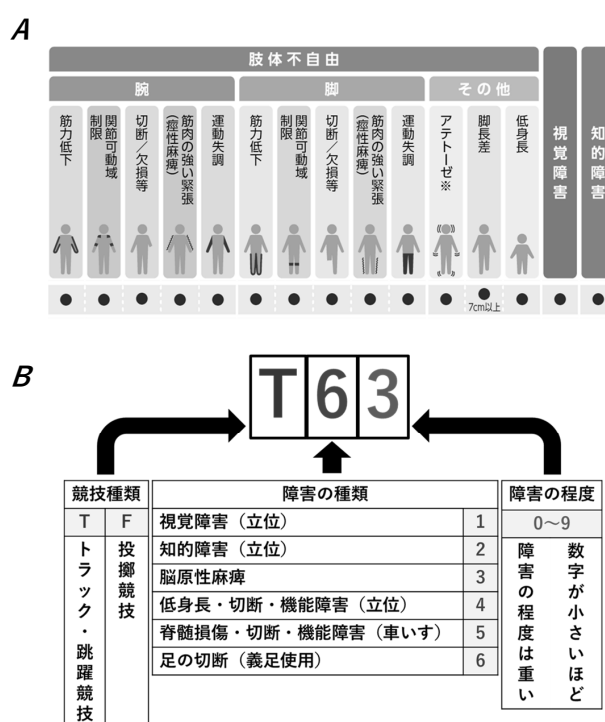


図 1 パラリンピック陸上競技における障害種別（A）とクラス分け（B）

A は https://www.2020games.metro.tokyo.lg.jp/docs/hakkutsubook_single.pdf より引用、一部改変

いても、その重症度によりクラスが分けられるため、同一の障がい種別内においても運動の特徴など着目する部分が異なることが多い。例えば表1のように、脊髄損傷における麻痺を有する選手の車いす競技では、その残存機能により車いすの駆動方法が異なるため、起こりうる問題もクラスにより変わってくることが考えられる。また、暑熱環境における体温調節機能を考慮した場合、頸髄損傷者は発汗機能や皮膚血流量の調節が難しいこと、四肢欠損者は体表面積の減少による熱産生がしづらいこと、知的障がい者は状況に応じて着衣量を調節したり、水分補給をしたり、練習量やペースを調節する行動性体温調節が困難である可能性があること、などを念頭に置かなければならない（上條ら、2020）。

医務処置およびそれに関わる助力に関する競技規則については、健常の陸上競技と同様の明記がされている（日本パラ陸上競技連盟、2020）、しかしながら、健常の陸上競技と比較し基礎疾患やそれに付随するアクシデントの多様性を考慮し、救護観察の配置を競技エリアにより近い位置にし、搬送などの対応にスピード感をもって備える必要があると考える。

2.2. 過去の外傷等のデータ

パラ陸上競技会における外傷データの先行研究は極めて少ない。Blauwet et al. (2016) は、(1) トラックの立位種目において、切断、視覚障がい選手の傷害（急性外傷、慢性障害を含む）発生率が高いこと、(2) 立位種目は座位車いす種目の2倍の傷害発生率であること、(3) フィールドの投擲種目では低身長選手の傷害発生率が高いこと、(4) 急性外傷はオーバーユースの慢性障害より発生件数が多いが短期間で復帰する外傷が多いこと、

などを示している。加えて、件数は多くないが、トラック競技長距離種目のオープンレーンで行われる車いす競技におけるクラッシュによる重篤な高エネルギー外傷についても迅速かつ正確な対応を想定しておく必要がある。Silver et al. (2013) は、視覚障がい選手における競技会中の傷害調査を実施し、大腿および膝の筋・腱損傷、靱帯損傷が多かったことを報告している。以上のように、パラ陸上で起こる外傷については、障がいやそれに伴う用具に関連した外傷と、健常の陸上競技においてみられる外傷が混在することが考えられる。

また、競技会中における暑熱関連の問題として、Globler et al. (2019) は、2015年に開催された世界パラ陸上競技選手権大会において、暑熱環境（大会中の午前セッションの半分の時間帯がアメリカスポーツ医学会の定める運動中止の湿球黒球温度（Wet Bulb Globe Temperature: WBGT）を超えていた）にもかかわらず、熱中症罹患選手が少なかったこと（7件、うち医療機関搬送3件）も報告している。

2.3. 医療器材と用具の確認

健常の陸上競技と同様、パラ陸上競技においてもスタジアム救護における主な役割は想定できる事故の予防、観察、事故発生時における早期発見と最低限の応急処置および搬送となる。したがって、これらがスムーズに行えるような器材の準備が必要となる（表2）。東京パラリンピックでは競技場内救護の各観察地点において医師とチームを組み救護活動を行ったため、これらに加えて医療用器材も各救護地点に携行した（表3）。さらに、昨今のコロナ禍など感染症対策として、救護観察、対応における感染リスクを軽減するためにマスクやガウンや

表1 クラス別に見た脊髄損傷選手の残存機能と駆動の特徴の例

クラス		T51	T52	T53	T54
損傷高位		C5/6	C7/8	T1-8	T9-S4
運動機能	体幹筋	×	×	×	○
	手指屈筋	×	×	○	○
	肘伸筋	×	○	○	○
駆動の特徴		手背をハンドリムに押し付けて、リムの下から上に向かって肩甲骨、肘屈筋を使って駆動する	肘伸筋の使用が可能のため、ハンドリムの上から前方へのプッシュが可能。リムを手指で握ることは不可	上肢機能は保たれているため、T52の特徴に加え、母指・示指周囲でハンドリムの前面を下方にプッシュして力強く駆動する	上肢、体幹の機能は保たれているため、体幹前傾保持のまま、上肢全体を用いて駆動する

表2 スタジアム救護において必要な器材

救急対応用器材	自動体外式除細動器 (Automated External Defibrillator: AED), 人工呼吸用マスク・バックバルブマスク, 氷, クーラーボックス
搬送用器材	スクープストレッチャー, 車いす
固定用器材	テーピング, 頸椎カラー, 副子, 骨盤ベルト, 三角巾
熱中症用器材	氷, アイスタオル, 経口補水液
創傷処置用器材	水, 止血用滅菌ガーゼ, ビニール手袋

表3 スタジアム救護において携行した医療用器材

救急対応用器材	換気障害 (気道確保や呼吸不全) 用の挿管チューブ・バックバルブマスク・携帯用酸素ボンベ・経口エアウェイ・経鼻エアウェイ・ハンドサクション (手動吸引器) ・マギール鉗子
重症疾患への即時的な治療のための薬剤	心停止におけるアドレナリン・アミオダロン

ゴーグルなどの準備や, 選手のプライバシー保護の観点から報道や観客の視点に配慮するためのタオルが必要なケースも考えられる。

2.4. 環境への対処

競技会実施時の環境を考慮した準備も行わなければならない。その一例が暑熱対策となる。前述した通り, パラアスリートは体温調節機能が低いケースもみられるため, その準備にはより入念な配慮が必要となる (図2)。8月下旬から9月上旬にかけて, 9:00-13:00, 19:00-22:00の時間帯で開催された東京パラリンピックでは, 午前セッションの20%の時間にて, 日本スポーツ協会熱中

症予防のための運動指針の定義における「原則中止」とされる WBGT31℃以上が確認された。

2.5. スタッフ配置計画およびスタッフの選出

競技会救護活動は, 陸上競技 (パラを含む) 特有の外傷・障害, 救護活動に関する競技規則などを鑑み, 原則として陸上競技の救護活動に慣れている者を中心に実施することが望ましい。また, 同一時間に複数エリアで競技を行うこと, 観察地点によっては死角となる場所が存在することから, できるだけ多くの配置箇所で見守りを行うように配置計画を立てたい。救護観察における配置位置については, スタジアム全体の観察が可能となるよう

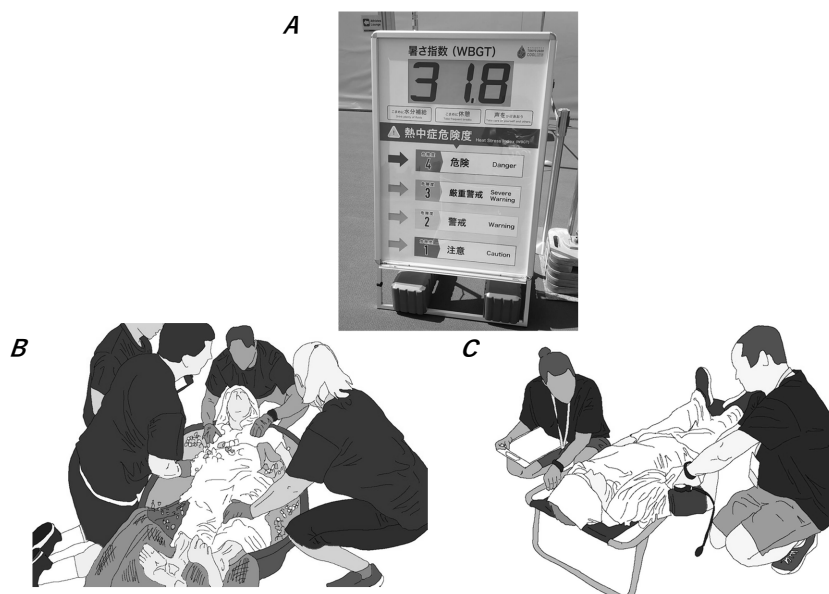


図2 暑熱環境における対策
WBGTのフィードバック (A), アイスバス (B), アイスタオル (C) (B, CはHosokawa et al., 2021より引用)

なグループ数、人数で配置を行う。加えて、搬送先となる医務室までの動線や搬送資器材の特性を考慮し、安全に搬送を行うために必要な人数をグループ内に配置することも必要とされる。また、競技終了後のミックスゾーンなどにおいても体調不良を訴えるケースは少なくなく、必要に応じてそちらへの配置も検討すべきである。さらには、炎天下や雨天時などの長時間の観察は救護を実施する側においても過負荷となるため、適度に休息を取れるようにシフトを組むことも考慮する。

東京パラリンピックにおける医療救護スタッフの配置については、日本陸上競技連盟医事委員会トレーナー部の部員が医師と協力し、スタジアム内救護に当たった。医師は、スポーツにおける救命救急の資格であるPHICIS（Pre-hospital Immediate Care in Sports）のコースを修了した医師、日本パラスポーツ協会公認障がい者スポーツ医が救護活動を担った。救護箇所はスタジアム内4か所とした。地点ごとに、重篤な事象について安全かつ確実に搬送準備と搬送が可能となる6名ずつの配置を目指したが、マンパワーの不足により、ゴール地点と第3コーナー地点の2か所（FOP ①および③）には6名配置、第2、4コーナー地点（FOP ②および④）には3名配置とし、第2、4コーナー付近でFOP ②および④での重篤な事故発生の際には、他の地点から人数の補充を行った後に搬送準備および搬送を行うシステムとした。加えて、スタジアム全体を見渡せる観客席、ミックスゾーンやポストイベントコントロールエリア、搬送先の医務室についても医療救護スタッフを配置し観察、対

応を行った（図3）。

2.6. 現場でのシミュレーショントレーニング

どれだけ救護活動に精通していたり、慣れていたりしていたとしても、活動を担う競技会場や大会の規模、救護活動メンバー、医療資器材などが異なると、実際の救護活動の運用方法も全く異なるものとなると言っても過言ではない（表4）。したがって、大会前日や当日でのシミュレーショントレーニングを通して救護および観察に関する事項を確認し、前提の共有をしておくことは極めて重要となる。加えて、他部署（観察やマーシャルなど）との連携についての確認も事前に行っておくと、事故が発生した際に救護活動の協力をよりスムーズに得られることが多い。東京パラリンピックにおいては、コロナ禍において事前にシミュレーショントレーニングが十分にできなかったこと、救護活動を行うメンバーが毎日変わることから、午前、午後セッションの前に毎回シミュレーショントレーニングにて救護活動の手順の確認を行った。前述の通り、本邦におけるパラ陸上の組織的な救護活動の前例がなかったことも考慮し、パラ陸上特異的な事故を想定したシミュレーショントレーニングも数多く実施した（図4）。

3. 救護体制の実際

スタジアム内の救護活動については、前述した各地点と医務室がトランシーバーで連絡を取り合いながら、観察で得られたハイリスクの選手情報（テーピングを巻い

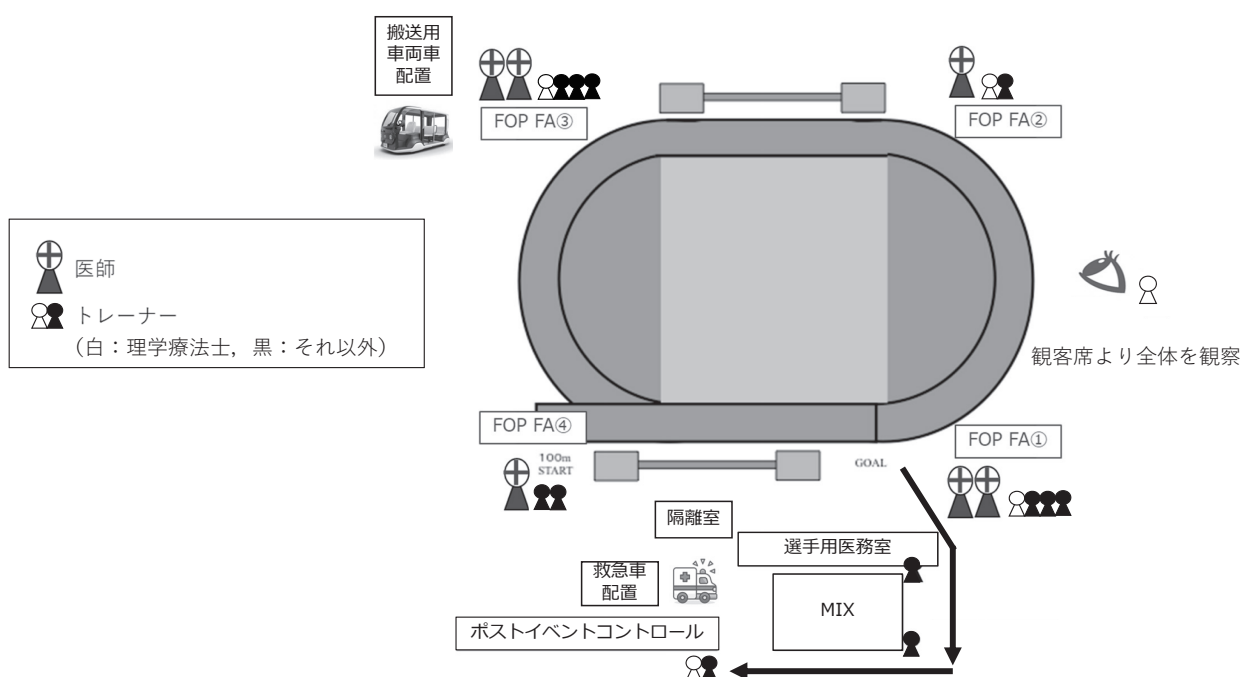


図3 東京パラリンピックにおける医療救護体制
FOP FA：競技場内救護チーム，MIX：ミックスゾーン

表4 起こりうる事故、搬送を考慮したシミュレーショントレーニングで留意すべき点

競技会場	医務室（搬送先）の場所 医務室までの動線（負傷した選手を安全にかつスムーズに搬送する経路） トランシーバーによる連絡系統
搬送器材	使用可能な搬送器材の種類（車いす、布担架、ストレッチャー、スクープストレッチャーや頸椎固定具）
救護メンバー	救護地点の数や救護メンバーの数 メンバーの経験や知識 活動時間
救護物品	使用可能な救護物品
その他	天候や競技会規模 出場人数・種目 救護シフト 衛生管理(感染物質処理)



図4 車いす選手の転倒のケースを想定した救護シミュレーション
頭頸部損傷を疑い、安全に車いすから降ろし、スクープストレッチャーに載せ、搬送するまでの手順を確認する

ている、ふらつきながらレースを進めているなど）を共有したり、選手対応の際は観察範囲の変更を指示したり、対応症例の状況や搬送経路などの連絡を取りながら進めた。

実際に大会で発生しうる事故、傷害については大きく2つに分けられる。1つ目は競技特異的な傷害である。これは健常の陸上競技においてみられる傷害と大きく変わらない、陸上競技の競技特性や用具などに依存した傷害である。例えば、上肢欠損や下腿義足のクラスにおける短距離選手は、高い疾走速度のため、ハムストリング肉離れが多いこと、義足や筋緊張の増大を有している選手は、バランス機能が低下し、各競技で転倒が多くみられることが挙げられる。2つ目は選手自身がもつ特有の疾患に由来するものである。例えば、頸髄損傷の選手に

おけるうつ熱、体温調節機能不全による体温上昇、脳性麻痺の選手における筋痙攣などがこれに該当する。また、視覚障がいのある選手については、競技場内のみならず練習会場や試合前後の動線の床面の状況によって滑って転倒したり、用具を踏んだり足をひっかけたりして転倒することなどが多くみられるため、環境要因から発生する傷害についての予防策も忘れず講じなければならない。同様に、視覚障がいのある選手でガイドランナーと伴走する場合、ガイドランナーに傷害や事故が発生しうることに注意が必要である。東京パラリンピックでは、長距離種目において、ガイドランナーが熱中症様症状でふらつき、蛇行し、リードが外れた結果、選手がゴール方向へ向かえず、1レーンの内側に配置されたスポンサーバナーにぶつかり転倒するケースがみられた。昨今の COVID-19

に代表されるような感染症対策についても、より罹患し重篤化しやすい高齢や、呼吸器疾患や糖尿病などの基礎疾患を持つ選手やすい選手も参加していたため、より徹底した対策が求められるであろう。

4. さいごに

パラリンピック陸上競技における救護活動の留意点についてまとめた。先に述べた通り、パラ陸上競技において医務活動を報告した事例は極めて少ない。このことから、活動を記録し、共有し、議論を重ねることが今後の医務活動の発展に寄与することであると考えられる。

文献

- Blauwet, CA., Cyshman, D., Emery, C., Willick, SE., Webborn, N., Derman, W., Schwellnus, M., Stomphorst, J., and Van de Vliet, P. (2016) Risk of Injuries in Paralympic Track and Field Differs by Impairment and Event Discipline. *American Journal of Sports Medicine*, 44(6): 1455-1462.
- Edouard, P., Branco, P., and Alonso, JM. (2016) Muscle injury is the principal injury type and hamstring muscle injury is the first injury diagnosis during top-level international athletics championships between 2007 and 2015. *British Journal Sports Medicine*, 50(10): 619-30.
- Grobler, L., Derman, W., Racinais, S., Ngai, ASH., and Van de Vliet, P. (2019) Illness at a Para Athletics Track and Field World Championships under Hot and Humid Ambient Conditions. *PM&R*, 11(9): 919-925.
- Hosokawa, Y., Racinais, S., Akama, T., Zideman, D., Budgett, R., Casa, DJ., Bermon, S., Grundstein, AJ., Pitsiladis, YP., Schobersberger, W., and Yamasawa, F. (2021) Prehospital management of exertional heat stroke at sports competitions: International Olympic Committee Adverse Weather Impact Expert Working Group for the Olympic Games Tokyo 2020. *British Journal of Sports Medicine*, 55: 1405-1410.
- 上條義一郎・浅田佳津雄（2020）日本パラ陸上競技連盟パラ陸上競技選手の暑熱対策 Vol.5 障がい別：暑熱対策で心がけること。（参照用 HP：<https://jaafd.org/wp-content/uploads/2020/07/0718.pdf>）
- 日本パラ陸上競技連盟（2020）World Para Athletics 競技規則及び規定 2020-2021。（参照用 HP：<https://jaafd.org/pdf/committee2/20201223-001.pdf>）
- Silva, S., Winckler, C., Silva, A., Bilzon, J., and Duarte, E.(2013) Sports Injuries in Paralympic Track and Field Athletes with Visual Impairment. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(5): 908-913.
- 東京都障害者スポーツ協会（2019）東京都障害者スポーツ選手発掘事業 パラリンピック選手発掘 BOOK 22 競技紹介。（参照用 HP：https://www.2020games.metro.tokyo.lg.jp/docs/hakkutsubook_singl.pdf）

特別講演

日本の陸上競技のこれまでとこれから —ポスト東京オリパラ展望—

登壇者 尾縣 貢（筑波大学、日本陸上競技連盟・会長、2020 東京オリンピック日本選手団・総監督）

要旨

この夏に幕を閉じた東京 2020 オリンピック・パラリンピックは、2013 年の 9 月 8 日に開催されることが決定した。当時、私は日本陸上競技連盟（以下、日本陸連）専務理事を務めており、その本音は「本当に日本の陸上界は世界と戦えるのだろうか」という憂鬱なものであった。その後には JOC 強化本部長、そして日本選手団総監督になるのだが、その当時は今の姿はまったく想像すら出来なかった。ここでは東京 2020 オリンピック（以下、東京オリンピック）が終了するまでの道のりにおける苦悩と喜びを話したい。

私の研究分野は心技体を高めるためのスポーツコーチング、および高めた心技体をどのように発揮するのかというスポーツマネジメントである。東京オリンピックでは上述の通り JOC 強化本部長として日本選手団総監督を務めたが、JOC という組織は各競技の実質強化を行うのではなく、各競技団体が強化できる環境を整える役割を担っている。それは世界各国の情報収集に始まり、スポーツ庁に対する予算折衝から競技団体への配布、さらには、コロナ禍におけるワクチンのアスリートへの優先接種を含めた感染拡大防止策を推進するのも我々の役割であった。

図 1 は東京オリンピックにおける重点施策であり、これは山下泰裕前強化本部長から引き継いだものである。まず着目したいのが金メダル 30 個という目標である。これまでの最多獲得数は 16 個（2004 年アテネ大会、1964 年東京大会）であり、その倍に値するものである。これは本当にとてつもない壮大な目標と言わざるを得なかったのが本音である。次に着目すべきはオリンピック・パラリンピックが一体となった連携強化である。共生および多様性をテーマに、それまで別設定であったユニフォームを統一するなど連携強化に努めてきた。そして最後はインテグリティ教育である。「人間力なくして競技力向上なし」という東京オリンピック選手団のテーマは、組織委員会会長である橋本聖子氏が強化本部長をされていた時に作られたスローガンであり、これをソチ大会、リオ大会、平昌大会そして東京大会へと引き継い

だものである。そして今大会ほどこのスローガンを大切にしたオリンピックはないと思っている。コロナ禍のなかでスポーツは、「不要不急」と捉えられており、もしスポーツ界が不祥事を起こしたり、クラスターを出してしまったりすれば、世論の矛先がどうなるかは想像に難くなかった。

コロナ禍におけるオリンピックにおける総監督としての課題に「地元の利を追求する」「地元の不利を取り除く」を掲げたが、本来は「地元の利」であるはずの応援と世論がコロナ禍によって「地元の不利」へと変化してしまったことは非常に厳しいものであった。世界のスポーツの祭典であるはずのオリンピックが悪者にされ、SNS による名前を出さない主張がアスリートを傷つけ、出場権を得たのに喜べないという状況に苦しめられた。さらに各種イベントの延期・中止、スポンサー離れによる大幅な赤字が追い打ちをかけ、各種団体は本当に苦勞を強いられたと思う。そうしたなかで我々日本陸連が出来た唯一の抵抗は競技会の開催である。図 2 は 2022 年度の競技会開催実態調査である。当初予定していた競技会は 3,364 大会から 1,644 大会へ減少したが、そのなかでの感染者報告は 1 名であった。また、開催されたロードレースは 219 大会から 101 大会へ減少し、そのなかでの感染者報告は 2 名であった。このデータを公にし、スポーツは感染を助長するものではないことを主張した。プロスポーツはより早期に試合を開催していたが、アマチュアスポーツではおそらく陸上競技が最初であったと思われる。

そして東京オリンピック開始直前の記者会見では世間からのスポーツに、そしてメダルに対する価値観は依然として厳しいものであり、金メダル 30 個という目標は口が裂けても言えず、「様々な制約のなかで目標の達成に向けてひたむきに努力をしてきたことが評価されるべき」と伝えた。努力の成果を発揮する機会を与えて頂いたことへの感謝を胸に、スポーツを継続することが可能であること、スポーツが持つ力、真価を多くのひとに伝えたいというのが正直な心情であった。開会式へ向けて多くの選手およびスタッフが集合したが、まだそのときは本

当に開催できるのかという不安がいっぱいであった。それを取り除いてくれたのはボランティアからの応援であった。開会式へ向けてバスにて国立競技場へ向かうところ、様々な場所から声援を送ってくれ、そして選手村周辺の高層マンションの窓に掲げられた日の丸、万国旗が私たちを励ましてくれた。スタジアムに足を一歩踏み入れた瞬間は本当に幸せで、涙を流すほどの喜びを選手達と共有できた。

図3は東京オリンピックにおける日本選手団の結果である。選手団員数は史上最大、金メダルは目標の30個には届かなかったものの世界3位、メダル総数も史上最高、メダル獲得した競技数もリオ大会の倍となる20団体、さらに女子のメダル数が男子を5つ上回り、JSCとともに取り組んできた課題もクリアすることができ、様々な観点から史上最高の結果を残すことができた。

次に、図4は陸上競技に関するオリンピック過去5大会の入賞種目一覧である。男子400mRは今大会において残念ながらバトンミスという結果であったが、長年にわたりコンスタントに優れた結果を残している。他には競歩およびマラソンが目立った成績を残していることから、日本陸連としてはそれら3競技を重点強化種目に設定した。特にマラソンにおいては、これまでに十分世界で通用してきたという実績があることや、リオ大会における視聴率が極めて高かったことから国民の期待が寄せられていることが伺えたことも設定理由として挙げる。

こうした結果を踏まえて、オリンピックに向けた強化が上手くいったかどうかの検証も行ってみよう。図5は各オリンピックで出された日本記録の数である。 لندن大会およびリオ大会と比べて東京大会は一年多いものの、男子は15個、女子は9個と前回、前々回を大幅に上回る結果が得られている。こうした成果は麻場一徳前強化委員長をはじめとした関係各位の努力の賜であると同時に、日本陸上界が総力で戦って得られたものであると評価している。さらに各都道府県陸協および協力団体が、コロナ禍で海外に出て行けないなかでも日本国内でワールドランキングを上げるための競技会を開催して頂いたこと、医科学サポートが強化活動を充実したものにしてくれたことも大きな要因として挙げられる。まさに総力戦によって得られた成果であった。

具体的な強化活動についてマラソンを例に述べる。オリンピックにおけるマラソンの課題は「強くて速いランナーを選ぶことができる選考」と「夏に強いマラソンランナーの育成」であった。前者に関しては選考競技会について改革を行い、流行語大賞の候補にも挙げたMarathon Grand Championship（以下、MGC）シリーズを設定し、これまでになかった一発選考方式を採用した（図6）。同時に最後の1枠を獲得する条件としてMGCファイナルチャレンジ設定記録を設定（男子：2時間05

分49秒、女子：2時間22分22秒）し、とにかく速い記録を出せる選手の選考を目指した。なお、このMGCファイナルチャレンジにおいて大迫傑選手は自身の日本記録を更新し代表の座を掴みとっている。こうした改革によって日本の男女マラソンのレベルが一気に向上した。

また、選手をとりまくサポートスタッフの貢献についても述べておきたい。本大会においては新たに情報・科学担当として日本体育大学の杉田正明氏を日本選手団本部に迎えた。杉田氏はこれまで長きにわたり日本陸連の暑熱対策を一手に担っており、その経験と知見を提供頂いた。日本陸連における暑熱対策は2014年から実施されており、様々なエビデンスを積み上げている。こうした取り組みにおける成果の一つが発汗成分をもとにしたスペシャルドリンクの開発（図7）とクーリング対策用装着物である。杉田氏を中心に日本陸連が開発したドリンクと装着物は、オリンピックにおいて数多くの競技団体でも利用され、その効果が証明されている。

最後に今後における課題である。強化面においては「指導者の育成・環境整備をさらに推し進めること」「施設のレガシーを活かし、強化拠点での活動を充実させること」「海外を拠点に活動する選手が増えている傾向があるため、場所や時間の制約を受けない形での強化活動の支援を充実させること」「メンタル面の強化にもっと注力し、日常的なサポート体制を確立させること」が挙げられる。また、オリンピック終了後のスポーツ界の変容には、「スポーツの価値の見直し」「ガバナンス・コンプライアンスの強化」「競技団体の自立」「スポーツ活動の場が学校から地域へ」といったことが挙げられる。そしてスポーツ庁は「持続可能な国際競技力向上プラン」を掲げ、この4月には第3期スポーツ基本計画も公表される。

これらの流れを鑑み、日本陸連では図8のようにVisionとMissionを掲げ、国際競技力の向上と共にウェルネス陸上によるアクティブライフの実践を提案している。さらにその実践のために関係各位の力を結集してJAAF競技者育成指針、ならびにJAAF指導者育成指針を作成、発表している。

これからスポーツ界には大きな改革の波が押し寄せてくることが予想される。陸上競技が波に飲まれることなく、うまく波に乗るためには、指導者の皆さん、研究者の皆さんのご支援で競技陸上とウェルネス陸上の両方の充実を図っていくことが求められる。

最後に、皆さんの研究活動の益々の発展を祈念する。

■重点施策

1. アスリートファースト
2. 東京2020大会**金メダル30個**の達成に向けた日本スポーツ界の力の結集（特にNF・スポーツ庁・JSC・日本スポーツ協会・東京2020組織委員会等との連携強化）
3. 夏季・冬季競技一体となったサポート体制の確立
（既存・拡充棟NTC・競技別強化拠点の最有効活用並びに冬季NTCの設置に向けた取り組み）
4. 東京2020大会の成功に向けた**オリ・パラ**一体となった連携強化
5. **インテグリティ**教育の普及・啓発
（アスリートの人間力向上、指導者の資質向上、アンチ・ドーピング教育の徹底等）

図1 東京オリンピックにおける重点施策

競技場での競技会	
2020年度当初に計画していた競技会数	3,364大会
開催競技会数	1,644大会
上記のうち無観客対応の競技会数	1,226大会
競技会参加競技者数(延べ人数)	902,068名
競技会参加大会役員・審判等数(延べ人数)	204,477名
競技会終了後2週間以内の新型コロナウイルス感染者の報告の有無	1件
ロードレースでの競技会	
開催していない(開催予定であったが中止となった)	28団体
開催した	22団体
2020年度当初計画していた大会数	219大会
開催競技会数	101大会
競技会参加競技者数(延べ人数)	39,205名
競技会参加大会役員・審判等数(延べ人数)	22,990名
競技会終了後2週間以内の新型コロナウイルス感染者の報告の有無	2件

調査対象
日本陸上競技連盟
加盟団体 47
協力団体 5
回答数 50団体

(2021年6月2日回答時点)

図2 2020年度の競技会開催実態調査の結果

日本選手団の結果

参加 NOC 205 日本選手団 1,058名

✓金メダル27, 銀メダル14, 銅メダル17 計58個
金メダル数 世界3位
20競技がメダル獲得（前回リオ10競技）
男女別メダル数：男子25, 女子30, 混合3

✓4～8位入賞数 78 合計136（前回リオは88）
約半数（47%）にあたる275名が入賞
28競技で入賞（35競技団体の80%）

図3 東京オリンピックにおける日本選手団の結果

順位	2004 アテネ	2008 北京	2012 ロンドン	2016 リオ	2021 東京
1	男子ハーフマラソン 女子マラソン				
2				男子400mR 男子20kmW	
3		男子400mR	男子ハーフマラソン	男子50kmW	男子20kmW
4	男子400mR 男子1600mR				
5	男子マラソン 女子マラソン	男子ハーフマラソン	男子400mR		
6	男子マラソン		男子マラソン	男子20kmW 男子棒高跳	男子マラソン 男子50kmW 男子走幅跳
7	女子マラソン	男子50kmW	男子50kmW		男子3000mSC 女子10000m
8					女子1500m 女子マラソン

図4 陸上競技におけるオリンピック過去5大会の入賞種目一覧

2017.1 - 2021.12 東京大会*

男子 100m 800m 1500m 10000m マラソン 110mH
3000mSC 4×100mR 4×400mR 20kmW 50kmW
走高跳 走幅跳 砲丸投 円盤投 15種目
女子 1500m 5000m 10000m マラソン(単独) 100mH
20kmW 円盤投 やり投 七種競技 9種目

2013.1 - 2016.12 リオデジャネイロ大会

男子 800m 5000m 10000m マラソン 4×100mR
20kmW 砲丸投 十種競技 8種目
女子 200m 4×400mR やり投 3種目

2009.1 - 2012.12 ロンドン大会

男子 4×100mR 50kmW 砲丸投 3種目
女子 200m 4×100mR 400mH 棒高跳 4種目

* 1年延期のため5年間

図5 各オリンピックで出された日本記録の数

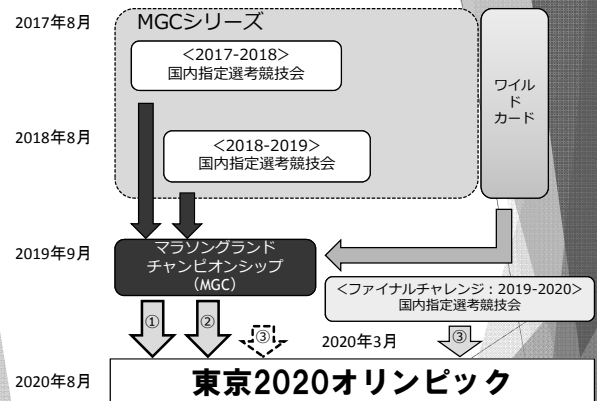


図6 Marathon Grand Championship (MGC) の仕組み

▶ 4年をかけて開発した「発汗成分を基にしたスペシャルドリンク（粉末）」

【使用方法】
 ・ご使用に際してはドリンク粉末を500mLの水によく溶かしてお使いください。
 ・タイミングとしてはFor Athletes rest（安静時用）は練習後のリカバリーや日常において、For Athletes（試合、練習時用）は試合、練習中における水分補給としてお使いください。

※体調、体質によってまれに軟便、下痢の症状を訴えられる選手もいます。

◎アイソトニック飲料とハイボトニック飲料
 アイソトニック飲料は、ヒトの安静時の体液と同じ浸透圧の飲料であり、安静時に飲むと速く吸収されます。また、糖質が多く含まれておりエネルギー補給にも適しています。

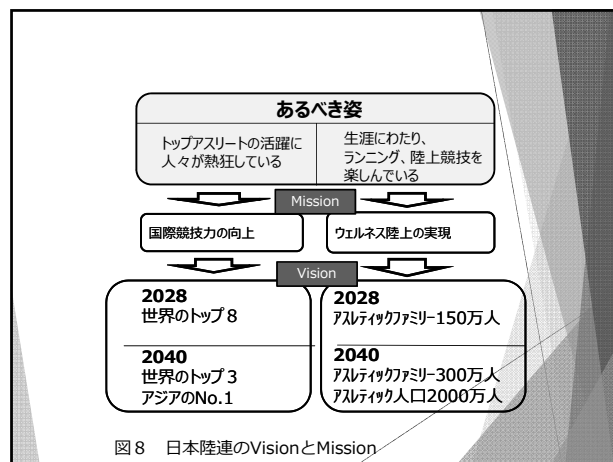
ハイボトニック飲料は、ヒトの安静時の体液よりも低い浸透圧の飲料であり、運動による発汗で体液が薄くなっている時に飲むと速く吸収されます。

For Athletes rest (安静時用)			For Athletes (練習時用)		
成分名	500mLあたり	100mLあたり	成分名	500mLあたり	100mLあたり
カルシウム	300mg	60mg	カルシウム	300mg	60mg
ナトリウム	400mg	80mg	ナトリウム	300mg	60mg
カリウム	400mg	80mg	カリウム	400mg	80mg
マグネシウム	120mg	24mg	マグネシウム	50mg	10mg
鉄	2.50mg	0.50mg	鉄	2.50mg	0.50mg
亜鉛	2.50mg	0.50mg	亜鉛	2.50mg	0.50mg
ビタミンC	250mg	50mg	ビタミンC	215mg	43mg
ビタミンB1	15mg	3mg	ビタミンB1	15mg	3mg
ビタミンB2	60mg	12mg	ビタミンB2	120mg	24mg
ビタミンB6	20mg	4mg	ビタミンB6	12.5mg	2.5mg

市販のスポーツドリンクにはあまり含まれていないマグネシウムやカルシウム、ビタミンB12を配合し、発汗によって失われる成分を補給できる構成となっています。世界最大のアンチドピング組織を行っている「IGC社」にて「偽造品が流通していない」との検査済みです。

個数：各1,320袋 (杉田, 2021)

図7 スポーツ庁委託事業・独立行政法人日本スポーツ振興センター再委託事業「屋外競技における暑熱対策の総合的研究開発」



《登壇者プロフィール》

尾縣 貢（おがた みつぎ）
 1959年生まれ
 所 属：筑波大学

競 技 歴：全日本中学陸上競技選手権大会 100m ハードル優勝（日本中学記録）1974
 全国高等学校陸上競技対校選手権大会大会 110m ハードル優勝 1977
 日本学生陸上競技対校選手権大会 十種競技優勝 1980,1981
 日本陸上競技選手権大会 十種競技優勝 1981,1982
 アジア大会出場 十種競技 1982

指 導 歴：世界陸上競技選手権大会ヘッドコーチ 大阪大会、ベルリン大会、テグ大会
 ユニバーシアード大会陸上競技監督 北京大会など5大会
 世界ジュニア陸上競技選手権大会ヘッドコーチ
 世界陸上競技選手権大会日本選手団団長
 モスクワ大会（2013）、北京大会（2015）、ロンドン大会（2017）、ドーハ大会（2019）
 オリンピック・ロンドン大会陸上競技日本選手団副団長（2012）
 オリンピック・リオデジャネイロ大会日本選手団本部役員（JOC）（2016）
 オリンピック・東京大会日本選手団総監督（JOC）（2021）

〔日本陸上競技学会第 20 回大会〕

共催：公益社団法人日本学生陸上競技連合・関東学生陸上競技連盟

シンポジウム①

「日本の競歩種目のこれまでとこれから」

シンポジスト 今村 文男（富士通）

三浦 康二（独立行政法人 日本スポーツ振興センター）

杉田 正明（日本体育大学）

谷井 孝行（自衛隊体育学校）

コーディネーター 清水 茂幸（岩手大学）

清水茂幸先生：

2015 年の世界陸上北京大会以降、男子の 50k および 20km 競歩において連続してメダルを獲得している。これは 2008 年の北京オリンピックにおける初入賞以降から、ようやく 2015 年にメダルを獲得し、2021 年で複数メダルの獲得に至った。しかし、男子 20km 競歩において複数メダルの獲得が挙げられる一方で、取り逃した金メダルをいかにして獲得するかという課題がある。今回は 4 人のシンポジストの方に、今までの成果と課題を講演していただく。

今村文男先生：

「東京 2020 オリンピックまでの取り組みとパリ 2024 オリンピックへ向けた展望」

私が日本の競歩種目の強化に携わることになった 2012 年に至るまでには、既に何名かの選手が世界大会で入賞を果たしており、これからは、「入賞からメダルへ」という段階であった。2012 年のロンドン大会を終え、2016 年のリオ大会に向けた一つ目の方策として、各種目のエース育成を掲げた。二つ目の方策には、メダル獲得に向けた目標記録として、世界の Top10 を目指すという方策を立てた。さらに三つ目の方策に、距離別に細分化した種目別強化を挙げ、この 4 年間を取り組んできた。特に、年間の期分けや、強化事業の整備、種目別の課題の整理など、種目に特化した強化事業を展開できたのも時期であった。こうした強化の一連の流れが、2014、2015、2016 年の国際大会でのメダル獲得に至り、成果が形となった。

次の 4 年間は、2015 年、2016 年の成果が認められ、国の次世代ターゲットスポーツの育成・強化の助成を受けることができた。さらには、ハイパフォーマンスサポート事業といった、各分野の専門スタッフから高度な医・科学、情報分野からのサポートを受けることもできた。こうしたなかでも、どのアスリートを、どのように高いレベルまで導くかというのが我々スタッフの役割であると認識し、対象の強化選手の選定を行ってきた。また、

強化担務の責任者あるいは、専任コーチに対して、合宿中の連絡や練習実績、動画、歩きの課題などを含めたサポートを開始した。特にこの期間では、東京オリンピックで金メダルを獲得することを目標としていたため、地の利を活かすための暑熱対策や、国際審判対策、競歩技術に対して個別の対策を行った。特に、暑熱対策に関しては、後にご登壇いただく杉田先生にご尽力いただいた。こうした一連の強化をしっかりと行うことが出来た成果が、2019 年の世界陸上ドーハ大会男子 20km および 50km 競歩において金メダルを獲得し、続く 2021 年の東京オリンピックでは、2 人のメダリストと 1 人の入賞者を果たした。

最後にパリオリンピック 2024 へ向けて述べる。パリオリンピックでは、現在実施種目が具体的に決定されていないため、どのようなミッションを立てるのが困難な状況にある。そのなかでも、参加資格を得るための戦略に、IRWJ（国際競歩審判員）の招聘および養成、ミックスイベント（男女混合種目）に向けた女子強選手の強化、U23 世代の戦略的な強化といったことが、パリ大会へのメダル獲得さらにはオリンピックサイクルを戦っていくために重要であると考えている。

三浦康二先生：

「判定対策と科学サポート、育成システムについて」

競歩のルールは 100 年前から大きく変化していないが、審判制度が取り入れられたのは 1996 年であり、最近のことである。これは、当時の国際大会の判定にばらつきがあったことが問題視され、当時の国際陸連の会長であるプリモ・ネビオロ氏が是正を求め、研修会などが実施され、導入至った。また、2002 年には当時 300 人以上いた IRWJ の人数を 30 名に絞り込み、審判員内でのばらつきを抑えた。日本においては 1998 年まで審判制度は未整備であり、公認審判資格があれば誰でも判定ができる状況にあった。その後、2001 年に全国 IH で競歩種目が実施されるのに先立ち、1998 年からようやく審判員の全国研修が始まった。ところが、2003 年のパ

り世界陸上では、制度変化への対応の遅れが影響し、代表5名のうち3名が失格となる結果を招いた。これに対応するため、日本陸連はIRWJを招聘し、監修の基に国際陸連と同じ審判制度(JRWJ)を作成した。また、国内競技会にIRWJを呼び、判定精度を高める対策を行った。これが功を奏して、国内競技会における判定が国際基準と一致し、国際大会での失格者数が激減した。

現在実施している科学サポートは、暑熱・コンディショニングサポート('91～)、高所・低酸素サポート('92～)、判定対策('94～)、測定合宿('04～)の4つが挙げられる。なかでも、判定対策サポートでは、国際大会に出場した選手の動作を分析し、警告を受けなかった競技者と失格者の動作を比較した。この結果、「足が地面から離れた時のかかとの位置が高かった場合に、ロスオブコンタクトの注意を受けやすいこと」や「先頭集団で失格になった選手では、振り出しの足の高さが高かったこと」が示され、この部分を審判がみているということが分

かった(図1)。また、この分析による対策が結果に結びついたかを調査するために過去5回のオリンピックにおける各国の判定スコアを比べた(図2)。その結果、イエローパドルの回数(図2、左)にはあまり大きな変化がみられなかったものの、レッドカードは全体的に減少した(図2、右)。特に日本は2004年大会では最も多くのレッドカードを受けていたが、2021年大会では非常に少なく、トップ3に位置することが示された。こうした結果は、判定対策サポートの成果として挙げられる。

杉田正明先生：

「東京オリンピック2020に向けた暑熱対策」

2014年からマラソン・競歩における暑熱対策プロジェクトが始まった。暑熱環境における実践的なポイントは3つあり、深部体温を上げないこと、脱水を防ぐこと、電解質の損失を補うことである。そこで、我々は練習前後の体温や体重、汗の成分の計測を行ってきた。なかで

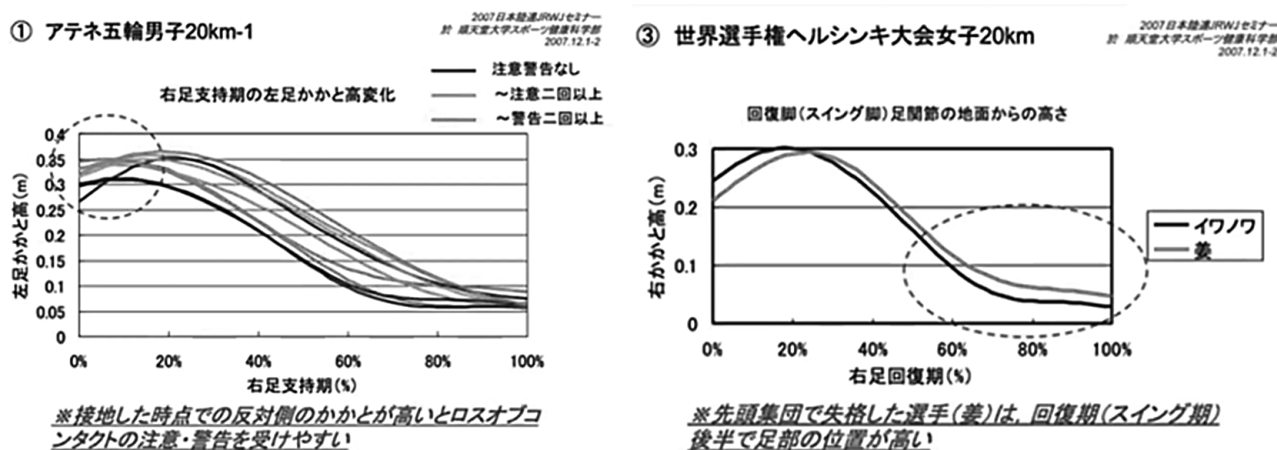


図1 判定対策における科学的サポート

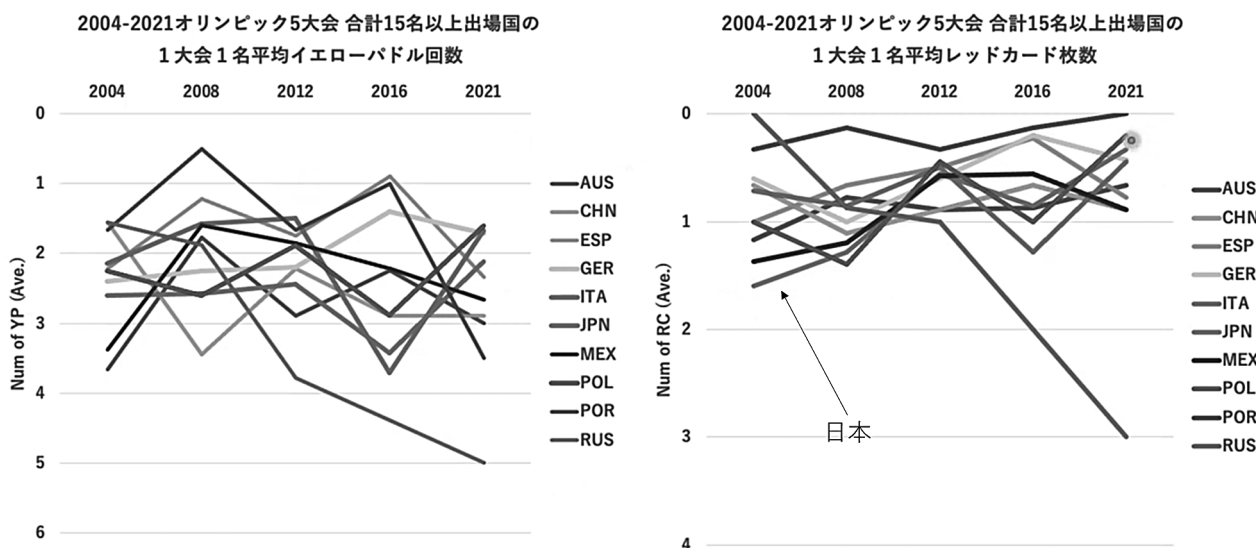


図2 オリンピック過去5大会における各国の判定スコアの推移

も、汗の計測ではレース中にミネラル（ナトリウム、カルシウムなど）やビタミン（鉄、B2、Dなど）が発汗によって体内から損失し、損失量に個人差があることがわかった。この結果から、個人に合わせた栄養補給を考えたものの市販物で全て補うことは不十分であった。そこで4年間かけて、「発汗成分を基にしたスペシャルドリンク」を開発した（図3）。このドリンクは、競歩やマラソンに限らず様々なスポーツに活用していただき、選手からも好評でパフォーマンスの向上に貢献した。

次に体温計測では深部体温の上昇を防ぐことに取り組んだ。これまでの研究では、暑熱環境下においては運動中の体温上昇が40℃を超えると運動継続が困難になることが報告されている（Gonzalez et al., 1999）。この結果は、運動中の体温上昇を抑えることが暑熱環境下でのパフォーマンスを発揮するために重要であることを示していた。実際に2015年の世界陸上北京大会では、各国の選手がアイスバスやアイスジャケットを活用していた。また、これらのクーリング戦略は試合前後や試合中の局面によって、パフォーマンスの最大化や疲労回復を目的に行われていた。2018年のアジア大会の優勝した競歩の例では、給水所の毎に帽子の中に氷を入れる方策をしていた。これをサーモグラフィーで体温を計測すると、その他選手よりも低温を示していた。また、レース後の選手の体温を計ると頭部から手にかけて、高温を示し、レース中の体温上昇抑制する手段を開発することが必要であった。そこで、動静脈吻合（AVA）といわれる手のひらや頬にある体温が上昇した際に体温を調節するラジエータのような原理を利用した。我々は、H. Cain Hellerの方法を基に手のひらの冷却する方法を実践した。効果的な手のひらの冷却方法を目指し、指掛けタイプやスリットタイプなどの装着方法や保冷パックの原料を変えるなど、試行錯誤を重ねた。その結果、2019年の世界陸上ドーハ大会では、金メダルの獲得に貢献した（図4）。我々の主な取り組みのポイントは、深部体温を



図4 レース中におけるクーリング方法（首や手のひら、帽子）

上げずに適切な給水を行うことが重要であり、さらに個々に応じた暑熱対策を講じることであった。我々、科学者と選手・指導者は互いの知見をうまく組み合わせることや関わるすべての人がスクラムを組むことによってサポートすることが重要である。

谷井孝行先生：

「2015年世界陸上メダルを獲得した過程」

私は、2004年から2016年にかけて競技者として、4度のオリンピックと6度の世界陸上に出場した。これまでの競技成績を振り返ると、2011年を境に競技成績が異なることがわかる（図4）。前半期では2005年に大腿骨を疲労骨折した影響から、フォームを崩したことによって、スランプに陥った。実際に競技成績20位台や失格であった。このスランプの原因は、高校から大学までと順調に技術を高めてきたが、当時のいい動きが自己の感覚と合致していたため、故障によって、感覚のズレが生じてしまったことである。その結果、自分の動きを見失ってしまった。北京大会やベルリン大会では、失格も重ねたことから、競技を辞めることを考えていた。

しかし、スランプを抜けるきっかけのひとつに陸連の合同合宿であった。2009年までは、同じ場所で練習はするものの、所属別に分けられた合宿であったが、2010年以降では合同で練習を行い始めた。ストレッチやフィジカルを含めたメンテナンスを合同で行い、今村さんを始めた強化スタッフの方々が技術の確認をしてくれた。これは私にとって、新しい気づきの場になった。合宿で得た知見を拠点に持ち帰り、自身でアレンジして取り組むことで、自己の長所と短所を確認し、進むべき方向性が明確になった。また、この合宿では所属の垣根を越え、世界に近づきメダルを取りに行く、共通の思いが起きた。練習ではお互いを高め合う仲間として、レースでは鎬を

スポーツ庁委託事業・独立行政法人日本スポーツ振興センター再委託事業 4年間かけて開発した「発汗成分を基にしたスペシャルドリンク」			
粉末		粉末	
For Athletes rest (安静時用)		For Athletes (試合・練習時用)	
アイソトニック版		ハイポトニック版	
成分名	500mlあたり	成分名	1000mlあたり
カルシウム	300mg	カルシウム	600mg
ナトリウム	400mg	ナトリウム	700mg
カリウム	400mg	カリウム	400mg
マグネシウム	150mg	マグネシウム	100mg
鉄	2.50mg	鉄	2.50mg
ビタミンB2	2.50mg	ビタミンB2	2.50mg
ビタミンC	250mg	ビタミンC	250mg
ビタミンD	100mg	ビタミンD	100mg
ビタミンE	400mg	ビタミンE	400mg
ビタミンK	20mg	ビタミンK	20mg
ビタミンB12	20mg	ビタミンB12	20mg
ビタミンB6	20mg	ビタミンB6	20mg
ビタミンB3	20mg	ビタミンB3	20mg
ビタミンB5	20mg	ビタミンB5	20mg
ビタミンB7	20mg	ビタミンB7	20mg
ビタミンB9	20mg	ビタミンB9	20mg
ビタミンB10	20mg	ビタミンB10	20mg
ビタミンB11	20mg	ビタミンB11	20mg
ビタミンB12	20mg	ビタミンB12	20mg
ビタミンB13	20mg	ビタミンB13	20mg
ビタミンB14	20mg	ビタミンB14	20mg
ビタミンB15	20mg	ビタミンB15	20mg
ビタミンB16	20mg	ビタミンB16	20mg
ビタミンB17	20mg	ビタミンB17	20mg
ビタミンB18	20mg	ビタミンB18	20mg
ビタミンB19	20mg	ビタミンB19	20mg
ビタミンB20	20mg	ビタミンB20	20mg
ビタミンB21	20mg	ビタミンB21	20mg
ビタミンB22	20mg	ビタミンB22	20mg
ビタミンB23	20mg	ビタミンB23	20mg
ビタミンB24	20mg	ビタミンB24	20mg
ビタミンB25	20mg	ビタミンB25	20mg
ビタミンB26	20mg	ビタミンB26	20mg
ビタミンB27	20mg	ビタミンB27	20mg
ビタミンB28	20mg	ビタミンB28	20mg
ビタミンB29	20mg	ビタミンB29	20mg
ビタミンB30	20mg	ビタミンB30	20mg
ビタミンB31	20mg	ビタミンB31	20mg
ビタミンB32	20mg	ビタミンB32	20mg
ビタミンB33	20mg	ビタミンB33	20mg
ビタミンB34	20mg	ビタミンB34	20mg
ビタミンB35	20mg	ビタミンB35	20mg
ビタミンB36	20mg	ビタミンB36	20mg
ビタミンB37	20mg	ビタミンB37	20mg
ビタミンB38	20mg	ビタミンB38	20mg
ビタミンB39	20mg	ビタミンB39	20mg
ビタミンB40	20mg	ビタミンB40	20mg
ビタミンB41	20mg	ビタミンB41	20mg
ビタミンB42	20mg	ビタミンB42	20mg
ビタミンB43	20mg	ビタミンB43	20mg
ビタミンB44	20mg	ビタミンB44	20mg
ビタミンB45	20mg	ビタミンB45	20mg
ビタミンB46	20mg	ビタミンB46	20mg
ビタミンB47	20mg	ビタミンB47	20mg
ビタミンB48	20mg	ビタミンB48	20mg
ビタミンB49	20mg	ビタミンB49	20mg
ビタミンB50	20mg	ビタミンB50	20mg
ビタミンB51	20mg	ビタミンB51	20mg
ビタミンB52	20mg	ビタミンB52	20mg
ビタミンB53	20mg	ビタミンB53	20mg
ビタミンB54	20mg	ビタミンB54	20mg
ビタミンB55	20mg	ビタミンB55	20mg
ビタミンB56	20mg	ビタミンB56	20mg
ビタミンB57	20mg	ビタミンB57	20mg
ビタミンB58	20mg	ビタミンB58	20mg
ビタミンB59	20mg	ビタミンB59	20mg
ビタミンB60	20mg	ビタミンB60	20mg
ビタミンB61	20mg	ビタミンB61	20mg
ビタミンB62	20mg	ビタミンB62	20mg
ビタミンB63	20mg	ビタミンB63	20mg
ビタミンB64	20mg	ビタミンB64	20mg
ビタミンB65	20mg	ビタミンB65	20mg
ビタミンB66	20mg	ビタミンB66	20mg
ビタミンB67	20mg	ビタミンB67	20mg
ビタミンB68	20mg	ビタミンB68	20mg
ビタミンB69	20mg	ビタミンB69	20mg
ビタミンB70	20mg	ビタミンB70	20mg
ビタミンB71	20mg	ビタミンB71	20mg
ビタミンB72	20mg	ビタミンB72	20mg
ビタミンB73	20mg	ビタミンB73	20mg
ビタミンB74	20mg	ビタミンB74	20mg
ビタミンB75	20mg	ビタミンB75	20mg
ビタミンB76	20mg	ビタミンB76	20mg
ビタミンB77	20mg	ビタミンB77	20mg
ビタミンB78	20mg	ビタミンB78	20mg
ビタミンB79	20mg	ビタミンB79	20mg
ビタミンB80	20mg	ビタミンB80	20mg
ビタミンB81	20mg	ビタミンB81	20mg
ビタミンB82	20mg	ビタミンB82	20mg
ビタミンB83	20mg	ビタミンB83	20mg
ビタミンB84	20mg	ビタミンB84	20mg
ビタミンB85	20mg	ビタミンB85	20mg
ビタミンB86	20mg	ビタミンB86	20mg
ビタミンB87	20mg	ビタミンB87	20mg
ビタミンB88	20mg	ビタミンB88	20mg
ビタミンB89	20mg	ビタミンB89	20mg
ビタミンB90	20mg	ビタミンB90	20mg
ビタミンB91	20mg	ビタミンB91	20mg
ビタミンB92	20mg	ビタミンB92	20mg
ビタミンB93	20mg	ビタミンB93	20mg
ビタミンB94	20mg	ビタミンB94	20mg
ビタミンB95	20mg	ビタミンB95	20mg
ビタミンB96	20mg	ビタミンB96	20mg
ビタミンB97	20mg	ビタミンB97	20mg
ビタミンB98	20mg	ビタミンB98	20mg
ビタミンB99	20mg	ビタミンB99	20mg
ビタミンB100	20mg	ビタミンB100	20mg

図3 スペシャルドリンクの栄養素内訳例

削るライバルとした良い関係性が生まれた。

そして、2012年から2016年にかけて記録が向上した。さらに、2016年でのリオ五輪でのメダル獲得を目指し、年毎に目標を定め、2015年の世界陸上競技大会ではメダルの獲得に至った。だが、翌年のリオ五輪ではプレッシャーなどにより、万全な状態で挑むことができず悔しい結果となった。しかし、ともに切磋琢磨してきた荒井選手がメダルを獲得してくれた。嬉しい反面、悔しい思いもあるが、一人が突出するのではなく全体でメダルを狙いに行くことのできる、競歩チームと感じた。

2024年パリ五輪に向けて、これまでの国際大会では計8個のメダルを6人の選手が獲得してきた。これはチーム全体がメダルを目指し、勝負ができる競歩チームが長年かけて作り上げてきたものと感じる。この引き継がれてきた意識をチームに浸透させていくことは、日本が世界と戦っていくための武器になると思う。

《コーディネーター・シンポジストプロフィール》

清水 茂幸（しみず しげゆき）

1961年生まれ

所 属：岩手大学

学 位：体育学修士（スポーツ科学）

主な競技歴等：20kmW

研 究 分 野：保健体育科教育学

主な著書・論文：

中学校体育における ICT 機器を活用した運動量確保のための反転授業。岩手大学教育学部 プロジェクト推進事業教育実践研究 8:64-67,2021・ノーズクリップを用いた呼吸筋トレーニングが競歩選手の呼吸機能やパフォーマンスに及ぼす影響。ランニング学研究 30(1): 29-39, 2019・陸上競技の学習指導。道と書院, 2017

主な社会的活動：

公益財団法人日本陸上競技連盟 強化委員会 強化スタッフ (2005- 継続中)
JRWJ S 級 (2010- 継続中)
公益財団法人岩手県体育協会理事 (選手強化委員会委員長) (2017- 継続中)

主な指導歴等：岩手陸上競技協会強化部 (2000-2021)

2013 年東京国体 少年成年女子 4 × 100mR 1 位 (監督)
2016 年岩手国体男子 10000mW1 位 (監督)
2017 年愛媛国体男子 10000mW1 位 (監督)
岩手大学陸上競技部コーチ (1996- 継続中)

(2000 年世界ジュニアチリ大会男子 10000mW4 位, 2012 年日本インカレ女子 400m 1 位, 2013 年ユニバーシアードカザン大会男子 20kmW9 位, 2014 年日本インカレ 男子 10000mW1 位, 2014 年日本インカレ女子 200m1 位, 2015 年日本選手権男子 20kmW1 位)

ス タ ッ プ 歴：2017 年世界陸上ロンドン大会

2018 年ジャカルタアジア大会

2019 年世界陸上ドーハ大会

2021 年オリンピック東京大会

《シンポジストプロフィール》

今村 文男（いまむら ふみお）

1966 年生まれ

所 属：(富士通陸上競技部)

コーチングスタッフ (競歩)

東洋大学 (学士: 経済学)

学 位：修士 (スポーツ健康科学)

略 歴：50km 競歩を専門種目とし、日本選手権 50km 競歩では、7 年連続優勝を含む 9 回優勝。世界陸上選手権においては 1991 年東京大会で 7 位, 1997 年アテネ大会では 6 位入賞。1991 年東京大会から 2003 年パリ大会まで 7 大会連続出場は日本人最多出場である。オリンピックには、1992 年バルセロナオリンピック, 2000 年シドニーオリンピックの 2 大会に 50km 競歩で出場した。2004 年 4 月の日本選手権 50km 競歩を最後に現役引退。50km 競歩における日本記録更新回数 6 回は同種目最多である。現在は、選手強化に専念し、富士通陸上競技部コーチングスタッフとして選手育成にあたり、2021 年東京オリンピックまでに 5 人のオリンピック代表を育成。

主な社会的活動：

日本オリンピック委員会 専任コーチングディレクター (2016~ 現在)

日本陸上競技連盟 強化委員会 強化スタッフ (2004~ 現在)

日本実業団陸上競技連合 強化委員会 競歩ブロック長 (2007~ 現在)

国際陸上競技連盟 競歩委員会委員 (2007~ 2019)

アジア陸上競技連盟 競歩委員会委員 (2007~ 2019)

主な競技歴：

50km 競歩：オリンピック：バルセロナ 1992, シドニー 2000

世界選手権：1991 年~2003 年 7 大会連続出場

1991 年東京大会 7 位, 1997 年アテネ大会 6 位

日本選手権 50km 競歩 7 年連続含む 9 回優勝

日本記録 6 回更新 (1991, 1993, 1994, 1997, 1998)

指 導 歴：

富士通陸上競技部 (2006~ 現在)

オリンピック出場者：森岡紘一郎 (2008, 2012, 2016), 鈴木雄介 (2012), 川崎真裕美 (2012), 大久美 (2012), 高橋英輝 (2016, 2021)

世界選手権出場者：森岡紘一郎 (2009, 2011, 2013), 鈴木雄介 (2011, 2013, 2015), 高橋英輝 (2015, 2017, 2019), 松永大介 (2017), 川崎真裕美 (2009, 2011), 大久美 (2009, 2011, 2013),

世界記録：鈴木雄介 1 回 (2015)

日本記録：森岡紘一郎 1 回 (2010), 鈴木雄介 7 回 (2013, 2014, 2015, 2019),

高橋英輝 4 回 (2015, 2016, 2020), 松永大介 1 回 (2018),

川崎真裕美 4 回 (2009, 2010), 大久美 1 回 (2012)

《シンポジストプロフィール》

三浦 康二 (みうら こうじ)

1969 年生まれ

所 属：独立行政法人 日本スポーツ振興センター スポーツ科学部

学 位：博士 (体育科学)

主な競技歴等：20kmW・50kmW

研 究 分 野：スポーツバイオメカニクス

研 究 テー マ：ヒト二足移動運動のバイオメカニクス、トレーニングに関する研究

主な著書・論文：

国内高校生・大学生年代における競歩種目のパフォーマンス地域分布に関する研究. 陸上競技研究紀要 15(1): 70-80, 2020

連載 エビデンスに基づく競歩のトレーニング & コーチング-U18 からマスターズまで-. 月刊トレーニング・ジャーナル 42(7)- 継続中: 2020-

Kinetic analysis of the function of the upper body for elite race walkers during official men 20 km walking race. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 56(10): 1147-55, 2016.

競歩指導の ABC(DVD). ジャパンライム株式会社, 2013.

主な社会的活動：

公益財団法人日本陸上競技連盟 科学委員会 委員 (2004- 継続中、2011- 幹事)

公益財団法人日本陸上競技連盟 強化委員会 強化スタッフ (2005- 継続中) レベル II(エリアレベル) 国際競歩審判員 (2008-2011)

アジア陸上競技協会 競歩委員会 委員 (2019- 継続中)

主な競技歴等：日本陸上競技選手権 男子 20kmW 4 位 (1993)

日本陸上競技選手権 男子 50kmW 3 位 (1994)

主な指導歴等：青森陸上競技協会強化部 (2004-2008)

(2007 年佐賀 IH 男子 5000mW1 位、2007 年秋田国体少年男子 5000mW2 位) 秋田陸上競技協会アドバイザーコーチ (2005-2009)

(2007 年佐賀 IH 男子 5000mW2 位、2007 年秋田国体少年男子 5000mW1 位) 明治大学体育会競走部コーチ (2019- 継続中)

(2019 年ユニバーシアードナポリ大会男子 20kmW3 位)

主な国際大会判定歴：

2008 年アジアジュニア陸上、2009 年東南アジア大会、2009 年 IAAF 競歩チャレンジ・セストサンジョヴァンニ大会 (イタリア)

《シンポジストプロフィール》

杉田 正明 (すぎた まさあき)

1966 年生まれ

所 属：日本体育大学体育学部 ハイパフォーマンスセンター

学 位：博士 (学術)

研究分野：体力トレーニング、コンディショニング、情報・医科学サポート

研究テーマ：競技スポーツのパフォーマンス向上に関するスポーツ科学研究

主な著書・論文：

休養学基礎 (監修・分担) メディカ出版、2021・なるほど最新スポーツ科学入門 (分担) 化学同人、2020

陸上競技教本アンダー 16・19 レベルアップの陸上競技 (上級編) (分担) (公) 日本陸上競技連盟編 大修館書店、2013 など

Relationship between Step Characteristics and Race Performance during 5000-m Race.

Sports (Basel). 17;9(9):131. doi: 10.3390/sports909131. 2021.

Oligomerized polyphenols in lychee fruit extract supplement promote high-intensity exercise

performance in male athletes: a pilot study. Physical Activity and Nutrition 25(3)8-15, 2021.

4 × 100m リレー・パフォーマンス向上のためのアンダーハンドパス技術と戦略. 陸上競技学会誌 19:65-77, 2021.

競技スポーツ選手を対象とした高地トレーニングの科学. 生体の科学 Vol71(3)193-199, 2020.

A three-dimensional kinematic analysis of walking speed on world elite women's 20-km walking races using an inverted pendulum model. Gazzetta Medica Italiana- Archivio per le Scienze Mediche 179(1-2) 29 - 38, 2020.

高校男子長距離走選手の試合期における酸化ストレス、心理的状態及び主観的コンディショニングに関する研究. スポーツパフォーマンス研究 12:57-71, 2020.

A 100-m sprint time is associated with deep trunk muscle thickness in collegiate male sprinters. Front. Sports Act. Living, 24 September 2019. など

社会的活動：

日本オリンピック委員会 (JOC) 情報・医・科学専門部会副部会長、情報・科学サポート部門長、パリ 2024 対策プロジェクトサブリーダー

日本スポーツ振興センター (JSC) ハイパフォーマンスセンターアドバイザー・日本スポーツ協会スポーツ医・科学委員会委員

日本陸上競技連盟 科学委員長

日本陸上競技学会 理事 など

サポート歴：

2021 オリンピック競技大会 (東京) 日本代表選手団 本部役員 (情報・科学担当)

2019 年世界陸上競技選手権大会 (ドーハ) 暑さ対策支援 (競歩)

2018 年アジア大会 (ジャカルタ) 暑さ対策支援 (競歩)

2017 年世界陸上競技選手権大会 (ロンドン) コンディショニング支援 (競歩)

2016 年オリンピック競技大会 (リオデジャネイロ) コンディショニング支援 (競歩・マラソン)

2013 年世界陸上競技選手権大会 (モスクワ) コンディショニング支援 (競歩・マラソン)

2012 オリンピック競技大会 (ロンドン) コンディショニング支援 (競歩・マラソン)

〔日本陸上競技学会第 20 回大会〕

共催：公益社団法人日本学生陸上競技連合・関東学生陸上競技連盟

シンポジウム②

「日本の跳躍のこれまでとこれから」

シンポジスト 森長 正樹（日本大学）
澤野 大地（日本大学）
コーディネーター 木越 清信（筑波大学）

木越先生：このシンポジウムのテーマは「日本の跳躍のこれまでとこれから」ということで、本日は競技者および指導者として素晴らしい成績を収められたお二人をお迎えし、特に「これから」という点に関して深くお話をすることができればと考えております。本日は帰納的な飛躍を恐れず、実践において応用可能な「何か」を得る時間にしたいと思っております。今回のシンポジストは日本大学の森長正樹先生（以下、森長先生）、澤野大地先生（以下、澤野先生）のお二人です。森長先生は 8m25cm という 20 年以上破られることのない日本記録を作り、現在は橋岡選手の専任コーチとしてご活躍されています。また澤野先生は 5m83cm という現日本記録保持者であり、2021 年 9 月に現役を引退されました。

では森長先生より、ご自身の活躍に影響を及ぼしたと感じるスポーツ経験についてお話していただきたいと思うのですが、いかがでしょうか？

森長先生：私は小学生の初めにバレーボールのクラブチームに、そして 4 年生から野球のリトルリーグに所属していました。その後中学で陸上競技を始めました。陸上競技を始めたきっかけは野球における体力づくりのためでしたが、指導者にも恵まれ中学 3 年生で全国大会に出場しました。高校では陸上にするか野球にするか非常に迷いましたが陸上を選択し、本格的に競技に取り組み始めました。

木越先生：なるほど、陸上を始めたのは野球の監督に勧められたということでしょうか？

森長先生：そうですね、陸上競技の基本は走るという点にあり、さらにジャンプや投げるといった様々な動作が含まれていたのも体力向上にはもってこいということでも勧められました。走り幅跳びにはバレーをやっていた時に身についた、ボールに合わせて跳ぶというタイミングや様々な状況に対応できる状況判断に活かすことができたと感じています。

木越先生：ありがとうございます。続きまして澤野先生からもお話をお伺いしたいと思います。

澤野先生：私はもともと走ることが好きだったので、中学生から陸上の長距離を始めました。小学生の時の校内

マラソン大会では結構良い成績だったのですが、中学生になって大会に出場したら周りと比べても遅くて、先頭と 1 周差なんてこともありました。私が通っていた中学校には棒高跳びに力を入れて指導をされている先生がいて、長距離の練習をしながらその指導を目にすることがよくありました。棒高跳びって楽しそうだなと思って見ていて、たまにポールを握って砂場に突っ込んだりして遊んでいました。中学 1 年の夏に棒高跳びの先生に「棒高跳びをやってみないか」と誘われ、秋から本格的にスタートしました。私は体操が好きで鉄棒やバク転の練習をよくしていたことに加えて、中学の体育の授業にて蹴上がりや上手にできたといったことで先生に棒高跳びに誘っていただいたという経緯になります。

木越先生：なるほど。では次に森長先生が競技や指導を続けていく中で、走り幅跳びに対して抱く考え方に变化した点はありますか？

森長先生：大きく変わったのは助走のイメージで、それが変わったことが日本記録へと繋がったと感じています。当時の日本における幅跳びの助走は、あくまでも踏切を上手におこなうための手段に過ぎませんでした。そのため踏切の 4、5 歩前はリズムを取って踏切に入っていくというイメージが強く、加速し速度アップをおこなう感覚はありませんでした。大学に入ってからアメリカでトレーニングをした際に、最後の部分をしっかり走るように言われましたが、踏切前に努力度を上げていくと踏切への影響が大きく試行錯誤していました。ポイントとしては踏切前 4 歩のストライドであり、その距離を正確に記録していました。最初は 9m から入っていましたが、2 年ほどで 9m45cm から入れるようになり記録も 8m オーバーで安定してきました。橋岡選手にも 4 歩前は 9m20cm 以上から入れるようにと指導してきました。しかしこれは非常に難しいため技術のみでおこなうのではなく、股関節周りの筋力強化や基礎体力をつけることが 4 歩前の距離や記録の安定において重要であると感じています。また最後の一步で跳び出し角度を得ようとするとミスが起こりやすいので、その前の踏切準備動作において跳躍角を得る踏切動作のイメージに変えていくこ

とも必要です。

木越先生：具体的に森長先生や橋岡選手の跳躍、4歩前についてお話しいただきました。続いて澤野先生には日本記録を更新するまでのご自身の棒高跳びについてお伺いします。

澤野先生：そうですね、日本記録更新までというよりも現役時代を通して一番大切にしてきたのは助走になります。空中動作よりもどれだけ走れるか、走れてなんぼだと思っていて、ミニハードルなど走る練習を中心にやっていた。棒高跳びが他競技と比べて明らかに違うのはポールを持って走ることで、普通に走っている時に速くてもポールを持って走って遅かったら意味がないのです。ポールは長いので前に倒すほど重心が前にいってしまい重心位置がずれてしまいます。そのためポールを持った状態で速く走れることを意識して練習していました。助走に関してはどれだけ走れるのかというところ、加えて振り上げのタイミング、その二つが噛み合ってきた時に記録が伸びてきました。

木越先生：ありがとうございます。我々世代から見ると澤野先生が使っていたポールは長さや硬さが桁違いでした。ポールを曲げることや突っ込みに関して何か考えていたことはありますか？

澤野先生：突っ込みのタイミング、手を出す方向そして踏み切りの角度は自然とできていました。棒高跳びの踏切は、ボックスと踏切までの距離が4mほどあるのでかなり怖いのですが、中学生の時にご指導いただいた内容が良かったのか、その恐怖心は一切ありませんでした。だから磨き上げてきた助走の部分を思い切って走り込んで、エネルギーをポールにぶつけるということが自然とできていたと思います。

木越先生：ありがとうございます。ちなみにシドニーオリンピック前の横浜でのスーパー陸上の後、身体を大きくしたという点についてはいかがでしょうか？

澤野先生：世界のトップはやはり身体が大きく、世界と戦っていくためには体重を増やさなければならないと思い、走り込みをしながらさらにウエイトトレーニングや補強トレーニングを沢山行いました。そのお陰か分かりませんが、一時は体重が80kgまでいきました。しかし私自身、体重を増やしていい感覚だったかというところではなく、体重を増やしてからパフォーマンスは低下してしまいました。30代になってから最終的に74kgぐらいに落ち着き、体重74kgでもクリーンが140kg挙がる、さらにスクワットで240kg位挙げられるというような、力発揮にフォーカスしてやってきたからこそ、こういっ

た年齢まで現役を続けられたのかなという気がします。

木越先生：ありがとうございます。それではお時間も進んでまいりましたので、森長先生に橋岡選手の今後についてお伺いしたいと思います。

森長先生：先ほどから話が出ておりますラスト4歩のストライドの部分について、これまではストライドを広く保つ能力をつけるトレーニングをおこなってきました。それに加えて、今後は遠いところから入る能力を持ちながら、さらに速度を上げながら最後の切り返しを速めることでストライドを縮めて踏切角を得るという、速度が速くかつ角度を出すという技術が必要となってきます。そこがクリアできればアジア初の8m50cmオーバーでメダルを、しかもかなり良いメダルを取れるのではないかと考えています。

木越先生：ありがとうございます。変わったことを始めようとする、なかなかそれに対するアレルギー反応もあって、どのようにして選手に納得してもらって実際に試してみようと思うところまで情報を編纂して伝えることができるのかというようなところが、コーチとして大切な仕事の一つであり能力の一つだなと感じました。それでは澤野先生、日本の棒高跳びの今後についてお伺いします。

澤野先生：棒高跳びも陸上競技の跳躍種目の一つであり幅跳びや三段跳びと同じく助走速度、運動エネルギーが大きければ大きいほど高い跳躍高につながってくるというのは大前提だと思っています。ただポールを持たずに走る、スピードをあげるということも大事ですが、やはり助走でポールを持って走らなければならないのでポールと自分の身体のバランスや角度、助走における力の出し方なども大事だと思っています。また、ポールの場合はそのポールの長さ・硬さなど色々ありますが踏み切った瞬間、ポールに対して柔らかい、もしくは硬いと感じた時に瞬時に対応できる能力というものも必要になってくると思います。

木越先生：ありがとうございます。それでは時間になりましたのでシンポジウムを締めたいと思います。シンポジストのお二人、ありがとうございます。お二人からいただいたこのような話をもとに、今後の跳躍としてもこのような議論が活発に行われ、今の日本の男子のレベル維持もしくはもう少しアップ、女子も底上げしてなんとか世界選手権に出るぞというように繋げていけると良いのではないかと考えております。それでは、ありがとうございました。

《コーディネーター・シンポジストプロフィール》

木越 清信（きこし きよのぶ）

1976 年生まれ

所 属：筑波大学

学 位：博士（体育科学）

主な競技歴等：日本学生陸上競技対校選手権大会 棒高跳 優勝 1997 年，2000 年，2001 年
ユニバーシアード北京大会 棒高跳 8 位

主な指導歴等：筑波大学陸上競技部コーチ

その他活動：日本陸上競技連盟 紀要編集委員会委員，
指導者養成委員会委員

《シンポジストプロフィール》

森長 正樹（もりなが まさき）

1972 年生まれ

所 属：日本大学

学 位：修士（教育学）

主な競技歴等：中学校から体力トレーニングのために陸上を始める。

太成高等学校ではインターハイ 2 連覇と高校記録を樹立。日本大学文理学部に進学後は、バルセロナオリンピック出場や日本選手権、日本インカレにおいて優勝。

1992 年に日本記録樹立。

大学卒業後は（株）ゴールドウィンに就職。

2000 年シドニーオリンピック出場。

その他、アジア大会優勝や世界室内大会 7 位入賞するなどの結果を残している。

主な指導歴等：2007 年より日本大学の教員となり同大学陸上競技部跳躍コーチとして指導者となる。日本大学在学中よりアメリカのヒューストン大学で学んだトレーニング方法および技術を指導にいかしオリンピックや世界大会での入賞者や日本選手権優勝などの選手を育成している。

2007 年 4 月 日本大学理工学部 助手 日本大学陸上競技部 跳躍コーチ

2016 年 4 月 日本大学スポーツ科学部 教授

《シンポジストプロフィール》

澤野 大地（さわの だいち）

1980 年生まれ

所 属：順天堂大学スポーツ健康科学部

学 位：修士（教育学）

主な競技歴等：小学生の時に千葉県印西市に移り住み、中学校の陸上部顧問から誘われ棒高跳を始める。成田高校では、インターハイ 2 連覇と高校記録を樹立。日本大学文理学部に進学後は、日本選手権優勝をはじめ日本インカレ 2 度優勝、学生記録樹立。2003 年大学卒業後、陸上競技専門メーカーでもある（株）ニシ・スポーツに就職し、同年 5m75 の日本記録を樹立。その後、2004 年に 5m80、2005 年に 5m83 と日本記録を 3 年連続更新。この記録は現在も日本記録である。

2004 年アテネ・2008 年北京・2016 年リオデジャネイロと 3 回オリンピックに出場し、世界選手権は 2003 年のパリ大会から 6 回連続出場、日本選手権は 11 回優勝するなどの結果を残している。

2012 年より富士通株式会社の所属選手となり 2016 年に行われたリオデジャネイロオリンピックでは、日本人として 64 年振りに 7 位入賞、そして 2019 年には 39 歳という年齢で世界選手権（ドーハ）に 7 回目の出場を果たした。

2016 年より日本大学スポーツ科学部の教員となり教鞭を取る一方、2020 東京オリンピックを目指し現役アスリートとして競技を続けてきたが、2021 年 9 月の全日本実業団を最後に現役を引退した。

主な指導歴等：2016 年 4 月より日本大学スポーツ科学部 専任講師

日本大学陸上競技部 跳躍コーチ

その他活動：日本オリンピック委員会 理事

日本オリンピック委員会 アスリート委員長

日本陸上競技連盟 アスリート委員

日本陸上競技学会会則

平成14年10月26日制定

平成16年8月8日改正

平成20年8月31日改正

第1章 総則

- 第1条** 本会を日本陸上競技学会と称する。
(英文名: Japan Society of Athletics).
- 第2条** 本会は、陸上競技に関する理論的・実践的研究の発展をはかり、会員相互の交流を促し、これによって実践に資することを目的とする。

第2章 事業

- 第3条** 本会は、第2条の目的を達成するために、次の事業を行う。
- (1) 学会大会の開催
 - (2) 学会誌「陸上競技学会誌」(英文名: Japan Journal of Studies in Athletics) 及び会員名簿の刊行
 - (3) 研究会、講演会、講習会の開催
 - (4) 研究の国際的交流
 - (5) その他本会の目的に資する事業
- 第4条** 学会大会は、毎年1回以上開催する。

第3章 会員

- 第5条** 会員の種別は次の通りとする。
- (1) 正会員: 陸上競技、あるいはこれに関連する諸科学の研究者、指導者で正会員が推薦し、理事会で承認された者
 - (2) 名誉会員: 本会に多大な貢献のあった個人で、理事会が推薦し、総会で承認された者
 - (3) 賛助会員: 本会の目的に賛同する個人あるいは団体で、理事会で承認を受けた者
- 第6条** 会員は会費を納入しなければならない。
- (1) 正会員: 年額 5,000 円
 - (2) 名誉会員: 徴収しない
 - (3) 賛助会員: 年額 10 万円以上
- 第7条** 会に入会を希望するものは、所定の手続きを経て、入会申込書、会費を添えて本会事務局に申し込むものとする。
- 第8条** 会員は、本会の学会誌「陸上競技学会誌」その他研究情報に関する刊行物の配布を受けることができる。
- 第9条** 原則として2年間会費を滞納したものは退会したものとみなす。なお退会に際しては、滞納分の会費を支払うものとする。

第4章 役員

- 第10条** 本会に次の役員をおく。
- | | |
|-----|------|
| 会 長 | 1 名 |
| 副会長 | 若干名 |
| 理事長 | 1 名 |
| 理 事 | 15 名 |
| 監 事 | 2 名 |

- 第11条** 役員は次の各項により選任される。
- (1) 会長、副会長、理事長は理事の互選により選出し、総会において決定する。
 - (2) 理事は正会員の投票により決定する。
 - (3) 理事につきさらに若干名は会長が推薦することができる。
 - (4) 監事は会長が委嘱する。
- 第12条** 役員の職務は次の通りとする。
- (1) 会長は本会を代表し、会務を総括する。
 - (2) 副会長は、会長を補佐し、会長事故ある時はこれを代行する。
 - (3) 理事長は理事会を招集し、会務を統括する。
 - (4) 理事は理事会を構成し、会務を処理して本会運営の任にあたる。
 - (5) 監事は本会の会務を監査する。
- 第13条** 役員の任期は次の通りである。
- (1) 会長・副会長・理事長・理事・監事は1期3年とし、再任を妨げない。

第5章 会議

- 第14条** 本会の会議は、総会及び理事会とする。
- 第15条** 総会は本会の最高議決機関であり、会長が招集し、次の事項を審議決定する。
- (1) 役員の選定
 - (2) 事業報告及び収支決算
 - (3) 事業計画及び収支予算
 - (4) 会則及び諸規定の改正
 - (5) その他の重要事項
- 第16条** 理事会は、理事長が招集し、会務を処理し、本会運営の任にあたる。
- (1) 会長及び副会長の推薦
 - (2) 総会に対する提案事項の審議
 - (3) 総会から委任された事項の審議・処理
 - (4) 運営の効率化を図るために専門委員会を置くことができる。
 - (5) その他本会の目的に資する事業の運営

第6章 会計

- 第17条** 本会の経費は次の収入による。
- (1) 会員の会費
 - (2) 事業収入
 - (3) 助成金及び寄付金
- 第18条** 本会の会計年度は毎年4月より翌年3月までとする。

第7章 顧問

- 第19条** 本会に顧問及び参与をおくことができる。

第8章 付則

- 第20条** 事務局は当分の間、順天堂大学に置く。
- 第21条** 本会則は平成20年8月31日より施行する。

陸上競技学会誌 投稿規程

〈投稿資格〉

- ・本誌に投稿できるのは、原則として日本陸上競技学会会員とする。
- ・大学院生の投稿に際しては、投稿の前後いずれかにおいて本学会での発表を原則とする。
- ・編集委員会が認めた場合には、会員以外へ投稿を依頼する場合がある。

〈著作権〉

- ・会員の権利保護のため、掲載された原稿の著作権は本会に属するものとする。
- ・投稿論文において他者の著作権に帰属する資料等を引用するときは、著者がその許可申請手続きを行う。

〈原稿の送付〉

- ・原稿は付則に記された日本陸上競技学会編集委員会事務局宛に電子メールに原稿ファイルを添付して投稿する。受諾決定後には電子メールにて完成原稿電子媒体を提出する。

〈原稿の種類と内容〉

- ・原稿の内容は、陸上競技の理論と実践に関するものとする。
- ・本会誌の読者は陸上競技に関する広い分野にわたるので、高度な専門的知識のない読者にも理解できるよう配慮する。
- ・原稿の種類は、「原著論文」、「事例報告（ケース・レポート）」、「研究資料」、「解説」、「陸上競技 Round-up」、「キーノートレクチャー」、「その他」とし、それぞれ以下のようなものである。

①「原著論文」

陸上競技およびこれに関連する分野の学術上および指導・実践上価値のある新しい研究成果を記述した原著論文。

②「事例報告（ケース・レポート）」

陸上競技の実践において、現場で実際に行った事実（コーチングやトレーニングの活動）を事例として正確に記述し報告したレポートであり、指導者や選手の活動実践に直接役立つもの。

③「研究資料」

陸上競技に関連する理論的、実践的、事例的な問題について、原著論文としての体裁になるほどまとまっていないが、新規性があり早く発表する価値のある論文。または、コーチング実践への示唆の無い基礎的な研究論文。

④「解説」

陸上競技に関連する新知見、他の競技種目やトレーニング法など、多数の学会員にとって未知であり、これを知らせることの意義のある記事。論文紹介や指導法

の提示などもこれに含まれる。

⑤「陸上競技 Round-up」

陸上競技に関連する国内外の情報、学会員相互の問題提起や話題の提供、対談など。

⑥「キーノートレクチャー」

陸上競技の指導者、選手として身につけておきたいスポーツ科学における各専門領域に知見を分かりやすくまとめた依頼原稿。

⑦「その他」

学会大会における研究発表抄録、学会および学会誌の運営や内容などに関する自由な意見、希望など。

〈倫理規定〉

- ・ヒトを対象とする医学的・生物学的研究はヘルシンキ宣言の趣旨に則り、また、動物実験は各所属機関の規定に従い、適切に対応する。

〈掲載の採否〉

- ・原稿の掲載の採否は、本会誌編集委員会が決定する。
- ・原稿の選択、校正、追加・短縮、掲載順序などは、編集委員会が決定する。
- ・著者に承認を求めた上で、原稿の種類を変更する場合がある。

〈著作権〉

本誌に掲載された論文の著作権の一切（著作権法第27条及び第28条の権利を含む）は、本学会誌に帰属又は譲渡されるものとする。ただし、論文の内容に関する責任は当該論文の著者が負う。

〈利益相反について〉

筆頭著者は当該論文にかかる著者全員の COI 状態に関して、所定の書式（様式1）にて論文投稿時に自己申告し、記載内容について責任を負う。

〈その他〉

- ・原稿執筆にあたっては、「執筆要項」にしたがって作成する。
- ・投稿についての問い合わせは、付則に記した問い合わせ先まで連絡する。

〈付則〉

原稿の送付先、問い合わせ先は、下記の通りである。

〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立 101

中京大学

スポーツ科学部 競技スポーツ科学科

眞鍋芳明

TEL：0565-46-1211（代表）

E-mail：manabe@sass.chukyo-u.ac.jp

1. 原稿の作成

原稿はワードプロセッサで作成するものとし、A4 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、上下左右に約 3cm の余白をとり、フォントは 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。本文および文献表にはページ下部中央に通し番号をつけること。また、審査員が要修正事項や照会事項を指摘しやすくし、また著者が修正対応表（回答コメント）で修正・対応箇所を明示するために、本文および文献表の左側に行番号（ページごとに振り直し）を付加すること。

原稿の長さは、刷り上がり 8 ページを超過しないように配慮すること。原稿 2 枚が刷り上がり約 1 ページに相当する。なお、このページ数には、表紙や要旨、図表など一切含むものとする。

また、原稿ファイルはファイル展開の不具合を防ぐために下記の拡張子を持つファイル形式とする。

- (1) 表紙、要旨、英文抄録、本文、文献：doc, docx および pdf
 - (2) 図表：ppt, pptx, xls, xlsx, jpg, tiff, gif および pdf
- いずれも原稿ファイルと pdf 形式のファイルの 2 種類を送付すること。

2. 原稿の構成

2.1 表紙

原稿の 1 枚目に、下記のものを記入する。

- ①原稿の種類（原著論文、事例報告（ケース・レポート）、研究資料、解説、陸上競技 Round-up、キーノートレクチャー、その他）
- ②題目
- ③著者名
- ④所属機関
- ⑤所在地
- ⑥連絡先電話番号（および E-mail）
- ⑥キーワード（5 個程度）

上記のうち、題目、著者名、所属機関については、日本語と英語の両方を書くこと。

2.2 要旨

「原著論文」、「事例報告（ケース・レポート）」、「研究資料」には、和文もしくは英文の要旨を付す。英文原稿の場合には、和文および英文の要旨を付す。

2.3 本文

本文は理解しやすいように章立てする。本文には、表題、著者氏名、所属、および所在地は記入しない。

2.4 図表

- (1) 図表は 1 つずつ A4 用紙または原稿用紙に配置し、それぞれに通し番号を付して図 1、表 1 などと記す。また、これにタイトルや説明文をつける
- (2) 図表は提出された原図をそのままオフセット印刷するので、図表の大きさは刷り上り寸法の 2 倍程度で印刷するのが望ましい。
- (3) 写真は図に含めるものとし、濃淡のはっきりしたものとする。
- (4) 図表を原稿に挿入する個所は、本文の右側余白に図表番号によって明示する。
- (5) 図表の数は、刷り上り 2 ページ以内を目安とする。

2.5 文献

見出し語は「文献」とする。本文中での文献引用時の記載は、原則として著者・出版年方式（author-date method）とする。文献一覧はファースト・オーサーのアルファベット順とし、下記の形式で本文の末尾にまとめて記載する。

(1) 定期刊行物（雑誌）

原則として、次に示す形式で記載する。

著者名（発行年）論文名、誌名、巻（号）：始ページ－終ページ。

共著の論文について、著者名が漢字の場合には中黒（・）でつなぎ、英字の場合には and で続ける。ただし、英字で 3 人以上の場合にはカンマ（,）でつなぎ、最後の著者の前のみに and を入れる。発行年は西暦で記入するものとし、同一著者で同じ発行年の複数の論文を記載する場合には年号の後に a, b, c, … を付ける。雑誌名の省略方法は、原則として和文は「日本医学雑誌略名表」、欧文は「Index Medicus」に従う。

－例－

陸上太郎・跳躍二郎（2001）100km ランニング中の
β エンドルフィン濃度変化. 日本陸上競技学会誌,
12 (2) : 56-61.

Lewis, C., Johnson, B., and Johnson, M. (1999) Problems
of traditional sprint techniques. New Studies in
Track and Field, 35(3) : 135-142.

(2) 書籍

原則として、次に示す 3 つのいずれか当てはまる形式で記載する。書籍では、引用個所が特定できない場合には引用ページの部分を省略する。

①単行本の場合

著者名(発行年) 書名(版数). 発行所: 発行地,
引用ページ.

ー例ー

小野勝次(1963) 陸上競技の力学(第7版). 同文書院:
東京, pp.76-78.

O'Brien, D. (1998) Dan O'Brien's Ultimate Workout.
Hyperion: New York, pp.3-11.

日本陸上競技連盟編(1992) 陸上競技指導教本(基礎
理論編). 大修館書店: 東京, pp.22-26.

②編著の一部の場合

著者名(発行年) 表題. 編集者名(編) 書名(版数).
発行所: 発行地, 引用ページ

英文の場合には, "In:"をつけたあと編集(監修)者名と"
(ed.)"もしくは"(eds.)"をつける.

ー例ー

尾縣貢(1990) 混成競技の学習指導. 関岡康雄 編
著 陸上競技の方法. 同和書院: 東京, pp.167-
176.

Lundberg, A. (1997) Functional Anatomy. In: Allard, P.,
Cappozzo, A., Lundberg, A., and Vaughan, C.L. (Eds.)
Three-dimensional analysis of human locomotion.
John Wiley & Sons: New York, pp.27-48.

③翻訳書の場合

著者名(発行年) 書名(版数). 発行所: 発行地,
引用ページ. 〈英文書誌データ〉

原著者の姓をカタカナ表記し, その後にコロンの(:)
をつけて訳者の姓名を記入する. 訳者が3人以上の場合,
筆頭訳者のみ記入して「・・・ほか訳」と略記する. 原
著の書誌データは執筆者が必要性を判断して〈 〉内に
付記する.

ー例ー

エッカー: 澤村博監訳(1999) 基礎からの陸上競技
バイオメカニクス. ベースボール・マガジン
社: 東京. < Ecker, T. (1985) Basic track & field
biomechanics. Tafnews Press: Los Altos. >

3. 原稿の書き方

原稿は, 十分推敲し, 簡潔かつわかりやすいように重
点を強調して記述する. 謝辞, 付記などは原稿の採択決
定後に書き加えること. なお, 英文の場合には, ダブル
スペースで原稿を作成する.

(1) 原稿の言語

原稿は日本語を用いることを原則とするが, 英語を用
いてもよい. 以下, 日本語を用いる場合の規定であるが,
英語を用いる場合はこれに順ずるものとする.

(2) 用語・単位・記号

文章は「である調」の現代文表記とし, 原則として当
用漢字・新かなづかいを用いる. 文章中の外国語は原語
表記またはカタカナを用いる.

単位は国際単位系(SI)に従うものとする. 量および
単位をあらわす記号は, なるべくJIS規格で制定された
ものを用い, 必要があれば記号一覧表をつける.

(3) 章立てと見出し

本文は, 章, 節, 項に区切る. 章の見出し番号は, 1.,
2., ..., 節の見出しは, 1.1, 1.2, ..., 項の見
出しは (1), (2), ...とし, 行の左端から書く. 本文は
これと行を変えて書く.

(4) こまどり

本文は, 書き出しおよび改行後の書き出し部分を1こ
まあける. また, 見出し番号の次も1こまあける. 句点
は「.」, 読点は「,」とし, 1こまを占める.

(5) 脚注

脚注は, 文末に一覧表としてまとめる. 本文では,
右側に(注1)などをつける.

(6) 文字指定

本文, 数式, 図, 表などに記入される文字は, 字体が
明確にわかるように書く. 紛らわしい文字は, 赤字で字
体を指定する.

大文字, 小文字で紛らわしいもの(例えば, Cとc,
Kとk, Oとo), 混同の恐れがあるもの(例えば, rと
γ, kとκ, wとω), その他, O(オー)と0(ゼロ),
1(エル)と1(イチ)などは, その区別を赤字で添書
きする. 上付き文字, 下付き文字などの文字飾りにつ
いても赤字で添書きして指示する.

英字の変数は, 原則としてイタリックとし, 「イタ」
を○で囲んだ赤字で添書きする. その他の英字, すなわ
ち単位(kgなど), 演算子(sinなど), 一般用語, 固
有名詞はローマンとする.

(7) 数式

数式は改行して2行取りとし, 上付き, 下付きなどを
赤字で添書きする. 分数式は, 原則として, $\frac{a}{b}$ のよう
に書くが, 簡単な数式などを本文中に入れる場合には,
 $(a-1)/(b+2)$ のようにして1行に書く.

4. 掲載料と別刷り

掲載料は当分の間無料とするが, 特殊な印刷を必要と
したり, ページ数の超過などがある場合には, 別途著者
負担額を申し受けることがある.

別刷りが必要な場合は, 著者校正の際に必要な部数を申
し出る. これに要する費用は著者負担とする.

(様式1)

日本陸上競技学会誌 COI自己申告書

著者名: _____

論文題目: _____

(著者全員について、投稿時から遡って過去2年間以内での発表内容に関する企業・組織または団体とのCOI状態を記載)(本COI自己申告書は論文掲載後2年間保管されます)

項 目	該当の状況	有であれば、著者名：企業名などの記載
① 報酬額 1つの企業・団体から年間100万円以上	有・無	
② 株式の利益 1つの企業から年間100万円以上、 あるいは当該株式の5%以上保有	有・無	
③ 特許使用料 1つにつき年間100万円以上	有・無	
④ 講演料 1つの企業・団体からの年間合計50万円以上	有・無	
⑤ 原稿料 1つの企業・団体から年間合計50万円以上	有・無	
⑥ 研究費・助成金などの総額 1つの企業・団体からの研究経費を共有する所属部局（講座、分野あるいは研究室など）に支払われた年間総額が200万円以上	有・無	
⑦ 奨学（奨励）寄付などの総額 1つの企業・団体からの奨学寄付金を共有する所属部局（講座、分野あるいは研究室など）に支払われた年間総額が100万円以上	有・無	
⑧ 企業などが提供する寄付講座 (企業などからの寄付講座に所属している場合に記載)	有・無	
⑨ 旅費、贈答品などの受領 1つの企業・団体から年間5万円以上	有・無	

誓約:私の利益相反に関する状況は上記のとおりであることに相違ありません。なお、本申告書の内容は、社会的・法的な要請があった場合は、公開することを承認します。また本申告書を電磁的に本学会事務局にて保管することに承認し、電磁的に保管されたものを正本とすることに同意します。

(申告日)西暦 年 月 日

論文筆頭者(署名): _____

日本陸上競技学会 学会賞・優秀発表賞規程

本規程は、日本陸上競技学会（以下「本学会」という）が、本学会会員（以下「会員」という）のより一層の研究・実践活動を奨励し、本学会の質的向上をはかるため、会員の顕著な研究・実践活動等の業績に対し顕彰をおこなうための事項を取り決めたものである。

第1条（名称）本賞は、優れた論文・著書等に対して授与する「学会賞」および学会大会における優れた一般発表に授与する「優秀発表賞」とする。

第2条（学会賞の選考）本会に「学会賞」に関する選考委員会（以下「学会賞委員会」という）を設ける。

- 1.（学会賞委員会の設置）学会賞委員会は、会長が委嘱する編集委員長および副委員長を含む本会理事若干名をもって構成される（委員の任期は3年とし、再選は妨げない）。委員会は、互選により委員長を選出する。
- 2.（学会賞の選考基準）学会賞は、筆頭著者が会員で、原則としてその前年度に刊行された「陸上競技学会誌」に掲載された論文および学術・啓蒙的著書等を対象として、最も優れた論文・著書等に対して授与する。
- 3.（受賞対象者）受賞対象者は、筆頭著者及びその共著者すべてとする。なお、筆頭著者以外は、会員、非会員を問わない。
4. 本学会賞制定後、数年は創立年度まで遡った業績も対象とする。
- 5.（学会賞候補の推薦）会長、副会長および理事は、学会賞の候補となりうる論文・著書等一篇を推薦することができる。また、会員は、2名以上の連名により、学会賞の候補になりうる論文・著書等一篇を推薦することができる。候補論文・著書等の推薦は、毎年度第1回の理事会より大会前1ヶ月までの期間とし、会長宛に文書で提出する。

第3条（優秀発表賞の選考）本会に「優秀発表賞」に関する選考委員会（以下「発表賞委員会」という）を設ける。

- 1.（発表賞委員会の設置）発表賞委員会は、当該大会に出席している、大会会長から委嘱された理事若干名をもって構成する。なお、委員長は大会会長とする。
- 2.（優秀発表賞候補の選考基準と推薦）発表賞委員会は、当該大会における一般発表（口頭およびポ

スター発表）において優れた発表一件を、所定の様式にしたがって記名式での推薦を行うよう会員に依頼する。

- 3.（受賞対象者）受賞対象者は、満35歳未満（当該年度4月1日現在）の会員（筆頭著者）で、受賞は1人に対して原則1回とする。

第4条（受賞候補者の決定）各委員会は、推薦された論文等・著書および一般発表を参考にしながら、「学会賞」候補論文・著書等を各一篇および「優秀発表賞」候補一件を決定し、理事会に報告する（ただし「該当なし」も可）。

第5条（受賞者の決定と表彰）受賞者の最終決定は、理事会において行う。なお、表彰は、筆頭著者へのみとし、「学会賞」については総会時、「優秀発表賞」については当該大会の閉会宣言時に授与する。

第6条（受賞者の貢献）受賞者は、次のいくつかの方法により、本学会会員の相互啓発に協力することとする。

- 1) 論文等の寄稿（本学会誌に未掲載の場合）
- 2) 本学会での講演等

第7条（規程改廃）本規程の改廃は、理事会において決定する。

附則

- 1 本規定は、平成21年11月14日から施行する。

陸上競技学会誌編集委員会 委員名簿

委員長 眞鍋 芳明 中京大学
委員 鯉川なつえ 順天堂大学
委員 杉田 正明 日本体育大学

※敬称略

編集後記

激動のコロナ禍のなか、国際的スポーツの祭典である東京2020オリンピック・パラリンピックが一年延期の後に開催され、無事に終了しました。そして、この冬には北京2022オリンピック・パラリンピックが開催され、奇しくも夏季と冬季のオリンピック・パラリンピックが同年度開催というスポーツ界において記念すべき年度になりました。

東京2020オリンピックでは男子20km競歩で池田向希選手が銀、山西利和選手が銅メダルを獲得し、さらに橋岡優輝選手が走り幅跳びで6位、川野将虎選手が男子50km競歩で6位、大迫傑選手が男子マラソンで6位、三浦龍司選手が男子3000mSCで7位、廣中瑠梨佳選手が女子10000mで7位、田中希実選手が女子1500mで8位、一山麻緒選手が女子マラソンで8位に入賞しました。さらに2017年度から2021年度のオリンピアー

ドに目を向けると、男子では15種目、女子では9種目の日本記録が誕生しました。こうした成果は日本陸上界がオリンピックへ向けて総力を挙げて強化をしてきたことの証左でもあります。コロナ禍という未曾有の困難のなかで各大会を運営してくださった競技会関係者、アスリートを支援しつづけてくださった関係各位、そして何よりもスポーツが持つ力を世界に示してくれたアスリートに敬意を表します。

本学会誌も引き続き陸上競技界における理論と現場の架け橋となるべく、理事および編集委員一丸となって精進してまいります。また、会員の皆様におかれましては、ますますの活発な研究活動を推進されますことを祈念しております。

(編集委員長 眞鍋芳明)

陸上競技学会誌 第20巻 (Vol.20, 2022)

2022年3月31日発行

発行人 澤村 博

編集人 青山清英

発行所 日本陸上競技学会

〒150-8366 東京都渋谷区渋谷4-4-25
青山学院大学教育人間科学部
小木曽研究室内
日本陸上競技学会事務局
TEL: 03-3409-8579
E-Mail: info@jsa-web.com

製作 株式会社 文成印刷

印刷 株式会社 文成印刷
