

2021 年度国内競歩レースにおけるロス・オブ・コンタクト判定

高橋 直己¹⁾ 川向 哲弥²⁾ 佐藤 高嶺^{3) 4)} 三浦 康二⁵⁾

1) 東京学芸大学大学院 2) 北陸体力科学研究所 3) 山形県上山市教育委員会
4) 筑波大学大学院 5) 日本スポーツ振興センター

1 目的

競歩では、競技者が歩行時に両足が同時に地面から離れていないか（ロス・オブ・コンタクトではないか）、また、脚が接地の瞬間から地面と垂直の位置になるまで、その膝がまっすぐ伸びているか（ベント・ニーにではないか）を競歩審判員が目視で判定している。競歩審判員は判定の際に、競技者がルールに完全に従っていると確信できない時にイエローパドル（以下「YP」）を提示することになっている（公益財団法人日本陸上競技連盟, 2021）。この YP は競技者の動作の改善を促し、競技力の向上を援助することができる（Lapka et al., 2011）ため重要な役割を果たす。そのため、実際に競歩審判員がどのような動作が観察された場合に YP を提示しているのかを明らかにすることで、競歩審判員の判定基準の参考資料になるだけでなく、競技者の競技力向上にも繋がると考えられる。

本報告では実際に 1 人の競歩審判員が YP を提示した競技者の動作と YP を提示しなかった競技者の動作の比較に加えて、競技会を通じてより多くの競歩審判員から YP を提示された競技者の動作を分析し、YP の提示と競技者の動作の関係を調査することを目的とした。

2 方法

2.1 データ収集

第 60 回全日本競歩輪島大会の男子 10km 競歩と男子 U20-10km 競歩を対象競技会（石川県輪島市, 2021 年 4 月 10 日）とした。対象レースは 1 周 2km の周回コースで行われ、そのコースの側方に 1 台のカメラ（DSC-RX10M4, 120fps, シャッター速度 1/1000s）を設置して撮影した。また、レース開始

までにカメラ光軸と垂直になるように 4m 間隔で較正用マーカーを設置して撮影した。

分析対象者は、被検者である競歩審判員 1 名から YP（ロス・オブ・コンタクト）を提示された動作を撮影できた競技者 18 名（以下「YP 被提示者群」）、YP（ロス・オブ・コンタクト）を提示されず、YP 被提示者群と競技成績の近い競技者 18 名（以下「違反なし競技者群」）とした。さらに、YP 被提示者群から競技会を通じてより多くの審判員から YP を提示された競技者 4 名、全審判員から YP を提示されなかった競技者 3 名を違反なし競技者群から抽出した。また、本来は非公開とされている競歩審判員集計表を主催者の許可を得て入手し、YP の被提示回数やレッドカードの枚数を算出した。

2.2 分析方法

撮影した映像を PC に取り込み、動作解析ソフト（Frame-DIAS V, Q'sfix 社製, Japan）を用いて身体分析点 5 点（大転子, 膝, 外果, 踵, 爪先）をデジタル化した。2 次元座標は較正マークをもとに換算して算出し、バターワース型デジタルフィルターによって X 座標を 14 ~ 15Hz, Y 座標を 11 ~ 15Hz で平滑化した。

2.3 算出項目

左足離地から 2 回目の右足接地（以下「RH-on」）までを分析範囲とした。1 回目の RH-on から 2 回目の RH-on までを 1 サイクルとして、陸上競技審判ハンドブック（2021）や法元ら（2004, 2007, 2010）の報告を参考に以下の項目を算出した。

- 1) ステップ長 (m) : 1 サイクルの水平距離の 1/2 の値（表 2 と表 3 には競技者間での比較のために各競技者の下肢長で規格化した値 (%) を示した）
- 2) ステップ頻度 (歩 / 秒) : 1 サイクルに要した時

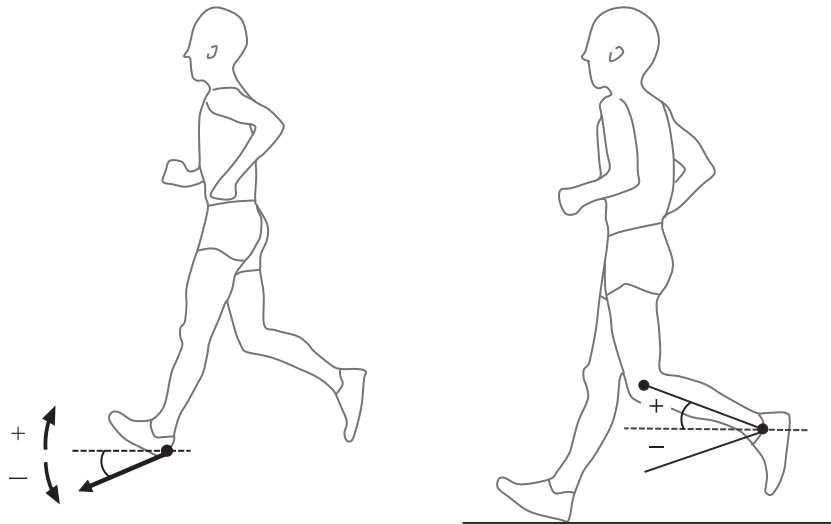


図 1. 踵移動角度 (左) と下腿角度 (右) の角度定義

表 1. 各被検者の競技記録 (n = 18)

	YP被提示者		違反なし競技者		
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
レース記録	44'07	2'14	43'41	1'36	N.S.
分析地点 (km)	7.1	1.8	5.5	0.0	
イエローパドル数 (回)	3.39	1.74	2.28	1.79	N.S.
レッドカード枚数 (枚)	0.94	1.13	0.39	0.59	N.S.

YP被提示者の中に失格してレース記録がない選手が2人いるためレース記録はn=16である。

間の 1/2 の逆数

- 3) 歩行スピード (m/秒) : ステップ長とステップ頻度の積
- 4) 非支持時間 (秒) : 両足が同時に地面から離れている時間
- 5) 支持時間 (秒) : 左脚が地面と接している時間
- 6) 遊脚時間 (秒) : 左脚が地面から離れている時間
- 7) 踵高 (m) : 左遊脚の踵の高さ
(各競技者の下肢長で規格化した値 (%) と地面からの絶対的な高さの値を算出した)
- 8) 下腿角度 (度) : 下腿ベクトルと水平線のなす角
- 9) 踵移動角度 (度) : 踵速度ベクトルと水平線のなす角

2.5 統計処理

表 1 に示した競技記録 (分析地点を除く) と表 2 に示したキネマティクスデータの群間の比較を行うために対応のない t 検定を用いた。有意水準は 5% 未満とした。

算出項目の (7) ~ (9) に関しては、左足離地から左足接地までを 0-100% として規格化した。規格化したデータの差の検定は実施しなかった。

3 結果と考察

3.1 YP 被提示者群と違反なし競技者群の比較

3.1.1 競技記録

各被験者の競技記録を表 1 に示した。レース記録、イエローパドル被提示回数、レッドカード枚数において有意な差はなかった。これは YP 被提示者群と違反なし競技者群の競技記録に違いがないことを示し、同じレベルの競技者同士の比較ができていることになる。

3.1.2 各ステップ変数

各被験者のステップ変数を表 2 に示した。表 2 に示したデータ全てにおいて有意な差はなかった。ルール上、ロス・オブ・コンタクトの判定は非支持

表 2. 各被験者のキネマティックデータの分析結果 (n = 18)

	YP被提示者		違反なし競技者		
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
ステップ長 (%)	1.46	0.10	1.46	0.08	N.S.
ステップ頻度 (歩/秒)	3.35	0.11	3.31	0.10	N.S.
歩行スピード (m/秒)	3.80	0.21	3.78	0.21	N.S.
非支持時間 (秒)	0.04	0.01	0.04	0.01	N.S.
支持時間 (秒)	0.26	0.01	0.26	0.02	N.S.
遊脚時間 (秒)	0.34	0.02	0.34	0.01	N.S.

撮影条件の関係から違反なし競技者の支持時間はn = 17の値である。

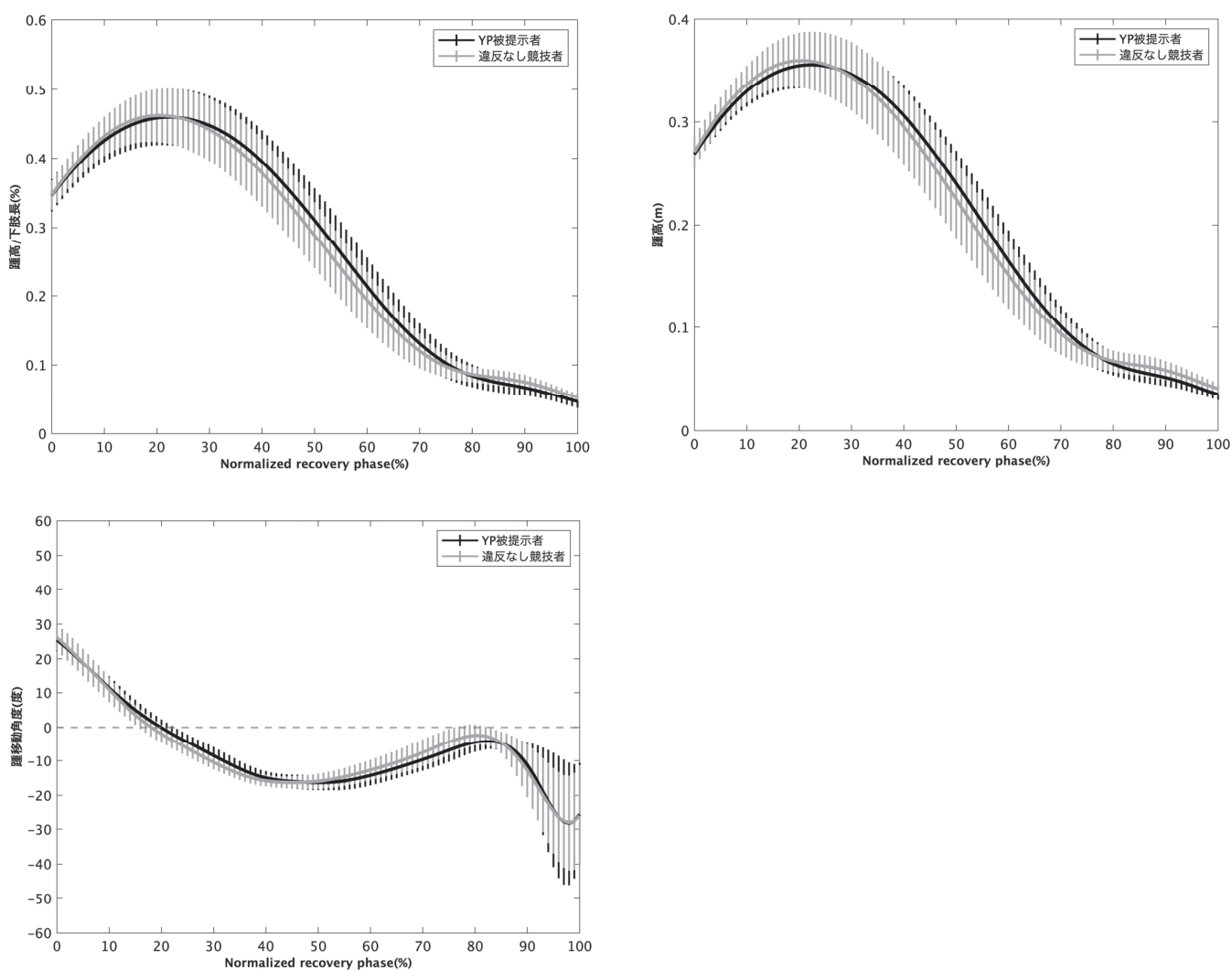


図 2. 左脚遊脚期における左踵高および左踵移動角度 (各群の平均値)

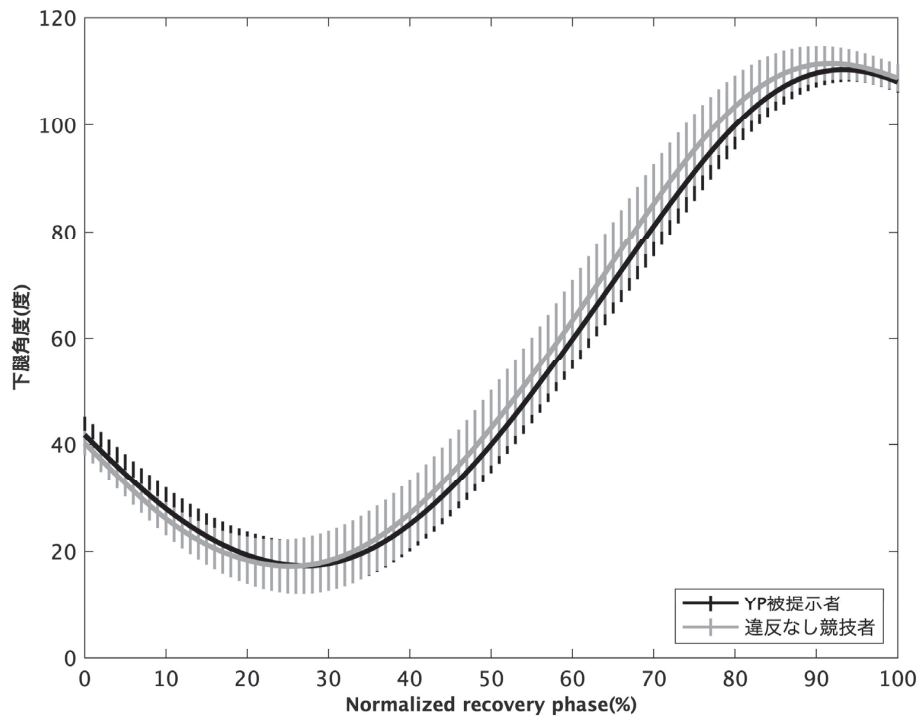


図 3. 左脚遊脚期における左下腿角度（各群の平均値）

局面の有無で行われる。しかし、本報告の YP 被提示者群と違反なし競技者群の非支持時間に有意な差はなかった。これは競歩審判員が非支持時間を正確に識別できていないことを示している。また、法元ら（2010）も失格した競技者と失格しなかった競技者の非支持時間に差がなかったことを報告していることから、競歩審判員は平均 0.04 秒という非支持時間（表 2）をもとに非支持局面の有無を目視で識別するのは極めて困難であると考えられる。法元ら（2007, 2010）は、競歩審判員は判定の際に、非支持時間を基準としているのではなく、肉眼で認識しやすい下肢の動作を参考に判定を行なっている可能性を報告している。従って、本報告の競歩審判員も非支持時間を基準として判定を行うのではなく、下肢の動作を参考に判定を行っていた可能性がある。

3.1.3 遊脚期における各部位の動作

競歩審判員がロス・オブ・コンタクトを判定する際に観察していると考えられている（法元ら、2007, 2010）左遊脚の踵高（各競技者の下肢長で規格化した値と地面からの絶対的な高さの値）および踵移動角度の変化を、左足離地から次の左足接地（以下「左脚遊脚期」）までを 100%として規格化して図 2 に示した。左遊脚の踵の動作において、競歩審判員が競技者の下肢または全身に対する位置を観察しているのか、また地面からの絶対的な高さを観察

して判定をしているのかは明らかでないため 2 つの項目を示した。

両項目において遊脚期全体で明確な違いは確認できなかった。踵の高さに違いは確認されなかったが、法元ら（2004）は離地後の遊脚の蹴り上げが大きいことや接地直前に遊脚足部が上から下に落ちる動作が確認される場合、ロス・オブ・コンタクトの判定がされやすいと報告している。

その動作の評価の指標となる踵移動角度を算出したが、両群の離地後と接地直前の値に明確な違いが確認されなかったことから、本報告における競歩審判員は離地後の遊脚の蹴り上げの大きさや接地直前の落ち込む動作を判定の材料にしていなかった、またはできていなかった可能性が考えられる。

これまでの報告（法元ら、2007, 2010）からロス・オブ・コンタクトの判定材料として踵の動作に注目することは重要であると考えられるが、肉眼での認識のしやすさという観点から考えた場合、踵の動作にも影響すると考えられる下腿の動作にも注目することが必要であると考えられる。そこで、左遊脚の下腿角度を、左脚遊脚期を 100%として規格化して図 3 に示した。

下腿角度においても遊脚期全体で明確な違いは確認されなかった。本報告で算出した項目において YP 被提示者群と違反なし競技者群に明確な違いは確認されなかった。

明確な違いが確認できなかった要因の 1 つとし

表3. YP被提示数が多い競技者とYP被提示なし競技者の各データ

YP被提示が多い競技者				
	A	B	C	D
分析地点 (km)	7.5	7.5	7.5	7.5
イエローパドル数 (回)	6	7	6	7
レッドカード枚数 (枚)	3	2	2	3
ステップ長 (%)	1.68	1.65	1.44	1.53
ステップ頻度 (歩/秒)	3.29	3.43	3.48	3.20
歩行スピード (m/秒)	4.19	4.21	3.97	3.71
非支持時間 (秒)	0.05	0.07	0.03	0.04
支持時間 (秒)	0.25	0.23	0.26	0.26
遊脚時間 (秒)	0.36	0.36	0.33	0.36

YP被提示なし競技者			
	E	F	G
分析地点 (km)	5.5	5.5	5.5
イエローパドル数 (回)	0	0	0
レッドカード枚数 (枚)	0	0	0
ステップ長 (%)	1.53	1.41	1.51
ステップ頻度 (歩/秒)	3.33	3.33	3.29
歩行スピード (m/秒)	3.82	3.58	4.03
非支持時間 (秒)	0.04	0.04	0.04
支持時間 (秒)	0.25		0.23
遊脚時間 (秒)	0.34	0.34	0.36

撮影条件の関係からF選手の支持時間は算出していない。

て、YPの提示に関する競技規則の曖昧さが考えられる。YPは競技者が競技規則に完全に従っていると確信できない時に提示するものとされているため、YPを提示するかどうかの判定基準は審判員の主観に大きく左右される。そのため、競歩審判員のYP提示対象動作の中にはレッドカードに値しない歩行に近い動作もあれば、レッドカードが出される動作に近いものも存在すると考えられる。本報告も様々なデータが含まれていることが考えられるため、データを平均化した際に明確な違いが確認されなかったと推測される。

3.2 YP被提示数が多い競技者とYP被提示なし競技者の比較

3.2.1 各ステップ変数

ステップ長と歩行スピードはAおよびB選手が他の選手よりも大きな値を示し、ステップ頻度はBおよびC選手がより大きな値を示した。支持時間や遊脚時間はYP被提示数が多い競技者とYP被提示なし競技者に明確な違いは確認されなかった。非支持時間においては、B選手が0.07秒と最も大きな値を示したがその他の選手では違いが確認されなかったことから、競歩審判員は非支持時間の長さを基準としてロス・オブ・判定を行っていたとは考え難い。

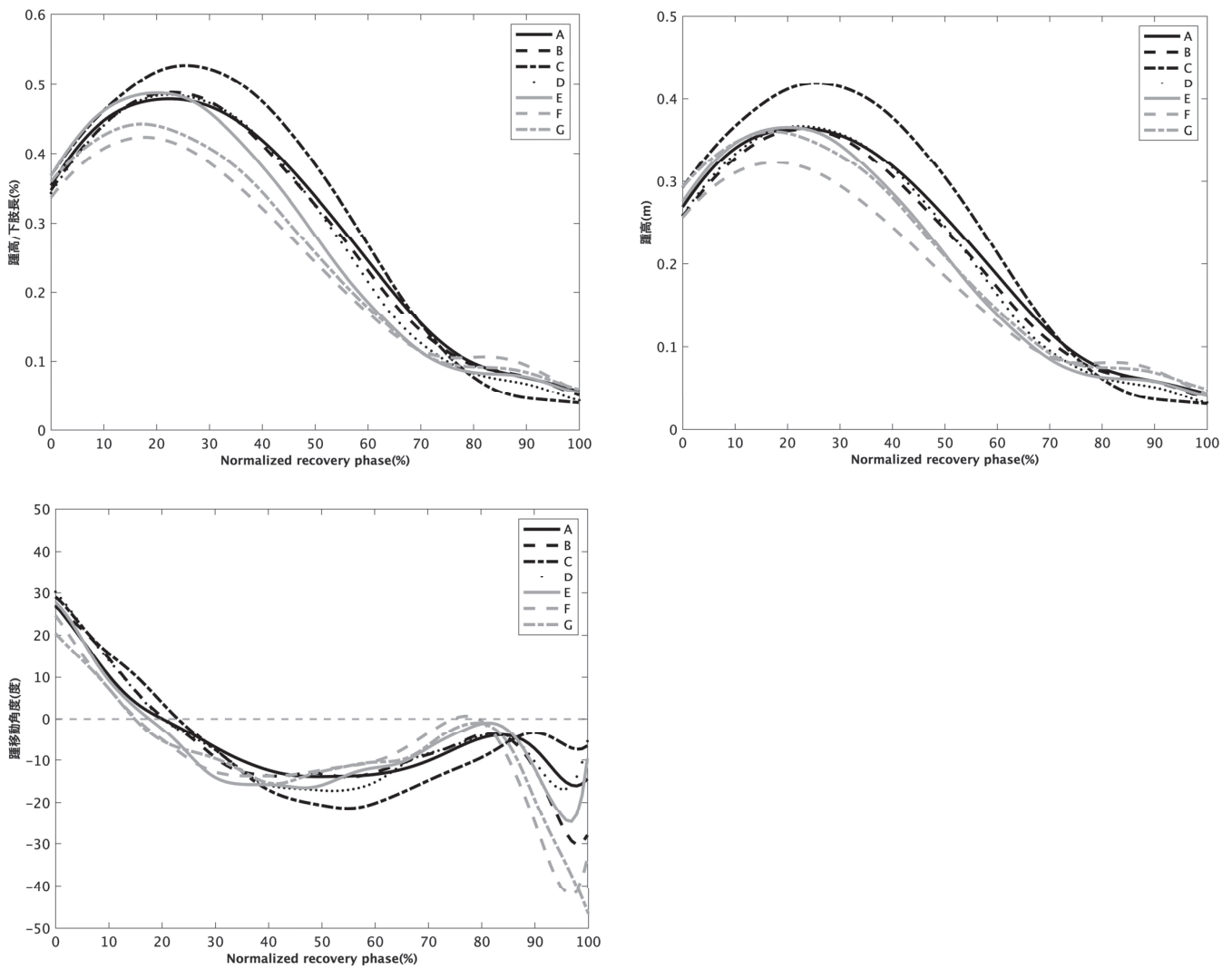


図 4. 左脚遊脚期における左踵高および左踵移動角度 (YP 被提示数が多い競技者と被提示なし競技者)

3.2.2 遊脚期における各部位の動作

図 4 は YP 被提示が多い競技者と YP 被提示なし競技者の左遊脚の踵高および踵移動角度の変化を、左脚遊脚期を 100% として規格化して示したものである。

最大踵高の発生時期について、YP 被提示が多い競技者の方が YP 被提示なし競技者よりも最大踵高に達するまでの時間が長かった。また、踵移動角度においても YP 被提示が多い競技者の方が踵の上方向への移動が大きく、さらに長く継続していることから、YP 被提示が多い競技者の方がより長い時間、踵が上昇していたことになる。遊脚期全体での踵の高さでは、下肢長で規格化した値では E 選手を除き、YP 被提示が多い競技者の方が YP 被提示なし競技者よりも大きな値を示した。また、遊脚期全体では F および G 選手は遊脚期初期から、E 選手は遊脚期 30% 付近から 60% 付近まで YP 被提示が多い競技者よりも踵が低く位置していた。一方で、実際の地面からの最大踵高においては C 選手が最も大きな値

を示し、F 選手が最も小さな値を示した。その他の選手の最大踵高においては明確な差が見られなかった。遊脚期全体での踵の高さでは F 選手は遊脚期初期、G 選手は遊脚期 20% 付近、E 選手は遊脚期 30% 付近から 60% 付近まで YP 被提示が多い競技者よりも踵が低く位置していた。

図 5 は YP 被提示が多い競技者と YP 被提示なし競技者の左遊脚の下腿角度の変化を、左脚遊脚期を 100% として規格化して示したものである。C 選手は離地時から、D 選手は遊脚期 30% 付近から遊脚期 90% 付近まで、A および B 選手は遊脚期 30% 付近から遊脚期 70% 付近まで YP 被提示なし競技者よりも小さな値を示した。この小さな値を示した局面は、YP 被提示が多い競技者の下腿が地面とより水平に近づいていたことを示している。

以上のことから、遊脚を大きく蹴り上げることに より踵がより高い位置に長く位置することや下腿が地面とより水平に近づくような動作に対して多くの YP が提示される傾向があることが確認された。YP

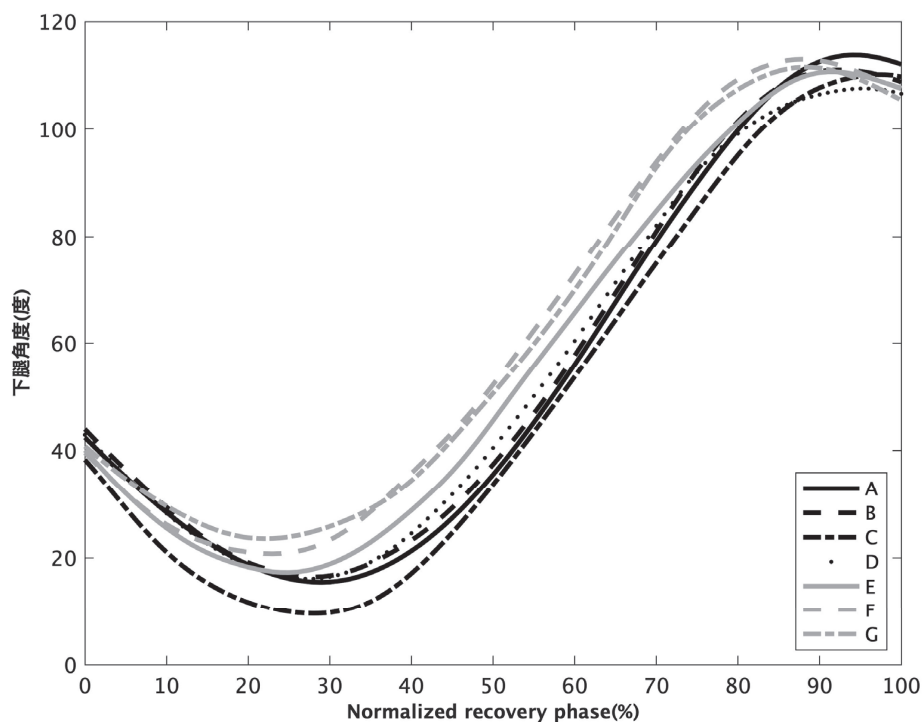


図 5. 左遊脚期における左下腿角度 (YP を多く出された競技者と出されなかった競技者)

を多く提示される, または失格頻度が高い競技者は遊脚の蹴り上げを小さくして踵をできる限り低く位置させること, または下腿を地面と水平にならないように意識することで, YP の提示の回避または失格の回避に繋がる可能性がある。

OF CONSISTENCY IN JUDGING OF RACE WALKING.
World race walking research, 222-242.

4. 参考文献

公益財団法人日本陸上競技連盟(2021)陸上競技ルールブック 2021 年度版. 307-314.

公益財団法人日本陸上競技連盟 (2021) 陸上競技審判ハンドブック 2020-2021 年度版. 389-437.

法元康二, 広川龍太郎, 杉田正明 (2007) 世界陸上競技選手権ヘルシンキ大会男女 20km 競歩におけるロス・オブ・コンタクト判定. 陸上競技学会誌, 6: 60-66.

法元康二, 榎本靖士, 門野洋介, 鈴木雄太 (2010) 男女 20km 競歩におけるロス・オブ・コンタクト判定. 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術, 212-217.

法元康二, 杉田正明, 藤崎明, 阿江通良 (2004) 競歩の歩型判定に関するバイオメカニクスの分析-第 42 回全日本競歩輪島大会男子 20km 競歩の判定結果から-. 日本陸連科学委員会研究報告 陸上競技の医学的サポート研究 REPORT, 3 (1), 53-59.

Lapka Miloslav, Lapka Jan (2011) THE PROBLEM