

### 学生トップ選手における男子110mH走のハードリングおよびインターバル分析

苅部, 俊二 / KARUBE, Shunji

---

(出版者 / Publisher)

法政大学スポーツ健康学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学スポーツ健康学研究 / Bulletin of Sports and Health Studies Hosei University

(巻 / Volume)

4

(開始ページ / Start Page)

19

(終了ページ / End Page)

27

(発行年 / Year)

2013-03-30

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00008705>

# 学生トップ選手における男子110mH走のハードリング およびインターバル分析

## The Analysis of Hurdle Clearance and Interval Sprint in Men's 110m Sprint Hurdle

苅部 俊二<sup>1)</sup>

Shunji Karube

### [要旨]

本研究は、次世代を担う大学トップハードル選手3名についてレースの時間的分析、動作的分析を行い、各選手のレースや動作の特徴を明らかにし、彼らの課題を検討することを目的とした。レース分析はハイスピードカメラを用い、側方から撮影、インターバルタイム、インターバルランタイム、ハードリングタイムを算出した。また、接地時間、滞空時間、区間平均速度、区間平均ピッチの個人内比較を行うことで彼らが記録短縮をするための必要要素について検討した。さらに、12秒88のアジア記録を持つ劉翔選手のレース、1991年東京世界陸上と2007年大阪世界陸上の時間的分析、動作的分析の報告から、世界トップ選手との比較を行い、彼らが世界を目指すための課題について検討した。

key word: Hurdle Clearance, Interval Sprint, Elite Athlete

キーワード: ハードリング, インターバル, トップ選手

### 1. 緒言

2012年8月ロンドンで第30回オリンピック競技大会が開催された。日本陸上競技代表に39名の代表を選出したが、男子110mハードルの代表は選出されなかった。男子110mハードルには、1996年アトランタオリンピック以後、オリンピックに毎回選手を派遣していたが、ロンドンオリンピック参加標準記録13秒60(B標準記録)を参加資格期間内に誰一人突破できず、残念ながら派遣はなかった。ロンドンオリンピックでは、アメリカのアリエス・メリット選手が12秒92で金メダルに輝いた。メリット選手はオリンピック後9月に開催されたIAAFダイヤモンドリーグブリュッセル大会でキューバのデイロン・ロブレス選手の持つ12秒87を0秒07更新する12秒80の世界新記録を樹立した。

人類で初めて12秒台に突入したのはアメリカ

のレナルド・ニアマイア選手で1981年のことである。記録は12秒93であった。その後、世界記録を12秒8台に乗せたのが中国の劉翔選手で2006年のことである。このときの記録は12秒88であるが、1981年ニアマイア選手が12秒93を出してから25年もかかってわずかに0秒05の記録更新しかしていなかった。その後ロブレス選手の世界記録12秒87は2008年に記録されているので、ニアマイア選手の記録からは0秒06の更新で、それまでに27年かかっている。メリット選手は今年、世界記録を0秒07更新したことになるが、110mハードルとしては、大幅に記録を短縮したことになる。このメリット選手の更新は、1台目までの歩数の減少が大きな要因と考えられる。男子110mハードルは、ほとんどの選手が同じ歩数でゴールを迎えるという特殊な種目である。1台目までを8歩、

1) 法政大学スポーツ健康学部

残りをインターバル3歩、10台目を越えてから6から7歩、合計51から52歩で走破する。これは、日本の高校生のレベルでも同じである。その1台目までの8歩を7歩に変更するハードラーが近年になって世界のトップハードラーにみられるようになってきた。1歩少ないということは単純に1歩分の記録向上が望める。ピッチアップの難しさやオーバーストライドなど、技術的な難しさはあるが、メリット選手は1台目までの歩数7歩をマスターし世界記録に結び付けた。メリット選手の世界記録がこの歩数の減少にその要因の多くがあると考えると、男子110mハードルは記録更新の非常に難しい種目であることが推察できる。2012年現在までに12秒台を記録したハードラーもわずかに14名しかいない。110mハードルはハードル10台、ハードル間も9.14mと決められており、ストライドは制限される。ストライドの大きい大柄な選手はストライド調整しなければならず、必ずしも良い結果を残すとは言えない。ストライドがある程度決められた場合、速度を上げるにはピッチの向上が必要となる。世界のトップクラスのハードリングを越える時間（ハードリングタイム）は0秒33程度<sup>4)</sup>で、それ以上はトップ選手でもなかなか出すことは難しい。ストライドが決められ、ハードリングタイム、ピッチもある程度の限界がある。そこに男子110mハードルの記録が伸び悩んでいる原因があると思われる。今年、1台目までの歩数を減少させるという大きな変革によって記録は向上したが、これから何か大幅な技術改革でも確立されない限り大幅な記録更新は望めない種目と思われる。日本記録も2004年に樹立された13秒39で、8年が経過している。しかし、今年のオリンピックに出場できなかった日本男子110mハードル界に光がないかというところでもない。昨年2011年日本選手権では、大学2年生（当時）が実業団選手を抑え優勝し、今年の日本ランキング上位2名は大学生が占めた。日本10傑に6名の大学生ハードラーが名を連ね将来が暗いわけではない。

そこで本研究では、大学トップハードル選手3

名について、レースの時間的分析、動作的分析を行い、若い選手のレースや動作の特徴を明らかにする。そして、12秒88のアジア記録を持つ劉翔選手のレースと比較、また日本陸上競技連盟の科学班の発表した1991年東京世界陸上<sup>4)</sup>、2007年大阪世界陸上の<sup>6)</sup>の報告から、世界トップ選手のレース分析との比較を行い、彼らが世界を目指すための課題について検討する。

## 2. 方法

学生トップハードラーは、昨年の日本選手権に優勝したY選手、2012年度ランキング1位、2位のO選手とS選手である。3名の属性についてはTable 1に示した。レース分析大会はY選手、S選手は、2012年6月10日に国立競技場で行われた日本選手権陸上競技大会準決勝レース、O選手は5月13日国立競技場で開催された関東学生陸上競技対抗選手権大会決勝レース、劉翔選手は5月6日、川崎で開催されたセイコーゴールデンランプリ川崎のレースを採用した。いずれのレースも風の影響が±0mから+0.5mであり、学生3名は同じ競技場である。対象となるレースでの各選手のパフォーマンスはそれぞれのベスト記録から、Y選手99.6%、S選手98.8%、O選手97.5%、劉選手98.4%であり、彼らのベストパフォーマンスに近いデータを得ることができた。レースは、300コマ/秒録画の可能なビデオカメラ（Victor社製 GC-PX）を使用し、側方からパンニング撮影した。算出項目は、インターバルタイム、ハードリングランタイム、ハードリングタイムで、用語の定義はFig.1に示す通り、インターバルを、着地脚着地瞬間からハードルを越え着地脚着地瞬間まで、ハードリングランタイムをハードリングの着地脚着地瞬間から踏切脚離地瞬間まで、ハードリングタイムを踏切脚離地瞬間から着地脚着地瞬間でとした。また、インターバルタイムから、尾縣の方法<sup>5)</sup>によりハードル間平均速度を算出した。さらに、区間平均ピッチを算出、最大速度区間、最大区間ピッチと最も遅かった区間の速度、ピッチを比較、速度の低減について分析を加える。

Table 1. 被験者属性

	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	自己記録(s)
Y	20.9	178	62	13.69
S	21.8	182	71	13.62
O	21.9	180	70	13.54

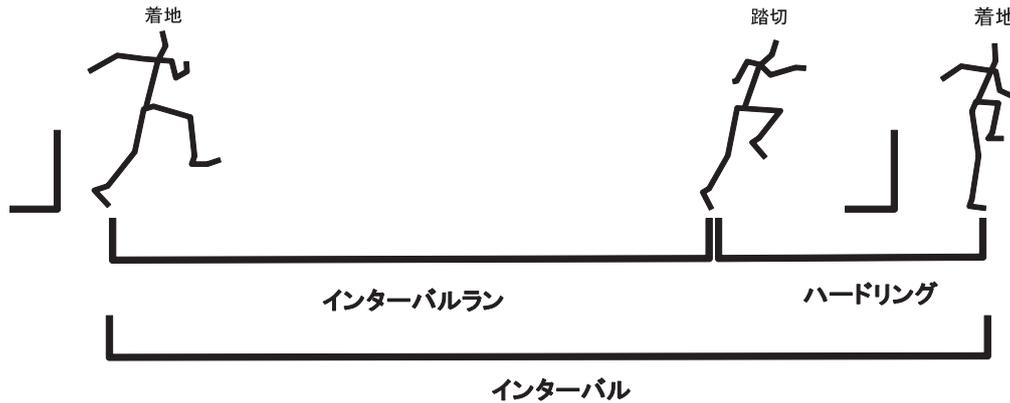


Figure 1 ハードル・インターバルの局面定義

Table 2. レース時インターバル時間分析

		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	Run inn												
Y	13.75	+0.5	2.23	0.37	0.71	0.36	0.70	0.35	0.70	0.36	0.70	0.36	0.70	0.35	0.72	0.36	0.73	0.37	0.74	0.36	0.76	0.38	1.45	
			2.60		1.06		1.05		1.06		1.05		1.08		1.08		1.09		1.10		1.14		13.75	
				3.67	4.71	5.78	6.84	7.89	8.97	10.06	11.16	12.30	13.75											
S	13.78	+0.5	2.24	0.36	0.71	0.37	0.70	0.36	0.70	0.36	0.70	0.35	0.71	0.35	0.73	0.36	0.72	0.36	0.74	0.37	0.75	0.37	1.47	
			2.60		1.08		1.06		1.05		1.06		1.09		1.09		1.08		1.12		1.12		1.47	
				3.68	4.73	5.79	6.84	7.90	8.99	10.07	11.19	12.31	13.78											
O	13.88	±0	2.29	0.38	0.72	0.39	0.69	0.40	0.69	0.39	0.69	0.41	0.68	0.38	0.70	0.39	0.70	0.38	0.72	0.37	0.72	0.38	1.41	
			2.67		1.10		1.09		1.08		1.10		1.06		1.09		1.08		1.09		1.10		1.41	
				3.78	4.86	5.94	7.05	8.11	9.20	10.28	11.37	12.47	13.88											
劉	13.09	+0.2	2.14	0.37	0.68	0.37	0.65	0.35	0.64	0.38	0.62	0.37	0.65	0.36	0.66	0.35	0.65	0.36	0.67	0.35	0.68	0.35	1.42	
			2.51		1.06		1.00		1.02		0.99		1.01		1.02		1.01		1.01		1.04		1.42	
				3.57	4.57	5.59	6.58	7.59	8.61	9.62	10.63	11.67	13.09											

ハードリング動作の分析は、3名の練習でのハードリングを連続撮影機能のあるカメラ（CASIO社製 EXILIM）で側方から固定撮影し、踏切からハードルまでの距離、ハードルから着地までの距離、ハードリングにかかった距離、重心高と大転子による踏切角度を算出した。

### 3. 結果と考察

#### 3.1. レース時インターバル時間分析

学生3選手と劉選手のレース時のインターバル時間をTable 2に示した。最速のインターバルタイムはY選手が1秒05で2-3台目区間と5-6台目区間に記録し、S選手も4-5台目区間で1秒05

Table 3. レース時ハードリング時間的分析

	Y	S	O	劉
最大区間平均速度(m/s)	8.705	8.705	8.596	9.201
	5-6区間	4-5区間	5-6区間	4-5区間
最大区間平均ピッチ(歩/秒)	4.918	4.918	5.233	5.422
最大ピッチ区間	2-3台目	2-3台目	2-3台目	4-5区間
最小区間平均速度(m/s)	8.018	8.161	8.284	8.650
	9-10台目	9-10台目	1-2区間 4-5区間 9-10区間	1-2区間
最小区間平均ピッチ(歩/秒)	4.500	4.615	4.839	4.972
	9-10台目	9-10台目	9-10台目	9-10台目
最小ハードリングタイム(m/s)	0.347	0.350	0.373	0.353
	6台目	5, 6台目	9台目	4, 8台目
最大ハードリングタイム(m/s)	0.380	0.373	0.413	0.377
	10台目	9, 10台目	5台目	5台目
最小インターバルランタイム(m/s)	0.697	0.697	0.680	0.623
	2-3区間	2-3区間	5-6区間	4-5区間
最大インターバルランタイム(m/s)	0.760	0.747	0.723	0.683
	10台目	10台目	10台目	1, 10台目
平均インターバルタイム(m/s)	1.078	1.079	1.089	1.017
インターバルタイム低下率(%)	97.028	97.284	97.597	97.576
平均区間速度(m/s)	8.486	8.479	8.395	8.986
速度低下率(%)	97.421	97.336	97.610	97.608
平均区間ピッチ(歩/秒)	4.757	4.795	5.018	5.183
ピッチ低下率(%)	96.621	97.442	95.732	95.393
平均ハードリングタイム(m/s)	0.361	0.360	0.388	0.362
ハードリングタイム低下率(%)	95.962	97.048	95.982	95.481
平均インターバルランタイム(m/s)	0.719	0.718	0.700	0.656
インターバルランタイム低下率(%)	96.863	96.970	97.113	94.712

を記録している。O選手は5-6台目区間の1秒06が最高タイムである。一方劉選手は4-5台目区間において0秒99を記録、最も遅い区間でも1秒06とO選手の最高区間と同じ記録であった。

Table 3に各選手のレース時間分析における最高値、平均、低下率を示した。インターバルの平均では、Y選手1秒078、S選手が1秒079、O選手は1秒089であった。劉選手は1秒017である。インターバルの区間が9区間あるとすると3選手のうち最も速いY選手であっても劉選手と1区間で0秒061ずつ差をつけられていく。9区間で0秒55差をつけられてしまうこととなる。ハードリングタイムでみるとY選手の平均は0秒361、S選手が0秒360、O選手は0秒388で、Y選手、S選

手は劉選手の0秒362と差はほとんどない。インターバルランタイムでは、Y選手の平均は0秒719、S選手が0秒718、O選手は0秒700であり、劉選手の0秒656に3名ともに大きく差をつけられている。したがって、インターバルタイムの記録の差はハードリングタイムではなく、インターバルランタイムに依存する。インターバルタイム、インターバルランタイムの低下率では、インターバルタイムでは3選手とも97%前後に落ち着き、劉選手と変わらない。インターバルランタイムでも、3選手は97%前後であるが、劉選手は94%である。劉選手は、低下は大きい、それだけ最高速度が高く平均速度も高いということである。

Table 4. 各区間の平均速度

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Run in
Y	5.85	8.60	8.73	8.60	8.60	8.70	8.46	8.36	8.31	8.02	8.65
S	5.85	8.49	8.65	8.62	8.70	8.65	8.41	8.44	8.19	8.16	8.50
O	5.77	8.28	8.41	8.46	8.28	8.60	8.41	8.44	8.39	8.28	8.76
劉	6.18	8.65	9.14	8.96	9.20	9.08	8.99	9.02	9.02	8.82	8.61

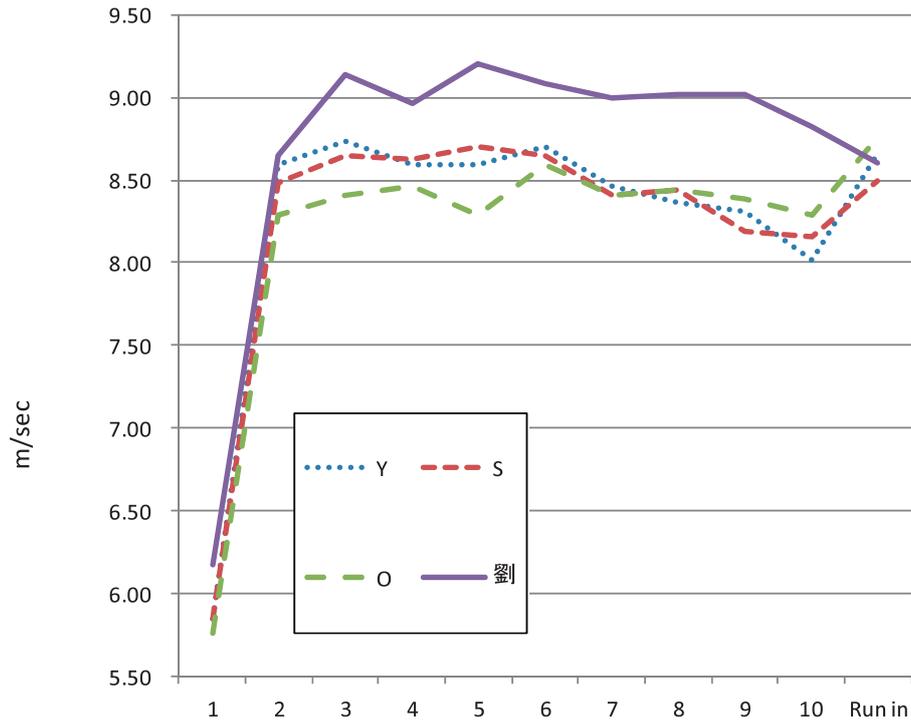


Figure 2. 各区間の平均速度

### 3.2. レース時速度およびピッチ分析

各選手の各区間のレース速度をTable 4、Fig.2に、ピッチをTable 5、Fig.3に示した。Y選手の区間最高速度は2-3台目区間の8.73m/s、S選手は、4-5台目区間の8.70 m/s、O選手は5-6台目区間の8.60 m/sであった。これらは概ねインターバルタイムの区間と一致する。劉選手の区間最高速度は、4-5台目区間で9.20 m/sという速度である。2007年大阪世界陸上で劉選手が12秒95で優勝

した時の区間最高速度は同じく4-5台目区間で、この時は9.46 m/sである<sup>6)</sup>。1991年東京世界陸上で優勝したグレッグ・フォスター選手（アメリカ）が13秒06で優勝した時も3-4台目区間、4-5台目区間に9.33 m/sと報告されている<sup>4)</sup>。平均速度においても、劉選手は8.99 m/sと9 m/s近くの速度を最後まで維持している。したがって、13秒台前半を出すには秒速9 m付近が必要である。インターバルタイムで1秒01を出さなければ秒速9 m以

Table 5. 各区間の平均ピッチ

	1-2区間	2-3区間	3-4区間	4-5区間	5-6区間	6-7区間	7-8区間	8-9区間	9-10区間
Y	4.84	4.92	4.81	4.86	4.86	4.74	4.69	4.59	4.50
S	4.84	4.92	4.89	4.92	4.86	4.71	4.74	4.66	4.62
O	5.00	5.23	5.11	5.11	5.08	4.95	4.97	4.86	4.84
劉	5.00	5.26	5.29	5.42	5.29	5.11	5.20	5.08	4.97

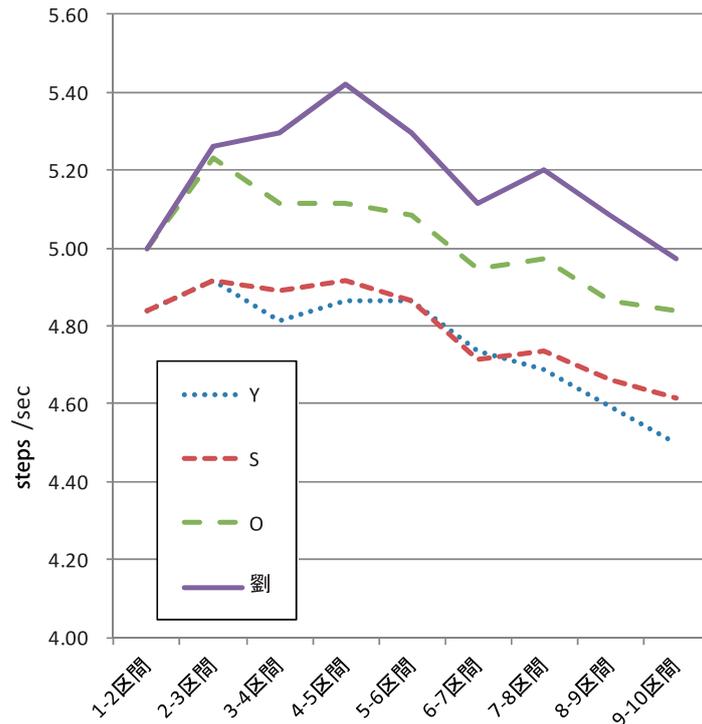


Figure 3. 各区間の平均ピッチ

上はだせない。

区間平均ピッチでは、Y選手の区間の最高ピッチは2-3台目区間の4.92歩/秒、S選手は、2-3台目区間と4-5台目区間の4.92歩/秒、O選手は2-3台目区間の5.23歩/秒であった。劉選手は4-5台目区間の5.42歩/秒であった。O選手は劉選手ほどではないが高いピッチ発揮能力があることが示された。インターバルタイムはハードリングを含むが、ピッチの算出はインターバル3歩で算出している。これにより速度とピッチの関連性が多少薄まってしまうが、これによりO選手のハードリングでの距離が大

きいことが推察できる。ピッチの低下率でみると、S選手が97.44%で最もピッチの維持能力が高かった。O選手、劉選手は95%の値を示した。しかし、O選手、劉選手とも5歩/秒を超える高いピッチ発揮能力があり、S選手より大きな低下となったと推察される。

### 3.3. 5-6台目区間と9-10台目区間の比較

最も速い速度の出現したインターバルタイムに個人差があるため、平均的に高い速度の出現した5-6台目区間と、最も遅いインターバルタイムであった9-10台目区間について、その時間的変容

Table 6. 5-6区間接地時間滞空時間

	5台目						6台目			
	踏切接地時間	ハードリングタイム	接地滞空比(%)	着地接地時間	1歩目接地時間	2歩目接地時間	踏切接地時間	ハードリングタイム	接地滞空比(%)	着地接地時間
Y	0.123	0.360	2.919	0.087	0.130	0.120	0.127	0.347	2.737	0.090
S	0.117	0.350	3.000	0.090	0.113	0.103	0.113	0.350	3.088	0.093
O	0.133	0.413	3.100	0.090	0.123	0.120	0.127	0.383	3.026	0.090
劉	0.113	0.370	3.265	0.080	0.107	0.113	0.117	0.360	3.086	0.077

Table 7. 9-10区間接地時間滞空時間

	9台目						10台目			
	踏切接地時間	ハードリングタイム	接地滞空比(%)	着地接地時間	1歩目接地時間	2歩目接地時間	踏切接地時間	ハードリングタイム	接地滞空比(%)	着地接地時間
Y	0.133	0.357	2.675	0.093	0.137	0.127	0.133	0.380	2.850	0.100
S	0.120	0.373	3.111	0.097	0.123	0.123	0.127	0.373	2.947	0.093
O	0.153	0.373	2.435	0.103	0.137	0.133	0.133	0.380	2.850	0.110
劉	0.127	0.347	2.737	0.080	0.123	0.117	0.123	0.353	2.865	0.087

の分析を行うため、ハードリングタイムに加え、踏切、着地を含めたインターバルにおける接地時間および踏切時間あたりのハードリングタイムに対する接地滞空比を算出した。5-6台目区間に関してはTable 6に、9-10台目区間に関してはTable 7に示す。踏切接地時間では、O選手が5台目で0秒133、6台目でも0秒127と最も長く接地していた。後半区間においても9台目に0秒153、10台目が0秒133でO選手は、長い踏切時間が特徴である。また、着地においては、劉選手が5台目に0秒08、6台目が0秒077と、学生3選手と比較して短い。これは後半においても同様にみられる。また、着地後の次の1歩での接地時間でも、劉選手は短い傾向にある。5台目後は0秒107でS選手は比較的短い接地をしているが、Y選手、O選手はインターバル区間での接地時間が0秒12から0秒13であり、多少長い傾向にある。接地滞空比では、各選手に後半の接地滞空比が低下する傾向がみられる。つまり踏切の接地時間に対し、空中いられる時間が少ない、空中移動時間の低下である。水平移動速度が低減しているために表出するものであろう。後半では疲労により、接地時間の僅かな延長と、接地滞空比の低下が各選手にみられた。

### 3.4. 動作分析

学生3選手の動作について、ハードリング距離からハードルまでの踏切距離、着地距離を算出し、写真からトレースした各選手の踏切動作、空中動作、着地動作に合わせFig.4に示した。また、空中時の重心高と踏切角度も同様にFig.4に示した。Y選手は366cmで最もハードリングでの移動距離が小さく、踏切距離(215cm)、着地距離(151cm)ともに3選手中最も小さい値を示した。最もハードリング距離が大きかったのはO選手で395cmであった。S選手は中間の389cmであり、踏切距離はO選手よりも大きく237cmであり、最も遠くから踏み切っていることを示している。O選手は着地距離が170cmと最も大きく、ハードルを越えてからの距離が大きいことを示している。2007年大阪世界陸上の分析<sup>7)</sup>では、劉選手のハードリング距離は395cm、踏切距離が214cm、着地距離が181cmと報告している。ハードリング距離の踏切および着地距離の比率では、Y選手が58.76 : 41.24、S選手が61.03 : 38.97、O選手が56.94 : 43.06であった。森田ら<sup>4)</sup>は東京世界陸上におけるフォスター選手の60 : 40が理想的と指摘しており、Y選手、S選手はその理想に近い比率であった。また、12秒91の

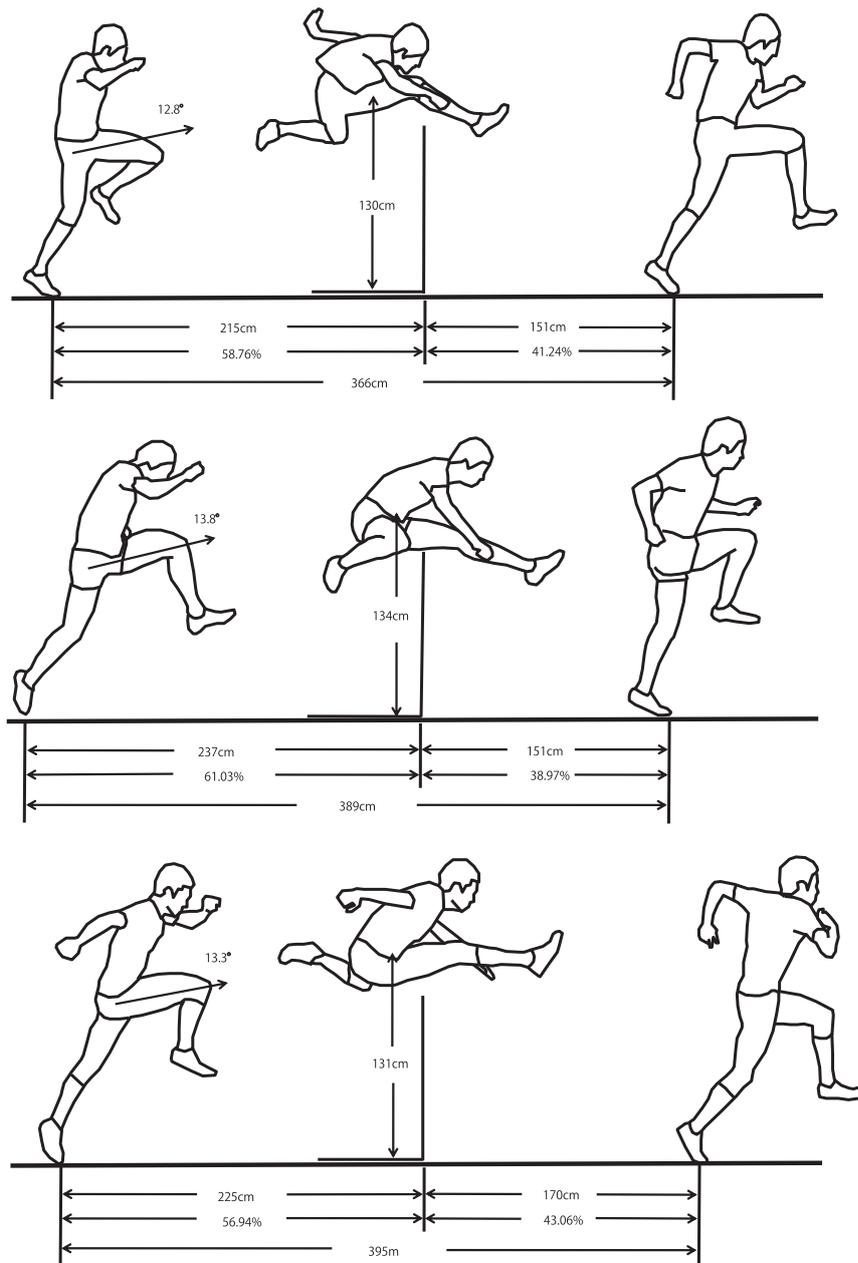


Figure 4. 3選手のハードリング動作

記録を持ち、世界陸上を2度制覇したコリン・ジャクソン選手（イギリス）の分析<sup>1) 2)</sup>でも、ハードリング距離は372cm、踏切距離が209cm、着地距離が163cmで56.18:43.81となりO選手に近い。2007年大阪世界陸上の分析<sup>7)</sup>ではトップハードラーはおおよそ55:45であったと報告しており、劉選手も54.2:45.8であったと報告している。谷川ら<sup>7)</sup>

は理想的な比率でなかったことに関して、身体重心最高地点がよりハードルに近くなったことを指摘し、速度を低下せずにハードルを越える技術があればこの比率はそれほど問題ないと述べている。踏切角度は、Y選手が12.8°で、最も低くハードルに向かって踏み切っていた。S選手は13.8°、O選手は13.3°であった。2007年大阪世界陸上の時の劉

選手は $13.8^{\circ}$ <sup>7)</sup>でジャクソン選手は $14.47^{\circ}$ <sup>1) 2)</sup>であったと報告されている。踏切角度は身体重心がハードル高よりも低ければ、ハードリング時に身体重心を引き上げる必要があることから身長の高いハードラーは踏切角度が大きくなることが推察できる。しかし、3選手中最も身長が低い(178cm) Y選手が $12.8^{\circ}$ で最も踏切角度が小さかった。谷川ら<sup>7)</sup>は2007年世界陸上で3位に入ったデイビット・ペイン選手(アメリカ)が身長179cmでありながら踏切角度が $11.0^{\circ}$ であったことに対して、ブレーキ局面(身体重心角度)が小さく、加速局面が大きいことを理由に挙げており、Y選手もそのような技術を持っていることが推察される。

#### 4. 3選手の課題の検討とまとめ

3選手は、共通する課題としてインターバルタイムを上げることが挙げられる。インターバルタイムのうち、インターバルランタイムを上げることが重要視しなければならない。O選手はハードリングタイムも同時に短縮したい。Y選手、S選手は100mのスプリント能力もあり、ハードリングでの減速を少なくすれば高い速度をインターバルで発揮することができると思われる。スプリントで2人に劣るO選手のほうがインターバルランタイムが速いことを考えると現状で能力を十分に発揮できていないともとれる。スプリント能力をハードリングによる減速を抑える技術を身につければ日本記録も見えてくる。

3選手のはっきりとした課題はインターバルランタイムの向上以外は見られないが、ただ単にインターバルランタイムを上げるにも、速度が上がればそれに伴ったハードリング技術が必要であり、ハードリング技術もインターバルランタイム向上のためには無視してはならない。

今回のように劉選手やジャクソン選手など12秒台の選手と比較することで単なる現象論だけでなく記録向上のヒントとなることを期待したい。

本研究は、学生トップハードル選手3名について、彼らのレースの時間分析と動作の分析を行い3選手の特徴を明らかにした。そして、特にアジ

ア記録保持者である劉選手との比較において各選手との違いを検討した。今後は彼らのさらなるハードル走の進化を技術面、戦術面を含め、縦断的に調査していきたい。そして、彼らが日本を代表するハードル選手となり世界に挑戦してくれることを期待する。

#### 参考文献

- 1) Milan Coh, S.Stanko :Biomechanical profile of Colin Jackson's hurdle clearance technique Application of Biomechanics in Track and Field, Institute of Kinesiology, Faculty of Sport, University of Ljubljana, 95-105, 2002.
- 2) Milan Coh: Biomechanical analysis of Colin Jackson's hurdle clearance technique New studies in athletics 18:1; 37-45, 2003.
- 3) Milan Coh: Colin Jackson's Hurdle Clearance Technique .TRACK COACH 162.5161-5167, 2003.
- 4) 森田正利、伊藤 章、沼澤秀雄、小木曾一之、安井年文: スプリントハードル(110 mH・100 mH) および男女400 mH のレース分析、佐々木秀幸ほか監修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陸上競技者の技術. ベースボールマガジン社. 東京、pp.66-87, 1994.
- 5) 尾懸 貢: T&Fサイエンス講座 ハードルレース中のスピード変化、陸上競技マガジン12月号、196-197, 1999.
- 6) 柴山一仁、川上小百合、谷川 聡: 2007年世界陸上競技選手権大阪大会における男子110mハードル走および女子100mハードル走レースの時間分析 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術、日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班 [編] 日本陸上競技連盟、76-85, 2010.
- 7) 谷川 聡、柴山一仁: 2007年世界陸上競技選手権大阪大会における男子110mハードル走および女子100mハードル走レースの動作分析、日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班 [編] 日本陸上競技連盟、86-95, 2010.