

女子ハードル選手記録向上のためのバイオメカニクス的研究

A Biomechanical Study for Improving Performance in Women's 100-m Hurdle

大村 一光
Ikko Omura

鹿児島女子短期大学

本研究では、鹿児島県女子ハードル選手の2019年から2020年におけるレース分析やハードリング動作など日本トップクラスの選手との比較検討を行い、トレーニングの検証を行うとともに、今後さらなる記録の向上へ向けての課題などについて明らかにしていくことを目的とした。その結果、1) 2020年のハードルタッチダウタイムをみると、同様の記録を有する日本トップクラス選手と比較して、6台目までの前半は速い傾向にあったものの、7台目以降においては逆に遅くなる傾向を示した。2) 最高疾走速度を基準とした各区間のスピード増減率をみると、特に6台目以降のスピード減少率が大きく、日本トップクラス選手と大きく異なっていた。3) スピード減少の大きい7台目のハードルクリア動作をみると、踏切動作がやや弱く、ハードルを跳び越えた後の着地動作で膝が屈曲し、その後バランスを崩すなどスピードを維持する上で問題となる技術的課題がみられた。

Keywords : Women's 100-m Hurdle, Touchdown time, Rate of increase or decrease of speed

キーワード : 女子100m ハードル, タッチダウタイム, スピード増減率

【緒言】

100mH (ハードル) は、陸上競技における女子種目の1つとして位置づけられており、100mの間に8.5m 間隔 (インターバル) で高さ0.84m のハードルが10台設置された規定 (ルール) に従い、いかに速くゴールまで走れるかを競う競技である。従って、100mH の競技力 (パフォーマンス) を向上させる重要な要因は、100mや200m等のスプリント能力そのものを速くすることによるところが大きいとされている。伊藤ら (1997) によると、男子ハードル走速度とスプリント走速度の間には有意な相関関係が認められるとしており、その中で女子の場合ハードルの高さは男子よりも低い (男子:1.07m に対して女子:0.84m) ため、男子よりもハードルのパフォーマンスにスプリント能力がより大きな影響及ぼす傾向にあると報告している。

一方、ハードル走については基本的にハードル間を3歩のインターバルで跳んでいくことが望ましいとされており、リズムに乗っていかにスピードを落とさずにゴールまで走りきれるかが重要であるとも言われている。そのためトレーニングの場面においては、ハードル間をタイミングよくリズムカルに跳ぶためにインターバルやハードルの高さを変えた様々なトレーニング手段が取り入れられている。杉本ら (2012) は、ハードル間の疾走速度を示す指標としてモデルタッチダウタイム (前のハードルを跳び越えて右 (左) 足が地面に接地した瞬間から、次のハードルを跳び越えて右 (左) 足が地面に接地するまでのタイム) をもとにリズムドリルと競技パフォーマンスの関係性を検討している。それによると、5台のハードルをインターバル8m、高さ0.762m で設定したリズムドリルを行うことによって得られたリズムが、前半のインターバルに大きく影響を与えていることを報告している。また水平速度 (疾走速度) を高める工夫としてレースパターンを考慮した台数や、インターバル等の設定が必要であるということも示唆している。これらのことをまとめると、女子ハードル競技では、競技者のスプリント能力のみならず、ハードルを跳び越えるためのリズムなどがパフォーマンス向上における重要な要因となることを示しているとみられる。

ところで、鹿児島県では2020年に鹿児島国体を開催予定であったが、新型コロナウイルスの影響により3年後に延期となった。当初鹿児島県は、2020年の国体においてより良い成績を達成するために、陸上競技をはじめとした各種競技団体に対して、選手の強化を含めた多くの目標を示してきた。陸上競技においては、成年、少年A (高校2,3年生)、少年B (中学3年、高校1年)、少年共通 (中学3年~高校3年) といった4区分の中から、全国の競技レベルと比較しながら、国体の決勝において戦える種目に属している競技者を選抜し、国体へ向けての強化指定選手としてこの3年間強化してきた。その1人に成年女子100m H を専門種目とする選手 (以下、Subj.M) が選抜された。Subj.M は、高校時代にインター

ハイ、国体（東京）において、それぞれ3位、2位と全国レベルで戦える競技者として期待されていたが、大学2年次において足を故障しその後低迷した。そのような中において、鹿児島国体へ向けての強化選手として選抜され、大学卒業後にアスリート雇用として県内企業に就職し、3年目を迎える選手である。大学卒業後は、1年目に14秒09、2年目に13秒84と順調に記録を伸ばし、3年目には13秒57の鹿児島県記録を樹立した（2020年日本ランキング15位）。

本研究では、Subj.Mの2019年から2020年におけるレース分析やハードリング動作など日本トップクラスの選手との比較検討を行い、この3年間におけるトレーニングの検証を行うとともに、今後さらなる記録の向上へ向けての課題などについて明らかにしていくことを目的とした。

【方 法】

1) 被験者

100mハードルを専門とする女子競技選手1名（Subj.M）とした。身長163cmで女子ハードル選手としては標準的な体型である。ハードル歴13年で、2013年の全国高校総体において13秒93で3位入賞。同年国民体育大会において13秒90で2位入賞。その後、2019年10月に13秒84と記録を更新した後、2020年においては、8月に13秒57とさらに自己記録を伸ばし、29年ぶりに鹿児島県新記録を達成した（2020年日本ランキング15位）。

2) 試合時の試技の撮影及び試技の分析

2019年から2020年に全国及び九州、鹿児島県内で開催された競技会について、レースのスタートからゴールまでをスタンドに設置したデジタルビデオカメラにより毎秒120f/secで側方より撮影した。各競技会での疾走タイム（競技結果）をもとに、2019年、2020年のそれぞれにおいて疾走タイム（競技記録）の良かった、上位5つの競技会について、撮影された画像を元に、前のハードルを跳び越した後の接地時タイムから次のハードルを跳び越した後の接地タイムを引いた値を10台目まで算出し（タッチダウンタイム）比較した（図1参照）。得られたタッチダウンタイムをもとに、第2ハードルより第10ハードルまでのそれぞれのタッチダウンタイムを最も早いタッチダウンタイムを達成した区間タイムで除することにより、スピード増減率を求めた。なお、得られたデータについては3点移動平滑法による処理を行った。

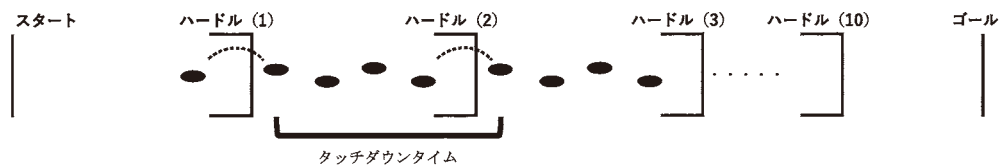


図1 タッチダウンタイムの算出法

3) 有意差検定

得られた数値の平均値と標準偏差を算出し有意差検定（T検定）を行なった。有意差水準は5%とした。

【結果と考察】

図2は、2017年より2019年において日本陸上競技連盟科学委員会が行なったバイオメカニクス研究において報告された日本トップクラス31名の女子ハードル分析結果をもとに、筆者が競技結果をもとに2つのグループに分類し、それぞれのグループのタッチダウンタイムを算出し平均値で示したものである（実線グラフで表示）。また、本研究で対象としたSubj.Mについては、2019年、2020年のデータをそれぞれSubj.M (19)、Subj.M (20)として破線グラフで示した。なお、それぞれのグループの平均タイムは、最も記録の高いG1グループで13秒30（以下、G1 (13.30)）、次いで記録の高いG2グループで13秒64（以下、G2 (13.64)）、本研究対象のSubj.M (19)は、14秒01、Subj.M (20)は、13秒65であった。

Subj.M (19)及びSubj.M (20)のタッチダウンタイムの推移をみると、いずれの区間においても統計的な有意差はみられなかったものの、2020年のタイムが2019年のタイムを上回っており、特にスタート後4台目までの区間タイムが向上していることが伺われた。また最高区間タイムは2019年で5台目、2020年では4台目で達成されていた。このことをもとにすると、2019年から2020年へかけての平均タイムが14秒01から13秒65へ大きく向上していたが、これは各ハードル区間におけるタイムの向上によるとみられる。このように全ての区間においてタイムの向上がみられたことは1つには、Subj.Mの100mのタイムが2019年は、12秒62であったのに対して2020年は12秒52まで短縮できたことが影響しているとも

みられる。

一方、日本トップクラスの2グループについて値をみてみると、パフォーマンスの高いG1(13.30)については各区分においてG2(13.64)よりも有意に速く、両者の間には全ての区分において5%~0.1%水準で統計的に有意差がみられた。これらの結果はハードル競技においてはインターバルで速く走ることがパフォーマンスを向上させる上で重要であることを示しているとみられ、これまでの報告と一致する結果が得られた。

各グループ別に、タッチダウンタイムの傾向をみてみると、いずれのグループもスタート後ハードルを越えるごとに加速し、その後最高疾走に達した後、ゴールへ向かって減速していく傾向を示した。その中でG1(13.30)、G2(13.64)ともに6台目でトップスピードを達成しており、Subj.M(19)、Subj.M(20)と比較するとトップスピードの出現は遅かった。

日本トップクラスにみられたハードル走における最高速度出現区分は、短距離走における疾走速度曲線の特徴と非常に類似していた。すなわち、G1(13.30)、G2(13.64)ともに6台目でトップスピードに達しており、約50~60m地点であると推測される。G1(13.30)に含まれる競技者の100m走タイムをみると多くの競技者が11秒後半から12秒1台と100mレースにおいても国内大会において決勝に進出するなど優れたスプリント力を持っていることなどをもとにすると、女子ハードル競技者の場合は改めてスプリント能力向上が記録の短縮につながる大きな要素となることが示唆された。

Subj.M(20)の平均タイム13秒65とほぼ同じタイムのG2(13.64)の区分タイムについて比較してみると、Subj.M(20)は、前半の6台目まではG2(13.64)よりも区分タイムが速いにも関わらず、後半においては逆に区分タイムが遅くなる傾向にあった。一方、Subj.M(20)のタッチダウンタイムをG1(13.30)と比較してみると、ハードル前半の4台目まではタイム差もあまりなく、ついていけているものの、ハードル中盤から後半にかけてはG2(13.64)以上に差が大きく開いていることが示された。これらのことをもとにすると、Subj.M(20)は今後6台目以降のハードル後半の走りが課題であることが明らかとなった。前述したように、G1(13.30)に含まれる競技者の多くが100m走でも11秒後半から12秒1台と国内トップクラスの優れたスプリント力を有していることなどをもとにすると、本研究対象のSubj.Mが今後さらにハードルの記録を高めていくためには改めてスプリント能力向上が必要不可欠な要素となることが示唆された。

スピード増減率からみた特徴

図3は、図2で得られたタッチダウンタイムをもとに、第2ハードルから第10ハードルまでのそれぞれのタッチダウンタイムを、最も早いタッチダウンタイム区分タイムで除することにより、スピード増減率を求めて平均値で示したものである。

Subj.Mについて、2019年と2020年のスピード増減率をみてみると、Subj.M(20)ではSubj.M(19)と比較してハードル前半の増加率が大きくなっていった。

このような傾向は、同様のハードル記録を有するG2(13.64)のハードル前半の増加率と類似する傾向にあった。その反面、トッ

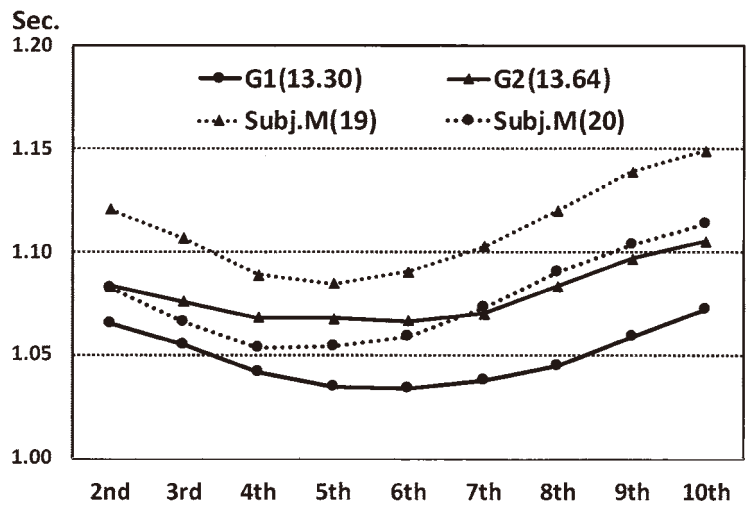


図2 競技レベル別及び Subj.M のタッチダウンタイム

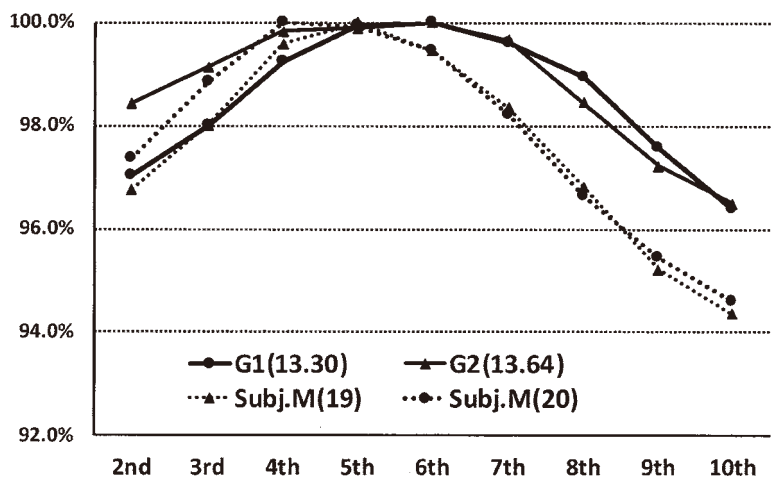


図3 競技レベル別及び Subj.M のスピード増減率

プスピード達成後の Subj.M (19) 及び Subj.M (20) のスピード減少率をみると、ほぼ一致するスピード減少率を示していた。また6台目以降のスピード減少率を日本トップクラスと比較してみると、大きく異なっており Subj.M の場合、特にハードル後半のスピード減少率が極めて大きいことが示された。Subj.M にみられたこのような結果は、前述したように、100mなどのスプリント能力がG1 (13.30) と比較すると劣ることが1つの要因として挙げられるが、ハードルクリアランスにも課題があることが推察された。

7台目ハードルクリアランスからみた Subj.M の課題

図4は、上段がベストタイム13秒12の日本歴代5位の記録をもつ選手 (S1) で、下段は Subj.M (19) の7台目ハードルの踏切からハードリング後の接地1歩目までのハードル動作について示したものである。ここで、7台目に着目したのは、前述した結果より7台目以降のハードリングにおいてタッチダウタイムやスピード減少率が日本トップクラスと比較して大きく低下していたことによる。また本研究では、実際の競技場面を撮影しているが、対象とした競技会において詳細な動作分析のためのキャリブレーションなどの許可が得られなかったために、身体各部位の角度など詳細な検討を明らかにすることはできていない。

2つの写真を比較すると、両者の間にはいくつかの相違点がみられた。踏切動作についてそれぞれの競技者の写真1をみると、S1では、やや上体を前傾し力強い動作になっているのに対して Subj.M (19) では、S1と比較して上体がより直立しており、踏切が弱く、踏切で得た推進力をしっかり伝えられていないことが推察された。

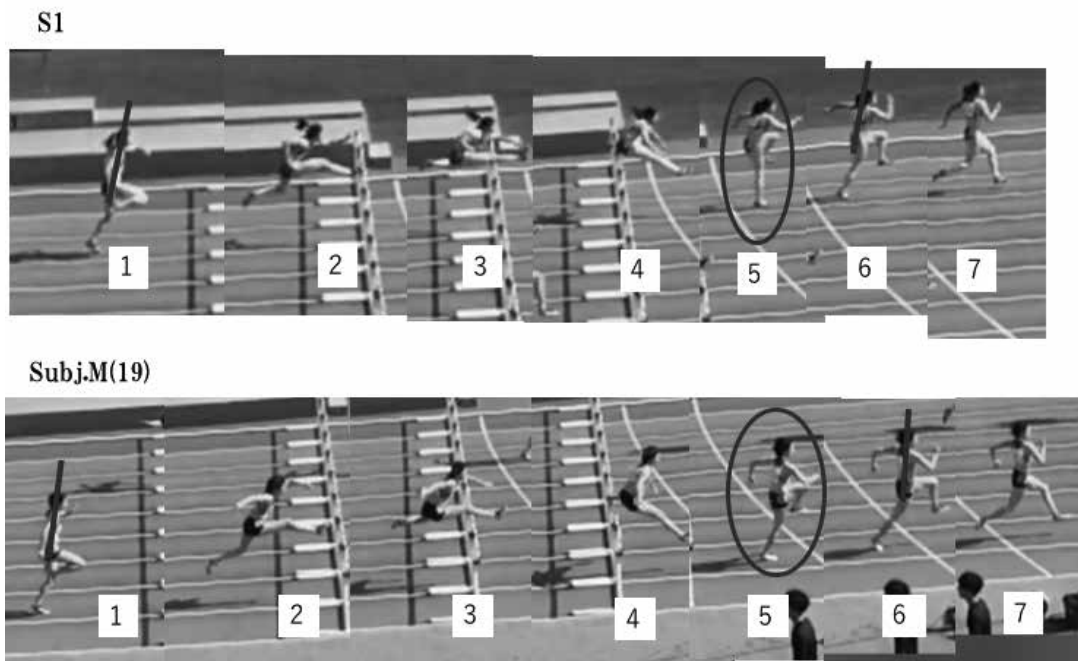


図4 S1 (13秒12) 及び Subj.M (13秒57) の第7ハードルクリアランス動作の比較

次に、ハードルを跳び越えた後の着地動作 (両者とも右脚) に着目すると、S1では写真において右膝が伸びており、ハードルを跳び越えた後のブレーキを大きくすることなく (スピードを落とすことなく) 着地ができており、その後写真では上体の前傾も保たれ、次のインターバルへ向けてしっかりと走るためのスプリント動作ができていることが伺える。それに対して、Subj.M (19) では、写真には、S1と比較してやや支持脚膝の屈曲動作がみられる。そのことが影響してか、その後の動作ではややバランスを崩すような動作となり、上体もやや後傾しており、しっかりと次のスプリント動作へ向けての前方へ加速するような動きができていないように推察される。Subj.M (19) では、2019年、2020年において先の図2、図3で明らかとなったように特に7台目以降のハードル間のタッチダウタイムが遅くなる傾向がみられたが、1つにはこのようなハードルを跳び越した後の着地動作の技術的問題が影響したと推察される。

【結 論】

本研究では、鹿児島国体へ向けて強化指定選手であった Subj.M の2019年から2020年におけるレース分析やハードリング動作など日本トップクラスの選手との比較検討を行い、この3年間におけるトレーニングの検証と、今後へ向けての課題などについて明らかにしていくことを目的とした。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 2019年から2020年にかけて主要5競技会の平均疾走タイムは、14秒01から13秒57まで短縮し、大幅な記録更新を達成することができた。
- 2) ハードル間のタッチダウンタイムを2019年と2020年で比較すると、全ハードル区間を通してタッチダウンタイムの短縮がみられた。
- 3) 2020年のタッチダウンタイムをみると、同様の記録を有する日本トップクラス選手と比較して、1台目から6台目までの前半は速い傾向にあったものの、7台目以降においては逆に遅くなる傾向を示した。
- 4) 最高疾走速度を基準とした各区間のスピード増減率をみると、特に6台目以降のスピード減少率が大きく、日本トップクラス選手と大きく異なっていた。
- 5) スピード減少の大きい7台目のハードルクリア動作をみると、踏切動作がやや弱く、ハードルを跳び越えた後の着地動作で膝が屈曲し、その後バランスを崩すなどスピードを維持する上で問題となる技術的課題がみられた。

これらのことから、今後 Subj.M がさらなる記録の向上を目指す上で、100m を中心としたスプリント能力の一層の向上と、ハードリング技術の改善が課題となることが示唆された。

【参考文献】

- 1) 伊藤 章, 富樫 勝 (1997): ハードル走のバイオメカニクス的研究: スプリント走との比較, 体育学研究42:246-260.
- 2) 日本陸上競技連盟 (2019): アスリートのパフォーマンス及び技術に関する調査研究データブック
- 3) 杉本 和那美, 榎本 靖士, 森丘 保典, 貴嶋 孝太, 松尾 彰文 (2012): 100m ハードル走におけるハードルサイクルおよびステップごとにみた疾走速度の変化, 陸上競技研究紀要8, 1-8

(2020年12月25日 受理)

