

女子大学生のハードル走におけるインターバル 各ステップの歩幅の変動性

三 條 俊 彦

緒 言

Lee, et al. (1982¹⁾²⁾ は、国際級の女子走幅跳選手を対象に、複数回の走幅跳の助走のスタートから踏み切りまでの各ストライドの長さを測定し、助走各ストライド長の標準偏差が踏み切り手前数歩の局面で急激に大きくなることを見いだした。このことから彼らは、運動制御の観点から、走幅跳の助走はプログラム制御に依存した動作局面（アプローチ局面）と、フィードバックによる修正を伴うフィードバック制御動作局面（助走終末局面）の2局面から構成されていると考えた。

すなわち、Leeらは、走幅跳の助走においてアプローチ局面ではステレオタイプされたストライドパターンが示され、助走終末の数歩で踏み切り板を正確に踏むために視覚的調整がなされていることを報告すると共に、走高跳、ハードル走などの種目においても同様の視覚的調整が必要であることを示唆している。

走幅跳や走高跳で適切な位置で踏み切るための助走や、ハードル走のスタートから第1ハードルまでのアプローチで第1ハードルに対し適切な位置で踏み切るための走においては、走幅跳、走高跳では助走距離は個々人により決定されるのに対し、ハードル走ではあらかじめスタートラインから第1ハードルまでの距離が決められているという差異はあるものの、前述のプログラム制御とフィードバック制御の2局面構造が成り立つのではないかと考えられる。

一方、ハードル走におけるインターバルランニングについて考えると、距離と歩数があらかじめ決められ、また距離的にも時間的にも非常に短い中で踏み切りを繰り返すという点で、2局面構造が成り立つ助走などとは異質なものとも考えられる。しかしながら、ハードル走の技術的ポイントの一つとしてある一定のリズムで複数台のハードルを越し続けるということ考えたとき、ハードリングを含めたインターバルランニングにおいて、各ハードルに対する踏み切りの調整がどのようになされているかを把握することが重要であると思われる。

本研究では、保健体育専攻の女子大学生のハードル走を対象に、インターバルの各ストライドの長さの変動性を調べ、インターバルランニングとハードリングにおいてフィードバック制御あるいは視覚的調整といったことがなされているのかどうかについて考察することを主たる目的とした。また付加的に、スタートから第1ハードルまでの各ストライドの長さについても測定し、走幅跳の助走と同様の傾向が認められるかどうかについて、さらに、おもにストライドパターンから、競技者レベルではないがハードル走の練習機会を持つ女子大学

生レベルのハードル走の特徴についても考察の観点とした。

方 法

1. 被験者 保健体育専攻の女子大学生 9 名。年齢は19-21歳。
2. 手続き 被験者に、スタートラインから第1ハードルまでが12m、ハードル高70cm、ハードル台数5台、インターバルの長さが6.5mと7.0mの2種類の長さの50mハードル走をそれぞれ3回ずつ行わせ、全てのストライドの長さを実測した。なお、全てのインターバルを3歩のリズムで走りきった試行のみを成功試行とし、それがそれぞれの被験者でインターバル長別に3回ずつになるまで繰り返させた。これらのハードル設定条件は、日頃授業でハードル走の練習の際に用いている条件であった。また、ハードル地点撮影角度に合わせて支柱を立て、24コマ/秒で8mm撮影を行い、ハードル間の所要時間を算出できるようにした。
3. 依存変数 依存変数には各被験者各試行の各ストライド（第5ハードル～ゴールは除く）の長さの標準偏差をとりあげた。さらにインターバルランニングとハードリングについては3回の標準偏差を3回の平均値で除して重みづけの操作を行った値をとりあげた。これらの値は3回の試行における変動性の指標となる。さらにストライドパターンの把握として、各ステップ（インターバルランニングにおける1歩目、2歩目、3歩目）長がインターバル長に占める割合、ハードルクリアランス距離、そしてインターバル間の平均速度を分析の対象とした。

結果と考察

表1 a, bに、インターバル6.5mと7.0m別の各インターバル各ステップ長の各被験者3回の平均値を個人値とした9名の平均値を示した。take off（踏み切り）～Hurdle（ハードル）とHurdle～landing（着地）は本来ハードルクリアランス距離としての1歩であるが、踏み切り位置、着地位置の変動を考慮の意味で分割したものである。また、たとえば1st IntervalのHurdle～landingは、実際は2nd Intervalに属するわけだが、3歩のランニングに続く動きとして踏み切りからハードリングがあると考え、表のような順で記した。これは表2、表3についても同様である。

表1の平均値をみると、インターバルが進むにつれわずかずつHurdle～landingの距離が小さくなっており、そして2nd, 3rdステップの合計がわずかずつ大きくなっている。これは筆者らが行った小学生高学年生のハードル走に関する測定³⁾⁴⁾においてみられたストライドパターンと同様の結果であった。

表2 a, bは、インターバル長別の各インターバル各ステップにおける各被験者の3回の標準偏差の平均値を示したものである。全体的にHurdle～landingの値が大きいようにみられる。

さらに、標準偏差を平均値で除する重みづけの操作を行った値を各ステップの歩幅の変動性の指標とした。すなわち、各インターバル各ステップにおける各被験者の3回の標準偏差

表1-a 各インターバル各ステップ長の平均値（インターバル6.5m）
 [個人値（3回の平均値）の平均値]

Steps Interval	1st Step	2nd Step	3rd Step	take off ~Hurdle	Hurdle~ landing
1st Interval	116.08	151.52	140.27	136.51	104.79
2nd Interval	115.71	153.89	140.81	134.82	103.19
3rd Interval	115.78	153.48	142.19	135.38	101.41
4th Interval	114.23	155.80	143.08	137.29	89.76

(cm)

表1-b 各インターバル各ステップ長の平均値（インターバル7.0m）
 [個人値（3回の平均値）の平均値]

Steps Interval	1st Step	2nd Step	3rd Step	take off ~Hurdle	Hurdle~ landing
1st Interval	121.66	167.94	151.26	149.44	99.97
2nd Interval	123.91	166.30	155.46	154.05	91.98
3rd Interval	124.84	171.72	157.21	154.26	88.78
4th Interval	123.33	175.16	158.51	154.10	80.41

(cm)

表2-a 各インターバル各ステップ長の標準偏差（インターバル6.5m）
 [個人値（3回の標準偏差）の平均値]

Steps Interval	1st Step	2nd Step	3rd Step	take off ~Hurdle	Hurdle~ landing
1st Interval	7.52	4.93	3.84	6.98	7.81
2nd Interval	5.14	4.47	3.92	5.38	7.96
3rd Interval	4.11	4.71	3.54	4.28	5.21
4th Interval	4.04	5.20	4.89	4.30	7.32

(cm)

表2-b 各インターバル各ステップ長の標準偏差（インターバル7.0m）
 [個人値（3回の標準偏差）の平均値]

Steps Interval	1st Step	2nd Step	3rd Step	take off ~Hurdle	Hurdle~ landing
1st Interval	4.30	5.66	5.41	6.66	7.72
2nd Interval	4.08	4.94	4.09	4.09	8.33
3rd Interval	4.09	5.03	5.73	6.72	5.89
4th Interval	3.01	4.99	6.00	5.99	7.61

(cm)

を3回の平均値で除した値を個人値とした9名の平均値を示したものが表3 a, bである。

表3-a 各インターバル各ステップ長の変動性の平均値 (インターバル6.5m)

Interval \ Steps	1st Step	2nd Step	3rd Step	take off ~Hurdle	Hurdle~ landing
1st Interval	0.066	0.032	0.028	0.050	0.075
2nd Interval	0.043	0.029	0.028	0.040	0.080
3rd Interval	0.035	0.031	0.024	0.031	0.054
4th Interval	0.035	0.033	0.034	0.032	0.087

表3-b 各インターバル各ステップ長の変動性の平均値 (インターバル7.0m)

Interval \ Steps	1st Step	2nd Step	3rd Step	take off ~Hurdle	Hurdle~ landing
1st Interval	0.035	0.034	0.036	0.050	0.075
2nd Interval	0.033	0.030	0.026	0.049	0.097
3rd Interval	0.034	0.029	0.037	0.044	0.070
4th Interval	0.024	0.029	0.036	0.039	0.102

ここではより明らかに Hurdle~landing の値が大きいと思われる。そこでステップ間の有意差を検定するため、各被験者各ステップにおける各インターバル (1st~4th) の4つの値の平均値をそれぞれのステップの個人値として、繰り返しのある1要因の分散分析を行ったところ、インターバル6.5m ($F=32.46$, $df=4/32$), 7.0m ($F=15.49$, $df=4/32$) の場合共に0.1%水準で有意であった。Newman-Keuls テストによる下位の検定を行ったところ、いずれのインターバルの場合も、Hurdle~landing の値は他の全ての値より1%水準で有意に大きいという結果であった。すなわち、ハードルクリアランス距離をハードルの位置を基準に踏み切り側の距離と着地側の距離に分けた場合、着地側の距離の変動性は他のステップや踏み切り側の距離の変動性よりも有意に大きいという結果であった。このことを、ハードリングに至るまでの各ステップの変動性は低めとはいえ実際毎回少しずつ異なる踏み切り位置 (これは踏み切り側の距離の変動性に関わることであるが) を、ハードリングにより調整しようとする結果としてとらえられるかどうかが問題となろう。

表4 a, b は、それぞれのインターバルで各ステップ長がインターバル長に占める割合の平均値を示したものである。表4の場合、各インターバルに実際に占める割合という意味で、たとえば1st Interval の Hurdle~landing は1台目のハードルを越えた際の着地側の距離を示している。また、表5は、ハードルクリアランス距離の平均値を示したものである。

表4で示されるように、ハードル台数を経るにつれ Hurdle~landing の割合がわずかずつ減少し、また、表5に示されるように、ハードルクリアランス距離が小さくなっている。また、ハードルクリアランス距離全体の変動性が他のステップの変動性より有意に大きいという結果は得られなかった。

つまり、ハードルクリアランス距離の変動性は大きくはないが、着地側距離の変動性は大きいといったとらえ方が可能であるとも思われる。もしそのようなとらえ方をすれば、

表4-a 各ステップ長が占める割合の平均値（インターバル6.5m）
[個人値（3回の平均値）の平均値]

Steps Interval	Hurdle~ landing	1st Step	2nd Step	3rd Step	take off ~Hurdle
1st Interval	16.3	17.9	23.3	21.5	21.0
2nd Interval	16.1	17.8	23.7	21.7	20.7
3rd Interval	15.9	17.8	23.6	21.9	20.8
4th Interval	15.3	17.6	24.0	22.0	21.1

(%)

表4-b 各ステップ長が占める割合の平均値（インターバル7.0m）
[個人値（3回の平均値）の平均値]

Steps Interval	Hurdle~ landing	1st Step	2nd Step	3rd Step	take off ~Hurdle
1st Interval	15.6	17.4	24.0	21.6	21.4
2nd Interval	14.3	17.7	23.8	22.2	22.0
3rd Interval	13.2	17.8	24.5	22.5	22.0
4th Interval	12.7	17.6	25.0	22.7	22.0

(%)

表5 ハードルクリアランス距離の平均値
[個人値（3回の平均値）の平均値]

Hurdle Interval length	1st Hurdle	2nd Hurdle	3rd Hurdle	4th Hurdle	5th Hurdle
6.5m	258.14	241.31	238.01	235.23	227.49
7.0m	260.21	249.41	248.0	243.03	234.64

(cm)

着地側の距離の変動性が大きいという結果はハードルクリアランス動作中の調整の結果というより、ハードリングまでの各ステップの変動性は低めとはいえ毎回踏み切り位置が多少異なること、ハードルクリアランス距離はある程度決まっているが多少の変動があること、さらに、インターバルが進行する際にハードルクリアランス距離がわずかず減少するのは着地側の距離の減少に依っていると考えられることの、単に相乗効果として着地側の距離の変動性が大きいという結果を生み出すという解釈もなされる。

いずれにしても、本研究の結果から結論づけることは難しく、通常のランニングをハードルを越えるために変容させるというハードルクリアランス動作の動きの変容の必然性が存在しながらも、ハードリングが調整機能をもつものか、あるいはステレオタイプされているかに解釈される他のステップにおいて調整機能が果されるのかについて、考察するための方法を見だし、明らかにすることが今後の課題と考えられる。

表6に、事例的に、各被験者の両インターバル各3回ずつ計6回の試行におけるスタートから1台目までの各ストライド長の平均値と標準偏差を示した。1st Stepはスタートラインから第1歩目着地までの距離であり、毎回同一のフットスタンスにすることを指示しなかつ

表6 各被験者の1台目までのスライド長の平均値と標準偏差
(1st step はスタートラインからの1歩目着地までの距離)

Steps Subjects		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	~ Hurdle
K. O	M	65.8	100.5	125.8	127.8	148.8	146.3	163.8	151.2	—	—	169.8
	S D	3.44	3.10	2.11	2.79	1.95	2.81	4.63	4.95	—	—	1.67
M. K	M	53.7	89.7	104.2	107.5	120.0	134.2	139.7	150.3	138.3	—	162.5
	S D	4.89	6.87	4.49	4.79	5.00	5.34	4.71	10.27	11.79	—	6.92
A. K	M	41.8	104.0	112.5	127.0	125.8	131.3	132.3	141.7	141.0	—	142.5
	S D	6.34	8.85	4.79	4.65	3.43	4.99	6.85	3.14	4.28	—	7.30
M. S	M	34.5	100.2	114.3	127.3	143.7	161.5	179.8	173.8	—	—	164.8
	S D	5.09	8.49	5.25	4.11	3.99	7.48	11.33	11.01	—	—	5.98
Y. S	M	54.6	101.6	122.4	135.4	158.2	157.8	166.8	142.8	—	—	160.4
	S D	8.11	5.85	8.43	6.18	4.35	5.04	11.65	4.75	—	—	5.61
T. M	M	44.7	103.3	109.8	125.0	118.8	130.3	137.8	155.0	146.3	—	129.7
	S D	8.79	1.89	3.51	3.27	4.37	4.68	6.41	5.07	4.68	—	2.98
Y. Y	M	30.8	101.7	121.7	134.3	154.5	159.7	183.7	157.8	—	—	155.8
	S D	3.13	3.09	2.62	3.25	2.36	3.73	4.82	4.45	—	—	4.26
R. A	M	56.0	103.8	119.3	122.5	129.5	104.5	103.8	99.0	117.3	128.8	115.3
	S D	7.98	2.97	2.56	5.56	11.44	9.11	4.84	5.60	10.16	6.01	5.56
K. S	M	72.8	105.7	118.3	128.8	132.3	147.7	152.8	168.2	—	—	173.3
	S D	6.18	4.85	3.86	5.46	2.05	5.79	5.98	7.43	—	—	9.32

(cm)

たことと、スタート技術の巧拙が直接影響をもつと考えられることから、標準偏差は大きめだが、他のステップとの直接比較は出来ないと思われる。被験者全員に共通とはいえないが、何名かの被験者においては踏み切り直前に急激な標準偏差の増大を示しており、Lee らのいう視覚的調整と同様の様相を呈している。本研究では、連続してハードルを越し続けるというハードル走の特徴を重視し、インターバル各ステップの変動性を中心に考察したが、Lee, et al.¹⁾²⁾の報告による走幅跳に対しては、むしろハードル走におけるスタートから1台目踏み切りまでの運動課題の方が類似していると思われ、ハードル走1台目までの視覚的調整については、今後さらに検討を加えるべき興味ある問題と考える。

表7は、8mmフィルムのコマ数より算出した各インターバル間の平均速度の各被験者3回の平均値を個人値とした9名の平均値と標準偏差を示している。平均値では、1st Intervalが最も高い値を示し、インターバルが進む毎に速度が徐々に低下しており、これも前述の小學校高学年生のハードル走の測定³⁾⁴⁾の場合と同様の結果であった。

表7 インターバル間平均速度の平均値と標準偏差
 [個人値(3回の平均値)の平均値と標準偏差]

Interval length \ Interval	Interval	1st Interval	2nd Interval	3rd Interval	4th Interval
6.5m	M	5.62	5.45	5.42	5.26
	S D	0.25	0.25	0.28	0.36
7.0m	M	5.61	5.44	5.35	5.20
	S D	0.28	0.34	0.34	0.45

(m/sec)

ま と め

本研究は、陸上競技者ではないが、日頃ハードル走の練習を行う機会のある女子大学生レベルでの、ハードル走の各インターバルにおける各ステップの変動性を調べることを目的に行われた。

結果は、ハードルクリアランスを踏み切りからハードル、ハードルから着地に分けた場合、ハードルから着地の距離は、踏み切りからハードルや他のステップの距離より有意に変動性が大きいことというものであった。

ハードルから着地までの距離の変動性が大きいのは、単にハードリングという動作が行われる、あるいはインターバルが進むにつれハードルから着地までの距離が徐々に低下することによる結果なのか、あるいは、それ以外の各ステップの変動性は低めとはいえ、実際に毎回少しずつ異なる踏み切り位置をハードリングにより調整しているのか、すなわち、インターバルにおけるランニングは自動化され、ハードリングが調整機能を果しているのかについてさらに研究を試みたい。

さらに、本研究では、単に常日頃行っているハードル設定条件でハードル走を行わせ、ストライド長を計測したにとどまった。何らかの実験的操作を加え、また、試行回数が少ないことなどの問題等を解決しながら、ハードル走の視覚的調整の問題について考察したいと考える。

引用・参考文献

- 1) Lee, D. N., Lishman, R. J. and Thomson, J. A., "Regulation of gait in long jumping," *Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance*, 8: 448-459, 1982.
- 2) Lee, D. N., Lishman, R. J. and Thomson, J. A., "Visual guidance in the long jump," *Track and Field Quarterly Review*, 83: 13-14, 1983.
- 3) 三條俊彦, 小口正行: 小学校高学年のハードル走指導に関する考察—特に速度推移と踏み切り位置の変化について—, *信州大学教育学部紀要*, 46: 163-173, 1982.
- 4) 三條俊彦, 小口正行: 小学校高学年のハードル走指導に関する考察—短距離疾走時の速度, ストライドから考察されるインターバル設定条件について—, *信州大学教育学部紀要*, 47: 29-41, 1982. (1994年4月27日 受理)