

## ROSEリポジトリいばらき（茨城大学学術情報リポジトリ）

Title	ハードル走におけるクリアランス動作パターンの多変量分析：未習熟者の場合
Author(s)	野田, 洋平 / 服部, 恒明 / 小磯, 香
Citation	茨城大学教育学部教育研究所紀要(22): 81-96
Issue Date	1990-03-20
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10109/11312">http://hdl.handle.net/10109/11312</a>
Rights	

このリポジトリに収録されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作権者に帰属します。引用、転載、複製等される場合は、著作権法を遵守してください。

お問合せ先

茨城大学学術企画部学術情報課（図書館） 情報支援係  
<http://www.lib.ibaraki.ac.jp/toiawase/toiawase.html>

# ハードル走におけるクリアランス動作パターンの多変量分析

—未習熟者の場合—

野田 洋平\* 服部 恒明\*\* 小磯 香\*\*\*

## はじめに

ハードル走は、制限されたインターバルと高さを克服し走ることに特色がある競技種目である。一定の疾走速度を保ちながら、ハードルを連続的に越えるためには、スピードとクリアランス技術の確かな正確性とバランス、そして、疾走性をクリアランスに生かす疾走フォームの良質性が要求され、これらを習熟させることは必ずしも容易ではない。しかし、それを実現していく過程で、短距離走を走るのとはことなる、リズムカルでスピーディにハードルを克服して走りきる喜びの感覚が体験され、これが学習教材としてのハードル走の特性となっている。

Gary Winckler (1988)は、ハードリングを成功させる9つの要因を提示している。それらは、speed, rhythm, flexibility, strength, endurance, coordination and balance, technique, concentration, body type である。しかし、学校体育で必要な学習要因は、これらの個々の要因の単なる集積ではなく、個々の要因をフォームという形に結合し、表現する技術の習得が主要な課題となる。松田(1983)は、ハードル走の主要課題を技術の習得であるとし、この技術の習得はかならずしも容易ではないが、山本(1983)等の報告にも見られるように、さまざまな工夫によって効果的な学習が期待できると述べている。

ハードル走の技術要因は複合的であり(野田 1972)、パフォーマンスと技術要因の構造とりわけ、障害走タイムを決定する要因を陳(1984)は、歩幅、ハードリングの時間、歩数の三点から検討した。しかし、その要因の構成要素は、学校体育の授業という場で、比較的容易に確かめ、評価できる方向を示唆しているとは思われない。

ハードル走には、スプリント走の延長上にある疾走能力が基礎にあり、技術要素としてのスタート、インターバル走、ハードリング、フィニッシュがある。もっとも重要な要素は、ジャンプ・オーバーではなく、ステップ・オーバーでハードルをクリアする速さ(トム・エッカー 1979)であるとされている。これらの技術を習熟したり、改善するには多くの視点と方法を導入する必要があるが、なかでも、パフォーマンスと直接関連するフォームや動作に着目して学習者に具体的なイメージを提供することが、不可欠な方法といえる。だがハードル走のさまざまな局面に生じる動作パターンがパフォーマンスとどのように関連しているかに関して、これまで十分な検討はなされていない。植屋(1988)も現在の指導要領が「ハードルの技能を養い、記録を高めること」についての詳細な指導方法は明示されていないと指摘している。

本研究では、未習熟者が示すハードル疾走時の局面動作がパフォーマンスとどのように関連している

かについて、数量化理論を適用して明らかにすることをねらいとしている。

### 研究対象と研究方法

研究対象は、ハードル走の学習経験が2回の授業以外にはない女子大学生61名である。

ハードル走の撮影は、距離50mのコースにおいて次のような条件で実施した。

ハードルは、高さ65cmとし、スタートから1台目までの距離を10m、2台目からのハードル間の距離は6.5mのインターバルで5台のハードルを設置した。この条件は、これまでの授業実践で、ハードル間を3歩で無理なく走れる条件であることを確認している。撮影位置は、2台目のハードルの両側方20mとし、ビデオカメラ(National M15, M21)を高さ1mに設置した。走者は腰部および膝部に白い指標をつけた後、笛を合図にスタンディングスタートで出発し、設定されたコースをゴールまで全力疾走する。2台目のハードルを撮影位置としたのは、女子学生のハードリングリズムが2台目で安定し、スムーズであると観察し、確認したからである。2台目のハードリング・フォームを撮影すると同時に、所要タイムが記録された。

録画映像は、ビデオ解析装置(三菱HV-V5000)を用い観察した。観点は、ハードリング動作を踏切りから着地まで大きく3つの局面に分け(図1)、各局面ごと、あるいは局面間にみられる動作を細分化し、合計41の動作項目(Item)を設け、それを判断する基準(Category)を定めた。表1はその一覧表である。

「振り上げ脚の下腿の曲げ角度」(NO. 2)とは、先導脚を振り上げた際に踵を臀部にひきつけているかどうかをみるもので、最小の角度を基準とした。

「上体の前傾角度」(NO. 4, 21, 35)は、上体の垂直面からの傾斜度をみた。

「踏切角度」(NO. 8)は、踏切脚の足先と腰部を結んだラインが地面となす角度をみた。

「顎の状態」(NO. 9, 22, 33)は、顎の突出程度をみるもので、頭部が後傾していれば、出ている、前傾していれば、引いているとした。

「抜き脚の膝と足首の位置関係」(NO. 36)とは、抜き脚の下腿部が地面と平行かどうかを見るものである。

被験者各人の動作は、それぞれの項目(Item)について必ずどれかひとつの下位項目(Category)が反応するわけで、この組合せをハードリング動作のパターンとし、各項目ごとの反応した(Category)の番号により符号化した。これを集計し、各項目ごとの反応したcategory出現率を求めた。

次に出現率の高い、すなわち個人により反応の仕方に差が小さい項目を除きcategoryを簡略化し数量化理論I類を適用する項目を選出した。

### 結果と考察

#### 1 各項目の出現率

観察動作項目をitem数41、総category数110とし、各categoryの出現率および平均タイムと標準偏差を求めた結果は、表1に示す通りである。

この結果から明らかなように、踏切局面で「踏切脚をつま先から着く者」、「振り上げ脚を内側からあげる者」、「振り上げ脚の膝部が股関節部より高い者」、空中局面で「身体中心部の経過線の最高点がハードルより先にある者」、「抜き脚の足先が上方を向いている者」、着地局面で「振り下した足を踵から着く者」はいなかった。

観察動作項目を出現率と平均タイムからみると（各局面での動作項目とタイムの良し悪し）、踏切局面前半では、振り上げ脚の下腿の曲げ角度が40度未満の者がタイムがよく、踏切局面後半では、後腕の肘の高さが肩より高い者がもっともタイムがよく（出現率は低い）次いで顎を出している状態の者、振り上げ脚の前上方への挙上方法がハードルに対して直角に上がる者、踏切角度80度未満の者にタイムが良い傾向がみられる。空中動作局面前半では、顎を出している状態の者がもっともタイムがよく、ついで抜き脚の足先の方向が上向きの者、腕の前後関係で先導脚を前方に出し後脚を後方に引いているなどの動作項目がつづいている。空中動作局面後半では、タイムのよい項目は見当らない。着地局面では、顎を出している状態、抜き脚の膝と足首の位置関係で膝の方が足首より高い位置にある者、上体の、前傾角度が30度より大きい者などの項目にタイムが良い傾向がみられる。よいハードリングをするとき、上体の姿勢の動きは、クリアランスを効率よくするために大変重要であり、トム・エッカー（1979）は、頭を低くすればするほど、選手の重心の位置が低くなる。低くなるとハードル上での滞空時間が短くなって、それだけ速く着地することができる。トランク・リーンが少ない選手は、余計にとび上がらなくてはならないので、その分だけ滞空時間が長くなる。重要なのは胴体と頭のコンビネーションであると述べており、これらの指摘に整合する項目に、本研究でもタイムが良い傾向がうかがえる。

## 2 数量化理論I類の適用

表1に示した項目の中から反応のない category を除き、かつ item 内の category 関係を見直し、その内容に同義、重複のあるもの等を整理し、簡略化を行なった。そして、最終的に40項目、80カテゴリーとした（表2）。

### (1) 数量化分析について

まず適用項目全項目を用いて解析を実施した(step 1)。その結果は表3に示されている。標準化カテゴリーウエイトとは、categoryを変数とし目的変数を予測する際の重みづけ係数である。また、rangeとは同一item内の基準化カテゴリーウエイトの広がりを示すものである。すなわち、rangeの大きいitemでは、どのcategoryに反応するかということが、予測値に大きく影響することを意味している。

step 1の重相関係数（目的変数の予測値と実測値の相関）は0.88であった。ここで、偏相関係数が0.1以下の21項目を除き、同様の解析を実施した(step 2)。表4にその結果が示されているが、重相関係数は0.86であった。つぎに偏相関係数が0.2以下の項目を除き、残る19の項目についてstep 3として分析を行なった（表5）。偏相関係数が0.3以下の項目を除き分析を実施した(step 4)。表6はその結果であるが、重相関係数は0.81となり、step 3に比して著しい精度の低下はない。すなわちこの結果からハードル走の記録に影響を与える主要な動作パターンが推察できるものと思われる。

step 4の解析に適用された項目の中で、rangeの大きかった項目は、着地局面における「抜き脚の膝と足首の位置関係」1.25、空中動作における「振り上げ脚の垂直面から前方への振り出し角度」1.23、空中動作における「腕の前後関係」1.15であった。その他rangeが1以上であったものは、踏切局面での「後腕における肘の高さ」1.06、着地面での「振りおろし脚における足の最初の接地部」1.05、「先導腕における肘の状態」1.03がある。すなわち、これらの項目は記録に与える影響が大きい動作と言え

る。

これらの中で腕に関する項目が踏切、空中、着地のそれぞれの局面において、記録に与える影響が大きい動作として認められる。トム・エッカー (1979) は、ハードルをクリアーするときの抜き足の動きにつられて生ずる上体の捻れは、腕の動作でカバーするようにならなければならない。正しい腕、動作をしなければ、着地でバランスをくずすか、またはバランスをくずさないようにするために、変な踏切りの仕方を身につけてしまうとのべており、腕の動作が上体の捻れのカバーとバランスの保持に重要なファクターであることを指摘している。本研究での女子学生もこれに整合する結果が読みとれ、いずれの局面でもバランスの保持が記録に大きくかかわっていることを示している。ただし、腕の重要性を過大に強調するのままちがいであり、腕はできるだけ体に近づけておくべきであって、あまり体からはなれたところで振ると、スピードをさげ、さらに全体のバランスをくずす結果になる (ジム・ブッシュ1979) という指摘も考えるべきである。

着地局面での「振りおろし脚の足の最初の接地部」において、前脚は真下へ振りおろすつもりで接地させ、つま先が指のつけ根でやわらかく着地するという一般的知見に反して、基準化カテゴリーウェイトをみると「全足底部」の値がマイナスとなっておりハードル走の記録を縮める結果になっている。これはハードル経験が少ない段階では足底部全体で地面をとらえることが着地時でバランスをとりやすく、その上、シーザース動作をすばやく行ない、ほぼ伸展した脚で接地し、インターバル走への始動としての準備に有利であり、記録の面からもプラスになっていることを意味するものと考えられる。

従来指導上のポイントとして多くとりあげられている「振り上げ脚をまっすぐあげる」「抜き足をハードルと平行に抜く」「踏切りのときデップをする」等の項目は最終ステップの解析項目として用いられなかった。すなわち、ここでも部分的な技術項目よりもバランスやリズムカルな動きに直結する動作項目の重要性が示唆されると推察される。

古藤 (1975) は、「疾走リズムをくずさずに走るには、踏切動作と着地第一歩の動作が完全な疾走状態になっていることが、インターバルをスムーズに走るための大きな技術的なポイントである」と述べているが、step 4で抽出された項目をみると、踏切局面5項目、空中局面3項目、着地局面7項目であり、未習熟者においては踏切および着地動作が重要であることがうかがえる。また、一般的知見としてハードリングの基礎はスプリンティングであり、ハードリングとは、ハードルを越えるための合目的な変化をランニングの変容されたものとしてとらえる (日本陸上競技連盟 1988) とすると上述のstep

4から抽出された項目も当然と言えば言えなくもない。このことは、今回のハードルの高さ、インターバル条件が影響しているかも知れない。

### 3 50mハードル走の推定値と実測値

表7は、step 4で求められた基準化カテゴリーウェイトより得た各人の50mハードル走の推定値と実測値およびその差の一覧表である。両値の相関は0.8であり、その相関図は図2に示されている。相関係数 (0.8) は今回取り上げた比較的単純な動作観察項目のみに基づく結果としては高い値と言える。しかし、図2からも判断されるが、個人ごとの予測値としてみると一致度の高くない例も認められる。このことはハードル走の記録に影響する要因として、本研究で抽出された項目以外の要素を考慮する必要性を示すものと言えよう。ジム・ブッシュ (1979) は、正面からの観察8項目、側面からの観察7項目を提示し、The Athletics Congress (Track And Field Coaching Manual 1989) は、ハードルテクニク・チェックリストとして12の観察項目をあげ三局面をカバーしている。

## ま と め

50mハードル走の動作パターンと記録値をデータとして数量化理論Ⅰ類を適用した結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 数量化理論Ⅰ類による分析の結果、重相関係数は0.8で動作パターンから未習熟者の50mハードル走のタイムが十分な精度で予測可能であると思われる。
- (2) 50mハードル走の記録が15の動作パターン項目により、およそ64%が説明される。
- (3) 各項目の基準化カテゴリーウエイトの rangeから50mハードル走の記録への影響の度合が判断されるが、影響の大きい項目は「抜き脚の膝と足首の位置関係」（着地局面）、「垂直面から前方への振り上げ脚の振り出し角度」（空中局面）、「腕の前後関係」である。

## 注

- Gary Winckler (1989) 「Track And Field Coaching Manual」 Leisure Press pp.73~75.  
ジム・ブッシュ (1979) 小田海平訳 『陸上競技コーチング』 講談社 pp.47~61.  
古藤高良 (1975) 『陸上競技指導ハンドブック』 大修館書店 pp.18~128.  
松田岩男 (1983) 「学校体育」第36巻 第6号 日本体育社 pp.12~18.  
野田洋平 (1973) 「陸上競技に関する研究 第7報」 茨城大学教育学部紀要 第23号 pp.47~58.  
日本陸上競技連盟 (1988) 『陸上競技指導教本』 大修館書店 pp.57~78.  
陳全寿 (1984) 『陸上競技の技術』 ベースボールマガジン社 p.55.  
トム・エッカー (1979) 佐々木秀幸, 井街悠共訳 『運動力学による陸上競技の種目別最新技術』  
ベースボールマガジン社 pp.47~57.  
植屋清見 (1988) 「体育指導に関するバイオメカニクス (その5)」 日本体育学会 第39回大会号  
p.768.  
山本貞美 (1983) 「学校体育」第36巻 第6号 日本体育社 pp.20~25.

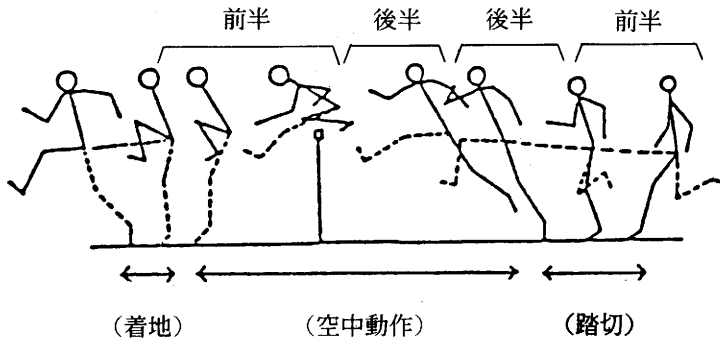


図1 ハードリングの局面

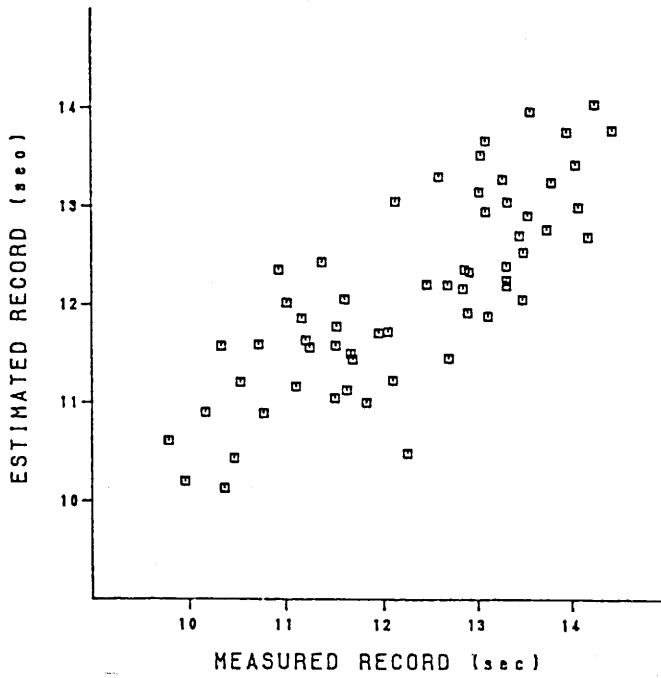


図2 予測タイムと実測タイムの散布図

表1 各項目の出現率、平均タイムおよび標準偏差

N=61

87

観察動作項目	出現率 (%)	平均タイム (秒)	標準偏差
A 踏切局面前半			
1 踏切脚の接地方法			
1) かかとから	59.0	12.48	1.12
2) つまさきから	0.0		
3) 全足底部	41.0	12.11	1.34
2 振り上げ脚の下腿の曲げ角度			
1) 40度未満	26.2	11.70	1.26
2) 40度	23.0	12.31	0.81
3) 40度より大きい	50.8	12.66	1.23
B 踏切局面後半 (踏切脚の離地直前)			
3 振り上げ脚の前上方への挙上方法			
1) ハードルに対して直角に曲げる	11.5	11.49	1.43
2) 外側からまわしてあげる	88.5	12.44	1.16
3) 内側からまわしてあげる	0.0		
4 上体の前傾角度			
1) 30度未満	80.3	12.35	1.24
2) 30度	16.4	12.17	1.18
3) 30度より大きい	3.3	12.64	1.11
5 振り上げ脚の大腿が地面と			
1) 平行より膝が上を向く	0.0		
2) 平行	45.9	12.47	1.10
3) 平行より膝が下を向く	54.1	12.21	1.31
6 振り上げ脚の足先の方向			
1) 上向き	44.3	12.53	1.15
2) 前向き	31.1	12.40	0.87
3) 下向き	24.6	11.88	1.58
7 踏切脚の膝の状態			
1) 伸びている	65.6	12.31	1.27
2) 曲がっている	34.4	12.37	1.15
8 踏切角度 (踏切脚の前傾角度)			
1) 80度未満	44.3	11.77	1.18
2) 80度	19.7	12.69	1.18
3) 80度より大きい	36.1	12.81	1.01
9 顎の状態			
1) 出している	1.6	11.53	0
2) 普通	37.7	12.20	1.44
3) 引いている	60.7	12.43	1.07
10 腕の前後関係			
1) 先導腕を前方に出し後腕を後方に引いている	37.7	11.83	1.21
2) 両腕とも体側にある	6.6	12.87	1.54
3) 先導腕を前方に出し後腕が体側にある	55.7	12.61	1.08
11 先導腕の肘の高さ			
1) 肩より高い	49.2	12.37	1.31
2) 肩と同じ高さ	41.0	12.19	1.02
3) 肩より低い	9.8	12.68	1.49
12 先導腕の肘の状態			
1) 伸びている	13.1	11.94	1.38
2) 曲がっている	86.9	12.39	1.19
13 振り上げ脚の下腿が地面に対し			
1) 垂直より後方に引いている	55.7	12.40	1.23
2) 垂直	37.7	12.25	1.15
3) 垂直より前方に出している	6.6	12.24	1.58
14 後腕の肘の高さ			
1) 肩より高い	1.6	10.47	0
2) 肩と同じ高さ	24.6	12.51	1.22
3) 肩より低い	73.8	12.31	1.21
15 後腕の肘の状態			
1) 伸びている	32.8	11.86	1.12
2) 曲がっている	67.2	12.56	1.21
16 踏切地点からハードルまでの距離とハードルから着地地点までの距離の比			
1) 踏切地点からハードルまでの距離の方が長い	54.1	12.02	1.26
2) ハードルから着地地点までの距離の方が長い	34.4	12.64	0.89
3) 同じ長さ	11.5	12.87	1.49



	出現率(%)	平均タイム(秒)	標準偏差
C 空中局面前半			
17 身体重心の最高点			
1) ハードルより手前にある	72.1	12.15	1.28
2) ハードルの真上にある	27.9	12.78	0.93
3) ハードルより向こうにある	0.0		
身体重心が最高点にあるときの			
18 振り上げ脚の足首の屈曲角度			
1) 90度	47.5	11.97	2.55
2) 90度より大きい	52.5	12.29	1.26
19 垂直面から前方への振り上げ脚の振り出し角度			
1) 45度より大きい	72.1	12.11	1.26
2) 45度	11.5	12.44	1.01
3) 45度未満	16.4	13.23	0.69
20 ぬき脚の足先の方向			
1) 上向き	0.0		
2) 横向き	6.6	11.50	1.03
3) 下向き	93.4	12.39	1.22
21 上体の前傾角度			
1) 30度未満	31.1	12.09	1.03
2) 30度	29.5	12.37	1.27
3) 30度より大きい	39.3	12.49	1.31
22 顎の状態			
1) 出している	1.6	10.34	0
2) 普通	31.1	12.36	1.17
3) 引いている	67.2	12.36	1.23
23 先導腕の肘の状態			
1) 伸びている	86.9	12.28	1.26
2) 曲がっている	13.1	12.64	0.96
24 後腕の肘の高さ			
1) 肩と同じ高さ	55.7	12.05	1.16
2) 肩より低い	44.3	12.63	1.22
25 腕の前後関係			
1) 先導腕を前方に出し後腕を後方にも体側にある	45.9	11.85	1.24
2) 両腕とも体側にある	24.6	12.62	1.01
3) 先導腕を前方に出し後腕が体側にある	29.5	12.83	1.10
26 先導腕の肘の高さ			
1) 肩より高い	9.8	12.20	1.25
2) 肩と同じ高さ	50.8	12.35	1.19
3) 肩より低い	39.3	12.33	1.32
27 後腕の肘の状態			
1) 伸びている	75.4	12.16	1.28
2) 曲がっている	24.6	12.85	0.86
D 空中動作後半			
ぬき脚がハードルを越えるときの			
28 ぬき脚の足先の方向			
1) 上向き	0.0		
2) 横向き	31.1	12.37	1.08
3) 下向き	68.9	12.31	1.29
29 ぬき脚のぬき方			
1) 上腿・下腿・足部をハードルと平行にしてぬく	47.5	12.51	1.11
2) 膝・足先を下げて(又は上げて)ぬく	52.5	12.17	1.30
E 着地局面			
30 振りおろし脚の最初の接地部			
1) かかと	0.0		
2) つま先	65.6	12.53	1.20
3) 全足底部	34.4	11.96	1.20
31 振りおろし脚の膝の状態			
1) 伸びている	24.6	12.48	1.21
2) 曲がっている	75.4	12.28	1.23
32 ぬき脚の足先の方向			
1) 上向き	16.4	12.53	1.35
2) 横向き	31.1	12.33	0.96
3) 下向き	52.5	12.26	1.32

	出現率 (%)	平均タイム (秒)	標準偏差
33 顎の状態			
1) 出している	1.6	10.34	0
2) 普通	57.4	12.13	1.12
3) 引いている	41.0	12.68	1.26
34 後腕(着地脚の腕)の肘の状態			
1) 伸びている	63.9	12.17	1.16
2) 曲がっている	36.1	12.15	1.13
35 上体の前傾角度			
1) 30度未満	90.2	12.41	1.20
2) 30度	8.2	11.64	1.32
3) 30度より大きい	1.6	11.53	0
36 ぬき脚の膝と足首の位置関係			
1) 膝の方が足首より高い位置にある	3.3	11.27	0.80
2) 膝と足首が同じ高さ	36.1	12.42	1.06
3) 膝の方が足首より低い位置にある	60.7	12.33	1.31
37 腕の前後関係			
1) 空中動作で後腕を前方に引き出している	42.6	12.44	1.20
2) 前後していない	57.4	12.25	1.24
38 先導腕(着地脚と逆の腕)の肘の状態			
1) 伸びている	78.7	12.29	1.26
2) 曲がっている	21.3	12.48	1.10
39 先導腕の肘の高さ			
1) 肩より高い	4.9	12.58	1.01
2) 肩と同じ高さ	47.5	12.31	1.19
3) 肩より低い	47.5	12.32	1.28
40 後腕の肘の高さ			
1) 肩より高い	16.4	12.35	1.07
2) 肩と同じ高さ	29.5	12.15	1.11
3) 肩より低い	54.1	12.42	1.32
41 ぬき脚と着地脚の位置関係			
1) ぬき脚の膝が着地脚より前方にある	60.7	12.55	1.17
2) ぬき脚の膝が着地脚と同位置にある	24.6	12.81	1.13
3) ぬき脚の膝が着地脚より後方にある	14.8	12.30	1.36

表2 数量化理論を適用した項目

- A 踏切局面前半
- 1 踏切脚の接地方法
    - 1) かかとから
    - 2) 全足底部
  - 2 振り上げ脚の下腿の曲げ角度
    - 1) 40度以下
    - 2) 40度より大きい
- B 踏切局面後半 (踏切脚の離地直前)
- 3 振り上げ脚の前上方への挙上方向
    - 1) ハードルに対して直角に上げる
    - 2) 外側からまわしてあげる
  - 4 上体の前傾角度
    - 1) 30度未満
    - 2) 30度以上
  - 5 振り上げ脚の大腿が地面と
    - 1) 平行
    - 2) 平行より膝が下を向く
  - 6 振り上げ脚の足先の方向
    - 1) 上向き
    - 2) 下向き
  - 7 踏切脚の膝の状態
    - 1) 伸びている
    - 2) 曲がっている
  - 8 踏切角度 (踏切脚の前傾角度)
    - 1) 80度未満
    - 2) 80度以上
  - 9 顎の状態
    - 1) 普通
    - 2) 引いている
  - 10 腕の前後関係
    - 1) 先導腕を前方に出している
    - 2) 前後していない
  - 11 先導腕の肘の高さ
    - 1) 肩より高い
    - 2) 肩以下
  - 12 先導腕の肘の状態
    - 1) 伸びている
    - 2) 曲がっている
  - 13 振り上げ脚の下腿が地面に対し
    - 1) 垂直より後方に引いている
    - 2) 垂直より前方に出している
  - 14 後腕の肘の高さ
    - 1) 肩以上
    - 2) 肩より低い
  - 15 後腕の肘の状態
    - 1) 伸びている
    - 2) 曲がっている
  - 16 踏切地点からハードルまでの距離とハードルから着地地点までの距離の比
    - 1) 踏切地点からハードルまでの距離の方が長い
    - 2) ハードルから着地地点までの距離の方が長い
- C 空中局面前半
- 17 身体重心の最高点
    - 1) ハードルより手前にある
    - 2) ハードルの真上にある
  - 18 身体重心が最高点にあるときの振り上げ脚の足首の屈曲角度
    - 1) 90度
    - 2) 90度より大きい
  - 19 垂直面から前方への振り上げ脚の振り出し角度
    - 1) 45度より大きい
    - 2) 45度以下
  - 20 上体の前傾角度
    - 1) 30度未満
    - 2) 30度以上
  - 21 顎の状態
    - 1) 普通
    - 2) 引いている
  - 22 先導腕の肘の状態
    - 1) 伸びている
    - 2) 曲がっている
  - 23 後腕の肘の高さ
    - 1) 肩以上
    - 2) 肩より低い
  - 24 腕の前後関係
    - 1) 先導腕を前方に出している
    - 2) 前後していない
  - 25 先導腕の肘の高さ
    - 1) 肩以上
    - 2) 肩より低い
  - 26 後腕の肘の状態
    - 1) 伸びている
    - 2) 曲がっている
  - ぬき脚がハードルを越えるときの空中動作後半
  - 27 ぬき脚の足先の方向
    - 1) 横向き
    - 2) 下向き
  - 28 ぬき脚のぬき方
    - 1) 上腿・下腿・足部をハードルと平行にしてぬく
    - 2) 膝・足先を下げて (又は上げて) ぬく
- 着地局面
- 29 振りおろし脚の最初の接地部
    - 1) つま先
    - 2) 全足底部
  - 30 振りおろし脚の膝の状態
    - 1) 伸びている
    - 2) 曲がっている
  - 31 ぬき脚の足先の方向
    - 1) 横向き
    - 2) 下向き
  - 32 顎の状態
    - 1) 普通
    - 2) 引いている
  - 33 後腕 (着地脚の腕) の肘の状態
    - 1) 伸びている
    - 2) 曲がっている
  - 34 上体の前傾角度
    - 1) 30度未満
    - 2) 30度以上
  - 35 ぬき脚の膝と足首の位置関係
    - 1) 膝と足首が同じ高さ
    - 2) 膝の方が足首より低い位置にある
  - 36 腕の前後関係
    - 1) 空中動作での後腕を前方に引き出している
    - 2) 前後していない
  - 37 先導腕 (着地脚と逆の腕) の肘の状態
    - 1) 伸びている
    - 2) 曲がっている
  - 38 先導腕の肘の高さ
    - 1) 肩以上
    - 2) 肩より低い
  - 39 後腕の肘の高さ
    - 1) 肩以上
    - 2) 肩より低い
  - 40 ぬき脚と着地脚の位置関係
    - 1) ぬき脚の膝が着地脚より前方に出ている
    - 2) ぬき脚の膝が着地脚より後方にある

表3 数量化I類による分析結果 (Step 1)

	基準化カテゴリーウエイト	Range	偏相関係数
A 踏切局面前半			
1 踏切脚の接地方法			
1) かかとから	0.23		
2) 全足底部	-0.34	0.57	0.29
2 振り上げ脚の下腿の曲げ角度			
1) 40度以下	0.38		
2) 40度より大きい	-0.37	0.75	0.27
B 踏切局面後半 (踏切脚の離地直前)			
3 振り上げ脚の前上方への挙上方法			
1) ハードルに対して直角に上げる	-0.21		
2) 外側からまわしてあげる	0.03	0.24	0.08
4 上体の前傾角度			
1) 30度未満	-0.17		
2) 30度以上	0.71	0.88	0.30
5 振り上げ脚の大腿が地面と			
1) 平行	0.71		
2) 平行より膝が下を向く	-0.15	0.32	0.41
6 振り上げ脚の足先の方向			
1) 上向き	0.45		
2) 下向き	-0.36	0.81	0.29
7 踏切脚の膝の状態			
1) 伸びている	-4.49E-03		
2) 曲がっている	8.55E-03		5.62E-03
8 踏切角度 (踏切脚の前傾角度)			
1) 80度未満	-0.11		
2) 80度以上	0.08	0.19	0.07
9 顎の状態			
1) 普通	0.04		
2) 引いている	-0.03	0.07	0.02
10 腕の前後関係			
1) 先導腕を前方に出している	-0.24		
2) 前後していない	0.15	0.39	0.15
11 先導腕の肘の高さ			
1) 肩より高い	0.44		
2) 肩以下	-0.42	0.86	0.36
12 先導腕の肘の状態			
1) 伸びている	0.18		
2) 曲がっている	-0.03	0.21	0.07
13 振り上げ脚の下腿が地面に対し			
1) 垂直より後方に引いている	-0.23		
2) 垂直より前方に出している	0.03	0.26	0.02
14 後腕の肘の高さ			
1) 肩以上	-0.81		
2) 肩より低い	0.29	1.10	0.39
15 後腕の肘の状態			
1) 伸びている	0.40		
2) 曲がっている	-0.19	0.59	0.23
16 踏切地点からハードルまでの距離とハードルから着地地点までの距離の比			
1) 踏切地点からハードルまでの距離の方が長い	-0.25		
2) ハードルから着地地点までの距離の方が長い	0.29	0.54	0.22
C 空中局面前半			
17 身体重心の最高点			
1) ハードルより手前にある	0.01		
2) ハードルの真上にある	-0.03	0.04	0.01
18 身体重心が最高点にあるときの振り上げ脚の足首の屈曲角度			
1) 90度	-0.18		
2) 90度より大きい	0.16	0.34	0.16
19 垂直面から前方への振り上げ脚の振り出し角度			
1) 45度より大きい	-0.34		
2) 45度以下	0.89	1.23	0.36
20 上体の前傾角度			
1) 30度未満	-0.46		
2) 30度以上	0.21	0.67	0.23

	基準化カテゴリーウエイト	Range	偏相関係数
21 顎の状態			
1) 普通	0.14		
2) 引いている	-0.07	0.21	0.09
22 先導腕の肘の状態			
1) 伸びている	-0.05		
2) 曲がっている	0.33	0.38	0.11
23 後腕の肘の高さ			
1) 肩以上	-0.18		
2) 肩より低い	0.23	0.41	0.19
24 腕の前後関係			
1) 先導腕を前方に出している	-0.68		
2) 前後していない	0.58	1.26	0.43
25 先導腕の肘の高さ			
1) 肩以上	0.04		
2) 肩より低い	-0.05	0.09	0.04
26 後腕の肘の状態			
1) 伸びている	-0.04		
2) 曲がっている	0.13	0.17	0.06
D 空中動作後半			
ぬき脚がハードルを越えるときの			
27 ぬき脚の足先の方向			
1) 横向き	-0.17		
2) 下向き	0.08	0.25	0.10
28 ぬき脚のぬき方			
1) 上腿・下腿・足部をハードルと平行にしてぬく	-0.06		
2) 膝・足先を下げて(又は上げて)ぬく	0.05	0.11	0.03
E 着地局面			
29 振りおろし脚の最初の接地部			
1) つま先	0.14		
2) 全足底部	-0.77	1.18	0.37
30 振りおろし脚の膝の状態			
1) 伸びている	-0.92		
2) 曲がっている	0.30	1.22	0.39
31 ぬき脚の足先の方向			
1) 横向き	0.15		
2) 下向き	-0.13	0.28	0.12
32 顎の状態			
1) 普通	0.05		
2) 引いている	-0.08	0.13	0.06
33 後腕(着地脚の腕)の肘の状態			
1) 伸びている	0.14		
2) 曲がっている	-0.25	0.39	0.41
34 上体の前傾角度			
1) 30度未満	0.12		
2) 30度以上	-1.09	1.21	0.24
35 ぬき脚の膝と足首の位置関係			
1) 膝と足首が同じ高さ	-0.96		
2) 膝の方が足首より低い位置にある	0.62	1.58	0.46
36 腕の前後関係			
1) 空中動作での後腕を前方に引き出している	0.56		
2) 前後していない	-0.42	0.98	0.30
37 先導腕(着地脚と逆の腕)の肘の状態			
1) 伸びている	-0.35		
2) 曲がっている	1.30	1.65	0.46
38 先導腕の肘の高さ			
1) 肩以上	0.09		
2) 肩より低い	-0.10	0.19	0.07
39 後腕の肘の高さ			
1) 肩以上	-0.45		
2) 肩より低い	0.38	0.83	0.29
40 ぬき脚と着地脚の位置関係			
1) ぬき脚の膝が着地脚より前方に出ている	0.24		
2) ぬき脚の膝が着地脚より後方にある	-0.37	0.61	0.20

表4 数量化I類による分析結果 (Step 2)

		基準化カテゴリー リーウエイト		Range	偏相関 係数
A 踏 切 局 面	1 (1) (2)	0.25 -0.36	0.61	0.37	
	2 (1) (2)	0.37 -0.36	0.73	0.34	
	4 (1) (2)	-0.16 0.65	0.81	0.34	
	5 (1) (2)	0.09 -0.08	0.17	0.09	
	6 (1) (2)	0.58 -0.46	1.04	0.42	
	10 (1) (2)	-0.17 0.10	0.27	0.13	
	11 (1) (2)	0.37 -0.36	0.73	0.37	
	14 (1) (2)	-0.82 0.29	1.11	0.47	
	15 (1) (2)	0.32 -0.16	0.48	0.23	
	16 (1) (2)	-0.26 0.30	0.56	0.32	
C 空中局面	18 (1) (2)	-0.12 0.11	0.23	0.13	
	19 (1) (2)	-0.39 1.01	1.40	0.49	
	20 (1) (2)	-0.51 0.23	0.74	0.32	

		基準化カテゴリー リーウエイト		Range	偏相関 係数
C 空中局面	22 (1) (2)	-0.06 0.42	0.48	0.18	
	23 (1) (2)	-0.18 0.22	0.40	0.23	
	24 (1) (2)	-0.71 0.60	1.31	0.51	
E 着 地 局 面	29 (1) (2)	0.40 -0.77	1.17	0.48	
	30 (1) (2)	-0.85 0.28	1.13	0.44	
	31 (1) (2)	0.13 -0.12	0.25	0.13	
	33 (1) (2)	0.05 -0.09	0.14	0.07	
	34 (1) (2)	0.12 -1.12	1.24	0.34	
	35 (1) (2)	-0.94 0.61	1.55	0.56	
	36 (1) (2)	0.55 -0.41	0.96	0.34	
	37 (1) (2)	-0.28 1.02	1.30	0.44	
	39 (1) (2)	-0.43 0.37	0.80	0.38	
	40 (1) (2)	0.15 -0.23	0.38	0.18	

重相関係数 0.86

表5 数量化I類による分析結果 (Step 3)

		基準化カテゴリー リーウエイト		Range	偏相関 係数
A 踏 切 局 面	1 (1) (2)	0.27 -0.38	0.65	0.39	
	2 (1) (2)	0.28 -0.27			0.55
	4 (1) (2)	-0.13 0.54	0.67		
	6 (1) (2)	0.64 -0.51	1.15		
	1 1 (1) (2)	0.34 -0.33	0.67		
	1 4 (1) (2)	-0.86 0.31	1.17		
	1 5 (1) (2)	0.31 -0.15	0.46		
	1 6 (1) (2)	-0.25 0.29	0.54		
C 空 中 局 面	1 9 (1) (2)	-0.41 0.05	1.46	0.54	
	2 0 (1) (2)	-0.65 0.29	0.94	0.43	

		基準化カテゴリー リーウエイト		Range	偏相関 係数
C 空 中 局 面	2 3 (1) (2)	-0.21 0.27	0.48	0.28	
	2 4 (1) (2)	-0.71 0.61	1.32	0.55	
E 着 地 局 面	2 9 (1) (2)	0.39 -0.74	1.13	0.50	
	3 0 (1) (2)	-0.88 0.29	1.17	0.44	
	3 4 (1) (2)	0.14 -1.30	1.44	0.44	
	3 5 (1) (2)	-0.83 0.54	1.37	0.55	
	3 6 (1) (2)	0.55 -0.41	0.96	0.35	
	3 7 (1) (2)	-0.31 1.15	1.46	0.49	
	3 9 (1) (2)	-0.35 0.29	0.64	0.33	

重相関係数 0.84

表6 数量化I類による分析結果 (Step4)

	基準化カテゴリー ウエイト	Range	偏相関係数	t検定
A 踏切局面				
1 踏切脚の接地方法				
1) かかとから	0.21			
2) 全足底部	-0.30	0.51	0.30	*
6 振り上げ脚の足先の方向				
1) 上向き	0.49			
2) 下向き	-0.39	0.88	0.45	**
11 先導腕の肘の高さ				
1) 肩より高い	0.23			
2) 肩以下	-0.22	0.45	0.24	—
14 後腕の肘の高さ				
1) 肩以上	-0.78			
2) 肩より低い	0.28	1.06	0.43	**
16 踏切地点からハードルまでの 距離とハードルから着地点 までの距離の比				
1) 踏切地点からハードルまでの 距離の方が長い	-0.26			
2) ハードルから着地点までの 距離の方が長い	0.30	0.56	0.33	*
C 空中局面				
19 垂直面から前方への振り上げ脚 の振り出し角度				
1) 45度より大きい	-0.34			
2) 45度以下	0.89	1.23	0.48	**
20 上体の前傾角度				
1) 30度未満	-0.53			
2) 30度以上	0.24	0.77	0.36	**
24 腕の前後関係				
1) 先導腕を前方に出している	-0.62			
2) 前後していない	0.53	1.15	0.51	**
E 着地局面				
29 振りおろし脚の最初の接地部				
1) つま先	0.36			
2) 全足底部	-0.69	1.05	0.44	**
30 振りおろし脚の膝の状態				
1) 伸びている	-0.63			
2) 曲がっている	0.21	0.84	0.33	*
34 上体の前傾角度				
1) 30度未満	0.10			
2) 30度以上	-0.88	0.98	0.31	*
35 ぬき脚の膝と足首の位置関係				
1) 膝と足首が同じ高さ	-0.76			
2) 膝の方が足首より低い位置にある	0.49	1.25	0.48	**
36 腕の前後関係				
1) 空中動作での後腕を前方に 引き出している	0.39			
2) 前後していない	-0.29	0.68	0.26	—
37 先導腕(着地脚と逆の腕)の 肘の状態				
1) 伸びている	-0.22			
2) 曲がっている	0.81	1.03	0.39	**
39 後腕の肘の高さ				
1) 肩以上	-0.25			
2) 肩より低い	0.21	0.46	0.24	—

重相関係数 0.81 F検定 \*\*

\* 5%水準  
\*\* 1%水準



表7 50メートルハードル走の推定値と実測地および誤差

	推定値 (秒)	実測値 (秒)	誤差		推定値 (秒)	実測値 (秒)	誤差
1	11.4496	11.69	.240412	36	12.3407	12.92	.5793
2	11.0086	11.83	.821401	37	13.2865	13.28	-6.52218E-03
3	11.0528	11.51	.457204	38	14.0533	14.25	.196731
4	12.3572	10.94	-1.41719	39	13.0572	12.14	-.917198
5	11.5801	10.34	-1.24014	40	12.0224	11.02	-1.00236
6	11.734	12.06	.325966	41	12.2119	12.69	.478077
7	11.5858	11.52	-.0658484	42	10.617	9.79	-.82698
8	13.0	14.08	1.08004	43	10.2085	9.96	-.248535
9	11.6403	11.21	-.430286	44	11.8685	11.17	-.69851
10	11.2146	10.54	-.67464	45	11.5693	11.25	-.319304
11	12.2154	12.47	.254596	46	13.2584	13.8	.541567
12	11.7199	11.96	.240124	47	12.959	13.1	.141003
13	12.0644	13.49	1.4256	48	12.3679	12.87	.502123
14	13.7671	13.96	.19293	49	10.1373	10.37	.232664
15	13.3125	12.6	-.712541	50	12.0606	11.61	-.450581
16	13.9794	13.58	-.399364	51	12.7126	13.46	.747414
17	11.1305	11.63	.499457	52	10.4403	10.47	.0296926
18	10.9078	10.17	-.737823	53	10.8957	10.78	-.115707
19	11.8938	13.12	1.22616	54	13.7864	14.43	.643609
20	12.4398	11.38	-1.05983	55	11.9265	12.9	.973467
21	11.2327	12.11	.877296	56	12.2035	13.32	1.11648
22	10.4926	12.26	1.76738	57	13.2865	13.28	-6.52218E-03
23	12.9173	13.55	.632687	58	12.7709	13.75	.979132
24	13.5346	13.05	-.484595	59	12.542	13.5	.957956
25	12.172	12.85	.678044	60	12.2555	13.32	1.06449
26	13.0556	13.33	.274443	61	11.7813	11.53	-.251266
27	11.5968	10.73	-.866779				
28	11.1689	11.11	-.058918	平均	12.1509	12.1326	
29	12.4048	13.32	.915189	S.D	0.97729	1.85346	
30	13.1564	13.03	-.126413				
31	12.6968	14.18	1.48318				相関係数 0.80
32	11.4622	12.7	1.23776				
33	13.4392	14.05	.610825				
34	13.6798	13.1	-.579782				
35	11.508	11.67	.162036				