

平成 25 年度  
順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科 修士論文

# 110m ハードル走の各局面における 疾走能力とフィールドテストとの関連

所属系 (領域)      スポーツ科学系  
氏 名              丸山 祐貴  
論文指導教員      青木 和浩

合格年月日    平成 26 年 2 月 27 日

論文審査員 主査 佐久間和彦

副査 木藤友規

副査 青木 和浩

## 目次

第1章 諸言 .....	3
第2章 関連文献の考証.....	5
第1節 110mHの動作分析に関する研究 .....	5
第2節 110mHのレース分析に関する研究.....	6
第3節 陸上競技における体力測定 .....	8
第4節 重回帰分析を用いた手法 .....	9
第3章 目的 .....	12
第4章 方法 .....	13
第1節 対象者.....	13
第2節 レースの撮影および時間経過の算出 .....	13
1)レースの撮影.....	13
2)時間経過の算出 .....	13
第3節 分析局面.....	14
第4節 フィールドテスト.....	14
1)形態および身体組成.....	14
2)機能.....	15
第5節 統計処理.....	19
第5章 結果 .....	20
第1節 撮影レースの記録、区間別タイム.....	20
第2節 各フィールドテストの結果 .....	20
第3節 レースタイムおよび各局面におけるタイムとフィールドテストとの相関関係 .....	20
1)レースタイムとフィールドテストとの相関関係 .....	20
2)各インターバルランタイムとフィールドテストとの相関関係.....	20
3)各ハードリングタイムとフィールドテストとの相関関係 .....	21
第4節 レースタイムおよび各局面におけるタイムとフィールドテストの重回帰分析 .....	21
1)レースタイム.....	21
2)インターバルランタイム .....	21

3)ハードリングタイム .....	22
第5節 強制投入法による SJ と RJ の貢献度の比較 .....	22
第6章 考察 .....	23
第1節 レースタイムとフィールドテストとの相関関係について .....	23
第2節 インターバルランタイムとフィールドテストとの相関関係について .....	24
第3節 ハードリングタイムとフィールドテストとの相関関係について .....	26
第4節 強制投入法による SJ と RJ の貢献度の比較 .....	27
第5節 指導現場への提言 .....	28
第7章 結論 .....	29
第8章 要約 .....	30
謝辞 .....	32
引用文献一覧 .....	33
Abstract .....	37
図表一覧 .....	38

## 第1章 諸言

110メートルハードル走(以下 110mH)は、110mの直線走路の間に9.14m間隔で並べられた、高さ1.067mのハードルを10台跳び越えながら疾走し、タイムと順位を競う競技である<sup>35)</sup>。また110mHは、ほとんど全ての競技者においてスタートからゴールまでに要する歩数が51歩で一致するという特殊な種目である<sup>41)</sup>。110mHにおいて、より早くゴールへ到達するためには、Singh<sup>37)</sup>がハードル競技について、「Hurdling is Sprinting」と題した通り、ハードル競技においては短距離種目同様、疾走速度が重要であり、ハードリングを繰り返しながら、疾走速度の低下を最小限に抑える技術を獲得することが、タイムの向上につながると考えられる<sup>11)24)41)</sup>。

これまでの110mHに関する研究は、ハードリング動作やインターバル間の疾走動作などに焦点を当てた動作学的な研究が多くなされ、トップアスリートを中心に、そのハードリング技術や疾走技術が明らかとされてきた<sup>4)5)11)13)14)17)18)21)24)36)42)43)</sup>。それらの研究から、特に踏切時に身体重心を高く保ちハードリングを行うことや、ハードルクリアランス(滞空)時間を短縮すること、着地時の接地時間を短縮することなど、様々な点が競技者への示唆として報告されている。また、通常のスプリント動作との比較をしている研究も報告されており、動作や筋活動の相違が明らかとなっている<sup>14)17)42)</sup>。

110mHにおいては、高い疾走速度を獲得または維持したり、減速を最小限に抑えたりする必要があることから、動作解析に関する報告が多い一方で、110mH競技者の記録や疾走速度、または動作などのパフォーマンスと、形態・身体組成や体力との関連を詳しく調べた研究は、わずかである。陸上競技は運動構造が単純なことから体格や体力の関与が大きいと言われており<sup>1)</sup>、それらを測定・評価することが、競技者の体力の向上を把握したり、今後のトレーニング計画に役立てたりすることにつながるとされている<sup>40)</sup>。短距離種目や跳躍種目の競技者を対象とした体力とパフォーマンスの関係を検討している研究では、筋力やパワー、伸張-短縮サイクル(Stretch-Shortening Cycle : SSC)能力など、様々なテスト項目から、各種目の競技力に影響を及ぼす体力要因や、それを測るために適したフィールドテストが報告されている<sup>1)8)12)16)20)25)30)38)44)45)46)</sup>。110mHが陸上競技の中でも特異的な技術を必要とすることは上記の通り既知であるが、動作学的な点からだけではなく、形態や身体組成、または体力的な視点からのアプローチも加えることで、よりパフォーマンスの向上に寄与することが考えられる。

また、110mH 競技者における形態・身体組成や体力の要因と、パフォーマンスの中でも測定が容易である、各局面に要したタイムとの関連を明らかにすることができれば、パフォーマンスの指標としたり、新たなコーチングの視点としたりするといった点で有用であると考えられる。本研究においては、単相関分析に加え、体力測定項目相互間の関係を考慮し、パフォーマンスに対してより少ない項目で精度の高い回帰を可能とすることから、重回帰分析を用い、疾走局面ごとに分析を行うなどして検証を進める。

## 第2章 関連文献の考証

### 第1節 110mHの動作分析に関する研究

110mHはランニングとハードリングという運動の融合局面があり、陸上競技種目の中でも技術性の高い種目であることは以前から報告されている<sup>41)</sup>。

ハードル走におけるハードリングについて、関岡<sup>35)</sup>は、「ジャンプではなく走り越えること、すなわち身体水平運動の速さを一義的な課題とする中でとらえる」と述べ、ハードリングが通常スプリントと同じ運動課題を持つことを指摘している。また Coh<sup>4)</sup>、金子ら<sup>17)</sup>は、インターバルランニングでの疾走速度を高めるとともに、ハードリングで生じる水平速度の低下を少なくしてハードルを越えることが要求されると述べている。ハードリングにおける水平速度の低下は、踏切および着地動作や、滞空時間がスプリント時と比較して長いことが影響している<sup>24)</sup>。そのため、110mHに関する研究は、踏切および着地動作や、インターバルの疾走動作などの観点から多くの研究が行われてきた<sup>4)13)14)17)18)21)36)42)43)</sup>。

ハードル走の動作を解析した研究<sup>14)</sup>では、ハードル走速度と有意な相関関係が認められた項目は、踏切動作と着地動作に多く見られ、ハードリングの重要性を示唆している。同研究では、通常スプリントとの相違も検討しており、ハードル走速度の高い競技者は踏切動作ではスプリントに近い動作と筋活動を行っていることや、着地動作においてはスプリントを強調した動作と筋活動が見られ、膝関節、足関節をスプリント以上に伸展させ、高い重心位置での着地を可能にしていることなどを報告している。谷川ら<sup>42)</sup>は、インターバルランニング中に競技者は、膝関節と足関節の伸展動作を強調することで、疾走速度の低下によるストライドの減少を補っていることを明らかにし、通常スプリント動作において、「疾走速度が高い競技者ほど支持期の膝関節の伸展角度変位が少ない傾向がある」と報告した先行研究<sup>14)</sup>との差異を報告している。また、ハードル競技では、ハードリング時における踏切動作と着地動作により疾走速度の低下が生じ、インターバルランにおいて再び疾走速度を獲得するが、特にハードリング後の2歩目の脚(踏切脚)の働きにより疾走速度を高めていることが Mcdnald<sup>24)</sup>により明らかにされている。

これらの多くの研究は、最大疾走速度が訪れる3台目もしくは4台目のハードリングや、その間の疾走動作について検討しているが、加速段階にある1台目のハードリング、最も速度が低下していると考えられる10台目のハードリングについて検討して

いる研究もいくつか存在する<sup>21)36)</sup>。1台目のハードリングでは4台目と比較して、身体重心高が低く、踏切脚の膝関節伸展動作が大きいことが報告されており<sup>36)</sup>、10台目のハードリングでは4台目と比較して、踏切時の接地時間が長くなっていることなどが報告されている<sup>21)</sup>。

また、1993年から2004年まで、12秒91の世界記録を保持していたColin Jacksonの動作を解析した研究<sup>4)</sup>において、ハードリングにおいて最重要とされる身体重心の水平速度の減少を可能な限り小さくするには、踏切および着地時における身体重心を高く保つこと、着地時の接地時間を短縮することが重要であることを報告している。加えて、特に着地動作では高い技術の獲得に加え、スピードや筋力、調整力、バランスなどの高い体力水準が要求され、その点でColin Jacksonは技術、体力ともに高い次元にあったという報告もされている。しかしこの研究内では、具体的な体力要因については明らかにされていない。

このように先行研究では、技術を検証するために、動作学による解析は多くされている。しかし、競技力は体力と技能両者が高まったときに高水準に保たれる<sup>19)</sup>といわれていることから、110mHにおける形態・身体組成、または体力的な要因の役割を明らかにすることは重要であると考えられる。

## 第2節 110mHのレース分析に関する研究

1970年代以降のヨーロッパ選手権、オリンピック、世界選手権、ジュニア世界選手権といった大規模な競技界では競技会そのものが研究対象となり、組織的なデータの収集が行われ、競技会後に研究成果が公表されるようになってきた<sup>27)</sup>。ここでのレース分析の中で、短距離種目では走距離をいくつかの区間に分けてスプリットタイム(スタートから一定地点までの積算時間)を求めている。100mでは10区間、200mや400mでは4区間に分けて分析を進めることが多いが、ハードル種目においてはハードル間の距離の規則性という種目特性からレースにおける着地の瞬時に捉えた10回のタッチダウンタイム(ハードル着地瞬時から次ハードル着地瞬時に要する時間)から11区間のタイムについて古くから計測され、技術や戦術およびトレーニングを考えるうえで役立っている<sup>11)27)</sup>。

110mHのレースパターンについての研究では、記録を推定するためのモデルタッチダウンタイムを求める研究がいくつかある<sup>26)27)</sup>。宮下<sup>27)</sup>は12秒台から16秒台まで

の 110mH のレース 152 例を対象として、タッチダウンタイムを求めるための一般式を作成し、その妥当性を検討した結果、各ハードル区間のタッチダウンタイムとレースタイムには高い相関関係が得られ、1 次式で近似できたと報告している。その後、宮代<sup>26)</sup>は宮下のモデルタッチダウンタイムの回帰式を再検討しており、同様に全てのタッチダウンタイムとレース記録との間に相関関係が認められている。これらのことから、実際の指導現場では、簡便に計測できるタッチダウンタイムは多く用いられており、競技者のレースの流れを知るために有効とされている。

タッチダウンタイムを、ハードル間のインターバルを疾走している時間(以下インターバルランタイム)と、ハードルに対し踏み切って着地するまでの時間(以下ハードリングタイム)とに分けて分析する方法もいくつかの研究で見られる<sup>11)28)</sup>。インターバルランタイムとハードリングタイムに分けて分析する手法は、タッチダウンタイムによる分析と異なりレース全体の時間経過の把握だけに留まらず、様々な要因から構成されるハードル種目のレースを、より細部にわたって評価することが可能となる。森田ら<sup>28)</sup>は、第 3 回世界選手権東京大会での 110mH のレースをインターバルランタイムとハードリングタイムに分けて時間や疾走速度の観点から分析し、110mH において最大疾走速度と平均インターバルランタイムがレースタイムと有意に相関があったことを報告している。一方、この研究での競技者の最小ハードリングタイムおよび平均ハードリングタイムとレースタイムの間にはいずれも低い相関しかなく、レースパフォーマンスの評価にはそれほど重要な因子でないことが報告されている。このことから、高い競技力を有する競技者においては、疾走区間のパフォーマンスが結果に大きく影響していることが示されており、短距離種目における体力要因の関連はこれまで多く報告されている<sup>8)15)16)21)25)38)45)</sup>ことから、技術的側面だけでなく、体力的側面も大きく関与していることが推察される。また宮代ら<sup>26)</sup>は、このようなレース分析をハードリング動作や体力、形態といった下位領域の項目と関連付けて検討することで、これらの特性に応じてより明確なレースパフォーマンス内容のモデルを提示できることが期待され、コーチングやトレーニングで活用される知見を提供することが可能になると示唆している。しかし、レースパフォーマンスと動作や体力、形態の要因を関連付けた研究は見当たらない。



### 第3節 陸上競技における体力測定

競技者の体力などを調査するための測定は、ラボラトリーテストとフィールドテストの2種類に大別される。その中でもフィールドテストは、簡便性や経済性が高いことから、多くのスポーツ現場や学校の部活動現場などでも体力の推移を調べたり、トレーニングメニューの作成、検討をしたりするために、広く用いられている。また、実際のスポーツの現場で体力を測定、評価する場合は、特別な測定機器を利用することは困難であるため、フィールドテストのように、より簡便に測定を実施できることが望まれている<sup>46)</sup>。

そのような体力テストは、技術や戦術が重要視されていると考えられる野球やバスケットボール、サッカーなどの球技スポーツにおいても種々実施されている。野球では投打において重要とされている体幹部の捻転に用いるパワー、サッカーにおいては間欠的な持久能力といった競技に特異的な体力を、基礎的な体力テスト項目に加え、測定評価がされている<sup>10)32)33)</sup>。

陸上競技は、運動構造が単純で体力的側面の関与が大きいという特徴があり、前述の球技など、他の競技種目と比較すると、体力を測定、評価することが競技力向上により大きく寄与すると考えられている<sup>1)39)</sup>。そのため、陸上競技では年代、種目を問わず、体力測定を実施し、競技者の体力を評価することが行われている。

陸上競技の中でもハードル種目と運動様式が似ている短距離種目ではこれまでに多くフィールドテストやラボラトリーテストによる、パフォーマンスに関連する体力要因の研究が行われており<sup>8)15)16)20)25)38)45)</sup>、高い疾走速度を生み出すために必要な体力が明らかにされている。串間ら<sup>20)</sup>は、ある県の国民体育大会に短距離代表として出場する競技者11名を対象に、疾走速度に関する体力要因の検討をしており、立幅跳び、立三段跳、リバウンドジャンプの跳躍高、体重あたりの最大無酸素性パワーが、疾走速度と高い相関関係があったことを報告している。中丸ら<sup>30)</sup>は、大学男子短距離競技者における、自転車ペダリングによる無酸素パワーテストと100m走のタイムおよびフィールドテストとの関連を調べ、無酸素パワーと100m走のタイム、30mダッシュ、立三段跳、砲丸後方投げとの間に相関関係が見られたと報告している。また、加速局面の疾走速度に対して、反動を用いる垂直跳びおよび膝関節角度120度から反動を用いない垂直跳びの跳躍高や最大床反力が有意な相関があるといった報告<sup>23)45)</sup>や、最大速度局面ではリバウンドジャンプやドロップジャンプに代表されるSSC能力が強く

関係しているといった報告<sup>16)</sup>がされている。

また、ハードル種目と同様に踏切動作を伴う跳躍種目においても、体力を測定している研究は多くある<sup>11)2)44)</sup>。吉田ら<sup>44)</sup>はフィールドテストとしてスクワットジャンプ、カウンタームーブメントジャンプ、リバウンドドロップジャンプの3種目のジャンプを大学男子跳躍競技者に行わせ、パフォーマンスとの関連を検討した結果、競技パフォーマンスとリバウンドドロップジャンプの間に有意な相関関係が認められたものの、スクワットジャンプやカウンタームーブメントジャンプの間には認められなかったことを報告している。リバウンドドロップジャンプは、他の2種と比較すると、きわめて短い時間で踏切る連続跳躍<sup>7)</sup>であり、跳躍競技者において、SSC能力の果たす役割が大きいことが示唆されている。石塚<sup>12)</sup>は、大学女子跳躍競技者を対象に、競技レベルと最大筋力系のコントロールテストの関連を検討し、競技レベルが高い群は低い群と比較して、ハイクリーンとフルスクワットの体重あたりの重量において高値を示し、反対に、競技力低下者は、ハイクリーンとフルスクワットの数値が低下していたことを報告している。

陸上競技において110mHの運動課題は短距離とほぼ同様であるが、規則的に配置されたハードルに対して踏み切りと着地を繰り返すために、疾走速度の減少と増加がハードルごとに必ず引き起こされてしまう<sup>24)</sup>。競技者は着地後のインターバル疾走局面でハードリングによる疾走速度の減少を補償しながら疾走する<sup>24)42)</sup>ため、滑らかなスピード曲線を示す短距離走とは疾走速度の推移が異なる。しかし110mH競技者を対象とし、レースにおけるパフォーマンスと形態・身体組成や体力の要因との関連を検討した研究は、トップアスリートのパフォーマンスと体力測定の記録を事例的に照らし合わせている程度である。また、我が国の陸上競技における体力テストは、指導者あるいは競技者の経験や勘によりテスト項目を選定しているのが現状で、その妥当性について不明確な部分も多いと指摘する指導者が多いという問題もある<sup>15)</sup>。

110mHにおいて、特異的な要因を明らかにするためには、複数の110mH競技者を対象として、レースにおけるパフォーマンスと、形態・身体組成や体力との関連を検証する必要がある。

#### 第4節 重回帰分析を用いた手法

スポーツ選手の体力を測定する場合、競技に特異的な体力を評価することが必要と

されており、様々な競技種目において、それぞれの競技特性を考慮した体力テストの組合せを開発する研究も行われている<sup>3)9)22)</sup>。近年では、競技パフォーマンスとテスト結果の相関関係を調査するだけでなく、重回帰分析を用いて、各種体力テストとの組合せから競技パフォーマンスを予測しようとする試みが行われ、その精度が高いことも報告されている<sup>32)34)</sup>。しかし、陸上競技におけるそのようなパフォーマンスを予測する研究は、フルマラソンの記録を最大酸素摂取量や乳酸値などから推定する研究<sup>2)</sup>があるが、その数は少なく、より簡便なテスト項目から競技パフォーマンスを予測することができれば、コーチングの際の利用価値も高いと考えられる。さらに、競技パフォーマンスとの関連が高いテスト項目の組合せから、より簡便なテストバッテリーを検討することは、現状の体力レベルの把握や、体力レベルから目標設定をし、トレーニングを計画、遂行する上で重要であると考えられる<sup>39)</sup>。

また、方法論として、単相関分析によって競技パフォーマンスと体力要因の関連を調べることは、各測定項目の変数間の相互関係を考慮していないため、相対的関係を判断することができないことになる<sup>38)</sup>。そこで、重回帰分析を用いて相対的貢献度を算出する方法は、競技パフォーマンスに関わる要因を相対的な大きさを比較することができ、どの程度の割合で説明できるのかを明確に表し、貢献度の順位付けを可能とする。

短距離競技者を対象として、競技パフォーマンスに影響を及ぼす各種測定項目を重回帰分析によって検討した研究<sup>8)</sup>では、貢献度順に、無酸素性パワー、身長の高さ、そして腕振りなしの垂直跳び(カウンタームーブメントジャンプ)と 300d/s の膝関節屈曲筋力が同程度に貢献しており、以上の 4 項目で 100m 走のタイムを 63%説明できることが報告されている。南ら<sup>25)</sup>もまた、大学男子短距離競技者 177 名の過去 1 年間の自己最高記録と体力測定の結果について、重回帰分析を用い検討したところ、脚筋力と最大無酸素パワーの組合せから競技パフォーマンスをよく説明できるとしている。高橋ら<sup>37)</sup>は大学短距離競技者における 100m 走タイムおよび 20m ごとの区間速度に対する体力要因(パワー・筋力・筋持久力)の影響を検討するために、重回帰分析を用いることによって各区間に対する体力要因の相対的貢献度を明らかにしている。それによると、どの区間でも股関節筋力が最も疾走速度に対して貢献度が高く、次いでパワーの貢献度が高かったことを報告している。跳躍種目において青木ら<sup>1)</sup>は、大学跳躍競技者を対象に、競技パフォーマンスと形態および体力測定項目との関連を調査し、

競技特性に応じたテストバッテリーの検討を行っている。その結果、全跳躍種目においては、30m 走、脚伸展パワーの組合せが最も競技パフォーマンスとの関連が高く、水平跳躍種目においては、立五段跳び、脚筋力、握力の組合せが競技パフォーマンスとの関連が高いことが示され、これらの種目をテスト項目として組み合わせることの有効性を報告している。

これまで 110mH 競技者を対象として、パフォーマンスに対するフィールドテストの関係を、重回帰分析を用いて検討をした研究は見当たらない。重回帰分析によりテストバッテリーを検討したり、パフォーマンスを予測するための回帰式を作成したりすることは、本研究の対象者の競技レベルに当たる 110mH 競技者へのコーチングへの一助になり得ると考えられる。

### 第3章 目的

本研究の目的は、110m ハードル走の各局面のパフォーマンスとフィールドテスト結果の関係について検討し、競技パフォーマンスとの関連性が高いフィールドテスト項目を明らかにすることとした。

## 第4章 方法

### 第1節 対象者

110mH を専門とする男子競技者もしくは男子混成競技者 21 名(110mH を専門とする競技者: 19 名、混成競技者: 2 名)を対象とした。対象者の身体特性は、年齢:  $20.9 \pm 1.5$  歳、身長:  $178.0 \pm 4.0$ cm、体重:  $68.0 \pm 5.2$  kgであった。また対象者における 110mH の自己記録の平均は  $14.65 \pm 0.51$  秒であった。各被験者の身体特性および 110mH の自己記録を表 1 に示した。

なお、本研究は順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科研究等倫理委員会の承認を得て行った。対象者に対し、実験に先立って本研究の目的、内容、手順や考えられる危険性、また事故や怪我などが発生した場合の対処や保障について、口頭および文書によって十分な説明を行い、書面にて同意を得た。

### 第2節 レースの撮影および時間経過の算出

#### 1) レースの撮影

レースをレーン側方からデジタルビデオカメラ(GC-PX1, ビクター社製)を用いて、スターターの閃光と被験者になるべく大きく映るようにレース全体をパンニング撮影した。ビデオカメラのフレームレートは 300fps に設定し撮影を行った。時間経過を読み取る際に、正確に足の離地や着地が見えるように、おおよそ 3 台目地点と 8 台目地点の 2 地点から撮影を行った (図 1)。また、レースの撮影日とその競技会名および場所を表 2 に示した。

#### 2) 時間経過の算出

得られたレース映像をコンピュータに取り込み、画像分析ソフト(Dipp-MotionPRO, ディテクト社製)を用いて、コマ数を基に時間を算出した。スタート時の閃光もしくは煙が現れた時点をスタート時のコマ数とし、その後はハードリングにおける踏切離地瞬間、ハードリングにおける着地瞬間のコマ数をそれぞれ読み取った。読み取ったコマ数をデジタルビデオカメラのフレーム数で除すことにより秒換算した。

最終ハードルからゴールまでの時間については、スタートから最終ハードルクリアランス後の着地瞬間までの合計タイムと、レースタイムとの差から求めた。

### 第3節 分析局面

本研究において従属変数となる疾走パフォーマンスの分析対象は、加速局面、最大速度局面、減速局面それぞれにおけるインターバルラン局面のタイム、ハードリング局面のタイムおよび全体のレースタイムとした。インターバルラン局面は、ハードリングの着地瞬時から次ハードルへの踏切瞬時までの4歩からなる疾走局面のことを指す。また、ハードリング局面は、ハードルへの踏切瞬時から空中でのハードリングを経て着地瞬時までの滞空局面を指す(図2)。

先行研究<sup>21)36)41)</sup>に倣い、加速度が最も大きいスタートから1台目まで(アプローチ区間)のインターバルラン局面、先行研究で一般的に最大速度が訪れるハードル3台目から4台目区間のインターバルラン局面、レース中の疾走速度が通常、最も低くなるハードル9台目から10台目区間のインターバルラン局面に要した時間を各インターバルランタイムの値とした。加えて、それぞれのインターバル局面に付随するハードル1台目、4台目、10台目のハードリング局面に要した時間を各ハードリングタイムの値とした。

アプローチ区間は、スタートからハードル1台目までの区間を指し、ピストルの閃光が現れた時点から、ハードル1台目に対する踏切瞬時までをアプローチ区間におけるタイムとした。アプローチ区間はハードルに挟まれていないため、厳密にはインターバルラン局面とは称さないが、本研究においては、加速局面におけるインターバルラン局面に含めた。

### 第4節 フィールドテスト

測定項目は、類似する運動様式を持つ、陸上競技の短距離種目や跳躍種目の競技者を対象として行った先行研究<sup>1)8)16)20)23)25)30)44)45)46)</sup>を基に選択した。また、陸上競技の指導書<sup>35)</sup>などでも見られる、指導現場で多く用いられていると思われるものからも選択した。形態および身体組成を測る項目を7項目、様々な体力(機能)を測る項目を15項目選定し、測定を行った。なお、フィールドテストの測定日および測定場所については、表3に示した。

#### 1)形態および身体組成

形態および身体組成について、基本的な測定項目である身長、体重、体脂肪率、除

脂肪体重を測定した。加えて、身体重心を高く保つことがハードリングにおいて重要であることから下肢長、大腿部の発達指標として左右の大腿囲を測定した。またハードリングの際には、通常のスプリントとは異なる上肢の動作が生じるため、上半身の発達指標として胸囲を測定した。以下に形態および身体組成の測定項目の測定方法を記した。

#### a)身長

身長計(YG-200,ヤガミ社製)を用い測定した。被験者は背中、臀部、踵を機材に付け、頭部は耳眼水平となる角度に保った状態で測定した。小数第一位までを読み取り、測定値とした。

#### b)体重・体脂肪率

InBody430(Biospace 社製)を用いて体重および体脂肪率を測定した。被験者は機材に乗り、年齢、身長、性別を機器に入力後、測定姿勢をとり測定を行った。どちらの値も小数第一位までを測定値とした。

#### c)除脂肪体重

体重と体脂肪率により除脂肪体重を求めた。小数第一位までを測定値とした。

#### d)下肢長

巻尺を用いて下肢長を測定した。下肢長は被験者の右脚の大転子点から外踝点までとし、小数第一位までを測定値とした。

#### e)大腿囲

巻尺を用いて大腿囲を測定した。大腿囲は大腿の内側で最も太い部分の周径を測定した。左右の大腿意を測定し、それぞれ小数第一位までを測定値とした。

#### f)胸囲

巻尺を用いて胸囲を測定した。胸囲は乳頭、肩甲骨下角直下を通るほぼ水平な胸郭の周径とし、呼気と吸気の間際の値を測定した。小数第一位までを測定値とした。

## 2)機能

機能について、110mHの記録には疾走速度が高く関連することから、走力の指標として、多くフィールドテストで実施されており、測定が簡便なことから30m走を測定した。さらに疾走速度と関連が高い測定項目として、全身のパワーの指標としてメデ



メディシンボール投げ、水平方向への跳躍力の指標として立幅跳びおよび立五段跳びを測定した。垂直方向への跳躍力の指標としては、カウンタームーブメントジャンプ(以下 CMJ)、スクワットジャンプ(以下 SJ)、5 回リバウンドジャンプ(以下 RJ)、台高 30cm からのドロップジャンプ(以下 DJ)を測定した。なお、RJ および DJ は短距離走の最大速度局面との関連が報告されている<sup>16)45)</sup>、下肢の SSC 能力の指標ともした。同様に、疾走速度との関連が高い下肢の筋力について、膝関節および股関節の筋力を測定した。加えて、一般的な機能測定である長座体前屈と、インターバルランニングにおいてピッチが重要であるという報告がされている<sup>42)</sup>ことから、敏捷性の指標として 5 秒間のステッピングテスト(以下 ST)を測定した。以下に、機能に関する測定項目の各測定方法を記した。

#### a)30m 走

30m 走の測定は、スタート後 1 歩目が着地した瞬間から、30m 地点上をトルソー(胴体)が通過するまでの所要時間を、ストップウォッチを用いて測定した。被験者にはスタンディングスタートからの全力試技を 2 本行わせた。2 回の試技のうち良い方の記録を採用した。

#### b)長座体前屈

長座体前屈の測定はデジタル長座体前屈計(T.K.K5112,竹井機器社製)を用いて測定した。被験者は壁に後頭部、肩、臀部を付けた姿勢で手を真っ直ぐに伸ばし、機材に手を置く。その姿勢から反動を付けずに膝を伸ばしたまま前屈し機材を前方に押ししていく。限界まで前屈した時に機材のデジタルメーターに表示された値を測定値とした。測定は 2 回行い、良い方の記録を採用した。

#### c)メディシンボール投げ

メディシンボール投げの測定には 4 kg のメディシンボール(NISHI 社製)を用いた。

前方投げ(以下 MBF)は計測ラインより手前で投擲方向を向き、ボールを両手で保持した状態から、股関節と膝関節を屈曲させ、反動を用いて前方へ全力で投球を行った。また投球後は計測ラインを踏み越えても良いこととした。

後方投げ(以下 MBB)は、計測ラインより手前で投擲方向に対し後方を向き、ボールを両手で保持した状態から股関節と膝関節を屈曲させ、反動を用いて後方へ全力で投球する。また投球後は計測ラインを踏み越えても良いこととした。

投距離の測定は、計測者が目視にて落下地点を判断し、落下地点と計測ラインを直線に結んだ距離を測定値とした。記録はセンチメートル単位とし、センチメートル未満は切り捨てた。どちらの試技も 2 回行い、良い方の記録を採用した。

なお、ボールが手から離れる前に足が計測ラインを踏んだ場合や、ボールが手から離れる前に両足が地面から離れた場合は無効試技とし、再度試技を実施した。

#### d)立幅跳び

立幅跳びの測定は砂場走路にて行った。被験者は踏切線につま先を揃えて立ち、砂場に対して正対する。両脚同時に踏み切り、前方への全力跳躍を行わせた。身体が着地した痕跡のうち、最も踏切線に近い地点と踏切線との距離を測定値とした。記録はセンチメートル単位とし、センチメートル未満は切り捨てた。2 回の試技を行い、良い方の記録を採用した。

#### e)立五段跳び

立五段跳びの測定は砂場走路にて行った。被験者は踏切線につま先を揃えて立ち、砂場に対して正対する。1 歩目は両脚同時に踏み切り、その後の 4 歩は左右交互に跳躍した後、砂場へ着地することとした。身体が着地した痕跡のうち、最も踏切線に近い地点と踏切線との距離を測定値とした。記録はセンチメートル単位とし、センチメートル未満は切り捨てた。2 回試技を行い、良い方の記録を採用した。

#### f)ジャンプ能力の測定

ジャンプ能力の測定にはマルチジャンプテスト(PH-1260D, DKH 社製)を用いた。

カウンタームーブメントジャンプ(以下 CMJ)の測定では、マット上に直立し、脚の反動を伴い鉛直方向に跳躍した。

スクワットジャンプ(以下 SJ)の測定では、マット上で膝関節角度 90 度の姿勢から脚や股関節の反動を伴わず鉛直方向に跳躍した。

CMJ および SJ は、跳躍時の滞空時間から跳躍高を算出し測定値とした。記録はセンチメートル単位で小数第一位までとし、2 回の試技のうち良い方の値を採用した。

5 回リバウンドジャンプ(以下 RJ)の測定では、マット上で 5 回の鉛直方向への連続跳躍を行った。被験者にはなるべく短い接地時間でより高い跳躍をするように指示をして行わせた。

台高 30cm からのドロップジャンプ(以下 DJ)の測定では、被験者は台上から落下し、着地後すばやく鉛直方向へ跳躍を行った。被験者にはなるべく短い接地時間でより高

い跳躍をするように口頭で指示をして行わせた。

RJ および DJ は、跳躍高を接地時間で除することで指数化し、RJ-index および DJ-index を算出した<sup>43)45)</sup>。なお、RJ-index は得られた 5 個の指数のうち最も良い値を選択した。記録は小数第三位までを測定値とし、2 回試技を行い良い記録を採用した。

いずれのジャンプ試技も、被験者には手を腰に当て、腕の振り込み動作を行わないよう指示をして行わせた。

#### g)筋力の測定

筋力(等尺性筋力)は筋力計ミュータス( $\mu$ Tas F-100, ANIMA 社製)を用い、膝関節屈曲および伸展、股関節屈曲および伸展の際の荷重を測定した。

膝関節屈曲筋力は、ベッドに膝関節を 90 度にした状態で着座し、足関節後部にセンサーを当て、ベルトを前方の柱などに固定し、下腿部を手前に引きつけるように力を発揮して行った。

膝関節伸展筋力は、ベッドに膝関節を 90 度にした状態で着座し、足関節前部にセンサーを当て、ベルトをベッドの柱などに固定し、下腿部を前方に蹴りだすように力を発揮して行った。

股関節伸展筋力は、ベッドで伏臥位になり、膝関節が縁から出るようにして行った。大腿部後面遠位にセンサーを当て、ベルトはベッドの脚で踏み、固定した。被験者は股関節を中心に大腿部を後方に引くように力を発揮して行った。

股関節屈曲筋力は、ベッドに座り行った。大腿部前面遠位にセンサーを当て、ベルトはベッドの脚で踏み、固定した。被験者は大腿部を上方に引き上げるように力を発揮して行った。

いずれの測定も急激に力を発揮せず、徐々に力を発揮し、約 5 秒間で最大力発揮ができるように指示した。左右を 2 回ずつ計測し、良い方の測定値を記録した。また、先行研究<sup>4)12)</sup>に倣い、筋力の項目は体重あたりの値を測定値として用いた。

#### h)ステッピングテスト

ステッピングテスト(以下 ST)はマルチジャンプテスト(PH-1260D, DKH 社製)を用いて測定した。マットを 2 枚使い、それぞれに足を乗せ、できるだけ素早くその場で足踏みをさせた。測定値は 5 秒間の全力試技で計測された数値を記録とし、2 回の試技のうち良い記録を採用した。

## 第5節 統計処理

110mHにおけるレースタイムおよび各局面タイム、フィールドテストの結果は平均値と標準偏差を算出した。また各疾走パフォーマンスと各フィールドテスト項目との関係を検討するため、相関係数(Pearsonの積率相関係数)を算出した。

さらに映像から得られた各局面の疾走パフォーマンスの数値を従属変数、フィールドテストの測定から得られた数値を独立変数としてステップワイズ法による重回帰分析を施し、回帰式を作成した。変数選択の基準であるF値は、先行研究<sup>37)</sup>および統計に関する専門書<sup>6)</sup>に倣い2.00に設定した。

さらに、項目間の貢献度を比較するために、強制投入法による重回帰分析を施し、標準化係数を求めた。

なお、統計的有意水準は5%とした。

## 第5章 結果

### 第1節 撮影レースの記録、区間別タイム

21名の対象者の撮影レースの記録は  $14.93 \pm 0.60$  秒であった。これは対象者の自己ベスト記録に対して 98.1%の達成率であった。また、撮影レースの記録と対象者の自己ベスト記録との相関係数は  $0.939 (p < 0.001)$  で有意であり、本研究で用いるタイムは妥当性が高いと考えられる。対象者のレースタイムおよび各分析局面のタイムを表4に示した。

### 第2節 各フィールドテストの結果

表5-1に各フィールドテストにおける結果の平均値および標準偏差を示した。また、各個人におけるフィールドテストの結果一覧を表5-2(形態・身体組成)および表5-3(機能)に示した。

### 第3節 レースタイムおよび各局面におけるタイムとフィールドテストとの相関関係

表6にレースタイムおよび分析対象のインターバルランタイム、ハードリングタイムと各フィールドテスト項目との単相関分析の結果を示した。

#### 1) レースタイムとフィールドテストとの相関関係

レースタイムでは、30m 走( $p < 0.01$ )、長座体前屈( $p < 0.01$ )、SJの跳躍高( $p < 0.01$ )、ST( $P < 0.05$ )との間に有意な相関関係が見られた。

#### 2) 各インターバルランタイムとフィールドテストとの相関関係

スタートからハードル1台目までのアプローチ区間のタイムでは、身長( $P < 0.05$ )、体重( $P < 0.05$ )、CMJの跳躍高( $P < 0.05$ )、SJの跳躍高( $P < 0.05$ )、DJ指数( $P < 0.05$ )との間に有意な相関関係が見られた。

ハードル3-4台目区間のインターバルランタイムでは、30m 走( $p < 0.01$ )、長座体前屈( $p < 0.05$ )、CMJの跳躍高( $p < 0.05$ )、SJの跳躍高( $p < 0.01$ )との間に有意な相関関係が見られた。

ハードル9-10台目区間のインターバルランタイムでは、30m 走( $p < 0.05$ )、SJの跳躍高( $p < 0.01$ )との間に有意な相関関係が見られた。

### 3)各ハードリングタイムとフィールドテストとの相関関係

ハードル 1 台目におけるハードリングタイムでは、身長( $p<0.05$ )との間に有意な相関関係が見られた。

ハードル 4 台目におけるハードリングタイムでは、身長( $p<0.05$ )、下肢長( $p<0.05$ )、ST( $p<0.05$ )との間に有意な相関関係が見られた。

ハードル 10 台目におけるハードリングタイムでは、ST( $p<0.05$ )との間に有意な相関関係が見られた。

## 第 4 節 レースタイムおよび各局面におけるタイムとフィールドテストの重回帰分析

まず重回帰分析を行うにあたり、多重共線性の問題が発生することがある。多重共線性とは、独立変数相互間の関係性が高い状態で回帰式を作成すると、不適切に重相関係数および決定係数が高くなってしまいう状況を指す。そのため本研究では、統計の専門書<sup>6)</sup>を参考に、多重共線性の判断基準における基準値を超過しているモデルにおいて選択されている項目を独立変数から除外していき、完全に多重共線性の問題がない段階まで同じ作業を繰り返した。そのため、本研究で示す回帰式に多重共線性の問題はないと考えられる。

レースタイムおよび各局面タイムを従属変数、フィールドテスト結果を独立変数として重回帰分析を行い、得られた結果は以下のようになった。

### 1)レースタイム

レースタイムの回帰式を表 7 に示した。

モデル 1 では SJ の跳躍高が選択され、回帰係数が-0.097、重相関係数が 0.614、決定係数が 0.377 であった。モデル 2 では SJ の跳躍高および体重あたりの股関節伸展筋力が選択され、回帰係数は SJ が-0.102、体重あたりの股関節伸展筋力が 1.647、重相関係数が 0.677、決定係数が 0.459 となった。なお、モデル 2 でのレースタイムに対して、独立変数の貢献度の大きさを示す標準化係数は SJ の跳躍高が-0.647、体重あたりの股関節伸展筋力が 0.288 であった。

### 2)インターバルランタイム

各インターバルランタイムを従属変数としたときの回帰式を表 8 に示した。

アプローチ区間におけるインターバルランタイムを従属変数とした場合のモデルでは、CMJの跳躍高が選択され、回帰係数は-0.010、重相関係数は0.557、決定係数は0.310であった。

3-4台目区間におけるインターバルランタイムを従属変数とした場合のモデルでは、SJの跳躍高が選択され、回帰係数は-0.007、重相関係数は0.661、決定係数は0.437であった。

9-10台目区間におけるインターバルランを従属変数とした場合のモデルでは、同じくSJの跳躍高が選択され、回帰係数は-0.009、重相関係数は0.728、決定係数は0.531であった。

### 3)ハードリングタイム

各ハードリングタイムを従属変数としたときの回帰式を表9に示した。

1台目のハードリングタイムを従属変数とした場合のモデルでは、体重あたりの股関節伸展筋力が選択され、回帰係数は0.165、重相関係数は0.423、決定係数は0.179であった。

4台目のハードリング局面でのモデルでは、STの回数が選択され、回帰係数は0.003、重相関係数は0.460、決定係数は0.211であった。

10台目のハードリング局面でのモデルでは、同様にSTの回数が選択され、回帰係数は0.004、重相関係数は0.517、決定係数は0.267であった。

## 第5節 強制投入法によるSJとRJの貢献度の比較

第4節に示した結果より、本研究の対象者のレベルにおいて特異であると考えられるSJと、通常の短距離走において、最大速度局面との関連が報告されているRJの2項目について、強制投入法による重回帰分析を行い、算出された標準化係数による比較を行った。また、標準化係数の比較を表10に示した。

各独立変数の標準化係数は、レースタイムにおいて、SJが-0.573、RJが0.039で、SJの貢献度が大きいことが示された。また、インターバルラン局面においては、アプローチ区間でSJが-0.404、RJが-0.269、3-4台目区間でSJが-0.645、RJが0.040、9-10台目区間でSJが-0.741、RJが0.126となり、抽出したインターバル局面全てで、SJの貢献度がRJよりも大きいことが示された。

## 第6章 考察

### 第1節 レースタイムとフィールドテストとの相関関係について

単相関分析では、レースタイムと30m走、長座体前屈、SJの跳躍高、STの回数との間に有意な相関関係が示された。30m走は走力の指標であり、疾走速度が重要とされる110mHにおいては不可欠な能力であると考えられる。またSJは、短距離競技者を対象とした研究<sup>23)45)</sup>において、本研究とは膝関節角度が異なる120°からのSJや、同様に膝関節を大きく屈曲させて跳躍を行うCMJの跳躍高や発揮パワーと、疾走速度との関連が大きいことが報告されており、レースタイムに大きく関連するものであると考えられる。

また、レースタイムとフィールドテスト結果との重回帰分析の結果、SJおよび体重あたりの股関節伸展筋力が選択された。決定係数が0.459となり、この2変数でレースタイムの約46%を説明できるということが示された。しかし体重あたりの股関節伸展筋力はタイムに対し正の相関を示しており、短距離競技者を対象とした先行研究<sup>15)38)</sup>とは反対の結果を示した。これは本研究の対象者において、股関節筋力の向上により、疾走速度が抑制されている可能性があるかと推察される。村木ら<sup>29)</sup>は、最大筋力の養成は、爆発的筋力の高度な発達に対する前提条件ではあるものの、直接的な要素ではなく、特にトップレベルの競技者の最大筋力と爆発的筋力との間には相関関係が低下することを報告している。本研究での単相関分析においても、各タイムと有意な相関がある筋力の測定項目はなく、特にレースタイム、各インターバルランタイムでは相関係数も低い。そのため、トップレベルに近い成年競技者においては、必ずしも筋力の向上が、パフォーマンスの向上に寄与するとは限らないことを示しているものと考えられる。また、従属変数に対する貢献度の大きさを表す標準化係数の値はSJが-0.647、体重あたりの股関節伸展筋力は0.288となっており、レースタイムにSJが与える影響は体重あたりの股関節伸展筋力の2倍以上であることから、SJの貢献度が大幅に高いと考えられる。体重あたりの股関節伸展筋力を除いたモデル1では、決定係数は0.377となったことから、本研究でのレースタイムに最も影響を及ぼしたテスト項目はSJであったと考えられる。

SJは、膝関節が90度の状態から反動を用いずに鉛直方向に跳躍する測定項目である<sup>23)44)45)</sup>。この跳躍運動ではSSC運動を伴わないため、下肢関節の伸展動作に関与する筋の短縮性筋収縮によるパワー発揮により、跳躍高が左右されると考えられる。短



距離競技者を対象とした先行研究<sup>38)</sup>において、股関節伸展筋群、膝関節伸展筋群の働きが走速度に関与すると報告されていることから、それらの筋群を協働させて跳躍するSJが選択されたものと考えられる。

## 第2節 インターバルランタイムとフィールドテストとの相関関係について

アプローチ区間のインターバルランタイムと有意な相関関係が示されたものは、身長、体重、CMJ、SJ、DJであった。本研究の被験者は、スタートから1台目までを例外なく8歩で疾走しているため、そのタイムはピッチの差による影響が大きいと考えられる。身長、体重がタイムと正の相関にあることから、形態が大きい対象者はピッチを高めることが難しく、スタートから1台目までの時間をより多く要したということが推察される。CMJおよびSJは、短距離競技者を対象とした報告<sup>23)45)</sup>においても、加速局面の疾走速度と関連があることが報告されている。またDJのような接地時間がきわめて短い跳躍能力は、短距離走における最大速度局面での接地時間が短い疾走動作と関連があることが報告されている<sup>16)</sup>が、DJと同様に接地時間が短いRJと加速局面におけるピッチには関係があるといった報告もされている<sup>16)</sup>。本研究では、RJとは有意な相関は得られなかったが、DJと有意な相関が得られたことで、110mHにおけるアプローチ区間のピッチを高めるためには、接地時間が短い跳躍能力を向上させる必要もあるということが示唆された。

また重回帰分析により検討したところ、アプローチ区間を説明する回帰式に選択されたテスト項目はCMJのみであった。CMJは反動を用いて鉛直方向へ跳躍するテスト項目<sup>23)44)45)</sup>であり、100m走の最高記録と各種測定項目との関係を重回帰分析によって検討した深代らの研究<sup>8)</sup>では、2番目に影響を及ぼすテスト項目として回帰式に選択されている。SJと同様に、股関節伸展および膝関節伸展に関与する筋群のパワーを測定することに適している種目であるために、短距離走における加速局面に該当するアプローチ区間で選択されたと考えられる。

3-4台目区間のインターバルランタイムと有意な相関関係が見られたものは、30m走、長座体前屈、CMJ、SJであった。有意な相関があった項目は、レースタイムと類似しているが、短距離走の最大疾走速度と関連があるとされるRJやDJ、または立五段跳び<sup>16)20)</sup>などの跳躍運動の関連は低かった。

また、重回帰分析で3-4台目区間のインターバルランタイムを従属変数とした場合、

SJ のみが回帰式に選択された。レースタイムでも選択されたことから、膝関節伸展および股関節伸展筋群のパワーの重要性がうかがえる。しかし、この区間は 110mH のレースにおいて一般的に最高疾走速度が現れる地点として報告されており<sup>28)41)</sup>、短距離走の最大速度局面においては、RJ や DJ のような SSC 運動を利用した、きわめて短い接地時間によるジャンプ能力の関連性が高いことが報告されている<sup>16)20)45)</sup>。本研究で測定した、短い接地時間での跳躍力を測定する RJ や DJ が回帰式に選択されなかった理由として、110mH は 100m 走などの短距離種目と異なり、ハードルでの踏切、着地において減速をせざるを得ない<sup>24)</sup>ことが影響していることが推察される。着地後のインターバルランにおいて再び加速し、ハードリングによる減速を補償しながら疾走することから、最大疾走速度を示す区間においても通常の短距離種目のようにきわめて短い接地時間を測定する種目ではなく、比較的長く地面に力を加える SJ が選択されてきたという可能性が考えられる。インターバルランニングに関する研究<sup>42)</sup>では、インターバルラン時の疾走速度は最大スプリント時の 80%前後であるが、ストライドは固有のスプリントに近いことが明らかになっており、膝関節および足関節の伸展動作によってストライドを補償しながら疾走していることが報告されている。また小木曾ら<sup>31)</sup>も、最大スピードの 90%へとそのスピードが低下した場合、下腿の機能に変化が生じてくると述べており、下腿が最大スピード時のように機能的に使われなくなることを示唆している。そのことから、本研究での結果は、通常スプリントとインターバルランとの間に生じる質的違いによるものであることが考えられる。

9・10 台目区間のインターバルランタイムと有意な相関があった項目は 30m 走、SJ であった。これらも、レースタイムや 3・4 台目区間で有意であった項目と類似していた。

重回帰分析で 9・10 台目区間のインターバルランタイムを従属変数にしたところ、レースタイムおよび 3・4 台目区間と同様に、SJ が回帰式に選択された。この区間では全対象者において 3・4 台目区間より疾走速度が低下しているが、インターバルの距離は一定であるため、より膝関節および足関節の伸展動作によってストライドを補償していることが考えられる。そのことが 3・4 台目区間と比較して、わずかながら重相関係数を上昇させた原因であると考えられる。

重回帰分析による解析では、インターバルランタイムに影響を及ぼす体力として選択されてきたものは全て股関節伸展、もしくは股関節伸展と膝関節伸展両方に関与す

る筋群のパワーを測るテスト項目であった。レース分析に関する先行研究<sup>28)</sup>では、110mHのレースタイムとレース中の最大疾走速度および平均インターバルランタイムが高い相関関係にあることが報告されている。本研究における重回帰分析の結果においても、レースタイムとインターバルランタイムではほぼ同様の項目が選択されたことは、110mHの記録向上にはCMJやSJなどで測定される、下肢関節の伸展するパワーが支配的な要素であることを示唆している。

100m走を20mごとの区間に分け、疾走速度と体力との関連を重回帰分析によって検討した研究<sup>38)</sup>においては、100m走タイムおよび20m以降の全ての区間で股関節筋力が選択されたという報告がされているが、本研究においてはレース全体を通して、SJが支配的な要素として多くの区間で選択された。

### 第3節 ハードリングタイムとフィールドテストとの相関関係について

ハードリングタイムは、加速段階で跳び越える1台目、最高疾走速度で跳び越える4台目、速度が最も遅減している中で跳び越える10台目を抽出し、各測定項目との関係を検討した。

単相関分析の結果、ハードリングタイムにおいては、1台目および4台目で身長、4台目で下肢長との相関関係がみられ、形態の影響が大きいことが示された。ハードリングタイムを短縮する要因の一つとして、身体重心を必要以上に上昇させないことが示唆されている<sup>41)24)</sup>。身長が高いことや、下肢が長いことはその点を満たすために必要な要素であると推察される。

さらに重回帰分析を行い、関係を検証したところ、1台目のハードリングタイムを従属変数とした場合では、体重あたりの股関節伸展筋力が選択された。また、ハードリングタイムと正の相関を示しており、本研究の対象者においては、股関節伸展筋力が高いほど、ハードリングタイムを増加させてしまうことが示唆された。続く4台目、10台目のハードリングタイムを従属変数とした場合は、ともにSTが選択されたが、どちらもハードリングタイムと正の相関を示した。4台目、10台目の場合もSTの回数が多き競技者ほど、ハードリングタイムを増加させてしまうことが示唆された。

以上の2項目について、股関節伸展筋力が高いほどハードリングタイムが増加してしまうことや、STの回数が多きほどハードリングタイムの増加につながる原因は、先行研究でも示されておらず不明であるため、今後の検討課題となる部分であると考え

られる。

また、レースタイム、インターバルランタイムを従属変数とした場合と比較して、ハードリングタイムを従属変数とした場合では重相関係数が低い。これはハードリングタイムと体力要因との関連が弱く、技術的な要因が強く関与しており、本研究で用いたような、一般的な体力測定項目からの説明が困難であったことも考えられる。

#### 第4節 強制投入法による SJ と RJ の貢献度の比較

本研究では、第5章4節に示したステップワイズ法による重回帰分析の結果、レースタイムを従属変数とした場合を除いて、単回帰による結果しか得られなかったが、その中で、レースタイムおよび最大速度局面、減速局面のインターバルランタイムを従属変数とした場合に、SJ が最もそれぞれのタイムを説明できることが示された。しかし、短距離競技者を対象とした先行研究においては、最大速度局面で RJ などによって代表される、接地時間がきわめて短いジャンプ能力との関連が報告されている<sup>16)</sup>。そこで、SJ と RJ が各タイムに及ぼす影響の大きさを比較することを目的として、強制投入法による重回帰分析を行った。そこで得られたデータから、各項目の相対的な関係性を表す標準化係数を比較し、110mH における SJ と RJ の貢献度について検討した。

全ての場合において、標準化係数は SJ が RJ を上回り、110mH のレースタイムおよびアプローチ区間、3-4 台目区間、9-10 台目区間のインターバルランタイムにおいて、SJ が RJ と比較して貢献度が高いということが明らかとなった。これは、本研究における対象者の競技レベルでは、ハードルごとに引き起こる疾走速度の低下を補償するために、SJ の能力が重要な要素であることを示していると推察される。さらに、加速局面に当たるアプローチ区間と比較し、最大速度局面にあたる 3-4 台目区間、減速局面にあたる 9-10 台目区間での貢献度がより高くなっていることから、ハードリング後の速度回復に SJ の能力が寄与していることが考えられる。

また、本研究の対象者よりさらに高い競技レベルの競技者では、インターバル間の疾走速度も高くなることが予想される<sup>42)</sup>。その場合、疾走速度が高まるにつれて、短距離走で重要とされる RJ や DJ のような接地時間が短い跳躍能力の貢献度が高まることも考えられるため、競技レベルごとに、パフォーマンスに影響する要因の貢献度の比較を行う必要もあると考えられる。

## 第5節 指導現場への提言

本研究では主に CMJ や SJ などの、比較的長い時間、地面に力を加えながら跳躍するフィールドテスト項目がレースタイムや、インターバルランタイムとの関連が高いことが示された。短距離競技者を対象にした先行研究では、RJ や DJ などの短い接地時間で跳躍する測定項目との関連がいくつか報告されている<sup>16)20)</sup>が、本研究では単相関分析において、アプローチ区間のインターバルランタイムと DJ に有意な相関が認められたのみであった。このことから、指導現場でフィールドテストを行う場合、CMJ や SJ などの種目に注目し、パフォーマンスの指標とすることが、110mH 競技者にとって有効な指標になり得ることが考えられる。110mH は通常スプリント時と比較し疾走速度が低い<sup>42)</sup>ため、このような結果が示されたことが可能性として考えられる。しかし、110mH のインターバルランやハードリングの際の踏切および着地においても、接地時間の減少がパフォーマンスの向上に寄与するという報告<sup>43)</sup>がされている。また図子ら<sup>46)</sup>は、14 種目の競技者を対象に、下肢のパワー発揮特性を調査し、ハードルと類似する運動様式を持つ短距離競技者と跳躍競技者の DJ-index が他スポーツの競技者に比べ著しく高かったことを報告している。これらのことから、110mH のトレーニングにおいては RJ や DJ に代表される SSC 能力を高める必要はあると考えられる。

また、本研究におけるステップワイズ法による重回帰分析の結果、レースタイム以外は、全て単回帰の結果が得られた。これは、今回用いたフィールドテスト項目は、比較的同じような体力要素を測定していたことも考えられる。さらに実際の指導現場への資料を増やすためには、今回は横断的研究であったが、年間を通して縦断的な研究を行うことや、被験者数を増やすこと、対象者のレベルをより限定し、上位競技者と下位競技者とで必要な形態や身体組成、体力の要因を検討していくことで様々な段階の指導に生かされると考える。今後、特異的な動作や疾走形態を有する 110mH においては、より競技に特異的な能力を測定するために、さらに妥当性の高い測定項目を選択して研究することや、新しい測定方法を開発していく必要もあると考える。

## 第7章 結論

本研究において、110mH 競技者のパフォーマンスとフィールドテストとの関係を検討したところ、以下のことが明らかとなった。

110mH のレースタイムに最も影響を与えるフィールドテスト項目は SJ の跳躍高であった。各インターバルランタイムにおいては、加速段階のアプローチ区間で CMJ の跳躍高、最大疾走速度である 3-4 台目区間で SJ の跳躍高、速度の低下が生じている 9-10 台目区間で SJ の跳躍高の影響が大きいことが示された。単相関分析および重回帰分析の結果から、110mH は疾走速度の低下と加速を繰り返すために、下肢関節を屈曲させ、踏切時間が比較的長い跳躍運動の貢献度が高いことが考えられた。

## 第8章 要約

陸上競技は運動構造が単純であるため、パフォーマンスと体力との関係を検討する研究が多くされてきたが、特異な技術を要する 110mH においては動作学的な研究が主である。しかし、110mH 競技者において必要とされる要因は示されておらず、陸上競技において特殊な種目であるために、特異的な形態や体力の要因が必要とされることも考えられる。また近年、様々な競技において重回帰分析を用い、より簡便なテストバッテリーを検討したり、パフォーマンスを予測したりするといった研究がされている。

本研究は、110m ハードル走の各局面のパフォーマンスとフィールドテスト結果の関係について検討し、競技パフォーマンスとの関連性が高いテスト項目を明らかにすることを目的とした。

対象者は、成年男子 110mH 競技者 21 名(年齢：20.9±1.5 歳、身長：178.0±4.0cm、体重：68.0±5.2 kg、110mH 自己記録:14.65±0.51 秒)とした。各被験者の出場したレースを撮影した映像を基に、レースタイムとインターバルランタイムおよびハードリングタイムに分割した。フィールドテストは形態および身体組成を測るテストを 7 項目、体力を測定するテストを 15 項目実施した。レースにおけるインターバルランタイム、ハードリングタイムおよびレースタイムとフィールドテストの測定結果について、単相関分析および重回帰分析を行い、関係を検討した。また、重回帰分析を行う際、多重共線性の問題が生じないように、適宜独立変数を除外した。

単相関分析の結果、レースタイムでは長座体前屈( $p<0.01$ )、30m 走( $p<0.01$ )、SJ の跳躍高( $p<0.01$ )、ST( $P<0.05$ )との間に有意な相関がみられた。

また各インターバルランタイムとは、加速局面で身長( $P<0.05$ )、体重( $P<0.05$ )、CMJ の跳躍高( $P<0.05$ )、SJ の跳躍高( $P<0.05$ )、DJ 指数( $P<0.05$ )、最大速度局面では 30m 走( $p<0.01$ )、長座体前屈( $p<0.05$ )、CMJ の跳躍高( $p<0.05$ )、SJ の跳躍高( $p<0.01$ )、減速局面では 30m 走( $p<0.05$ )、SJ の跳躍高( $p<0.01$ )との間に有意な相関関係があった。

各ハードリングタイムとは、加速局面で身長( $p<0.05$ )、最大速度局面で身長( $p<0.05$ )、下肢長( $p<0.05$ )、ST( $p<0.05$ )、減速局面では ST( $p<0.05$ )との間に有意な相関関係があった。

重回帰分析の結果、レースタイムを従属変数としたときに最も影響が大きいテスト項目は SJ であった。また各インターバルランタイムを従属変数としたとき、加速局面

では CMJ、最大速度局面では SJ、減速局面では SJ がそれぞれ最も影響を及ぼしている項目として選択された。短距離選手を対象とした研究などで多く報告されている RJ や DJ などの短い接地時間で跳躍する項目は選択されなかった。

本研究において、110mH 競技者のパフォーマンスとフィールドテストとの関係を、検討したところ、以下のことが明らかとなった。

110mH のレースタイムに最も影響を与えるフィールドテスト項目は SJ の跳躍高であった。各インターバルランタイムにおいては、加速段階のアプローチ区間で CMJ の跳躍高、最大疾走速度である 3-4 台目区間で SJ の跳躍高、速度の低下が生じている 9-10 台目区間で SJ の跳躍高の影響が大きいことが示された。単相関分析および重回帰分析の結果、レース全体を通して SJ の膝関節、股関節のパワー発揮に関する要因の影響が大きいと考えられた。これは、ハードルごとに引き起こされる減速を補償しなければならないための、110mH に特異的な要素であることが考えられる。



## 謝辞

本論文の作成にあたり、検者を快く御引き受けいただいた体力トレーニング研究室の皆様、被験者として御協力いただいた順天堂大学陸上競技部の皆様、法政大学陸上競技部の皆様、明治大学陸上競技部の皆様、新潟大学陸上競技部の皆様に多大なる感謝を申し上げます。また、実験および論文の作成に際しアドバイスをいただいた佐久間和彦先生、木藤友規先生、河村剛光先生、修士論文作成にあたり最後まで支えていただいた指導教官の青木和浩先生に心から感謝申し上げます。

## 引用文献一覧

- 1) 青木和浩, 河村剛光, 中丸信吾, 越川一紀, 吉儀宏(2007). 大学男子跳躍選手における競技パフォーマンスとテストバッテリーの関連. 陸上競技学会誌, 5(1), 12-18
- 2) Arrese A.L., Lzquierdo D.M., and Galindo J.R.(2006). Physiological Measures Associated with Marathon Running Performance in High-Level Male and Female Homogeneous Groups. *Int J Sports Med*, 27, 289-295
- 3) Chamari K., Hachana Y., Ahmed Y.B., Galy O., Sgheier F., Chatard C.J., Hue O. and Wisloff U.(2004). Field and laboratory testing in young elite soccer players. *Br J Sports Med*, 38, 191-196
- 4) Coh M.(2003). Colin Jackson's hurdle clearance technique. *Track Coach*, 162, 5161-5167
- 5) Coh M., Iskra J.(2012). Biomechanical studies of 110m hurdle clearance technique. *Sport Science*, 5(1), 10-14
- 6) 出村慎一, 佐藤進, 山次俊介, 長澤吉則(2007). 健康・スポーツ科学のための SPSS による統計解析入門. 104-116
- 7) 深代千代(2000). 反動動作のバイオメカニクス:伸張-短縮サイクルにおける筋-腱複合体の動体. *体育学研究*, 45, 457-471
- 8) 深代千代, 若山章信(1993). 重回帰分析による短距離一流選手の体力要素の検討. *体力科学*, 42(6), 756.
- 9) Girard O., Chevalier R., Leveque F, Micallef J.P. and Millet G.P.(2006). Specific incremental field test for aerobic fitness in tennis. *Br J Sports Med*, 40, 791-796
- 10) 比留間浩介, 尾縣貢(2011). 各種パワー発揮能力からみた野球選手における投手と野手の体力特性:フィールドテストのデータをもとに. *体育学研究*, 56, 201-213
- 11) 一川大輔, 安井年文, 谷川聡, 流郷吐夢, 上野祐紀子(2004). 110m ハードル走における競技的相違についての事例的研究. *陸上競技研究*, 59(4), 27-36

- 12) 石塚浩(1993). 女子跳躍競技者のコントロールテスト結果に関するスポーツトレーニング学的研究-最大筋力系のコントロールテスト種目について-. 日本女子体育大学紀要. 23, 79-86.
- 13) 磯繁雄, 榎本靖士, 中田和寿, 羽田雄一, 阿江通良(2002). 一流 110m ハードル選手のインターバル走に関するキネマティクスの研究. 陸上競技研究, 49(2), 11-17
- 14) 伊藤章, 富樫勝(1997). ハードル走のバイオメカニクスの研究: スプリントとの比較. 体育学研究, 42, 246-260
- 15) 岩壁達男, 尾縣貢, 関岡康雄(1995). 短距離走者におけるコントロールテストの役割. 陸上競技研究, 20(1), 2-6
- 16) 岩竹淳, 鈴木朋美, 中村夏実, 小田宏行, 永澤健, 岩壁達男(2002). 陸上競技選手のリバウンドジャンプにおける発揮パワーとスプリントパフォーマンスとの関係. 体育学研究, 47, 253-261
- 17) 金子公宏, 宮下憲, 大山卞圭悟, 谷川聡, 鋤柄純忠, 大山康彦(2000). 下肢筋活動から見たハードル走の踏切動作に関する研究 - スプリント動作と比較して -. スプリント研究, 10, 13-23
- 18) 荻部俊二(2013). 2012年日本選手権における男子 110m ハードル走の時間分析. 法政大学体育・スポーツ研究センター紀要, 31, 7-12
- 19) 窪田登(1994). 体力トレーニング・ワンポイントコーチ. 大修館書店, 4-5
- 20) 串間敦郎, 稲田夏希, 松迫睦美(2000). 疾走速度に関係する体力要素の検討. 宮崎県立看護大学研究紀要, 1, 26-32.
- 21) 串間敦郎, 小木曾一之, 金高宏文, 安井年文, 青山清英, 小倉幸雄(1996). ハードル走の最大速度区間と速度逓減区間における踏切脚と先導脚の動作の検討. 陸上競技研究, 25, 10-17
- 22) Lehman G., Drinkwater E.J., Behm D.G.(2013). Correlation of throwing velocity to the result of lower-body field tests in male college baseball players. Journal of Strength and Conditioning Research, 27(4), 902-908
- 23) Markstrom J.L., Olsson C.J.(2013). Countermovement jump peak force relative to body weight and jump height as predictors for sprint running performances: (in) homogeneity of track and field athletes? . Journal of Strength and

- Conditioning Research, 27(4), 944-953
- 24) McDnald C., Dapena J.(1991). Linear kinematics of the men's110-m and women's100-m hurdle races. *Medicine and science in sports and exercise*, 23(12), 1382-1391
  - 25) 南雅樹, 出村慎一, 松沢甚三郎, 菅野紀昭(2001). 大学男子陸上競技選手における競技パフォーマンスと体力との関係-トラック種目を対象として-. *日本体育学会大会号*, 52, 463
  - 26) 宮代賢治, 山本康平, 内藤景, 谷川聡, 西嶋尚彦(2013). 110mH レースにおけるモデルタッチダウンタイムの再検討: 13.71s-14.59s の競技者を対象として. *筑波大学体育学紀要*, 36, 59-67
  - 27) 宮下憲(1993). 110m ハードルレースに於けるモデルタッチダウンタイムに関する研究. *陸上競技研究*, 14, 10-20
  - 28) 森田正利, 五十嵐幸一(1994)世界一流ハードラーのレースに関する事例的研究-第3回世界陸上競技選手権大会のタイム分析より-
  - 29) 村木征人(1994). *スポーツ・トレーニング論(第1版)*. ブックハウスエイチディ: 東京, 113
  - 30) 中丸信吾, 濱名慶匡, 青木和浩, 佐久間和彦, 廣瀬伸良, 鈴木大地, 越川一紀, 金子今朝秋(2004). 男子大学スプリンターの無酸素パワー能力とスプリントパフォーマンスおよびフィールドテストとの関連性について. *陸上競技研究*, 56(1), 2-6
  - 31) 小木曾一之, 安井年文, 青山清英, 渡辺健二(1998). 全力疾走時の速度変化に伴う支持脚各部の機能の変化. *体力科学*, 47, 143-154
  - 32) 岡本悌二, 武村政徳, 辻田純三, 堀清記(1997). 野球選手における投打のボールスピードと体力要素の関係. *体育・スポーツ科学*, 6, 65-72
  - 33) 大森一伸, 中村好男, 村岡功(1997). サッカー選手におけるインターバルフィールドテストの妥当性. *早稲田大学体育学研究紀要*. 29, 21-27
  - 34) Schuylenbergh R.V., Eynde B.V. and Hespel P.(2004). Prediction of sprint triathlon performance from laboratory tests. *Eur J Appl Physiol*, 91, 94-99
  - 35) 関岡康雄(1990). *陸上競技の方法*. 同和書院

- 36) 志賀充, 宮下憲, 神崎省吾(2003). 一流ハードル選手における第1, 第4ハードルの踏切および着地動作に関する研究-支持脚の膝及び足関節に着目して-陸上競技研究, 53(2), 11-18
- 37) Singh J.(1985). Hurdling is Sprinting. Track and Field Quality Review, 47
- 38) 高橋和文, 黒川隆志, 沖原謙, 崔勝旭, 塩川満久, 磨井祥夫(2002). 100m 走中の区間速度に対する体力要因の相対的貢献度. スポーツ方法学研究, 15(1), 35-43
- 39) 高梨雄太(2010). 陸上競技投擲競技者におけるコントロールテストに関する研究. 東京女子大学・東京女子短期大学紀要, 45, 79-86
- 40) 高梨雄太, 青木和浩, 河村剛光, 與名本稔, 金子今朝秋(2009). 女子学生投てき競技者を対象としたフィールドテストによる運動能力評価の有効性. 陸上競技研究, 79(4), 30-38
- 41) 谷川聡(2006). 世界トップレベルからみた110mハードルの競技特性. スプリント研究, 16, 24-40
- 42) 谷川聡, 宮下憲, 高松潤二, 安井年文, 金子公宏(2002). ハイハードル走のインターバルランニングに関する研究. スプリント研究, 12, 43-53
- 43) 山田憲政, 宮下憲(1990). ハードル走における踏切時間を短縮する要因. 体育学研究, 35, 53-61
- 44) 吉田孝久, 大山卞圭悟, 宮地力, 村木征人(2008). 跳躍競技のパフォーマンス及びコントロールテストとスクワット動作の等速性筋力の関係. スポーツ方法学研究, 22(1), 29-39
- 45) Young W., Mclean B., Ardagna J.(1995). Relationship between strength qualities and sprint performance. The journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 35, 13-19
- 46) 関子浩二, 高松薫, 古藤高良(1993). 各種スポーツ選手における下肢の筋力およびパワー発揮に関する特性. 体育学研究, 38, 265-278

## Abstract

A relationship between running performance and field tests in men's 110m hurdles

Yuki Maruyama

**【Purpose】** The purpose of this study was to investigate the relationship between running performance of 110m hurdles races and field test items by multiple regression analysis.

**【Methods】** There were twenty one male subjects for 110m hurdlers (age:20.9±1.5, height:178.0±4.0cm, weight:68.0±5.2kg, personal best in 110m hurdles: 14.65±0.51s). Each 110m hurdles race was videotaped with a high speed camera (300fps). Race time, interval running time and hurdling time were calculated using this video data. Moreover, all subject performed a battery of anthropometric and physical field tests. Using stepwise multiple regression analysis and correlation analysis to determine the variables that significantly related to running performance.

**【Result】** The results of this study , there was significant correlation between race times and 30m sprint ( $p<0.01$ ), sitting bend and reach ( $p<0.01$ ), squat jump (SJ) height ( $p<0.01$ ) and stepping test ( $p<0.05$ ). The result of a stepwise multiple regression analysis using race times as the dependent variables yielded  $R=0.677$  and  $R^2=0.455$  (Model : race times in 110m hurdles= $18.652-0.102 \cdot$  SJ height  $+1.647 \cdot$  hip joint extension strength /weight). And using interval running times as the dependent variables were selected counter movement jump (CMJ) height and SJ height. But using hurdling times as the dependent variables weren't adequate for regression.

**【Conclusion】** CMJ and SJ significantly affected race time of 110m hurdles were jump heights from. Therefore, it is suggested that when constructing practical field test programs for 110m hurdlers, it should include these vertical jumps.

図表一覧

表1. 対象者の身体的特性

n=21	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	自己記録(sec)
A	22	169.8	61.7	13.88
B	20	182.7	70.7	14.02
C	24	179.8	64.5	14.06
D	19	182.3	69.3	14.07
E	20	176.0	70.9	14.17
F	23	179.9	69.1	14.23
G	22	175.0	64.0	14.24
H	20	181.3	67.0	14.32
I	21	176.3	60.1	14.32
J	19	167.4	60.7	14.70
K	22	177.5	63.5	14.72
L	20	176.7	76.9	14.76
M	20	174.7	65.9	14.80
N	20	178.1	68.9	14.80
O	19	180.0	75.5	14.95
P	22	183.0	70.1	14.95
Q	23	176.9	64.8	14.95
R	22	182.2	75.5	15.29
S	21	179.0	69.0	15.31
T	21	179.6	76.8	15.51
U	19	179.1	63.3	15.70
Mean	20.9	178.0	68.0	14.65
SD	1.4	3.9	5.0	0.51

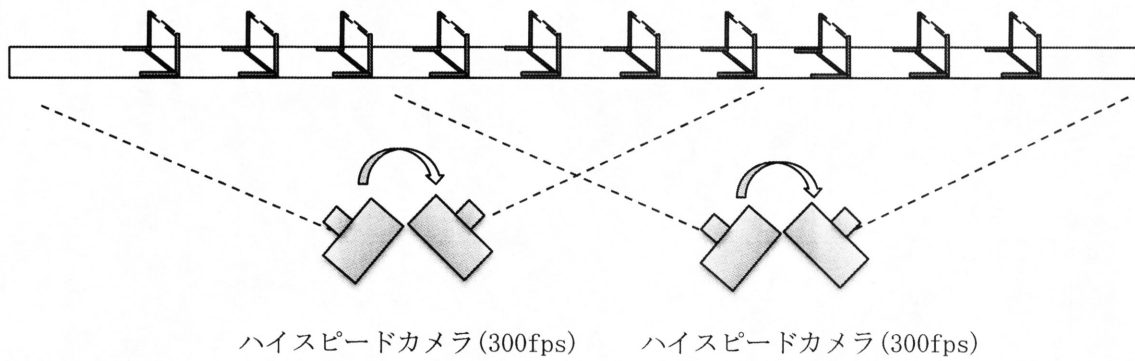


図1. レース撮影概要図



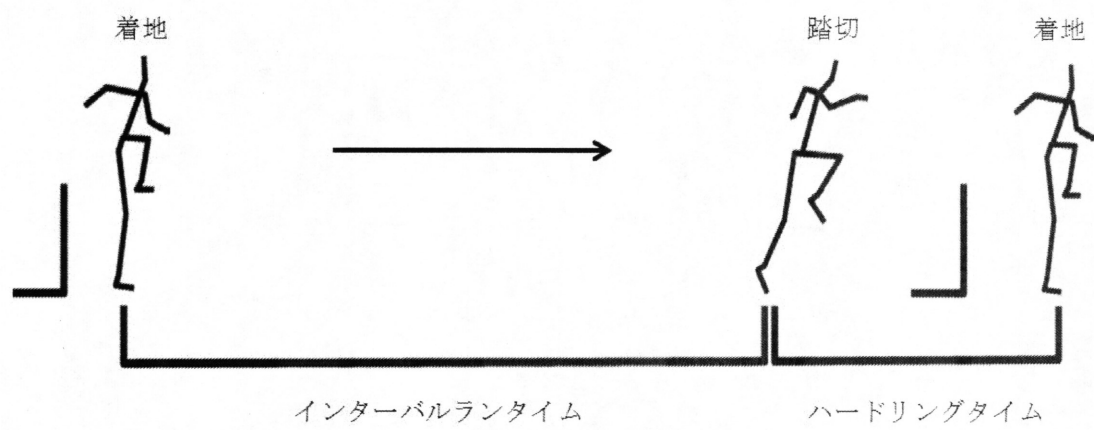


図2. 1インターバルの局面定義

表2. レース撮影日および競技会名

	撮影日	競技会名	会場
A	2013年9月7日	第82回日本学生陸上競技対校選手権大会	国立競技場
B	2013年8月10日	第9回N.S.S.Uオープン	日本体育大学陸上競技場
C	2013年8月10日	第9回N.S.S.Uオープン	日本体育大学陸上競技場
D	2013年9月7日	第82回日本学生陸上競技対校選手権大会	国立競技場
E	2013年7月21日	第26回六大学対校陸上競技選手権大会	千葉県総合スポーツセンター
F	2013年10月12日	第6回順天堂大学競技会	順天堂大学陸上競技場
G	2013年9月7日	第82回日本学生陸上競技対校選手権大会	国立競技場
H	2013年8月10日	第9回N.S.S.Uオープン	日本体育大学陸上競技場
I	2013年8月10日	第9回N.S.S.Uオープン	日本体育大学陸上競技場
J	2013年10月12日	第6回順天堂大学競技会	順天堂大学陸上競技場
K	2013年8月10日	第9回N.S.S.Uオープン	日本体育大学陸上競技場
L	2013年7月21日	第26回六大学対校陸上競技選手権大会	千葉県総合スポーツセンター
M	2013年7月21日	第26回六大学対校陸上競技選手権大会	千葉県総合スポーツセンター
N	2013年10月12日	第6回順天堂大学競技会	順天堂大学陸上競技場
O	2013年7月21日	第26回六大学対校陸上競技選手権大会	千葉県総合スポーツセンター
P	2013年10月13日	第28回国公立23大学対校陸上競技大会	町田市立陸上競技場
Q	2013年10月13日	第28回国公立23大学対校陸上競技大会	町田市立陸上競技場
R	2013年10月12日	第6回順天堂大学競技会	順天堂大学陸上競技場
S	2013年10月13日	第28回国公立23大学対校陸上競技大会	町田市立陸上競技場
T	2013年9月7日	第82回日本学生陸上競技対校選手権大会	国立競技場
U	2013年10月13日	第28回国公立23大学対校陸上競技大会	町田市立陸上競技場

表3. フィールドテスト測定日および測定場所

	測定日	測定場所
A	2013年10月19日	明治大学
B	2013年9月21日	法政大学
C	2013年9月14日	順天堂大学
D	2013年10月19日	明治大学
E	2013年8月30日	順天堂大学
F	2013年10月12日	順天堂大学
G	2013年10月12日	順天堂大学
H	2013年9月21日	法政大学
I	2013年9月21日	法政大学
J	2013年10月12日	順天堂大学
K	2013年10月19日	明治大学
L	2013年8月30日	順天堂大学
M	2013年8月30日	順天堂大学
N	2013年10月12日	順天堂大学
O	2013年8月30日	順天堂大学
P	2013年10月27日	新潟市営陸上競技場
Q	2013年10月27日	新潟市営陸上競技場
R	2013年10月12日	順天堂大学
S	2013年10月27日	新潟市営陸上競技場
T	2013年10月12日	順天堂大学
U	2013年10月27日	新潟市営陸上競技場

表4. レースタイムおよび分析局面タイム(sec)

被験者 n=21	レースタイム	インターバルランタイム			ハードリングタイム		
		アプローチ	3-4台目	9-10台目	1台目	4台目	10台目
A	14.27	2.17	0.68	0.73	0.49	0.43	0.45
B	14.19	2.32	0.67	0.74	0.39	0.41	0.41
C	14.24	2.20	0.69	0.73	0.43	0.39	0.40
D	14.41	2.43	0.71	0.78	0.41	0.37	0.41
E	14.49	2.27	0.69	0.76	0.43	0.43	0.43
F	14.60	2.33	0.75	0.83	0.36	0.38	0.38
G	14.26	2.29	0.69	0.74	0.43	0.41	0.43
H	14.72	2.33	0.74	0.76	0.42	0.39	0.43
I	14.37	2.33	0.71	0.76	0.41	0.41	0.40
J	15.09	2.31	0.69	0.75	0.47	0.47	0.47
K	14.84	2.34	0.73	0.78	0.41	0.43	0.41
L	14.81	2.30	0.71	0.77	0.46	0.43	0.45
M	14.92	2.41	0.72	0.76	0.45	0.43	0.45
N	15.21	2.39	0.79	0.81	0.38	0.40	0.41
O	15.04	2.45	0.72	0.75	0.41	0.44	0.47
P	14.95	2.42	0.75	0.81	0.38	0.39	0.39
Q	15.55	2.33	0.77	0.83	0.43	0.40	0.43
R	15.91	2.56	0.79	0.87	0.44	0.42	0.47
S	15.68	2.39	0.77	0.83	0.41	0.43	0.48
T	15.51	2.31	0.75	0.80	0.54	0.46	0.45
U	16.44	2.33	0.83	0.90	0.47	0.47	0.50
Mean	14.93	2.34	0.73	0.79	0.43	0.42	0.43
SD	0.60	0.08	0.04	0.05	0.04	0.03	0.03
Max	16.44	2.56	0.83	0.90	0.54	0.47	0.50
min	14.19	2.17	0.67	0.73	0.36	0.37	0.38

表5-1. フィールドテストの結果

テスト項目		Mean	SD	Max	min
身長	cm	177.97	3.90	183.00	167.40
体重	kg	68.00	5.04	76.85	60.10
体脂肪率	%	9.95	2.49	15.50	3.00
除脂肪体重	kg	61.24	4.89	69.12	50.78
下肢長	cm	83.16	3.03	88.60	77.50
胸囲	cm	88.86	3.26	96.10	83.30
大腿囲(踏切脚)	cm	54.45	2.82	60.00	49.50
大腿囲(非踏切脚)	cm	54.49	2.93	60.50	50.50
30m走	sec	3.57	0.11	3.71	3.29
長座体前屈	cm	56.76	9.65	74.00	32.50
MB F	m	14.24	1.42	16.20	11.03
MB B	m	14.26	1.74	16.81	10.66
立幅跳び	m	2.77	0.12	2.97	2.50
立五段跳び	m	14.51	0.45	15.37	13.68
CMJ跳躍高	cm	48.78	4.53	58.50	37.70
SJ跳躍高	cm	44.33	3.75	52.10	37.30
RJ指数		2.631	0.433	3.717	1.796
DJ指数		2.428	0.479	3.276	1.601
膝関節伸展筋力 /体重	kg	0.67	0.19	1.01	0.36
膝関節屈曲筋力 /体重	kg	0.42	0.08	0.56	0.29
股関節伸展筋力 /体重	kg	0.51	0.10	0.67	0.35
股関節屈曲筋力 /体重	kg	0.56	0.13	0.89	0.35
ST	times	57.2	4.1	62.0	47.0

表5-2. 形態および身体組成測定の結果一覧

	身長		体重 kg	体脂肪率 %	除脂肪体重 kg	下肢長 cm	胸囲 cm	大腿囲	
	cm	kg						(踏切脚) cm	(非踏切脚) cm
A	169.8	61.7	56.1	9.0	79.5	86.0	51.0	50.5	
B	182.7	70.7	65.2	7.8	85.7	89.8	55.7	55.0	
C	179.8	64.5	57.7	10.5	84.2	86.3	53.0	52.6	
D	182.3	69.3	61.5	11.3	85.0	90.0	51.0	51.5	
E	176.0	70.9	63.0	11.1	84.5	90.5	58.5	57.0	
F	179.9	69.1	67.0	3.0	82.5	96.1	53.5	54.1	
G	175.0	64.0	56.6	11.5	82.6	90.1	52.1	52.5	
H	181.3	67.0	60.4	9.8	86.3	88.0	53.0	52.5	
I	176.3	60.1	50.8	15.5	83.5	83.3	52.6	53.5	
J	167.4	60.7	56.2	7.4	77.9	83.8	52.9	52.9	
K	177.5	63.5	57.7	9.2	81.0	86.0	49.5	50.5	
L	176.7	76.9	69.0	10.2	81.0	92.0	60.0	60.5	
M	174.7	65.9	58.4	11.3	84.0	87.5	54.5	53.5	
N	178.1	68.9	62.8	8.9	80.0	88.5	54.0	54.7	
O	180.0	75.5	67.5	10.5	86.5	88.0	59.0	59.5	
P	183.0	70.1	62.7	10.6	88.6	90.6	56.0	55.2	
Q	176.9	64.8	55.9	13.8	84.2	89.6	53.5	53.4	
R	182.2	75.5	67.2	11.0	87.3	92.5	57.6	59.6	
S	179.0	69.0	61.9	10.3	79.5	88.5	55.5	54.3	
T	179.6	76.8	69.1	10.0	85.0	94.7	58.2	59.1	
U	179.1	63.3	59.3	6.3	77.5	84.3	52.3	51.9	

表5-3. 機能測定の結果一覧

30m走	長座体前屈		MB F	m	MB B	m	立幅跳び	m	立五段	CMJ	cm	SJ	cm	RJ	Dj	膝関節伸展		膝関節屈曲		股関節伸展		股関節屈曲		ST
	sec	cm														kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	
A	3.29	57.5	14.90	15.25	15.25	2.92	15.25	58.5	49.9	3.362	3.276	0.43	0.43	0.62	0.62	0.37	0.37	0.43	0.43	0.62	0.62	0.43	0.43	61
B	3.48	32.5	14.43	13.18	14.53	2.97	14.53	52.1	49.7	2.676	2.543	0.60	0.60	0.47	0.47	0.39	0.39	0.51	0.51	0.35	0.35	0.50	0.50	50
C	3.71	53.0	14.30	12.09	14.37	2.83	14.37	50.0	48.6	2.271	2.626	0.62	0.62	0.35	0.35	0.33	0.33	0.50	0.50	0.44	0.44	0.35	0.35	47
D	3.49	57.0	14.05	13.35	14.53	2.68	14.53	49.9	41.5	2.456	2.226	0.36	0.36	0.44	0.44	0.37	0.37	0.35	0.35	0.44	0.44	0.35	0.35	57
E	3.45	51.0	15.15	16.03	14.71	2.76	14.71	53.7	43.7	3.717	2.942	0.84	0.84	0.52	0.52	0.49	0.49	0.56	0.56	0.41	0.41	0.56	0.56	60
F	3.58	43.0	15.80	15.00	14.45	2.95	14.45	48.9	43.5	2.465	2.568	0.50	0.50	0.46	0.46	0.54	0.54	0.63	0.63	0.38	0.38	0.63	0.63	52
G	3.40	53.0	13.87	15.15	14.54	2.84	14.54	47.5	45.6	2.342	2.734	0.96	0.96	0.39	0.39	0.56	0.56	0.76	0.76	0.42	0.42	0.76	0.76	57
H	3.58	56.5	12.68	13.06	14.00	2.70	14.00	55.6	52.1	3.176	2.712	0.53	0.53	0.41	0.41	0.37	0.37	0.45	0.45	0.39	0.39	0.45	0.45	55
I	3.49	55.0	11.03	11.29	14.14	2.64	14.14	44.7	41.6	2.630	1.953	0.39	0.39	0.41	0.41	0.29	0.29	0.89	0.89	0.41	0.41	0.89	0.89	54
J	3.61	52.0	13.05	12.70	14.72	2.75	14.72	47.4	43.8	2.570	2.176	0.68	0.68	0.39	0.39	0.48	0.48	0.62	0.62	0.42	0.42	0.62	0.62	62
K	3.52	52.5	13.35	13.80	13.94	2.50	13.94	51.6	43.4	2.624	2.593	0.40	0.40	0.42	0.42	0.29	0.29	0.41	0.41	0.39	0.39	0.41	0.41	56
L	3.50	52.0	16.00	16.44	14.84	2.87	14.84	46.0	45.1	2.349	2.167	0.83	0.83	0.38	0.38	0.50	0.50	0.45	0.45	0.42	0.42	0.45	0.45	61
M	3.69	73.0	13.70	14.94	14.16	2.76	14.16	51.0	47.9	2.411	2.277	0.81	0.81	0.38	0.38	0.36	0.36	0.53	0.53	0.38	0.38	0.53	0.53	51
N	3.60	69.0	15.35	15.05	14.84	2.85	14.84	37.7	38.7	2.417	1.858	0.60	0.60	0.41	0.41	0.41	0.41	0.54	0.54	0.41	0.41	0.54	0.54	59
O	3.59	56.0	15.61	14.27	14.02	2.76	14.02	45.7	44.2	1.796	1.601	0.86	0.86	0.46	0.46	0.49	0.49	0.62	0.62	0.46	0.46	0.62	0.62	58
P	3.70	52.0	14.46	16.81	14.84	2.69	14.84	44.0	40.9	2.586	2.249	0.85	0.85	0.40	0.40	0.34	0.34	0.51	0.51	0.40	0.40	0.51	0.51	60
Q	3.67	74.0	13.55	12.83	13.85	2.68	13.85	52.4	45.3	3.039	3.240	0.77	0.77	0.67	0.67	0.49	0.49	0.68	0.68	0.67	0.67	0.68	0.68	59
R	3.61	56.0	16.20	16.68	14.76	2.80	14.76	44.0	40.5	2.504	2.549	0.66	0.66	0.53	0.53	0.41	0.41	0.50	0.50	0.53	0.53	0.50	0.50	62
S	3.68	72.5	14.87	14.45	15.37	2.74	15.37	47.4	41.1	2.436	1.946	0.67	0.67	0.56	0.56	0.50	0.50	0.71	0.71	0.56	0.56	0.71	0.71	60
T	3.55	60.5	15.65	16.50	15.08	2.86	15.08	51.1	46.5	3.235	3.148	1.01	1.01	0.66	0.66	0.51	0.51	0.64	0.64	0.66	0.66	0.64	0.64	61
U	3.68	64.0	11.07	10.66	13.68	2.55	13.68	45.1	37.3	2.191	1.607	0.63	0.63	0.55	0.55	0.32	0.32	0.49	0.49	0.55	0.55	0.49	0.49	59

表6. 競技パフォーマンスとフィールドテストとの相関関係

テスト項目	レースタイム	インターバルランタイム			ハードリングタイム		
		アプローチ	3-4台目	9-10台目	1台目	4台目	10台目
身長	0.136	0.502*	0.382	0.368	-0.444*	-0.470*	-0.315
体重	0.205	0.456*	0.158	0.194	0.032	0.022	0.099
体脂肪率	-0.115	0.135	-0.170	-0.212	0.111	-0.160	-0.051
除脂肪体重	0.221	0.374	0.200	0.249	-0.017	0.064	0.096
下肢長	-0.219	0.411	-0.108	-0.130	-0.249	-0.458*	-0.420
胸囲	0.022	0.241	0.112	0.245	-0.084	-0.288	-0.254
大腿囲利	0.218	0.292	0.042	0.080	0.149	0.273	0.238
大腿囲非	0.256	0.391	0.106	0.144	0.150	0.238	0.216
30m走	0.576**	0.421	0.596**	0.488*	-0.185	0.005	0.093
長座体前屈	0.567**	0.221	0.527*	0.386	0.255	0.160	0.415
MB F	-0.051	0.185	-0.080	-0.010	-0.024	-0.086	-0.040
MB B	-0.014	0.238	-0.041	0.021	0.084	-0.007	-0.059
立幅跳び	-0.373	-0.249	-0.374	-0.305	0.054	-0.121	-0.146
立五段	-0.095	-0.093	-0.185	-0.089	0.218	0.098	0.057
CMJ跳躍高	-0.390	-0.538*	-0.490*	-0.421	0.339	0.013	-0.046
SJ跳躍高	-0.558**	-0.512*	-0.630**	-0.685***	0.253	-0.092	-0.155
RJ指数	-0.180	-0.415	-0.225	-0.147	0.358	0.059	-0.158
DJ指数	-0.297	-0.459*	-0.331	-0.226	0.361	-0.127	-0.259
膝関節伸展筋力 /体重	0.248	0.079	0.022	0.004	0.336	0.374	0.292
膝関節屈曲筋力 /体重	0.137	0.000	-0.018	0.063	0.116	0.142	0.263
股関節伸展筋力 /体重	0.292	-0.174	0.107	0.176	0.411	0.320	0.426
股関節屈曲筋力 /体重	0.043	-0.035	-0.020	-0.002	-0.045	0.113	0.002
ST	0.515*	0.215	0.316	0.361	0.396	0.465*	0.538*

\* p&lt;0.05(n=21:0.433) \*\* p&lt;0.01(n=21:0.549) \*\*\*p&lt;0.001(n=21:0.665)



表7. レースタイムを従属変数としたときの回帰式

従属変数	回帰式	R	R <sup>2</sup>	SEE
レースタイム	(モデル1) = $19.272 - 0.097 \times \text{SJ}$ (モデル2) = $18.652 - 0.102 \times \text{SJ} + 1.647 \times \text{股関節伸展筋力/体重}$	0.614 0.677	0.377 0.459	0.498 0.478

表8. インターバルランタイムを従属変数としたときの回帰式

従属変数	回帰式	R	R <sup>2</sup>	SEE
インターバルランタイム	アプローチ = $2.854 - 0.010 \times \text{CMJ}$ 3-4台目 = $1.038 - 0.007 \times \text{SJ}$ 9-10台目 = $1.181 - 0.009 \times \text{SJ}$	0.557 0.661 0.728	0.310 0.437 0.531	0.074 0.033 0.033

表9. ハードリングタイムを従属変数としたときの回帰式

従属変数	回帰式	R	R <sup>2</sup>	SEE
ハードリングタイム	1台目 = $0.345 + 0.165 \times \text{股関節伸展筋力/体重}$ 4台目 = $0.244 + 0.003 \times \text{ST}$ 10台目 = $0.214 + 0.004 \times \text{ST}$	0.423 0.460 0.517	0.179 0.211 0.267	0.039 0.026 0.028

表10. SJおよびRJの標準化係数による貢献度の比較

レースタイム	インターバルランタイム			
	アプローチ区間	3-4台目区間	9-10台目区間	
SJ	-0.573	-0.404	-0.645	-0.741
RJ	0.039	-0.269	-0.040	-0.126

附表

略語一覧	
略語	正式表示
110mH	110 meters hurdles(110メートルハードル走)
SSC	Stretch-Shortning Cycle(伸張・短縮サイクル)
MBF	Medicine ball forward throw(メディシンボール前方投げ)
MBB	Medicine ball backward throw(メディシンボール後方投げ)
CMJ	Counter movement jump(カウンタームーブメントジャンプ)
SJ	Squat jump(スクワットジャンプ)
RJ	Rebound jump(リバウンドジャンプ)
DJ	Drop jump(ドロップジャンプ)
ST	Stepping test(ステップングテスト)