

全力疾走反復条件下におけるパフォーマンス動態

Dynamic state of performances in repeated maximal sprint running

杉 林 孝 法 (筑波大学体育研究科)

村 木 征 人 (筑波大学体育科学系)

伊 藤 浩 志 (筑波大学体育科学研究科)

Takanori Sugibayashi *

Yukito Muraki **

Koji Ito ***

Abstract

The purpose of this study was to investigate the dynamic state of sprint performance in repeated maximal sprint running. Fifteen well-trained male athletes were employed as the subjects. Each subject was requested to perform 60 meters maximal sprint in 10 repetitions. The mean running velocity, step frequency, step length, support and flight time were measured from VTR images during 40-60m section as the maximal velocity phase.

The results of this study are summarized as follows;

- 1) The mean running velocity gradually decreased with increasing repetitions. Especially in the 7, 9 and 10 trials, these became lower than the other trials.
- 2) In regard to the movement, the ratio of step frequency-length increased as the result of increasing the step frequency and decreasing the step length.
- 3) At the final trial, the step frequency increased and the step length decreased due to “the last effect”.

Key words: Dynamic state of performances, Maximal sprint running, Number of repetitions, The last effect

* Master's Program of Health and Sports Sciences, University of Tsukuba

** Institute of Health and Sports Sciences, University of Tsukuba

*** Doctoral Program of Health and Sports Sciences, University of Tsukuba

I. 緒 言

瞬発系スポーツ種目では、最高パフォーマンス達成のためにスピード、パワー等の最大限の発揮が求められる。そのため、トレーニングにおいても“最大”発揮を目指した手段が用いられ、トップフォーム獲得にとって重要な位置付けとなっている。一方それら“最大”は通常、主観的な強度指標である「全力（最大努力）」によって目指される。

「全力疾走」は、陸上競技のスプリントトレーニングの中でも最大疾走速度の発揮を目指した最も基本的なトレーニング手段であり、全力疾走を用いたトレーニングはスプリントトレーニングの中核を成していると言える。この全力疾走のパフォーマンス特性は、最大下努力度によるパフォーマンスとの対比によって説明することができる。高強度領域（90-100%）での主観的努力度の変化が疾走パフォーマンスに与える影響を検討した研究¹²⁾では、全力疾走時において最大疾走速度の平均値は最高値を示したが、一方で全力疾走時には不適切なピッチ・ストライド関係による“スピードの頭打ち”現象も見られたことが報告されている。このことは、全力疾走時における技術要求レベルの高さを物語っており、同様のことはこれまでも数多く指摘されている^{4,6,7,9,10,12,13,14,15,17)}。この問題に影響する要因として、最大スピード下では緊張の全身への汎化が起こり、知覚的な運動修正が極めて困難である¹¹⁾ことが挙げられる。また、全力疾走は最大下での疾走に比べて心的負荷が高く、リラクセーションの獲得が困難である⁸⁾ことも原因の一端と言えるだろう。

一般に、全力疾走を用いたトレーニングは完全休養を挟んだ反復法で行われる¹¹⁾。そこでは最大スピードの養成、技術・動作面の定着・安定化が目指され、習熟過程で獲得された身体的・技術的要素を高次に融合させる方法として利用価値が高い。その一方で、最大スピードによるスプリントを反復することにより動的ステレオタイプが形成され、上記の“スピードの頭打ち”現象を招くというネガティブな作用が問題視されている。この

ように、全力疾走の反復トレーニングではその効果の際立った両面性が特徴的である。

これらのことから、全力疾走の反復トレーニングでは「いかに最大疾走速度を引き出すか」という本質的な課題に基づいた技術・動作面の高い意識性ととともに、狙いとするトレーニング効果を導くような負荷設定の見極めが不可欠である。しかし、実際に全力疾走を反復したときのパフォーマンスに関する基礎的知見が不足しているため、上記のトレーニング問題に対する指針は未だ不十分と言わざるを得ない。

本研究の目的は、全力疾走反復時のパフォーマンス動態を明らかにすることで、その際に内在する諸問題について検討し、トレーニング方法に関する基礎的知見を得ることである。なお、本研究の研究目的を達成するために次の2つの課題を設けた。(1)中間疾走局面における疾走速度の動態およびその要因を明らかにする。(2)全力疾走反復試技における適正反復回数を導き出し、トレーニング実践上の諸問題とその対策について検討する。

II. 研究方法

1. 被験者

陸上競技跳躍種目を専門とする男子大学生15名が本研究に参加した。被験者の身体特性は、身長 177 ± 5.9 cm、体重 64.9 ± 4.1 kgであった。

なお、被験者には本研究の主旨を十分説明し、よく理解してもらった上で参加の同意を得た。

2. 試技

十分なウォーミングアップの後、スタンディング・スタートからの60m全力疾走を10本行わせた。被験者には60m区間の全てを全力で走るように指示した。また、試技間は少なくとも15分以上の十分な休息を取り、疲労の影響が残らないようにし、試技後にはアンケート形式により試技の出来映えについての内省報告を求めた。

3. 測定方法

全試技において、側方から8mmビデオ(60fps)

により40-60m区間を撮影した。撮影方法はパンニングによる2次元撮影を行った。また、光電管を用いて疾走中の10mごとの区間通過時間を計測した。試技直後には、試技の出来映えを評価するために「ピッチの頭打ち」「疲労感」「力み」の3項目について質問紙によるアンケートを実施した。

4. 測定項目

撮影されたVTR画像はコンピュータ画像と合成され、接地位置の座標とコンピュータにおける座標を実際の長さに変換するため、4つの較正点の座標をコンピュータに取り込んだ。取り込まれた4つの較正点座標から較正点係数が得られ、それにより接地位置の実長換算を行った。

本研究で測定された項目は以下の通りである。

(1) 中間疾走局面における平均疾走速度

中間疾走局面における平均疾走速度は、40-60m区間の一步ごとのピッチとストライドの積を平均して算出した。

(2) 10mごとの区間平均疾走速度

光電管により得られた区間通過タイムから、各区間の平均疾走速度を算出した。得られた区間平均疾走速度は、中間疾走局面の区間設定に関する妥当性の検証に用いられた。

(3) 中間疾走局面における平均ピッチおよびストライド

ピッチはVTR画像より一步ごとの接地瞬間の時間を求め、右(左)足接地から左(右)足接地に要する時間を算出し、その逆数とした。また、ストライドは同様に一步ごとの足先の接地位置をデジタルにより求め、右(左)足接地位置から左(右)足接地位置までの距離とした。

(4) ピッチ・ストライド比

1歩ごとのピッチはそれに対応するストライドで除して算出した。これは1歩ごとの疾走速度がピッチ、ストライドのどちらにより依存しているかを検討するためである。この値が大きくなればピッチへの依存が大きく、小さくなればストライドへの依存が大きくなることを意味する。

(5) 中間疾走局面における平均支持時間、滞空時間および滞空時間比

接地時間はVTR画像より1歩ごとの接地および離地瞬間の時間を求め、右(左)足の接地瞬間から離地瞬間までの時間とした。滞空時間は、右(左)足の離地瞬間から左(右)足の接地瞬間までの時間とした。滞空時間比は、1歩ごとに滞空時間を接地時間で除して算出した。

(6) 試技内容に関する知覚の評価

試技直後に、「ピッチの頭打ち」「疲労感」「力み」の3項目による自省報告を求めた。それぞれ、「まったくない」を「1」とし、「あまりない」「どちらでもない」「ややあった」「とてもあった」までの5段階評価とした。得られた数値はそのまま得点化し、試技内容に関する知覚の評価として用いた。

5. 統計処理

中間疾走局面における平均疾走速度、ピッチ、ストライド、滞空時間、支持時間、ピッチ・ストライド比、滞空時間比および心拍数の試技間の差の検定には、繰り返しのある1元配置分散分析を用いた。これらで有意差が認められたものに関しては、その後Tukeyの方法によって多重比較検定を行い、危険率5%をもって有意水準とした。

Ⅲ. 結 果

1. 最大疾走速度局面としての40-60m区間の妥当性

本研究では、先行研究に基づき、最高疾走速度が出現する区間(中間疾走局面)として40-60m区間を設定した。この区間に対する妥当性を、各区間(0~60mまでの10mごとの6区間)における平均疾走速度および最高疾走速度の出現率によって検証した。Table 1は各区間における平均疾走速度の被験者間平均とその最大値を基準とした相対値および最大疾走速度の出現率を示している。

区間平均疾走速度は30-40m区間で 9.32 ± 0.04 、40-50m区間で 9.34 ± 0.07 、50-60m区間で 9.38 ± 0.07 m/secと順に高くなり、50-60m区間で最高となった。相対値は30-40m区間から順に99.4、99.6、100%であった。したがって、30-40m区間において疾走速度はほぼ最大に近いレベルに達し

Table 1 Comparison of the mean running velocity, the relative running velocity to the maximum as 100, and the rate of appearance of the maximum running velocity in each running section.

	0-10m	10-20m	20-30m	30-40m	40-50m	50-60m
Running velocity (m/sec)	4.44±0.09	8.21±0.04	9.08±0.04	9.32±0.04	9.34±0.07	9.38±0.07
Relative running velocity (%)	47.3	87.5	96.8	99.4	99.6	100.0
Frequency of peak velocity (%)	0.0	0.0	0.7	23.3	47.3	28.7

ていたと言える。一方で、最大疾走速度出現率は30-40m区間から順に23.3, 47.3, 28.7%となり、40-50m区間以降により多く出現した。また、40-60m区間は合計で76.0%を占めた。これらのことから、最大疾走速度の出現区間である中間疾走局面として40-60m区間は妥当であることが確認された。

2. 中間疾走局面における平均疾走速度の動態

パフォーマンスの全体傾向を把握するために、中間疾走局面における平均疾走速度の推移および試技順別の最大速度出現頻度を調べた。Fig. 1は中間疾走局面における平均疾走速度の平均値の推移および各試技における最大疾走速度の出現度数をヒストグラムで同時に表している。

平均疾走速度の平均値は2本目にピーク(9.54±0.35m/sec)を迎えた後、6本目までは総じて比較的緩やかに減少しながら、ほぼ一定の水準を

維持していた。試技後半は、8本目に一時的な回復は見せるものの、7, 9および10本目に見られるような大きな速度減少が特徴的であった。なお、10本目の標準偏差は全試技中の最高値(9.35±0.42m/sec)を示した。また、2と9, 10本目の間には有意な差が認められた(p<0.05)。

各被験者の最大疾走速度の出現頻度は、1本目に5名と最多であった。また、前半4回目までに15名中11名と大半が最大疾走速度を達成していた。その後8本目まで達成者はおらず、9本目に1名、さらに最終10本目には3名が最大疾走速度をマークした。

このように、中間疾走局面における平均疾走速度は試技を重ねるに連れて総じて減少していく傾向にあった。また、試技後半の7, 9および10本目は前半試技と比べて低い疾走速度であったが、10本目に最大疾走速度を引き出した被験者もおり、ここではむしろ個別性が際立っていたと言える。

3. 中間疾走局面における平均疾走速度のばらつき

パフォーマンスのばらつきの全体傾向として、中間疾走局面における疾走速度のばらつきを検討した。Fig. 2の上段は平均疾走速度の被験者内における10本中のばらつきを示す範囲(=最大-最小値間の範囲)の分布を、下段は被験者内変動係数(CV)の分布を示している。

最大-最小値間の範囲の分布は0.4~0.5m/secの間で5人と最も多く、値は最大でも0.8m/sec未満の範囲内であった。被験者内CVでは0.9~1.2, 1.2~1.5および1.8~2.1%の間が3人と多く、値は最大でも2.7%未満の範囲内であった。また、被験者内CVの平均は1.53±0.51%であった。

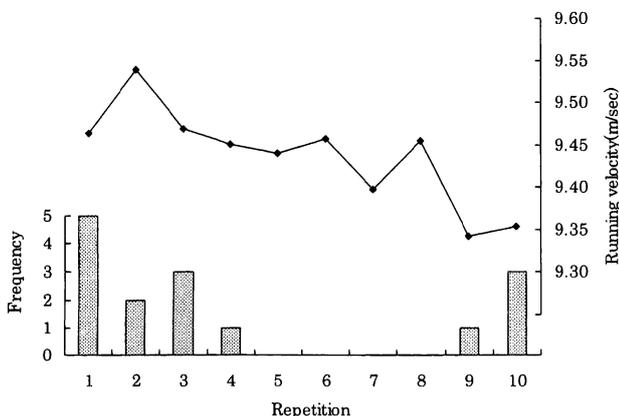


Fig. 1 Changes of the mean running velocity and the frequency of appearance of the maximum running velocity during the maintaining or top-speed phase of 40-60m by repetition.

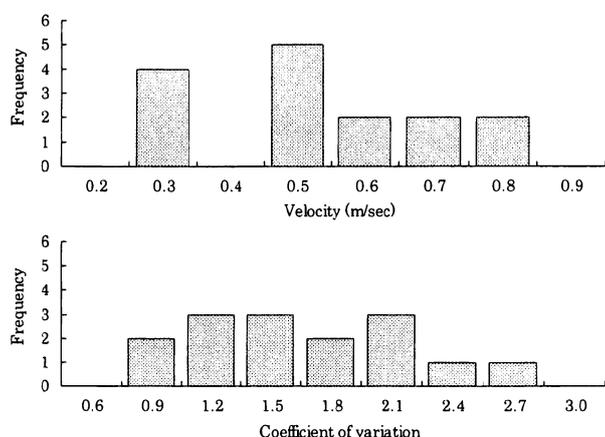


Fig. 2 Distribution of the range between the maximum and the minimum running velocity [Top] and the coefficient of variation [Bottom] of each subject in all repetitions during the maintaining phase of 40-60m.

4. 中間疾走局面における平均ピッチおよびストライドの動態

中間疾走局面における平均ピッチおよびストライドの動態を、ピッチ・ストライド比とともに絶対値および相対値の推移から検討した。Fig. 3は中間疾走局面における平均ピッチおよびストライドの平均値の推移を示している。

平均ピッチは1本目に最小値 (4.23 ± 0.21 Hz), 10本目に最大値 (4.39 ± 0.25) が出現し, 2, 5 および10本目に大幅な増加が見られた。また5~9本目まではほぼ横ばいであり, ピッチの安定した推移が見られた。全体を通して平均ピッチは試技を繰り返すごとに増加していく傾向が見られた。また1と5, 6, 7, 8, 9, 10本目, 3と10本目, 4と10本目との間に有意な差が見られた ($p < 0.05$)。

平均ストライドは1本目に最大値 (2.24 ± 0.09 m), 10本目に最小値 (2.14 ± 0.10) が出現し, 全体を通して減少していく傾向が見られた。また1と5, 6, 7, 8, 9, 10本目, 2と7, 9, 10本目との間に有意な差が見られた ($p < 0.05$)。

Fig. 4はピッチ・ストライド比の平均値の推移を示している。

ピッチ・ストライド比はピッチをストライドで除した値であり, 疾走速度がピッチとストライド

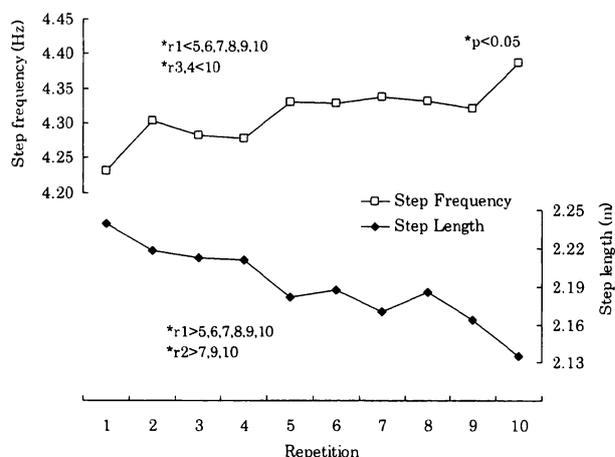


Fig. 3 Changes of means of step frequency (pitch) and step length (stride) during the maintaining phase of 40-60m by repetition.

のどちらにより依存しているかを検討するために用いた。すなわち, この値が大きくなることはピッチへの依存度が大きくなることを意味し, その逆はストライドによる依存度が大きくなることを意味している。

ピッチ・ストライド比は5~9本目にかけて比較的安定したが, 全体的には増加していく傾向にあった。つまり試技を繰り返していくことで, よりピッチへの依存度が高まっていった。なかでも, 2, 5 および10本目には顕著な増加が見られた。また1と5, 6, 7, 8, 9, 10本目, 2と10本目, 3と10本目, 4と7, 10本目, 5と10本目, 6と10本目, 8と10本目との間に有意な差が認められた ($p < 0.05$)。

全体傾向として, 平均ピッチと平均ストライドは全試技を通してほぼ対称的な推移を示し, 両者の間に相殺的な関係が見られた。また, 5~9本目にかけてのピッチおよびストライドはそれまでに比べると比較的狭い範囲で推移したが, 中でもピッチはほぼ定常状態であったため, 7および9本目に見られるピッチ・ストライド比の増加は主に平均ストライドの減少によるものであった。また, 最終試技の10本目には再び平均ピッチの増加およびストライドの減少によってピッチ・ストライド比は顕著に増加した。

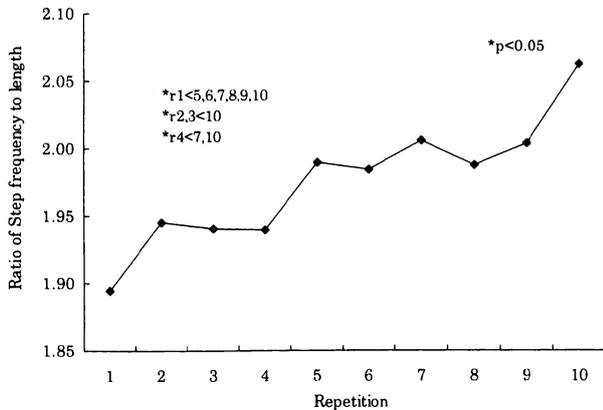


Fig. 4 Changes of mean pitch-stride ratio during the maintaining phase by repetition.

5. 中間疾走局面における平均滞空時間および支持時間の動態

中間疾走局面における平均支持時間および滞空時間の動態を、滞空時間比とともに絶対値および相対値の推移から検討した。Fig. 5 は平均支持時間および滞空時間の平均値の推移を表している。

平均支持時間は1本目から4本目まではほぼ直線的に増加し、その後6本目までは緩やかに減少した。7本目以降は試技毎に増減を繰り返したが、7および9本目の減少は1本目と同レベルにとどまった。また1本目と4本目、4本目と9、10本目との間に有意な差が認められた ($p < 0.05$)。

平均滞空時間は2本目に顕著に減少し、その後5本目まで減少を続けた。平均支持時間と同様に7本目以降は試技毎に増減を繰り返し、10本目に最小値 ($0.123 \pm 0.01 \text{sec}$) となった。また1と2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10本目, 2と10本目, 3と10本目, 7と10本目, 9と10本目との間に有意な差が認められた ($p < 0.05$)。

Fig. 6 は滞空時間比の平均値の推移を示している。

滞空時間比は1本目を最高値 (1.34 ± 0.17) として5本目の最低値 (1.20 ± 0.18) まで減少した。その後増減を繰り返すが、5本目の値を下回ることにはなかった。また、1と3, 4, 5, 6, 8, 10本目, 5と9本目, 8と9本目との間に有意な差が認められた ($p < 0.05$)。

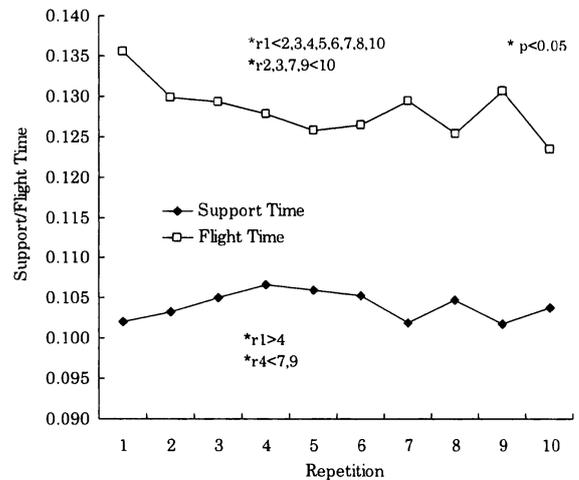


Fig. 5 Changes of means of support and flight time during the maintaining phase by repetition.

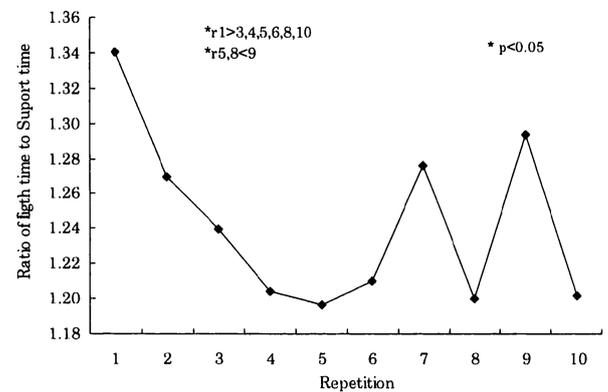


Fig. 6 Changes of the mean flight time ratio to the support time during the maintaining phase by repetition.

全体傾向として、平均支持時間および滞空時間は全試技を通してほぼ対称的な推移を示し、両者の間に相殺的な関係が見られた。5本目までは平均支持時間の増加と滞空時間の減少によって滞空時間比も減少したが、その後7本目まではそれまでとは逆の方向に推移した。つまり平均支持時間の減少と滞空時間の増加により、滞空時間比が増加した。8本目以降は支持時間と滞空時間の関係が試技ごとに交錯し、滞空時間比もそれに伴って増減した。

6. 試技内容に関する知覚および心拍数の推移

Fig. 7 は試技直後に求めた内省報告による

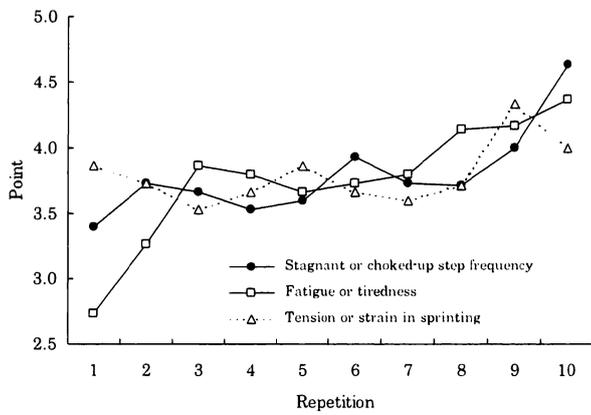


Fig. 7 Changes of scores of perceptual self-examined answer on their trials to the rated scale on the following aspects: (●) stagnant or choked-up step frequency, (□) fatigue or tiredness, (△) tension or strain in sprinting.

「ピッチの頭打ち」, 「疲労感」および「力み」の変化を5段階評価によって得点化し, その平均値の推移を示したものである。

「ピッチの頭打ち」は増減を繰り返しながら総じて増加する傾向にあり, 最終試技の10本目が最も高くなった。「疲労感」は前半3本目まで顕著な増加がみられたが, その後7本目までは横ばいで, 8本目に再び増加した後はその水準で推移した。「力み」は8本目までは比較的なだらかに推移したが, その後9本目には顕著に増加し, 最終10本目にはやや減少した。

Fig. 8は試技直前に計測された心拍数の安静時を基準とした相対値の推移を示している。

心拍数の相対値は2本目に顕著に増加した後5本目まで緩やかに増加し続け, その後7本目までは減少した。8本目以降は再び増加に転じ, 最終の10本目には顕著に高い値を示した。また1と5, 9, 10本目, 2と10本目, 3と10本目, 4と10本目, 5と10本目, 6と10本目, 7と10本目, 8と10本目との間に有意な差が認められた ($p < 0.05$)。

IV. 考 察

1. 中間疾走局面における平均疾走速度の変動とその要因

本研究では, 中間疾走局面の平均疾走速度は試

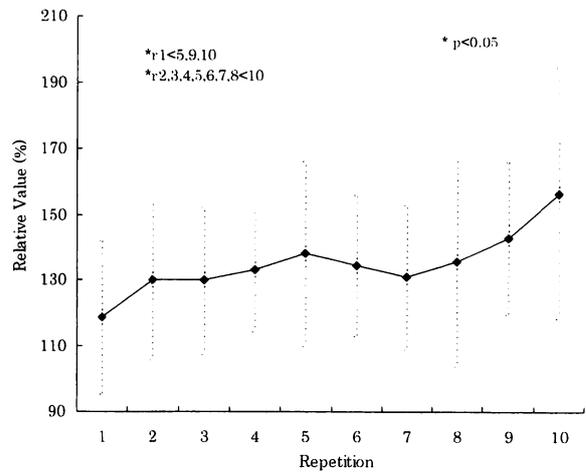


Fig. 8 Changes of mean relative heart rate taken immediately before start of each trial to the resting value as 100.

技を重ねるにつれて徐々に減少するものの, 6本目までは一定の水準を維持し, その後の試技では7, 9および10本目に見られるような大きな速度減少を見せた。また, 最大疾走速度は, 4本目までに大半の被験者が達成していた。これらのことから, 全力疾走の反復試技条件下においては, 試技後半まで安定して高いスピードレベルを維持することは困難であったと考えられる。

また, このような平均疾走速度のばらつきを, 被験者内における10本中の最大-最小値間の範囲の分布および被験者内 CV を用いて検討した。これまでに全力疾走を扱った研究のなかで再現性の観点から検討されたもの^{6,7)}では, 全力疾走は最大下努力度のものに比べて再現性が高いと報告されている。本研究における平均疾走速度のばらつきは最大でも2.7%以内であった。本研究では最大下努力度との直接比較はできないが, このばらつきは先行研究のデータを参照しても小さい変動幅であったといえる。

以下では平均疾走速度の変動要因を, 平均ピッチ, ストライド, 支持時間, 滞空時間, また, ピッチ・ストライド比および滞空時間比から検討する。

全力疾走を反復することによって平均ピッチは総じて増加, ストライドは減少傾向を示し, ピッチ・ストライド比は増加した。つまり, 全力疾走

を反復することによる中間疾走局面の質的変化の特徴は、よりピッチ型への移行と捉えることができる。

村木⁹⁾は、速度レベルの違いによる疾走フォームの違いを検討し、比較的高強度(80%以上)における疾走では、ストライドを犠牲にしてまでもピッチを高めることによって速度を上げると報告している。本研究では10本全てが全力試技であったにも関わらず、試技前半からすでにピッチ型へ移行するという結果が得られた。このことは、走者の「より速く」という意図が、全力疾走の繰り返しにおいてもピッチ型への移行を引き起こさせたものと考えられる。

また、ピッチ・ストライド比は5本目まではピッチの増加とストライドの減少双方の影響によって変動したが、5～9本目はピッチが定常状態であったため、ほぼストライドの減少によってのみ変動した。そのため、変動幅も5本目までと比べて狭いものであった。これらのことから、5本目を境にピッチ・ストライド関係は一定の水準に達し、また質的にも変化が生じたものと考えられる。

平均支持時間は試技を重ねるごとに変動したが、1本目の0.102secを下回ることにはなかった(Fig.5)。鈴木ら¹⁹⁾は様々なスピード下による疾走フォームの違いを検討し、7～8 m/sec以上の高速度領域では支持時間の短縮は望めないと述べている。したがって、本研究で得られたこの値は支持時間の限界値であると考えられる。

鈴木ら¹⁸⁾はまた、高強度領域においてさらにピッチを高めるためには、滞空時間を減少させる必要があると指摘している。本研究においては5本目までは特徴的にピッチの増加に伴い滞空時間が減少したため、先行研究と同様な結果が得られた。しかし滞空時間の減少に伴い、支持時間は逆に増加する傾向にあった。このことから、全力疾走のような高速度領域での試技の反復過程においては、ピッチを高めるために滞空時間を短縮させるが、その代償として支持時間の増加を引き起こしていたと考えられる。

一方、6本目以降における滞空時間と支持時間

の関係は、7および9本目に見られるように安定性を欠いた。しかし、同試技時におけるピッチは定常状態であり、ストライドが7および9本目に減少した。伊藤⁵⁾は様々な努力度(60, 70, 80, 90%, 全力)における50m疾走のパフォーマンス(スタートから30m区間を抽出)と知覚の差を検討し、ピッチに対する知覚は各努力度に応じて正確に認識されたが、ストライドの知覚には実際の動作とずれが見られたと報告している。また、高速度域における疾走速度の変化はピッチの変化により依存するとされ^{1,9)}、疾走速度の調整基準としてのピッチ(テンポ面)の重要性が指摘されている。したがって、全力疾走を反復する過程においても同様に、高い疾走速度の維持のためにはストライドの減少を招いてまでもピッチ(テンポ面)の優先的な確保に努めるようになると考えられる。

また、この7および9本目のピッチの確保は、5本目までの試技が滞空時間の減少に伴う支持時間の増加という積極的な方向であるのに対し、逆に滞空時間の増加と支持時間の減少という消極的な変化と捉えられるものであった(Fig.5)。最大スピードによる疾走の運動抑制問題は、ストライドが押さえられ、過度にピッチが高められることが原因であるとされている。本研究で見られた7および9本目のようなピッチへの過度の依存化現象は、運動抑制現象の兆候と捉えることができる。

なお、最終試技の10本目は9本目とほぼ同程度の平均疾走速度であったにもかかわらず、動作面では顕著なピッチの増加およびストライドの減少が見られた。これについては後で考察する。

2. 適正反復回数およびトレーニング実践上の諸問題について

ここでは、全力疾走反復試技における適性反復回数を、中間疾走局面における平均疾走速度の動態およびその変動要因から総合的に検討する。また、これらのデータから得られるトレーニング実践上の諸問題についても検討する。

中間疾走局面における平均疾走速度は総じて低

下する傾向にあり、6本目までは緩やかに減少しながらも一定の水準を維持していた。また、最大疾走速度は1本目の最多5名を筆頭に、4本目までの比較的前半の試技において大半の被験者が達成していた。このことは、最大疾走速度を達成するためには比較的前半の試技が有利であることを改めて実証するものであろう。また、7本目以降には、7、9および10本目のように大きな速度減少が見られ、その要因としては過度のピッチ型への移行が挙げられた。40mの全力疾走を15本反復させ、そのときの疾走速度と生理的負荷を測定した先行研究¹⁶⁾においてもこのような反復方法の生理的負荷の高さが示されている。本研究においても、このことが後半試技のパフォーマンスに影響を与えたことは容易に推察できる。また、各試技後に調査されたアンケート結果および心拍数は、このことを支持するものと考えられる。これらを踏まえると、本研究で用いたような60m全力疾走の反復条件下において、高いスピードレベルを保ち、なおかつ技術・動作面のより高い意識・課題性を留め、狙いとするトレーニング効果を得るための反復回数には、6本程度が推奨される。

また、本研究では支持時間の増加を伴った滞空時間の減少により、ピッチ・ストライド関係のピッチ型への移行が見られた。このことは全力疾走を反復することによる最大の特徴であると言える。全力疾走の反復トレーニングは主に専門的準備期に用いられるが、このような動作面の変化様式は、習熟過程で獲得された身体的・技術的要素の高次の融合というトレーニング目的にとって有効に作用すると考えられる。また、5～9本目に見られたピッチ（テンポ面）の定常化は、動作の定着・安定化に重要な意味を持つと考えられる。

一方、後半試技の7および9本目にみられたような運動抑制現象の兆候は、繰り返し行うことによって定着し、動的ステレオタイプの形成を招く恐れがあると考えられる。また、7および9本目の滞空時間比は最高疾走速度が得られた2本目とほぼ同レベルであったが、ピッチは2本目より高く、ストライドは有意に低かった。このことから、7および9本目は高い回転数の割には前進性

に乏しい「空回った」走りになっていたと思われる。したがって、ピッチ型への移行は全力疾走反復による最大の特徴でありながら、特に試技後半においては、イオーノフ³⁾が指摘するように、ストライドをある程度意識的に確保する必要があると言える。また、トレーニング方法に関しても、運動抑制現象の発生を回避し、心身をフレッシュに保ちスピードレベルを維持するための、小単位のセットを長時間の休息を挟んで行うセット方式がここで検討され得るであろう。併せて、技術・動作面の改善に主眼を置いたトレーニングも組み込み、随時最適なピッチ・ストライド関係の点検に努める必要がある。

3. “ラスト効果”について

最終試技の10本目の平均疾走速度は9本目とほぼ同等であったが、被験者間のばらつきが大きく、3名が最終試技に最大速度を発揮したように（Fig.1）、最終試技に顕著に疾走速度が増加するタイプと逆に減少するタイプが見られた。同様に、10本目には顕著なピッチの増加およびストライドの減少が見られ、それに伴ってピッチ・ストライド比も増加、つまりピッチ型に移行した。一方で、滞空時間比は5本目の値とほぼ同等であった。また、心拍数は興奮度合いや緊張度合いの影響を大きく反映する²⁾とされているが、10本目の心拍数はほとんどの試技と有意な差が認められ、顕著に高い値を示した（Fig.8）。疾走時の知覚においては「ピッチの頭打ち」が10本目に最大となった。これらのことから総合的に判断すると、10本目の「最終試技」という意識が被験者の興奮性・緊張感を高め、パフォーマンスに影響を与えたものと考えられる。また、このことはトレーニング現場または試合場面でよく経験される“ラスト効果”と符合するものである。

このようなラスト効果はプロトコルによる影響として検討されたが、実質的なトレーニング問題としては、興奮度や集中度合いとパフォーマンスとの関係として抽出することもできる。またその影響がパフォーマンスに与える影響が個別性に富んでいたことは興味深い。この問題はトレーニン

グ実践において極めて重要な意味を持つものであり、さらなる検討が必要である。

V. まとめおよび実践面への示唆

本研究によって、以下のことが明らかとなった。

- 1) 中間疾走局面における平均疾走速度は試技を重ねるにつれて徐々に低下するが、6本目までは一定の水準を維持した。また、被験者の大半は前半4本目までに最高速度を達成した。動作面では、全力疾走を反復することでよりピッチ型の疾走へと移行するが、中でも試技前半は支持時間の増加を伴う滞空時間の減少によってピッチを高めた。後半試技(7, 9および10本目)ではより顕著な疾走速度の低下が見られ、特に7および9本目のピッチへの過度な依存化は運動抑制現象の兆候と見なされた。
- 2) 本研究で用いたような60m全力疾走の反復条件下において、高いスピードレベルを保ち、なおかつ技術・動作面のより高い意識・課題性を留め、狙いとするトレーニング効果を得るための反復回数には、6本程度が推奨される。また、トレーニング実践上の問題への対策として、以下の2点を実践面の示唆として挙げる事ができる。第1は、小単位のセットを長時間の休息を挟んで遂行するセット方式である。この狙いは画一的な反復による運動抑制現象の発生回避とともに、心身のリフレッシュを挟むことでスピードレベルおよび集中度を維持することにある。第2は、疾走中の運動修正が比較的容易である最大下努力度による疾走をセット内に適時挿入する方式である。この狙いはテンポ面の膠着の防止およびピッチ・ストライド関係の最適化にある。
- 3) 最終試技の平均疾走速度は、被験者15名中3名が最大速度を発揮したが、逆に減少するタイプも見られ、被験者間で差が見られた。動作面では、全体的にピッチの増加およびストライドの減少による過度なピッチ型の疾走が特徴的であった。このことは、トレーニング現場や試合場面でよく経験される“ラスト効果”と符合した。

引用および参考文献

- 1) 星川保, 宮下充正, 松井秀治: 歩及び走における歩幅と歩数に関する研究. 各種速度における歩幅と歩数の関係. 体育学研究16(3): 157-162, 1971.
- 2) 市村操一, タイペルD: 「アスリーツのためのスポーツ心理学」. 同文書院: pp49-76, 1993.
- 3) イオーノフD著, 岡本正巳訳: ピッチとストライドがスピードに及ぼす影響. 月刊陸上競技2(7): 51-53, 1968.
- 4) 伊藤章, 古場敬子, 金子公有, 淵本隆文: 下肢の動作要因と走速度の関係. 第8回日本バイオメカニクス学会大会論集: pp135-139, 1986.
- 5) 伊藤浩志, 村木征人, 金子元彦: スプリントの加速局面における主観的努力度の変化がパフォーマンスに及ぼす影響. スポーツ方法学研究14(1): 65-76, 2001.
- 6) 伊藤浩志, 村木征人: 全力および最大下努力度によるスプリント走の再現性. 日本体育学会第51回大会号: 436, 1999.
- 7) 伊藤政信, 三條俊彦: 力量と疾走時間の表出における期待強度と表出強度の関係. 体育学研究29(4): 307-314, 1985.
- 8) マトヴェイエフ・LP 著, 江上修代訳: ソビエトスポーツトレーニングの原理. 白帝社: pp236-241, 1985.
- 9) 村木征人: スプリント走における速度強度および歩幅と歩数に関する研究. スプリント走の各種客観速度と主観速度および歩幅との関係. 日本バイオメカニクス学会(編)「身体運動の科学V」. 杏林書院, 東京: pp76-83, 1983.
- 10) 村木征人, 阿江通良, 宮下憲, 伊藤信之: 等張性トウ・トレーニングにおける適正牽引力とトレーニングの即時的効果. 日本体育協会スポーツ科学研究報告No.X スプリントアシステッド・トレーニングに関する研究 第1報: pp9-27, 1988.
- 11) 村木征人: スポーツトレーニング理論. ブックハウスHD, 東京: pp120-121, 1994.
- 12) 村木征人, 伊藤浩志, 半田佳之, 金子元彦, 成万祥: 高強度領域での主観的努力度の変化がスプリントパフォーマンスに与える影響. スポーツ方法学研究12(1): 59-67, 1999.
- 13) 小木曾一之, 串間敦郎, 安井年文, 青山清英: 全力疾走時にみられる疾走スピードの変化特性. 体育学研究41: 449-462, 1997.
- 14) 小木曾一之, 青山清英, 安井年文, 渡辺健二: 「出来る限り速く走る」運動目的に対する身体各セグメントの対応—支持期について—. 身体運動のバイオメカニクス: pp178-183, 1997.
- 15) 小木曾一之, 安井年文, 青山清英, 渡辺健二: 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, 1998.
- 16) P. D. Balsom, J. Y. Seger, B. Sjodin, B. Ekblom : Maximal-Intensity Intermittent Exercise : Effect of Recovery Duration. *Int. J. Sports Med.* 13(7) : 528-533, 1992.
- 17) 杉浦雄策, 佐久間和彦, 青木純一郎 : 牽引走と最大走のバイオメカニカルな比較. 日本体育協会スポーツ科学研究報告 No. X スプリントアシステッド・トレーニングに関する研究 第1報 : pp28-38, 1988.
- 18) 鈴木秀治 : 走運動に關与する神経機構の考察. *J.J. Sports Sci.* 1(4) : 245-253, 1982.
- 19) 鈴木秀治, 渡部士郎, 鈴木正隆, 阿部馨 : ランニングスピード増大に伴って変化する下肢の動きとEMG活動. 第7回日本バイオメカニクス学会大会論集 : pp 55-61, 1984.