

世界と日本の一流男子 800 m 選手のレースパターンの比較

榎本靖士¹⁾ 阿江通良²⁾ 森丘保典³⁾ 杉田正明⁴⁾ 松尾彰文⁵⁾

- 1) 京都教育大学教育学部 2) 筑波大学体育科学系 3) 日本体育協会スポーツ科学研究室
4) 三重大学教育学部 5) 国立スポーツ科学センター

Comparison of the race pattern for the world's and Japanese elite 800 m runners

Yasushi Enomoto¹⁾ Michiyoshi Ae²⁾ Yasunori Morioka³⁾ Masaaki Sugita⁴⁾
Akifumi Matsuo⁵⁾

- 1) Faculty of Education, Kyoto University of Education
2) Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba
3) Sports Science Lab., Japan Amateur Sports Association
4) Faculty of Education, Mie University
5) Japan Institute of Sports Science

Abstract

The purpose of this study was to identify the difference in race patterns between the world's and Japanese elite 800 m runner and to construct a race model for improvement of the race pattern and the performance for Japanese runners. The 800 m races in the international and national level competitions, which include 3rd IAAF World Championships in Athletics Tokyo '91 and Olympic Games in Atlanta '96, were videotaped by two or four VTR cameras. The subjects were seventeen world's elite runners and nineteen Japanese elite runners. Mean running speed, step frequency and step length in each 100 m phase was calculated by the time counting analysis of the VTR images. The results were as follows, 1) the running speed of the world's elite runner was greater than that of the Japanese runner in the 0-120 m and the 500-600 m phase. 2) The running speed through the 800 m race was influenced not by step frequency but step length. 3) There was no great difference in the running speed of the 700-800 m phase between the world's and Japanese elite runner. 4) The subjects were classified into three types, which were the types of speed increase, decrease and maintenance in the last spurt. 5) A model of the race pattern was constructed by averaging the running speeds of the elite runners. These results were suggested that it is useful for the Japanese runner to increase in running speed in the first 120 m and the second half of middle stage and to improve the race pattern as compared with the model in order to improve the 800 m race performance.

I. 緒言

男子 800 m の世界記録は W. キプケテル選手 (デンマーク) が 1997 年に樹立した 1 分 41 秒 11, 日本記録は小野友誠選手 (法政大) が 1994 年に樹立した 1 分 46 秒 18 であり, その差は約 5 秒と大きく, 日本記録は 10 年以上も更新されていない. 世界選手権大会 (以降, 世界陸上) には小野選手が 1995

年イェテボリ大会に出場して以来, 誰も出場していない. 2005 年夏に開催されるヘルシンキ世界陸上の男子 800 m の参加標準記録は A で 1 分 45 秒 40, B で 1 分 46 秒 60 であることを考えると, 男子 800 m 選手にとって日本記録を更新することが 1 つの大きな目標となるであろう. 女子 800 m では杉森美保選手 (京セラ) が日本記録を大きく更新し, アテネオリンピックに出場しており, 日本人選手も 800 m

において国際大会で活躍できる可能性があることを示した。男子 800 m の記録向上は日本陸上界において極めて重要な課題であると言えよう。

800 m において 100 m ごとの平均スピード、平均ピッチおよび平均ストライドのデータは 1991 年東京世界選手権以来、日本陸連科学委員会の活動によって多く蓄積されている。杉田ら(1994, 1995)は、1991 年東京世界陸上や 1994 年広島アジア大会の男子 800 m 決勝におけるレースパターンの分析から、上位入賞者はラストスパートにおいてピッチを増大し、スピードを増大あるいは維持していることを明らかにし、ラストスパートにおけるピッチ増大の重要性を指摘している。しかし、記録向上のためにはラストスパートばかりでなくレース全体にわたって日本人選手の課題を明らかにする必要があると考えられるが、これまで 800 m レース記録とレースパターンの関係に言及した研究はみあたらない。阿江ら(1994)は、男子 100 m におけるレースパターンの分析を行い、一流選手の疾走スピード、ピッチとストライドの変化について検討し、長い加速局面と最高疾走速度の維持など日本人選手が 100 m において好記録を出すための示唆を引き出している。800 m においても世界と日本一流選手のレースパターンの比較から日本一流選手のレースパターンの課題を明らかにすることは 800 m の記録向上に役立つであろう。また、短距離走種目では多くのレースパターンモデルが提示されているが、800 m ではモデルとなるレースパターンが示されていない。

本研究では、男子 800m レースにおけるスピードとピッチおよびストライドを分析し、世界一流選手と日本一流選手のレースパターンを比較することで日本一流選手のレースパターンの課題を検討することと、一流選手のレースパターンモデルを構築することを目的とする。

II. 方法

分析したレースは、1991 年東京世界陸上、1994 年広島アジア大会、1996 年アトランタオリンピック、および 1994 年・2003 年・2004 年日本選手権における男子 800 m 決勝と 1996, 2002 年スーパー陸上、2002, 2003 年ミドルディスタンスチャレンジ男子 800 m で、これらのレースにおいて自己記録あるいは自己記録に近い記録であった世界および日本一流選手を分析対象とした。

分析対象者は、世界一流選手群 (W 群) が 17 名、日本一流選手群 (J 群) が 19 名であった。レース

記録の平均値と標準偏差 (最小値-最大値) は、W 群において 1 分 44 秒 39 \pm 1 秒 46 (1 分 42 秒 17 - 1 分 46 秒 69), J 群において 1 分 48 秒 73 \pm 1 秒 07 (1 分 46 秒 72 - 1 分 50 秒 47) であった。

レースを 2~4 台のビデオカメラでスタートの閃光を映した後、選手を追従撮影し、選手が 120 m 地点、200 m~700 m までの 100 m ごとの地点を通過した時間をビデオ画像から読み取った (最初の 120 m はセパレートレーンを走るため、ブレイクラインの通過で読み取った)。各地点の通過タイムから各 100 m 区間 (ただし最初は 120 m, 次は 80 m とした) に要した時間を算出し、区間タイムと区間平均スピードを算出した。またビデオ画像から各区間において 10 歩に要した時間を読み取り、1 歩の平均時間の逆数を平均ピッチとして算出した。平均スピードを平均ピッチで割ることで各区間の平均ストライドを算出した。以降、これらを単にスピード、ピッチ、ストライドと言う。

W 群と J 群の差を検定するために t 検定を行なった。レース記録とスピード、ピッチおよびストライドとの関係を検討するため、レース記録からレース平均スピード (RV) を算出し、RV と区間スピード、ピッチおよびストライドとの相関係数を算出した。いずれも有意水準は 5%, 1% 以下とした。

なお、本研究は日本陸連科学委員会の活動の一部により行われたものである。

III. 結果と考察

1. 世界一流選手と日本一流選手におけるスピード、ピッチおよびストライドの比較

レース記録は世界一流選手と日本一流選手の間に大きな差があり、レース平均スピードでみると W 群が 7.66 \pm 0.11 m/s, J 群が 7.36 \pm 0.07 m/s と W 群が有意に大きかった ($p < 0.01$)。レースにおける平均ピッチとストライドは、W 群が 3.48 \pm 0.13 steps/s と 2.21 \pm 0.10 m, J 群が 3.52 \pm 0.12 steps/s と 2.10 \pm 0.08 m であった。ピッチには有意差はなかったが、ストライドは W 群が有意に大きかった ($p < 0.01$)。

図 1 は、800 m レースにおける W 群と J 群のスピード、ピッチおよびストライドの変化を平均値と標準偏差で示したものである。W 群のスピードは、0-120 m 区間において最大値を示し、その後徐々に減少し、500-600 m 区間で一度増大するが、その後また減少し 700-800 m 区間において最小値を示した。J 群も W 群とほぼ同様の变化であったが、最大

値は120-200 m区間において見られ、700-800 m区間におけるスピードの減少はW群と比較すると小さかった。W群の標準偏差は0-120 m区間で大きく、中盤では小さくなるが、700-800 m区間で再び大きくなっていった。J群の標準偏差は、序盤ではあまり小さくなく、500-600 m区間でやや大きくなり、700-800 m区間では顕著に大きくなっていった。スピードの大きさはいずれの区間においてもW群がJ群より有意に大きいが(700 mまでの区間： $p < 0.01$, 700-800 m区間： $p < 0.05$)、その差は0-120 m区間と500-600 m区間で大きかった。これらの結果から、世界一流選手の特徴は最初120 mのスピードが大きく、その後徐々に減少するものの2周目バックストレートにおいても比較的大きなスピードを維持していることにあると言えよう。

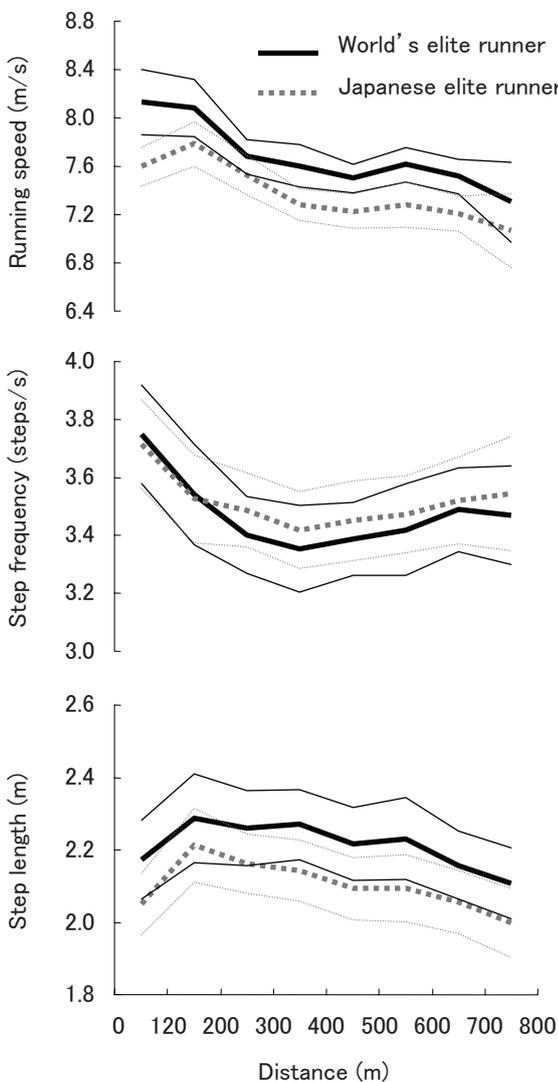


Figure 1 Changes in the running speed, step frequency and step length for the world's and Japanese elite runner during the 800 m races.

図2は、RVと区間スピードおよびストライドとの相関係数を示したものである。RVとスピードとの間にはいずれの区間においても有意な正の相関が示され、相関係数は0-120 mおよび500-600 m区間において大きかった(0-120 m： $r = 0.890$, $p < 0.01$; 500-600 m： $r = 0.818$, $p < 0.01$)。これらは、800 mにおいて記録がよいものほどスタート直後と中盤に大きなスピードで走っていることを示唆するものであり、世界一流選手の特徴と一致する。また、700-800 m区間において相関係数が低く、W群とJ群のスピードにも大きな差がなかったことから、ラスト100 mにおけるスピードは競技レベルによる影響よりも選手のレースパターンによる影響が大きいと考えられる。有吉ら(1974)は実験的に中距離走の最適なペース配分について生理学的指標をもとに検討し、最初速く、徐々にスピードが低下するペース配分がパフォーマンスを高めるために効率がよく、ラストスパートにも効果的であることを報告している。400mハードルでは途中でスピードを増大することが困難であるため、序盤で獲得したスピードをできる限り中盤で維持することが重要であると考えられており(森丘ら, 2000)、800 mにおいても序盤に獲得したスピードを効果的に維持するペース配分が合理的であると考えられる。以上のことから、800 mにおいて記録を向上するためには、スタート後120 mまでの高いスピードの獲得、2周目のバックストレートにおけるスピードの維持、あるいはその増大が重要であり、ラスト100 mにおけるスピードはそれほど重要でないことが示唆される。

RVとストライドの間にはいずれの区間においても有意な相関がみられたが(いずれも $r = 0.5 \sim 0.7$)、120-200 m、600-700 m、700-800 m区間において相関係数は小さかった(120-200 m： $r = 0.532$, $p < 0.01$; 600-700 m： $r = 0.549$, $p < 0.01$; 700-800 m： $r = 0.569$, $p < 0.01$)。一方、図に示していないが、ピッチはいずれの区間においてもRVと有意な相関はみられなかった。星川ら(1971)は、走速度を増大したときのピッチおよびストライドの関係から、速度の増大は最高速度に近づくまではストライドの増大、最高速度に近づくにつれてピッチの増大によることを明らかにし、優れた走者ほどストライドの増大により大きな走速度で走ることができることを報告している。これらのことは、800 mにおいて記録を向上するためにはピッチではなく、ストライドの増大がとくに重要であることを示唆している。しかしながら、ストライドには身長などの形態的要因や脚のパワーなど体力的要因のほか、走技術が影響している

と考えられるため、今後さらに 800 m レースにおいて高いスピードの維持につながる大きなストライドを獲得するための走技術を研究する必要があると考えられる。

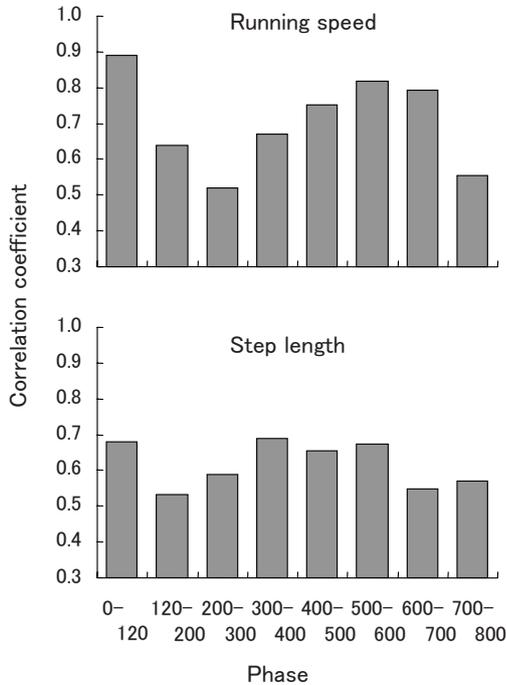


Figure 2 Correlation coefficients of mean running speed in 800 m race to running speed and step length in each 100 m phase during the 800 m race.

2. 一流選手のレースパターンの類型化

短距離走種目ではスピードの変化からレースパターンの類型化が試みられている(阿江ら, 1994; 森丘ら, 2002). 800 m 走においてもレースパターンの類型化は, 選手によって異なるペース配分を検討するうえで役立つと考えられる. 800 m ではレースによっては序盤から中盤のペースが大きく変化することがあるため, ラストパートに着目して類型化を行なった. すなわち, 600-700 m 区間より 700-800 m 区間においてスピードが増大したものをタイプ A, 600-700 m 区間より 700-800 m 区間においてスピードが減少したものをタイプ B とし, タイプ B をさらに 700-800 m 区間のスピードがレース全体の最小値であるタイプ B 1 と最小値ではないタイプ B 2 に分けた.

図 3 は, 典型例によってタイプ別のレースパターンを示したものである. 走者 A はタイプ A の, 走

者 B 1 はタイプ B 1 の, 走者 B 2 はタイプ B 2 の典型例であり, いずれの走者も世界一流選手であった. 400 m までは走者 A のスピードはやや小さかったが, 400-500 m 区間でスピードが増大し, 700-800 m 区間においてさらにスピードが増大していた. 走者 B 1 は序盤から大きなスピードを獲得していたが, 徐々に減少し, 500-600 m 区間で一度増大した後, 700-800 m 区間で大きく減少していた. 走者 B 2 も 700 m までは走者 B 1 とほぼ同様であるが, 700-800 m 区間ではスピードは減少していたもののその減少は小さく抑えられ, スピードの最小値は 400-500 m 区間においてみられた. これらのスピードの変化は他の選手にも同様に見られ, タイプ A はスピード増大型(ラストスパート型), タイプ B 1 はスピード減少型, タイプ B 2 はスピード維持型と呼ぶことができよう.

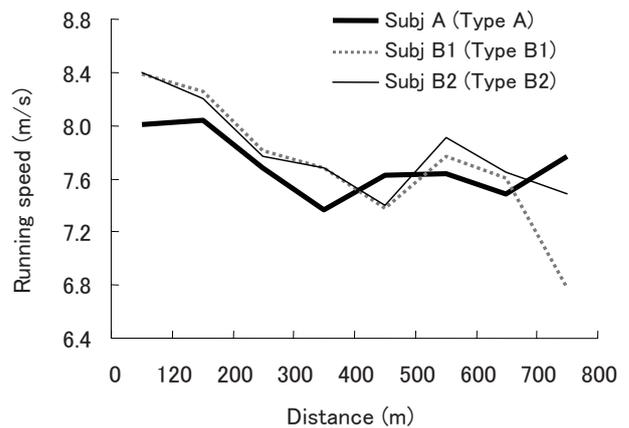


Figure 3 Typical race patterns (type A, B1, and B2) in the 800 m race.

図 4 は, 図 3 と同じ典型例におけるピッチとストライドの変化を示したものである. ピッチとストライドもスピードと同様の方法を用いてタイプ分けを試みた. すなわち, ピッチとストライドそれぞれが 700-800 m 区間で増大したものをタイプ A, 減少したものをタイプ B とし, 最小値の場合はタイプ B 1, 最小値ではない場合はタイプ B 2 とした. これらの方法で類型化すると, 走者 A はピッチがタイプ B 2, ストライドがタイプ A となり, 走者 B 1 はピッチとストライドともにタイプ B 1, 走者 B 2 はピッチがタイプ A, ストライドがタイプ B 1 であった.

図 5 は, W 群と J 群におけるスピード, ピッチおよびストライドをそれぞれ類型化した結果を示したものである. スピードについてみると, W 群ではタイプ A が 2 名, タイプ B 1 が 10 名, タイプ B 2 が 5

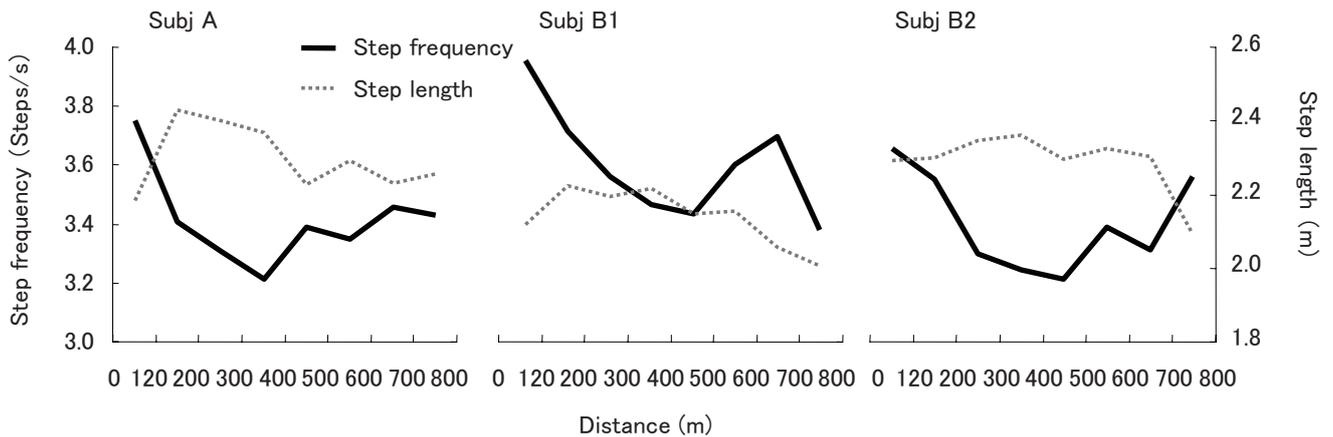


Figure 4 Changes in the step frequency and step length for the typical subjects.

名であり、J群ではタイプAが6名、タイプB1が9名、タイプB2が4名であった。ラスト100 mにおいてスピードを増大した走者はJ群のほうが多かったことが示された。すなわち、日本一流選手のほうがラストスパートに優れていた選手が多かったことを示していると考えられる。

ピッチのタイプAはW群が7名、J群が9名であった。杉田ら(1994)は、ラストスパートにおいてスピードを維持、あるいは増大するためにピッチの増大が大きく貢献していることを報告している。W群とJ群を合わせてみると、スピードのタイプAの中にはピッチのタイプAが6名、タイプB2が2名であった。一方、スピードのタイプB2の中にはピッチのタイプAが6名、タイプB2が3名であった。すなわち、これらの結果は、ラスト100 mにおいてスピードを増大したものがすべてピッチの増大によるものではないこと、スピード維持型の中にもピッチを増大していたものが多くいたことを示していると考えられる。また、ストライドについてみると、W群とJ群ともにほとんどがタイプB1である一方で、タイプAに分類される走者もいることがわかった。以上のことから、記録向上のためには必ずしもラスト100 mにおいてスピードが増大できなくてもよいこと、ラストスパートにおけるピッチの増大はスピードの増大ばかりでなくスピードの減少を抑えることに役立つことが示唆される。

阿江ら(1994)は100 mにおいてピッチとストライドの変化を組み合わせることで類型化しているが、800 mではスピードの変化に対して多くのピッチとストライドの変化の組み合わせが存在するため(松尾ら, 1994)、ピッチとストライドの変化を組み合わせることで類型化を行なうことが困難であった。しかし、ピッチのタイプAについてみるとストライドのタイプB1が15名中13名、ピッチのタイプB1にはスピー

ドのタイプB1が9名中8名いた。これらは、ラストスパートにおいてピッチを増大したものはストライドが減少し、ピッチが減少したものはスピードが大きく減少する傾向にあることを示唆するものであろう。今後はスピードとピッチおよびストライドの関係を組み合わせることで類型化することも検討する必要があると考えられる。さらに、400 m走においては事例的に体力特性とレースパターンとの関係が検討されており(尾縣ら, 2000)、800 m走においても体力特性とレースパターンとの関係を明らかにすることはトレーニング方法やレースパターンの改善点を検討するうえで役立つと考えられ、今後の800 m走の研究における重要な課題の1つと言えよう。

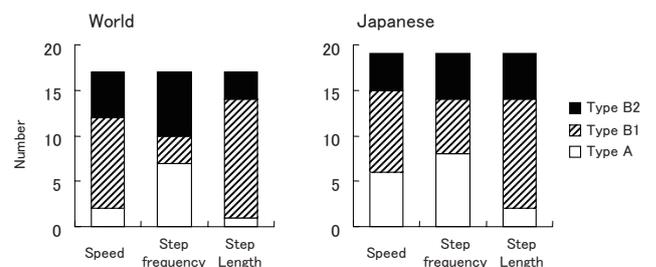


Figure 5 The number of type A, B1, and B2 of the running speed, step frequency and step length in the world's and Japanese elite runner.

3. モデルレースパターン

図6は、800 mレースにおけるW群とJ群の平均スピードとともに笹野浩志選手(2003年の日本選手権優勝)のスピードの変化をRVに対する割合で示したものである。W群とJ群のスピードの変化パターンはすでに述べたとおりである。笹野選手のスピードの変化は、最初200 mでスピードが低く、

400-500 m 区間で一度増大するが、500-700 m の間で大きく減少し、再び 700-800 m 区間で大きく増大していた。W 群および J 群のスピード変化パターンと比較すると笹野選手は最初の 200 m と 500-700 m ではスピードが小さく、ラスト 100 m のスピードが著しく大きいことがわかる。笹野選手のレースパターンは一流選手のレースパターンからはずれており、スピードの増減が大きいことが示された。これは発揮したエネルギーの有効な利用という観点からいうと大きなロスとなっている可能性が考えられる。さらに、世界一流選手の平均値をモデルとすると、笹野選手には今後のレースパターンを前半のスピードを増大し、その後のスピードが徐々に減少するように改善することが望ましいと示唆することが可能であろう。これらのことは、世界一流選手および日本一流選手のレースパターンの平均値をモデルとして利用できる可能性を示唆するものであろう。

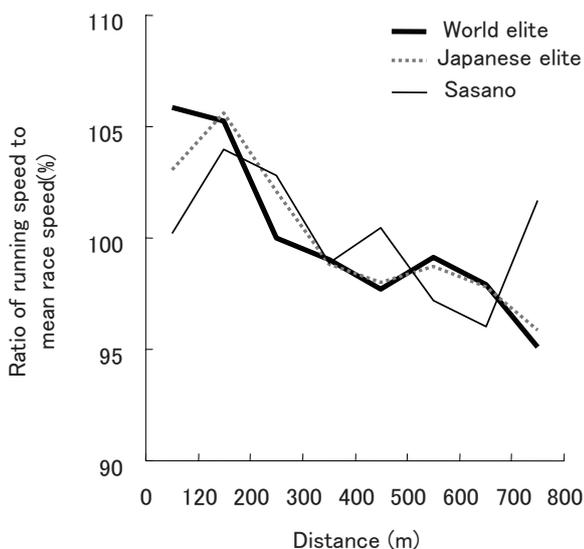


Figure 6 Changes in ratio of running speed to the mean running speed in the 800 m race (RV) for the world's and Japanese elite runner and a Japanese typical runner (Sasano).

表 1 は、W 群と J 群の 200 m ごととの通過タイムと通過タイムのレース記録に対する割合を平均値と標準偏差で示したものである。通過タイムでみると W 群が J 群より 200 m ごとに約 1.2 秒ずつ速いことがわかる。しかし、その割合でみると W 群と J 群に大きな差はみられない。すなわち、これらの通過タイムの割合を用いることで 800 m レースにおけるモデル通過タイムを算出できると考えられる。例えば、目標タイムを 1 分 46 秒 0 に設定したとき、W 群の

通過タイムの割合を用いると、200 m は 25 秒 66、400 m は 51 秒 66、600 m は 78 秒 56 がモデル通過タイムとして導くことができる。さらに標準偏差を考慮に入れると、400 m の通過タイムは 50 秒 95 ~ 52 秒 37 の範囲が 1 分 46 秒を目指すうえで適切であると導くことができる。このように世界一流選手および日本一流選手の平均値をモデルとして利用することで 800 m レース記録向上のためのモデル通過タイムおよびレースパターンを提示することが可能であると考えられる。800 m では記録よりもレースで勝つことが重視され、レースによってはスピードの変化パターンがモデルと大きく異なることもある。しかし、本研究で示した一流選手のレースパターンの標準モデルは、レースで勝つためのレースパターンやレベルに応じたレースパターンなどにも応用することができ、レースパターンの改善による 800 m レース記録の向上に役立つことが期待できよう。

Table 1 Mean split time and ratio of split time to the 800 m race time for the world's and Japanese elite runner.

Point	World elite		Japanese elite		
	Mean	SD	Mean	SD	
200 m	(sec)	24.70	0.76	26.07	0.44
	(%)	23.66	0.51	23.98	0.33
400 m	(sec)	50.89	1.08	53.10	0.72
	(%)	48.74	0.67	48.83	0.60
600 m	(sec)	77.37	1.27	80.69	0.92
	(%)	74.11	0.68	74.21	0.61

IV. 要約

本研究の目的は、男子 800m レースにおけるスピードとピッチおよびストライドを分析し、世界一流選手と日本一流選手のレースパターンを比較することで日本一流選手のレースパターンの課題を検討することと、一流選手のレースパターンモデルを構築することであった。

その結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 世界一流選手のスピードは、日本一流選手と比較して最初の 120 m と 500-600 m 区間において顕著に大きかった。
- 2) 世界一流選手と日本一流選手のスピードの差は、700-800 m 区間において最も小さかった。
- 3) いずれの区間においても一流選手のスピードは、ピッチよりもストライドと相関が高かった。

4) 600-700 m 区間から 700-800 m 区間のスピードの変化に着目して、一流選手をスピード増大型、スピード減少型およびスピード維持型に類型化することができ、世界一流選手は日本一流選手よりスピード増大型が少ないことが示された。

5) 700-800 m 区間のピッチおよびストライドの変化もスピードと同様に類型化し、スピード増大型ばかりでなくスピード維持型にもピッチが増大したものが多くいること、ピッチが増大したものはストライドが減少し、ピッチが減少したものはスピードが減少する傾向にあることが示された。

6) 世界一流選手および日本一流選手のレースパターンの平均値をモデルとして利用することができ、一流選手の通過タイムの平均値と標準偏差から目標とするレース記録のためのモデル通過タイムを提示できることが示された。

以上のことから、日本の一流男子 800 m 選手が記録を向上するためには、最初の 120 m のスピードを増大すること、2 周目のバックストレートにおいてスピードを維持あるいは増大することが課題であること、スピードを高めるためにはレース全体にわたって大きなストライドの維持が役立つことが示唆された。また、一流選手のレースパターンの平均値をモデルとして利用することは、レースパターンの改善、さらに記録の向上に役立つことが示唆された。

引用文献

阿江通良, 鈴木美佐緒, 宮西智久, 岡田英孝, 平野敬靖(1994)世界一流スプリンターの 100 m レースパターンの分析—男子を中心に—, 佐々木秀幸, 小林寛道, 阿江通良(監修)世界一流陸上競技者の技術, ベースボールマガジン社, 東京, PP. 14-28.

有吉正博, 村木征人, 小村渡岐磨(1974)中距離走のペースに関する実験的研究—第二報—, 東海大学紀要体育学部 4, 95-105.

星川 保, 宮下充正, 松井秀治(1971)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.

松尾彰文, 杉田正明, 阿江通良, 小林寛道, 岡田英孝(1994)中長距離決勝におけるスピード, ピッチおよびストライドについて, 佐々木秀幸, 小林寛道, 阿江通良(監修)世界一流陸上競技者の技術, ベースボールマガジン社, 東京, PP. 92-111.

森丘保典, 杉田正明, 松尾彰文, 岡田英孝, 阿江通良, 小林寛道(2000)陸上競技男子 400 m ハードル走における速度変化特性と記録との関係, 体育学研究 45 (3) 414-421.

森丘保典, 杉田正明, 榎本靖士, 阿江通良, 小林寛道(2002)一流男子 400 m ハードル走におけるレースパターンと記録との関係—5 台目および 8 台目ハードルの通過時刻に注目して—, スプリント研究 12, 20-27.

尾縣 貢, 安井年文, 大山卞圭悟, 山崎一彦, 苅部俊二, 高本恵美, 伊藤 穰, 森田正利, 関岡康雄(2000)一流 400 m ランナーにおける体力的特性とレースパターンとの関係, 体育学研究 45 (3), 422-432.

杉田正明, 松尾彰文, 阿江通良, 伊藤 章, 小林寛道(1994)男子 800 m におけるスピード・ピッチおよびストライド長に関する事例的研究, トレーニング科学 6 (2), 119-128.

杉田正明, 松尾彰文, 阿江通良, 伊藤 章, 小林寛道(1995)男子 800 m 走(アジア大会, '92~'94 日本選手権)のレース分析, 平成 6 年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告, No. II 競技種目別競技力向上に関する研究—第 18 報—