

2014年度競技会における男子400m走のレース分析

山本真帆¹⁾ 松林武生¹⁾ 山中亮¹⁾ 小林海²⁾ 松尾彰文³⁾ 柳谷登志雄⁴⁾ 広川龍太郎⁵⁾
小山宏之⁶⁾ 榎本靖士⁷⁾ 岡崎和伸⁸⁾ 門野洋介⁹⁾ 山元康平¹⁰⁾
1) 国立スポーツ科学センター 2) 目白大学 3) 鹿屋体育大学 4) 順天堂大学
5) 東海大学 6) 京都教育大学 7) 筑波大学 8) 大阪市立大学 9) 仙台大学
10) 筑波大学大学院

1. はじめに

男子400mにおいて最高走速度と記録との間に相関関係があることは、これまでに報告してきた。しかしこの関係は、100mや200mの最高走速度と記録との関係ほど強くない。なぜなら400mは、走速度の高低に加えて、疲労の影響による走速度の低下や、疾走動作の変容が認められるからである。走速度低下の要因を探ることは、走速度低下を最小限にとどめる一助となる可能性がある。

日本陸上競技連盟科学委員会と国立スポーツ科学センターでは、2009年以降、男子400mの選手を対象に、競技会におけるレース分析を行ってきた。その内容は、通過タイム・走速度・ピッチ・ストライドの変化、最高走速度と後半走速度の走速度の低下率を示したものであった。分析結果は、コーチに伝えレースの振り返りや過去のレースとの比較をするための資料の一つとして活用された。

2. 対象

対象競技会は、第30回静岡国際陸上競技大会(5月3日)、第98回日本陸上競技選手権大会(6月6-8日)、第15回世界ジュニア陸上競技選手権大会(7月22-27日)、第17回アジア競技大会(9月27日-10月3日)における男子400m走であった。

対象選手は、上記4大会のうち国内で開催された競技会については決勝に進出し、かつ分析可能であった選手9名(のべ14レース)とし、国外で開催された競技会については、出場した日本人選手3名(のべ6レース)およびそれぞれの競技会の優勝選手2名(のべ2レース)とした。記録は、44.46秒から47.31秒であり、平均記録は 46.24 ± 0.65

秒であった。

3. 方法

3.1 撮影方法

400m走および400mH走のレース映像の撮影は、デジタルビデオカメラ(Casio Exilim EX-F1 29.97fps)を2~4台用いて、スタンドから行なった。国内大会においては、カメラを三脚に取り付け400m走および400mH走のレース映像を同じ場所から撮影した。撮影場所は、第1局走路、バックスタンド、第4局走路、フィニッシュラインの4か所であった。国外大会においては、場所や持ち物の規制が厳しいため、カメラのみを使用して同様の方法で撮影を実施した。撮影場所は、第1局走路、バックスタンド、第4局走路であった。スタートピストルの閃光を撮影した後、全選手がフィニッシュするまで追従撮影を行なった。

3.2 分析項目

全ての分析は400mHのハードル間の距離を基準に行なった(以下、分析区間とする)。

撮影した映像は、映像再生・編集ソフト(QuickTimePro7, Apple USA)を使用し、ピストルの閃光をゼロフレーム目に編集した後、Overlay表示技術で各ハードルの位置を選手が通過した瞬間のフレーム数を確認した。Overlayによる分析には、表計算ソフトウェア(MS-Excel 2010)のVisual Basic for Applicationを用いて開発した映像分析プログラムを用いた。

通過に要したフレーム数をフレームレートで除すことで通過タイムを算出し、これを400mHのハードル間の距離で除すことにより、分析区間の平均走速

表1 400mH ごとの通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度および走速度低下率

| 選手名 | 記録 | 大会 | 上段:通過タイム[s] | | 中段:区間タイム[s] | | 下段:区間平均走速度[m/s] | | | | | | | 低下率 [%] |
|----------------|-------|-----------|-------------|------|-------------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| | | | 45m | 80m | 115m | 150m | 185m | 220m | 255m | 290m | 325m | 360m | 400m | |
| 金丸祐三 | 45.46 | 静岡国際 | 5.67 | 9.21 | 12.78 | 16.35 | 19.99 | 23.82 | 27.79 | 31.87 | 36.10 | 40.31 | 45.46 | 15.87 |
| | | 2014.5.3 | 5.67 | 3.54 | 3.57 | 3.57 | 3.64 | 3.84 | 3.97 | 4.07 | 4.24 | 4.20 | 5.15 | |
| 石塚祐輔 | 45.98 | 静岡国際 | 5.61 | 9.18 | 12.78 | 16.35 | 20.09 | 23.89 | 27.89 | 31.97 | 36.27 | 40.61 | 45.98 | 17.69 |
| | | 2014.5.3 | 5.61 | 3.57 | 3.60 | 3.57 | 3.74 | 3.80 | 4.00 | 4.07 | 4.30 | 4.34 | 5.37 | |
| 小林直己 | 46.20 | 静岡国際 | 5.81 | 9.38 | 12.98 | 16.67 | 20.35 | 24.16 | 28.19 | 32.30 | 36.57 | 40.87 | 46.20 | 17.05 |
| | | 2014.5.3 | 5.81 | 3.57 | 3.60 | 3.69 | 3.69 | 3.80 | 4.04 | 4.10 | 4.27 | 4.30 | 5.33 | |
| 加藤修也 | 46.29 | 静岡国際 | 6.04 | 9.84 | 13.55 | 17.28 | 20.95 | 24.72 | 28.70 | 32.70 | 36.84 | 41.07 | 46.21 | 13.39 |
| | | 2014.5.3 | 6.04 | 3.80 | 3.70 | 3.74 | 3.67 | 3.77 | 3.97 | 4.00 | 4.14 | 4.24 | 5.14 | |
| 木村和史 | 46.29 | 静岡国際 | 5.97 | 9.74 | 13.58 | 17.42 | 21.25 | 25.06 | 28.96 | 32.90 | 37.00 | 41.21 | 46.29 | 10.32 |
| | | 2014.5.3 | 5.97 | 3.77 | 3.84 | 3.84 | 3.84 | 3.80 | 3.90 | 3.94 | 4.10 | 4.20 | 5.08 | |
| 渡邊和也 | 46.53 | 静岡国際 | 5.77 | 9.44 | 13.08 | 16.75 | 20.49 | 24.29 | 28.26 | 32.37 | 36.70 | 41.14 | 46.53 | 18.05 |
| | | 2014.5.3 | 5.77 | 3.67 | 3.64 | 3.67 | 3.74 | 3.80 | 3.97 | 4.10 | 4.34 | 4.44 | 5.39 | |
| 油井快晴 | 46.78 | 静岡国際 | 5.81 | 9.48 | 13.08 | 16.72 | 20.42 | 24.26 | 28.28 | 32.37 | 36.69 | 41.16 | 46.78 | 19.40 |
| | | 2014.5.3 | 5.81 | 3.67 | 3.60 | 3.64 | 3.70 | 3.84 | 4.02 | 4.09 | 4.32 | 4.47 | 5.62 | |
| 木村淳 | 47.11 | 静岡国際 | 5.81 | 9.31 | 12.88 | 16.52 | 20.32 | 24.29 | 28.35 | 32.47 | 36.84 | 41.39 | 47.11 | 23.08 |
| | | 2014.5.3 | 5.81 | 3.50 | 3.57 | 3.64 | 3.80 | 3.97 | 4.05 | 4.12 | 4.37 | 4.55 | 5.72 | |
| 廣瀬英行 | 47.31 | 静岡国際 | 5.81 | 9.41 | 13.01 | 16.60 | 20.39 | 24.26 | 28.29 | 32.43 | 36.84 | 41.47 | 47.31 | 22.66 |
| | | 2014.5.3 | 5.81 | 3.60 | 3.60 | 3.59 | 3.79 | 3.87 | 4.04 | 4.14 | 4.40 | 4.64 | 5.84 | |
| 金丸祐三 | 45.69 | 日本選手権 | 5.67 | 9.21 | 12.71 | 16.28 | 20.05 | 23.89 | 27.89 | 31.97 | 36.20 | 40.47 | 45.69 | 17.97 |
| | | 2014.6.8 | 5.67 | 3.54 | 3.50 | 3.57 | 3.77 | 3.84 | 4.00 | 4.07 | 4.24 | 4.27 | 5.22 | |
| 渡邊和也 | 46.30 | 日本選手権 | 5.71 | 9.21 | 12.78 | 16.38 | 20.19 | 24.09 | 28.13 | 32.13 | 36.47 | 40.94 | 46.30 | 21.64 |
| | | 2014.6.8 | 5.71 | 3.50 | 3.57 | 3.60 | 3.80 | 3.90 | 4.04 | 4.00 | 4.34 | 4.47 | 5.36 | |
| 小林直己 | 46.38 | 日本選手権 | 5.61 | 9.31 | 12.90 | 16.45 | 20.15 | 24.07 | 28.14 | 32.23 | 36.50 | 40.91 | 46.38 | 19.32 |
| | | 2014.6.8 | 5.61 | 3.70 | 3.59 | 3.55 | 3.70 | 3.92 | 4.07 | 4.09 | 4.27 | 4.40 | 5.47 | |
| 加藤修也 | 46.49 | 日本選手権 | 5.92 | 9.58 | 13.21 | 16.95 | 20.72 | 24.52 | 28.50 | 32.57 | 36.84 | 41.11 | 46.49 | 14.84 |
| | | 2014.6.8 | 5.92 | 3.65 | 3.64 | 3.74 | 3.77 | 3.80 | 3.97 | 4.07 | 4.27 | 4.27 | 5.38 | |
| 石塚祐輔 | 46.69 | 日本選手権 | 5.64 | 9.21 | 12.78 | 16.48 | 20.25 | 24.12 | 28.16 | 32.30 | 36.57 | 41.11 | 46.69 | 21.32 |
| | | 2014.6.8 | 5.64 | 3.57 | 3.57 | 3.70 | 3.77 | 3.87 | 4.04 | 4.14 | 4.27 | 4.54 | 5.58 | |
| 加藤修也 | 46.26 | 世界ジュニア選手権 | 5.87 | 9.64 | 13.46 | 17.25 | 21.05 | 24.92 | 28.93 | 32.93 | 37.04 | 41.14 | 46.26 | 8.13 |
| | | 2014.7.24 | 5.87 | 3.77 | 3.82 | 3.79 | 3.80 | 3.87 | 4.00 | 4.00 | 4.10 | 4.10 | 5.12 | |
| 油井快晴 | 46.68 | 世界ジュニア選手権 | 5.94 | 9.61 | 13.31 | 16.98 | 20.72 | 24.76 | 28.86 | 32.93 | 37.20 | 41.51 | 46.68 | 14.73 |
| | | 2014.7.24 | 5.94 | 3.67 | 3.70 | 3.67 | 3.74 | 4.04 | 4.10 | 4.07 | 4.27 | 4.30 | 5.17 | |
| Machel CEDENIO | 45.13 | 世界ジュニア選手権 | 5.61 | 9.14 | 12.78 | 16.45 | 20.19 | 24.09 | 28.13 | 32.20 | 36.24 | 40.24 | 45.13 | 11.67 |
| | | 2014.7.25 | 5.61 | 3.54 | 3.64 | 3.67 | 3.74 | 3.90 | 4.04 | 4.07 | 4.04 | 4.00 | 4.89 | |
| 加藤修也 | 46.17 | 世界ジュニア選手権 | 5.91 | 9.68 | 13.48 | 17.25 | 21.02 | 24.97 | 29.06 | 33.07 | 37.10 | 41.17 | 46.17 | 7.38 |
| | | 2014.7.25 | 5.91 | 3.77 | 3.80 | 3.77 | 3.77 | 3.95 | 4.09 | 4.00 | 4.04 | 4.07 | 5.00 | |
| 油井快晴 | 47.08 | 世界ジュニア選手権 | 5.81 | 9.44 | 13.11 | 16.85 | 20.72 | 24.82 | 28.93 | 33.07 | 37.34 | 41.68 | 47.08 | 16.15 |
| | | 2014.7.25 | 5.81 | 3.64 | 3.67 | 3.74 | 3.87 | 4.10 | 4.10 | 4.14 | 4.27 | 4.34 | 5.40 | |
| Y.A.M. MASRAHI | 44.46 | アジア選手権 | 5.67 | 9.01 | 12.51 | 16.08 | 19.65 | 23.32 | 27.19 | 31.21 | 35.27 | 39.31 | 44.46 | 17.36 |
| | | 2014.9.28 | 5.67 | 3.34 | 3.50 | 3.57 | 3.57 | 3.67 | 3.87 | 4.01 | 4.06 | 4.04 | 5.15 | |
| 金丸祐三 | 46.04 | アジア選手権 | 5.67 | 9.28 | 12.91 | 16.52 | 20.27 | 24.12 | 28.16 | 32.37 | 36.57 | 40.81 | 46.04 | 14.96 |
| | | 2014.9.28 | 5.67 | 3.60 | 3.64 | 3.60 | 3.75 | 3.85 | 4.04 | 4.20 | 4.20 | 4.24 | 5.23 | |
| 加藤修也 | 46.13 | アジア選手権 | 5.94 | 9.61 | 13.35 | 17.10 | 20.99 | 24.86 | 28.96 | 33.11 | 37.30 | 41.26 | 46.13 | 7.17 |
| | | 2014.9.28 | 5.94 | 3.67 | 3.74 | 3.75 | 3.89 | 3.87 | 4.10 | 4.15 | 4.20 | 3.95 | 4.87 | |

度を算出した。持田らの報告に倣って、最高走速度をレース前半の走速度の代表値とし、325-360m区間(400mHの9台目から10台目の間)の走速度をレース後半の走速度の代表値とした(持田ら, 2007)。

ピッチの算出は、分析区間ごとに選手の足が接地する瞬間のフレーム数と、分析区間内の歩数を読み

取った。歩数は、左右差の影響をなくするために偶数歩とした。各歩数に要したフレーム数を区間内の歩数で除すことにより、区間の平均ピッチを算出した。平均ストライドは、平均走速度を平均ピッチで除すことにより算出した。

走速度の低下率は、最高走速度から325-360m区

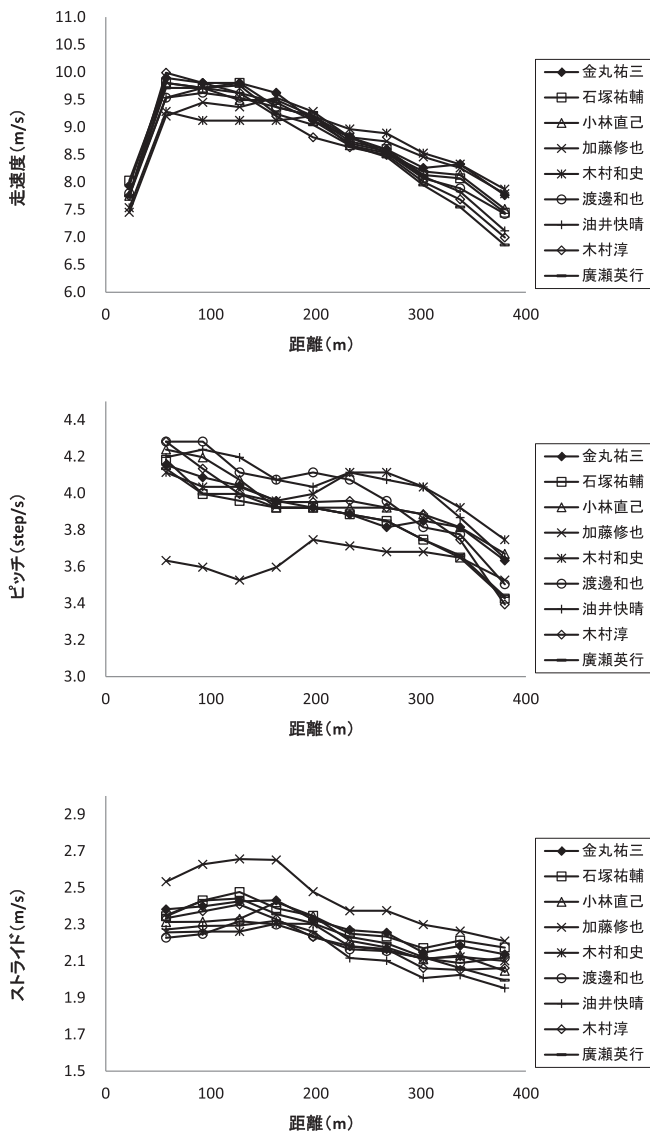


図1 静岡国際陸上競技大会における走速度、ピッチおよびストライドの変化

間の走速度を引いた値を最高走速度で除すことにより求めた。

3.3 コーチ・選手へのフィードバック

コーチ・選手には、通過タイム、区間平均走速度、平均ピッチ、平均ストライドのスタートからフィニッシュまでの変化をフィードバックした。通過タイムについては、400mHのハードル位置の通過タイムを直線回帰から50m毎の通過タイムに換算してフィードバックした。

4. 結果

表1には、全データの通過タイム、区間タイム、区間平均走速度および最高走速度と後半走速度の走速度の低下率を示した。走速度、ピッチおよびスト

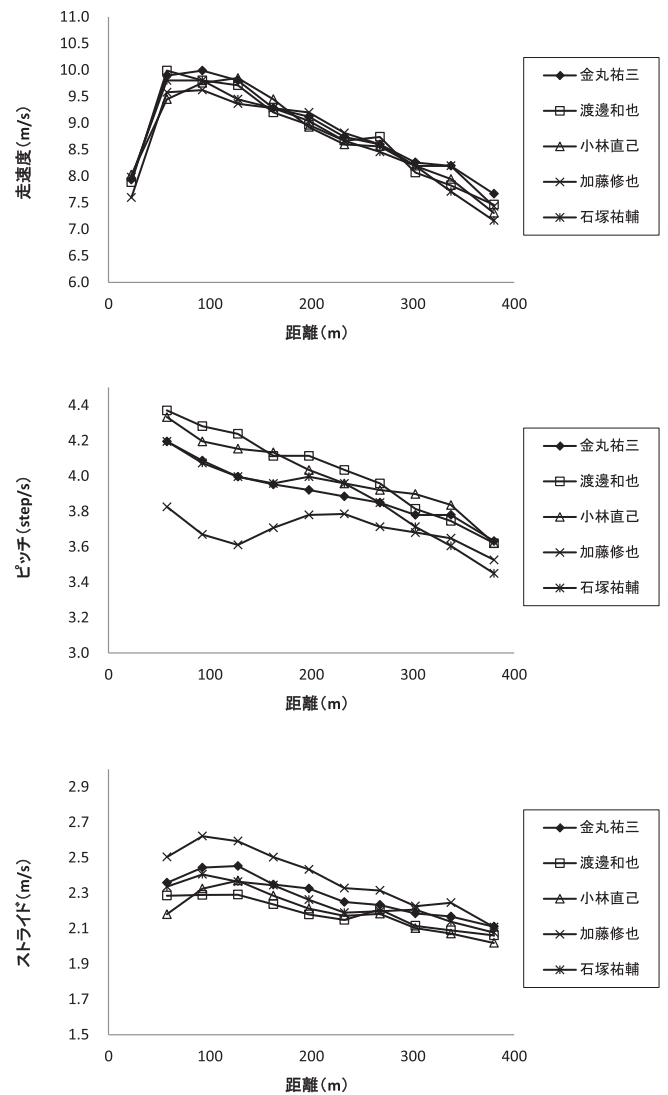


図2 日本陸上競技選手権大会における走速度、ピッチおよびストライドの変化

ライドの変化は試合ごとに分けて示した。

4.1 静岡国際陸上競技大会

図1には、静岡国際陸上競技大会における走速度、ピッチおよびストライドの変化を示した。

4.2 日本陸上競技選手権大会

図2には、日本陸上競技選手権大会における走速度、ピッチおよびストライドの変化を示した。

4.3 世界ジュニア陸上競技選手権大会

図3には、世界ジュニア陸上競技選手権大会における走速度、ピッチおよびストライドの変化を示した。

4.4 アジア競技大会

図4には、アジア競技大会における走速度、ピッ

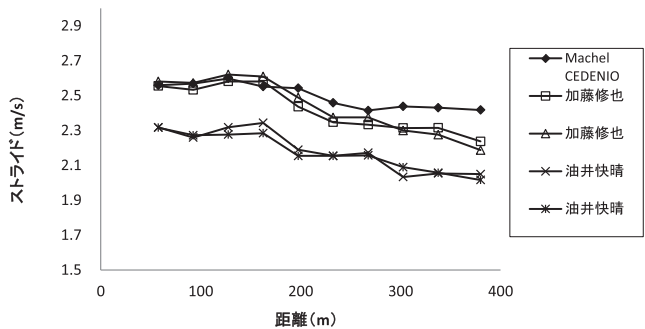
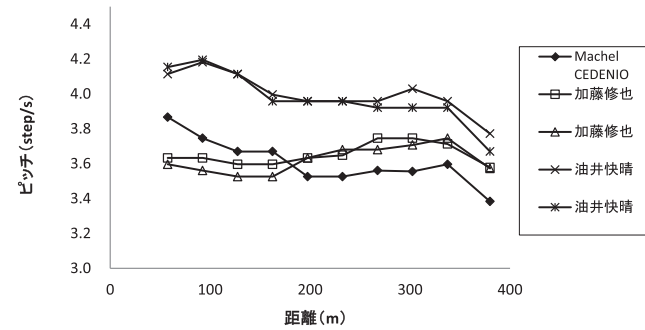
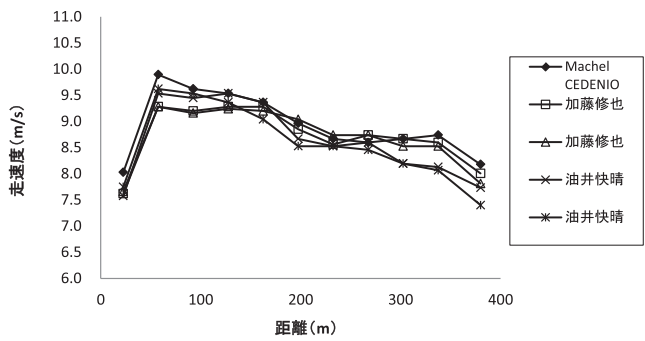


図3 世界ジュニア陸上競技選手権大会における走速度、ピッチおよびストライドの変化

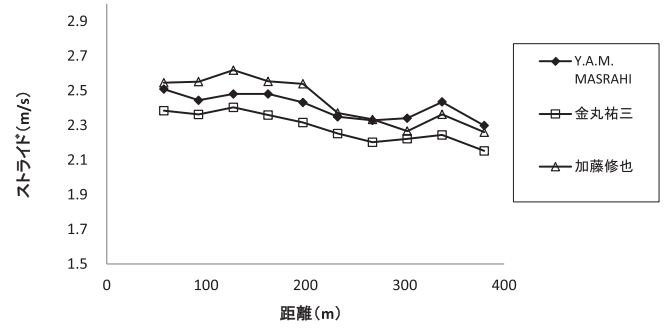
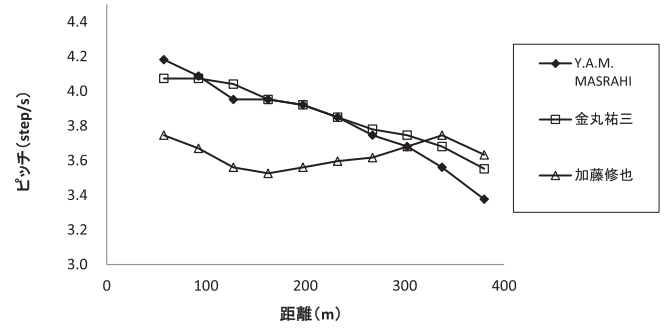
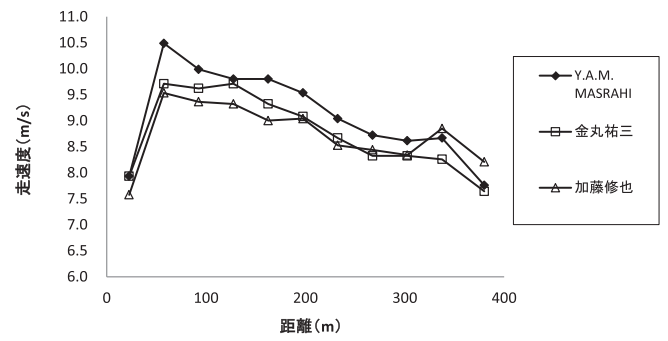


図4 アジア競技大会における走速度、ピッチおよびストライドの変化

ちおよびストライドの変化を示した。

4.5 100m ごとの通過タイムおよび区間タイム

図5には、全データの100m 毎の通過タイムとフィニッシュタイムの関係を示した。200m 以降の結果で、通過タイムとフィニッシュタイムの関係に有意な正の相関関係が認められた。

図6には、100m ごとの区間タイムとフィニッシュタイムの関係を示した。0-100m 区間以外の区間で、フィニッシュタイムとの間に有意な正の相関関係が認められた。本報告の結果で、特に300-400m 区間タイムとフィニッシュタイムとの関係が強かったのは、レース後半が強い同じ選手のデータが多かったことが原因であろう。

参考文献

土江寛裕, 中川博文, 矢澤誠, 佐々木秀幸 (2002)

200m 競走における10m ごとの疾走速度とピッチ、ストライドの変化, 陸上競技紀要, 15 : 30-38.

広川龍太郎, 杉田正明, 松尾彰文, 阿江通良, 高野進, 末續慎吾 (2007) 男子100m 走における、国内GPにて収集した外国人選手と末續慎吾選手の疾走速度の分析, 日本陸上競技研究紀要, 3 : 39-41.

本道慎吾, 安井年文, 澤村博, 青山清英 (2007) ロングスプリント (300m 走) における主観的努力度合が客観的出力に与える影響に関する研究, 陸上競技研究, 70 (3) : 30-36

持田尚, 松尾彰文, 柳谷登志雄, 矢野隆照, 杉田正明, 阿江通良 (2007) Overlay 表示技術を用いた陸上競技400m 走レースの時間分析, 日本陸上競技研究紀要, 3 : 9-15.

持田尚, 杉田正明 (2010) 2007 世界陸上競技選手権大阪大会における決勝400m 走レースのバイオメカニクス分析, 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書, 51-75.

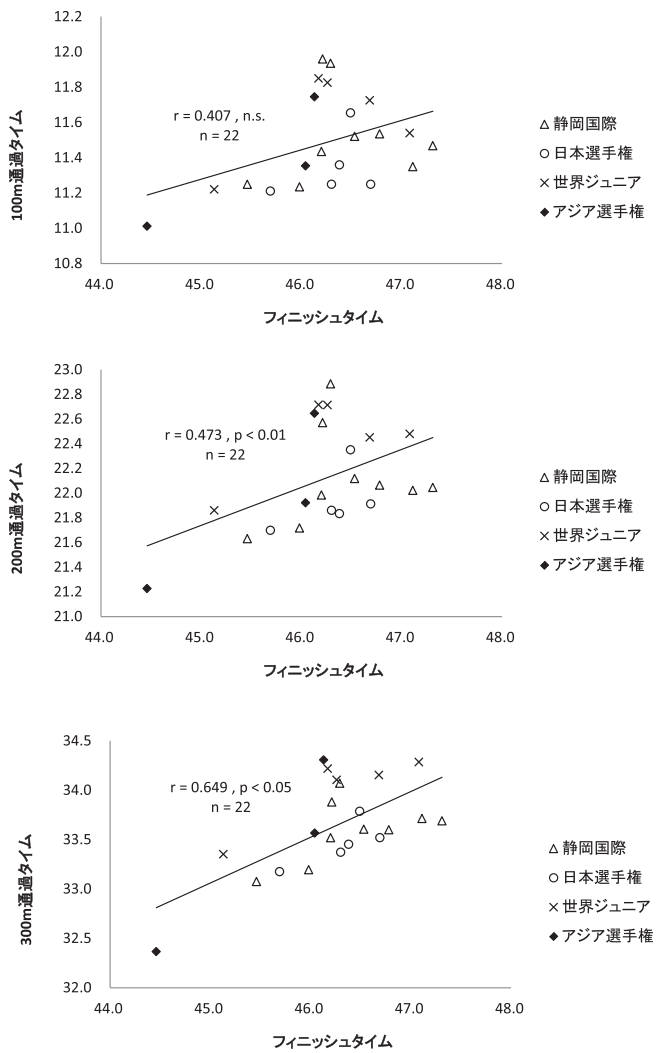


図5 400mレースにおける100mごとの通過タイムとフィニッシュタイムの関係

山本真帆, 松尾彰文, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 松林武生, 貴嶋孝太, 渡辺圭佑 (2013) 競技会における男子400m走のレース分析, 日本陸上競技研究紀要, 9: 66-70.

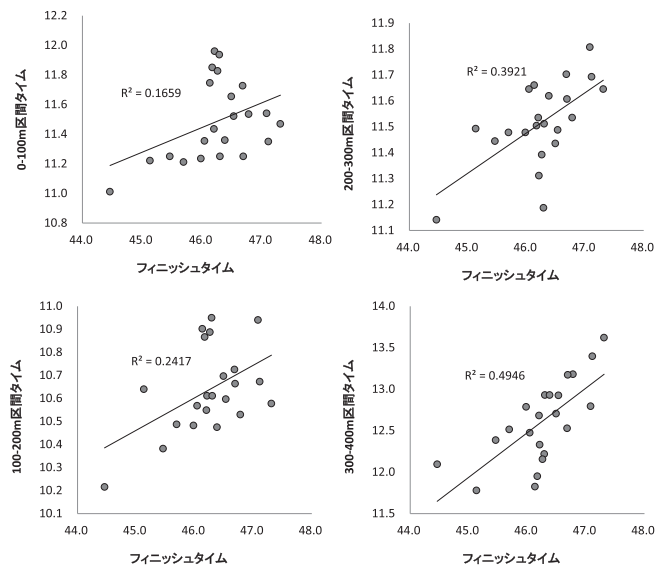


図6 100m区間毎における区間タイムとフィニッシュタイムの関係