

男子ナショナルチーム・4×100mリレーの バイオメカニクスサポート研究報告（第3報）

広川龍太郎¹⁾ 松尾彰文²⁾ 松林武生³⁾ 貴嶋孝太³⁾ 山本真帆³⁾ 高橋恭平⁴⁾ 渡辺圭佑⁵⁾
綿谷貴志⁶⁾ 柳谷登志雄⁵⁾ 持田尚⁷⁾ 森丘保典⁸⁾ 杉田正明⁹⁾ 荻部俊二¹⁰⁾ 土江寛裕¹¹⁾
高野進¹⁾

- 1) 東海大学 2) 鹿屋体育大学 3) 国立スポーツ科学センター 4) 熊本高等専門学校
5) 順天堂大学 6) 鹿屋体育大学連携大学院 7) 横浜市スポーツ医科学センター
8) 日本体育協会 9) 三重大学 10) 法政大学 11) 城西大学

I. はじめに

2012 ロンドンオリンピックにて、日本代表男子4×100mリレーチームは決勝進出、第5位に入賞した。2000 シドニーオリンピックから続いている、オリンピックでの連続決勝進出記録を4に伸ばすことが出来た。決勝に進出する、というのは世界の上位8チームに入るということであり、また連続して進出するというのは簡単に出来ることでは無い。シドニー大会から4大会連続して決勝に残っているのは日本のみである。3大会連続にしてもトリニダード・トバゴだけである。飛ぶ鳥を落とす勢いのジャマイカも、9秒台の選手を揃える米国も、連続しては決勝進出してはいない。

常に世界上位であるためには、個人の走能力の向上は基より、バトンパスワークは常々探求されなければならない。日本代表チームは、データサポートとして、映像による動作の確認とともに、数値による定量化を行っている。そこで、2012年度にナショナルチームとして出場した4大会（静岡国際陸上/ゴールデングラプリ川崎/大阪選手権/ロンドンオリンピック）ならびに2011年度までに得られた、試合時のデータをここに述べる。

尚、日本陸連科学委員会ならびにチーム「ニッポン」マルチサポート事業では、合宿などにも同行し、データ収集ならびにフィードバックを行っている。2012年度までに得られた、パスの精度向上のための基礎データは、2012年日本スプリント学会における「ロンドンオリンピックに向けた男子4×100mリレーへの科学的サポート（松尾ら）」の資料を参考にされたい。

II. 方法

2011年度に報告した方法と、ほぼ同様である。カメラはカシオ製ハイスピードカメラEX-F1を用いた。299.7コマ/秒にて、またシャッタースピードは1/100秒を目安として環境光の状況により最良の方法で撮影した。撮影は全てスタンドで行い、キャリブレーションマークならびに走者が的確に収まる位置で撮影した。可能な限りスターターのシグナル光が写る様にした。カメラ位置などの概略図は図1の通りである。各パス区間に1ないし2名の撮影者を配置した。人員配置に余裕のある国内大会はA-Gの位置で行った。またゴールライン延長上のスタンド最上段からパンニング撮影を行い、キャリブレーションなどに用いた。ロンドンオリンピック時は最小限の人員配置で活動したため、図中ABCDFを基本位置とした。その際、AB位置からは3→4走のフォロー映像を、CD位置からは1→2走ならびに3→4走のフォロー映像を、F位置からは1→2走のフォロー映像を撮影し、データに誤差の出ない様に細心の注意を払った。また国内で行われた静岡国際陸上と大阪選手権では、ブルーゾーンからバトンパスゾーン出口から10m先まで、10mおきに計測マークを縁石に貼付し、先述のパス区間タイムや走速度算出用のキャリブレーションマークとした。マークの貼付に関しては、大会ルールに則り競技運営の妨げにならない様に行った。ロンドンオリンピックでは、マーク貼付が出来ないため、ハードル設置マークなどをキャリブレーションマークとして用い、実長換算した。

また、パスワークの出来を確認するため、機材と

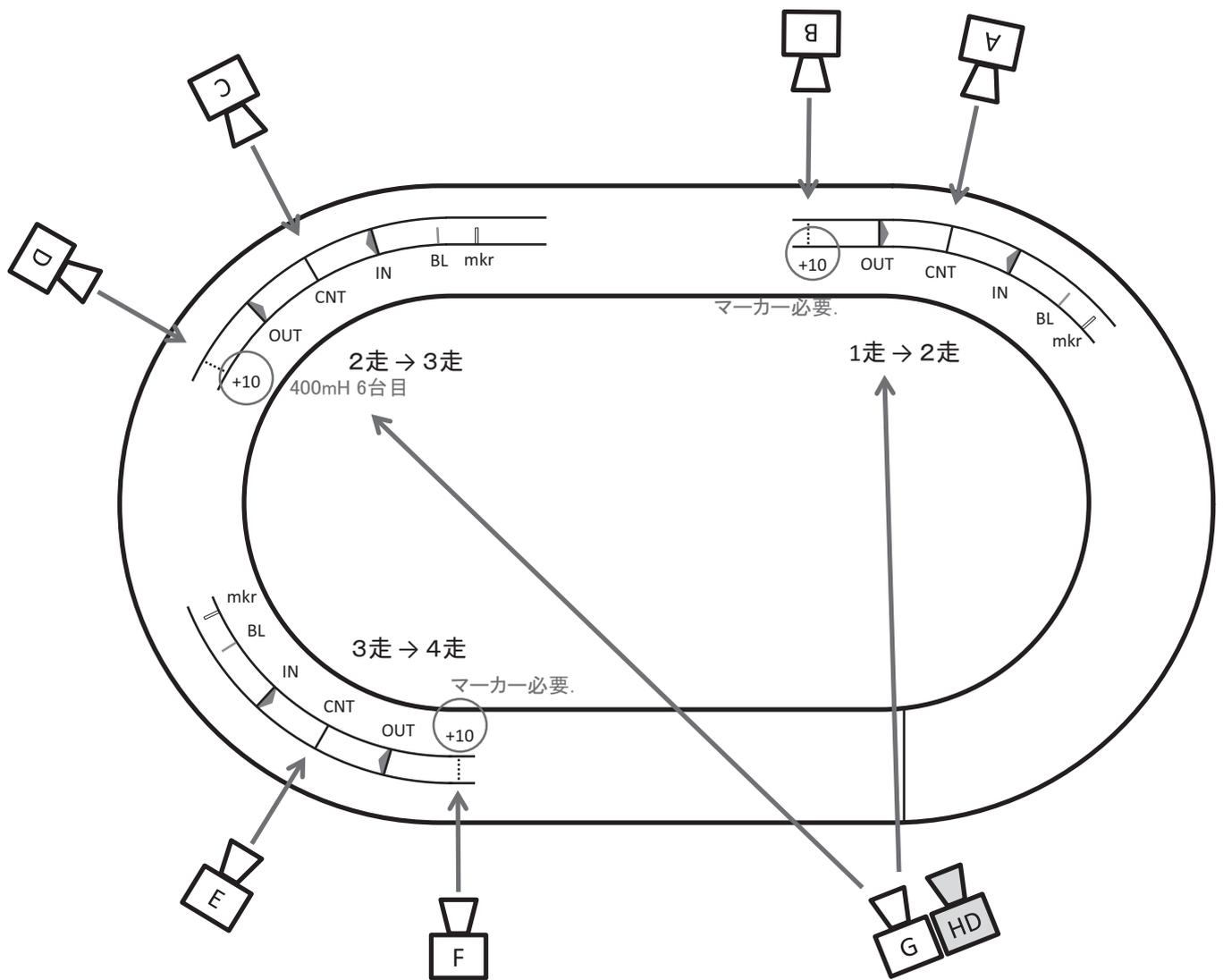


図1

人員に余裕のある時は、タイム分析用とは別にハイビジョン映像も撮影した。

パス区間タイムや走速度を算出するためにApple®製QuickTimePro7を用いた。Mac版/Windows版に関わらず、QuickTimePro7は映像コマカウントが表示されるため、タイム分析や走速度の算出が容易である。2012年最新版のQuickTimePlayer10.2では、コマカウントが表示されないため、旧バージョンのQuickTime7を用いることが望ましい。

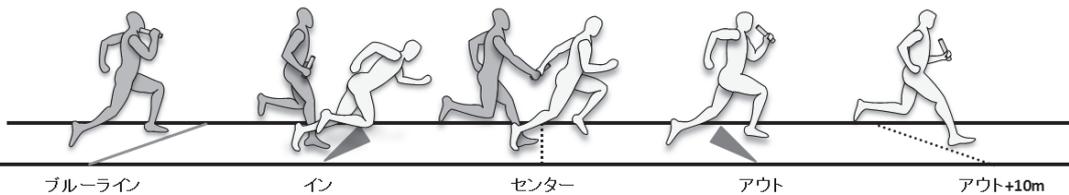
Ⅲ. フィードバックしたデータについて

情報の共有方法の詳細は、2011年度陸連紀要報告を参照されたい。ソーシャルネットワークサービスを用いて、より素早く各コーチにフィードバックを行っている。ソーシャルネットワークサービス内では指導者、選手、サポートチームのみの情報共有

であり、第三者が閲覧できない様になっている。

撮影した映像は直ぐに編集され、共有された。映像は「パスがどの時点で渡っているか?」「次走者のスタートするタイミングは?」「スタートの走フォームは?」等の確認に用いた。

バトンパスタイムなどの分析区間を図2に示した。代表チームが最も重要視している指標である、「前走者ブルーゾーン通過から、次走者バトンパスゾーン出口から10m先通過までの40mバトンパス時間」を中心にフィードバックした。土江寛裕・強化副部長の提唱する「パスの巧みさ+しっかり加速しているか」「3秒75で走れば38秒突破が可能」「バトンを渡す位置に影響されずに目安となる指標である」のためである。またフィードバックしたデータの一部を表1に示した。また図3はゴールタイムと40mバトンパス時間合計の相関図、図4はゴールタイムと20mバトンパス時間合計の相関図である。20mパスタイムで同じタイムでも、ゴールタイムに



- ① 40mバトンパス時間（渡し走者ブルーライン通過～受け走者アウト+10m通過）
- ② 20mバトンパス時間（渡し走者イン通過～受け走者アウト通過）
- ③ 受け走者の加速 30m タイム（受け走者のイン～アウト+10m通過）
- ④ 10m区間毎の走速度曲線（渡し走者、受け走者）

（松林他、JISS科学会議、2012）

図 2

表 1

| 大会名など | 2012 ロンドン五輪決勝 | | 2012 ロンドン五輪予選 | | 2012 大阪選手権Bレース | | 2012 大阪選手権Aレース | | 2012 静岡/Aチーム | | 2012 静岡/Bチーム | | 2012 川崎Aチーム | | 2012 川崎Bチーム | |
|---|------------------|-------|------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|-----------------|--------|-----------------|--------|----------------|--------|----------------|--------|
| ゴールタイム | 38.35 | | 38.07 | | 38.83 | | 38.71 | | 38.69 | | 39.08 | | 39.03 | | 39.57 | |
| 前走者ブルー通過から次走者アウト先10m (=40m)バトンパス時間 | 山縣-江里口 | 3.81 | 山縣-江里口 | 3.77 | 江里口-山縣 | 3.88 | 江里口-山縣 | 3.84 | 江里口-山縣 | 3.88 | 小谷-木村 | 3.98 | 江里口-山縣 | 3.88 | 木村-斉藤 | 3.95 |
| | 江里口-高平 | 3.82 | 江里口-高平 | 3.84 | 山縣-高平 | 3.83 | 山縣-高平 | 3.82 | 山縣-高平 | 3.82 | 木村-小林 | 3.95 | 山縣-高平 | 3.78 | 斉藤-小林 | 3.82 |
| | 高平-飯塚 | 3.86 | 高平-飯塚 | 3.85 | 高平-飯塚 | 3.84 | 高平-飯塚 | 3.81 | 高平-藤光 | 3.83 | 小林-飯塚 | 3.94 | 高平-小谷 | 3.93 | 小林-藤光 | 3.96 |
| | 合計 | 11.49 | 合計 | 11.46 | 合計 | 11.55 | 合計 | 11.47 | 合計 | 11.53 | 合計 | 11.87 | 合計 | 11.59 | 合計 | 11.74 |
| バトンゾーン20mバトンパス時間 | 1→2 | 1.91 | 1→2 | 1.89 | 1→2 | 1.97 | 1→2 | 1.93 | 1→2 | 1.95 | 1→2 | 1.99 | 1→2 | 1.94 | 1→2 | 1.98 |
| | 2→3 | 1.92 | 2→3 | 1.94 | 2→3 | 1.90 | 2→3 | 1.90 | 2→3 | 1.96 | 2→3 | 1.95 | 2→3 | 1.88 | 2→3 | 1.89 |
| | 3→4 | 1.95 | 3→4 | 1.93 | 3→4 | 1.92 | 3→4 | 1.89 | 3→4 | 1.93 | 3→4 | 2.00 | 3→4 | 1.98 | 3→4 | 1.94 |
| | 合計 | 5.78 | 合計 | 5.75 | 合計 | 5.79 | 合計 | 5.72 | 合計 | 5.84 | 合計 | 5.94 | 合計 | 5.80 | 合計 | 5.80 |
| 受け走者インからアウト先10mまでの30mタイム=10m加速+30m加速タイム | 2江里口 | 2.99 | 2江里口 | 2.99 | 2山縣 | 3.03 | 2山縣 | 3.08 | 2山縣 | 3.0163 | 2木村 | 3.1331 | 2山縣 | 3.0163 | 2斉藤 | 3.2165 |
| | 3高平 | 3.07 | 3高平 | 3.02 | 3高平 | 3.04 | 3高平 | 3.10 | 3高平 | 3.08 | 3小林 | 3.14 | 3高平 | 3.08 | 3小林 | 3.17 |
| | 4飯塚 | 3.10 | 4飯塚 | 3.033 | 4飯塚 | 3.07 | 4飯塚 | 3.10 | 4藤光 | 3.0364 | 4飯塚 | 3.20 | 4小谷 | 3.2065 | 4藤光 | 3.3367 |

| 大会名など | 2011 テグ世界権/予選 | | 2011 アジア選/決勝 | | 2011 アジア選/予選 | | 2011 川崎GP/Aチーム | | 2011 川崎GP/Bチーム | | 2009 大阪GPチーム | | 2008 大阪GPチーム | | 2008-12平均 | S.D. |
|---|------------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------|------|
| ゴールタイム | 38.66 | | 39.18 | | 38.92 | | 38.78 | | 38.94 | | 38.33 | | 38.94 | | 38.81 | 0.37 |
| 前走者ブルー通過から次走者アウト先10m (=40m)バトンパス時間 | 小林-江里口 | 3.78 | 川面-江里口 | 3.95 | 小林-江里口 | 3.84 | 江里口-木村 | 3.93 | 草野-川面 | 3.94 | 我孫子-塚原 | 3.74 | 塚原-末続 | 3.92 | 3.88 | 0.08 |
| | 江里口-高平 | 3.80 | 江里口-高平 | 3.96 | 江里口-高平 | 3.83 | 木村-高平 | 3.83 | 川面-小林 | 3.90 | 塚原-高平 | 3.70 | 末続-高平 | 3.92 | 3.85 | 0.07 |
| | 高平-斉藤 | 3.99 | 高平-斉藤 | 3.96 | 高平-斉藤 | 3.86 | 高平-斉藤 | 3.83 | 小林-飯塚 | 3.94 | 高平-藤光 | 3.92 | 高平-斉藤 | 3.83 | 3.89 | 0.06 |
| | 合計 | 11.57 | 合計 | 11.87 | 合計 | 11.53 | 合計 | 11.59 | 合計 | 11.78 | 合計 | 11.36 | 合計 | 11.67 | 11.62 | 0.15 |
| バトンゾーン20mバトンパス時間 | 1→2 | 1.89 | 1→2 | 2.01 | 1→2 | 1.95 | 1→2 | 1.97 | 1→2 | 2.01 | 1→2 | 1.88 | 1→2 | 1.88 | 1.95 | 0.05 |
| | 2→3 | 1.96 | 2→3 | 1.97 | 2→3 | 1.97 | 2→3 | 1.91 | 2→3 | 2.00 | 2→3 | 1.87 | 2→3 | 1.87 | 1.92 | 0.04 |
| | 3→4 | 2.00 | 3→4 | 2.00 | 3→4 | 1.93 | 3→4 | 1.91 | 3→4 | 2.01 | 3→4 | 2.00 | 3→4 | 2.00 | 1.96 | 0.04 |
| | 合計 | 5.85 | 合計 | 5.98 | 合計 | 5.85 | 合計 | 5.79 | 合計 | 6.02 | 合計 | 5.75 | 合計 | 5.75 | 5.83 | 0.09 |
| 受け走者インからアウト先10mまでの30mタイム=10m加速+30m加速タイム | 2江里口 | 2.96 | 2江里口 | 3.08 | 2江里口 | 3.07 | 2木村 | 3.09 | 2川面 | 3.04 | 2塚原 | 2.89 | 2末続 | 3.07 | 3.06 | 0.08 |
| | 3高平 | 3.07 | 3高平 | 3.31 | 3高平 | 3.11 | 3高平 | 3.03 | 3小林 | 3.09 | 3高平 | 2.95 | 3高平 | 3.08 | 3.09 | 0.08 |
| | 4斉藤 | 3.13 | 4斉藤 | 3.13 | 4斉藤 | 3.14 | 4斉藤 | 3.11 | 4飯塚 | 3.08 | 4藤光 | 3.23 | 4斉藤 | 3.12 | 3.14 | 0.08 |

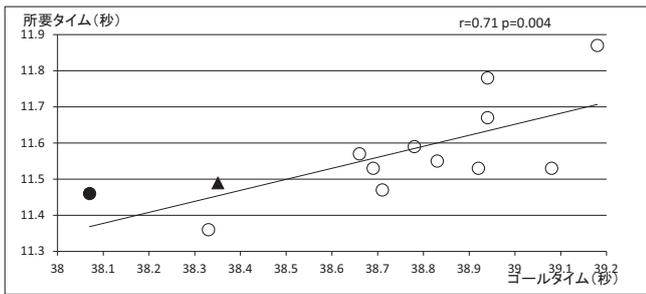


図3 ゴールタイムと40m 所要タイムの相関図

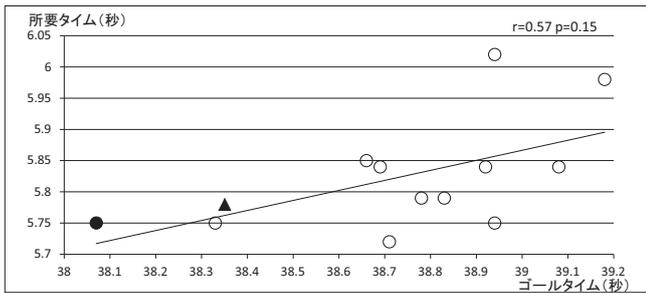


図4 ゴールタイムと20m 所要タイムの相関図
(図中●はロンドン予選、▲はロンドン決勝)

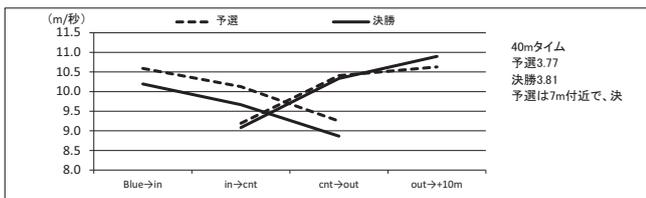


図5 山縣→江里口のバトンパススピード曲線

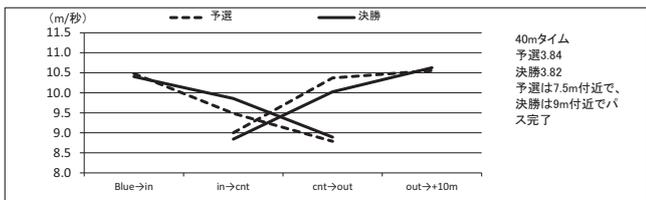


図6 江里口→高平のバトンパススピード曲線

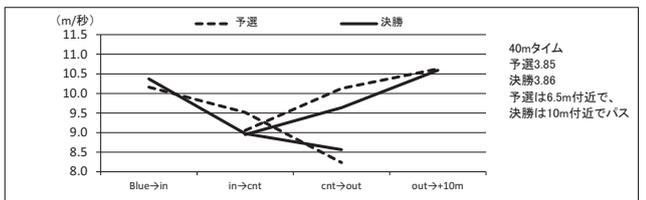


図7 高平→飯塚のバトンパススピード曲線

0.61 秒の差がある例や、40m パスタタイムの方が相関係数が高いこと等から、40m 所用タイム測定的重要性が伺えた。次走者の加速をしっかり評価するということ、やはり重要であろう。40m パスタタイムの算出はキャリブレーションマークが必要になる等の

工夫が必要ではあるが、ナショナルチームレベルのサポートでは、40m パスタタイム算出が望ましいと考える。しかしながら、トラックにキャリブレーションマークが必要なく簡易に測定できること、また過去の蓄積データが多いことなどから、20m パスタタイムが不必要とは考えていない。

また、データ数が蓄積されたので、1 走→2 走、2 走→3 走、3 走→4 走の、40m のパスタタイムの分散分析を行った。その結果、 $P=0.113$ であり、有意な差は認められなかった。ということは、1 走→2 走、2 走→3 走、3 走→4 走のどこの箇所でもパスタタイムはあまり変わらない事を表している。選手や指導者の体感では、前走者が直線を走ってくる、また次走者の加速局面を曲線で行わなくてはならない2 走→3 走が難しいと言われるが、この区間を他の区間と変わらずタイムを出している、高平選手の巧さが、数値に表れていると思われた。

IV. パスゾーンの走スピード曲線データについて

図5-7は、メンバーが同一であった、ロンドンオリンピックの予選と決勝のスピード曲線である。映像からのパス状況と合わせて考察するが、前走者の曲線の傾きが大きい、つまり減速が大きいデータは、詰まってスピード調整しているものであった。予選・決勝ともに、受け手が挙手を開始するのは約2.5-3mである。予選ではパス終了が約6.5-7mであり、約2歩でパスは完了している。決勝はパス終了が約9-11mであった。予選よりも歩数が掛かっているが、状況としては「若干詰まって、速度調整して、渡した」であった。第2報でも述べたが、手を出している動作でのスピード低減の少ないアンダーハンドパスとは言え、あまり多くの歩数を費やすと、タイムロスに繋がるのが伺えた。過去のデータでは、2007 大阪世界選手権、2008 北京五輪、2009 ベルリン世界選手権ともに、挙手からパス完了まで約2歩で完了している。

パスゾーン出口でのスピード差は、ライバルが理想的なパスをした場合、そこだけで0.1-0.2秒前後のタイム差が出るのが考えられ、距離で言えば約1-2mの差が付く。どの様な場面でもしっかり加速し、繋げられるパスワークが重要であろう。

V. 個人のタイムについて

表2は、IAAFの公表データより集計した、国別の、その国毎の上位4名の平均タイムである。100mは

表2 4×100mリレーのための世界スプリントランキング

| | 2008 | | 2009 | | 2010 | | 2011 | | 2012(7月まで) | |
|------|-----------|--------|-----------|--------|------|--------|-----------|--------|------------|--------|
| 1 | JAM 37.10 | 9.758 | JAM 37.31 | 9.810 | JAM | 9.818 | JAM 37.04 | 9.728 | JAM 36.84 | 9.823 |
| 2 | USA | 9.865 | USA | 9.859 | USA | 9.854 | USA DNF | 9.836 | USA 37.04 | 9.883 |
| 3 | TRI 38.06 | 9.993 | TRI 37.62 | 10.003 | TRI | 10.068 | TRI 39.01 | 9.983 | TRI 38.12 | 9.978 |
| 4 | GBR | 10.048 | GBR 38.02 | 10.058 | FRA | 10.108 | GBR DNF | 10.098 | SKN | 10.083 |
| 5 | AHO | 10.134 | JPN 38.30 | 10.120 | GBR | 10.128 | FRA 38.20 | 10.098 | BAH | 10.146 |
| 6 | NGR | 10.145 | FRA 39.21 | 10.146 | ITA | 10.175 | BRA | 10.185 | CAN DQ | 10.148 |
| 7 | FRA | 10.164 | BRA 38.56 | 10.158 | NGR | 10.193 | CAN | 10.198 | RSA | 10.160 |
| 8 | CAN 38.66 | 10.183 | ITA 38.54 | 10.165 | GER | 10.213 | RSA | 10.200 | JPN 38.35 | 10.170 |
| 9 | BRA 38.24 | 10.198 | CUB | 10.175 | JPN | 10.230 | JPN | 10.209 | GBR | 10.178 |
| 10 | JPN 38.15 | 10.228 | GER | 10.198 | RSA | 10.240 | ITA 38.96 | 10.209 | FRA 38.16 | 10.185 |
| 11 | ITA | 10.230 | NGR | 10.238 | BAH | 10.244 | GER | 10.231 | NGR | 10.193 |
| 12 | BAH | 10.230 | BAR | 10.250 | AUS | 10.245 | CUB | 10.249 | GER | 10.219 |
| 13 | GER 38.58 | 10.234 | CAN 38.39 | 10.251 | CAN | 10.249 | BAH | 10.250 | BRA | 10.238 |
| 14 | ZIM | 10.271 | RSA | 10.280 | CHN | 10.275 | SU | 10.251 | ITA | 10.283 |
| 15 | CHN DQ | 10.278 | BAH | 10.294 | | | CHN | 10.284 | CHN | 10.316 |
| 16 | RSA | 10.281 | CHN | 10.301 | | | | | AUS 38.43 | 10.321 |
| 17 | POL | 10.283 | | | | | | | | |
| 18 | SLO | 10.295 | | | | | | | | |
| 19 | AUS | 10.306 | | | | | | | | |
| 20 | CZE | 10.309 | | | | | | | | |
| 21 | NED DQ | 10.319 | | | | | | | | |
| ランク外 | | | | | | | SKN 38.49 | なし | NED 38.39 | なし |
| | | | | | | | POL 38.50 | なし | | |

- ・松尾ら(2012)より筆者改変
- ・100mはそのまま、200mは1/2したタイムにした。
- ・国毎に、上位4名の平均タイムを算出
- ・国名はI Oコード
- ・左寄せはオリンピックまたは世界選手権での決勝進出国
- ・グレー網掛けはメダル獲得国

そのままのタイムを、200mは1/2のタイムで評価した。過去5年間では、日本は常に上位10傑に入っている。平均タイムで9秒台を持っているのはジャマイカ、米国、トリニダード・トバゴのみで、残りは10秒台であり、接戦である。9秒台で走る黒人系選手は、単独でも大変目立つのだが、チームとして纏めて見ると、日本チームは健闘している位置に居ると思われた。個人記録が世界と変わらないと言う事は、一歩抜け出してリレーでより上位を目指すためには、バトンパスワークの練習が重要になることが伺えた。

また現在の日本チームは、銅メダルを獲得した2008年よりも平均値が高く、個々の能力が更に上がっている。日本代表チームは、更なる飛躍の位置に居ることが伺えた。

参考文献

広川龍太郎 松尾彰文 柳谷登志雄 持田尚 森丘保典 松林武生 貴嶋孝太 山本真帆 高橋恭平 渡辺圭佑 綿谷貴志 杉田正明 荻部俊二 土江寛裕 高野進 (2012) 男子ナショナルチーム・4×100mリレーのバイオメカニクスサポート報告(第2報) 陸上競技研究紀要 vol.8、35-38
 松林武生 松尾彰文 貴嶋孝太 山本真帆 広川龍太郎 (2012) 陸上競技男子4×100mリレーにおけるバトンパス技術の評価 第9回 JISS スポー

ツ科学会議

広川龍太郎 松尾彰文 杉田正明 (2009) 男子ナショナルチーム・4×100mリレーのバイオメカニクスサポート報告 陸上競技研究紀要 vol.5、67-70
 杉田正明 広川龍太郎 松尾彰文 川本和久 高野進 阿江道良 (2007) 4×100m、4×400mリレーについて 陸上競技学会誌 vol.6 21-26
 柳谷登志雄 小山桂史 杉田正明 (2007) 男子4×100mR 決勝に見るバトンパスワーク 陸上競技マガジン 12 154-155
 杉田正明 広川龍太郎 高野進 有川秀之 川本和久 阿江道良 小林寛道 (2005) 国際グランプリ大阪大会2004の4×100mリレーバトンパス分析 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2004 121-123
 杉田正明 杉浦雄策 林忠男 持田尚 石井好二郎 阿江道良 小林寛道 (2004) 南部記念陸上4×100mリレーのバトンパス分析 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2003 101-106