

2019年シーズンにおける女子4×400mリレーのレース分析

山中亮¹⁾ 小林海²⁾ 大沼勇人³⁾ 高橋恭平⁴⁾ 渡辺圭祐⁵⁾ 松林武生⁶⁾ 広川龍太郎⁷⁾

1) 新潟食料農業大学 2) 東京経済大学 3) 関西福祉大学 4) 鹿児島大学
5) 日本スポーツ振興センター 6) 国立スポーツ科学センター 7) 東海大学

1. はじめに

女子マイルリレーは、近年、2008年北京オリンピック、2015年北京世界陸上競技選手権大会を最後に、オリンピック及び世界陸上競技選手権大会への出場が遠のいている状況にある。この状況を打破すべく、2019年9-10月に実施されるドーハ世界選手権並びに2020年東京オリンピックへの出場を目指す目的とした女子リレープロジェクトが2018年11月に発足され、2019年1月にトライアルが行われた結果、9名の選手が第一期メンバーとして選出された。このメンバーを中心として、5月に行われた横浜世界リレーに、青山聖佳選手（大阪成蹊大学AC）、松本奈菜子選手（東邦銀行）、武石この実選手（東邦銀行）、岩田優奈選手（中央大学）の走順で挑み、日本歴代8位となる3:31.72秒を記録したが予選敗退となった。その後、2019年の9月に行われた富士北麓ワールドトライアルにて、高島咲季選手（相洋高校）、青山聖佳選手（大阪成蹊大学AC）、松本奈菜子選手（東邦銀行）、岩田優奈選手（中央大学）の走順で挑み、日本歴代7位である3:31.66秒を記録したが、ドーハ世界選手権の出場資格である世界ランク16位圏内に約2秒届かず、ドーハ世界選手権への出場を逃した。

本研究では、2019年に女子マイルチームが出場した横浜世界リレー及び富士北麓ワールドトライアルの分析結果を報告するとともに、ドーハ世界選手権において日本代表を目指す3分27-29秒台を記録したチームと日本チームの分析結果の比較を行い、日本代表と他国の差異の要素を明らかにし、今後日本代表が世界大会に出場するために必要な要因について検討することを目的とした。また、ドーハ世界選手権における上位チームのラップタイムに関する分析も行い、女子4×400mリレーのレースパターンの傾向を明らかにするも目的とした。

2. 方法

2-1. 分析対象レース

2019年に女子4×400mリレー日本代表が出場した横浜世界リレー、富士北麓ワールドチャレンジのレース分析を行った。また、ドーハ世界選手権における外国チームの分析を行った。ドーハ世界選手権では、予選において3:27-29秒台を記録したチーム及び予選の各組上位3か国を、決勝において上位5か国をそれぞれ分析対象とした。

2-2. 測定方法

通過タイム分析には、3-5台のデジタルビデオカメラ（Lumix H-FSA45200, Panasonic [2台]、LUMIX DMC-FZ300, Panasonic [3台]）を用いて、サンプリングレートをそれぞれ59.94 fpsに設定し、全選手がフィニッシュラインを通過するまで当該レースを撮影した。先行研究（小林ら2017、小林ら2018）に倣い、5台のカメラのうち、2-4台はスタートおよびゴールの撮影を行えるメインスタンドから1コーナーのスタンド上方に、残りの1台は200mの通過を撮影できるバックスタンド上方に配置した。レース映像はスタート時のスターターの閃光を撮影した後、パンニング方式で先頭の選手を撮影し続け、200mのラップタイムと400mのラップタイムを測定するために、先頭の選手が校正点を通過してから、最後の選手が校正点を通過するまで撮影位置を校正点で固定した。撮影に際し、1走の200m通過地点および1-2走のバトン受け渡し地点（1走400m通過地点）を撮影するために、1走の撮影では1-2台のカメラを1コーナーに配置した。2走以降の400m通過とドーハ世界選手権では20mのテークオーバーゾーン内の区間タイム（20mバトンタイム）や次走者のテークオーバーゾーン後半10mの走速度（次走者走速度）を分析するために、

表1 横浜世界リレー予選及び富士北麓ワールドトライアルにおける日本チームのラップタイム及びバトンゾーン区間の分析

| 競技会名 | 記録 | 走者 | ラップタイム | | | バトンゾーン区間分析 | | |
|---------------|---------|----|-------------|---------------|-----------------|---------------|-------------|---------------|
| | | | 400m [s] | 0-200m [s] | 200-400m [s] | 20mタイム [s] | 受渡位置 [m] | 受手速度 [m/s] |
| 横浜世界リレー予選 | 3:31.72 | 青山 | 53.02 | 25.18 | 27.84 | - | - | - |
| | | 松本 | 52.54 | 24.11 | 28.43 | 2.82 | 5.0 | 7.40 |
| | | 武石 | 52.92 | 24.65 | 28.27 | 2.97 | 7.5 | 6.66 |
| | | 岩田 | 53.24 | 24.89 | 28.35 | 2.85 | 5.5 | 7.05 |
| | | 平均 | 52.93 | 24.71 | 28.22 | 2.88 | 6.00 | 7.04 |
| 富士北麓ワールドトライアル | 3:31.66 | 高島 | 53.47 | 26.34 | 27.13 | - | - | - |
| | | 青山 | 51.95 | 24.08 | 27.87 | 2.74 | 5.0 | 7.59 |
| | | 松本 | 53.60 | 24.72 | 28.89 | 2.82 | 4.0 | 7.49 |
| | | 岩田 | 52.64 | 24.83 | 27.80 | 2.80 | 6.0 | 7.59 |
| | | 平均 | 52.92 | 24.99 | 27.92 | 2.79 | 5.00 | 7.56 |

テークオーバーゾーンの入り口の延長線上とゴールラインの延長線上に残りの1-2台のカメラを配置した。残りの1台は各走者の200 m通過地点と400 m通過地点を撮影するために、バックスタンドの200 m通過地点の延長線上に配置した。1走の200 m通過地点は既存の校正点が存在しないため、予めグラウンドに校正点を計測し、1コーナーに配置した2-4台のカメラで静止画および動画にて校正点を撮影した。

2-3. 分析方法と分析項目

映像分析には動画再生および編集ソフト(QuickTimePro7, Apple, USA)を用い、スターターの閃光をゼロフレームとして、各校正点をトルソーが通過したフレーム数を求めた。分析対象レースにおける第1走者の200 m通過地点の分析に際し、グラウンド上のラインや観客席の位置関係を手掛かりに、Overlay方式での分析(持田ら 2007)を行った。Overlayによる分析には、表計算ソフトウェア(Microsoft Excel)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。その後、通過フレームと撮影時のfpsの逆数との積から通過タイムを求めた。得られた通過タイムから200 mと400 mそれぞれのラップタイム、200mごとのトップチームとのタイム差を算出した。ドーハ世界選手権では、上述の項目に加えて20 mのテークオーバーゾーンタイム(20 mバトンタイム)とテークオーバーゾーン後半10 m区間の次走者の走速度を求め、次走者走速度と20 mのバトンゾーンに要した時間との相関関係についても検討した。相関関係の有意差にはピアソンの積率相関係数を用い、有意水準を5%未満とした。

3. 結果および考察

表1に、2019年度に日本代表チームが参加した横浜世界リレー予選及び富士北麓ワールドトライアルレースの分析結果を示した。両レースにおける400mのラップタイムの平均値は、52.9秒台であった。前半200mのラップタイムは、世界リレー予選時の方が富士北麓ワールドトライアルの記録よりも、平均で0.2秒以上早く、後半の200mのラップタイムは、富士北麓ワールドトライアル時の方が世界リレー予選時よりも速かった。

表2には、ドーハ世界選手権の予選に出場し、3:27-29秒台を記録した6チームのデータを示した。日本チームの値(表1)と対象の6チームの値(表2)を比較した結果、400mのラップタイムは、日本代表チーム(富士北麓ワールドトライアル)が52.92秒であり、ドーハ世界選手権の予選に出場した対象の6チームの51.85-52.46秒と比べて0.46-1.07秒遅かった。富士北麓ワールドトライアルのレースで第2走者を務めた青山聖佳選手(大阪成蹊大学AC)は、51.95秒のラップタイムを記録していることから、対象の6チームの選手たちにも劣ることのない走力を持ち合わせていることが示された。また、前半200mのラップタイムにおいて、対象の6チームの24.30-24.61秒と比較して、日本チームは24.99秒であり、0.38-0.69秒遅いことが明らかとなった。一方、後半の200mタイムにおいては、対象の6チームの27.51-28.06秒と比較して、日本チームは27.92秒であり、対象の6チームとは大きな差異がないことが明らかとなった。これらのことから、日本チームは後半の200mには他国と大きな差がないが、前半の200mにおいて他国に先行されてしまう

表2 ドーハ世界選手権予選において3分27-29秒台を記録した国のラップタイム及びバトンゾーン区間の分析

| 国名 | タイム | 走者 | ラップタイム | | | バトンゾーン区間分析 | | |
|---------|---------|--------------------------|-------------|---------------|-----------------|---------------|-------------|---------------|
| | | | 400m [s] | 0-200m [s] | 200-400m [s] | 20mタイム [s] | 受渡位置 [m] | 受手速度 [m/s] |
| オランダ | 3:27.40 | Lieke KLAVER | 52.14 | 24.22 | 27.92 | - | - | - |
| | | Lisanne DE WITTE | 50.58 | 23.93 | 26.64 | 2.83 | 5.5 | 7.40 |
| | | Bianca BAAK | 52.55 | 24.61 | 27.94 | 2.82 | 4.0 | 7.18 |
| | | Femke BOL | 52.13 | 24.59 | 27.54 | 2.90 | 4.5 | 7.14 |
| | | 平均 | 51.85 | 24.34 | 27.51 | 2.85 | 4.67 | 7.24 |
| イタリア | 3:27.57 | Maria Benedicta CHIGBOLU | 52.07 | 25.12 | 26.95 | - | - | - |
| | | Ayomide FOLORUNSO | 51.74 | 23.67 | 28.06 | 2.79 | 5.0 | 7.64 |
| | | Giancarla TREVISAN | 52.53 | 24.38 | 28.14 | 3.40 | 11.5 | 5.35 |
| | | Raphaela Boaheng LUKUDO | 51.24 | 24.03 | 27.21 | 2.85 | 6.5 | 6.85 |
| | | 平均 | 51.89 | 24.30 | 27.59 | 3.01 | 7.67 | 6.61 |
| オーストラリア | 3:28.64 | Bendere OBOYA | 51.59 | 23.96 | 27.64 | - | - | - |
| | | Lauren BODEN | 53.18 | 24.17 | 29.01 | 2.76 | 7.0 | 7.49 |
| | | Ellie BEER | 52.03 | 24.55 | 27.48 | 3.01 | 7.0 | 6.66 |
| | | Rebecca BENNETT | 51.84 | 24.62 | 27.23 | 2.85 | 8.0 | 6.62 |
| | | 平均 | 52.16 | 24.32 | 27.84 | 2.88 | 7.33 | 6.93 |
| インド | 3:29.42 | Jisna MATHEW | 52.55 | 24.66 | 27.89 | - | - | - |
| | | Machettira POOVAMMA RAJU | 52.58 | 24.45 | 28.13 | 2.90 | 3.0 | 7.64 |
| | | Velluva Koroth VISMAYA | 51.54 | 24.17 | 27.37 | 3.06 | 5.0 | 7.64 |
| | | Venkatesan SUBHA | 52.75 | 25.18 | 27.57 | 2.85 | 4.5 | 7.05 |
| | | 平均 | 52.36 | 24.61 | 27.74 | 2.94 | 4.17 | 7.44 |
| フランス | 3:29.66 | Amandine BROSSIER | 52.51 | 25.21 | 27.30 | - | - | - |
| | | Déborah SANANES | 51.06 | 23.22 | 27.84 | 2.70 | 6.5 | 7.68 |
| | | Elise TRYNKLER | 53.45 | 24.86 | 28.59 | 3.04 | 6.5 | 6.28 |
| | | Agnès RAHAROLAHY | 52.64 | 24.13 | 28.51 | 2.80 | 5.0 | 7.27 |
| | | 平均 | 52.42 | 24.36 | 28.06 | 2.85 | 6.00 | 7.08 |
| キューバ | 3:29.84 | Zurian HECHAVARRÍA | 52.09 | 24.36 | 27.73 | - | - | - |
| | | Rose Mary ALMANZA | 51.30 | 23.53 | 27.77 | 2.78 | 4.0 | 7.99 |
| | | Adriana RODRÍGUEZ | 54.79 | 25.16 | 29.63 | 2.94 | 4.0 | 7.99 |
| | | Roxana GÓMEZ | 51.67 | 24.87 | 26.80 | 3.10 | 4.0 | 6.45 |
| | | 平均 | 52.46 | 24.48 | 27.98 | 2.94 | 4.00 | 7.48 |

表3 ドーハ世界選手権決勝における上位5チーム及び予選各組上位3チームのラップタイム

| ラウンド | 国名 | 記録 | 順位 | 1走 400m | | 2走 400m | | 3走 400m | | 4走 400m | | 平均 400m | | | | | | |
|----------|-------|---------|----|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 0-200m | 200-400m | 0-200m | 200-400m | 0-200m | 200-400m | 0-200m | 200-400m | 0-200m | 200-400m | | | | | |
| 決勝 | アメリカ | 3:18.92 | 1 | 50.54 | 48.74 | 49.43 | 50.20 | 49.73 | 24.35 | 26.70 | 23.64 | 26.38 | 23.62 | 26.94 | 24.47 | 25.80 | 24.02 | 26.45 |
| | ポーランド | 3:21.89 | 2 | 51.05 | 50.02 | 50.56 | 50.26 | 50.47 | 24.47 | 27.15 | 23.74 | 27.19 | 23.02 | 26.63 | 23.67 | 26.50 | 23.72 | 26.87 |
| | ジャマイカ | 3:22.37 | 3 | 51.62 | 50.93 | 49.65 | 50.17 | 50.59 | 24.12 | 27.74 | 23.01 | 26.61 | 23.53 | 27.19 | 24.11 | 26.71 | 23.69 | 27.06 |
| | イギリス | 3:23.02 | 4 | 51.87 | 49.62 | 50.72 | 50.82 | 50.76 | 24.83 | 27.24 | 24.30 | 27.40 | 23.87 | 28.05 | 24.62 | 26.83 | 24.41 | 27.38 |
| | ベルギー | 3:27.15 | 5 | 52.07 | 51.70 | 51.93 | 51.45 | 51.79 | 23.69 | 28.29 | 23.30 | 27.39 | 24.22 | 26.63 | 23.54 | 26.58 | 23.69 | 27.22 |
| 予選 1組 | ジャマイカ | 3:23.64 | 1 | 51.99 | 50.68 | 50.85 | 50.12 | 50.91 | 24.67 | 27.17 | 24.10 | 26.74 | 24.38 | 26.47 | 24.93 | 27.33 | 24.52 | 26.92 |
| | ポーランド | 3:25.78 | 2 | 51.84 | 50.83 | 50.85 | 52.26 | 51.45 | 24.62 | 27.26 | 23.47 | 27.83 | 24.08 | 27.25 | 24.30 | 27.05 | 24.12 | 27.35 |
| | カナダ | 3:25.86 | 3 | 51.89 | 51.29 | 51.33 | 51.35 | 51.47 | 24.22 | 27.92 | 23.93 | 26.64 | 24.61 | 27.94 | 24.59 | 27.54 | 24.34 | 27.51 |
| 予選 2組 | アメリカ | 3:22.96 | 1 | 52.10 | 49.85 | 51.13 | 49.88 | 50.74 | 24.45 | 27.47 | 23.57 | 27.44 | 23.98 | 27.62 | 23.71 | 26.75 | 23.93 | 27.32 |
| | イギリス | 3:24.99 | 2 | 51.92 | 51.02 | 51.60 | 50.45 | 51.25 | 24.77 | 27.99 | 24.02 | 26.94 | 24.68 | 27.66 | 23.37 | 27.14 | 24.21 | 27.43 |
| | ウクライナ | 3:26.57 | 3 | 52.76 | 50.96 | 52.34 | 50.51 | 51.64 | 24.87 | 27.46 | 23.51 | 27.79 | 24.49 | 27.71 | 24.07 | 26.67 | 24.24 | 27.41 |

ことによって400mのラップタイムが他国よりも遅れてしまう要因となることが明らかとなった。先行研究(小林ら 2018)で報告されているように、マ

イルの特性上、前半200mで先頭集団にいないとレースを優位に展開することが難しいと考えられるため、日本チームは前半の200mを他国と同等のタ

先頭とのタイム差 [秒]

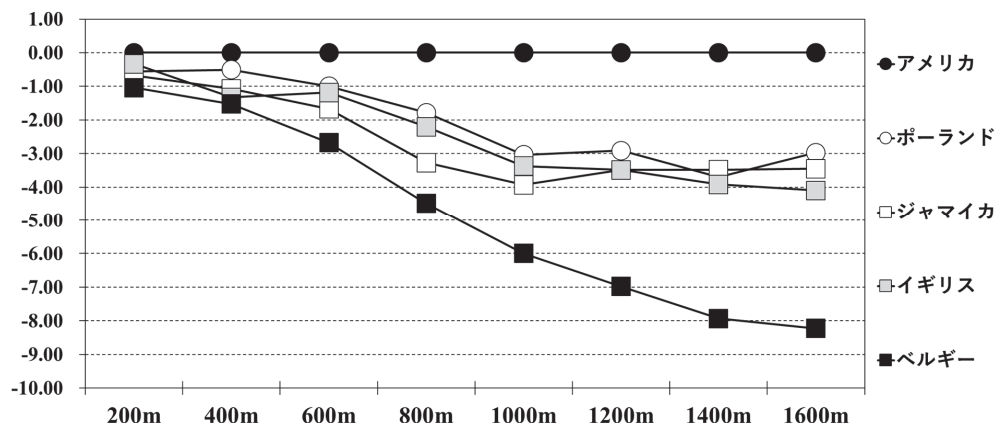


図1 ドーハ世界選手権決勝における先頭とのスプリットタイム差

タイムで通過することが望まれる。それを成し遂げるためには、前半の200mにおいて他国と同等のタイムで通過できるように、最大疾走速度を向上させることによって余裕度を持って走れるようになることと、前半の200mを速いタイムで通過した際でも後半の200mのタイムが低下しすぎないようにするための持続的な能力の向上が必要であると考えられる。

先行研究(小林ら 2018)において、4×100mリレーと同様に4×400mリレーにおいても、バトンパス区間のタイムを縮めることが4×400mリレー全体のタイム短縮に繋がる重要な要素となることが報告されている。そこで本研究においても、20mのバトンパスタイム及びバトンゾーン区間後半の10mの走速度の分析を行い、日本代表チームとドーハ世界選手権の予選に出場し、3:27-29秒台を記録した6つのチームのデータを比較した。その結果、日本代表チーム(富士北麓ワールドトライアル)の20mタイムは2.79秒であり、対象の国外6チームの2.85-3.01秒よりも短かった。また、20mのバトンタイムと相関関係を示すことが報告されているバトンパス区間後半の10mの走速度は、日本代表チームが7.56m/sを示し、対象の外国6チームの6.61-7.48m/sよりも速かった。これらの結果から、日本チームのバトンパスワークは、国外の6チームよりも優れており、スムーズにバトンの受け渡し及び受手の加速が行われていることが明らかとなった。

表3には、世界選手権時の決勝及び予選における400m、200m毎のラップタイムのデータを示した。決勝においては、優勝したアメリカの400mのラップタイムは全出場チームで唯一50秒を切る49.7秒台であった。また、前半200mの通過タイムにおいて、全出場チーム内で最速のタイム(23.2秒台)

を記録した。そして、後半200mタイムに関しても、優勝したアメリカは26.49秒台でカバーし、決勝において後半200mタイムの最速値を出したポーランドのタイム(26.45秒)とほぼ同じ値であったことが明らかとなった。予選においては、2組目1着であるアメリカの400mのラップタイムは50.74秒で、次点として、1組目1着のジャマイカが50.91秒であった。前半200mのラップタイムは、1組目1着のジャマイカと2組目1着のアメリカが23.69秒で同様であった。一方、後半200mのラップタイムの最速値を出したのは、1組目2着のポーランドであり、そのタイムは26.92秒であった。ポーランドは前半の200mを24.52秒と予選上位の他国と比較して遅く入り、後半の200mでその差を縮めていたことが明らかとなった。それぞれの予選の組で1位であったジャマイカとアメリカの後半200mのラップタイムは、それぞれ、27.22秒及び27.05秒であった。世界選手権時の予選及び決勝における順位変動を図1-3に示した。決勝においては、アメリカが第一走者から首位をキープし、そのままフィニッシュまで首位を他国に譲らなかった。予選一組目においては、第3走者までジャマイカ、ポーランド及びカナダの3カ国が首位争いを繰り広げていたが、ジャマイカが終始首位の座を明け渡すことなくフィニッシュした。予選二組目においては、アメリカが第一走者ではイギリスにリードを許したものの、第2走者以降でイギリスを含めた後続を引き離しフィニッシュした。これらのことから、女子4×400mリレーにおいても、男子4×400mリレーを対象にした先行研究(小林ら 2018)で報告されているように、1-2走から先頭あるいは先頭集団にいたことがレースで勝つための重要な要因となると考えられる。

先頭とのタイム差 [秒]

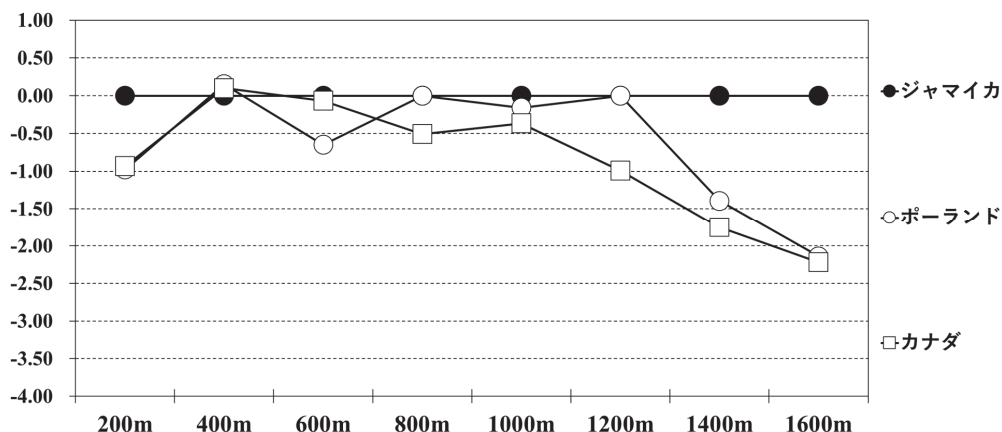


図2 ドーハ世界選手権予選1組目における先頭とのスプリットタイム差

先頭とのタイム差 [秒]

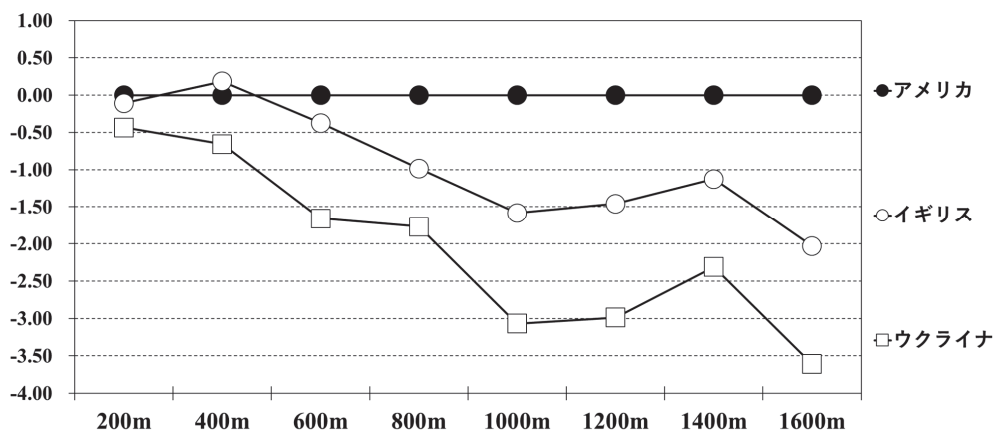


図3 ドーハ世界選手権予選2組目における先頭とのスプリットタイム差

4. まとめ

2019年に行われた富士北麓ワールドトライアル時の日本チームとドーハ世界選手権の女子4×400mリレー予選に出場し3:27-29秒台を記録した6チームとの比較を行い、日本チームと他国チームとの差を検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- 日本チームと対象の6チームの400mのラップタイムは、それぞれ、52.92秒及び51.8-52.46秒であり、日本チームが0.46-1.07秒遅かった。
- 後半の200mには日本チームと他国との間には大きな差がないけれども、前半の200mにおいて他国に先行されてしまうことによって400mのラップタイムが他国よりも遅れてしまうことが明らかとなった。
- 日本チームのバトンパスゾーンにおける20mの区間タイムが他国のチームよりも短く、そして、日本チームのバトンパスゾーン後半10mの走速度が他国よりも高かったことから、日本チームが

他国よりもスムーズにバトンの受け渡し及び受手の加速が行われていることが明らかとなった。

文献

- 小林海, 高橋恭平, 山中亮, 渡辺圭祐, 松林武生, 広川龍太郎 (2018) 2018年シーズンにおける男子4×400mリレーのレース分析～ジャカルタアジア大会と日本選手権リレーの分析結果について～. 陸上競技研究紀要, 14: 180-184.
- 小林海, 山中亮, 高橋恭平, 松林武生, 広川龍太郎, 松尾彰文, 杉田正明 (2017) 日本選手権リレーにおけるU18男女混合4×400mリレーのレース分析. 陸上競技研究紀要, 13: 190-196.
- 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. 陸上競技研究紀要, 3: 9-15.