

## 日本代表男子4×100 mリレーのバイオメカニクスサポート ～2018 ジャカルタアジア大会の分析結果と過去のレースとの比較～

小林海<sup>1)</sup> 高橋恭平<sup>2)</sup> 山中亮<sup>3)</sup> 渡辺圭祐<sup>4)</sup> 大沼勇人<sup>5)</sup> 吉本隆哉<sup>5)</sup> 丹治史弥<sup>5)</sup>  
山本真帆<sup>5)</sup> 松林武生<sup>5)</sup> 広川龍太郎<sup>6)</sup> 土江寛裕<sup>7)</sup>

1) 東京経済大学 2) 熊本高等専門学校 3) 新潟食料農業大学 4) 日本スポーツ振興センター  
5) 国立スポーツ科学センター 6) 東海大学 7) 東洋大学

### 1. はじめに

2018年8月にインドネシアのジャカルタで行われた第18回アジア競技大会(アジア大会)において、日本代表チームは男子4×100 mリレーで20年ぶりに金メダルを獲得した。さらに、今大会は銀メダルを獲得した2016年のリオデジャネイロオリンピックや、銅メダルを獲得した2017年のロンドン世界選手権とも異なる選手および走順であったことを考慮すると、金メダル獲得は日本の男子短距離界の選手層の厚さを裏付けるものであった。アジア大会が実施された2018年8月時点で、4×100mリレーに出場した日本代表選手の100 mシーズンベストは平均10.11秒(山縣亮太選手 [山縣選手]:10.00秒, 多田修平選手:10.22秒, 桐生祥秀選手 [桐生選手]:10.10秒, ケンブリッジ飛鳥選手:10.12秒)であり、加えて、これまでに練習を重ねてきた、テークオーバーゾーンでの円滑なバトンパスが金メダルの獲得に貢献したといえる。

2018年度は4×100 mリレーのテークオーバーゾーンのルールが改正され、次走者の加速区間の10 mがテークオーバーゾーンの一部となり、同ゾーンが20 mから30 mへと延伸された。一方で、テークオーバーゾーン内で次走者が十分に加速してバトンを貰うことの重要性(小林ら 2018など)に違いはなく、日本代表男子短距離ブロックでは、これまで通りテークオーバーゾーン内のバトンパスタイムを短縮させるためのバトンパス時の利得距離の延伸や、テークオーバーゾーン内におけるバトンパスの位置に主眼をあてた練習を行ってきた。これらの取り組みについて、日本陸連科学委員会は同強化委員会や国立スポーツ科学センターの協力のもと、従来通り、世界大会における4×100mリレーのレース

分析のみならず、合宿時におけるバトンパス練習の測定を実施し(広川ら 2016, 広川ら 2015, 小林ら 2018, 小林 2017, 小林ら 2017, 松林ら 2012など)、強化コーチや強化対象選手へのデータフィードバックすることで、より精度の高いバトンパスの体現に貢献してきた。

本研究では、2018年に行われたジャカルタアジア大会における日本と過去の世界大会で好成績を収めてきた中国の結果、また、過去数年の日本代表結果との比較から、金メダル獲得の要因と今後の課題について検討した。

### 2. 方法

#### 2-1. 分析対象レースとチーム

2018年のアジア大会において、金メダルを獲得した日本と銅メダルを獲得した中国チームについて分析を行なった。併せて、同一方法で分析を行った2017年ロンドン世界選手権決勝、2016年リオデジャネイロオリンピック決勝と今アジア大会における日本チームとの分析結果を比較した。

#### 2-2. 測定方法

アジア大会における4×100mリレーのレース測定には6台のハイスピードデジタルビデオカメラを用い(LUMIX DMC-FZ300, 239.76 fps),小林ら(2017)と同一の方法で各カメラをスタンド最上部にそれぞれ配置し、パンニング方式でレース映像を取得した。すべてのカメラはスターターの閃光を撮影することで、時間を同期した。また、競技場内でのキャリブレーション測定ができなかったため、予め各撮影地点から各レーンのテークオーバーゾーンの開始線(旧加速線)、終了線、および旧テークオーバーゾー

ンの中心線（開始線から 20 m 地点）の静止画と動画を撮影し、分析の際の校正点として用いた（図 1）。また、2-3 走のテークオーバーゾーン後 +10 m 地点については 400 m ハードルの 6 台目を校正点としたが、1-2 走と 3-4 走のテークオーバーゾーン後 +10 m 地点については、校正点となるグラウンドマークがないため、テークオーバーゾーンのセンターラインと出口との距離から位置情報を計算し、各レーンのテークオーバーゾーン後 +10 m に関する位置情報を推定した。

### 2-3. 分析方法

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を求めた。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時間を求めた。分析はこれまでに 4 × 100m リレーの分析に携わった経験のある者が少なくとも 2 度の分析を行い、2 分析間の誤差が 1 フレーム (0.004 秒) 以内になるまで分析を繰り返した。分析項目は広川ら (2016) および小林ら (2017) を参考に、バトンを持つ選手を基準に算出したバトン 100 m タイムと各走者個人の 100 m タイム、バトンパスの要素を排除した各走者のタイム、各テークオーバーゾーンの 20 m バトンタイムと 40 m バトンタイム、および次走者のテークオーバーゾーン後 +10 m (30-40 m 区間) 走速度、テークオーバーゾーン内のバトンパス開始地点と完了地点、バトンパスに要した距離であった。加えて、2018 年のアジア大会で分析を行っ

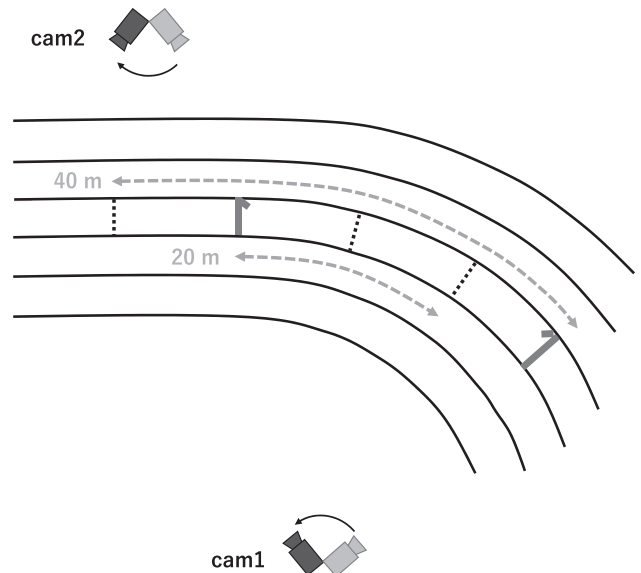


図 1 1-2 走の撮影地点におけるテークオーバーゾーン +10 m の測定レイアウトの例  
レース中の走者をスタンド上部に設置したカメラからパニング撮影し、テークオーバーゾーンの開始線（旧加速線）、旧ゾーンの中心線（開始線から 20 m 地点）、終了線、テークオーバーゾーン後 +10 m の位置情報から 20 m, 40 m バトンタイムをそれぞれ算出した

た対象区間の 4 × 100 m リレータイムと 40 m バトンタイムとの相関関係を算出した。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。

表 1 2018 年アジア大会, 2017 年ロンドン世界選手権決勝, 2016 年リオデジャネイロオリンピック決勝における各走者の個人タイム

大会 ラウンド 国名 組, レーン 記録 [秒]	2018 アジア大会				2017ロンドン	2016リオ	
	予選		決勝		決勝	決勝	
	日本 1組4レーン	中国 1組8レーン	日本 5レーン	中国 4レーン	日本 9レーン	日本 5レーン	
	<b>38.20</b>	38.88	<b>38.16</b>	38.89	38.04	37.60	
バトン 100mタイム [秒]	1走	<b>10.22</b>	9.43	<b>10.23</b>	10.76	10.33	10.14
	2走	<b>9.37</b>	9.43	<b>9.29</b>	9.34	9.27	9.18
	3走	<b>9.40</b>	9.26	<b>9.38</b>	9.31	9.20	9.24
	4走	<b>9.21</b>	9.45	<b>9.26</b>	9.49	9.24	9.04
個人 100mタイム [秒]	1走	<b>10.22</b>	10.74	<b>10.23</b>	10.76	10.33	10.14
	2走	<b>9.49</b>	9.54	<b>9.41</b>	9.44	9.38	9.30
	3走	<b>9.54</b>	9.40	<b>9.52</b>	9.44	9.30	9.36
	4走	<b>9.21</b>	9.45	<b>9.26</b>	9.49	9.24	9.04
1走80mタイム [秒] (スタート→ブルーライン)	<b>8.43</b>	8.78	<b>8.32</b>	8.79	8.48	8.37	
①1走90mタイム [秒] (スタート→2走イン)	<b>9.12</b>	9.78	<b>9.24</b>	9.79	9.43	9.31	
②2走100mタイム [秒] (2走イン→3走イン)	<b>9.83</b>	9.68	<b>9.51</b>	9.51	9.45	9.44	
③3走100mタイム [秒] (3走イン→4走イン)	<b>9.65</b>	9.51	<b>9.55</b>	9.75	9.39	9.43	
④4走110mタイム [秒] (4走イン→フィニッシュ)	<b>10.32</b>	10.56	<b>10.42</b>	10.37	10.37	10.16	
4走90mタイム [秒] (3走アウト→フィニッシュ)	<b>8.22</b>	8.43	<b>8.24</b>	8.46	8.25	8.03	
合計タイム [秒] (①+②+③+④)	<b>38.93</b>	39.52	<b>38.72</b>	39.42	38.64	38.33	

表2 2018年アジア大会, 2017年ロンドン世界選手権決勝, 2016年リオデジャネイロオリンピック決勝における20mおよび40mバトン区間タイム, 次走者の30-40m区間走速度

大会 ラウンド 国名		2018 アジア大会				2017 ロンドン	2018 リオ
		予選		決勝		決勝	決勝
		日本	中国	日本	中国	日本	日本
バトン区間 20mタイム [秒]	1-2走	<b>2.10</b>	1.95	<b>1.98</b>	1.97	1.90	1.86
	2-3走	<b>2.00</b>	1.91	<b>1.93</b>	1.97	1.91	1.85
	3-4走	<b>1.92</b>	1.91	<b>1.96</b>	1.69	1.91	1.93
	平均	<b>2.01</b>	1.92	<b>1.96</b>	1.88	1.91	1.88
バトン区間 40mタイム [秒]	1-2走	<b>3.74</b>	3.83	<b>3.84</b>	3.90	3.77	3.73
	2-3走	<b>3.92</b>	3.89	<b>3.89</b>	3.86	3.82	3.72
	3-4走	<b>3.84</b>	3.83	<b>3.86</b>	3.83	3.78	3.82
	平均	<b>3.83</b>	3.85	<b>3.86</b>	3.87	3.79	3.76
バトン区間 30-40m走速度 [m/秒]	2走	<b>10.66</b>	11.36	<b>10.70</b>	10.70	10.95	10.66
	3走	<b>10.56</b>	10.29	<b>10.42</b>	10.56	10.56	10.75
	4走	<b>10.70</b>	10.38	<b>10.52</b>	10.38	10.90	10.52
	平均	<b>10.64</b>	10.68	<b>10.55</b>	10.55	10.80	10.64

### 3. 結果および考察

2018年アジア大会決勝におけるバトン100mタイムおよび個人100mタイムは、3走を除くすべての区間で日本が中国を上回っていた(表1)。中国の3走は同大会の100mを9.92秒の記録で優勝した蘇炳添選手(Su選手)であり、日本代表選手と比較して高い走力を有していたことが個人タイムにおいて日本の3走を走った桐生選手を上回った要因だと考えられる。しかしながら、Su選手と桐生選手のバトンパス区間を除外した各走者のタイム(表1③)を比較すると、桐生選手(9.55秒)がSu選手(9.75秒)を上回っており、走力でも互角以上のレースを展開できていたといえる。また、1走の山縣選手は中国を0.53秒上回っており、レース全体を有利に展開できたことも20年ぶりの金メダル獲得につながったと推察される。

同大会において日本は予選から決勝にかけて、バトンパスのポイントに挙げているバトン区間40mタイムを短縮することができず、3区間平均で約0.03秒下回っていた(表2)。また、4人が100mを9秒台で走る走力を有するジャマイカやアメリカとのレースを想定すると、1区間あたり40mタイムを3.75秒以内に抑えることが重要となるが(小林ら2017)、決勝ではいずれの区間においてもそれを達成することができなかった。同大会では、金メダル獲得が男子短距離チームの最重要課題であったため、安全で確実なバトンパスを優先したことがこのような結果につながったと考えられる。

日本と中国のバトン区間タイムを比較すると、3区間平均のバトン区間40mタイムは僅かに(0.01秒)日本が中国を上回ったものの、20mタイムの

合計では0.08秒中国を下回っていた。また、アジア大会と2017年ロンドン世界選手権決勝および2016年リオデジャネイロオリンピック決勝のバトン区間40mタイムを比較すると、アジア大会はロンドン世界選手権やリオデジャネイロオリンピックを3区間平均約0.1秒下回っていた(表2)。2020年の東京オリンピックを見据えると、安定して3.7秒台中盤の40mタイムを記録することが重要であり、利得距離(バトンパス時の2選手間の距離)の延伸などの40mタイム短縮に必要な練習を重ねる必要がある。

アジア大会の4×100mリレータイムと40mバトンタイムとの間には有意な正の相関関係が認められた( $P < 0.01$ )ことから(図2)、先行研究(小林ら2017)と同様に、4×100mリレー全体のタイ

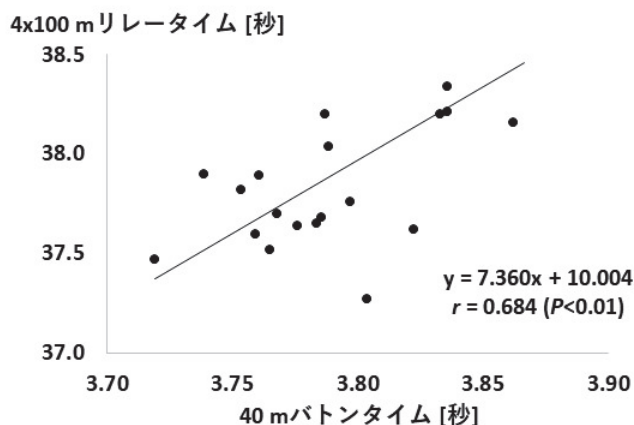


図2 2018年アジア大会における4×400mリレーのタイムと40mバトン区間タイムとの相関関係  
両者の間には有意な正の相関関係が認められた

ムの短縮には40 mバトンタイムの短縮が重要であるといえる。さらに、40 mバトンタイムとテークオーバーゾーン後10 m (30-40 m) 走速度との間にも有意な負の相関関係が認められた ( $P < 0.05$ ) (図3)。この結果は次走者が十分に加速した状態でバトンを貰うことで40mバトンタイムを短縮できることを示すものであり、その後の個人タイム短縮のためにも次走者がバトンを貰ってから加速するのではなく、スタートから加速する延長でバトンを貰うことが求められる (小林ら 2017, 山本ら 2018 など)。

バトンパスの成否を評価する指標の1つとして、バトンパスがテークオーバーゾーン内のどこで行われたかや前走者と次走者がバトンに触れていた距離 (時間) が挙げられる。表3で示したアジア大会の予選と決勝で日本がバトンパスに要した距離はそれぞれ平均2.1 mと2.2 mであり、ロンドン世界選手権決勝およびリオデジャネイロオリンピック決勝でバトンパスに要した距離 (それぞれ平均4.0 mと3.3 m) よりも短かった。これらの結果はアジア大会ではスムーズなバトンパスができていたことを意味するものであり、異なる選手間であっても高い精度でバトンパスが遂行できていたことを示すものである。

一方、テークオーバーゾーン内のバトンパス完了地点はアジア大会予選が平均17.3 m、決勝が平均16.9 mだった。ロンドン世界選手権決勝とリオデジャネイロオリンピック決勝のバトンパス完了地点がそれぞれ平均20.3 mと21.3 mであったことを考慮すると、アジア大会はこれまでの世界大会と比較して次走者がテークオーバーゾーン内の手前でバトンを貰っていたことになる。バトン区間40 mタイムの短縮には次走者が十分に加速してバトンを貰

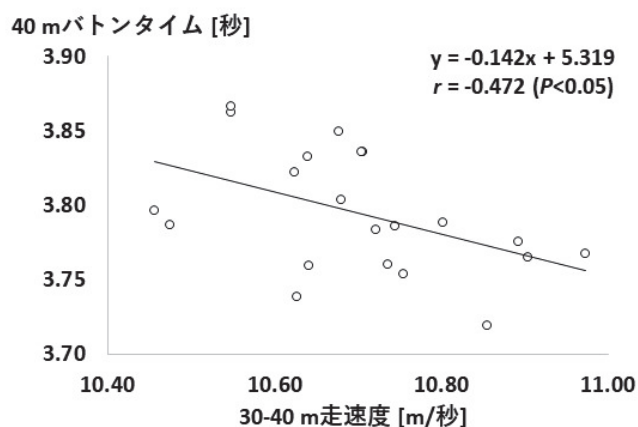


図3 2018年アジア大会における40 mバトン区間タイムと30-40 mの走速度との相関関係  
両者の間には有意な負の相関関係が認められた

う必要があるが (小林ら 2017)、アジア大会では次走者が十分に加速してからバトンを貰うことができず、このことがアジア大会のバトン区間40 mタイムが過去の世界大会を3区間平均約0.1秒下回っていた要因の1つになったと考えられる。テークオーバーゾーン終盤でのバトンパスは次走者の減速やバトンパス失敗のリスクを高めるが、次走者が加速した状態でバトンを貰うためにはテークオーバーゾーンの20 m付近か20 m以降でのバトンパスが必要となろう。

本研究の結果から、今後、合宿時の練習や試合を通じた実戦練習において、バトン区間40 mタイムが安定して3.75秒以内になることを目標に練習するにあたり、バトンパスがテークオーバーゾーン内のどこで行われたかを確認することが重要となり、その際のデータ収集とフィードバックといった科学

表3 2018年アジア大会, 2017年ロンドン世界選手権決勝, 2016年リオデジャネイロオリンピック決勝におけるテークオーバーゾーン内で次走者がバトンに触れた地点と前走者がバトンを離れた地点 (上段), 2人がバトンに触れていた距離 (下段)

大会 ラウンド 国名	2018 アジア大会								2017 ロンドン 決勝 日本		2016 リオ 決勝 日本	
	予選 日本		中国		決勝 日本		中国		on [m]	off [m]	on [m]	off [m]
バトンパス	on [m]	off [m]	on [m]	off [m]	on [m]	off [m]	on [m]	off [m]	on [m]	off [m]	on [m]	off [m]
	距離 [m]		距離 [m]		距離 [m]		距離 [m]		距離 [m]		距離 [m]	
1-2走	16.6	18.8	17.7	19.3	14.7	16.3	13.8	16.2	17.0	23.0	20.0	25.5
	2.2		1.7		1.6		2.3		6.0		5.5	
2-3走	14.6	17.0	16.9	19.0	14.5	16.9	14.8	18.1	15.0	18.0	18.5	20.5
	2.4		2.1		2.5		3.3		3.0		2.0	
3-4走	14.4	16.1	14.5	17.1	14.8	17.3	16.3	17.3	17.0	20.0	15.5	18.0
	1.7		2.6		2.6		1.1		3.0		2.5	
平均	15.2	17.3	16.3	18.5	14.6	16.9	15.0	17.2	16.3	20.3	18.0	21.3
	2.1		2.1		2.2		2.2		4.0		3.3	



的なサポートが必要となる。

#### 4. まとめ

2018年に行われたジャカルタアジア大会において日本代表が金メダルを獲得できた要因と今後の課題について検討した。その結果、以下のことが明らかになった。

- 2018年アジア大会決勝におけるバトン100mタイムおよび個人100mタイムは、3走を除くすべての区間で日本が中国を上回っており、日本の3走を走った桐生選手もバトンパス区間を除外した3走の区間タイムでアジア大会100mで優勝したSu選手を上回っていた。この走力差が日本と中国のタイム差につながったと考えられる。
- 日本と中国のバトン区間タイムを比較すると、3区間平均のバトン区間40mタイムは日本が中国を上回ったが、アジア大会はロンドン世界選手権やリオデジャネイロオリンピックを3区間平均約0.1秒下回っていた。安定して3.7秒台中盤の40mタイムを記録するためには、利得距離の延伸などの40mタイム短縮に必要な練習を重ねる必要がある。
- 4×100mリレー全体のタイムの短縮には40mバトンタイムの短縮が重要であることが再確認された。また、個人タイム短縮のためにも次走者がバトンを貰ってから加速するのではなく、スタートから加速する延長でバトンを貰うことが重要であることが明らかになった。
- アジア大会の予選と決勝で日本がバトンパスに要した距離は過去の世界大会よりも短かったことから、アジア大会ではスムーズなバトンパスができおり、異なる選手間であっても高い精度でバトンパスが遂行できていたといえる。
- 一方、テークオーバーゾーン内のバトンパス完了地点の結果から、アジア大会では次走者が十分に加速してからバトンを貰うことができていなかった。今後、バトンパスがテークオーバーゾーン内のどこで行われたかを確認することを重視すべきことが明らかになった。

#### 参考文献

広川龍太郎, 松林武生, 小林海, 高橋恭平, 松尾彰文, 柳谷登志雄, 土江寛裕, 荻部俊二, 杉田正明 (2016) 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6報)

— 2016 リオオリンピック決勝上位チームの傾向など—。陸上競技研究紀要, 12: 104-110.

広川龍太郎, 松尾彰文, 松林武生, 小林海, 高橋恭平, 柳谷登志雄, 小山宏之, 土江寛裕, 荻部俊二, 杉田正明 (2015) 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5報)。陸上競技研究紀要, 11: 150-154.

小林海 (2017) リオデジャネイロオリンピック4×100mR銀メダル獲得への軌跡～科学的データからみた銀メダル獲得への軌跡～。スプリント研究, 26: 7-10

小林海, 大沼勇人, 吉本隆哉, 岩山海渡, 高橋恭平, 松林武生, 広川龍太郎, 松尾彰文, 土江寛裕, 荻部俊二 (2017) 日本代表男子4×100mリレーのバイオメカニクスサポート～2017ロンドン世界選手権における日本代表と上位チームとの比較～。陸上競技研究紀要, 13: 183-189.

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。

山本大輔, 三宅庸平 (2018) 4×100mRにおける疾走能力およびバトンパスに関する要因がレースタイムに及ぼす影響。天理大学学報 248: 1-7.