

原著論文

陸上競技 4×100 m リレー日本代表チームの競技力分析：  
走力および利得時間からの検討

Performance Analysis of the Japanese National 4×100 m Relay Team:  
Examination of Sprinting Ability and Gain Time.

松林武生<sup>1)</sup>, 小林海<sup>2)</sup>, 高橋恭平<sup>3)</sup>, 山中亮<sup>4)</sup>, 綿谷貴志<sup>5)</sup>, 大沼勇人<sup>6)</sup>  
Takeo Matsubayashi<sup>1)</sup>, Kai Kobayashi<sup>2)</sup>, Kyohei Takahashi<sup>3)</sup>,  
Ryo Yamanaka<sup>4)</sup>, Takashi Wataya<sup>5)</sup>, Hayato Ohnuma<sup>6)</sup>

**Abstract :** This study aimed to analyze the sprinting ability and baton-exchanging technique of national 4×100 m relay teams participating in the Nassau 2024 World Athletics Relays, and to examine their relationship with the 4×100 m relay record. Additionally, this study focused on the Japanese national team to assess their current sprinting ability and baton-exchanging technique and identify areas for improvement. The 100 m record average of the four legs was used as an index of sprinting ability, while gain time, defined as the difference between the total 100 m record of the legs and the relay record, was utilized as an index of baton-exchanging technique. The 100 m record average exhibited a strong correlation with the 4×100 m relay record ( $r=0.75$  in men and  $r=0.83$  in women). Gain time was not correlated with either the 4×100 m relay record or the 100 m record average, and was similarly distributed across teams of all competition levels. The mean gain time was approximately 1.8 s for both men and women, with a standard deviation of 0.3 s. Based on these statistics, the gain time for the top 5% was estimated to be approximately 2.3 s. The men's Japanese team ranked 11th in the 100 m record average and 2nd in gain time at the World Athletics Relays, indicating sufficient sprinting ability and baton-exchanging technique to achieve a high placement at world-class competitions. The women's Japanese team ranked 24th in the 100 m record average and 4th in gain time, demonstrating a high international standard in baton-exchanging technique but a significant gap in sprinting ability required for world-class competition. Improving sprinting ability was deemed essential for the women's Japanese team to compete at the world-class competitions.

Key words : 4×100 m Relay, Baton Exchange, Sprinting Ability, Gain Time

キーワード : 4×100 m リレー、バトンパス、走力、利得時間

---

<sup>1)</sup>国立スポーツ科学センター, <sup>2)</sup>東洋大学, <sup>3)</sup>熊本学園大学, <sup>4)</sup>新潟食料農業大学, <sup>5)</sup>北海道情報大学, <sup>6)</sup>神戸女子大学

<sup>1)</sup>Japan Institute of Sports Sciences, <sup>2)</sup>Toyo University, <sup>3)</sup>Kumamoto Gakuen University,

<sup>4)</sup>Niigata Agro-Food University, <sup>5)</sup>Hokkaido Information University, <sup>6)</sup>Kobe Women's University

E-mail : takeo.matsubayashi@jpnpsport.go.jp

受付日 : 2024 年 7 月 10 日

受理日 : 2024 年 10 月 30 日

## I. 緒言

陸上競技の4×100 m リレーは、4人の走者がバトンをつないで約100 m ずつを走り、合計400 mの走タイムを争う種目である。この種目において、男子の日本代表チーム（以下、男子日本チームと言う）は世界大会にて近年優れた成績を残しており、オリンピックで2度（2008年北京大会、2016年リオデジャネイロ大会）、世界選手権で2度（2017年ロンドン大会、2019年ドーハ大会）メダルを獲得した。一方、女子の日本代表チーム（以下、女子日本チームと言う）は1932年ロサンゼルスオリンピックにおいて5位に入賞しているものの、近年の世界大会においては決勝進出の経験がない。さらには、世界大会の出場権を獲得できなかったシーズンも多く、2011年テグ世界選手権大会、2012年ロンドンオリンピック大会以降では、2021年に実施された東京2020オリンピック大会、2022年オレゴン世界選手権に出場したのみである。本研究を実施した2024年春には、夏に開催されるパリオリンピックの出場権をかけて、パハマのナッソーにおいて世界リレー選手権大会（以下、世界リレー）が開催された。男子日本チームは同大会にて決勝に進出し、パリオリンピックへの出場権を獲得したが、女子日本チームは予選、第二予選ともに上位に入ることができず、出場権を逃した。女子日本チームが世界大会での活躍を目指すためには、チームの課題を明確にし、対策を検討する必要がある。

4×100 m リレーでは、4人の走者の走力とバトンパス技術が重要となる<sup>3),4)</sup>。男子日本短距離選手には、世界大会において準決勝や決勝に進出する選手も多く、国際的にみても一定水準以上の走力があると評価することができるだろう。この走力が男子日本チームの好成績を支える要因のひとつになっていると考えられる。女子日本短距離選手に関しては、100 m や 200 m などの個人種目で世界大会に出場できる者は多くない。女子日本チームが世界大会において活躍できていない原因のひとつは、この走力にあると考えられる。しかしながら、世界大会に出場もしくは出場を目指す

チームを広く対象として、4×100 m リレー走者の走力とリレーパフォーマンスとの関係を検討した研究は、我々が知る限りこれまでにない。よって、諸外国チームのなかで日本代表チームの走力がどの程度の位置付けにあるのかは明確ではなく、世界大会で活躍するために必要な走力の水準も明らかではない。

バトンパス技術に関しては、利得時間を用いて評価することができる。利得時間とは、4人の走者の100 m 記録の合計値と4×100 m リレー記録との差分であり、バトンパスの効率性が高いほどその数値は大きくなる<sup>8)</sup>。有川（2008）<sup>1)</sup>は、2008年北京オリンピックにおける男子日本チームの利得時間を他国チームと比較し、そのバトンパス技術が優れていたことを指摘している。しかしながら、ここで日本と比較されているのは世界大会で決勝に進出した少数の強豪チームのみである。これらの中には走者の走力が非常に高いチームも存在し、バトンパス技術を高める必要性への認識が男子日本チームと異なる可能性もある。その他諸国のチームを含めても男子日本チームのバトンパス技術が優れていると言えるのかは、十分に検討がなされていない。また、女子日本チームに関しては、我々が知る限り利得時間が分析されたことがこれまでなく、バトンパス技術がどの程度の水準であるのか検討されていない。

幅広い競技水準のチームを分析対象とし、走力やバトンパス技術が4×100 m リレー記録にどのように貢献しているのか、利得時間はどの程度まで大きくし得るのかを統計的に検討することは、同種目のパフォーマンスが決定される機序を理解する上でも重要な知見となる。また、その知見を踏まえて日本代表チームのパフォーマンスを分析することで、日本代表チームの走力やバトンパス技術に関する現状と課題をより明確に検討することができる。本研究は、世界大会に出場する幅広い競技水準の4×100 m リレーチームを対象として走力とバトンパス技術（利得時間）を分析し、これらと4×100 m リレー記録との関係性を検討すること、また、日本代表チームの走力とバトン

パス技術に関する現状と課題を明らかにして、今後の競技力向上への示唆を得ることを目的とした。

## Ⅱ. 方法

2024年5月4～5日に行われたナッソー2024世界リレーに出場したチーム（男子32チーム、女子30チーム）を対象とした。同大会の主催者であり陸上競技の国際競技連盟であるWorld Athletics (WA) が公表する公式リザルト<sup>15)</sup>から、各チームの4×100 mリレー記録を収集した。各チームは大会1日目に予選レースに参加し、大会2日目には各予選レースで2着以内に入ったチームによる決勝レース、もしくは決勝進出を果たせなかったチームによる第二予選レースに参加した。よって、どのチームに関しても基本的には2レースずつのデータが生じた。しかしながら、各レースにおいて失格、途中棄権、もしくは不出場であったチームが男子8例、女子5例あり、これらの例では後述する指標の一部もしくは全部が得られなかった。最終的なデータ数は、男子56例、女子55例となった。

各チームの走者の走力は、100 m記録を用いて評価した。これに関するデータの収集には、WAのウェブサイトオープンアクセスデータとして掲載されている選手情報を活用した<sup>12)</sup>。2023年および2024年（6月30日まで）の各走者の100 m記録を確認し、最も良い記録を走力の評価値とした。このとき、4×100 mリレーの走者には200 mを専門とする選手もなりえるため、100 m記録がない走者も多く確認された。そこで、100 m記録がない走者に関しては最も良い200 m記録を確認し、WAの得点表<sup>16)</sup>に従ってこれをポイントに変換したのち、このポイント以下に該当する100 m記録の最高値を評価値とした。なお、100 m記録を有する走者であっても、200 m記録から換算した100 m記録のほうが優れている場合も散見された。このことは、200 mを専門とする走者が100 mよりも200 mでより優れた競技成績を残していることを反映していると考えられる。こ

の場合には、200 m記録からの100 m記録換算値を分析に用いることとした。なお、1名の女子走者では対象期間に100 mと200 mの両方で記録がなかった。この走者に限り、2022年の記録を参照して評価値とした。

100 m記録の評価値は走者ごと得られるが、個々の走者の走力を検討することはせず、4人の走者の平均をチームの走力を表す指標として算出し、以降の分析に利用した。また、4×100 mリレーの記録と4人の100 m記録の合計との差分を算出し、利得時間とした。同じチームであっても、予選、決勝、第二予選それぞれのレースにて走者が異なる例もあったことから、100 m記録平均と利得時間はレース毎に算出した。各チーム2レースずつ得られたデータから、4×100 mリレー記録、100 m記録平均、利得時間について優れている方の値を抽出してチームの代表値としたのち、ナッソー2024世界リレー全参加チーム、および同大会にてパリオリンピック出場権を獲得した14チームの平均、標準偏差、最高値、最低値を算出した。なお、パリオリンピックの出場権はナッソー2024世界リレーの決勝進出8チーム、および第二予選各レースで上位2着以内に入ったチーム（6チーム）に与えられたほか、それ以外の国での2022年12月31日から2024年6月30日までの4×100 mリレー記録上位2チームにも与えられたが、本研究ではナッソー2024世界リレーにおいて出場権を獲得した14チームのみを集計の対象とした。

日本代表チームに関しては、2011年から2024年世界リレー直前までのレース（男子日本チーム61レース、女子日本チーム46レース；世界選手権、世界リレー、アジア選手権、オリンピック、アジア大会など）も分析の対象とした。これらもWAウェブサイト<sup>12),14)</sup>から情報を収集した。レース毎に、4×100 mリレー記録、100 m記録平均、利得時間を前述と同様の方法で算出したのち、ナッソー2024世界リレーのレース（男女ともに2レース）も含めて、平均、標準偏差、最良値、最低値を算出した。

4×100 m リレー記録、100 m 記録平均、利得時間の関係性を検討するために、ナッソー 2024 世界リレー参加チームのデータを用いた相関分析を行った。これには、各チーム 2 レースずつ得られている集計値をどちらも利用した。相関係数が  $|r| \geq 0.9$  の場合に非常に強い相関関係あり、 $0.9 > |r| \geq 0.7$  の場合に強い相関あり、 $0.7 > |r| \geq 0.5$  の場合に中程度の相関ありと判断した。

### Ⅲ. 結果

表 1 に、ナッソー 2024 世界リレー参加チームおよび日本代表チームに関する 4×100 m リレー記録、100 m 記録平均、利得時間の統計値を示す。ナッソー 2024 世界リレーの男子 4×100 m リレー参加チームにおける 4×100 m リレー記録の最良値は 37.40 秒、平均は 38.70 秒であった。パリオリンピック出場権獲得チームのみでの平均は 38.25 秒であり、全参加チームの平均よりも 0.45 秒優れていた。また、パリオリンピック出場権獲得チームにおける最低値は 38.65 秒であり、全参加チームの平均よりもわずかに優れていた。100 m 記録平均に関しては、最良値は 9.81 秒、全参加チームの平均は 10.14 秒であった。パリオリ

ピック出場権獲得チームの平均は 10.05 秒であり、全参加チームの平均よりも 0.09 秒、4 走者の合計としては 0.36 秒優れていた。パリオリンピック出場権獲得チームにおける最低値は 10.16 秒であり、全参加チームの平均よりもわずかに劣る値であった。利得時間に関しては、全参加チームの平均は 1.88 秒、パリオリンピック出場権獲得チームの平均は 2.01 秒であり、その差は 0.13 秒であった。最良値は 2.38 秒であったが、これはパリオリンピック出場権獲得を果たせなかったチームによるものであった。また、全参加チームにおける最良値と最低値との差は 1.17 秒であった。パリオリンピック出場権獲得チームにおける最低値は 1.34 秒であり、これは全参加チームの平均よりも 0.54 秒劣る値であった。全参加チームの中で、男子日本チームは 4 番目の 4×100 m リレー記録であったが、100 m 記録平均は 11 番目、利得時間は 2 番目の値であった。予選レースにおいては、男子日本チームはパリオリンピック出場権獲得チームの平均よりも優れた 4×100 m リレー記録を得たが、決勝レースではその平均よりも劣る記録であった。100 m 記録平均に関しては、予選レース、決勝レースともに、男子日本チームはパリオリ

Table 1. Statistics of 4×100 m Relay performance parameters.

		4x100m Relay Record [s]					100m Record Average [s]					Gain Time [s]				
		n	mean	sd	best	worst	n	mean	sd	best	worst	n	mean	sd	best	worst
Men	Nassau 2024 World Athletics Relays															
	All teams	31	38.70	0.53	37.40	39.82	32	10.14	0.12	9.81	10.33	31	1.88	0.32	2.38	1.21
	Qualified for OG	14	38.25	0.31	37.40	38.65	14	10.05	0.09	9.81	10.16	14	2.01	0.28	2.29	1.34
	Japan R1/FI (rank)		38.10 / 38.45 (4th)					10.10 / 10.15 (11th)					2.29 / 2.13 (2nd)			
	2011-2024 Japan	63	38.61	0.60	37.43	40.31	60	10.16	0.08	10.01	10.40	60	2.07	0.33	2.76	0.97
Women	Nassau 2024 World Athletics Relays															
	All teams	30	43.29	0.76	41.85	44.88	30	11.26	0.19	10.83	11.67	30	1.78	0.35	2.77	1.15
	Qualified for OG	14	42.70	0.30	41.85	43.22	14	11.12	0.11	10.83	11.26	14	1.80	0.28	2.12	1.22
	Japan R1/R2 (rank)		44.16 / 43.63 (22nd)					11.44 / 11.44 (24th)					1.60 / 2.13 (4th)			
	2011-2024 Japan	48	44.37	0.58	43.33	46.28	44	11.59	0.12	11.39	11.96	44	2.05	0.39	2.91	1.24

Definitions: 100 m Record Average, averaged 100 m record of four relay legs; Gain Time, the difference between the total 100 m record of four relay legs and the relay record; Qualified for OG, Teams qualified for upcoming Paris Olympic Games in Nassau 2024 World Athletics Relays; R1, round 1; FI, final; R2, round 2. The rank of Japanese team is based on the best value from their races in Nassau 2024 World Athletics Relays, i.e., round 1, round 2, and final.

オリンピック出場権獲得チームの平均よりも劣っていた。利得時間に関しては、予選レース、決勝レースともに、男子日本チームはパリオリンピック出場権獲得チームの平均よりも優れた値であった。2011年から2024年の男子日本チームの統計値に関しては、4×100 m リレー記録と 100 m 記録平均における平均はナッソー 2024 世界リレーに参加した全チームの平均と同程度であったが、利得時間の平均に関しては全参加チームの平均よりも優れていた。100 m 記録平均の過去最良値は、ナッソー 2024 世界リレーにおけるパリオリンピック出場権獲得チームの平均よりも優れていた。また、利得時間の過去最良値はナッソー 2024 世界リレーにおける全参加チームの最良値よりも優れていた。

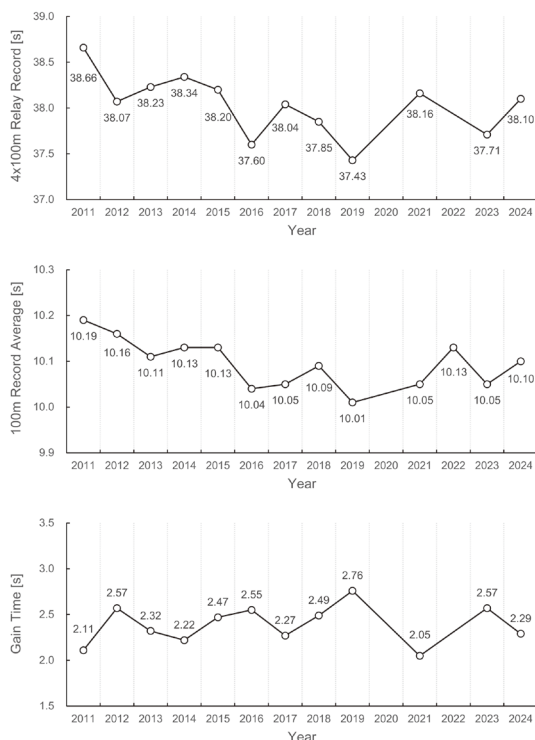
ナッソー 2024 世界リレーの女子 4×100 m リレー参加チームにおける 4×100 m リレー記録の最良値は 41.85 秒、平均は 43.29 秒であった。パリオリンピック出場権獲得チームのみでの平均は 42.70 秒であり、全参加チームの平均よりも 0.59 秒優れていた。また、パリオリンピック出場権獲得チームにおける最低値は 43.22 秒であり、男子 4×100 m リレーと同様に、全参加チームの平均よりもわずかに優れた記録であった。100 m 記録平均に関しては、最良値は 10.83 秒、全参加チームの平均は 11.26 秒であった。パリオリンピック出場権獲得チームの平均は 11.12 秒であり、全参加チームの平均よりも 0.14 秒、4 走者の合計としては 0.56 秒優れていた。パリオリンピック出場権獲得チームにおける最低値は 11.26 秒であり、全参加チームの平均と同等の値であった。利得時間に関しては、全参加チームの平均は 1.78 秒、パリオリンピック出場権獲得チームの平均は 1.80 秒であり、その差は 0.02 秒と小さかった。最良値は 2.77 秒であったが、男子 4×100 m リレーと同様にこれはパリオリンピック出場権獲得を果たせなかったチームによるものであった。また、全参加チームにおける最良値と最低値との差は 1.62 秒であった。パリオリンピック出場権獲得チームにおける最低値は 1.22 秒であり、これは全参加

チームの平均よりも 0.56 秒劣る値であった。女子日本チームに関しては、4×100 m リレー記録は 22 番目、100 m 記録平均は 24 番目、利得時間は 4 番目の値であった。決勝レースの利得時間のみはパリオリンピック出場権獲得チームの平均よりも優れていたものの、予選レースの利得時間、および両レースの 4×100 m リレー記録と 100 m 記録平均に関しては、全参加チームの平均よりも劣っていた。2011年から2024年の女子日本チームの統計値に関しては、4×100 m リレー記録と 100 m 記録平均における平均および最良値はナッソー 2024 世界リレーに参加した全チームの平均よりも劣る値であった。利得時間の平均に関しては、ナッソー 2024 世界リレーの全参加チームおよびパリオリンピック出場権獲得チームの平均よりも優れており、その最良値は全参加チームの最良値よりも優れた値であった。

図 1 に、2011 年以降の男子日本チームの 4×100 m リレー記録、100 m 記録平均、利得時間の推移を示す。なお、年ごとの各指標の最良値をプロットしているが、年が同じであっても各指標値が得られたレースは必ずしも同じではない。男子日本チームにおいては、新型コロナウイルス感染症によるコロナ禍となった 2020～2022 年以前には、3つの指標すべてが少しずつ向上する傾向にあった。2019 年に現在の日本記録 (37.43 秒) が樹立されたが、100 m 記録平均と利得時間もともに同年にて過去最良値となっていた。なお、利得時間の過去最良値は日本記録が樹立されたレースにて得られたものであったが、100 m 記録平均の過去最良値が得られたのは異なるレースであった。日本記録が樹立されたレースにおける 100 m 記録平均は 10.05 秒であった。

図 2 に、2011 年以降の女子日本チームの 4×100 m リレー記録、100 m 記録平均、利得時間の推移を示す。図 1 と同様に、年ごとの各指標の最良値をプロットしているが、年が同じであっても各指標値が得られたレースは必ずしも同じではない。対象期間を通じた向上傾向はどの指標にも見られなかったものの、2022 年には現在の日本記

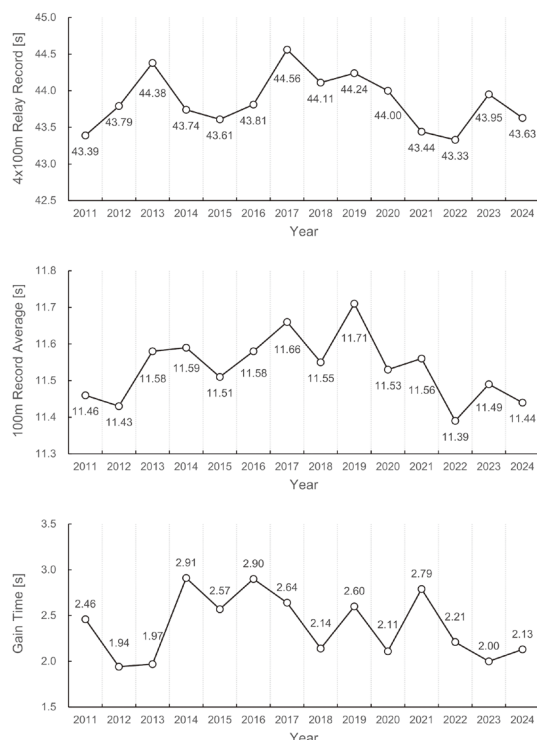
## リレーチームの競技力分析



**Figure 1. Annual progression of 4×100 m relay record (top), 100 m record average (middle), and gain time (bottom) in the men's Japanese team.** The best values for each year are plotted. Note that these three parameters were not necessarily obtained from the same race.

録（43.33 秒）が樹立された。100 m 記録平均も同レースにて過去最良値となっていたが、利得時間に関しては他の年においてより良い値が散見された。

図 3 に、ナッソー 2024 世界リレーの全参加チームにおける 100 m 記録平均と 4×100 m リレー記録との散布図を示す。両指標間には強い正の相関関係が認められた（男子  $r=0.75$ 、女子  $r=0.83$ ）。同図には利得時間の程度を示す補助線を示したが、男女ともにプロットはこの補助線の 1 秒以上の幅にわたり広く分布していた。また、同図には 2011 年以降の日本代表チームのレースに関するデータのうち、年ごとの 4×100 m リレー記録もしくは 100 m 記録平均の最良値を含むものを重ねてプロットして示す。男子日本チームでは過去の 1 レースを除く大部分のプロットが、女子日本チームではナッソー 2024 世界リレーの予選レ



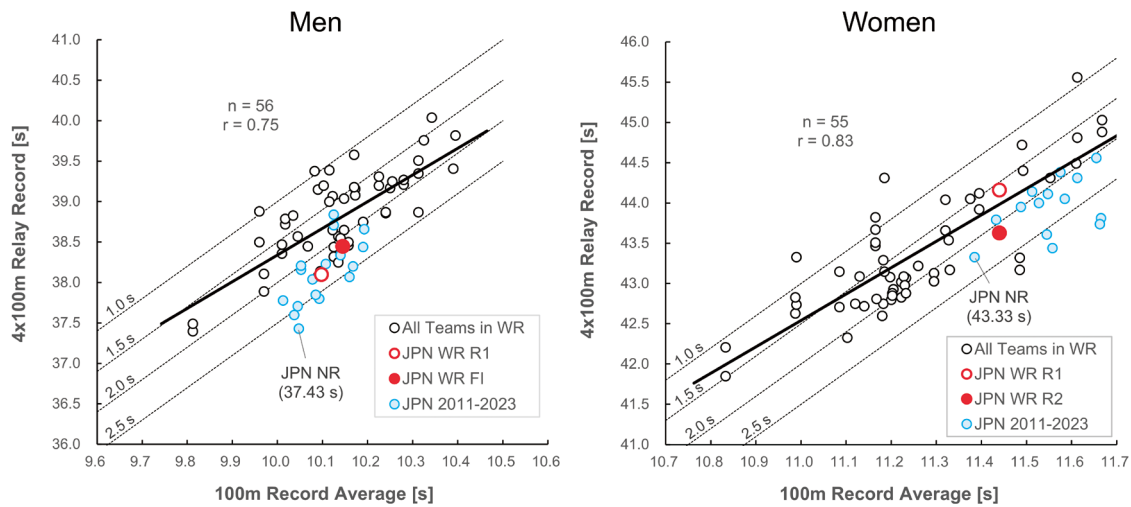
**Figure 2. Annual progression of 4×100 m relay record (top), 100 m record average (middle), and gain time (bottom) in the women's Japanese team.** The best values for each year are plotted. Note that these three parameters were not necessarily obtained from the same race.

スを除く大部分のプロットが回帰直線の下側に位置しており、走力のわりに 4×100 m リレー記録が良い、つまり利得時間が大きい傾向がみられた。

図 4 に、利得時間と 4×100 m リレー記録との散布図を示す。両指標間の相関係数は男子  $r=-0.47$ 、女子  $r=-0.28$  であり、男女ともに中程度以上の相関関係は認められなかった。また、図 5 には 100 m 記録平均と利得時間との散布図を示す。両指標間の相関係数は男子  $r=0.23$ 、女子  $r=0.31$  であり、この指標間にも男女ともに相関関係は認められなかった。

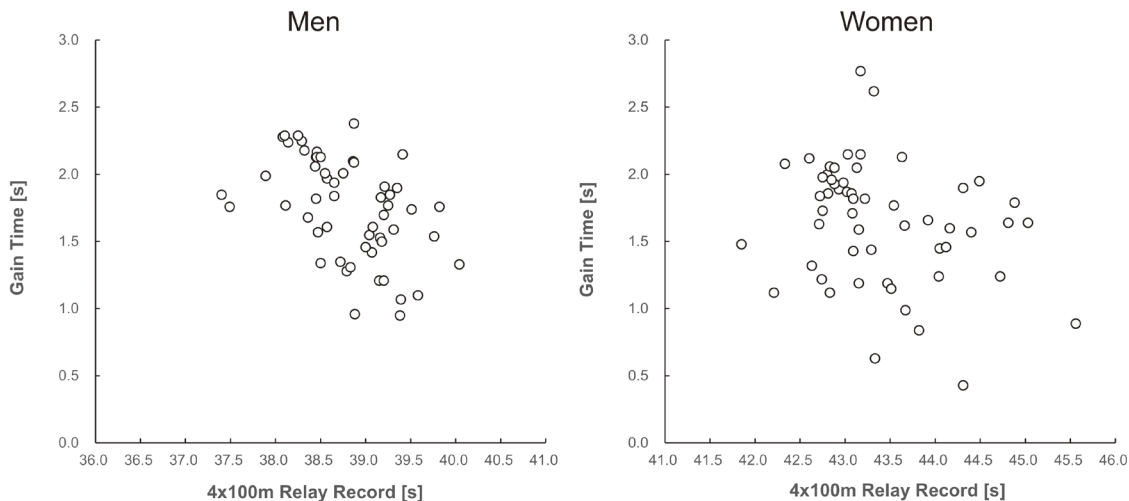
## IV. 考察

本研究は、世界大会に参加した各国 4×100 m リレーチームの走力（100 m 記録平均）とバトンパス技術（利得時間）を分析し、これらと 4×100 m リレー記録との関係性について検討した。



**Figure 3. Relationship between 100 m record average and 4 × 100 m relay record in men's (left) and women's (right) relay teams.**

The data from the teams that participated in the Nassau 2024 World Athletics Relays are plotted, as well as those from previous Japanese team, on the same graph. Correlation analyses were performed using data exclusively from teams that participated in Nassau 2024 World Athletics Relays ( $n=56$  and  $55$  in men's and women's relay, respectively; the data of all round races for each team were subjected). Diagonal dotted lines represent the levels of gain time. Definitions: WR, the Nassau 2024 World Athletics Relays; R1, round 1; FI, final; R2, round 2; JPN NR, national record of Japan.



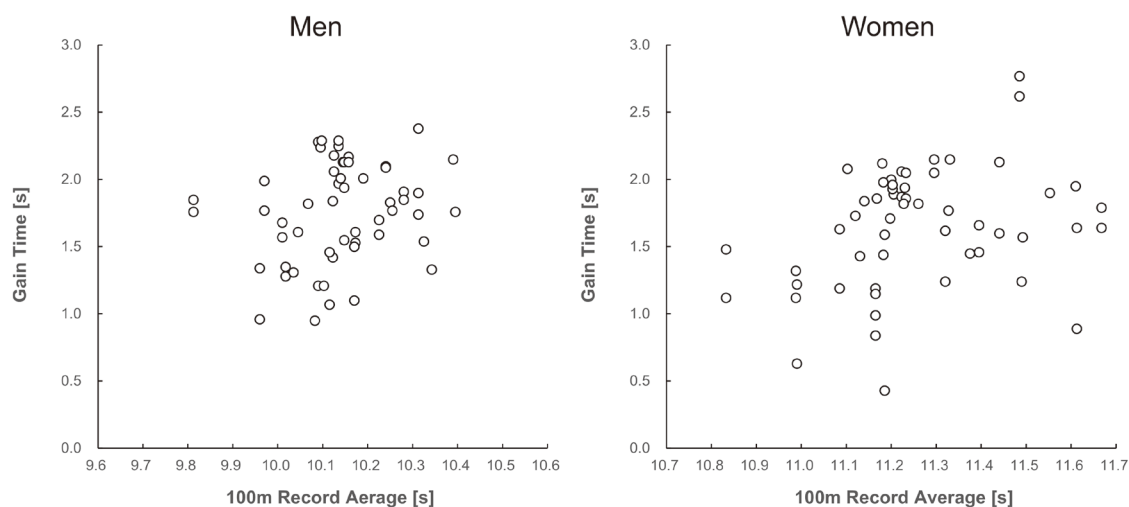
**Figure 4. Relationship between 4 × 100 m relay record and gain time in men's (left) and women's (right) relay teams.**

No correlation was found between these parameters in both men and women.

100 m 記録平均は、4 × 100 m リレー記録と強い相関関係にあった。ただし、100 m 記録平均が同程度であったとしても利得時間に差があることで、4 × 100 m リレー記録には最大 1 秒以上の差が生じていた。利得時間は 4 × 100 m リレー記録や 100 m 記録平均と相関関係にはなく、どのよう

な競技水準のチームであっても同程度に利得時間を獲得していた。

4 × 100 m リレーにおいて各走者の走力が記録に強く影響することは、多くの文献において指摘されてきたことである<sup>3),4)</sup>。しかしながら、幅広い競技水準のチームからデータを集めてその影響



**Figure 5. Relationship between 100 m record average and gain time in men's (left) and women's (right) relay teams.**

No correlation was found between these parameters in both men and women.

を統計的に検討した報告は、我々が知る限り本研究が初めてである。100 m 記録平均は4×100 m リレー記録と強い相関関係にあったことから、4×100 m リレーにおける各走者の走力が記録に強く影響することが確認されたと言える。一方で、利得時間は4×100 m リレー記録や100 m 記録平均と明確な相関関係になく、また男女間でも分布範囲に大きな差はみられなかった。このことから、大きな利得時間を獲得することに対して走力の必要条件などはなく、どのような競技水準のチームであっても、また男女どちらのチームであっても同程度に利得時間を獲得できる可能性があることが示唆された。

4×100 m リレーの利得時間に関しては、これまでもいくつかの報告が存在する<sup>1), 5)</sup>。その中で最大の利得時間は1991年東京世界選手権男子フランス代表チームの3.25秒<sup>5)</sup>であり、次に大きかったのは2007年大阪世界選手権男子ブラジル代表チームの3.08秒<sup>1)</sup>である。本研究で検討したナッソー2024世界リレー参加チームにおける利得時間の最高値は男子2.38秒、女子2.77秒であった。過去の報告と比較すると、本研究で得られた値は小さいようにも感じられる。この背景のひとつには各走者の100 m 記録の

評価方法の差異があり、過去の報告値を本研究と同じ方法で再評価した場合には、フランス代表チームの利得時間は2.85秒、ブラジル代表チームは2.92秒となった。これらを鑑みると、利得時間がとり得る最高値は2.9秒前後であることが推察される。ナッソー2024世界リレーにおいては、これに近い利得時間は観察されなかった。同大会ではパリオリンピック出場権16枠のうち14枠をレース着順にて決定することとなっており、各国チームには高いパフォーマンスを発揮することのみでなく、確実に着順を得ることが課せられていた。よって、走力に優れたチームなどでは失敗リスクの小さいバトンパスが実践された可能性も考えられる。実際に、男子日本チームの過去レースの利得時間には、ナッソー2024世界リレーよりも優れていた例が多く存在した。調査対象レースをより広げれば、他国チームにおいてもより大きな利得時間を示す例が見られる可能性があるだろう。

ナッソー2024世界リレー参加チームにおける利得時間の平均は、男女ともに1.8秒程度であり、標準偏差は0.3秒程度であった。これまでの研究において、利得時間の分布範囲が議論されたことはなかった。しかしながら、その分布を検討する



ことで、どの程度の値であればバトンパス技術が優れていると言えるのか、統計的に議論することができるようになる。利得時間が正規分布するとの仮定に基づけば、平均と標準偏差から、利得時間の上位5%のチームでは2.3秒程度以上の利得時間となることが予想される。実際に、ナッソー2024世界リレーにおける利得時間の95パーセントイル値は2.28秒であった。よって、本研究の対象範囲で考えるならば、2.3秒を優れた利得時間の目安として捉えることができるだろう。しかしながら前述のように、これはあくまでも失敗リスクの小さいバトンパスが実践された可能性のある中で得られた結果である。各国チームがバトンパスに最善を尽くした場合には、この水準はさらに高くなる可能性もある。

男子日本チームは、2011年以降に走力が大きく向上し、2019年には100m記録平均が過去最良値10.01秒に達していた。利得時間に関しても少しずつ向上しており、その過去最良値は同じく2019年の2.76秒であった。これらの値は海外諸国のチームと比較しても高水準なものであり、特に利得時間に関してはナッソー2024世界リレー全参加チームにおける利得時間の最良値に匹敵するものであった。なお、この利得時間が得られた際の4×100mリレー記録が、現在の日本記録となっている。図3における男子日本チームのプロットを見ても、最も良い4×100mリレー記録である日本記録のプロットは、他の多くのプロットと比較して走力が比較的高く、かつ利得時間が大きいことが読み取れる。これらのことは、近年の男子日本チームの好成績が走力とバトンパス技術の双方に支えられていることを意味している。なお、100m記録平均と利得時間の過去最良値はともに2019年に得られたが、これらは異なるレース、異なる走者構成によるものである。本研究の結果に基づき、利得時間は100m記録平均にかかわらず同程度に期待しうると考えるならば、どのような走者構成であっても、男子日本チームは長年培ってきたバトンパス技術によって、この過去最良の利得時間を達成しうる可能性があると考え

ることもできるだろう。個々のレースにおいては、走力とバトンパス技術それぞれを最大限に発揮し、これらを高い水準で両立させることが重要となる。ナッソー2024世界リレーにおいて、男子日本チームは100m記録平均(10.10秒)、利得時間(2.29秒)ともに同大会で上位に位置していた。男子日本チームはパリオリンピックの出場権を獲得できる実力を有しており、またこれを十分に発揮できていたと評価できるだろう。パリオリンピックにおいて決勝に進出できる可能性も高いと推察される。しかしながら、メダルを獲得するためには記録をさらに短縮させる必要がある。表2に、2011年以降に行われた世界大会4×100mリレーにおける優勝記録、メダル獲得記録(3位記録)、および決勝進出記録(決勝進出チームの予選レース記録の最低値)を示す。近年(2021年以降)の世界大会におけるメダル獲得水準は37.76~37.83秒である。この記録を達成するためには、2024年の男子日本チームは100m記録平均を0.09秒、もしくは利得時間を0.34秒ほど向上させる必要がある。このうち少なくとも利得時間に関しては、過去に実績のある範囲であり十分に達成しえると考えられる。もし男子日本チームにおける100m記録平均と利得時間の過去最良値が同時に実現するならば、4×100mリレー記録は37.29秒となる。この記録は、2019年ドーハ世界選手権決勝レース以降には強豪諸国チームも達成していない水準の記録であり、金メダルも獲得しえる記録である。これらのことから、男子日本チームの課題はその実力を世界大会レースで確実に発揮することにあると言えるだろう。

女子日本チームに関しては、走力はこの10年程でわずかに向上し、100m記録平均は2023年に最良値11.39秒に達していた。一方で、利得時間に関しては10年前から高い水準にあり、その最良値は2014年の2.91秒であった。この利得時間の過去最良値は、先に男子4×100mリレーに関して論じた利得時間がとりうる最良値(2.9秒前後)にも匹敵する非常に優れたものであった。また、ナッソー2024世界リレーの第二予選レー

Table 2. The performance level of 4 × 100 m relay required to achieve the victory, win the medals, or qualify as the finalists at past major international competitions.

Year	Competition	Men			Women		
		1st Place	Medal	Final	1st Place	Medal	Final
2011	IAAF WC Daegu	37.04	38.20	38.47	41.56	42.51	42.92
2012	OG London	36.84	38.16	38.29	40.82	42.04	42.74
2013	IAAF WC Moskva	37.36	37.92	38.41	41.29	42.87	42.99
2015	IAAF WC Beijing	37.36	38.13	38.57	41.07	42.03	42.64
2016	OG Rio de Janeiro	37.27	37.64	38.19	41.01	41.77	42.70
2017	IAAF WCA London	37.47	38.04	38.48	41.82	42.19	42.91
2019	IAAF WCA Doha	37.10	37.43	38.03	41.44	42.10	42.90
2021	OG Tokyo	37.50	37.79	38.16	41.02	41.88	42.82
2022	WAC Oregon	37.48	37.83	38.58	41.14	42.03	42.73
2023	WAC Budapest	37.38	37.76	38.19	41.03	41.97	42.78

Unit: second. The winning record, the 3rd place record, and the worst record qualified for the final are represented as “1st Place”, “Medal”, and “Final”, respectively. Data are derived from World Athletics website<sup>13)</sup>. In the competition column, the competition names are listed together with their venues; IAAF represents International Association of Athletics Federations, the former name of World Athletics; WC represents World Championships; WCA represents World Championships in Athletics; WAC represents World Athletics Championships; OG represents Olympic Games.

スにおける利得時間（2.13 秒）も同大会で上位に位置するものであった。予選レースでは大きな利得時間を得ることができていなかったものの、バトンパス技術について女子日本チームは男子日本チームと同様に高い水準にあると評価できるだろう。しかしながら走力に関しては、100 m 記録平均の過去最良値であってもナッソー 2024 世界リレー参加チームの平均に達していなかった。パリオリンピック出場権獲得チームの大多数は 4 × 100 m リレー記録が 43 秒以内であったが、2024 年の女子日本チームの走力（100 m 記録平均 11.44 秒）にてこれを達成しようとするならば、2.8 秒程度の利得時間を達成する必要がある。これは過去のレースにおいては達成できている値であり、不可能な範囲ではない。しかしながら、失敗リスクの小さいバトンパスでも世界大会への出場権を獲得できるようになること、また世界大会において決勝に進出することなどを見据えると、走力の向上は不可欠であると言えるだろう。パリオリンピック出場権を獲得したチームの 100 m 記録

平均の最低値は 11.26 秒であり、2024 年の女子日本チームよりも 0.18 秒高いものであった。走力がこの水準まで向上すれば、バトンパス技術に優れた女子日本チームは今後の世界大会の出場権を獲得できる可能性が非常に高くなる。また、2021 年以降の世界大会における決勝進出の 4 × 100 m リレー記録水準である 42.73 ~ 42.82 秒も、達成できる可能性が十分に生まれる。以上のことから、女子日本チームの課題は主として走力の向上にあると言えるだろう。

本研究では、100 m 記録平均や利得時間の算出に個々の走者の 100 m 記録、もしくは 200 m 記録から換算した 100 m 記録を用いた。理想的には、リレーレースに近い日程にて走者が達成した 100 m 記録を用いることが最も適切な評価につながると考えられる。しかしながら、ナッソー 2024 世界リレーが実施された 5 月 4 ~ 5 日は同年の競技シーズンが始まって間もない時期であり、100 m や 200 m の記録が無い走者も存在した。このため、ナッソー 2024 世界リレー参加チームの走力評価

には、2023年の記録も利用した。200 m から 100 m への記録換算には、WA が種目横断的に設定しているポイント表を活用した<sup>16)</sup>。リレーにおいては 200 m を専門とする選手も走者となりえるため、このような記録換算は必要不可欠な工程となる。本研究の換算手法が走者の走力を適切に評価できたかについては、議論の余地が残るだろう。過去の文献においては、200 m 記録から外挿する方法<sup>5)</sup>(文献に方法の詳細は記載されていない)や、200 m 記録の半分とする方法<sup>3)</sup>などが実践されている。本研究の手法は、これらの方法よりも少しだけ優れた 100 m 記録換算値を与え、利得時間を小さく見積もらせるものであった。4×100 m リレーにおいて、各走者、特に第 2～4 走者は、テイクオーバーゾーンを含めた 100 m 以上の距離を走る事となる。よって、100 m レースにおいて期待される記録を正確に評価することだけが、本研究の最適な手法ではないとも考えられる。このような点も鑑みたと重要となるのは、まずは統一された手法によって走力を評価するという事であろう。本研究が採用した手法は、これを達成するための現実的な記録換算方法のひとつであったと考える。

各レースにおいては、100 m 記録に優れる走者ほどその走者区間を短時間で走ることができると期待される。しかしながら実際には、その走力を十分に発揮できない場合、もしくはそれ以上の走力を発揮する場合があるとも考えられる。これは各レースにおける走力の貢献や利得時間の評価にも影響を及ぼしうるものだが、本研究で収集したデータからこれを検討することは難しい。また、利得時間は 1 レースに 3 回行われるバトンパスを総合評価したものとして得られる指標である。この指標のみから、レース中に 3 回行われる個々のバトンパスの技術を個別に評価することはできない。これらの点を検討し評価するためには、レース分析<sup>2), 3), 4), 6), 7), 9), 10), 11)</sup>をするなど本研究とは異なる方法を用いる必要があり、この点は本研究の限界と言える。一方で、このような分析には労力が必要であり、大規模にデータ収集をする事が容

易ではない。オープンアクセスデータから収集した大規模データに基づいて検討を行えた点は、本研究の利点のひとつであった。

## V. まとめ

本研究は、ナッソー 2024 世界リレーに参加した各国 4×100 m リレーチームの走力 (100 m 記録平均) とバトンパス技術 (利得時間) を分析し、これらと 4×100 m リレー記録との関係性について検討した。100 m 記録平均は 4×100 m リレー記録と強い相関関係にあり、走者の走力が 4×100 m リレー記録を決定する主要因のひとつであることが改めて確認された。利得時間は、4×100 m リレー記録や 100 m 記録平均との相関関係はなく、どの競技水準のチームであっても同程度の値の分布となっていた。利得時間の平均値は男女ともに 1.8 秒程度であり、上位 5% 水準は 2.3 秒程度であった。

ナッソー 2024 世界リレーにおける男子日本チームは、100 m 記録平均で 11 番目、利得時間で 2 番目に位置していた。14 チームがパリオリンピック出場権を獲得できる中で、男子日本チームはこれを獲得するに十分な走力とバトンパス技術を備えていた。さらに、過去と同程度までにバトンパス技術を改善することができれば、パリオリンピックにおけるメダル獲得も成し得る可能性が確認された。

女子日本チームは、100 m 記録平均では 24 番目、利得時間は 4 番目の値であった。バトンパス技術に関しては国際的にも高い水準を有していたが、走力に関してはパリオリンピック出場権獲得チームと大きな差があった。女子日本チームが世界大会で活躍するためには、チームの走力向上が必要であると考えられた。

## 文献

- 1) 有川秀之. データで見る北京五輪男子 4×100 m リレー銅メダルの軌跡. 月間陸上競技, 2008 年 10 月号: 58-59, 2008.
- 2) 深代千之, 松尾彰文, 小林寛道, 若山章信,

- 杉浦雄策. 4×100 m リレーバトンパスのバイオメカニクス研究. 浅見俊雄編, 平成4年度日本体育協会スポーツ医・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16報—. 日本体育協会, pp.179-182, 1993.
- 3) 広川龍太郎, 松尾彰文, 松林武生, 貴嶋孝太, 山本真帆, 高橋恭平, 渡辺圭佑, 綿谷貴志, 柳谷登志雄, 持田尚, 森丘保典, 杉田正明, 荻部俊二, 土江寛裕, 高野進. 男子ナショナルチーム・4×100 m リレーのバイオメカニクスサポート研究報告 (第3報). 陸上競技研究紀要, 9: 61-65, 2013.
- 4) 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. 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～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, 2017.
- 5) Maisetti G. Efficient baton exchange in the sprint relay. *New Studies in Athletics*, 11(2-3): 77-84, 1996.
- 6) 松林武生, 小林海, 山中亮, 大沼勇人, 渡辺圭佑, 山本真帆, 笠井信一, 関子あまね, 土江寛裕. 陸上競技4×100 m リレーにおけるバトンパス技術向上へのデータ活用—東京2020 オリンピック大会前の練習における事例—. *Journal of High Performance Sport*, 10: 107-124, 2022.
- 7) 松尾彰文, 杉浦雄策, 阿江通良, 小林寛道. 日本代表400 m リレーの科学サポート. 浅見俊雄編, 平成6年度日本体育協会スポーツ医・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—. 日本体育協会, pp.241-244, 1995.
- 8) Robinson C, Jensen C, James S, Hirschi W. *Modern techniques of track and field*. Lea & Febiger, 1974.
- 9) 杉田正明, 杉浦雄策, 林忠男, 持田尚, 石井好二郎, 阿江通良, 小林寛道. 南部記念陸上4×100 m リレーのバトンパス分析. 日本陸上競技連盟編, 日本陸連科学委員会研究報告第2巻1号. 日本陸上競技連盟, pp.101-106, 2003.
- 10) 杉浦雄策, 沼澤秀雄. 世界一流の4×100 m リレーにおける時間分析. 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班編, 世界一流陸上競技者の技術. ベースボールマガジン社, pp.57-65, 1994.
- 11) 高橋恭平, 小林海, 山中亮, 大沼勇人, 松林武生, 綿谷貴志. オレゴン世界選手権における男子および女子4×100 m リレー日本代表チームのレース分析. 陸上競技研究紀要, 18: 129-132, 2022.
- 12) World Athletics. Athletes. <https://www.worldathletics.org/athletes> (2024年7月2日)
- 13) World Athletics. Competitions. <https://worldathletics.org/competition/calendar-results?> (2024年7月2日)
- 14) World Athletics. Stats. <https://www.worldathletics.org/records/toplists> (2024年7月2日)
- 15) World Athletics. World Athletics Relays Bahamas 24. <https://worldathletics.org/competitions/world-athletics-relays/world-athletics-relays-bahamas-24-7193343> (2024年7月2日)
- 16) World Athletics. World Athletics Scoring Tables of Athletics-Outdoor (18 JAN 2022). <https://worldathletics.org/about-iaaf/documents/technical-information> (2024年7月2日)