公益財団法人日本陸上競技連盟
陸上競技研究紀要
第14巻，185-190，2018
Bulletin of Studies
in Athletics of JAAF
Vol.14,185-190,2018

男女混合 4 × 400 m リレーのレース分析
～ 2018 アジア大会と日本選手権リレーの分析結果について～

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

１．はじめに

2020 年の東京オリンピックで新たに男女混合 4 × 400 m リレーが採用され，2018 年にインドネシアで行われた第 18 回アジア競技大会（アジア大会）でも同種目が実施された．また，北九州で行われた第 102 回日本陸上競技選手権リレー競技大会（日本選手権リレー）においても，U18 の都道府県対抗男女混合 4 × 400 m リレーが実施され，走順といった戦略的な要素について検討することが可能になりつつある．
男女の走順を個々のチームが任意に決めることができる男女混合 4 × 400 m リレーでは，個々の 400 m 走のタイムのみならず，男女の走順が順位を決める一因となり，国内の試合では特に女子の走力が重要であることも明らかになっている（小林ら 2017）．一方，4 × 400 m リレーと比較して（Rowbottom 2017，杉田ら 2007），男女混合 4 × 400 m リレーにおけるレース展開がレース結果にどのような影響を及ぼすかについては不明な点が多い．

本研究では，2018 年のアジア大会と日本選手権リレーにおけるラップタイム分析から，男女混合 4 × 400 m リレーの走順や男女の走力がレース結果にどのような影響を及ぼすかについて検討した．

２．方法

2-1．分析対象レース

2018 年に行われたアジア大会の男女混合 4 × 400 m リレーに出場した 8 チームと，日本選手権リレーの男女混合 4 × 400 m リレー A 決勝と B 決勝に進出した 16 チームを分析対象とした．

2-2．測定方法

撮影には 2 台のデジタルビデオカメラを用いて，サンプリングレートを 59.94 fps（≒ 60 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レース映像を撮影した（小林ら 2017）．2 台のカメラはスタートおよびゴールの撮影を行える位置と，200 m の通過位置にそれぞれ配置した．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，200 m のラップタイムと 400 m 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 200 m 通過地点および 1-2 走のバトン受け渡し地点（1 走 400 m 通過地点）を撮影するために，1 走の撮影では，はじめに 1 台のカメラを 1-2 コーナーから，もう 1 台のカメラを 3-4 コーナーから撮影を行った．その後，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フィニッシュラインと 200 m 通過地点の延長線上にそれぞれ撮影位置を移動して撮影を続けた．また，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 走の撮影位置から予め静止画および動画にて校正点を撮影した．アジア大会では 1 走の 200m 通過地点を予め測定できなかったため，400 m の通過のみを測定対象とした．

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を求めた．1 走の 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

表 1　アジア大会男女混合 4 × 400 m リレーにおける各選手の 400 m(上段) および前後半 200 m(下段) のラップタイム [秒]
太字は男子選手を，細字は女子選手をそれぞれ表している

国名	記録	1走		2走		3走		4走	
		400m		400m		400m		400m	
		0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m
Bahrain	3:11.89	**46.20**		50.19		50.20		**45.29**	
		-	**-**	22.86	27.33	23.39	26.81	**21.40**	**23.88**
India	3:15.71	**45.25**		51.75		52.75		**45.95**	
		-	**-**	24.17	27.59	24.71	28.04	**21.86**	**24.09**
Kazakhstan	3:19.52	53.55		**46.65**		53.26		**46.04**	
		-	-	**23.17**	**23.49**	24.90	28.36	**21.88**	**24.16**
China	3:19.91	54.14		**47.11**		52.31		**46.33**	
		-	-	**21.56**	**25.55**	24.39	27.92	**22.07**	**24.26**
Japan	3:21.90	**47.41**		53.14		53.84		**47.51**	
		-	**-**	24.37	28.77	25.41	28.43	**20.66**	**26.86**
Vietnam	3:23.59	53.80		**47.97**		55.59		**46.21**	
		-	-	**21.21**	**26.76**	25.70	29.90	**22.03**	**24.18**
Thailand	3:25.80	54.67		**46.81**		56.33		**47.97**	
		-	-	**21.60**	**25.22**	26.31	30.02	**22.38**	**25.59**
Indonesia	3:29.96	**48.40**		55.72		**49.06**		56.77	
		-	**-**	26.65	29.07	**21.96**	**27.09**	26.99	29.78

田ら 2007）を行った．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，各組の男女別の 200 m，400 m ラップタイムの平均値，200m ごとのトップチームとのタイム差を算出した．加えて，男女それぞれの 4 × 400 m リレーのタイムと各選手の 400 m ラップタイムとの関係について検討した．

3．結果および考察

アジア大会の男女混合 4 × 400 m リレーでは，日本は木村淳（大阪ガス）- 川田朱夏（東大阪大）- 宇都宮絵莉（長谷川体育施設）- 山下潤（筑波大）のメンバーで臨み，3:21.90 秒で 5 位に入賞した．しかしながら，3 位の Kazakhstan（3:19.52 秒）とは約 2.5 秒の差が,優勝した Bahrain（3:11.89 秒）とは約 10 秒の差があり，同種目で日本が世界と対等に勝負ができることを証明できる大会とはならなかった．

個々のラップタイムをみると，優勝した Bahrain は男子が 45-46 秒台，女子が 50 秒台前半で走っていたのに対して，日本は男子が 47 秒台，女子が 53 秒台であった（表 1）．Bahrain のラップタイムが世界的な標準タイムと考えると，男子は 1 秒以上，女子は 3 秒程度タイムを短縮させなくてはならない計算になり,世界大会で決勝に進出するためには，女子のみならず男子のタイム短縮が必須条件となろう．一方，世界大会では男子と女子それぞれの 4 ×

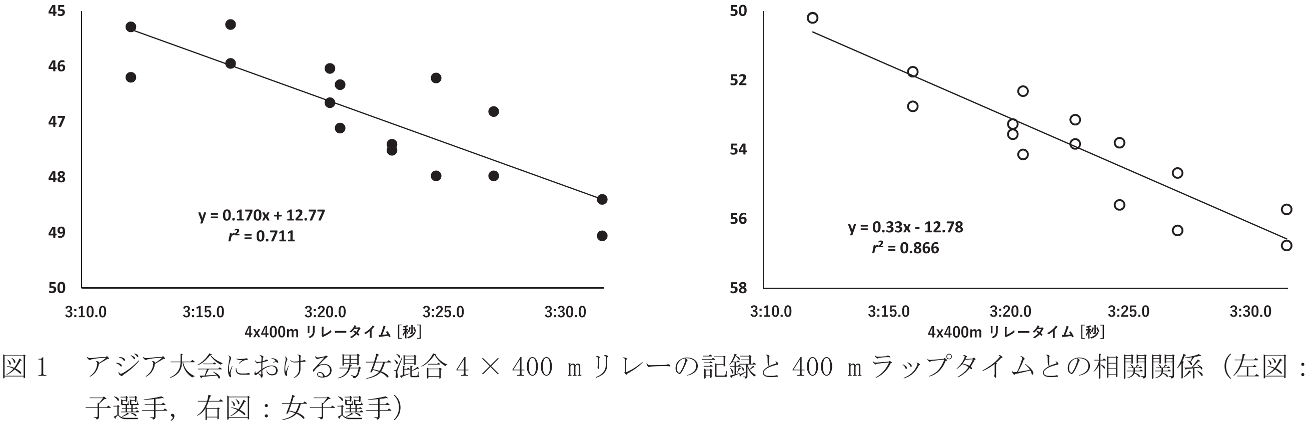


図 1　アジア大会における男女混合 4 × 400 m リレーの記録と 400 m ラップタイムとの相関関係（左図：男子選手，右図：女子選手）
両者の関係において，男子選手は決定係数（r2）が 0.711 であったのに対して，女子選手は 0.866 であった

表 2　アジア大会男女混合 4 × 400 m リレーにおける 200 m ごとのトップチームとのタイム差
マイナスはトップチームよりも速くその地点を通過したことを表している

国名	記録	1走	2走		3走		4走	
		0-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m
Bahrain	3:11.89	-	-	-	-	-	-	-
India	3:15.71	-0.95	0.35	0.61	1.93	3.16	3.62	3.82
Kazakhstan	3:19.52	7.36	7.67	3.82	5.33	6.88	7.35	7.63
China	3:19.91	7.94	6.64	4.86	5.86	6.97	7.64	8.02
Japan	3:21.90	1.21	2.72	4.15	6.17	7.79	7.04	10.02
Vietnam	3:23.59	7.61	5.96	5.39	7.70	10.78	11.41	11.70
Thailand	3:25.80	8.48	7.21	5.10	8.02	11.23	12.20	13.91
Indonesia	3:29.96	2.20	5.99	7.73	6.31	6.59	12.17	18.07

表 3　日本選手権リレー男女混合 4 × 400 m リレー A 決勝における各選手の 400 m（上段）および前後半 200 m（下段）のラップタイム［秒］
太字は男子選手を，細字は女子選手をそれぞれ表している

チーム名	記録	1走		2走		3走		4走	
		400m		400m		400m		400m	
		0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m
大阪	3:29.62	**49.52**		56.45		54.47		**49.21**	
		24.34	**25.18**	26.09	30.36	25.81	28.66	**22.60**	**26.61**
福岡	3:30.12	**48.18**		58.68		55.66		**47.63**	
		23.39	**24.79**	26.79	31.88	25.78	29.87	**22.38**	**25.25**
佐賀	3:30.54	**49.62**		56.44		56.07		**48.43**	
		23.73	**25.88**	26.58	29.86	25.93	30.15	**22.91**	**25.52**
東京	3:30.74	**49.36**		55.50		56.33		**49.57**	
		24.27	**25.09**	26.50	29.00	25.90	30.43	**23.14**	**26.43**
兵庫	3:31.09	57.59		**48.12**		55.72		**49.67**	
		27.62	29.97	**22.04**	**26.08**	25.57	30.16	**22.64**	**27.02**
静岡	3:32.88	**50.03**		56.40		56.34		**50.14**	
		23.47	**26.55**	26.20	30.20	26.65	29.69	**23.55**	**26.59**
埼玉	3:33.63	**49.38**		56.33		59.49		**48.44**	
		23.62	**25.76**	26.78	29.55	28.21	31.28	**24.11**	**24.33**
千葉	3:34.45	**50.61**		55.96		58.73		**49.17**	
		25.28	**25.33**	26.80	29.16	27.74	30.99	**24.16**	**25.00**

400 m リレーも行われるため，男女混合 4 × 400 m リレーのメンバー選考は難しく，選手層の厚い国が有利にはたらくかもしれない．

アジア大会における男女それぞれの 4 × 400 m リレーのタイムと各選手の 400 m ラップタイムとの関係をみると,男子は両者の決定係数（r2）が 0.711，女子は 0.866 であった（図 1）．これらの結果は，女子選手の走力が記録や順位により影響を及ぼすことを示すものであり，過去の知見とも一致する結果であった（小林ら 2017）．また，各国の走順をみても，Indonesia を除くすべての国が 1 走と 4 走，あるいは 2 走と 4 走に男子選手を配置していた．小林ら（2017）は男子選手を 1 走に配置することで，2 走以降の選手がレースペースを調整できる利点を挙げており，レースを有利に展開するためにも 1 走か 2 走に男子選手を配置することが重要だといえる．また，4 走で男子選手が先頭あるいは先頭集団に追いつける距離に位置することで，順位の再逆転は十分可能である（小林ら 2017）ことを考慮すると，4 走に男子選手を配置することが戦略的に有利になると考えられる．

優勝した Bahrain は 1 走の 400 m 地点で India に先行を許したものの，2 走以降は終始先頭を堅持してレースを展開できていた（表 2）．男女混合に限らず，4 × 400 m リレーは 2 走の 100 m 以降はオープンレーンになるため，選手自身の走力のみならず，他の選手のレースペースが順位を左右する．したがって，1-2 走で先頭か先頭集団に位置し，レースを展開することが重要となろう．

日本選手権リレーにおける男女混合 4 × 400 m リ

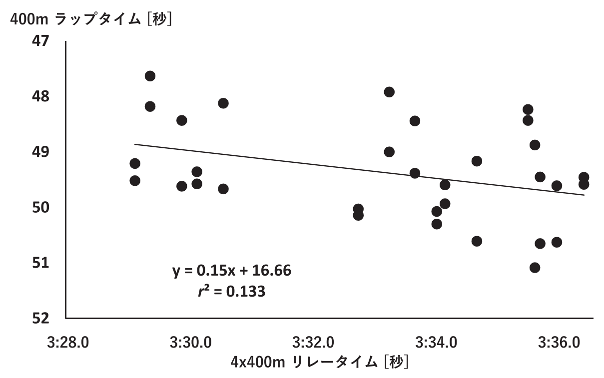
表 4　日本選手権リレー男女混合 4 × 400 m リレー B 決勝における各選手の 400 m（上段）および前後半 200 m（下段）のラップタイム［秒］
太字は男子選手を，細字は女子選手をそれぞれ表している

チーム名	記録	1走 400m	1走 0-200m	1走 200-400m	2走 400m	2走 0-200m	2走 200-400m	3走 400m	3走 0-200m	3走 200-400m	4走 400m	4走 0-200m	4走 200-400m
鹿児島	3:33.29	**49.00**	**24.07**	**24.92**	58.28	26.23	32.05	58.09	26.96	31.13	**47.92**	**22.53**	**25.39**
愛媛	3:33.92	**50.30**	**24.01**	**26.29**	55.99	26.76	29.23	57.56	27.63	29.93	**50.07**	**23.70**	**26.37**
愛知	3:34.03	**49.93**	**23.99**	**25.94**	56.95	26.79	30.16	57.56	27.52	30.04	**49.59**	**23.57**	**26.02**
熊本	3:35.13	60.72	27.51	33.21	**48.43**	**22.52**	**25.91**	57.75	27.01	30.73	**48.24**	**22.57**	**25.66**
宮城	3:35.22	**51.08**	**24.42**	**26.66**	57.50	27.41	30.09	57.76	27.01	30.75	**48.87**	**23.37**	**25.51**
山形	3:35.29	**50.65**	**24.89**	**25.76**	57.19	27.04	30.16	58.00	26.77	31.23	**49.45**	**23.87**	**25.58**
新潟	3:35.51	**50.63**	**24.44**	**26.18**	57.13	27.45	29.68	58.15	27.93	30.22	**49.61**	**23.69**	**25.92**
長崎	3:35.87	57.99	27.09	30.90	**49.46**	**23.33**	**26.13**	58.83	27.42	31.41	**49.58**	**23.09**	**26.49**

レーの男女の配置をみると，A 決勝では兵庫を除くすべてのチームが，B 決勝では熊本と長崎を除くすべてのチームが 1 走と 4 走に男子選手を，上述の 3 チームは 2 走と 4 走に男子選手を配置していた（表 3- 4）．A 決勝と B 決勝の上位チームがいずれも 1 走と 4 走に男子選手を配置していたことを考慮すると，アジア大会と同様に，序盤からレースを先行し，終盤に走力の高い男子選手を配置して上位を狙うことが男女混合 4 × 400 m リレーでは標準になりつつある．4 走に女子選手を配置する場合，3-4 走バトンパス時点で後続との距離を十分に広げられている必要があるため（小林ら 2017），4 選手全員の走力が他チームを上回っている場合を除いて，4 走には男子選手を配置することが堅実な男女の配置になるといえるかもしれない．

図 2 は日本選手権リレーにおける男女それぞれの 4 × 400 m リレーのタイムと各選手の 400 m ラップタイムとの関係を示したものである．男子選手は両者の決定係数（r2）が 0.133 であったのに対して，女子選手のそれは 0.305 であった．これらの結果から，アジア大会と同様に，女子選手の 400 m ラップタイムが男子選手の走力よりも男女混合 4 × 400 m リレーのタイムに影響すると考えられる．

A 決勝において，大阪は 1 走の時点では 2 位の福岡に先行を許したものの，2 走終了地点では先頭に立ち，そのリードを最後まで堅持することができていた（表 5）．特に，3 走終了地点で 2.08 秒に差を広げたことで，4 走が有利にレースを展開できてい



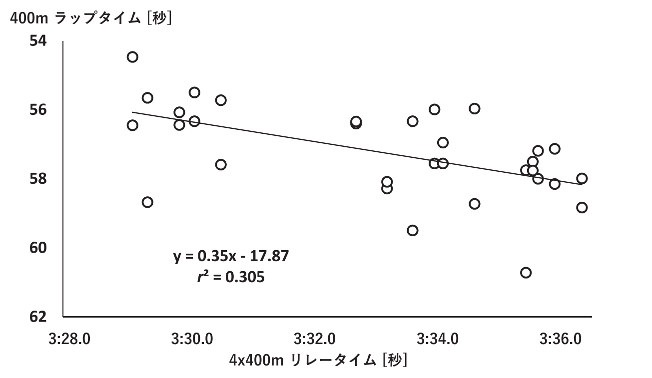


図 2　日本選手権リレー A 決勝および B 決勝における男女混合 4 × 400 m リレーの記録と 400 m ラップタイムとの相関関係（左図：男子選手，右図：女子選手）
両者の関係において，男子選手は決定係数（r2）が 0.133 であったのに対して，女子選手は 0.305 であった

表5　日本選手権リレー男女混合4 × 400 mリレーA決勝における200 mごとのトップチームとのタイム差
マイナスはトップチームよりも速くその地点を通過したことを表している

チーム名	記録	1走		2走		3走		4走	
		0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m
大阪	3:29.62	-	-	-	-	-	-	-	-
福岡	3:30.12	-0.95	-1.33	-0.63	0.89	0.87	2.08	1.86	0.50
佐賀	3:30.54	-0.61	0.10	0.59	0.09	0.21	1.69	2.01	0.92
東京	3:30.74	-0.08	-0.16	0.25	-1.11	-1.02	0.75	1.29	1.12
兵庫	3:31.09	3.28	8.07	4.02	-0.25	-0.49	1.00	1.05	1.46
静岡	3:32.88	-0.87	0.51	0.62	0.46	1.30	2.33	3.28	3.26
埼玉	3:33.63	-0.72	-0.13	0.55	-0.25	2.15	4.77	6.28	4.00
千葉	3:34.45	0.93	1.09	1.81	0.61	2.54	4.86	6.43	4.82

表6　日本選手権リレー男女混合4 × 400 mリレーB決勝における200 mごとのトップチームとのタイム差
マイナスはトップチームよりも速くその地点を通過したことを表している

チーム名	記録	1走		2走		3走		4走	
		0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m
鹿児島	3:33.29	-	-	-	-	-	-	-	-
愛媛	3:33.92	-0.07	1.30	1.83	-0.99	-0.33	-1.52	-0.35	0.63
愛知	3:34.03	-0.08	0.93	1.48	-0.40	0.16	-0.93	0.12	0.74
熊本	3:35.13	3.44	11.72	8.01	1.87	1.92	1.53	1.58	1.85
宮城	3:35.22	0.35	2.09	3.26	1.31	1.36	0.98	1.82	1.94
山形	3:35.29	0.82	1.65	2.45	0.56	0.37	0.47	1.82	2.00
新潟	3:35.51	0.37	1.63	2.84	0.48	1.44	0.54	1.70	2.23
長崎	3:35.87	3.02	8.99	6.09	0.17	0.63	0.91	1.48	2.58

たと推察される．B決勝では，1位の鹿児島は3走の時点で2位の愛媛に1.52秒先行されていたが，4走の200 m通過地点でその差を0.35 秒に短縮し，後半の200mで順位の逆転させていた（表6）．しかしながら，4走は鹿児島，愛媛ともに男子選手であったことから，男女の走順のみならず，個々の走力が重要であることが改めて確認された．

アジア大会と日本選手権リレーとの結果の共通点として，男女混合4 × 400 mリレーでは女子の走力が男子の走力よりも記録に影響すること，走順として1走か2走と4走に男子選手を配置するチームが多いことが明らかになった．日本選手権リレーはジュニア選手で選手を構成していたにもかかわらず，アジア大会と同様の傾向がみられたことは，熟視すべき点といえよう．今後，アジアだけでなく世界各国の代表チーム，大学生や社会人を含む様々な国内のチームの男女混合リレーを測定することで，より詳細な男女混合4 × 400 mリレーの戦略的な走順などが明らかになると考える．

4．まとめ

2018年のアジア大会と日本選手権リレーにおける男女混合4 × 400 mリレーのラップタイム分析から，走順や男女の走力がレース結果にどのような影響を及ぼすかについて分析を行った結果，以下のことが明らかになった．

- アジア大会において，日本と優勝したBahrainとのラップタイム差を考慮すると，世界大会で決勝に進出するためには，男子は1秒以上，女子は3秒程度タイムを短縮させる必要があろう．また，世界大会では男子と女子それぞれの4 × 400 mリレーも行われるため，選手層の厚い国が有利にはたらくかもしれない
- アジア大会の男女それぞれの4 × 400 mリレータイムと各選手の400 mラップタイムとの関係は，男子の決定係数(r2)が0.711,女子が0.866であったことから，女子選手の走力が記録や順位により影響を及ぼすことが示唆された
- アジア大会，日本選手権リレーに共通して，多くのチームが1走と4走，あるいは2走と4走に男子選手を配置していたことから，序盤からレースを先行し，終盤に走力の高い男子選手を配置して上位を狙うことが男女混合4 × 400 mリレーでは有用な戦略の1つといえよう
- アジア大会と同様に日本選手権リレーにおいても

男女それぞれの 4 × 400 m リレーのタイムと各選手の 400 m ラップタイムとの関係では，女子選手の方が決定係数は高かったことから（男子選手：r2 = 0.133，女子選手：r2 = 0.305），女子選手の 400 m ラップタイムが男子選手の走力よりも男女混合 4 × 400 m リレーのタイムに影響すると考えられる

・日本選手権リレーの A 決勝において，優勝した大阪は 2 走終了地点で先頭に立ち，そのリードを最後まで堅持することができていた．一方，B 決勝では，1 位の鹿児島は 4 走の 200 m 通過地点まで愛媛に先行されていたが，後半の 200m で順位の逆転させていた．これらのことから，男女の走順のみならず，個々の走力が重要であることが改めて確認された

文献

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 × 400 m 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.

Rowbottom M.（2017）Men’s 4x400m Final – IAAF World Championships London 2017. Available at: www.iaaf.org.

杉田正明，広川龍太郎，松尾彰文，川本和久，高野進，阿江通良（2007）4 × 100m，4 × 400m リレーについて．陸上競技学会誌，6：21-26.