

## 2015年全国高校総体における男子4×400メートルリレーのレース分析

柳谷登志雄<sup>1)</sup> 安藤柊之介<sup>1)</sup> 山元康平<sup>2) 6)</sup> 小山宏之<sup>3)</sup> 貴嶋孝太<sup>4)</sup> 杉田正明<sup>5)</sup>

1) 順天堂大学大学院 2) 筑波大学 3) 京都教育大学 4) 大阪体育大学 5) 三重大学  
6) 日本学術振興会特別研究員DC

### 1. はじめに

本年のインターハイは7月29日から8月2日までの5日間にわたり、和歌山県和歌山市・紀三井寺競技場を会場として開催された。日本陸連科学委員会では、全国高等学校陸上競技対抗選手権大会（インターハイ）に出場する高校生の競技を対象として、バイオメカクスデータを収集する活動を継続的に実施しているが、今年もこの期間を通して各種目のデータの収集と分析およびデータフィードバックを行った。

5年後の2020年に開催される東京オリンピックでは、今年インターハイに出場した世代の競技者が多数出場することが予想される。そのため、この世代の現在の競技に関する情報を収集・分析することは、今後の選手強化などに非常に有用であり重要であると考えられる。

インターハイ関連のデータ分析については、速報掲示板および報告書、そして陸上競技専門誌に公表しているが、4×400メートルリレーに関しては最終日の最終種目として実施されており、これらの報告書などには情報が掲載されないこと、そして毎年好記録が出ていることから、本稿ではこれに関するデータを報告する。

### 2. 方法

#### 2.1 分析対象レースおよび分析対象校

分析対象としたレースは、平成27年に開催された全国高等学校陸上競技選手権大会（インターハイ）において実施された4×400メートルリレー（以下、4×400mRとする）の男女各決勝であった。

分析対象校は、男子が決勝レースに出場した九州学院（熊本）、盛岡南（岩手）、相洋（神奈川）、成田（千葉）、東京（東京）、宇治山田商（三重）、関大北陽

（大阪）、大阪（大阪）および宮崎工業（宮崎）の全9校であった。また、女子は、決勝レースに出場した東大阪大敬愛（大阪）、相洋高校（神奈川）、成田（千葉）、至学館（愛知）、八王子（東京）、東京（東京）、中京大中京（愛知）、市立船橋（千葉）の全8校であった。

#### 2.2 映像データの収集

大会当日のレースの様態を、デジタルビデオカメラ（EXILIM EX-F1, CASIO社製）を2台用いて、メインスタンド最上段からレースの様態を撮影した。この時のビデオカメラの配置は図1に示した通りであった。

なお、ビデオカメラの設定は以下の通りとした。すなわち、撮影モードはM（マニュアル）モードとし、その際のビデオ画質はFHD画質（1920×1080）、フレームレイトは60fps（プログレッシブ）であった。また、シャッタースピードおよびF値については、レース実施時の撮影ポイントにおいて分析に最適な映像が取得できるように適宜調節した。

また、レース展開などにより撮影したビデオではレースの様態を確認することが困難である場合には、動画共有サイトYouTubeに公表されている該当レースの動画をダウンロードして利用した。

#### 2.3 データ分析

撮影したビデオ映像をパーソナルコンピュータ上でソフトウェア（Qucik Time Player 7）を用いて再生し、各イベントの時間を読み取った。ゴールタイムは、大会本部から公表される公式記録から引用した。さらに、第2走者から第4走者までの走者が第1レーンの200m走スタートラインを通過する時間を読み取った。この値は、厳密には走順およびレーンにより200m地点ではないものの、各走者の前半と後半におけるタイム差の指標として用いた。

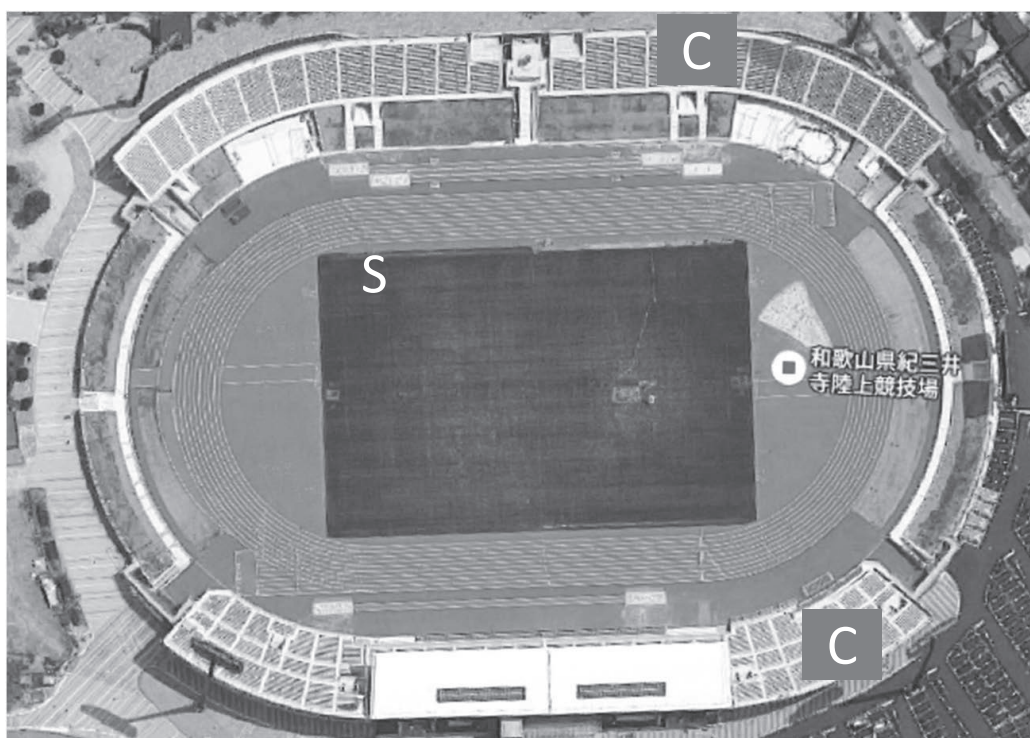


図1 4×400mリレーにおけるビデオカメラの配置 (Google Map より引用・加筆)

表1 男子4×400mリレー決勝レースの分析結果

順位	レーン	校名	ゴールタイム		第1走者 (400m)		第2走者 (600m) (800m)		第3走者 (1000m) (1200m)		第4走者 (1400m) (1600m)		
					通過タイム(秒)	200mラップ(秒)	400mラップ(秒)	通過タイム(秒)	200mラップ(秒)	400mラップ(秒)	通過タイム(秒)	200mラップ(秒)	400mラップ(秒)
優勝	3	九州学院・熊本	3分10秒18	通過タイム(秒)	49.27	70.70	96.46	117.82	144.11	166.47	190.18		
				200mラップ(秒)		21.44	25.76	21.35	26.29	22.36	23.74		
				400mラップ(秒)	49.27		47.20		47.65		46.10		
2位	4	盛岡南・岩手	3分10秒66	通過タイム(秒)	48.48	70.54	95.95	118.39	143.94	166.07	190.66		
				200mラップ(秒)		22.06	25.41	22.44	25.56	22.12	24.62		
				400mラップ(秒)	48.48		47.46		48.00		46.75		
3位	8	相洋・神奈川	3分10秒87	通過タイム(秒)	48.11	70.10	95.73	118.25	143.84	166.30	190.87		
				200mラップ(秒)		21.99	25.63	22.52	25.59	22.46	24.61		
				400mラップ(秒)	48.11		47.61		48.11		47.06		
4位	5	成田・千葉	3分10秒93	通過タイム(秒)	48.10	70.34	96.01	118.69	144.43	166.70	190.93		
				200mラップ(秒)		22.24	25.68	22.67	25.74	22.27	24.26		
				400mラップ(秒)	48.10		47.91		48.42		46.53		
5位	7	東京・東京	3分11秒69	通過タイム(秒)	47.26	69.60	95.63	117.98	143.79	166.77	191.69		
				200mラップ(秒)		22.34	26.03	22.36	25.81	22.97	24.94		
				400mラップ(秒)	47.26		48.37		48.16		47.91		
6位	1	宇治山田商・三重	3分13秒97	通過タイム(秒)	49.15	70.80	98.31	120.62	146.15	169.27	193.97		
				200mラップ(秒)		21.65	27.51	22.31	25.53	23.12	24.72		
				400mラップ(秒)	49.15		49.17		47.83		47.85		
7位	6	関大北陽・大阪	3分14秒17	通過タイム(秒)	49.78	72.41	97.50	120.79	145.56	168.84	194.17		
				200mラップ(秒)		22.62	25.09	23.29	24.77	23.27	25.36		
				400mラップ(秒)	49.78		47.71		48.06		48.63		
8位	9	大阪・大阪	3分14秒95	通過タイム(秒)	49.48	72.01	97.65	120.65	146.81	170.24	194.95		
				200mラップ(秒)		22.52	25.64	23.01	26.16	23.42	24.74		
				400mラップ(秒)	49.48		48.16		49.17		48.16		
9位	2	宮崎工・宮崎	3分17秒85	通過タイム(秒)	49.78	71.87	98.38	121.62	148.57	170.84	197.85		
				200mラップ(秒)		22.09	26.51	23.24	26.94	22.27	27.11		
				400mラップ(秒)	49.78		48.60		50.18		49.38		

これらの時間から、各校の区間タイム、各走者の200m通過タイム、そして各走者の前半200mと後半200mにおけるタイム差を示した。

### 3. 結果および考察

男子決勝レースの分析結果については表1に示した通りである。

優勝した九州学院(熊本)のゴールタイムは3分10秒18であった。また、第4位の成田(千葉)の

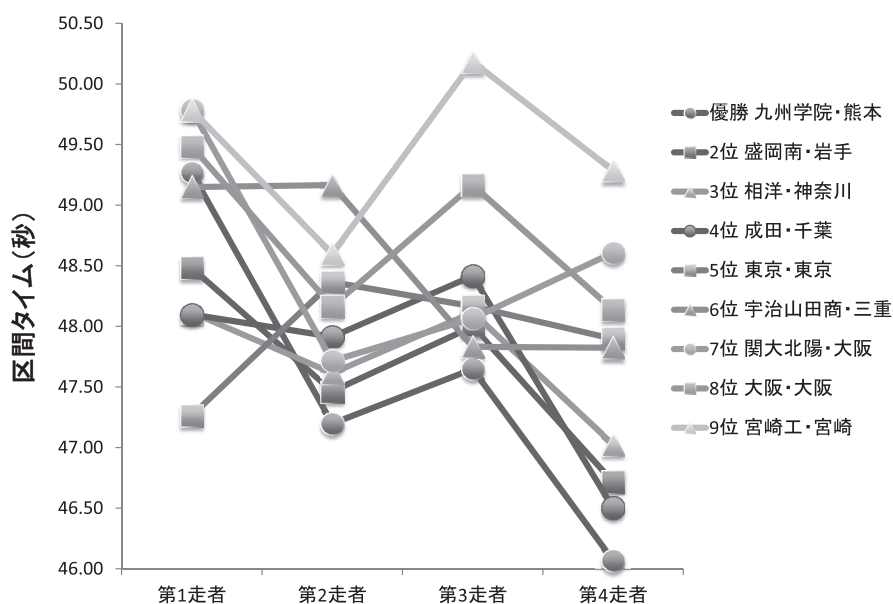


図2 男子4×400mリレー決勝における走順ごとの区間タイム

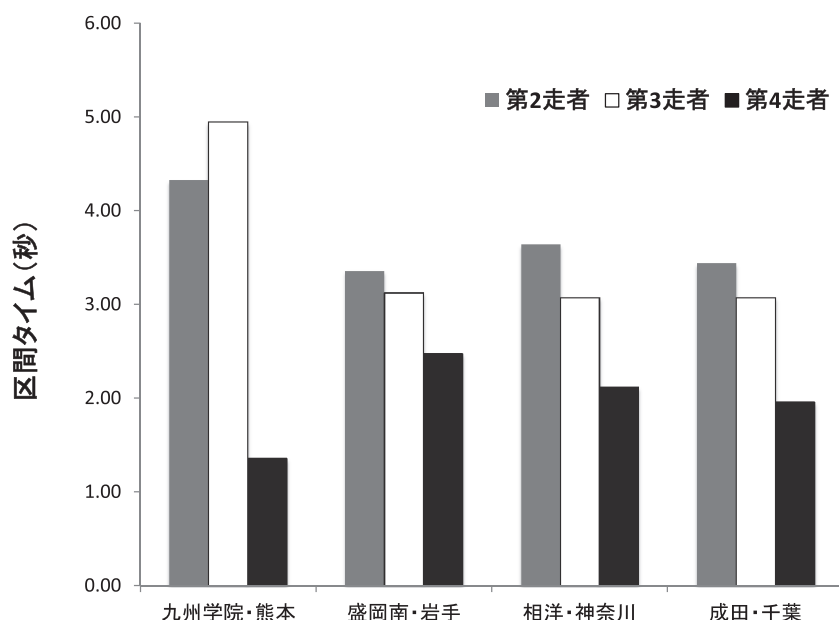


図3 男子4×400mリレー決勝における第2・3・4走者の前後半200m毎のタイム差

ゴールタイムは3分10秒93であることから、僅か1秒の間に第1位から第4位までの4校（九州学院、盛岡南、相洋、成田）がゴールラインを通過しており、いずれの高校の競技力も拮抗していたことがわかる。

また図2に、走順ごとの区間タイムを示した。決勝レースの第一走者から第四走者までの平均タイムはそれぞれ48.82秒、48.02秒、48.40秒および47.56秒であった。これに対して、優勝チームの第一走者から第四走者までのラップタイムは、それぞれ49.27秒、47.20秒、47.65秒および46.07秒であった。このことから、優勝チームは、第一走者だけが平均値を下回るタイムであったが、第二走者以降は

いずれの走者も各走順内で最も速いタイムで疾走していたことが示された。

400m走では、レース前半にスピードを上げ過ぎると後半の失速が起こることはよく知られている。したがって、レース後半の顕著なスピードの低下など避けるためにはペース配分が重要になる。しかしながら4×400mリレーの場合には、レースでの位置取りも重要であるため、各走者とも前半から比較的高スピードで疾走せざるを得ない状況にある。そこで、第2走者以降の選手を対象として各区間の前後半200m毎のタイム差を求め図3に示した。このタイム差が小さいほど、後半にタイムが落ちていないと考えることが可能である。しかしながら、こ

表2 女子4×400mリレー決勝レースの分析結果

順位	レーン	校名	ゴールタイム			第1走者 (400m)		第2走者 (600m) (800m)		第3走者 (1000m) (1200m)		第4走者 (1400m) (1600m)	
				通過タイム(秒)	200mラップ(秒)	通過タイム(秒)	200mラップ(秒)	通過タイム(秒)	200mラップ(秒)	通過タイム(秒)	200mラップ(秒)	通過タイム(秒)	200mラップ(秒)
優勝	6	東大阪大敬愛・大阪	3分40秒76	通過タイム(秒)	56.86	82.70	111.93	138.54	167.60	191.98	220.76		
				200mラップ(秒)		25.84	29.23	26.61	29.06	24.37	28.78		
				400mラップ(秒)	56.86		55.07		55.67		53.16		
2位	7	相洋・神奈川	3分42秒74	通過タイム(秒)	56.51	82.28	111.98	138.62	168.10	193.88	222.74		
				200mラップ(秒)		25.78	29.70	26.64	29.48	25.78	28.86		
				400mラップ(秒)	56.51		55.47		56.12		54.64		
3位	4	成田・千葉	3分43秒09	通過タイム(秒)	56.69	81.95	111.36	138.59	168.27	194.04	223.09		
				200mラップ(秒)		25.26	29.41	27.23	29.68	25.78	29.05		
				400mラップ(秒)	56.69		54.67		56.91		54.82		
4位	8	至学館・愛知	3分44秒61	通過タイム(秒)	56.84	82.15	111.48	138.44	168.52	194.58	224.61		
				200mラップ(秒)		25.31	29.33	26.96	30.08	26.06	30.03		
				400mラップ(秒)	56.84		54.64		57.04		56.09		
5位	2	八王子・東京	3分44秒62	通過タイム(秒)	56.22	82.10	111.48	138.30	168.10	194.46	224.62		
				200mラップ(秒)		25.88	29.38	26.83	29.80	26.36	30.16		
				400mラップ(秒)	56.22		55.26		56.62		56.52		
6位	5	東京・東京	3分46秒61	通過タイム(秒)	56.42	82.12	113.43	139.39	170.62	196.66	226.61		
				200mラップ(秒)		25.69	31.31	25.96	31.23	26.04	29.95		
				400mラップ(秒)	56.42		57.01		57.19		55.99		
7位	3	中京大中京・愛知	3分48秒37	通過タイム(秒)	57.52	83.78	114.28	140.39	172.42	197.96	228.37		
				200mラップ(秒)		26.26	30.50	26.11	32.03	25.54	30.41		
				400mラップ(秒)	57.52		56.76		58.14		55.95		
8位	9	市立船橋・千葉	3分49秒24	通過タイム(秒)	57.49	83.63	112.86	140.04	171.05	197.43	229.24		
				200mラップ(秒)		26.14	29.23	27.18	31.01	26.38	31.81		
				400mラップ(秒)	57.49		55.37		58.19		58.19		

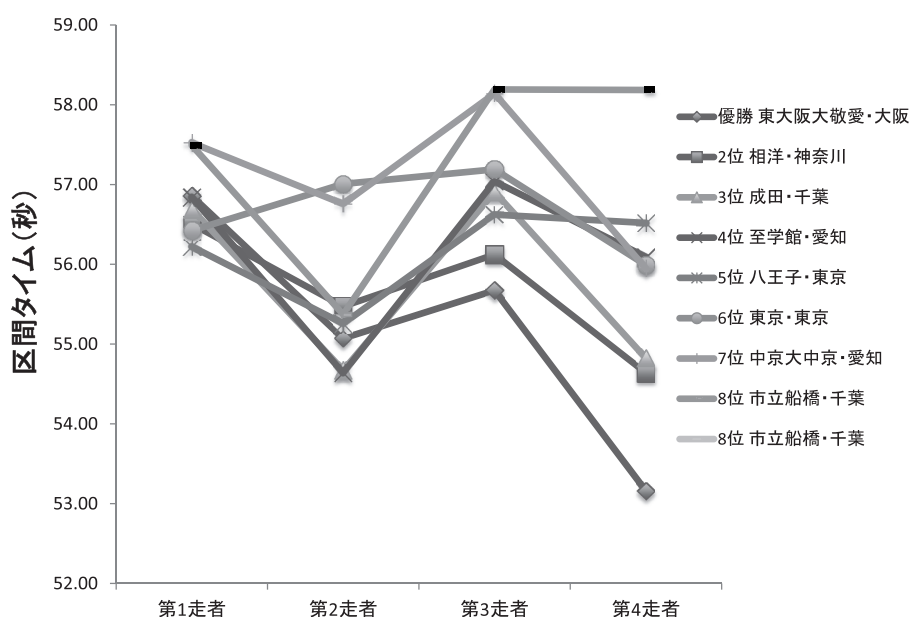


図4 女子4×400mリレー決勝における走順ごとの区間タイム

の種目では、走順によって200m走のスタート地点が何メートルに相当するのかが異なるため、同じ走順内での比較は可能であるが、走順をまたいでの単純は出来ない。

したがって、同一走順内での比較をすると、優勝した九州学院の第二および第三走者は他校に比べて前後半タイム差が大きいこと、そして第四走者は前後半タイム差が最も小さいことが特徴として示された。また、それ以外の上位校の場合には、同一走順内での前後半タイム差は何れの学校ともさほど大きくないことも示された。昨年のインターハイにおけ

る報告では、優勝した成田の前後半タイム差は、いずれの走順においても他校に比べて少ないことを報告しており、このことからレース前半で先行した成田は終始マイペースで走ることが出来たのではないかと考察している。これに対して、本レースにおける九州学院は第一走者で六番手となり、その後の第二走者および第三走者ではトップバトンを渡していることから、九州学院の第一走者は前半から追い上げる必要があったこと、そして第二走者も他校から逃げ切るために前半を速いタイムで通過する必要があったため結果として前後半タイム差が大きくなっ



てしまったと考えられた。

女子決勝レースの分析結果については表2に示した通りである。また図4に、走順ごとの区間タイムを示した。女子の決勝は昨年に引き続き東大阪大敬愛高（大阪）が第2位の相洋高（神奈川）に約2秒の差をつけ、3分40秒76で連覇を果たした。しかしながら、昨年の同校のゴールタイムは3分39秒17であり、単純にタイムだけで比較すると、昨年のタイムをわずかに下回るものであった。

決勝レースの第1走者から第4走者までの平均タイムはそれぞれ56.82秒、55.53秒、56.99秒および55.67秒であり、いずれの走順の選手も55秒前後のタイムであった。これに対して、優勝チームの第1走者から第4走者までのラップタイムは、それぞれ56.86秒、55.07秒、55.67秒および53.16秒であった。このことから、優勝チームは、第1走者は平均値にほぼ近いタイムであったものの、第3走者と第4走者は各走順で最も速いタイムで疾走したこと、なかでも第4走者の石塚選手のタイムは二番目のタイムであった青木選手（相洋高）を約1.5秒引き離す突出するものであったことがわかる。このことから、インターハイで優勝するためには、ラップタイムで56秒を上回るレベルの走力が必要であるといえよう。

この種目では、400m走に代表されるような、いわゆるロングスプリント走における個々の能力が求められると考えられる。渡部ら（2006）によるインターハイの女子4×400mRの分析結果によると、この種目の準決勝では400m走タイムのレベルの高い選手が各校に1名は居るのに対して、準決勝レベルになると2名は居り、さらに決勝レベルになると2名は居るといふことである。この種目では、前半のレース展開により、追いかける走りをするか、あるいは追いかけられる走りをするかが決まってくるため、このようなレベルの高い選手をどのような走順に配置してくるかが、レース展開やタイムにも大きく影響すると考えられる。

渡部（2006）はインターハイの女子4×400mR出場校への調査から、この種目に関するオーダーの並べ方の調査を行い、どのような走力の者を第何走者に配置するかを論じている。それによると、そのコンセプトは予選から準決勝そして決勝へとラウンドが上がるに従い変化してくることである。例えば予選では第二走者に最も速い走者（エース）を配置し、次に速い走者を第四走者に配置するケースが多いようである。これはエースを第二走者に配置することにより、少しでも順位を上げておきたいと考

えるチームが多いためであると考えられる。そして準決勝レベルでは、予選と同様に、最も速い走者を配置するチームが多い一方で、第四走者にエースを配置するチームや第三走者に準エースを配置するチームも多いとのことである。この狙いとしては、第二走者において先頭グループにつけて第三走者とアンカーへつなげることで決勝への進出を伺っているチームが多いためであると考えられている。そして、決勝レベルでは、エースをアンカー、さらに準エースを第二走者に配置しているチームが多いことが報告されている。また、決勝では、チームで最も遅い走者を第一走者に配置し、第三走者にチームで三番手の選手を配置しているチームが多く、このことから決勝ではアンカー勝負で順位を上げたいと考えるチームが多いためであると考えられる。

男子と同様に女子においても上位入賞したチームにおけるレースの前後半のタイム差を比較した結果を図5に示した。女子の場合も男子と同様に全ての選手が前半200mのタイムの方が早い傾向が示され、全チームの前後半差の平均は3.89秒であった。このことから、ほぼ全ての選手が前半からハイペースであったといえる。ただし、この前後半のタイム差はあくまでも個々の選手のペース配分を表しているものであり、400mの走能力を表しているわけではない。例えば、優勝した東大阪大敬愛高の石塚選手の前後半差は4.40秒であり、後半のタイム低下は全体の中でも大きいほうであるが、前半200m（24.37秒）と後半200m（28.78秒）はともに、出場選手中もっとも早いタイムであることもわかる。レースパターンの個人差は同程度のレベルの競技者であっても大きいものである。また、レベルの高い競技者はレースの前半・後半のどちらかが速いというわけではなく、ともに速いタイムで走っていた。

400メートル走のペース配分に関する研究論文では、前半の200mを全力疾走の93%のタイムで通過した時に400m走のタイムが最も高くなることが報告されている。また、その時の380メートル地点でのピッチとストライド低下は、125メートル地点におけるピッチとストライドに対してそれぞれ2.4%および9.2%低下したものであるのに対して、前半を全力疾走の98%で疾走したときには、ピッチとストライドの低下は13%にも及ぶことが報告されている。このように4×400mRにおいて前半から過度のスピードで追い上げることで、後半の走りの低下が起こるため、前半のスピードを抑えめで行くことが後半の追い上げに繋がる可能性がわかる。

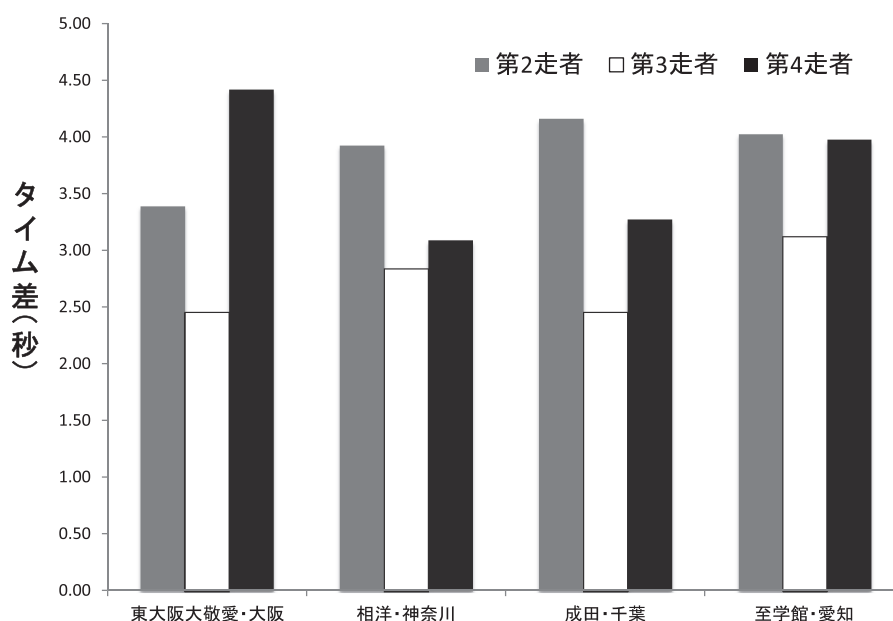


図5 女子4×400mリレー決勝における第2・3・4走者の前後半200m毎のタイム差

同じリレー種目でも、400メートルリレー（以下、400mRとする）であれば、バトンパスの技術がタイムの向上や低下に大きく影響するものの、この種目では、バトンパスの技術はさほどレースタイムに影響しないと思われる。一方、先述の通り、各走者のペース配分は大きく影響すると考えられている。

これに対して、麻場（2005）はこの種目のアテネオリンピックに向けた取り組みとして、日本代表チームのメンバーを前年度実績により固定し、代表候補による強化合宿などでは全員が同じトレーニングメニューを実施し、さらに冬季と通してバトンワークをトレーニングの随所に取り入れたことを報告している。

以上のように4×400mRは、各走者の走力だけではなく、走順の配置やペース配分など様々な要因がチームのタイムや順位に影響する種目であるといえる。

#### 4. 引用参考文献

- 1) 4×100m, 4×400mリレーについて -日本チームの挑戦. 杉田正明, 広川龍太郎, 松尾彰文 [他]. 陸上競技学会誌 (6), 21-26, 2007.
- 2) 女子4×400mリレーにおける各走者区間タイムからみたオーダーについての一考察. 渡部 誠, 斎藤隆志, 岡野 進. 陸上競技研究紀要 2, 53-57, 2006.
- 3) オリンピック・世界選手権4×400mリレーの各走者区間タイムについて (特集:リレー).

野口純正, 高橋牧子. スプリント研究 15, 33-50, 2005.12

- 4) アテネオリンピック4×400mリレーの戦略 (特集:リレー). 麻場一徳. スプリント研究 15, 11-15, 2005-12
- 5) 柳谷 登志雄, 辻 秀憲, 小林 海, 松尾彰文, 杉田正明. 全国高校総体における男子4×400mリレーのレース分析 (日本陸連科学委員会研究報告 第13巻 (2014) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2013). 陸上競技研究紀要 10, 104-108, 2014
- 6) Saraslanidis PJ, Panoutsakopoulos V, Tsalis GA, Kyprianou E. The effect of different first 200-m pacing strategies on blood lactate and biomechanical parameters of the 400-m sprint. Eur J Appl Physiol. 111(8):1579-90, 2011.