公益財団法人日本陸上競技連盟
陸上競技研究紀要
第10巻, 104-108, 2014
Bulletin of Studies in Athletics of JAAF
Vol.10,104-108,2014

全国高校総体における男子４×４００ｍリレーのレース分析

柳谷登志雄[1)]　辻秀憲[1)]　小林海[2)]　松尾彰文[3)]　杉田正明[4)]
１）順天堂大学　２）目白大学　３）鹿屋体育大学　４）三重大学

１．はじめに

日本陸連科学委員会では、全国高等学校陸上競技対校選手権大会（インターハイ）に出場する高校生の競技を対象として、バイオメカニクスデータを収集する活動を実施している。本年度も７月30日から８月３日までの５日間にわたり、南関東インターハイが山梨県甲府市・山梨中銀スタジアムを会場として開催され、この期間を通して各種目のデータの取得を行った。

2020年に開催される東京オリンピックを５年後に控え、今回の南関東インターハイに出場した世代の競技者が東京オリンピックに出場して活躍することが予想される。そのため、彼らのパフォーマンス分析に関する情報を収集・分析し基礎資料とすることは、今後の選手強化に非常に有用であると考えられる。インターハイの分析データに関しては、開催中の報告書および月刊誌面において掲載しているが、男女４×４００ｍリレー（４×４００mR）に関しては最終日の最終種目として行われており、これらの報告書には掲載されない。そこで本稿では、それらの中から最終日に実施された４×４００mR決勝に関するデータを報告する。

２．方法

2.1 分析対象レース

分析対象としたレースは、平成26年に開催された全国高等学校陸上競技対校選手権大会（南関東インターハイ）において実施された４×４００mR決勝であった。

2.1 分析対象校

男子４×４００mRの分析対象校は、決勝レースに出場した成田（千葉），法政二（神奈川），盛岡南（岩手），相洋（神奈川），八王子（東京），宇治山田商（三重），東福岡（福岡）および大館国際情報（秋田）の全８校であった。また、女子４×４００mRの分析対象校は、決勝レースに出場した東大阪大敬愛（大阪），相洋（神奈川），京都文教（京都），愛知（愛知），東京（東京），埼玉栄（埼玉），浜松市立（静岡）および至学館（愛知）の全８校であった。

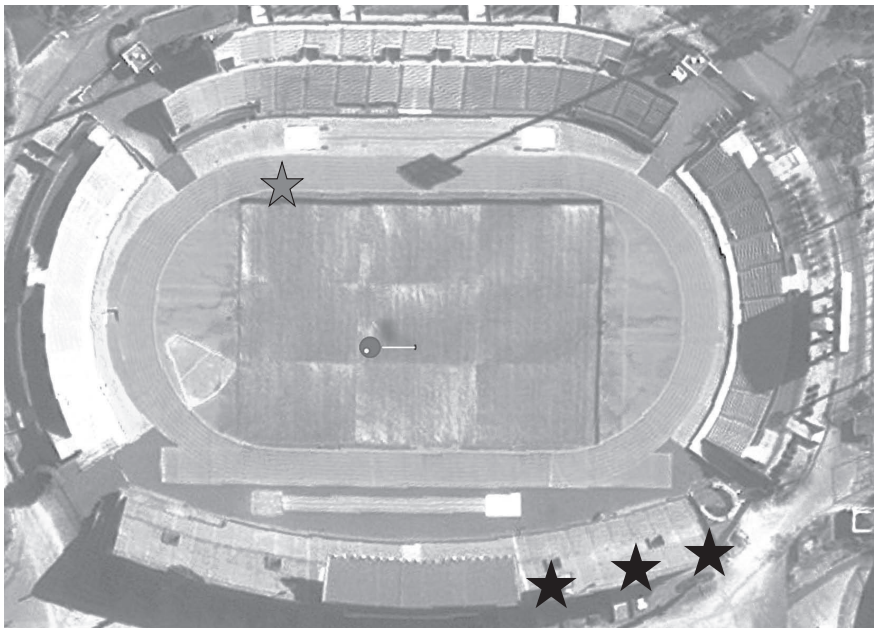
2.3 ビデオ映像の撮影

デジタルビデオカメラ（EXILIM EX-F1, CASIO社製）を３台用いて、メインスタンド最上段からレースの模様を撮影した。このときのビデオカメラの配置は図１に示す通りであった。すなわち、カメラの配置は第１走者と第２走者，第２走者と第３走者、そして第３走者と第４走者のいずれのバトンパスにおいても、各チームのバトンパスがトラック外側のほぼ真横から認識できる位置とした。

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HD画質（800 × 640ピクセル）、フレームレイトは300fps（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出来るように適宜調節した。

2.4 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 7）を用いて、各イベントの時間を読み取った。具体的なイベントとしては、スタート時の閃光，各校のバトンがバトンパスのラインを通過した時間を読み取った。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。



★ カメラの撮影位置
☆ 第1レーン200mスタート地点

図１　会場におけるカメラ配置図

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

３．結果および考察

男子４×４００mRの分析結果については表１に示した通りである。この表から、男子では成田（千葉）は第１走者から先頭に立ち、他のチームに一度も先頭を譲ること無くフィニッシュしたことがわかる。第１位の成田(千葉)と第２位の法政二(神奈川)のフィニッシュタイムは、それぞれ３分10秒71および３分11秒41であった。一方、第５位の八王子のフィニッシュタイムは３分12秒42であることから、第２位以降は僅か１秒の間に第２位から第５位までの４校（法政二, 盛岡南, 相洋, 八王子）がフィニッシュ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。

第１走者から第４走者にかけてのバトンの通過タイム（バトンタイム）は図２の通りであった。成田の第１走者から第４走者における400mのラップタイムは、それぞれ48秒00，47秒03，47秒97および47秒71であり、４名の走者の平均タイムを単純計算すると47秒68であった。以下、２位以降の高校の平均タイムを同様に計算すると、47秒85（法政二），47秒87（盛岡南），47秒94（相洋），48.11(八王子),48秒21(宇治山田商)，48秒46(東福岡)，48秒63（大館国際情報）であり、上位入賞したチームの平均タイムは47秒台であることが示された。また、走順により走距離が若干異なるため、走順間のタイム差は単純に論じることが出来ないが、特に第２走者と第４走者の走力の影響が大きいことが示唆された。

渡部ら（2006）はインターハイにおける女子４×４００mRの分析から、この種目では400 m走タイムのレベルの高い選手が、準決勝レベルであれば各チームに１名は居るのに対して、決勝レベルになると２名は存在していることを報告している。男子に関するデータは無いものの、今回の分析結果からも、第２走者と第４走者の２カ所に走力の高い競技者を配置することができた学校が上位に入賞することができていることが伺えた。

図３は上位入賞した４校における第２走者から第４走者までの３名について、第１レーンの200 m走スタート地点を通過する前と後（以下それぞれ、前半と後半とする）におけるタイム差（以下、前後半タイム差，後半タイム － 前半タイム）を算出したものである。この図から、いずれの走順についても、前後半タイム差は成田が他校に比べて少ないことが示された。つまり、先行した成田は終始マイペースで走ることができたために後半のタイム低下を抑えることが出来たと考えられる。このデータからも、バトンパス直後に先行するチームを追いか

表１　男子４×４００mR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)
優勝	5	成田(千葉)	3分10秒71	通過タイム（秒）	48.00	70.03	95.03	117.73	143.00	165.77	190.71
				200mラップ（秒）		22.03	25.00	22.70	25.27	22.77	24.94
				400mラップ（秒）	48.00		47.03		47.97		47.71
2位	8	法政二(神奈川)	3分11秒41	通過タイム（秒）	48.73	70.30	95.43	118.07	144.06	166.43	191.41
				200mラップ（秒）		21.57	25.13	22.64	25.99	22.37	24.97
				400mラップ（秒）	48.73		46.70		48.63		47.34
3位	4	盛岡南(岩手)	3分11秒49	通過タイム（秒）	49.30	71.33	96.47	119.07	144.60	166.10	191.49
				200mラップ（秒）		22.03	25.14	22.60	25.53	21.50	25.39
				400mラップ（秒）	49.30		47.17		48.13		46.89
4位	1	相洋(神奈川)	3分11秒77	通過タイム（秒）	49.10	71.03	96.27	117.97	144.60	166.67	191.77
				200mラップ（秒）		21.93	25.24	21.70	26.63	22.07	25.10
				400mラップ（秒）	49.10		47.17		48.33		47.17
5位	7	八王子(東京)	3分12秒42	通過タイム（秒）	49.03	70.83	96.43	118.87	145.20	167.37	192.42
				200mラップ（秒）		21.80	25.60	22.44	26.33	22.17	25.05
				400mラップ（秒）	49.03		47.40		48.77		47.22
6位	2	宇治山田商(三重)	3分12秒84	通過タイム（秒）	49.67	71.67	97.34	119.83	145.44	167.80	192.84
				200mラップ（秒）		22.00	25.67	22.49	25.61	22.36	25.05
				400mラップ（秒）	49.67		47.67		48.10		47.41
7位	6	東福岡(福岡)	3分13秒85	通過タイム（秒）	49.60	73.00	98.13	120.73	146.13	168.00	193.85
				200mラップ（秒）		23.40	25.13	22.60	25.40	21.87	25.85
				400mラップ（秒）	49.60		48.53		48.00		47.72
8位	3	大館国際情報(秋田)	3分14秒50	通過タイム（秒）	48.50	71.03	97.03	119.93	146.20	169.10	194.50
				200mラップ（秒）		22.53	26.00	22.90	26.27	22.90	25.40
				400mラップ（秒）	48.50		48.53		49.17		48.30

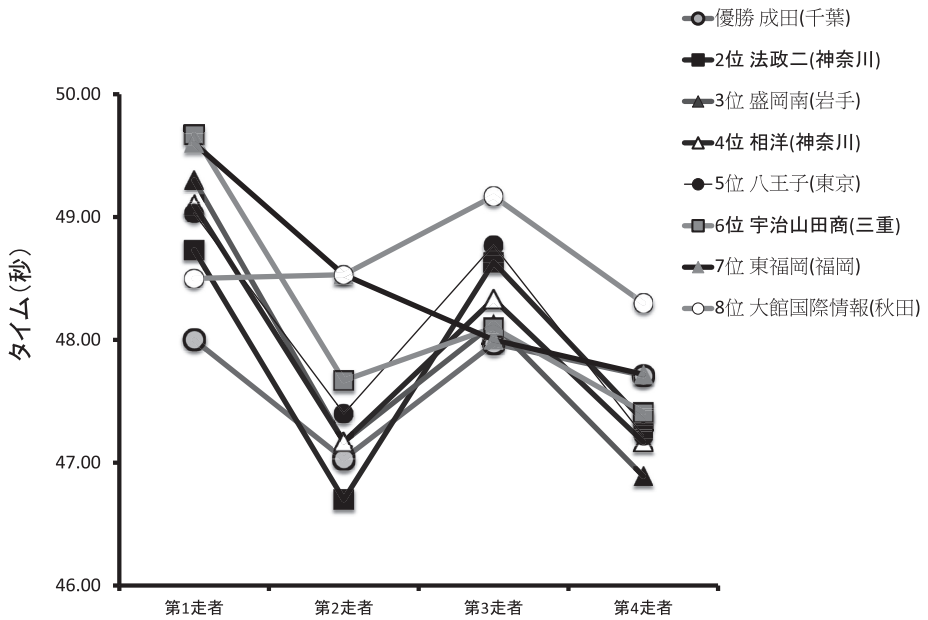


図２　男子決勝における各走者ごとのバトンの通過タイム

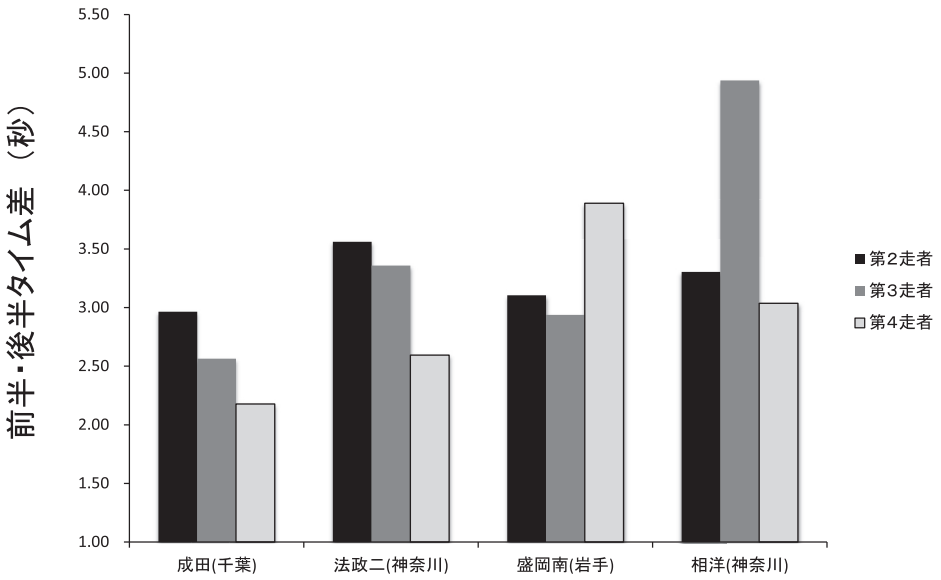


図３　男子決勝の第２・３・４走者における前後半タイム差

表２　女子４×４００mR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)	合計
優勝	4	東大阪大敬愛(大阪)	3分39秒17	通過タイム (秒)	56.57	81.50	110.00	135.07	165.60	190.33	219.17	
				区間タイム (秒)		24.93	28.50	25.07	30.53	24.73	28.84	
				区間タイム (秒)	56.57		53.43		55.60		53.57	
2位	6	相洋(神奈川)	3分44秒59	通過タイム (秒)	57.40	82.40	112.63	138.67	168.60	194.57	224.59	
				区間タイム (秒)		25.00	30.23	26.03	29.93	25.97	30.02	
				区間タイム (秒)	57.40		55.23		55.97		55.99	
3位	8	京都文教(京都)	3分44秒62	通過タイム (秒)	57.00	82.23	112.33	138.53	168.80	195.13	224.62	
				区間タイム (秒)		25.23	30.10	26.20	30.27	26.33	29.49	
				区間タイム (秒)	57.00		55.33		56.47		55.82	
4位	7	愛知(愛知)	3分44秒73	通過タイム (秒)	57.97	83.50	112.77	139.30	168.87	194.73	224.73	
				区間タイム (秒)		25.53	29.27	26.53	29.57	25.87	30.00	
				区間タイム (秒)	57.97		54.80		56.10		55.86	
5位	5	東京(東京)	3分44秒95	通過タイム (秒)	55.97	81.73	112.13	137.97	168.40	194.73	224.95	
				区間タイム (秒)		25.76	30.40	25.83	30.43	26.33	30.22	
				区間タイム (秒)	55.97		56.17		56.27		56.55	
6位	2	埼玉栄(埼玉)	3分45秒23	通過タイム (秒)	57.07	82.83	112.57	139.03	168.77	195.83	225.23	
				区間タイム (秒)		25.77	29.73	26.47	29.73	27.07	29.40	
				区間タイム (秒)	57.07		55.50		56.20		56.46	
7位	3	浜松市立(静岡)	3分45秒54	通過タイム (秒)	57.53	83.07	114.77	139.57	168.13	194.73	225.54	
				区間タイム (秒)		25.53	31.70	24.80	28.57	26.60	30.81	
				区間タイム (秒)	57.53		57.23		53.37		57.41	
8位	1	至学館(愛知)	3分46秒86	通過タイム (秒)	56.43	82.00	112.90	139.17	169.73	196.23	226.86	
				区間タイム (秒)		25.57	30.90	26.27	30.57	26.50	30.63	
				区間タイム (秒)	56.43		56.47		56.83		57.13	

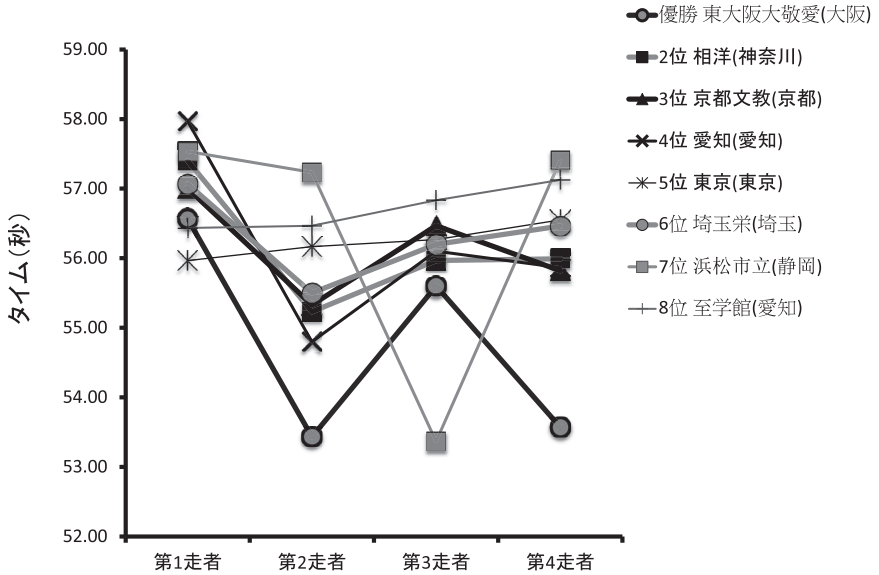


図４　女子決勝における各走者ごとの通過タイム

けて前半がオーバーペースとなることで後半のスピード低下を招く可能性があることが示唆される。400m走における前半200ｍのペース戦略が全体のパフォーマンスに及ぼす影響を調べた研究では、最初の200mを全力の93%のタイムで通過したときに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、この論文では、前半を93％で疾走した時の380ｍ地点におけるピッチとストライドが125ｍ地点のピッチとストライドに対してそれぞれ2.4%および9.2%　であったのに対して、前半を98％で疾走した時にはピッチとストライドはともに、およそ13％も低下することが報告されている。このことからも400m走におけるペース配分が重要であり、特に４×４００mRにおいては先行するチームに前半で追いつくことよりも後半で追いつく方が全体のタイムや順位には有利である可能性が考えられる。

一方、女子４×４００mRの分析結果については表２に示した通りである。第１位の東大阪大敬愛(大阪)のフィニッシュタイムは3分39秒17であった。これに対して第２位の相洋(神奈川)のフィニッシュタイムは3分44秒59であり、東大阪大敬愛と相洋のタイム差は5秒42であったことから、1名の走者あたりで約1秒35秒の差があったことになる。一方､第7位の浜松市立（静岡）のフィニッシュタイムは3秒45秒54であり、女子の場合も男子と同様、わずか1秒05のなかに第2位から第7位までの6チームが入るという混戦であったことがわかる。

４×１００ｍリレー（以下，４００mR）のレース分析に関しては､本紀要に毎年掲載している｢ナショナルチームのバイオメカニクスポート研究報告」にみられるように、男女ともに、以前から多くの分析や報告が継続的になされている。これに対して４×

４００mRに関しては学術的な極めて数少なく、インターネット上の文献検索サイト CiNii において「4 × 400m リレー」というキーワードで検索すると、検索される学術論文としては僅か4件だけである（参考文献１～４）。４×４００mRもまた４００mRと同様に、日本チームが国際大会において決勝進出あるいはメダルを狙える可能性の高い種目のひとつであることを考えると、４×４００mRのレース分析を行い、戦術や戦略を考えることは非常に重要であるといえる。

この種目では、いわゆるロングスプリント走における個々の能力がチームのタイムに大きく影響すると考えられる。一方､技術的な改善要素に関しては、４００mRに比べればバトンパスなどの大きな改善要素は少ないものの、各走者のペース配分がタイムや順位に大きく影響する種目であるといえる。このことは、アテネオリンピックに向けた取り組みとして、日本代表チームではメンバーを前年度実績によって固定し、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たこと、そして冬季を通してバトンパスワークをトレーニングの随所に取り入れてたこと（麻場 2005）からも明らかである。

また、同じメンバーであっても、どのような走能力の者を第何走者に配置するかというオーダーの並べ方により、全体のタイムや順位に大きく影響する可能性があることも考えられる。渡部ら（2006）はインターハイの女子４×４００mR出場校への調査からオーダーの並べ方を調べた研究において、そのコンセプトは予選，準決勝そして決勝へとラウンドが上がるに従い、以下の通り変化してくると述べている。すなわち、予選レベルでは第２走者に一番速い走者（エース）を配置しているチームが多く、次に第４走者にはチームで二番目に速い走者（準エース）を配置するケースが多いようである。これは、予選ではエースを第２走者として配置することにより、少しでも順位を上げていきたいチームが多いためであると考えられている。また、準決勝レベルでは、予選と同様にエースを第２走者に配置するチームが多い一方で、アンカーにエースを配置するチームと，第３走者に準エースを配置しているチームも多く見られるとのことである。これは準決勝レベルでは、第２走者において先頭グループにつけ第３走者とアンカーへつなげ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、エースをアンカーに配置しているチームが６チームあり、準エースを第２走者に配置しているチームが多いと報告されている。また、第１走者は全てのチームが遅い走者を配置し、第３走者は３番目の選手を配置しているチームが多く、これは、決勝レベルにおいてアンカーで順位を上げていきたいというチームが多いためであると考えられている。

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