

ロンドン五輪選考会とリオデジャネイロ五輪選考会のレースパラメータの比較 男子短・中距離自由形種目に着目して

佐藤大典¹⁾, 水藤弘史²⁾, 草薙健太³⁾, 高橋篤史⁴⁾, 高橋繁浩³⁾

¹⁾ 中京大学大学院

²⁾ 愛知学院大学心身科学部

³⁾ 中京大学スポーツ科学部

⁴⁾ 朝日大学保健医療学部

キーワード: 競泳, レース分析, 自由形, オリンピック選考会

【要旨】

本研究の目的は, 男子 100m および 200m 自由形を対象とし, 国内における 2012 年ロンドン五輪選考会と 2016 年リオデジャネイロ五輪選考会のレース分析結果より泳パフォーマンスの向上に貢献した局面について調査することを目的とした. 対象者はロンドン選考会およびリオ選考会において, 100m および 200m 自由形の各決勝競技に出場した男子選手 8 名ずつ, 計 32 名とした. 本研究で用いたデータは, 公益財団法人日本水泳連盟科学委員会の許可を得て, 同委員会が報告しているものを利用した. 本報告では, 変化率(リオ選考会とロンドン選考会の割合)を算出することにより, 各変数の増減を評価した. その結果, 100m 自由形ではリオ選考会の方がロンドン選考会よりもストローク局面, スタート局面, ターンイン局面, ターンアウト局面における泳速度の増加が確認され, 特にストローク局面では, ストローク長が増加したことにより, 泳速度が増加したことが示された. 200m 自由形では, ストローク局面での平均泳速度は両試合間に大きな変化はみられず, スタート局面およびターンアウト局面における泳速度の増加が記録の短縮に貢献したことが示された.

スポーツパフォーマンス研究, 10, 72-82, 2018 年, 受付日: 2017 年 9 月 27 日, 受理日: 2018 年 5 月 9 日

責任著者: 佐藤大典 中京大学 愛知県豊田市貝津町床立 101 dai.swim.suke.sd@gmail.com

Comparison of racing parameters of male short- and middle-distance free style swimmers in trials for the London and Rio Olympics

Daisuke Sato¹⁾, Hiroshi Suito²⁾, Kenta Kusanagi³⁾, Atsushi Takahashi⁴⁾,
Shigehiro Takahashi³⁾

¹⁾ Graduate School, Chukyo University

²⁾ Aichi Gakuin University

³⁾ Chukyo University

⁴⁾ Asahi University

Key words: swimming, race analysis, free style, Olympic trials

【Abstract】

The present study investigated parameters that may have contributed to improving the race records of male 100-meter and 200-meter free style swimmers, based on the results of the screening trials for the 2012 London Olympics and the 2016 Rio Olympics. The participants were 32 male swimmers (8 per race) who swam in the 100-meter and 200-meter free style finals in the London and Rio Olympic trials. The data were obtained with permission from reports of the Scientific Committee of the Japan Swimming Federation. Changes between the London and Rio trials in the rate of several variables were evaluated. The results indicated that swimming speed was higher in the stroke, start, turn-in, and turn-out phases in Rio than in London. In particular, in the stroke phase, swimming speed increased as a result of increased stroke length. In the 200-meter free style, the average swimming speed in the stroke phase did not change between the two trials, but an increase in swimming speed in the start and turn-out phases contributed to the observed improvement in the results.

I. 問題提起

競泳競技は、スタートシグナル後からゴールタッチまでに要した時間を競う。レースを構成する要素としては、泳ぎだけではなくスタート、ターン、ゴールタッチなどが含まれており、それらを客観的に評価することは、競技力向上に重要な意味を持つと考えられる(生田ほか, 1998)。これらの要素を客観的に評価する方法として、レース分析が行われている。レース分析では、撮影したレース映像より、定められた地点の通過時間を測定し、レースを構成する各局面に要する時間、泳速度、ストロークタイムおよびストローク長を算出し、各年度間のレースパターンの比較(奥野ほか, 1998)や、指導現場におけるトレーニング課題の抽出などに用いられている(佐藤ほか, 2017b)。

競泳競技では、毎年4月に行われる日本選手権水泳競技大会の結果により、国際大会出場者を決定する。そのため、出場する選手の指導者の多くは、日本選手権にパフォーマンスのピークを合わせるようにマクロサイクルを作成する。特にオリンピック開催年度の日本選手権では、他年度に比べて多くの好記録がみられる。例えば、2013年から2015年の日本選手権では、五輪対象種目での日本新記録樹立数が1試合平均 2.7 ± 0.6 種目に対し、2012年ロンドン五輪選考会を兼ねた日本選手権では、日本新記録樹立種目数が6種目、2016年リオデジャネイロ五輪選考会を兼ねた日本選手権では、日本新記録樹立種目数が4種目と多く樹立されている。このことは、競泳競技では多くの国際大会が開催されるものの、その中でもオリンピックは特別な試合であるため、五輪選考を兼ねた日本選手権において多くの新記録が樹立されたと考えられる。特に自由形種目では、2009年に開催された日本選手権以降、男子あるいは女子自由形種目において、日本選手権で日本記録が更新されている。2016年リオデジャネイロ五輪選考会では、男子100m自由形の日本記録が更新され、この種目は、リオデジャネイロ五輪選考会での上位4名がリオデジャネイロ五輪にて400mフリーリレーに出場し、リオデジャネイロ五輪では同種目において入賞ならびに日本新記録を樹立した。この快挙の背景には、男子100m自由形決勝レースにおいて、2012年ロンドン五輪選考会を兼ねた日本選手権での決勝競技の平均記録は 49.87 ± 0.37 秒(49秒20から50秒26)であったのに対し、2016年リオデジャネイロ五輪選考会を兼ねた日本選手権では 49.12 ± 0.54 秒(48秒25から49秒58)と、決勝レースの平均記録が0.75秒短縮され、日本上位選手の泳パフォーマンスが向上していることが挙げられる。しかしながら、これまでの報告では、より高いパフォーマンスのピークがみられるだろう五輪選考会毎にレース分析結果を比較し、記録が短縮した局面について検討した報告はみられない。

そこで本研究の目的は、2012年ロンドン五輪選考会と2016年リオデジャネイロ五輪選考会でのレース分析結果を比較し、泳パフォーマンスの向上に貢献した局面について調査することを目的とした。

II. 方法

1. 対象種目および対象者

対象種目は、リオデジャネイロ五輪で日本記録が樹立された男子400mフリーリレー、リオデジャネイロ五輪で52年ぶりの銅メダルを獲得した男子800mフリーリレーの種目にメンバー選考の対象種目である、男子100m自由形と男子200m自由形とした。対象者は2012年ロンドン五輪選考会(以下、ロンドン選考会とする)および2016年リオデジャネイロ五輪選考会(以下、リオ選考会とする)において、100mおよび200m自由形の各決勝競技に出場した男子選手8名ずつ、計32名とした。なお、データ利用に関しては(公財)日本水泳連盟科学委員会(以下、科学委員会とする)が報告しているものの使用許可を得た。なお、同委員会は、各大会の監督者会議において「個人が特定されない形式(平均値等)で選手のデータを利用する場合があること」を書面および口頭にて説明し、学術的な二次利用することの了承を得ている。

2. 計測方法

計測は科学委員会が実施しているレース分析方法(日本水泳連盟科学委員会, 2015)に従って行われた。2台のビデオカメラ(HDR-CX630V, Sony社製, 毎秒60コマ, シャッタースピード:オート)を用いて, 1台は0mから25m区間が, もう1台は25mから50m区間の全レーンが撮影できるように観客席上部に固定し, 同期撮影した。2台のビデオカメラを同期するため, 電子スタート音発生装置(セイコー社製, PS-1300)より発生したスタートシグナル信号をLED同期装置(DKH社製, PTS-110)に取り込み, カメラ画面の端にLEDランプの映像を写し込むことで同期処理を行った。測定地点(5m, 15m, 25m, 35m, 45m)を明確にするため, 各測定地点のプールサイド両端を50mメジャーを用いて結び, レース開始前あるいは, レース終了後に撮影することでキャリブレーションを行った。撮影した映像より, フリーソフト(ベクター社製, アクリル板)を用いてキャリブレーション線を複写し, 分析画面上に表示することで測定地点の通過タイムを読み取った(図1)。また50m毎およびレースの記録は, セイコーホールディングス株式会社が提供する公式記録を用いた。

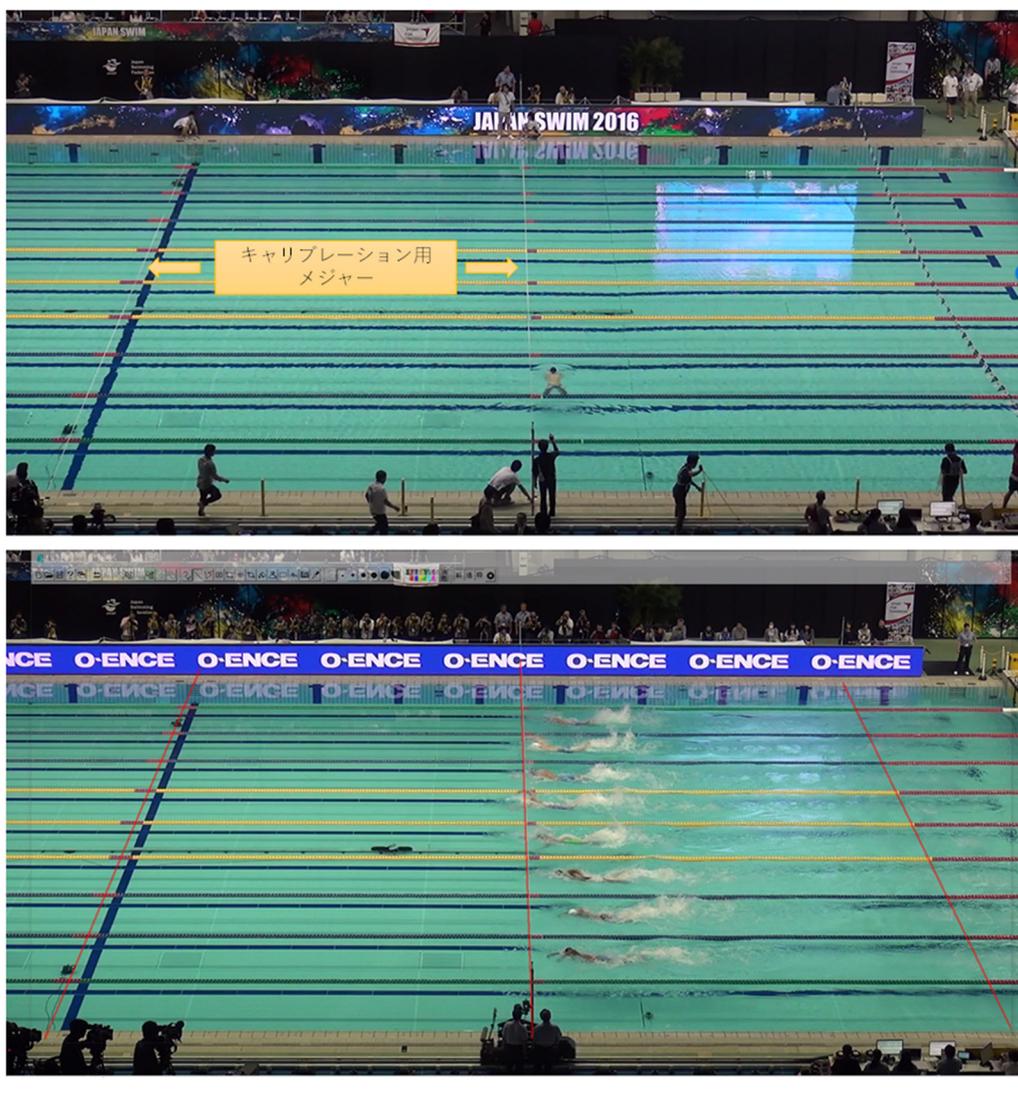


図1 レース分析映像(上:キャリブレーション風景, 下:分析時の画面)

3. 分析局面の定義

図2に各距離におけるレースの局面分類を示した。分析局面は、科学委員会が定義しているスタート局面(台上から15mまでの区間)、ターンイン局面(ターン前5m区間, 45-50m, 95-100m, 145-150m), ターンアウト局面(ターン後15m区間, 50-65m, 100-115m, 150-165m), フィニッシュ局面(ゴールタッチ前5m区間, 100mの場合は95-100m, 200mの場合は195-200m), ストローク局面(スタート局面, ターンイン局面, ターンアウト局面, フィニッシュ局面を除いた各区間)とした。ストローク局面について、100mでは15-25m, 25-35m, 35-45m, 65-75m, 75-85m, 85-95mの6区間に分けたのに対し、200mでは15-25m, 25-45m, 65-75m, 75-95m, 115-125m, 125-145m, 165-175m, 175-195mの8区間とした。

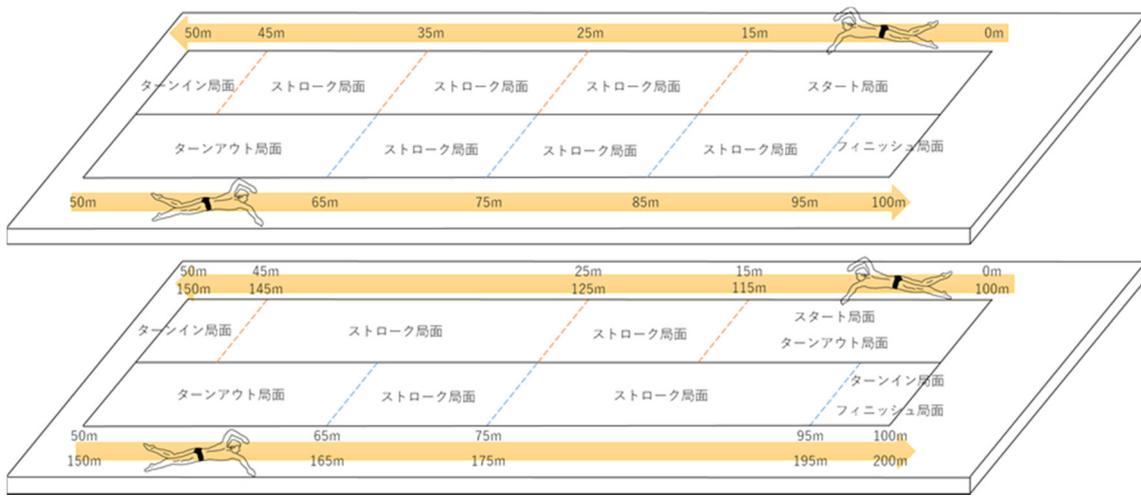


図2 各距離におけるレース局面定義(上:100m 下:200m)

4. 算出項目

本研究では収集したデータから以下に示す項目を算出し、分析した。

(1) 平均泳速度(m/秒)

各区間の所要時間について、選手の頭頂部が各測定地点を通過する時間とし、各区間の距離を得られた所要時間で除することにより、各区間の平均泳速度を算出した。

(2) ストロークタイム(秒/ストローク)およびストローク頻度(ストローク/秒)

1 ストローク(一方の手が入水し、同じ手が再度入水するまで)に要する時間(以下、ストロークタイム)は、各ストローク局面の中央付近における連続した3ストロークに要した時間の平均値により求めた。さらに、得られたストロークタイムの逆数としてストローク頻度を算出した。

(3) ストローク長(m/ストローク)

ストローク長は、得られた各ストローク局面の平均泳速度とストロークタイムを乗法することにより算出した。

5. 比較方法

本報告では、ロンドン選考会とリオ選考会での各変数の変化を検討するため、以下の式により各分析局面における泳速度、ストロークタイム、ストローク長の変化率を求めた。

$$\text{変化率(\%)} = \frac{\text{リオ選考会の平均値}}{\text{ロンドン選考会の平均値}} \times 100 - 100 \text{ (式 1)}$$

変化率の値が正を示した場合はリオ選考会における変数の値が増加したことを、負の数を示した場合はリオ選考会における変数の値が減少したことを示す。さらに、分析による誤差を考慮するため、科学委員会で報告されている泳速度の変化率と、分析データが1コマずつ前後した場合での泳速度の変化率を算出し、変化率の差を算出した。その結果、100mでは平均で0.6%、200mでは平均で0.8%の差が見られたため、変化率が±0.5%以内の場合は変化なしとした。

III. 結果

1. 100m 自由形について

図3に、100m自由形における各区間の泳速度の変化および変化率を示した。各ストローク局面における泳速度は、リオ選考会の方がロンドン選考会よりも25-35m区間、65-75m区間、75-85m区間、85-95m区間において増加し(0.56%から1.62%)、15-25m区間(0.26%)および35-45m区間(-0.31%)では両試合間に変化がみられなかった。スタート局面、ターンイン局面、ターンアウト局面における泳速度では、リオ選考会の方がロンドン選考会より増加した(3.07%から4.56%)。フィニッシュ局面では、リオ選考会の方がロンドン選考会より減少した(-1.93%)。図4にストローク頻度、図5にストローク長の各区間の変化および変化率を示した。ストローク頻度では、リオ選考会の方がロンドン選考会よりもすべてのストローク局面において減少した(-0.92%から-4.18%)。そのため、ストローク長では、リオ選考会の方がロンドン選考会よりもすべてのストローク局面において増加した(2.13%から5.04%)。

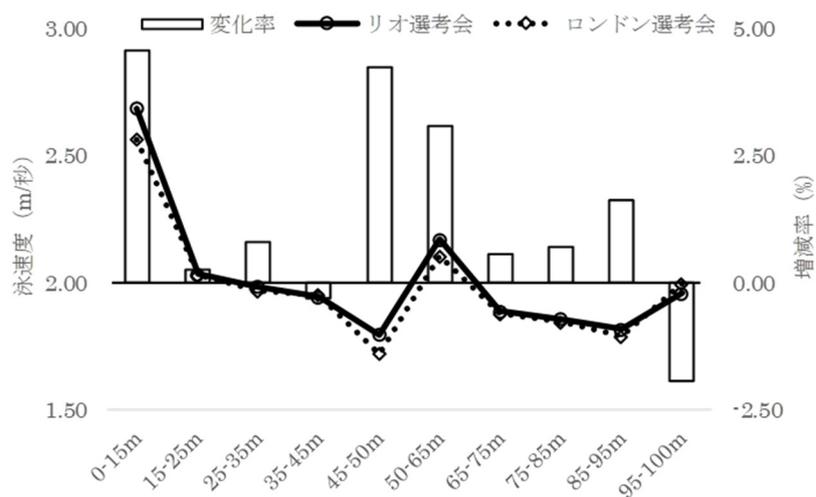


図3 100m 自由形における泳速度変化

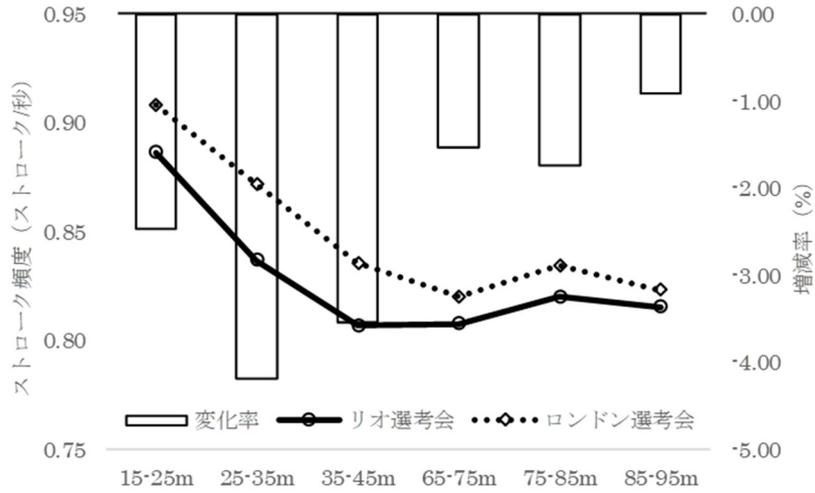


図 4 100m 自由形におけるストローク頻度変化

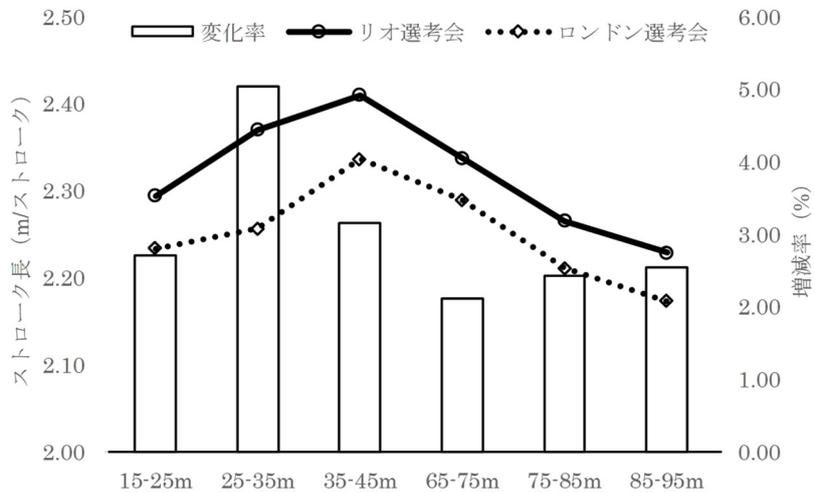


図 5 100m 自由形におけるストローク長変化

2. 200m 自由形について

図 6 に、200m 自由形における泳速度の変化および変化率を示した。各ストローク局面における泳速度は、15m-25m 区間、25-45m 区間、65-75m 区間でリオ選考会の方がロンドン選考会よりも大きく増加した(1.79%から 2.89%)。一方で、125-145m 区間(-0.04%)を除く 75m 以降のストローク局面では、リオ選考会の方がロンドン選考会よりも泳速度が減少した(-0.75%から-3.97%)。その他の局面における泳速度については、ターンイン局面である 45-50m 区間および 145-150m 区間、ターンアウト局面である 150-165m 区間を除いて、リオ選考会の方がロンドン選考会よりも泳速度が増加した(2.25%から 5.68%)。図 7 にストローク頻度、図 8 にストローク長の各区間の変化および変化率を示した。ストローク頻度では、25-45m 区間、65-75m 区間、75-95m 区間のストローク局面においてリオ選考会の方がロンドン選考会よりも増加したが(0.54%から 1.07%)、115-125m 区間を除いたその他のストローク局面では減少した(-1.14%から-4.48%)。ストローク長では、115-125m 区間、125-145m 区間において変化は見られず、75m-95m 区間(-1.64%)を除いてリオ選考会の方がロンドン選考会よりも増加した(0.86%から 3.97%)。

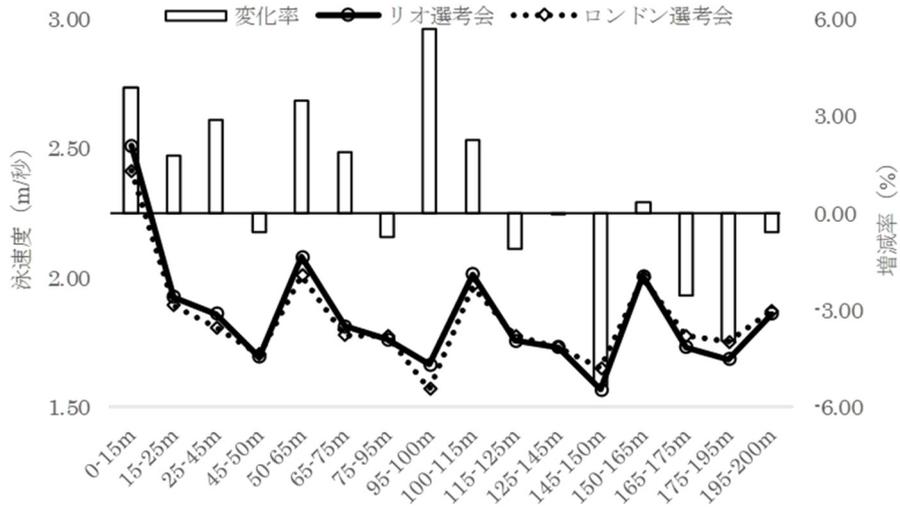


図 6 200m 自由形における泳速度変化

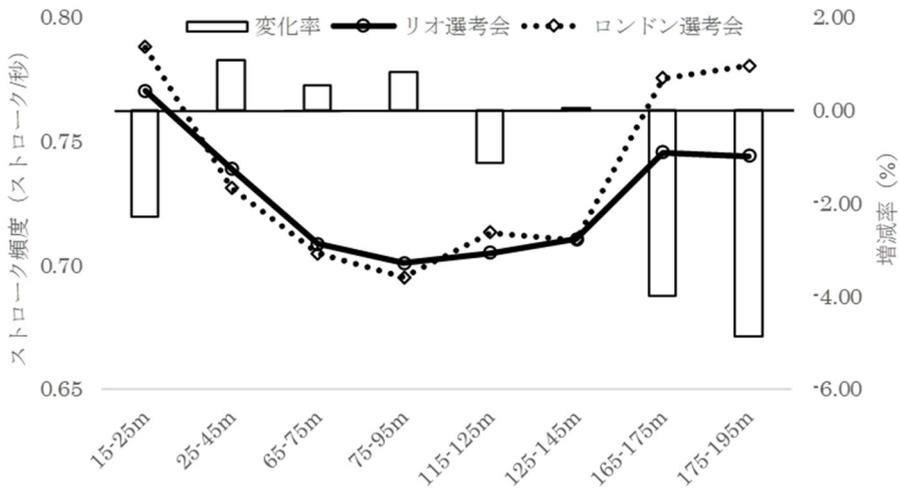


図 7 200m 自由形におけるストローク頻度変化

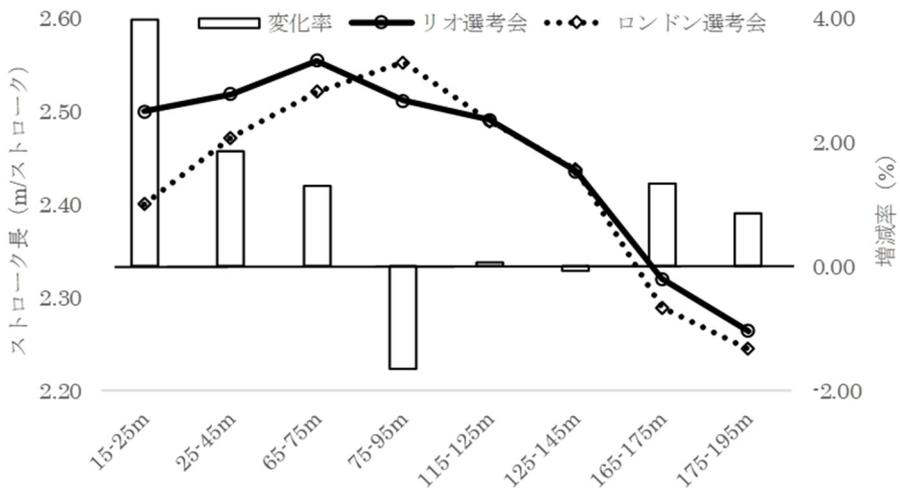


図 8 200m 自由形におけるストローク長変化

IV. 考察

1. 100m 自由形について

各選考会における決勝進出者 8 名のレース平均記録は、リオ選考会では 49.12 ± 0.54 秒 (48 秒 25 から 49 秒 58), ロンドン選考会では 49.87 ± 0.37 秒 (49 秒 20 から 50 秒 26) であり、リオ選考会において 1.53% の記録の短縮が確認された。

生田ほか(2002)は、スタート局面を 10m に設定し、100m 種目における各局面の記録に対する貢献度について報告し、100m 自由形種目では、スタート局面の貢献度が 15.2% と、レース記録に対して 4 番目に高い貢献度を示していたと報告している。また、スタート局面を 15m に設定した佐藤ほか(2017a)の報告においても、男子決勝群においてスタート局面の貢献度が最も高く、次にターンアウト局面が高いことを報告している。このことより、リオ選考会での記録短縮には、ストローク局面よりも上記の局面での記録の改善が大きく貢献したと考えられる。スタート局面やターンアウト局面における泳速度の増加は、泳ぎでは達成できない高い泳速度を獲得できる局面であり、記録の短縮にはこれらの局面で得た高い泳速度を可能な限り維持し、ストローク局面に繋げることが記録の短縮に繋がると考えられる。特に、35m から 45m 区間におけるストローク局面の泳速度がリオ選考会とロンドン選考会において変化がなかったにも関わらず、ターンイン局面における泳速度が増加していることは、泳動作からターン動作までの移行期、そしてターン動作から壁に足が設置するまでの区間における改善が見られ、そのことがターンアウト局面にも好影響を与え、その後の 65-75m 区間のストローク局面の泳速度増加に貢献したことが推察される。

各ストローク局面における泳速度は、リオ選考会の方がロンドン選考会よりも 25-35m 区間、65-75m 区間、75-85m 区間、85-95m 区間において増加した。特に、レースが進むにつれて泳速度の変化率が増加する傾向がみられた。ストローク頻度では、リオ選考会の方がロンドン選考会よりもすべてのストローク局面において減少していた (-0.92% から -4.18%)。そのため、ストローク長では、リオ選考会の方がロンドン選考会よりもすべてのストローク局面において増加していた (2.13% から 5.04%)。Toussaint and Beek (1992) は、ストローク長が長い選手はストローク効率が大きく、力学的に効率的な泳ぎをしていることを報告している。ストローク長が増加する要因として、推進効率の増加、推進パワーの増加、あるいは自己推進時抵抗の減少 (Cappart et al., 1995) が関与していると考えられる。本研究では、対象となった泳者の推進力や抵抗について検討していないため、この点について明確に議論することはできない。しかしながら、リオ選考会ではロンドン選考会よりも全体的にストローク頻度が減少し、ストローク長が増加していたことから、推進力の増加あるいは抵抗の減少といった泳技術や体力的要因の向上の可能性があったと考えられる。また、泳速度はストローク頻度に応じて増加するため、ストローク頻度を低下させたことは、前半でのペースを抑え、レース後半における泳速度低下の抑制に繋がったのではないかと考えられる。

一方、フィニッシュ局面における変化率が減少していたことは、85m から 95m 区間のストローク局面における泳速度はリオ選考会の方が高かったものの、ゴールタッチをするまで泳速度を維持することができなかったことを示している。変化率は大幅な減少がみられるものの、実際の記録では 0.04 秒の差であることから、85m から 95m 区間のストローク局面で獲得した高い泳速度を最後まで維持し、ゴールタッチ動作を改善することで、更なる泳記録短縮の可能性が考えられる。

2. 200m 自由形において

各選考会における決勝進出者 8 名の平均記録は、リオ選考会では 107.70 ± 1.37 秒 (105.50 秒から 110.03 秒), ロンドン選考会では 108.15 ± 1.02 秒 (105.96 秒から 109.40 秒) であり、リオ選考会において 0.42% の記録の短縮が確認された。

ストローク局面における泳速度は、15-25m 区間、25-45m 区間、65-75m 区間においてリオ選考会の方が大きく増加した。一方で、75m 地点以降では 125-145m 区間を除いてリオ選考会の方が減少していた。ストローク長は、115-125m 区間、125-145m 区間において両試合間に変化がみられず、75-95m 区間を除いてリオ選考会の方が増加していた。ストローク頻度では、25-45m 区間、65-75m 区間、75-95m 区間においてリオ選考会の方が増加したが、125-145m 区間を除いた他のストローク局面ではリオ選考会の方が減少していた。特に、165m から 195m におけるストローク局面では、リオ選考会のストローク頻度が大幅に減少していた。このことより、リオ選考会では 75m 地点までストローク頻度およびストローク長が増加しているために高い泳速度が獲得できているが、レースの後半では高いストローク頻度を維持することができず泳速度が減少したことから、レース前半のオーバーレースペースがレース後半のストローク局面に影響したことが推察される。しかしながら、ストローク局面における平均泳速度は、リオ選考会では 1.78 ± 0.08 m/秒、ロンドン選考会では 1.79 ± 0.05 m/秒と、両試合間に大きな変化はみられなかった。このことは、両試合間における記録の差にはストローク局面による影響は小さいことが考えられる。

スタート局面、ターンイン局面、ターンアウト局面における泳速度の変化率をみると、ターンイン局面の 45-50m 区間、145-150m 区間およびターンアウト局面の 150-165m 区間を除いてリオ選考会の方が大きく増加していた。佐藤ほか(2017a)は、200m 自由形種目において、スタート局面およびターンアウト局面が記録に高く貢献していると報告しており、本研究においても同様の傾向がみられたといえる。また、スタート局面やターンアウト局面における泳速度の増加は、泳ぎでは達成できない高い泳速度を獲得できる局面であり、100m 種目と同様に記録の短縮にはこれらの局面で得た高い泳速度を可能な限り維持し、ストローク局面に繋げることが記録の短縮に繋がると考えられる。しかしながら、本報告では、65-75m 区間を除いたターンアウト局面後のストローク局面において泳速度が減少していたため、今後はターンアウト局面後の泳速度を可能な限り維持することが、より大きな記録の短縮に必要であると考ええる。一方で、ターンイン局面である 45-50m 区間および 145m-150m 区間の泳速度は、リオ選考会の方がロンドン選考会より減少していた。両区間におけるターンイン局面では、前区間のストローク局面の泳速度が増加あるいは変化していないにも関わらず、増加率が減少していることから、泳動作からターン動作までの移行期、あるいはターン動作から壁に足が設置するまでの局面に改善すべき課題があることが推察される。

IV. まとめ

本研究の目的は、男子 100m および 200m 自由形を対象に、国内における 2012 年ロンドン五輪選考会と 2016 年リオデジャネイロ五輪選考会のレース分析結果を比較し、泳パフォーマンスの向上に貢献した局面について調査することを目的とした。本研究で得られた知見は以下の通りであった。

1. 100 m では、スタート局面、ターンイン・アウト局面、ストローク局面における泳速度の増加が確認された。特にストローク局面では、ストローク頻度は減少したものの、ストローク長が大幅に増加したことが泳速度の増加に繋がった。
2. 200 m では記録は短縮したものの、ストローク局面での平均泳速度は両試合間に大きな変化はみられなかった。そのため、スタート局面やターンイン・アウト局面における泳速度の増加が記録の短縮に繋がった。

今後の課題として、両種目ともに、スタート局面およびターンアウト局面で獲得した泳動作では達成できない高い泳速度を可能な限り維持し、ストローク局面に繋げることが記録の短縮に繋がると考えら

れる.

V. 謝辞

本研究を実施するに当たり、データ収集において多大なるご協力を受け賜りました、日本水泳連盟科学委員およびレース分析プロジェクトスタッフの皆様に深く御礼申し上げます。

VI. 引用・参考文献

- ・ Cappaert, J. M., Pease, D. L., & Troup, J. P. (1995). Three-Dimensional Analysis of the Men's 100-m Freestyle during the 1992 Olympic Games. *Journal of Applied Biomechanics*, 11(1), 103-112.
- ・ 生田泰志, 野村照夫, & 石川昌紀. (2002). 競泳 100m 種目では、どの局面が重要か?. *スポーツ方法学研究*, 15(1), 109-117.
- ・ 生田泰志, 奥野景介, 松井健, 寺田晶裕, 若吉浩二, & 野村照夫. (1998). 100m 背泳における競泳のレース分析: 1997 年度日本代表選手について. *大阪教育大学紀要. IV, 教育科学*, 46(2), 245-256.
- ・ 日本水泳連盟科学委員会編, 第 91 回日本選手権水泳競技大会兼第 16 回世界水泳選手権代表選手選考会兼第 28 回ユニバーシアード代表選手選考会兼第 5 回世界ジュニア水泳選手権代表選手選考会競泳レース分析表, 2015.
- ・ 奥野景介, 若吉浩二, 生田泰志, 松井健, & 野村照夫. (1998). 1996 年度および 1997 年度日本選手権大会 50m 自由形における競泳のレース分析. *スポーツ方法学研究*, 11(1), 123-130.
- ・ 佐藤大典, 生田泰志, 水上拓也, 草薙健太, & 高橋繁浩. (2017a). 男子 100m および 200m 自由形における, 競技記録に対するレースの各局面の貢献度. *日本コーチング学会第 28 回大会プログラム*, 23.
- ・ 佐藤大典, 草薙健太, & 立正伸. (2017b). 競技現場における, レース分析データの活用事例. *月刊水泳*, Vol.489, 52-54.
- ・ Toussaint, H. M., & Beek, P. J. (1992). Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports medicine*, 13(1), 8-24.