

1 表題:競泳 100m 種目におけるスタート局面の世代別比較
2
3 省略表題:競泳スタート局面の世代別比較
4
5 著者名:水藤弘吏¹⁾, 生田泰志²⁾, 尾関一将³⁾, 池上康男⁴⁾
6
7 所属:1. 愛知学院大学 心身科学部, 2. 大阪教育大学 教育学部, 3. 大阪体育大
8 学 体育学部, 4. 名古屋大学 名誉教授
9
10 所在地:〒470-0902 愛知県日進市岩崎町阿良池 12
11 〒582-8582 大阪府柏原市旭ヶ丘 4-698-1
12 〒590-0459 大阪府泉南郡熊取町朝代台1-1
13 〒464-8601 名古屋市千種区不老町
14
15 Title: Comparison of the swimming start in the 100 m events with age in Japanese
16 competitive swimmers
17
18 Short title: Comparison of the swimming start with age
19
20 Author: Hiroshi Suito¹⁾, Yasushi Ikuta²⁾, Kazumasa Ozeki³⁾, Yasuo Ikegami⁴⁾
21
22 Institution: 1. Aichi Gakuin University Faculty of Psychological and Physical Science,
23 2. Osaka Kyoiku University Departments of Education, 3. Osaka University of Health
24 and Sport Sciences School of Physical Education, 4. Professor emeritus at the Nagoya
25 University
26
27 Access: 12 Araiike,Iwasaki-cho,Nisshin,Aichi 470-0195 Japan
28 4-698-1 Asahigaoka,Kashiwara,Osaka 582-8582 Japan
29 1-1 Asashirodai, Kumatori-cho, Sennan-gun, Osaka 590-0496 Japan
30 Furo-cho, Chikusaku, Nagoya, 464-8601 Japan

1 要約(373 字)

2 本研究では競泳短距離種目における世代毎のスタートパフォーマンスの変化につ
3 いて明らかにすることを目的とした。2018年に国内で開催された全国規模の水泳競技
4 大会100m種目に出場した男女競泳選手を対象に、各種目および世代別に抽出した
5 (G1: 11-12歳, G2: 13-15歳, G3: 16-18歳, G4: 19歳以上)。スタートパフォーマンスと
6 して、リアクションタイムと15m通過時間を用いて比較した。その結果、リアクションタイ
7 ムでは男子バタフライのG1とG4間を除いた全ての種目の世代間において有意な差が
8 認められなかった。一方、15m通過時間について、男子では全ての種目の世代間で
9 年齢に伴い有意に短い時間を示し、女子では背泳ぎを除いた全ての種目でG1, G2よ
10 りもG4の方が有意に短い時間を示していた。以上のことから、リアクションタイムについ
11 ては年齢に伴い変わらないものの、15m通過時間は年齢に伴い短くなることが明らか
12 となった。

13 キーワード: 競泳, リアクションタイム, 15m 通過時間, 4 泳法

14
15
16
17 英文抄録(165 ワード)

18 The aim of this study was to investigate the effects of age on the start performance of
19 male and female in competitive swimming. The subjects were top level Japanese
20 competitive swimmers in 100m distance at 2018 Japanese Championships in swimming
21 (50m pool). All swimmers were divided into 4 age groups (G1: 11-12 ages group, G2:
22 13-15 ages group, G3: 16-18 ages group, and G4: over 19 age group). The start parameters
23 (reaction time and 15m time) were analysed. In almost all of events (except for male
24 butterfly event), the reaction time was not significantly different between groups. On the
25 other hand, in all events at males, the 15m time was significantly different between groups.
26 In all events except for backstroke at females, the 15m time of the G4 was significantly
27 shorter than the G1 and G2. From the results, it is suggested that the reaction time was
28 not different with age, whereas the 15m time was shorter at both males and females with
29 advancing age.

30 *Key words: swimming, reaction time, 15m time, four strokes*

1

2

本文

3

I. 序論

4

競泳レースにおいて、スタート局面はレース中最も高い速度が得られる局面である。

5

競泳のレースタイムに占めるスタート局面の割合は、1500m が 0.8%、50m が 26.1%と

6

報告されている³⁾。特に、50m や 100m のような短距離種目ではレースタイムに占める

7

スタート局面の割合が高くなることから、短距離種目における競技力向上にスタート局

8

面の改善が必須といえよう。

9

現在、国内の水泳競技会における公式レース情報として、競技記録とリアクションタ

10

イムの 2 つが公開されている。それに加え、公益財団法人日本水泳連盟科学委員会

11

(以下、科学委員会とする)では国内の主要なレースに関する通過時間の情報やスト

12

ロークに関する情報といったレース分析データを公開している¹³⁾。科学委員会は、ス

13

タートシグナル後、泳者の頭部が 15m 地点を通過するまでをスタート局面と定義し、ス

14

タート局面に関するレース分析データとして 15m 通過時間を用いている¹⁵⁾。さらに、ス

15

タート局面について、先行研究^{21, 34, 36)}を参考に分類すると、スタートシグナル後、両

16

足がスタート台を離れるまでのブロック期、スタート台から離地してから身体の一部が

17

着水するまでのフライング期、身体の一部が着水してから全身が入水するまでのエントリ

18

ー期、全身が入水してから水面に浮き上がるまでのグライド期と水面に浮き上がって

19

から 15m 地点を通過するまでのストローク期の 5 つに分けることができるだろう。なお、

20

競泳ではブロック期の所要時間をリアクションタイムと呼び、これら 5 つの期の所要時

21

間を短縮することがスタート局面の改善につながるといえる。

22

Vantorre et al.³⁵⁾は、自由形を専門とする男子競泳選手を対象に、50m レースを想定

23

した 25m の全力泳を行わせ、15m 通過時間とスタートに関する各期との関係について

24

検討した。その結果、15m 通過時間とリアクションタイムとの間に有意な負の相関関係

25

を認めるとともに、15m 通過時間とグライド期における所要時間との間に有意な正の相

26

関関係を認めている³⁵⁾。また、Tor et al.³⁴⁾は、15m 通過時間に影響を与える主要な要

27

因として、ブロック期の跳び出し速度と、グライド期の所要時間を挙げている。

28

Guimaraes & Hay⁹⁾は、グライド期の所要時間短縮には、抵抗を抑制するための姿勢も

29

重要であるが、ブロック期における高い跳び出し水平速度の獲得が必須であると述べ

30

ている。ブロック期で高い跳び出し水平速度を獲得するには、スタート台に大きな力積

1 を加えることが必要となる。力積は、加えた力と力を加えた時間の積によって決まるため、競泳スタートではスタート台に加えた力と加えた時間が重要となる。15m 通過時間
2 とリアクションタイムとの間には負の相関関係が認められることから³⁵⁾、15m 通過時間
3 が短い選手ほどスタート台へ力を加える時間を長くすることで大きな力積を得て、高い
4 跳び出し速度を獲得している可能性があると考えられる。しかしながら、大幅なリアク
5 ションタイムの遅延は、15m 通過時間の遅延につながると考えられる。一方で、リアクシ
6 ョンタイムを極端に短くした場合には、高い跳び出し速度を獲得することが難しく、結
7 果的に 15m 通過時間の遅延を招くことも考えられる。このように、リアクションタイムと跳
8 び出し速度との間にはトレードオフの関係がみられ、選手は最も 15m 通過時間が短く
9 なるような範囲でのリアクションタイムの中で発揮し得る力をスタート台に加え、最適な
10 スタートを行っていると考えられる。

12 競泳の競技記録は、ジュニアからシニアへと年齢に伴い短縮されていく。競泳選手
13 の多くが 20 歳代前後にパフォーマンスのピークを迎え¹⁾、女子は男子よりも 2 歳程度
14 若くピークを迎える¹²⁾。スタートパフォーマンスについても競技記録と同様に、年齢に
15 伴って改善されると考えられる。しかしながら、スタートに関する研究の多くは、競技パ
16 フォーマンスがピーク付近にある 20 歳代を中心とした選手を対象にしており^{6, 7, 12, 17,}
17 ^{34, 36)}、ジュニアからシニアへと年齢に伴いスタートパフォーマンスがどのように改善さ
18 れていくのか検討されていないのが現状である。

19 リアクションタイムについては、バックプレート付きのスタート台の使用が可能になっ
20 て以降、従来のスタートと比べて有意に短縮された⁷⁾。ただし、男女ともに決勝上位 3
21 位入賞者とそれ以外の決勝進出選手および決勝に進出できなかった選手のリアクシ
22 ョンタイムについては、有意な差がみられなかった⁷⁾ことから、トップ選手たちのリアクシ
23 ョンタイムはほぼ同様であるといえる。しかしながら、ジュニアからシニアへと年齢に伴っ
24 てリアクションタイムがどのように変化しているのかは不明確である。

25 幅広い年代の選手やコーチたちが今後のスタートに対する指導やトレーニング方法を
26 を考える上で、ジュニアからシニアへと世代が上がるにつれて、スタートパフォーマンス
27 がどのように変化しているのかを捉えることは重要と考える。そこで、本研究では公開さ
28 れている競技会データおよび科学委員会が公開しているレース分析データを使用し、
29 ジュニアから競技パフォーマンスがピークを迎えるシニアまでの競泳選手のスタート局
30 面を比較・検討し、世代毎のスタートパフォーマンスの変化について明らかにすること

1 を目的とした.

2 II. 方法

3 A. 対象レースおよび対象者

4 対象とした競技大会は、2018 年度に日本国内長水路プールで開催された競泳の
5 主要な 5 大会(日本選手権水泳競技大会, 日本学生選手権水泳競技大会, 全国高
6 等学校選手権水泳競技大会, 全国中学校水泳競技大会, 全国 JOC ジュニアオリンピ
7 ックカップ夏季水泳競技大会)であった. 対象者は、各競技会の 100m種目(自由形,
8 バタフライ, 背泳ぎ, 平泳ぎ)に出場した男女競泳選手を種目ごとに 4 つの年齢区分
9 を以下のように設定し、抽出した. 11 歳から 12 歳区分を G1, 13 歳から 15 歳区分を
10 G2, 16 歳から 18 歳区分を G3, 19 歳以上区分を G4 とした. 本研究で設定した年齢
11 区分については、全国高等学校選手権水泳競技大会, 全国中学校水泳競技大会お
12 よび全国 JOC ジュニアオリンピック夏季水泳競技大会で規定されている年齢区分に従
13 った. なお, 対象者の合計は、640 名(18 名が複数種目に重複して出場)であり, 同種
14 目で複数の大会, 複数のレースに出場している選手がいた場合, 競技記録の最も良
15 いレースのデータを採用した.

16 本研究で用いたデータは、科学委員会が公開しているレース分析データの 15m 通
17 過時間を同委員会から許可を得て使用した. なお, 科学委員会では、各大会の監督
18 者会議において取得したデータを学術的に二次利用することの了承を得ている. また,
19 本研究は、愛知学院大学の研究倫理審査委員会から承諾を得て, 実施した(受付番
20 号 2003).

21

22 B. スタート局面および測定項目

23 スタート局面について、科学委員会の定義¹³⁾に従い、スタートシグナル後から 15m
24 地点を泳者の頭部が通過するまでとし、この所要時間を 15m 通過時間とした. また,
25 本研究ではスタートシグナル後、スタート台より足が離地するまでの所要時間をリアク
26 ションタイムとした. なお, リアクションタイムは各競技大会の公式記録^{26, 27, 28, 29, 30)}を
27 用いた.

28

29 C. 統計処理

30 全ての値について、正規性が確認できた項目は平均値±標準偏差, 正規性が確認

1 できなかった項目については中央値(四分位範囲)で示した. 男女それぞれの各種目
2 内における世代間のリアクションタイムおよび 15m 通過時間の差を検定するため, 各
3 種目内における世代の各測定項目について, Shapiro-Wilk による正規性の検定およ
4 び Levene による等分散性の検定を行った. 正規性および等分散性が認められた測定
5 項目については, 対応のない一元配置分散分析を用い, 有意性が認められたものに
6 は, Bonferroni 法の多重比較検定を用いた. 一方, 正規性および等分散性が認めら
7 れなかった男子自由形のリアクションタイムについては, Kruskal-Wallis の H 検定を用
8 い, その後の検定として, Dunn-Bonferroni 法を用いて対比較した.

9 統計処理には, 統計解析ソフト IBM SPSS Statistics version25.0 (IBM, Armonk, NY,
10 USA)を用いた. 有意水準は, いずれも $p < 0.05$ とした.

11

12 III. 結果

13 A. リアクションタイム

14 Table 1 に, 各種目および世代毎のリアクションタイムを示す. 一元配置分散分析あ
15 るいは H 検定の結果, 女子の自由形および男子のバタフライと平泳ぎにおいて有意
16 な差が認められた. さらに, 女子の自由形および男子のバタフライと平泳ぎに対して多
17 重比較検定を行った結果, 男子バタフライの G1 は G4 よりもリアクションタイムが有意
18 に短いことが認められた.

19

20 B. 15m 通過時間

21 Table 2 に, 各種目および世代毎の 15m 通過時間を示す. 一元配置分散分析の結
22 果, 男女ともに全ての種目において有意な差が認められた. その後の検定として, 全
23 ての項目に多重比較検定を行った結果, 自由形では女子の G2 と G3 間および G3 と
24 G4 間を除いた全ての世代間, 男子の全ての世代間で有意な差が認められ, 年齢に
25 伴い 15m 通過時間が短くなっていた.

26 バタフライについて, 女子では G1 と G2 間および G3 と G4 間を除いた全ての世代
27 間, 男子では全ての世代間で有意な差が認められ, 年齢に伴い 15m 通過時間が短く
28 なっていた.

29 背泳ぎについて, 女子では G1 よりも G2, G3 および G4 の 15m 通過時間が有意に
30 短くなっていた. 一方, 男子では全ての世代間で有意差が認められ, 年齢に伴い 15m

1 通過時間が短くなっていた。

2 平泳ぎについて、女子では G2 と G3 間を除いた全ての世代間、男子では全ての世
3 代間で 15m 通過時間が有意に短くなっていた。

4

5 IV. 考察

6 A. リアクションタイムについて

7 リアクションタイムは、スタートシグナル後、スタート台より足が離地するまでに要する
8 時間である。世代間のリアクションタイムについて、本研究では女子の自由形、男子の
9 バタフライと平泳ぎを除いた全ての世代間で有意な差が認められなかった (Table 1)。
10 跳躍動作を対象とした全身反応時間に関する日本人の体力標準値¹¹⁾のデータによ
11 れば、光刺激の合図から足が跳躍台を離れるまでの時間 (全身反応時間) について、
12 11 歳から 20 歳の女子では平均で 0.361 秒から 0.381 秒、男子では 0.353 秒から 0.374
13 秒の範囲と、男女ともに 0.021 秒以内であった。さらに、年齢毎の全身反応時間の標
14 準偏差をみると、女子が 0.040 秒から 0.044 秒、男子が 0.030 秒から 0.048 秒の範囲
15 であった¹¹⁾。競泳のスタートは、上記のような単純な反応ではなく、全力の力発揮を伴
16 って行われる動作であるため、同様に比較することができないものの、本研究の女子
17 の自由形と男子のバタフライと平泳ぎを除いたリアクションタイムの世代間の平均値お
18 よび中央値の差をみると、女子が 0.02 秒から 0.03 秒、男子が 0.02 秒から 0.04 秒、世
19 代内の標準偏差および四分位範囲の値をみると、女子が 0.03 秒から 0.07 秒、男子が
20 0.04 秒から 0.14 秒の範囲であった (Table 1)。先行研究¹¹⁾の全身反応時間の年齢間
21 や本研究のリアクションタイムの世代間における平均値の差よりも、各年齢内や世代内
22 でみられる値のばらつきの方が大きいことから、リアクションタイムは、世代間よりも世代
23 内における選手間の影響を強く受けるのではないかと考えられる。

24 女子の自由形および男子のバタフライと平泳ぎでは世代間のリアクションタイムに有
25 意差がみられたものの、多重比較検定の結果、男子バタフライの G1 と G4 との間での
26 み有意差がみられた (Table 1)。男子バタフライの G4 のリアクションタイムは平均で
27 0.69 秒であり (Table 1)、海外のトップレベルの選手たちのリアクションタイム (0.69 秒)⁹⁾
28 と同程度の値であった。一方で、男子バタフライの G1 のリアクションタイムは 0.64 秒と
29 (Table 1)、海外のトップレベルの選手たちよりも短いリアクションタイムを示していた。
30 武田ら³²⁾は、跳び出し角度とリアクションタイムとの関連性が低いことを報告しているこ

1 とから、跳び出し方法の違いがリアクションタイムに及ぼす影響は少ないとも考えられる。
2 酒井ら²³⁾は、バックプレートの位置によってスタート台へ力を加える時間が変わること
3 を報告しているため、バックプレート位置がリアクションタイムに影響を及ぼす可能性が
4 考えられる。しかしながら、本研究ではバックプレート位置の調査や、スタート台に加わ
5 る力や時間について計測していないため、G1 や G4 の男子バタフライ選手のバックプ
6 レート位置や、スタート台への力発揮および力を加える時間がどのようになっていたか
7 は不明である。今後の課題として、バックプレート位置も考慮しつつ、種目特性および
8 発育発達過程に応じてどのようにスタート台へ力を加えているのか検討する必要がある
9 だろう。

10 国際大会に出場したトップ選手の 100m 自由形におけるリアクションタイムについて、
11 女子が 0.73 ± 0.04 秒、男子が 0.69 ± 0.03 秒であり、決勝進出者と決勝へ進出できな
12 かった者のリアクションタイムとの間に有意な差はみられないと報告している⁹⁾。背泳ぎを
13 除いた 3 泳法のリアクションタイムを平均すると、女子が 0.67 秒、男子が 0.67 秒であ
14 った。先行研究⁹⁾のリアクションタイムと比較すると、本研究の女子が 0.06 秒、男子が
15 0.02 秒ほど短い時間を示していた。Tor et al.³⁴⁾は、15m 通過時間に影響を及ぼす重
16 要なパラメータの一つとして、ブロック期における水平方向への跳び出し速度を挙げ
17 ている。ブロック期で獲得できる速度は、スタート台へ加えた力と力を加えた時間の積
18 からなる力積(力変化の時間積分)によって決まる。酒井ら²³⁾は、同じ泳者でもスタート
19 台へ加える時間を長くすることで、力積が大きくなることを報告している。力積を大き
20 するには、より大きな力をスタート台へ加えることと、力を加える時間を長くすることが求
21 められる。したがって、跳び出し速度を高くするには大きな力積を獲得する必要がある
22 それを実現するためにリアクションタイムを短縮しすぎないことが考えられる。また、跳
23 び出し速度の向上について、Bishop et al.²⁾は、10 歳から 16 歳の男子競泳選手を対
24 象に、8 週間のプライオメトリックトレーニングを実施した結果、トレーニング前と比べて
25 跳び出し速度が有意に増加したと報告している。Rebutini et al.²²⁾もまた、10 名(男子 7
26 名、女子 3 名)の成人の競泳選手を対象に、9 週間のプライオメトリックトレーニングを
27 実施した結果、等尺性収縮時の股関節と膝関節伸展トルクが有意に向上したとともに、
28 スタート台の水平方向へ加えた力と跳び出し水平速度が有意に向上したと報告してい
29 る。プライオメトリックトレーニングは、筋の伸張短縮サイクル(ストレッチショートニング
30 サイクル:SSC)を利用してパワーの発揮能力を高めるトレーニングであり、可能な限り

1 短時間で大きな力発揮を行う運動に対して効果があることが知られている¹⁴⁾。一方で、
2 先行研究²²⁾ではプライオメトリックトレーニングが等尺性最大筋力の増加に影響するこ
3 とを報告していることから、大きな反動動作がみられない競泳のスタートにおいてもプ
4 ライオメトリックトレーニングを行うことで大きな力発揮が可能となれば、力を加える時間
5 が同じであったとしても大きな力積を獲得し、跳び出し速度の向上につながる可能性
6 があると考えられる。

7 Miller et al.¹⁶⁾は、100m 種目のリアクションタイムについて、背泳ぎのリアクションタイムが他の3種目よりも短いことを報告している。本研究においても背泳ぎのリアクションタイムが他の種目よりも短い時間を示していた(Table 1)。背泳ぎのスタートは、他の種目と大きく異なり、水中からのスタートである。スタート姿勢を構えた時点で、重心位置がプール側壁から離れた位置にあり、台上からスタートを行う他の種目のスタートと比べると重心位置を台上前方へ移動させる時間がないため、背泳ぎのリアクションタイムが他の3種目よりも短い傾向を示していたと考えられる。近年では背泳ぎにおいてバックストロークレッジと呼ばれる背泳ぎスタート用の補助装置が用いられるようになった。Ikeda et al.¹⁰⁾は、バックストロークレッジの使用有無によって、リアクションタイムに有意な差がないことを報告している。佐藤ら²⁴⁾は、バックストロークレッジを使用した際の女子背泳ぎトップ選手1名のリアクションタイムが0.60秒と報告している。本研究の対象とした全ての競技会においてもバックストロークレッジの使用が許可されており、背泳ぎのリアクションタイムが男女ともにいずれの世代においても0.5秒台後半から0.60秒(Table 1)と、先行研究²⁴⁾と同程度の値を示していた。

21

22 B. 15 通過時間について

23 本研究では年齢に伴う15m 通過時間の変化について調査した。10歳から12歳の国内トップ選手を対象とした報告^{18, 31)}では各種泳法における100mの記録と15m通過時間との関係について有意な正の相関関係を認めている。したがって、ジュニア選手においても100m 種目の競技記録短縮の要因の一つとして、15m 通過時間の改善が関与するといえる。Vorontsov & Binevsky³⁷⁾は、11歳から16歳までの男子選手を対象として100m 自由形の泳速について比較した結果、年齢に伴って泳速は有意に増加したと報告している。15m 通過時間は100mの競技記録に関与することから^{18, 31)}、
29 年齢に伴い15m 通過時間も短縮する可能性が考えられる。本研究の結果では男女と
30

1 もに全種目の 15m 通過時間に世代間で有意な差が認められ、男子では全種目の世
2 代間においても有意な差が認められた (Table 2) ことから、年齢に伴い 15m 通過時間
3 が短縮するといえる。

4 各種目の 15m 通過時間について、自由形では女子の G2 と G3 間、G3 と G4 間を
5 除いた全ての世代間で世代が上がるにつれて有意に短くなっていた (Table 2)。バタ
6 フライでは女子の G1 と G2 間、G3 と G4 間を除いた全ての世代間で年齢に伴い 15m
7 通過時間が有意に短くなっていた (Table 2)。村松ら¹⁹⁾は、自由形とバタフライにおけ
8 る 15m 通過時間と垂直跳び高との間に有意な負の相関関係が認められたものの、平
9 泳ぎと背泳ぎでは有意な相関関係が認められなかったことを報告している。Garcia-
10 Ramos, A., et al.,⁸⁾は、スペインナショナルチームの 17 歳男子競泳選手 15 名を対象
11 とし、高所トレーニングがスクワットジャンプの跳躍高とキックスタート(両脚を前後に開
12 き、スタート台に設置されたバックプレートを後ろ足で蹴るスタート)を用いたスタートパ
13 フォーマンスへ及ぼす効果について検討した。その結果、10m 通過時間(水中動作と
14 してバタフライの蹴りのみ使用)の改善率と跳躍高の改善率との間に有意な負の相関
15 関係を認めている。これらの結果から、クロールやバタフライ種目においては、脚の筋
16 パワーの増加が 15m 通過時間の短縮に関与している可能性が考えられる。遠藤ら⁵⁾
17 は、男子の垂直跳びの跳躍高の発達について、9 歳から 16 歳までは 2 歳ごとに有意
18 な増加が認められたことを報告している。出村⁴⁾は、中学生水泳選手の体格および筋
19 力を調査した結果、中学生期では女子よりも男子の方が形態や筋力の発育量が大き
20 いと報告している。一方で、吉田ら³⁸⁾は、児童における年齢に伴う立ち幅跳びの変化
21 について、男女ともに同様であったと報告している。そのため、児童における男女の脚
22 の筋パワーは同様に増加している可能性も考えられる。また、Guimaraes & Hay⁹⁾は、
23 スタートシグナル後から 9m までの通過時間と体重や身長との関係について検討した
24 結果、9m 通過時間と体重や身長との間に有意な負の相関関係を認めている。したが
25 って、年齢に伴う下肢の筋パワー増加や体格の変化が自由形とバタフライにおける
26 15m 通過時間の短縮に影響を及ぼす可能性が考えられる。ただし、本研究では脚の
27 筋パワーや体格に関するデータを測定していないため、脚の筋パワーや体格の変化
28 がどのように 15m 通過時間に影響を及ぼしているのか、今後検討する必要がある。

29 一方、女子の背泳ぎでは G1 よりも他の世代の 15m 通過時間が有意に短く、女子
30 の平泳ぎでは G2 と G3 間を除いた全ての世代間で 15m 通過時間が有意に短く、男

1 子では背泳ぎと平泳ぎの 15m 通過時間が全ての世代間で有意に短かった (Table 2).
2 したがって、本研究の対象者では女子の平泳ぎおよび男子の背泳ぎと平泳ぎが年齢
3 に伴い 15m 通過時間が短くなり、女子の背泳ぎについては、12 歳以下の選手よりもそ
4 れ以上の年齢の選手が優れていたといえる。

5 背泳ぎと平泳ぎのスタートについて、背泳ぎではスタート台を用いない壁からのスタ
6 ートであり、平泳ぎでは入水後の水中動作が一掻き一蹴り(一蹴り前に1回のバタフラ
7 イの蹴りが許されている)を用いている。そのため、クロールとバタフライのスタートとは、
8 同様に比較することができないと考える。スタート局面中のグライド期については、男
9 女ともに他の泳法よりも背泳ぎのグライド期の距離が長いと報告されている¹⁷⁾。Seifert
10 et al.²⁵⁾は、平泳ぎ選手を対象に、15m 通過時間とグライド期の所要時間との間に有意
11 な負の相関関係を認めており、競技レベルの高い選手はグライド期の所要時間が長
12 いと報告している。また、グライド期の距離が長い背泳ぎや平泳ぎではグライド期の方
13 がストローク期の泳速よりも速いことから、グライド期における水中動作の影響が 15m
14 通過時間に関与している可能性があると推測する。このようなことから、背泳ぎや平泳
15 ぎでは 15m 通過時間に対して年齢に伴う脚の筋パワーの増加や体格の変化の影響
16 とともに、水中での技術的な習熟度が関与している可能性も考えられる。本研究の対
17 象とした男子の背泳ぎと平泳ぎについては、筋パワーの増加、体格の変化とともに、グ
18 ライド期における水中動作の技術的な習熟度が影響し、15m 通過時間の短縮に繋が
19 っているのではないかと考えられる。一方、女子の背泳ぎと平泳ぎについて、中学生
20 期における女子の形態および筋力の発育量が男子よりも小さいことから⁴⁾、筋パワー
21 の増加や体格の変化よりも水中での技術的な習熟度が 15m 通過時間に影響を及ぼ
22 している可能性が考えられる。そのため、女子の平泳ぎでは、年齢に伴う水中動作の
23 技術的な習熟度の改善により、15m 通過時間が短くなっていた可能性が考えられる。
24 それに対し、背泳ぎでは G2 から G4 の 15m 通過時間の平均値の差が 0.33 秒である
25 のに対し、標準偏差値が 0.25 秒から 0.35 秒と大きく (Table2)、水中での技術的な習
26 熟度に世代内での差が大きくみられるため、G2 以上の世代間で 15m 通過時間に有
27 意な差がみられなかった可能性が考えられる。しかしながら、本研究では 15m 通過時
28 間のみを検討しているため、形態の変化や筋力の増加およびグライド期における水中
29 動作がどのようにになっているか、技術的な変化についても不明である。今後は、年齢
30 による形態や体力の変化および水中動作についても合わせて検討したい。

1

2 V. 結論

3 本研究では実際のレースを対象に、100m 種目における男女各世代の競泳選手の
4 リアクションタイムと 15m 通過時間を比較し、世代毎のスタートパフォーマンスの変化
5 について検討した。その結果、リアクションタイムについては、世代別に違いがみられ
6 なかった。一方、15m 通過時間について、男子が全ての種目で、女子では背泳ぎを除
7 いた全ての種目で世代が上がるにつれて有意に短くなっていたことから、年齢に伴い
8 スタートパフォーマンスは向上することが示唆された。

9

10 謝辞

11 本研究のデータは公益財団法人日本水泳連盟科学委員会より使用許可を得て実
12 施した。関係各位には、ここに記して深く感謝申し上げます。

13

文献リスト

- 1) Berthelot, G., S. Len, P. Hellard, M. Tafflet, M. Guillaume, J.C. Vollmer, B. Gager, L. Quinquis, A. Marc, J.F. Toussaint: Exponential growth combined with exponential decline explains lifetime performance evolution in individual and human species, *AGE*, 34(4): 1001-1009, 2012.
- 2) Bishop, D.C., R.J. Smith, M.F. Smith, H.E. Rigby: Effect of plyometric training on swimming block start performance in adolescents, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7): 2137–2143, 2009.
- 3) Cossor, J., B. Mason: Swim start performances at the Sydney 2000 Olympic Games, *Proceedings of the XIX International Symposium on Biomechanics in Sports*: 70-74, 2001.
- 4) 出村慎一: 中学生水泳選手の形態, 筋力, 及び柔軟性の性差・学年差の検討, *体力科学*, 32(1): 8-16, 1983.
- 5) 遠藤俊典, 田内健二, 木越清信, 尾縣貢: リバウンドジャンプと垂直跳の遂行能力の発達に関する横断的研究, *体育学研究*, 52: 149-159, 2007.
- 6) Fischer, S., A. Kibele: The biomechanical structure of swim start performance, *Sports Biomechanics*, 15(4): 397-408, 2016.
- 7) Garcia-Hermoso, A., Y. Escalante, R. Arellano, F. Navarro, A.M. Domínguez, J.M. Saavedra: Relationship between final performance and block times with the traditional and the new starting platforms with a back plate in International Swimming Championship 50-m and 100-m freestyle events, *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(4): 698-706, 2013.
- 8) Garcia-Ramos, A., P. Padial, B. De La Fuente, J. Arguelles-Cienfuegos, J. Bonitch-Gongora, B. Feriche: Relationship between vertical jump height and after an altitude training camp. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6): 1638-1645, 2015.
- 9) Guimaraes, A.C.S., J.G. Hay: A mechanical analysis of the grab starting technique in swimming, *Journal of Applied Biomechanics*, 1(1): 25-35, 1985.
- 10) Ikeda, Y., H. Ichikawa, R. Nara, Y. Baba, Y. Shimoyama: Does installation of the backstroke start device reduce 15-m start time in swimming?, *Journal of Sports Sciences*, 35(2): 189-195, 2017.

- 1 11)磯川正教, 今中國泰, 大槻文夫, 北一郎, 桜井智野風, 山崎秀夫, 琉子友男:全
2 身反応時間(跳躍反応時間), 新・日本人の体力標準値II, 初版, 首都大学東京体力
3 標準値研究会編, 不昧堂, 東京, pp. 254-257, 2007.
- 4 12) Kollarz, C., B. Knechtle, C.A. Rüst, T. Rosemann: Comparison of age of peak
5 swimming speed in elite backstroke swimmers at national and international level, *OA*
6 *Sports Medicine*, Oct 01, 1(2), 19: 1-12, 2013.
- 7 13) 公益財団法人日本水泳連盟日本水泳連盟科学委員会 レース分析プロジェクト,
8 <https://goo.gl/icBy9P>, 2018.
- 9 14) Mark A. B., O. Rhonda: Effects of plyometric training on sports performance,
10 *Strength and Conditioning Journal*, 38(1): 30-37, 2016.
- 11 15) 松井健, 仰木裕嗣, 生田泰志, 立正伸, 水藤弘吏, 寺西洋平, 田坂英郁, 植松梓,
12 松田有司, 高橋篤史, 酒井紳, 及川雄輝, 宝来毅, 大沼勇人, 林勇樹, 田中貴大, 佐
13 藤大典, 吉田理郁: 第 91 回 日本選手権水泳競技大会競泳競技 兼 第 16 回世界
14 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
15 5 回世界ジュニア水泳選手権代表選考会 競泳レース分析表, 公益財団法人日本水
16 泳連盟 科学委員会: 3-6, 2015.
- 17 16) Miller, J.A., J.G. Hay, B.D. Wilson: Starting techniques of elite swimmers, *Journal of*
18 *Sports Sciences*, 2(3): 213-223, 1984.
- 19 17) Morais, J.E., D.A. Marinho, R. Arellano, T.M. Barbosa: Start and turn performances
20 of elite sprinters at the 2016 European Championships in swimming, *Sports*
21 *Biomechanics*, 18(1): 100-114, 2019.
- 22 18) 村松愛梨奈, 浅井泰詞, 松田有司, 岩原文彦, 松井健: 日本水泳連盟科学委員
23 会報告平成 27 年度エリート小学生研修合宿(競泳)における科学サポート, *日本水泳*
24 *水中運動科学*, 20(1): 5-9, 2017.
- 25 19) 村松愛梨奈, 浅井泰詞, 寺西洋平, 松田有司, 岩原文彦, 松井健: 日本水泳連盟
26 科学委員会報告平成 25 年度エリート小学生研修合宿(競泳)における科学サポート,
27 *日本水泳水中運動科学*, 17(1): 26-32, 2014.
- 28 20) 大澤清二: 最適な体力トレーニングの開始年齢: 文部科学省新体力テストデータ
29 の解析から, *発育発達研究*, (69): 25-35, 2015.
- 30 21) 尾関一将: 競泳競技におけるスタートのバイオメカニクス研究, *バイオメカニクス研*

- 1 究, 22(4):191-198, 2018.
- 2 22) Rebutini, V.Z., G. Pereira, R.C.D. Bohrer, C. Ugrinowitsch, A.L.F. Rodacki:
3 Plyometric long jump training with progressive loading improves kinetic and kinematic
4 swimming start parameters, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(9): 2392–
5 2398, 2016.
- 6 23) 酒井紳, 武田剛, 佐藤智俊, 椿本昇三, 高木英樹: 競泳キックスタートにおけるバ
7 ックプレート位置がスタート・パフォーマンスに与える影響, *体育学研究*, 62(1):133-
8 144, 2017.
- 9 24) 佐藤大典, 草薙健太, 尾関一将, 高橋美紀, 高橋繁浩: バックストロークレッジを用
10 いた背泳ぎスタート動作の事例的研究: 競技レベルが異なる女子選手を対象として,
11 中京大学体育研究所紀要, 33:33-36, 2019.
- 12 25) Seifert, L., J. Vantorre, D. Chollet: Biomechanical analysis of the breaststroke start,
13 *International Journal of Sports Medicine*, 28(11): 970-976, 2007.
- 14 26) SEIKO: 競泳リザルト 速報サービス, 第 41 回全国 JOC ジュニアオリンピックカップ夏季
15 水泳競技大会, <http://swim.seiko.co.jp/2018/S70601/index.htm>, 2018.
- 16 27) SEIKO: 競泳リザルト 速報サービス, 第 58 回全国中学校水泳競技大会,
17 <http://swim.seiko.co.jp/2018/S70201/index.htm>, 2018.
- 18 28) SEIKO: 競泳リザルト 速報サービス, 第 86 回日本高等学校選手権水泳競技大会,
19 <http://swim.seiko.co.jp/2018/S70301/index.htm>, 2018.
- 20 29) SEIKO: 競泳リザルト 速報サービス, 第 94 回日本学生選手権水泳競技大会,
21 <http://swim.seiko.co.jp/2018/S70401/index.htm>, 2018.
- 22 30) SEIKO: 競泳リザルト 速報サービス, 第 94 回日本選手権水泳競技大会,
23 <http://swim.seiko.co.jp/2018/S70701/index.htm>, 2018.
- 24 31) 水藤弘吏, 村松愛梨奈, 浅井泰詞, 野村照夫, 佐藤大典, 今井由佳, 片岡佑衣,
25 古田理郁, 松井健: 日本水泳連盟科学委員会報告平成 28 年度エリート小学生研修
26 合宿(競泳)における科学サポートー平成 28 年度競泳科学サポートー, *日本水泳水
27 中運動科学*, 21(1):1-4, 2018.
- 28 32) 武田剛, 市川浩, 杉本誠二, 野村武男: 競泳スタートにおける跳び出し角度の変
29 化が跳び出し速度, 飛距離とブロックタイムに与える影響, *体育学研究* 51:515-524,
30 2006.

- 1 33) Tor, E., D.L. Pease, K.A. Ball: Characteristics of an elite swimming start, XIIth
2 International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming Proceedings:
3 257-263, 2014.
- 4 34) Tor, E., D.L. Pease, K.A. Ball: Key parameters of the swimming start and their
5 relationship to start performance, Journal of Sports Sciences, 33(13): 1313-1321, 2015.
- 6 35) Vantorre, J.,L. Seifert, R.J. Fernandes, J.P.V. Boas, D. Chollet: Kinematical profiling
7 of the front crawl start, International Journal of Sports Medicine, 31(1): 16-21, 2010.
- 8 36) Verbitsky, O., V. Issurin: Track start vs. grab Start: Evidence of the Sydney Olympic
9 games, Biomechanics and Medicine in Swimming IX: 213-218, 2003.
- 10 37) Vorontsov, A., D. Binevsky: Swimming speed, stroke rate and stroke length during
11 maximal 100 m freestyle of boys 11-16 years of age, Biomechanics and Medicine in
12 Swimming IX: 195-198, 2003.
- 13 38) 吉田真咲, 石塚論, 栗原知子, 水村(久埜)真由美:小学生児童の体格と体力の
14 発達に関する縦断的検討, お茶の水女子大学人文科学研究, 12:395-402, 2016.
- 15

1

表の説明

2 Table 1. The reaction time for each group both females and males in four strokes

3

4 Table 2. The 15m time for each group both females and males in four strokes

5

		G1 11-12 age	G2 13-15 age	G3 16-18 age	G4 19- age	p-Value	Differeces
female	Freestyle (s)	0.68 ± 0.04 (n=16)	0.66 ± 0.04 (n=10)	0.65 ± 0.04 (n=20)	0.68 ± 0.05 (n=33)	0.032	
	Butterfly (s)	0.67 ± 0.04 (n=16)	0.69 ± 0.07 (n=9)	0.66 ± 0.04 (n=20)	0.66 ± 0.05 (n=30)	0.222	
	Backstroke (s)	0.60 ± 0.03 (n=16)	0.60 ± 0.04 (n=8)	0.59 ± 0.04 (n=18)	0.58 ± 0.04 (n=31)	0.638	
	Breaststroke (s)	0.68 ± 0.05 (n=16)	0.67 ± 0.05 (n=10)	0.66 ± 0.03 (n=20)	0.67 ± 0.04 (n=22)	0.350	
male	Freestyle (s)	0.67 (0.09) (n=16)	0.66 (0.14) (n=8)	0.63 (0.09) (n=18)	0.67 (0.06) (n=46)	0.261	
	Butterfly (s)	0.64 ± 0.04 (n=16)	0.65 ± 0.07 (n=11)	0.67 ± 0.06 (n=19)	0.69 ± 0.06 (n=46)	0.008	G1<G4*
	Backstroke (s)	0.58 ± 0.04 (n=16)	0.57 ± 0.06 (n=9)	0.59 ± 0.04 (n=19)	0.57 ± 0.04 (n=40)	0.222	
	Breaststroke (s)	0.66 ± 0.05 (n=16)	0.64 ± 0.03 (n=12)	0.65 ± 0.05 (n=21)	0.68 ± 0.05 (n=50)	0.021	

a: Values are mean ± SD

b: Values are median (interquartile range)

*(p<0.05): significantly different

	G1 11-12 age	G2 13-15 age	G3 16-18 age	G4 19- age	p-Value	Differeces	
female	Freestyle (s)	7.38 ± 0.16 (n=16)	6.98 ± 0.14 (n=10)	6.92 ± 0.22 (n=20)	6.79 ± 0.17 (n=33)	0.000	G4<G2*, G1***; G3<G1***; G2<G1***
	Butterfly (s)	7.60 ± 0.28 (n=16)	7.32 ± 0.21 (n=9)	6.94 ± 0.31 (n=20)	6.83 ± 0.20 (n=30)	0.000	G4<G2***, G1***; G3<G2**, G1***
	Backstroke (s)	8.22 ± 0.34 (n=16)	7.83 ± 0.25 (n=8)	7.68 ± 0.28 (n=18)	7.50 ± 0.35 (n=31)	0.000	G4<G1***; G3<G1***, G2<G1*
	Breaststroke (s)	8.75 ± 0.35 (n=16)	8.27 ± 0.24 (n=10)	8.25 ± 0.22 (n=20)	7.92 ± 0.24 (n=22)	0.000	G4<G3**, G2**, G1***; G3<G1***, G2<G1***
male	Freestyle (s)	6.94 ± 0.19 (n=16)	6.41 ± 0.21 (n=8)	6.07 ± 0.14 (n=18)	5.86 ± 0.19 (n=46)	0.000	G4<G3***, G2***, G1***; G3<G2***, G1***; G2<G1***
	Butterfly (s)	7.31 ± 0.20 (n=16)	6.41 ± 0.27 (n=11)	6.09 ± 0.22 (n=19)	5.85 ± 0.16 (n=46)	0.000	G4<G3***, G2***, G1***; G3<G2***, G1***; G2<G1***
	Backstroke (s)	7.94 ± 0.30 (n=16)	7.16 ± 0.26 (n=9)	6.84 ± 0.19 (n=19)	6.46 ± 0.24 (n=40)	0.000	G4<G3***, G2***, G1***; G3<G2**, G1***; G2<G1***
	Breaststroke (s)	8.31 ± 0.21 (n=16)	7.54 ± 0.26 (n=12)	7.07 ± 0.23 (n=21)	6.74 ± 0.21 (n=50)	0.000	G4<G3**, G2***, G1***; G3<G2***, G1***; G2<G1***

Values are mean ± SD

*(p<0.05), **(p<0.01), ***(p<0.001): significantly different