

中・高強度領域のクロール泳における泳速度調節時の 競泳選手の身体感覚の検討

古賀大樹¹⁾, 八十島崇²⁾

¹⁾ 筑波大学人間総合科学研究科

²⁾ 埼玉県立大学保健医療福祉学部

キーワード: 主観的努力度, 客観的出力, 質問紙調査

【要旨】

競泳選手にとって、泳速度を能動的に調節できることは、重要な能力の1つである。本研究では、中・高強度領域のクロール泳における泳速度調節時に重要な身体感覚について検討することを目的とした。対象者は、高校生6名、大学生3名の男女9名とした。試技は50mクロール泳、泳速度調節は最大努力泳を主観的努力度100%とし、70, 80, 90%および100%の主観的努力度で各1回計4回実施した。解析項目は、泳タイムとそれをもとに算出した客観的出力、泳動作分析から求めた泳速度、ストローク頻度、ストローク長とした。また、泳速度調節に関わる身体感覚について質問紙を用いて検討した。その結果、主観的努力度は客観的出力 ($r = 0.83$)、ストローク頻度 ($r = 0.82$) およびストローク長 ($r = -0.77$) との間に有意な相関関係を示した (いずれも $p < 0.05$)。質問紙調査では、「タイミング」、「ストローク頻度」、「リズム」、「力の入れ方」、「ストローク長」の5項目が全回答の平均値より高い値であり、「身体位置」、「動作時間」、「視覚」、「水流感覚」のいずれかの項目と比較し有意に高い得点を示した ($p < 0.05$)。「水の抵抗」の得点と有意差のある項目はなかった。以上のことから、中・高強度領域で泳速度調節を行える競泳選手が重視している身体感覚は、「タイミング」、「ストローク頻度」、「リズム」、「力の入れ方」、「ストローク長」である可能性が高いと考えられた。

スポーツパフォーマンス研究, 12, 737-752, 2020年, 受付日: 2020年6月15日, 受理日: 2020年11月22日

責任著者: 古賀大樹, 筑波大学, つくば市天王台1-1-1, s1930489@u.tsukuba.ac.jp

Examination of kinesthesia perceived by competitive swimmers when adjusting the velocity of the front crawl while swimming at middle and high intensities

Daiki Koga¹⁾, Takashi Yasojima²⁾

¹⁾ Graduate School, University of Tsukuba

²⁾ Saitama Prefectural University

Key words: level of subjective effort, objective output, questionnaire

[Abstract]

The active control of swimming velocity is one of the most important abilities for competitive swimmers. The purpose of the present study was to examine the kinesthesia perceived by high school and college competitive swimmers when adjusting their velocity while swimming the front crawl at middle and high intensities. The participants, nine male and female swimmers (6 high school students and 3 college students) who were receiving instruction from the same coach did a 50-m front crawl four times. Maximum effort swimming was set as 100% of the participants' subjective effort. They did one trial each at subjective effort levels of 70%, 80%, 90%, and 100%. The total time for each trial was measured, and the objective output was calculated based on the total time. Swimming velocity, stroke rate, and stroke length were obtained from swimming motion analysis. In addition, the kinesthesia perceived by the swimmers when adjusting their swimming velocity was evaluated from their responses on a questionnaire. Subjective effort was significantly correlated with objective output ($r=0.83$, $p<0.05$), stroke frequency ($r=-0.82$, $p<0.05$), and stroke length ($r=-0.77$, $p<0.05$). In the participants' questionnaire responses, timing, stroke rate, rhythm, degree of output, and stroke length were rated higher than the average value of all answers, and significantly higher than the ratings for body position, movement time, sight, and water sense ($p<0.05$). No significant difference was found in items relating to water resistance. Taken together, timing, stroke rate, rhythm, degree of output, and stroke length might be the important kinesthesia perceived by swimmers when adjusting their swimming velocity at medium and high intensities.

I. 緒言

競泳では、練習の一環としてインターバルトレーニングを行うことが多い（高橋・鈴木, 2013）。その場合、コーチは選手に対して「最大の何%ぐらいで」あるいは「最大の何割の力で」泳ぐことを指示し、意図する強度で練習を行わせる。つまり、練習ではレースでの目標タイムから設定された強度や泳速度で泳ぐことを目指し、選手には泳速度を能動的に調節する能力が求められる。この能力は選手個々に適したレースペースで、レースを展開するためにも重要だとされている（合屋ほか, 2005）。これまでレースの展開が選手によって異なることは、先行研究において明らかにされている。松田ほか（2010）は、泳速度がストローク頻度（stroke rate:SR）とストローク長（stroke length:SL）との積で算出されることをもとにレース展開の分類を行った。対象は日本選手権男子 100 m 自由形出場者 94 名であり、SR と SL によりレース展開を 4 つのタイプに分類した。分類されたタイプ間では平均泳速度と泳タイムには差がなかったものの、泳速度がレースの局面によって有意に異なっていたことを報告した。さらに、松田ほか（2010）は、選手によって異なるレース戦略が存在することは、選手ごとの泳動作の力学的効率の違いや泳動作に対するエネルギー効率の違いによるものであると示唆した。クロール泳では上肢と下肢によって泳速度への貢献度が異なる（Deschodt et al., 1999）。また、その泳動作時の上肢と下肢のエネルギー消費量は異なることが報告されている（荻田ほか, 1998）。したがって、競泳選手はレースの局面に応じ、例えば上肢と下肢の努力度を変化させて泳速度を調節することができると考えられる。そのため、競泳選手がレースでより良いパフォーマンスを発揮するには、泳速度を能動的に調節する能力を高める必要がある。

これまでの研究では、競泳選手は泳速度を能動的に調節できることが報告され、さらにその泳タイムの調節は SR の調節に起因することが明らかになっている。合屋ほか（2005, 2008）は男子および女子競泳選手を対象に主観的努力度と客観的出力の関係性を報告した。これらの研究では 20% から 100% までの 5 段階の主観的努力度を設定し、ランダムな順序で試技を行わせ、タイムの測定と泳ぎの撮影を行った。加えて、出力結果のフィードバックは試技ごとに行わずに、選手の培ってきた経験のみをもとに行わせた。その結果、泳タイムが主観的努力度の上昇に伴って短縮し、主観的努力度と客観的出力の間に高い相関関係を認めた。合屋ほか（2005, 2008）の一連の研究では SL と SR も算出して検討した。その結果、SR と泳速度が相関関係にあったことから、短距離クロール泳での泳速度調節は努力度の大小だけでなく、SR の調節によって行われることを示唆した。大庭ほか（2009）や佐藤ほか（2010）は大学競泳選手を対象に、主観的努力度の強度を 70% から 100% までの 10% 刻みで 4 段階に設定し、客観的出力との関係を検討した。その結果、70% から 100% という中・高強度領域においても泳速度調節が可能であり、SR が主観的努力度の上昇に伴って増大することを報告した。この中・高強度領域は、実際のトレーニングで活用される強度（大庭ほか, 2009）であり、この強度で泳いだ時の泳速度はレース時の泳速度にも類似する。そのため、この強度領域による練習で泳速度調節能力を高めることは、選手個々のレース戦略に基づくレースペースで泳ぐために重要である。加えて、泳速度調節の精度を向上させるためには、どのような強度においても SR の調節が一つの鍵であると考えられる。しかし、泳速度を調節する際に、泳者は SR に意識を向けているのか、あるいは他のどのような感覚に注意を向けているかは明らかにされていない点が多い。

速度調節時の身体感覚に関する研究は、泳動作以外で走動作においていくつかの報告がある。そ

の中で重視すべき運動感覚には、視覚情報（工藤，1988）や腕ふりや足の動かし方（横田ほか，1992）が挙げられていた。しかし、競泳では、ランニングと比較し運動を実施する環境が大きく異なり、水中という特殊な環境下で身体感覚を精錬させる必要がある（日本水泳連盟，2014）。そのため、ランニング時の速度調節で重視すべき身体感覚が泳速度調節時にも当てはまる可能性は低い。下門ほか（2012）は質問紙を用いて、大学競泳選手が泳技能改善時に重視している身体感覚を検討した。その結果、質問紙の回答から、時間調節因子、体性感覚因子、特殊感覚因子の3つを泳技能改善時の調節因子として特定した。泳技能改善時に泳者によって重視されていた項目としては、時間調節因子では「タイミング」、「リズム」、体性感覚因子では「水の抵抗」、「関節角度」、「身体位置」、「運動効率」であった。一方で、特殊感覚因子である「聴覚」の重要性は低いことが明らかとなった。以上のように、泳技術改善時において重視すべき身体感覚は明らかにされたものの、泳速度調節時においても、これらの身体感覚を同様に重視しているかどうかは明らかにされているとは言い難い。したがって、競泳における泳速度調節ではどのような身体感覚を意識し注意を向けているか、この点について前述したSRへの意識と下門ほか（2012）の研究で明らかにされた身体感覚とを合わせて検討することで、練習の効率性の向上や選手個々へのコーチングに関して有用な基礎的資料が得られると考えられる。

そこで本研究では、中・高強度領域（70 ~ 100%）のクロール泳における泳速度調節時のタイム測定とストローク分析、および泳速度調節に関わる身体感覚について質問紙を用いることで、中・高強度領域での泳速度調節に起因する身体感覚について検討することを目的とした。

II. 研究方法

1. 対象者

対象者は、日ごろから競泳のトレーニングを積み、同じスイミングクラブで同一のコーチから指導を受ける高校生6名（男性2名、女性4名）、大学生3名（女性3名）の男女9名とした。全ての対象者は、日本選手権、日本学生選手権、全国高等学校総合体育大会のいずれかの大会への出場経験を有しており、50 m自由形のFINAポイントは 669.4 ± 41.0 であった。また、対象者の身体特性は男性：年齢 17.0 ± 1.0 歳、身長 180.5 ± 7.5 cm、体重 81.0 ± 7.0 kg、女性：年齢 17.7 ± 1.5 歳、身長 164.1 ± 4.4 cm、体重 55.1 ± 3.1 kgであった。

実験参加の同意に関しては、対象者とその保護者の自由意志によって、研究への参加に同意した後であってもいつでも撤回でき、そのことによって対象者が不利益な取扱いを受けることはない旨を実験実施日より前に説明した。さらに、研究の実施に伴って取得された個人情報等は、漏えい、滅失またはき損の防止のため、適切な取扱いを行う旨を伝えた。その上で、対象者には、本研究を行うにあたって研究の目的および方法を説明し、実験参加の同意を得た。

2. 測定方法

試技は泳法をクロール泳、距離を50 mとし、スイミングクラブの25 mプールで実施した。クロール泳の泳速度調節は、全力で50 mを最も速く泳ぐことを100%とし、最大下にあたる主観的努力度を70%、80%、90%として10%毎の等間隔、つまり4段階の主観的努力度で出力を段階づけることとした。試技は、主観的努力度70%から順に最後が100%となるよう1試技ずつ自身の感覚のみで泳速度を調節させて

行わせた。試技前のウォーミングアップは対象者個々が普段の練習時に行っている内容と同一とした。また、各試技の間には次の試技へ疲労などの影響が出ないように、プールサイドで 10 分以上休憩させた。各試技の泳タイムは、日ごろから選手の指導を担当しているコーチが、ストップウォッチ (SVAS003, SEIKO 社製) を用いて手動にて測定した。また、泳動作のストロークを分析するために、ビデオカメラ (GCP-100, JVC 社製) 2 台をプールの 15 m と 17.5 m 地点のプールサイドに配置し、フレームレート 60 fps で撮影した。なお、泳タイムのフィードバックについては、対象者に主観的な感覚を頼りに泳んでもらうため実験中に行わず、実験終了後に行った。

3. 測定項目

3-1. 泳タイムと客観的出力の解析方法

各主観的努力度 (70 ~ 90%) に対する客観的泳速度は、主観的努力度 100% の泳速度をもとに合屋ほか (2005, 2008) が用いた下記の式 1 により算出した。この式は、泳動作中の抵抗力は速度の約 2 乗に比例するため、その水中における抵抗の影響を補正した客観的出力の算出方法として提唱されている。近年では、泳動作時の抵抗力は 2 乗から 3 乗の幅を持って増加することが報告されているもの (Narita et al., 2017)、抵抗力の増加の度合いは選手の個人差が大きいため、本研究では抵抗を約 2 乗として決定した提唱式を採用した。また、この式から客観的出力を算出するために式 1 を式 2 のように変形させ、実測した泳タイムから各客観的出力を算出した。Best Time は主観的努力度 100% のタイム、X%Time は主観的努力度 70% ~ 100% のタイムである。

$$\text{式 1 } X\% \text{Time} = \frac{\text{Best (100\%) Time (sec)}}{\sqrt{\frac{X\%}{100}}}$$

$$\text{式 2 } X\% = \left(\frac{\text{Best (100\%) Time (sec)} \times 10}{X\% \text{Time}} \right)^2$$

3-2. 泳動作の解析方法

泳動作の解析は 12.5 m ~ 20 m の区間とした。50 m プールでのレースにおけるストローク局面は 15 m ~ 45 m とされている。しかし、本研究は 25 m プールで実施したため、15 m からストローク局面を設けると、ストローク局面は 15 ~ 20 m となり、解析のための十分なストローク数を確保できない。そのため、対象者には 12.5 m 地点では浮上するように指示した。ストローク変数として解析区間における泳速度 (m/s)、SR (stroke/min) と SL (m/stroke) を算出した。SR は単位時間あたりのストローク数であり、ストローク局面における 3 ストロークの所要時間をストローク数で除し、その逆数をとって求めた。SL はストローク局面での 1 ストロークで移動する距離である。SL の算出には、まず泳速度をストローク局面の距離を泳ぐのにかかった時間で除すことで算出し、泳速度を SR で除すことで求めた。通過時間は日本水泳連盟科学委員会 (日本水泳連盟, 2014) の計測基準にならい、泳者の頭部が測定区間の開始地点に達した時間から測定区間の終了地点に達した時間とした。

4. 泳速度調節に関わる身体感覚の質問紙による検討

質問紙は、下門ほか (2012) が用いた質問紙を参考に泳速度調節に関わる質問内容になるよう作成した (表 1)。また、質問紙には質問項目とは別に、試技を行って感じたことを自由に記述できる欄を設けた。質問紙への回答は対象者 9 人全員が全 4 本の試技を終了した直後とし、対象者には実験開始前に伝えた上で実験を実施した。質問紙への回答にあたり、質問内容について詳しい説明や提示を行わなかった。なお、表 1 に示した質問紙には質問内容の後にそれぞれの略称を記載してあるが、実験時の対象者に回答してもらった際には記載されていなかった。また、泳速度調節に起因する身体感覚の検討にあたり、回答の平均得点よりも高いか低いかだけで、泳者がその感覚を重視しているか否かを判断するのは適切ではない。そのため、泳速度調節時に重視される項目 (重視されない項目) は以下のすべてを満たす項目とあらかじめ定義して質問紙による検討を実施した。

表 1 質問紙

泳ぎの速さを調節する際に、特に意識した感覚は何ですか？

● 次の質問事項について、当てはまると思うものを 1~5 の数字で記入してください。

1. 全くそう思わない 2. あまりそう思わない 3. どちらともいえない 4. まあまあそう思う 5. とてもそう思う

質問項目	当てはまる数字
1. <u>タイミング</u> をうまく合わすよう意識して泳いだと思う。(タイミング)	()
2. <u>腕の回転の速さ</u> を意識して泳いだと思う。(ストローク頻度)	()
3. 1 かきの長さやグライドの長さなど、 <u>ストロークの長さ</u> を意識して泳いだと思う。(ストローク長)	()
4. <u>泳ぎのリズム</u> を意識して泳いだと思う。(リズム)	()
5. ストロークにおいて、 <u>水をとらえる抵抗の強さ</u> を意識して泳いだと思う。(水の抵抗)	()
6. <u>水が身体の周り</u> を流れていくような感覚の変化を意識して泳いだと思う。(水流感覚)	()
7. 1 かきに何秒かかっているかなど、 <u>動きに対する時間</u> を意識して泳いだと思う。(動作時間)	()
8. 手は外側をかくてキックの位置は高くなど、 <u>身体の位置</u> を意識して泳いだと思う。(身体位置)	()
9. プール底のラインの流れ方など、 <u>目に見えるもの</u> の動くスピードを意識して泳いだと思う。(視覚)	()
10. 身体のかの入れ方について、 <u>腕や脚といった部位</u> を意識して泳いだと思う。(力の入れ方)	()

● その他、思いついた点があったら何でも構いませんので記入してください。

[]

- (1) 全回答の平均得点よりも高い (低い) 得点を示した項目
- (2) 最も高い (低い) 得点を示した項目との間で有意差が認められない項目
- (3) 全回答の平均得点よりも低い (高い) 平均得点を示した項目と比較した際に、いずれか 1 項目とでも統計的に有意に高い (低い) 得点を示した項目

なお、これらの基準を満たしていな場合はいずれにも該当しない身体感覚として定義した。

5. 統計解析

泳速度を調節する能力は、合屋ほか（2008）によると他の陸上における運動と比べ、水中では男女に差がないと示唆している。本研究では、男女を合わせたデータを同じ母集団から抽出した標本として統計処理を実施した。各測定項目の正規性は Shapiro-Wilk 検定により決定した。検定の結果、正規性が認められない変数が存在した。そのため、測定項目間の相関関係は、スピアマンの順位相関係数を算出して検討した。質問紙の回答結果の項目の違いによる主効果の検定には Friedman 検定を実施した。また、主効果が認められたため、その後の項目間の比較を行うため Sidak 法を用いた有意水準の調整を行った。有意水準は 5%未満とした。統計処理は統計分析ソフト（IBM SPSS Statistics version 25.0, IBM 社製）を用いて実施した。

III. 結果

1. 各主観的努力度における泳タイムおよび泳速度

各対象者の泳タイム（秒）および泳速度（m/s）の平均値と標準偏差は、主観的努力度が 70%のとき 31.37 ± 1.67 秒 (1.57 ± 0.16 m/s), 80%のとき 29.97 ± 1.40 秒 (1.63 ± 0.15 m/s), 90%のとき 28.42 ± 1.04 秒 (1.73 ± 0.13 m/s), 100%のとき 27.32 ± 1.67 秒 (1.79 ± 0.12 m/s) であった。主観的努力度が高くなるにつれて、泳タイムは短縮し泳速度は上昇した。

2. 主観的努力度と客観的出力の関係

図 1 には、主観的努力度と泳タイムから算出された客観的出力との関係を示した。主観的努力度 100%の際の客観的出力は 100%であるため、図 1 には含めなかった。客観的出力は、主観的努力度 70%で 75.8%, 80%で 83.1%, 90%で 92.7%であった。また、主観的努力度と客観的出力との間には有意な相関関係を認めた ($r = 0.83, p < 0.05$)。

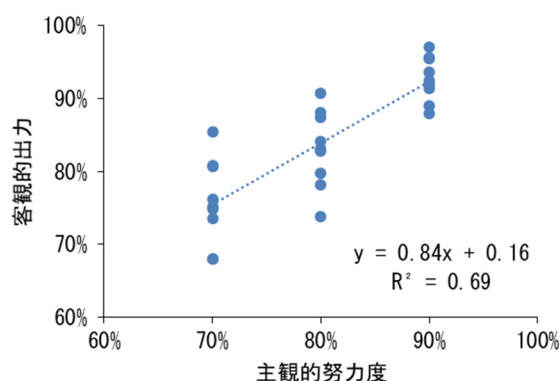


図 1 クロール泳の最大努力泳を 100%主観的努力度とした時の主観的努力度と客観的出力との関係

3. 主観的努力度と SR および SL の関係

図 2 には、主観的努力度に対する SL と SR の変化を示した。SL は主観的努力度との間に有意な負の相関関係を認め、主観的努力度が高くなると短くなった ($r = -0.77, p < 0.05$)。また、SR は主観的努力度との間に有意な正の相関関係を認め、主観的努力度が高くなるにつれて増大した ($r = 0.82, p < 0.05$)。

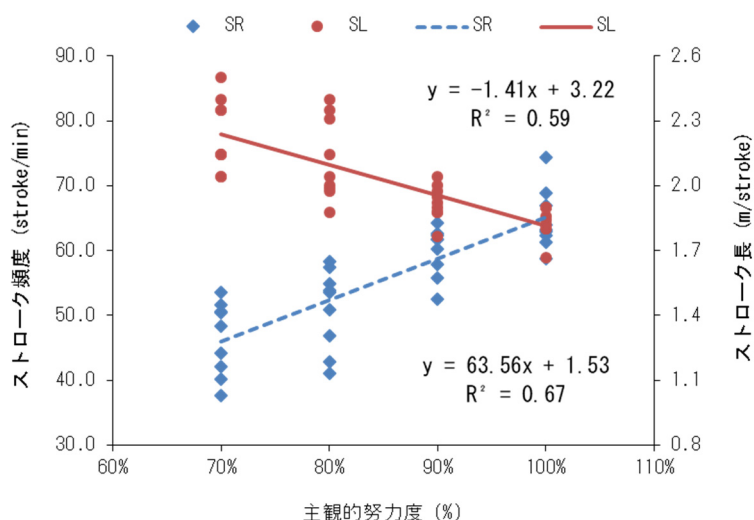


図 2 クロール泳の最大努力泳を 100%主観的努力度とした時の主観的努力度とストローク長およびストローク頻度の関係

4. 泳速度と SR および SL の関係

図 3 には、泳速度に対する SL と SR の変化を示した。SL は泳速度との間に有意な負の相関関係を認めた ($r = -0.80, p < 0.05$)。また、SR は泳速度との間に有意な正の相関関係を認めた ($r = 0.82, p < 0.05$)。

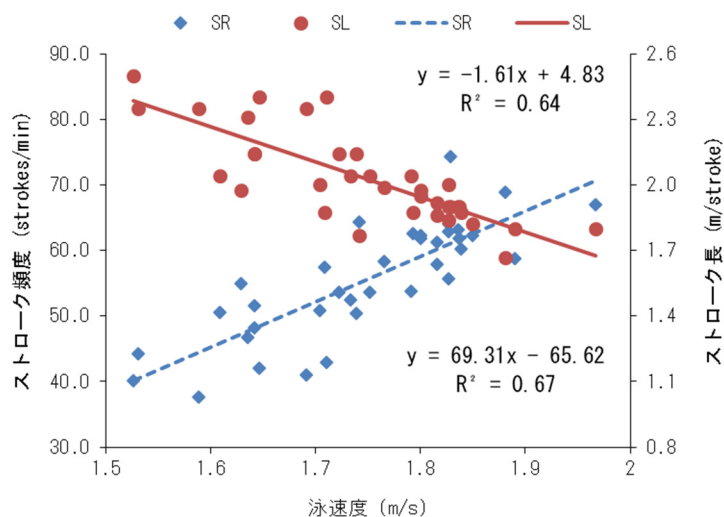


図 3 泳速度とストローク長およびストローク頻度との関係

5. 質問紙の各質問項目の回答結果

表 2 には、各質問項目の回答結果を示した。全回答の平均値は、 3.29 ± 0.87 であった。「タイミング」, 「ストローク頻度」, 「リズム」, 「力の入れ方」, 「ストローク長」の 5 項目の得点は 4.11 から 3.78 の範囲であり、全回答の平均値より高い得点を示した。これに対し、「身体位置」, 「水の抵抗」, 「動作時間」, 「視覚」, 「水流感覚」の得点は 3.00 から 2.33 の範囲であり、全回答の平均値よりも低かった。Friedman

検定の結果, 項目の違いによる主効果が認められた ($p < 0.001$). その後の項目間の比較の結果, 表 2 に示すとおりいくつかの項目間の得点に有意な差が認められた ($p < 0.05$). 「タイミング」は「水流感覚」と「動作時間」に対して有意に高い得点であった ($p < 0.05$). 「ストローク頻度」は「動作時間」と「身体位置」に対して有意に高い得点であった ($p < 0.05$). 「ストローク長」は「水流感覚」に対して有意に高い得点であった ($p < 0.05$). 「リズム」は「水流感覚」と「動作時間」, 「視覚」に対して有意に高い得点であった ($p < 0.05$). 「力の入れ方」は「水流感覚」と「視覚」に対して有意に高い得点であった ($p < 0.05$). 一方で「水の抵抗」はいずれの項目とも有意な得点の差は認められなかった. 加えて, 全回答の平均値よりも高い得点を示した 5 項目間では有意差は認められず, 全回答の平均値よりの低い値を示した 5 項目間でも有意差は認められなかった. 自由記述では 4 名の対象者から呼吸の数を意識したという回答を得た.

表 2 泳速度調節の際に意識している身体感覚に関する質問紙調査の結果

項目 (略称)	平均得点	標準偏差	有意に高い得点の項目
1. タイミング	4.11	0.82	6, 7
2. ストローク頻度	4.11	0.82	7, 8
3. ストローク長	3.78	0.73	6
4. リズム	4.00	0.77	6, 7, 9
5. 水の抵抗	2.89	0.95	
6. 水流感覚	2.11	0.96	
7. 動作時間	2.67	0.62	
8. 身体位置	3.00	0.96	
9. 視覚	2.33	1.22	
10. 力の入れ方	3.89	0.82	6, 9
平均値	3.29	0.87	

以上の結果から, 本研究では「タイミング」, 「ストローク頻度」, 「リズム」, 「力の入れ方」, 「ストローク長」の 5 項目は, “泳速度調節において重視される身体感覚”と定義した. 一方で, 「身体位置」, 「動作時間」, 「視覚」, 「水流感覚」は“泳速度調節において重視されない身体感覚”と定義した. 「水の抵抗」は, “いずれにも該当しない身体感覚”として定義した.

IV. 考察

1. 泳動作における主観的努力度と客観的出力との関係

本研究では, 泳速度調節能力の高さが選手の練習の効率性やレースでの高いパフォーマンス発揮に繋がるとの考えのもと, 中・高強度領域 (70 ~ 100%) のクロール泳で泳速度調節した際の主観的努力度と客観的出力との関連性, および質問紙を用いて泳速度調節に関する身体感覚について検討した.

その結果, 試技の主観的努力度が 70%, 80%, 90%において, 泳動作における主観的努力度と客観的出力の間に有意な相関関係を認めた (図 1). これまでの競泳における主観的努力度と客観的出力

の関係を調べた研究には、幅広い主観的努力度による検討（合屋ほか, 2005, 2008）や本研究のように中・高強度領域に焦点を絞った検討（大庭ほか, 2009）などがある。合屋ほか（2005, 2008）は2つの研究で男子および女子水泳選手を対象に20% から100% までの5段階の主観的努力度を設定しクロール泳を行わせた。これにより、主観的努力度が高くなるにつれ泳タイムが短縮し、両者の間で高い相関関係を認めたことから、競泳選手は幅広い範囲の主観的努力度において、精度高く泳速度を調節できることを示した。大庭ほか（2009）は、大学競泳選手を対象にクロール泳と平泳ぎで主観的努力度を70% から100% までの10% 刻みで4段階に設定し、客観的出力との関係を検討した。その結果、70% から100% の中・高強度領域において、主観的努力度と客観的出力の間に有意な相関関係を認め、この強度領域のより緊密な条件でも高い精度での出力調節が可能であることを示唆した。本研究で得られた主観的努力度と客観的出力の関係性の高さも、これまでに報告されてきた研究の結果を支持するものであった。それ故、先行研究（合屋ほか, 2005, 2008; 大庭ほか, 2009）と同様に、本研究の対象者は十分に泳速度を調節する能力を有していたと考えられた。

2. 泳速度調節において重視される身体感覚

本研究において、主観的努力度と泳タイムおよびSRは正の相関関係を有していた（図2）。これは、同じ中・高強度領域における先行研究の結果を支持するものであった（大庭ほか, 2009; 佐藤ほか, 2010）。また、合屋ほか（2005, 2008）は、最大努力および最大下のいずれの強度においても、主観的な泳速度調節はSRの調節によって行われていると示唆した。しかしながら、これらはストローク分析と主観的努力度および泳速度の変化の関係性を検討した結果から導かれたものである。そのため、実際に泳者がSRの調節に意識を向けていたかどうかについては不明であった。SRの調節に関して本研究で用いた質問紙の回答をみると、「ストローク頻度」の回答結果が泳速度調節において重視される身体感覚の定義に該当した（表2）。したがって、泳者は主観的努力度が中・高強度領域での泳速度調節において、SRに意識を向けて泳速度を変化させていた可能性が高い。

「タイミング」と「リズム」に関する両項目の回答結果も得点が高く、泳速度調節において重視される身体感覚の定義に該当した（表2）。下門ほか（2012）はこれら二項目を「時間調節因子」と解釈し、泳者は泳動作において常に運動のリズムと動作間の協応性を保つことが求められることを示唆した。Sanders et al.（2009, 2011）は、クロール泳やバタフライといった泳動作は、リズム、つまり周期的に繰り返される動作であることを報告した。そのため、「リズム」は泳動作を実行するために普遍的な要素であると考えられ、必然的に泳速度を調節する際にも保たれる必要性が高い項目だと考えられた。「タイミング」については質問項目の中でも得点が「ストローク頻度」と並んで最も高く（表2）、この結果は下門ほか（2012）の報告と同様であった。それ故、泳者が泳技能改善時に考える身体感覚と泳速度調節のための身体感覚のいずれにおいても「タイミング」は重視すべき項目だと考えられた。また、泳速度調節の際に1ストローク中のタイミングを変化させることで、SRの調節が実施されている可能性がある。クロール泳では、手が入水してから手が後方に移動し始める（水を掻き始める）までの局面（グライド局面）、グライド局面の後、手が肩の真下に到達するまでの局面（プル局面）とプル局面の後、手が出水するまでの局面（プッシュ局面）に水中ストロークが分けられる（Chollet et al., 2000）。本研究では、これらの動作局面ごとに対する分析を行っていないため、この可能性については推測の域を脱しない

ものの、先行研究 (Seifert et al., 2010; 合屋ほか, 2005; 大庭ほか, 2009; Ohba et al., 2010) によって示唆された知見より、考察を進めることとする。Seifert et al. (2010) は、クロール泳のストロークのタイミングと、泳速度および SR との関連について検討した。その結果、SR はグライド局面の短縮によって増加したことを報告した。同様に、1 ストローク中のタイミングは、クロール泳実施時の主観的努力度の上昇に応じて変化したことが確認されている。合屋ほか (2005) や大庭ほか (2009), Ohba et al. (2010) は、主観的努力度の上昇に応じて泳速度が増大した時に、1 ストローク中の相対的なグライド局面の割合の減少と、他の水中ストローク局面の割合の増加というストローク中の各局面の変化が生じたことを報告している。以上のことを踏まえると、SR は 1 ストローク中のタイミングを変化させることで増大し、これにより泳速度を上昇させている可能性がある。本研究では、全ての泳試技後に、泳試技中に主観的に感じたことについて自由記述を求めた。これにより、4 人の選手から呼吸の数を意識したという回答を得た。呼吸の有無は、グライド局面のタイミングに違いを生じさせないが、その後のプル局面とプッシュ局面でタイミングに違いを生じさせることが報告されている (McCabe et al., 2015)。そのため、呼吸数も「タイミング」の項目の得点に影響を及ぼしていた可能性がある。しかし、本研究では泳動作中の呼吸数のカウントを行わなかった。また、下門ほか (2012) も指摘しているように、泳動作における「タイミング」は上肢動作と呼吸に限らず、様々な要因が絡み合うと考えられる。今後の検討課題として、ストローク動作に関わる具体的な質問内容の設定やストローク動作そのものの分析に、呼吸数をどの様に変化させたかについても合わせて検討すべきであろう。

「ストローク長」に関する質問項目の回答結果も泳速度調節において重視される身体感覚の定義に該当した。山本ほか (2014) は、日本学生選手権水泳競技大会の自由形参加標準記録を突破している男子大学競泳選手を対象に、25 m クロールを主観的イメージの 200 m, 100 m, 50 m のペースおよび自己トップスピードの 4 条件で泳がせた。そして、その際の泳速度、SR および SL を算出した。その結果、最も泳速度が速かったのは 50 m のペースをイメージした時であり、次いで自己トップスピードの泳速度であった。SR は、200m イメージのペースから自己トップスピード条件に至るまで有意に増大し、SL は条件に応じて有意に減少した。これらの結果から、山本ほか (2014) は、泳速度を上昇させるには SR を増大させることで対応することとし、その一方でトップスピードを出すような状況では SL も関わることを示唆した。本研究でも山本ほか (2014) と同様に全力で泳ぐことを指示した 100%主観的努力度を 1 条件として設定した。それ故、このような条件設定が影響して、「ストローク長」の質問項目においても「ストローク頻度」に次いで高い得点を示した可能性が高い。しかしながら、本研究の質問項目では、各主観的努力度において、SR と SL をどの程度の割合で意識したかを明らかにすることができなかった。今後、クロール泳のストローク動作を明確に捉える詳細なバイオメカニクスの測定も含めて検討していくべきだと考えられる。

質問項目の「力の入れ方」の回答結果は得点が平均値よりも高く、泳速度調節において重視される身体感覚の定義に該当した (表 2)。この項目は、「身体の力の入れ方について腕や脚といった部位を意識」したかどうかの程度を検討するものであった。つまり、上肢と下肢での力の入れ方の変化と関連し、クロール泳においては下肢によるキック動作と上肢でのプル動作の関わり合いを示すものとして考えた。本来であれば、主観的努力度が増大することにより、力の入れ方 (上肢や下肢の割合など) がどのように変化していたかについて検討を試みたいところであったが、本研究の結果だけでは言及できるかどうか

か明確ではない。今後の課題として、主観的努力度 70%のような今回の研究だと中強度の努力度ではキックの割合を減らしプルへの依存度を高め、主観的努力度が高くなるにつれてキックの割合を増加させプルでさらなる推進力を得ようとするなどの身体感覚について明らかにしていくことが挙げられる。そのためには、より回答しやすく、具体的な質問項目の設定について検討する必要があると考えられた。

3. 泳速度調節において重視されない身体感覚

「身体位置」と「流水感覚」の両項目の回答結果は、得点が平均値より低く、かつ「タイミング」、「ストローク頻度」、「ストローク長」、「リズム」および「力の入れ方」のいずれかの項目と比較して有意に低い値を示した(表 2)。下門ほか(2012)の研究では、「身体位置」を体性感覚因子として分類していた。また、「流水感覚」も触覚に関する項目であるため(岩村, 2001)、体性感覚に影響を及ぼすものと捉えて良いだろう。水泳は水中という陸上とは異なる特殊な環境下で実施され、泳動作中は自己を認識しにくいという特徴を有する(日本水泳連盟, 2014)。下門ほか(2012)は、そうした水中環境で泳技能を修正するには自身の動作を認知するために体性感覚に頼る必要があることを示唆している。一方で、身体の使い方へ注意を高めることで、泳動作の際に不要な筋活動が高まり、運動を抑制してしまうことが示唆されている(Zachry, 2005, Wulf, 2010)。つまり、泳技能改善時ではよりよい技術で泳ぐために身体の動きに注意を向け、体性感覚は重視されていると考えられる。これに対し、泳速度調節に注力する際は、体性感覚への意識が能動的な運動の制御に対してデメリットになることもあるため、それほど重視されなかった可能性がある。

「動作時間」の回答結果も得点が平均値より低く、かつ「タイミング」、「ストローク頻度」および「リズム」のいずれかの項目と比較して有意に低い値を示した(表 2)。この項目は、下門ほか(2012)の研究においても得点が低く、泳技能改善時、泳速度調節時の両方で重視されない身体感覚であった。下門ほか(2012)の研究では「リズム」と「タイミング」が「時間調節因子」と解釈されており、「動作時間」も時間調節に関する項目であると考えられるものの分類はなされなかった。「動作時間」は左右上肢のストローク動作の所要時間、キック動作の所要時間といった動作それぞれの所要時間への意識に関する質問として位置づけていた。しかし、クロール泳では、上肢によるストローク動作のみの局面やキック動作のみを行う局面は存在せず、各四肢による動作を協調させて推進動作を行う。さらに、競技力の高い泳者では、四肢の動作タイミングが適切に合わせられクロール泳が実施されている(Mezencio et al., 2020)。それ故、クロール泳中は単一の肢の動作時間への意識よりも、四肢の動作タイミングを合わせることに重きを置いていた可能性がある。以上のことから、「動作時間」については、得点が低かったと考えられる。

「視覚」の回答結果は得点が平均値より低く、かつ「リズム」と「力の入れ方」の各項目と比較して有意に低い値を示した(表 2)。「視覚」は、他の項目と比べオープンスキル(シュミット, 1994)に関する項目であるため、得点の低かった要因であると考えられた。オープンスキルとは周囲の環境の変化を認識する能力のことで球技など視野を広く持つ必要があるスポーツで求められる。一方で、水泳は変化の少ない環境で行われるためクローズドスキル(シュミット, 1994)に分類される。クローズドスキルが優位なスポーツでは、自己の感覚や運動に集中し意識は周囲の環境よりも内面へと向く。視覚は自己への意識とは反対の視覚的な外部環境の変化を認識しようとする感覚であり、その動きを認識しようすることは

オープンスキルに分類される。さらに、運動技能の習得段階が進むと、運動実施にあたって外部環境の変化や身体の協応などに意識を向けず行えるようになる(麓, 2006)。本研究の対象者は競技レベルが高く、運動技能は動作スピードや正確性の高い状態にあると考えられた。そのため、泳ぐ際に視覚的に外部環境の確認を行う必要性が低かったと考えられる。

4. いずれにも該当しない身体感覚

「水の抵抗」の回答結果は全回答の平均値より低い得点であったが、他の質問項目と有意な相違を認めなかった。そのため、いずれにも該当しない身体感覚の定義に該当した。「身体位置」(3.00 ± 0.96)は全回答の平均値より得点は低いが、「水の抵抗」(2.89 ± 0.95)よりは得点が高い。しかし、「身体位置」は「ストローク頻度」に対して有意に低い得点であった。この点について、すべての対象者の「水の抵抗」、「身体位置」の得点と「ストローク頻度」の得点とを比較してみた。その結果、対象者によっては「水の抵抗」を他の全ての項目よりも高い得点とする、あるいは「水の抵抗」と「ストローク頻度」を同じ得点としていた。このように、得点について詳細に比較した結果、泳者によっては「水の抵抗」に比較的高い得点を付けており、対象者間で「水の抵抗」への意識の向け方に違いがあった可能性がある。このことは、「力の入れ方」の得点 (3.89 ± 0.82) が高かったことと関係する可能性が推察される。クロール泳のストローク動作において、上肢は、泳者の推進方向と反対方向に動作を行うことで抵抗力(捕抵抗)を受けるが、身体全体としては推進力を獲得することとなる。それ故、対象者自身がストローク動作において水を捉える抵抗を強く意識することは、推進力の発揮のために力を入れることを意識したことと関連し、「水の抵抗」に高い得点を付けた泳者がいたこととも関連するのではないだろうか。クロール泳の泳速度調節時に「水の抵抗」を注意深く意識することによって、どのような影響が産出されるのか、対象者への負担が軽減された質問項目を再考し、その利点と欠点について検討すべきと考えられた。

V. 研究の限界

本研究では、中・高強度領域で泳速度調節を行える競泳選手が重視している身体感覚は、「タイミング」、「ストローク頻度」、「リズム」、「力の入れ方」、「ストローク長」である可能性が高いことを見出すことができた。しかしながら、本研究で得られた結果をより確かなものとして提示するには、いくつかの研究の限界を満たす必要がある。一点目は、先にも述べたが本研究で用いた質問紙の質問項目や質問内容を精査し、泳者の持つ身体感覚をより明確に捉えられるように信頼性や妥当性を高めることが挙げられる。また、質問紙によって得られた回答結果により客観性を持たせるためには、因子分析など統計的手法を用いる必要があるだろう。しかし、本研究で因子分析を行うには対象者数が少なかった。泳技能改善時の身体感覚の調査を行った下門ほか(2012)の研究では、295名の質問紙調査の結果を対象とし因子分析を実施し、対象者数には大きな違いがあった。清水(2018)は、サンプル数は研究方法や因子と変数の数によって変動するが、先行研究をまとめた結果、最低100サンプルは必要であると示唆している。ただし、本研究の対象者の競技力の高さは下門ほか(2012)と同様であり(資格級, 下門ほか(2012): 9.19 ± 1.35 級, 本研究: 9.63 ± 0.70 級), 熟練者の泳速度調節時における身体感覚の調査には十分な競技力を有していたと考えられた。今後は、泳速度調節に長けたより多くの対象者に調査を実施することが望まれる。二点目は、身体感覚の調査を全対象者がすべての試技を終了した

後に実施したため、主観的努力度の違いによって重視した身体感覚が異なるか否かといった試技間の結果を得られなかった点である。本研究では、全試技を通して泳者自らの経験的な身体感覚から泳速度調節を実施してもらうことに重点を置いた。これにより、試技間で質問紙に回答することで質問内容を知り、その後の試技において泳者の意識が変化することを避けた。その一方で、主観的努力度の高さによって重視する身体感覚は変化する可能性があるため、今後は質問紙の質問内容とともに実施の仕方についても模索することが求められる。三点目には、重要とされた身体感覚がなぜ重要であったかの根拠となるキネマティクスやキネティクスデータの提示が不足した点が挙げられる。本研究では、泳速度調節時に重視される身体感覚を検討するために質問紙を用いた。また、泳動作分析については、撮影した泳動作からストローク変数を求める分析のみに留まった。今後は、詳細な客観的データを取得できるように実験を設定し、本研究で得られた泳者が泳速度調節時に重視する身体感覚についてより詳細に検討をしていくべきだと考えられた。

VI. 結論

本研究では、泳速度の調節能力の高さが選手の練習の効率性やレースでの高いパフォーマンス発揮に繋がるとの考えのもと、中・高強度領域（70 ~ 100%）で泳速度調節した際の主観的努力度と客観的出力との関連性および質問紙調査から泳速度調節に関する身体感覚について検討した。その結果、質問紙調査では「タイミング」、「ストローク頻度」、「リズム」、「力の入れ方」、「ストローク長」の5項目が全項目の回答の平均値より高い値を示し、「水の抵抗」を除くその他のいずれかの項目より有意に高い得点であった。以上のことから、競泳選手はこれらの身体感覚を意識しながら中・高強度領域（70 ~ 100%）でのクロール泳において泳速度を調節している可能性が高いと考えられた。

VII. 参考文献

- ・ Chollet, D., Chalies, S., Chatard, J. C. (2000) A new index of coordination for the crawl: description and usefulness. *International journal of sports medicine*. 21: 54-59.
- ・ Deschodt, V. J., Arsac, L. M., Rouard, A. H. (1999) Relative contribution of arms and legs in humans to propulsion in 25-m sprint front-crawl swimming. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 80: 192-199.
- ・ 麓信義. (2006) 運動行動の学習と制御—動作制御へのインターディシプリナリー・アプローチ. 麓信義編. 杏林書院. pp. 7-123.
- ・ 合屋十四秋, 野村照夫, 杉浦加枝子. (2005) 女子水泳選手におけるクロール泳の速度出力調節と動作との関係. *スポーツ方法学研究*. 18: 75-83.
- ・ 合屋十四秋, 野村照夫, 松井敦典. (2008) 男子水泳選手におけるクロール泳の速度出力調節と動作との関係. *トレーニング科学*. 20: 33-42.
- ・ 岩村吉晃. (2001) タッチ. 医学書院. pp. 2-24.
- ・ 工藤孝幾. (1988) 夜間ランニングの速度感覚に関する研究. *スポーツ心理学研究*. 15: 35-41.
- ・ 公益財団法人日本水泳連盟. (2014) 水泳コーチ教本. 第3版, 大修館書店. pp. 165-168.

- ・ 松田有司, 山田陽介, 赤井聡文, 生田泰志, 野村照夫, 小田伸午. (2010) 100 m 自由形におけるストローク頻度とストローク長からみた泳タイプ分類. 体力科学. 59: 465-474.
- ・ Mezêncio, B., Pinho, J. P., Huebner, R., Vilas-Boas, J. P., Amadio, A. C., Serrão, J. C. (2020) Overall indexes of coordination in front crawl swimming. *Journal of Sports Sciences*. 38: 910-917.
- ・ McCabe, C. B., Sanders, R. H., Psycharakis, S. G. (2015) Upper limb kinematic differences between breathing and non-breathing conditions in front crawl sprint swimming. *Journal of biomechanics*. 48: 3995-4001.
- ・ Narita, K., Nakashima, M., Takagi, H. (2017) Developing a methodology for estimating the drag in front-crawl swimming at various velocities. *Journal of biomechanics*, 54, 123-128.
- ・ 荻田太, 小野寺丈晴, 若吉浩二. (1998) 超最大強度におけるプル, キック, スイム中の代謝特性. *水泳水中運動科学*. 1: 13-18.
- ・ 大庭昌昭, 佐藤慎哉, 下山好充, 佐藤大輔. (2009) 主観的努力度の変化が泳速度に及ぼす影響—クロールと平泳ぎの比較—. *日本体育学会体育方法学専門分科会会報*. 36: 113-116.
- ・ Ohba, M., Sato, S., Shimoyama, Y., Sato, D. (2010) Effect of subjective effort on stroke timing in Breaststroke Swimming. *Proceeding of XIth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*. 274-275.
- ・ シュミット, R. A. : 調枝孝治訳 (1994) *運動学習とパフォーマンス—理論から実践へ*. 大修館書店. pp. 7.
- ・ Sanders, R. H., Psycharakis, S. G. (2009) Rolling rhythms in front crawl swimming with six-beat kick. *Journal of Biomechanics*. 42: 273-279.
- ・ Sanders, R. (2011) Rhythms in butterfly swimming. In *World Book of Swimming: From Science to Performance*. pp.191-201.
- ・ 佐藤慎哉, 五十嵐久人, 大庭昌昭. (2010) 主観的努力度の変化が背泳ぎの泳速度調節に与える影響. *日本体育学会大会予稿集*. 61: 216.
- ・ Seifert, L., Toussaint, H. M., Alberty, M., Schnitzler, C., Chollet, D. (2010) Arm coordination, power, and swim efficiency in national and regional front crawl swimmers. *Human Movement Science*. 29: 426-439.
- ・ 清水和秋. (2018) 因子分析的研究における misuse と artifact. *関西大学社会学部紀要*. 49, 191-211.
- ・ 下門洋文, 仙石泰雄, 椿本昇三, 高木英樹. (2012) 大学競泳選手が泳技能改善時に重視している身体感覚. *体育学研究*. 57: 201-213.
- ・ 高橋祐太, 鈴木大地. (2013) 短距離高強度インターバルトレーニングが水泳選手のストローク特性に与える影響. *スポーツパフォーマンス研究*. 5: 272-278.
- ・ 山本晴基, 西田円, 太田雅夫. (2014) 主観的に再現した泳速の変化がクロールのストロークに与える影響. *天理大学学报*, 236: 49-56.

- ・ 横田幸訓, 川上正人, 根本昌樹. (1992) ランニングの速度判断のための知覚的手掛かりに関する試験的研究. 基礎科学論集, 教養課程紀要. 10: 50-54.
- ・ Wulf: 福永哲夫ほか訳 (2010) 注意と運動学習: 動きを変える意識の使い方. 市村出版. pp. 27-116.
- ・ Zachry, T., Wulf, G., Mercer, J., Bezodis, N. (2005) Increased movement accuracy and reduced EMG activity as the result of adopting an external focus of attention. Brain research bulletin, 67, 304-309.