

国内トップスイマーと地方ジュニアスイマーの 平泳ぎにおけるレース分析比較

Comparison of breaststroke race analysis between domestic top swimmers and local junior swimmers

南部 奏 太 (人間科学部スポーツ学科卒業生)

Sota NAMBU (Faculty of Human Sciences, Department of Sports Science, Graduate)

奥 田 鉄 人 (人間科学部スポーツ学科教授)

Tetsuhito OKUDA (Faculty of Human Sciences, Department of Sports Science, Professor)

〈要旨〉

ジュニアスイマーは発育・発達にありトレーニングによる技術の習得やパフォーマンスの向上が顕著である。また発育・発達に伴い泳ぎ方に変化があり、各世代間および競技レベルの差による泳ぎの特徴を比較することは重要である。本研究では個人差の大きい平泳ぎについて、国内トップスイマーと地方ジュニアスイマーのレースを分析し、競技力向上のヒントを探った。

石川県ジュニアスイマー2名の競技レース(100m平泳ぎ)をハイスピードビデオカメラを用いて撮影し、スタート、ターン、フィニッシュ、およびストローク局面にて比較・分析を行い、国内トップスイマーの分析結果と比較・検討した。その結果、中学生以上の国内トップスイマーにおいて50m通過後ストロークタイムが短縮する(ストロークの回転が上がる)が、小学生では変化が少ないことが分かった。一方、石川県のジュニアスイマーは共通して100mのレース全体でストロークタイム(ST)とストローク長(SL)の数値が低いことがわかった。体力面やストローク技術などで大きな違いが認められた。

〈キーワード〉

競泳, レース分析, 平泳ぎ, ジュニア

1 背景

競泳競技ではパフォーマンスの評価方法の一つとしてレース分析が行われている⁽¹⁾⁽²⁾。レースをスタート、ストローク、ターン、フィニッシュの4局面に分類し、各局面における泳速度やストローク局面でのストローク長(m/stroke)、ストローク頻度(stroke/s)を求め、それらを分析データとしてコーチや選手にフィードバックすることで次のレースへの組み立てやレースの課題の発見、トレーニング方法の見直しに活用されている⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。

アテネオリンピック(2004年)では、競泳代表選手の全員が5歳までに競技を始めており、幼少期からの取り組みが高度な技術の習得を可能にする⁽⁵⁾。しかしながら幼少期の過度なトレーニングはその時期の記録は向上するものの、成長期での過度な練習により障害が引き起こされ、競技の継続が困難になる選手が多数いることが指摘されており⁽⁶⁾、小学生時代に活躍した選手がインターハイで活躍す

ることは少ないとされている⁽⁷⁾。

そのような背景から、競泳指導はジュニア選手の発育段階における身体的特性を考慮した指導を行うように変化してきた。思春期前期のジュニアスイマーではストローク技術がパフォーマンスに強く影響する⁽⁸⁾とするものの、ジュニア選手のレース分析データはほとんどない。

本研究では4泳法の中で最もエネルギー効率が悪く⁽⁹⁾、最も技術要素が高く、個人差が大きいとされている平泳ぎ⁽¹⁰⁾についてジュニアスイマーの泳ぎを分析、比較し、各世代間の泳ぎの特徴や相違点を見つけることを目的とした。

2 対象と方法

2-1 対象について

2017~2019年に開催された、全国JOCジュニアオリンピック夏季水泳競技会大会(11歳-12歳)の男子100m平

泳ぎ決勝，全国中学校水泳競技大会，日本高等学校選手権水泳競技大会，日本学生選手権水泳競技大会の男子100m平泳ぎ決勝の全出場者と，2018～2020年の石川県男子水泳強化指定選手である，中学生2名（A，B）のレースを比較検討した。A選手は撮影時中学3年生，B選手は中学2年生であった。国内トップ選手のデータは日本水泳連盟科学委員会が公開しているデータ⁽¹⁾を委員会の許可を得たうえで使用した。

2-2 研究方法

(1) 撮影方法と映像の解析

25m地点の観客席最上部に設置した1台のビデオカメラ（Panasonic：HC-V480MS）を用いて60fpsの条件で撮影を行った（図1a.b）。



図1a. 撮影風景
2019年石川県選手権時に撮影

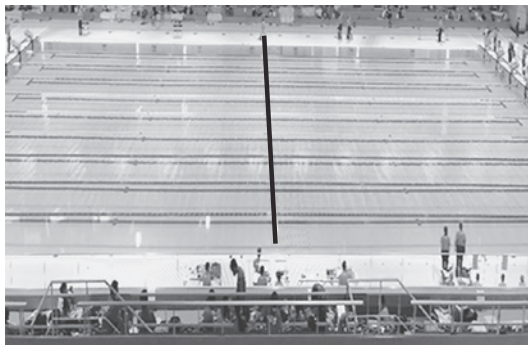


図1b. 撮影場所から見たプール
実線は25m地点

MP4で撮影した映像をパーソナルコンピュータに取りこみ，AVCHD変換を行い，マクロ分析を行った。選手の頭頂部が測定点を通過した時の通過時間を読み取った。分析を行う上で，50m毎の時間は公式の計測時間がある場合，公式の時間を使用した。泳速度（m/s）は区間距離（m）を区間タイム（s）で除することにより算出した。本研究ではストローク頻度ではなく，ストロークタイム（ST）を使用した。ストロークタイム（s/stroke）は泳者が各ストロークにおける1ストロークに要した時間（s）を算出しており，数値が小さいほどストロークの回転が速

いことを示している。ストローク長（SL）（m/stroke）は区間距離（m）をストローク回数で除することによって算出した。

(2) レースの局面分類

レースの局面分類については，日本水泳連盟科学委員会の定義に従い，スタート，ターン，フィニッシュ，およびストローク局面に分類した（表2）（図2）。

表2. 100mで用いたパラメーター

Vs	スタートから15mまでの所要時間
Vt.	ターン前5mからターン後15mの所要時間
Vf	最後5mの所要時間
V1.	15mから25mのストローク局面所要時間
V2.	25mから35mのストローク局面所要時間
V3.	35mから45mのストローク局面所要時間
V4.	65mから75mのストローク局面所要時間
V5	75mから85mのストローク局面所要時間
V6	85mから95mのストローク局面所要時間
V	各ストローク局面における泳速度（m/s）
ST1～6	各ストローク局面におけるストロークタイム（s/stroke）
SL1～6	各ストローク局面におけるストローク長（m/stroke）

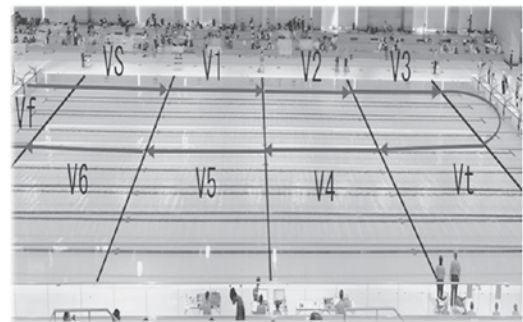


図2. 100mのレース局面分類

スタート局面（Vs）はRT（Reaction Time：レースがスタートしてからのスタート台から足が離れるまでに要した時間）を含むスタート台から15m地点までの15m区間であり，フィニッシュ局面（Vf）はレースの最後の5mである。その他の局面については表のとおりに定義した（表2）。

(3) 統計的手法

本研究では，統計的手法として一元配置分散分析を行い，Bonferroni法を使用し多重比較を行った。有意水準は5%未満とした。

3 結果

3-1 国内トップジュニアスイマーの100m平泳ぎ
レース分析・比較

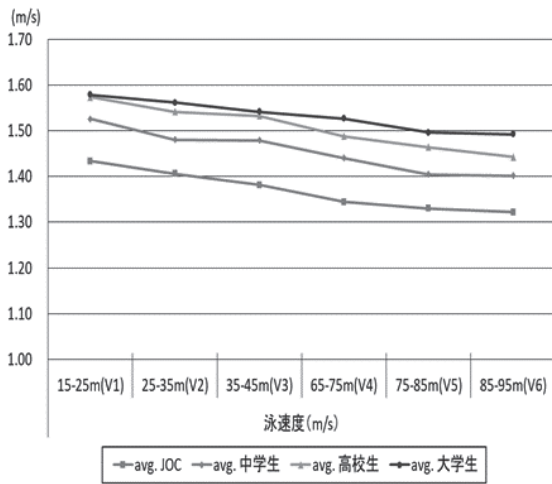


図3a. 国内トップ選手の泳速度

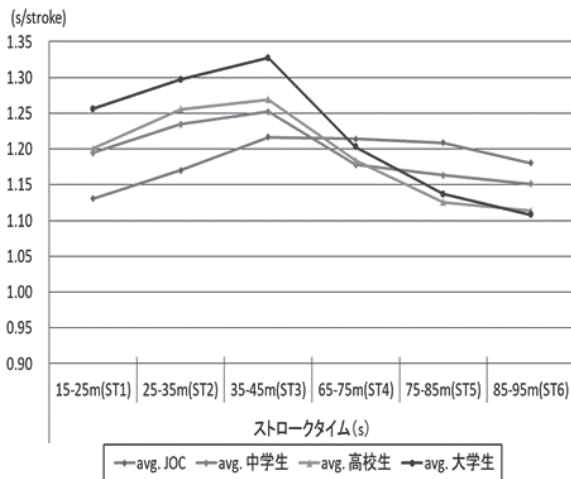


図3b. 国内トップ選手のST

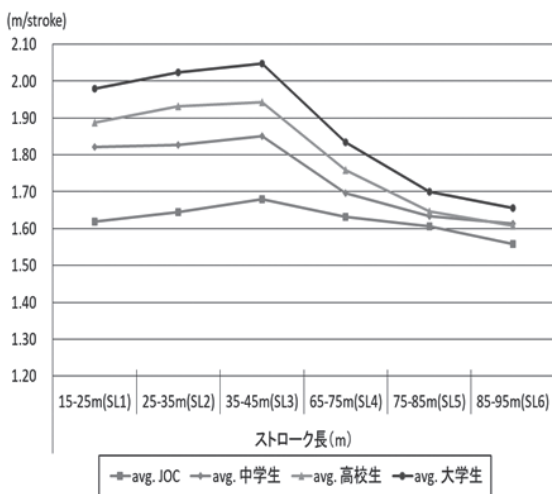


図3c. 国内トップ選手のSL

泳速度において、JOC (11歳-12歳)、中学生、高校生、大学生の世代間ではV1~V6までの全ての局面において、学年が上がるにつれて高い数値を示した。レース後半にかけて0.1 (m/s) 程度の減少が見られた (図3a)。

STにおいて、ST1~ST3では泳速度と同様に学年が上がるにつれて、数値が高かった。しかし、ST4では、中学生、高校生、大学生では数値の減少つまりは回転数の増加が見られたがJOC (11歳-12歳) では数値の減少が見られなかった。分析の結果、JOC (11歳-12歳) と大学生の世代間において、大学生では有意な数値の減少が見られた (図3b) (表3)。

表3. 各世代間のST3とST4の差

		ST4-ST3(s/stroke)	SD
JOC (11歳-12歳)	n=24	-0.0021	0.1262
中学生	n=24	-0.0742	0.1049
高校生	n=24	-0.0854	0.1185
大学生	n=24	-0.1246	0.1108

*P<0.05

SLにおいても学年が上がるにつれて、数値が高かった。STと同様にSL4から中学生、高校生、大学生において数値の減少が見られた。分析の結果、JOC (11歳-12歳) と高校生、JOC (11歳-12歳) と大学生の世代間において、高校生と大学生では有意な数値の減少が見られた (図3c) (表4)。

表4. 各世代間のSL3とSL4の差

		SL4-SL3 (m/stroke)	SD
JOC (11歳-12歳)	n=24	-0.0479	0.1496
中学生	n=24	-0.1554	0.1387
高校生	n=24	-0.1825	0.1572
大学生	n=24	-0.2129	0.1518

*P<0.05

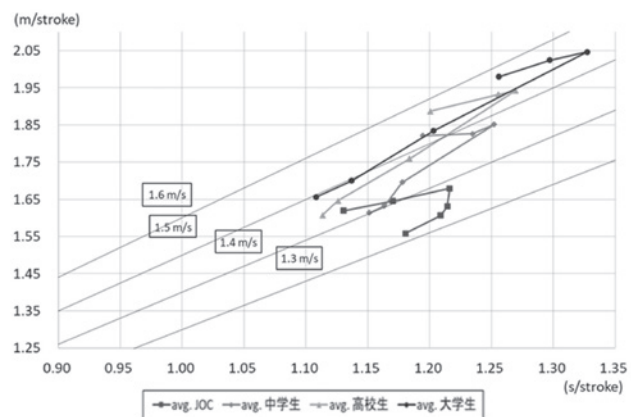


図3d. 国内トップ選手のSTSL比較 (X軸: ST, Y軸: SL)

STとSLの関係において、V4からは中学生、高校生、大学生ではSTとSLの数値の減少が見られ、ストロークの回転数が上がっていたがJOC(11歳-12歳)ではストロークの回転数が上がらなかった(図3d)。

3-2 地方ジュニアスイマーの100m平泳ぎレース分析・比較

(1) 地方ジュニアスイマーA選手の100m平泳ぎレース分析・比較

A選手の100mのベストは3年生時の2020年石川県選手権決勝の1分5秒76である。泳速度では、すべてのレースでV1が最も数値が高く、V4から数値の減少が見られた。2020年以前のレースと比較すると学年が上がるにつれて各局面での泳速度が高くなった(図4a)。

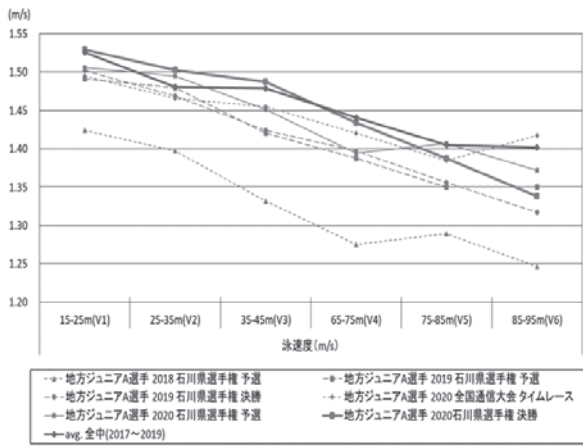


図4a. A選手の泳速度

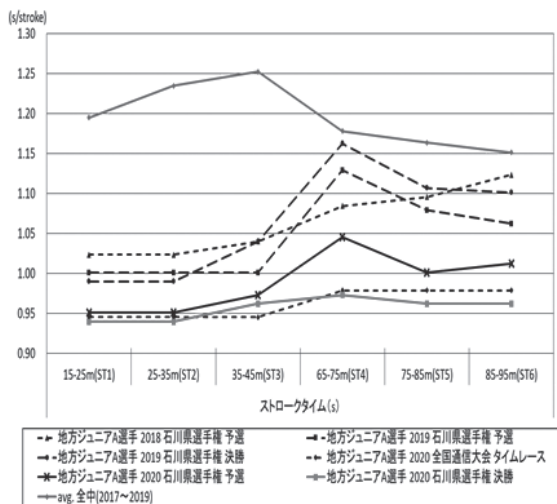


図4b. A選手のST

STでは、全ての局面において全中出場者よりSTの数値が低かった。また、A選手はレースのスタート時から全中出場者に比べてストロークの回転数が多く、学年が上がるにつれて、ST1の数値が低くなっていた。2020年以前のレースではST4から数値が増加していたが、2020年のレースではST4からの数値の増加が抑えられるようになった(図4b)。

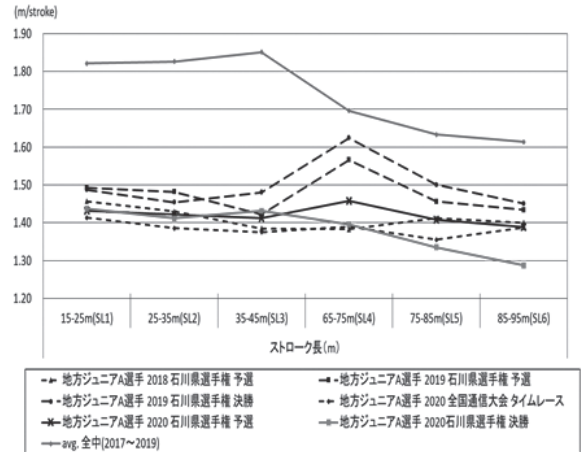


図4c. A選手のSL

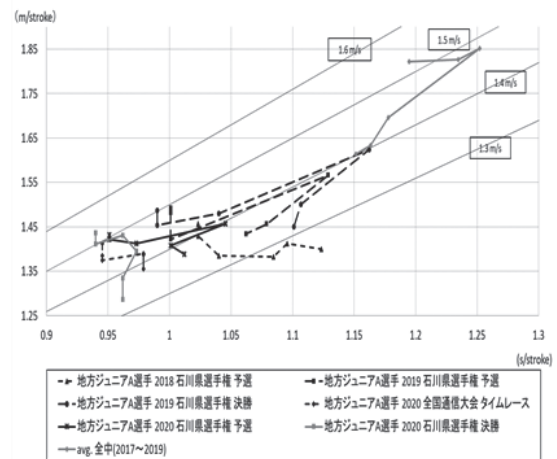


図4d. A選手のSTSL比較

*■+実線はA選手のベスト記録(以降ベストと表記する)のレース分析のパラメーター、◆+実線は全中出場者の平均を示している。

SLにおいて、STと同様に全中出場者と比べて、全ての局面において数値が低く、SL1から数値が低かった。学年が上がったことによるSL1~SL6の局面の数値の増加は見られなかった(図4c)。

STとSLの関係において、2020年以前のレースと比較すると2020年石川県選手権決勝では、STとSLの両方の数値が小さく、ストロークの回転数が多かった(図4d)。

(2) 地方ジュニアスイマー-B選手の100m平泳ぎレース
分析・比較

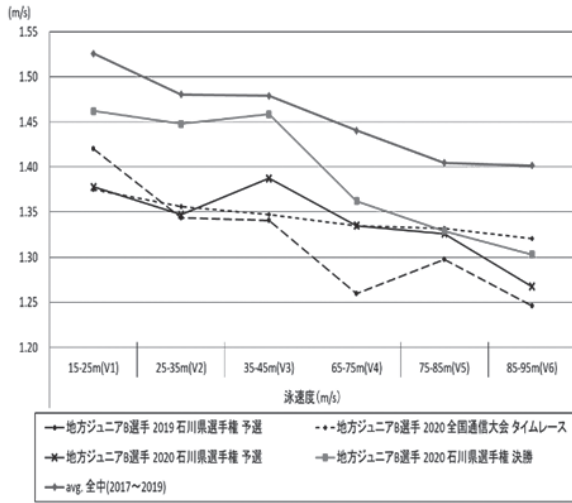


図5a. B選手の泳速度

B選手の100mのベストは中学2年生時の2020年石川県選手権決勝の1分8秒88であった。泳速度では、ベストである2020年石川県選手権決勝のV1～V3まで、レースの中で高い数値を示し、V4から泳速度の減少が見られた(図5a)。

STにおいて、ベストである2020年石川県選手権決勝では全中出場者に比べ、ST1～ST6の全ての局面で数値が低かったが、ST4からストロークの回転数は上がらなかった(図5b)。SLにおいてもすべてのレースで全中出場者より数値が低かった。ベストである2020年石川県選手権決勝ではSL1～SL6の全ての局面において他のレースよりも数値が低かった。また、全てのレースにおいてSL3で数値の増加が見られた(図5c)。

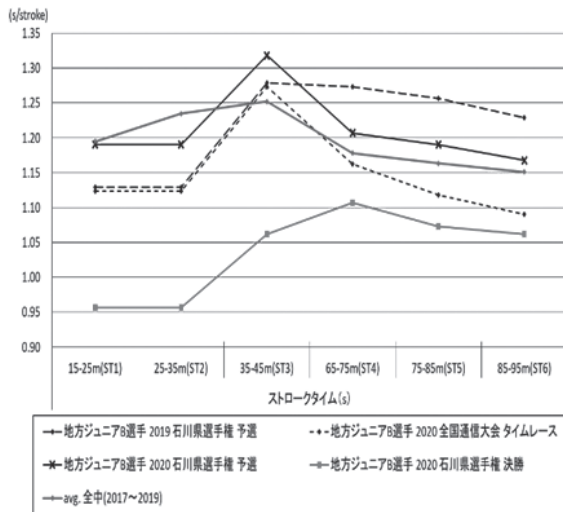


図5b. B選手のST

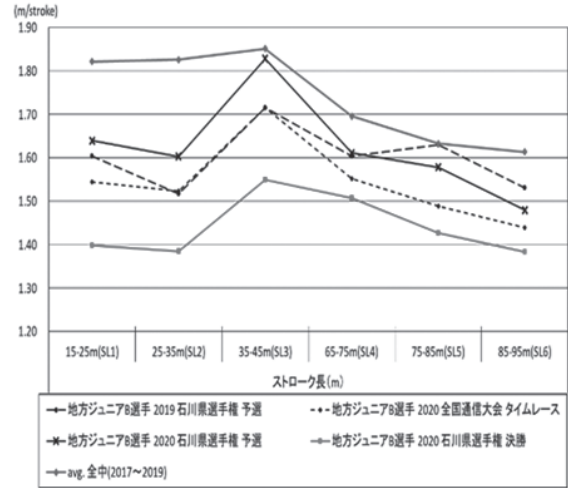


図5c. B選手のSL

STとSLの関係において、ベストである2020年石川県選手権決勝では、V1からSTとSLの値が低く、ストロークの回転数が多かった(図5d)。

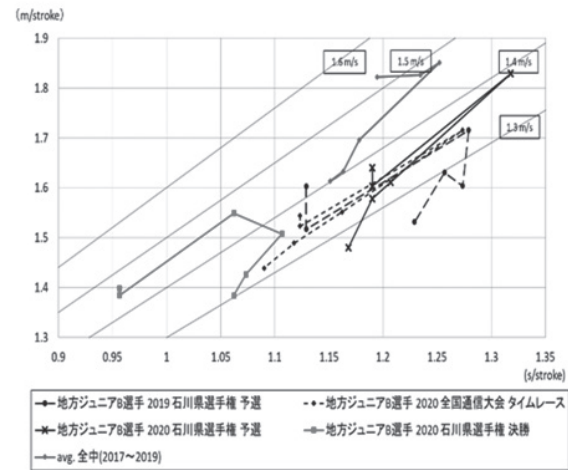


図5d. B選手のSTSL比較

*■+実線はB選手のベストのレース分析のパラメーター、◆+実線は全中出場者の平均を示している。

4 考察

4-1 ジュニアスイマーの100m平泳ぎレース分析・比較について

国内トップジュニアスイマーについて中学生、高校生、大学生ではレースの後半となるST4から数値の減少（ストローク回転数の増加）が見られた。平泳ぎは国際大会の決勝に出場する一流選手でも泳距離の延長に伴って高い泳速度を維持することが難しい泳法であるとされており¹²⁾、レース後半からストロークの回転数を上げることで泳速度の低下を抑えている。一方、JOC（11歳-12歳）ではST4からの数値の減少が見られず、ストロークの回転数が増加しないことがわかった。STではST3とST4の差において、JOC（11歳-12歳）と大学生の世代間で、大学生に有意な数値の減少が見られた。SLではSL3とSL4の差において、JOC（11歳-12歳）と高校生、JOC（11歳-12歳）と大学生の世代間では、高校生と大学生に有意な数値の減少が見られた。男子の筋力は13歳からパフォーマンスに影響が開始し、年齢とともにその影響は強まるとされており¹³⁾、小学校高学年から中学生にかけて泳ぎに変化は見られるが、有意な差として変化が見られるのは高校生からであった。また、100mのレースにおいて消費されるエネルギーの40%が有酸素性エネルギーであり、60%が無酸素性エネルギーであるとされている¹⁴⁾。エネルギー供給系の発達において有酸素性エネルギーは12歳を中心として16歳まで発達が著しいとされており¹⁴⁾、JOC（11歳-12歳）は有酸素系エネルギー供給機構の発達が未熟であるため、持久力不足が原因で後半のストロークの回転数が上がらなかったことが考えられる。

若吉の研究ではJOC（11歳-12歳）の平泳ぎを含む、4泳法の100mの記録が1998年～2013年間で大きく向上しており¹⁵⁾、スイミングクラブの増加による早期からの専門的な技術の習得による影響であるとしている。実際に渡邊らの研究ではJOC（11歳-12歳）の世代ではスローク技術がパフォーマンスに強く影響するとしている¹⁶⁾。

石川県の地方ジュニアスイマーではA選手、B選手に共通して、レースのスタート時からSTの数値が同世代である国内トップジュニアスイマーよりも低い数値であることが分かった。両選手のストロークの回転数が多い理由として、ストロークの技術が未熟であり、かつ筋力も弱いのではないかと推察する。SLの数値に関しても同世代の国内トップジュニアスイマーより低い値であり、ストロークが小さい。SLを伸ばすためには推進力を生み出す筋力の強化が必要である。須藤らの研究では男子競泳選手では14歳を境に上肢の筋量が増加するとし¹⁷⁾、出村らの研究では中学選手と高校生競泳選手を比較し、上肢の筋力では高

校生が勝るが下肢の筋力には差が見られなかったとしている¹⁷⁾。ジュニアスイマーでは上肢の筋力が向上する中学生、高校生の世代にSTとSLの値に変化がある。

4-2 ジュニアスイマーの平泳ぎについて

平泳ぎにおいてJOC（11歳-12歳）では、100mの後半にストロークの回転数が上がらなかった。というよりも最初からフル回転で泳いでいるため、後半は疲労のためばててしまうというのが実際なのであろう。その原因としては技術・筋力・持久力のすべてが未熟であるということであろう。ただ少なくとも国内のトップの小学生は、技術は地方の選手より高く、中学生以降ではここに筋力と持久力が加わり、後半にスパートができるようになる。

石川県の地方ジュニアスイマーにおいては、国内トップジュニアスイマーに比べて、ST、SLの数値が低く、ストロークの回転数は多く、ストロークが小さい。これは上半身だけの話ではなく、キックでの推進力も少ないことが想定される。すなわち、国内トップの選手と比較して、泳ぎのタイプの違いも考えられるが、技術に大きな差があることが考えられる。競技力を向上させるためにはストローク長を伸ばすことが必要であり、それには上半身のみ強化のみならず、体重移動とキック力など体幹から下肢にかけての技術と筋力の向上が必須であると考えられる。筋力トレーニングについて、大澤らの研究では男子では14-15歳の時期が筋力発達の極大期に当たるため、筋力トレーニングに適した時期¹⁸⁾としており、地方ジュニアスイマー2名はこの時期に当てはまる。ストローク長を伸ばす方法の一つとして筋力トレーニングが最優先として必要なかもしれない。

5 まとめ

国内トップジュニアスイマーと地方ジュニアスイマーの100m平泳ぎのレースを分析し、比較検討した。35m-45mと65m-75m間において、中学生以降の国内トップジュニアスイマーはストロークの回転数が上がるがJOC（11歳-12歳）では上がらなかった。分析の結果、ストロークタイム（ST）ではJOC（11歳-12歳）と大学生の世代間において、大学生に有意な数値の減少が見られた。ストローク長（SL）ではJOC（11歳-12歳）と高校生、JOC（11歳-12歳）と大学生の世代間において高校生、大学生に有意な数値の減少が見られた。

石川県のジュニアスイマーは共通して100mのレース全体でストロークタイム（ST）とストローク長（SL）の数値が低いことがわかった。筋力や持久力の体力面のみならず技術力の向上も必要とされる結果であった。

引用文献

- (1) 生田泰志・奥野景介・本部洋介・石川昌紀・若吉浩二・野村照夫 (1999) 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—. 大阪大学紀要, 46(2) : 245-256.
- (2) 若吉浩二・生田泰志・黒野剛弘 (2003) 競泳のレース分析プロジェクトと今後の課題 (特集ゲームとレースの分析)。バイオメカニクス研究, 7(1) : 72-81.
- (3) Santaigo Veiga・Antonio Cala・Javier Mallo・Enrique Navarro (2013) A new procedure for race analysis in swimming based on individual distance measurements. *Journal of Sports Sciences*, 31(2) : 159-165.
- (4) 岩原文彦 (2009) レース分析から見えてくる泳法分析とその改善。バイオメカニクス研究, 13(1) : 24-30.
- (5) 日本水泳連盟 (2005) 水泳コーチ教本 [第2版]. 大修館書店.
- (6) Mika Hangai・Koji Kaneoka・Yu Okubo・Shumpei Miyakawa・Shiro Hinotsu・Naoki Mukai・Masataka Sakane・Naiyuki Mukai (2010) Relationship between low back pain and competitive sports activities during youth. *American Journal of Sports*, 38(4) : 791-796.
- (7) 小泉圭介 (2009) 一流競泳選手に対する障害既往調査 (腰痛の既往と競技成績の関係について)。早稲田大学大学院スポーツ科学研究科リサーチペーパー。
- (8) 渡邊将司・高井省三 (2005) 成熟段階でみたジュニア競泳選手のパフォーマンスに影響する要因の変化。成長会誌, 11(1) : 31-40.
- (9) 馬場康博・佐藤大輔・市川浩・櫻岡まりえ・奈良梨央・下山好充 (2015) 平泳ぎ200mオープンペースにおけるストロークサイクルの速度変化。コーチング学研究, 29(1) : 41-50.
- (10) 森下愛子・船渡和男 (2010) 平泳ぎの1ストローク中の速度変動と水中動作の関連性。体育研究所紀要, 49(1) : 9-13.
- (11) 日本水泳連盟科学委員会レース分析プロジェクト <http://kizahashi.co.jp/JASF/PDF/>. (参照日2020年5月23日)
- (12) 春日晃章・出村慎一・佐藤進・中田征克・香城諭 (1998) バタフライ及び平泳ぎにおける100m全力泳時のストローク特性とペース配分との関係—泳力群別の比較—。サーキュラー, 59 : 39-47.
- (13) 日本水泳連盟 (2012) 水泳指導教本 [改訂第二版]. 大修館書店
- (14) 石井裕明・千葉智則・前田明伸・高橋彌穂 (2003) 200m泳テストにおけるジュニア水泳選手の有酸素性能力。人間情報学研究, 8 : 63-74.
- (15) 若吉浩二 (2014) 子どもの泳力と発達。子どもと発育発達, 12(1) : 30-37.
- (16) 須藤明治 (2012) ジュニア競泳選手の泳速度と筋量の関係。体育・スポーツ科学研究, (12) : 57-68.
- (17) 出村慎一・松沢勘三郎・中比呂志・北一郎 (1991) 中学・高校競泳選手の身体特性。体力科学, 40(3) : 278-287.
- (18) 大澤清二 (2015) 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の解析から。発育発達研究, 69 : 25-35.

