日本水泳連盟科学委員会報告

平成 25 年度競泳ナショナル強化選手合宿 (鈴鹿)における科学サポート

水藤 弘史 (Hiroshi SUIITO)

愛知学院大学 心身科学部, 日本水泳連盟科学委員

高橋 篤史 (Atsushi TAKAHASHI)

愛知淑徳大学 健康医療学部

村松愛梨奈 (Erina MURAMATSU)

日本体育大学大学大学院 体育科学研究科, 日本水泳連盟科学委員

森 誠護 (Seigo MORI)

鈴鹿工業高等専門学校 教養教育科

松井 健 (Takeshi MATSUI)

日本福祉大学 経済学部, 日本水泳連盟科学委員

1. はじめに

平成 25 年 12 月 14・15 日に、「平成 25 年度競泳ナショナル強化選手合宿」において、中学生および高校生の競泳選手を主な対象とした科学サポートを実施した。サポート活動については、合宿場所である三重県営鈴鹿スポーツガーデン水泳場（以下：鈴鹿）で 2 日間にわたって実施した。対象は、男子 59 名、女子 52 名の計 111 名であった。なお、14 日には、水上・水中映像を撮影に加えて講習会を行った。

水中映像では、スタート動作および水中の泳動作を撮影した。講習会では、スタートの飛び出しから入水に関する講義を実施した。なお、撮影について、プールサイドに 1 台のビデオカメラを設置し、水中には 2 台の水中カメラを設置して行った。

本サポートは、公益財団法人日本水泳連盟科学委員会の事業の一環として、競技力向上を目的として毎年実施しており、選手とコーチへの撮影映像データの提供と技術力向上を目指した啓発活動の機会となっている。この平成 25 年度で 11 回目の実施となる。

2. サポート内容と実施方法

2-1. 撮影およびスタート動作の分析方法

1) 撮影人数と試技内容

鈴鹿での合宿参加者は高校 3 年生から中学 1 年生まで

の 111 名であった。撮影人数は男子 59 名（クロール：23 名、平泳ぎ：16 名（ただし、1 名が水中からのスタートであったため今回の報告データには使用していない）、バタフライ：17 名、背泳ぎ：3 名）と女子 52 名（クロール：10 名、平泳ぎ：16 名、バタフライ：17 名、背泳ぎ：9 名）であった。対象者はスタート台からスタートし、全力で 35m を 1 回、泳ぐよう指示した。

2) 撮影方法

プールサイド（陸上）にビデオカメラを 1 台設置し、スタートから入水するまでの局面の撮影を行った。また、プール底に 2 台の水中カメラを正面と側面に設置し、パンニング（首ふり）により撮影した。陸上に設置したカメラはスタート壁から 3m 付近に設置し、泳者のスタートの構えから身体が完全に入水するまでを撮影した。一方、水中に設置したカメラについて、正面を撮影する水中カメラでは選手が泳ぐレーンの 25m 付近に設置し、側方を撮影する水中カメラでは選手が泳ぐレーンから 3 レーン離れたレーンの 15m 付近に設置した。

3) 映像合成と PC への取り込み

ビデオミキサー装置を用いて、1 画面を上下に分割し、2 つの映像を上下に配置した（図 1）。スタート撮影では、上方の映像として 2 種類の映像を用いた。泳者が完全に入水するまでは陸上カメラの映像を採用し、その後は、切り替えて正面の水中カメラの映像を用いた。画面下方の映像には、側方からの水中カメラ映像を用いた。これ

図1 スタートと泳ぎ動作の撮影映像（クロール）

らの分割合成映像を、ビデオミキサーからアナログ映像信号として出力し、ADコンバーター（アナログ→デジタル変換器）を介して、IEEE1394ケーブル経由し、動画キャプチャーソフト（WinDV：フリーソフトウェア）を用いてPCへ取り込んだ。

4) 映像の保存

PCに取り込んだ映像は、映像の画質と再生汎用性を考慮し、DV-AVI形式で保存した。DV-AVI形式は、WindowsやMacといった異なるOSや、様々なメディアプレーヤーで再生可能である。

PCに映像データを保存した後、後述する映像の編集（計測）を経て、DVD-Rディスクに選手個別の映像データを保存し、選手とコーチへ提供した。

5) スタート動作における測定項目

スタート動作では、映像を用いて以下に挙げる運動学的変量について簡易計測を行った。この計測によって、映像による視覚情報を提供するだけでなく、スタート動作に関して定量的に評価することができる。我々は選手がスタート技術を改善していく上で、映像と数値による情報が有効であると考えている。なお、計測には角度・距離算出ソフト（三点式計測器：フリーソフトウェア）を用いた。

・入水距離

スタート壁から手の指先入水位置までの距離（m）を計測した。

・入水姿勢角

入水時における姿勢角（deg）を求めた。角度の求め方については、泳者の腰部中心から指先へと結んだ位置ベクトルと水平面との成す角度とした。

・15m通過時間

スタートシグナルから対象者の頭部が15m通過するまでの時間をストップウォッチにより手動計測した。

2-3. フィードバック

DVD-Rディスクに、選手別に試技映像およびスタート動作について計測した入水距離、姿勢角、15m頭部通過タイムの各測定データ（図2）を収録し、選手・コーチに提供した。

3. 結果

3-1. 年代別における入水距離・入水姿勢角について

表1に、入水距離、入水姿勢角を全被験者および被験者を年代別に分けて示す。背泳ぎを除く3泳法の入水距離は、男子で $2.85 \pm 0.25\text{m}$ 、女子で $2.40 \pm 0.19\text{m}$ であった。各年代で比較すると、高校2・3年生では男子が $3.11 \pm 0.17\text{m}$ 、女子が $2.50 \pm 0.23\text{m}$ 、中学3年・高校1年生では男子が $2.87 \pm 0.20\text{m}$ 、女子が $2.46 \pm 0.23\text{m}$ 、中学1・2年生では男子が $2.67 \pm 0.18\text{m}$ 、女子が $2.34 \pm 0.15\text{m}$ であった。全体の平均入水距離でみると男子では女子よりも0.35m、遠くへ入水していた。男女、それぞれ年代別でみると、男子は高校2・3年生のグループが中学1・2年

2013ナショナル合宿(鈴鹿)						分析項目(映像)			
種目		距離	氏名		学年	撮影種目	入水距離 (m)	入水姿勢 角(deg)	15m通過 時間(秒)
								指先-腰 (緑色ライン)	
1	BR	200	選手名	日本水泳連盟	高3	BR	3.13	40.00	7.66

平均値			
全体	2.85	43.73	6.94
高2・高3	3.11	41.00	6.84
中3・高1	2.87	45.14	6.93
中1・中2	2.67	44.00	7.03

※入水姿勢角は、背泳ぎ以外の種目で計算した

<測定項目について>

- ★入水距離は、スタート壁から手の指先入水ポイントまでの概算距離です。
- ★入水姿勢角は、入試時の手の指先から大転子(腰部)の直線と水平線とのなす角度です。
- ★背泳ぎについては、これらの角度は算出していません。手部入水時点の映像のみです。
- ★15m通過時間は、ストップウォッチによる手動タイムで、頭部の15mを通過時間です。

★今回、記載した入水距離と姿勢角(deg = ° 度)の数値は、あくまでも目安の数字です。正確な研究用データを測定するには、各ポイントにマーカー(目印)を付けたり、距離の校正(キャリブレーション)を行ったりします。今回は、AVIUTILEといった動画ソフトとフリーソフトウェアの「三点式計測器」でデータ処理を行っています。どなたでも、簡単に計測できますので、ぜひ、お試しください。
「三点式計測器」ダウンロード先 <http://www.vector.co.jp/soft/dl/winnt/util/se425561.html>
測定方法を詳しく知りたい方、ご質問などは日本水泳連盟科学委員会までお願いします。

図2 スタート動作におけるフィードバックシートの一例

表1 全体・年代別におけるスタートの入水距離と入水姿勢角について

男子	入水距離(m)	入水姿勢角(deg)
全データ(N=55)	2.85±0.25	43.73±4.20
高校3・2G(N=13)	3.11±0.17	41.00±4.06
中学3・高校1G(N=21)	2.87±0.20	45.14±3.18
中学1・2G(N=21)	2.67±0.18	44.00±4.54
女子		
全データ(N=43)	2.40±0.19	44.26±4.68
高校3・2G(N=6)	2.50±0.23	43.00±2.37
中学3・高校1G(N=12)	2.46±0.23	42.33±6.02
中学1・2G(N=25)	2.34±0.15	45.48±4.08

のグループよりも0.44m、遠くに入水しており、女子は高校2・3年生のグループが中学1・2年のグループよりも0.16m、遠くに入水していた。男子では、学年が上がるにしたがい入水距離が顕著に伸びているのに対し、女子では、入水距離に大きな変化がみられなかった。宮下

と岡川(1988)は、脚伸展パワーについて12から17歳までの男女を対象に検討している。その結果、男子では12歳から17歳にかけて、脚伸展パワーは常に向上するのに対し、女子では徐々に向上しているものの、男子ほど急激な向上はみられなかったと報告している。したがって、

男子では、筋パワーの増加に伴い入水距離が向上するのに対し、女子では、中学3年生から高校生期において筋パワーの増加があまりみられないことから入水距離も大きく向上しないと考えられる。そのため、入水距離においては、筋力あるいは筋パワーの影響が大きく関与すると考えられる。

入水姿勢角について、男女ともに腰部-手部と水平面との角度は45deg程度であり、年代別にみても大きな角度差はみられなかった。ただし、男子の高校2・3年生のみ40deg前後で入水していた。尾関ら(2010)は、入水姿勢角と15m通過時間との間に有意な負の相関関係があると報告している。入水姿勢角が大きい場合、入水時において泳者の身体に水によって生じる抵抗が大きく作用し、急激な減速をもたらすと考えられる。したがって、入水時の身体への水による抵抗を減少させるためには、なるべく入水姿勢角を減少させることが望まれよう。一方、入水姿勢角をあまりにも小さくしてしまうと、腹打ちの状態になってしまい、こちらも急激な速度減少につながるため、入水姿勢角としては、40degから30degの範囲が適当であると推測される。しかしながら、抵抗の少ない最適な入水姿勢角については、今後もさらに検討する必要がある。

3-2. 種目別における15m通過時間について

表2に、15m通過時間を種目別に示す。15m通過時間について、クロールでは男子が 6.72 ± 0.37 sに対し、女子が 7.30 ± 0.26 sと0.5秒程度の差がみられた。平泳ぎでは、男子が 7.70 ± 0.37 sに対し、女子が 8.73 ± 0.44 sと1.0秒程度の差がみられた。バタフライでは、男子が 6.58 ± 0.25 s

に対し、女子が 7.47 ± 0.25 sと0.9秒程度の差がみられた。背泳ぎでは、男子が 7.49 ± 0.39 sに対し、女子が 8.10 ± 0.31 sと0.6秒程度の差がみられた。男女別に種目ごとにみると、15m通過時間については、男子でバタフライが最も速く、続いてクロール、背泳ぎ、平泳ぎの順であった。女子では、クロールが最も速く、続いてバタフライ、背泳ぎ、平泳ぎの順であった。男子において、バタフライの15m通過時間が早い理由については、ドルフィンキックの影響かスタートにおける跳び出し動作や入水動作の影響なのかは今後検討する必要がある。

4. おわりに

今回、スタートから25mまでの全力泳を1台の陸上カメラと2台の水中カメラで撮影を行った。陸上カメラでは、スタートの跳び出しから入水までを撮影し、水中カメラでは側面と正面の2方向から泳者のスタート動作を撮影した。さらに、簡易的ではあるが、映像分析を行い、入水距離・入水姿勢角を分析した。また、15m通過時間を計測し、競技種目別に比較を行った。入水距離では、筋力・筋パワーの発育発達の状況による影響が大きい可能性が考えられたものの、今後検討する必要がある。

映像とデータを選手・コーチに提供し、着目すべき点を伝えることで、新たな気づきや、意識することができると考える。練習の際、少しでも選手自身の動作を意識させることが更なる競技力向上につながるであろう。今後も提供した映像やデータを活用し、体格の発育発達状況に応じた技術改善に取り組むことを期待する。

最後に、測定実施にあたってご協力頂きましたコーチ、選手、スタッフの皆様に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 宮下充正, 岡川 暁, 児童生徒の運動機能, 小児科臨床 41, 2702-2709, 1988.
- 2) 尾関一将, 桜井伸二, 高橋繁浩, 田口正公, 入水方法の違いが競泳スタートのパフォーマンスに与える影響, バイオメカニクス研究 14(1), 12-19, 2010.

表2 種目別における15m通過時間

男子	15m通過時間(秒)
クロール(N=23)	6.72 ± 0.37
平泳ぎ(N=15)	7.70 ± 0.37
バタフライ(N=17)	6.58 ± 0.25
背泳ぎ(N=3)	7.49 ± 0.39
女子	
クロール(N=10)	7.30 ± 0.26
平泳ぎ(N=16)	8.73 ± 0.44
バタフライ(N=17)	7.47 ± 0.25
背泳ぎ(N=9)	8.10 ± 0.31