



特集：挑戦

水泳競技におけるパフォーマンス測定装置 ～SSW (Swim Stroke Watcher®)～開発の経緯

**Development of the swimming performance measuring device
SSW (Swim Stroke Watcher®)**

矢倉 裕

Abstract

In November of 1999, I had my first opportunity for academic exchanges with the Japanese swimming research community when I attended the 3rd Japan Swimming Scientific Research Conference held at Fukuoka University. My purpose in attending that conference was to give a presentation on the outline and intentions of the Yamaha-built pool that was used as the main competition pool for the 9th World Swimming Championships held Fukuoka, Japan that year. The pool was unique in that it was the first temporary pool ever used for the world championships.

At that conference, I was asked by the chairman of the Japan Swimming Federation Medical and Scientific Committee at the time, professor Mitsumasa Miyashita of Toyo Eiwa University (Professor Emeritus of Tokyo University and presently professor at the University of the Air), if it wouldn't be possible (in his words) "to develop a system that could simultaneously measure the strokes of all eight competitors swimming in the pool's eight lanes and deliver a running, real-time display of that performance data," as a means for assessing their swimming performance during a race. At first I didn't really understand what he was asking, but after several questions I realized what he wanted when he explained: "At present the only reliable information available in swimming competition is the times recorded when the swimmers touch the touch boards at the two ends of each lane of the pool. If it were possible to accurately analyze the actions of the swimmers as they swim between the two touch boards, that information could not only be used for the training of swimmers but could also bring epoch-making results to the swimming world as a whole." Recognizing that a wide range of new observation technologies are available and that, if nothing better, a large number of cameras could be used to follow the swimmers' actions completely enough, I answered on the spot that we would give it a try.

This is how innocently the development project for the SSW (Swim Stroke Watcher®) got started, but in fact, from the time we actually started work on the project, we ran into one difficult barrier after another. The first year went by with a lot of trial and error and little progress toward the realization of the system. In this report I discuss how the project took shape and finally led to the development of the SSW.

1 はじめに

1999年11月、福岡大学七隈キャンパスにて開催された第3回日本水泳科学研究会において、私は「第9回世界水泳選手権(以下、世界水泳)福岡大会」の会場に設置される世界初の特設(テンポラリー)プール(図1)の概要と意義について発表する機会を得、初めて国内における「水泳」の学術的交流の場に参加した。



図1 世界水泳福岡2001の特設プール「水夢21」

その折、当時の財団法人日本水泳連盟医・科学委員会の委員長、宮下充正東洋英和女学院大学教授(現・東京大学名誉教授、放送大学教授)(図2)から、競泳時の泳者のパフォーマンスについて(当時の先生の言葉通りに言うと)、「競技時、8レーン全てのスイマーのストロークをリアルタイムに、かつコンティニュアス(連続的)に捕らえ、解析し、瞬時に表示することのできる装置を開発できんか?」という相談を受けた。私としてはよく理解できない内容であったが、いろんな質問をする中で、「現状では、競泳の正確な情報は、コース両端にあるタッチ板で記録されるタイム以外は存在しない。もし、タッチ板間で行われる行動



図2 宮下充正氏

を、きちんと解析することができれば、選手の育成はもとより、水泳の世界全般で画期的な成果が生れるんだ。」という説明に、なんとなく納得してしまった。「今ではいろんな観測技術もあり、最悪、たくさんカメラで捕まえば何とかなるかも。」という程度の軽い感じで、「じゃ、やってみましょう。」と、その場で答えてしまった。

この様な立ち話から、SSW(Swim Stroke Watcher®)の技術開発が始まったが、実際の検討に入った瞬間から課題の壁が連続した。当初の1年間は試行錯誤の繰り返しとなり、見通しが立たないまま時間が過ぎていった。

2 測定方式の検討

検討した測定方式は、超音波方式(ドップラー効果を含む)、パルス光による時間分解計測法(対象物からの反射時間計測)、ビジョンチップを使った自動追尾方式、上部・側部からのビデオカメラ撮影、水中カメラによる追尾方式、固定・回転・移動カメラを使う方式など、10を超える方式におよんだ。その検証のために毎月、月初から候補に挙げた方式について、理論と現実的可能性を議論し、社内外の協力メンバーと一緒に機材の準備を行った。月末の数日は、浜松スポーツセンターのご協力を得て、同センターの50mプールを使用し、実験を繰り返す日々となった。その間、浜松ホトニクス(株)、富士通(株)、東京電波(株)、社内(ヤマハ発動機)のR&D部門等々、作業にご協力いただいた方々は、多岐に渡る。それぞれが、新しい技術への挑戦に、すばらしい意気込みで対応してくださり、いまだに感謝に堪えない。

この間の主な課題は、

- ①水泳競技における4泳法(バタフライ、バック、ブレスト、フリー)全てに対応すること
- ②常に先頭を捕らえること

- ③8レーン全てを同時に計測すること
- ④泳者に対する条件を付けないこと
- ⑤宮下教授からの条件「リアルタイムにコンティニューアスにデータを抽出する」を満たすこと
- ⑥長時間の計測(1,500m競技で世界レベルでも16分台)に耐えること

などであった。水泳は、泳者が、空中、喫水面、水中という全く異なるスペースにまたがって移動するという独特の競技環境であるため、上記の課題をクリアするのは、一時「あきらめ」の声が出るほど困難であると思われた。具体的にいうと、電波は水中では伝わらないし、音波は喫水面で発生する気泡が非常に広い帯域で音を発生させ、それがノイズとなって利用できない。また、光ビームは喫水面での屈折が色光により変化するため使えない。ビジョンチップには期待をしたが、識別のための基準画像(例えば泳者の顔面)を切り替えるスピードが遅く、顔の正面・裏面が頻繁に切り替わり、腕やレーンロープが常に画像に重なる水泳では追尾不能になる。このように、希望と落胆を繰り返す状況が続いたのである。

一方、この装置開発への期待は、次第に具体化してきた。例えば、建設が進んでいた国立スポーツ科学センター(JISS:Japan Institute of Sports Sciences)への導入や、2001年夏に開催される第9回世界水泳福岡での測定など、期限が明確な設置希望事例が現出し、外部からの期待と内心の焦りが交差した。

2000年春になると、浜松ホトニクス(株)中央研究所第六研究室長の黒野剛弘氏(図3)より「いくつかの条件は残るが、ビデオカメラを使った画像解析による方式でチャレンジしましょう。」という連絡が入った。この時点から方式を一つに絞り、共同開発研究をスタートすることとなった。同時に、世界的に同様の研究が進んでいないか、参考になる事例はないかを検証するため、水泳科学の先進国である米国や豪州の調査も行った。特に、豪州のAIS(Australian Institute of Sport)には、当時、大阪教育大学の生田泰志助教授(図4)が研究参加されていて、我々は、氏の配慮でAISに直接訪問し、世界の研究レベルに触れる機会を得た。ちょうどシドニーオリンピックの会期中(2000年秋)であり、翌年の世界水泳福岡に向けたオペレーションの参考として、オリンピックの水泳競技会場を視察できたことは、大いに意義があった。これらの調査の結果では、この分野の開発は、まだ世界に例はないことが分かり、その先進性と有意義性に確証を持つこととなった。



図3 黒野剛弘氏



図4 生田泰志氏

3 ビデオ画像方式によるSSWの概要

2001年春、ビデオ画像による独自画像処理手法としてのSSWの開発に、ほぼ見通しがつき始めたことから、この夏の世界水泳での計測を行うことになった。この時にまず問題となったのは、カメラの台数とその設置場所である。カメラの角度によっては計測する対象がレーンロープの影になったり、自然光下での計測では差し込む光の範囲により明暗ができたり、人工光下では照明条件の変化(例えば、テレビ中継があるレースとないレースの照度の差や、照明器具の位置の変化)がある。このように、カメラの画角や空間

分解能によって計測対象に制限がつくため、大会会場で予備的な作業を丹念に行う必要があった。結果として、日本水泳連盟の医・科学委員会が10年以上にわたって行っている測定方法と同様に、会場を俯瞰する位置に5台のカメラを設置して行うこととした(図5)。これは、カメラ性能だけの問題ではなく、これまで医・科学委員会が測定したデータと、SSWによる計測結果を同委員会の分析パラメーターの規定に従って自動算出したものとを直接比較することによって、SSW計測結果の精度を確認できるためであった。

この計測は、文字通りのぶつつけ本番ではあったが、データの収集において所期の目的は達成することができた。泳法の違いも問題なく捕らえることができ(図6)、リアルタイム性、連続性、精度など、課題の全てにおいて予想以上の結果をあげることができた(図7)。

●計測モード

フィニッシュ直後にストローク情報を表示

●パフォーマンスフィードバックモード(特殊仕様)

泳ぎながらストローク情報を提示

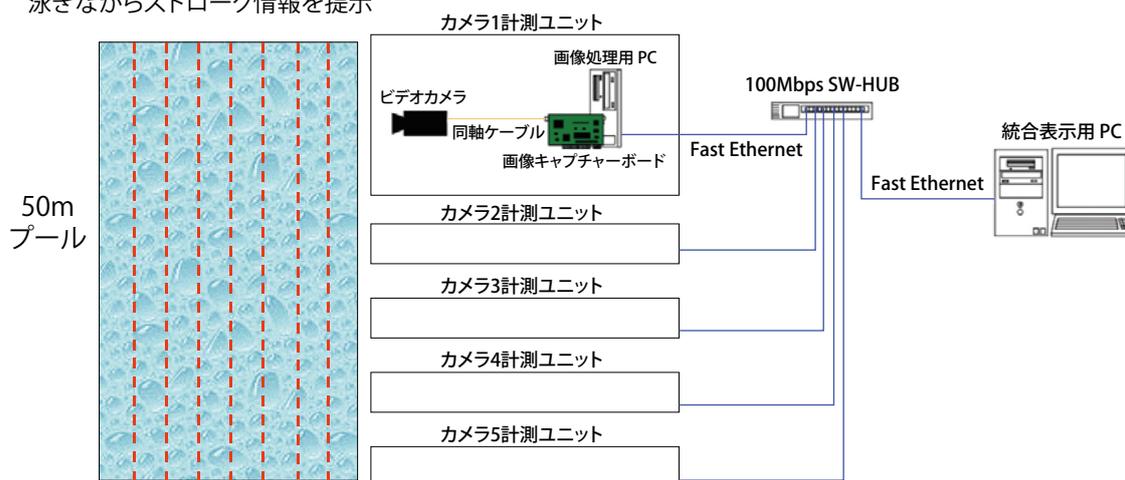


図5a SSWの構成

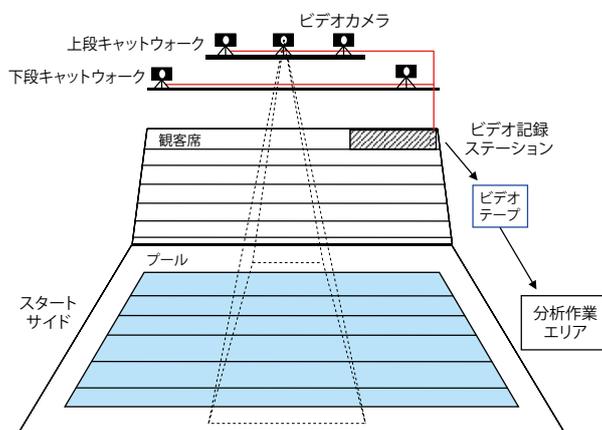
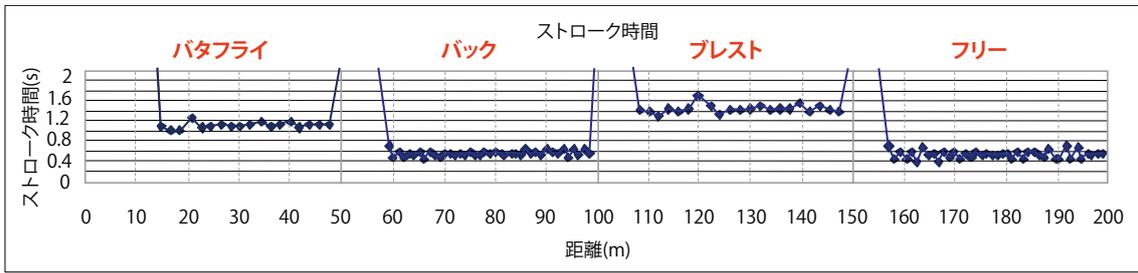
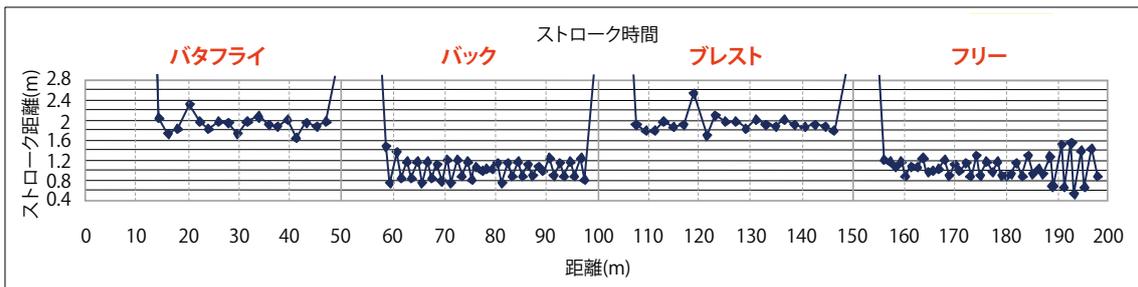


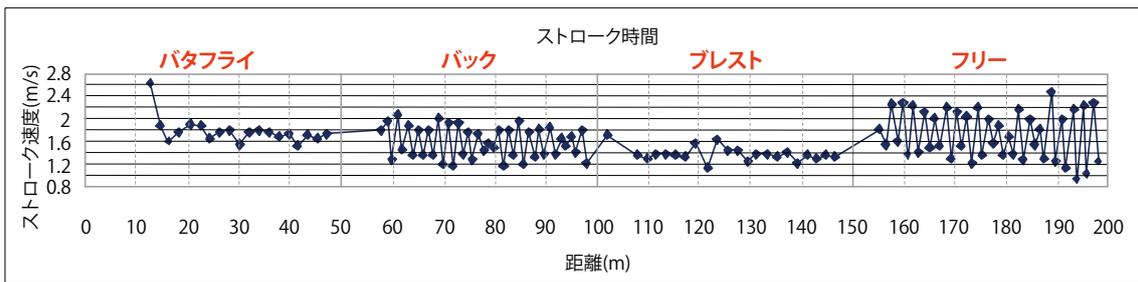
図5b 世界水泳福岡会場のカメラ位置



a) 1ストロークにかかった時間



b) 1ストロークで進んだ距離



c) 1ストロークの速度(距離÷時間)

図6 男子200m個人メドレーによる4泳法計測事例

区間	ストローク時間 (sec)				区間速度 (m/sec)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
医科学データ	1.49	1.72	1.74	1.29	1.5	1.43	1.4	1.44
SSW 解析結果	1.49	1.73	1.76	1.29	1.52	1.43	1.40	1.45
誤差 (%)	0.22%	0.78%	1.15%	-0.26%	1.18%	0.04%	0.13%	0.99%

区間	ピッチ(stroke/min)				ストローク距離(m)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
医科学データ	40.16	34.72	34.32	46.44	2.25	2.47	2.45	1.86
SSW 解析結果	40.18	34.62	34.09	46.63	2.27	2.48	2.47	1.87
誤差 (%)	0.05%	-0.30%	-0.67%	0.41%	0.73%	0.39%	0.71%	0.60%

図7 日本水泳連盟 医・科学委員会のデータとの比較
男子200m平泳ぎ決勝 優勝者

その後、翌年以降の日本選手権、横浜で開催された2002年8月のパンパシフィック水泳選手権大会2002など、多くの機会においてSSWによる計測を実施してきた。現状のSSWでは、以下のことができる。

- ①ストローク情報のリアルタイム計測
- ②任意の距離でのスプリットタイムの計測
- ③泳者に特別な拘束を必要としない計測方法(公式大会で使用可能)
- ④バタフライ、バック、ブレスト、フリー全ての泳法での計測
- ⑤他選手とのデータ比較(ペース配分、レース構成など)(**図8**)
- ⑥自分自身のデータ比較(大会毎、トレーニング前後、フォーム変更など)
- ⑦ストローク長、ストローク数の最適性の追及
- ⑧理解しやすい表示法による適切な情報の利用

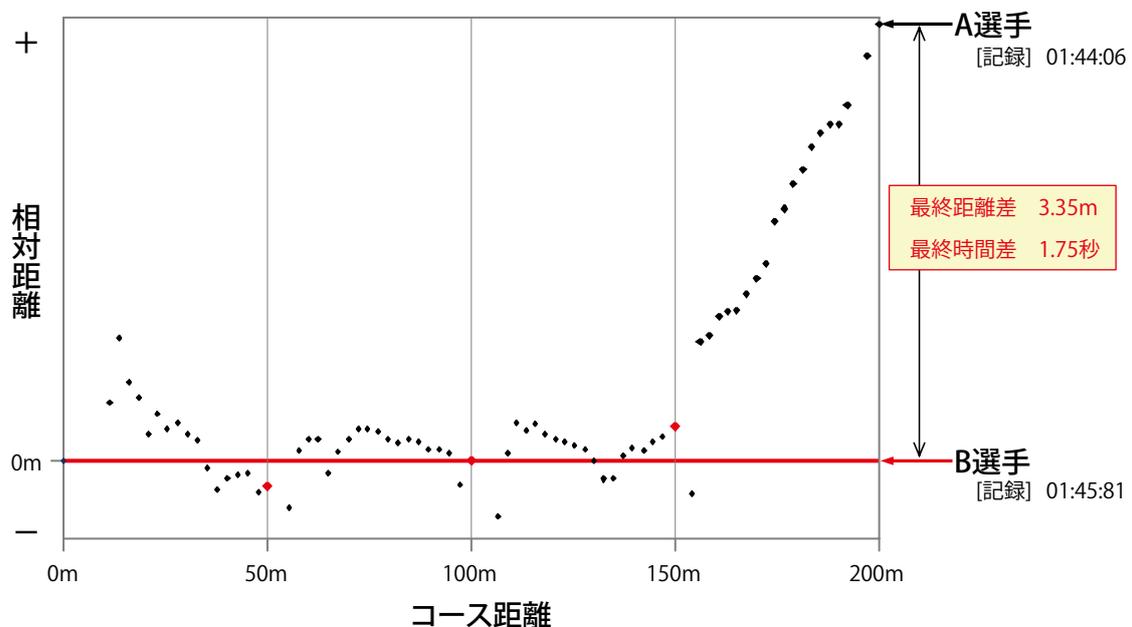


図8 データ解析表示例
相対位置比較 (B選手に対するA選手の相対距離/200m決勝)

一方、まだまだ課題は残る。単にSSWによる計測結果だけを提示するのみでは、データの意味やその解釈を理解することが一般に困難であり、特にトレーニングの場で有効に活用するためには、選手、コーチ、他、関係者と協力し、より使いやすいものに進化させていかねばならない。また、水泳選手のプロ化や個人情報保護、大会に備えての戦略上の問題などにより、計測データの開示が、だんだんと難しくなる傾向にある。さらに、SSWの利用可能施設を増加させ、トレーニング環境をより



図9 浅見俊雄氏

充実させる必要(設置、運営経費=ビジネスモデルの構築問題でもある)があることは、言うまでもない。

幸い、JISSでの当時の浅見俊雄センター長(**図9**)のご理解と、船渡和男研究員(現・日本体育大学教授)(**図10**)によるプロジェクト研究を通じた導入、兵庫県立市民プール(2006年の兵庫国体会場)(**図11**)

静岡県内では掛川市民プールなど、徐々にではあるが設置が進み、それらを受けて導入の検討を始める施設も増加しつつある。また、日本水泳連盟医・科学委員会の現委員長、野村照夫氏(京都工芸繊維大学教授)(図12)を始め、宮下教授、日本水泳連盟幹部の理解も得て、事業化について検討が始まっている。



図10 船渡和男氏

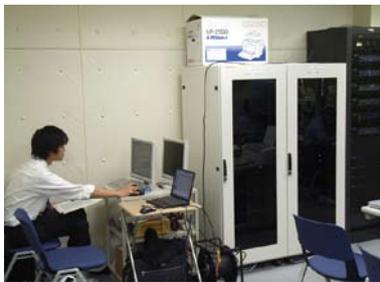


図11 兵庫国体でのリハーサル計測



図12 野村照夫氏

4 おわりに

現在、SSWのこれからの開発目標として、トップアスリートのためだけではなく、より若い層や高齢者層が活用できる機能の付加拡張を考えている。もちろん、現状でも選手層の発掘やマスターズスイミングでの活用は十分可能であるが、より身近で楽しく使えるもののイメージを追及していきたい。例えば、個々人の現状を踏まえた上で適切な目標値を提示し、その達成感を味わいながらスポーツを楽しむ機能、あるいは、位置情報を利用して、その日の運動量から使用カロリー数が自動的に表示される(泳ぐことに限らず)機能など、計測の自動化と装置の普及が進めば、低コストで気軽に特別意識することなく、健康増進など日常生活に役立つ装置として、発展していくと考えている。

■参考文献

- 1) 日本水泳・水中運動学会 学会誌「水泳水中運動科学 No.3」
- 2) 日本水泳・水中運動学会 学会誌「水泳水中運動科学 No.5」
- 3) 中高年のためのフィットネス・サイエンス, 宮下充正 著, 大月書店
- 4) 国立スポーツ科学センター 平成13・14年度スポーツ医・科学研究事業、スポーツ情報サービス事業中間報告書『競泳競技中の連続ストローク情報に関する自動かつ無拘束計測システムの開発』, 船渡和男, 浅見俊雄 (JISS), 矢倉裕(ヤマハ発動機), 黒野剛弘(浜松ホトニクス中央研究所), 宮下充正(日本水泳連盟医・科学委員長)

■ 著者



矢倉 裕
Hiroshi Yagura
プール事業部