

水泳競技用戦略立案支援システムの構築

Construction of strategy plan support system for swimming events

江角 拓也

Takuya Esumi

法政大学情報科学部コンピュータ科学科

E-mail: m05k0109@k.hosei.ac.jp

Abstract

A plan of strategy of swimming events is supported. Data which was filmed while the game was reproduced and stop watch system which starts as soon as start sound was run. It evaluates in the animation for five races, and it was assumed that it answers correctly if the error margin with actual time is within at 0.5s. When number of timing person was less than three, correct rate was 50%. It is thought that this evaluation result will be improved in the future. Because it is a result in the person who executed the system for the first time, it is thought that accurate time will be able to be measured even if the measured number of people increases if the use frequency of the system can be increased. To make good use of this system for improving the game quality, it is possible to analyze the race movement more minutely as well as the rap time if this system is able to time tempo of swimmer at the same time.

1. まえがき

水泳競技において、選手の記録向上のために必要なことは力量のアップだけではない。競泳のレースでは 100 分の 1 秒の差で勝負が決まってしまう。そこでただ泳力を伸ばすだけではなく、泳力以外にレース展開の細かい部分の把握などで、事前の作戦が重要となる。作戦の立案のためには試合で撮影したビデオを用いる。相手チームの選手のレース展開や自チームの選手のレース展開を分析して、双方の弱点の分析を行う。ビデオ分析については、従来は手作業でレースの途中ラップ、トータルタイムの記入を紙に記していた。1 レースでも、何人もの選手が参加しているため、個々の選手の分析には、多くの労力と時間が必要であった。効率的な戦略立案を可能にするためには分析の効率化が必要である。本研究では、相手チームの選手および自チームの選手達のタイム計測を、効率が良くおこなえるよう支援するシステムを構築する。具体的には、PC でビデオを再生させながらキーボードを押すことでタイムを自動計測し集計する。同一の試合については、複数の選手を同時に測定可能にすることで効率化を図る。

2. 水泳競技における戦略

試合前の作戦は相手チームの選手に勝つため、非常に重要なものである。大学での水泳競技では個人の能力を上げるだけではなくチーム全体の底上げが必要となってくる。高校生までの水泳競技ではチーム力で戦うというよりは個人の力量で泳ぐという感じが主流である。しか

し大学生の水泳競技ではほとんどの試合で各選手のレースでの順位獲得ポイントがチームの得点として換算され他の大学の水泳部と争うこととなる。そのためにチーム全体の底上げのため分析を行う必要がある。

水泳競技の戦略には①フォームの改善[4,7]、②体の強化部分の集中化[3,6]、③レース展開の分析がある[2,5,8]。

2.1 レース展開の分析

レース展開の分析方法では、レースでの前後半のラップタイムを細かく計測し、選手のタイプを次の 3 つに分類する。①レースの前半に強く後半で失速するタイプ②レース後半まで粘れるタイプ③後半、ほかの選手がタイムを落としているところでタイムを上げることが出来るタイプ。自分のチームの選手だけでなく相手チームの選手も同様に分析して同定し、相手チームの選手の弱点を見つけ出す。

自分のチームの選手が次の試合で勝てるように事前の練習から弱点を理解していれば、試合で相手チームの選手が隣で泳いでいても、自分のレース展開を乱さないで泳ぐことが出来る。また相手のレース展開を利用し、自分のペースメーカーとして意識することが出来る。例えば 25m プールでの 100m の競技を考える。相手チームの選手が①のレースの前半に強く後半で失速するタイプの選手で自分のチームの選手が③の後半、ほかの選手がタイムを落としているところでタイムを上げることが出来るタイプの選手であり、さらに相手チームの選手が毎レース自分のチームの選手より 10 分の数秒差で勝っていると仮定する。レースの前半、相手チームの選手が自分のチームの選手の頭の位置より 1m リードして泳いでいた。レースの後半で自分の選手が戦略前には残り 5cm のところまで追いつくことが出来たのだが負けてしまったとする。作戦を立てて試合前から勝つためのレースのペース配分が出来ようになれば、残り 10cm のところで負けたところを数センチ差で勝てる可能性が出てくる。

このような分析のための従来の手順は次の通りである。

試合で撮影した DVD ビデオを DVD プレイヤーか PC で再生する。次に 1 レースごとのスタート音と同時にストップウォッチを起動させる。両手にストップウォッチを持って、競技が終わるまでストップウォッチで計測し続ける。測定している選手がゴールしたと同時にストップウォッチを止める。各々、紙か PC のテキストファイルに記入していく。それぞれのラップからラップを引いて、その区間のタイムを出し、その試合の反省点、今後の課題を見つけていく。

以前行っていた分析方法では、一度に 2 人までしか計測することが出来ない。その理由は、100M 以上のレースを計測する場合途中で泳者の順位が入れ替わることがあるからストップウォッチ 1 台では一人しか計測できないからである。したがって計測者一人あたり両手で 2 台持ち 2 人までの計測となる。

自分のチームの選手以外にも、相手選手のレース展開の分析も必要であり、分析を必要とする選手は複数人である。ストップウォッチでうまくタイムが取れなかった場合などの失敗を含めて、分析のため 1 つのレースをも 2~3 回見なければならない。かかる時間としては一番短い 50m の競技であっても 15 分前後である。現在 1 つの試合で男女含め、最高 34 種類のレース競技があり、オリンピックなどの大きな大会となれば 270 レース以上ある。それらを全て分析するためには、膨大な時間が必要となる。

本研究では、計測失敗の減少、労力軽減、時間短縮を目標とするシステムの構築を目的とする。このシステムでは、動画 1 回の再生だけでデータを採り分析を可能にする。このシステムが完成すれば、時間と労力がおおよそ 2/3 に軽減される。

3. システムの構築

3.1 システム構成

システム構成は、動画再生部、タイム計測部、条件入力部、壁タッチ入力部、ストップウォッチ起動部、結果出力部の 6 つで構成されている。

動画再生部(図 1 右側)では動画を再生する。この部分は DirectShow を使って実装した。DirectShow を起動させると動画選択のファイルチェューザーが表示され、動画ファイルを選択すると動画が静止した状態で表示される。

タイム計測部では JavaScript を使用してストップウォッチ機能を持つプログラムを完成させた。トータルタイムやラップタイムを表示させることが出来、出力はテキストファイルにする。

情報入力部(図 1 上部左側)ではゴールまで壁に触れる回数を決める。入力にはラジオボタンを使用し、計測情報入力ミスを防ぎ、ラジオボタンの使用で見やすくした。

壁タッチカウント部(図 1 上部右側)では計測したい人を動画を見ながら指定の数字を入力することによってカウントすることが出来る。入力は計測したい人を画面 1 番左から、キーボードの 1、右の人をキーボード 2 と入力していく。

ストップウォッチ起動部(図 1 上部右側)では動画を見ながらスタート音と同時にカーソルを"Start Here!"に合わせ押し。システムが起動したらボタンが赤色に変わる。結果出力部(図 1 下部左側)ではレースの結果が見やすいようにレース結果が表示される。また計測した結果をテキストファイルにも出力されるようにしている。

本システムでは JavaScript と動画再生を併用したプロトタイプシステムを構築する。

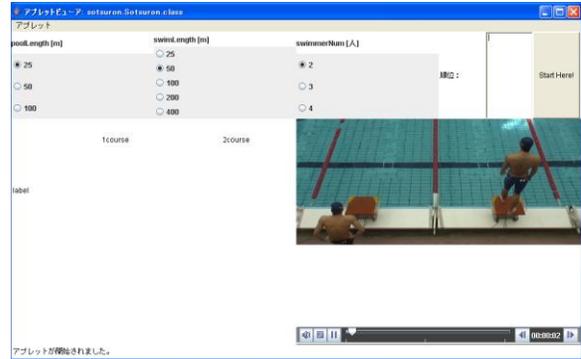


図 1 計測画面

3.2 条件を入力

例えば、200m の競技で 2 人のタイムを計測する。情報入力が必要となるのは“長水路 (50m プール) か短水路 (25m プール)” “泳ぐ距離” “計測する人数” の 3 つである。まず、長水路か短水路を選択し距離を入力する。長水路の場合、200m ではターンが、3 回となるが、短水路の場合ターンが 7 回となる。この入力が必要となる理由は、スタートの音でタイムの計測が始まったとしても、条件を入力しないと何回目のボタンの押しで計測が終わるかわからないので先に入力させておく。本システムではアプレットを使用し、ラジオボタンで情報を入力する。



図 2 情報入力画面



図 3 スタートの構え



図 4 スタート音



図 5 ターンの時



図 6 タッチの瞬間

図 4 の時にアプレットの start ボタンを押す。図 5 の時に測定している人の指定のボタンを押しラップタイムを計測する。図 6 のゴール時にも測定している人の指定のボタンを押しトータルタイムを計測する。

3.2.1 タイムの出力について

タイムの出力についてはテキストファイルを使用する。表示では何メートルの競技で何名計測したのか分かるように表示し、左から 1 人目、続いて右に 2 人目…のラップタイムとトータルタイムが表示されるようにする。このシステムで計測できる人数は最大で 4 人までとする。テキストファイルの出力結果を図 7 に示す。

Data_p25m_s100m_n2.txt - メモ帳			
ファイル(F) 編集(E) 書式(O) 表示(V) ヘルプ(H)			
- 100[M] (2コース) -			
25 [m] ->	00:11:967 [m:s:ms]	00:11:706 [m:s:ms]	
	(+00:14:698 [m:s:ms])	(+00:14:618 [m:s:ms])	
50 [m] ->	00:26:665 [m:s:ms]	00:26:325 [m:s:ms]	
	(+00:16:385 [m:s:ms])	(+00:16:345 [m:s:ms])	
75 [m] ->	00:43:513 [m:s:ms]	00:42:670 [m:s:ms]	
	(+00:13:703 [m:s:ms])	(+00:13:309 [m:s:ms])	
100 [m] ->	00:56:754 [m:s:ms]	00:55:980 [m:s:ms]	
Finish ->	00:56:754 [m:s:ms]	00:55:980 [m:s:ms]	

図7 出力ファイル例

4. 評価

4.1 評価方法

実際の競泳のレースを使って作成したシステムで計測した。VTRからのストップウォッチ計測では50cmから100cmの誤差が生じることが知られている。時間に換算すると、0.25~0.5秒の誤差である。今回の計測実験の評価としては法政大学体育会水泳部の選手の100Mのベストタイムの平均を出し、50cmから100cm進む距離を算出した。0.27~0.54秒となったので、本研究では0.5秒以下の誤差の場合を正解とした[8]。

今回は『男子100M個人メドレー』を2人計測の場合と『男子50Mバタフライ』を3人計測の場合と『女子100M平泳ぎ』4人の場合のデータを用いて計測した。個人ではそれぞれ10回、被験者5人にはそれぞれレース展開を何も告知しないまま1回ずつ行った。



図8 使用したビデオ

4.2 評価した結果

実際にレースを見て2人同時に測定と3人同時に測定と4人同時計測をそれぞれ10回ずつ行い、すべて0.3秒以内で計れたレースは2人同時の時が60%で3人同時の時は30%であり、4人同時の時は70%であった。

また、0.3秒以内の誤差で計測出来たレース内の平均の正解値は2人同時の時は全体の80%であり、3人同時の時は全体の73%が正解値内であり、4人同時の時は92.5%計測することが出来た。

0.5秒以下の誤差を正解とすると、すべて0.5秒以内に計測出来たレースは2人同時の時が100%で3人同時の時は40%であり、4人同時の時は90%であった。

また、0.5秒以内で計測出来たレース内の平均の正解値2人同時の時は全体の100%であり、3人同時の時は全体の76%が正解値内で計測することが出来、4人同時の時は97.5%であった。また、サンプルを採るために被験者5人に協力してもらった。2人同時に測定と3人同時に測定と4人同時に計測するのを1回ずつ行った。

すべて0.3秒以内で計れたレースは2人同時の時が20%で3人同時の時は0%であり、4人同時の時は20%であった。また、0.3秒以内で計測出来たレース内の平均の正解値は2人同時の時は全体の40%であり、3人同時の時は全体の53.3%が正解値内であり、4人同時の時は70%であった。

表2: 正解値が0.3秒以内のレース内での平均値

人	A	B	C	D	E	正解率
2人	0%	50%	0%	50%	100%	40%
3人	33.3%	66.6%	66.6%	66.6%	33.3%	53.3%
4人	25%	75%	75%	100%	75%	70%

また、正解値を0.5まで増やすと、0.5秒以内に計測出来たレースは2人同時の時が40%で3人同時の時は60%であり、4人同時の時は60%であった。

また、0.5秒以内で計測出来たレース内の平均の正解値は2人同時の時は全体の70%であり、3人同時の時は全体の73.5%が正解値内で計測することが出来、4人同時の時は75%であった。

表3: 正解値が0.5秒以内のレース内での平均値

同時計測	A	B	C	D	E	全体の正解率
2人	100%	50%	50%	50%	100%	70%
3人	100%	33.3%	33.3%	100%	100%	73.3%
4人	75%	100%	100%	100%	75%	75%

また、「横、上、左斜め上」の3つのアングルから検証も行った。同じ5人の被験者に各レース1人の計測をしてもらった。横からのアングルの平均の絶対値の誤差は0.15秒で、上からのアングルの平均の絶対値の誤差は0.35秒で、左斜め上からのアングルの平均の絶対値の誤差は0.19であった。

表4: アングルにおける誤差

アングル	A	B	C	D	E	誤差の平均
横(秒)	-0.10	0.18	0.18	-0.24	0.05	0.15
上(秒)	0.57	0.16	0.64	0.02	-0.36	0.35
斜上(秒)	-0.13	0.08	-0.42	0.16	0.16	0.19

4.3 考察

今回評価した結果は初めてシステムを実行した人での数値であり、使用回数を増やしていれば人数が多くなっても正確なタイムを測定できる可能性がある。

一度に計測する人数が複数人である時、計測しているレースが混戦したらラップタイムを計るボタンを正確に押せるのは3人が限界であるとする。その理由として、5人に計測してもらった結果全ての人が「3人が限界である」と答えたからである。

被験者には最初2人同時計測の場合のレース実験を行った。次に3人同時計測の場合のレース結果を行い、4人同時計測を行った。3人同時計測の場合は初めて計測したときより正解率が上がり、4人同時計測の場合は3人同時計測の時と変わらなかった。

また、今回のアングルの検証では横、左斜め上、上の順に正解率が下がっていった。下がった理由としては、ターンやゴールなどで壁に触れる瞬間を見ることが出来るアングルの場合は正解率が向上しているとわかった。

このシステムの性能をあげるためにはさらに正解率を向上させることが必要である。水泳競技のビデオを撮影できる場所は本研究で検証したアングルとは限らない。様々なアングルで撮影されたビデオでも正確に計測することが今後の課題である。また、システムを起動し、人間が手動で計測するごとに誤差が生じるので、今後はシステムを自動化していく必要がある。

5.音響処理を用いたスタート時刻の自動計測

自動計測を行う理由として、今回作成したシステムを実行したときに起動するアプレットで動画を再生する時、スタート音を耳で聞きそれから手動で“start”を押して計測を開始する。プログラムがスタートの音を感知し、動画が実行する方が誤差は少ないと考えるからである。レース展開を分析したりするのでより、正確な方を採用したいと考える。スタートの時に使用する電子音発生装置が以下の物である。

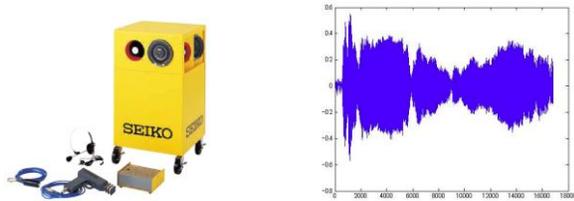


図9 電子音発生装置 PS-1200¹とスタート図の合図音

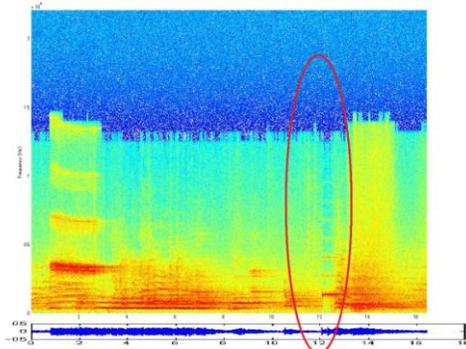


図10 spectrogramと波形データ

5.1.相互相関

相互相関関数は2つの信号 $x(t)$ と $y(t)$ の類似性を表すのに利用される。また、ある信号波形が別の信号波形のどの部分が似ている部分が似ているか信号 $x(t)$ と $y(t)$ の離散データ $x(i)\{i=0,1,2,\dots,N-1\}$ の相互相関関数 $R_{xy}(j)$ の定義式は次の通りである。

$$R_{xy}(j) = \frac{1}{N-j} \sum_{i=0}^{N-1-j} x(i) \cdot y(i+j) \quad (j = 0,1,2,\dots,N-1) \quad (1)$$

2つの音を推定し、値が出た最大値をスタートの合図音を測定しているの、時間軸が等しい値になれば正解である。

¹ 日本の水泳競技で統一されて使用されているスタート電子音発生装置

http://www.seiko-sts.co.jp/catalog/pdf/s_swimming_c.pdf

5.2.結果

1つのレースのスタート合図音の一部(固定)のテンプレートと4つのレースのスタート前後20秒のテンプレートで相互相関をかけた。その結果、時間軸がそれぞれ0.05秒以内で一致したのでこれを自動計測に活かせると考え

6.むすび

本論文では競泳の試合でビデオ撮影をしたデータをプログラム上で再生し、タイムを計測できるように作成した。被験者5人に協力してもらった。その結果、タイム計測の正解値を0.5秒以内にした場合、レース自体の正解率が60%であった。

このプログラムでは撮影されたビデオを使うことしか出来ないため、様々なアングルで撮影されたビデオを計測することになる。本研究の目的では今まで行っていた、タイムをテキストファイルに記入を自動にし、計測回数を減らす事で時間短縮、疲労軽減を達成することが出来た。本システムを実用化するためには90%以上の精度が必要だと考える。このシステムの正解率がさらに向上し完成することによって、選手の疲労軽減、時間短縮の目標が達成され、選手への精神的、体力的にも以前より余裕が出来、競技に集中出来、成績アップにつながれば面白いと考える。

今後はビデオの時間とJavaScriptでのタイム計測を連動させ、タイムを途中から再生しても計測できるシステムを作成していきたい。そのことによって、ターンなどの計測を失敗してもターン前にビデオを戻し計測し直すことができる。その結果、時間の短縮につなげることができる。

文 献

- [1] “デジタル信号処理実習 No.07 相互相関関数”
<http://www4.plala.or.jp/tamo/dsp/07cross-corr.pdf>
- [2]野村照夫ほか、“競泳のレース分析”，社団法人日本体育学会，No.40，p749，1951
- [3]森丘保典ほか，“陸上競技男子400mハードル走における速度変化特性と記録との関係”，体育学研究 No45，p414～p421，2000
- [4]武田 剛ほか，“競泳スタートにおける飛び出し角度の変化が飛び出し速度、飛距離とブロックタイムに与える影響”，体育学研究 No4，p515～p524，2006
- [5]窪 康之，“競泳サポートにおけるデータの役割”，社団法人日本オペレーションズ・リサーチ学会 Vol.51，No4，p230～p232，2006
- [6]酒井達郎ほか，“競泳選手のパワー発揮動態”，松山大学論集 Vol.16 No.6，p1～p13，2005
- [7]山田 悟史，“競泳の技術評価のための新しい指標の開発：ストロークの力積からの可能性”，中京大学体育学論業 Vol.45，No2，p71～p75，2004
- [8]左藤 進ほか，“指導現場における競泳のスタート技能表評価の提案—ストップウォッチの利用—”，水泳水中運動科学 No7，p67～p73，2004