

指導現場における競泳のスタート技能評価法の提案

Proposal for a method to evaluate starting techniques for competitive swimmers

佐藤 進 (Susumu SATO)

出村 慎一 (Shinichi DEMURA)

北林 保 (Tamotsu KITABAYASHI)

野口 雄慶 (Takanori NOGUCHI)

金沢工業大学

金沢大学教育学部

米子工業高等専門学校

金沢大学大学院教育学研究科

[abstract]

This study aimed to determine a convenient method, applicable in a field setting, to evaluate starting technique for competitive swimmers. Five college swimmers volunteered as subjects for this study. This method calculated the swimming velocity at 50cm intervals from video footage of the starting phase; that is from the start point to 15m out. Reference points were marked on a course rope at 50cm intervals. Video recording using a digital video camera (1/30 sec for a frame) was conducted traveling alongside the swimmer from the poolside. After the video recording, the time each reference point was passed and the swimming velocity for each 50cm interval were calculated from the video footage. An autocorrelation coefficient was used to examine the intra-tester reliability of the passing time for each of the reference points calculated from the video footage, and the reproducibility of the starting performance of each swimmer. Autocorrelation coefficients for intra-tester reliability were high (0.79 to 0.98 with a lag of 0), as were those for reproducibility (0.84 to 0.93 with a lag of 0). The swimming velocity curve obtained using this method was considered to reflect the characteristics of the changes of swimming velocity caused by the swimmer's actions. Considering its convenience in a field setting, this study demonstrated the method's effectiveness.

[要旨]

本研究の目的は、現場で利用可能な簡便なスタート技能評価法を提案することであった。本研究で提案した方法は、ビデオ映像から、スタート局面（15m）における50cm間隔の泳速度をビデオ映像から計測する方法である。コースロープに50cm間隔でマーキングを行った。撮影はデジタルビデオカメラ1台（1フレーム1/30秒）を用い、プールサイドを泳者に併走して行われた。撮影後、映像分析より各マーカーの通過時間を計測し、各区間の泳速度を算出した。5名の大学競泳選手を被験者とした。ビデオ映像から通過時間を読み取る際の検者内信頼性および、同一泳者によるスタート動作の再現性について相互相関係数により検討した。映像分析の検者内信頼性は0.79～0.98の高い相互相関係数が得られた。また、スタート動作の再現性に関しても、0.84～0.93の高い相互相関係数が得られた。泳速度曲線は、泳者の水中での動作に伴って生じる泳速度変化の特徴を反映していると考えられた。現場での実用性を考えた場合、この方法は有効と考えられる。

キーワード：スタート局面、泳速度変化、ビデオ分析、信頼性、再現性

1. 緒言

近年、競泳のレース分析が盛んに行われるようになり、一つのレースを局面に分けた分析が可能となった。レース分析には、各区間の通過タイムやストローク数に基づいて算出された指標が用いられ、それらの情報からは、単なる通過タイムだけでなく、そのレースのペース配分の善し悪し、各局面がレース結果全体に及ぼす影響度に加え、選手の泳力や技術的問題点等を発見する手がかりも得ることができる^{1,3,6)}。

このような競泳のレース分析の普及に伴い、スタート局面がレース全体の結果に及ぼす影響度も明らかになり、特に、短距離種目や自由形以外の種目において、その評価の重要性が認識されるようになった。

しかし、一般的なレース分析において得られるスタート局面に関する情報は、スタート局面（または、浮き上がりまでに要する時間など、スタート局面内のある時点）までに要した時間のみである。つまり、他人の結果や過去の本人の結果との比較から、スタート技術に優れるか否か（上達したか否か）に関する情報は得られるが、どこにどのような問題があるのかまで詳細な情報を得ることはできない。

スタート練習の際には、入水時や水中での姿勢、水中動作、浮き上がりのタイミングなどに関する問題点の発見やその改善が試みられる。選手は、一連のスタート動作に関するできるだけ客観的な情報を得ることで問題点を理解し改善することができる。しかし、一般の指導現場では、水中カメラや複数台のビデオカメラなどを用いて動作分析が可能な施設は希であり、指導者の主観的評価に頼らざるを得ないのが現状である。

そこで、我々は、3次元動作解析や水中動作の映像分析といった大がかりな装置を必要としないで、できるだけ簡便に、かつできるだけ客観的な情報が得られる方法として、陸上から撮影したビデオ映像からスタート局面の泳速度変化を計測し、スタート局面に関する客観的な情報を得る方法を考えた。本研究では、この方法の有効性について検討することを目的とした。

2. 方法

1) 測定方法および測定手順

我々は、「現場でも利用できる程度のなるべく安い経費で、簡便に、スタートに関する客観的な情報を選手や指導者に提供できる方法であること」を基本的なコンセプトとした以下のような方法を考案した。

(1) 測定方法の概要

コースロープに50cmごとにマーカーが貼付されたコース内で、レース時と同様にスタート動作を実施した際のスタート局面（スタート台から15m地点までの区間）の泳動作をビデオ撮影する。その後、ビデオ映像から、各マーカーの通過時間を計測し、スタート局面における泳速度変化を測定する。

(2) 測定器具

本研究の測定で使用した器具は以下の通りであった。デジタルビデオカメラ（SONY Digital Handycam DCR-PC101K）1台、ビニールテープ、メジャー（30m）。

(3) 準備

測定は25m屋内プールで実施した。測定に用いるコースを挟む2本のコースロープをスタート台側に寄せ、固定した。区間設定のマーカーとして、ビニールテープをスタート台側の壁から50cm間隔で両側のコースロープ

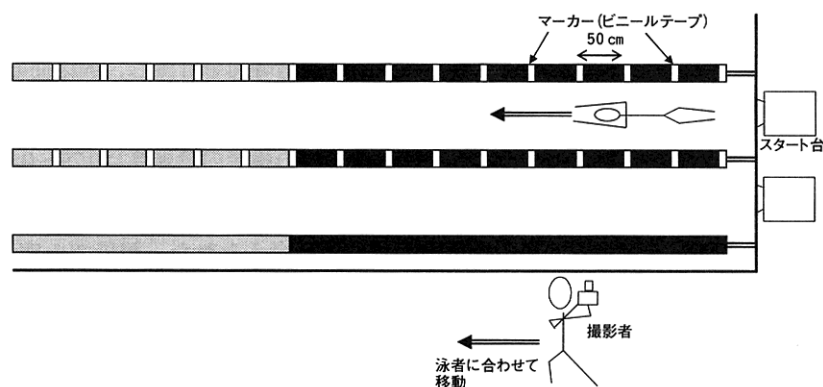


図1. 実験風景

に貼付した（図1）。予備測定の間では、プールサイドに置いたメジャーにマーカーを貼付したが、プールサイドの広さ（幅）によって、撮影時に泳者とマーカーを同じ画面におさめることが困難と考えられたこと、マーカーと泳者がなるべく近い方がビデオ分析が容易なこと等を考慮し、マーカーをコースロープに貼付した。

(4) ビデオ撮影

撮影者が泳者の泳ぎに合わせて併走しながら撮影した。撮影区間はスタート台から15m地点までとした。一般的な動作分析で用いられるような、複数台の固定カメラを用いた映像解析と比較して精度は落ちるが、簡便性を最優先した。

(5) 映像分析

撮影後、ビデオ映像から、泳者の頭部がマーカーを通過した時点の通過時間およびフレーム数を読みとった。本研究で用いたビデオカメラにおける1フレームあたりの時間は1/30秒であった。図2は、ビデオ映像のサンプルを連続静止画として示した。このように、ビデオ映像をコマ送りさせながら、各マーカーを通過したコマを読み取り、時間計測を行った。

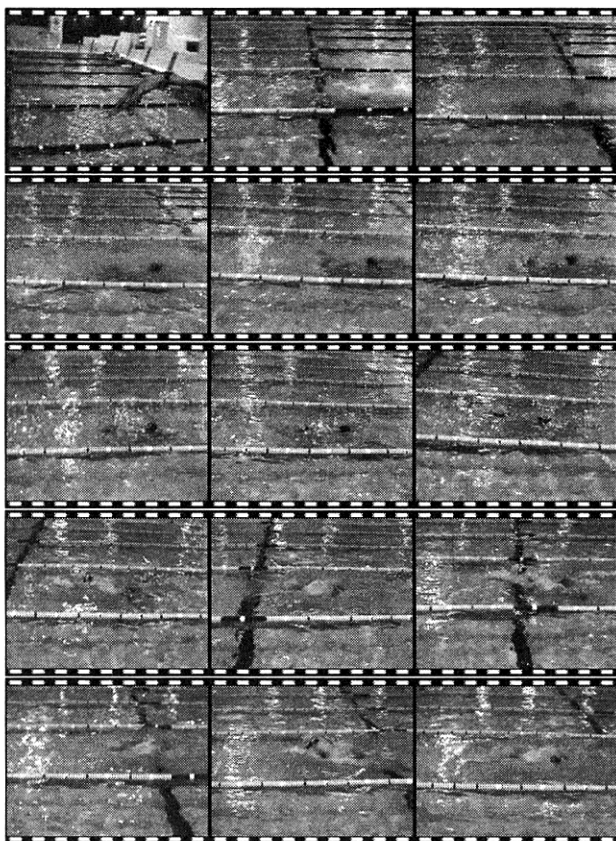


図2. ビデオ映像のサンプル（連続静止画）

(6) 分析方法

ビデオ映像から読みとったフレーム数から各区間の移動時間を計算し、泳速度を算出した。スタート局面における泳速度の変化と、泳者の動作の関係を分析するために、各区間における泳者の動作の特徴（入水、浮き上がり、プル、キック、平泳ぎのひとかき、ひと蹴りなど）をビデオ映像から読み取り、泳速度曲線と対応させた。

2) 被験者

大学男子競泳選手5名を被験者とした。被験者の専門種目は2名が自由形、2名が平泳ぎ、残りの1名が自由形と平泳ぎの2種目であった。測定は、各被験者の専門種目を2試行実施した。自由形と平泳ぎが専門種目であった1名については、両種目をそれぞれ2試行実施した。なお、被験者にはレース時と同様に最大努力を課した。試行間には十分な休憩をとり、疲労の影響を考慮した。

3) 解析方法

ビデオ映像から各マーカーの通過時間を読みとる際の検者内信頼性を検討するために、同一検者が同じ映像を2回分析し、2回の泳速度データ間における相互相関係数を算出した。また、各泳者のスタートの再現性を検討するために、異なる試行の泳速度データ間における相互相関係数を算出した。

3. 結果

1) 映像分析の信頼性

同じ映像を2回分析した際の泳速度データ間の相互相関係数は、自由形0.79～0.95、平泳ぎ0.89～0.98（いずれもラグ数0時）の有意な高い値を示した。

2) スタート動作の再現性

同一被験者による異なる試行の泳速度データ間における相互相関係数を算出した結果、自由形0.84～0.89、平泳ぎ0.84～0.93（いずれもラグ数0時）の有意な高い値を示した（図3）。

3) 泳速度変化によるスタート局面の分析

図4および図5は、平泳ぎおよび自由形（クロール）の泳速度変化曲線に水中での動作の情報を加え、それを泳力の異なる被験者間で比較した結果である。全体的に、

水中動作（水中でのキック動作やブル動作）に対応した泳速度変化を示していると考えられた。また、泳速度の低下の程度や、水中動作（例えば、平泳ぎにおける足の引きつけ）に伴う泳速度の変化により、スタート動作の優劣や問題点に関する情報も得られると考えられた。

4. 考察

本研究では、ビデオ映像を利用した簡便なスタート技能評価法を提案することを目的としている。今回提案した方法は、ビデオ映像から、50cmごとの泳速度を算出し、その速度変化を視覚的に提示する方法であった。

一般的な3次元動作分析の場合、最低2台の固定カメラが必要であることに加え、ビデオカメラとは別に映像分析器や専用ソフトが必要である。また、水中動作の分析には水中カメラが必要であることに加え、スタート局面全てを分析対象とすることが困難である。今回、我々が提示した方法では、ビデオカメラ1台を必要とするが、近年、安価で高性能のビデオカメラが販売され、普及率が高まっている点や、その他専用の解析ソフトなどを必要としない点など、3次元動作解析や水中動作解析と比較して簡便な方法と考えられる。

本研究では、この方法による分析の正確性を検討するために、映像分析の信頼性を検討した。つまり、同一検者が同じ映像を2回分析した際に、同様な評価ができるか否かを検討した。2回の分析における相互相関係数は0.79～0.98の値が得られた。この値は、一般的な信頼性の評価基準と比較しても同等か高い値であり^{4,5)}、同一人物が評価した場合、映像分析の計測値はある程度安定した値が得られると考えられる。今回、異なる検者間における評価の一致度は検討していないため今後の課題としたいが、その前提条件となる検者内信頼性は保証されたと考えられる。

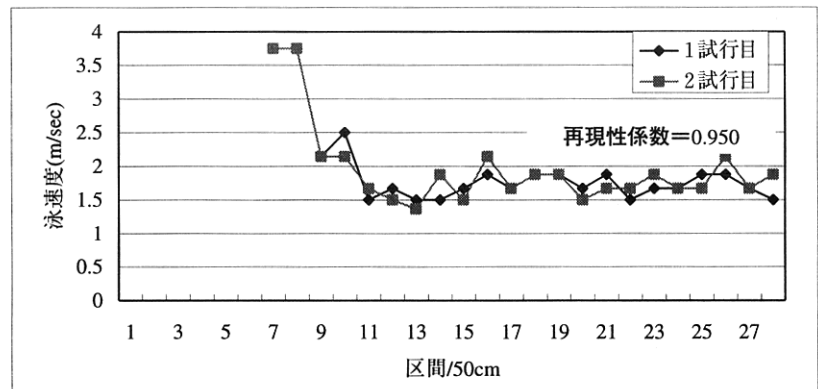


図3. 自由形のスタート動作の再現性

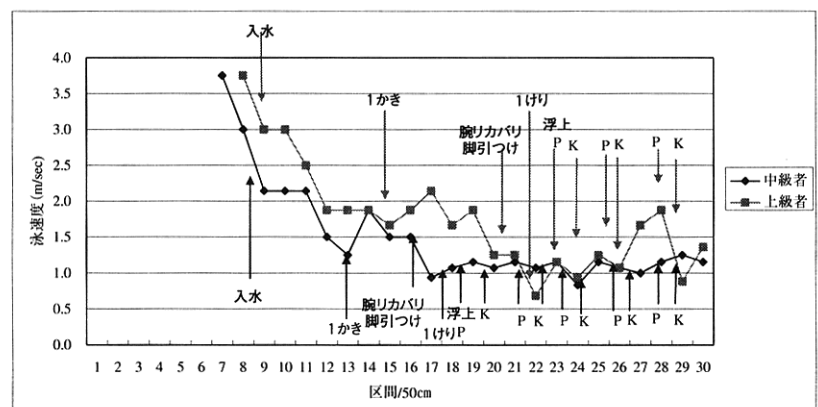


図4. 泳速度変化と水中動作との対応（平泳ぎ）

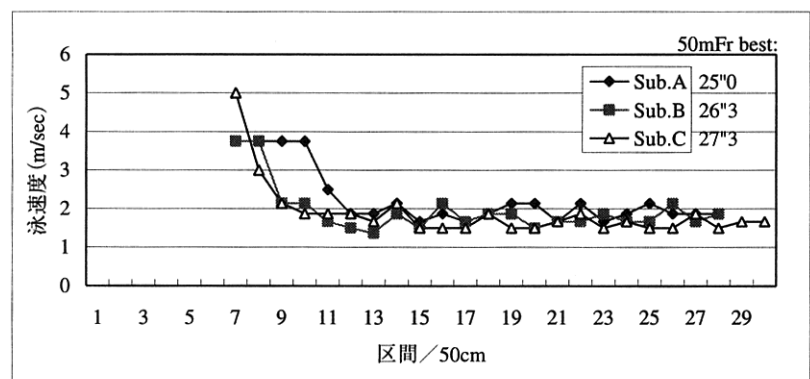


図5. 自由形の泳速度変化の泳力別比較

また、各泳者のスタート動作の再現性についても検討した結果、同一泳者による2試行の相互相関係数は、0.84～0.98と非常に高い値であった。このことは、競泳選手の場合、入水から浮き上がりまでのキック動作やブル動作の回数やタイミングは、選手の中である程度決まっており、測定値も安定したと考えられる。また、このことは、1回測定で得られるビデオ映像は、偶然生じ

た泳者のある一時的なパフォーマンスではなく、その時点における泳者のスタート動作の特徴を反映していると考えられる。また、この方法では、分析結果をその場で即時的にフィードバックすることは難しいが、測定日と異なる日に測定結果をフィードバックしたとしても、その情報は選手にとって有益であると考えられる。

新たな方法を提案する上でその測定方法の妥当性を検証する方法はいくつか考えられる。本研究のように、水中にある被写体の位置や動きを正確に測定する場合、屈折などの影響があり、1台のカメラをのみ用いて陸上から撮影だけではその精度には限界がある。したがって、本研究の場合には、水中カメラや複数のカメラを用いた3次元解析により正確に位置を測定した場合との比較をする方法が理想的と考えられる。しかし、本研究の立場としては、前述したように、一般のスポーツ現場でも活用できる程度の経費や測定方法、分析方法であることを前提としており、その制限の中で、より客観的な情報を提供できる方法を提案することを目的としている。本研究の方法は、①高速で移動する物体の移動を高速度カメラで測定する場合とは異なり、秒速2m程度（入水直後はこれよりも速いが）で移動する物体を1/30秒間隔で分析する、②水中での細かな動作の映像分析ではなく単純にマーカースを通過した時点の特定ができればよい、③本研究の測定方法を考えた場合、最も大きな影響を与える誤差は撮影時のビデオカメラとマーカースの位置関係と考えられる、といった特徴がある。これらを考慮すると、測定方法の問題で測定値がある程度の誤差を含んでいたとしても、水中での泳速度の低下の程度や、水中動作に伴う泳速度変化に関する情報が数値として得られ、そこからスタート局面の動作に関する問題点が推測できればこの方法の用途としては十分である。正確な測定値との誤差を明らかにしたとしても、本研究のコンセプト（一般のスポーツ現場で利用できる程度の経費、測定・分析方法であること）の範囲内で方法を改善するには限界があり、期待する情報がこの手順で測定した結果からも得られるのか否かを確認することの方が重要と考えられる。

そこで、映像分析により算出した泳速度をもとに、スタート局面における泳速度変化と泳者の動作との対応関係を検討した。図4は上級者（Sub. B）と中級者（Sub. A）の平泳ぎの分析結果を示している。これを見ると、

入水後および脚の引きつけによる泳速度の低下や、キックによる泳速度の上昇など、今回の方法で得られた泳速度曲線が、水中での動作を反映していることがわかる。またこの例では、中級者の場合、入水後の「1かき」のタイミングが早いために上級者に比べて泳速度低下が早くから生じることや、上級者における「脚の引きつけ」後の速度低下が著しいなどの問題点を読みとることができる。また図5は、50mのベストタイムの異なる自由形選手のスタート局面における泳速度変化を比較しているが、ベストタイムが最も速い選手（Sub. A）は、他の2人と比較して、入水後の泳速度の低下が緩やかで、高い泳速度をより長く持続できている。ベストタイムの優劣が必ずしもスタート技能の優劣を反映しない場合もあると考えられるが、これらの結果から、泳速度変化を水中動作と対応させたり、異なる選手と比較することにより、各選手のスタート局面の特徴や技術的問題点に関する情報をより客観的な形で提供できると考えられる。

5. まとめ

本研究で提示した方法による泳速度測定の信頼性は高く、また、泳者のスタート局面における再現性は高かった。泳速度曲線は泳者の水中での動作に伴って生じる泳速度変化の特徴を反映していると考えられた。複数の固定カメラを用いた映像解析と比較した場合、測定精度は低いと考えられるが、現場での実用性や、得られる情報の有用性等を考慮した場合、本研究で提案した評価方法は有効と考えられる。

【参考文献】

- 1) Cappaert JM, Pease DL, Troup JP (1995) Three-dimensional analysis of the men's 100m freestyle during the 1992 Olympic Games. *Journal of Applied Biomechanics* 11: 103-112.
- 2) 生田泰志 (2001) Australian Institute of Sports研修報告. *水泳水中運動科学* 4: 44-48.
- 3) 松井健, 寺田晶裕, 立貞栄司, 本部洋介, 生田泰志, 若吉浩二, 野村照夫 (1998) 競泳200m自由形種目における5m毎の泳速度とストローク変数の変化. *水泳水中運動科学* 1: 7-12.
- 4) 松井三雄, 水野忠文, 江橋慎四郎 (1982) 体育測定法 第21版, 杏林書院, 東京, pp.15.
- 5) 松浦義行 (1983) 体力測定法. 朝倉書店, 東京, pp.39-50.
- 6) 若吉浩二, 野村照夫, 立浪勝, 石川雄一 (1990) オリンピック代表選手のレース分析ーオリンピック代表選考会100m種目からー. *水泳研究* 15: 10-23.