

# 指導現場における競泳のスタート技能評価法の提案

## —ストップウォッチの利用—

### Proposal of evaluating method of starting technique for competitive swimmers: utilization of stop-watch

佐藤 進 (Susumu SATO)	金沢工業大学
出村 慎一 (Shinichi DEMURA)	金沢大学教育学部
中田 征克 (Masakatsu NAKADA)	防衛大学校
北林 保 (Tamotsu KITABAYASHI)	米子工業高等専門学校
野口 雄慶 (Takanori NOGUCHI)	金沢大学大学院教育学研究科

#### [abstract]

We proposed a convenient method, applicable in a field setting, for evaluating starting techniques for competitive swimmers. This study aimed to examine whether a stopwatch is applicable in this evaluation method. Three procedures were used to measure the passing time at each reference point: (1) using a stopwatch (SW); (2) from video footage using the single frame step function in the video camera (VTR); (3) from video footage using a stopwatch (VTR+SW). Reference points were marked on a rope at 50 or 100cm intervals in the starting phase; that is, from the start point to 15m. Video recordings were made using a digital video camera (1/30 sec per frame), and video recordings and measurements of passing time using a stopwatch were conducted by traveling alongside the swimmer on the poolside. In both SW and VTR+SW, passing time could not be accurately measured at 50cm intervals, while measurements at 100cm intervals were possible with SW, but not VTR+SW. The autocorrelation coefficients between swimming velocity curves of the VTR and SW measurements at 100cm intervals were 0.70 with a lag of 0 and 0.84 with a lag of 1, respectively. Thus, by using 100cm intervals similar swimming velocity curves could be obtained using SW and VTR+SW. The swimming velocity curve calculated from 100cm interval measurements provided an outline of starting techniques, although the amount of information decreased compared with the swimming velocity curve obtained with VTR at 50cm intervals.

#### [要旨]

本研究では、ストップウォッチにより50cmまたは100cm間隔で設定した各区間の通過タイムを計測し、ビデオを用いた場合と同様な分析が可能か否かを検討した。分析内容は、ビデオ映像による分析 (VTR)、ストップウォッチによる分析 (SW)、ストップウォッチによるビデオ映像の分析 (VTR+SW) を設定した。コースロープに50cmまたは100cm間隔で貼付したマーカーを泳者の頭部が通過する時間を上述の3つの方法により計測した。ストップウォッチを用いた方法 (SWおよびVTR+SW) の場合、50cm間隔で正確に測定することは困難であった。100cm間隔にした場合、SWでは計測が可能であったが、VTR+SWでは正確な計測ができなかった。SWによる100cm間隔での計測結果と

VTRの結果との相互相関係数は、0.70（ラグ0時）および0.84（ラグ-1時）と比較的高い一致度を示した。100cm間隔での計測は細かな水中動作を反映した結果は得られないが、水中でどの程度まで泳速度が低下し、浮き上がり時にどの程度であったかといった情報は提供できると考えられた。

キーワード：スタート局面、泳速度変化、ビデオ分析

## 1. 緒言

これまでの競泳のレース分析に関する研究成果等により、レース時におけるスタート局面の重要性が認識され、スタート技能の向上も重要なトレーニング内容の一つとなった<sup>1-3, 7</sup>。スタート練習の際には、空中姿勢や入水角度、水中姿勢、浮き上がり動作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。これらの問題点を発見するには、水中カメラや動作分析が可能な設備が必要であるが、一般の指導現場でこのような設備が整っていることは少ない。選手も指導者もより客観的な情報を得ることで問題点の発見や改善が可能と考えられるが、結局のところ、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。この場合、選手は自分のスタート動作について、指導者を介した情報（指導者からの言葉）しか得られないといった問題点がある。このような指導者からの情報は重要であるが、実際の映像や他のデータを利用して客観的な形で情報を伝えることも選手や指導者にとっては非常に有効性が高いと考えられる。

我々は、これまでに、指導現場で利用可能なスタート技能評価法として、スタート局面における50cm間隔ごとの泳速度変化をビデオ映像から測定する方法を提案した<sup>6</sup>。スタート局面における動作にどのような問題点があるかを詳細に分析するには高価な機器を用いた動作分析を行う必要があるが、スタート局面における泳速度変化を詳細に分析できれば、一連のスタート動作のどこに問題があるかを客観的に提示できると考えた。実際、ビデオ映像から読み取った泳速度変化から、実際の水中動作や泳力の優劣をある程度反映した泳速度変化が得られることが明らかにされた<sup>6</sup>。しかし、この方法の場合、ビデオ映像をコマ送りして各区間の通過タイムを計測するために、その場で即時に情報をフィードバックできないという不便さがある。

そこで、従来の方法における映像分析の簡略化および測定現場での選手への情報のフィードバックを可能とす

る方法として、ストップウォッチの利用を考えた。泳速度変化のみであれば、各区間の通過タイムが計測できれば算出可能である。各区間の通過タイムがストップウォッチにより計測可能であれば、簡便性の点でかなり有効な手法となる。しかし、その場合、ストップウォッチにより計測可能な間隔（区間の長さ）はどの程度か、ビデオ映像分析と比較してどの程度正確か、といった点について検討する必要がある。本研究では、我々の従来する方法におけるストップウォッチの利用可能性について検討することを目的とした。

## 2. 方法

### 1) 測定方法の概要

コースロープに一定間隔でマーカーを貼付したコース内で泳者がスタートを行った際のスタート局面（スタート台から15m地点までの区間）における各マーカーの通過時間を計測し、泳速度変化を測定した。通過時間の計測にはビデオ映像分析による計測と、ストップウォッチによる計測を用いた。

### 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)、ストップウォッチ1個。

### 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等間隔で両側のコースロープに貼付した（図1）。佐藤ら<sup>7</sup>の報告したビデオ映像による分析する方法では、マーカーの間隔は50cmであるが、ストップウォッチによる50cm間隔での測定が困難な可能性が考えられたため、50cmと100cm間隔の2種類を用いた。

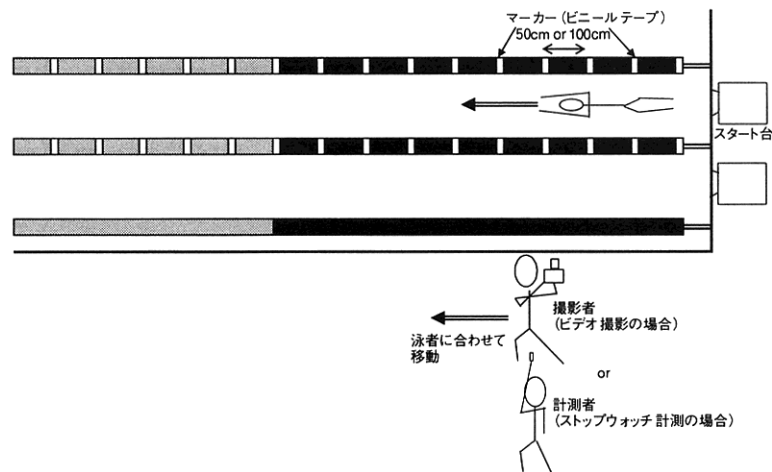


図1. 実験風景

#### 4) ビデオ撮影および映像分析

撮影者が選手の泳ぎに合わせてプールサイドを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。撮影後、ビデオ映像から選手の頭部がマーカ-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。ビデオ映像をコマ送りさせながら、各マーカ-を通過したコマを読み取り、時間計測を行った。

#### 5) ストップウォッチによる計測

計測者が選手の泳ぎに合わせてプールサイドを併走し、泳者の頭部が各マーカ-を通過した時間を計測した。その際、計測者は、ストップウォッチを持った手を前方にのばして顔の前に置き、両コースロープにあるマーカ-と自分の手の3点の直線上を泳者の頭部が通過した時間（ラップタイム）を計測した。

#### 6) 分析方法

本研究では、従来のビデオ映像分析による方法とストップウォッチを利用した方法を比較するために、50cmおよび100cm間隔それぞれについて、①ビデオ映像による分析（VTR）、②ストップウォッチによる計測（SW）、③ストップウォッチによるビデオ映像の計測（VTR+SW）の3つの方法を設定した。

①ビデオ映像による分析（VTR）は、我々が提案し

たオリジナルの方法<sup>7)</sup>により分析した。すなわち、測定したビデオ映像をコマ送り（1/30秒間隔）してマーカ-の通過時点を計測した。②ストップウォッチによる計測（SW）は、前述した方法により計測したラップタイムから泳速度を算出した。この方法で①と同様の計測が可能であった場合、簡便性はかなり改善される。③ストップウォッチによるビデオ映像の計測（VTR+SW）はビデオの再生映像を見ながらストップウォッチでラップタイムを計測した。この方法が可能であった場合、ビデオ映像分析の簡略化ができると考えた。

#### 7) 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. 結果および考察

#### 1) ストップウォッチによる計測（SW）

プールサイドにおいてストップウォッチにより50cmおよび100cm間隔での計測を実施した結果、50cm間隔では計測間隔が短くラップタイムの計測が明らかに不正確と考えられた。100cm間隔で実施した結果、入水前から入水直後といった泳速の速い区間の計測は困難であったが、入水後の計測は可能であり、ある程度正確な情報

が得られると考えられた（後述）。

## 2) ストップウォッチによるビデオ映像の計測 (VTR+SW)

ビデオ映像からストップウォッチにより区間通過タイムの計測を試みた。まず、50cm間隔での試行の計測を試みたが、ビデオ映像を見ながら50cm間隔のラップタイムの計測は困難と考えられた。同様に、100cm間隔での計測についても検討した。図2は、100cm間隔での試行における同じビデオ映像を、同じ検者が2回ストップウォッチで計測した結果 (VTR+SW1および2)、および、同じ映像について、ビデオ映像のコマ送りにより通過時間を計測した結果 (VTR) を示している。図2からもわかるように、ビデオ映像からラップタイムを計測しようとした場合、その再現性は低く、かつ、不正確な結果 (ビデオ分析による結果と異なった結果) を提示する可能性が高いと考えられた。つまり、100cm間隔での計測は、50cm間隔よりも容易であったが、いずれの間隔を用いた場合でも、VTR+SW条件での分析はその精度に問題があると考えられた。

## 3) 100cm間隔でのストップウォッチによる計測 (SW) とビデオ分析 (VTR) の関係

100cm間隔のSW条件で計測した通過時間の正確性を確認するために、同一試行をSWとVTR条件で測定し、その結果を比較した (図3)。VTR+SWで計測した場合 (図2) よりも正確な計測が可能と考えられた。図3に示したSW条件での泳速度曲線とVTR条件での泳速度曲線間における相互相関係数を算出した結果、0.70 (ラグ0時) および0.84 (ラグ数-1時) の有意な高い値を示した。入水前および直後はストップウォッチによる正確な計測

は困難であったが、100cm間隔の場合、入水後 (図の例では6-7m付近に相当する) からは、SW条件でもある程度正確に通過時間の測定が可能と考えられた。今回、SW条件において100cm間隔で計測した際の信頼性に関しては、同一試行を異なる2人で同時に計測することが出来なかったため検討していないが、VTRによる計測結果の比較より、SWで計測する場合、スタートから5m程度までの区間を無視すれば、VTRとほぼ同程度の計測結果が得られると考えられる。

我々が用いている、水中の対象物を陸上で移動しながら1台のカメラを用いて撮影する方法には、水中での屈折により影響や、マーカーとカメラの位置関係など、測定誤差を生じさせる要因が含まれている<sup>6)</sup>。しかし、我々は、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の主眼を置いている。本研究の方法には、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の位置関係と考えられる、といった特徴がある<sup>6)</sup>。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

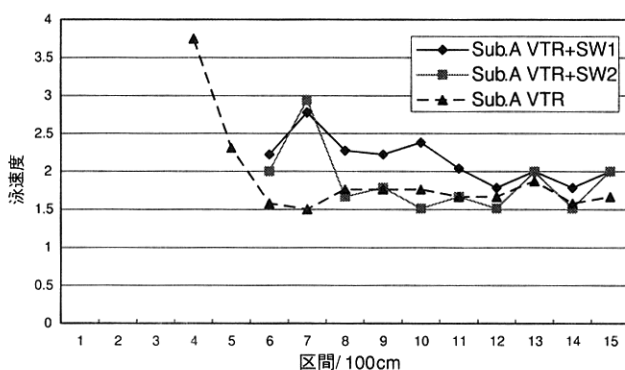


図2. VTR+SWとVTRによる分析結果の比較 (Fr)

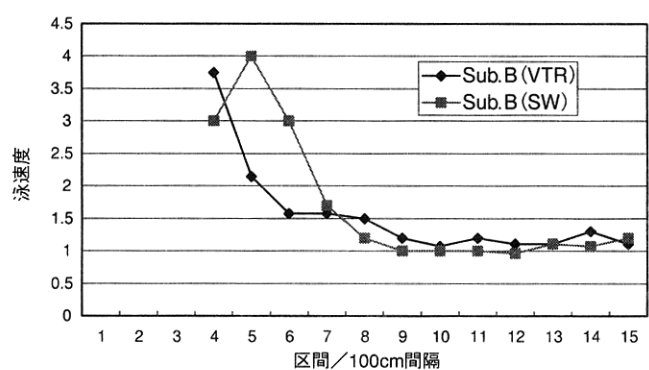


図3. 100cm間隔でのVTRとSWの関係

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。

また、50cm間隔と100cm間隔で計測した場合における、データから得られる情報量の違いについても検討した。図4は、同一のビデオ映像について、50cm間隔と100cm間隔での通過時間をコマ送りにより計測し、水中の泳動作に関する情報を付記したものである。この図からもわかるように、分析間隔を100cmにした場合には、水中でどの程度まで泳速度が低下し、浮き上がり時にどの程度の泳速度を示すかに関する情報は得られるが、水中動作と対応した泳速度変化の詳細な把握には限界があると考えられる。加えて、平均速度を算出する距離が長くなる分、算出される泳速度も粗くなることも理解しておく必要がある。

前述したように、100cm間隔での計測はSW条件下でも可能であり、スタート局面における泳速度変化の概要（図4の下図）を捉えるうえでは、VTR分析の簡易的な手法として利用可能と考えられる。しかし、SW条件下で計測した場合、VTR条件のように映像は残らないため、選手や指導者が有効利用できる程の情報は提供できない可能性もある。そこで、SWの利用法として、SW条件下での計測時に、ビデオ撮影を同時行う方法が考えられる。この方法の場合、計測者は2名必要となるが、その場ではストップウォッチによる計測結果とビデオ映像を選手にフィードバックし、その後、ビデオ映像による詳細な分析結果を提示できるため、それぞれの長所を生かした利用が可能と考えられる。例えば、現場では図4下図のような資料から、足の引きつけ時にどの程度まで泳速度が低下し、浮き上がりに向けて泳速度がどのように、どの程度まで上昇したのか等をビデオ映像と合わせて確認する。その後、ビデオ映像による詳細な分析結果（図4

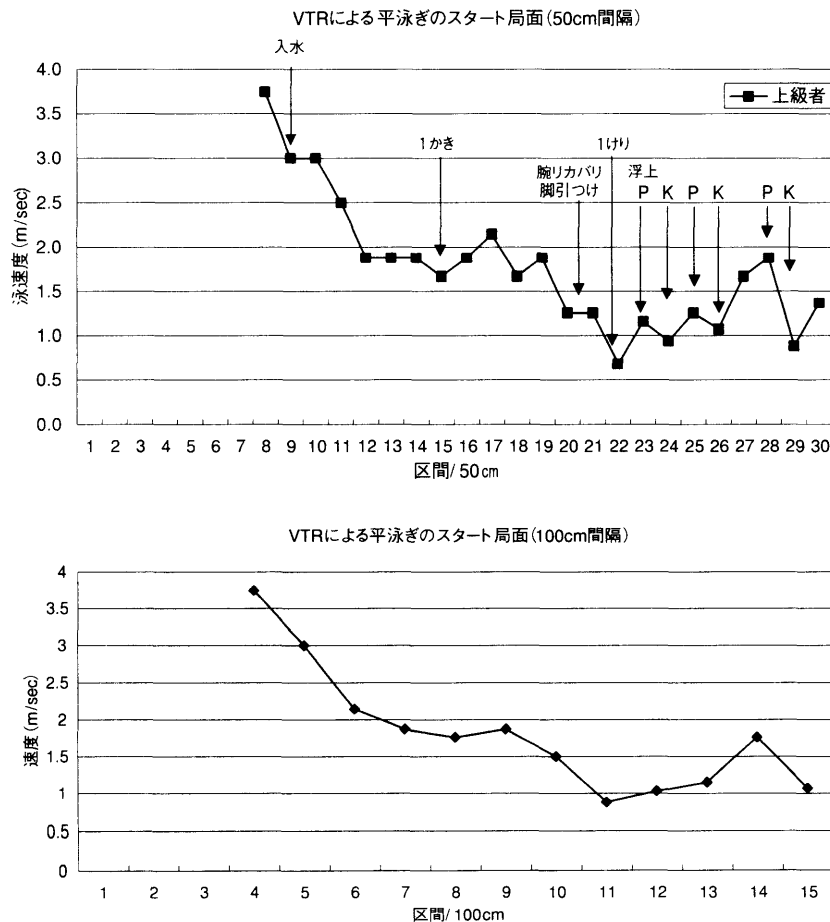


図4. 50mおよび100cm間隔でのVTRによる分析結果の比較

注) 上図におけるPはプル、Kはキックを示し、矢印は各動作が始まった時点を意味する

表1. 各測定方法の特徴

	50cm間隔					100cm間隔				
	測定時		フィードバック時			測定時		フィードバック時		
	正確性	簡便性	情報量	簡便性	映像	正確性	簡便性	情報量	簡便性	映像
VTR	○	△	○	×	有	○	△	△	×	有
VTR+SW	×	—	—	—	—	×	—	—	—	—
SW	×	—	—	—	—	△	○	△	○	なし

注) ○:優れる, △:問題はあるが許容範囲内, ×:劣る  
—:測定自体が困難で、有効性の評価自体をしていないことを意味する。

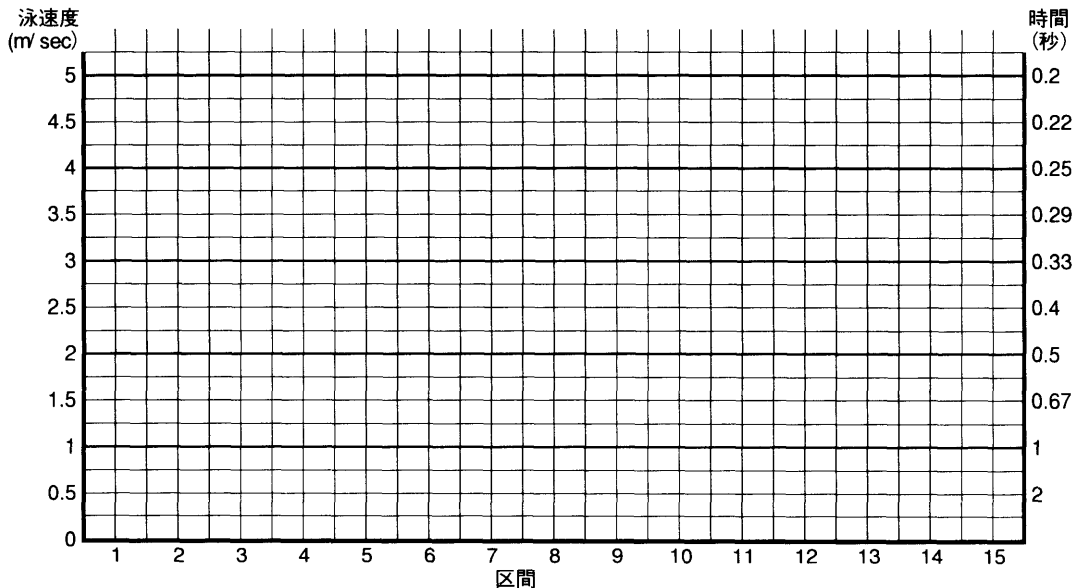


図5. 記録シート

上図) より、足の引きつけ時や浮き上がり時の正確な速度やその地点、浮き上がり後の泳速度変化などについて確認することで、スタート局面中の動作の特徴や問題点が把握できると考えられる。また、他者との比較を行うことにより各自の特徴をさらに明確化できると考えられる。

表1は、本研究で検討した各測定方法の特徴についてまとめたものである。VTRは50cm間隔でも100cm間隔でも適用可能で正確性も高いが、フィードバック時の簡便性は他の方法と比較して劣る。VTR+SWは適用できないと考えられた。SWは100cm間隔でのみ実施可能と考えられた。正確性や情報量の点でVTRと比較して劣るが、測定時にビデオ撮影を同時に行うことで、情報量を補うことは可能と考えられる。また、SW条件で計測する場合、図5のような、各区間の移動時間と泳速度を対応させたシートを用意しておくことにより簡便に情報をフィードバックできると考えられる。

#### 4. まとめ

50cm間隔でのSWによる計測、およびVTR+SWによる計測は正確性に問題があり、有効ではない。100cm間隔で分析した場合、水中でどの程度まで泳速度が低下し、浮き上がり時にどの程度の泳速度を示すかに関する情報は得られるが、水中動作と対応した泳速度変化の把握は困難と考えられる。選手に対し、スタート局面の泳動作の映像を見せることができることや、情報量が多く正確性も高い点でVTRによる方法が最も有効と考えられる。しかし、情報量が減少することや測定精度が若干低くなることを理解し、泳速度の落ち込みや浮き上がり時の泳速度を確認するだけであれば、SWによる計測は、簡易的方法として有効かもしれない。

【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) 佐藤進, 出村慎一, 北林保, 野口雄慶 (2005) 指導現場における競泳のスタート技能評価法の提案. *水泳水中運動科学* 7 : 29-33.
- 7) 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-オリンピック代表選考会100m種目から-. *水泳研究*15 : 10-23.