

スタート台の高さからみた競泳スタート

| | |
|-------|---|
| メタデータ | 言語: Japanese 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 山本, 博男, 北, 一郎, 岡沢, 茂 メールアドレス: 所属: |
| URL | http://hdl.handle.net/2297/20497 |

スタート台の高さからみた競泳スタート

山本 博男*・北 一郎**・岡沢 茂***

Biomechanical Analysis on Swimming Start Movement in Various Starting Block Heights

Hiroh YAMAMOTO*, Ichiroh KITA** and Shigeru OKAZAWA***

Abstract

The effects of starting block height of 0.60m, 0.75m, 0.90m, 1.05m and 1.20m on the start in competitive swimming were determined. Four varsity male swimmers performed the racing dive and freestyle sprint swim to 10m line. The starting performances were filmed with 16mm cine camera at 48fps. Reaction forces to starting block were measured by forceplate. Data from 16mm film were used to calculate the center of gravity of the body, time, velocity, angle and distance during each starting performance for all subjects.

Height of starting block was significantly related to flight time, flight distance and entry velocity at 0.01 level. The relationship between height of starting block and entry angle was significant at 0.05 level. However, height of starting block had no effects on 10m sprint time. Polar curve of reaction force exerted during start indicated the particular characteristics of starting technique and reflected performance of each swimmer. Therefore polar curve of reaction force might be useful for evaluation of starting performance in competitive swimming.

は し が き

競泳スタート、それは単なる飛び込みを指す言葉ではない。競泳におけるスタートとは、スタート台上に静止した身体が空中に飛び出し、空間を飛行した後入水し、さらに水中をグライドして泳ぎに移行するまでの一連の過程である。

100分の1秒を争う現在の競泳において、スタートに対する早さの要求はますます強まり、速く、遠くへ飛ぶことだけでなく、短い動作時間、速いグライドが要求されている。早さへの要求に伴い、スタート技術は近年著しく変化し

ている。従来の腕振り型の conventional スタートから、1972年のミュンヘンオリンピック以降、スタート台の前端を握って構え、腕の振りを小さくしたクラブスタートが行なわれるようになり、競泳におけるスタートの主流を占めるようになった。クラブスタートも最初は conventional スタートから、腕の振りを除いただけのスタートであった。その後、様々の改良が加えられ、現在では、高い飛び出しと深い入水角を特徴とし、大きな落下速度を利用するパイクスタートが一流泳者によって行なわれている。

昭和59年9月17日受理

* 金沢大学教育学部体育学研究室：Department of Physical Education, Faculty of Education, Kanazawa University

** 金沢大学大学院教育学研究科：Division of Education, Graduate School of Kanazawa University

*** 長野県立科小学校：Tateshina Elementary School, Tateshina, Nagano

これまでの競泳スタートに関する研究は、各スタート法の技術的要因を指摘した研究^{4),7),8),9),10),11),12),13),15),18),21)}スタート法間の比較^{1),2),5),6),12),23)}スタート法の改良に関する研究^{13),22)}及びスタート以外の要因、即ちスタート台、床反力などに関する研究^{3),5),10),19),20),23)}に分類されるが、これらの研究では、スタート台の高さについては、ほとんど考慮されていないと思われる。

スタート台の高さについて、日本水泳連盟は、プール公認規則（1981—1984）¹⁶⁾で 0.5m から 0.75m と定め FINA 主催の競技会におけるスタート台の高さに関しても、0.50m から 0.75m の幅をもっている。従来、スタート台の高さに関しては、Heusner (1959)¹⁰⁾が公式の上から理論的に検討しているだけで、実際にスタートパフォーマンスに対する影響を取り扱った研究は皆無である。

従って、本研究の目的は、競泳スタートのパフォーマンスに対してスタート台がもつ高さの影響を動作分析および床反力の観点から検討することである。

○方 法

本研究では、水泳のスタートを、用意の姿勢から飛びこみ、入水後グライドから泳ぎに移行するまでの一連の過程と考え、泳者が完全に泳ぎに移行する 10m ラインまでの到達時間を、スタートのパフォーマンスにおける評価の指標とした。

1) 被検者

被検者は、金沢大学水泳部員、男子 4 名であり、その身体的特徴を表 1 に示した。

Table 1. Physical characteristics of the subjects.

| Subject | Height (cm) | Weight (kg) | Age (yrs) |
|-----------|-------------|-------------|-----------|
| A (N. I.) | 180.6 | 76 | 21.3 |
| B (T. M.) | 178.0 | 75 | 21.2 |
| C (I. K.) | 172.9 | 61 | 20.3 |
| D (Y. H.) | 171.5 | 62 | 18.7 |
| M | 175.8 | 68.5 | 23.4 |
| S. D. | 3.70 | 7.02 | 1.04 |

2) 実験手順

本研究で使用したスタート台の高さは I 0.60 m, II 0.75 m, III 0.90 m, IV 1.05 m および V 1.20 m の 5 種類であった（図 1）。各高さのスタート台から飛び込みと 10 m ラインまでの全力水泳（クロール泳法）を 4 試行ずつ行なった。高さの順序を無作為に変えて行ない、スタート法については、各被検者が競技会で使用しているスタート法を用いた。

3) 測定方法

10 m 到達時間の測定については、ピストルの撃鉄が下りると同時に作動しはじめ、被検者の頭部が 10 m ラインに到達した時、検者がスイッチを押すことによって停止するデジタルタイマーで 1/1,000 秒まで測定された。手動ストップウォッチによる計時も同時に行なった。

また、スタート動作の撮影については、各高さにおける第 2, 第 4 試行を 16 mm cine camera によって 48 frames/sec で撮影した。

さらに、床反力の測定については、三栄測器社製のフォースプレートを用いてスタート動作時のスタート台に対する床反力を測定した（写真 1）。その際、床反力のデータを 16 mm フィルムと同期させるため、ピストルからの電気的シグナルを記録器に入力した（図 2）。

なお、被検者の水泳パフォーマンスが実験前後で変化しているかどうか確かめるため、実験の前後に 25 m の全力水泳を行ない時間を測定した。

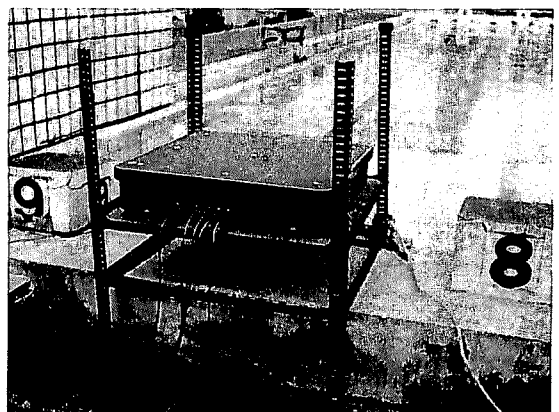


Photo. 1. Starting block.

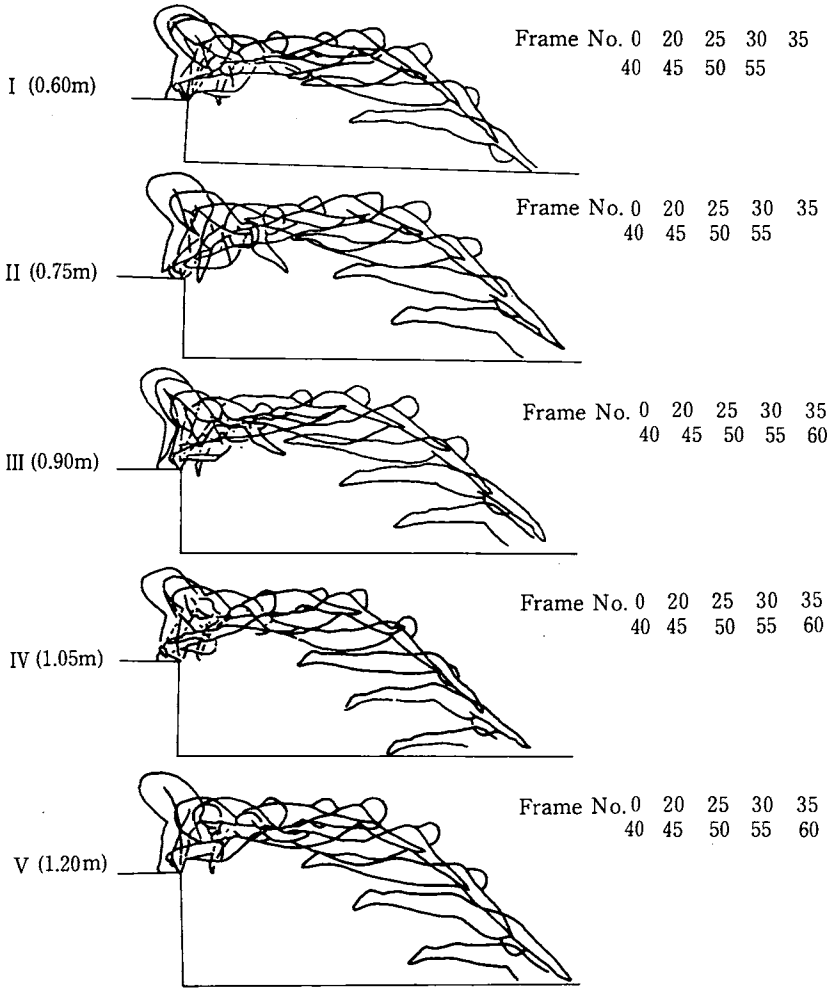


Fig. 1. Postural changes in swimming start at five selected starting block height (I : 0.60m, II : 0.75m, III : 0.90m, IV : 1.05m and V : 1.20m) for subject B (T. M.). Starting technique is pike start.

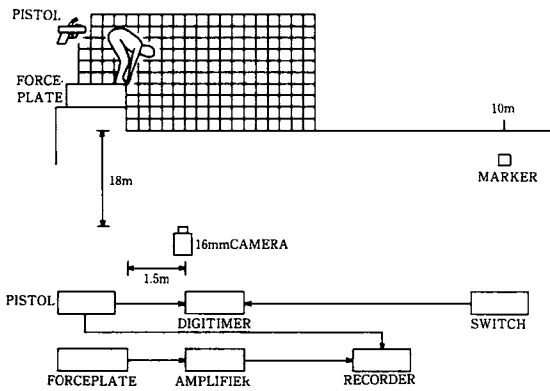


Fig. 2. Schematic representation of measuring system.

4) 分析方法

16 mm film は NAC motion analyzer で分析スタートにおける身体重心を測定し¹⁴⁾重心から、軌跡、take-off 時の投射速度と投射角、入水時の入水速度と入水角、水平飛行速度を測定し、被検者の映像から反応時間、動作時間、飛行時間及び飛行距離を測定し、10 m 到達時間から入水までの時間を減じてグライド+水泳時間を測定した。

床反力のデータは、水平、垂直成分について

経時的に分析し、スタート動作に伴う合力の極座標曲線を描き、各被検者の特徴を検討した。

スタートのパフォーマンスに対するスタート台の高さの影響はスタート台の高さと各要素の間の相関係数を測定することによって検討した。

○結 果

各被検者のスタート法は、被検者AがGrabスタート、被検者Bがパイクスタート、被検者Cがconventionalスタート (straight back swing)、被検者DがGrabスタートであった(図3)。

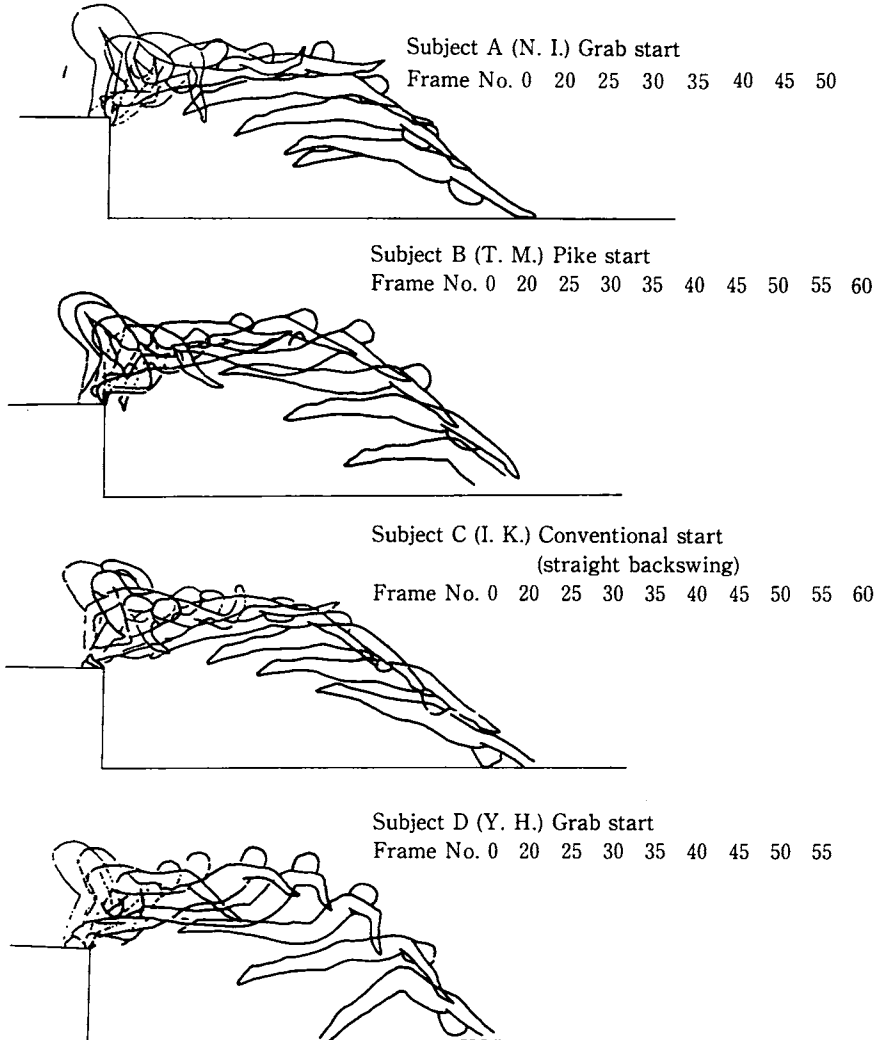


Fig 3. Postural changes in swimming start of each subject.
(Starting block height = 0.90m)

5種類のスタート台からのスタートにおける身体重心の軌跡を各被検者について図4-1から図4-4に示した。各軌跡における記号の位置は左側から構えの姿勢、take-off および入水直

前の身体重心の位置を示した。全ての被検者において、スタート台が高くなるにつれて重心の軌跡は上方にずれた。殊に、被検者Bと被検者Cでは各軌跡がほぼ等間隔であり、被検者Aの

0.90 m と 1.05 m, 被検者 D の 0.75 m と 0.90 m の軌跡は構えの位置から接近し, 飛行曲線もほとんど変わらなかった。

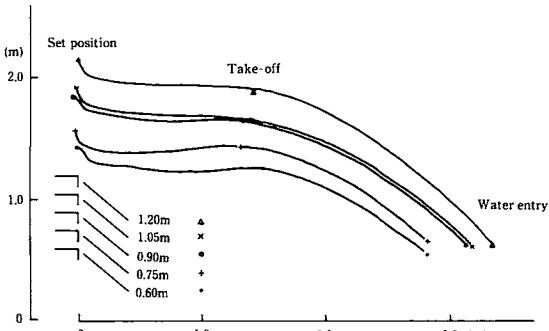


Fig. 4-1. Continuous changes of C. G. location in swimming start from five selected starting block height for subject A (N. I.). Starting technique is grab start.

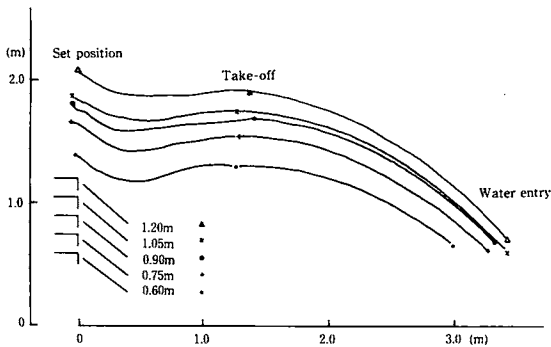


Fig. 4-2. Continuous changes of C. G. location in swimming start from five selected starting block height for subject B (T. M.). Starting technique is pike start.

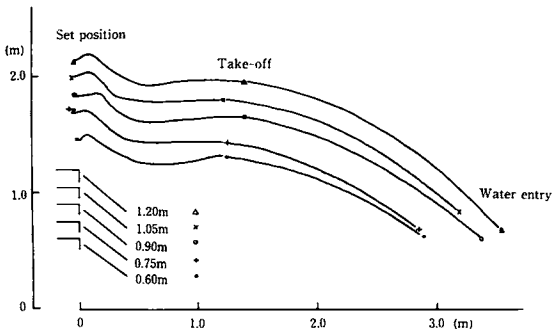


Fig. 4-3. Continuous changes of C. G. location in swimming start from five selected Starting block height for subject C (I. K.). Starting technique is conventional start.

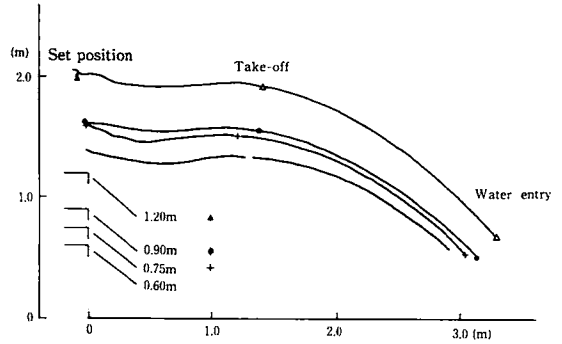


Fig. 4-4. Continuous changes of C. G. location in swimming start from five selected starting block height for subject D (Y. H.). Starting technique is grab start.

重心位置の移動から計算した take-off における投射角と投射速度, 入水時の入水角と入水速度および水平飛行速度と手先の入水位置から測定した飛行距離を表 2 に示した。

競泳スタートの実験前後僅かに低下したが, 差は有意でなかった。また, 被検者間には 0.51 秒から 1.96 秒の差があった (表 3)。

表 4 に本研究で測定した変数間の相関係数を示した。

10 m 到達時間は被検者間に差があったものの, 同一被検者内のスタート台の高さと 10 m 到達時間との間には, 被検者 B の手動計時において 1% レベルで有意であった以外は有意な関係が認められなかった。

スタート台の高さと入水速度および飛行距離の間には 1% レベルで有意な正の相関があり, スタート台の高さと入水角の間には 5% レベルで正の相関があった。

各被検者の投射角には高さによる傾向はみられず, スタート法による特徴もみられなかった。また入水角もスタート法による差はなかった。

スタート台の高さと各段階 (反応時間, 動作時間, 飛行時間, グライド+水泳時間) の経過時間の間には, スタート台の高さと飛行時間に 1% レベルで正の相関があり, スタート台の高さとグライド+水泳時間に 5% レベルで有意な負の相関があった。またスタート台の高さと各段階の経過時間の割合の間には, スタート台の

Table 2. Velocity and angle of projection at take-off, velocity and angle of incidence at water entry, horizontal velocity and distance of flight.

| Trial | Take-off | | Water entry | | Horizontal flight V. (m/sec) | Flight distance (m) | |
|-------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------------------|---------------------|------|
| | Velocity (m/sec) | Angle (deg.) | Velocity (m/sec) | Angle (deg.) | | | |
| A | I | 4.28 | 10.4 | 6.77 | 39.5 | 5.21 | 4.15 |
| | II | 5.02 | -7.7 | 6.71 | 44.3 | 4.79 | 4.17 |
| | III | 5.49 | -5.9 | 6.97 | 34.2 | 5.37 | 4.44 |
| | IV | 5.23 | -6.6 | 8.00 | 49.2 | 5.39 | 4.33 |
| | V | 5.62 | -1.0 | 7.72 | 49.6 | 5.39 | 4.59 |
| B | I | 4.77 | -7.6 | 6.10 | 40.2 | 5.54 | 4.13 |
| | II | 4.67 | 2.2 | 5.46 | 44.0 | 5.28 | 4.44 |
| | III | 4.53 | 4.7 | 6.44 | 39.2 | 5.49 | 4.53 |
| | IV | 4.36 | -0.5 | 8.01 | 48.5 | 5.46 | 4.62 |
| | V | 4.94 | -1.3 | 7.12 | 44.4 | 5.46 | 4.59 |
| C | I | 5.01 | -6.7 | 5.24 | 18.9 | 5.31 | 4.07 |
| | II | 6.05 | 2.1 | 6.64 | 48.0 | 5.45 | 3.08 |
| | III | 5.06 | 8.0 | 7.27 | 39.6 | 5.60 | 4.56 |
| | IV | 4.95 | 7.9 | 7.65 | 40.0 | 5.65 | 4.30 |
| | V | 6.42 | -0.4 | 8.38 | 50.3 | 5.41 | 4.61 |
| D | I | 4.90 | -3.6 | 6.22 | 41.3 | 5.19 | 4.19 |
| | II | 5.31 | -5.1 | 5.88 | 39.6 | 5.14 | 4.25 |
| | III | 5.90 | -10.0 | 7.82 | 44.8 | 5.91 | 4.16 |
| | IV | - | - | - | - | - | - |
| | V | 5.83 | -11.5 | 6.49 | 43.6 | 5.33 | 4.45 |

I : Starting block height 0.60m II : Starting block height 0.75m

III : Starting block height 0.90m IV : Starting block height 1.05m

V : Starting block height 1.20m

Table 3. 25m sprint time. (sec.)

| Subject | A (N. I.) | B (T. M.) | C (I. K.) | D (Y. H.) | \bar{X} | S. D. |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Pre-test | 12.09 | 12.73 | 13.25 | 14.05 | 13.03 | 0.713 |
| Post-test | 12.41 | 12.79 | 13.38 | 14.22 | 13.20 | 0.683 |

t=3.095 (p>0.05)

Table 4. Correlation coefficients among the experimental variables.(N=19)

| | | | | | | | | | | |
|----|--------|---------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------------------------|
| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | |
| | -0.229 | 0.703** | -0.413* | -0.020 | 0.330 | 0.702** | 0.480* | 0.314 | 0.759** | 1. Starting block height |
| | | -0.253 | 0.907** | 0.435* | -0.354 | -0.172 | -0.186 | 0.068 | -0.501* | 2. Total start time |
| | | | -0.555** | 0.228 | 0.190 | 0.345 | 0.314 | 0.304 | 0.835** | 3. Flight time |
| | | | | 0.270 | -0.421* | -0.031 | -0.206 | -0.209 | -0.647** | 4. Glide plus swim time |
| | | | | | -0.398* | 0.412* | 0.387* | 0.334 | 0.059 | 5. Take-off velocity |
| | | | | | | 0.135 | -0.006 | 0.139 | 0.208 | 6. Take-off angle |
| | | | | | | | 0.826** | -0.416* | -0.461* | 7. Entry velocity |
| | | | | | | | | 0.072 | 0.367 | 8. Entry angle |
| | | | | | | | | | 0.166 | 9. Horizontal flight velocity |
| | | | | | | | | | | 10. Flight distance |

* p<0.05 ** p<0.01

高さや動作時間および飛行時間には正の、グライド+水泳時間には負の相関があり、それぞれ1%レベルで有意であった。

各被検者における各段階の経過時間に関しては、グラブスタートを行なった被検者Aと被検者Dは動作時間、飛行時間の割合が小さく、グ

ライド+水泳時間の割合が大きかった。パイクスタートを行なった被検者Bでは飛行時間の割合が4人のうちで最も大きく、グライド+水泳時間の割合は最も小さかった。conventionalスタートを行なった被検者Cは動作時間の割合が大きかった。(図5)

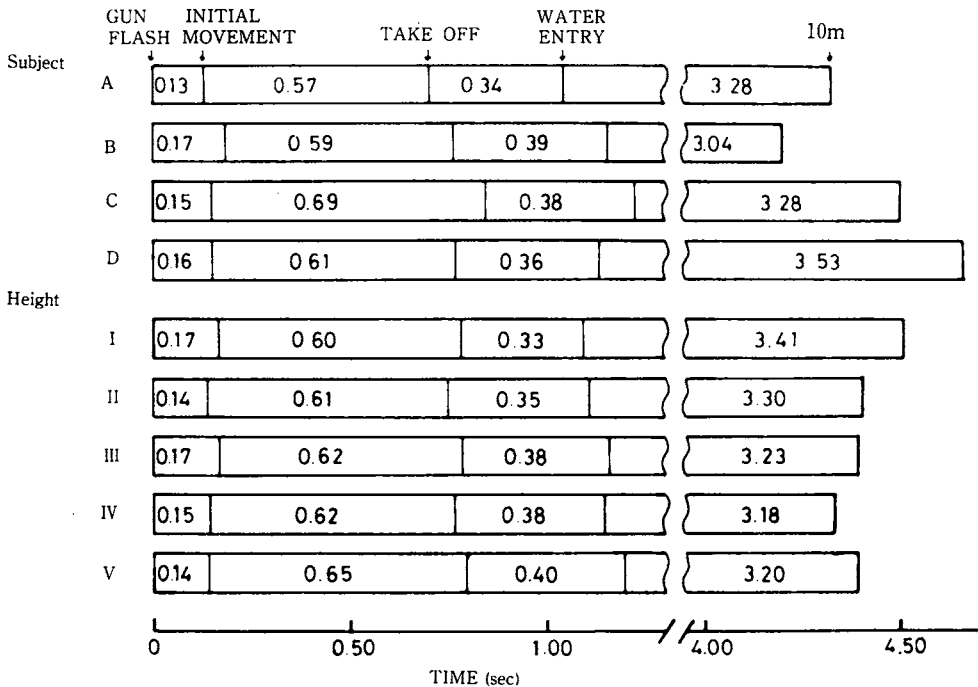


Fig. 5. Times measured from gun flash to various stages of the start.

図6に各被検者のスタート動作と、それに伴う床反力の合力ベクトルにおける変化を表わした極座標曲線を示した。3つの姿勢と合力ベクトルは、構え、手が台を離れる瞬間、take-off直前の姿勢と合力ベクトルを示している。

被検者Aはグラブスタートを行ない、スタート台から手が離れ、脚だけの押しに移行するまでに合力の減少がみられた。全体的に垂直成分の変化が小さく、脚の押しによる床反力は被検者Bと被検者Cの床反力より小さかった。

被検者Bはパイクスタートを行なった。手が離れるまでは膝を曲げて体を低くするため垂直成分が減少し、手が離れた後は垂直成分が急激に増加している。

被検者Cはconventionalスタートを行なった。腕のバックスイング時に床反力は減少し腕が振りおろされる瞬間では床反力はほとんど0になる。その後は腕の前方への振り出しと脚の押しによって床反力は急激に増大し、最大値は体重が14kg違う被検者Bとほぼ同じであった。

被検者Dはグラブスタートを行ない、床反力は他の3名と比較して小さく、1.20mでは他の2つの異なった極座標曲線が得られた。

以上のように、本研究では、各スタート法において特有の極座標曲線が得られたと同時に、スタート台が高くなるにつれて、その曲線は平らになる傾向を認めた。

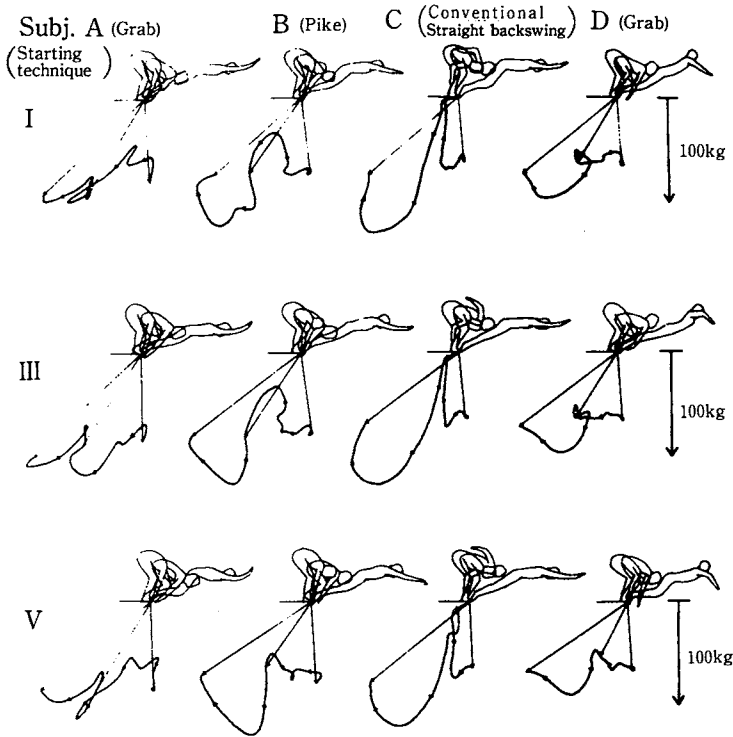


Fig. 6. Polar curve of resultant force during swimming start of each subject.

I : Starting block height=0.60m

III : Starting block height=0.90m

V : Starting block height=1.20m

○考 察

本研究でスタートのパフォーマンスの指標として選んだ10m到達時間は10mまでに3~5ストロールを行ったにもかかわらず、全力水泳との相関がなく、スタートを評価する指標として適当であった。

スタート台が高くなるにつれて飛行時間、飛行距離、入水速度および入水角は有効に増加した。飛行時間にはtake-offにおける投射角と投射速度も影響を及ぼすと思われるが、両者はスタート台の長さによって有意に変化しなかった。従って飛行時間が増大したのはスタート台が高くなったためと思われる。

10m到達時間とスタート台の高さには有意な相関がなかったが、パイクスタートを行なった被検者Bの自動計時がスタート台が高くなるにつれて有意に改善されたことは高いスタート

台におけるパイクスタートの有利さを示すと思われる。殊に、パイクスタートを行なった被検者Bではグライド+水泳時間が、他の被検者より0.24-0.49秒みじかく、水中のグライドにおけるパイクスタートの優越性を示していた。

重心の移動からみた場合、入水角はスタート法による一定の傾向がみられず、一様に大きな入水角であり、スタート台の高さと入水角に有意な正の相関がみられた。

林(1973)⁸⁾、日本水泳連盟(1975)¹⁵⁾などに説明されている入水角は、身体各部の入水角を指していると思われる。

入水時の抵抗は身体の進行方向、つまり重心の進行方向に対して身体の面積を小さくすれば減らせる。入水時の抵抗が小さいといわれるパイクスタートの深い入水角は、重心の入水角に近い身体各部の入水角を示すと思われ、重心の

入水角を示すのではないと思われる。従って、スタート法に特有の入水角を検討するときは、身体各部の入水角の面から検討するべきであるし、抵抗の少ない入水について検討するときは、身体各部の入水角と重心の一致度も考慮すべきである。

床反力の極座標曲線によって高さの影響を客観的に評価することはできなかった。しかし、曲線の形は各スタート法の特徴を反映していた。

グラブスタートを行なった被検者Aと被検者Dの床反力は垂直成分の変化が少なく、手がスタート台を離れた後の脚の押しにおいても垂直成分の増加は顕著ではない。重心も直線的な軌跡を描き、グラブスタートの短い動作時間を反映していた。

集中的な力の発揮については Ayalon et al. (1975)¹⁾, Lowell (1975)²⁾, 佐々木と波多野 (1978)¹⁷⁾ が conventional スタートの利点を指摘しているように、conventional スタートを行なった被検者Cでは、腕のバックスイングの間に床反力の垂直成分がほとんどなくなり、重心が重力に従って落下している状態を反映していた。また、床反力の最大値が体重の 14 kg 多い被検者Bとほぼ同じであり、腕の振りと脚の押しの協応によって take-off 時に大きな力を集中的につくり出していた。

パイクスタートを行なった被検者Bの場合、初期動作において膝を屈曲した沈み込みがみられ、床反力の垂直成分が減少し、手が離れた後、垂直成分が急激に増加して上方への押しを示している。

被検者Bの極座標曲線は、グラブスタートに比較して垂直方向の変動が大きく、パターンが異なるため、床反力からみてパイクスタートとグラブスタートは異なったスタート法であるといえる。

極座標曲線では力の変化を連続的にとらえ、各被検者のスタート動作における特徴を観察できた。従って、床反力の極座標曲線は、泳者の

スタート動作を検討する上で役立つであろう。ただ、時間については前後関係がわかるだけで変化の速さについて表現できない難点がある。

身体の投射は、身体がスタート台上にある間に身体に与えられた力の和によって決定される。つまり、床反力を積分すれば身体に与えられた力を測定できる。しかし、本研究では積分値を計算できなかったため、床反力から身体の投射について考察できなかった。

○本研究の問題点と今後の課題

本研究では、鉄製の支柱を用いた台を製作し、その上にフォースプレートに乗せてスタート台とした。しかし、スタート台の高さが 1 m 以上になると安定性が低下したため、スタートのパフォーマンスに影響を与えたかもしれない。

10 m 到達時間はデジタイマーを用いて測定したが、根本的には手動計時であり、人間の反応時間による誤差と、10 m ラインに頭部が到達したかどうかの判断における誤差が考えられる。これらの誤差を除いてより正確な測定を行なうためには、水中からパフォーマンスを 16 mm cine camera で高速度撮影し、16 mm フィルムによって測定する方法が有効だと思われる。

本研究でパフォーマンスの指標として選んだ 10 m 到達時間は泳力に影響されず、スタートのパフォーマンスを評価する基準として適当であったが、研究者によって基準が異なる現状からみると、パフォーマンスについて、いくつかの距離について同時に測定し、客観的にスタートのパフォーマンスを評価するのに最も適切な基準となる距離について検討する必要がある。

スタート台が高くなると、身体の投射位置が高くなって落下距離を増加させ、その結果として入水時の速度を大きくする。大きな入水速度はその後のグライド+水泳時間に大きな影響を与えられると思われる。本研究でグライド+水泳時間が 10 m 到達時間と有意に関係していたため、水中の動きについて今後さらに研究を進める必要があろう。

本研究では、同一個人内におけるスタート法の比較、個々のスタート法に対する高さの影響を測定できなかったが、これは今後の研究課題であろう。

○ 結 論

1. スタート台の高さと飛行時間には 1% レベルで有意な相関があり、スタート台の高さが高くなるにつれて飛行時間は増加した。しかし、スタート台の高さと 10 m 到達時間には有意な関係が認められた。

2. スタート台の高さが高くなるにつれて、飛行距離と入水速度は 1% レベルで、入水角は 5% レベルで有意に増加した。入水角を重心の移動から検討した場合スタート法による差は認められなかった。

3. スタート台の高さが床反力に与える影響は定量できなかったが、床反力の極座標曲線はスタート法による特徴を示し、泳者のスタート動作と密接に関連していた。従って、床反力の極座標曲線は泳者のスタート動作を評価するための一指標として役立つであろう。

今後、水中の動作を含めて、各スタート法に対するスタート台の高さが影響を更に検討する必要がある。

参 考 文 献

1. Ayalon, A., B. Van Gheluwe, and M. Kanitz, : A comparison of four style of racing start in swimming. Clarys, J. P. and L. Lewillie, (eds) Swimming II, International Series on Sports Science, Vol 2, pp 233-240, Univ. Park Press, Baltimore, 1975.
2. Bowers, J. E. and P. R. Cavanagh, : A biomechanical comparison of the grab and conventional sprint starts in competitive swimming. Clarys, J. P. and L. Lewillie, (eds) Swimming II, International Series on Sports Science, Vol 2, pp 225-232, Univ. Park Press, Baltimore, 1975.
3. Cavanagh, P. R., J. B. Palmgren, and B. A. Kerr, : A device to measure forces at the hands during the grab start. Clarys, J. P. and L. Lewillie, (eds) Swimming II, International Series on Sports Science, Vol 2, pp 43-50, Univ. Park Press, Baltimore, 1975.
4. Counsilman, J. E. : The science of swimming. pp 133-142, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, Inc. 1968.
5. Disch, J. G., W. W. Hosler, and J. A. Bloom, : Effect of weight, height, and reach on the performance of the conventional and grab starts in swimming. Clarys, J. P. and L. Lewillie, (eds) Swimming II, International Series on Sports Science, Vol 2, pp 215-221, Univ. Park Press, Baltimore, 1975.
6. Gibson, G. and L. E. Holt, : A cinema-computer analysis of selected starting techniques. Swimming Tech. (Fall) : 75-76 and 79, 1976.
7. Groves, R. and J. A. Roberts, : A further investigation of the optimum angle of projection for the racing start in swimming. Res. Quart. 43 (2) : 167-174, 1972.
8. 林裕三 : 選手を対象とした泳法のコーチング 宮下充正・波多野勲・林裕三 (編著) 競泳のコーチング, pp 101-102, 大修館書店, 1973
9. Heffner, F. : The swimming start. Athletic J. 40: 18 and 60-61, 1960.
10. Heusner, W. W. : Theoretical specifications for the racing dive: Optimum angle of take-off. Res. Quart. 30 (1) : 25-37, 1959.
11. 池内八郎 : 競泳のスタート動作に関する分析的研究, 体育学研究 13 (5) : 171, 1969.
12. Lowell, J. C. : Analysis of the grab start and the conventional start. Swimming Tech. 3: 66-69 and 76, 1975.
13. Maglischo, C. W. and E. Maglischo, : Comparison of three racing starts used in competitive swimming. Res. Quart. 39 (3) : 604-609, 1968.
14. 三浦望慶・池上康男・松井秀治 : 部分及び合成重心係数を用いての座標測定方式による合成重心の算出, 体育の科学, Vol. 24 No.8, 517-522, 1974.
15. 日本水泳連盟編 : 水泳指導教本, pp 186-192, 大修館書店, 1975.
16. 財団法人水泳連盟規則集 (1981-1984) プール公認規則 第 23 条
17. 佐々木敏・波多野義郎 : 競泳における腕振り型スタートに関する分析的研究, 体育学研究, 23 (1) : 25-33, 1978.
18. Smith, A. The coiled spring racing dive. Athletic J. 38 : 51-52, January, 1958.
19. Stevenson, J. R. and C. A. Morehouse, : Influence of starting-block angle on the grab start in competitive swimming. Clarys, J. P. and L. Lewillie, (eds) Swimming II, International Series on Sports Science, Vol 2, pp 207-214, Univ. Park Press, Baltimore, 1975.
20. Tuttle, W. W., L. E. Morehouse and D. Armbrus-

- ter, : Two studies in swimming starts. Res. Quart. 10: 89-98, 1939.
21. 山根成之：水泳の逆飛び込みにおける動作分析について, 体育学研究, 9(1): 270, 1964.
22. 吉田章・斉藤慎一：競泳におけるスタート動作の分析, 筑波大学体育科学系紀要第4巻: 49-54, 1981.
23. Zatsiorsky, V. M., N. Zh. Bulgakova, and N. M. Chaplinsky. : Biomechanical analysis of starting technique in swimming. Terauds, J. and E. W. Bedingfield, (eds) Swimming III, International Series on Sports Science, Vol 8, pp 199-206, Univ. Park Press, Baltimore, 1979.