

競泳におけるスタート動作の分析

吉田 章 齊藤 慎一

An Analysis of the Starting Form in Competitive Swimming

Akira YOSHIDA, Shin-ich SAITO

The start is generally considered to be one of important elements for success in competitive swimming, especially in the short distance. Little study has been done which evaluates starting form from a viewpoint of the both phases in the air and underwater, while various starting techniques have been developed and employed by coaches and swimmers in many countries of the world. The purpose of this study was to investigate a series of starting forms which were in the air and underwater. Subjects were 12 (9 males, 3 females) swimmers who were Japanese Candidates of Moscow Olympic Games. The starting forms were filmed with 2 sets of 16 mm cine camera. The films were analyzed to establish the position of Center of Gravity and others using the NAC Film Motion Analyze System.

The following results were obtained;

- 1). The important factors for successful start were Horizontal Velocity at the moment of Take-off and Gliding Velocity in the water.
- 2). The relation between the successful start and the angle of entering water was less important.
- 3). Swimmers who had done a successful start were taller in standing height than others.

I. 諸言

競泳の短距離種目において、スタートがその記録に及ばず影響は大きい。合理的なスタート技術に関する研究は、今日までコーチや選手達によって実践的に進められているばかりでなく、Hanauer(1967)やMaglischo and Maglischo(1968)を始めとする研究者達によっても進められており⁵⁾、多くの示唆が導き出されてきた。しかしながらこれらの研究は、施設や器材、また技術上の問題から、スタートの空中部分についての解析にとどまっている^{3) 7) 8) 9)}。

競泳におけるスタート技術の良否について、一般には、1) スタート合図からの反応時間の長短、2) スタート台から離れる瞬間の初速度、3) 水面への到達距離、などによって評価されているが^{1) 2) 6)}、本質的には続く入水後の、4) ストロークを開始する時点までの移動距離、5) ストローク開始時の速度の程度、まで含めて考察されるべきものである。

本研究では、トップ・スイマーを被験者とし、スタートについてその水中部分までを含めた一連の動作としてとらえ、それらの選手のスタート動作の実態を把握すると共に、スタートの技術的要

因について検討することを目的とした。

また、“遠くへ高く”飛び出すことにより、高い所からの位置エネルギーを前進速度に生かすものとして、かなり深い角度で入水することを特徴とする“パイク・スタート”という技術が最近トップ・スイマーの間で着目されているが、この方法についても特に入水角との関係から検討を加えようとするものである。

II. 研究方法

被験者としては、モスクワ・オリンピック競泳日本代表候補選手12名（男子9名・女子3名）を用いた。

実験では、通常行われる方法でピストルの合図と共に最大努力でスタートし、引き続いて50m全力泳（自由型10名・蝶泳2名）を行わせた。この際、スタートの構えから空中期および入水までを、側方よりフォトソニック1PL（カメラ1）を用い、また入水からほぼ水面に出るまでの水中中期を、プール下部側壁に設けられた水中観察窓からボレックスH16（カメラ2）を用いて撮影を行った。撮影条件はカメラ1をレンズ50ミリ、フィルム速度毎秒100コマ、露出時間1/1300秒とし、カメラ2をレンズ10ミリ、フィルム速度毎秒48コマ、露出時間1/500秒とした。また撮影速度の較正のために、パルス・ジェネレーターからの毎秒10サイクルのパルスと同時にフィルム・エッチに写し込み、フィルム速度の算出を行った。

得られたフィルムから、ナック社製フィルムモーション・アナライザー（カーディアス）を用い、空中期については2コマ毎、水中期については1コマ毎に身体に付したマーク12点を読み取り、松井らの合成重心係数⁴⁾を用いて身体重心の位置、またその他のデータをアウト・プットさせた。

身体重心の位置データは、キャノン社製桌上コンピューター（SX-150）を用い、5点移動加重平均法による平滑化を行った後、速度などを算出した。

III. 結果および考察

Figure 1.(a) は、一例として Sub.11(K・Y)

のスタートのフォームを示したものであり、Figure 1.(b) は、同じく Sub.11 のスタートにおける身体重心位置の変化を、スタート台端壁と水面の交差する地点を座標原点として示したものである。Figure 2.(a) は、同じくその際の身体重心の速度（水平・垂直）変化を、また Figure 2.(b) は、体幹に対する上肢と下肢のなす角度を、それぞれスタート合図からの時間で示したものである。Figure 2.(a) に示した身体重心の入水時の垂直・水平速度はほぼ等しく、入水角が約45度に近いこと、また Figure 2.(b) に示した上肢と下肢の体幹に対する傾きの変化からみて、この選手のスタートは前述のパイク・スタートの一つの典型を示すものと思われる。

これらの図では、水中期のデータを手先が水面に入水する時点で空中期のデータに合わせたのが、空中期と水中期の連続性についてはほぼ良好であると考えられる。また Figure 2.(a),(b) の中程に示した符号は、左からスタート合図（GO）、足がスタート台から離れる時点（Take-off）、手先が水面に入水する時点（Entry）、および水中での脚の動作（Kick）、と腕の動作（Pull）の開始時点をそれぞれ示したものである。

スタートの良否は、ある地点に達するまでの時間の長短によって評価することができる。従ってここでは、スタート合図から身体重心が5m地点を通過するまでの時間（5m到達時間）を求め、それによる考察を二つの観点から進めた。

(1) 5m到達時間を手がかりにして、Figure 1(b), 2(a),(b) の図で示される各々のデータをもとに、スタートの技術的要因を検討する。

Figure 3. には、5m到達時間（Total Start Time）と、その時点での身体重心水平速度（Glide Velocity）との関係を示した。この図から5m到達時間の良い者は、水中でのグライド速度が高いことがわかる。なお5m到達時間の平均および標準偏差は 2.18 ± 0.20 秒であり、女子選手は男子選手に比べて約0.33秒遅かった。また男子の短距離と中距離の選手の間に差は認められなかった。

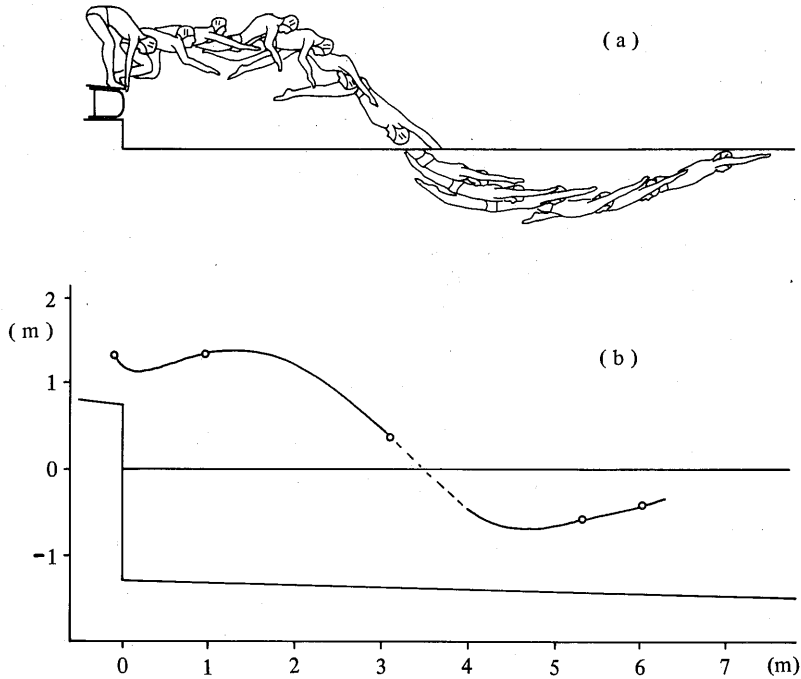


Fig. 1 (a) Postural Changes and (b) Continuous Changes of C. G. Location in Swimming Start (Sub. 11, K.Y.)

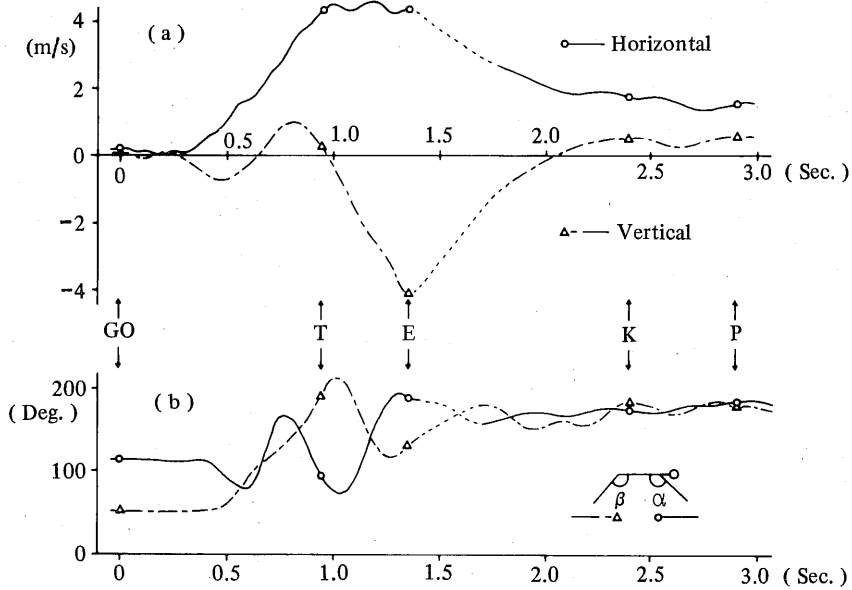


Fig. 2 (a) Continuous Changes of Vertical and Horizontal Velocity of C. G. and (b) Leans of Upper and Lower Extremities; Both Shown during On-block, Air, and Water Phases of Swimming Start (Same Subject in Figure 1.)

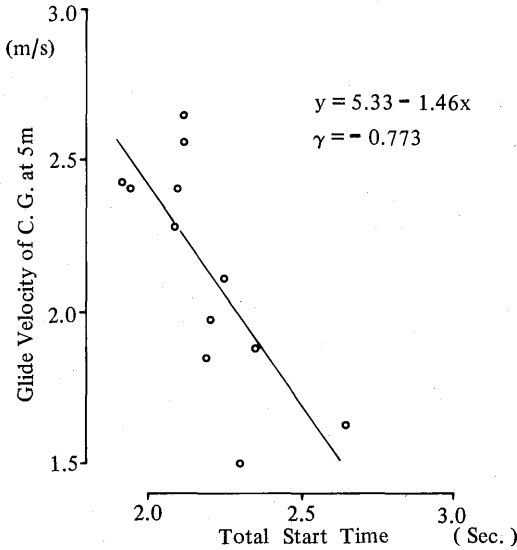


Fig. 3 The Relation between Total Start Time and Glide Velocity of C. G. at 5m.

Figure 4. には、グライド速度と入水角 (Entry Angle) の関係を示したが、入水角との間に顕著な関係は認められなかった。

また、速度の遅い女子2名を除外しての考察においても、5m到達時間と入水角との間に関係は認められなかった。さらに、体幹と上肢および下肢のなす角度と5m到達時間、あるいはグライド速度との間にも傾向は認められなかった。なお入水角の平均および標準偏差は 42.8 ± 3.9 度であった。

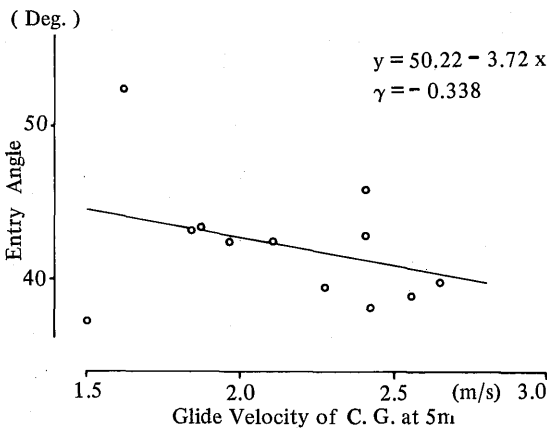


Fig. 4 The Relation between Glide Velocity of C. G. at 5m and Entry Angle.

Figure 5. には、5m到達時間とテイク・オフ時の重心水平速度 (Take-off Velocity) との関係を示した。これらの間にはかなりの高い相関が認められる。一方、テイク・オフ速度とグライド速度の間には、はっきりとした関係は認められなかった。なおテイク・オフ速度の平均および標準偏差は毎秒 4.04 ± 0.41 m であり、飛び出し角度の平均および標準偏差は 10.6 ± 8.5 度であった。

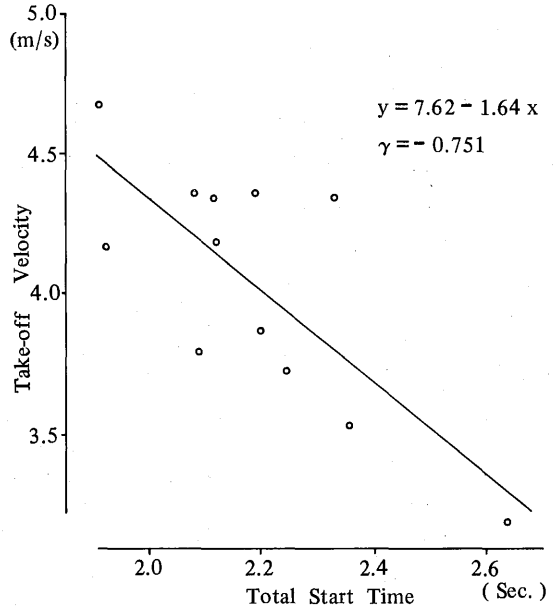


Fig. 5 The Relation between Total Start Time and Take-off Velocity.

以上の結果から、5m到達時間と関連が深い項目には、水中でのグライド速度、テイク・オフ時の水平速度などがあげられる。しかし、水中でのグライド速度と入水時の角度との間には関係が認められなかった。この理由としては、今回の被験者の入水角がかなり深いことや、それらの値にバラツキが少なかったことも一因として働いていると考えられる。その他、スタート技術と泳ぎ全体との関係をみる目的で、5m到達時間に対して25m、および50mの所要時間を比べてみると、前者の間には高い相関が得られ、一方後者にはそれより低い相関が認められる。すなわち、スタートの良否の影響は、泳ぐ距離が増すにつれて低下することがうかがえる。なお Table 1. には上述の要因間の相関係数を示した。

Table 1. Correlation Coefficients. (N = 12)

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	
-0.773**	0.607*	-0.751**	0.242	-0.790**	-0.062	0.224	-0.225	-0.882**	-0.860**	0.844**	0.681*		1. Total Start Time
	-0.338	0.409	0.218	0.822**	0.422	-0.447	0.184	0.639*	0.749**	-0.673*	-0.511		2. Glide Velocity
		-0.836**	0.776**	-0.241	0.587*	-0.453	-0.171	-0.487	-0.428	0.433	0.242		3. Entry Angle
			-0.737**	0.479	-0.489	0.338	0.059	0.712**	0.612*	-0.599*	-0.495		4. Take-off Velocity
				0.204	0.922**	-0.686**	0.126	-0.198	-0.004	0.189	0.150		5. Take-off Angle
					0.519	-0.327	0.332	0.836**	0.936**	-0.701**	-0.582*		6. Flight Distance
						-0.652*	0.326	0.154	0.342	-0.107	-0.113		7. Max. Height of C. G.
							0.058	-0.177	-0.184	0.260	0.274		8. Depth of C. G.
								0.407	0.384	-0.074	-0.086		9. C. G. Height of Set Position
									0.901**	-0.845**	-0.797**		10. Height
										-0.741**	-0.595*		11. Weight
											0.935**		12. Time of 25m
													13. Time of 50m

* p < 0.05, ** p < 0.01

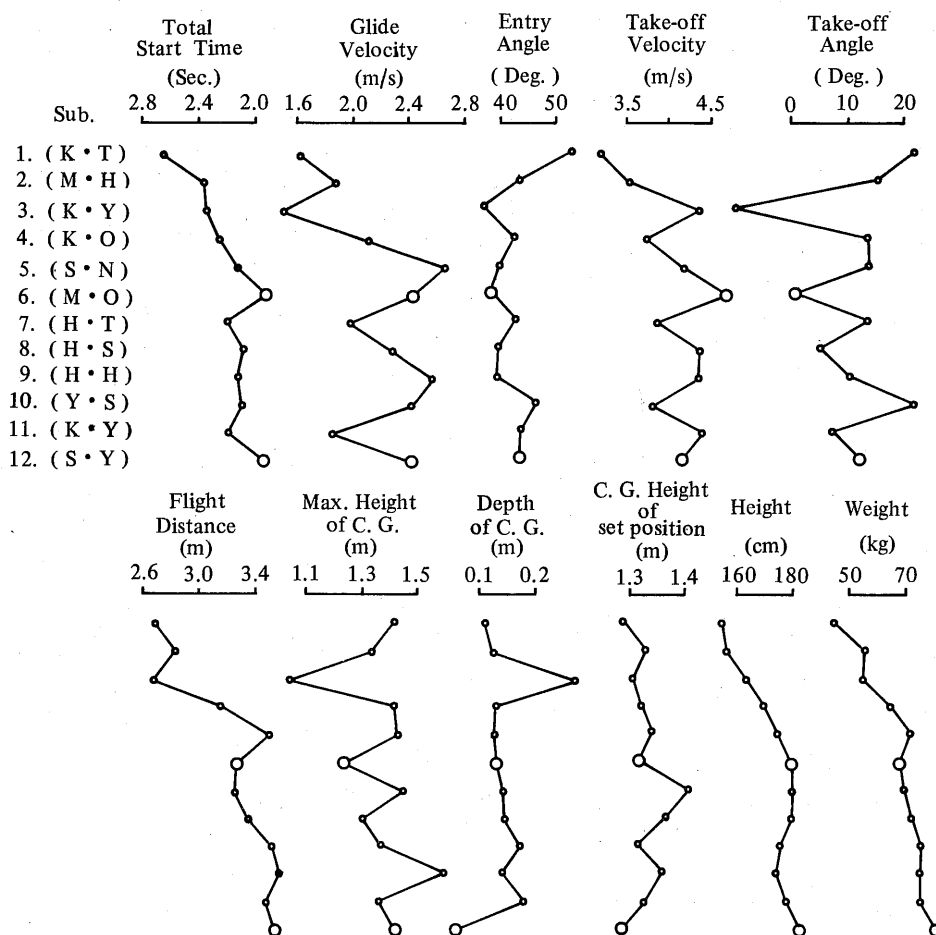


Fig. 6 Relations between Total Start Time and each factors.

(2) 5 m到達時間で良い成績が得られた場合のスタートにみられる特徴を明らかにする。

5 m到達時間が小さく、従ってスタート技術に優れているとみられる被験者2名 (Sub. 6, 12) を選び、Figure 6. に示したスタートの良否に関係すると思われる10項目についての傾向を調べた。

Sub. 6 に示す被験者 (M・O) は、身長に恵まれているが体重は少ない選手であり、一方Sub. 12に示す被験者 (S・Y) は、身長と体重が共に一番大きい選手である。Sub. 6 の場合はスタート台からの飛び出し角を小さくし、大きな水平初速度を得ている。一方Sub. 12の場合には身長が大きいにもかかわらず、スタートの構えを低くして身体重心を下げ、構えから飛び出しまでの身体重心の沈み込みを深くしている。そして空中期では身体重心の位置が高く、かつ入水までの到達距離も大きくなっている。しかし、この2名の被験者共、グライド速度はさほど大きいわけではない。この2名の5 m到達時間が短かった理由には、第一に共に身長に恵まれていることがあげられよう。そして第二には、Sub. 6 ではスタート台から離れる瞬間の水平速度を大きくしようとし、またSub. 12ではスタート台から離れる瞬間の水平と垂直速度を共に大きくしようとしているためと考えられる。

IV. 要 約

モスクワ・オリンピック競泳代表候補選手の50 mスプリント泳の際のスタート動作を、側方から空中と水中の両局面にわたって2台の16ミリシネカメラで撮影し解析した結果は、次のようにまとめることができる。

1) 5 m到達時間と関連の深い項目は、水中での

グライド速度と、テイク・オフ時の水平初速度であった。

2) 5 m到達時間の良い者には、テイク・オフ時の飛び出し角が小さいこと、入水後に身体が深く沈まないことなどに特徴がみられ、身体重心の入水角との関連は少なかった。

3) 5 m到達時間の短い2名の被験者は、他の選手に比べて身長が大きく、またスタート台から離れる瞬間の速度が大きかった。

参 考 文 献

- 1) アムブルスター, D. A., R. H. アレン, H. S. ビリングスレイ, (江橋・宮下訳): 水泳教程, p. 55~68, ベースボール・マガジン社, 1975.
- 2) Counsilman, J. E.: The Science of Swimming, p. 133-142, Prentice-Hall, Inc., 1968.
- 3) 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, Vol. 13, No. 5, p. 171, 1969.
- 4) 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, p. 517~522, 1974.
- 5) Nelson, r.c., N. L. Pike: Analysis and Comparison of Swimming Starts and Strokes, Swimming Medicine IV, p. 347-360, University Park Press, 1978.
- 6) 日本水泳連盟編: 水泳指導教本, p. 186~192, 大修館書店, 1975.
- 7) 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, Vol. 23, No. 1, p. 25~33, 1978.
- 8) 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, Vol. 9, No. 1, p. 270, 1964.
- 9) Zatsiorsky, V. M., N. Zh. Bulgakova, and N. M. Chaplinsky: Biomechanical Analysis of Starting Techniques in Swimming, Swimming III, p. 199-206, University Park Press, 1979.