

[原著論文：査読付]

クロール泳における周回泳と往復泳の関係性について

川崎 大翔¹⁾, 森 誠護²⁾

Relationship between round swimming and shuttle swimming in front crawl swimming

Hiroto KAWASAKI¹⁾, Seigo MORI²⁾

Abstract

The purpose of this study was to clarify the relationship between 400m round swimming and 400m shuttle swimming in front crawl swimming. The subjects were 3 university male swimmers and 3 university female swimmers who practiced swimming on a daily basis. They swam 400m round swimming and 400m shuttle swimming at maximum effort. We made the square course with sides of 10 meters. They swam round swimming on the course. This study was recorded using a digital video camera and an underwater CCD camera. The calculation items were swimming velocity (SV), stroke time (ST), stroke length (SL), stroke depth (SD), maximum shoulder joint angle (MSA), maximum elbow joint angle (MEA), rating of perceived exertion (RPE).

As a result, a significant positive correlation was found between the SL of round swimming and SL of shuttle swimming ($p<0.01$). A significant positive correlation was found between the MEA of round swimming and MSA of shuttle swimming. ($p<0.05$).

As a subject of future research, only one stroke of the left hand was analyzed in this study, but it is considered necessary to analyze multiple strokes because the difference between the left and right strokes is considered to be larger in ocean swimming than in normal crawl swimming. In addition, although only the upper body was analyzed this time, it is possible that there is a difference in kicking behavior, so it is necessary to analyze not only the upper body but also the lower body.

KEY WORDS : ocean swimming, round swimming, stroke parameter

1) 九州共立大学大学院スポーツ学研究科
2) 九州共立大学スポーツ学部

1) Kyushu Kyoritsu University, Graduate School of Sports
2) Kyushu Kyoritsu University, Faculty of Sports Science

1. 緒言

水泳競技におけるオープンウォータースイミング（以下、OWSとする）は、競泳競技とは異なり海や湖など自然環境下で実施される競技である。OWSは1991年に世界選手権が開催され、2008年の北京オリンピックから正式種目になった歴史的にまだ浅い競技である¹⁾。OWS競技の特徴として、競泳ではレーンロープでコースを区切られているため前方を確認する必要がなく決められた場所を泳ぐのに対して、OWSではレーンロープでコースが区切られておらず、海上に浮いているブイに向かって泳ぐ。そのため通常のクロール泳の中に前方確認動作を入れるオーシャンスイムが用いられる。また、プール環境下とは違いOWSは海や湖で競技が行われるため環境が安定しないこと、海水の塩分濃度などの影響によりプールに比べて浮力が変わってくることも特徴として挙げられる。

泳速度を高めるためにはより詳細な泳動作の分析が必要であり、スポーツ科学の発展により様々な特徴が明らかになってきている。1971年にBrown, Counsilman がクロール泳でのストローク動作を初めて行い、選手がクロールを泳いでいる際の指先の軌跡について明らかにした²⁾。また高木ら³⁾は400m自由形選手の右手と左手のストローク軌跡の測定を行い、ここで得られた手部の軌跡が縦長の円か横長の円かによってプル動作を効率的か非効率的か評価し、ストローク動作の評価に有益な情報になると報告している。伊藤⁴⁾は自由形時の最適なストローク動作について明らかにした。この研究ではI字プルとS字プルでの最大推力と最大推進効率の2つの観点から考察されており、I字プルはS字プルと比べると推進効率は3.7%悪くなるが、推進力は約17%増加することが明らかにされた。このことから最大推力の泳ぎはI字プルの泳ぎで、最大推進効率の泳ぎはS字プルであることが報告されている。本間⁵⁾は8名の大学生競泳選手を対象にクロール泳の水中ストロークの3次元解析を行った。この結果、完全な一直線を描く選手は見られなかったが、わずかな曲線を描きながらの一直線のストロークを行っている選手がほとんどであったことが報告されている。このようにストローク動作を見る際はストローク頻度やストローク長など水上の動きだけでなく水中の動きに関しても着目する必要がある。それに対し、OWS競技ではプールと違い海や湖などの特殊な環境下で競技が行われるため常に泳者を撮影し続けることが難しく、OWS競技における動作を分析して

いる先行研究は少ない。しかし、OWS競技の競技力が発展していくためにはスイム時の動作を詳しく分析することが必要になってくると考えられる。

オーシャンスイムはOWS競技だけでなく、トライアスロンのスイムパートやライフセーバーが救助を行う際にも使われている。これまでのオーシャンスイムの研究では実際にトライアスロンのスイムパートにおけるストロークの分析を行ったものが富川、佐竹により報告されている⁶⁾。この実験では実際のトライアスロンのレースのスイムパートを対象として750mのスイムパートのストローク頻度を分析しており、海の状況やまわりの選手の状況によりストローク頻度が変化することを明らかにしている。しかし、この実験では男女1名ずつのストローク頻度のみを分析しており、水中の泳動作までは分析していない。原、村岡⁷⁾は、ライフセーバーのヘッドアップスイムが手部に与える影響の研究を行っており、競泳群とライフセーバー群のクロール泳とオーシャンスイムの分析を行った。この研究では1ストローク中の最深部が通常のクロール泳とヘッドアップスイムを比べると呼吸時に顔を正面に向けるために体が浮かび上がり有意的に浅くなっていることを報告している。また原⁸⁾はオーシャンスイム時の泳動作を分析した研究も行っている。この研究ではオーシャンスイム時とプールでのクロール泳の時に多くの被験者が入水後に手を上方に動かしてからかき始め、クロール泳と比べると1ストロークの中で進行方向速度が最小の時に現れるなど、オーシャンスイムとクロール泳で異なるストロークを示したことが述べられている。しかし、この研究の課題としてオープンウォーター環境下で行うオーシャンスイムをプールで行わせたことによりオープンウォーター環境で行った時のヘッドアップスイムを実際に再現できていない可能性があり、実際のオープンウォーター環境ではストロークにも様々な影響を及ぼすことが示唆されている。このようにOWSに関する泳動作に関する研究は報告があるものの、その詳細は明らかになっていないのが現状である。

そこで本研究では、オーシャンスイムを用いたラウンド泳とクロール泳中のストローク分析をすることによりそれぞれの特徴を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

2-1 被験者

被験者は日常的にトレーニングを積んでいる大学生

競泳選手 6 名（男子 3 名，女子 3 名）とした。このうち 2 名は OWS の日本選手権に出場経験があり，他の 4 名は競泳の長距離を専門としている選手を被験者とし

た（Table 1）。なお，被験者には実験に関する内容の説明を書面及び口頭にて十分に行い，本実験への参加の同意を得た。

Table.1 Characteristics of subjects

	Subject	Age (years)	Athletic career (years)	400m Best Time (s)	FINA points
male	A	21	13	248.29	624
	B	19	9	243.92	658
	C	19	8	244.34	655
	Mean \pm S.D	19.66 \pm 1.15	10.00 \pm 2.64	245.51 \pm 2.41	645.66 \pm 18.82
female	D	20	13	265.54	683
	E	20	13	263.42	700
	F	19	12	263.84	697
	Mean \pm S.D	19.66 \pm 0.57	12.66 \pm 0.57	264.26 \pm 1.12	693.33 \pm 9.07

2-2 実験試技

実験試技はプールにおいてオーシャンスイムを想定した 400m の周回泳と 400m の往復泳を実施した。実験は屋内公認プール（25m \times 6 レーン）にて行った。実験の概略図を Fig. 1 及び Fig. 2 に示した。周回泳はレーンロープを外した 25m プールにおいて 40m（一辺 10m の正方形）のコースを作り，10 週の全力泳（時計回り）を行った。試技中はデジタルビデオカメラ（HDR-CX680，SONY 社製，60fps）を用いて泳者の撮影を水上より行い，撮影された映像から泳速度の分析を行った。また水中 CCD カメラ（WTW-WA320F，塚本無線社製，30fps）を用いて水中の泳動作を左側側方より撮影し，分析した。視認性を高めるため，泳者の左側の中指，手関節，肘関節，肩関節，腰部にビニールテープでマーキングを行い分析の際の目印とした。周回泳の撮影は 4 つ目のブイから 1 つ目のブイにかけての 10m の区間を撮影し，往復泳の試技では壁から 12.5m 地点に水中 CCD カメラを設置し 10.5m 地点から 14.5m 地点間の撮影を行った。タイムの計測はストップウォッチにて手動で計測し，ラウンド泳時は 1 つ

目のブイの頭部通過時に計測を開始し，1 つ目のブイを通過する際（40m 毎）にラップタイムを計測した。往復泳時は足離れ時に計測を開始し 50m 毎にラップを計測した。分析は，1 ストローク中の左手が入水してから次に入水するまでのストロークタイムとその時の泳速度を算出した。またそこから得られたストロークタイムと泳速度の積により，ストローク長を算出した。周回泳では，泳速度（以下，SV_RS とする），ストロークタイム（以下，ST_RS とする），ストローク長（以下，SL_RS とする），最大ストローク深度（以下，SD_RS とする）を算出し，同様に往復泳でも，泳速度（以下，SV_SS とする），ストロークタイム（以下，ST_SS とする），ストローク長（以下，SL_SS とする），最大ストローク深度（以下，SD_SS とする）を算出，比較を行った。分析はデジタイズソフト（G-dig，フォーアシスト社製）を用いて，手動デジタイズを行い，得られた情報をもとに最大肘関節角度（以下，MEA とする），最大肩関節角度（以下，MSA とする）を算出した。また，試技後に主観的運動強度（以下，RPE とする）の聞き取りを行った。

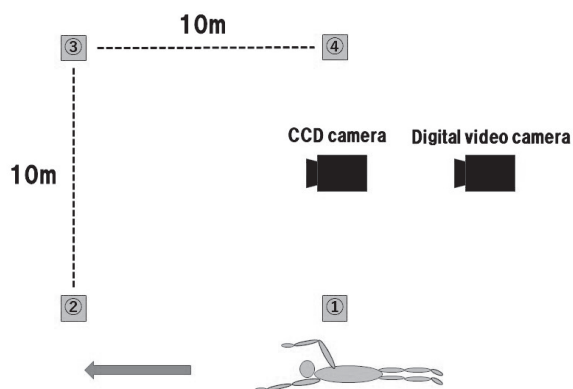


Fig.1 Measurement method of round swimming

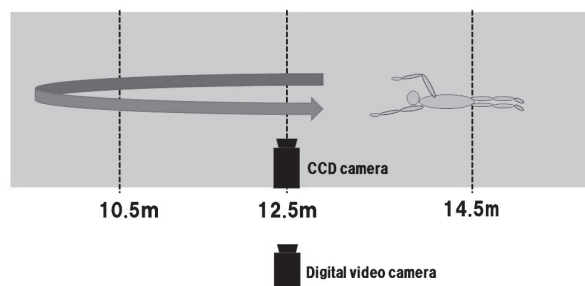


Fig.2 Measurement method of shuttle swimming

2-3 統計処理

本研究にて得られたデータは全て平均値±標準偏差(Mean±S.D)で示した。各測定項目間の相関関係はPearsonの積率相関分析を行った。なお、全ての統計処理はIBM SPSS Statistics26を用い、有意水準は $p<0.05$ とした。

3. 結果

3-1 周回泳時におけるSV, ST, SL, SD, 各関節角度, RPE

各被験者の記録をTable 2に示した。周回泳時のSV_RSは、 $1.33\pm0.12\text{m/s}$ 、ST_RSは $1.53\pm0.17\text{s}$ 、SL_RSは $2.02\pm0.18\text{m/stroke}$ 、SD_RSは $0.94\pm0.08\text{m}$ であった。MEAは $195.44\pm5.38\text{deg}$ 、MSAは $336.89\pm17.33\text{deg}$ 、RPEは 16.67 ± 2.07 であった。

Table.2 Results of round swimming

	SV (m/s)	ST (s)	SL (m/stroke)	SD (m)	MEA (deg)	MSA (deg)	RPE
A	1.41	1.55	2.18	0.96	197.90	352.26	19
B	1.33	1.49	1.97	0.95	203.43	350.33	17
C	1.34	1.73	2.31	1.08	190.42	345.74	18
D	1.16	1.68	1.95	0.87	188.79	338.36	17
E	1.49	1.25	1.87	0.92	197.61	306.39	13
F	1.25	1.49	1.86	0.85	194.50	328.25	16
Mean	1.33	1.53	2.02	0.94	195.44	336.89	16.67
S.D	0.12	0.17	0.18	0.08	5.38	17.33	2.07

3-2 往復泳時におけるSV, ST, SL, SD, 各関節角度, RPE

各被験者の記録をTable 3に示した。往復泳時におけるSV_SSは、 $1.40\pm0.05\text{m/s}$ 、ST_SSは $1.50\pm0.13\text{s}$ 、

SL_SSは $2.10\pm0.20\text{m/stroke}$ 、SD_SSは $0.94\pm0.12\text{m}$ であった。MEAは $197.95\pm7.92\text{deg}$ 、MSAは $339.58\pm12.03\text{deg}$ 、RPEは 17.17 ± 1.17 であった。

Table.3 Results of shuttle swimming

	SV (m/s)	ST (s)	SL (m/stroke)	SD (m)	MEA (deg)	MSA (deg)	RPE
A	1.49	1.53	2.28	1.00	197.94	352.89	19
B	1.41	1.48	2.10	1.12	203.98	345.14	17
C	1.38	1.73	2.39	0.94	195.28	348.40	17
D	1.36	1.51	2.05	0.82	184.67	340.95	16
E	1.36	1.40	1.90	0.97	207.64	327.59	16
F	1.38	1.36	1.87	0.81	198.21	322.49	18
Mean	1.40	1.50	2.10	0.94	197.95	339.58	17.17
S.D	0.05	0.13	0.20	0.12	7.92	12.03	1.17

3-3 周回泳と往復泳の比較

周回泳と往復泳における算出項目の相関関係をTable 4に示した。SV_RSとSV_SS、ST_RSとST_SS及びSD_RSとSD_SSの各項目間では、有意な相関関係は認められなかった。SL_RSとSL_SSの間に有意な

正の相関関係が認められた ($p<0.01$)。

MEAでは、周回泳と往復泳の間に有意な相関関係が認められた($p<0.05$)。MSAでは、周回泳と往復泳の間に有意な相関関係は認められなかった。

Table.4 Correlation coefficient for each items

	SV_RS-SV_SS	ST_RS-ST_SS	SL_RS-SL_SS	SD_RS-SD_SS	MEA_RS-MEA_SS	MSA_RS-MSA_SS
Correlation	0.282	0.747	0.980**	0.440	0.800	0.836*
					** $p<0.01$	* $p<0.05$

4. 考察

本研究では、プールでの周回泳と往復泳のSV, ST, SL, SD, 各関節角度, RPEをそれぞれ比較することによって特徴を明らかにした。その結果, SV_RSとSV_SS, ST_RSとST_SS, SD_RSとSD_SSの間には相関関係は認められず, SL_RSとSL_SSの間にのみ有意な正の相関関係が認められた。原⁸⁾が行ったオーシャンスイムについての先行研究ではオーシャンスイムではクロール泳に比べてストロークの最深部が有意に浅くなったと報告しているが今回の研究ではその結果は得られなかった。その理由として先行研究ではオーシャンスイムに熟練しているライフセーバー群のみを動作解析していたのに対して、本研究ではオーシャンスイムを行ったことがない競泳選手に対しても動作解析を行ったからだと考えられる。

MEAとMSAについて、MEAでは相関関係が認められなかったため、通常のクロール泳とオーシャンスイムでは肘の使い方に大きな違いはないと考えられる。しかし、MSAには有意な正の相関関係が認められた。その要因として、今回の実験ではストローク長にも有意な相関関係が認められていたため、ストローク長を長くしようと大きな泳ぎを意識する際に肩関節を大きく動かしていたのではないかと考えられる。しかし今回の実験では二次元での分析しか行えていないため、より詳しく関節の角度に関して言及するためには三次元分析を行う必要があると考えられるため今後の課題になると考える。

5. 結論

本研究はオーシャンスイムとクロール泳を比較することで、その特徴を明らかにすることを目的として行い、以下の結果が得られた。

1. 周回泳と往復泳を比較した結果, SV, ST, SDには相関関係は認められなかったものの, SLでは有意な正の相関関係が認められた。

2. MEAとMSAでは、MEAには相関関係は認められなかったものの、MSAでは有意な正の相関関係が認められた。

今後の研究の課題として、オーシャンスイムでは通常のクロール泳に比べてストロークの左右差が大きく

なると考えられるため複数のストロークを分析する必要があると考えられる。また、今回は上半身のみしか分析を行わなかったが、キック動作にも違いがある可能性も考えられるため、上半身だけでなく下半身の分析も行う必要があると考えられる。

6. 参考文献

- 1) 公益財団法人日本水泳連盟編(2014): オープンウォータースイミング教本改訂版.大修館書店,p.7-27
- 2) Brown RM, Counsilman JE. (1971): The role of lift in propelling swimmers. In: Cooper JM, editor. Biomechanics. Chicago, IL. Athletic Institute. : 179-188
- 3) 高木英樹,野村照夫,若吉浩二,小堀優子,生田泰志(1993): 一流競泳選手のストロークパターン-パロセロナ五輪選考会における400m自由型出場選手の水中動作について-.日本体育学会大会号, 44, : 743
- 4) 伊藤慎一郎(2007): 水泳フリースタイルの最適アームストローク.日本機械学会論文集B編,73巻734号 :2051-2057
- 5) 本間三和子(2011): クロール泳の水中上肢動作特性.筑波大学体育科学系紀要,34:207-210
- 6) 富川理充,佐竹弘靖(2012): トライアスロン中のストローク頻度測定を試み. 専修大学体育研究紀要 ,36: 29-36
- 7) 原怜来,村岡功(2013): ライフセーバーが行うヘッドアップスイムが手部の軌跡に与える影響について .日本運動生理学雑誌, 第20巻, 第2号:37 ~ 46,
- 8) 原怜来(2015): ストローク指標とストロークの軌跡におけるクロール泳とオーシャンスイムの比較.

Received date 2023年6月22日

Accepted date 2023年8月7日