

# 競泳選手の着用する水着の形状の違いが パフォーマンス指標に与える影響

福岡大学 尾関 一将  
(共同研究者) 同 田原 亮二

## The Effects of Difference in Types of Competitive Swimwear on Performance Indexes

by

Kazumasa Ozeki, Ryoji Tahara  
*Fukuoka University*

### ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effects of difference in types of competitive swimwear on active drag and stroke performance. The subjects consist of four free style swimmers and four butterfly swimmers. The subjects wore four different types of competitive swimwear (full body swimwear : LJ, full length swimwear: FL, half length swimwear : SP, bikini type swimwear : C). The drags during swimming measured by using Active Drag System (Shimonagata et al., 1998) and the stroke performances were calculated by movie analysis. In this study, the maximal propulsive force was equal to the sum total of drags. About butterfly, the maximal propulsive force of FL was bigger than the other swimwear. And active drag of SP demonstrated advantage over LJ and C. Stroke length of FL were longer than the other swimwear, and stroke rate of FL were lower than LJ and SP. The velocity of FL affected by stroke length and stroke rate was fastest. These results showed that the types of swimwear affected the maximal propulsive force and active drag. In addition, it was suggested that the types of swimwear affected the stroke length and stroke rate.

## 要 旨

本研究ではクロール泳とバタフライ泳における最大推進力、自己推進時抵抗、受動抵抗、およびストロークパフォーマンスを定量化することで、水着の形状の違いがパフォーマンス指標に与える影響について検討した。被験者は自由形を専門種目とする大学競技選手4名と、バタフライおよび個人メドレーを専門種目とする4名の合計8名であった。測定に用いた水着の形状はフルスーツ (LJ)、ロングスパッツ (FL)、スパッツ (SP)、ノーマル (C) の4種類であった。下永田ら (1998) が開発した Active Drag System を用いて、水泳中の最大推進力、自己推進時抵抗、受動抵抗を測定した。さらに、水中カメラによって撮影された映像から平均泳速度、ストローク長およびストローク頻度を算出した。

パフォーマンス指標の違いを明らかにするにあたり、被験者間の競技力の違いを考慮し、水着の性能評価を行なうために、水着の形状ごとに被験者間の各変量に順位をつけ、評価を行なった。

クロール泳において、最大推進力に14Nの違いが生じていることが明らかとなった。また、自己推進時抵抗においてLJがその他の水着と比較して大きく、受動抵抗においてはLJの優位性が認められた。泳速度においてはCが他の3種類と比較して遅く、ストローク頻度も低かった。バタフライ泳においても水着の違いによって最大推進力に差が認められた。しかしながら自己推進時抵抗においては差が認められず、受動抵抗においてはクロール泳と同様にLJが最も小さい傾向が認められた。泳速度はFLが相対的に速く、FLのストローク頻度は、LJおよびSPに比べ相対的に低いものの、ストローク長がその他の水着と比較して長かった。

これらの結果から、クロール泳、バタフライ泳のいずれにおいても、水着の形状によって最大推進

力、自己推進時抵抗に違いが生じることが明らかとなった。また、競泳水着における形状の違いがストローク長、ストローク頻度などにも影響を与える可能性が示唆された。

## 緒 言

2008年に開催された北京オリンピック競泳競技大会において、30種目中25種目で世界記録が更新され、すべての種目において大幅な記録向上が見られた。男子競泳13種目における世界記録更新率が、2000年53.8%、2004年46.2%、2008年76.9%であり、北京オリンピックが他のオリンピックよりも顕著に世界記録更新率が高いことが報告されている<sup>7)</sup>。北京オリンピックにおける、競泳23種目の世界記録は、スピードインターナショナル (英国) が開発したLZR RACER (レーザー・レーサー) を着用した選手が更新したものであった。

スポーツ界において用具の進化が記録、パフォーマンスの向上に繋がることは認知されているものの、北京オリンピック以前において競泳は他のスポーツに比べ用具の性能に左右されず、選手個人の能力で勝敗が決まる公平な競技と考えられていた。しかし、LZR RACERに代表される低抵抗水着の開発を機に、水着の性能がパフォーマンスに大きく影響を与えることになったことから、水着の素材や形状がパフォーマンスに与える影響を定量化することは重要であると考えられる。

これまでに報告されている水着の性能を評価する研究は、人体模型やマネキンなどを用いてグライド姿勢 (伏臥で両腕を挙上した姿勢) を保ったまま牽引した場合の受動的抵抗を測定したもの<sup>8)</sup>、<sup>9)</sup> がほとんどであり、人が水着を着用したときの抵抗力を測定したものは少ない。また、人が水着を着用して測定した抵抗力は、グライド姿勢における受動抵抗を測定し、評価されたものがほとんどであり、人が泳ぐことによって生じる自己推進

表1 被験者特性と競技特性

Subject	Specialty	Best record (m:s.ms)		Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)
A	Freestyle	100m	1:55.30	20	171	67
B	Freestyle	200m	1:54.93	20	178	68
C	Freestyle	100m	0:52.80	20	177	74
D	Freestyle	100m	0:52.90	19	177	74
E	Individual medley	200m	2:10.28	19	168	60
F	Individual medley	200m	2:10.62	20	168	68
G	Butterfly	100m	0:54.75	21	171	71
H	Butterfly	100m	0:54.41	20	171	63
Ave.				20.5	177.1	72.3
± SD				1.3	3.7	5.5

時抵抗を評価した研究は、MAD システムを用いたアームストロークのみの抵抗計測による報告<sup>5)</sup>以外にはほとんど見当たらない。自己推進時抵抗が泳者のパフォーマンスに大きく影響しているとの報告<sup>4,6)</sup>から考えると、水着の性能を評価する上で受動的に測定された水着にかかる抵抗力だけでは不十分であり、自己推進時抵抗を評価することで水着の性能評価を行なうことは重要である。さらに、泳法そのものによっても自己推進時抵抗は大きく異なることから、グライド姿勢の受動抵抗を測定し、水着の性能を評価するだけでは不十分であり、種目特性を考慮する必要があると考えられる。

一方、着用する水着によって大幅な記録向上が見られたことから、泳者の抵抗が小さくなるだけでなく、ストロークパフォーマンスにも影響を与え、泳ぎ方が変化していることも考えられるため、ストローク指標についての検討も必要とされる。

よって、本研究の目的はクロール泳とバタフライ泳における、水着の形状の違いがパフォーマンス指標に与える影響を自己推進時抵抗、受動抵抗およびストロークパフォーマンスを定量化することで明らかにすることとする。

## 1. 実験方法

### 1. 1 被験者

被験者は大学水泳部に所属する自由形を専門種

目とする男子競泳選手4名、バタフライおよび個人メドレーを専門種目とする男子競泳選手4名であった。被験者の競技レベルは日本学生選手権出場レベル以上であった。すべての被験者の身長、体重、年齢、専門種目、ベストタイムを表1示す。実験に先立ち、被験者には本実験の目的、方法、危険性などに関して十分な説明を行い、書面にて参加の同意を得た。

### 1. 2 実験環境の設定

日本水泳連盟公認の屋内プール (50m×8レーン、水深1.3m～1.6m) を用いて実験を行った。下永田ら (1998) が開発した Active Drag System<sup>4,6)</sup> をプールサイドに設置し、牽引ロープを泳者の腰部に固定した。牽引装置 (森山製作所製 MDL-G1-1型) で泳者を一定速度で牽引し、その時の抵抗力をデジタル張力計 (SHIMPO,FXG-50) から、牽引速度を速度センサー (オムロン E6B10R/P) から検出した。検出されたデータはパーソナルコンピュータに取り込んだ。また、泳動作を撮影するために電氣的に同期された1台のビデオカメラ (NEC社製) を用いて、撮影スピード毎秒60コマで撮影を行った (図1)。

泳動作がすべて撮影でき、動作平面とカメラの光軸が直交するよう、被験者から20m離れたプールサイドに水上、水中を同時に撮影することができる特殊ビデオカメラを2台設置した。なお水中

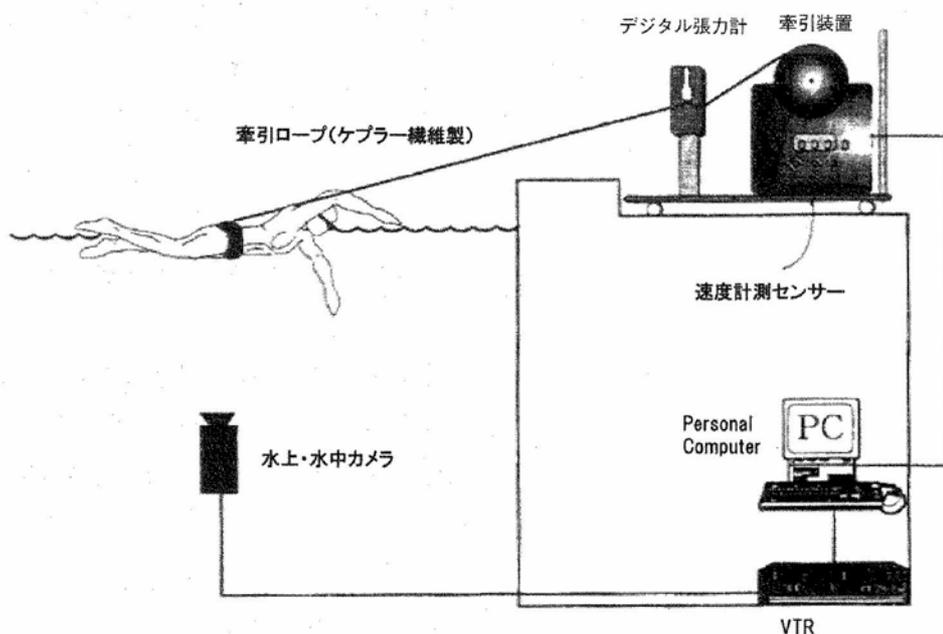


図1 実験装置 (Active Drag System) の概略図

を撮影するビデオカメラはKwon (1999) の報告を参考に水と空気の境界で生じる光の屈折を減らすために、カメラと被験者は20mの間隔をあけるようカメラを設置した<sup>2)</sup>。本研究では、スタート台が設置してあるプールサイドの壁と静止水面位置が交わる点を原点とし、被験者の進行方向である水平方向をX軸、X軸に直交する上向き方向をY軸とする静止座標系を設定し、スタート試技を側方から撮影し二次元的に解析した。

### 1. 3 実験試技

被験者にはデサント社製のshin-revを着用させた。なお、測定に用いた水着の形状の種類はフルスーツ (LJ)、ロングスパッツ (FL)、スパッツ (SP)、ノーマル (C) の4種類であった。身体に体表マーカを装着後、ウォーミングアップを各自で行い、十分に準備できた後に専門種目の25m最大努力泳を行わせた。十分な休息をとった後、牽引ロープに引っ張られながら泳ぐ牽引泳2種類と、牽引ロープを引っ張りながら泳ぐパワー泳の合計3種類の測定を行った。グライド姿勢での牽引泳

は7段階、専門種目泳での牽引泳は最大努力泳よりも速い5段階の速度条件で行った。グライド姿勢での張力の測定は、専門種目泳に近い状態で抵抗力を測定できるように、水面で行うように指示した。また、パワー泳は、泳者が固定された状態で泳ぐ速度0m/secから最大努力泳よりも遅い速度までの、5段階の速度条件で行った。なお、試技間の休息は十分にとり、2時間程度の測定を4回行なった。

### 1. 4 データ処理

本研究で算出した泳パフォーマンスを表す変量とその定義を以下に示す。

- 最大推進力 (Propulsive force) : 最大泳速時に泳者が発揮している推進力。
- 受動抵抗 (Passive Drag) : 最大泳速時に泳者に作用する受動的抵抗力。
- 自己推進時抵抗 (Active Drag) : 最大泳速時に泳者に作用する泳動作を行なうことによって生じる抵抗力。
- ストローク長 (Stroke length) : 1回のスト

ロークで進んだ水平距離

- ストローク頻度 (Stroke rate) : 1分間に行うストローク回数
- 平均泳速度 (velocity) : 25m 最大努力泳における 15m - 25m の身体重心水平速度

牽引速度, 牽引張力ともに 100Hz でサンプリングを行い, 牽引速度については残差分析法<sup>10)</sup> によって最適遮断周波数を決定し, 2 次 Butterworth digital filter を用いて平滑化を行った. 各試技における動作の安定した局面のデータを抽出し, グライド姿勢での泳速度と張力の関係, またクロール泳中の泳速度と張力の関係を, 最小二乗法を用いて指数関数に回帰し, 最大推進力, 最大泳速度, Active Drag (自己推進時抵抗), Passive Drag (受動抵抗) を算出した.

また, ビデオカメラで撮影した水中映像はパーソナルコンピュータに取り込み, 画像分析ソフト (DKH 社製, FRAME - DIAS III) を用いて手動デジタイズを行い, 2次元 DLT 法を用いて被験者の手部, 大転子のマーキングポイントの実座標を算出した. その実座標からストローク長, ストローク頻度, 平均泳速度を算出した.

### 1. 5 算出項目・データ分析

#### 1. 5. 1 Active Drag および Passive Drag の算出

本研究では, グライド姿勢での牽引抵抗を Passive Drag (以下 Dp) と定義した. ここで, Dp は, 一般に泳速度 (V) の関数であるといわれており, Dp と V との関係は, 以下のような式で表すことができる.

$$Dp = kV^n \dots (1)$$

k: 抵抗係数, n: 指数定数

牽引泳とパワー泳の合計 10 段階の泳速度によ

る測定結果から, 泳速度と張力の関係を求め, 式 (2) に示した Komune の回帰モデル<sup>1)</sup> を用いて, 泳速度 (V) - 張力 (Tr) 関係の回帰分析を行った.

$$Tr = T_0 \{ (1 - V/V_0) \}^n \dots (2)$$

T<sub>0</sub>: 最大推進力, V<sub>0</sub>: 最大泳速度

本研究で測定された Dp とクロール泳中の Tr との関係から Active Drag (以下 Da) を算出した (Da は泳動作によって作り出す余剰抵抗であると定義する). Da は, 以下に示すように, 式 (2) で得られた T<sub>0</sub> より各泳速度における Tr と Dp を引くことによって算出することができる.

$$Da = T_0 - Tr - |Dp| \dots (3)$$

そして, 最大泳速度における Da の値を Dao とし, そのときの Dp を Dpo (最大泳速度における Dp) とした.

## 2. 結果

パフォーマンス指標の違いを明らかにするにあたり, 被験者間の競技力の違いを考慮し, 水着の性能評価を行なうため, 水着別に被験者間の各変量に値の大きい順に順位をつけ, 評価を行なった. 本研究では被験者が各種目 4 名と少数であるため, 水着の形状の違いによるパフォーマンスの差は, 効果量 (Effect Size) を用いたフリードマン検定を用いて判定した. 効果量の値は 2 群間の平均値の差に現象的に意味がある差異を保証するものであり, 0.1 は小さく, 0.3 は中程度, 0.5 以上は大きいと解釈され<sup>3)</sup>, 統計的な有意差検定においても同様の結果が期待できると考えられる. 本研究では効果量 0.5 以上に差があるとし検討を行なった.

表2 クロール泳における水着の形状とパフォーマンス指標

Swimwear type	subject	Propulsive force	Active Drag	Passive Drag	Velocity	Stoke length	Stroke rate
		N	N	N	m/s	cm	strokes/min
LJ	A	159.0	111.2	47.8	2.01	253	47.7
	B	162.5	119.4	43.1	2.04	255	48.2
	C	174.3	128.7	45.5	2.09	260	48.3
	D	187.9	132.4	55.5	1.95	219	53.4
	Ave.	170.9	122.9	48.0	2.02	246	49.4
FL	A	175.3	100.3	64.4	2.01	259	46.5
	B	-	-	-	-	241	49.7
	C	173.4	118.4	54.9	2.13	271	47.1
	D	185.9	127.5	58.3	1.92	225	51.1
	Ave.	178.2	115.4	59.2	2.02	249	48.6
SP	A	170.6	103.7	66.9	2.00	244	49.4
	B	198.2	101.6	96.6	1.91	243	47.1
	C	185.9	120.9	65.0	2.12	266	47.7
	D	-	-	-	-	217	53.7
	Ave.	184.9	108.7	76.2	2.01	243	49.5
C	A	175.6	110.2	65.4	1.87	245	45.9
	B	-	-	-	-	247	48.0
	C	183.7	117.1	66.6	2.07	277	44.7
	D	192.3	111.7	81.5	1.81	210	51.8
	Ave.	183.9	113.0	71.2	1.92	245	47.6

2. 1 クロール泳における水着の形状とパフォーマンス指標との関係

クロール泳 (N=4) で算出された変量を表2に示した。クロール泳における測定においていくつかの試技で欠損値が生じたため、効果量を用いた比較をすることが出来なかった。そのため2名の被験者を除いた平均値を比較することによって傾向を明らかにすることとした。結果、推進力において、SP (185N), C (184N), FL (178N), LJ (171N) の順に大きかった。自己推進時抵抗において、LJ (123N), FL (115N), C (113N), SP (109N), の順に大きかった。受動抵抗において、C (71N), SP (76N), FL (59N), LJ (48N) の順に大きかった。

泳速度においてはFL (2.07m/s), SP (2.06m/s), LJ (2.05m/s), C (1.97m/s) の順に速かった。ストローク長において、FL (265cm), C (261cm), LJ (257cm), SP (255cm) の順に速かった。ストローク頻度において、SP (48.6s/min), LJ (48.0s/min), FL (46.8s/min), C (45.3s/min) の

順に大きかった。

2. 2 バタフライにおける水着の形状とパフォーマンス指標との関係

バタフライ (N=4) で算出された変量を表3に示した。最大推進力において、LJ (RANK値2.0) とFL (3.3), LJ (2.0) とSP (2.8), FL (3.3) とSP (2.8) およびFL (3.3) とC (2.0) の順位に差が認められた。自己推進時抵抗においては、LJ (2.8) とSP (2.0) およびSP (2.0) とC (2.8) との間に差が認められた。受動抵抗においては、LJ (2.0) とFL (3.3) およびFL (3.3) とC (2.5) との間に差が認められた。

泳速度においては、FL (2.0) とSP (2.3) およびSP (2.3) とC (2.5) との間に差が認められた。ストローク長においては、LJ (2.4) とFL (3.5), FL (3.5) とSP (1.6), およびFL (3.5) とC (2.5) との間に差が認められた。ストローク頻度においては、LJ (2.9) とFL (2.0), FL (2.0) とSP (3.1) およびSP (3.1) とC (2.0) の間に差が

表3 バタフライ泳における水着の形状とパフォーマンス指標

Swimwear type	subject	Propulsive force N	RANK	Active Drag N	RANK	Passive Drag N	RANK	Velocity m/s	RANK	Stoke length cm	RANK	Stroke rate strokes/min	RANK
LJ	E	200.5	3	92.5	3	107.9	3	1.76	2	189	3	55.9	4
	F	157.3	3	83.4	4	74.0	2	1.81	4	190	4	57.2	3
	G	187.5	1	84.8	2	102.8	2	1.78	1	204	1	52.2	3
	H	159.0	1	75.3	2	83.7	1	1.73	1	206	2	50.6	2
	Ave.	176.1	2.0	84.0	2.8	92.1	2.0	1.77	2.0	197	2.4	54.0	2.9
FL	E	172.1	1	101.8	4	70.3	1	1.78	4	197	4	54.8	1
	F	193.5	4	75.2	1	118.4	4	1.72	3	182	3	57.0	2
	G	198.2	4	71.4	4	126.9	4	1.84	3	205	3	53.8	4
	H	201.9	4	70.7	1	131.1	4	1.76	3	211	4	50.0	1
	Ave.	191.4	3.3	79.8	2.5	111.6	3.3	1.77	3.3	199	3.5	53.9	2.0
SP	E	201.0	4	88.5	1	112.5	4	1.76	2	189	3	55.8	3
	F	136.0	2	82.9	3	53.1	1	1.56	1	162	1	57.6	4
	G	196.3	2	83.7	1	112.6	1	1.93	4	205	2	52.2	3
	H	181.3	3	77.8	3	103.5	3	1.75	2	205	1	51.1	3
	Ave.	178.6	2.8	83.2	2.0	95.4	2.3	1.75	2.3	190	1.6	54.2	3.1
C	E	196.1	2	91.3	2	104.9	2	1.76	2	184	1	57.6	2
	F	178.1	1	78.2	2	100.0	3	1.64	2	179	2	55.0	1
	G	197.6	3	78.1	3	119.5	3	1.83	2	212	4	51.8	1
	H	176.0	2	86.7	4	89.3	2	1.82	4	211	3	51.8	4
	Ave.	187.0	2.0	83.6	2.8	103.4	2.5	1.76	2.5	196	2.5	54.0	2.0

認められた。

### 3. 考 察

本実験は、様々な形状の水着を着用した際の最大推進力、自己推進時抵抗、受動抵抗、ストローク指標を定量化し、比較および検討を行った。その結果、クロール泳およびバタフライ泳のそれぞれにおいて水着の形状の違いによって最大推進力、自己推進時抵抗、受動抵抗、ストローク指標に違いが認められた。

#### 3. 1 クロール泳における水着の形状とパフォーマンス指標との関係

クロール泳の最大推進力において、最大14Nの差が認められた。これは水着によって7%程度、最大推進力に影響を与えることを示しており、この結果は水着の形状の違いがパフォーマンスに影響を与えていることを示唆している。

低抵抗水着において水着の表面積が大きいほど摩擦抵抗が減り、受動抵抗を減少することでパフォーマンスの向上が望めることが報告されている。しかし、自己推進時抵抗において、LJがその他の水着と比較して大きかった。自己推進時抵抗が大きくなる要因として、腕部を除く全身を覆うLJの水着は、水着への水の流入などにより自己推進時抵抗が増大する可能性が考えられる。被験者の主観的評価において、LJの水着は飛び込み時などに胸や背中からの水の流入を感じることを報告している。これらの結果から、水着選択において体にフィットするものを選ぶことが重要であることを示している。このことは近年開発されている超低抵抗水着において、サイズが通常よりも小さく、体にぴったりフィットするものを販売していることから窺える。このような理由から、自己推進時抵抗は水着の形状の違いによって差が生じることが考えられた。このことは水着の評価を受動抵抗で行なうだけでなく、自己推進時抵抗

によって評価することも重要であることを示唆している。なお、受動抵抗においてはLJの優位性が認められた。この結果は水着の性能評価を行った先行研究と同様の結果である。このように、実際の泳動作中に泳者に作用する抵抗力は受動抵抗のみで判断できない。

泳速度においてはCが他の3種類と比較して小さかった。泳速度を決定するストローク頻度、ストローク長について検討を行なうと、ストローク長においては最大10cm程度の差が認められた。ストローク長、ストローク頻度はともに関係性が認められているため、単純にそれぞれを比較して考察するのは難しい。しかしながらストローク長に大きな違いが認められていないにも関わらず、Cがその他の水着と比較してストローク頻度が低かった。Cのストローク頻度が低い要因として、姿勢の上下のブレや、脚部が水着に覆われていないことによってキック動作をすばやく行なうことができず、ストローク頻度を上げられなかったことが考えられ、水着の形状が泳動作に作用することが示唆された。今後水着開発を行なうにあたり、泳動作を定量化し、パフォーマンス発揮を踏まえる事で、今までにない高性能水着が開発できると考えられる。しかしながら、水着の素材や形状がどのように泳動作に作用するかなど、今後さらなる検証が必要であろう。

#### 3. 2 バタフライにおける水着の形状とパフォーマンス指標との関係

最大推進力において、水着の形状によって差が認められた。その中でもFLがその他の水着と比較して大きかった。これはクロール泳とは異なる結果である。クロール泳とバタフライ泳では、泳動作が異なること、クロール泳と比較してバタフライ泳の速度変動が大きいことなど様々な原因が考えられる。また、被験者がLJの水着において水の流入やタイトで肩を動かしにくいという感覚

を有しているため、選手の全てが普段レースでFLを着用していることが要因として考えられるが、本研究結果では明確な理由は明らかにすることができない。しかしながら、本研究の結果は、水着の違いによって最大推進力が異なるということ、種目によって水着の形状の違いが泳者のパフォーマンスに与える影響が異なることを示唆しており、種目における水着の形状の選択方法の重要性や、水着開発において、泳法特性を理解した上での開発が重要であることを示唆している。自己推進時抵抗において、SPが相対的に小さかったものの、ほとんど差は認められなかった。また受動抵抗においてはクロール泳と同様にLJが最も小さい傾向が認められた。

一方、泳速度はFLが相対的に速かった。このことからバタフライにおいては、FLの水着を着用することによって十分なパフォーマンス発揮ができることが考えられた。ストローク長、ストローク頻度に着目すると、FLのストローク頻度は、LJおよびSPに比べ相対的に低いものの、ストローク長がその他の水着と比較して長かった。このことが高い泳速度を発揮できた要因であると考えられる。ストローク長が長くなった要因のひとつとしては、自己推進時抵抗が小さいことから、バタフライにおいて最も抵抗が小さい入水からグライド姿勢をとる局面時間が長いことが推察され、それに伴いストローク頻度が低くなり、その結果、ストローク長が長くなっている可能性が考えられる。このように、水着の形状によってストロークパフォーマンスが変化し、泳速の向上が認められたことは本研究における新たな知見である。

#### 4. まとめ

クロール泳およびバタフライ泳のそれぞれにおいて水着の形状の違いによって最大推進力、自己推進時抵抗、受動抵抗、ストローク指標に違いが生じることが明らかとなった。本研究の結果から、

受動抵抗のみで水着の評価を行なうだけでなく、今後は自己推進時抵抗を用いた評価を行なうことで更なる低抵抗水着を開発する可能性が示された。また水着の形状によってストローク指標に違いが生じたことから、レース形式などのトレーニングでは積極的にレース用水着も用いて行なうことが競技力向上の上で重要である。国際水泳連盟による水着の規制により、今後さらなる低抵抗水着の開発は難しいように考えられる。しかしながら、女子用水着は身体を覆う面積が大きいことから、今後も女子用水着において低抵抗水着が開発され、結果に影響を及ぼしていく可能性が大きい。また、本研究で測定された自己推進時抵抗を小さくすることのできるようなパフォーマンス発揮に着目した水着開発を行なうことによって、新たな方向から高性能水着を開発できる可能性がある。

#### 文 献

- 1) Komune T., Ogura M.: An Analysis and an evaluation of swimming using CWC. Korea - Japan Joint Workshop on CWC, 85-92 (1994)
- 2) Kwon, Y.H.: Object Plane Deformation Due to Refraction in Two-Dimensional Underwater Motion Analysis., *Journal of applied biomechanics*, 15 : 396-403 (1999)
- 3) 水本篤, 竹内理: 研究論文における効果量の報告のために—基礎的概念と注意点—, *英語教育研究* 31, 57 - 66 (2008)
- 4) 大城敏裕, 濱口麻衣子, 田口正公, 下永田修二, 田場昭一郎: Active Drag Systemの開発と泳力向上への応用, *水泳水中運動学会誌*, 3, 47-53 (2000)
- 5) 荻田太, 黄忠, 田中考夫, 田口信教: 新型競泳水着が水泳運動中の抵抗指標に及ぼす影響, *日本水泳・水中運動学会2009年次大会論文集*, 32-35 (2009)
- 6) 下永田修二, 田口正公, 田場昭一郎, 青柳美由季: クロール泳におけるActive Dragの定量化の試み, *福岡大学スポーツ科学* 28 - 2, 65-79 (1998)
- 7) 高木英樹: 高性能水着は競泳を変えるか? —レーザー・レーザー登場の衝撃と効果—, *スポーツ工*

- 学, 4, 13-17 (2009)
- 8) 田古里哲夫, 荒川忠一, 増永公明, 岡本恒: 水泳における人体まわりの水流および水着の影響の実験的研究, *デサントスポーツ科学*, 5, 173-184 (1985)
- 9) 富樫泰一, 野村武男, 藤本昌則: 競泳用低抵抗水着に関する研究, *デサントスポーツ科学*, 10, 75-82 (1989)
- 10) Winter, D.A.: *Biomechanics of human movement*, *John Wiley & Sons*: 25-39 (1979)