

## バタフライではどのようなゴールタッチが有効か？

谷川哲朗<sup>1)</sup> 長谷川弘実<sup>2)</sup> 生田泰志<sup>3)</sup> 来田宣幸<sup>2)</sup> 野村照夫<sup>2)</sup>

### What kind of goal touch is effective in the butterfly?

Tetsuro Tanigawa<sup>1)</sup>, Hiromitsu Hasegawa<sup>2)</sup>, Yasushi Ikuta<sup>3)</sup>, Noriyuki Kida<sup>2)</sup> and Teruo Nomura<sup>2)</sup>

#### Abstract

In this study, we classified the kinds of goal touch in the butterfly as body undulation and the number of dolphin kicks. Then, we quantified the kinds of goal touch and examined the effectiveness. Participants consisted of ten male, well-trained college swimmers who were monitored with an underwater camera. The goal touch of butterfly was classified into six types, which were then quantified. The results indicated that at the goal touch there was no significant difference in velocity between body undulation and the number of dolphin kicks. However, two types of goal touch had a significant positive correlation: the percentage of stroke length for distance to the goal touch and the percentage of swim velocity for velocity at the goal touch. On the basis of these results, we believe that for an ideal goal touch, the distance must be adjusted on the last moments before the goal touch.

Key words: swimming, butterfly, goal touch, dolphin kick, undulation

水泳, バタフライ, ゴールタッチ, ドルフィンキック, うねり動作

#### I. 緒言

競泳はストロークだけでなく、スタート、ターンおよびゴールタッチの巧拙を含めた記録を競う競技である。ストローク時の速度の向上は競技力を高める重要な要素であるが、スタートやターンあるいはゴールタッチによって順位が覆り、好成績をあげた例が報告されている(生田ほか, 2002; 窪, 2005)。スタート及びターンに関する先行研究では、それぞれのパフォーマンスを評価するための指標が示されたが(合屋ほか, 1997; Takeda, 2009; 尾関ほか, 2010)、ゴールタッチに関する報告はみられない。競泳の実践現場ではゴールタッチの技術が従来から感覚的に捉えられ、練習での到達目標が明確でなかった。

ゴールタッチについて、競泳競技規則(日本水泳連盟競技委員会, 2010, pp.13-15)によると、クロールおよび背泳ぎのゴールタッチは身体の一部がゴール壁面

に触れれば良いことに対し、バタフライおよび平泳ぎのゴールタッチは両手同時に行わなければならない。

左右対称にストロークを行う平泳ぎおよびバタフライはゴールタッチを行うタイミングが重要となると考えられる。平泳ぎのストロークは腰部までストロークができないことが示されている(日本水泳連盟競技委員会, 2010, p.14)。そのため、1ストロークサイクル中で手部が進行方向に対して最も後方に位置する場合でも、腰部よりも後方へストロークすることができない。これに対して、バタフライは手部の可動範囲が進行方向に対して頭部の前方から腰部付近までと大きく、左右同時にストロークを行う。そのため、バタフライでは1ストロークサイクル中に手部が頭部よりも進行方向に対して後方に位置する場合があると考えられる。もし、この状態でゴール壁面に近づく場合、頭部がゴール壁面に最も近い場合、頭部でのゴールタッチとなる可能性がある。泳者は、頭部でのゴールタッ

- 
- 1) 大阪体育大学体育学部  
School of Health and Sport Sciences Osaka University of Health and Sport Sciences  
京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科  
Graduate school of Science and Technology, Kyoto Institution of Technology
  - 2) 京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科  
Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institution of Technology
  - 3) 大阪教育大学大学院教育学研究科  
Graduate School of Education, Osaka Kyoiku University

手を避けるため、ストロークを行わずに手部を前方で維持してゴールタッチを行うような、ストロークの調節を行わなければならないと推察される。一方、ゴールタッチの際に手部が進行方向に対して頭部よりも前方に位置する場合、このようなストロークの調節は必要としないと考えられる。つまり、ゴールタッチ直前の最後の手部の着水後、ストロークを行って、水上に出た手部が再び着水することなくゴール壁面に接するゴールタッチとなる。このように、バタフライのゴールタッチを行うタイミングによって、その方法が異なることが考えられた。

バタフライは手部の可動範囲が頭の前方から腰部付近までと大きく、ゴールタッチは両手同時に行うことが定められている(財団法人日本水泳連盟競技委員会, 2010, p.15)。そのため、バタフライのゴールタッチは4泳法の中で最も成否のタイム差が大きい泳法であると推察される。バタフライのゴールタッチに関する情報は、水泳の指導書や専門書に数多く記載されている(糸山, 1987; 椿本, 1989; 河合, 1990; 田中, 1993; 吉村・高橋, 1996; 財団法人日本水泳連盟, 2010)。これらを要約すると、減速が小さいバタフライのゴールタッチはゴールタッチ直前のストロークを終えた直後に肘を伸ばした状態で、指先でゴール壁面にゴールタッチすることである。しかし、泳速度はレースの進行に伴って減速することが報告されており(奥野ほか, 1999)、選手の調子の良し悪しによっても練習通りの泳ぎができない場合があると考えられる。その場合、選手は減速の小さなゴールタッチを目指しているものの、ゴールタッチを行う際の泳者とゴール壁面までの距離はレース毎に一定ではないためゴールタッチが合わず、減速の小さなゴールタッチができない可能性が高いと推察される。これらのゴールタッチを定量化し、失敗のゴールタッチを避ける方法が明らかになれば、バタフライの記録向上の手がかりとなると考えられる。

Maglischo (2003, p.165) はバタフライの推進力はストロークやドルフィンキックだけでなく、うねり動作によっても発揮されると述べた。これらの動作はゴールタッチ時の減速を小さく抑えると推察されるが、それらの有効性については未だ検討されていない。そこで本研究では、バタフライのゴールタッチを行う方法、うねり動作およびドルフィンキック動作の有効性を明らかにすることを目的とした。

## II. 方法

### 1. 実験参加者

実験参加者は1年間を通してトレーニングを実施している大学水泳部員男子10名(年齢 $20.4 \pm 1.2$ 歳, 身長 $176.4 \pm 4.3$ cm, 体重 $70.1 \pm 7.3$ kg, 水泳歴 $13.4 \pm 4.5$ 年)であった。実験参加者の専門種目およびベストタイムを表1に示した。実験参加者には本研究の目的、方法、危険性などに関して十分な説明を行った後、書面にて研究参加への同意を得た。

### 2. 実験環境および実験手順

実験は50m屋外プール(8コース)にて行った。実験参加者はウォーミングアップ、バタフライのゴールタッチの練習を各自で行い、準備ができた段階で試技を開始した。本研究はゴールタッチの出来不出来による減速のみに着目するため、試技の距離は実際のレースよりも短く、ゴールタッチが合わないような状況を作るため、14m, 15mおよび16mに設定した。試技は8コースの14m, 15mおよび16m地点から0m地点までのバタフライ泳とし、14m試行, 15m試行および16m試行を各2試行ずつランダムな順序で計6試行実施した。なお、14m, 15mおよび16m地点にプールフロアを壁に見立てるように鉛直に立てて設置し、そのプールフロアを蹴らせて高い速度が獲得できるようにした。実験参加者には、最大努力かつ無呼吸で泳ぐことを教示した。

### 3. 撮影方法およびデータ分析

撮影は実験参加者の右側方、1コースの水中に水中カメラ(YAMAHA社製, 水中モニターシステム)を設置し、動作平面とカメラの光軸が直交するように行っ

表1 実験参加者の専門種目およびそのベストタイム

ID	専門種目	ベストタイム (m'ss.00)
1	100m 背泳ぎ	59.59
2	100m バタフライ	1'09.95
3	100m バタフライ	55.50
4	400m 自由形	4'24.79
5	200m 平泳ぎ	2'21.08
6	100m 平泳ぎ	1'06.94
7	200m 背泳ぎ	2'02.85
8	400m 個人メドレー	4'56.71
9	200m 個人メドレー	2'30.61
10	100m 自由形	53.69

た。本研究では、実験参加者の進行方向である水平方向をx軸、x軸に直交する鉛直方向をy軸とする静止座標系を設定し、ゴールタッチは2次元平面上で行われているものと仮定して、実験参加者の指尖部を分析の対象とした。水中カメラで撮影された映像はパーソナルコンピュータに取り込み、動作解析ソフト(DKH社製、Frame-DIAS IV)を使用して手動デジタイズを行った。

実験参加者の指尖部が着水してから再び着水するまでを1ストロークサイクルとし、実長換算法を用いて実験参加者の指尖部が着水およびゴールタッチした時点の時間および指尖部の実座標を計測した。得られたデータから、ゴールタッチ直前の指尖部の着水を基準に、その直前の2ストロークをストローク局面、ゴールタッチ直前の指尖部の着水からゴールタッチを行うまでをゴールタッチ局面に分類した(図1)。

#### 4. ゴールタッチの種類

Maglischo (2003, p.165) はバタフライで推進力を発揮するためにはストロークやキックだけでなく、うねり動作も重要であることを示した。そこで、実験参加者が行った全試行をゴールタッチの種類、ドルフィンキック動作およびうねり動作の3つの観点から分類した。

##### 1) ゴールタッチの種類

生田(1998)はゴールタッチの失敗の例として「壁との距離が遠すぎたために最後の1ストロークが入水し、流れた状態でゴールタッチをした例」と「壁との距離が近すぎたために最後の1ストロークのマッチングが失敗した例」を挙げた。そこで、ゴールタッチの種類はゴールタッチ直前の指尖部の着水後、指尖部が

水上に上がることなくゴールタッチを行った試行をGlide Touchとし、ゴールタッチ直前の指尖部の着水後、指尖部が再び水上に上がり、その後着水せずに水上のゴール壁面にゴールタッチを行った試行をDirect Touchとして2種類に分類した。

##### 2) ドルフィンキック動作

ドルフィンキック動作は膝関節が屈曲し、最大屈曲した時点から最大伸展するまでを1回のドルフィンキック動作として、ゴールタッチ局面でドルフィンキックを行った回数を計測し、その回数によって動作を分類した。なお、うねり動作による脚の動きはドルフィンキック動作1回としてカウントしなかった。

##### 3) うねり動作

うねり動作は頭部と肩部が下方に動いた後、臀部や足部が降下しながら再び頭部および肩部が浮かび上がるような動きを行ったものを主観的にうねり動作と判定した。しかし、Direct Touchは最後の指尖部の入水後、ストロークを行い、ゴールタッチを行うまでの間にうねり動作を行うことができないと考えられる。そこで、Direct Touchはうねり動作の分類から除外し、Glide Touchのみを分類の対象とした。うねり動作を行った試行はUndulation試行とし、うねり動作を行っていない試行をCalming試行として分類した。

#### 5. 算出項目

図1で示されたように、ストローク局面における2ストロークについて、実験参加者の指尖部が着水した時点の実座標のx成分の値と指尖部が再び水面から浮上し、再び着水した時点の実座標のx成分の値の差から、1ストロークあたりに進む距離を2ストローク分算出した。次に、実験参加者の指尖部が着水した時点

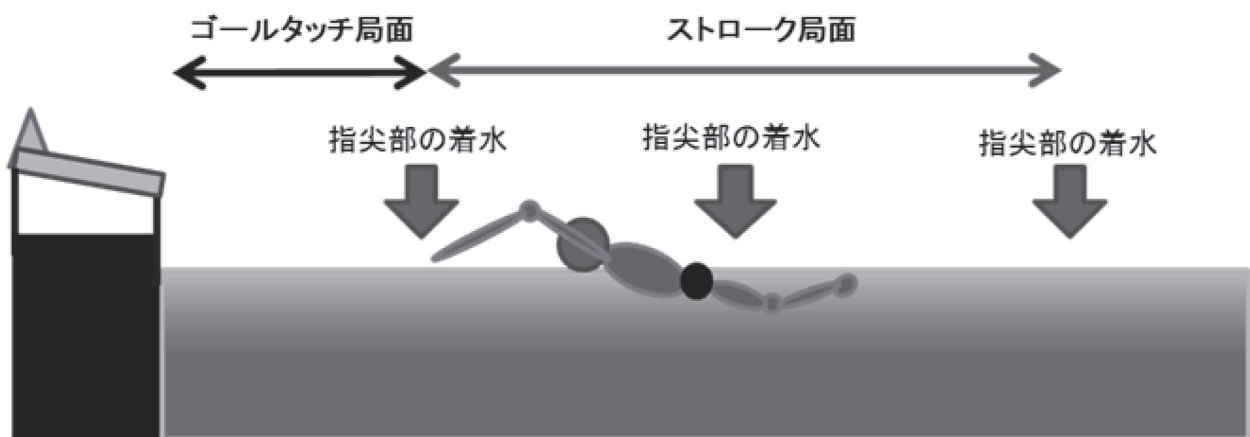


図1 ストローク局面とゴールタッチ局面の局面分け

と指尖部が再び水面から浮上し、再び着水した時点の時間の差から、1ストロークあたりの所要時間を2ストローク分算出した。そして、2ストローク分の1ストロークあたりに進む距離を2ストローク分の1ストロークあたりの所要時間で除することによって、1ストロークあたりの泳速度を算出した。その後、得られたストローク局面における2ストローク分のデータを平均することによって、ストローク局面における1ストロークあたりに進む距離(ストローク長, m/stroke)として算出し、ストローク局面における1ストロークあたりの所要時間(ストロークタイム, s/stroke)として算出し、ストローク局面における1ストロークあたりの泳速度 (m/s) を算出した。実験参加者が行った6試行のうち、2ストロークの平均ストローク長が最も高い値と最も低い値の試行を1試行ずつ除外し、残りの4試行の平均値を実験参加者の代表値とした。

ゴールタッチ局面については、ゴールタッチ直前の指尖部の着水地点からゴール壁面までの距離をGL (Goal Length, m) とし、その所要時間をGT (Goal Time, s) とし、その速度をGV (Goal Velocity, m/s) として求めた。また、ストローク局面における平均ストローク長に対するGLの値をGLr (Goal Length ration, %) とし、ストローク局面における平均ストロークタイムに対するGTの値をGTr (Goal Time ration, %) とし、ストローク局面における平均泳速度に対するGVの値をGVr (Goal Velocity ration, %) として求めた。

## 6. 統計処理

Direct Touchの試行間の比較にはドルフィンキック動作を要因とした1要因分散分析を行った。GLrと

GVrの関係は、Pearsonの積率相関分析を用いて行った。統計処理には統計ソフトPASW Statistics 18を使用し、統計上の有意水準は5%とした。

## Ⅲ. 結果

### 1. ストローク局面

ストローク局面における実験参加者毎のストローク長、ストロークタイムおよび泳速度の4試行の平均および標準偏差を表2に示した。各実験参加者の4試行の平均値を実験参加者の代表値として扱った。代表値の平均±標準偏差はストローク長が $1.76 \pm 0.18$ m/stroke、ストロークタイムが $1.06 \pm 0.09$ s/stroke、泳速度が $1.65 \pm 0.10$ m/sであった。

### 2. ゴールタッチの分類

実験参加者が行ったゴールタッチをタッチの種類、ドルフィンキック動作およびうねり動作で分類した結果を表3に示した。60試行のうち、分析可能であったDirect Touchが24試行、分析可能であったGlide Touchが36試行みられた。実験参加者は、14m、15mおよび16mの3種類の距離を2試行ずつ行うことによって、2種類以上のゴールタッチを行った。また、実験参加者が行った各距離2試行のうち、同様のゴールタッチの方法が出現した試行は30試行(15ペア)であった。さらに、3種類の試行のうち、同様のゴールタッチの方法が出現した実験参加者は3名であった。

24試行のDirect Touchは、ドルフィンキックを2回行った試行(以下、「2Kick<sub>D</sub>試行」と略す)は9試行であり、3回行った試行(以下、「3Kick<sub>D</sub>試行」と略す)

表2 実験参加者のストローク局面におけるストローク長、ストロークタイム、泳速度の最大値および最小値を除いた4試行の平均±標準偏差

ID	ストローク長* (m/stroke)	ストロークタイム* (sec/stroke)	泳速度* (m/sec)
1	1.73 ± 0.05	1.00 ± 0.02	1.73 ± 0.02
2	1.47 ± 0.04	0.92 ± 0.03	1.59 ± 0.02
3	2.14 ± 0.04	1.21 ± 0.02	1.75 ± 0.02
4	1.76 ± 0.01	1.16 ± 0.03	1.52 ± 0.03
5	1.59 ± 0.05	1.02 ± 0.03	1.57 ± 0.02
6	1.71 ± 0.03	1.04 ± 0.03	1.63 ± 0.02
7	1.81 ± 0.10	1.03 ± 0.04	1.75 ± 0.04
8	1.86 ± 0.04	1.04 ± 0.03	1.76 ± 0.07
9	1.76 ± 0.09	1.17 ± 0.08	1.50 ± 0.03
10	1.81 ± 0.08	1.03 ± 0.03	1.75 ± 0.07

\*最大値と最小値を除いた4試行の平均値

表3 実験参加者が行ったゴールタッチの分類結果

ID	試技 距離(m)	Undulation		Calming			
		2Kick <sub>D</sub>	3Kick <sub>D</sub>	1Kick <sub>G</sub>	2Kick <sub>G</sub>		
1	14		1		1		
	15		1		1		
	16				2		
2	14		1	1			
	15				2		
	16			1	1		
3	14		1		1		
	15				1		
	16			2			
4	14	1			1		
	15		2				
	16			1	1		
5	14		1		1		
	15		2				
	16				2		
6	14	1	1				
	15	1			1		
	16	2					
7	14	1	1				
	15		2				
	16	1	1				
8	14				1		
	15	2			1		
	16				2		
9	14			2			
	15				2		
	16				2		
10	14				2		
	15		1				
	16				2		
計		9	15	3	6	23	4

は15試行であった。映像を確認すると、2Kick<sub>D</sub>試行はゴールタッチ直前の最後の指尖部の着水後に1回目のドルフィンキックを行い、腕のアップスイープ時に2回目のドルフィンキックを行った後、指尖部が着水する前にゴールタッチを行う様子が観察された。3Kick<sub>D</sub>試行は、1回目および2回目のドルフィンキック動作は2Kick<sub>D</sub>試行と同様に行われているが、3回目のドルフィンキックが腕を前方に戻す動作であるリカバリー動作を行っている最中に行われていることが観察できた。

次に、36試行のGlide Touchのうち、Undulation試行は9試行であり、Calming試行は27試行であった。

Undulation試行のうち、ドルフィンキックを1回行った試行（以下、「1Kick<sub>G</sub>試行」と略す）は3試行、2回行った試行（以下、「2Kick<sub>G</sub>試行」と略す）は6試行であった。Calmingの27試行のうち、1Kick<sub>G</sub>試行は23試行、2Kick<sub>G</sub>試行は4試行であった。映像を確認すると、1Kick<sub>G</sub>試行は、ゴールタッチ直前の最後の指尖部の着水後にドルフィンキックを行った後、ゴールタッチを行う様子が観察された。2Kick<sub>G</sub>試行は、1回目のドルフィンキックが1Kick<sub>G</sub>試行と同様のタイミングで行われ、ゴールタッチが行われる前に2回目のドルフィンキックを行う様子が観察された。1Kick<sub>G</sub>試行のUndulation試行は、1回目のドルフィンキックが行わ



れながら頭部と肩部が下方に動いた後、臀部や足部が降下しながら再び頭部および肩部が浮かび上がる動作が確認できた。2Kick<sub>G</sub>試行のUndulation試行は1Kick<sub>G</sub>試行のUndulation試行と同様の動作が行われた後、ゴールタッチを行う前に2回目のドルフィンキックを行う様子が観察された。

### 3. ゴールタッチ直前の動作がパフォーマンスに与える影響

Direct Touchについて、ドルフィンキック動作を要因とした1要因分散分析を行った(表4)。その結果、GLでは3Kick<sub>D</sub>試行(1.67±0.25m)が2Kick<sub>D</sub>試行(1.45±0.19m)と比較して有意に高い値を示した( $F(1, 22) = 4.785, p < .05$ )。GTでは3Kick<sub>D</sub>試行(1.05±0.17s)と2Kick<sub>D</sub>試行(0.98±0.10s)の間に有意な差が認められなかった( $F(1, 22) = 1.157, n.s.$ )。GVでは3Kick<sub>D</sub>試行(1.59±0.07m/s)が2Kick<sub>D</sub>試行(1.47±0.10m/s)と比較して有意に高い値を示した( $F(1, 22) = 8.836, p < .01$ )。

GLrでは3Kick<sub>D</sub>試行(96±14%)が2Kick<sub>D</sub>試行(82±11%)と比較して有意に高い値であった( $F(1, 22) = 8.836, p < .05$ )。GTrでは3Kick<sub>D</sub>試行(100±14%)と2Kick<sub>D</sub>試行(94±9%)の間に有意な差が認められなかった( $F(1, 22) = 1.535, n.s.$ )。GVrでは3Kick<sub>D</sub>試

行(96±6%)が2Kick<sub>D</sub>試行(88±6%)と比較して有意に高い値であった( $F(1, 22) = 8.756, p < .01$ )。

Glide Touchの分類結果を表5に示した。GLでは1Kick<sub>G</sub>試行のUndulation試行が1.08±0.32m, Calming試行が0.65±0.19mであり、2Kick<sub>G</sub>試行のUndulation試行は1.18±0.21m, Calming試行は1.30±0.22mであった。GTでは、1Kick<sub>G</sub>試行のUndulation試行は0.71±0.13sec, Calming試行は0.47±0.11secであり、2Kick<sub>G</sub>試行のUndulation試行は0.81±0.07sec, Calming試行は0.87±0.09secであった。GVは1Kick<sub>G</sub>試行のUndulation試行は1.50±0.21sec, Calming試行は1.38±0.18secであり、2Kick<sub>G</sub>試行のUndulation試行は1.44±0.17sec, Calming試行は1.48±0.13secであった。GLrでは1Kick<sub>G</sub>試行のUndulation試行は60±11%, Calming試行は37±10%であり、2Kick<sub>G</sub>試行のUndulation試行は75±9%, Calming試行は72±14%であった。GTrでは、1Kick<sub>G</sub>試行のUndulation試行は60±11%, Calming試行は44±10%であり、2Kick<sub>G</sub>試行のUndulation試行は75±9%, Calming試行は83±12%であった。GVrでは、1Kick<sub>G</sub>試行のUndulation試行は100±15%, Calming試行は83±9%であり、2Kick<sub>G</sub>試行のUndulation試行は88±6%, Calming試行は86±8%であった。

表4 Direct Touchにおける分散分析の結果

	levene	2Kick <sub>D</sub> (N=9)	3Kick <sub>D</sub> (N=15)	F Value
GL (m)	0.211	1.45±0.19	1.67±0.25	4.785*
GT (sec)	0.165	0.98±0.10	1.05±0.17	1.157
GV (m/sec)	0.382	1.47±0.10	1.59±0.07	8.836**
GLr (%)	0.305	82±11	96±14	6.109*
GTr (%)	0.184	94±9	100±14	1.535
GVr (%)	0.745	88±6	96±6	8.756**

\*:  $p < .05$  \*\* :  $p < .01$

表5 Glide Touchの結果

	1Kick <sub>G</sub>		2Kick <sub>G</sub>	
	Undulation (N=3)	Calming (N=23)	Undulation (N=6)	Calming (N=4)
GL (m)	1.08±0.32	0.65±0.19	1.18±0.21	1.30±0.22
GT (s)	0.71±0.13	0.47±0.11	0.81±0.07	0.87±0.09
GV (m/s)	1.50±0.21	1.38±0.18	1.44±0.17	1.48±0.13
GLr (%)	61±18	37±10	66±9	72±14
GTr (%)	60±11	44±10	75±9	83±12
GVr (%)	100±15	83±9	88±6	86±8

表6 各ゴールタッチのGLrとGVrの相関関係

ゴールタッチの種類	相関係数	有意確率
2Kick <sub>D</sub>	.726	.027*
3Kick <sub>D</sub>	.364	.182
1Kick <sub>G</sub> Calming	.611	.002**

\*:  $p < .05$  \*\* :  $p < .01$

#### 4. ゴールタッチの種類および方法別のGLrとGVrの関係

表6にゴールタッチの種類別にGLrとGVrの関係を示した。2Kick<sub>D</sub>試行は、有意な正の相関関係が認められた ( $r = .726, p < .05$ ) が、3Kick<sub>D</sub>試行では有意な相関関係が認められなかった ( $r = .364, n.s.$ )。1Kick<sub>G</sub>試行のCalming試行は有意な正の相関関係が認められた ( $r = .611, p < .01$ )。

### IV. 考察

#### 1. 本研究における試技の妥当性

ゴールタッチの巧拙は、レース分析におけるフィニッシュ局面（レースにおける最後の5m）の所要時間によって評価されてきた（日本水泳連盟, 2005, pp.173-176）。しかし、野村（1996）はフィニッシュ局面の泳速度の減速が著しい場合は、ゴールタッチを正当に評価できないことを報告した。この報告から、フィニッシュ局面の所要時間は、ゴールタッチの出来不出来による影響と泳速度の減速による影響を受けると考えられる。若吉ほか（2000）は50m自由形レースの5m毎のストローク分析から、性別、競技レベルに関係なく、レース進行に伴う泳速度の低下傾向とストローク頻度の低下傾向が有意な関係にあることを明らかにした。そのため、実際のレースのフィニッシュ局面を検討する場合、本実験試技と比較してかなり疲労した状態であると推察される。また、レースの進行に伴う疲労から呼吸数も増え、呼吸が泳速度およびストローク、ゴールタッチに影響を与えられられる。このように、実際のレースでゴールタッチを評価する場合、多くの要因があるため、ゴールタッチの技術のみを正当に評価できない可能性があると考えられる。

そこで、本研究の実験試技は、競泳のレースの距離で最も短い50mよりもさらに短い14m、15mおよび16mに設定し、バタフライのゴールタッチの巧拙はストローク局面の速度を基準にゴールタッチの速度がどのように変化したのかを割合で示すGVrで評価し

た。そのため、実験参加者がストローク局面を全力で行わない場合、GVrは過大評価されることとなり、正当に評価できないと考えられる。そこで、実験に先立ち、実験参加者には無呼吸かつ最大努力で行うように教示した。その結果、疲労による測定誤差を小さくできると考えられるが、実際のレースの疲労状態とは異なると考えられる。このような理由から、実際のレースのゴールタッチを分析する場合でも、実験で行うゴールタッチを分析する場合にも、正当に評価するには限界があると考えられる。

#### 2. バタフライのゴールタッチを行う方法

バタフライのゴールタッチがどのように行われたのかをゴールタッチの種類、ドルフィンキック動作およびうねり動作によって分類した（表3）。Direct Touchはドルフィンキック動作を2回またはドルフィンキック動作を3回行う様子が確認できたため2類型に整理できた。Glide Touchは、うねり動作の有無とドルフィンキックを2回行う場合と3回行う場合に分類でき、4類型に整理することができた。本研究の結果からはバタフライのゴールタッチをDirect Touchの2類型とGlide Touchの4類型を合わせて計6類型が観察され、整理することができた。しかし、本研究で行われたゴールタッチの試行数を比較すると、1Kick<sub>G</sub>のUndulation試行は3試行、2Kick<sub>G</sub>のCalming試行は4試行、Undulation試行は6試行であった。実験参加者がこれらのゴールタッチの方法を選択する場合は稀であると考えられるため、統計処理の対象から除外した。今後、これらの有効性を検討することができれば、新たなゴールタッチの方法を提案できる可能性があると考えられる。

また、本研究は14m、15mおよび16mの3種類の試技を設定し、ゴールタッチの方法を実験参加者に自由に選択させて実験を行った。そのため、各実験参加者に多種多様なゴールタッチを行う方法が出現した。また、同じ距離設定であれば同じゴールタッチを行うと考えられたが、同じ距離でも異なるゴールタッチを行った試行は半数であった。このことから、実験参加者はゴールタッチに向かってストロークの調節を行いながら近づき、ゴールタッチ直前の最後の指尖部の入水位置に応じて、ゴールタッチの方法を選択していることが考えられる。また、実験参加者のなかには14m、15mおよび16mのどの距離であっても、ゴールタッチ直前の最後の指尖部の入水位置を調節し、同様のゴールタッチの方法を行っていた者が3名いた。こ

れらの実験参加者のように、ゴールタッチで減速を小さくするためには、ゴールタッチ直前の最後の指尖部の入水位置によってゴールタッチの方法が異なるため、ゴールタッチに向かうまでにストロークを調節する必要があると考えられる。

### 3. ゴールタッチ直前に行われる動作の分類とその有効性の検討

#### 1) うねり動作

Maglischo (2003, p.165) は身体を水平な状態にして泳いだ方が抵抗は小さくなると考えられるが、バタフライの場合はうねり動作を行うことによって、高いスピードを獲得できると述べた。また、Sanders et al. (1995) はバタフライの身体のうちうねり動作は頭部と肩部が動くことによって臀部や足部が動き、頭部や肩部が沈む時に下方への速度が増加することを示した。その際、泳者は手部を進行方向前方に向け、下方への推進力を前方に置換させることで、水平方向の推進力を獲得できると推察され、うねり動作は前方への推進力を有すると考えられる。本研究では試行数が少数であったため、統計処理を行うことができなかった。今後、うねり動作の有効性を検討する必要がある。

#### 2) ドルフィンキック動作

バタフライのストロークとドルフィンキックのタイミングは、手部の入水後に1回目のドルフィンキックを行い、ストローク中に2回目のドルフィンキックを行うことが示されている (Seifert et al., 2008)。また、水泳の専門書にも「バタフライは通常、1回ストローク中に2回ドルフィンキックを行い、1回目のドルフィンキックは、手の入水からアウトスイープ時に行い、2回目は腕のアップスイープ時に行う。」と記載されている (日本水泳連盟, 2006)。このことから、Glide Touchの2Kick<sub>D</sub>試行における2回目のドルフィンキックは、ストロークは行っていないものの、ストローク中に行うドルフィンキックのタイミングと同様のタイミングでドルフィンキックが行われたと考えられ、そのタイミングよりも早くゴールタッチを行った場合は1Kick<sub>G</sub>になると考えられる。杉本ほか (2008) は水中ドルフィンキックの1キック中の速度変動をシミュレーション手法によって、ダウンビート開始に伴って加速していることを報告した。以上のことから、ゴールタッチ時の減速を小さくするためにGlide Touchでドルフィンキックによる推進力を十分に得るためには距離を要する可能性が示された。

一方、Direct Touchは、2回行う場合 (2Kick<sub>D</sub>試行)

と3回行う場合 (3Kick<sub>D</sub>試行) が観察できた。その有効性を検討したところ、GVrは2Kick<sub>D</sub>試行 (88 ± 6%) が3Kick<sub>D</sub>試行 (96 ± 6%) と比較して有意に小さい値であった。しかし、映像を確認した結果、ゴールタッチ直前の最後の指尖部の着水後に1回目のドルフィンキックを行い、腕のアップスイープ時に2回目のドルフィンキックを行った後、リカバリー動作を行っている最中にドルフィンキックを行い、その直後にゴールタッチを行う動作が確認できた。これは、Glide Touchの場合と同様に、3Kick<sub>D</sub>試行は3回目のドルフィンキックの膝関節が最大伸展した直後にゴールタッチを行うため、ドルフィンキックによる推進力が十分ではないと考えられる。そこで、GLrの値を比較すると、2Kick<sub>D</sub>試行 (82 ± 11%) は3Kick<sub>D</sub>試行 (96 ± 14%) と比較して有意に低い値であった。このことから、実験参加者のストローク長に対して、ゴールタッチに要する距離がどの程度あるのかによって、ゴールタッチの巧拙に影響を及ぼす可能性があると考えられる。

### 4. ゴールタッチに要する距離がゴールタッチに与える影響

Glide Touchでうねり動作が行われず、ドルフィンキックを1回行う場合には、GLrとGVrに有意な正の相関関係が認められた (表6)。この結果は、実験参加者のストローク長に対するゴールタッチに要する距離の割合がどの程度短くなれば、どの程度速度が低下するのかを示す。つまり、実験参加者のストローク長よりもゴールタッチに要する距離が短くなればなるほど、ゴールタッチ時に減速する可能性が示された。Troup (1990) は、バタフライの1ストロークサイクルにおける速度変動について、リカバリーの後半に減速し、手部が着水した後、ドルフィンキックによって加速し、キャッチが行われる際が最も高い速度であることを示した。このことから手部の着水直後は速度が減速し、徐々に加速する局面であると推察された。Glide Touchを行う際には、ストローク長に対して、ゴールタッチに要する距離が短くなり過ぎるのを避ける方が良い可能性が示された。

Direct Touchにおけるストローク長に対するゴールタッチに要する距離は2Kick<sub>D</sub>試行 (82 ± 11%) が3Kick<sub>D</sub>試行 (96 ± 14%) と比較して、約14%有意に短いことが明らかとなった。2Kick<sub>D</sub>試行は通常よりも早いタイミングでドルフィンキックを行おうとしても、3Kick<sub>D</sub>試行と比較してゴール壁面までの距離が短いた



め、ドルフィンキックが行えなかった可能性が高いと推察される。さらに、2Kick<sub>D</sub>試行では、GLrとGVrに有意な正の相関関係が認められた(表6)。このことから、3回目のドルフィンキックを行わない場合、ストローク長に対するゴールタッチに要する距離の短縮は、ゴールタッチ時の減速につながることを推察された。Direct Touchはストロークを行った後、手部を進行方向前方へ戻すリカバリーの動作を行っている最中に行うゴールタッチである。実験参加者のストローク長に対して、ゴールタッチに要する距離が十分でない場合、手部を前方へ伸ばす前にゴールタッチを行うこととなるため、ゴールタッチ時で減速すると推察される。このように、Direct Touchを行う場合は、ストローク長がゴールタッチに要する距離に対して短くなり過ぎないようにすることによって、ゴールタッチ時の減速を小さくできる可能性が示された。

以上のことから、バタフライのゴールタッチを行う際には、Direct Touchを行う場合でもGlide Touchを行う場合でも泳者は自身のストローク長がどの程度なのか把握しながら、ゴール壁面までの距離を推測する必要があると考えられる。コーチングを行う際には、泳者にとってゴールタッチが行いやすいような、ゴールタッチ直前の最後の着水位置をコントロールさせるトレーニングを行う必要があると考えられる。

## 5. 本研究の課題

本研究の課題として、GVrが100%を超える値、つまりゴールタッチ時に速度が向上した試行がみられた。これは実際にゴールタッチ時に速度が向上したのではなく、ゴールタッチ直前のストロークでの泳速度が減少し、最後のゴールタッチを素早く行うことによって生じた可能性が高いと考えられる。実験参加者は無意識のうちにゴールタッチ直前の指尖部の着水までに泳速度を減速させ、ゴールタッチを素早く行うような、ゴールタッチを合わせるための調節を行ったと考えられる。このような調節を行った選手に対して、ストローク局面とゴールタッチ局面の分類を説明し、ストローク局面で泳速度を落とさないように泳ぐことを指導すれば、バタフライのゴールタッチのパフォーマンスを向上させることができると考えられる。今後、ゴールタッチ直前の指尖部の着水以前も含めて検討する必要がある。

## V. 結 論

本研究はバタフライのゴールタッチを定量化し、ゴールタッチの方法およびゴールタッチ直前に行う動作の有効性を検証することを目的とした。その結果、次の点が明らかとなった。

1. バタフライのゴールタッチの方法とゴールタッチ直前の動作を分類し、定量化することで、バタフライのゴールタッチ時に行われる動作の特徴を把握することができた。
2. ドルフィンキック動作やうねり動作の有効性は認められなかったが、ゴールタッチ直前の最後の指尖部の着水位置からゴール壁面までの距離を調節する必要性が示された。
3. ゴールタッチでの減速を避ける方法は、Direct TouchおよびGlide Touchのいずれの場合においても、ゴールタッチ直前の最後の指尖部の着水位置からゴール壁面までの距離がストローク長に対して小さくなりすぎるのを避けることであると示された。

本研究の成果によって、理想的なバタフライのゴールタッチができなかった場合の次善策が明らかとなり、競泳のコーチング学への貢献を促すことができた。

## 文 献

- 合屋十四秋, 松井敦典, 高木英樹 (1997) クロール泳におけるフリップターンの習熟過程, *バイオメカニクス研究* : 390-394.
- 生田泰志 (1998) バタフライの科学—スタート, ターン, フィニッシュについて—, *バタフライに関する調査研究報告書* : 51-59.
- 糸山直文 (1987) 初心者のための水泳教室, 高橋書店 : 東京, 102.
- Troup, J.P. (1990) World Championships Video Analysis of Competitive Swimming, International Center for Aquatic Research annual The International Center for Aquatic Research 1989-91, United States Swimming Press : Colorado Springs, 81-100.
- 河合正治 (1990) 勝負を決めるスタート・ターン技術, *スイミング&ウォーターポロマガジン*, 14, 12, ベースボールマガジン社 : 東京, 66-69.
- Maglischo, E.W. (2003) SWIMMING FASTEST, *Human Kinetics* : United States, 165-167.
- 野村照夫 (1996) 平泳ぎの科学—スタート, ターン, フィニッシュについて—, *平泳ぎに関する調査研究報告書* : 31-41.
- 奥野景介, 生田泰志, 本部洋介, 石川昌紀, 若吉浩二, 野村照夫 (1999) 男子50m自由形におけるストロークパラメータの変動に関する研究—1997年度日本選手権において—, *スポーツ方法学研究*, 12, 1 : 17-24.

- 尾関一将, 桜井伸二, 田口正公 (2010) 競泳スタートにおける入水方法がパフォーマンスに与える影響, バイオメカニクス研究, 14, 1: 12-19.
- Sanders. R.H., Cappaertl. J.M., Devlini. R.K. (1995) WAVE CHARACTERISTICS OF BUTTERFLY SWIMMING, J. Biomechanics 28, 1, 9-16.
- Seifert L, Boulesteix L, Chollet D, Vilas-Boas JP. (2008) Differences in spatial-temporal parameters and arm-leg coordination in butterfly stroke as a function of race pace, skill and gender, Human Movement Science, 27, 1, 96-111.
- 杉本誠二, 中島 求, 市川 浩, 三輪飛寛, 武田 剛, 野村武男 (2008) シミュレーション解析による水中ドルフィンキック時の足関節底屈角度の増加がパフォーマンスに与える影響, 体育学研究, 53, 51-60.
- 立 正伸 (2004) 第14回アジア大会におけるレース分析報告, Japanese Journal of Sciences in Swimming and Water Exercise, 6, 45-47.
- Takeda Tsuyoshi (2009) Do differences in initial speed persist to the stroke phase in front-crawl swimming?, Journal of Sports Sciences, 27, 13: 1449-1454.
- 田中孝夫監 (1993) 速くきれいに泳ぐ水泳教室 (第2版), 高橋書店: 東京, 106-109.
- 椿本昇三 (1989) ビギナーズ・スイミング, ナツメ社: 東京, 158.
- 若吉浩二, 劉 華, 森 弘暢, 福本隆行, 小野桂市 (2001) 日本選手権における競泳100m自由形レースにおける泳速度とストローク変数の変化に関する研究, スポーツ方法学研究, 14, 1, 33-40.
- 吉村 豊, 高橋雄介 (1996) スイミング, 池田書店: 東京, 100-103.
- 財団法人日本水泳連盟編 (2010) 水泳指導教本 (第3版), 大修館書店: 東京, 99-100.
- 財団法人日本水泳連盟編 (2006) 水泳教師教本 (第3版), 大修館書店: 東京, 31-33.
- 財団法人日本水泳連盟競技委員会 (2010) 競泳競技規則, 財団法人日本水泳連盟競技委員会: 東京, 13-15.

平成24年10月16日受付  
平成25年2月14日受理