

バタフライにおける第2キックのタイミング

Timing of the second kick of the butterfly

林 享 安藤佳代子 岡本 敦

Akira HAYASHI Kayoko ANDOU Atsushi OKAMOTO

東海学園大学 人間健康学部 人間健康学科

Dept. of Human Wellness, Tokai Gakuen Univ.

キーワード：バタフライ、ドルフィンキック、タイミング

Key words : butterfly, dolphin kick, timing

要約

本研究は、バタフライのストローク局面において、水中での「かき」前半・中間・後半の3種のタイミングでドルフィンキックを行なわせ、それぞれの速度からドルフィンキックのタイミングの適否を検討することを目的とした。被験者は熟練されたバタフライ選手10名（男子6名、女子4名）を対象とし、10m通過タイム、1回「かき」間の平均速度、ドルフィンキック前後の速度測定を行った。10mバタフライ泳タイムにおいて、中間での第2キックはコントロールおよび後半での第2キックより有意に速かった（ $p < 0.01$ ）。また「かき」間の平均速度において、前半および中間でのドルフィンキックはコントロールおよび後半でのドルフィンキックより有意に速かった（ $p < 0.01$ ）。結果より、「かき」間のドルフィンキックのタイミングは中間が有効であると考えられた。

Abstract

This study had subjects perform the dolphin kick stage of the butterfly stroke at one of three times - the first half, middle, or second half of the stroke through water - in order to examine the suitability of timing of the dolphin kick from the respective speeds. The subjects were 10 expert butterfly swimmers (6 males, 4 females), and the time required to swim 10 m, the average speed of a single stroke, and the speed before and after the dolphin kick were measured. Amongst 10 m butterfly swim times, mid-stroke second kicks were significantly faster than the control group and second kicks in the second half of the stroke ($p < 0.01$). In addition, when looking at the average speed of a stroke, dolphin kicks in the first half of the stroke or mid-stroke were significantly

faster than the control group and dolphin kicks in the second half of the stroke ($p < 0.01$). These results suggest that dolphin kicks are most effective when performed in mid-stroke.

1. 緒言

競泳競技の泳法は自由形、平泳ぎ、背泳ぎ、およびバタフライに分類される。なかでも、バタフライは1955年に平泳ぎから生まれ、競泳種目としては一番新しい泳法であり現在、バタフライは4泳法の中で自由形の次に速い泳法として普及している。しかし、エネルギーの消耗が激しく、また左右対称の「かき」動作およびバタフライにおける第2キックのタイミングが難しいことから、バタフライはもっとも難しい泳法としても知られている。

これまで、バタフライのストロークとキックのタイミングについて研究された事例は必ずしも多くはない。数少ない研究の中で、Cholletら(2006)はエリートバタフライ選手における腕と脚のタイミングおよび筋力の間接関係を検討している。その結果、高いパフォーマンスを得るためには高い筋力ではなく、腕と脚の動作のタイミングが重要であると報告している。また、Seifertら(2007)は、競技レベルにおけるバタフライのストロークのタイミングを検討している。その結果、競技レベルが高いほど「かき」動作中にキックを2回行っている割合が高いと報告している。一方、Maglischo(2005)は、バタフライの1回のストロークで2回のキックのタイミングについて、第1キックの蹴り下ろしは、腕の入水時に行い、第2キックの蹴り下ろしは、「かき」の後半に行うことが最適だと述べている。しかし、現在でもバタフライの第2キックは様々なタイミングで行われており、バタフライのストローク局面における速度変化とドルフィンキックとの関係について、詳細な検討が行われていない。以上のことから、本研究は、第2キックのタイミングとパフォーマンスの関係を検証することを目的とした。

2. 方法

1) 被検者

被検者は、大学水泳部に所属する熟練されたバタフライ選手10名(男子6名、女子4名)であった。被検者は日本選手権、および日本学生選手権出場レベルにあり、なかでも被検者A、B、F、Gの4名は日本選手権において準決勝(上位16位以内)進出者である。被検者の性別、年齢、身長、体重、25mプールにおける100mバタフライの自己最高タイムを表1に示した。なお、全ての被検者には、実験の趣旨と内容および危険性の有無について事前に説明を行い、書面にて参加の同意を得た。

表1 被検者の身体的特徴

被検者	性	年齢(年)	身長(cm)	体重(kg)	100mバタフライ 自己最高タイム
A	男	23	171.5	67.0	53"9
B	男	21	169.5	68.7	53"1
C	男	20	166.4	64.6	54"8
D	男	19	167.7	65.1	55"5
E	男	19	175.8	72.9	54"0
F	男	18	173.2	70.6	53"8
G	女	21	160.1	50.4	1'01"8
H	女	20	158.1	58.1	1'03"7
I	女	18	153.7	50.5	1'02"2
J	女	18	154.0	48.6	1'02"0
Mean±D.S.		19.7±1.6	168.4±8.3	64.8±7.5	56"9±4"8

2) 第1キック、第2キック

バタフライは、1回のストロークサイクルで2回のドルフィンキックを行う。一般的なストローク動作とドルフィンキックのタイミングについて図1に示した。まず、第1キックの蹴り下ろしは、入水時に合わせて打たれており(図1-a)、第2キックの蹴り下ろしは、「かき」動作の後半で打たれている(図1-d)。しかし、選手間には各々のキックのタイミングがあり正確なタイミングは明らかになっていない。

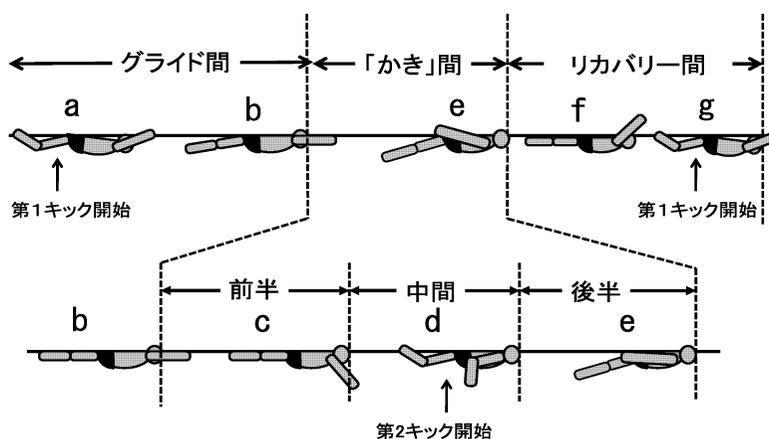


図1 バタフライにおけるストロークの詳細

3) 実験試技

被検者は、マーキングポイント(耳珠)を明確にするためスイミングキャップを着用し、25m

の全力バタフライ泳を行なった。また、コントロールとして第2キックを打たない試技、および水中での「かき」動作の間に前半・中間・後半の3種のタイミングで第2キックを行わせた。「かき」間における3種の第2キックのタイミングは以下のものであり、また図1に概要を示した。

- ・前半：腕を伸ばした状態において腕が動き始めてから頭頂点までをかく間
- ・中間：頭頂点から腰（水着上部ライン）までをかく間
- ・後半：腰から腕が水面に出るまでの間

第2キックのタイミングについてはビデオ撮影によって上記の範囲にあることの確認をした。試技前に被検者には十分なウォーミングアップと練習を行わせ、試技の順番はランダムとした。なお、第2キックのタイミングは図1のようにある程度の幅を設定しているため、全ての泳者のタイミングを完全に一致させることはできなかった。また、各被検者には、1か月前から実験内容の説明を行い、十分な練習期間を設定した。これにより、慣れや個々の経験から試技間に差はないとした。

4) 実験環境の設定

測定はすべて屋外プール（50m×8レーン、水深3m）の2カ所のプール側面の水中窓から、それぞれCCDビデオカメラ（YKC1380、Victor社製）を用い、壁面から5mラインから20mの範囲内でバタフライ泳の水中動作を撮影した。なお、ビデオカメラの撮影スピードは30コマ/秒で行った。

バタフライ泳の「かき」およびキック動作は2次元平面上で、左右対称運動であると仮定し分析を行った。Aeら（1992）に従い被検者の耳珠、中手指関節節、手首、肘、肩峰、大転子、膝、外果の8点のマーキングポイントから身体重心移動速度を算出した。これらの映像はパーソナルコンピュータ（Latitude D600, Dell社製）に取り込み、画像分析ソフト（フレームディアスII version III, DKH社製）により得られた画像上の座標値から2次元実長換算法を用いて、マーキングポイントの実座標を算出した。また、得られた実座標データは、遮断周波数6Hzにより平滑化を行った。なお、全ての映像については2度の座標化作業を行い、それらの平均値を分析対象とした。

5) データ分析、測定項目

バタフライ泳のストロークを、手が入水して「かき」動作が開始するまで（グライド）、「かき」の間、および水面に手が出てから入水するまでの間（リカバリー）、3つの区間に分けた（図1）。これに基づき、グライド間の平均速度、「かき」間の平均速度、リカバリー間の平均速度、第2キック開始時および終了時速度を算出した。なお、以上の測定項目は10m間で行われた約5スト

ロークの中から安定した3ストロークを採用し1ストロークの平均値から算出した。また、各試技のパフォーマンスの評価基準は、10m間のバタフライ泳タイムとした。

6) 統計分析

各試技の平均値の差の検定には、一元配置分散分析 (ANOVA) および一対の標本による平均の検定として t 検定を用いた。なお、統計処理の有意水準は危険率 5%未満とした。

3. 結果

全ての試技における10mバタフライ泳タイム (表2) より、中間での第2キックはコントロールおよび後半での第2キックより有意に速かった ($p < 0.01$)。それ以外の試技においては、有意な差はなかった。

表2 10mのバタフライ泳タイム

被検者	コントロール	前半	中間	後半
A	5.87	5.42	5.67	5.55
B	5.66	5.73	5.32	5.21
C	6.69	5.67	5.65	5.92
D	6.04	5.91	5.88	6.20
E	5.77	5.79	5.59	6.01
F	6.23	6.03	5.82	6.00
G	6.20	6.44	6.27	6.67
H	6.62	6.62	6.50	6.75
I	6.57	6.54	6.55	6.45
J	7.03	6.97	6.89	7.07
Mean±D.S.	6.19±0.44	6.11±0.50	6.01±0.51	6.18±0.50

(* $p < 0.01$) (単位: 秒)

表3 グライド間、「かき」間、およびリカバリー間の平均速度

	コントロール	前半	中間	後半
グライド間	1.83±0.16	1.81±0.13	1.85±0.19	1.82±0.13
「かき」間	1.74±0.17	1.82±0.15	1.89±0.18	1.78±0.17
リカバリー間	1.21±0.19	1.24±0.20	1.23±0.22	1.22±0.19

(* $p < 0.01$) (単位: m / 秒、n=10)

グライド間、「かき」間、およびカバリー間の平均速度においては、グライド間、およびカバリー間の平均速度は各試技間に有意な差はなかったが（表3）、「かき」間の平均速度のみ有意な差が認められた（ $p < 0.01$ ）。また、各被検者の「かき」間の平均速度を表4に示した。「かき」間の平均速度において、前半と中間ではコントロールおよび後半での第2キックより有意に平均速度が速かった（ $p < 0.01$ ）。一方、前半と中間での第2キックの間に有意な差はなく、またコントロールおよび後半での第2キックの間においても有意な差は認められなかった。

「かき」間の第2キック開始および終了時の試技間の平均速度を表5に示した。その結果、第2キック開始時の速度は、後半のほうが前半および中間での第2キックよりも有意に速度が速かった（ $p < 0.001$ ）。一方、前半および中間での第2キックとの間には有意な差はなかった。また、試技間においても第2キック終了時の平均速度に有意な差はなかった。

表4 「かき」間の平均速度

被検者	コントロール	前半	中間	後半
A	1.60	1.98	2.04	1.91
B	1.94	1.93	2.11	1.99
C	1.93	1.86	1.99	1.88
D	1.69	1.74	1.75	1.72
E	1.84	1.99	2.08	1.82
F	1.97	2.01	2.03	2.04
G	1.64	1.72	1.75	1.61
H	1.48	1.56	1.62	1.55
I	1.79	1.68	1.62	1.57
J	1.59	1.78	1.96	1.73
Mean ± D.S.	1.74 ± 0.17	1.82 ± 0.15	1.89 ± 0.18	1.78 ± 0.17

(* $p < 0.01$) (単位：m / 秒)

表5 第2キック開始時および終了時の速度

	前半	中間	後半
第2キック開始時の速度	1.84 ± 0.21	1.83 ± 0.25	2.11 ± 0.25
第2キック終了時の速度	2.31 ± 0.16	2.34 ± 0.18	2.38 ± 0.17

(* $p < 0.001$) (単位：m/秒、 $n = 10$)

4. 考察

本研究の目的は、バタフライのストローク局面でのどこで第2キックを入れるのが最適なのか、そのタイミングをそれぞれの速度から検証することにある。結果から、中間で第2キックを打つことが有効であると考えられた。

本研究結果を詳細に検討してみると、以下のようなになる。まず、中間での第2キックの有効性について、最も平均的な様相を示した被検者Cの「かき」間の速度の変化を図2に示した。コントロールでの変化は、前半から中間にかけて第1ピークの2.0m/秒で、後半で第2ピークの2.6m/秒まで速くなった。これに対して、前半でのドルフィンキックの変化は、第2キックを打つことで1.5m/秒であった速度が2.5m/秒まで速くなった。その後、「かき」が終了するまで、1.8m/秒以上の速度を維持していた。中間での第2キックについては、第2キックを打つことで1.8m/秒であった速度が2.1m/秒まで速くなった。そして、2.0m/秒から徐々に速度が速くなり、「かき」終了時には2.5m/秒まで速くなった。一方、後半での第2キックでは、第2キックを開始するまで、コントロールとほぼ同じの速度変化を示し、第2キックを打つことにより1.6m/秒から2.5m/秒まで速くなった。

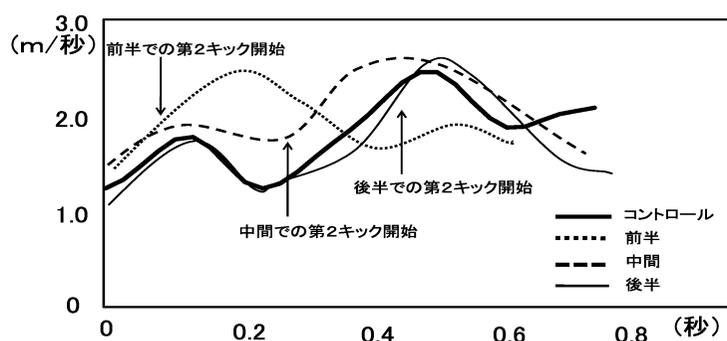


図2 各試技の「かき」間の速度変化（被検者Cにおいて）

ここで、検討する2つの点が考えられる。まず、1つ目は「かき」間の平均速度において、前半から中間での第2キックがコントロールおよび後半での第2キックより有意に速かった（表4）が、10mバタフライ泳においては中間での第2キックだけがコントロールおよび後半での第2キックより有意に速かったことである（表2）。「かき」間の平均速度が10mバタフライ泳に影響しなかった理由として、グライド間およびリカバリー間の平均速度の影響が考えられるが、それぞれの試技間の局面に有意な差はなかった（表3）。そこで注目する点は、「かき」間の時間の長さが考えられる。図2における、前半での第2キックは「かき」時間ももっとも短い。そのため、「かき」回数が増えることで、疲れから10m間の後半の速度が遅くなり10mバタフライ泳タイムが遅くなったと考えられる。2つ目に考えられることは、前半および中間での第2キックでは「かき」間にピークが1回なのに対し、コントロールおよび後半での第2キックでは2回のピーク

クある(図2)。Seifertら(2007)は、「かき」間において、速度のピークが2つあるより、緩やかな1回のピークのストロークにおいてパフォーマンスが高いと報告している。本研究においても同様に、「かき」間の平均速度において、1回のピークであった前半および中間での第2キックは、2回のピークであったコントロールおよび後半の第2キックより有意に速かった。これは、前半および中間で第2キックを行うことは、「かき」のピーク値を1回にする方法の1つであると考えられる。

5. まとめ

前半および中間での第2キックは「かき」間の平均速度が速くなることが分かった。また、前半での第2キックは「かき」間の時間が極端に短くなるため、50mの短距離において適しており、中間での第2キックについては、100mおよび200mバタフライ種目に有効なタイミングと考えられる。

文献

- Ae M, Tang H, Yokoi T, 1992. The estimate of the body part inertia of Japanese athlete. *Biomechanism*, 11: 23-33.
- Chollet CT, Chollet D, Hogue S, Pappardopoulos C, 2002. Kinematic analysis of butterfly turns of international and national swimmers. *Journal of Sports Sciences* 20 (5) : 383-390
- Maglisco E W, 1993. *Swimming even faster*. Mayfield Publishing Company : California , pp426-428.
- Mason BR, Cossor JM, 2001. Swim turn performances at the Sydney 2000 Olympic Games. A presented paper at the Swimming section of the XIX International Symposium on Biomechanics in Sports. University of San Francisco, pp123-128
- Seifert L, Vantorre J, Chollet, 2007. Biomechanical analysis of the Breaststroke start. *International Journal of Sports Medicine*, 28: 970-976