慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	平泳ぎの1ストローク中の速度変動と水中動作の関連性
Sub Title	The changes in velocity and underwater movements during one stroke cycle of relativity in the breaststroke
Author	森下, 愛子(Morishita, Aiko) 船渡, 和男(Funato, Kazuo)
Publisher	慶應義塾大学体育研究所
Publication year	2010
Jtitle	体育研究所紀要 (Bulletin of the institute of physical education, Keio university). Vol.49, No.1 (2010. 1) ,p.9- 13
JaLC DOI	
Abstract	The purpose of this study was to examine the changes in velocity and underwater movements during one stroke cycle in competitive breaststroke swimming. The subjects were 19 collegiate swimmers (11 men and 8 women with mean age, 20.9 ± 0.6 y and 20.0 ± 1.0 y; mean height, 173.7 ± 7.0 cm and 165.8 ± 3.8 cm; and mean mass, 66.1 ± 6.7 kg and 59.5 ± 3.9 kg, respectively). They wore a belt that was attached to Speed Meter (manufactured by Vine Inc) via a harness. Each swimmer covered a distance of 25 m twice with the breast-stroke at the highest speed possible. The best time was then analyzed. An underwater video camera (manufactured by YAMAHA K.K) was set up at the center of the pool (at 12.5 m from each end), and it captured pictures of a 5 m section (10 to 15 m). Image analysis revealed 2 acceleration phases in all subjects, which were to the "kick" and "pull" actions of the swimmers. This was agreed upon by the top swimmer of the literature review. Moreover, underwater movement could be estimated from the pattern of change in the speeds on the basis of the relationship between the 2 parameters in the absence of underwater movement.
Notes	
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00135710-00490001-0009

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

平泳ぎの１ストローク中の速度変動と水中動作の関連性

森下　愛子 *　　船渡　和男 **

The changes in velocity and underwater movements during one stroke cycle of relativity in the breaststroke.

Aiko Morishita[1], Kazuo Funato[2]

The purpose of this study was to examine the changes in velocity and underwater movements during one stroke cycle in competitive breaststroke swimming. The subjects were 19 collegiate swimmers (11 men and 8 women with mean age, 20.9 ± 0.6 y and 20.0 ± 1.0 y; mean height, 173.7 ± 7.0 cm and 165.8 ± 3.8 cm; and mean mass, 66.1 ± 6.7 kg and 59.5 ± 3.9 kg, respectively). They wore a belt that was attached to Speed Meter (manufactured by Vine Inc) via a harness. Each swimmer covered a distance of 25 m twice with the breast-stroke at the highest speed possible. The best time was then analyzed. An underwater video camera (manufactured by YAMAHA K.K) was set up at the center of the pool (at 12.5 m from each end), and it captured pictures of a 5 m section (10 to 15 m). Image analysis revealed 2 acceleration phases in all subjects, which were to the “kick” and “pull” actions of the swimmers. This was agreed upon by the top swimmer of the literature review. Moreover, underwater movement could be estimated from the pattern of change in the speeds on the basis of the relationship between the 2 parameters in the absence of underwater movement.

キーワード：平泳ぎ，速度変動，水中動作
Key words：Breaststroke, changes in velocity, underwater movement

目　的

競泳競技には，４つの泳法があり，その中でも，左右同時動作を行う種目（バタフライ・平泳ぎ）と左右交互動作を行う種目（自由形・背泳ぎ）との２つに分けられる。例えば，左右同時動作を行う種目である平泳ぎは，４泳法の中で最も技術的要素が高いと言われている。また，日本の平泳ぎの技術は世界でも注目を浴びており，技術面における研究報告は少なくない。

近年の競泳競技ではレース時において，ラップタイム及び速度，ストローク長（SL），ストローク頻度（SR），スタート及びターンタイムなど「レース分析」が行われている。こうした「レース分析」は指導者および選手へのフィードバックにより，その後のレースへの改善点を探ることが可能となる（P.Pelayo et al. 1999, M.Anderson et al. 2008）。例えば，H.Leblanc et al. 2007の先行研究によると，平泳ぎには２つの加速局面がみられ，それらはKick 時と Pull 時において加速していることが報告されている。しかしながら，これらの報告では対象者が平泳ぎを専門とする競泳選手であるため，より高い技能レベ

＊慶應義塾大学体育研究所助教
＊＊日本体育大学教授
1) Research associate, Institute of Physical Education, Keio University
2) Professor, Laboratory for human movement science, Nippon Sport Science University

ルの泳ぎを習得している競泳選手の特徴であることも考えられる。

そこで，本研究では平泳ぎを専門とする選手および他の種目を専門とする選手も含めた「大学競泳選手」すなわち，平泳ぎにおいて一定以上の技能レベルを習得した水泳競技者を対象とした。そして，平泳ぎの１ストローク中の速度変動および水中動作の関連性から，泳速度測定機と水中映像の同期の重要性を検討することを目的とした。

方　法

A．対　象

対象者は，某大学競泳部の男子選手11名（年齢20.9±0.6歳，身長173.7±7.0cm，体重66.1±6.7kg），女子選手８名（年齢20.0±1.0歳，身長165.8±3.8cm，体重59.5±3.9kg）の計19名であった。また，被験者の専門種目については表１に示す。

B．測定方法

本研究では，泳速度測定機からの速度データ（速度変動）と水中カメラからの映像（水中動作）を同期し，記録することで，１ストローク中の速度変動と水中動作の関連性を検討した。

１．水中映像

水中動作分析には，水中モニターシステム（YAMAHA社製：以下 水中カメラ）１台を用いた。図１で示したようにプール中央（12.5m）に設置し，10m から15m の５m 区間のみを30f/s で撮影し，分析の対象とした。その水中映像は，水中カメラのリモートコントロールに繋がれたデジタルビデオカメラ（DV）にモニタリングし，テープに録画した。また，水中カメラの右端に泳速度計測機（Speed Meter）のスイッチと繋がれた同期用のランプを設置した。これによって，水中映像と速度変動を同期した。

表１．被験者の専門種目

種目（距離）	男子（名）	女子（名）
自由形（長距離）	1	2
自由形（中距離）	2	4
自由形（短距離）	1	—
背泳ぎ	3	—
平泳ぎ	2	2
個人メドレー	2	—
	11	8
計		19

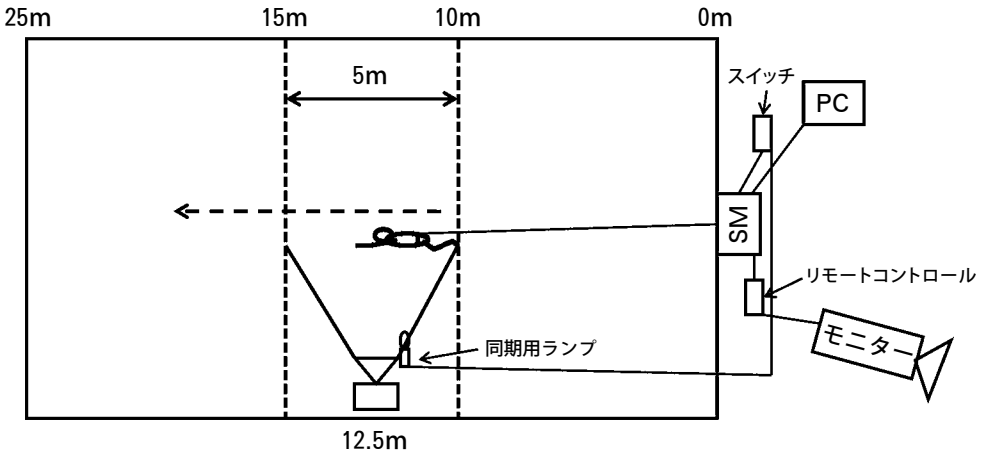

図１．測定配置図

２．泳速度測定

泳速度測定には，Speed Meter（Vine 社製：以下 SM）を用い，500Hz で計測した。被験者には腰部にマーカーを付け，SM に繋がれた紐のついたベルトを装着し，25m 平泳ぎを全力泳で２試技行った。被験者が泳ぐと同時に，マーカーの位置変化から PC に瞬時の泳速度変動が描かれた。また，２試技中の25m タイム（パフォーマンス）の良いほうを解析の対象とした。

Ｃ．解析方法

１．水中映像解析

Frame-DIAS Ⅱ version３（㈱ディケイエイチ社製：以下 FD）を用いて，録画映像から被験者の腰部マーカーをデジタイズし，泳速度を算出した。また，FD で得られた速度曲線は，Bryant の２次のバターワースのローパスフィルター（５Hz）によって平滑化した。

２．泳速度解析

SM から得られた500Hz 毎の泳速度データにおいて，５点の移動平均処理によって平滑化し，速度変動を示した。

結　　果

・パフォーマンス（タイム）

ストップウォッチを用い，25m の所要時間を手動によって計測をした。

25m の平均タイムは，男子選手17.14±0.8秒，女子選手19.65±1.0秒であった。

・水中映像

被験者の殆どの選手が解析区間を３ストロークで通過していた。解析区間の映像から FD によって算出された速度変動にはパターンがみられた。全ての被験者において，顕著な２つの加速局面がみられた。この速度変動パターンと各局面の水中動作を一致させた結果，この顕著な２つの加速局面を含むものが１ストロークであることがわかった。この１ストローク中の速度変動パターンと各局面における水中動作において図２に示した。

図２で示した速度変動パターンは最も速かった男子選手（Sub A）の一例である。加減速変動が主にみられた局面において，水中動作を定義した。① 脚を蹴り終わった姿勢　② 脚を閉じ，腕 - 脚が伸びたストリームラインの姿勢　③ 腕のキャッチを開始した姿勢　④ 脚は伸び，肘を曲げ，かき込んだ姿勢　⑤ 腕は伸び，脚を引きつけた姿勢であった。この結果から加速局面での動作が，① Kick 時と ④ Pull 時によるものであることがわかった。

・泳速度変動

解析区間において，SM からも３ストロークが得られた。その SM から得られた平泳ぎの速度変動パターンのデータサンプルを図３において示した。図３は図２の Sub A のデータサンプルである。この SM から得られた１ストローク中の速度変動パターンにおいても，顕著な

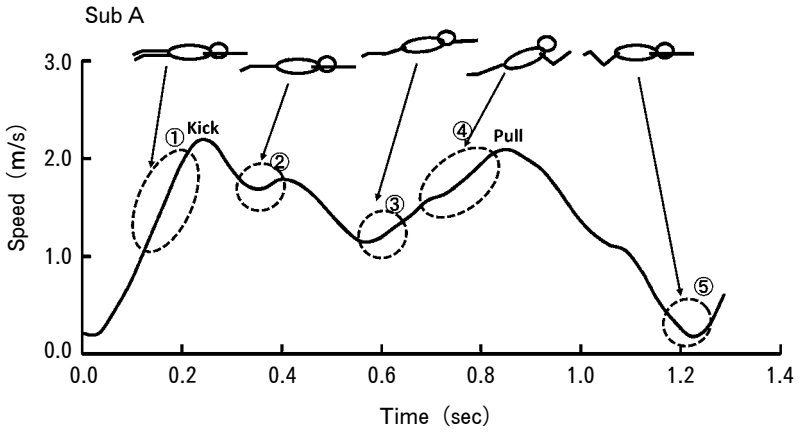

図２．映像から得られた１ストローク中の速度変動および水中動作パターン

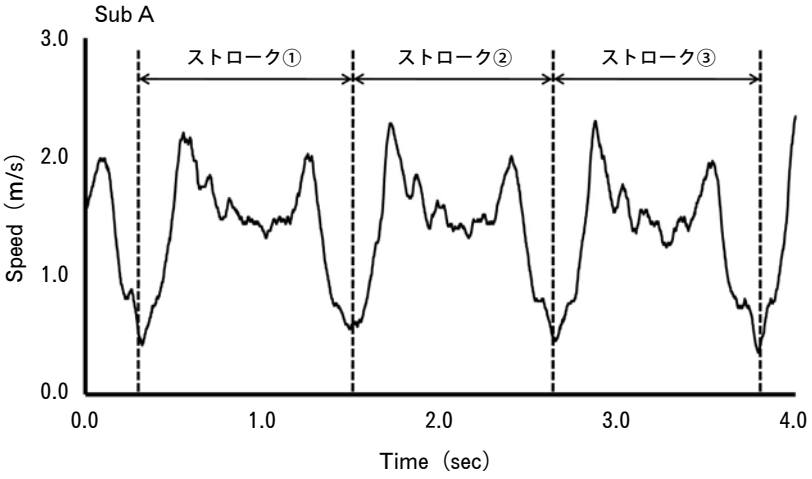

図３．Speed Meter から得られた速度変動

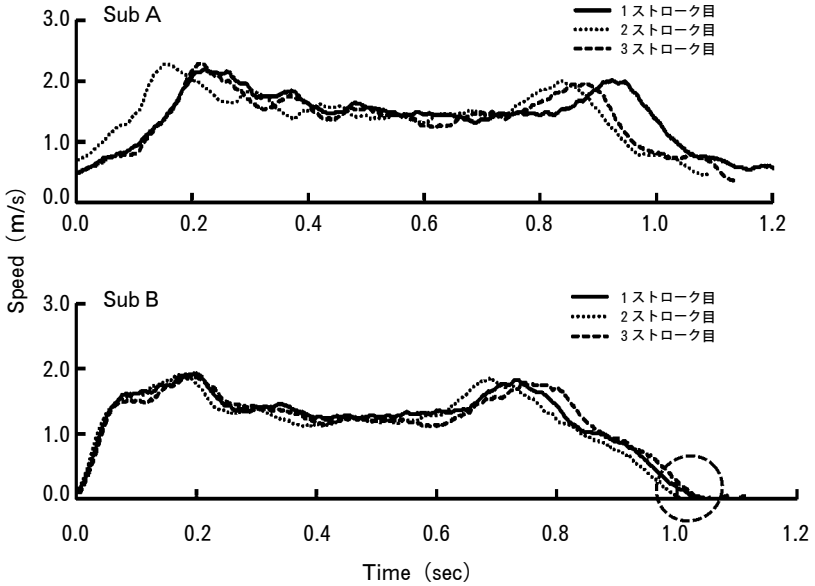

図４．同一被験者における連続する３ストロークの速度変動の重ね書き

２つの加速局面が示された。これらは専門種目および距離，性別やパフォーマンス（タイム）に関わらず，全ての選手において同一であった。そして，この３ストロークにおいて１ストローク中の速度変動パターンが同じであることを示しているものが図４である。図４では，解析区間においてSMから得られた速度変動データ（図３）の①・②・③ストロークを重ね合わせたものである。これらは，得られた３ストロークがよく一致する男子選手（Sub A）女子選手（Sub B）の一例である。図４で示したように解析区間の３ストロークの速度変動パターンの一致から１ストローク中の速度変動の再現性が高いことが示された。また，この１ストローク中の速度変動パターンにおける２つの加速局面は，男女ともにみられ，性差による影響がないことを示した。速度変動パターンには顕著な性差はみられなかったが，被験者の女子選手の半数（４名）において，図４の下（Sub B）のように１ストロークの終了時において全く速度を得ていない時間がみられた。

考　察

本研究の解析区間において，映像からも泳速からも同様の３つの加減速変動の波形が得られた。また，これら３つの速度変動の波形には，顕著な２つの加速局面がみられた。そして，この速度変動パターンは，映像解析からこの２つの加速局面を含むものが１ストロークであることがわかった。また，解析区間において得られた３ストロークはほぼ一致し，１ストロークの再現性が示唆された。そのため，どこの1ストロークを解析しても同様の結果が得られることが考えられる。また，この１ストロークに要した時間および距離が算出されることで，ストローク長（SL）やストローク頻度（SR）も得ることができる。D.Chollet ら（2004）の報告 によると，swim-speedometer と２台の水中カメラを用いて，前方からと側方からの２方向と速度変動の関係において水中動作解析を行っている。この報告でも，トップ選手においてレースペースの距離が異なることで，各局面に要する時間も異なることが報告されている。

そして，この１ストローク中の速度変動にはパターンがあり，例えば，H.Leblanc ら（2007）の報告では，国際レベルの選手と国内レベルの選手を対象に50m・100m・200m のレースペースにおける１ストローク中の平均速度変動の違いを比較し，その各局面における水中動作が定義されている。この報告では，全ての選手において，レースペースの距離に関係なく Kick 時におけるピーク速度はほぼ同じ時間で得られるが，Pull 時でのピーク速度が得られる時間において，距離が短くなればなるほど早い時間に得られると報告されている。本研究では25m 全力泳であるため，試技速度による違いまではみられなかった。しかし，男女の比較から１ストロークに要する時間の違いがみられたことから，試技の速度を変えることで異なった速度変動が示されることが考え

られる。また，女子選手の半数において，１ストローク終了時にまったく速度を得ていない時間がみられた。

これらの原因は速度変動だけでは明確にすることはできないが，本研究のように映像と照らし合わせることで違いを探ることが可能となる。例えば，速度変動と水中動作を一致させたことで，SM から得られた速度変動において加速が顕著にみられた最初の加速局面が Kick 時によるもの，次の加速が Pull 時によるものであることがわかった。先行研究においても，本研究同様，水中映像と泳速度を用いてパフォーマンスへの影響を検討している報告が多々ある。

例えば，「トップ選手との違いはどこなのか」という課題を考えると，注目するのはやはり技術面である。「トップ選手の Kick 動作はどうなっているのか」「Pull 時の姿勢はどうなっているのか」など，加減速の要因を技術面から探ることが多い。本研究の被験者において男女で比較すると，全ての選手において１ストロークに要する時間は，女子選手は男子選手に比べ短く，ピーク速度からの減速が大きいことが示された。また，被験者中の半数の女子選手において，１ストロークの終了時に全く速度を得ていない時間がみられた。この原因として Pull 時から Kick 時への移行期間での動作に違いがあることが推察される。その要因の一つとして股関節角度や膝関節角度が影響していることが考えられる。例えば，H.Leblanc ら（2009）の報告では，「Kick 後の伸びている腕が水面に対して何度か」「Pull 時の引きつけた膝関節の角度は何度か」といったように，客観的な動作の違いだけでなく，数値化することでパフォーマンスのより明確な違いが得られる。

本研究においても，映像から得られた速度変動パターンと SM から得られた速度変動パターンが同様であることが示唆されたことから，各局面における水中動作を一致させることが可能となった。これらは，図２で示した Speed Meter から得られた速度変動が D.Chollet ら（2004）の報告と同様の波形を示したことや，図４で示した FD から得られた速度変動および水中動作が H.Leblanc ら（2007）の報告している速度変動および水中動作とほぼ一致していることからも推察される。

本研究のように，水中映像と速度変動を一致させたことで，水中映像を得られない環境においても，速度変動から水中動作を推察することが可能となる。

結　論

４泳法の中でも最も技術的要素を重要視されている平泳ぎにおいて，速度変動および水中動作の関連性がパフォーマンスに影響を及ぼす。本研究では，対象者を専門種目や競技レベルに関わらず「大学競泳選手」とし，先行研究の平泳ぎを専門とするトップ選手と比較するとともに，泳速度測定機と水中映像の同期の重要性を検討した。その結果，先行研究のトップ選手と比較して速度変動および水中動作において，ほぼ同様の波形および動作を示した。また，性差による速度変動パターンおよび水中動作の顕著な違いはみられなかった。先行研究や本研究は，平泳ぎにおいて一定以上の技能レベルを習得した水泳競技者を対象であるため，速度変動パターンおよび水中動作に違いがみられなかったことが考えられる。そこで，競泳選手と一般人を対象とし，比較することが今後の課題である。また，本研究において，FD と SM の速度変動パターンが一致したことから，水中映像が得られない環境で速度変動パターンから水中動作を推察することが可能となった。

引用文献

D.Chollet，L.Seifert，H.Leblanc，L.Boulesteix，M.Carter.（2004）. Evaluation of Arm-Leg Coordination in Flat Breaststroke. International Journal of Sports Medicine, 25：486-495.

H.Leblanc，L.Seifert，C.Tourny-Chollet，D.Chollet.（2007）. Intra-cyclic Distance per Stroke Phase, Velocity Fluctuations and Acceleration Time Ratio of a Breaststroker's Hip: A Comparison between Flite and Nonelite Swimmers at Different Race Paces. International Journal of Sports Medicine, 28：140-147.

H.Leblanc, D.Chollet, L.Seifert,.（2009）. Arm-leg coordination in recerational and competitive breaststroke swimmer. Journal of Sports Sciences and Medicine in Sport, 12：352-356.

参考文献

D.Chollet, L.M.Seifert, M.Carter.（2008）. Arm cordination in elite backstroke swimmers. Journal of Sports Sciences, 26（7）：675-682.

H.Takagi, S.Sugimoto, N.Nishijima, B.Wilson.（2004）. Differences in Stroke Phases, Arm-Leg Coordination and VelocityFluctuation due to Event, Gender and Performance Level in Breaststroke. Sports Biomechanics, 3（1）：15-27.

L.Seifer, L.Boulesteix, D.Chollet, J.P.Vilas-Boas.（2008）. Differences in spatial-temporal parameters and arm-leg cordination in butterfly stroke as a functin of race, skill and gender. Human Movement Science, 27：96-111.

L.Seifert，D.Chollet.（2005）. A new index of flat breaststroke propulsion: A comparison of elite men and women. Journal of Sports Sciences, 23（3）：309-320.