

高校女子水泳選手を対象としたフィンスイミング授業の指導実践 ーモノフィン泳未経験者を対象としてー

谷川哲朗¹⁾, 川西英里香²⁾, 来田宣幸¹⁾, 野村照夫¹⁾

¹⁾京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科

²⁾夙川学院中学校高等学校

キーワード: フィンスイミング, 体育授業, モノフィン, アプニア, 未経験者

【要 旨】

本研究は、モノフィン着用歴のない高校女子競泳選手 12 名を対象に、フィンスイミング授業を行い、泳速度、Kicking Length および Kicking Rate (KR) の変化、泳動作の変容と参加者が抱える課題を明らかにすることを目的とした。トレーニングは、足部の振幅を増大させて泳速度を高める目的で行い、週 1 回の頻度で 5 週間連続して実施された。トレーニング終了後、25m アプニア泳を最大努力泳で実施させた。その結果、アプニア泳の記録は授業 1 回目 (14.21±2.48s) と比較して、5 回目 (11.83±1.42s) が有意に向上した。フィン先端の振幅は 0.26m から 0.30m 以上に増大した。動作の習熟により、アプニア泳記録と振幅は負の相関から正の相関に変化した。アプニア泳記録と KR との関係は、2 回目以降に有意な負の相関関係がみられた。アプニア泳の難しさについて、内省報告および面接調査を行った結果、上肢の動き、水中姿勢、ゴールタッチおよび周辺スキルは、具体的な動作に対する難しさが回答されなかった。以上のことから、フィンスイミング指導では、次の順序で指導することが提案された。1. プールの入退水、泳がずに水中を移動、方向転換する方法等の周辺スキルを指導する。2. フィンの振幅を増大させる。3. KR を増大させる。

スポーツパフォーマンス研究, 6, 113-125, 2014 年, 受付日:2013 年 11 月 30 日, 受理日:2014 年 7 月 23 日

責任著者: 谷川哲朗 〒606-8585 京都市左京区松ヶ崎橋上町 京都工芸繊維大学 1 号館 503 号室

E-mail:d9811007@edu.kit.ac.jp

Coaching inexperienced female high school swimmers in mono fin swimming

Tetsuro Tanigawa¹⁾, Erika Kawanishi²⁾, Noriyuki Kida¹⁾, Teruo Nomura¹⁾

¹⁾ Graduate school of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology

²⁾ Shukugawa Gakuin Junior high school & High school

Key Words: fin swimming, physical education, mono fin, apnea swimming,
inexperienced swimmer

[Abstract]

In the present study, 12 female high school swimmers who had never used a mono fin were given fin-swimming lessons aimed at clarifying changes in their swimming speed, kick length, kick rate, and swimming motion, and also at identifying any problems. Training was given once a week for 5 weeks, aiming to increase their swimming speed by increasing the span of their leg swing. After that, they did apnea swimming for 25 meters at maximum effort. The participants' apnea swimming improved significantly from the first time (14.21 ± 2.48 s) to the fifth time (11.83 ± 1.42 s). The swing of the fin edge increased from 0.26 m to 0.30 m. By mastering the leg motions, the correlation between the participants' apnea swimming results and their swing changed from negative to positive. After the second training session, the correlation between their apnea swimming speed and their kick rate was significant. Introspective reports and interviews with the participants did not reveal any difficulty in specific motions such as upper limb motion, underwater posture, goal touch, or other related skills. These results suggest that coaching mono fin swimming should be provided in the following order: (a) entering and leaving the swimming pool, moving in the water without swimming, and related skills such as turning, (b) increasing the fin swing, and (c) increasing the kick rate.

I. 緒言

フィンスイミング競技は、足ひれを使用して水面または水中を泳ぎ、その記録を競う競技である (World Confederation of Underwater Activities, 2013a)。足ひれの種類は2種類に大別され、イルカのような大きな1枚の足ひれ(モノフィン)とダイビングで使用されるような2枚の足ひれ(ビーフィン)がある。フィンスイミングの泳法は、潜行するアブニア泳法、酸素ボンベで呼吸を行いながら潜行するイメージジョン泳法、シュノーケルを装着して水面を泳ぐサーフィス泳法、ビーフィンを装着してクロールを泳ぐビーフィン泳法の4泳法がある (World Confederation of Underwater Activities, 2013b)。50m アブニアの世界記録は13.89秒 (World Confederation of Underwater Activities, 2013c) であり、競泳の世界記録である20.91秒 (Federation International de Natation, 2013a) よりも7.02秒速い。このように、フィンスイミングは、競泳では体験することができないスピードで泳げる魅力がある。また、アブニア泳法はモノフィンをういてバタフライキックを行うことから、競泳のバタフライ競技と同様のキック動作で推進力を獲得する。したがって、競泳経験を有している場合、習得が容易な動作であると考えられる。

ところが、2013年度のフィンスイミング日本選手権の出場数は、競泳の日本選手権出場者数681名 (公益財団法人日本水泳連盟, 2013) と比較して、248人と少数であった (特定非営利活動法人日本水中スポーツ連盟, 2013)。フィンスイミング競技の人数が少ない要因の1つとして、フィンスイミング競技特有の動作の難しさがあると考えられる。現在、日本代表選手が中心となって、フィンスイミング体験会やデモンストレーション等の普及活動が日本各地で行われている。この体験会での指導方法は、運動指導現場における経験知によって行われているが、そのようなトレーニング方法がアブニア泳中の動作に与える影響について検討された報告はない。フィンスイミングの初心者を対象とした研究は、サーフィス種目の上級者と未経験者の動作を比較した報告 (Jimmy et al., 2004) のみであり、指導に関する研究は報告されていない。そのため、フィンスイミングの初心者指導は、上達に必要な指導方法や指導時のポイントが不明確な状態で行われていることがわかる。これらのことから、フィンスイミングの普及・発展には、モノフィン着用歴のない競泳選手の特徴や蹉跌をきたすポイントを整理する必要があると考えられる。これが明らかとなれば、フィンスイミング競技の経験豊富な選手や指導者でなくとも、フィンスイミング競技の指導を行うことができる。稲垣と岸 (2011) は、着衣泳に関する実践的な研究、矢野と三村 (2005) は、安全な臨海学舎を目指した実践的な研究を行い、指導現場に必要な方法や情報を整理、把握した。これらの例から、フィンスイミングに必要な指導を探求する方法は、フィンスイミング体験会で実際に行われている指導を実施することによって、参加者が行った動作を評価し、参加者が感じた内省を整理、把握する必要があると考えられる。動作の特徴は、キネマティクスの研究を行うことによって数値で示すことができるが、蹉跌をきたすポイントについては、体験者の内省を聞く必要があると考えられる。松尾 (2010) は、投球動作指導における着眼点の分類と指導者間の意見の共通性を定性的な観察法によって整理・分類した。体験者の内省を整理し、泳者が感じる難しさが明らかになれば、フィンスイミング体験会時の指導のポイントになると考えられる。

そこで本研究では、モノフィン着用歴のない高校女子競泳選手を対象にフィンスイミング授業を行い、泳速度、Kicking Length および Kicking Rate の変化、参加者の泳動作の変容と参加者が抱える課題を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. フィンスイミング授業の参加者

フィンスイミング授業は、A高等学校のスポーツ総合演習(水泳)の授業の一部として行われた。その参加者は年間を通じて競泳の練習を行っており、モノフィン着用歴のない高等学校女子競泳選手 12名(身長:1.59±0.06m, 体重:51.4±6.7kg, 水泳歴:12.5±4.2年, FINA Point:572.6±161.7ポイント)であった。FINA Point は各競技種目の世界記録を基準にポイント化した指標である(Federation International de Natation, 2013a)。これにより、バタフライ、背泳ぎ、平泳ぎ、自由形などの異なる競技種目であっても、世界記録を基準とした泳力レベルで比較することができる。参加者の競技レベルは、都道府県大会出場レベルからインターハイ出場レベルであった。なお、本研究の遂行にあたり、京都工芸繊維大学のヒトを対象とする研究倫理審査委員会の承認を得た。さらに、参加者が属する高等学校の学校長、水泳部顧問および参加者の保護者、参加者に書面で研究参加への同意を得た。

2. 授業の内容

(1) 指導プログラム

フィンスイミング授業(授業)は、25m 温水室内プール(7コース)にて、1時間の指導を週1回の頻度で5週間連続して実施された。この指導プログラムは、フィンスイミング競技の競技歴6年(競技最高成績:2007年フィンスイミング世界選手権 第5位、元アジア記録保持者)および特定非営利活動法人日本水中スポーツ連盟の第3級の審判資格を持った経験者1名によって行われた。

表1 授業の各日程の主な指導事項

授業	指導事項
1回目	モノフィンの取り扱い方 壁の蹴り方
2回目	上肢を上下に動かす 手足の動作のタイミングを合わせる
3回目	2回目の復習
4回目	お尻を上方に動かす 下方までキックをする 膝を曲げすぎない
5回目	4回目の復習

フィンのはきかた

■ モノフィン編

モノフィンは、自分の足サイズより少し小さめの物を選ぶ場合がほとんどなので、力任せにはくとフィンの破損につながる。
はき方は、脱ぎ方が数種類あるが、ここでは基本的な方法を記載する。

①はくための準備

フィンをはきやすくするため、ワセリンや石鹸をほんの少量使用する。
摩擦を減らすために、ビニールやソックス等を使用したりもする場合もある。



ブーツの中と足の甲の周りに少量塗ると容易にはける。

②はき方

フィンに対して足をまっすぐ入れてまっすぐ力を加える。
写真のように斜めに足をいれ、力を加えると破損の原因やはきにくくなる。

間違っただき方



正しいまっすぐはき方



片足ずつ、まっすぐ



③脱ぎ方

はき方の逆の方法でフィンを抜く。



かかとの部分をはずしてからまっすぐ片足ずつフィンを脱ぐようにする。

図1 モノフィンの履き方と脱ぎ方

表1に授業の各日程の主な指導内容を示した。第1回目は「アブニア泳法の実施と指導」の前に経験者1名による模範泳法(動画1)を行った。その後、モノフィンの破損や参加者の安全のため、モノフィンの履き方と脱ぎ方(図1)、陸上を座って移動する方法(動画2)、水中でつま先やフィン先で立たないこと、泳がずに水中を移動する場合は、背中の方へ移動することを指導した。次に、スタートする

際に、つま先で壁を蹴るとフィンがたわみ、推進力を獲得することができないため、踵を壁につけて蹴るように指示した(動画 3)。第 2 回目は、上肢の使い方の指導を行った。モノフィン着用によって、より筋力が必要となり、水面および水中での足部の振幅が小さくなる可能性がある。そこで、上半身も大きく動かすことによって、上肢と下肢が連動して動き、足部やフィンの振幅が増大することをねらい、泳速度を向上させる目的で行った。また、運動実践現場では、手部と足部を同じタイミングで振幅させれば、全身の筋力を発揮しやすく、振幅が増大できると考えられている。そのため、上半身を動かすタイミングは、手部と足部を同じタイミングで振幅させるよう指導した。第 3 回目は、第 2 回目で行った内容の確認・復習を行った。第 4 回目は、モノフィンの振幅が主に身体よりも下方にキックできるように、お尻を上方に動かすこと、下方までキックを行うこと、膝を曲げすぎないことを指導した。膝を曲げすぎると、進行方向に対して足部およびモノフィンが垂直に位置し、水の抵抗を大きく受け、減速すると考えられる。第 5 回目は 4 回目で行った内容の復習を行った。

次に、表 2 に授業の 1 日の流れを示した。「アプニア泳法の実施と指導」では、参加者にビーフィンを着用して 25m を 16 回泳ぐ練習とモノフィンを着用して 25m を 8 回泳ぐ練習を行わせた。これらの練習間には十分な休息を設け、休息中に参加者に対して動作の指導を行った。その後、十分な休息をとり、参加者に 25m 潜行(アプニア泳)を最大努力泳で 1 回行わせた。

表 2 授業の 1 日の流れ

時刻	授業の 1 日の流れ
13:50 ~ 14:00	本日の内容説明
14:00 ~ 14:10	ウォーミングアップ
14:10 ~ 14:40	アプニア泳の実践と指導
14:40 ~ 15:00	25mアプニア泳の測定
15:00 ~ 15:10	内省報告の記入
15:10 ~ 15:20	クールダウン・終了

(2) 参加者の内省報告と面接調査

参加者による内省報告は、アプニア泳終了後直ちにプールサイドにて実施された。その記入用紙を図 2 に示した。参加者は動作に関する難しかったこと、うまくできたこと、感想を自由に記入させた。内省報告書に記入された内容を正確に把握するため、全授業日程終了後、10 分程度の面接調査を実施した。内省報告書に記載されたアプニア泳法の動作の難しかったこと、うまくできたことについて、具体的な回答ができるように質問を行った。

図 2 内省報告の調査用紙

3. データの取得

(1) アブニア泳の記録

アブニア泳の記録は、参加者の足部がプール壁面から離れ、手部がプール壁面に触れるまでをストップウォッチ (SEIKO 社製, SVAS003) を用いて計測した。

(2) 撮影方法

ハイスピードカメラ (Casio 社製, EX-F1, 撮影速度 30Hz, シャッタースピード 1/2000 秒) を用いて、参加者の進行方向に対して右側方にある水中窓の外側から撮影した。カメラは 4 コースの 7m 地点から 11m 地点までが撮影できるように三脚で画角を固定し、動作平面とビデオカメラの光軸が直交するように設置した。

(3) 面接調査

参加者の内省を整理するため、全 5 回の内省報告を集計した。内省報告の集計データをもとに、面接調査は実施された。その内容は、IC レコーダ (SONY 社製, ICD-UX512) を使用して録音された。

4. データ処理

(1) ビデオカメラから取得した映像

撮影されたビデオ画像は、パーソナルコンピュータ (DELL 社製, Vostro460) に取り込み、ビデオ動作解析システム (DKH 社製, Frame DIAS-IV) を用いて画像上の 7 点 (右側の尺骨頭、肩峰、大転子、膝関節、外踝、第五中足骨頭、フィンの先端) および 20 点のリファレンスマークを、毎秒 30 フレームで、参加者の身体各部位の peak-to-peak を 1 サイクルとし、3 サイクルにわたってデジタル化した (図 3)。得られた身体部分点の二次元座標は、2 次元 DLT 法を用いて、リファレンスマークをもとに実長換算した。最適遮断周波数は、参加者のキック動作の周波数が $1 \sim 2$ Hz 程度であるため、Butterworth Low-Pass Digital Filter を用いて 4 Hz の範囲で平滑化した。



図3 デジタイズを行った身体部位

(2) データ算出

得られた身体各部位の実座標とその時刻から、3 サイクル以上の波形を対象に、身体の鉛直成分の時系列データを正弦波で近似させた(式 1)。

$$z = a_1 \times \sin(b_1 \times t + c_1) + d_1 \times t + e_1 \quad (\text{式 1})$$

ここで、 a_1 は振幅/2、 b_1 は周波数、 c_1 は正弦波の起点、 d_1 は基線の傾き、 e_1 は基線の切片を示す。その詳細について、 a_1 、 b_1 、 c_1 は図 4、 d_1 、 e_1 は図 5 に示した。

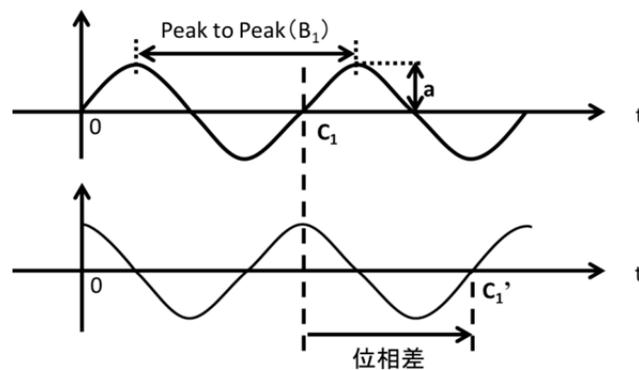


図4 $z = a_1 \times \sin(b_1 \times t + c_1) + d_1 \times t + e_1$ (式 1) の a_1 、 b_1 、 c_1 の説明

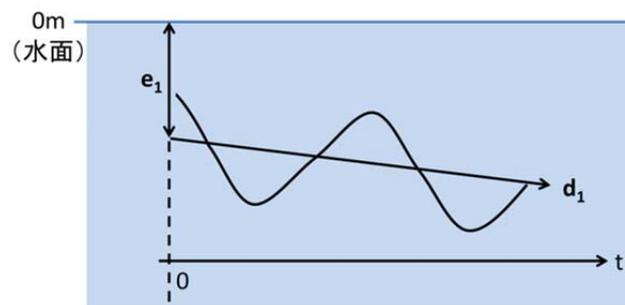


図5 $z = a_1 \times \sin(b_1 \times t + c_1) + d_1 \times t + e_1$ (式 1) の d_1 、 e_1 の説明

身体の振幅(m)は $2a_1$ とした。1サイクルに要する時間として、Kicking Rate (KR, Hz)は $b_1/2\pi$ とした。尺骨頭に対する身体およびフィンの位相差(位相, deg.)は c_1 より算出された。時間あたりの e_1 を基準とした深度変化(深度変化, m/s)として d_1 を用いた。 d_1 の値が正の場合、泳者は水面に向かって泳いでいることを示し、負の場合は水底に向かって泳いでいることを示している。デジタイズ開始地点の時間を0とした時の身体の深さ(深度, m)を示す指標として e_1 を用いた。

次に、大転子の水平成分の時系列データを一次関数直線で近似させた(式2)。

$$y = a_2 \times t + b_2 \text{ (式 2)}$$

Kicking Velocity (KV, m/s)は、 a_2 値とした。さらに、KVをKRで除することによって、1サイクルに進む距離としてKicking Length (KL, m)を算出した。

算出されたアブニア泳の記録、KV、KL、KR、振幅、位相、深度変化、深度について、1回目と2回目、1回目と3回目、1回目と4回目および1回目と5回目の変化量を算出した。

(3) 内省報告および面接調査

川喜田(1967)のKJ法を参考に、参加者のアブニア泳動作に対する難しさを整理した。ICレコーダで録音した音声をテキスト化し、アブニア泳動作を行う際の難しさに関する内容を抽出した。抽出された内容を「キックに関する内容」や「上半身に関する内容」等のようにキーワードで名前をつけ、グループに分類した。グループ化した内容を泳スキルに関する内容か、周辺スキルに関する内容かの観点と、動作に関する難しさについて述べた内容か、成就に関する難しさについて述べた内容かの観点で分類した。

(4) 統計処理

キネマティクスデータの授業を通した変化を比較するため、対応のある一要因分散分析を行った。球面性が仮定できない場合は、Greenhouse-Geisserの検定によって自由度を調節した。主効果が認められた場合の多重比較検定には、Scheffeの検定を用いた。アブニア泳の記録における1回目に対する2回目から5回目までの変化量とKV、KL、KR、振幅、位相、深度変化および深度の1回目に対する2回目から5回目までの変化量の関係を明らかにするために、ピアソンの積率相関係数を算出した。また、危険率は5%未満とした。

III. 結果

1. パフォーマンスの変化

アブニア泳記録は、1回目(14.21±2.48s)、2回目(14.25±1.93s)および3回目(13.74±1.66s)で、有意な差は認められなかったが、4回目(12.52±1.37s)および5回目(11.83±1.42s)は1回目、2回目、3回目と比較して、有意に記録が向上した(図6)。KVの結果は、図7に示した。KVは、1回目(1.85±0.24m/s)、2回目(1.78±0.23m/s)および3回目(1.84±0.22m/s)の間に、有意な差が認められなかった。しかし、4回目(1.97±0.20m/s)は1回目、2回目および3回目と比較して、有意に速かつ

た。さらに、5 回目(2.09±0.21m/s)は、4 回目よりも有意に速かった。アプニア泳記録の変化量と KV の変化量の関係について、ピアソンの積率相関分析を行った結果、2 回目($r=-.588$, $p<.05$)、3 回目($r=-.686$, $p<.05$)、4 回目($r=-.781$, $p<.01$)および 5 回目($r=-.628$, $p<.05$)であった。

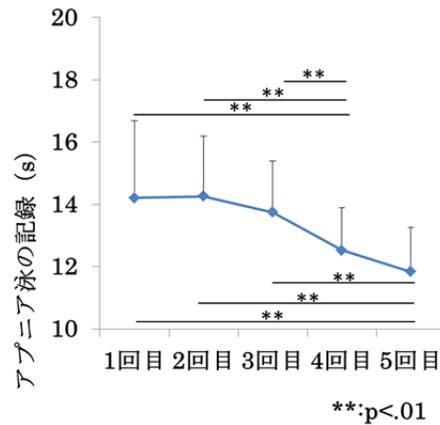


図 6 各日程のアプニア泳の記録

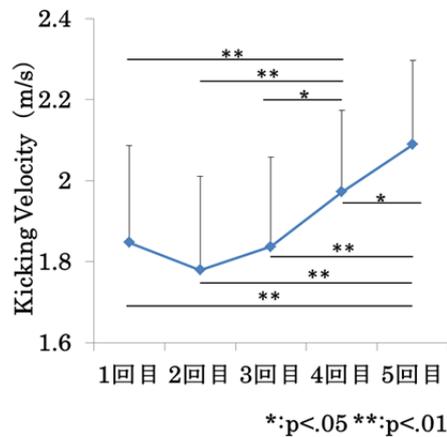


図 7 各日程の Kicking Velocity

KLは授業を通して有意な変化が認められなかった(図8)。アプニア泳記録の変化量とKLの変化量の関係について、ピアソンの積率相関分析を行った結果、有意な相関関係は認められなかった(2 回目: $r=-.375$, n.s., 3 回目: $r=-.258$, n.s., 4 回目: $r=-.533$, n.s., 5 回目: $r=-.492$, n.s.)。一方、KRは、1 回目(1.57±0.25Hz)から 2 回目(1.34±0.19Hz)に向けて有意に低下した後、徐々に増大する過程を経て、5 回目(1.77±0.30Hz)には 1 回目と有意な差がみられなかった(図 9)。アプニア泳記録の変化量と KR の変化量の関係について、ピアソンの積率相関分析を行った結果、有意な相関関係は認められなかった(2 回目: $r=-.061$, n.s., 3 回目: $r=-.042$, n.s., 4 回目: $r=-.182$, n.s., 5 回目: $r=-.096$, n.s.)。

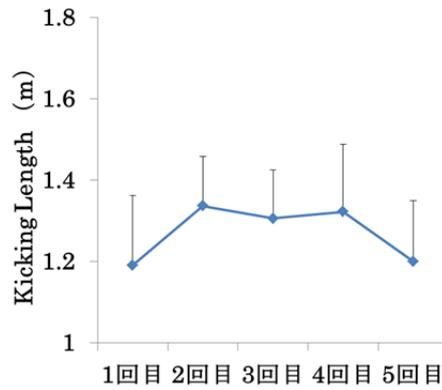


図8 各日程の Kicking Length

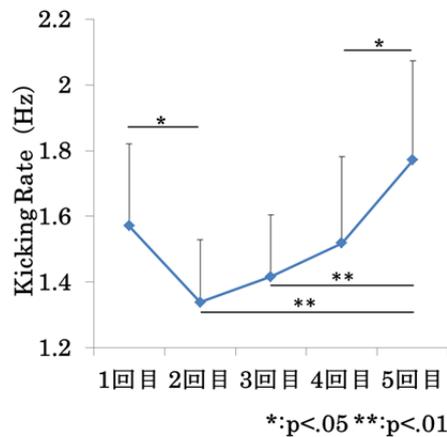


図9 各日程の Kicking Rate

2. 動きの特徴を示すパラメータの変化とパフォーマンスとの関係

(1) 身体の振幅

身体の振幅を表3に示した。上肢は、1回目(尺骨頭:0.11±0.05m、肩峰:0.08±0.03m)から2回目(尺骨頭:0.16±0.05m、肩峰:0.10±0.03m)で大きくなり、小さくなる傾向を経て、5回目(尺骨頭:0.09±0.05m、肩峰:0.07±0.02m)には2回目と有意に小さく、1回目と有意な差が認められなかった。下肢(大転子、膝関節、外踝、第五中足骨頭)は授業を通して有意な変化がみられなかったが、フインの先端は1回目(0.26±0.06m)と比較して、2回目(0.33±0.04m)および4回目(0.33±0.04m)で有意に大きくなった。アプニア泳記録の変化量と身体の振幅における変化量の関係について、ピアソンの積率相関分析の結果を示した(表4)。第五中足骨頭の振幅とアプニア泳記録との間が、全授業を通して、有意な負の相関関係が認められた。一方、尺骨頭の振幅とアプニア泳記録との間は、授業の後半(4回目、5回目)に有意な負の相関関係が認められた。

表 3 各日程の振幅

		1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	F Value	多重比較
振幅 (m)	尺骨頭	0.11±0.05	0.16±0.05	0.14±0.06	0.13±0.05	0.09±0.05	6.866	** 1<2, 2>5
	肩峰	0.08±0.03	0.10±0.03	0.09±0.02	0.09±0.02	0.07±0.02	4.824	** 1<2, 2>5
	大転子	0.15±0.04	0.18±0.03	0.17±0.03	0.16±0.03	0.13±0.04	4.205	* n.s.
	膝関節	0.25±0.05	0.29±0.04	0.27±0.04	0.27±0.03	0.25±0.04	2.753	
	外踝	0.27±0.06	0.32±0.04	0.32±0.04	0.31±0.03	0.30±0.05	3.413	
	第五中足骨頭	0.28±0.07	0.34±0.05	0.33±0.05	0.34±0.04	0.32±0.05	3.899	* n.s.
	フィンの先端	0.26±0.06	0.33±0.04	0.32±0.06	0.33±0.04	0.30±0.04	3.015	* 1<2,4

表 4 振幅の変化量とアプニア泳記録の変化量との積率相関係数

	2回目	3回目	4回目	5回目
尺骨頭	-.092	-.526	-.615 *	-.655 *
肩峰	.026	-.332	-.475	-.522
大転子	-.482	-.419	-.536	-.647 *
膝関節	-.621 *	-.298	-.543	-.546
外踝	-.725 **	-.570	-.598 *	-.679 *
第五中足骨頭	-.754 **	-.647 *	-.658 *	-.674 *
フィンの先端	-.620 *	-.389	-.476	-.551

*p<.05, **p<.01

(2) 上肢と下肢を動かすタイミング

身体の位相を確認するため、尺骨頭に対する肩峰、大転子、膝関節、外踝、第五中足骨頭およびフィンの先端の位相を表5に示した。位相が360degの場合、尺骨頭と下方へ移動するタイミングが同じであることを示す。尺骨頭と第五中足骨頭との位相は、1回目(391.7±34.7deg)と比較して4回目(365.3±28.8deg)で位相が有意に小さくなった。アプニア泳の記録と尺骨頭に対する身体の位相との関係について、5回目の大転子の位相(r=-.772, p<.01)に有意な負の相関関係が認められた(表6)。

表 5 各日程の尺骨頭に対する身体およびフィンの先端の位相

		1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	F Value	多重比較
位相 (deg)	肩峰	82.9±29.8	78.8±23.9	73.6±20.1	80.0±22.0	84.0±26.2	1.267	
	大転子	218.4±35.7	210.1±32.5	207.4±24.9	207.5±25.9	215.5±28.4	1.714	
	膝関節	284.8±31.9	274.8±28.3	274.4±23.4	276.8±27.5	289.1±31.3	3.309	* n.s.
	外踝	356.5±29.0	341.1±26.3	341.0±24.4	342.5±30.9	355.3±33.9	2.831	* n.s.
	第五中足骨頭	391.7±34.7	373.6±23.1	380.6±22.1	365.3±28.8	383.8±35.3	3.487	* 1>4
	フィンの先端	473.4±49.8	478.7±35.5	469.2±41.1	464.2±41.2	510.1±72.5	3.015	*

表 6 位相の変化量とアプニア泳記録の変化量との積率相関係数

	2回目	3回目	4回目	5回目
肩峰	-.195	-.432	-.105	-.342
大転子	-.138	-.557	-.400	-.772 **
膝関節	-.173	-.485	.025	-.278
外踝	-.104	-.240	.380	.074
第五中足骨頭	-.144	-.207	.285	.205
フィンの先端	.272	.114	.229	.265

**p<.01

(3) 深度変化と潜行深度

身体の深度変化を確認するため、表7に深度変化を示した。深度変化は値がほぼ0であり、有意な差は認められなかった。したがって、参加者はほぼ水平に進行していたことを示す。また、アプニア

泳記録と深度変化は全ての日程で関係がみられなかった(表 8)。また、潜行深度の変化を確認するため、表 9 に深度の結果を示した。上肢(尺骨頭、肩峰)の深度は 2 回目、3 回目で深いが、下肢(大転子、膝関節、外踝、第五中足骨頭)とフィンの先端には有意な差が認められなかった。これは、上肢が前傾し、下肢が水平を保つ傾向にあることを示す。4 回目および 5 回目は、尺骨頭、肩峰、大転子、膝関節、外踝、第五中足骨頭およびフィンの先端の深度がほとんど変わらない傾向であった。これは、身体が水平に近づいていることを示す。また、アプニア泳の記録と深度の関係について、全ての日程で関係がみられなかった(表 10)。

表 7 各日程の深度変化

		1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	F Value
深度変化 (m/s)	尺骨頭	0.00±0.04	0.00±0.03	0.02±0.02	0.01±0.03	0.00±0.03	1.321
	肩峰	0.00±0.04	0.00±0.03	0.01±0.02	0.01±0.03	0.00±0.03	0.766
	大転子	0.00±0.04	0.01±0.04	0.01±0.03	0.02±0.04	0.00±0.03	0.745
	膝関節	0.00±0.04	0.00±0.05	0.02±0.03	0.02±0.05	0.00±0.05	0.548
	外踝	0.00±0.05	0.00±0.06	0.01±0.04	0.01±0.05	0.01±0.06	0.218
	第五中足骨頭	0.00±0.05	0.00±0.06	0.01±0.04	0.01±0.05	0.00±0.07	0.234
	フィンの先端	0.00±0.06	-0.01±0.07	0.01±0.06	0.01±0.05	0.01±0.07	0.276

表 8 深度変化の変化量とアプニア泳記録の変化量との積率相関係数

	2回目	3回目	4回目	5回目
尺骨頭	-.363	-.026	-.184	-.002
肩峰	-.372	-.118	-.159	-.102
大転子	-.221	-.177	-.058	-.077
膝関節	-.123	-.169	-.021	-.024
外踝	-.349	-.195	-.273	.018
第五中足骨頭	-.217	-.172	-.298	.009
フィンの先端	-.344	-.201	-.351	-.080

表 9 各日程の深度

		1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	F Value	多重比較
深度 (m)	尺骨頭	-0.96±0.16	-1.01±0.13	-1.03±0.13	-0.84±0.17	-0.85±0.21	7.839 **	2,3<4,5
	肩峰	-0.91±0.17	-0.95±0.13	-0.95±0.13	-0.79±0.19	-0.78±0.26	6.363 **	2,3<4,5
	大転子	-0.94±0.15	-0.98±0.14	-0.96±0.12	-0.83±0.20	-0.85±0.28	2.871 *	n.s.
	膝関節	-1.01±0.16	-1.01±0.17	-1.03±0.12	-0.89±0.25	-0.91±0.33	1.766	
	外踝	-0.91±0.20	-0.91±0.21	-0.94±0.16	-0.80±0.28	-0.85±0.42	0.91	
	第五中足骨頭	-0.90±0.20	-0.91±0.25	-0.94±0.17	-0.80±0.25	-0.83±0.43	0.874	
	フィンの先端	-0.89±0.26	-0.88±0.26	-0.95±0.23	-0.78±0.27	-0.80±0.40	1.067	

表 10 深度の変化量とアプニア泳記録の変化量との積率相関係数

	2回目	3回目	4回目	5回目
尺骨頭	.097	.400	-.036	-.368
肩峰	.135	.442	.046	-.287
大転子	-.003	.516	.016	-.300
膝関節	-.148	.527	-.008	-.239
外踝	.219	.547	.291	-.147
第五中足骨頭	.102	.511	.369	-.087
フィンの先端	.323	.439	.457	.029

3. 参加者が抱える課題

参加者が記述した全日程の内省報告を表 11 に示した。この内省報告を元に面接調査を行った。その結果を図 10 に示した。テキスト化された内容は、キック、上肢の動き、水中姿勢、ゴールタッチ、周辺スキル、スタートに関する項目の 6 項目に集約された。この 6 項目は、「泳スキル」か「周辺スキル」の観点、「成就に関する難しさ」か「動作に関する難しさ」の観点によって分類できた。

表 11 内省報告の集計結果

事項	延べ件数(件)	
	難しい	できた
泳ぎ以外		
モノフィンの装着。	5	13
プールの入水、退水。	4	3
水中で泳がずに移動すること。	3	2
スタート時		
強く壁を蹴ること。	13	32
壁を蹴った後、素早く1回目のキックをすること。	6	4
泳ぎ		
上半身		
上半身をうねること。	25	14
ストリームラインの姿勢を維持すること。	5	10
キック		
膝を大きく曲げないこと。	17	4
素早くキックすること。	8	13
下方までキックすること。	5	18
モノフィンを力強く蹴ること。	3	2
キックの振幅を調節すること。	2	1
バランス		
まっすぐに進むこと。	24	14
上半身と下半身を動かすタイミングが合わせること。	11	18
左右対称にキックすること。	11	4
その他		
速い速度で進むこと。	7	12
1回のキックで進む距離を伸ばすこと。	3	4
無呼吸で泳ぐこと。	1	3
リラックスして泳ぐこと。		3
抵抗を少なくして泳ぐこと。		1
ゴールタッチ		
ゴールタッチを合わせること。	1	2

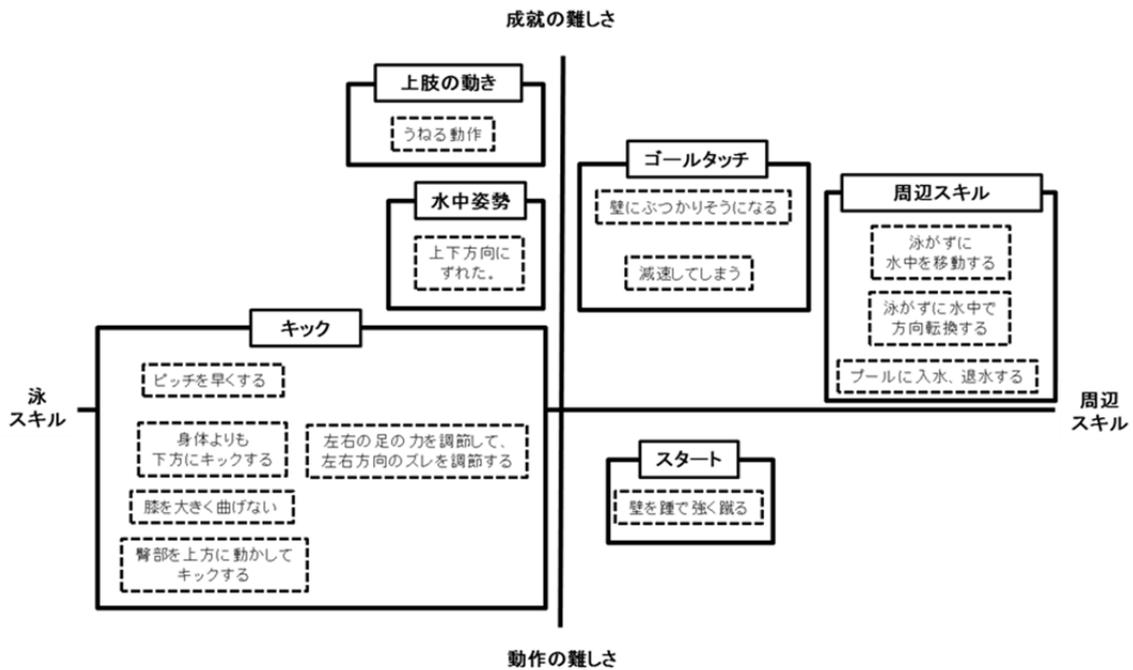


図 10 参加者が感じた難しさのチャート図

IV. 考察

現在までの指導経験から、モノフィン着用歴のない競泳選手がアプニア泳を行った場合、バタフライキックと比較して、足部の振幅が小さくなるように感じる。その要因として、大きな表面積を持つモノフィンを着用することによって、水の抗力が増大し、モノフィンが重くて上下に移動しにくいことが考えられる。Gautier et al. (2004) は、上級者は初心者と比較して、下肢の振幅が大きいことを示した。このことから、下肢の振幅を大きくする必要があると考えられる。そのため、本トレーニングは、振幅を増大させることによってパフォーマンスを向上させる目的で行った。

1. トレーニングによるパフォーマンスの変化

(1) アプニア泳の記録と泳速度

アプニア泳はモノフィンを着用して競泳のバタフライキックを水中で行う運動である。参加者は日頃から競泳のトレーニングを行っているため、バタフライキックには慣れており、モノフィンを着用してアプニア泳法の練習を行えば、記録の向上が期待される。本研究の結果、授業の前半(2回目、3回目)の記録は1回目と比較して有意な差がなく、後半(4回目、5回目)は有意に速かった。本研究のトレーニングは、記録が即座に伸びるのではなく、授業の後半に記録が向上することが示された。その要因として、「運動技能の習得に時間を要する点」と「今回のトレーニング方法による影響」、「スタート時の速度の増加、ゴールタッチ時の速度の減少の影響」の3つが考えられる。運動技能は、練習量に比例して上達するのではなく、「試行錯誤の段階」、「意図的な調節の段階」、「自動化の段階」の3つの段階を経て、向上と停滞を繰り返しながら上達することが報告されている(高橋ら, 2007)。モノフィン着用歴のない競泳選手は、アプニア泳を行うために多くの課題が内在しており、参加者のアプニア泳の運動技

能は「試行錯誤の段階」または「意図的な調節の段階」であったと考えられ、動作を変化させながら泳いでいたと推察される。2 点目として、本トレーニングは運動現場の経験知から得られたトレーニング方法で指導を行った。トレーニングを行う順序を変更することや、指導方法を変えることによって、単発的に指導を行った場合でもトレーニング効果が得られると考えられる。3 点目として、アプニア泳の記録はスタート局面、泳局面、ゴールタッチ局面で構成されていることから(谷川ら, 2013)、それぞれの巧拙は記録に影響を与えると考えられる。そのため、泳速度の向上が認められる場合でも、スタート時に壁を蹴れずに推進力を得られない場合や、ゴールタッチ時に減速してしまう場合がある。本研究の結果、アプニア泳記録の変化量とKVの変化量の関係について、授業の全日程で有意な負の相関関係が認められた。このことから、アプニア泳の記録の変化は泳速度の変化によるものが大きいことが示された。今後、スタート時の速度やゴールタッチ時の速度の減少について検討する必要がある。以上のことから、アプニアの記録および泳速度に変化がみられなかった授業の前半(2回目、3回目)と向上がみられた後半(4回目、5回目)で、泳動作の様相が異なると考えられる。そこで、授業を前半(2回目、3回目)と後半(4回目、5回目)に分け、それぞれの泳ぎの特徴を考察していく。

(2) KL および KR の変化

KL は授業を通して有意な差が認められなかったのに対し、KR については、授業の 1 回目と比較して、授業の前半は低下するが、後半は差がみられなかった。モノフィン着用歴のない競泳選手が、本研究で実施した 5 回の授業を受けることで、KL の変化よりも KR の変化が大きいことが示された。次に、KL および KR とアプニア泳パフォーマンスとの関係を明らかにするため、アプニア泳記録の変化量と KL および KR の変化量の関係を検討した。KL は、全授業で関係がみられなかった。大下(2008)は、世界選手権決勝進出者(Finalist)と非進出者(Non-Finalist)を比較し、KR には差が認められないが、Finalist の方が KL は長いことを示した。世界選手権で決勝を目指す Non-Finalist が KL を増大させることは重要であるが、本研究の参加者の場合は、KL の増大よりも KR を増大させる方が良いと考えられる。また、KR も KL と同様に、全授業で関係がみられなかった。このことから、アプニア泳動作に関する指導を行った結果、KR は授業を通して変化するが、アプニア泳の記録との関係は小さい可能性があると考えられる。

2. 動きの特徴を示すパラメータの変化とパフォーマンスとの関係

動きの特徴を示す、振幅、尺骨頭に対する身体の位相、深度変化および深度における 1 日毎の変化量とアプニア泳記録の変化量について、第五中足骨頭の振幅とアプニア泳記録との間が、全授業を通して、有意な負の相関関係が認められた。足部の振幅を大きくすることが、記録の短縮につながる可能性がある。一方、尺骨頭の振幅とアプニア泳記録との間は、授業の後半(4回目、5回目)に有意な負の相関関係が認められた。また、尺骨頭に対する大転子の位相の変化量とアプニア泳記録の間にも有意な負の相関関係が認められた。これらのことから、指導を行う前や指導開始時は、動作が習熟しておらず、動作の巧拙がアプニア泳記録に影響していたと考えられる。その一方、深度変化、深度と

アプニア泳記録の関係が認められなかった。これらのことから、アプニア泳記録の短縮に寄与する動作、影響が小さい動作が存在することがわかる。そこで、動きの特徴を示す振幅、尺骨頭に対する身体の位相、深度変化、深度とパフォーマンスとの関係について考察する。

(1) 振幅と KR の関係

振幅と KR は、前進速度を生み出すが、その間にトレードオフが存在することが報告されている (Nicolas et al., 2007)。このことから、泳速度向上や推進効率を高めるために振幅を大きくすると KR が低下し、KR を素早く行くと振幅が小さくなることがわかる。本研究の授業では、KR を増大させるのではなく、前半に上肢、後半に下肢の振幅が大きくなるように指導を行った。その結果、授業の前半は KR が低下し、上肢の振幅が大きくなった。この結果から、参加者は指導事項を忠実に実施したことが確認でき、振幅と KR のトレードオフが本研究においても存在することが確認できた。しかしながら、授業の前半は下肢およびフィンの振幅を大きくするような指導を行わなかったにも関わらず、フィンの振幅が大きくなった。このように、指導事項にない動きが変化することは大変興味深い結果である。今後、指導を行う上で「指導を行わない点も変化すること」を想定する必要があると考えられる。

授業の後半は、上肢の振幅が小さくなり、下肢の振幅は維持された。Gautier et al. (2004) は、上級者は初心者と比較して上肢の振幅が小さく、下肢の振幅が大きいことを示した。参加者の泳ぎは、先行研究の上級者の特徴に変化しつつあり、泳ぎが上達したと考えられる。さらに、後半の KR は前半よりも早く、1 回目との間に有意な差がみられなかった。このことから、参加者は KR を維持した状態で足部の振幅を増大させたことがわかり、振幅と KR のトレードオフが崩れたことが示された。参加者は、内省報告からも確認できたように、モノフィンの着用、移動、泳ぐスキル、スタート、ゴールタッチに慣れていない。そのため、筋発揮やアプニア泳技術が未発達であり、動作が熟練していなかったと考えられる。モノフィン着用歴のない競泳選手を指導する場合、振幅と KR のトレードオフにとらわれずに振幅の増大と KR の増大を目指して練習を行うと良いと考えられる。

(2) 上肢と下肢を動かすタイミング

これまで、フィンスイミングの動作を位相で示した報告はみられない。本研究の授業では、振幅を大きくするための指導だけでなく、上肢と下肢のタイミングを合わせる指導も行った。モノフィンを着用した場合、より大きな力を必要とする。これまでのアプニア泳法の指導を経験した中で、下肢の力だけでなく、上肢をタイミングよく動かし、全身を使ってキックを行う必要があると考えられる。そこで、授業の前半に「手足の動作のタイミングを合わせる」指導を行った。その結果、尺骨頭と第五中足骨頭の位相は授業の前半に変化がなく、後半で位相が小さくなり、360deg に近づいたことが示された。位相 360deg. は、尺骨頭が上方へ移動するとき、第五中足骨頭も同じタイミングで上方へ移動するような、動きを示す (図 11)。

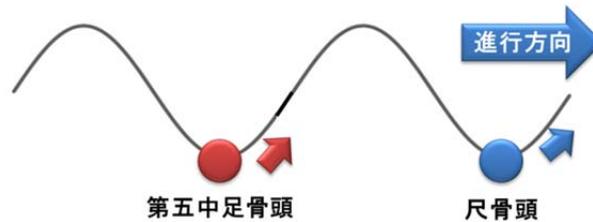


図 11 尺骨頭と第五中足骨頭の位相差が 360deg. の場合の例

位相によって、上肢と下肢の動かすタイミングを数値で示すことができた。授業 2 回目という早い段階で「手足の動作のタイミングを合わせる」指導は、参加者にとって難しい課題であったかもしれない。一方、授業の後半はアプニア泳の記録、泳速度およびKRの増大がみられた。さらに、アプニア泳記録と尺骨頭に対する身体の位相の関係を検討した結果、授業の前半には有意な負の相関関係がみられた部位があるのに対し、3 回目以降は関係がみられなかった。これは、授業の前半は尺骨頭に対する身体の位相が参加者によって大きく異なっていたにも関わらず、授業の後半には、その差が小さくなったと考えられる。これらのことから、上肢と下肢を動かすタイミングが合うことによってパフォーマンスが向上する可能性が示された。平田ら(2003)は、ニジマス型とマグロ型の尾びれを持つ魚ロボットの最も高い速度が得られる位相を示した。モノフィンと形状が酷似しているニジマス型の最適な尾柄と尾びれの位相は、60deg.であり、大きすぎても、小さすぎても高い泳速度が発揮できない結果であった。このことから、ヒトがフィンスイミングを行う場合にも最適な位相が存在すると考えられる。本研究の結果からは、アプニア泳時の最適な位相を求めることはできない。今後、振幅、KR を一定に保ちながら位相のみをコントロールできるようなシミュレーション的研究を行うことができれば、最適な位相を求めることができると考えられる。

(3) 深度変化と潜行深度

内省報告から、「ストリームラインの姿勢を維持できない」、「上下方向に進んでしまう」などの難しさが挙げられた。アプニア泳は、全身を上下に動かすことによって水平方向に推進する。モノフィンの鉛直方向の移動量が上下で異なる場合、下方(床方向)もしくは上方(水面)に推進する。参加者はモノフィンを着用して泳ぐことに慣れていないため、水平に推進することが難しかったと考えられる。深度を確認すると、授業の前半は下肢と比較して上肢は深い深度であった。野村(1993)はスタート着水後に肩関節角度を大きくすることによって、身体がすばやく水平になりグライド速度が向上することを示した。このことから、上肢を伸展、屈曲することによって推進方向が変わることがわかる。参加者は上肢を下方へ向けることによって、身体を沈める意図があったと推察される。しかしながら、深度変化はどの身体部位もほぼ0であることから、水平に推進していたことがわかる。つまり、参加者は、水平に推進するために、上肢が下肢よりも深くなるように調節することによって、結果的にはほぼ水平に推進したと考えられる。田古里ら(1986)は、できる限り身体を水平に保つことによって抵抗が軽減できることを示した。姿勢が水平でないことは、減速の要因となりうると考えられる。一方、授業の後半は、身体の深度がほとんど変

ならず、深度変化もほぼ 0 であった。よって、上肢の調節なしに水平方向に推進しており、受動抵抗も小さかったと推察される。このように、身体の深度変化が小さくなり、深度も一定になれば、さらに記録が向上する可能性がある。

4. 参加者が抱える課題

参加者の内省報告と面接調査から、参加者が陥りやすい課題を整理することができた。難しかったことよりも、うまくできたことの方が多くことから、参加者の思い通りにアプニア泳ができていたのではないかと考えられる。しかし、スタートおよびキックに関する項目は動作の難しさがあり、上肢の動き、水中姿勢、ゴールタッチおよび周辺スキルに関する項目は成就の難しさがあると解釈できた。動作の難しさには、具体的な身体動作の方法に関する難しさが語られていた。このことから、参加者は、動作の成就に向けた方法論を理解しており、今後練習を継続することによって動作が改善され、動作が成就すると推察される。一方、成就に関する難しさには、具体的な動作の方法は記載されておらず、動作の成就に向けた方法論が語られていない。つまり、具体的な方法論がないため、成達は難しいと考えられる。授業形態の違いによって水泳 4 泳法の動作認識の差について検討した合屋(1997)の報告によると、各泳法ともに推進力を得る手、足の動きについては意識の集中が高まるが、体幹への気づきは難しいことを明らかにした。本研究のアプニア泳は、壁を蹴ることによる推進力とキック動作による推進力が主であることから、先行研究と同様の結果を得たと考えられる。これらのことから、モノフィン着用歴のない競泳選手が抱える課題は次のように整理される: 上肢の動き、水中姿勢、ゴールタッチおよび周辺スキル。それらを踏まえ、指導内容を充実させ、実践することが示唆される。

V. 結論

本研究の結果、下記の 5 点が明らかとなった。

1. モノフィン着用歴のない競泳選手を対象に、フィンスイミングの授業を 5 回実施した結果、アプニア泳の記録は授業の後半(4 回目、5 回目)に向上した。本研究のトレーニングでは、即時的な記録の向上がみられなかった。
2. 参加者の泳ぎの特徴について、授業の前半は振幅が大きくなると KR が低下するトレードオフがみられた。しかし、後半は KR に差がなく(1 回目: $1.57 \pm 0.25\text{Hz}$, 5 回目: $1.77 \pm 0.30\text{Hz}$)、フィンの振幅が大きいことから(1 回目: $0.26 \pm 0.06\text{m}$, 4 回目, $0.33 \pm 0.04\text{m}$)、トレードオフが崩れたことが示された。
3. 尺骨頭と第五中足骨頭の位相は、4 回目 ($365.3 \pm 28.8\text{deg}$) で 360deg に近づいた。これは、上肢と下肢を動かすタイミングがほとんど同じであることを示す。位相によって、上肢と下肢の動かすタイミングを数値で示すことができた。
4. 水中姿勢と推進方向について、授業の前半は、上肢を下方へ向ける姿勢をとることによって、水平方向に推進する傾向であった。後半は姿勢を水平に維持しながら水平に推進する傾向であった。

5. 参加者の内省報告と面接調査から、参加者が陥りやすい課題を整理することができた。スタートや泳ぎに関する項目は、具体的な動作に対する難しさが回答された。一方、上肢の動き、水中姿勢、ゴールタッチおよび周辺スキルについては、具体的な動作に対する難しさが回答されなかった。これらは、モノフィン着用歴のない競泳選手の蹉跌をきたすポイントであると考えられる。

本研究の結果、モノフィン着用歴がない競泳選手を対象にフィンスイミングの指導を行う際には、次の順序で指導することが提案された。1. プールの入退水、泳がずに水中を移動、方向転換する方法等の周辺スキルを指導する。2. フィンの振幅を増大させる。3. KRを増大させる。

VI. 参考文献一覧

- ・ Federation International de Natation (2013a). FINA Point Scoring 2013 Women, Long Course (50m). Retrieved November 27, 2013, from Federation International de Natation Website: http://www.fina.org/H2O/docs/FINApoints/2013_LCM_Women.pdf
- ・ Federation International de Natation (2013b). Swimming World Records. Retrieved November 27, 2013, from Federation International de Natation Website: http://www.fina.org/H2O/docs/WR_Oct82013.pdf
- ・ Gautier, J., Baly, L., Zanone, P.G., & Watier, B. (2004). A KINEMATIC STUDY OF FINSWIMMING AT SURFACE. *Journal of Sports Science and Medicine*, 3, 91-95.
- ・ 合屋十四秋 (1997). 水中運動の動作認識とその変容について. 愛知教育大学教科教育センター研究報告, 21, 253-260.
- ・ 平田宏一, 春海一佳, 瀧本忠教, 田村兼吉, 牧野雅彦, 児玉良明, & 富田宏. (2003). 魚ロボットに関する基礎的研究. 海上技術安全研究所報告, 2(3), 281-307.
- ・ 稲垣良介, 岸俊行 (2012). 本学学生に着衣泳(水泳)歴の実態と水泳指導の課題. 福井大学教育実践研究, 36, 23-33.
- ・ 川喜田二郎. (1967). 発想法: 創造性開発のために (Vol.136). 中央公論社.
- ・ 公益財団法人日本水泳連盟 (2013). JAPAN SWIM 2013 登録団体別集計表. 2013年11月28日取得, 公益財団法人日本水泳連盟ウェブサイト: <http://www.japan-swim.com/long2013/pdf/web3.pdf>
- ・ 松尾知之, 平野裕一, 川村卓 (2010). 投球動作指導における着眼点の分類と指導者間の意見の共通性: プロ野球投手経験者および熟練指導者による投球解説の内容分析から. *体育学研究*, 55(2), 343-362.
- ・ Nicolas, G., Bideau, B., Colobert, B., & Berton, E. (2007). How are Strouhal number, drag, and efficiency adjusted in high level underwater monofin-swimming?. *Human movement science*, 26(3), 426-442.
- ・ 野村照夫 (1993). スタートの科学. 月刊スクールサイエンス, 230, 23-28.

- ・ 大下和茂, ロスみさき, 小泉和史, 矢野澄雄, 榎本俊兵, 高橋康輝, 川上雅之(2008).50m サーフィスにおける Waving 頻度, Waving 長および泳速の関係—フィンスイミング世界選手権決勝出場者と非出場者の比較—.水泳水中運動科学, 11, 14-18.
- ・ 高橋健夫, 小沢治夫, 柳沢和雄, 友添秀則, 落合優(2007).最新体育・スポーツ理論, 改訂版, 全国高等学校体育学科連絡協議会編. 大修館書店.52-55.
- ・ 田古里哲夫(1986).水泳競技の流れ学—スポーツと工学—. 東京大学公開講座スポーツ. 東京大学出版会. 東京, 155-189.
- ・ 谷川哲朗, 片岡裕恵, 小芝裕也, 来田宣幸, 野村照夫(2013).フィンスイミングのレース分析—継続的なレース分析プロジェクトを目指して—, 日本体育学会体育方法専門領域会報, 39, 299-303.
- ・ 特定非営利活動法人日本水中スポーツ連盟(2013).第 25 回フィンスイミング日本選手権大会結果 .2013 年 11 月 28 日 取得 , フィンスイミング ニュース ウェブ サ イ ト:http://finswimming-news.cocolog-nifty.com/blog/files/JAPAN2013_.pdf
- ・ World Confederation of Underwater Activities(2013a).About Finswimming. Retrieved November 28, 2013 , from World Confederation of Underwater Activities Website:<http://www.cmas.org/finswimming/about-2012032622>
- ・ World Confederation of Underwater Activities(2013b).Finswimming Rules. Retrieved November 27, 2013 , from World Confederation of Underwater Activities Website:<http://www.cmas.org/document?sessionId=&fileId=2538&language=1>
- ・ World Confederation of Underwater Activities(2013c).World Records. Retrieved November 27, 2013 , from World Confederation of Underwater Activities Website:<http://www.cmas.org/document?sessionId=&fileId=2776&language=1>
- ・ 矢野正, 三村寛一(2005).小学校における安全な臨海学舎の実践研究.大阪教育大学紀要, 54(1), 159-176.