

水泳初心者における足ひれを用いた練習が ばた足動作に与える即時的効果

古川 結喜¹⁾ 縄田 亮太²⁾ 津野 天兵³⁾
寺本 圭輔²⁾

1) 愛知教育大学大学院

2) 愛知教育大学保健体育講座

3) 日本スポーツ振興センター

The immediate effects that the flippers training in novice swimmers give for leg kick movement

Yuki FURUKAWA¹⁾ Ryota NAWATA²⁾
Tempei TUNO³⁾ Keisuke TERAMOTO²⁾

1) Graduate Student, Aichi University of Education

2) Department of Health and Physical Education, Aichi University of Education

3) Japan Sport Council

キーワード：初心者指導、足ひれ、即時的効果

Key Words：Novice swimmers, Flipper, Immediate effect

I. はじめに

学校教育における保健体育科の目標の一つとして、小学校、中学校、および高等学校を通じて「生涯にわたって豊かなスポーツライフを継続する資質や能力を育成すること」が学習指導要領解説に掲げられている¹⁾。水泳は水中環境の特性である「浮力」、「抵抗」、「水圧」を上手く生かすことにより、老若男女問わず親しむことのできる運動といえる。また、健康増進やリハビリテーション、予防医学的な見地に基づく運動処方視点からも、水泳は生涯スポーツに果たす役割は大きい^{2,3)}。

前述した保健体育科の目標を達成するためには、児童生徒が運動の楽しさを知り、積極的に運動に取り組む姿勢が育まれる体育の授業が求められる。水泳においても適切な指導プログラムを実施する必要がある。しかしながら、水慣れや泳ぎ方の初歩段階では、水泳の授業は児童生徒に好意的な印象を持たれているが、年齢が上がるに従って水泳授業への興味や楽しみの減少がみられる。そ

の理由として、水着に着替えることへの抵抗感に加え、授業内容が水慣れや水中遊戯などの導入プログラムから泳法学習に移行する際に大きな能力差が生まれ、苦手意識や嫌いとを感じる児童生徒が増えるためと考えられる⁴⁾。また、教師の視点から水泳指導の課題を考えると、泳能力は個人差が大きいため、大人数の授業や効率の良い授業を展開することは困難な状況にあることや⁵⁾、水中で身体が感じる水感は個体差が大きく、特に低年齢の児童生徒の感性は豊かであり、言語を通してのコミュニケーションは指導者を困らせることが述べられている⁶⁾。さらに、体育科を専門としない教員も水泳を指導する小学校では、その指導力に自信のない教員が75.4%と報告されている⁷⁾。つまり、小学校における水泳指導の現場では、水泳に精通しない教員であっても、大きな能力差のある児童ら全員に対し水泳授業に求められる学びを達成させるための手だてが必要とされている。

このような現状を踏まえ、授業改善への一つの手段として補助具の活用が挙げられる。現行の学

習指導要領解説の小学校第3・4学年において「補助具を使ったクロールや平泳ぎのストローク」と記載され、補助具の活用が推奨されている⁸⁾。また、次期学習指導要領解説においても、小学校3・4学年と5・6学年に補助具の活用が示されている¹⁾。

現在、段階的な指導を行うために、一般的にビート板等浮具が活用されている。また、学校現場での活用例はほとんどないようであるが、推進力を得ることにより身体を浮かせ、容易に泳ぐための補助具として足ひれが挙げられる。足ひれを着用することで、とりわけ泳力の向上と重要な関係にあるキック泳に効果がみられる⁹⁾。足ひれは競泳選手のキック技術改善の用具として多く利用されている¹⁰⁾。また、足ひれは呼吸など指導上重要なポイントを効果的に助長することが認められることから⁹⁾、補助用具としての有効性が高いと考えられる。すでに、25 m以上泳ぐことができる泳力を有する小学校3～6年生の児童に対し足ひれ試行をさせた事例においては、足ひれ試行後に足ひれを脱いで泳いだ場合、ゆっくりな動作でも泳げるようになる結果が得られたと報告されている¹¹⁾。この結果から、身体が沈まないようストロークを素早く行っている児童に対し、足ひれを活用した水泳指導を導入すれば、児童はゆっくり泳ぐ感じをつかむことができ、泳スキルを獲得しやすい可能性がある。

しかしながら、前述してきた研究では、足ひれの効果について主観的なアンケートや泳速度から評価した報告に留まっており、足ひれを用いた練習によって運動学的にどのような変化が起こったかについては明らかにされていない。そこで、本研究では、足ひれを用いた練習によって、水泳初心者のばた足動作が即時的に改善されるかを運動学的視点から明らかにし、教授法として有効であるか検討した。

II. 方 法

1. 被験者

被験者は、水泳競技歴のなく25 m程度泳げる泳力を有する健康な大学生7名（男性3名、女性4名）を対象とした。被験者の特性は表1に示した。

なお、被験者には本研究の説明を十分に行い、書面での参加の同意を得た。

表1 被験者の特性

	男性	女性
n	n=3	n=4
年齢(歳)	21.3±1.2	20.8±1.9
身長(cm)	168.8±5.7	154.5±5.7
体重(kg)	61.5±11.2	54.1±8.1
骨格筋量(kg)	29.3±4.7	20.7±2.7
体脂肪量(kg)	9.1±4.0	15.6±4.9
体脂肪率(%)	14.3±3.5	28.6±5.1

2. 実験環境及び期間

実験は縦50 m、横20 mの屋外長水路にて行った。プール水温は25.5～28.0度であった。

撮影はプールを横に使用し、5 mライン上を20 m泳ぐ被験者の左側から撮影した。水中カメラはHERO3+ (Go Pro 社製)を使用し、プール中央の10 m地点、被験者の泳ぐ5 mラインから7.5 m離れた地点に三脚で固定した。また、カメラの設定は解像度を1920 × 1080p、フレーム数を60fpsとして撮影した。

動作分析用のマーカーは綿粘着包帯およびカラービニールテープを使用した。マーカー点は左肩関節点、左大転子、左膝中心点、左足関節中心点の4箇所とした。なお、水中の動作分析を行うにあたり十分に有効なマーカーであった。

キャリブレーションは棒にカラーガムテープで10 cmの目盛りをマークしたものを、5コースと5 mラインの交点に立て、実験の前後で撮影をした。

3. 実験手順

被験者にはアンケートへの回答、形態計測、足ひれ試行の順で実験を行った。

3-1. アンケート調査

被験者に自己申告の4泳法の泳力および足ひれの着用経験の有無（有りの場合は使用目的および使用した足ひれの形状）を尋ねた。

3-2. 形態計測

形態計測は、身長、体重、大腿および下腿の長さ、身体組成、脚伸展筋力を行った。

大腿および下腿の長さは、マーキングをする左側を測定した。測定はスチール製メジャーを使用し、0.1cmの単位で行った。

身体組成は多周波インピーダンス測定器(Inbody430, Biospace 社製)を用いてBMI (kg/m²), 体脂肪率 (%Fat, %), 部位別骨格筋量 (kg) および部位別体脂肪量 (kg) を測定した。

脚伸展筋力は、Hand-Held Dynamometer μ -F1 (アニマ社製)を用いて測定した。座位姿勢をとり、膝関節90度の状態でセンサー部を足首に装着し、固定ベルトを用いて椅子脚と足部を固定した。測定は膝伸展の最大等尺性筋力であり、0.1kg単位で計測を行った。測定は1回の練習の後、30秒以上の間隔を空けて2回測定し、最大値を採用した。

3-3. 足ひれ練習およびばた足動作撮影

足ひれはHYDRO TECH2FIN (SOL INTERNATIONAL)のSOFTタイプを使用した。サイズはSサイズ, Mサイズ, Lサイズを用意し、足ひれ試行前に被験者にサイズを選択させた。

被験者は実験に先立ち、陸上でのストレッチ、ウォーミングアップおよび水慣れの時間を十分に取り、実験に参加した。

足ひれ練習は20mを10本の200mとし、泳速や休憩等のペースは各被験者に任せた。足ひれ練習前に使用法等の説明を含む足ひれ慣れの時間をとった。足ひれ慣れの内容は、足ひれを着用させて腰掛けキック20秒、壁キック20秒、浮具有キック約10mを2回、浮具無しキック約10mを2回の順に休息を取りながら行った。また、口頭で「足ひれの脱着は水中で行うこと」、「足を大きく動かすこと」、「足を伸ばすこと」の3点を伝えた。練習中に質問があった場合も3点の内容以外応じなかった。

ばた足動作の撮影は、ばた足練習およびばた足慣れの前後に足ひれ無しでのばた足動作を撮影した。

4. 動作分析及び算出項目および統計学的検討

撮影した映像はDARTFISH8.0 (ダートフッシュ・ジャパン社製)を用いて、8～12m間の4m区間の所要時間、動作回数および動作分析を行った。動作分析の項目は膝関節角度、股関節角

度、足首角度、および大転子座標とした。それぞれ振り上げ動作と振り下し動作を一連の動作とし、2回のキック動作を10m地点付近の映像から抽出し、MATLAB 2016b (Math Works 社製)を用いて規格化した。

また、4mの所要時間、動作回数より、1回のキック動作あたりに進む距離をStroke Length (SL, m / Stroke), 1回のキック動作あたりの所要時間をStroke time (ST, sec / Stroke), そして4mの所要時間から動作回数を除することによって4m区間の泳速度の平均値を算出した。

統計処理はMicrosoft office Excel Statcel 4を用いて対応のあるt検定を行った。なお、有意水準は5%未満とした。

III. 結 果

被験者7名について、男性被験者はA1～A3, 女性被験者にはB1～B4とそれぞれにIDをつけた。

1. アンケート調査

自己申告泳力では、クロールの泳力は全員が50m以上有していると回答した。また、足ひれの使用経験は2名が「有り」と回答し、それぞれレジャーでの使用経験、大学実技授業内で足ひれを着用した練習経験を有していた。

2. 脚伸展筋力および形態計測

脚伸展筋力および大腿、下腿の長さを表2に示した。被験者A2のみ脚伸展筋力において突出した結果であったが、それ以外の項目については被験者間に差は見られなかった。

表2 脚伸展筋力および大腿、下腿の長さ

	男性	女性
n	n=3	n=4
右脚伸展筋力(kg)	44.6±24.4	24.4±4.8
左脚伸展筋力(kg)	40.5±16.7	23.0±1.6
大腿(cm)	45.2±1.5	43.8±1.0
下腿(cm)	38.2±1.6	34.3±1.6

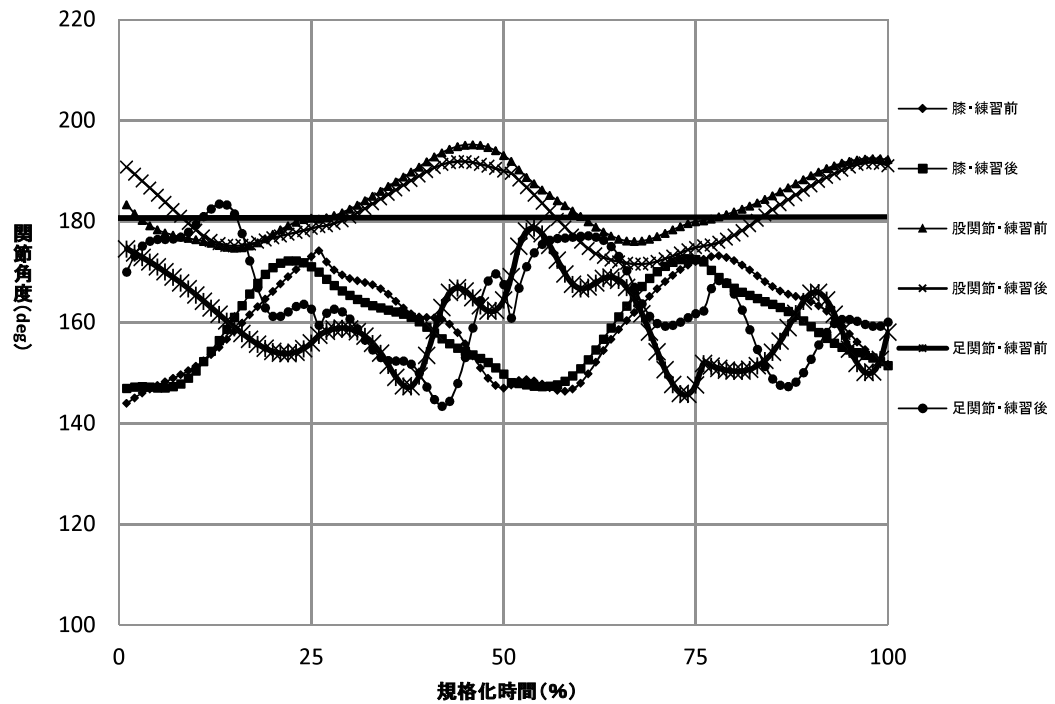


図1 被験者 A2 の練習前後における関節角度変化の比較

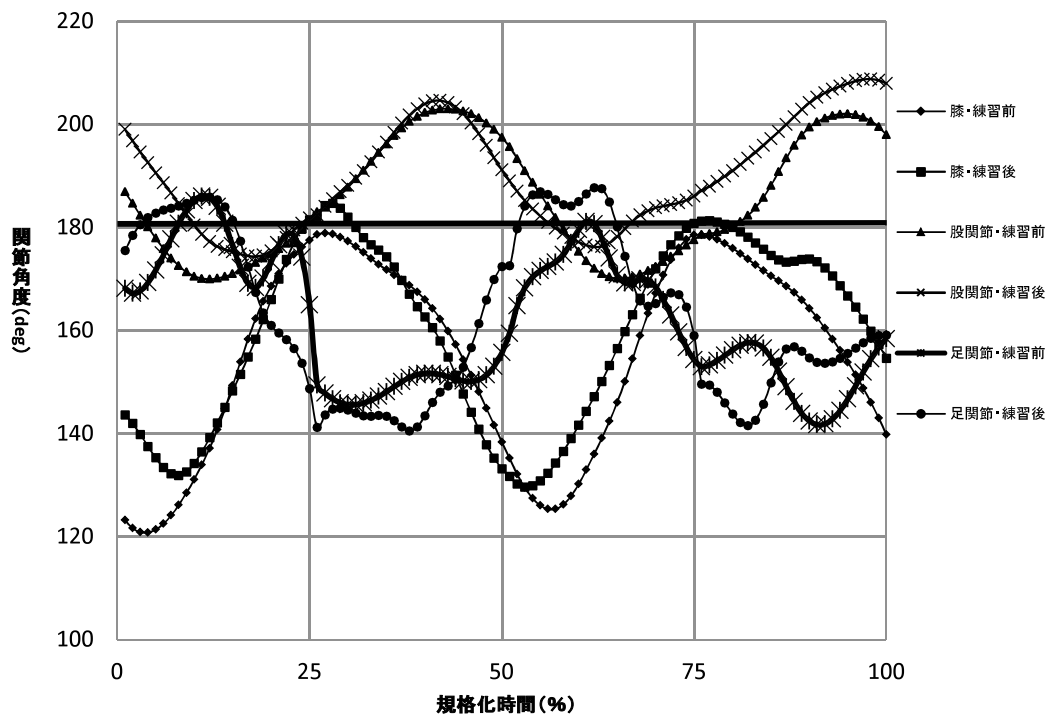


図2 被験者 A3 の練習前後における関節角度変化の比較

3. ばた足動作における動作分析

練習前後の膝関節角度、股関節角度、足首角度の変化において、関節角度の屈曲（背屈）および伸展（底屈）ピークに大きく変化がみられた被験者（A2）のグラフを図1に、ピークに変化が起きなかった被験者（A3）のグラフを図2に示した。全体として、練習前後でピークや最大伸展（底屈）、屈曲（背屈）など、何らかの変化はあるものの、その変化は被験者ごとに異なり、特筆すべき傾向は見当たらなかった。また、全被験者における練習前後の膝関節角度、股関節角度、足首角度の平均値を比較したが、全体として練習前後の変化がみられなかった。

また、膝関節最大屈曲ピーク（%）および股関節最大伸展ピーク（%）、足関節最大底屈ピーク（%）を練習前後で比較すると、足関節最大底屈ピーク（%）のみ有意にタイミングが遅くなった。

各関節最大伸展（底屈）角度における練習前後の平均値について図3に示した。膝関節角度および足関節角度において有意差が認められたが、各関節最大屈曲（背屈）角度については有意な差は認められなかった。

各関節角度変化量における練習前後の平均値について、図4に示した。足関節角度変化量のみ有意な差が認められた。また、大転子座標においても最大値、最小値、および変化量について平均値を比較したが、統計的に有意な差は認められなかった。

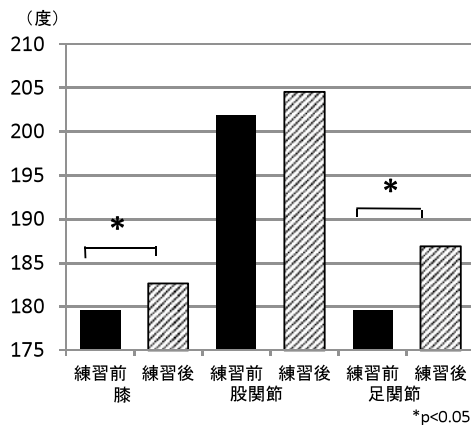


図3 最大伸展（底屈）角度の平均値

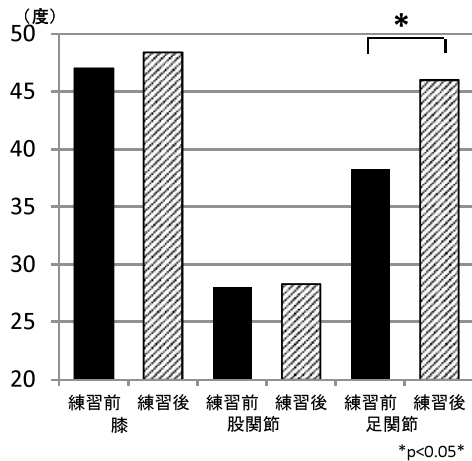


図4 関節角度変化量 平均値

4. ばた足動作における SL, ST, および泳速度

所要時間、動作回数、Stroke Length (SL,m / Stroke)、泳速度については統計的に有意な差は認められなかった。Stroke time (ST,sec / Stroke) では、図5に示したように有意な差が認められた。

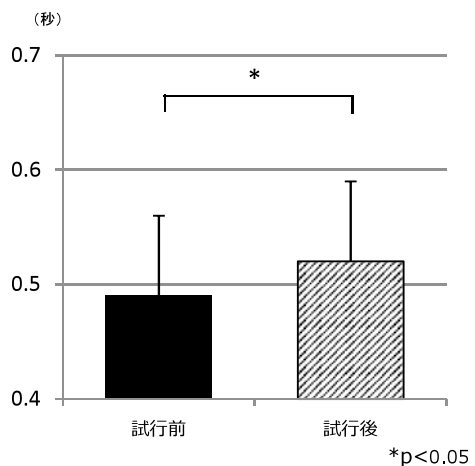


図5 ST (Stroke time,s/stroke)

IV. 考 察

ばた足動作のみを熟練者と水泳初心者とで比較した研究は、現時点において見当たらないが、ばた足動作と共通点が多いと考えられるドルフィンキック（バタフライキック）では、熟練者と水

泳初心者の比較した研究がなされている。小笠原ら¹²⁾によると、ドルフィンキックにおいて熟練者と非熟練者との技術の差異による比較から、ドルフィンキックの推進力の獲得について、腰、膝、足首関節の伸展を腰から徐々に行うことによって先端エネルギーを伝える必要があると述べている。また、キック時に足部底屈方向の柔軟性が低いと、ばた足のキック泳における泳速度が低下するとも報告されている¹³⁾。本研究は、短時間の足ひれ練習前後のばた足動作において、足関節最大伸展角度および足関節角度変化量について、統計的に有意な増加が確認された。このことから、特に足関節の動きが変化したことにより、最終的な先端の動作が変化したと考えることができ、ばた足の動作改善および推進力が向上した可能性が示された。

また、合屋ら¹⁴⁾は、ばた足動作についても3段階の発達パターンを示している。ばた足動作における各パターンは、足が前後に大きく動く「自転車こぎキック」、「膝から下のみのキック」、大腿からしなるように動く「ムチ動作キック」の3つとされている(図6)。図から読み取れるように、最高水準とされている「ムチ動作キック」では、アップキック動作時には膝関節が伸展したまま大腿から引き上げられており、ダウンキック動作に大腿から足首を大きく伸展させながら振り下ろしていることが分かる。また「ムチ動作キック」の名前の通り、アップキック動作とダウンキック動作のどちらにおいてもムチを打つようなしなり動作がみられる。

本研究では、膝関節最大伸展角度においても統計的に有意な増加が認められた。このことから、膝関節最大伸展角度が大きくなったことにより、アップキック動作のしなり動作がさらに足関節最大伸展角度や足関節角度変化量が大きくなったことにより、ダウンキック動作のしなり動作があらわれたと推察される。また、足関節最大底屈ピーク(%)が練習前後で有意に変化したことから、膝関節の伸展動作の力を徐々に足関節へと伝えていくと考えることができ、ここからもしなり動作があらわれたと推察される。つまり、練習後の動作は練習前に比べて「ムチ動作キック」に近い

たとえられる。

大転子座標の変化については、各被験者により異なる変化がみられ、特筆すべき傾向はみられなかった。一般的に水泳のキック動作は推進力を生むのみならず、浮力、バランス、舵取の機能を持っているとされ^{15, 16, 17)}、このことから、足ひれを着用することで大転子座標は高くなると予想される。しかし、本測定の結果からは足ひれ着用によるキック力増大の効果は、推進力以外の項目については確認することができなかった。しかしながら、大転子座標が練習前後で下がっている者は、股関節角度に伸展傾向の者と屈曲傾向の者と混在しているものの、共通して180度に近づいていた。股関節角度が180度に近づくことは、水泳において最も抵抗の少ない姿勢とされているストリームラインに近づいたと考えることができる。このことから、足ひれ練習により水中姿勢にも影響を与える可能性があると考えられる。

谷川ら¹¹⁾は、身体が沈まないようにストロークを素早く行っている児童に対して、足ひれを活用した水泳指導を導入すれば、児童はゆっくり泳ぐ感じをつかむことができ、泳スキルを獲得しやすい可能性があることが示唆されたと報告している。本研究の結果においても、統計的に有意な差はみられなかったものの、1名の被験者を除く6名において試行前後で4m間のキック動作回数が減少している。それに加え、STは統計的に有意に増加していることから、動作がゆっくりになったことが示された。即ち、本研究においても谷川ら¹¹⁾の研究結果を支持する結果が得られた。

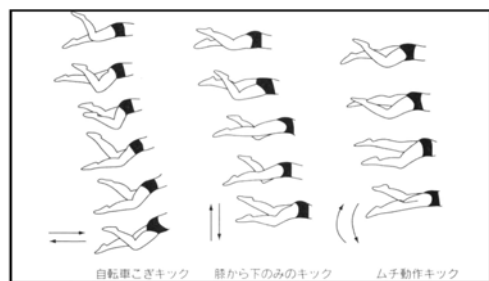


図6 ばた足動作パターン分け(合屋ら, 1999)

V. 結 語

本研究の結果より、膝関節角度の最大伸展角度、足関節角度の最大底屈角度および変化量が有意に大きくなったことから、水泳非熟練者のばた足動作が、よりしなやかな動きになったことが推察された。これは、「ムチ動作キック」に近づいたと考えることができ、足ひれを用いた練習行は水泳初心者のばた足動作を短時間でよりしなやかな動作に変化させる可能性があり、有効な教授法となるかもしれない。

しかし、各被験者の個人内において試行前後で比較した場合、ダウンキック動作とアップ動作の割合や大転子座標の変化、膝関節角度と股関節角度のピークタイミングのずれ方等にそれぞれに変化はみられたが、全体の傾向として特筆すべき傾向はみられなかった。その原因としては、被験者の人数の少なさや各被験者の技能水準の差、また本実験の足ひれ練習回数の少なさにあると考えられる。したがって、今後被験者や練習回数を確保し、更なる検証をしていく必要がある。

VI. 参考文献

- 1) 文部科学省:小学校学習指導要領解説体育編. pp.6, pp.91-93, および pp.134-137.
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2017/07/25/1387017_10_1.pdf, Accessed January 18, 2018.
- 2) 川崎晃一:中高年者の動脈硬化進展予防に対する水中運動の効果. Arterial Stiffness 12 : pp.24-30, 2007.
- 3) 阿岸裕幸, 井出肇, 浅沼義英ほか:水中運動の生理と臨床応用. 総合リハビリテーション 12 (7) : pp.517-523, 1984.
- 4) 橋本剛幸, 永浜晶子:児童生徒のアンケート分析からみた学校体育カリキュラムの研究—生涯スポーツにつながる授業を目指して—. 大阪教育大学紀要第V部門教科教育, 62 (1) : pp.79-93, 2013.
- 5) 椿本昇三:水泳授業の役割と今求められるもの. 体育科教育 52 (8) : pp.10-14, 2004.
- 6) 椿本昇三:授業者を埋める授業のつくり方:体育科教育 50 (8) : pp.18-21, 2002.
- 7) 寺本圭輔, 家崎仁成, 古田理郁ほか:小学校水泳授業の現状と児童および教員の意欲に関する検討. 教科開発学論集第5号: pp.79-86, 2017.
- 8) 文部科学省:小学校学習指導要領解説体育編. p.48. 東洋館出版社, 2008.
- 9) 鎌田安久, 栗林徹, 澤村省逸, ほか:水泳指導における補助用具の活用—足ひれ(フィン)の活用について—. 岩手大学教育学部附属教育実践研究指導センター研究紀要3: pp.185-203, 1993.
- 10) Ernest W.Maglischo: スイミングファステスト. pp.165-169. ベースボール・マガジン社, 2005.
- 11) 谷川哲郎, 片岡裕恵, 長谷川弘実, ほか:足ひれを用いた水泳指導が小学生の泳パフォーマンスに与える影響. 日本コーチング学会第24回大会論文集: pp.13-14, 2013.
- 12) 小笠原悦子, 田口信教, 辻浩幸, ほか:ドルフィンキックの運動学的検討. 鹿屋体育大学研究紀要第3号: pp. 91-100, 1988.
- 13) 熊谷忠:水泳のバタ足における足部底屈方向の柔軟性が泳速度に及ぼす影響. 総合保健体育科学 34 (1) : pp. 73, 2011.
- 14) 合屋十四秋, 野村照夫, 松井敦典, ほか:クロール泳動作の発達. 日本バイオメカニクス学会第11回大会論集: pp. 286-291, 1999.
- 15) 田口正公:泳ぎにおける腕と脚の役割. 体育の科学 9 : pp.703-707, 1991.
- 16) 宮下充正:水泳の科学. 体育の科学社, 1971.
- 17) 中島求:水泳人体シュミレーションモデルによる標準的6ビートクロール泳の力学的考察. 日本機械学会論文集B編 71 (705) : pp.1370-1376, 2005.