

水泳の運動特性と

その指導に関する方法学的研究

—主としてクロール泳の運動特性の見地から—

2015年 3月

柴田 義晴

Shibata Yoshiharu

# 目次

略語の定義	i
用語の定義	i
図表一覧	iii
1. 図のタイトル一覧	iii
2. 表のタイトル一覧	vii
第1章 序論	p. 1
第1節 研究計画の背景と研究目的	p. 1
1.1. 水泳指導の始まりと課題	p. 1
1.2. クロール泳研究の始まりと課題	p. 2
1.3. クロール泳研究の動向と今日的課題	p. 5
1.4. 問題の所在	p. 7
1.5. 本研究の目的	p. 8
1.6. 本研究の意義	p. 8
第2節 本論文の構成	p. 10
2-1 本論文の構成	p. 10
2-2 本論文の全体構図	p. 14
2-3 研究の限界	p. 15
参考・引用文献	p. 16
第2章 クロール泳の技術的特性の検討	p. 20
第1節 クロール泳のストロークメカニクス	p. 20
調査1. ストリームライン形成について	p. 22
調査2. アームストロークの軌跡と スティックピクチャーについて	p. 35
第2節 クロール泳の泳速度, 加速度および牽引力	p. 45
第3節 クロール泳の筋活動様相	p. 57
参考・引用文献	p. 71

第3章 水泳トレーニング時における	
クロール泳のストロークメカニクスの検討	p. 75
第1節 クロール泳の緩速泳時と最大努力泳時における	
ストロークメカニクスについて	p. 75
第2節 水泳用具活用時のクロール泳の	
ストロークメカニクスについて	p. 89
参考・引用文献	p. 101
第4章 テザード法を用いたクロール泳の検討	p. 103
第1節 ストレッチコードを用いたテザードクロール泳の	
運動特性について	p. 104
第2節 テザードクロール泳の	
トレーニング法としての有用性について	p. 128
参考・引用文献	p. 149
第5章 長期間にわたる水泳活動が身体に及ぼす影響の検討	p. 154
第1節 体柔軟性に与える影響について	p. 154
第2節 呼吸機能に与える影響について	p. 168
第3節 身体の均整的発達に与える影響について	p. 180
参考・引用文献	p. 193
第6章 結論	p. 198
第1節 本論文のまとめ	p. 198
1-1. クロール泳の技術的特性について	p. 198
1-2. 水泳トレーニング時における	
クロール泳のストロークメカニクスについて	p. 203
1-3. テザード法を用いたクロール泳について	p. 205
1-4. 長期にわたる水泳活動が身体に及ぼす影響について	p. 209
第2節 本論文の結論	p. 212
クロール泳指導への提言	p. 218

1. け伸びの指導について	p. 218
2. アームストローク指導について	p. 220
3. スカーリング指導について	p. 221
4. クロール泳による緩速泳や水泳用具を用いた指導について	p. 222
5. クロール泳を用いたテザードトレーニング指導について	p. 223
6. 長期間にわたるクロール泳指導について	p. 224
7. クロール泳の呼吸指導について	p. 226
関連論文・著書・口頭発表等	p. 228
謝辞	p. 248

## I. 略語の定義

1. **En.** : 水泳トレーニングで用いられる持久的トレーニング (Endurance Training) の略語である。エネルギーの代謝過程により, En. 1~En. 3 の 3 つのレベルに分けられている。
2. **4 分間 PT 泳** : 一定の負荷を牽引しながら, 前後移動がないようにその場泳ぎ (6. PT 泳を参照) で 4 分間泳ぐ試技のこと。
3. **インターバル FR 泳** : 一定の負荷を牽引しながら泳ぐ試技に対して, 牽引負荷のない泳ぎを繰り返し泳ぐ試技のこと。負荷のない意味のフリー (Free) から FR を用いた。なお, 自由形種目を意味するものではない。
4. **インターバル PT 泳** : 種々の牽引負荷, 牽引時間, 休息时间および繰り返し回数を調整し, 前後移動がないようにその場泳 (6. PT 泳を参照) を繰り返して泳ぐ試技のこと。
5. **%max** : 最大努力泳時の測定値に対する比率を示したものである。本研究では最大努力泳時の泳速, 牽引力, 心拍数を測定し, 実施した最大下泳時における泳速, 牽引力, 心拍数の比率を %max で示した。
6. **PT 泳** : 牽引されながら前後移動のないその場泳ぎのこと。その場泳ぎの英語表記 Tethered swimming in place の略語を PT 泳とし, 本研究の術語として用いた。
7. **RMS 値** : 筋電図の波形は, 基線を中心として陽性の波形と陰性の波形を見たものである。陽性を「+」, 陰性を「-」に筋電図の波形を処理するとほぼ「0」になるため, 二乗平均平方根 (Root Mean Square ; RMS) 処理を定量化の先に行った。RMS 値は二乗平均平方根処理後の値のことである。

## II. 用語の定義

1. **アームストローク** : 手のかきの動作のこと。水を捉えるキャッチ, 水を引き寄せるプル, 水を押し出すプッシュ, 水をかき終えるフィニッシュ, 手を前方に戻すリカバリーに分けられる。本研究では, 特にキャッチ, プル, プッシュ, フィニッシュに区別して手の入水から離水までの動作を表す語

として用いた。

2. **フィン泳**： 水泳練習や水泳トレーニングでフィン（足ひれ）を用いた泳ぎ方のこと。
3. **グライド**： 産出した推進力や泳速を最大限に生かして（慣性力を最大に保って）水中を推進すること、あるいは進んでいる姿勢のこと。
4. **放電様相**： 運動時の筋活動の消長や筋活動状態を電氣的に表し、運動の活発化や抑制を把握することができる。
5. **活動機序**： 運動を行う際、測定筋の活動開始の順序を表す。筋活動開始の順序の違いが運動成就の障害になることがあり、これを見極めることは運動指導に有意義である。
6. **緩速泳**： 本研究で設定した泳速を表す語で、最大努力泳に対して泳ぎ方に影響を及ぼさないようにゆっくり泳ぐ泳ぎ方のこと。
7. **け伸び**： ストリームラインを作るために用いられる学習教材の一つ。古書では、深みにはまった場合等、一度沈み込んで足で底を蹴り浅瀬に向かう方法「蹴伸し(けのし)」として教えられ、足の使い方を「蹴足(けあし)」と言われた。
8. **筋電図**： 身体運動は運動神経による筋肉支配の活動によって起こるが、その際、中枢から骨格筋への運動指令を電氣的に捉えて、その活動電位を記録したものである。
9. **クロール泳**： 体を下向きに水面に浮かせ、手の動作は左右交互に水中をかい水面を戻し、足の動作は左右交互に足甲で水を蹴る泳ぎ方のこと。一連の動作は、左右の手をそれぞれ1回かく間に、左右の足で2回、4回、6回、8回、10回、あるいはそれ以上の回数が試された。今日では、2~6回が用いられているが、本研究では6回のキックを用いたクロール泳を取り上げた。
10. **パドル泳**： 水泳練習や水泳トレーニングでパドル（手のひらにつける板）を用いた泳ぎのこと。水の抵抗を大きくして、アームストローク時の腕筋力や腕持久力を高めるための水泳用具。
11. **身体の均斉的発達**： 水泳は全身的運動であり、左右対称的な運動であることから、長期間にわたって水泳活動を行うことにより、一般的に身体の

均齊的な発達期待されている。しかし、クロール泳の呼吸法は、側方に体回転や頭部回転を伴うことから身体の均齊的な発達を検証するためこの術語を用いた。

12. **スカーリング**： 手のひらを進行方向に対して約 40° に傾けて水に働きかけた際に得られる力（揚力）のこと。プロペラやスクリューの動きに似ていることからスカーリングと呼ばれている。
13. **水泳の呼吸機能**： 本研究では、肺活量、換気量、呼息予備量、吸息予備量、呼息力、吸息力、0.5 秒呼気量、1.0 秒呼気量および最大呼息時間を総合的に見た呼吸器官の能力とした。
14. **ストリームライン**： 前面抵抗、摩擦抵抗、渦抵抗の合計が最も少ない形状。流線形のこと。
15. **体柔軟性**： クロール泳に特有な身体活動を考慮した柔軟性の測定項目を含め、本研究で用いた身体各部の柔軟性を総称して記述した術語である。
16. **テザード泳**： プールに取り付けたゴムの弾性力や、滑車に介した重りによる牽引力を利用して泳ぐ方法。本研究では、弾性力や重りを引っ張りながら泳ぐ方法をレジステッド泳、引っ張られながら泳ぐ方法をアシズテッド泳、引っ張られながら同じ位置で泳ぐその場泳ぎ（PT 泳）を用いた。

### Ⅲ. 図表一覧

#### 1. 図のタイトル一覧

##### 第 1 章

##### 第 2 節

図 1-1. 本研究の全体構図 p. 14

##### 第 2 章

##### 第 1 節

図 2-1. 撮影の模式図 p. 23

図 2-2. 熟練者のけ伸びのスティックピクチャーと軌跡 p. 24

図 2-3. 未熟練者のけ伸びのスティックピクチャーと軌跡 p. 24

図 2-4. 熟練者のけ伸びの動作トレース	p. 29
図 2-5. 未熟練者のけ伸びの動作とトレース	p. 29
図 2-6. 身体各部の角度変化 (熟練者)	p. 31
図 2-7. 身体各部の角度変化 (未熟練者)	p. 31
図 2-8. 運動の成り立ち (柴田作図)	p. 32
図 2-9. け伸びの動作図	p. 33
図 2-10. 撮影模式図	p. 36
図 2-11. アームストロークにおける手先の軌跡 (上級者)	p. 37
図 2-12. アームストロークにおける手先の軌跡 (中級者)	p. 37
図 2-13. アームストロークにおける手先の軌跡 (初級者)	p. 37
図 2-14. アームストロークのスティックピクチャー (上級者)	p. 39
図 2-15. アームストロークのスティックピクチャー (中級者)	p. 39
図 2-16. アームストロークのスティックピクチャー (初級者)	p. 39
図 2-17. アームストロークの模式図	p. 43

## 第 2 節

図 2-18. 撮影および測定図	p. 47
図 2-19. クロール泳中の泳速変化と平均泳速の比較	p. 48
図 2-20. クロール泳中の加速度変化の比較	p. 48
図 2-21. コンビネーション, アームストローク, キックの泳速および泳速比率	p. 54
図 2-22. コンビネーション, アームストローク, キックの牽引力と牽引力比率	p. 54

## 第 3 節

図 2-23. 実験測定図	p. 59
図 2-24. クロール泳中の筋電図	p. 60
図 2-25. 1 ストローク中の筋活動時間比率の比較	p. 62
図 2-26. 筋活動機序と筋活動時間	p. 65

## 第 3 章

### 第 1 節



図 3-1. 実験測定図	p. 78
図 3-2. 本実験で用いた電極の断面図	p. 79
図 3-3. 最大努力泳時と緩速泳時の筋電模式図と動作(熟練者 A)	p. 83
図 3-4. 泳速の変化率と筋活動時間の変化率の比較	p. 85
図 3-5. 泳速の変化と筋活動時間の変化の関係	p. 86

## 第 2 節

図 3-6. 実験測定図	p. 91
図 3-7. 水泳用具を用いた各種泳ぎ方の筋電図 (被験者 A)	p. 94
図 3-8. 各種泳法の最大努力泳に対する比率	p. 97

## 第 4 章

### 第 1 節

図 4-1. 実験のプロトコル	p. 106
図 4-2. 測定の模式図とテザードクロール泳	p. 106
図 4-3. テザード泳による負荷実験	p. 109
図 4-4. クロール泳時のストローク長と手股関節長	p. 110
図 4-5. インターバル PT 泳中の心拍数と ストローク頻度の変化 (k. k.)	p. 112
図 4-6. 4 分間 PT 泳時のストローク頻度	p. 114
図 4-7. 4 分間 PT 泳時の心拍数の変化	p. 114
図 4-8. 4 分間 PT 泳後の血中乳酸濃度の変化	p. 115
図 4-9. テザード泳中の心拍数と酸素摂取率との相関関係	p. 117
図 4-10. テザード泳中の心拍数と体重当たりの 酸素摂取量との相関関係	p. 117
図 4-11. インターバル FR 泳および PT 泳時のストロークパターン	p. 119
図 4-12. 4 分間 PT 泳時のストロークパターン	p. 120

### 第 2 節

図 4-13. 実験測定図 (側面図, 鳥瞰図)	p. 130
図 4-14. 測定のプロトコル	p. 132
図 4-15. フリー泳と各種テザード泳時の筋電図	p. 136

図 4-16. インターバル PT 泳における筋放電積分値の標準化比率	p. 137
図 4-17. 4 分間 PT 泳の牽引負荷別筋放電積分値の標準化比率	p. 138
図 4-18. 4 分間 PT 泳時の筋電図とクロール泳の動作	p. 139
図 4-19. 各テザード泳の筋放電積分値の標準化比率	p. 140
図 4-20. 各テザード泳における各筋の放電積分値の標準化比率	p. 141

## 第 5 章

### 第 1 節

図 5-1. 5 日間の水泳活動が後ろ手たすき (右上) に及ぼす影響	p. 158
図 5-2. 5 日間の水泳活動が後ろ手たすき (左上) に及ぼす影響	p. 159
図 5-3. 水泳活動前後の後ろ手たすきの柔軟度の差と合計値の比較	p. 159
図 5-4. 5 日間の水泳活動が上体そらしに及ぼす影響	p. 160
図 5-5. 5 日間の水泳活動が立位体前屈に及ぼす影響	p. 161

### 第 2 節

図 5-6. 呼息力・吸息力の測定図	p. 169
図 5-7. 腹部柔軟度, 胸部柔軟度の測定図	p. 169
図 5-8. 呼息予備量と吸息予備量	p. 171
図 5-9. 呼息力と吸息力	p. 171
図 5-10. 時間肺活量 (0.5 秒, 1.0 秒呼息量) と最大呼息時	p. 172

### 第 3 節

図 5-11. 体回旋による体柔軟度の測定	p. 182
図 5-12. 各測定項目のレーダーグラフ	p. 185
図 5-13. 呼吸側, 握力および柔軟性の左右差	p. 187
図 5-14. 水泳実践児童の呼吸側から見た身体各部の左右回転度	p. 188

## 第 6 章

### 第 2 節

図 6-1. 研究成果に基づくクロール泳指導の構造図	p. 217
図 6-2. 体の沈ませ方	p. 219
図 6-3. 集中型の水泳指導計画例	p. 225

## 2. 表のタイトル一覧

### 第2章

#### 第1節 調査2.

表 2-1. 身体各部の移動速度 (熟練者)	p. 25
表 2-2. 身体各部の移動速度 (未熟練者)	p. 26
表 2-3. 各動作局面における身体各部の角度 (熟練者)	p. 27
表 2-4. 各動作局面における身体各部の角度 (未熟練者)	p. 27

#### 第1節 調査2.

表 2-5. 被験者一覧	p. 36
表 2-6. アームストロークにおけるストローク分析	p. 38
表 2-7. 各アームストロークの所要時間	p. 40
表 2-8. 各アームストロークの動作距離	p. 40

#### 第2節

表 2- 9. 被験者の身体的特性	p. 46
表 2-10. クロール泳中の泳速および加速度の変化	p. 47
表 2-11. 推進速度とアームストローク速度(相対的・絶対的)の関係	p. 50
表 2-12. コンビネーション, アームストローク, キックの泳速および泳速比率	p. 50
表 2-13. コンビネーション, アームストローク, キックの牽引力と牽引力比率	p. 51

#### 第3節

表 2-14. 被験者一覧	p. 59
表 2-15. クロール泳中の筋活動時間 (熟練者)	p. 61
表 2-16. クロール泳中の筋活動時間(未熟練者)	p. 62
表 2-17. クロール泳時の筋緊張の強さ	p. 63

### 第3章

#### 第1節

表 3-1. 被験者の身体的特徴	p. 77
表 3-2. 緩速泳時, 最大努力泳時の記録とその変化	p. 79

表 3-3. 緩速泳時と最大努力泳時の筋活動時間	p. 80
--------------------------	-------

表 3-4. 泳速変化率と筋活動時間の変化率の平均と標準偏差	p. 81
--------------------------------	-------

## 第 2 節

表 3-5. 被験者の身体的特徴	p. 90
------------------	-------

表 3-6. 水泳用具を用いた各種泳ぎ方の比較	p. 92
-------------------------	-------

表 3-7. 水泳用具を用いた各種泳ぎ方の測定値の平均と標準偏差	p. 93
----------------------------------	-------

表 3-8. 1 サイクル中の推進距離と所要時間のインデックス	p. 93
---------------------------------	-------

表 3-9. 最大努力泳に対する各種泳ぎ方の比率	p. 95
--------------------------	-------

## 第 4 章

### 第 1 節

表 4-1. インターバ FR 泳時の測定結果	p. 111
-------------------------	--------

表 4-2. インターバル PT 泳時の測定結果	p. 112
--------------------------	--------

表 4-3. 4 分間 PT 泳時の測定結果	p. 113
------------------------	--------

表 4-4. テザード泳による酸素摂取量, 酸素摂取率, 体重当たりの酸素摂取量および心拍数	p. 116
---	--------

表 4-5. テザード泳による最大牽引負荷, 最大酸素摂取量および心拍数	p. 116
---	--------

表 4-6. クロール泳と各種 PT 泳の比較	p. 119
-------------------------	--------

### 第 2 節

表 4-7. 被験者の身体的特徴と牽引負荷	p. 129
-----------------------	--------

表 4-8. インターバル PT 泳および 4 分間 PT 泳の測定結果	p. 134
--------------------------------------	--------

表 4-9. インターバル PT 泳の筋積分値の標準化比率の分散分析	p. 136
------------------------------------	--------

表 4-10. 4 分間 PT 泳の筋積分値の標準化比率の分散分析	p. 138
-----------------------------------	--------

表 4-11. 各試技における筋放電積分値の標準化比率の分散分析	p. 140
----------------------------------	--------

## 第 5 章

### 第 1 節

表 5-1. 被験者の身体的特徴	p. 156
------------------	--------

表 5-2. 5 日間の水泳活動による体柔軟度の変化	p. 157
----------------------------	--------

表 5-3. 身体各部の測定値間の相関関係	p. 162
第 2 節	
表 5-4. 被験者の身体的特徴	p. 169
表 5-5. 呼吸機能に関する測定値	p. 170
表 5-6. 呼吸機能に関する測定値の項目間比率	p. 173
表 5-7. 呼吸機能に関する測定値の項目間の相関	p. 173
第 3 節	
表 5-8. 身体的特徴と身体各部の測定結果	p. 182
表 5-9. 呼吸側と身体各部の左右測定値	p. 183
表 5-10. 呼吸側と身体各部の左右回転角度	p. 184

# 第1章 序論

## 第1節 研究計画の背景と研究目的

### 1. 1. 水泳指導の始まりと課題

水泳の歴史は、人類の誕生とともに始まったとされている。その根拠は、古代人が水の中で泳いでいたとする記録が残されているが、その最も古い記録では古代エジプトの遺跡に残る2つの象形文字から、およそ紀元前2,500年～3,000年には行われていたとされている (Faulkner, 1976)。一方、わが国では、縄文時代 (紀元前14,500年～紀元前1,000年) の遺跡とされる大森貝塚から、多種の貝殻をはじめクジラの骨などが発掘されており、人が水に入って食糧を得ていたことが推察されているが、記録的にはその後編纂された古事記(712年)や日本書紀(720年)の記述から、水の中で泳いでいたことを示唆する記述がみられる (木村, 高石, 1934)。さらに、その後は世界的に戦争や戦いが各地で起こり、水泳が戦術の一つとして活用されてきたことや、特にわが国では海に囲まれ川に挟まれた土地柄も手伝って、水泳が軍事、戦いの術、すなわち水術として用いられるようになったことが明らかになっている (京田, 1927; スイミングコーチテキスト, 1976)。

その中であって水泳の組織的な指導が行われるようになったのは、鎌倉時代に源頼朝の御前で配下の武将が水練の妙を示したとされる記事が見られ、壇ノ浦での源平海戦に備えて多くの武士が挙って先達者の下で水術を練磨した (石川, 1960) のが始まりのようである。江戸時代に入り世情も安定した頃、諸藩においては水術伝承のために水練 (水術の稽古) が行われていたが、1647年に将軍徳川家光が隅田川において水練の成果を観覧したのがきっかけとなり上覧水泳のための訓練所が設置され、いわゆる水術 (水泳) の体系的な指導法が確立されて組織的指導が始まった (石川, 1960) ものと考えられる。こうした歴史的背景により、各藩校で行われていた組織的な水泳指導が明治に入り日本泳法として纏められ、さらに発展していく中で駐留する外国人との水泳競技においても成果を見出し、今日の水泳競技への礎を築いた。一方、学校における水泳は、明治33年の文部省小学校教則大綱の第11条において「体操は、…中略…夏季ニ於テハ水泳ヲ授クルコトアルヘシ」 (文部科学省, 2011) と示され、海

や川などの自然の水泳場においてその礎が築かれ、体操と並んで早い時期から学校教材として取り扱われるようになった。さらに、東京オリンピック後は、競技水泳、学校水泳とともに生涯スポーツとしての水泳（以下、生涯水泳という）が盛んになり、当時の文部省や日本水泳連盟による指導者育成事業によって水泳指導員の増加とともに急速的な水泳の普及、発展が見られ、今日ではおよそ1,200万人/年の人々が日常的に水泳を実践し(笹川スポーツ財団, 2006; 日本生産性本部, 2013)、水泳指導者が19,729名(2013年10月現在, 日本体育協会公認スポーツ指導者登録者)にも達している。このような水泳の普及発展により、当初は数多くの水泳の解説書や指導書が刊行されてきたが、水泳研究の科学的根拠は極めて少なく、そのほとんどが水泳指導者の経験をもとに記述された内容に限られていた。その後、今日までに水泳の科学的研究も数多く行われ、水泳の解説書や指導書の内容も開発、改善されてきた。しかしながら、その多くはより速く泳げるようになることを目的とした競技水泳を目指した内容が先行し、学校水泳や生涯水泳において十分に活用できる水泳の学習内容とは言えないのが現状である。

そのため、だれもが達成可能な正しい泳ぎ方や、身につけた泳ぎで長く泳いだり、速く泳いだり、あるいは多様な水泳活動にもつながる水泳の科学的研究に基づく競技水泳、学校水泳、そして生涯水泳を俯瞰した指導法の確立が求められている。特に、今日、水泳競技で最も多くの競技種目において活用されているだけでなく、小学校から高等学校までの学習教材として取り扱われ、かつ生涯水泳において多様な水泳活動の基礎として最も幅広く活用されているクロール泳を調査対象とし、得られた資料により競技水泳、学校水泳、そして生涯水泳のそれぞれに関連性のある指導法の確立を図ることは大きな意義を有するものと考えられる。

## 1. 2. クロール泳研究の始まりと課題

人と水泳との関わりはおよそ5,000年という長い歴史を持ってきたが、競技水泳や学校水泳は150年程度、生涯水泳はわずか50年あまりの歴史でしかないことは前項で述べた通りである。水泳競技が始まった当初、用いられた泳法は水術に由来してきたことから今日で言うところの平泳ぎや横泳ぎが中心であっ

たが、1844年にイギリスのロンドンで開催された水泳競技会において、北アメリカのインディアンが初めてクロール泳を用いて泳ぎ、平泳ぎで泳いだイギリスの選手を容易に抜き去って優勝した記録が見られる。しかしながら、イギリス人の多くは、水しぶきを相当あげて泳ぐ当初のクロール泳に対して「ヨーロッパ的でない」「野蛮だ」として、その後の水泳競技においても平泳ぎを用いて泳ぎ続けた (Kiphuth, 1928) としている。その後、1873年頃、J. A. Trudgen は、南米への渡航中に土着民が泳いでいたクロール泳を習ったが、イギリス帰国後にそのクロール泳を水泳関係者に紹介する際、土着民が用いていた「ばた足」をこれまでに用いられていた「あおり足」を使った泳ぎ方、すなわち手はクロール泳で足はあおり足を用いた泳法を紹介した (Kiphuth, 1928) とされている。この泳法は、その後トラジオン泳法と呼ばれるようになり、これまでの泳法よりより速く泳ぐことができることから急速的に普及していった (Armbraster, et al. , 1973)。

その後、1900年頃、オーストラリア人で水泳チャンピオンの R. D. Cavill がトラジオン泳法の足の動作を紐で両膝を縛って水しぶきを上げた泳ぎ方に改良し、先にスタートさせた他の競技者を容易に抜き去ったとする記述 (Kiphuth, 1928; Armbraster, et al. , 1973) が見られ、この頃クロール泳の足の使い方にキャビルが改良したような「ばた足」が用いられるようになったことを示唆している。今日のオーストラリアンクロールは2ビートのクロール泳で、トラジオン泳法を改良した泳法が原型となっている。一方、同時期に、アメリカの水泳選手 D. Charles は、南北アメリカの土着民が用いていた「ばた足」を6ビートのクロール泳に改良して泳いでいたが、それ以来6ビートのクロール泳がアメリカンクロールと呼ばれるようになった。今日では、2ビート、4ビートのクロール泳も行われているが、6ビートを用いたアメリカンクロールが世界でも幅広く活用されている。

このように、当時の水泳技術の発展は、賞金レースでもあったことも手伝い、チャンピオンを目指しより速く泳いでいる者の泳ぎ方を真似たり、それを練習の際に改良を進めたりして、競技会で活用してきた。このような水泳技術の改良は、決して科学的研究とは言えないものの、より速く泳ぐための科学的研究が行われるきっかけとなったことは否めない事実でもある。このことは、1930



年に創刊されたアメリカの国際的スポーツ科学研究誌 (Research Quarterly) を見ても明らかである。その研究誌の中で、Cureton(1930)の Mechanics and Kinesiology of Swimming をテーマにした研究報告において、当時クロール泳の開発競争が盛んであったキック動作の使い方 “The Crawl Flutter Kick” の科学的研究成果を報告している。その報告では、1900 年前後の時代にはすでにクロール泳のキック動作の使い方に関する研究 (6 ビート, 8 ビート, 10 ビート, あるいはそれ以上のビート数のいずれが適正なのか) が実践的な面を含めて数多く行われてきたことが記述されている。こうした研究は、水泳の科学的研究の萌芽期であるとともに、クロール泳のキックが最も早い時期から科学的研究の対象になっていたことを示唆するものである。

ところで、今日のクロール泳は、主要な近代四泳法の中で最も速く泳げる泳法であり、世界水泳連盟 (FINA) の泳法規則で特別な規制を有しない唯一の種目である自由形種目において最も多く活用されている。そのため、自由形種目ではほとんどの水泳選手がクロール泳を用いてきたことから、自由形がクロール泳として捉えられるようになり、クロール泳の代名詞のように扱われてきたことも事実である。また、クロール泳は、現在最も速く泳げる種目であると同時に、最も長く泳げる泳法でもあることから、自由形の競技種目が 50m, 100m, 200m, 400m, 800m, 1500m, 400m 自由形リレー, 800m 自由形リレーに加えて、個人メドレーやメドレーリレーにおいても取り入れられ、幅広く用いられている。さらに、水泳トレーニングの際には、クロール泳以外の泳法を専門種目とする競技者においても、クロール泳を用いた水泳トレーニングを行っており、トレーニング時期によって多少異なるが、水泳トレーニング距離の 30%~80% 程度はクロール泳を用いて行われているのが現状である。

こうしたクロール泳の開発や技術改良の歴史的背景から、水泳の科学的研究が急速的に発展し、いわゆる水泳チャンピオンを目指した水泳研究が数多く見られるようになった。しかしながら、前項で述べたようにだれもが達成可能な正しい泳ぎ方や、身につけた泳ぎで長く泳いだり、速く泳いだり、あるいは多様な水泳活動につなげられるような水泳の科学的研究についてはやや希薄であることも事実であり、特にクロール泳が幅広い活動場面や年齢層に活用されていることを考えると、そうした幅広い活動場面や年齢層に活用できる効果的な

指導法を確立すべく科学的研究による資料の提供が必要であると考えられる。

### 1. 3. クロール泳研究の動向と今日的課題

今日、水泳の研究手法は、主として運動分析、運動力学分析、神経筋協応分析および身体へ及ぼす運動功罪に関する調査分析等が行われているが、当初の水泳研究は先達者の泳ぎ方の模倣による泳速の向上に視点が置かれていた。水泳研究の初期には、泳速向上のための客観性や伝承性を勘案した資料を得るために運動分析が行われるようになり、主としてストロークメカニクス分析が最も多く行われ、手足の運動分析、肩、腰、体幹部の運動分析等が行われてきた。

まず、運動分析調査に関する報告を見ると、手のひらや前腕部の運動分析調査からそれぞれ 40° 程度の迎え角が最も大きな推進力を産出するとした報告 (Bixler, et al. , 2002) に基づいて揚力推進の提言が試みられてきた。また、泳速度分析では、クロール泳法が近代四泳法の中で最も速く泳げる泳法であることが Craig, et al. (1985) の報告によって明らかにされ、さらに泳ぐ速さに整合した腕のかきの速さ (約 1. 4 倍) が泳速度の向上に大きく影響を及ぼしているとした報告 (Deschodt, et al. , 1996 ) やキック動作の推進力への寄与率は 10% 程度 (Hollander, et al., 1988), あるいはその後の同人の研究報告 (1988) では泳速によるキックの活用度の違いを指摘した上でキック動作の推進力への寄与率が 15%程度であるとした報告が見られる。これらの研究成果により、短距離、中距離、長距離に応じたクロール泳時のキック動作の活用の仕方や、水泳トレーニング時のクロール泳の泳速度を変えることによってキック動作の効果的な活用が図れることを提言し、水泳トレーニング法の基礎を築いてきた。最近では、ストローク長やストローク頻度に関する調査 (Hay, and Guimararaed, 1983; Costill, et al. , 1985; Jesus, et al. , 2011) が行われ、両者の関係式:  $\text{ストローク長} / \text{ストローク頻度}$  から導き出したストロークインデックス (指数) による水泳効率の評価の有効性が明らかにされ、より容易に効率的な泳ぎ方を設定した練習法の策定に一石を投じた。このように、クロール泳を調査対象とした研究が最も多く用いられ、クロール泳の泳速向上のみならず技術向上のための練習法やトレーニング法の構築に貢献してきた。しかしながら、これらの研究成果は、正しい泳ぎ方を身につけ、身につけた泳ぎを

用いて多様な水泳活動に向かおうとする者にとってはさほど活用できる情報ではないように考えられる。すなわち、クロール泳技術の階層性や習熟度に応じたクロール泳の活用性等についても検討することの必要性が考えられる。

運動力学的分析調査について見ると、泳速度の産出時における功罪の影響について明らかにするため、Marinho, et al. (2008) が指摘するように①各動作局面におけるスピード変動からみた調査や②水抵抗からみた調査によってそれぞれの課題を明らかにしようとする研究手法が多く見られる。こうした水泳の運動力学的分析調査では、先述の Cureton (1930) や水の抵抗の調査を行った Karpovich (1933) が最も古く、国際的学会誌において先駆的な研究報告として見ることができる。今日においても、泳速度に関する調査は水泳バイオメカニクスとして最も重要な調査である (Komologorov, et al., 1992) とされ、手のかき速度が泳速に大きく影響しているとした意見 (Deschodt, et al., 1996)、推進速度は推進局面のスピード変動の調査から明らかとなるとした意見 (Marinho, et al., 2009)、あるいは泳速度を見極めることは水泳技術の成就度の指標となるとした意見 (Barbosa, et al., 2010) 等、数多くの研究者によって運動力学的 (泳速度) 分析の重要性が指摘されている。しかしながら、運動力学的分析による知見は、競技レベルの高い泳者には有効であると考えられるが、そのレベルに至らない競技者や学校水泳あるいは生涯水泳において対象とする習熟度の低位な泳者にはほとんど活用されることがない知見であると考えられる。

神経筋協応分析調査は、1960年代に Ikai, et al. (1964) が水泳中の筋電図の調査を行ったことに始まる調査法である。当初の筋電図分析は、筋放電の量的な面での評価法であったが、その後 Lewillie (1973) はクロール泳時による緩速泳、通常泳、高速泳時の筋電図を調べ、高速泳時には腹直筋、上腕三等筋の筋放電が増大するとし、柴田 (1974) は筋電図と連続写真を同期させ各動作において用いられる筋の放電様相を明らかにし、筋放電による運動の質的評価を行っている。その後、表面電極を張り付けた際の皮膚抵抗や張り付け状況により筋放電量に多少の変動があるとして筋放電量を積分し、さらに積分値の正規化を実施することによってより精度の高い運動成就の評価が可能となり、Clarys (1982) は10ヶ所の筋肉の放電量の調査によりクロール泳の技術分析を

行い技術の改善点を明らかにしている。また、Olbrecht, et al. (1982)はクロール泳に必要な筋肉トレーニングへの情報提供のため、クロール泳時における10か所の筋の活動と5種類の筋トレーニング方法による筋活動を比較し、クロール泳のためのより適正な筋トレーニングの方法を明らかにし、Nuber, et al. (1986)はクロール泳のリカバリー時に棘上筋、棘下筋、前鋸筋、三角筋の活動性が高くなることを指摘し、広背筋や大胸筋がプル局面で使われていることを明らかにしている。さらに、Pink, et al. (1992)は大胸筋、広背筋が推進に大きく関与し、リカバリー後半の腕の回外に棘下筋が活用され、入離水時に三角筋と棘上筋が活発に活動していること等を明らかにしている。これらの研究成果は、共通して陸上で行う筋トレーニングはできるだけ水泳時の特殊性を反映した方法であるべきことを指摘し、水泳時の特徴的な筋の活動情報により水泳に必要な筋トレーニング部位を明らかにしたものである。こうした神経筋協応分析調査により水泳トレーニングの安全性や有効性に一定の成果がもたらされてはいるが、クロール泳の技術的発達段階を勘案した学習課題を提供するためには十分とは言えないのが現状で、クロール泳技術の発達段階や学習者の上達段階に応じた神経筋協応性について分析調査を行う必要があると考えられる。

水泳活動が身体へ及ぼす影響についての調査分析は、中距離のクロール泳によるエネルギー消費量や各種泳法のエネルギー消費量を比較した生理学的研究 (Costill, et al. , 1985; Barbosa, et al. , 2006)、水泳競技出場に際してのモチベーションやコーチを求める男女の差異を明らかにした心理学的研究 (Brodtkin, et al. , 1990; Rushall, B. S. , 1994)、あるいは最大努力泳および緩速泳による水泳活動から回復期に向かう際の生体反応についての生化学的研究 (Goodman, et al. , 1985)等、数多くの研究調査が行われている。これらの研究成果は、水泳競技に向けた水泳トレーニング計画の立案の際に有用な知見を見出してはいるが、学校水泳や生涯水泳において活用するためには長期間にわたるクロール泳を用いた水泳の運動習慣の功罪、すなわち水泳活動の身体的効果や片側呼吸が身体へ及ぼす影響について検討を加える必要があろう。

#### 1. 4. 問題の所在

前項までにクロール泳に関する研究計画の背景と研究動機について述べた。

その際、問題の所在として、つぎに示したいいくつかの点が考えられた。

- 1) クロール泳の発祥当初、キックが研究対象となって飛躍的に記録が向上したが、アームストロークや呼吸法についてはほとんど検討されてこなかった。
- 2) クロール泳が自由形に括られて規制がなかったことによりさらに顕著な記録の向上が見られたが、その間の習熟過程に関する研究への関心が小さく指導法が未整備となっている。
- 3) クロール泳の運動特性から見た習熟過程におけるクロール泳の練習法やトレーニング法に関する留意点、あるいは効果的な練習法やトレーニング法の改善、開発については十分に検討されていない。
- 4) クロール泳は学校体育や生涯スポーツにおいて主要な教材でありかつ最も多くの実践者を有する反面、クロール泳による水泳活動が身体に及ぼす影響（功罪）に関する情報がほとんど見られない。
- 5) クロール泳が多様なアクアティックスポーツに活用され基礎技能的な存在であるにもかかわらず、それに至るまでの学習過程が未整備である。

#### 1. 5. 本研究の目的

本研究では、クロール泳の運動特性を明らかにし、誰もが目標とする正しいクロール泳の効果的指導について検討を進め、体育、スポーツ、レクリエーションにおいて活用すべくクロール泳の指導法の確立を図り、効果的指導に向けた提言を行うことを目的とした

そのため、クロール泳の技術的特性について運動分析、運動力学的分析、神経筋協応分析による調査、水泳練習やトレーニング時におけるクロール泳のストロークメカニクスについて、クロール泳の緩速泳および水泳用具を用いたクロール泳の調査、水泳練習や水泳トレーニングに用いるテザードクロール泳の生理的応答、知覚的応答、筋電図分析による調査、およびクロール泳を用いた長期にわたる水泳活動が身体に及ぼす影響について体柔軟性、呼吸機能および身体の均整的発達の調査を行った。

#### 1. 6. 本研究の意義

前項では、問題の所在を明示し、それに基づいて本研究の目的とそれに対応

するべく調査研究の内容について記述した。これらの調査研究の意義は、つぎに上げたことが考えられる。

- 1) 運動分析，運動力学的分析による複合的検証，習熟度別検証，あるいは手足の動作が産出する泳速度や牽引力の関連性の検証によってクロール泳の新たな運動特性を浮き彫りにすることが可能となり，指導法確立に有効な資料の提供が期待できること。
- 2) クロール泳時の筋電図分析では，筋緊張の強さ，筋活動時間および筋活動機序の観点から習熟度別に見た比較，緩速泳と最大努力泳および水泳用具を用いたクロール泳との比較によって，より詳細なクロール泳の運動特性を明らかにすることができること。
- 3) テザード法を用いたクロール泳の運動特性に及ぼす影響について調査分析することにより，安全で効果的な新たな水泳練習法やトレーニング法を見出すことが可能となること。
- 4) 長期にわたるクロール泳を用いた水泳活動が身体へ及ぼす功罪について検証することにより，長期間にわたる水泳活動計画立案の際の留意点を明らかにすることができること。

また，このようなクロール泳の総合的な調査研究は，長い研究活動の成果を関連づけることによって初めて成就できるものであり，前項 1. 4. 問題の所在に示した 1)～4)までの問題解決のために貴重な指針を見出すことができるものとする。また，こうした研究成果は，クロール泳の幅広い活動場面においてその有効性を提言できれば，クロール泳の習熟段階に応じた指導法の確立の企図に向けて，あるいは競技水泳はもとより学校水泳から生涯水泳を見据えたクロール泳指導への提言に向けて，大きな意義をもたらすものとする。

## 第2節 本論文の構成

### 2. 1. 本論文の構成

本論文は、第1章から第6章までの全6章から構成されている。以下に、各章における概要について述べる。

第1章 序論では、本研究計画の背景および研究の目的について述べたものである。内容は、水泳が種々の目的によって行われ始め、水練（水泳練習）が戦闘を目的として行われるようになったこと、そして戦闘のなくなった江戸時代になって水術温存の目的で諸藩に水術伝習所ができ組織的な水泳指導が始まったこと、また明治時代になって学校体育において組織的な水泳指導が始められ、今日では競技水泳や生涯水泳へと普及、発展してきたことについて記述した。その中で水泳の解説書や指導書が刊行されるようになったが、今日の水泳の解説書や指導書には競技水泳に関連した内容が先行し、学校水泳や生涯水泳の要求水準から些か乖離していることを指摘した。また、今日、学校水泳、競技水泳あるいは生涯水泳において最も活用されているクロール泳をとり上げ、クロール泳技術の発展的経過およびクロール泳の発展を支えた研究動向について記述した。そこで、クロール泳に関する研究は、これまで競技水泳に大きな成果をもたらしてきたが、しかし学校水泳や生涯水泳における学習（練習やトレーニング）目標に合致するものではないことを指摘し、クロール泳の習熟段階に応じた技術的課題とその指導法を探ることとした。そのため、水泳トレーニング時のクロール泳のストロークメカニクスの検討、テザードクロール泳を用いた水泳トレーニング法の検討、そして長期間にわたるクロール泳を用いた水泳活動がもたらす身体への功罪について検討し、特に学校水泳や生涯水泳において活用できるクロール泳の指導法の確立に寄与すべく資料の提供と効果的な水泳指導の提言を図ることを目的としたことを記した。なお、本節においては、各章、各節の全般的な内容構成の論理的展開性について述べた。

第2章 クロール泳の技術的特性の検討では、クロール泳のストロークメカニクス、泳速度、加速度、牽引力および筋活動様相について記述したものである。第1節クロール泳のストロークメカニクスでは、調査1においてクロール泳を成就するためには支持点のない水中では基本姿勢が確保されて初めてクロール泳のストロークメカニクスが成り立ってくるものであり、そのため初心者から

熟練者までクロール泳の成就に際して最も基本となるストリームラインについて調査を行った。調査に当たっては、蹴り出し、浮き上がり、グライドと言った運動局面に分け、ストリームライン形成の成否がいずれの局面にあるのか検証し、ストリームライン形成の際の効果的な指導法について検討を加えた。調査 2 クロール泳の泳速度、加速度および牽引力では、ストリームラインが確保された段階で足の動作が加えられ、さらに手の動作が加えられるが、過去の文献からクロール泳の手の動作が足の動作に比較してさほど研究対象にならなかったこと、かつクロール泳の推進力のおよそ 80%が手の動作により産出することを勘案し、クロール泳の手の動作を研究対象とした。そこで、クロール泳のアームストローク時におけるスティックピクチャーの時間的変化からみた動作分析と軌跡による空間的変化からみた動作分析を行い、クロール泳時における手の動作の指導に資する資料提供を図ることを目的に行った。第 2 節では、クロール泳の泳速度、加速度および牽引力について調査を行った。自力で推進することができるようになった段階で、泳速度、泳加速度、そしてコンビネーション動作、手の動作および足の動作による牽引力と泳速の協応性がどのように変化していくのかについて検証を進め、クロール泳技術の習熟特性を明らかにすることによって、クロール泳の運動力学的な面での効果的な指導に資する資料の提供を目的に行った。第 3 節では、クロール泳時における神経―筋の協応性について、筋緊張の強さ、筋活動時間および筋活動機序を調べることによってクロール泳の技術的特性について調査し、未熟練者と熟練者の比較による技術の習熟特性について検討し、クロール泳指導に資する資料の提供を目的とした。これらの研究は、それぞれの成果により今後の水泳研究や水泳指導に寄与すべく資料の提供と効果的な水泳指導への提言を図ったものである。なお、これらの調査は、映像による運動分析、映像や計測器を用いた運動力学的分析、および筋電図を用いた神経筋協応分析を通して行った。

第 3 章水泳トレーニング時におけるクロール泳のストロークメカニクスの検討については、現在行われている水泳トレーニングがクロール泳の技術的特性に及ぼす影響について調査し、水泳トレーニングの際にクロール泳の技術的特性が損なわれてはいないか、あるいはクロール泳の技術的發展性が疎かになってはいないか等を考慮し、実際に行われている水泳トレーニング時のクロー



ル泳におけるストロークメカニクス分析の調査を行ったものである。第 1 節のクロール泳の緩速泳時と最大努力泳時におけるストロークメカニクスについては、水泳トレーニングが最大努力下の泳速で行われていることから緩速泳時と最大努力泳時のストロークメカニクスについて分析調査し、熟練者と未熟練者の比較検討により特に緩速泳時のストロークメカニクスへの影響とその際のトレーニング効果について検証し、クロール泳のストロークメカニクスに影響を来さないトレーニング指導に資する資料の提供を目的として行った。第 2 節の水泳用具活用時のクロール泳のストロークメカニクスでは、水泳トレーニングの際に用いられているフィンやパドルを用いたクロール泳、また緩速泳および最大下努力泳におけるクロール泳のストロークメカニクスについて調査し、熟練者と未熟練者の比較検討を行った。得られた資料により、水泳用具を用いたクロール泳によるトレーニングおよびストロークメカニクスに悪影響を来さない指導に資する資料の提供を目的として行った。なお、それぞれの調査は、VTR カメラによる映像撮影および筋電図の導出により進めた。分析は、映像フィルムのコマ送りパルスをもとに筋電図上に誘導し、映像と筋電図を同期することによって動作分析と筋電図分析を行った。

第 4 章テザード法を用いたクロール泳の検討では、第 3 章において異なる泳速による水泳練習や水泳トレーニングの効果について明らかにしたが、逆に泳速のないその場泳ぎのテザードクロール泳を対象に水泳トレーニング法の開発の観点から検証を行ったものである。第 1 節のストレッチコードを用いたテザードクロール泳の運動特性については、弾力性のあるゴム管により作成したストレッチコードを用いたテザードクロール泳のストロークメカニクスに及ぼす影響について検証し、水泳トレーニングにおいてテザードクロール泳を活用する際の資料提供とストレッチコードを用いた水泳トレーニングへの提言を図ることを目的とした。第 2 節のテザードクロール泳のトレーニング法としての有効性については、テザードクロール泳の筋電図およびストロークメカニクスへの影響を勘案した負荷設定法やテザードクロール泳時の生体応答について調査し、持続的トレーニングへの有効性について検証したものである。本節はまた、テザードシステムを用いたテザード泳を適正な負荷設定により持続的トレーニング法として活用するための資料提供とその提言を図ることを目的として行っ

たものである。なお、クロールテザード泳の運動特性、体力育成法および持久的トレーニング法としての有効性の検証に当たっては、それぞれの調査においてクロール泳の映像分析、筋電図分析、クロール泳時の血液性状分析、生理的調査および知覚的調査等を通して検討を行った。

第5章長期間にわたる水泳活動が身体に及ぼす影響の検討については、クロール泳を中心とした水泳活動が身体発達や身体機能にもたらす功罪について明らかにしたものである。第1節の体柔軟性に与える効果については、水泳が全身的運動あるいは身体各部の可動範囲を最大限に活用した運動であると言われている反面、クロール泳が一般的には片側呼吸で行われていることから、長期間にわたる水泳活動において主としてクロール泳を行ってきた者の体柔軟性への影響について分析調査し、長期間にわたる水泳活動が身体発達に及ぼす功罪について検証した。第2節の呼吸機能に与える効果については、クロール泳では仮に1000m泳ぐことによって1000回の呼吸動作を必要とすることになり、しかも1呼吸が1秒程度の動作時間で水圧を抗した吸息および呼息を行うため、長期間にわたって水泳活動を行ってきた者の呼吸機能に何等かの影響を与えていることが推察できる。そのため、クロール泳の指導や呼吸指導の際に活用できる資料を得ることを目的とし、長期間にわたる水泳活動において主としてクロール泳を行ってきた者の呼吸機能の発達にどのような影響を及ぼしているのかについて検証を行った。第3節の身体の均斉的発達に与える効果については、クロール泳の指導や呼吸指導に資することを目的として、頭部を一方向へ側転する呼吸動作を伴うクロール泳を長期間にわたって行ってきた者の均斉的身体発達へ及ぼす影響について分析調査し、その功罪両面から検討を加えた。なお、それぞれの節においては、生体機能変化、呼吸機能発達および身体発達（体柔軟性、筋力、身体の均衡性等）について分析調査を行った。調査方法は、それぞれにおいて映像による運動分析、血液性状分析、身体計測分析および生理学的分析を用いて行った。

第6章結論では、第2章から第5章までの研究成果を個別にまとめ、さらに明らかにされたクロール泳の運動特性に基づいてクロール泳の効果的な指導法について検討を進め、クロール泳の指導法の確立を図ることと効果的なクロール泳指導への提言を図ることを目的としている点を勘案し、本論文の研究成果

を総合的にまとめ、クロール泳の指導への提言を加えた。また、本論文の研究  
 成果により、競技水泳、学校水泳および生涯水泳を見据えた研究成果に基づく  
 クロール泳指導の構造図について図 6-1 に示した。

## 2. 2. 本論文の全体構図

本論文の第 2 章から第 5 章までの研究調査についての全体構図は、本論文の  
 目的に基づき図 1. 1. に示した通りとした。なお、赤枠は、研究対象としたク  
 ロール泳の技能レベルおよび本論文で用いた研究手法を示したものである。

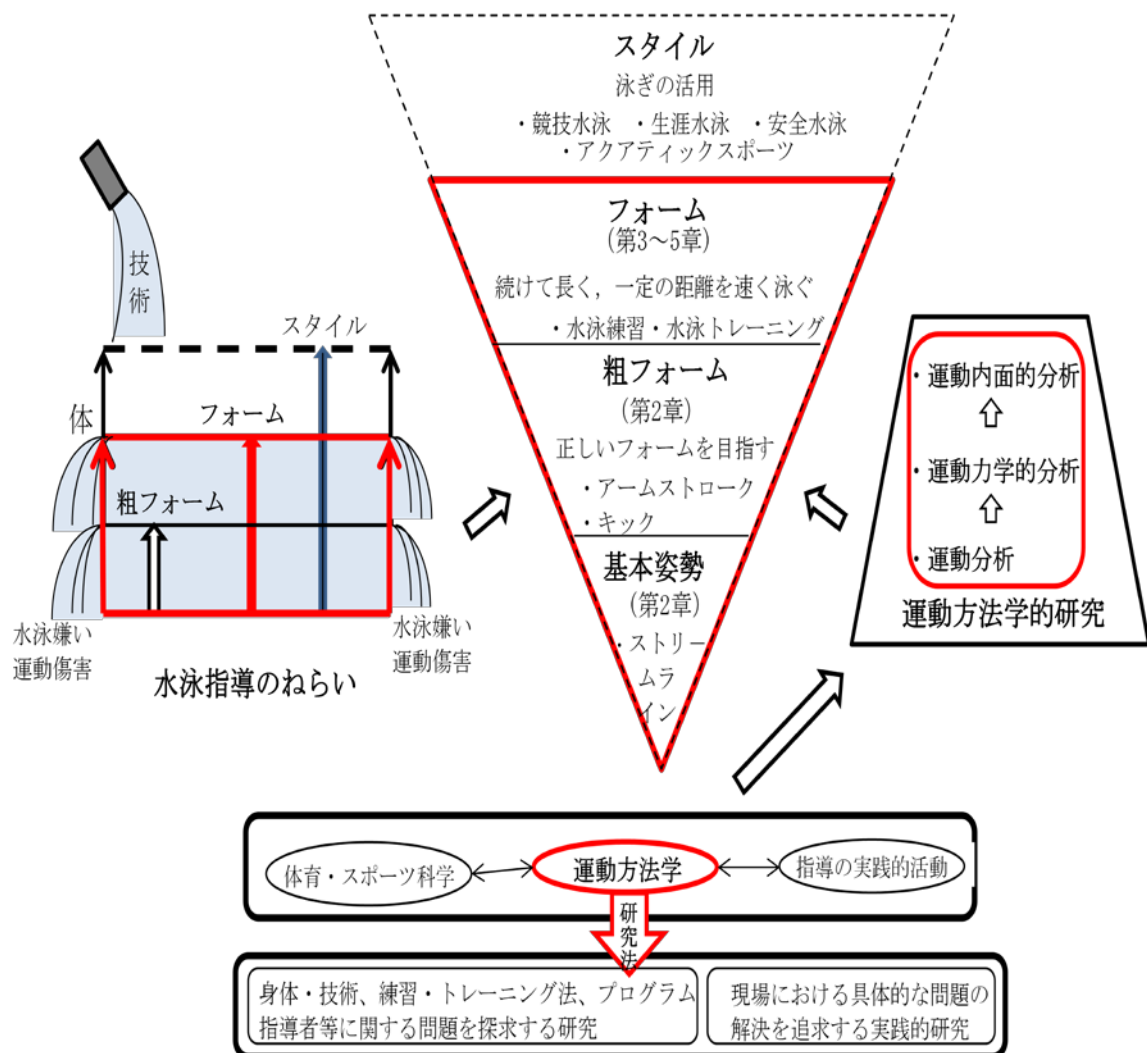


図 1-1. 本論文の全体構図

## 2. 3. 本研究の限界

本論文には、研究方法において制限が存在し、得られた知見の一般化・普遍化に際して下記に示した事項に関する限界が存在する。

### 1) 研究標本に関する限界

被験者の選定においては、学校水泳および生涯水泳においてだれもが目標とする正しいクロール泳の効果的指導法の確立を図っているが、生理・生化学的調査による研究倫理上の観点から大半が大学生としている点。

被験者の区別においては、水泳活動年数および泳力（泳速、可泳距離）によって分けたが、各章ごとに習熟度による評価と実践年数による評価の観点が必要とする調査であったことから、未熟練者と熟練者の区別および初級者～上級者の区別によって設定した点。

### 2) 実験方法における限界

映像分析は、2次元解析によって行われている点。

筋電図分析は、各章で活用した測定器（多元電氣的記録装置によるペン書きデータ、筋電アンプによるAD変換式コンピュータ解析データ）に基づいて評価している点、また水中実験であることから、筋電図導出時の成否により各章ごとに選定した骨格筋の種類（被験筋）が限られた点。

水泳用具やテザード法を用いたクロール泳では、通常泳に比べて使用した用具や器具に起因する疲労や運動制限を認めない点。

### 3) 実験設定上の限界

本研究は、各章ごとに実験的研究法および事例研究法を用いている。そのため、研究倫理上および事例研究上、十分な被験者数を集めることが困難を要し制限された点。

### 4) 指示設定上の限界

クロール泳の運動特性の知見は、本研究で設定した研究手法によって得られた資料の範囲において解釈される点。

したがって、本研究では、上記の研究の限界の下、図 1-1 に示した本論文の全体構図に基づき進めることになる。

## 参考・引用文献

**Armbruster, D. A. , Allen, R. H.** (1973) *Swimming and Diving*. The C. V. Mosby Company,

**Barbosa, T. M. et al.** (2010) Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance, updating the state of the art, *Journal of Science and Medicine in Sports*, Vol. 13, pp. 262-269.

**Barbosa, T. M. , et al.** (2006) Evaluation of the energy expenditure in competitive swimming strokes. *International Journal of Sports Medicine*. Vol. 26, No. 11, pp. 894-899.

**Bixler, B. S. , Riewald, S. ,** (2002) Analysis of swimmer's hand and arm in steady flow conditions using computation fluid dynamics, *Journal of Biomechanics*, Vol. 35, pp. 713-71.

**Brodkin, P. , Weiss, M. R.** (1990) Developmental differences in motivation for participating in competitive swimming. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, Vol. 2, pp. 248-263.

**Clarys, J. P.** (1982) A review of EMG in Swimming: Explanation of facts and/or feedback information, *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 123-135, Human Kinetics Publishers Illinois.

**Olbrecht, J. , Clarys, J. P.** (1982) EMG of Specific Strength Training Exercises for the Front Crawl, *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 136-141, Human Kinetics Publishers Illinois.

**Costill, D. L. , et al.** (1985) Energy expenditure during front crawl

swimming: predicting success in middle-distance events. *International Journal of Sports Medicine*. Vol. 6, No. 5, pp. 266-270.

**Craig, A. , Pendergast, D.** (1985 ) Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming, *Medicine and Science Sports Exercise*, Vol. 11, pp. 28-233.

**Cureton, T. K.** (1930) Relationship of respiration to speed efficiency in swimming, *Research Quarterly* 1, pp. 54-70.

**Cureton, T. K.** (1930) Mechanics and Kinesiology of Swimming(The Crawl Flutter Kick), *Research Quarterly* 1, pp. 87-121.

**Deschodt, V. , et al.** (1996 ) Relationship between the three coordinates of the upper limb joints with swimming velocity. *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*. London, E and FN Spon, pp52-58.

**Faulkner** (1976) *Swimming*, Preface, American Alliance For Health, Physical Education, And recreation, pp. 5-6.

**Goodman, C. , et al.** (1985) Biochemical responses during recovery from maximal and submaximal swimming exercise, *European Journal of Applied Physiology* , Vol. 54, No. 4, pp 436-441.

**Hay, J. , Guimararaed, A.** (1983 ) A quantitative look at swimming biomechnics. *A swimming technique*, Vol. 20, pp. 11-17.

**Hollander, A. P. , et al.** (1988) Contibution of the legs to propulsion in Front Crawl swimming. *Swimming V*. pp. 39-43, Human Kinetics Books, Illinois.

**Ikai, M. , Ishii, K. , et al.** (1964) An electromyographic study of swimming, *Journal of Physical Education* Vol. 7, pp. 47-54. Saint Louis, pp. 92-93.

**石川芳雄** (1960) 水泳史, 米山弘, pp. 47-58.

**Jesus, S. , et al.** (2011) Stroke kinematics and race times according to performance, gender and event, *Proceedings of International Symposium in Biomechanics of Sports*, J. P. Vilas-Boas, and A. Veloso, *Portuguese Journal of Sports Science*, Porto.

**Karpovich, P. V.** (1933) Water resistance of swimming, *Research Quarterly* Vol. 1, pp. 21-28.

**木村象雷, 高石勝男** (1934 ) 水泳日本, 改造社, pp. 9-52.

**Kiphuth, R. ,** (1928) *Swimming, Chapter 1, History*, A. S. Barnes and Company, New York, pp. 1-22, 31-37.

**Komologorov, S. , Duplischeva, O . , et al.** (1992) Active drag, useful mechanical power output and hydrodynamic force coefficient in different swimming strokes at maximal velocity, *Journal of Biomechanics*, Vol. 25, pp. 311-318.

**公益財団法人 日本体育協会** (2014) 公認スポーツ指導者登録者数 (オンライン), 入手先 <http://www.japan-sports.or.jp/> (参照 2014-8-24) .

**京田武男** (1927) 泳ぎ方の新研究, 駿南社, pp. 81-82.

**Lewillie, L.** (1973) Muscular activity in swimming, *Biomechanics III*, pp. 440-445, Kaeger, Basel.

Marinho, D. H. , et al. (2008) The analysis of swimming propulsion under unsteady flow cinditions, Journal of Sports Science, Vol. 26, p. 10.

日本生産性本部 (2013) レジャー白書 2013, 日本生産性本部, (オンライン) 入手先 <https://numzon.com/detail/38741/>, (参照 2014-08-24)

日本スイミングコーチ学校編 (1976) スイミングコーチテキスト, Vol. 水泳概論, III. スイミングクラブ, 日本スイミングコーチ学校, pp. 89~121.

Nuber, G. W. , et al. (1986) Fine wire electomyography analysis of muscle of the shoulder during swimming, American Journal of Sports Medicine, Vol. 14, pp. 7-12.

大塚正之助 (1906) 応用水泳術, 建築書院, pp. 9-10. 海事書店, 東京, pp. 29-30.

Pink, M. , et al. (1992) The normal shoulder during freestyle swimming, An electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles, American Journal of Sports Medicine, Vol. 19, pp. 569-576, 1992.

Rushall, B. S. (1994) Some psychological considerations for US National Swimming Teams. American Swimming. February-March, pp. 8-12.

笹川スポーツ財団 (2006) スポーツ白書 2006, SSF 笹川スポーツ財団, (オンライン), 入手先 <http://www2.ttcn.ne.jp/honkawa/3976.html>, (参照 2014-8-24) .

柴田義晴 (1974) バタフライ泳法の基礎的研究, 東京学芸大学大学院教育学研究科修士課程, 修士論文, p. 113 .



## 第2章 クロール泳の技術的特性の検討

クロール泳については、第1章においてその歴史と研究経過について述べ、それぞれの研究成果により今日のクロール泳の発展に至ったことを記述した。その中で、得られた知見を総合的に評価することにより、それぞれの研究成果の間に検討すべく新たな課題が潜んでいる可能性もあることを指摘した。たとえば、ストロークメカニクスについては、スティックピクチャーによる時間的推移から見た運動の現象、軌跡による空間的に見た運動の現象、そして筋電図や牽引力からみた力動性の変化から見た総合的検証、泳速度や泳加速度から見た複合的検証、泳速度を産出する手足動作の協応性から見た検証および筋電図を用いた水泳時の筋緊張の強さ、筋活動時間、そして筋活動機序について神経一筋の協応性の観点から見た検証等によって技術的特性を明らかにし、未熟練者と熟練者の比較や他泳法との比較によってクロール泳技術の発達特性を明らかにすることが研究課題として挙げられた。

そこで、本章では、これらの課題を解決すべく検証を進めるため、第1節ではクロール泳のストロークメカニクスについて、第2節ではクロール泳の泳速度、加速度および推進力について、第3節ではクロール泳時における各筋の活動状態について検証を進め、今後の水泳研究および水泳教育の発展に寄与すべく資料の提供と効果的な水泳指導への提言を試みることを目的とした。なお、それぞれの節においては、映像による運動分析、運動力学的分析および筋電図分析等を通して検討を行った。

### 第1節 クロール泳のストロークメカニクス

クロール泳の研究は、近代四泳法の中では最も古くから行われてきた(Cureton, 1930)。その理由には、やはり水泳競技においてより速く泳ぐことへの挑戦が根本として挙げられ、より速く泳ぐことのできるクロール泳に期待が寄せられたことが研究対象となってきたものと考えられる。それ以来、クロール泳の泳速が他の種目に比較して飛躍的な向上が見られたことから、一つに括られた競技種目において行われていた他の泳ぎ方(横泳ぎや平泳ぎ等)と区別されて他の泳ぎ方を特殊種目、クロール泳を自由形種目として独立した(日

本スイミングコーチ学校編, 1976). クロール泳が自由形種目に位置づけられた後, クロール泳が自由な泳ぎ方であったことから特別な規制もなく, また競泳が個人の最高の水泳能力(泳速)を求める運動特性を有していたことから, 研究対象がクロール泳のストロークメカニクス研究から体力的要素を有する水泳トレーニング法研究へと関心に移り, 重視されるようになってきた. しかしながら, 1980年代に入って, 水泳における推進理論が抗力理論から揚力理論へと移り変わる中で, 再びストロークメカニクス研究に目が向けられるようになってきた. さらに, 今日では, 高速化されたクロール泳において再び抗力理論が重要視されるようになり, ストロークメカニクスへの議論が高まっている.

ところが, この間のクロール泳の研究は, クロール泳の飛躍的な発展の原動力となったことは否めないが, それがより速く泳ぐための課題解決のため高度な技術を身につけた水泳選手を研究対象として行われたものであり, 体育, スポーツ, レクリエーション, 水泳を用いた健康法や体力育成法, あるいはアクアティックスportsやライフセービング等の基礎技能として活用を図る観点に立ったクロール泳について検証した報告は, 著者が文献を渉猟した範囲において極めて少ないのが現状である.

そこで本節では, 調査1においてクロール泳の基本姿勢であるストリームラインの形成について調査を行った. クロール泳の指導では, 導入技術としてキック指導が行われるが, ストリームラインが十分できていない段階でキック指導を行うことによって膝折れキックの原因となったり, それが定着することによってアームストローク指導に影響したり, さらに呼吸指導の際にも影響を及ぼし, 結果的に長く続けて泳いだり, 速く泳いだりすることができるクロール泳を習得することが困難となる. そのため, クロール泳の習得に必要なストリームラインを効果的に身につけさせる指導法の確立の重要性を鑑みて本節の研究課題とした.

調査2では, クロール泳の発達過程においてアームストロークがさほど関心が寄せられなかったことや自由形種目に括られたクロール泳には研究成果による定型化に馴染まなかったこと, あるいは飛躍的に高度化したクロール泳技術に研究対象が向けられたことから, クロール泳の習熟過程の指導法に関する情報が少なく, またクロール泳を身につけるための指導法やより長く速く泳げる

ようになるための指導法に関する研究が十分に行われてこなかったことを考え合わせ、アームストロークの効果的な指導法の確立を図って習熟度別に時間的、空間的および力動的観点から調査を行った。

## 調査1. ストリームライン形成について

### 1. 1. 1. 目的

本調査では、ストロークメカニクスの基本動作であるストリームラインについて運動分析を行うため、熟練者と未熟練者を調査対象としてクロール泳のストロークメカニクスを支えるストリームラインに関する調査を行った。そのため、熟練者と未熟練者のけ伸びの映像を撮影し、両者を比較することによって差異を見出し、ストリームラインの技術的特性を明らかにするとともに、クロール泳のストリームラインつくりに向けた指導法の確立と指導への提言を図ることを目的とした。

### 1. 1. 2. 方法

本調査は、水泳活動歴 10 年以上で現在も水泳活動を続けている熟練者 4 名、水泳活動歴がないがクロール泳で 25m 以上泳ぐことができる未熟練者 4 名の被験者を対象とした。なお、本論における習熟度の共通化を図るため、本節の熟練者および未熟練者は、本論全体的にはそれぞれ上級者および初級者とする。

試技では、蹴り出した後できるだけ遠くに伸び進むように指示し、各被験者にそれぞれ 2 回ずつ行わせた。映像撮影は、被験者をはさんで一方に 0.5m 離れたところに格子板を設置し、他方に 9m 離れたところに VTR カメラ；パナソニック社製 VTR カメラ (AG-43C) をマリパック (VW-MP2) に内挿して水底に固定設置した。VTR カメラのレンズの中心は、水面下 0.25m であった。

なお、撮影場面の模式図は、図 2-1 に示した通りであった。映像解析は、FOR. A 社製のビデオタイマー (VTG-3) を用いて、1/100 秒単位のタイマーパルスで VTR 映像に記録することにより同期させ、動作解析ソフト (VMA2) を用いて得られた映像画面上の身体各部にプロットし、移動軌跡、速度変化および角度変化を求めた。なお、速度変化については、X 軸に水平移動、Y 軸に垂直移動の速度変化を表した。

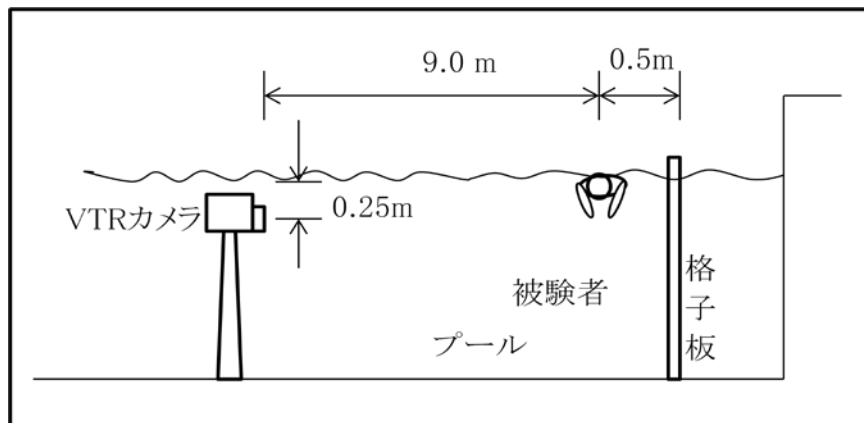


図 2-1. 撮影の模式図

### 1. 1. 3. 結果

本調査結果は、図 2-2、図 2-3 に、それぞれ熟練者および未熟練者のスティックピクチャーおよび移動軌跡を表したものである。これらの図は、それぞれ熟練者群および未熟練者群の代表例として示したものである。

熟練者では、両手を体側に揃え体を垂直姿勢にした状態で沈み込み、全身が沈んだあたりから両手の甲を上方に持ち上げながら頭上に運び、体を前傾させていた。足の蹴り出しは、膝関節が最大に曲がったとき、前方に伸ばした両腕の下に頭部を運びながら体幹を前傾させ、両腕と体幹が一直線になったところで手先の方向に向けて足の蹴り出しを始めるタイミングが認められた。また、足の蹴り出しが終わったところで、体を一直線にして体の浮き上がり動作に移行した。その際、足関節点から頭部中心点までの各身体部位では、時間差はあるもののほぼ同様の移動軌跡が見られた。また、グライド期に達するまでの間に体がほぼ一直線となり、かつ体が水平に浮き上がっていく傾向が見られた。

未熟練者では、体の沈み込みがほとんど見られず、逆に上方へ跳び上がる動作や水面上へ滑り出す動作が見られ、結果的に下半身の垂直上方移動が大きく現れた。また、上方への跳び上がり動作により上半身の水平移動が小さくなった。上方への跳び上がり動作は、結果的には体の水中への落ち込み状態を招き、それによって体の浮き上がりからグライドへの移行期が短くなり、かつグライド時に下半身が沈下状態となって推進力を得られずグライドができない、あるいは十分にできない結果が見られた。

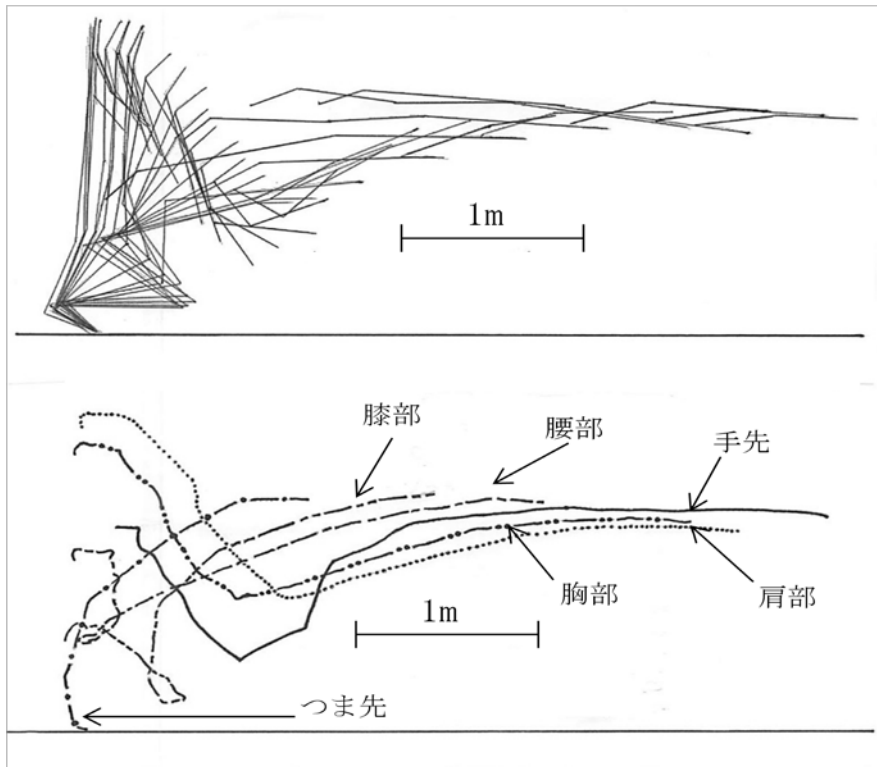


図 2-2. 熟練者のけ伸びのスティックピクチャーと軌跡

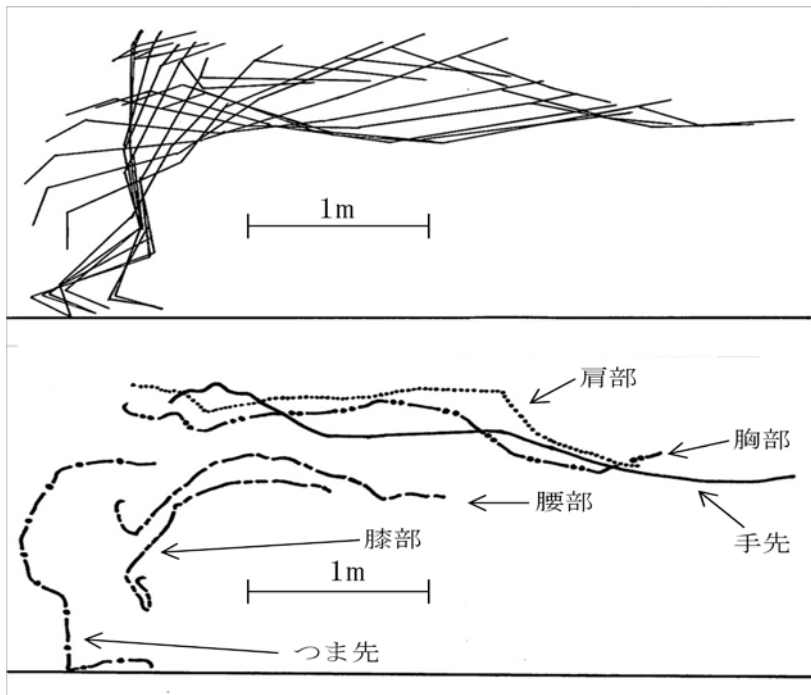


図 2-3. 未熟練者のけ伸びのスティックピクチャーと軌跡

蹴り出し時の体の迎え角は、熟練者では約 20° であったのに対して未熟練者では約 80° で、両者に大きな違いが見られた。浮き上がり時の体の迎え角においても、ほぼ同様に熟練者では約 20° であったのに対して未熟練者では約 66° で、両者の違いが顕著に表れた。また、熟練者では、蹴り出し時から浮き上がり時までほぼ一定した体の迎え角を維持して推進していた。

身体各部の移動速度については、表 2-1 に熟練者、表 2-2 に未熟練者について示した通りであった。

表 2-1. 身体各部の移動速度 (熟練者)

測定項目 身体部位	動作局面	X 軸速度	Y 軸速度	合成速度
足関節	蹴り出し時	0.8±0.3	2.2±0.4	2.3±0.5
	浮き上がり時	1.2±0.4	2.7±0.7	2.9±0.3
	グライド時	2.6±0.6	1.1±0.2	2.3±0.4
膝関節	蹴り出し時	0.2±0.1	2.7±0.5	2.7±0.5
	浮き上がり時	1.8±0.3	2.0±0.4	2.5±0.4
	グライド時	2.0±0.5	0.7±0.2	2.0±0.6
股関節	蹴り出し時	2.2±0.6	1.4±0.3	2.6±0.5
	浮き上がり時	2.0±0.4	1.0±0.2	2.0±0.5
	グライド時	1.9±0.5	0.5±0.1	2.0±0.5
肩関節	蹴り出し時	2.0±0.5	0.9±0.2	2.2±0.5
	浮き上がり時	2.0±0.4	0.8±0.2	2.1±0.4
	グライド時	1.9±0.5	0.1±0.0	2.0±0.4
手関節	蹴り出し時	2.6±0.7	0.4±0.1	2.6±0.5
	浮き上がり時	2.1±0.7	0.1±0.0	2.1±0.4
	グライド時	1.9±0.5	0.2±0.0	2.0±0.4

(m/sec)

熟練者では、下半身は動作局面が進むに連れて移動速度が Y 軸方向から X 軸方向へ緩徐に移行していく傾向が見られ、上半身では蹴り出し時の Y 軸速度がグライド時までほぼ保持され、また Y 軸速度と X 軸速度の合成速度を見ると蹴り出し時からグライド時まで蹴り出し時の速度がほぼ保持されていた。

未熟練者では、下半身を除く身体各部位ともに蹴り出し時の Y 軸速度が高く、X 軸速度が低い傾向が見られた。蹴り出し時からグライド時までの X 軸速度はや

や低下していく傾向を示し、Y 軸速度と X 軸速度の合成速度が蹴り出し時に比べてグライド期に大きく低下する傾向を示した。

表 2-2. 身体各部の移動速度 (未熟練者)

測定項目 身体部位	動作局面	X 軸速度	Y 軸速度	合成速度
足関節	蹴り出し時	0.2±0.0	1.6±0.8	1.6±0.8
	浮き上がり時	0.2±0.0	1.2±0.3	1.2±0.3
	グライド時	0.6±0.1	0.3±0.1	0.7±0.1
膝関節	蹴り出し時	1.0±0.2	1.1±0.7	1.2±0.7
	浮き上がり時	0.4±0.1	0.4±0.2	0.6±0.1
	グライド時	0.5±0.1	0.3±0.1	0.6±0.1
股関節	蹴り出し時	1.0±0.2	1.4±0.2	1.8±0.3
	浮き上がり時	1.0±0.2	0.3±0.1	1.0±0.3
	グライド時	0.2±0.1	0.3±0.1	0.6±0.1
肩関節	蹴り出し時	1.8±0.3	0.1±0.0	1.8±0.4
	浮き上がり時	1.5±0.2	0.3±0.0	1.5±0.2
	グライド時	0.6±0.1	0.2±0.0	0.6±0.1
手関節	蹴り出し時	1.6±0.4	0.1±0.0	1.6±0.3
	浮き上がり時	1.4±0.3	0.6±0.1	1.5±0.3
	グライド時	0.7±0.2	0.2±0.1	0.8±0.2

(m/sec)

身体各部の角度変化は、表 2-3 および表 2-4 に、それぞれ熟練者および未熟練者について示した。

熟練者では、最も体が沈み込んだ蹴り出し動作時からつま先が水底から離れる瞬間の蹴り出し時まで顕著な角度変化が見られた。特に、膝関節部の角度変化 ( $133.0^{\circ}$ ) が著しく、股関節角度を除く身体各部が  $180^{\circ}$  に大きく接近していた。蹴り出し時、浮き上がり時およびグライド時の身体各部の角度変化を見ると  $20^{\circ}$  未満で、蹴り出し時には全身がほぼ一直線になって水平移動しながらグライドに移行した。

未熟練者では、身体各部の角度変化が最も大きい時期は各動作局面においてばらつきがあり、一定した傾向は見られなかった。グライド期には、過伸展を伴った股関節部 (体が反った状態) を除いては  $180^{\circ}$  未満で、身体各部が様々な角度を示して、全身が一直線になるような傾向は認められなかった。また、蹴

り出し時、浮き上がり動作時、そしてグライド時のそれぞれにおいて、身体各部の角度が大きく変動し、不安定な動きが見られた。

表 2-3. 各動作局面における身体各部の角度 (熟練者)

測定項目 身体部位	動作局面	身体角度	角度変化
足関節	蹴り出し動作時	52.7 ± 7.1	-
	蹴り出し時	129.4 ± 9.7	76.7
	浮き上がり時	138.2 ± 10.7	8.8
	グライド時	148.1 ± 9.3	9.9
膝関節	蹴り出し動作時	39.7 ± 4.7	-
	蹴り出し時	172.7 ± 11.4	133.0
	浮き上がり時	180.0 ± 5.9	7.3
	グライド時	181.7 ± 4.6	1.7
股関節	蹴り出し動作時	70.9 ± 5.9	-
	蹴り出し時	144.0 ± 11.3	73.1
	浮き上がり時	163.8 ± 7.8	19.8
	グライド時	174.7 ± 7.0	1.0
肩関節	蹴り出し動作時	126.5 ± 9.1	-
	蹴り出し時	195.7 ± 11.7	69.3
	浮き上がり時	188.0 ± 7.2	-7.7
	グライド時	193.2 ± 12.1	5.2

(°)

表 2-4. 各動作局面における身体各部の角度 (未熟練者)

測定項目 身体部位	動作局面	身体角度	角度変化
足関節	蹴り出し動作時	66.4 ± 13.1	-
	蹴り出し時	137.0 ± 13.9	70.6
	浮き上がり時	127.4 ± 13.3	-8.6
	グライド時	124.4 ± 13.1	-2.9
膝関節	蹴り出し動作時	112.0 ± 21.7	-
	蹴り出し時	165.9 ± 23.1	53.9
	浮き上がり時	138.2 ± 13.2	-13.9
	グライド時	148.1 ± 14.9	7.4
股関節	蹴り出し動作時	152.9 ± 16.7	-
	蹴り出し時	170.2 ± 21.4	17.3
	浮き上がり時	150.9 ± 13.4	-19.5
	グライド時	195.9 ± 20.6	45.1
肩関節	蹴り出し動作時	89.6 ± 17.7	-
	蹴り出し時	106.2 ± 20.4	16.6
	浮き上がり時	130.8 ± 14.1	24.6
	グライド時	154.7 ± 15.7	23.9

(°)



#### 1. 1. 4. 考察

け伸びは、進みやすい姿勢で浮くため（マーク・スピッツら，宮川訳，1976；大塚，1906），あるいは抵抗の小さい水中姿勢で進むため（京田，1927；小森，1969）の基本動作として，今日では水泳指導における学習教材の一つに位置づけられている．そのことから，け伸びは泳ぎのストリームラインづくりとして，特にクロール泳のストロークメカニクスにおける大切な構成要素となっており，水泳選手の練習ドリルとして，あるいはまた水泳学習者の学習教材として確立されている．

しかしながら，ストリームラインづくりに繋がるけ伸びの技術的特性に関する検証については，著者が文献を渉猟した範囲ではほとんど見出すことができなかったことから，ストリームラインづくりに繋がるけ伸びの指導法が十分に確立されていないと言っても過言ではないように思われた．そこで，今回，ストリームラインづくりに繋げるけ伸びの技術的特性について検討するため，け伸びの動作局面を準備動作，蹴り出し動作，浮き上がり動作およびグライド動作に分け，上級者レベルとした熟練者と初級者レベルとした未熟練者についてそれぞれの動作局面を比較しながら初級者のストリームラインづくりの課題性を見出し，け伸びの指導法の確立を図るべく考察を進めた．

図 2-4 は熟練者の動作トレース，図 2-5 は未熟練者の動作トレースを示したものである．これら動作トレースはそれぞれの代表例として示したものであるが，表 2-1～2-4 に得られた結果を勘案しながら考察する．

準備動作における熟練者と未熟練者の最も大きな違いは，未熟練者においてはほとんど準備動作が見られなかった点であった．また，蹴り出し時の身体各部の屈曲度は，熟練者では特に股関節，膝関節，足関節において顕著に大きかったが，未熟練者ではそれらが小さく，熟練者では体を小さく縮めている状態であった．こうした体を小さく縮めた姿勢の有無は，力強い蹴り出し動作を可能とする準備動作に当たり，け伸びの成否に大きく影響する動作でもある．特に，熟練者の準備動作は，両腕を体側に沿って体を垂直に保ち，つま先立ち姿勢から一気に体を沈ませ，両手のひらや甲で水をあおるように上方へ押し上げることによって体を前傾させて蹴り出していた．こうした体の沈ませ方については，古い水泳解説書（京田，1927）には安全指導の観点から極めて詳細に示

されているが、今日の水泳指導書にはほとんど見かけることがなく、今後指導の際には活用を図っていくことが必要であると考えられる。

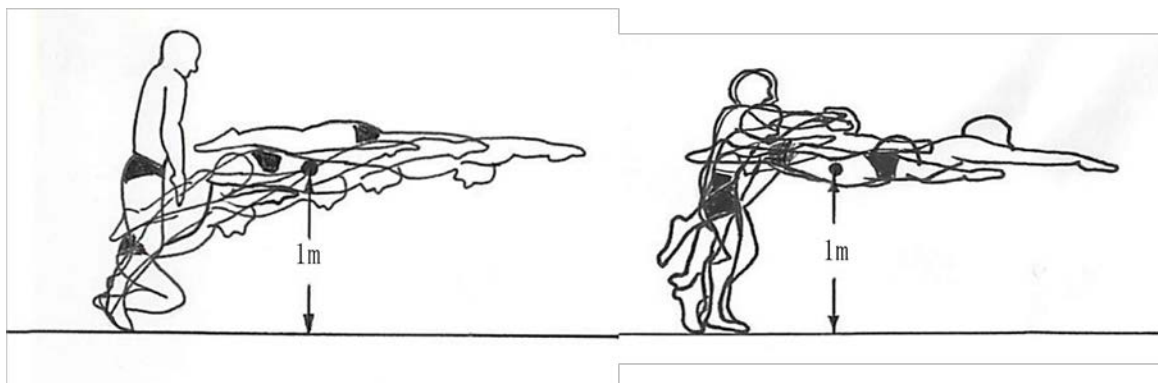


図 2-4. 熟練者のけ伸びの動作トレース

図 2-5. 未熟練者のけ伸びの動作とレース

つぎに顕著な両者の違いは、蹴り出し局面から浮き上がり局面の体の迎え角を上げることができる。図 2-2 および図 2-3 を見ると、熟練者では体の迎え角が蹴り出し時から浮き上がり動作時までほぼ一定して約  $20^\circ$  で推移したのに対して未熟練者では蹴り出し時が約  $80^\circ$ 、浮き上がり時のそれが約  $66^\circ$  で推移したが、そうした体の迎え角の差が  $x$  軸速度、すなわち推進力の違いになって表れたものと考えられる。こうした蹴り出し動作の成就是、ナイサー（古崎訳，1976）やヴァイツゼッカー（木村ら訳，1988）が指摘しているように先取りされた結果や経過時間に規制されていることから、その各動作局面や経過時間を遡ると結局準備動作の出来映えが前提となっているものと考えられる。このことはまた、結果に至る運動の成り立ちがその運動成就への課題でもあり、それを遡っていくことによって、究極的には如何にして始めたのかを追求することが必要であるとする意見（金子ら，1990）と一致するところである。

同じく浮き上がり動作局面について見ると、足関節点の速度が熟練者で  $2.9\text{m/sec}$ 、未熟練者で  $1.2\text{m/sec}$  であったが、その速度のほとんどが  $Y$  軸速度（熟練者： $2.7\text{m/sec}$ 、未熟練者  $1.2\text{m/sec}$ ）によって構成され、この移動速度の差は体の水平姿勢をいかに素早く作り出し確保するか否かの差となり、その結果が熟練者の浮き上がり時の体の迎え角が約  $20^\circ$  で、ほぼ体が一直線で推進しているのに対して、未熟練者の体の迎え角が約  $66^\circ$  で、身体各部が様々な角度

であったため十分な推進速度が得られなかった要因と考えられる。また、足関節の速度の差について見ると、未熟練者では頭部の一部を大きく水面上に出してグライドに移行しているため下半身の浮き上がりの遅延要因となったり、抑制原因（斉藤，1929）となったりしているため、文部省の水泳の手引に見られるように指導の際には体を十分に沈み込ませ、頭部を深く水中に入れて蹴り出し浮上するような指示（柴田，1986）が必要であると考えられる。

つぎに、身体各部の角度変化について、熟練者の図 2-6 および未熟練者の図 2-7 により検討を加える。これらの図を見ると、熟練者では蹴り出し後にはすでに身体角度から見ても体がほぼ一直線となっていることが確認できるが、未熟練者では身体各部の角度変化を伴いながら、図 2-5 のようにグライド時の体が後傾姿勢（体の迎え角約  $16^{\circ}$ ）で進んでいることがわかる。こうした不安定な動きや姿勢は、表 2-1 および表 2-2 に示したようにグライド時の推進速度が熟練者では一例として足関節部の合成速度が約  $2.3\text{m/sec}$  であったのに対して未熟練者では約  $0.7\text{m/sec}$  であり、推進速度に差が大きく表れた一つの要因と考えることができる。

個々の動作局面について検討を試みてきたが、個々の動作局面はそれぞれ互いに関連していること、すなわち個々の動作局面はその前の動作局面が前提となって成立していることが明らかとなった。すなわち、図 2-6 の熟練者の身体各部の角度変化を見ると、蹴り出し時以降における角度変化が小さく身体操作がほとんど見られなくなり、緩徐に体が水平になってグライドに移行していることがわかる。それに対して、図 2-7 の未熟練者では、蹴り出し時の後の身体角度に大きなばらつきを伴っているのが確認できる。すなわち、熟練者のストリームライン形成のための身体操作は、浮き上がり時以降の動作時にはほとんど見られず、蹴り出し時の推進力が効率的に保持されてグライドに移行していることがわかる。

このことは、運動の構造は単に神経支配によって左右されるだけでなく、その神経支配の結果生じた運動によっても左右されるものであり、またそれぞれの局面は最後に成立するはずの運動によって規制されるだけでなく、け伸びの成立に要する時間の長さによっても規制されている（ヴァイツゼッカー，1988）ことを示していることを示唆している。

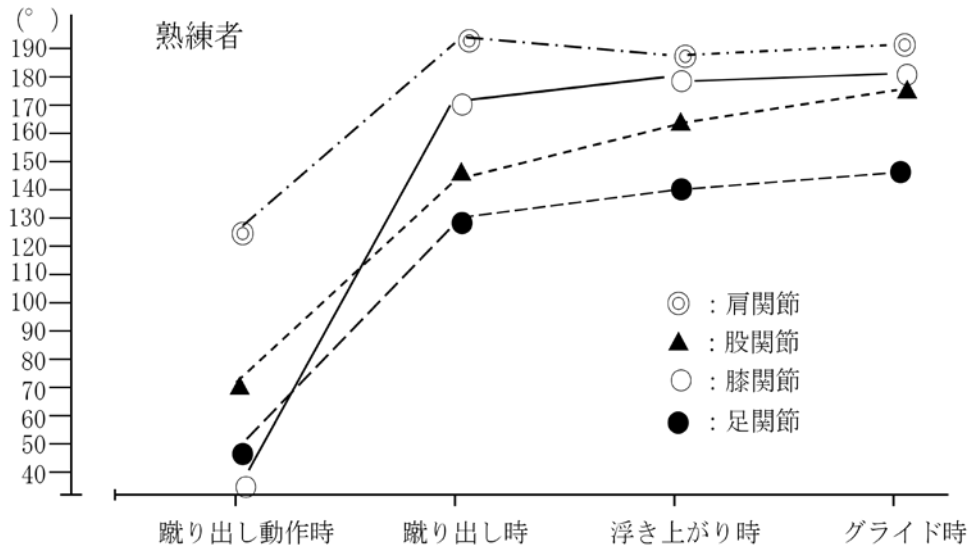


図 2-6. 身体各部の角度変化 (熟練者)

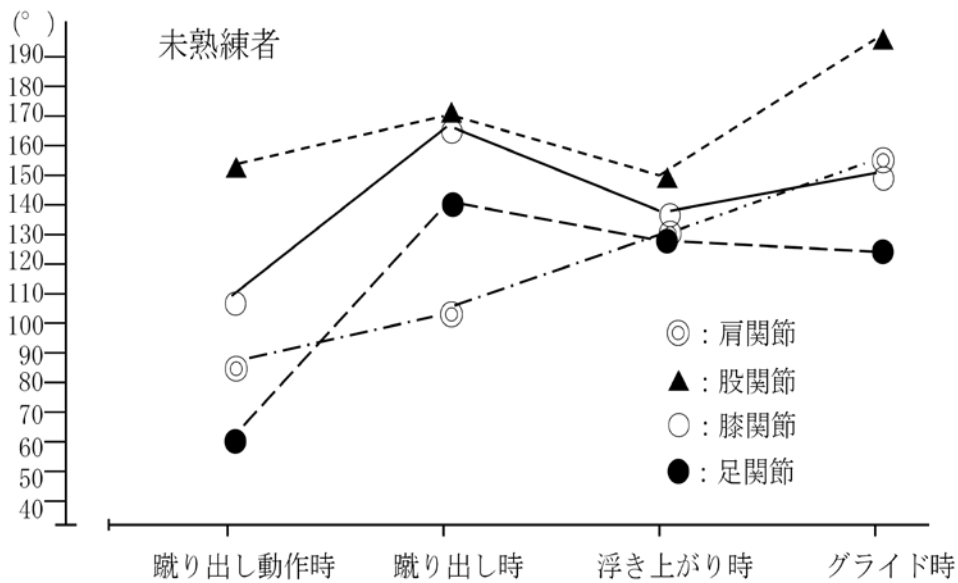


図 2-7. 身体各部の角度変化 (未熟練者)

したがって、図 2-8 に示したようなナイサーやヴァイツゼッカーの運動の成り立ちの構図に基づいて、け伸びの指導の際には指導に先立ってけ伸びの全体の構図を認識させ、まず運動（け伸び）の（時間的、空間的、力動的）流れをつかませることが大切であると考えられる。

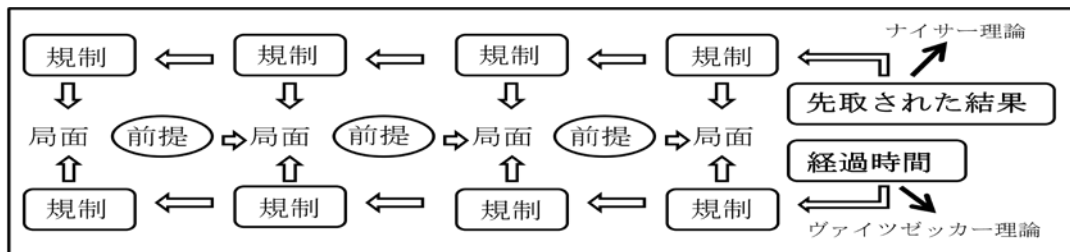


図 2-8. 運動の成り立ち (柴田作図)

また、図 2-8 の観点から熟練者の撮影映像を参考に、図 2-9 のようにけ伸びの動作を立位姿勢の開始①からグライド姿勢⑤までのけ伸びの動作を示し、未熟練者と熟練者のけ伸びの比較を行った。①から⑤に至るまでの時間を映像分析により求めると熟練者では  $1.8 \pm 0.2 \text{sec}$ 、未熟練者では④をグライド姿勢としてそれに至るまでの時間が  $1.4 \pm 0.3 \text{sec}$  で、両者の経過時間に大きな差が見られたがあった。その間における水平方向への移動距離は、熟練者では  $2.8 \pm 0.2 \text{m}$  であったのに対して未熟練者では  $1.7 \pm 0.3 \text{m}$  で、顕著に短かった。この短縮された時間は、②に示す沈み込みの動作局面の欠落によるものであり、それは結局①に示す動作の開始局面において沈み込みの指示が必要であることを示唆するものである。このことは、その運動をいかにして始めるのかを追求することが重要であるとした金子らの指摘 (1990) やだれもが共有しうるような「スタート地点」を慎重に探ることが大切であるとした西ら (2005) の意見と一致するところでもある。

そうした指摘や意見から初級者のストリームラインづくりの指導の課題を考えた場合、準備動作を成功に導くためには、その前提作りとしてまず体の沈ませ方の指導が十分なされることが最も大切なことと考える。それに続いて、体を前傾させるために手のひらや甲で水をあおるように上方へ押し上げながら膝を足関節と同じ高さになるまで体を沈み込ませ、体を大きく前傾するように指示することが大切である。その上で、浮き上がりの際には、体の迎え角が  $20^\circ$  で進むようにおよそ 2m 先の水面下を目指すような具体的目標を示すことが効果的であると考え。そして、下腿の浮上を助長するためには、先行する手先や頭部がおよそ 2m 先の水面に達した後、頭部を水面上に出さないような指示 (両腕を後頭部に置く等) や下半身を持ち上げるような指示 (臀筋を締める等) が

効果的と考える。さらに、グライドの際には、頭部は両腕の間あるいは両腕の下に置くような指示が望まれる。

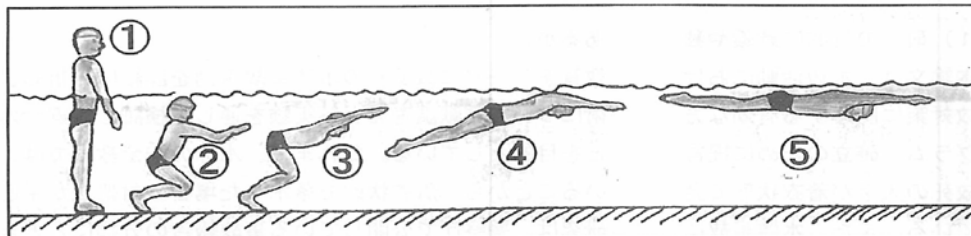


図 2-9. け伸びの動作図

### 1. 1. 5. 結論

本調査では、クロール泳の基本的ストロークメカニクスとされているストリームライン形成のための指導法を見出すことを目的とした。そのため、水泳活動歴 10 年以上の上級者レベルの熟練者 4 名と水泳活動歴のない 25m クロール泳可泳な初級者レベルの未熟練者 4 名を調査対象として、ストリームライン形成に活用されているけ伸びについて映像分析調査を行い、熟練者と未熟練者を比較し、未熟練者のストリームライン形成のための課題について検討を加えた。その結果は、以下に示した通りであった。

- 1) 熟練者と未熟練者の顕著な違いは準備動作にあり、熟練者ではいずれも頭部を立位時の腰部の高さまで体を沈ませながら前傾したのに対して、未熟練者の沈み込みが不十分であったり、ほとんど見られなかったりであった。
- 2) 浮き上がり時の体の迎え角度は、熟練者では蹴り出し時から浮き上がり時まで約  $20^{\circ}$  でほぼ一定して小さかったが、未熟練者では蹴り出し時の約  $80^{\circ}$  から浮き上がり時の約  $66^{\circ}$  で大きかった。また、グライド時は熟練者ではほぼ水平移動を示したが、未熟練者では約  $16^{\circ}$  の体の迎え角度で移動した。
- 3) 蹴り出し時の後、浮き上がり時、グライド時までの推進速度は、肩関節点が熟練者ではそれぞれ  $2.2\text{m/sec}$ 、 $2.1\text{m/sec}$ 、 $2.0\text{m/sec}$  であったのに対して、未熟練者ではそれぞれ  $1.8\text{m/sec}$ 、 $1.5\text{m/sec}$ 、 $0.6\text{m/sec}$  で減速傾向を示した。なお、この傾向は、いずれの身体部位においてもほぼ同様傾向を示した。
- 4) 沈み込み時、蹴り出し時、浮き上がり時、グライド時までの身体各部の角

度変化は、膝関節点が熟練者ではそれぞれ  $39.7^{\circ}$  ,  $172.7^{\circ}$  ,  $180.0^{\circ}$  ,  $181.7^{\circ}$  と緩徐に水平に至ったのに対して、未熟練者ではそれぞれ  $112.0^{\circ}$  ,  $165.9^{\circ}$  ,  $138.2^{\circ}$  ,  $148.1^{\circ}$  でばらつきが顕著であった。この傾向は、いずれの身体部位においてもほぼ同様傾向を示した。

クロール泳の基本的課題は流線形の姿勢（ストリームライン）つくりであり、初級者から上級者までを通してクロール泳を支える教材としてけ伸びが選定され、指導されている。け伸びの指導は、これまでのように水面に浮いて進んでいるときの姿勢を指導することは効果的ではなく、水中に沈み込んで体を小さく縮めて蹴り出すまでに重要な学習課題が潜んでいることがわかった。したがって、初級者のけ伸びの指導の際は体を沈み込ませることが大切であり、体の沈み込ませることによって力強い蹴り出し力を生み、さらにそれを進む力へと転換していくことができる。中級者においては、水中を進む姿勢（ストリームライン）に重要な学習課題があることは言うまでもないが、特に、ターン後に壁を蹴り出す際には壁につけた足の位置まで頭部を沈ませて蹴り出すことを十分に指導することが大切である。

いずれにしても、初級者の段階では、側壁を蹴って泳ぎ始める学習指導に比較して、底壁を蹴り出し繰り返してけ伸びを行わせることによって練習頻度が顕著に増えるため、より定着したストリームラインつくりには効果的である。また、昭和2（1927）年、京田が著わした書物によると、水中での進み方の一つとして水底蹴伸し（すいてい けのし）を紹介しているが、水底蹴伸しは浅瀬や水流の急な所で前方に進む泳ぎ方として、一旦沈み込んで水底を蹴り出す方法（蹴足；けあし）を紹介している。この方法は、自然の水泳場が一般的であった当時の水泳事情を鑑みると、深みにはまった時にも浅瀬に向かうために活用することができる方法でもあったことから大切な水泳の基本的技術となり、延いては今日の学校水泳における学習教材としてのけ伸びとして取り扱われてきたことが考えられる。その意味においては、側壁からのけ伸びの指導を短期的に終わらせて泳ぎに繋げている指導段階を改め、水底を活用したけ伸びによって反復学習させることにより効果的なストロークメカニクスつくりに繋げるだけでなく、安全水泳の学習として大きく寄与する学習教材となりうるものとする。

## 調査2. アームストロークの軌跡とスティックピクチャーについて

### 1. 2. 1. 目的

クロール泳は、競泳規則において競技種目としての設定はないが、自由形種目として位置づけられている。しかし、クロール泳は現在のところ最も速く泳げる泳ぎ方であることから、ほとんどの泳者はクロール泳を自由形種目において用いている。そのため、今日ではクロール泳を「フリー泳」と呼ぶことが多々見られる。

クロール泳では、自由形種目に位置づけられて泳法規定がなくなったことから、近代4泳法の中で最も変化に富んだ泳ぎ方を目にするができる。このことは、逆に考えればクロール泳指導の際に明確な練習（学習）目標を立てにくくし、学習内容の系統性が明確にされてこなかったことや指導法が十分に確立されてこなかった要因と考えられる。また、クロール泳の開発期に足の動作が「かえる足 (Frog kick)」「あおり足 (Scissors kick)」「ばた足 (Flutter kick)」へと技術改革が進み今日のクロール泳の出現となったが、その後は泳速向上の関心が技術練習から体力トレーニング法へと移り、アームストロークの技術改革のための研究活動がキック動作に比較すると十分に行われてこなかったものと考えられる。

そこで、本調査では、アームストロークの運動分析を行ないクロール泳の練習方法の視点から検討してみる必要があると考え、クロール泳の初級者、中級者および上級者を対象にクロール泳のアームストロークメカニクスについて軌跡、スティックピクチャーの観点から調査を行い、クロール泳のアームストロークについて検討を加えながら長く泳ぐこと、速く泳ぐこと、楽に泳ぐこと等、多様な目的を持って泳いでいる幅広い層の泳者に活用可能なクロール泳の指導法を確立し、クロール泳の指導への提言を図ることを目的とした。

### 1. 2. 2. 方法

被験者は、表 2-5 に示したが、水泳技能の習熟度により3つのグループに分け、水泳歴10年以上で50mクロール泳が25秒程度の上級者2名、水泳歴6年未満で50mクロール泳が40秒程度の中級者2名およびクロール泳で25m泳げる初級者2名を対象とした。被験者の利き腕はいずれも右側であった。



表 2-5. 被験者一覧

	被験者	性別	身長 (cm)	体重 (kg)	年齢 (yrs)	水泳技能 (sec)
上級者	Y. S	M	169.0	68.0	23	25" 3
	K. O	M	176.3	70.0	20	26" 1
中級者	T. S	M	171.2	63.5	20	34" 5
	S. A	M	170.0	65.0	18	36" 1
初級者	T. A	M	171.5	70.3	20	25m可泳
	H. A	M	181.5	76.5	20	25m可泳

測定方法は、図 2-10 に示した通りであった。撮影カメラは被験者の側方 9.0m のところに設置し、また被験者を中心として反対側 0.5m のところに格子板を設置した。撮影カメラのレンズの中心は、映像の動作の大きさの中心部を考慮し、水面下 0.25m に設定した。撮影は、1コマが 0.06sec のコマ送りで、被験者に撮影カメラの前を往復させ左右両側の映像を撮影した。

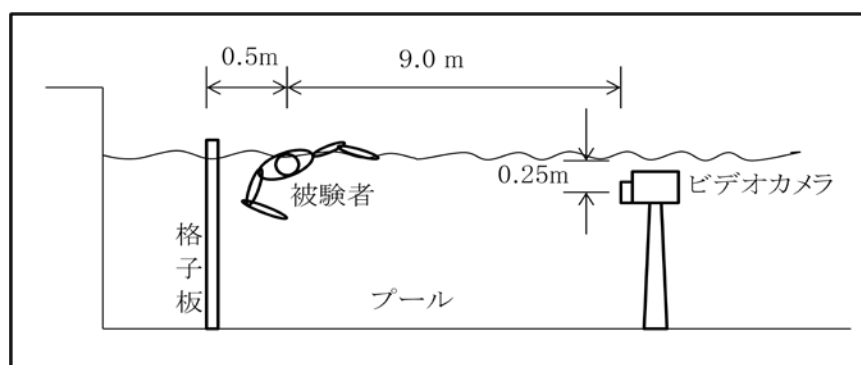


図 2-10. 撮影模式図

### 1. 2. 3. 結果

図 2-11 ~ 13 は、上級者、中級者および初級者の肩関節点を中心とした肘関節点と手指先の軌跡を表したものである。肩関節点を中心に各関節点の軌跡を見ると、上級者では水平の軌跡が長くなっているが、中級者では楕円形の軌跡を描き、さらに初級者では肘関節点および手指先ともに肩関節点を中心とし

たほぼ半円を描いている。また、いずれの被験者においても水をかく際の手指先の最高深度はほぼ同様であったが、上級者では手指先が最も深くなる位置は肩関節点の前方であったが、初級者では手指先のが最も深くなる位置が肩関節点に接近していた。中級者では両者の中間的位置であった。肘関節点と手指先の距離は、上級者では肩関節点の下で最も接近していたが、中級者および初級者では肘関節点と手指先が接近を示すような軌跡は見られなかった。

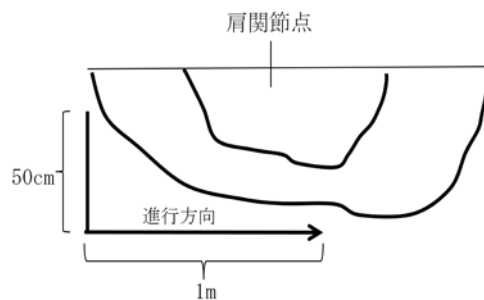


図 2-11. アームストロークにおける手指先の軌跡（上級者）

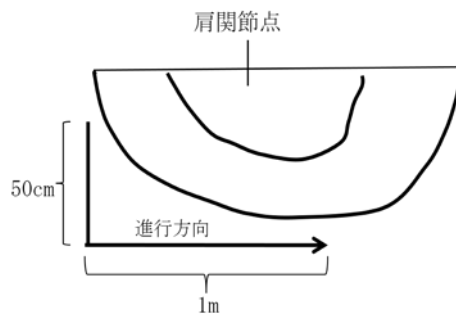


図 2-12. アームストロークにおける手指先の軌跡（中級者）

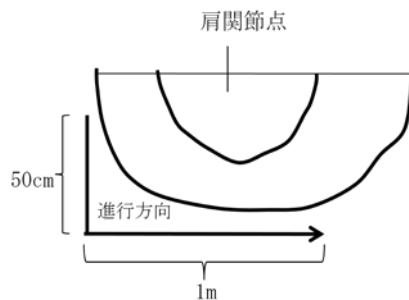


図 2-13. アームストロークにおける手指先の軌跡（初級者）

表 2-6 は、アームストロークにおけるプル、プッシュについて分析した結果を示したものである。この表を見ると、上級者ほど手指先および肘関節部を深くかき進めていることがわかる。また、アームストロークの際に、肩関節を中心に見た手指先および肘関節点の最も深くかき進めている位置は、いずれも上級者ほど肩関節点からの位置が前方に離れているところにあることがわかる。中級者では、両者の間にあったが、やや上級者に近似していた。初級者では、手指先および肘関節点ともに肩関節点下に接近する傾向を示したが、特に肘関節点は肩関節点のほぼ真下に接近していた。

なお、表 2-6～8 においては、プルとは肩関節点より前方の動作を、プッシュとは肩関節点より後方の動作のことで、それぞれの動作の長さを表したものである。

表 2-6. アームストロークにおけるストローク分析

	ストローク長	プル長	プッシュ長	かきの深さ		肩関節点からの位置	
				手指先の深さ	肘関節部の深さ	手指先の位置	肘関節点の位置
上級者	1.67	0.93	0.75	0.62	0.41	0.55	0.29
中級者	1.51	0.88	0.63	0.60	0.37	0.36	0.23
初級者	1.31	0.76	0.55	0.54	0.36	0.27	0.06

(m)

スティックピクチャーは、図 2-14～16 に示した通りであった。これらを通覧すると、上級者では肩関節点より前方において左右のアームストロークのスティックがそれぞれ 9～10 本見られ、肩関節点より後方において左右のアームストロークのスティックピクチャーがそれぞれ 5 本見られた。一方、中級者、初級者では、肩関節点より前方において左右のアームストロークのスティックピクチャーがそれぞれ 6～7 本が見られ、肩関節点より後方において左右のアームストロークのスティックピクチャーがそれぞれ 4～7 本のスティックピクチャーが見られた。

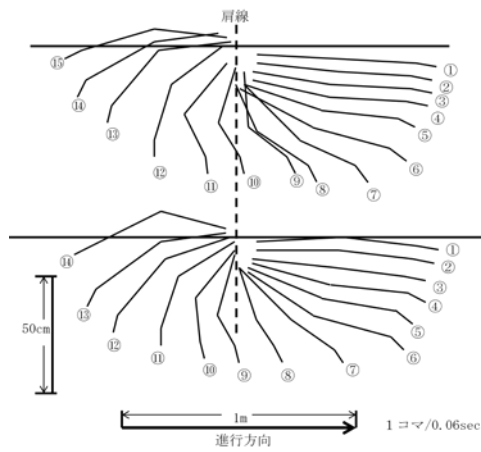


図 2-14. アームストロークのスティックピクチャー（上級者）

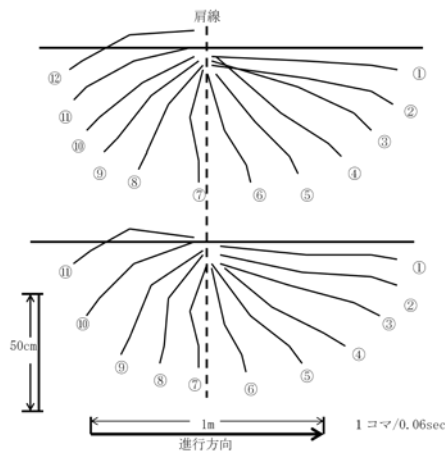


図 2-15. アームストロークのスティックピクチャー（中級者）

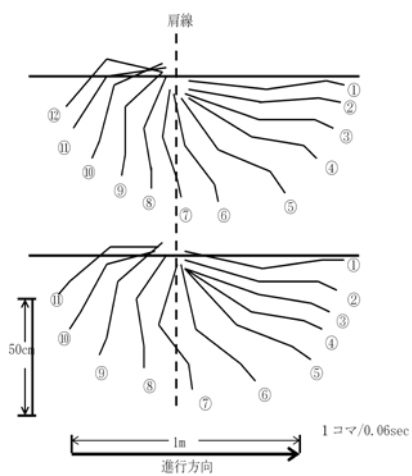


図 2-16. アームストロークのスティックピクチャー（初級者）

スティックピクチャーについては、上段（右手：利き手）のスティックピクチャーの状態について数量化した。手の入水から離水までの所要時間と動作距離、入水から肩線までの所要時間と動作距離および肩線から離水時までの所要時間と動作距離については表 2-7 および表 2-8 に示した通りであった。

表 2-7 は、各アームストロークの所要時間を示したものであるが、同レベルの習熟度で見ると左右差には大きな変化は見られなかったが、習熟度別に見ると上級者ではプルに比較してプッシュの時間が短かった。

表 2-7. 各アームストロークの所要時間

	右側アームストローク			左側アームストローク		
	アームストローク	プル	プッシュ	アームストローク	プル	プッシュ
上級者	0.90	0.60	0.30	0.84	0.54	0.30
中級者	0.72	0.36	0.36	0.76	0.36	0.30
初級者	0.72	0.42	0.30	0.66	0.42	0.24

(sec)

表 2-8 は、各アームストロークの動作距離を示したものである。同レベルの習熟度で見ると左右に大きな変化は見られないが、習熟度別に見ると上級者ほどプルに比較してプッシュの動作距離が長かった。

表 2-8. 各アームストロークの動作距離

	右側アームストローク		左側アームストローク	
	プル	プッシュ	プル	プッシュ
上級者	157.9cm		154.4cm	
	84.2cm	73.7cm	86.0cm	66.7cm
	53.4%	46.6%	55.7%	44.3%
中級者	143.9cm		140.4cm	
	82.5cm	59.6cm	82.5cm	56.1cm
	57.4%	42.6%	58.8%	41.2%
初級者	126.3cm		129.8cm	
	77.2cm	50.9cm	77.2cm	52.6cm
	60.1%	39.9%	59.5%	40.5%

#### 1. 2. 4. 考察

本調査は、長く泳ぐこと、速く泳ぐこと、楽に泳ぐこと等、多様な目的を持って泳いでいる幅広い層の泳者に効果的なクロール泳の指導法を確立し、クロール泳の指導への提言を図ることを目的とした。そのため、クロール泳の上級者、中級者、初級者を対象にクロール泳のアームストロークのメカニクスについて、軌跡およびスティックピクチャーの測定調査により、クロール泳の映像から見た手の動作を加え検討を行った。

まず、初級者では肘関節点および手関節点の軌跡が肩関節点を中心にほぼ半円を描いていたが、このことは円運動を行っている物体には回転の中心から外へ向おうとする遠心力（慣性力）が働き、慣性力は回転によって接線速度の方向へ向かおうとするように、初級者のアームストロークによって生まれる力の方向は腕の回転動作のためすべて異なる方向へ水に働きかけ、推進力を得るためにはほとんど役立たないことが容易に理解できる。また、スティックピクチャーの時間的推移から見ると、上級者では肩関節点を中心に手指先の入水からかき始めまでの間に前方に長く留まり、かつ後方への動作速度が速く、動作距離も長くなっていることが認められた。手が前方に長く留まっていたのは、グライドが十分行われていることを示しているとともに、水に対して手のひらで緩徐に働きかけていることを示している。すなわち、手を下方へ動かす時は、水の圧力が高くなって力学的にはインピーダンス ( $Z=F/V$ ) が大きくなるため、緩徐に水に働きかけて推進力を得ようとするものである。

同様に、後方への動作速度が速く、動作距離が長くなったことは、推進時には後方への水の圧力が低くなり、インピーダンスが小さくなるため加速度的に手を動かして水の圧力を得て推進力を生み出そうとするものである。その意味で、これらの力学的な解釈によっていずれも効率的なアームストロークを反映しているものと考えられる（財団法人日本水泳連盟編，1975）。

手が入水からかき始めまでの間に前方に長く留まっていたのは、欧米の水泳技術解説で活用されているプレスダウンという動作として紹介されているものであり、特に初級者から中級者のクロール泳の大切な学習課題と考えられる。また、後方への動作速度が速く、動作距離が長くなったのは、アクセレーションと言われる重要な水泳技術（Councilman, 1968）の一つで、特に中級者から

上級者の大切なクロール泳の指導ポイントである。指導の際には、片手クロール泳によりアームストロークへの意識の焦点化を図り、一方の手で肩関節を中心にして前半を緩徐に、後半を加速してかき進める指示を与えることによって、金子らの意見（1990）のように時間的推移、空間的推移および力動性のバランスを考慮した指導により適切な運動リズムを形成し、リズムカルなクロール泳を身につけ長く続けて泳げるようにするために有効であると考えられる。

アームストロークを軌跡の観点から見ると、水をかく際の手関節の最深度は習熟度の上位者ほどやや深く、最深度の位置は習熟度によって顕著に異なっていた。すなわち、上級者では最深度の位置が肩関節の前方約 55cm であったのに対して、中級者では約 36cm、初級者では約 27cm となっており、しかも習熟度が上位者ほど最深度の位置までの長さの差を上回る後方への直線的、かつ加速度的なアームストロークが見られた。このことは、スティックピクチャーにより手指先の入水からかき始めまでの間に前方に長く留まり、かつ後方への動作速度が速く、動作距離も長くなっていることが認められたことを考え合わせると、片手を前方に差し出した状態でグライドすることによって体のローリングが生じ、体のローリングが水への手の緩徐な働きを生み、その結果肩の前方遠くで手関節が最深度となったものと考えられる。さらに、肩の前方遠くの最深度にある手により、水を後方へかき進める距離が長くなり効率的な推進力 ( $W=F \cdot S$ ) を生み出しているものと考えられる。また、アームストローク時の肘関節と手関節の位置関係を見ると、上級者では肩関節の下方付近で最も接近したが、中級者、初級者ではこうした顕著な軌跡は確認できなかった。このことは、上級者では水をつかんだ後、素早く水平的な後方へのかきの動作に移行し、先述のインピーダンス理論に基づきかきの速度を増して水の抵抗を産み出していることを示しているもので、その際腕の押す力は  $90^\circ$  程度の屈曲が最大となるとした意見（丹羽，1970）のように腕の屈曲が  $90^\circ$  程度になってかき進めている現象を示し、正に効果的な動作を行っているものと考えられる。さらに、先述の体のローリングは、リカバリー側の手が入水に移行する際に反転し始めるが、それに乗じてアームストロークが加速されることも考えられる。

左右動作の均等性について見ると、いずれの被験者においても左右アームス

トロークの動作時間および動作距離はほぼ同程度であったが、習熟度の上位者ほど左右の均等性が高い傾向が認められた。本調査の初級者や中級者に対しては左右の手の動作の均等性に関して重要な学習課題は見られなかったが、一般的には習熟度の低位者に対してアームストロークを左右対称に成就できるように指導することは重要な課題であると考えられる。

本調査では、アームストロークの映像、軌跡およびスティックピクチャーによって各動作局面の特性を明らかにすることができた。それらに基づき、図 2-17 にアームストロークの模式図を作成した。なお、本模式図は、Aujouannet (2006) による手指先の軌跡の時間的推移および空間的推移に基づいて作成された模式図とほぼ同様であった。

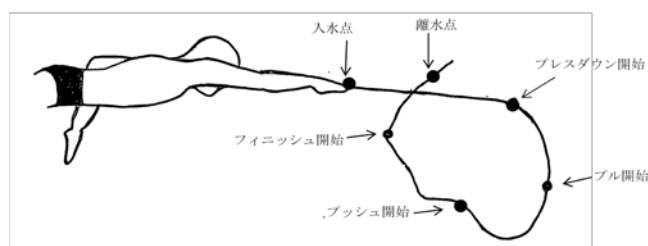


図 2-17. アームストロークの模式図

### 1. 2. 5. 結論

本調査では、クロール泳の研究がキック動作の開発を目指して画期的に始まったこと、かつ自由形種目に括られていたことによりアームストロークについての運動分析が十分に行われてこなかった点を鑑みて、上級者、中級者および初級者を対象にクロール泳のアームストロークについて軌跡、スティックピクチャーについて分析測定し、長く泳ぐこと、速く泳ぐこと、楽に泳ぐこと等、多様な目的を持って泳いでいる幅広い層の泳者に対するクロール泳の指導法を確立し、クロール泳指導への提言を図ることを目的とした。その結果は、以下に示した通りであった。

- 1) アームストロークにおける手関節点の最深度の位置は、上級者ほど深くなる傾向（手関節点：上級者 62cm，中級者 60cm，初級者 54cm）を示したが、最深度の位置は上級者ほど前方に位置し、上級者では肩関節点より前方に、



手関節点がおよそ 55cm, 肘関節点がおよそ 29cm 離れていたが, 初級者では肩関節点に接近しており, 中級者では両者の中間位にあった.

- 2) アームストロークの所要時間は, 上級者が右側: 0.90sec, 左側: 0.84sec, 中級者が右側: 0.72sec, 左側: 0.76sec, 初級者が右側: 0.72sec, 左側: 0.66sec であったが, 左右差には大きな差は認められなかった.
- 3) アームストロークの所要時間について, 肩関節点を中心にプルとプッシュに分けた場合, 習熟度 (上級者: 0.60sec, 0.30sec, 中級者: 0.36sec, 0.36sec, 初級者: 0.42sec, 0.30sec) によって異なり, プル/プッシュの比率に大きな差異 (上級者: 2 倍, 中級者: 1 倍, 初級者: 1.4 倍) が見られた.
- 4) アームストロークの動作距離は, 習熟度が上位者ほど長くかき進める傾向 (上級者では右: 157.9cm, 左: 154.4cm) を示し, 左右差は習熟度別に大きな差は認められなかった.
- 5) アームストロークの動作距離は, 肩関節点を中心にプル動作とプッシュ動作に分けた場合, プルの動作ではプッシュの動作に比較していずれの被験者においても長く, またプル動作およびプッシュの動作の動作距離は, いずれも上級者, 中級者, 初級者の順に長くなった.

以上のことから, 初級者から上級者までのクロール泳のストロークメカニクスに関して時間的推移および空間的推移から見た差異とストロークメカニクスの変化によりクロール泳の習熟過程が明らかとなった. すなわち, 片手を前方に差し出した状態でグライドができることによって初めて適切な体のローリングが生まれ効率的なアームストロークが可能となる反面, グライドが不十分な状態で体のローリングを行うと非効率的なアームストロークになることが分かった. このことから, クロール泳指導の手順として, まずグライドを身につけさせることが大切で, グライドができた段階で体のローリングづくりの指導に進むことが適切であると考えられる. その際, クロール泳の 1 サイクルストロークの所要時間がおよそ 1.1~1.3sec であるため, その間に左右の腕をバランスよく実行することが困難となる. そのため, クロール泳の指導の際には一方の手を前方に差し出し他方の手で 3~5 回程度水をかき, その後他方の手を前方に差し出し一方の手で 3~5 回程度水をかく要領で交互に繰り返し, グライドつ

くりやアームストロークに意識を持たせた指導展開が望まれる。また、体のローリングづくりでは、双対動作（角運動量保存の法則を活用した動き）から前方に差し出した手のひらを体と反対向きに 45° 程度傾けることや体のローリング時には頭部下側の耳を水中に入れたままにすることあるいは体のローリング時にはアゴを同じ側の肩に接近すること等の指示が有効であると考えられる。

また、肩関節点を中心にプルとプッシュの所要時間の比率を見ると、上級者ではプルの下方への動作とプッシュの加速度的な動作が特徴的であったが、中級者ではプッシュの速さが呼吸動作とのタイミングに影響し、初級者ではプッシュの動作距離が全体の 40%で後方に向けた水のかきが不十分であることが明らかとなった。したがって、中級者ではキャッチアップの指導により体のローリングによって手で水を押しえ吸息動作とのタイミングを合わせることで、初級者では太ももに触れるくらいまで水をかき進めることが大切である。

## 第2節 クロール泳の泳速度、加速度および牽引力

### 2. 1. 目的

競技水泳においては、運動分析の際、推進速度について明らかにすることが最も重要な調査の一つである（Komologorov, et al., 1992）と言われて以来、今日までに数多くのクロール泳の泳速度や加速度に関する調査（Hay, et al., 1983; Crag, et al., 1985; Jesus, et al., 2011）が行われてきた。しかしながら、それらの研究の多くはクロール泳の技術的特性を明らかにした点で大きな成果をもたらしたが、競泳選手以外の泳者に対するクロール泳指導、特に習熟度の低位者への指導法や指導提言の観点からみた場合、決して十分に活用できるものではないと考えられる。しかも、クロール泳は、今日最も多くの人によって泳がれ、かつ学校水泳においては中核的な学習教材となっている。したがって、クロール泳の習熟度の低位者に対する指導を考慮すれば、泳速、加速度あるいは牽引力がクロール泳の習熟過程においてどのような関係に成り立っているのか、あるいはアームストローク、キック、コンビネーションによる泳速や牽引力がどのような関係にあり、習熟によってその関係がどのように変化するのか、あるいはまたそれぞれの泳速や加速度が牽引力とどのような関係にあるのか、といった複合的な観点から調査を試みる必要がある。

そこで、本節では、初級者から上級者までの習熟度の異なる実践者を対象に、クロール泳のアームストローク、キック、コンビネーションの泳速、加速度および牽引力について測定し、クロール泳のアームストロークとキックの分習指導による学習効果をコンビネーションの学習に繋げるための課題を見出すことによって、クロール泳の効果的指導法の確立を図ることを目的とした。

## 2. 2. 方法

被験者は、水泳活動歴 10 年以上で全国大会出場レベルの者を上級者、水泳活動歴 6 年未満で地域大会出場レベルの者を中級者および 3 年間にわたって定期的に水泳活動を行いクロール泳で 50m 以上泳げる者を初級者とした。対象としたいずれの被験者も健康な男子大学生で、その身体的特徴については表 2-9 に示した通りであった。

表 2-9. 被験者の身体的特性

被験者	年齢 (yrs)	性別 (sex)	身長 (cm)	体重 (kg)	水泳歴 (yrs)	50mクロール 記録 (sec)
上級者	21	M	172.2	66.0	10	24" 3
中級者	21	M	174.8	68.8	6	28" 6
初級者	20	M	172.0	63.2	3	43" 3

測定方法は、図 2-18 に示した通りであった。撮影カメラは被験者の側方 9.0m のところに設置し、また被験者の反対側 0.5m のところに格子板を設置した。撮影カメラのレンズの中心は水面下 0.25m で、映像動作のほぼ中心部を勘案して設定した。撮影は、1 コマが 0.06sec のコマ送りで撮影した。

試技は、スタート合図により壁を蹴り出した後、50m のレーススペースによって 25m を泳がせた。撮影はスタート後 5m から 15m までの間について行い、分析調査は頭部が 9m の地点から 12m の地点までの間の映像を対象とした。また、泳速度は、壁を蹴り出した後、頭部が 5m を通過した時点から 25m プールの端壁に到達するまでの 20m の時間を計測し、導き出した。

牽引力の測定は、プールの側壁に取り付けたバネばかりから腰のベルトまでを非弾性のロープで結び、アームストローク、キックおよびコンビネーション

により 10 秒程度続けて泳がせ、開始後 3 秒～8 秒までのバネばかりの指針の変動を VTR カメラに収録し、スロー再生時に高値を読み取りその平均値をそれぞれの牽引力として採用した。なお、試技間においては、被験者の左手首の脈拍の触診により安静時と同程度になるまで、15 分間程度の休息を取らせた。

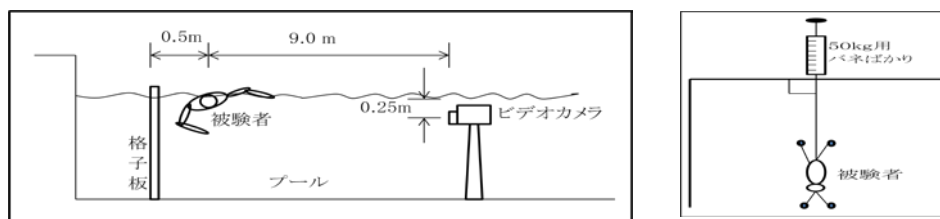


図 2-18. 撮影および測定図

### 2. 3. 結果

表 2-10 は、プール壁の蹴り出しスタート後、蹴り出しの影響がなくなる 9m から 12m までのクロール泳における泳速および加速度について、映像の分析結果により表したものである。さらに、この表に基づき図 2-19 および図 2-20 に習熟度別の泳速変化と平均泳速および加速度変化を示した。

表 2-10. クロール泳中の泳速および加速度の変化

移動距離 (m)	上級者			中級者			初級者		
	経過時間 (Sec)	泳速 (m/sec)	加速度 (m/sec <sup>2</sup> )	経過時間 (Sec)	泳速 (m/sec)	加速度 (m/sec <sup>2</sup> )	経過時間 (Sec)	泳速 (m/sec)	加速度 (m/sec <sup>2</sup> )
9.0	4.56	1.96	-0.45	5.05	1.75	-2.10	5.72	1.22	-0.60
9.2	4.71	1.79	-1.05	5.29	1.24	0.90	5.91	1.42	0.75
9.4	4.84	1.64	0.30	5.44	1.65	2.55	6.08	1.51	0.60
9.6	4.98	1.54	1.80	5.54	1.81	-2.55	6.22	1.45	-0.90
9.8	5.11	1.81	2.70	5.67	1.38	-1.05	6.40	1.28	-0.45
10.0	5.23	1.96	-0.15	5.02	1.26	0.30	6.59	1.41	0.90
10.2	5.50	1.69	-2.35	5.20	1.47	1.80	6.74	1.36	0.60
10.4	5.67	1.48	-1.50	5.33	1.59	2.70	6.91	1.28	-1.05
10.6	5.85	1.61	0.20	5.47	1.65	-0.15	7.12	1.42	-0.45
10.8	5.96	1.75	3.30	6.61	1.52	-2.25	7.28	1.39	0.75
11.0	6.11	1.81	-1.05	6.75	1.29	0.75	7.42	1.27	-0.60
11.2	6.28	1.48	-0.30	7.03	1.35	2.40	7.64	1.18	-0.90
11.4	6.39	1.76	2.10	7.24	1.73	3.15	7.81	1.28	1.05
11.6	6.50	1.92	3.30	7.38	1.85	-0.45	7.98	1.45	0.15
11.8	6.80	2.01	0.90	7.48	1.76	-1.20	8.16	1.25	-1.05
12.0	6.90	1.66	-0.60	7.69	1.60	-1.65	8.38	1.17	0.00

図 2-19 は、習熟度別に見たクロール泳中の泳速変化と平均泳速を比較したものである。平均泳速は、習熟別にそれぞれ有意な差 ( $p < 0.05$ ) が確認された。泳速の変動を見ると、上級者では泳速のピーク (最高) 値およびボトム (最低)

値ともに三者の中で最も高く，中級者では泳速のピーク値は初級者より上級者に接近していたものの泳速のボトム値は初級者に接近し，初級者では泳速のピーク値およびボトム値ともに三者の中で最も低く，泳速の変動幅が最も小さかった．また，泳速変化と動作を重ね合わせると，図 2-19 の図中に示したように泳速のピーク時はいずれの被験者においてもアームストロークのフィニッシュ時で，泳速のボトム時はいずれの被験者においてもリカバリー後半であった．

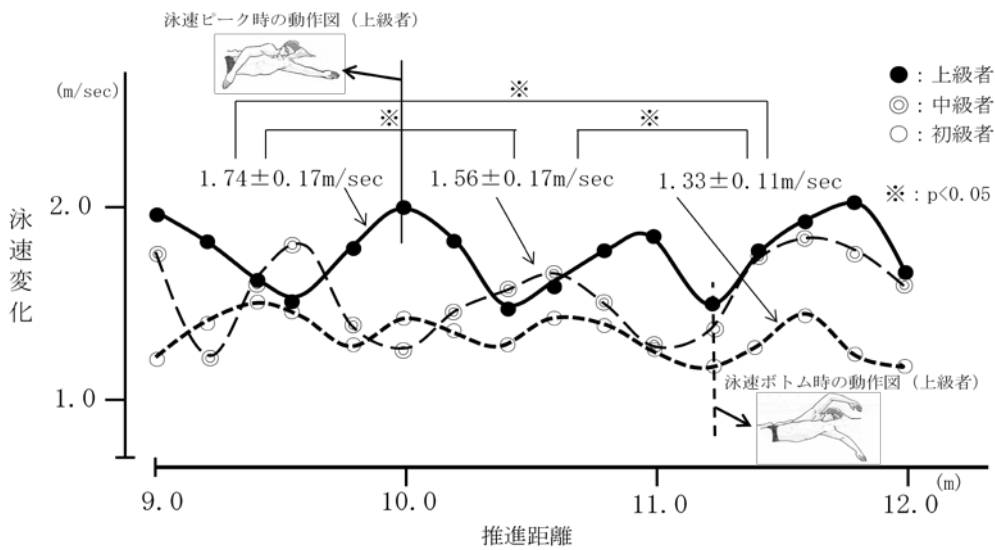


図 2-19. クロール泳中の泳速変化と平均泳速の比較

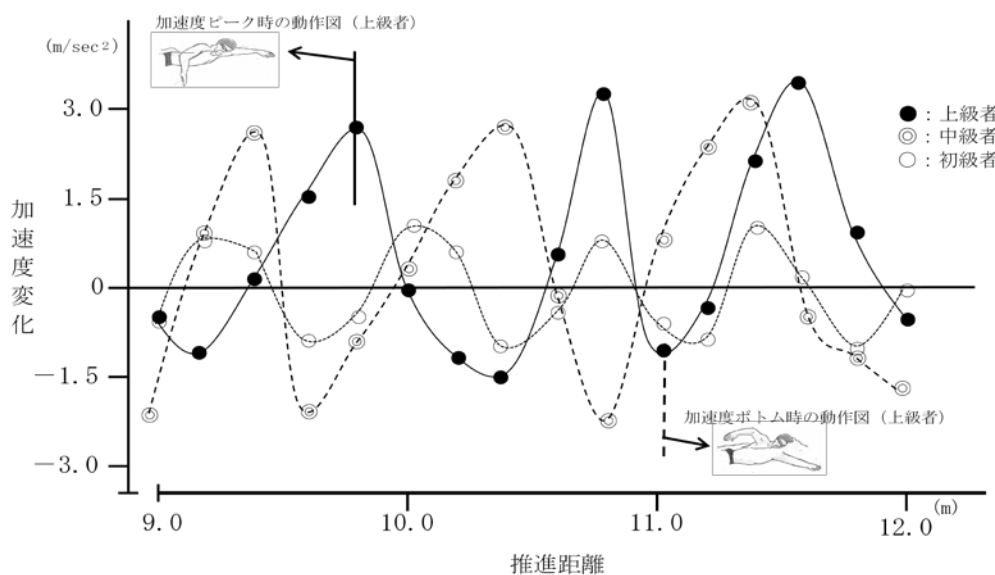


図 2-20. クロール泳中の加速度変化の比較

図 2-20 は、クロール泳中の加速度を示したものである。上級者では加速度のピーク値が三者の中では最も高く、加速度のボトム値は初級者と中級者の中間位に位置していた。中級者では加速度のピーク値は上級者に近いものであったが、ボトム値が三者の中で最も低かった。初級者では加速度のピーク値が最も低くボトム値が最も高く、変動幅は最も小さかった。

図 2-19 および図 2-20 を合わせ見ると、中級者、上級者では加速度ピークが出現した後に泳速ピークが現われる傾向を示し、これをクロール泳の動作との関連から見るとプッシュ動作（加速度ピーク）からフィニッシュ動作（泳速ピーク）に当たり、加速度ボトムが出現した後に泳速ボトムが現れる傾向を示した。クロール泳動作との関連から見ると、リカバリー前半に加速度ボトムが現われ、リカバリー後半に泳速ボトムが出現する傾向が見られた。なお、初級者では、そのように明確な傾向は見られなかった。習熟度別に見ると、上級者では、泳速ピーク時はフィニッシュ動作で呼気終了時に当たり体がほぼ平らであったが、泳速ボトム時はリカバリー中盤の吸気終了時に当たり、体のローリングが最大であった。中級者では、泳速ピーク時は呼気終了前で吸気はその後リカバリー後半まで続き、泳速ボトム時はリカバリー終盤に現れた。初級者では、キック動作が主体的で呼吸動作が不十分な換気となっている状態を示した。

表 2-11 は、コンビネーションにおけるアームストローク動作中の推進速度とアームストローク速度について調べた結果を示したものである。アームストローク速度は、格子板を基準としたアームストローク速度を相対的速度とし、被験者の肩関節点を基準として見たアームストローク速度を絶対的速度とした。

これらの各項目を見ると、上級者では、アームストロークの相対的速度は習熟度別に見た三者の中で最も低い値 (0.73m/sec) であったが、アームストロークの絶対的速度は三者では大きな差は見られないものの最も高い値 (2.47m/sec) を示した。中級者では、アームストロークの相対的速度は上級者の値に近く (0.78m/sec)、アームストロークの絶対的速度は三者に大きな差は見られないものの最も低い値を示した。初級者では、アームストロークの相対的速度は三者で最も高い値 (1.02m/sec) を示したが、アームストロークの絶対的速度は三者に大きな差は見られなかったが中級者とほぼ同値を示した。

推進速度に対するアームストロークの絶対的速度の割合について見ると、初

級者では176.6%, 中級者では149.7%および上級者では141.8%で最も小さくなり, 習熟度別によってその差が明確に表れた. すなわち, 習熟度が低位者ほど, 自己の泳速に比較して手を速くかき進めていることを示しており, 初級者の手のかきの速さを見ると, 上級者に比較しておよそ1.25倍の速さで水をかいていることがわかった.

表 2-11. 推進速度とアームストローク速度 (相対的・絶対的) の関係

調査項目 被験者	推進速度 (m/sec)	アームストローク 相対的速度 (m/sec)	アームストローク 絶対的速度 (m/sec)	絶対的速度 推進速度 (%)
上級者	1.74	0.73	2.47	141.8
中級者	1.56	0.78	2.34	149.7
初級者	1.33	1.02	2.35	176.6

表 2-12 は, コンビネーション, アームストローク, キック時における泳速および泳速比率の測定結果を示したものである. この表を見ると, 習熟度に応じてコンビネーション, アームストロークおよびキック時の泳速に顕著な違いが見られたが, コンビネーション, アームストロークおよびキック時の泳速比率を見ると, アームストロークとキック時の泳速に対するコンビネーション時の泳速比率 62.3%, コンビネーション時の泳速に対するアームストローク時の泳速比率は 91.7%, コンビネーション時の泳速に対するキック時の泳速比率は 67.7%, アームストローク時の泳速に対するキック時の泳速比率は 134.7%で, ほぼ同様傾向を示した.

表 2-12. コンビネーション, アームストローク, キックの泳速および泳速比率

測定項目 被験者	コンビネーション (m/sec)	アームストローク (m/sec)	キック (m/sec)	C/A+K (%)	A/C (%)	K/C (%)	A/K (%)
上級者	1.74	1.60	1.22	0.62	0.92	0.70	1.31
中級者	1.56	1.44	1.03	0.63	0.92	0.66	1.40
初級者	1.33	1.18	0.89	0.62	0.91	0.67	1.33

C: コンビネーション, A: アームストローク, K: キック

表 2-13 は, コンビネーション, アームストローク, キックにおける牽引力および牽引力比率の測定結果を示したものである. この表を見ると, 習熟度に応

じてコンビネーション、アームストロークおよびキックの牽引力には顕著な違いが見られたが、コンビネーション、アームストロークおよびキックの牽引力比率を見ると、アームストロークとキックの牽引力の合計値に対するコンビネーションの牽引力比率は 85.3%、コンビネーションの牽引力に対するアームストロークの牽引力比率は 81.0%、コンビネーションの牽引力に対するキックの牽引力比率は 36.0%でほぼ同様傾向を示したが、キックの牽引力に対するアームストロークの牽引力比率は 227.0%で習熟度の高位者ほど顕著に高い値を示し、クロール泳の習熟度はアームストロークの牽引力に大きく関わっていた。

表 2-13. コンビネーション、アームストローク、キックの牽引力と牽引力比率

測定項目 被験者	コンビネーション (kg)	アームストローク (kg)	キック (kg)	C/A+K (%)	A/C (%)	K/C (%)	A/K (%)
上級者	22.5	19.1	7.3	0.85	0.85	0.32	2.62
中級者	18.5	15.5	6.5	0.84	0.84	0.35	2.38
初級者	13.5	10.0	5.5	0.87	0.74	0.41	1.81

C:コンビネーション, A:アームストローク, K:キック

## 2. 4. 考察

水泳では、運動の出来映えの感覚的な表現の仕方の 1 つとして、「水にのる」とか「水をつかむ」等といった言葉がよく耳にされる。これは、ただ単に速く泳いでいる状態を表しているものではなく、泳者から出力された運動エネルギーが効率的に水に働きかけられ、推進する力や速さに転換されている状態（財団法人日本水泳連盟編，1975）であり、また水面上に浮き上がった身体部位の大きさによってその表現の意味するところを含んでいるようにも考えられる（高木，1978）。また、泳ぎは、手足等を活用して水に働きかけることにより、その反作用を利用して推進する運動（柴田，1977）と考えるならば、手足の協応性や手足動作と水との整合性といった点に着目することができる。そうした協応性、整合性の成就度が、結果として「水にのる」「水をつかむ」とした表現の一要素になっているものと考えられ、すなわちそれが上手な泳ぎの一要素であるとも考えることもできる。そこで、クロール泳のコンビネーション、アームストローク、キックの泳速、加速度および推進力の測定とともにその際の映像を検討し、手足の協応性および手足の動作と水との整合性といった観点からク



ロール泳の技術的特性を明らかにしながら指導課題の検討を行った。

まず泳速変化について見ると、初級者では泳速変化のピークが最も低く、ボトムが最も高く、その変動幅が最も小さかったが、泳速比率を見ると習熟度によって大きな差は見られなかった。牽引力を見ると、初級者ではキックの牽引力が最も弱かったにもかかわらず、アームストローク/キックの牽引力比率からキックの比率が最も高く、またキック/コンビネーションの牽引力比率が最も高く、習熟度の低位者ほどキックが主動的な泳ぎ方であったが泳速に十分に反映していないことがわかる。中級者では、泳速変化のピークが上級者に近似していたが泳速変化のボトムが大きかった。また、習熟度によって、泳速比率に差が見られなかったものの牽引力および牽引力比率において差が見られたことから、特にコンビネーション、アームストロークおよびキックの牽引力の関係を反映する牽引力比率について検討した。習熟度の下位者において上級者と比べて最も大きな差が見られたのはアームストローク/キックの牽引力比率であったが、これはキック力の弱さ、あるいは泳速ピーク時が呼気終了前まで遅延し吸気がリカバリー後半まで続いているため泳速ボトムが手先の入水時となっていることを考えれば、呼吸のタイミングの遅れが影響しているのかもしれない。上級者では泳速変化のピークおよびボトムともに最も高かったが、これはアームストロークの牽引力やアームストローク/キックの牽引力比率から見ても顕著に高いことから泳速変化のピークが大きくなったことによるものと考えられ、また泳速変化のボトムが小さく抑えられたのはキックの牽引力が高かったことによるものと考えられる。このことは、泳速スピード曲線の高いところはアームストローク局面で、低いところはキック局面であるとした意見 (Barbosa, T.M., et al., 2010) と一致しているところでもあり、推進速度の変化を見極めることによってクロール泳技術の成就度の指標となる可能性を示唆するものである。このことはまた、クロールでは、腕の貢献率が約70%と言われてアームストロークによる泳速の上昇が確認され、上級者ほどアームストロークによる泳速が上昇しているとする意見 (Maglischo, 1982, Hollander, et al., 1988) から、さら裏付けとなる指標であると考えることができる。したがって、初級者ではストリームラインの定着を図りながらキック練習を行い、キックの過大動作を抑えながらアームストロークの練習に繋げるようにすることが大切であ

る。中級者ではキック力の向上を図りながら、手足動作の協応性や呼吸とのタイミングを図ることが大切で、その際プッシュ時（泳速のピーク）に最大呼吸を、リカバリー中盤（泳速のボトム）に最大吸気を完遂するようなタイミングの指示が大切である。そのためには、クロール泳時の体のローリングと頭部の回転動作が一体となった呼吸法を身につけることが課題となろう。

ところで、水泳では、効果的なコンビネーションの学習プロセスの目的のため、コンビネーションを分割しアームストロークとキックに分けた学習がなされている。このことは、分習法が完全に有効な学習プロセスは各々の分習プロセスの目的の総和が全体プロセスの目的となっている場合であり、分習法におけるプロセスの分割に際してその目的関数が加算形になるような分割法となるように指導法の工夫が心要であるとする意見（小林，1974）に基づくものである。すなわち、理論的にはコンビネーションはアームストローク+キックと表わすことができ、アームストロークとキックの成果を100%コンビネーションに転換させた状態が望まれる。しかし、実際には、本節の実験結果が示すように、その関係式は泳速および牽引力においてはコンビネーション<アームストローク+キックの形となって現れていることから、コンビネーション、アームストロークおよびキックについてそれぞれの比率を導き出し、得られた比率を検討することによりアームストロークおよびキックによる泳速および牽引力の効率的なバランス性について検証し、またそれによってクロール泳の習熟度を見極める指標を見出すことができるものと考えられる。そのことはまた、クロール泳の習熟度に応じた課題性を明らかにすることになり、延いてはクロール泳の指導法に貢献できものとする。

そこで、アームストローク+キックに対するコンビネーションの比率（以下C率という）について、図2-21、図2-22を見ると、泳速比率（初級者：62%，中級者：63%，上級者：62%）と牽引力比率（初級者：87%，中級者：84%，上級者：85%）を比較すると、それぞれの習熟度間にはほとんど差が見られなかったが、泳速比率では牽引力比率に比較して著しく低い値を示した。また、コンビネーションに対するアームストロークの比率（以下A率という）とキックの比率（以下K率という）を見ると、泳速比率ではA率が習熟度別に下位者から91%，92%，92%，K率が同67%，66%，70%で、習熟度別にはほぼ同値を示したが、

k 率に比較して A 率がいずれの習熟度においても高い値を示した。

牽引力比率は, A 率が習熟度別に下位者から 74%, 84%, 85%, K 率が同 41%, 35%, 32% で k 率に比較して A 率が高い値を示しが, A 率では習熟度が高い者ほど高率傾向を, K 率では習熟度が上位者ほど低率傾向を示した。

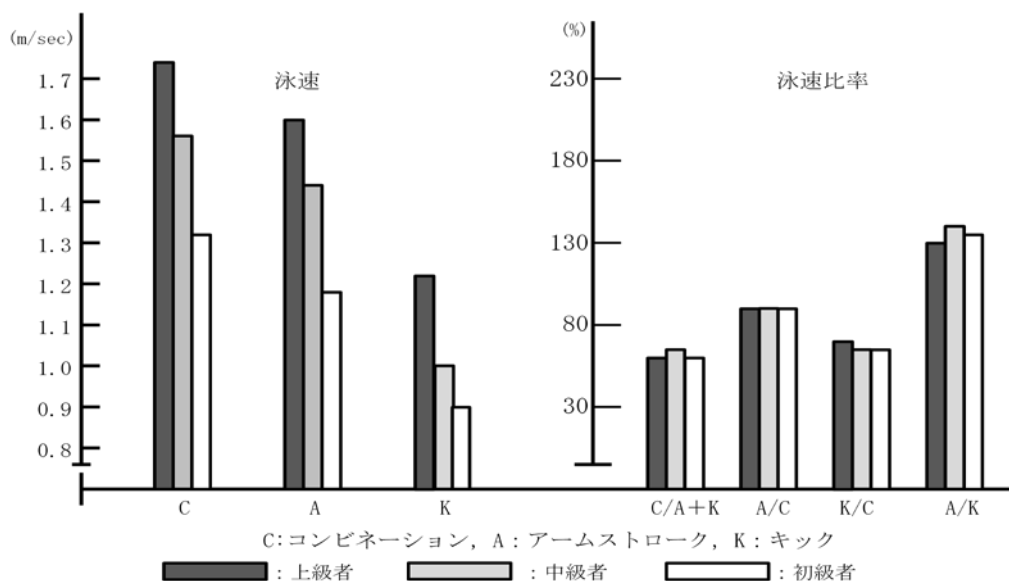


図 2-21. コンビネーション, アームストローク, キックの泳速および泳速比率

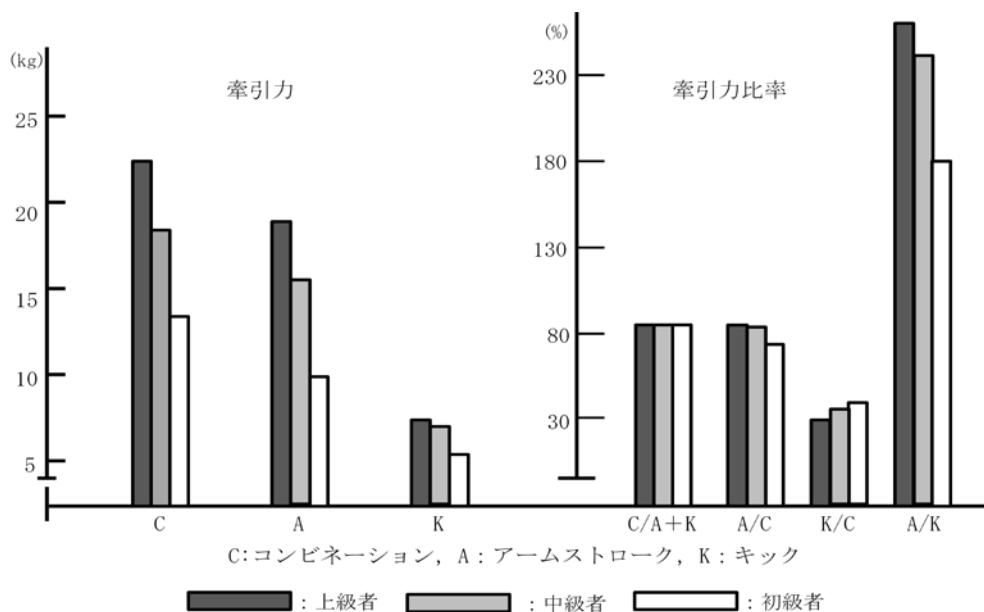


図 2-22. コンビネーション, アームストローク, キックの牽引力と牽引力比率

このことは、習熟度が低位者ほどキックの中心的なクロール泳、あるいはアームストロークが未熟なクロール泳を行っていることを示唆するものと考えられ、クロール泳のキックの推進力への寄与率が 10%程度であったとする報告 (Hollander, et al., 1988) やその後の調査においてもキックの寄与率が 15%程度であったとする報告 (Hollander, et al., 1999) , あるいはキックはアームストロークの 4 倍の酸素を消費するためキックを使わずアームストロークだけでコンビネーションの 9 割の速度を出すことができるとし、逆にキックが推進力を減少させている選手もいるとする報告 (Maglischo, 1982) を考え合わせると、習熟度が低位者ほど過大化したキック動作の抑制等の指導が大切な課題と考えることができる。また、アームストロークの速度が増すことによって推進速度が増し、上肢のかき速度が泳速に大きく影響を及ぼしているとする意見 (Deschodt, et al., 1996) が見られるように、上級者の高い A 率は有意義であることを示唆するものである。さらに、初級者あるいは中級者へのキック指導では、キックの過大動作がコンビネーション時に悪影響を及ぼしている (宮畑, 1979) としており、先述の Hollander, et al. (1998, 1999) が世界トップレベルの選手に提言した 10~15%のキックの寄与率は競泳選手を想定した見解としても、柴田 (2007) が示す程度の 20%程度のキックの寄与率を念頭に、アームストローク動作に協応したキック動作のパフォーマンスを伴うようなクロール泳の指導が望まれる。このことはまた、前節で学習の重要性を指摘したストームライン形成が定着した上でのキック指導が大切であることを示唆している。

## 2. 5. 結論

本節では、クロール泳のアームストロークとキックの分習指導による学習効果を効率的にコンビネーションに繋げるための課題を見出し、クロール泳の効果的指導法の確立を図ることを目的とした。そのため、初級者から上級者までの習熟度の異なる泳者を対象に、クロール泳のアームストローク、キック、コンビネーションの泳速、加速度、牽引力について測定し、それらの関係が習熟によってどのように異なっているのか、あるいはまたクロール泳における泳速、加速度、牽引力の関係について検討を加えた。その結果は、以下に示した通りであった。

- 1) 中・上級者では、加速度のピークが出現した後に泳速のピークが現われる傾向を示し、クロール泳の動作から見るとプッシュ動作（加速度ピーク）からフィニッシュ動作（泳速ピーク）であった。加速度のボトムが出現した後に泳速のボトムが現れる傾向を示し、クロール泳の動作から見るとリカバリー前半に加速度のボトムが現われ、リカバリー後半に泳速のボトムが出現する傾向が見られた。
- 2) アームストローク速度は、相対的速度が初級者で最も速く、中級者と上級者ではほぼ同等であったが、絶対的速度はすべての被験者でほぼ同等であった。絶対的速度/推進速度の関係から見ると、習熟度の下位者ほど顕著に大きな傾向を示した。
- 3) 泳速はコンビネーション、アームストロークおよびキックにおいて習熟度別に顕著な差が見られたが、コンビネーション、アームストロークおよびキックの泳速比率はすべての被験者でほぼ同値を示した。
- 4) 加速度は、中級者ではピークが上級者に近い値を示したがボトムは三者で最も低く、上級者ではピークが三者の中で最も高かったが、初級者ではピークが最も低く、ボトムが最も高く、その変動幅は三者で最も小さかった。
- 5) 牽引力は、上級者が最も大きく、続いて中級者、初級者の順で顕著な差が見られた。また、コンビネーション、アームストロークおよびキックの牽引力比率は習熟度の上位者ほどアームストロークの牽引力比率が高く、下位者ほどキックの牽引力比率が高い傾向が見られた。特に、アームストローク/キックではその傾向が顕著であった。

以上のことから、初級者、中級者および上級者のクロール泳のストロークメカニクスに関しては時間的推移および力動的变化から見た結果からクロール泳の習熟による差異が明らかとなった。泳速は、習熟度の高位者ほど手の動作による泳速の上昇が確認されたが、習熟度が低位者ほど手足動作の協応性や足の動作が大きく影響するように思われる。すなわち、初級者では、泳速度が低くかつ泳速度の変動が小さかったが、これはキックが主体的なクロール泳であることによるものと考えられる。また、中級者では、アームストロークの動作にやや遅延した呼吸動作であることや体のローリングと呼吸動作のタイミングのずれが泳速低下の原因と考えられた。したがって、初級者では、一般的にクロ

ール泳の学習ではキックによって始められているが、その際ストリームライン形成が不十分であるとキックの過大化に繋がるためストリームラインが保持された姿勢でキック練習を行わせることが大切である。その後、クロール泳のアームストロークの比率が本節の結果や 85~90%が望ましいとする報告にもあるように、クロール泳によって 25m 程度泳げるようになればアームストロークが中心的となるような指導に導くことが大切である。アームストロークの指導では、両手を伸ばした姿勢のキック練習の際、片手ずつ水をかいて前方へ戻して両手が揃ったら他方の手で水をかく要領（キャッチアップ）により体のローリングを身につけるような指導法が考えられる。中級者では、手のプッシュ動作からフィニッシュ動作、すなわち加速度ピークから泳速ピークに当たる時期には息を吐き切り、手の離水時からリカバリー中盤、すなわち加速度ボトムが出現した後に泳速ボトムに当たる時期には息を吸い終わるタイミングを、体のローリングと共に指導することが大切である。体のローリングによって、入水した手先を前方遠くに差し出すことが可能となったり、差し出した手が下方へ向けて緩徐に水をかき始めたりして効果的なグライドやプレスダウンを引き起こし、足の動作との効果的な協応性の向上が期待できると考えられる。

### 第3節 クロール泳の筋活動様相

#### 3. 1. 目的

身体を動かす場合、その目的に応じて必要な筋を収縮させることにより行動を起こす。そのメカニズムは、人間がある1つの随意運動を意図した時には、大脳皮質の運動領からのインパルスが錐体路を下行し、奉効器としての筋に到着して筋収縮を起こし、その動作の発現となる。この反応は、習熟した運動においては反射化され、ほとんど無意識かつ有効になされるが、未熟練者にとっては、意識を伴って無効に終ることが多々みられる。すなわち、意志は、運動を起こす動機とはなっても、各々の筋や関節を支配しているものではない。したがって、運動は自然に行われるものであると考えられる。しかし、運動が自然、かつ適切に行われるようになるためには練習やトレーニングが必要であることはいうまでもない。

また、人が新たにあるパターンをもった運動を学習しようとした際、まず意

志の力で筋を動かすが、この時全身的な筋の緊張状態がみられるものである。すなわち、学習目標とする運動を行おうとした場合、直接役立たない筋も活動して、結局体が“かたくなっている”とか“ぎこちない”といった表現の当てはまる状態がみられる。こうした筋収縮は、練習を繰り返し行うことによって徐々に減少してくる。また、この過程では、末梢での伸張性反射系の利用が不可欠となってくる。すなわち、初めての動作の不正確さは、感覚性情報の利用、つまり目で見た上での誤差補正の努力によってその修正がなされるが、その後練習することによって、筋収縮が起こされる筋紡錘や関節受容器からのインパルスが筋収縮にコントロール的に働き始め、視覚は徐々にコントロールとしての役割から解放され、最終的には主観的な努力なしに、自動的に動作がなされるようになり、運動学習が完成されるものと考えられる。このように運動の学習過程における筋活動の状態は、筋電図によって調べることが可能である。すなわち、筋電図は、筋活動を電気的变化において観察するものであり、導出された筋電図の振幅および放電頻度の相関から、その運動を相対的かつ量的に表現することができ、運動の神経支配の面についても調べることができる（独立行政法人 産業技術総合研究所編，2003）。

本節では、クロール泳時の筋電図の測定により運動の内面的な調査からクロール泳の指導法の確立のための情報を得ることを目的とした。そのため、熟練者および未熟練者のクロール泳時の筋電図を導出し、同時にクロール泳の映像を撮影してクロール泳時の筋活動がどの程度の強さで活動し、どのようなタイミングで活動しているかについて、両者の筋肉の活動時間、緊張度および活動機序の比較および検討を行った。

### 3. 2. 方法

被験者は、熟練者として水泳歴が10年以上の者で50mクロール泳の記録が26秒程度の水泳部員2名、未熟練者としてクロール泳で50m以上泳げる一般学生3名、クロール泳で25m程度泳げる一般学生1名の計6名を対象として行った。なお、本論における習熟度の共通化を図るため、本節の熟練者を上級者、未熟練者で50m以上泳げる者を中級者、25m程度泳げる者を初級者とした。なお、表2-14に、被験者の身体的特徴等を示した。

表 2-14. 被験者一覧

	被験者	性別	身長 (cm)	体重 (kg)	年齢 (yrs)	水泳技能
熟練者	Y. S	M	169.0	68.0	23	26" 1
	K. O	M	176.3	70.0	20	26" 3
未熟練者	S. T	M	172.3	65.5	22	50m可泳
	S. D	M	170.8	67.5	21	50m可泳
	H. A.	M	181.5	76.5	20	50m可泳
	T. K	M	173.1	68.3	19	25m可泳

図 2-23 は、実験測定図を示したものである。筋電図記録器は三栄測器製 13 要素多元電氣的記録装置を用い、クロール泳の映像は防水パックに装着した VTR カメラを水中に固定設置し、フィルム速度を 32 コマ/sec に設定して撮影した。筋電図と映像写真の同期は、VTR カメラに装着したフレームマーカ―により筋電図記録器に電気信号を送ることによって、筋電図記録器のペンに電気信号を導出し、動作に同期させた。筋電図記録紙の送出速度は 6cm/sec で行い、較正電圧はペンの触れ幅を 3.5mm が 0.5mV に設定した。また、電極貼付の際の OHM (皮膚抵抗のインピーダンス) は 20~40 オーム ( $\Omega$ ) の間であり、筋電図解析に支障を来たすものではなかった。

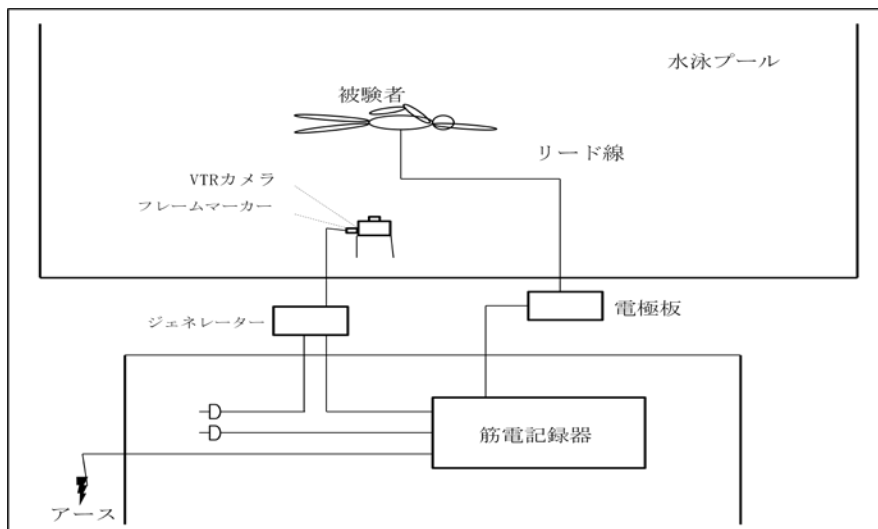


図 2-23. 実験測定図



筋電図は被験者の壁蹴りスタート後 5 m 通過地点から 20 m までの 15 m 間を対象として導出し、映像撮影はスタートの影響をなくすためスタート後 7m 通過地点から 17 m 通過地点までの 10m 間において被験者の右側から撮影した。なお、試技については、被験者に 2 回ずつ最大努力で行うよう指示して行わせ、試技間の休息は十分とらせた。

被験筋は、クロール泳で用いられる筋として大胸筋，三角筋，僧帽筋，大円筋，上腕二頭筋，上腕三頭筋，橈骨手根伸筋，尺側手根屈筋，大円筋，広背筋，腹直筋，大臀筋，大腿直筋，大腿二頭筋，腓腹筋および前脛骨筋を選定し，右側の筋を対象に調査を行った。なお，被験者は，全員右利きであった。

### 3. 3. 結果

図 2-24 のクロール泳中の筋電図は，熟練者の筋電図を示したものである。

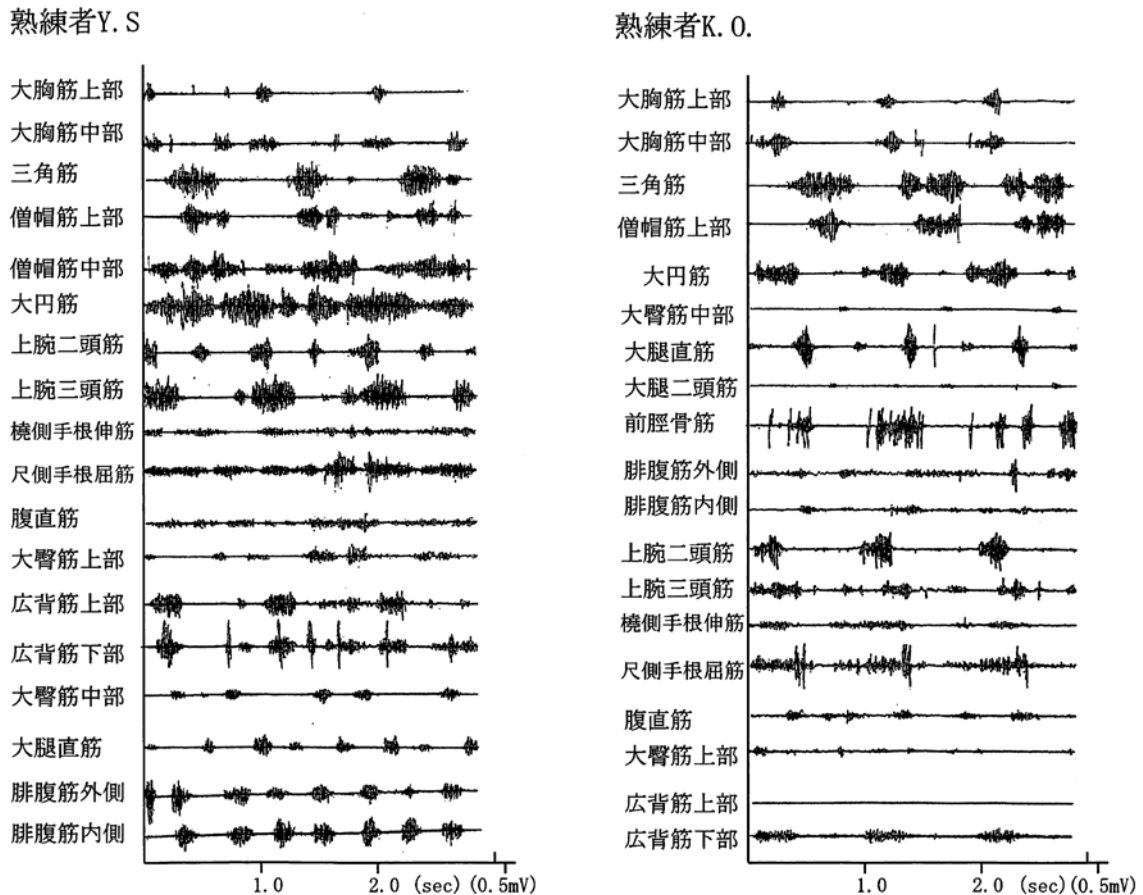


図 2-24. クロール泳中の筋電図

熟練者および未熟練者ともに、下肢の筋肉群に比較して上肢の筋肉群において強い筋の緊張度が確認できた。特に、アームストローク（プル+プッシュ）において用いられる筋の活動放電量は、リカバリーにおいて用いられる筋肉群の活動放電量より顕著に多かった。また、下肢の筋の活動放電量については、大腿直筋および腓腹筋においてその拮抗筋である大腿二頭筋および前傾骨筋に比較してやや多い活動放電量を示した。なお、本節のクロール泳の筋の放電様相は、猪飼ら（1964）やNuber, et al. (1986) やPink, et al. (1992) の報告とほぼ一致する結果が得られた。

表 2-15 および表 2-16 は、それぞれ熟練者および未熟練者のクロール泳における各筋肉の活動時間を示したものである。これらの表とともに図 2-25 に示した 1 ストローク中の筋活動時間比率を比較したグラフを見ると、熟練者では水中動作であるプル、プッシュおよびキックの蹴り下ろし動作において用いられる筋肉の活動時間において比較的長い活動時間が確認できた。活動時間に顕著な差が見られたのは、熟練者では未熟練者に比較して橈側手根伸筋、尺側手根屈筋 ( $p<0.05$ ) および腓腹筋 ( $p<0.01$ ) において有意に長かったのに対して、未熟練者では熟練者に比較して三角筋、僧帽筋 ( $p<0.05$ ) および大臀筋 ( $p<0.01$ ) において有意に長く活動した。

表 2-15. クロール泳中の筋活動時間（熟練者）

被験筋 \ 被験者	Y. S.	K. O.	X	S. D.
上腕三頭筋	61.5	67.7	64.6	4.4
上腕二頭筋	69.2	30.8	50.0	27.2
大円筋	33.8	61.5	47.7	19.6
大胸筋	21.4	15.4	18.4	4.2
広背筋	35.4	35.2	35.3	0.1
僧帽筋	46.2	47.7	47.0	1.1 ○
三角筋	33.8	44.6	39.2	5.4 ○
橈側手根伸筋	84.6	64.6	74.6	4.1 ※
尺側手根屈筋	84.6	78.5	81.6	4.3 ※
腹直筋	15.4	15.8	15.6	0.3
大臀筋	12.3	10.8	11.6	1.1 ○○
大腿直筋	18.5	15.4	16.7	2.2
大腿二頭筋	17.3	15.4	16.4	1.3
前脛骨筋	12.4	10.8	11.6	1.1
腓腹筋	20.1	36.2	28.2	11.4 ※※

※ :  $p<0.05$ , ※※ :  $p<0.01$  未熟練者に比較して有意に大  
○ :  $p<0.05$ , ○○ :  $p<0.01$  未熟練者に比較して有意に小

(%)

表 2-16. クロール泳中の筋活動時間(未熟練者)

被験者 被験筋	T. S	S. A	T. A	H. A	X	S. D.
上腕三頭筋	54.9	56.4	70.0	39.8	55.3	12.4
上腕二頭筋	29.3	16.4	50.0	23.7	29.9	14.4
大円筋	45.1	66.4	32.8	34.2	44.6	15.5
大胸筋	23.0	5.8	17.5	18.5	16.2	6.4
広背筋	41.5	32.9	33.7	35.5	35.9	3.9
僧帽筋	51.2	76.4	80.0	68.4	69.0	12.8
三角筋	65.9	56.4	81.3	71.1	68.7	10.4
橈側手根伸筋	56.1	40.0	68.8	21.1	46.5	20.6
尺側手根屈筋	56.1	40.0	82.5	21.1	49.9	26.0
腹直筋	6.1	22.3	10.0	13.1	12.9	6.9
大臀筋	28.0	28.8	15.0	19.7	22.9	6.7
大腿直筋	8.5	13.7	12.5	23.3	14.3	5.8
大腿二頭筋	9.7	11.7	12.5	11.8	11.4	1.2
前脛骨筋	5.4	8.2	11.3	7.9	8.2	2.4
腓腹筋	6.0	10.5	10.0	5.3	8.0	2.7

(%)

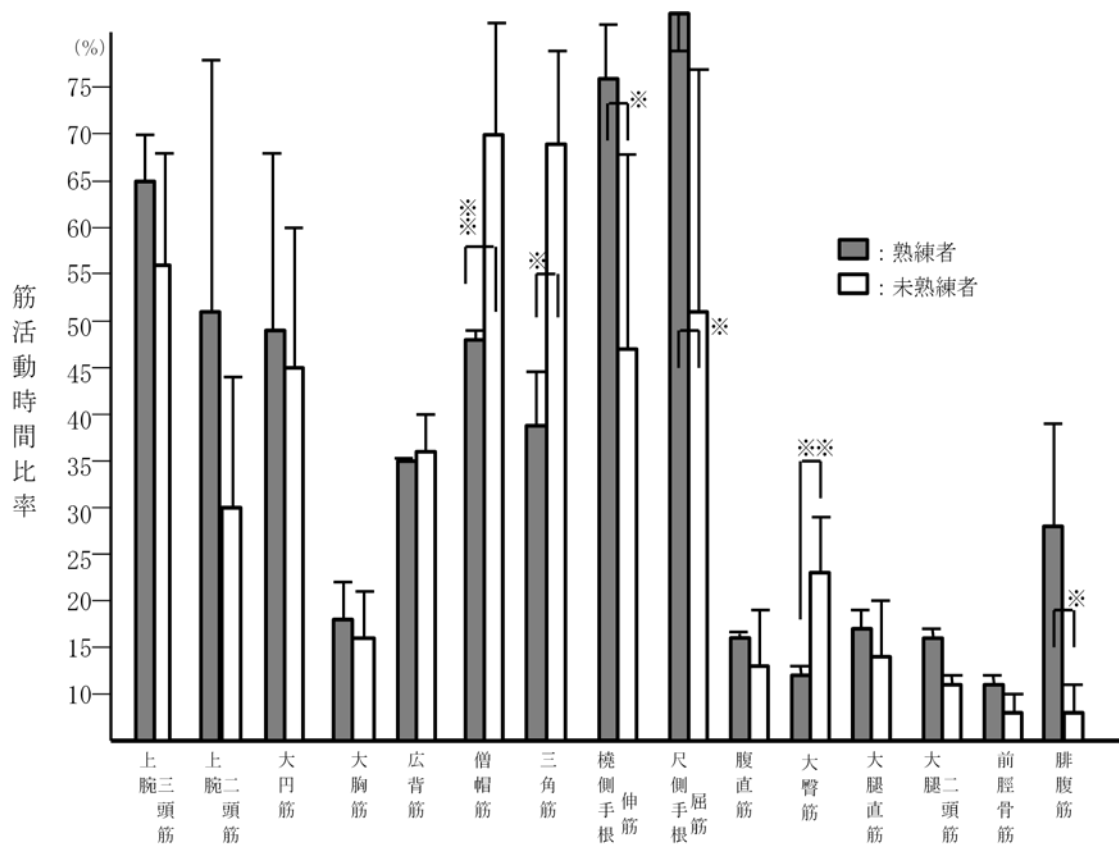


図 2-25. 1 ストローク中の筋活動時間比率の比較

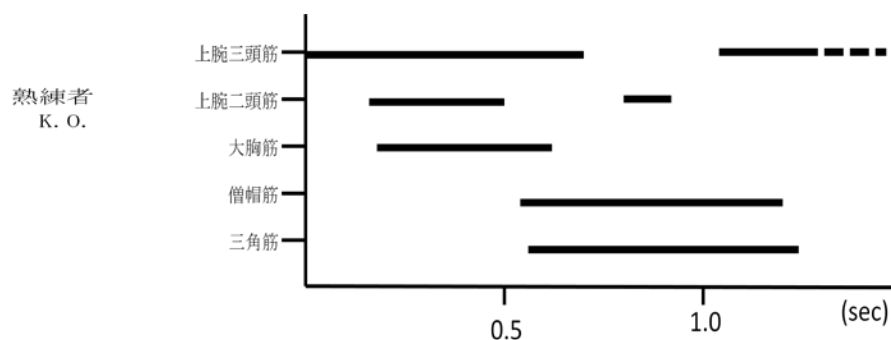
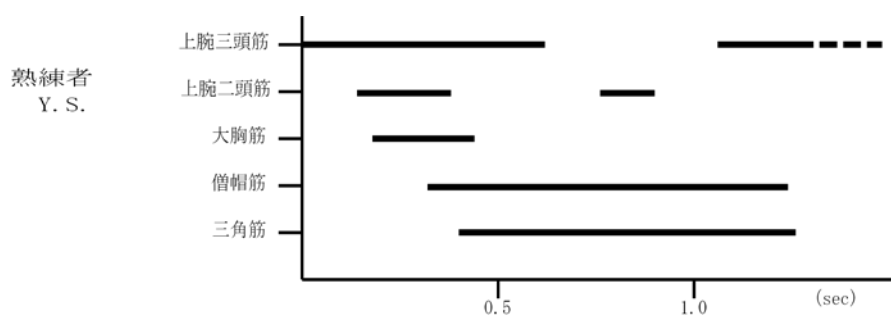
表 2-17 は、クロール泳時に導出した各筋肉の緊張度について筋放電量を 5 段階に分けて表したものである。なお、筋放電位+++は 1.8mV～, ++は 1.2～1.8mV, +は 0.8～1.2mV, ±は 0.4～0.8mV, -は～0.4mV に設定して示した。全体的に見ると、下肢筋群に比較して上肢筋群の方において筋肉の活動放電量が高かった。特に、上肢筋群の中でも、熟練者では上腕三頭筋および大円筋が顕著に緊張度(++)が強く、続いて上腕二頭筋、大胸筋および広背筋(+)の緊張度が強く表れ、未熟練者では熟練者に比較して緊張度の強さは低下したが(それぞれ前者が++～±, 後者が+～±), 熟練者に比較して三角筋および僧帽筋の緊張度が強く働いていた(熟練者+～±, 未熟練者+++～+). 手のひらで水を操作する時に活用される橈側手根伸筋および尺側手根屈筋は、ほぼ同様の緊張度(両者±; 未熟練者1名の-を除く)で働いていた。下肢筋群について見ると、熟練者では大臀筋、大腿直筋および腓腹筋において緊張度がやや強く(+～±)働いていたが、未熟練者では前脛骨筋や大腿二頭筋が熟練者に比較して緊張度がやや強く(+～±, 1名の-を除く)働いていた。

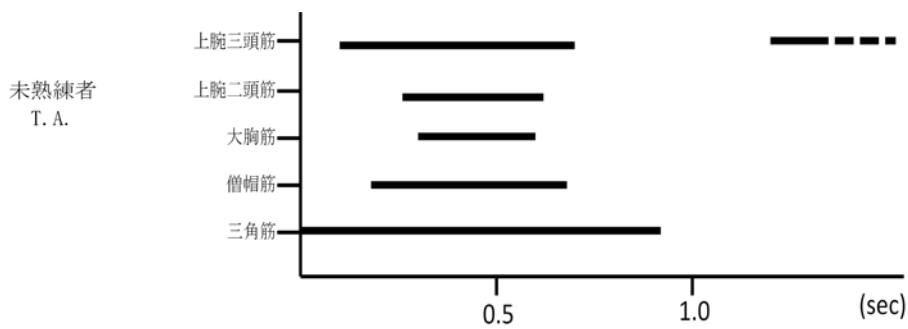
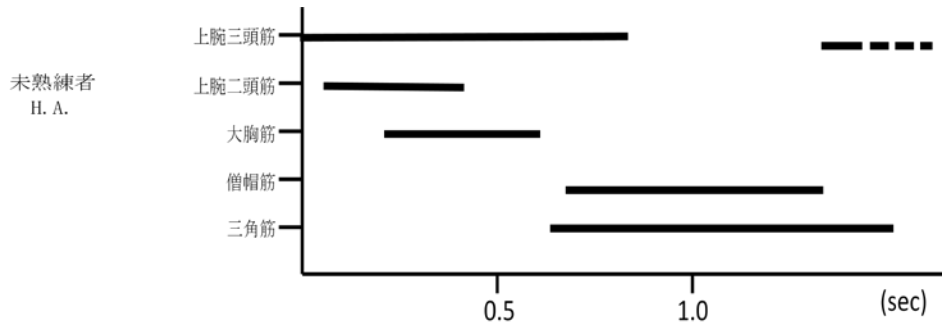
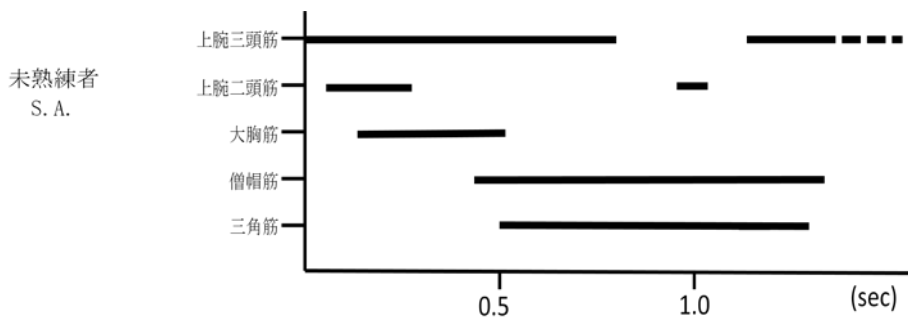
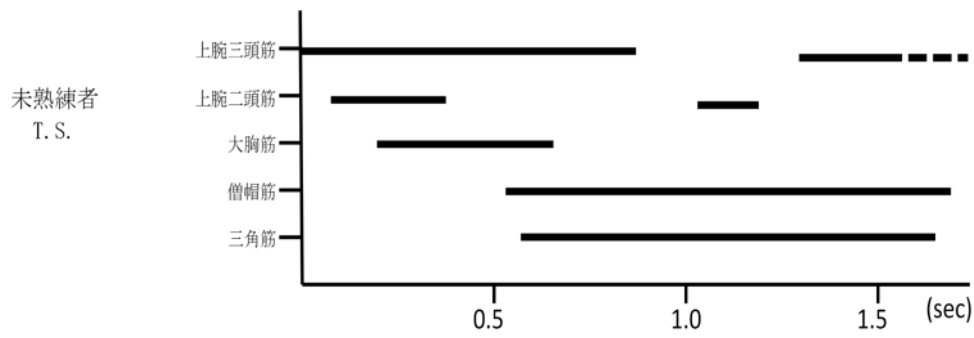
表 2-17. クロール泳時の筋緊張の強さ

被験筋	被験者		未熟練者			
	Y. S.	K. O.	T. S.	S. A.	H. A.	T. A.
上腕三頭筋	+++	+++	+	±	±	±
上腕二頭筋	+	+	+	+	±	±
大円筋	+++	++	++	++	++	+
大胸筋	+	+	+	±	±	±
広背筋	+	+	±	±	+	±
僧帽筋	±	±	++	+	+	+
三角筋	+	+	+++	++	+++	+
橈側手根伸筋	±	±	±	±	±	-
尺側手根屈筋	±	±	±	±	±	±
腹直筋	-	-	-	-	±	-
大臀筋	±	±	-	-	-	-
大腿直筋	±	±	±	±	-	-
大腿二頭筋	±	-	+	±	-	±
前脛骨筋	-	-	-	±	±	-
腓腹筋	+	+	±	±	-	-

図 2-26 は、クロール泳のアームストローク時の筋肉活動を反映する筋肉を対象に、特にプル、プッシュおよびリカバリーの各運動局面で活用される筋肉を選定してその活動時間を示したものである。すなわち、熟練者のクロール泳において最も早く活動し始める上腕三頭筋を基準として、上腕二頭筋、大胸筋、僧帽筋および三角筋の筋活動時間を示し、それらの筋の活動機序として表した。

各被験者の結果を通覧すると、熟練者における各被験筋の活動機序は上腕三頭筋、上腕二頭筋、大胸筋、僧帽筋および三角筋の順で活動を開始しているが、未熟練者では熟練者とはほぼ同様の活動機序を示した者や活動機序に一定の傾向が見られない者といったばらつきが見られた。また、アームストロークが連続的に行われている際、水中動作とリカバリー動作におけるそれぞれの終末期と開始期の筋肉の活動状態を見ると、熟練者では水中動作とリカバリー動作のそれぞれの終末期と開始期がほぼ一定の長さ（時間）で互いに重なり合っているのが確認されたが、未熟練者では水中動作とリカバリー動作のそれぞれの終末期と開始期が大きく重なっている者あるいは断続的となっている者といったように大きなばらつきが見られ、その重複の程度が 1 ストロークサイクルごとに差異が見られた。





----- : 2ストローク目の開始を示し、全活動時間を示すものではない

図 2-26. 筋活動機序と筋活動時間

### 3. 4. 考察

本節では、クロール泳時の筋電図の測定調査により、クロール泳の習熟過程における指導法について検討するための資料を得ることを目的とした。そのため、熟練者および未熟練者のクロール泳時には筋活動がどの程度の強さで活動し、どのようなタイミングで活動しているかについて、筋活動時間、緊張度および活動機序から比較、検討を行った

そこでまず、クロール泳における筋肉活動時間について見ると、熟練者では未熟練者に比較して、橈側手根伸筋、尺側手根屈筋および腓腹筋において有意 ( $p < 0.05$ ) に長く活用されていた。橈側手根伸筋および尺側手根屈筋は、手のひらを上下左右に動かす際に活用される筋肉であり、手のひらの上下左右の動きはすなわちスカーリング動作を意味するもので、そのスカーリング動作がアームストローク中に長く活用されていることを示唆している。これについては、手首の安定のため互いに拮抗する橈側手根伸筋および尺側手根屈筋がクロール泳の手のインスープ中において活発に活動しているとした報告 (Coty, 2007) と一致するところである。したがって、クロール泳の練習の際には、アームストローク全体を想定したスカーリング練習を工夫し取り入れると効果的であると考えられる。腓腹筋は、つま先を十分に伸ばし足の甲を用いて水を蹴り出す際に用いられる筋肉であり、キックの際に足の甲で水を長く続けて蹴り出した効果的なキックが行われていることを示唆している。逆に、未熟練者では、熟練者に比較して有意 ( $p < 0.05$ ) に長く活用された筋肉は僧帽筋、三角筋、大臀筋で、前脛骨筋も顕著であった。僧帽筋および三角筋は、かき終えた腕を水面上に持ち上げ前方に戻すリカバリーで活用される筋肉であるが、熟練者ではかき終えながら手の離水が見られたのに対して、未熟練者ではかき終えて水中で伸ばされた腕を水面上に抜き上げるまでに要した時間によるものと考えられる。したがって、フィニッシュ時における上腕中心部を軸とした双対動作として肘が水面上に抜き上がってくるようにしてリカバリーに移行する指導が効果的であると考えられる。また、未熟練者において大臀筋の活用が長くなった原因は、体を反らせた姿勢のクロール泳であることが考えられ、頭部を水中深く入れることやストリームラインづくりの練習を十分行わせることが効果的である。また、前脛骨筋が長く活用されていることについては、足首が十分伸びていないこと

やつま先キックを示しているもので、その際にはつま先を内股に伸ばすことによって足の甲で水を蹴る動作が容易になるものと考えられる。

つぎに筋緊張の強さについて見ると、熟練者では未熟練者に比較して上腕三頭筋、上腕二頭筋、大円筋、大胸筋、広背筋、大臀筋および腓腹筋において筋緊張度が強く表れた。上腕二頭筋、大胸筋および広背筋は、Nuber et al. (1986) がプル局面で広背筋や大胸筋が主として使われたとする報告あるいは猪飼らの同様の報告 (1964) に見られるように、手で水をキャッチした後に肩の下までかき込むプル動作において活用される筋肉である。プル動作で大胸筋および広背筋が活用されるためには、手先が肩の前方で最も深くなる位置 (第一節 調査 2 の結果より 55cm 程度) からプルが始めることが必要で、そのためには体のローリングによって手で水を下方に押しながら (プレスダウン) 水のキャッチする指示が必要である。上腕三頭筋および大円筋は、手で水を後方へ押し出す動作、すなわち腕の伸展動作と腕の回内動作に用いられる筋肉であり、その緊張度が高まった点を考えれば手を肩下から後方へ加速度的に水を押し出すようにプッシュ動作の指示が必要であることを示唆している。大臀筋の緊張度が高かったことは、蹴り終えた脚はほぼ伸ばした状態で持ち上げられることになるが、その際に大臀筋が強く活用されたものと考えられる。この点については、未熟練者では逆に大腿二頭筋が強く活用されて膝折れキックとなり、大臀筋の緊張度が見られなかったものと考えられる。腓腹筋は、つま先を内股に伸ばして足の甲で水を蹴っていることを反映している。

未熟練者で緊張度が強く表れた筋肉は僧帽筋および三角筋であったが、これらの筋肉は腕を水面上で前方に戻す動作において活用されている。したがって、直接推進力を産出する筋肉に比較して、推進力の産出に関わらない筋肉の緊張度が顕著に高かったことから、非効率的な泳ぎ方をしていることが考えられる。この点については、競泳選手を対象としたクロール泳のリカバリーでは三角筋の高い活動性が見られたとする報告 (Nuber et al., 1986) が見られるが、競泳ではピッチを挙げて泳速を産み出しており、その際 0.3sec 程度に短縮されたリカバリー動作によって Nuber et al. の結果が生じたものと考えられ、クロール泳の習熟過程における指導法の検討対象から乖離しているものと判断した。いずれにしても、未熟練者の僧帽筋および三角筋の緊張度が高くなったのは、か



き終わりが水中であったことからリカバリーが手腕を水面上に持ち上げる際の水の抵抗も手伝って緊張度が高まったこと、またハイエルボー（肘を高く構えること）ができていないことから腕が伸びた状態でリカバリーすることになり、それが力のモーメントを大きくし緊張度が高まったものと考えられる。

つぎに、上肢筋の活動機序について見ると、熟練者では入水後のグライドで用いられた三角筋と重複して上腕三頭筋が用いられ、手を前方へ差し出しながらプレスダウンにおいて活用され一連の運動の連続性を示唆している。上腕二頭筋は、手のキャッチ動作からかき始めの動作で用いられ、上腕二頭筋の最大緊張度を引き継ぐように上腕三頭筋の最大緊張度が表れ、上腕二頭筋と上腕三頭筋の連携を支援するように大胸筋の活動が伺えた。フィニッシュに当たる上腕三頭筋の活動終息期に重複するようにリカバリーの主導筋である三角筋と僧帽筋が活用され始めていることが確認された。なお、アームストロークとリカバリーにおける入水時および離水時の重複時間は、上級者ではほぼ同様の時間であったが、中級者レベルの未熟練者では入水時に比べて離水時が長くなり、初級者レベルの未熟練者では離水時にすべての筋肉が重複活動し、入水時では重複が見られなかった。このことは、入水後のグライドが不十分であることやプレスダウンを生み出す体のローリングの習得が課題となることを示唆している。初級者レベルの未熟練者では、一定した上肢筋の活動機序が見られず、アームストロークとリカバリーに用いられる筋肉活動の連結部において重複が見られなかったことから、初級者指導の際にはストリームライン形成、片手クロール泳等により、アームストロークを行うための動作環境づくりやアームストロークの動きづくりの練習を十分行わせることが大切である。そのためには、水中を肩まで浸かった姿勢で、その場、前歩き、あるいは後ろ歩きをしながらアームストロークを行わせることが効果的であろう。中級レベルの未熟練者では、熟練者とほぼ同様の筋の活動機序が見られたが、アームストロークとリカバリーに用いられる筋肉活動の連結部において大きな重複が見られたことから、中級者指導の際には一定したアームストロークに用いられる筋肉の活動機序が見られるため、特にアームストロークとリカバリーに用いられる筋肉の連結部、すなわちグライドからプル（プレスダウン）とプッシュからリカバリー（フィニッシュ）を同様の所要時間で正確に行うように指導することが大切であろう。

### 3. 5. 結論

本節は、クロール泳時の筋電図測定により運動の内面的な調査によりクロール泳の技術的特性を明らかにし、クロール泳の指導法の確立のための情報を提供することを目的とした。そのため、クロール泳時の筋電図により神経-筋の活動について調査し、熟練者および未熟練者のクロール泳時の筋電図により筋肉の活動機序、活動時間、緊張度の観点から比較・検討することによって、どの筋肉がどの程度の強さで活動し、どのようなタイミングで活動しているかについて検討した。その結果は、以下に示した通りであった。

- 1) 筋の活動時間は、熟練者ではプル、プッシュおよびキックの蹴り下ろしに用いられる上腕二頭筋、上腕三頭筋、大円筋、橈側手根伸筋、尺側手根屈筋、腓腹筋が有意に長く、未熟練者では手および足のリカバリー動作に用いられる三角筋、僧帽筋、大臀筋において有意に長く用いられた。
- 2) 筋の緊張度は、熟練者ではプル、プッシュおよびキックに用いられる上腕三頭筋、大円筋、大臀筋、大腿直筋および腓腹筋において未熟練者に比べて高かった。熟練者および未熟練者ともに上腕二頭筋、大胸筋、広背筋、橈側手根伸筋および尺側手根屈筋がほぼ同程度に高く、未熟練者では三角筋、僧帽筋、前脛骨筋および大腿直筋が高かった。
- 3) 上肢筋の活動機序は、熟練者では上腕三頭筋、上腕二頭筋、大胸筋、僧帽筋および三角筋の順に使われていたが、未熟練者では上級者と同様の活動機序を示した者や一定した傾向が見られない者と個々にばらつきが見られた。
- 4) 上肢筋の活動機序は、熟練者では1ストロークサイクルにおいてアームストロークとリカバリーの入水時と離水時における連結部においてほぼ同様の重複が見られ腕の動作の循環性が確認されたが、未熟練者では入水時と離水時の連結部の終始のバランスが悪かったり、重複時間が長かったり、断続的であったりして効率的な腕の動作の循環性は確認できなかった。

以上のことから、熟練者と未熟練者のクロール泳における筋活動様相の差異について分析し、未熟練者におけるクロール泳の課題が明らかとなった。まず、手のひらの動きを反映する橈側手根伸筋および尺側手根屈筋がアームストローク全体を通して活用され続けていた点である。すなわち、このことは、手の入

水から離水までの間、手のひらが常に水に働き続けていることを示唆するものであり、手のひらの動作が常に小さなスカーリングを行っていることを示唆するものである。スカーリングは、揚力を生み出す動作であり、小さな力で水に働きかけることにより大きな推進力を得ることができる点で、特に初級者レベルの未熟練者には早い段階からスカーリング指導を行うことが必要である。つぎに、アームストロークとリカバリー動作に用いられる筋の緊張度において未熟練者と熟練者に逆のパターンが見られた。これは、未熟練者では入水後グライドがなく肩の下方まで（プル）手を素早くかき進め、肩の下方から後方の動きが（プッシュ）遅く、あるいは水を押し切れず、しかもキャビテーション（空かき）動作となっていることを示唆している。すなわち、入水後から肩の下方までは水を抑えるようにつかみ（グライド、プレスダウン、キャッチ）、肩の下方から後方は推進による後方への水の流れを考慮して素早くかき進めること（アクセレーション）が大切である。したがって、初級者の指導では、水中を肩まで浸かり、前歩き、後ろ歩きのクロール泳によりアームストローク（グライド、プレスダウン、キャッチ、プル、プッシュ、フィニッシュ）の練習を反復して行わせ、中級者の指導では、両手を左右交互に3～5回ずつかく方法により、グライド、体のローリング、アクセレーションの指示が効果的と考えられる。

さらに、足の動作では、未熟練者の大腿二頭筋、前脛骨筋の過度の活用から膝折れキックとなっていることが明らかとなった。そのため、指導の際には太ももの動きを伴うようなばた足の指導が大切で、蹴り下ろした後脚が伸びた状態で持ち上げるような指示や脚の相反神経支配の性質を考慮して大腿の動作を伴うキックの指導が効果的である。また、足は、内股に伸ばすことによってつま先キックによる前傾骨筋の緊張度を抑え、かつ足首が弾力的に活用されスナップの効いたキックを身につけるために効果的であろう。

## 参考・引用文献

Andreas P. (1974) Schwimmen, Limpert, p.19-21.

Arekuson, K. L. (1969) 月刊とびうお Vol.1, No.2, バタフライの初心者指導, pp.108~110.

朝比奈一男, 中川功哉 (1978) : 現代保健体育学大系 1, 運動生理学, 大修館書店, p.133, p.186.

Aujouannet, Y. A. (2006) Effects of a high-intensity swim test on kinematic parameters in high-level athletes, Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, Vol.31, pp.150-158.

Barbosa, T.M., et al. (2010) Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance, updating the state of the art, Journal of Science and Medicine in Sports, Vol.13, pp.262-269.

調技孝治 (1972) タイミングの心理, 不昧堂新書, pp.86~87.

デービス・ダルトン著, 時潮社編集部訳 (1890年代) 基本泳と曲泳, 時潮社, P.6.

古橋広之進ら (1973) 水泳, 不昧堂出版, pp.118.

Groscost J. K. (1981) The basic swimming guide, Anderson World Inc., p.11~12, 1981.

波多野勲 (1977) 水泳の力学的考察, Nagare Vol.9, No.2.

市川 渉 (1972) 運動制御機構, 電子通信学会誌, Vol. 55, No. 11, pp. 1466-1473.

伊勢村寿三 (1966) 現代の生物学 6, 脳と神経系, 岩波書店.

金子明友, 朝岡正雄 (1990) 運動学講義, 大修館書店, pp. 157-158.

荻谷剛彦, 西研 (2005) 考えあう技術, ちくま新書, p. 16.

岸檜夫 (1961) 競泳における腕・脚のバランスについて, 体育学研究 Vol, VII-I, p. 189.

京田武男 (1927) 泳ぎ方の新研究, 駿南社, pp. 81-83.

小林一敏 (1974) 運動スキルのシステム論的考察, 第2回キネシオロジーセミナー, シンポジウム資料.

小森栄一 (1969) 水泳指導と救助法, 二宮書店, P. 34-35.

京田武男 (1927) 泳ぎ方の新研究, 駿南社, P. 81-82.

マーク・スピッツら著, 宮川毅訳 (1976) マーク・スピッツの現代アメリカ泳法, ベースボールマガジン社, p. 28.

飯塚鉄雄 (1968) 体育を計算する, 不味堂出版, pp. 112.

宮畑虎彦 (1979) クロールにおける手・足の協応, 研究報告書.

宮畑虎彦 (1988) 私の泳ぎ, 不味堂出版. p. 76.

宮下充正（1996）平泳ぎに関する調査研究報告書，（財）日本水泳連盟， p. 6.

文部省（1928）水泳指針，山海堂， p. 169.

文部省（1954）水泳指導の手引，東洋出版社， p. 77-79.

文部省（1986）水泳指導の手引，ぎょうせい， p. 55-57.

森下愛子，船渡和男（2010）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，慶應義塾大学体育研究所，研究所紀要 Vol. 48, Vol. 1, pp. 9-13.

ナイサー U. 著，古崎敬，村瀬旻訳（1976）認知の構図，サイエンス社，pp. 20-22, 53-57.

日本水泳連盟編（1978）水泳指導教本，第II章．水泳の技術論，大修館書店，pp. 3～9.

大塚正之助（1906）応用水泳術，建築書院， p. 9-10.

斉藤巍洋（1929）水泳，三省堂， p. 40.

柴田義晴（1977）水泳の基本技術（上），pp. 96～102，学校体育 Vol. 30, No. 6.

島津 浩（1960）身体運動と脳のはたらき，体育の科学 Vol. 10, 体育の科学社.

杉靖三郎，藤田紀盛（1968）：生理，医歯薬出版株式会社， pp. 89.

高木隆司（1978）泳ぐ-水にのる-， MATHEMATICAL SCIENCES, No. 181. pp. 21-24.

Torney J. A., Clayton R. D. (1976) Aquatic Instruction Coaching and Management, Burgess Publishing Company, p. 22.

ヴァイツゼッカー著，木村敏，浜中淑彦訳（1988）ゲシュタルトクライス，みすず書房，pp. 31～38, pp. 223～22.

吉田恒丸ら（1964）柔道に於ける（関節わざ）の筋電図学的研究，体力科学 Vol. 12, No. 2.

（財）日本水泳連盟編（1988）新訂水泳指導教本，大修館書店，p. 33～41.

## 第3章 水泳トレーニング時における

### クロール泳のストロークメカニクスの検討

水泳トレーニングの際、緩速泳や最大努力泳等の異なる泳速、あるいはフィンやパドル等の水泳用具を用いた泳ぎが用いられている。そのような泳ぎについての調査報告は著者の文献渉猟の範囲では極めて数少なく、水泳トレーニングの際においても情報不足を否めないのが現状である。そこで、水泳トレーニングではクロール泳が最も多く用いられていることから、種々の泳速でクロール泳を泳いだ場合、あるいは種々の水泳用具を用いてクロール泳を泳いだ場合のストロークメカニクスについて調査を試みた。この調査結果により、習熟度別にクロール泳のストロークメカニクスへの影響について比較し、種々の泳速で泳いだり、種々の水泳用具を用いて泳いだりする水泳練習や水泳トレーニングのプログラムづくりの際に活用できる資料を得ることを目的とした。そのため、クロール泳の緩速泳時と最大努力泳時およびフィンやパドルを用いたクロール泳のストロークメカニクスについて調査、検討を試みた。なお、本章では、水泳トレーニング（泳力向上）に水泳練習（泳法改善）の考え方を含めて検討を進めることとする。

#### 第1節 クロール泳の緩速泳時と最大努力泳時における

##### ストロークメカニクスについて

###### 1. 1. 目的

水泳トレーニングでは、トレーニング期、専門種目、あるいは競技種目（泳距離）に応じた泳力向上を図った計画が立案され、その際のトレーニング強度はそれぞれの目標に必要なエネルギー代謝過程を勘案したトレーニング内容が設定されている。すなわち、トレーニング内容は、基礎的持久力、有酸素的持久力、AT トレーニング、無酸素的持久力、耐乳酸トレーニング、あるいはスピードトレーニング等といった目標により設定されている。これらのトレーニング内容では、それぞれの運動強度を見出すために異なった泳速度を用いてトレーニングが行われている。その泳速度は、主観的運動強度の観点から、最大下



努力泳（緩速泳）、最大努力泳に大別することができる。

ところで、泳速度に関して、水泳効率の関係から見た阿久津の研究報告（1964）によると、文献渉猟の範囲において Reymond（1905）によって発表された報告が最も古いとされている。その後、数多くの研究者によって研究報告がなされているが、泳速度の観点から調査した報告 Karpovich, et al.（1944）によると、種々の泳法を泳速度別に酸素需要量を調べて水泳効率を導き、それによって各泳法の特徴を明らかにしている。また、各泳法の特徴について調査した山岡（1953）は、泳速度と酸素需要量との関係を回帰方程式で表し、極めて精巧で今日の水泳効率に関する研究の基盤を築いたと言っても過言ではない。さらに、1954年にバタフライ泳が平泳ぎから独立し、オリンピック競技種目に加えられたのが1956年のメルボルン大会であったが、すでに宮畑らの著書（1961）にはバタフライ泳は緩速泳が難しいとして泳速度の観点から指導に関連して記述している。同時期、阿久津（1964）は、水泳中のエネルギー代謝の調査によって水泳スピードと水泳効率の関係を明らかにし、仕事量と酸素需要量の関係から算出した水泳効率によりクロール泳が背泳ぎとともに最も緩速泳に適しているとし、1.17m/sec まで有酸素的に楽に泳げ、かつ定常的に長い時間泳ぎ続けることができる泳法としている。また、定常状態にあるとみられる酸素需要量は、背泳ぎとクロール泳が最も低く、緩速泳に適していると考えられている一方、平泳ぎとバタフライ泳では背泳ぎとクロール泳に比較してともに酸素需要量が高い水準で緩速泳の適性にやや劣るとしている。さらに、柴田（1973）はストロークメカニクスの観点から緩速泳中の筋電図を測定した結果、熟練者では筋の活動機序においては最大努力泳に比較してほとんど変化が見られなかったとしている。また、Lewillie（1973）はクロール泳における緩速泳、通常泳、高速泳時の筋電図を調査し、高速泳時では腹直筋、上腕三等筋の筋放電量がやや増大するとした報告をしている。

そこで、本節では、水泳トレーニング（含水泳練習）におけるクロール泳の緩速泳と最大努力泳が、習熟度によってストロークメカニクスにどのような影響をもたらしているのかを明らかにし、今後の水泳トレーニングやその際に必要な技術指導のための資料を得ることを目的とした。そのため、熟練者および未熟練者のクロール泳を緩速泳時と最大努力泳時の筋電図を導出し、映像を同

期撮影して、泳速変化によって筋肉の活動がどのように変化するのか、活動のタイミングがどのように変化するのか、筋電図と映像を比較することによって調査した。

## 1. 2. 方法

被験者は、熟練者としてクロール泳を用いた水泳トレーニングを10年以上行ってきた大学水泳部員4名、未熟練者としてクロール泳で50m程度を泳ぐことができる大学生4名を対象に調査、分析を行った。被験者の身体的特徴は、表3-1に示した通りであった。なお、本論における習熟度の共通化を図るため、本節の熟練者を上級者、未熟練者を中級者とした。

表 3-1. 被験者の身体的特徴

被験者	性別	身長 (cm)	体重 (kg)	年齢 (yrs)	水泳技能	
熟練者	A	M	169.0	68.0	23	25" 3
	B	M	176.3	70.0	20	26" 1
	C	M	171.2	63.5	20	26" 3
	D	M	170.0	65.0	18	26" 7
未熟練者	E	M	171.5	70.3	20	50m可泳
	F	M	181.5	76.5	20	50m可泳
	G	M	165.0	64.5	20	50m可泳
	H	M	172.0	67.0	20	50m可泳

被験筋は、クロール泳のアームストロークにおいて主として用いられる筋肉を取りあげ、尺側手根屈筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋、大円筋、大胸筋、三角筋、僧帽筋とし、被験者の右側の筋肉を対象に調査した。なお、被験者は、全員右利きであった。

測定条件は、8月中の晴天日10日間、気温32~34°Cおよび水温26~27°C

であった。

測定方法は、三栄測器製 13 要素の多元電氣的記録装置を用い、表面電極を用いて皮膚表面上から微量電位を測定し、エレクトリックボードを介して筋電計のペンに電位を送ってペンの振動を記録紙上に導出させて記録した。映像の信号は、16mm カメラにフレームマーカを取り付け、フレームマーカに設定されたリード線をジェネレーターに経由させて筋電計のペンの振動を記録紙上に導出し記録した。筋電図と映像は、筋電計のペンにより記録紙に描かれた振動波形により、同期させた (図 3-1 参照)。

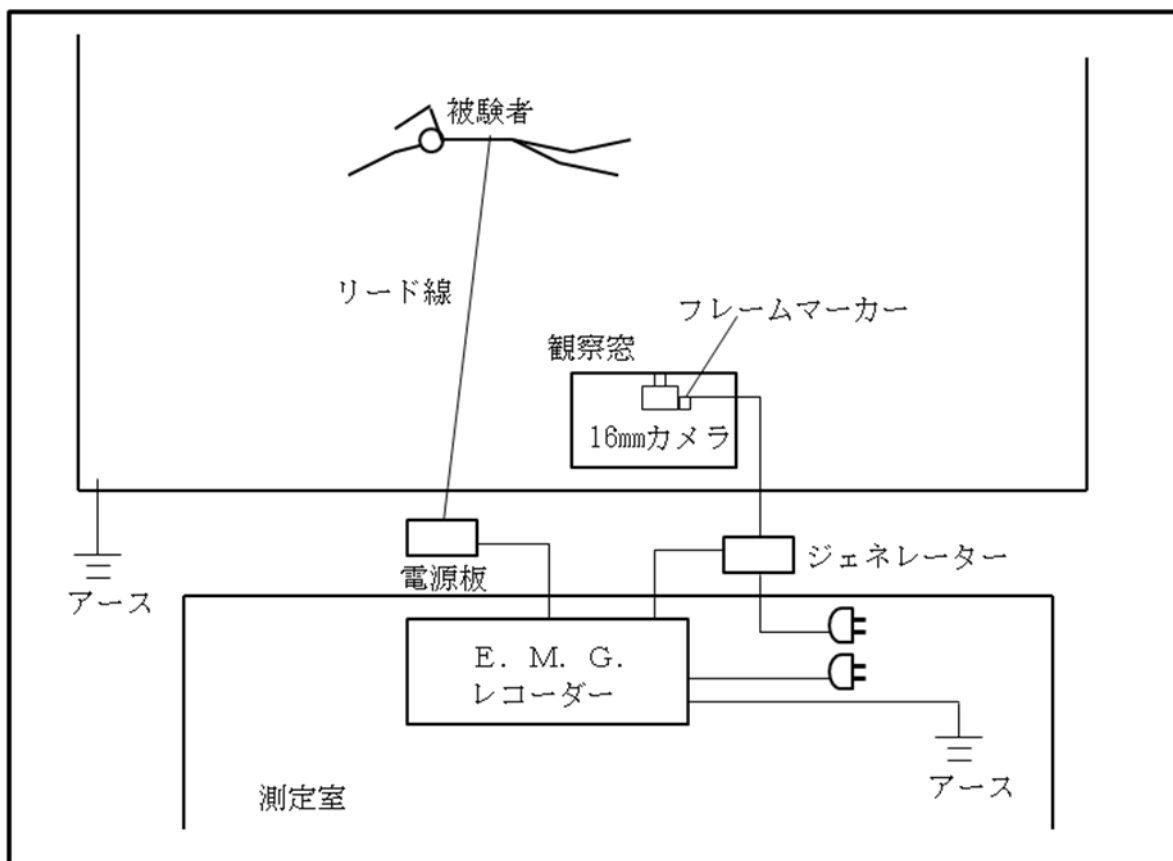


図 3-1. 実験測定図

電極は、厚さ 4mm のゴム板を直径 25mm に切り、その中心部に直径 10mm、深さ 2mm 程度の穴をあけ電極皿を埋め込み、ゴム板の背面からリード線を導出させた特別仕様の電極を使用した (図 3-2 参照)。記録紙の Paper speed は 6cm/sec で、較正電圧は 0.5mV (記録紙上の波形の高さを 3.5mm) で行った。測定距

離は 15m とし、 緩速泳時には被験者がフォームをくずしたり、 中断したりすることのない程度の緩速泳を指示した。

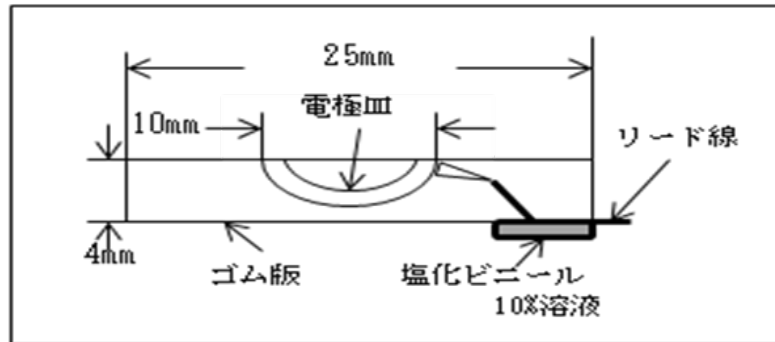


図 3-2. 本実験で用いた電極の断面図

### 1. 3. 結果

表 3-2 は、最大努力泳時に対する緩速泳時の泳記録変化率を表したものである。この泳記録変化率は、最大努力泳時の記録を 100 とした場合の緩速泳時の記録比率を示したものである。最大努力泳時に対する緩速泳時の泳記録の変化率について見ると、熟練者では泳記録の変化が  $2.8 \pm 0.7$  秒、泳記録の変化率が  $74.9 \pm 5.3$  秒であったのに対して、未熟練者では泳記録が  $3.0 \pm 1.2$  秒、泳記録の変化率が  $84.7 \pm 4.6\%$  であった。

表 3-2. 緩速泳時，最大努力泳時の記録とその変化

測定項目 被験者	泳記録と泳速変化率							
	熟練者				未熟練者			
	A	B	C	D	E	F	G	H
泳記録								
泳速変化率								
最大努力泳記録	7" 8	8" 2	8" 7	8" 2	13" 8	11" 7	13" 2	14" 0
緩速泳記録	11" 4	11" 2	11" 2	10" 2	15" 1	15" 7	15" 8	16" 9
泳速変化率	68.4	73.2	77.7	80.4	91.4	74.5	83.5	82.8

(Sec, %)

表 3-3 は、筋の活動時間を筋電計の Paper speed 6mm/sec のパルス信号の長

さから緩速泳時と最大努力泳時の筋活動時間を示したものである。これを見ると、未熟練者では緩速泳時および最大努力泳時の活動時間ともに、いずれの筋肉においても活動時間の変化は小さかったが、熟練者では緩速泳時にはリカバリーからグライドにかけて用いられていると考えられる尺側手根屈筋，三角筋および僧帽筋において活動時間が著しく長くなる傾向を示した。

表 3-3. 緩速泳時と最大努力泳時の筋活動時間

測定項目 被験者 被験筋(右側)	緩速泳時と最大努力泳時の筋活動時間							
	熟練者				未熟練者			
	A	B	C	D	E	F	G	H
尺側手根屈筋	56	36	58	53	65	56	58	65
	86	60	73	70	74	63	62	72
上腕二頭筋	11	14	10	11	13	15	16	14
	14	14	12	14	15	15	17	15
上腕三頭筋	24	34	42	31	35	45	44	35
	29	37	47	35	37	48	47	42
大円筋	27	24	17	28	28	28	26	30
	32	29	19	34	34	29	34	30
大胸筋	17	14	17	15	18	23	14	24
	22	15	20	19	22	25	15	24
三角筋	50	39	50	48	73	49	52	73
	88	90	75	78	78	52	72	78
僧帽筋	40	36	36	36	74	47	55	70
	86	83	62	60	91	50	65	77

上段：最大努力泳時，下段：緩速泳時 (mm)

表 3-4 は、未熟練者と熟練者の泳速変化率と筋活動時間の変化率について有意差検定を行った結果を示したものである。これを見ると、未熟練者の緩速泳時に対して熟練者の緩速泳では、泳速変化率と尺側手根屈筋，三角筋および僧帽筋の筋活動時間の変化率において有意な差 ( $p < 0.05$ )が見られたが、その他の筋肉では両者に有意な差は認められなかった。

表 3-4. 泳速変化率と筋活動時間の変化率の平均と標準偏差

被験者		泳速 変化率	尺側手 根屈筋	上腕 二頭筋	上腕 三頭筋	大円筋	大胸筋	三角筋	僧帽筋
熟練者	A	68.4	1.54	1.27	1.21	1.19	1.29	1.76	2.15
	B	73.2	1.67	1.00	1.09	1.21	1.07	2.31	2.31
	C	77.7	1.26	1.20	1.12	1.12	1.18	1.50	1.71
	D	80.4	1.38	1.27	1.13	1.21	1.27	1.63	1.67
	X±SD	74.9 ±5.3	1.46 ±0.18	1.19 ±0.13	1.14 ±0.05	1.18 ±0.04	1.20 ±0.10	1.80 ±0.36	1.96 ±0.32
未熟練者	E	91.4	1.14	1.15	1.06	1.21	1.22	1.07	1.23
	F	74.5	1.13	1.00	1.07	1.04	1.09	1.06	1.06
	G	83.5	1.07	1.06	1.07	1.31	1.07	1.20	1.18
	H	82.8	1.11	1.07	1.20	1.00	1.00	1.07	1.10
	X±SD	84.7 ±4.6	1.11 ±0.04	1.07 ±0.06	1.10 ±0.07	1.14 ±0.15	1.10 ±0.09	1.10 ±0.07	1.14 ±0.08

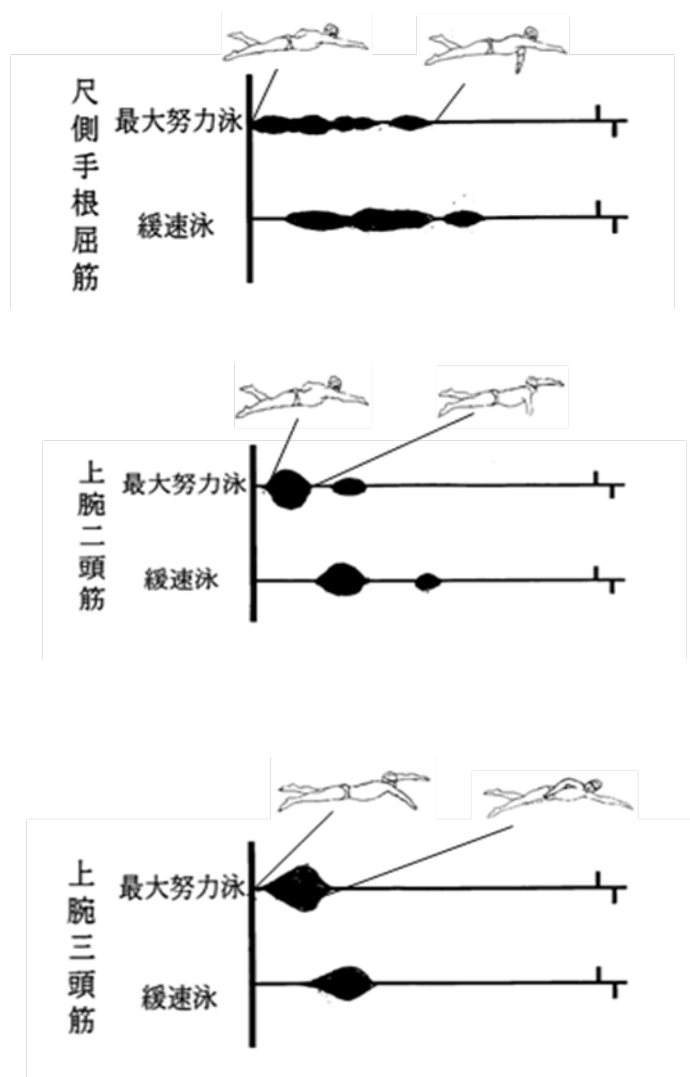
(%)

#### 1. 4. 考察

本節では、クロール泳の緩速泳時と最大努力泳時において筋電図にどのような変化が見られるのか、また未熟練者と熟練者の筋電図と映像の照合による比較において泳速変化によるストロークメカニクスの変化の特徴を明らかにし、水泳トレーニングや水泳練習に資するべく資料の提供と指導への提言を図ることを目的とした。

水泳中の筋電図により筋肉の働き方を知ることは、一つの動作においてどの筋がどのようなタイミングで活動していたかを知る（独立行政法人 産業技術総合研究所編，2003）だけでなく、筋肉の働きを考慮したトレーニング指導や技術指導が重要なこと（Cureton, 1930）としており、トレーニング方法や指導法を考える際的確に行うための筋の働き方について、その効果的要素と障害要素の両面を考慮することが必要であると考えられる。そのため、まず泳速変化が筋活動に及ぼす影響について検討を進める。

図 3-3 は、熟練者の緩速泳時と最大努力泳時の筋電模式図と動作トレース図を示したものである。これらの図を見ると、緩速泳時にはリカバリー動作で主として活動される筋活動の変化が大きく、特に手指先の入水から水のキャッチまでの動作において変化が著しかった。この時の体勢はグライド状態にあり、抵抗の小さい姿勢を保ちながら水中を進んでいる状態を示している。しかし、この間においても尺側手根屈筋の活動を見ると、推進力を失うことなくストリームラインや体のバランスを保持するために手のひらを活用していることを示している。したがって、グライド状態でありながらも手のひらで水への働きかけを続けていることから、腕を前方に伸ばした状態でのスカーリング練習（ファー スカル）は初級者、中級者においても大切な課題となるものと考ええる。



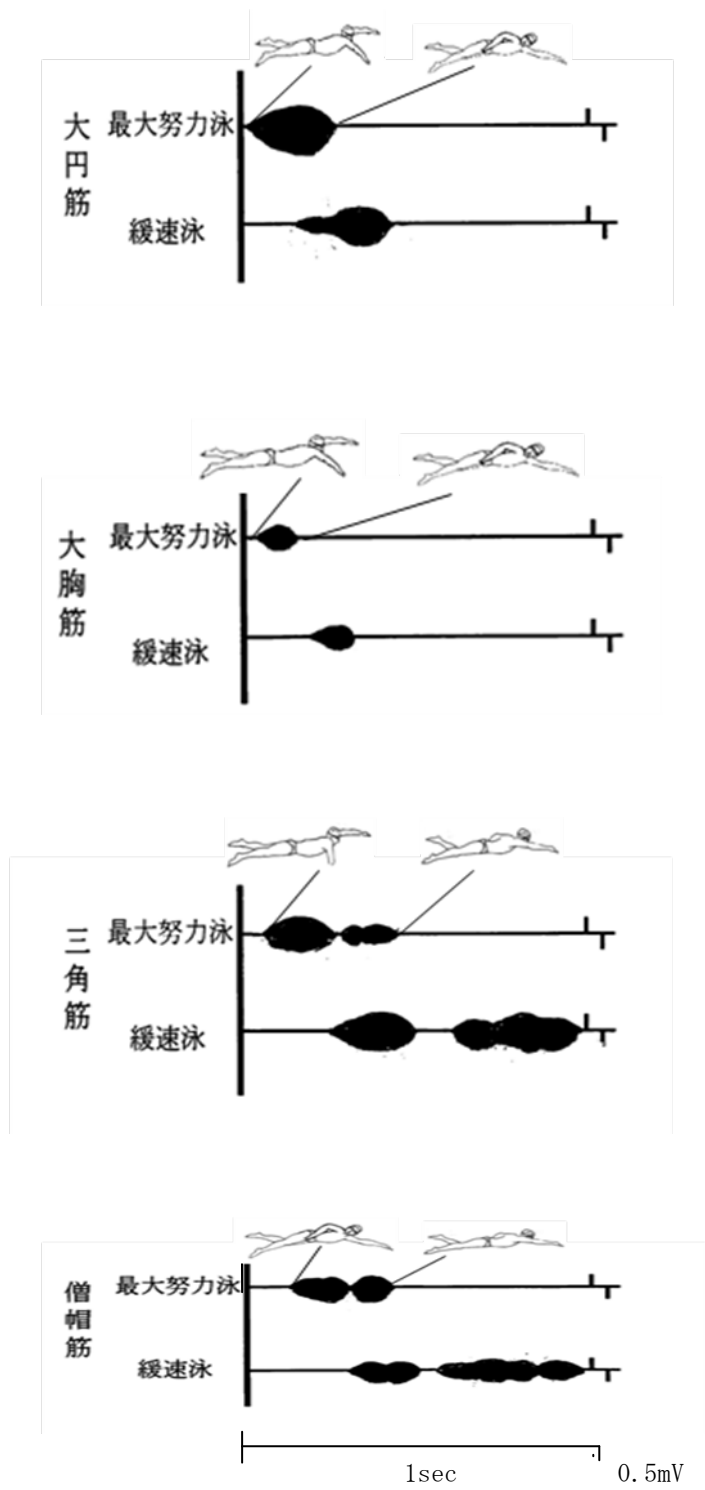


図 3-3. 最大努力泳時と緩速泳時の筋電模式図と動作 (熟練者 A)



つぎに、泳速変化について見ると、熟練者では最大努力泳時より緩速泳時の泳記録が  $2.8 \pm 0.7$  秒程度長くなり、未熟練者では  $3.0 \pm 1.2$  程度長くなって、両者には有意な差は見られなかったが、最大泳記録との変化率を見ると熟練者では  $74.9 \pm 5.3\%$ 、未熟練者では  $84.7 \pm 4.6\%$  で、両者には有意な差が見られた。緩速泳では、クロール泳のストロークメカニクスが壊れないようなできるだけゆっくり泳ぐことを指示したが、これらの結果から熟練者ほどゆっくり泳ぐことができることができることを示唆し、熟練者では 70% 程度の緩速泳が、未熟練者では 80% 程度の緩速泳がストロークメカニクスを維持するための限界にあることを示唆している。

また、図 3-4 に示したように最大努力泳と緩速泳の筋活動時間の比較から、熟練者ではプル～プッシュにかけて用いられる筋の活動時間において変化はほとんど見られなかったが、リカバリー～グライド動作に用いられる三角筋および僧帽筋の活動時間において大きな変化が見られ、特に入水後のグライド動作においては活動時間の顕著な延伸が確認された。また、尺側手根屈筋は、プル～プッシュにかけては大きな変化は見られなかったがグライド時において著しい変化が見られ、またアームストローク全体において活用されていることが確認できた。このことは、ある一定の速度の緩速泳であれば、入水時からグライド時に用いられる筋の緊張度には大きな変化は見られないものの活動時間に顕著な変化をもたらしていること、また直接推進力を産み出すプル～プッシュ動作に用いられる筋の緊張度が高まってくるものの活動時間には大きな変化は見られなかったことを示している。このことから、熟練者では 70%max 以上、未熟練者では 80%max 以上の泳速であればストロークメカニクスが保持され、泳距離を長くすることによって持続的トレーニングの効果が期待できるものと考えられる。

したがって、ストロークメカニクス（筋の活動機序）に変化を来さない程度の緩速泳であれば、水泳選手等上級者のシーズン始めの持久力トレーニング、日常的に水泳を実践している者等の中級者、あるいは水泳学習者等の初級者に対する基礎的持久力の育成に有意義な水泳活動であると考えられる。このことについては、Lewillie (1973) の研究報告に見られるように最大努力泳時では緩速泳時に比較して腹直筋や上腕三等筋の筋放電時間が短縮し筋緊張度が増大す

るとしているが、筋の活動機序に影響を及ぼさない限りにおいては水泳トレーニング時の緩速泳は重要な問題とはならないとしており、本研究成果においてもほぼ一致する見解である。

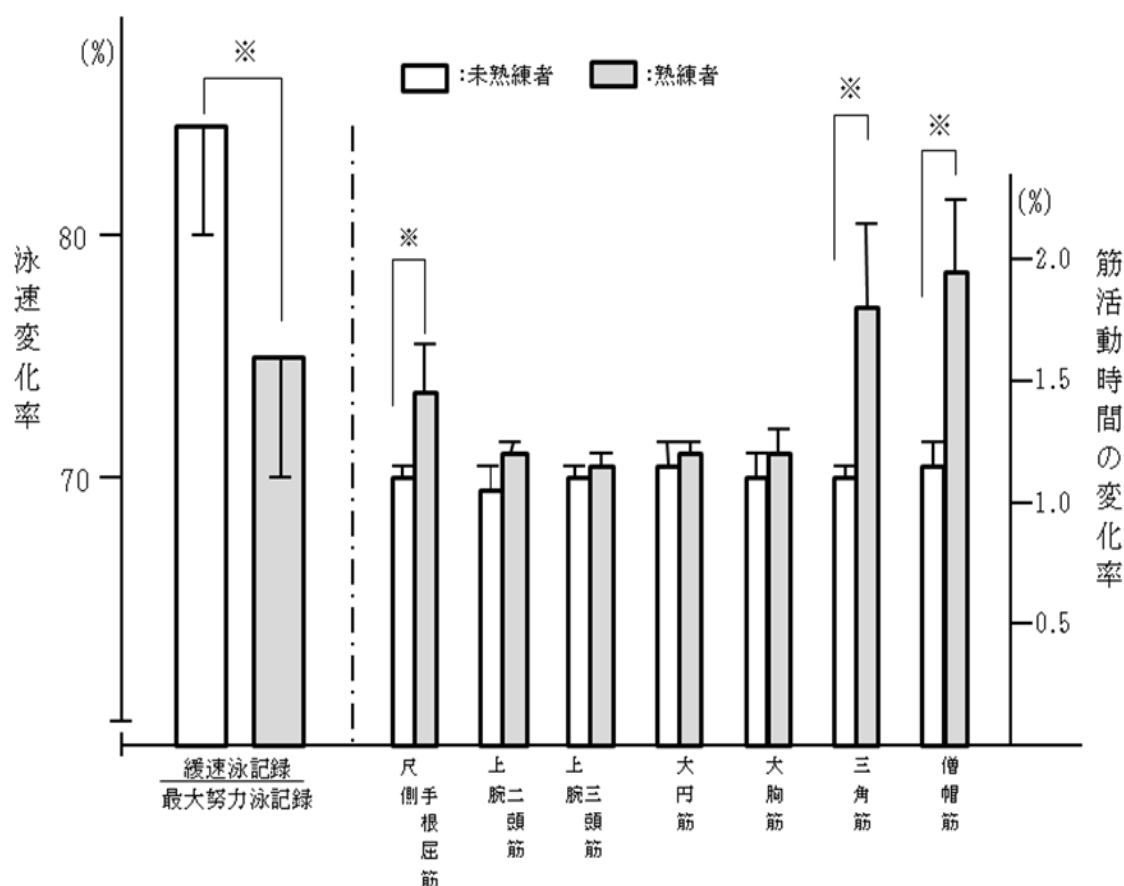


図 3-4. 泳速の変化率と筋活動時間の変化率の比較

一方、熟練者では、緩速泳時における泳速変化率と筋活動時間の変化率の総和との間には図 3-5 に示したような相関関係 ( $y = -7.118x + 777.306$ ,  $r = 0.973$ ,  $p < 0.01$ ) が見られた。すなわち、熟練者の場合、緩速泳によって各筋の活動時間は部位によって多少異なるものの全体的には長くなるが、一定の泳速変化の範囲では筋の活動機序に変化が見られずストロークメカニクスが保持されることを示唆している。

未熟練者の筋活動は、緩速泳ではプルからプッシュにかけて用いられる筋の活動時間においてやや長くなり、リカバリーからグライドに用いられる筋の活

動時間においてはほとんど変化が見られず、熟練者の筋活動とは逆の傾向が見られた。また、泳速変化率が  $84.7 \pm 4.6\%$  の未熟練者であったが、この筋活動時間の変化率に相応する一定の動作変化は確認できなかった。このことは、未熟練者ではいわゆる動作が停止して推進力を失っている状態を意味し緩速泳とは言い難い状態であり、未熟練者では熟練者に比較して緩速泳で泳ぐことが困難であることを示唆している。

したがって、未熟練者では個人差を勘案しながら泳速が  $80\% \max$  以下にならないよう練習の内容を設定し、また熟練者では  $70\% \max$  程度の緩速泳であれば基礎的持久力の育成として十分にトレーニング効果を見出すことが可能であると考えられる。しかしながら、未熟練者では泳速変化と筋活動時間間に直線的な関係は見られず、緩速泳による筋活動時間への影響は図 3-4 に示したように熟練者と逆の傾向を示しており、筋の活動機序に影響を与えていることを考えればストロークメカニクスが崩壊していることも考えられ、未熟練者には緩速泳が難しいことを示唆している。したがって、初級者や中級者の水泳練習では  $80\% \max$  以上の泳速で泳ぐことが必要であり、そのためには短い距離を繰り返して泳ぐ練習方法が考えられ、必要に応じて休息時間を長くする等、調整して練習を行うことが必要であると考えられる。

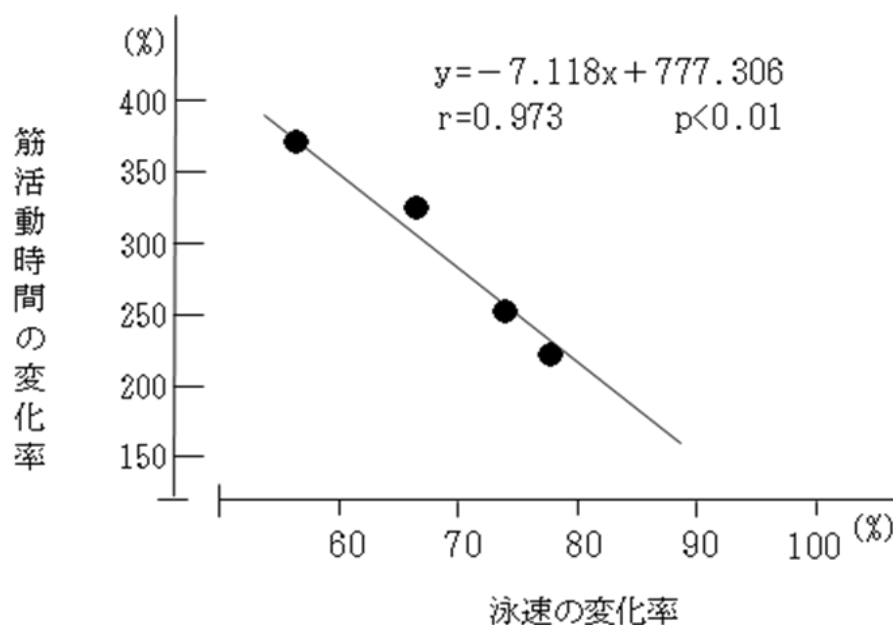


図 3-5. 泳速の変化と筋活動時間の変化の関係

## 1. 5. 結論

本節では、クロール泳を 50m 程度泳ぐことができる中級者を未熟練者とした 4 名と水泳トレーニングを 10 年以上行ってきた上級者を熟練者とした 4 名を対象に、クロール泳による最大努力泳時と緩速泳時の筋活動について筋電図分析により調査を行い、未熟練者および熟練者のクロール泳における最大努力泳時と緩速泳時の筋活動と動作変化の特徴を明らかにすることによって、水泳練習や水泳トレーニング時におけるクロール泳指導への提言を図ることを目的とした。そのため、クロール泳の最大努力泳時と緩速泳時の泳速測定およびその時の筋電図を導出し、クロール泳のストロークメカニクスについて検討を行った。その結果は、以下に示した通りであった。

- 1) 最大努力泳時に対する緩速泳時の泳速の変化および泳速変化率は、熟練者では泳速の変化が  $2.8 \pm 0.7$  秒、泳速変化率が  $74.9 \pm 5.3\%$  であり、未熟練者ではそれぞれ  $3.0 \pm 1.2$  秒、 $84.7 \pm 4.6\%$  で、熟練者と未熟練者を比較では泳速の変化には有意差は見られなかったが、泳速変比率においては有意な差が見られた。
- 2) 筋活動の変化は、未熟練者では筋活動が全体的に小さな変化に留まり、筋活動時間の変化率が熟練者と逆の傾向、すなわちプルからプッシュにかけての活動時間が長くなる傾向を示した。
- 3) 熟練者では、プルからプッシュにかけて活用される上腕二頭筋、上腕三頭筋、大円筋に比較して、リカバリーに活用される三角筋、僧帽筋がさらに入水後からグライドにかけて長く活用された。また、アームストローク全体に活用されている尺側手根屈筋が、特にグライドからキャッチにかけて長く活用された。
- 4) 緩速泳時における泳速変化率と筋活動時間の変化率の関係は、熟練者では直線的な関係が見られたのに対して、未熟練者では一定した傾向は見られなかった。

以上の結果から、熟練者では、未熟練者に比較して水泳トレーニングにおいてストロークメカニクスの崩壊を来すことのない緩速泳で泳げる幅が広いことが明らかとなった。そのため、水泳練習や水泳トレーニングにおいて、その目

標に適正な負荷を見出す泳速設定が可能である。その際、その目標に不適正な負荷をもたらす泳速設定やストロークメカニクスが崩壊するような緩速泳は避けなければならない。

その目標に適正な負荷を見出す泳速は、熟練者では最大努力泳の 70%程度において筋の活動機序に変化が見られなかったことから、最大努力泳の 70%程度を限度として泳距離を長くすることによりストロークメカニクスを崩壊することなく基礎的持久力を見出すことが有効である。最大努力泳の 70%未満の緩速泳では筋の活動機序の変化、すなわちストロークメカニクスが崩壊する可能性が高まるため水泳練習や水泳トレーニングにおいては避けた方がよいと考えられる。

一方、未熟練者では最大努力泳の 80%以下の緩速泳になるとストロークメカニクスの崩壊を来すことが推測されるため、水泳練習や水泳トレーニングでは最大努力泳の 80%以上の泳速で行うことが望まれる。しかしながら、未熟練者にとっては、最大努力泳の 80%以上の泳速は早期に疲労を引き起こし、練習やトレーニングが困難になってくるため、泳距離を短くすることや休息時間を長く設定することが必要であると考えられる。いずれにしても、クロール泳で 50m 程度泳げる中級者程度に習熟することによって、ストロークメカニクスが崩壊することのない、かつ練習やトレーニングの目標に適正な負荷を見出すことができる泳速の設定を図ることが大切である。また、泳速向上を目指したトレーニングでは、最大努力泳によってストロークメカニクスの改善を含めた計画を図ることが必要である。

しかしながら、熟練者であっても最大努力泳で泳ぎ続けることは困難であり、筋疲労により泳速が低下を招いてトレーニング効果が低下する。そのため、筋の疲労を大きく伴うことのない、最大努力泳速やそれを超えるような泳速を確保できる水泳練習法や水泳トレーニング法を検討することが課題となる。この点については、水泳用具を用いた練習やトレーニングによる泳速改善や泳力向上の可能性が考えられるが、次節において水泳用具を用いたクロール泳のストロークメカニクスについて検討を進めることとした。

## 第2節 水泳用具活用時のクロール泳の

### ストロークメカニクスについて

#### 2. 1. 目的

水泳では、その技術を習得するために種々の水泳用具を用いた水泳練習やトレーニング（以下、水泳練習という）が行なわれている。水泳練習において水泳用具を活用する目的は、姿勢を保持するために活用する補助的手段と運動負荷を増大して泳力の向上を図るために活用する補強的手段に大別することができる。しかしながら、水泳練習における水泳用具の活用については、目的とする水泳技術の向上に対してどのような効果が見出されるのかについて具体的に研究した先行事例は少ない。著者が文献を渉猟した範囲では、マーク・シュバート（1977）のフィンやパドルの活用とその効果や宮畑（1988）のビート板の特性とその作用に関する報告が見られた。また、高野（1978）は、7～8才のエイジグループ（学童，中学生）選手を対象にフィンを用いたグループと用いないグループに分けて水泳練習を行わせ、どちらのグループに記録向上の変化が大きく現れるかについて調べ、その結果フィンを用いたグループの方が記録の向上度が大きかったと報告している。このことに関しては、エディ・ロウの研究（1978）においても同様の結果を報告している。しかし、これ等の報告には、水泳技術の習得や改善のための具体的な活用法や指導法等の考察あるいは提言は見られなかった。

ところで、水泳練習中に用いる水泳用具の中で最も多く用いられている用具は、直接推進するための原動力を生み出している手や足につける用具、すなわちフィンやパドルを挙げることができるが、これ等は多くの水泳選手や水泳指導者によって用いられて効果的であると考えられているが、しかし効果的であるとする十分な裏付け資料もなく成功経験が主たる礎であり、科学的検証に基づいた資料はほとんど見られないのが現状である。

そこで本節では、水泳練習や水泳指導の際に頻繁に活用されている水泳用具がストロークメカニクスに及ぼす影響について明らかにし、水泳練習や水泳指導の際に水泳用具を用いた効果的な指導資料の提供あるいは指導への提言を図ることを目的とした。そのため、水泳中の筋電図を導出するとともに水中映像

の撮影を行った。試技は、緩速泳、最大努力泳、フィン泳およびパドル泳を用いたクロール泳を行わせ、得られた資料により水泳用具を用いた泳ぎ方について検証し、水泳練習や水泳指導の際に水泳用具を効果的に活用するための課題や問題点について検討を加えた。

## 2. 2. 方法

被験者は、水泳歴が10年以上で50mクロール泳記録が25～26秒程度の男子水泳部員3名とし、これまでに水泳用具を用いて水泳トレーニングを行ってきた健康な成人男性を対象とした。なお、被験者は、日本学生選手権出場者を含めいずれも全国レベルの水泳競技会に出場している者で、本論全体から見た習熟度は上級者であった。被験者の身体的特性は、表3-5に示した通りであった。

表3-5. 被験者の身体的特徴

身体的特性 被験者	年齢 (yrs)	性別 (sex)	身長 (cm)	体重 (kg)	50mクロール 記録(sec)
A	24	M	173cm	65kg	25" 3
B	19	M	176cm	63kg	26" 0
C	22	M	171cm	64kg	25" 5

水泳中の筋電図の記録は、三栄測器製13要素多元電気的記録装置を用い、筋電図の記録用紙の送出速度は3cm/secに設定し、校正電圧は5mm/1mVで行った。水泳中の映像撮影は、ボレックス社製の16mmカメラおよびVTRカメラを用いて撮影し、16mmカメラの撮影ではフィルム速度を32コマ/secに設定した。筋電図と映像写真との同期は、16mmカメラに取り付けたフレームマーカからジェネレーターを経て記録装置上のペンに導出させることによって行った。なお、VTR撮影は、被験者の必要な動作パターンの確認と検者の合図等を明確に表すため、実験全体の状況を対象に行った。

試技は、緩速泳、最大努力泳、フィン泳およびパドル泳の順で行い、それぞれの試技の間においては十分な休息を与えた後、つぎの試技に影響のないように配慮して2回ずつ行わせた。なお、緩速泳は80%努力泳を指示し、水泳用具を用いた各種の泳ぎ方に際しては最大努力で泳ぐよう指示を与えた。

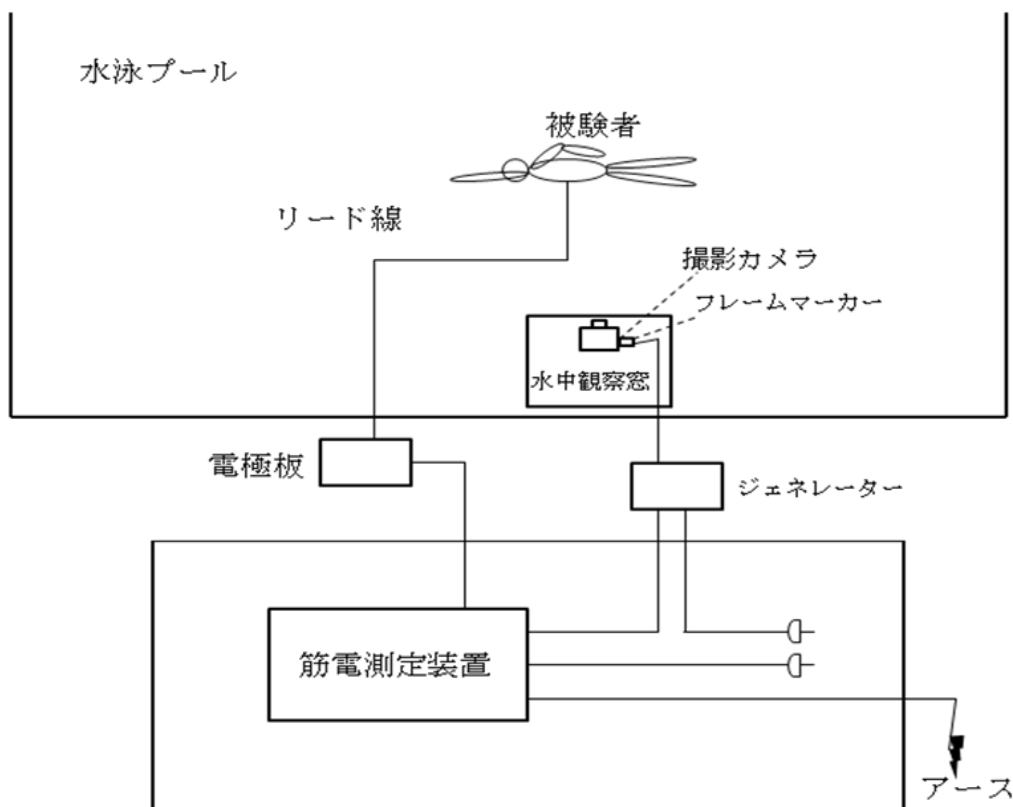


図 3-6. 実験測定図

水泳記録は、それぞれの試技条件が異なることから、プール壁を蹴り出した後 10m 通過時点から 25m 到達時点までの 15m 泳の所要時間を測定した。筋電図の記録は、リード線を用いて 10 m 通過時点から 20m 通過時点までの 10m 間を測定した。同様に、映像撮影はこの 10m 間の範囲を撮影対象とした。なお、実験測定図は、図 3-6 に示した通りであった。実験の際には、1ヶ月前までに予備実験を行い、水泳用具の装着や実験手順等について検討を加えて本実験を行った。なお、フィンとパドルの活用については、本実験を行うまでにも活用してきたものを使用したが、十分慣れさせるために通常の水泳トレーニングに取り入れて使用させた。この間、被験者全員に適合するようにフィンの改良を試みた。

被験筋は、水泳中特に用いられる筋肉を対象に、フィンやパドルを用いることによってその影響が顕著に現れると予測される筋肉、水中動作とリカバリー動作に用いられる筋肉、そして互いに拮抗し合う筋肉を考慮して、三角筋、僧帽筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋、大円筋、大胸筋、広背筋、大腿二頭筋、大腿直筋、前脛骨筋および腓腹筋を対象として選定した。



## 2. 3. 結果

クロール泳法における緩速泳，最大努力泳，フィン泳およびパドル泳によって，得られた映像と筋電図を用いて，それぞれの運動特性について調べた。

15m 泳の記録は，水泳用具を用いることによって蹴り出しの際にスタート条件が異なることから，スタート後 10m 通過時点より 25m（プール端壁）到達時点までの時間を測定した。1 サイクル中の所要時間については，導出された筋電図により調べた。1 サイクル中の推進距離は，映像により 10m 通過後の手先入水時の動作が 5 回行われるまでの距離を測定し，得られた値をストローク数で除して算出した。泳速は，1 サイクル中の推進距離をその所要時間で除して算出した。結果は，表 3-6 にその一覧を示した通りであった。

表 3-6. 水泳用具を用いた各種泳ぎ方の比較

測定項目 被験者	各種用具泳	15m 泳記録 (sec)	1サイクル 所要時間 (sec)	1サイクル 推進距離 (m)	泳速 (m/sec)
A	緩速泳	11.8	1.38	1.75	1.27
	最大努力泳	10.1	1.19	1.79	1.50
	フィン泳	9.3	1.13	1.84	1.63
	パドル泳	9.7	1.20	1.68	1.50
B	緩速泳	12.2	1.20	1.49	1.24
	最大努力泳	10.1	1.08	1.60	1.48
	フィン泳	9.3	1.05	1.70	1.62
	パドル泳	9.8	1.13	1.57	1.49
C	緩速泳	11.5	1.35	1.54	1.30
	最大努力泳	9.7	1.18	1.46	1.56
	フィン泳	8.8	1.15	1.63	1.70
	パドル泳	9.2	1.17	1.46	1.57

15m 泳の記録，1 サイクル中の所要時間，1 サイクル中の推進距離および泳速については，表 3-7 に示したように，それぞれ測定値の平均と標準偏差を求めた。これらを見ると，最も速く泳げる順に泳ぎ方をあげると，フィン泳，パドル泳，最大努力泳，緩速泳の順であった。1 サイクルにおける所要時間ではフィ

ン泳，最大努力泳，パドル泳，緩速泳の順で短くなり，また 1 サイクルにおける推進距離ではフィン泳，最大努力泳，緩速泳，パドル泳の順で長くなる傾向であった．1 ストローク中の推進距離と所要時間の関係式（両者の除算）から効率性を示すインデックスを導くと，表 3-8 に示した通り，フィン泳，最大努力泳，パドル泳，緩速泳の順で効率性が確認された．

表 3-7. 水泳用具を用いた各種泳ぎ方の測定値の平均と標準偏差

各種用具 測定項目	緩速泳	最大努力泳	フィン泳	パドル泳
15m泳記録(sec)	11.83±0.35	9.97±0.23	9.13±0.29	9.57±0.29
1サイクル所要時間(sec)	1.31±0.10	1.15±0.06	1.11±0.05	1.17±0.04
1サイクル推進距離(m)	1.59±0.14	1.62±0.17	1.72±0.11	1.57±0.11
泳速度(m/sec)	1.27±0.03	1.51±0.04	1.65±0.04	1.52±0.04

(sec, m)

表 3-8. 1 サイクル中の推進距離と所要時間のインデックス

各種用具 測定項目	緩速泳	最大努力泳	フィン泳	パドル泳
1サイクル推進距離 ÷1サイクル所要時間	1.22	1.41	1.55	1.34

図 3-7 は，最大努力泳，緩速泳および水泳用具を用いた各種の泳ぎ方における筋電図（被験者 A）を示したものである．これらを通覧すると，各種の泳ぎ方における筋の活動機序の比較ではほとんど変化が見られないが，上肢筋の緊張度ではパドル泳が最も強く表れ，続いてフィン泳，最大努力泳，緩速泳の順で強く，下肢筋ではフィン泳が最も強く表れ，続いてパドル泳，最大努力泳，緩速泳の順で強く表れる傾向を示した．

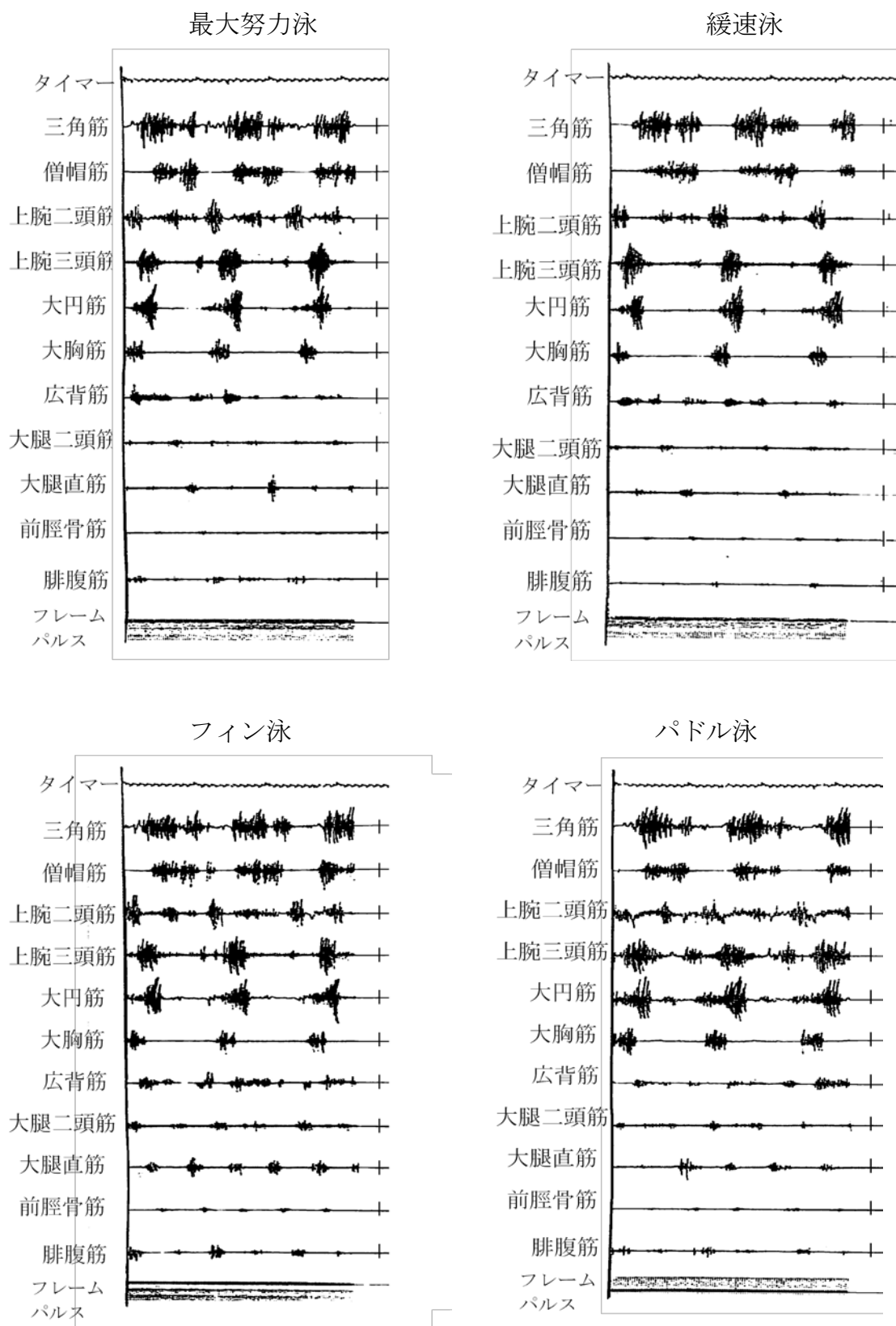


図 3-7. 水泳用具を用いた各種泳ぎ方の筋電図 (被験者 A)

筋活動について各種の泳ぎ方のストロークメカニクスから見ると、いずれの泳ぎ方においても筋放電様相はほぼ同様に表れたが、リカバリーに用いられる三角筋および僧帽筋では緩速泳において緊張度がやや低かったが、フィン泳、パドル泳では最大努力泳とほぼ同様であった。

一方、水中動作に用いられる上腕二頭筋、上腕三頭筋、大円筋、大胸筋および広背筋ではパドル泳が最も緊張度が高く、フィン泳では最大努力泳に比較して緊張度が高く表れた。キックに用いられる大腿二頭筋、大腿直筋、前脛骨筋および腓腹筋について見ると、緩速泳において緊張度が最も低く、フィン泳が最も高く表れたが、パドル泳では最大努力泳に比較して強く表れ、その強さはむしろフィン泳に近似した強さが見られた。

最大努力泳に対する各種の泳ぎ方の比率は、表 3-9 に示した通りであった。これを見ると、緩速泳ではいずれの項目においてもパフォーマンス（運動成就度）の面での十分な評価が見られず、フィン泳ではいずれの項目においてもパフォーマンスの面で効果的な評価が見られた。パドル泳では 1 サイクルの所要時間と泳速度ではほとんど差が見られなかったが、15m 泳記録と 1 サイクルの推進距離においてパフォーマンス面の効果的な評価が見られた。

表 3-9. 最大努力泳に対する各種泳ぎ方の比率

測定項目 測定比率	15m 泳記録	1サイクル 所要時間	1サイクル 推進距離	泳速度
緩速泳 最大努力泳	118.7 ±2.0	113.9 ±6.2	98.1 ±5.1	84.1 ±0.7
フィン泳 最大努力泳	91.6 ±1.1	96.5 ±1.6	106.2 ±2.2	109.3 ±0.4
パドル泳 最大努力泳	96.0 ±2.8	101.7 ±2.3	96.9 ±3.1	100.7 ±0.5

(%)

#### 2. 4. 考察

本節では、水泳練習や水泳指導の際に水泳用具を効果的に活用するための資料提供とその際の指導への提言を図ることを目的とした。そのため、水泳用具

を用いた水泳練習やトレーニング時におけるクロール泳のストロークメカニクへの影響について検討した。

陸上競技におけるスプリント練習では、自己のもつ最大スピードをわずかに超えるようなスピードを経験させることによって相反神経支配の切換えを素早くしようとしたトレーニング方法が用いられている（浅見ら，1977）。このことは、神経系において速くかつ正確に筋活動の強さ、時期、組み合わせをコントロールするようになることがその運動を巧みにこなすための条件とした考え方（猪飼，1972）に基づくものである。すなわち、完成された運動では、筋収縮が起こされる筋紡錘や関節受容器等からのインパルスが筋収縮にコントロール的に働いているが（伊勢村，1966；東京大学教養学部体育研究室編，1971），運動学習すなわち水泳練習やトレーニングではこのインパルスの伝導速度をさらに高めることによって、より高い水準の運動技術を身につけることをねらいとしている。

水泳では、多くの場合、自己のもつ最大努力下のスピードによって練習が行われているが、近年水泳用具を用いた練習を取り入れられ、自己のもつ最大努力超のスピードを経験することが可能となり（E. ロウ著，柴田訳，1978），また水泳用具を用いた練習によって記録の向上（高野，1978）や水泳技術の習得に役立つ（B. キャッシー著，川副訳，1977）ことが認められている。そこで、クロール泳を用いた最大努力泳を基準として、緩速泳およびフィンやパドル等の水泳用具を用いた泳ぎ方がストロークメカニクスにどのような影響を及ぼすかについて検討を加えた。

緩速泳は、80%努力で泳ぐよう指示を与えて行ったが、結果的には84.1%であった。その際の筋電図を見ると、全体的には筋緊張度はやや低下したが、筋の活動機序については最大努力泳時と比較してほとんど変化は見られなかった。柴田ら報告（1974）では、バタフライ泳の熟練者では66%の緩速泳でも筋の活動機序に変化が見られなかったとしているが、今回のクロール泳の84.1%程度の緩速泳では活動機序に変化が見られなかったのは当然のことと考えられる。このことはまた、ストロークメカニクスが崩壊しない程度の緩速泳であれば加賀谷（1973）の意見を勘案しても、泳ぐ距離を長くすることによっては相応の運動強度を十分確保できることを意味するもので、80%程度の緩速泳の泳距離

を長くすることによって持久力を高めたり、手足の動作に意識の焦点を置いたりするフォームの矯正練習として十分効果的であると考えられる。しかし、1サイクル中の所要時間（113.9%）が長く、推進距離（98.1%）が短くなるような緩徐な泳ぎ方では、スピード養成を目的とした水泳練習においては十分な効果を期待することはできないものと考えられる。

水泳用具を用いた泳ぎでは、最大努力で泳ぐことを指示したが、最大努力泳の泳速度を100とした場合のフィン泳の泳速度は109.3%、パドル泳の泳速度は100.7%であった。最大努力泳の泳速度を超える泳速度を経験し、知覚受容器からのインパルスの伝導速度を高め、高い水準の水泳技術を身につけようとした場合、パドル泳では最大努力泳を超える泳速度が出せないため困難であると考えられる。また、最大努力泳の泳速度を超える泳速度で練習する場合、その程度が大きすぎると逆にフォームを崩してしまったり、スムーズな動作ができなくなったりするが（浅見ら，1977）、フィン泳では筋緊張の強さ、筋活動時間において最大努力泳とほぼ同様の筋放電様相であったことを考えると、フォームの崩れはほとんど見られず、水泳練習においてフィン泳を活用することには大きな意義があると考えられる。

図3-8は、各種泳法の最大努力泳に対する比率を示したものである。

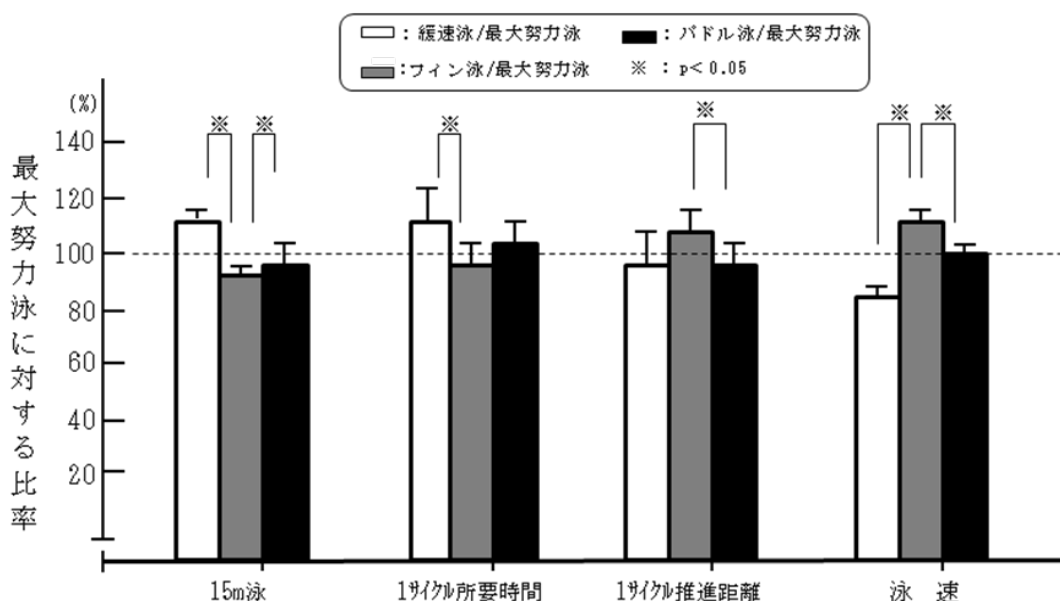


図3-8. 各種泳法の最大努力泳に対する比率

これを見ると、1サイクル中の所要時間と推進距離では最大努力泳に比較して、フィン泳で所要時間(96.5%)が短く、推進距離(106.2%)が長くなった。パドル泳では所要時間(101.7%)が長く、推進距離(96.9%)が短くなった。総合的に見ると、フィンを用いることにより1サイクル中の推進距離が長くなるのが特徴的であり、パドルを用いることにより1サイクル中の所要時間が長くなるのが特徴的であることがわかった。すなわち、水泳技術の改善目的は、究極的には定められた距離をいかにして速く泳ぎ切るかの問題(宮下, 1970)であり、1サイクルを短時間、かつ長い距離を推進することのできる水泳技術が望まれる。その意味では、フィンの活用は水泳技術の改善に役立つものと考えられるが、逆にパドルの活用は水泳技術の改善について見ると大きな意義は認められないが、M. シュバート(1977)やB. キャッシー(1977)の報告で述べているようにアームストロークに動員される筋肉の筋力トレーニングとしての有効性は評価することができるものと考えられる。

つぎに、筋活動について見ると、水泳用具の活用によって筋の活動機序に変化が見られなかったことは、クロール泳の練習においてフィンやパドルを用いてもストロークメカニクスには影響のないことを示唆しているものと考えられる。しかしながら、上肢筋の緊張度は最大努力泳に比較してフィン泳やパドル泳では強く表れ、特にパドル泳では著しかったことを考えると、水泳用具を用いた泳ぎは水泳の特殊性を反映した筋肉トレーニングとして活用することには有効であると考えられる一方で、パドル泳では筋緊張度が著しかった点を考えると過度に活用することによって水泳肩(Swimmer's shoulder: 肩関節痛)を引き起こす可能性を無視できないであろう。下肢筋の緊張度は最大努力泳に比較してフィン泳やパドル泳では強く表れ、特にフィン泳では著しくなった。この点についても同様に、水泳の特殊性を反映したキックに用いられる筋の筋力トレーニングとして有効と考えられ、また一方ではフィン泳を過度に活用することによる膝あるいは足関節の運動障害は避けなければならないと考える。

筋活動についてアーム動作、キック動作の観点から見ると、アームのリカバリ動作に用いられる三角筋および僧帽筋の緊張度は緩速泳を除いてフィン泳、パドル泳、最大努力泳でほぼ同様であったが、アームのプル動作に用いられる上腕二頭筋、上腕三頭筋、大円筋、大胸筋および広背筋はパドル泳では当然で

あるとしてもフィン泳では最大努力泳に比較して緊張度が強く表れたこと、あるいはキックに用いられる大腿二頭筋、大腿直筋、前脛骨筋および腓腹筋はフィン泳では当然であるとしてもパドル泳では最大努力泳に比較して緊張度が強く表れことを考えると、水泳用具を用いたクロール泳ではアーム動作とキック動作の両者にも練習効果をもたらす可能性が示唆された。

最後に、本節で用いたフィンは、被験者に適合するよう市販のフィンを改良したものである。市販のフィンは、予備調査において過度な動きに伴う筋の疲労や疼痛あるいはフォームの崩壊をもたらすことが少なからず認められたことによるものであり、水泳用具の活用の際には身体に適合したものを選んだり、改良したりすることが重要であると考え。パドルについても同様のことが考えられるが、パドルはすでに多種、多様のパドルが市販されていることから、適切なサイズを選定することが必要と考える。

## 2. 5. 結論

本節では、水泳練習の際に頻繁に活用されている水泳用具がストロークメカニクスに及ぼす影響について明らかにし、水泳練習の際に水泳用具を用いた効果的な指導資料の提供および指導への提言を図ることを目的とした。そのため、日本学生選手権等の全国レベルの水泳競技会に出場した男子水泳部員を上級者として、クロール泳時の筋電図を導出するとともに水中映像の撮影を行った。試技は、緩速泳、最大努力泳、フィン泳およびパドル泳を用いたクロール泳とし、水泳練習の際に水泳用具を効果的に活用するための課題や活用上の問題点について検討を行った。その結果は、以下に示した通りであった。

- 1) 筋の活動機序は、緩速泳、最大努力泳、フィン泳およびパドル泳ともにほぼ同様であった。
- 2) 筋の緊張度は、上肢筋ではパドル泳、フィン泳、最大努力泳、緩速泳の順で強く表れ、下肢筋ではフィン泳、パドル泳、最大努力泳、緩速泳の順で強い緊張度を示した。
- 3) フィン泳は、1 サイクル中の所要時間が試技の中で最も短く、かつ推進距離が最も長く、泳速度が最も速かった。
- 4) パドル泳は、最大努力泳に比較して1 サイクル中の所要時間がやや長かつ



たが、推進距離がやや短く、泳速度がやや速かった。

以上のことから、水泳用具を用いて水泳練習を実施するためにはいくつかの留意点を念頭に置いて実施することが必要であることが明らかになった。まず、緩速泳では前節において述べたようにクロール泳のストロークメカニクスが崩壊しない程度の泳速、すなわち最大努力泳の70%以上の泳速度が望ましいこと、また最大努力泳は疲労が早期に到来して続けて長く活用することができなくなるため、習熟度の高い上級者の競技を目的としたスピード練習として活用を図ることができるが、学校水泳では水泳の学習のねらいの観点から最大努力泳よりむしろ最大努力下で最大努力泳の70%以上の泳速での水泳活動が望まれる。

フィン泳の活用は、クロール泳の筋活動機序に影響を及ぼすものではなく、キックに関与する筋肉の緊張度が高まり、かつアームストロークに関与する筋肉の緊張度が最大努力泳に比較してやや高まった点や一サイクルが短時間で長い推進距離を進むことのできる効率的な泳ぎであったことを考え合わせると、水泳練習法としての効果的な手段であると考えられる。パドル泳の活用は、同様にクロール泳の筋活動機序に影響を及ぼすものではなく、アームストロークに関与する筋肉の緊張度が高まり、キックに関与する筋肉の緊張度がやや高まったこと、一サイクルの推進距離が最大努力泳と比べてやや短くなったものの、水泳練習法としての効果的な手段であると考えることができる。

本節では、上級者を対象としてクロール泳時に活用した水泳用具がストロークメカニクスに及ぼす影響について調査した結果、クロール泳の上級者にとっては水泳練習時にフィン泳やパドル泳を活用することは泳力向上や泳法改善に効果的であることが明らかになった。しかしながら、習熟度の低位の初級者や中級者の水泳用具の活用は、筋の活動機序の崩壊あるいは筋肉の過緊張を伴うことが推測され、そうした過度な活用により肩関節や膝関節の傷害を引き起こす可能性も考えられることから、水泳練習において活用する際には慎重でなければならない。いずれにしても、補強的な水泳用具としての活用に当たっては、Robert ら（1995）が指摘しているように一定期間の水泳活動を続けた者や PHV（年間最大伸長速度）が到来して2年程度経過した時期を目安に活用することが望まれる。補助的な水泳用具としての活用の際には、活用による泳ぎ方の変化を見極めながら活用を図ることが大切であると考えられる。

## 参考・引用文献

阿久津邦男（1964）水泳のエネルギー代謝に関する研究（その2），水泳スピードと効率の関係，体力科学 Vol. 13, pp.180-188.

浅見俊雄ら（1977）スポーツとパワー，現代のスポーツ科学，大修館書店，pp. 241-243.

キャッシー B. 著，川副哲男訳（1977）Butterfly の初心者指導法，水泳研究 2-1，インターナショナルスイミング K. K.，pp. 16-17.

Cureton T., (1930) Mechanics and Kinesiology of Swimming, Research Quarterly 1.

猪飼道夫，江橋慎四郎（1966）体育の科学的基礎，東洋館出版社，p. 153.

伊勢村寿三（1966）脳と神経系，現代の生物学 6，岩波書店.

加賀谷淳子（1973）成人女子の持久性トレーニングの強度に関する研究(1)，—最大酸素摂取量の80%負荷のトレーニング効果—，体育科学 I，財団法人体育科学センター，pp. 98-107.

ロウ E. 著，柴田義晴訳（1976）短距離全力速泳のためのスイムフィンの活用について，水泳研究 3-4，インターナショナルスイミング K. K.，pp. 23-26.

宮畑虎彦，梅田利兵衛（1961）キネシオロジーによる新体育・スポーツ選書 7，水泳，学芸出版社，pp. 102-113.

宮畑虎彦（1988）私の泳ぎ，不昧堂出版，pp. 239-243.

宮下充正(1970) 水泳の科学, 杏林書院, p. 153.

日本水泳連盟編 (1980), 水泳指導教本, 大修館書店, pp. 8-9.

Robert M. Malina 他著, 高石昌弘他訳(1995), 発育・成熟・運動, 大修館書店, pp. 228-231.

柴田義晴 (1974) バタフライの指導法についての基礎的研究, 東京学芸大学大学院修士論文, P113.

柴田義晴 (1975) 高速泳時と緩速泳時におけるバタフライ泳法の筋電図学的研究, 体育の科学 第25巻, 第7号, 体育の科学社.

シュバート M. 著, 今野純訳(1977) バタフライ泳者のトレーニング法, 水泳研究 2-2, インターナショナルスイミング K. K., pp. 20-33.

高野恒久 (1978) 私の好きな練習法, -シュミレート・スピードトレーニング-, Swimming magazine 2-5, pp. 1-19.

東京大学教養学部体育研究室編 (1971) 保健体育資料, 東京大学出版会, pp. 11-13.

Treffene, R., Alloway J. and Shaw J. (1978) Use of heart rates in the determination of swimming efficiency, Swimming Medicin IV, University Park Press, pp. 132-136.

## 第4章 テザード法を用いたクロール泳の検討

今日、水泳トレーニングではそのトレーニング目標に必要なトレーニング負荷を見出すために泳距離、泳時間および休息時間を組み合わせ、泳距離は 25m あるいは 50m プールを折り返すことによって計画設定している。こうした水泳トレーニングでは、水泳が同じ動作を何度も繰り返して行う循環性運動の特性を有するとともにクローズドスキルとしての運動特性を持つため、泳者自身の意志や努力に支えられるところが大きい。そのため、意志や努力の持ち方によってはトレーニングの質的な面に大きく影響を及ぼし、オーバートレーニングとなったり、トレーニングの強度不足に陥ったりすることが多々見られる。また、水泳トレーニングの際には、1つのレーンを何度も往復して泳いだりして、決められた活動スペースで一度に多くの泳者が泳ぐことが多く、個々の目指すトレーニング強度や泳速を安定して確保することができないことがあり、かつストロークメカニクスに少なからず影響を及ぼしていることが推察される。

テザード法は、前方あるいは後方から牽引されながら泳ぐ方法のことであるが、テザード法を用いた水泳トレーニングでは牽引負荷あるいは牽引時間を一定に保つことが可能であり、牽引負荷を定量的に増減設定してトレーニングを行うことが可能であると考えられる。また、一定の場所で泳ぎ続けるテザード法、すなわちその場泳ぎのテザード泳は、これまでも水泳の生理学的負担度の検証に用いられてきたことから、水泳のトレーニング法として活用することができるのではないかと考えた。しかも、その場泳ぎのテザード法を用いた水泳トレーニングでは、牽引用ロープの長さを変えることによって個々の泳ぐ位置をプール壁からの距離を互い違いに設定し、一度に多くの泳者が衝突等の危険の心配もなくトレーニングが行える利点も考えられる。その上、水泳トレーニング中の衝突を回避できることから、泳者自身の意志や努力の低下による泳速への影響もなく泳ぎ続けることができ、さらに水底に専用の水中鏡（スイムミラー）を設置することにより自分の泳ぎを観察しながら水泳トレーニングを行うことが可能となる。

しかしながら、テザード法を用いた生理学的負担度の検証の際にはクロール

泳が一般的に用いられてきたが、テザード法を用いたクロール泳のストロークメカニクスの検証については著者の文献渉猟の範囲ではほとんど見られないのが現状である。テザード法を用いたクロール泳が通常のクロール泳と比較してストロークメカニクスが大きく異なっているならば、クロール泳の技術崩壊を招来していることを示すものであり、その場合テザード法を水泳トレーニングとして活用することができない。また、テザード泳時のストロークメカニクスに大きな変化がない場合においても、テザード法を用いた水泳のトレーニングの身体的負担度が過剰であったり、低過ぎたりすれば、同様に水泳トレーニングとして活用することができないと考える。

そこで、本章では、クロール泳を用いたテザード泳を水泳トレーニングに活用するための資料提供を目的として、テザード法を用いたクロール泳のストロークメカニクス、生理学的応答および知覚的応答について調査し、分析を行った。

## 第1節 ストレッチコードを用いた

### テザードクロール泳の運動特性について

#### 1. 1. 目的

本節におけるテザード法は、ストレッチコード (Stretch code) の張力によって牽引されながら泳ぐ方法を用いたテザード法 (以下、テザード泳という) である。水泳練習あるいはトレーニング (以下、水泳トレーニングという) として初めて取り入れられたのは、著者が渉猟した文献 (R. Kiphuth, 1942) から少なくとも 1930 年代であることがわかる。当時のテザード泳の活用目的は、狭い場所で一度に多くの泳者を同時に泳がせたり、一定の位置 (負荷) で一定時間を泳がせたりすることによってトレーニングの強度を定量的に確保することであった。

その後、テザード泳の活用の目的意識が明確になり、陸上で行われる筋力トレーニングが水泳の特殊性を反映していないといった理由 (Arend, 1976; 小野寺ら, 1976; Roberts, 1977) から、水の中で行う筋力トレーニング法として活用されるようになった。さらに今日では、テザード泳そのものが実際に泳いで

いる時の筋活動とは異なっているのではないかといった指摘 (Boolens, et al., 1988; Carbi, Jane, 1988) 見られるようになり, テザード泳時の水中映像により手の動作軌跡から見たストロークメカニクスが研究対象 (Maglischo, 1985; Boolens, et al., 1988; Carbi, Jane, 1988) となってきた。

テザード泳の研究動向を見ると, アシステッド (assisted) 泳やレジステッド (resisted) 泳 (Madrigal, 1984; Maglischo, 1985), あるいはフル (full) テザード泳やセミ (semi) テザード泳とストロークメカニクスとの関係についての調査 (柴田ら, 1986), テザード泳時の筋活動とストロークメカニクスの関係についての調査 (Boolens, et al., 1988; Carbi, Jane, 1988), 水中のエルゴメーターとしての有効性についての調査 (Arend, 1976; Costill, 1966; Costill, et al., 1986; Meerloo, et al., 1988; 柴田ら, 1986), そして水中における諸運動の強度についての調査 (Costill, et al., 1992; Kiphuth, Robert, 1942) 等の報告が見られる。

ところが, 水泳では, パフォーマンスの構成要素として持久力の占める割合が極めて大きい。そのため, 水泳のトレーニング内容は, トレーニング期によって多少変動するもののおよそ 70~80%が持久的トレーニングとなっている (Maglischo, 1985)。しかしながら, いずれのテザード泳に関する研究においても, 水中の筋力トレーニング法としての効果あるいは水泳の運動強度を調べるために用いられ, ストロークメカニクスを勘案した技術練習や持久的トレーニング法の確立を目的として調査されたものは極めて少ないのが現状である。その意味において, トレーニング負荷の定量設定が可能であり, かつ一定の場所で泳ぎ続けることが可能であるその場泳ぎのテザード泳を対象としてクロール泳のストロークメカニクスの調査・分析とともに, 技術練習あるいは持久的トレーニングとしての有効性について検証を試みることは新たな水泳トレーニング法の確立を図る意味で有意義であると考えられる。

そこで, 本節では, その場泳ぎのテザード泳時のクロール泳のストロークメカニクス, 生理学的および知覚的応答について調査し, クロール泳のストロークメカニクスを崩壊することなく技術練習あるいは持久的トレーニング法として活用するための資料を提供することを目的とした。

## 1. 2. 方法

被験者は、水泳活動経験が 10 年以上の上級者で、日本学生水泳選手権に出場者した 3 名を含む東京学芸大学男子水泳部員 4 名であった。被験者の身体的特徴は、身長が  $173.5 \pm 4.7\text{cm}$ 、体重が  $66.3 \pm 5.7\text{kg}$ 、年齢が  $21.0 \pm 0.8$  才および 100m クロール泳の自己ベスト記録が  $55.0 \pm 0.3\text{sec}$  の健康な成人男子を対象とした。

測定日の条件は、水温が  $28.5 \pm 1.1^\circ\text{C}$  および気温が  $29.7 \pm 0.4^\circ\text{C}$  の下、東京学芸大学 25m プールで行った。なお、測定時の実験プロトコルおよび測定模式図については、図 4-1 および図 4-2 に示した通りであった。

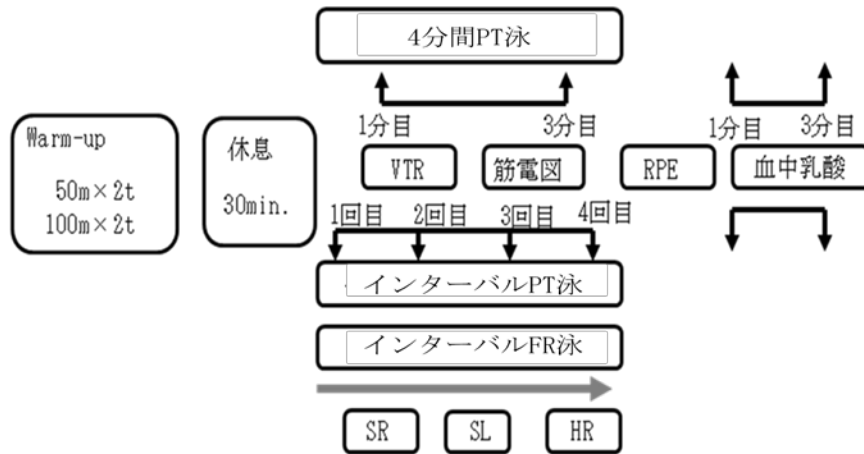


図 4-1. 実験のプロトコル

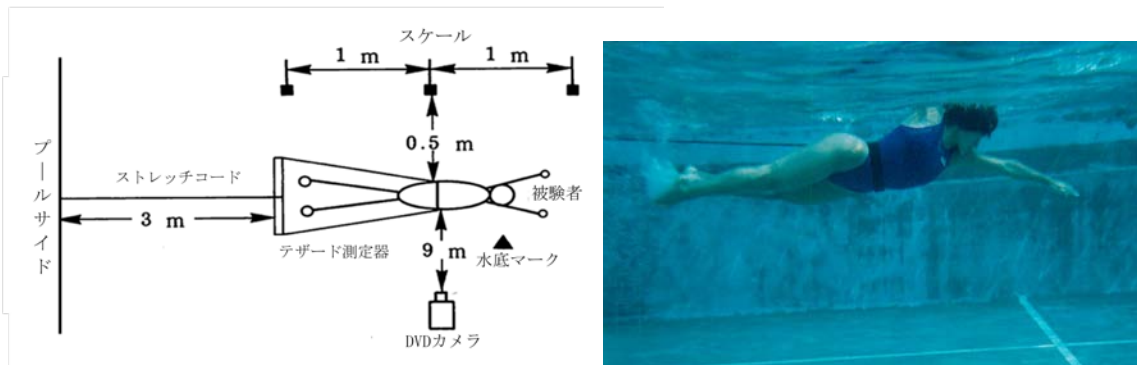


図 4-2. 測定の模式図とテザードクロール泳

被験者の測定時における身体的コンディションは、1名は8月中旬の全国国公立水泳大会を目指し、3名は9月上旬の日本学生水泳選手権を目指してトレーニングを行っている者で、全員がほぼ競技レベルの身体的コンディションにあった。すなわち、それぞれのテーパー直前の時期に当たり、1日の泳距離は約5,700m（ウォームアップおよびクーリングダウンが約1,600m、持久的トレーニングが約2,500m、VO<sub>2</sub>max トレーニングが約800m、耐乳酸トレーニングが約400m、パワートレーニングが約400m）程度の水泳トレーニングを実施している時期にあった。また、測定は、個々の行っている水泳トレーニングの疲労の影響を受けないように考慮し、午前中に実施した。

試技は、いずれもクロール泳を用いた最大牽引泳、インターバルフリー泳（以下、インターバルFR泳という）、インターバルテザード泳（以下、インターバルPT泳という）および4分間テザード泳（以下、4分間PT泳という）とし、インターバルFR泳、最大牽引泳、インターバルPT泳、4分間PT泳の順に測定を行った。各試技の間は、1時間程度の休息をとり、1日につき2試技について測定を行った。なお、その場泳ぎのテザード泳の練習は、実際の水泳トレーニングにおいて経験していることから、測定方法に関わる部分について事前練習を行わせた。

最大牽引力の測定は、被験者の腰から延ばした非弾性の3mの紐をバネばかりに取り付け、最大努力のクロール泳により一定したテザード泳ができなくなるまでの試技を15分以上の休息時間を挟んで2回行った。被験者の最大努力のクロール泳は、ストロークメカニクスおよび牽引が安定して行える3ストローク目から8ストローク目までの6ストロークを対象に、その間のバネばかりの指針の上下動をVTRに撮影した映像をスローモーション化することによって最大の牽引値を読み取り、その値を平均して最大牽引力として表した。最大牽引力は、2回の測定のうち、数値の高い方を最大牽引力として採用した。

インターバルFR泳は、50m×10回のクロール泳の繰り返しを20秒の休息を含んだ55秒サイクルを設定して行わせた。この設定の理由は、トレーニングプログラム設定項目中の1セット（例：En.2, 50m×10回×3セット, On 55秒等と表記）として実際に用いられていること、そして持久的トレーニングが基礎的持久力トレーニングが心拍数:120-150bpmのEn.1, 有酸素的トレーニングが



心拍数:150 - 170bpm の En. 2, AT トレーニングが心拍数:160 - 190bpm の En. 3 として三つに分けられている (Colwin, 1991; Maglischo, 1993) 中で, 本節では学校水泳や生涯水泳で活用されている En. 2 レベルのトレーニング強度の設定を試みた. また有酸素的トレーニングとして最適強度とされる心拍数 140 - 170bpm (Maglischo, Brennan, 1994) への達成も可能であることによるものである. なお, En. とは, Endurance の略語を示したものである.

インターバル PT 泳では, 牽引負荷を 6kg, 7kg および 8kg に設定し, インターバル FR 泳と同様の考え方に基づいて 1 回の泳時間を 35 秒とし, 休息時間 20 秒を挟んだ 55 秒サイクルに設定して 10 回のインターバル泳を繰り返して行われた.

4 分間 PT 泳は, 牽引負荷 8kg, 3kg, 7kg, 4kg, 6kg および 5kg の順に試技設定した. なお, 4 分間 PT 泳の設定理由は, 漸増負荷試験の際の血中乳酸濃度が定常値に至るまでの時間については種々の時間 (1 分, 2 分, 3 分, 5 分, 10 分) が論議されているが (山本, 中村, 1989), 4 分の運動負荷による血中乳酸濃度の定常値の推定が可能であるとされていること, また水泳では持久的トレーニングの 1 クールの練習項目に要する時間を少なくとも 10 分以上とすることが望ましい (Maglischo, Brennan, 1994) とされ, トレーニングの 1 クールの時間が長くなればさらにその内容のセット分けの計画が立てられている. その意味で, 4 分の時間は実際のトレーニングプログラム設定における多様化 (例えば, 4 分間 PT 泳×3 本, 4 分間 PT 泳×2 本×2set 等のように) に対応できることから本節の設定を行ったものである.

測定項目は, 心拍数, 血中乳酸濃度, 最大酸素摂取量, 主観的運動強度, ストロークレイト (以下, ストローク頻度という) およびストロークパターンとした.

心拍数は, 胸部双極誘導法のフクダ電子製ダイナスコープ (DS - 504) と送信機 (LX - 3220) を用い, ウォーミングアップ終了時から測定終了後の 12 分までを計測対象とし, インターバル FR 泳では 10 回終了直後, インターバル PT 泳では反復泳直後と反復泳直前, 4 分間 PT 泳では終了直後の心電図から 5 秒間の R - R 間隔により導き出した.

血中乳酸濃度は, 4 分間 PT 泳終了後の 1 分, 3 分および 5 分目に被験者の指

尖部から湧出させた血液を採取し、YSI 社製の乳酸分析器(1500 Sports)を用いて調べた。

最大酸素摂取量は、牽引負荷 1.0kg の 2 分間テザード泳から始め、5 分間の休息を挟んで 1kg ずつ牽引負荷を増加し、牽引負荷を保持ができなくなる(牽引負荷の重りが地面に接触する)まで続けて牽引泳を行わせ、呼気ガス採集は牽引泳ができなくなる時点を推測してその牽引負荷の初期段階から始めた(図 4-3 参照)。なお、呼気ガス採集に際しては、水泳中に採集するため本実験用に改良した呼気採集マスクを用いた。呼気ガスの分析は、乾式ガスメーターで呼気ガス量を計量し、 $O_2$  および  $CO_2$  の濃度については呼気ガス計量中に一部微量の呼気ガスを採集して瞬時ガス分析器(三栄測器製)によって分析を行った。



図 4-3. テザード泳による負荷実験

主観的運動強度(Rating of Perceived Exertion)については、各試技終了直後(5秒以内)に小野寺ら(1977)が作成した日本語表示の Borg の Rating Scale 表を用いて自己の身体状態を表示させた。

ストローク頻度およびストロークパターンは、VTR の撮影によって得られた各試技の映像についてクロノストローク(Nielsen - Kellerman 社製)を用い、2 ストロークを対象に 1 分間当たりのストローク頻度を計測した。ストロークパターンは、各試技の VTR 映像について映像解析装置(VTG)を用い、呼吸側(右側)の腕の手関節点、肘関節点、肩関節点の軌跡により導き出した。サンプルとした軌跡の範囲は、図 4-4 に示したように手関節点の入水時から離水時までとし、手関節点の離水時における手関節点と股関節点の間(以下、手股関節長という)と手関節点の入水時から離水時までの長さ(以下、ストローク長という)について調査した。

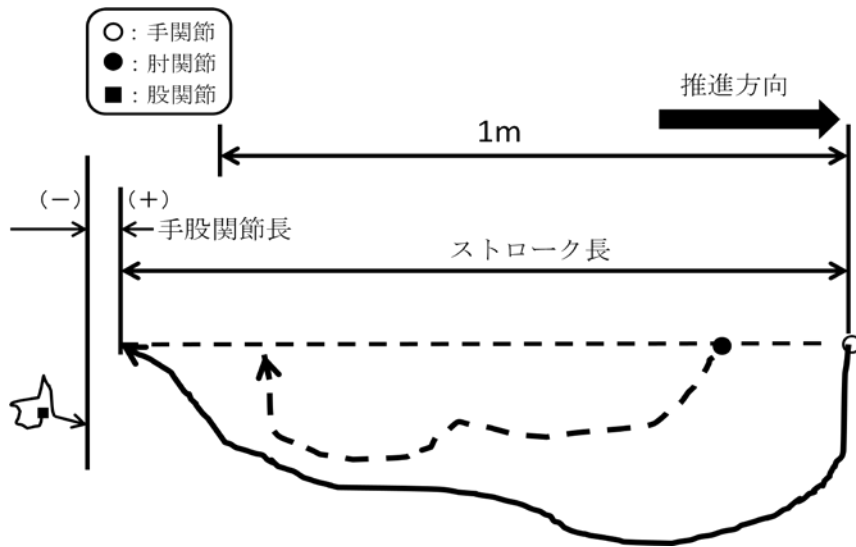


図 4-4. クロール泳時のストローク長と手股関節長

ストローク頻度およびストロークパターンのサンプルは、インターバルFR泳では水泳開始後の45-50m地点、インターバルPT泳では水泳開始後の30-35秒、4分間PT泳では水泳開始後の55秒-1分、1分55秒-2分、2分55秒-3分および3分55秒-4分の間から導き出した。

統計処理は、統計ソフト SPSS ver. 14 を用いて行い、ストロークメカニクスに関する測定値や心拍数の平均値±標準偏差を表示し、それらの変化の有意性については t 検定を用いて調べ、最大酸素摂取量および心拍数については相関係数を求めて相関関係の有無を確認した。なお、有意差の判定は、p 値が 5%未満を有意水準とした。

### 1. 3. 結果

最大牽引力は、T.H. では  $16.51 \pm 3.80\text{kg}$ 、M.K. では  $16.34 \pm 3.60\text{kg}$ 、K.K. では  $16.83 \pm 4.04\text{kg}$ 、M.S. では  $16.27 \pm 3.55\text{kg}$  で、被験者全員の平均は  $16.53 \pm 3.55\text{kg}$  であった。なお、これらの最大牽引力は、Magel らの報告 (1971) に見られる値とほぼ同値であった。

インターバルFR泳の測定結果は、表 4-1 に示した通りであった。ストロークメカニクスの一指標でもあるストローク頻度について見ると、いずれの被験者においても 10 回の繰り返しの途中でほぼ一定した推移が見られた。50m クロール

泳の記録は 33 秒～35 秒の範囲にあり，ほぼ指示した通りの時間で泳いだ．インターバル終了時の心拍数は 144～150bpm，主観的運動強度は 13 で，各被験者ともにほぼ同様傾向を示した．

表 4-1. インターバル FR 泳時の測定結果

被験者		T. H.		M. K.		K. K.		M. S.	
		SR	Time	SR	Time	SR	Time	SR	Time
インターバル FR 泳	1	31.0	33' 6	35.0	32' 9	33.5	32' 1	38.5	35' 3
	2	32.0	33' 2	34.5	35' 6	32.5	34' 8	37.0	35' 1
	3	32.5	33' 3	38.0	34' 7	32.5	35' 4	38.0	34' 9
	4	33.5	32' 9	35.0	33' 9	32.5	34' 1	39.0	35' 2
	5	33.5	32' 5	37.0	33' 7	32.0	35' 0	39.0	35' 1
	6	34.0	32' 0	38.0	34' 3	31.5	34' 1	38.0	35' 5
	7	32.0	33' 8	35.5	34' 9	32.0	34' 7	40.0	35' 0
	8	32.5	32' 9	35.5	33' 9	34.0	34' 4	38.0	34' 9
	9	32.0	33' 2	34.5	34' 6	34.5	33' 8	38.0	34' 6
	10	32.0	33' 7	37.0	35' 4	32.0	34' 0	38.0	34' 9
X±S. D.		32.5 ±0.9	33.1 ±0.6	36.1 ±1.4	34.4 ±0.8	32.7 ±0.9	34.2 ±0.9	38.4 ±0.8	35.1 ±0.4
H R		150		144		148		148	
RPE		13		13		13		13	

単位：SR=ストローク頻度 (t/min)，Time=50mクロール泳記録 (sec)，HR=心拍数 (bpm)

表 4-2 は，牽引負荷 7kg (42.3%max) によるインターバル PT 泳の測定結果を示したものである．心拍数は，いずれの被験者ともに統計学的に見ても 3 回目からほぼ定常状態になることが確認され，反復泳直前の平均心拍数について見ると 137.0±17.1bpm，反復泳直後の平均心拍数について見ると 159.3±11.5bpm であった．この値は，インターバル 10 回の平均心拍数を示したインターバル FR 泳とほぼ同等の心拍数であることを示している．なお，図 4-5 は，代表例として K. K. のインターバル PT 泳中の心拍数およびストローク頻度の変化を表したものである．心拍数は 3 回目辺りから定常化が確認することができ，またストローク頻度は全体を通してほぼ一定して推移していることが確認できる．

表 4-2. インターバル PT 泳時の測定結果

被験者	T.H.		M.K.		K.K.		M.S.		X ± S.D.	
	SR	HR	SR	HR	SR	HR	SR	HR		
インターバル PT 泳	1	29.0	132- 96	35.0	136- 96	36.5	156-108	39.0	144- 84	96± 9.8~141±11.5
	2	31.0	144-120	35.0	144-124	35.5	168-144	38.0	156-132	129±11.5~153±11.5
	3	31.5	144-132	36.5	150-132	35.0	168-144	38.0	156-144	138± 6.9~156± 9.8
	4	32.0	156-132	35.5	156-134	35.5	168-156	39.0	156-144	141±11.5~159± 6.0
	5	32.0	156-134	36.5	158-136	35.5	168-144	39.0	158-144	141± 6.1~159± 6.0
	6	32.5	154-138	36.5	160-140	35.5	168-156	38.5	162-144	143±10.2~159±11.5
	7	31.5	156-132	36.5	162-144	36.0	168-156	39.0	162-144	144± 9.8~162± 6.9 ◎
	8	31.0	156-132	36.0	168-144	36.5	174-156	38.0	168-144	144± 9.8~168± 7.5 ◎※
	9	30.5	156-132	35.5	168-144	37.0	174-156	38.0	168-156	147±11.5~167± 7.5 ◎※
	10	30.5	156-132	36.5	168-144	36.0	176-156	38.0	168-156	147±11.5~167± 8.2 ◎※
X±S.D. (SR)	31.2 ± 1.0		36.0 ± 0.6		35.9 ± 0.6		38.5 ± 0.5		総合平均	
RPE	13		14		14		14		137±17.1~160±11.5	

◎ : 1~2回目に対する有意差 (p<0.05)

※ : 3回目に対する有意差 (p<0.05)

単位 : SR(ストローク頻度 : t/min), HR(心拍数 : bpm), RPE(主観的運動強度)

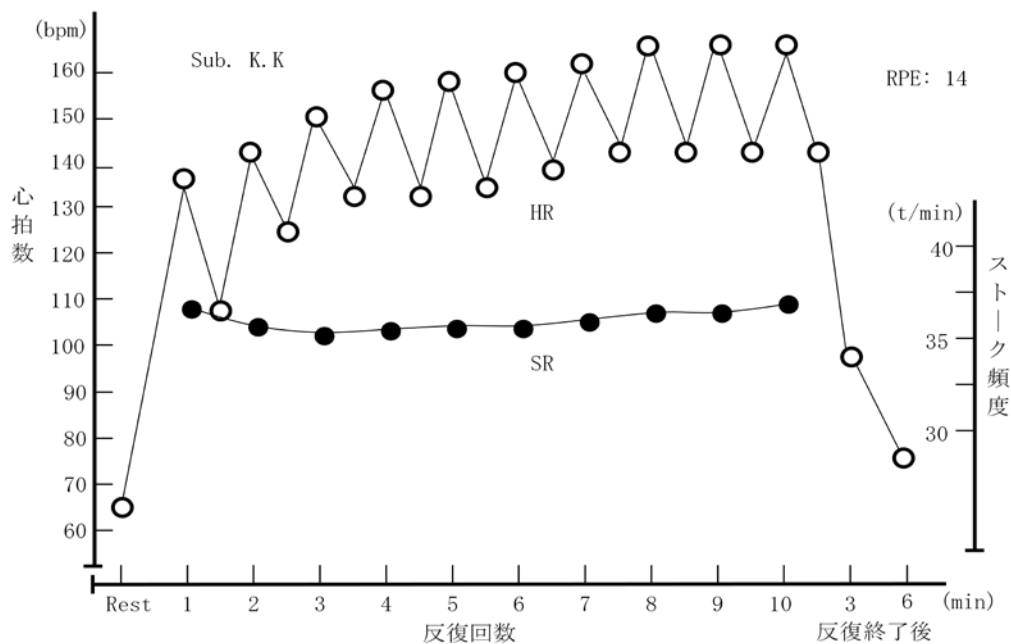


図 4-5. インターバル PT 泳中の心拍数とストローク頻度の変化 (K.K.)

なお、牽引負荷 7kg (3 回目以降 : 150~170bpm) は、最大牽引力の 42.3%max に相当する牽引負荷であったが、牽引負荷 6kg (36.3%max) と 8kg (48.4%max) のインターバル PT 泳について見ると、牽引負荷 6kg では 140bpm 未満であり有酸素的トレーニングとして期待される程度の心拍数 (Maglischo, Brennan, 1994) の上昇が見られず、また 8kg では心拍数が 190bpm 以上の著しい上昇となってインターバルを 10 回繰り返すことが不可能となった被験者が見られた。

4 分間 PT 泳の測定結果は、表 4-3 に示した通りであった。なお、いずれの被験者においても 3kg (18.1%max) , 4kg (24.2%max) , 5kg (30.2%max) , 7kg および 8kg の牽引負荷を用いた 4 分間 PT 泳を行わせたが、7kg の牽引負荷および 8kg の牽引負荷では 4 分間の牽引泳を成就できなかったこと、また 5kg 牽引負荷は、4kg および 6kg 牽引負荷により OBLA-Load の推定が可能となった時点での 5kg の牽引負荷による試技は中止とした。

表 4-3. 4 分間 PT 泳時の測定結果

被験者 牽引負荷		T.H.			M.K.			K.K.			M.S.		
		3kg	4kg	6kg	3kg	4kg	6kg	3kg	4kg	6kg	3kg	4kg	6kg
1 分	SR	24	25	29	28	30	35	28	30	33	24	29	34
	HR	120	132	156	132	144	168	144	156	156	132	156	168
2 分	SR	24	25	29	28	30	35	28	30	33	24	29	34
	HR	132	150	168	132	156	180	144	168	168	144	168	180
3 分	SR	23	26	29	28	30	35	28	30	33	24	29	34
	HR	132	156	180	132	156	180	144	168	180	144	168	180
4 分	SR	24	27	30	28	30	35	28	30	33	24	29	34
	HR	132	156	180	132	156	180	144	172	180	144	176	194
実施前	BLA	1.17	0.64	0.60	0.87	0.80	0.95	0.75	0.63	0.70	1.04	1.09	1.04
実施後	BLA	1.27	1.68	4.27	1.18	2.19	8.43	1.07	2.15	4.22	1.59	4.05	10.01
	RPE	9	13	15	9	13	19	9	13	16	9	15	19

SR:ストローク頻度 HR:心拍数 BLA:血中乳酸濃度 RPE:主観的運動強度

図 4-6 を見ると、3kg, 4kg および 6kg の牽引負荷による 4 分間 PT 泳では、ストロークメカニクスの一つの指標としたストローク頻度が、いずれの被験者においても各牽引負荷間で負荷の増加に伴って顕著に増加したが、同牽引負荷ではほぼ一定した推移を示した。

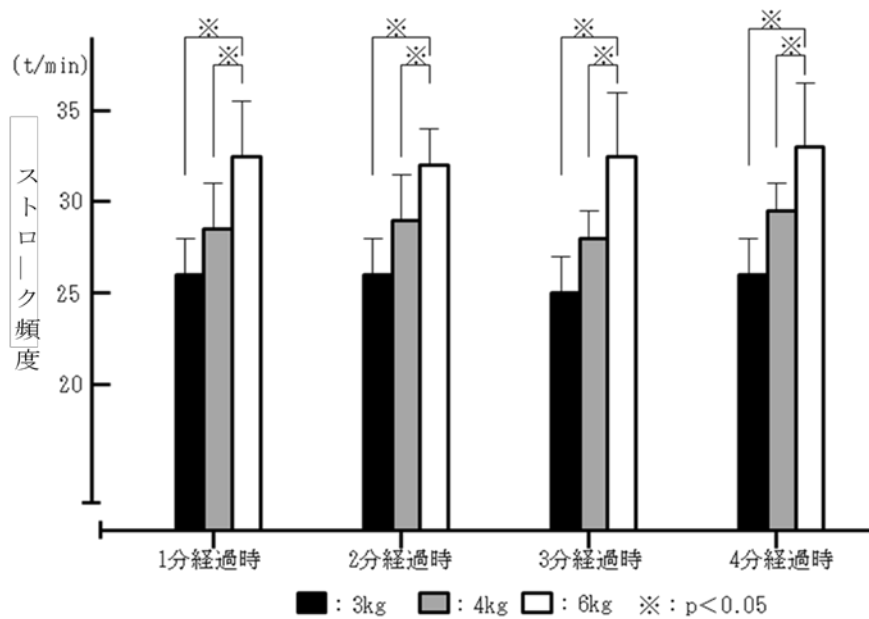


図 4-6. 4 分間 PT 泳時のストローク頻度

心拍数の変化は、図 4-7 に示したように各被験者ともに牽引負荷の増加によって上昇傾向を示したが、統計処理の結果では牽引負荷 3kg および 4kg において牽引時間が 2 分以降においてほぼ定常化が確認できた。

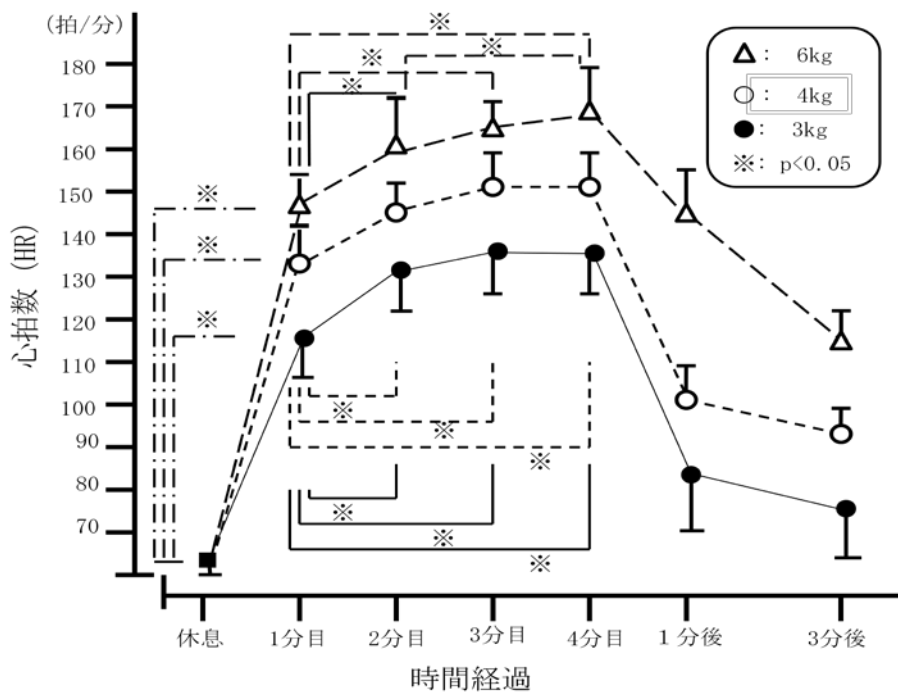


図 4-7. 4 分間 PT 泳時の心拍数の変化

図 4-8 は、4 分間 PT 泳後の血中乳酸濃度の変化を示したものである。血中乳酸濃度は、M. S. (3.98mmol/l)を除く被験者において、テザード泳の牽引負荷が 4kg と 6kg の間で 4mmol/l を越えた。各被験者の 3kg, 4kg および 6kg の牽引負荷の血中乳酸濃度の平均値を導き、その血中乳酸濃度の平均値と 4kg および 6kg の牽引負荷による回帰直線式を求めると  $Y=2.11X-5.90$  となった。この式から 4mmol/l に相当する牽引負荷 (OBLA-Load) は 4.74kg であることが明らかとなった。4.74kg の牽引負荷は、最大牽引力に対する最大牽引比率を求めると 28.7%max であった。なお、各牽引負荷の最大牽引比率は、先にも示したように 3kg の牽引負荷では 18.1%max, 4kg の牽引負荷では 24.2%max, 6kg の牽引負荷では 36.3%max 未満であった。

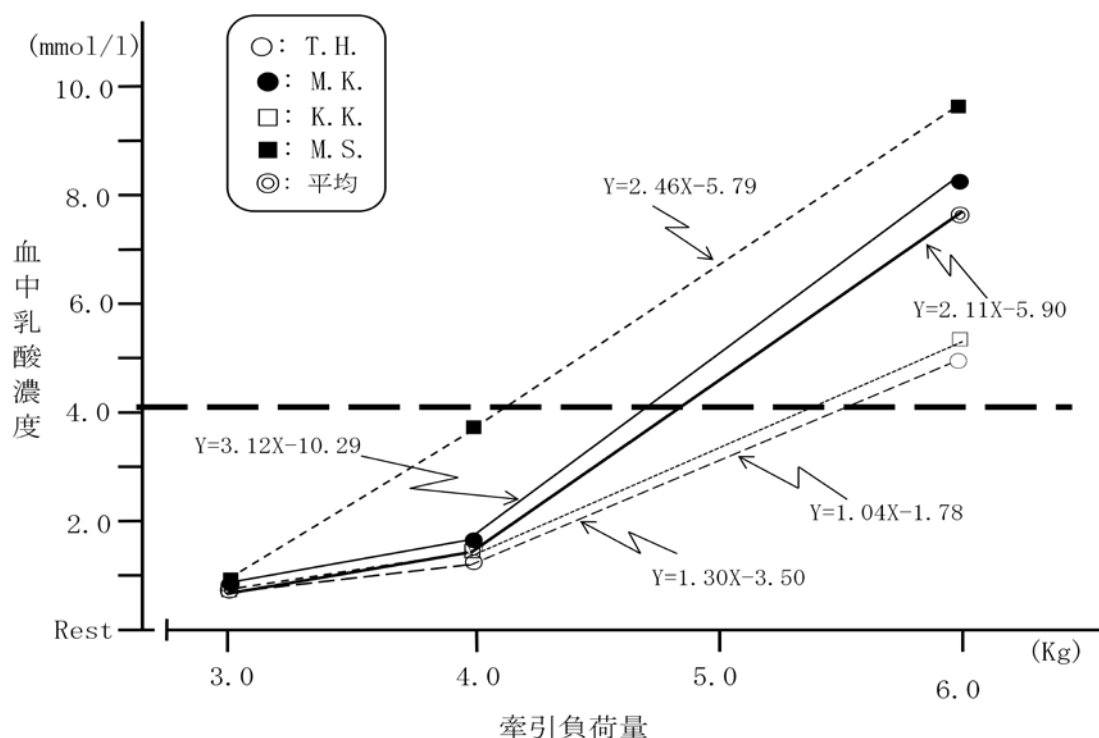


図 4-8. 4 分間 PT 泳後の血中乳酸濃度の変化

表 4-4 は、牽引負荷 1.0kg (受け皿) の 2 分間テザード泳を始めに、5 分間の休息を挟んで 1kg ずつ牽引負荷を増加し、牽引泳ができなくなる (牽引負荷の重りが地面に接触する) まで続けた際の牽引負荷、最大酸素摂取量および心拍数を調べた結果である。表 4-5 は、牽引負荷、最大酸素摂取量および心拍数の



平均値を示したものである。テザード泳の最大牽引負荷は、 $7.5 \pm 0.5 \text{kg}$  で、その際の最大酸素摂取量は  $3.8 \pm 0.3 \text{ l/min}$ 、体重当たりの最大酸素摂取量は  $56.2 \text{ ml/kg/min}$ 、心拍数は  $184.5 \pm 5.7 \text{ bpm}$  であった。

表 4-4. テザード泳による酸素摂取量，酸素摂取率，  
体重当たりの酸素摂取量および心拍数

被験者 牽引負荷	T. H.				M. K.				K. K.				M. S.			
	VO2 (l/min)	%VO2max (%)	VO2/W (ml/kg/min)	HR (bpm)	VO2 (l/min)	%VO2max (%)	VO2/W (ml/kg/min)	HR (bpm)	VO2 (l/min)	%VO2max (%)	VO2/W (ml/kg/min)	HR (bpm)	VO2 (l/min)	%VO2max (%)	VO2/W (ml/kg/min)	HR (bpm)
1.0kg	1.15	33.8	18.2	117	1.23	29.3	18.5	116	1.33	34.1	19.1	108	1.28	34.6	17.8	104
2.0kg	1.46	42.9	23.1	128	1.65	39.3	24.8	122	1.72	44.1	24.7	120	1.60	43.2	22.3	119
3.0kg	1.84	54.1	29.1	132	1.98	47.1	29.8	140	2.16	55.4	31.8	129	1.82	48.6	25.3	127
4.0kg	2.24	65.9	35.4	155	2.78	66.2	41.8	159	2.40	61.5	34.5	142	2.27	61.4	31.1	137
5.0kg	2.54	74.7	40.2	163	3.16	75.2	47.5	166	2.91	74.6	41.9	152	2.80	75.7	39.0	148
6.0kg	3.08	90.6	48.7	176	3.56	84.8	53.5	175	3.31	84.9	47.6	168	3.31	89.5	46.1	168
7.0kg	3.40	100	53.8	186	4.02	95.7	60.5	184	3.57	91.5	51.4	174	3.70	100.0	51.5	180
8.0kg	-	-	-	-	4.20	100.0	63.2	192	3.90	100.0	56.1	180	-	-	-	-

※ VO2:酸素摂取量, %VO2max: 酸素摂取水準, VO2/W: 体重当たりの酸素摂取量, HR: 心拍数

表 4-5. テザード泳による最大牽引負荷，最大酸素摂取量および心拍数

測定項目 被験者	最大牽引負荷 (kg)	最大酸素摂取量		心拍数 (beats/min)
		(L/min)	(mL/kg/min)	
T. H.	7.0	3.4	53.8	186
M. K.	8.0	4.2	63.2	192
K. K.	8.0	3.9	56.1	180
M. S.	7.0	3.7	51.5	180
X ± S. D.	7.5 ±0.5	3.8 ±0.3	56.2 ±5.1	184.5 ±5.7

図 4-9 は、各被験者の牽引負荷毎の心拍数と酸素摂取率の関係について示したものである。両者の関係は、図中に示した回帰直線および回帰式 ( $Y=0.868X - 62.681$ ) によって表すことができ、高い相関関係 ( $r=0.971$ ,  $p<0.05$ ) にあることが確認された。

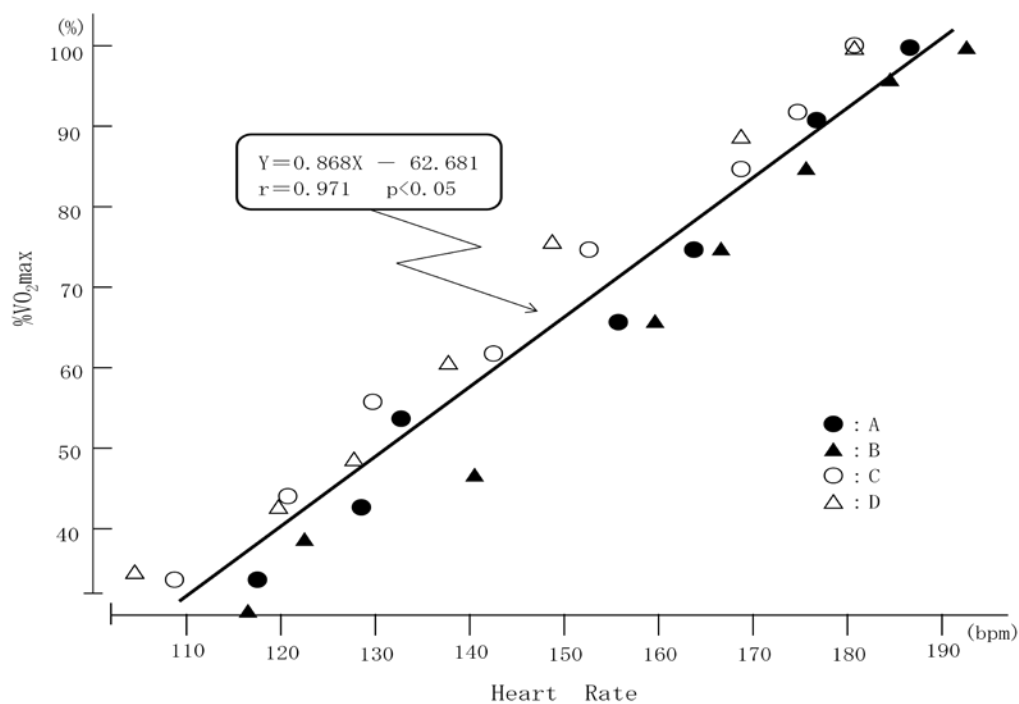


図 4-9. テザード泳中の心拍数と酸素摂取率との相関関係

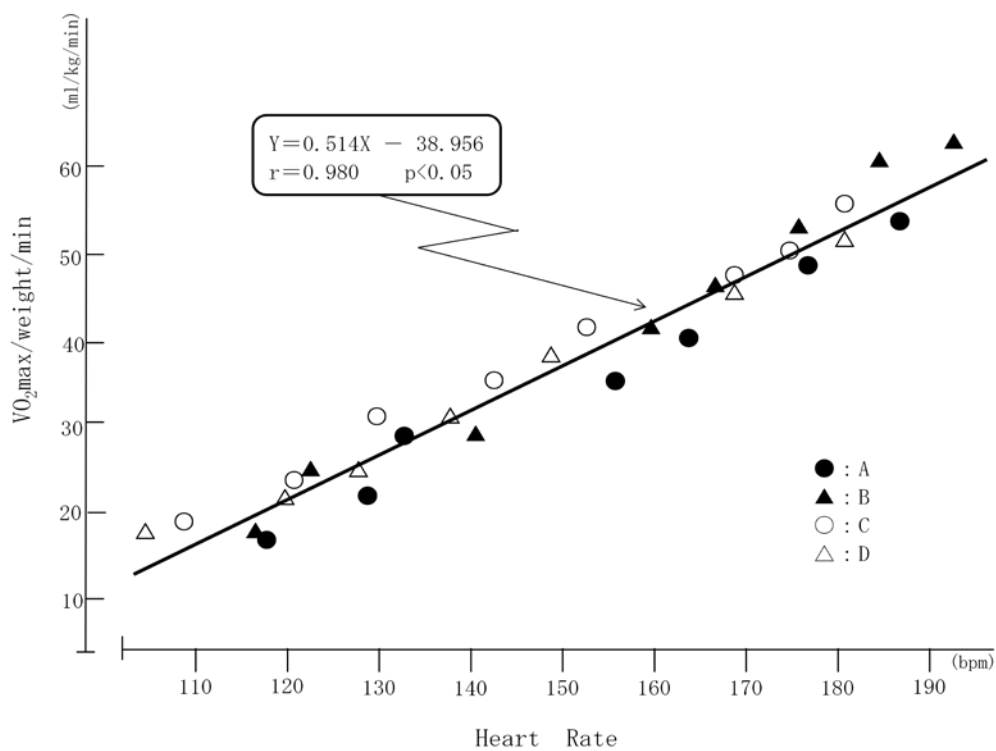


図 4-10. テザード泳中の心拍数と体重当たりの酸素摂取量との相関関係

図 4-10 は、各被験者の牽引負荷毎の心拍数と体重当たりの酸素摂取量の関係について示したものである。両者の関係は、図中に示した回帰直線および回帰式 ( $Y=0.514X - 38.956$ ) によって表すことができ、高い相関関係 ( $r=0.980$ ,  $p<0.05$ ) にあることが確認された。

表 4-6 は、インターバル FR 泳、インターバル PT 泳および 4 分間 PT 泳のストローク長および手股関節長の平均と標準偏差について比較したものである。インターバル PT 泳は、インターバル FR 泳に比べて、ストローク長および手股関節長においては有意な差が認められたが、インターバル PT 泳を 10 回繰り返す間には有意な差は認められなかった。

また、4 分間 PT 泳は、インターバル FR 泳に比べて、牽引負荷 3kg ではストローク長および手股関節長、牽引負荷 4kg では手股関節長においては有意な差が認められなかったが、牽引負荷 4kg のストローク長と牽引負荷 6kg のストローク長および手股関節長においては有意な差が認められた。また、4 分間 PT 泳では、4 分間を泳ぎ続けることによるストローク長および手股関節長に有意な差は認められなかった。

図 4-11 および図 4-12 は、それぞれインターバル FR 泳とインターバル PT 泳および 4 分間 PT 泳中の各関節点の軌跡について、その代表例を示したものである。インターバル PT 泳の軌跡を見ると、インターバル FR 泳と比較してストロークパターンには顕著な違いは見られなかったが、クロール泳のストロークメカニクスの崩壊ではないもののアームストロークの後半のプッシュ局面で手をややかき上げている様子が見られた。

4 分間 PT 泳の軌跡を見ると、インターバル FR 泳と比較してストロークパターンには大きな変化は認められないものの、牽引負荷が 6kg では時間の経過とともにプル動作がやや深くなり、プッシュ動作に上方にかき上げている点が見られた。しかし、3kg および 4kg の牽引負荷時の経過時間による顕著な変化は認められなかった。

全体的に見ると、ストロークパターンがインターバル FR 泳に最も近似していたのは、牽引負荷 4kg によるインターバル PT 泳で、続いて牽引負荷 3kg, 6kg であった。

表 4-6. クロール泳と各種 PT 泳の比較

試技 測定項目	インターバルFR泳 (1回目～10回目)	インターバルPT泳 (1回目～10回目)	4分間 PT泳(3kg)	4分間 PT泳(4kg)	4分間 PT泳(6kg)
ストローク長	121.6±0.9 ～ (NS) 119.1±2.5	110.8±4.2 ～ (NS) 108.7±2.3	121.5±1.5 ～ (NS) 115.7±2.9	115.9±6.4 ～ (NS) 113.1±6.9	113.5±2.6 ～ (NS) 109.6±3.7
手股関節長	6.3±1.7 ～ (NS) 6.7±1.1	12.3±2.8 ～ (NS) 15.7±2.9	4.7±1.5 ～ (NS) 7.8±2.8	2.2±4.4 ～ (NS) 9.8±3.8	11.9±0.9 ～ (NS) 15.9±2.3

インターバルFR泳との有意差：※ p<0.05, ※※ P<0.01； 1回目と10回目の有意差：NS 有意差なし

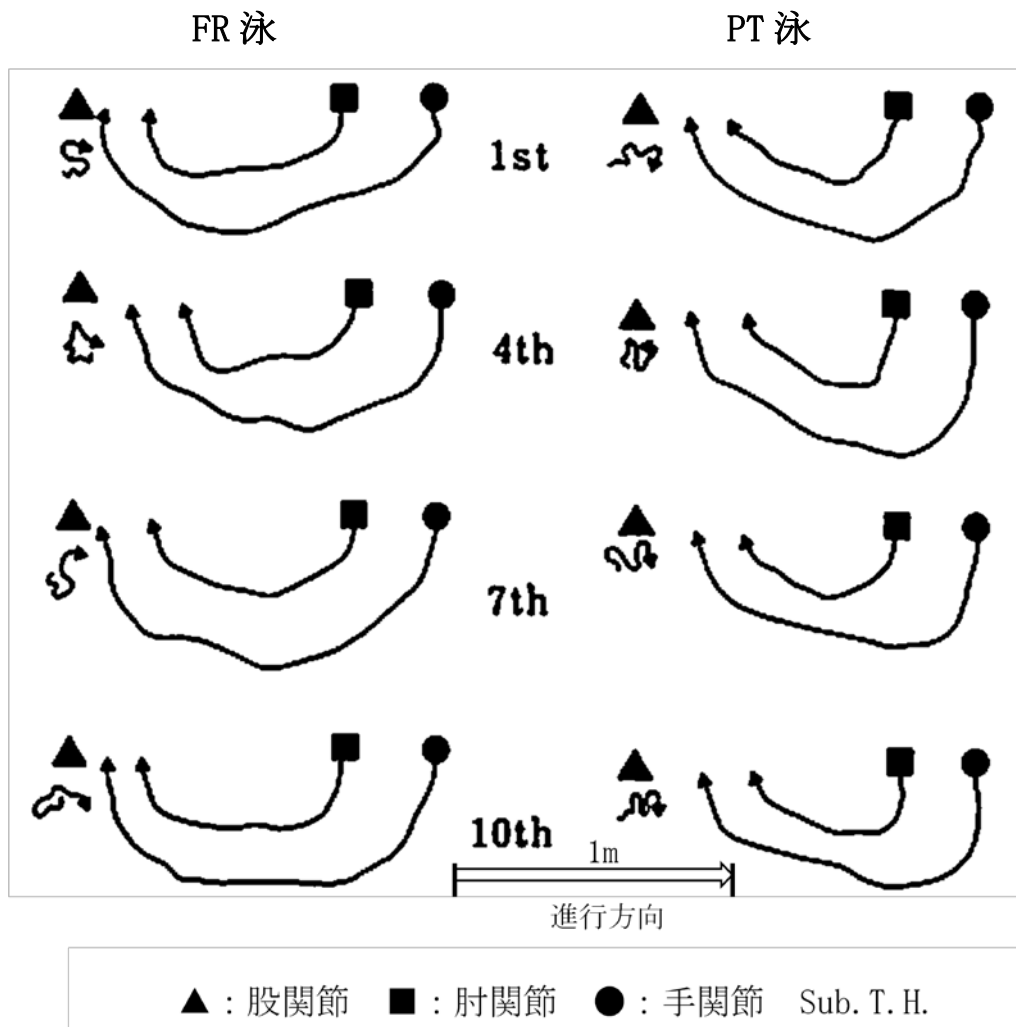
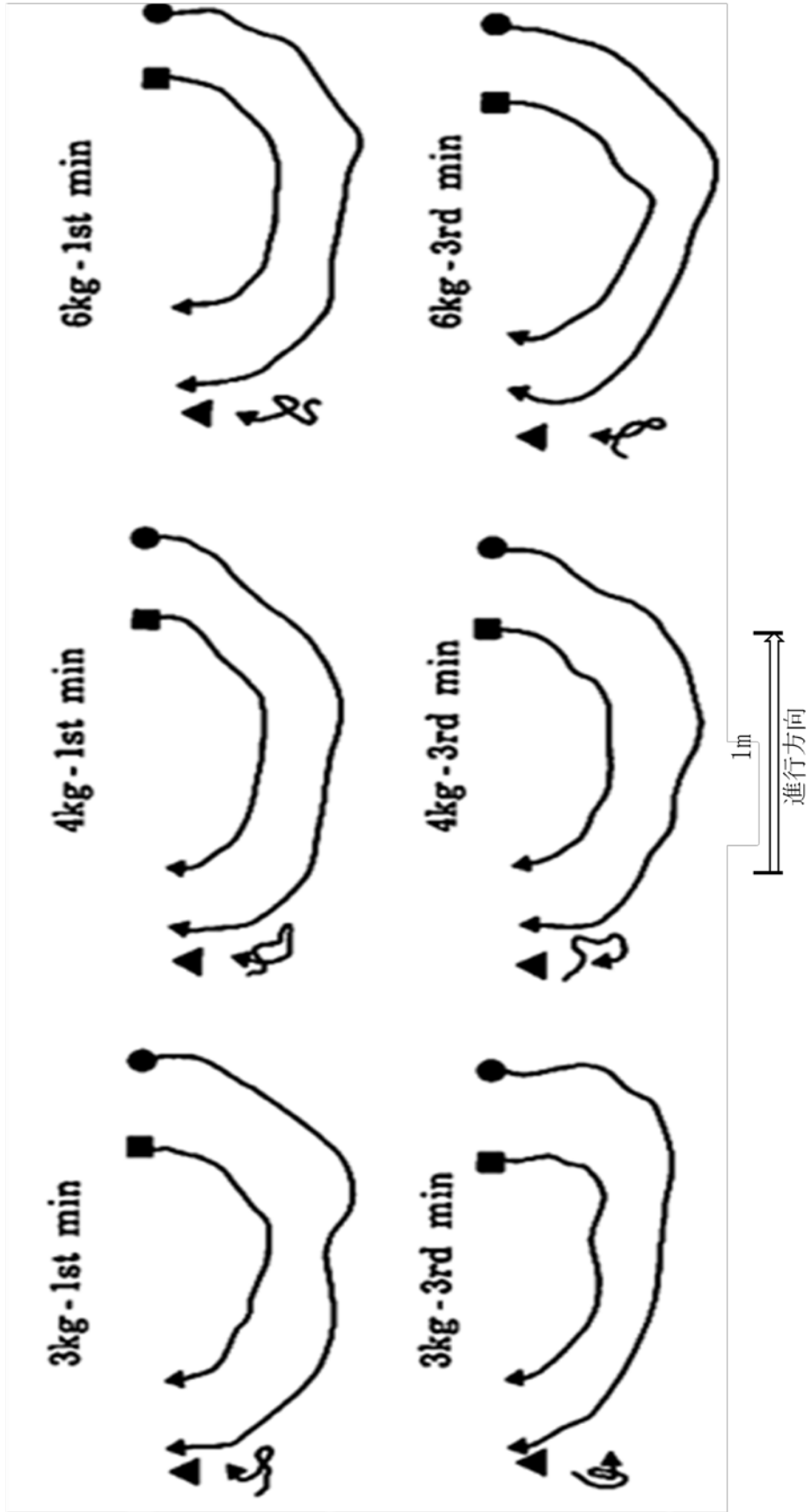


図 4-11. インターバル FR 泳および PT 泳時のストロークパターン



▲ : 股関節   ■ : 肘関節   ● : 手関節   Sub. T.H.

図4-12. 4分間PT泳時のストロークパターン

#### 1. 4. 考察

本節では、クロール泳を用いたその場泳ぎのテザード泳を水泳の技術練習や持久的トレーニング法として活用するための資料の提供を目的とした。そのため、まずインターバルFR泳と比較しながらその場泳ぎのテザード泳がクロール泳のストロークメカニクスへ及ぼす影響と持久的トレーニングへの可能性について検討を進める。

##### 1. 4. 1. ストロークメカニクスへの影響

インターバルPT泳のストロークパターンは、インターバルFR泳に比較してややストローク長が短縮し、手股関節長が長くなる傾向が見られた。これは、図11に示したように手のかきの軌跡が後方へややしり上がりになっていることが確認されたが、テザード負荷によるアームストローク、特にプッシュ動作からフィニッシュ動作に増大した水圧を抗した泳ぎ方となっていることによるものと考えられる。しかしながら、こうした変化は、インターバルPT泳の1回目～10回目を通してストローク長および手股関節長の変化には統計学的に有意な差は認められず、またクロール泳の基本動作（ストリームライン、ボディポジション、手足動作の規則性等）においてほぼ一定して推移し、ストロークメカニクスへの影響はほとんど認められなかった。一方、ストローク頻度について見ると、僅かに増加した者、減少した者あるいは変化のない者とばらつきが見られたが、全体的にほぼ同様のストローク頻度を示した。したがって、インターバルPT泳は、テザード負荷の設定によってストロークメカニクスに大きな影響を及ぼすことなく持久的トレーニングとして活用を図ることができ、かつインターバルPT泳を用いた持久的トレーニング中においてもストロークメカニクスを保持しながらアームストロークに活用される筋肉の筋力トレーニングとしても有意義であると考えられる。しかしながら、インターバルPT泳は、インターバルPT泳を通して安定的に行われることができるものの、実施者の泳力やインターバル回数の増加によってはストロークメカニクスへの影響が出てくることも推察されるため、インターバルPT泳の際には実践者の水泳能力に適正な負荷と反復回数を設定することが大切である。

4分間PT泳のストロークパターンは、牽引負荷が増すごとにストローク長が

短くなり、手股関節長が広がる傾向が見られた。特に、ストローク長はインターバルFR泳に比較して、4分間PT泳の牽引負荷4kgでは5%水準、6kgでは1%水準で統計学的に顕著に短くなり、手股関節長は牽引負荷6kgでは5%水準で長くなった。このことから、4分間PT泳の牽引負荷6kgは、ストロークメカニクスが大きく変化したことから、持久的トレーニングとしての効果は十分とは言えないと考えられるが、短時間の活用によってアームストロークに関わる筋肉の筋力トレーニングとしての活用性は陸上における水泳のための筋力トレーニングに比べるとより効果的であると考えられる。しかしながら、いずれの牽引負荷においても、4分間PT泳中のストローク長および手股関節長における経時の変化は認められなかったことから、特に牽引負荷3kgおよび4kgによる4分間PT泳は持久的トレーニングとして効果的に活用を図ることができるものと考えられる。しかし、図4-7に見られたように、より高いレベルでの定常化が見られた牽引負荷4kgでは牽引負荷3kgに比較して持久的トレーニングとしてより有効性が高いと考えられる。一方、ストローク頻度は、牽引負荷の大きさに応じて上昇し、牽引負荷3kgと6kg、牽引負荷4kgと6kgにおいては有意な差が見られた。特に、牽引負荷6kgとインターバルFR泳のストローク頻度はほぼ同値であったものの、両者のストロークパターン、ストローク長および手股関節長には有意な差が見られたことから、それらを総合的にストロークメカニクスを見ると牽引負荷4kgと牽引負荷6kgの間に効果的な牽引負荷が存在することが推定することができる。

以上のことから、クロール泳を用いたテザード泳は、水泳能力に応じて牽引負荷や牽引時間を適正に設定し、クロール泳のストロークメカニクスへの影響を小さくして実施することが可能であり、持久的トレーニングとともに技術的要素の改善を図ることにも有効であることが示唆された。そこで、つぎはテザード泳時の牽引負荷や牽引時間によって生理的応答および知覚的応答がいかなる身体刺激（身体負担度）となっているのか、トレーニングへの可能性といった観点から検討を加える。

#### 1. 4. 2. トレーニングへの可能性

まず、インターバルPT泳について見ると、いずれの被験者においても3回目

以降の心拍数の変化がほぼ定常的に推移し、1回目から10回目までの被験者全員の心拍数を平均するとインターバル泳の各回直後の心拍数が  $159.3 \pm 11.5$  bpm, インターバル泳の各回直前の心拍数が  $137.0 \pm 17.1$  bpm であった。この心拍数の変動幅は、Counsilman(1977)により持久的トレーニングの条件について心拍数変動から説明したクルーズインターバル理論や、Colwin (1991)が推奨している水泳の持久的トレーニングに対応した心拍数変動の目安とほぼ一致するものであり、持久力の向上に有効的な範囲であると考えられる。また、主観的運動強度はいずれの被験者においても「13」を示したが、この値についても主観的運動強度と血中乳酸濃度の関係から持久的トレーニングに対応する主観的運動強度を明らかにした野村らの報告(1990) や血中乳酸濃度  $4\text{mmol/l}$  程度の運動強度は持久的トレーニング効果が期待できるとした意見(高原ら, 1991) を考え合わせると、持久力向上に有効な水準にあることが認められる。さらに、酸素摂取率は、牽引負荷 7kg のインターバル PT 泳時の心拍数が 150-170bpm であったことから  $66.3\% \sim 83.7\% \text{VO}_{2\text{max}}$  に相当し、これは体育科学センター (1987) による対比表の RPE 14~16 (ややきつい~きつい) に当たり、かつ同対比表による心拍数が 145~170pm であり本調査結果とほぼ同値に当たることが明らかとなった(表 4-4, 図 4-9)。これは、牽引負荷 7kg の 35 秒間のテザード泳と 20 秒間の休息を組み合わせたインターバル泳が有酸素的運動の範囲内にあることを示唆するものであり、牽引負荷 7kg のインターバル PT 泳は心拍数および主観的運動強度の両面からみても持久力の向上に効果的な負荷として設定することができることと、図 4-9 および図 4-10 に見る酸素摂取水準の面から牽引負荷 5kg および 6kg のインターバル PT 泳としての有効性も十分活用を図れる範囲であることが示唆された。

4 分間 PT 泳における心拍数の変動については、牽引負荷や牽引時間の違いによる心拍数変動差について図 4-7 に示したが、牽引負荷 3kg および 4kg においては 1 分目と 2 分目, 3 分目, 4 分目に有意な差 ( $P < 0.05$ ) が認められたものの 2 分目, 3 分目, 4 分目の間には有意な差は認められなかった。同様に、牽引負荷 6kg では 1 分目と 2 分目, 3 分目, 4 分目, そして 2 分目と 3 分目, 4 分目に有意な差 ( $P < 0.05$ ) が認められた。すなわち、牽引負荷 3kg および 4kg においては、持久的トレーニングの条件として心拍数が定常的に推移すること



が大切であるが、そうした条件を満たしていることが確認できた。また、牽引負荷 3kg と 4kg を比較した場合、牽引負荷 4kg の方がより高いレベルで定常化推移が見られ、持久的トレーニングとしてより効果的な牽引負荷であると考えられる。また、持久的トレーニングの一指標となっている血中乳酸濃度について見ると、牽引負荷 3kg および 4kg の 4 分間 PT 泳が 4mmol/l 以下であったのに対して、牽引負荷 6kg では被験者全員が 4mmol/l を大きく越えている。さらに、主観的運動強度を見ると、牽引負荷 3kg ではいずれの被験者においても 9 で「かなり楽である」、牽引負荷 4kg では 13~15 で「ややきつい」~「きつい」、牽引負荷 6kg では 18~19 で「非常にきつい」の結果を示した。これら心拍数、血中乳酸濃度および主観的運動強度の変動を総合的に考えると、牽引負荷 3kg ではストロークレイトが顕著な低下を伴ったこと、生理的および知覚的応答の面から見ても持久的トレーニングとして十分な運動強度 (Colwin, 1991; Counsilman, 1977) を示すことができなかつたことから、本節における被験者 (100m クロール泳 : 55 秒) レベルの泳者に持久力向上を目的としたトレーニング効果は限定的であると考えられる。牽引負荷 4kg では持久的トレーニングに対応した主観的運動強度 (野村ら, 1990) を示してはいるが、ストローク頻度がやや低くストロークメカニクスへの影響や生理学的に十分な運動強度 (Colwin, 1991; Counsilman, 1977) が確保できない点を問題点として挙げられる。また、牽引負荷 6kg ではストローク頻度がほぼ同程度であったが、生理的および知覚的強度がやや高くなった点、あるいは心拍数の定常化が確認できなかつたことが持久的トレーニングとして多少の問題点がある。そこで、各被験者の血中乳酸濃度と全被験者の平均血中乳酸濃度により、牽引負荷 4kg および牽引負荷 6kg の血中乳酸濃度から回帰直線式を求め、4mmol/l レベルと交叉する牽引負荷を OBLA-Load として導き出した結果は図 4-8 に示した通りであったが、OBLA-Load は T. H. では 5.79kg (35.1%max), M. K. では 4.58kg (28.0%max), K. K. では 5.58kg (33.2%max), M. S. では 3.98kg (24.4%max)、被験者全員の平均値では 4.74kg (28.7%max) であった。なお、OBLA-Load とした牽引負荷 4.74kg は、本節結果の表 4-4, 図 4-9 の酸素摂取率から見るとおよそ 75%に相当し、かつ RPE が 16~17 (ややきつい~きつい) レベルに当たり、体育科学センター (1987) が同年代の有酸素的運動を示す値 (RPE:15~16, HR:150~165bpm) とほぼ同値

にあたり、有酸素的持久力を改善するための運動強度に相当するものと考えられる。したがって、これら OBLA-Load の 4 分間 PT 泳は、ストロークメカニクスの指標であるストローク頻度、ストローク長およびストロークパターンがインターバル FR 泳に近似していた牽引負荷 4kg と 6kg の中間位にあることと、そして OBLA-Load 水準の運動が身体に過重な負担をかけることなく持久力の向上が期待でき(高原ら, 1991), かつトレーニング効果を把握する指標(唐津ら, 1991; 松波ら, 1994)になり得ることを考え合わせると、水泳における持久的トレーニングとしての活用の有効性は極めて高いと考えることができる。

最後に、100m クロール泳が 55 秒(400m クロール泳が 4 分 15 秒)程度の泳者にとっては、最大牽引力の約 40%に当たる牽引負荷 7kg のインターバル PT 泳と最大牽引力の約 30%に当たる OBLA-Load の牽引負荷による 4 分間 PT 泳がストロークメカニクスを崩壊することなく持久力の向上が期待できるトレーニング強度であることが明らかとなった。また、牽引負荷を最大牽引力から求めることによって、より適切な生理的応答および知覚的応答が得られ、かつそれはトレーニング効果を把握するための指標となり得ることが示唆された。したがって、テザード泳は、牽引負荷や牽引時間の調整活用によって新たな水泳の持久的トレーニング法として極めて有効なトレーニング手段となるものと考えられる。今後は、テザード泳が水泳選手から水泳愛好者まで、学校水泳を含む幅広い水泳活動層においても適切に活用されるよう水泳の能力水準が異なる泳者あるいは性別を考慮した調査をさらに進めていくことが望まれる。

## 1. 5. 結論

本節では、テザード法を水泳の技術練習および持久的トレーニング法として活用するための基礎的資料を得ることを目的とした。そのため、テザード法を用いたクロール泳のストロークメカニクスや生体に及ぼす影響について、ストローク頻度、ストロークパターン、心拍数、血中乳酸濃度、最大酸素摂取量および主観的運動強度により調べた。

その結果、本節(100m クロール泳が 55 秒程度の泳者)では、つぎのようなテザード泳時におけるクロール泳の運動特性と生体反応から、水泳の技術練習および持久的トレーニングへの有効性が認められた。

- 1) インターバル PT 泳では、牽引負荷 7kg において持久的トレーニングとして期待できる生理的運動強度（心拍数:150-170bpm, 酸素摂取水準: 66.3%~83.7%）および知覚的 運動強度(主観的運動強度:14-16)を示した. 牽引負荷 7kg は、最大牽引力の約 40%max であった.
- 2) 牽引負荷 7kg のインターバル PT 泳は、インターバル FR 泳に比較してストローク頻度、ストロークパターンともに近似しており、クロール泳の持久的トレーニング法に加え、技術練習法としての有効性が示唆された.
- 3) 4 分間 PT 泳では、牽引負荷 4kg（約 30%max）と 6kg（約 40%max）の間において持久的トレーニング法として期待できる生理的運動強度（心拍数:169-183bpm, 血中乳酸濃度:2.52-6.76mmol/l, 酸素摂取水準:62-76%）および知覚的運動高度（14-16）を示した.
- 4) 4 分間 PT 泳中のストローク頻度およびストロークパターンは、牽引負荷 6kg の場合が最もインターバル FR 泳に近似しており、クロール泳の技術練習法としての有効性が示唆された.
- 5) 4 分間 PT 泳では、牽引負荷 4.74kg (M. S. :3.98kg; M. K. :4.58kg; K. K. :5.58 Kg; T. H. :5.79kg) において BLA-Load が見られ、持久的トレーニング 法としての有効性が示唆された. OBLA-Load は 最大牽引力の約 35%であった.

以上のことから、ストレッチコードを用いたその場泳ぎのテザード泳は、牽引負荷を適正に設定することにより、クロール泳のストロークメカニクスを崩壊することなく、有酸素的運動として適正な範囲で設定することが可能であることが明らかになった. すなわち、本節において被験者とした 100m クロール泳が 55 秒程度の泳者では、ストロークメカニクスの改善とともに持久力向上が期待される牽引負荷がインターバル PT 泳では 7kg, 4 分間 PT 泳では 4.74kg であった. これらの牽引負荷は、最大牽引力に対する比率から導き出すことができ、インターバル PT 泳では約 40%max, 4 分間 PT 泳では約 35%max であった. したがって、本節の被験者と同等レベルの泳力を有する者に対しては個々の最大牽引力を測定することによって、インターバル PT 泳の場合には 40%max 程度, 4 分間 PT 泳の場合には 35%max 程度の牽引負荷を設定し、牽引時間と調整して活用することによって持久的トレーニングやトレーニング時のストロークメカニクスの

チェックあるいはその改善に有効であることが明らかとなった。このことはまた、泳力レベルの異なる泳者に対しても同様に、個々の最大牽引力に対してインターバル PT 泳では 40%、4 分間 PT 泳では 35%を乗じることによって適正な牽引負荷を設定することができ、それによって技術練習やストロークメカニクスに影響することなく持久的トレーニングを実施することができる可能性が考えられた。

テザード泳は、これまで水泳トレーニングの際にアシステッド泳やレジステッド泳において活用されてきたが、その場泳ぎのテザード泳についてはほとんど用いられることがなかった。そこで、今回の研究成果は、その場泳ぎのテザード泳が技術練習あるいは持久的トレーニングに対して単に効果的であるか否かだけでなく、その場泳ぎのテザード泳を効果的に活用するための設定方法について提言することができ、そして牽引負荷の設定が過重となって運動傷害発生の危険性を引き起こしたり、牽引負荷不足によってトレーニング効果の減衰をもたらしたりするような点を避けるべく指摘を試みることができた。

今後は、異なる泳力レベルの者を調査対象とし、最大牽引力と個々のトレーニング目標に適正な牽引負荷の関係、現在活用されているクロール泳によるアシステッド泳やレジステッド泳のトレーニング効果あるいは運動傷害を回避する観点から見たテザード泳の調査を進める必要があり、そのため筋電図を用いた筋活動の調査を今後の研究課題とした。

## 第2節 テザードクロール泳の

### トレーニング法としての有用性について

#### 2. 1. 目的

水泳で初めてテザード方式の考え方が取り入れられたのは, liljestrand, et al. (1919) がボートで泳者を牽引しながら人体の抵抗や酸素摂取量を測定したことに始まった. その後, Karpovich (1930) や Karpovich and Pestrecov (1939) が水泳効率や泳パワーの測定の際にテザード泳を用いて測定してきた. 今日では, プールサイドに取り付けたストレッチコードを用いて負荷を牽引しながら泳がせ, ストロークメカニクスの変化や生体反応等についての調査 (柴田ら, 1996) も見られる. 一方, テザード泳を水泳トレーニングにおいて活用するため, Magel (1970) はテザード泳を用いた推進力の測定結果を報告している. このように, 1970 年代には水泳トレーニング法としてテザード泳を活用すべく生理学的調査やバイオメカニクスの調査が行われてきたことが Maglischo, et al., (1984) の研究報告においても明らかである. その背景には, トレーニングルームで行われる筋力トレーニングが水泳に必要な筋活動とは異なっているのではないか (Bonen, 1976 ; Costill, et al., 1992), あるいは水泳に必要な筋のトレーニング効果の観点から適正な効果が得られていないのではないかと考えられ, 水中における筋肉トレーニング法として活用を図ろうとするものであった.

最近では, 滑車に介したロープの一方の端に重りを取り付け, そのロープの他方の端に泳者の腰に巻いたベルトに結びつけ, その重りを牽引しながら泳ぐ水中のトレーニング法が用いられるようになってきた. その頃, Maglischo, et al., (1984) は, テザード泳がストロークメカニクスに及ぼす影響についてクロール泳を対象に調査を行い, テザード泳がクロール泳のストロークメカニクスに及ぼす影響は無視できないとして, トレーニングへの応用に警鐘を鳴らした. しかしながら, 翌年の報告 (Maglischo, et al., 1985) では, テザード泳のレジステッド泳とアシステッド泳について比較を試み, アシステッド泳によってストロークメカニクスに改善傾向が見られたとしている. その後, こうしたテザード泳を用いた水泳トレーニング法への応用に関する研究成果も散見で

きるようになった（柴田ら, 1996）. 今後, さらにテザード泳を用いたトレーニング法を新たな水泳トレーニング法として普及し, 活用するためには第1節の今後の研究課題として示したように, 異なる泳力レベルの泳者の最大牽引力と個々のトレーニング目標に適正な牽引負荷との関係, クロール泳によるアシステッド泳やレジステッド泳のトレーニング効果, さらにテザード泳による運動傷害に関する調査が必要であり, 筋電図を用いた筋活動からの検討が必要であると考えられる. そのため, 種々のテザード泳の異なる牽引負荷および牽引時間による生理学的, 知覚的応答について調査するとともに, 種々のテザード泳時の筋活動および映像からクロール泳のストロークメカニクスについて分析を試みることにした.

そこで, 本節では, テザード泳を用いたクロール泳による水泳トレーニング法として活用するための基礎的資料を提供することを目的とし, 習熟度の異なる泳者に対してそれぞれに牽引負荷および牽引時間を設定し, その場泳ぎのインターバルPT泳, 4分間PT泳, レジステッド泳およびアシステッド泳時の生理学的, 知覚的応答やストロークメカニクスに及ぼす影響について, 心拍数, 血中乳酸濃度, 主観的運動強度, 筋電図および映像を用いて調査, 分析を行った.

## 2. 2. 方法

本実験は, 東京学芸大学 25m プールにおいて行った. 被験者の身体的特徴および牽引負荷等については, 表 4-7 に示した通りであった.

表 4-7. 被験者の身体的特徴と牽引負荷

被験者	年齢 (Yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	50mクロール (sec)	牽引負荷 (kg)			最大牽引力 (kg)
					Low	Mid	High	
全国 男子 部員	K. A	22	181.0	75.0	23" 2	5, 6, 7	8	19.0
	S. S	20	173.0	80.0	25" 5	5, 6, 7	8	18.5
地域 男子 部員	I. H	20	169.5	65.0	28" 4	4, 5, 6	6	14.5
	Y. S	24	167.5	53.0	29" 0	4, 5, 6	6	14.0
全国 女子 部員	H. G	20	168.5	55.5	27" 0	3, 4, 5	5	13.2
	I. T	20	154.0	48.0	28" 5	3, 4, 5	5	13.1
地域 女子 部員	I. G	25	163.5	56.5	33" 5	2, 3, 4	4	10.0
	R. R	26	168.9	56.0	32" 0	2, 3, 4	4	11.2

※ 牽引負荷: 軽負荷=Low (25%max), 中負荷=Mid (35%max), 重負荷=High (45%max), 最大牽引力: MTF

被験者は、上級者として水泳活動歴 10 年以上の全国レベルの水泳選手 4 名（日本選手権出場者：男子 2 名，女子 2 名；以下，全国部員という）と中級者として水泳活動歴 6 年程度で地域レベルの水泳選手 4 名（日常的に水泳トレーニングを行っている者：男子 2 名，女子 2 名；以下，地域部員という）の計 8 名を対象とした。

テザード泳は，その場泳ぎのインターバル泳（以下，インターバル PT 泳という），4 分間テザード泳（以下，4 分間 PT 泳という），レジステッド泳，アシステッド泳および最大努力泳を行わせた．牽引方法は，図 4-13 に示したように筆者が考案製作した滑車を用いた牽引システムにより，一端に重りを取り付けた非弾性のコード（直径 5mm）を滑車に介し，他端を被験者の腰のベルトに取り付けて合図により泳がせた．

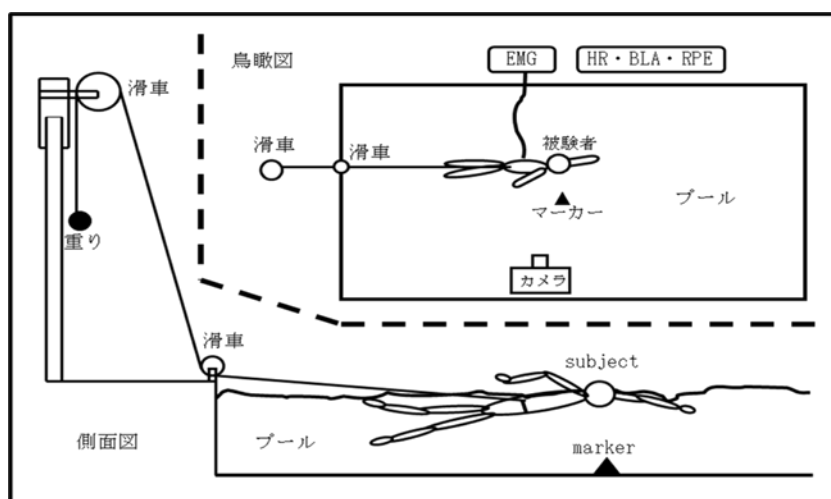


図 4-13. 実験測定図（側面図，鳥瞰図）

インターバル PT 泳および 4 分間 PT 泳では，水底に置いたマーカーを目印にして前後移動を最小限に一定の場所で泳ぐように指示した．レジステッド泳ではスタート壁より 5m から 20m までの 15m 間，アシステッド泳ではスタート壁より 20m から 5m までの 15m 間を測定対象の泳距離とした．最大牽引力は，プールサイドに取り付けた直径 16mm の非弾性のコードを，バネばかりを経由して一端を泳者の腰のベルトにつなぎ，10 秒間の最大努力泳で牽引中のバネばかりの指針を VTR カメラで撮影し，スロー再生で牽引値を読み取ることによって数値を

決定した。最大牽引力は、最大努力泳による試技の 3 ストローク目以降の 3 ストロークサイクル (左右で 6 ストローク) 中に示した最大値を平均して表した。なお、被験者には、テザード泳と比較するためコントロール群として 25m クロールの通常泳 (以下、フリー泳という) を行わせ、持久的トレーニングレベルの運動強度を考慮して 80%程度の努力泳を指示した。フリー泳の映像は側面より撮影し、同時に筋電図を導出した。

インターバル PT 泳は、各被験者の最大牽引力の 40~45%の牽引負荷 (以下 40%max という) でクロール泳を用いて行わせ、35 秒間泳と 20 秒間休息の組み合わせを 1 回として 10 回繰り返させた。牽引負荷は、設定された任意の負荷を保持できる位置の水底にマーカーを置き、それを目印に前後移動を最小限に抑えるように泳がせ、先行研究 (柴田ら, 1996, 2006) のインターバル PT 泳において設定された方法により最も大きい負荷を用いることとした。すなわち、男子全国部員では 8kg, 女子全国部員では 5kg, 男子地域部員では 6kg, 女子地域部員では 4kg とした。試技時間は、先述した先行研究に基づき、心拍数が 135~160bpm の範囲において変動し、かつ有酸素的運動が確認できる先述した組み合わせ時間と繰り返し回数を設定して行った。

4 分間 PT 泳では、軽負荷、中負荷、高負荷として、最大牽引力のそれぞれ 20~25%max, 30~35%max, 40~45%max の牽引負荷に設定した。すなわち、男子全国部員では牽引負荷がそれぞれ 5kg, 6kg, 7kg, 女子全国部員ではそれぞれ 3kg, 4kg, 5kg, 男子地域部員ではそれぞれ 3kg, 4kg, 5kg, 女子地域部員ではそれぞれ 2kg, 3kg, 4kg の牽引負荷が得られる位置に水底マーカーを設置し、水底マーカーを基準に前後移動を最小限に抑えるように指示した上で 4 分間を泳がせた。測定の終了は、試技が遂行された時点、すなわち基準とした水底マーカーの位置を維持できなくなった時点とした。なお、牽引時間を 4 分間とした根拠は、先行研究による漸増負荷実験において血中乳酸濃度が定常状態に至るまでの時間が 4 分間の運動負荷によっても血中乳酸濃度の定常状態の推定が可能であるとした意見 (山本ら, 1989) に基づいたものである。また、牽引負荷の設定は、インターバル PT 泳の場合と同様に先行研究に基づいて算出し、本節の被験者が 4 分間 PT 泳を実施した場合においても適正範囲の牽引負荷であること、すなわち心拍数および血中乳酸濃度において有酸素的運動が期待され得る牽



引負荷であることを確認した上で設定した。

レジステッド泳およびアシステッド泳では、インターバル PT 泳と同様の 40～45%max の負荷に設定し、レジステッド泳では負荷を牽引しながら、アシステッド泳では負荷によって引き戻されながら泳がせた。泳距離は、筋電アンプから被験者までのリード線の長さ (20m程度) の範囲とした。すなわち、調査は、スタート後 5m～20m の範囲で収集された映像および筋電図を対象に行った。

試技中の測定調査は、最大牽引力、心拍数、血中乳酸濃度および主観的運動強度について測定し、DVD カメラにより試技映像の撮影を行った。実験測定図および実験のプロトコルについては、それぞれ図 4-14 に示した通りであった。

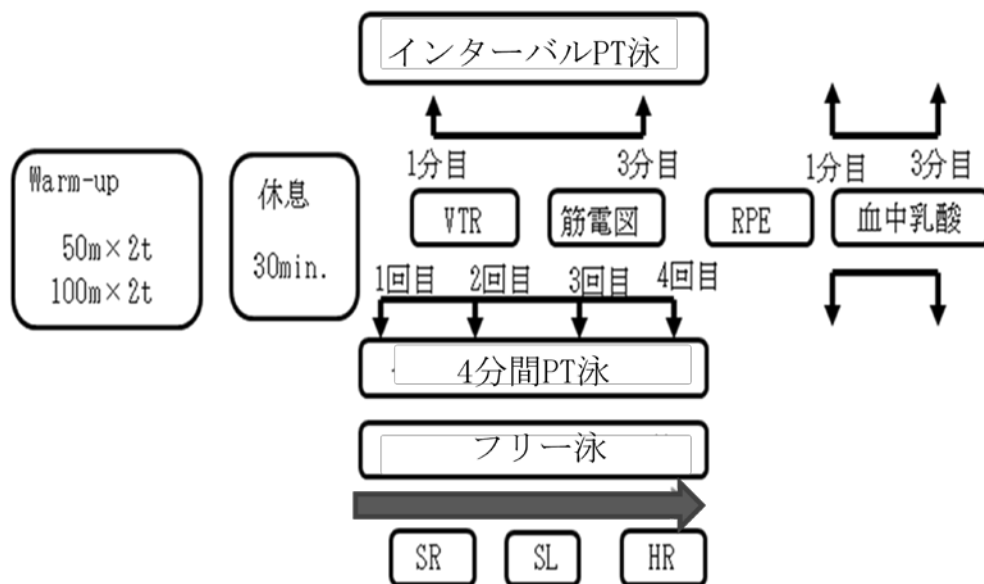


図 4-14. 測定のプロトコル

心拍数は、胸部双極誘導法の心電計 (フクダ電子製: DS-504) および送信機 (フクダ電子製: LX-3220) を用いて、ウォームアップ終了時から各試技終了後 3 分間を計測した。血中乳酸濃度は、安静時、インターバル PT 泳および 4 分間 PT 泳の終了 1 分後および 3 分後に被験者の指尖部から湧出した血液をアークレイ社製の血中乳酸測定器ラクテートプロを用いて調べた。主観的運動強度は、インターバル PT 泳および 4 分間 PT 泳の終了直後に日本語表示の Borg の主観的運動強度 Scale 表 (小野寺ら, 1976) により読み取らせ、表示した。ストロー

クメカニクスは、ストローク頻度については DVD 映像によりクロノストローク (Nielsen-Kellerman 社製) を用いて計測した。なお、これらの調査項目のサンプルは、最大努力泳、フリー泳およびインターバル PT 泳では試技終了前の 5 秒間から抽出し、4 分間 PT 泳では 1 分毎に 1 分経過直前の 5 秒間から導き出した。

筋電図は、DKH 社製の有線式筋電図測定器を用いて、最大努力泳、フリー泳、インターバル PT 泳、4 分間 PT 泳、レジステッド泳およびアシステッド泳時におけるそれぞれ右側の上腕二頭筋、上腕三頭筋、大円筋および僧帽筋の活動放電を導出した。なお、筋電図と映像は、DKH 社製のタイムチェッカーを用いてアームストロークの右手入水時にチェックボタンを押し、そのパルス筋電図上に導出させることによって同期した。筋電図の分析には、得られた筋電図により 3 ストロークサイクル (左右で 6 ストローク) を対象に積分し、RMS 値を導いた。筋放電量の標準化に際してはフリー泳によって得られた RMS 値を基準にそれぞれの試技で得られた放電量の百分率の値を求め、統計処理を行った。

統計処理は、SPSS 統計ソフト 17.0 を用いて行った。インターバル PT 泳時および 4 分間 PT 泳時の RMS 値の経時的変化については一元配置分散分析を行い、有意差が確認された場合には多重比較 (Tukey-HSD 検定) を行った。また、各種テザード泳の筋活動の変化については、それぞれの筋放電の標準化比率によって統合比較し、各種テザード泳の比較および各種テザード泳における各筋放電の比較については t 検定を用いて調査した。以上の検定においては、危険率 5% 未満を有意水準とした。

なお、本研究では、実験等に先立ち生命倫理・安全対策等について、研究計画、研究内容および想定される苦痛、負担等について対象者に説明を行い、被験者として参加の同意を得た。また、実験等は、本学研究倫理委員会に対して本研究の計画、内容等を記載した研究倫理申請書を提出し、同委員会より承認通知を受け取った後、実施した。

## 2. 3. 結果

表 4-8 は、被験者を 4 つの群に分け、それぞれの安静時、インターバル PT 泳時および 4 分間 PT 泳時の心拍数、血中乳酸濃度および主観的運動強度の測定結果を示したものである。

表 4-8. インターバル PT 泳および 4 分間 PT 泳の測定結果

被験者		安静時		インターバルPT泳			4分間PT泳								
		HR	BLA	HR	BLA	RPE	HR (bpm)			BLA (mmol/L)			RPE		
							Low	Mid	High	Low	Mid	High	Low	Mid	High
全国男子部員	K.A	60	1.1	143	4.3	13	109	136	156	2.2	4.0	6.7	11	13	16
	S.S	60	1.0	141	5.0	14	104	132	154	2.3	3.8	6.2	12	13	16
地域男子部員	I.H	63	1.2	144	4.8	15	118	132	153	2.3	4.1	7.7	12	15	18
	Y.S	66	0.9	144	5.2	16	112	130	158	2.6	5.2	7.9	13	16	18
全国女子部員	H.G	68	1.1	146	4.2	14	106	132	150	2.3	4.1	5.7	10	14	16
	I.T	70	1.2	143	4.3	14	108	136	152	2.3	4.4	7.4	12	13	17
地域女子部員	I.G	66	1.1	150	4.9	16	114	126	156	2.3	4.4	8.3	11	15	18
	R.R	68	1.2	148	4.1	16	108	126	152	2.2	4.6	8.9	11	15	19

※ HR：心拍数，BLA：血中乳酸濃度，RPE：主観的運動強度，牽引負荷(kg)：Low=軽負荷，Mid=中負荷，High=高負荷

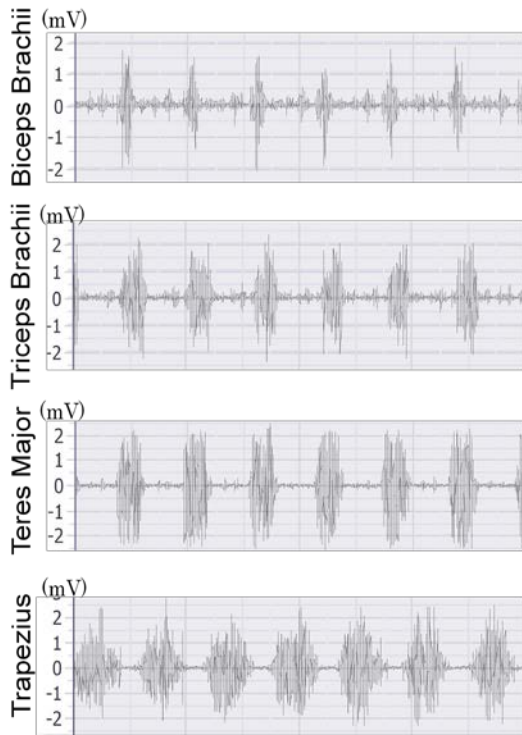
心拍数は、インターバル PT 泳時において地域部員では全国部員に比較して牽引負荷が比較的小さかったにもかかわらず、影響がやや大きく表れる傾向が見られた。4 分間 PT 泳時では、被験者全員の傾向として牽引負荷が大きくなるとともに上昇傾向が見られた。

血中乳酸濃度は、インターバル PT 泳時において地域部員では全国部員に比較して牽引負荷の設定が小さかったにもかかわらず、高く表れる傾向を示した。4 分間 PT 泳時においても、牽引負荷の増加とともに血中乳酸濃度が上昇し、地域部員ではその上昇傾向がより顕著になる傾向を示した。

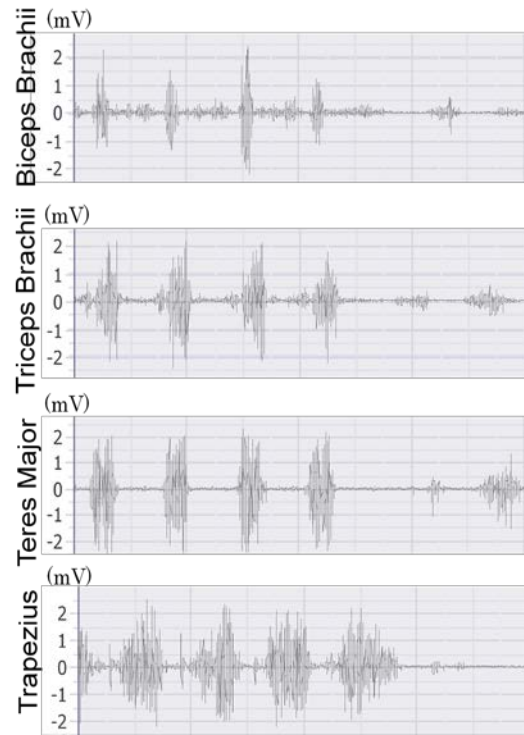
主観的運動強度は、インターバル PT 泳時において地域部員では全国部員に比較して牽引負荷が小さかったにもかかわらず、高くなる傾向が見られ。4 分間 PT 泳時においても、牽引負荷の増加とともに主観的運動強度が上昇し、地域部員ではその上昇傾向がより一層高くなる傾向を示した。

図 4-15 は、①フリー泳、②レジステッド泳、③アシステッド泳、④最大努力泳および⑤インターバル PT 泳における全国男子部員の代表例を示した筋電図である。なお、各試技の筋電図の標準化に際しては、フリー泳の筋電図を基にフリー泳の筋電図の積分値 (RMS 値) を筋電解析プログラムで求め、その値を基準値 (1.0) として表した。

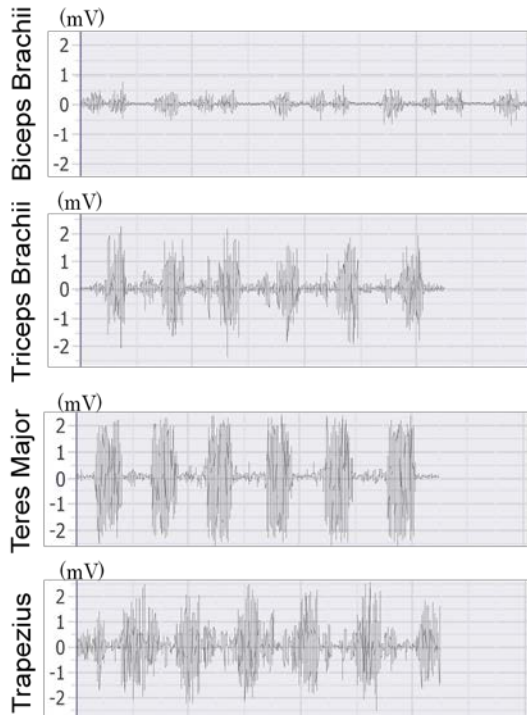
① Free swimming



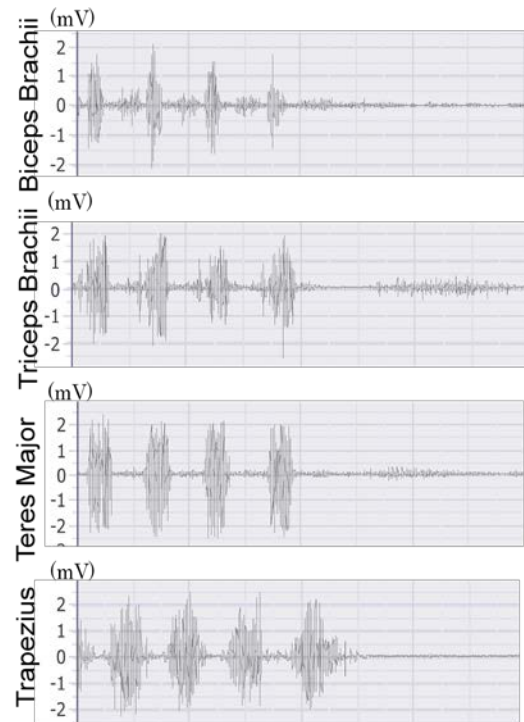
② Resisted swimming



③ Assisted swimming

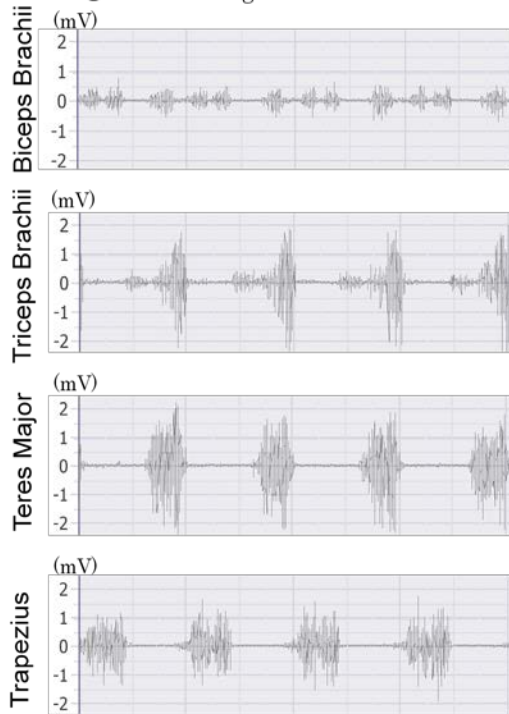


④ Maximum tethered swimming

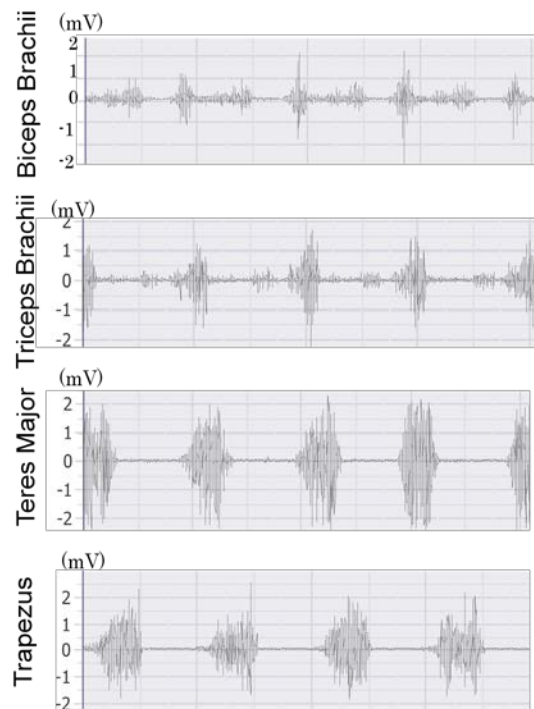


⑤ Interval tethered swimming

⑤-1. During 5 times of set



⑤-2. During 10 times of set



①フリー泳, ②レジステッド泳, ③アシステッド泳, ④最大努力泳, ⑤インターバル PT 泳 (5回目, 10回目)

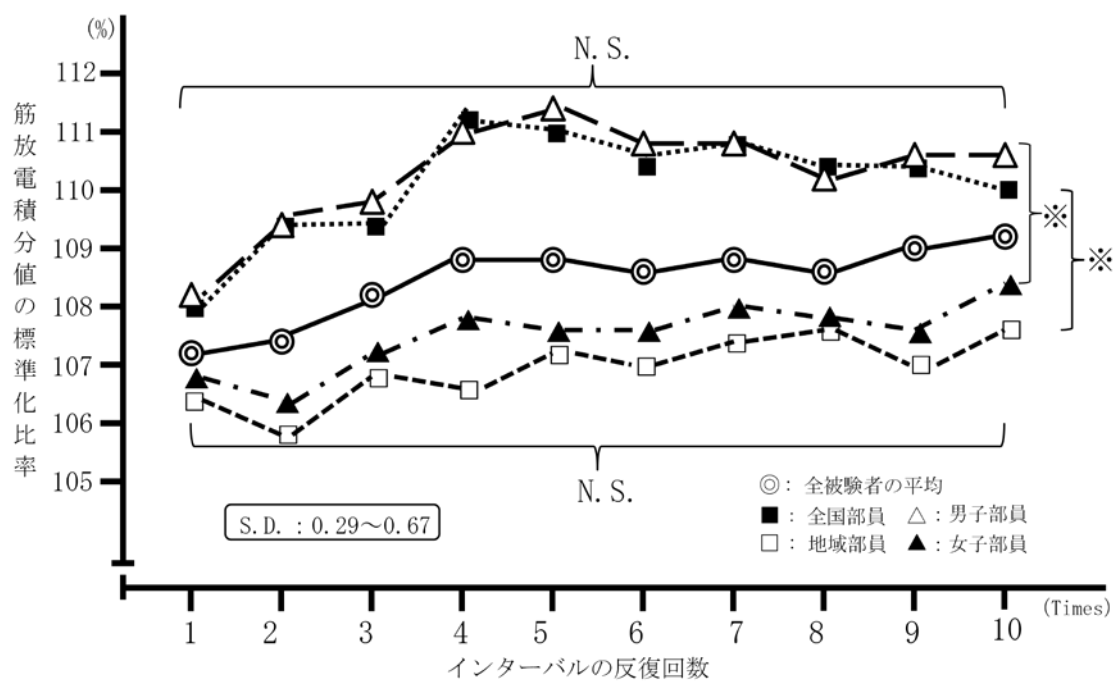
図 4-15. フリー泳と各種テザード泳時の筋電図

表 4-9 は、インターバル PT 泳時におけるインターバル間、性別間および習熟度間について、それぞれの筋積分値の標準化により分散分析の結果を示したものである。この表を見ると、インターバル PT 泳ではいずれの筋肉においても 10 回の繰り返しの間には変化は見られなかった。性別間および習熟度間ではいずれの筋肉においても上腕三頭筋において有意な変化が見られた。

表 4-9. インターバル PT 泳の筋積分値の標準化比率の分散分析

インターバルPT泳	インターバル間		性別間		習熟度間	
	F値	p値	F値	p値	F値	p値
上腕二頭筋	NS		NS		NS	
上腕三頭筋	NS		56.760 < 0.05		56.760 < 0.05	
大円筋	NS		NS		NS	
僧帽筋	NS		NS		NS	

図 4-16 は、インターバル PT 泳の各試技終了前の 10 秒間における任意の 3 サイクル（左右で 6 ストローク）の筋電図を積分して RMS 値を導き出し、フリー泳時の筋電図の RMS 値を基準にしてインターバル PT 泳時の筋活動の標準化を図り、その変動について分散分析を行い、その結果を示したものである。この図により、いずれの被験者のインターバル PT 泳においても全体を通して統計学的に有意な変化は認められず、定常化の推移は 4 回目以降において特に明らかになっていることを示している。また、性別間および習熟度間では、筋活動の変動に有意差が認められた。全国部員に対する地域部員、あるいは男子部員に対する女子部員では、インターバルの繰り返し回数の漸進とともに筋活動が顕著に活動していることを示した。



※ : 性別および習熟度の有意差 (P<0.05) , N.S. インターバル中の反復間の有意差なし

図 4-16. インターバル PT 泳における筋放電積分値の標準化比率

表 4-10 は、4 分間 PT 泳における牽引負荷間、性別間および習熟度間について、それぞれの筋積分値の標準化により分散分析の結果を示したものである。この表を見ると、上腕二頭筋と上腕三頭筋では牽引負荷間、性別間および習熟度間において有意差が見られ、大円筋では習熟度間において有意な差が認められた。

有意差が認められた項目について多重比較を行った結果，上腕二頭筋と上腕三頭筋における軽負荷と重負荷の間に有意差が認められた。

表 4-10. 4 分間 PT 泳の筋積分値の標準化比率の分散分析

4分間PT泳	牽引負荷間		性別間		習熟度間	
	F値	p値	F値	p値	F値	p値
上腕二頭筋	2.623	< 0.01	36.913	< 0.01	11.793	< 0.01
上腕三頭筋	2.664	< 0.01	12.762	< 0.01	25.534	< 0.01
大円筋	NS		NS		6.996 < 0.05	
僧帽筋	NS		NS		NS	

図 4-17 は，4 分間 PT 泳時の 1 分経過毎にその直前の 10 秒間における任意の 3 サイクル（左右で 6 ストローク）の筋電図より積分 RMS 値を導き出し，フリー泳時の筋電図の RMS 値を基準にして 4 分間 PT 泳時の筋活動の標準化を図り，その変動結果について示したものである。この図により，いずれの牽引負荷における 4 分間 PT 泳の間には筋活動に有意な変化は見られず，牽引負荷間においても低負荷と重負荷の 4 分間 PT 泳の間を除いて有意な変化は見られなかった。

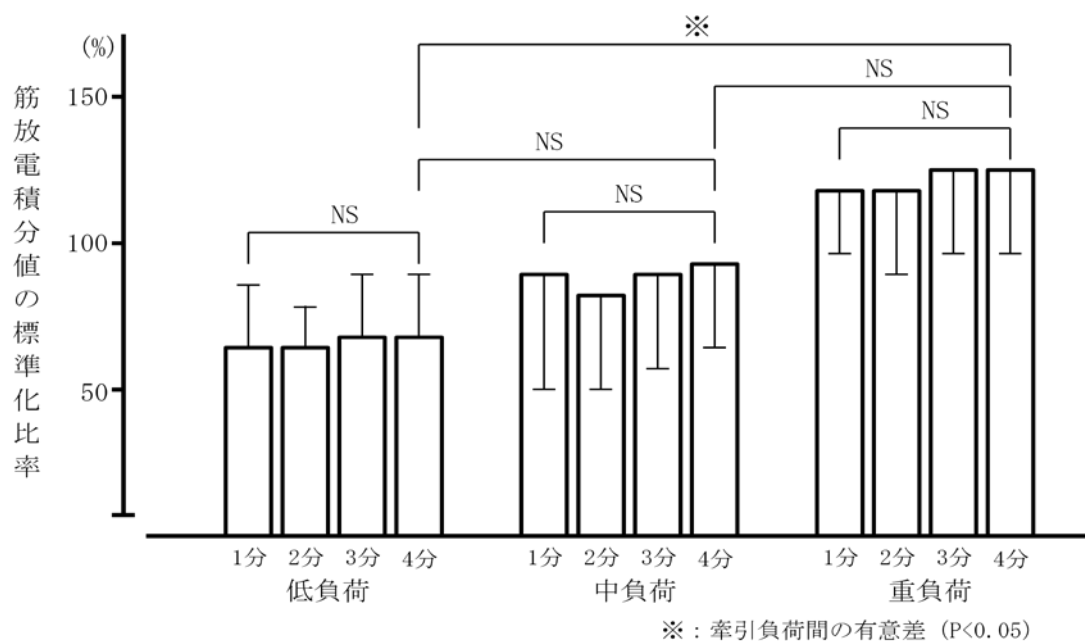


図 4-17. 4 分間 PT 泳の牽引負荷別放電積分値の標準化比率

図 4-18 は、4 分間 PT 泳の軽負荷時 (20~25%max)、中負荷時 (30~35%max) および重負荷時 (40~45%max) の筋電図を示したものである。筋の活動様相を見ると、牽引負荷の増加によって筋の活動機序には変化は見られなかったが、筋緊張の強さが軽負荷時と中負荷時の間に大きな差は見られないものの、軽負荷時および中負荷時と重負荷時の間に筋緊張の強さ、筋放電頻度において大きな差が確認された。この 4 分間 PT 泳時の筋電図から算出した RMS 値は、インターバル PT 泳の場合と同様に、サンプルとして 4 分間 PT 泳の終了直前 10 秒間における任意の 3 サイクルストローク (左右で 6 ストローク) の筋電図を対象に積分値を導き出し、4 分間 PT 泳の RMS 値の標準化についてはフリー泳の筋電図の RMS 値を基準値として算出した。なお、図中の最下段に示したパルスは右手先の入水時にチェックボタンを押しそのパルスを有線により図面上に導出させたシグナルで、これによりクロール泳の動作と筋電図を同期させた。

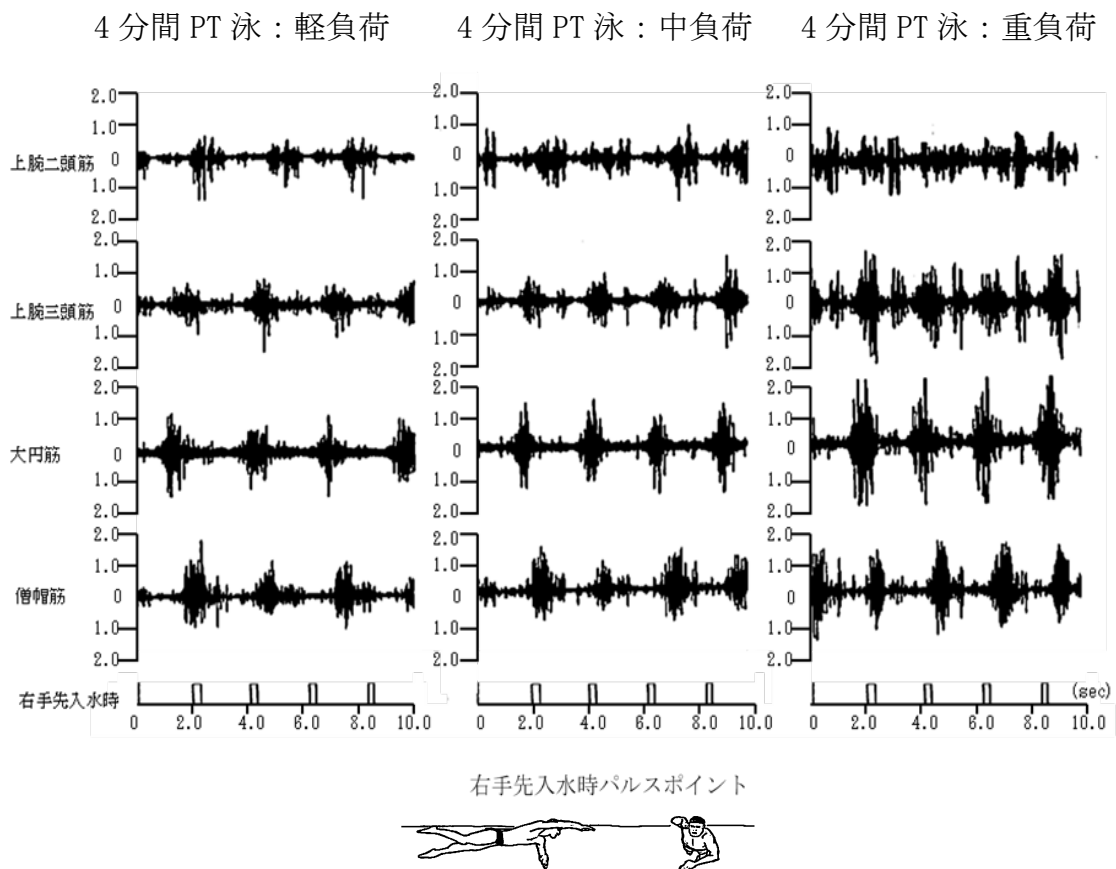


図 4-18 4 分間 PT 泳時の筋電図とクロール泳の動作



表 4-11 は、フリー泳、アシステッド泳、レジステッド泳および最大努力泳における試技間、性別間および習熟度間について、それぞれの筋放電積分値の標準化により分散分析を行った結果を示したものである。この表を見ると、試技間では上腕二頭筋と僧帽筋において有意差が認められたが、性別間および習熟度間ではいずれの筋肉においても有意な差は見られなかった。有意差が認められた試技間について多重比較を行った結果、上腕三頭筋ではフリー泳とレジステッド泳および最大努力泳、僧帽筋ではフリー泳と最大努力泳の間に有意差が認められた。

表 4-11. 各試技における筋放電積分値の標準化比率の分散分析

その他の テザード泳	試技間		性別間		習熟度間	
	F値	p値	F値	p値	F値	p値
上腕二頭筋	3.825	< 0.01		NS		NS
上腕三頭筋		NS		NS		NS
大円筋		NS		NS		NS
僧帽筋	3.155	< 0.05		NS		NS

図 4-19 は、フリー泳、アシステッド泳、レジステッド泳および最大努力泳の筋放電積分値の標準化比率を示したものである。この図を見ると、フリー泳とアシステッド泳、レジステッド泳と最大努力泳の間を除いて有意差が見られた。

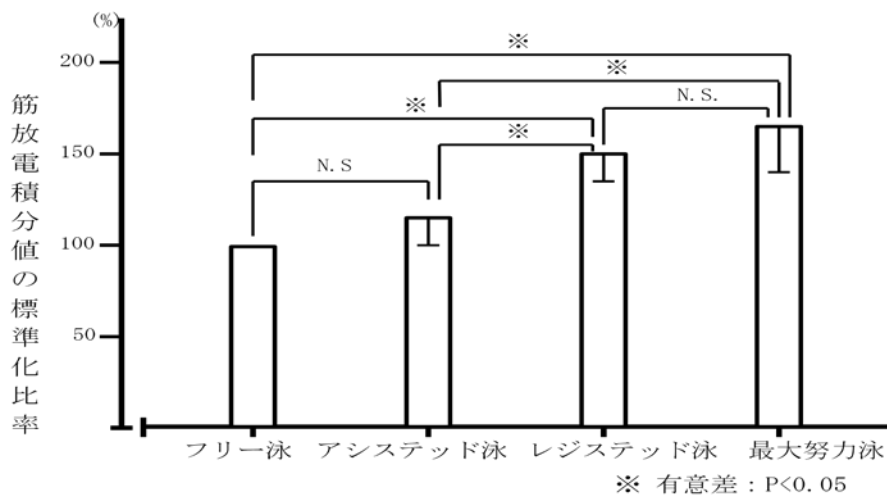


図 4-19. 各テザード泳の筋放電積分値の標準化比率

図 4-20 は、上腕二頭筋、上腕三頭筋、大円筋および僧帽筋の放電積分値を標準化した比率を示したものである。いずれの筋肉もクロール泳のアームストロークに主として関与することを勘案して選定した。上腕二頭筋は、いずれのテザード泳においても標準化比率が高くなったが、レジステッド泳および最大努力泳においてはフリー泳に比較して有意に高くなった。上腕三頭筋、大円筋および僧帽筋では、同様にいずれのテザード泳においても標準化比率が高くなり、特に最大努力泳において有意に高くなった。

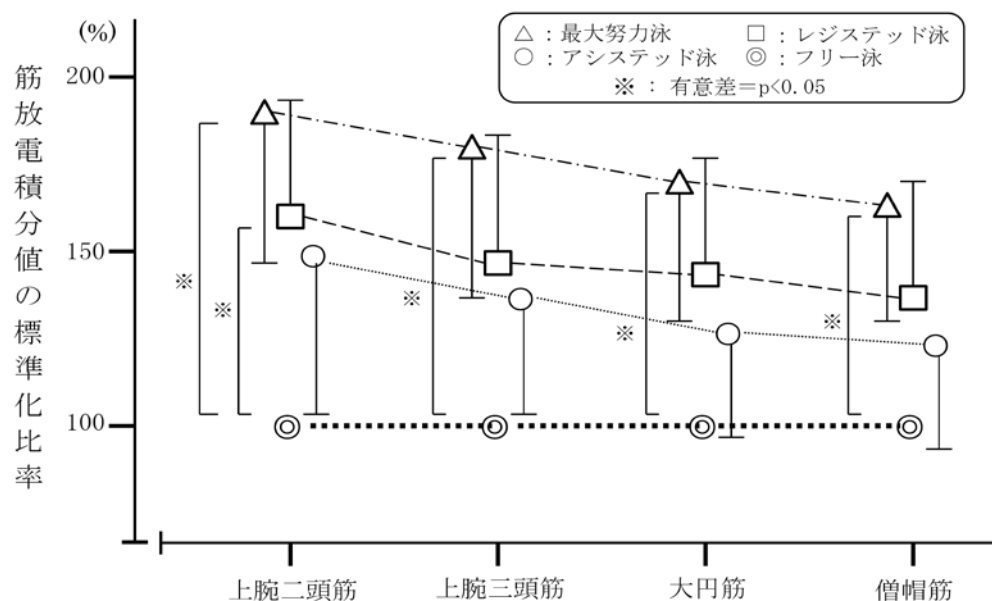


図 4-20. 各テザード泳における各筋の放電積分値の標準化比率

## 2. 4. 考察

本節では、インターバル PT 泳、4 分間 PT 泳、レジステッド泳およびアシステッド泳について、クロール泳による技術練習あるいは持久的トレーニングとして適正な負荷と時間を設定するための基礎的資料を得ることを目的とした。そのため、これらのテザード泳と負荷のないフリー泳および最大努力泳と比較しながら検討を加えた。

まず、表 4-9 のインターバル PT 泳の被験筋全体から見た筋電図積分 RMS 値の分散分析の結果について見ると、インターバル PT 泳はいずれの被験者も 40~45%max の牽引負荷で行い各被験者群ともにほぼ一定した推移を示したが、性別

あるいは習熟度別に個別の筋肉を見ると上腕三頭筋で有意な差が見られた。すなわち、インターバルPT泳の全体を通して一定に推移したことは筋の活動状態が定常的に推移してクロール泳のストロークメカニクスが安定していることを示唆するものであり、上腕三頭筋についてはインターバルPT泳の牽引負荷が40～45%max でほぼ同程度であったものの性別や熟練度別に見た牽引負荷の絶対値の違いが影響を及ぼしたものと考えられる。この点については、上腕三頭筋が水泳の推進に最も関与する筋である(宮下, 1970)ことや水を後方へ押し出す際に最も使われる筋肉である(柴田ら, 1982)とされていることを考えれば、筋力トレーニングの必須部位に挙げられている観点から水中の筋力トレーニングとしての有効性が期待される場所である。また、フリー泳時の筋電図と比較しても、筋の活動機序、放電時間、放電様相に大きな変化は認められず、表 4-8 に示したように心拍数、血中乳酸濃度および主観的運動強度ともに先行研究(Counsilman, 1977 ; 野村武男ほか, 1990; Colwin, 1991; Maglischo)とほぼ同水準にあり、有酸素的持久力の育成が期待できる運動刺激レベルであったと考えることができる。以上のことから、インターバルPT泳は、ストロークメカニクスに悪影響を及ぼすことなく、技術練習法あるいは持久的トレーニング法としての有用性は十分に認めることができると考えられる。

つぎに、4分間PT泳について考えてみる。本節で用いた三種の牽引負荷(軽負荷、中負荷、重負荷)は、各被験者ともにそれぞれの牽引負荷が20～25%max, 30～35%max および40～45%max であった。これらの牽引負荷による4分間PT泳の生理学的応答は表 4-8 に示したように、心拍数、血中乳酸濃度および主観的運動強度でそれぞれ有酸素的持久力の向上に期待できる指標を示した。牽引負荷20～25%max および30～35%max では、前節の図 4-6 に示したようにいずれの被験者においても2分目以降に定常状態が確認されており、特に牽引負荷30～35%max では有酸素的持久力の向上に適正な値(Maglischo, 1982; 野村武男ほか, 1990, p. 582 ; Pyne, 1999)を示した。

表 4-10 の筋電図積分 RMS 値の分散分析の結果を見ると、牽引負荷間、性別間および熟練度間ともに上腕二頭筋と上腕三頭筋において有意差が見られ、習熟度間では大円筋において有意な差が認められた。牽引負荷間について考えてみると、牽引負荷の増加によりアームストロークへの負担、すなわちプルおよび

プッシュ時の筋の活動量が増加し、プルで活用される上腕二頭筋、プッシュに活用される上腕三頭筋の活動状態が活発化したことによるものと考えられる。図 4-18 に示したように筋の活動機序や活動様相に大きな変化がないことを考慮すると、直接推進力を産出するプルおよびプッシュ動作に活用される筋のトレーニングとして効果的であると考えられる。性別間において上腕二頭筋と上腕三頭筋に有意差が見られたことは、最大牽引力に対する牽引負荷が同等であったものの絶対的な牽引負荷の差と考えられるが、筋力の性差によるところかもしれない。しかしながら、筋の活動機序および活動様相に変化が見られなかったことを考慮すれば、アームストロークに参与する筋のトレーニングとして効果的であることが考えられる。また、習熟度間において上腕二頭筋、上腕三頭筋および大円筋に有意差が見られたが、これは上級者と中級者の絶対的な牽引負荷の差がアームストロークに参与する筋肉への負担が増し、図 2-17. アームストロークの模式図 (p. 43) に示したようにプレスダウンからプルにかけて活用される大円筋、プルで活用される上腕二頭筋、プッシュに活用される上腕三頭筋の活動が活発化した結果と考えられる。特に、プレスダウンは習熟度の上位者に特有な技術であるが、テザード泳によりプレスダウン時に活用される大円筋の活動がより強くなることが示唆された。いずれにしても、被験者が用いた牽引負荷により得られた生理的指標や知覚的指標を勘案すると、Olbrecht, et al., (1983) や柴田ら (2006) の報告とほぼ同様の値を示しており、牽引負荷 30~35%max 程度の 4 分間 PT 泳ではストロークメカニクスを崩壊することなく活用を図ることが可能であり、上級者および中級者にとっては 4 分間 PT 泳が技術練習法および持続的トレーニング法としても有効であることが示唆された。

表 4-11 に示したフリー泳、アシステッド泳、レジステッド泳および最大努力泳の筋電図積分 RMS 値の分散分析の結果について見ると、アシステッド泳およびレジステッド泳では牽引負荷 40~45%max を用いて行ったが、試技間では有意差が見られたものの性別間および習熟度間には有意差が認められなかった。試技間では、上腕二頭筋および僧帽筋に有意差が見られ、多重比較の結果から上腕二頭筋ではフリー泳とレジステッド泳およびフリー泳と最大努力泳に有意差が確認され、僧帽筋ではフリー泳と最大努力泳に有意差が確認された。図 4-15

の①, ②, ③および④の筋電図を見ると, 筋の活動機序には変化は見られなかったが, レジステッド泳および最大努力泳では筋の放電量や活動頻度(ストローク頻度)が高くなる傾向が確認できた. この点について, 図 4-19 に示した各テザード泳による筋放電積分値の標準化比率に見られるように, フリー泳とアシステッド泳, レジステッド泳と最大努力泳の間に有意差が見られなかったことから, フリー泳およびアシステッド泳とレジステッド泳および最大努力泳の差は上腕二頭筋および僧帽筋の活動状態の活発化によるものと考えることができる. このことは, レジステッド泳および最大努力泳によるキャッチからプル動作時の筋活動の活発化やリカバリー動作時に引き戻されないあるいは素早いリカバリーが必要となって筋活動が高まったことが考えられ, また上腕二頭筋および僧帽筋の活発化はストローク頻度の上昇によるものと考えることができる. このことについては, アシステッド泳ではフリー泳と比較して有意差は見られなかったが, レジステッド泳ではアシステッド泳と比較してストローク頻度が高くなるとした Maglischo, et al (1985, p. 32) と意見とほぼ一致するところであった. また, アシステッド泳の活用によりストロークメカニクスに改善が見られたとする意見やレジステッド泳は泳スピードの改善には役立たないとして水泳トレーニングで活用することに警鐘を鳴らす意見 (Maglischo, et al., 1985) を考え合わせると, テザード泳としてのアシステッド泳の活用は効果的であると考えられる. しかしながら, レジステッド泳については, 本節では牽引負荷を 40~45%max に調整して活用したため, Maglischo, et al. (1985) のストロークメカニクスへの影響を危惧する意見とはやや異なる見解が考えられた. すなわち, レジステッド泳についても適切な牽引負荷の設定によって十分に活用を図ることができ, それによって技術練習や持久的トレーニングとして適切な運動負荷の設定が可能であり, クロール泳のストロークメカニクスを崩壊することなく水泳トレーニングとして活用を図ることが期待できる. いずれにしても, 図 4-20 の各テザード泳における各筋の筋放電積分値の標準化比率を見ると, すべての被験者を総合的に見たものであるが最大努力泳ではいずれの筋においても有意に筋活動が活発化し, 筋の活動様相に大きな変化は見られなかったものの長く続けて泳ぐことができない点や繰り返して泳ぐことができない点で技術練習あるいは持久的トレーニングとしての有効性は低いものと考えられ

る。アシステッド泳およびレジステッド泳では上腕二頭筋に有意な筋活動の活発化が見られたが、いずれも過度の筋の緊張状態は見られなかったことから技術練習あるいは持久的トレーニングとしての活用には有効的であると考えられる。

先行研究では、水泳の筋電図解析により運動傷害を避けるべく運動や動作を指摘できるとする意見(堀, 1981), 水泳の筋力トレーニングが適切に行われているか否かを判断できるとする意見(Paul, 1986), 筋活動様相の低下が筋疲労によるものかあるいはまた意図的なものを把握することができるとする意見(木塚ら, 2006)が見られる。これらの意見を勘案しながら本節で調査したテザード泳では、牽引負荷を適正に設定することによって身体への過度な負担やストロークメカニクスへの影響を回避することができ、かつ定量的にトレーニング負荷設定が可能である。しかも、水底にスイムミラーを設置することによって自己の泳ぎ方を観察しながら実施することができ、習熟度の低位者から上位者までを対象に効果的な水泳練習法や水泳トレーニング法として活用を図ることができると明らかなとなった。

## 2. 5. 結論

本節では、クロール泳を用いたテザード泳による技術練習法あるいは持久的トレーニング法としての有効性を検証し、今後の水泳練習や水泳トレーニングにおいて活用するための基礎資料を提供することを目的とした。そのため、上級者として日本選手権大会出場の水泳部員および中級者として地域大会出場の水泳部員を対象に、クロール泳によるフリー泳、インターバルPT泳、4分間PT泳、レジステッド泳、アシステッド泳および最大努力泳を行わせ、その際のストロークメカニクス、心拍数、血中乳酸濃度、主観的運動強度の調査および筋電図の測定を行った。その結果は、以下に示した通りであった。

- 1) 牽引負荷 40~45%max のインターバル PT 泳では、インターバルの繰り返しの進展による筋活動様相に変化は見られずストロークメカニクスが安定して推移した。また、インターバル PT 泳中の生理学的応答および知覚的応答は、有酸素的持久力が期待される範囲であった。
- 2) 4分間PT泳では、40%max を超える牽引負荷において各筋の放電様相からストロークメカニクスへの影響は認められなかったが、牽引負荷間、性別間、

習熟度間で上腕二頭筋と上腕三頭筋が、性別間で大円筋が顕著な筋活動となった。35%max 程度の牽引負荷においてもストロークメカニクスへの影響は見られず、持久力の向上が期待できる生理学的応答および知覚的応答が見られた。

- 3) アシステッド泳とフリー泳，最大努力泳とレジステッド泳はほぼ同様の筋放電積分値であったが，最大努力泳とレジステッド泳ではアシステッド泳とフリー泳に比較して筋放電積分値が顕著に大きかった。
- 4) アームストロークに関与する上腕二頭筋，上腕三頭筋，大円筋，僧帽筋の放電積分値の標準化比率は，アシステッド泳およびレジステッドではフリー泳に比較していずれの筋もわずかに高くなる傾向にあったが，最大努力泳ではいずれの筋も顕著に高くなった。

以上のことから，インターバル PT 泳では最大牽引力の 40～45%程度の牽引負荷を設定し，35 秒間の泳ぎと 20 秒間の休息をセットにして 10 回繰り返すインターバル泳であったが，その際の筋の放電様相（活動機序，活動頻度，緊張度）には通常の泳ぎ方であるフリー泳と比較して大きな変化もなく，クロール泳のストロークメカニクスに変化をもたらすものではなかった。また，性別および習熟度別に見た比較では，絶対負荷の大きかった男子あるいは熟練者において推進力の生み出す中心的な働きをする上腕三頭筋の緊張度が高くなったこと，あるいは生理学的応答および知覚的応答においても持久力向上が期待できる水準であったことから，技術練習や持続的トレーニング，さらには筋力トレーニングとして有効であり，しかも牽引負荷の設定が習熟度あるいは性別の異なるいずれの被験者においても最大牽引力に対する比率（%max）がほぼ同程度であったことから男女含めて多様な習熟度の異なる泳者の水泳トレーニングに活用することが可能であることが示唆された。

4 分間 PT 泳は，中負荷（30～35max），重負荷（40～45%max）の牽引負荷において生理学的応答および知覚的応答に持久力向の有効性が認められる値を示した。また，筋の放電積分値による分析結果から，重負荷（40～45%max）の牽引負荷ではストロークメカニクスに影響を及ぼすものではなかったが，推進力を最も生み出す上腕二頭筋および上腕三頭が牽引負荷間，性別間および習熟度

間において、また大円筋が習熟度間において緊張度が高くなり、重負荷による4分間PT泳がより水泳に必要な筋力トレーニングとしての有効性が確認された。中負荷（30～35max）の牽引負荷では筋の放電積分値の分析結果において軽負荷や重負荷との有意差は見られなかったものの軽負荷に比較して筋活動が活発化し、かつ生理学的応答および知覚的応答が重負荷に近い水準で定常化を示したことを考えると持続的トレーニングとしての有効性が考えられた。軽負荷（20～25%max）の牽引負荷については、筋放電積分値の分析結果からフリー泳に比較して筋の活発化が認められ、かつ生理学的応答および知覚的応答が定常的な推移を示したことから、牽引時間を長くすることにより泳力を養うトレーニング法として有効であると考えられる。また、習熟度の低位者に対して水底にスイムミラー（水泳用鏡）を設置することにより自己の泳ぎ方を観察しながら行える点で水泳練習法として有効であると考えられる。

レジステッド泳およびアシステッド泳は、牽引負荷 40～45%max を用いたテザード泳であったがフリー泳と比較して筋の活動頻度および緊張度が高く、活動機序には変化は見られなかった。最大努力泳はレジステッド泳とほぼ同様の筋活動傾向を示し、ストロークメカニクスにはアシステッド泳を含めて大きな影響は見られなかった。フリー泳、アシステッド泳、レジステッド泳および最大努力泳の筋放電積分値の分析結果を見ると、性別間および習熟度間においてほとんど変化は見られなかったが、試技間においては上腕二頭筋および僧帽筋に顕著な変化が見られた。これを多重比較により見ると、フリー泳とレジステッド泳および最大努力泳の間、アシステッド泳とレジステッド泳および最大努力泳の間に有意差が見られ、レジステッド泳および最大努力泳において特に上腕二頭筋と僧帽筋の活用度が高まってくることが示唆された。このことから、レジステッド泳およびアシステッド泳の適正な牽引負荷は個々の最大牽引力の40～45%程度から導き出すことが可能で、それによってストロークメカニクスを崩壊することがなく実施することができ、特にレジステッド泳では上腕二頭筋および僧帽筋の水中の筋力トレーニングとして期待できることが明らかとなった。すなわち、上腕二頭筋は手の入水後に素早く水をつかむ際に活用する筋肉、僧帽筋は手のリカバリーに後方へ引き戻されないようピッチを上げて素早くリカバリーを行ったことによるものと考えられ、その意味でスピード練習としての



有効性が考えられる。なお、最大努力泳は、レジステッド泳に近似した筋活動やストロークメカニクスが見られたが、筋疲労を来しやすく長く続けて活用することが困難であることから、水中の筋力トレーニングやパワートレーニングとしてはレジステッド泳の方が望ましいものと考えられる。

## 参考・引用文献

**Adams Thomas A., et al.,** (1983) Tethered forth and relationships, Swimming Technique 20, pp.21-26.

**Arend Bonen** (1976) Implementing Training Specificity, Swimming Technique13, pp.50-51.

**Arend Bonen, et al.,** (1980) Maximal oxgen up take during free tethered and flume swimming, J. Applied physiology 48, pp.232-235.

**Bonen A.** (1976) Implementing Training Specificity, Swimming Technique NO.13, pp.50-51.

**Bonen A., et al.,** (1980) Maximal oxgen up take during free tethered and flume swimming, J. Applied physiology No.48, pp.232-235.

**Boolens Erik, et al.,** (1988) Peripheral EMG comparison Between Fully Tethered and Free Front Crawl Swimming, Swimming Science V, Human Kinetics, pp.173-181.

**Carbi H., M. Jane, et al.,** (1988) The relation of stroke frequency, force, and EMG in front crawl tethered swimming, Human Kinetics Publishers Inc., Swimming Science V, pp.183-189.

**Colwin C.M.** (1991) Swimming into the 21st Century, LeisurePress, pp.120-121, 138-139.

**Costill D. L.** (1966) Use of a swimming' ergometer in physiological research, Research Quarterly37, pp.564-567.

Costill D. L., et al., (1986) A computer based for the measurement of force and power during front crawl swimming, Journal of Swimming Research 2, pp.16-19.

Costill D. L., et al., (1992) Swimming, Blackwell Scientific Publications, pp.49-50, 172-174, 178-179, 182-183.

Costill D.L., Maglischo E.W., Richardson A.B. (1992) Swimming, Chapter 16, pp.163-166, p.178, Black Scientific Publicatios, Oxford.

Counsilman J.E. (1977) Competitive Swimming Manual, Counsilman Co., Inc., pp.6-10, p.92.

堀 浩 (1981) 筋電図の手引き, 1. 筋電図とは, 5. 正常筋電図, 南山堂, 東京, pp.1-5, pp.33-34.

唐津時枝ら (1991) 競泳選手の乳酸閾値 (OBLA) に相当する泳速度と記録の関係, 日本体育学会第42回大会号 p.939.

Karpovich P. V., (1930) Swimming Speed Analyzed, Scientific American, March, pp.224-225.

Karpovich P. V., Pestrecov K. (1939) Mechanical Work and Efficiency in Swimming Crawl and backstrokes, Arbeits physiologie 10, pp.504-514.

Kiphuth H., et al. (1942) Swimming, A.B.Barnes and Company, pp.31-37.

Klaus Daniel Jurgen Klauck (1999) Mechanical and electromyographical parameters in breaststroke pull under different moving conditions, Biomechanics and Medicine in Swimming VIII, Department of biology of

physical activity, University of Jyaskyla Finland, pp.33-39.

木塚朝博ら (2006) 表面筋電図, 第1章 表面筋電図とは, 第2章計測とその準備, 東京電機大学出版局, 東京, pp.1-10, 13-38.

Liljestrand G., Stenstrom N. (1919) Studien uber die Physiologie dse Schwimmen, Scand. Arch. F., Physigie 39, pp.1-63.

Madrigal Robert (1984) Sprint- assisted to wing, Swimming Technique 20, pp. 33-36.

Magel J. R. (1970) Propelling force measured during tethered swimming in the four competitive swimming styles, Reseach Quarterly4, 1-1, pp. 68-74.

Maglischo E.W. (1982) Swimming Faster, Chapter12, Mayfie Publising Company, California, USA., pp.404-410.

Maglischo C. W., E. W. Maglischo, et al., (1984) Tethered and Nontethered Crawl Swimming, ISBS Spors Biomachanics, Academic, Publishers, pp.404-410.

Maglischo E.W., et al., (1985) The Effects of Sprint -assisted and Sprin-resisted Swimming on Stroke Mechanics, Journal of Swimming Research 1, pp.27 - 33.

Maglischo E. W. (1993) Swimming Even Faster, Chapter9, Mayfiel Publishing Company, California, USA, pp.174-197.

Maglischo E. W., Brennan C. F. 著. 柴田義晴訳 (1994) マグリスコの水泳教本,

2. トレーニングの原理, 3 版, 大修館書店, 東京, pp. 25-30.

松波 勝ら (1994) 競泳における OBLA スピードのトレーニングによる変化と記録の関係, 日本体育学会第 45 回大会号, p. 496.

Meerlo, A. I., et al. (1988) The prediction of tethered swimming  $VO_2\max$  from  $VO_2\max$  on a biokinetic swim bench, Journal Swimming Research 4, pp. 15-19.

宮下充正 (1970) 水泳の科学, キネシオロジーと指導への応用, 杏林書院, pp. 36-42.

丹羽 昇 (1974) 角度と筋力の関係 —腕筋力の場合—, 東京学芸大学紀要, 芸術・スポーツ科学系 第 24 集, pp. 201-206.

野村武男ら (1990) 全身持久泳における生理客観的運動強度と主観的運動強度の対応性についての一考察, 日本体育学会 第 41 回大会号 p. 582.

Olbrecht J., et al., (1983) EMG of specific strength training exercises for the front crawl, Biomechanics and medicine in swimming, Human Kinetics, pp. 136-141.

小野寺幸一ら (1976) 全身持久性運動における主観的運動強度と客観的運動強度の対応性, 体育学研究 21, pp. 191-204.

Paul Bitter (1986) The shoulder, EMG and swimming stroke, Journal Swimming Research Vol. 2, No. 1, pp. 20-23.

Pyne D. (1999) Endurance training How much Huff and Puff? Swimming Technique Vol. 35, No. 4, pp. 16-20.

Roberts J.B. (1977) New approach and method of Specific isokinetic training for Swimmers, *Swimming Technique* 14, pp.38 - 39.

Rohrs D.M., et al. (1990) The relationship between seven anaerobics tests and swim performance, *Journal of Swimming Research* No.6, pp.15 - 19.

柴田義晴ら (1982) バタフライ泳法に関する基礎的研究, 東京学芸大紀要 第5部門, 芸術・体育 34, pp.193-202.

柴田義晴ら (1986) 水難救助に用いる Carrying の身体負担度について, 東京学芸大学紀要 38, pp.171 - 179.

柴田義晴ら (1996) ストレッチコードを用いた水泳トレーニング法の有用性, トレーニング科学研究 第8巻, 第1号, pp.23-32.

柴田義晴ら (2008) 水泳による体力育成のための牽引泳の有用性について, 東京学芸大学紀要, 芸術スポーツ科学系 第60集, pp.179-190.

柴田義晴ら (2009) 水泳トレーニング法としてのテザード泳の運動方法学的研究, 東京学芸大学紀要, 芸術・スポーツ科学系 第61集, pp.105-112.

高原知子ら (1991) 競泳選手の乳酸閾値 (OBLA) を指標としたトレーニング効果の研究, 日本体育学会第42回大会号 p.940.

Thomas A., et al. (1983) Tethered force and relationships, *Swimming Technique* No.20, pp.21 - 26.

山本義春, 中村好男 (1989) AT の話, V.AT 論争の詳細, 最大乳酸定常の直接測定を指示する研究, 初版, ブックハウス・エイチティ, 東京, pp.57-59.

## 第5章 長期間にわたる水泳活動が 身体に及ぼす影響の検討

水泳は、水泳技術を身につけることによって老若男女の誰もが楽しめる運動特性を有している。今日、水泳人口は、スポーツ白書（2006）によると1,255万人/年の方が水泳を楽しみ、レジャー白書（2013）によると1,180万人/年の方が日常的に水泳活動を行っているとしており、幼児水泳からマスターズ水泳大会における100歳で参加の高齢者まで、幅広い年齢層において水泳活動を楽しんでいる。その目的は、体育、スポーツ、レクリエーション、あるいは水治療法等として、陸上にはない水泳活動の運動特性の活用を図っている。特に、成長期にある青少年の水泳活動への参加者は、学校水泳はもとより民間のスポーツクラブにおいても増加傾向にあり、定期的かつ長期間にわたって実践している。しかしながら、青少年を対象に定期的かつ長期間にわたる水泳活動が身体に及ぼす影響についての検討は、著者の文献渉猟の範囲では散発的に行われている程度で指導への提言までに至っていないのが現状である。したがって、定期的かつ長期にわたる水泳活動が青少年の身体に及ぼす影響についてその功罪を明らかにできれば、今後の水泳指導の確立を図るためにも有意義であると考えられる。

そこで、本章では、成長期にある青少年を対象に、長期間にわたる水泳活動が身体に及ぼす影響について調査を行った。その際、今日最も多くの人々に泳がれ、かつ学校水泳の中核的な学習教材でもあるクロール泳の運動特性による影響を考慮して、体柔軟性、呼吸機能、身体の均整的発達への功罪について検討を試みた。

### 第1節 体柔軟性に与える影響について

#### 1. 1. 目的

人体の関節可動範囲は、関節構造やその周辺に存在する骨格筋、靭帯、関節囊の状態によって決まってくるが、知覚終末からの疼痛もしくは拮抗等に対す

る神経支配も可動域の制限条件になることがある。したがって、このような可動性を一般には柔軟性と言っているが、それに関与する因子によっては全く異質のものと考えなければならないことがある。このことに関して、小野ら(1968, 1970)は、立位体前屈と上体そらしについて考察しているように、関節部位や測定条件によっては単に柔軟性というより他の概念で表現した方がよいとする主張がそこにみられる。このことに関して、トップレベルの水泳選手の体柔軟性には目を見張るものがあるとした意見 (Colwin, 1998) や一定の期間の水泳トレーニングによっても水泳活動をしていなかった者との間に有意な差は見られなかったとする意見 (Tosic, 2011) も見られる。

そこで、本節では、日常的に水泳活動を行っている水泳部員と日常的に水泳活動を行っていない同年代の者を対象に、5日間の集中的な水泳活動がそれぞれの体柔軟性に与える影響について調査し、今後の集中的な水泳活動や長期にわたる水泳活動における指導計画あるいは指導内容を検討する際の資料提供と指導への提言を図ることを目的とした。

## 1. 2. 方法

測定期日は、水泳部員では所属するクラブ活動において計画された8月中の5日間の合宿期間とし、日常的に水泳を行っていない者(以下、一般学生という)では8月中の5日間の集中授業期間において実施した。なお、この期間中の測定時の気温は、 $32.0 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 、水温は  $26.8 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ 、気象状況はいずれもほぼ一定して良好であった。

対象者は、男子大学生(水泳部員7名およびその対照群として一般学生20名)を対象に測定を行った。水泳部員は、いずれも10年以上にわたって水泳活動を行ってきた者で、主としてクロール泳を用いた午前と午後の練習を含んだ5日間の合宿練習に参加した。一般学生は、5日間の集中授業におけるクロール泳を多く用いた午前および午後の集中授業に参加した(以下、合宿練習および集中授業をともに水泳活動という)。水泳活動時間は、午前は9時30分~11時30分、午後は2時00分~4時00分で、水泳部員および一般学生ともにほぼ同じ時間であった。測定は、午前練習前30分と午後練習後30分間に行った。

測定項目は、身体計測に関するものとして身長、体重、栄研式皮脂厚計によ



る右上腕背側中央部と右肩甲骨下縁相当部の皮脂厚とした。ローレル指数は、計算式 $(\text{体重}/\text{身長}^3) \times 10^7$ に則り算出した。柔軟性に関する項目としては、Finger-Behind-Back-Touch Right, Finger-Behind-Back-Touch Left (以下、後手たすき右上, 後手たすき左上という)を用いた。これは、一方の手を肩から下方へ、他方の手を脇下から上方へ差し出し、右手が上で左手が下の場合を後手たすき右上とし、その逆の場合を後手たすき左上として、左右の手指先の背中側の接近度について数値化して表したものである。計測は、両方の手指先の接点を0として、離れた場合を(-)表示、重なった場合を(+)表示で表した。

上体そらしおよび立位体前屈については、平成11年度体力・運動能力調査より導入された文科省の「新体力テスト」実施要項に基づいて実施した。測定項目、時刻、順序、方法等が、各被験者に対してほぼ一定条件で行われるよう配慮した。

結果の集計については、各測定項目に平均値(X)および標準偏差(S.D.)を算出した。統計学的処理は、各測定項目間のT検定および相関関係について検定を行った。有意性の判定には、危険率5%未満を有意水準として採用した。

### 1. 3. 結果

水泳部員および一般学生の身体計測結果の平均値および標準偏差については、表5-1に示した通りであった。身長、体重、皮脂厚、ローレル指数ともにやや水泳部員の方が大きい傾向を示した。

表5-1. 被験者の身体的特徴

測定項目 被験者	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (mm)			ローレル 指 数	利き腕側
			上腕部	背 部	上腕+背		
水泳部員	172.3 ±5.1	68.6 ±9.6	7.5 ±1.3	9.6 ±2.7	17.1 ±4.0	133.7 ±14.0	右側
一般学生	168.7 ±5.8	60.0 ±5.3	6.8 ±1.9	8.3 ±1.4	15.1 ±2.3	125.2 ±8.1	右側

後手たすき右上, 後手たすき左上, 上体そらしおよび立位体前屈の各測定結果は、表5-2に示した通りであった。なお、水泳活動期間中における柔軟性の変化については、図5-1~図5-5に示した通りであった。

表 5-2. 5 日間の水泳活動による体柔軟性の変化

測定項目		後ろ手たすき (右上) (cm)		後ろ手たすき (左上) (cm)	
被験者		水泳部員	一般学生	水泳部員	一般学生
1	B	6.4±6.7	3.6±7.5	1.2±6.1	-3.5±8.5
	A	4.9±7.3	4.5±6.9	0.9±5.0	-2.1±7.7
2	B	6.0±7.0	4.4±7.0	2.2±5.9	-2.1±7.5
	A	4.9±6.4	4.6±7.1	1.4±4.6	-1.5±7.4
3	B	6.5±6.8	4.1±7.1	1.7±4.9	-2.5±7.7
	A	5.9±6.4	5.0±7.4	1.4±4.8	-0.7±7.6
4	B	6.8±6.4	4.3±7.5	2.1±4.3	-1.9±8.9
	A	6.3±6.2	4.9±8.3	1.4±4.1	-1.6±8.1
5	B	6.5±5.9	4.8±7.6	2.5±4.4	-1.2±8.5
	A	6.5±5.5	6.2±7.9	2.0±3.1	-0.4±8.1
		上体そらし (cm)		立位体前屈 (cm)	
1	B	60.6±9.5	56.3±5.2	12.6±8.6	15.6±4.5
	A	58.6±7.6	55.5±4.6	10.9±6.4	17.1±4.1 #
2	B	60.1±11.0	57.1±5.3	11.1±8.0	15.7±5.4
	A	58.1±8.3	56.1±6.1	11.4±5.8	16.5±4.7 #
3	B	60.8±10.8	58.3±5.6	12.1±8.4	16.6±4.7
	A	59.9±9.1	58.1±5.4	10.9±5.7	17.1±4.4 #
4	B	60.6±11.6	58.6±4.6	11.8±7.7	16.5±4.5
	A	59.9±9.2	57.7±5.5	11.2±6.1	17.6±4.0 #
5	B	60.6±11.1	59.5±4.9	13.1±8.1	17.4±4.2
	A	61.1±9.8	59.4±4.5 ※	11.3±6.0	18.0±4.4 #

※:1日目午前練習前との有意差 # : 午前練習前との有意差 B : 午前練習前, A : 午後練習後

なお、水泳活動期間全体を通して見た場合、1日目午後練習後と5日目の午後練習後の差の有意差検定を行った結果、一般学生の上体そらしにおいてのみ有意差が見られた。すなわち、5日間の水泳活動を通して上体そらしに最も大きく影響が表れたことを示した。また、水泳部員と一般学生との差の検定について見ると、一般学生の上体そらしの午後練習後において有意に大きい値を示した。特に、水泳活動期間中の1日目および2日目の午後練習後には1%水準で有意差が、同じく3日目、4日目および5日目の午後練習後には0.5%水準で有意差が見られた。

### 1. 3-1. 後手たすき右上

図 5-1 は、水泳活動中の後手たすき左上の変動を示したものである。水泳部員では午前練習前 (B) の測定値は全期間を通してほぼ一定していたが、午後練習後 (A) の測定値は練習経過とともに小さくなる傾向を示した。また、午後練習後の測定値は経日毎に小さくなり、5 日目には練習前と練習後の測定値にほとんど差が見られなくなった。

一般学生では、水泳活動経過を通して午前練習前と午後練習後の値が上昇傾向を示したが、午前練習前に比較して午後練習後の測定値の上昇傾向がさらに大きくなった。また、午前練習前に比較して午後練習後の測定値の方が上昇した点では水泳部員とは全く対称的な推移を示した。

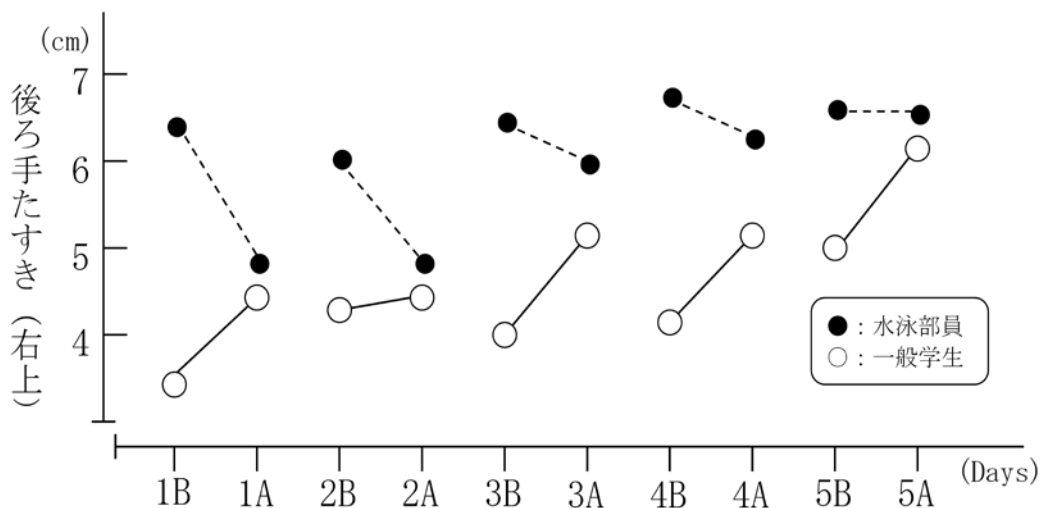


図 5-1. 5 日間の水泳活動が後手たすき (右上) に及ぼす影響

### 1. 3-2. 後手たすき左上

図 5-2 は、水泳活動中の後手たすき左上の変動を示したものである。これを見ると、水泳部員では水泳活動経過とともにわずかに上昇傾向を示したが、午前練習前と午後練習後を比較すると午後練習後の測定値が下降する傾向を示した。これに対して、一般学生では水泳活動経過とともにわずかに上昇傾向を示したが、午前練習前と午後練習後を比較すると午後練習後の測定値が上昇する傾向を示した。水泳部員および一般学生の水泳活動の影響の現われ方が対称的であった点は、後手たすき右上の場合と同様であった。

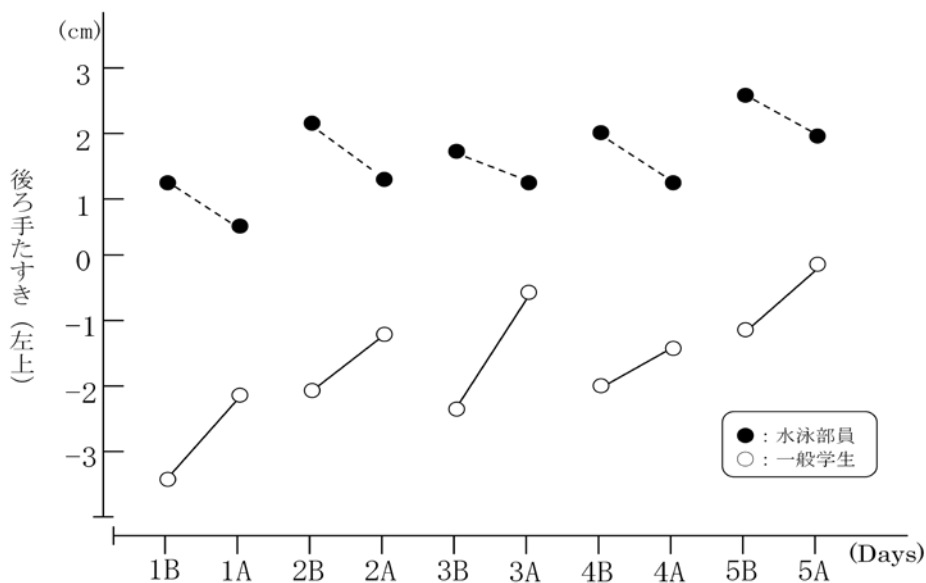


図 5-2. 5 日間の水泳活動が後ろ手たすき (左上) に及ぼす影響

水泳部員および一般学生の後手たすき右上と後手たすき左上の測定値の合計および差について、練習前と練習後の平均値を図 5-3 に示した。後ろ手たすき右上および後手たすき左上のいずれも、水泳部員では左右の合計値が大きく、左右の差が小さかったが、一般学生では左右の合計値が小さく、左右の差が大きい傾向を示した。

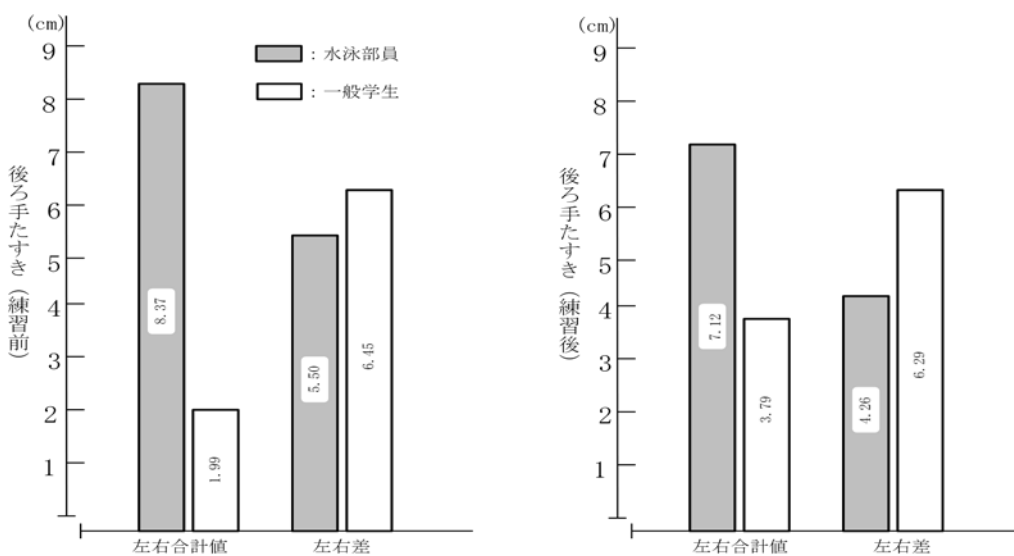


図 5-3. 水泳活動前後の後ろ手たすきの柔軟性の差と合計値の比較

### 1. 3-3. 上体そらし

図 5-4 は、水泳活動中の上体そらしの変動を示したものである。水泳部員では、上体そらしの練習前の測定値においてほぼ一定した推移を示したが、練習後の測定値を見ると水泳活動経過の進展とともに低下していく傾向が見られた。しかしながら、5 日目には僅かであったが逆転して上昇する傾向を示した。

一般学生では、練習期間全体を通して上昇する傾向を示したが、練習前に比較して練習後において上体そらしの柔軟性が低下する傾向は水泳部員とほぼ同様の傾向を示した。

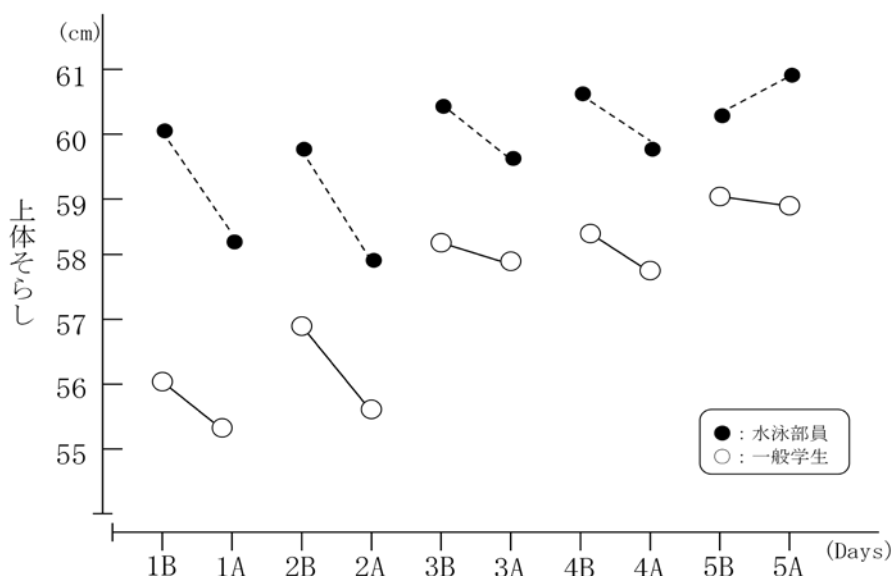


図 5-4. 5 日間の水泳活動が上体そらしに及ぼす影響

### 3. 3-4. 立位体前屈

図 5-5 は、水泳活動中の立位体前屈の変動を示したものである。水泳部員では一般学生に比較して測定値が小さく、かつ午後練習後に測定値が低下する傾向を示したが、一般学生では水泳部員と逆に午後練習後に測定値が上昇する傾向を示した。

水泳活動全体を通して見ると、一般学生および水泳部員ともに大きな変化は見られなかった。しかし、一般学生および水泳部員ともに水泳活動の影響を考慮される午後練習後においてはほとんど変化は見られなかったが、水泳部員に比較して一般学生の測定値が大きかった。

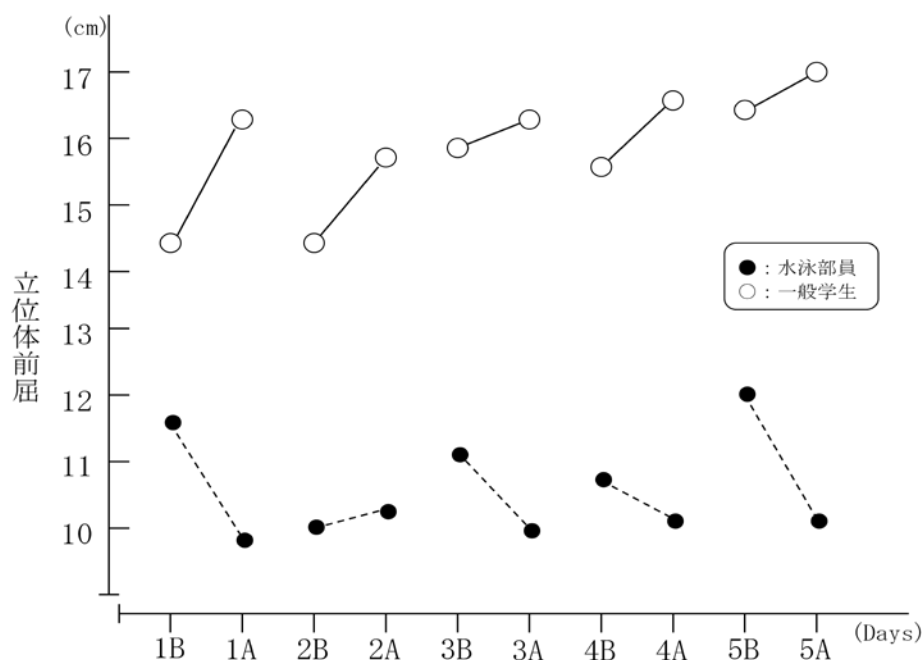


図 5-5. 5 日間の水泳活動が立位体前屈に及ぼす影響

表 5-3 は、各測定項目間の相関関係について示したものである。後手たすき右上と後手たすき左上の間には、水泳活動期間を通して水泳部員および一般学生ともに有意な相関性が見られた。後手たすき右上と上体そらしの間には水泳部員では一般学生に比較して有意な相関関係を示す結果が多く見られ、後手たすき左上と上体そらしの間には水泳部員では午前練習前と午後練習後においてともに有意な相関性が見られたが、一般学生では午前練習前においてのみ有意な相関性が見られた。後手たすき右上と立位体前屈および後手たすき左上と立位体前屈の間には、水泳部員および一般学生ともに有意な相関性は見られなかった。上体そらしと立位体前屈の間には、一般学生の午前練習前にのみ有意な相関性が見られた。

皮脂厚上腕部と背部の相関性については、水泳部員には有意な相関性は見られなかったが、一般学生においては有意な相関性が見られた。皮脂厚上腕部とローレル指数および皮脂厚背部とローレル指数の間には、水泳部員および一般学生ともに有意な相関性は見られなかったが、一般学生では、皮脂厚上腕部とローレル指数および皮脂厚背部とローレル指数の関係が密接である傾向を示した。

表 5-3. 身体各部の測定値間の相関関係

		練習日程	FR-FL	FR-BF	FR-FF	FL-BF	FL-FF	BF-FF
水泳部員	1	B	0.365	0.334	0.122	0.557※	0.126	0.035
		A	0.513※	0.074	0.169	0.519※	0.357	-0.093
	2	B	0.454※	0.459※	0.086	0.484※	0.246	0.019
		A	0.373	0.463※	0.006	0.648※	0.180	0.146
	3	B	0.343	0.217	0.174	0.617※	0.211	0.313
		A	0.531※	0.367	0.140	0.595※	0.207	0.124
	4	B	0.449※	0.467※	0.171	0.606※	0.193	0.211
		A	0.471※	0.226	0.108	0.511※	0.134	0.077
	5	B	0.620※	0.319	0.224	0.587※	0.225	0.049
		A	0.530※	0.469※	0.193	0.581※	0.307	0.054
一般学生	1	B	0.792※	0.420	-0.076	0.804※	0.432	0.863※
		A	0.777※	0.378	-0.333	0.728	0.172	0.658
	2	B	0.859※	0.419	0.115	0.749※	0.456	0.783※
		A	0.833※	0.334	-0.355	0.738	0.198	0.733
	3	B	0.791※	0.406	0.003	0.822※	0.526	0.875※
		A	0.749※	0.208	-0.481	0.598	0.104	0.715
	4	B	0.723	0.357	-0.138	0.788※	0.445	0.789※
		A	0.780※	0.119	-0.514	0.537	0.018	0.686
	5	B	0.746※	0.309	-0.145	0.800※	0.476	0.867※
		A	0.660	-0.026	-0.452	0.430	0.240	0.656
		AS-BS	AS-R	BS-R	FR : 後ろ手たすき (右上)		AS : 上腕部皮脂厚	
水泳部員		0.497	-0.014	-0.064	FL : 後ろ手たすき (左上)		BS : 背部皮脂厚	
一般学生		0.868※	0.713	0.702	BF : 上体そらし		R : ローレル指数	
					FF : 立位体前屈		※ : p<0.05	

#### 1. 4. 考察

まず、被験者はすべて利き腕が右側であり、水泳部員は競泳競技を目指し、練習時には主としてクロール泳を多く取り入れた内容を10年以上継続して水泳活動を行ってきた者であった。一般学生は、クロール泳を中心とした練習内容で、日常的に水泳活動を行っていない者であった。したがって、以上のことを念頭に置いて検討をしていくこととする。

体の柔軟性は、解剖学的には関節の可動範囲によって決定されるが、反射的筋緊張度や靭帯の伸展性の状態や関係部位での疼痛の有無によって影響される。小野らの報告(1968, 1970, 1971)では、中高年者では皮脂厚と上体そらし、立

位体前屈の間には相関は認められなかったとしているが、皮脂厚が中等度に沈着している者の方が、上体そらしや立位体前屈の成績がよいといった傾向が認められるとしている。これは、体脂肪率およびローレル指数が適度に大きい者は、運動能力がすぐれ、身体各部の関節の可動範囲が大きかったこと（小野，小林，1971；小野ら，1973）を示唆している。本節の調査結果，水泳部員では一般学生に比較して皮脂厚値およびローレル指数がともに大きく，立位体前屈を除く柔軟性において高い値を示した点では一致するところである。しかしながら，本節の被験者は，小野らが測定した中高年者と比較して，皮脂厚値が顕著に小さく，ローレル指数も小さかった点に注目しなければならない。これは，本節の被験者が18才～21才の男性であったことと，すべて運動部に所属している者で，中高年者に比較して日常的な運動習慣や体型の違いがあったことによるものである。その意味で，本節では柔軟性に関する因子として体脂肪の沈着がある程度好影響しているとする指摘と一致するものではなかった。しかし，運動部員だからといって体脂肪の沈着が少ないとは限らないという事実の指摘（小野ら，1970）もあり，性，年齢，運動経験による至適体脂肪率を推定すべきなのかもしれない。この点については，水泳部員と一般学生の比較から水泳部員の皮脂厚値が大きく，その比率が上腕部の1.097倍に比較して背部の1.161倍の方が大きかったことが裏付けともなる結果を示した。このことは，水泳が陸上の運動に比較して水の熱伝導率が25倍（小林，1975）という冷感刺激の中で行う運動環境で長年行なってきたことに起因する馴化の現象，すなわち耐寒性を増す結果一般学生に比較して水泳部員では脂肪の沈着が厚くなっているものと考えられる。

つぎに，柔軟性について考えると，大山（1967）は2週間以上の柔軟体操によって体前屈，体後屈等の柔軟性が上昇すると報告している。しかしながら，柔軟体操を3週間続けることによって柔軟性が訓練前より5%程度の上昇をみたが，8週間続けることによって訓練前よりは多少上昇しているものの3週間目に比較して逆に固くなっていく傾向を示したとする報告（McCue，1953）も見られる。このような報告を勘案して今回の結果を考えると，水泳部員に比較して一般学生の柔軟性の上昇傾向が著しかったことは，一般学生にとって集中的な水泳活動が初めてのことであったこと，あるいはまた水泳活動の運動として



の動作範囲，特に腕の動作範囲が一般学生の行ってきた運動種目に比較して広範囲であったことによるものと考えられる．したがって，水泳活動を行うことによってその水泳活動に関与する柔軟性が高められたことによるものとも考えることもでき，この考え方は先述の大山の報告（1967）や長期間の水泳トレーニングあるいは2回/日の水泳トレーニング期において肩関節，腰関節，足関節，膝関節の可動域が増したとする報告（Volcansek, 1986）と一致するところである．水泳部員では，水泳活動期間を通して柔軟性がほぼ一定しているか，もしくは多少の上昇傾向を示したが，一般学生の柔軟性の変動に比較して上昇傾向は明らかに小さかった．これは，水泳部員では長い間水泳活動を行ってきたことにより，特に集中的な水泳活動において柔軟性に大きな変化をもたらすものではなかったものと考えられ，この点についても MuCue（1953）の報告や柔軟性と競技成績には有意な相関は見られなかったとする Tosic（2011）の報告と一致するところであった．また，午前練習前と午後練習後の柔軟性の経日的変化について考えてみると，水泳部員ではむしろ午前練習前の柔軟性が高い傾向を示したが，一般学生では上体そらしを除く柔軟性の各項目においては，午前練習前に比較して午後練習後の方の柔軟性が高くなる傾向を示した．このことは，ただ単に練習を行ったからといって，その限界あるいはその運動における身体の動作範囲内の最高値に至ったものではなく，練習を行うことによって生じる逆の要因，すなわち疲労等によってその動作範囲が制限されたり，柔軟性の測定の際に低下の現象として現われたりすることも考えなくてはならないことを示唆している．このことは，松田（1977）が長い間農作業に従事している人達は，筋疲労から凝りの状態となり，よく使う身体個所，たとえば利き腕側の周辺の柔軟性が劣ってくるとした意見がそこに見られる．さらに，磯谷ら（1961）は，水泳部員の立位体前屈はシーズンオフに陸上トレーニングをしていたときに比較してシーズン中に固くなるとし，9才～13才の水泳実践者の柔軟性の測定結果，同年代の日常的に水泳を行っていない者に比較して，上体そらしでは劣ったが立位体前屈では優っていたとした報告している．また，立位体前屈については，日本人の平均立位体前屈に比較して平泳ぎの選手では劣り，バタフライの選手では優り，背泳ぎやクロールの選手では多少優っていたとした報告（菊池，1975）も見られる．

以上のことをまとめると、運動形態の差異も考慮する必要があるが、一概に運動をすれば体の柔軟性が助長されるという概念をそのまま念頭に置くことは大きな危険があり、その運動の特性によるところが大きく影響しているものと考えられる。また、その運動が何を目的とするのか、すなわち柔軟性を高めるための運動なのか、運動技術の向上を目的とするための運動なのかによって、運動による柔軟性の向上度が異なってくることも考えられる。したがって、運動をすればその運動に整合した柔軟性を解剖学的な諸要因によって作り上げられるものではないかと考えたい。

このようなことから、ここでは水泳部員の柔軟性の特徴についても考えてみる必要がある。中村らの報告（1972）によると、水泳部員の柔軟性は他の種目（バレー、サッカー、野球、テニス、陸上競技、柔道、体操競技）を行っている者と比較すると、その中間位に在るとしている。しかし、今回の結果では、対照群とした一般学生は中村らが対象とした被験者とほぼ同じ運動種目を行っている者達であったが、立位体前屈を除いた柔軟性においては本研究の一般学生の方が多少優っていた。また、水泳は、他の運動種目に比較して泳法規則上あるいは効率的な推進のため左右対称的な手足の活動が求められているが、その観点に立ってみると水泳部員では後手たすき右上と後ろ手たすき左上との差が小さく、その合計値では大きかった。これは、先述のように水泳部員では左右交互、同時、かつ対称的に腕や脚を動かし、また腕は前方や後方へ、脚は下方へ大きく伸ばし推進力を生み出し、さらに同じ動作を何度も繰返して行う循環性運動を長く行ってきたことに対して、一般学生では利き腕あるいは脚を利用した運動で、かつ非循環性運動を長く行ってきたことから、水泳部員に関して見ると右左差の均整化や左右合計値の向上につながったものと考えられる。このことについて、水泳部員ではテニスのような片輪的な運動や鉄棒、柔道のような縮筋を伴う運動は避けた方がよいとする考え方（斉藤，1921）がそこに見られる。さらに、水泳活動期間全体を通してみると、一般学生では水泳部員に比較して柔軟性の上昇傾向や左右差の縮小傾向が見られたが、これは水泳技能が低い者ほど柔軟性の効果が大きくなることを示唆するもので、逆に考えれば柔軟性の向上が水泳技能の向上につながるものと考えられる。

また、柔軟性項目間の相関をみると、後手たすき右上が柔らかい者ほど後手

たすき左上が柔らかいという結果はとにかく、後手たすき左上の柔らかさのみが上体そらしのそれと相関するという事実が運動部員に共通して見られたかについての考察は容易ではない。全員が右利きであったことが関係しているようにも感じられるが神経支配の影響かもしれない。

上体そらしと立位体前屈の間には水泳部員においてのみ有意な相関関係が見られた。このことは、筋活動に及ぼす神経支配を重視しなければならないと考えるべく必要性を示唆しているように思われるが、腕や脚の屈伸のバランスがよくとれていることが水泳選手に必要であるとする意見（宮畑ら，1974）のように、合目的なトレーニングによって得られた柔軟性という可動性としからざるものという違いなのか、水泳部員のみに見られて一般学生に見られなかった原因のように感じられる。いずれにしても、Nasiri, et al. (2011)の報告のように、個々の運動特有な柔軟性を持つ筋肉があり、トレーニングではパフォーマンスの改善だけでなく、その運動による傷害を避けるためにもそうした筋肉の柔軟運動を欠かさないようにしなければならないと考えられた。

## 1. 5. 結論

水泳を日常的に行っている水泳部員7名とその対照群とした一般学生20名を対象に、身長、体重、皮脂厚（上腕部・背部）、後手たすき右上、後手たすき左上、立位体前屈および上体そらしについて、5日間の水泳活動期間における午前練習前と午後練習後の30分間に測定を実施した。その結果、以下に示した結論を得た。

- 1) 後手たすき右上と後ろ手たすき左上、後手たすき左上と上体そらし、皮脂厚上腕部と背部の間には、水泳部員と一般学生の両群において正の相関関係が見られた。
- 2) 上体そらしと立位体前屈、ローレル指数と皮脂厚上腕部および背部の間には、水泳部員においてのみ正の相関関係が見られた。
- 3) 柔軟性は、5日間の水泳活動期間を通して一般学生では柔軟性の向上が見られたが、水泳部員では一般学生に比較するとその程度は小さかった。
- 4) 後手たすき右上、後ろ手たすき左上および立位体前屈は、水泳部員では午後練習後に低下し、一般学生では午後練習後に上昇する傾向が見られた。上

体そらしは、水泳部員および一般学生とも午後練習後に低下する傾向が見られた。

- 5) 皮脂厚上腕部，皮脂厚背部およびローレル指数は，いずれも一般学生に比較して水泳部員の方が高い数値を示した。
- 6) 後手たすきの左右差は一般学生の方が大きく，後手たすきの左右合計値は水泳部員の方が大きくなる傾向が見られた。

以上の結果から，種々の身体運動を行っている者の体柔軟性を考える場合，水泳の特性，習熟度あるいは水泳トレーニングによる疲労等がいわゆる体柔軟性に反映される1つの因子となることが明らかとなった。しかし，体柔軟性の成績が体力や運動能力の1つの指標とされているが，必ずしもその運動（本節の場合，主としてクロール泳による水泳活動）が単に体柔軟性を向上させるものではない場合もあることを周知しておく必要が示唆された。したがって，体柔軟性は，クロール泳に適した柔軟性や水泳トレーニングによる疲労によっても異なるが，日常的に水泳を行っていない者にはクロール泳による水泳活動を行うことによって柔軟性の左右差が少なくなり，日を追うことによって柔軟性が高まってくるということが明らかとなった。このことは，水泳活動は柔軟性の均齊的な向上につながることから青少年に有効な運動であると考えられるとともに，逆に水泳技能の向上には柔軟運動が補助的運動として有効であることが考えられる。

一方，水泳部員のように日常的に水泳を行っている者は，集中的に主としてクロール泳による水泳活動を行うことによって現状維持か，あるいは低下する傾向さえ見られた。このことは，先述した関節可動範囲は関節構造やその周辺に存在する骨格筋，靭帯，関節囊の状態によって決まってくるが，知覚終末からの疼痛もしくは拮抗等に対する神経支配も可動域の制限条件になることがあることを考え合わせると，クロール泳による水泳活動の運動強度による疲労も考えられる。そのため，5日を超すような集中的な水泳活動では3日目午後練習，4日目午前練習の軽減あるいは休息を計画することや長期的に行う水泳活動においては週2日（例えば，木曜日，日曜日）の休息を取り入れ，日々の午後練習後にはストレッチ運動等を計画に組み入れることが必要であろう。

## 第2節 呼吸機能へ与える影響について

### 2. 1. 目的

水泳は、泳ぎ方によって多少異なるが1動作(1ストロークサイクル)を1秒前後で完了する運動であり、同じ動作を何度も繰り返しながら連続的に行なうことによって初めてその運動種目としての機能を見出す循環性運動の特性を有する運動である。したがって、水泳時の呼吸は、一般的に1動作中に1回行われ、すなわちおよそ1秒間に1回の呼吸が行われていることになる。しかも、背泳ぎを除く、平泳ぎ、クロール泳、バタフライ泳では、1動作時間のおよそ70%にわたって顔面(呼吸器官)が水中に入っている状態である。そのため、水泳中の呼吸は、短時間に吸息することや胸部部、鼻、口に加わる水圧に抗して呼息と吸息をしなければならない。このように水泳は、呼吸時間の制限と水圧を受けて呼吸が行われ(柴田, 1974)、陸上の運動に比較して大きく異なっている。その意味では、水泳練習や水泳トレーニングによって呼吸制限や水圧を伴って呼吸筋が強化され、持久力の改善や向上がもたらされるとした報告(Lindholm, P., et al., 2007)が見られるように、呼吸制限下で長期間にわたって水泳活動を行ってきた者の呼吸機能には何らかの特性を有しているのではないかと考えられる。

そこで、本研究は、長期間にわたって水泳活動を行ってきた者を対象に呼吸機能に関する調査を試み、長期間にわたる水泳活動が呼吸機能に与える影響について検討を加え、水泳活動の意義とともに水泳における呼吸指導に関する資料提供を目的とした。そのため、長期間にわたって水泳活動を行ってきた者と日常的に水泳を行っていない者を対象に、それぞれの身体計測、筋力、柔軟性、肺活量、呼息予備量、吸息予備量、1回換気量、最大呼息時間、1.0秒呼息量、0.5秒呼息量、呼息力および吸息力の測定を行い、比較検討を試みた。

### 2. 2. 方法

被験者は、TG大学水泳部員(男子8名、女子12名)、および一般学生(男子7名、女子12名)を対象とした。水泳部員はいずれも10年以上継続して水泳活動を行ってきた者で、一般学生はかつて日常的な水泳活動や定期的な水泳活動を行っていない者であった(表5-4参照)。

表 5-4. 被験者の身体的特徴

測定項目 被験者	身長 (cm)	体重 (kg)	胸囲 (cm)	比体重 (%)	比胸囲 (%)	背筋力 (kg)	握力 (kg)	腹部柔軟度 (cm)	腹部柔軟度 (cm)
男子 水泳部員	171.9 ※ ±3.7	71.4 ※ ±5.8	98.0 ※ ±3.0	41.5 ※ ±3.0	57.1 ※ ±2.1	140.4 ±21.9	83.6 ±11.5	15.4 ±2.8	14.2 ±3.5
男子 一般学生	164.9 ±3.8	61.4 ±5.8	87.7 ±4.7	37.2 ±4.0	53.2 ±2.1	125.6 ±15.0	79.9 ±11.8	15.9 ±2.2	10.9 ±1.8
女子 水泳部員	158.9 ±2.8	51.3 ±3.4	82.7 ±2.9	32.3 ±1.9	52.0 ±1.6	87.1 ±8.3	60.8 ±8.7	11.2 ±1.6	11.1 ±1.3
女子 一般学生	157.0 ±5.3	51.1 ±4.5	82.1 ±2.1	32.4 ±2.3	52.3 ±1.0	80.3 ±13.5	60.3 ±6.5	11.1 ±3.3	9.8 ±2.5

※：有意差 (P<0.05)

測定場所は東京学芸大学プールサイドで、測定条件は気温 24~26℃、水温 23~25℃、湿度 53~63%RH であった。測定項目は肺活量および時間肺活量についてはパルモテスターPM50 を用い、安静時の換気量についてはダグラスバッグ内に 5 分間の呼気を採集し、ガスメーターを用いてその呼気の容量 (ATPS 値: Ambient Temperature and Pressure, Saturated with Water vapor) を測定した。測定は、ガスメーター内の温度を測定しながらガス容量を計測し、BTPS (Body Temperature and Ambient Pressure, Saturated with Water vapor) 値に換算して 1 回換気量を求めた。

呼息予備量は、安静時における呼吸中の呼息の後、さらに最大に呼息させ(10 回)、その呼気をダグラスバッグに採集し、ガスメーターを通して容量を測って BTPS に換算し求めた。

吸息予備量は、呼息予備量に 1 回換気量を加えたものを肺活量から減して求めた。呼息力および吸息力は、直径 25mm、長さ 12.5m の透明

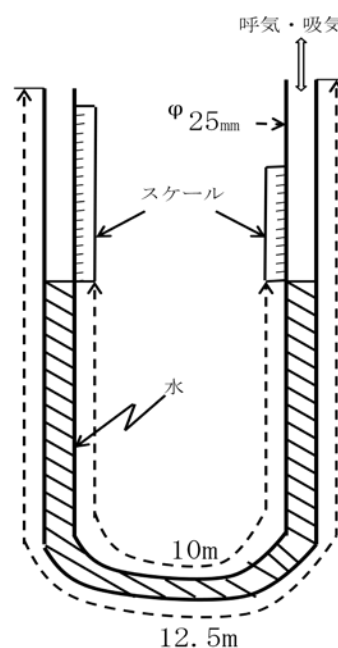


図 5-6. 呼息力・吸息力の測定図

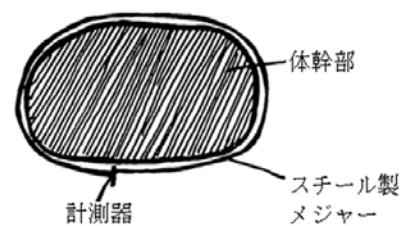


図 5-7. 腹部柔軟性、胸部柔軟性の測定図

ビニールホースに長さ 10m 分の水を入れ、一方のホース口を口でくわえ、最大に呼気した後に鼻をつまんで最大に吸息させ片方のホース口側の水位の上昇度を cm 単位で読みとることによって呼息力あるいは吸息力として表した (図 5-6 参照)。また、水泳部員と一般学生との比較・検討をより容易にするため、参考資料として身長、体重、胸囲、比体重、比胸囲、背筋力、握力 (右+左)、腹部柔軟性、胸部柔軟性の測定を行った (図 5-7 参照)。

## 2. 3. 結果

水泳部員 (男・女) と一般学生 (男・女) の肺活量, 1 回換気量, 呼息予備量, 吸息予備量, 時間肺活量 (0.5 秒呼息量, 1.0 秒呼息量), 最大呼息時間, 呼息力および吸息力の測定結果については表 5-5 に示した通りであった。また, これ等の測定結果により, 長期間の水泳活動が呼吸機能へ与える影響について調査するため各項目間比率を導き出したものを表 5-6 に示した。

表 5-5. 呼吸機能に関する測定値

測定項目 被験者	肺活量 (cc)	1回換気量 (cc)	呼息予備量 (cc)	吸息予備量 (cc)	0.5秒呼息量 (cc)	1.0秒呼息量 (cc)	最大呼息時間 (sec)	呼息力 (cm)	吸息力 (cm)
男子 水泳部員	5003.8 ※ ±261.4	512.5 ±47.9	1776.5 ※ ±148.8	2708.5 ※ ±193.4	2973.5 ※ ±361.6	4312.5 ※ ±239.6	2.54 ※ ±0.24	192.5 ※ ±20.3	128.1 ※ ±15.0
男子 一般学生	3697.1 ±356.7	522.9 ±49.5	1305.5 ±138.8	1868.4 ±300.2	2364.3 ±200.5	3405.7 ±385.6	1.77 ±0.29	115.9 ±16.4	84.6 ±16.5
女子 水泳部員	3487.5 ※ ±250.4	387.5 ±23.1	1074.9 ※ ±73.8	2118.9 ※ ±236.7	2015.0 ※ ±280.4	2924.2 ※ ±242.0	1.71 ※ ±0.35	115.9 ※ ±17.7	80.1 ※ ±18.5
女子 一般学生	2687.4 ±346.2	361.7 ±39.8	844.1 ±163.0	1499.6 ±387.4	1556.7 ±385.9	2333.3 ±349.3	2.51 ±0.32	78.6 ±22.4	63.0 ±17.6

※: 有意差 (P<0.05)

呼吸機能に関する測定値について見ると, 肺活量では男女ともに水泳部員が有意に多く, 女子に比較して男子の肺活量が多かった。1 回換気量では男女差には有意差は見られなかったが女子に比較して男子の 1 回換気量が多かった。呼息予備量では男女ともに水泳部員が有意に多く, 女子に比較して男子の呼息

予備量が多く、吸息予備量では男女ともに水泳部員が有意に多く、女子水泳部員が男子一般学生の吸息予備量を上回っていた（図 5-8）。呼息力および吸息力では、男女ともに水泳部員が有意に多く、女子に比較して男子の肺活量が多かった（図 5-9）。時間肺活量は 0.5 秒呼息量および 1.0 秒呼息量で男女ともに水泳部員が有意に多く、女子に比較して男子が多く、最大呼息時間も同様に男女ともに水泳部員が有意に多く、女子に比較して男子が多かった（図 5-10）。

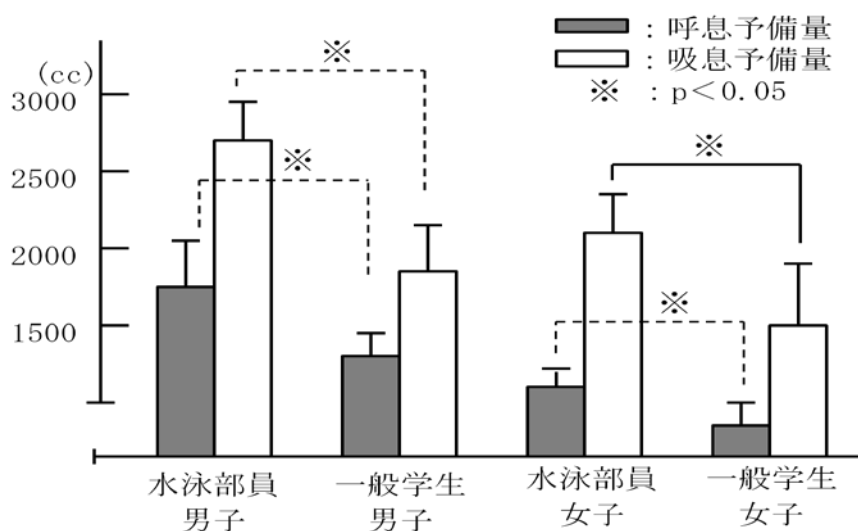


図 5-8. 呼息予備量と吸息予備量

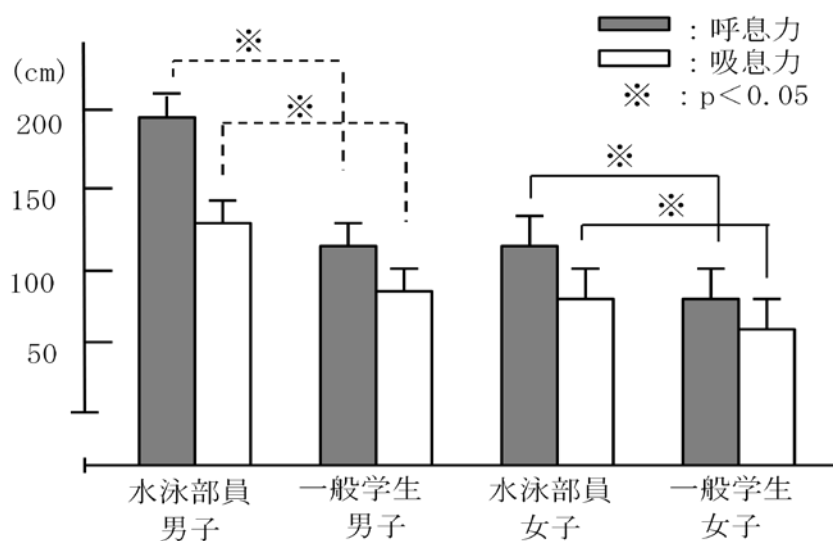


図 5-9. 呼息力と吸息力



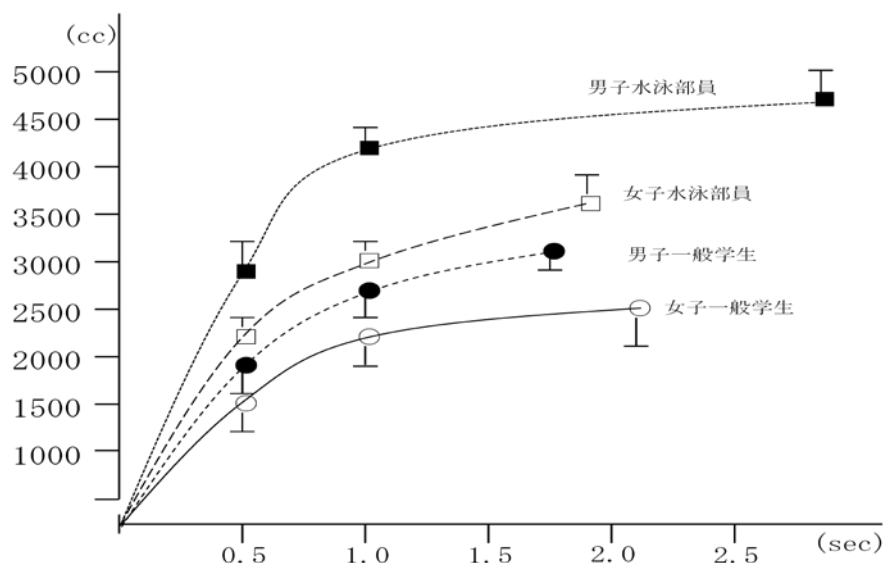


図 5-10. 時間肺活量 (0.5 秒, 1.0 秒呼息量) と最大呼息時間

表 5-6 に示した呼吸機能に関する測定値の項目間比率を見ると、水泳部員と一般学生に有意差が認められたのは男女ともに肺活量/体表面積、1 回換気量/肺活量、吸息予備量-呼息予備量、呼息力+吸息力、呼息力-吸息力、呼息力/吸息力および呼息予備量/呼息力であった。この中で、女子水泳部員が男子一般学生を上回っていたのは、肺活量/体表面積、吸息予備量-呼息予備量、呼息力-吸息力、呼息力/吸息力および呼息予備量/呼息力であった。

男女の比較から男子が上回る値を示したのは、呼息予備量/吸息予備量、0.5 秒呼息量/肺活量、1.0 秒呼息量/肺活量、呼息力+吸息力および呼息予備量÷呼息力であった。女子が上回る値を示したのは、吸息予備量-呼息予備量、呼息予備量-(吸息予備量/呼息予備量)、吸息予備量/呼息力および吸息予備量/吸息力であった。

表 5-7 は、呼吸機能に関する測定値の項目間の相関関係を示したものである。5%水準で有意な相関関係は、男子水泳部員では呼息力と背筋力、背筋力と握力、背筋力と腹部柔軟度の間で、男子一般学生では呼息力と背筋力、呼息力と腹部柔軟度の間で認められた。女子水泳部員では呼息力と背筋力、吸息力と腹部柔軟度、吸息力と握力の間で、女子一般学生では肺活量と吸息力、呼息力と吸息力、呼息力と背筋力、呼息力と握力、呼息力と胸部柔軟度、吸息力と背筋力、吸息力と握力、背筋力と握力の間において認められた。

表 5-6. 呼吸機能に関する測定値の項目間比率

測定項目 被験者	肺活量/ 体表面積	1 回換気量 /肺活量	呼息予備量 /吸息予備量	吸息予備量 -呼息予備量	呼息予備量- (吸息予備量 /呼息予備量)	0.5秒呼息量 /肺活量	1.0秒呼息量 /肺活量	呼息力 +吸息力
男子 水泳部員	2.72 ※ ±0.22	10.28 ※ ±0.81	66.60 ±7.10	932.50 ※ ±44.60	18.60 ±1.21	58.70 ±6.50	86.30 ±3.80	320.63 ※ ±17.65
男子 一般学生	2.21 ±0.27	14.31 ±1.45	71.50 ±11.30	562.80 ±61.40	15.20 ±1.46	64.10 ±2.10	92.10 ±4.40	200.43 ±16.45
女子 水泳部員	2.38 ※ ±0.15	11.08 ※ ±0.97	49.80 ±11.70	1044.00 ※ ±63.00	29.90 ±1.35	58.90 ±8.40	85.50 ±7.70	196.00 ※ ±18.00
女子 一般学生	1.81 ±0.25	13.54 ±2.21	54.70 ±22.40	665.4 ±24.40	24.80 ±1.65	58.10 ±11.80	86.70 ±4.90	141.64 ±20.00
測定項目 被験者	呼息力 -吸息力	呼息力-吸息力 /呼息力+吸息力	呼息力 /吸息力	呼息予備量 /呼息力	呼息予備量 /吸息力	吸息予備量 /呼息力	吸息予備量 /吸息力	
男子 水泳部員	64.38 ※ ±10.43	20.10 ±2.73	150.63 ※ ±8.18	9.54 ※ ±1.43	14.04 ±2.02	14.20 ※ ±1.58	21.36 ±2.30	
男子 一般学生	33.00 ±6.76	16.50 ±2.84	138.70 ±11.47	11.43 ±1.55	15.54 ±3.54	16.21 ±2.13	22.39 ±3.37	
女子 水泳部員	35.83 ※ ±7.54	18.20 ※ ±2.31	147.90 ※ ±17.53	9.41 ※ ±1.73	14.00 ±3.07	18.63 ±2.96	27.84 ±7.04	
女子 一般学生	15.64 ±9.33	11.00 ±2.44	125.55 ±13.65	11.82 ±4.08	14.67 ±4.76	20.88 ±8.83	25.91 ±11.17	

※：有意差 (P<0.05)

表 5-7. 呼吸機能に関する測定値の項目間の相関

測定項目 被験者	肺活量 VS呼息力	肺活量 VS吸息力	肺活量 VS背筋力	肺活量VS 腹部柔軟度	肺活量VS 胸部柔軟度	呼息力 VS吸息力	呼息力 Vs背筋力	呼息力 VS握力	呼息力VS 胸部柔軟度	呼息力VS 腹部柔軟度
男子 水泳部員	-0.0034	0.103	0.368	0.248	-0.219	0.115	0.812 ※	0.195	0.099	0.256
男子 一般学生	0.488	0.709	0.488	0.173	0.051	-0.090	0.718 ※	0.048	0.481	-0.777 ※
女子 水泳部員	0.474	0.509	0.474	0.191	0.193	-0.121	0.914 ※	0.500	0.189	-0.162 ※
女子 一般学生	0.559	0.677 ※	0.559	0.419	-0.162	0.652 ※	0.910 ※	0.611 ※	0.699 ※	0.432
測定項目 被験者	吸息力 VS背筋力	吸息力 VS握力	吸息力VS 胸部柔軟度	吸息力VS 腹部柔軟度	背筋力 VS握力	背筋力VS 腹部柔軟度	背筋力VS 胸部柔軟度	握力VS 腹部柔軟度	握力VS 胸部柔軟度	腹部柔軟度 VS胸部柔軟度
男子 水泳部員	0.461	0.197	0.146	0.625	0.838 ※	0.869 ※	0.264	0.014	0.166	0.687
男子 一般学生	0.519	-0.121	0.533	-0.396	0.005	0.674	-0.008	0.276	0.465	-0.588
女子 水泳部員	0.307	0.696 ※	0.390	-0.304	0.373	0.572	-0.364	0.571	0.077	-0.465
女子 一般学生	0.702 ※	0.579 ※	0.531	0.443	0.745 ※	0.444	0.037	0.400	0.382	0.340

※：有意差 (P<0.05)

### 3. 2. 4. 考察

まず、本研究において被験者とした水泳部員は、年間約 240 日間、1 日約 3 時間程度の練習を 10 年間以上にわたり行ってきた者であり、一般学生はかつて日常かつ定期的な水泳活動を行っていない者であることを念頭において考えていかなければならない。

人は、どのような運動を行う場合においても、その際の呼吸法を無視して行うことはできない。特に、水泳の場合には、水圧、水温、浮力、抵抗等の影響を受けながら行う関係上、初心者にとって水泳時の呼吸は非常に難しい学習課題となっている。例えば、呼息と吸息との関係は一体化されたものであるが、初心者ではそれを不調和な形、すなわち不十分な呼息により浅い吸息となり (Cureton, 1930)、十分な換気ができない原因を引き起こすことになる。これによって、泳形を崩してしまったり、泳ぐ速度を低下させたり、延いては泳ぐ距離を伸ばすことができない原因となっている。このような背景から、Karpovich (1939) は、水泳において正しい呼吸法を教えることは水泳指導における根本的な課題であると述べ、また呼吸機能は運動成就と最も深い関係を持っている機能であり (藤松, 1971)、水泳特有の呼吸機能を知ることは水泳能力の向上を図るためにも重要であるとしている。

一般的には、運動選手の肺活量は、運動をしない者に比較して多いと言われている (藤松, 1971 ; 朝比奈ら, 1975)。これは、肺活量が多ければ肺胞のガス交換面積が大きくなり、それだけガス交換量が大きくなるとした意見 (朝比奈ら, 1975 ; 松井, 1969) から理解できるところである。その意味では、水泳は身体を水中に入れて行うため肺活量が 7~8% 前後減少するとした報告 (Cureton, 1930 ; Karpovich, 1939) と考え合わせると、陸上の運動に比較して水泳は“不利”な運動環境で行っていることになる。しかしながら、水泳部員の肺活量は、対象群とした一般学生に比較して著しく大きかった ( $p < 0.05$ )。しかも、肺活量は年齢、性別、身長、体重、体表面積との間に密着した関係を持っている (朝比奈ら, 1975 ; 松井, 1969) としているが、本節結果ではそれ等との関係を排除できないものの水泳部員の肺活量が日常的に水泳活動を行っていない一般学生に比較しても著しく多かった。このことは、水泳部員では水中の肺活量を水泳の運動成就のため陸上の肺活量レベルに近づけ (小林, 1969)、より機能的な

ガス交換能の向上を図った結果、陸上の計測時においてこのように顕著な計測値が現れたものと考えられる。あるいはまた、異なった観点から見れば、水泳が他の運動に比較して持久的運動としての特性を持つことから、むしろ水圧に抗した呼吸運動により呼吸機能面（呼息力、吸息力、胸部柔軟性等）が強化されているもの（広田ら、1965）と考えることもできる。このことに関連して、Lindholm, et al. (2007)は、1日30分間の呼吸制限（外圧）トレーニングを週3~4回の頻度で4週間行った結果、水泳持久力の向上と水泳呼吸筋の向上が見られたとし、Vaithyanadane, et al. (2012)は長期間の水泳活動が呼吸機能を示すパラメーターに顕著な向上が見られたとしている。

また、1回換気量についてみると、水泳部員および一般学生の男女間の比較では有意な差は見られなかった。これは、トレーニングを行った者では行っていない者に比較して安静時の呼吸数が少なく呼吸の深さも深い、水泳ではそれが見られないとした意見（藤松、1971）と一致するところでもある。その上、肺活量に対する1回換気量の比率をみると、水泳部員では一般学生に比較して著しく小さかった( $p < 0.05$ )点に着目し、体の浸水割合によって1回換気量にはあまり変化が見られないものの呼息予備量および吸息予備量においては変化が見られたとした報告（小林、1969）を考え合わせると、水中での肺活量の減少は呼息予備量と吸息予備量によるもので、換気には大きな影響は伴わないものと考えられる。すなわち、肺活量に対する1回換気量が少ないことは、一面ではそれだけ運動時の1回換気量の増大の可能性を有していることを示唆するものであり、水泳部員の特性の一つと考えられる。しかし、これは安静時あるいは運動をしていない時の測定結果であり、水泳選手のような激しい運動時の呼吸運動を考慮したものではない。このようなことから、水泳部員のように長年にわたって水泳を行ってきた者の呼吸機能を考えた場合、肺活量、1回換気量およびそれ等相互の関係のみならず、他の何等かの重要な因子を含んでいるものと考えられる。

そこで、体の浸水によって1回換気量には変化が見られなかったが呼息予備量および吸息予備量において変化が見られたことから、呼息予備量および吸息予備量について検討を進める。これらは、一般学生に比較して水泳部員では著しく大きく( $p < 0.05$ )、特に吸息予備量における差が顕著であった。これについ

では、Kpectobhnikob (1978) が述べているように、泳いでいる時は水深により 0.03~0.05 気圧の水圧を受け、さらに水の抵抗圧が加わって胸郭の運動に影響を与えて呼吸を促進させたり、吸息を抑制させたりすることによるものか、あるいは陸上と水中の吸息予備量、1回換気量および呼息予備量の変化の調査から水中では1回換気量に大きな変化が見られなかったが、吸息予備量では増加し、呼息予備量では減少したとする報告(小林, 1975)によるものかも知れない。すなわち、その原因としては、水に浸っている時には吸息時の横隔膜が腹部内臓を押し下げたり、外肋間筋が胸郭を広げることを助けたりすることから、陸上にいる時より吸息に余分な力を必要とし、また呼息は逆に加速される(小林, 1975)ことによるものと考えられる。これらを考え合わせると、水泳では必要な換気を行うために吸息時には力強く多くの空気を吸い込まなければならないこと、また水中での肺活量を陸上時での肺活量に近づけるには吸息予備量を増さなければならないことから、そうした運動環境に順応した形が計測時において吸息予備量の増加に現れたものと考えられる。また、水泳部員では、一般学生に対して呼息予備量が顕著に多かった。これは、水中に入ることによって呼息予備量が減少するが、泳ぎ始めた際には換気量が増大し吸息予備量および呼息予備量を活用することが必要となり、そのため前述の吸息予備量の増大とともに呼息予備量の増大が求められることになる。その結果、陸上において呼吸機能を測定する際に、水泳部員の呼息予備量が一般学生に比較して多くなって表れたものと考えられる。いずれにしても、水泳中の呼吸は、水圧を抗した息の吐き出しと水圧を抗した息の吸い込みが必要であり、陸上における呼吸に比べてやはり力強く呼気し、吸気しなければならない。こうした点を勘案すると、長年にわたって水泳活動を行ってきた水泳部員の呼吸機能特性をより把握するためには、肺活量、呼息予備量、吸息予備量等の量的なものだけでなく、呼吸筋力、背筋力、握力(右+左)あるいは胸郭部や腹部の柔軟性について検討する必要がある。

そこで、背筋力、握力(右+左)、胸部および腹部の柔軟性について見ると、男女間の比較では明らかに男性が優位であったが、水泳部員と一般学生との間には測定値においてはやや差が見られたものの統計学的に見ると有意な差はみられなかった。しかし、呼息力、吸息力については、男女ともに一般学生に比

較して水泳部員が強く ( $p < 0.05$ ), 特に呼息力に顕著な差が表れた。また, 男子一般学生と女子水泳部員の呼息力がほぼ同値を示した点は筋力差を勘案すると注目に値する点であった。このことは, 呼息力に関与する吸息予備量あるいは吸息力に関与する呼息予備量の大きさにも関係しているものと考えられるが, 背筋力, 握力の強さや胸郭の柔軟度が呼息力や吸息力に関係する以上に水泳部員では呼吸筋自体が発達し, 強くなっていることが考えられた。これについては, 海女の吸息力は一般女性より強いとした意見 (Karpovich, 1939) と一致するものであるが, 呼息力については多少意見を異にするもので, これは運動形態の違いあるいは運動環境の違いによるもので水泳部員では水中で水圧に抗して呼息する点, 泳速度に伴う水抵抗, そして運動量が大きい点が海女と異なる点が考えられる。したがって, 水泳部員の呼息力および吸息力が, 胸部および腹部の柔軟度, 背筋力, 握力等に密接な相関が見られず強く表れたのは, 日頃行っている水泳活動が水圧や水抵抗を抗しての吸息および呼息であり, むしろ呼吸筋等の機能面によるところが大きく関係しているものと考えられる。すなわち, 吸息時に働く横隔膜や外肋間筋等, 呼息時に働く内肋間筋等の筋力の向上, あるいは肺の弾力性の向上, それらの作動による胸内圧の上昇等が考えられる (藤松博, 1971)。

つぎに, 最大呼息時間は, 最大に吸息した後できるだけ速く残気量レベルに呼息するまでに要する時間である。本節結果は, 男子では一般学生が速く, 女子では水泳部員が速かったが, 海女と女子一般学生の呼吸筋や胸郭の柔軟度を比較した報告 (小林, 1969) によると, 最大呼息時間は海女の方が速く吐き出したことについて呼息力に差がなかったことから胸郭の柔軟度によるところが大きいとしている。この点について, 本研究の結果では女子の最大呼息時間の比較においては一致するものであるが, その要因は逆に胸部の柔軟度には大きな差が見られなかったことから呼息力によるところが大きいと考えた方がよいのかもしれない。一方, 男子では, 胸郭柔軟度はほぼ同様であったが腹部柔軟度に大きな差が見られ, また呼息予備量および呼息力において一般学生に比較して水泳部員が有意に高かったことや水泳選手では水泳トレーニングによって肺や胸部等の柔軟性が高められているとした指摘 (Lakera, 1994) を考え合わせると, 水泳部員では呼吸に関与する柔軟度, 筋力および量により肺や気道から

多量の呼気を搾出するために要した時間によりやや時間を要したものと考えることができる。あるいは、一般学生の吸息予備量および呼息予備量が、水泳部員のそっらに比較して著しく少なかったことによる原因も排除できないであろう。

時間肺活量（0.5秒呼息量および1.0秒呼息量）については、男女ともに一般学生に比較して水泳部員の方が有意に短時間で多量の呼気を吐き出していたが、肺活量との比率から導き出した呼息率で見ると、0.5秒呼息率が水泳部員では58.5%、一般学生では59.8%、また1.0秒呼息率が水泳部員では85.1%、一般学生では89.5%であったが、それぞれの呼息率には顕著な差は認められなかった。水泳部員では呼息力が有意に強く発達しているにもかかわらず呼息率に一般学生と差が見られなかった点については、水泳部員の顕著な肺活量に基づく比率によるもので、それぞれの時間肺活量は一般学生に比較して有意に多く、酸素摂取には全く影響するものではないと考えられる。したがって、水圧、水抵抗および呼吸時間に制限を受けながら行う水泳の呼吸機能を測る場合には、呼息率より時間肺活量の方が長年にわたって水泳活動をしてきた者の呼吸機能をより反映していることを示唆しているものと考えられる。

## 2. 5. 結論

本研究では、長期間にわたる水泳活動が呼吸機能へ与える影響について検討を加え、水泳指導における呼吸に関する情報や指導資料を得ることを目的とした。そのため、10年以上継続して水泳活動を行ってきた水泳部員（男子8名、女子12名）と、かつて日常的かつ定期的に水泳活動を行っていない一般学生（男子7名、女子12名）を対象に呼吸機能に関連する調査分析を行い、両者を比較することによって水泳部員の呼吸機能の特性を明らかにした。その結果は、以下に示した通りであった。

- 1) 水泳部員の肺活量、呼息予備量および吸息予備量は、男女ともに一般学生と比較して有意 ( $p < 0.05$ ) に多かった。
- 2) 水泳部員の呼息力および吸息力は、男女ともに一般学生と比較して有意 ( $p < 0.05$ ) に強かった
- 3) 1回換気量は、男女間では差が見られたが、水泳部員と一般学生ではほぼ

同値を示した。

- 4) 時間肺活量は、0.5秒呼息率および1.0秒呼息率ともに被験者全員ほぼ同値であったが、0.5秒呼息量および1.0秒呼息量では一般学生に比較して水泳部員では有意に多かった。
- 5) 呼吸機能に関する測定値の相関関係について見ると、被験者全員に共通して相関関係を示した項目は呼息力と背筋力であった。

以上のことから、長期間にわたって水泳活動を行ってきた水泳部員では運動時の換気量の増大を可能とする肺活量の増大が顕著であった。水中に入ると肺活量が7~8%程度縮減、すなわち呼息予備量の縮減を伴うが、そのため水泳活動時には呼息予備量の縮減による運動時の換気量増大の制限を防ぐために吸息量を増大しなければならず、その結果吸息予備量の顕著な増大がもたらされたことが考えられる。また、水泳部員では、呼息力と吸息力が顕著に強化されていることが明らかとなったが、これは長年にわたる呼吸制限（水圧、水抵抗および時間制限）、すなわち直接水に対して口や鼻から息を吐き出したり、胸郭や腹部に水圧を受けながら水泳活動したりして、呼吸に関係する筋力が強化され、水中での効率的な呼吸運動を確保する意味で胸郭部や腹部の柔軟度が高められた結果と考えられる。

いずれにしても、水泳活動はその活動自体、すなわち水泳の特性に加えて水の特性による呼吸機能の向上が明らかになったことから、成長期における青少年や呼吸機能の虚弱者に対しても緩徐な負荷により呼吸機能の向上をもたらす運動であると考えられる。また、長期間にわたって水泳活動を行ってきた水泳部員の呼吸機能の特性が明らかにされたことから、新たな呼吸に関するトレーニングの可能性が考えられる。例えば、Margaret（1993）の意見のように陸上において短時間に空気を吸い込んだり、吐き出したり、水中においてシュノーケルを利用して呼吸時にさらなる抵抗を加えたり、水面上に置いたピンポン玉を息を吹きかけで移動させたり、あるいは陸上で最大呼息や最大吸息を行うことによって胸郭部や腹部の柔軟度を高めるような呼吸トレーニングが考えられる。



### 第3節 身体の均整的発達に与える影響について

#### 3. 1. 目的

近年、水泳はその運動特性から老若男女誰にもできる運動である（日本スイミングコーチ学校編，1976）として、乳幼児から中高年までの幅広い年齢層において楽しまれている。特に、東京オリンピック以後、スイミングクラブに通う子どもたちの数は急増し（日本スイミングコーチ学校編，1976；野村，1985；柴田ら，1990），大都市圏では1学校単位で見ても30%を上回る子どもたちが水泳を行っている（小林ら，1988；柴田ら，1990）。中でも、選手コースに所属する子どもたちは1週間に3-5回の水泳トレーニングを行っている（柴田ら，1990）のが現状である。

ところで、水泳は陸上の運動に比較して運動環境が大きく異なり、その最大点の一つには水による呼吸制限を挙げることができる。水泳中の呼吸は、一般的には一連の動作（1ストロークサイクル）が行われる約1秒間に1回行われ、陸上における安静時の呼吸動作1回の所要時間が約5秒であるのに比べるとおよそ20%に当たる（柴田ほか，1974）。しかも、水泳中の吸息は胸郭に加わった水の圧力に抗して行われ、呼息は直接水の圧力に抗して行われている（小林，1969；柴田，1978）。

水泳時の呼吸は、人体の比重がおよそ0.96-0.99（Andrew, et al., 1972）であることから全身が水中に沈んだ状態となり、クロール泳では左右どちらかに頭部を回して鼻や口を水面上に出して行わなければならない。したがって、クロール泳では、体のローリングが1つの技術的特性（Psycharakis, 2010）であるとされている。そのため、日常的に水泳トレーニングを行っている青少年の一日の泳距離を見るとおよそ3,000mを超え、およそ1秒間に1回呼吸を行っているため、平均泳速が約1m/secで泳ぐとすれば頭部の一方向への回転動作がおよそ3,000回/日にも至ることになる。このことは、水泳が左右対称的な全身運動であるため、均整な身体発達を促す運動であるといった意見（宮下ら，1976；柴田，1979）について再検討を試みなくてはならない点でもある。すなわち、長期間にわたって水泳トレーニングを行ってきた者は、呼吸動作に伴う均整的身体発達への影響が何らかの形で及んでいることが考えられる。そのた

め、呼吸動作が均整的身体発達に及ぼす影響について明らかにすることは、児童・生徒に対する今後の指導や指導計画を立案する上でも有意義であると考えられる。

そこで、本研究では、成長発達の著しい小学校高学年児童を対象に、長期間にわたって水泳を行ってきた水泳実践児童と、その対象群として日常的に水泳活動を行っていない一般児童に分け、身長、体重、体柔軟性および呼吸機能の測定を行い、得られた資料を比較検討することによって児童の身体発達に応じた水泳の指導内容や指導計画を立案する際の資料提供および長期間にわたる水泳活動時における指導提言を図ること目的とした。

### 3. 2. 方法

測定は、都内公立小学校および都内スイミングクラブにおいて実施した。被験者は、水泳実践児童として1週間当たり3-5回、かつ6年程度の水泳活動（1回当たりの水泳距離が約3,000m）を行っている年齢11~12才の小学生40名（男子24名、女子16名）を対象とした。対照群としては、かつて継続的に水泳活動を実施したことのない同年齢の一般児童20名（男子10名、女子10名）を対象とした。

測定項目は、全被験者に対して身長、体重、胸囲、背筋力、握力、腹部柔軟性、胸部柔軟性、肺活量、体表面積、呼息力および吸息力の測定を行い、水泳実践児童に対しては呼吸側、皮脂厚、立位体前屈、後ろ手たすき（Back-Behind-Hand-To-Hand-Touch Test）（State Office of Public Instruction, 1966）、頭部回転、肩部回転および腰部回転の測定を行い、併せて脊柱側彎検査を行った。腹部と胸部の柔軟性は、最大吸息後の胸囲および最大膨張時の腹囲の計測値から最大呼息後の胸囲および最大縮小時の腹囲の計測値を減じた値とした。

呼息力と吸息力は、長さ10m、直径20mmのホース管に長さ7m分の水（2,200cc）を入れたホース管にスケールを当て、最大呼息および最大吸息後、一方のホース管口からゆっくり吸息および呼息させて2秒間程度維持できる水位の上昇度を読みとってcm単位で表した（前節の図5-6参照）。

後ろ手たすきは、左右の手先を背中で接近あるいは交差させ、接触点を0、交差の場合は+表示、離れた場合は-表示にしてcm単位で表した。

身体各部の回転値は、床面の直線上に被験者を垂直方向に直立させ、体を左右それぞれ最大限に回転させて頭部、肩部および腰部に取り付けた基準棒の回転値を被験者の上部よりビデオ撮影によって計測した（図 5-11）。

脊柱側湾検査は、ヤガミ製のスコリオメータと脊柱側湾基準器を用いて背面傾斜と側湾状態を測定した。

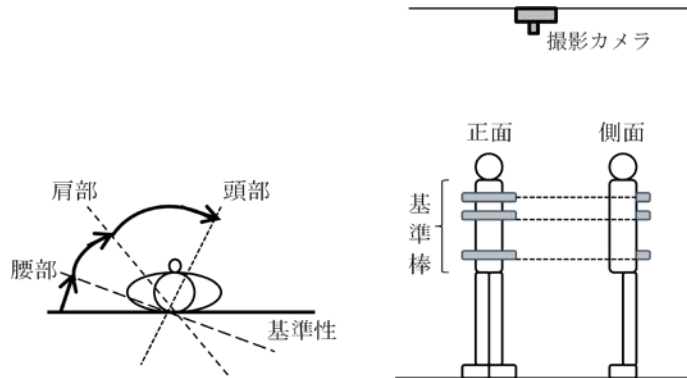


図 5-11. 体回転による体柔軟性の測定

### 3. 3. 結果

測定結果は、表 5-8 に示した通りであった。水泳実践児童と一般児童を比較すると、統計学的に有意な差が見られたのは男子児童の胸囲 ( $P<0.05$ )、女子児童の腹部柔軟性 ( $P<0.05$ )、男女児童の肺活量 (男子児童： $P<0.01$ ，女子児童： $P<0.05$ )、男女児童の呼息力 ( $P<0.05$ )、男女児童の吸息力 ( $P<0.01$ )、および男女児童の肺活量/体表面積 ( $P<0.05$ ) において有意差が見られた。

表 5-8. 身体的特徴と身体各部の測定結果

測定項目 被験者	身長 (cm)	体重 (kg)	胸囲 (cm)	背筋力 (kg)	握力(右+左) (kg)	腹部柔軟性 (cm)	胸部柔軟性 (cm)	肺活量 (cc)	体表面積 (cm <sup>2</sup> )	肺活量/ 体表面積 (%)	呼息力 (cc)	吸息力 (cc)	
水泳実践児童	男子	145.7 ±6.5	39.2 ±5.9	74.5 <sup>**</sup> ±6.5	88.3 ±22.9	42.5 ±8.6	4.4 ±1.6	4.2 ±0.9	2690.0 <sup>**</sup> ±543.8	123.4 ±10.5	21.8 <sup>*</sup> ±3.1	98.6 <sup>*</sup> ±20.7	86.4 <sup>**</sup> ±23.5
	女子	148.1 ±4.7	40.7 ±5.9	75.9 ±4.2	74.6 ±14.0	36.7 ±14.5	5.4 <sup>**</sup> ±1.6	5.2 ±1.2	2573.3 <sup>*</sup> ±282.0	131.0 ±9.3	19.6 <sup>*</sup> ±1.8	76.0 <sup>*</sup> ±13.3	70.8 <sup>**</sup> ±13.1
一般児童	男子	143.2 ±6.3	37.5 ±3.8	70.0 ±3.9	83.9 ±11.0	40.5 ±6.2	4.7 ±1.7	4.2 ±0.8	2166.0 ±357.2	123.5 ±8.4	17.5 ±2.1	81.2 ±24.8	76.7 ±16.0
	女子	148.8 ±5.7	41.0 ±4.5	73.2 ±3.5	67.9 ±19.5	37.7 ±6.9	4.4 ±1.2	5.3 ±1.2	2278.0 ±266.0	131.9 ±8.5	17.3 ±1.6	65.7 ±10.6	51.8 ±15.0

※：p<0.05, ※※：p<0.01

その他の項目については、いずれも統計学的には有意差は認められなかったが、形態計測値を除くいわゆる機能計測値においては一般児童に比較して水泳実施児童の方がやや高い傾向を示した。

表 5-9 は、水泳実践児童の身体的特徴の測定結果である。水泳実践児童については、さらにクロール泳で通常行っている呼吸側によってグループ分けを行った。水泳実践児童の利き腕側は、いずれの児童においても右側が利き腕であり、呼吸側別にみた人数は右側呼吸をする児童が 14 名、左側呼吸をする児童が 5 名、両側で呼吸する児童が 21 名であった。

いずれの測定値についても左右の呼吸側別に有意差検定を試みた。その結果は、左右呼吸側の間には統計学的に有意差は見られなかった。また、同一呼吸側の中ではほぼ一定しており特別な傾向は認められなかったが、左右の呼吸側間は右側呼吸群と両側呼吸群では右側の測定値が高く、左側呼吸群では左側の測定値が高くなる傾向が見られた。

表 5-9. 呼吸側と身体各部の左右測定値

測定項目 呼吸側	身長 (cm)	体重 (kg)	皮 脂 厚(mm)		握 力 (kg)		立位体前屈 (cm)			後ろ手たすき(cm)	
			上腕部	背部	右側	左側	右側	左側	両側	右上	左上
右側呼吸	141.1 ±7.8	34.8 ±5.9	12.1 ±4.6	8.9 ±3.6	17.5 ±3.4	16.5 ±3.3	12.3 ±4.6	11.8 ±4.5	11.1 ±5.1	4.9 ±6.7	0.9 ±9.5
左側呼吸	144.8 ±9.2	38.2 ±9.7	10.8 ±2.7	7.3 ±2.3	19.3 ±2.6	18.7 ±2.2	11.2 ±5.8	11.7 ±6.1	9.4 ±7.7	-0.7 ±11.2	1.2 ±9.0
両側呼吸	142.0 ±7.2	36.2 ±5.8	10.4 ±2.8	8.1 ±2.7	20.3 ±4.6	18.3 ±4.2	11.5 ±6.5	11.4 ±6.0	10.7 ±6.3	6.3 ±6.1	1.8 ±6.3

表 5-10 は、水泳実践児童を対象に行った呼吸側と体の回転度の結果である。身体部位別にみた左右差は、いずれの呼吸群においても統計学的に有意な差は見られなかったが、両側呼吸群ではその差がより小さい傾向であった。呼吸群間の差は、左側呼吸群に対する右側呼吸群の腰部右回転 ( $p < 0.01$ ) のみ有意差が見られたが、頭部ではいずれの呼吸群も右側回転、肩部では右側呼吸群が左側回転、左側呼吸群が右側回転、腰部では右側呼吸群が右側回転、左側呼吸群が左側回転が大きい傾向を示した。

表 5-10. 呼吸側と身体各部の左右回転角度

測定項目 呼吸側	頭部回転 (右回転)	肩部回転 (右回転)	腰部回転 (右回転)	膝部回転 (右回転)	総合回転 (右回転)	頭部回転 (左回転)	肩部回転 (左回転)	腰部回転 (左回転)	膝部回転 (左回転)	総合回転 (左回転)
	右側群	66.9 ±7.4	22.7 ±3.0	72.3 ※ ±9.8	48.8 ±15.0	161.9 ±16.9	62.6 ±6.3	26.6 ±3.3	69.2 ±11.3	40.8 ±11.5
左側群	71.4 ±4.6	28.4 ±2.4	65.5 ±7.6	36.0 ±9.4	165.4 ±11.2	65.0 ±6.8	24.1 ±2.8	70.1 ±10.8	46.8 ±13.5	159.2 ±20.2
両側群	69.9 ±19.9	18.2 ±3.9	74.0 ±17.5	37.2 ±14.6	162.1 ±29.1	69.3 ±12.1	21.7 ±4.2	68.8 ±14.8	36.4 ±14.1	159.8 ±28.7

※: p<0.05 (左右の有意差) (°)

脊柱側弯検査の結果は、水泳実践児童全員の傾向として判定が脊柱側弯と認定される背面傾斜角が 3° 以下であった。背面傾斜角 1° 以下の者は、右側呼吸群では 15 名中 8 名、左側呼吸群では 5 名中 4 名、両側呼吸群では 21 名中 19 名であった。また、身体の左右対称性は、いずれの部位においても統計学的に有意な差は見られなかったものの、両肩峰部の高さにおいてわずかであるが左右差が認められた。すなわち、呼吸側との関連性から左右差を見ると、右側呼吸群 14 名中 5 名では右肩が、左側呼吸群 5 名中 4 名では左肩がやや高い傾向が見られ、両側呼吸群 21 名中 15 名では左右差が見られなかった。なお、両肩甲骨下部と両腸骨上縁部の高さにおいてはそうした傾向は見られなかった。

### 3. 4. 考察

長期間にわたる水泳活動が成長期の子どもたちと与える影響についての研究報告は、体型 (Andrew, et al., 1972; 中原, 1993), 身体組成 (Lindsay, 1966), 筋力 (Benefice, et al., 1990), 柔軟性 (Weltman, et al., 1986), 最大酸素摂取能力 (Frankel, et al. 1971), あるいは有酸素性能力 (浅野ら, 1982; Francaux, et al., 1987) 等といった角度から数多くなされている。しかしながら、泳ぎの運動特性との関連性を重視し、水泳活動によってもたらされる形態的变化や機能的変化についての調査や、それによって水泳指導の計画、内容あるいは評価について検討を試みたものは数少ない。したがって、ここでは水泳活動の中で

中心的に用いられているクロール泳の運動特性を考慮し、また今後の水泳活動を実施していく際の考慮すべき課題を見出し、その解決策を求めながら得られた結果について考察を進める。

図 5-12 は、それぞれ男女別に形態計測値と機能計測値をレーダーグラフに表したものである。これらを見ると、特に呼吸に関する項目に顕著な差が見られることがわかる。

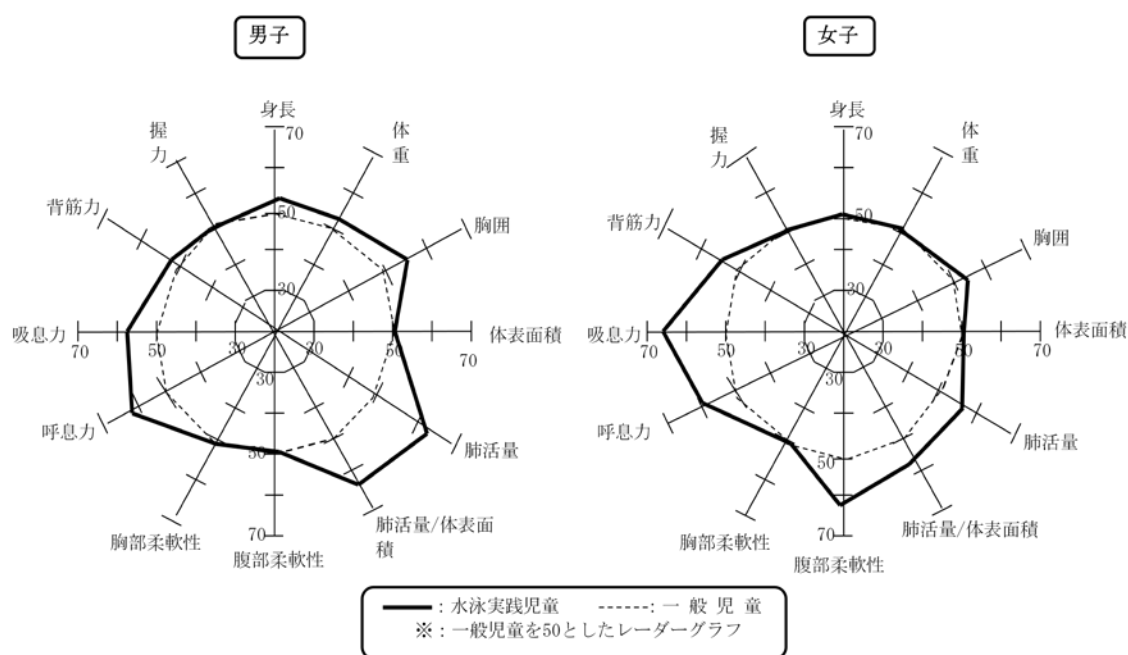


図 5-12. 各測定項目のレーダーグラフ

一般的に運動選手の肺活量は運動をしていない者より多い（藤松，1971；朝比奈ら，1973）と言われ、肺泡毛細血管の増殖などの組織的变化によるガス交換の効率化（朝比奈ら，1973）が考えられる。しかし、水泳では、およそ 30cm の水面下で行われるため約 1.03 気圧の水圧を体に受け、その際肺活量が 7-8%減少し（Cureton, 1930; karpovich, 1939），ガス交換の観点からみれば不利な運動条件下で行われている。そのため、泳者はやや多目に息を吸って水中での吸息予備量を増し、陸上の運動と同様に換気の増大が期待できる呼吸域を確保している（小林, 1969; 柴田, 1979）。こうした状態で、1 週間に 3~5 回、およそ 6 年間にわたって水泳活動を行ってきた子どもたちの肺活量は、水泳活動時期が

年間発達量が最高量になる時期（中原, 1993）と一致していることから、好適な運動刺激となって顕著な発達が促されたものと考えられる。このことは、肺活量が身長、体重、体表面積に大きく関係している（浅野ら, 1982）が、そうした身体計測値が本節測定値と有意な差がなかった点を考えてみても水泳実施児童の発達が顕著であり、水泳活動によることが容易に理解できるところである。

肺活量の多少は、持久力を示す基本的条件の一つであるが、水泳のような持久的運動の場合にはむしろ呼吸機能の効率面が強く作用していると考えられる。そこで、呼吸機能の一つの指標である呼息力と吸息力についてみると、いずれも水泳実践児童と一般児童の間に有意な差が見られ、特に吸息力において顕著な差が見られた。これは、単に肺活量の多少といった量的な面だけでなく、胸部と腹部の柔軟性にも関係する（小林, 1962; 柴田, 1979）ことが考えられる。しかしながら、胸部と腹部の柔軟性については、大学生の場合長年にわたって水泳活動を行ってきた群が有意に大きかったとされている（柴田, 1990）が、本研究において対象とした小学生では両群間にほとんど差が見られなかった。その点を考えれば、水の圧力に抗して呼吸を行ってきたことにより、呼吸筋の強化が大きく関与したことによるものと考えの方が妥当なのかも知れない。このことについては、水泳トレーニングは吸気筋の筋力や持久力を上昇させるといった Clanton らの報告（1987）や、水中に入った時の肺活量の変化は吸息予備量の減少変化であって、水中運動を行う場合吸気を多目にとって吸息予備量を陸上時のそれに近づけてきびしい運動に堪えるだけの換気の増大を図っているが（財団法人日本水泳連盟編, 1994）、そのため腹部にかかる水圧を抗した吸息により吸息筋が特に強化されるといった小林の報告（1962）によって支持される場所である。

ところで、水泳では、主として有酸素的持久力の向上が求められており、その成果を確認するための酸素摂取能力に関する報告（Francaux, et al., 1987; 小村, 1974; Weltman et al., 1984）が数多くみられる。しかし、特に青少年期における水泳活動による呼吸機能への効果を調べるためには肺活量より吸息力の方がより密接に表していることを考えれば、より多くの酸素を摂取するための一つの考え方として呼吸筋の陸上トレーニングの必要性を唱える Margaret の意見（1993）についても考慮しなければならないところであろう。

水泳は、一般的には全身的、かつ左右バランスのとれた運動（柴田, 1979）であると言われている。このことは、日常的に水泳を行っていない大学生を対象としてみた柔軟性の左右差が水泳の集中練習後には小さくなることや長期間にわたって水泳活動を行ってきた水泳部員では後ろ手たすきを一例に見ても左右差が見られることもまた事実（柴田, 1978）である。したがって、長期間の水泳が身体発達に及ぼす影響についてさらに詳細に把握するためには、特に青少年期の均齊的な身体発達についても検討を加えなければならない。

図 5-13 は、後ろ手たすき、立位体前屈および握力について呼吸側（右側と左側）によって比較した図である。図 5-14 は、頭部、肩部および腰部の回転値について呼吸側（右側と左側）によって表した比較図である。

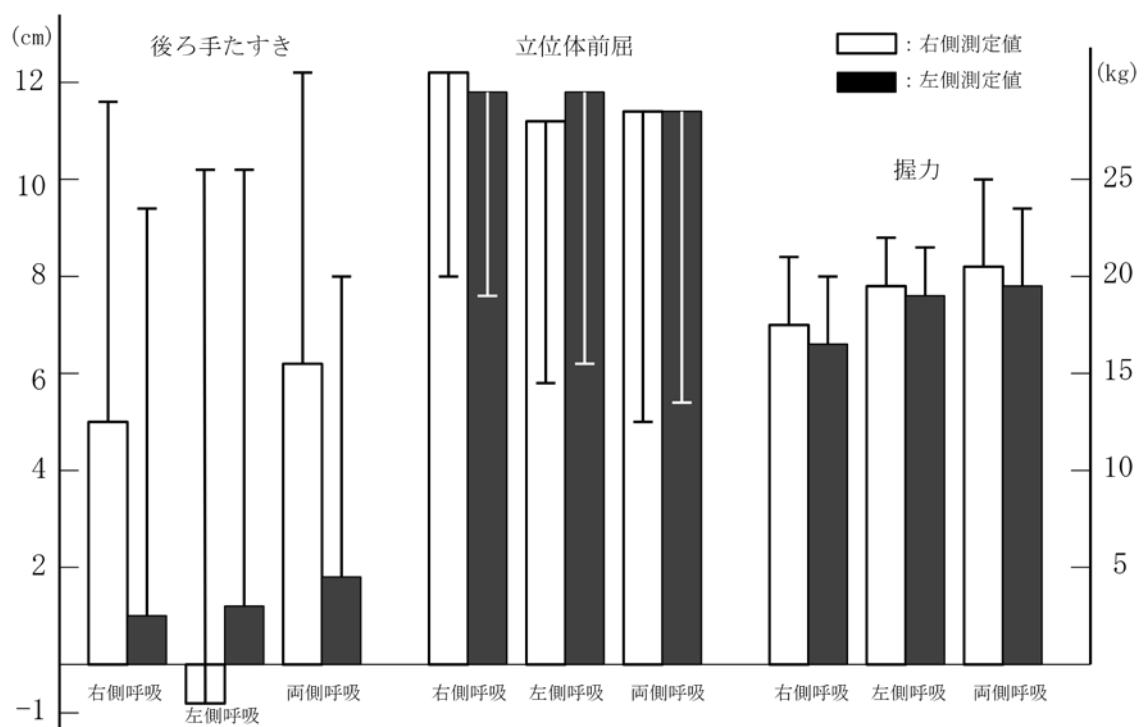


図 5-13. 呼吸側，握力および柔軟性の左右差

まず、水泳実践児童の利き腕側は全員右腕であったことと、左側と右側の統計学的有意差は見られなかったことを念頭におかなければならない。握力は、当然ながら呼吸側よりむしろ利き腕側に強い傾向が示され、対照群と比較しても有意な差は認められなかった。このことは、水泳活動による握力に及ぼす影



響についてはほとんどないと言っても過言ではないように思われる。この点については、水泳活動によって腕の筋肉や筋力が発達し(Haywood et al., 1987), 水泳活動の成果の指標となり得るとしている (Benefice et al., 1990) が、本研究の被験者のように筋肉の年間発達量が増加する前に当たる発育期ではそれが当てはめにくいのではないかと考えられる。あるいはまた、先述の報告で言われるところの腕の筋肉や筋力が、握力という筋の出力特性と異なるものなのかもしれない。

柔軟性については、いずれも統計学的左右差は認められなかったが、左右差の大きさの観点から考えてみると、立位体前屈の左右差がほとんど見られなかったのに対して後ろ手たすきの左右差が大きかった。このことは、手を上にした腕の動作形態と立位体前屈の左右の腕の動作形態が類似している観点から、後ろ手たすきでは手を上にした柔軟性よりむしろ手を下にした柔軟性の左右差が表れたものと考えられる。したがって、水泳トレーニングによる肩関節の柔軟性への影響を見る場合には、下方から後ろ手にした手の上昇度によって判定した方がよいように思われる。

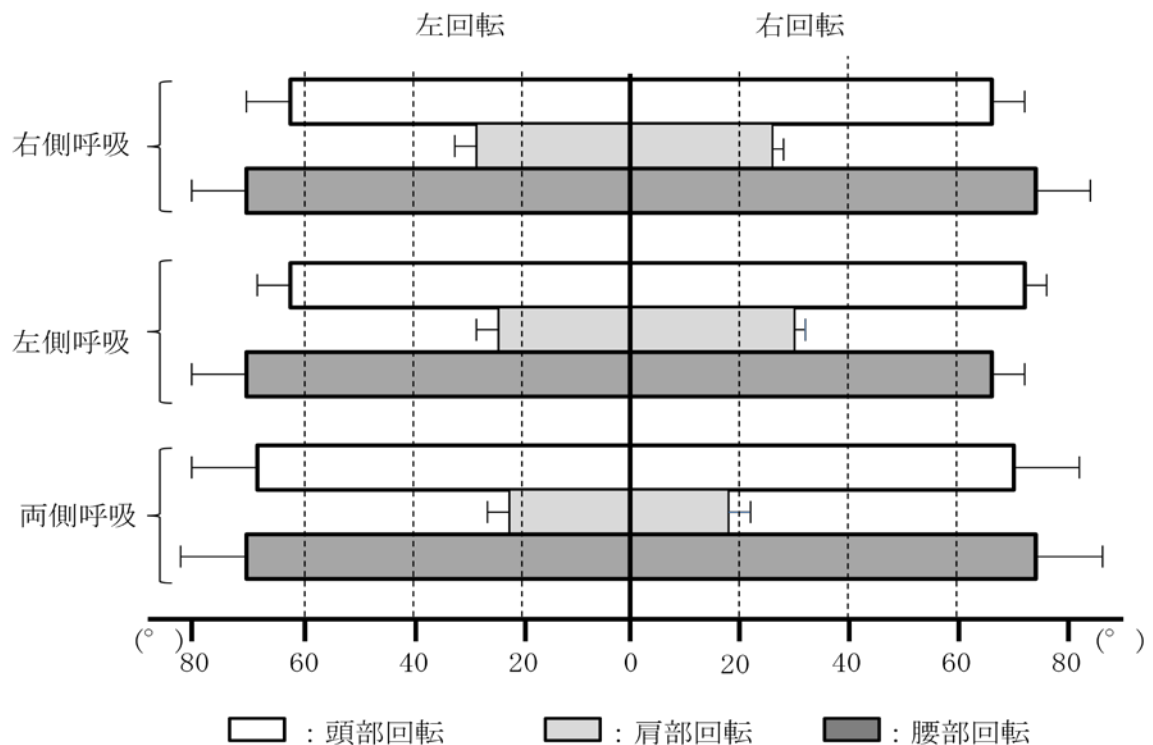


図 5-14. 水泳実践児童の呼吸側から見た身体各部の左右回転度

身体各部の回転度は、頭部では呼吸側との関連性は見られなかったが、肩部は呼吸の反対側、腰部は呼吸側において大きく表れる傾向を示した。肩部については、頭部を軸として見た場合、呼吸側に比べてブラインド側への体の回転が大きく行われることによるものが、腰部については肩部が呼吸の反対側に大きく傾くためその際の身体バランスをとる形で呼吸側に大きく傾くことによるものが要因と考えられる。この点については、腰から下腿にかけて呼吸側への反動的回転によって助長されて大きくなる (Frankel et al., 1971) としているように、運動中のバランス確保といった神経支配の影響すなわち宮畑ら (1972) の意見に見られるように双対的動作 (角運動量保存の法則) の作用によるものと考えることができる。

また、脊柱側弯状態については、身体各部の左右高の差や背面傾斜角においては病的 (3 度以上) と判断されるものではなかったものの、わずかながらその差や傾斜が認められた。このことは、被験者が発達段階の伸長期であったことを考えると、後年さらにその傾向が拡大されていくことも十分予測される。したがって、水泳を始める時期から両側呼吸を身につけさせておくことは、水泳競技の際においてもライバルをマークする戦術として、あるいはまた水泳活動時の身体の均整的発達を助長する意味において有効であり、大切な指導内容であると考えられる。

最後に、青少年期の長期間にわたる水泳活動は、青少年の呼吸に関連する機能や発達を促す効果を有することが認められたが、成長期のスポーツ活動による心容積や肺気量等への身体的効果は部分的には永続的になるとした報告 (Meleski, 1979) を考え合わせ、極めて効果的な運動であると考えられる。しかし、身体的効果の永続性が確認される時期でもあるが故に、同じ動作を何度も繰り返して行うような水泳活動では、やり方によっては成長期の子どもにとって害があつて益なし (中原, 1993) と言われるところもある。したがって、水泳活動は就学前の幼児期から始めても身体的効果は見られるが、身体の発達特性に応じた運動内容や運動方法 (Meleski, 1979) を提供することが大切であり、水泳活動を水泳トレーニングとして行うには、年間最大伸長期 (PHV) をやや過ぎた時期から始めること (Meleski, 1979; 中原, 1993) が望まれているように、この時期が適時期と考えることができる。

### 3. 5. 結論

水泳は学校体育やスポーツクラブにおいて数多くの青少年によって実践されている運動であることから、成長発達の著しい時期に長期間にわたって特にクロール泳中心の水泳活動を行ってきた青少年の身体の均整的発達に何等かの影響がもたらされていることが考えられる。そこで、長期間にわたり水泳活動を行ってきた児童の身体の均齊的発達への影響を明らかにし、今後児童の身体発育特性に応じた水泳指導計画を立案する際の資料提供と長期間にわたる水泳活動における指導提言を図ること目的とした。そのため、小学校高学年の長期間にわたって水泳活動を実践してきた児童と日常的には水泳を行っていない一般児童を対象に、身長、体重、体柔軟性、呼吸機能および筋力の測定調査を行い、得られた資料により両者の比較から長期間にわたる水泳活動による身体の均齊的発達への影響について検討を行った。その結果、つぎのような結論を得た。

- 1) 身体各部の測定結果は、水泳実践児童では男女とも肺活量、肺活量／体表面積、呼息力および吸息力において一般児童に比べて有意に高かった。また、男子では胸囲、女子では腹部柔軟性において水泳実践児童が有意に高かった。
- 2) クロール泳の呼吸側から見た身体各部の測定値では有意差は見られなかったが、立位体前屈および後ろ手たすきでは呼吸側の柔軟性がやや大きい傾向を示した。両側呼吸群では、立位体前屈の左右側ともにほぼ同値を示したが、後ろ手たすきは有意差が見られなかったが右上に大きな値を示した。
- 3) クロール泳の呼吸側から見た身体各部の回転度は、左右の呼吸群ともに頭部では右側が大きく、肩部では呼吸の反対側が大きく、腰部および膝部では呼吸側が大きい値を示した。両側呼吸群では右側呼吸群とほぼ同傾向を示し、左右の回転度の差が最も小さかった。
- 4) 脊柱側ワン検査の結果は、水泳実践児童全員の傾向として背面傾斜角が $3^{\circ}$ 以下であった。身体の左右対称性では、統計学的に有意な差は見られなかったが両肩峰部の高さにはわずかであるが左右差が認められ、右側呼吸群 14 名中 5 名では右肩が、左側呼吸群 5 名中 4 名では左肩がやや高い傾向が見られ、しかし両側呼吸群 21 名中 15 名では左右差が見られなかった。なお、両肩甲骨下部と両腸骨上縁部の高さにおいては、左右差はほとんど見られなかった。

以上のことから、クロール泳を用いた長期間の水泳活動によって背筋力、握

力等の筋力には顕著な発達は見られなかったものの、呼吸運動に関連する筋力の発達が呼息力、吸息力の発達が顕著であることが明らかとなった。また、水泳実践群の男子では胸囲が、女子では腹部柔軟性が顕著に発達していることが確認されたが、水泳実践群では特に肺活量の顕著な発達が見られことを考えると、男子では胸郭の拡大が、女子では腹部の柔軟性が肺活量の増大に大きく関係しているのではないかと考えられた。

体の柔軟性の左右差を見ると、立位体前屈では左右差がほとんど見られなかったのに対して後ろ手たすきの左右差が大きく表れた。これは、立位体前屈の手の差し出し動作が、後ろ手たすきの下手の差し出し動作に比べ上手の差し出し動作が類似していることから、下手の差し出しによる柔軟性の差が表れたものと考えられる。そのため、水泳トレーニングによる肩関節の柔軟性への影響を考える場合、後ろ手たすきでは背中では下手の差し出しの上昇度によって判定した方がよいように思われる。あるいは、水泳の柔軟性トレーニングでは、背中側で下手の上昇を高めるようなストレッチ運動が効果的のように考えることができる。

体の回転度を見ると、頭部では全員が右側に大きくなったのは利き腕側が関係しているように思われる。また、肩部では呼吸の反対側、腰部で呼吸側が大きくなる傾向が見られたが、これはクロール泳の呼吸による頭部回転に連動して、全身の平衡性を保つために身体各部の回転が引き起こされた結果であると考えられる。したがって、このことはクロール泳の呼吸では頭部の一方向への回転が頻繁（およそ 3000 回/日）に行われるため、長期間にわたる水泳活動の際の呼吸動作によって全身の均齊的な発達に影響がもたらされることも無視できない。そのため、両側呼吸者では体の柔軟性や体の回転度の左右差が小さかったことから、クロール泳の左右両側呼吸を、クロール泳の学習の初期段階から学習内容に取り入れることが望ましいと考える。また、いわゆる中級レベルの習熟段階から、クロール泳の呼吸時には体のローリングの学習とともに頭部の回転を同調させた呼吸動作を行うような指導が望まれる。体のローリングを左右均等に行うことによって、頭部の過大な側転を避けることができ、延いては全身への均齊的に回転運動が起こり、身体発達の観点から見ても効果的であると考えられる。

## 参考・引用文献

**Andrew G. M., et al.** (1972) Heart and functions in swimmers and no-nathlete during growth. *Journal of Applied Physiology*, Vol.32, pp.245-251.

朝比奈一男, 中川功哉 (1973) 運動生理学, 現代保健体育学大系 7, 大修館書店, pp. 44-46.

浅野勝巳ら (1982) 水泳による小学生児童 (10 - 11 歳) の有氣的トレーニングの効果に関する研究, *体育科学* Vol.10, pp.35-43.

**Benefice E., et al.** (1990) Differences in anerobic and anthropometric characteristics between peripubertal swimmers and non-swimmers. *International Journal of Sports Medicine*. Vol.11, No.6, pp.456-460.

**Broucsk M.** (1993) Grabbing large breaths and exhaling slowly are keys to swimming races, *Swimming Technique* Vol.29, No.3.

**Clanton T. L., et al.** (1987) Effects of swim training on lung volumes and inspiratory muscle conditioning, *The Journal of Applied Physiology*, Vol.62, No.1, pp.39 - 46.

**Colwin C.M.** (1991) *Swimming into the 21<sup>st</sup> Century*, Leisure Press, pp.120-121, pp.138-139.

**Cureton T. K.** (1930) Relationship of Respiration to Speed Efficiency in Swimming, *Research Quarterly* 1-1, p.5, p.17, p.63, p.65.

**Francaux M., et al.** (1971) Physical fitness of young belgian swimmers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, Vol.27, No.2, p.8.

Frankel S. A., et al. (1971) Scalenus Anticus syndrome in Swimming, Swimming Technique Vol. 8, No. 2, pp. 53 - 55.

藤松博 (1971) 体育実験技術工学, 新体育学講座 36, 逍遥書院, p. 103.

Haywood K., et al. (1987) Differential effects age - group Gymnastics and swimming on body composition, strength, and flexibility. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. Vol. 26, No. 4, pp. 416 - 420.

広田公一, 黒田善雄 (1965) スクリーニングテストとしての呼吸機能検査法, 体育学研究 10-1, pp. 328-329.

磯谷誠一, 森田茂 (1961) 水泳選手の身体柔軟性について, 体育学研究 Vol. 7, No. 1, p. 98.

Karpovich P. V. (1939) Respiration in Swimming and Diving, Research Quarterly 12-31, pp. 3-14.

菊池邦雄 (1975) 日本体育協会スポーツ研究所報告 No. 1, IV. 泳法分析研究, 水泳選手の体力の縦断研究, (財) 日本体育協会スポーツ科学委員会編, pp. 28-37.

小林一久ら (1988) 水泳ハンドブック, 大修館書店, pp. 11 - 12.

小林庄一 (1975) 環境科学叢書, 人と潜水, 初版, 放熱, 共立出版, 東京, p. 23, pp. 32-34, p. 65.

КрестобнНкоб А. Н. 著, ソビエトスポーツ科学研究会訳 (1978) クレスフニコフスポーツの生理学, 不味堂出版, p. 23, pp. 33-34, 50-52, 388-402.

Lakhera, S. C., et al. (1994) Lung function in middle distance adolescent runners Indian, Journal of physiological pharmacol, Vol.38, No.2, pp.117-120.

Lindholm, P., et al. (2007) Resistive respiratory muscle training improves and maintains endurance swimming performance in diver, Undersea and Hyperbaric Medical Society Vol.34. No.3. pp.169-180.

Lindsay J. E. (1966) The Somatotypes of Swimmers, Swimming Technique Vol.3, No.3, pp.76-79.

松田克治 (1977) 近代化農業に要請される体力とその対策, 第32回日本体力医学会シンポジウム講演.

松井道雄, 水野忠文, 江橋慎四郎 (1969) 体育測定法, 体育の科学社, pp.75-81.

McCue F. B. (1953) Flexibility Measurements of College Women, Research Quarterly 24(3), p.316-324.

Meleski B. (1979) The Physical and Physiological Development of Young Swimmers, Swimming Technique Vol.16, No.1.

武藤芳照 (1989) 水泳の医学Ⅱ, 1. 年齢別・種目別指導方法の原理, ブックハウスイチデイ, pp.14-16.

宮畑虎彦, 杵渕政光 (1972) 改訂 水泳, 第2部水泳の技術, Ⅱクロール, 15. 自然の法則について, 1) 双対な動作, 不昧堂出版, pp.72-74.

宮下充正ら (1976) スポーツの科学的指導, Ⅲ水泳, V. 健康管理と傷害予防及び処置, 不昧堂出版, pp.228-229.

文部省体育局（1969）スポーツテスト実施要項，体力診断ステト，運動能力テスト，文部省体育局スポーツ課.

中原英臣（1993）ヘルシー・スイミング，泳ぐ健康法，女子栄養大学出版部，pp. 80-83.

中村栄太郎，松浦義行（1972）種目別にみた運動選手の体力・運動能力の比較検討，一高等学校運動部員について一，体育学研究 17（5），p. 309-318.

Nasiri, M., Salehian, M.H. (2011) Comparison of Flexibility of Pelvic and Femoral Muscles in Futsaland Swimming, Annals of Biological Research, Vol.2, No.6. pp.79-83.

日本スイミングコーチ学校編（1976）スイミングコーチテキスト Vol.1，水泳概論，Ⅲ．スイミングクラブ，pp.81-121.

日本生産性本部（2013）レジャー白書 2013，日本生産性本部，（オンライン）  
入手先 <https://numzon.com/detail/38741/>，（参照 2014-08-24）

野村武男（1985）水泳の授業を見直そう，体育科教育 Vol.33, No.6, 大修書店，pp. 18-23.

小野三嗣，江口修代，山田茂（1973）関東地方住民の体力について，体力科学 22(2)，p. 56-62.

小野三嗣，小林元子（1971）中高年者における体脂肪沈着と二・三の体力指標との関係について，体力科学 20（3），p. 142-150.

小野三嗣，松枝みどり（1973）都市某女子高校一年生の体格・体力の問題点について，体力科学 22(4)，p. 157～160.



小野三嗣，森下芳郎，山本直道，石井令三（1970）都会地中高年者体力現状の一側面について，体力科学 18（3，4），p. 53-71.

小野三嗣，大森俊夫，坂木佳寿美，貝瀬輝夫（1971）運動と食事摂取の生徒の体格・運動能力に及ぼす影響について，体力科学 20(4)，p. 181-189.

小野三嗣，杉山常平，森下芳郎，山本直道，石井令三（1968）都会地女子の体格及び2・3の運動機能について，体力科学 17(3)，p. 91-101.

大山良徳（1967）体操訓練の柔軟性に及ぼす実験的研究 その8，体力科学 16(3)，p. 57.

斉藤巍洋（1921）水泳，初版，シーズン中の練習，三省堂，東京，pp. 136-137.

佐野清次郎（1974）水泳実習の練習効果について，第25回日本体育学会口演，大会号 p. 362.

柴田義晴（1978）いわゆる体柔軟性について，体力科学 Vol. 27, No. 3.

柴田義晴（1979）泳者の呼吸機能の特性について，東京学芸大学紀要，第5部門，31，pp. 219-28.

柴田義晴ら（1990）学校体育の現状と課題，東京学芸大学紀要，第5部門，第42集，pp. 101-108.

笹川スポーツ財団（2006）スポーツ白書 2006，SSF 笹川スポーツ財団，（オンライン），入手先 <http://www2.ttcn.ne.jp/honkawa/3976.html>，（参照 2014-8-24）.

State Office of Public Instruction（1966）Physical Fitness Manual for

Elementary Schools, Olympia, Washington.

**Tosic, S.** (2011) The Influence of Flexibility on Swimming Results, Physical Education and Sport, Vol.9, No.2, pp.193-202.

**Vaithyanadane, Y., et al.** (2012) Plumonary function test in swimmers and non-swimmers a comparative study, International Journal of Biological and Medical Research Vol. 3, No. 2, pp. 1735-1738.

**Weltman, A., et al.** (1986) The effects of hydraulic resistance strength training in prepurbertal males, Medicine and Science in Sports and Exercise Vol. 18, No. 6, pp. 629-638.

**Wylegala, J.A., et al.** (2007) Respiratory muscle training improves swimming endurance in divers. European Journal of Applied Physiology Vol. 99, pp. 393-404.

(財)日本水泳連盟編 (1994) 新編水泳指導教本, 第4章 水泳の技術, 3. 生理学的要因, 大修館書店, pp. 49-51.

(財)日本体育協会普及委員会編 (1974) スポーツトレーナー教本, 第3編 キネシオロジー, 第2章 運動に関係のある諸原理, (財)日本体育会, pp. 121-122.

## 第6章 結論

### 第1節 本論文のまとめ

#### 1-1. クロール泳の技術的特性について

運動の技術的特性については、これまでも行われてきた運動分析、運動力学的分析に加え、神経一筋の協応性の観点から筋電図学的分析による検討が重要と考える。そのため、こうした外観的情報分析と内面的情報分析を勘案した調査の観点から、第2章ではクロール泳の技術的特性を明らかにするため、ストロークメカニクス分析、泳速度、加速度、牽引力の力学的分析およびクロール泳時の身体各部の筋活動の協応性に関する筋電図分析を行った。

第1節ではクロール泳のストロークメカニクスに関する外観的情報について検討を行うため、運動分析の観点から調査1でストリームライン形成についてけ伸びの映像分析によって調査を行い、調査2でクロール泳時に主導的役割を果たすアームストロークの軌跡およびスティックピクチャーについて、クロール泳の映像分析により調査を行った。第2節では運動力学的分析の観点からクロール泳時の泳速度、加速度および牽引力について映像分析および牽引力測定により調査し、クロール泳の運動力学的分析を行った。第3節では内面的情報について検討を行うためクロール泳の映像撮影と筋電図測定により筋活動の協応性筋について運動学的分析調査を行った。

調査1では、運動分析が一般的に運動の時間的経過、空間的経過、力動的経過の観点から検討が行われていることから、ストリームラインについては時間的、空間的経過の観点から調査し、熟練者と未熟練者の比較により未熟練者の課題性を明らかにし、その課題性を解決するための指導法について熟練者の調査資料を基に検討を加えた。

ストリームライン形成は、初心者から上級者までの共通の学習課題であり、特に初心者には泳げるようになるための基本動作としての学習教材「け伸び」が学習指導要領において確立され、指導の実際では水中で側壁あるいは底壁を蹴り出した後のグライド時に指導が中心的に行われ

ている。しかしながら、本研究では、け伸びの指導がグライド時に行われることが有効な指導法とはならないことを指摘した。すなわち、け伸びの指導は、け伸びの初期段階において体を沈み込ませることにあるとし、形態学者(Morphologist)らの意見を加えながら、体の沈み込みによって蹴り出し力を産出し、蹴り出しの勢いがストリームライン形成につながる有効な指導法であることを指摘した。したがって、け伸びの際には、両手を体に添えて水に沈み込ませ、体の沈み込みとともに両手のひらや甲で水を上方へ押し上げながら体を前傾させ、両手先を前方(2m程度)の水面下に差し出しながら両脚を折り曲げていく、この間に前方に伸ばした両腕の下あるいは間に頭部を置き、その後折り曲げた両脚を伸ばすようにして壁を蹴り出す指示が効果的であるとした。

「水慣れ」「浮くこと」「進むこと」「泳ぐこと」が一般的指導段階として定着しているが、水中でその場に浮いた状態から進み始めることは不可能であり、その際には相応の推進力が加えられなくてはならない。推進力は蹴り出しの力によって生み出されるが、蹴り出しのためには沈み込むこと(両脚の折り曲げること)が大切となり、それによって得られた推進力により初めてストリームライン形成が可能となる。また、推進力が不十分な段階あるいは推進力を失った段階でのストリームライン形成の指導はほとんど効果が見られないとし、そのためストリームライン形成の指導では推進力を産み出すべく蹴り出し動作を可能とする体の沈み込みの指導が重要であることを指摘した。

調査2では、クロール泳の運動分析はクロール泳の出現当時からキック動作が中心的に研究されてきたことやクロール泳が自由形種目に位置付けられたことから規制がなくなりアームストロークの分析がキック動作の分析に比較してさらに散発的となったことを考慮し、またクロール泳が産み出す推進力の中心的な構成動作であるアームストロークを取り上げ、検討を行ったものである。アームストロークの軌跡とスティックピクチャーについては、空間的推移および時間的推移の観点からクロール泳のアームストロークを調査し、初級者、中級者、上級者について相互に比較することにより、クロール泳技術の発達段階の特性や初級者お

よび中級者におけるクロール泳の技術を習得するための課題性について検討を行った。その結果、初級者、中級者、上級者のアームストロークについて空間的推移および時間的推移の差異とその特徴を見出し、クロール泳のアームストロークにおける習熟過程の特徴を明らかにした。アームストロークの空間的推移について軌跡から見ると、習熟度が低位の者ほどアームストロークの前後の動きが短く、上下の動きが大きくなった。このことから、習熟度が低位者ほどグライド動作やフィニッシュ動作が十分に行われいないことによるものと指摘し、特に上下の動きの軌跡から習熟度の低位者では肩関節を中心に腕を回転するように水をかいているが、習熟度が上位者ではプル期に下方への膨らみが大きくなっているものの、プッシュからフィニッシュにかけて体の下をほぼ一直線に後方へかき進めていることを指摘した。腕の回転動作による水への働きかけは、円運動における遠心力（慣性力）が接線速度の方向に向かおうとしているように、すべて異なる方向に向けて水をかくことになってほとんど推進力に活かされないことになる。そのため、初級者の指導ではまず片手クロール泳により一方の手を前方へ差し出してグライドをする指導が大切であり、グライドによって体位が斜横体になってくれば体のローリング指導の導入期、すなわちグライドを伴ったクロール泳ができるようになった段階（中級者）を体のローリング指導の適時期であるとした。

さらに、体のローリングができるようになれば、アームストロークの技術指導（ハイエルボー）によって手の上下動が小さい効率的な泳ぎができるようになるとした。そこで、アームストロークのスティックピクチャーの時間的推移について見ると、習熟度が下位者ほど入水後からプルにかけての所要時間が短くグライドが見られなかったこと、またプッシュからフィニッシュまでの所要時間がいずれの被験者においてもほぼ同様であったにも関わらず習熟度が下位者では動作距離が短い点を指摘し、効率的に推進力を得るためには適正な水圧を得る観点から手の上下動により水の圧が高い場合には緩徐な働きかけ、手の後方移動により水の圧が低い場合には迅速な働きかけが重要であるとするインピーダン

ス・マッチング理論（宮畑，1988）として，習熟度の低位者に対するアームストロークの水への働きかけ方の学習課題を明らかにした．具体的には，習熟度の低位者には，左右の手を交互に3回から5回程度ずつ水をかき，片手を前方に伸ばしてグライドすることや下方へ向けて緩徐に水をかき始めたり（プレスダウン），肩の下までかいたら手（親指）が大腿に触れるまで加速度的に水をかいたりするような指示が効果的であるとした．片手クロール泳では，そうしたアームストロークを意識化して前後に長いストロークつくりの指導として，また水面上を前方に戻すリカバリーの際には手の上下動の小さいハイエルボーつくりの指導として有効であるとした．

第2節 クロール泳の泳速度，加速度および牽引力では，競泳競技においては推進速度を明らかにすることが最も重要な課題であるとされていることから，最も多くの競技種目に用いられているクロール泳について習熟度の異なるクロール泳の泳速度，加速度および牽引力の調査を進めた．

これによって，初級者，中級者，上級者におけるクロール泳のストロークメカニクスの時間的推移，力動的経過を調べ，習熟度別に見た特徴を明らかにしクロール泳の習熟過程を示した．すなわち，泳速および加速度は，習熟度の上位者ほどキックに比較してアームストロークによる推進力の産出が大きく，それが泳速度変動に大きく反映されているとし，また初級者では推進力は相対的にアームストロークに比較してキックによるところが大きく，キックが主導的なクロール泳となって泳速および加速度の変動幅を小さくしているとした．

このことから，初心者ではクロール泳の指導がキックにより始められるため，習熟度の低位者ほどキックを主体とした泳ぎ方をする傾向にあり，クロール泳の推進力の85～90%が手の動作により産出されているとする報告のように25m程度泳げることを目安に少しずつアームストローク動作が主体となるようなクロール泳に導くことが必要であると指摘した．中級者では，アームストロークにやや遅延した呼吸，すなわち体のローリングと呼吸動作のタイミングがややずれて泳速低下を引き起こし

ていることを指摘し、まずアームストローク動作を定着させ、泳速の向上とともにストロークの頻度を高めるためにもプッシュ終了時に息を吐き終わり、離水時に息を大きく吸い始めるような呼吸のタイミングを図ることが必要であるとしている。したがって、前節と同様に中級者レベルに体のローリングを身につけて呼吸のタイミングを図ることが必要であると指摘した。また、体のローリングを身につけることによって手指先を入水した後さらに前方遠くに差し出すことが可能となり、また体のローリングは、その反転にかけ、グライド後に水圧が増す下方への効果的な手の動きを生み出すことを指摘した。

第3節 クロール泳の筋活動様相では、クロール泳時の筋電図により筋肉の活動時間、緊張度、活動機序の観点から調査を行い、熟練者と未熟練者のクロール泳時の筋活動様相について比較検討を行った。熟練者と未熟練者の差異は、手指先入水後のグライド時における三角筋と僧帽筋の活動および橈側手根伸筋と尺側手根屈筋の長い活動が熟練者に特徴として見られた。

これにより、三角筋と僧帽筋はグライド期に前方に差し出した腕を保持するために活用され、橈側手根伸筋と尺側手根屈筋は手のひらによって水を下方へ押す際のスカーリング動作（上下左右の動き）のために活用されていることを明らかにした。また、上肢筋は、熟練者では一定した活動機序が見られ、かつストローク動作とリカバリー動作の筋活動がそれぞれの動作の終末局面と開始局面に一定の時間において重複している点が特徴的であったが、これはストローク動作とリカバリー動作が相反動作であるものの繋がり部分においては互いに連携し、熟練者の腕の動作が経済的かつ合理的に行われていることを明らかにした。

さらに、下肢筋は、熟練者では腓腹筋の顕著な活動が、未熟練者では大臀筋と前脛骨筋の顕著な活動が特徴的であった。これは未熟練者の脚の動作が膝折キックやつま先キックを示し、体が反った状態でキックしていることを示すものであり、指導の際には頭部を水中深く沈め、足甲が内股になるように両脚を伸ばしてキックし、大腿の上下動を伴うようなキック動作が効果的であったとした。

## 1-2. 水泳トレーニング時における

### クロール泳のストロークメカニクスについて

本章では、水泳トレーニングで頻繁に活用されているクロール泳の緩速泳時と最大努力泳時のストロークメカニクスおよびフィンやパドルを用いたクロール泳のストロークメカニクスについて調査を行った。それによって得られた資料を習熟度別に比較することによって、水泳トレーニング時のストロークメカニクスに関する留意点や水泳トレーニング中における技術指導の際に有用な資料提供と指導への提言を図ったものである。なお、水泳トレーニングには水泳練習も含めて表記した。

第1節 緩速泳時と最大努力泳時のストロークメカニクスについては、ほとんどの水泳トレーニングは最大下の泳速で行われているが、そうした水泳トレーニングの際のストロークメカニクスについてはこれまでほとんど考慮されてこなかったのが現状である。そこで、水泳トレーニング時における技術指導のための資料提供とその際の指導への提言を図るため、熟練者および未熟練者のクロール泳における緩速泳時および最大努力泳時の筋電図の導出と映像の撮影を行い、筋活動の強さとタイミングの変化およびストロークメカニクスの変化について熟練者と未熟練者を比較し、その特徴を明らかにした。

その結果、クロール泳を用いた水泳トレーニングでは、ストロークメカニクスを崩壊することなく一定の緩速泳で行うことが可能であるが、個々の目標とする水泳トレーニングには相応の泳速（負荷）が必要であり、その際の緩速泳の限界を明らかにした。すなわち、ストロークメカニクスの保持を可能とする緩速泳は、熟練者では最大努力泳の70%程度、未熟練者では個人差を勘案しても最大努力泳の80%程度までは筋の活動機序がほぼ同様であったが、それ以下の泳速になることによって筋の活動機序に影響が出てくることが推測された。したがって、水泳トレーニング時には、熟練者では最大努力泳の70%程度の泳速、未熟練者では最大努力泳の80%程度の泳速を下回らないようにすることが望まれる。また、ストロークメカニクスを崩壊することない高速泳での水泳トレーニングは、神経一筋の協応性を高める観点から技術トレーニングとして有



効であるとされているが、これについては今回の最大努力泳時の筋電図から見ると、最大努力泳は疲労を引き起こしやすく水泳トレーニングに必要な泳距離や泳時間を確保できないため水泳トレーニングとして活用するには難しいと考えられ、アシステッド泳による高速泳時のストロークメカニクスの検証が必要となることを指摘した。なお、アシステッド泳のストロークメカニクスの調査については第4章において取り上げた。

つぎに、筋活動時間の変化率について熟練者と未熟練者を比較した結果から両者に有意な差が表れたのは、熟練者では三角筋および僧帽筋、未熟練者では尺側手根屈筋において有意に長い時間活用された。これは、熟練者では三角筋と僧帽筋により頭の前方に腕を持ち上げ続けてグライドを保持している状態を示し、緩速泳を可能とする姿勢の確保にもなっているものと考えられる。それに対して、未熟練者では肘や手首が折れ曲がった状態で入水し、グライドすることなく水をかき始めており、肘や手首の折れ曲がった状態がリカバリーまで引き継がれていることを指摘した。したがって、クロール泳の指導の際には、け伸びによるグライドや片手クロール泳により手先を前方に伸ばしてグライドすることに十分な時間を割いて指導し、リカバリーの際には手の甲を前方に向けたり、親指を下方に向けたりしてハイエルボーの形をとらせて腕の緊張を解き、さらに入水時には抵抗の少ない形で（手のひらを外向きに約45°傾けて）入水するように指導することが効果的であるとしている。

第2節 水泳用具活用時のストロークメカニクスについては、水泳トレーニングや水泳練習の際に頻繁に活用されているフィンやパドルを用いたクロール泳のストロークメカニクスへの影響について明らかにし、水泳トレーニングや水泳指導に活用できる資料提供と指導への提言を図ることを目的とした。そのため、本節では緩速泳、最大努力泳、フィン泳およびパドル泳時の筋電図を導出し、その際の水の中映像を撮影した。これによって得られた資料により、水泳用具を用いた泳ぎ方について分析し、比較検討を行い、効果的な水泳トレーニングや水泳練習を進めるための課題や留意点について明らかにした。

その結果、フィンの活用はクロール泳のストロークメカニクスに崩壊

をもたらすものではなかったことから、自己の持つ泳速を超える泳速による神経一筋の協応性の開発に有効であり、泳速改善を目的とした水泳トレーニングとして有効であるとした。パドルの活用は、クロール泳のストロークメカニクスに崩壊を来すような影響は見られなかったことから、泳力（泳パワー）の向上を目的とした水泳トレーニングにおいて用いることには有効と考えられるが、水泳技能が十分でない者の活用にはストロークメカニクスに変化を伴う可能性もあり、水泳トレーニングはもとより水泳練習法としての有効性は小さいものと考えられ、今後さらに検討を要するところである。また、パドルの過度な活用は、熟練者であっても肩関節等に運動障害をもたらすことが推察されることから、一般的に言われているところの PHV（年間最大伸長期間）から 2 年程度経過した時期を目安に一定期間の水泳活動を続けた者に対して活用することが望まれる。

### 1-3. テザード法を用いたクロール泳について

本章は、クロール泳が緩速泳、最大努力泳、あるいは水泳用具を用いた場合においても、そのストロークメカニクスへの影響が少なく、効果的に行える泳法であったことを考慮し、クロール泳を今日の水泳トレーニング法では得られない効果が期待されているテザード法について調査を行った。得られた資料によって、クロール泳を用いたテザードトレーニング法を安全かつ効果的に活用するための検討を行った。なお、テザード法とは、牽引されながら泳ぐ方法のことで、牽引負荷、牽引時間を定量的に設定することができる点が特徴的である。また、テザード法では、泳ぐ位置を変えることなくその場で泳ぐことも可能であり、トレーニングの際には泳者間での衝突の回避や定量的負荷によるトレーニングを可能とし、そして水底に水泳専用鏡（スイムミラー）を設置することにより自己の泳ぎを観察しながら泳ぎの改善を図り、水泳トレーニングを実施することが可能となる点で高い有効性が考えられる。

本章ではまた、種々のテザードトレーニング法におけるクロール泳のストロークメカニクス、生理学的応答および知覚的応答について調査し、

通常のクロール泳との比較によってテザードトレーニングにおけるクロール泳のストロークメカニクスの崩壊や過剰な生体的負担の有無について検討を加え、新たな水泳トレーニング法としての可能性について検討を加えた。そのため、第1節では成人水泳選手を対象として、その場泳ぎのテザード泳時のストロークメカニクスについて映像分析を行い、その際の身体的負担度については血中乳酸濃度、心拍数、主観的運動強度により調査を行った。第2節では、日本選手権出場した全国レベルの水泳選手と都県大会に出場した地域レベルの水泳選手を対象に、フリー泳（牽引のない通常の泳ぎ）、アシステッド泳、レジステッド泳および最大努力泳について、フリー泳と比較しながら水泳トレーニング法あるいは水泳練習法として活用するための情報資料の提供を目的として、それぞれのテザード法を用いたクロール泳のストロークメカニクスについて映像分析し、その際の血中乳酸濃度、心拍数および主観的運動強度について調査を行った。

第1節 ストレッチコードを用いたテザード泳の運動特性については、泳者を後方よりストレッチコードにより牽引しながらクロール泳を泳がせ、移動を伴わないその場泳ぎのテザード泳時のクロール泳のストロークメカニクス、心拍数、血中乳酸濃度、酸素摂取量および主観的運動強度について測定した。得られた結果により、クロール泳のストロークメカニクスが崩壊することなく、持久力向上のために適正な生理的および知覚的応答が得られる牽引負荷について検討し、水泳の持久的トレーニングあるいは技術トレーニングとして活用する際の情報資料の提供を目的とした。

その結果、100mクロール泳を55程度で泳ぐ者では、インターバルテザード泳が牽引負荷7kg（最大牽引力の約40%）に、4分間テザード泳が牽引負荷4.74kg（最大牽引力の約30%）に設定したテザード泳によりストロークメカニクスを崩壊することなく有酸素的持久力の向上に適正な運動負荷をもたらすことができ、それらの牽引負荷は個々の最大努力泳時の牽引力から導き出すことが可能性があることを明らかにした。

第2節 テザードクロール泳のトレーニング法としての活用性について

では、新たに開発したテザードシステムを用いてクロール泳を用いた種々のテザード泳を行わせ、その際のストロークメカニクス、心拍数、血中乳酸濃度、主観的運動強度および適正牽引負荷について調査し、それぞれのテザード泳の持続的トレーニング法あるいは技術トレーニング法として活用を図るための情報資料の提供を目的とした。その際、生理的および知覚的応答が低すぎても、過剰であっても同様に持続的トレーニングとして活用することはできないし、また種々のテザード泳時におけるクロール泳のストロークメカニクスが通常のクロール泳と異なっていれば技術トレーニングとして活用することはできない、そこで、日本選手権出場レベルの水泳部員と地域大会出場レベルの水泳部員を対象にインターバル PT 泳、4 分間 PT 泳、フリー泳、アシステッド泳、レジステッド泳および最大努力泳を行わせ、その際のストロークメカニクス、心拍数、血中乳酸濃度および主観的運動強度について調査を行った。

その結果、最大牽引力の 40~45%の牽引負荷（以下、%max で示す）で行ったインターバル PT 泳では、筋の活動機序、活動頻度および緊張度には大きな変化もなくストロークメカニクスに影響を及ぼすものではなかった。また、牽引負荷の絶対値の大きかった男子および熟練者において上腕三頭筋の緊張度が高くなったことや、生理学的応答および知覚的応答において持久力向上の期待できる範囲であったことから、持続的トレーニング、筋肉トレーニングあるいは技術トレーニングとして効果的であり、その際の牽引負荷が 40~45%max で被験者全員ほぼ一定であったことから多様な習熟度の泳者の水泳トレーニングにおいても活用できることを明らかにした。

4 分間 PT 泳は、40~45%max の牽引負荷において持久力向上が期待できる値を示したものの、4 分間において定常化は見られなかった。また、筋の活動頻度や緊張度が高まったものの活動機序には大きな変化はなくストロークメカニクスへの影響を示すものではなかった。牽引負荷の絶対値が大きかった男子および熟練者では、クロール泳の際に推進力を生み出す中心的な役割を果たす上腕二頭筋および上腕三頭筋の緊張度が有意に高まり水中における筋力トレーニングとして有効と考えられた。30

～35max の牽引負荷は、筋の活動機序、活動頻度および緊張度には大きな変化もなく、またストロークメカニクスに影響を及ぼすものではなく、生理学的応答および知覚的応答が高いレベルで定常化を示したことから、より効果的に持続的トレーニング法として活用することができるものと考えられた。20～25%max の牽引負荷では、フリー泳に比較して筋の活動機序に変化はなく活動頻度と緊張度がやや活発になったが、生理的応答および知覚的応答が定常化を示したことから牽引時間を長くすることにより持続的トレーニングあるいは水底にスイムミラーを置き自己の泳ぎを観察しながら泳ぐ技術トレーニングとして有効であると考えられた。

40～45%max の牽引負荷のレジステッド泳は、最大努力泳とともに筋の緊張度および活動頻度が顕著となったが、筋の活動機序には変化は見られずストロークメカニクスに影響を及ぼすものではなかった。また、アシステッド泳はフリー泳とほぼ同様の筋活動状態を示したが、フリー泳とレジステッド泳間およびフリー泳と最大努力泳間の筋活動は筋電図の積分比率において有意差が見られた。すなわち、フリー泳とレジステッド泳間では上腕二頭筋、フリー泳と最大努力泳間では上腕二頭筋および僧帽筋の活動において有意差が見られた。このことから、レジステッド泳では、ストロークメカニクスの保持の観点から最大牽引力測定により適正な牽引負荷を求めることが大切で、それによってストロークメカニクスへの影響を小さくすることができ、延いては上腕二頭筋のトレーニングが可能になることが示唆された。最大努力泳は、僧帽筋の活発化が牽引力の増加による引き戻しに対応するための結果と考えられ、「ピッチを上げる練習」の観点では有意義であるかもしれないが、早晚筋疲労を来しやすいことから筋力トレーニングとして期待されるレジステッド泳に代わるトレーニング法には至らないものと考えられる。

第1節および第2節の調査から、クロール泳を用いたテザード泳は習熟度の低位者から上位者まで、個々の最大牽引力に対する牽引負荷の割合がほぼ同様であることが明らかとなった。個々の牽引負荷の適正な割合は、10秒間程度の最大努力泳により最大牽引力を測定し、最大牽引力の値を基にインターバルPT泳、4分間PT泳、アシステッド泳およびレジステッド泳時の牽引

負荷が求められることを明らかになった。すなわち、インターバル PT 泳では 35～40%max, 4 分間 PT 泳では 30～35%max, アシステッド泳およびレジステッド泳では 40～45%max の牽引負荷設定を目安とすることによって、クロール泳のストロークメカニクスを崩壊することなく AT (Aerobic Threshold) レベルの生理的応答および知覚的応答が得られ、それぞれ水泳の持久的トレーニングあるいは技術トレーニング法として活用できることが明らかになった。

#### 1-4. 長期間にわたる水泳活動の身体に及ぼす影響について

クロール泳は肩関節の可動範囲を最大限活用して行われ、呼吸時にはおよそ 1 秒間に 1 回の割合で頭部の左右回転を伴い、水による呼吸制限や水の圧力に抗した呼吸が行われている。また、左右の手足で均等に水に働きかけて推進力を産出している運動であることから、長期間にわたる水泳活動により体柔軟性が上昇し、呼吸機能が発達し、均整的な身体発達が促されると考えられている。

そこで、本章では、最も速く泳ぐことができる泳ぎ方であり、しかも泳速を自在に調整して泳ぐことが可能な泳ぎ方で、最も多くの人々に活用されているクロール泳を取り上げ、長期間にわたってクロール泳を用いた水泳活動を行ってきた青少年を対象に、その活動が身体に及ぼす影響について調査を行った。

第 1 節 体柔軟性に与える影響については、日常的に水泳活動を行っている水泳部員と日常的に水泳活動を行っていない同年代の一般学生を対象に、5 日間の宿泊を伴う水泳活動が体柔軟性に与える影響について調査し、集中的に水泳活動を行う際の指導計画の作成および指導内容の選定のための資料提供を図ることを目的とした。

本調査の結果から、体柔軟性はその運動に適した柔軟度や水泳活動の経過に伴う疲労等によって異なるが、日常的に水泳活動を行っていない者にとっては 5 日間の集中的な水泳活動によって身体各部の柔軟性が高まり、体柔軟性の左右差が小さくなっていく傾向を示した。しかし、水泳を日常的に行っている者は、調査までにすでに体柔軟性の左右均等的な発達が確認できたが、本調査における 5 日間の集中的な水泳活動によ

って体柔軟性の定常化あるいはやや低下の傾向が見られた。このことから、日常的に水泳活動を行っている者は、集中的な水泳活動による疲労の蓄積の影響も考慮し、5日間を超えるような練習計画には日々の練習後にはストレッチ運動を加えたり、3日目午後～4日目午前辺りに休息時間を取り入れたりする計画立案が必要であることを指摘した。

第2節 呼吸機能に与える影響については、水泳が呼吸の制限を受けながら、また呼息時および吸息時に水圧を受けながら行われていることから、そうした呼吸制限下で長年にわたって水泳活動を行ってきた者の呼吸機能は日常的に水泳活動を行っていない者に比較して何等かの呼吸機能に特性を有していることが考えられ、両者の呼吸機能について比較、調査を行った。それによって得られた資料により、長期間にわたる水泳活動が呼吸機能に及ぼす影響について検討を加え、今後の水泳指導に活用できる資料の提供を図った。

その結果、長期間にわたってクロール泳を中心に水泳活動を行ってきた水泳部員では、吸息予備量、呼息力および吸息力において顕著な増大が認められた。吸息予備量の増加は、水中に入ると水圧により吸息予備量の縮減を伴い呼吸の換気域が縮小され運動時の換気の増大に影響を及ぼすが、水泳活動時の換気量を増大するためには吸息量を増やして吸息予備量の増大を図り、陸上と同等の吸息予備量を確保することによって呼吸換気域を拡大させ、水泳時の換気量の増大を図ろうとして長期間にわたり行ってきた適応成果であると考えられる。また、呼息力および吸息力の強化は、同様に長年にわたって水泳活動において水圧に抗した呼息を行い、あるいは胸郭や腹部に加わる水圧に抗した吸息を行ってきたことにより呼吸筋の強化が促されたことによるものと考えられる。これらのことを考え合わせると、クロール泳を用いた長期間にわたる水泳活動は、学校水泳や日常生活あるいは他の運動種目を支える呼吸機能の鍛錬の面から体づくり運動としても効果的であると考えられる。

第3節 身体の均整的発達に与える影響については、クロール泳が呼吸毎に一方向に頭部を回して呼吸するため、長期間にわたってクロール泳を中心とした水泳活動を行ってきた者に対して何らかの影響が考えら

れることから、呼吸動作に伴う均整的身体発達への影響について調査した。得られた資料により、今後児童・生徒にクロール泳を指導する際、身体の均整的発達に効果的な学習資料の提供を図ることを目的とした。

その結果、長期間にわたる水泳活動により、肺活量、呼息力、吸息力、男子では胸囲および女子では腹部柔軟性に有意な発達が見られた。肺活量の増大は、男子では胸郭の拡大が、女子では腹部の柔軟性が関係していると考えられた。体の柔軟性の左右差は、立位体前屈に左右差が見られず後ろ手たすきに左右差が大きく表れたが、これは後ろ手たすきの下手の差し出しの差によるところが大きいとした。そのため、水泳トレーニングによる肩関節の柔軟性への影響を見る際には、後ろ手たすきでは下手の差し出しの上昇度で判定した方がよいと指摘した。体の回転度では、頭部では全員利き腕側が大きく、肩部では呼吸の反対側、腰部で呼吸側が大きくなる傾向が見られた。これは、呼吸のための頭部回転に連動して全身の平衡バランスのために身体各部の体回転が引き起こされた結果であると指摘した。このことから、長期間にわたる水泳活動の際の呼吸動作によって均整的な発達に影響が及ぼされることも無視できないとし、両側呼吸者では体の柔軟性や回転度の左右差が小さかったことから両側呼吸を学習内容に取り入れることが望まれると指摘した。また、クロール泳の呼吸時には体のローリング学習とともに頭部の回転を同調させた呼吸動作を行うような指導が望まれるとしている。



## 第2節 本論文の結論

本研究では、まず水泳の発祥から今日のような水泳指導が行われるようになった歴史的経緯と、今後さらに水泳を普及発展していくための課題について記述してきた。その中で、今日、学校水泳、競技水泳および生涯水泳として最も活用されているクロール泳をとり上げ、クロール泳の歴史とクロール泳の研究動向について述べた。また、クロール泳に関する研究動向の調査に当たり、クロール泳の技術的特性、水泳トレーニング時におけるクロール泳のストロークメカニクス、テザード泳を用いたクロール泳および長期間にわたるクロール泳を中心とした水泳活動が身体へ及ぼす影響について検討すべく課題が浮き彫りとなった。そこで、本論文では、これらの課題の解決に向けた検証を行うことにより、今後の水泳研究あるいは水泳教育の発展のために活用可能な資料の提供と効果的な水泳指導法への提言を図ることを目的とした。

水泳では水に慣れること、浮くこと、進むこと、そして泳ぐことへと指導段階が確立され、クロール泳はこの指導段階において「進むこと」から「泳ぐこと」までに関わってくる。「進むこと」の最大目標は水の抵抗の少ない姿勢に構えることにあり、そのため文科省学習指導要領において学習教材としての「け伸び」が取り扱われ、また水泳選手にとってもストリームライン形成という重要な技術的課題となっている。本研究では、「け伸び」の指導が水中を蹴り出した後のグライド姿勢に大きな比重が置かれている現状を踏まえ、グライド時の指導はストリームラインを形成するためには適時期ではなく蹴り出し動作が大切であることを指摘し、体を十分に「沈み込ませる」ことが重要な学習課題であると指摘した。沈むことは、脚を折り曲げ大きな蹴り出す力を生み出すことができ、正しいグライド姿勢（ストリームライン）を形成する最も基本動作であるとした。ストリームラインが定着すれば、ばた足の学習に進展して「進むこと」の学習段階になるが、不十分なストリームラインが原因で陥りやすい「膝折れキック」を回避し、正しいばた足を容易に身につけることが可能となる。

「進むこと」ができるようになれば「泳ぐこと」の学習段階に入るが、

クロール泳の推進力の 80%以上産み出しているアームストロークの指導に関する知見がキックに比較して希少であるため、アームストロークの軌跡とスティックピクチャーにより時間的推移、空間的推移および力動的経過の観点から調査し、クロール泳におけるアームストロークの習熟過程および習熟度の低位者の学習課題を明らかにした。空間的推移を見ると、習熟度の低位者ほどアームストロークの前後の動きが短く、グライド動作やフィニッシュ動作が見られないことや手の入水→離水→入水までの動作が肩関節を中心とした円を描いていたが、習熟度の上位者ではアームストロークの前後の動きが長く、プル期には下方向への膨らみが大きく、プッシュ期には体の下を後方へ向けて直線的、かつ加速度的にかき進めていることを明らかにした。このことから、習熟度の低位者ではグライド動作およびフィニッシュ動作を身につけることが大切な学習課題であり、そのためには片手ストロークを数回ずつ左右交互に行うクロール泳により意識化して行わせることが大切であるとした。また、他方の手を前方に差し出してグライドができるようになれば体のローリングが自然に生まれるが、その時が体のローリング指導の導入期であると指摘した。体のローリングによって、さらにプル期の下方への膨らみ動作からプッシュ、フィニッシュに向けて直線的かつ加速度的なアームストロークを効果的に身につけることが可能になるとした。

学校水泳や生涯水泳においても、身に付けたクロール泳を活用した水泳活動への発展として一定の距離を速く泳げるようになることや長く続けて泳げるようになるための指導が求められており、その際の学習課題を探求するため習熟度別に泳速度、加速度および牽引力の特徴を調査した。その結果、泳速および加速度は習熟度が上位者ほどキックに比較してアームストロークによる産出が大きく、推進力は習熟度が低位者ほどキックによる産出が相対的に大きく、キックを中心とした泳ぎ方をしていることを示唆した。このことは、初心者ではキック動作から指導が始められ、その後においても習熟度の低位者ほどキックを主体とした指導が行われていることによるものかもしれないが、ストリームラインが保持された姿勢のキック練習の重要性とクロール泳が推進力の 85~90%を

手の動作により産出していることを考えれば、25m 程度泳げるようになった段階でアームストロークを主体としたクロール泳の指導に移行することが必要であることを指摘した。また、習熟度の中位者ではアームストロークが主体的なクロール泳を身につけているものの、やや遅延した呼吸動作に影響した泳ぎ方をしている点を明らかにした。そのため、プッシュ動作の終了時には息を吐き終わり、離水時に息を大きく吸い始めるタイミングを図る呼吸指導や体のローリングと頭部の回転が一体となった呼吸動作を習得する時期であることを指摘した。

クロール泳の技術については、これまで外観的な情報によって学習課題等を見出してきたが、本論では内面的な情報も考え合わせて学習課題を見い出そうとした。そのため、クロール泳時の筋電図を導出し、筋肉の活動時間、緊張度および活動機序の調査により神経一筋の協応性の観点からクロール泳の学習課題を探った。その結果、熟練者と未熟練者の違いは、グライド時の三角筋、僧帽筋、橈側手根伸筋および尺側手根屈筋の使われ方と、上肢筋全体の活動機序がストローク動作とリカバリー動作の筋活動のそれぞれの動作の開始期と終末期において同程度の重複が見られたことが顕著であった。下肢筋については、熟練者の腓腹筋の活動や未熟練者の大臀筋や前脛骨筋の活動が顕著であったことを指摘した。このことから、習熟度の低な者ではグライド姿勢の確保、ストリームラインが保持された姿勢のキック練習、前方に伸ばした手を活用して水を押さえたり、捉えたりするスカーリング動作の習得、さらに手の入水からキャッチまでとフィニッシュからリカバリーまでの連携動作の習得が学習課題であることを指摘した。

さらに、一定の距離を速く泳げ、長く続けて泳げるようになった際には、水泳トレーニングや水泳練習が必要となるが、その際に緩速泳、最大努力泳、フィンあるいはパドルを用いたクロール泳が行われることから、異なる泳速や水泳用具を用いた時のクロール泳のストロークメカニクスについて習熟度別に調査を行った。その結果、緩速泳は一定泳速まではストロークメカニクスを崩壊することなく行うことが可能であることと緩速泳の限界を明らかにした。すなわち、熟練者では最大努力泳の

70%程度，未熟練者では80%程度まで筋の活動機序に変化が見られなかったが，それ以下の泳速では筋の活動機序に影響が出てくることを指摘した．また，ストロークメカニクスを崩壊することない高速泳での水泳トレーニングや水泳練習は神経一筋の協応性を高める観点から有効であると考えられるが，最大努力泳は易疲労により必要な泳距離を確保できないため活用は難しいと考える．緩速泳時の筋活動時間の変化率に熟練者と未熟練者に有意差が表れたのは熟練者の三角筋および僧帽筋であったが，これは頭部前方に伸ばした腕を保持しながらグライドしていることを示し，緩速泳を可能とする姿勢の確保であると考えられた．

水泳用具を用いたクロール泳について見ると，フィンの活用はストロークメカニクスを崩壊するものではなく，パドルの活用についてもストロークメカニクスを崩壊するような影響は見られなかった．このことから，習熟度の上位者ではクロール泳に水泳用具を用いることによって水泳トレーニングや水泳練習の多様化の可能性が確認されたが，習熟度が低位者への緩速泳や水泳用具の活用の有効性は十分ではないことを明らかにした．また，パドルの活用は，習熟度の上位者であっても過度に用いることによって肩関節等に運動障害をもたらす可能性を否認しないことを指摘した．

クロール泳は，多様な泳速や水泳用具を用いた水泳トレーニングあるいは水泳練習の際，ストロークメカニクスへの影響がほとんど見られないことが明らかになった．しかし，今日行われている水泳トレーニングや水泳練習においては，水泳プールでの渋滞や衝突回避のために泳速の減速や加速等の泳速変化，あるいは泳者の意欲や意識レベルの低下が引き起こす緩速泳によりクロール泳のストロークメカニクスへの影響が無視できない状態となっている．そこで，クロール泳の活用の多様性あるいは応用性を勘案して，定量的トレーニング負荷を可能とするテザード泳による生理的応答や知覚的応答の検討を行った．その結果，クロール泳を用いたテザード泳は，その牽引負荷を個々の最大牽引力により導き出すことができることを明らかにし，導き出された牽引負荷を用いて牽引時間や繰り返し回数を調整しながらストロークメカニクスを崩壊する

ことなく有酸素的持久力を養うトレーニング法として活用の可能性を明らかにした。その牽引負荷は、本研究で被験者とした異なる習熟度の泳者においては最大牽引力に対してほぼ同程度の比率，すなわちインターバルテザード泳では 40～45%max，4 分間テザード泳では 30～45%max (OBLA-Load: 35%max) を適正な牽引負荷として設定できることを明らかにし，クロール泳を用いた新たな水泳トレーニングあるいは水泳練習法の一つとして活用することができることを指摘した。

水泳学習では，まず泳げるようになること，つぎに長く続けて泳げるようになり，種々のトレーニングや練習を行ってより長く，速く泳げるようになること，さらには生涯水泳として日常的に水泳活動が続けることが大きな目標として掲げられている。その際，生涯にわたる水泳活動で活用されている泳ぎ方の一つがクロール泳である。そこで，クロール泳を用いた長きにわたるトレーニングや練習が身体へ及ぼす影響についての検証が必要と考えられ，クロール泳を中心とした水泳活動が体の柔軟性，呼吸機能および身体の均齊的発達へ及ぼす影響について調査を行った。

その結果，集中的な水泳活動では総じて体の柔軟性の向上や左右均齊化が見られたが，4 日目ころから体の柔軟性の定常化あるいは低下傾向が見られたことや長く水泳活動を行っている者では日々の練習後に体の柔軟性が低下することが確認された。このことについては疲労の蓄積による影響が考えられるため，集中的に行う水泳活動では3日目午後練習あるいは4日目午前練習の軽減や休息を計画することや長期間にわたる水泳活動では週単位で2日の休息を取り入れ，日々の練習後にはストレッチ運動を計画に加えることが望ましいと指摘した。また，クロール泳の一方方向への呼吸運動が体の柔軟性の均齊的な発達に多少の影響が見られたことを明らかにしたが，身体の均齊的発達や水泳の競技特性を考えればクロール泳ではクロール泳の学習初期段階から左右両側呼吸を身につけさせることが効果的であると指摘した。

以上の研究成果を基に，学校水泳から生涯水泳へつなぐクロール泳指導の構造図を図 6-1 に示した。クロール泳は，さらに活用の多様化や応

用性が確認され、体躯、スポーツ、レクリエーション、あるいは安全水泳（ライフセービング、サバイバル水泳、着衣水泳）等の基礎技能として活用の可能性を有していることから、構造図には健康水泳、競技水泳、安全水泳への道筋を加えて示した。

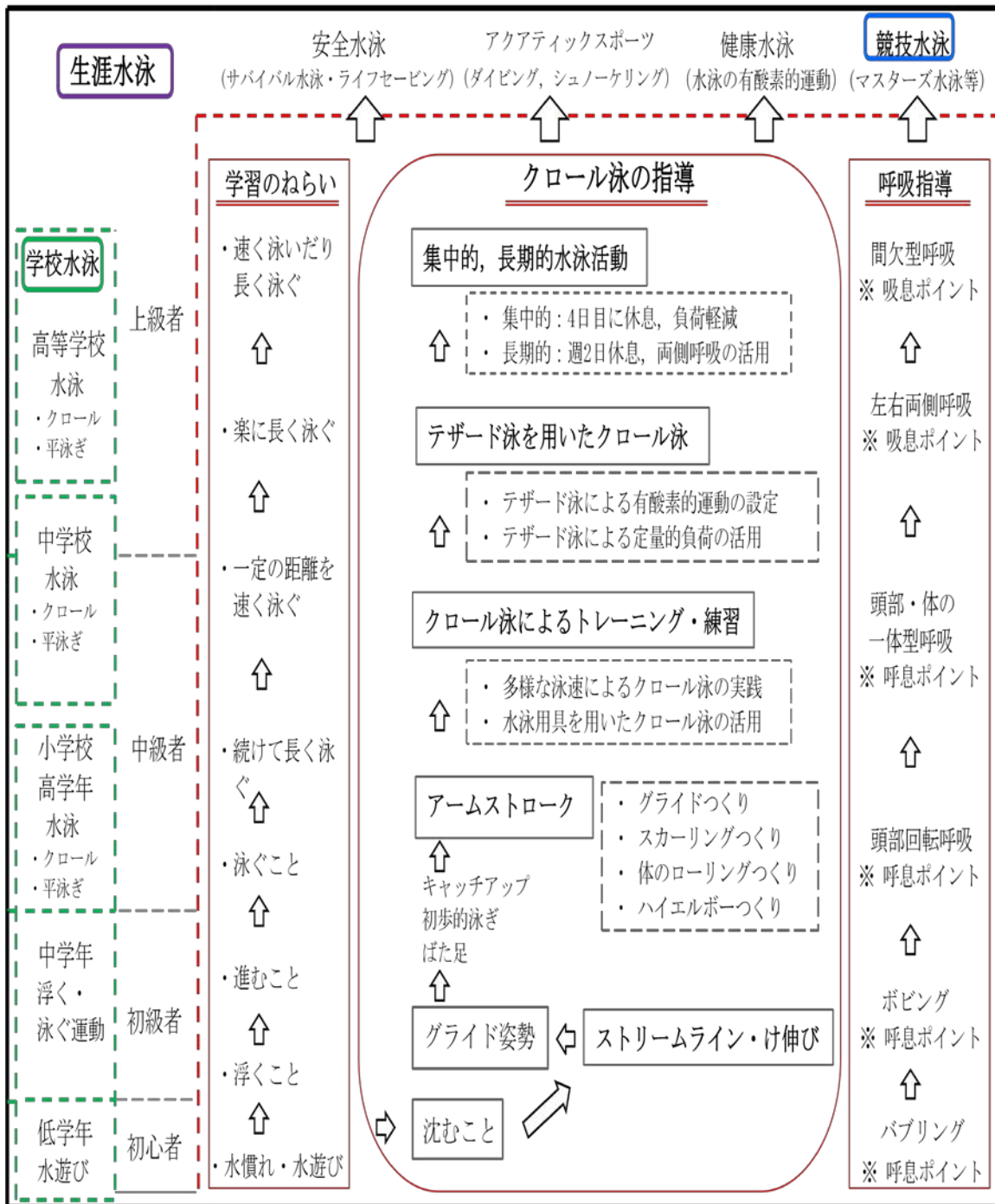


図 6-1. 研究成果に基づくクロール泳指導の構造図

## クロール泳指導への提言

本論では、クロール泳の技術的特性、水泳練習・水泳トレーニング時におけるクロール泳のストロークメカニクス、テザード法を用いたクロール泳の有効性およびクロール泳を中心とした長期間の水泳活動が身体に及ぼす影響について調査を行い、クロール泳の運動特性とその指導についての検討を試みた。これによって、クロール泳の効果的な指導法や活用法に資するべく知見を探り、指導への提言を試みることを目的とした。その結果、以下に示したクロール泳指導への提言が考えられた。

### 1. け伸びの指導について

今日、け伸びの指導の際には、体を流線型に構えてグライドするためストリームラインに指導の重点が置かれている。しかしながら、本研究では、正しいストリームラインを形成している者では足で壁を蹴り出した時点においてすでに体が一直線になっていることを明らかにした。すなわち、壁を蹴り出した後には体を一直線にするための身体操作はほとんど見られず、一直線になった体を水平にすることによってストリームラインをつくり、推進していることを明らかにした。したがって、け伸びの指導ポイントは初期段階の体の沈み込みにあり、それによって屈曲した脚を伸ばすように蹴り出して推進力を生み出し、グライドに移行していることを指摘した。

指導の実際には、体の沈み込みとともに両手のひらあるいは甲で水を上方へ押しながら体を前傾させ、前方水面下に向かって蹴り出す指示が効果的であり、そのために体を沈みこませることが重要である。体を十分に沈み込ませることは、初心者あるいは初級者にとっては困難を伴うため、一般的な水泳の指導段階「水慣れ→浮くこと→進むこと→泳ぐこと」の段階において、「水慣れ」と「浮くこと」の間に「沈むこと」を指導段階に加えることが必要と考えられる。「浮くこと」は、立った姿勢から水面上へ静かに体を倒すように浮かせる方法だけでなく、体を一旦沈ませてから浮き上がる方法を加えることも大切である。また、体の沈み込みによって浮くことができるようになれば、体を沈み込ませた後

に上方への跳び上がり動作を加えて蹴り出す力を習得させ、前方への蹴り出しに発展させ「進むこと」への学習段階へ繋げることが効果的であり、容易に推進力を伴ったストリームラインを形成し、グライドすることが可能となる。

—指導例—

- ① 水底に立った状態で体を水面に対して垂直にして膝を曲げながら体を沈ませる(図 6-2 の①参照)。
- ② 跳び上がった反動で体を沈ませる。これにより蹴り出す力を養う。また、体の軸がぶれない(ふらつかない)ように跳び上がり、その反動を利用して体を水面に垂直に構えて深く沈ませる(図 6-2 の②参照)。
- ③ 体を沈ませるとき、両手で水を上方へ押し上げるようにして体を前傾に倒し、前方に蹴り出すことを指示する。
- ④ 体を前傾にして前方に蹴り出すとき、頭部の上に揃えたりあるいは頭部を両腕で挟んだりして、両腕を伸ばして前方に差し出し、2m 程度先の水面下を目がけて蹴り出す。
- ⑤ 両手が水面に達するころ、両手や頭部が水面上に出ないように体を平らにしてグライドする。

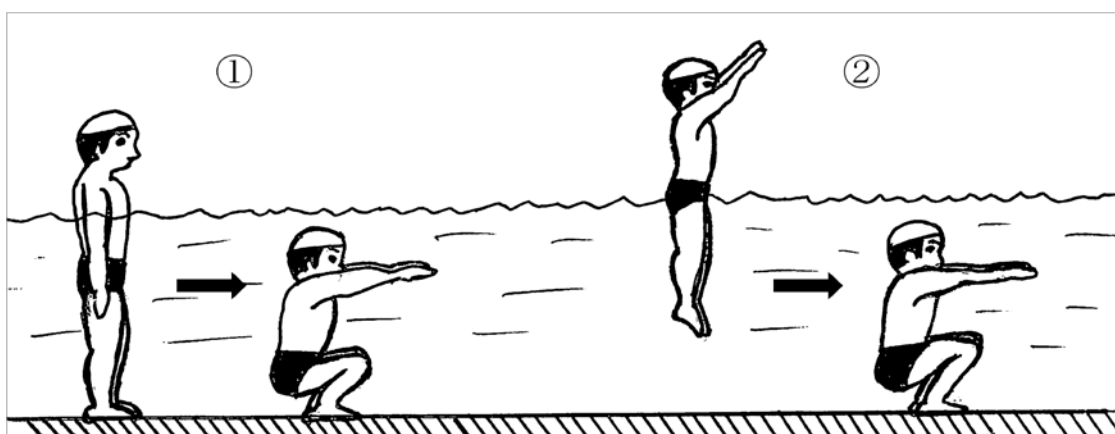


図 6-2. 体の沈ませ方 (文科省：水泳指導の手引から抜粋，柴田作図)



## 2. アームストローク指導について

アームストロークの軌跡とスティックピクチャーの調査から、習熟度が低位者では、クロール泳中に手先を前方に差し出してグライドすることができず、それが原因でアームストロークのプッシュやフィニッシュ動作ができず、腕が肩関節を中心とした回転するような非効率的なアームストロークを作り出していることを明らかにした。したがって、アームストロークの指導の際にはグライドづくりが大切である。

指導の際には、手先を前方に差し出してグライドするため「キャッチアップ(左右交互に水をかき終わる毎に頭の前方で両手を揃える動作)」を行わせ、キャッチアップができるようになればアームストロークを左右交互に3かきから5かきずつ行わせ、一方の手を「太ももに触れる程度までかく」ことや他方の手を前方に伸ばして「グライドすること」を意識化させ、課題を反復させることによって実践する点で効果的である。

グライドを伴ったクロール泳ができるようになれば体の左右への傾きが生じてくるが、この時が体のローリング指導の適時期と考えられる。体のローリングを身につけることによって、アームストロークをより効果的に改善できる。すなわち、体のローリングは、より効果的なグライドやフィニッシュを遂行するための支援動作と考えられる。

指導の際には、一方の手を水中15cm程度の深さに差し出し、他方の手はリカバリーする際に親指を水面に向けたり、親指を水面上に滑らせたりのよう指示し、効果的な体のローリングを身につけさせることができる。

### —指導例—

- ① グライドができるようになったらキャッチアップをする。キャッチアップは、グライド姿勢を保ちながら片手で水をかき、かき終わったら前方に戻して両手を揃え、他方の手で同様に水をかき、かき終わったら前方に戻して両手を揃える。これを繰り返す。
- ② キャッチアップができるようになったら、一方の手で3回程度連続して水をかき、その後他方の手で3回程度連続して水をかき、これを繰り返す。

- ③ 左右の手で交互に3回程度ずつかくことができるようになったら、一方の手の1かき毎にグライド姿勢を長く保つように3回を繰り返す。
- ④ グライド姿勢を長く保つ際、体のローリングを指示する。一方の手を前方に戻す時、親指を水面に向けたり、水面上を滑らせたり、手の甲を前に向けたりして体のローリングづくりを始める。
- ⑤ 体のローリングの際、一方の手を前方に伸ばしてグライドし、他方の手で親指が太ももに触れる程度までかき進めるように指示する。

### 3. スカーリング指導について

クロール泳の筋電図調査から、熟練者では手先を前方に差し出したグライドにおいても尺側手根屈筋および橈側手根伸筋が小さく活動し続けていたことや入水から離水までのアームストローク全体にかけて尺側手根屈筋および橈側手根伸筋が活用され続けていた。このことから、グライドからアームストローク全体を通して手のスカーリングによりアームストロークが行われていることを明らかにし、スカーリング指導の重要性を指摘した。

指導の際には、まず、両足を水底から離してスカーリングができるようにする。両足を長く浮かせることができるようになったら体を左右に回転したり、前後や左右に移動したりすることができるようにする。さらに、スカーリングで体を水平に浮かせ、左右回転や前後移動ができるようにする。これにより、手のひらの縦軸と横軸に分けた4つの面を活用したスカーリングができるようになり、効率的なアームストロークの改善につながるものと考えられる。

—指導例—

- ① 水底に立ち、両手のひらを水面上で水平に対して40°程度に傾け、左右の手のひらを内側に向けてかき、両手が20cm程度接近したら両手のひらを外側に向けてかき、両手が80cm程度離れたら、再び両手を内側に向けてかく。これを繰り返す。
- ② ①の要領を水中で行う。スカーリングの左右幅や速さを変えて、手のひらにかかる水圧を感じ取る。

- ③ ②の要領で両足を水底から浮かせ、5秒、10秒、30秒と浮かせる時間を長くして、1分程度が楽にできるように導く。
- ④ その場スカーリングが1分程度できるようになれば、両脚を小さく縮めスカーリングを用いて体を左右に回転させる。これは、手のひらを縦軸に左右面を使い分ける応用練習である。例えば、体を右回転する場合、両手のひらを左向きには40°傾け、右向きには20°傾けてかく要領となる。
- ⑤ 体を左右に回転することができるようになれば、体を前後に移動させる。これは、手のひらを横軸に上下の面を使い分ける応用練習である。体を前進するときは手のひらを後方に向け、後進するときは前方に向けてスカーリングを行う。前後移動が1m程度できるようになれば、効率的なクロール泳を身につけることができる。

#### 4. クロール泳による緩速泳や水泳用具を用いた指導について

水泳トレーニングでは、一般的に最大努力下の緩速泳で行われているが、熟練者では最大努力泳時の70%程度、未熟練者では最大努力泳時の80%程度を下回るような泳速ではクロール泳のストロークメカニクスが崩壊する可能性を指摘した。したがって、予め自己のベストタイムに対する70%泳速、80%泳速等を導き出して、水泳トレーニング時の泳速設定の目安にすることが効果的にトレーニングあるいは練習を行うために有効である。

また、水泳練習やトレーニング時に水泳用具を活用する際には、フィンの活用は泳速の向上を目的とした水泳れんしゅう・トレーニングにおいて、パドルの活用は泳力（パワー）向上を目的とした水泳練習・トレーニングにおいて効果的であることを指摘した。水泳用具を用いた水泳練習・トレーニングでは、習熟度の低位者にはその有効性は十分には認められなかったことや身体への過度なストレスが予測されることからむしろ積極的な活用は避けることが望まれる。しかしながら、水泳用具の活用は、習熟度の高位者ほど活用の可能性は高まるが、それ故むしろ習熟度の低位者より運動傷害を引き起こすことが考えられる。いずれにし

でも水泳用具の活用には、これまでに一定期間の水泳練習・トレーニングを続けてきた者で、かつ筋力トレーニングの適時期とされている PHV の 2 年後辺り（女子 14 才，男子 16 才）を目安に活用を図ることが望まれる。

## 5. クロール泳を用いたテザードトレーニング指導について

テザード泳は、適正な牽引負荷によってクロール泳のストロークメカニクスを崩壊することなく有酸素的持久力の向上を目指した水泳トレーニングとして活用を図ること、また適正な牽引負荷は個々の最大牽引力の比率からトレーニング目標に応じた適正な牽引負荷を求めることができることを明らかにした。これによって、テザードトレーニング法の活用は、水泳選手から長く続けて泳ぐことを目指す中級者までを対象に、インターバル PT 泳では最大牽引力の 40%~45%，4 分間 PT 泳では最大牽引力の 35%程度の牽引負荷を適正負荷として実施することができる。そのため、バネばかり等を利用して自己の最大牽引力を測定して適正牽引負荷を求め、インターバル PT 泳および 4 分間 PT 泳においてストロークメカニクスを壊すことなくトレーニング目標に応じた有酸素的持久力の養成に有効である。

例えば、10 秒間程度の最大努力泳により最大牽引力を測定し、仮に最大牽引力が 15kg であればインターバル PT 泳では最大牽引力の 40%~45%を目安にして牽引負荷を求めると 6kg~7kg とすることができる。この牽引負荷を基に、牽引時間、反復回数、休息時間を調整して活用することによって、ストロークメカニクスを崩壊することなく適正な有酸素的持久力が期待でき、相応のトレーニング効果を見出すことができる。この場合、PT 泳（その場泳ぎのテザード泳）であることから、水底にスイムミラーを設置することによって自己のクロール泳のストロークメカニクスを観察することが可能である。4 分間 PT 泳では、最大牽引力の 35%程度を目安に牽引負荷を求めると適正な牽引負荷がおおよそ 5kg となる。牽引負荷 5kg を基に、牽引時間を調整し設定することによってストロークメカニクスを崩壊することなく持久的トレーニングとして効果的である。

習熟度に応じた牽引負荷を設定し、それに応じた牽引時間を設定して適正な水泳トレーニングを行うことが可能となる。4分間PT泳も、その場泳ぎのテザード泳であることから、水底にスイムミラーを設置することによって自己の泳ぎ方を観察しながらトレーニングを行うことができる。

アシステッド泳およびレジステッド泳では、最大牽引力の40～45%maxの牽引負荷を目安に適正な牽引負荷が求められ、牽引負荷40%maxを選んで計算すると適正な牽引負荷がおよそ6kgとなる。その牽引負荷を基に25mを泳ぐことによってストロークメカニクスを崩壊することなくスピードトレーニングや水中の筋トレーニングとして効果的である。また、中級者から水泳選手までの習熟度に応じた牽引負荷を設定して効果的な水泳トレーニングを行うことが可能となる。

アシステッド泳では、筋活動機序や筋緊張度が通常のクロール泳と近似しており、自分の持つレースペースをやや超える泳速でトレーニングを実施することで活動筋の神経支配能力の改善、すなわち泳速改善を図るトレーニング法としても効果的である。

レジステッド泳は、長く速く泳ぐことを目標とする中級者や水泳トレーニングを一定期間行ってきた水泳選手には筋の活動機序に影響を及ぼすことなく、適正な筋活動の活発化（緊張度、活動時間）が認められ、水中の筋力トレーニングとして活用することが可能である。しかし、習熟度の高位者ほど牽引負荷の大きいレジステッド泳をこなすことができるが、それ故ストロークメカニクスが崩壊するような過度の牽引負荷や運動傷害も引き起こすような設定は避けるべきである。長く速く泳ぐことを目標としている中級者にとっては、筋の活動機序への影響や過度の筋緊張度の高まりが見られ、水泳トレーニングへの活用は避けた方がよい。ただし、牽引負荷を習熟度の低位者に応じて活用可能と考えられるが、そのためにはさらなる調査を行う必要がある。

最大努力泳は、容易に疲労しやすく、長く活用できないことから、時間的負荷や距離的負荷を増すことが困難であり、アームストロークに關与する筋の筋放電積分値比率が顕著に高進することから水泳トレーニングには適さない。

## 6. 長期間にわたるクロール泳指導について

集中型の水泳活動では，体柔軟性の改善や左右対称性の改善に有効であることを明らかにした．しかし，これまでに長期間にわたって水泳活動を行ってきた者は，集中型の水泳活動では現状維持あるいは低下傾向が見られた．したがって，集中型の水泳活動を設定する場合，関節の可動範囲を大きく活用するクロール泳で柔軟性は向上するが，何度も同じ動作を繰り返す運動特性が疲労を招来して柔軟性の低下をもたらすこともあり，図 6-3 のように集中型の水泳活動では 3 日目の午後練習あるいは 4 日目の午前練習に休息あるいは運動負荷を軽減した学習計画を立て，日々の練習後にはストレッチ運動を取り入れることが望まれる．

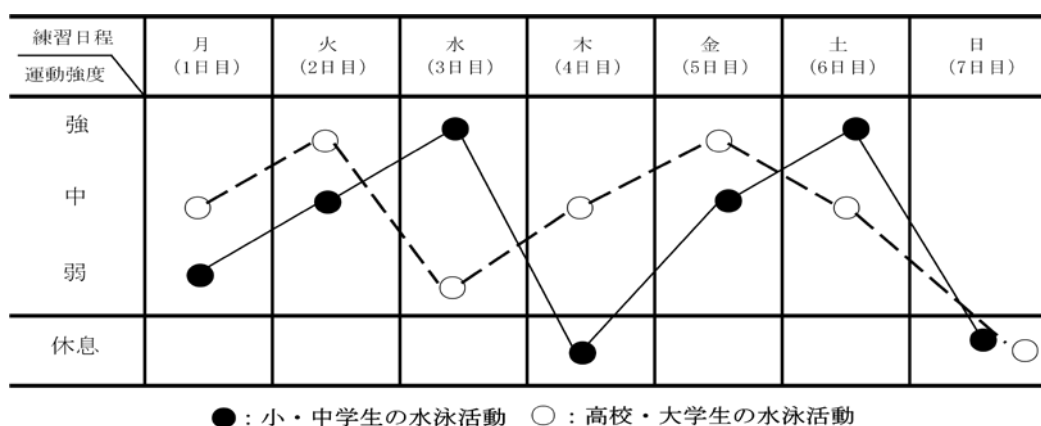


図 6-3. 集中型の水泳練習計画例

長期間にわたってクロール泳を中心的に用いた水泳活動を行ってきた者では，肺活量，吸息予備量，呼息力，吸息力等において顕著な増大，強化されていることを明らかにした．クロール泳では水圧に抗した呼吸を行い，短時間（陸上の約 1/4）での呼吸の繰り返しであることから，日常的に水泳活動を長く続けることによって呼吸機能の発達に好影響をもたらし，また呼吸機能があらゆる運動成就のための基礎的能力であると考えれば，青少年の体力育成や健康増進の観点から有意義であり，日常的に水泳活動の積極的な取り組みが必要であると考えられる．また，呼吸機能への効果は，クロール泳に限らず，水に入ることによって体が水圧

を受け、胸郭や腹部に受ける水圧に抗した吸息、水の圧力あるいは水泳時の水抵抗に抗した呼息により呼吸筋に刺激が与えられて呼吸機能の発達を促すことから、中学校、小学校高学年は元より、中学年の浮く・泳ぐ運動や低学年の水遊びにおいても体づくり運動として有効である。

また、長期間にわたってクロール泳を中心的とした水泳活動を行ってきた成長期間の子どもたちの肺機能、柔軟性、筋力は、いずれも同世代の子どもたちに比較して柔軟性や筋力の顕著な発達が確認され、特に柔軟性や筋力においては左右の均整的な発達が明らかとなった。クロール泳は、1秒間に1回のタイミングで呼吸が行われ、そのため、1000m泳げば一方向への頭部回転が1000回となり、それによって長期間にわたってクロール泳を続けている児童生徒の脊柱側弯への影響も無視できない。そのため、クロール泳の呼吸指導の際には左右両側呼吸を指導内容に取り入れることが望まれる（7.クロール泳の呼吸指導についてを参照）。

## 7. クロール泳の呼吸指導について

クロール泳時の呼吸では、1回の呼吸所要時間が陸上に比較して約1/5に短縮されるため、水中で呼息することが大切となる。そのため、文部科学省 小学校学習指導要領解説 体育編（2008）では、水遊びの学習内容に水中で息を吐き出す教材として「バブリング」や「ボビング」による呼吸指導が例示されている。クロール泳の呼吸指導の際には、初歩的な学習段階で「右向け右の要領」で、一方向への頭部の回転によって呼吸する方法が用いられる。

一方向への頭部回転は、続けて長い距離を泳げるようになった際、仮に1000m泳げば1000回の頭部回転が必要となり、身体の左右均整的な発達への影響が懸念された。しかし、本論では1週間当たり3-5回、かつ3年以上にわたる水泳活動（1回当たりの水泳距離が約3,000m）を行ってきた水泳実践児童を対象に脊柱側弯測定を行った結果、脊柱側弯傾向は確認されなかったが、呼吸側の反対側への肩部の回転度が大きく表れた。このことから水泳実践児童ではクロール泳のグライドに伴う体のローリングと呼吸のタイミングが「頭部と体の一体型回転」であるこ

とを明らかにした。したがって、頭部回転による呼吸は、クロール泳の初期段階において「右向け右の要領」により具体的指示の意味において妥当であるが、クロール泳のグライド学習により体のローリングができるようになったら、呼吸しながら体のローリング、すなわち頭部と体の一体型回転によって鼻口を水面上に出して吸息する指導が望まれる。

また、水に入ると胸部や腹部の水圧で呼吸が促進されて呼吸予備量が減量し、直接鼻口にかかる水圧を抗した呼吸により呼吸力の強化が明らかにされた。吸息時は、呼吸時間の制限、かつ胸部や腹部の水圧に抗した吸息により吸息力が強化され、水圧による呼吸促進で減量した呼吸を取り込むため吸息予備量の増加が顕著となることを明らかにした。したがって、クロール泳では、長く続けて泳ぐ学習段階（右向け右の呼吸指導段階）には息を吐き出すことが大切で、その際に「声（ウン等）を出しながら呼吸」する指導が考えられる。より長く、速く泳ぐ学習段階（頭部と体の一体型回転による呼吸指導段階）では、呼吸時間の制限を補うため素早い吸息に意識した泳ぎ方「体のローリングに合わせた吸息」に転換していくことが望まれる。さらに、クロール泳を用いた水泳活動を長年続ける場合、身体の均整的発達への悪影響を避けるため左右両側呼吸（右側呼吸を行った後1回の無呼吸を挟んで左側呼吸を行う要領）を取り入れることが望まれる。

さらに、速く泳ぐことを目指す場合には、間欠型呼吸（複数回のノーブリージング）を取り入れ、これにより頭部の動きを少なくして効率的な泳ぎに改善していく指導展開が考えられる。



## 関連論文・著書・口頭発表等

### I 学術論文

- 1) Practical research on safety instruction for swimming  
A. Hanaki・Y. Shibata・S. Kawakami  
Bulletin of Tokyo Gakugei University Division of Arts Science  
Vol.64. pp.319-320. 2012. Oct.
- 2) Analyses of Instruction for Breathing Control while Swimming the  
Breaststroke, H. Hara et al., 3<sup>rd</sup> of 3  
Biomechanics and Medicine in Swimming X I pp.137-139. (R) 2010. Aug.
- 3) 水泳トレーニング法としてのテザード泳の運動方法学的研究  
柴田義晴 他計5名, 東京学芸大学紀要 第5部門 第61集 pp.105~112.  
2009年10月
- 4) 水泳による体力育成のための牽引泳の有用性について  
柴田義晴 他計3名, 東京学芸大学紀要 第5部門 第60集 pp.179-190.  
2008年10月
- 5) 夏季屋外プールでの暑熱環境下競泳練習時における水分摂取に影響を及ぼす  
要因  
吉田俊一 他計4名, うち4番目, 体育の科学 第58巻 第9号, pp.665-669  
体育の科学社 (R) 2008年9月
- 6) The function of nasal pressure for breathing in the breaststroke  
H.Hara et al., 3<sup>rd</sup> of 5  
Biomechanics and Medicine in Swimming X pp.137-139. (R) 2006. June
- 7) 水泳トレーニング法に関する研究  
北川幸夫・柴田義晴・原英喜, 日本女子体育大学紀要 第36巻 pp.131-140  
(R) 2006年3月
- 8) 背泳ぎの呼吸特性とその指導法に関する研究  
柴田義晴・花木敦・細江文利, 体育科教育学研究 第21巻第2号 pp.21~30.  
日本体育科教育学会 (R) 2005年8月
- 9) 小学校における着衣水泳実施の課題

- 柴田義晴・森山進一郎・渡辺律子, スポーツ方法学研究 第 17 卷 第 1 号  
pp. 41~50. 日本スポーツ方法学会 (R) 2004 年 3 月
- 10) 競泳における平泳ぎ及びバタフライのターンに関する分析的研究  
森山進一郎・柴田義晴・北川幸夫, スポーツ方法学研究 第 17 卷 第 1 号  
pp. 79~88. 日本スポーツ方法学会 (R) 2004 年 3 月
- 11) 鼻腔内圧の変化から見た背泳ぎの呼吸法  
花木敦・柴田義晴・原英喜, 水泳水中運動科学 第 5 号  
日本水泳・水中運動学会 pp. 1~6. (R) 2003 年 10 月
- 12) フリップターンの指導法に関する基礎的研究  
森山進一郎・北川幸夫・柴田義晴  
日本女子体育大学研究所紀要 第 33 卷 pp. 31~40. (R) 2003 年 3 月
- 13) A Study on Nasal Pressure Influenced by Swimming Speed in Breaststroke  
H. HARA et al., 2<sup>nd</sup> of 3, Biomechanics and Medicine in swimmin IX  
Proceeding of the IXth World Symposium pp. 63-67. (R) 2003. Feb.
- 14) 着衣水泳の教材化に関する研究  
柴田義晴、他計 4 名, 東京学芸大学紀要 第 5 部門第 54 集 pp. 213~222.  
2002 年 10 月
- 15) テザード泳を用いた水泳トレーニング法の開発  
柴田義晴・花木敦・森山進一郎  
東京学芸大学紀要第 5 部門第 52 集 pp. 213~222. 2000 年 10 月
- 16) The Development of Measuring in Water  
H. HARA · S. Onodera · Y. SHIBATA  
Biomechanics and Medicine in Swimming VIII, Proceeding of the VIIIth World  
Symposium pp. 135~139. (R) 1999. Feb.
- 17) オフェンスに着目した水球競技のゲーム分析 ー高校総体と世界選手権の比較よりー  
榎本 至 ・柴田義晴  
東京学芸大学紀要第 5 部門第 50 集 pp. 121~128. 1998 年 10 月
- 18) ウォームアップ終了後の待ち時間がウォームアップ効果の持続性に及ぼす影響

- 森谷暢 他計3名、うち3番目, デサントスポーツ科学 Vol.18 pp.217～
230. (財) 石本記念デサントスポーツ科学財団 (R) 1998年10月
- 19) 着衣救助はいかに危険か
- 柴田義晴・原英喜・北川幸夫, デサントスポーツ科学 Vol.18 pp.175～184  
(財) 石本記念デサントスポーツ科学財団 (R) 1998年10月
- 20) 水泳の持久的トレーニングとしてのテザード泳は有用か?
- 柴田義晴・松本春美
- 東京学芸大学紀要第5部門第49集 pp.1～8. 1997年11月
- 21) ストレッチコードを用いた水泳トレーニング法の有用性
- 柴田義晴・原英喜・北川幸夫・高橋宗良
- トレーニング科学 第8巻 第7号 pp.17～23. 日本トレーニング科学研究会  
(R) 1997年10月
- 22) テザード泳を用いた水泳トレーニング法の開発
- 柴田義晴, 水泳指導法研究 第VI号 pp.1～9.  
水泳指導法研究会 1996年7月
- 23) 長期間間の水泳が子どもの身体発達に与える影響について 一呼吸動作を視点にして一
- 柴田義晴, スポーツ方法学研究 第8巻 第1号 pp.21～28.  
日本スポーツ方法学会 (R) 1996年10月
- 24) 水難救助における着衣の問題点と課題
- 柴田義晴 その他計3名
- 東京学芸大学紀要 第5部門第47集 pp.225～236. 1995年10月
- 25) 競泳選手のウォームアップに関する実態調査
- 森谷暢 その他計5名、うち1番目
- トレーニング科学 第16巻 第1号 pp.17～23.  
日本トレーニング科学会 (R) 1995年10月
- 26) 競泳におけるウォームアップについての実態調査 一全国レベルの競技を対象として一
- 森谷暢 その他計3名、うち1番目
- 東京学芸大学紀要 第5部門第45集 pp.199～205. 1994年10月

- 27) 水泳指導についての一考察 ーけ伸びの指導についてー  
柴田義晴  
東京学芸大学紀要 第5部門第44集 pp.133~140. 1992年10月
- 28) 水中歩行は陸上歩行にまさるか ー水中トレッドミルによる歩行の運動強度についてー  
仁平律子 他計3名、うち3番目  
デサントスポーツ科学 Vol.13 pp.193~199.  
(財)石本記念デサントスポーツ科学振興財団 (R) 1992年10月
- 29) 競泳のトレーニングプログラム(2) ーラクトレートテストー  
吉村豊 その他計4名、内1番目  
中央大学保健体育研究所紀要 10号 pp.1~34. 1992年6月
- 30) 学校水泳の現状と課題  
柴田義晴・横山正司  
東京学芸大学紀要 第5部門第42集 pp.101~108. 1990年10月
- 31) 小学校体育授業における水中ボールゲームの運動強度について  
入沢雅典 その他計4名、うち1番目  
東京学芸大学紀要 第5部門 第41集 pp.101~108. 1990年10月
- 32) 個人メドレーのレース展開について ースプリットタイムからー  
石見鉄夫・柴田義晴  
東京学芸大学紀要第5部門第40集 pp.201~208. 1988年10月
- 33) 水球ゲーム中の運動強度についての基礎的研究  
入沢雅典 その他計4名、内1番目  
東京体育学研究 Vol.15 pp.93~96.  
東京体育学会 (R) 1988年10月
- 34) A Study on the Effects of Long Term Swimming on the Bodies of Young Children  
Y. Shibata ・ Y. Yoshimura ・ M. Irisawa ・ T. Iwami  
Bulletin of Tokyo Gakugei University V. Arts and Physical Education 39  
pp.183-192. 1987. Oct.
- 35) 個人メドレーのスプリットタイムについて

- 吉村豊・柴田義晴  
中央大学保健体育研究所紀要 第22号 pp.45~57. 1987年3月
- 36) 水難救助に用いる Carrying の身体負担度について  
柴田義晴・原 英喜・高山 誠  
東京学芸大学紀要 第5部門 第38集 pp.183~192. 1986年10月
- 37) 水泳のハンド ツー ハンドシュートについての分析的研究  
高山 誠・柴田義晴  
東京学芸大学紀要 第5部門 第36集 pp.155~162. 1984年10月
- 38) 競泳におけるグラブスタート動作の分析  
高山 誠・柴田義晴・北川幸夫  
東京体育学研究 第8巻 pp.66~71.  
東京体育学会 (R) 1983年12月
- 39) 水泳練習についての基礎的研究  
柴田義晴・高山 誠・北川幸夫  
東京学芸大学紀要 第5部門 第35集 pp.179~187. 1983年10月
- 40) バタフライ泳法に関する基礎的研究  
柴田義晴 他計4名  
東京学芸大学紀要 第5部門 第34集 pp.193~202. 1982年10月
- 41) 長時間の緩徐な水泳が生体を与える影響  
柴田義晴 他計3名  
デサントスポーツ科学 第2巻 pp.105~108.  
(財) 石本記念デサントスポーツ科学振興財団 (R) 1981年11月
- 42) 教員養成大学学生の水泳に関する実態調査  
北川幸夫・木庭修一・柴田義晴  
東京体育学研究 第8巻 pp.66~71.  
東京体育学会 1981年11月
- 43) 平泳ぎのスキルについて  
柴田義晴・中村恵子・北川幸夫・加藤宗人・高山誠  
東京学芸大学紀要 第5部門第33集 pp.177~184. 1981年10月
- 44) 平泳ぎのターニングについて

- 柴田義晴・北川幸夫  
東京学芸大学紀要 第5部門第32集 pp. 109～119. 1980年10月
- 45) 泳者の呼吸機能の特性について  
柴田義晴  
東京学芸大学紀要第5部門第31集 pp. 219～228. 1979年10月
- 46) いわゆる体柔軟性について  
柴田義晴, 体力科学 第27巻 第3号 pp. 109～116.  
日本体力医学会 (R) 1978年9月
- 47) 高年者の身体活動時の血中脂肪酸の消長  
小野三嗣 その他計4名、うち2番目  
体力科学 第27巻 第3号 pp. 109～116.  
日本体力医学会 (R) 1978年3月
- 48) バタフライ泳法の歴史  
柴田義晴, 体育の科学 第26巻 第6号 pp. 436～438.  
体育の科学社 (R) 1976年6月
- 49) 高速泳時と緩速泳時におけるバタフライ泳法の筋電図学的研究  
柴田義晴, 体育の科学 第25巻 第7号 pp. 487～492.  
体育の科学社 (R) 1975年7月
- 50) バタフライ泳法の基礎的研究  
柴田義晴 東京学芸大学教育学研究科修士論文 (R) 1974年3月  
(R)は、審査済み論文

## II 著書

### 1. 単著

- 1) ゆったりクロール  
ナツメ社 全176頁 2012年6月
- 2) 上達する水泳  
ナツメ社 全232頁 2000年8月
- 3) 基礎からの水泳  
ナツメ社 全231頁 2000年8月

## 2. 共著

### 1) アクティブスポーツ

長谷川聖修 他計 19 名、うち 3 番目 (50 音順)

水泳競技 pp. 64~80. 大修館書店 全 401 頁 2013 年 4 月

### 2) ステップアップ中学体育

五十嵐順子 他計 24 名、うち 6 番目 (章番号順)

水泳, pp. 87-105, 大修館書店 全 336 頁 2011 年 4 月

### 3) 中学体育の学習

五十嵐順子 他計 7 名、うち 4 番目 (章番号順)

水泳, pp. 49-55, 大修館書店 全 145 頁 2011 年 3 月

### 4) 中学校体育・スポーツ教育指導法講座

長谷川聖修 他計 13 名、うち 7 番目 (章番号順)

水泳, pp. 24-286, ニチブン 全 300 頁 2008 年 4 月

### 5) 新しい体育実技の授業づくり

永島惇正 他計 12 名、うち 7 番目、

pp. 69-132 ニチブン、全 279 頁 2006 年 4 月

### 6) 新しい小学校体育授業の展開 (章番号順)

大橋美勝 他計 10 名、うち 5 番目

5. 水泳 1. 「水泳」の考え方, pp. 117-122, ニチブン 全 296 頁

2006 年 5 月

### 7) アクアフィットネス教本

柴田義晴 他計 5 名

第 1 章 2. アクアフィットネスを始める前に pp. 7-12.

第 2 章 1. 基本動作とアクアフィットネスの種類 pp. 14-18.

2. アクアフィットネスのプログラミング pp. 19-30.

参考 pp. 81-117

大修館書店 全 120 頁

2003 年 7 月

### 8) 水泳指導教本

青野幸一 他計 27 名、うち 16 番目 (50 音順)

第 4 章 水泳指導法 2. 中級者指導法 pp. 67-83.

3. 年齢別指導 pp. 100-106.
- 第 5 章 水泳の技術 1. 運動原理 pp. 127.
- 第 6 章 水泳のトレーニング法
3. 水泳の技術トレーニング pp. 169-173.
- 大修館書店 全 295 頁 2002 年 5 月
- 9) 高等学校体育の授業
- 杉山重利 他計 22 名、内 21 番目 (章番号順)
- 第 5 章 水泳の授業 pp. 216-223.
- 着衣水泳の授業 pp. 234-235.
- 大修館書店 全 271 頁 2001 年 4 月
- 10) 学校における水泳事故防止必携
- 池田延行 他計 13 名、うち 7 番目 (50 音順)
- V. 水辺活動における事故防止 pp. 65-86.
- 日本体育・健康センター 全 197 頁 2000 年 5 月
- 11) 中学校体育・スポーツ教育実践講座
- 柴田義晴 他計 5 名
- 第 7 巻 水の世界を楽しむアクアスポーツの授業の編著
- ニチブン 全 278 頁 1999 年 2 月
- 12) 安全水泳
- 青山宏子 他計 11 名、うち 8 番目 (50 音順)
- 第 3 章 スタートの段階的指導法と安全対策 pp. 111-121.
- 大修館書店 全 129 頁 1998 年 10 月
- 13) スポーツプログラマー
- 落合優 他計 18 名、うち 12 番目 (50 音順)
- V 運動・スポーツの基礎理論 3. 水泳 pp. 219-220.
4. 水中運動 pp. 221-223.
- 日本体育施設協会 全 420 頁 1996 年 8 月
- 14) 学校体育授業辞典
- 高橋健夫 他計 123 名、うち 73 番目 (章番号順)
- 第 3 部 体育授業の展開, 宮畑虎彦の水泳初心者指導 pp. 645-648.



- 大修館書店 全 798 頁 1998 年 7 月
- 15) ビジュアルスポーツルール
- 武井正子 他計 15 名、うち 5 番目 (章番号順)
- 水泳 pp. 81-96.
- 大修館書店 全 401 頁 1998 年 4 月
- 16) 新水泳指導教本
- 荒川汪 他計 18 名、うち 8 番目 (50 音順)
- 第 4 章 水泳の技術 1. 運動原理 p. 43.
- 第 5 章 指導法 pp. 74-111.
- 第 6 章 水泳トレーニング法 pp. 152-155.
- 補章 補助運動, 補強運動 pp. 240-243.
- 大修館書店 全 245 頁 1997 年 10 月
- 17) 水泳指導の手引(改訂版)
- 新井孝次 他計 13 名、うち 7 番目 (50 音順)
- 第 4 章 第 2 節 泳法指導の要点 pp. 59-90.
- 第 5 章 指導に関する質疑応答 pp. 91-98.
- 文部省 東洋館出版 全 156 頁 1996 年 5 月
- 18) 話題源「体育」
- 嘉戸脩 他計 102 名、うち 44 番目 (章番号順)
- 水泳, p. 304 pp. 306~308 p. 311 pp. 317~318 p. 321 p. 325
- p. 330 pp. 332-335 pp. 343-344.
- 第一法規 全 658 頁 1993 年 3 月
- 19) 新訂水泳指導教本
- 藤田明 他計 21 名、うち 20 番目 (年齢順)
- 第三章 水泳指導法 pp. 24-65.
- 補章 準備・整理運動 補助・補強運動 pp. 242-245.
- 大修館書店 全 256 頁 1990 年 7 月
- 20) ブルンメル スポーツ
- 赤城恭平 他計 28 名、うち 22 番目 (章番号順)
- 第 10 巻 パート 4. 水泳 pp. 205-217.

学習研究社 全 376 頁

1988 年 12 月

21) 学習指導百科事典 エベレスト

藍尚禮 他計 20 名、うち 6 番目 (50 音順)

第 13 卷 人間の科学 保健・体育 水泳の章 pp. 436-445.

国際情報社 全 559 頁

1987 年 6 月

### Ⅲ その他

#### 1. 翻訳書

1) 楽しいウオーターエクササイズー健康・体力づくりの水中運動ー

柴田義晴 他計 6 名

第 1 部 さあ始めましょう pp. 7-72

第 2 部 ウオーターエクササイズ pp. 74-150

第 5 部 pp. 234-243

大修館書店 全 246 頁

1993 年 12 月

2) マグリスコの水泳教本 ー泳力アップのトレーニング法ー

柴田義晴・吉村豊・北川幸夫

全体の編集 訳者代表

第 1 部 トレーニング過程 pp. 1~140

第 2 部 ストロークメカニクス pp. 149~151

大修館書店 全 160 頁

1990 年 7 月

3) 健康増進のための水泳教室

柴田義晴・村川俊彦

1~135 頁を分担, 訳者代表

ぎょうせい 全 139 頁

1987 年 7 月

#### 2. 研究誌・調査報告書・視聴覚教材

1) 平成 8 年度 公認スポーツ指導者海外研修報告書

柴田義晴

(財) 日本体育協会

1995 年 10 月

2) 第三回 水泳指導者海外研修報告書

- 柴田義晴  
 (財) 日本体育協会 1990年10月
- 3) 第一回 水泳指導者海外研修報告書  
 柴田義晴  
 (財) 日本体育協会 1988年10月
- 4) 自由形における両側呼吸,  
 柴田義晴, 水泳研究 第2巻 第5号 pp. 24-26.  
 (株) インターナショナル スイミング 1980年4月
- 5) 短距離全力速泳の改良のためのスイムフィンの活用について  
 柴田義晴, 水泳研究 第3巻 第4号 pp. 24 - 26.  
 (株) インターナショナル スイミング 1981年4月
- 6) 文部省選定教育映画「スポーツ教室・水泳」  
 初級編 これから泳ぎを始める人に  
 初級編 0メートル～25メートルまで  
 指導編 クロール・背泳ぎ  
 指導編 平泳ぎ・バタフライ  
 指導編 安全な水泳のためにー救助法と救急法ー  
 柴田義晴  
 (株) フジ映像制作, (財) 日本水泳連盟監修 1981年4月  
 NHK DVD教材 テレビスポーツ教室 水泳 クロール  
 NHK エンタープライズ  
 柴田義晴 北川幸夫 2006年4月

### 3. 教育誌

- 1) 疲れにくい, 故障しないラクに泳げる「テクニック」  
 柴田義晴, スイム, 第6巻 第1号 pp. 15-19  
 (株) アールビーズ 2011年1月
- 2) 呼吸の上達法  
 柴田義晴, スイム, 第5巻 第10号 pp. 6-11  
 (株) アールビーズ 2010年10月

- 3) ラクに泳げるシンプルバックストローク  
柴田義晴, スイム, 第5巻 第7号 pp. 3-7  
(株) アールビーズ 2010年7月
- 4) 画一的な指導法を見直そう  
柴田義晴 体育科教育 第52巻 第8号 pp. 20-23  
大修館書店 2004年6月
- 5) スポーティブスイミングの意味  
柴田義晴 学校体育 第53巻 第7号 pp. 6-7  
日本体育社 2001年7月
- 6) 水泳の安全スタートの段階的指導—これまでの10年間を振り返って—  
柴田義晴 学校体育 第52巻 第9号 pp. 74-77  
日本体育社 2000年8月
- 7) 諸外国における水泳 (水遊び)  
柴田義晴 学校体育 第52巻 第7号 pp. 42-44  
日本体育社 1999年7月
- 8) 21世紀を見据えた「水泳」の方向性とその学習内容を考える  
柴田義晴 学校体育 第44巻 第14号 pp. 74-76  
日本体育社 1998年8月
- 9) 生涯スポーツ時代の水泳の教材開発  
柴田義晴 学校体育 第51巻 第10号 pp. 19-21  
日本体育社 1995年7月
- 10) つまづきの見つけ方「け伸び」  
柴田義晴 学校体育 第47巻 第8号 pp. 1  
日本体育社 1994年7月
- 11) 体育授業の悩みQ & A  
柴田義晴 学校体育 第44巻 第14号 pp. 147-150  
日本体育社 1991年12月
- 12) つまづきの見つけ方「平泳ぎ」  
柴田義晴 学校体育 第43巻 第8号 p. 1  
日本体育社 1990年7月

- 13) 「水泳」の改訂内容と問題  
柴田義晴 学校体育 第42巻 第4号 pp. 41-46  
日本体育社 1989年4月
- 14) スポーツ教室 8. 水泳  
柴田義晴 コペル21 pp. 90-95  
くもん出版 1988年8月
- 15) 不器用な子の指導法講座 水に浮けない子  
柴田義晴 体育科教育 第36巻 第9号 pp. 42-44  
大修館書店 1988年8月
- 16) アメリカ合衆国の水泳事情 一その2一  
柴田義晴 学校体育 第39巻 第9号 pp. 90-92  
日本体育社 1986年8月
- 17) アメリカ合衆国の水泳事情 一その1一  
柴田義晴 学校体育 第39巻 第8号 pp. 78-81  
日本体育社 1986年7月
- 18) 小・中学校実践編 平泳ぎ・背泳ぎ  
柴田義晴 学校体育 第37巻 第12号 pp. 110-116  
日本体育社 1984年10月
- 19) 水泳指導のイロハ  
柴田義晴 学校体育 第35巻 第8号 pp. 23-28  
日本体育社 1982年7月
- 20) 水泳の学習指導を発達段階を通してどう進めるか  
柴田義晴 学校体育 第34巻 第14号 pp. 53-57  
日本体育社 1981年12月
- 21) 下手な子・嫌いな子のための施設・用具の工夫  
＜小学校・水泳＞一水への不安感を取り除く一  
柴田義晴 学校体育 第34巻 第11巻 pp. 176-181  
日本体育社 1981年9月
- 22) 水泳の基本技術（下）  
柴田義晴 学校体育 第30巻 第7号 pp. 94-100

- 日本体育社 1977年7月
- 23)水泳の基本技術(上)
- 柴田義晴 学校体育 第30巻 第6号 pp.96-102.
- 日本体育社 1977年6月

#### 4. 口頭発表

- 1)特別支援学校の水泳授業の進め方を考える
- 花木敦 柴田義晴
- 第11回日本水泳・水中運動学会年次大会論集 2010年
- 2)平泳ぎの際の鼻腔内圧の変化
- 原英喜 柴田義晴 渡辺律子
- 第6回 国際水泳研究シンポジウム 2006年
- 3)水中運動における用具活用の効果について
- ハイドロトーンを用いた運動プログラムの有用性—
- 河口雅史 藤枝善晴 柴田義晴
- 日本水泳・水中運動学会 2006年
- 4)抵抗器具の使い方が水中運動負荷に及ぼす影響
- 森山進一郎 北川幸夫 佐伯徹郎 平野愛 柴田義晴
- 日本水泳・水中運動学会 2006年
- 5)重度知的障害児・者の主体的な活動を引き出す水泳指導
- 花木敦 柴田義晴 森山進一郎
- 日本水泳・水中運動学会 2005年
- 6)息継ぎはどのように指導しますか？
- 原英喜 渡辺律子 柴田義晴 他7名
- 日本水泳・水中運動学会 2005年
- 7)息継ぎにつながる口呼吸と鼻呼吸の使い方に関する研究
- 原英喜 渡辺律子 柴田義晴
- 日本水泳・水中運動学会年次大会論集 pp.23-24 2005年
- 8)知的障害養護学校における着衣水泳の実践
- 花木敦 柴田義晴 他

- 日本水泳・水中運動学会 2004年
- 9) 平泳ぎターンの指導に関する研究 一効率的な指導を目指して一  
森山進一郎 柴田義晴 他  
日本体育学会 第55回大会 2004年
- 10) 水泳の息継ぎを探る  
原英喜 柴田義晴 他  
日本水泳・水中運動学会 第5回大会 2003年
- 11) 着衣水泳の教材化に向けて  
柴田義晴 他  
日本スポーツ方法学会 第13回大会 2002年
- 12) フリップターンの技術特性に関する研究 一筋の活動機序と放電  
様相の観点から一  
森山進一郎 柴田義晴 他  
日本スポーツ方法学会 第13回大会 2002年
- 13) 背泳ぎの呼吸特性  
花木敦 柴田義晴他  
日本水泳・水中運動学会 第4回大会 2001年
- 14) Semi-Tethered Swimming を利用した競泳選手のパワー出力に  
関する研究  
森谷暢 柴田義晴 他  
日本体力医学会 第49回大会 1998年
- 15) クロールのパフォーマンスを構成する2, 3の要素について  
柴田義晴 他  
日本体育学会 第48回大会 1997年
- 16) テザード泳に関する基礎的研究 一水泳トレーニング法の開発  
に向けて一  
柴田義晴 他  
日本体育学会 第48回大会 1997年
- 17) 水泳パフォーマンスに及ぼす上肢の筋持久力の影響  
柴田義晴 他

- 日本体育学会 第 46 回大会 1995 年
- 18) 着衣と人命救助について  
柴田義晴 他  
日本体育学会 第 46 回大会 1995 年
- 19) 水泳の息継ぎについて  
原英喜 柴田義晴 他  
呼吸研究会 第 9 回大会 1995 年
- 20) 水泳中の息継ぎの分析  
原英喜 柴田義晴 他  
日本体力医学会 第 50 回大会 1995 年
- 21) ストレッチコードを用いた水泳トレーニング法  
柴田義晴 他  
トレーニング科学研究会 第 7 回研究会 1995 年
- 22) 水泳トレーニングにおけるテザード泳の有用性について  
柴田義晴  
日本スポーツ方法学会 第 6 回大会 1995 年
- 23) 水深および歩行速度が水中歩行時の身体負担度に及ぼす影響について  
渡辺律子 柴田義晴 他  
日本体育学会 第 44 回大会 1993 年
- 24) ウォームアップからレースまでのインターバルがウォームアップ  
効果の持続性に及ぼす影響  
森谷暢 柴田義晴 他  
日本体育学会 第 44 回大会 1993 年
- 25) け伸びの学習の課題性について  
柴田義晴 他  
日本体育学会 第 44 回大会 1993 年
- 26) 競泳選手のウォーミングアップに関する研究  
森谷暢 柴田義晴 他  
日本体力医学会 第 48 回大会 1993 年
- 27) 水中歩行及び走行中の酸素摂取量と心拍数の関係について



- 渡辺律子 柴田義晴 他  
日本体力医学会 第 48 回大会 1993 年
- 28) 水泳スタートについての基礎的研究 一視覚状態が逆飛び込み  
動作に及ぼす影響について一  
渡辺律子 柴田義晴  
日本体育学会 第 41 回大会 1990 年
- 29) 水中におけるボールゲームの運動強度について 一小学校高学年の  
児童を対象として一  
入沢久典 柴田義晴 他  
日本体育学会 第 40 回大会 1989 年
- 30) トップスイマーの個人トレーニングにおけるスプリットタイムについて  
石見鉄夫 柴田義晴 他  
日本体育学会 第 38 回大会 1987 年
- 31) 泳者の呼吸機能の特性について 一成長期間の小学生を対象として一  
柴田義晴 内山四郎  
日本体育学会 第 38 回大会 1987 年
- 32) 溺者運搬法についての基礎的研究  
柴田義晴 他  
日本体育学会 第 38 回大会 1987 年
- 33) 水球ゲームの分析 一防御側退水時における攻撃について一  
高山誠 柴田義晴 他  
日本体育学会 第 35 回大会 1984 年
- 34) 競泳スタート時の足幅について  
高山誠 柴田義晴  
日本体育学会 第 35 回大会 1984 年
- 35) 競泳スタート時の足幅に関する研究  
高山誠 柴田義晴 他  
東京体育学会 1984 年
- 36) 水球のシュートに関する一考察  
高山誠 柴田義晴 他

- 東京体育学会 1984年
- 37) 大学女子競泳選手の競技に対する意識とパーソナリティについて  
保坂かほる 柴田義晴 他  
東京体育学会 1984年
- 38) 平泳ぎのターン動作について  
北川幸夫 柴田義晴 他  
東京体育学会 1983年
- 39) 器具を用いた水泳練習について ―バタフライ泳法の場合―  
柴田義晴 他  
日本体育学会 第34回大会 1983年
- 40) 競泳のクラブスタートについて  
高山誠 柴田義晴 他  
日本体育学会 第34回大会 1983年
- 41) 平泳ぎにおける一かき一けりについて  
北川幸夫 柴田義晴 他  
日本体育学会 第34回大会 1983年
- 42) 平泳ぎのターン動作について  
北川幸夫 柴田義晴 他  
東京体育学会 1983年
- 43) 競泳におけるクラブスタート動作の分析  
高山誠 柴田義晴 他  
東京体育学会 1983年
- 44) 水府流太田派の泳法 ―扇足の速度変化 その2―  
中村恵子 柴田義晴 他  
日本体育学会 第33回大会 1982年
- 45) 水球における投動作 ―ハンド・ツー・ハンド―  
高山誠 柴田義晴 他  
日本体育学会 第32回大会 1981年
- 46) 水泳実習中の血中の酵素、有機酸、基質およびホルモンの経時的変化  
について ―とくに5時間遠泳の生体への影響―

- 柴田義晴 他  
日本体力医学会第 36 回大会 1981 年
- 47) いわゆる”泳ぎのうまさ”について  
柴田義晴 他  
日本体育学会 第 31 回大会 1980 年
- 48) 水泳トレーニングの体柔軟性に及ぼす影響  
柴田義晴 他  
日本体育学会 第 29 回大会 1978 年
- 49) 泳者の呼吸機能の発達について 一般人との比較から  
柴田義晴 他  
日本体育学会 第 28 回大会 1977 年
- 50) 浮力の中心高の測定について  
宮畑虎彦 柴田義晴 他  
日本体育学会 第 26 回大会 1975 年
- 51) 水中の姿勢と浮揚力の関係  
相場百合香 柴田義晴 他  
日本体育学会 第 26 回大会 1975 年
- 52) 泳ぎの動作により発生する水流について  
柴田義晴 他  
日本体育学会 第 26 回大会 1975 年
- 53) 競泳における三泳法の比較  
佐々木敏 柴田義晴 他  
日本体育学会 第 25 回大会 1974 年
- 54) 屈筋力に対する伸筋力の比率と泳ぎの関係  
宮畑虎彦 柴田義晴 他  
日本体育学会 第 25 回大会 1974 年
- 55) 運動部員の上腕および脚の屈筋力と伸筋力の比率  
相場百合香 柴田義晴 他  
日本体育学会 第 25 回大会 1974 年
- 56) 泳ぎのスピード変動と動作の関係

- 柴田義晴他  
日本体育学会 第 25 回大会 1974 年
- 57) クロールのキネシオロジー的研究  
佐々木敏, 柴田義晴  
日本体育学会 第 24 回大会 1973 年
- 58) バタフライの熟練者と未熟練者の比較 一筋電図と連続写真  
において一  
柴田義晴 他  
日本体育学会 第 24 回大会 1973 年

## 謝 辞

本論文は、42年間の研究活動におけるいくつかの成果を体系的にまとめ、学位論文（教育学）として完成させたものである。本論文作成当初、5年後に定年を控えた頃、研究成果をまとめるべく作業として取りかかったものであるが、その時期管理の職に就いたことにより十分な対応が困難となり諦めかけたこともあった。そこで、何とかまとめ上げるためには、揺るぎのない目標設定が必要と考え、種々の目標を検討した。その結果、学位論文の作成を目標とすることとしたが、この期に至って審査を受けることには些か気の重い決断でもあった。それ以来、これまでまとめた研究成果をスクラップし、新たな研究活動が始まり、目標達成に向けて邁進することとなった。そして、本日ここに完成に至ったが、その間を振り返ると実に多くの方々にお世話頂き、その謝辞を認めたく以下に記した。

本論文の作成に当たっては、東京学芸大学連合大学院博士課程健康・スポーツ系教育講座の射手矢岬教授よりご多用のところ真摯にご対応して頂き、かつ適時適切なお助言を頂き、感謝の念に堪えません。そのお陰をもって本日ここに完成するに至りました。また、同健康・スポーツ系教育講座の渡邊正樹教授、同教育方法論講座の平野朝久教授、健康・スポーツ系教育講座野瀬清喜埼玉大学教授、同田中英登横浜国立大学教授、椿本昇三筑波大学教授より、大変貴重なお助言とご指導を賜りました。皆さまには、衷心より感謝申し上げる次第でございます。また、本論文の実験、測定、調査のデータ整理では東京学芸大学大学院生（現在大学等の研究者として活躍中）の皆さん、被験者として参加してくれた東京学芸大学水泳部の皆さん、そして児童生徒の皆さんから頂いた多大なお協力により完成することができ、ここに改めて感謝の意を表します。

最後になりましたが、通常の研究活動に加え管理の職に就き、この5年間は家庭的に何の役割も果たせない上、本論文作成活動に専念させてくれた妻治代に心から感謝します。

2015年3月吉日

著者 柴田 義晴