

2014年度 修士論文

平泳ぎにおける泳速度と牽引力の関係
－ 推進力の評価方法への示唆 －

The relationship between the speed of swimming
and the pulling power in the breaststroke
－ The suggestion for evaluating the propulsion －

早稲田大学 大学院スポーツ科学研究科
スポーツ科学専攻 エリートコーチングコース

5014A328-0

古賀 哲哉

Tetsuya Koga

研究指導教員： 奥野 景介 教授

目次

第Ⅰ章 序論	1	第Ⅲ章 結果および考察	15
Ⅰ-1 緒言	1	Ⅲ-1 ストロークタイムの調整	15
Ⅰ-2 背景	1	Ⅲ-2 分析1の結果および考察	18
Ⅰ-3 仮説	3	Ⅲ-2-1 最大牽引力の1ストローク あたりの力積	
Ⅰ-4 問題提起	3	Ⅲ-2-2 最大牽引力の最大値	
Ⅰ-5 目的	4	Ⅲ-2-3 最大泳速度	
第Ⅱ章 方法	5	Ⅲ-3 分析2の結果および考察	21
Ⅱ-1 被験者	5	Ⅲ-4 分析3の結果および考察	21
Ⅱ-2 測定方法	6	Ⅲ-5 分析4の結果および考察	22
Ⅱ-3 測定試技	8	Ⅲ-5-1 試技 1.9	
Ⅱ-4 介入方法	10	Ⅲ-5-2 試技 1.4	
Ⅱ-5 分析方法	11	Ⅲ-5-3 試技 0.9	
Ⅱ-5-1 ストロークタイムの調整		Ⅲ-6 総合考察	36
Ⅱ-5-2 分析1: 各分析項目における Pre-Post の比較		第Ⅳ章 結論	37
Ⅱ-5-3 分析2: 牽引力と牽引泳速度 の横断的な関係		参考文献	39
Ⅱ-5-4 分析3: 牽引力と牽引泳速度 の縦断的な関係		謝辞	41

図表目次

図 1	研究方法の概略図	5	表 13	被験者 D の試技 1.9 の測定値	23
表 1	被験者の身体特性と自己最高記録	5	図 12	被験者 D の試技 1.9 における 牽引力測定値のグラフ	23
表 2	日本記録における FINA ポイント	6	表 14	被験者 B の試技 1.9 の測定値	23
図 2	牽引力の測定方法の概略図	6	図 13	被験者 B の試技 1.9 における 牽引力測定値のグラフ	24
図 3	牽引泳速度の測定方法の概略図	7	表 15	被験者 C の試技 1.9 の測定値	24
表 3	測定試技の内容	8	図 14	被験者 C の試技 1.9 における 牽引力測定値のグラフ	25
表 5	測定の実施環境	9	表 16	被験者 A の試技 1.4 の測定値	26
図 4	介入したトレーニングプログラムの 概略図	10	図 15	被験者 A の試技 1.4 における 牽引力測定値のグラフ	27
表 5	介入したトレーニングプログラム	10	表 17	被験者 D の試技 1.4 の測定値	27
図 5	被験者 E の Pre 測定における 牽引泳速度の調整	12	図 16	被験者 D の試技 1.4 における 牽引力測定値のグラフ	28
表 6	牽引力の測定における、各試技での 実際のストロークタイム	15	表 18	被験者 C の試技 1.4 の測定値	28
表 7	牽引泳速度の測定における、各試技での 実際のストロークタイム	16	図 17	被験者 C の試技 1.4 における 牽引力測定値のグラフ	29
表 8	ストロークタイムの調整：回帰式から 求めた各試技の調整値	17	表 19	被験者 E の試技 0.9 の測定値	31
図 6	牽引力の 1 ストロークあたりの力積の 測定結果	18	図 18	被験者 E の試技 0.9 における 牽引力測定値のグラフ	31
図 7	Pre と Post における、牽引力=1 ストロ ークの力積の平均の差	18	表 20	被験者 B の試技 0.9 の測定値	31
図 8	牽引力=最大値の測定結果	19	図 19	被験者 B の試技 0.9 における 牽引力測定値のグラフ	32
図 9	Pre と Post における、牽引力=最大値の 平均の差	19	表 21	被験者 A の試技 0.9 の測定値	32
図 10	牽引泳速度の測定結果	20	図 20	被験者 A の試技 0.9 における 牽引力測定値のグラフ	33
図 11	Pre と Post における、牽引泳速度の 平均の差	20	表 22	被験者 C の試技 0.9 の測定値	33
表 9	牽引泳速度と牽引力=1 ストローク あたりの力積との関係	21	図 21	被験者 C の試技 0.9 における 牽引力測定値のグラフ	33
表 10	牽引泳速度と牽引力=最大値との関係	21	表 23	被験者 D の試技 0.9 の測定値	34
表 11	牽引力=1 ストロークあたりの力積 と牽引泳速度との関係	22	図 22	被験者 D の試技 0.9 における 牽引力測定値のグラフ	35
表 12	牽引力=最大値と牽引泳速度 との関係	22			

第 I 章 序論

I-1 緒言

競泳競技における結果は、レースの記録と順位によって決定される。記録はピストルの号砲から選手が壁にタッチするまでの所要時間であり、これを速くすることがレースでの勝利に繋がる。競泳の競技力向上を図る上で、レースにおける記録を客観的に評価するための分析が、アメリカやオーストラリアをはじめとする強豪国で行われている。国内では、日本水泳連盟医・科学委員会によるレース分析プロジェクトが 1987 年より行われており、レースをスタート、ストローク（泳ぎ）、ターン、およびフィニッシュの四局面に分類して分析されている。この中でも、記録を速くするためには、ストローク局面、つまり泳ぎの速さを高めることが最も重要であるとされる（財日本水泳連盟 2005）。ストローク局面での所要時間を構成する要素は、泳者の平均泳速度（ m/s ）（以下「泳速度」と略す）で表される。泳速度は泳者の発揮する推進方向への力である推進力、泳者に作用する抵抗の二つの因子によって決定される。この二つの因子は対になる関係にあり、両者は同時に存在するため、推進力を大きくし、かつ、抵抗を少なくすることで、相対的な推進力の向上を図ることが泳速度の向上に繋がる（野村 2009, Maglischo 2005）。

I-2 背景

競泳競技の実際のコーチング現場では、競技力向上のために泳速度の向上のためのトレーニングが実施される。そこでは、泳速度の確認手段として一定距離区間の通過記録の測定が行われる。本来、このトレーニングに対する進捗状況を評価するにあたっては、泳速度の測定以外に、泳速度に変化を生じさせる直接的な因子となる推進力と抵抗の変化を確認し、評価することが重要となる。

しかし、これら因子を別々に実測することは現段階では不可能である。

泳速度を構成する要素の一つである抵抗を測定する方法について、過去に様々な研究がなされてきたが、正確に測定する方法は見つかっていない (Maglischo 2005)。

Hollander ら (1986) が開発した MAD system と呼ばれる装置を用いた手法は、泳者に作用する抵抗を計測することが可能で、比較的有効な手段とされる。しかし、これは特殊な装置と環境が必要となり、実際のコーチング現場で簡便に行えるものではない。そのため、実際には、選手の体型や泳フォーム、コンディションなどの二次的な要因の変化を確認することで、泳速度向上への効果を推測するしか方法がないのが現状である。

もう一つの要素である推進力についても、矢内 (2005) によると、それを作り出す本当の仕組みはまだ解明されておらず、水泳時の推進力の明確な定義は困難とされている。そのため、推進力計測のための方法論はいまだ確立されていないのが現状である。

先行研究において、推進力の計測として試されてきた様々な方法の中で、泳者がロープにより固定された状態で泳いだ際の牽引力の測定は古くから行われている。これは現在のコーチング現場においては、ロードセルや張力計を用いることで比較的簡便に実施可能な方法である。多くの先行研究では、この様な方法で測定された牽引力と泳速度の相関関係は無い (田場ほか 2000, 森ほか 2014, 滝瀬・増原 1980) とされている。しかし、これらの研究は個人間の関係を横断的に研究されたものである。その二変量の間を十分に検討するためには、個人内の変位を縦断的に研究する必要があると考える。しかし、これまでの研究には、競泳選手のトレーニングを経た中での、個人内における牽引力と泳速度の変化の関係を縦断的に扱ったものはほとんど無い。

更に、これまでの牽引力に関する研究は、クロールに関するものが多い。一

方で、四泳法中で最も推進力が高いとされる平泳ぎ（森ほか 2014, Morouco 2011）の研究は少ない。平泳ぎの特徴としては 1 ストローク中の前進スピード変動が大きく、推進力が高い反面、受ける抵抗も大きい。このことから、他の泳法よりも技術的に難しい泳法とされ、その泳速度は一泳法の中で最も遅いという特徴を持つとされる（公益財団法人日本水泳連盟 2012）。

I-3 仮説

上記の様な特徴を持つ平泳ぎにおいて、泳者が個人の泳速度を高める際、前進方向への推進力の増加と、推進を妨げる抵抗を減少させる避抵抗技術レベルの向上が関与すると推測される（Maglischo 2005）。そして、推進力の増加を生じる要素のひとつとして、ロープ牽引泳による牽引力の増加があると推測される。つまり、個人内で泳速度に増減が生じる際、その個人が有する牽引力の増減と関係性を有するものと考えられる。ただし、泳者は抵抗の増減による影響を受けることが推測されるため、避抵抗技術レベルが劣るか低下した場合には、その関係性は薄くなるとも考えられる。

I-4 問題提起

前述の様に、実際のコーチング現場において、推進力と抵抗を定量化するための測定方法は、特殊な環境が必要なため実用が困難である。また、泳速度の向上へ向けたトレーニングに対しての測定方法の有効性は、いまだ十分に検討されていないのが現状である。

この様な現状から、実際のコーチング現場においては、レースにおける泳速度の向上のためのトレーニングを遂行するための有効な評価手段が求められている。そのためには、多少の誤差が生じつつも、簡便で実施可能な推進力と抵抗の測定方法が必要であることが問題として提起される。

I-5 目的

そこで本研究は、四泳法で最も推進力が高い平泳ぎを対象とし、泳速度の決定要素の一つである推進力をロープ牽引泳時の牽引力に置き換え、その牽引力と泳速度の関係を、縦断的な視点から明らかにすることを目的とした。このロープ牽引泳による牽引力の測定方法がレースにおける泳速度の向上へ向けたトレーニングの指標として、実際のコーチング現場において有効な手段と成りうるかを、コーチングの視点から検討した。

第Ⅱ章 方法

研究方法の概略図を図 1 に示した。短距離パフォーマンスの向上に有効とされるトレーニング（荻田ほか 2004）を一定期間介入することにより，最大推進パワーの向上を図り，この前後に，泳者が最大努力で泳いだ際のロープ牽引泳による牽引力（以下「牽引力」と略す）と，同様な条件での泳速度（以下「牽引泳速度」と略す）を測定し，個人内における牽引力と牽引泳速度の各変位の関係を検討した。

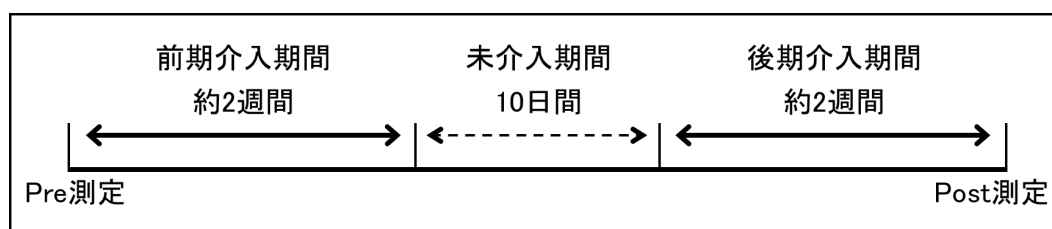


図1 研究方法の概略図

Ⅱ-1 被験者

被験者の身体特性と平泳ぎ種目における自己最高記録を表 1 に，また，被験者の競技レベルを比較するための参考として，競泳競技における代表的な種目である自由形と，本研究の対象である平泳ぎの日本記録における FINA ポイントを表 2 に示した。

表1 被験者の身体特性と自己最高記録（長水路プールにおける公認記録）

被験者 N=6	性別 (男女)	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	自己最高記録		
					50m種目	100m種目	200m種目
A	男	18	172	74.5	29秒64	1分03秒68	2分16秒29
B	男	20	171	67.9	28秒47	1分02秒28	2分19秒6
C	男	20	177	73.5	29秒10	1分01秒55	2分11秒81
D	女	22	172	60.4	31秒76	1分08秒50	2分27秒86
E	男	21	179	77.6	28秒34	1分01秒10	2分12秒01
F	男	22	174	61.8	29秒23	1分02秒87	2分13秒87
被験者の FINA Points の平均※(全平均 817)					785	827	838

※ 国際水泳連盟 (FINA) が制定している Points Table 2014 を基準に, FINAポイントに換算した値を示した (FINA 2014).

表2 日本記録におけるFINAポイント（2014年7月時点での長水路プールにおける公認記録）

種目	性別 (男女)	50m		100m		200m	
		日本記録	FINA Points*	日本記録	FINA Points*	日本記録	FINA Points*
平泳ぎ	男	27秒30	932	58秒90	977	2分07秒01	1000
	女	31秒04	856	1分05秒88	931	2分20秒72	966
自由形	男	21秒88	872	48秒49	905	1分45秒24	910
	女	25秒14	841	54秒00	896	1分57秒37	891

※ 国際水泳連盟 (FINA) が制定している Points Table 2014 を基準に, FINAポイントに換算した値を示した (FINA 2014)。

被験者は W 大学水泳部に所属する競泳選手で, 水泳競技に十分習熟し, 日頃から良く鍛錬された平泳ぎを専門とする選手 6 名であった。また, 被験者の競技レベルは日本学生選手権出場レベルから日本選手権上位入賞レベルにあり, 客観的な競技レベルを表すための国際水泳連盟が制定する FINA ポイントの平均が 817 ポイントと高く, 国内トップレベルであった。

II-2 測定方法

1) 牽引力の測定方法

牽引力の測定方法の概略図を図 2 に示した。

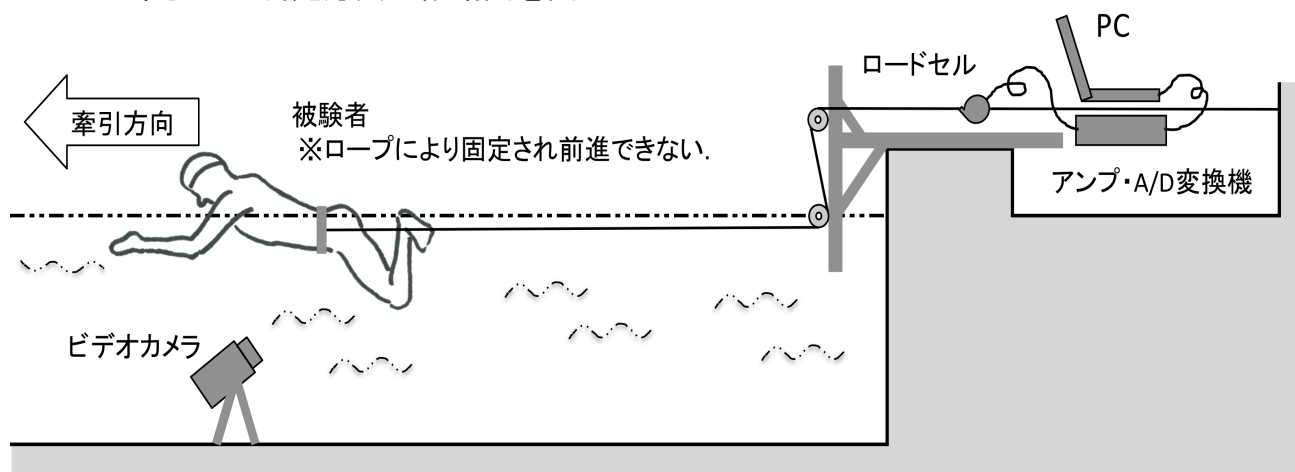


図2 牽引力の測定方法の概略図

牽引力の測定にはロードセル (LU50KSB34, Kyowa 社製, 以下「ロードセル」と略す) を用いた。ロードセルをプールサイドに設置し, 非伸縮性の牽引ロー

プを介して、泳者の腰に装着したベルトに固定した。牽引力の測定では、泳者は牽引ロープにより、ロードセルと繋がれているため、泳いても前進することなく、ロープが張った状態の壁から約5mの位置に留まる。この状態で、泳者が泳動作によって牽引する力をロードセルが計測し、そこから送られてくる電気信号をアンプ（DPM-711B, Kyowa 社製）により増幅させ、その信号をA/D変換機（Power lab, Instruments 社製）を用いてサンプリング周波数1000HzでPCに送り記録した。この際、データ記録の補助として、泳ぎ出す壁から5m付近の水深約1mの位置で、デジタルビデオカメラ（Xacti DMX-CA9, 三洋電機製）により、全ての試技における泳動作を水中から撮影した。

2) 牽引泳速度の測定方法

牽引泳速度の測定方法の概略図を図3に示した。

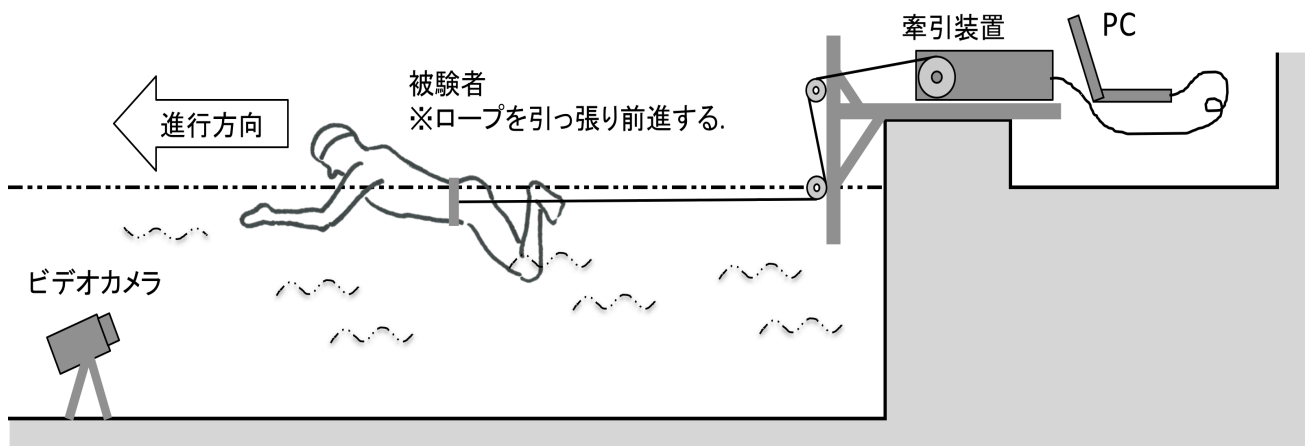


図3 牽引泳速度の測定方法の概略図

牽引泳速度の測定には牽引装置（“Swim power Trainer”，Hector Engineering CO., Inc., USA, 以下「牽引装置」と略す）を用いた。牽引力の測定と同様に、牽引装置はプールサイドに設置し、非伸縮性の牽引ロープを介して、泳者の腰に装着したベルトに固定した。泳者が壁から泳ぎ出し、前進してロープを引っ張るのに伴って牽引装置から牽引ロープが引き出され、その際

の牽引泳速度データを牽引装置が 100Hz で記録し、測定した。この際、データ記録の補助として、泳ぎ出す壁から 12.5m 付近の水深約 1m の位置でデジタルビデオカメラ（Xacti HX-WA10, 三洋電機製）により、全ての試技における泳動作を水中から撮影した。

II-3 測定試技

本研究の実験における、測定試技の内容を表 3 に示した。

表3 測定試技の内容

測定項目	試技 (No.)	ストロークタイム (sec/stroke)	想定競技距離 (m)	設定強度	運動時間 (sec)
牽引泳速度 (m/sec)	1	1.9	200	最大努力	15
	2	1.4	100	最大努力	15
	3	0.9	50	最大努力	15
牽引力 (N)	4	1.9	200	最大努力	15
	5	1.4	100	最大努力	15
	6	0.9	50	最大努力	15

※各試技の間には2分間以上の十分な休息を設けた。

測定では、牽引泳速度と牽引力で、それぞれ 3 種類の試技を実施した。平泳ぎ動作の両腕によるプル動作 1 回、それに続く両脚のキック動作 1 回が完結する 1 つの周期を 1 ストロークサイクルとし、その所要時間（ストロークタイム、以下「ST」と略す）を 3 種類設定した（豊川ほか 2014, 公益財団法人日本水泳連盟科学委員会 2014）。3 種類設定した理由の一つは、被験者が ST を設定した値の通り実施することは困難と予想され、ST が設定値から増減すると牽引泳速度と牽引力の測定値に影響するためである（Maglischo 2005）。この 3 種類の試技から得た三つのデータの回帰式を求めることで、ST の誤差を調整した。もう一つの理由は、平泳ぎは、競技会において定められた競技距離が 50m, 100m, 200m の

三種目あるが、それぞれ ST が異なる傾向がみられるためである（公益財団法人日本水泳連盟科学委員会 2014）。そのため、この実験における試技では、第 90 回日本選手権のレース分析表（公益財団法人日本水泳連盟科学委員会 2014）を参考に ST を 3 種類設定した。最も速い ST の設定値として、最も泳速度の速い競技である距離 50m レース内でみられる最大に近い ST を参考に 0.9 sec/stroke（以下「試技 0.9」と略す）とした。そして、最も遅い ST の設定値として、最も泳速度の遅い競技である距離 200m レース内でみられる最小に近い ST を参考に 1.9 sec/stroke（以下「試技 1.9」と略す）とした。また、その中間の ST の設置値として、距離 100m レース内でみられる ST を参考に 1.4 sec/stroke（以下「試技 1.4」と略す）と設定した。

そして、全ての試技は 15 秒間を全力で行わせた。全力を発揮する時間として 15 秒間の設定はやや長い時間であるが、仮に設定を 10 秒間とすると動作が数ストロークで終了してしまう可能性がある。そこで、本研究では安定したデータを記録するために 15 秒間の設定とした。また、全ての試技の間には、2 分以上の回復に十分な休息時間を挟み実施した。

なお、試技の前には約 20 分間の準備体操と約 30 分間のウォームアップを実施した。その際、被験者には、験者によるストップウォッチの計測によって ST を管理し、設定した 3 種類の ST に合わせるための練習を行わせた。

また、測定の実施環境は表 4 に示した通りである。なお、Pre と Post では水温が異なるが、同日とも問題の無い条件で測定された。

表4 測定の実施環境

実験	期日	時間	場所	室温 (°C)	水温 (°C)
Pre	平成26年7月18日（金）	午前	早稲田大学所沢キャンパス アクアアリーナ	29.0	29.2
Post	平成26年8月29日（金）	午前		29.0	27.4

Ⅱ-4 介入方法

Pre 実験から Post 実験にかけての約 6 週の期間の内、約 4 週の期間（2 週間 × 2 回）、短距離パフォーマンスの向上に有効とされる流水プールを用いたトレーニングプログラム（荻田ほか 2004）を参考に、被験者に対してトレーニングを導入した。導入したトレーニングプログラムの概略図を図 4 に示した。

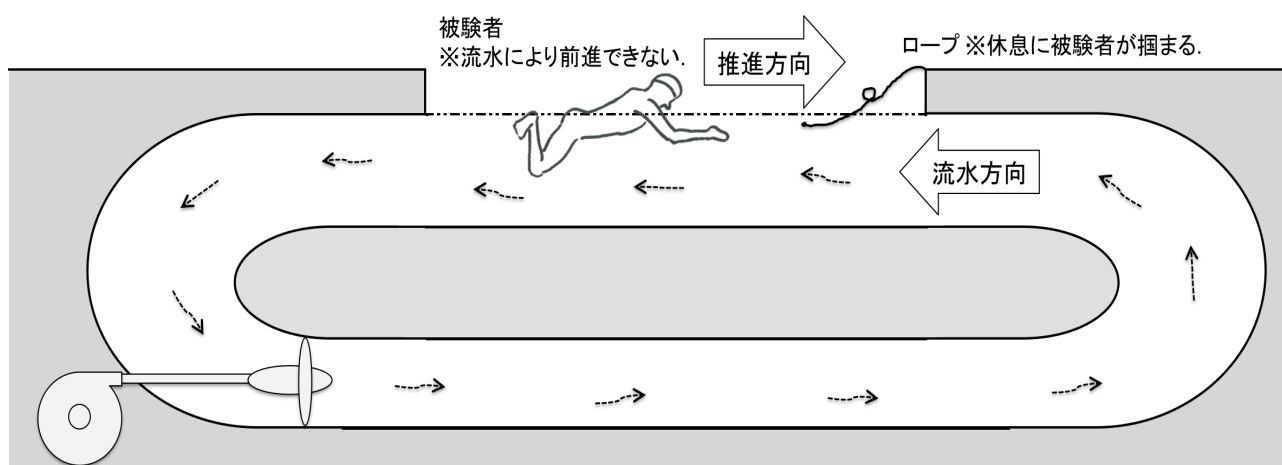


図4 介入したトレーニングプログラムの概略図

導入したトレーニングプログラムは流水プール（AQUAGYM TPS-5020、石川島播磨重工業株式会社製）を用いて行った。これはドーナツ型の回流水槽内の水を、モーターの動力によって流水させることができる。この際の流水速度は、操作盤によって 0.01 m/s 単位で設定できる。泳者は上部の水槽内で、前方からの流れに逆らう様に泳ぎ、休息中は設置されたロープに掴まる。

プログラムの内容は表 5 に示した。

表5 介入したトレーニングプログラム（流水プールにおける流水泳）

開始日	終了日	頻度	内容	休息
平成26年7月21日（月）	平成26年8月4日（月）	1回/日×週5日 （月、火、木、金、土）	10秒の最大努力泳×8回	20秒
平成26年8月15日（金）	平成26年8月28日（木）		5秒の最大努力泳×8回	10秒

泳者にとって最大努力での泳運動時の泳速度に近い状態に設定した流水速度の中で、10 秒間の泳運動を 20 秒間の休息を挟みながら 8 回繰り返す間欠的運動とした。被験者は笛の合図で泳運動を開始し、次の笛の合図で終了し休息に入り、これを繰り返す。これを 1 日に 1 回、週に 5 日の頻度で 2 週間実施した。

参考としたプログラムでは、5 秒間の泳運動を 10 秒間の休息を挟むものであった。しかし、これはクロールを対象としているため、本研究では、対象の平泳ぎとのストローク頻度の違いを考慮し、介入期間の前半の約 2 週間は 10 秒間の全力泳を 20 秒間の休息を挟んで実施するプログラムに修正して行った。その理由として、平泳ぎでは、被験者が流水プールでのトレーニングプログラムに不慣れな状態で、仮に泳運動を 5 秒間の設定として実施した場合、笛の合図に反応して泳運動を開始してから、次の笛の合図までに 3-4 ストロークで泳ぎが終わってしまう可能性があったためである。そのため、予め運動時間の設定を 10 秒間とし、それに合わせて休息時間を 20 秒間と設定して実施した。また、途中の約 2 週間は、被験者が他施設での合宿に参加したことにより流水プールを使用できなかったため、介入を中断した。後半の 2 週間は、被験者が流水プールでのトレーニングプログラムに慣れたため、先行研究と同様に 5 秒間の全力泳を 10 秒間の休息を挟んで実施した。なお、介入期間中の被験者によるトレーニングプログラム実施率は、前半期間が 97%、後半期間が 88%であった。

II-5 分析方法

牽引力のデータは 1000Hz、牽引泳速度のデータは 100Hz でサンプリングし、それぞれ PC に取り込んだ。どちらのデータも高い値で安定した 3 ストロークサイクルをサンプルとして抽出し、牽引泳速度は (m/s) は平均値を、牽引力は 1 ストロークあたりの力積 (N・s) と最大値 (N) を代表値とした。

全ての検定は、SPSS 統計ソフトを使用し、有意水準 5%未満 ($p < .05$) で有意

性のあるものとした。なお，測定データの正規性を検討するため，Shapiro-Wilk 検定を用いて検定を行った。検定の結果から，測定データが正規分布していることを確認した上でパラメトリックな検定法を用いて分析した。

Ⅱ-5-1 ストロークタイム (ST) の調整

分析するにあたって，各試技における ST の設定値に対し，実際の ST の値に差が生じた点を調整した。まず，実験の Pre と Post での差を確認するため，対応のある t 検定を用いて検定した。

被験者毎に牽引泳速度と牽引力のそれぞれに，また実験の Pre と Post のそれぞれにおいて測定された各三つのデータから回帰式を求めた。その回帰式に各試技の ST 設定値である 1.9, 1.4, 0.9 を代入し，そこから調整値を求めて分析に使用した。

被験者 E の Pre 測定における牽引泳速度の調整例を図 5 に示した。

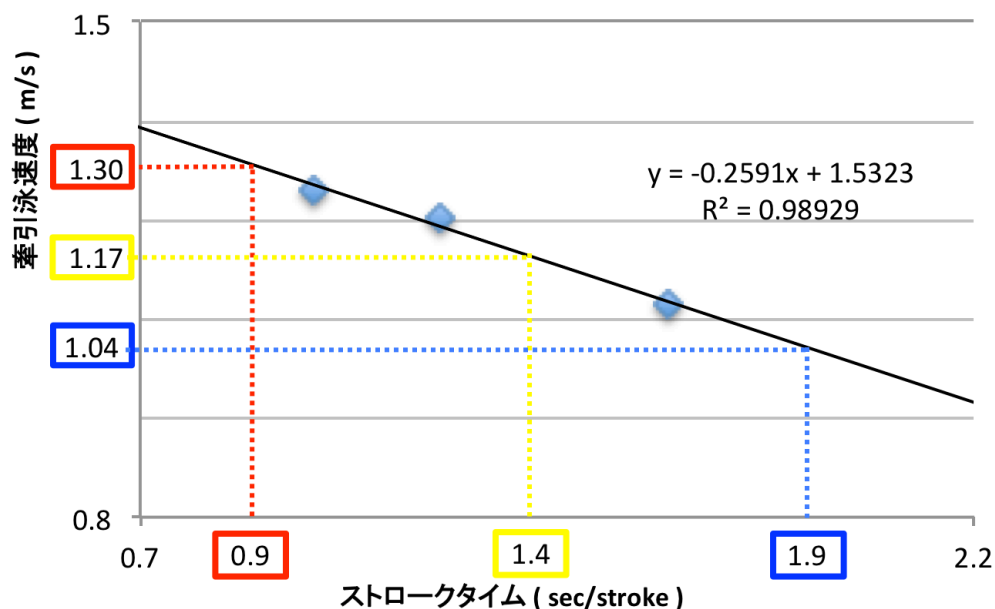


図5 被験者EのPre測定における牽引泳速度の調整

この例では，試技 1.9 は 1.04 (m/s)，試技 1.4 は 1.17 (m/s)，そして試技 0.9 は 1.30 (m/s) が牽引泳速度の調整値として求められた。

Ⅱ-5-2 分析 1: 各分析項目における Pre-Post の比較

介入したプログラムによるトレーニングを約 4 週間行わせ、その前後で牽引力と牽引泳速度の値に変化があったかどうかを検討した。牽引力の 1 ストロークあたりの力積、牽引力の最大値、および牽引泳速度の平均値の三つの変数について、各試技において、Pre-Post 実験で差があったかの検討を、対応のある t 検定を用いて行った。

Ⅱ-5-3 分析 2: 牽引力と牽引泳速度の横断的な関係

Pre と Post のそれぞれの実験での各試技において、牽引力と牽引泳速度に関係性があったかどうかを横断的に検討した。なお、牽引力は 1 ストロークあたりの力積と最大値のそれぞれで検討した。Pearson の積率相関分析を用いて、各試技の中での二つの変数の関係を検討した。

Ⅱ-5-4 分析 3: 牽引力と牽引泳速度の縦断的な関係

介入したプログラムによるトレーニングを、約 4 週間行わせ、その前後に測定した牽引力と牽引泳速度の関係性を、Pre-Post 間の変位から縦断的に検討した。なお、牽引力は 1 ストロークあたりの力積と最大値のそれぞれで検討した。また、分析 2 と同様の検定を用いて検討した。

Ⅱ-5-5 分析 4: コーチングの視点による検討

本研究は被験者が 6 名と少ないため、統計的な分析だけでは十分な検討が難しいと判断した。また、チャンピオンを目指す様なトップレベルの選手は、他の選手と比べてユニークな能力を有している特徴が多々みられる (Counsilman 1983) ことから、個々の特徴を検討することが必要であると考えた。そこで、各被験者のデータからその特徴をコーチングの視点により考察した。

この考察では、各試技の測定において、設定された ST に近い値で実施され、かつ Pre と Post で ST が比較的一定であった被験者を対象とした。その理由は、回帰式から求めた調整値では、実際の泳動作中の牽引力の変化が示されないからである。一方で実際の測定データは、試技における泳動作による泳運動時間と合致した値の変化を示すことが可能である。そのため、対象とするデータの表と、その変化を視覚化したグラフを考察に用いた。

第Ⅲ章 結果および考察

Ⅲ-1 ストロークタイム (ST) の調整

牽引力の測定における, 各試技での実際の ST を表 6 に示した.

表6 牽引力の測定における, 各試技での実際のストロークタイム (sec/stroke)

被験者 N=6	Pre			Post		
	試技1.9	試技1.4	試技0.9	試技1.9	試技1.4	試技0.9
A	1.485	1.062	0.811	1.846	1.391	0.915
B	1.523	1.424	1.080	1.639	1.412	1.059
C	1.537	1.428	1.160	1.625	1.507	0.942
D	1.912	1.504	0.992	1.872	1.500	1.071
E	1.581	1.277	1.037	2.187	1.427	0.906
F	1.323	1.131	0.801	2.229	1.661	0.757
平均	1.560	1.304	0.980	1.900	1.483	0.942

表 6 にある通り, 被験者によっては同じ ST に設定された試技における Pre-Post 間で, 実際の ST に大きな違いが認められた. 検定の結果においても, 試技 1.9 ($t=-2.304$, $df=5$, $p=.069$) と, 試技 1.4 ($t=-2.057$, $df=5$, $p=.095$) において, 10%水準で有意な傾向を示した.

同様に、牽引泳速度の測定における、各試技での実際の ST を表 7 に示した。

表7 牽引泳速度の測定における、各試技での実際のストロークタイム (sec/stroke)

被験者 N=6	Pre			Post		
	試技1.9	試技1.4	試技0.9	試技1.9	試技1.4	試技0.9
A	1.21	1.06	0.91	1.56	1.38	1.01
B	1.53	1.18	1.22	2.10	1.59	1.10
C	1.45	1.40	1.22	1.63	1.38	0.90
D	1.73	1.65	1.11	1.74	1.51	1.13
E	1.65	1.24	1.01	1.78	1.32	1.06
F	1.64	1.39	1.01	1.60	1.44	0.92
平均	1.53	1.32	1.08	1.73	1.44	1.02

† p=.084

ここでも、表 7 にある通り、被験者によっては同じ ST に設定された試技における Pre-Post 間で、実際の ST に大きな違いが認められた。検定の結果においても、試技 1.9 ($t=-2.186$, $df=5$, $p=.084$) と、10%水準で有意な傾向を示した。

この様な ST のずれを回帰式により調整した値を表 8 に示した。ここで求めた調整値を各分析に用いた。

表8 ストロークタイム (sec/stroke) の調整: 回帰式から求めた各試技の調整値

被験者	試技の設置 (sec/stroke)	牽引力 = 力積 (N・s)		牽引力 = 最大値 (N)		牽引泳速度 (m/s)	
		Pre調整値	Post調整値	Pre調整値	Post調整値	Pre調整値	Post調整値
A	回帰式 (y=)	-64.911x2+159.83x+58.303	-58.556x2+147.94x+63.459	-18.016x+46.04	-15.578x+54.587	-0.5569x+1.8438	-0.2845x+1.619
	決定係数 (R ² =)			0.9986	0.73761	0.98268	0.98625
	試技1.9	127.65	133.16	11.81	24.99	0.79	1.08
	試技1.4	154.84	155.81	20.82	32.78	1.06	1.22
	試技0.9	149.57	149.17	29.83	40.57	1.34	1.36
B	回帰式 (y=)	-140.38x2+370.55x-71.87	74.773x2-201.41x+300.56	-19.964x+46.717	-22.572x+61.424	-0.2793x+1.5737	-0.2903x+1.6508
	決定係数 (R ² =)			0.99883	0.90828	0.97736	0.995
	試技1.9	125.40	187.81	8.79	18.54	1.04	1.10
	試技1.4	171.76	165.14	18.77	29.82	1.18	1.24
	試技0.9	147.92	179.86	28.75	41.11	1.32	1.39
C	回帰式 (y=)	-149.53x2+452.8x-160.3	-68.735x2+189.96x+35.888	-13.603x+41.55	-26.765x+69.974	-0.2446x+1.6156	-0.2426x+1.624
	決定係数 (R ² =)			0.66749	0.95386	0.89569	0.9546
	試技1.9	160.22	148.68	15.70	19.12	1.15	1.16
	試技1.4	180.54	167.11	22.51	32.50	1.27	1.28
	試技0.9	126.10	151.18	29.31	45.89	1.40	1.41
D	回帰式 (y=)	-26.363x2+90.115x+65.581	-113.26x2+335.88x-94.467	-9.2172x+32.832	-18.247x+53.773	-0.3265x+1.5882	-0.192x+1.4302
	決定係数 (R ² =)			0.97161	0.91694	0.99194	0.96916
	試技1.9	141.63	134.84	15.32	19.10	0.97	1.07
	試技1.4	140.07	153.78	19.93	28.23	1.13	1.16
	試技0.9	125.33	105.89	24.54	37.35	1.29	1.26
E	回帰式 (y=)	-101.43x2+276.74x-41.221	-35.38x2+104.05x+64.434	-13.546x+38.024	-8.2934x+43.526	-0.2591x+1.5323	-0.2639x+1.6103
	決定係数 (R ² =)			0.92305	0.92622	0.96354	0.99985
	試技1.9	118.42	134.41	12.29	27.77	1.04	1.11
	試技1.4	147.41	140.76	19.06	31.92	1.17	1.24
	試技0.9	125.69	129.42	25.83	36.06	1.30	1.37
F	回帰式 (y=)	-159.75x2+373.18x-92.585	-26.71x2+69.095x+77.081	-5.4357x+27.887	-7.0558x+43.305	-0.2745x+1.5914	-0.2073x+1.5181
	決定係数 (R ² =)			0.33034	0.68285	0.96354	0.99596
	試技1.9	39.76	111.94	17.56	29.90	1.07	1.12
	試技1.4	116.76	121.46	20.28	33.43	1.21	1.23
	試技0.9	113.88	117.63	22.99	36.95	1.34	1.33

Ⅲ-2 分析1の結果および考察

Ⅲ-2-1 牽引力の1ストロークあたりの力積

測定の結果を図6に示した。

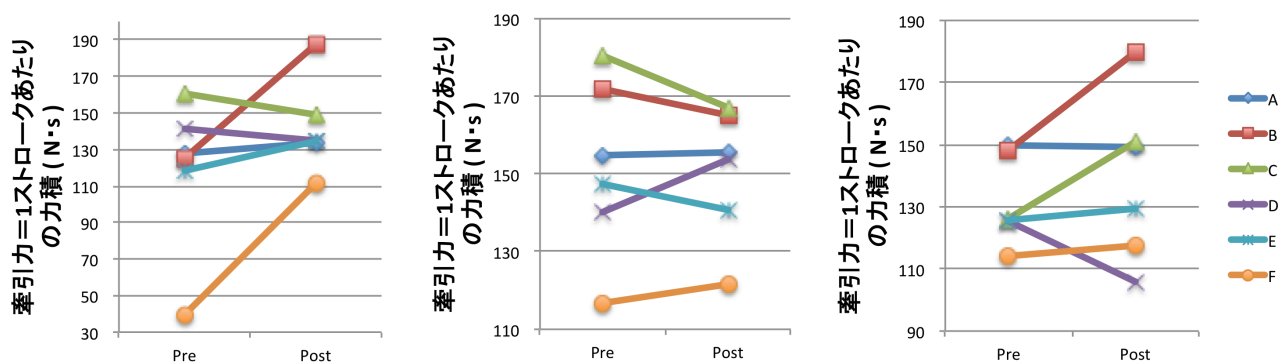


図6-1 試技1.9 (sec/stroke)

図6-2 試技1.4 (sec/stroke)

図6-3 試技0.9 (sec/stroke)

図6 牽引力の1ストロークあたりの力積 (N・s) の測定結果

牽引力の1ストロークあたりの力積では、いずれの試技においても Pre から Postにかけて向上した例と低下した例が混在した。検定の結果を図7に示した。Pre-Post 間には、いずれの試技においても有意差が認められなかった (試技 1.9: $t=-1.571$, $df=5$, $p=ns$, 試技 1.4: $t=.308$, $df=5$, $p=ns$, 試技 0.9: $t=-.982$, $df=5$, $p=ns$)。

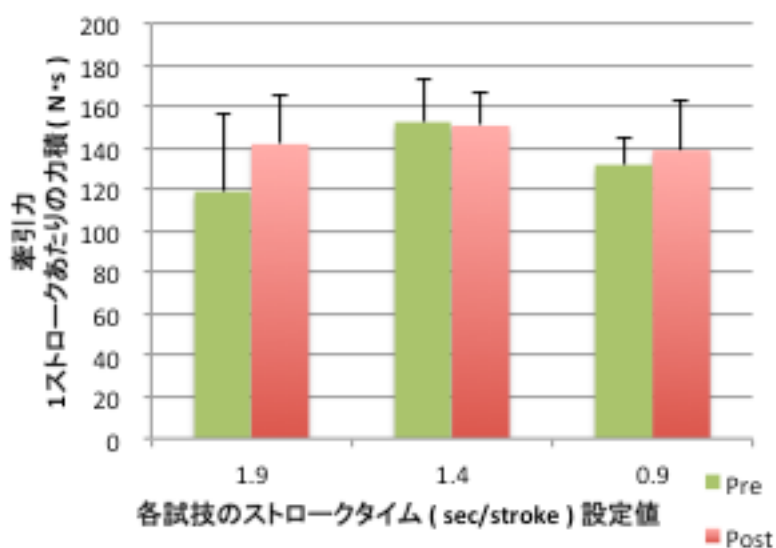


図7 PreとPostにおける、
牽引力=1ストロークの力積 の平均値の差 (N=6)

Ⅲ-2-2 牽引力の最大値

測定の結果を図 8 に示した。

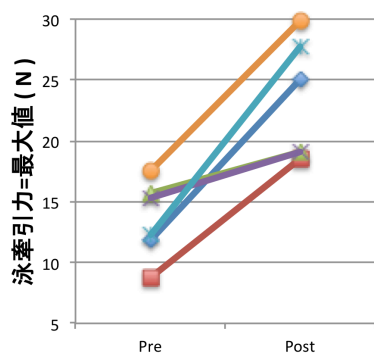


図8-1 試技1.9 (sec/stroke)

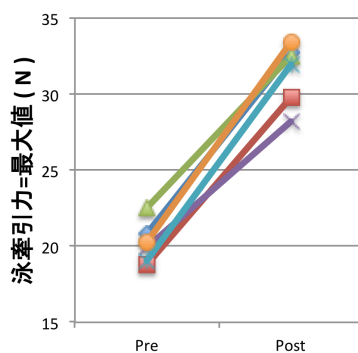


図8-2 試技1.4 (sec/stroke)

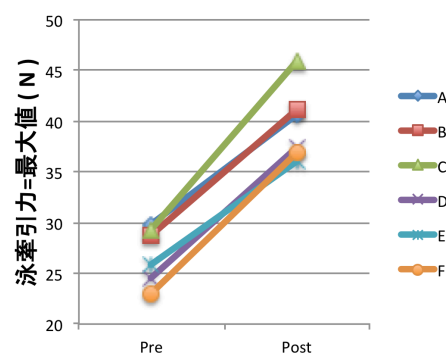


図8-3 試技0.9 (sec/stroke)

図8 牽引力=最大値 (N) の測定結果

牽引力の最大値では、全ての試技において、Pre から Post にかけて値が向上していた。検定の結果を図 9 に示した。Pre-Post 間には、全ての試技で有意差が認められた (試技 1.9: $t=-4.695$, $df=5$, $p=.005$, 試技 1.4: $t=-14.904$, $df=5$, $p=.000$, 試技 0.9: $t=-13.558$, $df=5$, $p=.000$)。

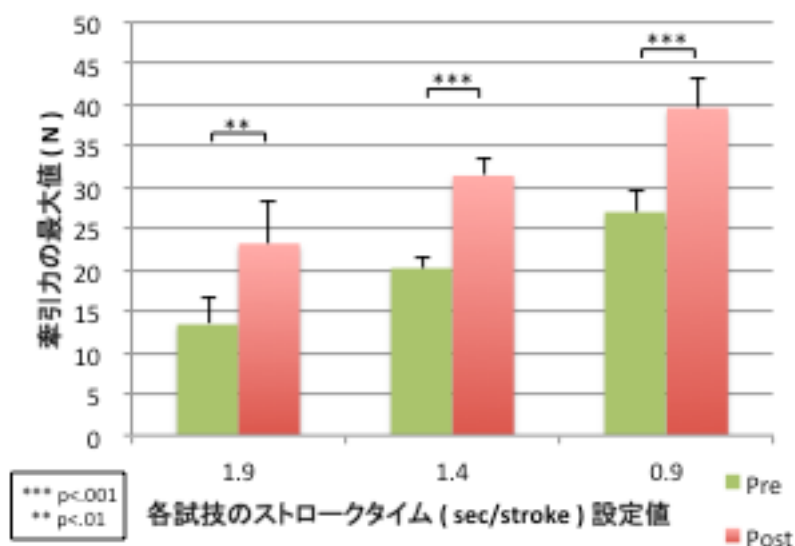


図9 PreとPostにおける、牽引力=最大値 の平均値の差 (N=6)

Ⅲ-2-3 牽引泳速度

測定の結果を図 10 に示した。

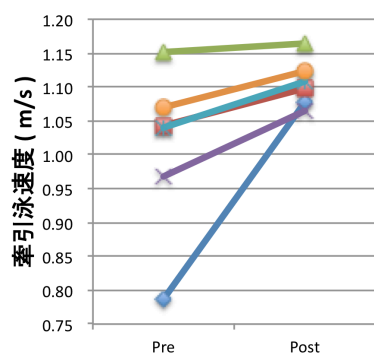


図10-1 試技1.9 (sec/stroke)

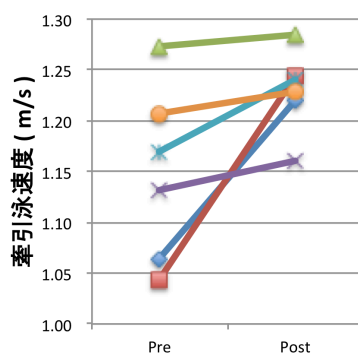


図10-2 試技1.4 (sec/stroke)

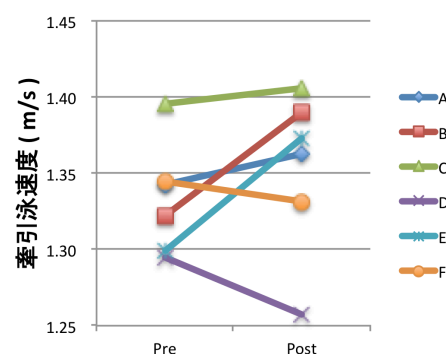


図10-3 試技0.9 (sec/stroke)

図10 牽引泳速度 (m/s) の測定結果

牽引泳速度では，試技 0.9 の被験者 D と F の値を除いた，全ての試技において，Pre から Post にかけて向上した．検定の結果を図 11 に示した．試技 1.4 における Pre と Post の二つの平均値間には有意差が認められた（ $t=-2.691$ ， $df=5$ ， $p=.043$ ）．また，試技 1.9 の Pre-Post 間には有意な傾向があった（ $t=-2.381$ ， $df=5$ ， $p=.063$ ）．試技 0.9 の Pre-Post 間には有意差は認められなかった（ $t=-1.138$ ， $df=5$ ， $p=n.s.$ ）．

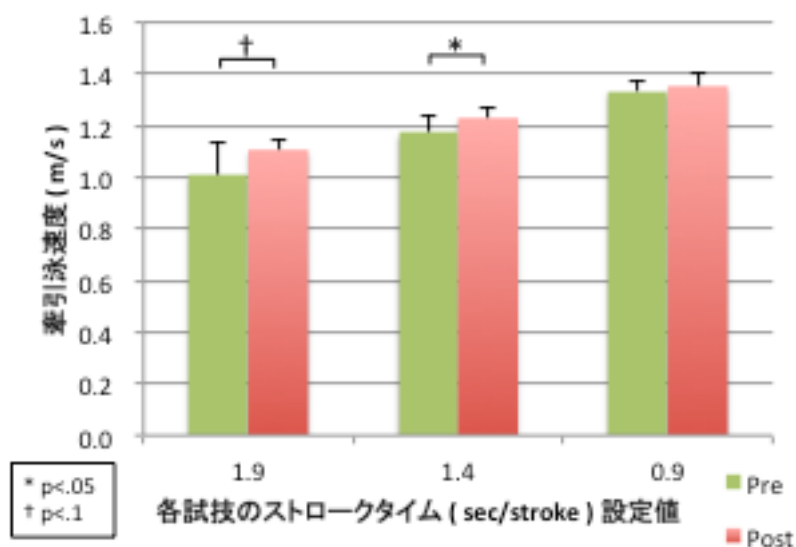


図11 PreとPostにおける，牽引泳速度の平均値の差（N=6）

以上の結果から分析 1 を考察する。まず、本研究で介入したトレーニングプログラムは、図 7 と図 9 が示す通り、平泳ぎの牽引力の最大値（N）と牽引泳速度（m/s）を向上させることに對し、一定の効果があつたと考えられる。一方で、図 5 が示す通り、牽引力の 1 ストロークあたりの力積（N・s）を向上させることに對しては効果が無かつたと考えられる。

Ⅲ-3 分析 2 の結果および考察

分析 2 の結果を表 9 と表 10 に示した。ここでは牽引泳速度と牽引力（1 ストロークあたりの力積，最大値）の二つの変数の関係を横斷的に検討したが，先行研究と同様に，どの試技においても相関が認められなかつた（ $p = n.s$ ）。

表9 牽引泳速度（m/s）と牽引力の1ストロークあたりの力積（N・s）との関係

	試技1.9		試技1.4		試技0.9	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
相関係数（ r ）	-0.063	0.008	0.254	0.231	-0.039	0.797
有意確率（ p ）	0.905	0.988	0.627	0.659	0.941	0.058

表10 牽引泳速度（m/s）と牽引力の最大値（N）との関係

	試技1.9		試技1.4		試技0.9	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
相関係数（ r ）	0.333	0.059	0.353	0.605	0.463	0.611
有意確率（ p ）	0.518	0.912	0.493	0.203	0.356	0.197

Ⅲ-4 分析 3 の結果および考察

分析 3 の結果を表 12 と表 13 に示した。実験の Pre と Post の期間に生じた，牽引力（1 ストロークあたりの力積，最大値）と牽引泳速度との二つの変位の間には，どの試技においても相関が認められなかつた。

表12 牽引力=1ストロークあたりの力積 (N・s) と牽引泳速度 (m/s) との関係

	試技1.9	試技1.4	試技0.9
相関係数 (r)	-0.225	0.023	0.601
有意確率 (p)	0.668	0.965	0.207

表13 牽引力=最大値 (N) と牽引泳速度 (m/s) との関係

	試技1.9	試技1.4	試技0.9
相関係数 (r)	0.371	0.326	-0.467
有意確率 (p)	0.469	0.528	0.35

Ⅲ-5 分析 4 の結果および考察

各試技の測定において、設定された ST に近い値で測定され、かつ Pre と Post で ST が比較的一定であった被験者のデータを表とグラフに示し、牽引泳速度 (m/s) と牽引力の最大値 (N) の関係について、コーチングの視点から検討した。

Ⅲ-5-1 試技 1.9

試技 1.9 は、200m のレース距離における ST を想定した、最も遅い ST の試技である。この試技では被験者全員に牽引泳速度の向上 (平均 111%) と、牽引力の最大値の向上 (平均 178%) がみられた。この試技の特徴は先行研究 (田場ほか, 2000: 森岡ほか, 2001: 滝瀬・増原, 1980) で述べられている通り、他の二つの試技と比較し、牽引泳速度と牽引力の最大値の双方の値が小さかった。ここでは実際の測定の Pre と Post が共に、設定値 1.9 に比較的近い ST で実施された被験者 3 名の結果を検討する。

1) 被験者 D

被験者 D の測定結果を表 13 に示した。Pre と Post が共に設定値 1.9 に近い ST で実施され、牽引力の最大値 (142%) と牽引泳速度 (110%) が大きく向上している。

表13 被験者Dの試技1.9の測定値

	測定項目	Pre	Post	差
回帰による値:	牽引泳速度 (m/s)	0.97	1.07	0.10
	牽引力=最大値 (N)	15.32	19.10	3.78
実際の測定値:	ストロークタイム (sec/stroke)	1.912	1.872	-0.041
	牽引力=最大値 (N)	14.74	20.98	6.24

牽引力の測定値のグラフを図12に示す。牽引力の変化の特徴は1ストロークにおける二つのピークをPreからPostにかけて大きく向上させていることがわかる。Preと比べて大きな力を1ストロークの中で二回獲得できたことが、牽引泳速度の大きな向上に繋がったと考えられる。

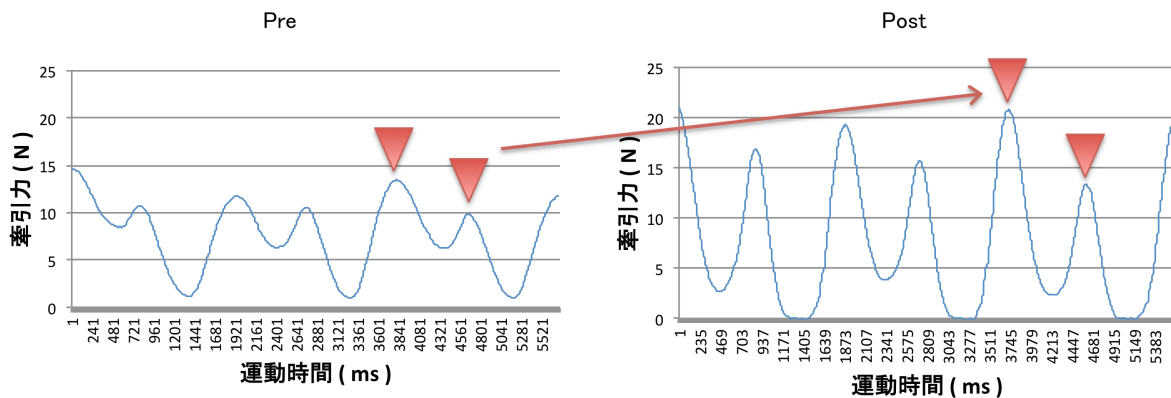


図12 被験者Dの試技1.9における牽引力測定値のグラフ

2) 被験者 B

被験者Bの測定結果を表14に示した。PreとPostのST近い値で実施され、牽引力の最大値（160%）と牽引泳速度（106%）が大きく向上している。

表14 被験者Bの試技1.9の測定値

	測定項目	Pre	Post	差
回帰による値:	牽引泳速度 (m/s)	1.04	1.10	0.06
	牽引力=最大値 (N)	8.79	18.54	9.75
実際の測定値:	ストロークタイム (sec/stroke)	1.523	1.639	0.116
	牽引力=最大値 (N)	16.17	25.89	9.72

牽引力の測定値のグラフを図 13 に示す。特徴は 1 ストロークのなかで一つのピークを大きく向上させている。これは腕のプル動作によって発揮された力であるが、このことが牽引泳速度の向上に貢献したと考えられる。

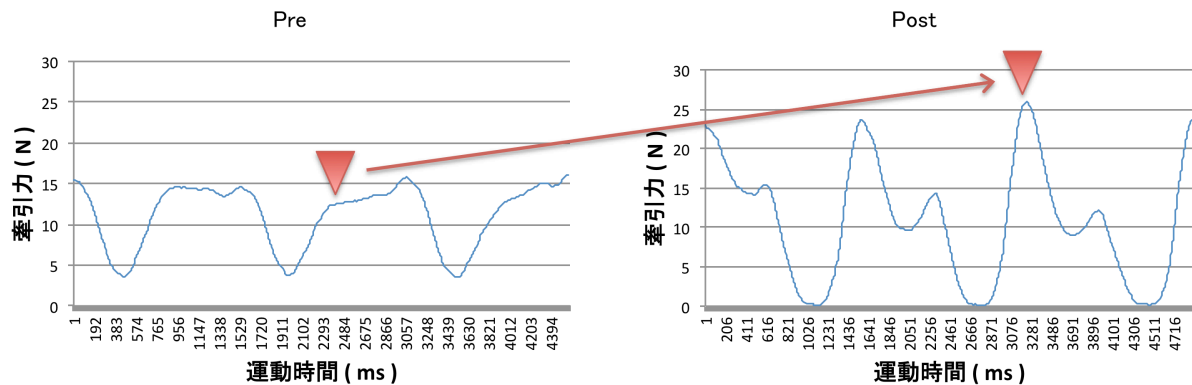


図13 被験者Bの試技1.9における牽引力測定値のグラフ

3) 被験者 C

被験者 C の測定結果を表 15 に示した。被験者 C も、Pre と Post の ST が近い値で実施されたが、牽引力の最大値（ 112% ）と牽引泳速度（ 101% ）の向上は比較的小さい。

表15 被験者Cの試技1.9の測定値

測定項目		Pre	Post	差
回帰による値:	牽引泳速度 (m/s)	1.15	1.16	0.01
	牽引力=最大値 (N)	15.70	19.12	3.42
実際の測定値:	ストロークタイム (sec/stroke)	1.537	1.625	0.088
	牽引力=最大値 (N)	21.64	24.56	2.92

牽引力の測定値のグラフを図 14 に示す。特徴はプル動作による一つ目もピークを大きく向上させたが、逆に Pre と比べて Post での二つのピークの谷が小さくなった。これは、プル動作とキック動作の間に発揮される力が小さくなったことを示している。この選手の特徴として、避抵抗技術レベルが低いことがある

げられる。このことが牽引力の向上が牽引泳速度の向上に与える効果を小さくしている可能性がある。

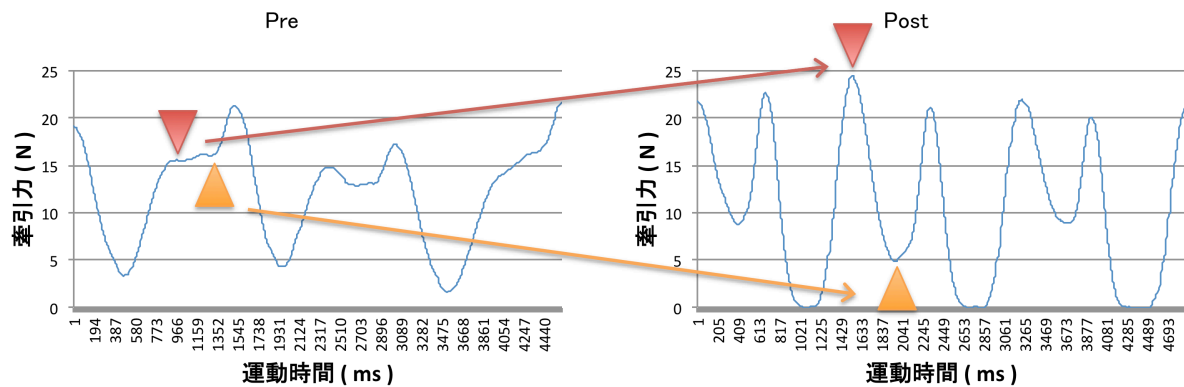


図14 被験者Cの試技1.9における牽引力測定値のグラフ

これら結果を全体としてみると、牽引泳速度の向上が大きい被験者ほど、牽引力の最大値の向上が大きくなる傾向がある。しかし、他の試技と比べると牽引力の最大値が平均して低かった。その理由としては、遅いSTでは力の発揮が小さく動作していると考えられる。実際の試技における泳動作においても、その様子は観察できた。つまり、水中では動作速度が速いほど抵抗が増して強い力が発揮できるため（財日本水泳連盟 2005, Maglischo 2005）、動作が遅い試技ほど、牽引力の最大値が小さくなっていると考えられる。このことから、試技 1.9 程度の様な遅い ST での平泳ぎであっても、プルやキックの動作を大きな力を発揮させて推進方向への力の発揮を大きくし、泳速度を向上させていると考えられる。

この結果を、コーチングによる視点から考察すると、試技 1.9 程度の遅い ST の平泳ぎでは、腕によるプル動作と脚によるキック動作から発揮される推進方向への力をそれぞれ大きくすることが、泳速度の向上に貢献することが考えられる。しかし、被験者 C の様に避抵抗技術の水準が低い場合、力の向上に対する速度の向上が小さくなるため、泳速度の向上に対する効果が低くなるとも考

えられる。そのため、牽引力の向上と共に、大きな力を発揮する動作の間での姿勢を改善し、より抵抗が小さくなる姿勢を身につけることが泳速度の向上に繋がると考えられる。

Ⅲ-5-2 試技 1.4

試技 1.4 は 100m のレース距離における ST を想定した試技である。この試技では被験者 6 名の全員に牽引泳速度の向上（平均 105%）と、牽引力の最大値の向上（平均 156%）がみられた。ここでは実際の測定の Pre と Post が共に設定値 1.4 に近い ST で実施された被験者 5 名の結果を検討する。

1) 被験者 A

被験者 A の測定結果を表 16 に示した。Pre から Post にかけて、牽引力の最大値（144%）と牽引泳速度（115%）が大きく向上している。

表16 被験者Aの試技1.4の測定値

測定項目		Pre	Post	差
回帰による値:	牽引泳速度 (m/s)	1.06	1.22	0.16
	牽引力=最大値 (N)	20.82	32.78	11.96
実際の測定値:	ストロークタイム (sec/stroke)	1.485	1.391	-0.093
	牽引力=最大値 (N)	19.39	27.92	8.53

牽引力の測定値のグラフを図 15 に示す。牽引力の変化の特徴は 1 ストローク内における二つのピークを大きく向上させ、特に二つ目のピークであるキック動作による力を大きく向上させている。Pre と比べて大きな力を 1 ストロークの中で二回獲得できたことが、最大泳速度の大きな向上に繋がったと考えられる。被験者 E, B の結果においても、同様な特徴をみることができた。

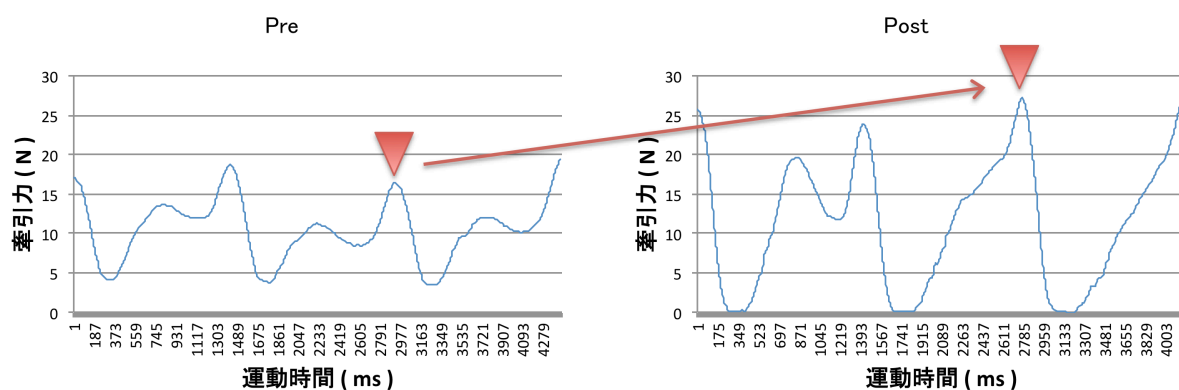


図15 被験者Aの試技1.4における牽引力測定値のグラフ

2) 被験者 D

被験者 D の測定結果を表 17 に示した。被験者 D は前述の 3 名の被験者と比べて、Pre から Post における牽引力の最大値（120%）と牽引泳速度（103%）の向上がやや小さい。

表17 被験者Dの試技1.4の測定値

測定項目		Pre	Post	差
回帰による値:	牽引泳速度 (m/s)	1.13	1.16	0.03
	牽引力=最大値 (N)	19.93	28.23	8.30
実際の測定値:	ストロークタイム (sec/stroke)	1.504	1.500	-0.004
	牽引力=最大値 (N)	19.81	23.87	4.06

牽引力の測定値のグラフを図 16 に示す。被験者 D は Pre から Post にかけて、プル動作による一つ目のピークを大きく向上させ、グラフの描く山の傾きを右から左よりに変化させている。逆に、キック動作による二つ目のピークを向上させることができていない。また、Post ではストローク間の力を発揮していない時間が長くなっていることがわかる。これはキック動作終了後から、次のストロークのプル動作の間が長くなったことを示している。

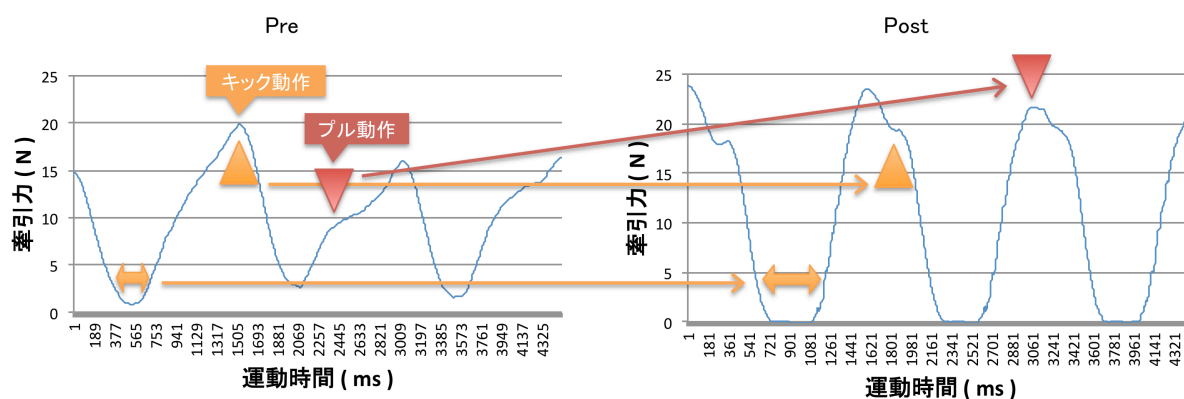


図16 被験者Dの試技1.4における牽引力測定値のグラフ

3) 被験者 C

被験者 C の測定結果を表 18 に示した。牽引力の最大値（138%）の向上は比較的大きいが、その一方で、牽引泳速度（101%）の向上は比較的小さい。

表18 被験者Cの試技1.4の測定値

測定項目		Pre	Post	差
回帰による値:	牽引泳速度 (m/s)	1.27	1.28	0.01
	牽引力=最大値 (N)	22.51	32.50	10.00
実際の測定値:	ストロークタイム (sec/stroke)	1.428	1.507	0.079
	牽引力=最大値 (N)	23.2	31.96	8.76

牽引力の測定値のグラフを図 17 に示す。特徴は、二つのピーク、特に二つ目のキック動作によるピークを大きく向上させてはいる。しかし、速度の向上が最も小さかったが、その理由としては前述の通りこの選手の避抵抗技術レベルの低いことが影響していると推測される。また、被験者 D と同様に Post ではストローク間の時間が長くなっているため、この間の抵抗が減速に繋がり、牽引泳速度の向上を妨げたと考えられる。被験者 C は避抵抗技術レベルを向上させることが牽引泳速度の向上への課題であることがこのデータから考察された。

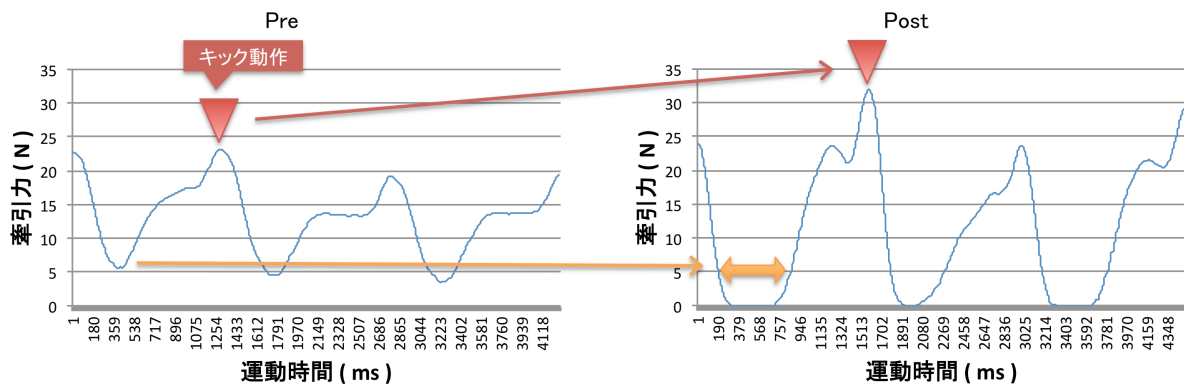


図17 被験者Cの試技1.4における牽引力測定値のグラフ

以上の結果を全体としてみると、試技 1.9 では 1 ストローク内にみられる特徴として、一つ目のピークを描くプル動作による力の発揮が最も大きくなる傾向があったのに対し、試技 1.4 では二つ目のピークを描くキック動作による力の発揮が最も大きくなる傾向がみられた。これは試技 1.9 程度の ST の平泳ぎにおいては推進方向への力の発揮をプル動作により多く依存し、試技 1.4 程度の平泳ぎにおいてはこれをキック動作により多く依存していることを表している。更に、被験者 B と C ではプル動作による力は試技 1.4 よりも試技 1.9 での値が高いことがわかった。

この結果を、コーチングによる視点から考察すると、試技 1.4 程度の平泳ぎにおけるプル動作では試技 1.9 と比べて速く動き易く、大きな力は発揮し易いが、その力を推進方向へ発揮することが技術的に難しくなっていると考えられる。一方、キック動作ではプル動作でみられる方向性をコントロールする技術的な問題は小さく、試技 1.9 程度よりも速い動きによって、一般的に上肢よりも強いとされる下肢の筋力を活かし、より大きな力が発揮されることが考えられる。この結果から、被験者 D は試技 1.4 程度の ST の平泳ぎにおいて、キック動作による力の発揮を優先する様に改善することが更なる牽引泳速度の向上に繋がると考えられる。これにより、被験者 D については新たな課題を抽出することが

できる。

以上のことから試技 1.4 では、ST の特徴によりプルとキックの各動作を速く行い易く、そのことが水中での大きな力の発揮を得易くしていることが考えられる。特にキック動作による大きな力を発揮し易く、それが泳速度の向上へ繋がっていると考えられる。また、下肢による推進力の発揮が終わるキック動作の終了と、上肢による推進力の発揮が終わるプル動作に長い間を置く必要がなく、その間のストリームライン姿勢時に生じる減速を小さく押さえることができるため、牽引力の最大値の向上が牽引泳速度の向上へと繋がり易いと考えられる。しかし、被験者 C の様に上記の間のストリームライン姿勢時の避抵抗技術レベルが低いとそれが困難になると考えられる。

Ⅲ-5-3 試技 0.9

試技 0.9 は 50m のレース距離における ST を想定した、最も速い ST の試技である。この試技における ST は選手にとってほぼ全力での動作となる。ここでは Pre から Post にかけて、被験者全員が牽引力の最大値を大きく向上（平均 148%）させているのに対し、牽引泳速度の変化は小さく（平均 102%）、その平均に統計的な差はみられなかった（ $p=n.s$ ）。しかし、被験者 D と F における 2 つの変化が小さくなっていたものの、その他 4 名の被験者の変化は大きくなっていた。よって、この試技においても、コーチングの視点による検討が必要であると考えられる。そのため、他試技と同様に、実際の測定の Pre と Post が共に設定値 1.4 に近い ST で実施された被験者 5 名の結果を検討する。

1) 被験者 E

被験者 E の測定結果を表 19 に示した。被験者 E は 5 名の中で牽引泳速度を最も向上（105%）させ、牽引力の最大値も大きく向上（159%）させている。

表19 被験者Eの試技0.9の測定値

	測定項目	Pre	Post	差
回帰による値:	牽引泳速度 (m/s)	1.30	1.37	0.07
	牽引力=最大値 (N)	25.83	36.06	10.23
実際の測定値:	ストロークタイム (sec/stroke)	1.037	0.906	-0.131
	牽引力=最大値 (N)	23.29	37.04	13.75

牽引力の測定値のグラフを図18に示す。被験者Eの特徴は牽引力の山がやや右に傾いており、キック動作で大きい力を発揮していることがわかる。

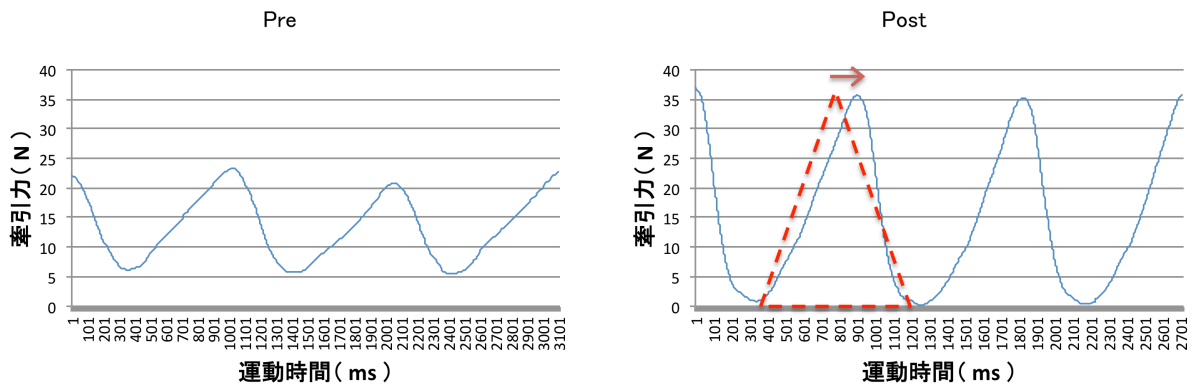


図18 被験者Eの試技0.9における牽引力測定値のグラフ

2) 被験者 B

被験者Bの測定結果を表20に示した。被験者Eと同様に、5名の中で牽引泳速度を最も向上（105%）させ、牽引力の最大値も大きく向上（153%）させている。

表20 被験者Bの試技0.9の測定値

	測定項目	Pre	Post	差
回帰による値:	牽引泳速度 (m/s)	1.32	1.39	0.07
	牽引力=最大値 (N)	28.75	41.11	12.36
実際の測定値:	ストロークタイム (sec/stroke)	1.080	1.059	-0.021
	牽引力=最大値 (N)	25.11	38.46	13.35

牽引力の測定値のグラフを図 19 に示す。被験者 B は牽引力の山が左右均等で、他被験者と比べて上部がやや平らな台形を描いており、プルとキックの両動作で大きな力を発揮していることがわかる。

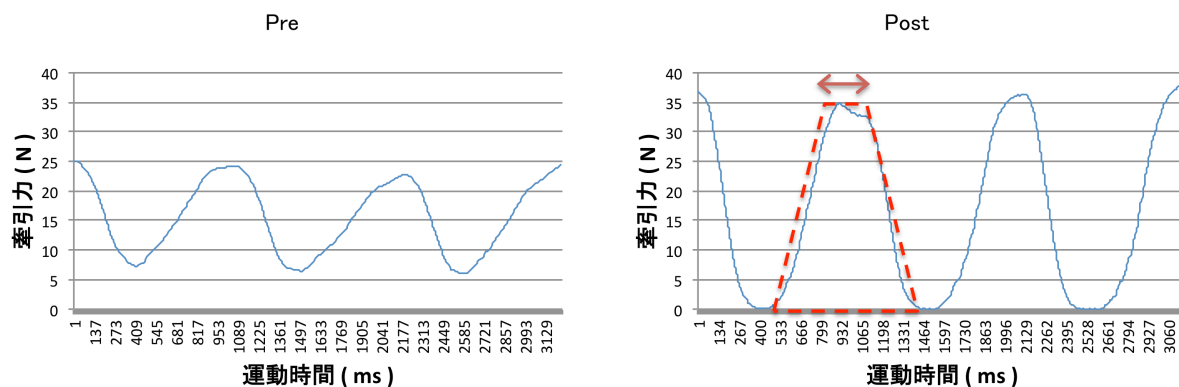


図19 被験者Bの試技0.9における牽引力測定値のグラフ

3) 被験者 A

被験者 A の測定結果を表 21 に示した。牽引力の最大値も大きく向上（135%）させているが、牽引泳速度の向上（101%）は小さかった。

表21 被験者Aの試技0.9の測定値

測定項目		Pre	Post	差
回帰による値:	牽引泳速度 (m/s)	1.34	1.36	0.02
	牽引力=最大値 (N)	29.83	40.57	10.74
実際の測定値:	ストロークタイム (sec/stroke)	0.811	0.915	0.104
	牽引力=最大値 (N)	31.6	42.77	11.17

牽引力の測定値のグラフを図 20 に示す。被験者 A は牽引力の山がやや右に傾いた、被験者 E と同様な特徴がみられるが、最大値の変位が小さい分、速度の変位も小さくなったと推測される。

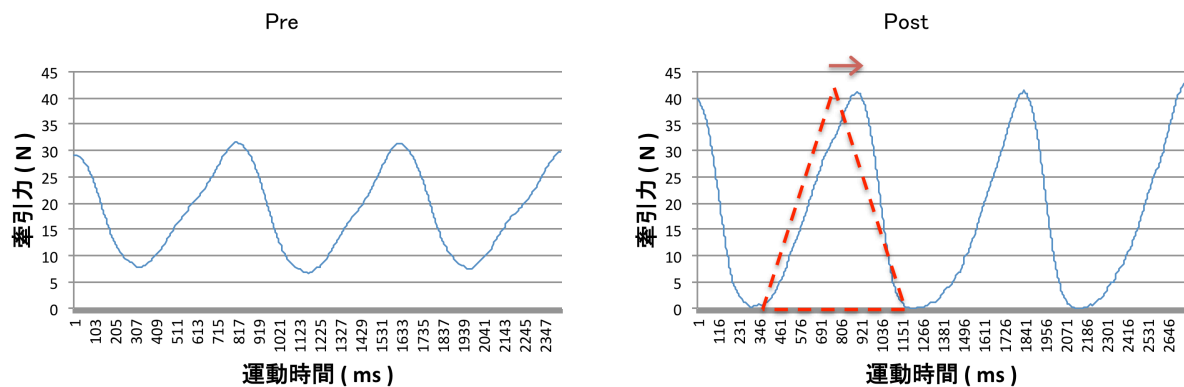


図20 被験者Aの試技0.9における牽引力測定値のグラフ

4) 被験者 C

被験者 C の測定結果を表 22 に示した。5 名の中で牽引力の最大値を最も向上（172%）させたが、牽引泳速度の向上（101%）は小さかった。

表22 被験者Cの試技0.9の測定値

測定項目		Pre	Post	差
回帰による値:	牽引泳速度 (m/s)	1.40	1.41	0.01
	牽引力=最大値 (N)	29.31	45.89	16.58
実際の測定値:	ストロークタイム (sec/stroke)	1.160	0.942	-0.218
	牽引力=最大値 (N)	25.76	44.36	18.6

牽引力の測定値のグラフを図 21 に示す。グラフは被験者 E や A と同様なやや右に傾いた山を描くが、特徴的な違いはストロークの間の力を発揮していない時間が長い点である。前述の通り、この選手は避抵抗技術レベルが低いため、この間に減速を招き、速度の向上を妨げていることが推測される。

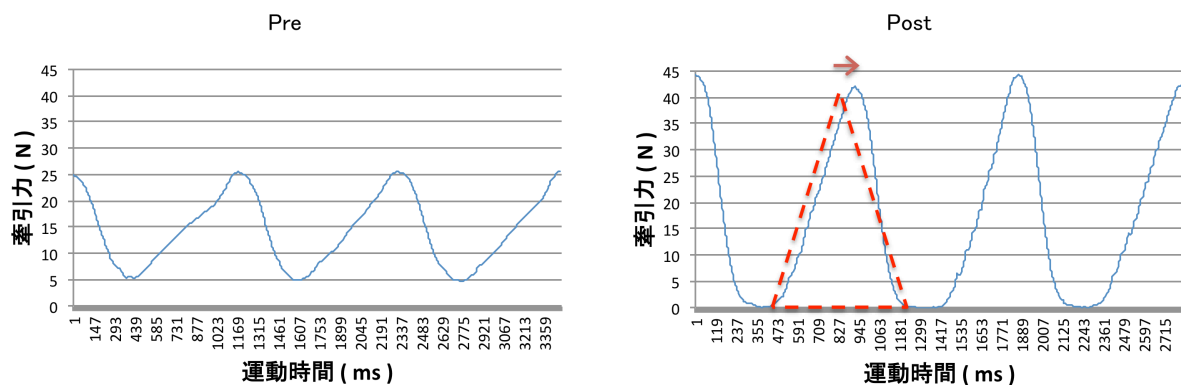


図21 被験者Cの試技0.9における牽引力測定値のグラフ

5) 被験者 D

被験者 D の測定結果を表 23 に示した。牽引力の最大値が大きく向上（152%）したにも関わらず、牽引泳速度が低下（98%）した。

表23 被験者Dの試技0.9の測定値

	測定項目	Pre	Post	差
回帰による値:	牽引泳速度 (m/s)	1.29	1.26	-0.04
	牽引力=最大値 (N)	24.54	37.35	12.81
実際の測定値:	ストロークタイム (sec/stroke)	0.992	1.071	0.079
	牽引力=最大値 (N)	23.32	35.41	12.09

牽引力の測定値のグラフを図 22 に示す。グラフは被験者 B の特徴と似た、左右均等な山を描くが、より尖った形が特徴である。これは被験者 B と比べてプルとキックの動作間が短く、また、両動作によって発揮される力の差が小さいことが推測される。そして、この選手は試技 1.4 で述べた通り、優先的にプル動作より大きな力を得ている特徴がある。その上、試技 0.9 程度の速い ST の平泳ぎになるとプルとキックの動作が重なってしまう特徴がある。この試技でのグラフにおいても、牽引力の山が中央によっていることから、キック動作による力が優先されていないことがわかる。

平泳ぎの特徴として、推進方向への力をプル動作より優先する際、プル動作で力を発揮している最中にキック動作が重なると、脚の引きつけ動作のタイミングが早くなり過ぎるため、最も速度が上がる局面を阻害するとの見解が示されている (Maglischo 2005, (財)日本水泳連盟 1996)。したがって、被験者 D はプルとキック動作のタイミングを改善、もしくは各動作を速く行うことで、両動作の重なりを減らすことが可能であると考えられる。それにより、この試技程度の ST での泳速度が向上すると考えられる。以上の考察により、被験者 D に対して新たな課題を抽出することができる。また、被験者 C と同様にストロー

クの間が長い特徴がある。更に、キック動作から次のプル動作へと繋がるストロークの間のストリームライン姿勢が崩れる特徴がある。このことも、牽引泳速度の低下を招いた要因となっていると考えられる。

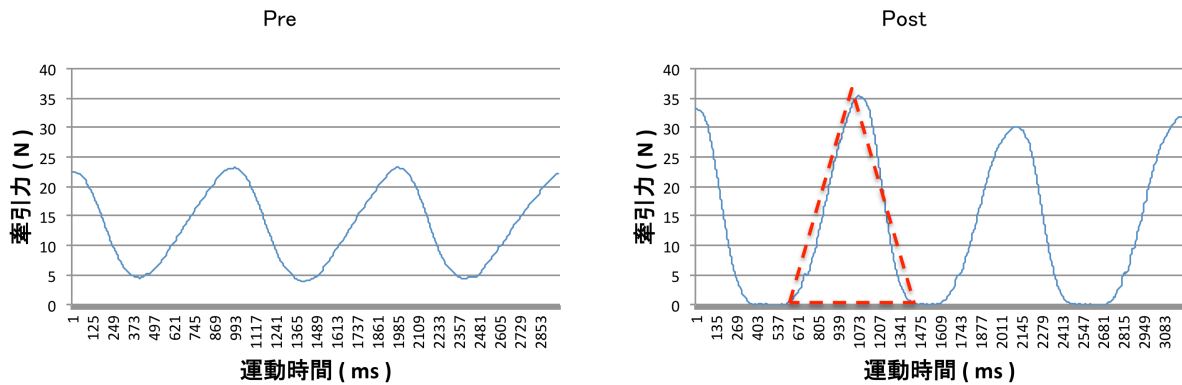


図22 被験者Dの試技0.9における牽引力測定値のグラフ

この試技 0.9 は、他の試技と比べて牽引泳速度が最も速い一方で、Pre から Post にかけての向上の変位が最も小さかった。また、どの被験者のグラフにおいても、Pre と比べて Post では、牽引力の山が高く尖った曲線を描いており一様にみえる一見して一様に見える。しかし、以上の様なコーチングの視点による考察を合わせた検討によって、統計による分析ではみえてこない評価が可能であることが明らかになった。

これらのことから、試技 0.9 においては ST が最大限に近い程速い動作となることから、大きな力を発揮し易い特徴がみられた。しかし、速度の向上が小さい選手ほどストロークの間が長いことから、力を発揮していない時間はなるべく短くすることが、より高い速度の獲得に繋がると考えられる。また、プル動作によって推進力が大きく発揮される時間と、キック動作によって推進力が大きく発揮される時間とが重ならない様に、各動作を速く行うことも泳速度の向上に有効と考えられる。速い ST では泳者は大きな力を発揮することから泳速度も高いが、それに伴って水中環境独特の特性の影響により、水から受ける抵抗

も大きくなることが分かっている (Maglischo 2005, (財)日本水泳連盟 1996)。
したがって、泳速度を向上させるためには、牽引力の最大値の向上と共に避抵抗のための高い技術を習得することが有効であると考えられる。

Ⅲ-6 総合考察

牽引力の最大値は実験の Pre から Post にかけて、三つの試技の全てにおいて大きく向上がみられ (図 6)、牽引泳速度の値も概ね向上した (図 8)。また、どちらの変位においても、速い ST の試技ほど向上の変化が小さくなる傾向がみられた (牽引力=最大値: 試技 1.9 = 178%, 試技 1.4 = 156%, 試技 0.9 = 148%) (牽引泳速度: 試技 1.9 = 111%, 試技 1.4 = 105%, 試技 0.9 = 102%)。特に牽引泳速度の速い ST の試技では変化が小さかった。このことは速い ST の平泳ぎでの泳速度の向上の難しさを表していると考ええる。

本研究では測定の結果に統計的な関係がみえなくとも、この二つの変数にコーチングの視点からの技術的問題点の考察を照らし合わせて検討することによって、泳速度の向上のための課題抽出が可能であることが明らかになった。

第IV章 結論

本研究では、平泳ぎにおいてロープ牽引泳による牽引力の測定が、レースにおける泳速度の向上のためのトレーニングの指標として有効な手段と成りうるかを検討する目的で、牽引力と牽引泳速度の縦断的な関係を検討した。本研究の成果として、以下の点が明らかとなった。

- 1) 牽引力（１ストロークあたりの力積と最大値）と牽引泳速度の統計的な関係は認められなかった。
- 2) 介入したトレーニングプログラムには、牽引泳速度の向上と牽引力の最大値の向上に対し、一定の効果がみられた。
- 3) 平泳ぎの泳速度の向上を計る上では、STの違いによって異なる課題が生じることがわかった。また、同じ選手内においても、STの違いによって異なる課題が生じることにもわかった。このことから、実際のレース距離と適合したSTを設定した上でこれらの測定することが、泳速度の向上のためのトレーニングの評価方法として有効であることが明らかにされた。
- 4) 平泳ぎにおいて、ロープ牽引泳による牽引力の測定と泳速度とを同時に測定し、そこにコーチングの視点からの技術面の評価を照らし合わせ、縦断的に考察することで、パフォーマンスの評価とトレーニングに対する課題抽出が可能であることが明らかにされた。つまり、この測定方法が実際のコーチング現場において、トレーニングの指標として有効な手段と成ることが結論づけられる。

結論として、牽引力と泳速度の測定はコーチングの視点を合わせることを条件に、泳速度の向上のためのトレーニングの指標として、実際のコーチング現場において有効な手段となる価値があると言える。そして、その意義は、ロー

プ牽引泳による牽引力の測定によって、泳速度の計測とコーチによる観察のみでは得られない情報が得られることにある。その情報から、具体的なパフォーマンスの評価と新たな課題の抽出を可能とするからである。この測定方法は、計画的なレーニングを遂行する上で比較的簡便な方法であり、実用的な手段であると言える。

しかし、この二つの変数の関係を検討するために必要な条件を満たしておらず、十分な検討をすることができなかった点が本研究の限界となる。したがって、この二つの変数の関係を十分に検討するためには、下記の点を改善した更なる研究が必要である。

- 1) 被験者数を増やす。
- 2) 被験者の競技レベルの幅を広げる。
- 3) 長期的な実験期間を設ける。

参考文献

- ・ Counsilman J.E. (1983): 選手とコーチのための競泳マニュアル (野村武男訳). 株式会社大修館書店: p. 120-123.
- ・ Federation International de Natation (FINA) FINA Points Table 2014 Long Course.
http://www.fina.org/H2O/index.php?option=com_content&view=article&id=1373&Itemid=641: 2015 年 1 月 5 日閲覧.
- ・ 生田泰志, 松田有司, 山田陽介, 来田宣幸, 小田伸午 (2010): クロール泳における泳速度, ストローク頻度およびストローク長の変化と筋活動の関係. 体力科学 59: Pull. 427-438.
- ・ 公益財団法人日本水泳連盟 (2012): 水泳指導教本 [改訂第二版]. 大修館書店: pp. 170-171.
- ・ 公益財団法人日本水泳連盟科学委員会: JAPAN2014 レース分析, 第 90 回日本選手権レース分析表. 2014 年 4 月 10-13 日作成.
- ・ 公益財団法人日本水泳連盟 (JASF): 競泳日本記録, 男子長水路, 女子長水路.
http://www.swim.or.jp/compe_swim/record_list.php: 2015 年 1 月 5 日閲覧.
- ・ Maglischo E.W. (2005): スイミング・ファステスト (高橋繁浩・鈴木大地訳). 株式会社ベースボール・マガジン社: p. 17. pp. 61-66. pp. 253-301. pp. 797-814.
- ・ 宮下充正 (1970): 水泳の化学<キネシオロジーと指導への応用>. 株式会社杏林書院 体育の科学社: pp. 1-24.
- ・ 森岡賢次, 高木俊一, 山本晋平, 綿貫雅也, Maximiliano Sala, 大場昌昭, 塩野谷明 (2001): 水泳運動時における自己推進力の定量化の試み. ジョイント・シンポジウム講演論文集: p. 38.
- ・ 森誠護, 田口正公, 田場昭一郎 (2014): 競泳 4 泳法における泳速度と推進力, 泳パワーの関係. 福岡大学スポーツ科学研究 44(2): p. 21.

- ・ Morouço. P, Keskinen. K. L, Vilas-Boas. J. P, Fernandes. R. J (2011): Relationship between tethered forces and the four swimming techniques performance. J. Appl. Biomech 27 (2): pp.161-169.
- ・ 野村武男 (2009): 水泳パフォーマンスの最新理論. 筑波大学出版会: pp. 8-116.
- ・ 荻田太, 田中孝夫, 田口信教, 小澤源太郎 (2004): 競泳スプリントトレーニングが最大推進パワーおよびストローク指標に及ぼす影響. 日本体育学会大会予稿集 (61): p. 135.
- ・ Dominguez-Castells. R, Izquierdo. M, Arellano. R (2012): An Updated protocol to Assess Arm Swimming Power in Front Crawl. International journal of sports medicine 34: p. 324.
- ・ 柴田義晴, 花木敦, 森山進一郎 (2000): デザート泳を用いた水泳トレーニング法の開発. 東京学芸大紀要. 第 5 部門, 芸術・健康・スポーツ科学 52: pp. 213-221
- ・ 田場昭一郎, 田口正公, 下永田修二, 大城敏裕, 浜口麻衣子 (2000): 中学、高校、大学水泳選手における推進力・泳パワー・自己推進時抵抗の横断的研究. 福岡大学スポーツ科学研究 30 (2): pp. 25-36.
- ・ 滝瀬定文, 増原光彦 (1980): クロール泳法における水泳速度と牽引力の関係について. 大阪体育大学紀要 12: pp. 23-27.
- ・ 富川理充, 椿浩平, 椿本昇三, 佐竹弘靖 (2014): ビデオ映像およびモーションセンサーを用いたクロール泳のストローク動作分析の比較. 専修大学スポーツ研究所紀要 37: p. 19.
- ・ 矢内利政 (2005): 水泳におけるバイオメカニクス研究の流れ. バイオメカニクス研究 9 (4): pp. 218-241.
- ・ 財団法人日本水泳連盟 (1996): 平泳ぎに関する調査研究報告書: p. 6. pp. 43-45.
- ・ 財団法人日本水泳連盟 (2005): 水泳コーチ教本 [第 2 版]. 大修館書店: pp. 21-26. pp. 66-67. pp. 173-178.

謝辞

本論文の作成にあたり，多岐に渡るご指導を賜り，主査を引き受けて下さいました，早稲大学スポーツ科学学術院の奥野景介教授に心から感謝の意を表します。

また，ご多忙の中，副査を快く引き受けて下さいました，同学術院の土屋純教授，磯繁雄教授，岡田純一教授には，貴重なご助言を賜りました。諸先生方に，厚く御礼申し上げます。

更に，本研究を行うにあたり，沢山のご助言を賜りました同学術院の矢内利政教授，また，実験の際に験者としてご協力頂いた丸山祐丞氏，塩田義裕氏，安田武蔵氏，分析と考察においてご助言を賜りました飯塚哲司氏，小野高志氏，原怜来氏，そして，多岐にわたりご協力して頂いた土屋研究室の皆様，この全ての方々に心から感謝を申し上げます。

最後に，本研究を行うにあたり，験者および被験者としてご協力して頂いた早稲田大学水泳部の部員の皆様に心から御礼申し上げます。

今後は本研究から得た知見を生かし，日本スポーツ界の競技力向上に貢献していきたいと存じます。皆様，本当にありがとうございました。