

牽引装置を用いたグライド泳テストの 信頼性及び客観性の検討

佐藤 進 (Susumu Sato)
出村 慎一 (Shinichi Demura)
中田 征克 (Masakatsu Nakada)
北林 保 (Tamotsu Kitabayashi)
元祐 謙吾 (Kengo Motosuke)
池本 幸雄 (Yukio Ikemoto)
高橋 繁浩 (Shigehiro Takahashi)

金沢工業大学
金沢大学教育学部
金沢美術工芸大学
金沢大学大学院教育学研究科
金沢大学大学院教育学研究科
米子工業高等専門学校
中京大学

〔要旨〕

本研究では、牽引装置を用いたグライド泳テストの信頼性及び客観性を検討することを目的とした。4種類の重さの負荷(2.5kg, 5.0kg, 7.5kg, 10.0kg)を高さ2mから落下させた時に生じる力により被験者を伏臥姿勢の状態に牽引し移動距離を測定した。信頼性および客観性の検討のためにそれぞれ30名および24名の大学競泳選手を被験者として選択した。信頼性は、同一被験者が同一検者による同一条件のテストを5試行実施した際の試行間の測定値の変動量を二要因分散分析および信頼性係数より検討した。客観性は、2名の異なる検者が同一被験者に同一条件のテストを実施した際の検者間の測定値の一致度を対応のある一要因分散分析および信頼性係数より検討した。分析の結果、牽引グライド泳テストに練習効果はなく、2試行で安定した測定値が得られる信頼性の高いテストと考えられた。また、2名の検者による評価の一致度から本テストの客観性も高いと考えられた。

◆キーワード：グライド泳能力、牽引、信頼性、客観性

1. 目的

水泳中の水抵抗は泳速度や姿勢により変化するため^{11,19}、大きな推進力を生み出すと共に水抵抗を小さくし効率的に泳ぐことが水泳記録の向上に重要である。グライド泳能力は、基礎水泳技能の一つに位置づけられ⁷、水泳パフォーマンスに關与する重要な要因の一つと考えられている²。Fox⁸はグライド泳能力を「規定のストローク数でより長く移動可能な能力」と定義し、水泳パワーテストを考案した。Meyers and Erwin¹⁵はこのテストの信頼性と客観性を検証し、Rosentwieg¹⁷は、身長を補正した測定法を開発した。またHewitt¹⁰はグライド泳能力を「一定の距離をより少ないストローク数で移動可能な能力」と定義し、50yard泳時のストローク数を測定した。Kilby¹²やDaugert⁴はこのテストの信頼性は高いと述べている。

前述のグライド泳テストは、自力で生み出した推進力で身体が移動した距離を測定する点で共通している。身体の移動距離は生産する推進力の大きさとそれに伴う水

抵抗の抑制能力に依存する。前者は主に体力や技術的要因(以下、推進力生産要因)が關係し、トレーニングや練習により後天的に改善可能である。後者は水抵抗を小さくする水中での身体調節能力や浮力などの体質的な要因であり、トレーニングや練習では後天的に改善しにくく、個人特有の生得的な要因(以下、水泳適性要因)に依存すると考えられる。水泳パフォーマンスに対し推進力生産要因は直接的に貢獻するが、水泳適性要因は推進力(泳速度)が増大し水抵抗が大きくなるにつれその影響度は大きくなると仮定される。宮下¹⁶は、競泳選手を対象に牽引による人体水抵抗を測定し、人体の水抵抗にはかなりの個人差があり、約1.0m/s(100mを1分40秒の泳速)時では2~3kgの抵抗の差が、1.9m/s(100mを約52秒の泳速)時では3~4kgに増大すること、抵抗の個人差を生じさせる原因として浮力、重力のバランス、姿勢の取り方が考えられることを報告し、人体水抵抗の個人差には選手が生まれながらに持っている動作の型の相違が反映すると述べている。牽引によるグライド泳能力は、トレーニン

グでは改善が困難な個人特有の水泳適性を反映する点で重要な能力特性であり、その簡便な評価法を確立する意義は高い。

我々は、体力的および技術的要因がなるべくテスト結果に影響しない一定負荷の牽引による身体の移動距離（グライド距離）を測定する方法（以下、牽引グライド泳テスト）を開発した。本研究では、牽引グライド泳テストの信頼性及び客観性を検討することを目的とした。

2. 方法

1) 信頼性および客観性の検討方法

信頼性の検討では、健康な大学競泳選手30名（男子22名、女子8名）を被験者とした（表1）。牽引グライド泳テスト（後述）に用いる4種類の負荷条件ごとに4群に分類した。2.5kg、5.0kgおよび7.5kgが8名、10.0kgが6名であった。被験者は同一検者による同一条件のテストを同一日に5試行実施した。本研究では、測定値の変動量から信頼性を検討した。

客観性の検討では、健康な大学競泳選手24名（男子18名、女子6名）を被験者とした（表1）。被験者のうち18名（男子13名、女子5名）は、信頼性の検討に用いた被験者と同一被験者であった。被験者は同一日に1または2種類の負荷条件の実験を実施した。客観性は異なる二人の検者が同一条件のテストをそれぞれ実施した際の検者間の測定値の一致度により検討した。各検者の試行回数はいずれの負荷も2試行であった。

表1 被験者特性

変数	単位	信頼性				客観性			
		male=22		female=8		male=18		female=6	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
身長	cm	172.6	6.36	162.1	5.17	172.7	5.86	163.6	2.65
体重	kg	63.5	6.45	55.5	6.82	66.6	6.21	56.4	6.05
胸囲	cm	91.4	3.83	86.9	4.02	91.6	3.20	86.2	5.15

2) 牽引グライド泳テスト (図1)

牽引グライド泳テストは、4種類の負荷（2.5kg、5.0kg、7.5kg、10.0kg）を高さ2mから落下させた時に生じる力による身体移動距離を測定する。テスト器具は被験者を牽引するワイヤー、牽引負荷装置、姿勢制御装置を図1のように設置した。牽引の強度（速度の速さ）の違いによる影響を考慮し上述の4種類の負荷を用いた。身体は負荷の移動距離（2m）を移動後、余剰推進力により水面上を移動する。本研究では、この余剰移動距離にグライド泳能力の個人差が反映されると仮定した。すなわち、同一負荷を用いた際の移動距離が長いほど、グライド泳能力に優れると仮定した。牽引グライド泳テストの手順は、1)被験者は把握バーを握り、姿勢制御装置に足を掛け、グライド姿勢をとる。2)検者の指示に従い呼吸を整えた後、姿勢制御装置から足を離す。3)検者が予めセットした負荷を落下させる。4)検者は被験者と並行して移動し、被験者の身体が静止するまでの移動距離を計測する。測定部位は把握バーの位置とする。ただし、被験者が静止する前に以下の条件に該当した場合は測定を中止し、再度測定した。1)被験者の足がプールの底に着いた場合、2)被験者の胴体が進行方向に対して90度以上傾いた場合、3)被験者が仰向けの状態になった場合、4)被験者の身体の一部がコースロープに接触した場合。被験者の着衣は、市販の競泳水着、スイムキャップ（ゴム製）、ゴーグルを着用した。

3) 統計解析

テストの信頼性を検討するために、各牽引負荷について対応のある一要因分散分析（5試行間）を行った。また、式1~3より信頼性係数Rr、Reをそれぞれ算出した。試行回数の自由度を調整した信頼性は式4より算出した（kは実際の試行回数で、k=k'のとき、式1と一致する）。テ

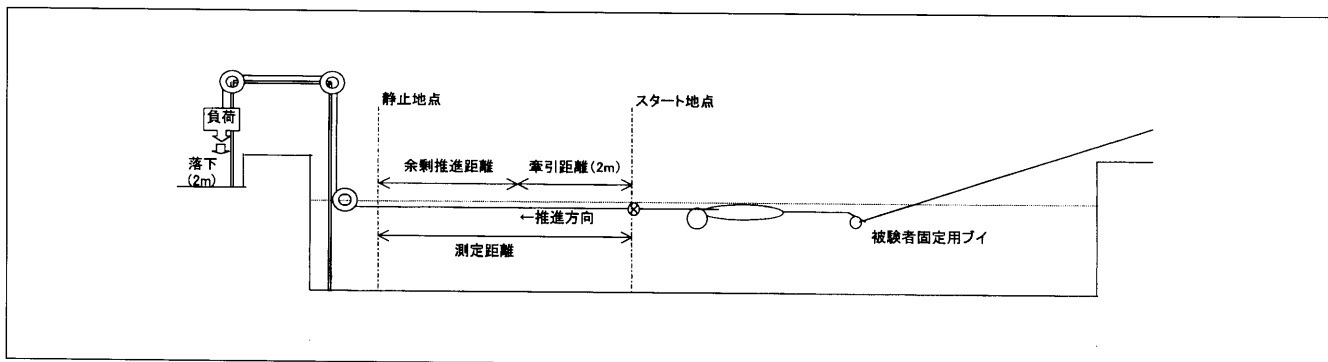


図1 実験器具および測定方法

ストの客観性を検討するために、検者及び試行数を要因とする一要因にのみ対応のある二要因分散分析を行った。また、二人の検者間における評価の一致度を検討するために、各試行毎にピアソンの相関係数、および式1による信頼性係数を算出した。

$$R_e = (MSa - MSe) / MSa = 1.0 - MSe / MSa \quad (式1)$$

$$MSe = (SSb + SSr) / (dfb + dfr) \quad (式2)$$

$$R_r = 1.0 - MSr / MSa \quad (式3)$$

$$R_e = (MSa - MSe) / \{MSa + (k/k' - 1) MSe\} \quad (式4)$$

SSa: 個人間変動, dfa: 個人間変動の自由度, MSa=SSa/dfa

SSb: 試行間変動, dfb: 試行間変動の自由度, MSb=SSb/dfb

SSr: 残差変動, dfr: 残差変動の自由度

3. 結果

信頼性について検討した結果、いずれの負荷も5試行の平均値間に有意差は認められず、信頼性係数も0.95以上の非常に高い値であった(表2)。試行回数による自由度を調整した信頼性係数Reが0.8未満であったのは10.0kgの1試行目(0.793)のみであり、全ての負荷で2試行目以降に0.8以上の値が認められた(表3)。本テストは2試行目以降に高い信頼性が得られると判断し、テストの実用性を考慮して客観性の検討時の試行回数は2試行とした。

また、客観性を検討するために二要因(検者×試行)分散分析を行った結果、いずれの負荷も検者間および試行間に有意差は認められなかった。検者間の評価の一致度に関するピアソンの相関係数および信頼性係数(検者間)はいずれの負荷も0.8以上の高い値であった(表4)。

表2 信頼性の検討結果

負荷	n	1試行		2試行		3試行		4試行		5試行		Fa	Fb	Re	Rr		
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD						
2.5kg	8	569.9	152.94	564.2	142.36	548.6	95.84	555.4	95.04	587.1	138.03	0.63	ns	29.43	**	0.968	0.996
5.0kg	8	639.7	157.46	633.7	133.10	619.5	142.61	648.0	171.07	622.0	122.67	0.65	ns	65.52	**	0.985	0.985
7.5kg	8	737.6	237.75	731.7	228.61	733.4	229.09	728.0	212.94	748.9	257.82	0.19	ns	110.74	**	0.992	0.991
10.0kg	6	945.2	154.70	951.5	172.50	890.2	109.41	974.8	170.97	911.8	140.06	1.23	ns	20.83	**	0.950	0.952

注) Fa: 試行, Fb: 個人差, Re, Rr: 信頼性係数, **: p<0.01, ns: 有意差なし

表3 試行ごとの信頼性の検討結果

試行数		2.5kg	5.0kg	7.5kg	10.0kg
K'=1	Re1	0.857	0.931	0.961	0.793
K'=2	Re2	0.923	0.964	0.980	0.884
K'=3	Re3	0.947	0.976	0.987	0.920
K'=4	Re4	0.960	0.982	0.990	0.939
K'=5	Re5	0.968	0.985	0.992	0.950

注) Re1~Re5: 1~5試行目の信頼性係数

$$R = (Msa - Mse) / \{ (Msa + (k/k' - 1) Mse) \}$$

試行回数 k=5

表4 客観性の検討結果

	1試行目		2試行目		Fa	Fb	Fc	r		Re	
	Mean	SD	Mean	SD							
2.5kg 検者1	619.7	192.32	606.7	174.70	0.01	0.83	0.13	0.955	**	0.943	**
	検者2	611.2	180.89	605.6							
5.0kg 検者1	696.4	178.09	703.6	174.99	0.05	2.79	1.02	0.890	**	0.871	**
	検者2	696.2	174.77	725.5							
7.5kg 検者1	737.8	181.37	705.1	167.70	0.00	0.99	3.61	0.849	**	0.784	**
	検者2	713.7	140.54	724.0							
10.0kg 検者1	770.3	150.29	792.2	172.16	0.52	2.11	0.02	0.861	**	0.784	**
	検者2	808.5	193.06	826.9							

注) n=24, **: p<0.01, r: Pearsonの相関係数, Re: 検者間信頼性係数

Fa: 検者間, Fb: 試行間, Fc: 交互作用 F値は全て有意ではない。

4. 考察

牽引グライド泳テストは、被験者の能動的な移動ではなく、負荷の落下による受動的な推進距離を測定している。したがって、推進力生産要因（ストローク技能や体力的要因）は関与せず、水泳適性要因（水中での身体調節能力、柔軟性、体型、体組成など）が測定値の主な変動因と考えられる。体型や体組成は抵抗面の大きさや浮力など物理的な抵抗や揚力に関与する要因であり、身体調節能力や柔軟性は静止姿勢の型や重心バランスの取り方などに関係する¹⁶⁾。水泳適性としてのグライド泳能力を評価する場合、前者の要因の影響を考慮する必要がある。

他の測定値の変動因として、練習効果や測定誤差等が考えられる。練習効果は被験者により生じる変動であり、本テストのように推進力生産要因の関与が低い単純な動作の場合、主にテストに対する「慣れ」が影響すると考えられ、複数回テストを行って安定した測定値が得られるか、また安定した測定値を得るのに要する試行回数ほどの程度か検討する必要がある。測定誤差は主に検者により生じる誤差である。本テストでは被験者が水中で静止した時点の身体位置を測定するため、被験者の微かな姿勢変化で測定値が変動する可能性がある。これらの測定値に関する変動はグライド泳テストの開発段階で確認が必要であり、テストの信頼性や客観性という概念で検討される。実験室で精密な器具を用いて行うテストとは異なり、フィールドで簡便な器具を用いるテストの場合、テストの一般化という点でこれらの条件は重要視される。

テストの信頼性とは、同一検者が同一被験者に同一テストを複数回行った場合の測定値の一致度に関する概念であり、良いテストの条件の一つである¹⁴⁾。信頼性の高いテストほど測定値は安定し、少ない測定回数でも正確な測定値が得られる。本研究では、5試行実施した際の測定値の変動を検討した。試行間の測定値の平均値にはいずれの負荷も有意差はなく、試行を通して測定値は安定していた。信頼性係数はいずれの負荷も0.95以上と非常に高い値であった（表2）。被験者に能動的な能力発揮を課すFox⁹⁾やHewitt¹⁰⁾のテストの信頼性は高いことが報告されているが、本テストも測定値の一致度が高く、練習効果による測定値の変動の少ない信頼性の高いテストと推測される。テストの実用性や簡便性の点では少ない試行数で安定した測定値が得られることが望ましい。安定した測定値を得るのに必要な試行数を検討した結果、いずれの負荷も2試行目以降で0.884以上の信頼性係数を得た。

適切な個人測定に必要な信頼性係数は0.80-0.89とされ¹³⁾、本テストは2試行で安定した測定値が得られると考えられる。

テストの客観性は、異なる検者が同じ被験者に対して同じテストを実施した際の測定値の一致度に関する概念であり¹⁴⁾、テストの一般化という点で非常に重要な条件である。同じ検者が複数回評価した時の一致度は、異なる検者間のそれよりも一般に高くなることから、客観性が保証されることは同時に信頼性も保証されることを意味する³⁾。本研究では、いずれの負荷も二人の検者の測定値間に有意差はなく、高い一致度を示した（表4）。松井¹³⁾は客観性の基準として、個人測定の目的を満足する値として0.8以上をあげている。本研究の結果はこれらの基準や他の研究⁵⁾の値と同等か高い値であり、テストの客観性は高いと考えられる。

以上のように本テストの信頼性および客観性は高いと考えられる。しかし、本研究で対象とした大学競泳選手は水に浮くことや水中で静止姿勢を保つことに普段から慣れている。初心者の水泳適性を評価するテストの一つとして本テストを位置づけるならば、競泳選手以外の被験者を用いて同様な検討を行う必要があると考えられる。また、推進力生産要因や水泳適性要因との関連を検討し、グライド泳能力の評価法を確立することが必要であろう。

5. まとめ

本研究では、大学競泳選手を対象に、我々が開発した牽引装置を用いたグライド泳テストにおける信頼性及び客観性を検討した。分析の結果、本研究における牽引グライド泳テストに練習効果は認められず、高い信頼性が得られた。試行ごとの信頼性を検討した結果、本テストは2試行で安定した測定値が得られると考えられた。また、二人の検者による評価の一致度は高く、本テストの客観性は高いと考えられた。

【参考文献】

- 1) Brace, D. K. (1941) Studies in the rate of learning gross bodily motor skills. *Research Quarterly* 12(2) 181-185.
- 2) Brock, J. D., Cox, A. W., and Pennock, E. W. (1941) Motor fitness. *Research Quarterly* 12 (3): 407-415.
- 3) Clarke, H. H.: 栗本関夫訳 (1977) 保健・体育への測定の活用。ベースボールマガジン社、東京、pp. 29-38.
- 4) Daugert, P. J. (1970) The relationship of anxiety and the need for achievement to the leaning of swimming, Doctoral dissertation, Univ. of Utah.
- 5) 出村慎一, 長澤吉則 (1994) 筋力発揮調整能テストの作成: 統計

- 的妥当性, 信頼性及び客観性の検討, 体育学研究 39:176-188.
- 6) 出村慎一, 北一郎, 矢部俊政 (1986) 浮漂能力評価法の検討, 教育工学研究 12: 147-154.
 - 7) 出村慎一 (1995) 大学競泳選手におけるグライド泳と形態・泳スピードとの関係及びその性差, 金沢大学教育学部紀要自然科学編 44: 1-10.
 - 8) Fox, M. G. (1957) Swimming power test. Res. Quart. 28: 233-237.
 - 9) Gross, E. A. and Thompson, H. L. (1957) Relationship of dynamic balance to speed and to ability in swimming. Res. Quart. 28-4: 342-346.
 - 10) Hewitt, J. E. (1948) Swimming achievement scale scores for college men. Res. Quart. 21: 170-179.
 - 11) Karpovich, P. V. (1933) Water resistance in swimming. Res. Quart. 4: 21-28.
 - 12) Kilby, E. (1956) An objective method of evaluating three swimming strokes, Doctoral dissertation, Univ. of Washington.
 - 13) 松井三雄, 水野忠文, 江橋慎四郎 (1982) 体育測定法 第21版, 杏林書院, 東京, pp.15.
 - 14) 松浦義行 (1983) 体力測定法, 朝倉書店, 東京, pp. 39-50.
 - 15) Meyers, C. R., and Eerwin, B. T. (1962) Measurement in physical education, New York, The Roland Press Company.
 - 16) 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. 72-103.
 - 17) Rosentswieg, J. (1968) A resition of the power swimming test., Texas Woman's University, Denton, Texas, Res. Quart. 39: 818-819.
 - 18) Scott, M. G., and French, E. (1950) Evaluation in physical education. S. T. Louis, The C. V. Mosby Company.
 - 19) 高木英樹, 坂田勇夫, 合屋十四秋, 野村照夫, 松井敦典(1993) 水泳における抵抗と推進力に関する流体力学的考察, 三重大学教育学部紀要 44: 71-84.