

グライド泳距離と形態との関係の検討

—シーズン前後における個人間および個人内変動の観点から—

An examination of the relationship between the gliding distance and physique:

from the viewpoints of inter- and intra-individual differences
in variation in the pre- and post- competitive season

佐藤	進 (Susumu Sato)	金沢工業大学
出村	慎一 (Shinichi Demura)	金沢大学教育学部
中田	征克 (Masakatsu Nakada)	金沢美術工芸大学
春日	晃章 (Kosho Kasuga)	岐阜聖徳学園大学短期大学部
池本	幸雄 (Yukio Ikemoto)	米子工業高等専門学校

〔要旨〕

The purpose of this study was to examine the relationship between the gliding distance, using a tethered load (2.5kg, 5kg, 7.5kg, 10kg) device, and physique from the viewpoints of inter- and intra-individual differences in variation in the pre- and post- competitive season. The measurement of gliding distances and physique was administered to 40 competitive university swimmers.

Percent body fat (%BF) and gliding distances in females decreased significantly in the post competitive season, but there were no significant correlations between the size of %BF variation and the glide variables (H-score) in pre- and post- competitive seasons. It was considered that in inter-individual differences, higher %BF reflects longer gliding distances, but in intra-individual differences, there is no relationship between %BF and the gliding distance.

◆キーワード：グライド泳能力，形態，個人間変動，個人内変動

I. 緒言

水中における身体の移動は、ストロークやキックによって生み出す推進力の大きさとそれに伴う水抵抗の抑制能力に依存し、前者は、その優劣にトレーニングや練習による影響を強く受ける。一方、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が関係し、個人特有の生得的な要因に依存する割合が高いと考えられる^{6,7)}。

これまでグライド泳能力は、一定の距離を移動するのに要したストローク数や一定のストローク数で移動した距離によって評価されてきた^{1,2)}。しかし、いずれも自らストロークやキックにより推進力を生み出す方法であり、ストロークやキックの技術がグライド泳距離に大きな影響を及ぼすと考えられる。Lyttle et al.³⁾ は、水中で牽引されたときの推進力や抗力を決定する方法を開発し、Payton and Bartlett⁵⁾ は、三次元解析によって水泳中の推進力を評価しているが、測定器具が高価であり、測定に

非常に専門的な知識を必要とする。我々はこれらの点を考慮し、牽引によって推進力を生み出すグライド泳テストを開発した^{6,7)}。このテストは、被験者に一定の推進力を加えた時の水中における身体の移動距離（以下、グライド泳距離と略す）を測定する。このため、グライド泳距離に自ら推進力を生み出す技術的要因の関与は少なく、本人の生得的な特性である水抵抗の抑制能力や形態的要因が大きく関与すると考えられる。

我々はこれまで、大学生を対象にこの牽引グライド泳テストを実施し、信頼性および客観性が高いこと⁷⁾、および個人間変動の観点からグライド泳距離が体組成に関する形態変量と関係が高いことを確認した⁷⁾。しかし、体組成に関する変量が、どの程度グライド泳距離に影響を及ぼすのか、また、個人内変動の観点から体組成がグライド泳距離に及ぼす影響については検討されていない。体脂肪率が高い者ほどグライド泳距離が長い傾向にあるが、水抵抗の抑制能力などの水泳適性が存在するならば、同

じ体脂肪を有していてもグライド泳距離に個人差が生じると考えられる。つまり、その個人差を捉えることによって、個人特有の水抵抗抑制能力の評価が可能と考えられる。また、そのためには形態の影響を取り除いてグライド泳能力を評価する必要があるため、グライド泳能力と形態との関係をより詳細に検討しなければならない。

本研究では、継続的に水中練習を行い、形態の変化が予想される水泳競技シーズンの前後にグライド泳距離および形態を測定し、個人間および個人内変動の観点からグライド泳距離と形態の関係を明らかにすることを目的とした。

II. 研究方法

1. 被験者

本研究の被験者は、大学競泳選手40名（男子25名、女子15名）であり、そのうち、初心者は10名（男子6名、女子4名）、熟練者は30名（男子19名、女子11名）であった。被験者のシーズン前後における身体特性は表1に示した。

2. 牽引グライド泳テスト

牽引グライド泳テストでは、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身体移動距離を測定する。テスト器具は、牽引ワイヤー、牽引装置、姿勢制御装置からなっている⁶⁾。牽引の強度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者ほど、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、再度実施した。1)被験者の足がプールの底に着く、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、市販の競泳用水着、スイムキャップ、ゴーグルを着用した。

牽引グライド泳テストの試行間における信頼性を検討した結果、シーズン前後ともに、0.97以上の有意に高い相関係数が得られた。これは、佐藤ら⁷⁾の報告と一致した結果であり、テストの信頼性は高いと推測される。

3. 形態変量

佐藤ら⁷⁾は、グライド泳テスト形態変量の関係を検討し、水中体重、体脂肪率、および身体密度の体組成変量と有意な関係を示したと報告している。本研究では、この結果を参考に、形態変量として、身長、体重、上腕背部および肩甲骨下部の皮下脂肪厚、水中体重、体脂肪量、体脂肪率、および身体密度を選択した。

4. 統計解析

グライド泳距離と形態のシーズン前後の変化及び性差を検討するために、一要因にのみ対応のある二要因分散分析を実施した。有意な主効果が認められた場合には、TukeyのHSD法を用いて多重比較検定を行った。各変量間の関係を検討するために、ピアソンの相関係数を算出した。4種類の負荷(2.5kg、5.0kg、7.5kg、10.0kg)によるグライド泳距離をそれぞれH得点に変換し、その平均値をグライド変量とした。

III. 結果

1. グライド泳距離および形態のシーズン前後の差異

グライド泳距離および形態について、二要因分散分析(性別×シーズン)を行った結果(表1)、シーズン差において有意な主効果が認められた変量は、体重、皮下脂肪厚(肩甲骨下部)、体脂肪率(以下、%BFと略す)、身体密度、負荷2.5、5.0kgおよび7.5kgのときのグライド泳距離であった。多重比較検定の結果、皮下脂肪厚(肩甲骨下部)は、男女ともにシーズン前よりシーズン後の方が小さい値を示した。男子の体重、および女子の%BFおよびグライド泳距離(2.5、5.0、7.5kg)はシーズン前よりシーズン後の方が小さい値を示した。

性差においては、皮下脂肪厚(上腕背部、肩甲骨下部)を除く変量に有意な主効果が認められた。多重比較検定

表1 形態とグライド泳距離のシーズン前後間差および性差

変量	単位	性別	シーズン前		シーズン後		二要因分散分析			多重比較	
			Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	シーズン	性	交互作用	シーズン	性
形態	身長	男	171.3	5.37	171.5	5.51					前:男>女
		女	162.3	6.82	162.3	6.66		**			後:男>女
	体重	男	64.2	8.31	63.0	8.51	**	**		男:前>後	前:男>女
		女	53.7	4.70	52.9	4.85					後:男>女
	上腕背部	男	8.7	3.40	8.1	3.12	**	**	**		前:男<女
		女	13.7	2.85	11.6	3.20				女:前>後	後:男<女
	肩甲骨下部	男	10.6	2.68	9.4	2.77	**				男:前>後
		女	11.5	2.83	10.4	3.33					女:前>後
	水中体重	男	2.9	0.68	2.9	0.63		**	*		前:男>女
		女	1.5	0.31	1.6	0.28					後:男>女
体脂肪量	男	10.3	4.21	9.8	4.20		**			前:男<女	
	女	12.8	2.64	11.8	2.40					後:男<女	
体脂肪率	男	15.8	5.13	15.2	5.06	**	**			前:男<女	
	女	23.6	3.46	22.3	3.19				女:前>後	後:男<女	
除脂肪体重	男	53.9	6.23	53.2	6.11		**			前:男>女	
	女	40.8	2.97	40.9	3.25					後:男>女	
身体密度	男	1.063	0.0127	1.064	0.0125	**	**			前:男>女	
	女	1.044	0.0083	1.047	0.0076				女:前<後	後:男>女	
グライド泳距離	負荷2.5kg	男	490.6	144.95	441.4	112.23	**	**			前:男<女
		女	677.9	164.65	604.5	159.83				女:前>後	後:男<女
	負荷5.0kg	男	561.1	147.67	532.4	118.72	**	**			前:男<女
		女	743.3	156.94	694.4	166.01				女:前>後	後:男<女
負荷7.5kg	男	628.7	141.44	609.9	112.75	**	**			前:男<女	
	女	836.2	178.29	764.3	146.42				女:前>後	後:男<女	
負荷10.0kg	男	677.0	150.05	650.0	123.11	**	**			前:男<女	
	女	851.1	173.54	803.9	158.59					後:男<女	

注)**:p<0.01,*:p<0.05,r:シーズン前後間の相関係数、n=40(男25、女15)
前:シーズン前、後:シーズン後

の結果、シーズン前後ともに、身長、体重、水中体重、除脂肪体重、身体密度は男子の値の方が、体脂肪量、%BF、グライド泳距離(2.5、5.0、7.5、10.0kg)では女子の値の方が有意に大きかった。

2. シーズン前後におけるグライド泳距離と形態、および各変化量の関係

シーズン前後ともに、グライド泳変量と除脂肪体重、皮下脂肪厚(上腕背部)、水中体重、体脂肪量、および%BF間に有意な中程度の相関係数(|r|=0.382~0.705)が認められた(表2)。また、グライド泳距離および形態変

量ともに、性差が認められ、両者のシーズン前後における変化も男女間に違いが認められた(表1)ことから、男女別にシーズン前後のグライド泳変量と形態の関係を検討した(表2)。男子では、シーズン前後ともに、グライド泳変量と%BF、体脂肪量および水中体重間に有意な中程度の相関係数(|r|=0.471~0.575)が認められたが、女子では、シーズン後のみグライド泳変量と%BF、体脂肪量および水中体重間に有意な中程度の相関係数(r=0.604~0.671)が認められた。また、グライド変量と体組成に関する変量のシーズン変化量間に、男女とも有意な相関係数は認められなかった。

表2 シーズン前後におけるグライド泳距離およびグライド変量の変化量と形態の関係

変量	グライド泳距離						グライド変量 シーズン変化量	
	全体		男子		女子		男子	女子
	シーズン前	シーズン後	シーズン前	シーズン後	シーズン前	シーズン後		
身長	-0.403	-0.382			-0.516		-0.505	
体重								
体脂肪率	0.662	0.705	0.537	0.575		0.671		
体脂肪量	0.496	0.544	0.471	0.499		0.604		
除脂肪体重	-0.481	-0.436						
上腕背部	0.440	0.382						
肩甲骨下部								
水中体重	-0.646	-0.670	-0.472	-0.519		-0.641		

注)有意な相関係数のみを表示した。

表3 シーズン前後におけるグライド泳距離、およびグライド変化量と形態の関係

	グライド泳距離				グライド変量	
	熟練者		初心者		シーズン変化量	
	シーズン前	シーズン後	シーズン前	シーズン後	熟練者	初心者
身長	-0.392	-0.370				-0.736
体重						
体脂肪率	0.628	0.676	0.845	0.880		
体脂肪量	0.434	0.496	0.693	0.718		
除脂肪体重	-0.524	-0.483				
上腕背部	0.410	0.408				
肩甲骨下部						
水中体重	-0.642	-0.665	-0.862	-0.864		

注) 有意な相関係数のみを表示した。

IV. 考察

グライド泳能力は水中における身体調節能力と定義されており^{1,7)}、泳ぐ時に身体に加わる水抵抗を回避し、泳効率を高めるための能力と考えられる。このグライド泳距離は体脂肪率が高い者ほど優れる傾向にあるが、水抵抗の抑制能力などの水泳適性が存在するならば、同じ体脂肪を有していても、グライド泳距離に個人差が生じると考えられる。したがって、本研究では形態の変化が予想される水泳競技シーズンの前後にグライド泳距離および形態を測定し、個人間および個人内変動の観点からグライド泳距離と形態の関係を検討した。

形態変量は、女子においてシーズン前後で%BF、皮下脂肪厚に減少がみられ、男子では肩甲骨下部の皮下脂肪厚に有意な減少がみられた。また、グライド泳距離は女子のみ、牽引負荷2.5kg、5.0kg、7.5kgにおいて、シーズン後減少する傾向が認められた。グライド泳距離を延ばすには、大きな推進力を生み出すことと、水抵抗の少ない水中姿勢を保持することが重要であり、これには体脂肪の量や分布が影響する⁷⁾。本研究の女子におけるシーズン後のグライド泳距離の減少も、皮下脂肪厚や%BFの減少の影響が関係すると考えられることから、両者の関係について検討した。シーズン前後それぞれの%BFとグライド変量は中程度の有意な関係が認められたが、%BFとグライド変量のシーズン前後間の変化量に有意な関係は認められなかった。つまり、個人間変動からみた場合、グライド泳距離と形態は有意な関係にあり、体脂肪量が多いほどグライド泳距離が長い傾向にあるが、一定期間における個人内変動からみた場合、両者間の関係はほと

んどないと考えられる。両者の関係に影響を及ぼす要因としては、形態の変動の他に水泳能力の変化が挙げられる。水泳パフォーマンスが高い熟練者と大学から競泳を始めた初心者を対象に、両者について形態変量とグライド能力の関係を検討した(表3)。熟練者、初心者共にグライド泳距離は、%BFおよび体脂肪量と中程度以上の有意な相関が認められたが、グライド変量と体組成に関する変量のシーズン変化量間に有意な相関係数は認められなかった。熟練者、初心者共に体脂肪量が多い者ほどグライド泳距離が長い傾向にあるが、一定期間におけるグライド変量と%BFの個人内変動からみた場合、練習によりパフォーマンスが向上している可能性の高い初心者においても、両者の関係はほとんどないと考えられる。

以上のことから、個人間変動からみた場合、%BFはグライド泳距離の個人差を反映する一つの要因であり、体脂肪を多く有する者ほどグライド泳能力が高く評価されることが考えられる。しかし、個人内変動からみると、シーズン前後間の%BFの変化がグライド泳距離に及ぼす影響はほとんどないと考えられる。浮力を増大させる体脂肪率が高いことは浮漂能力に優れ⁴⁾、浮力に優れることが、牽引におけるグライド泳能力に優れると考えられる。つまり、体脂肪による影響を補正し取除くことにより、牽引グライド泳テストによって測定したグライド泳距離を、個人特有の水泳適性を反映する評価変量として確立することが可能となるかもしれない。しかし、本研究は、水に浮くことや水中姿勢を保つことに慣れている大学競泳選手を対象とした。今後、この牽引グライド泳テストを

水泳適性を評価するテストとして位置づけるためには、より初心者を対象を増やし、形態変化の影響を検討することが必要であろう。

まとめ

本研究では、継続的に水中練習を行い、形態の変化が予想される水泳競技シーズンの前後にグライド泳距離および形態を測定し、個人間および個人内変動の観点からグライド泳距離と形態の関係を検討した。分析の結果、シーズン後、女子において、%BF、およびグライド泳距離が減少する傾向が認められたが、シーズン前後間の%BFとグライド変量の変化量には有意な関係は認められなかった。個人間変動からみた場合、グライド泳距離と形態は有意な関係にあり、体脂肪量が多い者の方ほどグライド泳距離が長い傾向にあるが、一定期間における個人内変動からみた場合、両者間の関係はほとんどないと考えられた。

【参考文献】

- 1)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.
- 2)Hewitt, J. E. (1948) Swimming achievement scale scores for college men. Res. Quart. 21: 170-179.
- 3)Lyttle, A. D., Blanksby, B. A., Elliott, B. C., Lloyd, D. G.(2000) Net forces during tethered simulation of underwater streamlined gliding and kicking techniques of the freestyle turn. Journal of Sports Science 18: 801-807.
- 4)中田征克、出村慎一、佐藤 進、山次俊介、北林 保(1999) 浮漂成就能力の年代差、及び性差—小学中学年から高校・大学生までを対象として—、サーキュラー 60: 63-70.
- 5)Payton, C. J., Bartlett, M. (1995) Estimating propulsion forces in swimming from three-dimensional kinematic data. Journal of Sports Science 13: 447-454.
- 6)佐藤進、出村慎一、中田征克、北林保、元祐謙吾、池本幸雄、高橋繁浩(2000)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、水泳水中運動科学 30(3): 17-21.
- 7)佐藤進、出村慎一、中田征克、北林保、元祐謙吾、春日晃章(1999) 牽引グライド泳テストと泳パワーテスト、形態の相互関係、サーキュラー 60: 53-61.