

重心－浮心間距離がけのびパフォーマンスおよび受動抵抗に与える影響

奈良梨央¹⁾ 市川 浩¹⁾ 永野康治²⁾ 池田祐介¹⁾ 佐藤大輔¹⁾ 馬場康博¹⁾ 下山好充¹⁾

Effects of distance between center of mass and center of buoyancy on gliding performance and passive drag

Rio Nara¹⁾, Hiroshi Ichikawa¹⁾, Yasuharu Nagano²⁾, Yusuke Ikeda¹⁾, Daisuke Sato¹⁾,
Yasuhiro Baba¹⁾ and Yoshimitsu Shimoyama¹⁾

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of CM-CB distance (the distance between the center of mass and center of buoyancy) on gliding performance and passive drag in a streamlined position. Fourteen well-trained male college swimmers participated in this study. The CM and the CB were measured in a streamlined position. Also, the gliding performance after wall push-off, and the passive drag forces and drag coefficients in a streamlined position at various velocities (1.0, 1.3, 1.6, 1.9, 2.2 m/s) were measured.

There was a significant negative relationship between CM-CB distance and the gliding distance ($p < 0.01$, $R^2 = 0.61$). CM-CB distance was not significantly correlated to the time to 5 m from wall push-off, but significantly correlated to the transit time to 10 m from the wall push-off ($p < 0.05$, $R^2 = 0.40$). No significant correlation was found between CM-CB distance and the passive drag force. However, there was a significant correlation between CM-CB distance and the passive drag coefficient only at the velocity of 1.0m/s ($p < 0.05$, $R^2 = 0.31$). The results suggested that the effects of CM-CB distance on gliding performance and passive drag in a streamlined position were greater at slower than at faster swimming velocities.

Key words: swimming, the distance between center of mass and buoyancy, gliding performance, passive drag
競泳, 重心-浮心間距離, けのびパフォーマンス, 受動抵抗

I. 緒言

競泳の中で最も抵抗の少ない姿勢とは、水の流れに対して流線型となる姿勢、つまりけのび姿勢である。けのび姿勢をとった際、通常、質量中心の重心位置よりも水面下の体積中心である浮心位置が頭側に位置する。これらの間の距離である重心－浮心間距離が発生することによって、静止状態における泳者の姿勢に影響を及ぼすということが先行研究によって明らかにされている (McLean and Hinrichs, 2000a)。これまでの先行研究によって、重心－浮心間距離は測定できることが明らかにされており、身体組成 (McLean and Hinrichs, 2000a)、性差 (McLean and Hinrichs, 1998)、姿勢の変化 (McLean and Hinrichs, 2000a)、浸水体積

(McLean and Hinrichs, 2000a)、肺気量の差 (McLean and Hinrichs, 2000a；丸山ほか, 2012) や道具の使い方による違い (若吉ほか, 2010；桜岡ほか, 2012) などによって影響を受けることが報告されている。さらに、河合ほか (2012) は浮心位置を重心位置へ近づけるために浮力体を装着し、けのびパフォーマンスにどのような影響を与えるか検討した結果、意図的に重心－浮心間距離を短くするほど、けのび到達距離などのけのびパフォーマンスが向上することを報告した。しかし、前述したとおり、先行研究 (McLean and Hinrichs, 2000a；McLean and Hinrichs, 1998) によって個々の身体的特性の違いで重心－浮心間距離が異なることが示されているが、重心－浮心間距離が短い選手がけのびパフォーマンスが高いかどうか検討した研究は見られ

1) 新潟医療福祉大学健康科学部健康スポーツ学科

Department of Health and Sports, Niigata University of Health and Welfare

2) 日本女子体育大学体育学部スポーツ健康学科

Department of Sports Wellness Sciences, Japan women's college of physical education

ない。

そこで、本研究では、手先から足先までをまっすぐ伸ばした抵抗を受けにくい流線型の姿勢であるけのび姿勢(窪と岩原, 2013)に着目をした。けのび動作とは、プールの壁および床を蹴った際に発生した力のみで水中を進むことから、初心者のみだけでなく競泳選手においても重要な一連の動作とされている(合屋ほか, 2006)。先行研究では、けのびパフォーマンスとして到達距離の比較や定められた距離の通過時間を評価している(河合ほか, 2012; 杉浦ほか, 2001)。合屋ほか(2008)は、初心者と熟練者において壁を蹴る力がほとんど変わらなかったにも関わらず、到達距離に有意な差があったことを示した。その理由として、壁を蹴った後の姿勢がけのびの到達距離に大きく影響を及ぼすことを挙げている。さらに、上述したように、けのび姿勢をとった際、重心-浮心間距離が発生することによって、足が沈むというような姿勢に変化が生じる。それによって、推進方向に対しての前面抵抗が増大し、速度の低下率が大きくなることで、けのびパフォーマンスが低下している可能性が推測される。

一方、牽引時のけのび姿勢に関して、競泳選手のような熟達した競技者であれば、体格差よりも姿勢の変化が受動抵抗に大きく影響を及ぼすことが報告されている(合屋ほか, 2008)。また、初心者レベルでは、抵抗の少ない姿勢を作り出す技術が身につけておらず、体表面積に影響を受ける結果が得られたことが報告されている。つまり、競泳選手において、けのびパフォーマンスを向上させるためには、抵抗が増えないよう腰や膝を十分に伸ばし、進行方向の抵抗を小さくする姿勢を維持させることが重要となる(合屋ほか, 2010)。

また、けのび姿勢は、競泳におけるスタートやターン局面、さらに平泳ぎ中のグライド局面等の推進時に多く用いられる姿勢である。Takeda et al. (2009)は、全力泳におけるスタート動作において、入水後は $3.71 \pm 0.21\text{m/s}$ であった速度が、キックを蹴り始め手を掻き始める際は、 $2.03 \pm 0.15\text{m/s}$ までに低下することを示している。杉浦ほか(2001)や合屋ほか(2008, 2010)は、男子大学競泳選手を対象に、けのび姿勢における重心移動速度について計測を行った。それぞれの研究において、壁を蹴り足が離れた時におおよそ $2.70 \sim 3.07\text{m/s}$ 、足が離れてから 0.5sec 後には約 $1.60 \sim 2.10\text{m/s}$ の速度が得られたことが報告されている。そして、岩原(2008)は、日本選手権において、日本代

表選手1名を対象に平泳ぎの1ストローク中の速度変化について分析し、グライド局面中に約 1.8m/s の速度が出ているということを明らかにしている。これらの先行研究より、スタートやターンにおいて、初速が速くても、おおよそ1秒後までには大きく減少していることが示唆され、さらに、けのび姿勢のように推進力が発生しない場合は、初速度が大きく減少した後、徐々に低下していることが考えられる(Elipot et al., 2009)。これらのことから、壁を蹴った後の速度を減速させないことが競泳のパフォーマンス向上には重要であり、抵抗の少ない姿勢を作るためには、重心-浮心間距離が短い方が水平姿勢を維持することができるということが考えられる。

以上のように、静止状態における重心-浮心間距離については、様々な検証がなされているが、静止時に測定した重心-浮心間距離が推進中におけるけのび動作の速度や抵抗に、どのような影響を及ぼしているかは明らかになっていない。これらが明らかになることで、静止時の重心-浮心間距離と泳パフォーマンスの関係を検討するための一助となり、初心者から熟練者に至るまでの水泳の指導の場にも貢献できる可能性を有すると考えられる。そこで、本研究では重心-浮心間距離が推進中のけのびパフォーマンスおよび受動抵抗に与える影響について検討することを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は男子大学競泳選手14名とした。表1に被験者の身体的特性を示した。被験者には本研究の目的および測定内容、危険性について十分に説明を行った後、実験への参加の同意を得た。本研究の内容は、新潟医療福祉大学倫理委員会によって承認を得た(承認番号: 17547-141118)。

2. 測定内容

本研究では、重心-浮心間距離を算出するために、重心位置、浮心位置のそれぞれを測定し、さらに、け

表1 被験者の身体的特性

	身長(cm)	体重(kg)	体脂肪率(%)	体表面積(m^2)
平均値	172.06	68.64	12.36	1.75
標準偏差	4.14	5.44	1.87	0.09

のびパフォーマンスとして到達距離、5m通過時間および10m通過時間、5-10mの所要時間を測定した。また、けのび姿勢における受動抵抗を測定した。

1) 重心位置

重心位置を算出するための測定では、陸上において4つの圧縮型ロードセル（アプライドオフィス社製、TR22S-100kg）を用いて、先行研究（McLean and Hinrichs, 1998; McLean and Hinrichs, 2000a; McLean and Hinrichs, 2000b; 若吉ほか, 2010; 桜岡ほか, 2012; 丸山ほか, 2012）を元に、Reaction Board法によって行った（図1）。長さ300cm、幅50cm、厚さ4.5cmのアルミ製の機材にロードセルを設置した。そして、ロードセルから出力した信号はアンプ（アプライドオフィス社製、AO-LA2）およびA/D変換機（アプライドオフィス社製、AO-8ch）を介し、サンプリング周波数25HzでPCに取り込んだ。4つのロードセルにかかった重さの和を被験者の体重とし、足底からの距離を重心位置とした。

測定時は、被験者の足部を固定するために機材に取り付けられた板に足底を合わせ、うつぶせの姿勢により、上肢で耳を挟み、けのび姿勢をとらせた。その際、浮心位置の測定と姿勢が異ならないように、指示を施した。さらに、先行研究（Gagnon and Montpit, 1981; McLean and Hinrichs, 2000a; 丸山ほか, 2012）において、換気量によって重心-浮心間距離が異なることが明らかにされているため、試技は最大吸気の状態で行った。また、測定試技は2回とし、それぞれの測定の安定した3秒間を平均し、さらに2回分の平均値を採用値とした。

2) 浮心位置

浮心位置を算出する測定では引張型のロードセル（アプライドオフィス社製、TR22S-50kg）を用いて、ロードセルにかかる鉛直方向の力を測定した（図2）。測定は先行研究（Leblanc et al., 2010）に基づき行い、吊るされたストラップにロードセルを取り付け、張力を測定した。ロードセルには足部を安定させるために足底板を取り付け、その足底板を装着した際、踵が水面に合うように被験者ごとに設置した。ロードセルか

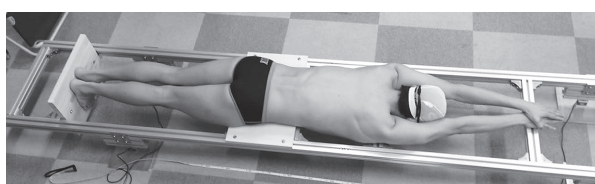


図1 重心測定の様子

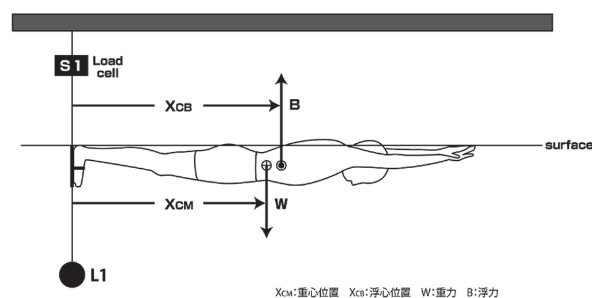


図2 浮心位置の測定方法および算出方法

ら出力された信号は、アンプ（アプライドオフィス社製、AO-LA2）およびA/D変換機（アプライドオフィス社製、AO-8ch）を介し、サンプリング周波数25HzでPCに取り込んだ。また、重心測定と同様に最大吸気の状態で行った測定を2回行い、それぞれの測定の安定した3秒間を平均し、さらに2回分の平均値を採用値とした。なお、重心測定および浮心測定の実験に先立ち、被験者には最大吸気と最大呼気を区別して行えるよう練習を行った。また、予備実験において陸上でけのび姿勢をとり、同一人物で同じ肺気量の最大吸気および最大呼気が行えているのかを確認した。

3) 重心-浮心間距離の算出方法

本研究では、全てけのび姿勢で重心および浮心位置の測定を行った。被験者の体重をW、足底のロードセルの値をS1、足底板を安定させるために付加した錘が完全に水没した時の荷重をL1とする。測定中、被験者の身体は静止しているため、浮力Bは以下のようを求めることができる。

$$B = W - (S1 - L1)$$

さらに、重心位置の測定で算出された足底から重心位置までの距離をXCMとし、浮心位置XCBを求めるのに以下の式が成り立つ。

$$B \cdot X_{CB} = W \cdot X_{CM}$$

$$X_{CB} = W \cdot X_{CM} / B$$

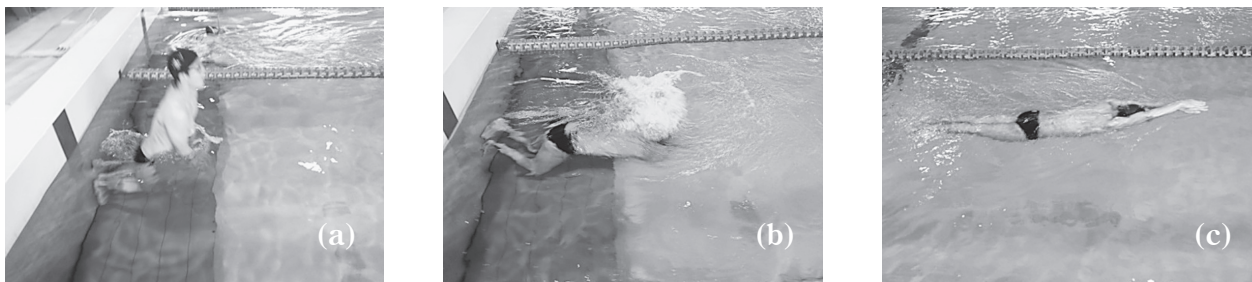
$$X_{CB} = W \cdot X_{CM} / (W - S1 + L1)$$

重心-浮心間距離dは浮心位置と重心位置の差であるため、以下のように算出することができる。

$$d = X_{CB} - X_{CM}$$

4) けのびパフォーマンスの測定

けのびパフォーマンスの測定に先立ち、被験者には10分間のウォーミングアップを行わせ、その後、けのびパフォーマンスの測定（図3）を2回行った。けのびパフォーマンスの指標として、到達距離および5m通過時間、10m通過時間、5-10mの所要時間を計測した。到達距離は壁を蹴って被験者の身体が完全に



(a) 水中に潜る前の準備動作. (b) 壁を蹴る直前の動作. (c) 推進中のけのびパフォーマンス.

図3 けのびパフォーマンスの測定の様子

停止するまでとし、停止した時の指先までの距離を測定し、採用値は最高到達距離とした。5m通過時間および10m通過時間は、側方から撮影をし、足が離れてから指先がそれぞれの地点を通過するまでの時間を測定した。また、指先が5mを通過してから指先が10mを通過するまでの時間を5-10m所要時間とした。さらに、それらの時間から、0-5mおよび5-10mの平均速度を算出した。

5) 受動抵抗および抵抗係数の測定

牽引装置（アプライドオフィス社製，AO-S01）を用いて、前方牽引時におけるけのび姿勢の受動抵抗を測定し、サンプリング周波数1000HzでデータをPCに取り込んだ。けのびの到達距離を測定している先行研究（杉浦ら，2001）において、壁を蹴った直後には、おおよそ2.10m/sの速度が得られたと報告されていることから、牽引速度は1.0m/s, 1.3m/s, 1.6m/s, 1.9m/s, 2.2m/sの5段階に設定し、20mの距離を各速度2回ずつ行った。測定中は、ケーブルを手部に巻きつけ、必ず水面を這うよう牽引し、うまく牽引が出来なかった場合はやり直しをした。けのびパフォーマンスの測定および重心測定、浮心測定と同じ姿勢で行うよう指示した。採用値は、受動抵抗値が安定した区間の3秒間の平均とした。

抵抗係数の算出方法

抵抗Nを流体力学の一般式で表すと以下のような式となる。

$$N = \frac{1}{2} \rho S C_d V^2$$

（ ρ ：水の密度，S：代表面積， C_d ：抵抗係数，

V：速度）

つまり、抵抗係数を求める場合、以下のような式が成り立つ。

$$C_d = \frac{2N}{\rho S V^2}$$

Nの受動抵抗は、前方牽引時の抵抗値を用いた。 ρ は

プールの水温が28度であったため、水の密度を0.9962325の定数とした。さらに、Sの代表面積については、先行研究（合屋ほか，2008）と同様に体表面積を用いた。被験者ごとの体表面積は以下の式から算出した。Vは牽引時の速度を示しており、抵抗値を採用した時の速度をPCから算出した。

体表面積（body surface area：BSA）の算出方法
抵抗係数を算出するための体表面積については、藤本ほか（1968）を参考にした。

$$BSA = \text{体重}^{0.444} \times \text{身長}^{0.663} \times 88.83$$

3. 統計処理

本研究の相関関係については、ピアソンの相関係数を用いた。なお、有意水準については5%未満とした。

Ⅲ. 結果

1. 重心-浮心間距離

被験者全員の重心-浮心間距離の平均値および標準偏差は1.07 ± 0.33cmであり、全被験者において重心よりも頭側に浮心が位置していた。また、重心-浮心間距離の最大値が1.69cm、最小値が0.50cmであった。

2. 重心-浮心間距離とけのびパフォーマンスの関係

けのびパフォーマンス測定での到達距離は15.50 ± 2.07mであった。重心-浮心間距離とけのびの到達距離との関係を図4に示した。重心-浮心間距離と到達距離との間には $p < 0.01$, $R^2 = 0.61$ の有意な相関関係が認められた。

さらに、5m通過時間は1.04 ± 0.07sec, 10m通過時間は6.61 ± 0.57sec, 5-10mの所要時間は5.57 ± 0.56secの結果であった。重心-浮心間距離と5m通過時

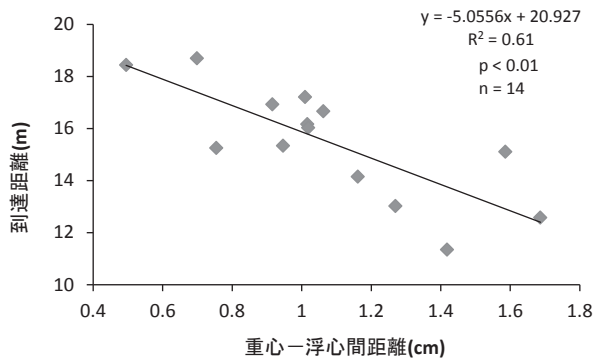


図4 重心-浮心間距離と到達距離の関係

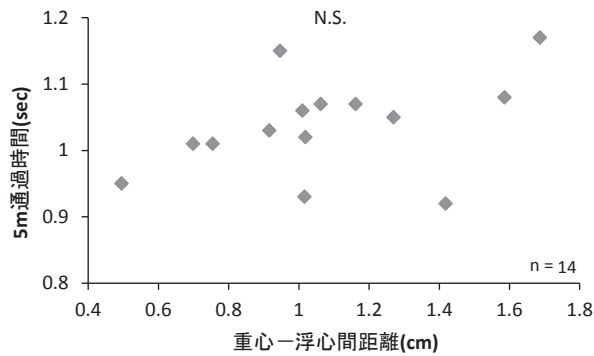


図5 重心-浮心間距離と5m通過時間の関係

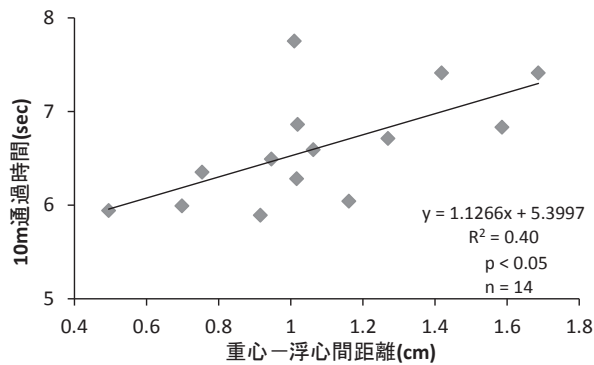


図6 重心-浮心間距離と10m通過時間の関係

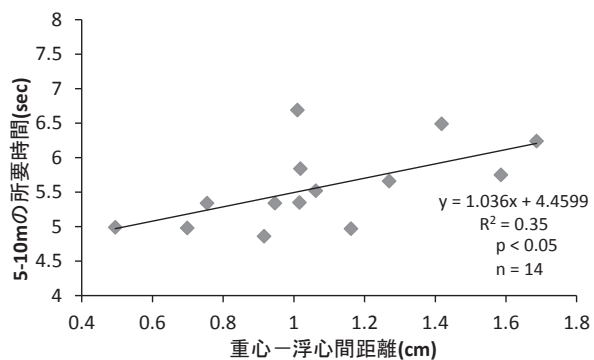


図7 重心-浮心間距離と5-10mの所要時間の関係

間, 10m通過時間, 5-10mの所要時間の関係をそれぞれ図5・図6・図7に示した. 重心-浮心間距離と5m通過時間には有意な相関関係は認められなかったが, 重心-浮心間距離と10m通過時間には $p < 0.05$, $R^2 = 0.40$, 重心-浮心間距離と5-10mの所要時間には $p < 0.05$, $R^2 = 0.35$ とどちらも有意な相関関係が認められた.

けのびパフォーマンス測定における0-5mの平均速度は2.71m/sであり, 5-10mの平均速度は0.91m/sであった.

3. 重心-浮心間距離と受動抵抗について

受動抵抗は1.0m/sにおいて $26.12 \pm 2.35N$, 1.3m/sにおいて $38.56 \pm 3.70N$, 1.6m/sにおいて $53.50 \pm 7.40N$, 1.9m/sにおいて $79.31 \pm 8.40N$, 2.2m/sにおいて $115.58 \pm 9.03N$ であった. それぞれの牽引速度条件(1.0 m/s, 1.3 m/s, 1.6 m/s, 1.9 m/s, 2.2m/s)において, 重心-浮心間距離と受動抵抗についての検討を行ったところ, どの条件においても有意な相関関係は認められなかった.

下永田ほか(1998)は, ある程度競泳に精通した選手の場合, けのび姿勢における受動抵抗値の違いは, 体格の差よりも姿勢の違いによる抵抗係数の影響が大きいと報告している. そこで, 被験者の体格差の影響を考慮するため, 重心-浮心間距離と抵抗係数の関係を図8に示した. それぞれの速度条件において検討したところ, 1.0m/sの速度において $p < 0.05$, $R^2 = 0.31$ の有意な相関関係が認められたが, その他の速度においては, 有意な相関関係は認められなかった.

IV. 考察

1. 重心-浮心間距離

本研究の重心-浮心間距離は, 男子大学競泳選手を対象としたMcLean and Hinrichs(1998, 2000a)の結果とほぼ同様の値を示し, それらの先行研究を支持している. また, 重心-浮心間距離が全員正の値を示したことから, 浮心位置は頭側に位置し, 重心位置が脚側へ位置していたことが明らかとなり, 静止状態において, 足を沈める方向にトルクが働いていることが示された.

2. 重心-浮心間距離がけのびパフォーマンスに与える影響

けのびパフォーマンスにおいて重心-浮心間距離と

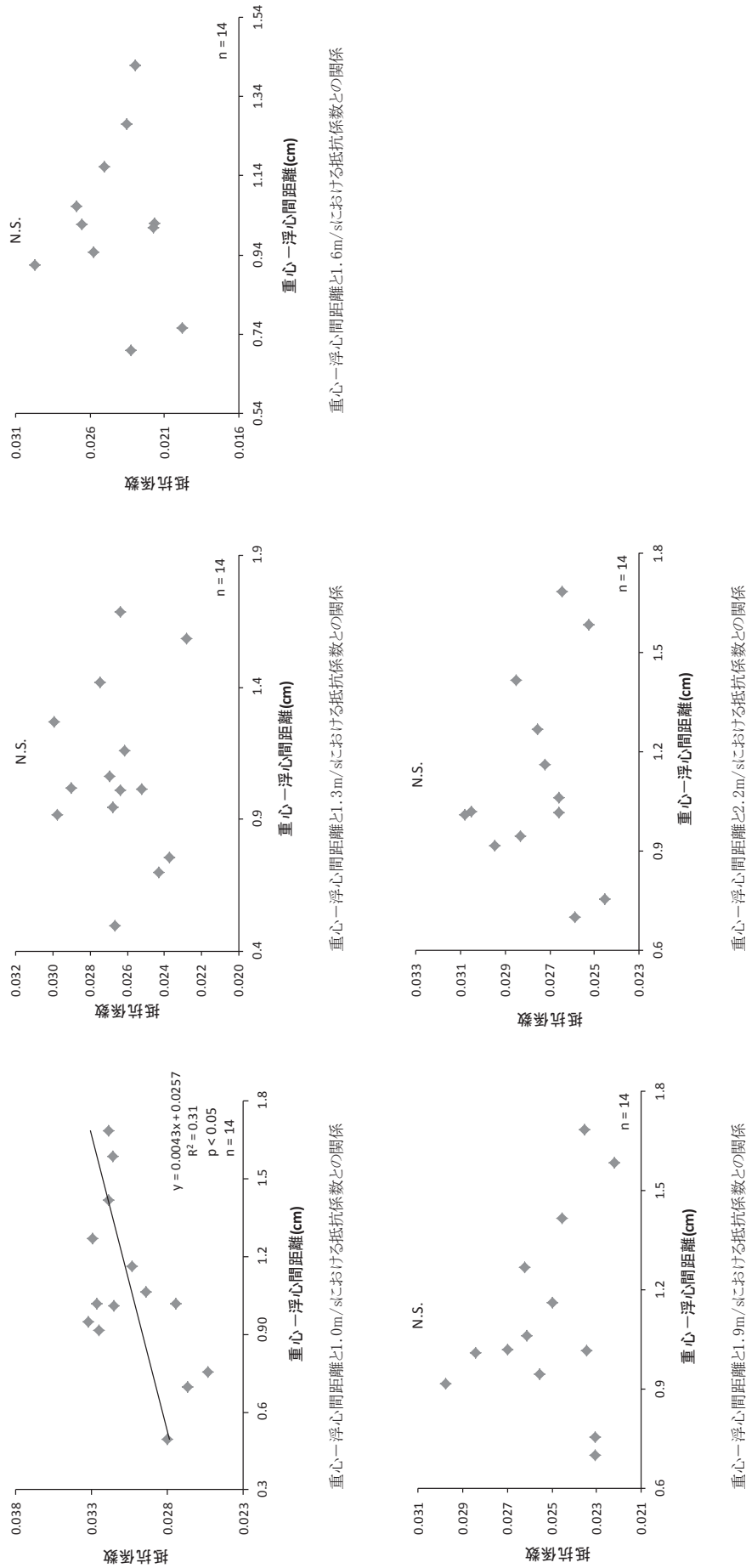


図8 重心-浮心間距離とそれぞれの牽引速度条件における抵抗係数との関係

到達距離との間には有意な相関関係が認められ、重心-浮心間距離が短い被験者ほど、けのびの到達距離が長くなったことが示された。この結果は、浮力体を鼠径部に装着し、意図的に重心-浮心間距離を大きく変化させることで、けのび姿勢やけのび到達距離に影響を及ぼすことを示した河合ほか(2012)の知見を支持するものとなった。足を沈める重心周りに働く浮力によるトルクは、重心-浮心間距離と浮力の積によって算出することができる。よって、重心-浮心間距離が大きい場合、けのび姿勢を維持している際に、足が沈む方向のトルクが大きくなり、水の抵抗を脚に多く受けることとなる。つまり、重心-浮心間距離が大きい被験者は、けのび動作中に脚が下がり抵抗を多く受けることによって、けのび到達距離が短くなったと推測される。

さらに、重心-浮心間距離と受動抵抗の関係について、それぞれの牽引速度条件で検討したところ、どの条件においても相関関係は認められなかった。被験者の体格差の影響を考慮するため、重心-浮心間距離と抵抗係数の関係について検討した結果、1.0m/sの速度において $p < 0.05$ 、 $R^2 = 0.31$ の有意な相関関係が認められた。したがって、重心-浮心間距離はけのびパフォーマンスに影響を与えている結果が得られたものの、1.3m/s以上の速度では、けのび姿勢での抵抗係数には顕著な影響を及ぼさないことが明らかとなった。このことは、速度が上がることで身体の腹部側の水圧が高くなり、脚が浮く方向の力を受け、けのび姿勢が水平に近づいたことによって生じたものと考えられる(Maglischo, 2005)。

さらに、けのびパフォーマンス測定における0-5mの平均速度は2.71m/sを示し、5-10mの平均速度は0.91m/sであり、大きく減速していることが示された。杉浦ら(2001)は、競泳選手男子17名を対象に、けのび姿勢において壁を蹴る力の強さや動きの特徴に関して検証を行っている。壁からつま先が離れた時の速度が 2.91 ± 0.25 m/sを示し、さらに壁を蹴ってから0.5sec後には、 2.17 ± 0.23 m/sまで減少していた。本研究においても、0-5mの平均速度は2.71m/sを示していたのに対し、5-10mの平均速度が0.91m/sまで低下していた。また、重心-浮心間距離は5m通過時間と有意な相関関係は見られず、重心-浮心間距離と5-10mの所要時間との間には有意な相関関係が認められた。以上のことから、重心-浮心間距離は壁を蹴ってから5m通過までの局面よりも5m通過以降の局面において、けのび動作の速度に顕著な影響を与えるこ

とが考えられる。

また、本研究から得られた重心-浮心間距離と1.0m/sにおける抵抗係数の関係において、有意な相関関係が認められたにも関わらず、その他の牽引条件では相関関係が認められなかったことから、1.3m/s以上の速度においては重心-浮心間距離は抵抗係数に影響を及ぼさないことが示唆された。

3. コーチングへの示唆：推進時のけのびについて

けのび動作は、スタートやターンでの局面、平泳ぎでのグライド局面などにおいて出現する動作である(杉浦ほか, 2001)。ターン直後に、けのび姿勢をとった際、泳速度は約2.5m/s(岸本ほか, 2008)まで上がる。さらに、平泳ぎ中のけのび姿勢でグライドをしている際は、約1.8m/sの速度が出ている(岩原, 2008)。本研究では、重心-浮心間距離は1.0m/sにおける抵抗係数やけのびの到達距離および1.0m/s以下となった5-10mの所要時間に影響を及ぼすことが明らかとなった。しかしながら、実際に推進している際、1.0m/s以上の速度で泳いでいる競泳レースにおいては、重心-浮心間距離が、けのびパフォーマンスに顕著な影響を及ぼすことは考えにくいであろう。

V. 結 論

男子大学競泳選手14名を対象に、重心-浮心間距離がけのびパフォーマンスおよび受動抵抗に与える影響について検討をした。その結果、重心-浮心間距離は競泳レースのような高い速度のけのびパフォーマンスには影響を与えず、秒速1.0m以下のような低い速度のけのびパフォーマンスに影響を及ぼしている可能性が示唆された。

謝辞

本研究は2013度新潟医療福祉大学研究奨励金(H25B13)の助成を受けて行われた。記して深く謝意を表す。

引用文献

- 阿江通良・藤井範久(2002) スポーツバイオメカニクス20講。朝倉書店：東京、105-111。
- Maglischo, E.W. (2005) Swimming Fastest. Human Kinetics : 47-48.
- Elipot, M. Hellard, P. Tai "ar, R. Boissie`re,E., E. Rey J.L. Lecat, S, Houel, N. (2009) Analysis of swimmers' velocity during the underwater gliding motion following grab start. Journal of Biomechanics 42: 1367-1370.

- 藤本薫喜・渡邊 孟・坂本 淳・湯川幸一・森本和枝 (1968) 日本人の体表面積に関する研究, 第18篇 三期にまとめた算出式. 日本衛生学会誌, 23 (5) : 443-450.
- Gagnon, M. and Montpetit, R (1981) Technological development for the measurement of the center of volume in the human body. *J Biomech.* 14: 235-241.
- 合屋十四秋・野村照夫・松井敦典 (2006) けのび動作の力発揮と前方牽引による受動抵抗との関係. 愛知県教育大学研究報告, 55 : 21-25.
- 合屋十四秋・野村照夫・松井敦典・小山田早織 (2008) けのび動作の力発揮と前方牽引による受動抵抗: 大学女子熟練泳者と非熟練泳者の比較. 愛知県教育大学研究報告, 57 : 11-16.
- 合屋十四秋・松井敦典・杉浦加枝子・高木英樹 (2010) 初心者, 熟練者及びエリート選手のけのび動作と力発揮の横断的検討. 愛知県教育大学研究報告, 59 : 19-27.
- 岩原文彦 (2008) 北島康介選手のトレーニングサポート. *トレーニング科学*, 20 (3) : 169-174.
- 河合祥雄・長谷川めぐみ・里村隆気・染谷由希・関根紀子 (2012) 浮心位置を脚側に移動させた際の「けのび動作」のパフォーマンスに与える影響. *水と健康医学研究会誌*, 15 (1) : 1-8.
- 岸本太一・武田 剛・杉本誠二・高木英樹・椿本昇三 (2008) バタフライと平泳ぎにおけるApnea Turnの検討. *Japanese Journal of Sciences in Swimming and Water Exercise*, 11 (1): 19-23.
- 窪 康之・岩原文彦 (2013) DVD レベルアップ! 水泳4泳法完全マスター. 西東社: 東京, 22-23.
- Leblanc, H. Seifert, L. Chollet, D. (2010) Does floatation influence breaststroke technique? *J Appl Biomech.* 26 (2) : 150-158.
- 丸山祐丞・近田彰治・矢内利政 (2012) 呼吸様式が重心位置と浮心位置に与える影響: 水泳における水平姿勢維持への示唆. *体育学研究*, 57 : 641-651.
- McLean, S. P. and Hinrichs R. N. (1998) Sex differences in the centre of buoyancy location of competitive swimmers. *J Sports Sci*, 16: 373-383.
- McLean, S. P. and Hinrichs R. N. (2000a) Influence of arm position and lung volume on the center of buoyancy of competitive swimmers. *Res Q Exerc Sport*, 71: 182-189.
- McLean, S. P. and Hinrichs R. N. (2000b) Buoyancy, gender, and swimming performance. *J Appl Biomech*, 16: 248-263.
- 桜岡まりえ・市川 浩・佐藤大輔・馬場康博・下山好充 (2011) 水泳における道具の使用方法が重心-浮心間距離に与える影響. *日本水泳・水中運動学会2011年次大会論文集*: 80-83.
- 下永田修二・田口正公・田場昭一郎・青柳美由季 (1998) クロール泳におけるActive Dragの定量化の試み. *福岡大学体育研究*, 28 (2) : 65-79.
- 杉浦加枝子・合屋十四秋・鶴峯 治・高橋繁浩・小粥由美子 (2001) 熟練者におけるけのび動作と力発揮との関係. *水泳水中運動科学*, (4) : 11-15.
- Takeda, T. Ichikawa, H. Takagi, H. Tsubakimoto, S. (2009) Do differences in initial speed persist to the stroke phase in front-crawl swimming? *J Sports Sci*, 27 (13): 1449-1454.
- 若吉浩二・白木孝尚・波多 遥 (2010) 有浮力水着が重心-浮心間距離およびけのび動作に及ぼす影響. *日本水泳・水中運動学会2010年次大会論文集*: 82-83.

平成27年1月22日受付

平成27年7月6日受理