

## オリンピックヨット候補選手の重心高について

進藤 正雄, 高橋 彬\*

On The Body Gravity Center of Yacht  
Candidat Racer in Moscow Olympic

Masao SHINDO and Akira TAKAHASHI

## Abstract

The purpose of this study is to investigate the body gravity center of Yacht candidat racer in Moscow Olympic.

The height of the body gravity center was measured in 11 male yacht candidat racers, aged 20 to 33 years, and the relative height of the body gravity center was calculated.

The results were summarized as follows, 1) The mean height of the body gravity center was 98.04cm from the sole of the foot. 2) The mean relative height of the body gravity center was 56.31 percent of the stature. 3) The mean value for the relativ height of the body gravity center was heigher than runner, jumper, thrower, kendo and soccer players. 4) The height of the body gravity center and morphological measurments correlated with length and girth items. 5) The multiple regression equation to estimate the relative height of the body gravitaye center (y) was

$$y = 0.140 (\text{iliospinale hegiht}) + 0.360 (\text{relative chest breadth}) - 0.025 (\text{biacrominal breadth/bicristal breadth}) - 0.099 (\text{trunk length/iliospinale height}) + 51.944 (\text{constant})$$

Key words : Gravity, Olympic, Yacht

## I. 緒 言

ヒトの重心高の測定は, G. A. Borelli(1679)によって始められてから種々の研究方法が開発され多くの研究がされて来たが, 最も基本的な方法は, Scheidt, W(1922)によって開発された水平板と体重計とを用いて計測する方法である。我が国においては人類学的立場か

ら秋田(1922)<sup>1)</sup>が3歳~55歳までの男女を用いて, 石川(1951)<sup>9)</sup>が8歳~成人および妊娠中の女性の重心高の変化を, 磯前(1956)<sup>10)</sup>が22歳~24歳までの男子学生を用い, 石河他(1960)<sup>7)</sup>が1歳~20歳までの男女を用いて性差・年齢変化にともなう重心高および比重心高に関する研究報告を行なっている。一方,

\*筑波大学体育科学系

体育学的な立場から石河(1958)<sup>8)</sup>は大学の男子運動選手(23種目)について、島口他(1967)<sup>16)</sup>は男子陸上競技選手、中村(1967)<sup>14)</sup>は12歳~21歳までのサッカー選手、石井(1971)<sup>6)</sup>らは大学の運動選手(男子17種目、女子6種目)についての重心高および比重心高に関する研究報告を行なっている。また、奥山(1930)<sup>15)</sup>・寺田(1952)<sup>19)</sup>・江上(1953)<sup>4)</sup>らは振り子式測定装置により、松井(1956, 1958)<sup>12)</sup>は作図法により合成重心位置を求めた研究報告をしている。しかし、これらの研究報告は主として重心高の測定や比重心高の算出に力点がおかれ、身体各部の計測項目との間の関連性については殆ど触れられていない。

## II. 目的

一般に長期間にわたり専門的なトレーニングを行なって来た運動競技選手は、その種目に適した体型が形成されることが良く知られているが、重心高の位置は運動種目に特徴的な体型の差とは殆ど関係がなく一般男女を含め単に身長差によって変化すると云われている<sup>1)4)6)7)8)9)10)12)14)15)16)17)18)</sup>。これに対して身長に対する重心高の比、すなわち比重心高はそれぞれの種目の間に差が認められ、競技特性やプロポーションとの間に一定の関係が存在すると云われている。例えばサッカー・ラグビー・陸上競技など走ることを主体とした競技では上半身に比して下半身が発達し、逆に、体操競技・水泳などは下半身に比して上半身がより発達していて、このような競技特性の差が、前者では比較的低い比重心高を、後者は高い比重心高をもたらすことが知られている。しかし、すでに述べたように人類学および体育学における先行研究では、単に重心高および比重心高を測定するだけで身体各部との関連性については触れられていない。

筆者らは1980年モスクワオリンピック・ヨット競技候補選手の身体測定および重心高

の測定を行なう機会を得たので、ヨット競技選手の身体的な特徴と重心高および比重心高が他の種目のオリッピック選手および大学レベルの運動競技選手と比較して差があるか否か、また、ヨット競技が、上・下半身のうちどちらをより運動の主体とする競技であるかを明らかにすることを目的として本研究を行なった。

## III. 資料と方法

被験者は1980年モスクワオリンピックヨット競技候補選手11名、年齢は20歳~33歳を用いた。生体計測はマルチンの計測法に従い1. 身長、2. 仰臥位身長、3. 肩峰高、4. 胸骨上縁高、5. 臍高、6. 上前腸骨棘高、7. 恥骨結合上縁高、8. 肘関節高、9. 橈骨茎突高、10. 中指端高、11. 膝関節高、12. 座高、13. 指極、14. 肩峰幅、15. 胸郭幅、16. 胸郭矢状径、17. 最小胴幅、18. 腸稜幅、19. 頭囲、20. 胸囲、21. 腹部最小囲、22. 殿囲、23. 上腕最大囲、24. 前腕最大囲、25. 前腕最小囲、26. 大腿最大囲、27. 下腿最大囲、28. 下腿最小囲、29. 体重について計測を行った(左右あるものについては右側のみ)。また得られた計測値より1. 上肢長、2. 前胴壁長、3. 頭囲/殿囲、4. 胸囲/殿囲、5. 腹部最小囲/殿囲、6. 肩峰幅/腸稜幅、7. 胸郭幅/腸稜幅、8. 最小胴幅/腸稜幅、9. 前胴壁長/上前腸骨棘高、10. 座高/上前腸骨棘高、11. 比胸囲、12. 比腹部最小囲、13. 比殿囲、14. 比肩峰幅、15. 比最小胴幅、16. 比腸稜幅、17. 比上前腸骨棘高、など身体のプロポーションを表す示数を算出した。

重心高の測定は、遠藤・高橋(1972)<sup>2)</sup>らが荷重変換器と水平板を用い、立位時における重心垂線投影装置を開発し、優れた結果を報告しているが、本研究ではこの方法を応用して行った。本研究に用いた重心測定装置(図-1)は、1)水平板、2)静歪測定器、3)荷

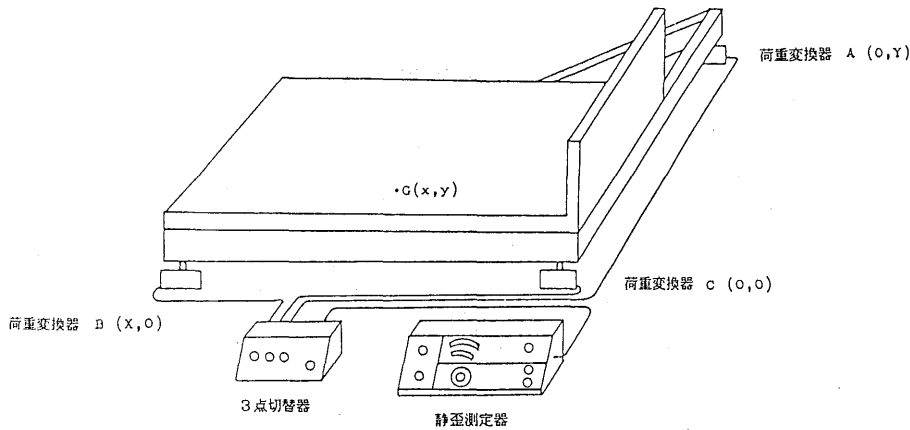


図1 重心高測定装置

重変換器(共和電業, 耐圧500kg), 4) 3点切替器, 5) 直角三角形の枠組みより構成されている。水平板は, 幅1200mm, 厚さ15mm, 長さ2000mmの合板と, それを縁どる幅60mm, 厚さ60mmの枠で構成され, 幅57mm, 厚さ116mmの木材で作られた直角三角形の枠組みの上に接着されている。また, 水平板の一端には被験者の足底を一定に保つための足底板を設け, 直角三角形の枠組みの各頂点の下に荷重変換器を設置した。さらに荷重時に直角三角形の枠組みと荷重変換器との位置がずれないように荷重変換器の先端を収める軸受けを直角三角形の枠組みの各頂点の真下に取り付けた。

本測定装置の測定の原理は, 次のとおりである。すなわち直角三角形 A・B・Cにおいて C(0・0)を支点とし, 平面上の任意の点 G(x・y)に垂直な力 W を加えるとき, 定点 A(0・Y), B(X・0), C(0・0)に働く力を  $F_a$ ,  $F_b$ ,  $F_c$ , とすると x 方向には  $X \times W = F_a \times X$ , y 方向には  $y \times W = F_a \times Y$  の関係が成立つ。したがって X と Y を一定に保てば  $F_a$ ,  $F_b$ ,  $F_c$  の値を測定することにより, W の力点(重心位置)を知ることができる。本研究では, x 方向の重心位置, すなわち重心高を測定した。本研究で使用した水平板では X の値を 2000mm に設定したので重心高(x)は  $x = (F_a/W) \times 2000\text{mm}$  によって求められる(但し

$W = F_a + F_b + F_c$ )。重心高の測定に際して被験者は下着(パンツ)一枚になり, 水平板に取り付けられている足底板に足底を密着させ仰臥し「直立姿勢」を保持させ静歪測定器により直角三角形の各頂点の歪量をそれぞれ読取り, 前述の公式を用いて重心高を算出した。なお本実験で使用した装置を全被験者の体重および身長を基に体重50~100kg, 身長160~190cmの範囲で最も正確に重心高を測定できるように設定し, この範囲における測定誤差を検定した結果比重心高に及ぼす相対誤差は0.125%以下であり十分に測定値が信頼できる範囲内にあることが明らかとなった。

#### IV. 結果および考察

表1は, ヨット競技選手の身体計測値と身体計測値から算出された示数(所謂, 身体のプロポーション)の平均値と標準偏差をじめた。この結果を1976年モントリオールオリンピックヨット選手および全種目の日本代表選手の平均値と比較すると<sup>20)</sup>, 上腕最大囲・胸囲はやや大きい傾向を示すが, 他の項目ではほとんど同等な値を示し, 本研究に用いたヨット競技選手はオリンピック代表選手の中では平均的な体型をしているものと思われる(身長・座高・胸囲・上腕最大囲・前腕囲・大腿最大囲・下腿最大囲・体重以外の項目は

表1 ヨット選手の身体計測値の平均値と標準偏差

	$\bar{X}$	S.D.		$\bar{X}$	S.D.
1.身長	173.2(cm)	7.56	17.最小胸幅	26.8	2.40
2.仰臥位身長	174.0	7.64	18.腸稜幅	28.4	1.57
3.肩峰高	142.5	7.03	19.頭囲	57.6	1.60
4.胸骨上縁高	140.0	6.71	20.胸囲	94.0	4.91
5.臍高	101.4	5.01	21.腹部最小囲	78.4	9.14
6.上前腸骨棘高	93.3	5.43	22.殿囲	92.8	6.46
7.恥骨結合上縁高	86.4	4.99	23.上腕最大囲	30.1	2.75
8.肘関節高	110.5	5.37	24.前腕最大囲	28.1	1.74
9.橈骨基突高	85.9	4.71	25.前腕最小囲	17.7	1.07
10.中指端高	67.7	3.97	26.大腿最大囲	54.2	4.86
11.膝関節高	43.8	2.87	27.下腿最大囲	37.6	3.22
12.座高	92.9	3.06	28.下腿最小囲	22.3	1.49
13.指極	174.8	7.67	29.前胸壁長	53.6	2.16
14.肩峰幅	39.5	2.14	30.上肢長	74.8	3.65
15.胸郭幅	28.8	2.35	31.体重	71.5(kg)	1.31
16.胸郭矢状径	20.2	2.54			

報告書では欠落しているため比較はできなかった。

また、筑波大学陸上競技部員選手(走・跳・投)・剣道部員・水泳部員(競泳)・サッカー部員と比較を行なったが<sup>17)</sup>、身長などの長径ではあまり差が認められなかったが、最小胸幅、腸稜幅の幅径では、ヨット選手が投擲選手を除いてほぼ有意( $P > 0.5 \sim 0.01$ )に大

きく、また、胸囲・腹部最小囲・上腕最大囲・前腕最大囲・前腕最小囲などの周径ではヨット選手が他の選手と比して有意( $P > 0.5 \sim 0.01$ )に大きな値を示した。

表2は、身体計測から算出された身体のプロポジションを現す示数の平均値と標準偏差を示した。モスクワオリンピックヨット候補選手とモンテリオールオリンピックヨット選

表2 ヨット選手の示数の平均値と標準偏差

	$\bar{X}$	S.D.		$\bar{X}$	S.D.
1.頭囲/殿囲	62.32(%)	3.46	9.比胸囲	54.30	2.23
2.腹部最小囲/殿囲	84.35	4.83	10.比腹部最小囲	45.24	4.51
3.胸囲/殿囲	101.50	2.78	11.比殿囲	53.55	2.83
4.肩峰幅/腸稜幅	138.85	5.95	12.比肩峰幅	22.79	1.03
5.胸郭幅/腸稜幅	101.35	6.83	13.比胸郭幅	16.63	0.97
6.最小胸幅/腸稜幅	94.15	7.57	14.比最小胸幅	15.44	1.12
7.前胸壁長/ 上前腸骨棘高	57.89	2.47	15.比腸稜幅幅	16.43	0.83
8.座高/ 上前腸骨棘高	99.79	4.77	16.比上前腸骨棘高	53.83	1.33

手および全種目の日本代表選手の平均値と比較すると比胸囲、比体重ともに有意な差は認められず、本研究に用いたヨット競技選手は比較し得た項目に関する限りほぼ平均的なプロポジションであると思われる(他の項目については報告書では欠落しているため比較できなかった)。また、既報<sup>18)</sup>の筑波大学運動部員と比較して、腹部最小囲/殿囲は剣道・走・跳躍選手に比して有意( $P>0.5$ )に大きかった。比胸囲・比肩峰幅・比胸郭幅・比最小胸幅は他の選手と比して同等かやや大きな値を示す傾向にあった。

ヨット競技は1レース約2時間30分程度を必要とするが、この間大腿部・下腿部の運動量は極端に少ない、一方、セーリング中のヨットの転覆を防止するために腹部、背部の筋、あるいはセール・トリミング、ラダー操作などのため自由上肢部の筋の持続的な使用量が大変重要となる。<sup>11)</sup>このため他の種目の選手と比して絶対値および相対値で上半身に係わる値がやや大きく表現されたものと思われる。

表3は、ヨット競技選手の重心高の平均値を示した。なお本研究以外にオリンピック選手の重心高に関する報告がみあたらないので、筑波大学運動競技選手の結果を示した。ヨット競技選手の重心高は足底より98.05cmであり、他の競技選手と比して有意な差は認められなかった。表4は、ヨット選手の重心高と身体計測値との相関関係を示した。重心高は、身長と高い相関関係があることが明らかにされているが、本研究においても身長をはじめ肩峰高などの長径と非常に高い相関

表3 重心高の平均値と標準偏差

	N	$\bar{X}$	S.D.
ヨット選手	11	98.05(cm)	4.83
走選手	44	95.75	3.10
跳躍選手	31	96.51	2.72
投擲選手	18	99.32	3.36
水泳選手	30	97.57	3.26
剣道選手	47	96.02	2.67
サッカー選手	74	95.40	2.97

表4 ヨット選手の身体計測値と重心高との間の相関係数

1.身長	0.9799***	17.最小胸幅	0.5878
2.仰臥位身長	0.9886***	18.腸稜幅	0.5363
3.肩峰高	0.9655***	19.頭囲	0.5474
4.胸骨上縁高	0.9735***	20.胸囲	0.6314*
5.臍高	0.9273***	21.腹部最小囲	0.5436
6.上前腸骨棘高	0.9456***	22.殿囲	0.6054*
7.恥骨結合上縁高	0.9607***	23.上腕最大囲	0.3520
8.肘関節高	0.9614***	24.前腕最大囲	0.4928
9.橈骨茎突高	0.9380***	25.前腕最小囲	0.5838
10.中指端高	0.8990***	26.大腿最大囲	0.4239
11.膝関節高	0.8709***	27.下腿最大囲	0.4300
12.座高	0.7859**	28.下腿最小囲	0.4433
13.指極	0.9323***	29.前胴壁長	0.8047***
14.肩峰幅	0.5524	30.上肢長	0.8809***
15.胸郭幅	0.7212*	31.体重	0.6607*
16.胸郭矢状径	0.6555*		

(\* : 5%レベル, \*\*\* : 0.1%レベルで有意)

( $P > 0.001$ )が認められた。しかし、周径では胸囲・殿囲、幅径では、胸郭幅・胸郭矢状径の項目で低い相関( $P > 0.5$ )が認められた以外は有意な相関は認められなかった。

従って、重心高は、身体の幅あるいは太さに関する項目の影響はあまり受けけないものと思われる。重心高は、身長と非常に高い相関関係があるので重心高を性別・種目別を全く無視して身長だけを用いて推定することができる。

図2は、ヨット選手・陸上競技選手・剣道選手・水泳選手・サッカー選手(合計211名)の身長(X軸)と重心高(Y軸)の関係を示した散布図である(+印は同じ値をもつ被験者がかなりいるため実数より少なく見える)。重心高(y)は、この図で示されるように非常に高い相関関係があり、重心高は、 $y = 0.517X$ (身長) - 6.921の回帰式が得られる。また、相関係数は $r = 0.966$ ( $p > 0.001$ )であり、重心高の変動の約93%を説明できる。

表5は、ヨット選手と他の種目の選手の比重心高の平均値を示した。ヨット選手の比重

心高は足底より身長の56.31%に位置し、走・跳躍・剣道・サッカー選手・投擲選手に比して有意( $p > 0.001$ ,  $P > 0.5$ )に高い位置にあったが、水泳選手との間には有意な差は認められなかった。運動選手の比重心高はその種目が上・下半身のどちらかをより主体とするかによってその値が変化することが報告されている(石河, 1958, 1960)。このような先行研究を考慮すると、本研究ではヨット選手が水泳選手と同様に下半身に比して上半身の運動を主体としていることを示唆している。

表6は、ヨット選手の比重心高と身体計測値および示数との間で有意な相関関係が認められた項目だけを示した。比重心高は重心高の身長に対する相対的な位置であり、一般的に仰臥位身長・上前腸骨棘高などの身体計測値と有意な相関関係を示すことはまったくないが、本研究ではこれらの計測値との間に有意な相関関係が認められた。しかし、これは被験者数が少ないことに起因すると考えられ今後検討の必要がある。また、周径間の比では腹部最小囲/殿囲と低い相関関係が認めら

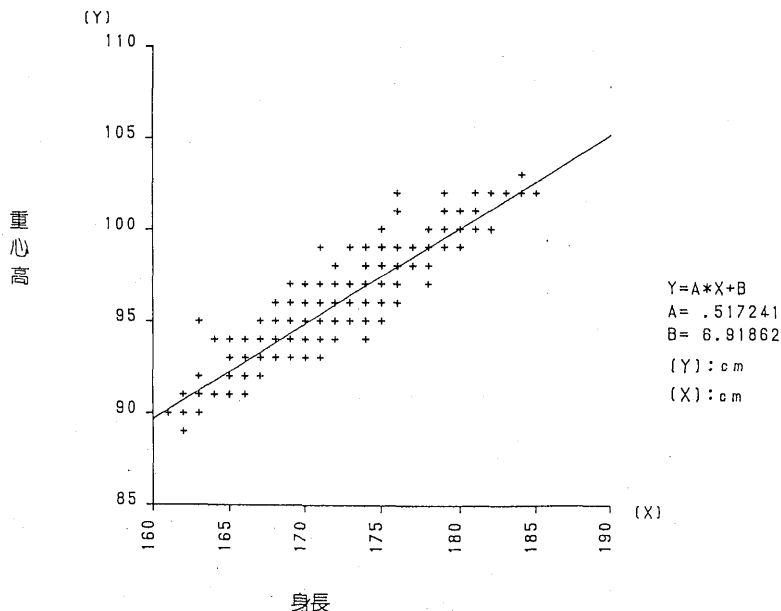


図2 身長と重心高との散布図

表5 比重心高の平均値と標準偏差

	N	$\bar{X}$	S.D.
ヨット選手	11	56.31(%)	0.50
走 選手	44	55.37	0.53***
跳躍選手	31	55.58	0.48***
投擲選手	18	55.76	0.53*
水泳選手	30	56.29	0.65
剣道選手	47	55.59	0.44***
サッカー選手	74	55.37	0.51***

表6 ヨット選手の比重心高と示数との間の相関係数

1. 仰臥位身長	0.5435*
2. 上前腸骨棘高	0.6682*
3. 上 肢 長	0.5495*
4. 指 極	0.5660*
5. 最小胸幅	0.5428*
6. 腸 稜 幅	0.5988*
7. 胸郭矢状径	0.6608*
8. 頭 囲	0.7009**
9. 腹部最小囲/ 殿 囲	0.5589*
10. 前胴壁長/ 上前腸骨棘高	-0.5537*
11. 座高/ 上前腸骨棘高	-0.6813**
12. 比上前腸骨棘高	0.6955*

(\* : 5%レベル, \*\* : 1%レベルで有意)

れた ( $p > 0.5$ )。腹部最小囲は上半身、殿囲は下半身の周径であり、殿囲に比して腹部最小囲の値が大きくなれば相対的に比重心高の位置が上昇する。このほか、前胴壁長/上前腸骨棘高・座高/上前腸骨棘高で負の相関が認められた ( $p > 0.5$ ,  $p > 0.01$ )。すなわち、下半身の値が小さくなれば比重心高の値が小さくなることを示している。比重心高は、身長に対する重心高の相対的な位置として表現されるため、重心高のように身長を用いて簡単に位置を推定することは不可能であり、多

数の身体計測値を用いて比重心高を推定する必要があると思われた。本研究で得られた全ての測度と示数を用い重回帰分析により比重心高の推定式を求めた。この推定式を求めるために、筑波大学学術情報センターの大型計算機を使用した。また重回帰方程式を算出するためにSPSS (Statistical Package for The Social Sciences) 第6版のRegressionを用いた。この重回帰方程式を算出するにあたって、回帰変数の投入法に1)一括多重型投入法、2)ステップワイズの変数追加法の2種類の方法が用意されているが、今回は次の理由でステップワイズの変数追加法を用いて重回帰方程式を算出した。

1) 多重共線性のおそれのある変数の選別・除外できる。2) 選択的ステップごとの回帰係数の変化を調べて説明変数間の内部関係について理解を深められる。3) 変数間の因果的順序を見出せる。4) 説明された分散を分解して、有意性を検定できる。5) できるだけ少ない説明変数で回帰式を作成できる。<sup>1)</sup>

表7は、ヨット選手の比重心高を推定するために選択された測度と、それに係わる偏回帰係数とを示したものである。

ヨット選手の比重心高は  $y = 0.140x_1$  (比上前腸骨棘高) +  $0.360x_2$  (比胸郭幅) -  $0.025x_3$  (肩峰幅/腸稜幅) -  $0.099x_4$  (前胴壁長/上前腸骨棘高) + 51.944 (定数項) の推定式が求められた。重相関係数は  $R = 0.9455$ 、寄与率は  $R^2 = 0.8940$ 、標準誤差は0.2105%、F検定値は12.645 ( $p > 0.001$ )、ダービートーワトソン検定値(最適値が2.0)は2.0177であり、分散分析および残差の自己相関の観点からも、この回帰式が十分有効であることを示している。この重回帰方程式を用いてヨット選手の比重心高を推定すると最大誤差は-0.385%、最小誤差は0.00089%であり、比重心高の変動の約90%を説明することができた。本研究に用いた被験者数が11名と少ないため予想よ

表7 ヨット選手の比重心高を推定するために算出された重回帰方程式

比重心高(y)=			
比上前腸骨棘高	0.140	重相関係数	R=0.9454
比胸郭幅	0.360	寄与率	R <sup>2</sup> =0.894
肩峰幅/腸稜幅	-0.025	標準誤差	0.211%
前胴壁長/上前腸骨棘高	-0.099	F-検定値	12.645***
定数項	51.944		

りも数少ない測度で推定が可能ではあったが、この方程式を用いることによりヨット選手の比重心高を推定する指針がある程度得られたものと思われる。

以上の結果からみて、本研究に用いたヨット選手は他のオリンピック選手<sup>20)</sup>に比して上腕囲、胸囲はやや大きめの傾向はあるが、他の項目にはほとんど差がなく、また筑波大学運動部員との比較でも同様に差は認められなかった。重心高の位置は身長的高低によって決定されるが、本研究のヨット選手の場合もまったく同様の結果であった。また、ヨット選手の比重心高は身長の56.31%であり石河<sup>8)</sup>の各種運動競技選手の報告および筆者<sup>17)</sup><sup>18)</sup>らの研究成果と比較して体操競技選手・水泳選手に次いで高い位置にあった。

## V. まとめ

1980年モスクワオリンピック、ヨット競技候補選手11名を用いて身体計測の測定を行ない、ヨット選手の形態学的特徴を明らかにし、また、重心高および比重心高を測定し、ヨット競技が上・下半身のうちどちらに運動の主体があるかについて検討を加えた。また、ヨット選手や、オリンピック選手の重心高の測定に関する報告は一例もみあたらないため、統計学的に比較が困難な箇所もあったが、筆者らが測定した筑波大学陸上競技選手(走・跳・投)・剣道選手・水泳選手・サッカー選手の結果を比較検討に用いた。

1) ヨット選手の上腕最大囲・胸囲は、全オ

リンピック選手および筑波大学運動部員に比してやや大きい傾向があったが、他の身体計測値に差は認められず、運動競技選手としては平均的な体型であった。

2) ヨット選手のプロポーシオンは、全オリンピック選手と比して有意な差は認められなかったが、筑波大学運動部員との比較では、腹部最小囲/殿囲は剣道・走・跳躍選手より有意に大きく、比胸囲・比肩峰幅・比胸郭幅・比最小胴幅は同等かややおきな傾向を示した。

3) ヨット選手の重心高は、平均して足底より98.05cmであり、筑波大学運動部員に比して有意な差は認められなかった。この結果はヨット選手と筑波大学運動部員の身長にほとんど差が認められなかったことによる。

4) ヨット選手の重心高と身体計測値および示数との間では、身長をはじめ他の長径項目とは非常に高い相関( $p > 0.001$ )が、また胸郭幅・胸郭矢状径・胸囲・殿囲に低い相関( $p > 0.5$ )があった。

5) ヨット選手の比重心高の平均は、56.31%であり競泳選手を除いて有意に高い位置にあった。ヨット選手の運動は下半身に比して上半身を強力に用いるものであることが推察される。

6) 重回帰分析の手法による、ヨット選手の比重心高は、比上前腸骨棘高・比胸郭幅・肩峰幅/腸稜幅・前胴壁長/上前腸骨棘高を用いることにより、比重心高の変動の約90%を説明することが可能であった。



## 引用文献

- 1) 三宅一郎, 山本嘉一郎: SPSS 統計パッケージⅡ: 14-15 東洋経済新報社, 東京, 1977.

## 参考文献

- 1) 秋田善雄: 日本人の質量比例に就いて。(重心に関する統計的研究). 東京医学雑誌, 43: 149-207, 1929.
- 2) Bannri Enndo and Akira Takahashi: Equipment to Detect Perpendicular Line of Body Gravity Center in Relation to Body segment. J. Anthropol. soc. Nippon. 80: 232-249, 1972.
- 3) Carroll, E, Palmer: Studies of The Center of Gravity The Human Body. Child Development, 15: 99-180, 1944.
- 4) 江上義之, 1953: 生体重心決定に関する研究補遺——奥山氏の方法の簡易化に就いて——. 民族衛生, 20: 91-94, 1953.
- 5) 古川俊之, 田中 博: 多変量解析プログラム・パッケージ入門: 医学書院, 東京, 1983.
- 6) 石井喜八, 高島慎助: 人体重心と運動効果. 大阪体育大学記要, 3: 1-6, 1971.
- 7) 石河利寛, 山川純子, 宮内節子: 日本人の重心に関する研究——特に発育に伴う重心の変化について——. 民族衛生, 26: 350-369, 1960.
- 8) 石河利寛: 運動選手と重心の高さ. 体育の科学, 18: 348-350, 1958.
- 9) 石川良次郎: 人體の重心に就いて. 医学研究, 21: 1057-1071, 1951.
- 10) 磯前栄一: 生体の重心に関する研究.  
I. 簡単な2元同時測定法について. 慶応医学, 33: 87-94, 1956.
- 11) Lou d'Alpuget: Successful Sailing, 舵社, 東京, 1977.
- 12) 松井秀治: 運動と身体の重心, 杏林書院, 東京, 1968.
- 13) 三宅一郎, 山本嘉一郎: SPSS 統計パッケージⅠ, Ⅱ. 東洋経済新報社, 東京, 1977.
- 14) 中村雄志: 蹴球選手の比重心に関する一考察. 東北学院大学論集(一般教育), 49: 153-209, 1967.
- 15) 奥山 美佐雄: 生体の重心に関する研究, 其一, 生体重心測定の一新法, 労働科学, 7: 565-588, 1930.
- 16) 島口 貞夫, 真柄 浩: 体型と重心の関係. 順天堂大学体育学部紀要, 第10号: 85-89, 1967.
- 17) 進藤 正雄, 高橋 彬, 植竹 照雄, 草間 益良夫, 太田 誠耕: 男子学生の重心高について. 筑波大学体育科学系紀要, 第3巻: 81-88, 1980.
- 18) 進藤 正雄, 高橋 彬: 運動競技選手の形態的特徴について. 昭和58年度科学研究費(一般C)「モアレ法等による各種運動動作の動的的研究」研究成果報告書, pp. 44-58, 1985.
- 19) 寺田 和夫: 人體重心の新測定法(豫報)人類学雑誌, 62: 25-32, 1952.
- 20) 財団法人日本体育協会スポーツ科学委員会: 第21回モントリオールオリンピック日本代表選手体力測定報告書, 日本体育協会スポーツ科学研究書, Ⅶ: 1-72, 日本体育協会, 東京, 1975.