

短報

大学ボート競技選手の形態、身体組成と体型：性差および海外ボート選手との比較

香川 雅春^{*1}、岩本 紗由美^{*2 *3}、横道 渉^{*4}、佐藤 愛^{*5}、井上 瞳^{*6}、木村 典代^{*6}、
高田 和子^{*7}

^{*1} 女子栄養大学栄養科学研究所、^{*2} 東洋大学、^{*3} Sports Performance Research Institute New Zealand、
^{*4} 自衛隊体育学校、^{*5} 森永製菓株式会社 in トレーニングラボ、^{*6} 高崎健康福祉大学、^{*7} 東京農業大学

【目的】

形態や身体組成はパフォーマンス向上の重要な要因とされているが、日本ではボート競技選手に対する詳細な形態や身体組成の報告が無く、海外選手との比較研究も存在しない。本研究では大学生ボート競技選手の性差による形態や身体組成、体格を示すとともに、海外の先行研究と比較した。

【方法】

全国レベルの大学ボート部員に対して、国際的な基準に基づいた詳細な身体計測と体組成測定を実施した。男子選手8名と女子選手6名の実測値や身長補正值に加え、国際的に使用されているPhantomモデルやソマトタイプを用い比較した。

【結果】

男子選手は女子選手よりも身長や体重が有意に大きかった ($p < 0.01$)。身体サイズの差を考慮した結果、形態および身体組成の性差が明らかとなった。海外の先行研究と比較すると、男子選手は脂肪量が多く、女子選手では除脂肪量が少ない傾向が示され、男女ともに脂肪組織の蓄積を示す内胚葉指数が高いソマトタイプを持つことが示された。

【結論】

日本のボート競技選手の形態と身体組成、体格は性別で異なっていた。また日本のボート競技選手の体格は、海外のボート競技選手よりも脂肪組織が多いことが示唆された。本研究結果は日本のボート競技選手のパフォーマンスの向上に向けた基礎資料になるものと考えられる。

キーワード：大学ボート選手 身体計測 身体組成 ソマトタイプ 国際比較

I 緒言

競技スポーツにおいて、アスリートは試合に勝利するために常に高い水準でパフォーマンスを維持することが求められている。パフォーマンスを向上させる要因には基礎体力や運動能力のほか、競技技術、戦略・戦術に対する理解、使用する道具のセットアップなど数多くあるが、身長や体重、四肢長や皮下脂肪厚などの形態、そして体脂肪率や骨格筋量などの身体組成も重要な要因として挙げられている^{1), 2)}。

日本では漕艇としても知られるボート競技では、選手の形態や身体組成がパフォーマンスと関連している競技の一つとして知られている。ボート競技の選手は一般集団よりも身長が高く、体重が重いことが報告さ

れている^{3)~6)}。また、ジュニアやシニアといった年齢による競技カテゴリーに関わらず、上位競技者はそうでない選手よりも身長や体重が大きいことが報告されている^{4), 5), 7), 8)}。ボート競技では移動の際の抵抗力はボートとクルーの総重量の2/3乗と比例する⁹⁾とともに、単位時間中の運動中に消費するエネルギー量はクルーの体重の2/3乗と比例する¹⁰⁾と報告されている。そのため、ボート競技で記録を向上させるにはボートの重量が軽く、また漕手は骨格筋などの除脂肪量組織で体重を重くした体格であることが望まれている^{9), 10)}。これは皮下脂肪厚や周径、上腕骨や大腿骨の幅径などの身体計測から個人の組織の発達や骨格によって形作られる体格を数値化し、特定の体型に類型するソマトタイプ（体格・体型分類法）と呼ばれる手

法¹¹⁾を用いた先行研究の多くが、ボート競技選手の体格を骨格筋や骨組織の発達度が高い中胚葉型の体型として報告していることから示されている^{3), 6), 12)~16)}。ボート競技には軽量級など体重制限が求められるカテゴリーがあるため¹⁷⁾、選手は規定された体重の範囲内で最高のパフォーマンスを発揮できる体格を持つことが求められている。

Carter¹⁸⁾はボート競技の種目や人種間による体格の違いは無いと報告している。しかし、これまでに報告されているボート競技選手の詳細な身体特性は、白人を対象としたものが主であり^{3), 6), 7), 13)~15), 19), 20)}、アジア人、特に日本人を対象とした報告は少ない^{21)~24)}。既存の日本人を対象にした研究は身長や体重、数ヶ所での皮下脂肪厚や周径、あるいは体脂肪率など最小限の形態や身体組成の情報のみを収集しているものが多数を占めており、詳細な身体計測を基に形態を報告している研究は少ない²⁵⁾。さらに、これらの研究での身体計測は国際的に標準化されている基準に基づいて実施されていないため、海外で報告されている結果との比較が難しい状況となっている。そこで、本研究では大学生ボート競技選手を対象に身体計測と体組成測定を実施し、日本人ボート競技選手が持つ身体特性の性差および先行研究で報告されている海外のボート競技選手との比較を目的とした。

II 方法

1. 対象者

関東地方の大学ボート部に所属する男女部員18名（男性11名、女性7名）を対象とした。対象者のうち、競技中に漕ぐことをしない舵手（コックス）と申告した者は男性1名のみであり、残りの男性10名と女性7名は漕手であった。当該ボート部は全日本選手権大会や全日本大学選手権大会で優勝を含む上位入賞を果たしている。対象者は調査に参加する前に口頭および紙面で研究の概要とその意義、含まれる調査項目、調査への参加は自由意思に基づくこと、調査への参加を取りやめた場合においても不利益は一切生じないこと、また収集した個人情報の管理等について説明がされ、18名全員が調査対象者として同意書に署名した。本研究は日本スポーツ栄養学会研究プロジェクト「日本人アスリートの身体的特徴と食習慣・食環境」として実施され、国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所および東京農業大学の研究倫理審査委員会、そして女子栄養大学「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」からの承認を受けたのちに実施した。調査は全日本選手権大会（5月下旬）や全日本大学選手権大会（9月上旬）などの主な大会が終了した2019年9月22日に実施した。

調査対象者に対して詳細な身体計測と体組成測定を

実施した。調査対象者のうち、男性では舵手を含む3名が公益社団法人日本ローイング協会¹⁷⁾が定める軽量級（個人の体重が72.5 kg以下）、8名が重量級（オープン）カテゴリーに該当する体重であった。一方、女性では6名が軽量級（個人の体重が59.0 kg以下）、1名がオープンカテゴリーに該当する体重であった。そこで、本研究ではオープンカテゴリーに該当する体重を持っていた男性部員8名と、軽量級カテゴリーに該当する体重を持っていた女性部員6名を解析対象者とした。解析対象者は全員漕手であった。

2. 身体計測

調査対象者の身長、体重、8部位での皮下脂肪厚（上腕三頭筋部、肩甲下部、上腕二頭筋部、腸骨稜部、腸骨棘上部、腹部、大腿部、下腿部）、5部位での周径（上腕囲、屈曲上腕囲、ウエスト囲、腰囲、下腿部）、2部位での幅径（上腕骨顆間幅、大腿骨顆間幅）を、The International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) が制定した基準（ISAK基準）に則り計測した²⁶⁾。計測は朝練後2時間以上経過した昼食前に、事前に排尿するよう指示を行ったうえで実施した。身長は地面の水平度を確認したうえで、垂直に壁に貼ったグラフ用紙を使い、0.1 cm単位で計測した。体重は多周波生体電気インピーダンス法（Innerscan Dual RD800、TANITA社製）を使用して0.1 kg単位で計測した。皮下脂肪厚の計測にはハーペンデン式皮脂厚計（Baty International社製、UK）を用い、0.1 mm単位で計測を行った。周径にはスチール製テープメジャー（W606PM、Lufkin社製、US）を、幅径には滑動計（Tomy 3 small sliding caliper、Rosscraft Innovations社製、カナダ）を用い、どちらも0.1 cm単位で計測した。皮脂厚計、テープメジャー、滑動計は調査前に較正を行った。全ての計測部位はISAKからレベル3（Instructor）の認定を受けた身体計測技師（Anthropometrist）が解剖学的計測点の印を付け、計測はレベル1、レベル2そしてレベル3の認定を受けた身体計測技師が行った。調査対象者はTシャツとスパッツなど、動きやすく測られやすい服装で計測を行った。全ての項目は2回ずつ計測し、計測した値の差が大きいと判断された際は3回目の計測を行った。2回計測をした際は平均値、3回計測を行った際には中央値を最終的な計測値として算出した。本研究の計測における再現性（Intra-tester Technical Error of Measurement: Intra-tester TEM）は国際的に認められる皮下脂肪厚で5%未満、それ以外の項目では1%未満の水準を満たしていた²⁷⁾。

身体計測の結果から、Body Mass Index (BMI)、皮下脂肪厚8部位和（Sum 8 SF）および四肢体幹皮下脂肪厚比（[上腕三頭筋部 + 上腕二頭筋部 + 大腿前部 + 下腿内側部] / [肩甲下部 + 腸骨上部 + 上前

腸骨棘部 + 腹部) を算出した。上肢、体幹、下肢の筋量の指標として上腕囲、胴囲、下腿囲から皮下脂肪厚を考慮した推定筋周囲を算出した (周径 [cm] - π 皮下脂肪厚 [cm])²⁸⁾。先行研究⁶⁾に準じ、各部位の推定筋周囲にはそれぞれ上腕三頭筋部、腹部、下腿部の皮下脂肪厚を用いた。上肢においてはさらに下記推定式を用いて推定上腕筋面積を算出した²⁹⁾。

男性：[(上腕囲 [cm] - π 上腕三頭筋部皮下脂肪厚 [cm])²/4 π] - 10

女性：[(上腕囲 [cm] - π 上腕三頭筋部皮下脂肪厚 [cm])²/4 π] - 6.5

身体計測値は個人の身体サイズに影響を受ける。そのため、身体サイズが異なる性別間や民族間、またアスリートを対象とした異なる競技や競技レベル間における形態の比較には、実測値だけでなく身体サイズを考慮して比例的な比較も行われている。ボート競技選手を対象とした研究^{6), 14), 15)}では、身長補正値を算出するだけでなく、身体計測値や体組成値が詳細に定められており、また男女両方に用いることができるユニセックス仮想人体モデルであるPhantom³⁰⁾が国際的に広く活用されている。Phantomを用いる際には、調査対象者がPhantomと同じ身長だと仮定し、Phantomが持つ身体計測値と比較して調査対象者が持つ身体計測値の大小をPhantom Zスコアとして算出する。これにより、身体サイズが異なる個人や集団が持つ身体計測値を、Phantomという一つの基準に照らし合わせた比較が可能となる。そこで、本研究においても調査対象者の身長補正値およびPhantom Zスコアを算出した。身長補正値の算出には実測値 \times (170.18/身長 [cm])^d の式を用いた。dには身体計測項目に基づいて値を導入し、皮下脂肪厚、周径、幅径には1を、体重には3を導入した。Phantom Zスコアを次の式から算出した。

Phantom Zスコア = (身長補正値 - p) / S

p = 各計測部位に対してPhantomに与えられた値 (Phantom平均値)

S = Phantom標準偏差値

3. 体格・体型判定

身体計測から得られた結果を基に、各調査対象者が持つ体格を数値化して特定の体型に類型できるソマトタイプを算出した¹¹⁾。ソマトタイプは内胚葉指数 (Endomorph：ふくよかさ具合)、中胚葉指数 (Mesomorph：骨や筋組織の発達具合)、外胚葉指数 (Ectomorph：身長に対する体表面積の多さ、あるいは細身具合) によって表すことができるとするHeath-Carter法¹¹⁾に基づき、各指数を下記推定式から算出した。

内胚葉指数 = $-0.7182 + 0.1451 \times \text{Sum3SFHt_corrected} - 0.00068 \times (\text{Sum3SFHt_corrected})^2 + 0.0000014 \times (\text{Sum3SFHt_corrected})^3$

Sum3SFHt_corrected = (上腕三頭筋、肩甲下、腸骨棘上での皮下脂肪厚の和 [mm]) \times (170.18/身長 [cm])

中胚葉指数 = $0.858 \times \text{上腕骨顆間幅 (cm)} + 0.601 \times \text{大腿骨顆間幅 (cm)} + 0.188 \times \text{上腕囲 (補正) (cm)} + 0.161 \times \text{下腿囲 (補正) (cm)} - \text{身長 (cm)} \times 0.131 + 4.5$

上腕囲 (補正) = 屈曲上腕囲 (cm) - (上腕三頭筋皮下脂肪厚 [mm] / 10)

下腿囲 (補正) = 下腿囲 (cm) - (下腿皮下脂肪厚 [mm] / 10)

外胚葉指数は身長・体重比 (Height Weight Ratio [HWR]：身長/ $3\sqrt{\text{体重}}$) の結果で異なる式を用いた：

1) HWRが ≤ 40.75 の場合、外胚葉指数 = $0.732 \times \text{HWR} - 28.58$

2) HWRが 40.75 未満だが 38.25 より大きい場合、外胚葉指数 = $0.463 \times \text{HWR} - 17.63$

3) HWRが ≤ 38.25 の場合、外胚葉指数 = 0.1

調査対象者から算出したソマトタイプは性別毎に平均値を算出し、専用のチャートであるソマトチャート上にプロットした。プロットする際の座標は下記の式を用いて特定した。

X座標 = 外胚葉指数 - 内胚葉指数

Y座標 = $2 \times \text{中胚葉指数} - (\text{内胚葉指数} + \text{外胚葉指数})$

4. 体組成測定

調査対象者の全身および各身体部位 (上肢、体幹、下肢) の脂肪率、筋肉量、体水分率そして全身の骨量を多周波生体電気インピーダンス法 (Multi-Frequency Bioelectrical Impedance Analysis: MFBIA) の原理を用いた体組成計 (Innerscan Dual RD-800、タニタ社製、日本) で測定した。Innerscan Dual RD-800で測定される筋肉量は骨格筋、内臓などの平滑筋、そして水分量を含む値とされている³¹⁾。これはDual energy X-ray Absorptiometry (DXA) 法における除脂肪量 - 骨ミネラル量に相当するため、本報では「除脂肪軟組織量」と表記した。調査対象者は貴金属類を外し、裸足の状態で電極に触れる両掌と両足裏の埃をウェットティッシュで拭きとった後、取扱説明書に記載されている立位の姿勢で足の裏を体組成計表面の電極の上に置き、両手は電極を握りしめた状態で測定を行った。また測定した全身の脂肪率 (体脂肪率) と体重から、全身の脂肪量および除脂肪量、そして脂肪量指数

表 1 大学ボート競技選手の基本属性

		男性 (n = 8)	女性 (n = 6)
年齢 (歳)		20.5 (1.4)	20.0 (0.9)
身長 (cm) [†]		177.0 (175.5 - 178.2)	163.4 (2.5) **
体重 (kg)		79.3 (6.1)	56.7 (1.4) **
Body Mass Index (kg/m ²)		25.1 (1.2)	21.2 (0.8) **
身体計測指標	皮下脂肪厚 8 部位和 (mm)	100.8 (31.3)	99.3 (25.6)
	四肢体幹皮下脂肪厚比	0.58 (0.16)	0.93 (0.20) **
	推定上腕筋周囲 (cm)	29.3 (1.7)	22.9 (1.0) **
	推定ウエスト筋周囲 (cm)	77.2 (2.5)	64.6 (1.7) **
	推定下腿筋周囲 (cm) [†]	34.4 (34.0 - 36.9)	29.8 (1.8) **
	上腕筋面積 (cm ²)	61.7 (7.7)	35.2 (3.6) **

平均値 (標準偏差)。

[†] 正規分布を示さなかった男性の結果を中央値 (25 - 75 パーセンタイル) で記載し、Mann-Whitney 検定を用いて解析。

** 男性に対して有意水準 1% で統計学的な有意差が存在。

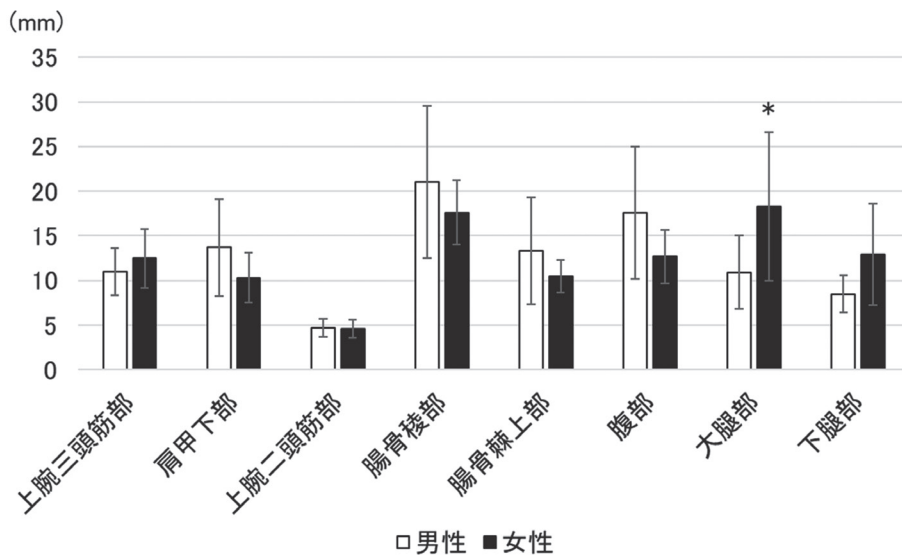


図 1 本研究のボート競技選手における皮下脂肪分布の男女比較

平均値および標準偏差で示す。* 有意水準 5% で統計学的に有意な性差が存在。

(Fat Mass Index : FMI、脂肪量 [kg] / 身長 [m]²) と除脂肪量指数 (Fat-Free Mass Index : FFMI、除脂肪量 [kg] / 身長 [m]²) を算出した。

5. 海外の先行研究との比較

本調査で測定した調査対象者の体脂肪率、脂肪量や除脂肪量、そしてこれらの項目から算出したFMIおよびFFMIを、先行研究^{7), 8), 13), 21), 32), 33)}で報告されている海外のボート競技選手の身体組成と比較した。全ての先行研究で本研究と同じ項目を報告しているわけではないため、先行研究で記載されていない項目につい

ては、次の式を用いて算出した。

体脂肪率 : 体脂肪量 (kg) / 体重 (kg) × 100

脂肪量 : 体重 (kg) × 体脂肪率 (%) / 100

除脂肪量 : 体重 (kg) - 脂肪量 (kg)

FMI : 脂肪量 (kg) / 身長 (m)²

FFMI : 除脂肪量 (kg) / 身長 (m)²

ソマトタイプについても、1976年モントリオールオリンピック出場選手を対象としたMontreal Olympic Games Anthropological Project (MOGAP) や2000年

表2 身長を補正した身体計測値による大学ボート競技選手の性差

		男性 (n = 8)	女性 (n = 6)
体重 (kg)		69.6 (3.1)	64.1 (3.4) *
皮下脂肪厚 (mm)	上腕三頭筋部	10.5 (2.4)	13.1 (3.6)
	肩甲下部 [†]	12.4 (9.3 - 14.2)	10.7 (2.9)
	上腕二頭筋部	4.5 (0.9)	4.8 (1.1)
	腸骨稜部	20.1 (7.9)	18.3 (4.0)
	腸骨棘上部	12.7 (5.7)	11.0 (2.1)
	腹部	16.9 (7.0)	13.2 (3.2)
	大腿部	10.4 (3.9)	19.1 (9.0) *
	下腿部	8.2 (1.9)	13.4 (6.2) *
	周径 (cm)	上腕囲	31.4 (1.3)
屈曲上腕囲		32.6 (1.1)	28.7 (1.2) **
胴囲		79.2 (2.7)	71.4 (2.7) **
腰囲		97.0 (1.1)	95.0 (2.9)
下腿囲		36.2 (0.9)	35.3 (0.9)
推定上腕筋周囲		28.1 (1.5)	23.8 (1.1) **
推定ウエスト筋周囲		73.9 (1.6)	67.2 (2.4) **
推定下腿筋周囲		33.7 (1.3)	31.1 (1.4) **
幅径 (cm)	上腕骨顆間幅	6.8 (0.2)	6.3 (0.2) **
	大腿骨顆間幅	9.5 (0.3)	9.1 (0.2) *

平均値 (標準偏差)。

[†] 正規分布を示さなかった男性の結果を中央値 (25 - 75 パーセントイル) で記載し、Mann-Whitney 検定を用いて解析。

** 男性に対して有意水準 1% で統計学的な有意差が存在。

* 男性に対して有意水準 5% で統計学的な有意差が存在。

シドニーオリンピック出場選手を対象としたOZ2000プロジェクトを含む先行研究^{3), 6), 12)~15)}からの結果と比較した。

6. 統計解析

調査対象者のうち、オープンカテゴリーに該当する男子選手8名と、軽量級カテゴリーに該当する女子選手6名について解析を行った。収集したデータの正規性はShapiro-Wilk検定で検討し、平均値 (標準偏差) あるいは中央値 (パーセントイル) で示した。正規性が確認された連続変数にはt検定を用い、正規性が確認されなかった連続変数にはMann-WhitneyのU検定および1サンプルKolmogorov-Smirnov検定を用いて性差やPhantom Zスコアを比較した。全ての統計解析には日本語版SPSS Statistics統計解析ソフト (version 24.0, IBM, 東京, 日本) を用い、有意水準は5%とした。

III 結果

1. 身体計測値の性差とPhantomとの比較

男子選手は女子選手よりも身長、体重、BMIが有意に大きく ($p < 0.01$)、四肢や体幹部における筋組織量を示す指標である筋周囲や筋面積も男子選手で有意に多かった ($p < 0.01$) (表1)。一方、皮下脂肪厚の8部位和に性差は認められず、四肢体幹皮下脂肪厚比は男子選手が 0.58 ± 0.16 なのに対し女子選手が 0.93 ± 0.20 と有意に大きかった ($p < 0.01$)。また各計測部位から皮下脂肪の分布を見たところ、大腿部の皮下脂肪厚が女子選手で有意に多かったことから ($p < 0.01$) (図1)、男子選手と比べて女子選手で四肢での皮下脂肪分布が多いことが示された。

性別によって身長が異なるため、各自の身長を補正した値を算出したうえで、身体計測値の性差を比較した (表2)。その結果、男子選手は女子選手よりも身長に対して有意に重い体重を持ち ($p < 0.05$)、腰囲と下腿囲を除く全ての周径、上腕骨顆間幅 (全て $p < 0.01$)、そして大腿骨顆間幅 ($p < 0.05$) が有意に大き

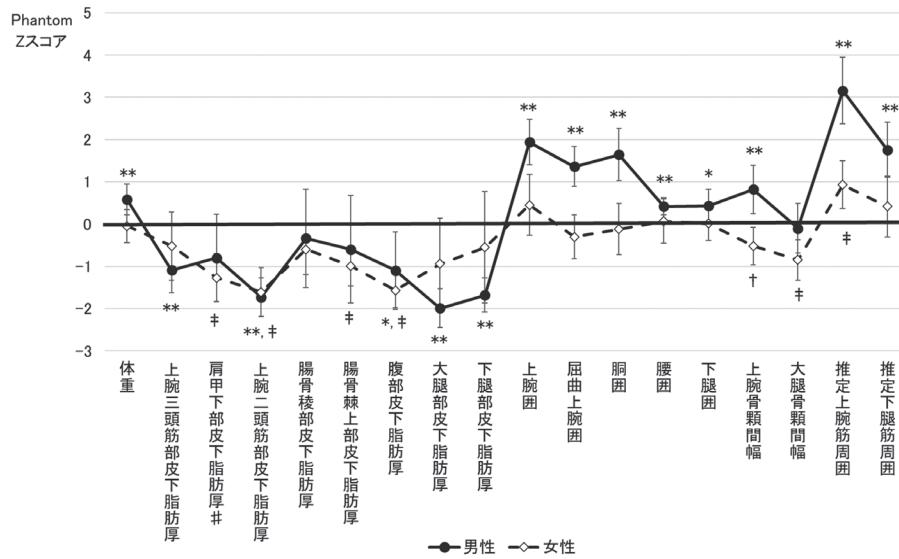


図2 Phantomと男女ボート競技選手との比較

* 有意水準5%で Phantom と男性群との間に統計学的な有意差が存在 (Phantom と女性群間の有意差は†で表示)。

** 有意水準1%で Phantom と男性群との間に統計学的な有意差が存在 (Phantom と女性群間の有意差は‡で表示)。

男性群の統計解析には1サンプル Kolmogorov-Smirnov 検定を使用。

身体サイズが異なる男女から得た身体計測値をユニセックスモデルである Phantom と比較するため、Phantom Zスコアを算出した。実測した値を Phantom モデルと比較をする Phantom Zスコアに変換して比較をした。

かった。一方で、女子選手は男子選手よりも大腿部と下腿部の皮下脂肪厚が多かった ($p < 0.05$)。

解析対象者の身体計測値を国際的に比較できるようにすることを目的として、ユニセックス仮想人体モデルである Phantom を基準とした Phantom Zスコアを算出し、Phantom と比較した (図2)。その結果、男子選手は Phantom と比べて体重 ($0.58 \pm 0.36, p < 0.01$)、上腕囲、胴囲、腰囲、推定上腕筋周囲、推定下腿筋周囲 (Phantom Zスコアの範囲: $3.16 \pm 0.79 - 1.36 \pm 0.47$ 、全て $p < 0.01$) および下腿囲 ($0.43 \pm 0.4, p < 0.05$) などの周径、そして上腕骨顆間幅 ($0.82 \pm 0.57, p < 0.01$) の Phantom Zスコアが Phantom よりも有意に大きいことが示された。一方で上腕三頭筋部、上腕二頭筋部、大腿部、下腿部 (Phantom Zスコアの範囲: $-1.99 \pm 0.46 - -1.09 \pm 0.53$ 、全て $p < 0.01$)、そして腹部の皮下脂肪厚 ($-1.1 \pm 0.91, p < 0.05$) は Phantom よりも少なく、肩甲下部や腸骨稜部などの体幹部の皮下脂肪厚のみにおいて、Phantom に設定されている値と有意な差が認められなかった。女子選手では Phantom よりも有意に大きな値を示したのは推定上腕筋周囲のみであり ($0.93 \pm 0.57, p < 0.05$)、肩甲下部、上腕二頭筋部、

腸骨棘上部と腹部皮下脂肪厚、大腿骨顆間幅 (Phantom Zスコアの範囲: $-1.61 \pm 0.57 - -0.85 \pm 0.48, p < 0.01$)、そして上腕骨顆間幅 ($-0.52 \pm 0.44, p < 0.05$) は Phantom よりも有意に小さな値を示した。

2. 身体組成の性差および国際比較

脂肪量自体に群間で有意差は見られなかったが、全身および四肢 (全て $p < 0.01$)、そして体幹部 ($p < 0.01$) の脂肪率は女子選手が男子選手よりも有意に高く (表3)、身長当たりの脂肪量を示す FMI も高かった ($p < 0.05$)。一方、男子選手は女子選手よりも有意に多い全身および部位別の除脂肪軟組織と推定骨量を持っており ($p < 0.01$)、身長当たりの除脂肪量を示す FFMI の値も有意に大きかった ($p < 0.01$)。

本研究と世界中で報告されている先行研究の結果を表4に示した。本研究の男子選手の体脂肪率 ($17.2 \pm 2.9\%$) は、先行研究で報告されている体脂肪率の範囲 ($6.7 - 16.7\%$) よりも高く、FMI ($4.3 \pm 0.8 \text{ kg/m}^2$) は報告されている値の上限値と同じであった ($1.4 - 4.3 \text{ kg/m}^2$) (表4-1)。一方、FFMI ($20.8 \pm 1.0 \text{ kg/m}^2$) は海外の報告と同等の水準であった ($19.8 - 21.9 \text{ kg/}$

表 3 体組成および身体計測指標による大学ボート競技選手の性差

		男性 (n = 8)	女性 (n = 6)
脂肪率 (%)	全身	17.2 (2.9)	25.4 (3.2) **
	左腕	13.3 (2.4)	21.4 (4.0) **
	右腕	13.2 (2.2)	21.1 (3.4) **
	左脚	17.7 (2.7)	28.9 (2.2) **
	右脚	17.9 (2.6)	29.4 (2.3) **
	体幹	17.5 (3.9)	23.3 (4.0) *
脂肪量 (kg)		13.7 (2.7)	14.4 (1.9)
除脂肪軟組織量 (kg)	全身	62.2 (5.0)	39.8 (1.8) **
	左腕	3.2 (0.3)	1.8 (0.1) **
	右腕	3.3 (0.4)	1.8 (0.1) **
	左脚	11.6 (1.0)	7.3 (0.5) **
	右脚	11.8 (1.2)	7.2 (0.6) **
	体幹	32.3 (2.7)	21.7 (0.7) **
推定骨量 (kg)		3.4 (0.3)	2.6 (0.2) **
除脂肪量 (kg)		65.6 (5.2)	42.3 (1.9) **
体水分率 (%)		56.8 (4.0)	53.2 (1.6)
Fat Mass Index (kg/m ²)		4.3 (0.8)	5.4 (0.9) *
Fat-Free Mass Index (kg/m ²)		20.8 (1.0)	15.8 (0.4) **

平均値 (標準偏差)。

** 男性に対して有意水準 1% で統計学的な有意差が存在。

* 男性に対して有意水準 5% で統計学的な有意差が存在。

m²)。女子選手では、体脂肪率(25.4±3.2%)とFMI(5.4±0.9 kg/m²)は男子選手と同様に海外の先行研究よりも高い傾向が示された(体脂肪率:13.3-27.1%、FMI:2.7-6.7 kg/m²)。また、算出したFFMI(15.8±0.4 kg/m²)は、これまでの報告(FFMI:17.7-19.5 kg/m²)よりも低かった(表4-2)。

3. 体格・体型 (ソマトタイプ)

身体計測から対象者が持つふくよかさ具合、骨や筋組織の発達具合、そして身長に対する体表面積の多さ、あるいは細身具合をそれぞれ内胚葉指数、中胚葉指数、外胚葉指数として数値化し、体格を体型に類型化するソマトタイプを算出してソマトチャートにプロットした(図3aおよびb)。男子選手から算出された平均的な内胚葉指数、中胚葉指数、外胚葉指数はそれぞれ3.7-5.4-1.7であり、Endomorphic mesomorph(内胚葉性中胚葉型)のソマトタイプであった。一方、女子選手から算出された平均的なソマトタイプは3.5-3.7-2.6のMesomorph-endomorph(内胚葉中胚葉バランス型)であった。男女のソマトタイプを比較すると、男子選手は女子選手と比べて中胚葉指数が有意に高く($p < 0.01$)、女子選手は男子選手よりも外胚葉指数が有

意に高かったが($p < 0.01$)、内胚葉指数に性差は認められなかった。また、同様にボート競技選手のソマトタイプを報告している海外の先行研究の結果も性別にソマトチャートにプロットした。男子選手のソマトタイプを報告している研究ではCarterらの研究がBalanced mesomorph(中胚葉優位型)と報告した以外、全ての研究がEctomorphic mesomorph(外胚葉性中胚葉型)のソマトタイプを示し(図3a)、本研究の対象者とは異なるソマトタイプであった。一方、女性では研究によってMesomorphic endomorph(中胚葉性内胚葉型)、Balanced mesomorph(中胚葉優位型)、Mesomorph-ectomorph(中胚葉外胚葉バランス型)、Endomorphic ectomorph(内胚葉性外胚葉型)、Endomorphic mesomorph(内胚葉性中胚葉型)など幅広いソマトタイプが報告されていたが、本研究と同じソマトタイプを報告した研究は存在しなかった(図3b)。また、女子選手は海外で報告されている軽量級の選手と比べて外胚葉指数が低い反面内胚葉指数が高く、よりオープンカテゴリーのオリンピック選手と近いソマトタイプを持っていることが明らかとなった。しかし、オープンカテゴリーの選手と比べると中胚葉指数が低いソマトタイプであった。

表 4-1 海外のボート競技選手を対象にした先行研究結果との比較 (男性)^a

	男性							
	本研究	スペイン ¹³⁾	クロアチア ³²⁾		クロアチア ⁸⁾	スリランカ ²¹⁾	セルビア ³³⁾	ハンガリー ⁷⁾
発表年	2022	1986	2008		2009	2015	2016	2021
競技レベル	大学 (n = 8)	国際 (n = 144)	セミエリート (n = 21)	エリート (n = 12)	国際 (n = 25)	一般 (軍人) (n = 32)	国際 (n = 21)	一般 (n = 23)
年齢 (歳)	20.5 (1.4)	24.3 (3.3)	22.2 (2.8)	28.1 (3.0) ^b	22.2 (4.8)	20 - 33	19.7 (2.8)	19 - 22
身長 (cm)	177.0 (175.5 - 178.2)	180.7 (4.5)	188.6 (5.4)	194.0 (2.7)	191.0 (5.0)	177.9 (2.7)	185.0 (3.6)	185.0 (5.0)
体重 (kg)	79.3 (6.1)	70.3 (1.9)	92.9 (5.4)	97.2 (4.4)	91.7 (5.9)	69.6 (8.6)	79.3 (6.1)	81.1 (8.8)
体脂肪率 (%)	17.2 (2.9)	6.7 (0.8)	16.1 (3.5)	15.9 (3.1)	13.2 (2.3)	7.4	13.2 (3.3)	16.7 (4.3)
脂肪量 (kg)	13.7 (2.7)	4.7	15.0 (3.6)	16.1 (3.6)	12.1	5.1 (2.9)	10.5	13.5
除脂肪量 (kg)	65.6 (5.2)	65.6	77.9 (5.1)	81.1 (4.5)	79.6	64.5	68.8	67.6
FMI (kg/m ²)	4.3 (0.8)	1.4	3.6	4.3	3.3	1.6	3.1	4.0
FFMI (kg/m ²)	20.8 (1.0)	20.1	21.9	21.6	21.8	20.4	20.1	19.8

平均値 (標準偏差) あるいは中央値 (25 - 75 パーセントイル) として記載。文献 7 と 21 の年齢は最少年齢 - 最大年齢を示す。

a 標準偏差が無い項目は、論文で報告されている値から著者が算出。

b 年齢は 14 名からの値。

FMI : 脂肪量指数、FFMI : 除脂肪量指数。

表 4-2 海外のボート競技選手を対象にした先行研究結果との比較 (女性)^a

	女性						
	本研究	スペイン ¹³⁾	USA ²⁰⁾			スリランカ ²¹⁾	カナダ ¹⁵⁾
発表年	2022	1986	2007			2015	2015
競技レベル	大学 (n = 6)	国際 (n = 50)	大学 Division I (n = 90)	大学代表 (n = 56)	初心者 (n = 34)	軍人 (n = 14)	代表・国際 (n = 31)
年齢 (歳)	20.0 (0.9)	24.1 (3.7)	20.2 (1.3)	20.8 (1.1)	19.2 (0.8)	20 - 33	28.6 (3.4)
身長 (cm)	163.4 (2.5)	167.1 (13.4)	173.0 (6.0)	173 (6.0)	173 (5.0)	164.9 (2.5)	178.1 (6.1)
体重 (kg)	56.7 (1.4)	57.1 (2.0)	74.6 (8.5)	74.9 (8.6)	74.2 (8.3)	67.1 (11.1)	76.5 (8.0)
体脂肪率 (%)	25.4 (3.2)	13.3 (2.6)	22.4 (2.5)	22.1 (2.2)	22.8 (2.8)	27.1	23.4 (2.9)
脂肪量 (kg)	14.4 (1.9)	7.6	16.8 (3.2)	16.6 (3.1)	17.1 (3.4)	18.2 (6.7)	17.9
除脂肪量 (kg)	42.3 (1.9)	49.5	57.8 (5.9)	58.3 (6.1)	57.1 (5.6)	48.9	58.6
FMI (kg/m ²)	5.4 (0.9)	2.7	5.6	5.6	5.7	6.7	5.6
FFMI (kg/m ²)	15.8 (0.4)	17.7	19.3	19.5	19.1	18.0	18.5

平均値 (標準偏差) として記載。文献 21 の年齢は最少年齢 - 最大年齢を示す。

a 標準偏差が無い項目は、論文で報告されている値から著者が算出。

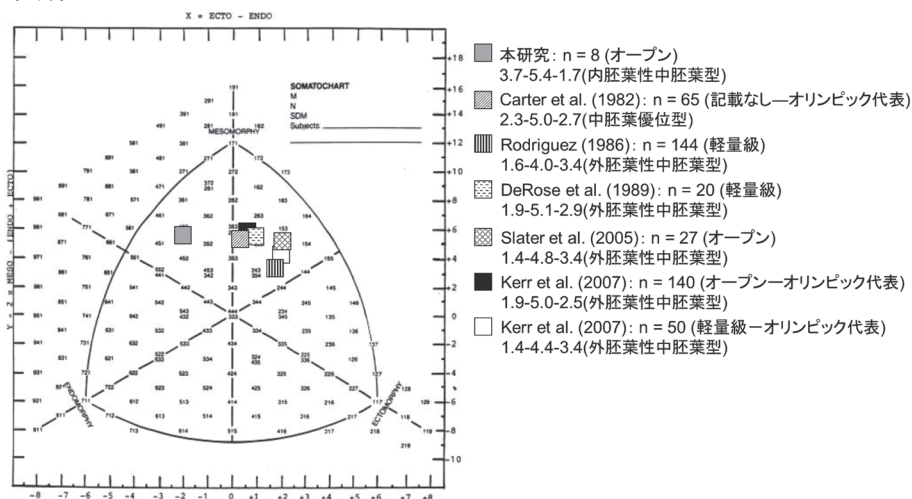
FMI : 脂肪量指数、FFMI : 除脂肪量指数。

IV 考察

ボート競技選手はその競技特性から、同年齢の一般集団と比べて身長が高く、体重が重いことが求められており、実際に複数の先行研究が一般集団よりも身長が高く、体重が重いと報告している^{3)~6)}。直近の国民健康・栄養調査³⁴⁾で報告されている20歳男性 (n = 12, 170.2 ± 6.8 cm, 57.0 ± 8.8 kg) と比べると、本研究の男子選手は約 7 cm 身長が高く、約 20 kg 体重が重

かった。同様に、報告されている20歳女性 (n = 14, 158.6 ± 4.2 cm, 49.0 ± 5.3 kg)³⁴⁾と比べ、女子選手は身長で約 5 cm 高く、体重で約 7 kg 重かった。そのため、海外で報告されている先行研究と同様に、日本人ボート競技選手も一般集団よりも身長や体重が大きいことが示された。しかし、国立スポーツ科学センター (Japan Institute of Sports Sciences: JISS) が報告している、軽量級の日本代表の身長や体重の平均値 (男性 : 180.3 ± 4.1 cm と 71.4 ± 3.4 kg、女性 : 166.1 ± 3.6 cm と

a) 男性



b) 女性

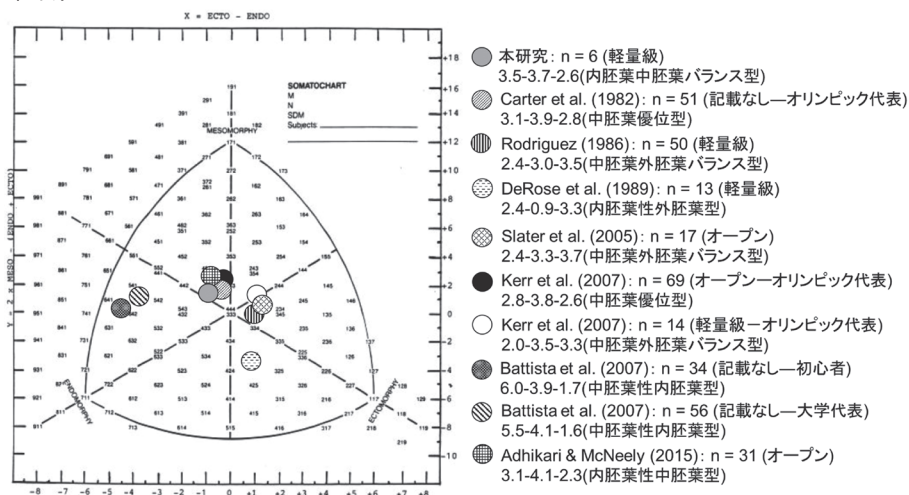


図3 日本と海外のボート競技選手が持つソマトタイプの比較

内胚葉指数-中胚葉指数-外胚葉指数として表すソマトタイプを報告している先行研究の結果を、本研究の a) 男性と b) 女性の結果とともに、性別にソマトチャート上にプロットした。

59.5±2.3 kg)²⁴⁾と比較したところ、同じ軽量級であった女子選手は同等のBMI (21.6 kg/m² vs 21.2 kg/m²)であったものの、身長と体重が共に小さかった (-2.7 cmと-2.8 kg)。また体重がオープンに該当していた男子選手においても、JISSが報告している軽量級の日本代表選手と比べて平均身長が3.3 cm低く、BMIも25.1±1.2 kg/m²と軽量級選手の22.0 kg/m²より大きかった。これらの結果から、本研究の解析対象者はボート競技選手としては小柄であった可能性が示唆された。オープンカテゴリーの選手は一般的に軽量級の選手よりも身長や体重の値が大きいと報告されている⁶⁾が、本研究の男子選手は軽量級の選手と比べても身長が低かった。スポーツ競技にはバスケットボールやバ

レーボールなどと同様に身長や体重といった身体サイズを示す項目が大きい方が有利となるものがあり、ボート競技の選手の身長や体重も過去数十年間で増加していることが報告されている^{35), 36)}。そのため、本研究の解析対象者はボート競技選手としては不利な身長や体重を持ち、これを補うためには持久力などの体力のほか、技術や戦略などが重要になると思われる。

一般的に、皮下脂肪組織の蓄積量を反映する皮下脂肪厚は女性で多い^{3), 6), 13)}。しかし、身長などで示される身体サイズが大きくなることで、身体を構成する様々な組織量も増加する。先行研究では身長と骨格筋量や骨量など除脂肪組織量との関連性が報告されており^{37), 38)}、脂肪組織量も理論上身長および体重と関連

していることが示されている³⁹⁾。本研究では推定筋周囲や推定筋面積に性差が認められた一方、皮下脂肪厚の8部位和の値に男女で違いは見られなかった。本研究の解析対象者となった男女はそれぞれオープンと軽量級と異なる競技カテゴリーの条件に該当する体重を持っていたため、身体サイズの違いがこの結果に繋がった可能性が考えられる。しかし身体サイズが異なることで、性別のみが形態に与える影響を正確に検証することが難しい。性別や人種など、身体サイズが大きく異なる個人や集団間での比較を行う際には、実測に基づく値（実測値）ではなく、特定の部位を用いた比率や標準となる値を基に算出されたZスコアなどの比例値が活用されている。そこで、本研究の結果から身長差を補正した比例値を算出して改めて性差を比較したところ、女子選手は男子選手よりも周径や幅径が小さく、大腿部や下腿部といった下肢の皮下脂肪厚が多いことが明らかとなった。これは性別による骨格筋量や骨量の違い、そして脂肪分布の違いを示す結果であった。日本人のボート競技選手として望ましい形態を報告している先行研究は存在しておらず、ローイングエルゴメーターなどを用いたパフォーマンス指標との関連も明らかとなっていない。そのため、本研究で示された皮下脂肪分布の性差が男女のパフォーマンスの違いに及ぼす影響については不明である。体重当たりにおける骨格筋量はパフォーマンスを示す指標とされており（Power-to-Mass Ratio：PMR）、体重制限のある競技では、選手は許容される体重の範囲内で脂肪量を減らし、骨格筋量を増加させることが求められる。Kerrら⁶⁾は、オープンカテゴリーの女子において皮下脂肪厚の総和が少ない者ほど競技成績が良かったと報告している。軽量級では同様の結果は報告されていないが、性別に関係なく同じ競技カテゴリーでPMRが高い選手あるいはクルーが揃ったボートの方が有利である場合、男性よりも体脂肪率の高い女性では、蓄積している脂肪量の指標となる皮下脂肪厚はPMRやパフォーマンスの有効な指標となりうる。本研究では下肢の皮下脂肪厚で特に性差が認められたことから、今後それぞれの競技カテゴリーでパフォーマンスとの関連を検証することで、特に女子選手において、下肢の皮下脂肪厚をパフォーマンスのモニタリング指標として活用できる可能性が示唆される。

また、本研究では男女両性に対して用いることができるとして国際的に活用されているユニセックス仮想人体モデルであるPhantom³⁰⁾を用い、Phantomに与えられた特定の身体計測値との比較を男女それぞれで行った。その結果、男女ともにPhantomよりも皮下脂肪厚が少ない傾向を示した半面、男子選手のみがPhantomよりも大きな周径や幅径を示した。この結果から、男子選手は女子選手と比べてPhantomの骨格筋や骨格を示す項目に与えられている基準値よりも大き

な値を持つことが明らかとなった。また、Phantomのような国際的に用いられている手法を用いることで、海外で報告されている結果との比較を容易にできる。男子ボート競技選手を対象にPhantomを活用した研究はまだ少ない⁶⁾が、本研究とほぼ同じ項目についてAdhikariとMcNeely¹⁵⁾が報告したカナダのオープンカテゴリーの女子ボート競技選手の結果と比較すると、本研究に参加した女子選手は体重、屈曲上腕囲、腰囲そして大腿骨顆間幅のZスコアがカナダの選手よりも小さく、軽量級に該当する集団にも関わらず腸骨稜部、腸骨棘上部、大腿部や下腿部の皮下脂肪厚が多かった。一方、オリンピック選手やU23の軽量級選手が示す体重や上腕囲、腰囲のPhantom Zスコアは本研究の女子選手のものよりも小さかった。^{6), 14)}これら世界中のトップアスリートを対象とした先行研究の結果との比較から、本研究の女子選手は軽量級の中でも体重が重く、皮下脂肪厚や周径が大きい集団と考えられる。また、先行研究¹⁵⁾では大腿骨顆間幅のZスコアがPhantomよりも大きかったのに対し、本研究の女子選手はPhantomよりも有意に小さく、遺伝子や環境要因による骨幅の差異の可能性が示唆された。大腿骨顆間幅は大腿骨の発達状態やサイズを部分的に反映し、下肢の長さや身長、体重とも関連すると考えられる。本研究に参加した選手のうち、少なくとも女子選手は海外のボート競技選手よりも大腿骨のサイズが小さいことが示され、それに伴い国際大会において身体的な不利が生じている可能性が示唆された。

競技成績に影響を及ぼす要因には、身長や体重、皮下脂肪厚などの形態と共に除脂肪量、特に骨格筋量が挙げられる^{9), 10)}。本研究では、女性は男性よりも体脂肪率が高く、除脂肪量（除脂肪軟組織量および推定骨量）が少なかった。体脂肪率の性差は生物学的な違いに起因していると考えられるが、本結果から女性は競技カテゴリーが異なっても男性よりも高い体脂肪率を持つことが示された。一方、脂肪組織や除脂肪組織の量は身体サイズの影響を受けている可能性があり、群間における正確な差異を理解するためには身体サイズの違いを考慮することが重要となる。そこで、身長当たりの脂肪量および除脂肪量を示すFMIとFFMIを算出して比較したところ、これらの指数においても同様の性差が確認された。これらの結果から、女性は男性と比べて脂肪量が多く除脂肪量が少ないことが明確に示された。

ボート競技選手の身体組成については、海外においても研究がされている。身体組成の測定手法が異なるため研究間の結果を比較・解釈する際に注意が必要となるが、参考値として報告されている体脂肪率や脂肪量、またこれらから算出できるFMIやFFMIを用いることは可能と考えられる。ヨーロッパやアジアで報告されている外国人ボート競技選手の体脂肪率、FMI、

そしてFFMIと本研究から得られた結果を比較したところ、男子選手から報告されている体脂肪率は6.7–16.7%、算出されたFMIは1.4–4.3 kg/m²、そしてFFMIは19.8–21.9 kg/m²であった^{7), 8), 13), 21), 33), 34)}。これらの値に対して本研究で観察された男子選手の体脂肪率(17.2±2.9%)とFMI(4.3±0.8 kg/m²)の値は上限値と同等あるいはそれ以上であった。一方、FFMIは海外で報告されている結果と同等であり、海外の選手と比べて本研究に参加した男子選手が世界的に平均的な除脂肪量を持つ半面、過度に脂肪量を蓄積していたことを裏付ける結果であった。海外の女子選手から報告されている体脂肪率、FMIおよびFFMIの範囲はそれぞれ13.3–27.1%、2.7–6.7 kg/m²、そして17.7–19.5 kg/m²であり^{13), 15), 20), 21)}、本研究の女子選手は高めの体脂肪率(25.4±3.2%)とFMI(5.4±0.9 kg/m²)であることが示された。しかし、男子選手と異なりFFMIが15.8±0.4 kg/m²と極めて低く、骨格筋をはじめとする除脂肪量が海外の選手と比べて大幅に少ないことが明らかとなった。海外の選手からの報告と比較することで、国際的なボート競技選手が持つ身体組成の水準を示すことができ、本研究に参加した日本人ボート競技選手が国際的な水準の身体組成を得るためには、男女で異なる目標(男子選手は脂肪組織の減量、女子選手では脂肪組織の減量に加えて除脂肪組織の増量)を設定することが必要になると考えられる。

体格は形態と身体組成を総合的に反映するものであり、スポーツ競技選手はトップレベルになるほど特定の体格を獲得するようになることが知られている。ソマトタイプは個人および集団の体格を数値化し、特定の体型に類型するとともに、専用のチャート上にプロットして視覚化する目的で国際的に広く用いられている手法であり、これまでに多くのスポーツ競技選手のソマトタイプが報告されている^{1), 2)}。本研究では男性で3.7-5.4-1.7のEndomorphic mesomorph(内胚葉性中胚葉型)、女性で3.5-3.7-2.6のMesomorph-endomorph(内胚葉中胚葉バランス型)と性別に関わらず脂肪組織が多くふくよかな印象を与える内胚葉性因子が強い体格であった。一方、世界中でオリンピック出場選手を含む一流のボート競技選手のソマトタイプが報告されており^{3), 6), 12)~14), 16)}、本研究では日本のボート競技選手のソマトタイプとの違いを初めて示した。男子選手では、1976年のモントリオールオリンピックに出場した選手を対象に実施されたMOGAPに参加したボート競技選手65名から報告されたソマトタイプはBalanced mesomorph(中胚葉バランス型)であったものの、2000年のシドニーオリンピックに出場した選手(オープンカテゴリー140名、軽量級50名)に対するOZ2000プロジェクトも含めた全ての研究が細身に筋肉質な体格を示すEctomorphic mesomorph(外胚葉性中胚葉型)と報告していた。1976年から2000年の

オリンピック選手における体型の変化の要因の一つには、過去数十年間のボート競技選手における身長^{35), 36)}の増加が影響している可能性が考えられる。そのため、男子選手はソマトタイプの観点からも、より脂肪量を減らして筋肉質な体格とすることでパフォーマンスの向上に繋がること示唆された。

女子選手においてはモントリオールオリンピックに出場したボート競技選手¹²⁾とシドニーオリンピックに出場した重量級選手⁶⁾のソマトタイプがBalanced mesomorph(中胚葉優位型)、シドニーオリンピックに出場した軽量級選手⁶⁾がMesomorph-ectomorph(中胚葉外胚葉バランス型)と、骨格筋の発達によって筋肉質な印象を与える体格であった。このように、国際大会あるいは国内の主要な選手権大会出場レベルの選手は中胚葉あるいは外胚葉指数が高いソマトタイプが報告されている^{13)~15)}。しかし、南北アメリカの国々によるパンアメリカン競技大会(Pan American Games)出場選手のソマトタイプは中胚葉指数が低い³⁾、細身だがふくよかな印象を与える体格であった。また大学ボート部に所属する選手からは内胚葉指数が高いふくよかな印象を与える体格が報告されている²⁰⁾。これらのことから、対象集団の競技レベルでソマトタイプが大きく異なることが示された。本研究に参加した女子選手のソマトタイプは、アメリカの大学ボート競技選手よりもオープンカテゴリーのオリンピック選手やカナダの代表選手から得られたソマトタイプに近かったものの、中胚葉指数が低いことが示された。また同じ重量階級である軽量級選手のソマトタイプと比べると外胚葉指数が低く内胚葉指数が高かった。そのため、本研究で調査した女子選手は男子選手よりも海外の一流選手と近い体格を持っていたと考えられるものの、同じ軽量級の選手と比べると脂肪組織が多く、この改善が望まれると考えられる。またオープンカテゴリーの選手と比較すると骨格筋が少ないため、脂肪組織を減らしながら骨格筋量を増やすことで、軽量級選手としてのパフォーマンスの向上に繋がる可能性が示唆された。

本研究は一大学のボート部に所属している選手のみを対象としているため、被験者数が少なく日本国内のボート競技選手全体に対して一般化することができない。また、主要な大会が開催されてから比較的短期間とはいえ時間が空いた時期での調査であったため、形態や身体組成が試合期と異なっている可能性は否めない。さらに本研究では選手が参加している重量階級について情報を得ていなかったため、計測した体重からオープンカテゴリーと軽量級に分類した。そのため、今後の研究ではより多くの選手を対象に実施するとともに、出場している重量階級や競技種目についての情報の収集をして解析に活用することが求められる。そして本研究は身体計測と体組成測定のみによる横断研

究であるため、今後はパフォーマンスや体調、怪我の発生頻度などとの関連付けが必要である。これらの限界が存在するものの、本研究は日本の大学生ボート競技選手の形態や身体組成といった身体特性を詳細に示し、またPhantomやソマトタイプ、FMIやFFMIなど国際的に広く活用されている指標を複数用いることで、海外で報告されている先行研究の結果と多角的・包括的な比較を行った初めての研究である。本研究で用いた結果や解析手法は今後同等の集団に対する身体計測や体組成測定の結果の評価だけでなく、国内のスポーツ競技選手の形態や身体組成、また体格を国際的な水準で評価・検証するうえで参考となりうる。これらの手法を活用することで、国際的な水準から国内選手の形態や身体組成、そしてそれらを反映する体格を評価することができる。その意味で、本研究はボート競技選手の体格評価に有益な情報と、選手にとって形態学的な視点からの目標を提示できたものと思われる。

V 結論

本研究では日本の大学生ボート競技選手の身体特性を検証することを目的として、詳細な身体計測および体組成測定を実施した。身長差を考慮した結果、形態および身体組成の性差が明らかとなった。海外の先行研究と比較すると、男子選手は脂肪量が多く、女子選手では除脂肪量が少ない傾向が示され、男女ともに脂肪組織の蓄積を示す内胚葉指数が高いソマトタイプを持つことが示された。これらの結果から、ボート競技選手としてより成績の向上を志すのであれば、体重は選手各自の重量制限範囲内に抑えつつ、男女ともに脂肪組織を減らすとともに、女子選手は除脂肪組織の増量も目標とする対策が望まれる。また国外のみならず、国内のトップアスリートと比べても身長が低いことが示されたため、身長の不利益を補う戦略が推奨される。

謝辞

本研究は日本スポーツ栄養学会研究プロジェクト助成を受けて実施した。本研究にご協力いただいた対象者とサポートスタッフの皆様、日本スポーツ栄養学会員の皆様、そしてデータ収集にご協力いただいた計測技師の皆様に感謝いたします。

利益相反

本研究に関して利益相反は存在しない。

文献

- 1) 香川雅春：アスリートに対する身体計測の活用法と日本における今後の課題，臨床スポーツ医学，33，1150-1158（2016）
- 2) 香川雅春：スポーツ医科学領域における Anthropometry の活用と Kinanthropometry 推進に向けた国際的な標準化の意義，バイオメカニクス研究，23：15-26（2019）
- 3) DeRose, E.H., Crawford, S.M., Kerr, D.A., et al.: Physique characteristics of Pan American Games lightweight rowers. *Int. J. Sports. Med.*, 10, 292-297 (1989)
- 4) Bourgois, J., Claessens, A.L., Vrijens, J., et al.: Anthropometric characteristics of elite male junior rowers. *Br. J. Sports. Med.*, 34, 213-216; discussion 216-217 (2000)
- 5) Claessens, A.L., Bourgois, J., Van, A.K., et al.: Body proportions of elite male junior rowers in relation to competition level, rowing style and boat type. *Kinesiology*, 37：123-132（2005）
- 6) Kerr, D.A., Ross, W.D., Norton, K., et al.: Olympic lightweight and open-class rowers possess distinctive physical and proportionality characteristics. *J. Sports. Sci.*, 25:43-53（2007）
- 7) Alfoldi, Z., Boryslawski, K., Ihasz, F., et al.: Differences in the Anthropometric and Physiological Profiles of Hungarian Male Rowers of Various Age Categories, Rankings and Career Lengths: Selection Problems. *Front. Physiol.*, 12:747781（2021）
- 8) Mikulic, P.: Anthropometric and metabolic determinants of 6,000-m rowing ergometer performance in internationally competitive rowers. *J. Strength. Cond. Res.*, 23：1851-1857（2009）
- 9) Shephard, R.J.: Science and medicine of rowing: A review. *J. Sports. Sci.*, 16：603-620（1998）
- 10) 川上泰雄，福永哲夫：ボートの競技記録に影響を及ぼす因子（特集：スポーツの競技力を規定するもの），バイオメカニクス学会誌，16，101-109（1992）
- 11) Carter, J.E.L., Heath, B.H.: Somatotyping-Development and application (1990), Cambridge University Press, Cambridge
- 12) Carter, J.E.L., Aubry, S.P., Sleet, D.A.: Somatotypes of Montreal Olympic athletes, Physical structure of Olympic athletes. Part I : The Montreal Olympic Games Anthropological Project (Carter, J.E.L.), (1982), Karger, Basel
- 13) Rodriguez, F.A.: Physical structure of international lightweight rowers. The VIII Commonwealth and International Conference on Sport, Physical Education, Dance, Recreation and Health (Reilly, T., Watkins, J., Borms, J.), Glasgow 1986：255-261
- 14) Slater, G.J., Rice, A.J., Mujika, I., et al.: Physique traits of lightweight rowers and their relationship to com-

- petitive success. *Br. J. Sports. Med.*, 39, 736-741 (2005)
- 15) Adhikari, A., McNeely, E.: Anthropometric characteristic, somatotype and body composition of Canadian female rowers. *Am. J. Sports. Sci.*, 3:61-66 (2015)
 - 16) Penichet-Tomas, A., Pueo, B., Selles-Perez, S., et al.: Analysis of Anthropometric and Body Composition Profile in Male and Female Traditional Rowers. *Int. J. Environ. Res. Public. Health.*, 18 (2021)
 - 17) 公益社団法人 日本ローイング協会：ボート競技について, <https://www.jara.or.jp/about.html>, (2023年4月30日)
 - 18) Carter, J.E.L.: Somatotypes of Olympic athletes from 1948 to 1976, Physical structure of Olympic athletes Part II: Kinanthropometry of Olympic athletes (Carter JEL), (1984), Karger, Basel
 - 19) Carter, J.E.L.: Physical structure of Olympic athletes: Montreal Olympic Games Anthropological Project (1982), S Karger Ag.
 - 20) Battista, R.A., Pivarnik, J.M., Dummer, G.M., et al.: Comparisons of physical characteristics and performances among female collegiate rowers. *J. Sports. Sci.*, 25, 651-657 (2007)
 - 21) Perera, A.D.P., Ariyasinghe, A.S., Makuloluwa, P. T.R.: Relationship of competitive success to the physique of Sri Lankan rowers. *Am. J. Sports. Sci. Med.*, 3, 61-65 (2015)
 - 22) Yoshiga, C.C., Higuchi, M.: Rowing performance of female and male rowers. *Scand. J. Med. Sci. Sports.*, 13, 317-321 (2003)
 - 23) Iguchi, J., Kuzuhara, K., Katai, K., et al.: Seasonal Changes in Anthropometric, Physiological, Nutritional, and Performance Factors in Collegiate Rowers. *J. Strength. Cond. Res.*, 34 : 3225-3231 (2020)
 - 24) 香川雅春, 岩本紗由美: 身体計測, エッセンシャルスポーツ栄養学, (日本スポーツ栄養学会, 高田和子, 海老久美子, 木村典代), (2020), 市村出版, 東京
 - 25) 杉山允宏: 愛媛大学ボート部員の体格・体力とVO₂Maxの水準, 愛媛大学教育学部紀要 第1部, 教育科学, 34, 75-87 (1988)
 - 26) Stewart, A., Marfell-Jones, M., Olds, T., et al.: International standards for anthropometric assessment (2011). (2012), ISAK: Lower Hutt, New Zealand
 - 27) Gore, C., Norton, K., Olds, T., et al.: Accreditation in anthropometry: an Australian model, *Anthropometrica*. (Norton, K., Olds, T.), (1996), University of New South Wales Press, Sydney
 - 28) Lukaski, H.C.: Methods for the assessment of body composition : Traditional and new. *Am. J. Clin. Nutr.*, 46, 537-556 (1987)
 - 29) Heymsfield, S., McManus, C., Smith, J., et al.: Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *Am. J. Clin. Nutr.*, 36 : 680-690 (1982)
 - 30) Ross, W.D., Marfell-Jones, M.J.: Kinanthropometry, Physiological testing of the high-performance athlete. 2 ed. (MacDougall, J.D., Wegerer, H.A., Green, H. J.), (1991), Human Kinetics Books, Champaign
 - 31) 株式会社タニタ：innerScan DUAL RD-800/RD-E04取扱説明書 (2016)
 - 32) Mikulic, P.: Anthropometric and physiological profiles of rowers of varying ages and ranks. *Kinesiology.*, 40 : 80-88 (2008)
 - 33) Karaba, J.D., Jovanovic, G., Eric, M., et al.: Anthropometric Characteristics and Functional Capacity of Elite Rowers and Handball Players. *Med. Pregl.*, 69:267-273 (2016)
 - 34) 厚生労働省健康局健康増進課栄養指導室：令和元年国民健康・栄養調査 (2020), 東京
 - 35) Carter, J.E.L.: Age and body size of Olympic athletes, *Physical structure of Olympic athletes Part II: Kinanthropometry of Olympic athletes (Carter, J.E.L.)*, (1984), Karger, Basel
 - 36) Norton, K., Olds, T.: Morphological evolution of athletes over the 20th Century. *Sports. Med.*, 31, 763-783 (2001)
 - 37) Janssen, I., Heymsfield, S.B., Wang, Z., et al.: Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *J. Appl. Physiol.*, 89 : 81-88 (2000)
 - 38) Heymsfield, S.B., Hwaung, P., Ferreyro-Bravo, F., et al.: Scaling of adult human bone and skeletal muscle mass to height in the United States population. *Am. J. Hum. Biol.*, 31 : e23252 (2019)
 - 39) Burton, R.F.: Estimation of adiposity from body mass and height: A comparison of regression methods. *Int. J. Body. Comp. Res.*, 8:77-84 (2010)

(受付日：2022年10月11日)
(採択日：2023年7月26日)

Brief Report

Morphology, body composition and somatotype of university rowers: Gender differences and comparisons with rowers in overseas

Masaharu Kagawa ^{*1}, Sayumi Iwamoto ^{*2, *3}, Wataru Yokomichi ^{*4}, Ai Sato ^{*5}, Hitomi Inoue ^{*6},
Michiyo Kimura ^{*6}, Kazuko Ishikawa-Takata ^{*7}

^{*1}Institute of Nutrition Sciences, Kagawa Nutrition University

^{*2}Toyo University

^{*3}Sports Performance Research Institute New Zealand

^{*4}Japan Self-Defense Force Physical Training School

^{*5}in Training Lab, Morinaga & Co., Ltd.

^{*6}Takasaki University of Health and Welfare

^{*7}Tokyo University of Agriculture

ABSTRACT

[Aim]

Morphology and body composition are important factors to improve athletic performance. However, there are no detailed reports on the morphology or body composition of rowers in Japan or reports that compared these parameters with the data from overseas. The present study aimed to investigate gender differences in the morphology, body composition, and physique of university rowers, and also to compare the findings with the data of rowers reported from overseas.

[Methods]

A detailed anthropometry using the international standard and body composition assessment on national-level university rowers were conducted. The morphology and physique of 8 male and 6 female rowers were verified using the measured and height-corrected values as well as from a comparison using the unisex “Phantom” model and somatotype.

[Results]

The stature was significantly taller and the body mass was significantly heavier in the male rowers compared with their female counterparts ($p < 0.01$). Even after adjusting for differences in the body size, gender differences in the morphology and body composition were observed between the male and female rowers. Compared with the data reported from overseas, the results indicated a tendency of greater fat mass in the male rowers and a small amount of fat-free mass among the female rowers. In addition, both genders showed somatotypes with high endomorphy that indicate a large accumulation of adipose tissues.

[Conclusion]

The present study indicated gender differences in the morphology, body composition and physique of Japanese rowers. The study also indicated that Japanese rowers have a greater amount of adipose tissue than rowers from other countries. The observed data may be valuable to improve the performance of Japanese rowers.

Keywords: University rowers, Anthropometry, Body composition, Somatotype, International comparisons