

日本人の一流RS: XおよびLaserクラス競技者における 身体および体力特性

萩原正大¹⁾, 石井泰光²⁾, 榮樂洋光³⁾, 中村夏実³⁾, 山本正嘉⁴⁾

¹⁾独立行政法人日本スポーツ振興センター

²⁾鹿屋体育大学海洋スポーツセンター

³⁾鹿屋体育大学スポーツ・武道実践科学系

⁴⁾鹿屋体育大学スポーツ生命科学系

【要旨】

本研究の目的は、国内セーリング競技におけるRS:XおよびLaserクラスの一流競技者（各1名）の形態、有酸素性作業能力に加えて各種筋力測定を行い、これらの競技者の形態および体力特性について検討することであった。その結果、いずれの競技ともベンチプルやベンチプレスなどの上肢の筋力に優れ、RS:XクラスはLaserクラスよりも有酸素性作業能力、背筋力、体幹伸展力、脚伸展パワーが高い結果となった。またLaserクラスの特徴としては、体幹の屈曲筋力が伸展筋力よりも相対的に高いことが窺えた。

キーワード：セーリング, 体力特性, 最大筋力,
最大酸素摂取量

I. 緒言

セーリング競技は、風を動力として行われるスポーツであり、2012年ロンドンオリンピックにおいて、合計10種目（男子6種目、女子4種目）が開催された。中でも乗員人数1名で行われる種目として、「RS:X」, 「Laser」, 「Laser Radial」, および「Finn」クラスがあり、いずれの種目もOne Designという（使用する用具は1種類のみと規定）ルールに則って競技が行われている。これにより用具の性能の差が最小限となるため、パフォーマンスの決定要因がより選手自身の技術や体力要因に依存する競技種目である。

またRS:Xクラスは、風速の強弱に関わらず常に

パンピング（セールを煽りボードに推進力を与える動作）を行うことや、LaserやFinnクラスでは、ハイクアウト（艇体から上体を大きく風上側に出し艇の傾きを調節する動作）を長時間行うことから、セーリング競技の中でも、とりわけ身体的な負担が大きいと考えられている。

これまでに、RS:Xクラス競技者（Castagna et al., 2007）とLaserクラス競技者（Castagna and Brisswalter, 2007）の形態および有酸素性作業能力について報告されている。また著者ほか（萩原ほか, 2009）は、RS:Xクラス競技者を対象に、これら点についての検討をしてきたが、それらの報告の中で「新艇種（RS:X）に見合った体力特性を獲得していない可能性がある」、「セールを引く動作を行うための筋群の筋力測定が必要である」、「有酸素性作業能力については先行研究と一致しない」といった問題点を指摘した。さらに、これまで国内においてLaserクラス競技者の身体、体力、および筋力特性についての報告は見られない。

そこで、国内におけるRS:Xおよびレーザークラスの一流競技者（各1名）の形態、有酸素性作業能力、最大筋力の測定を行い、これらの競技者の体力特性について検討することを目的とした。

II. 研究方法

1. 対象者

対象者は、ウィンドサーフィン競技の一つであるRS:Xクラス一流競技者1名（選手A）と、ヨット種目の一つであるLaserクラスの一流競技者1名

(選手B)であった。選手A, Bの競技レベルは、いずれの選手とも2010年全日本選手権および2011年度ナショナルチーム選考大会の優勝選手である。また、プレオリンピック(2011年)に出場した国内におけるトップレベルの選手である。両者のセーリング歴(現在のオリンピック艇における競技歴)は、それぞれ17年(6年), 15年(9年)であった。対象者には、あらかじめ研究の目的, 方法, およびそれに伴う危険性を説明し, 本研究に参加する同意を得た。

2. 測定項目と測定方法

(1) 形態と身体組成

身長と体重は、全自動身長体重計(AD-6225A, AandD社製)を用いて計測した。また皮下脂肪厚については、6部位(肩甲下部, 上腕背部, 腹部, 側腹部, 大腿前部, 下腿内側部)をキャリパー法で計測した。なお体脂肪率は、身長, 体重, および3点の皮下脂肪厚(肩甲下部, 上腕背部, 腹部)の値から体脂肪率を算出した(Brozek et al., 1964)。

(2) 有酸素性作業能力

ローイングエルゴメーター(Concept II, Concept社製)を用いて多段階運動負荷試験を行い, 最大換気量($\dot{V}E_{max}$), 最大酸素摂取量($\dot{V}O_{2max}$), 最大心拍数(HR_{max})を測定した。ローイングエルゴメーターを用いた理由は、ウィンドサーフィン競技において最も有酸素性能力を要求されるパンピング動作がローイング動作に類似しているからである(千足ほか, 2007; 國分ほか, 2003; 谷所ほか, 2009)。また選手Bにおいても、ハイクアウトをしながらシートを引くという動作が、上肢と下肢の複合的な動作であることから、選手Aと同様にローイングエルゴメーターを用いて測定を行った。

運動負荷はスタート時の負荷を100wとし, 50wずつ漸増させていき, 300w以降は25wずつ漸増させた。各負荷条件における運動時間は3分間とした。運動後に1分間の休息を挟み, 次の負荷に移行した。このプロトコルを用いて選手が疲労困憊に至るまで継続して行わせた。

酸素摂取量の測定は、ダグラスバック法により、3分間運動における後半1分間の採気を行い、呼気ガスの酸素濃度および二酸化炭素濃度の組成は自動ガス分析器(Vmax29c, Sensor medics社製)を用いた。乾式ガスメーター(品川社製)により換気量を計測し、酸素摂取量を算出した。そして疲労困憊時あるいは、その直前に得られた酸素摂取量の最大値を $\dot{V}O_{2max}$ とした。

心拍数(HR)は、携帯型心拍計(Polar社製)を用いて、運動中1秒間ごと連続的に測定し、疲労困憊に至るまでの各1分間の平均値を算出し、その最大値を HR_{max} とした。

血中乳酸濃度は、各負荷条件における最後の1分間と運動終了の直後および3分後に指先より採血し、簡易乳酸測定器Lactate Pro(Arkray社製, Japan)を用いて測定した。なお最大血中乳酸濃度(LA_{max})は、Castagna et al. (2007)と同様に運動終了の3分後の値を採用した。

(3) 各種筋力

握力および背筋力を、それぞれ握力計と背筋力計(いずれも竹井機器工業社製)を用いて測定した。2回の測定後、その最高値を採用した。

腹筋の筋力および筋持久力を評価するために、30秒間の上体起こしテストを行った。手は胸の前で交差させ、肩甲骨下部が床に接地するところからスタートさせ、肘が大腿に接触する所までを1回として計測した。

また、等速性筋力の測定装置(Biodex2, 酒井医療株式会社製)を用いて体幹の伸展および屈曲の等速性筋力を計測した。角速度(deg/sec)は、60°, 120°, および180°とし、伸展と屈曲を連続5往復行わせ、ピーク値を分析対象とした。

ベンチプルおよびベンチプレスの最大挙上重量(1RM)を測定した。ベンチプルとは、ベンチ台上で腹臥位になり、バーベルをベンチ台に向かって引きつける動作である。これはボート競技(Nolte, 2004)およびセーリング競技(Pearson et al., 2009)などにおいて、上肢の引く筋力およびパワーを評価するために多く用いられている。開始時のグリップ

幅を任意とし、バーを引きつけた最終姿勢では、側部から見てバーが臍から剣状突起の位置となるようにした。また、ベンチ台の下に木製の台を入れることで、開始時の両肘が伸展位の状態となるようにベンチ台の高さを調節した。バーがベンチ台の支柱部分に接触した場合に成功試技とした。バーが極端に傾いた場合や胴体部分がベンチ台から離れた場合は失敗試技とした。ウォーミングアップは、自己申告されたベンチプルの予想1RMを用いて、60%の重量で4回、70%の重量で3回、80%の重量で2回、90%の重量で1回のベンチプルを行わせた。最大挙上重量(1RM)の計測は、3分間以上の休息を挟みながら行った。そして、5回試技において1RMを計測した。

ベンチプレスとは、ベンチ台上で仰臥位となり、臀部、上背、頭部がベンチ台に接するような状態で、バーベルをベンチ台から押し上げる動作である。これは上肢の押す筋力を総合的に評価する種目として用いられている。両肘の伸展位を開始姿勢として、任意の速度でバーの下降動作を行わせ、胸部に接触する直前まで下ろし、挙上動作を行わせた。バーが胸部に大きく接触した場合、臀部および足部が浮いた試技は無効試技とした。ウォーミングアップは、自己申告されたベンチプレスの予想最大挙上重量を用いて、60%の重量で4回、70%の重量で3回、80%の重量で2回、90%の重量で1回のベンチプレスを行わせた。最大挙上重量の計測は、3分以上の休息を挟みながら行った。そして5回の試技において最大挙上重量を計測した。

脚伸展パワーはキックフォース(竹井機器社製)を用いて3種類の速度条件(40, 80, 120cm/sec)

で5回ずつ測定した。

(4) 跳躍力

跳躍力の評価は、マットスイッチ(マルチジャンプテスター, DKH社製)を用いて、垂直跳高とリバウンドジャンプを計測した(遠藤ほか; 2007, 凶子; 2006)。垂直跳は、計測時の滞空時間から跳躍高を算出して、3~5回の試技の最大値を採用した。リバウンドジャンプは、連続の跳躍を5回行わせて、跳躍高を接地時間で除することによってリバウンドジャンプ指数(RJ-index)を算出し、その中の最大値を用いた。

(5) 分析方法

選手A, Bは、国内トップレベルの選手であり、現オリンピック艇種でのセーリング歴も6年以上であることから各艇種における身体、体力、および筋力特性を獲得しているものと思われる。そこで、選手AとBのデータを比較することで、各艇種における特徴を検討した。加えて、他の競技種目および海外のセーリング選手と比較することとした。

Ⅲ. 結果と考察

1. 形態および有酸素性能力について

表1は、選手A, Bと先行研究(Castagna et al., 2007; Castagna and Brisswalter, 2007)における海外選手の形態および有酸素性作業能力について示したものである。海外の同クラスの選手と比較したところ、いずれの選手とも、形態的な指標では海外選手と同等、もしくは若干上回る結果となった。また $\dot{V}O_{2max}$ についてみると、選手A(RS: Xクラス)は

表1. 形態および有酸素性作業能力

対象者 競技レベル	本研究(2013)		Castagna et al. (2007)	Castagna and Brisswalter (2007)
	選手A(RS:Xクラス) 国内トップレベル(n=1)	選手B(Laserクラス) 国内トップレベル(n=1)	RS-Xクラス 国際レベル(n=19)	Laserクラス 国際レベル(n=13)
身長(cm)	181.1	178.9	180.3±4.8	178.4±3.5
体重(kg)	72.2	82.0	72.5±3.8	74.2±4.3
体脂肪率(%)	11.0	15.3	11.1±0.9	14.8±2.2
$\dot{V}O_{2max}(ml/kg/min)$	65.5	44.1	65.3±3.5	58.2±4.7
HRmax(beats/min)	185	193	196±4.5	192±4.3
LAmx(mmol/l)	14.7	10.4	10.5±1.5	8.4±1.5
運動様式	ローイングエルゴメーター	ローイングエルゴメーター	ランニング	ランニング

海外選手と同等の値であった。RS: Xクラスを含むウィンドサーフィン競技は、有酸素性運動 (Vito et al., 1997; Vogiatzis et al., 2002) であり、RS: Xクラスにおける軽風時の帆走では、風上・風下のいずれの帆走とも80% $\dot{V}O_{2max}$ 以上の運動強度となる (Castagna et al., 2007)。このため、RS: Xクラスにとって有酸素性作業能力は、特に軽風時のパフォーマンスに影響するため、選手Aはこの特性に適応していると考えられる。

一方で選手B (Laserクラス) は、海外選手に比べて低い値を示した。Laserクラスの競技中における% $\dot{V}O_{2max}$ や% HR_{max} は、風速に比例して増加することが報告されており (Vogiatzis et al., 1995)、最も有酸素性作業能力が要求される風域は、最大限のハイアウトを長時間持続する強風域であると考えられる。これに関して選手Bは、海外レースにおいて軽・中風域に比べて強風域を苦手としており、海外選手との有酸素性作業能力の差が、強風域のパフォーマンスに影響している可能性も考えられる。

以上より、両クラスにおいて有酸素性作業能力を発揮する風域が異なるものの、 $\dot{V}O_{2max}$ が60ml/kg/min程度の能力は必要であり、RS: Xクラスでは、Laserクラスに比べてより高い有酸素性作業能力が求められることが示唆された。また、選手B (Laserクラス) は、有酸素性作業能力の改善により強風域におけるパフォーマンスが向上する可能性も示唆された。

2. 上肢および体幹の筋力について

表2は、選手A, Bの握力と、ベンチプルおよびベンチプレスの最大挙上重量を示したものである。

先行研究 (Hoffman, 2006) では、握力の評価として、54kgより高い場合を「Excellent」、51-54kgを「Good」と評価している。したがって、選手A, Bともに一般人よりは優れているといえる。

また、クルーザーレースの最高峰であるAmerica's Cupに出場したセーリング競技者 (身長: 186.0 ± 7.1cm, 体重: 97.8 ± 12.5kg) のベンチプルおよびベンチプレスの最大挙上重量と比較すると (Pearson et al., 2009)、選手A, Bともに絶対値では劣るものの、相対的にみれば高い傾向であった。これらの要因として、競技艇の違いが考えられる。選手A, Bが使用するRS: XクラスおよびLaserクラスは、「One Design」と分類され、競技に使用できる艇やリグ (セール, マスト, プームなどの艇以外の艀装品) が1種類と規定されている。すなわち、艇種によっておおよその適正体重が見当づけられており、選手A, Bが専門とするクラスの体重は、クルーザー競技者に比べて小さい。このように体重を制限された中で最大筋力を高める必要があるため、選手A, Bのベンチプルとベンチプレスの筋力が相対的に高くなったと推察できる。

表3は、背筋力, 腹筋, 体幹伸展および屈曲筋力と、その伸展・屈曲筋力の比を示したものである。先行研究 (菅田ほか, 2002) と比較して、選手Aの体幹伸展筋力が優れることが窺える。これはRS: Xクラスで行われるパンピング動作が、脚の伸展, 体幹の伸展などを同調させ、風を受けるセールを引きつけるため、体幹の伸展筋力が高くなり、さらにプル動作に関与するベンチプルや背筋力が高値であることにも関連していると考えられる。また伸展・屈曲比については、選手A (RS: Xクラス) に比べ、選手

表2. 握力とベンチプルおよびベンチプレスの最大挙上重量

対象者 競技レベル	本研究(2013)		Pearson et al.(2009)
	選手A(RS:Xクラス) 国内トップレベル(n=1)	選手B(Laserクラス) 国内トップレベル(n=1)	America's Cup Sailors 海外トップレベル(n=11)
握力・右 (kg)	64.9	53.1	-
同上・体重当たり (kg/kg)	0.90	0.65	-
握力・左 (kg)	60.1	51.0	-
同上・体重当たり (kg/kg)	0.83	0.62	-
ベンチプル1RM(kg/kg)	80.0	90.0	99.4 ± 15.4
同上・体重当たり (kg/kg)	1.11	1.10	1.02
ベンチプレス1RM(kg/kg)	102.5	105.0	119.7 ± 23.9
同上・体重当たり (kg/kg)	1.42	1.28	1.22

表3. 背筋力, 上体起こし, および体幹伸展・屈曲筋力

対象者 競技レベル		本研究(2013)		菅田ほか(2002)	
		選手A(RS:Xクラス) 国内トップレベル(n=1)	選手B(Laserクラス) 国内トップレベル(n=1)	一般男性 (n=14)	重量挙げ選手 (n=10)
背筋力(kg)		205.5	145.0	-	-
同上・体重当たり(kg/kg)		2.85	1.77	-	-
30秒間上体起こしテスト(回)		33	31	-	-
体幹伸展筋力	60deg/s (Nm/kg)	6.03	3.68	3.69±0.82	4.49±1.20
	120deg/s (Nm/kg)	5.46	4.24	3.44±0.95	4.54±1.00
	180deg/s (Nm/kg)	5.38	3.78	-	-
体幹屈曲筋力	60deg/s (Nm/kg)	3.94	3.16	3.14±0.50	3.42±0.71
	120deg/s (Nm/kg)	3.07	3.19	3.23±0.63	3.42±0.57
	180deg/s (Nm/kg)	2.93	3.00	-	-
伸展・屈曲筋力比	60deg/s (屈曲力/伸展力)	65.4%	86.0%	85.1%	76.2%
	120deg/s (屈曲力/伸展力)	56.2%	75.3%	93.9%	75.3%
	180deg/s (屈曲力/伸展力)	54.6%	79.2%	-	-

表4. 脚伸展パワーおよび跳躍力

対象者 競技レベル		本研究(2013)	
		選手A(RS:Xクラス) 国内トップレベル(n=1)	選手B(Laserクラス) 国内トップレベル(n=1)
脚伸展パワー	40cm/s/パワー(W)	568	362
	80cm/s/パワー(W)	1506	1133
	120cm/s/パワー(W)	1620	1096
	最大パワー(W)	1631	1154
	体重あたりの最大パワー (W/kg)	22.6	14.1
	最大速度(cm/sec)	109	99
跳躍力	垂直跳高(cm)	50.6	38.8
	RJ-index(m/s)	1.948	1.487
	RJ 跳躍高(cm)	33.5	25.1
	RJ 接地時間(sec)	0.172	0.169

B (Laserクラス)の方が高い傾向を示した。すなわち体幹筋力における屈曲筋力の割合が大きかった。これに関して、Laserクラスにおけるハイクアウト動作は、仰向けの状態で足と大腿後部を支点として、臀部から頭までを艇の外側に出し続ける動作である。したがって、ハイクアウト動作を持続するためには、重力に抗して体幹を屈曲させる必要があるため、相対的に体幹の屈曲筋力が高くなったものと考えられる。しかし、競技種目の特異性に合わせた体幹筋力の評価方法については、現状では発展途上の段階であり先行研究も少ない。したがって、今後は、セーリング競技の競技特性を考慮した体幹筋力の測定方法を考案していく必要もあると考えられる。

3. 脚伸展パワーと跳躍力について

表4は、選手A, Bの脚伸展力および跳躍力について示したものである。選手AとBで比較すると脚

伸展パワーと跳躍力のいずれも、選手A (RS: Xクラス)は、選手B (Laserクラス)よりも高い値であった。RS: Xクラスは、競技中に常に立位姿勢で帆走しており、特にパンピング動作の際には、脚の伸展・屈曲を繰り返し行い、艇の推進力を獲得している。一方でLaserクラスは、座位姿勢で競技が行われ、風速が高まり運動強度が高くなるハイクアウト動作が行われる時でも、下肢(特に大腿四頭筋)では主にアイソメトリックな収縮が行われているため(Vogiakis et al., 2008), 本研究で測定した等速性の脚伸展力は、Laserクラス競技者の脚筋力を評価するには不十分であった可能性もある。

以上より、両クラスにおける競技中の姿勢や動作の違いにより、脚の伸展筋力や跳躍力が異なる結果になったものと考えられる。今後は、セーリング競技特有の競技姿勢や動作を考慮した脚筋力の評価方法について検討する必要がある。

IV. まとめ

本研究の目的は、国内におけるRS: Xおよびレーザークラスの一流競技者（各1名）の形態、有酸素性作業能力に加えて各種筋力測定を行い、これらの競技者の身体、体力、および筋力特性について検討することであった。その結果、いずれの競技ともベンチプルやベンチプレスなどの上肢の体重当たりの筋力に優れ、RS: XクラスはLaserクラスよりも有酸素性作業能力、背筋力、体幹伸展力、脚伸展パワーが高い結果となった。またLaserクラスの特徴としては、体幹の屈曲筋力が相対的に高くなることが示唆された。

付記

本研究は平成22年度の鹿屋体育大学スポーツトレーニング教育研究センター共同研究「一流ウィンドサーフィン競技者の体力および競技動作のモニタリング」の研究費を受けて行われた。

参考文献

- Brozek, J., Grande, F., Anderson, J. T., and Keys, A. (1964) Densitometric analysis of body composition; Revision some quantitative assumptions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 110: 113-140.
- 千足耕一, 長嶺彰房, 中村夏実, 山本正嘉 (2007) 一流ウィンドサーフィン (ミストラル級) 競技者の体力特性. *スポーツトレーニング科学*, 8 : 18-23.
- Castagna, O., and Brisswalter, J. (2007) Assessment of energy demand in Laser sailing; influence of exercise duration and performance level. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 99: 95-101.
- Castagna, O., Pardal, C. V. and Brisswalter J. (2007) The assessment of energy demand in the new Olympic windsurf board; Neilpryde RS:X. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 100: 247-252.
- 遠藤俊典, 田内健二, 木越清信, 尾縣 貢 (2007) リバウンドジャンプと垂直跳の遂行能力の発達に関する横断的研究. *体育学研究*, 52 : 149-159.
- 萩原正大, 藤原 昌, 中村夏実, 平野貴也, 宮野幹弘, 千足耕一, 山本正嘉 (2009) 一流ウィンドサーフィン (RS: X級) 選手の体力特性. *スポーツトレーニング科学*, 10 : 33-39.
- Hoffman, J. (2006) Norms for Fitness, Performance and Health. *Human Kinetics*, p29.
- 國分俊輔, 楠本恭介, 三森絵理, 千足耕一, 山本正嘉 (2003) ウィンドサーフィン (ミストラル級) の競技特性をもとに考案した陸上での補強トレーニングの効果; ナショナルチーム入りを果たしたE. M. 選手の事例. *スポーツトレーニング科学*, 4 : 57-61.
- 谷所 慶, 前川剛輝, 平野貴也, 広瀬秀一, 高松潤二 (2009) 日本人一流ウィンドサーフィン選手の有酸素作業能力. *トレーニング科学*, 21 : 81-86.
- Nolte, V. (2004) Rowing Faster. *Human Kinetics. USA*
- Pearson, S. N., Hume, P. A., Cronin, J. B., and Slyfield, D. (2009) Strength and power determinants of grinding performance in America's Cup Sailors. *J. Strength Cond. Res.*, 23: 1883-1889.
- 菅田真理, 武田基一, 清田 寛, 大和 眞, 中野昭一 (2002) 体幹の屈曲および伸展, 回旋時における筋力評価; PT/BWとPT/LBMとの比較
- Vito, G. D., Filippo, L. D., Rodio, A., Felici, F., and Madaffari, A. (1997) Is the olimpic boardsailor an endurance athlete? *Int. J. Sports Med.*, 18: 281-284.
- Vogiatzis, I., Spurway, N. C., Wilson, J., and Boreham, C. (1995) Assessment of aerobic and anaerobic demands of dinghy sailing at different wind velocities. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 35: 103-107.
- Vogiazis, I., Tzineris, D., Athanasopoulos, D., Georgiadou, O., and Geladas, N. (2008)

Quadriceps oxygenation during isometric exercise in sailing. *Int. J. Sports Med.*, 29: 11-15.

- ・ 関子浩二 (2006) バスケットボール選手におけるプライオメトリックスがジャンプとフットワーク能力およびパス能力に及ぼす効果. *体力科学*, 55 : 237-246.