

一流ウィンドサーフィン(RS:X級)選手の体力特性

萩原正大¹⁾, 藤原昌¹⁾, 中村夏美²⁾, 平野貴也³⁾, 宮野幹弘⁴⁾, 千足耕一⁵⁾, 山本正嘉⁶⁾

¹⁾鹿屋体育大学大学院

²⁾鹿屋体育大学海洋スポーツセンター

³⁾名桜大学

⁴⁾ウィンドサーフィン (RS:X級) ナショナルチームコーチ

⁵⁾東京海洋大学

⁶⁾鹿屋体育大学スポーツトレーニング教育研究センター

I. 目的

ウィンドサーフィンは、風による推進力を利用して、セールとボードを巧みにコントロールしながら、相手よりも早くゴールに到達することを競うセーリングスポーツである。現在では男女ともにオリンピック種目となっているが、その艇種については変遷が見られる。すなわち、アトランタオリンピックからアテネオリンピックまではミストラル級が採用されていたが、北京オリンピックからはRS:X級と呼ばれる新艇種に変わった。国内におけるRS:X級の競技の現状としては、競技人口は少ないもののナショナルチームが存在し、トップレベルの選手を育成している。

トップレベルのウィンドサーフィン競技者に関する先行研究として、千足ら³⁾はミストラル級の一流競技者の体力特性について報告している。また国分ら²⁾は、ミストラル級のナショナル級選手に対して、その競技特性をもとに補強トレーニングを考案し、効果をあげたと報告している。このようにミストラル級のトップレベルの選手に関する研究は見られるが、RS:X級に関する研究は、このクラスそのものが新艇種であることもあって、わずかしが行われていない。

そこで本研究では、現在の日本におけるRS:X級の一流選手を対象として、形態、身体組成、筋力を含めた基礎体力および有酸素性作業能力についての測定を行った。そして、(1)ミストラル級の競技者との体力比較、(2)RS:X級競技者の体力特性とパフォーマンスとの関係、(3)艇種変更に伴う身体能力の変

化、の3点について検討した。

II. 方法

(1) 対象

対象者は、日本人の一流ウィンドサーフィン(RS:X級)競技者4名であった。選手の競技レベルは、日本セーリング連盟が指定した男子強化指定選手2名(A, B)と、全日本学生ボードセーリング連盟が指定した男子強化指定選手(C, D)であり、いずれも国内におけるトップレベルの選手であった。対象者にはあらかじめ、本研究の目的、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

身長は全自動身長体重計(Combi社製)を用いて計測した。また、空気置換式の体脂肪測定装置(Bod Pod MAB-1000, Measurement Instrument社製)を用いて、体重、体脂肪率、体脂肪量、除脂肪体重を測定した。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。

② 各種筋力、柔軟性、肺活量

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。いずれも3回の測定後、その最高値をデータと

して採用した。脚伸展パワーは、アネロプレス3500 (Combi社製) を用いて計5回測定し、このうちの最高値を採用した。腹筋力は、30秒間上体起こし運動を2回行い、高い値を採用した。柔軟性に関しては、デジタル長座体前屈測定器 (日本メディックス社製) を用いて長座体前屈値を測定した。また肺活量を、肺活量計 (ヤガミ社製) を用いて行なった。これらの2項目については、それぞれ3回の測定を行い、そのうちの最高値を用いた。なお腹筋力と柔軟性、肺活量については全て文部科学省の新体力テストに基づいて行なった。

③ 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 ($\dot{V}E_{max}$), 最高酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$), 最高心拍数 (HRmax) を測定した。運動に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局面であるパンピング動作がローイング動作に類似しており、先行研究^{2,3)}でも用いられているためである。

運動負荷は先行研究と同様、100wから順に、50wずつ漸増させていき、250wを過ぎてからは25wずつ漸増させた。運動時間は2分間とし、その後1分間の休息の後、次の負荷に移行した。これを選手が疲労困憊に至るまで継続して行なった。

酸素摂取量の測定は、ダグラスバック法により、2分間の運動における後半1分間の採気を用いて、以下のように行った。呼気ガスの組成は自動ガス分析器 (Vmax29c, Sensor medics社製) により、また体積は乾式ガスメーター (品川社製) により分析し、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高値を最高酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$) とした。

心拍数は、携帯型心拍計 (Polar社製) を用いて運動中5秒間ごと連続的に測定し、疲労困憊に至るまでの最高値を1分間で換算し、HRmaxを求めた。

(3) 測定結果の分析視点

本研究の被験者は計4名と少数ではあるが、国内ではトップレベルの選手であり、個人別に見ても貴重なデータといえる。そこで以下の3つの視点で分析を行うこととした。

① ミストラル級の競技者との体力特性の比較

千足ら³⁾は、本研究と同じ測定方法により、ミストラル級の一流競技者22名の体力特性を報告している。そこで、このデータと本研究のデータについて、まず対応のないt検定を用いて平均値の佐野検定を行ったが、本研究の被験者数が4名と少ないこともあり、全ての項目で有意差が認められなかった。そこで次に、各選手の個人的な特性について検討を加えた。

② 4名の選手の海上でのパフォーマンスの特徴と体力特性

ウィンドサーフィンの競技力には、体力だけではなく、技術や戦術の要素の関わる割合も大きい。また、たとえ体力だけに限って見たとしても、選手によって得意とする風域や波の強さが異なることから、それに応じて体力の発達の様相も異なる可能性がある。このため、4名について、競技能力や海上でのパフォーマンスの特性について、体力特性とも関連づけながら比較検討を行った。

③ 1名の選手の4年間にわたる体力の推移

被験者Aは、本研究の被験者の中でも最も競技力が高く、2004年にはミストラル級でアテネオリンピックの最終選考まで到達した選手である。また2008年には、RS:X級で北京オリンピックに出場し、10位という高い成績を収めている。また4名のうち、この選手のみは過去4回にわたり、本研究で実施したのと同じ体力測定を受けている。そこで、この選手の4年間にわたる体力特性の推移を示し、ミストラル級からRS:X級への艇種変更による体力特性の変化という視点から検討を加えた。

Ⅲ. 結果および考察

(1) ミストラル級の選手との比較

ここでは、本研究で得られたRS:X級の4名の選手のデータを、先行研究³⁾で報告されたミストラル

級の22名の選手のデータと比較検討する。

① 身体特性について

表1は身体特性を示したものである。全ての項目で、RS:X級とミストラル級の選手との間に有意差は見られず、平均値で比べてもほぼ同じ値を示していた。そこで個別に見てみると、身長に関しては競技力に最も優れるAの選手だけが、特に高い値を示していた。Aの身長は、国内のウィンドサーフィン界では高い方に属するが、海外のRS:X級選手と比べると、平均的もしくは小さい方に位置する。つまり国内選手は海外選手に比べて、全般的に身長が低いといえる。

ウィンドサーフィン競技では、一般的に身長が高いことがパフォーマンスに対して有利に働くといわれている。このことは経験上言われていることであり、それを証明した研究はないが、身長が高くなると腕や脚の長さも長くなり、ある動作に対して起こせるモーメントが大きくなり、我々の体より数倍も大きいセールをコントロールする際にプラスに働く可能性が考えられる。したがって全般に身長が低い日本人選手の場合、海外の選手に比べて素質の点では不利である可能性もあるといえよう。

② 体力特性について

表2は、筋力及び柔軟性に関する体力特性を示したものである。全ての項目で、RS:X級とミストラル級の選手との間に有意差は見られなかった。ただし、下肢の筋力指標である脚伸展力については、平均値で見てもほとんど同等の値を示しているのに対して、上半身の筋力指標である握力、腹筋力、背筋力においては、ミストラル級の選手に比べて高値を示す選手も見られた。これには、オリンピックにおけるミストラル級からRS:X級への艇種変更が関係している可能性がある。

図1に示すように、セールのサイズは、ミストラル級のセールサイズである7.4㎡から、RS:X級では9.5㎡へと大幅に増大した。またボードの形状も、より短く幅広いものとなり、プレーニング（水上を滑走する状態）に重点を置かれたものに変更された。これに伴い、セール自体の重さや、帆走中にセールが受ける風量が増し、選手の上半身にかかる負荷が増大している。このことが前述のような結果をもたらした可能性も考えられる。

ただし本研究では、ウィンドサーフィン競技にとって必要不可欠な、セールを引く動作を行なうための筋群（広背筋など）の筋力測定は行なっていない

表1. RS:X級選手とミストラル級選手の身体特性

測定項目	RS:X級 (n = 4)					ミストラル級 (n = 22) ³⁾
	A	B	C	D	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差
身長 (cm)	182.0	168.1	177.8	171.5	174.9±6.2	173.45±5.11
体重 (kg)	71.1	62.9	69.4	62.6	66.5±4.4	64.26±5.53
BMI	21.5	22.3	22.0	21.3	21.8±0.5	21.36±1.66
体脂肪率 (%)	11.7	10.3	9.9	9.3	10.3±1.0	10.19±2.52

表2. RS:X級選手とミストラル級選手の体力特性

測定項目	RS:X級 (n = 4)					ミストラル級 (n = 22) ³⁾
	A	B	C	D	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差
握力・左右平均 (kg)	60.2	54.3	53.5	44.7	52.3±7.7	48.32±7.22
同上・体重当たり (kg/kg)	0.84	0.87	0.78	0.73	0.81±0.1	0.75±0.10
背筋力 (kg)	187.0	187.0	173.0	137.5	171.1±23.4	152.48±22.46
同上・体重当たり (kg/kg)	2.63	2.97	2.49	2.20	2.57±0.3	2.38±0.36
脚伸展力 (W)	1967	1610	1674	1796	1761.8±157.1	1794.69±342.60
同上・体重当たり (W/kg)	27.7	25.6	24.1	28.7	26.5±2.1	26.71±4.64
新・長座体前屈 (cm)	53.0	47.0	46.0	58.0	51.0±5.6	40.31±12.56

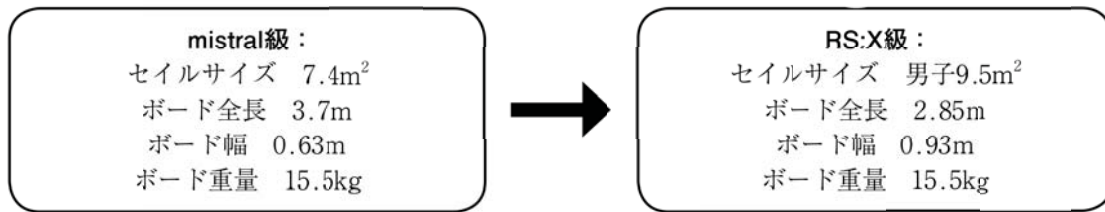


図1. ミストラル級とRS:X級の用具の特性

表3. RS:X級選手とミストラル級選手の有酸素性作業能力

測定項目	RS:X級 (n = 4)					ミストラル級 (n = 22) ³⁾
	A	B	C	D	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差
最高酸素摂取量 (l/min)	3.85	3.01	3.44	3.60	3.48±0.4	3.69±0.55
同上・体重当たり (ml/kg/min)	54.2	47.9	49.6	57.6	52.3±4.4	56.99±6.66
最高心拍数 (bpm)	191	190	183	185	187.3±3.9	190.04±11.70
肺活量 (ml)	5900	3800	5600	4600	4975±960.5	4793.64±438.59

い。したがって今後は、この点についても検討していく必要がある。

③ 有酸素性作業能力について

表3は、有酸素性作業能力を示したものである。全ての項目でRS:X級とミストラル級の選手との間に有意差は見られなかった。ただし平均値で比較すると、RS:X級選手の最高酸素摂取量や体重あたりの最高酸素摂取量は、ミストラル級の選手の平均値よりもやや低い値を示し、個別に見るとかなり低い選手もいた。②で考察したように、RSX級への艇種変更により身体にかかる負荷が増したため、有酸素性作業能力も高値を示すという予想もできるが、それとは反対の結果であった。

これについては以下のような解釈が可能かもしれない。RS:X級という艇種が新たに開発された大きな理由として、軽中風域におけるプレーニングレースを成立させるためという目的がある。したがっ

て、RS:Xではミストラル級に比べて、パンピング（ボードに推進力を与えるために行うセイルを煽る動作）を行う局面が減少している。パンピングは、レースにおいて最も有酸素性作業能力を要求される動作であるが、この貢献度が低下したことにより、以前よりもむしろ有酸素性作業能力に依存する部分が小さくなったといえるのかもしれない。

ただしその一方で、Castagnaら¹⁾は、ミストラル級の選手に比べてRS:X級の選手では、最大酸素摂取量の方が高かったと報告しており、本研究の結果とは一致しない。この理由としては、各選手が日常的にトレーニングをしている環境における風のコンディションが異なることが原因かもしれない。すなわち、トレーニング環境がプレーニング風域以下であることが多い選手の場合には、パンピングを行う時間が増加するため、有酸素性作業能力は発達する可能性がある。一方、その逆のトレーニング環境で

あれば、大きくなったセールとプレーニング指向に改良されたボードとを、上手にコントロールするような動きをするために、筋力、バランス能力、調整力といった能力が向上すると考えられる。このような選手の練習環境の違いによって、有酸素性作業能力の発達度合いも異なってくる可能性がある。

またこの他の理由として、RSX級自体が新しい艇種であることから、選手たちも現時点ではこの艇に見合った体力特性を十分に獲得しておらず、このような不一致が見られるのかもしれない。これらの点については、今後さらに多くの研究が必要といえる。

(2) 4名の選手の体力特性と海上でのパフォーマンスの特徴

ここでは4名のRSX級の選手間で、それぞれの海上でのパフォーマンスの特徴を、体力特性と関連づけながら検討する。なおパフォーマンスの評価は、本研究の著者の1名であるナショナルチームコーチの意見を用いた。このコーチは、過去4年間にわたり日本のトップクラスのRS:X選手の指導に当たってきており、世界のトップクラスのRS:X選手も多く見ている者である。

Aは、4名の被験者の中でも競技力が著しく優れており、北京オリンピックのRSX級の競技でも10位という成績を収め、国際的に互角に戦える選手である。彼の体格や体力特性を見ると、4人の中では著しく身長が高く、また上肢の筋力や脚筋力にも優れるという特徴がある。彼の海上でのパフォーマンスの特性としては、強風域下でのバランスの良さが挙げられる。パフォーマンスを決定する要因として技術が重要であることは当然のことであるが、時として技術だけでは対応できないほど荒く強い風波に対応しなければならない場面もあり、その際には大きな筋力や筋パワーが要求される。したがって大きいモーメントを起こせる身体や高い筋力を持っていることは、強風域において有利に働くことが多い。

CもAと同様、強風域を得意とする選手であるが、体格や筋力はAと類似した傾向が見られる。これらのことから、強風域において高いパフォーマンス

を発揮するための条件として、体格や筋力に優れることがあげられるかもしれない。

Dについては、A、Cとは反対に、軽風域を得意とし、パンピングが必要な軽風域では、高いパンピング能力を駆使し、高い競技能力を発揮できる選手である。彼の体力特性を見ると、最高酸素摂取量は4名中で最も優れているが、これは高いパンピング能力を発揮する上で必要な資質といえる。その一方でDは、強い風や波については、他の選手よりも苦手としている。彼の筋力特性を見ると、他の選手に比べて劣っている部分が多く、前述のように強風域で高いパフォーマンスを発揮するためには筋力が必要である、という仮説を裏付けているように見える。また以上のことを考えると、パンピング能力の優劣は、筋力よりも有酸素性作業能力の方により大きく依存している可能性も考えられる。

Bは、身長は最も小さく、ウィンドサーフィン選手としては体格的に恵まれないといえるが、技術面や戦術面、および筋力面において優れる選手である。彼は特に中風域を得意としているが、強風域を除く全ての風域においても安定したパフォーマンスを発揮できる。中風域とは、全風域の中でも特に繊細な風域であり、技術面と戦術面がパフォーマンスに大きく関係するが、実際にBはこのような場面で最もその能力を発揮できているといえる。しかし強風域を苦手としていることを考えると、(1)①で考察したように体格が小さいことがその制限因子となっている可能性もある。

なおBとDは、AとCに比べて体格が小さいが、BとDは相対的に軽・中風域を得意とする選手であることを考えると、パンピング風域もしくはアンダープレーニング風域（風の強さが足りずに完全なプレーニング状態ではない風域）のような軽中風域であれば、体重が軽いことが有利に働く可能性も考えられる。

以上のことをまとめると、パフォーマンスにとって重要な体格・体力特性は、風域ごとに異なる可能性が示唆される。また技術面や戦術面といった体力特性以外の要因が、パフォーマンスに大きく影響していることも推察される。本研究では4名という少

表4. オリンピック選手 (A) の身体特性および体力特性の推移

測定項目	測定日 (年)				2004年 vs 2008年
	2004年	2005年	2006年	2008年	
身長 (cm)	181.1	181.1	180.8	182.0	-
体重 (kg)	65.8	66.7	71.4	71.1	8%増
体脂肪率 (%)	9.4	11.1	10.9	11.7	2ポイント増
除脂肪体重 (kg)	59.6	59.3	64.4	62.8	5%増
握力・左右平均 (kg/kg)	64.4	55.8	58.9	60.2	7%減
腹筋力 (回/30秒)	30	26	29	36	20%増
背筋力 (kg)	181.0	178.5	168.0	187.0	3%増
脚伸展力 (W)	1728	1751	1793	1967	14%増
新・長座体前屈 (cm)	40.0	42.0	47.0	53.0	33%増
最高酸素摂取量 (l/min)	4.08	3.81	4.06	3.85	6%減
最高心拍数 (bpm)	196	191	190	191	3%減
肺活量 (ml)	5620	5800	5860	5900	5%増

人数での検討であるため、これらの仮説については今後さらに検討する必要があるといえよう。

(3) 1名の選手の4年間にわたる体力の推移

表4は、オリンピック選手であるAについて、2004年から2008年までの4回の測定における身体特性と体力特性の推移を示したものである。彼は2004年にアテネオリンピックの最終選考に選ばれるなど、2004年の時点まではミストラル級の一流競技者であった。そしてアテネ以後に、北京オリンピックでRSX級が採用されることが決まると、直ちにRS:X級の艇に乗り換えてトレーニングを行い、北京オリンピックにも出場し優れた成績も上げた。したがって、表4の体力データの推移を見ることにより、ミストラル級からRSX級への体力変化が観察できる可能性がある。

このような視点で彼の形態および体力特性の変化を見ていくと、2008年には2004年と比べて、体重と除脂肪体重が増加していることが一つの特徴である。これは筋量の増加を示唆するものである。また筋力項目の推移を見ると、2004年に比べて2008年では、全てにおいて増加している。

ミストラル級に比べてRS:X級では、セールサイズが増大し、セールに加わる風の力が増した。したがってこれを操作する選手にとっては、より大きな筋力が必要であると考えられる。また(2)の考察において、軽・中風域では体格の大きいことがパフォー

マンスを低下させる因子になる可能性がある述べたが、Aの体格・体力の推移を考えると、ミストラル級に比べてRS:X級では、総合的に見て至適体重がより増加している可能性も考えられる。

なお、有酸素性能力の指標である体重あたりの最高酸素摂取量は、2004年に比べて低くなっていた。これは(1)③で考察した理由によるものと考えられるが、Castagnaら¹⁾の先行研究とは逆の結果である。この点については、今後さらに多くの被験者のデータを集めて検討することが必要である。

IV. まとめ

本研究では、日本における一流ウィンドサーフィン (RS:X級) 選手4名について、身体特性、体力特性、及び有酸素性能力について測定し、(1)先行研究で報告されたミストラル級の選手との体力特性の比較、(2)RSX級の選手間での体力特性の比較、(3)一名の北京オリンピック選手のミストラル級からRSX級への転向に伴う体力変化、について検討した。

その結果、(1)については、被験者数が少ないために全測定項目において両群間に有意な差は認められなかったが、個人的には、ミストラル級に比べRS:X級の選手の方が上肢の筋力に優れる傾向がみられた。(2)については、強風域では体格と筋力が、また軽風域でのパンピング能力には有酸素性作業能力が関係している可能性が考えられた。(3)については、艇種の変更に伴ってより高い筋力が必要とな

り、それに応じて選手の筋力や筋量も増加した可能性が考えられた。

付記

本研究は平成20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測定および競技中のパフォーマンス評価」の研究費と九州体育・スポーツ学会の研究補助費を受けて行われた。

文献

- 1) Castagna O., C. Pardal Vaz, J. Brisswalter:
The assessment of energy demand in the new Olympic windsurf board: Neilpryde RS:X. Eur. J. Appl. Physiol. 100: 247-252, 2007.
- 2) 国分俊輔, 楠本恭介, 三森絵理, 千足耕一, 山本正嘉: 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, 2003.
- 3) 千足耕一, 長嶺彰房, 中村夏美, 山本正嘉: 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, 2007.