

琉球大学学術リポジトリ

換気性作業閾値からみたボードセーリングの運動強度

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学教育学部 公開日: 2007-08-08 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 高倉, 実 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/1345

換気性作業閾値からみたボードセーリングの運動強度

高 倉 実

The Work Intensity of Boardsailing Estimated by Ventilatory Threshold

Minoru TAKAKURA *

The work intensity of boardsailing was investigated from ventilatory threshold (VT). Five boardsailors aged 19–23, took part in the study. In the laboratory, the maximal oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$) and % of $\dot{V}O_{2max}$ at VT were determined with incremental ergocycle test. A method of computerized regression analysis of ventilation ($\dot{V}E$)–oxygen uptake ($\dot{V}O_2$) plot was used to detect VT. At sea, boardsailors were recorded heart rate (HR) to estimate $\dot{V}O_2$. The mean $\dot{V}O_{2max}$ and % of $\dot{V}O_{2max}$ at VT of subjects were 3.20 l/min and 62.6% of $\dot{V}O_{2max}$ respectively. Boardsailors performed 63.4% of actual sailing time at an intensity above VT. Similarly, 81.9% of sailing time for reaching, 71.2% of sailing time for running and 56.5% of sailing time for close-hauled were spent with an intensity above VT. The work intensity while high wind sailing was slightly greater than it sailing in a breeze. (N. S.) The work intensity of top ranked sailors was slightly greater than that of low ranked sailors. (N. S.) The findings of this study indicated that boardsailing was an aerobic–anaerobic work and that downwind sailing was predominantly an anaerobic work.

I. 研究目的

競技力向上のためには、その競技特性を明確にすることが重要であるが、特に運動強度の把握は、それに基づく運動処方を考える上で必要不可欠なものである。しかし、ボードセーリングの運動強度に関する研究はまだ少ない。Schönle & Rieckert¹⁾はシミュレーター上でのセーリング動作中に血圧、心拍数、前腕血流量、血中乳酸濃度が全て上昇し、また、強風時の海上でのセーリング中では最高心拍数が200beats/minまで達したと報告している。Medved & Oreb²⁾はコースレース直後の血中乳酸濃度が2.06~4.98mmol/lであったことから、ボードセーリングのレースは有酸素、無酸素の混合状態で運動が行われていたと結論している。

ボードセーリングの動作は、風や波に合わせてセールやボードをコントロールし、方向転換時には素早い動作が要求される。その中で、両手は常にブームを握っていなければならない、前腕の屈筋群は高強度の等尺性収縮が要求される³⁾。等尺性筋収縮では、作業負荷が強くなるほど、筋収縮によって血管が圧迫されるため、末梢血管の血流が阻害され組織の酸素含量が減少し、無酸素性代謝が用いられる³⁾。従って、ボードセーリング時は組織内に乳酸が産出されやすく、血中乳酸濃度が高まると考えられる。

一方、無酸素性作業閾値 (anaerobic threshold 以下AT)は血中乳酸濃度が継続的に上昇することなく行ないうる最高の運動強度と定義される⁴⁾。血中乳酸濃度の上昇は体液の酸性化を招き、運動継続の阻害要因となることから、運動処方を考え

* Department of Health and Physical Education, Division of General Education, University of the Ryukyus.

る場合、ATは運動強度の適切な指標となる。従って、ボードセーリングの運動強度もATからとらえることができる。ATについて、換気性作業閾値 (ventilatory threshold 以下VT)、乳酸性作業閾値 (lactate threshold)、血中乳酸蓄積開始時点 (onset of blood lactate accumulation) などから解釈できるが、VTが先に定義したATを与えると報告されていることや¹⁰⁾、VTが非観血的にガス交換パラメータから容易に測定できること、また、ボードセーリングの運動強度を把握する場合、血中乳酸や酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) 等の生理学的指標の海上での直接測定は困難であることから、本研究ではボードセーリングの運動強度をVTの観点から検討することを目的とした。

II. 研究方法

1. 対象

被検者は、琉球大学ボードセーリング部に所属する19~23才の学生7名で、そのうち、全対象レースのデータが得られた5名を分析に用いた。分析対象の中には、全日本学生選手権1位、全日本選手権2位の選手も含まれる。なお、被検者には実験を実施するに当たり、その目的、方法を説明し理解させると共に実験に参加する同意を得た。

2. 対象レース

1991年11月14~16日に国際ヨット競技連盟規定⁵⁾に則って、オリンピックトライアングルコースレースを行った (Figure 1 参照)。使用ボードは、ディビジョンIクラスのウインドサーファー艇で、全被検者がワンデザインのボード (365×65.5cm) とセイル (5.7m²) を使用した。気象条件は3日間とも晴で、気温は18.5~20.5℃、相対湿度は54~86%であった。レース中の風速は、いすずピラム型携帯風向風速計により測定した。第1日目の平均風速は6.90m/sec (5.45~8.68m/sec)、第2日目の平均風速は5.66m/sec (3.56~7.71m/sec)、第3日目の平均風速は4.53m/sec (3.58~5.40m/sec) であった。平均風速の高い順に順風、中風、微風のレースとした。風向は3日間とも北であった。

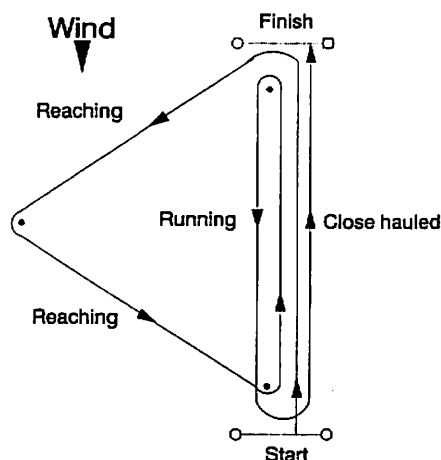


Figure 1. Olympic triangle course

3. VTの測定

測定は、1991年11月25日に琉球大学生理学実験室で行われ、室温は22.5℃、相対湿度は69%であった。ウォームアップ及び座位安静後、自転車エルゴメーター (MONARK 818-E7kp型) による最大下負荷漸増法を用い、運動中の心拍数 (HR) が推定最大心拍数 (HRmax)¹¹⁾ の約90%前後に至るまで運動を行った。60rpmで3分間の無負荷駆動から開始し、4分目以後は1分間毎に0.25kpずつ増加させた。運動中の呼気ガスは30秒毎に連続して、呼気ガス分析器 (フクダOXCON 4) で分析した。同時にHRは、ハートテレメーター (フクダDS-502) で30秒毎にその直前の8拍の移動平均値を1分間値に換算し記録した。なお、呼気ガス分析器の較正は窒素ガス (O₂: 0%) と混合ガス (O₂: 16.2%, CO₂: 5.04%) を用いて行った。運動中に得られたHRと $\dot{V}O_2$ の関係から各被検者別に回帰方程式を算出し、HRmaxを代入して最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$) を求めた。VTの判定はOrr et al.¹⁰⁾ の線形回帰モデルの変法を用いた。すなわち、分時換気量 ($\dot{V}E$) - $\dot{V}O_2$ プロットから最小二乗法による二直線回帰分析を行い、全体の残差の平方和が最小となる二直線の交点を求め、VTとした。交点の移動は全ての $\dot{V}O_2$ の範囲について行った。そして、VTレベルの $\dot{V}O_2$ ($\dot{V}O_{2atVT}$) を決定し、VTレベルの% $\dot{V}O_{2max}$ (% $\dot{V}O_{2max at VT}$) を算出した。Figure 2に各被検者の $\dot{V}E$ - $\dot{V}O_2$ プロットを示した。

高倉：換気性作業閾値からみたボードセーリングの運動強度

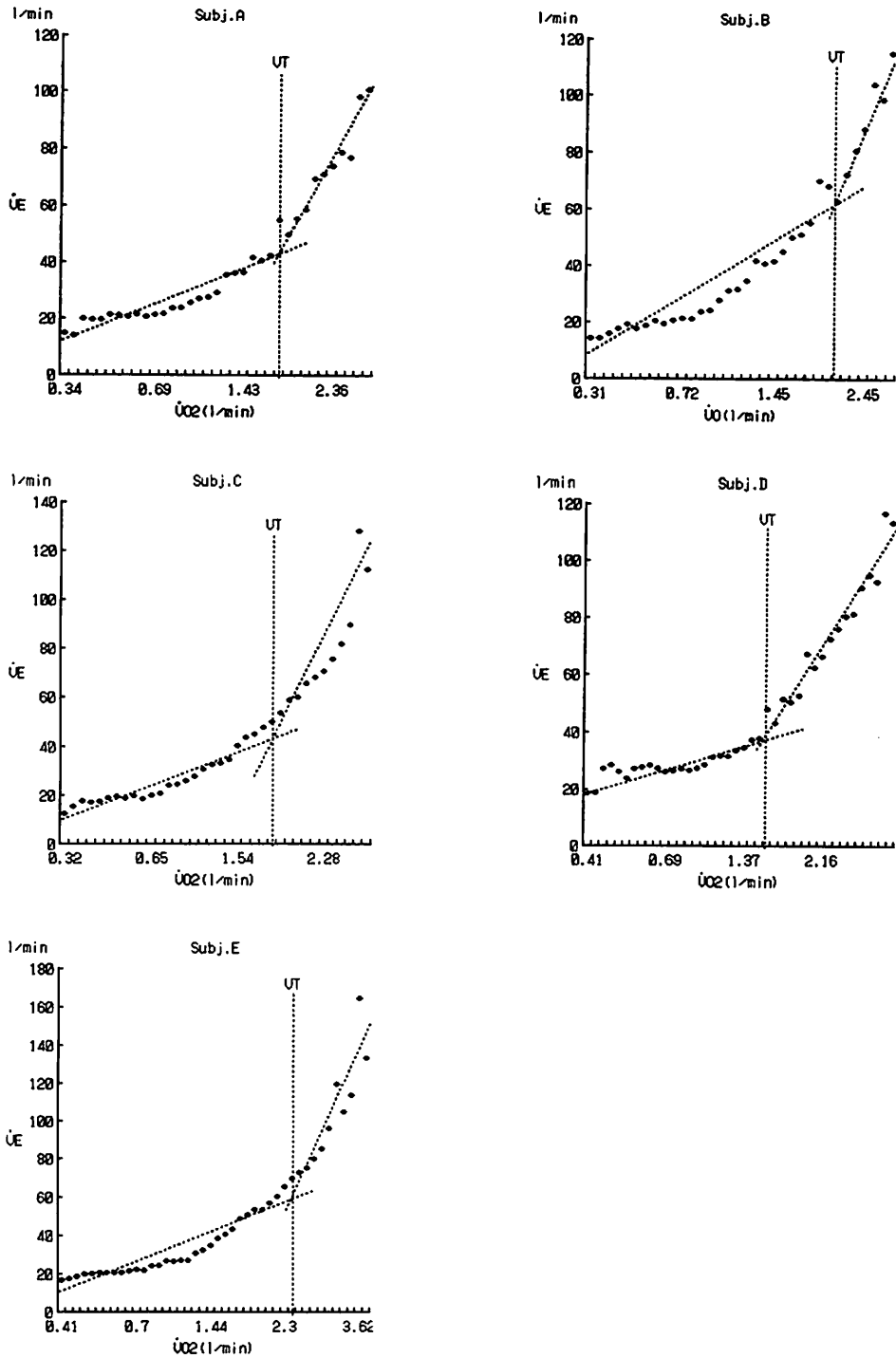


Figure 2. VT detection

4. レース中の運動強度の推定

レース中のHRを記録するために、被検者に携帯用心拍数記録装置 (Canon PE3000S) を装着し、15秒毎にその直前の16拍の移動平均値を1分間値に換算し記録した。それを上述の回帰方程式に代入し $\dot{V}O_2$ を求め、 $\% \dot{V}O_{2max}$ at VTを運動強度の指標とした。

5. 統計処理

計算はNEC PC-9801DAを用いて、SAS/PC Ver.6.04により行った。なお、平均値の有意差検定はセーリング方法についてはrepeated 分散分析Contrast option、風速別、順位別については、

サンプル数が少なくバラツキが大きかったためにノンパラメトリック一元配置分散分析を行い、有意水準は $p < 0.05$ とした。

III. 結 果

Table 1 に各被検者の身体的特性と自転車エルゴメーターによる最大下運動時の呼吸循環系反応を示した。平均 $\dot{V}O_{2max}$ は 3.20 ± 0.19 l/min、体重当たり 50.2 ± 1.6 ml/min/kg (±標準偏差、以下同じ)、平均 $\dot{V}O_2$ at VTは 1.99 ± 0.31 l/min、平均 $\% \dot{V}O_{2max}$ at VTは $62.6 \pm 10.3\%$ であった。また、各被検者のHRと $\dot{V}O_2$ との間に有意な相関

Table 1. Subjects' physical characteristics and cardiorespiratory responses on the bicycle ergometer exercise.

Subj.	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Est. HRmax (bpm)	$\dot{V}O_{2max}$ (l/min)	$\dot{V}O_{2max}/BW$ (ml/min*kg)	$\dot{V}O_2$ at VT (l/min)	$\% \dot{V}O_{2max}$ at VT (%)
A	23	173.0	58.5	197	2.90	49.6	1.83	63.1
B	23	169.5	66.1	197	3.17	48.0	2.24	70.7
C	21	169.3	62.1	199	3.21	51.7	1.81	56.4
D	22	172.0	66.8	198	3.49	52.2	1.63	46.7
E	20	167.2	65.2	200	3.24	49.7	2.46	75.9
Mean	21.8	170.2	63.7	198.2	3.20	50.2	1.99	62.6
S. D.	1.2	2.1	3.1	1.2	0.19	1.6	0.31	10.3

Table 2. Percentage of time sailed above VT.

Subj.	Entire	1st close hauled	Reaching	2nd close hauled	Running	3rd close hauled	Total close hauled	Ranking
A ₁	91.3	93.7	100.0	94.4	90.5	81.6	89.9	3
B ₁	50.9	76.7	100.0	62.9	10.5	3.7	47.8	5
C ₁	19.9	22.2	51.5	2.0	33.3	6.5	10.2	4
D ₁	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	1
E ₁	63.4	71.9	86.4	25.7	100.0	57.6	51.7	2
A ₂	60.5	48.0	92.3	76.9	52.4	30.8	51.9	1
B ₂	72.0	55.6	95.8	53.3	90.0	74.2	61.0	3
C ₂	66.7	50.0	92.6	50.0	100.0	54.8	51.6	4
D ₂	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	5
E ₂	44.1	33.3	72.0	21.4	90.5	15.4	23.4	2
A ₃	98.0	91.9	100.0	100.0	100.0	100.0	97.3	2
B ₃	14.8	17.8	44.1	6.1	0.0	0.0	8.0	3
C ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5
D ₃	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	4
E ₃	69.8	44.1	94.3	75.9	100.0	45.2	55.1	1
Mean	63.4	60.4	81.9	57.9	71.2	51.3	56.5	
S. D.	32.7	33.2	28.9	38.5	40.1	39.9	35.3	

A₁~E₁ were tested in a high wind (mean wind velocity 6.90m/sec).
 A₂~E₂ were tested in a middle wind (mean wind velocity 5.66m/sec).
 A₃~E₃ were tested in a breeze (mean wind velocity 4.53m/sec).
 F-test (F=7.00 p<0.001) contrast variables * : p<0.01 ** : p<0.001

が認められ、いずれも直線関係が示された。

Table 2 に各被検者がレース中にVTを越えて運動した時間のレース時間に対する割合を示した。また、Figure 3 に全被検者の平均割合を示した。なお、被検者A₁、B₁、C₁、D₁、E₁は順風時、A₂、B₂、C₂、D₂、E₂は中風時、A₃、B₃、C₃、D₃、E₃は微風時のレースで測定され、順風時の平均レース時間は37分31秒（30分25秒～54分）、中風時の平均レース時間は29分18秒（26分28秒～35分06秒）、微風時の平均レース時間は37分29秒（32分59秒～45分15秒）であった。平均割合をみても、全レース時間の63.4±32.7%がVTを越えたレベルでレースされていた。同様に第1クローズホールドでは60.4±33.2%、リーチングでは81.9±28.9%、第2クローズホールドでは57.9±38.5%、ランニングでは71.2±40.1%、第3クローズホールドでは51.3±39.9%、全クローズホールド（3回のクローズホールドの平均）では56.5±35.3%がVTを越えたレベルでレースされていた。セーリング方法を比較すると、第1クローズホールド、第2クローズホールド、第3クローズホールド、全クローズホールドとリーチングの間に有意差がみられ、リーチングの割合が多かった（F=20.26 p<0.001, F=17.11 p<0.001, F=16.90 p<0.01, F=23.42 p<0.001）。また、第3クローズホールドとランニングの間にも有意差がみられ、ランニングの割合が多かった（F=10.13 p<0.01）。

Figure 4 に風速別の平均割合を示した。順風時のレースでは、全レース時間の65.1±32.2%、第1クローズホールドでは72.9±30.6%、リーチングでは87.6±21.0%、第2クローズホールドでは57.0±42.7%、ランニングでは66.9±42.0%、第3クローズホールドでは49.9±43.6%、全クローズホールドでは59.9±36.0%がVTを越えたレベルでレースされていた。中風時のレースでは、全レース時間の68.7±20.4%、第1クローズホールドでは57.4±25.2%、リーチングでは90.5±10.8%、第2クローズホールドでは60.3±29.7%、ランニングでは86.6±19.7%、第3クローズホールドでは55.0±33.7%、全クローズホールドでは57.6±27.6%がVTを越えたレベルでレースされていた。微風時のレースでは、全レース時間の56.5±46.7%、第1クローズホールドでは50.8±44.2%、リーチングでは67.7±44.5%、第2クローズホールドでは56.4±49.7%、ランニングでは60.0±54.8%、第3クローズホールドでは49.0±50.0%、全クローズホールドでは52.1±47.5%がVTを越えたレベルでレースされていた。微風時のレースが最も少ない割合を示したが、いずれのセーリング方法にも風速間には有意差はみられなかった。

Figure 5 にレースの順位別の平均割合を示した。レースの順位から、1～2位を上位群、4～5位を下位群と分けて比較すると、上位群では全レース時間の72.6±22.1%、第1クローズホールドで

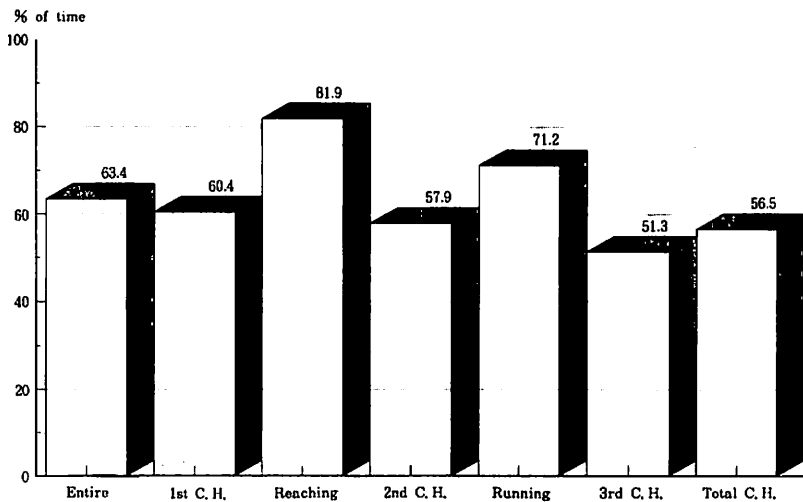


Figure 3. Percentage of time sailed above VT

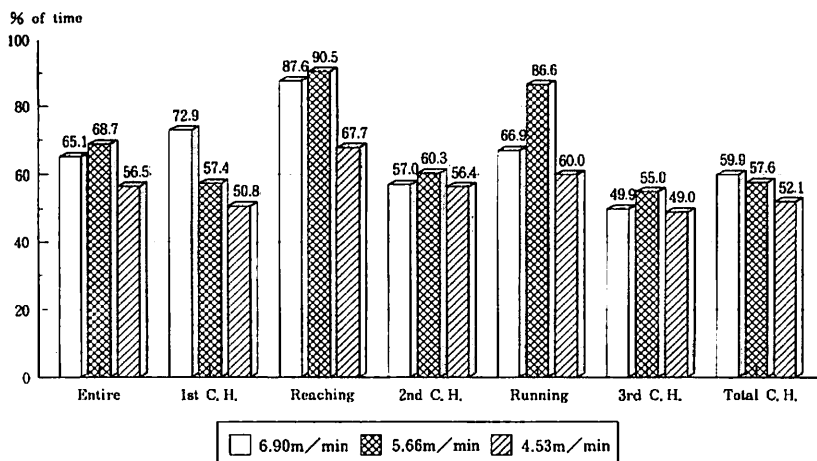


Figure 4. Percentage of time sailed above VT for each wind conditions

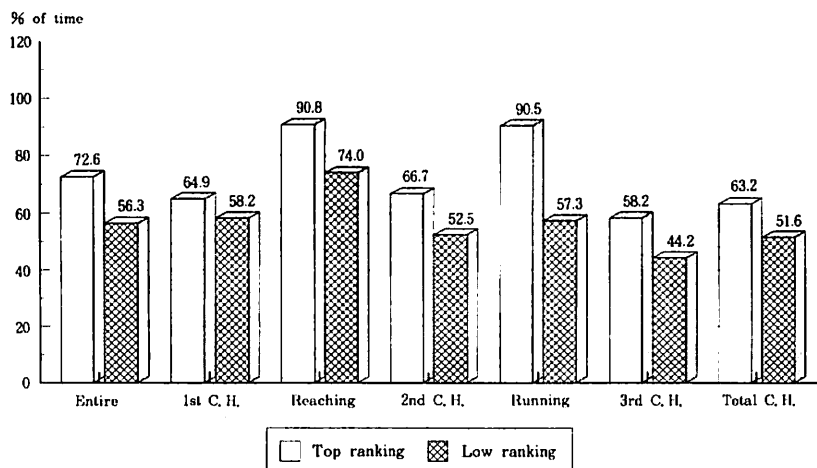


Figure 5. Percentage of time sailed above VT by sailors (top & low ranking)

は $64.9 \pm 27.3\%$ 、リーチングでは $90.8 \pm 10.6\%$ 、第2クローズホールドでは $66.7 \pm 35.0\%$ 、ランニングでは $90.5 \pm 19.0\%$ 、第3クローズホールドでは $58.2 \pm 35.4\%$ 、全クローズホールドでは $63.2 \pm 29.8\%$ がVTを越えたレベルでレースされ、下位群では全レース時間の $56.3 \pm 41.1\%$ 、第1クローズホールドでは $58.2 \pm 41.4\%$ 、リーチングでは $74.0 \pm 40.9\%$ 、第2クローズホールドでは $52.5 \pm 44.6\%$ 、ランニングでは $57.3 \pm 48.0\%$ 、第3クローズホールドでは $44.2 \pm 47.7\%$ 、全クローズホールドでは $51.6 \pm 42.6\%$ がVTを越えたレベルでレース

されていた。順位間には有意差がみられなかったが、上位群の割合が多い傾向がみられた。

IV. 考 察

本研究の被検者の平均 $\dot{V}O_2 \max$ は 3.20 l/min 、体重当たり 50.2 ml/kg/min であった。これはヨット選手の値 (50.3 ml/min/kg)⁷⁾に類似していたが、他の競技者の値^{8, 10)}と比べると低い値を示した。木村ら⁷⁾が余裕を持ったセーリングが行えるためには、ヨット競技においてもより高い全身

持久力が必要であると述べているが、ボードセーリングにおいても同様であり、本研究からは積極的な全身持久力向上のトレーニングが望まれる。また、平均 $\dot{V}O_2$ at VTは $1.99\text{ l}/\text{min}$ 、平均 $\% \dot{V}O_2$ max at VTは $62.6\% \dot{V}O_2$ maxであった。これまでの $\% \dot{V}O_2$ max at VTについての報告^{2, 4, 10}は $60\sim 70\% \dot{V}O_2$ max前後が多かったが、本研究はこれらと同様の値を示した。

レース中にVTを越えて運動した時間割合についてみると、全レース時間の 63.4% がVTを越えて運動されていた。また、セーリング方法別ではリーチング(81.9%)、ランニング(71.2%)、クローズホールド(56.5%)の順で割合が高く、風上へのセーリングに比べて風下へのセーリングの運動強度が高かった。Medved & Oreb⁹⁾はコースレース直後の血中乳酸濃度から、ボードセーリングのレースは有酸素性、無酸素性運動の混合状態であったとしているが、本研究でもVTからボードセーリング時は有酸素性、無酸素性運動の混合によって運動され、特にリーチングやランニング時は無酸素性運動の割合が多くなったと推測できる。また、ボードセーリングの中でもスラロームやウエイブパフォーマンスは競技特性上、ほとんどリーチングが主になるために、これらの種目はより無酸素性運動の割合が多くなると思われる。クローズホールドは、風上へののぼり角度が重要視されるが、ボードやセールの揺れは水流や気流を乱し、のぼり角度の低下の原因となる。従って、クローズホールドではボードのヒールを保ち、セールをセンターライン近くまで引き込んだフォームを保持しなければならず、静的な動作が主になる。また、セーリングコースもセーラーによって異なるため、他のセーラーとの交戦も少ない。一方、リーチングは、斜め風下へのセーリングで最もスピードのでるコースであり、より多くの努力と技術が要求され、他のセーラーとの交戦も多いとされている⁹⁾。リーチングの技術ではボードを波に乗せるサーフィングが重要視されるが、サーフィング時にはボードにスピードをつけるためにパンピング(セールをすばやく開いたり、閉じたりすること)しなければならず動作も大きくなる。ランニングは風がセールに対して直角に当たるため、左右のバランスがとりにくく最も高度の技術が要

求されるコースである⁹⁾。従って、セーラーは脚の屈伸などによって、ボードのバランスをとらなければならない。また、これらの動作はハーネスを使用しない状態で行われやすく、上肢には大きな負荷がかかり無酸素性運動が強制される。以上のことから、クローズホールドでは静的な動作が多くなるのに対して、リーチングやランニングではダイナミックな動作が多くなるために、運動強度が高くなったと考えられる。

Schönle & Rieckert¹⁰⁾が $14\text{ m}/\text{sec}$ の強風時のセーリング中に最高心拍数が $200\text{ beats}/\text{min}$ まで達したと報告していることや、高倉¹⁰⁾が $8\sim 11\text{ sec}$ の強風時のセーリング中にプロフェッショナルセーラーの平均心拍数が $92\% \text{ HRmax}$ を示したと報告していることから、強風時のボードセーリングは極めて高強度の運動であると予測される。また、木村ら⁶⁾がヨット競技において、スキッパーのレース中の運動強度は風速が強くなるにしたがって増加したと報告しているが、本研究では風速別の運動強度には差がみられなかった。これは本研究で測定された平均風速が $6.90\text{ m}/\text{sec}$ 、 $5.66\text{ m}/\text{sec}$ 、 $4.53\text{ m}/\text{sec}$ で風速差が小さく、強風時のレースが対象とならなかったためであると考えられる。しかし、順風、中風時のレースが微風時のレースよりも高い運動強度を示したことから、風速と運動強度の間に関連があることが推測できる。

レース順位の上位群は高度なセーリング技術を持ち、状況に合わせて無駄のない動作でセールとボードを操作、調整できるように運動強度も低くなると考えられる。しかし、本研究では有意な差ではなかったが、上位群の運動強度が高い傾向がみられた。Medved & Oreb⁹⁾は、上位群の運動強度が高くなる理由として、レースにおいて上位群ができる限り勝とうとするために、セーリング技術を許す限り発揮し、セーラー自身を高強度の運動へ追い込んだと考察しているが、本研究でもこれを支持する知見が得られた。

以上のことから、ボードセーリングは有酸素性、無酸素性運動の混合で運動され、セーリング方法の特性によって、風上へのセーリングに比べて、風下へのセーリングの運動強度が高く、無酸素性運動の割合が多くなることが示唆された。また、風速が強くなるにつれて、ボードセーリング時の

運動強度も高まり、レースにおける上位群の運動強度は下位群に比べて高い傾向が示された。

本研究では被検者の数が少なく、データのバラツキが大きかったために、統計処理にはノンパラメトリック検定を用いた。統計量の信頼性を高めるためには、より多くのサンプルでの検討が望まれるが、今後の課題としたい。

V. まとめ

本研究は琉球大学ボードセーリング部員5名のコースレース中の運動強度をVTの観点から推定した。得られた結果は以下の通りであった。

- 1) 被検者の平均 $\dot{V}O_2\max$ は $3.2l/min$ 、平均 $\dot{V}O_2\max$ at VTは $62.6\%\dot{V}O_2\max$ であった。
- 2) VTを越えた強度でレースされた時間割合の平均は、全レース時間の63.4%、リーチングでは81.9%、ランニングでは71.2%、全クローズホールドでは56.5%で、風上へのセーリングに比べて、風下へのセーリングの運動強度が高かった。
- 3) 順風時、中風時のレース中の運動強度は微風時のレース中よりも高い傾向を示した。
- 4) レースにおける上位群の運動強度は下位群より高い傾向を示した。

以上の結果から、ボードセーリングは有酸素性、無酸素性運動の混合で運動され、特に風下へのセーリングは無酸素性運動の割合が多くなることが示唆された。

(本研究は平成3年度文部省科学研究費補助金奨励研究A課題番号03780121によって行われた。)

文献 (References)

- 1) American heart association, Committee on exercise (1972) Exercise testing and training of apparently healthy individuals; A handbook for physician. American heart association: New York.
- 2) Davis, J. A., Vodak, P., Wilmore, J. H., Vodak, J., and Kurtz, P. (1976) Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J. appl. physiol.* 41: 544-550.
- 3) 猪飼道夫・田口貞善 (1968) 筋の酸素摂取量と作業能力II. *体育の科学* 18: 188-194.
- 4) 伊藤静夫・黒田善雄・塚越克己・雨宮輝也・金子敬二 (1986) スポーツ選手のATに関する研究 第3報 第10回アジア大会日本代表選手のATについて. *日本体育協会スポーツ科学研究報告* 1-9
- 5) カール メスマー: 岩佐倫太郎 訳(1985)ウインドサーフィンレーシングテクニック. 自由国民社: 東京. <Messmer, K., et al. (1983) Windsurfing racing technique, Stanford Maritime.>
- 6) 木村恒雄・玉木伸和・村松茂・野坂和則・木島晃・日馬雄紀・斉藤直樹・吉田敬義・上原一之・栗原茂勝・松山和興 (1986) ヨット競技選手の体力およびセーリングの運動強度. *日本体育協会スポーツ科学研究報告* 329-334.
- 7) 木村恒雄・玉木伸和・村松茂・野坂和則・木島晃・日馬雄紀・斉藤直樹・上原一之・栗原茂勝・松山和興 (1987) ヨット競技選手の体力(2). *日本体育協会スポーツ科学研究報告* 125-134.
- 8) 黒田善雄・塚越克己・雨宮輝也・伊藤静夫・金子敬二・松井美智子(1977)日本人一流競技選手の最大酸素摂取量並びに最大酸素負債量 第3報. *日本体育協会スポーツ科学研究報告* 1-20
- 9) Medved, R., and Oreb, G. (1984) Blood lactic acid values in boardsailors. *J. sports Med.* 24: 234-237.
- 10) 宮下充正・山本義春・田村真一・篠原稔・武藤芳照 (1989) 換気性作業閾値が無酸素性作業閾値を与える. *体育の科学* 39: 397-404.
- 11) Orr, G. W., Green, H. J., Hughson, R. L., and Bennett, G. W. (1982) A computer liner regression model to determine ventilatory anaerobic threshold. *J. appl. physiol.* 52: 1349-1352.
- 12) Prud'home, D., Bouchard, C., Leblance, C., Leblance, C., Landry, F., Lortie, G., and Boulay, M. R. (1984) Reliability of

- assessments of ventilatory thresholds. J. sports sci. 2 : 13-24.
- 13) Schönle, C., and Rieckert, H. (1983) Cardiovascular Reactions during Exhausting Isometric Exercise while Windsurfing on a Simulator or at Sea. Int. J. Sports Med. 4 : 260-264.
- 14) 高倉実 (1989) ボードセーリングの安全性に関する研究. 平成元年度科学研究費補助金実績報告書
- 15) 山地啓司 (1985) 一流スポーツ選手の最大酸素摂取量. 体育学研究 30 : 183-194.
- 16) 山本義春・宮下充正 (1989) これまでのATとこれからのAT. 体育の科学 39 : 348-363.