

## セーリング競技におけるレーザーラジアル級のスネーキング帆走の有効性 国内一流シングルハンド選手による検証

安田真之助<sup>1)</sup>、石井泰光<sup>1)</sup>、布野泰志<sup>1)</sup>、榮樂洋光<sup>2)</sup>、中村夏実<sup>2)</sup>、松下雅雄<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>鹿屋体育大学海洋スポーツセンター

<sup>2)</sup>鹿屋体育大学スポーツ・武道実践科学系

<sup>3)</sup>鹿屋体育大学

キーワード: GPS、パフォーマンス、帆走技術、波、ダウンウインド

### 要旨

本研究は、風速条件が異なる海上において、風下帆走時に用いられるスネーキング帆走とストレート帆走の有効性を検証することを目的とした。対象者は、1人乗り艇種の国内トップ選手2名とした。実験は、風速条件の異なる3日間において、マーク間距離を1000mに設定して、ストレート帆走とスネーキング帆走を交互に行わせた。個人内データを用いて、マーク間の所要時間、移動距離、艇速及びVMGを比較した。

スネーキング帆走を習得している選手は、風速6m/s以上になると、スネーキング帆走の艇速及びVMGが高まるため、マーク間の所要時間が短縮することが明らかになった。有効性が認められた理由として、スネーキング帆走によってサーフィングが行える時間が長くなること、パンピング動作によって艇速を増加させる効果が得られたことが影響したと考えられた。一方、スネーキング帆走を習得していない選手は、風速が高まってもスネーキング帆走方法による有効性は認められなかった。本研究の結果により、選手の技術レベルによっては、必ずしもスネーキング帆走がストレート帆走よりも有効とは限らないことが示唆された。

スポーツパフォーマンス研究, 5, 189-201, 2013年, 受付日:2012年2月16日, 受理日:2013年6月17日  
責任著者:石井泰光 鹿屋体育大学海洋スポーツセンター〒893-0054鹿児島県鹿屋市高須町2457番地  
yasumitsu.ishii@gmail.com

-----

### **Effectiveness of zigzag sailing for laser radial class boats in sailing: Evaluation by Japanese first-class single-handed sailors**

Shinnosuke Yasuda<sup>1)</sup>, Yasumitsu Ishii<sup>1)</sup>, Taishi Funo<sup>1)</sup>, Hiromitsu Eiraku<sup>2)</sup>,  
Natsumi Nakamura<sup>2)</sup>, Masao Matsushita<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Center for Water Sports and Science, National Institute of Fitness and Sports in

Kanoya

<sup>2)</sup> Coaching of Sports and Budo, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

<sup>3)</sup> National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key Words: GPS, sailing performance, sailing technique, waves, downwind

**[Abstract]**

The present study aimed to evaluate the effectiveness of zigzag sailing and straight sailing when sailing downwind in seas with different wind conditions. The participants were two top sailors of domestic single-handed sailboats, one of whom had mastered zigzag sailing, and the other who had not. Experiments were conducted for 3 days under different wind conditions. The mark distance was set to 1000 meters; zigzag sailing and straight sailing were alternated. Individual data on the time required between two marks, travel distance, boat speed, and VMG ("velocity made good") were compared. It was found that the sailor who had mastered zigzag sailing could shorten the time at wind speeds above 6 m/s because of increased speed and VMG when zigzag sailing. The reasons for this effectiveness are thought to be that zigzag sailing extends the surfing time so that boat speed is increased because of the pumping motion of the sails. On the other hand, for the sailor who had not mastered zigzag sailing, zigzag sailing had no effect, even at higher wind speeds. These results suggest that the effectiveness of zigzag sailing compared to straight sailing depends on sailors' technical level.

## I. 問題提起

セーリング競技はオリンピック種目として9艇種があり、ヨットの1人乗り艇種には、フィン級、レーザー級、レーザーラジアル級の3種目がある。フィン級は1952年ヘルシンキオリンピック、レーザー級は1996年アトランタオリンピック、レーザーラジアル級は2008年北京オリンピックからの正式種目が採用されている。その中で、レーザー級は最も参加国数が多く、20万隻のレーザー級(International Laser Class Association, 2013)がオリンピックをはじめ、世界中のレースで使用されている。この艇種は、カナダのオリンピックセイラーであるイアン・ブルースによって開発され、安くて性能が良く、レースやレクリエーションにも適した艇をコンセプトに設計されている。そのため、艇体、マスト、セール等、すべて部品が均一化されたクラスになっており、同じ道具を用いて行われるシンプルな競技である。

これまでレーザー級及びレーザーラジアル級の国内選手と海外トップ選手の帆走技術には、どのような違いがあるのか、十分に明らかにされていない。筆者の海外遠征経験から、海外トップ選手と国内選手の差は、ダウンウインド(風下帆走)の帆走技術にあると感じている。これまでのセーリング競技の研究では、第1マークを上位で回航するほど、フィニッシュ順位が良くなることが報告されている(千足ほか, 2007)。しかし、第1マークを良い順位で回航したとしても、ダウンウインド(風下帆走局面)において、海外選手に抜かれて順位が下がる経験を筆者は幾度となくしてきた。したがって、第1マークの順位が必ずしもフィニッシュ順位につながらないことを意味している。

この背景には、海外トップ選手は、ダウンウインド時に、艇の進行角度を変化させながら、波や風を巧みに扱い、サーフィング(波乗り)を繰り返している。このようにサーフィングしながら風下に帆走する技術は、スネーキング帆走と呼ばれている。スネーキング帆走は、波の斜面を捕え、波の力を最大限に利用して、艇速を高める技術である。スネーキング帆走によって、マークまでの帆走距離は長くなるが、艇速を高めることができるため、マークに短時間で到達することができる。したがって、波が大きいコンディションほど、スネーキング帆走の有効性は大きいと考えられている。

スネーキング帆走の有効性を実感した筆者は、帰国後にスネーキング帆走技術を練習して、習得することができた。しかしながら、国内レースでスネーキング帆走を行ったところ、すべての風下帆走において、スネーキング帆走が有効ではないことを理解することができた。風速や波高の条件によっては、スネーキング帆走を行わず直線的に帆走(以下、ストレート帆走と略す)したほうが、短時間でマークに到達できることがあった。したがって、風下帆走において、常にスネーキング帆走を使用するのではなく、風速や波のコンディションによっては、ストレート帆走を併用する必要があると考えられる。

そこで本研究では、風速条件が異なる海面において、スネーキング帆走とストレート帆走を比較することで、スネーキング帆走の有効性を検証することを目的とした。

## II. 方法

### 1. 対象

対象者は、レーザー級の国内トップ選手であるA選手(男性、年齢25歳、身長179cm、体重82kg)、レーザーラジアル級の国内トップ選手であるB選手(女性、年齢24歳、身長163cm、体重

62kg)とした。両選手とも、2012 年度、2013 年度日本セーリング連盟のナショナルチームに認定されている。競技成績の詳細については、表 1 に示した。本研究の実施にあたって、事前に研究の趣旨及び実験手順について、口頭及び書面にて説明を行い、研究の対象者になることの同意を得てから実験を行った。

表1.対象者の主な競技成績

	競技成績
A選手	2011年 セールフォーゴールドレガッタ 64位 2011年 イエールオリンピックウイーク 89位 2011年 プレオリンピック 29位 2011年 ユニバーシアード 16位 2011年 ヨーロッパカップ 10位 2011年 デルタロイドレガッタ 16位 2012年 JSAFナショナルチーム選考レース 1位 2012年 イエールオリンピックウイーク 46位 2012年 レーザー級世界選手権 122位
B選手	2011年 ユニバーシアード 13位 2011年 レーザーラジアル級全日本選手権 10位 2011年 国民体育大会 8位 2012年 JSAFナショナルチーム選考レース 2位 2012年 レーザーラジアル級女子世界選手権 53位 2012年 イエールオリンピックウイーク 50位

## 2. 実験の手順

測定は、鹿児島県鹿屋市高須沖にて、2012年5月30日、10月11日、10月25日の3日間で実施した。セーリング競技の経験者(競技年数:7年)が、モーターボート上で、風見とコンパス(Iris 50, Plastimo, France)を用いて、海上の平均風向を求め、マークを設定した。風上側のマーク(以下、上マークと略す)から風下側のマーク(以下、下マークと略す)の距離が約1000mになるように、ハンディ型GPS(Oregon 450TC, Garmin, USA)を使用しながら設置した(図1)。上マークをスタート地点として、下マークはゴール地点とした。なお、セット間に風向が大きく変化した場合は、マークを再度設定した。

実験試技は、対象者間でスネーキング帆走とストレート帆走が交互になるように行わせた。スネーキング帆走(動画1-1、動画1-2)は、船首を左右に振り、波を利用してサーフィングを行い、短時間で下マークに到達するように行わせた。ストレート帆走(動画1-3、動画1-4)は、船首を下マークに向けて、最短距離で下マークに到達するように行わせた。両方の帆走方法に共通して、セールが風下に向かって左側にある状態(スターボードタック)からスタートするように指示した。なお、ジャイブ(セールの方向を左右に入れ替える動作)は、必要最小限にするように指示した。セーリング競技規則2009-2012(2008)の42条のルールに則り、メインシートを引き込み、セールをあおることによって推進力を獲得するパンピング動作は1波1回までとし、方向転換に合わせたセールの動きであれば、何度もセールの角度を動かしてもよいこととした。

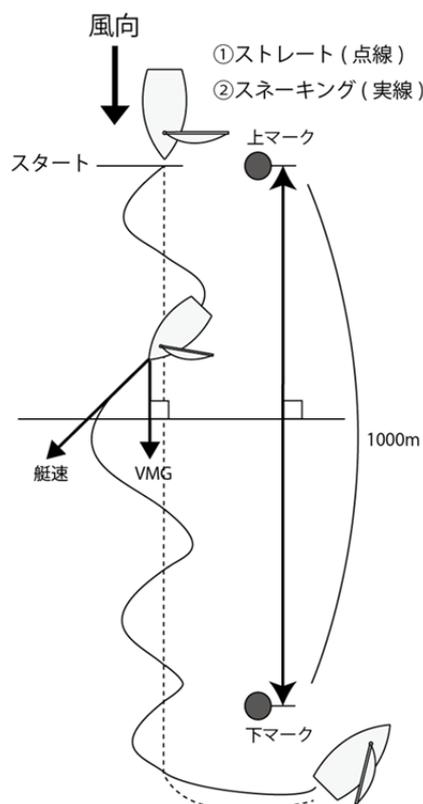


図1. 実験の模式図とVMGの定義

スタートは1分間隔で行わせ、先攻及び後攻スタートはあらかじめ設定した順序で行った。同時にスタートさせなかった理由は、風上にある艇(後攻艇)と風下にある艇(先攻艇)が接近することによって、艇速の低下及び帆走方法が規定できなくなることを防ぐためである。ゴール地点に到着後は、スタート地点までモーターボートによる曳航を行い、3分以上の休息を挟み、次のセットを実施した。1日あたり試行数は、疲労による影響を防ぐために7~8セットまでとした。

### 3. 実験で使用した艇種及び測定機器

本研究では、1人乗りヨット艇種であるレーザーラジアル級(図2-a)を使用した。この艇種は、全長4.23m、幅1.37m、重量58kg、セール面積5.7m<sup>2</sup>である。選手の航跡及び艇速を計測するために、GPS(図2-b:SPI-ProX, GPSPORTS, Australia)を用いて、サンプリング周波数15Hzで計測した。本研究で使用したGPSは単独測位方式(non-differential)であり、速度の平均誤差は-0.08±0.15m/s、誤差の許容限界(limits of agreement)は-0.36~+0.21m/sであった。GPSの重量は76g、大きさは48mm×20mm×87mmである。GPSは防水ケース(LPL806, Lock & Lock, 大韓民国;サイズ:135×102×52mm)に入れて使用した。GPSと防水ケースの合計重量は280g未満であり、本研究の帆走動作に支障を及ぼすものではなかった。GPSの使用前に、上空が360度見渡せる場所にGPSを10分以上置いてから、十分に衛星を捕捉させてから、計測を実施した。GPSの取り付け位置は、艇の船首からマストホールをつなぐ直線を引き、船首から81.3cmの位置に、船に接着したマジックテープを使用して取り付けた。なお、GPSの落下防止のために、防水テープ

(DUCT-54, 三菱スリーエム, 日本)を使用した。



図 2. 研究で使用したヨット及び測定機器

下マーク及び上マークには、円柱形マーク(レガッタトレーニングブイ, Plastimo, France)を使用した。マークの緯度・経度情報を取得するために、1Hz の GPS (Edge\_500, Garmin, USA) をマーク上部に取り付けた。測定開始及び終了時間を記録するために、測定者は GPS 型腕時計 (ForeAthlete 610, Garmin, USA) を着用して、計測を行った。ビデオの撮影は、ビデオカメラ (HDR-CX700V, Sony, 日本) を、防水ケース (SPK-HCH, Sony, 日本) に入れて撮影を行った。

風速・風向の計測は、モーターボートに超音波型風速・風向計システム(ノースセール・ジャパン)を取り付けた(図 2-c)。このシステムは、風速・風向センサー、ヘディングセンサー、電源・送信ボックス、アルミ製マスト(3m)、携帯情報端末から構成されている。風速・風向センサーは、WindSonic (Gill Instruments, United Kingdom) が使用されており、風速の測定範囲は 0-60m/s、分解能 0.01m/s、精度は  $\pm 2\%$  (風速 12m/s 時)、風向の測定範囲は 0-359 度、分解能 1 度、風向精度  $\pm 3$  度 (風速 12m/s 時) であった。

風速・風向センサーによって取得された風向は、GPS によって取得された緯度・経度上の風向へ変換するために、ヘディングセンサー (A5022 FLUXGATE COMPASS, Autonnic Research Ltd, United Kingdom) を用いて磁北を求め、それにキャリブレーション値を加えることによって算出した。なお、実験とは別日に、GPS による対地方位(真北)とヘディングセンサーから得られる磁北との偏差を算出し、キャリブレーション値を求めた。取得されたデータは、マストの下部に取り付けてある電源・送信ボックスに送られ、Bluetooth (v2.0 class 2) 経由で、携帯情報端末 (PS535F, Getac, USA) へ送信された。携帯情報端末には GPS が搭載されており、緯度・経度・時間情報を取得できる。すべてのデータはサンプリングレート 1Hz で記録された。

#### 4. 分析方法

計測に使用した GPS は、GPS 付属のドッキングステーションに接続して、USB 経由でパーソナルコンピュータと接続した。GPS 付属のソフトウェア (Team AMS) を使用して、データのダウンロードを行い、CSV ファイルの出力を行った。MATLAB R2012a (MathWorks, USA) を用いて、CSV ファイルの読み込み、緯度・経度から平面直角座標系の変換、速度の算出を行った。緯度、経度から平面直角座標系の換算方法は、Bowring (1996) に基づいて行った。座標変換の原点は、東経 131 度 0 分 0 秒、北緯 33 度 0 分 0 秒とした。

分析区間は、上マークの通過時点をスタート地点として、下マークの通過時点をゴール地点とした。艇に取り付けた GPS の座標から、移動距離及び艇速を算出した。さらに、セーリング競技における艇のパフォーマンス指標の 1 つである Velocity Made Good(以下、VMG と略す)を算出した。VMG は、一般的には風向に対する帆走速度を示すが、本研究は下マーク方向の速度を VMG とした。スネーキング帆走は、下マークに対して艇の帆走角度を変えて、波に乗ることによって艇速を獲得するため、局面によっては艇速の増加が必ずしも VMG の増加につながらないことから、艇速と VMG に分けて艇速特性を検討した。

### III. 結果

図 3 は、帆走方法の違いがマーク間の所要時間に及ぼす影響を個人内で比較したものである。A 選手は、風速 6m/s 以上になると、スネーキング帆走がストレート帆走よりも、下マークに短時間で到達していた。B 選手は、すべての風域で、帆走方法によるマーク間の所要時間にほとんど差が認められなかった。

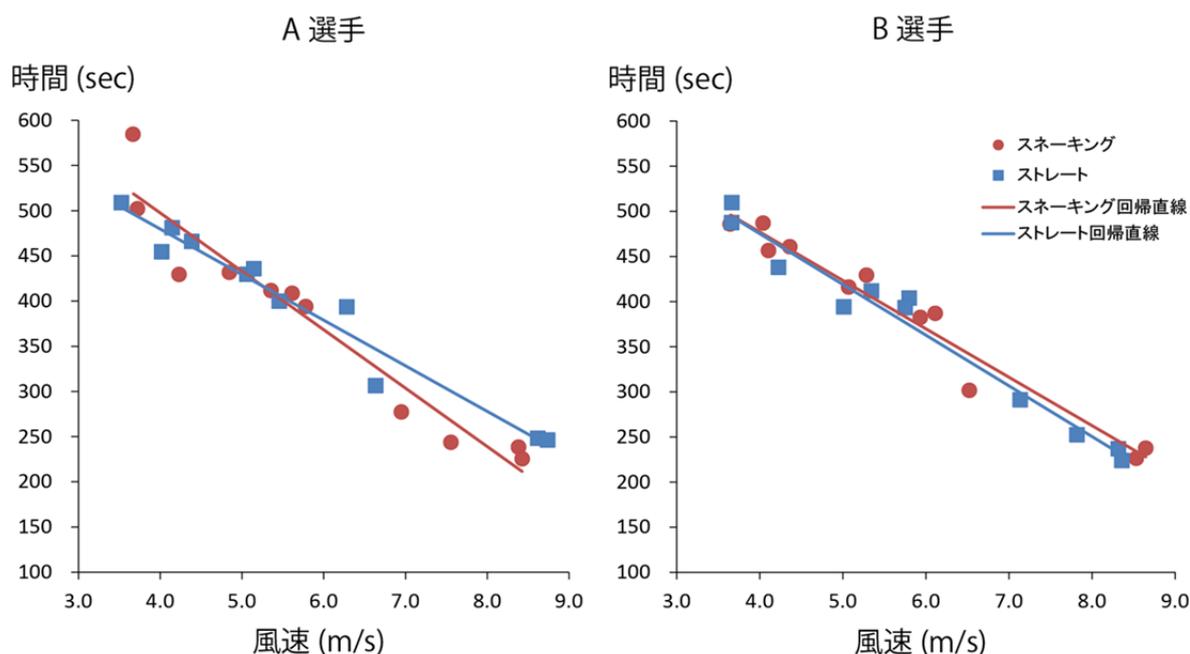


図3. 帆走方法の違いがマーク間の所要時間に及ぼす影響(個人内比較)

図 4 は、帆走方法の違いが移動距離に及ぼす影響を個人内で比較したものである。マーク間の移動距離は、各選手の移動距離に対してマーク間の距離を差し引いたものを示した。これは風や波の影響によって、マーク間の距離が変動するため、それを除去するために行った。両選手に共通して、スネーキング帆走はストレート帆走に比べて、移動距離が 50~60m 長いことが明らかになった。

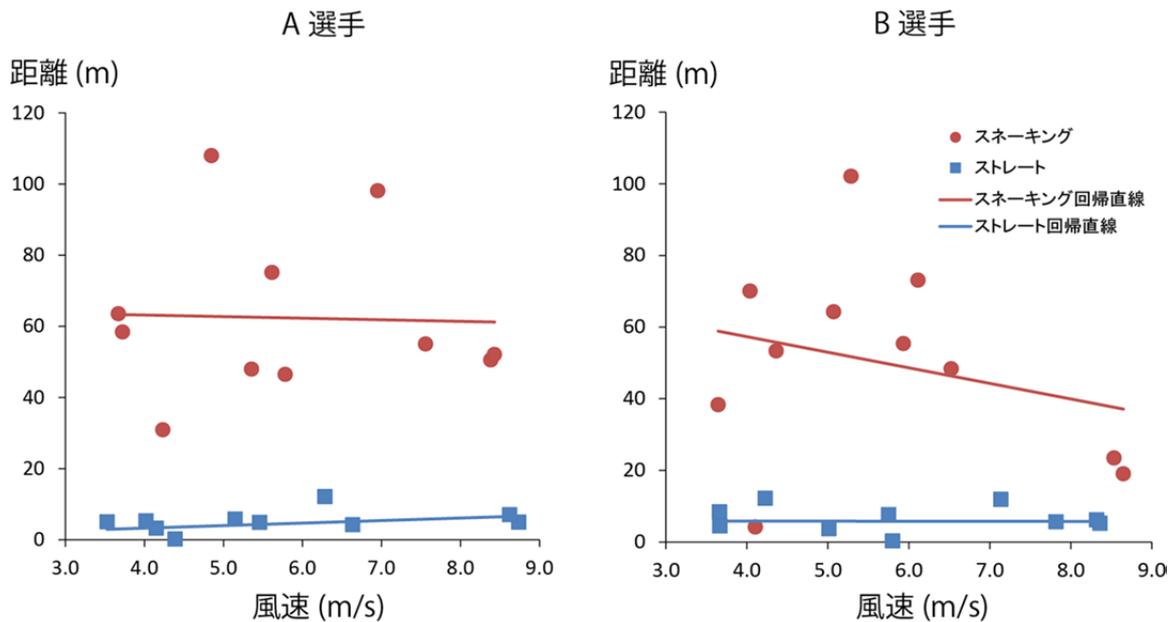


図4. 帆走方法の違いが移動距離に及ぼす影響(個人内比較)

図5は、帆走方法の違いがVMG及び艇速に及ぼす影響を個人内で比較したものである。A選手は、風速6m/s以上になると、VMG及び艇速がストレート帆走よりスネーキング帆走のほうが高くなる傾向が認められた。B選手は、風速が増加しても、スネーキング帆走とストレート帆走の間に、VMG及び艇速の差は認められなかった。

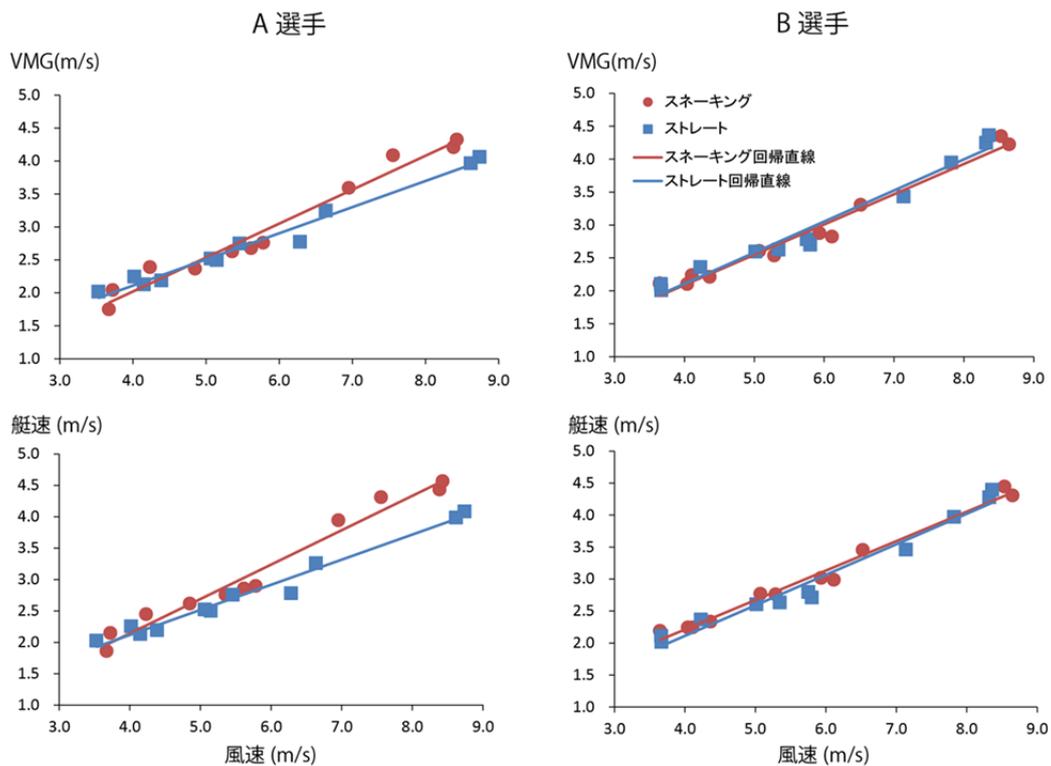


図5. 帆走方法の違いがVMGおよび艇速に及ぼす影響(個人内比較)

#### IV. 考察

本研究は、風速条件が異なる海面において、スネーキング帆走(後方:[動画 1-1](#)、側方:[動画 1-2](#))とストレート帆走(後方:[動画 1-3](#)、側方:[動画 1-4](#))を比較することで、スネーキング帆走の有効性を検証することを目的とした。A 選手は、風速 6m/s 以上になると、スネーキング帆走がストレート帆走に比べて、マーク間の所要時間が短縮する特徴が認められた。一方、B 選手は、すべての風域においてスネーキング帆走(後方:[動画 1-5](#)、側方:[動画 1-6](#))とストレート帆走の所要時間に差が認められないことが明らかになった。この結果から、A 選手と B 選手との間に、スネーキング帆走のレベル差があることが伺えた。したがって、スネーキング帆走を習得していると考えられる A 選手の結果から、風速の違いによるスネーキング帆走の有効性を述べる。また、選手 A と B のスネーキング帆走の習熟レベルの違いによる動作の特徴について考察を加える。

#### 1. 風速別のスネーキング帆走の有効性

##### (1) 風速 3-5m/s 時の帆走方法の比較

スネーキング帆走を習得している A 選手は、風速 3m/s 以上 6m/s 未満の試行において、マーク間の所要時間、VMG、艇速においてストレート帆走とスネーキング帆走に大きな違いが認められなかった。これは、ストレート帆走がスネーキング帆走よりも移動距離が短く、VMG (Velocity Made Good: マーク方向に対する帆走速度を示す) が高いことが影響したと考えられる。一方、スネーキング帆走は、移動距離が 50~60m 増加しているため、ストレート帆走よりマーク間の所要時間が長くなったことが影響したと考えられる。

このような風速の弱い条件では、スネーキング帆走の有効性が認められない理由に、波高の影響があると考えられる。風が弱いと波が小さくなることから(光易, 2007)、波高が小さくなり、サーフィングできる波が生じなかったと考えられる。そのため、スネーキング帆走を行ったとしても、艇速を大きく増加させることができないため、ストレート帆走を上回るほど、VMG を増加させることができなかったと考えられる。

##### (2) 風速 6-9m/s 時の帆走

風速 6m/s 以上 9m/s 未満の試行において、スネーキング帆走の艇速及び VMG が高まった理由は、サーフィングの影響が大きいと考えられる。スネーキング帆走は、風下へ向かってくる波に対して、艇は波を斜め後方から受けることにより、サーフィングを長時間行えるため、艇速の増加に伴い VMG も増加したと考えられる。一方、ストレート帆走は、波を艇の真後ろから受けるため、サーフィングが行われる時間が短縮するため、艇速の増加も小さく、VMG も増大しなかったと考えられる。

スネーキング帆走により艇速及び VMG が高まった理由は、パンピング動作により、艇速をさらに加速させていたことが影響していたと考えられる。スネーキング帆走をするためには、下マーク方向に向けている船首を(左右に)振り、風上へ向ける動作が行われる。その動作に伴い、セールを引き寄せるパンピング動作が行われる。パンピング動作により艇速が高まり、波の頂上まで艇を移動させることが可能になり、サーフィングを開始するきっかけを作り出すことができたと考えられる。波の頂上に乗った艇は、波を下ることにより、艇速を増加させて VMG を高めていたと考えられる。さらに、

パンピング動作に連動して、船首をもう一度、風下に向けることにより、セール(ブーム)を開く(前方へ移動させる)動作が行われる。この動作を勢いよく行うことにより、セールのリーチ(セールの後部)が揺れることで、風をあおる効果が得られ、艇速が高めることができたと考えられる。つまり、風速 6-9m/s 時の帆走においてスネーキング帆走が有効であった理由は、パンピング動作により艇速を高め、波に乗れる条件を作り出していたこと、船首を左右に振り、サーフィングによって艇速及び VMG を増加させていたことが、マーク間の所要時間を短縮させた理由だと考えられる。

### (3) 数値から見たスネーキング帆走の有効性

風速 6m/s 以上において、スネーキング帆走の有効性が認められた A 選手のデータを用いて、マーク間の所要時間の短縮、艇速及び VMG の増加が、風速の増加により、どの程度生じるか回帰直線から検討した(表 2)。マーク間の所要時間は、スネーキング帆走がストレート帆走よりも、風速 6.0m/s において 17 秒、風速 8.5m/s においては 55 秒も短縮することが明らかになった。さらに、艇速及び VMG を検討すると、スネーキング帆走はストレート帆走に比べて、風速 6.0m/s において艇速 0.32m/s 及び VMG 0.15m/s の増加が生じ、風速 8.5m/s において艇速 0.62m/s 及び VMG 0.44m/s も増加することを意味している。スネーキング帆走による艇速及び VMG の増加は大きなものではないが、1 分間に換算すると風速 6m/s では 9m 前方、風速 8.5m/s では 26m 前方を帆走できることを意味している。この VMG の増加は、レースを想定すると順位に影響する程度のものであることから、スネーキング帆走を習得していれば、パフォーマンスを大きく増大させることができると考えられる。

表 2. 風速の違いがスネーキング帆走及びストレート帆走の各項目に及ぼす影響(A 選手)

風速条件	マーク間の所要時間(秒)		VMG(m/s)		艇速(m/s)		1分あたりの移動距離(m)	
	スネーキング	ストレート	スネーキング	ストレート	スネーキング	ストレート	スネーキング	ストレート
6.0m/s	362 (17秒↓)	379	3.05 (0.15m/s↑) [4.8%↑]	2.91	3.24 (0.32m/s↑) [9.9%↑]	2.92	183 (9m↑)	174
8.5m/s	198 (55秒↓)	253	4.34 (0.44m/s↑) [10.2%↑]	3.90	4.61 (0.69m/s↑) [15.0%↑]	3.92	260 (26m↑)	234

( )内はストレート帆走との比較値(差分)を示す。  
[ ]内はストレート帆走に対する増加率を示す。

## 2. 異なる競技レベルによるスネーキング帆走の動作特徴

A 選手は、風速 3-5m/s では、ストレート帆走とスネーキング帆走の VMG 及び艇速に大きな違いが認められなかった。風速 6m/s 以上になると、スネーキング帆走はストレート帆走に比べて、艇速及び VMG が増加しており、マーク間の所要時間が短縮していた。B 選手は、すべての風速域において、2 種類の帆走方法に、艇速、VMG、マーク間の所要時間に違いが認められなかった。つまり、A 選手では、風速 6m/s 以上でスネーキング帆走の有効性が認められるが、B 選手は風速に関わらず有効性が認められないことが明らかになった。この背景には、A 選手と B 選手には帆走技術の違い(①帆走中の体重移動及び舵操作、②後傾姿勢、③パンピング動作)が影響していると考えられる。

[動画 2-1](#) は、6m/s 以上の風域におけるスネーキング帆走を、A 選手と B 選手の順に後方から撮影したものである。前半が通常速度の映像、後半がスロー映像を示している。A 選手は、船首を風上側へ向けるために、船首の回転方向とは反対側に体重をかけていた。船首を右側に向けるために、デッキから臀部を上げることにより、艇の左側（ブーム側）に体重がかかり、艇の後部（スターン）は左傾に傾いていた。一方、B 選手は、船首を風上側へ向けるために、船首の回転方向と同側に体重をかけていた。船首を右側に向けるために、デッキ部分に臀部が接触した状態で行われており、艇の後部（スターン）は右側（乗員側）に傾いていた。また、動作中に体重移動がほとんど見られなかった。

A 選手のように、風下側へ体重をかけることにより、ウェザーヘルム（セールとセンターボードの力学的な関係から、船首が風上方向へ向こうとする艇の特性）を利用することができるため、舵を大きく切らずに船首方向を変えることができる。それにより舵の抵抗を増加させないで、方向を変えることができるため、艇速の低下を最小限に防ぐことができたと考えられる。一方、B 選手のように、艇を風上側に針路を変えたいのにも関わらず、体重が風上側へ残った状態で舵を押し出す動作は、艇のバランスがアンヒールした状態（風上側へ艇が傾くこと）で行われることになり、舵に大きな抵抗が生じるため、艇速を低下させていたと考えられる。

[動画 2-2](#) は、スネーキング帆走中の後傾姿勢を、A 選手と B 選手ごとに示したものである。A 選手は、帆走中に背中が艇に接触するくらい、上半身を大きく後傾させていた。これにより、船首の位置が高くなるため、波と艇の接水位置が船首から後方になり、水の抵抗を減少させていたと推察される。また、スネーキング帆走中に、船首の高さが上がることで、波に船首が突入することを防ぎ、減速を防いでいたと考えられる。一方、B 選手は、上半身の後傾が小さいため、船首の位置が低く、艇の接水位置が船首から近い位置にあり、水の抵抗が A 選手よりも大きくなっていった可能性も考えられる。A 選手と B 選手の相違点は、上半身の後傾動作の大きさにあり、波に乗っている時に、上半身を大きく後傾させることにより、船首の位置が高くなり、艇の接水面積が小さくなることで、水の抵抗の軽減に役立ち、艇速の増加及び維持させていたと考えられる。

[動画 2-3](#) は、6m/s 以上の風域におけるスネーキング帆走中のパンピング動作を、A 選手と B 選手の順に側方から撮影したものである。A 選手は、メインシート（セールを操作するロープ）を頭上まで引き上げ、勢いよく元の位置まで戻していた。メインシートを急激に戻すことで、セールのリーチ（セールの後部）が揺れて、風をあおる効果が得られ、艇速を加速させていたと考えられる。一方、B 選手は、メインシートを頭上まで引き上げ、ゆっくり元の位置まで戻していた。メインシートの戻しが遅いため、セールリーチ部分の揺れが小さく、セールをあおる効果が十分に得られていない可能性がある。つまり、A 選手と B 選手の相違点は、頭上まで引き込んだメインシートの戻し方にある。

上記の 3 つが、A 選手と B 選手に見られた顕著な違いであった。スネーキング帆走を成立させるには、上記の技術的な要因だけではなく、波の波高や周期、風の強弱及び方向を見て、波に乗ることができるポジションを見つける判断力と、タイミングよく動作を繰り返していきける動作の熟練度が問われるため、この 2 つにおいても、選手間に実力の違いが結果に影響を及ぼしたと考えられる。

### 3. 現場での応用

A選手のようにスネーキング帆走を習得している競技者は、風速 6m/s 以上において、スネーキング帆走によって艇速及び VMG を高め、マーク間の所要時間を短縮することができると考えられる。スネーキング帆走を習得している競技者が、さらに技術を高めるためには、自分より技術の高い選手を参考にして行くことがパフォーマンスの向上につながるだろう。

B選手のようにスネーキング帆走を習得できていない競技者は、レース中ではストレート帆走を使用したほうが有効であると考えられる。ストレート帆走は、直線的にマークに向かう単純な帆走方法であるので、練習によってこれ以上艇速や VMG を高めることはできない。したがって、練習では継続的にスネーキング帆走技術を向上させる必要があると考えられる。さらに、スネーキング帆走の原理原則を理解すると同時に、サーフィングをする瞬間の感覚を理解して、身体が無意識に動くまで練習することが重要になるだろう。

これまでスネーキング帆走の技術評価を行うために、レース中の上位選手と比較する方法が行われてきたが、客観性が乏しく、曖昧な評価方法であった。一方、本研究で採用した評価方法は、艇に GPS を搭載して、同時に風速・風向を測定することで、スネーキング帆走技術を艇速及び VMG から評価することが可能である。また、個人内で評価を行えるため、比較対象者の技術レベルや技術の安定性の影響を除去することができる。今後は、海外トップ選手を対象にできれば、国内選手との差違が明確になり、パフォーマンスを向上させる手がかりが得られると考えられる。

### V. まとめ

風速及び波高条件の異なる海面において、スネーキング帆走とストレート帆走を比較することで、スネーキング帆走の有効性を検証することを目的とした。本研究により、以下のような知見が明らかになった。

1)スネーキング帆走を習得している A 選手は、風速 6m/s 以上になると艇速及び VMG が増加するため、マーク間の所要時間が短縮することが明らかになった。風速 6m/s 以上においてスネーキング帆走の有効性が認められた理由として、スネーキング帆走によってサーフィングが行える時間が長くなること、パンピング動作によって艇速を増加させる効果が得られたことが影響したと考えられた。

2)スネーキング帆走を習得できていない B 選手は、どの風速域においても、帆走方法による艇速及び VMG の増加が見られず、マーク間の所要時間が短縮しないことが明らかになった。

3)スネーキング帆走の技術に差が認められた A 選手と B 選手の間には、①帆走中の体重移動及び舵動作、②後傾姿勢、③パンピング動作に違いが認められた。A 選手は、船首方向を変えるために、ウェザーヘルムを利用することによって、舵の抵抗を増加させないで、方向を変えていた。また、波に乗っている間に、上半身を後傾させることによって、船首の位置を高くして、水の抵抗の軽減させていた。さらに、パンピング動作を効果的に行うために、メインシートを急激に戻す動作が行われていた。

本研究の結果から、選手の技術レベル、風速域によっては、必ずしもスネーキング帆走がストリート帆走よりも有効とは限らないことが示唆された。

## 謝辞

本研究の実施にあたり、鹿屋体育大学海洋スポーツセンターのスタッフ及び学生の皆様にご協力いただきました。また、実験の実施にご協力いただいた原田小夜子氏に感謝いたします。

## VI. 文献

- Bowring, B. R. (1996) Total inverse solutions for the geodesic and great elliptic. Survey Review. 33:461-476.
- International Laser Class Association(2013) Laser Introduction.  
<http://www.laserinternational.org/info/laserintroduction> (参照日 2013 年 2 月 5 日)
- 光易恒 (2007) 海の波を見る～誕生から消滅まで～. 岩波書店. pp.13.
- セーリング競技規則 2009-2012 (2008)、財団法人日本セーリング連盟. pp23
- 千足耕一, 榮樂洋光, 藤原昌, 中村夏実, 松下雅雄(2007a) セーリング競技の戦術に関する基礎的研究—第 1 マーク回航順位とフィニッシュ順位の関係—. 鹿屋体育大学紀要. 35:55-59.