

GPSを用いたセーリング競技におけるタッキング技能の定量的評価 —フラットタッキングとロールタッキングの比較—

榮樂洋光¹⁾ 石井泰光²⁾ 布野泰志²⁾ 中村夏実¹⁾ 松下雅雄³⁾ 山本正嘉⁴⁾

Quantitative evaluation of the tacking technique in the sailing assessed using GPS: Comparison of flat tacking and roll tacking

Hiromitsu Eiraku¹⁾, Yasumitsu Ishii²⁾, Taishi Funo²⁾, Natsumi Nakamura¹⁾,
Masao Matsushita³⁾ and Masayoshi Yamamoto⁴⁾

Abstract

Tacking maneuver is an important aspect of sailing competitions. In general, two types of tacking (flat tacking and roll tacking) maneuvers are performed during the upwind leg. In this study, using a GPS in a small yacht of the laser radial class at sea, we quantitatively evaluated the tacking skills involved in these two types of maneuvers, and clarified the difference between them. Thirteen sailing athletes took part in the evaluation. Wind speed conditions were categorized as light wind (2-4m/s) and medium wind (4-6m/s). Tacking determined the analysis items and the definition of various variables according to previous studies.

The results showed that tacking time was shorter during roll tacking than during flat tacking. The distance covered during roll tacking was greater than that during flat tacking. Further, the boat speed during roll tacking was higher than that during flat tacking (light wind: 5.3%; medium wind: 2.8%). The results quantitatively showed that roll tacking was more effective than flat tacking in light wind and medium wind, and that the evaluation of redirecting capacity and the abovementioned training would be possible by using the evaluation method of this study in the future.

Key words: Laser radial class, Single hand, Upwind, Change direction
レーザーラジアル級, 一人乗り, 風上帆走, 方向転換

I. 緒言

セーリング競技では、風、波、潮といった変化する自然環境に対応して、適切なコース選択を行い、ボートスピードを獲得することによってパフォーマンスが決定づけられる。ボートスピードを獲得するためには、艇の操作技術（ボートハンドリング）および体力という、2つの要素が重要だとされている（榮樂ほか、2012）。

先行研究をみると、体力要因に関する研究としては、最大酸素摂取量、心拍数などの持久力と競技力の

関係について検討した研究（Blackburn, 1994; Castagna and Brisswalter, 2007; Vogiatzis at al., 2008）や、下肢および体幹の筋持久力に焦点をあてた研究（Vangelakoudi at al., 2007; Cunningham and Hale, 2007）などが行われている。また、栄養に関する研究として、エネルギーバランスや食習慣に関する研究（Bernardi at al., 2007）、スポーツ傷害に関する研究では、発生部位、艇種、艇ポジションの関係性（Neville at al., 2006）について研究が行われている。

一方で、艇の操作技術や戦術に関しては、指導書（Gladstone, 2002; Goodison, 2008; Saltonstall, 2006）は

-
- 1) 鹿屋体育大学スポーツ・武道実践科学系
Coaching of Sports and Budo. National Institute of Fitness and Sports in Kanoya
 - 2) 鹿屋体育大学海洋スポーツセンター
Center for Water Sports and Science. National Institute of Fitness and Sports in Kanoya
 - 3) 鹿屋体育大学
National Institute of Fitness and Sports in Kanoya
 - 4) 鹿屋体育大学スポーツ生命科学系
Sports and Life Science. National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

多く見られるものの、研究については極めて少ない。この理由の1つとして、海上でこれらの能力がボートスピードにどのような影響を及ぼしているかを、定量的に評価する簡易な手法がなかったことがあげられる。

しかし最近、ウインドサーフィンやカヌー競技などの水上スポーツにおいて、軽量のGPSを艇に搭載することで、航跡情報や速度情報を捉える研究が行われるようになった。そして、そのデータから技術的な要素を間接的に評価し、トレーニングにも活用できることが報告されている。たとえば、ウインドサーフィンにおいて、レース時の航跡情報を選手にフィードバックすることで、戦略のトレーニングに活用できることが報告されている(藤原ほか, 2009)。また、カヌー競技において、レース中の移動スピード、レースパターンの特徴、艇の操作技術を評価できるという報告もある(藤原ほか, 2011)。これらの方法は、セーリング競技の能力評価にも活用できると考えられる。

セーリング競技(レーザーラジアル級)において、風上帆走時の方向転換技術(タッキング)の能力は、競技パフォーマンスに大きな影響を及ぼす要素である。タッキングを行うと一時的に帆走スピードが低下する。したがって、より高いスピードを維持しながらこれを行うことがパフォーマンスにとって重要となる。タッキングは、フラットタッキング(以下, Flat)とロールタッキング(以下, Roll)に分類することができ、実戦のレースにおいては経験的に、微風時および中風時にはRoll, 強風時にはFlatが用いられることが多い。これは、微一中風域ではRollを用いることで、セールの煽りの効果により、より高いスピードを維持できると考えられているためである。一方で、強風時にRollを用いると、必要以上に艇が傾き乗員の体重移動が遅れてしまうため、Flatの方が有利であるとされている(Ainslie, 2002)。

このような風域に応じたタッキング技術の使い分けは、現場では日常的に行われており、指導書にも記載されているにも関わらず、これまでパフォーマンスの違いについて定量的に検討した研究はなかった。そこ

で本研究では、微一中風域におけるタッキング方向転換技術(タッキング)の能力について、GPSを活用して定量的に評価し、その違いを明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 対象者

対象者は、セーリング競技を専門とする大学ヨット選手(10名)および社会人選手(3名)計13名(男性7名, 女性6名)とした。表1は、対象者の身体特性と競技年数を示したものである。本研究は所属機関の倫理審査委員会の承認を得て行った。各対象者には、事前に実験の手順・意義について口頭および文書にて説明を行い、十分な理解を得た上で実験を行った。

2. 使用機器

使用艇は、北京オリンピック(2004年)から正式種目として採用されている、レーザーラジアル級(セール面積 5.76m^2 , 全長 4.23m , 全幅 1.37m , 艇重量 58.0kg)を使用した。これは、シングルハンド艇(1人乗り艇)であり、厳格なクラスルールのもとワンデザインで製造されている。特徴として艇の性能差が少なく、個々の選手の技術を評価するために適した艇である。

艇の航跡およびボートスピードの評価には、小型のGPS(SPI-ProX: GPSsports System, オーストラリア)を使用した。重量は76グラムであった。また、GPSのサンプリング周波数は 15Hz であった。GPSは単独測位方式(non-differential)であり、速度の平均誤差は $-0.08 \pm 0.15\text{m/s}$ である。誤差の許容限界(limits of agreement)は $-0.36 - 0.21\text{m/s}$ であった。一方、タッキング動作の速度変化は 0.3m/s 以上で生じているため、GPSの測定精度が本研究の結果に影響するものではなかった。GPSの装着は、艇の操作に支障がなく、GPS電波を受信しやすい場所であることを考慮し、艇のマスト前方下部に防水ケースに収納して、防水テープで固定した。

表1 対象者の身体特性と競技年数

	年齢(year)	身長(cm)	体重(kg)	BMI	競技年数(year)
男性(n=7)	22.3 \pm 4.2	172.4 \pm 8.6	75.2 \pm 13.6	25.1 \pm 2.5	7.7 \pm 3.5
女性(n=6)	20.8 \pm 1.7	159.6 \pm 6.9	57.8 \pm 4.6	22.7 \pm 1.5	5.8 \pm 2.8

3. 実験の手順

測定は、微風域 (2–4m/s) および中風域 (4–6m/s) の2つの風域を設定した。この風域を設定した理由は、セーリング競技においてレースが実施される頻度が高く、FlatとRollの差を検討するのに適当であると判断したためである。そして、上記の風速条件に合致する日を選んで、各対象者はFlatとRollの試技を行った。同一の対象者が、同じ日に2つの風域で実施することは困難であったため、別々に測定日を設けてランダムな順序で実施した。

図1は、本研究で検討の対象とした、FlatとRollの方法を示したものである。Flatは、方向転換時に艇を傾けずに反対舷に乗り移る方法、Rollは方向転換時に艇を大きく傾けて、セールを煽りながら反対舷に乗り移る方法である。

図2は、この2つの能力を評価するために考案した「タッキングテスト」の方法と、その際の速度変化の一例を示したものである。各対象者は、FlatもしくはRollのいずれかを選び、30秒に1回のインターバルで、連続して12回のタッキングを行った。したがって、1回の試技の所要時間は6分30秒となった。ただし、30秒の経過時に、ボートスピードがタッキング前の値に戻っていないと検者が判断した場合は、最大で5秒延長してタッキングを実施した。そして、データ分析の際にタッキング前の速度へ戻っていることを確認し、戻っていない場合は測定をやり直した。

対象者は海上に出艇後、最低10分のウォーミングアップを行ってから実験を開始した。試技前にFlatお

よびRollの2種類の動作について、伴走船（モーターボート：トルネード5.4m, 70馬力, Tornado）が並走し、乗船したセーリングの指導者が、適切な動作で行えているか事前の確認を行った。試技中においても同様に、伴走船により動作の確認を行いながら実施した。失敗試技があったと判断した場合は、最初から実施試技をやり直すことで、規定した試技が確実に行われるようにした。

試技中における風速は、風速測定用の船を用意して計測を行った。風速測定船は、スタート地点から風上方向へ約300–500m移動した位置で停船させ、30秒間隔で風速を記録した。また、測定にあたり極力風速が安定する海面および風向を選別して実施した。ただし、試技途中の計測において、平均風速が大きく上下した (2m/s以上) 場合、風向が30°以上変化した場合には、その都度試技を中断した。その結果、測定時における風速は、微風域 (Flat) が $3.09 \pm 0.52\text{m/s}$ 、微風域 (Roll) が $3.15 \pm 0.49\text{m/s}$ 、また中風域 (Flat) が $4.92 \pm 0.62\text{m/s}$ 、中風域 (Roll) が $5.18 \pm 0.53\text{m/s}$ となり、同一風域の2試技間では有意差は見られなかった。

さらに、タッキング開始点前の艇速度が試技によって差が無いことが重要であることから、タッキング前の速度 (-10秒–-5秒) を確認した。全対象者13名における平均値は、微風域 (Flat) が $1.8 \pm 0.3\text{m/s}$ 、微風域 (Roll) が $1.9 \pm 0.3\text{m/s}$ 、中風域 (Flat) が $2.2 \pm 0.1\text{m/s}$ 、中風域 (Roll) が $2.3 \pm 0.2\text{m/s}$ となり、同一風域の2試技間では有意差は見られなかった。

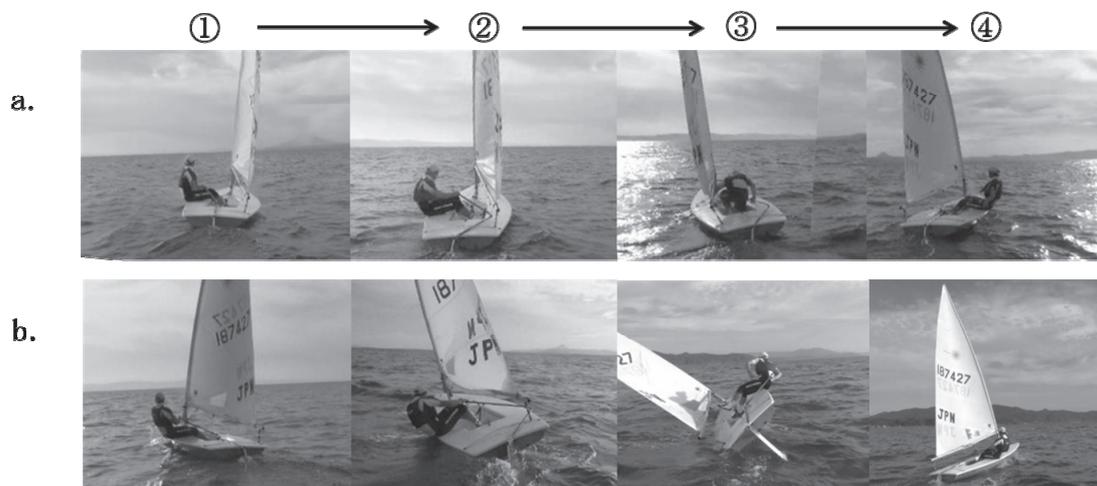


図1 フラットタッキング (a) とロールタッキング (b) の方法

† a. フラットタッキングとは方向転換時に艇を傾けずに (②から③) 反対舷に乗り移る。

b. ロールタッキングとは方向転換時に艇を大きく傾けてセールを煽りながら (②から③) 反対舷に乗り移る。

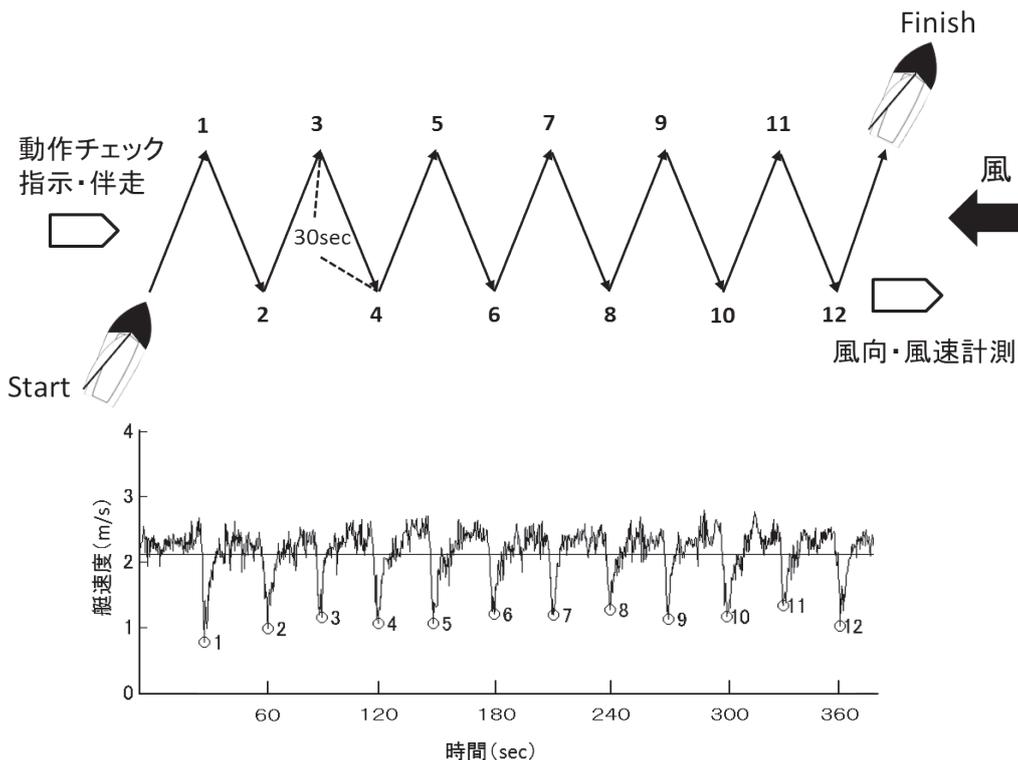


図2 タッキングテストの方法および速度変化

↑ 30秒間隔で12回のタッキングを行う(所要時間は6分30秒)。速度変化の図は1名の例を示す。

4. 分析方法

計測を終了したGPSは、GPS付属のドッキングステーションに接続した。USB経由でドッキングステーションとパーソナルコンピュータを接続して、GPS付属のソフトウェア (Team AMS) を用いて、データのダウンロードを行った。データの確認を行った後に、CSVファイルの出力を行い、MATLAB R2010b

(MathWorks, USA) に読み込ませて、経度・緯度から平面直角座標系の変換後、艇速の算出を行った。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。

図3は、分析項目を示したものである。タッキング時には、艇速が減速する相と加速する相とがあり、そ

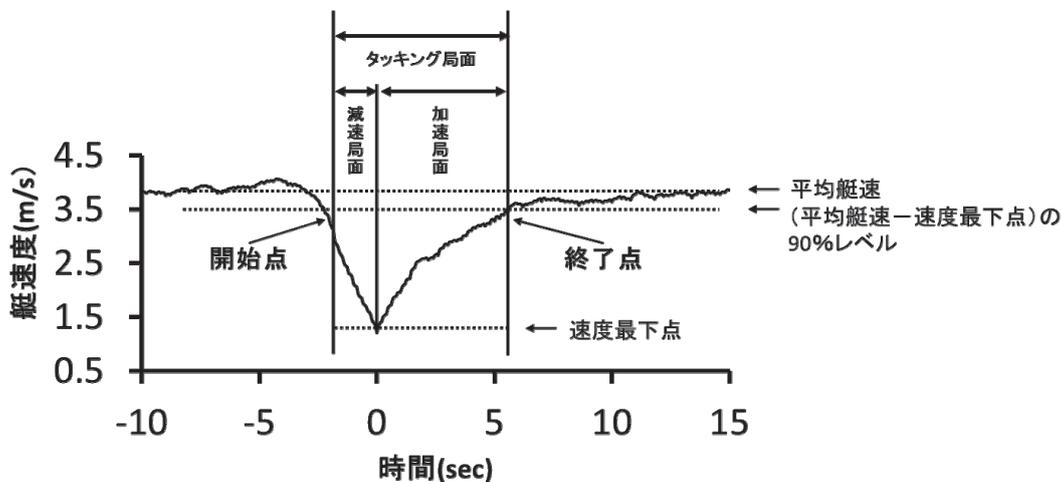


図3 タッキング局面における諸変量の定義と分析項目

↑ 諸変量の分析項目とその定義は、文献 (布野ほか, 2013) に基づいた。

の間に艇速が最も遅くなる点（以下、速度最下点）が生じる。本研究では、先行研究（布野ほか，2013）で用いられる定義に基づき、タッキング局面における諸変量の定義と分析項目を決定した。データの算出方法は、はじめに一人あたり12回分のタッキングデータを平均化して、移動時間、距離、移動速度の平均値を求めた。そしてこの値を対象者13名分で平均値と標準偏差を求めた。これを2つの風域において、FlatとRollの試技ごとに平均値と標準偏差を求めた。

次に、速度の最下点を基準点（0秒）として、この点を挟んで-10秒から+20秒までの速度データを12回分加算平均した値を求めた。この加算平均した艇速カーブを用いて、-10秒から-5秒までの艇速の平均値を求め、これを平均艇速と定義した。そして、この速度を基準として、タッキング開始点とタッキング終了点を定義した。「タッキング開始点」とは、艇速が平均艇速から速度最下点までの90%以下になった点と定義した。「タッキング終了点」とは、艇速が速度最下点から平均艇速の90%以上になった点と定義した。また、タッキング開始点からタッキング終了点までの時間を「タッキング時間」と定義した。さらに、タッキング開始点からタッキングの速度最下点を「減速局面」、速度最下点からタッキング終了点までを

「加速局面」と定義した。それぞれ2つの局面の移動距離については、-10秒から0秒までを「減速局面における移動距離」、0秒から+10秒までの「加速局面における移動距離」として算出した。

なお、本研究には男子7名、女子6名が参加したが、レーザーラジアル級における実戦のレースでは、男女混合で大会が開催されており、競技成績も男女で著しい差が見られないケースが多く、本対象者でも同様のことがあてはまるため、男女のデータは区別せず、一括して分析することとした。

5. 統計処理

統計処理は、統計解析ソフトJMP9.0を使用し、対応ある2元配置分散分析を行った。F値が有意であった項目については、TurkeyのHSD検定による多重比較を行った。すべての検定は、有意水準5%未満とした。

Ⅲ. 結果

1. 微風域（2-4m/s）での場合

図4は、微風域におけるFlatおよびRollの速度変化について示したものである。FlatとRollを比べると、

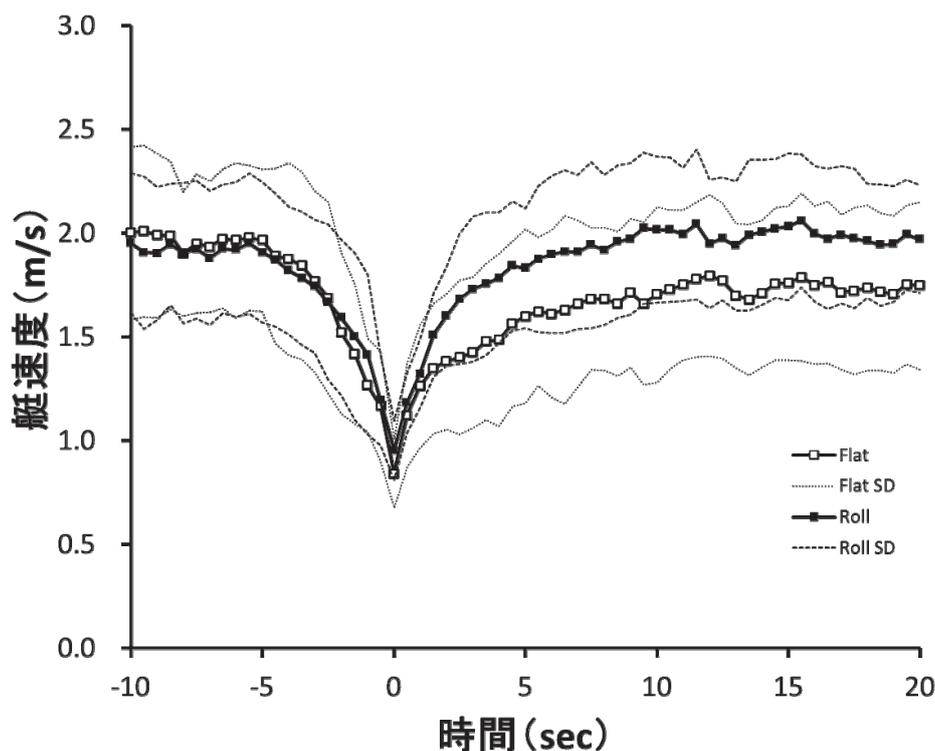


図4 微風域（2～4m/s）におけるフラットタッキングおよびロールタッキング時の速度変化

タッキング前半では類似した低下を示した。一方、タッキング後半では、Rollの方が速度の戻りが早い傾向が見られた。なお、この図の右端でFlatとRollの艇速度の値が一致していない理由は、Flatの場合、速度の最下点から20秒でタッキング前のスピードに戻らなかったケースが数例あるためである。この場合、方法(II-3)で記したように5秒間の延長をすることで、全員が元の速度に戻っていた。

図5は、このデータをもとに、タッキング時間、タッキング中の移動距離、タッキング中の移動速度について、FlatとRollで比較したものである。タッキング時間は、Flatに比べてRollが有意に低値を示した。タッキング中の移動距離については、FlatよりRollが有意に高値を示した。そして、タッキング中の移動速

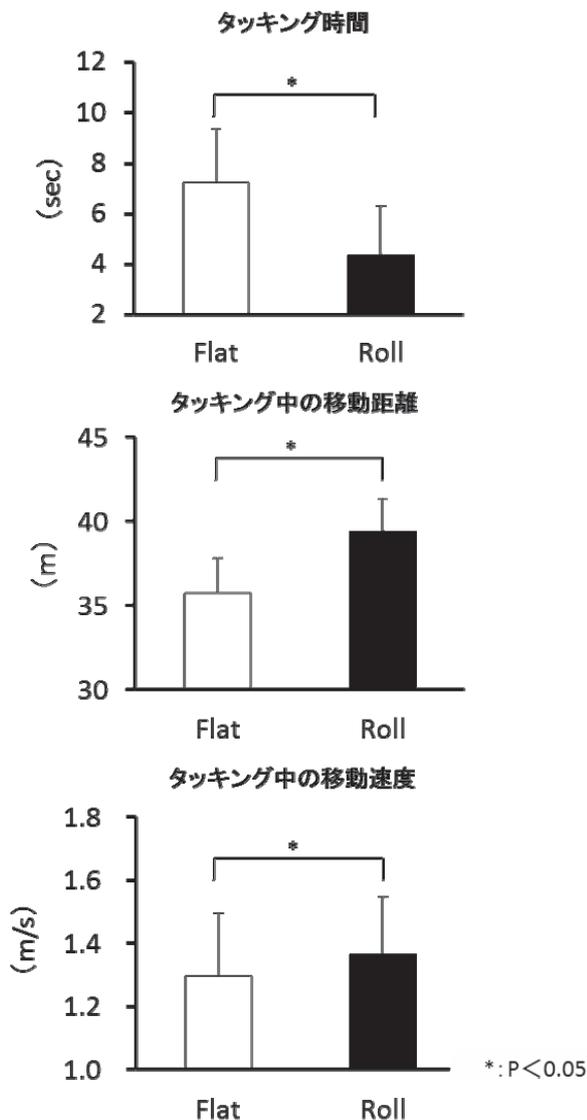


図5 微風域におけるフラットタッキングおよびロールタッキング時のタッキング時間、移動距離、移動速度

度については、Flatに比べてRollの値が有意に高値を示した(+5.3%)。

図6は、図5の結果をさらに細かく見たものである。すなわち、タッキングを減速局面と加速局面に2分して、タッキング時間、移動距離、移動速度の結果を示した。タッキング時間は、減速局面では有意差は見られなかったが、加速局面においてFlatに比べてRollが有意に低値を示した。また移動距離についても、減速局面では有意差は見られなかったが、加速局面でFlatよりRollの方が有意に高値を示した。しかし、移動速度を算出してみると、加速局面だけではなく減速局面においても、FlatよりRollの方が有意に高値を示した。

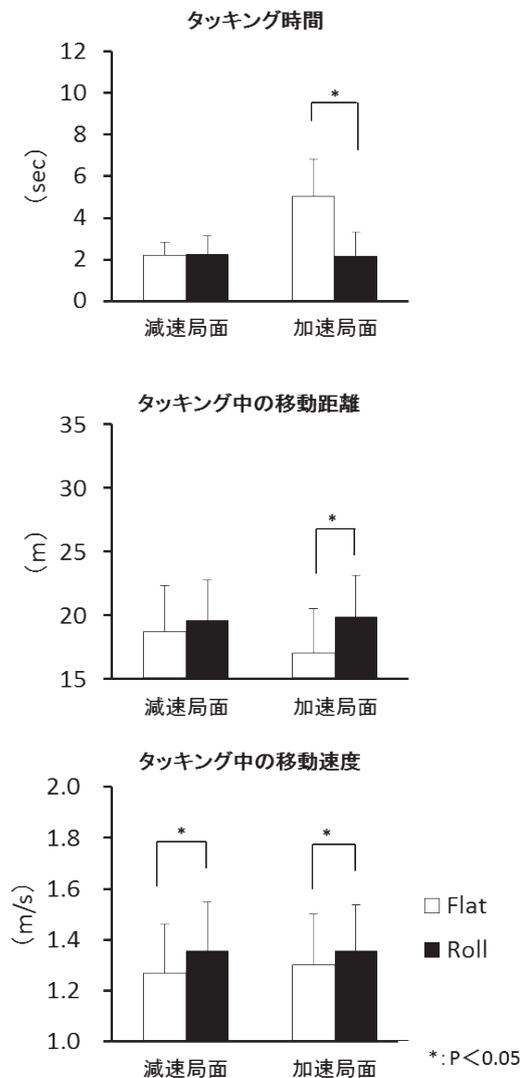


図6 微風域における各局面でのフラットタッキングおよびロールタッキング時のタッキング時間、移動距離、移動速度

2. 中風域 (4–6m/s) での場合

中風域での結果についても、微風域と同様の分析を行った。その結果、微風域での結果と同様の傾向が見られた。

図7は、FlatおよびRollの速度変化について示したものである。FlatとRollとを比べると、タッキング前半の速度変化は類似した低下を示した。一方、タッキング後半の速度変化は、Rollの方が速度の戻りが速い傾向が見られた。

図8は、タッキング全体における、タッキング時間、タッキング中の移動距離、タッキング中の移動速度の結果を示したものである。タッキング時間は、Flatに比べてRollが有意に低値を示した。タッキング中の移動距離については、FlatよりRollが有意に高値を示した。そして、タッキング中の移動速度については、Flatに比べてRollの値が有意に高値を示した (+2.8%)。

図9は、タッキング全体を減速局面および加速局面に分割し、タッキング時間、タッキング中の移動距離、タッキング中の移動速度を示したものである。タッキング時間は、減速局面では有意差は見られなかったが、加速局面においてFlatに比べてRollが有意に低値を示した。移動距離は、減速局面では有意差は見られなかったが、加速局面ではFlatよりRollの方が

有意に高値を示した。しかし、移動速度を算出してみると、微風域での結果と同様、加速局面だけではなく減速局面においても、FlatよりRollの方が有意に高値を示した。

IV. 考 察

1. FlatおよびRollの比較

セーリング競技の現場では、微一中風域における風上へ向かっての方向転換 (タッキング) 時に、経験上、Flatではなく、Rollが多用される。この理由としては、どちらのタッキングを行うにしろ、それにより艇速が一時的に大きく低下することには避けられないものの、Rollの方が艇速をより高いレベルに維持できると主観的に考えられてきたためである。しかし、両者の間にどの程度の差異があるのかについて、客観的な評価は行われてこなかった。本研究では、この問題について、GPSを利用することで定量的に評価した結果、次のような知見が得られた。

微風域 (図5)、中風域 (図8) のいずれにおいても、タッキング時間は、Flatに比べてRollの方が有意に短く、かつ、タッキング中の移動距離は有意に長かった。そして、両者の比から算出される、タッキング中

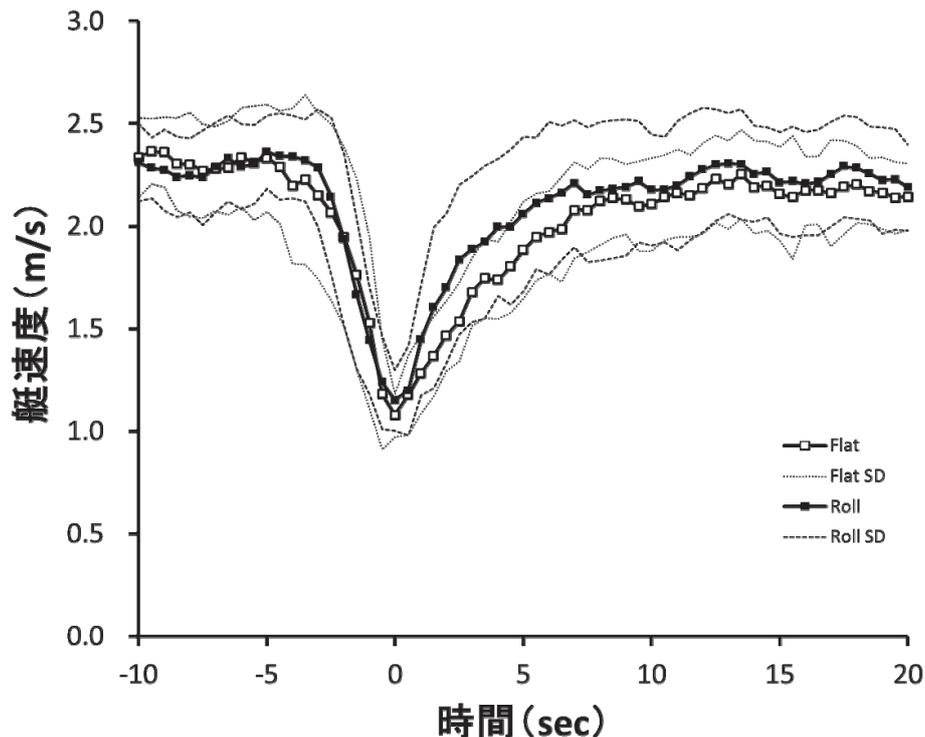


図7 微風域 (4–6m/s) におけるフラットタッキングおよびロールタッキング時の速度変化

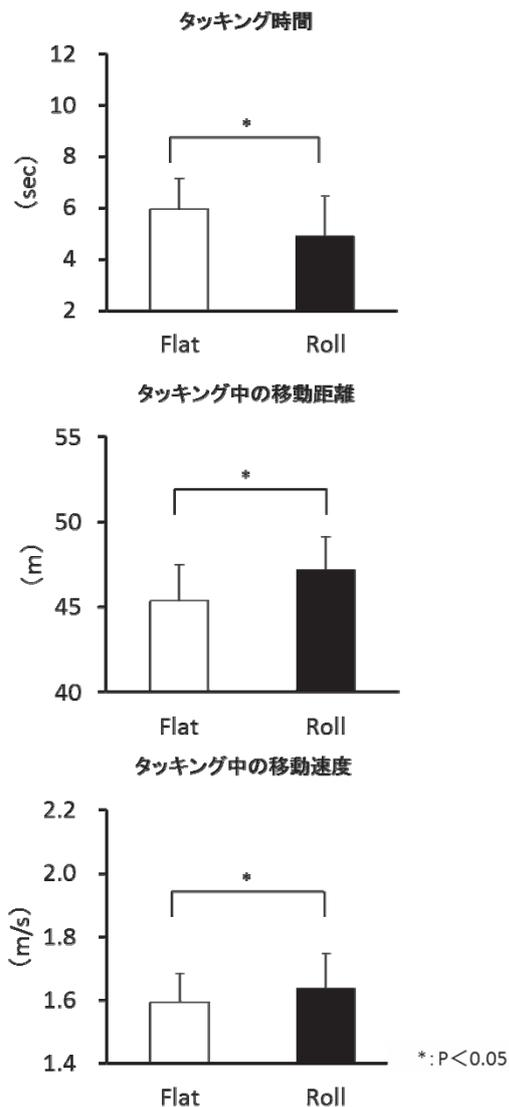


図8 中風域におけるフラットタッキングおよびロールタッキング時のタッキング時間, 移動距離, 移動速度

の移動速度は, Rollの方が有意に速かった。これらの結果は, Rollを行うことで, タッキング中の移動速度が高まり, レース展開を有利に進めることができることを, 客観的に示したデータといえる。その優位性は, 微風域では+5.3%, 中風域では+2.8%であったことから, 微風域の方がRollを用いることの効果がより大きいことも明らかとなった。

なお, Rollを行うとFlatよりも速度が高まる理由の一つとして, セールを煽る動作により, 速度最下点から終了点までの後半局面において, ボートスピードを短時間で高めることができることが考えられる。同じセーリング競技の1つであるウインドサーフィンには, セールを引き込んだり, 出したりする煽り動作(パンピング)を用いて揚力を増大させ, より大きな

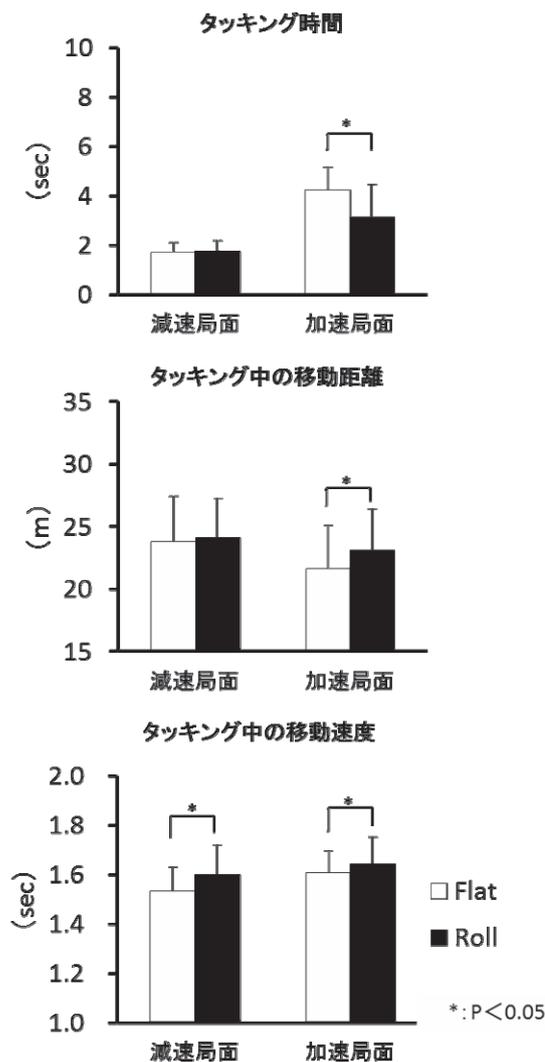


図9 中風域における各局面でのフラットタッキングおよびロールタッキング時のタッキング時間, 移動距離, 移動速度

推進力を得る技術がある。この技術では, 風速7m/s程度までボートスピードを向上させることができるとされている(Vogiatzis at al., 2002)。レーザーラジアル級のRollの場合にも, 微一中風域で効果が生じる理由として, パンピングと同様なメカニズムが働いていると考えられる。

タッキングの局面を減速局面と加速局面とに2分してみることで, 次のことも明らかとなった。微風域(図6), 中風域(図9)いずれにも共通して, 加速局面においては, タッキング時間はRollが有意に短く, 移動距離はRollの方が有意に長かった。減速局面においては, どちらの指標とも有意差が見られなかったが, 両者の比であるタッキング中の移動速度を算出してみると, 加速局面だけではなく減速局面において

も、Rollが有意に速かった。したがって、Rollを行うことで、加速局面だけではなく、減速局面でも有利となることが示唆される。

これまでの選手やコーチの経験では、Rollの有効性は加速局面にあるという認識が強かった。しかし、本研究の結果は、このような経験では捉えられなかった減速局面におけるRollの有意性についても示すものといえる。この理由として、次のような可能性が考えられる。Rollはタッキングの際に艇を傾ける動作（アンヒール）を行うため、同時にセールも傾く。そして、艇の傾きを水平に戻す際には、セールの傾きも水平に戻る。加速局面では、この艇の傾きを戻す際にセールが煽られることで、加速を引き起こしている可能性が考えられる。減速局面においてもセールの煽り効果が生じているため、加速局面と同様にセールの煽り効果が生じている可能性が考えられる。

2. コーチング現場での活用と今後の課題

これまでタッキングの能力評価は、選手やコーチの主観によって実施されてきた。しかし、本研究で得られた知見や手法を用いれば、選手のタッキング能力を、数値を用いてより客観的に評価することができ、選手間における能力の比較や、個人内でのトレーニング効果の評価などにも活用できることが期待できる。

また、速度最下点を基準として前半と後半を分割することによって、タッキングの技術をより詳細に評価できると考えられる。たとえば、減速局面と加速局面に分類した技術習得のためのドリルを提案できる可能性がある。これまではRollを行う際に、加速局面の動作に重点を置いた技術トレーニングが実施されることが多かったが、減速局面においてもタッキング中の移動速度に差が見られたことから、減速局面における技術習得も重要であることが示唆される。

今後の課題として、トップ選手のデータを蓄積していくことができれば、具体的な数値目標を設定することができるようになり、ジュニアおよびユース選手などの育成期にある選手に対して、タッキング能力の目標値を提示できると考えられる。また、Rollの有効性についてより詳細に検証するために、タッキング中の艇の傾き角度、セールの煽りの速度を測定していくことも有効と考えられる。艇の傾きを測定できるジャイロセンサーを使用し、ボートスピードの速度特性との関連性を検討していくことにより、タッキング時に最適なヒール角度や、セールの煽り方に関してのデータも提示できる可能性があると考えられる。

V. まとめ

セーリング競技において、風上方向への帆走時に行われている2種類の方向転換技術（FlatおよびRoll）について、GPSを用いてその帆走能力の定量的な評価を試みた。その結果、Flatに対してRollは、測定を行った2つの微風域（2–4m/s）、中風域（4–6m/s）のいずれにおいても、タッキング時間が短縮すると同時に、タッキング中の帆走距離の増加が認められた。そして、両者の関係から導かれるタッキング開始時から終了時までの帆走スピードも、Rollの方が速い（微風域では+5.3%、中風域では+2.8%）ことが明らかとなった。この手法を用いることで、方向転換能力の定量的な評価が可能になるとともに、それに基づいたより効果的なトレーニング処方にも寄与できると考えられる。

文献

- Ainslie, B. (2002) *The Laser campaign manual*. Fernhurst Books. England.
- Bernardi, E., Delussu, SA., Quattrini, FM., Rodio, A., and Bernardi, M. (2007) Energy balance and dietary habits of America's Cup sailors. *J Sports Sci*, 25(10):1153-1160.
- Blackburn, M. (1994) Physiological responses to 90 min of simulated dinghy sailing. *J Sports Sci*, 12(4):383-390.
- Bowring, B. R. (1996) Total inverse solutions for the geodesic and great elliptic. *Survey Review*. 33:461-476.
- Castagna O., and Brisswalter, J. (2007) Assessment of energy demand in Laser sailing influences of exercise duration and performance level. *Eur J Appl physiol*, 99:95-101.
- Cunningham, P., and Hale, T. (2007) Physiological responses of elite Laser sailors to 30 minutes of simulated up wind sailing. *J Sports Sci*, 25(10):1109-1116.
- 榮樂洋光・佐々木共之・布野泰志・東恩納玲代・中本浩揮・金高宏文 (2012) セーリング競技におけるオリンピック・セーラー育成のヒントを探る：ボートスピードに定評のあった元オリンピック選手のインタビューから。スポーツパフォーマンス研究, 4:26-43.
- 藤原 昌・千足耕一・山本正嘉 (2009) ウインドサーフィン競技におけるレース戦略の改善を目的としたGPSの活用。トレーニング科学, 21:57-64.
- 藤原 昌・中村夏実・山本正嘉 (2011) カヌーにおけるDifferential GPSを用いた艇の移動様相に関する包括的な評価システムの構築。体育測定評価研究, 10:67-75.
- 布野泰志・石井泰光・榮樂洋光・萩原正大・宮野幹弘・中村夏実・松下雅雄 (2013) ウインドサーフィン国内トップ選手におけるタッキング動作の特性；動作の違いが艇速に及ぼす影響。スポーツパフォーマンス研究, 5:77-89.
- Goodison, Paul. (2008) *RYA Laser Handbook*. The Royal Yachting Association. United Kingdom.

- Gladstone, Bill. (2002) North U Performance Racing Tactics Sixth edition. North U .USA.
- Neville, VJ., Molloy, J., Brooks, JH., Speedy, DB., and Atkinson, G. (2006) Epidemiology of injuries and illnesses in America's Cup yacht racing. *Br J Sports Med.* 40(4):304-11.
- Saltonstall, Jim. (2006) Race Training with Jim Saltonstall. Adlard Coles Nautical. London.
- Vangelakoudi, A., Vogiatzis, I., and Geladas, N. (2007). Anaerobic capacity, isometric endurance, and Laser sailing performance. *J sports Sci.* 25(10):1095-1100.
- Vogiatzis, I., De Vito G. Radio A. Madaffari, A. (2002). The physiological demands of sail pumping in Olympic level windsurfers. *Eur J Appl physiol*, 86, 450-454.
- Vogiatzis, I., Tzineris, D., Athanasopoulos, D., Georgiadou, O., and Geladas N (2008). Quadriceps oxygenation during isometric exercise in sailing. *Int J Sports Med*, 29(1): 11-15.

平成25年3月1日受付

平成25年6月4日受理