

セーリング競技

—GPS を用いた航跡分析の可能性—

千足 耕一, 藤原 昌

セーリング競技 —GPSを用いた航跡分析の可能性—

千足 耕一¹⁾, 藤原 昌²⁾

1. はじめに

セーリング競技は、風、波、潮の流れといった刻々と変化する自然条件の下で、船やセイルを操作する能力、他艇との関係や自然環境の変化に対応するための状況判断力、精神力などに加え、その基となる体力が要求されるところに特徴があるスポーツである。

中でもオリンピック種目として採用されているセーリング競技はコースレーシングであり、海上や湖上にマークを固定することによってコースを設定し、そのコースを如何に速くセーリングするかといった順位を競う形式が採用され、1つのレースはおおよそ20~60分程度で実施される。そして、多くの場合レース日程に応じて複数回のレースを実施し、順位を得点化した点数を合計した低得点法で競われる((財)日本セーリング連盟 2005)。

セーリング競技(ヨット・ウインドサーフィンなど)のパフォーマンスにはボートスピードとコース選択の2つの大きな要因があると考えられており、コース選択のための資料として風(風の強さ及び風の方向とその周期的変動)、潮流、他艇との位置関係などがあげられる。これまでディングーヨットレースでは、他艇との位置関係を把握するために、ヘリコプターからの空撮映像や追尾艇からのカメラ映像を用いて他艇との関係を示しているものがあるが、セーリングにおける航跡分析についての調査・研究は公表されていない。

全球測位システム(Global Positioning System: 以下GPSと省略)を利用した研究は、ボート(モーターボードを含む)、ヨット、マウンテンバイク、カヌー、

カヤック、ハングライダー、パラグライダー、ゴルフ、ウォーキング、登山、オリエンテーリングといった様々な分野において報告がされている(高松 2004)。セーリング競技に関してGPSを用いた報告がいくつかなされているが(Zhang et al. 2004)、航跡に関する報告はなされていないのが現状である。

これまでのセーリング競技に関する研究成果において、GPSを用いたボートスピードやコース選択あるいは航跡の研究が不足していることは、GPS受信機が大型でかつ高額であるにも関わらず、精度の高い情報を得ることができなかったことも一因と考えられる。今後GPSの測位精度が向上することは間違いないと考えられており、同時に小型化・高感度化し、低価格化が実現されるようになると、セーリング競技などのような自然環境下で行われるスポーツのバイオメカニクスの研究が盛んに実施されていくことが予想される。

2. セーリング競技におけるパフォーマンス

セーリングのパフォーマンスにはボートスピードとコース選択の2つの大きな要因があると考えられている(図1, 榮楽 2005)。しかし、ボートスピードやコース選択に関わる要素を客観的に数値で示し、それぞれの要素がどのようにパフォーマンスに貢献しているかということについて検討した研究はみあたらない。

ボートスピードについては、それぞれの艇種(正確に言うとそれぞれの艇)について、図2のようなポーラーカーブと呼ばれるパフォーマンスを示す曲線が示されており、それぞれの風速に対する角度(風に対する進行角度)と艇の最高速度が示されている。これらを利用し、レースが実施されている海域での風速における風上・風下方向への速度成分(Velocity Mean Good: 以下VMGと省略)が最高となる角度を探し出すことが可能である。さらに、マストのレーキ・チューニングや

CHIASHI Kouichi, FUJIWARA Akira

¹⁾鹿屋体育大学海洋スポーツセンター

²⁾鹿屋体育大学大学院体育学研究科博士後期課程

Key words: セーリング競技, GPS, 競技力評価

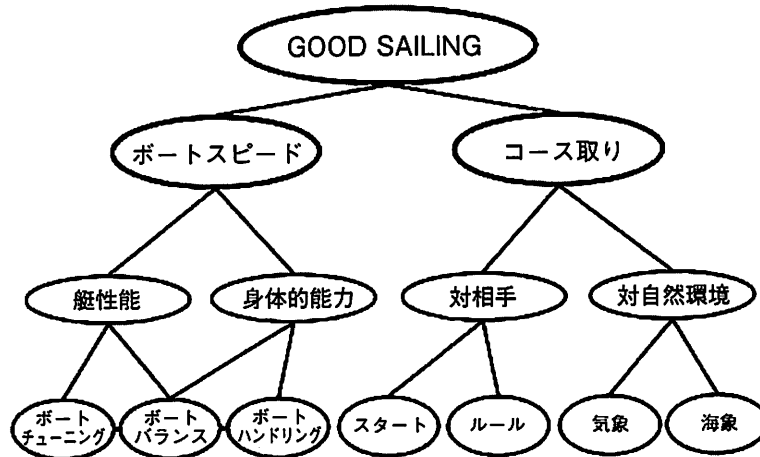


図1 セーリング競技のパフォーマンス構造モデル例。(榮樂 2005)

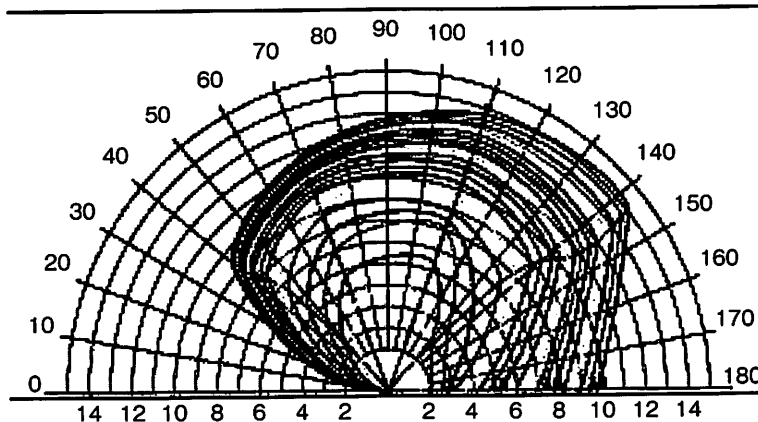


図2 ポーラーカーブの1例。(Philpott and Mason 2001)

セイルトリム、バランストリムの調整がボートスピードに大きく関わる事が指摘されており、これらのデータを蓄積していくシステムが構築できれば、当該艇のベストアングル、ベストスピードを明らかにすることができる。

また、実際に選手がどのようなコース選択をしたかといった客観的な航跡(軌跡)情報をレース後にフィードバックされることは少なかった。ボートスピードを得るためには、できるだけ強い風の中を長い時間セーリングし続けることが求められ、そのためには最適なコース選択が行えたかについて検証することは意義のあることとなる。風は常に一定方向から同じ強さで吹き続けるということは少なく、方向がシフトしたり、風速に強弱が生じたりすることが多い。また、地形の影響を大きく受けることも知られており、局所的な風のねじれや潮の流れの影響も考慮する必要がある。特に風軸が変化する(風

がシフトする)ことを予測することは大切と考えられており、気象データや観天望気を基にこれらを予測することが求められる。

GPS受信機から得られるデータは、このコース選択及びボートスピードといった要素に直接に関連し、パフォーマンスを評価する手段として有効であると考えられる。また、この際に重要であるのは、風の強さや潮の流れを記録するシステムでもある。これらをフィールドに持ち込み、客観的なデータを蓄積していくことは、セーリング競技のパフォーマンス向上を図る上で大変有効となる。

3. セーリング競技におけるGPSの活用事例

GPSは、観測点となる競技者がかなり広範囲にわたって移動していても位置を特定できることや、測位方式に

よっては実時間測位が可能となることから競技者の移動中の速度を時々刻々測定できるといった特長を有する。このことは、コースの一辺が1~1.5 kmと広い水域において実施されるセーリング競技において、それぞれの選手が置かれている状況を把握することができる。加えて、艇速度や風上への上り角度、コース選択の良し悪しなどといった試合の結果に至る客観的なデータを示すことができるものと考えられる。以下に、実際に使用されているツールの紹介やGPSデータの活用事例を紹介する。

3.1 どこでもヨットレース

単独測位GPS受信機の小型化・軽量化・低価格化が進み、セーリング競技現場でのGPSの利用は増加傾向にある。選手は市販のGPS受信機を艇、もしくはウィンドサーフィンの場合には身体の背部に取り付け(図3)、データを収集することができる。図4は、「どこでもヨットレース」(松崎とデジタル・データサプライ2004)というソフトウェアを用いたレース模様の画面である。このソフトウェアを用いることにより、鳥瞰的な目線で自らがセーリングした航跡を確認することができる。複数のGPSのデータをダウンロードし、スタート時刻やレース終了時刻設定、水上のマーク位置・スター

トライン・フィニッシュラインの設定、風向の指定が可能であり、実際の海上のレースシーンを編集できる機能が備わっている。レース中の選手同士の位置関係、速度・帆走距離の分析を行うことも可能となっている。また、編集したデータから関連するデータ群をまとめてWEB配信用のフォルダにまとめることや、CD-ROMへのデータ作成機能も備わっており、非常に利用しやすくなっている。このようなソフトウェアを用いることや同様なソ



図3 GPSでのデータ収集の様子(ウィンドサーファーが装着).

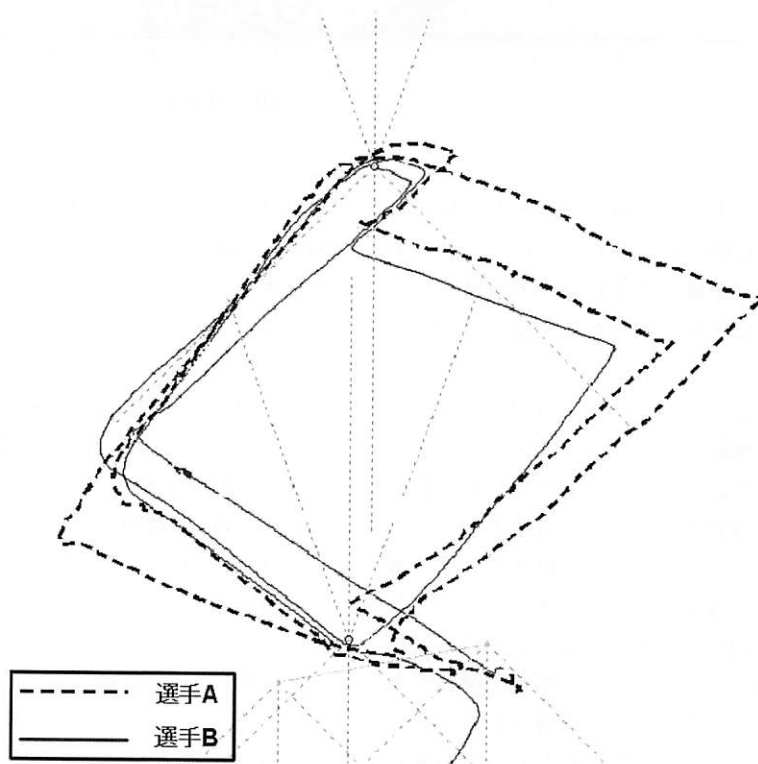


図4 「どこでもヨットレース」を用いた競技中の航跡図。

フトを開発することにより、選手に対して客観的な情報をフィードバックすることができる。さらに、コーチによる具体的かつ的確なアドバイスを選手に提供することなど、トレーニングへの活用も期待される。

3.2 マークに対する平均速度の算出

ウィンドサーフィン競技（国際 Mistral 級）のレース中のコース取りの変化を捉えることを目的として、単独測位 GPS (eTrex Vista 日本語版) を用いて、図 5 のような風上と風下に設置したマークを回航した際のデータを得た。そして、海上の固定されたブイ（マーク）の位置を基準としてコース取りの指標としてマークに対する速度（以下 MV と省略）の変化を算出した。

図 6 は、測定したウィンドサーフィンの艇速度及び

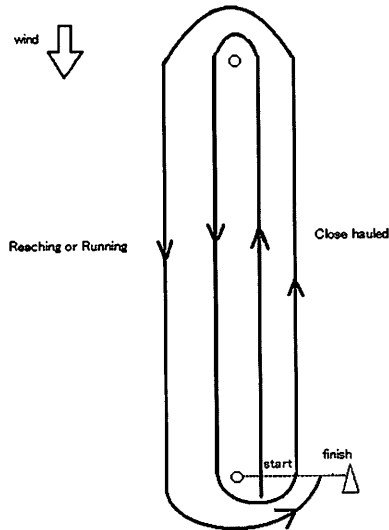


図 5 風上—風下コース (A Windward-Leeward Course).

MV を示したものである。サンプリング周波数が 0.5 Hz であったことや、測位誤差の影響から得られた速度データはノイズが多く含まれるため、5 点 2 次近似による数値微分法によって時間—速度データを求めた。速度データだけでは、コース取りの効率がわからなかったが、MV を表示することで時間経過ごとのコース取りの効率を選手間で比較できるようになった。風上のマークに向かって帆走している時はプラスの値として、風下のマークに対して帆走している時にはマイナスの値として示している。これらのデータについて、複数の選手を重ね合わせて表示することや、各マーク間の平均速度を比較することによって、どの時点でのパフォーマンスに差があったかを検討する材料とすることができる。

このように、GPS を利用した客観的な情報を活用することで、コース選択についての指導者—選手間での共通理解が得られると考えられる。今後、各選手の置かれている状況（風向、風速、潮など）をリアルタイムで記録できるようになれば、GPS から得られる情報とマストのレーキ・チューニングやセイルトリム、バランストリムの調整がボートスピードに及ぼす影響や体力的な要因、技術的な要因、戦術的な思考力といったパフォーマンスの決定要因 (Bertrand 1993) との関連についても研究が可能になるのではないかと期待できる。

3.3 風上方向へのセーリングにおける効率の比較

ウィンドサーフィン RS-X 級の風上へのセーリング中の角度及びスピードについて把握することを目的として、単独測位 GPS (eTrex Vista 日本語版) を用いた測定を実施した。GPS を用いて検証しようとしたことは、センターボード（ダガーボード）を使用した際とフィンのみを使用した際に、スピード及び角度にどの程度の違いがあるかということである（図 7）。同時に海上にお

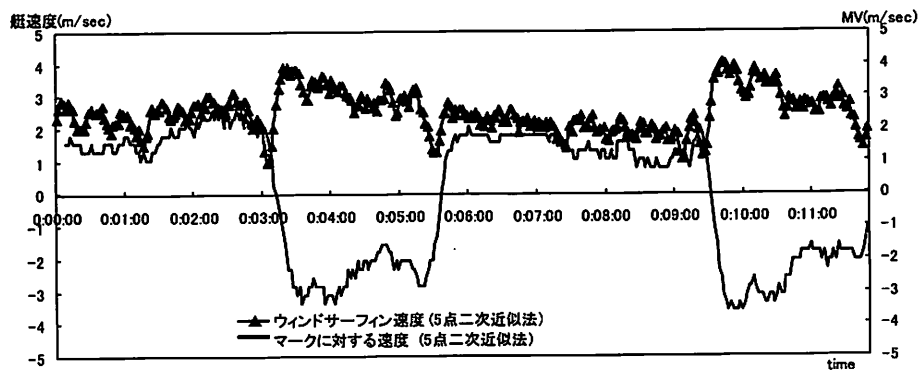


図 6 ウィンドサーフィンの艇速度及びマークに対する速度の推移。

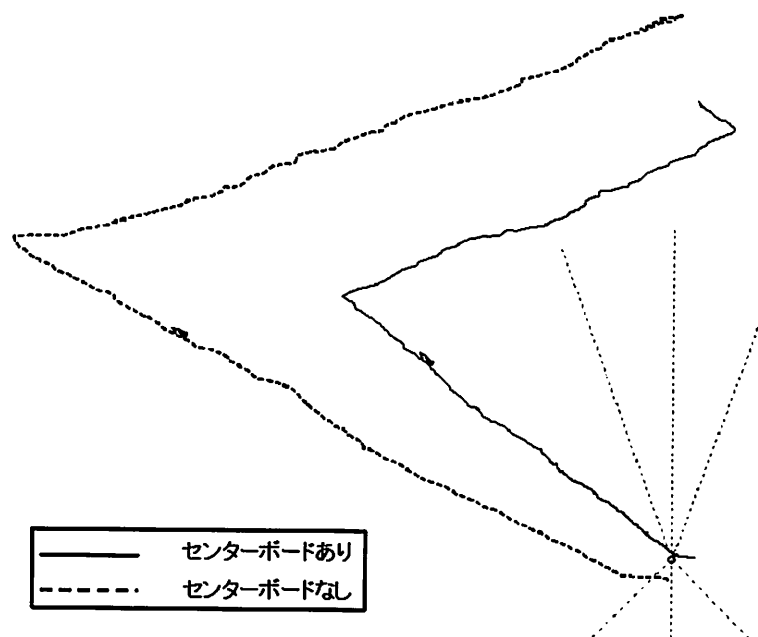


図7 GPSを用いた航跡の記録（センターボードあり／なしの検討）.

いて、風速を記録し、どの程度の風であればセンターボードを使わなければならないか、また、どの程度の風速以上であればセンターボードを使わずにフィンのみで走れるのかということ明らかにしようとした。その結果、風速7m/s以上の風域ではセンターボードを使用しない方がよいという結論に至った。当該艇種は、北京オリンピックに使用される予定の新しい艇種であり、その特徴を把握するためには有効な手段であったと述べられている。また、これらのデータを用いながら練習終了後にミーティングを実施することで、選手が現実性を持って認識できるとも記述されている。

3.4 クルーザーレースにおける活用例

広島赤利氏は、クルーザーにDGPSをはじめ、風向・風速計、スピードメータ、コンパス、PCを搭載し、艇速度、風上・風下方向への速度成分（VMG：Velocity Mean Good）、見かけの角度、見かけの風速、真の角度、真の風速、真の風向方位、進行方位などそれぞれのデータをデッキ上の表示器材に示すことのできる戦略情報システムを開発している。先述した艇の性能を示すポラーデータを基に、デッキ上にPCの演算結果を表示するなど、先駆的な取り組みを実施している。潮情報、パフォーマンス、マーク情報、スタート情報などについても表示するとともに、気象データを活用した予測システムを構成している。

赤利氏によると、艇のチューニングに関するデータ蓄

積などが戦略情報システムの得意範囲だそうである。また、気象の変化を予測してコース選択に活用することが大切であるとも述べている。レース後には解析データを作成し、レース中の各マーク間の達成率について示し、ヨットレースにおいて勝つための各種データを蓄積している。

クルーザーは、船体が大きく、これらの器材を搭載するスペースの確保や、塩水からこれらの器材を守ることがある程度は可能と考えられるものの、国際470級やレーザー級といった小さなディンギーやウインドサーフィンでは同様なシステムを搭載することが困難である、といった現状がある。

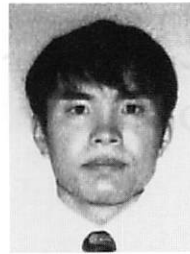
4. おわりに

セーリング競技におけるGPSを用いた取り組みは、急速に広がっていくものと予想される。しかしセーリング競技においてはクラスルールにより機器の搭載に制限があり、ディンギーやウインドサーフィンでは、これらを実践のレースで用いることはできない。したがって、日常的な練習や測定の中でのデータ蓄積と必要に応じて解析された客観的なデータ（情報）を現場のコーチ、選手がどう生かしていくかについて考える必要がある。また、選手やコーチにデータを提供する技術者やアナリストとの連携が欠かせなくなってくると考えられる。

文 献

- Bertrand L (1993): Australian Yachting Federation elite training program—sports science quadrennial plan 1993-1996. Australian Yachting Federation, Sydney
- 松崎孝男, デジタル・データサプライ (2004): どこでもヨットレース. <http://www.e-yacht.net/e-yacht/index-j.html>
- 榮樂洋光 (2005): セーリング競技における競技パフォーマンスの構造化. 鹿屋体育大学修士論文
- 鹿屋体育大学海洋スポーツセンター (2006): セーリング競技における競技力向上 (会議録). 海洋スポーツ研究 11: 1-63
- Philpott A, Mason A (2001): Optimising Yacht Routes under Uncertainty, The 15th Chesapeake Sailing Yacht Symposium.
- 緒方一貴 (1992): ヨット航跡のリアルタイム表示システム. テレビジョン学会技術報告 16 (14): 25-29
- Zhang K, Deakin R, Grenfell R, Li Y, Zhang J, Cameron WN, Silcock DM (2004): GNSS for sports-sailing and rowing perspectives. The 2004 international Symposium on GNSS/GPS. Sydney
- 高松潤二 (2004): GPS のスポーツへの応用. バイオメカニクス研究 8 (3): 201-207
- (財) 日本セーリング連盟 (2005): セーリング競技規則 2005-2008. 東京

著 者 紹 介



千足 耕一
(ちあし こういち)

鹿屋体育大学海洋スポーツセンター (センター長: 准教授). 経歴: 平成 4 年 3 月筑波大学大学院修士課程体育研究科体育方法学専攻修了. 平成 4 年 4 月より筑波大学体育センター, 平成 8 年 4 月より十文字学園女子短期大学, 平成 13 年 8 月より鹿屋体育大学海洋スポーツセンターに赴任. 平成 15 年 7 月学位取得: 東邦大学博士 (医学). 平成 17 年 4 月より海洋スポーツセンター長, 現在に至る. 研究テーマ: 海洋スポーツの普及と振興および競技力向上. 具体的にはウォータースポーツ文献情報データベースや啓蒙書, 一般論説の発表, 普及と振興のための諸事業の開催. 客員教授との共同研究にて競技力向上に関する研究を推進している. 所属学会: 日本体育学会, 日本体力医学会, 日本野外教育学会, 日本レジャーレクリエーション学会など.