



# グランドサーフィン

## Ground Surfing

浦宗龍生<sup>1)</sup>, 大島康太郎<sup>1)</sup>

Ryusei URAMUNE, and Kotaro OSHIMA

1) 大阪大学 基礎工学部 (〒560-8531 大阪府豊中市待兼山町 1-3, u198384j@ecs.osaka-u.ac.jp)

**概要:** ウインドサーフィンとは風の力を利用して海の上を走るスポーツである。自然の風と波を使って走る感覚は日常では体験できない爽快感と楽しさがある。そこで本企画では、屋内でウインドサーフィンの魅力を体験できるシステムを構築する。提案するシステムは、セイル型デバイスでは映像上のセイルボードを制御し、ボード型デバイスでは振動により波に乗っている感覚を提示する。またユーザーに風と海の匂いを与えることで体験の没入感を高める。本システムを実現することによって、屋内で気軽にウインドサーフィンを体験できるようになり、ウインドサーフィンの普及にも貢献できると考えられる。

**キーワード:** ウインドサーフィン・力覚提示・嗅覚提示・クロスモーダル

### 1. はじめに

ウインドサーフィンは洋上を風の力によって走るスポーツであり、風と波を使って洋上を疾走する感覚は日常では体験できない感覚であり、爽快感や独特の楽しさがある。しかし、ウインドサーフィンを行うには海に行く必要があるため、体験できる場所が限られていると考えられる。そのため、山間部や内陸部では体験する機会を得ることが難しい。また、天候によってはウインドサーフィンを行うことができない場合がある。そのため、ウインドサーフィンは場所や天候によって制限を受けるスポーツであると言える。もしも、ウインドサーフィンが手軽に行えるようになれば、ウインドサーフィンの持つ爽快感を気軽に味わえるようになる。それによって、ウインドサーフィンの普及にも貢献できると考えられる。そこで、本企画ではバーチャルリアリティ(VR)技術を用いてウインドサーフィンを体験するシステムを提案する。提案するシステムを図 1 に示す。本システムは、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)、マストとブームから構成されるセイル型デバイスとボード型デバイスから構成される。ユーザーは HMD を被った状態でセイル型デバイスを操作する。VR 空間内にはボードに乗ったアバターがいて、それが HMD を通じてユーザーに投影される。セイル型デバイスによって VR 空間内のボートの動きを制御することが可能になる。また、波による身体の揺れはボード型デバイスに取り付けたバネやアクチュエータによる振動によって再現する。さらに送風や海の香りの提示によって、より没入感を高める。

本企画では、一方向からの風が吹く条件下で走るコース

を用意する。様々な障害物を避けながら、いくつかのポイントを経由してゴールを目指す。コースの概観図を図 2 に示す。ユーザーは映像上の風とセイルボードの向きを判断してセイル型デバイスを操作する。

ここで、ウインドサーフィンの力学を図 3 に示す。ウインドサーフィンでは洋上を吹いている風に加えて進行方向からボードの速さに応じた進行風を受ける。真の風と進行風の合成により見かけの風が求まる。これがセイルに働く風になる。そのため見かけの風とセイルが平行になった時、風の力を最大限利用できるため大きい推進力を得ることができることから、このセイルの操作と推進力との関係を再現することが本コンテンツの実現において最も重要である[1]。

本企画でも、映像上の風向きとセイル型デバイスが平行となるとき最も大きい加速度を得るように設定する。見かけの風の風向きについては映像による可視化に加え、映像にフラッグも追加することでユーザーが分かりやすく判断できるようにする。

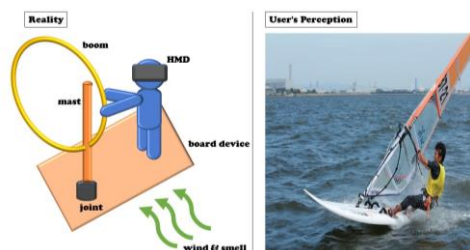


図 1: システム概観図

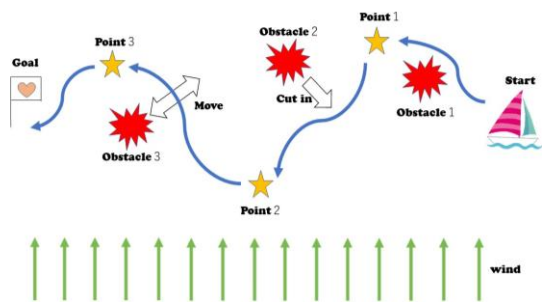


図 2: コース概観図

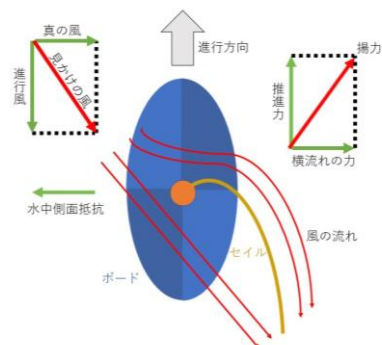


図 3: ウィンドサーフィンの力学

## 2. システムと操作

### 2.1 システム概要

本システムは、HMD、マストとブームから構成されるセイル型デバイスとボード型デバイスから構成される。図4に示すように、ユーザーは進行方向に対してセイルの左側に立っている。提案するコンテンツでは、ユーザーの背側から風が吹いている状況でゴールを目指すことになる。実際のウィンドサーフィンでは進行風から受ける風の感覚が最も大きいと言われていることから、この進行風を再現することがコンテンツへの没入感を高めるためには必要不可欠であると考えられる。本企画では、ユーザーの進行方向から送風機で風を送ることで、進行風から受ける風の感覚の再現を試みる。それに加えて、海の匂いのする香水を送風機からの風に乗せてユーザーに提示することで、視覚情報や触覚情報だけでなく、嗅覚情報を加えることでよりリアリティのあるコンテンツの実現を目指す。

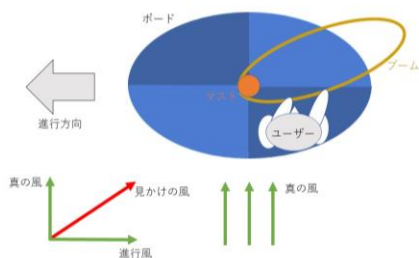


図 4: 風向などの条件

### 2.2 方向転換

実際のウィンドサーフィンでは、マストを進行方向に対して前に倒すと、セイルが真の風の力を強く受けて風下側に方向転換できる。逆にマストを進行方向に対して後ろに倒すと、真の風を受け流すことになり風上側に方向転換できる。図5は方向転換の操作方法を示した図である。

本企画でもこの原理に倣い、ユーザーはセイル型デバイスのマストを前に倒すと風下側に方向転換し、後ろに倒すと風上側に方向転換する。

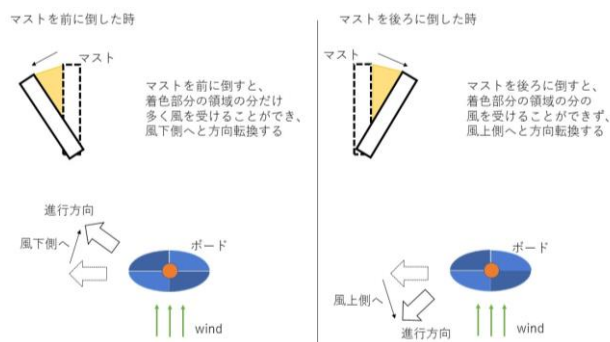


図 5: 方向転換の操作方法

### 2.3 スピード調節

前項でも述べたように、ウィンドサーフィンでは見かけの風の風向きに対してセイルの向きが平行のとき、風の力を強く受けて加速する。もし風を受ける方向に対してセイルを適切な角度に制御できなければ風の力をうまく利用することができずに減速してしまう。図3参照。

本企画でもこの原理に倣い、ユーザーは映像上の見かけの風の風向きを判断し、セイル型デバイスのブームを操作してセイルの角度を変えることでスピードの調節を可能にする。

## 3. デバイスについて

本企画では2章で述べた操作を実現するために、振動によって波に乗る感覚を提示するボード型デバイスと、ユーザーによるハンドル操作を可能にするセイル型デバイスを作製する。次項にボード部分とセイル部分の構造について詳しく記述する。

### 3.1 ボード型デバイス

図6にボード型デバイスの概要を示す。縦90 cm、横60 cmの大きさの板を用意し、その板の下にバネを設置し、板の上から直動のアクチュエータを取り付けることでボード型デバイスを作製する。アクチュエータの伸展とバネによってボードを最大で5 cm 上下させることで、ボードの上下の揺れを再現する。また安全面にも考慮して、ボード型デバイスの周りにマットを敷き、サポート人員を配置する。

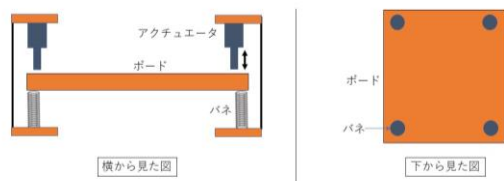


図 6: ボード型デバイス

### 3.2 セイル型デバイス

実際のウインドサーフィンでは、マストとブームから成るセイルを操作して帆の向きを変えることで、風の力を利用してボードの移動方向や速度を制御している。本企画のセイル型デバイスは、ボード型デバイスを土台としてジョイントを取り付ける。そのマストには、ユーザーがボードの移動を制御する際に必要なブームが装着されている。ジョイントによりマストは前後に倒すことができる。ブームは軸まわりの回転が可能である。図7はセイル型デバイスの概観図である。これらのジョイント、マスト、ブームは実際のウインドサーフィンの用具を用いる。

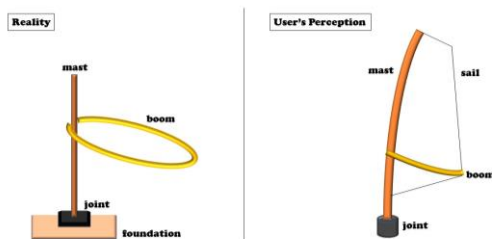


図 7: セイル型デバイス

## 4. 映像提示について

本企画でのユーザーに対する映像提示は HMD を通じて行う。映像は unity を用いて作成する。映像内のボードの動きを表示するためには、デバイス側の状態を測定し、その情報に基づいてボードの動きを決定することが必要になる。そこで、マストの傾きとブームの傾きを計測し、セイルボードの動きを決定するシステムを提案する。

### 4.1 傾きの検知について

ユーザーのデバイスへの操作入力によってマストとブームの状態が変化する。マストとブームそれぞれの傾きの変化を計測し反映させることが可能になれば、ボードの動きを決定することが可能になる。このマストとブームの傾きを検出するための方法として、ジャイロセンサーを用いる。ジャイロセンサーをマストとブームに取り付けて、それぞれの軸周りの回転角度を計算する。マストはジョイント回りの傾きを検知し、ブームはマスト軸回りの傾きを検知する。またユーザーの手をカメラでトラッキングする。手の動きを映像に反映させることで、よりリアルなインタラクションを可能にする。図8にマストとブームの傾きの検知システムの概観図を示す。

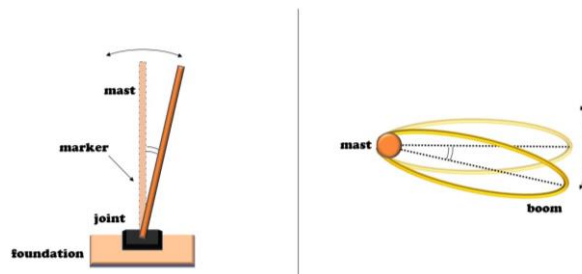


図 8: マストとブームの傾きの検知システム

### 4.2 プログラミングについて

セイルボードを制御するプログラムは、方向転換とスピード調節の二つに分かれる。方向転換ではマストの傾きに対応してセイルボードの向きが変わるプログラムを作成する。スピード調節のプログラムは見かけの風の風向きに対してセイルの向きが平行のとき最も加速するように設定する。そのためブームの傾きと見かけの風の方向の差が小さくなるほど加速度が大きくなるプログラムを作成する。またユーザーに様々な障害物を含む海の映像を提示するプログラムを作成する。

## 5. インタラクション例

図9にユーザーがマストを前に倒す操作をしたときの具体的な映像のインタラクション例を示す。

マストを前に倒すとセイルは風下側に方向転換する。進行方向が変わることにより進行風の向きと大きさが変わる。このとき、見かけの風の風向きと平行になるようにセイル型デバイスを開くと加速する。

また速度が増すと進行風が大きくなるので見かけの風は進行風の向きに近づく。そのため見かけの風に平行になるようにセイルを閉じる方向に操作していくとより加速する。

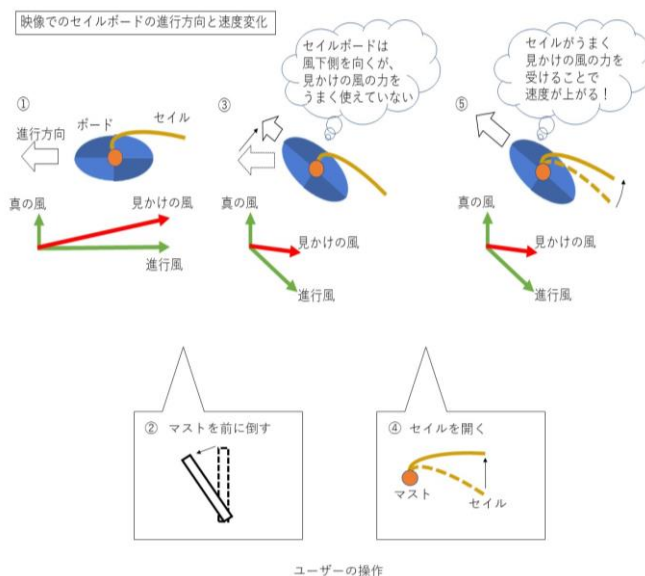


図 9: ユーザー操作と映像のインタラクション例

## 6. むすび

最後に以上の項目をまとめたシステムの全体像を図 10 に示す.

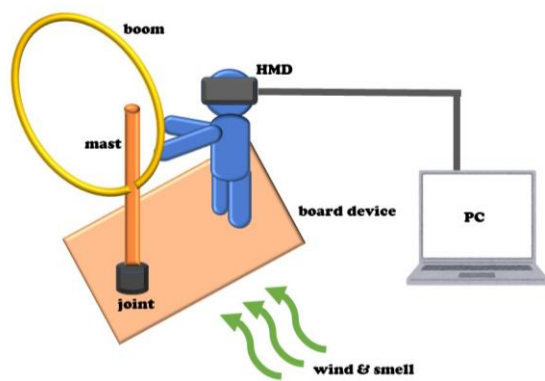


図 10: システムの全体像

## 参考文献

- [1] ウインドサーフィンの力学 Dynamics of Windsurfing  
[https://ndurep.repo.nii.ac.jp/index.php?action=repository\\_action\\_common\\_download&item\\_id=625&item\\_no=1&attribute\\_id=22&file\\_no=1&page\\_id=49&block\\_id=141](https://ndurep.repo.nii.ac.jp/index.php?action=repository_action_common_download&item_id=625&item_no=1&attribute_id=22&file_no=1&page_id=49&block_id=141)