

ウィンドサーフィンにおける有効性の高いパンピング動作に関する
バイオメカニクス的研究

伊勢田 愛 (スポーツ学研究科 競技スポーツ系 スポーツ情報戦略分野)

主査 高橋 佳三 (担当指導教員)

副査 渋谷 俊浩, 佃 文子

キーワード: リーチパンピング, 三次元動作分析, 地面反力

The biomechanical study of much effective Pumping motion for Windsurfing
Megumi Iseda

Keyword : Reach pumping, 3D motion analysis, ground reaction force

1. 緒言

ウィンドサーフィンとはサーフボードに取り付けたセイルを操ってバランスを取り, 風向きを計算しながら水面を進むスポーツである.

ウィンドサーフィン競技では風を受けるセイルを扇ぐことによってボードに推進力を与えボードスピードを増進させる”パンピング動作”が行われる. パンピングには大きく分けて, 風下から風上へ行くパンピング(リーチパンピング)と風上から風下に行くパンピング(下り漕ぎ)の2種類がある. リーチパンピング動作における、セイルパワーをボードスピードに変換するための有効性の高い力の伝え方や身体の動きについてバイオメカニクスの検討し, 自身を含むウィンドサーフィン競技者の競技力向上に活かすことのできる知見を得ることを目的とした.

研究の限界として, 陸上での実験の為, 実際のボードスピードは測定できないこと, 室内のためセイルに風を受けないなどの限界があるが, 可能な限り, 実験設定を海上の状況に近づけて行った.

2. 研究方法

被験者は, 日本代表チームに選抜された経験のある女子1名であった. 実験試技を選定するために, 世界トップクラスの選手と本研究者のリーチパンピング動作をビデオで撮影して比較した. そしてビデオ検証より得られた観点から, セイルを開く時の肩・腰・膝の位置と背中への傾き角度, セイルを閉じる時の腰の入り方と身体を起こす方向など, 以下のような特徴及び仮説を導き出した.

1) ボードを抑え付けないよう荷重を抜く局面

と, 最大限にボードに力を加える局面が繰り返される

2) 肩が腰より外(後方)に位置し, スネと背中が平行状態であることで, セイルに体重を預けることができ, ボードから抜重できる

3) 反り腰にならず下半身から上半身まで一直線になることで, セイルに加わる地面反力が大きくなり, 方向も定まるため力の方向とパフォーマンスとの有効性が高まり, ボードが安定する

以上のような仮説から, 以下の5種類の身体ポジションおよび動作を定め, 実験試技とした.

①普段通りの動作(特に指示無し)

②膝をつま先より前に出さない様に意識した動作

③お尻を深く落とすよう意識した動作

④引き込む際に上に伸び上がるよう意識した動作

⑤引き込む際に肩を背中側に出すように伸び上がるよう意識した動作

実験室にパンピングマシーンを設置し, 試技

①～⑤のリーチパンピング動作をそれぞれ30秒間行わせた. なお, 試技の間には被験者の疲労の度合いを確認し, 次の試技に影響が出ないように注意した. 地面反力計(AMTY社製BP6001200-1000)2台使用し, 両脚の地面反力を測定した. また被験者の身体に反射マーカートを貼付し, 自動追尾可能な高速度カメラ(Qualisys社製Miqus M1)7台を用いて動作を撮影した. そして地面反力の大きさと方向, 下肢関節(足, 膝, 股関節)の関節角度, 角速度, 関節トルク, 関節トルクパワーの算出を行

った。

本研究ではリーチパンピング動作を 2 つの局面に分け、第一局面は膝関節と股関節が最も伸展した時点から最も屈曲した時点までとし、第二局面は膝関節と股関節が最も屈曲した時点から最も伸展した時点までとした。

3. 仮説

爪先方向の力は水へのボードの引っ掛かりを作り、直進方向への力を増進させるが、大きすぎると横滑りすることとなる。また、上からの力は大きすぎるとボードを抑える力となるため、水とボードの間の摩擦が大きくなり、推進のスピードを大きくできなくなる。これらのことから、身体ポジションにより地面反力の大きさと方向が異なり、ボードを大きなスピードで推進するための適した配分を示す身体ポジションと動きが導出できると考えられる。

4. 結果

表 1 は各試技における左右足の地面反力の相対的な大きさを示したものである。各試技間において前後方向（X 軸）の力と上下方向（Z 軸）の力に有意差が見られた。X 軸では、試技③、⑤の左右の足において大きい値を示したが、試技②、④は左右共に前後方向の力が小さかった。Z 軸では試技④は最大値を示し、試技③、⑤は小さかった。

表 1：各試技の地面反力の相対的な大きさ

地面反力	右					左				
	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
X	中	小	大	中	大	中	中	大	小	大
Z	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	小	中	小	大	小	中	小	中	大	中

図 1 は、足関節、膝関節、股関節の角度を示したものである。角度が大きいほど屈曲していることを示している。

足関節角度は、伸展時では試技④が小さく、屈曲時は最大値を示した。つまり、屈曲時は膝が最も前方に位置し、伸展時は最も後方に位置していた。

膝関節角度は、屈曲時では試技③が最大値を示した。これは、足関節と合わせると、膝を前方に出すことなく、股関節を後方で沈み込ませていたことを示している。

股関節角度は、屈曲時では試技③が最大値を示し、最も屈曲していた。

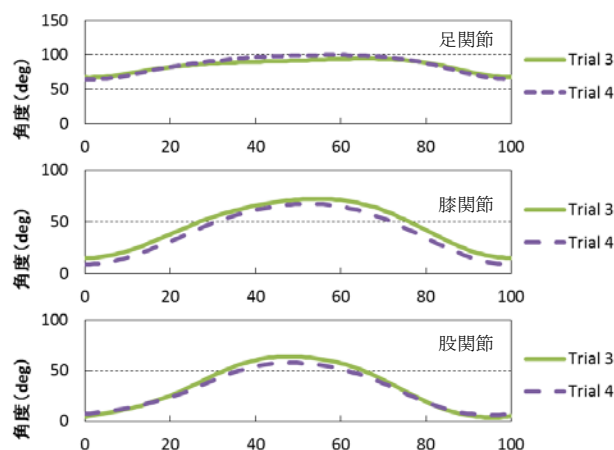


図 1：足関節(上),膝関節(中),股関節(下)の関節角度

5. 考察

地面反力では各試技間に有意差がみられ、特に力が発揮される第一局面から第二局面に切り替わる時点に有意差がみられた。また各試技により前方向と下方向の力においても相違がみられた。試技⑤は地面反力が前方向と下方向ともに大きく、その差も他の試技に比べて大きくないため、前方向と下方向の力の配分が適切で、直進性が増し、結果としてパンピング動作の有効性が高いと考えられる。逆に試技③では前方向と下方向の力の差が大きく、特に前方向への力が大きいため、ボードが横滑りする可能性が高い。しかし試技⑤より③の方が全体的に地面反力が大きいことから、試技③と⑤を組み合わせることで大きな力を最適な配分でボードに伝えることができると考えられる。

試技②および④は下方向の力が大きくなるような動きであったため、ボードを上から抑える力が大きくなり、接水面積の増加と加速の抑制が生じる可能性がある。

6. 結論

以上のことから、有効性の高いパンピング動作を行うための身体ポジションと動作として、以下のことが考えられる。

- ① 屈曲時は、膝が前方に出ないようにし、重心を後方で深く落とす。
- ② 伸展時は、後方に伸びるように足関節、膝関節、股関節を伸展する