

学位論文の要約

氏名

木村 晃彦

学位論文題目

サーフィンに適した波の特性及び生成

第 1 章 序 論

近年、日本のサーフィンが世界的な注目を集め始めている。アメリカ最大のサーフィンコンテストである「US Open of Surfing 2015」で、日本人サーファが優勝したことや、2020年東京オリンピックの追加種目の最終選考に、サーフィンが残ったことなどが、その理由として挙げられよう。しかしながら、一般に、日本の沿岸に到達する波は、カリフォルニアやハワイ、オーストラリアと比較すると、入射波波高が小さい。そのため、日本は、大きな波高の波が安定して発生することが要求される、サーフィン競技の開催に適しておらず、例えば、世界中を転戦する「World Championship Tour」の開催地には、日本が含まれていない。日本で、国際的な競技を開催するためには、サーフィンが常時可能となる手法を提案し、実現することが必要である。そして、このことは、日本のサーフィンの発展のみならず、延いては、新たなレジャーポイントの開発など、島嶼を含む地域の経済発展にも貢献すると考えられる。

こうした、新たなサーフポイントの形成のためには、どのような波がサーフィンに適しているのかを把握しておく必要がある。ところが、サーフィンに対する波の適性の判断は、サーファの経験によるところが大きい。すなわち、サーフィンに関連した従来の議論は、論理的な根拠に乏しかったと言わざるを得ない。これまでも、海岸工学の見地から、サーフィンに関する研究が行なわれている。例えば、比較的大きな入射波波高を有するポイントにおいて、より良好な条件でサーフィンを行なうために、サーフィンに適した砕波型式を生じさせる構造物の開発（中野ら、1994）や、海岸構造物の建設とサーフポイントの関係の研究（渡辺ら、1999）等がなされている。また、人工的なサーフポイントを形成するために、Westら（2003）、Schipper（2007）、Vries（2007）及びSchmiedら（2013）は、サーフポイントにおける造波手法を提案している。ただし、これらの研究において、サーフィンに対する波の適性の判断は、前述したように、いずれもサーファの経験によっている。

そこで、本研究では、まず、サーファの意識や目的を知るためにアンケート調査を実施した。そして、サーフィンレベル別のサーフィン可能最小波高等を見出した。特に、初級レベルのサーファに対するサーフィン可能最小波高は、汎用性の高い人工的なサーフポイントを形成する場合に目標となる波高である。

次に、サーフィンにおけるテイクオフに関して物理的に考察した。テイクオフは、サーフィンを開始するために必要であり、サーフィンにおいて最も重要な動作の一つである。ここでは、テイクオフを理論的な考察の対象とすることによって、テイクオフが可能となる条件を導いた。そして、数値解析結果に基づいて、砕波型式の異なる波の、テイクオフに対する検討を行なった。その際に、波の砕波型式は、巻き波型及び崩れ波型の2種類とした。巻き波型及び崩れ波型の、各砕波型式を示す条件でサーフィンをするサーファの例をそれぞれ図-1(a)及び(b)に示す。

最後に、以上の結果を踏まえ、水理実験及び数値解析の結果に基づき、4種類のサーフポイント形成手法を提案した。そして、各手法を適用した場合に生成・伝播する波の、サーフィン適性に関して検討を行なった。



(a) 巻き波型砕波の場合



(b) 崩れ波型砕波の場合

図-1 異なる砕波型式の波でサーフィンをするサーファ

第 2 章 アンケート調査によるサーフィンの実態調査

2.1 調査目的

本研究では、まず、サーファの意識や目的等を把握するために、アンケート調査を行なった。これらは、現在の、サーフィン界の動向や、サーフィン競技のあり方にも、密接に関係すると考えられる。ただし、石川・酒匂（1997）や日本生産性本部編（2014）で行なわれた調査のように、データ数が十分でない場合、サーファの多様な意識や目的等を読み取ることが難しい。また、Walker ら（1972）では、サーファが、サーフィンレベルによって分類されたが、その際に、サーフィンレベルが明確に定義されていなかった。そこで、本研究では、九州等でサーフィンを行なうサーファに対して、2回のアンケート調査を実施した。特に、第2回アンケート調査は、競技大会中に実施したが、これは、サーフィンレベルを相対的に把握していると考えられるサーファが多いと考えられるからである。

2.2 調査場所と調査内容

2011年に実施した第1回アンケート調査では、鹿児島県のサーフポイントに定期的に通うサーファ102人を対象に、鹿児島県薩摩川内市の西方海岸及び鹿児島県日置市の江口浜において、口答での調査を行なった。

また、2015年に実施した第2回アンケート調査では、宮崎県宮崎市の、木崎浜、青島海岸及び恋ヶ浦の3地点で、アンケート用紙を配布してその場で回収する方式で調査を行なった。回答数は、146であった。このうち、木崎浜では、九州最大のサーフィン大会である「九州オープン2015」の会場でアンケート調査を実施した。本大会では、九州内外の幅広いレベルのサーファが、数多く出場・観戦していた。第2回アンケート調査の質問内容は、次のような19項目とした。すなわち、1) 性別、2) 使用しているサーフボードの種類、3) 居住地、4) 身長、5) 年齢、6) サーフィン歴、7) サーフィンレベル、8) よく行くサーフポイント名、9) サーフポイントまでの距離と到着するまでにかかる時間、10) 休日1日にサーフィンを行なう時間、11) 好きな波のサイズ、12) 好きな波の種類、13) 海に入ってサーフィンを行おうと思う波のサイズ、14) サーフィン可能最小波高、15) サーフィンを行なう頻度、16) 人工的なサーフポイントに対する興味、17) 現在のサーフィン環境に対する不満、18) サーフィンの好きな所、そして、19) サーフィン研究に対する意見である。

2.3 調査結果

アンケート調査の結果より、サーフィン可能最小波高の平均値を求めたところ、鹿児島県で0.53 m、宮崎県で0.47 mであり、その他の地域で0.46 mであった。これは、サーフィンを行なうために、鹿児島県のサーファの方が宮崎県のサーファよりも、大きな波高を必要とすることを意味している。なお、サーフィン可能最小波高の全回答の平均値は、0.50 mであった。

また、サーフィン経験年数とサーフィン可能最小波高の間には、相関関係があまり見られないことがわかった。これに対して、図-2に示す通り、サーフィンレベルが高いほど、サーフィン可能最小波高が小さいことが明らかになった。このことは、サーファを分類する際に、サーフィン経験年数でなく、サーフィンレベルに基づかなければならないことを示唆している。例えば、千葉ら（2006）の調査では、サーファをサーフィン経験年数で分類して議論が行なわれたが、サーフィンレベルとサーフィン経験年数に、相関があると限らないため、個々のサーファの意識を正確に解析できない項目が生

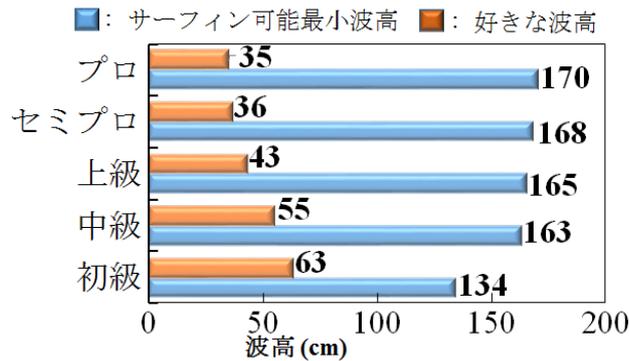


図-2 各サーフィンレベルのサーファのサーフィン可能最小波高及び好みの波高の平均値

じた可能性がある。図-2 より、初級レベルのサーファに対するサーフィン可能最小波高の平均値は、0.63 m であったが、この値は、汎用性の高い人工的なサーフポイントを形成する場合に目標となる、サーフィン可能最小波高である。

また、図-2 には、各サーフィンレベルのサーファが好む波高の平均値も示されている。これより、サーフィンレベルが高いほど、好みの波高が大きくなることがわかる。

更に、サーフポイントに到着するまでのアクセス所要時間の平均値が、約 46 分であること、また、大部分のサーファが、人工的なサーフポイントに関心を持っていること等が明らかになった。そして、人工的なサーフポイントに対する関心の強さは、サーフポイントまでのアクセス所要時間に殆ど関係していないことがわかった。これらは、人工的なサーフポイントを形成する際に、参考となるデータである。

第 3 章 サーフボードによるテイクオフに関する考察

3.1 概 説

サーフィンにおけるテイクオフは、パドリングによって加速した後、サーフボード上に立ち上がることを指す。サーフィンのすべての演技は、テイクオフから始まるため、テイクオフの原理を解明することは、サーフィン技術の向上や、新しいサーフボードの開発のために必要であり、また、サーフポイントの生成の際にも重要な意味を持つ。そこで、本章では、テイクオフに関して理論的に考察した。

ところで、サーフボードやサーファの身体の一部が水面下にある場合、サーファは、水面に沿う方向においても、水粒子の運動の影響を大きく受ける。そこで、本研究では、テイクオフの開始前において、水を搔かずに水面に浮かんでいるサーファの運動が、サーファが存在する位置の水粒子の運動と一致すると仮定した。この仮定のもとで、テイクオフが可能となる条件を考察し、サーファが、水面から冲向きの力を受けない地点で、波の位相速度と、波面における水粒子の水平方向速度の和よりも大きな水平方向成分を有するパドリングスピードを実現したとき、テイクオフが可能となることを導いた。

更に、巻き波型及び崩れ波型の碎波型式を示す 2 種類の波を対象として、碎波を考慮した数値解析を実施し、各地点でテイクオフが可能な時間内において要求される、パドリングスピードの水平方向成分の時間変化として、上記のテイクオフ可能条件を示した。また、テイクオフ後のサーファの挙動に関しても言及した。

3.2 波待ちからテイクオフまでの動作

ショートボードを用いてサーフィンを行なうショートボーダは、波待ちの状態から、パドリングを行なって岸向きの速度を得る。そして、テイクオフを開始する。このとき、パドリングでは、図-3 に示すように、半円を描くような腕の運動を繰り返して水を搔く。

また、図-4 に、パドリング時の手の向きを示す。ここで、パドリング初期の、腕の角度がおおよそ $\varphi < \pi/3$ の時間では、サーファを浮上させる方向に大きく力が働き、 $\pi/3 < \varphi < 2\pi/3$ の時間では、サー

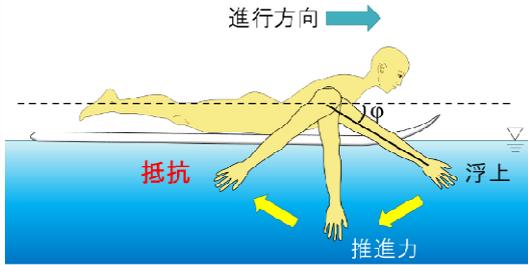
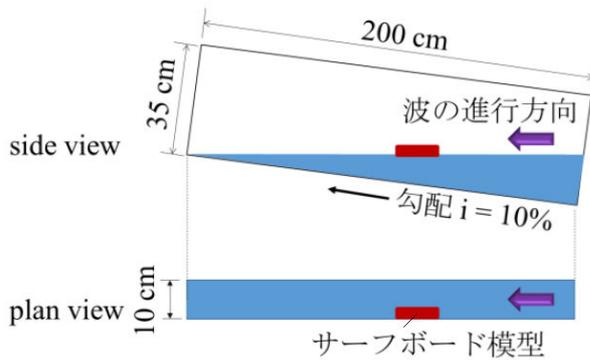


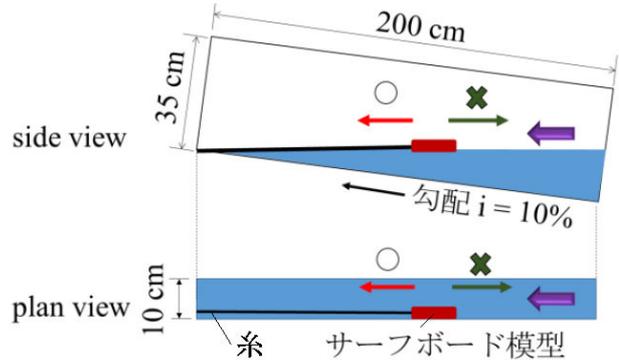
図-3 パドリングにおける腕の動き



図-4 パドリングにおける手の向き (左: $\varphi=0$, 右: $\varphi=\pi$)



(a) 糸を用いずにサーフボードを浮かせた場合



(b) ノーズと岸側壁の下端を糸で繋いだ場合

図-5 斜面上の実験水槽内に浮かせたサーフボード模型

ファを進行方向に進める方向に大きく力が働く。ここで、水から冲向きの力を受けないように、できるだけ水面に浮上することが必要である。従って、パドリング前半では、水面から大きく抵抗を受けるように漕ぎ、パドリング後半では、サーファを沈める方向に力が働かないよう、水を切るように漕ぐ動作が、効率の良いパドリングであると言える。

3.3 進行波に対するサーフボードの挙動

進行波に対して、サーフボードがどのような挙動を示すのかを確認するため、図-5(a)に示すように、斜面上に設置した幅 0.1 m の水槽において水理実験を行なった。ショートボードとロングボードを模した、全長の異なる 2 種類の発泡スチロール製のサーフボード模型を碎波点付近の水面に浮かべた。ここで、サーフボード模型の材料は、ポリエチレンフォームであり、密度は、 25.0 kg/m^3 である。

巻き波型の碎波を示す波を与えた場合、2 種類のサーフボードとも、波頂を越え、碎波後には、波頂より沖側の波後面に浮かんでいた。すなわち、サーフボードは、重心位置が波頂の高さまで上昇し、波頂に追い抜かれてしまい、波に乗れなかった。

次に、図-5(b)に示すように、サーフボードの岸側端のノーズに糸を取り付け、この糸の他端を水槽の岸側壁の下端に固定して、先の場合と同一の波を与えた。すると、2 種類のサーフボードとも、波前面に位置し続け、波の位相速度で岸向きに進行した。すなわち、サーフボードは、重心位置が、ある高さに留まり、波頂に追い抜かれることなく波に乗れた。

以上より、サーファが波に乗るためには、サーファが波頂に追い越されないことが必要であり、これこそが、テイクオフ可能条件である。

3.4 数値解析手法及び計算対象

上述したテイクオフ可能条件を把握するためには、テイクオフ時における波の状態を知る必要がある。そこで、3次元数値モデルである CADMAS-SURF/3D (有川ら, 2005) を適用し、碎波を考慮した数値解析を行なう。本数値解析では、図-6に示すような、勾配 β がそれぞれ 1/10 及び 1/100 の斜面上に、静水深が 2.0 m である沖側の地点 $x=0.0 \text{ m}$ から、水平軸である x 軸の正の向きに、波高 2.0 m、周期 10.0 s の正弦波を 1 波入射させる。波の入射開始時刻を $t=0.0 \text{ s}$ とする。このとき、図-6(a)に示した $\beta=1/10$ の斜面上では、巻き波型の、また、図-6(b)に示した $\beta=1/100$ の斜面上では、崩れ波型

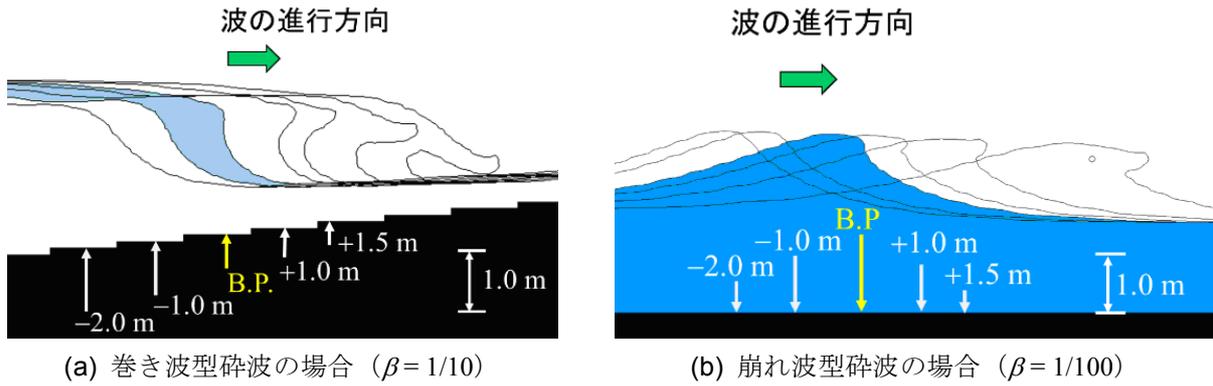


図-6 砕波時刻付近の水面形及び斜面

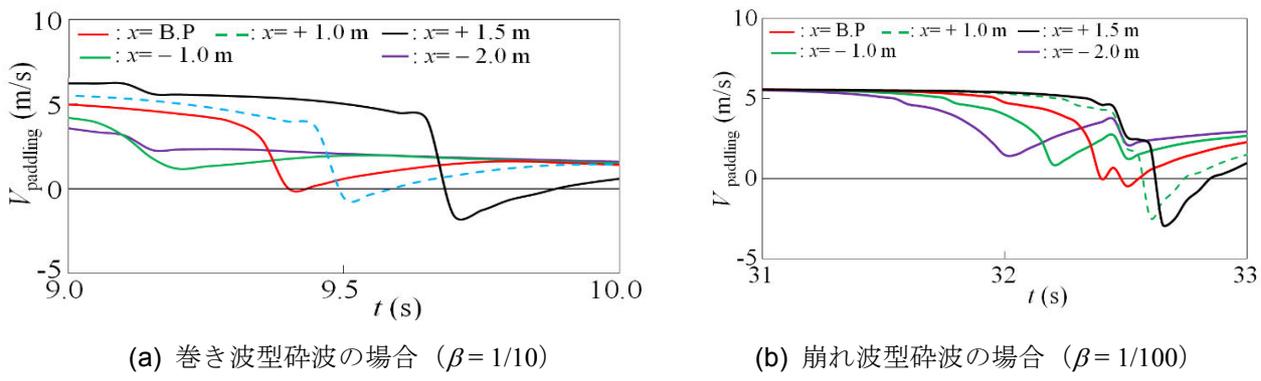


図-7 サーファが波頂に追い越されないために必要なパドリングスピード

の砕波が生じる。計算格子間隔は、 $\Delta x = \Delta z = 0.1 \text{ m}$ 及び $\Delta y = 0.5 \text{ m}$ とし、 y 軸方向の水路幅は、 1.0 m とする。なお、位相速度を上回る水平方向流速が水面に現れ始める時刻を砕波時刻と考え、図-6には、各場合の砕波時刻付近における水面形の数値解析結果も示している。

3.5 速度に関するテイクオフ可能条件

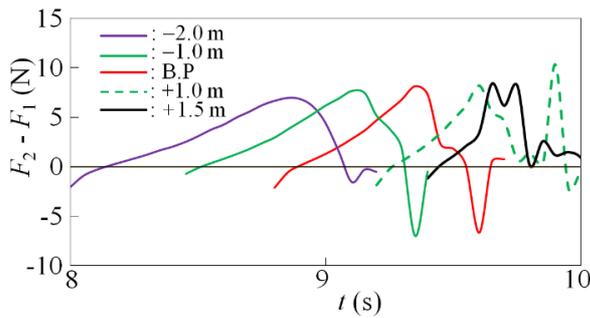
速度に関するテイクオフ可能条件を満たすために、すなわち、波頂に追い越されないようにするために、サーファは、パドリングにより前進する必要がある。本研究では、サーファのパドリングによる速度成分をパドリングスピードと呼ぶことにする。なお、速度の水平方向成分の正の向きは、波が進行する向き、すなわち、 x 軸の正の向きとする。

通常のテイクオフ時には、水面における水粒子速度の水平方向成分 V_{surface} が 0 以下であるから、水を搔かない場合、サーファは、 $|V_{\text{surface}}|$ で冲向きに移動する。従って、サーファは、波頂に追い越されずにテイクオフの一連の動作を行なうために、波の位相速度 V_{wave} と $|V_{\text{surface}}|$ の和よりも、パドリングスピードの水平方向成分を大きくする必要があり、これを満たすことが速度に関するテイクオフ可能条件である。

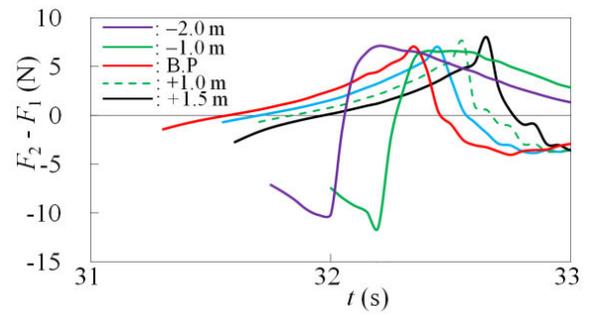
図-6(a) 及び (b) に示した2種類の海底勾配の斜面における各地点での $(V_{\text{wave}} - V_{\text{surface}})$ の値、すなわち、テイクオフに必要なパドリングスピードの水平方向成分 V_{paddling} の時間変化をそれぞれ図-7(a) 及び (b) に示す。これより、テイクオフに必要な V_{paddling} の最大値は、波前面において、波頂から遠い地点ほど大きくなる傾向があり、波頂付近で最小値を示すことがわかる。

3.6 加速度に関するテイクオフ可能条件

浮力を減じたサーファとボードの質量の和を m とする。水面勾配 θ の波が、加速度 α_0 でサーファを前方に押すとき、サーファは、波前面に沿って上向きに力 $F_1 = m\alpha_0 \cos\theta$ を受ける。一方、サーファは、鉛直加速度 α_1 で変動する水面及び重力によって、波前面に沿って下向きに力 $F_2 = m\alpha_1 \sin\theta + mg \sin\theta$ を受ける。ところで、 V_{paddling} を得てパドリングを停止したサーファが、冲向きの加速度を有していると、サーファは、テイクオフの動作中に波頂に追い抜かれてしまい、テイクオフができない。

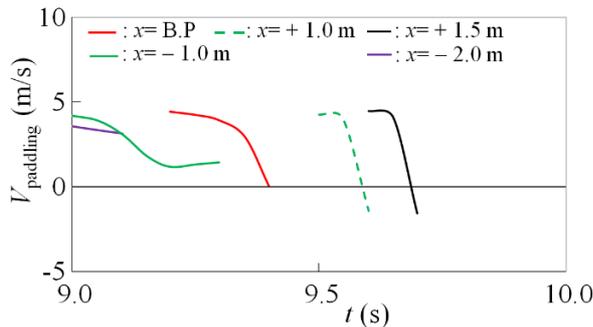


(a) 巻き波型砕波の場合 ($\beta = 1/10$)

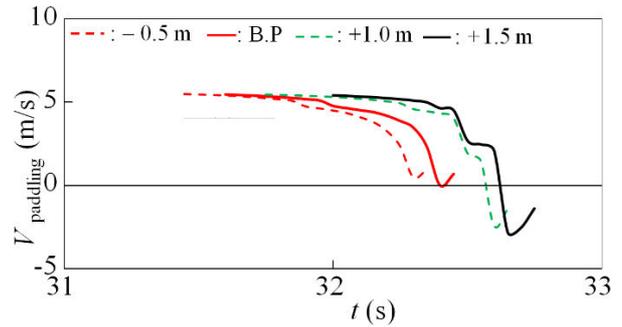


(b) 崩れ波型砕波の場合 ($\beta = 1/100$)

図-8 サーファが各地点において波前面に沿って受ける力 ($F_2 - F_1$)



(a) 巻き波型砕波の場合 ($\beta = 1/10$)



(b) 崩れ波型砕波の場合 ($\beta = 1/100$)

図-9 各地点において $F_2 \geq F_1$ を満たす時間内の V_{paddling}

従って、 $F_2 > F_1$ となる位置で、サーファは、波前面に沿って下向きの、すなわち、岸向きの加速度を得ることができ、波頂に追い抜かれずにテイクオフをすることができる。

海底勾配 $\beta = 1/10$ 及び $\beta = 1/100$ の斜面における各地点の ($F_2 - F_1$) の値をそれぞれ図-8(a) 及び (b) に示す。ここで、水面形の数値解析結果より求まる波前面の勾配 θ が 2.0° 以下である時刻では、テイクオフができないため、 $\theta = 2.0^\circ$ となる時刻以前のグラフを描いていない。サーファは、($F_2 - F_1$) の値が大きいほど、下降するような感覚をより強く持つことになり、このような、パドリングを助ける向きに加速されるという感覚は、サーファが波に乗りやすいと感じる一因となるであろう。

3.7 テイクオフ可能条件を満たすためのパドリングスピード

上述した速度及び加速度に関するテイクオフ可能条件が満たされるとき、サーファは、テイクオフをすることができる。すなわち、サーファが、水面から沖向きの力を受けない地点で、波の位相速度と、波面における水粒子の水平方向速度の和よりも大きな水平方向成分を有するパドリングスピードを実現したとき、テイクオフが可能となる。

まず、海底勾配 $\beta = 1/10$ の斜面における、砕波型式が巻き波型の場合に対して、このテイクオフ可能条件を考える。各地点において、波頂が伝播する時刻 t_{peak} を最高水位から読み取ることができるから、時刻 t_{peak} 以前で、加速度に関するテイクオフ可能条件が満たされる、 $F_2 \geq F_1$ となる時間帯 τ が、図-8(a) より得られる。速度に関するテイクオフ可能条件を満たすために必要な V_{paddling} を示す図-7(a) から、この時間帯 τ 内に相当する部分を抽出して、図-9(a) に示す。各地点において、それぞれの時刻に、図-9(a) に示された V_{paddling} を達成したとき、サーファは、テイクオフをすることが可能となる。

次に、海底勾配 $\beta = 1/100$ の斜面における、砕波型式が崩れ波型の場合に対して、同様にして得られた結果を図-9(b) に示す。ここで、例えば、砕波点 B.P. より 1.0 m 沖側の $x = -1.0 \text{ m}$ の地点に対してグラフが描かれていないが、これは、この地点及びその沖側において、テイクオフ可能条件が満たされないからである。すなわち、この地点及びその沖側で波待ちをするサーファは、波に乗ることができない。図-9(a) と図-9(b) を比較して、崩れ波型砕波の場合よりも、巻き波型砕波の場合に、砕波点の沖側において、テイクオフ可能条件が満たされる領域が広いことがわかる。

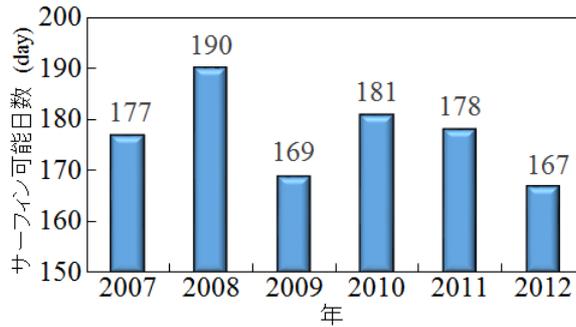


図-10 年間のサーフィン可能日数（鹿児島県薩摩川内市西方海岸）

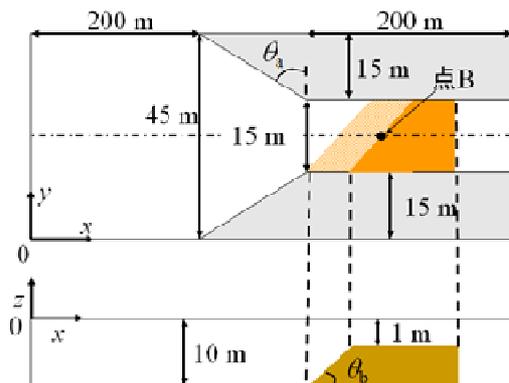


図-11 集波構造物とリーフ（上: plan view, 下: side view）

第 4 章 サーフィンに適したサーフポイントの形成

4.1 概 説

本章では、サーフィン可能日数の一例を示してから、以上の結果を踏まえて、サーフィンに適した波を生成することが可能な 4 種類のサーフポイント形成手法を提案した。そして、水理模型実験、または、CADMAS-SURF/3D (有川ら, 2005) や鉛直積分型数値モデル (Nakayama・Kakinuma, 2010) を用いた数値解析を行ない、これらの手法を適用した場合における波の伝播過程を調べ、各手法の妥当性を検討した。

第 1 の手法は、考案した集波構造物とリーフを組み合わせた構造物により、静穏な水域において入射波を増幅させることによりサーフポイントを形成する手法である。第 2 の手法は、十分に大きな波高の波が入射する水域において、堤背後の静穏度を高めながら、入射波を利用して堤前方にサーフポイントを形成する手法である。第 3 の手法は、サーフィンプールを用いる手法である。そして、第 4 の手法は、十分に大きな波高の波が入射する水域において、既設護岸の形状を変更することにより、比較的安価にサーフポイントを形成する手法である。

4.2 サーフィン可能日数

サーフィンに適した波が、年間を通して何日程度発生しているのかを示した文献が存在しないため、サーフィン可能日数に関して調べた。図-10 に、鹿児島県薩摩川内市の西方海岸における、2007 年から 2012 年までの 6 年間のサーフィン可能日数を示す。これより、本地点では、年間の半分程度の日数しかサーフィンができないことがわかる。

4.3 航走波を利用したサーフポイントの形成

人工的なサーフポイントを形成するために提案する第 1 の手法は、静穏な水域において、入射波を増幅させることによりサーフポイントを形成する手法である。ここでは、図-11 に示すような集波構造物とリーフを組み合わせた構造物を考案し、入射波の増幅効果が最大となる構造物の諸元に関して検討した。大きな造波効果が得られる構造物を桜島フェリー航路に設置した場合を対象として、水理

模型実験を行なった結果、最大波高が現地スケールで約 1.9 m になるまで、航走波を増幅することができた。従って、フェリーの航走波を増幅させることにより、鹿児島湾内にサーフポイントを形成することが可能である。

4.4 サーフィンと海岸保全の両立をはかる構造物の提案

近年、海岸侵食による砂浜の減少が問題になっている。こうした海岸侵食が生じる場所は、比較的波高が高く、サーフィンに適している場所が多い。例えば、宮崎県赤江地区は、サーフポイントとして有名であったが、海岸侵食を防止する対策として、人工リーフが設置された。その結果、サーフポイントとしての機能が低下してしまった。そこで、第 2 の手法として、サーフポイントの形成と環境の保全の、どちらの機能も有する構造物を設置する手法を提案した。すなわち、波高の比較的大きな波が入射する水域において、堤背後の静穏度を高めながら、入射波を利用して堤前方にサーフポイントを形成するために、堤防を組み合わせた構造物を考案した。宮崎県赤江地区で、本手法を適用した場合の、堤背後の静穏度と、堤前方の波に関して、数値解析により検討した。

4.5 サーフィンプールの提案

第 3 の手法は、サーフィンプールを用いる手法である。外洋に面していない場所や、海のない地域でサーフィンをするためには、造波装置を有するプールを建設することになる。その際に、岸沖方向の距離が問題となる。すなわち、サーフィンプールの建設では、建設費と敷地面積が限られている中で、いかに長い距離にわたってサーフィンができるようにするかが課題となる。本研究では、長距離のサーフィンを可能とするサーフィンプールを考案し、波高が異なる入射波の伝播過程に関して、数値解析により検討した。その結果、本サーフィンプールで入射波波高 1.0 m の波を生成させた場合、約 130 m の距離でサーフィンが可能となることが示された。

4.6 護岸形状を変更することによるサーフポイントの形成

第 4 の手法は、十分に大きな波高の波が入射する水域において、既設護岸の形状を変更することにより、比較的安価にサーフポイントを形成する手法である。鹿児島県鹿児島市の与次郎ヶ浜長水路を具体的な対象地とし、既設護岸の形状を変更した場合の、入射波の伝播過程の変化に関して、数値解析により検討した。その結果、入射波波高を 1.0 m 以上にすることによって、300 m 以上の距離にわたり、サーフィン可能最小波高の 0.6 m を超える波が生成できることが示された。

第 5 章 結 論

以上のように、本研究では、アンケート調査、数値解析及び水理実験の結果に基づき、初級レベルのサーファに対するサーフィン可能最小波高等を示し、また、サーフィンにおいてテイクオフが可能となる条件に関して議論し、そして、4 種類のサーフポイント形成手法を提案した。第 5 章で、本研究によって得られたこれらの知見を総括した。

参考文献

- 有川太郎・山田文則・秋山 実: 3 次元数値波動水槽における津波波力に関する適用性の検討, 海岸工学論文集, 第 52 巻, pp. 46-50, 2005.
- 石川仁憲・酒匂敏次: サーフィングレンデの特性とグレンデ計画要件に関する研究, 海洋開発論文集, 第 13 巻, pp. 171-176, 1997.
- 千葉透雄・高橋敏彦・新井信一: 仙台市近郊の海岸におけるサーファーの利用動向及び海岸環境に関する意識調査, 海洋開発論文集, 第 22 巻, pp. 169-174, 2006.
- 中野 晋・三島豊秋・中野孝二・三井 宏: サーフィンに適するデルタ型リーフ周辺の波浪特性, 海岸工学論文集, 第 41 巻, pp. 721-725, 1994.

日本生産性本部編: レジャー白書 2014, 公益財団法人日本生産性本部, 184p., 2014.

渡辺宗介・清野聡子・宇多高明・芹沢真澄・三波俊郎・古池 鋼: 防波堤の建設に起因するサーフスポットの形成機構, 海岸工学論文集, 第 46 巻, pp. 1271-1275, 1999.

Nakayama, K. and Kakinuma, T.: Internal waves in a two-layer system using fully nonlinear internal-wave equations, Int. J. Numer. Meth. Fluids, Vol. 62, pp. 574-590, 2010.

Schipper, M. A. de.: On the generation of surfable ship waves in a circular pool, Part I: Physical background and wave pool design, Master Thesis, Delft Univ. Tech., 82p., 2007.

Schmied, S. A., Binns, J. R., Renilson, M. R., Thomas, G. A., MacFarlane, G. J., and Huijsmans, R.: A novel method for generating continuously surfable waves – comparison of predictions with experimental results, J. Offshore Mech. and Arctic Eng., Vol. 135, 034501, 9 pages, 2013.

Vries, S. de.: On the generation of surfable ship waves in a circular pool, Part II: The application of stereo photo technique measuring water surface elevation and surface flow velocities, Master Thesis, Delft Univ. Tech., 68p., 2007.

Walker, J., Palmer, R., and Kukea, J.: Recreational Surfing on Hawaiian Reefs, Proc. 13th Int. Conf. Coastal Eng., pp. 2609-2628, 1972.

West, A. S., Cowell, P., Battjes, J. A., Stive, M. J. F., Doorn, N., and Roelvink, J. A.: Wave-focusing surfing reefs – a new concept, Proc. 3rd Int. Surfing Reef Symp., pp. 360-370, 2003.