

学位論文の要旨

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

本研究は、サーフィンに適した波の特性及び生成に関して、アンケート調査、3次元数値モデル及び鉛直積分型数値モデルを適用した数値解析、そして、水理模型実験に基づき行なった考察をまとめたものである。本論文は、次の5章で構成されている。

第1章で、本テーマの背景、そして、本研究の目的及び位置付けを示した。

第2章で、九州等でサーフィンを行なうサーファ 248 人に対して実施したアンケート調査の結果を示した。これに基づき、まず、サーファをサーフィンレベルによって分類し、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を示した。この結果は、各経験年数のサーファのサーフィン可能最小波高とは、明確な違いを示すものであった。このサーフィンレベル別サーフィン可能最小波高から、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、すなわち、最も多くのサーファがサーフィン可能となるサーフィン可能最小波高が、約 0.63 m であることが得られた。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。次に、各サーフィンレベルのサーファが好む波高より、サーフィンレベルが上級になるに従い、好みの波高が大きくなることがわかった。更に、人工的なサーフポイントの近隣地建設への欲求は、サーフポイントへのアクセス所要時間にあまり依存しないことが判明した。

第3章で、サーフィンにおいて最も重要な動作と言えるテイクオフに関して、3次元数値モデルを適用した数値解析により考察した。すなわち、砕波を考慮した数値解析に基づき、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検討した。まず、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水平方向成分の検討を行なった。波の位相速度と、水粒子の表面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サーファが実現したとき、テイクオフが可能となる。次に、水面から力を受けるサーファに働く、波前面に沿う方向の力に関して検討した。この力が下向きである位置でパドリングをやめるとき、サーファは、岸向きの加速度を得て、波頂に追い抜かれずにテイクオフをすることができる。そして、これら2種類のテイクオフ可能条件を総合し、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、テイクオフ可能条件を示した。その際に、巻き波型及び崩れ波型の砕波型式を示す2種類の波を対象とした。更に、テイクオフ後のサーフィン中にサーファがとる挙動に関して、砕波点近傍の水面における水粒子の速度に着目して考察した。

第4章で、以上の結果を踏まえ、次のような4種類のサーフポイント形成手法を提案した。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、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、水理模型実験並びに鉛直積分型数値モデルを適用した数値解析により検討した。その結果、最大の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、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ことが示された。第2の手法は、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手法である。ここでは、堤防を組み合わせた構造物を考案し、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。第3の手法は、サーフィンプールを用いる手法である。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。そして、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を示した。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。そして、本手法を採用することにより、入射波波高を1.0 m以上とすることによって、300 m以上の距離にわたり、サーフィン可能最小波高の0.63 mを超える波が生成できることを示した。

第5章で、本研究によって得られた知見を総括した。

Summary of Doctoral Dissertation

Title of Doctoral Dissertation:

Characteristics and Generation of Surfable Waves

Name: Akihiko Kimura

In the present study, the characteristics and generation methods of surfable waves have been discussed on the basis of the results obtained through the questionnaires, numerical simulations, and hydraulic experiments. This dissertation consists of the following five chapters:

Chapter 1 expresses the background and objectives of the study.

Chapter 2 describes the results of the questionnaires answered by 248 people, who periodically visit surf points in Kyushu etc. The most surfable wave height for surfers of various surfing levels is about 0.63 m. The present state of surfing, as well as that of these surfers, has also been investigated, including their favorite wave height, which increases as the surfing level is increased.

In Chapter 3, the conditions, in which a takeoff is possible for a surfer to ride a wave, are discussed by generating numerical simulations considering wave breaking. First, the surfer is required to achieve a sufficient value for the horizontal component of paddling speed, not to be overtaken by a wave peak. Second, when the surfer stops paddling to try to take off, he needs to float at a position where the force on him is downward along the front face of the wave. By considering both of these conditions, the time variation of the required value for the horizontal component of paddling speed was evaluated for two cases, where the waves showed the plunging and spilling types of wave breaking.

In Chapter 4, the following four types of methods to generate surf points are proposed considering the above-mentioned results: first, the method of amplifying incident waves, using the wave concentration structures with the reef, is discussed to obtain sufficiently large wave height for surfing at a calm-wave zone. The most effective shape of the structures was determined by considering the amplification factor of wave height derived by the numerical computation, as well as that obtained through the hydraulic experiments, such that it is feasible to build a surf point in Kagoshima Bay by amplifying diverging waves, generated by the ferries, using the proposed structures. Second, the set of breakwaters is proposed to generate a surf point in front of the structures, making the wave calmness behind the structures higher. The wave height both in front of and behind the structures was evaluated by applying the 3D numerical model. Third, the wave propagation in wave pools was simulated using the 3D numerical model to study the relationship between the wave-pool shape and the surfable distance. Fourth, the wave propagation was calculated using the 3D numerical model in case the shape of the existing revetment was changed to generate a surf point, holding down the construction cost.

Chapter 5 integrates the discussion to mention the conclusions of the study.