

サーフィンにおけるテイクオフの力学的考察

徳島大学工学部 正会員 中野 晋
 徳島大学大学院 学生員 〇高田 康史
 徳島大学工学部 正会員 三井 宏

1. はじめに 日本のサーフィンの歴史は約20数年であるといわれている。長い間マイナーなスポーツと考えられていたサーフィンであるが数々のマリンスポーツに対して関心が高まりつつある今日、サーフィンに対しても例外ではなく、近年サーフィン人口は確実に増加している。そのため現在に至るまで様々なサーフィン共存型の海岸構造物が提案されている。しかし理想的な共存型の海岸構造物とは初級者から上級者まですべてのサーファーが楽しめるものであり、理想的な海岸構造物の設置のためにはサーフィンの第1段階であるテイクオフの力学的特性を知る必要がある。

そこで本研究ではまず直進する孤立波でのテイクオフのシミュレーションを行い、それをふまえた上で、斜め碎波促進装置として十分効果があることがわかっているデルタ型リーフ上においてテイクオフのシミュレーションを行う。これによりテイクオフの力学的特性を考察する。

2. シミュレーションの具体的内容

(その1) 直進する孤立波でのテイクオフシミュレーション

図-1のように平行等深線を有する海底勾配1/15の海岸において、水深10(m)の地点より孤立波を岸に向けておくり、それによりテイクオフをするシミュレーションを行う。

(その2) デルタ型リーフ上のテイクオフシミュレーション

図-2に示すようなデルタ型リーフにおいて周期10(sec)、波高1(m)の波浪条件の下、波向線法を用い、屈折計算を行う。それによりテイクオフは波向線方向に行うという仮定の下、デルタ型リーフ上の各異なる位置からのテイクオフシミュレーションを行った。

3. 計算方法

a)波の変位 孤立波理論として様々なものが提案されており、選択に迷うが今回はその中でも比較の実用性の高いと思われるマンクおよびマカワンの有限孤立波の式を用いた。

b)サーファーの変位 ボードに乗り水面を移動しているサーファーには図-3に示すような力が働く。これによりx方向に運動方程式をたてると次のようになる。

(運動方程式)

$$m\ddot{x}_s = (F + N) \sin \theta - \frac{1}{2} \rho C_f r^2 A \cos \theta$$

(C_f : 摩擦係数 r : ボードと水粒子間の相対速度 A : ボードが波と接する面積 ρ : 海水の密度)

以上より、タイムステップ Δt 設けることにより、逐次的に任意の波の変位およびサーファーの変位を計算することができる。また、実際のサーフィンにおいては図-3に示す力に加え、パドルングの力が考えられる。しかし、パドルングスピードは比較的予測しやすいが、パドルングの際の力はその大きさの予測が困難であったため、シミュレーションでは波とサーファーの距離が10(m)以下になった時点でサーファーの速度にパドルングスピードを加え、これをパドルングとした。

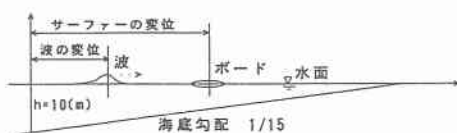


図-1 シミュレーション (その1)

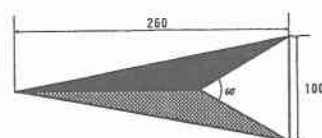


図-2 シミュレーション (その2)

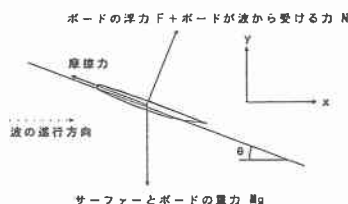


図-3 サーファーが受ける力

4. 計算結果および考察

a)計算結果(その1) 図-4はパドリングスピード1.0(m/s)とし、テイクオフの位置を変化させ、テイクオフの可否を調べたものである。なお、図中の数値発散とはサーファーの速度の絶対値が100(m/s)をこえた時点で計算を終了したものである。このようなシミュレーションを中心いくつかの条件を変化させ、様々なシミュレーションを行った。その結果、次のようなことがわかった。

1)高波浪時より低波浪時の方がテイクオフの可否に対するパドリングの影響が大きい。つまり、低波浪時の方がよりパドリングが重要となるといえる。

2)テイクオフからの滑り出し速度は沖側で乗るほど速いわけではなく、ある点で最大値を持つ。

b)計算結果(その2) 図-5はデルタ型リーフの波向線法による屈折計算の計算結果である。各波向線がリーフ頂部に収れんしている様子がよくわかる。RAY1~RAY3の各波向線において、パドリングスピードおよびテイクオフの位置を変化させいくつかのシミュレーションを行った結果、パドリングスピード0.0~2.0(m/s)の範囲ではその大きさに関係なくテイクオフが可能な範囲は次のようになることがわかった。

	範囲	範囲の大きさ
RAY1	90(m)~95(m)	5(m)
RAY2	120(m)~130(m)	13(m)
RAY3	135(m)~158(m)	23(m)

また滑り出し速度とテイクオフの位置の関係を図-6に示す。RAY1の計算結果においては急激な波高増加により、計算値が全て発散してしまうため省いた。この結果、次のようなことがわかった。

デルタ型リーフ上のテイクオフを考える場合、リーフの頂部付近はテイクオフ可能な範囲が狭く、また滑り出し速度も速いため上級者に向き、リーフの側部に向かうほどテイクオフ可能な範囲が広くなり、また滑り出し速度も遅くなるため初級者に向く。

5. まとめ 今後、初心者、上級者が共存できるリーフの設置が強く望まれる。このようなリーフの案の一例を図-7に示す。これは複数の人が波を待つスペースが考慮された構造となっている。

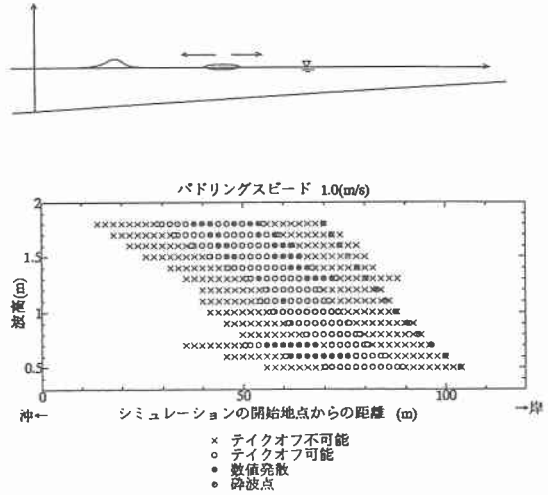


図-4 テイクオフの可否

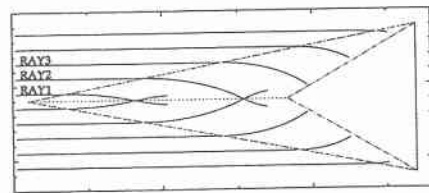


図-5 波向線法による屈折計算結果

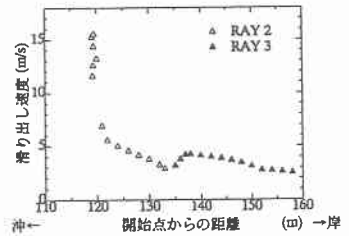


図-6 各波向線上の滑り出し速度

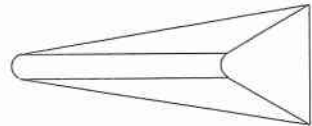


図-7 リーフの一例