

Wave-by-waveアルゴリズムのサーフィンへの応用に関する一考察

鹿児島大学工学部 西隆一郎・佐藤道郎・北村泰幸

Texas A&M Univ.-Corpus Christi Nicholas C. Kraus

1. まえがき

浅海域での波浪に起因した水理現象を考える場合に、砕波がどこで生じているか予測することが必要な場合が多い。砕波は単に、波浪変形や沿岸流の計算、海岸構造物に作用する波力の評価等の工学的問題に関連するだけでなく、例えばサーフィン等の海洋性レジャーにおいても有用な情報である。

本研究では、不規則波を対象に、砕波がどこでどれくらいの割合で生じているかを求める手法について考え、その一つの応用としてサーフィンのし易さについて考えた。砕波率を求めるには合田法に代表される統計的手法と、モンテカルロ法やwave-by-waveアルゴリズム(波別解析法)に代表されるような決定論的手法が適用できる。ここでは砕波率の応用としてサーフィンのし易さ(Surfability)について検討するために、砕波率、砕波点に加えて砕波形状、砕波速度、砕波距離等の情報が必須となるので、モンテカルロ法と波別解析法を用いて解析を進めた。内容としては、DUCK85により得られた現地データとデルフト大学で得られた大型造波水路試験によるデータと数値モデルの比較を行い、その後、バー型地形上に入射する不規則波浪について、個々波の砕波形状、砕波速度、砕波距離等を求めてサーフィンへの応用について考察した。

2. データ解析と砕波率の数値計算

用いたデータはDUCK85により得られた水位の時系列データとDelft Delta Flumeで、Southgate and Wallace(1994)により得られた砕波率のデータである。

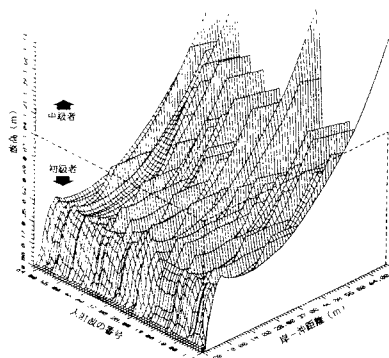


図1 各入射波の波高変化

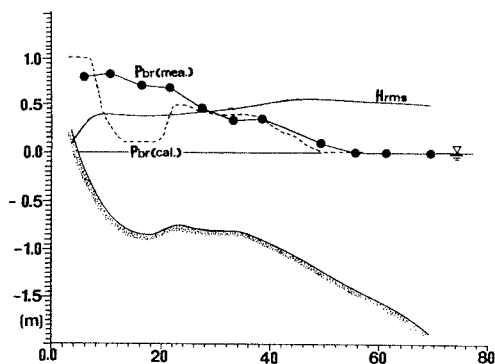


図2 砕波率の分布(実測と計算Duck85)

図1にwave-by-waveアルゴリズムによる波浪変形の様子を、図2に砕波率の実測値と数値計算に基づく値を示す。図中、実線で Dally型の波浪変形モデルに従った砕波率の計算値を示してある。図2において、幅広いバーの沖側斜面と汀線付近での実測値と計算値は比較的良く一致している。しかし波の再生が起こるトラフ部分においては、違いが大きい。これは、砕波率を調べる時に実測では表面水位の時間波形を見て砕波かどうかをチェックしているが、この部分の波形データは、形状が複雑で砕波か、非砕波かの判定がかなり難しいことが原因と思われる。トラフ部の砕波率を正確に調べるにはビデオ等による空間画像の解析が更に必需と思われる。したがって実際は計算結果の方がトラフ部での砕波率をシミュレートしていると考えられる。

3. モンテカルロ法とWave-by-WaveアルゴリズムのSurfabilityへの応用

これからは海域の利用を行う場合に、治水、利水、保全の観点からだけでなく親水の機能も要求されることがある。ここでは、親水性の代表的なスポーツとしてサーフィンを取り上げみた。サーフィンに適する波を考える上で重要な要素は1) 砕波波高 2) 砕波形式 3) peel velocity(斜め砕波の進行速度) 4) 砕波距離といえる。このうち砕波波高 H_b とpeel velocity V_p はサーフィンの難易度と関係し、例えば波の入射角が 30° 程度では、初級者 $H_b < 1.0\text{m}$ $V_p < 3.0\text{m/s}$; 中級者 $1.0 < H_b < 2.5\text{m}$ $3.0 < V_p < 7.0\text{m/s}$; 上級者 $2.5 < H_b < 5.5\text{m}$ $7.0 < V_p < 10.0\text{m/s}$ のような関係がある。

ただし、現実的に連続した波の入射角の情報を得ることは難しく、本研究では直角入射と考え、砕波の進行速

ただし、現実的に連続した波の入射角の情報を得ることは難しく、本研究では直角入射と考え、碎波の進行速度で peel velocity の代わりとする。また、サーフィンにはチューブに代表される巻き波型碎波が最適であるが surf similarity parameter ξ が 0.4 から 2.0 の時、巻き波になるので、総ての入射波に対してこのような量を定量的に評価すれば surfability を決定できると思われた。

数値計算に用いた、モンテカルロ方と波別解析法の違いは波浪変形モデルにどのような入射波をインプットするかの違いである。現実的には、水位の時系列データは入手できなくても代表波高とピーク周波数のデータベースは利用できるものが多い。このような場合にモンテカルロ法では、データベースの有義波高を持ちしかもレーリー分布に従うように入射波浪を求め、その個々波を沖合いから入射させ波浪変形計算を行う。一方、波別解析法においては、水表面の時系列データがあり、それからそれぞれの入射波の波高、周期を波浪変形モデルにインプットする方法である。ここでは、両モデルの結果を比較するために、DUCK85 で得られた波データを用いて波浪変形の数値計算を行い surfability の判定に必要な碎波波高、碎波速度、碎波形状、碎波距離の空間分布について調べた。それぞれ図 3, 4, 5, 6 に波別解析法による結果を示す。

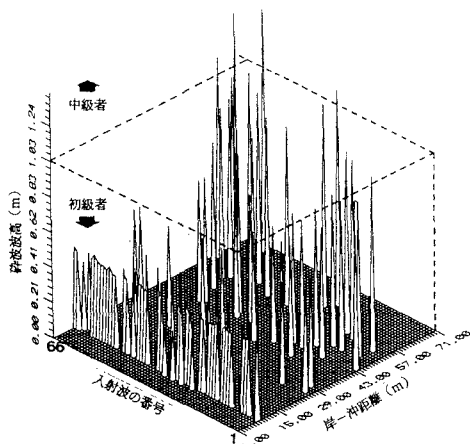


図3 碎波波高の空間分布

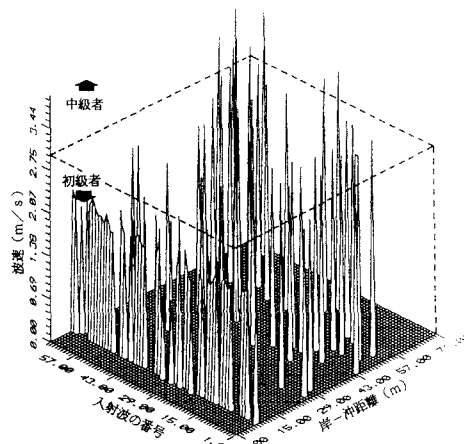


図4 碎波速度の分布

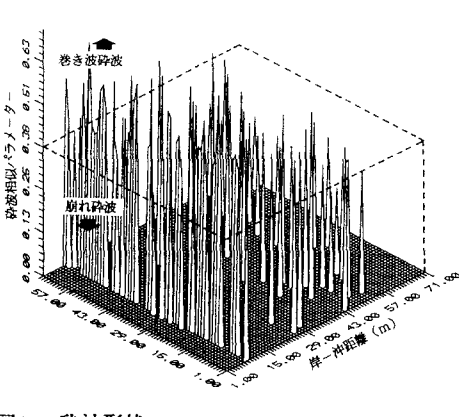


図5 碎波形状

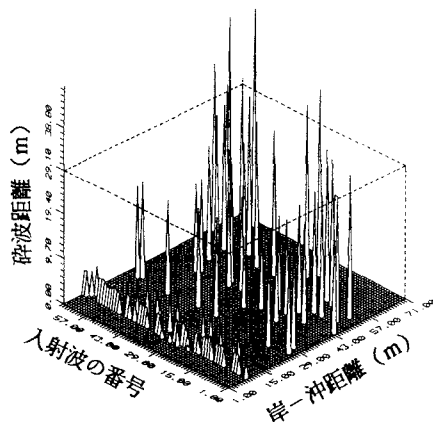


図6 碎波距離

4. 結語

ここでは、碎波率に関する数値モデルの妥当性を調べる上で、現地観測データと大型造波水路試験データとの比較を行い、モデルが合理的な結果を与えることを示した。そして、サーフィンのし易さについて考える上で、数値モデルを用いて碎波波高の空間分布、碎波速度の分布、碎波形状、碎波距離についての結果を示した。ここで、示した波条件は、ほとんどが初級者用の波であるが、幾分中級者用の波も含まれていることが分かる。実際入射波の時系列データが利用できる場合には波別解析法を、代表波高のデータしか利用できないときにはモンテカルロ法を用いてサーフィンに有用な情報の予測が行えることが分かった。