

砕波帯内における気液体積率分布

Air-Water Fluid Mixing Ratio in the Surf Zone

北海道大学工学部 ○学生員 大庭健輔(Kensuke Ohba)
 北海道大学大学院工学研究院 正会員 猿渡亜由未(Ayumi Saruwatari)
 北海道大学大学院工学研究院 正会員 渡部靖憲(Yasunori Watanabe)

1. はじめに

強風下において外洋で波浪が発達する際、波のクレスト付近が気流により引きちぎられると比較的大径の飛沫が形成されると共に、白波砕波が起こることにより海中に混入した気泡が水面に再浮上し弾けると小径の飛沫が気中に放出される。また沿岸域において波が崩れ砕波すると、砕波ジェットに着水に伴い種々のサイズの飛沫が発生すると共に、水面下には大量の気泡が混入される。これら飛沫や気泡は気液界面の総面積を増大させる為、大気-海洋間の熱、湿度輸送などを促進し、海上気象に影響を与える重要な要因のひとつとなっていることが知られている。即ち砕波帯における大気海洋界面は平均的には飛沫と気泡の生成により界面近傍で連続的にその気液体積率が遷移しており、その鉛直プロファイルは種々の気液間輸送現象を支配するパラメータのひとつとなっているはずである。飛沫についてはその発生フラックスとサイズ分布を予測する為のモデル Sea Spray Source Function (S3F) が既往研究において数多く提案されているものの、その予測結果はモデルごとに数オーダー異なる場合もあり精度よく見積もれるとは言えない(Veron, 2015) 1)。通常海上における飛沫観測はレーザー光散乱強度に基き気中の微細粒子量を予測するパーティクルカウンタ等の観測器を用いて行われるが、その場合飛沫以外のエアロゾルも同時に観測されるため飛沫発生時の観測方法としてはその精度は限られる。本研究は砕波帯における平均的な液相体積率分布を水理実験により求めることを目的としている。

2. 実験方法

2.1. 実験装置

本実験は片側に造波板の付いた全長23m、幅60cm、深さ80cmの風洞水槽で行った。実験水槽内には沖の水深が35cmになる様に水を張る。可動式の台に板を載せ、その上にサクシオンポンプを設置し、水面に垂直になるように棒にチューブを沿わせる。造波機で起こす波の設定を沖で波高9cm、周期2.5sの巻き波砕波が起こる様に設定し、計測地点の水深と波高を測っておく。

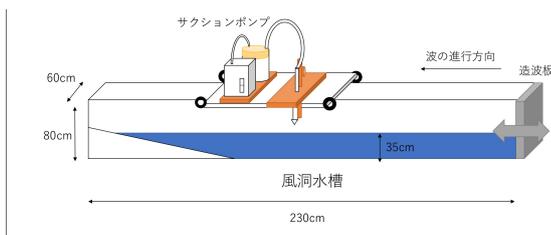


図-1 実験装置

2.2. 測定方法

静水面の高さを0とし、上を正の方向、巻き波が起こる直前の波高が最大になる点を $x=0$ とし波の進行方向を正と定義する。本実験では測定地点を造波板側から順に沖を(1)、巻き波が起こる直前の波高が最大になる点を(2)、砕波が起こる入水点を(4)、(2)と(4)の間地点を(3)、砕波直後の波が跳ねた地点を(5)、砕波後の点を(6)とした6地点で行った。(図??)造波板が最も沖に近い位置になったタイミングでサクシオンポンプのスイッチをONにし、120s(ポンプのタンクがあふれる場合は60s、30sの順に時間を減らす)ポンプで吸い込み、吸い込んだ水の体積を測る。この値を時間で割り1秒あたりの吸水体積を求め、水のみを吸い続けた場合の1秒あたりの体積で割ることで流体率を求める。これを各地点 z 方向に0.5cm間隔で計測を行い(本実験ではチューブと棒の長さの関係上、上方向への上限が7cmという条件の中で実験を行った。)、上方向においては空気のみを吸い続ける場合、 $z=7$ cmに達した場合、下方向においては水のみを吸い続ける場合、チューブが底に付いた場合に計測を終了した。

| | 地点1 | 地点2 | 地点3 | 地点4 | 地点5 | 地点6 |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 最高水位 | 6.51 | 9.38 | 8.81 | 7.16 | 5.3 | 3.71 |
| 最低水位 | 2.51 | 3.98 | 3.8 | 3.4 | 3.01 | 2.03 |

図-2 静水面を基準とした各地点の最高、最低水位

3. 実験結果

左側のグラフは各地点の測定結果を x 軸に流体率、 y 軸に z の値を取りプロットしたグラフである。右側の写真は各地点の典型的な波の様子である。破線は静水面を示している。赤と青の破線はそれぞれ各計測点における最高、最低水位を表している。(図2)

各地点の結果をグラフと写真を比較しながら順に見ていく。地点1では沖地点では砕波しないため、波の形に添った流体率の変化が見られる。地点2では地点1と比べて波高が高く、波長が短くなっていることから $z=3$ 以上において勾配がきつくなっていることがわかる。本実験では7cm以降の軌道は得られなかったが、砕波はまだおきていないことから飛沫等の影響は無く、地点1と同じく赤い破線に向けて波の形に添った軌道を描くことが期待される。静水面から下に関しては地点1と類似した形から同じような流体率の変化を取っていることがグラフに出ていることがわかる。地点3では地点2より波高は下がっているが、通過する波の状態は地点2にかなり類似しており、グラフを比較してもかなり類似した流体率の変化を取っている。地点4は着

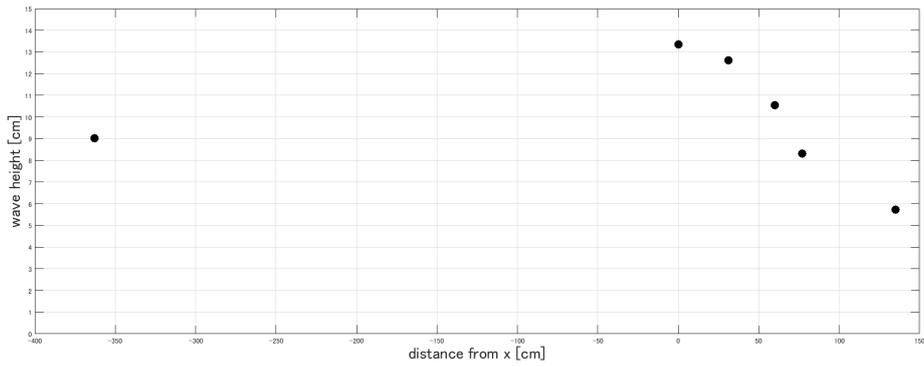


図-3 計測地点における波高

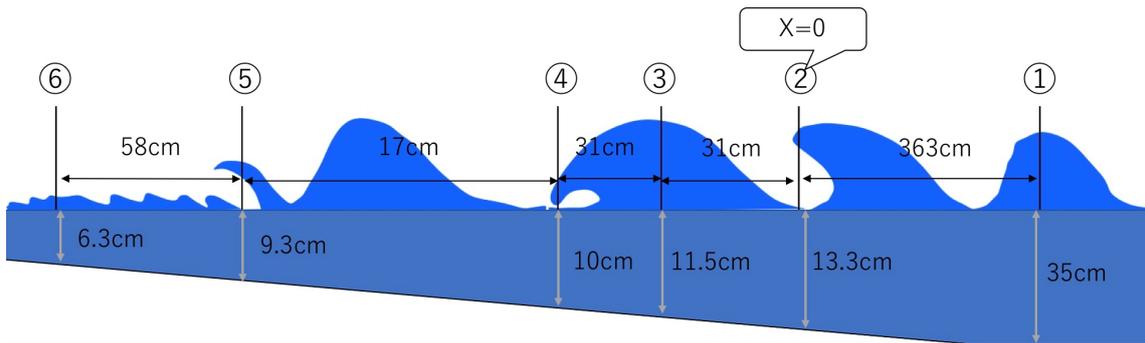


図-4 計測地点と水深

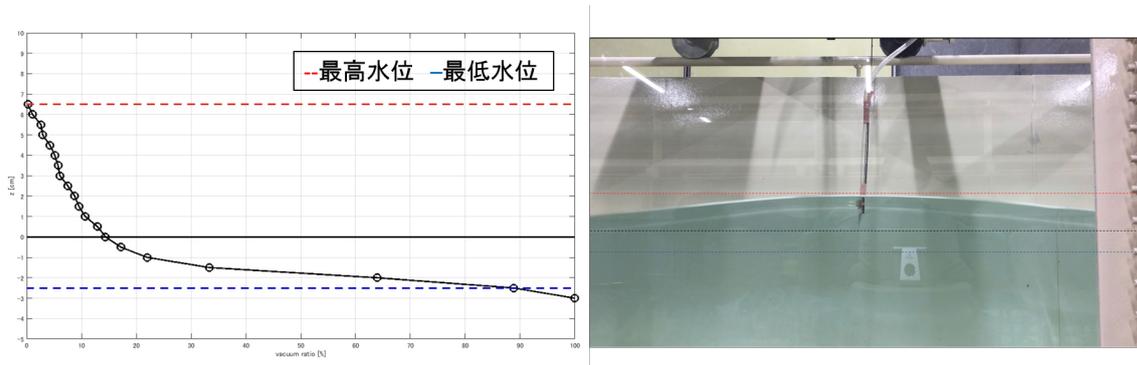


図-5 測定点(1)における体積率プロファイル(左)と、測定点周辺の典型的な波の写真(右)

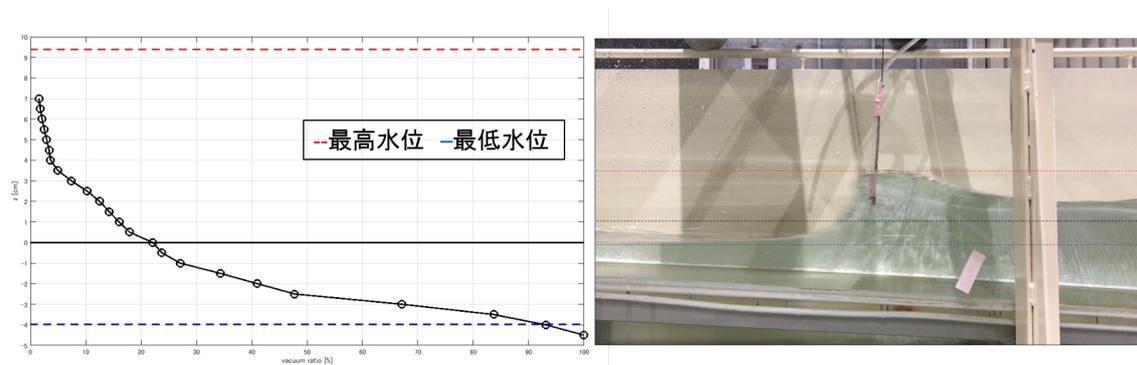


図-6 測定点(2)における体積率プロファイル(左)と、測定点周辺の典型的な波の写真(右)

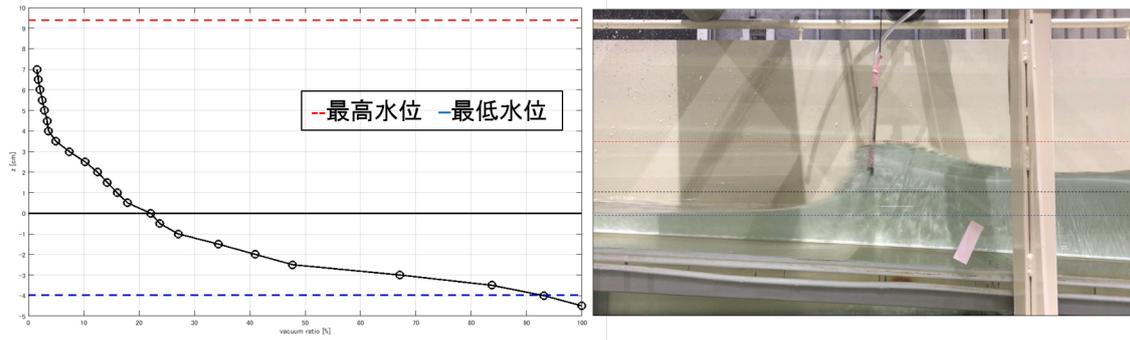


図-7 測定点(3)における体積率プロファイル(左)と、測定点周辺の典型的な波の写真(右)

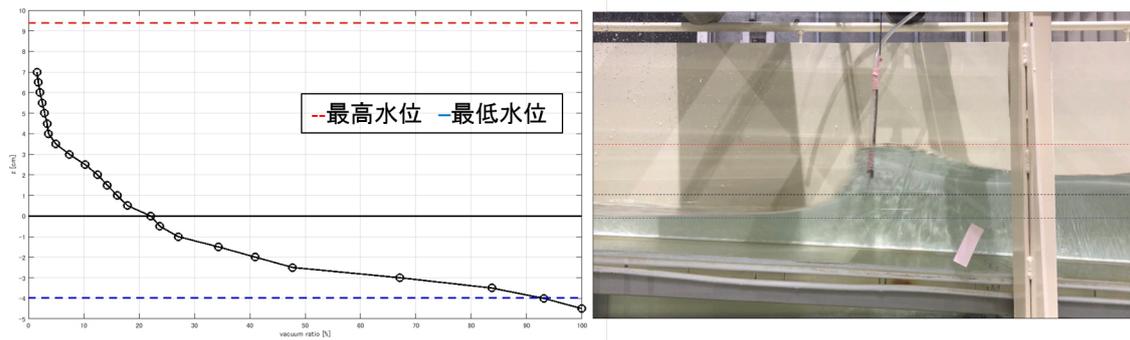


図-8 測定点(4)における体積率プロファイル(左)と、測定点周辺の典型的な波の写真(右)

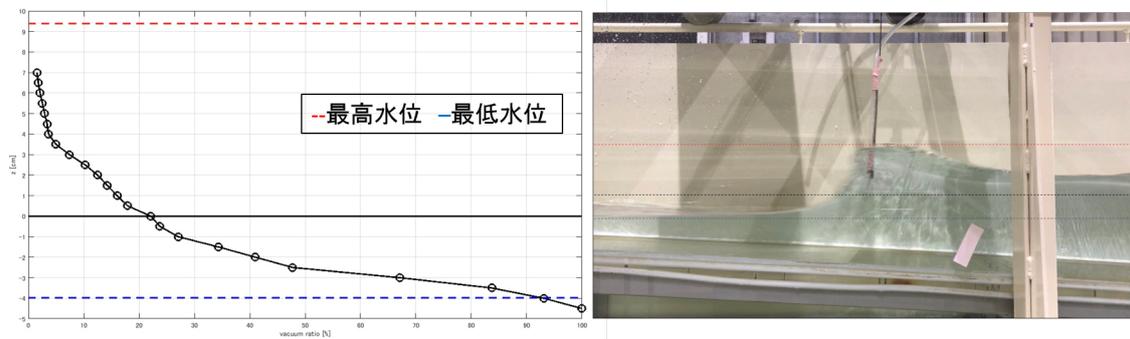


図-9 測定点(5)における体積率プロファイル(左)と、測定点周辺の典型的な波の写真(右)

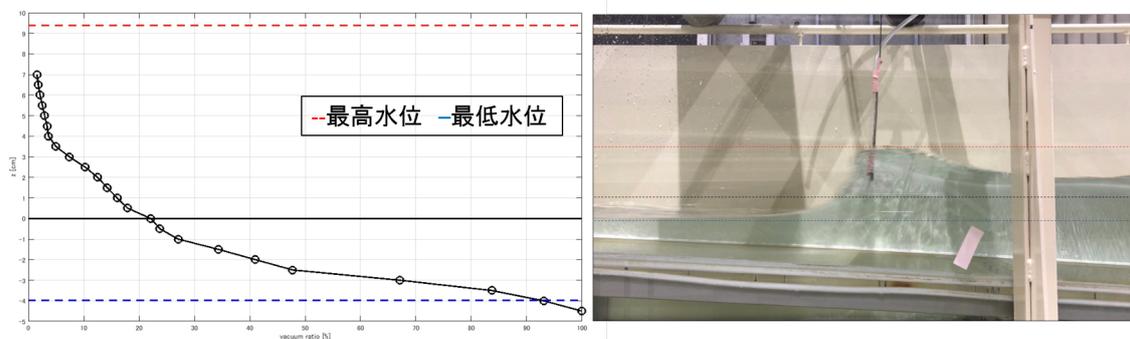


図-10 測定点(6)における体積率プロファイル(左)と、測定点周辺の典型的な波の写真(右)

水地点であり、写真を見てわかるとおり気泡が発生している。グラフから、静水面以下において気泡が発生している場所は波に触れている時間の影響を受けやすく線形になることがわかる。青い破線よりも下側で流体率が1に達していないことから、波高の最下点よりも下の場所でも気泡が発生していることがわかる。一方で、上方向には赤い破線を超えていないことから着水の段階では飛沫はまだあまり発生していないことがわかる。地点5では赤、の破線を超えており、飛沫が発生していることがわかる。静水面では地点4に同じく下1-3.5 cmにかけて大量の気泡が発生していることがわかる。地点6は碎波後であり写真からわかるように全体的に泡が発生しており流体率の変化が全体的に比例していることがわかる。

4. 結論

本研究では、碎波する着水のタイミングから静水面より下の部分では流体率の変化が線形に近づき、静水面より上の部分では気泡の発生により流体率の減少の勾配が急になることが確認できた。更に碎波直後は寝る波によって飛沫が発生することが確認できた。本実験では、高さに上限があったため測ることができなかった、そして巻き波碎波による流体率分布のみを行ったが、崩れ波碎波のケースで流体率分布の測定も行い比較することで違いや特徴がとらえられるのではないかと感じた。今後の研究では、測定範囲の改善、崩れ波碎波との比較することが求められている。

参考文献

- 1) Fabrice Veron ,Ocean Spray Annual Review of Fluid
- 2) Mechanics Vol.47:507-538(Volume publication date January 2015)