

船体運動におけるウルトラファインバブルの効果

2年3組 嘉新 遥陽 福鹿 涼輝
2年4組 仁尾 恵輔 矢野 愛信
指導者 浦辻 規幸

1 背景・目的

ウルトラファインバブル(UFB)とは、1マイクロメートル(=1/1000ミリメートル)以下のナノメートル単位の極小サイズの泡であり、ウルトラファインバブルの含まれた水と通常の水を肉眼で見分けることはできない。このことを前提に話を進めていく。

佐藤ら(1997)より、マイクロバブルを用いることで、摩擦を低減することが分かっている。この時、マイクロバブルは、発生装置を、船底から放出していた。そこでマイクロバブルよりもさらに、泡のサイズが小さいウルトラファインバブルを用い、また、船底からではなく、事前に放出しておくことで船底から放出する際の反作用の影響を除き、どのような結果が得られるかを調べ、より少ないエネルギーでより速く、船舶を駆動させSDGsの項目のうちの、7番と、13番の達成の一助とすることを目標に、この課題を設定した。



図1 SDGsの目標(左;7番、右;13番)

2 仮説

船が水面上を進むとき、つまり、船体運動を行うとき、当然のように船底と水面の間に摩擦が生じる。また、船が大型化するほど、水面と触れる面積が増えるため、摩擦力が大きくなり、運動をするのに必要なエネルギーが多くなる。そこで、船底と水面との間に気泡を存在させてはどうか、また、このとき、用いるのがウルトラファインバブルのような極小サイズの気泡であれば、船底の一定面積当たりに触れる泡の個数やそれによって生まれる液体の触れていない空間が増える(図2)ことになり、二者間に生じる摩擦を低減し、より効率的かつより速く動かすことができるのではないかと仮定した。

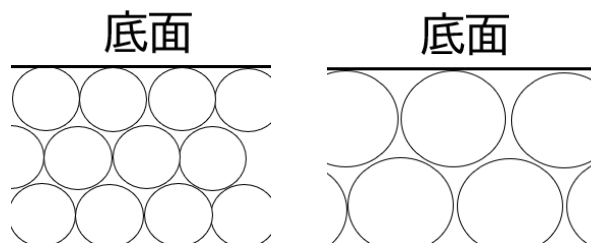


図2 泡の大きさによる船底の違い

3 方法

(1) 実験装置

図3、図4の実験装置の設計図で実験を行う。なお、ウルトラファインバブル発生装置と船体速度測定装置はア、イに示すとおりである。



図3 設計図(俯瞰)

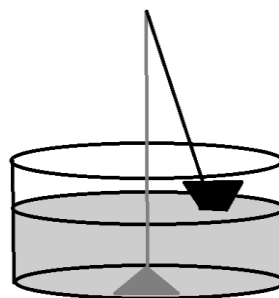


図4 設計図(横視点)

ア ウルトラファインバブル発生装置

- ・ボリーナ ワイド パール ※ウルトラファインバブル含有量(1億個/1cc)
- ・KVK シャワーホース

イ 船体速度測定装置

プールの中心にたこ糸で船と繋がれた、先端にベアリングのついた支柱を設置

- ・INTEX クリスタルブループール※水深 11.6cm で使用
- ・水中モーター付き船体 (図5)
 - タミヤ 樹脂製 長さ 12.2×幅 24.1×高さ 3.8 (cm)
- ・ベアリング
- ・支柱 80.8cm
- ・たこ糸 85.0cm
- ・ストップウォッチ

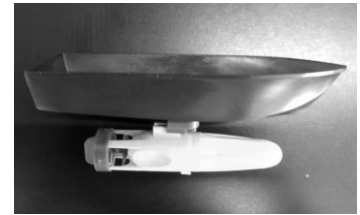


図5 水中モーター付き船体

(2) 対照条件

「ウルトラファインバブル無し」、「ウルトラファインバブル半分」、「ウルトラファインバブルのみ」の3つの条件を対照させて実験を行う。

- ・ウルトラファインバブル無し

水道水のみでプールの推進条件を満たし静水状態になってから使用。このときウルトラファインバブル含有量は 1cc あたり、0 個であることを想定。

- ・ウルトラファインバブル半分

水道水とウルトラファインバブル発生装置による水が 1 : 1 となる状態にしてよくかき混ぜて静水状態になってから使用。このときウルトラファインバブル含有量は 1cc あたり、5000 万個であることを想定。

- ・ウルトラファインバブルのみ

ウルトラファインバブル発生装置による水のみでプールの推進条件を満たし静水状態になってから使用。このときウルトラファインバブル含有量は 1cc あたり、1 億個であることを想定。

(3) 測定方法

図6に示す実験装置で測定を行った。船が回転開始地点から 10 周するまでの時間を 1 周ごとに計測する。なおサンプル数はそれぞれ 10 とした。また、同じ条件で実験を行うため、次のア～ウの条件を統一して実験を行った。

ア 静水状態

ウルトラファインバブルは、液面へと浮上せず、水中で保持される性質がある。水中における経時変化は考慮する必要がないため、液面が十分に静止した状態で行う。

イ 計測開始

1 周目におけるウルトラファインバブルが付着する時間を等しくするため、船を水に浮かべてから 5 秒待った後、計測を開始する。

ウ 電池電圧

電池電圧は電池を使用することにより、わずかながら低下する可能性がある。本研究において船の単三電池は、水を変えるごとに新品に変更することで、電池電圧を 1.5V で行う。



図6 使用した実験装置

4 結果

得られた結果について、周数ごとの平均を行い、船底に付着するかどうか、または付着したウルトラファインバブルが時間経過による挙動の変化について考察を行うために、図7～9のグラフ化を行った。

(1) ウルトラファインバブルなしの場合

1周目のみ高い。二周目以降では安定しており、平均は8.489秒である。

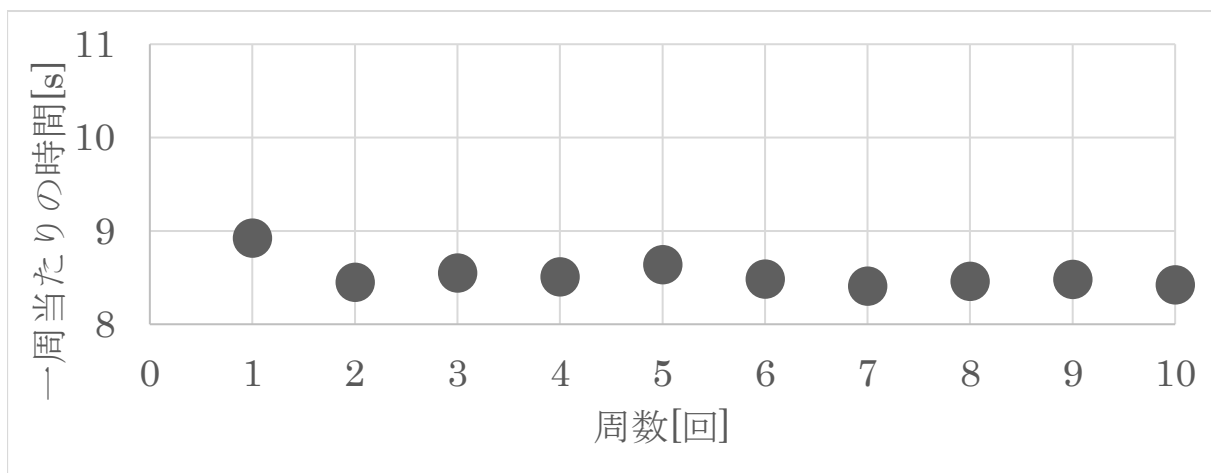


図7 ウルトラファインバブルがない場合の周数と一周当たりの時間の関係

(2) ウルトラファインバブル半分水半分の場合

1周目のみ高い。二周目以降では安定しており、平均は9.942秒である。

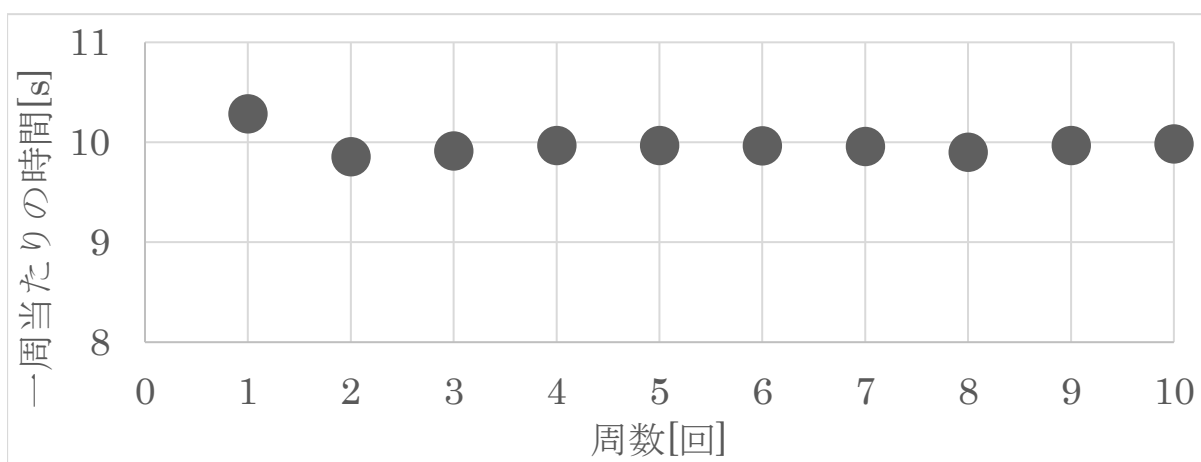


図8 ウルトラファインバブル半分水半分の場合の周数と一周当たりの時間の関係

(3) ウルトラファインバブルのみの場合

1周目のみ高い。二周目以降では安定しており、平均は9.576秒である。

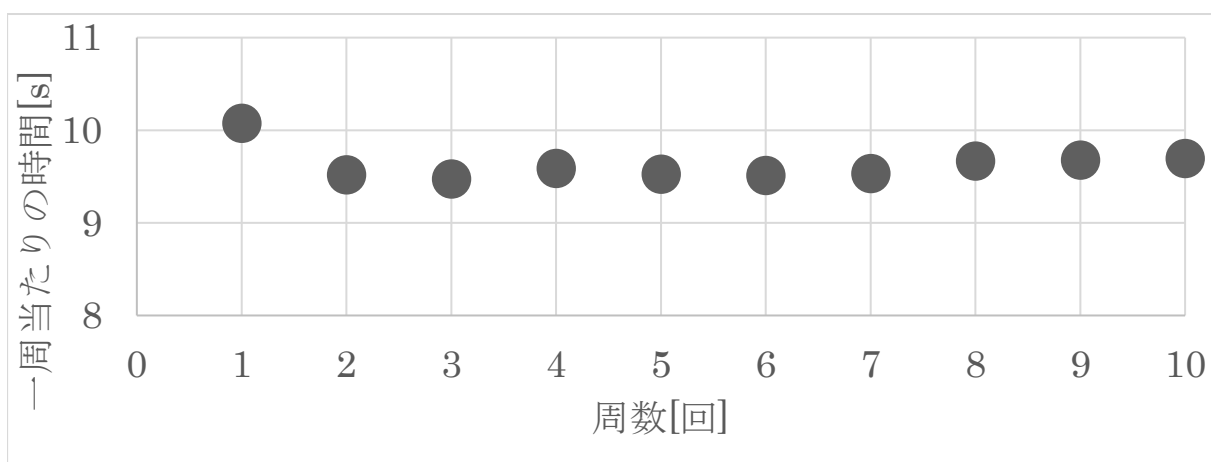


図9 ウルトラファインバブルのみの場合の周数と一周当たりの時間の関係

5 考察

次の3点について考察を行う。

- (1) 一周目の平均周回時間が長いことについて
一周目は固定状態から始めたため、速度が安定するまで加速していたと考えられる。よって一周目の値を除いた、二周目以降の傾向を図10に示す。

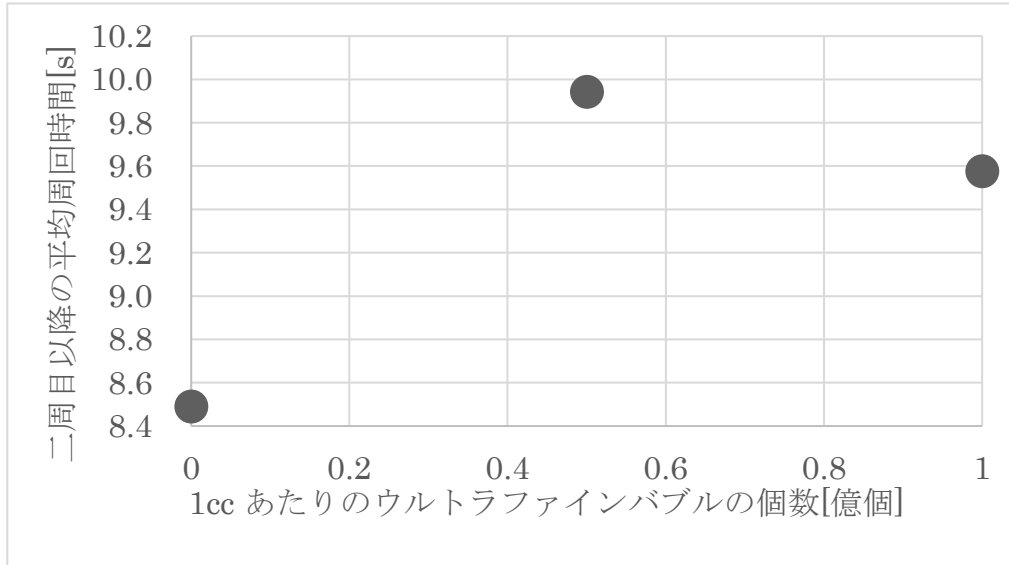


図10 ウルトラファインバブルの密度と二周目以降の平均周回時間の関係

- (2) 通常の水より、泡ありのほうの速さが小さいことについて
船底で空気潤滑による摩擦の低減するいっぽうで、タービンに泡が付着し、微細な泡が緩衝材の役割を行い、速さが小さくなったことが考えられる。
- (3) 泡半分よりも全て泡ありの速さが大きいことについて
ウルトラファインバブルが増加したことで、摩擦がより低減され、空気潤滑による影響が緩衝材の役割をしていた影響を上回り、関係が逆転したことが考えられる。

6 まとめと今後の課題

本研究の仮説において、ウルトラファインバブルにより、船体の効率的な移動が可能であると設定していたが、測定結果によるとウルトラファインバブルを用いた場合の方が遅くなるという結果が得られた。これはタービンにウルトラファインバブルが付着したことが原因と考えられる。

今後においては、船底だけにウルトラファインバブルが当たるように、実験装置を開発することが課題である。また、実際の船においては、荷を運ぶことが想定されるため、その荷の重さによる変化もあるのかおもりを使って検証することが課題である。

謝辞

実験に伴い、水の使用についてご相談させていただきました、宇和島東高校の事務室の皆様ありがとうございました。

参考文献

- ・「未来の科学者たちへ #14 「超撥水ふたたび」 物質・材料研究機構 (NIMS)
<https://www.youtube.com/watch?v=uM5TAXKHPQc>
- ・「空気潤滑による模型船の摩擦抵抗低減実験」 佐藤 徹,中田 崇,竹下 理人,土屋 好寛,宮田 秀明, 1997-12,日本造船学会論文集 182,121-128