

撥水加工による検証～水上移動の効率化～

物理班：姥 龍仁 竹村 和真 民谷 瀬地 松尾 龍樹

要約

本研究の目的は撥水加工による水上移動の効率化の具合を明らかにすることである。実験によって、物質の接触角がより大きくなるにつれ周回する時間が短くなった。また、その接触角と周回時間との相関関係には、負の相関があった。従って、物質の接触角のより大きいものが水をはじくことによって船底との摩擦力が小さくなり移動速度が上昇し、接触角と水上移動速度に正の相関があると考えられる。

Abstract

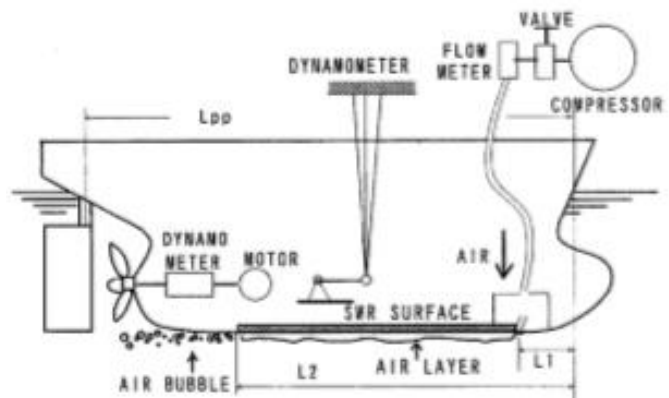
The purpose of this study is revealing the degree of efficiency of moving on the water repellent finish. The research shows that the larger the contact rating, the shorter the time it takes to go around. And the correlation is negative effect comparing the contact angle with the orbital speed. So this study suggests that contact angle and speed on the water have positive correlation because the frictional force with the bottom of the ship decreases and the movement speed increases when a substance with a larger contact angle repels water.

1. 序論

水泳競技に用いられる競泳水着には撥水加工の施されたものがあり、ミズノ社のアクアブレードがその例として挙げられる。撥水とは物体の表面が流体をはじく性質のことでその大きさはその表面と水滴との接触角の大きさのことであり接触角が 90° を超える時、その表面は撥水性を示し、とくに接触角が 150° を超える時、超撥水を示す。本研究は撥水加工による水上移動の効率化の具合を明らかにする目的のもと行われた。

2. 先行研究

大阪府立大工学研究科の福田和廣氏は貨物船やタンカーにおいて、船体を受ける全抵抗の60～80%を占める摩擦抵抗を低減するということを述べた。撥水性の極めて高い表面を水中につけると、その表面に薄い空気層が発生することを利用して、船底に撥水加工を施すことによってその空気層を作り出し、船首部から空気を供給し、



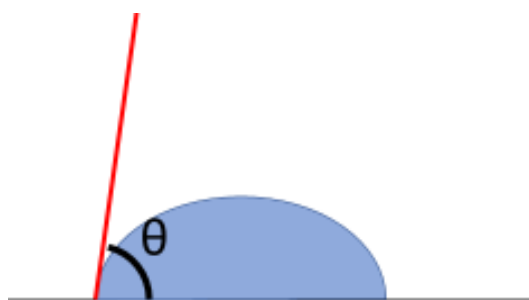
(図1) 撥水表面空気供給法の概念図

船底の空気層を維持することによって流体摩擦抵抗の低減が期待できる撥水表面空気供給法（図1）と呼ばれるものを唱えた。この手法は船の速さ 4.0m/s では約 80%、8m/s では約 50%の流体摩擦抵抗が低減できた。

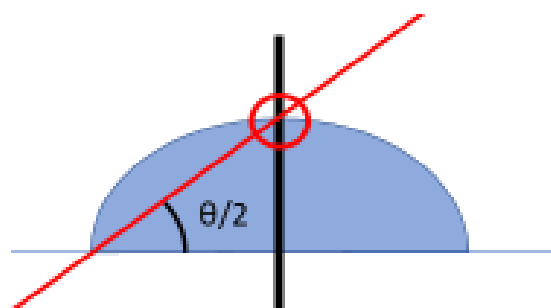
3. 研究手法

実験準備物としてラップ（クレハ：NEW クレラップ）、アルミホイル（東洋アルミエコープロダクツ：サンホイル）、撥水スプレー（カインズ：撥水防汚スプレー）、モーター付きボート（タミヤ：70154 水中モーター船体付き）、力学スタンド、たらい、糸、を用意する。

- ① ラップ、アルミホイル、モーター付きボート、モーター付きボートに撥水スプレーを塗布したもの、それぞれの水滴との接触角を水平な台を用いて測定。（図2）測定方法については $\theta/2$ 法（水滴の左端と右端の垂直二等分線と水滴の輪郭の交点を頂点とし、端点とその頂点を結んだ角を $\theta/2$ として測定する。なお、この測定方法は水滴を円の一部と仮定したうえで、接弦定理と円周角の定理を用いて証明することができる。（図3））
- ② たらいに水を張り、力学スタンドからモーター付きボートにつなげられた糸 43cm をつるし、モーター付きボートの船底に①で接触角を測定した各物質を張り付け、たらいの側面にボートが接触しないことに注意して周回させる。20 周する時間をもとに移動速度を考察する。



（図2）接触角の模式図



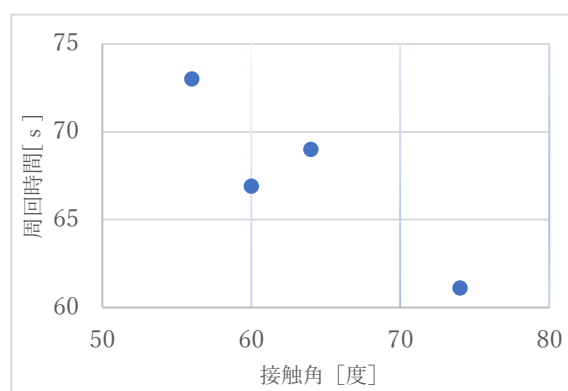
（図3） $\theta/2$ の模式図

4. 結果

計測の結果、接触角と周回時間の相関関係は下のようになった。（図4）（図5）

物質名	接触角	周回数	計測1	計測2	平均値
アルミホイル	56°	20	74.0	72.1	73.0
		1	3.70	3.61	3.66
通常	60°	20	64.7	69.0	66.9
		1	3.24	3.45	3.35
ラップ	64°	20	68.7	69.2	69.0
		1	3.45	3.46	3.45
撥水スプレー	74°	20	62.3	59.8	61.1
		1	3.12	2.99	3.05

（図4）各物質とその接触角と周回時間



（図5）接触角と周回時間の相関関係

5. 考察

物質の接触角がより大きくなるにつれ周回する時間が短くなったことから、接触角の大きいものが水をはじくことによって船底との摩擦力が小さくなり、移動速度が上昇することが考えられる。また、接触角と周回時間の相関関係から、接触角と周回時間に一次的な関係があることが考えられる。また、ラップを船底にはりつけた実験で周回時間に誤差が生じた原因として、ラップを船底にはりつけた際にしわが発生してしまい、そのしわが抵抗となって周回時間に誤差が生じたと考えられる。

6. 結論

結論として接触角の大きさが水上での移動速度に影響を及ぼすことが分かった。また、接触角と周回時間に一次的な負の相関があった。今回の実験では船底にはりつけるために使用した物質の数が非常に少なく、接触角の大きさに差がなかったため、より詳しい接触角と周回時間の相関関係を考察することができなかった。今後の展望としては実験に使用する物質の種類を増やし、より多いデータを用いて様々な観点からの相関を考察したい。

7. 参考文献

福田和廣「撥水性表面上に形成する空気膜を利用した流体摩擦抵抗の低減」

https://www.jstage.jst.go.jp/article/technom/852/0/852_KJ00004991084/_pdf

松崎 健「競泳水着の変遷—記録への終わりなき挑戦—」

https://www.jstage.jst.go.jp/article/fiber/58/9/58_9_P_236/_pdf

吉田直哉「撥水材料の静的撥水性と動的撥水性」

https://www.jstage.jst.go.jp/article/sfj/60/1/60_1_9/_pdf