

## PS-8 音響流放射型流場制御デバイスによる流動試験

流体設計系 \* 川島 英幹

### 1. はじめに

国際海事機関（IMO）では、海事分野に於ける温室効果ガスの総排出量を 2050 年までに 2008 年の 50% に削減することを戦略目標に定めている。船舶の温室効果ガスの排出削減目標を達成するためには、船体周りに生じる流体現象を効果的に制御し、船体周りの流場で消費されるエネルギーを大きく減少させる必要がある。そのためには、船体や推進器などの表面から直接流場を制御し、無駄に消費されるエネルギーを削減する手段が効果的である。そこで、物体表面近傍の流体に直接働きかけ、流場を制御できる技術を開発することを目的として、音響流放射型流場制御デバイスの開発を実施している。

### 2. 音響流による流場制御デバイス

現在、壁面から直接流場を制御する実用的手段は実現されていない。一方、SAW（Surface Acoustic Wave）デバイスを用いて、音響流を放射させ、液滴を移動させたり<sup>1)</sup>、水流を起させたり<sup>2)</sup>、推進力を発生させたり<sup>3)</sup>している研究がある。SAW デバイスは、櫛歯型の電極を圧電素材上に形成し、電流を流すことで、表面に弾性表面波を励起する装置である。弾性表面波を励起すると隣接する媒質に音響流を放射するが、弾性表面波により励起される音響流が壁面と成す放射角は、(2.1) 式と図-1 に示すように物体表面の表面波の音速と流体の音速の関係で決まる（レイリー角）。

$$\alpha = \frac{180}{\pi} \arcsin \left( \frac{c_{fluid}}{c_{surface}} \right) \quad (2.1)$$

- $\alpha$  : Reyleigh angle (degree)  
 $c_{fluid}$  : Sound velocity of fluid  
 $c_{surface}$  : Sound velocity of surface

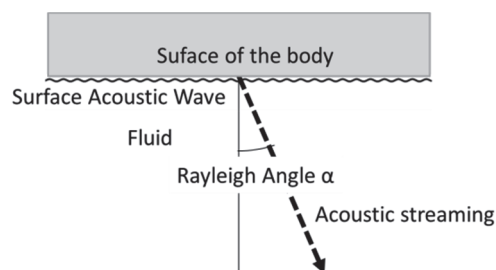


図-1 レイリー角（音響流の放射角）

これまでの SAW デバイスによる音響流の放射による水への働きかけの研究で用いられている圧電材料は、ニオブ酸リチウム（LiNbO<sub>3</sub>）である。ニオブ酸リチウムの表面波の音速は、3992m/s であり、水の音速は、1483m/s であるため、(2.1) 式で求められるレイリー角は 23.5° となり、壁面からの音響流の放射角は 66.5° となる。これを流場制御に使おうとすると、音響流の放射角は壁面に対して大きな角度を持ち、むしろ流れ場を乱してしまう。

一方、圧電材料を、別の物性の材料と貼り合わせることで、表面波の音速を変化させられることが研究<sup>4)</sup>されている。

この SAW デバイスの圧電材料の表面波音速を、接する流体の音速より、わずかに速くなるように制御すれば、SAW デバイス表面に水平に近い角度で、音響流を放射できる。そこで、流体の音速に合わせて物体表面の音速を制御し、壁面の接線方向の音響流を放射することで、流れを乱すことなく、流場に直接的な影響を与えることが可能なデバイスの開発をおこなった。

### 3. デバイスの試作と流動試験

ニオブ酸リチウム（表面波音速 3992m/s）に、表面波音速の遅いポリスチレン樹脂（表面波音速 1051m/s）と組み合わせることで、表面波音速を低速化させた試作流場デバイスを製作した。試作した音響流放射型流場制御デバイスの写真を図-2 に示す。

試作音響流放射型流場制御デバイスを用いて、水の流動試験を行った。流動試験は、トレーサー粒子を混合した水を試作デバイス後方に液滴として置き、交流電力を入力した場合の液滴内の流動を観察した。40V、35~37MHz の交流電力を入力した時の、液滴内の変化を図-3 に示す。電力の入力により水の噴流（図-3 写真の液滴内の楔形部分）を発生した。

撮影した動画を解析した結果、試作デバイスにより発生させた噴流の流速は2mm/sであった。



図-2 試作した音響流放射型流場制御デバイス



電力入力前



電力入力時

図-3 試作デバイスによる流動試験

#### 4. まとめ

物体壁面近傍に直接流れを発生させる音響流放射型流場制御デバイスを開発している。

音響流放射型の音響流の放射角を制御する方法として、圧電材料と他の材料を貼り合わせて、表面波音速を制御する方法を検討し、ニオブ酸リチウムとポリスチレンを組み合わせた試作音響流放射型流場制御デバイスを製作した。

試作した音響流放射型流場制御デバイスに高周波電流を入力することにより、液滴内に流速2mm/sの水の噴流が発生した。

#### 謝辞

本本研究は JSPS 科研費 JP18K18914 の助成を受け実施しました。

#### 参考文献

- 1) S. Shiokawa, Y. Matsui, T. Ueda : Study on SAW Streaming and its Application to Fluid Devices, Proceedings of 10th Symposium on Ultrasonic Electronics 1989, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 29 (1990), Supplement 29-1, pp.137-139.
- 2) 前沢峰雪, 鎌倉友男 : 水中における SAW 音場評価と流れの可視化, 信学技報, (2007) , pp.47-51.
- 3) D. Kong, M. K. Kurosawa. : A Novel Approach to Swimmer Actuation via Surface Acoustic Wave, Proceedings of Symposium on Ultrasonic Electronics, Vol. 39 (2018)
- 4) 鹿田真一 : 高周波ダイヤモンド弾性表面波デバイスに関する研究, 大阪大学工学研究科博士論文 (2004) .