



音響流を用いた超音波空気ポンプ

背景

○現状の問題

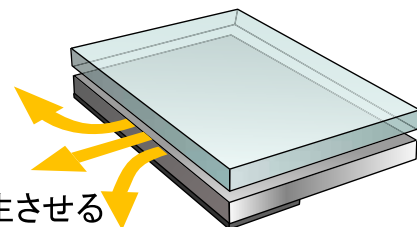
小型・薄型化が進む狭い機器内部への気体供給の需要
従来のファンやポンプでは十分な移送が困難

○現象

二つの平面に挟まれた薄い空間（厚さ1 mm以下）で強力な音波を発生させる

→ 気体の流れ(音響流)が生じる

空気ポンプに応用可能

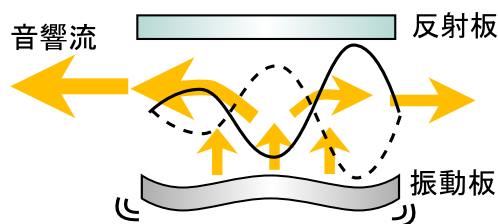


目的

音響流を用いて、定常的な一方向流れを効率よく起こすポンプを設計すること。

○音響流とは

強力な音波を発生させると、音場の傾きに応じて駆動力が発生することにより、媒質自体が流れる現象



解析の流れとその評価

- | | | | |
|----------|----------|---|-------------|
| | シミュレーション | → | 実測 |
| 1.振動 | 粘性考慮FEM | → | LDV |
| 2.音圧分布 | 粘性考慮FEM | → | 光ファイバ音圧プローブ |
| 3.音響流駆動力 | | | |

$$f = -\overline{(u \cdot \nabla)u} - \overline{u \operatorname{div} u} - \frac{\eta}{\rho^2} \nabla^2 (\rho_a u) - \frac{1}{\rho^2} \left(\zeta + \frac{\eta}{3} \right) \operatorname{grad} \operatorname{div} \rho_a u$$

$$u = -\nabla p / j\omega \rho$$

η, ζ 空気の粘性定数 ρ : 空気の密度 ω : 駆動角周波数

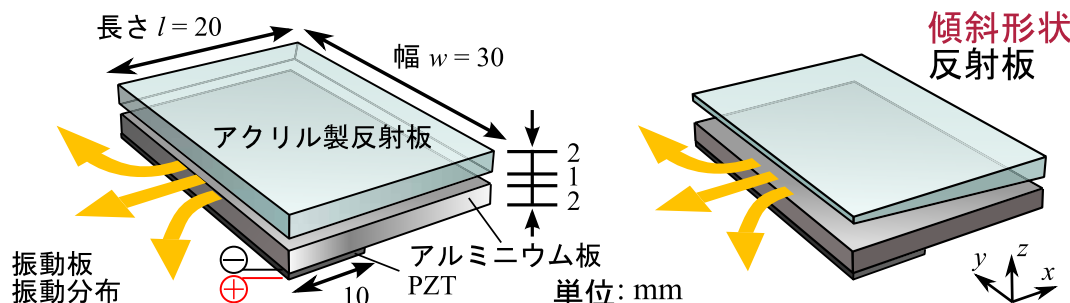
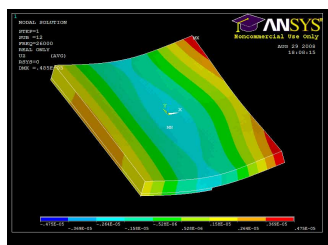
- | | | | |
|------|------|---|-----|
| 4.流れ | 流体解析 | → | PIV |
|------|------|---|-----|

*THEORETICAL FOUNDATIONS OF NONLINEAR ACOUSTICS
O. V. Rudenko and S. I. Soluyan

装置の構造

一方向流れを起こすために

- 振動板に左右非対称たわみ振動を励振
- 傾斜形状反射板で音圧進行波を起こす



音場

空気層の共振を利用してより強い音場を励振

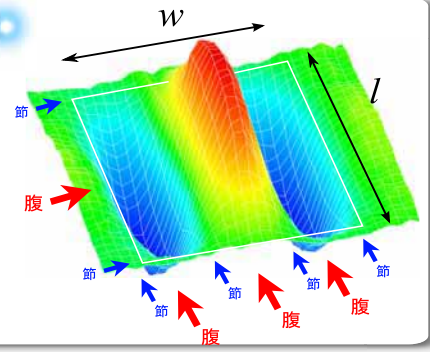
共振周波数の式

$$f = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{n_x}{l}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{w}\right)^2}$$

c : 空気中の音速

振動板の振動分布と相関の高い $(n_x, n_y) = (3, 1)$ モードを使用

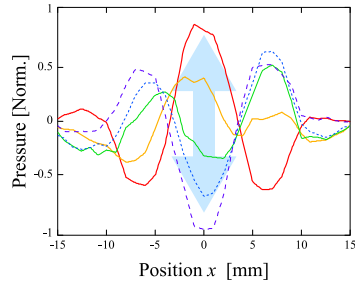
共振周波数は 26.2 kHz



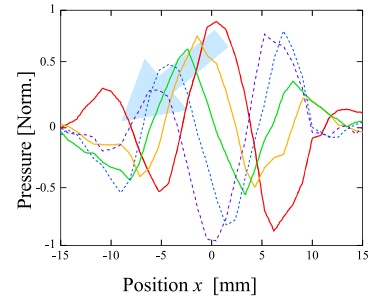
音圧分布

○計算結果

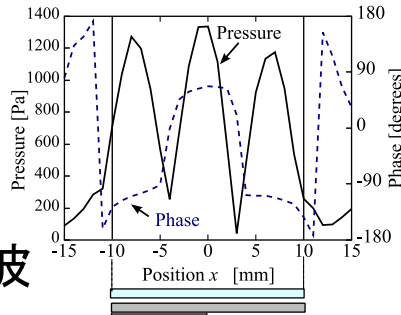
平板形状
反射板



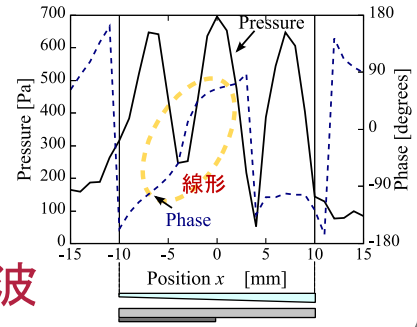
傾斜形状
反射板



○実測



左右対称定在波

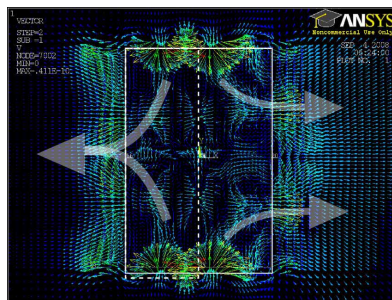


左方向進行波

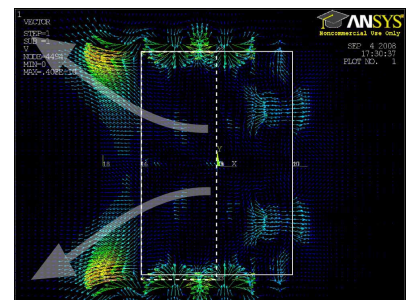
流れの分布

○計算結果

平板形状
反射板



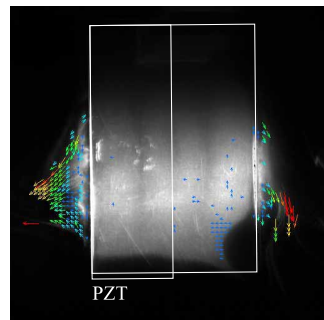
傾斜形状
反射板



○実測(PIV)



両方向流れ



一方向流れ

