

静電浮遊法を用いた二重液滴内のコア相とシェル相の振動特性の相関

○加藤翔真（筑波大院），松本聡（JAXA），金子暁子，阿部豊（筑波大）

Interaction between core and shell phases oscillation of compound droplet using electrostatic levitation method

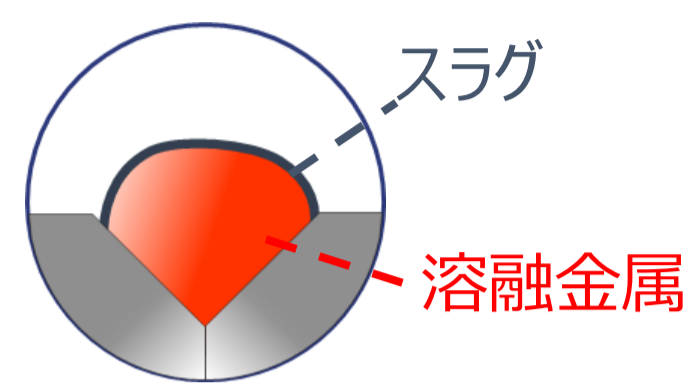
○Shoma KATO (Univ. of Tsukuba), Satoshi MATSUMOTO (JAXA), Akiko KANEKO, Yutaka ABE (Univ. of Tsukuba)

背景

熔融金属/スラグ界面

溶接・鋳造 etc.

品質制御において
熔融金属/スラグ界面の
形状・現象の把握



コア・シェル液滴

熔融金属/スラグ界面を
液滴で模擬

界面張力が重要

ISSでの静電浮遊法を用いたコア・シェル液滴の界面張力測定¹⁾
コア・シェル型液滴振動挙動の理論的解析解から界面張力を算出²⁾

目的

コアシェル型二重液滴の振動における
コア相シェル相の振動特性に与える
半径比の影響検討

アプローチ

- 半径比毎のコアシェル液滴の振動挙動を確認
- 振動特性に与える半径比の影響を
圧力分布から考察

設定

支配方程式

$$\nabla \cdot \mathbf{U} = 0$$

$$\rho \left(\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + \mathbf{U} \cdot \nabla \mathbf{U} \right) = -\nabla P + \mu \nabla^2 \mathbf{U} + \mathbf{F}_\sigma$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} + \nabla \cdot (\alpha \mathbf{U}) = 0$$

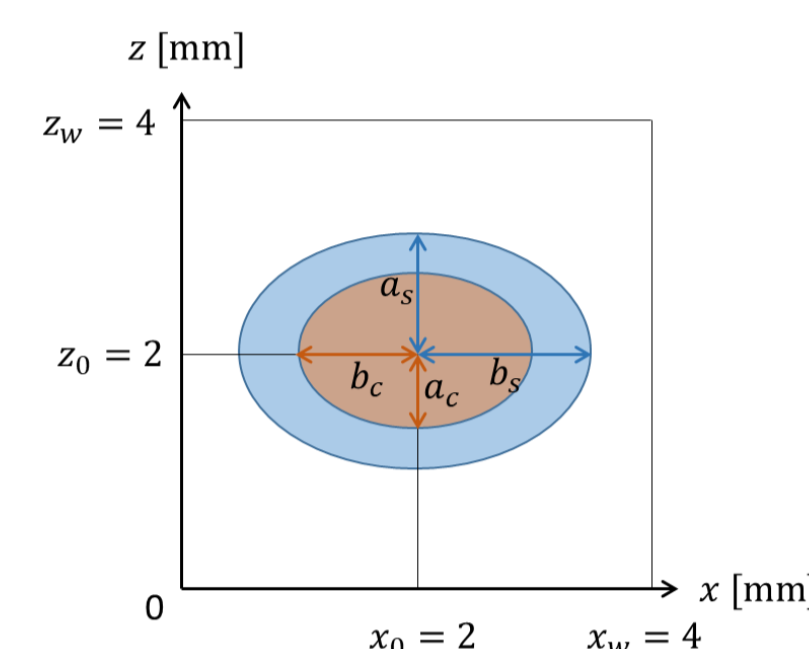
境界条件

$$u = 0, \frac{\partial w}{\partial x} = 0, \frac{\partial \alpha}{\partial x} = 0 \quad (x = x_w \cdot x = 0)$$

$$\frac{\partial u}{\partial z} = 0, w = 0, \frac{\partial \alpha}{\partial z} = 0 \quad (z = z_w \cdot z = 0)$$

	Shell liquid	Core liquid
Density [kg/m ³]	1000	997
Surface tension [mN/m]	20.0	72.0
Interfacial tension [mN/m]	52.0 ³⁾	
Viscosity [mPa · s]	1.0	1.0

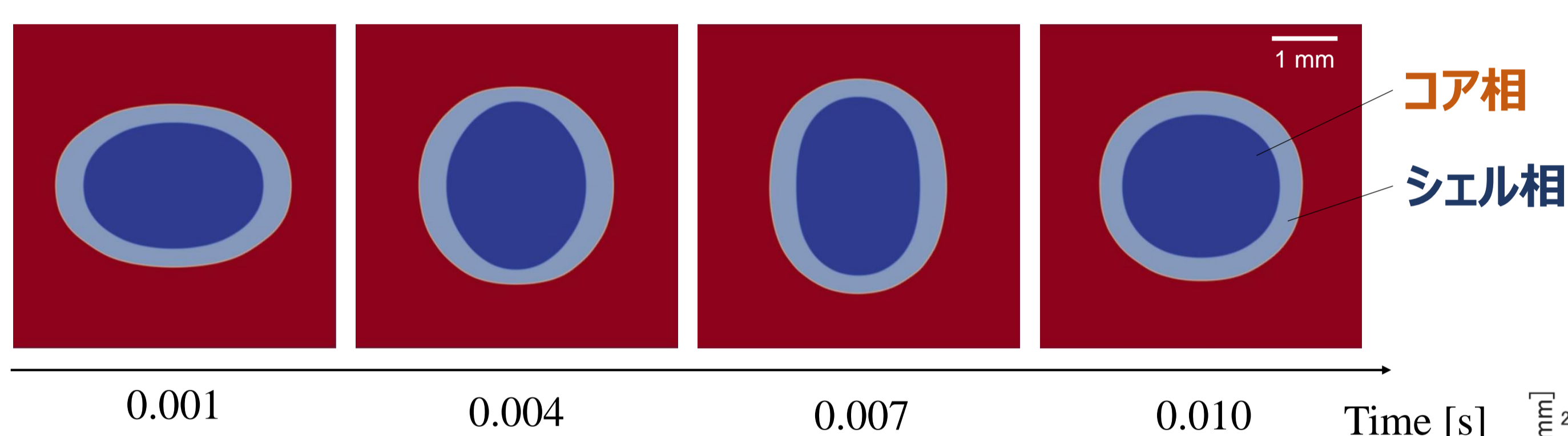
P : 圧力
t : 時間
U : 速度ベクトル
ρ : 密度
α : VOF関数
(領域に占める割合)



液滴振動挙動

半径比1.3

コア相とシェル相は同様の振動位相を示した



コア相振動

ピーク周波数が一つとなる，比較的単純な振動
液滴径が小さくなっているため，
周波数が大きくなる方向へシフト

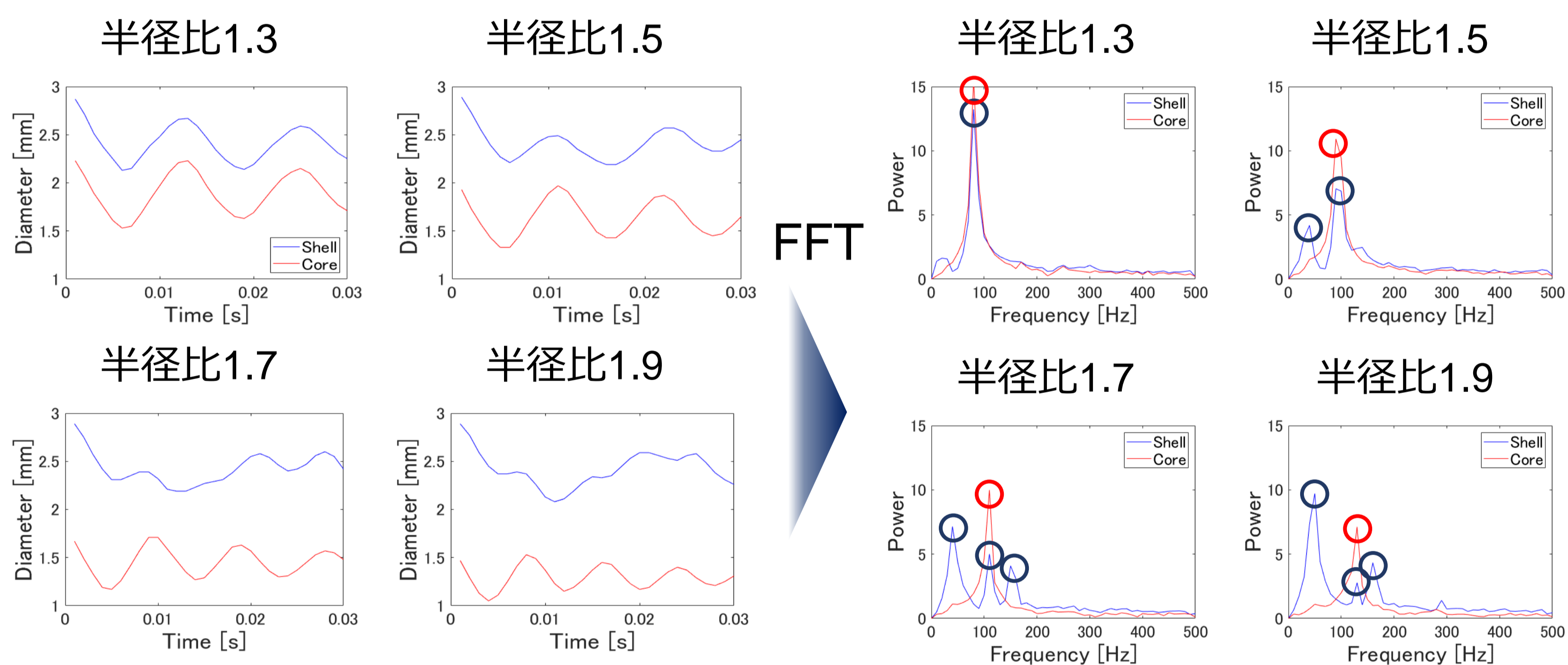
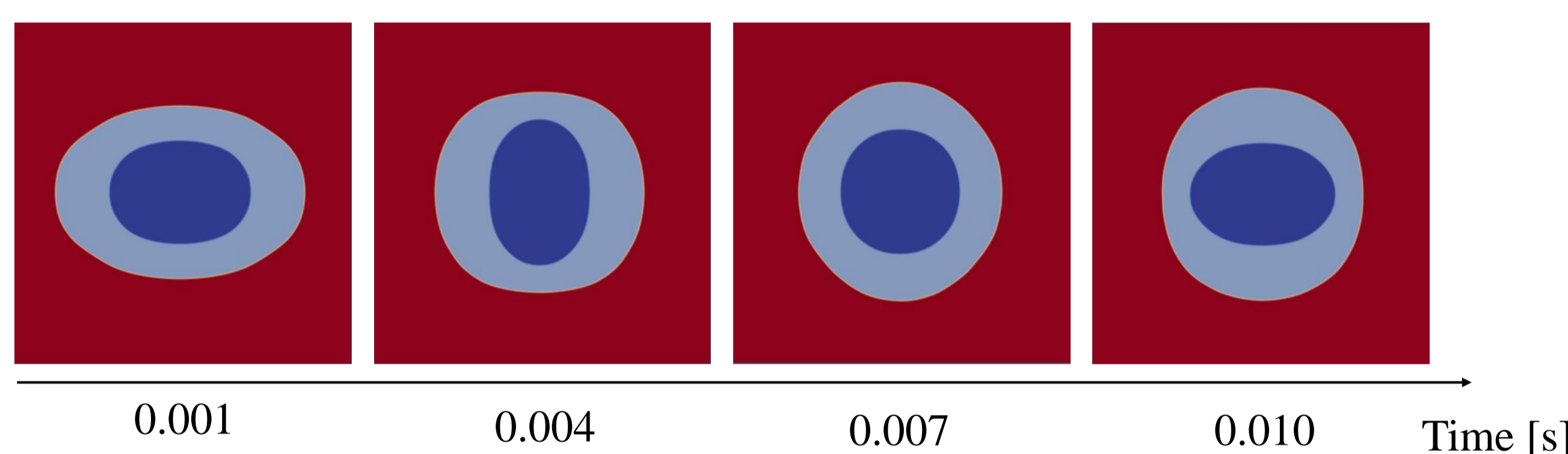
シェル相振動

共振周波数が一つではない複雑な振動
コア相における共振周波数にピーク

位相のずれが生じる原因を検討

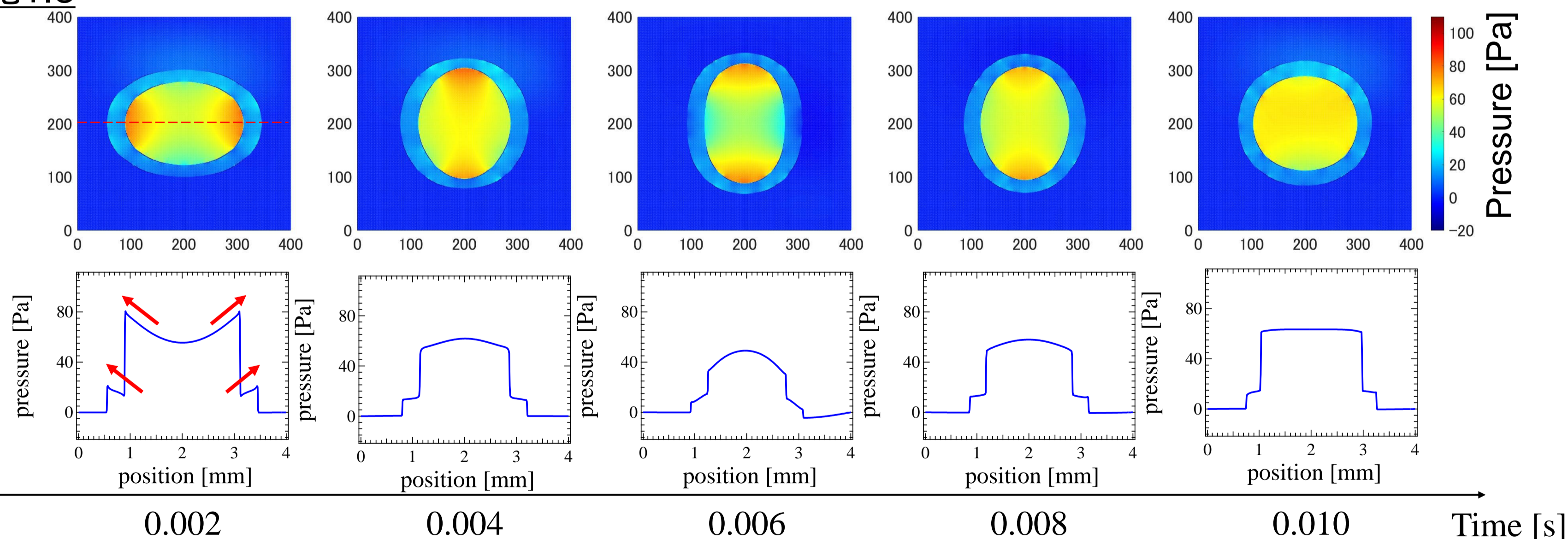
半径比1.7

コア相とシェル相間で位相のずれを確認した

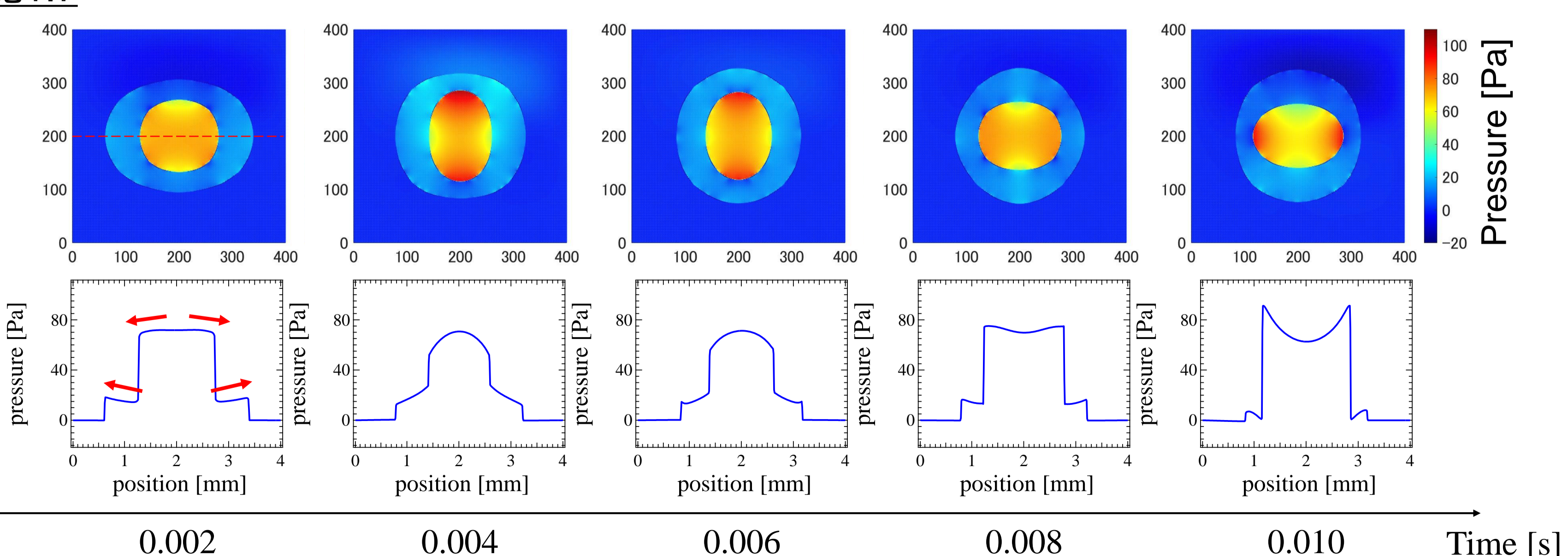


圧力分布

半径比1.3



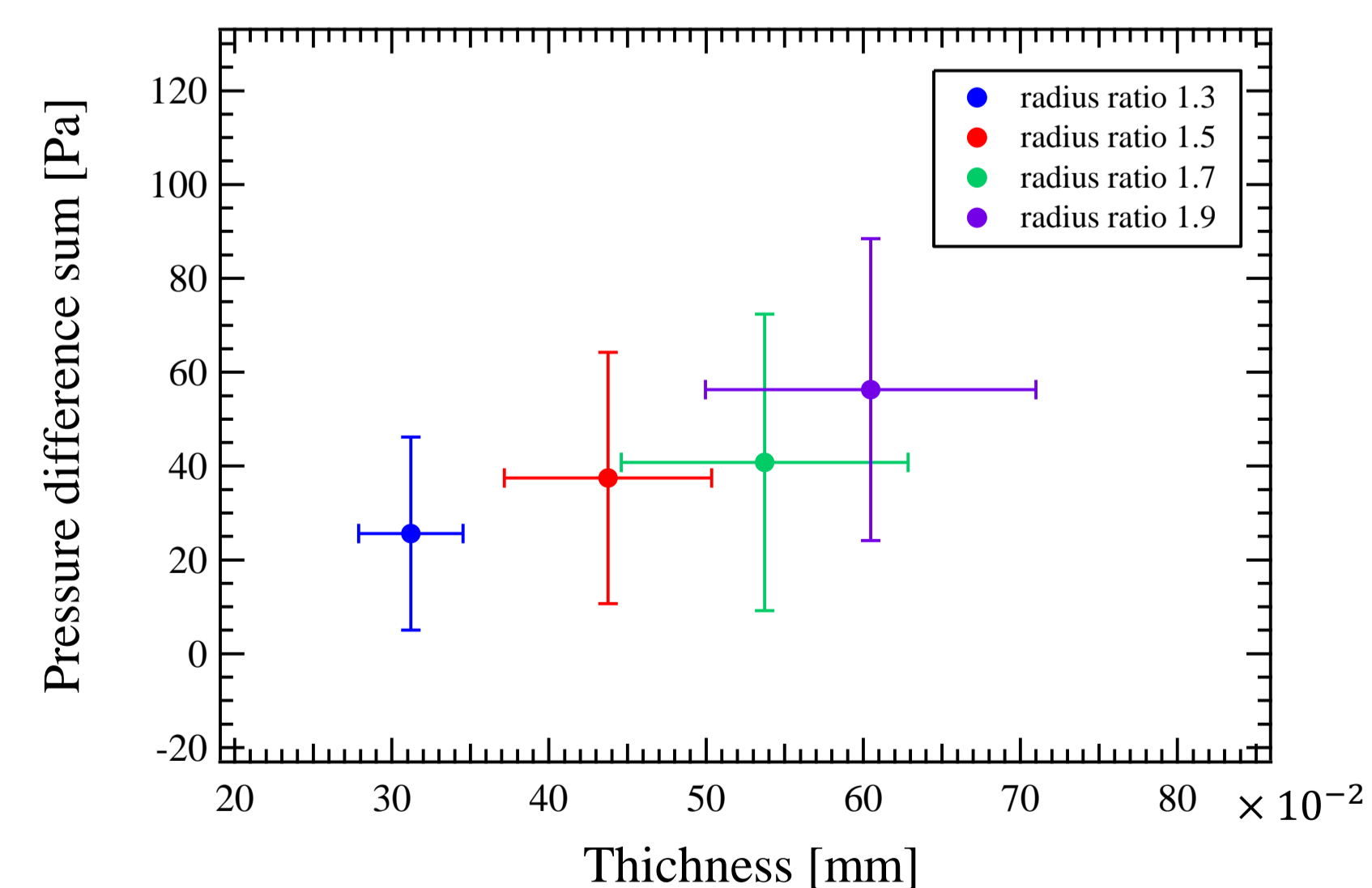
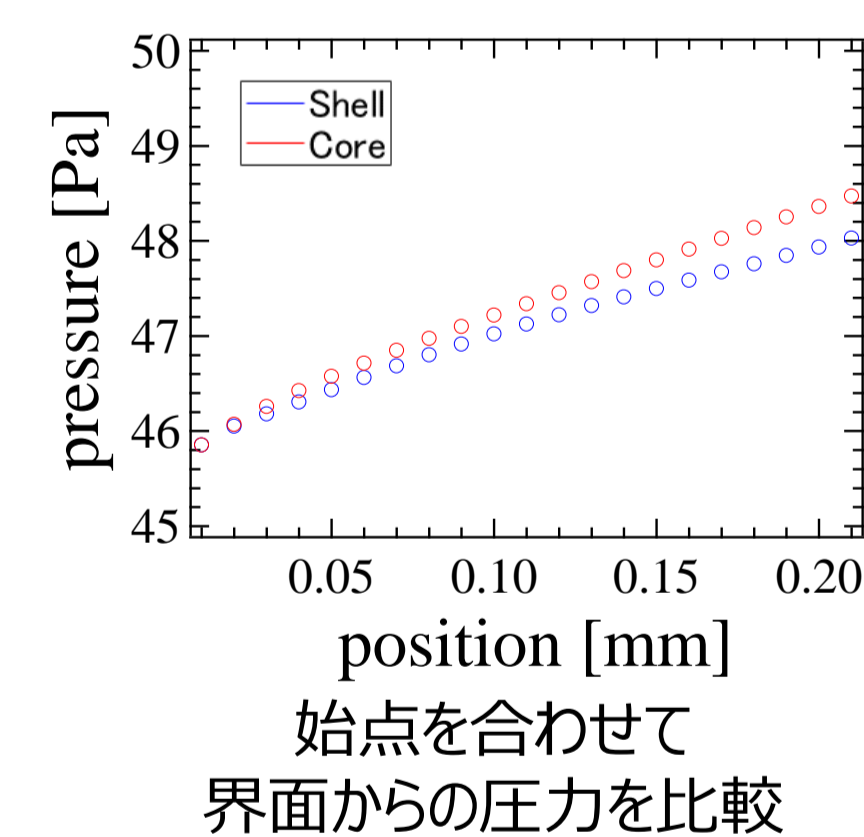
半径比1.7



界面から0.2mmの圧力分布を抽出

各点での圧力差の和を算出

シェル相厚さと圧力差の和の
関係をプロット



半径比が小さい場合

圧力差が0付近にまとまっている
シェルとコアで同様の圧力分布

半径比が大きい場合

圧力差がばらつくことを確認
シェルとコアで異なった圧力分布

結言

半径比が小さい場合はコア相・シェル相の振動は同位相を示すが，
半径比が大きい場合は異なった振動位相を示すことを液滴の振動解析
とシェル相の厚さ対圧力分布の差の関係から確認した。

参考文献

- 1) M. Watanabe, T. Tanaka, T. Tsukada, T. Ishikawa, H. Tamaru and A. Mizuno: Int. J. Microgravity Sci. Appl., 32(2015) 320102
- 2) M. Saffren, D.D. Ellmann and W.K. Rhim: Proc. 2nd International colloquium on drops and bubbles, Monterey, USA, 1981, 7.
- 3) G. N. Antonov: J. Chim. Phys. (1907), Vol. 5, pp. 372-385