



## ターボ機械の動特性

キーワード: 非定常流れ、数値流体解析、代理モデル、動的モード分解制御

**研究内容**  
ターボ機械の安定性の向上のため、ターボ機械の動特性測定

非定常時には、定常の性能と異なる傾向を示す。

**実験装置**

Pulsating flow generator part  
Pulsating flow measurement part  
Reciprocating piston  
Centrifugal impeller  
Impeller rotational frequency  $f_i = 15 - 25$  Hz

**代理モデル構築 (動的モード分解制御DMDC)**

Snapshot  
Time  
Space  
DMDC Model Structure

**代理モデルによる流れの再構築**  
一つの計算条件に要する計算時間  
・数値流体力学 (CFD) : 1~3日  
・代理モデル : 約1分

数値流体力学  
代理モデル

## 加熱油中の水滴の急発泡と液滴形成

キーワード: 相変化、気液界面、流れの可視化、微粒化、界面不安定性

**研究内容**  
調理エアロソルの発生メカニズムの解明と検知手法の開発

揚げ物料理に潜むリスク  
エアロソル (室内空気環境の悪化)  
加熱による調理火災  
水滴/気泡による油ハネ (火傷・悪臭)

画像: Created by using Google Gemini

**実験装置**

Oil Droplet  
Microphone  
A/D  
PC  
Top View  
Diffuser  
Stage w/ wire  
Camera >7 kfps  
Light  
Thermocouple  
Heater  
MIOPS Trigger

**エアロソル形成過程の可視化**

~60 m/s  
<1 ptx (80  $\mu$ m)  
~400  $\mu$ m  
~8 m/s  
10 mm  
t=0 ms, 2.2 ms, 2.4 ms, 4.6 ms, 4.8 ms

・気泡破裂に伴う高速・微細ミスト  
・液膜挙動による液滴飛散の二段階で油ハネが発生する。  
(画像: Kiyama, et al., Phys Fluids 2022)

**微細液滴の詳細解析**  
速度場の計測結果  
液滴サイズの計測結果

速度場計測結果  
液滴サイズの計測結果  
Number Count (x)  
Radius  $R_d$  (mm)

(Kiyama, Kang, et al., Phys Fluids accepted)

## ターボ機械の内部流れのデジタルツ윈

キーワード: 次元削減モデル、ベイズ推定

**研究内容**

Input: 境界条件 etc.  
CAE: 長時間・高コスト・高精度  
ROM: 短時間・低コスト・精度?  
Output: 流れ場: 高次元・高精度  
・流れに応じた制御  
・異常検知  
・故障の予測

物理モデルベース  
多数の近似を含む  
物理法則に基づいた簡略化

データ駆動型  
十分な流れ場データが必要  
複雑な流れ場の表現が可能

**スパースセンシングによる流れの推定**

計測に関する制限  
・観測位置・物理量の制限  
・センサ数の制限  
Flowrate: 0.050

本研究のセンサ配置  
・観測位置: シュラウド壁面  
・観測量: 圧力  
シュラウド

3次元流動現象の直接観測: 困難

**センサ位置最適化**

計測値  
センサ位置行列  
流れ場  
PODモード  
POD係数ベクトル

ベイズ線形回帰: 事前に予測される情報を最大限に活用  
 $\hat{z} = (C^T R^{-1} C + Q^{-1})^{-1} C^T R^{-1} y$

**時間平均流れの固有モードと推定結果**

圧力場 平均場 第1モード 第2モード

推定結果  
数値流体力学  
代理モデル  
p=0

## 水中での平板衝突・接近による気泡発生動態の解析

キーワード: 相変化、キャビテーション、気液界面、流れの可視化

**研究内容**  
水中に設置された平板へ円盤状の物体が接近・衝突するに伴って発生する円環状気泡の発生メカニズム解明と、その工学応用に関する研究

(a) water tank (bottom-wall) pepper water high-speed camera 3 (100,000 Eps.) water tank (side-wall) pepper water  
(b) high-speed camera 1 & 2 (6,000 Eps.)  
(c) (d)

(Kiyama, et al., Phys Rev Fluids, 2024)

**実験装置**

60  
20  
40  
H  
H  
2z0

**気泡発生形態の観察**

(a) Water  
Tank

・気泡は、衝突体が壁面へと接近し、接する直前で発生している。  
・気泡は最初個々の微細な泡として生じるが、拡大と共に一体化し、模型と同程度の円環状になる。  
・固体球が液体中で壁面に衝突し、その後のリバウンドで気泡を発生するとは異なるメカニズム。

**気泡サイズ・寿命の詳細解析**

気泡長さ  
気泡寿命  
Bubble length  $l_b$  (mm)  
Bubble lifetime  $t_b$  (ms)  
Impact speed  $V$  (m/s)  
 $(R_{c1} - R_0) / (R_{c2} - R_0)$

JKA Social Action  
競輪とオートレースの補助事業  
KEIRIN.JP  
KEIRIN OFFICIAL WEBSITE

## シンセティックジェットの推力特性

キーワード: 噴流、推力、流れの可視化、粒子画像流速計

**研究内容**

タコやイカのような吸い込みと噴射を繰り返し、推進するメカニズムを解明

[Blow phase] Separated Flow  
[Suction phase] Potential Flow

Actuator chamber Vortex Pair

**実験装置**

Light sheet optical system  
Mirror  
YAG laser  
異なる直径を持つ二つのノズル  
Belsons  
Displace ment sensor  
Vibration generator  
Pulsating flow

**数値流体力学による可視化様子**

I ストローク小  
II ストローク大  
III

**実験の可視化様子**

$M_1 > M_2$  ストローク小  
 $M_1 < M_2$  ストローク大  
F

## 気泡と周囲境界との相互作用

キーワード: キャビテーション、物体の入水、気液界面、流れの可視化

**研究内容**  
キャビテーションに代表される気泡は、周囲に存在する境界との相互作用によってその運動を変化させる。特に、その界面運動に及ぼす効果について、物体の入水に伴う準二次元気泡、単一キャビテーションの三次元気泡など、さまざまな系での検証を進める。

(Kiyama, et al., APS-Gallery of Fluid Motion Poster, 2020)

**物体の入水**

気泡特性時間 vs. 物体間距離  
Camera  
1.2 m  
0.8 m  
Light Banks  
Eq. 8  
Eq. 14  
Eq. 18  
Eq. 24  
Eq. 28

(Rabbi, Kiyama, et al., Ocean Eng, 2024)

**キャビテーション気泡と剛体壁角**

(a) 気泡の侵入 剛体壁角  
(b) Experimental data Model  
 $\beta = \arctan \frac{1 - (1 + \chi^2)^{-3/2}}{\chi^{-2} + \chi(1 + \chi^2)^{-3/2}}$   
 $\chi = h/h^*$

(Kiyama, et al., Phys Rev Fluids, 2021)

**キャビテーション気泡と柔軟壁面**

柔軟壁面付近での特異な崩壊挙動と、圧力計測大塚ら、混相流シンポジウム2025

## 翼列に発生する不安定現象

キーワード: 流れの不安定、多翼ファン、流れの可視化、渦法、数値流体解析

**研究内容**  
貫流羽根車で発生する偏心渦の不安定挙動のメカニズム解明

貫流羽根車

画像引用元: 換気扇の種類について | タカラショップ (tss-shop.com)

**実験装置**

Acryl Plate  
High Speed Camera  
Rotating Blade Cascade  
Sheet  
Motor for Blade Cascade

**ファン周辺の不安定流れ場**  
数値流体解析の流れ場  
熱線流速計の波形  
レーザによる流れの可視化

FFT結果  
レーザによる流れの可視化

**流れの安定解析と渦法**  
解析の模式図  
渦法の可視化結果

擾乱の複素速度  
 $\frac{dW}{dz} = \frac{dZ}{dt} = U - iV = -\sum_{n=1}^{\infty} i \frac{f_{1,n}}{2\pi} \frac{1}{z - Z_{1,n}} - \sum_{m=1}^{\infty} i \frac{f_{2,m}}{2\pi} \frac{1}{z - Z_{2,m}}$

## 流体・弾性体のダイナミクスと音響計測

キーワード: 界面流動、ソフトマター、共鳴、音響計測

**研究内容**  
流体の運動や、気液界面の変形が生じる際には、しばしば同時に音が発生される。非接触かつ非侵襲なセンシング技術として、音を活用することは直感的である。

私たちは、特に、ごく短い時間に変化する流体現象について、それに付随する音を頼りに、より詳細な理解を目指すための基礎研究をおこなっている。

Image credit: Yicong Fu

**「拍手」にかかる音の発生: 実験装置**

(a) Cupped  
Palm-Palm  
Palm-Finger  
(b) Computer

(Fu, Kiyama, et al., Phys Rev Res, 2025)

**「拍手」にかかる音の発生**

手の形によって、掌中の気体体積や付随するパラメータが変化し、支配的な音響周波数が変化する。

(Fu, Kiyama, et al., Phys Rev Res, 2025)

**その他の短時間現象(液膜封止)に伴う音響の例**  
水蒸気噴射に伴う音響  
物体の入水に伴う音響

水蒸気噴射に伴う音響  
物体の入水に伴う音響

(Kiyama, Kang, et al., Phys Fluids accepted & Shimoji, et al., MMPE 2025, Matsue, JPN)