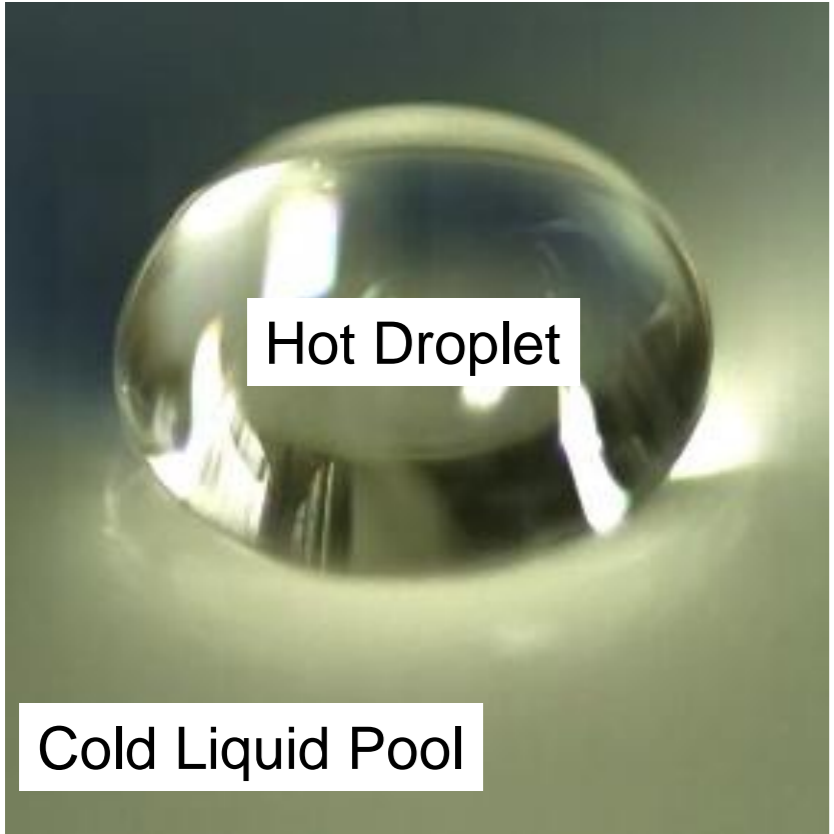


# 液面上に空気層を介して保持された液滴の流動および圧力に関する研究

Study on Flow and Pressure for a Droplet Sustained on the Liquid Pool Separated by a Thin Air Film

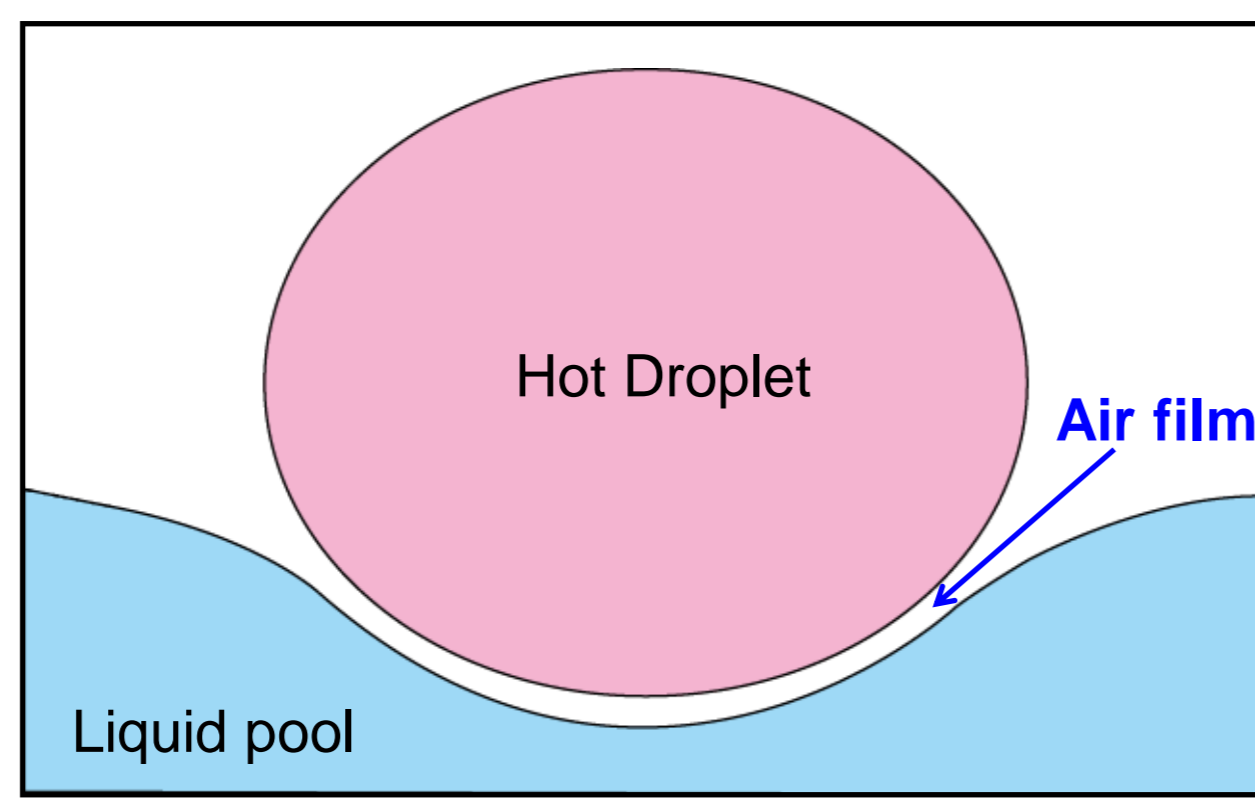
## 研究目的

温度差がある場合に液面上に保持された液滴  
液面上に液面と同じ液体の液滴が保持される現象[1]



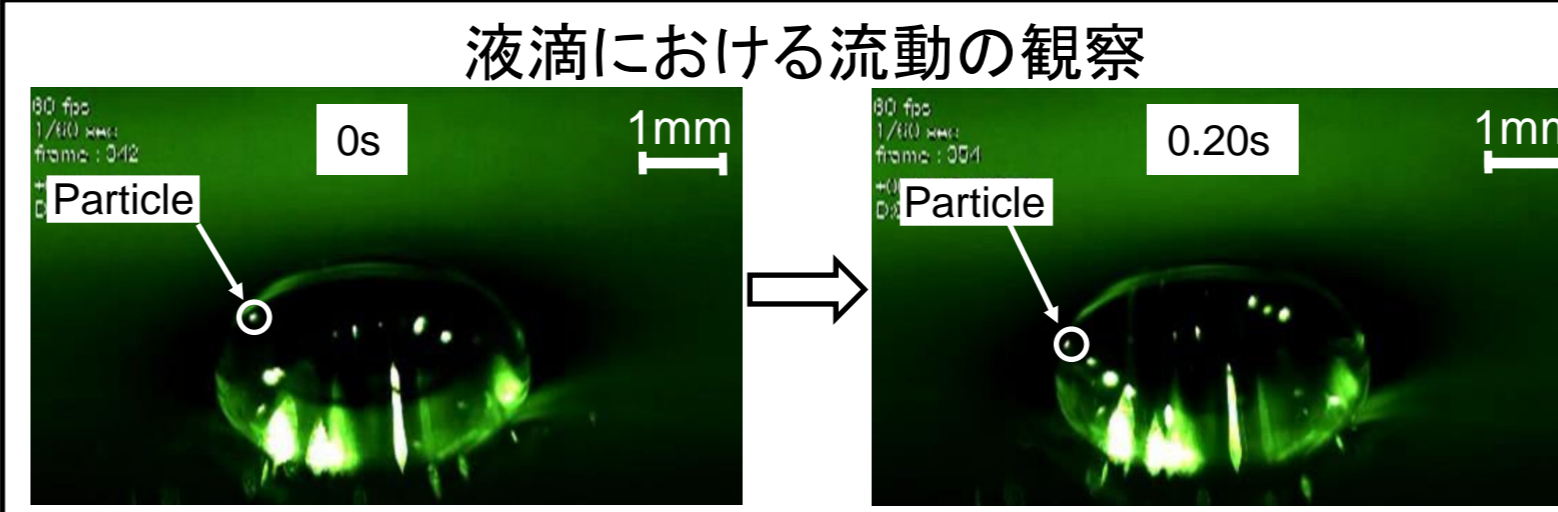
液滴が保持される仕組み

空気層が存在し液滴を保持している[2]

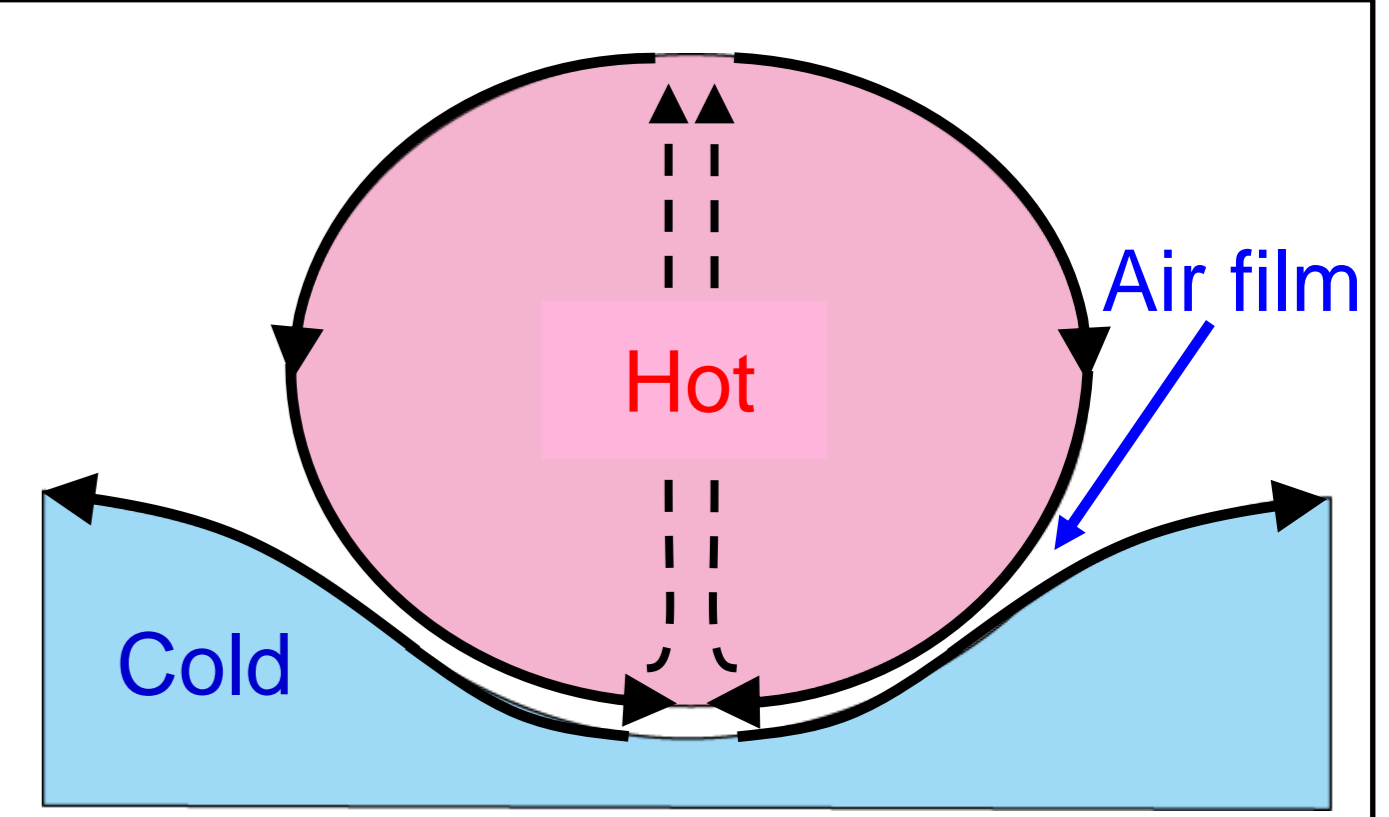
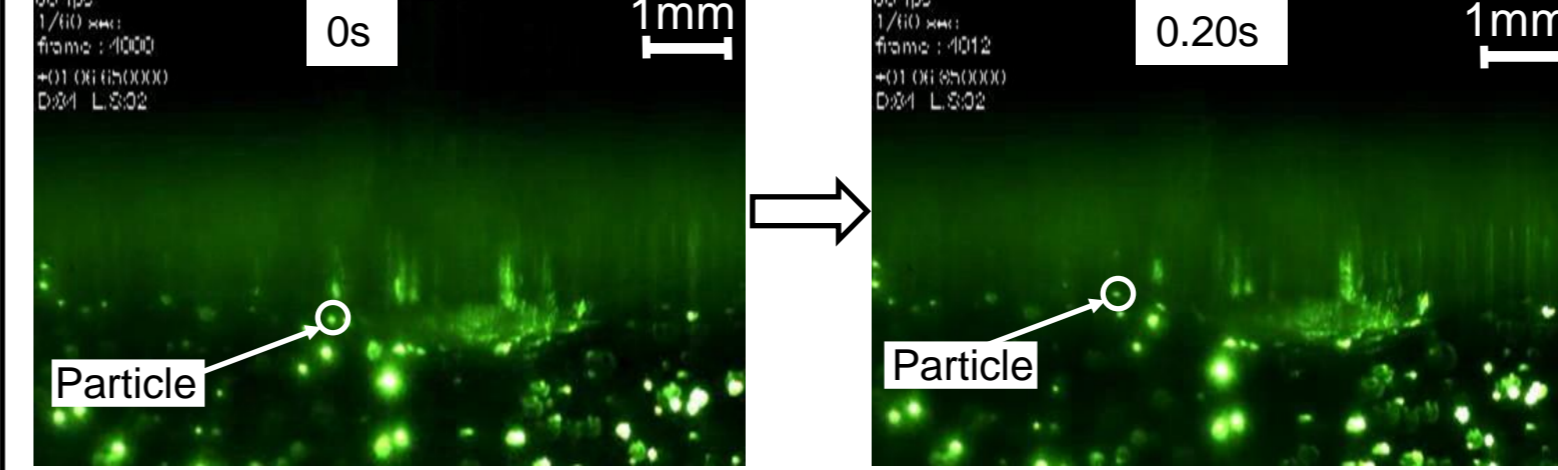


先行研究 (温度差により保持された液滴及び液面における流動の観察)[3]

液滴における流動の観察



液面における流動の観察



液滴表面の流動: 空気層に入り込む方向  
液面の流動: 空気層を送り出す方向  
流動速度: 温度差が大きいほど速い

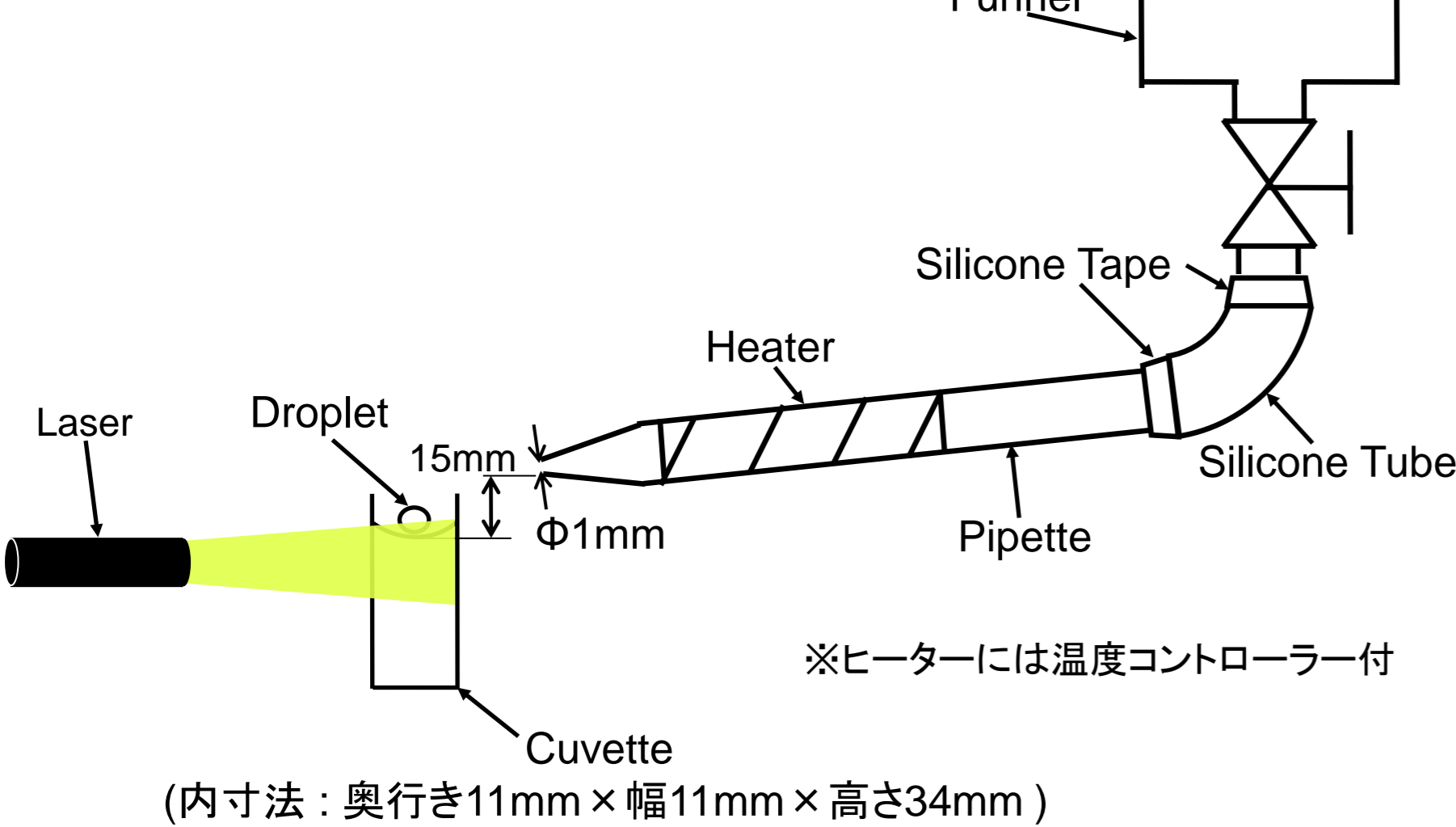
[3] 神澤 頌司, 中井 唱, 後藤 知伸, 日本機械学会 2011年度年次大会 講演番号J054011.

研究目的: 液滴の温度が液面の温度よりも高い場合に保持される液滴は流動によるものかを明らかにする

## 流動の調査

### 実験方法

実験装置の概略図

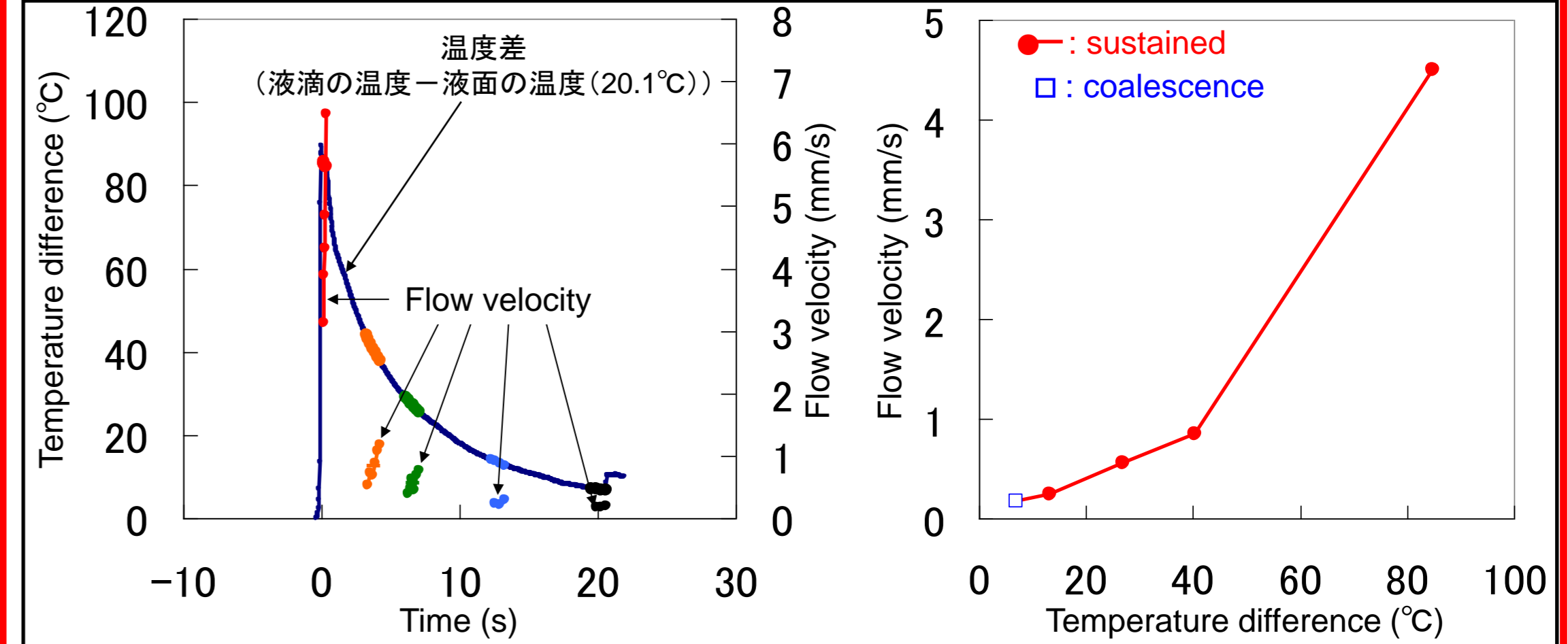


実験条件

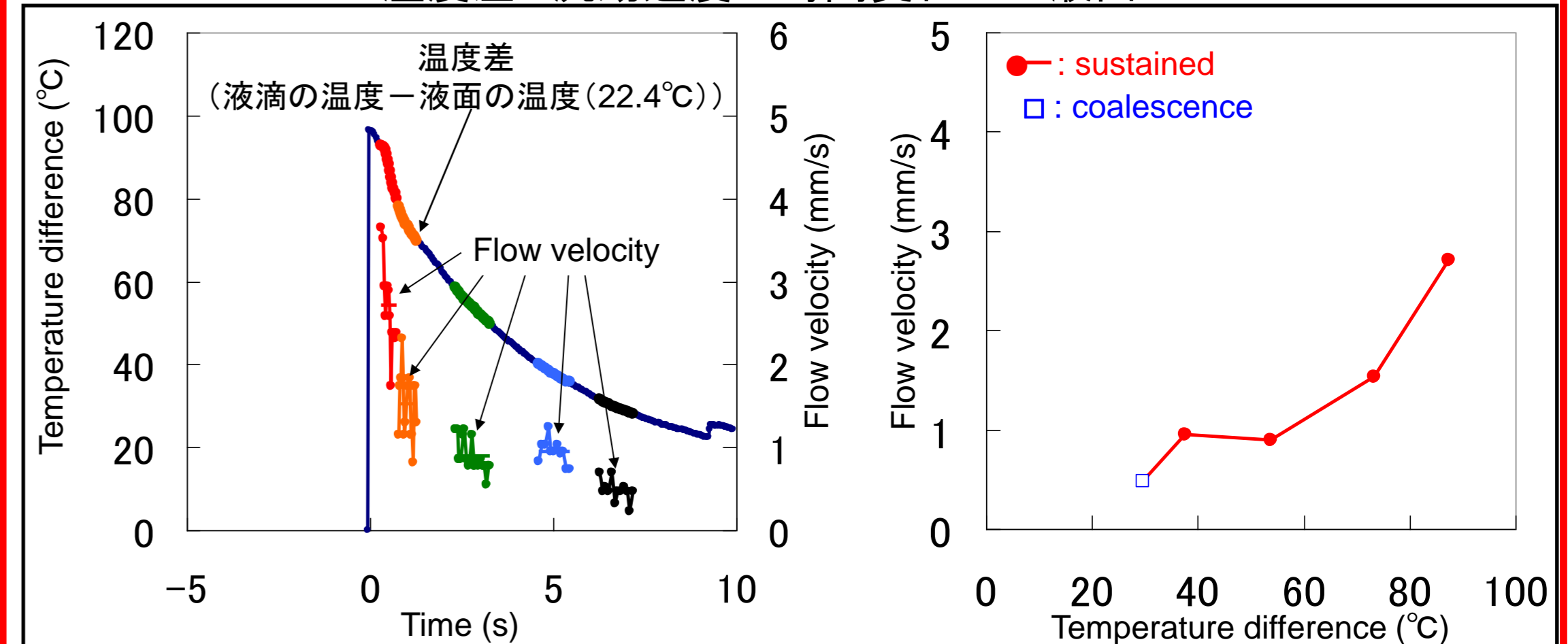
試料	シリコンオイル 500CS 表面張力: 20.9mN/m(25°C) 16.2mN/m(100°C)
可視化粒子	ナイロン粒子 ORGASOL 粒子径: 50μm
液滴のサイズ	直径: 約3.2mm (標準偏差: 0.03mm)
液滴の温度	常温~100°C 熱画像計測装置で測定
光源	レーザー光 (シート状) 厚さ 2mm ※特定の断面が観察可能
観察対象	液滴 液面 (液滴の真下) ※別々に観察

### 測定結果

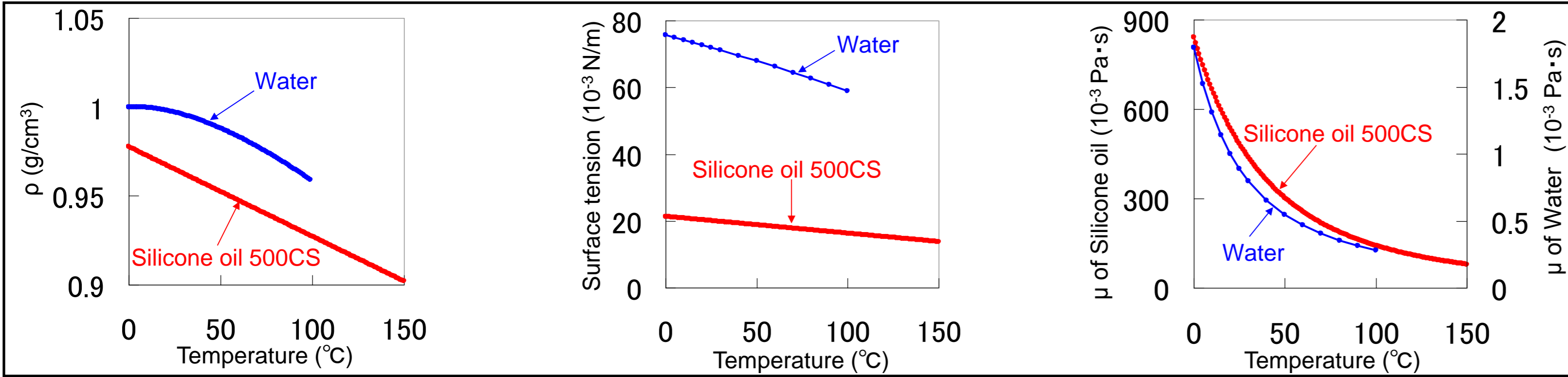
温度差と流動速度の時間変化 — 液滴 —



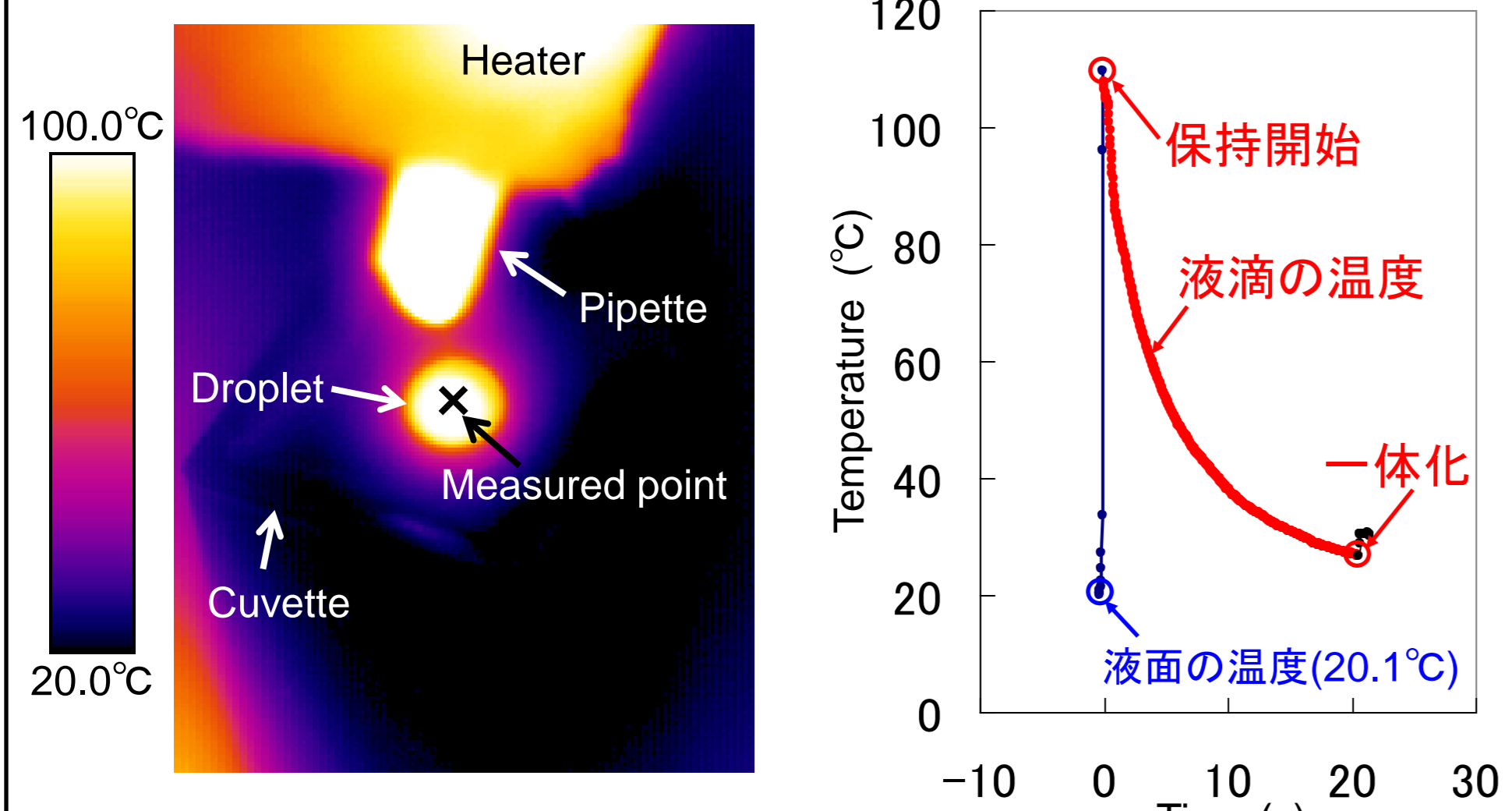
温度差と流動速度の時間変化 — 液面 —



シリコンオイル500CSと水の物性値

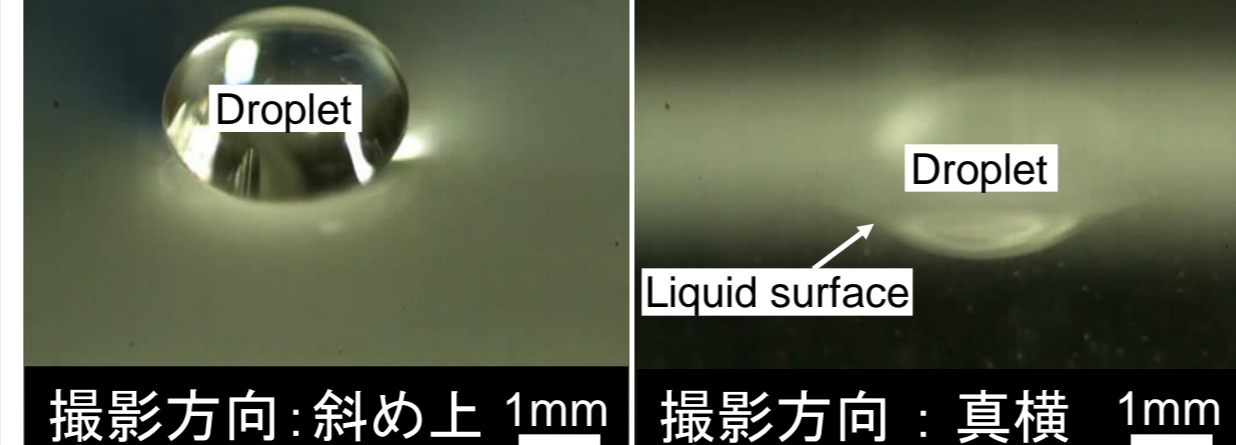


熱画像計測装置による液滴の温度測定

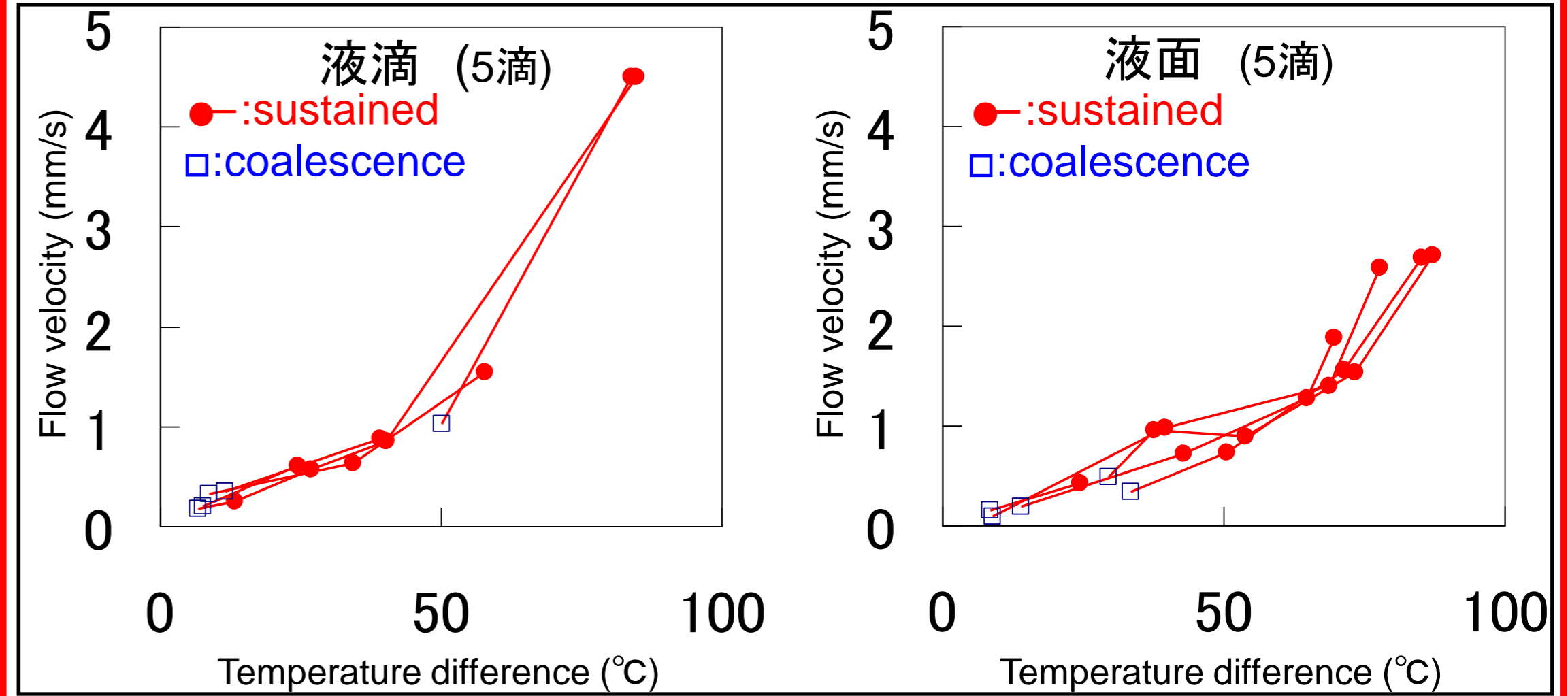


液滴及び液面における流動の観察方法  
高速度カメラを用いて60fpsで撮影  
(同時観察が不可能だったため別々に撮影)

可視化粒子の位置を画像解析で特定  
特定した座標から粒子の移動距離を計算  
粒子が1秒当りに移動する距離を計算=流動速度  
液滴の流動観察時 液面の流動観察時



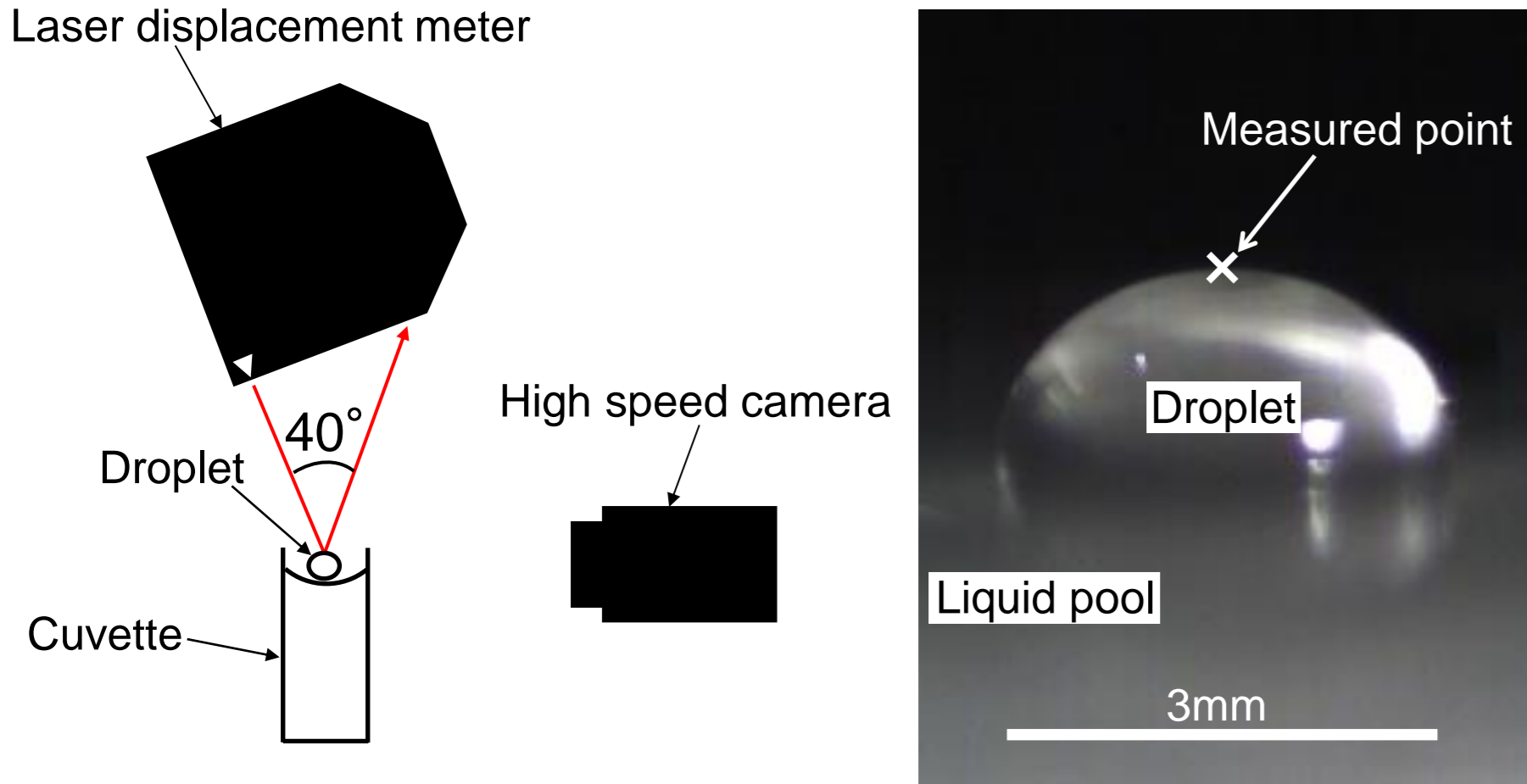
液滴と液面における流動の相対速度



液滴と液面における流動の相対速度: 0.3~7mm/s  
流動速度の低下が一体化に影響

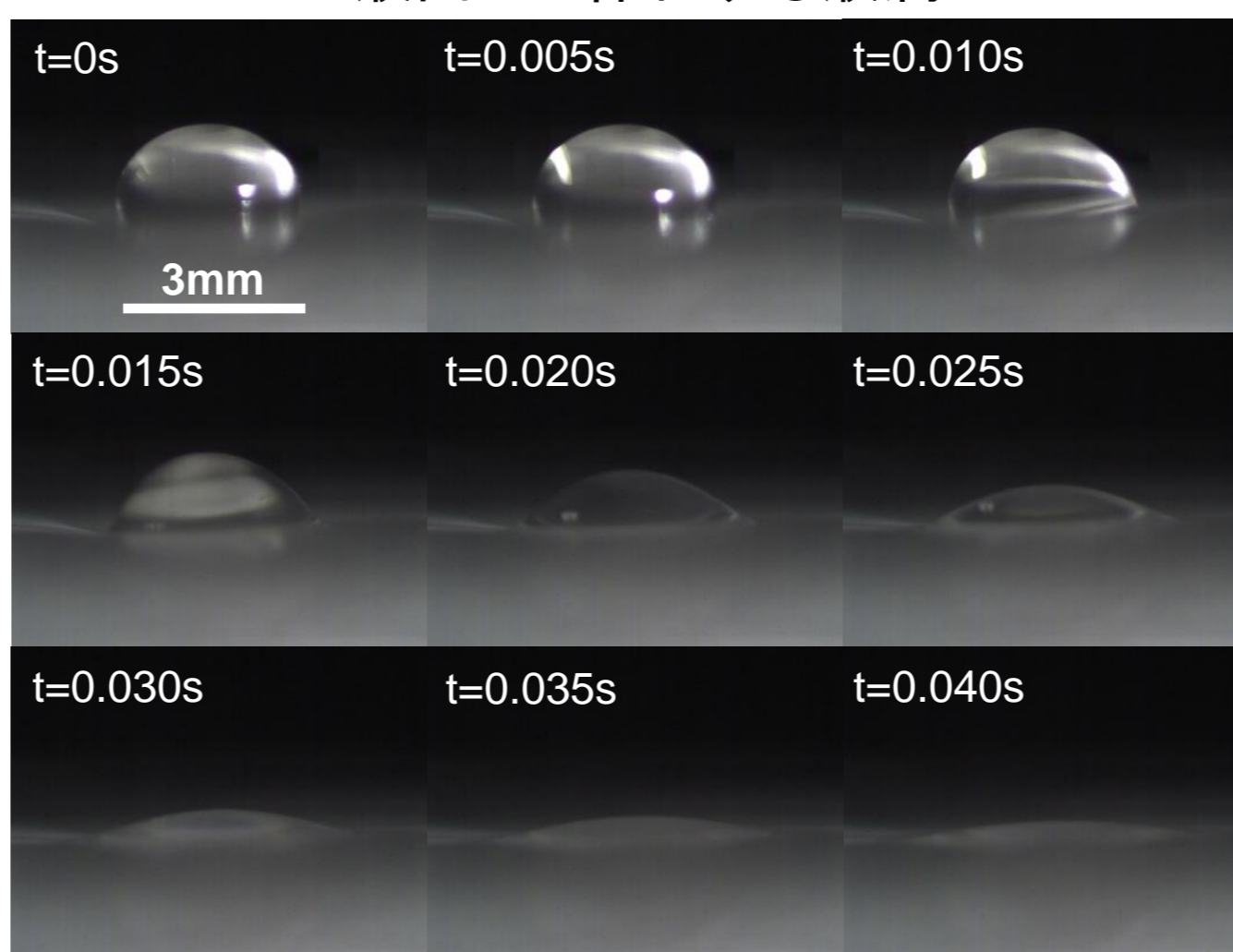
## 空気層の厚みの調査

液滴の鉛直方向の変位から空気層の厚みを推定

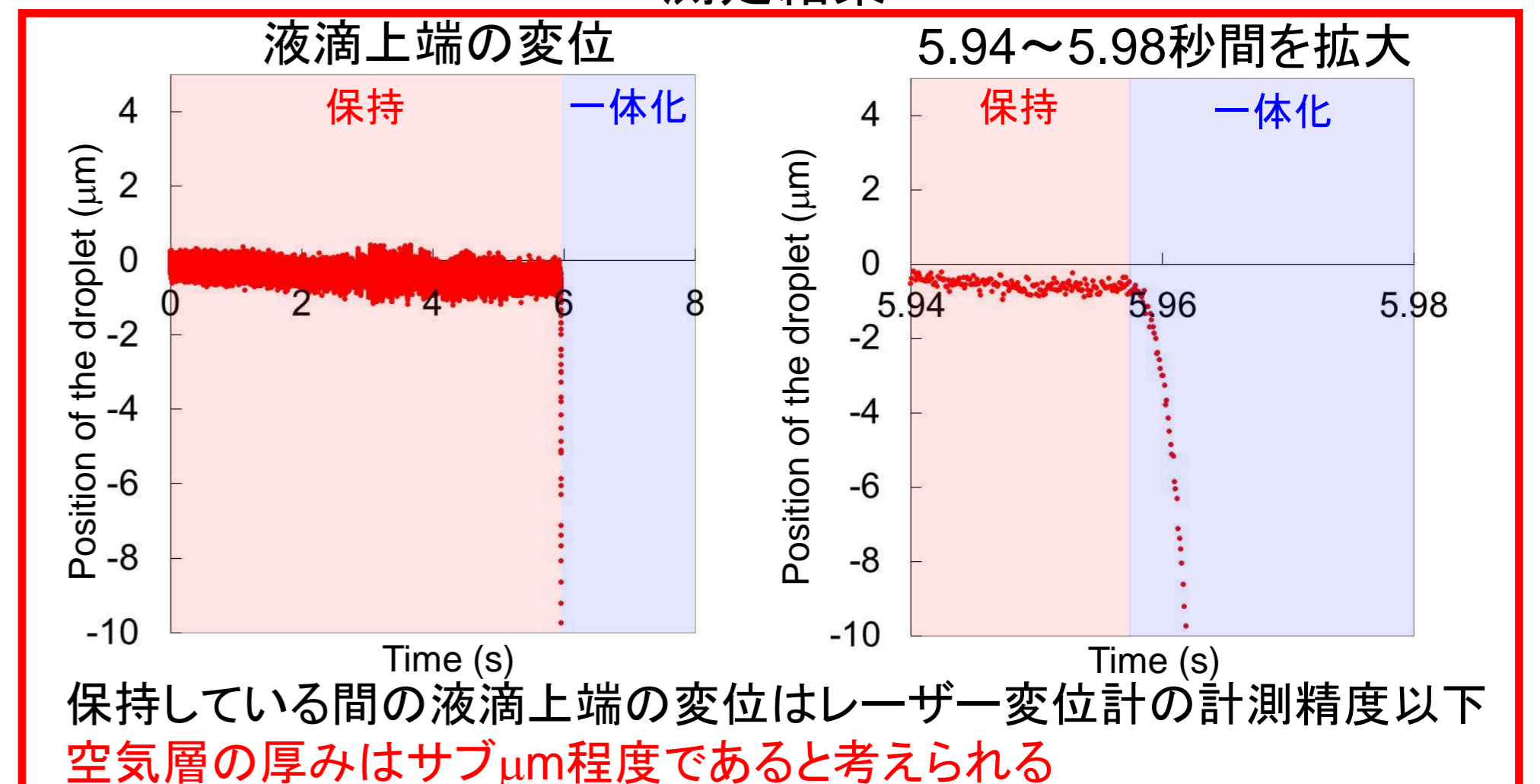


測定条件 測定蓄積周期: 100μs (平均化は行わない)

液面と一体化する液滴



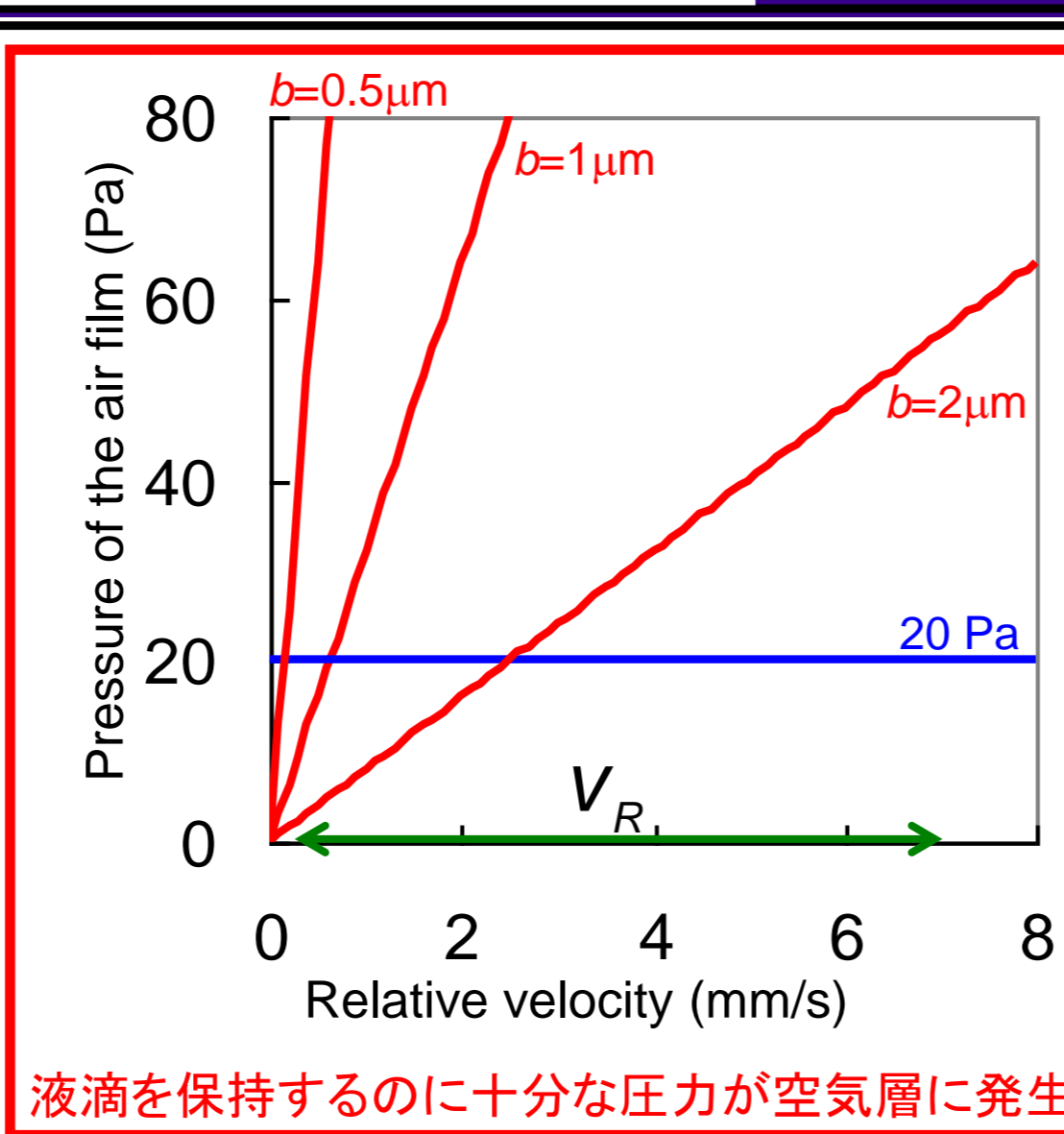
測定結果



## 流動により空気層に発生する圧力のオーダーの見積もり

N. S. eq.  $\rho(\vec{v} \cdot \nabla)\vec{v} = -\nabla p + \mu \nabla^2 \vec{v}$   
 $b \ll r$  の場合  $p \approx \mu_a \frac{r}{b^2} V_R$   
 $r = 1.6 \times 10^{-3}$  m: 液滴の半径  
 $\mu_a = 1.82 \times 10^{-5}$  Pa·s: 空気粘度 (25°C時)  
 $b$  = サブμm程度: 空気層の厚み  
 $V_R = 0.3 \sim 7$  mm/s: 流動の相対速度

液滴を保持可能な圧力 =  $\frac{\text{重力}}{\text{液滴を支えている面積}} = \frac{4}{3} \frac{\pi r^3 \rho g}{\pi r^2} \approx 20$  Pa  
 $\rho = 965$  kg/m<sup>3</sup>: シリコンオイルの密度 (25°C時)  
 $r = 1.6 \times 10^{-3}$  m: 液滴の半径  $g = 9.8$  m/s<sup>2</sup>: 重力加速度



液滴を保持するのに十分な圧力が空気層に発生

## まとめ

温度差により液面上に保持された液滴および液面の流動と空気層の厚みを調査し、流動により空気層に発生する圧力のオーダーの見積もりを行った

- 液滴と液面における流動の相対速度  $V_R = 0.3 \sim 7$  mm/s  
流動の相対速度の低下が液滴の一体化に影響
- 空気層の厚みはサブμm程度と考えられる  
しかし、不明確であるので今後調査が必要
- 液滴、液面に発生する流動より液滴を保持するのに十分な圧力が空気層に発生していると考えられる