

PH011

# 水中を落下するふたつの液滴が相互に与える影響

大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎

中島里菜

# 動機

納豆のネバネバのおもしろい動き

身近に潜む流体の動きに興味

液滴の研究に出会う

・ Thomson & Newall, 1886

# 1 滴の分裂

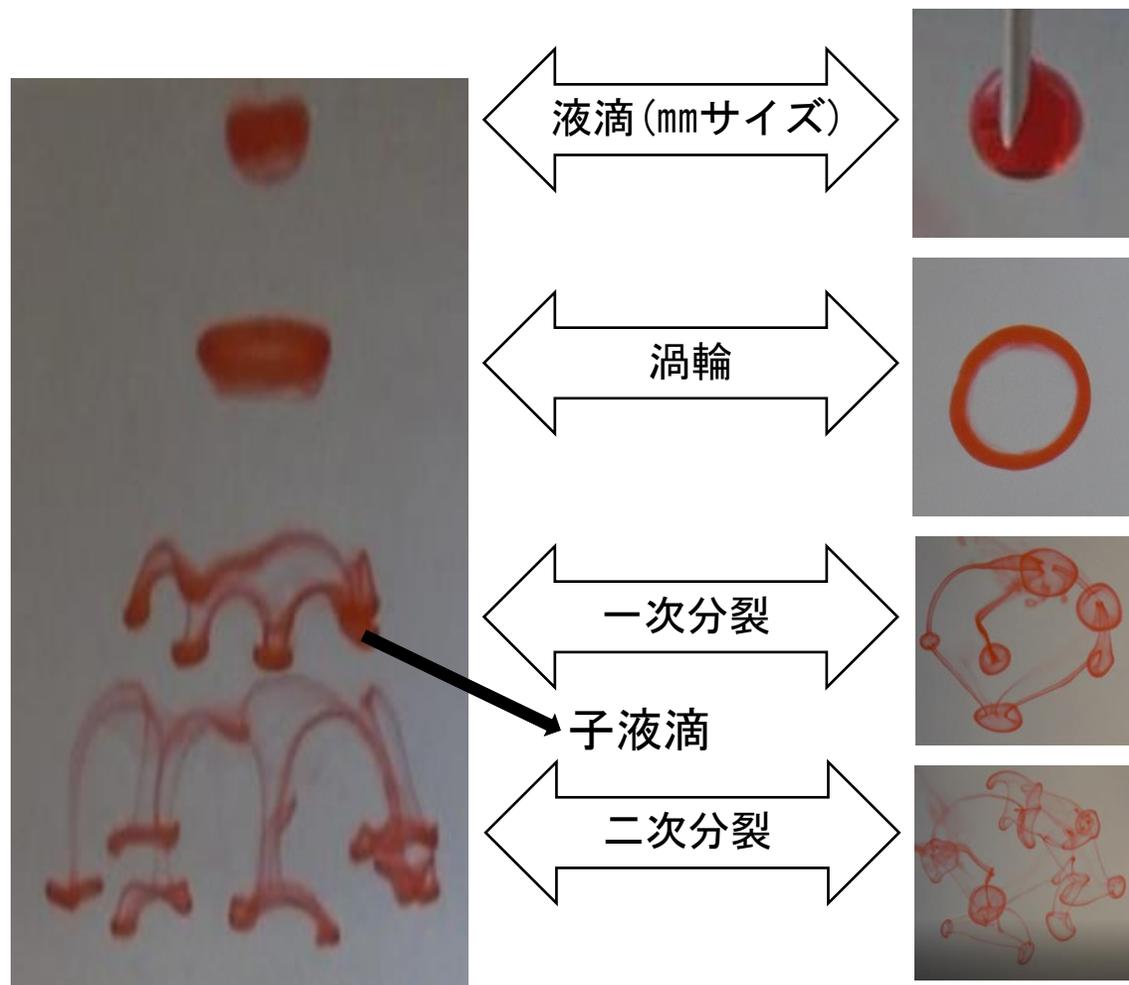


写真1 分裂(横からの連続写真)

写真2 分裂(上から)

## レイリー・テイラー不安定性が分裂の原因

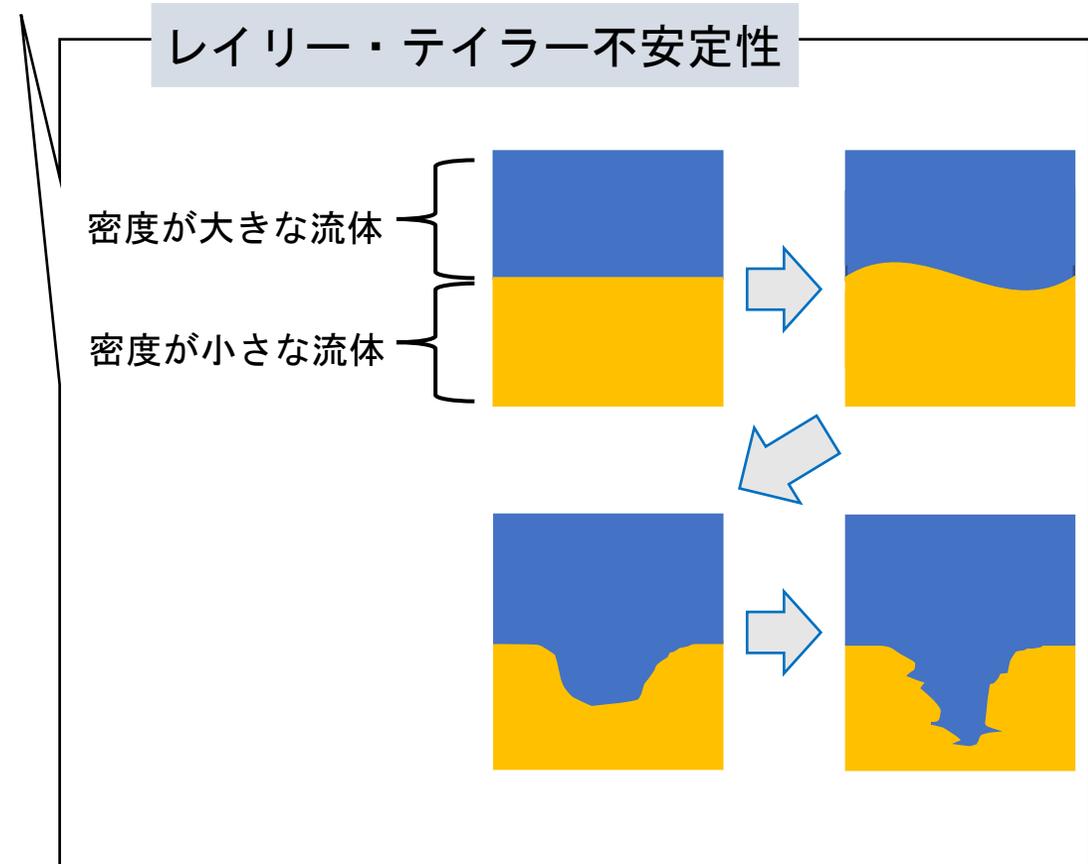
⇒ 液滴と水の密度差 $\Delta\rho$ が重要

分裂個数は無次元量 $G$ と関係あり

$$m \propto G^{1/3}$$

$$G = (\Delta\rho/\rho_0) (r^3/\nu^2) g$$
$$= \text{重力} \cdot \text{慣性力} / \text{粘性力}^2$$

$r$ : 半径    $\nu$ : 動粘度    $g$ : 重力加速度    $\rho_0$ : 水の密度



# 目的

---

水中を直列で落下するふたつの液滴はどう振る舞いに干渉するのか

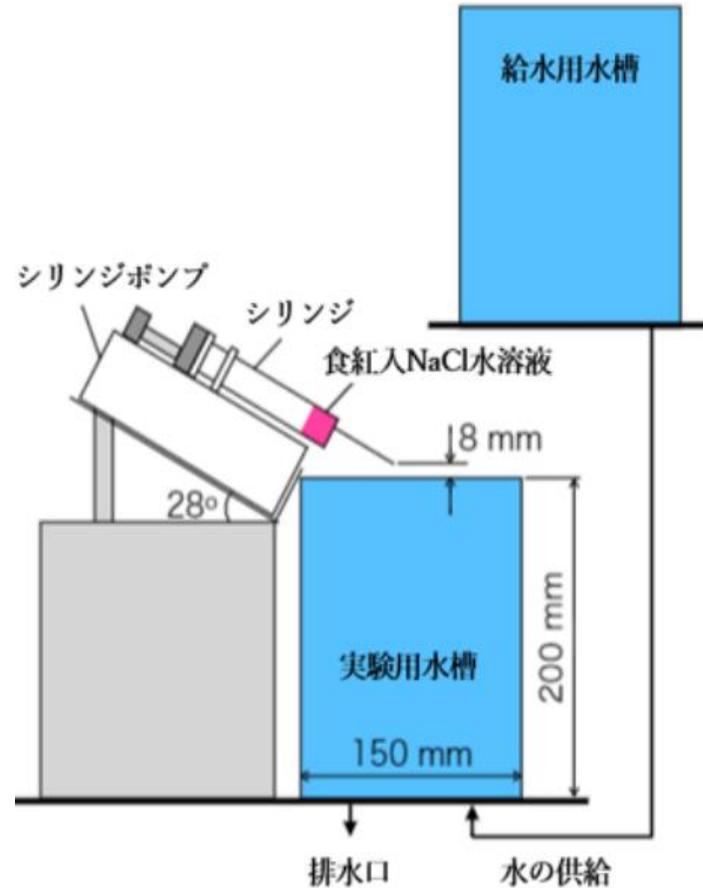
ユビキタスだが、まだあまり理解が進んでいない液滴混和現象の  
基礎研究

- ①不安定性を有する他の物理学への応用  
マントル対流、気象
- ②混合プロセスを有する工業への応用  
インクジェットプリンター
- ③環境問題等流体が関わる身近な問題の解決  
河川に流入する排水の拡散の挙動解明

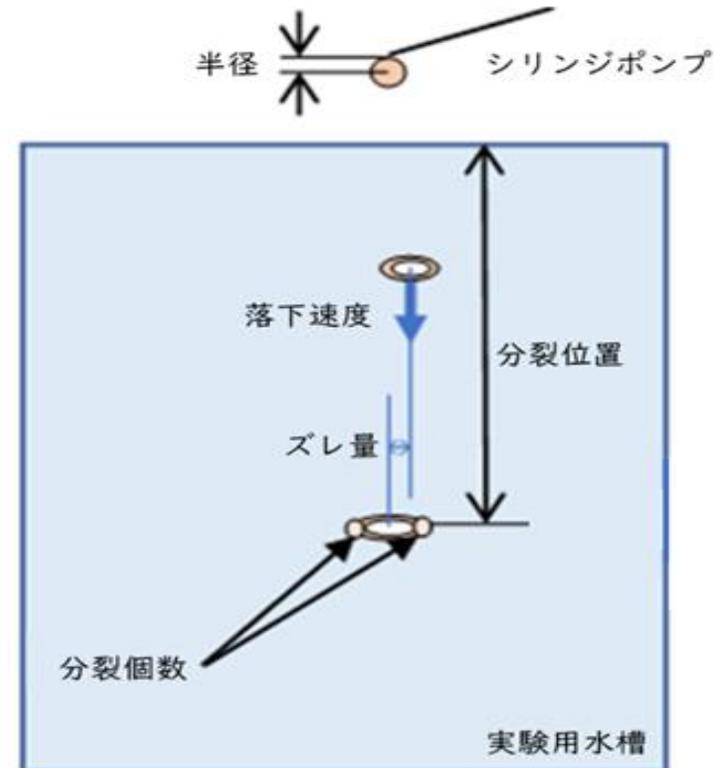
# 実験手順・実験条件・分析観点

実験1：先行研究の検証  
実験2：落下条件の決定  
実験3：1滴実験(対照実験)  
実験4：2滴実験

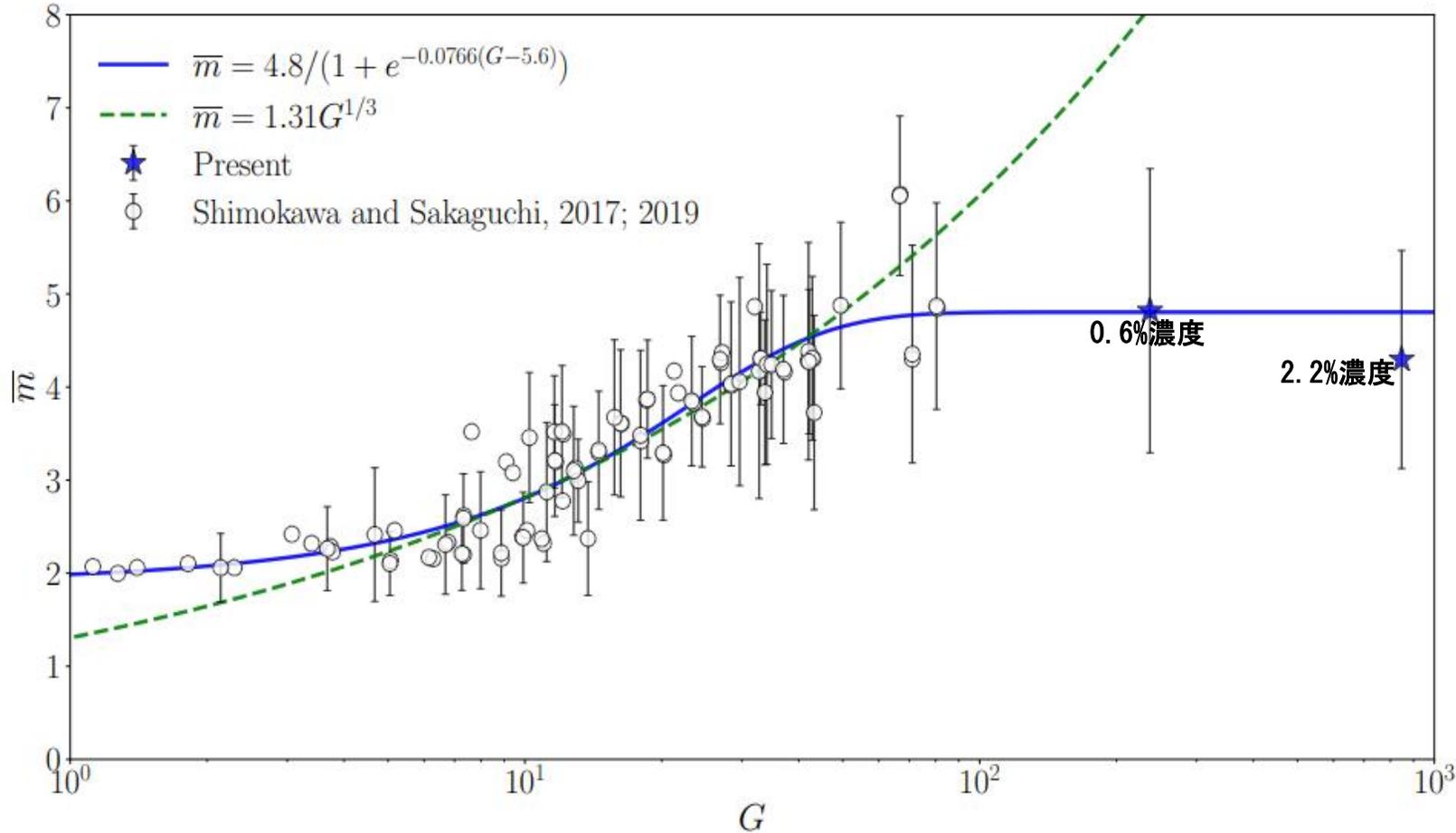
液滴の液：食紅入り0.6%NaCl水溶液  
水槽の液：水道水  
2滴の落下間隔：3.0s  
高さ：8mm  
傾き：0.54  
温度：25°C



分裂個数  
分裂位置  
落下速度  
半径  
ズレ量



# 1 滴実験：先行研究との比較



$$G = (\Delta\rho/\rho_0) (r^3/\nu^2) g$$

= 重力・慣性力 / 粘性力<sup>2</sup>

$r$  : 半径  
 $\nu$  : 動粘度  
 $g$  : 重力加速度  
 $\rho_0$  : 水の密度

○ → 先行研究  
 ★ → 本研究

図1 分裂個数 $m$  と無次元量 $G$  の関係

**分裂個数 $m$  と無次元量 $G$  の間に新たな関係性を発見!**

# 1 滴実験：簡易シミュレーション

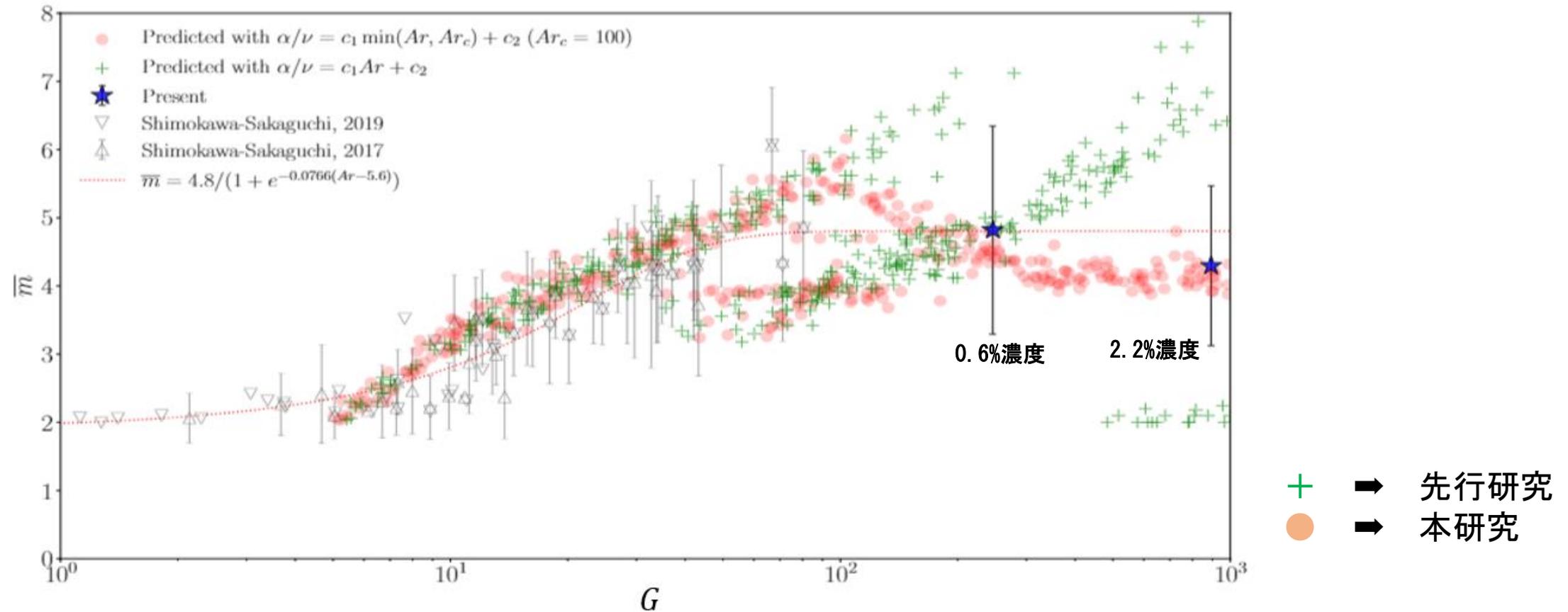


図2 分裂個数 $\bar{m}$  と無次元量 $G$  に関するシミュレーション

$G$  の小さな範囲では分裂個数は重力と粘性力によって決まる

**$G$  の大きな範囲では分裂個数は慣性力と粘性力によって決まる!**

## 2滴実験：挙動

(a) くぐった後に分裂 120回/450回

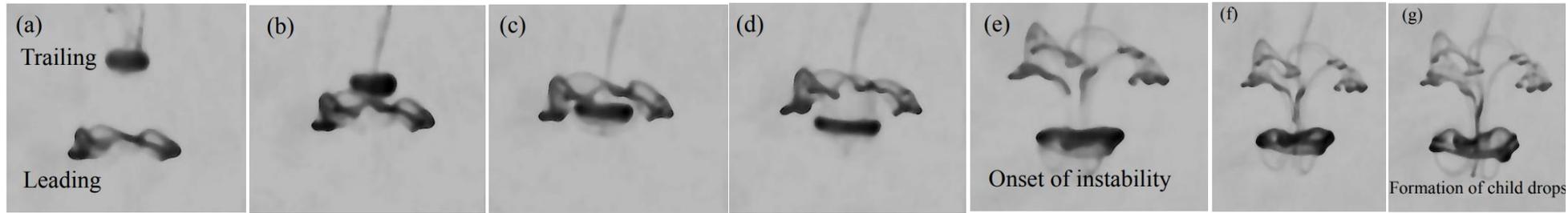


写真3 Type (a) の挙動

(b) くぐりながら分裂 249回/450回

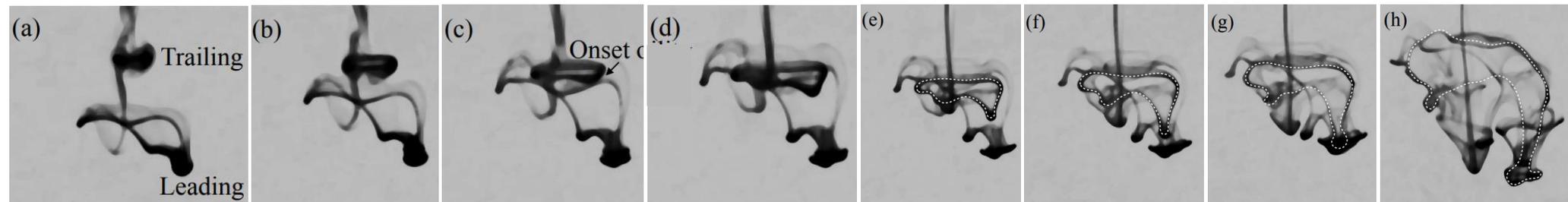


写真4 Type (b) の挙動

(c) 分裂した後にくぐる 88回/450回

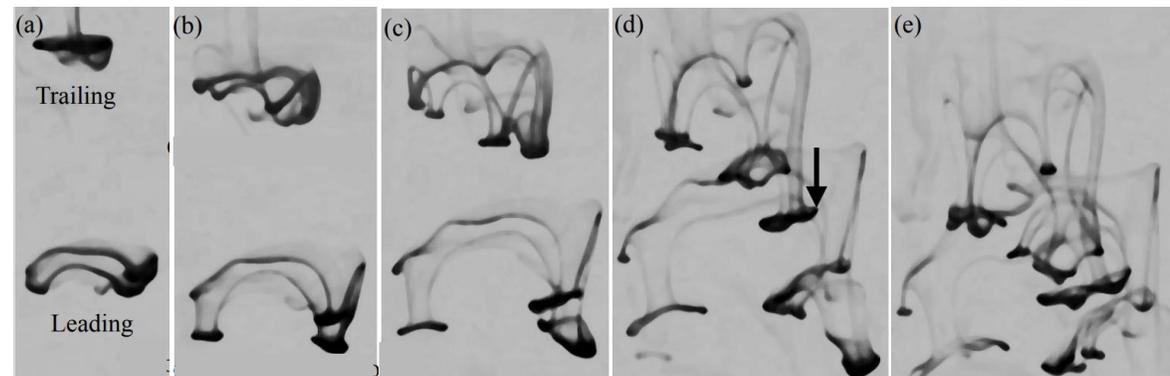


写真5 Type (c) の挙動

3つの特徴的な干渉パターンを  
発見できた!

# 2滴実験：タイプ別分裂個数

Type (a)

1滴の分布 + 1 ~ 3個の増加

Type (b)

分裂個数の減少が顕著

Type (c)

1滴の分布 + 2 ~ 4個の増加

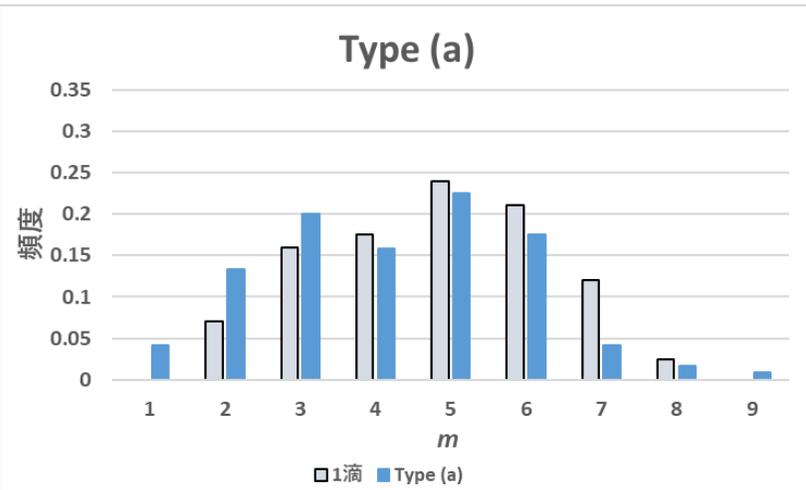


図3 Type (a) の分裂個数

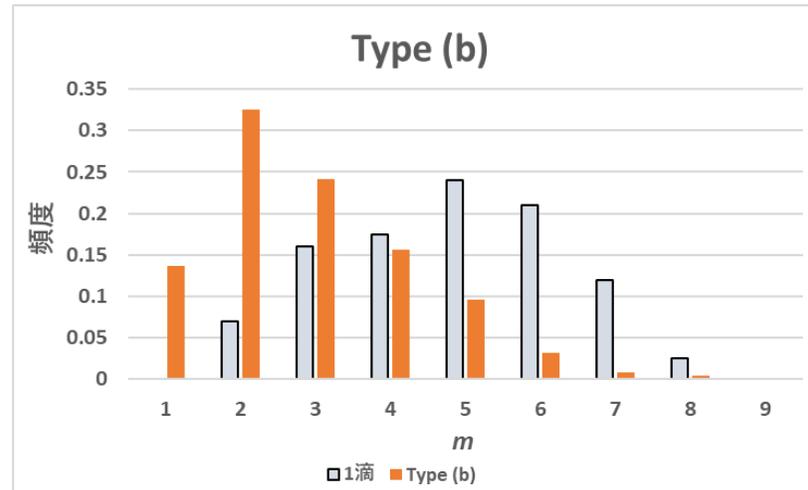


図4 Type (b) の分裂個数

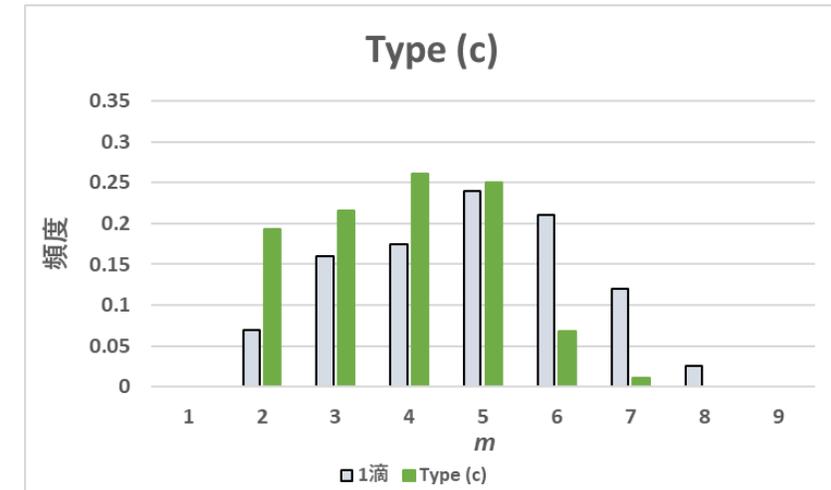


図5 Type (c) の分裂個数

## 2 滴実験：タイプ別分裂個数の分布の理由

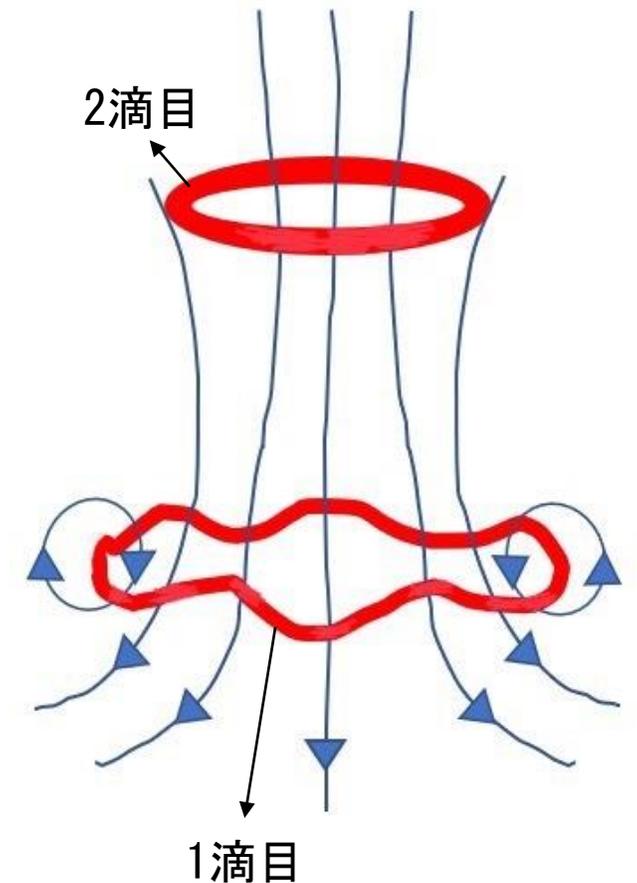
Type (a) と Type (c)

くぐってから (a) / くぐる前 (c) に分裂

➡ 1 滴目の流れによって渦輪の広がり  
が抑えられ、分裂個数減少傾向に

Type (b)

1 滴目に引き寄せられて輪が薄くなり、  
分裂個数が大きく減少する



# 結論

---

1. 分裂個数と無次元量  $G$  の間に新たな関係性を発見  
分裂個数は慣性力と粘性力に依存することを明らかにできた
  2. 2滴目の挙動は3つのタイプに分類できることを発見
  3. 1滴目は2滴目の影響で落下速度が上がることが分かった
  4. 2滴目は1滴目の影響で分裂位置が深くなることが分かった
- 1 滴
- 2 滴

# 2滴が作り出す流れの実際の様子を明らかにする

## ➡ 2滴目の挙動を決定する要素の特定

### 謝辞・参考文献

---

ご指導・ご助言いただいた神戸大学林公祐先生、技術職員の芳田直征さん、  
研究の機会を与えてくださった神戸大学ROOTプログラム事務局の皆様に心から感謝いたします

- Joseph John Thomson, Hugh Frank Newall 『V. On the formation of vortex rings by drops falling into liquids, and some allied phenomena』 (Proc. R. Soc. London 39, 1886)
- 下川倫子、坂口英継 『粘性流体中を沈降する液滴の分裂と変形』 (日本物理学会誌2017年72巻8号)
- Arecchi, F. T., Buah-Bassuah, P. K., Francini, F., Perez-Garcia, C., Quercioli, F 『1989. An experimental investigation of the break-up of a liquid drop falling in a miscible fluid』 (Europhysics Letters 9(4), 333-338)