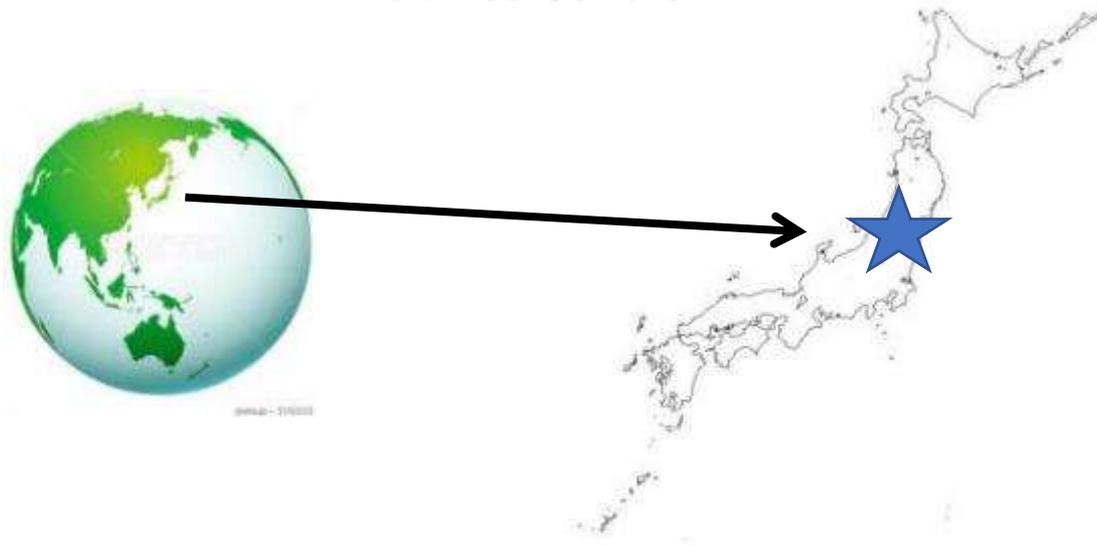


# 山形大学

インクジェットコンソーシアム (YU-IJC)

インクジェット研究会 (YU-IJWG)

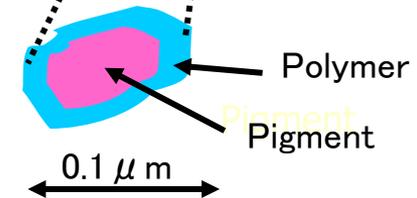
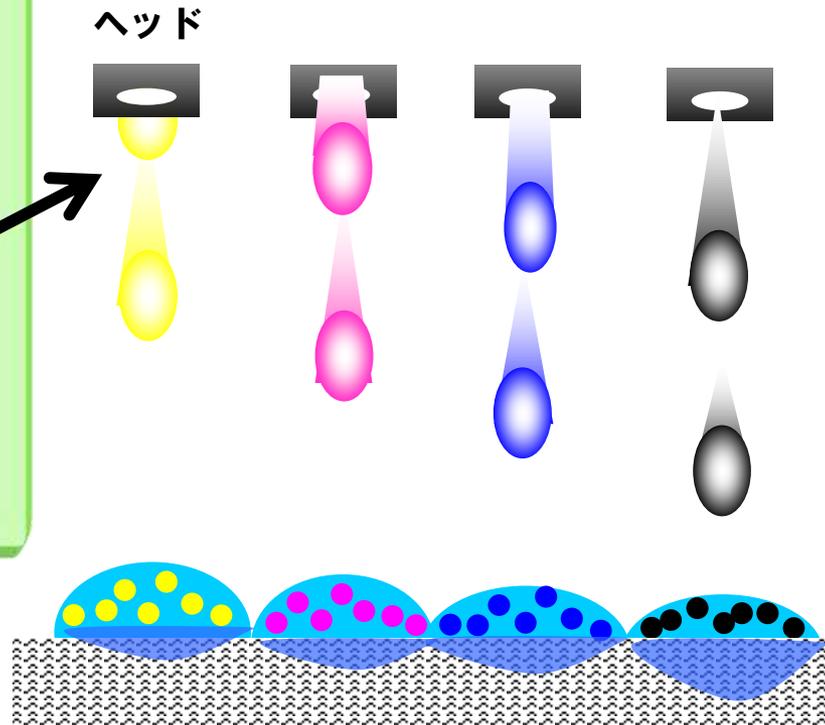
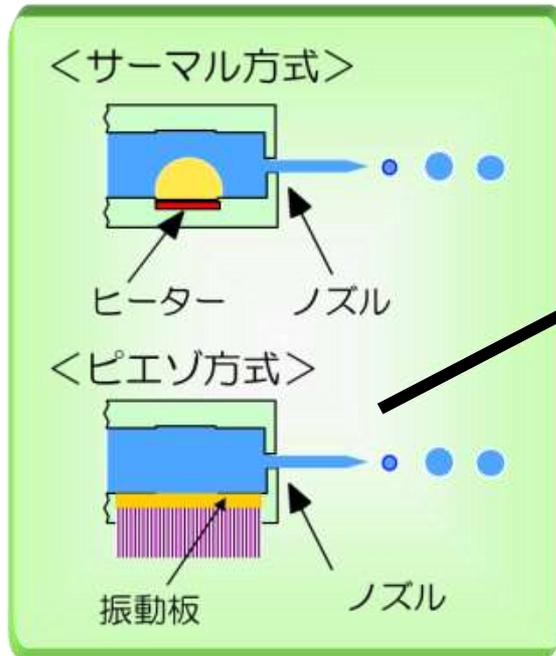
活動紹介



インクジェット開発センター

センター長 産学連携教授 酒井真理

# インクジェットシステムの機構



用途：パーソナル、オフィス、レシート、WFP、ガーメント  
商業印刷、産業印刷、3D立体印刷、加飾など

ヘッド、インク、メディアとシステムで構成

# インクジェットプリンタの用途拡大①

アナログ印刷からデジタル印刷へ用途が拡大(フィルム、金属、繊維など)

※各写真は、色材インクジェットテクノロジー講座講演資料より引用  
資料は。印刷インキ講座(印刷インキの基礎知識)宮島佳孝(2019)



食品包装/ラベル



タイル



缶/ボトル(加飾)



壁紙



テキスタイル

# インクジェットプリンタの用途拡大②

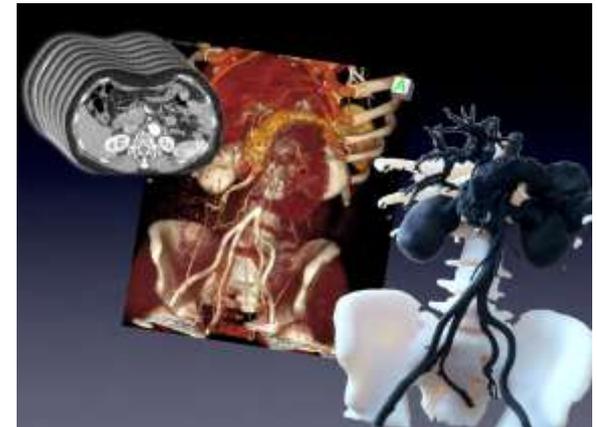
3Dプリント, プリンテッドエレクトロニクス/フレキシブルデバイス, 生体材料のプリントなど

※各写真は、色材インクジェットテクノロジー講座講演資料より引用

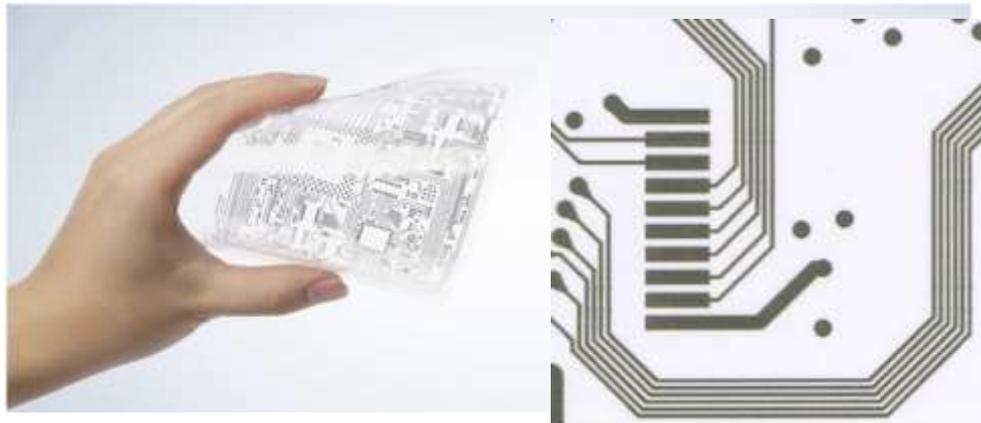
資料は、印刷インキ講座(印刷インキの基礎知識)宮島佳孝(2019)



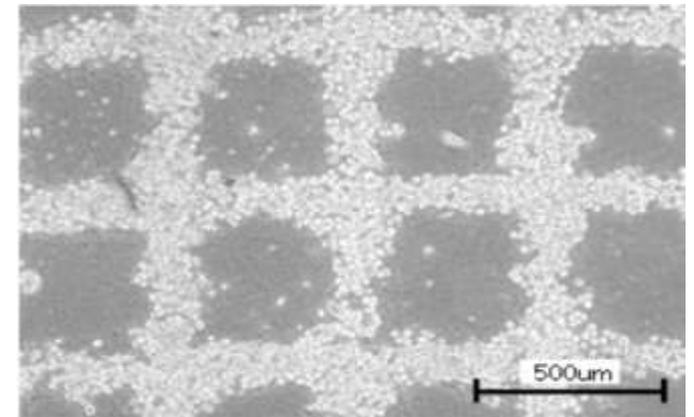
3Dプリント(微細なデザインを再現)



(シミュレーション向け生体モデル作成)



プリンテッドエレクトロニクス/フレキシブルデバイス



生体材料(細胞、足場材料)吐出

# インクジェット開発センター設立の背景

## 歴史的背景

- ・1970年代より多くの日本企業がインクジェットプリンターを開発
- ・2000年頃までに家庭、オフィス用プリンター

## 市場的背景

- ・2000年以降インクジェットの応用が拡大
- ・SOHO印刷からプロダクション印刷へ

## 技術的背景

- ・装置の大型化，産業用途化による高信頼性の要求
- ・インクの高機能化への対応
- ・インクのレオロジー的特性の影響増大

## 国内外情勢

- ・企業内ノウハウとして閉鎖的な技術
- ・大学研究拠点不在による理論化・体系化の不足
- ・欧米のオープンイノベーションに対し，非効率，新規応用開拓の遅れ

インクジェット技術オープンイノベーションの必要性  
新開発・新用途開拓・新規事業開拓の効率化・迅速化

# インクジェット開発センター設立趣旨

◆ 日本初のオープンなインクジェット研究開発拠点 (IJ-HUB) として, オープンイノベーションによる技術開発を推進する

- 新規インクジェット応用のための基盤技術を提供する
- ノウハウに依らないインクジェットの理論化、体系化により効率的な開発環境を実現する
- 技術展開を加速させる標準化に取り組む
- 連携のための国内外の人的ネットワークを構築する

# インクジェット技術領域

オープン  
イノベーション  
推進部分

インクジェット  
基盤技術

応用技術の共通基盤となる技術を扱う。最初はプリントヘッドとインク吐出性から着手する。

プリントヘッド

インク・材料

プロセス

インクジェット応用技術

産業・商用  
印刷

工業用途

バリアブル印刷

サインディスプレイ

ディスプレイ応用

3D・4D造形

建材

捺染

電子回路

バイオ印刷

加飾・3D4D加飾

美術工芸

光学素子

パッケージ

個々の応用技術に関しては参加企業と協議の上、対応。または、個別型産学連携で取り組む



# 山形大学

## 有機エレクトロニクスイノベーションセンター

# インクジェット開発センター

インクジェット コンソーシアム (YU-IJC)	インクジェット 研究会 ( YU-IJWS )	個別型 産学連携	基礎研究 応用研究 標準化 人材育成
--------------------------------	-------------------------------	-------------	-----------------------------



オフィス: 有機エレクトロニクスイノベーションセンター内  
Business Room14, General Lab.4-2



実験室: 有機材料システム事業化開発センター  
Business Lab2-1, 2-2, Office 4



合成実験室: 国際事業化研究センター、Project E  
(工学部) グリーンマテリアル成形加工研究センター  
工学部2号館オープンラボ308

# インクジェットインクコンソーシアム活動

<YU-IJC-2018-1> 新規機能・性能を有するインクジェットヘッドの開発

目的: 新規な応用を創出する従来にない機能・性能を有するインクジェットヘッドを開発する

2018-1-A: 高粘度インク用インクジェットヘッドの開発

2018-1-B: 超小型インクジェットヘッドの開発

<YU-IJC-2018-2 > インクレオロジーと吐出特性の解析

目的: 粘弾性などのレオロジー特性を持つインクの吐出性に係る解析技術を確立する

2018-2-A: インクレオロジー物性計測装置の開発

2018-2-B: インクレオロジーを考慮したインクジェットシミュレーション

2018-2-C: ミスト発生、ノズル目詰まりの解析

2018-2-D: モデルレオロジーインクの開発

<YU-IJC-2021-3,> インクジェットインクの顔料分散技術の開発

目的: 精密重合技術を用いたインクジェットインクの基盤技術の開発する

YU-IJC-2021-3: インクジェットインクの顔料分散技術の開発

<YU-IJC-2021-5> インクジェットプロセスの解析技術

目的: インクジェットプロセスの信頼性・品質に関わる解析技術を確立する

YU-IJC-2021-5-A : サテライト・ミストの自動計測

YU-IJC-2021-5-B : インク循環の解析

YU-IJC-2021-5-C : 吐出不良の予測技術

YU-IJC-2021-5-D : パターン形成プロセスの可視化・解析

# 最新のインクジェットコンソーシアム活動

研究テーマ番号	YU-IJC-2022-T	研究テーマ名称	インクジェット技術
研究目的	インクジェット応用の実用化に対し、インクジェット技術の要素(インク, ヘッド, 基材)とプロセスの設計, 評価, 最適化方法を確立する。		
研究期間	2022年4月1日から2027年3月31日まで		
進め方, スケジュール			
<p>1. コンソーシアム研究テーマでオープンに取り組む活動(研究テーマオープン領域)と, 企業別に山形大学との間でクローズで取り組む課題(研究テーマクローズ領域)から構成する。</p> <p>2. 研究テーマオープン領域の年間活動計画(研究内容およびスケジュール)は, 前年度末に技術委員会より提案し, 年度初に運営委員会で了解を得る。</p>			
研究内容	<p>1. インクとヘッドの組合せにおける駆動波形による吐出特性の最適化</p> <p>2. パターン形成における基材およびその表面の影響</p> <p>3. 乾燥プロセスの最適化</p> <p>その他, インクジェット技術の要素(インク, ヘッド, 基材)とプロセスに関わる技術</p>		

# インクジェットコンソーシアム・研究会/運営体制

有機エレクトロニクスイノベーションセンター(INOEL)



INOELセンター長  
佐野健志 教授



センター長  
酒井真理  
産学連携教授

インクジェット開発センター

コンソーシアム (YU-IJC)

プロジェクトリーダー

研究会 (YU-IJWS)

運営会議

- 主査
- アドバイザー
- 幹事
- 事務局員

テーマ 1

運営委員会

技術委員会

研究グループ

テーマ 2

運営委員会

技術委員会

研究グループ

テーマ 3

テーマ 5

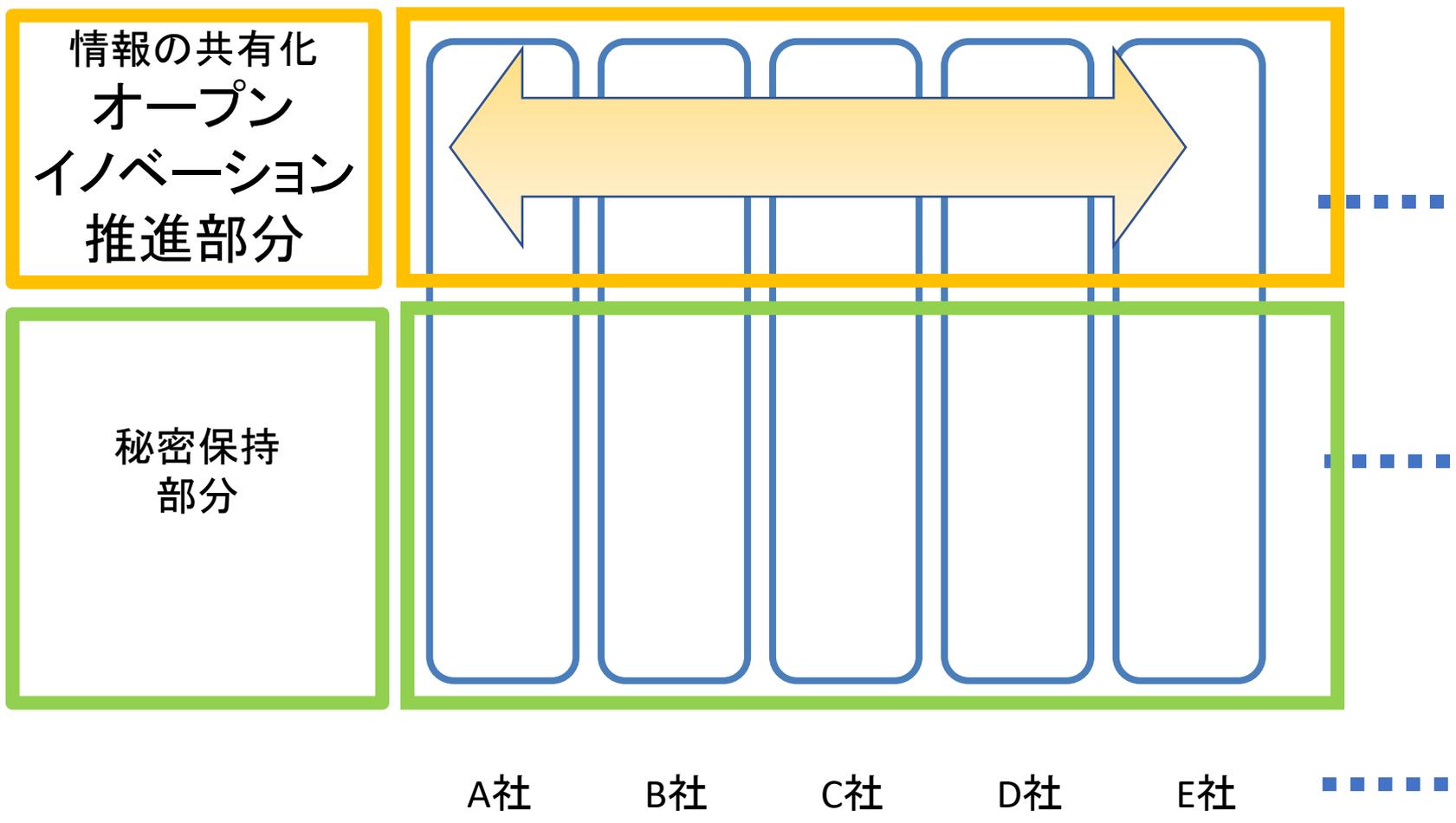
⋮

⋮

⋮

会員

# 日本のインクジェット産業全体の国際競争力強化に向けた 山形大学 インクジェット開発センターにおける オープンイノベーションへの考え方

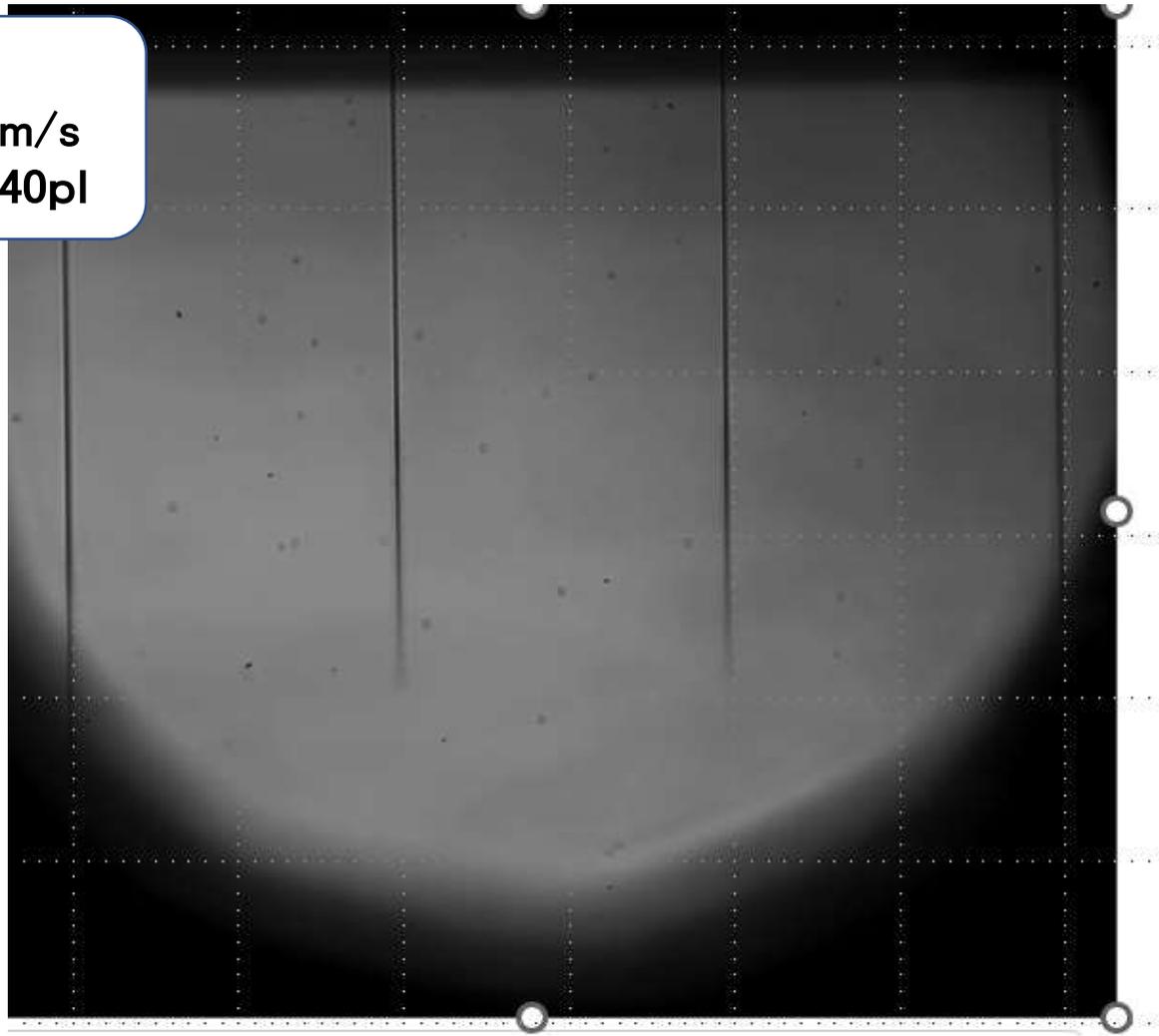


# 代表的な研究成果

## 高粘度インク対応ヘッド

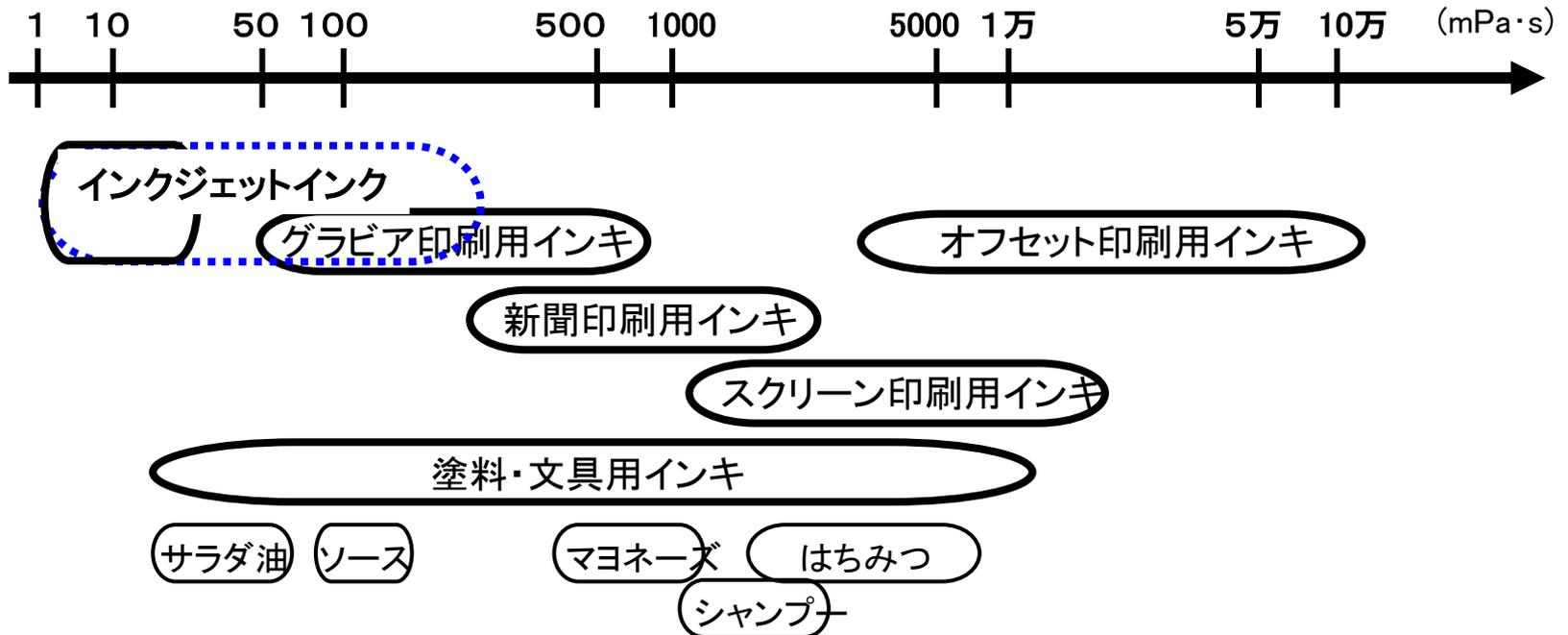
# 高粘度用マルチノズルヘッドの飛翔

インク:  $100\text{mPa}\cdot\text{s}$   
吐出速度:  $19\sim 21\text{m/s}$   
吐出体積:  $120\sim 140\text{pl}$



インク粘度  $\sim 200\text{mPa}\cdot\text{s}$ まで吐出可能

# インクジェットインクの粘度



インクジェットインク	粘度(mPa·s)@20°C
水系インク	1.5~10
UVインク	10~30

(参考)

水 : 1.0 mPa·s  
 日本酒 : 2.5 mPa·s  
 ウイスキー : 3.0 mPa·s

グラビアインク粘度まで吐出可能

# 代表的な研究成果

## ダブルパルス型画像計測システムを用いた 飛翔滴振動法による表面張力の見える化

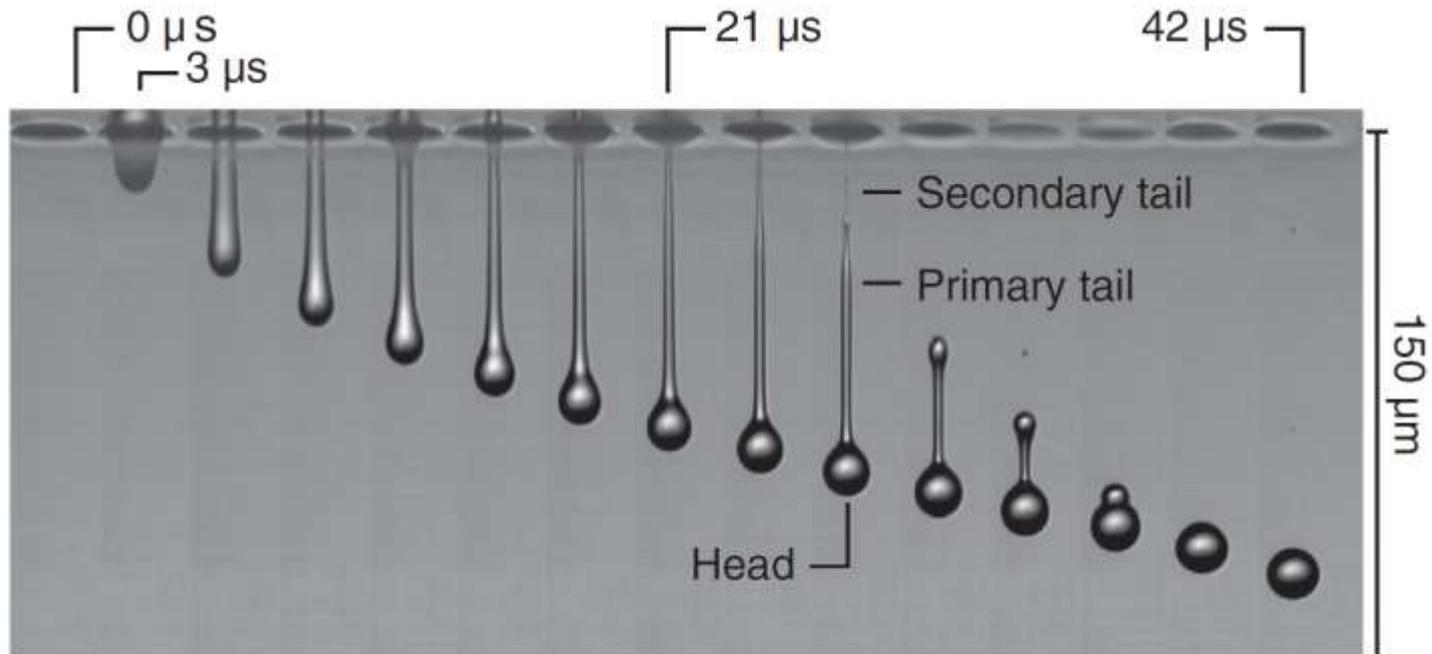
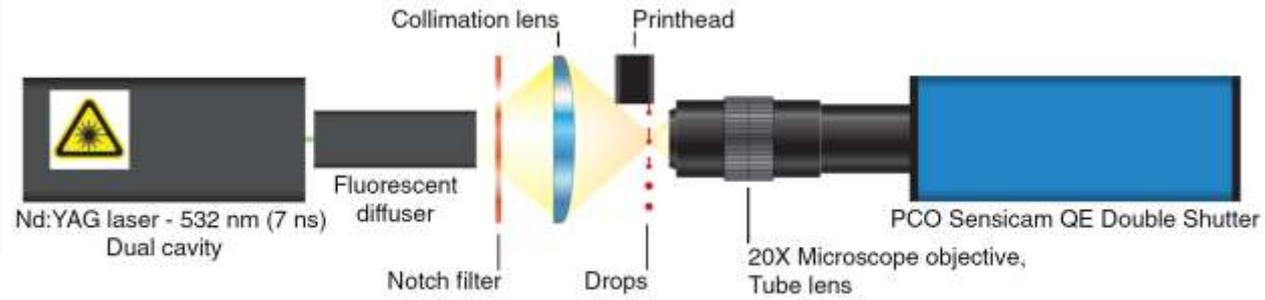
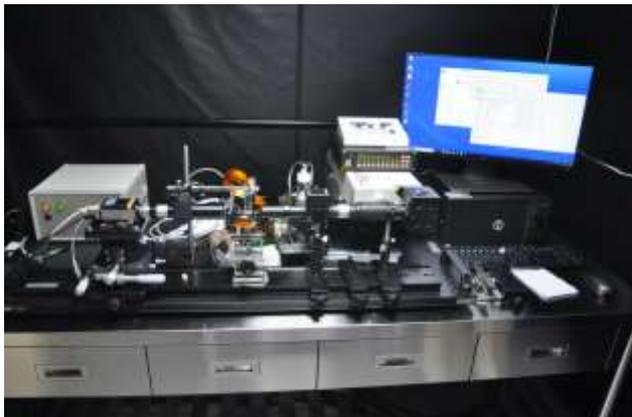
森田直己, 高橋茂樹, 西脇学, 酒井真理

- ・インクジェットの噴射状態へ動的表面張力の及ぼす影響について
- ・界面活性剤により変化する動的表面張力のインク滴振動からの測定

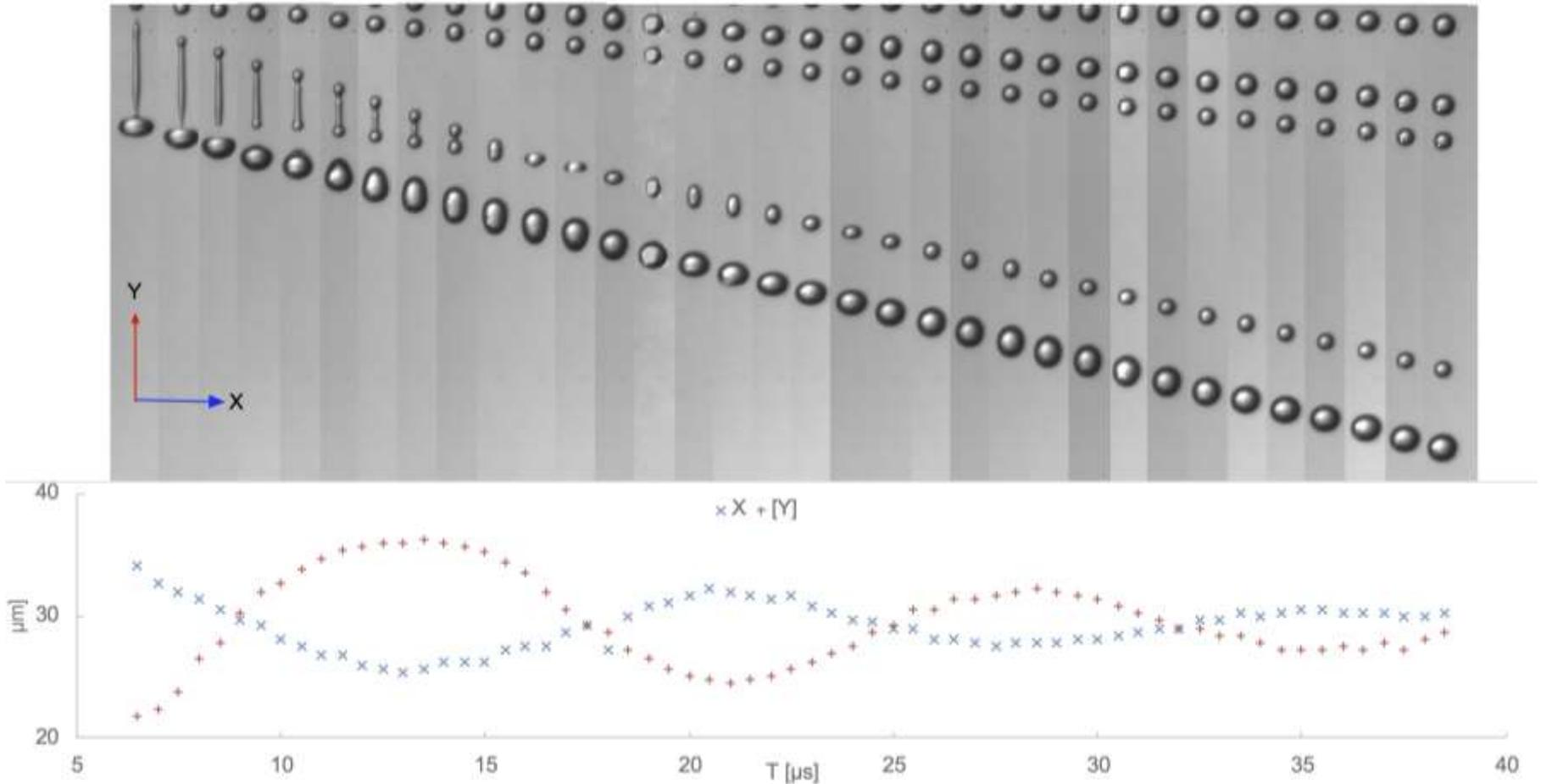
第67回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集 (2020 上智大学 四谷キャンパス)

# 精密な液滴形成過程の解析

## ダブルパルス型画像計測システム

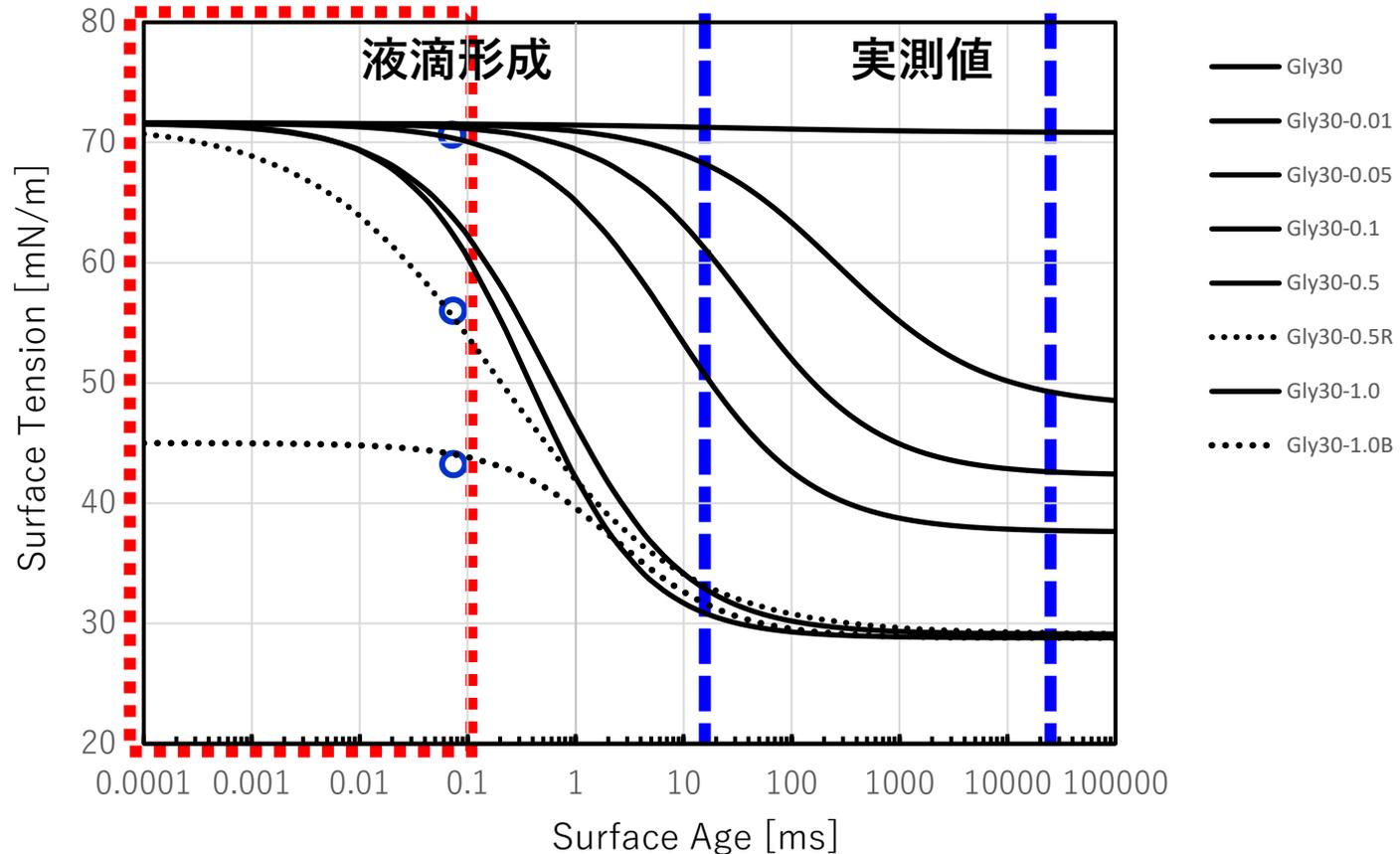


# 飛翔滴振動法による表面張力の見える化



衝突後の振動周波数と減衰時定数を求め、表面張力算出

# 界面形成直後の表面張力推定



飛翔滴振動法と実測値を結んで液滴挙動を推定

# H&R法と飛翔振動法による表面張力

		H&R*近似式	飛翔滴振動
Gly	Gly30-0	71(72)	70(72)
	Gly30-0.1 <sup>*</sup>	70(72)	68(71)
	Gly30-0.5	65(71)	57(71)
	Gly30-1.0	63(71)	45(46)

数値 : 0.06msの表面張力

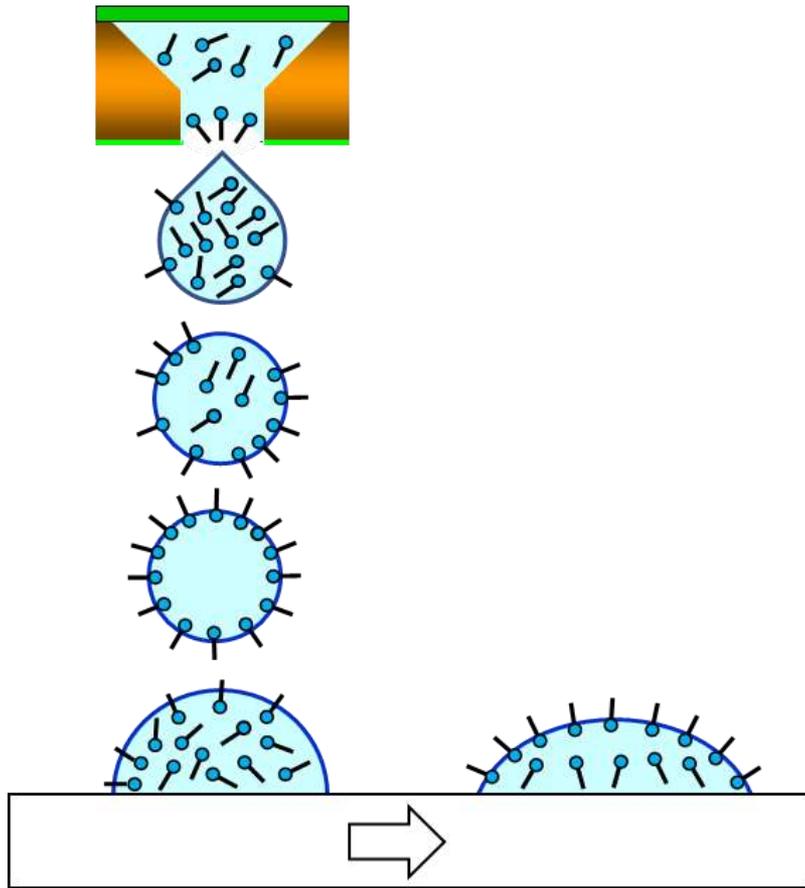
\*H&R: Hua, X.Y., Rosen, M.J.

( )内 : 新しい界面形成直後の推定値

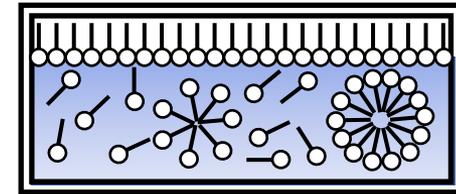
液と液を衝突させ振動周波数から減衰時定数を求め、表面張力を算出する方法(飛翔滴振動法)がシミュレーションと一致。

臨界ミセル濃度(CMC)を超えた添加量で有効

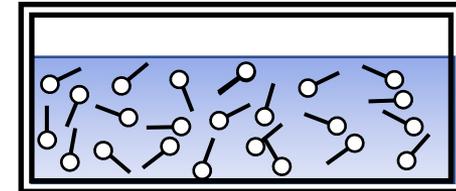
# 新しい界面形成から飛翔過程での界面状態を予測



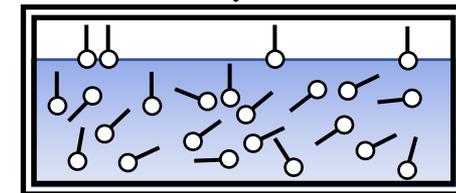
吐出前  
28mN/m



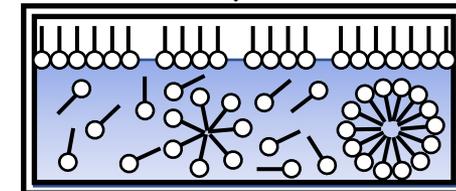
微振動  
72mN/m



飛翔中  
50mN/m



液滴形成  
>30mN/m



振動法により界面活性剤の状態が変化シミュレーションできる

# 圧電素子を備えた固体レオメーター (PAV)を用いた粘弾性と吐出性

森田 直己, 高橋 茂樹, 土屋 弘一, 酒井 真理  
・粘弾性を有する水性インクの噴射特性とプリンタへの適用性  
第131回日本画像学会年次大会 講演予稿集 (2023 千葉大学 西千葉キャンパス)

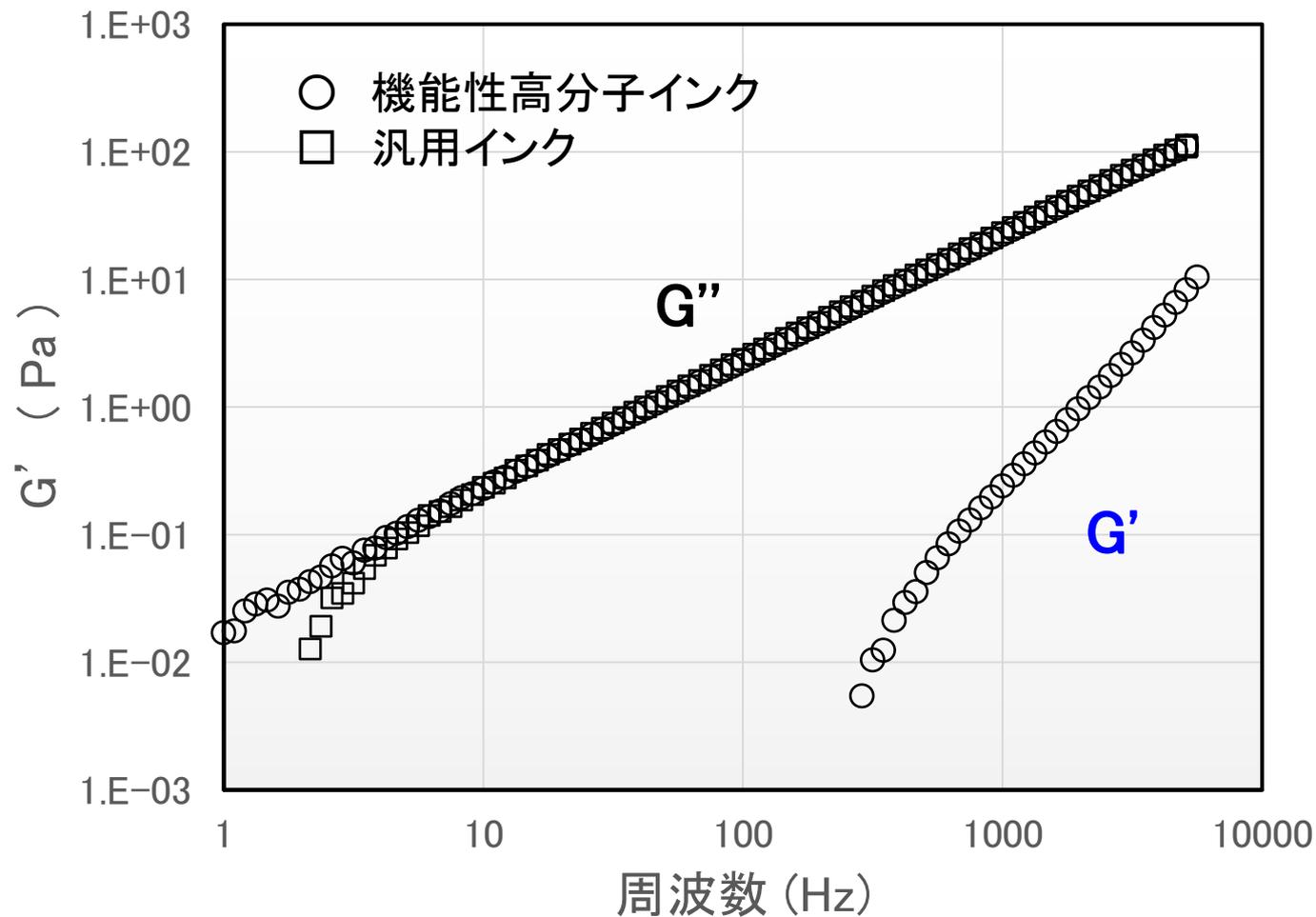
# TriPAV High Frequency Rheology

## 原理(圧電素子を備えた固体レオメーター)

- ・2枚の平板の間に少量の流体を保持し、一方の平板を圧電アクチュエータで振動させるSqueeze-flow レオメーター。
- ・外部ロッキングアンプを用いて下側のプレートを押電励起(ジェット噴射時にプリントヘッドチャンネルで発生するのと同様の10nm)し、全体の応答をパッシブ圧電センサーで捕捉します。
- 試料の有無による応答から複雑なレオロジー特性を測定し、複雑な線形粘弾性特性である弾性率( $G'$ )、粘性率( $G''$ )、複素粘度を決定する。



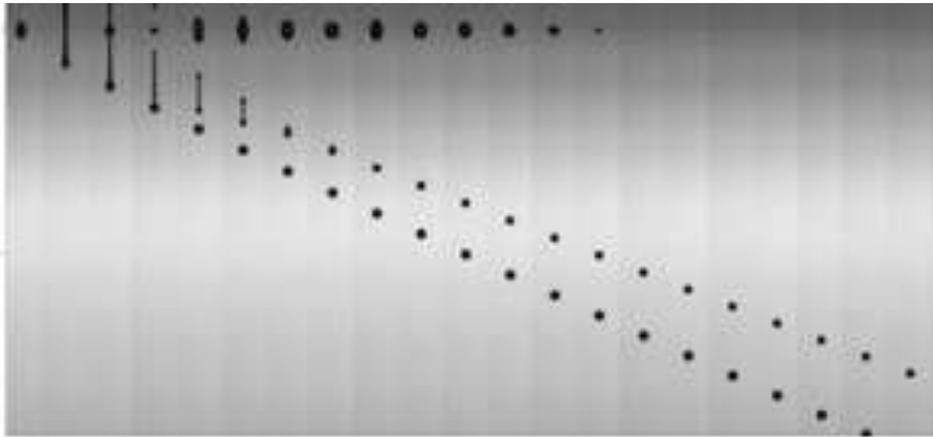
# レオロジー測定結果



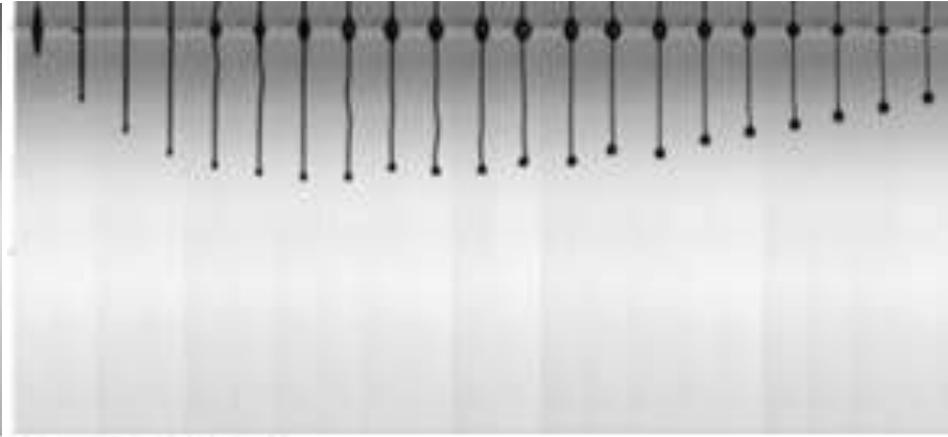
高分子ポリマーインクは粘弾性があり

# 飛翔観察

吐出安定なインク  
(汎用インク)

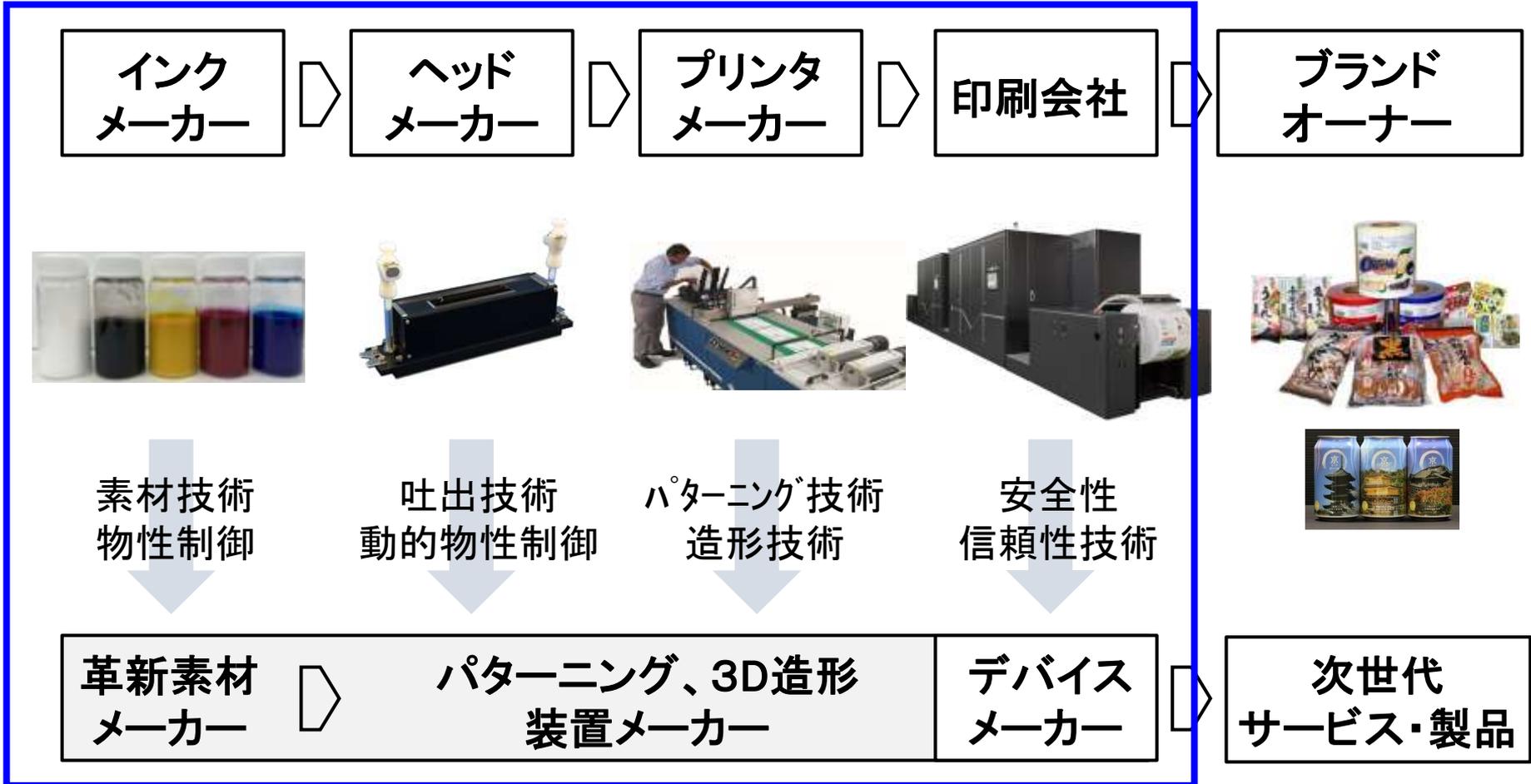


不安定な吐出  
(機能性高分子インク)



機能性高分子インクは液柱が引き戻される

# コンビニエンスファクトリーへの展望



一気通貫「モノづくり」の提案

# 共同研究提案

1. 色材及びインクの素材、フォーミュレーション技術
2. インクジェット印刷における物性及び吐出技術
3. 着弾拳動と乾燥技術、現実的な描画技術
4. 2D～4Dへの微細描画技術
5. 今後のプリント技術動向（研究会セミナー）