



インクジェット印刷の「にじみ」等の原因を予測する新指標を提案 ～品質低下につながるサテライト滴の発生メカニズムを解明～

【発表のポイント】

- インクジェット印刷において、にじみ等の原因となるサテライト滴（*1）の発生メカニズムを解明
- 液体の「伸びやすさ」を表す伸長緩和時間（*2）が、印刷品質を左右する主要因であることを明らかに
- 印刷条件からサテライト滴の発生を予測できる新たな設計指針を提案

【概要】

インクジェット印刷は、書籍や商業印刷、パッケージ印刷などの紙媒体において広く用いられており、画質や文字品質の向上が求められています。しかし、印刷中に発生する微小なサテライト滴がインクのにじみや飛散を引き起こし、品質低下の要因となることが課題でした。

名古屋工業大学電気・機械工学類の玉野真司教授、武藤真和助教、および株式会社 SCREEN ホールディングスの松田健氏らの研究チームは、本課題に対し、サテライト滴の発生メカニズムの解明に取り組みました。具体的には、インク液体が引き伸ばされて細くなる際の挙動である伸長レオロジー（*3）に着目し、液体の「伸びやすさ」を表す指標である伸長緩和時間が、サテライト滴の発生を支配していることを明らかにしました。

また、溶媒の粘度やノズル径といった装置条件によって伸長緩和時間が変化し、それに応じて液糸がどのタイミングで破断するかや、サテライト滴が発生する時刻を統一的に整理できることを示しました。

さらに、インクジェットの実動条件に近い環境で低粘度液体の伸長特性を評価可能な独自の計測手法を開発し、液滴の分裂挙動およびサテライト滴の発生を統一的に説明する解析手法を構築しました。

これにより、インク設計や印刷条件の設定段階においてサテライト滴の発生を事前に予測できる可能性が示され、印刷品質の向上および工程最適化に向けた新たな指針が提示されました。本成果は、紙への印刷から電子デバイス製造に至るまで、幅広いインクジェット応用において品質向上と材料設計の高度化に寄与することが期待されます。

本研究成果は、米国物理学協会（AIP）が刊行する学術誌 *Physics of Fluids* に 2026 年 7 月 14 日付で掲載され、Featured Article（注目論文）に選ばれました。

【研究の背景】

インクジェット印刷は、書籍・商業印刷・パッケージ印刷など幅広い分野で用いられており、近年はより高精細で安定な印刷品質が求められています。しかし、吐出されたインクが分裂する際に発生するサテライト滴が、にじみや飛散を引き起こし、画質や文字品質の低下を招くことが大きな課題と

なっていました。

このサテライト滴の発生は、液糸（フィラメント）が引き伸ばされて細くなる過程の力学挙動と深く関係していますが、インクジェット実動条件に近い（高伸長速度な）環境下でその挙動を定量的に評価することは従来困難でした。

【研究の内容・成果】

本研究では、インクジェット印刷と同様の条件で低粘度な高分子溶液を吐出し、液糸が細くなる過程を高速カメラで観察するとともに、その時間変化から伸長特性を定量的に評価する独自の計測手法「ピエゾ駆動型伸長レオメーター」（特許 7807735, 特願 2025-107606）を開発しました（図 1）。これにより、従来評価が難しかったインクジェット実動条件下での液体の伸長挙動を直接計測することが可能となりました（図 2）。

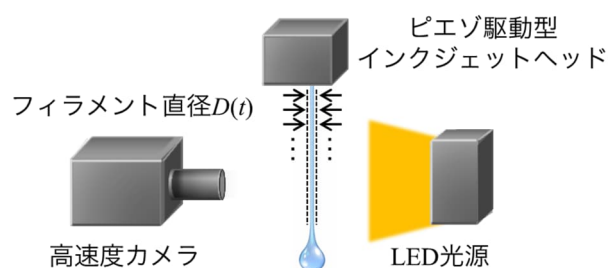


図 1 ピエゾ駆動型伸長レオメーター（© AIP Publishing）

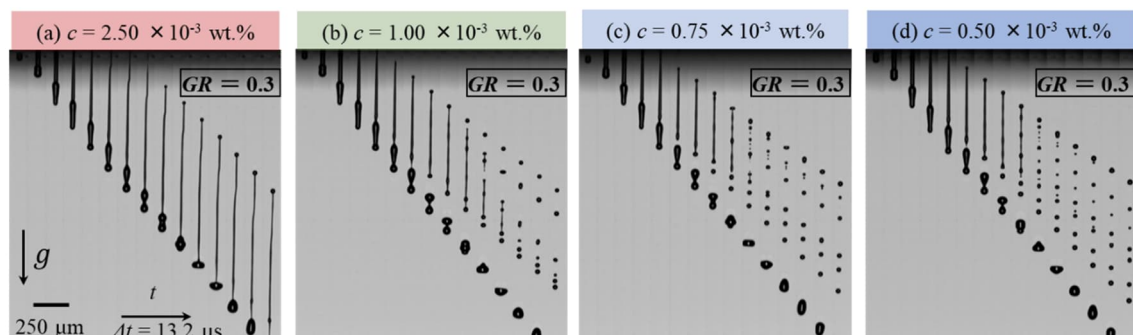


図 2 飛翔観察画像（© AIP Publishing）

その結果、液体の「伸びやすさ」を表す指標である伸長緩和時間（ λ_E ）が、高分子濃度、溶媒粘度、およびノズル径に依存して変化することを明らかにしました。これは、インクのマテリアル特性だけでなく、ノズルサイズといった装置条件も液体の挙動に大きく影響することを示しています。

さらに、液糸に作用する毛細管力と弾性力がバランスする弾性 - 毛管領域（*4）（elasto-capillary: EC 領域）の開始時刻、その終了時刻、破断のタイミング、そしてサテライト滴の発生時刻といった一連の現象を、伸長緩和時間を用いることで統一的に整理できることを示しました（図 3）。すなわち、従来は個別に扱われていた液滴の分裂挙動を、単一の指標で説明できることが明らかとなりました。

また、本研究で確立した手法により、インクジェット印刷における高速かつ微小スケールの流動現象を定量的に評価できるようになり、インクの配合条件と印刷結果の関係を直接結びつけて議論する

ことが可能となりました。

これらの成果は、インクジェット印刷における液滴形成メカニズムの理解を深めるとともに、実際の印刷時においても、品質低下の原因となるサテライト滴を抑制し、より高精細で安定した印刷品質の実現に貢献するものです。

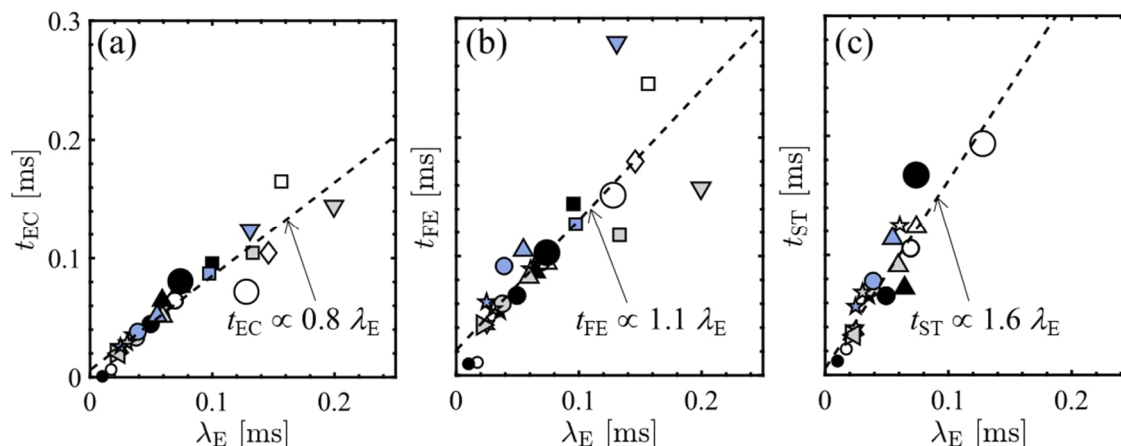


図3 伸長緩和時間 λ_E と特徴的な時刻の関係：(a) EC 領域の開始時刻，(b) EC 領域の終了時刻，(c) サテライト滴の形成時刻 (© AIP Publishing)

【社会的な意義】

本研究により、インクジェット印刷において印刷品質低下の原因となるサテライト滴の発生を、物理的に予測・制御できる可能性が示されました。

特に、書籍や商業印刷、パッケージ印刷といった紙への高精細印刷においては、微小なインクのにじみや飛散が画質や文字品質に直結します。本研究の知見を活用することで、よりシャープで均一な印刷品質の実現が期待されます。さらに、この成果は紙媒体にとどまらず、スマートフォンやテレビなどの画面に広く利用される有機 EL や半導体材料、プリンテッドエレクトロニクスといった先端デバイス分野における高精度パターンニング技術にも展開可能です。

【今後の展望】

今後は、今回明らかになった液体の伸びやすさを表す「伸長緩和時間」について、より詳細な解析を進め、インク物性と飛翔状態の関係をさらに明確にしていきます。また、幅広い印刷条件に適用可能な設計指針の構築を目指します。これにより、インクの配合設計段階において、サテライト滴が発生しにくく、安定して高品質な印刷を実現するための条件を事前に予測できるようになると期待されます。

さらに、紙への印刷ではインクの広がりや浸透との関係も考慮した最適設計への応用が可能となり、文字や画像の鮮明さ向上につながると考えられます。最終的には、本研究の知見を活用することで、インクジェット用インクの開発効率を高め、試作や調整の手間を削減しながら、より高品質かつ用途に応じたインク設計の実現を目指します。

【用語解説】

（＊1）サテライト滴

主液滴とは別に形成される不要な微小液滴。にじみや飛散が画質や文字品質の低下に繋がります。

（＊2）伸長緩和時間

液糸の指数関数的細化（EC 領域）から評価される代表時定数。液糸の細化・破断やサテライト滴形成のタイミングを特徴づけます。

（＊3）伸長レオロジー

液体が引き伸ばされる流れの中で示す変形・応力応答の性質。インクジェット吐出では、せん断よりも伸長流れの影響が支配的になる場合があります。

（＊4）弾性 – 毛管領域

弾性力と毛細管力がつり合い、液糸径が時間に対して指数関数的に減少する領域。伸長緩和時間の評価に用いられます。

【論文情報】

論文名：Effects of solvent viscosity and nozzle diameter on extensional properties of dilute polymer solutions using piezo-driven extensional rheometry

著者名：松田健、武藤真和、玉野真司

掲載雑誌名：Physics of Fluids

公表日：2026 年 7 月 14 日

DOI：10.1063/5.0335404

URL：https://doi.org/10.1063/5.0335404

【研究支援】

本成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の官民による若手研究者発掘支援事業（補助事業）の結果得られたものです。

本件への問い合わせ先

名古屋工業大学 電気・機械工学類

教授 玉野 真司

TEL:052-735-5609

E-mail: tamano.shinji@nitech.ac.jp

配信元

名古屋工業大学 企画広報課

TEL:052-735-5647

E-mail: pr@adm.nitech.ac.jp