



報道機関 各位

令和4年8月2日

熊本大学

**平板に衝突した滴のスプラッシュ発生条件と飛び散る滴のサイズを
新理論で予測可能に！**

(概要説明)

熊本大学大学院先端科学研究部の米本幸弘 准教授と浙江大学の功刀資彰教授の研究グループは、粗さの異なる固体物質表面に衝突した液滴が分裂を起こす（スプラッシュ現象）条件を、定量的に予測する理論式を導き出すことに成功しました。固体物質表面への液滴の衝突現象は、衝突速度に応じて衝突後の液滴の挙動が変化し、速度が小さい条件では単純に濡れ拡がりませんが、速度が大きくなるにつれ、ある速度条件から微細な液滴が飛び散る現象が現れます。特に、今回導き出した理論式は、衝突速度がスプラッシュ発生速度よりも小さい範囲（単純濡れ拡がり過程）での液滴濡れ面積の予測も可能であり、さらに、スプラッシュ発生時に飛び散る液滴（飛散二次液滴）の平均サイズの予測も可能です。これまで世界中の研究者が実験、理論や数値解析的観点からスプラッシュ現象の発生条件の定量予測に挑んできましたが、スプラッシュ発生条件だけでなく、飛散した液滴のサイズや液滴の濡れ面積の予測を実現した例はありませんでした。

本研究成果の柱となるスプラッシュの発生条件の予測理論は、令和4年3月24日にイギリスのオープン・アクセス・ジャーナル「Scientific Reports」に掲載されました。今回の飛散液滴のサイズの予測等に関する成果は、オランダのオープン・アクセス・ジャーナル「Colloid and Interface Science Communications」に日本時間令和4年8月1日に掲載されました。

(説明)

固体表面への液滴の衝突は、インクジェット、自動車エンジンのインジェクターやスプレー冷却など数多くの工業分野で見られる現象であり、衝突後の液滴の最大濡れ拡がり面積や、液滴の分裂現象（スプラッシュ現象）は、製品の質や装置の効率を大きく左右する重要なパラメーターです。

液滴のスプラッシュの発生条件は、液滴の性質や、液滴がぶつかる速度、固体の性質、表面性状でも異なります（図1）。例えばぶつかる先がガラスかテフロン加工の素材かでもスプラッシュの発生条件が異なってきます。濡れやすいか、はじきやすいかといった液体の付着しやすさを「濡れ性」と言い、固体表面の粗さによってもその濡れ性は変化します。

従来のスプラッシュの発生条件に関する理論検討では、固体表面に衝突した液滴と固体表面間に生じる、液膜の先端の振る舞いに着目した局所的なも

のが主流でしたが、液体や固体間の濡れ性や固体表面の粗さの程度などにより適用条件が場合分けされており、細かい条件や複雑な計算式無しにスプラッシュの発生条件を予測できるような関係式はありませんでした。

熊本大学・米本准教授と浙江大学・功刀教授らは、液滴衝突時に発生する液膜先端の液表面の不安定性を単純化し（図2）、液滴衝突時に濡れ広がる液膜の圧力バランスを検討しました。その際、液滴最大濡れ拡がり面積を予測するエネルギーバランス式を修正することで、スプラッシュの発生条件を予測する新しい理論式を導出しました。

新しく導かれた理論式は、粗さの異なる固体基板に衝突する液滴のスプラッシュ現象の発生条件の定量的予測だけでなく（図3）、スプラッシュ発生時に液膜先端から飛散する液滴（飛散二次液滴）のサイズの予測や（図4）、液膜が不安定化した際に現れる指状の液体の本数の予測も可能であることが示唆されました。

近年、インクジェット技術を用いた半導体基板のナノスケールの回路作成技術が注目を浴びていますが、ナノスケールの現象の観察には高額な実験装置が必要になり、また、数値解析による予測では専門的な技術を必要とします。本研究の成果は、簡易的な方法で衝突後の液滴の最大濡れ拡がり面積、スプラッシュの発生条件、さらに飛散した二次液滴のサイズ等を予測できるため、効率的な回路設計等の実現が期待できます。

（発表雑誌）

[1]雑誌名：Scientific Reports（オンライン版：3月24日掲載済）

論文タイトル：Predicting the splash of a droplet impinging on solid substrates

著者：Yukihiro Yonemoto, Kanta Tashiro, Kazuki Shimizu, Tomoaki Kunugi

DOI番号：<https://doi.org/10.1038/s41598-022-08852-3>

[2]雑誌名：Colloid and Interface Science Communications

（オンライン版：8月1日掲載済）

論文タイトル：Estimating the number of fingers and size of ejected droplets
in droplet impingement processes on solid substrates

著者：Yukihiro Yonemoto, Minori Yamashita, Kanta Tashiro, Tomoaki Kunugi

DOI番号：<https://doi.org/10.1016/j.colcom.2022.100651>

【お問い合わせ先】

熊本大学大学院 先端科学研究部 機械・エネルギー創生分野
准教授 米本幸弘（よねもと ゆきひろ）

Tel&Fax：096-342-3757

e-mail: yonemoto@mech.kumamoto-u.ac.jp

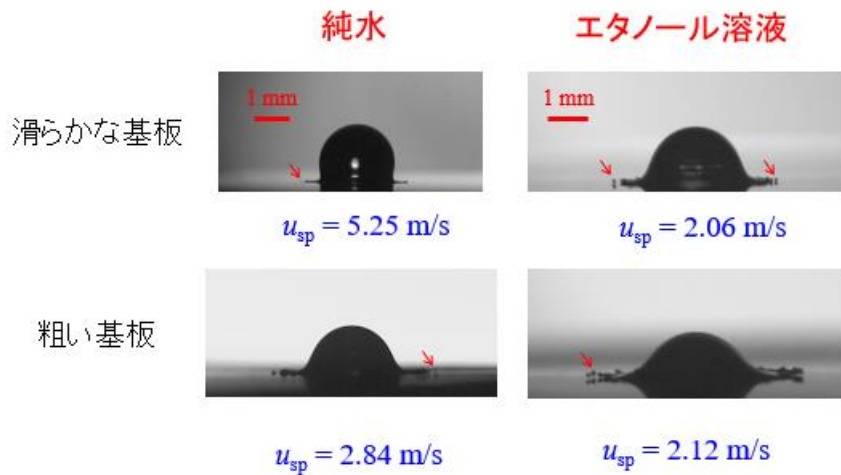


図 1 粗さの異なるポリカーボネート基板に衝突する液滴の撮影画像。
 u_{sp} はスプラッシュ現象が発生した際の液滴衝突速度である。

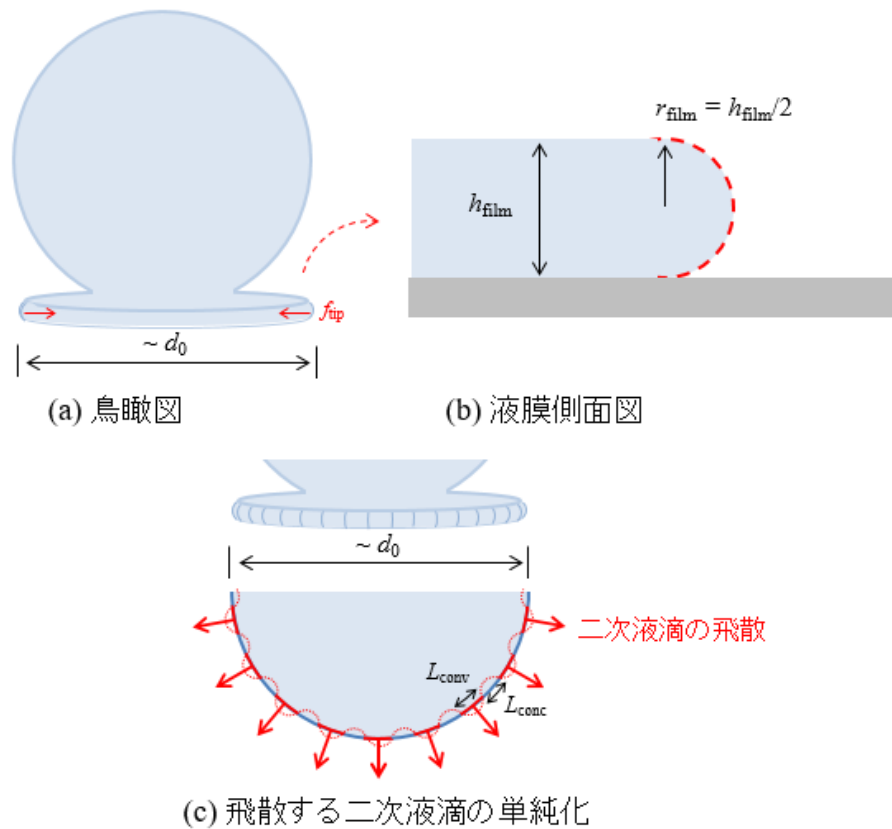


図 2 液膜不安定挙動の単純化モデルの概念図

衝突直後の液滴と固体表面との間に形成される液膜には表面張力 f_{tip} がはたらく ((a)参照)。その表面張力の大きさは液膜の厚みと関係すると仮定している ((b)参照)。不安定化し凹凸形状になった液膜側面の凸部分 ((c)参照) から二次液滴が飛散すると仮定する。その際、凹部分と凸部分の円周方向の長さ L_{conc} と L_{conv} は同じ長さとして仮定している。

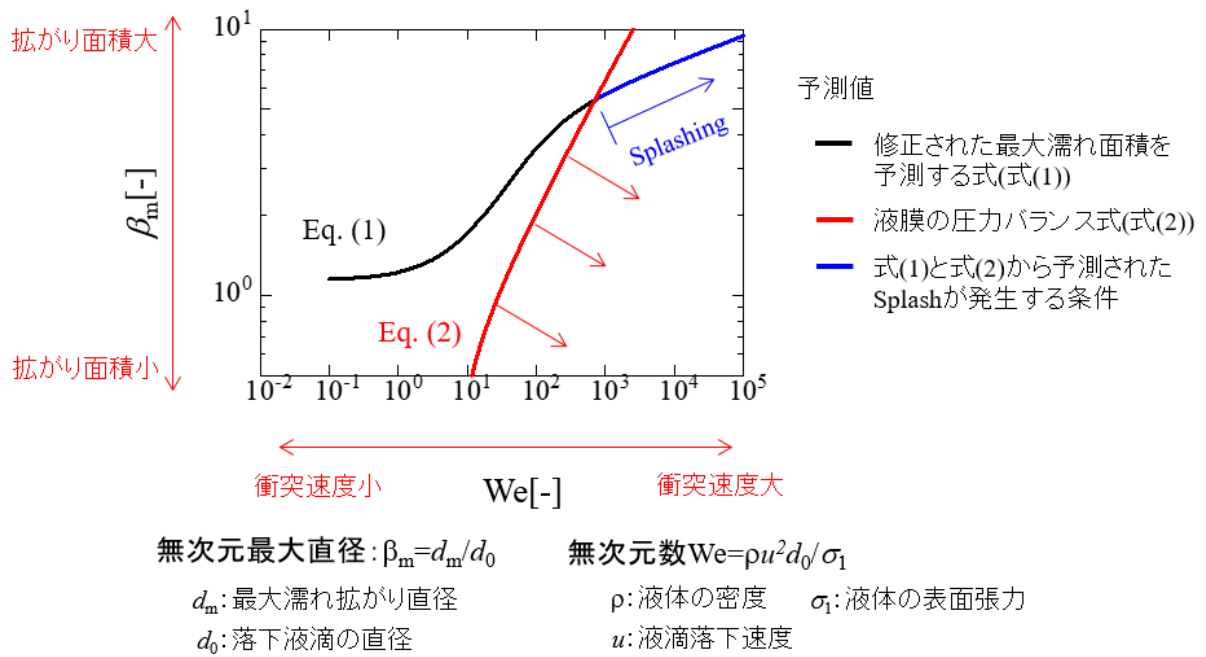


図 3 スプラッシュの発生条件：滑らかなポリカーボネート基板に衝突する純水の液滴（4.5 μL ）の例

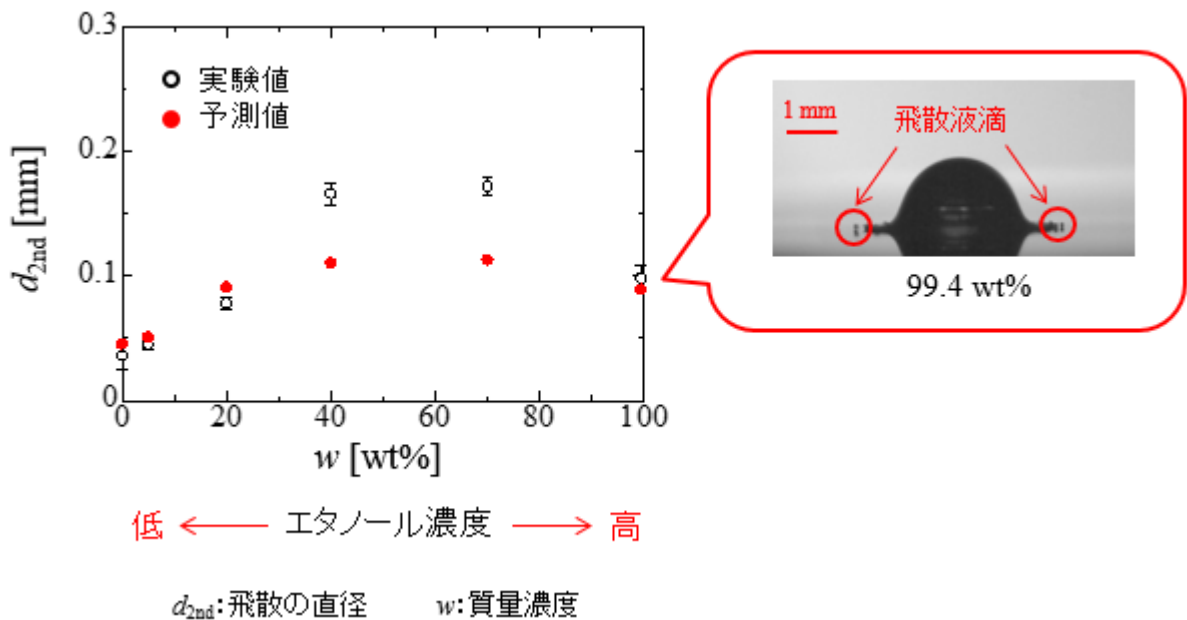


図 4 飛散した液滴のサイズ：滑らかなポリカーボネート基板に衝突するエタノール水溶液の例