

液滴の固体面衝突時の表面性状の影響

Effect of surface properties of droplet impact onto solid substrate

南 風大¹⁾

指導教員 長谷川 浩司²⁾

- 1) 工学院大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 混相流工学研究室
- 2) 工学院大学 工学部 機械工学科 混相流工学研究室

キーワード : Droplet impact, Surface properties, Splash, MEMS

1. 緒言

液体の非加熱面衝突現象は洗浄技術や塗装技術など幅広い分野において応用されており、洗浄効率向上や塗りムラ防止に役立っている。これらの基礎的な現象となる液滴と固体面の衝突現象は、長年にわたり多くの研究が行われてきた^[1-2]。近年、MEMS 技術の高度化により衝突固体面の機能化の進展が目覚ましいものの、構造化平面の溝部分に対する液滴の衝突挙動は、溝部分の挙動観察が困難であることに起因し、知見は十分とは言い難い^[1]。

そこで本研究では表面性状が異なる固体面に液滴が衝突した際の液滴の濡れ挙動に着目し、衝突液滴の流体物性および固体面の表面性状が液滴の濡れ挙動に与える影響の解明を目的とする。

2. 実験結果および実験条件

Fig.1 に本研究で用いた実験装置の概略図を示す。本実験装置は衝突面となる固体面を設置し、固体面に対して垂直に設置されているシリンジから、シリンジポンプを用いて液滴を自身の自重により衝突面へと落下させる。衝突液滴の挙動は、高速度カメラを用いてバックライト法により撮影を行い、得られた画像群に対してコンピュータを用いて画像解析を行った。試験流体として表面張力の異なる純水とエタノールを用いた。また、試験面は無加工の石英ガラスと直方体を等間隔に並べた構造化平面を用いた。構造化平面の詳細を Table.

1 と Fig. 2 に示す。各パラメータには、 L : Edge length, S : Spacing, h : Height, 表面の濡れ性の表す指標として接触角を用いた。特に、前進角を θ_{adv} 、後退角を θ_{rec} と定義した。本研究では、 h を 100 μm に統一し、 S を変更することで 2 ケースの実験を行った。

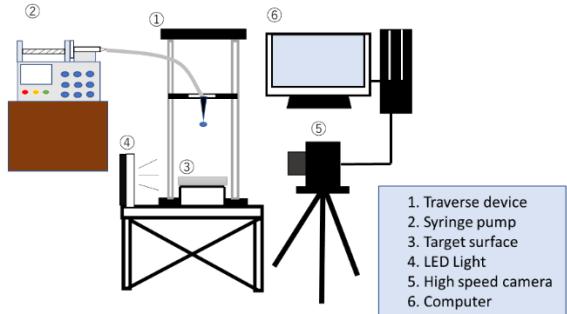
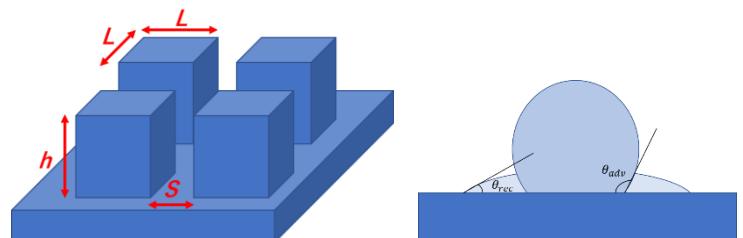


Fig.1 Schematic of experimental setup.

Table 1 Conditions of structured surface.

Case	L	S	θ_{adv}	θ_{rec}
	100	50	113	42
	100	300	104	38



(a) Contact angle

(b) Structured surface

Fig.2 Schematic of experimental approaches.

3. 実験結果および考察

3.1 石英ガラスへの液滴衝突

Fig. 3 に各液滴が石英ガラス面へ衝突する際の各時刻での静止画を示す。ここで流体物性が液滴衝突挙動に与える影響を検証するために、純水、エタノール、グリセリンを用いた。固体面に接触($t = 0 \text{ ms}$)してから液滴の最大拡がり時まで各時刻の静止画を示している。エタノールでは衝突後に微細液滴の飛散を確認できた。一方で、純水とグリセリンでは微細液滴の飛散は目視では確認できなかつた。これは他の液滴と比較し、エタノールは表面張力が低いことに起因すると考えられる。グリセリンは純水とエタノールと比較して、衝突後の液滴の変形が小さいことを確認した。これは他の 2 つの液滴と比べてグリセリンの動粘度が高く、衝突の運動エネルギーが粘性によって散逸したためであると考えられる。以上から、流体物性の違いが液滴の衝突時の挙動に及ぼす因子として、表面張力と粘度が関係していると考えられる。

3.2 構造化平面への液滴衝突

Fig.4 に純水が石英ガラス面と構造化平面へ衝突する際の各時刻での静止画と液滴の変形量の時間変化を示す。図中グラフの横軸は液滴が固体面に接触後 (Time : 0 ms) の経過した時刻を示し、各自時刻での液滴の長軸(拡がり径)を衝突前の初期液滴径で除した無次元変形量 d/d_0 を示している。Fig. 4 の右図から、両データは定量的な一致を示した。落下高さ 250 mm の条件では、液滴の拡がり径に対する表面性状の影響は無視可能であると考えられる。

Fig.5 に純水が $S = 50 \mu\text{m}$ と $S = 300 \mu\text{m}$ の構造化平面へ衝突する際の各時刻での静止画と時系列結果を示す。図中グラフの定義は Fig.4 と同様である。Fig.5 から衝突直後 ($\sim 2 \text{ ms}$) では、液滴の拡がり径に大きな違いは確認できないものの、3 ms 以降に徐々に拡がり径に差が見られた。この結果より、構造化平面のスペーシングを大きくすることで液滴と固体面の接触性が向上し、濡れ性向上につながる可能性が示唆された。

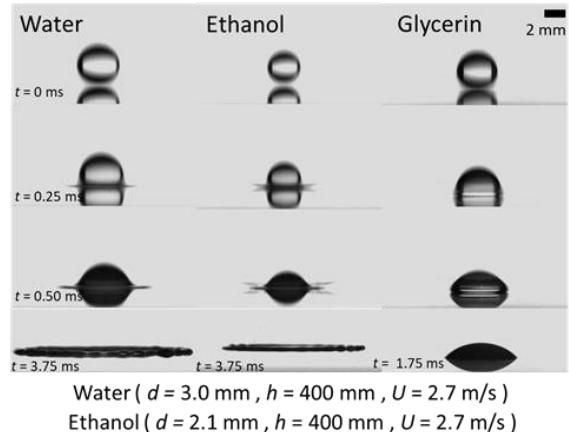


Fig.3 Effect of liquid properties on droplet impact.

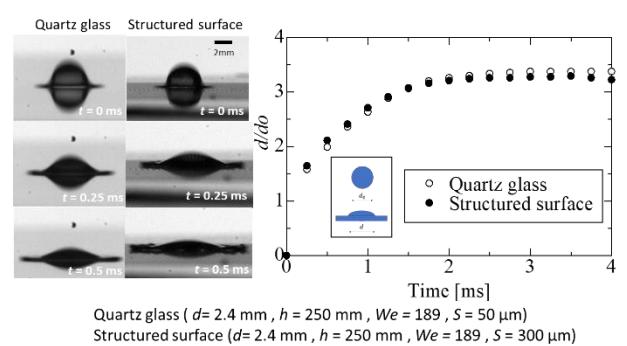


Fig.4 Time evolution of droplet deformation after droplet impact on solid surface.

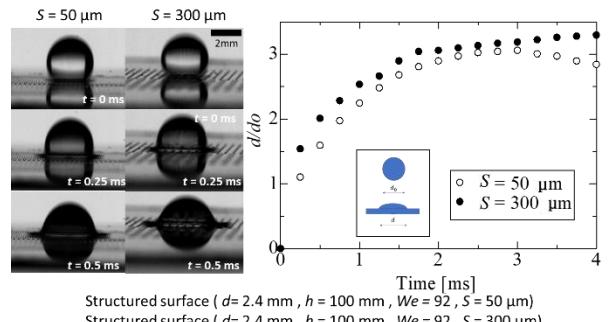


Fig.5 Time evolution of droplet deformation after droplet impact on structured surface

参考文献

- [1] V. Fink et al., Drop bouncing by micro-grooves, Int. J. Heat. Fluid Flow 70, 271-228 (2018).
- [2] M. Shunsuke et al., Observation of the liquid film on a circle plate formed by a droplet train impingement, Transactions of the JSME Vol.83, No.848, 1-14 (2017).