

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¹⁾

1) 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^[1-3]。一方で、構造化平面の溝部分に対する液滴の衝突挙動については、溝部分の挙動観察が困難であることから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を明らかにすることを目的とし、実験的に検討した結果を報告する。

2. 実験方法および実験条件

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ジンから、シリジン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 と定義

し、8つのパターンを用いた。このとき、 h は全て 100 μm とする。

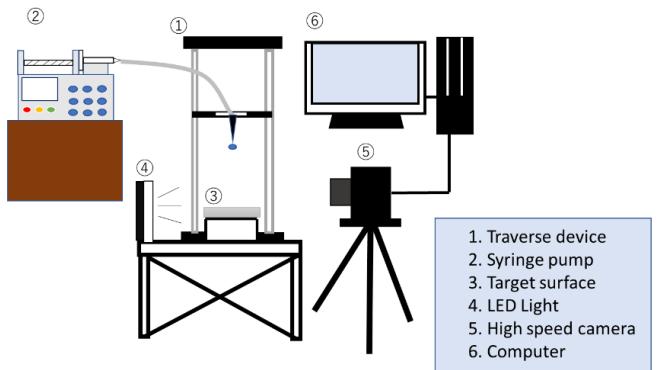


Fig.1 Schematic of experimental setup.

Table 1 Conditions of structured surface.

L	100	100	100	100	200	200	300	300
S	50	100	300	500	100	500	300	500

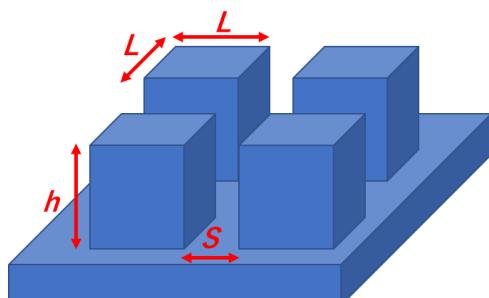


Fig.2 Schematic of structured surface.

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広がり時まで静止画分割した図を示している。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確認できなかった。これは他の液滴と比べエタノールは表面張力が小さいからであると考えられる。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。流体物性が液滴の変形に及ぼす影響について、Fig. 3 の結果に基づいて定量的に評価・考察する。

Fig. 4 に Fig. 3 の結果から得られる液滴の変形挙動の時系列結果を示す。図中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(広がり径)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 から、純水とエタノールの場合、液滴は定性的に同様の変形を示している。一方で、グリセリンは他の液滴と異なり、衝突後およそ 0.5 ms 以降はほぼ同様の形状となることを確認した。これは他 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

液滴の物性のみならず、衝突する固体面の性質を変えることでも液滴の挙動を制御できることが示唆されている。Zhang ら^[3]は、構造化平面の水液滴のバウンス挙動における知見を示しており。構造化平面の Edge length, Spacing を変えることによって液滴のバウンス挙動が異なることが確認している。具体的には、Spacing を増加させることによって液滴と衝突面の接触時間が減少することが報告されている。今後の研究としては、Table 1 および Fig. 2 に示すように、上記先行研究の再現実験、または未検証の構造化パターンでの液滴の衝

突挙動を可視化計測および定量的に評価することで知見の拡充を試みる。

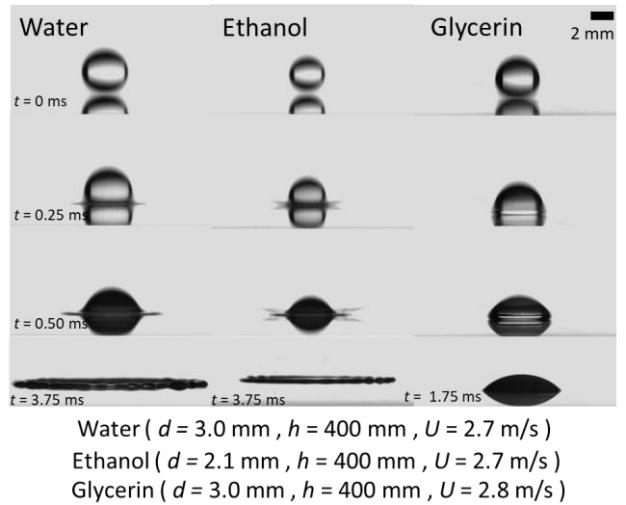


Fig.3 Effect of liquid properties on droplet impact.

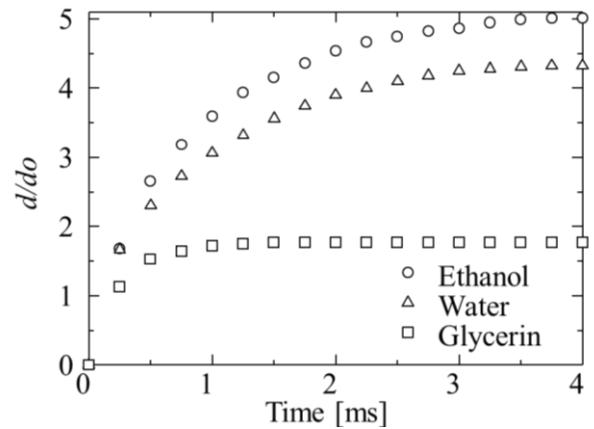


Fig.4 Time evolution of droplet deformation after droplet impact on solid surface.

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).
- [3] R. Zhang et al., Internal rupture and rapid bouncing of impacting drops induced by submillimeter-scale textures, Phys. Rev. E, 95, 063104 (2017).