

流体物性が単一液滴の液面および固体面衝突挙動に与える影響

Effect of Fluid Properties on Single Droplet Impact on Liquid and Solid Surface

奈良朋信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 : Drop impingement, Jet formation, Fluid property

緒言

液体を噴霧状にして用いる技術は鋼材のスプレー冷却や半導体基板の洗浄など幅広い分野において応用されている。これらの基礎的な現象となる液滴の液面および固体面衝突現象は、これまで様々な観点から数多くの研究が行われてきた[1-3]。Eduardo ら[4]は衝突液滴と液面に同種液体を用いた際のジェット形成から破断までを流体物性の観点から実験および数値解析的に検討を行い、無次元数により現象を整理している。しかしながら、液滴の流体物性の影響に関しては、液面および固体面においても未だ未解明な点が存在する。

そこで本研究では、衝突液滴の流体物性の影響に着目し、流体物性が単一液滴の液面および固体面衝突現象に与える影響明らかにすることを目的とし、実験的に検討した。

実験装置および方法

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液面と固体面に対し、垂直に設置されているシリンジから、液滴自身の自重により衝突面へと落下する。撮影方法として、液滴が衝突面に衝突する瞬間を高速度カメラで撮影し、得られた画像群に対して解析を行った。Table 1 に実験条件を示す。本研究では大気圧下での実験を行っており、試験流体として衝突液滴には純水、エタノール、シリコンオイル、グリセリン、衝突液面には純水、固体面にはアクリル

板および石英ガラスを用いた。液滴径 d に関しては、シリンジの針系を変えることで調整を行った。衝突速度 U に関しては、シリンジを固定しているトラバース装置を上下へと移動させ、落下高さを変更することで衝突速度の調整を行った。

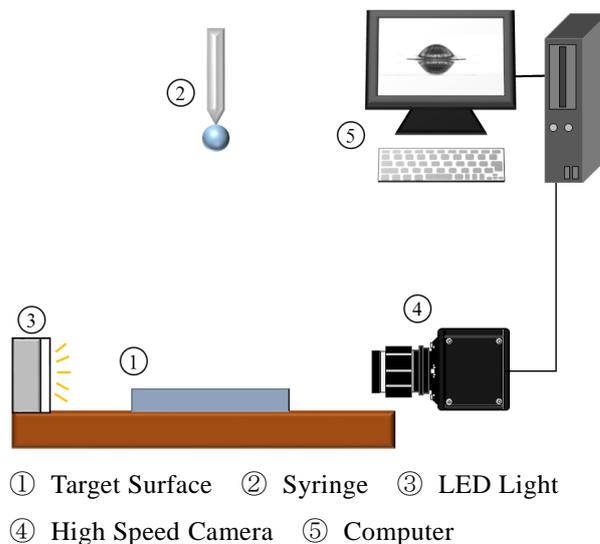


Fig. 1 Experimental setup

Table 1 Experimental conditions

Droplet	Water, Ethanol, Silicon oil(1,000 Sct), Glycerin
Target Surface	Water, Glass, Acrylic
Equivalent diameter d [mm]	1.8 - 3.3
Impact Velocity U [m/s]	1.0 - 3.2

実験結果および考察

Fig. 2 に水, エタノールの液面衝突の可視化観測結果を示す. 水, エタノール液滴の衝突液滴径は 2.0 mm, 液面衝突速度は 2.4 m/s である. エタノール液滴では, 液面衝突後に液面上部にリムを形成 ($t = 3$ ms)すると共に, 液滴が液面上方より飛散していることが確認できる. エタノール液滴は, 水に比べ表面張力の値が 1/3 程度しかないことから液面衝突直後の衝撃により飛散したと考えられる. Fig. 3 に水, エタノール液滴の衝突速度変化によるジェット高さの時系列変化を示す. Fig. 3 より, 水液滴では衝突速度の増加に伴い, ジェット高さが増加していることが確認できる. また, ジェットの分裂が促進されていることも確認できる. ジェット形成および分裂に要するエネルギーは液滴が液面へと衝突するエネルギーに依存することが考えられ, ジェット分裂は Rayleigh-Plateau instability により引き起こされることが考えられる [4]. 一方で, エタノール液滴では水液滴と同様に, 衝突速度の増加に伴いジェットの高さが増加していることが確認できるものの, ジェット分裂は衝突速度上昇に伴い, 抑制されることが確認できる. この要因として, 衝突速度の増加に伴い, エタノール液滴の液面との混合が促進されることにより, 形成されるジェットがエタノール・水混合ジェットとなり, ジェット分裂の要因となる表面張力が増加し, ジェットの破断が発生しなくなることが考えられる.

結言

流体物性が液滴の液面および固体面衝突現象に与える影響について実験的に検討を行った. その結果, 液体面への液滴衝突時には, 水と比べ表面張力の低いエタノール液滴では衝突速度増加に伴い, 液ジェットの分裂が発生しなくなることが確認された. この要因として, エタノール液滴では, 衝突速度増加に伴う, 液滴と衝突面との混合促進によるエネルギー変化が考えられる.

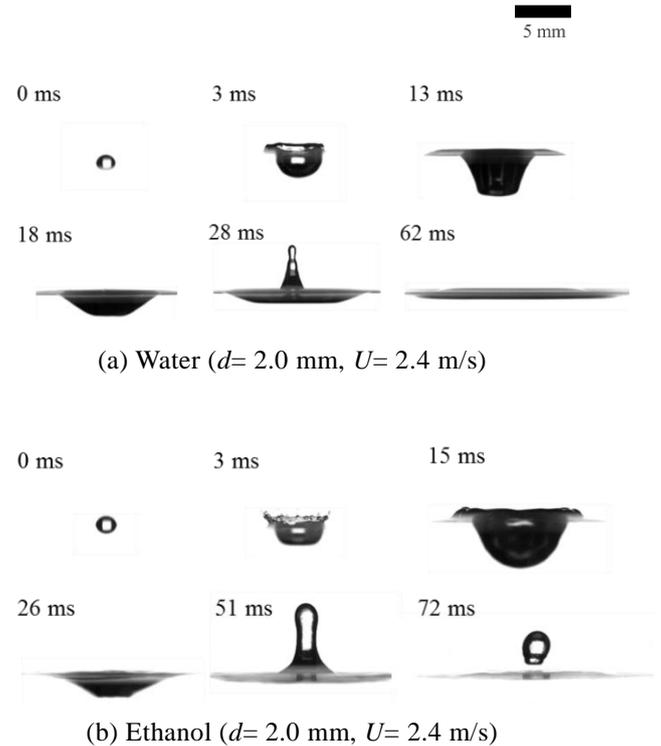


Fig. 2 Effect of liquid properties on single droplet impact into liquid pool

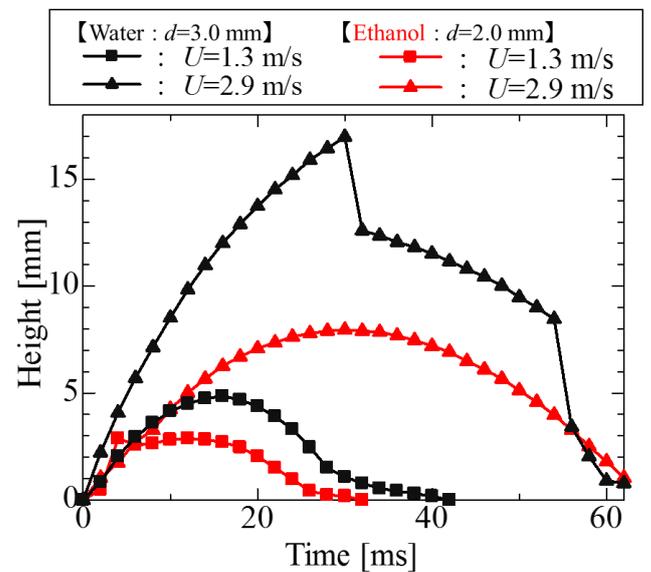


Fig. 3 Comparison of the time evolution of the jet height for impact velocity.

参考文献

- [1] Hendrix, Maurice HW., et al., "*J. Fluid Mech.*" **789**, 708-725 (2016).
- [2] Tran, T., et al., *JFM* **726** (2013).
- [3] Limbeek, v., et al., *Int. J. Heat Mass Transfer* **97**, 101-109 (2016).
- [4] Castillo-Orozco, E., et al., *Phys.Rev.E* **92.5** (2015).