

加熱固体面における液滴の沸騰挙動

Boiling behavior of droplet on a heated solid surface

橋爪睦月¹⁾, 武藤一平²⁾

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

2) 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

キーワード: 液滴衝突, 加熱固体面, ライデンフロスト液滴, 温度分布, 界面不安定性

1. 緒言

現在, 液滴の加熱固体面衝突現象は噴霧冷却や燃料噴射装置など幅広い分野で応用されており, これらの装置の性能の向上には液滴の固体面衝突現象を把握することが不可欠である. 液滴の加熱固体面衝突現象はこれまでに様々な側面で研究が行われてきた^[1,2,3]. しかしながら, 液滴と加熱固体面衝突の挙動について, 流体物性が複雑に関与するため知見は十分とは言い難い.

本研究では, 加熱固体面に液滴が衝突した際, 液滴が分裂したときの挙動について着目し, 衝突面温度および衝突 We 数が液滴の衝突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全体概要図を示す. 本実験装置はヒーターで加熱された 2 枚のホットプレートを用いて加熱された固体面に対して, トランバース装置に固定されたシリジンを用いて液滴を落下させる. このとき, 衝突面温度が定常状態であることを, 温度計を用いて確認し, 液滴を滴下させた. 液滴の衝突挙動について, バックライト法を用いて高速度カメラで撮影を行うとともに, 液滴の温度変化を放射温度計によって計測を行った. 得られた画像群に対してコンピュータを用いて処理し, 実験データの解析を行った. なお, 試験流体としてエタノールおよび純水を使用した. また, 衝突速度について, トランバース装置を

上下に移動させることで落下高さを調節し, 制御した. また, 衝突面温度は, ヒーターの温度を変更することで調整した.

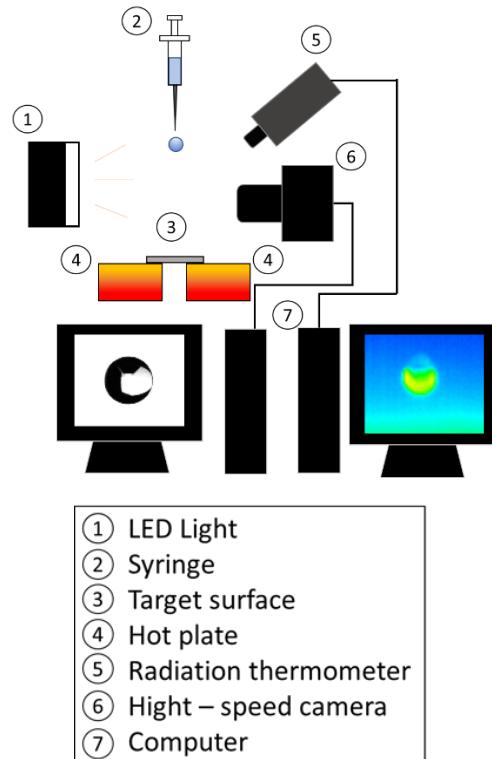


Fig.1 Experimental setup.

3. 実験結果および考察

Fig. 2 に過熱度および衝突 We 数を用いて各液滴衝突挙動を整理した結果を示す. これまでの研究と同様に, 過熱度および衝突 We 数の範囲に応じて Deposition 領域, Contact-Splash 領域, Bounce 領域, Film-Splash 領域の 4 領域に分類できることを確認した^[1]. ただし, 水液滴については, 直接

Bounce 挙動は確認できなかったものの、Deposition 挙動からの Bounce 挙動への遷移を確認することができた。また、Bounce 挙動と Film-splash 挙動の境界について、水、エタノール液滴の両者において、過熱度が増大に伴い必要となる We 数も増大していることが確認できた。

Fig. 3 に衝突後の液滴の挙動の変化について示す。Fig. 3(a) では、液滴は加熱固体面に衝突後、液滴表面から微粒化した小液滴が飛散するとともに、界面は徐々に加熱面上に広がる。その後、液滴の先端付近にフィンガリングを形成したのち、先端部から分裂した。Fig. 3(b) では、液滴は Fig. 3(a) と同様に固体面に衝突後、徐々に広がることが確認できるものの、液滴の広がり径は大きくなっていることがわかる。その後、フィンガリングを形成し先端部から分裂が発生し、分裂する微小液滴の個数が増加していることが確認された。この挙動の違いは、衝突速度の増加に伴い、衝突後に加熱固体面への液滴の接触面積が増大し、急速に熱が液滴に輸送されることで、液滴の表面張力が減少し、より多く分裂しやすくなつたと考えられる。

Fig. 4 に衝突液滴界面の温度履歴を示す。Fig. 4(a) および Fig. 4(b) は、それぞれ Fig. 3(a)、Fig. 3(b) に対応する。ここで液滴の加熱固体面への衝突前後に着目する。Fig. 4(a) では、液滴は 80 [°C] 付近から衝突直前まで徐々に温度が上昇し、衝突後に、液滴は更に加熱され、約 110 [°C] に達した。Fig. 4(b) では、Fig. 4(a) と同様に衝突直前までは徐々に温度が上昇し、衝突後、約 115 [°C] まで加熱されている。この違いは、衝突速度が増加することで、形成された蒸気膜を押しのけて加熱固体面に直接接触し、より多くの熱が液滴に輸送されたと考えられる。上述の結果より、衝突後の温度変化は衝突 We 数の影響に依らずほぼ一定であることが示唆された。

参考文献

- [1] H. J. J. Staat et al., *J Fluid Mech.*, (2015)
- [2] A. Biance et al., *Physics of fluids*, (2003)
- [3] T. Tran et al., *Phys. Rev. Lett.*, (2012)

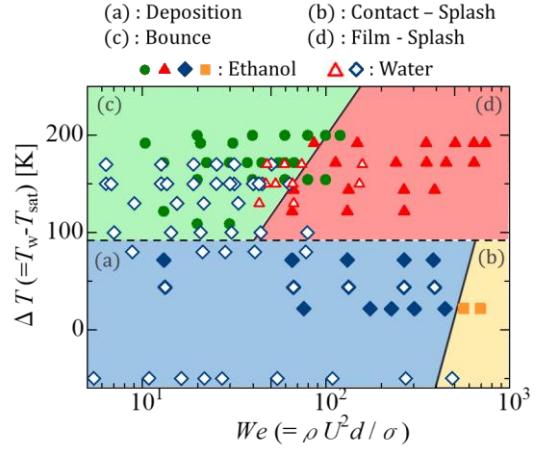


Fig.2 Regime map of droplet impact.

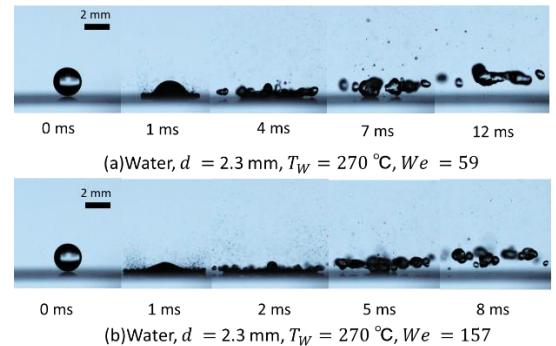
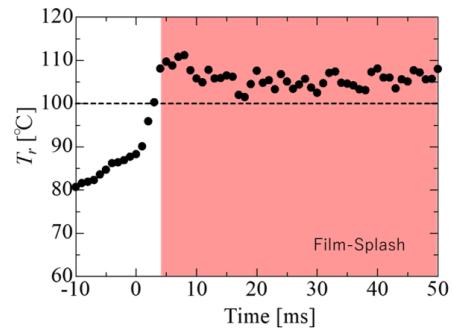
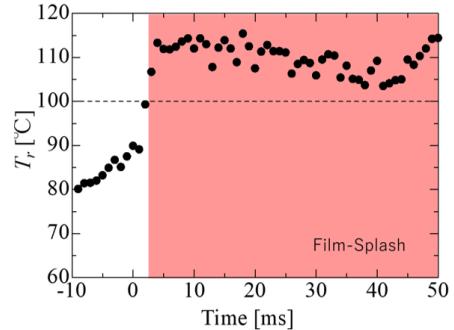


Fig.3 Impact behavior with different We .



(a) $We=59$



(b) $We=157$

Fig.4 Temperature change of impact droplet.