

液滴・液膜衝突現象の実験観察と数値解析

Experimental observation and numerical simulation of drop impact onto a liquid film

*川合 克幸¹, 山下 晋², 大川 富雄¹, 吉田 啓之²

¹電通大, ²JAEA

液滴・液膜衝突現象に関する検証データを収集するとともに、JUPITER コードを用いた数値解析を行い、解析性能の評価を行った。

キーワード：液滴・液膜衝突、実験観察、数値解析

1. 緒言

液滴が液膜に衝突することにより飛散する液滴を二次液滴と呼ぶ。この二次液滴が重要であると考えられる分野としては、スプレー冷却などが有名であるが、軽水炉シビアアクシデント時の熔融燃料の炉容器漏洩や高速炉におけるナトリウム漏洩などでも重要であると考えられる。二次液滴は、Cossali らによって 2 種類存在することが報告されている。^[1]本研究では、まず実験により液体側の条件の変化による二次液滴の生成条件を求め相関式を作成した。さらに、実験で行うことが難しい条件の変化による生成条件への影響を数値解析を用いて考察することを目的とし、その準備段階として、実験と数値解析による結果の比較を行った。

2. Crown Splash と Collapse Splash

既存の研究では、2 種類の二次液滴を発生するタイミングにより Prompt Splash と Late Splash と分類している。しかし、このタイミングには明確な定義が存在しておらず、各研究者の主観により分類しているため、研究者によって分類が異なってしまう恐れがある。そこで本研究では、二次液滴の発生の方に着目し、Crown Splash と Collapse Splash と分類を行った。二次液滴の径、飛散速度の時間経過を見るとこの 2 種類の間には不連続となる部分が存在するため、別種であると考えて良いといえる。

3. 実験および解析方法

本研究では、衝突現象をハイスピードカメラにより撮影しこの動画から 2 種類の二次液滴生成の有無を判定した。また、数値解析には JAEA の開発した JUPITER を用いた。

4. 実験結果

Fig. 1 に代表として蒸留水の実験による結果を示す。Crown Splash の臨界 Weber 数は、液膜厚さに依存せず一定値となり、Collapse Splash の臨界 Weber 数は、液膜厚さが大きくなると共に大きくなること分かった。さらに、Collapse Splash は、液膜が十分に薄い無次元液膜厚さが 0.5 以下の場合にのみ発生することがわかった。他の流体でも同様の傾向を示した。ここで、各液体における Crown Splash の臨界 Weber 数より、相関式を作成すると、次式ようになった。

$$We_{Cro} = 8.66 \times 10^3 Oh^{0.608} \quad (1)$$

また、同様にして Collapse Splash の臨界 Weber 数の相関式を作成すると次式ようになった。

$$We_{Col} = \begin{cases} 1.64 \times 10^5 Oh^{0.967} h^{*0.470} & (Oh \leq 0.00572)(h^* \leq 0.5) \\ 1.12 \times 10^3 h^{*0.470} & (Oh \geq 0.00572)(h^* \leq 0.5) \end{cases} \quad (2)$$

5. 解析結果

Fig. 2 に代表として蒸留水における、実験による結果が Crown Splash と Collapse Splash の両方が発生する条件での数値解析結果を示す。解析領域を狭めるために、一次液滴は自由落下ではなく、初速を与えて落下させている。

$t = 0.0125[s]$ において、Crown Splash と Collapse Splash の両方の発生が確認できる。

よって、定性的には実験結果と数値解析結果は一致することが確認できた。

以上の数値解析結果から、JUPITER では、液滴・液膜衝突現象のような自由表面が激しく流動するような現象についても、十分に解析性能があると考えられる。

参考文献

[1] G. E. Cossali, A. Coghe, M. Marengo, The impact of a single drop on a wetted solid surface, Exp Fluids, Vol. 22, 463-472 (1997).

*Katsuyuki Kawai¹, Susumu Yamashita², Tomio Okawa¹, Hiroyuki Yoshida²

¹UEC., ²JAEA.

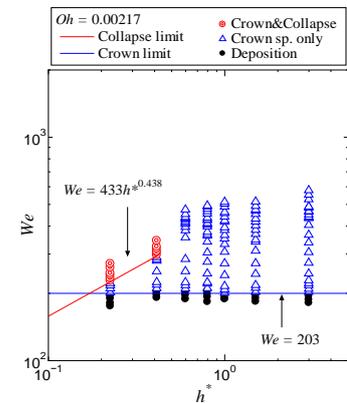


Fig. 1 Pure water

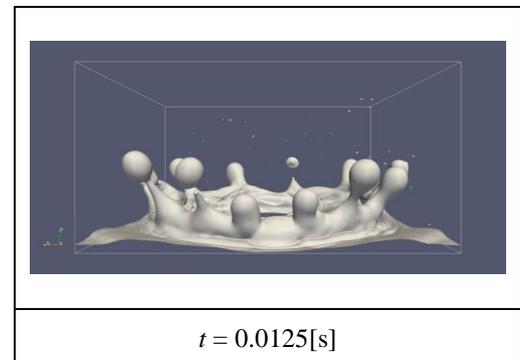


Fig. 2 Numerical simulation result