

液滴の着水後に発生する飛沫の水温変化に関する研究

Research on water temperature change of the splash which occurs after water landing of water drop

北海道大学工学部 正員 渡部靖憲 (Yasunori Watanabe)
 北海道大学工学部 ○学生会員 田代晃基 (Koki Tashiro)

1. はじめに

大気から海洋への輸送フラックスは従来海上風速に対して単調増加する経験的に決定された海面抵抗係数の下でモデル化されてきた。熱水分輸送もまた太陽放射に伴う海水温の上昇、そして蒸発過程に加え、海上風による攪乱に起因する水面更新平衡状態が仮定された波浪の粗度としての効果が陰的に経験定数として含まれているものの、待機境界層流れ以外のパラメータは考えられていない。Powell (2002) は、強大ハリケーン内に放出したGPSゾンデが暴風時の流速分布を観測し、30m/sを超える海上風に対して海面抵抗が減少に転じることを明らかにした。これは、これまで定説であり、各気象モデルの上で疑いもなく使われてきたバルクモデルが強風時に誤った予測を与える可能性を示すものであり、早急な検討が必要となる。Powell は、強風時の海面抵抗の減少が広域の大規模砕波に伴う大量の飛沫の大気への放出、また大量の気泡混入によって大気と海水が混合されたスリック層が形成することに起因すると予想している。熱輸送の観点において、これは微細飛沫気泡の大量生成は著しい界面積の増加を生じさせ、界面を通じた熱輸送、蒸発を促進させる。従来モデルで考慮されていないこの過程を経て、台風等へのエネルギー供給に影響を与えている可能性があり、これを明らかにしようとするのが本研究の目標である。

本研究は、海面上の微視的熱輸送機構を理解するための基礎的研究として静水上に水温が異なる液滴が着水した後に生成される飛沫が再着水するまで変化する水温を高速サーモグラフィで直接計測し、着水イベントに対する飛沫サイズスペクトルへの依存性を実験的に明らかにしようとするものである。

2. 実験方法

幅 25cm×奥行き 25cm×深さ 35cm の水槽上部から雨滴を模した水滴を注射器で滴下することにより実験を行い、着水する際の水面の様子をサーモグラフィと高速カメラを使用して撮影した。(図-1 参照) サーモグラフィはガラスを透過して撮影することができないので水槽の上部まで水で満たし、水面と水平の位置から撮影を行った。高速カメラはバックライト法により撮影し、実際の水の挙動を熱画像と比較するために使用した。サーモグラフィは、フレームレート 250fps、解像度 320×256、積分時間 860 μ s であった。高速カメラはフレームレート 250fps、解像度 1280×1024、シャッタースピード 1/1000 であった。バックライトには LED ライトを使用

した。

実験条件として、注射針の太さは 18G は 23G を使用し、内径はそれぞれ 1.20mm, 0.60mm, であった。滴下高は、60cm だった。水槽内の水温を 25 $^{\circ}$ C、落下させる液滴を 20 $^{\circ}$ C とした。

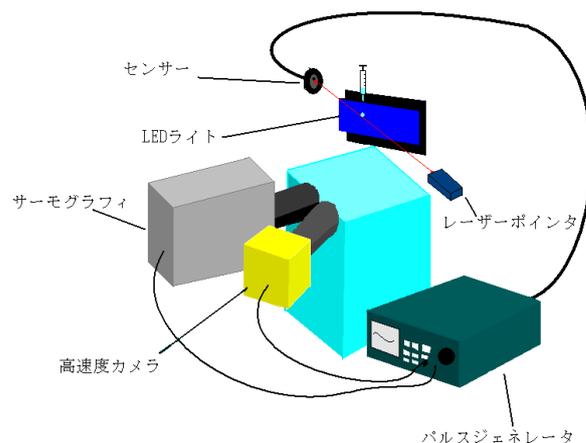


図-1 実験装置

3. 計測方法

高速カメラによる撮影画像から crown と jet の形状をエッジとして抽出し、サーモグラフィにより取得した画像と比較することで、液滴径と落下速度の熱輸送への従属性を調べた。

エッジ形状は、境界内外の濃度偏差が最小となるように境界からの距離を表す Level-set 法で逐次計算を行い決定した。なお、予め熱画像と実画像を正方グリッド画像から得られる座標較正值をもとに実座標に対応した画像へと変換し画像サイズを熱画像と実画像で一致させた。その後、熱画像と実画像を重ね合わせ飛沫のサイズと温度変化の関係性を調べた。

3. 撮影画像

同周波数で高速サーモグラフィと高速カメラを同期させて撮影した結果、図-2 のように同時刻での画像の撮影に成功した。

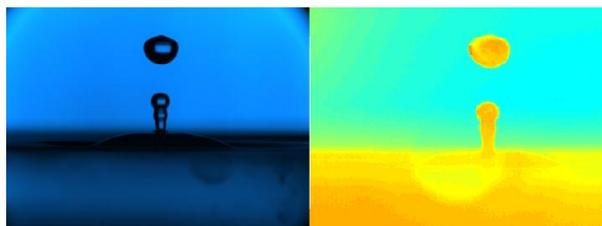


図-2 撮影画像(18G)

そして、較正した画像が図-3,4 である。

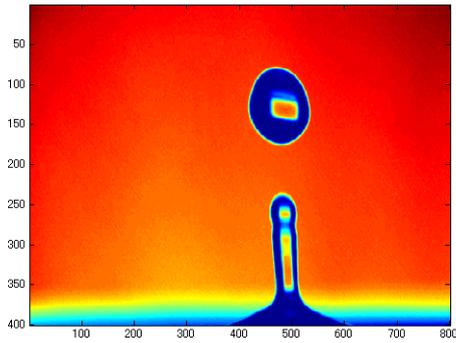


図-3 実画像

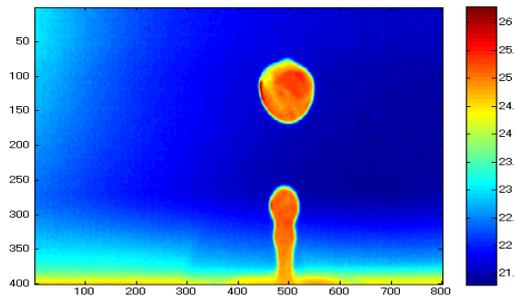


図-4 熱画像

さらにこの実画像を Level-set 法でエッジを抽出し、熱画像と重ね合わせたものが、図-5である。

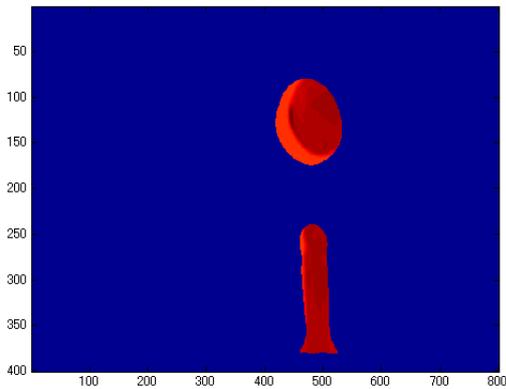


図-5

この画像から液滴の着水後に発生する飛沫の水温変化を調べていく。

4.結果

図-2 のように jet から離れた飛沫の温度変化とサイズの関係をあらわしたのが図-3・図-4である。座標の x 軸が飛沫の大きさ、y 軸が温度を表している。ここかわかることは、jet から切り離された飛沫は僅かずつだが徐々に小さくなっていく。切り離された飛沫の水温は殆んど変化が起こっていない。

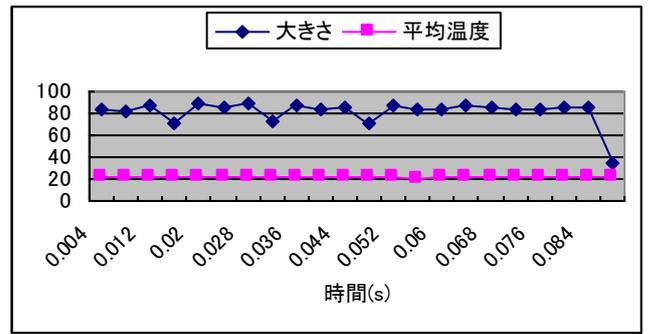


図-3 23G

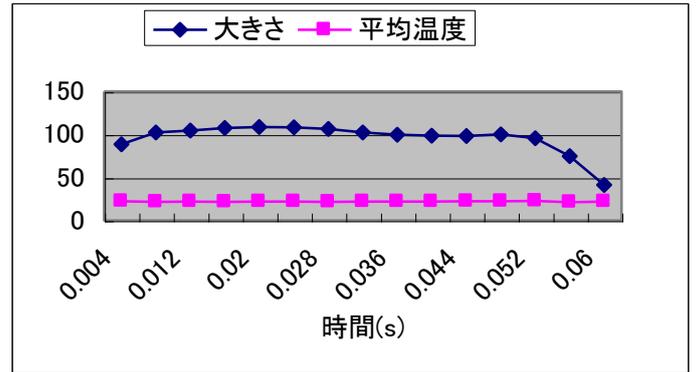


図-4 23G

5.まとめ

高速サーモグラフィにより液滴の着水に伴う水温変化を撮影し、飛沫の水温変化を調べようとした。しかし、今回撮影を行った条件では液滴着水後の飛沫を全て捉えることが出来なかったため、フレームレートやシャッタースピードなどを見直してみる必要がある。また高速度カメラの配置の角度によりサーモグラフィで撮影したものと誤差が出てしまい、実画像と完全に一致させることができなかった。今後はよりよい撮影方法を考えるとともに液滴の落下距離、液滴径、液滴と水面の水温差などの条件を変えて実験していこうと思う。

参考文献

Robert C. Upstill-Goddard. Air-sea gas exchange in the coastal zone, ScienceDirect. Estuarine, Coastal and Shelf Science 70 (2006) 388-404