

PS-18 エアレス塗装噴霧における粒子挙動の観測

構造基盤技術系 * 藤本 修平
明星大学・理工学部 熊谷 一郎

1. はじめに

一般に、船体塗装にはエアレス塗装機(図-1)が使用される。エアレス塗装機¹⁾は、高圧によりノズルから塗料液膜を高速で空气中に噴出し、周囲空気との干渉による液膜の不安定化→分裂によって微粒子を生成する。エアレス塗装機はノズルから塗料のみを噴き出すため、空気と共に塗料を噴出するエアスプレー塗装機に比べてスプレーの飛散量(ロス)が少ないが、エアレス塗装機においても飛散分は少なからず存在し、その発生原因は明確でない。本研究では、塗料飛散の誘因は高速で空气中を移動する液滴群が周囲空気との相互作用により自発的に形成する構造にあると考え、実験によってその影響を調査することを目的とした。エアレス塗装機実機を用い、高速度カメラによって噴霧粒子ひとつひとつの挙動を直接観測した。

船体塗装は塗装面積が広大であるため、飛散によるロス削減出来れば塗料の使用量が劇的に減少する。また、船体塗装は屋外で行われることが多く、塗料粒子の周囲施設等への飛散が問題となるが、その解消にもつながり有益である。

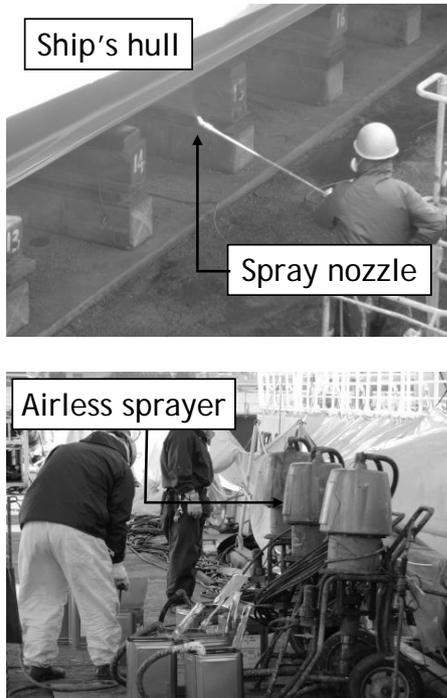


図-1 エアレス塗装機による塗装作業

2. 粒子挙動の観測方法

2. 1. 1 実験装置

図-2に実験装置の概要を示す。透明アクリル製の実験ブース(寸法:1000mm×700mm×高さ1500mm)の上方にスプレーノズルを配し、ブース内に噴霧を吹き込む構造となっている。噴霧をはさむように高速度カメラ(ナックイメージテクノロジー製GX-3)と高輝度LED光源(IDT製Constellation120)を設置し、バックライト法により噴霧粒子を可視化した。噴霧粒子を捉えるため、高速度カメラに望遠拡大レンズ(アンフィ製AN-ZE)を装着した。光源からの光を拡散(光量のムラを低減)させるため片方のブース外壁面にトレーシングペーパーを貼付した。この撮影方法により、背景は白色となり噴霧粒子ひとつひとつが黒い影として撮影される。高速度カメラのフレームレートを80,000 fps(1秒間に80,000コマを撮影する)、シャッター速度を1/333,000sとした。当該撮影条件で取得できる画像のサイズは64 pixel×64 pixelであり、撮影領域の実寸法はおよそ1.2mm×1.2mmである。

試験流体としてシリコンオイル(信越シリコン製KF-96-300CS)を用いた。オイルの密度および動粘度はそれぞれ970kg/m³、300mm²/s(ともに25℃での値)である。また塗装機にはエアレス塗装機実機(旭サナック製)を使用した。ノズルには旭サナック製エアレスノズル07C05を使用した。07C05はノズル出口面積がおよそ0.062mm²で扇型噴霧を形成する。

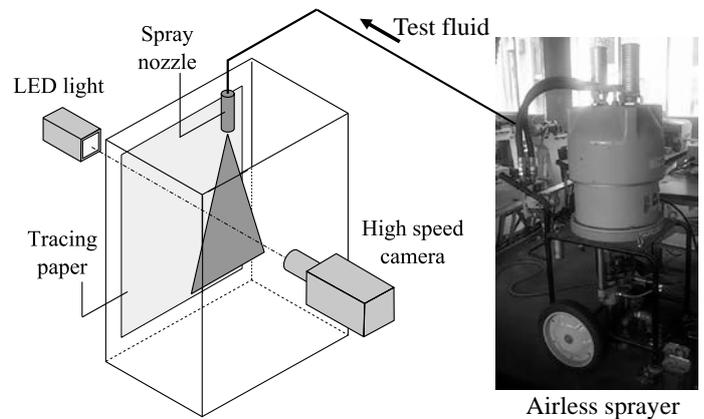


図-2 実験装置

2. 1. 2 粒子挙動の解析方法

取得した画像から粒子挙動を計測するため、以下の手順で画像処理を施した。

1. 元画像に mean shift^{2), 3), 4)}による平滑化処理およびクラスタリング処理を施す。図-3 に示すように、mean shiftによりエッジを保存したまま画像を平滑化できる（ノイズ除去）。
2. クラスタリング結果に対し、ある範囲のサイズ（画像上での面積）のものを粒子候補とし輝度値を 255 に、それ以外の領域の輝度値を 0 とする（二値化処理）。
3. 二値化処理後の各粒子候補の重心位置を算出し、その位置を粒子位置とする（細線化）。
4. 細線化後の粒子画像群から、粒子画像流速測定法（Particle Tracking Velocimetry: PTV）により各画像中の各粒子の移動速度および移動方向を算出する。

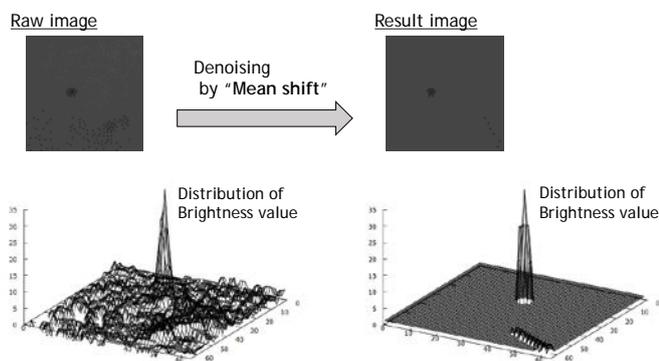


図 - 3 mean shiftによるノイズ除去

3. 粒子挙動の観測結果

図-4 に粒子挙動の観測結果例を示す。図は噴霧内の3ヶ所（①ノズルから 50mm 下方の位置、②ノズルから 150mm 下方の位置、③ノズルから 150mm 下方・50mm 右方の位置）における粒子移動速度のヒストグラムである。ノズルから下方に距離が離れるにつれて、またノズルの中心軸から離れるにつれて粒子の移動速度が減速する。移動速度は粒子の飛散を考える上での基本的な要素であり、図-4 のような定量的情報は極めて重要である。

4. まとめ

エアレス塗装噴霧内の飛行粒子を、高速度カメラを用いたバックライト法によって直接観測し、その挙動を解析した。噴霧内の各位置での粒子の移動速度分布を測定した。結果、ノズルから離れるにつれての粒子移動速度の減衰割合等が定量的に明らかになった。

謝辞

本研究は科学研究費補助金（24760682）の助成を受け実施した。ここに記し謝意を表する。

参考文献

- 1) 林, エアレススプレー塗装の微粒化, 塗装工学, Vol.30, No.6 (1995), pp.251-260.
- 2) 八木, 斎藤, コンピュータビジョン最先端ガイド 2, アドコムメディア(2010), pp.61-89.
- 3) Cheng, Y., *IEEE Trans. Pattern Anal. And Machine Intell.* Vol.17, No.8 (1995), pp.790-799.
- 4) Comaniciu, D. and Meer, P., *IEEE Trans. Pattern Anal. And Machine Intell.* Vol.24, No.5(2002), pp.603-619.

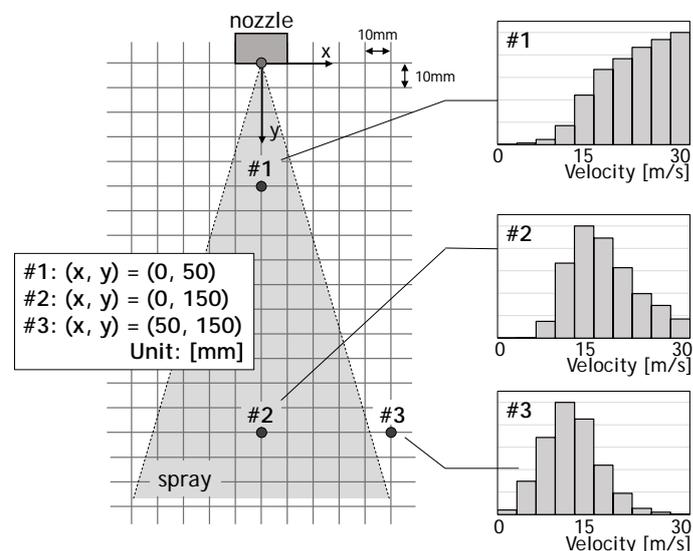


図-4 粒子移動速度のヒストグラム