

ノート

塗装工場からの排出VOCの捕集・回収技術の開発

島田 茂伸*¹⁾ 浦田 昭雄*²⁾ 小野澤 明良*³⁾ 木下 稔夫*³⁾ 佐々木 智典*⁴⁾

Development of collecting/recovering technology for waste VOC from coating factories

Shigenobu Shimada *¹⁾, Akio Urata *²⁾, Akiyoshi Onozawa *³⁾, Toshio Kinoshita *³⁾, Akinori Sasaki *⁴⁾

キーワード：塗装工場，揮発性有機化合物 (VOC)，レーザポインタ，捕集，後付け

Keywords : Coating factory, Volatile Organic Compounds (VOC), Laser pointer, Collecting, After-fitted

1. はじめに

従前，塗装工場などから排出されるVOC (Volatile Organic Compounds) に関する取り扱いは，労働安全衛生法における作業者の健康管理に主眼がおかれ，塗装ブースからは低濃度VOCの大型排風機による大気への大量排出が続けられている。近年，産業界の生産活動が拡大するとともにVOCが大量に発生・放出され，SPM (Suspended Particulate Matter：浮遊粒子状物質)，光化学オキシダント源となる大気汚染物質の原因になっていると指摘されている。こうした状況を受けて，平成18年4月に大気汚染防止法が改正され，VOCの排出規制が実施されたものの，固定発生源からのVOC排出量が最も多い塗装分野，特に中小工場・事業所においては塗装に起因するVOC排出削減目標の30%削減に対して工程改善による取組に留まっている現状にある。理由の一つとして低濃度VOCは後処理が難しく，費用対効果が釣り合わないことがあげられる。では高濃度VOCを捕集・回収する手法を採用すればよいのであるが，現在のところそうした手法は見当たらない。したがって，廉価・後付け式の大容量排出の減容化と高濃度VOCの捕集・回収が実現するのであれば，上記の法規制も既に発布されていることから本件の普及は容易と考えられる。

本研究では作業者が操るスプレーガンに取り付けられたレーザポインタの光点を，塗装ブース背後のカメラ撮像によって位置推定を行い，それに追従するような2自由度を有するパラボラ型余剰塗料捕集機，およびそれを制御する後付け式システムの構築を目的とする。位置推定から捕集機動作までの時間が十分に短ければ，高濃度の余剰塗料が捕集・回収されると予想できる。

2. システム

2.1 基礎機能確認実験 試作システムを図1に示す。作業者のスプレーガンには噴射口延長線と平行になるように調整されたレーザポインタが取り付けられており，塗布物に噴射口を向けるとレーザポインタの光点が塗布物に投影される(図2)。図1中の工業用カメラは作業者の背後に設置され，ブース全体の撮像を工業用パソコンに送る。この際，レーザポインタの光点を検出するために，画面のR成分 (Red：赤色成分) だけを検出するプログラムを作成している。検出点は実世界のXY座標へと変換され2軸捕集機の特性を考慮したモータの目標値となり，PLC (Programmable Logic Controller, シーケンサとも呼ばれる) の決まったメモリに書き込まれる。PLCの指令値に従いモータは追従制御される。

2.2 作業者への追従性能の確認実験 図1のシステムを用いて，ヒトの作業に追従するかを確認するための実験を行った(図3)。吹付液体は水である。結果は作業者の動きにはほぼ追従する。しかしながら熟練者の作業速度には

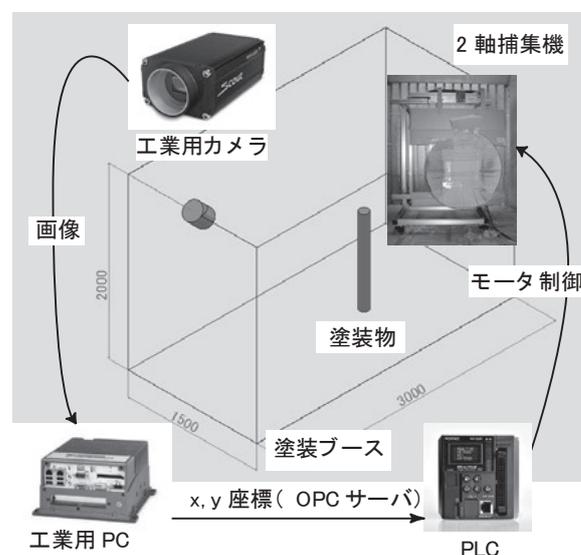


図1. 実験システム

事業名 平成24年度 基盤研究

*¹⁾ 生活技術開発セクター*²⁾ 株式会社有我工業所*³⁾ 表面技術グループ*⁴⁾ ロボット開発セクター

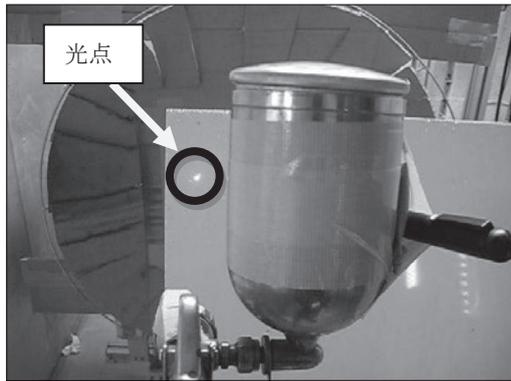


図2. 基礎機能確認実験

図心の赤い光点がレーザーポインタを指し示す点。スプレーガンの噴射口延長線とレーザーポインタの光軸は平行に取り付けた。背後からカメラによる撮像を行い、画面上の光点を検出計算し、2軸捕集機への位置指令としている。

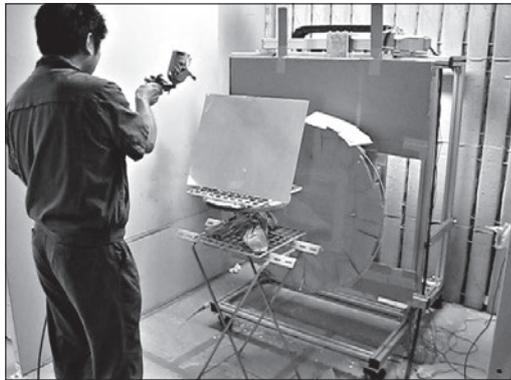


図3. 作業者への追従性能の確認実験

スプレーガン姿勢のセンシング動作検証実験全景（吹付液体：水）。2軸捕集機は吸引していない。作業差の動きに追従するかを確認した。

追従できないことがわかった。より深刻な問題として、レーザーポインタの光点抽出手法と処理系に起因するシステムの不安定動作が観察された。これらについて以下で考察する。

3. 考察

3.1 熟練者への追従動作について 開発当初、熟練者の作業速度は不明であったが、一方で捕集機の前端に取り付けるパラボラ型捕集機は20 kgと設計しており、要求トルクと購入コストとの関係から、定格出力毎秒350 mmのモータが選定された。後に文献から熟練者の作業速度は毎秒500 mm⁽¹⁾⁽²⁾に達することが判明し、また実験でも熟練者の作業には追従できないことが確認されたことから、選定モータの出力不足が指摘できる。本試作機のストロークと負荷を考慮しても毎秒500 mmで動作するモータは市販されており通常販路で入手できるため、適合するモータの選定によって解決可能である。

3.2 レーザポインタの光点抽出について 本システムにおいて、レーザーポインタの光点抽出の不具合はモータへの位置指令に直接作用し、捕集機動作を不安定化させる。実験から以下の三つが不安定化要素として観察された。

(1) ヒトに遮られること。

作業者がカメラの存在を忘れ、不意に画角に映りこみ遮ってしまうことがあった。カメラ設置を複数台とし、一台が遮られても他のカメラが撮影可能なシステム構成にすることで解決できる。

(2) スプレーガンの噴霧塗料によりレーザー光が拡散し、光点輝度がしきい値を下回る。

解決策はクラス1レーザーポインタ(0.39 mW)をクラス2(1 mW)へ変更し、高出力化することが有効と考えられる。クラス2は、まばたきを含む反応応答で目への保護が達せられる⁽³⁾ため安全性に問題はない。

(3) レーザ光を塗装物に照射すると反射が起こる。その反射光がスプレーガンや塗装環境内の光沢物にさらに反射し、画像上に複数点の光点を存在させることがあった。スプレーガンと無関係な位置を誤検出し、捕集機動作を不安定化させた。また、撮影画像上では最大径の光点をレーザーポインタ位置と処理しているが同径の光点が複数個ある場合、いずれにも適合しなくなり光点なしと処理される。したがって、動作指令なしとなり捕集機は動作しない。

レーザー光はまず金属光沢の塗布物により反射が起こり、次いでその反射光がスプレーガンの塗料カップに反射し、再度塗布物に投影されていると考えられる。したがって塗料カップを布テープでマスキングすることで解決可能であると予想できる。

本節を確認するための実証実験は現在のところ未実施であり、それぞれの発生頻度も明らかになっていない。本稿では次段階で解決すべき項目として指摘するに留める。

4. まとめ

作業者の動きに追従する2軸余剰塗料捕集機を得た。今後、排風機を装備した実用に近いシステムで、従前の塗装ブースとの性能評価が必要である。本稿の内容を踏まえ、塗装業者である共同研究者の製造現場にて製品化に向けた取り組みが続けられている。

(平成27年7月13日受付, 平成27年8月12日再受付)

文 献

- (1) 雇用促進事業団 職業能力開発大学校 基盤整備センター編/労働省認定教材：「塗装実技教科書」, p.35 (1999)
- (2) 雇用・能力開発機構 職業能力開発大学校 能力開発研究センター編/労働省認定教材：「金属塗装法」, p.63 (2000)
- (3) JIS C 6802:2014 (IEC 60825-1:2014)：「レーザー製品の安全基準 附属書C クラス及び付随する潜在的危険性に関する説明」, 日本工業規格, p.76 (2000)

* 「ほぼ」とは曖昧な表現であるが、ヒトの作業に対する捕集機の追従性を評価するには、ヒトの動きを何らかの計測器によって数値化する必要がある。試作機構築とその基礎機能の確認を目的とした本研究の次段階課題であり、本稿では評価しない。