

## 新幹線先頭部自動洗浄装置の開発



角谷 健斗\*1



中野 潤一\*2



和田 智樹\*3



見田 光\*4

### Development of automated washing machine for front-end sections of Shinkansen

Kento KADOYA\*1, Junichi NAKANO\*2, Tomoki WADA\*3, and Hikaru MITA\*4

\*1 Researcher, Rolling Stock Maintenance Technology Unit, Research and Development Center of JR EAST Group

\*2 Assistant Chief Researcher, Technical Center, Research and Development Center of JR EAST Group

\*3 Chief Researcher, Rolling Stock Maintenance Technology Unit, Research and Development Center of JR EAST Group

\*4 Principal Researcher, Rolling Stock Maintenance Technology Unit, Research and Development Center of JR EAST Group

#### Abstract

Front-end sections of Shinkansen are still cleaned by workers, since an already existing washing machine cannot cope with curved surface cleaning. Therefore, aiming to improve working environment and to solve labor shortage, we have been developing automated washing machine for those sections of Shinkansen. The machine consists of an industrial robot and a brush tool installed on the tip of the robot. We conducted some performance tests of the machine with a test device and an actual body of Shinkansen, and we confirmed that the machine has high cleaning performance for dirt adhering to body of a running car.

●**Keywords:** Automation, Industrial robot, Washing technology, Color difference, Maintenance

\*1 JR東日本研究開発センター 車両技術メンテナンスユニット 研究員

\*2 JR東日本研究開発センター テクニカルセンター 副主幹研究員 (現 本社 鉄道事業本部 モビリティ・サービス部門 副長)

\*3 JR東日本研究開発センター 車両技術メンテナンスユニット 主幹研究員 \*4 JR東日本研究開発センター 車両技術メンテナンスユニット 上席研究員

## 1. 緒言

東日本旅客鉄道株式会社では、新幹線の車体清掃を1編成あたり1~2日に1度の頻度で実施している。既存の車体洗浄装置では、新幹線先頭部の曲面に沿った自動洗浄動作を行うことができないため、図1のように作業者が手作業で洗浄作業を実施しているが、重労働かつ高所での作業が含まれるため、作業者の負担が大きい。このような背景から、新幹線先頭部の洗浄作業は自動化ニーズが高く、産業用ロボットを活用した自動洗浄装置の開発に取り組んだ。



図1 手作業による新幹線先頭部洗浄

## 2. 装置構成

新幹線先頭部の複雑な曲面に対応する動作を可能としつつ、導入コスト抑制を図るため、図2に示す汎用品の産業用ロボットを採用した。将来的には、車体の両側面にロボットを1台ずつ配置し、それぞれが移動台車でレール方向に移動することで、手作業の場合と同等以下の時間内に対象範囲全体を洗浄することを想定している。本開発では、上記の想定に基づいて、ロボットアームの先端に取付けるブラシツールの製作(図2)とロボットの動作パスの検証を行った。ブラシの材質はナイロンとし、ブラシツールの前後面に薬液・洗浄水用のノズルを付属させることで、ロボットアームの動きに合わせて薬液・洗浄水を噴霧できる機能を持たせている。なお、薬液にはアルカリ洗浄剤を使用している。

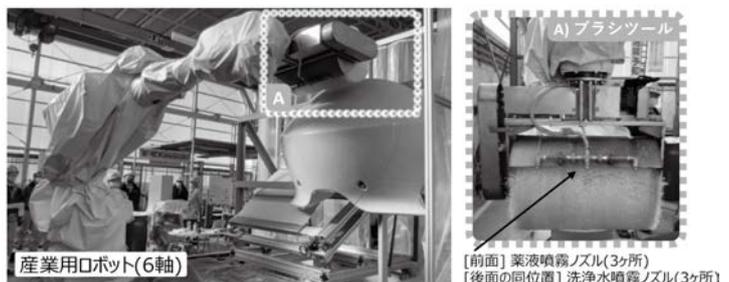


図2 産業用ロボット及びブラシツール

### 3. 洗浄試験

洗浄効果向上と洗浄時間短縮を両立するブラシの動作条件を設定するため、「ブラシ押込み量」「ブラシ回転数」「ブラシ送り速度」を変更し、洗浄効果の比較・評価を実施した。なお洗浄工程として、「薬液噴霧」「薬液浸透」「ブラシ洗浄」「洗浄水噴霧」の4工程を基本とし、薬液浸透の時間は60秒設けることとした。

汚れの評価には、国際照明委員会が定める、 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  色空間 (CIE1976) に基づき、式(1)で計算される色差 $\Delta E^*$ を使用した。 $\Delta L^*$ 、 $\Delta a^*$ 、 $\Delta b^*$ は、洗浄試験終了後に色差計により計測した各数値と基準値との差分を示す。なお、基準値とは、3.1節のアルミ塗装平板、3.2節および3.3節の模擬構体の場合は「模擬汚れ塗布前に計測した値」、3.4節の先頭カバーの場合は「新品カバーで計測した値」とする。 $\Delta E^*$ は数値が大きいほど汚れ残りが大きいことを意味し、本開発では $\Delta E^*$ が3を超えた状態を、目視で汚れ残りが確認される目安とした(石川, 2005)<sup>1)</sup>。

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

#### 3・1 アルミ塗装平板洗浄試験

基礎試験として、車両構体表面を模擬したアルミ塗装平板に、本線走行する車両に付着すると想定される模擬汚れを付着させ、洗浄試験を実施した。模擬汚れとして、無機汚れ(口紅、粉じん)、有機汚れ(イナゴ、たまご)を選定した。汚れを付着させ、2~3日経過させることで汚れを定着させた。

洗浄試験においては、押込み量・回転数・送り速度の各パラメータを毎回変化させ、洗浄後の色差 $\Delta E^*$ の平均値の比較を行うことで適正值を決定した。以降の試験では、このパラメータ値を使用した。

#### 3・2 E5系曲面模擬構体の洗浄試験

新幹線先頭部の凹凸面に対する洗浄効果を確認するため、E5系新幹線先頭部のうち、図3のように特徴的な曲面を対象として模擬構体を製作し、洗浄試験を実施した。構体1~5の表面に口紅を塗布し、洗浄後の色差 $\Delta E^*$ を計測することで、凹凸面に合わせて洗浄できているかどうかを確認した。表1に色差 $\Delta E^*$ の計測結果を示す。

構体1~4では、色差 $\Delta E^*$ は非常に小さな値となり、それぞれの凹凸面で高い洗浄効果が得られることが確認できた。また構体5(スノウプラウ付近を模擬)のような曲率半径が小さい面に対しては、上向き回転と下向き回転で洗浄効果に差が出るということが確認された。これは、ブラシ回転時に毛と構体が一様に接触せず、図4のように回転方向に応じて毛が当たりにくい隙間部分が発生してしまうことが原因である。よって、曲率半径が小さい部位で高い洗浄効果を得るためには、部位に応じて適切なブラシの回転方向を設定することが必要である。

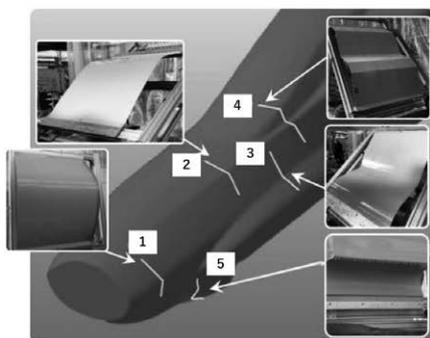


図3 E5系曲面模擬構体



図4 構体5(曲率半径:小)洗浄時の様子

表1 E5系曲面模擬構体部洗浄試験結果(平均値)

	口紅汚れ				
	構体1	構体2	構体3	構体4	構体5
$\Delta E^*$	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4
					3.0

※構体5の上段は上向き回転、下段は下向き回転

### 3・3 E7系模擬先頭カバーの洗浄試験

先頭部のうち、最も多くの汚れが付着すると想定される先頭カバーを試験架台に取り付けて、洗浄試験を実施した。本試験では各種汚れに対する洗浄効果を確認するため、3.1節と同様に、無機汚れ（口紅、粉じん）、有機汚れ（イナゴ、たまご）を模擬汚れとして塗布した。図5のように、先頭カバー前面を面1～6まで区分し、それぞれの位置での汚れ落ちを比較した結果、表2のとおり、全体的に高い洗浄効果が得られることが確認できた。なお、有機汚れ（イナゴ）を一部落とすことができなかった原因は、冬季試験のため、汚れの定着段階において想定以上に汚れが構体に固着したためである。

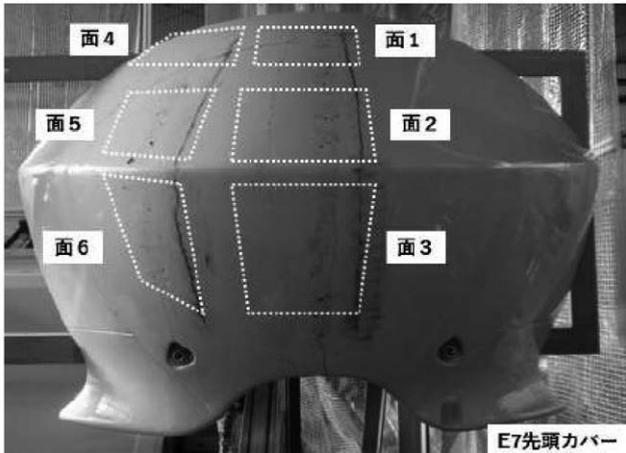


図5 E7系模擬先頭カバー

表2 E7系模擬先頭カバー洗浄試験結果（平均値）

		口紅	粉じん	イナゴ	たまご
$\Delta E^*$	面1	0.2	0.6	14.0	0.2
	面2	0.3	0.2	0.6	0.4
	面3	0.4	0.3	0.4	0.3
	面4	0.5	0.2	0.3	0.1
	面5	0.4	0.4	0.4	0.2
	面6	0.3	2.0	0.4	0.3

### 3・4 E7系先頭カバーの現車洗浄試験

続いて、図6のように車両センター構内にロボット1台を仮設し、本線運用中に車両に付着した汚れに対する洗浄性能を確認した。本開発では、2章で述べたとおり先頭部全体を洗浄範囲に含むことから、車体の両側面にロボットを1台ずつ設置する機器構成を想定しているが、本試験ではロボットを1台のみ仮設して評価試験を行うこととし、先頭カバー全体のうち軌道中心付近からロボット仮設側の半分までを洗浄領域とした。この洗浄試験により、本線走行中に付着する汚れに対する開発装置の洗浄性能を検証する。

図7に先頭カバー洗浄試験結果の例を示す。最も汚れの大きい先端部だけでなく、曲率半径の小さい凹面部分においても、洗浄前後で色差が減少しており、十分な洗浄効果が得られていることを確認した。また、水温低下に伴い最も洗浄液の効果が小さくなる冬季においても、十分な洗浄性能を有することを確認した。このほか、通年での洗浄試験を実施し、季節問わず、有効な洗浄性能を有することを確認している。



図6 E7系先頭カバー現車洗浄試験

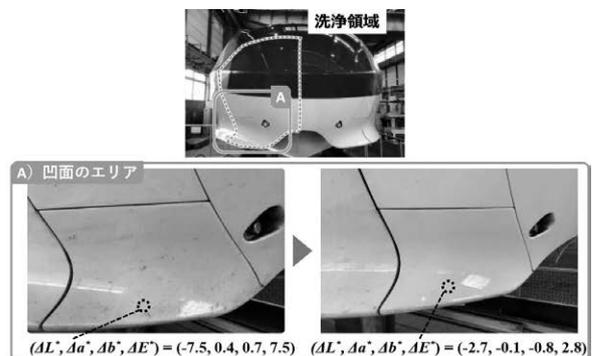


図7 E7系先頭カバー洗浄試験結果の例

次に、洗浄に要する時間の短縮を目的とし、「薬液噴霧」「薬液浸透」「ブラシ洗浄」「洗浄水噴霧」の4工程のうち、「薬液噴霧」「薬液浸透」工程を省略し、残り2工程のみを実施した場合の試験結果を図8に示す。その結果、洗浄領域の外部と比較すると、ブラシの当たっている洗浄領域では一定の汚れ落ちが認められるものの、主に走行中に衝突した小虫の死骸（有機汚れ）の汚れ残りが著しく、洗浄効果が不十分であることが確認された。よって、十分な洗浄効果を得るために、「薬液噴霧」「薬液浸透」を含む4工程の実施が必要であると考えられる。

洗淨試験実施前



洗淨試験実施後

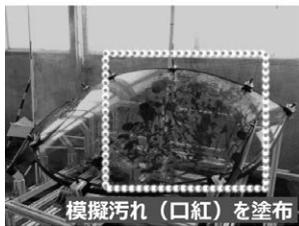


図8 E7系先頭カバー洗淨試験結果（一部工程省略）

### 3・5 E7系前面ガラス・ワイパー洗淨試験

架台に取り付けた前面ガラスおよびワイパーの近傍を対象とした洗淨試験を実施した。前面ガラスに無機汚れ（口紅）を塗布し洗淨性能を確認した結果、図9のとおり、前面ガラスの汚れを落とすことができることを確認した。また、図10のとおり、ワイパー付近洗淨時にはブラシとワイパーが接触しながら洗淨を行うが、ワイパーの破損はなく実用上も問題がないことが確認できた。

洗淨試験実施前



模擬汚れ（口紅）を塗布

洗淨試験実施後



図9 E7系前面ガラス・ワイパー部洗淨試験結果



図10 ブラシとワイパーの接触の様子

## 4. 結言

新幹線先頭部自動洗淨装置の開発を進め、模擬汚れに対する洗淨性能評価、本線運用する車両の先頭カバー部を対象とした洗淨試験を行った。その結果、開発装置が先頭部の凹凸面に合わせて洗淨可能であることに加え、走行中に付着する汚れに対する十分な洗淨性能を確認することができた。また、先頭カバーとは材質の異なる前面ガラスやワイパー部分においても、本装置による洗淨が有効であることを確認した。今後、各車両センターへの設置をめざし、装置の小型化と機能のブラッシュアップを図る予定である。

最後に、本開発について協力いただいた川崎車両株式会社、川重テクノロジー株式会社、川重商事株式会社、川重ファシリテック株式会社の関係者の皆さまに御礼を申し上げる。

### 参考文献

- 1) 石川典夫、測色の基礎と実際、日本画像学会誌、Vol.44, No.6 (2005), pp.489-498。