トピックス

AI・ロボットと HIPAX を活用した表面検査システム
不良検出から原因分析・工程改善へつなぐ、塗装工場 DX の実装と展開

小田倉久視 *

1. はじめに

工業塗装の表面検査では、異物、ブツ、タレ、ハジキ、ムラ、キズ、塗り残しなどの不良を確実に見つける必要がある。見逃しは手直しや再塗装、納期遅延、塗料・エネルギーの追加消費につながる。一方、目視検査は熟練者の経験に依存する部分が大きく、判定のばらつきや疲労による精度低下、技能継承の難しさといった課題を抱える。人手不足が進む中、検査員を十分に配置し続けることも難しくなっている。

株式会社ヒバラコーポレーション（以下、ヒバラ）は、カメラ、照明、AI 画像認識、画像処理、ロボット、自社開発の HIPAX を組み合わせた表面検査システムを開発している。目的は良否判定の自動化にとどまらない。検査画像や判定結果を製品情報、製造条件、設備状態と結び付けて蓄積し、不良原因の分析や工程改善へつなげることを目指している。

2. 表面検査システムの構成と判定の仕組み

2.1　システムの構成

本システムは、ワークの形状・大きさ、表面状態、搬送方法、要求精度、タクトなどの条件に応じてシステム構成を決定する。撮像機器、照明、AI 判定装置、PLC、表示モニタを基本構成とし、必要に応じてコンベヤ、位置決め装置、ロボットなどを組み合わせる。

撮像した塗装面の画像を AI および画像処理によって解析し、ブツ、タレ、ハジキ、ムラ、キズ、汚れ、塗り残しなどの外観不良を検出する。判定結果は、製品番号、ロット、日時、不良種類、位置などの情報とともに記録する。さらに、必要に応じて警報、ライン停止、排出、手直し工程への振り分けなど、後工程との連携も可能である。

2.2　不良判定の仕組み

表面検査では、不良の見逃しを抑える一方で、正常な箇所を不良と判定する過検出を抑えることも重要となる。そのため本システムでは、AI だけで良否を直接決定するのではなく、AI と画像処理を組み合わせて判定を行う。

まず、AI による一次判定では、見逃しを抑えるため、正常と断定できない箇所を広めに「不良候補」として抽出する。次に、抽出した候補に対して、不良種別に応じた画像フィルタリングなどの後処理を行い、不良の特徴を示さない候補を除外する。

この二段階の処理により、見逃しを抑えながら過検出を低減し、検出精度を高めている。判定した不良箇所は画像上に表示し、不良種類や位置などの情報とともに記録する。

2.3　検査員による確認と精度向上

導入当初から AI にすべてを任せるのではなく、AI および画像処理による判定結果を検査員が確認し、「正しい判定」「誤判定」「判定困難」に分類する。確認・修正した結果はアノテーションデータとして蓄積し、追加学習に利用する。

良品・不良画像だけでなく、熟練者の判断や現場技術者の知識を判定結果と合わせて蓄積することで、運用を続けながら判定精度を高めていく。自社工場で実際の塗装工程を運用し、学習・改善に必要なデータを継続的に蓄積できる点は、ヒバラの強みである。

また、安定した判定を行うためには、AI や画像処理だけでなく、適切な条件で画像を取得することが重要となる。次章では、ロボットを活用して撮像条件を安定させる仕組みについて説明する。

3. ロボットを活用した表面検査

表面検査の判定精度を安定させるためには、検査対象となるワークの状態にかかわらず、一定品質の画像を取得することが重要となる。しかし、実際の製造現場では、ワークの大きさや設置位置、高さ、色、光沢などが異なるため、固定された撮像条件だけですべてに対応することは難しい。

そこで本システムでは、カメラと照明をロボットアーム先端に搭載し、ロボットの可動性を利用して撮像位置や撮像条件を設定する。さらに、ロボットアーム先端の検査カメラとは別に、ワーク上方へワーク検出カメラを設け、ワークの位置や大きさを検出することで、撮像範囲を算出し、ロボットアームの撮像位置を決定するとともに、移動軌跡を生成する。

現段階では主に平面ワークを対象としており、ワーク認識、撮像軌跡の生成、焦点位置・照明光量など撮像条件の登録・再現機能を実装している。これにより、ワークごとの差異を吸収しながら、安定した撮像画像を取得することを狙っている。**図 1** にロボット表面検査システムの構成例を、**表 1** に基本仕様を示す。

3.1　ロボット表面検査の処理フロー

本システムでは、まずワークの位置・大きさを認識し、その情報から検査範囲を算出してロボットアーム

* 株式会社ヒバラコーポレーション　代表取締役社長

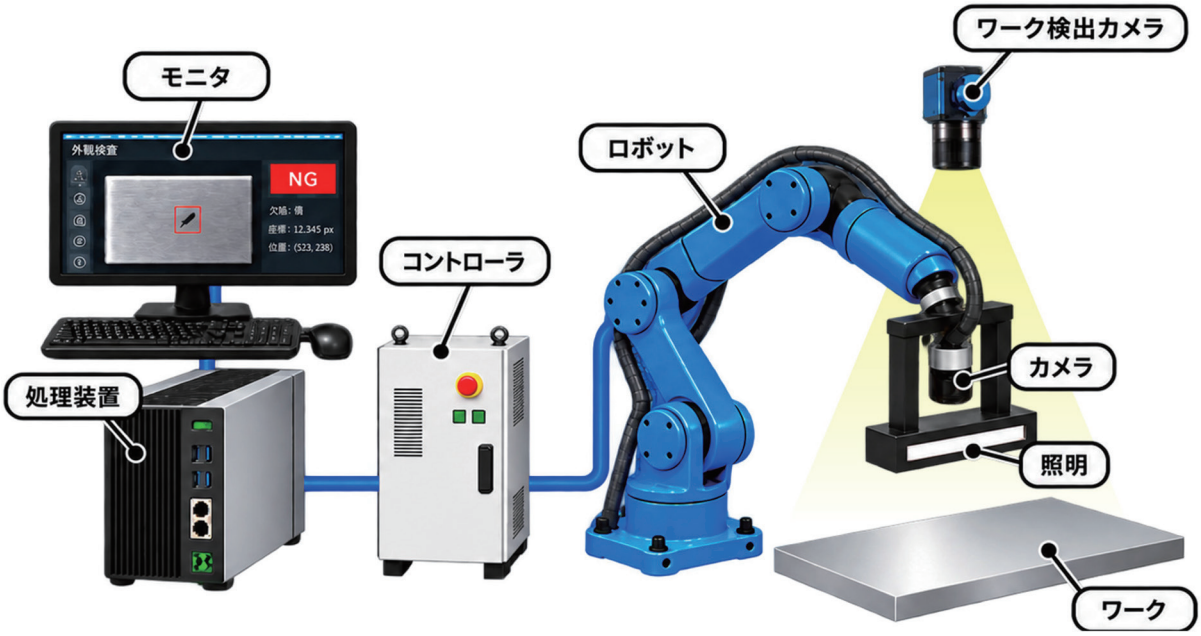

図１　ロボット表面検査（フィジカル AI）の構成例

表１　ロボット表面検査の基本仕様（抜粋）

項目	基本仕様
検査対象	塗装面の外観・表面品質
検出対象	ブツ、ゴミ、ピンホール、タレ、キズほか
最小検出サイズ	0.2 mm※
対応形状	平面を基本とし、曲面・立体形状へ展開中
出力・記録	欠陥の種類・位置・画像・判定結果を記録
精度向上	検査員の確認結果を追加学習に活用

※検出性能は、対象ワーク（表面状態等）や撮像条件（カメラ、照明等）により変わります。

の撮像位置を決定し、移動軌跡を生成する。次に、あらかじめ登録した焦点位置および照明光量を用いて撮像し、取得した画像を AI および画像処理によって判定する。判定結果は不良種類や位置などの情報とともに表示・記録する。図２に、ワーク認識から判定・記録までの処理フローを示す。

3.2　ワーク位置・大きさの検出と撮像軌跡の生成

検査対象となるワークは、大きさだけでなく、設置位置も一定とは限らない。ワークごとにロボットの撮像位置や移動範囲を個別に設定する方法では、品種変更のたびに設定作業が必要となる。

本システムでは、ワーク設置台の四隅にマーカを配置し、ロボットアーム先端の検査カメラとは別に設置したワーク検出カメラを用いて、ワークの位置と大きさを検出する。得られた情報をもとに検査範囲を算出し、ロボットアームの撮像位置を決定し、移動軌跡を生成する。

これにより、ワークの大きさや設置位置が変わった場合でも、それぞれに応じた撮像範囲を設定でき、ワークごとにロボットプログラムを個別に作成・調整する作業を削減できる。

3.3　撮像距離・焦点条件の設定

ワークは種類によって高さが異なるため、カメラを一定位置に固定したままでは焦点がずれ、鮮明な画像を取得できない場合がある。

本システムでは、オートフォーカス機能を持たないカメラを使用し、撮像条件を調整する際にロボットアームを上下させることで、カメラとワークとの距離を調整する。画像の状態を確認しながら適切な焦点位置を決め、その位置を撮像条件として登録する。

実際の検査では、あらかじめ登録した焦点位置にロボットアームを移動させて撮像する。現在は主に平面ワークを対象としており、ロボットによる距離調整を利用することで、ワーク高さの違いに対応している。

3.4　光量条件の設定

塗装面は、色や光沢の違いによって光の反射状態が変化するため、適切な照明光量もワークによって異なる。

本システムでは、撮像条件を設定する際に、ワークの色や光沢、表面状態などに応じて照明光量を調整し、不良箇所を捉えやすい条件を設定する。設定した光量は撮像条件として登録し、実際の検査ではその設定値を再現して撮像する。これにより、ワークの特性に応じた照明条件を安定して使用できる。

3.5　AI 判定とロボット動作の連携

ロボットの役割は、安定した画像を取得することだけに限らない。AI が画像から対象を認識・判断し、その結果に基づいてロボットが現実空間で動作する本システムは、塗装品質管理におけるフィジカル AI の実装の一つと位置付けられる。

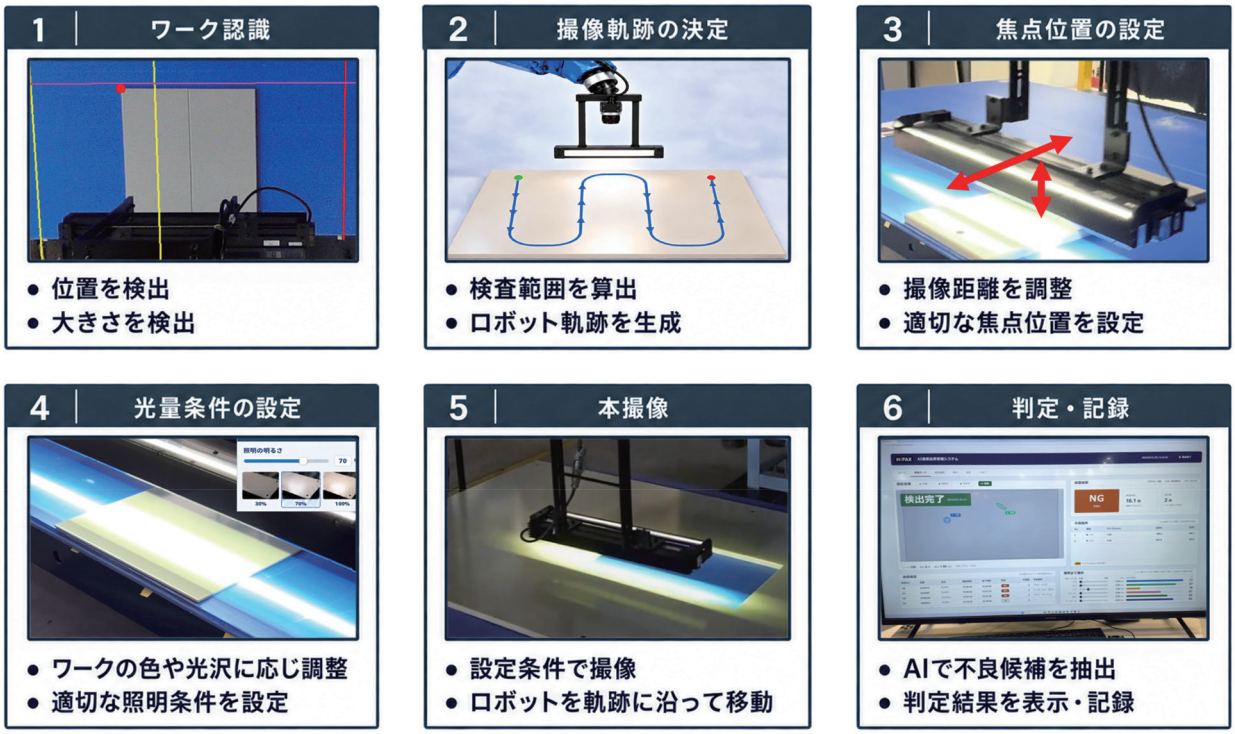

図２　ロボット表面検査の処理フロー

今後は、AI が検出した不良候補の位置情報をロボットへ連携し、該当箇所への移動、追加撮像、詳細確認、マーキングなど、検査後の動作との連携をさらに拡張していく。

4. HIPAX 活用による原因分析・対策への展開

4.1　検査・生産・設備データの蓄積と紐付け

表面検査で得られた結果を品質改善につなげるためには、不良の有無だけでなく、その製品がどのような条件で生産されたかを合わせて把握することが重要となる。

HIPAX では、表面検査システム、生産管理システム、設備監視システムから得られる各種データを蓄積し、製品単位で紐付けて管理することができる。表面検査システムからは検査画像、不良種類、不良位置などの検査情報、生産管理システムからは製品・品番、生産ライン、工程、日時などの生産情報、設備監視システムからは温度、吐出圧、乾燥炉温度、ブース温度などの設備情報を取得する。

これらのデータを紐付けて蓄積することで、「いつ、どの製品に、どのような製造・設備条件で、どの不良が発生したか」を後から確認できる。検査結果を単独で保存するのではなく、関連する製造情報や設備状態まで一体的に蓄積することで、不良原因を分析するためのデータ基盤を構築している。

図３に、HIPAX を活用した原因分析･対策のイメージを示す。

4.2　蓄積データを活用した原因分析

不良が発生した際には、検査結果に紐付く生産情報や設備データを確認し、良品時と不良発生時の条件を比較することで、原因を分析するための手掛かりを得ることができる。

例えば、同じ種類の不良が複数回発生した場合、その前後の温度、吐出圧、乾燥炉温度、ブース温度などを比較することで、共通して変化している条件がないかを確認できる。また、良品時の条件と比較することで、不良発生時に通常と異なる製造条件や設備状態がなかったかを調べることもできる。

現在は、このようなデータの確認や比較を現場技術者が行い、設備の状態や製造条件に関する経験・知識と照らし合わせながら原因を分析する。塗装品質は一つの条件だけで決まるとは限らず、複数の製造条件や設備状態が相互に影響する場合もある。そのため、検査、生産、設備の各データを一元的に確認できることは、原因候補を絞り込む上で重要となる。

4.3　AI を活用した原因分析・対策への発展

一方、蓄積するデータが増えるほど、人が多数の項目を横断的に比較し、不良発生との関係や変化の傾向を見つけ出すことは難しくなる。そこで今後は、HIPAX に蓄積した検査・生産・設備データに AI や統計解析を組み合わせ、原因分析を支援する仕組みを検討していく。

例えば、不良が発生した際に、過去の良品･不良データを AI や統計解析で比較し、不良発生との関連性が高い製造条件や設備状態の変化を抽出することで、多数のデータの中から「どの条件を重点的に確認すべき



図３　HIPAX を活用した原因分析・対策イメージ

か」を提示し、現場技術者の原因分析を支援することを想定している。

ただし、AI だけで不良原因を断定することを目的とするものではない。AI が示した傾向や関連性を手掛かりとして、現場技術者が実際の製造状況や設備状態を確認し、経験や知識と組み合わせながら原因候補を絞り込むことが重要となる。

さらに、分析結果をもとに製造条件や設備設定、工程などの対策を検討し、対策実施後の不良発生状況や関連データを確認することで、その効果を検証する。こうした結果を次の条件見直しや工程改善へ反映することで、継続的な品質改善につなげる。

このように、HIPAX に蓄積したデータを基盤として、今後 AI を組み合わせることで、「データの確認→原因の分析→対策の検討 → 対策の実施・効果確認」までを一連の品質改善サイクルとして発展させていく。

5. 複数拠点展開を見据えたクラウド活用とサービス化

5.1　複数拠点への展開と運用上の課題

ヒバラでは複数の工場を運営しており、表面検査システムについても、今後、複数拠点への展開を見据えている。拠点ごとに AI 処理環境やモデルの学習・更新環境を個別に構築･運用する場合、設備投資に加え、AI モデルの更新、保守、データ管理なども拠点ごとに必要となる。

こうした複数拠点での運用を効率化するため、AI 処理やモデル管理の一部を共通化し、必要な機能を各工場から利用できる構成が考えられる。その実現手段の一つとして、クラウドや外部の計算環境の活用が考えられる。

5.2　エッジ・クラウドを活用したシステム構成

現在、表面検査における AI 判定は、工場内に設置したエッジコンピュータで処理する構成を基本としている。工場内で処理を完結することで、通信環境の影響を受けにくく、低遅延での判定や、検査画像を外部へ出さない運用が可能となる。

一方､高負荷な AI 処理､追加学習､AI モデルの管理･更新などは、クラウドやデータセンター側へ集約することで複数拠点から共通利用しやすくなる。すべてをクラウド化するのではなく、処理の即時性、通信環境、画像データの取り扱い､運用コストなどを考慮し､エッジとクラウドを適切に使い分けることが重要となる。

図４に、複数拠点への展開を見据えたエッジ・クラウド連携の構成イメージを示す。

5.3　NTT 東日本との実証による外部処理・設備連携

ヒバラと NTT 東日本は、工場と外部の計算環境を接続し、AI による画像判定結果を現場設備の動作へ反映する実証を行った。

2022 年に実施したロボット遠隔塗装の実証では、NTT 東日本のエッジコンピューティング環境「スマートイノベーションラボ」を活用した。工場でコンベヤを流れる塗装対象物を撮影し、その画像を外部のサーバへ送信して AI でワークを判定する。判定結果を塗装現場へ返し、対象ワークに対応したロボットプログラムを起動することで、ロボットによる塗装までを連携させた。画像送信から判定、結果送信までの処理時間は 0.5 秒以下となり、外部の計算資源を利用した AI 画像認識と現場設備との連携が可能であることを確認した [1]。

この実証は表面検査を対象としたものではないが、工場で取得した画像を外部で AI 処理し、その結果を現場へフィードバックして設備を動作させるという基

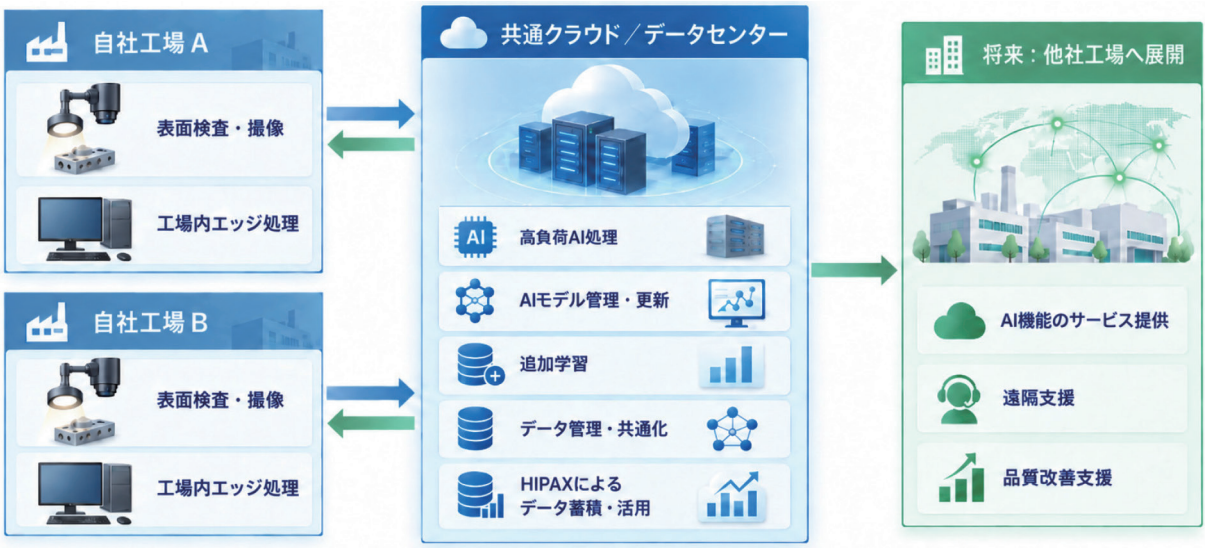

図４　複数拠点展開を見据えたエッジ・クラウド連携の構成イメージ

本構成は、今後、表面検査システムのエッジ・クラウド連携を検討する上でも参考となる。

5.4　表面検査サービスとしての展開

まずは自社の複数拠点で表面検査システムを効率的に運用できる環境を構築し、エッジ・クラウド構成の有効性や運用方法に関する知見を蓄積する。その上で、将来的には他社工場にも必要な AI 判定機能や遠隔支援を提供できる表面検査サービスへ展開していく。

AI エンジンについては特定の製品や方式に限定せず、検査対象、要求精度、処理速度、運用条件などに応じて適切なものを選択する考えである。画像認識 AI の選択肢の一つとして、NTT ドコモソリューションズの Deeptector® 脚注 1) などの外部 AI も候補となり得るが、現時点で特定の AI エンジンの採用を前提としているものではない。ヒバラでは、特定の AI エンジンに依存せず、AI エンジンが変わった場合でも、撮像・照明、ロボット、PLC、HIPAX などの周辺システムと組み合わせやすい柔軟な仕組みづくりを意識している [(2)]。

さらに、クラウド側の AI 処理と HIPAX に蓄積した検査・生産・設備データを組み合わせることで、検査機能の提供にとどまらず、原因分析や品質改善までを支援するサービスへ発展させることを目指している。

6. 今後の展開とまとめ

本稿では、AI 画像認識と画像処理による表面検査、ロボットを活用した撮像条件の安定化、HIPAX による検査・生産・設備データの蓄積と紐付け、さらに外部の計算資源を活用した AI 処理について述べた。これらは個別の技術ではなく、検査結果を起点として製造現場の品質改善につなげるための一連の仕組みとして位置付けている。

現在は、表面検査による不良検出と判定結果の蓄積、HIPAX による生産・設備データとの紐付けを行っている。今後は、蓄積したデータに AI や統計解析を組み合わせ、原因分析を支援するとともに、対策後の効果確認までを含めた品質改善サイクルへ発展させる。加えて、自社の複数拠点への展開を見据え、エッジ・クラウド連携によって AI 処理やモデル管理を共通化し、将来的には他社工場にも展開可能な表面検査サービスへ発展させていく。

ヒバラが目指すのは、限られた工場だけが利用できる高価な専用設備ではなく、既存設備を生かしながら必要な機能から段階的に導入できる仕組みである。人手が限られる中でも、AI が検査員や現場技術者の判断を補い、蓄積したデータを次の改善へ生かせる環境をつくる。表面不良を見つける AI から、不良原因の分析を支援し、次の品質改善につなげる AI へ。塗装現場を自ら運営するヒバラだからこそ、現場で使え、現場で学び、現場とともに成長するシステムを提供していく。

脚注 1)「Deeptector®」は、NTT ドコモソリューションズ株式会社の登録商標です。

文　献

(1) 株式会社ヒバラコーポレーション・東日本電信電話株式会社 茨城支店：「工業塗装における熟練工の技術を再現する『ロボット遠隔塗装ソリューション』の実証実験の実施 ～『IoT × AI ×工業塗装』で人手不足の課題を解決～」，報道発表資料，2023 年 1 月 13 日
(2) NTT ドコモソリューションズ株式会社：「画像認識 AI Deeptector」，NTT ドコモソリューションズ Web サイト（2026 年 9 月 25 日閲覧）

トピックス

塗料・塗装設備展（コーティングジャパン）東京展 出展レポート

魚谷　英未 *

開催日程　2026 年 9 月 30 日（水）～ 10 月 2 日（金）
開催場所　幕張メッセ
主催　　RX　Japan
共催　　日本塗料工業会

はじめに

9 月末より 3 日間開催された塗料・塗装設備展について報告する。

本展示会は高機能セラミックス展など 14 の展示会と併せて開催された。会期初日は台風の影響で荒天であったため来場者数は少なかったものの、3 日間を通じ 35,811 人の来場者を得た（**写真１、２**）。

今回も日本工業塗装協同組合連合会（工塗連）日本塗料工業会（JPMA）、日本塗装機械工業会（CEMA）、国際工業塗装高度化推進会議（IPCO）、塗料報知新聞社、そして各団体が共同運営するコーティング・コンソーシアム（CoCo）の 6 団体が「PAINT AVILION」（ペイントパビリオン）と銘打ち、協力して会場を盛り上げた。今回はパビリオン内のレイアウトに気を配り、ブースの四方から来場者が出入り及び流動しやすい配置を行った。結果、工業塗装としての一体感が増し、来場者には塗装を行うための塗料、設備、機械、その他周辺設備、そして最終的にそれらを運用するコーターが欠かせないということを改めて周知する場になったものと思う。

装飾は今回は黒をベースに、パビリオン内で統一したためインパクトがあり、来場者の目を引く展示となった（**写真３、４**）。



写真１　会場入口

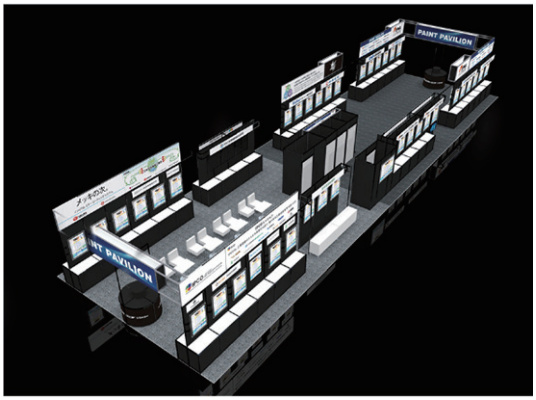

写真３　PAINT PAVILION 展示イメージ



写真２　会場全景

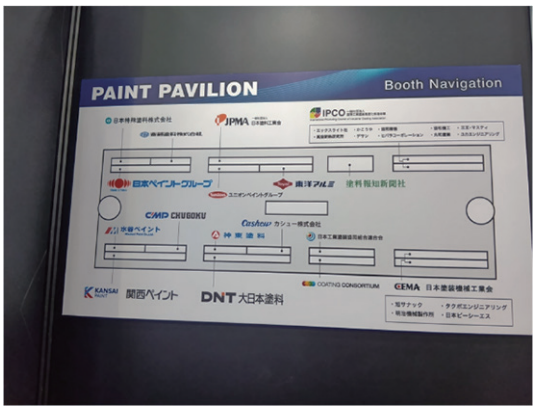

写真４　PAINT PAVILION 案内図

* マスティ株式会社　営業部開発課

1. 日本工業塗装組合連合会（工塗連）

工塗連では事務局が中心となり展示運営を行った。神奈川県の技能コンクールで受賞した作品や(株)トップ工業、(有) HINODE など会員企業の商品や作品のほか、工業塗装をご存じない来場者に向け塗装方法についてのパネル説明も行った（写真５）。

2. 日本塗料工業会（JPMA）

日塗工のほか、日本特殊塗料、斉藤塗料、日本ペイント、ユニオンペイントグループ、東洋アルミ、水谷ペイント、中国塗料、神東塗料、カシュー、関西ペイント、大日本塗料と工業会会員の 11 社が展示を行った。また、イサム塗料は車両展示もあり、単独出展継続となった。

展示内容は各社が自由に設定し、自社商品の中でも売れ筋や新商品・新技術などが紹介された（写真６～12）。

また、会場内にはひな壇も設置され、塗料の魅力の一つである美観を訴える作品も最新版『日本の塗料工業 2026 年度』版も配布され多くの人が手に取っていた。会場内には有志から提供された鮮やかな塗装を施したギターなども飾られ、塗料の魅力を伝える一端を担った。

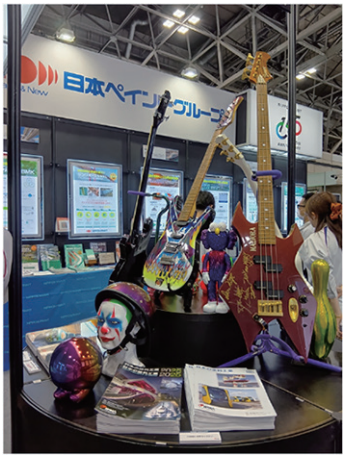

写真７　日塗工展示



写真８　関西ペイント展示



写真５　工塗連展示

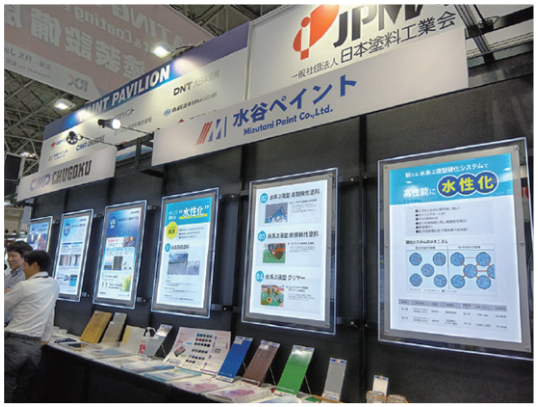

写真９　水谷ペイント展示



写真６　日塗工展示



写真 10　斉藤塗料展示



写真 11　日本ペイント展示



写真 12　日本特殊塗料展示

3. 日本塗装機械工業会（CEMA）

会員企業のうち、旭サナック、タクボエンジニアリング、明治機械製作所、日本ピーシーエスが展示を行った（写真 13）。

スプレーガン等実機が展示され、実際に手に取ることができるため来場者から好評を得た。

単独ブースでは IEC、アネスト岩田、アンデックス、栗田工業、大気社、ツカサ工業、中川化学装置、パーカーエンジニアリング、Binks ジャパン、ファナック等多くの会員企業が展示を行った。



写真 13　CEMA 展示

4. 国際工業塗装高度化推進会議（IPCO）

IPCO 会員のうち、エックスライト社、かこうや、協同精機、協和機工、三王、真空断熱研究所、デサン、ヒバラコーポレーション、丸和産業、ユカエンジニアリングの 10 社が展示を行った（写真 14 ～ 19）。

単独ブースでは中農製作所が展示を行った。

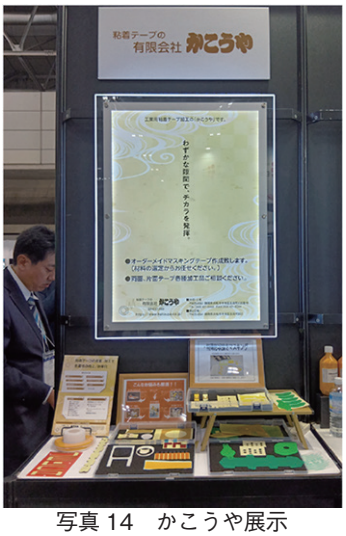

写真 14　かこうや展示



写真 15　ユカエンジニアリング展示



写真 16　協同精機展示



写真 17　協和機工展示



写真 18　真空断熱研究所展示



写真 19　三王展示

会期中は塗装を行う企業の紹介を望む来場者もあり、出展者同士で相談、対応している姿も見られた。多種多様な出展企業が来場者の需要を満たす姿が印象的であった。

4. コーティング・コンソーシアム（CoCo）

活動4年目となったCoCoも展示を行った。コーティング・コンソーシアムの活動、CO_2排出削減のチェックリストとガイダンスブックを紹介するパネルのほか、脱炭素対策の具体的な事例をパネルやモニターを使って紹介した。ぜひ今後も業界団体を横断したCoCoの取り組みには今後も注目をいただきたい（写真20）。

5. 塗料・塗装セミナー

各団体が本展示会に出展した当初から継続して開催している塗料・塗装セミナーは申し込み不要ということもあり、講演が始まると続々と来場者が聴講した。運営はCEMA、日塗工、IPCOが一日ずつを分担し運営を行った。

2日目は「つくる～ぬるをつなぐ：塗料・塗装業界の横断連携が創るカーボンニュートラルへの道」につ



写真 20　CoCo 展示

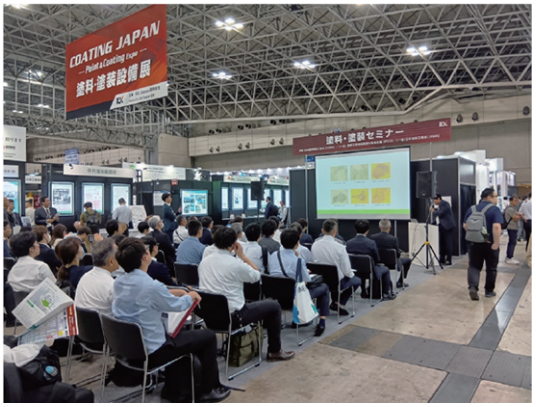

写真 21　セミナーの様子

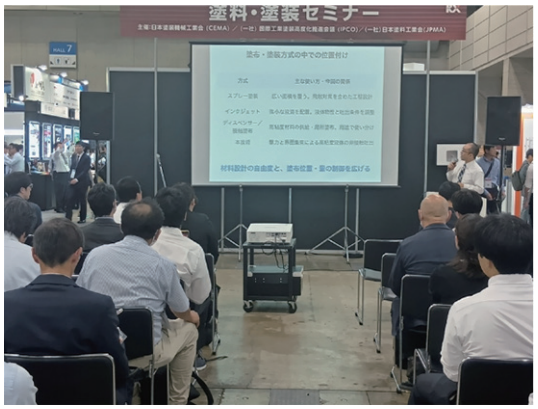

写真 22　セミナーの様子

いて講演があり注目を集めた。3日間を通し、合計16もの講演が行われ、最先端の塗装ロボットや塗装機器の講演や、品質改善、コスト削減に関する提言もあり、会場内は立ち見が出るほど盛況であった。来年の企画がまた楽しみである（**写真21、22**）。

6. 塗料・塗装設備展　交流懇親会

今回で4回目となったこの交流懇親会は塗料・塗装設備展に出展する企業間の交流を目的としたものである。塗装は単一の物品で成り立つものではなく、塗り手、塗料、塗装機器・設備、周辺機器等により成り立つものである。塗装に関わる様々な業種の方が交流を行うことでイノベーションが生まれるきっかけになることを望む。

おわりに

様々な技術が重なり合って成り立つ塗装において本展示会やPAINT PAVILIONのように様々な企業が一堂に会し、合同で出展することは大きな意味がある。それは「ここに来れば工業塗装に関わる何かを得られる」という来場者の要求を満たす、相談窓口としての機能といえる。また、来場者と直接つながることができ、新規顧客や開発課題を得ることもできる。業界の関係者と横のつながりを得ることもでき、自社社員の人脈を深める機会にもなる。

工業塗装の魅力をより一層高め、社会貢献できるものにするために、業界団体とそこに参画する企業が一丸となって取り組むことが求められる。決して一社だけで解決できるものではない。

皆様にも今後の塗料･塗装設備展にご参加いただき、塗料・塗装の魅力を引き出してくれるパートナーにぜひ出会っていただきたい。

関係者の皆様には、搬入含め4日間運営に協力をいただきましたことに感謝いたします。また、一部の出展者様の写真を撮影できず、本誌面でご紹介できなかったことをお詫びいたします。