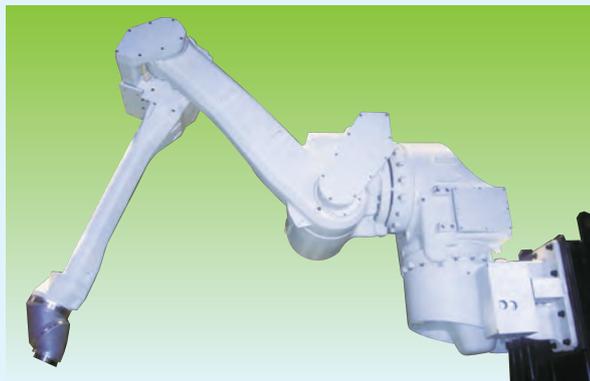


# コモンプラットフォーム型塗装ロボット「KJシリーズ」

## KJ Series Common Platform Type Painting Robot



谷内 亮① Ryo Taniuchi  
 村田 剛彦② Takehiko Murata  
 後藤 勝彦③ Katsuhiko Goto

塗装ロボットは、自動車メーカーをはじめとする幅広い業界で導入されている。本稿では、あらゆる塗装アプリケーションに対応可能な塗装ロボット「KJシリーズ」、および、塗装ロボットシステムサプライヤーとして提供している塗装システムソリューションについて紹介する。

Painting robots are used in a wide variety of industries including by automobile manufacturers. This paper presents the KJ series painting robots, capable of being used in all types of painting applications, as well as painting system solutions we provide as a painting robot supplier.

### まえがき

塗装ロボットは、自動車産業をはじめとした幅広い分野に導入されている。導入目的は、省人化による製造コストの削減に加え、3K（きつい、汚い、危険）作業からの作業者の解放、ロボット塗装による塗料使用量の削減による製造コストの低減、塗装品質の安定化などが挙げられる。また、塗装ロボットは、単体で使用されるケースはまれで、塗装ブースや塗装機器などさまざまな装置を組み合わせたシステムとして使用される。

当社では、エンドユーザーや塗装関連メーカーの取り組みやニーズに応えるために、ロボット単体やシステムの開発を行うとともに、ロボットメーカー独自の視点からも開発、改良を行っている。

### 1 新塗装ロボット「KJシリーズ」

当社では、塗料の溶剤を含む可燃性ガスの中で使用できる防爆仕様塗装ロボットとして、Kシリーズをラインアッ

プしている。今回、機能改良と機種統合を目的としてコモンプラットフォーム型塗装ロボットKJシリーズを開発し、「KJ264」と「KJ314」の製品化を進めている。

コモンプラットフォーム型とは、ロボットのあらゆる適用条件に対応可能であることを意味し、従来、適用条件によっては必要であった機種選定を不要にすることを目的とするものである。また、「KJ264」は従来と同様に軸数は6軸のみであるが、より適用範囲を広げるためにベース部にさらに1軸を追加した7軸の機体を「KJ314」として追加した。「KJ264」と「KJ314」の外観を図1に示す。

#### (1) 多様な設置条件への対応

塗装ロボットは可燃性ガスの中で使用されることから、専用のブース内で使用されることが多い。そして、ロボットの動作範囲を有効に使用することと、塗料の吹き返りによる汚れを避けるために、ブースの壁面やブース内に設けた棚の上に設置されることが近年増えている。従来のロボットは床に設置（床置き）することを主として設計されており、塗装ブースの壁に設置（壁掛け）する場合などは、



図1 「KJ264」, 「KJ314」  
 Fig.1 KJ264 and KJ314

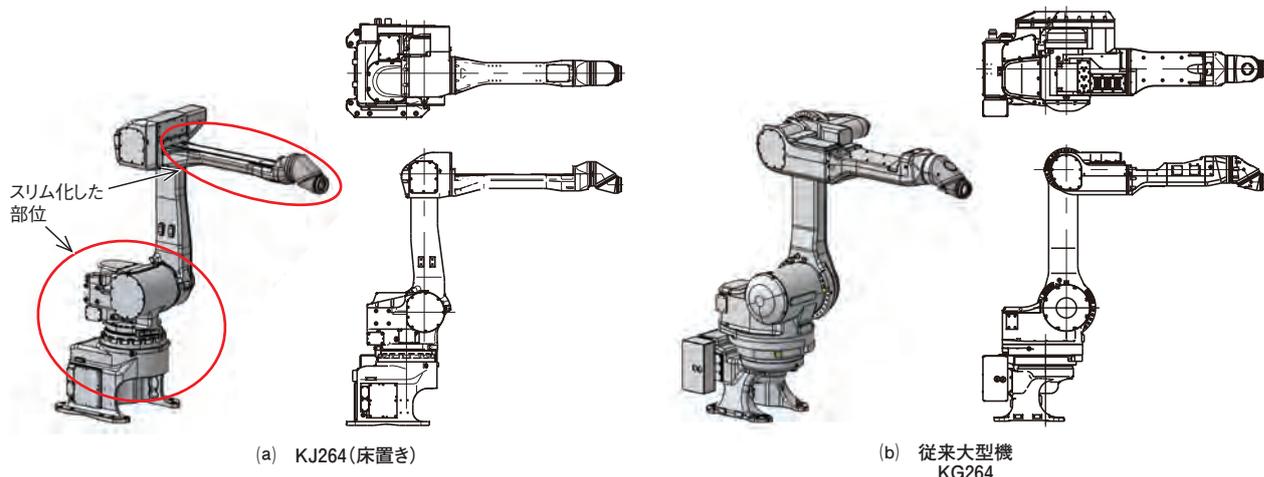


図2 従来機種との比較  
Fig.2 Comparison of new robot with existing robots

ブースに架台を追加することで対応してきた。また、棚状の架台に設置（棚置き）する要求もあり、専用の機体を作成して対応してきた。それに対して「KJ264」では、図1に示すように、ベース部を変更することで全ての設置条件に対応できるようにしている。

(2) ロボット本体のスリム化・軽量化

塗装ブースの縮小により維持費用をコストダウンできるため、その要求は非常に高い。その際、問題となるのがロボットの干渉であるが、ロボット本体のスリム化が干渉回避の手段の一つとなる。また、自動車ボディの塗装のうち、開いたドアの内側を塗装する「内板塗装」においては、ロボット手首部と上腕部を開いたドアの内側に挿入するため、スリムであることが必須となる。

そこで、新塗装ロボットKJシリーズでは構造を細部まで見直し、従来機に比べて一回り以上スリムな外観とした（図2）。従来の自動車塗装向けのロボット「KG264」は大型であったため内板塗装に適していなかったが、今回、スリム化を図ったことにより、KJシリーズは自動車塗装向けの大型ロボットでありながら内板塗装が可能となった。また、従来の一般産業向けの中型機「KF264」と同等のスリムさとなったため、一般産業向けの機体としても使用できるようになった。

また、スリム化に加えて構造材の材質を鉄からアルミニウムに変更したことなどにより、従来の800kg以上から550kgに大幅な重量低減を達成した。これは、塗装ブース上方に設置されるような場合、ロボットの据え付け作業が楽になる、ロボットを支えるブース壁の強度を下げるができるため構造材の節約になる、などのメリットも生み出すことになる。

(3) 塗料ホース処理一体構造によるスリム化

塗装ロボットは、手首の先端にスプレーなどの塗装機を持たせて使用するが、その塗装機に塗料やシンナーなどを

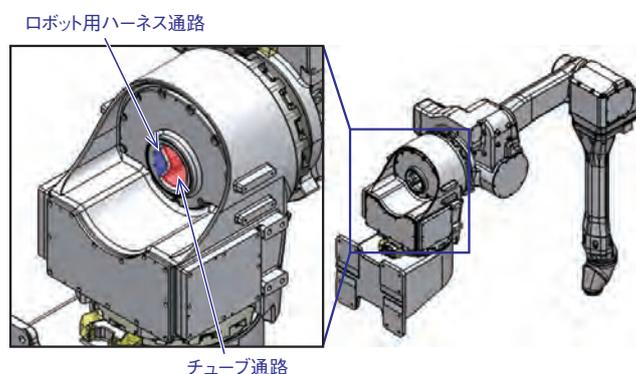


図3 ベース部のハーネスとチューブ通路  
Fig.3 Route of harness and tube in base part

供給するチューブをロボット本体に沿わせて配置する必要がある。このチューブも干渉の問題を起こすので、いかにロボットに沿わせるかが問題となる。そこで、ベース部回転軸に中空構造を持つ減速機を使用し、その中空部にチューブに加え電源供給や通信を行うハーネスを通す構造を採用した（図3）。従来機でも中空構造を採用したことはあるが、ハーネスかチューブの片方しか通せなかったため、スリム化の妨げとなっていた。

ハーネスやチューブを回転軸中心に通すと、ロボットの動作によりねじられるので、単位長さ当たりが受けるねじれの量を減らし損傷を防ぐ必要がある。中空部外の部分で、ハーネスのねじれを吸収する構造にし、必要な吸収量を確保することでハーネスとチューブの共存を可能にした。

(4) 7軸仕様による省スペース化「KJ314」

ロボットの可動範囲を確保しつつ省スペース化するためには、ロボット同士の干渉、ロボットと塗装対象物の干渉、ロボットと塗装ブース壁との干渉を防ぐ必要がある。また、6軸のロボットでは、ロボット手先の位置と姿勢を6つの自由度で指定すると、ロボットの姿勢は一つに限定されるため、干渉回避のためにロボットの姿勢を変更することができなかった。従来は、これらの問題により省スペース化

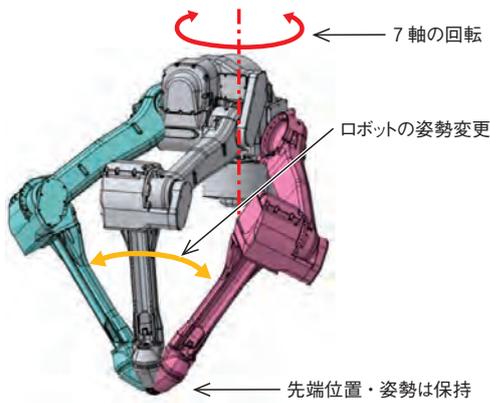


図4 7軸によるロボットの姿勢変更  
Fig. 4 Posture changes by 7th axis



図6 教示ペンダント (防爆仕様)  
Fig. 6 Explosion-proof type teaching pendant

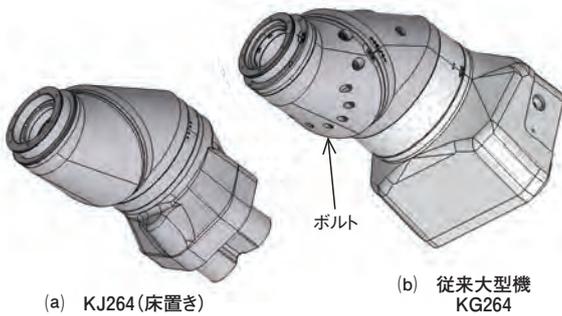


図5 従来機との手首比較  
Fig. 5 Comparison of wrists

が制限されていたが、冗長軸となる7軸目(スイング軸)を追加することでロボットの姿勢変更自由度を持たせることができ、干渉を回避できるようにした(図4)。冗長軸を持たせることはコストアップになるが、7軸目は姿勢変更時のみ駆動する、という条件を付けることで機能を制限し、コストアップを最小限に抑えている。

(5) 手首フラット化による清掃性の向上

手首部分は塗装機に最も近い箇所であり、塗料の吹き返しにより汚れやすい。付着した塗料が剥がれ落ちて塗装対象物に付着すると不良品となってしまふ。そのため、手首は汚れにくく清掃しやすい必要がある。従来の手首では、ボルト類が手首表面にあり、塗料の汚れが溜まりやすく清掃しにくい箇所となっていた。KJシリーズでは組み立て手順とボルトの配置を工夫することにより、手首表面にボルトが出ない構造とした(図5)。

2 ロボットコントローラ

KJシリーズの制御に用いるロボットコントローラ「E25」の特徴と、KJシリーズ用に新たに追加した機能を紹介する。

(1) 防爆Eコントローラ

新塗装ロボットKJシリーズでは、ロボットコントローラに、最新の防爆Eコントローラ「E25」を用いている。

「E25」は、カラー液晶パネル付きの教示ペンダントを備えており(図6)、液晶パネルを用いて、ロボットの各種設定や状態モニタが行える他、塗装機器に関する設定値もグラフ表示を使って調整できる。また、プログラム命令や教示操作手順は、旧型の防爆Cコントローラと互換性があり、旧型コントローラからの置き換えを容易にしている。

(2) スイング軸制御 —ワールド座標系の使用—

通常、ロボットの直交方向の誘導操作は、ロボットベース部を基準とした座標系(ベース座標系)に沿って行すが、スイング軸付きシステムではスイング軸の角度によって座標軸方向が変化する。そこで、ベース座標系に代わり、スイング軸の旋回中心とした固定の座標系(ワールド座標系)で直交方向の誘導操作を行えるようにした(図7)。

教示データ中の座標値や、コンペアへの追従動作方向についても、ワールド座標系で行うようにし、スイング軸の有無による操作性の差異を解消している。

(3) 可変加減速制御 —姿勢変更の迅速化—

塗装ロボットでは、塗料の吐出方向を切り替える際に、ツール先端位置をほとんど動かさずに姿勢を大きく変える動作を行う。このような動作では、各軸モータトルクの許

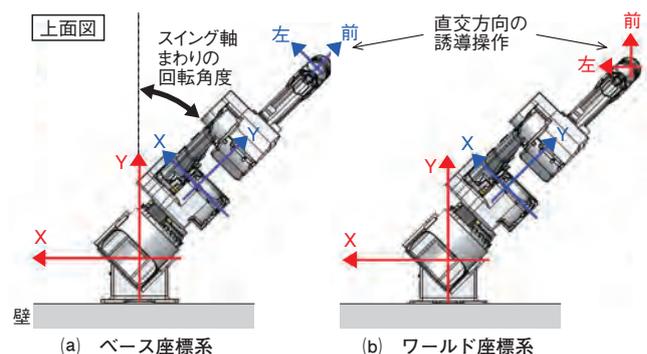


図7 「KJ314」での座標系  
Fig. 7 Coordinate system of KJ314

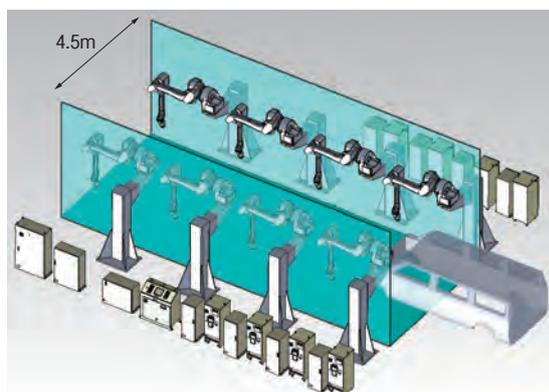


図8 自動車外板塗装システム  
Fig.8 Painting system for outer body of automobile

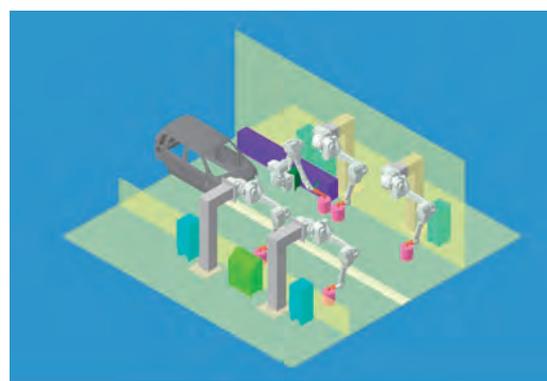


図9 自動車内板塗装システム  
Fig.9 Painting system for inner body of automobile

容範囲内で、できるだけ迅速に姿勢変更を行う必要がある。KJシリーズでは、動作開始点および終了点の姿勢を考慮して、改良した可変加減速式を用いることで、姿勢変更時の最適な加減速度を決定している。

### 3 塗装システムソリューション

#### (1) 自動車外板塗装システム

KJシリーズの最も多い適用事例である自動車の外板塗装では、塗料使用料の低減や品質向上などのために現在ではロボットの採用が一般的となっている。ロボットが採用されはじめた頃は、自動車ボディのトップ面の塗装には床置きタイプのロボットを採用していたため、6mのブース幅が必要であったが、現在では、壁掛けや棚置きタイプのロボットを自動車ボディよりも上側に配置することにより、ブース幅を4.5mまで縮小可能とした(図8)。

塗装工程において、最もエネルギーを必要とするのは塗装ブースの吸排気であり、ブース幅の縮小とブース長の短縮はエネルギーコストを削減し、CO<sub>2</sub>の削減にも貢献している。

#### (2) 自動車内板塗装システム

自動車のエンジンルーム、トランクルーム、ドアの内側を塗装する内板塗装では、自動車ボディの狭い開口部やロボット同士の干渉を回避しながら、ロボット配置の密集度を高めることによりブース長を短縮することが求められる。このため外板塗装に比べてロボット化が遅れている。「KJ264」はスリムなアームと大きな中空手首を持ち、オフラインプログラミングのシミュレーション機能を利用した干渉チェックや予知機能を活用することにより、内板塗装に最適な塗装ロボットシステムを構築できるようにした(図9)。

#### (3) 自動車バンパー塗装システム

従来、自動車バンパー塗装に床置きタイプの塗装ロボットが採用されており、5mのブース幅が必要であったが、

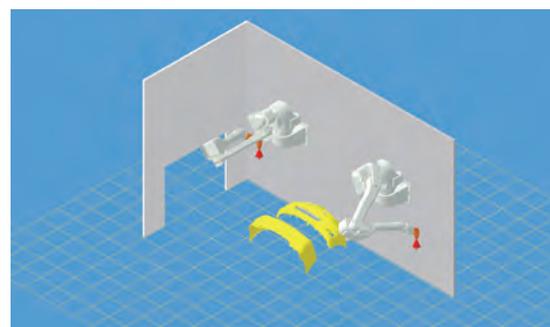


図10 自動車バンパー塗装レイアウト  
Fig.10 Painting system for automobile bumpers

「KJ314」をバンパーの上側に配置し、スイング軸を活用することにより3mまでブース幅を縮小することが可能とした(図10)。

### あとがき

一人でも多くの作業者を塗装作業から解放するとともに、コスト低減や高品質塗装を提供することが、ロボットおよびロボットシステムサプライヤーにとって重要な使命と考えている。また、VOC(揮発性有機化合物)やCO<sub>2</sub>などの環境負荷低減は、地球環境にとって継続的に取り組むべき課題であり、今後も塗料、塗装機器、塗装設備メーカー各社と密接に連携しながら遂行していく必要がある。ロボット単体では環境負荷低減に寄与する効果は小さいものの、システムソリューションとして設備への波及効果まで考慮に入れると、その影響は大きい。

今後も、常により良い製品やシステムを提供し続けることにより、社会貢献をしていきたい。



谷内 亮



村田 剛彦



後藤 勝彦