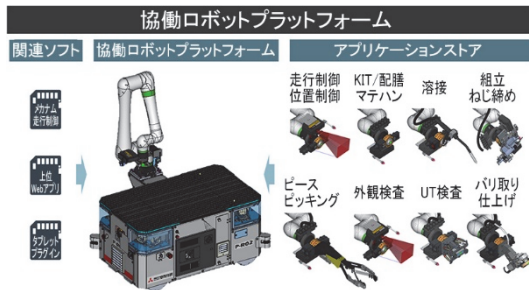


# 省人化/自動化ニーズに対応する自律移動型 人協働ロボットプラットフォーム

Autonomous Mobile Robot System to Meet the Needs for Human Resource Minimization and Factory Automation “Collaborative Robot Platform”



三菱重工業株式会社  
総合研究所機械研究部

少子高齢化の進行による労働人口の減少、グローバル競争の激化による労働コストの削減などの動きが進行しており、製造現場における省人化・自動化のニーズはますます高まっている。一方、大規模な製造自動化システムの導入が困難な多品種・少量生産の製造現場では、作業者と共同で作業できる人協働ロボットを導入することで、生産効率の向上を期待できる。三菱重工業株式会社総合研究所では、自律移動型人協働ロボットプラットフォームを開発した。このシステムはロボットが作業現場まで自走し、作業毎に必要な先端ツールを脱着することで、多様な作業に対応できることが特長であり、三菱重工グループのさまざまな製造現場への導入を進めている。このシステムの概要・特長を本報にて紹介する。

## 1. 協働ロボットプラットフォームの特徴

自律移動型人協働ロボットプラットフォーム (Flexible Collaborative Robot-Platform, 以下 FCR-PF) は、AGV (Automated Guided Vehicle) 上に FANUC 社製 CRX 協働ロボットを設けたロボットシステムである (図 1)。先端のハンド/ツールは自動脱着でき、ロボットが現場に到着した後、任意のハンドを装着して作業を行う。工場内の床面に多少の段差が存在しても問題なく走行でき、停車後にロボットとワークの相対位置キャリブレーションを自動で行う仕組みを有している。相対位置キャリブレーションは、ターゲットマーカーなどを貼り付ける必要が無く、直接ワークの形状データを 3D センサで取得し計算する。この補正機能により、床面の凹凸でロボットの位置にずれが生じたり、ワークが所定位置からずれて配置された状況でもロボットは常に正しく作業ができる。



図1 FCR-PF の外観

## 1.1 AGV 走行機能

AGV は前進・後進・左右・その場旋回が可能で、狭い工場内でも細かな走行が可能である。移動速度は 0~250mm/sec である。AGV 本体に走行制御機能を持たせず、ロボットコントローラで AGV の走行制御を行うことが特徴であり、これにより、システム全体のコスト低減や操作性の向上に寄与している。ロボットに搭載されたビジョンセンサを活用し AGV 走行時の位置、姿勢制御を行う。これにより例えば QR コードの読取りによる自己位置把握や、停車時の微調整、工場床のラインを利用したガイド走行等が可能となっている(図 2)。

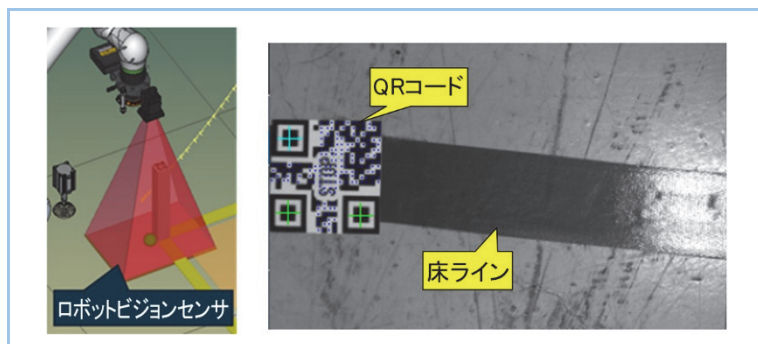


図2 ロボットセンサによる AGV 走行

## 1.2 ハンド自動交換機能

ロボットハンドは自動脱着が可能である。ロボット手首にオートマチックツールチェンジャを装着している(図 3)。ハンド側にもオートマチックツールチェンジャ取り付けすることで、ロボットプログラムによる自動ハンド交換が可能となる(図 4)。

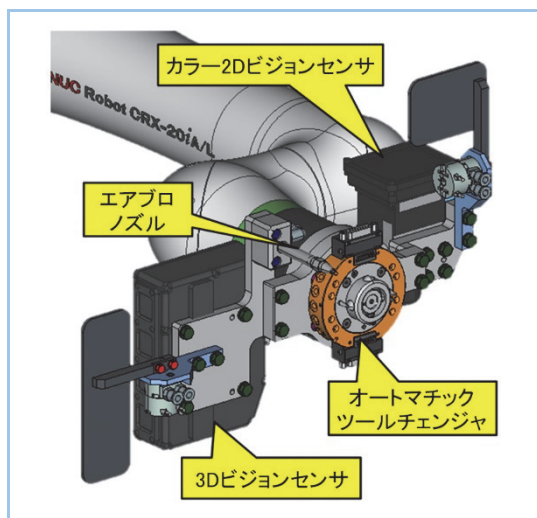


図3 ハンド自動脱着機構

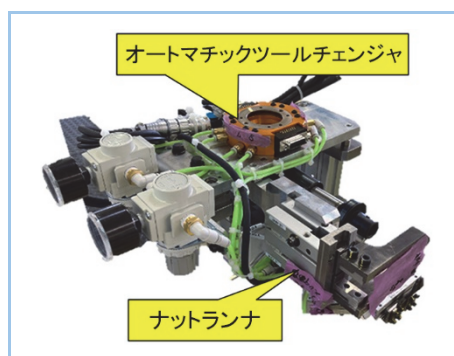


図4 ロボットハンドの事例

## 1.3 給電・給エア機能

AGV 走行中は内蔵バッテリーによって駆動し、連続無給電稼働時間は約 4 時間である。また、エアも内蔵コンプレッサによって供給されるが、多量のアエア供給が必要なツールに対応するため、ホームポジションもしくは作業エリアに到着した後、ロボットが自動で給電とエア供給を行うロボットハンド形状の“給電・給エアプラグ”を開発した。この“給電・給エアプラグ”もロボットによる自動脱着が可能である。

## 1.4 安全装置・安全カテゴリ

ISO13849-1 で規定される“カテゴリ 3”に対応できるスペックとして開発した。

- ・システムアーキテクチャ

ISO10218-2 で指定されるアーキテクチャとして安全 PLC を AGV 内に搭載した。

- ・協働-高速モード自動切替センサ

ロボット稼働範囲内の作業者を検知するセンサを搭載しており、このセンサによって協働-高速モードを自動的に切り替える(図5)。ロボット動作速度を自動的に変更でき、安全と生産性を両立できる。

・AGV 走行時エアセンサ

走行時に障害物や人を検知するセンサを搭載している(図6)。AGV周囲にエリアを設け、障害物や人が黄色エリアに侵入すると減速運転、赤色エリアに侵入すると停止する。

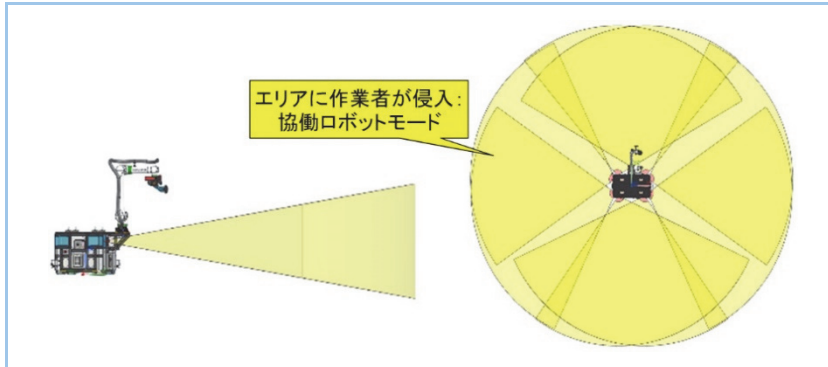


図5 モード切替センサ

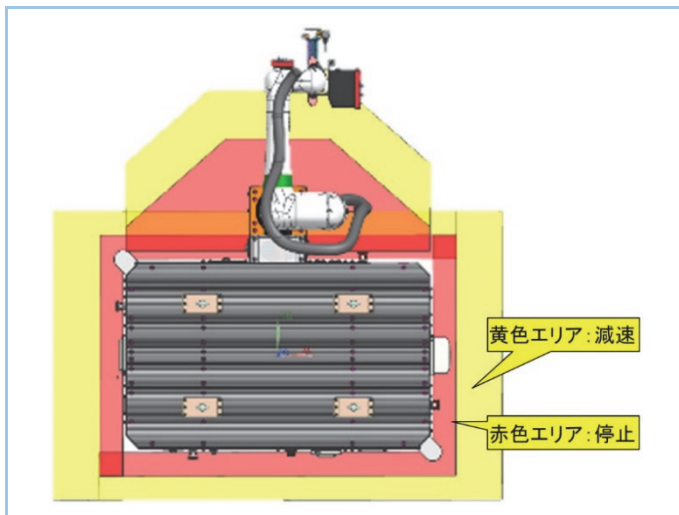


図6 AGV 走行時エアセンサ

## 1.5 その他の機能

・無線通信機能

AGV 内に無線通信機器(産業用 WiFi)を搭載している。ロボット間通信や、上位システム制御盤、WEB アプリとの通信はWiFiで行う。

・バッテリー温度モニタ機能

AGV 内部は、様々な機器が配置されており放熱によってバッテリー周囲の温度が上昇する。バッテリー充電中の温度を監視しておくことで充電異常や、発火のリスクを最小限化できる。

・防水機能

ロボット及びビジョンセンサは IP67, ロボットコントローラは IP54, AGV 本体は IP24 の防水、防塵機能を有する。

## 2. アプリケーションストア

すでに現場適用されたハンド(ツール)やロボット制御については、他の製造現場への適用促進のためアプリケーションストアにライブラリ化しており、WEB ページから①ハンド 3DCAD データ ②ロボット制御プログラム等がダウンロードできる仕組みを構築している(※現在は仕組みを構築しており、三菱重工グループ内で試行中。)

表1 現状のアプリケーション事例

アプリケーション名	作業内容
AGV 停車後の相対位置キャリブレーション	ロボットとワークの相対位置を自動で補正
すみ肉溶接	教示レスで自動すみ肉溶接を行う
外観検査(異品欠品検査)	異品欠品の検査を自動で行う
バリ取り ver.1	教示レスで自動バリ取り
バリ取り ver.2	AI 良否判定で自己判断しながらバリ取り
マテハン	加工ワークや工具を自動搬送

### 3. 現場運用を促進する各種ソフトウェア

ロボットシステムの操作を簡単にし、現場運用を促進する関連ソフトウェアについても自社開発している。現場のオペレータが容易に運用できるソフトウェアをラインナップした。

#### 3.1 協働ロボットタブレット TP (Teaching Pendant) プラグインソフト

協働ロボットのタブレット TP 上で走行プログラムや本システム独自機能を操作するためのプラグインを開発した。このプラグインをロボットにインストールすることにより、タブレット TP 上に“メカナム走行アイコン”や“QR コードシフトアイコン”など、本システムを動かすためのアイコンが表示される(図 7)。シーケンスパネル上に、これらのアイコンをドラッグアンドドロップすることにより、走行シーケンスを視覚的に作成することができる。前述したとおり、本システムでは AGV 走行プログラムがロボットコントローラ上で動作しているため、ロボットコントローラを熟知していないユーザの方には導入ハードルが高いという課題があったが、タブレットTPを使ったティーチングが可能になったことで、今までロボットを触ったことがない作業員でも走行プログラムを作成しやすくなっている。今後のロボットの機能拡張に併せて、タブレット TP でサポートするアイコンも拡充していく予定である。

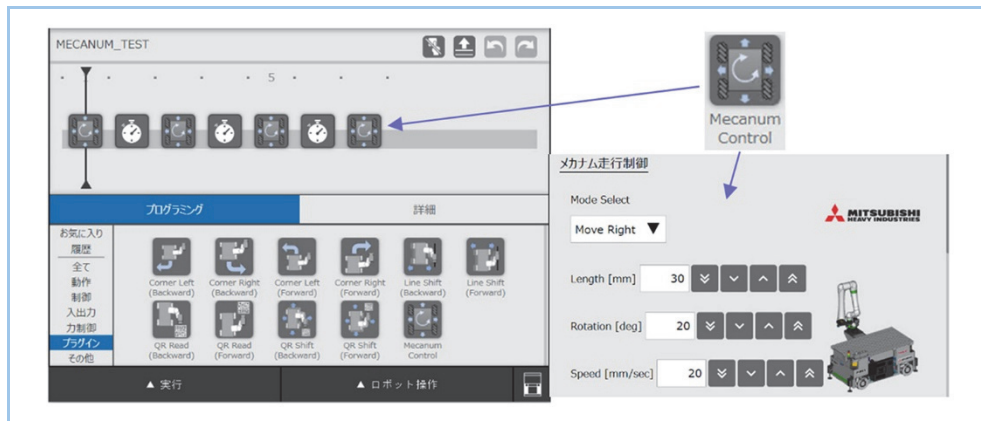


図7 協働ロボットタブレット TP プラグインソフト・メカナム走行プログラムアイコン化

#### 3.2 FCR-PF 運用管理 Web アプリ

ロボット稼働状況や作業進捗状況を可視化するための Web アプリの開発も行った(図 8)。自律移動式協働ロボットシステムとして常時設置型(根付き)システム制御盤を現場に配置したくないなどの場合には、本 Web アプリのサーバをロボットと同じネットワークに設置する。AGV のステータス情報、ロボットコントローラの状態や外観検査アプリケーション等により取得する画像等を送信することで、Web ブラウザから動作状況や作業進捗を視覚的にモニタリングできる。また、プログラムの起動等を行うことも可能で、これまでのロボットシステムとは異なる運用管理が可能となる。Web アプリでは、オープンソース JavaScript をベースとしたコンポーネント設計がされており、アプリケーションに応じて GUI(Graphical User Interface) 部品を組み換えることにより、再利用性を高めている。今後、適用アプリケーションが拡大していくにつれて、開発される GUI 部品が充実していくため、GUI 部品の再利用により Web アプリ開発コスト低減が期待できる。

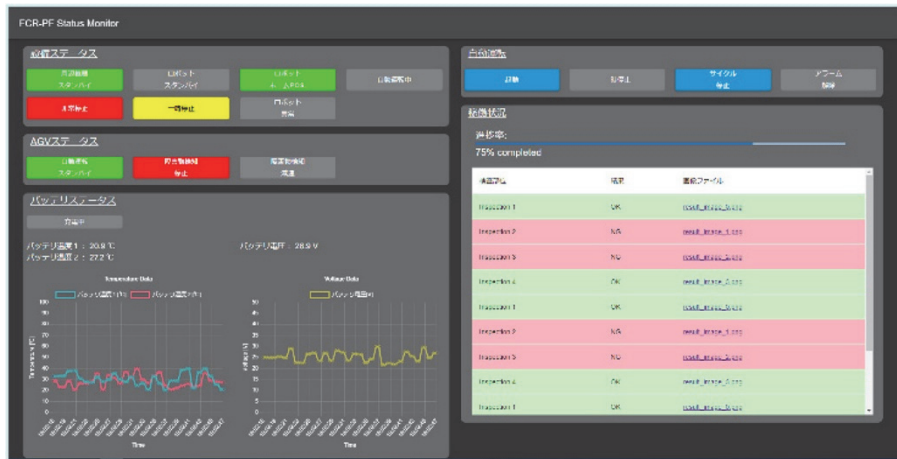


図8 FCR-PF 運用管理 Web アプリ(参考画面)

### 3.3 メカナム走行ソフト

AGV 部の走行機構には、メカナムホイールを用いており、メカナムホイールの特徴である前後/左右走行、その場旋回などの走行制御が可能である。ロボットコントローラからの移動方向/移動量指令に基づき、前後左右へ走行するための各車輪への制御指令を、ロボットコントローラとは別の機器で生成している。このメカナムコントローラはリアルタイム OS で動作する端末に実装されているため、車両周囲に搭載している LiDAR (Light Detection And Ranging) が障害物を検知した際など、直ちに車両の減速/停止制御を実行できる。また、障害物除去後に自動リスタートすることも可能である。

## 4. 高付加価値を生み出す拡張性

FCR-PF は、他の自動化機器と容易に連携できる拡張性を有しており、すでに他のロボットシステムとの連携事例がある(図 9)。三菱重工グループで開発中の他の物流機器類と連携することも可能であり、様々な自動化ソリューションに対応可能である(図 10)。



図9 他のロボットシステムとの連携事例

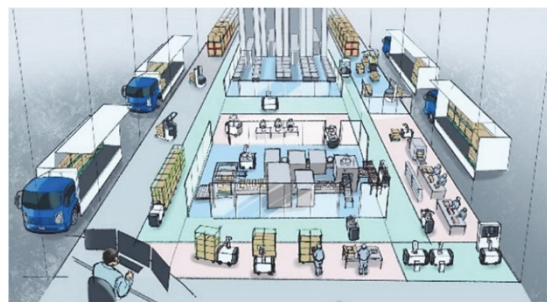


図10 物流機器との連携イメージ

## 5. 今後の展開

上記のように FCR-PF は従来の人協働ロボットシステムにはない数々の特徴を有しており、三菱重工グループでの製造現場の省人化/自動化ニーズに対応している。今後、適用先をさらに拡大することで、製造現場が抱える様々な課題の解決に貢献していく。