

# 高速多関節ロボット（パラレルリンク機構）の開発

Development of a high-speed multi-joint (parallel link construction) robot

平野 暁史 富田 佳成

## Abstract

The Intelligent Machinery Business Unit of Yamaha Motor Co., Ltd. is the outgrowth of the development and manufacture of the SCARA robot "CAME" for use on the company's motorcycle production lines in 1979. Since then, we have applied our expertise in robot control technology to specializing in the development and manufacture of surface mount systems and continue to grow as a maker of industrial machinery. The SCARA type robots that our business began with are now offered in one of the most extensive lines in the industry, with arm lengths ranging from 120 mm to 1,200 mm and variations for clean rooms and dust-proof, drip-proof facilities, as well as model specifications to accommodate ceiling-suspended applications and more. With this lineup, we have become the world's No. 1 maker\* in terms of unit wholesale. Because of this lineup with models designed for varied uses, our robots are being used for factory automation, etc., in all types of industries. In order to continue growing our business and aiming to open up new markets, we have now developed a multi-joint robot with high-speed performance capability.

\*Based on figures for unit shipments of industrial SCARA robots in 2010 (according to Fuji-Keizai's 2011 research report about the current and future situation in the global robot market)

## 1 はじめに

ヤマハ発動機(株)IM事業部(以下、当社)では、1979年にモーターサイクルの社内設備向けとして開発したスカラロボット“CAME”をきっかけにロボット事業が始まった。その後、ロボット制御技術を表面実装機へ特化、応用することで、産業用機械メーカーとしての発展を続けている。事業部発足のきっかけとなったスカラロボットは、現在ではアーム長120mm～

1,200mmまでのバリエーションをもち、クリーンルームや防塵・防滴環境仕様、天吊設置仕様など業界トップクラスの豊富なラインナップにより、出荷台数世界No.1メーカー<sup>注1)</sup>になった。これら様々な用途に対応可能なバリエーション展開により、あらゆる業種において工場の自動化設備などに導入されている。さらなる発展のために、新たな市場への参入を目指し、高速性に特化した多関節ロボットを開発したので紹介する(図1、図2)。



図1 スカラロボット YK600XG



図2 デルタロボット外観

## 2 開発の背景・狙い

近年、産業用ロボットは、スマートフォンに代表される携帯端末や液晶テレビ、自動車関連部品など、ありとあらゆる工業製品の製造現場で使用されている。

これら工場の自動化には、高速・高精度・省スペース性が必要とされ、当社の販売する単軸ロボットをはじめ、直交ロボットおよびスカラロボットが数多く使われている。しかし、近年、欧州を中心とした先進国では、上記用途以外でも、食品や医薬品、化粧品分野にロボットが使われるケースが増えている。この分野では、コンベア上に流れてくる製品を移載する工程にロボットが使われるため、より高速なロボットが必要となっている。そこで、高速性に特化した多関節ロボットを開発、市場投入することにより、当社の性能面での優位性を確立し幅広い分野への参入を狙う。

## 3 構造特徴および性能

### 3-1. 製品概要

パラレルリンク機構を採用した高速多関節ロボット(デルタロボット)の概要を説明する。

パラレルリンク機構は、ベース上に120度間隔で配置された $\alpha$ ・ $\beta$ ・ $\gamma$ 軸モータの各アームの並列に交わる箇所(ツールセンターポイント 以下、TCP)が、各軸を上下に回転させることで、XYZ方向動作が可能な機構である。モータ駆動部を固定部に配置して軽量なアームのみを旋回制御し、各軸のトルクを合成して動作するため、高速動作が可能となる(図3)。

動作範囲は、最大径の1,100mm範囲では深さ250mmまで、中心部の直径600mm範囲では深さ400mmまでの広範囲であり、本体下方360°を死角なく動作する(図4)。

また、R軸を追加することで、上記動作に加えてツールを $\pm 360^\circ$ 回転できる。

### 3-2-1. 高速性

$\alpha$ ・ $\beta$ ・ $\gamma$ 各軸は、サーボモータから減速後、第1アームに連結される。モータは、高速動作に必要なかつ十分な容量(ワット数)を選定し、減速機は高加減速で動作可能な減速比・出力トルクのものを選定している。

第1アームは、直接高トルクを受けるため剛性を重視するとともに、アルミダイカストを採用することで複雑な形状が可能となり、軽量化を実現している。

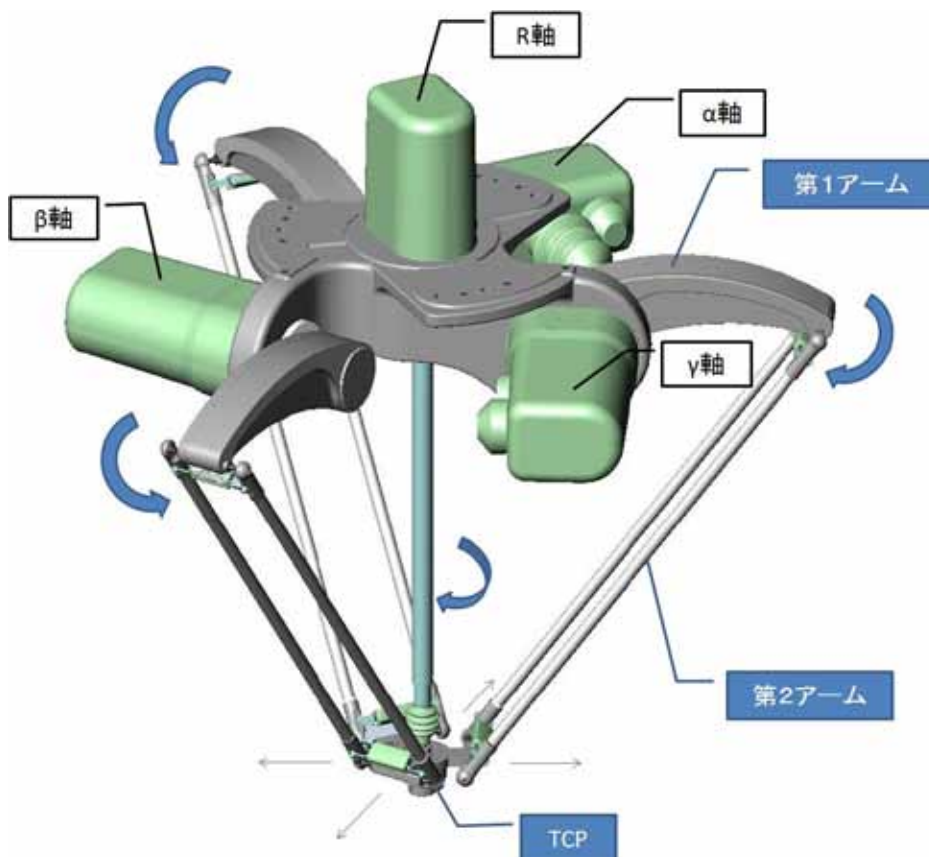


図3 ロボット概略図

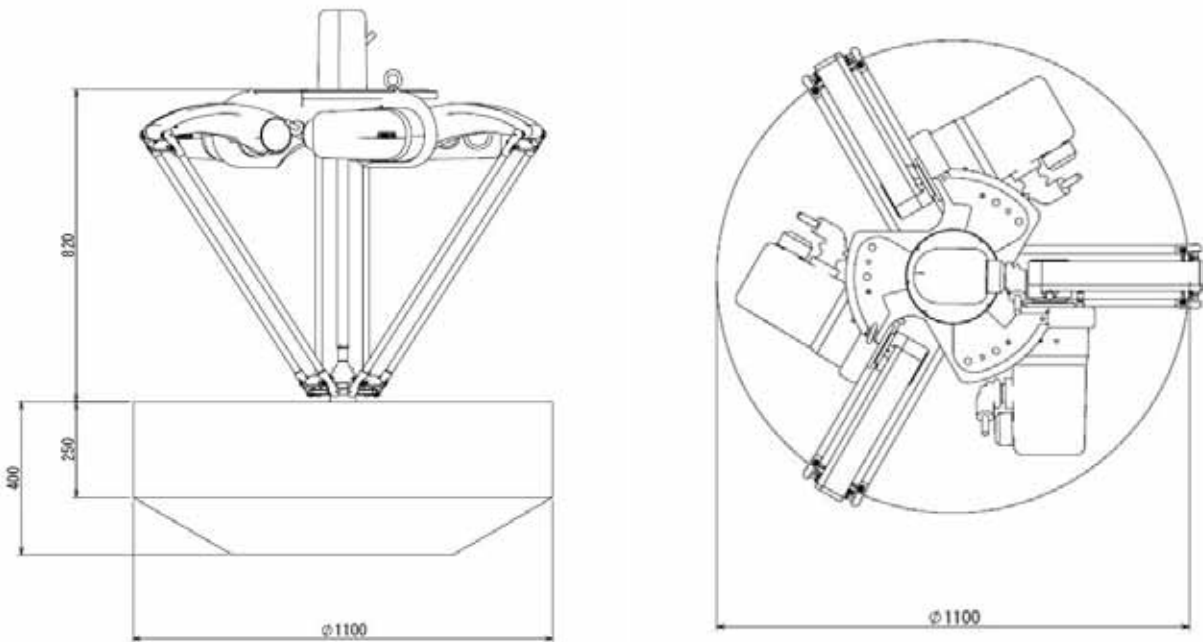


図4 外形図、動作エリア

第2アームは、イナーシャ軽減のために軽量化を重視し、カーボンシャフトを採用している。また、平行配置した2本のシャフトを使用することで、TCPは常に平行を保持して動作することが可能になる(図5)。

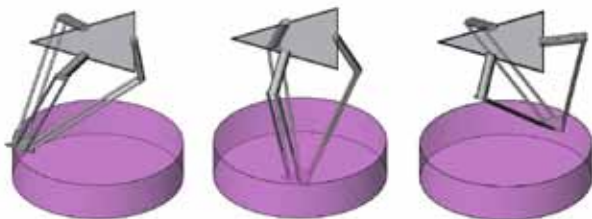


図5 動作イメージ

ツール回転は、ベースにR軸モータを配置し、角度と回転を伝達するカルダン継ぎ手と伸縮可能な軸により構成される。TCPは、ボールプランジヤの採用により、R軸が付与されても

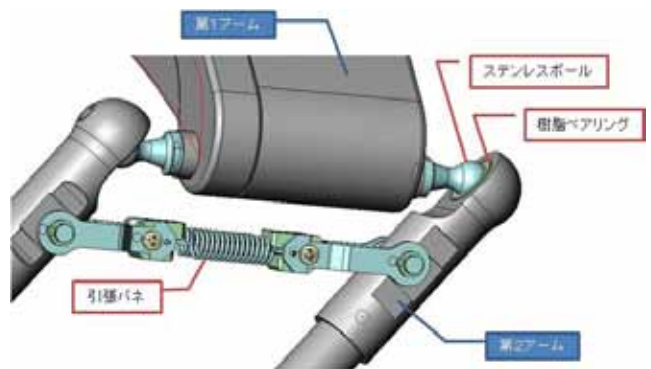


図6 関節部構造

### 3-2-2. メンテナンス性

一般的なリンクボールなどの関節ユニットでは、揺動角度が広く取れないため、動作範囲に制約があり、また分解もできない。本モデルでは、リンク部分をステンレスボール部とアーム部の2部品に分割し、その間に樹脂ベアリングを配置する構造とし、これらをバネで押さえるだけの構造としたことで、工具無しで取り外しが可能となり、メンテナンス性に優れている。しかし、衝突などの過大負荷が発生した時にはリンク部分が外れてしまい、アームやTCPが周辺の装置を損傷させることがある。本モデルでは、伸長方向にのみ規制するカバーを追加することでこの問題を回避し、脱着容易な構造とすることでメンテナンス性にも配慮した(図6、図7)。

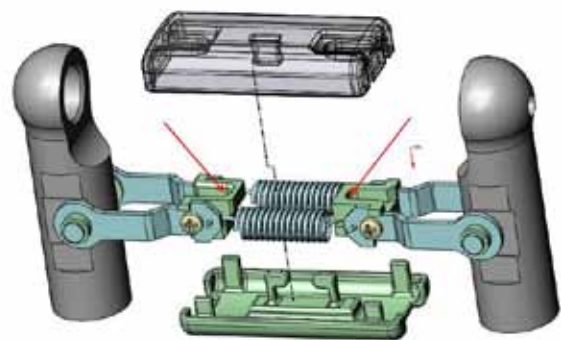


図7 規制カバーの構造

工具が無くても取外しができる構造とした(図8)。

TCPには標準で吸着パッド用の先端部品を備えている(図9)。



図8 R軸脱着構造

### 3-2-3. 材料・表面処理の対応

本モデルは、特に食品業界への使用を考慮して設計した。食品用設備では洗浄を前提としているため、防水性・耐食性を考慮した設計とした。モータや減速機部分の勘合部にはOリングを配置しIP67を満たす構造とした。減速機のケース部材にはステンレス材を、その他の部品にもステンレス材を積極的に採用した。また、アルミ部品にはアルマイトや無電解ニッケルめっき処理を施し、樹脂部品にはABS材に食品衛生対応塗料を採用した。

### 3-3. 性能

#### ①トップクラスの高速度

アデプトサイクル:0.3s(0.1kg搬送時)。同様の動作範囲をもつスカラロボットのサイクルタイムは0.4s台であり、25%の動作時間短縮を達成した(図10)。食品や医薬品のピック&プレイスではワークが軽量のため、軽量搬送時に特に性能が発揮できるような機械構成とした。

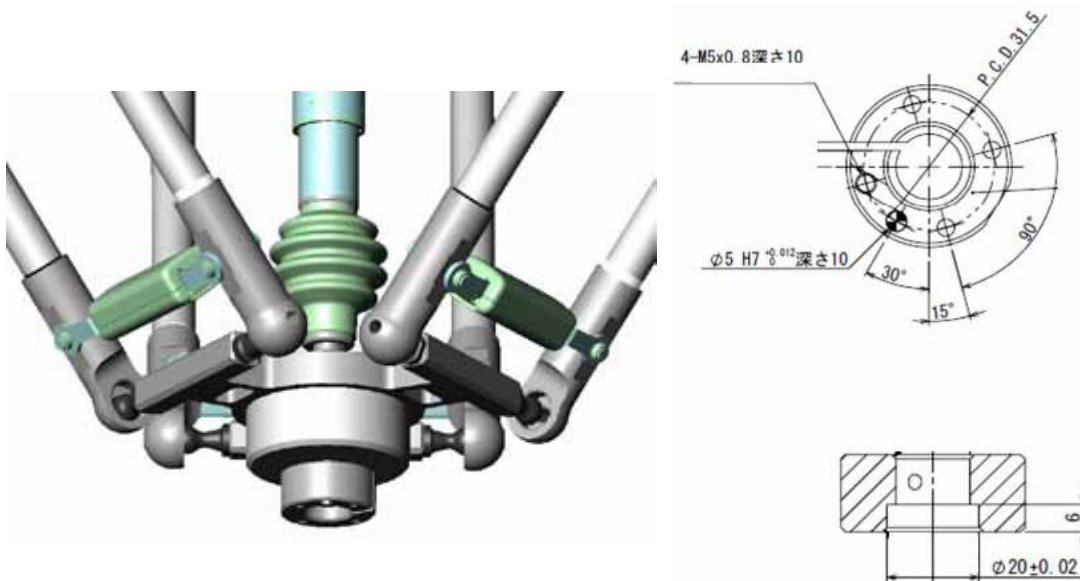
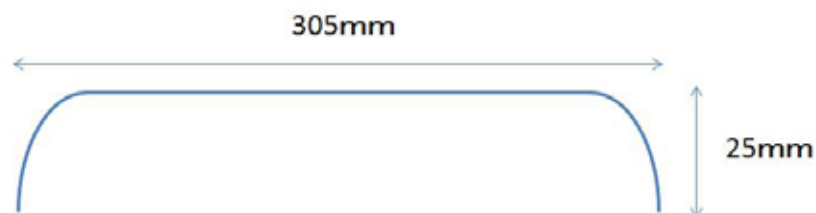


図9 TCP：ユーザー用取付ブラケット



※ アデプトサイクル：高さ25mm、リーチ305mmの往復動作時間

図10 アデプトサイクル



## ②トップクラスの軽量化

ロボット質量:65kg。ベース部をアルミ鋳造品で設計し、構造解析により軽量化を達成した。

## ③食品対応・防水仕様

IPクラス:IP67対応。食品業界の洗浄用途に標準モデルで対応するため、電気機能部は完全防水とし、機構部も耐食性を考慮し水環境対応とした。

## ④メンテナンス性

関節部の樹脂ベアリングなどの寿命交換品は、簡単に脱着が可能。モータなどの機能部品も特別な工具無しで交換可能とした。

## ⑤繰り返し位置決め精度:±100 μm(XYZ動作)

精密部品の位置決め精度まで必要とされないが、食品業界では十分な仕様を満たす。

## 4 おわりに

本モデルは、新しいリンク機構への挑戦だった。構造自体は古くからある構造だが、実際に設計・評価をすると多くの克服すべき事項が明らかになった。また、それらをクリアするため独自の構造を追加していくことで、今までに無い高速搬送ロボットをラインナップに組み入れることができた。また食品用設備への対応として防水・耐食性を保つための構造も採用し、評価することでノウハウを吸収することができた。

この機種を皮切りに、製品の熟成やバリエーション展開を行うことで、ロボットビジネスにおける新しい柱となることを期待している。

注1)・・・産業用スカルロボットの2010年の台数ベース出荷実績/富士経済『2011ワールドワイドロボット市場の現状と将来展望』調べによる。

### ■著者



**平野 暁史**

Akifumi Hirano

事業開発本部

IM事業部

ロボットビジネス部



**富田 佳成**

Yoshinari Tomita

事業開発本部

IM事業部

ロボットビジネス部