

高速重可搬ロボット SA Fastシリーズ

Heavy Payload Class Robot with High Speed Motion, SA Fast series

キーワード

フルデジタルサーボ、32ビットCPU、フィードフォワード制御、振動抑制制御、短ピッチ移動性能、スポット溶接、重量物マテハン、省スペース

ロボット製造所技術部

浜田博文

1. はじめに

今日、産業用ロボットは様々な分野において自動化・省人化を担う重要な要素のひとつとして広く受け入れられ、工場のいたるところで活躍している。このため、より優れたコストパフォーマンス、より多くのアプリケーションに対応できるフレキシビリティ、よりスムーズに構築できるネットワーク技術など、産業用ロボットに対する要求は年々厳しくなっている。

このような状況を踏まえて、1991年の発売以来スポット溶接や重量物マテハン等にご好評頂いている重可搬多目的ロボット「SAシリーズ」に更に改良を加え、高速動作性能を大幅にアップさせた「SA Fastシリーズ」を開発した。「SA Fastシリーズ」は、きめ細かな負荷トルク解析によ

る加減速制御・フィードフォワード制御・振動抑制制御などの新制御技術の採用により、特にスポット溶接分野で極めて重要な短ピッチ移動性能で、50mmピッチ移動時間0.26秒（130kg可搬クラス）という優れた動作性能を実現し、実に従来の「SAシリーズ」に対し35%アップという飛躍的な性能改良に成功した。

ここに、「SA Fastシリーズ」の中で代表的な床置型の130kg可搬ロボットSA130Fについてそのハイパフォーマンスを紹介する。

図1はSA130Fの外観、図2はその本体寸法と動作範囲、表1にはその基本仕様の一覧を示す。

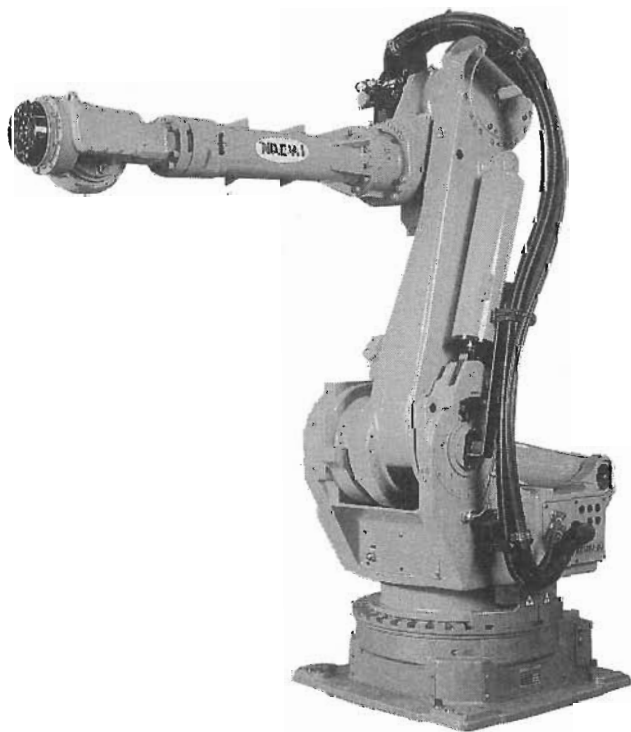


図1 SA130Fの外観

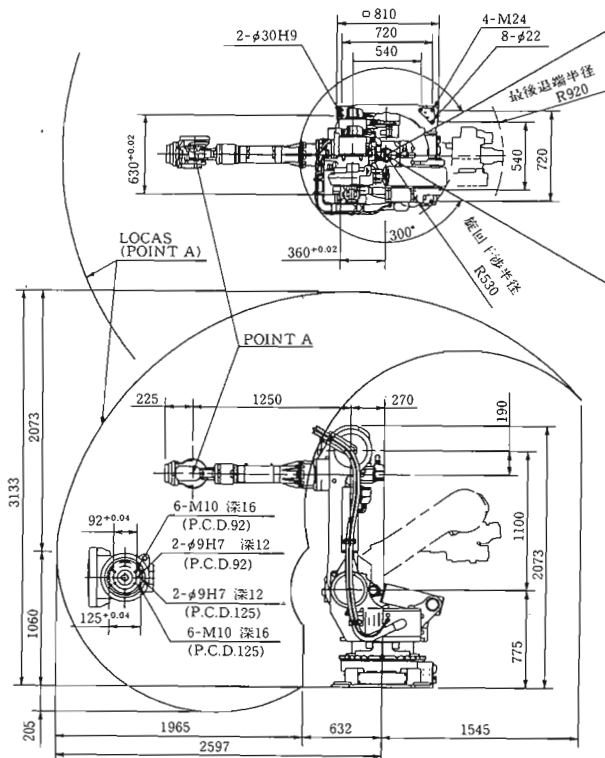


図2 SA130F本体寸法図

表1 SA130Fの仕様

項目		仕様	
構造		関節形	
自由度		6	
駆動方式		ACサーボ方式	
最大操作範囲	腕	S 旋回	$\pm 2.62 \text{ rad } (\pm 150^\circ)$
		H 前後	$+1.31 \sim -0.96 \text{ rad } (+75 \sim -55^\circ)$
		V 上下	$+2.53 \sim -2.01 \text{ rad } (+145 \sim -115^\circ)$
	手首	R2 回転2	$\pm 6.28 \text{ rad } (\pm 360^\circ)$
		B 曲げ	$\pm 2.18 \text{ rad } (\pm 125^\circ)$
		R1 回転1	$\pm 6.28 \text{ rad } (\pm 360^\circ)$
最大速度	腕	S 旋回	$2.09 \text{ rad/s } (120^\circ/\text{s})$
		H 前後	$2.09 \text{ rad/s } (120^\circ/\text{s})$
		V 上下	$2.09 \text{ rad/s } (120^\circ/\text{s})$
	手首	R2 回転2	$2.79 \text{ rad/s } (160^\circ/\text{s})$
		B 曲げ	$2.79 \text{ rad/s } (160^\circ/\text{s})$
		R1 回転1	$4.28 \text{ rad/s } (245^\circ/\text{s})$
可搬質量	手首部	$1,274 \text{ N } (130 \text{ kg})$	
	第1アーム部	$490 \text{ N } (50 \text{ kg})$	
手首トルク	R2 回転2	$735 \text{ N}\cdot\text{m } (75 \text{ kgf}\cdot\text{m})$	
	B 曲げ	$735 \text{ N}\cdot\text{m } (75 \text{ kgf}\cdot\text{m})$	
	R1 回転1	$392 \text{ N}\cdot\text{m } (40 \text{ kgf}\cdot\text{m})$	
位置繰返し精度		$\pm 0.3 \text{ mm}$	
周囲温度		$0 \sim 45^\circ\text{C } (273 \sim 318\text{K})$	
設置条件		床置	
本体質量		$1,280 \text{ kg}$	

2. SA130Fの特長

2.1 高速動作

スポット溶接作業では約50mmという短い距離の移動が頻繁に繰り返される。従い、「短ピッチを移動するための所要時間の短さ」が重可搬ロボットの動作性能を現す重要な指標となっている。

短い距離を移動するときの速度パターンを考えた場合、最高速度に達する前に減速してしまう。即ち最高速度ではなく、最大加速度と加速度の変化量の最大値を大きくするという2つのことが短ピッチ移動時間を短縮するために必要である。

2.1.1 最適な加減速制御

最初に加速度を大きくする方法について説明する。

イナーシャが最大となる姿勢を選び、その姿勢で許される最大の加速度を全ての姿勢に適用するといった従来の制御方式では、使用頻度が高い基本姿勢近傍のようにイナーシャが小さくなる動作エリアにおいて加速度を大きくとれない、という問題があった。

そこで、ロボットの姿勢から各軸のイナーシャ及び各軸にかかるアンバランストルク、慣性トルク、遠心・コリオリトルクといった負荷を逐次計算して、全ての動作エリアにおいて許される最大の加速度を導き出すという「トルク考

慮加減速制御」を採用した。

即ち、モータの発生トルクからアンバランストルクなど逐次変化する外乱トルクを差し引き、残ったトルクをイナーシャで割って最大加速度を得る。「SA Fastシリーズ」のように旋回軸まわりのイナーシャが3~4倍と大きく変化する大型ロボットにおいては極めて有効な方法である。図3は、この制御方式によって加速度が大きくなった様子を示している。

2.1.2 フィードフォワード制御と振動抑制制御

次に加速度の変化量を大きくする方法について説明する。ロボットを簡略化すると、モーター回転減速機-アームから形成される2次遅れ系と見なすことができる。大型ロボットの場合この回転減速機の柔らかさが原因で、加速度の変化量をむやみに大きくするとどうしてもアーム先端に振動が発生する。よってまずはこのアーム先端の振動を抑えなければならない。

そこで、モータへのトルク指令と速度フィードバック値を元にアーム先端の挙動（ねじれ量など）を推定する「オブザーバ制御」を採用することによって、アーム先端の振動を排除した。

そして、指令速度に前もって補償量を加算するという「フィードフォワード制御」を採用することによって、加速度の変化量を大きくすることができるようになった。図4は、これら新制御を含んだサーボ系のブロック図を示している。

以上のような新制御を駆使することにより、短・中・長ピッチ全ての移動において、高速でかつ滑らかな追従性を確保した。50mm短ピッチの移動時間では0.26秒を達成し、これまでの「SAシリーズ」と比べて実に35%アップという飛躍的な高速化を実現した。

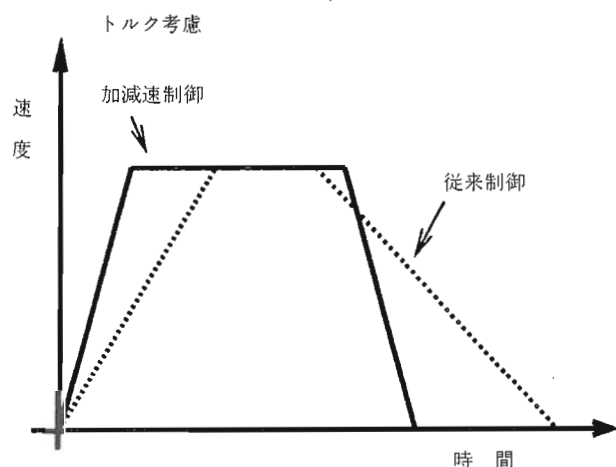


図3 トルク考慮加減速制御

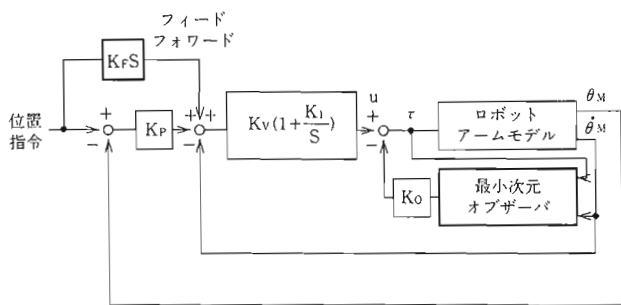


図4 オブザーバを用いた制御系のブロック図

2.1.3 自動重心設定

トルク考慮加減速制御では、手首先端部に取り付けられるエンドエフェクタの重量や重心位置が大きく各軸の加減速性能を左右する。

この設定はユーザーに委ねるしかないが、登録数値を誤ると減速機寿命を著しく低下させる危険性があるという一方で、エンドエフェクタの正確な重量や重心位置を実際に測定したり計算で求めることはなかなか困難であることが多い。

そこで、ロボットを極低速で動作させた時には軸間に発生する干渉負荷トルクが無視できるほど小さいことに着眼し、ある決まりをもって作成された動作パターン再生中の各軸の実電流をサンプリングすることによってエンドエフェクタの正確な重量と重心位置を自動的に導出する「自動重心設定機能」を開発した。

前述の50mm短ピッチ移動時間0.26秒とは定格可搬重量のエンドエフェクタを把持した場合の性能値である。本機能によって実際の負荷に応じた適切な加減速制御を行うことができるので、マシンの性能を無駄なく引き出せるようになった。顧客の使用環境によって0.26秒を越えた性能が実現できるのである。

2.2 省スペースで広い動作範囲

「SAシリーズ」は、スリムなマシンデザインにより設置スペースを従来シリーズ比で約30%縮減した。

また第1アームを下方にオフセットすることで動作範囲（ふところ広さ）の拡大を図り、かつロボットの高さを低くするという「SAシリーズ」の機械構造を踏襲し、図5に示すように動作範囲横断面積で従来シリーズ比1.9倍という広い作業エリアを確保している。

2.3 保守性の向上

リンクレス構造により給油箇所を削減するとともに、独自の潤滑方法の採用により給油周期を従来の2倍の12ヶ月

	動作範囲 横断面積
SA130F (NACHI)	6.0m ²
8608 (NACHI)	3.1m ²
8633 (NACHI)	3.7m ²

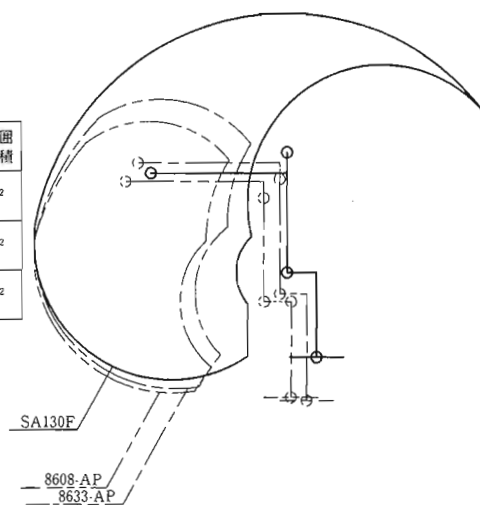


図5 SA130Fの動作範囲横断面比較

に延長した。オーバーホール周期も従来シリーズの2倍の時間から40,000時間とし、メンテナンス工数を大幅に縮減できる。

例えば特定の軸だけを酷使するなどの特殊な使用環境ではオーバーホール周期が前後する可能性があるが、このようなケースでも安心してご使用頂けるように「余命予測機能」を開発、採用した。

モータの速度とモータに流れる電流をリアルタイムにサンプリングすることによって、減速機の寿命を逐次計算し、このデータを蓄積することで予想オーバーホール時期を算定しオペレータに知らせる。

3. 豊富なシリーズ機

「SA Fastシリーズ」は、床置型・棚置型の各々について可搬質量100kgから最重量200kgまで、全部で2シリーズ8機種を用意した。

この豊富なシリーズ機により、顧客の生産ラインへのフレキシブルな対応が可能となった。表2及び図6にはそのシリーズ構成一覧を示す。

4. 適用事例

図7のスポット溶接アプリケーションでは、SA130Fの優れた省スペース性を活かし1ステーション当たり4台設置していたものが6～8台設置できるため、生産タクトの大幅短縮と工場設置スペースの縮小が可能となる。

また図8には従来シリーズ機2台を使用したスポット溶接アプリケーションの実例を表してある。ロボットは約

100kgのトランスフォーマーガンを把持し、現在、350打点のスポット溶接作業を1サイクル583秒で運転している。この作業をSA130Fに置き換えた場合は1サイクル477秒となり、約18%の時間短縮が実現できるというテスト結果が得られた。これは1打点当たりの溶接時間を0.98秒とし、実際に使用されている作業プログラムを使用してテストした数値である。

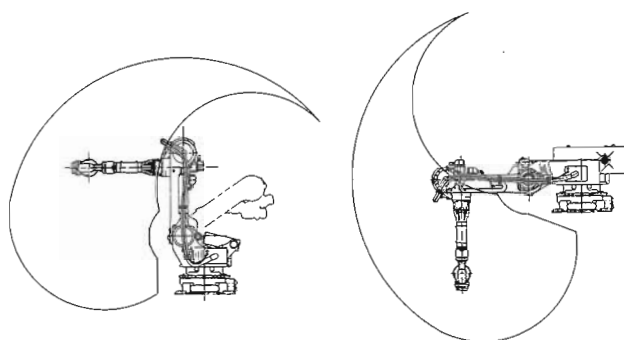
5. おわりに

以上、高速重可搬多目的ロボットSA130Fについて説明してきた。

今後もさらにお客様のニーズに合ったロボットの開発に努めていきたい。

表2 SA Fastシリーズ構成

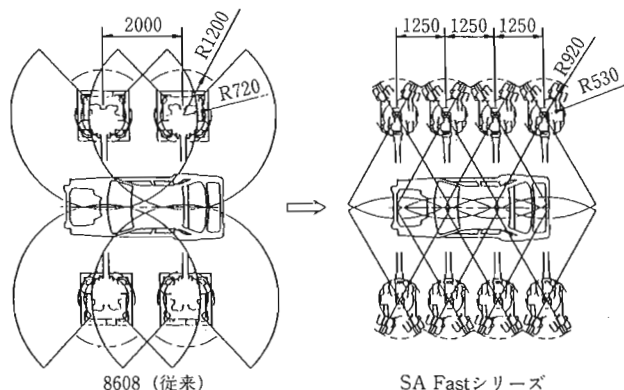
機種名	設置条件	可搬質量	特徴	主な用途
SA100 F SA130 F SA160 F SA200 F	床置型	100 kg 130 kg 160 kg 200 kg	前方動作範囲が大	スポット溶接, ハンドリング
SA100 TF SA130 TF SA160 TF SA200 TF	棚置型	100 kg 130 kg 160 kg 200 kg	ロボット全高が低く、低い天井でも設置可能	スポット溶接, ハンドリング



SA***F-AR

SA***TF-AR

図6 SA Fastシリーズ・アーム構成



8608 (従来)

SA Fastシリーズ

図7 SA130Fの適用事例1

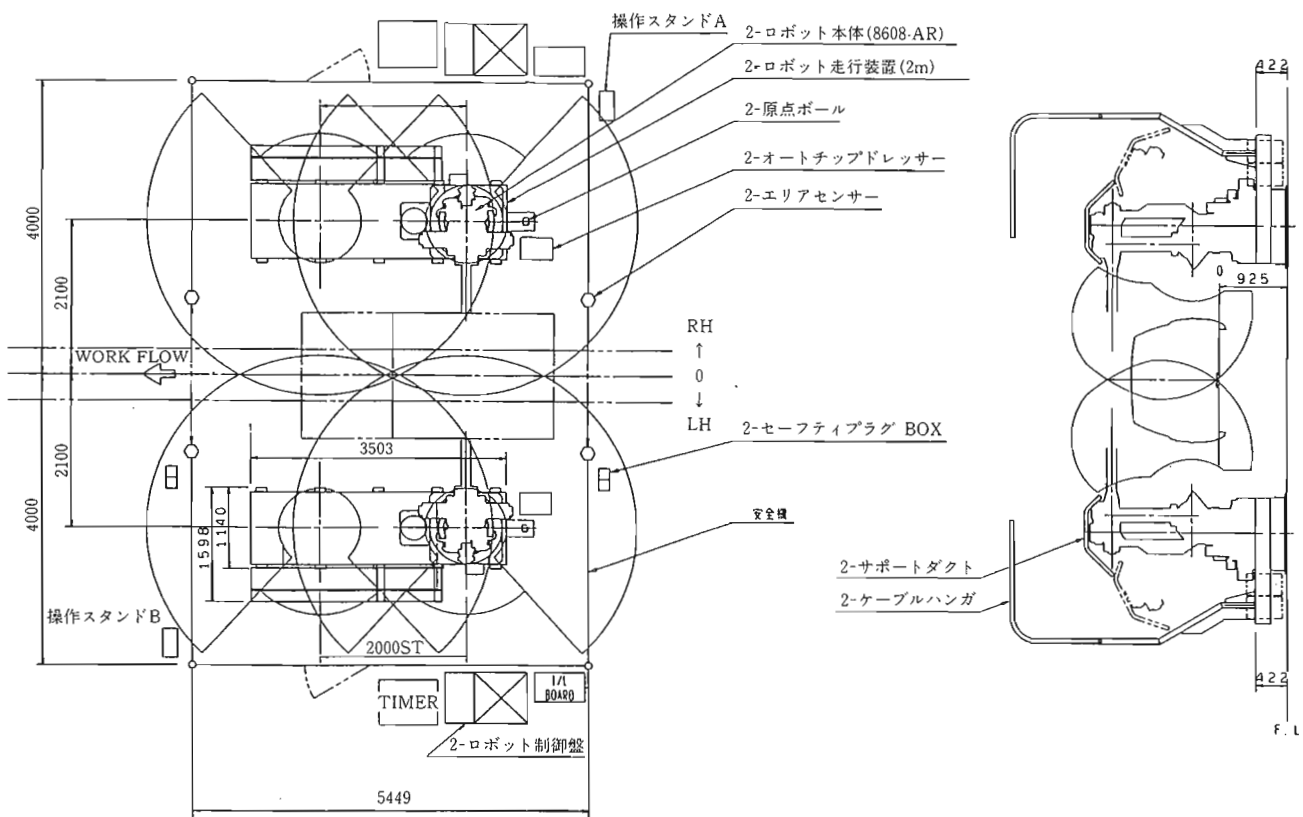
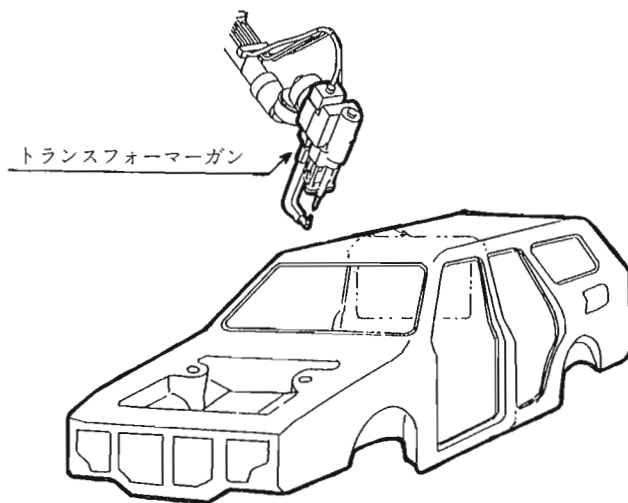


図8 SA130Fの適用事例2