

# スポット溶接用ロボット SH シリーズの開発

Development of a spot welding robot "SH series".

## キーワード

産業用ロボット, スポット溶接, モジュールコンセプト, 信頼性, メンテナンス

ロボット事業部 開発部技術開発 1

小坂 俊介

## ■ 摘要

スポット溶接ガンの高機能化に伴い、スポット溶接用ロボットの可搬重量も増加する傾向にある。また、ロボットを使っていた工程では定期的なメンテナンスの容易化が求められるだけでなく、万一の故障時にも迅速な復旧をするための保守性が強く求められている。「SH シリーズ」はこれらのユーザーズに対応するため、200Kg 可搬をベースとしたモジュール化、動作性能の向上と高度な保守性の実現を重点に置き開発したものである。

## ■ Abstract

The payload of the spot welding robot also shows the tendency to increase along with making of the spot welding machine a high function. Moreover, not only the simplification of regular maintenance but also the maintainability for prompt restoration at an emergency breakdown is strongly requested in the process where the robot is used. "SH series" is developed giving priority to the modulation based on 200Kg payload, the improvement of the performance and highly developed maintainability so that it may meet these user needs.

## 1. はじめに

近年の自動車産業におけるスポット溶接分野ではスポット溶接ガンとトランスが一体となったトランスフォーマガンや、スポット溶接ガンをサーボ制御にて駆動するサーボ駆動式スポット溶接ガンなど、スポット溶接ガンが重量化する傾向にある。このため、過去 10 年間でスポット溶接用ロボットの需要の中心は 100Kg 可搬から、130Kg 可搬、160Kg 可搬と推移しており、将来的には 200Kg が需要の中心になると予想される。また、工場の生産性向上がますます求められる状況のなか、高性能、高信頼性のみならず、保守性の向上に対する要求も一層高まっている。

このような状況を踏まえ、共通プラットフォームを 200Kg 可搬としたモジュール型スポット溶接用ロボット「SH シリーズ」を開発した。

## 2. ロボット本体構成

SH200 の外観を図 1 に示す。図 2 にその本体寸法と動作範囲を示す。また、表 1 に「SH シリーズ」の基本仕様を示す。

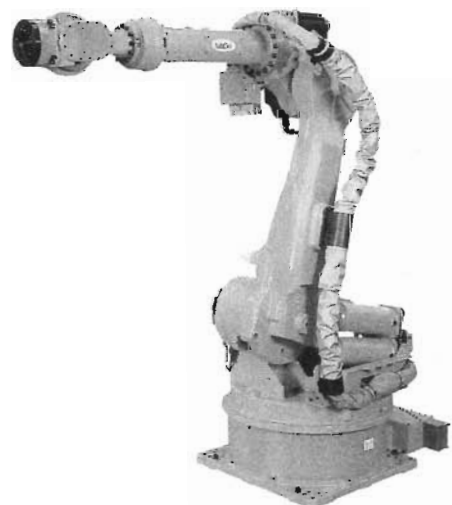


図 1 SH200 外観

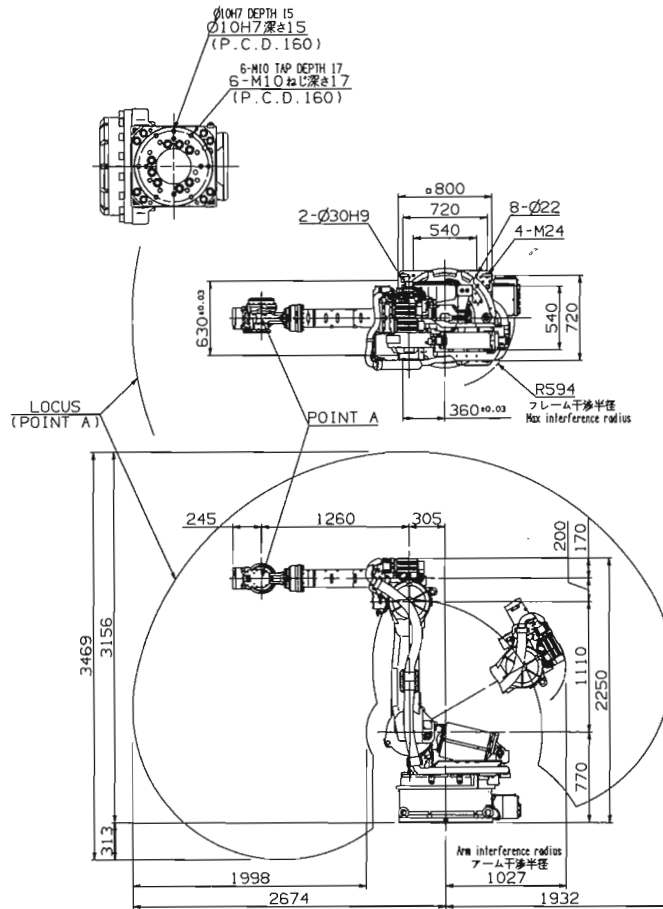


図2 本体寸法と動作範囲

表1 SHシリーズ基本仕様

項目		仕様			
ロボット型式		SH133-01	SH166-01	SH200-01	
構造		関節形			
自由度		6			
駆動方式		ACサーボ方式			
最大動作範囲	腕	S 旋回	±3.14 rad		
		H 前後	+1.40 ~ -1.05 rad		
		V 上下	+4.51 ~ -2.31 rad		
	手首	R2 回転2	±6.28 rad		
		B 曲げ	±2.36 rad	±2.27 rad	
		R1 回転1	±6.28 rad		
最大速度	腕	S 旋回	1.75 rad/s		
		H 前後	1.57 rad/s		
		V 上下	1.66 rad/s		
	手首	R2 回転2	3.40 rad/s	2.27 rad/s	2.09 rad/s
		B 曲げ	3.49 rad/s	2.27 rad/s	2.09 rad/s
		R1 回転1	4.54 rad/s	3.14 rad/s	2.97 rad/s
可搬質量	手首部	133 kg	166 kg	200 kg	
	第1アーム上	最大 90 kg			
手首許容静負荷トルク	R2 回転2	745 N·m	951 N·m	1274 N·m	
	B 曲げ	745 N·m	951 N·m	1274 N·m	
	R1 回転1	441 N·m	490 N·m	686 N·m	
手首許容最大慣性モーメント*	R2 回転2	60.9 kg·m <sup>2</sup>	88.9 kg·m <sup>2</sup>	117.3 kg·m <sup>2</sup>	
	B 曲げ	60.9 kg·m <sup>2</sup>	88.9 kg·m <sup>2</sup>	117.3 kg·m <sup>2</sup>	
	R1 回転1	30.2 kg·m <sup>2</sup>	44.1 kg·m <sup>2</sup>	65.9 kg·m <sup>2</sup>	
位置繰り返し精度		±0.3 mm			
周囲温度		0 ~ 45°C			
設置条件		床置			
本体質量		1380kg	1425kg		

●製品改良のため、定格、仕様、寸法などの一部を予告なしに変更することがあります。

\*)手首許容慣性モーメントは、手首負荷条件により異なりますので、ご注意ください。

## 3. モジュールコンセプト

従来のロボットでは可搬重量ごとにモータ、内部伝達系、バルンサーなどの部品が仕様に合わせて個別に設計されており互換性がほとんど無かった。また、200Kg 可搬ロボットは 166Kg、133Kg 可搬ロボットよりもアーム長が短い仕様となっていた。そのため、ツールの変更によりツール重量が増加し可搬重量クラスを 1 ランク上げる必要が生じた場合に、ロボットを一式入れ替なければならなかった。また、図 3 に示すようなレイアウトで 166Kg 可搬から 200Kg 可搬クラスに変更する場合には、ロボット入れ替えによりツールが届かなくなり、ロボット設置のレイアウトまで変更する必要が生じるなどの問題

があった。これらは生産ラインに設置済みのロボットの変更時に生じるだけでなく、生産ラインの適用検討時にもレイアウト再検討による工数の増大が問題となっていた。

今回、モジュール方式を採用することにより、手首モジュールおよび前後軸モータの交換の簡単な作業で、200Kg、166Kg、133Kg のすべての可搬重量クラスへ変更が可能となった。従来ロボットの入れ替えが必要であった可搬重量クラスの変更も、ユーザーの生産ラインに設置された状態での対応も可能である。また、ロボット本体は共通としているため、クラスによって動作範囲が異なる不便性を解消した。図 4 に「SH シリーズ」の機種構成を示す。

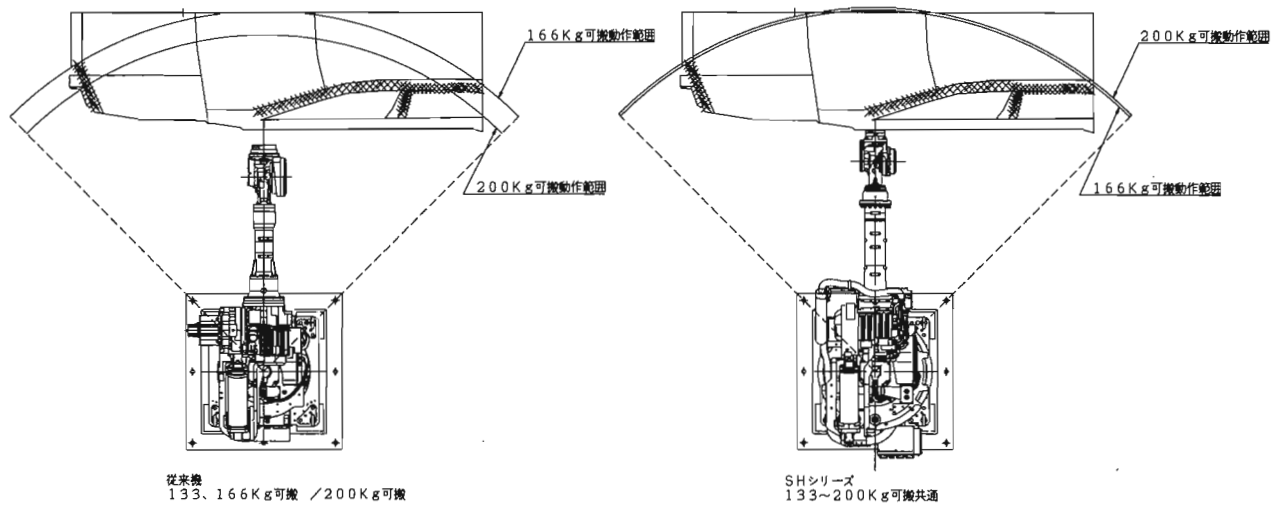


図 3 設置レイアウトの一例

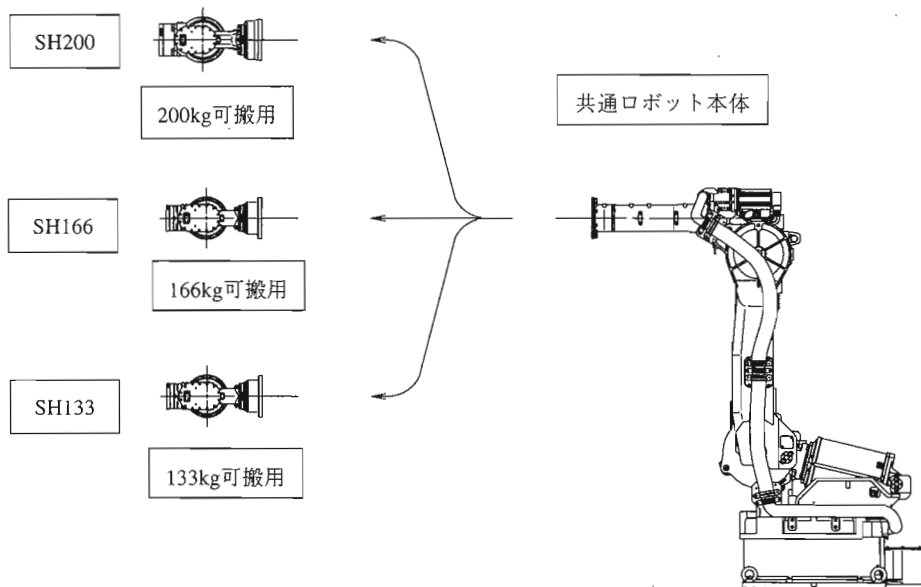


図 4 機種構成

## 4. 高速化

モータ、減速機、アームで構成されるロボットにおいて同一モータを使用した場合、最高速度を上げることと、最大加速度を上げるとは相反する性能を追求することとなる。従って、ロボットの使用目的を考慮した最適な駆動系選択が必要となる。

同一仕様のモータを使用し、同じアームを駆動させる場合には、アームの最大加速度と最高速度は減速比によって決定される。加速度を重視する場合には高減速比を選び、最高速度を重視する場合は低減速比を選択することとなる。加速度重視と最高速度重視の各加減速の様子を図5に、動作距離と動作時間の関係の一例を図6に示す。

ある距離以上からは最高速度重視のほうが速いが、短・中ストロークにおいては、たとえ最高速度が低くても加速度重視の駆動系を選択したほうが動作は

速くなるのがわかる。また、図7は、図6の条件から負荷イナーシャを1.5倍に変更してプロットした結果であるが、このように加速度重視の駆動系特性は負荷イナーシャが大きい場合により効果的に現れる。ロボットの各軸周りの負荷イナーシャは姿勢によって大きく変化し、旋回軸周りのイナーシャなどは3倍にまで達する。したがって、アームを前方へ伸ばした前傾姿勢などでの高速化においても加速度重視の駆動系は有効である。

スポット溶接の打点間隔としては50~200mmが多く、ロボットは短い距離を頻りに移動する動作を繰り返す。従って、スポット溶接用ロボットとしては最高速度よりも加速度を重視した駆動系を選択したほうが有利となる。図6、7より、1500~2000mm動作までは加速度重視が有利となりハンドリングにおいても加速度重視が有利といえる。「SHシリーズ」は、スポット溶接用として加速度重視の駆動系

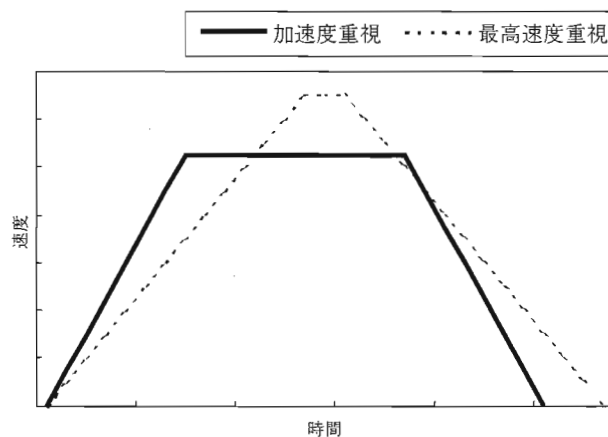


図5 加減速特性

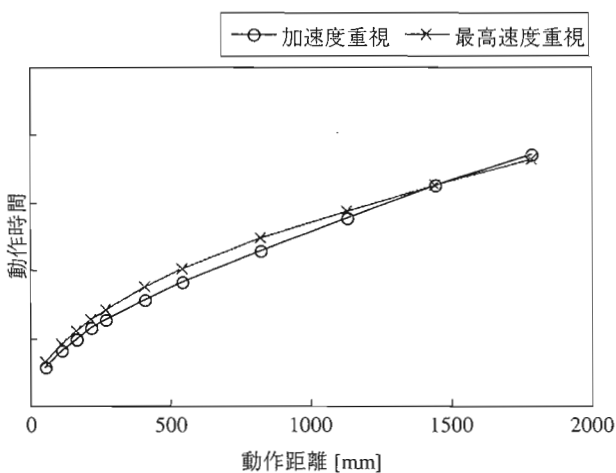


図6 動作距離と動作時間 (その1)

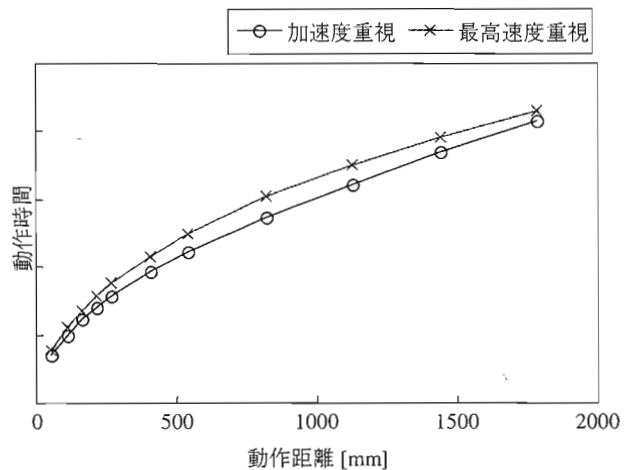


図7 動作距離と動作時間 (その2)

を採用し、従来機よりも主軸最高速度の仕様は低く抑えられているにもかかわらず、サイクルタイムの短縮を実現した。

## 5. 保守性の向上

### 5.1 機体配線の一本化

ロボットには各軸モータへの動力、信号線をはじめとして、アプリケーション用の通信ケーブル、エアホース、水ホースなど多くの配線、配管が各関節を経由して敷設されている。広い動作範囲を実現するために、旋回軸では360度回転するなど、各関節の可動範囲は大きくとられている。この関節の動作に伴って、ロボット機体配線には曲げ、あるいはねじりの大きな動きが加わるとともに、これらの動作は絶えず正逆回転を繰り返しているため、各配線には大きな負担がかかる。このような過酷条件で使用されるロボット機内配線は、擦れ、捩じれ、キンクや断線といったトラブルが発生しやすく、メンテナンスの容易化が求められる箇所である。

ロボット機体内に配線配管を敷設した場合、万一の不具合発生時、その交換を行うには、ベースある

いはアームの鋳物内部に収納された配線を取り出し、収納する作業に多大な工数が必要となる。SHシリーズではメンテナンス性の向上として「機体配線交換作業 60分」を目標に開発を行った。従来の中継コネクタを介して鋳物内部に配線を収納する構造を見直すことにより、すべての機体配線を外側からの脱着を可能とし、一本化することにより目標を実現した。これによって、万一のトラブルからの復旧時間は大幅に短縮されるとともに、ロボット製造の工数の削減も実現した。(図8)

### 5.2 給油箇所削減

「SHシリーズ」はオーバーホール周期 60000時間として設計され、また制御がおこなわれている。このような長期間にわたって使用するためには定期的な保守が必要である。その代表的なものとして挙げられるのが、ロボット本体各所への給油である。

「SHシリーズ」ではグリース封入箇所の構造とグリース封入量の見直しにより、従来機では27箇所あった給油箇所を6箇所とすることにより、保守工数を大幅に削減した。図9に給油箇所の比較を示す。

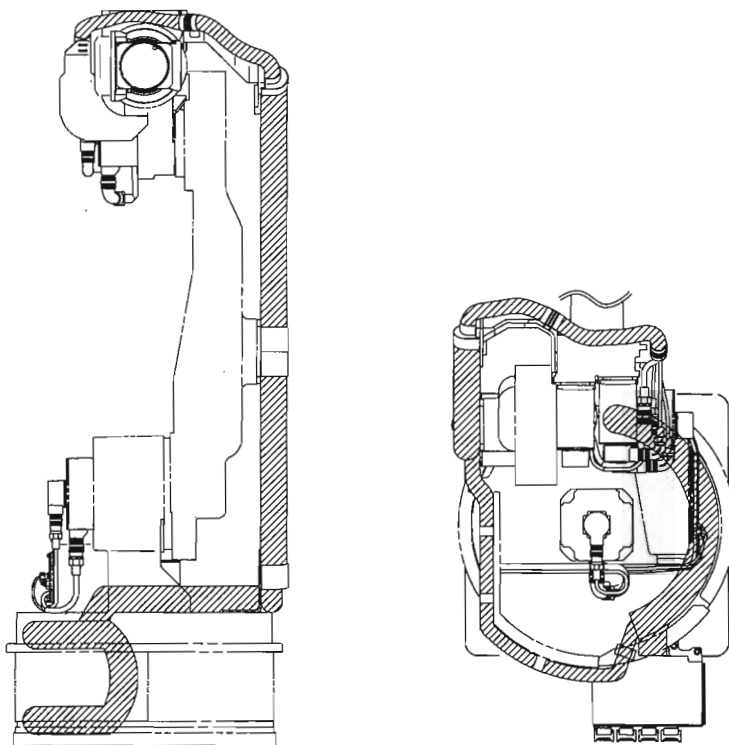
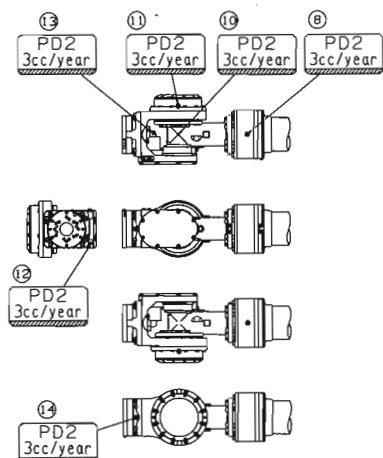
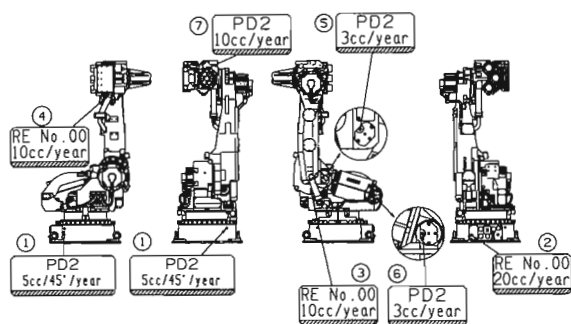
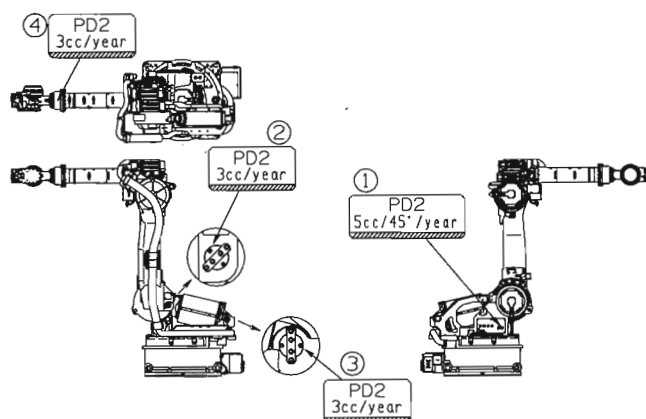


図8 機体配線



従来機



給油個所 SH シリーズ給油個所

図9 給油個所

## 6. 信頼性の確保

### 6.1 モーメント考慮加減速

従来より、ロボット姿勢によるイナーシャ、各軸にかかるアンバランストルク、慣性トルク、遠心・コリオリ力といった負荷を逐次計算し、機械スペックで許容される最大の加速度を導く「トルク考慮加減速制御」を採用し、ロボットの高速化と減速機保護を実現してきた。しかし、年々進歩する高速化のなかで、主軸が高速動作するときに手首軸にかかるモーメント荷重が手首軸減速機に与える影響が無視できないレベルに達してきた。これまで減速機保護のために回転軸周りの許容トルクを考慮してきたのに加え、減速機の主軸受けにかかるモーメント荷重を考慮した最適な加減速制御を行うことにより、手首部の減速機寿命を確保し、信頼性の向上を実現している。

### 6.2 自己イナーシャ入力支援

ロボットのエンドエフェクタには様々な重量、形状のものを取り付けられる。トルク考慮加減速制御において、エンドエフェクタの重量、重心位置はそ

の動作性能を決める重要な要素となる。一方、登録を誤ると減速機の寿命を著しく低下させる。しかし、正確な重量、重心を測定したり、計算で求めることは困難である。そこで、ユーザーを支援する機能として、各軸の実電流をサンプリングすることによりエンドエフェクタの重量、重心を自動的に導出する「自動重心設定機能」がある。

同様に、エンドエフェクタの自己イナーシャ（重心回りイナーシャ）についても、その登録ミスは減速機、モータ、ブレーキの著しい寿命低下を招くこととなる。自己イナーシャは従来、保守説明書に従いエンドエフェクタの外形寸法からユーザーが計算し登録するものであったが、煩雑な計算はユーザーにとって大きな負担であった。そこで、自己イナーシャ計算のユーザー負担を軽減し、入力促進を図るために、エンドエフェクタの外形寸法を入力し、制御装置が自動計算する「自己イナーシャ入力支援機能」を新たに開発した。図10にその入力画面を示す。

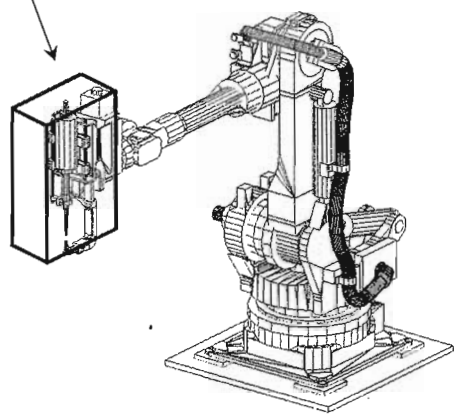
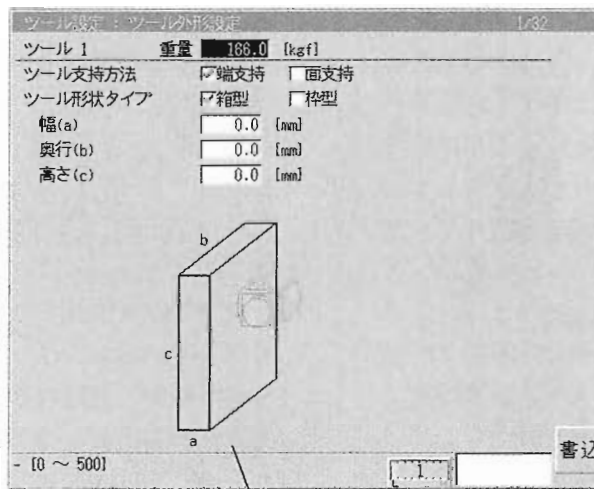


図 10 自己イナーシャ入力支援

## 7. おわりに

以上，“SH シリーズ” 開発の概要を紹介した。近年，あらゆる分野で開発期間の短縮が求められているなか，ユーザーニーズも急速に変化してきている。今後も，ユーザーニーズの変化を敏感にとらえ，使いやすいロボットの開発に努めていきたい。



小坂 俊介

1996年 入社  
 ロボット製造所技術部。  
 1998年 ロボット事業部 開発部  
 スポット溶接ロボットの開発に従事。  
 現在に至る。