

NACHI  
**TECHNICAL  
REPORT**  
Robots

Vol. **27** BI  
May/2014

ロボット事業

■ 新商品・適用事例紹介

**「SRAシリーズ 中空アーム仕様」**

Built-in Cable Models to Be Added to "SRA Series"

〈キーワード〉 スポット溶接用ロボット・中空アーム・  
機装ケーブル・ホース内蔵・高密度設置・  
高信頼性・設備立ち上げ時間

ロボット事業部／開発部  
伊東 輝樹 Teruki Ito

## 要 旨

自動車の生産ラインでは、品質向上に加えて、サイクルタイム短縮や、少人・省スペース化、さらにはライン立ち上げ期間の短縮など、コスト低減、生産性向上のニーズが一段と高まっている。このようなニーズに応えるため、超速スポット溶接用ロボット「SRAシリーズ」の新しいラインナップとして、中空アーム仕様の「SRA-Hシリーズ」を開発、市場投入した。アプリケーション用艀装ケーブルを内蔵することで、ロボットの設置自由度を向上させるとともに、ロボットのセットアップを容易にして生産ラインの立ち上げ期間を短縮できる。

## Abstract

In addition to improvement in quality, the cost reduction and productivity improvement such as the shortening of cycle times, manpower and space reductions and the shortening of a line startup time have been increasingly required for the automotive production lines. To respond to these needs, NACHI has developed and introduced into the market "SRA-H" Robot with the built-in cable feature as our new model, which is a part of the "SRA Series" lineup for ultra-high speed spot welding. With the routing of the application cables inside the robot arm, the flexibility for robot installation has improved, making it easier to install the robot, which ultimately can reduce the line startup time.

## 1. はじめに

中国、東南アジア諸国などの新興国では、人件費の高騰を背景に自動化・ロボット化のニーズは年々高まっている。国際ロボット連盟によれば、中国の産業用ロボット市場は、自動車向けにおいて世界最大の市場となっている。

このように新興国のロボット市場は拡大しているが、ノウハウを有したロボット技術者は不足している。そのため、ロボットの適用検討や設備立ち上げに時間がかかるなどの問題が生じている。

例えば、設備立ち上げの場合では、艀装ケーブル・ホースの処理の問題がある。これらケーブル類はロボットの動作に応じて、ケーブル挙動が変わり、シミュレーションなどの事前検討も困難になる。そのため、ロボット設置後に、ケーブル・ホースの動作量やワークや周辺機器との干渉などの艀装ケーブル・ホース挙動確認が必要となる。さらに、経験が不足している場合、ケーブル処理の修正作業に大幅な時間がかかっていた。それで、システムアップの検討や準備および修正が不要となるケーブル内蔵のロボットのニーズがある。

一方、国内ユーザでは、生産設備のさらなる低コスト化を目指し、コンパクトな設備のニーズがある。より接近してロボット同士や周辺機器と設置するには、艀装ケーブルの干渉領域を抑える必要があり、ケーブルを内蔵したロボットが求められている。



このようなニーズに対応するため、中空構造のアームを新たに開発し、「SRAシリーズ」の新しいラインナップとしてスポット溶接用の臙装ケーブル・ホースをアーム内に収納できるロボット4機種を市場投入した。「SRAシリーズ」のラインナップの一覧を図1に示す。

ここでは、「SRAシリーズ」の中空アームについて紹介する。

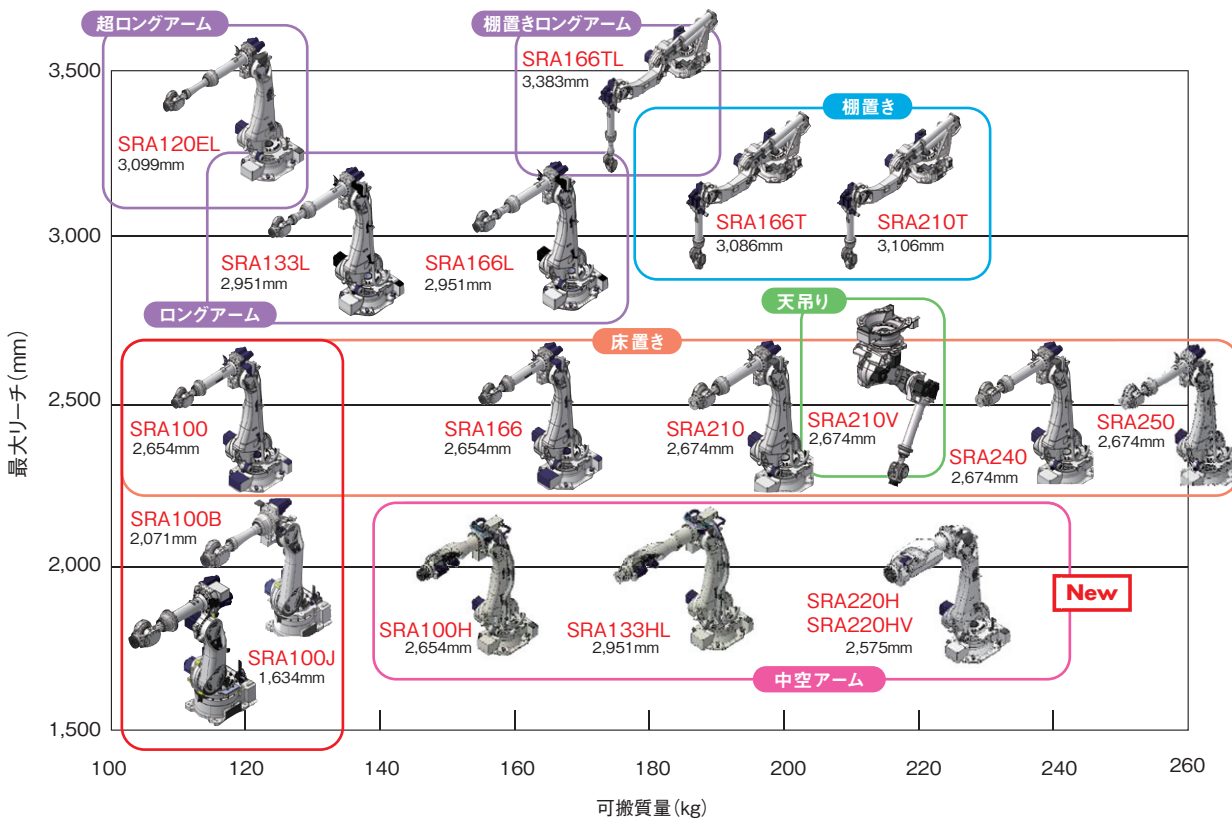


図1 SRAシリーズのラインナップ

## 2. 中空アーム仕様の概要

### (1) 外観と仕様

「SRAシリーズ」の中空アーム仕様は2系統としている。一つは、軽量スポット溶接ガン向けの「SRA100H」と「SRA133HL」（図2）で、手首構造を片持ち構造としている。もう一つは、大きな加圧力を発生する大型で重いスポット溶接ガンに対応する「SRA220H」と「SRA220HV」（図3）で、重量ガンに対応できるように手首構造を両持ち構造とした。

これらロボットは、アームの外側に引き回されていた艤装ケーブル類をアーム内に収納することですっきりとしたアームにしている。4機種の仕様を表1に、動作範囲をそれぞれ図4～7に示す。



図2 SRA133HLの外観



図3 SRA220HV

表1 中空アーム4機種の仕様一覧

| 機種         | SRA100H            | SRA133HL                     | SRA220H                      | SRA220HV                     |
|------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 可搬質量       | 100kg              | 133kg                        | 220kg                        | 220kg                        |
| 最大リーチ      | 2,654mm            | 2,951mm                      | 2,575mm                      | 2,575mm                      |
| 動作範囲       | J1                 | $\pm 3.14\text{rad}$         | $\pm 3.14\text{rad}$         | $\pm 2.88\text{rad}$         |
|            | J2                 | $-1.40 \sim +1.05\text{rad}$ | $-1.40 \sim +1.05\text{rad}$ | $-1.40 \sim +1.05\text{rad}$ |
|            | J3                 | $-2.56 \sim +2.62\text{rad}$ | $-2.33 \sim +2.62\text{rad}$ | $-2.69 \sim +2.62\text{rad}$ |
|            | J4                 | $\pm 3.66\text{rad}$         | $\pm 3.66\text{rad}$         | $\pm 3.66\text{rad}$         |
|            | J5                 | $\pm 2.18\text{rad}$         | $\pm 2.18\text{rad}$         | $\pm 2.27\text{rad}$         |
|            | J6                 | $\pm 3.66\text{rad}$         | $\pm 3.66\text{rad}$         | $\pm 3.66\text{rad}$         |
| 最高速度       | J1                 | 2.18rad/s                    | 2.01rad/s                    | 2.01rad/s                    |
|            | J2                 | 2.00rad/s                    | 1.83rad/s                    | 1.83rad/s                    |
|            | J3                 | 2.11rad/s                    | 1.97rad/s                    | 1.97rad/s                    |
|            | J4                 | 3.66rad/s                    | 3.66rad/s                    | 2.27rad/s                    |
|            | J5                 | 3.05rad/s                    | 3.05rad/s                    | 2.27rad/s                    |
|            | J6                 | 5.41rad/s                    | 5.41rad/s                    | 3.58rad/s                    |
| 手首許容静負荷トルク | J4                 | 830N・m                       | 830N・m                       | 1,337N・m                     |
|            | J5                 |                              |                              | 1,337N・m                     |
|            | J6                 | 441N・m                       | 441N・m                       | 720N・m                       |
| 位置繰返し      | $\pm 0.1\text{mm}$ | $\pm 0.15\text{mm}$          | $\pm 0.15\text{mm}$          | $\pm 0.15\text{mm}$          |
| 本体質量       | 1,040kg            | 1,070kg                      | 1,100kg                      | 1,100kg                      |

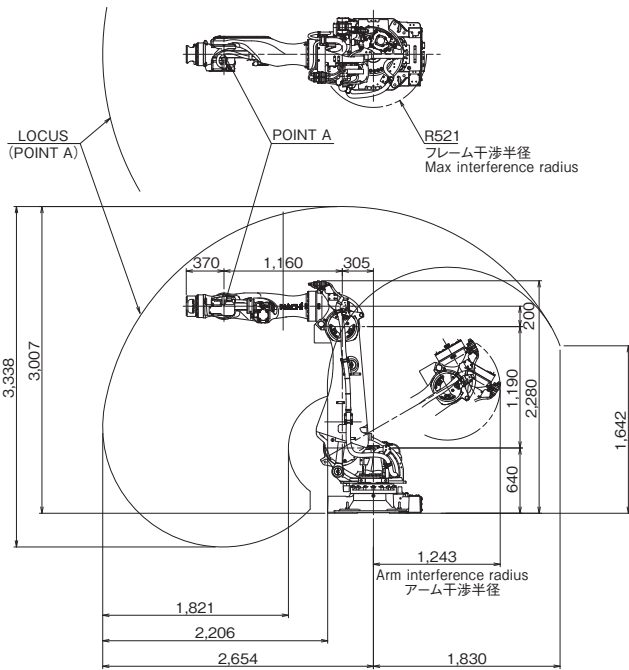


図4 SRA100H動作範囲

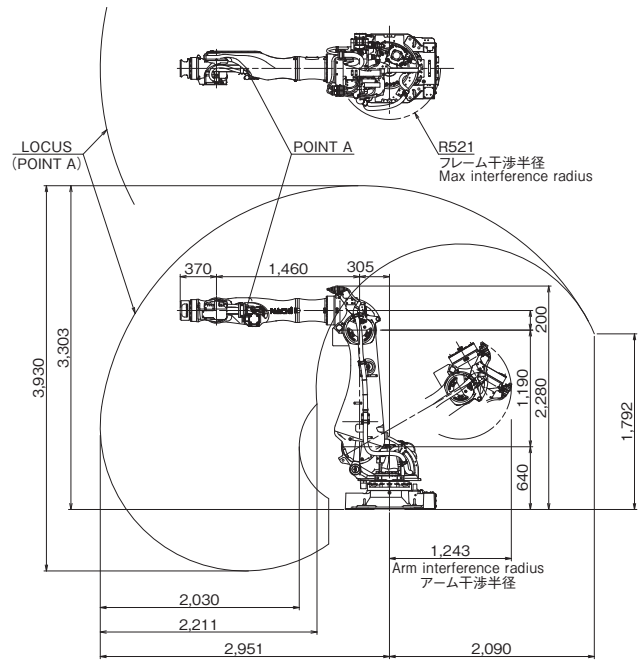


図5 SRA133HL動作範囲

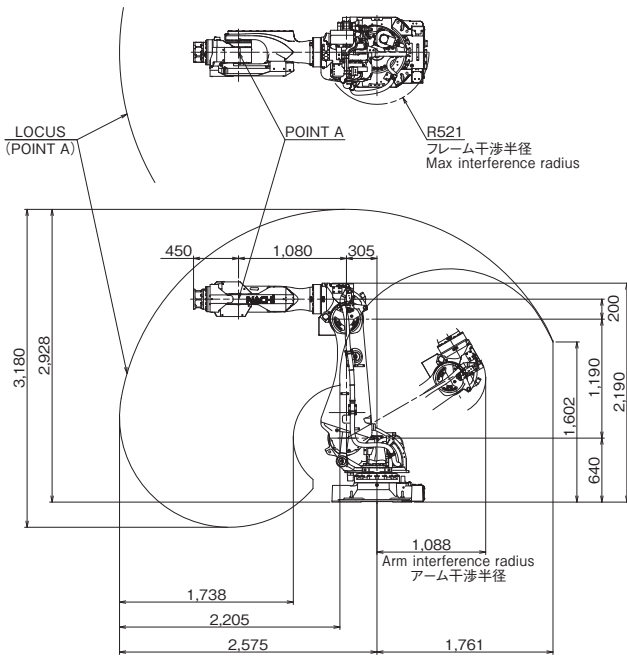


図6 SRA220H動作範囲

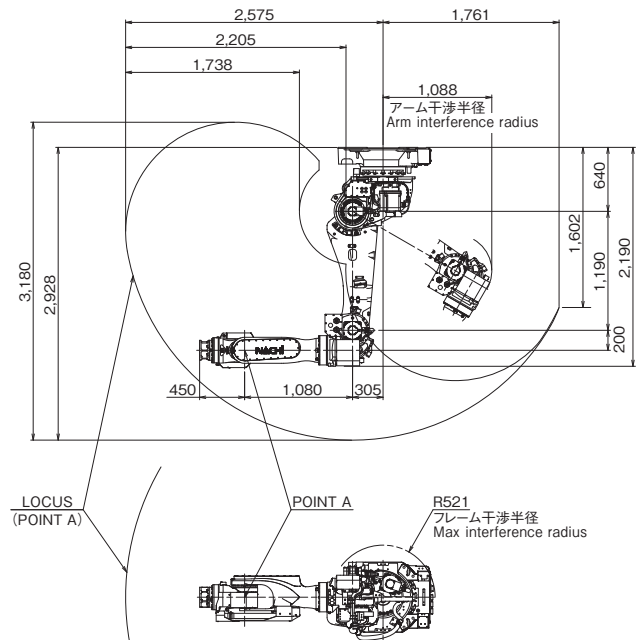


図7 SRA220HV動作範囲

(2) A-Trac仕様からの性能向上

中空シリーズの性能向上を「SRAのA-Trac仕様」と比較して説明する。

まず、手首軸の動作範囲を拡大した。表2、3に従来との比較を示す。これまでのA-Trac仕様では、手首動作範囲の限界からガンの姿勢が変更できずワークと干渉するために溶接できなかったポイントも、手首軸の動作範囲の拡大で対応できるようになった。これにより以下のメリットが得られる。

- ・溶接可能範囲の拡大
- ・容易なプログラム修正

表2 100kg可搬クラスの手首動作量の比較

| 軸  | SRA100<br>A-Trac | SRA100H<br>SRA133HL | 拡大<br>動作量 |
|----|------------------|---------------------|-----------|
| J4 | ± 210°           | ± 210°              |           |
| J5 | ± 120°           | ± 125°              | ± 5°      |
| J6 | ± 205°           | ± 210°              | ± 5°      |

表3 210kg可搬クラスの手首動作量の比較

| 軸  | SRA210<br>SRA210V<br>A-Trac | SRA220H<br>SRA220HV<br>中空仕様 | 拡大<br>動作量 |
|----|-----------------------------|-----------------------------|-----------|
| J4 | ± 210°                      | ± 210°                      |           |
| J5 | ± 120°                      | ± 130°                      | ± 10°     |
| J6 | ± 205°                      | ± 210°                      | ± 5°      |

「SRA100H/133HL」の手首軸の拡大量は、J5、6軸ともに±5°、「SRA220H/220HV」は、J5軸は±10°、J6軸は±5°としている。220kg可搬のJ5軸の拡大動作量が大きくなっているのは、可搬質量10kgアップによる最大リーチの減少をカバーするためである。図8に示すようにJ5軸の動作範囲を±10°拡大することで、水平方向の直線動作距離2,918mmと従来A-Trac仕様比べて548mm向上させることができた。垂直方向も1,695mmと従来仕様の1,526mm以上となっている。これにより、最大リーチが短くなった影響を低減させた。

同様に「SRA100H」は水平方向の直線動作距離は2,696mm、垂直方向は1,658mmで、従来仕様よりそれぞれ346mm、152mm拡大している。

次に、手首許容静負荷トルクを述べる。「SRA133HL」のJ4、5軸の手首許容静負荷トルクは、従来機の100kg可搬のA-Trac仕様と比べ、約1.5倍としている。可搬質量アップの1.33倍以上の手首トルクアップで余裕を持たせた。同様に「SRA100H」も手首負荷の仕様を約1.5倍アップさせている。これらの仕様の比較を図9に示す。

「SRA100H」の手首許容静負荷トルク仕様に対する軽量スポット溶接ガンの負荷トルクの分布を図10に示す。検討に使用したガンの質量は80～96kg、大きさは852×595～1,367×729mmの中型のもの24ヶで行なった。



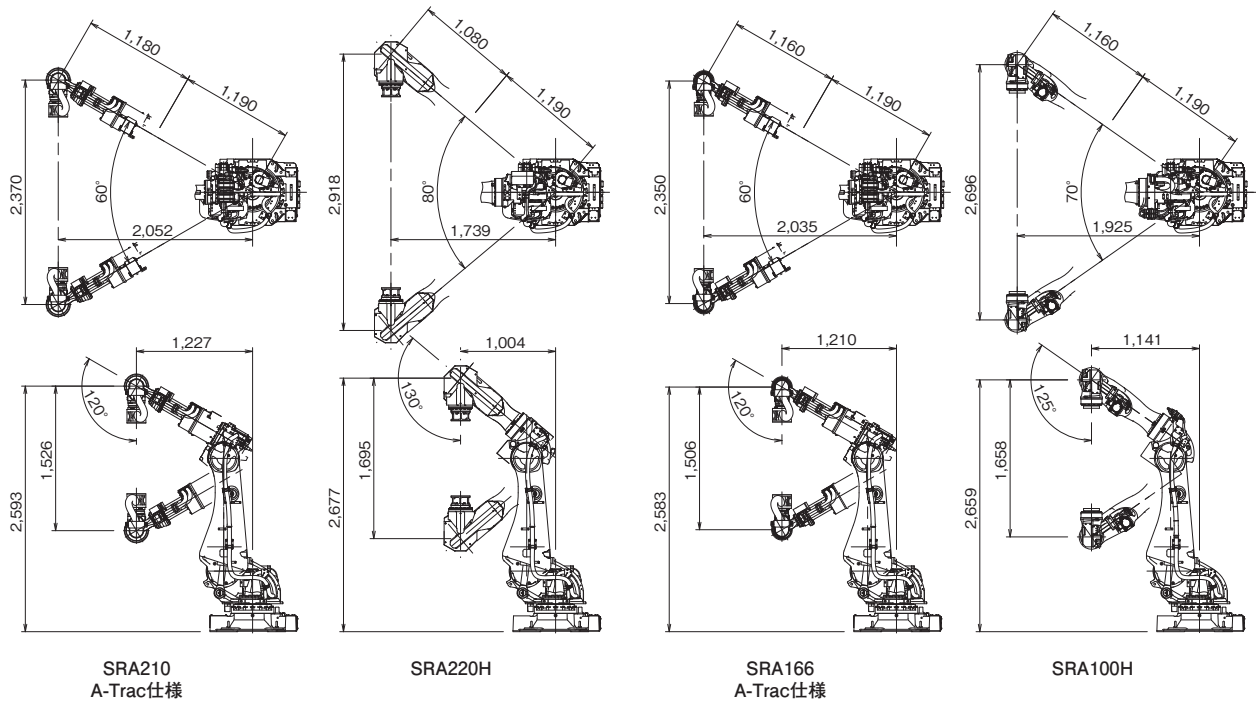


図8 従来仕様との直線距離の比較

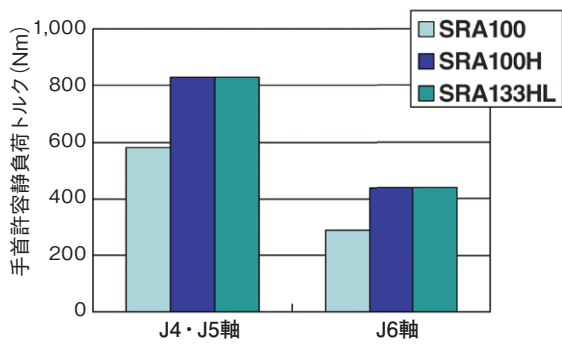


図9 手首許容静負荷トルクの仕様比較

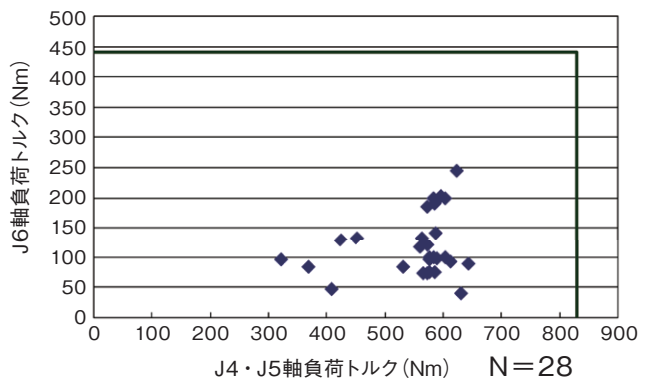


図10 手首許容静負荷トルク仕様の検証マップ

### 3. 中空アームの特長

従来のA-Trac仕様は、それまでのケーブルハンガー仕様（図11）に比べ、ケーブル干渉域を大幅に小さくしているが、図12に示すようにケーブル・ホースの保護スプリングの干渉域はR280と大きく、狭いスペースへ侵入が困難であった。また、ワークや周辺機器およびロボット同士をより接近して設置し、さらに高密度に設置することにも限界があった。

また、ロボットの動作に応じて、J5軸横のケーブル挙動が変わるので、オフラインティーチングなどのシミュレーションによる事前の干渉確認は十分にできなかった。このため、ロ

ボット設置後のケーブル・ホースの干渉確認とティーチング修正に時間がかかるといった問題があった。

そこで、このような問題を解決するため、上部アームと手首を中空構造とし、手首先端に取り付けるスポット溶接ガンなどのツールへの臙装ケーブルを内蔵した。これにより、ケーブル・ホース干渉レスとし、オフラインティーチングなどのシミュレーションと実機の挙動の再現性を向上させた。中空化による特長を以下に述べる。

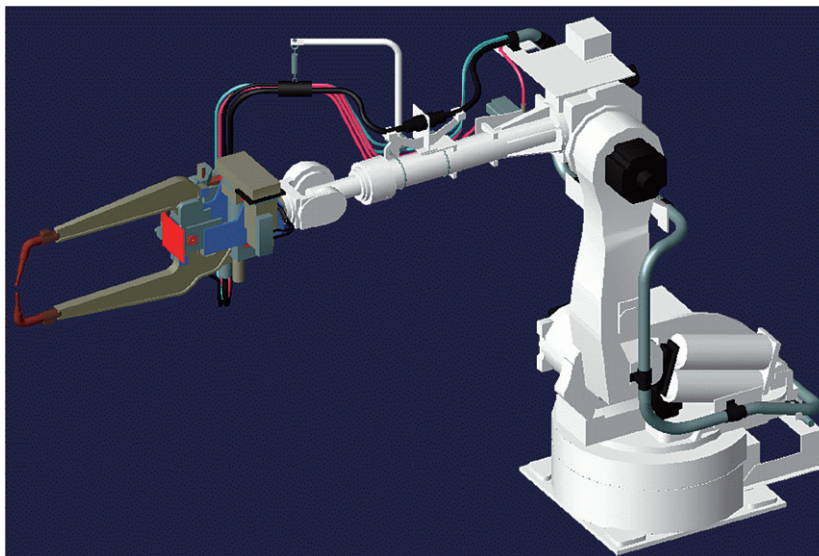


図11 ケーブルハンガー仕様



### (1) 設置自由度の向上

ロボットの干渉域を比較したものを表4と図12に示す。「SRA100H/133HL」では、アーム・手首の干渉半径は30%減、幅は40%減、「SRA220H/220HV」では、アーム、手首の干渉半径は27%減、幅は40%減といずれも従来と比較してコンパクトなアームとなっている。

こうしたアームのコンパクト化により、さらに高密度に設置できようになった。また、従来、困難だった狭いスペースへもアームが入ることができ、使いやすくなっている。これにより、設置の自由度が向上し、適用が拡大した。

表4 アーム干渉領域の比較

| 機種               | 手首・アーム干渉半径 | アーム幅  |
|------------------|------------|-------|
| SRA100 A-Trac 仕様 | R322       | 581mm |
| SRA100H/133HL    | R225       | 347mm |
| SRA210 A-Trac 仕様 | R334       | 581mm |
| SRA220H/220HV    | R245       | 460mm |

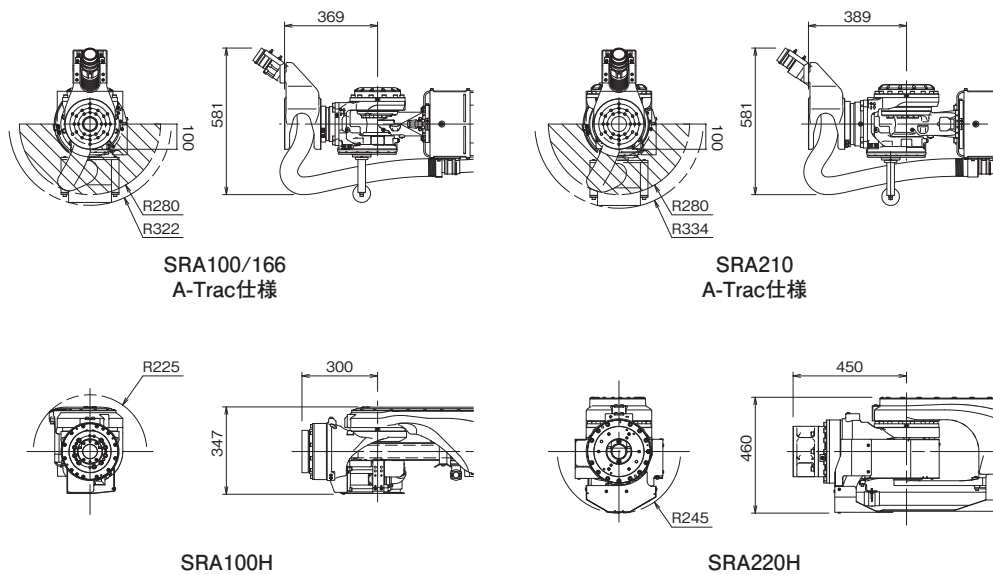


図12 アーム・手首干渉域の比較図

(2) 生産設備の立ち上げ時間の短縮

ケーブル内蔵によりケーブルの干渉を考慮する必要がなくなり、設置後に行なうケーブル処理の修正は不要となる。また、オフラインティーチングなどの動作シミュレーションの実機再現性が向上するため、作業プログラムの実機確認作業と修正作業を削減することができる。これらにより、生産設備の垂直立ち上げ時間を大幅に短縮できる。

(3) 艀装ケーブル・ホースの対応力

アプリケーション用艀装ケーブル・ホースをアーム内に収納する場合、スペースが限られるため、艀装できるケーブル、ホースの径や数に制約を受ける。このため、溶接デューティを上げることが困難で、1台あたりの溶接点が減少する。それで、ロボット使用台数の削減ができず、設備の低コスト化とコンパクト化に影響を与える。

こういった問題が生じないよう艀装ケーブル・ホースの収納力を従来のA-Trac仕様と同等以上とした。「SRA100H/133HL」の艀装ケーブル・ホースの最大収納可能な仕様を表5に、同様に「SRA220H/220HV」のものを表6に示す。

(4) 信頼性の向上

ケーブル挙動が安定し、溶接時のスパッタや周辺装置との干渉によるケーブルのダメージが回避できることで、信頼性が向上する。

また、アーム内の艀装ケーブル・ホースをユニット化し、スペアパーツで用意している。交換も短時間できるようにし保守性も向上させている。

表5 スポット溶接用ケーブル・ホース仕様 (SRA100H・SRA133HL)

| 項目       | SRA100H/133HL |
|----------|---------------|
| 溶接電源ケーブル | 22sq × 3本     |
| 冷却水ホース   | φ10-6.5 × 6本  |
| エアホース    | φ10-6.5 × 1本  |
| サーボガン動力線 | 複合ケーブル 1本     |
| サーボガン信号線 | 複合ケーブル 1本     |
| ユーザー信号線  | 信号線 (20芯) 1本  |

表6 スポット溶接用ケーブル・ホース仕様 (SRA220H・SRA220HV)

| 項目       | SRA220H/220HV        |
|----------|----------------------|
| 溶接電源ケーブル | 35sq × 3本            |
| 冷却水ホース   | φ12-8 × 4本           |
| エアホース    | φ12-8 × 1本           |
| サーボガン動力線 | 複合ケーブル 1本            |
| サーボガン信号線 | 複合ケーブル 1本            |
| ユーザー信号線  | ネットワーク用 1本<br>動力用 1本 |

## 4. おわりに

### (5) 天吊仕様のラインナップ

生産ラインのコンパクト化に最も有効な手段に立体的な高密度設置がある。このため、「SRAシリーズ」では3機種のロングアーム仕様をラインナップし、カスタマーのニーズに応えている。しかし、最大可搬質量は166kgまでで、200kg可搬クラスのロングアーム仕様はなかった。これは、J1～3軸の主軸の負荷が増大し、主軸が別構造となるので、シリーズ機としてのラインナップが困難なためであった。それで、200kg可搬ロボットが必要となる大型の重量スポット溶接ガンを用いた工程を高密度設置することはできなかった。こうした問題を解決するため、天吊仕様をラインナップに加え、天吊設置により高密度設置を実現できるようにした。

### (6) スペアーパーツの共通化

中空アーム仕様の導入により、新たなスペアーパーツの準備などの負担をカスタマーに生じさせないようモータ、グリース、バッテリーなどの主なスペアーパーツを「SRAシリーズ」と共通にしている。これにより、シリーズとしてのメリットが提示でき、既存カスタマーの中空アームの導入を容易になるように配慮した。

今回、開発した中空アーム構造の「SRA-Hシリーズ」について、従来のA-Trac仕様と比較し、その特長と効果を紹介した。多種多様なカスタマーのニーズに応えるには、商品の品揃えの充実が必要である。カスタマーが要望する商品をタイムリーに提供し、カスタマーが理想とする生産ラインの実現に貢献するため、今後もシリーズのラインナップを拡充していく。

#### 参考文献

- 1) 「プレストSTシリーズ」  
NACHI-BUSINESS NEWS Vol.10
- 2) 「SRA166/210-FD11」  
NACHI-BUSINESS NEWS Vol.24
- 3) 「SRAシリーズの拡大」  
NACHI-BUSINESS NEWS Vol.26