

# 生産ラインを革新する新型スポット溶接ロボット 「BXシリーズ」

BX Series New Spot Welding Robots that Innovate Production Lines



北村 伸二① Shinji Kitamura  
伊地知 哲② Satoshi Ijichi  
中岡 信彦③ Nobuhiko Nakaoka

スポット溶接ロボットは、自動車メーカーを中心に生産の自動化、製品の高品質化に力を発揮してきた。近年は、さらに、設備の効率化、低コスト化の要求が高まっている。本稿では、これらの要求に応える、「省スペース」「密集配置」「高速動作」が可能な新型スポット溶接ロボット「BXシリーズ」について紹介する。

Spot welding robots have shown their capabilities in automating production and in raising product quality in automobile manufacturer where the leading users are found. The needs for increased efficiency of facilities and reduced costs have been growing recently. This paper presents the BX series of new spot welding robots that will serve these needs by enabling “space-saving,” “concentrated layout,” and “increased speed.”

## まえがき

自動車の生産設備において、トータル設備コスト低減が最重要課題である。ロボットに対しては、省スペースのためのスリム化やコンパクト化要求、生産性向上のための高速化要求が非常に高い。

当社では、スポット溶接用途に大型の汎用ロボットZシリーズを適用してきた。Zシリーズは広い動作範囲をもち、搭載物の増加に広く対応できる構造となっており、スポット溶接以外にも組立やハンドリング用途に適用できる機種となっている。しかし、スポット溶接用途に限れば、決められた機器を搭載して限定された範囲内で動作すればよく、短い距離の教示点間を加速・減速を繰り返しながら動作する場合が大部分を占める。

そこで今回、ロボット動作や溶接動作を改良した新型スポット溶接ロボット「BXシリーズ」を開発し、省スペース、密集配置、高速動作を実現した。このBXシリーズには、100kg可搬機の「BX100N」と200kg可搬機の「BX200L」がある。

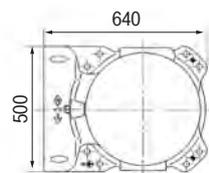
## 1 省スペース、密集配置の実現

自動車の生産設備コスト低減には、ライン長およびライン幅を短縮しコンパクトな設備にすることが有効である。そのため、ロボットの占有スペースを低減し、密集した配置が求められる。以下に省スペース、密集配置を実現するために備えた特徴を紹介する。



配線、配管は全て旋回部中心に配置

(a) BX100N



オプション配線、配管スペース

(b) 従来機 ZX165U

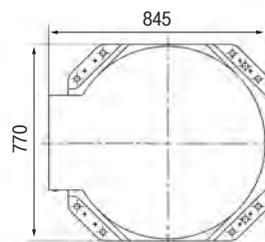


図1 「BX100N」, 「ZX165U」の外観と設置面  
Fig. 1 External view and layout of BX100N and ZX165U

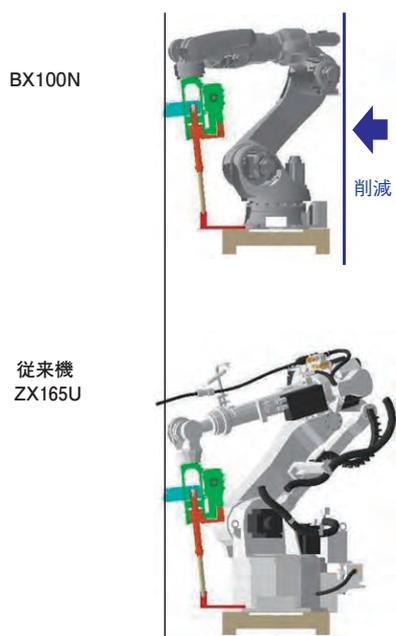
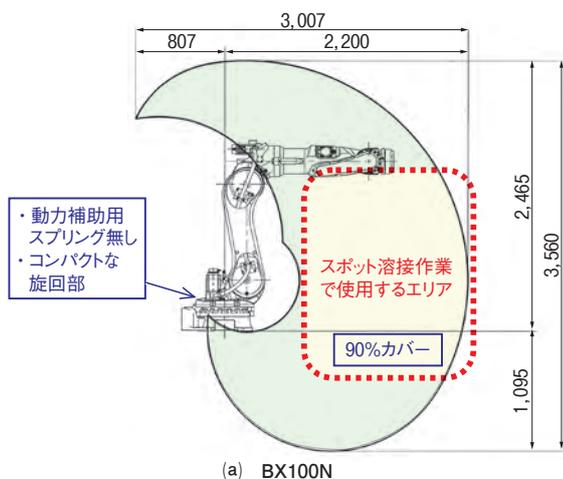
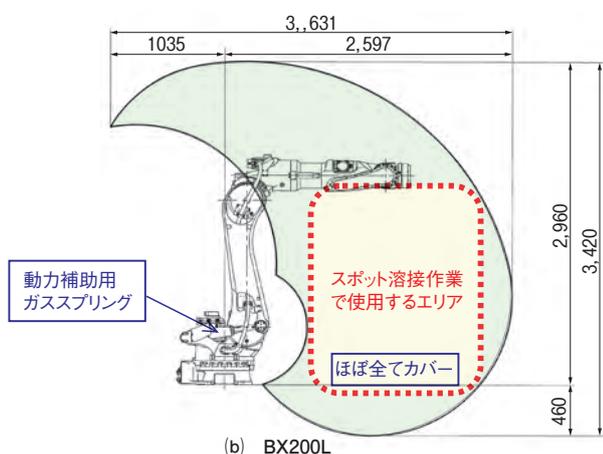


図2 干渉エリアの削減  
Fig. 2 Reduction in interference area



(a) BX100N



(b) BX200L

### (1) 省設置面積

従来機種Zシリーズは、さまざまな適用に対する拡張性を持たせるため、ロボットベース部にオプション用の配線・配管スペースを持つ。一方、BXシリーズではスポット溶接に必要な十分な配線数・配管数に限定して、その経路を全て旋回部中心に位置する中空管部とした。これにより、設置面積を約52%に縮小できた。「BX100N」と、同程度の能力を持つ従来機「ZX165U」の外観および、設置面を図1に示す。

### (2) スポット溶接用途に適したアーム長

「BX100N」は2,200mmリーチ(ロボット旋回部中心から手首部中心までの最大到達距離)、「BX200L」は2,597mmのリーチを持つ。

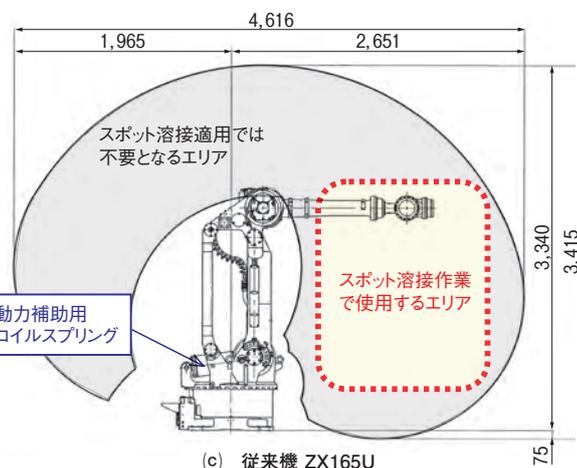
ロボットのアーム長は、長くすると広い動作範囲を確保できる反面、アームを折り畳んだときに後方への張り出し量が増え、干渉エリアが大きくなり、ロボットの密集配置には不利になる。そこで、これまでのスポット溶接作業の教示点を分析して適切なアーム長を決定した。

「BX100N」はこれまでに蓄積したプログラムの教示点の90%以上をカバーしており、本機種で大部分のスポット溶接作業に対応できると同時に、アーム長の短縮や前後軸の動力補助用スプリングの廃止で、干渉エリアを削減している(図2)。

一方、「BX200L」は、従来機種Zシリーズと同等のリーチを持ち、ほぼ全ての教示点をカバーすることで従来機の置き換えを可能にしていると同時に、従来、大型のコイルスプリングであった前後軸の動力補助にガススプリングを使用することで、アーム旋回部の干渉エリアを削減している。動作範囲の比較図を図3に示す。

### (3) スポット溶接用ケーブル／ホースの内蔵

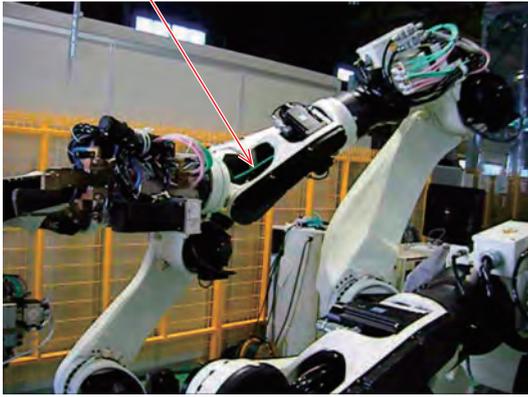
スポット溶接では、各種ケーブルやホースを、ロボットベース部から手首先端に搭載する溶接ガンまで、布線する



(c) 従来機 ZX165U

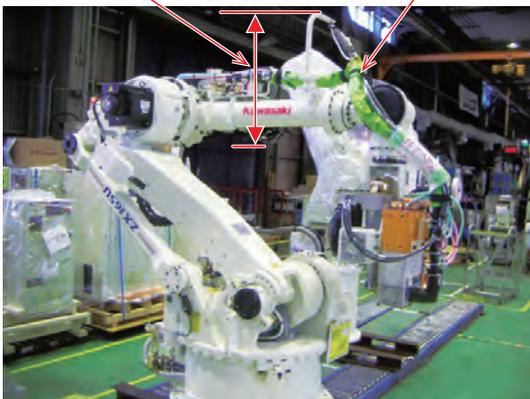
図3 動作範囲の比較図  
Fig. 3 Comparison of operating ranges

アーム内部に配置。  
ケーブルがアーム外に出ない。



(a) BXシリーズ

ポールにケーブルを吊り下げている。  
動作に伴いケーブルが揺れる。  
干渉エリア



(b) 従来機

図4 ケーブル/ホース処理  
Fig. 4 Cable and hose processing

必要がある。従来は、アーム上に立てたポールにフックをつけて、これらのケーブル類を吊り下げる処理や、アームに這わす処理をしていた(図4(b))。しかし、これらの方法の場合、アームとケーブルとの干渉を避けるため、アームとケーブル間に一定の距離を確保する必要があり、ケーブル類を含めた干渉エリアが広がっていた。また、ロボットの動作に伴ってケーブル類が揺れるため、特にオフラインの教示ではケーブルの挙動の予測が難しく、さらに広く干渉エリアを想定しておく必要があった。

BXシリーズでは、ケーブル類をアームに内蔵して、干渉エリアを縮小し、ケーブルの挙動を考慮しなくてよい構造とした(図4(a))。これにより、ロボットとワークや他のロボットとの距離を短縮できた。また、オフライン教示での修正作業が減少し、ライン構築や変更に必要な時間の削減も可能となった。

#### (4) 小型軽量アーム

BXシリーズでは部品点数の削減、強度解析を用いて部品サイズを必要十分なレベルまでサイズダウンすることにより、「BX100N」で従来機の45%以上、「BX200L」で30%以上の軽量化を達成した。

## 2 高速化の実現

ロボットを高速動作させることでロボットの作業量が増えるため、導入台数が削減でき、ライン長を短縮できる。以下に高速動作の実現方法について紹介する。

### (1) ロボット動作の高速化

BXシリーズは、次に示す「可変加減速機能」「可変最高速機能」により、ロボット本体の動作を高速化している。

#### (i) 可変加減速機能

ロボットのアームには、重力、慣性力、遠心力/コリオリ力、摩擦力などが作用し、アームの姿勢や速度、加速度によって変化する。ロボット動作時に、これらを計算し、モータの動力を最大限に使用できる加減速度を算出している。本機能は従来から使用されてきたが、コントローラの演算速度の向上により、BXシリーズでは、より無駄なく使用できるようになった。

#### (ii) 可変最高速機能

サーボモータは内部で発生する逆起電力の影響により、高回転域では出力が低下する特徴をもつ。また、各軸の減速機構においては回転数とともに抵抗トルクが増加する。このため、モータに最大の電力を供給しても、ロボットが使用できるトルクは高回転域ほど小さくなるため、ロボットの加減速度も小さくなる。ある距離を動作する場合、高い回転数まで到達する方が良いか、低い回転数にして加減速度を上げる方が良いかは、動作する距離によって変わるため、動作時間を最短にできる速度と加速度の最適な組み合わせを、回転数とロボットの出力トルクとの関係をもとに算出している。

### (2) スポット溶接作業動作での高速化

スポット溶接作業に至るロボット動作は、「連続溶接点間の移動動作」「溶接点への加圧動作」に分けることができる。BXシリーズの新スポット溶接制御では、これらの動作に対し高速化を実現している。

#### (i) 連続溶接点間の移動動作

従来の連続溶接点間の移動動作では、溶接完了後にガン軸がクリアランス位置まで動作した後、次打点に向かってロボット動作を行う、いわゆる「くさび形」の軌跡を描く動作となっていた。これは、エアガン動作軌跡に近くガンの動きが把握しやすい動作ではあるが、無駄な移動経路がありサイクルタイム(所望の動作をさせるのに要する時間)

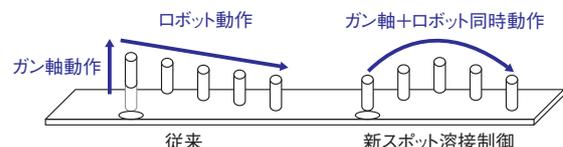


図5 従来制御と新スポット溶接制御での動作軌跡  
Fig. 5 Operational locus in conventional and new spot welding control methods

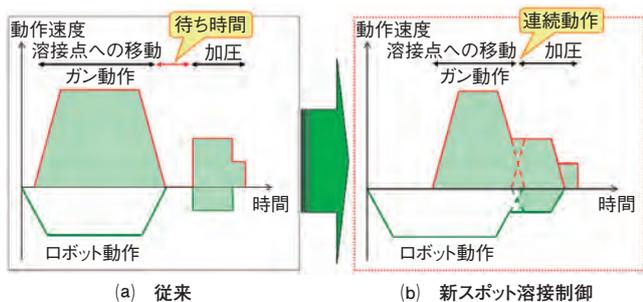


図6 従来制御と新スポット溶接制御での動作軌跡の比較  
 Fig. 6 Comparison of operation between conventional and new spot welding control methods

を短縮する上で不利である。そこでBXシリーズでは、連続溶接点間の移動動作において、溶接完了後、次打点への移動を行うロボット動作と溶接点への加圧を行うガン軸動作を同時に行い「半円孤型」の軌跡を描く動作にした。「半円孤型」の軌跡を描くことにより連続溶接点間の移動経路を短縮することができ、大幅なサイクルタイム短縮を実現している。

連続溶接点間における、従来制御と新スポット溶接制御での動作軌跡の比較を図5に示す。

(ii) 溶接点への加圧動作

従来の加圧動作では、安定した加圧力を得るためにワーク接触位置で一時停止し、その後加圧する制御を行っていた。この方法では、安定した加圧力は得られるが、ワーク接触位置で若干の待ち時間が発生する。

そこで、BXシリーズで用いられている新スポット溶接制御では、ワークに対し接触位置での停止をなくし、一定の速度で加圧動作を行うことで、連続でスムーズな加圧動作を行い、かつ安定した加圧力を得ながらサイクルタイム短縮を実現している。

従来の加圧動作と、新スポット溶接制御での加圧動作時のガン軸およびロボットの動作速度変化を図6に示す。

(3) ガン軸加減速度最適化による高速化

従来のガン軸加減速度では、ガンメーカーから提示された最大加速時間を固定パラメータとして使用していたが、この最大加速時間は余裕を見込んだ値であり、ガン軸を最大加速時間で動作させた場合でも、モータトルク上では余裕があることがわかっている。そこでBXシリーズでは、ガン軸モータの許容トルクまで使用した最適なガン軸の加減速度を決定することで、加圧動作時でのさらなるサイクルタイム短縮を実現している。

表1 BXシリーズにおけるサイクルタイム短縮率  
 Table 1 Reduction rate of the cycle time in the BX series

	BX100N	BX200L
最大負荷	24%短縮	20%短縮
100 kg負荷	23%短縮	21%短縮

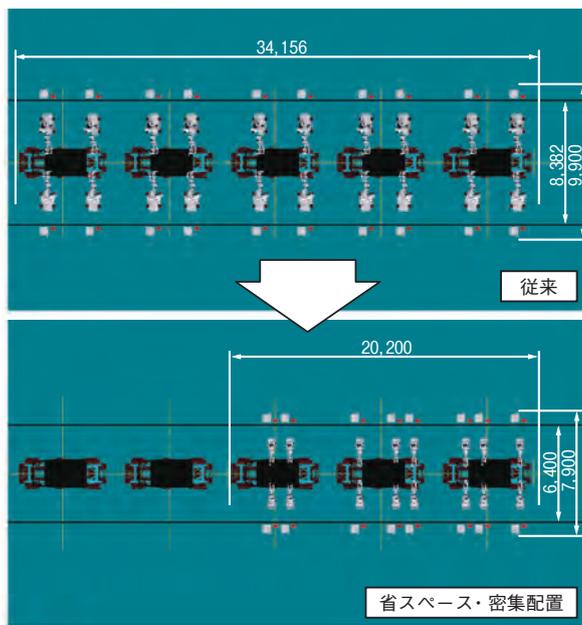


図7 省スペース、密集配置、高速化の効果  
 Fig. 7 Effect of space-saving, concentrated layout and increased speed

項目	従来	適用後
ロボット台数	20	16 (80%)
ステーション数	5	3 (60%)
面積 (m <sup>2</sup> )	286	129 (45%)

(4) 高速化の効果

50mmピッチ、10連続打点動作における、BXシリーズの本機能を備えていない従来機「ZX165U」に対するサイクルタイム短縮率を表1に示す。

3 省スペース、密集配置、高速化の効果

これまでに述べた省スペース、密集配置および高速化の効果の例を図7に示す。従来に比べ、高速化によりロボット台数を、省スペースと密集配置により設置スペースを大幅に削減している。

あとがき

今後も当社は、これまで培ってきた技術と経験をもとに、新しい技術を加え、省力化、製品の高品質化、生産設備の効率化を追求し、新しい製品を生み出していきたい。



北村 伸二



伊地知 哲



中岡 信彦