

自動車車体の溶接点を自動で検査可能な スポット溶接検査ロボット

Spot Welding Inspection Robot Capable of Automatically Inspecting Welds in
Complicated Structures of Automobile Bodies

ロータリージョイントを採用してヘッドを小型化し、狭い場所への アクセスを可能にした自動車車体のスポット溶接検査ロボットを開発

スポット溶接の検査は、作業者によるたがね試験や超音波を用いた非破壊検査が一般的です。しかし、それらは人手と熟練を要することから、検査の自動化への要求が高まっています。複雑なフレーム構造を持つ自動車車体を産業用ロボットで検査するには、狭い場所へアクセスできるヘッドが必要です。

東芝は、産業用ロボットのアーム中空軸内に、カプラント液（超音波を伝搬しやすくする接触媒質）の圧送用配管を収納し、ロータリージョイントを採用することで、従来に比べてアーム径方向のサイズが約60%小さいヘッドを開発しました。実際の自動車車体による実証実験で、検査が必要な溶接点にアクセスできることを確認しました。

スポット溶接検査ロボットの技術背景

スポット溶接は、自動車車体や鉄道車両などの組み立てにおける接合方法として、広く用いられています。このスポット溶接の検査方法として、溶接部にたがねを打ち込んで剝離の有無を確認するたがね試験や、各種の非破壊検査があります。東芝は、スポット溶接部の内部を超音波で非破壊検査するMatrixeye⁽¹⁾とロボット制御技術を組み合わせ、スポット溶接部を自動検査するスポット溶接検査ロボットを開発⁽²⁾、⁽³⁾しています。

スポット溶接検査ロボットのシステム構成を、**図1**に示します。一般に、超音波による検査では、検査前にカプラント液を塗布します。その後、超音波プローブからスポット溶接点に向かって超音波を送信し、反射した超音波を受信して溶接径を測定します。これらの動作を自動化するために、産業用ロボットのアーム先端部に超音波プローブとカプラント液のディスペンサーを取り付けています。アーム先端部のこれらユニットと位置補正カメラを総称して、ヘッドと呼びます。制御PC（パソコン）は、スポット溶接点に対する超音波プローブの位置や角度の補正量を算出し、産業用ロボットはこの補正量に従ってヘッドの位置や角度を調整します。

スポット溶接検査ロボットの従来の検査フローは、下記のとおりです。初めに、検査対象のスポット溶接点を位置補正カメラで撮像し、画像処理で溶接点の位置を検出します。

そして、検出した溶接点にディスペンサーを用いてカプラント液を塗布します。次に、超音波プローブをスポット溶接点に当てて、測定（プロービング）を開始し、“傾き推定エンジン”による角度補正を行います。傾き推定エンジンは、当社が独自開発した、超音波プローブと溶接面の最適角度を算出するアルゴリズムです。このアルゴリズムで算出した角度差を産業用ロボットにより自動補正することで、検査対象に対して超音波プローブを最適角度に当てることができ、最後に、適切な角度で検査を行って、溶接径を測定します。作業による超音波検査では1点当たり約30秒を要しますが、開発したロボットシステムでは約7秒で測定を完了できます。

自動車車体のスポット溶接検査におけるヘッドの課題

自動車車体のスポット溶接工程では、2枚の板金を数十mmピッチでスポット溶接した後、その部品と別の板金を更に溶接します。こうして、複数回の溶接を行ってフレームを形成し、一定形状になった後でスポット溶接検査を行います。そのため、ロボットアームは複雑なフレームの間を縫うように移動して、狭い場所にアクセスする必要があります。スポット溶接検査ロボットでは、ヘッドに搭載されたディスペンサーへカプラント液を圧送供給する⁽²⁾ために、圧力損失を抑える必要があり、その圧送用配管径を12mmに拡大しました。直径12mmの配管は、硬く曲げにくいことから、

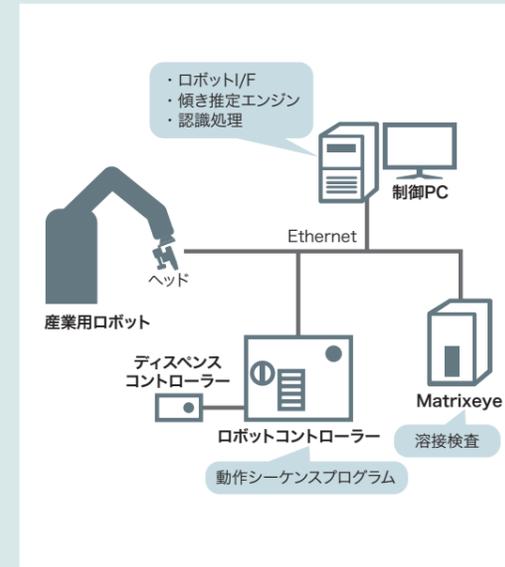


図1. スポット溶接検査ロボットのシステム構成

制御PCには各社のロボットI/F（インターフェース）を搭載しており、主要なロボットメーカー製の産業用ロボットに対応できます。

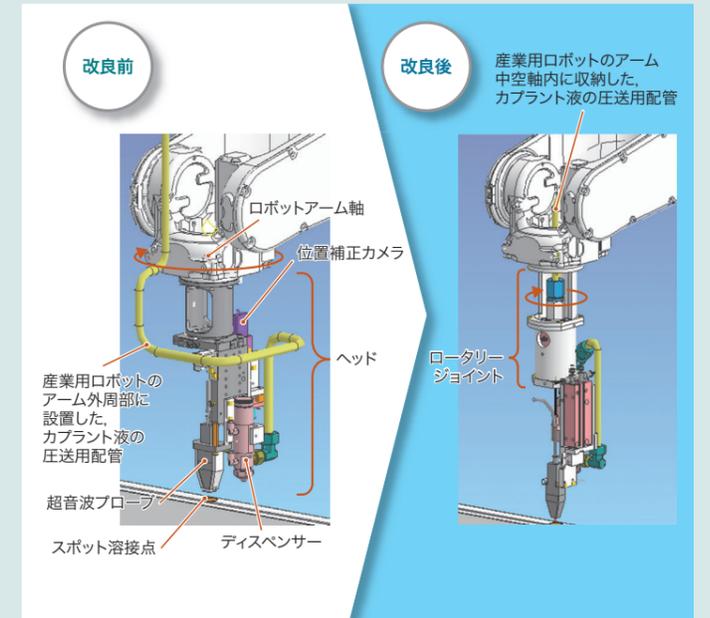


図2. 狭い場所へのアクセスを可能にするヘッド構造

ロータリージョイントを用いて、圧送用配管と検査対象物の干渉を防ぎます。

配管の仕様上、曲げ半径を35mm以上にしてロボットアーム外周部に設置する必要があります。このため、狭い場所へアクセスする際に、この圧送用配管と検査対象物とが干渉してしまうという問題がありました。

開発した技術

狭い場所へのアクセスを可能にするため、カプラント液の圧送用配管を産業用ロボットのアーム中空軸内に収納して、アーム径方向のヘッドサイズを小さくしました。

具体的には、**図2**のように、ヘッド先端部と産業用ロボットアーム軸の間にロータリージョイントを搭載しました。これにより、固定側配管が産業用ロボットのアーム軸の回転に追従しなくても、ねじれを防止できます。産業用ロボットのアーム中空軸内に配管を収納することで、検査対象物との干渉がなくなりました。

また、ヘッドのサイズは、最小限の機能に限定することで、小型化を図りました。ヘッドが持つ三つの機能（プロービング、ディスペンス、及び溶接位置検出）のうち、溶接位置検出は、車体搬送装置の位置決め精度が高いことから除外しました。その結果、不要となった位置補正カメラをヘッドから削除することで、ヘッドを小型化しました。これにより、従来ヘッドに比べて、カプラント液の圧送用配管の設置スペースを含めたアーム径方向のサイズを約60%小さくできました。併せて、位置決め検出時間も削減でき、1点当た

りの検査時間が従来の約7秒から約4秒に短縮しました。

ユーザーとの実証実験で、このヘッドを用いて実際の自動車車体を測定したところ、測定が必要な溶接点にアクセスできることを確認しました。

今後の展望

現在、ヘッドに駆動機構を追加してロボット可動方向の自由度を高め、より狭い場所を検査できる構成を検討しています。これにより、検査可能な溶接点が増えることが期待できます。

文献

- (1) 東芝検査ソリューションズ, “スポット溶接検査用Matrixeye™ST”. 3D超音波検査装置 (Matrixeye™). <<https://www.toshiba-insp-sol.co.jp/product/supersonic/spot.html>>. (参照 2021-01-21).
- (2) 牛島 彰, ほか. 非破壊検査で省人化と信頼性向上に貢献するスポット溶接検査ロボット. 東芝レビュー. 2019, 74, 4, p.25-28. <https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2019/04/74_04pdf/a07.pdf>. (参照 2021-03-25).
- (3) 高橋宏昌, ほか. スポット溶接検査ロボットの開発. 溶接技術. 2020, 68, 3, p.58-61.

高橋 宏昌

生産技術センター ロボット製品化技術推進プロジェクトチーム
日本機械学会会員