ロボット計測*

Robot Measurement

高橋祐輝**

Yuki TAKAHASHI

Key words robot measurement, inline measurement, non-contact measurement, robot teaching, IoT

1. ロボット計測の背景

三次元計測は、長年使われてきた接触式の座標測定機からラインレーザーやステレオカメラなどを用いる非接触測定へとシフトしてきている。これは接触式では把握できなかった面形状全体の評価が高速に行え、これまでビジュアル化できなかった不具合の原因を知ることができることと測定時間の短縮が実現できるためである。さらにこれまでオフラインで一日数個の測定だったものが、生産ラインから下ろすことなく測定できるため、インラインでの測定が推進されてきている。

ロボット計測では、オートメーションシステムで管理されたインライン上の産業用ロボットに非接触測定機を取り付けることで測定を高速で実現できる。さらに接触式測定機では知ることのできなかった面形状全体の評価が行えるため、完成車測定などでも利用可能である。また、オートメーションシステムにより測定を管理するため、「トレーサビリティの向上」「生産性向上」「品質状況の監視」「生産フローの最適化（ライン間の移動コストの削減）」などが狙える。IoTの普及とともにインダストリー4.0やインダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブなどの

展開に後押しされ、製造実行システムなどの上位システムとつながった三次元計測が進んできた。具体的には、インライン化、バイパスセル化、導入が比較的容易なボックスタイプのロボット計測セルなどが普及してきている（図1）。

2. ロボット計測導入時に考えること

ロボット計測を構成するキーワードは、ロボット、測定機、タクトタイム、精度保証、レイアウト、上位システムとの連携、設置環境、安全システムが主である（図2）。本解説では、ロボット、測定機、設置環境について解説する。

3. ロボットとレイアウトについて

まず、産業用ロボットを選定する際には、測定対象のサイズおよび測定箇所を定義し、ロボット単体、回転テーブルや走行レールなどの追加軸の必要性を判断し構築していく必要がある。これらをもとに基本となるロボットセルのレイアウトを決定していく。ここで測定機固有の課題を検討する必要がある。トラッキングシステムを用いた測定機の場合、死角を考慮する必要がある。さらに回転テーブルで測定対象の基準座標を移動・回転させる場合、そのたびに座標合わせが必要になるが、その際に利用するターゲットマーカーやLEDマーカーなどに対してトラッキングシステムとの角度を考慮する必要がある。そのため、一般的にフォトグラメトリを利用したトラッキングシステムの場合は、上部から見下ろす形に設置することが多い。そのため、測定対象や測定機の特性などを考慮したレイアウト検討が必要になってくる。これらを踏まえ、実際の設置場所で確保できるスペースとの調整を行っていく。この際、安全のためロボットセルを安全柵で囲う必要があるが、昨今では協働型ロボットを用いたロボット計測も普及してきている。ただし、現在のところロボットの可動範囲を示すリーチは1000mm前後のため、回転テーブル等を用いて測定ボリュームを拡大することができるが大型の測定対象には適用できない。次にロボットティーチングだが、これま

図1 インラインとバイパスセルタイプ

*原稿受付 平成31年2月21日

**三井E&Sシステム技研(株) (千葉県千葉市美浜区中瀬1-3-D9)

図2 ロボット計測導入時に考えること

図3 ロボットとの連携

図4 ロボットと測定機の制御

で単独の設備であった測定機をロボットと連動させるために、通常は「測定機用ソフトウェア」「ロボット用ソフトウェア」「測定機とロボットの同期装置」「上位のPLCとの連携システムが必要になる（図3）。しかし、現在はロボットと測定機を一括で制御できるソフトウェアが登場

し、比較的ロボットティーチングのハードルは下がってきている（図4）。さらに、測定箇所の情報から測定対象とロボットの干渉や特異点を考慮したロボットプログラムを自動で生成するソフトウェアも登場してきているため、これまで専門の知識が必要だったものが比較的簡単にロボットの特性を考慮したロボットティーチングが実現できてきている。

4. 測定機と設置環境について

検査室と同等の環境下でロボット計測を実現する場合は、それほど考慮する必要はないが、ロボットによる手動測定の実現が実現され、次のステップとしてより製造ラインへ近づけていくと、ロボット計測に利用しようとする測定機はある程度の対環境性能が求められる。隔離された検査室で測定機を利用する分には問題にならないが、インラインやロボット設置環境下では温度、粉塵、光、振動への対策が必要になってくる。例えば溶接の際に発生する目に見える可視光と、目に見えない紫外放射（紫外線）と赤外放射（赤外線）が発生するが、これらが測定機の光学システムへ影響を与え、取得される測定データの品質低下あるいは取得そのものができないなどの問題が発生する。対策としては溶接遮光カーテン等でロボットセルを囲うことで簡単に解決できる。次に振動だが、これも検査室では考慮する必要がなかったが、インラインへ近づくことでプレス振動や搬送装置の振動などがあり、対策を行う必要がある。測定機側に施す対策の例としてダイナミックリファレンス機能を実装したものもある。これらはフォトグラメトリを利用したトラッキングシステムで、ターゲットマーカーやLEDマーカーを測定時に同時に取得することで測定対象の振動や移動に動的に座標補正をかけてくれるため、多少の振動があっても比較的精度を保ったままの測定

データの取得ができる。ただし、LED マーカーを利用している場合は、振動補正用の LED と測定センサー（ラインレーザーなど）用の LED を順番に発光させるが、その数が増えることでスキニング速度が低下してしまうため、ロボット計測を導入する際には最低限の LED マーカーで済むようにレイアウト設計を行う必要がある。

5. ロボット計測の目的

冒頭、ロボット計測の導入効果を述べたが、さらにインライン上で得られた測定結果を解析し、リアルタイムでその前の製造工程へフィードバックすることで、生産を安定させていくことが実現できればと考える。例えば、検査済

みの良品である部品と部品を溶接しアセンブリするが、その溶接ひずみなどをインラインで測定し、フィードバックすることで溶接条件を変えていくような取り組みが可能と考える。

高橋 祐輝

2003 年東海大学工学部経営工学科卒業。その後、三井造船システム技研(株)（現・三井 E & S システム技研(株)）に入社。3 次元 CAD データを利用した製造業向けソフトウェアの営業やマーケティングを担当し、現在はインラインでの自動計測システムの普及に努める。