

# 手首関節モジュール『i-WRIST®』の適用事例 Application Examples of the Wrist Joint Module “i-WRIST™”



田中 弓弦\* Yuzuru TANAKA



NTNでは、等速ジョイントの一種であるパラレルリンク機構を応用した角度制御装置を開発した<sup>1)~7)</sup>。2018年8月より『i-WRIST®』の商品名で量産を開始し<sup>8)</sup>、顧客ニーズを取り入れた機能アップを図りながら、人手作業の自動化・省人化をターゲットに市場投入してきた<sup>9)</sup>。なかでも、複雑形状部品の外観検査などで、i-WRIST®の“高速な角度制御”が高く評価されている。本稿では、i-WRIST®の強みを活かした具体的な適用事例を紹介する。

NTN developed an angle control equipment applying a parallel link mechanism which is a type of constant velocity joint. We started mass production under the product name of the “i-WRIST™” in August 2018. We have improved its functions to meet needs of customers and have launched it to the market with the target of automating and labor saving of manual work. The features of the i-WRIST™ like “high-speed angle control” are appreciated highly in appearance inspection process of complex-shaped parts. We would like to introduce the application examples that show such advantageous features of the i-WRIST™.

## 1. はじめに

労働人口の減少、熟練工の高齢化、人件費の上昇に伴い、これまで重量物の搬送や溶接など、作業者の負担の大きい作業や危険度の高い作業が中心だったロボットの適用範囲が、細かい人手作業にも広がっている。その中でも、外観検査は、現在も人手に頼っている場合が多く、自動化需要が拡大している。しかし、従来のロボットでは、人の目視検査速度を実現できず、特に複雑形状部品の外観検査工程の自動化が遅れている。

NTNでは、手首関節モジュール『i-WRIST®』を人手作業の自動化用途に提案してきた。i-WRIST®の強みである“高速な角度制御”が評価され、目視検査の自動化案件への採用事例が増えている。

## 2. i-WRIST®の概要

i-WRIST®は、人の手首のようなめらかな動きを実現するロボティクス・モジュール商品である。図1にi-WRIST®本体の概略図を示す。i-WRIST®本体は、独自のパラレルリンク機構と駆動機構から構成される。駆動機構により、パラレルリンク機構の2自由度（折れ角、旋回角）の角度姿勢を決定し、半球状の全方向に対して高速かつ高精度に位置決めする。また、本パラレルリンク機構は、内部空間にケーブルを通すことが可能であり、同一方向に旋回動作を繰り返してもそのケーブルがねじれることがない。

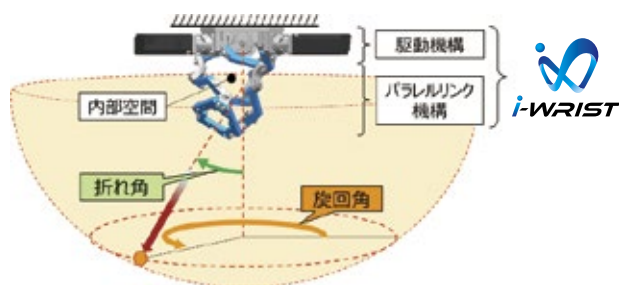


図1 i-WRIST®本体の概略図

## 3. 生産現場で生きる i-WRIST®の特長

生産現場では、「ロボットを導入したがタクトタイムを満足しない」、「ロボットの操作が難しく、使いこなせない」、「ロボットの設置スペースがない」といった課題がある。これらの課題を解決するため、i-WRIST®と直動アクチュエータや回転アクチュエータを組み合わせた構成<sup>9)</sup>を提案している。以下に、その特長を示す。

### (1) 高速動作

可動部全体の慣性モーメントが小さく、目標姿勢に対して最短経路で移動できる。そのため、従来のロボットが苦手な細かい動きを必要とする作業において、特に効果を発揮する。

\* 産業機械事業本部 ロボティクス・センシング技術部

## (2) 簡単な操作

ロボット言語の専門知識を持たない作業員でも、専用コンソールから簡単に操作できる。

## (3) 特異点を持たない

多関節ロボットのように、特異点を回避する動作プログラムを作成する必要がない。

## (4) オフラインティーチング

3Dモデル上のポイントを指定して動作パターンを設定するPC用ティーチングツールを提供している<sup>9)</sup>。

## (5) 省スペース

直動アクチュエータや回転アクチュエータと組み合わせることにより、装置をコンパクトに構成でき、人が作業していたスペースへの設置も可能である<sup>9)</sup>。

図2には、i-WRIST®を活用した用途例を示す。その中でも、i-WRIST®にカメラや照明を搭載した外観検査装置への適用が多いため、以下に、その事例を紹介する。



図2 i-WRIST®の用途例

## 4. i-WRIST®の外観検査用途への適用事例

鋳造部品や樹脂成形部品などの立体形状や複雑形状を有するワークの外観検査では、人が照明の当て方やワークの角度を変えながら、複数の箇所を様々な角度から高速かつ巧みに目視検査している。このような高速検査は自動化

の難易度が高いが、i-WRIST®の特長を活かして解決できた事例も多く存在する。例えば、図3に示すように、従来、ロボットが2台必要だった検査工程をi-WRIST®1台で構成し、要求タクトタイムも達成できることが評価され、採用に至っている。以下に、具体的な外観検査用途への適用事例をいくつか紹介する。



図3 生産現場への適用事例

### 4.1 鋳造品への適用事例

図4(a)に示す自動車用コンプレッサなどの小型鋳造品の外観検査では、1ポイントあたり0.2sと従来のロボットの約2.5倍の検査速度を実現した。図5には、その装置構成例を示す。i-WRIST®にカメラを搭載し角度制御を行い、ワークを回転アクチュエータと直動アクチュエータで位置決めする構成である。回転アクチュエータでワークを回転させながら、多方向から撮像できるため、表面の傷、打痕、穴内径の切粉残りなどの高速検査が可能となる。また、装置のコンパクト化も実現できる。

図4(b)に示すエンジンプロックやトランスミッションケースなどの大型鋳造品の外観検査では、1ポイントあたり0.3sの検査速度を実現した。図6には、その装置構成例を示す。傾斜設置したi-WRIST®にカメラを搭載し、回転アクチュエータと直動アクチュエータを用いて位置決めする構成である。i-WRIST®を傾斜させて設置させることにより、斜め下方向からワークを見上げて撮像することができるため、側面にある凹凸部の表面の傷、打痕、穴内径の切粉残りなどの高速検査が可能となる。

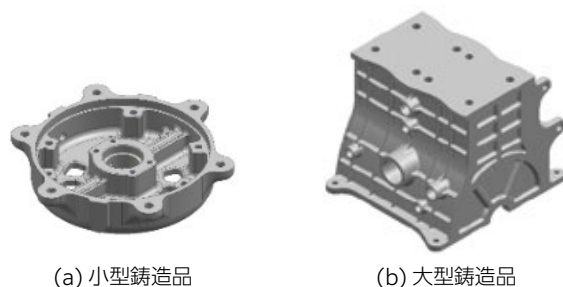


図4 鋳造品

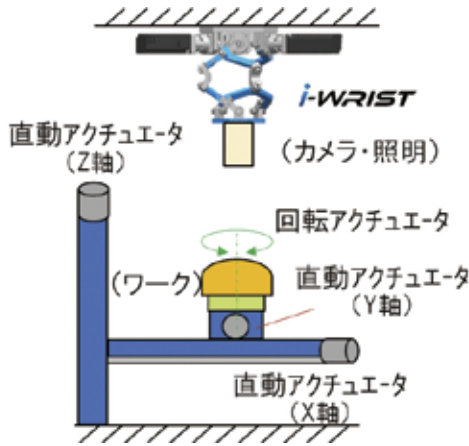


図5 装置構成例 (1)

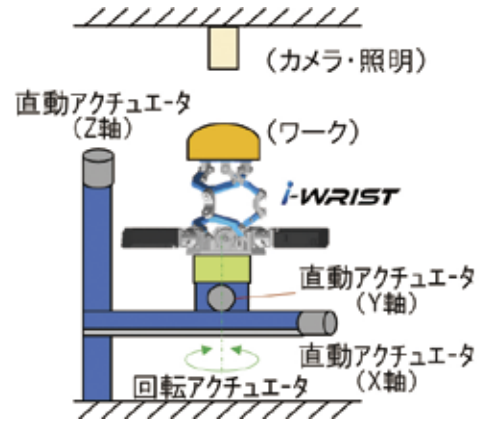


図8 装置構成例 (3)

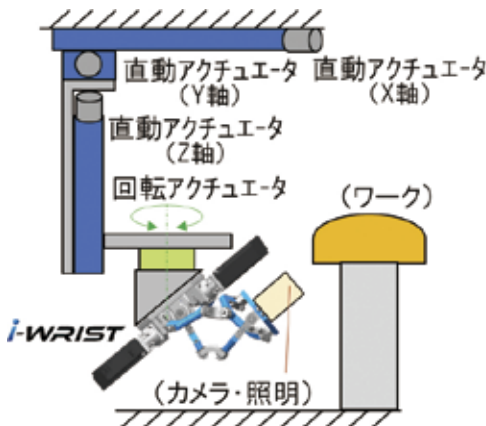


図6 装置構成例 (2)

#### 4.2 自動車用樹脂成形部品への適用事例

図7に示す各種センサを一体化した自動車用樹脂成形部品の外観検査では、1ポイントあたり0.3sの検査速度を実現した。図8には、その装置構成例を示す。ここでは、カメラと照明を固定し、i-WRIST®に搭載したチャックでワークを把持する構成とした。ワークは、i-WRIST®と直動アクチュエータ、回転アクチュエータで位置決めされる。回転アクチュエータを使用することで、同じ位置でワークを1回転させながら細かく姿勢を変更できるコンパクトな装置構成を実現した。本構成により、表面の外観(傷、気泡、バリ等)、コネクタピンやセンサの部品の有無などの検査が可能となる。



図7 樹脂成形部品

#### 4.3 自動車用電子制御ユニットへの適用事例

自動車の電動化に伴い、図9に示す電子基板が組み込まれたギアボックスなど自動車用電子制御ユニットの外観検査事例が増えている。このようなユニットでは、回路基板の背面など撮像が難しい部分があるため、人が角度を変えながら見えにくい死角部分を目視で検査している。図6に示す装置構成により、背面を含む多方向からの撮像ができるようになる。光が死角部分に照射されるように、i-WRIST®を用いて回路基板に対する照射角度を細かく調整できるため、図10に示す基板背面(半田面)の死角部分の検査が可能となる。本事例では、電子基板の部品有無や樹脂表面外観(傷、凹み、バリ等)の検査を1ポイントあたり0.3sの速度で実現した。



図9 電子制御ユニット



図10 撮影例 (基板背面)

#### 4.4 通し穴、ねじ穴内部検査

通し穴やねじ穴内部のバリ、切粉残りの検査の自動化要求も多い。i-WRIST®のピボット動作を活用すれば、i-WRIST®と直動アクチュエータが連動し、基準点とカメラのワーキングディスタンスを維持した状態で角度変更できる。この動作を利用すると、図11に示す撮像が可能となり、穴の内径面一周の検査を簡単に行うことができる。



図 11 ピポット動作

## 5. i-WRIST® の適用範囲拡大への取り組み

i-WRIST® を市場展開する中で、i-WRIST® の高速動作以外にも、従来のロボットの課題である特異点に対する優位性を評価いただくようになった。同時に、従来のロボットと同様の可搬質量の要望が多数出てきたため、対処方法を検討した。

これまで、i-WRIST® の高速動作を活かすため、最大搭載質量を 1 kg に制限していたが、搭載質量に合わせて制御方法を最適化するモードを整備し、最大可搬質量を 3 kg に拡張した新グレードを開発した。その結果、外観検査用途では、大型照明や複数の照明を i-WRIST® に搭載できるようになった。大型照明を使用すると、1 回の撮像エリアを広くとることができ、検査ポイント数の削減によるタクトタイム短縮に繋がる。また、複数照明を使用すると、検査対象への照明の当て方のバリエーションが増えるため、判別が難しい検査対象への対応が可能となる。

外観検査用途のほかにも、エンドエフェクタに加工荷重が作用するバリ取り加工や、エンドエフェクタの質量が大きい溶接加工などへの適用が可能となる。

## 6. まとめ

本稿では、i-WRIST® の強みである高速な角度制御を活用した外観検査事例を紹介した。i-WRIST® を適用することにより、自動化が難しい目視検査の置換えと従来のロボットでは達成できないタクトタイムを実現した。

今後、労働人口の減少に伴い、バリ取り加工や組立など、人手で行われている複雑な作業の自動化需要がさらに拡大する。今回紹介した i-WRIST® は、人手のなめらかな動きと作業スピードで、人手作業の自動化を実現できるロボティクス・モジュール商品である。継続した性能向上と適用事例の創出により、生産現場の自動化や効率化、品

質の安定化に貢献していく。

## 参 考 文 献

- 1) 曾根啓助, 磯部浩, 山田耕嗣, 高角アクティブリンク装置, NTN TECHNICAL REVIEW, No.71 (2003) 70-73.
- 2) 磯部浩, 西尾幸宏, パラレルリンク型高速角度制御装置, NTN TECHNICAL REVIEW, No.80 (2012) 42-47.
- 3) 磯部浩, 西尾幸宏, 曾根啓助, 山田裕之, 藤川芳夫, パラレルリンク型高速角度制御装置, 2013 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, (2013) 809-810.
- 4) 磯部浩, 西尾幸宏, 坂田清悟, 小長井直哉, 山田裕之, 藤川芳夫, パラレルリンク型高速角度制御装置-グリース塗布への応用-, 2014 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, (2014) 1087-1088.
- 5) 小長井直哉, 磯部浩, 坂田清悟, 野瀬賢蔵, 山田裕之, 藤川芳夫, パラレルリンク型高速角度制御装置, 2015 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, (2015) 605-606.
- 6) 野瀬賢蔵, 磯部浩, 坂田清悟, 丸井直樹, 小長井直哉, パラレルリンク型高速角度制御装置-改良による性能向上-, 2016 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, (2016) 483-484.
- 7) 野瀬賢蔵, 磯部浩, 坂田清悟, パラレルリンク型高速角度制御装置の高速化, NTN TECHNICAL REVIEW, No.84 (2016) 96-101.
- 8) 数野恵介, 磯部浩, 御堂前純, 志村祐紀, 小原正行, 手首関節モジュール『i-WRIST®』の開発, NTN TECHNICAL REVIEW, No.86 (2018) 22-27.
- 9) 数野恵介, 磯部浩, 利見昌紀, 御堂前純, 志村祐紀, 坂田清悟, 西尾幸宏, 丸井直樹, “手首関節モジュール『i-WRIST®』の適用事例と機能向上”, NTN TECHNICAL REVIEW, No.88 (2020) 105-110.

執筆者近影



田中 弓弦

産業機械事業本部  
ロボティクス・  
センシング技術部