

鍛造工場でのピッキングシステムの変遷と目指す姿

堀部 満大*

高島 渉太**

1. はじめに

製造業の代表的な工程の一つにバラバラに積まれた（以下、バラ積み）品物を取り出す作業がある。この作業は取り出す品物の形や位置が定まっていないことが多いため、多くは人の手作業に頼っている。

当社でもバラ積みされたワークを1つずつ取り出す工程が多く、重い製品を無理な姿勢で取り出すなど重筋作業の温床となっている。（図1）

昨今の高齢化や人口減少が加速している中、当社としても安定して事業継続していくために作業環境を整え付加価値の高い作業を作業者に担ってもらい、付加価値のない作業は自動化していくことが急務である。そこでこの作業を自動化するために、ピッキングシステムを当社も開発・導入してきた。

本稿では、これまで当社で導入したピッキングシステムと、直近の新たな課題に対して取り組んだ事例を紹介する。

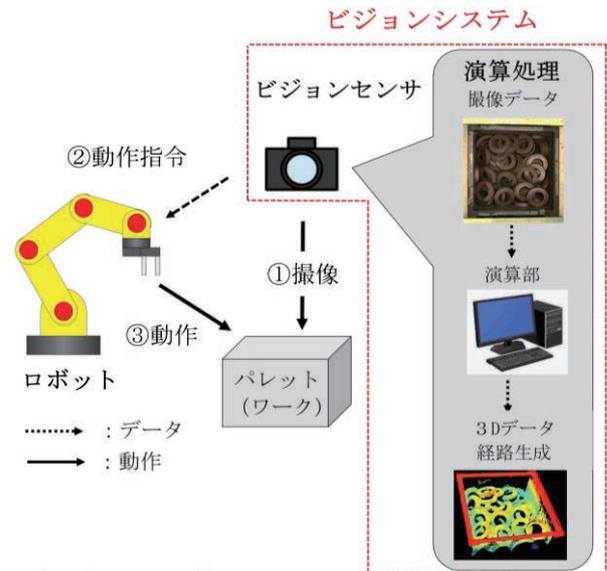


図1 リング鍛造品取出し作業

2. ピッキングシステムの概要

「ピッキングシステム」とは、パレット等に収容されているワークを自動で取り出すシステムである。図2にピッキングシステムの構成図を示す。

ピッキングシステムは「ビジョンシステム」と「ロボット」で構成され「ビジョンシステム」は、パレット上方にカメラやセンサを取り付け、パレット内のワークを計測し、そのデータからワークの位置や姿勢に最適な取り出し経路を生成し、その経路を使ってロボットによる取り出しを可能にする技術である。



【ビジョンセンサ】

カメラやセンサ等でワークやパレットの計測を行う

【演算処理】

ビジョンセンサで計測したデータからワークを検出し、優先順位を付け、ピッキングするワークを決定する
またワークまでのロボットの経路を生成してロボットに送る

【ロボット】

演算処理で生成した取出し経路を受け取り、その経路に合わせてワークを取出し、ワークを指定場所まで搬送する

図2 ピッキングシステム構成図

当社は工程間の運搬にパレットを使用するため、このシステムは、工場全体の自動化に向けた重要な技術の1つである。

3. 世の中の変遷・当社の変遷

図3にピッキングシステムの市場動向と当社鍛造工場の対応の変遷を示す。

ロボットを使用したピッキングシステムは1970年代に登場した。初期のピッキングシステムはビジョンシステムを持たず、決められた位置にあるワークを決められた位置に運ぶ、いわゆるロボットティーチングによるピッキングシステムが主流であった。当社でもプレス間のワーク搬送や整列パレットに収容された切断材などをマグネットハンドで取り出すピッキングシステムは多くの生産ラインに導入し始めた。

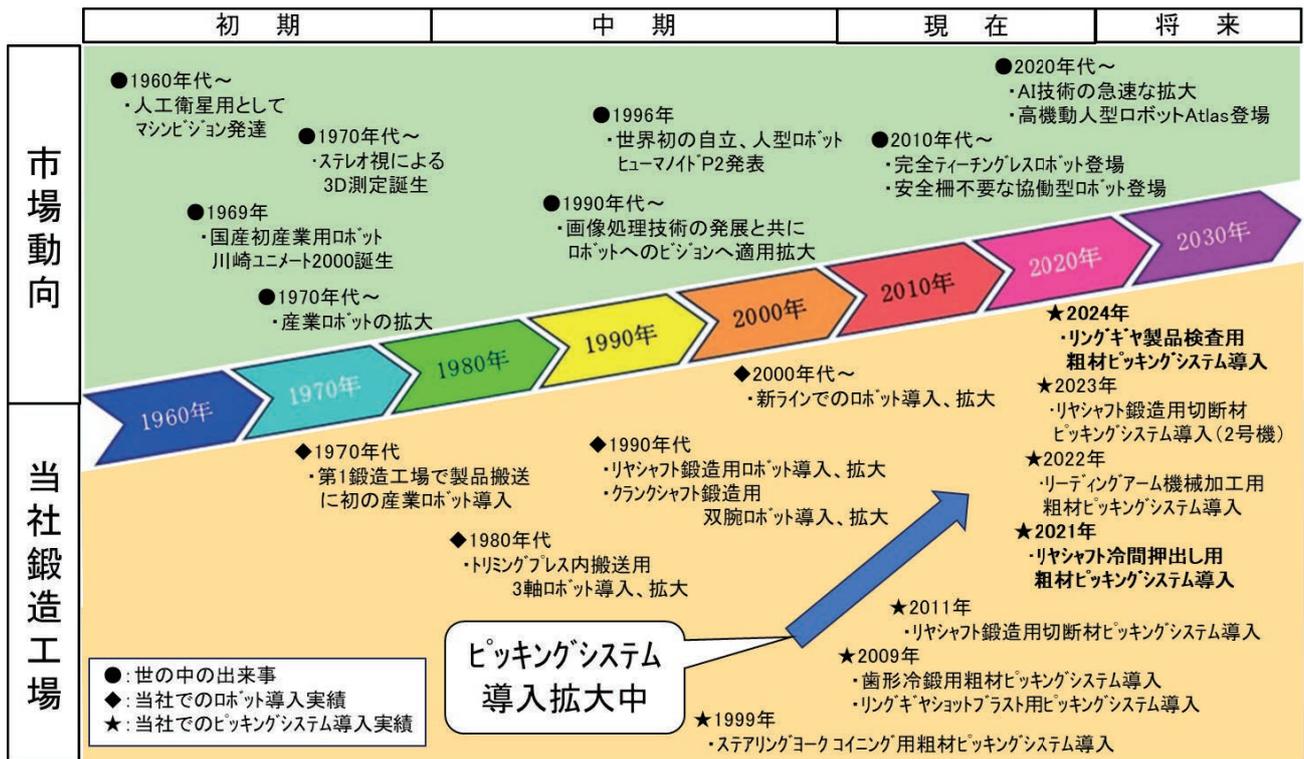


図3 市場動向と当社の変遷年表

1990年代～2000年代には、マシンビジョンや画像処理技術向上に伴いカメラや3D測定センサ等を使用したピッキングシステムが登場した。この中期のピッキングシステムはコンベアやパレット内のワークを認識し、認識した位置でワークの取出しができた。一方で複雑な計算には耐えられず、概ね整列させた(以下 準整列)ワークを取り出すものが主流であった。当社でも準整列されたワークの位置を認識して取り出しさせるピッキングシステム導入が進んだ。

その後現在では、より高性能なマシンビジョンを利用したピッキングシステムになっている。カメラ等で計測したデータから演算部がワークまでのロボットの経路を生成しワークを取り出すビジョンシステムが主流であり、バラ積みワークも安定して可能で、その取り出し動作はほぼティーチレスである。

当社でも昨今はこのタイプのピッキングシステムを導入している。しかし、複雑な動作が可能一方で品種に合わせた最適化は不可欠である。そこで、次章にて直近導入した2事例について、具体的な取り組みを紹介する。

4. 当社の具体的な取り組み

4. 1 リヤアクスルシャフトピッキングシステム

4. 1. 1 製品紹介

リヤアクスルシャフト(以下、リヤシャフト)とは図4に示すように自動車の後輪の駆動軸を指す。リヤシャフトはエンジンの駆動力を後輪に伝えるとともに車両重量を支える重要保安部品である。当社においては月産27万本、当社鍛造品全体の11%を占めており、国内鍛造品事業の主力部品の一つである。

形状はシャフト形状で片側にフランジがついている。全長は400mm～600mmで、重量は4kg～12kgと大物長尺部品に相当する。

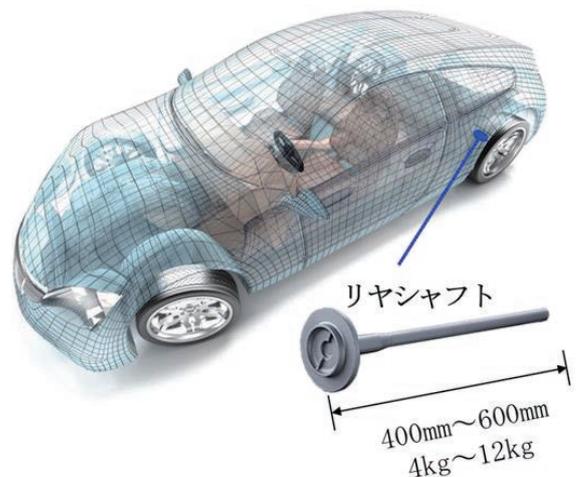


図4 リヤシャフト

4. 1. 2. 導入の目的と目標設定

リヤシャフトの取り出し作業は、高重量のため非常に過酷で安全面からも以前から自動化のニーズが高い。これまで何度かトライを行ってきたが、パレット内にワークの取り残しが多発し実用化に届かなかった。荷姿は図5のようにワークが絡み合っているため、ロボットハンド（以下、ハンド）を挿入できず取り出せない。これを解決するために課題を整理したところ、2つに絞り込むことができた。1つ目は絡み合うワークへの把持方法改善で、ワーク荷姿を正確に認識し、取出しに最適なワークを判別し、さらに最適な把持位置を演算させること。2つ目は隙間に入り込めるハンド設計で、パレット側面付近やワーク間など狭い隙間に干渉なくアプローチできるハンド形状の考案である。

今回、この課題解決に向けた開発を進め、リヤシャフトのピッキングシステムを実用化させた。



図5 荷姿

4. 1. 3 装置構成

図6にリヤシャフトのピッキングシステム装置構成を示す。

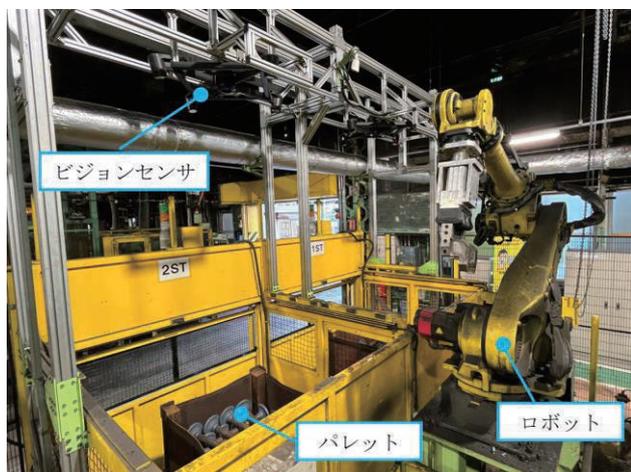


図6 リヤシャフトのピッキングシステム装置構成

ピッキングの流れは図7に示すように、初めにパレット上方にあるビジョンセンサでパレット内のワークを撮像し、ワークの荷姿や高さ情報を含む3Dデータを取得する。次に演算部が3Dデータとあらかじめ登録してあるワークモデルとのマッチングを行い、ワークを検出する。最後に演算部が3Dデータから得られた「重なり率」※1や「相関値」※2などからピッキングに最適なワークを判断し、干渉物（他ワークやパレット）を回避したロボットの取出し経路を生成し、生成された経路通りにロボットがワークを取出し、次工程に搬送する装置構成となっている。

※1：ワーク体積における他のワークが重なっている割合

※2：3Dデータとワークモデルの一致率



図7 ピッキングの流れ

4. 1. 4 課題に対する取り組み

(1) 把持位置の多パターン化

リヤシャフトは長い軸物であるためワーク同士が絡みあってしまう。特に把持位置を軸部の1点に固定してしまうと、把持位置に他のワークが重なっている場合、ロボットが把持出来ないことが多い。そこで軸部全体を把持位置として設定する「把持位置の多パターン化」を考案した。イメージを図8に示す。1本のワークに対しワーク重心をはじめとする把持位置を15か所設定し、15点の把持位置の中から、パレット内の荷姿などから最適な把持位置を走査する方法である。図9に把持位置1点の場合と把持位置15点の場合のシステム処理画面を示す。赤い丸が把持位置を示している。把持位置1点の場合、把持位置付近に他ワークが干渉しているが、考案した手法ではハンドのフィンガ部が入る隙間を15点抽出し、あらゆるロボットの姿勢を演算部でシミュレーションして干渉を起こさない最適な把持位置を高速に演算させている。これを採用することで、ロボットがワークを把持出来ない現象が90%以上改善された。

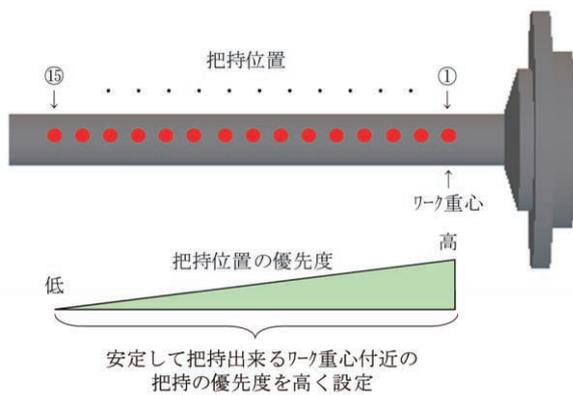


図8 把持位置の多パターン化

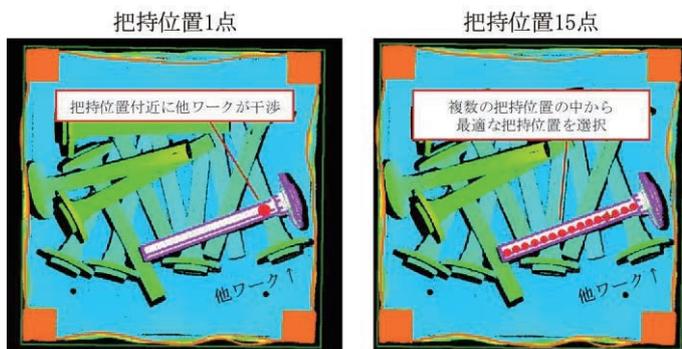


図9 ワーク把持位置

(2) ならし動作の追加

前項で述べた方式でもワーク同士の絡み方で把持できないと判断される場合もある。そこで図10のようにフランジ部を把持し、一度パレット内で置き直して、掴みやすくなった軸部を把持する「ならし動作」を追加した。フランジ部の把持は軸部を把持する場合と比較するとハンドの進入量が少なく掴みやすいため、リヤシャフトのような長尺部品が多く収容されているパレットからのピックアップに対して有効であることも実証した。



図10 フランジ把持

(3) 隙間に入り込むハンド設計

今回、リヤシャフトを把持するハンドは、重量物を把持する把持力とワークやパレットの隙間に入り込むコンパクトさの両立が求められる。この2つの要素を満足させるためにハンドを専用設計した。

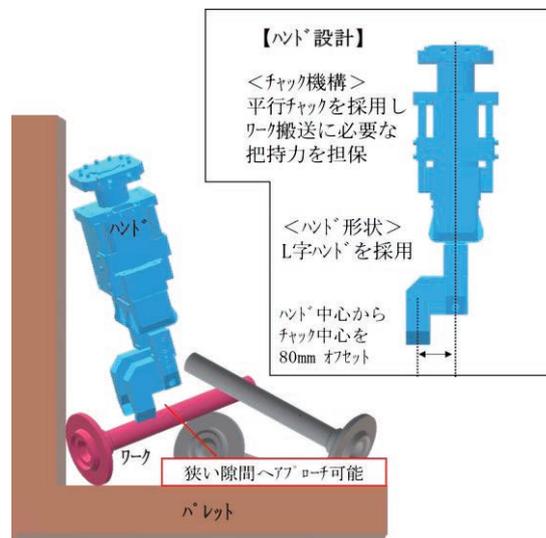


図11 専用設計したハンド

パレット側面付近やワーク間などの狭い隙間に入り込むためのハンド形状は3Dのハンドモデルを使用し、シミュレーションと実機トライの結果からハンド中心からワークを

掴むフィンガ部を80mmオフセットさせたL字ハンドが有効であることが判明した。またワーク重心からの距離が遠く、ハンドに掛かる負荷が大きいため軸先端を把持してもワークが搬送出来る把持位置を担保するため、チャック機構には平行チャック式ハンドを採用した。この結果、重量物を把持する把持力とワークやパレットの隙間に入り込むコンパクトさを両立したハンドを実現した。(図11)

4. 1. 5 効果

前項の取組によって絡み合うワークと隙間の狭いワークの取り出しが可能になり、量産ラインへの実用化が実現した。しかし、ビジョンセンサで撮像し、経路生成後にパレット内で動いたワークを認識出来ないという課題が生じた。改善案として2Dカメラを追加し、経路生成前後に2度撮像を行い、経路生成前後の2D画像を比較することで経路生成後に動いたワークを認識可能と考える。現在この改善案の実現に向けて検討を進めている最中である。

4. 2 ディファレンシャルリングギヤピッキングシステム

4. 2. 1 製品紹介

ディファレンシャルリングギヤ(以下、リングギヤ)は、エンジンからの動力を車輪に伝える部品で、自動車の内輪差を吸収する差動装置に使用される重要部品である(図12)。ハイブリッド車等の電動車にも必要とされ、自動車の生産量増加に伴い需要が拡大しており、当社鍛造品生産重量の23.2%を占める当社主力製品の1つである。

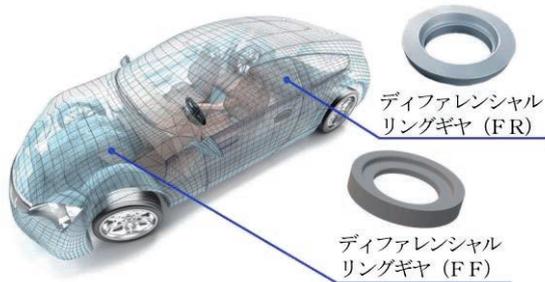


図12 部品紹介

4. 2. 2 導入の目的

リングギヤは全数目視検査を実施しており、図13のように1つつパレットから取り出し、検査、積み込みを行っている。しかし平均重量は約3.5kg~6kg/個あり、重筋作業であるため、この作業もリヤシャフト同様に以前から図14のような自動化のニーズが高かった。これに対し、今までピッキングシステムでは検査作業に追いつく速度でピ

ッキングが出来ないことや、製品形状によってはハンドで掴めないなどの課題があった。この課題を解決するには、ワーク位置検出と取り出し経路生成の高速化でサイクルタイムを確保し、形の異なる製品を取り残しなく安定してピッキングできる把持方法とハンド形状の実現が必要になる。

今回、この課題解決に向けた開発を進めたことで、リングギヤのピッキングシステムを実用化させた。

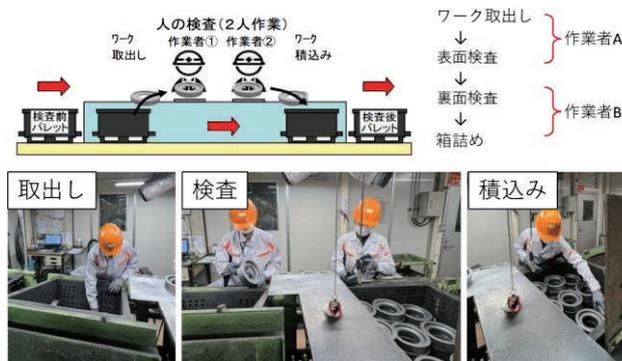


図13 全数検査工程

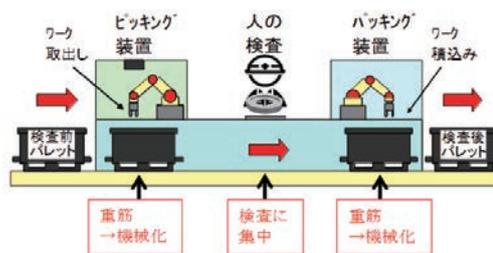


図14 ピッキングシステム導入後の検査場

4. 2. 3 装置構成

図15にリングギヤのピッキングシステム装置構成を示す。

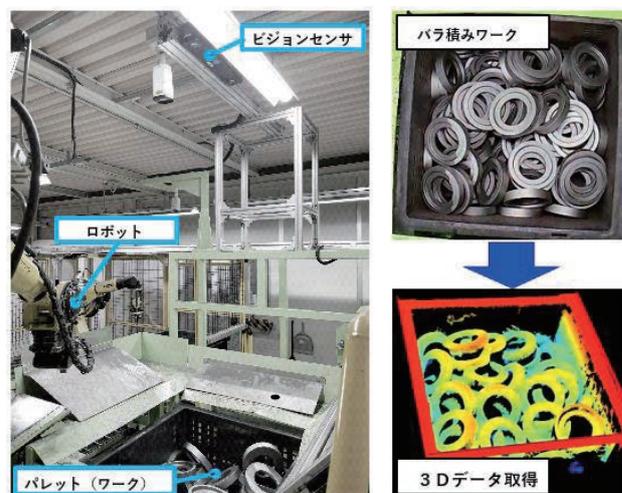


図15 リングギヤのピッキングシステム装置構成

ピッキングの流れは、リヤシャフトのピッキングシステムと同じで、パレット上方にあるカメラでパレット内のワークを計測して3Dデータを取得後、演算部が3Dデータとあらかじめ登録したワークモデルでマッチングを行い、ワークを検出する。最後に演算部がロボットの取り出し経路を生成し、生成された経路通りにロボットがワークを取り出し、次工程に搬送する構成になっている。

4. 2. 4 課題に対する取り組み

(1) 高速なピッキングの実現

4.2.2 節で紹介したように、このピッキングシステムでは検査作業に追いつく速度が必要である。現状の取り出し作業はサイクルタイム(以下、CT)が6.0秒/個以下のため、ピッキングシステムもこのCT以下とする必要がある。

そのために設備レイアウトをロボット動作が最適になるようCAEを活用しながら設計した。さらにワーク検出手法も改善した。図16に計測からロボット動作点生成までの模式図を示す。ポイントは④の工程で、事前に2D画像で走査しピッキングしやすいワークを抽出することで、3Dデータでの姿勢検出するワークを減らし、演算負荷を軽減させた。その結果、①～⑦までの工程を2.4秒で完了させることに成功し、ロボットの動作含めて6.0秒以下での搬送が可能となった。



図16 計測からロボット動作点生成までの模式図

(2) 形の異なる製品への対応

リングギヤの検査ラインではFFリングギヤとFRリングギヤの2品種が仕掛かっており、同一品種内でも寸法サイズは様々である。これに対応するためハンド形状の検討を繰り返し、図17のようなシンプルかつコンパクトな構造で、複数の把持方法を選択できる方式を考案した。

これを採用したことで、様々な製品サイズ、形状に対し、ロボットがつかみやすい箇所を選択できるようになり、ミスクランプや取り残しが大幅に減少した。

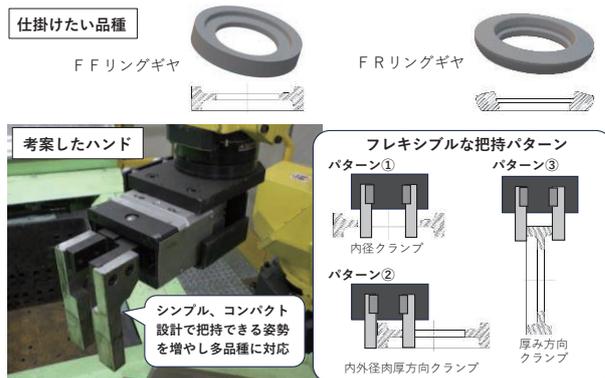


図17 考案したハンドとフレキシブルな把持パターン

4. 2. 5 効果

サイクルタイムは目標である6.0秒/個を達成した。しかし、パレット内の取り残しは発生している。この原因を調査した結果、取り残しはパレット縁に立っているワークを認識出来ないケースがあることが判明した。これは縁に立っているワークを正しく計測できていないことが原因であったため、今後、ビジョン精度向上によりこの課題解決に取り組む。

5. 活動のまとめと目指す姿への課題

当社は、作業環境を整え、作業にはより付加価値の高い作業をしてもらうため、ハンドリングのような作業の自動化に向けピッキングシステムの開発・導入を積極的進めてきた。昨今の高性能のビジョンシステムを活用し、これまで難しかった長尺部品のピッキングや、高速なピッキングの実現に向け挑戦を続け、「最適な把持位置の演算」「掴み直し」「データ削減による演算負荷軽減」の各技術を開発し、一部課題は残っているものの、いずれも実用化させた。

今後の私たちの目指す姿として、汎用性の高いシンプルでスリムな製造ラインの構築がある。これを実現するためには、ワーク形状や荷姿によらない汎用性の高いピッキングシステムの開発や、協働ロボットを利用した人とロボットを区切る安全柵を可能な限り無くしたライン設計が必要である。この目指す姿の実現に向けて、技術開発を進めていかなければならない。

6. おわりに

昨今、市場では人とロボットがそれぞれの得意なところを活かした設備設計が増えている。この潮流は当社も同じであり、進むべき方向であると考えている。

その中でピッキングシステムは必須の技術であるため、

これまでに蓄積した技術を昇華させ、さらに、ベンチマークにより最新技術を織り込むことで、ムリ、ムダ、ムラの無い製造ラインを実現し、作業者に優しく魅力的で高い競争力確保に向け、今後も開発を進めて行く。