

平成29年度  
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業  
戦略的基盤技術高度化支援事業

「小型集積モジュール型電子部品の実装歩留まりを高め、生産性を向上  
させるための、高精度移載を実現するハンドラーシステムの開発」

研究開発成果等報告書

平成30年5月

担 当 局                   九州経済産業局  
補助事業者               一般財団法人 九州産業技術センター

# 目 次

## 第1章 研究開発の概要

- 1. 1 研究開発の背景・研究目的及び目標 1
- 1. 2 研究体制 2
  - 1. 2. 1 実施体制
  - 1. 2. 2 研究者等氏名
  - 1. 2. 3 協力者及び指導・協力事項  
(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)
- 1. 3 成果概要 5
- 1. 4 当該研究開発の連絡窓口 7

## 第2章 本論

- 2. 1 基本設備構成ユニットの開発 8
  - 2. 1. 1 円周上にノズルを配置した高精度な移載ユニットの開発
  - 2. 1. 2 移載ユニットの高速移動軸の開発
  - 2. 1. 3 部品供給ステージ及び部品排出ステージの開発
  - 2. 1. 4 設備制御ユニットの開発
- 2. 2 基本ハンドラーシステムの開発 10
  - 2. 2. 1 全体構成とシステムの開発
  - 2. 2. 2 基本設備仕様に対する評価、検証
- 2. 3 顧客要求に沿ったアプリケーションユニットの開発 11
  - 2. 3. 1 各周辺アプリケーションユニットの開発
  - 2. 3. 2 各ユニット仕様に対する評価、検証

## 第3章 全体総括

- 3. 1 研究開発成果まとめ 13
- 3. 2 研究開発後の課題 13
- 3. 3 事業化展開について 13

# 第1章 研究開発の概要

## 1.1 開発の背景・研究目的及び目標

一般電子部品の市場において、セラミックコンデンサーやフィルタ、発振子などの汎用製品群は厳しい価格競争にさらされているため、製品単価が高く高付加価値製品として市場拡大が予測されている機能モジュール製品へのシフトが急がれる。

これら小型化、高機能化、高付加価値化が進んでいる機能モジュール製品の生産効率向上が大手電子部品メーカーにとって焦眉の急となっている。

川下企業の製造現場では工程毎の部品の受渡し時に発生するムダが問題となっており、ムダを無くし、『移載品質の向上』と『生産性の向上』に資する国産のハンドラーマシンの開発に期待が寄せられている。

機能モジュール製品の品質と生産性を向上させるためには、高品質なハンドラーシステム(部品受渡しを行う工程全般)を実現する高速高精度なハンドラーマシンが必要である。

本研究では、従来設備の主力であるインデックス型やワンバイワン型とは異なる小型軽量の多ノズルを有する円筒型移載ユニット及び、部品供給排出軸と直行した軸を持つ、高速高精度で稼働する装置を開発し、従来比150%の生産性と10倍の品質向上を実現する。また、本装置には、SMT電子部品実装で培った高精度な部品吸着と収納動作機能を搭載し、高品質な部品移載性能も実現する。

### 【生産性と品質の目標値】

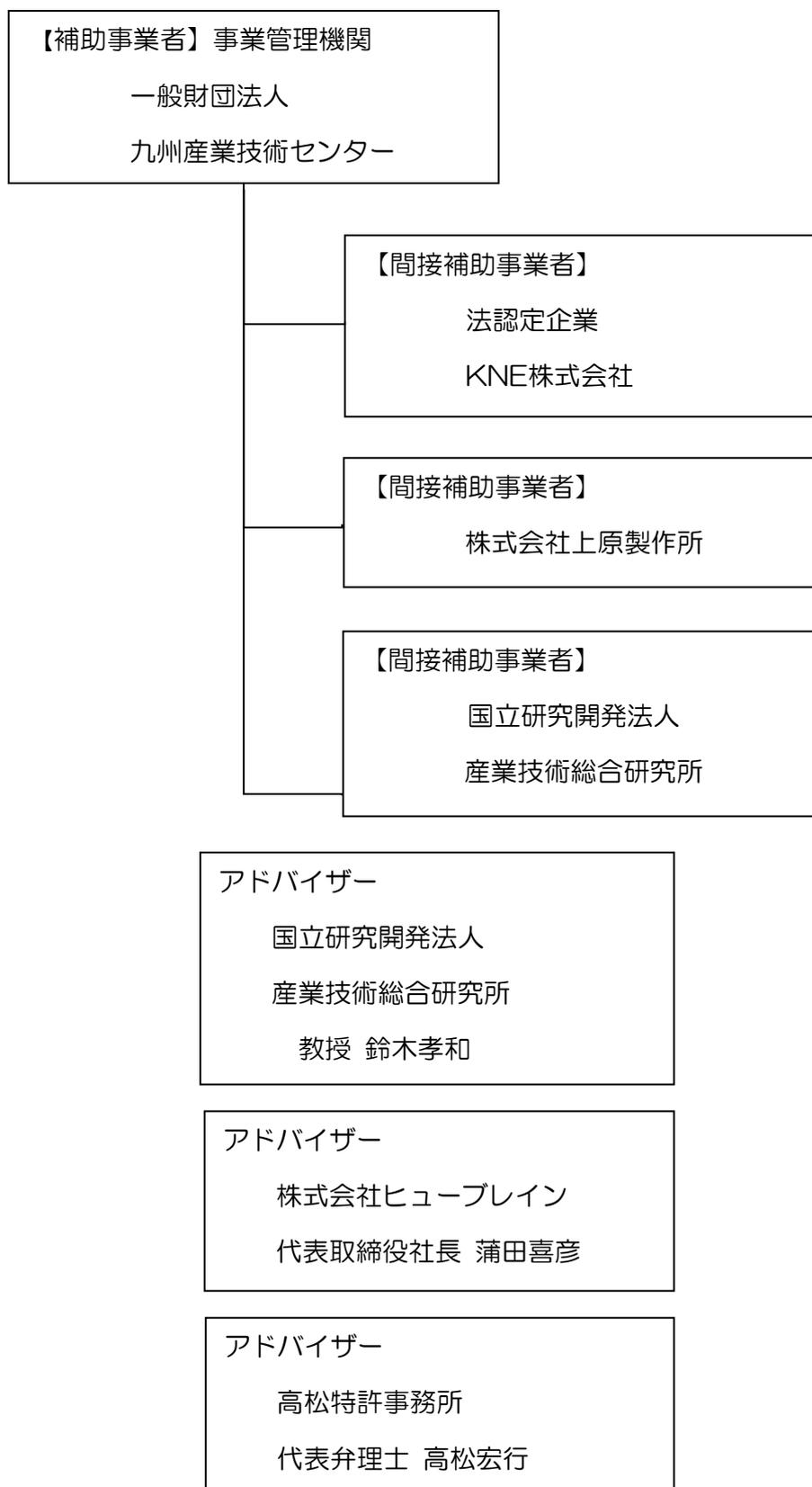
実効生産性 : 12,000 UPH(個/時間) [従来: 8,000 UPH(個/時間)]

移載品質(移載不良率) : 0.1% 以下 [従来: 1%]

本設備により、国内大手部品メーカーの製造工程の課題を解決できるとともに、製造工程のさらなる改善を加速させ、日本電子部品産業の競争力維持拡大に貢献できる。

## 1.2 研究体制

### 1.2.1 実施体制



## 1. 2. 2 管理員、研究員及び補助員氏名

### 【補助事業者】

一般財団法人 九州産業技術センター(事業管理機関)

#### 管理員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
山中 敦嘉	技術振興部長	事業管理
酒井 滋彦	技術振興部 部長	事業管理(主担当)
米田 毅彦	技術振興部 次長	事業管理(副担当)
杉本 大貴	技術振興部	事業管理(副担当)
小屋町 智代美	技術振興部 課長代理	事業管理
中村 祐子	技術振興部 課長代理	事業管理
住吉 智子	技術振興部 課長代理	事業管理

#### 補助員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
補助員A	技術振興部 臨時職員	事業管理
補助員B	技術振興部 臨時職員	事業管理

### 【間接補助事業者】

KNE株式会社(研究等実施機関)

#### 研究員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
永尾 和英	代表取締役社長 (PL)	2.1.1、2.1.2、2.1.3、2.1.4、 2.2.1、2.2.2、2.3.1、2.3.2
小宮 隆宏	機構開発グループ グループマネージャー	2.1.1、2.1.2、2.1.3、2.1.4、 2.2.1、2.2.2、2.3.1、2.3.2
北田 進	機構開発グループ 主幹技師	2.1.1、2.1.2、2.3.1、2.3.2
西村 清盛	機構開発グループ 主幹技師	2.1.2、2.1.3、2.3.1、2.3.2
瀬瀬 尚人	機構開発グループ 主幹技師	2.1.2、2.1.3、2.2.2、2.3.1、 2.3.2
石松 顕	制御開発グループ グループマネージャー	2.1.4、2.2.1、2.2.2、2.3.1、 2.3.2
石山 健二	制御開発グループ 主幹技師	2.1.4、2.3.1、2.3.2
竹下 和浩	制御開発グループ 主席技師	2.2.1、2.2.2、2.3.1、2.3.2
南阪 和吉	技術評価グループ グループマネージャー	2.2.1、2.2.2、2.3.1、2.3.2

管理員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
森田 健	総務グループ グループマネージャー	2.1.1、2.1.2、2.1.3、2.1.4、 2.2.1、2.2.2、2.3.1、2.3.2

国立研究開発法人 産業技術総合研究所(研究等実施機関)

研究員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
田原 竜夫	製造技術研究部門 センサシステム技術研究グループ 研究グループ長 (SL)	2.2.2、2.3.2
笠嶋 悠司	製造技術研究部門 センサシステム技術研究グループ 主任研究員	2.2.2、2.3.2

補助員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
補助員A	製造技術研究部門 センサシステム技術研究グループ 契約職員	2.2.2、2.3.2

株式会社 上原製作所(研究等実施機関)

研究員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
上原 英吉	代表取締役	2.1.1
菜田 貴文	製造部 工場長	2.1.1
永藤 洋平	製造部 課長	2.1.1
壁總 良	製造部 班長	2.1.1
荒木 朋成	製造部 部長	2.1.1

1. 2. 3 協力者及び指導・協力事項

アドバイザー氏名	所属／主な指導・協力事項
鈴木 孝和	国立研究開発法人産業技術総合研究所イノベーション推進 本部／研究テーマ全般における助言
蒲田 喜彦	株式会社ヒューブレイン代表取締役／顧客ニーズ把握及び 設備仕様に関する助言
高松 宏行	高松特許事務所代表弁理士／知財戦略立案における 助言

### 1.3 成果概要

#### 【1】 基本設備構成ユニットの開発

本設備を構成する4つの基幹ユニット(移載ユニット、X軸ユニット、供給・排出軸、制御ユニット)の設計、製作とユニット機能評価を完了し、全ての目標値を達成した

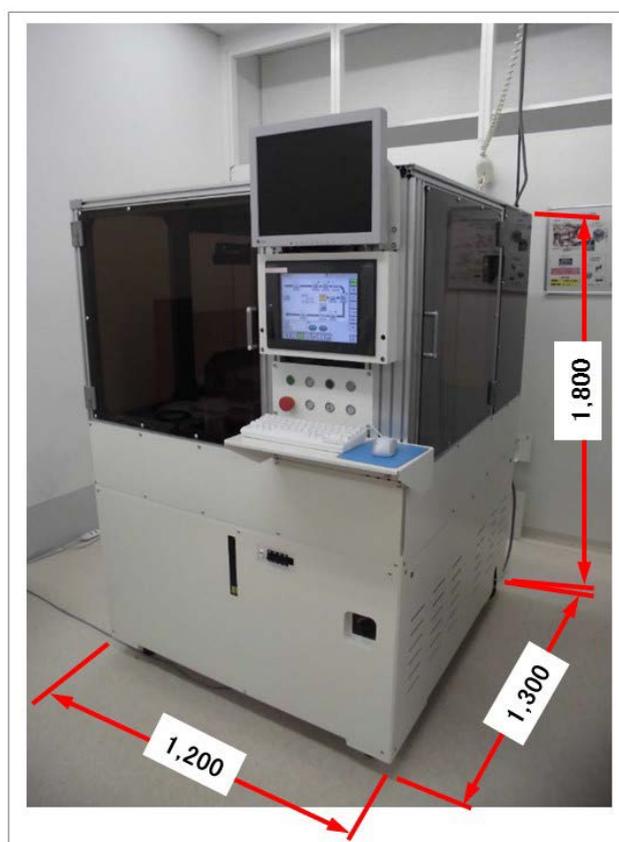
とりわけ、本設備の高生産性や高移載品質を実現するための最重要ユニットである移載ユニットの開発は以下の技術により実現した。

- ① 部品実装機開発の設計ノウハウによる小型・軽量化設計技術
- ② 必要な機能の大半が集約しているバレルの精度加工技術

X軸ユニット、供給・排出軸、制御ユニットの開発においては、最適なユニットレイアウト検討と少スペース設計を推進し、各軸のタイミングを高速で同期する技術と停止時の残留振動を抑制する制振制御技術により実現した。

#### 【2】 基本ハンドラーシステムの開発

装置を構成するハードウェアと装置各部の動作をコントロールするソフトウェアをシステムとして完成し、基本設備仕様に対する評価、検証を継続する中で、システム完成度を高めた。



具体的には、高精度ハンドラーシステムとしての製品規格を作成し、目標とする精度、品質、生産性などについて達成度を評価した。1 回目の評価で目標値を達成できなかった項目に対しては、改善設計による設備改造を実施し、最終的には全133項目の目標値を達成した。

### **【3】 顧客要求に沿ったアプリケーションユニットの開発**

初年度の活動の中で顧客要求を調査し、必要なアプリケーションユニットを確認した。

調査結果に基づき、ノズル交換ユニット、高さセンサーユニット、側面検査ユニット、収納後検査ユニットの4つの追加機能ユニットと部品供給形態の拡張としてエキスパンダユニットの開発、及びノズルユニットの内製化を完了した。

#### 1.4 当該研究開発の連絡窓口

##### 【事業管理機関】

一般財団法人 九州産業技術センター 技術振興部

部長 酒井 滋彦

〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目13番24号

TEL 092-411-7394 FAX 092-472-6688

e-mail sakai@kitec.or.jp

##### 【法認定機関】

KNE株式会社

代表取締役社長 永尾 和英

〒812-0024 福岡県福岡市博多区綱場町9番20号 長府博多ビジネスセンタービル 4F

TEL 092-260-7009 FAX 092-260-7019

e-mail k.nagao@kne-hakata.com

## 第2章 本論

本章では、本事業で行った開発の内容および結果について述べる。

### 2.1 基本設備構成ユニットの開発

#### 2.1.1 円周上にノズルを配置した高精度な移載ユニットの開発

複数のノズルをロータリー配置した構成で、従来型と比較して以下の優位性をもつユニットを開発した。

- 1). ノズル本数が多く、1回の移動でより多くの部品移載が可能
- 2). 小型軽量化を実現できるため、本ユニットを搭載する移動軸の高速化が可能

本ユニットは、以下の6つの主要部により構成した。

- ① 複数スピンドルとスピンドル先端に取付くノズル
- ② スピンドルを円周上に保持して高速回転するバレル
- ③ バレルを保持するフレーム
- ④ バレル回転、ノズル上下動作、ノズル自転の駆動部
- ⑤ ノズル先端に部品を吸着するための真空切替機構
- ⑥ 各軸の動作を同期制御するコントロールユニット

スピンドル及びノズル内部にはエア管路が貫通しており、ノズル上下動作に連動した真空切替によって部品吸着と切り離しを行う構造とした。

バレルは、一方向に高速インデックス回転しながら各ノズルを順次所定位置に位置決めする役割を持つ。

設備目標仕様を達成するためには、50ms間隔でのノズル切り替えと動作指令完了後10ms以内にノズル先端の振動幅を10 $\mu$ m以下に抑える位置決め精度が必要である。

駆動部は、バレル回転軸、ノズル上下軸、ノズル自転軸を単独に駆動し、かつ全軸の動作を同期制御する。

ノズル上下軸は、特定位置の1本のみを上下させる機構とし、またノズル自転軸は、回転伝達機構を用いて全ノズルを同時回転させる構造とした。

真空切替機構は、各軸の動作と連動してノズル先端の真空を高速でオン／オフさせる必要があるが、バレル内部に各スピンドルに直結するエア回路を形成することによって高速応答性を実現した。

以下に示す2つの高度な要素技術により移載ユニットを開発することが出来た。

1). 移載ユニットに必要な機能の大半がバレル内部に集約されており、バレルの高精度加工と品質確保が最重要である。具体的には、複数のスピンドルを保持する穴の中心位置ズレを10  $\mu\text{m}$  以下の位置精度、同軸度で加工し、同時に $\Phi 1.9\text{mm}$  以下の複雑なエア回路を高精度加工技術により実現することが出来た。

2). 各軸のタイミングを高速で同期制御し、停止時の残留振動を抑制する制振制御技術

バレル回転軸、ノズル上下軸、ノズル自転軸は、高速で同期し、高精度で位置決めされなければならない。他軸の動作を監視しながら動作する同期制御技術とノズル先端の振動を10  $\mu\text{m}$  以下に抑える制振制御技術により実現することが出来た。

### 2. 1. 2 移載ユニットの高速移動軸の開発

移載ユニットの高速移動軸は、ベースフレーム上に門型に配置した。(以降本ユニットを X 軸と呼ぶ)。部品位置認識カメラと前述の移載ユニットを搭載し、部品を供給ステージから排出ステージへ移載するためのユニットである。

カメラと移載ユニットは同軸上に配置され単独で移動できることが必要で、かつ高速・高精度位置決めが必要なため、同軸上に2個の可動子を持つリニアモーターを採用して、小スペース化と同軸上の2軸独立駆動を実現することが出来た。

移載ユニットの軸移動は、バレル回転軸、ノズル上下軸、ノズル自転軸と連動する必要があるため、かつ50ms間隔で連続して行われなければならないため、他軸の動作を監視しながら動作する同期制御技術により実現することが出来た。

### 2. 1. 3 部品供給ステージ及び部品排出ステージの開発

部品供給ステージと部品排出ステージも、ベースフレーム上に配置した。

部品供給ステージは、部品を載せたトレイを X 軸ユニット直下まで搬送するユニットであり、部品搬出ステージは、部品を載せたトレイを X 軸ユニット直下から搬出部まで搬送するユニットである。供給ステージ、排出ステージともに部品の吸着動作や移載動作に合わせて移載ユニットの軸移動と平面上で直角方向の微小移動を繰り返す。かつ、前述のバレル回転軸、ノズル上下軸、ノズル自転軸とも連動する必要があるため、他軸の動作を監視しながら動作する同期制御技術により実現出来た。

供給ステージと排出ステージは、ステージ上に取付けるトレイの仕様が顧客により異なるケースが多く、顧客仕様に応じて多様なトレイに対応するための専用設計を可能とする構造とした。

#### 2.1.4 設備制御ユニットの開発

制御ユニットは、CPU ユニット、モーションコントロールユニット、認識処理ユニット、安全回路で構成した。CPU ユニットは、同時に複数の処理を可能とするリアルタイムなオペレーションシステム(OS)が必要である。そのため C 言語コントローラーにリアルタイム OS を導入することで、高速高精度なシステム制御を実現した。軸の制振制御が可能な高機能モーションコントロールユニットを採用し、省スペース化と高精度な位置決めシステムと複数軸の同期制御を実現した。

また、開閉カバー部にはロック付カバースイッチを配置し、作業者の安全を確保するシステムとした。

部品位置認識カメラと移載ユニットとの連携動作による部品センタリング吸着機能を実現するために、部品供給ステージ上の部品位置を広視野で一括認識し、各部品の位置を読み込むことが必要である。そのために、X 軸上に配置された位置認識カメラとその認識システムを開発し、これを実現することが出来た。

### 2.2 基本ハンドラーシステムの開発

#### 2.2.1 全体構成とシステムの開発

設備全体レイアウトは、ベースフレーム上に部品供給ステージと部品排出ステージを平行に設置し、両軸をまたぐように門型の X 軸を設けた。本 X 軸上には、部品移載ユニットと部品位置認識カメラユニットが、それぞれ独立して X 軸上を可動できる構成とした。

部品の流れから各ユニット動作を説明する。供給ステージ上に部品が載ったトレイを供給すると、トレイは X 軸直下まで移動し、位置認識カメラユニットによって部品の置かれた位置を認識する。部品位置に移動してきた移載ユニットにより部品は吸着され、搬出ステージ上に設置したトレイのポケット内に全部品を収納する。トレイが満杯になるとは搬出ステージは装置排出側へ移動し、トレイを次工程へ排出する。

上記工程の繰り返しにより、高速でトレイに詰め替えることを可能とした。

移載システムは、高速かつ正確に部品に傷を付けずに(品質維持)トレイへの収納を行う必

要があり、対象部品の位置および収納位置への移動など移載動作の X 軸、部品供給ステージ軸、ノズル上下軸、部品排出ステージ軸の各動作は同時に行い、最適最短な速度でこれを実現した。

#### ◇部品吸着プロセスの実現における機能と説明(移載品質向上施策①)

吸着時にノズルと部品が衝突する事で部品の破損または傷をつけることがある。この対策として、吸着時に部品に荷重が加わらない様にするために、ノズル先端と部品間に微小なスキマを設けて部品を押し込まないようにする。

#### ◇部品収納プロセスの実現における機能と説明(移載品質向上施策②)

収納時に部品とトレイポケット底面が衝突する事で部品の破損または傷をつけることがある。この対策として、収納時にノズルで部品を押し込まないようにする。ポケットの2/3程度の高さ(深さ)まで収納後、部品を切り離す。

以上のノズル上下動作をコントロールすることで、部品吸着面のキズ発生を防止し、移載品質の確保を実現出来た。

## 2. 2. 2 基本設備仕様に対する評価、検証

高精度ハンドラーシステムとしての製品規格を作成し、目標とする精度、品質、生産性について規格に対する達成度を評価した。更に製品規格評価後に高機能部品のサンプルを使った移載テストによる品質検証を実施した。具体的には金メッキを施された評価用部品を製作し移載テストを実施した。産総研 九州センターにおいて解析技術により、部品についてのキズの良否を分析出来た。表面状態が金メッキである場合、垂直加重が、300グラム以下であればキズは付かず、水平方向に引っ掻くような場合は加重にかかわらずキズが付くことが判明した。実際の移載の場合は、垂直加重のみが働くため、本移載プロセスにおいては、金メッキのような非常に柔らかい表面状態の部品においてもキズが付かないことが立証された。

## 2. 3 顧客要求に沿ったアプリケーションユニットの開発

### 2. 3. 1 各周辺アプリケーションユニットの開発

顧客ニーズに合った追加機能ユニット(高さセンサー、ノズル交換ユニット、エキスパンダユニット、側面検査ユニット、収納後検査ユニット、改善版のノズルユニット)を開発することが出来た。

高さセンサーは、移載ユニットと同様に X 軸上を可動出来る構成とし、部品供給ステージ上

のトレイやウエハの上面高さや部品排出ステージ上のトレイ等の高さを測定できる。測定された箇所から演算処理をした高さに合わせて移載ユニットのノズル高さを制御することが出来た。

ノズル交換ユニットは、部品供給ステージ端に配置されており、自動で移載ユニットの各ノズルを交換出来る機能である。これにより、機種変更時に部品毎に適合したノズルへの交換が自動で行えることを実現した。

エキスパンダーユニットは、ブルーシート上の部品に一定のテンションをかけて、各部品間の隙間を作ることで、部品のピックアップを可能とすることが出来る。本ユニットは、部品供給ステージ上に配置を可能とした。

側面検査ユニットは、吸着された部品の側面の画像を取り込むことを可能とした。これにより部品の側面を検査することも可能となった。

収納後検査ユニットは、排出ステージ上部にカメラを配置する。これにより収納されたトレイ内の部品の姿勢を検査することが可能となった。

改善版のノズルユニットは、当初市販品のノズルを購入していたが、高価であり納入時間が長くお客様の希望納期に対応出来ないとの課題を解決するために、独自のノズルを開発し、提供可能とすることが出来た。これにより、ノズル価格の引き下げと一定納期で提供が可能となった。

### **2.3.2 各ユニット仕様に対する評価、検証**

設備の各ユニット設計仕様書の作成とこれに基づく性能評価の実施、及び設備諸元と基本性能を定めた製品規格書を作成し、試作機を用いて主要仕様の実機評価と検証を行い良好な結果を得ることが出来た。

## 第3章 全体総括

### 3.1 研究開発成果まとめ

本研究開発により、以下の成果が得られた。

#### 【1】基本設備構成ユニットの開発

4つの基幹ユニットの設計、製作と評価を完了し、全目標値を達成した。

(4つの基幹ユニット: 移載ユニット、X軸ユニット、供給・排出軸、制御ユニット)

移載ユニットの基幹部品であるバレルにおいて複雑で高精度な加工を実現出来た。

#### 【2】基本ハンドラーシステムの開発

全体構成とソフトウェアシステムの設計、製作、評価を完了した。

高精度位置決め、複数軸の同期制御などの全目標値を達成することが出来た。

移載品質向上のための部品センター吸着機能とノズル高さコントロール機能を実現出来た。

また金メッキ部品の移載テストを実施し、部品表面の傷が無いことを確認出来た。

その結果、生産性: 18,000個/時間、移載精度:  $\pm 50 \mu\text{m}$  (Cpk1.33)、不良率0.1%以下を実現することが出来た。

#### 【3】顧客要求に沿ったアプリケーションユニットの開発

6つの周辺ユニットと各ユニットの動作をコントロールするソフトウェアの設計、製作、評価を完了し、全目標値を達成することが出来た。

### 3.2 研究開発後の課題

本研究開発により、ハードウェアの部分については当初目標を達成し、製品化の目途が立っているが、ユーザー毎の部品のハンドリングテストを実施していく必要がある。試作機を用いたユーザーによる検証が不十分であることから、今後、“売れる商品”に仕上げるためには、試作機による部品ハンドリングテストを通じて設備の信頼性を確立し販売に向けての活動を推進していく。

### 3.3 事業化展開について

本研究開発によるハンドラーマシンを、国内大手部品メーカーへの販売説明を開始している。販売は、国内大手部品メーカーへの販売チャンネルがありかつ長年の業務関係を持っている(株)ヒューブレインが行う。販売後のサービスも、サービス体制が構築されている(株)ヒューブレインが行う。更に海外での販売とサービスは、(株)ヒューブレインと中国代理店として FA 関連の多くの顧客と業務関係を持つ SUNTEC社が行う。

製造体制については、福岡県の地場企業である(株)カシワと連携して、体制構築中である。

本研究で開発する電子部品の移載技術は、ハンドリング時の対象物への衝撃を最小限度に抑え、かつ高い生産性を実現できる。この技術は、LED製造での移載や食品業界や医療機器組立における移載に応用できる。これらの市場を調査し、事業展開の可能性を広げていく計画である。