

# 赤外線リモコンカーの 自動組立生産システムの開発

北陸職業能力開発大学校

国谷 滋  
永井 秀則  
今川 誠

Development of Auto-Assembling Production System for Infrared Rays Remote Controlled Car  
Shigeru KUNITANI, Hidenori NAGAI, Makoto IMAKAWA

**要約** 製造業において、市場の特徴はプロダクトアウトからマーケットインへ、競争力はスケールメリットからスピードとフレキシビリティへ、生産方式は多品種少量生産から変種変量生産へ変化している。このため受注・販売と生産の連携による顧客へのスピーディな対応、受注から納入までのリードタイム短縮、さらに、変種製品の生産に対応するフレキシブルな生産システムの構築が求められる。

本報は、製造業の組立生産分野で受注と生産が直結した変種変量生産システムの構築を目指し、顧客の注文を基に生産計画の立案、部品在庫管理、製造管理する受注・生産管理部と製品を自動組立する生産組立部、そして、その組立ラインを管理し制御する制御部、及び完成品の品質を管理する製品検査部で構成する自動組立生産システムの開発に関する実践報告である。

## I はじめに

大量生産時代には販売、開発、生産の各部門が互いに独立性を保ちながら、それぞれの役割を全うすることが、よい結果を生むと考えられていた。しかし近年、顧客の立場に立った”ものづくり”や変種変量の生産環境では、販売、開発、生産機能の連携が求められており、組織横断型のチームによる共同作業のように、統合化が進んでいく。これにより、結果として生産効率を高めるとともに競争力を引き出すことになる<sup>(1)</sup>。

一方、わが国において、今後想定される少子化・高齢化によるものづくり技術・技能者の減少の時代を迎え、良質な労働者の確保が難しくなりつつある。また、海外と比べ人件費や設備面積費が高いため、製造業では生産効率が高く競争力が強い生産システムの開発を盛んに進めている。

本システムの開発は、「受注」、「生産管理」、「組立」、「部品のストック」、「出荷」に至る生産システムをコンパクトに統合して実現化するものである。組み立てる製品の選定にあたって、受注生産による変種変量生産を行うには、顧客が数多くの製品から選択注文でき

ることが条件となることから、多くの車種と異なるタイプの製品があり赤外線リモート・コントロールで走行する「Q-STEER」<sup>(注1)</sup>（通称、赤外線チョコQ、以下、「リモコンカー」という。）とする。

## II 開発の方針

自動組立生産システムの開発方針を以下に示す。

- ① 変種変量の生産システムであること。
- ② 受注から生産計画立案、生産管理、組立、検査に至る実用的なシステムであること。
- ③ 生産状況を生産管理部と組立ライン部でモニタリングできること。
- ④ 組立ラインは生産効率が高い移送形式を採用し、コンパクトにすること。
- ⑤ 各ユニットのタクトタイムは、1分当たり3台の生産（20秒以下/台）が可能であること。
- ⑥ 各ユニットの部品供給装置や組立用装置は、位置決め用の微調整ができる機構とすること。
- ⑥ 組立ラインの制御は、インターロックや一時停止・非常停止、そして、その復帰など実践的であること。

### Ⅲ 生産システムの概要

生産システムは受注・生産管理部、制御部、生産組立部、製品検査部の4部門で構成する。

受注・生産管理部では、Webで顧客から注文を受け付け、車種、数量、通信バンドなどの注文内容を基に生産計画を作成する。その後、どの製品をいつ・どれだけ組み立てるかという情報を制御部に生産指示する。合わせて、所要部品の在庫確認と部品発注を行う。

制御部では、生産組立部と製品検査部を統合制御し、組立ラインや製品検査部に指示後、製造状況や検査結果を受け取り、生産管理部に生産状況を報告する。

なお、製品の検査は、画像処理技術を用いた照合検査と走行検査とする。図1に開発した自動組立生産システムの全体写真、図2に生産システムの構成と情報の流れを示す。



図1 システム全体写真

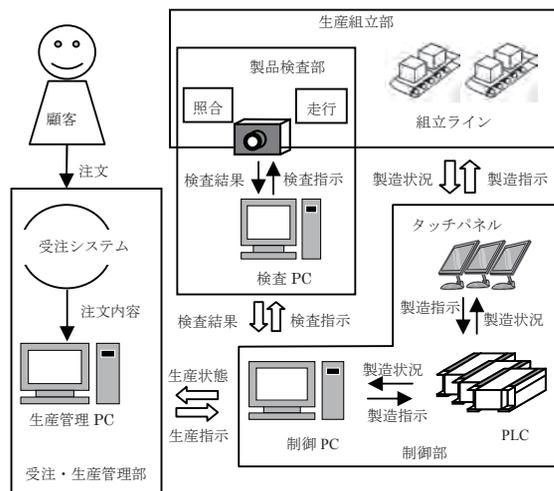


図2 システム構成

今回組み立てるリモコンカーの種類は10種あり、図3に示すシャーシ、ピニオン付きモータ、ギア、後輪タイヤ、ボディの5つの部品で構成している。組み立てる手順はシャーシを組立工程に流す過程で、モータ、ギア、後輪タイヤ、そして、シャーシの向きを変えてボディを順次組み立てる。小型・軽量のギアや多種異形のボディ組み立てには高精度位置決めや信頼性の高いハンドリング技術が必要である。

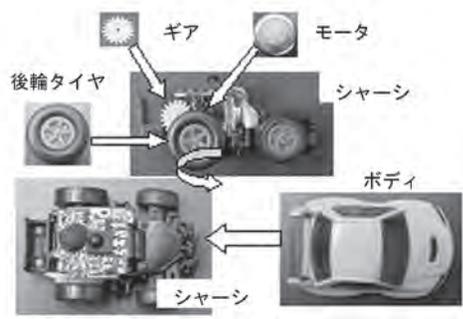


図3 組立部品

### Ⅳ 受注・生産管理システム

受注・生産管理システムは顧客からの注文を受ける受注システムと生産計画の立案を行う生産管理システムで構成する。両システムはデータベースで連結されており、受注システムは車、数量、納期などの受注データをデータベースに蓄積し、生産管理システムはデータベースシステムに蓄積された受注データを基に生産計画を作成する。

#### 1. 受注システム

受注システムはインターネット上に製品注文用のWebページを開設しており、顧客はこのページにアクセスし、製品の見本や価格を見ながら希望の車種と数量を入力する。また、顧客は住所、連絡用電話番号やメールアドレスなどのユーザ登録を行い製品の発送先と連絡先を指示する。図4に受注データの流れを示す。

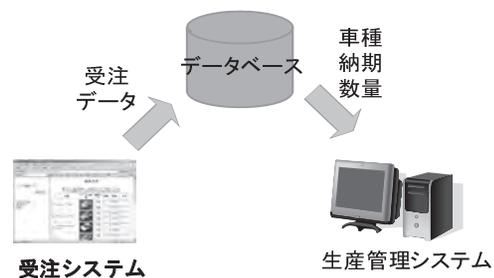


図4 受注データの流れ

## 2. 生産管理システム

図5に生産情報の流れを示す。生産管理システムは受注システムがデータベースに蓄積した車種、数量、納期などの受注データを基に生産計画を立案する。制御部を統合制御するパソコン（以下、「制御PC」という。）は、生産日の始めにその日の生産情報を生産管理システムに要求する。生産管理システムは生産計画に従った当日の生産情報を制御PCへ渡す。その他、生産管理システムは生産に必要な部品の在庫を管理しており、納期に合わせて過不足無く生産が行えるように部品の発注も行う。さらに、生産する製品の変更に对应できるよう環境設定機能や取引先の管理機能などを備え、作業内容に応じたセキュリティ管理も行う。



図5 生産情報の流れ

## V 制御部

本システムの制御はユニットごとの制御と、全ユニットを制御するシステム制御の2層構造とする。ユニットごとの制御には4台のPLCを用い、全体の制御には制御PCを用いる。制御PCは受注・生産管理部のパソコン（以下、「生産管理PC」という。）とネットワークで接続し、また、各PLCとはデジタルI/Oで接続している。これにより、生産状況や稼働状態を生産管理部と組立ライン部でモニタリングできる。図6に制御部のシステム構成を示す。

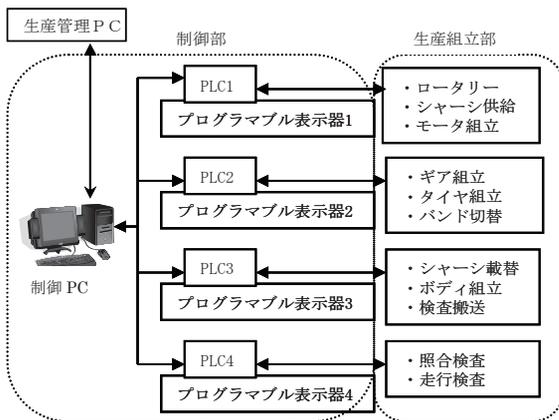


図6 制御部のシステム構成

## 1. 制御PC

制御PCは生産管理PCからの生産指示によって、必要な信号を各PLCに送り生産を行わせる。各PLCが必要な信号を受け取ると、ユニットは作業を開始する。ユニットの工程終了ごとにPLCは、制御PCへ工程終了信号を返し、次の生産指示を待つようになっている。これにより、生産管理PCからの指示がない場合でも、制御PCによるシステムの稼働や停止が可能となり、保守時の利便性が向上する。図7は制御PCのモニタリング画面である。

ユニット	状態	停止	再開	原点復帰	戻り
ロータリー回転	待機中	停止	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
シャシ供給	稼働中	停止	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
モータ供給・取付	待機中	停止	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ギア供給・取付	待機中	停止	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
タイヤ供給・取付	待機中	停止	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
通信バンド切替	待機中	停止	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
シャシ回転	待機中	停止	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ボディ供給・取付	待機中	停止	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
完成品搬出	待機中	停止	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
判別&走行検査	待機中	停止	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

図7 制御PCのモニタリング画面

## 2. ユニットの制御

組立ラインは11ユニットで構成している。各ユニットは部品供給と組み立てを行うよう回転、旋回、押出、昇降の機構や直交2軸、直交3軸ハンドリング用のピック&プレイス（以下、「P&P」という。）に加えコンベア搬送の機能を組み合わせた装置で構成する。

アクチュエータには空気圧シリンダ、空気圧チャック、空気圧ロータリーアクチュエータなど空気圧機器は35個、ACスピードコントロールモータ、減速機付きDCモータ、ステッピングモータなどモータ類は7個、そして、センサ類は93個使用する。

各ユニットはそれぞれの保守や各個動作に必要な操作を可能とするために、PLCとシリアル通信接続したプログラマブル表示器を各1台ずつ装備する。これにより各ユニットの制御を単独で行えるようにする。図8にプログラマブル表示器の画面例を示す。

また、組立ラインの4か所に各PLCが制御するユニットの稼働状況を示すため積層型表示器を設置し、「運転準備完了」、「運転中」、「停止中」の状況表示や部品の補給を合図する表示機能を付加している。

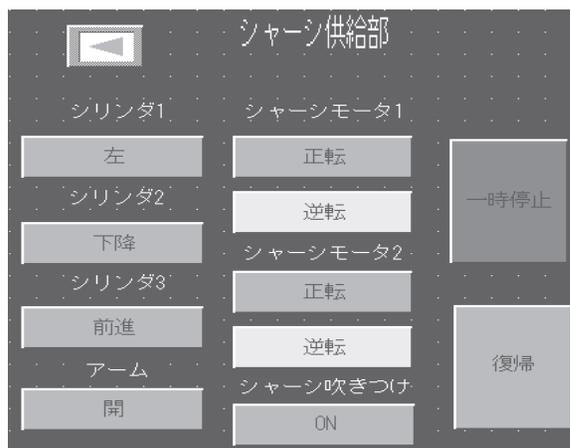


図8 プログラマブル表示器の画面

## VI 生産組立部

### 1. 生産組立部の概要

自動組立を成功させるには、順次組立を行うための移送装置、移送する組立品の姿勢を保持する治具、部品を整送り供給する部品供給装置、そして、部品を移動して組み立てる組立装置を適正に設計・製作することが大切である。

組立ラインの移送装置には、省スペース化を図り、タクトタイムを短縮でき、生産効率が優れるダイヤル形（以下、「ロータリーテーブル」という。）を採用する。この方式は、回転するテーブル上に移送用の治具を取り付け、テーブルの周囲に組付装置や搬送装置を配置するもので、工程作業が最大8作業の自動組立に適している。

テーブルが割り出し角度45°だけ回転するとき、部品供給装置、組立装置や搬送装置が一斉に作業を行い、各装置が作業をすべて完了すると再び割り出し角度だけ回転する。このとき完成品を1個生産することになる。

生産組立部の工程は、組立ライン内と組立ライン外に分かれ、①シャーンシ供給、②モータ組立、③ギア組立、④タイヤ組立、⑤バンド切替、⑥シャーンシ載換、⑦ボディ組立、⑧検査搬送工程は組立ライン内、⑨照合検査、⑩走行検査工程は組立ライン外とする。図9に生産組立部の各作業を行うユニットの配置を示す。

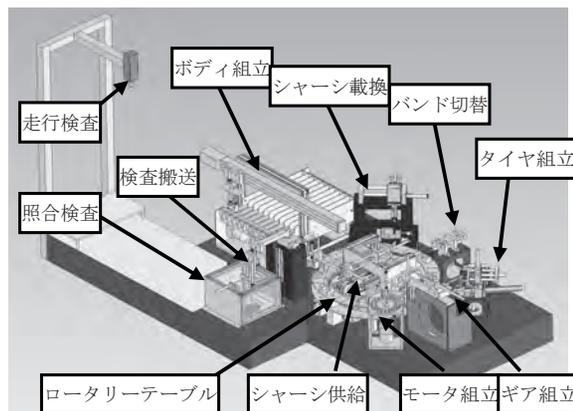


図9 生産組立部のユニット配置

### 2. 組立ユニットの概要

生産組立部はロータリーテーブルユニットと10工程の作業を行うユニットで構成する。以下にユニットの構成を簡単に説明する。

- ① ロータリーテーブルユニットを図10に示す。テーブルにシャーンシ移送用縦置治具と横置治具を円周上にそれぞれ8個取り付ける。テーブルの外径は560mmあり、ボールローラを埋め込んだ支持金具で滑らかに回転するよう支える。テーブルの下部に取り付けたピンホイールとピンギヤの噛み合いでテーブルを駆動する。テーブルの芯出し法は、四ツ爪旋盤チャックの方式と同様に、振れを抑える4個のエンペラベアリングをテーブルの内周に配置し、4方向の振れを測定しながらねじで微調整する方法とする。

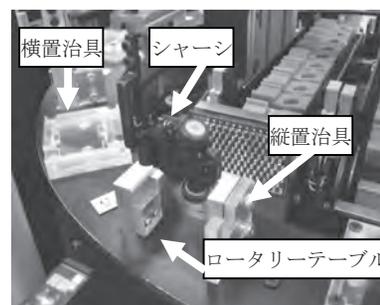


図10 ロータリーテーブルユニット

- ② シャーンシ供給ユニットを図11に示す。ロータリーテーブルの中央に2本のコンベアを配置し、通信バンドが異なる2種類のシャーンシを搬送する。コンベア側部のセンサが搬入を検出するとコンベアが停止し、直交3軸P&Pのハンドリングでシャーンシをテーブルに縦置きする。

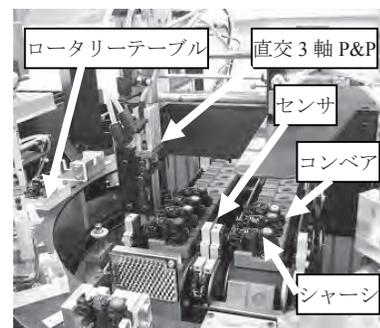


図11 シャーンシ供給ユニット

- ③ モータ組立ユニットは、モータを格納した円板をシャーシ上空に達するまで回転させ、空気圧シリンダを用いてモータをシャーシのモータ穴に押し込む。円板の回転位置決めが組み立てのポイントになる

ので、モータ検出センサとステッピングモータを使用して正確な位置決めを実現する。図12にモータ組立ユニットを示す。



図12 モータ組立ユニット

- ④ ギア組立ユニットは円筒のマガジンに入れたギアをシリンダで押し出し、直交2軸P&Pのハンドリングでギアをシャーシ上まで搬送する。その後、モータのピニオンに噛み合うようギア軸に組み立てる。
- ⑤ タイヤ組立ユニットは直交2軸P&Pに空気圧ロータリーアクチュエータを取り付けている。後輪タイヤは連なり転がるタイヤを2個のストッパで分離して供給し、P&Pがハンドリングし、90°回転後、シャーシに押し込んで組み立てる。
- ⑥ バンド切替ユニットは直交2軸P&Pに回転用アクチュエータを取り付け、その先端に固定したマイナスインドライバーで指定される通信バンドに切り替える。

- ⑦ シャーシ載換ユニットは直交3軸P&Pと回転台で構成する。ここまでの工程は、シャーシを縦置き状態で作業を行うが、以降のボディの組み立てや照合検査は横置き状態の作業になる。このため、テーブル上のシャーシを縦置治具から横置治具に載せ換える。

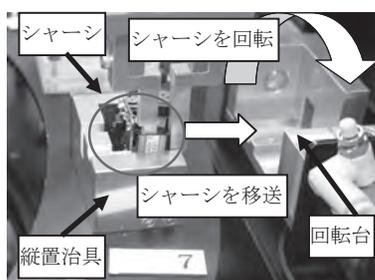


図13 シャーシ載換ユニット1

図13はシャーシを縦置治具から回転台へ移送し、回転する過程を示す。図14は回転台から横置治具への移送を示す。

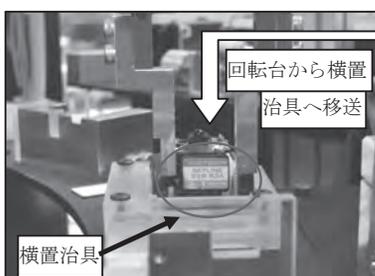


図14 シャーシ載換ユニット2

- ⑧ ボディ組立ユ

ニットは図15に示すボディ供給用ベルトコンベアと図16に示すボディ組立装置で構成する。コンベアのベルトは幅広い平ベルトを使用し、10種類のボディを搬送できるよう仕切っている。ボディ組立装置は

多点位置決めができる電動シリンダに昇降用搬送装置と押し込み用シリンダを取り付ける。組み立ては指定された車種のボディ位置へ電動シリンダが移動し、ボディをハンドリングして、シャーシに押し込む。

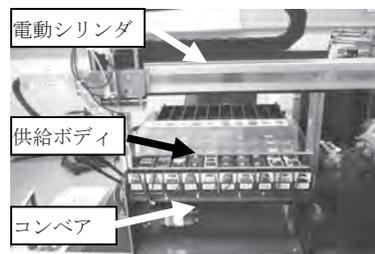


図15 ボディ供給用コンベア

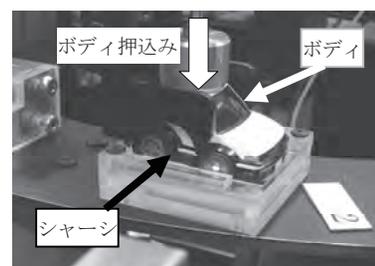


図16 ボディ組立装置

- ⑨ 検査搬送ユニットは昇降と旋回を組み合わせた搬送装置で、テーブル上の組立完成品を照合検査ユニットへ搬送する。
- ⑩ 照合検査ユニットは昇降と旋回、遮光用ゲート、照合検査用カメラ及びその検査用PCで構成する。検査結果により、良品の場合、ユニットのゲートが開く。この後、完成品は赤外線リモコンの直進信号を受信し、自走して走行ユニットへ移動する。不良品の場合はユニット下部へ排出する。
- ⑪ 走行検査ユニットは走行検査用カメラと前進・後退・右左折・高速など赤外線リモコンを制御して走行をコントロールする走行検査用PCで構成する。検査PCのPCIバスにはDIOボードを装着し、検査PCが赤外線リモコンの信号出力接点をON/OFF制御することにより、リモコンカーを目的位置へ誘導する。

## VII 製品検査部

本システムではすべての生産品は、顧客の受注品を前提にしているため、生産指示と生産品の一致確認や不良品を出荷しないための走行確認は不可欠である。製品検査部では完成品と受注内容が一致しているかを検査する外観の照合検査と赤外線リモコンの操作により適正に走行するかを検査する走行検査を行う。

## 1. 照合検査

外観の照合検査は、遮光した検査ボックスに完成した製品を搬入し、側面から画像を取得し2値化処理後、白色部分の面積を測定する。この白色部分の面積が事前に記録しておいた各製品特有な白色部分のデータと比較し誤差許容値内に収まるか否かで受注製品であるかを判断する。図17に照合検査で行う画像処理の流れを示す。

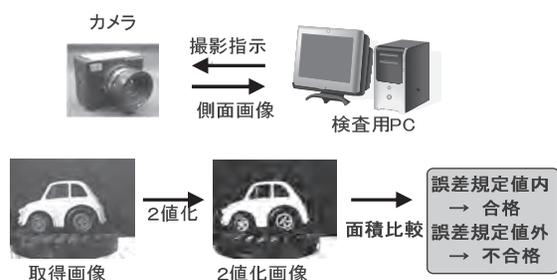


図17 外観の照合検査

## 2. 走行検査

走行する完成品の上空に設置するカメラから画像を取得し、完成品の現在位置を割出す。その情報を基に車種ごとの仮想走路に沿うよう走行方向を決定し、走行検査PCが赤外線リモコンを制御して走行のコントロールを行う。この操作を繰り返し行い、完成品を指定された格納場所に誘導する。完成品が格納場所に到達すれば良品とし、格納場所に到達できなければ不良品とする。図18に走行検査の概要を示す。

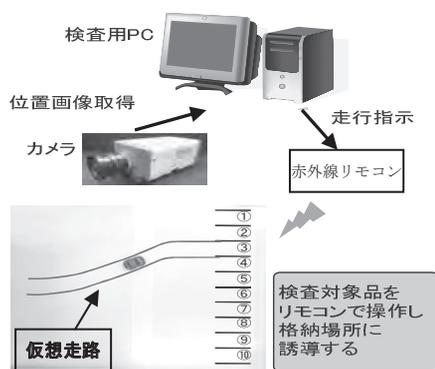


図18 走行検査

## VIII まとめ

本システムの開発を以下の通りまとめる。

- ① 受注から生産管理、組立、検査に至る実用的な生産システムを開発できた。
- ② 受注・生産管理部では、(i)生産を実現するための生産計画情報、(ii)工数や部品管理さらにコスト管理などの生産管理情報、(iii)製造進度や実

績工数さらに製品品質など生産統制情報が不可欠であり、それらの情報、すなわち、5W 2H (いつ、どこで、誰が、なぜ、何を、どのように、いくらで)を活用可能な生産管理システムを構築できた。

- ③ 制御部では上位の制御PCと下位PLC4台で組立ラインを制御し、製品を組み立てることができた。また、プログラマブル表示器を使用して作業性のよい実践的なシステムを構築できた。
- ④ 生産組立部では全10工程、11ユニットを設計・製作し、2バンド・10種類の車種を自動組立する組立ラインを開発できた。しかし、ギア組立ユニットやタイヤ組立ユニットの組立完成率がそれぞれ80%前後であったため、組立ラインの稼働率が不良であった。
- ⑤ 製品検査部の照合検査では、10種類の車種をすべて判別できた。また、走行検査では赤外線リモコンを制御して、所定の位置へ誘導できた。
- ⑥ システム構成各部とも全般について企画・構想をほぼ満足できたが、細部について調査や知識の不足、検証や認識の甘さ、設計や技術・技能の未熟などによる不具合の個所が散見された。

## IX おわりに

本システムは平成19年度応用課程開発課題実習において、機械科学生4名、電子学生4名、情報科学生3名がチームを編成し、企画・構想から設計・製作、制御、生産管理・運用を行い開発したものである。主として、機械科が組立ライン、電子科が制御部、そして、情報科が受発注・生産管理部と製品検査部を担当した。

本課題実習は製造現場で要求される実践的な技術の集合体であり、根幹には、「ものづくりの3要素」、すなわち、「形をつくりだす」、「機能をつくりだす」、「つくる仕組みをつくりだす」要素を包含するテーマを通して、3科の学生が『いま起きている問題をいかに解決するか』という能力の養成がある。

幸いにも、学生らは数々の問題に遭遇し、それらを解決し、課題を完遂した。社会人として、技術者として成長することを確信する。

### [注]

(注1)「Q - STEER」は(株)タカラの商標登録です。

### [参考文献]

- (1) 武田仁他、混流生産システム構築実務マニュアル、(株)アーバンプロデュース出版部、1998年、P17