

特集 ミニ組立工場CAC —Circular Assembly Cell*—

New Automated Assembly Cell for Small Volume Production

瀧口昌之 鈴木伊知郎 田中雅三 酒井政彦
 Masayuki TAKIGUCHI Ichiro SUZUKI Masami TANAKA Masahiko SAKAI
 小南哲也 大熊 学
 Tetsuya KOMINAMI Manabu OHKUMA

Recently it has become increasingly important for the manufacturing industry to cope with many different kinds of small volume production in order to meet the various needs of customers? Especially in Japan, due to the high cost of labor and land, the development of a compact automation system which can cope with many different kinds of small volume production has been sought. In light of this, we developed the “New Automated Assembly Cell for Small Volume Production.” This system was developed under the new concept that the system must include all the functions for assembly of industrial products such as “production control,” “assembly,” “material handling” and “stock.”

Key words : Production engineering, Automation, Assembling, Robot, Small volume production, Flexible manufacturing system

1. はじめに

顧客ニーズの多様化、製品モデルチェンジ期間の短縮化などにより、多品種少量生産の対応は依然重要な課題である。特に日本の製造業においては人件費と面積費が高く、さらに今後少子化・高年化の時代を迎え労働力確保が難しくなりつつあるため、製造業各社では効率の高い多品種少量生産に対応した生産システムの開発を盛んに進めている。このような状況のもと、多品種少量生産のための全自動組立システムである、「ミニ組立工場CAC：Circular Assembly Cell」を開発した。本システムは「生産管理」「組立て」「部品のストック、運搬」など、工業製品の組立て工場に必要な

機能を一台の設備の中にコンパクトにシステム化した新しい概念の生産システムであり、これを小型ディーゼルエンジン用の燃料噴射ポンプ組立ラインにて実用化したので、以下その概要について述べる。

2. 生産システムの分類

Fig. 1に工業製品組立て分野の生産システムの分類を示す。

生産量が月産数20万台を越える多量生産分野では、一つの作業を専用で行う設備をコンベアで連結した高速の専用トランスファーラインが古くから用いられてきた。

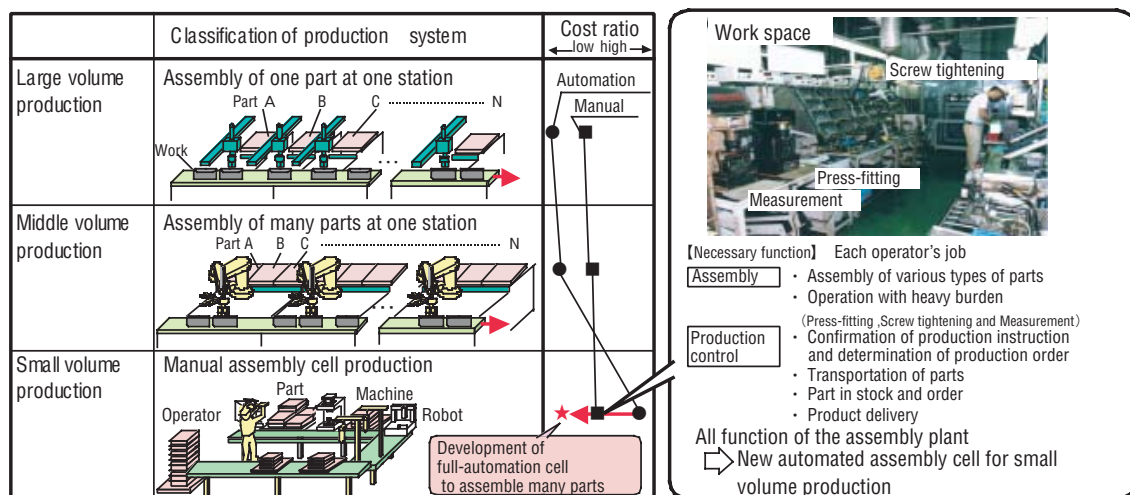


Fig. 1 Classification of production system

* (社)自動車技術会の了解を得て、「自動車技術」Vol.55, No.12, 2001より転載

その後、多様化の時代に対応するため、1台のロボットに数種類の作業を持たせ、1ステーションで多部品を組付けることができる設備を開発した。これらをコンベアで連結して中速のトランスファーラインを構成することにより、生産量の少ない製品においても自動化ラインが開発されている。

しかし、この手法では生産量がほぼ月産5万台以下になると1台のロボットに受け持たせる部品の種類が増加するため、ハンドと部品トレーの交換に多くの時間を取られることとなる。つまりロボットの作業効率が著しく低下するので自動化するとかえってコストアップになってしまう。

従って、この分野の生産形態は自動化ではなく、1人の作業者に多数の作業を集約する、いわゆる「セル生産」が取り入れられている。セル生産の工数低減の取り組みは、歩行距離の低減や治工具の工夫などが主なものであり、この方式で作業効率を上げることには限界がある。

そこで今回セル生産の正味工数を大幅に低減するために全自動化技術の開発に取り組んだ。

3. 開発のコンセプト

自動車部品における「セル生産」の作業内容を見ると、①単純な組み合わせ作業 ②ねじ締めや圧入といった高負荷作業 ③検査・チェックなどの「組立

て作業」と、④部品の運搬 ⑤部品の在庫管理・発注 ⑥完成品出荷といった「生産管理業務」を受け持っている。

これら①～⑥は一つの工場すべての機能と言える。このことから、少量生産の生産現場を自動化するためには従来の「単純作業の自動化技術開発」から、「小さな工場単位の自動化」を安価でかつコンパクトに実現することが必要と考え、開発のコンセプトを「ミニ組立工場」の開発とした。

4. 開発システムの概要

Fig. 2に開発したミニ組立工場CACの構成図を示す。本システムの構成を大別すると「生産管理システム」と「組立てシステム」に分けられる。これらの機能の概要を以下に示す。

4.1 生産管理システムの概要

生産管理システムは、カンバンによる生産指示に基づき自動倉庫の部品在庫を照合し、部品入れ替え作業が最も少なくなる生産順序を決定する。そして、組立てシステムに補充すべき部品の指示を出し、その指示に基づき作業者が部品の品揃えを行い組立てシステムに投入する。その後組立てシステム内で全部品の組立、検査を完了し、完成品として出荷する全自動システムである。

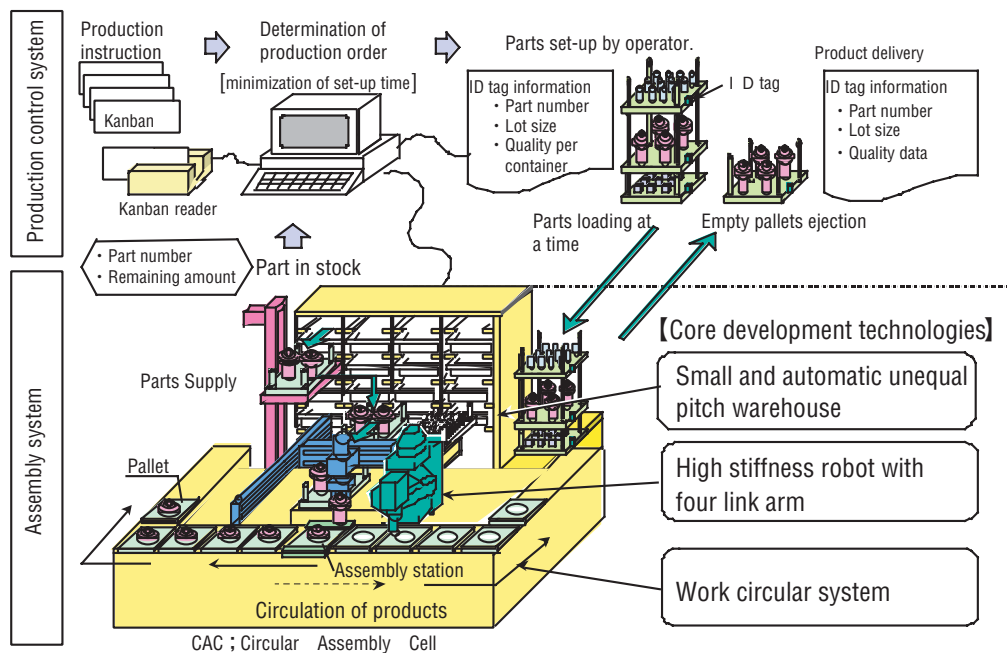


Fig. 2 Developed system : Constituted figure of new automated cell for small volume production

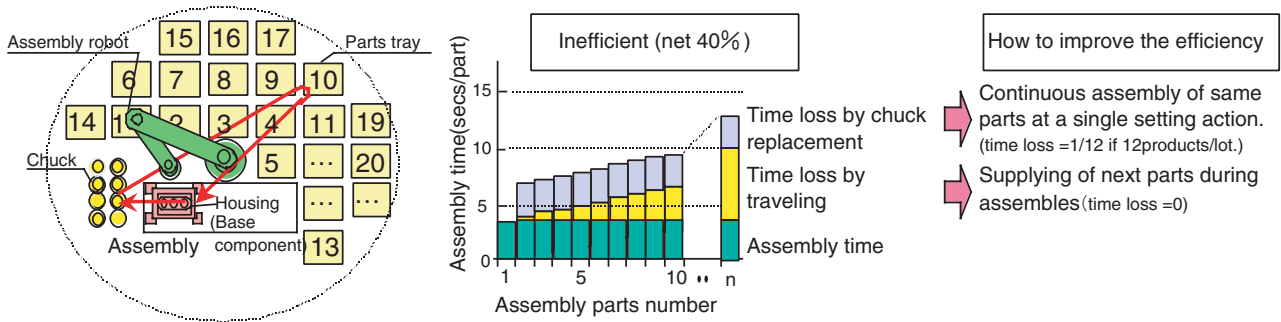


Fig. 3 Problems in assembling various types of parts

4.2 組立てシステムの概要

組立てシステムは、製品を完成するのに必要な「部品の組付」「加工（ねじ締め、圧入など）」「部品のチェックなどの簡単な検査」などの作業を1台の設備ですべて処理することができるものである。その特徴は下記の三つの実用化技術にある。

- (1) 多種類の部品組付，加工作業を1ロット分連続で行うことでハンド交換、部品トレー交換のロスを大幅に低減することを可能とした「ワーク循環システム」
- (2) 「ねじ締め」，「圧入」などの高負荷作業や「部品計測」，「検査」など高精度な工具を使った作業を可能とした「4リンク節高剛性ロボット」
- (3) 多種部品のトレーのコンパクト収納と高速搬送を可能とした「不等ピッチミニ自動倉庫」

以下にこれらの詳細について説明する。

5. 開発技術の詳細

5.1 ワーク循環システム

5.1.1 高効率多部品組付けのための課題

1台のロボットで多部品を完成するまで組付ける場合の組付け時間の問題点をFig. 3に示す。

1ステーションで多部品を組付け、製品を1台ずつ完成させるために、部品点数の増加に伴いロボットの移動ロスは増え、さらに部品形状に見合ったハンドに交換するロスも加算されるため、組付部品点数が多くなるほど組付時間の中に占めるロス時間も大きくなっていく。

5.1.2 高効率化の発想

自動車部品の場合、中少量といえども一度の生産ロットは数個以上の場合が多く、1ロット分を連続で処理すればハンド交換ロスを一気にロット分の1にできる。またロボットが1ロット分を連続で処理している

間に、別のロボットが部品トレーを外段取りすれば、部品トレーの交換ロスを極限まで減らすことができるはずである。この発想を実現するためにワーク循環システムを考案した。Fig. 4に開発システムの基本構成を示す。

本システムCAC (Circular Assembly Cell) の名の由来はこのワークが循環することから付けたものである。

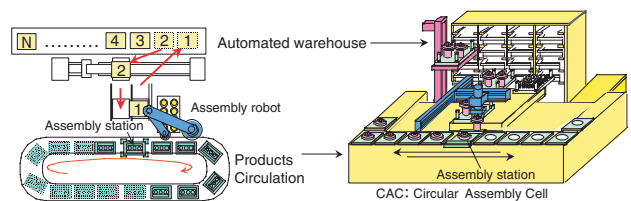


Fig. 4 Basic constitution of newly-developed system

5.2 4リンク節高剛性ロボットの開発

工業製品の組立工程には、一般的に「ねじ締め」「圧入」などの高負荷作業や「寸法計測」などの高精度作業が必要となるが、一つの加工ステーションにそれぞれの機器を備えることは物理的に困難である。そこで加工条件の変更、工具の段取り機構を備えた高剛性ロボットの開発を行った。本ロボットは剛性を上げるために4リンク節構造を基本とし、小型で広い可動範囲を確保するためにリンク長さ比1：1を基本設計としたものである (Fig. 5, Table 1参照)。

5.3 「不等ピッチミニ自動倉庫」の開発

「ワーク循環システム」を成立させるためには短時間で部品の収納と供給を行う自動倉庫を備えることが必要である。しかし従来の自動倉庫の棚サイズは一番背の高い部品に合わせた構造となっているため、余

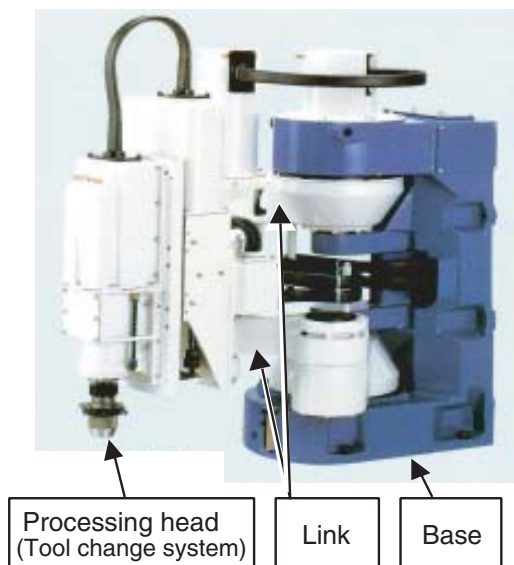


Fig. 5 Appearance of high stiffness robot with four link arm

Table 1 Development result of high stiffness robot with four link arms

Item		Target	Development result
Machining area [mm]		200×300	200×300
Maximum acceleration [m/s ²]		19.6	19.6
Rigidity	Horizontal direction [N/mm]	245	274
	Vertical direction [N/mm]	980	1078
Machining condition	Screw tightening torque [N-cm]	19.6-49.0	19.6-49.0
	Press-fitting load [N]	147-294	147-294

分な容積を有し、これにより棚が大型となり供給時間にロスが発生していた。

今回開発した小型コンパクトなミニ自動倉庫は、部品のサイズに合わせた棚ピッチ可変の倉庫である。これにより、収容効率が格段に向上でき、従来倉庫の約1/2のサイズを実現したことにより、搬送距離の短縮とローダーの小型化が実現でき、高速搬送を可能とすることができた (Fig. 6参照)。

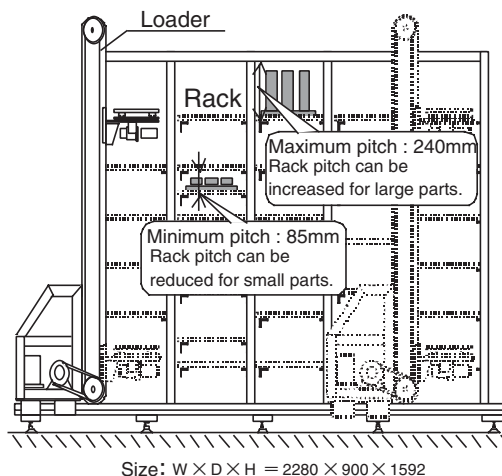
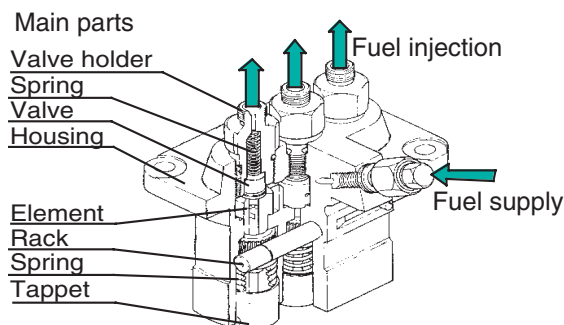


Fig. 6 Appearance of a small and automatic unequal pitch warehouse

6. ディーゼル噴射ポンプ組立工程への適用

今回開発した「ミニ組立工場CAC」は1996年に小型船舶・農建機に用いられる小型ディーゼル用の噴射ポンプ (D型ポンプ) に適用した。

D型ポンプの構成図をFig. 7に示す。D型ポンプは1気筒あたり約15個の部品の組み合わせ作業に加えて、ねじ締め、圧入、部品の寸法計測などの高精度・高負荷作業が必要となる製品である。



This pump has about 15 parts per one cylinder.

Fig. 7 D - type pump

Fig. 8にD型ポンプ用の「ミニ組立工場CAC」の概観写真を示す。現在D型ポンプの1～6気筒の生産用に6台のCACが大信精機株式会社にて稼働中であり、従来のセル型生産に比べ生産性3倍を実現している。

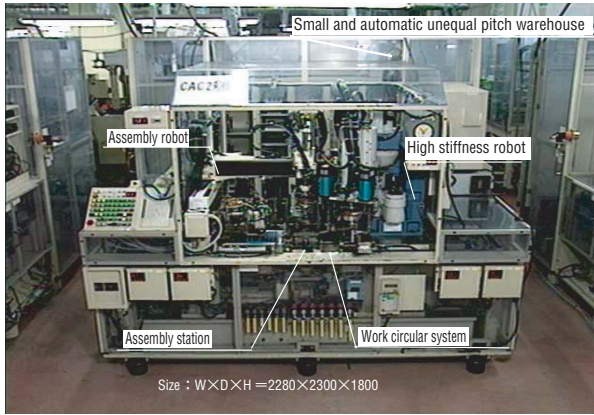


Fig. 8 Appearance of new automated cell for small volume production

7. おわりに

多種中少量生産の流れは今後も継続する。従って、我々製造メーカが多種中少量分野においても効率的なものづくりができる体質になることは、今後の製造業の発展の重要な課題の一つになると考えている。

今回開発した「ミニ組立工場CAC」は多種中少量生産分野において、生産性を向上するための一つの方式として実用化した。今回開発したシステム及び実用化のための要素技術は他の製品においても有効な技術であり、展開に向けて活動中である。

<参考文献>

- 1) 花井他, “市場の不確実性に順応する生産システム (APS) の開発” 精密工学会誌, Vol.65, No.8 (1999)
- 2) Takiguchi, and others : “Automotive Cluster Dial Production System Utilizing Versatile Flexible Design Change- High Volume production Cell”, JAPAN·USA SYMPOSIUM ON FLEXIBLE AUTOMATION 1996 Vol.2



<著者>



瀧口 昌之
(たきぐち まさゆき)
三共ラヂエーター (株) 生産技術部
(生産技術部より出向)
生産システムの開発に従事



鈴木 伊知郎
(すずき いちろう)
生産技術部
E H V インバータの工程設計に従事



田中 雅三
(たなか まさみ)
部品工機製造部
素形材部品製造業務に従事



酒井 政彦
(さかい まさひこ)
工機部
海外での専用機現地調達活動に従事



小南 哲也
(こみなみ てつや)
(株)デンソーウェーブ自動認識事業部
自動認識機器 (バーコードリーダー
など) の設計開発に従事



大熊 学
(おおくま まなぶ)
大信精機 (株) ディーゼル部
PFRポンプの製品設計に従事