



企業レポート

市場の変化に追従する新生産システムの開発

中 齋 龍 美*

Development of Adaptive Production System to Market Uncertainty

Key Word : automated production system, mobile robot, autonomy, cooperation, assembly line

1. 会社概要

名 称：株式会社デンソー
 英文名称：DENSO CORPORATION
 本社住所：愛知県刈谷市昭和町1-1
 創 業：1949年12月
 資 本 金：1,730億円(2000.3現在)
 売 上 高：単独13,869億円 連結18,834億円
 (99年度)
 従業員数：単独39,500人 連結80,700人(99年度)
 事業内容：自動車分野 冷暖房機器、電装品、電子
 機器、燃料噴射装置、安全制御機器 等
 非自動車分野 パーコードスキャナ、携
 帯電話、産業用ロボット 等
 事 業 所：国内製作所、工場、支店、営業所 33
 海外法人 74

2. はじめに

21世紀の到来を目前に控え、消費嗜好の多様化やグローバルな規模での製品開発競争の激化などによって、製品の生産量や生産期間の予測が非常に難しくなってきた。このような生産環境において、高品質・低コストな競争力ある製品を提供するためには、生産システムに、低コストを実現する高生産性に加え、生産品目の変更や生産量の増減に迅速かつ柔軟に対応する順応性が求められる。

近年、特にこの順応性に重点をおいた生産システムとして、セル型、一人セル生産方式など人の持つ柔軟性に着目した手作業主体の生産システムが実用化されている。しかしながら、高賃金の日本では収益面で自動化生産システムにはかなわず、この手法だけでは日本の国際競争力の永続的確保は難しい。そこで、今回、高生産性と順応性の両立を目指し、これを実現する自動化生産システムと、その核となる移動型ロボットを開発し、自動車用スタート組立ラインにて実用化した。

3. 開発したシステムの概要

3.1 新生産システム

開発した生産システムは、生産性の高いトランスファライン(自動化)の特性を保持しつつ、手作業ラインの生産量の変化に対する順応性を兼ね備える新発想の自動化生産システム—アダプティブ生産システム(Adaptive Production System以下、APSと略す)—である。基本的考え方を図1に示す。APSは、自律・協調・継承という、いわば人の持つ社会的機能を従来のトランスファラインに組み込んだもので、生産量の変化に応じてシステム内に分散設置された自律指向の自動機械の台数を増減させることで最も経済的なシステム構造を維持し続ける自動化生産システムである。

3.2 移動型ロボット

APSの中核となる構成要素が、今回開発した移動機能を有する自律・協調ロボットである。写真1に概観、表1に諸元を示す。移動型ロボットは、作業機能として、6自由度、長さ900mm、可搬重量5kgのアームを有しており、多様な作業が可能である。また、移動機能として、積載重量80kg、走行速度40m/min、磁気誘導方式を有しており、作業に必要な治具を搭載して、作業ステーション間を自



*Tatsumi NAKASAI
 1952年2月2日生
 1974年慶応大学・工学部・機械工学科卒業
 現在、株式会社デンソー、生産技術
 部、副部長、生産技術
 TEL 0566-25-7715
 FAX 0566-25-4615
 E-Mail tatsumi_nakasai@notes.
 denso.co.jp

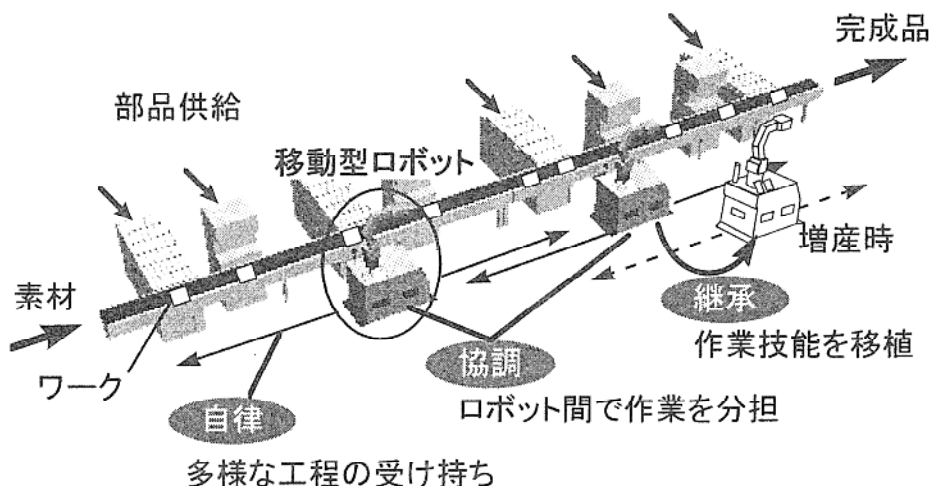


図1 APSの基本的考え方

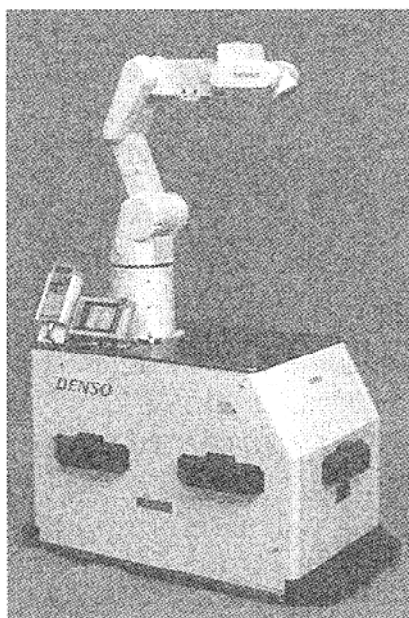


写真1 移動型ロボットの概観

由に動く。さらに、認識機能として、組付け部品の位置を高精度に認識するビジョンシステム、作業者の接近を検知しロボットの動作を一時的に自動停止する赤外線センサシステムを有している。これらの機能により、移動型ロボットは多様な工程における自律的な作業の遂行を実現している。

3.3 移動型ロボット間の協調機能

移動型ロボット同士は、互いにダイナミックに作業を補完し合うことで、効率的に作業を行う協調機能を備えている。個々の移動型ロボットは非常にシンプルな意思決定基準に基づき、自律的に自己の挙動を決定する。

表1 移動型ロボットの諸元

作業	制御軸数	6軸
	リーチ長	900mm
	可搬重量	5kg
移動	積載重量	80kg
	走行速度	40m/min
	誘導方式	磁気式
認識	ワーク認識	ビジョンシステム
	オペレータ	赤外線システム

図2に移動型ロボット間協調の基本的なモデルを示す。このモデルは、手作業ラインで作業者が相互に助け合う行動をヒントにしている。協調のための基本的な入力情報は、現在の作業ステーションのワークの有無と、その前後のバッファのワークの有無、および前後の作業ステーションの他の移動型ロボットの有無である。図2のモデルは、次式で表される。

$$M_k(P_i) = f(A_i, B_i, B_{i+1}, P_{i-1}, P_{i+1})$$

M_k : 移動型ロボットの行き先パターン

“留まる”

“前の作業ステーションへ移動する”

“後の作業ステーションへ移動する”

P_i : 作業ステーションにおける移動型ロボットの有無

A_i : 作業ステーションのワーク有無

B_i : バッファ在庫の有無

この関数 f は、移動型ロボットの次の行き先を決

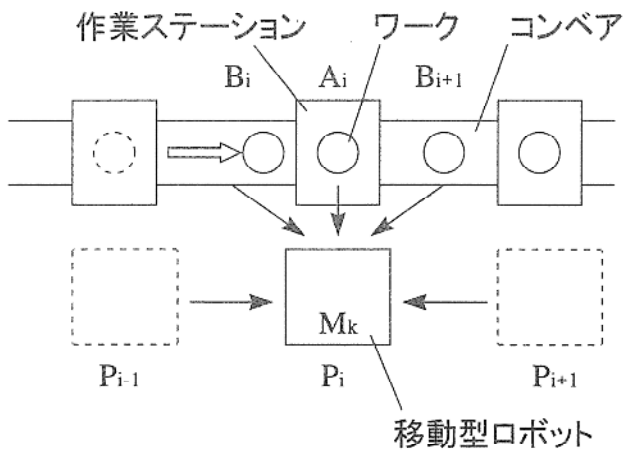


図2 移動型ロボットの自律協調モデル

定する関数であり、移動型ロボットは作業終了後、 A_i, \dots, P_{i+1} の状態を認知し、得られた状態のパターンによって、“そこに留まって作業する”か“前の作業ステーションに移動して作業する”か、あるいは“後の作業ステーションに移動して作業する”かの3動作のうち1動作を決定し、行動に移る。例えば、後工程が多忙であれば、前工程の移動型ロボットがその状態を認知し、後工程の作業を手伝い

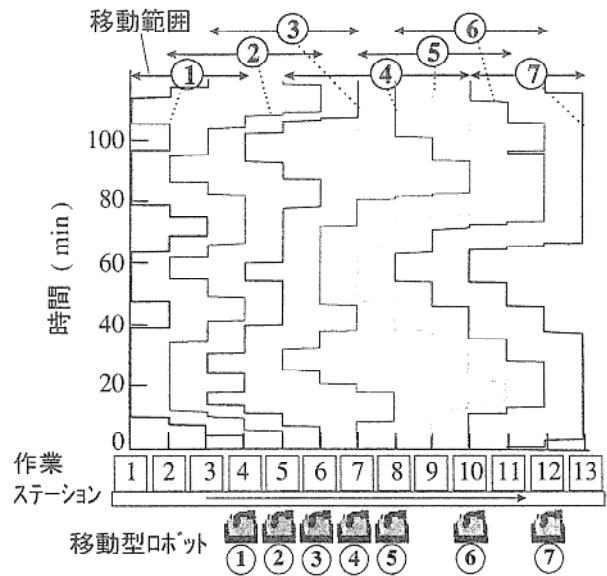


図3 コンピュータシミュレーションによるロボットの挙動

に行くお助け機能もこの協調モデルによって実現されている。

図3に協調機能によるAPSの挙動(シミュレーション)を示す。移動型ロボットが協調し合い、効率的に作業している状況が分かる。これによって移動型


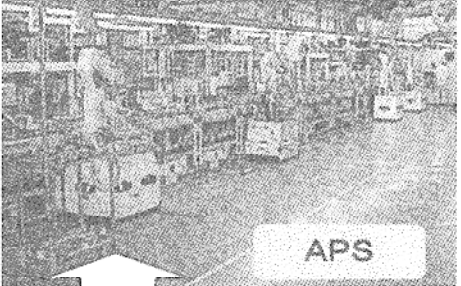

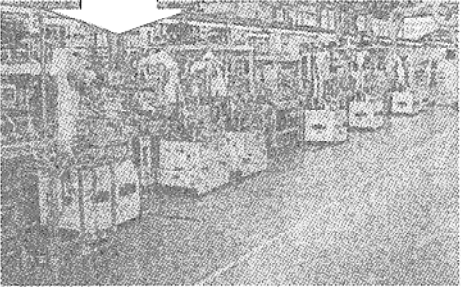
	従来	開発システム
生産量小 ~3万台/月		
生産量大 3万台~ /月		

図4 従来の生産システムとの比較

ロボット群の状態を常時監視し、各移動型ロボットへ作業指示する管理・制御機能が不要となり、システムの簡素化が大幅に増している。例えば、生産量の増減に対しても、移動型ロボットの制御ソフトを変更せずに迅速に移動型ロボットの台数変更を行うことができる。

4. システムの効果

本APSを自動車用スタータの組立ラインに適用した。97年3月より少量ラインとして移動型ロボット2台で稼働し始め、98年5月に移動型ロボット7台で月産約33,000台の中量ラインに成長し現在に至っている。APSと従来の生産システムの比較を図4に示す。従来は少量時はリスクの少ない手作業ライン、量産時は生産性の高いトランスファラインとい

うように全く異なる2つの生産ラインを用いていた。これに対し、今回のAPSでは、少量から量産までを1つの生産システムが形態を変化させながら追従できるため、投資面や設置面積などでも有効である。

5. おわりに

製品の需要予測がますます困難になりつつある21世紀に向け、従来自動化が難しいとされてきた生産量と生産期間の不確かな領域において、不確かさへの順応性と経済性を両立させる新たな生産システム—アダプティブ生産システム(APS)—と、その中核となる移動型ロボットを開発し、自動車用スタータ組立ラインにてこれを実証した。現在、移動型ロボットは他の生産システムへも積極的な展開が始まっている。

