自律分散工場を中心とした 生産システムの教育と実習

Education and Practice on Production Systems
Featuring Autonomous Distributed Factory

平 岡 弘 之 井 原 透

Hiroyuki HIRAOKA Tohru IHARA

生産システムについての体系的、実地的な教育の欠如は、将来の日本の産業の人的基盤を損なうおそれがある。生産技術者によって支えられ、急速な発展をとげている生産システムについて、基本的概念、その実態、先端技術などを学び、また体験的に触れる教育が重要である。中央大学では、NCマシニングセンタ、NC旋盤、産業用ロボット、AGVなどをネットワークで統合した自律分散型工場システム実験装置を開発し、これを用いて集中管理生産方式、データキャリアを用いた自律分散生産方式、プログラマブル操作盤を介した人間主体生産方式、などの生産手法についての体験的学習を試みている。

キーワード：生産システム、NC、自律分散生産、人間主体生産、データキャリア。

Lack of systematic education on production systems might undermine human infrastructures of Japanese industries. As production engineers support the current production systems and their development, the education is indispensable that gives students the knowledge and practices on the fundamentals of production systems, their reality and their leading technologies. We developed in our campus of Chuo University an autonomous distributed type factory system that consists of an NC machining center, an NC lathe, an industrial robot, an AGV and other equipments. Using the system, education and practices are performed not only on the basic components of production systems but also on the methodologies such as centralized production, autonomous distributed production using data carrier, and anthropocentric production based on programmable control panels.

Keywords : Production System, NC, Autonomous Distributed Production, Anthropocentric Production, Data Carrier.

1. はじめに

日本の加工組立の生産技術はその経済の興隆を支えるものであるといわれながら、生産システムの教育については体系的、実地的に行われている例が少ない。企業活動の中で日々の問題に対処しながら得られる知見は必ず

しも大きくないであろうし、より効率的な生産を求める自動化の推進と熟練技術者の減少も考えると、技術の継承問題、教育問題は座視すべき問題ではないと思われる。

このような観点から中央大学理工学部では近年生産システムの教育に注目しており、文部省私立学校施設設備等補助金を得て、自律分散型生産システム実験装置を構

築した。本報告では、まず生産システムの発展について概観し、つぎに生産システムに関する教育の問題点を考え、本学ではそのような問題にどのように対処しているかを上記装置と関連して報告する。最後に効果と問題点について述べ、まとめを述べる。

2. 生産システムの発展

まず、生産システムの発展と現状について概観しておく⁽¹⁾。大きな発展の形態はつぎの4段階に整理できるであろう。

- (1) 自動化：工作機械の発展は、数値制御による自動化の実現から始まった。これにより一定の品質の製品が大量に生産できるようになった。NC工作機械だけでなく産業用ロボットも同様な技術にもとづいて開発された。
- (2) 多機能化：自動化が進むと、工作機械間の搬送や段取りが工作精度の向上や生産の効率化の阻害要因となってきた。1つの工作機械で複数の種類の作業を段取り替えなしに実行する、マシニングセンタ(MC)やターニングセンタ(TC)が、その解決策として開発された。
- (3) グループ化：大量生産から多品種少量生産の時代になると、生産システムが多様な加工作業に柔軟に対応することが要求される。そのため、複数の異なる機械でセルと呼ばれる1つのグループを構成し、そのセルをラインに並べることで多様な製品の加工に対応する生産システムが開発され、フレキシブル生産システム(FMS)と呼ばれている。
- (4) 統合化：より生産効率を上げ、生産期間を短縮するには、工場の個々のプロセスを個別に効率化するような方法には限界がある。工場全体、ひいては会社全体を見通して生産にかかわる冗長性を省き、効率化をすすめることが必要である。とくに計算機を用いて生産システム内の情報を統合的に管理し活用する手法を計算機統合生産システム(CIM)と呼ぶ。

最近ではさらに、製品の企画から出荷までの期間を短縮化するために、生産にかかわる各プロセスをできるだけ並列化し繰り返しを防ぐ技術形態(Concurrent Engineering)の研究・開発が盛んである。

3. 生産システムの教育の要件

生産システムは、2で述べたように加速度的に進展してきている。にもかかわらず、大学では生産システムについて系統的かつ体験的に学ぶ機会が多いとはいえない。

このことは、以下のような問題をひきおこしていると思われる。

- (1) 次世代技術者の不足：大学出身の技術者に望まれているのは、生産システムを構築、運営、発展させていくことであると思われるが、そのような教育が行われていないために、生産システムの次世代を担うべき技術者が育成されない。
- (2) 生産システムの実態の理解の不足：現在の生産システムは、現実には本来あるべき姿とは異なっている場合が多い。そのギャップを生産技術者の努力で埋めているのが現状であろう。学生はそうした問題にはどのようなものがあるか、なぜそのような問題が生じるのか、について体験や理解が乏しいため、生産システムに過度の期待や幻滅を抱くことが多い。
- (3) 生産システムにかかわる最新技術の理解の不足：生産システムに関するつぎつぎに開発されるさまざまな新技術について、それを広く知ったり具体的に体験する機会がない。このことは、多様な技術を取り込んで生産システムを組み上げていく生産システム技術者としての基礎的な能力に影響する。

すなわち、次世代の生産システム技術者を育てるには、生産システムについてその基礎技術、実態、および最新の技術動向を系統的にまた体験的に学習する機会を与える必要がある。

4. 中央大学での生産システム教育

3のような要件に対して中央大学では、1993年度より大学院の半期に「計算機統合生産演習」の科目を設け、生産システムの実態の理解と技術動向の体系的学習をめざしてつぎのような教育を試みている。

4.1 実習システム

計算機統合生産演習は、本学に1993年7月に導入された自律分散型工場システム実験装置(写真1)を利用して実施している。まず、ここでそのシステムの概要を説明する。

(1) 導入の目的

2で述べた生産システムの発展の次の段階として、われわれは2つの概念を提案している⁽²⁾⁻⁽⁵⁾。すなわち、知的機能を付与した加工物が工作機械と協同して自律的に作業を行うことで、多品種少量生産をさらに進めた一品生産にも対応する、加工物中心の自律分散型生産、および、予測できない事態に対応するのに不可欠な作業者の能力を十分に引き出すことのできる人間中心型生産環境である。本システムはこれらの概

写真 1. 自律分散型工場システム実験装置の概観

図 1. 自律分散型工場システム実験装置のレイアウト

念を研究・実現することを目的に開発，構成された。さらに教育上の配慮として，従来の集中型生産をも実行できる構成になっている。

(2) 全体構成

本実験装置は，図 1 に示すように，マシニングセンタ 1 台，CNC 旋盤 1 台，CNC ドリル 2 台，組立用ロボット 1 台および自動搬送車 (AGV) 1 台から構成されている。これらの機器は，図 2 に示すように RS232C，DNC1 あるいは IO リンクによりセル計算機と接続

図 2. 自律分散型工場システム実験装置の機器接続

されており，セル計算機は工場内または学科内のワークステーションとネットワークで接続されている。

(3) データキャリア

搬送品を載せるパレットには，その載せている材料や半加工品の情報を記憶するデータキャリア (DAC) が付けられている。工作機械が AGV の搬送品を受受

するパレットステーション(PS)には、このデータキャリアの記憶内容を非接触で読み書きできるデータターミナル(DAT)が付属している。これにより、セル計算機からの指示なしでも、各工作機械は加工対象物のもつ情報に従って必要な加工を自律的に実行できる。

(4) プログラマブル操作表示盤

パレットステーションには、さらにプログラマブル操作表示盤(POD)が備えられており、作業への状況表示、作業からの指示の受け付けを行うことができる。これにより作業は、随時作業に割り込むことができ、自分の判断で主体的に作業を進めることができる。

パレットステーションは、このように単純な搬送品受け渡し口ではないため、プログラマブルロジックコントローラ(PLC)を備えており、状況に従って動作を変え、各種の情報の受け渡しをも司るセル制御装置として働く。

4.2 演習の内容

計算機統合生産演習は、学生の生産システムに対する関心を喚起し、その基本的な概念と最新技術動向とを実感させることを基本的な目的としている。まず設計から生産へ至る各段階で用いられる生産システムの各要素について基本的な概念を示し、関連するソフトウェア/ハードウェアの簡単な操作を行わせる。この過程で学生は、3の(2)で述べた生産システムの実際を体感することができる。ここではその具体的な内容について詳細には触れないが、簡単な部品3個からなる組立品を作成するという例題を想定して、つぎのような項目を設定している。

- ・生産スケジューリングソフトウェアによる生産計画
- ・CAD・CAMシステムによる2次元図面の作成とNC工作機械の自動プログラミング
- ・FAプログラムによる生産システムの制御
- ・NC旋盤、ドリリングセンタ、ロボット
- ・AGVとパレットステーションからなる搬送システム
- ・DACとPLC

また、生産方式の学習には、本自律分散型生産システムの機能を利用する。すなわち4.1で示したしくみにより、本システムではつぎの各生産方式が実行できる。

(a) セル計算機による集中管理型生産

従来のFMSで行われる生産方式で、すべての情報をセル計算機で一括管理し、大量生産のための効率的な生産ができる。

(b) DACにもとづく自律分散型生産

各工作機械が、セル計算機の指示によらず、DACに書き込まれた各種の工作情報を読みとってそれに応じた加工を行う方式。多品種少量生産に適している。

(c) PODを活用した人間中心型生産

トラブルの対応、複雑な状況判断など人間でなければできない問題に対応するには、現場技術者の能力を十分活用できるシステム構成が必要である。本システムでは現場の技術者はPODを介して自由に生産に介入できる。

学生は、これらの各生産方式にどのような意味があるか、どのようにして実現されるかを実地に学ぶことで、3の(3)の高度な生産システムのあり方について考えることができる。

5. 効果と問題点

「計算機統合生産演習」は開講されてまだ間が無いため、あきらかな成果や知見が得られているわけではないが、学生は興味をもって積極的に授業に参加しており、つぎのような効果があったと認識している。

- ・生産システムに対して本科目開講以前に持たれていた、「きつい」「きたない」「危険」のいわゆる3Kのイメージが払しょくできた。
- ・生産システムについてその実態を体感させることができ、将来の生産システムに関する展望を持たせることができた。

一方、つぎのような問題点・課題も指摘できる。

- ・本システムでは、各応用に固有な表現を応用間で変換して作業を行っており、製品のすべての情報を統一的に表現し各応用から利用するCIMの形態が実現されていない。
- ・現状では比較的新しい技術が取り入れられた構成になっているものの、急速な陳腐化の危険にさらされている。
- ・大学の現状では、このような複雑なシステムを運用
・保守・管理していく技術的、人的、財政的な基盤がぜい弱であり、将来の問題の発生が懸念される。
- ・学問としての生産システムはまだ未発達な状態であり、その基礎的な考え方、体系の構成などについての概念が確立していない。

6. 結 論

生産技術者の育成のためには生産システムの体系的か

つ体験的学習が必要である。この考えにしたがい、新たに開発した自律分散型工場システム実験装置を中心に、生産システムの教育および演習の科目を構成し、実施した。幾つかの課題を残すものの、学生に生産システムの基礎を学習させ、実態を体験させるとともに、将来の展望を考えさせることができ、その効果が認識された。

謝 辞

本システムおよび演習の実現にあたっては、文部省、中央大学、納入業者をはじめ、本学内外の多くの方のご尽力をいただいた。

参考文献

- (1) 藤本：VRと次世代型生産－仮想生産，遠隔生産と調和型生産－，日本機械学会関西支部第197回講習会，9，(1993)
- (2) 平岡・井原：FAの自律化のための製品モデルを持つ加工対象物の開発，1991年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集，629，(1991)
- (3) 井原・桜庭・平岡：機械加工システムにおけるセンサ帯同型データキャリアの運用に関する実験，日本機械学会71期全国講演論文集，99，(1993)
- (4) 武藤・井原：機械加工時における自律分散型目標管理システム，日本機械学会71期通常講演論文集，518，

(1994)

- (5) H. Hiraoka, T. Ihara: Workpiece-Centered Distributed System in the Shop Floors for Machining and Assembly, Advancement of Intelligent Production(ed: E. Usui), Elsevier Science B.V, 87-92, (1994)

~~~~~

平岡 弘之

1978年 東京大学工学部機械工学科卒業
1983年 同博士課程修了，工学博士
" 東京大学工学部助手
1986年 東京大学生産技術研究所講師
1988年 中央大学理工学部助教授

井原 透

1974年 東京工業大学工学部機械物理工学科卒業
1980年 同博士課程修了，工学博士
" 東京工業大学工学部助手
1987年 中央大学理工学部助教授
1992年 同理工学部教授

~~~~~

東南アジア太平洋工学教育協会 1994年度総会・研究集会開催 －パプアニューギニアで－

1973年に設立総会が開催された東南アジア工学教育協会(Association for Engineering Education South East Asia-AESEA)は、1989年に東南アジア太平洋工学教育協会(AESEA-P)と改名、現在14カ国が会員国であり、創設以来3年ごとに会員国持ちまわりで、研究集会と総会を開催してきた。

1994年度の工学教育研究集会は、パプアニューギニアラエのPNG University of Technologyで、11月13日より16日の間開催され、会員各国の発表総数は103件(マレーシア38、オーストラリア26、中国：台湾を含む16、PNG 8、日本4、シンガポール3、インドネシア3、韓国1、フィリピン1、タイ国1、ニュージーランド1)、域外各国の発表総数は73件(ナイゼリア17、英国16、印度14、ジンバブエ7、カナダ3、スリランカ3、マウリタス3、バングラディシュ2、その他5)となっている。

今回の研究集会は上述のように、AESEA-Pの会員国以外のアフリカ・中東アジア・英国等からの発表も非常に多い。発表項目別にみると、工学教育に関するCase Studyが最

も多く24件、Teaching Method/Strategieが16件、Continuing EducationとCurriculum、Developing Countriesがともに14件、Computer Aided TeachingとEnvironmental Engineeringがともに13件、Evaluation and Assessmentが12件、Curriculum、Internationalが11件、Engineering Managementが10件、Education and Industryが9件、Technology Transfer、Exportが8件、その他となっている。

全般的にみるとわが国の発表数は9番目であり、4名の方が参加発表されるが、会員各国から当該地域における工学教育研究集会参加の関心の薄さが指摘されるところであろう。

本研究集会では14日の開会式後、会員各国のボーティングメンバー代表者によるカンントリーレポートの発表が行われる。わが国のボーティングメンバーである日工教を代表して、明治大学理工学部工業化学科竹内教授が、わが国の工学教育状況について報告される。

また、17日には総会が開催され、1991年に行われた総会以後のAESEA-Pの事業報告、研究集会報告、次期会長および第1、第2副会長の選挙等が、次回1997年までの間に開催予定の研究集会等の事業計画が審議・決定されるが、日工教から原田耕作専務理事が参加する。