情報技術と機械技術を融合した サイバーファクトリー*

長江昭充** 大橋 肇***

Cyber Factory Constructed with Information Technology and Machine Tools/Akimitsu NAGAE and Hajime OHASHI

Key words: cyber factory, information technology, machine tools, factory automation, CNC

1. はじめに

メガコンペティションの時代にあつて、あらゆる産業界で大きな変革を求められている。顧客ニーズの多様化と市場のグローバル化が加速し、技術競争の激化で製品のライフサイクルの短命化がいつそう進んだことを背景に、多くの製造業で生産性の向上を目指して柔軟かつ迅速な生産への取り組みがなされている。

機械部品生産工場のFA化に先鞭をつけてきたヤマザキマザックも例外ではなく、1998年に本社・大口製作所内に新世代の部品機械加工工場を完成させた(図1)。この工場は後にサイバーファクトリーと命名され、生産現場に変革をもたらした。すなわち、製造に関するすべての部門をネットワークで結合し、部門間であらゆるデータを一元管理し、生産情報を共有化することにより、生産性の向上のみならず、製造リードタイムの飛躍的な短縮を実現した。そして、ここで実証された生産方式(サイバー化)は、国内(ヤマザキマザック精工)、海外(英国、米国、シンガポールの各工場)に展開されている。

ここでは、当社のサイバーファクトリーを、主に情報技術の利用を中心に紹介する¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。

2. MTとITとが融合した工場

当社は、10数年前から美濃加茂製作所、米国工場、そ

して英国工場にCIM工場を構築し、受注から生産・出荷までの一貫した生産体制を築き上げてきた。しかし、これらのCIM工場は、大きなホストコンピュータを据えた一方向での情報の流れしか形成しない中央集権型システムであった。このため、諸事情がダイナミックに変化する昨今の生産環境下では、かえって柔軟性や迅速性に乏しいシステムとなってきた。

そこで、より柔軟なシステムへの移行を目指し、長年のCIM実用体験を礎として、最新鋭機を開発すると同時に大口製作所に導入し、流動的な市場にすばやく対応できるサイバーファクトリーを完成させた。

工場内の機械設備は、ほとんどが高速加工が可能なマシンニングセンタ、複合加工旋盤、複合研削盤のFMSなどで構成されており、AGVによって部品搬送がなされている。

一方、サイバーファクトリーは、CAD/CAM/POPなどの事務所系情報と、工作機械が有する現場系情報をネットワークで連係させ、双方向の生産情報コミュニケーションを基本に据えた、クライアント方式による分散型LANで構築した。

サイバーファクトリーでは、生産現場の工具、治具、加工手順、加工プログラム、素材管理、品質記録といった情

* 原稿受付 平成15年9月9日

** 正会員 ヤマザキマザック(株)(愛知県丹羽郡大口町乗船1)

*** ヤマザキマザック(株)(同上)

長江 昭充

1970年東京大学大学院修士課程精密機械工学専攻修了。1971年ヤマザキマザック(株)にて工作機械の開発に従事。1987年大規模FMSの開発にて工学博士号取得。1988年取締役。

現在は専務取締役、技術生産事業本部副本部長兼開発設計事業部長。

大橋 肇

1978年名古屋工業大学大学院修士課程計測工学専攻修了。1978年ヤマザキマザック(株)にて工作機械の開発に従事。現在は開発設計事業部制御開発第2部部長代行。

図1 大口サイバーファクトリー

報を取り扱う加工段取り支援システム，加工進ちょく状況を把握するための POP システム，およびそれらを連係させた生産支援システム，さらには，工場損益管理まで含めた機械部品加工工場の稼働管理，運営管理システムといった情報管理を可能とした．その結果として，膨大な各種データの管理，データのオープン化・共有化とあわせ，図面から部品完成までの一連の生産をむだなく行うことが可能となった．

ここでは，機械部品加工部門のネットワークについて紹介しているが，組立部門での作業計画，アイドルタイムの分析などを行うための組立 POP システム，あるいは板金加工工場における板金 POP システムなどをも，同時に分散型 LAN として構築した．さらには，海外からでもこのサイバーファクトリーの稼働状況が見られるような環境が整備されている．

2002 年に構築したヤマザキマザック精工のサイバー化（図 2）では，新しい IT 技術を採用した．例えば，部品や生産進ちょくの管理・報告に，専用の端末機器に替わって携帯電話を最新のデジタル端末として導入し，操作性の改善を図った．また，大口サイバーファクトリーで得たノウハウを基に，パッケージ化された生産管理・支援ソフトウェア“サイバープロダクションセンタ”を開発し，導入した．

3. サイバーファクトリーの効果

大口サイバーファクトリーでは，機械部品加工部門のネットワーク構築により，無駄のない加工計画立案，使用工具の交換予測システム，治具等の前段取り指示，加工手順の指示といった設備機械の高効率運用を目指した生産支援システムを徹底的に活用した．その結果，設備機械の稼働率が大幅に向上した．また各種 FMS システム，セルシステムといった自動化，省人化システムの導入，高速・高加減速の横形マシニングセンタを主体とした高生産性工作機械，CBN・コーテッド超硬合金などの最新工具を適用した高速加工技術の導入により，加工時間の半減を実現した．一方，旋削とミーリング加工，内径研削と外径研削といった複合加工機の導入によって，従来の加工工程を半減させ，加工精度の向上とリードタイムの大幅削減にも成功した．

これら加工リードタイム，組立リードタイムの大幅短縮により，かつては受注から出荷まで 5 カ月を要したトータル生産リードタイムを，2.5 カ月まで短縮することができた．

その後，技術革新による機械設備の更新やシステムの高速化などにより，精工サイバーファクトリーでは，新しい IT 技術の採用に加え，機械設備面でも，5 軸制御多面加工マシニングセンタ等による最新の大規模無人化モジュラテックシステムを導入し，大幅な工程集約や加工時間の短縮を実現した．その結果，製造リードタイムは 1.5 カ月となった．

図 2 精工サイバーファクトリー

図 3 サイバープロダクションセンタ

4. サイバープロダクションセンタ

大口サイバーファクトリーの構築の過程で，これまで人手で行ってきた加工支援作業というあいまいな技能を技術情報に置き換えてきたが，これによって多くのノウハウを得ることができた．そこで，これらのノウハウを集積してパッケージ化したソフトウェア・サイバープロダクションセンタを開発した（図 3）．これは，次の 4 つのモジュールから構成されている．

(1) CAMWARE

CAD 図面から，対話型自動プログラムにより加工プログラムを作成する CAM モジュールである．ツールパスシミュレーションにより加工パスを創生するとともに，加工時間を見積ることができる．また加工に必要な工具情報を自動的にリストアップすることができる．

(2) サイバースケジューラ

工場の機械の稼働スケジュールを管理するモジュールである．このスケジューラには加工に必要な加工プログラム，工具リスト，治具情報，素材情報などがデータベースで結びつけられており，作業開始時に M640 のネットワークを通じて容易に工作機械に取り込ませることができる．また機械の作業状態が M640 から自動的にフィードバックされ，事務所で加工工程の進ちょくをタイムリーに確認することができる．

(3) サイバーツールマネジメント

CAMWARE で自動作成された工具リストを，これから

加工しようとする機械にすでに装着されている工具と照合し、必要な工具、寿命となる工具を自動的に探し出すことができる。さらにサイバースケジューラにより計画された複数の加工に必要な工具リストを生成することができるので、何日か後に必要となる工具や、寿命により交換が必要な工具の準備を事前に予測して行うことができる。これによって、工具待ちによる機械のダウンタイムを削減することができる。

(4) サイバーモニタ

複数の機械の運転状態をリアルタイムでモニタすることができる。また、過去の機械の運転状態や加工データを蓄積して、稼働率やアラーム履歴などを確認することができるので、工場管理者にとっては生産性の向上を目的とした情報収集の強力なツールとなる。

このように、サイバードラクションセンタは、それぞれのモジュールが有機的にリンクする1つの大きなデータベース上に構成されていることが大きな特徴であり、総合的な視点で工場の製造リードタイムの短縮に貢献するものである。

5. PC と NC とが融合した CNC マザトロールフュージョン 640

これまでサイバーファクトリーについて述べてきたが、サイバーファクトリーを構成する重要な要素に、工作機械を制御する CNC 装置がある。当社の工作機械は、1981 年より対話型 CNC 装置を搭載しているが、プログラム作成・段取り作業時間の短縮を図り、機械の性能をフルに引き出すため、必要な各種の機能を開発してきた。1998 年には、機械制御部に 64 ビット CPU を搭載し、操作部にパソコンを採用した新世代 CNC 装置マザトロールフュージョン 640 (M640) を開発した (図 4)。

M640 は、工具や治具のデータベースをもち、これを参照しながら対話型のプログラミングを行った後、3次元イメージで確認することができる。またプログラムを加工前に解析することによって、工具ごとの加工時間分析を行い、加工条件などの改善を支援する機能を有している。実加工時には主軸負荷のモニタリングを行い、機械・工具の性能を可能な限り引き出すことが可能である。

さらに PC と NC とを融合することによって、工作機械を工場内の情報端末とすることを可能にした。例えば、加工プログラムや工具あるいは治具などのデータを、PC 部のネットワーク機能を活用して容易に他の PC へ転送することができる。これによって、これまでフロッピーディスクなどの媒体によって、人手で時間をかけて行ってきた作業を瞬時に行うことができる。また機械が現在稼働しているのか、昨日はどれだけ稼働したのか、自動運転中／段取り中／アラーム停止中などといった運転状態の履歴、加工ワーク別の加工個数、主軸負荷などのさまざまな情報を記録し、表示するだけでなく、ネットワークを介して事務所に転送することが可能である。これらの機能は、生産現場

図 4 マザトロールフュージョン 640

の改善に寄与する多くの生産情報をもたらすこととなる。また生産管理・支援ソフトウェアなどを利用して、事務所で作成した機械加工スケジュールを直接工作機械に送信し、作業への加工・段取り指示などを容易に行うことができる。

このように、従来の CNC 工作機械のように、単に CNC の指令に従って一方的に作業するのではなく、事務所との間のネットワークを活用することで、工作機械からも情報を発信し、それを受けて事務所から次の新しい指令をだす、そのような双方向通信機能を可能にするのが M640 の大きな特徴である。

サイバーファクトリーには、この M640 の双方向通信機能が不可欠である。

6. マルチタスキングマシン

これまで、比較的大規模な工場の例を紹介してきた。小規模な工場においては、サイバー化は無縁であると思われるかもしれない。しかしながら、小規模な工場であってもサイバー化は可能であり、前述の工場と同様の効果が期待できる。次に一台の機械でサイバー化を実現するマルチタスキングマシンを紹介する。

当社は、長年複合加工機の開発を推進してきた。1989 年には従来のミールリング機能付 CNC 旋盤を発展させ、複合加工機として INTEGREX シリーズを開発した。その後、多くの改良を加え、2001 年には、マシニングセンタと CNC 旋盤とを完全融合させたマルチタスキングマシンとして、INTEGREX e-1060V を開発した (図 5)。

この機械は DONE IN ONE (すべての加工を一台で完結させる) を基本コンセプトとして、37 kW/10 000 min⁻¹の主軸を搭載した 5 軸制御マシニングセンタに、600 min⁻¹の旋削主軸を搭載し、本格的な旋削加工を可能にした、まさにマシニングセンタと CNC 旋盤とを完全に合体させた機械である。また、マシニングセンタ機能と旋盤機能とを合わせ持った機能を搭載した CNC 装置マザトロールフュージョン 640 Mpro を同時開発し、操作性の向上を図った。

さらに、e タワーと称する生産情報管理用端末 (図 6)

図5 マルチタスキングマシン
INTEGREX e-1060V

図6 生産情報管理用端末 e タワー

を装備し、工場として必要な機能を一台の機械に集約した。e タワーは IT 時代の生産情報管理の要として、生産リードタイム短縮を支援する。具体的には、次のような機能を有している。

- (1) 事務所の PC で作成した作業指示データを表示する。
- (2) 携帯端末により、機械の稼働状況をタイムリーに通知することが可能で、外出先でも稼働状況を確認できる。
- (3) 操作・保守マニュアルを内蔵し、必要な項目をいつでも参照することができる。
- (4) トラブルシューティングを事前に学習できる復旧支援ガイダンスにより、その場で迅速な復旧が可能である。
- (5) 搭載カメラによる映像を別の場所にいる保守・サービスマンと共有して確認することにより、迅速な機械の診断・復旧が可能である。

e タワーによって、営業・経営・生産・保守などの管理情報を、いつでもどこでも確認することができる。したがって、この機械一台でもサイバー工場となりうる。

7. お わ り に

M640 を搭載した工作機械を中心においたサイバーファクトリーでは、情報待ちによるアイドルタイムの低減を図って、設備の高効率運用を目指した生産性向上支援システムを構築し、設備機械自身がつもつ高い生産性とあいまって大きな成果を生み出している。当社では、大口製作所での成功をふまえ、全世界の工場をサイバーファクトリー化した。また、これらサイバー工場をネットワークで結び、グローバルな生産進ちょく状況の管理・運営を推進している。商品開発においても、技術部門から世界の生産工場へリアルタイムに新機種の設計データを送信し、商品開発のリードタイム短縮にも活用している。

また一台の機械でもサイバー化が可能となるマルチタスキングマシンも、そのシリーズを拡大し、いっそうの工程集約が可能な機械へと発展させている。

さらにサイバープロダクションセンタで、ユーザ工場の製造リードタイムの短縮に貢献する一方、M640 のネットワーク機能を活用して、機械のメンテナンス支援をするオンラインサービスサポートセンタや加工プログラム作成などの技術相談をする、オンラインテクニカルサポートセンタを設置し、CS (Customer Satisfaction) 向上に寄与している。

21 世紀はあらゆる産業界で IT 技術を駆使し、情報を正確に早く知り、管理することが成功の鍵であることに間違いない。当社では工作機械を単に加工機械としてではなく、工場内の情報端末としても活用するために、CNC 装置に PC を標準搭載し社内工場でその効果を実証した。

しかしながら、IT 技術の革新はテンポが早く、いまだ日々進化する IT 技術の一部を活用しているにすぎない。今後も最新の IT 技術をキャッチアップし、マルチタスキングマシンをはじめとする MT との融合をいっそう推進して、工場の製造リードタイムの短縮を目指すことが必要であろう。

参 考 文 献

- 1) 長江昭充, 高田芳治: 高能率加工を目指した工作機械の開発動向, 1999 年砥粒加工学会シンポジウム, 「超高速・超高能率・環境対策加工を支える要素技術と加工事例」テキスト (1999) 1.
- 2) 長江昭充: 工作機械産業と IT, 精密工学会誌, **67**, 5 (2001) 729.
- 3) 大橋 肇: IT を目指す工作機械と工場, 「第 31 回工作機械関連技術者会議講演」テキスト, 日本能率協会 (2001) A1-3-1.
- 4) 大橋 肇: MT と IT を融合した生産工場, 先端加工技術, 54 (2001) 2.