

機械金属製造業における情報通信を利用した工程管理技術

飯田 憲一, 北村 欣也, 戸羽 篤也, 畑沢 賢一

Study of Production Control System by Local Area Network for Manufacturing Industry of Machine and Metal

Kenichi IIDA, Kinya KITAMURA, Atsuya TOBA, Kenichi HATAZAWA

抄 録

現在、金融機関の破綻、公共事業費の削減など中小企業を取り巻く経営環境は非常に厳しい。また、消費者ニーズの多様化、個性化に伴い、市場が本当に要求する物を、要求する時に、要求する価格で、要求する量だけ提供できる仕組みを構築する必要性が高まっている。以上のことから在庫を抱えず受注から出荷までのリードタイムを短くするための管理システムを開発することが重要となっている。

そこで、本研究では、道内の機械金属製造業における工程管理を効率的に行うことを目的に、パーソナルコンピュータベースの低コストな情報通信網を利用した管理情報処理システムの試作・開発及び加工機械操作制御システムの動作試験を行った。

1. はじめに

最近、消費者ニーズの多様化、個性化に伴い、市場が本当に要求する物を、要求する時に、要求する価格で、要求する量だけ提供できる仕組みを構築する必要性が高まっている。このマーケットインによる変種変量生産の形態は、道内企業にも例外ではなく、この様な生産形態に適合した管理技術を開発することが重要となっている。具体的には、現場（作業員、設備）の稼働状況、受注状況、資材調達状況などのデータを一元化し、業務全体の情報を正確かつリアルタイムに処理することにより、生産期間の短縮を図るものである。最近、ネットワーク・通信技術、データベース技術の進展により、現場稼働状況用コンピュータ、生産管理用コンピュータ、資材調達用コンピュータをネットワークで結合し、全ての工程を共通のデータベースとして構築し、一元管理したシステム（CIM）の実現が容易になってきている。

一方、道内の機械金属製造業を見ると、工程管理が進めに

くい個別受注生産が多く、また、専任の生産管理担当者の配置が経営上困難な場合が多い。よって、道内の生産形態に適合し、独自の情報通信網を利用した、より投資効果の高い工程管理システム開発が望まれている。

そこで、本研究では、道内の機械金属製造業における工程管理を効率的に行うことを目的に、パーソナルコンピュータベースの低コストな情報通信網を利用した管理情報処理システムの試作・開発及び複数の加工機械を1台のコンピュータで管理する加工機械操作制御システムの動作試験を行った。

2. 開発内容

本研究は、下記の様な3つのテーマに分け、開発を進めてきた。

- ① 個別受注生産型工程管理システムの開発
- ② 簡易情報通信システムの開発
- ③ 加工機械操作制御システムの動作試験

2.1 個別受注生産型工程管理システムの開発

2.1.1 企業実態調査

本システムを開発するにあたって、道内中小企業の工程管理システムのコンピュータ化の現状、問題点などを把握するため、企業実態調査（機械金属製造業、8社）を実施した。下記に主な内容を示す。

- ・受注管理、売掛など営業関連業務などはコンピュータ化されているが他の業務は余りされていない。
- ・市販パッケージソフトは、自社に適合しづらい。
- ・ソフトハウスに外注し制作したが、ソフト開発者に理解してもらえず、完成度が低い。
- ・多品種少量生産なので、入力などの手間を考えるとコンピュータ化は困難である。
- ・現在は受注、在庫管理などをオフコンで行っているが、2000年問題などを絡めて工程管理業務をパソコン化（ダウンサイジング）したい。

実態調査からパソコンなどが安価になったことから、中小企業のレベルでも、事務所と工場をLANで結び工程管理業務をコンピュータ化したいとの意見が多いことがわかった。

2.1.2 システムの概要

本システムは企業実態調査などから下記の基本仕様とした。

- ・道内中小企業の生産形態で多い個別受注生産のシステムをベースとする。
- ・開発にあたって、企業自身が構築することを前提に汎用ソフト採用する。OS：Windows NT4.0，データベースソフト：Microsoft Access97。
- ・工程管理の中でも、受注管理、進捗管理のモデルを作成する。

具体的な適用範囲を図1に、構成を図2に示す。

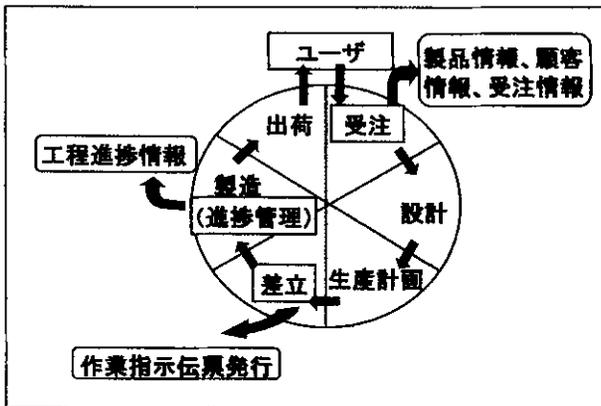


図1 本システムの適用範囲

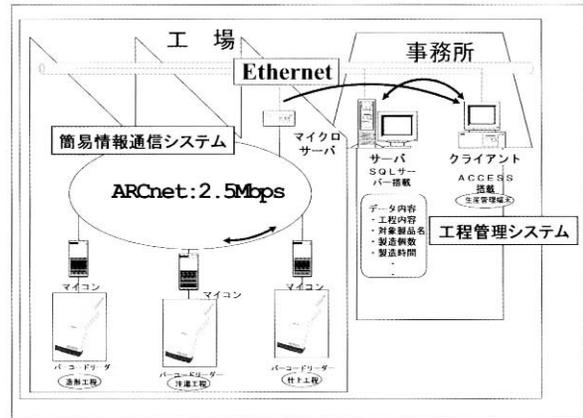


図2 本システムの構成図

2.1.3 システムの内容

本システムは図2に示す様にデータベースサーバとしてMicrosoft SQL Server6.5を、生産管理端末としてMicrosoft Access97を採用した。よって、生産管理部門以外にもデータの共有化が可能となる。

次に今回開発した工程管理システムの具体的な内容を紹介する。図3の様なメニュー画面を見てわかる様に受注情報、顧客情報、製品情報、工程進捗情報から構成されている。本システムを稼働するための前準備として顧客データ、製品データを入力し、データベースサーバに事前にデータを蓄積しておく必要がある。製品情報入力画面を図4に示す。次に実際に受注をしたと仮定し、出荷までの本システムの動きを説明する。まず、受注をした際、図5の受注情報入力画面で、

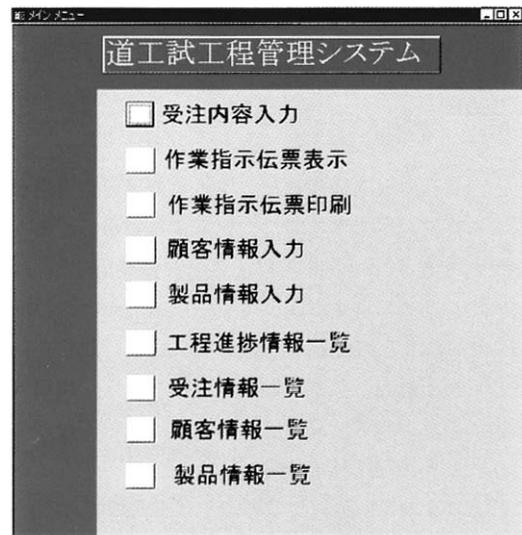


図3 メニュー画面

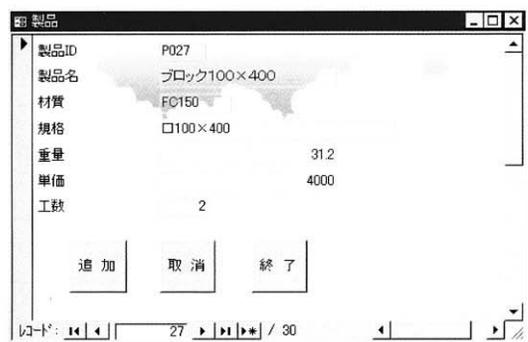


図4 製品情報入力画面

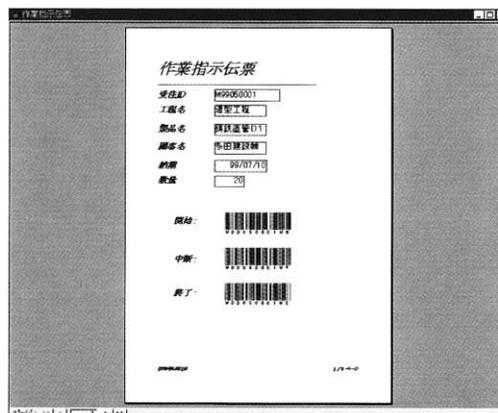


図6 作業指示伝票発行画面

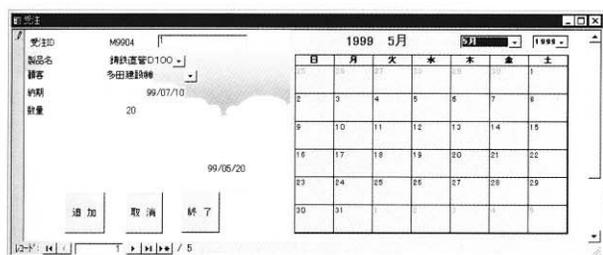


図5 受注情報入力画面

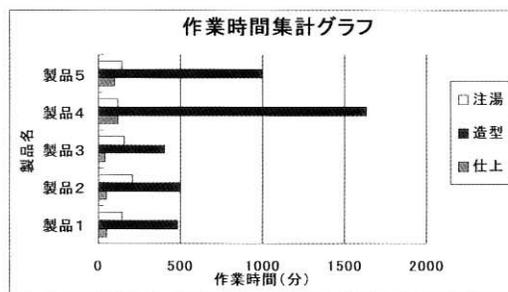


図7 作業時間集計グラフ

受注 ID，製品名，顧客名，納期，数量を入力する。受注 ID は年月及び通し番号で構成されているので，自動入力される。また，製品名，顧客名は事前に登録されているデータをプルダウンメニューから選択可能とした。納期は右のカレンダーの日付をクリックすることにより入力される。以上のようにパソコンに不慣れな人でも簡単に入力可能とした。また，図3のメニュー画面の情報一覧を選択することにより，現時点の受注状況，顧客，製品の登録状況を見ることが出来る。一般的に，受注後，設計，生産計画を経て，作業への作業指示(差立)が行われる。本システムでは，図3のメニュー画面の“作業指示伝票表示”を選択することにより，図6の様な製品名，納期，数量などの作業者が作業するための情報が盛り込まれた作業指示伝票発行画面が表示される。また，作業指示伝票にはバーコードが付記してあり，作業者は，作業の開始，中断，終了時にバーコードを読み取ることにより，事務所(生産管理担当者)にてリアルタイムに進捗状況を把握することが出来る。さらに，作業時間を集計したグラフを作成することが出来，個別原価計算を算出するためのデータに用いることが可能である。

理部門にリアルタイムに伝えることを目的に下記のような仕様とした。

- ・進捗入力機器として，バーコードリーダを採用する。
- ・ネットワークプロトコルに ARCnet を採用する。
- ・工場内のデータの集約装置としてマイクロサーバを配置する。

システムの構成の概略及び 2.1 で述べた個別工程管理システムとの関係を図 2 に示す。

2.2.2 システムの内容

(1) システムの構成

本システムは図 8 に示す様に工場の各工程の進捗状況を把握するため“バーコードリーダ”，“デコーダ”，“マイクロネットワークインターフェースボード”，“CPU ボード”から成るデータ入力端末(図 9)と工場内の各工程のデータを集約するマイクロサーバにて構成されている。また，各工程の端末とマイクロサーバは ARCnet で，工場のマイクロサーバと事務所の生産管理用端末は Ethernet で結ばれている。

2.2 簡易情報通信システムの開発

2.2.1 システムの概要

本システムは工場内の各工程の進捗情報を事務所の生産管

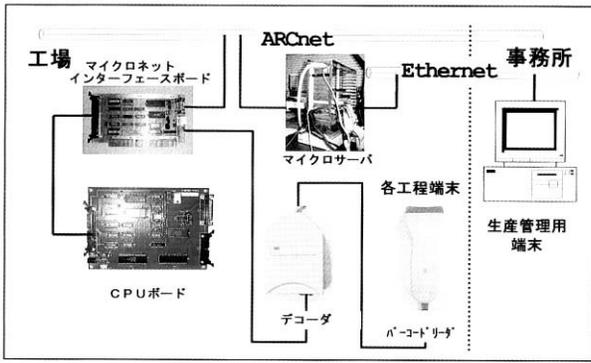


図8 システムの構成

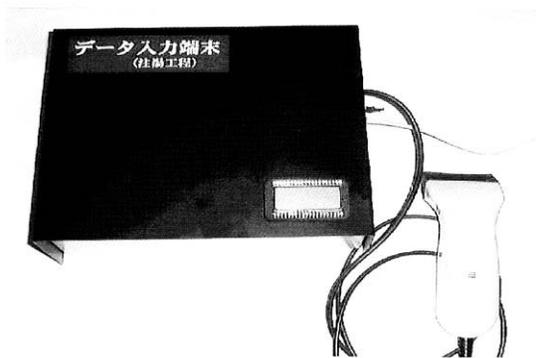


図9 データ入力端末

(2) ARCnet とは

今回採用した ARCnet とは、トークンパッシング方式（アクセス権または送信権を巡回させる方式）のローカルエリア・ネットワーク・プロトコルのことで、表 1 に ARCnet の基本仕様を示す。また、ARCnet は下記の様な特徴がある。

- ・トークンパッシング方式なので、Ethernet (CSMA/CD 方式) のようにデータ信号の衝突を起こさない。
- ・工場内で多く用いられる RS-232C などのシリアル伝送より伝送スピードが速い。(20Kbps → 2.5Mbps)
- ・LAN の代表的トポロジーであるバス、スター、ツリーが可能で、混在も可能。ケーブルはツイストペアが良い。
- ・プロトコルが簡単なので、インターフェースの開発が楽である。
- ・LAN 構築（配線、設定など）が簡単で、低コストで出来る。

(3) データ信号の伝達手順

実際にデータ信号が各工程の端末から事務所の生産管理用端末までの様に流れるのか図 10 を用いて紹介する。

- ①各工程の作業者は作業指示伝票に記載された作業の開始、中断、終了時に作業指示伝票のバーコードをバーコードリーダで読み取る。
- ②デコーダではバーコードデータを文字コードに変換す

表1 ARCnetの基本仕様

機能	仕様
転送速度	2.5Mbps (1bit/400ns)
最大ノード数	255ノード/1ネットワーク
プロトコル	改良型トークンパッシング・プロトコル
トポロジー	バス、スター、ツリー及びこれらの複合（ループは不可）
パケットサイズ	1~253バイト(ショート)/257~508バイト(ロング)
1ネットワークの	6.4Km
最大延長距離	(内部タイムアウト値の設定により拡張可能)
伝送媒体	93Ω 両軸ケーブル (HYC9068S-SK/HYC9088S-SK) ツイストペアケーブル (HYC9088S-SK/HYC2488S/HYC2488S/R3485 1~3 (1~3 等)) 光ファイバーケーブル
信号コード形式	1~48bit (HYC9068/HYC9088) 1~48bit (HYC2488S/HYC2488S/R3485 1~3 (1~3 等))

る。

③マイクロネットインターフェースボードを経由し、CPUボードで ARCnet 用の通信パケットに変換する。

④マイクロネットインターフェースボードで ARCnet 用の信号にレベル変換（論理信号→通信信号）する。

⑤ ARCnet のケーブルを経由し、マイクロサーバにデータが集積され、作業時間が集計される。

⑥事務所の生産管理用端末からのデータ要求により、マイクロサーバからデータを送る。

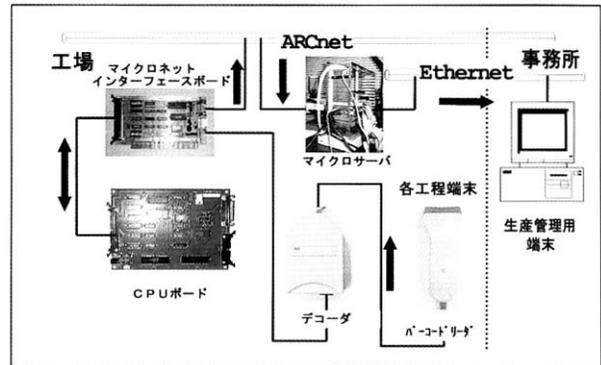


図10 データ信号の伝達手順

2.3 加工機械操作制御システム (DNC) の動作試験

2.3.1 DNC とは

道内製造業における「CADのシステム化」は主な機械工場（自社製品を持っている）では既に導入されており、システムによっては高い製図機能を使用出来る現状にある。また、加工工程は、NC 工作機械の設置が進み、自動加工が行われている。しかし、これらの CAD、NC 化はそれぞれ単独で自動化されているため、それらの工程をつなぐものは、依然として設計図面である。そのため、生産工程において設計データ（形状の数値情報）を一度図面化し、この情報を加工工程の作業員によって再び NC 加工用に数値化するという非常に効率の悪い作業がまだ行われている。この作業は加工のための準備であり、実際の加工を行わない時間であるため、結果的に全加工時間を大きく増加させている。そこで、今回これらの作業の中で最も時間短縮が見込まれる CAM データの入力作業を自動化する、DNC システムの実証試験を行った。

本試験では、加工データの一元化による加工工程の自動化を、LANやデータ通信を利用したDNC（Direct Numerical Control＝直接NC加工機械操作）によって実現し、加工工程の自動化技術の有用性を検証した。

2.3.2 システムの構成

本試験に使用したDNCシステムは市販のシステム（松浦製作所製：DNCステーション）で当場のLAN上のPC（EPSON VT575R）端末にインストールし、“DNCシステム”とした。“CAMシステム”は、当場で開発した「板金展開NC加工システム」を使用した。また、“CAMシステム”と“DNCシステム”のデータ交換としてPC（NEC PC98XL2）を使用し、データ通信機能（“CAM通信システム”）を新たに開発した。

また、NC工作機械は、直接、接続出来る機械がないため、PC98XL2上に仮想NC工作機械機能（“仮想MC”）を模擬するソフトウェアを開発した。

これらのシステムの概念図を次に示す。

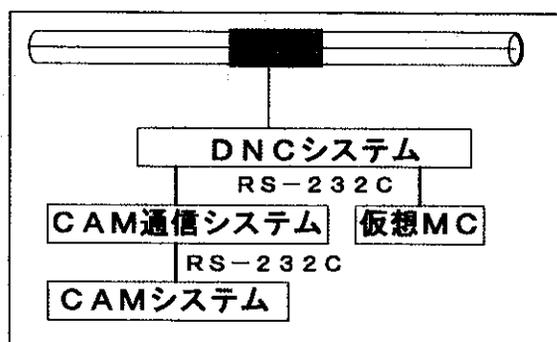


図11 DNCシステム概念図

(1) DNCシステム

本システムは、Windows95上で稼働し次のような機能を有する。

- ア .NCデータファイル管理
- イ .スケジュールファイル管理
- ウ .通信機能
 - a. NCデータ配信・受信
 - b. 機械別スケジュール管理
 - c. モニタ・情報ウィンドウ
 - d. 接続機械の通信条件設定
 - e. 履歴管理
 - f. リセット
- エ .システム設定

これらの機能によってNC工作機械を効率良く運転管理出来る。またNCデータ、機械別スケジュールは、NC工作機械からも操作が可能である。

(2) CAM通信システム

本システムは、CAMシステムとDNCシステムのNC情報

の送受信を行うもので、つぎの機能から出来ている。

- ア .NCデータの送受信
- イ .NCデータ表示とファイル操作
- ウ .CAMシステムの呼び出し

(3) 仮想マシニングセンター（MC）システム

この“仮想MC”システムは、実加工機械をシミュレーションするためにPC上にソフトウェアで実現した。その機能は、次の要素から構成されている。

- ア .NC情報の送受信
- イ .NC情報の表示
- ウ .MCの自動・手動運転

(4) CAMシステム

本システムは、企業の要望により共同で開発した「板金展開NC加工システム」であり、汎用性の有る6つの基本の展開図形の計算とNC加工コードを出力する。本システムは次の機能を有している。

- ア .板金展開計算
 - a. 図形選択
 - b. 図形寸法、板厚、分割数入力
 - c. 展開図形の座標値計算と図形表示
 - d. 円弧補間機能と図形表示
 - e. 分割数変更入力
- イ .NC加工用情報処理
 - a. 加工条件入力
 - b. 工具径補正と加工経路表示
 - c. NCコード生成と工具経路表示
 - d. NCコードのファイリング

2.3.3 DNCシステムの動作試験

はじめに、“CAM通信システム”によって“CAMシステム”を起動させる。「板金展開NC加工システム」のメニュー画面から展開図形を選択し、必要なデータを入力して展開図形を求める。次に、加工条件を入れて、加工工具経路を計算し、その工具経路とNCコードを求め、加工順序を図形とコードで表示する。そして、変更がなければ、NCコードをファイリングして終了する。

次に、“CAM通信システム”に自動で戻り、NCコード情報を、ファイルから読み出しDNCシステムへ送り出す。図12にCAM通信システム [DNC] の画面を示す。

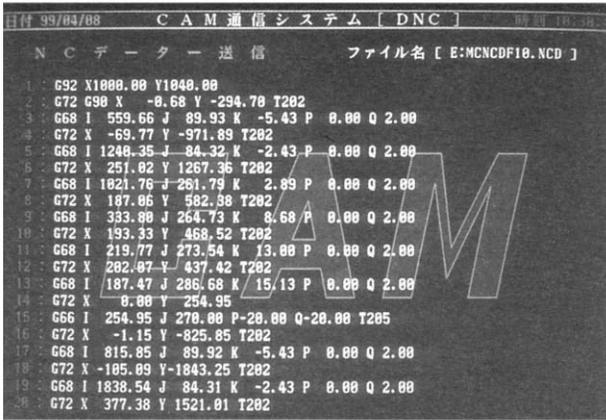


図12 CAM通信システム [DMC]

図 13 に DNC システムへ送られた DNC ファイルのデータ内容の一例を示す。



図13 DMCファイルの一例

本 DNC システムは、8 台の装置（NC 工作機械及び CAM システム等）との通信が RS-232C 回線で可能である。また、先の NC コード情報は、他の NC 情報とスケジュール管理機能によって編集され、NC 工作機械へ情報を送信すると共に、手動・自動運転を行うことが出来る。図 14 に示す DNC システム画面は、システムの主画面で、先に述べた各種機能と接続可能な 8 つの装置をそれぞれアイコンで表されている。

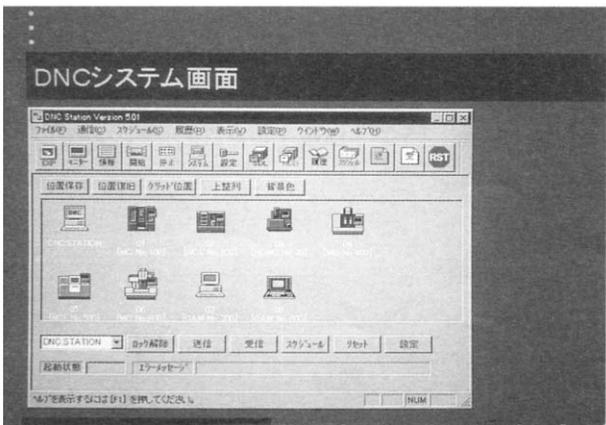


図14 DMCシステム画面

次に、DNC システムでスケジュールされた NC 加工情報（NC コード等）は、NC 工作機械へ情報を送信する。

NC 工作機械運転試験では、仮想 MC によって NC 情報を受信する。仮想マシニングセンター（DNC データ送受信と自動運転）では、メニュー画面が表示され、まず、データ受信を選択して、DNC システムからの NC 情報を読み込む。次に、NC 加工のシミュレーション機能（メニューの「加工」）によって、手動・自動加工を、一命令ごとに実行して加工を終了する。

仮想マシニングセンター（手動加工）では、運転命令を入力すると、NC 加工シミュレーション機能が作動し、加工状況を画面に表す。（図 15）

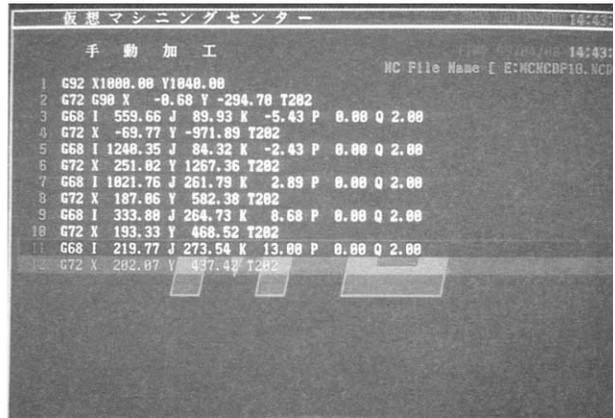


図15 仮想マシニングセンター（手動加工）

3．評価試験及び考察

今回、試作・開発した簡易情報通信を利用した工程管理システムの評価試験及び DNC システムの動作試験を実施した結果の考察について述べる。

①今回の工程管理システムは、専門的知識を必要とするプログラム言語ではなく、既存のアプリケーションであるデータベースソフト Microsoft Access で開発した。よって、運用段階で不具合などがあっても、多少のコンピュータの知識を有している人がいれば、自社での修正が可能などのメリットがある。中小企業レベルの工程管理システムの情報化は既存のアプリケーションの活用で十分である。

②事務所と工場が離れている場合、進捗管理をリアルタイムに把握するのは困難である。また、個別原価管理などを行うには、実績工数の把握が必要であり、通常、日報など手書きで行っている場合、集計に時間が掛かるなどの問題が多い。今回の工程管理システムは、作業の進捗状況の入力にバーコード入力システムを使うことにより、リアルタイム性とデータの信頼性が保証されるとともに、データを複数の管理システムで利用することが可能となる。本開発により、生産管理用の入力機器としてバーコードリーダなどは POP (生産時点情報管理) 端末としての有用性が確認された。

③ LAN を構築するにあたって、業界標準である“TCP/IP”プロトコルがあるが、複雑で習得が難しい。また、工場内で多く使用されている RS-232C などのインターフェースでは、伝送スピードが遅い上に 1 対 1 の通信にしか対応していないなどの問題点がある。本システムで採用した ARCnet は、これらの補完的な位置づけにあり、2.2.2 で述べたメリットがあるとともに、高度なコンピュータ知識がなくても、開発が可能である。

④ DNC 動作試験で NC 情報の電子通信を試験したが、従来の紙テープ、フロッピーディスク等による情報の受け渡し方法と比較すると、情報の伝達速度で数十倍の能率向上が確認された。また、DNC システムとの双方データ通信機能による加工機械の一元的な管理が可能であり、生産性の向上が図られる。

4. まとめ

最近、コンピュータなどの情報機器の低価格化が進み、従来、手作業で行っていた業務を情報化することが容易になった。特に中小企業では、短納期、コストダウンに対応するため、工程管理システムを情報化するケースが多く見られる。しかし、ソフトハウスに任せただけの場合、コミュニケーション不足により、思う様にシステムが構築されなかったり、パッケージソフトを購入したが自社に適合しないため、使われなくなるケースが多く見られる。

そこで、今回の様に既存アプリケーションを活用し、自社で構築することにより、完成度、費用、メンテナンスの面で効果が大きいものと思われる。

今後、今回開発したシステムをベースに、地場企業の工程管理システムの LAN 構築、情報化、DNC 化などの啓蒙、普及を図っていく予定である。

参考文献

- 1) 上原政二;「標準 LAN 教科書」上・下,アスキー-出版局,1994
- 2) 東洋マイクロシステムズ(株);「ARCNET Technical Manual」,1998
- 3) 松浦機械製作所(株);「DNC ステーション Ver5」,1996
- 4) 精密工学会誌,Vo162,No12 ;特集「企業のデジタル革命 - CALS」,1996
- 5) 精密工学会誌,Vo165,No1 ;特集「精密工学の進展」,1999