



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	簡易型光ファイバ・データリンクのDNCシステムへの応用
Author(s)	岸浪, 建史; Kishinami, Tateshi; 斎藤, 勝政 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 100, 21-31
Issue Date	1980-10-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/41635
Type	departmental bulletin paper
File Information	100_21-32.pdf



簡易型光ファイバ・データリンクの DNC システムへの応用

岸浪建史* 斎藤勝政* 宇田吉広** 野中峻輔**
(昭和55年6月30日受理)

An Application of Optical Fiber Data Link to Direct Numerical Control System

Tateshi KISHINAMI, Katsumasa SAITO, Yoshihiro UDA
and Shunsuke NONAKA
(Received June 30, 1980)

Abstract

Optical fiber communication systems were expected to be highly useful for data transmission under heavy electrical noise circumstances such as in power plants or machining factories.

As Numerical Controlled machine tools and Automatic Programming System are used increasingly in machine shops, a computer control machining system, the so-called DNC (Direct Numerical Control) system, is needed to build a higher level automatic factory.

In this paper, the Optical Fiber Data Link was tentatively applied to the data transmission between computer and Numerical Controlled machine tools. It was clearly shown that a higher reliability of data transmission in the machining factory is obtained by the Optical Fiber Data Link.

1. 緒 言

光ファイバ通信は、無誘導性、絶縁性などの特徴を有し、電氣的雑音の多い環境下でのデータ伝送に有用である。この特徴と光ファイバの細径、軽量な点とがあいまって、工場内における計算機と数値制御工作機械間のデータ伝送への応用が注目されている。著者らは計算機制御加工システムとしての DNC (Direct Numerical Control) システムにおける小型計算機と数値制御工作機械間のデータ伝送に簡易型光ファイバ・データリンクによる回線を構成することにより外乱に対する高信頼性を確認したので、その概要について述べる。

2. DNC システムの概要

DNC とは計算機による数値制御工作機械のオンライン制御のことであって、その目的は数値制御工作機械の計算機制御を通して工場の自動化を目指した自動化技術の一部であると言える。

* 精密工学科 精密加工学第一講座

** 日本電気(株)光ケーブル通信開発本部デバイス開発部

具体的には、

- 1) 中央の計算機による多数の数值制御工作機械の時分割ベースでの同時制御、
- 2) パートプログラム、NC 指令テープの貯蔵、分配、編集作業の実行、
- 3) 工作機械の稼動状態等のモニタリング、
- 4) 生産工程のプロセスコントロール、マネージメント、

等々を目的としたものである。

2次元輪郭加工を主とする部品加工においては、個々の数值制御工作機械が有する演算機能（直線、円弧補間、カットオフセット）とバッファメモリにより小型計算機でも時分割的に多数の数值制御工作機械の同時制御が可能であった。しかし、航空機、自動車産業等でみられる3次元自由曲面加工においては数值制御工作機械が有する演算機能、バッファメモリでは対応しきれなく、1台の計算機と1台の数值制御工作機械から成るDNCシステムが考えられはじめている^{1,2)}。その理由は、第一に自由曲面加工においては短時間に多量のNC指令情報を必要とするため、紙テープを情報媒体とするには以下の点で限界があることが上げられる。

- 1) 紙テープは再生産性がないためコスト高である、
- 2) 紙テープの脱着、管理等のハンドリング工数が無視できない、
- 3) ミスパンチ、読取りミスが発生頻度が高い、

等々である。

第2に3次元自由曲面加工においては工具経路、工具の変更、およびNC指令テープの編集、校正作業が実際の加工条件と密接な関係があるため、機械側すなわち作業側から、オンラインでDNCシステムを用いて、それらが処理されることが望まれている。

第3に加工形状記述、加工情報の処理にAPT、FORTRAN、アセンブラ等の言語の利用、あるいは計算機の持つすぐれたオペレーティングシステムのもとでのソフトウェアの開発、改良、変更等の容易さが上げられる。

以上の観点から試作したDNCシステムは一台の小型計算機（TACC 1200 M：精密工学科

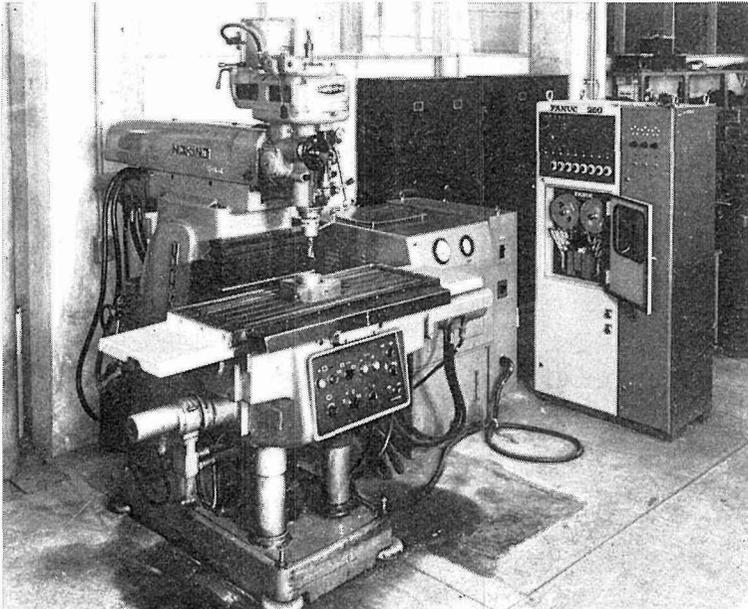


図-1 数值制御立フライス盤

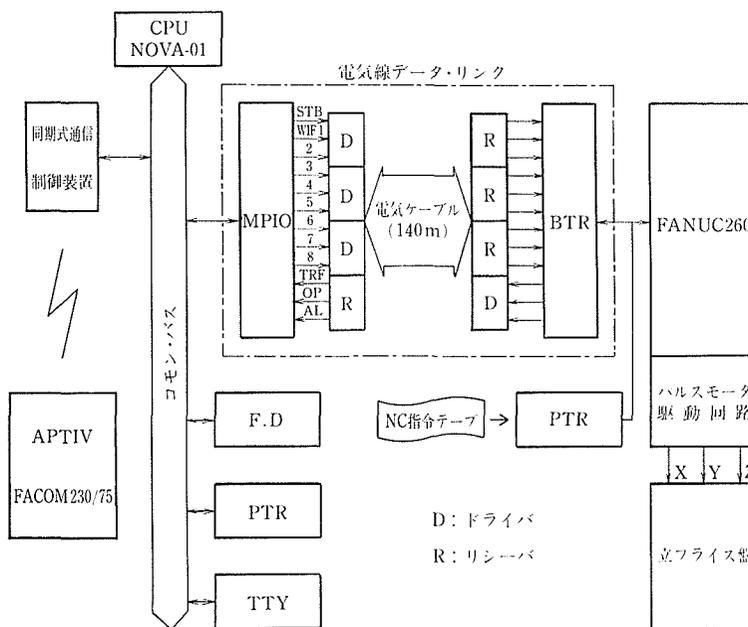


図-2 DNC システムの機器構成図

自動制御講座所属) と一台の数値制御立フライス盤 (図1 参照, 牧野フライス社製 KNC-70, FANUC 260 A 付, 同精密加工学第一講座所属) からなるシステムであって, その機器構成図を図2に示した。

3. DNC システムにおける伝送ラインの特徴

試作した DNC システムにおける小型計算機と数値制御工作機械は, 図3に示す北大工学部 P 棟3階 P 302室と Q 棟1階の精密加工実験室とにあって, その間 (約 140 m) を電気ケーブルによるデータ伝送を行っていた。すなわち伝送形式は図2に示す計算機から数値制御工作機械への並列8ビットテープモードでの指令情報の伝送と, 数値制御装置から計算機への制御信号, すなわちトランクファ信号 (TRF), オペレーション信号 (OP), アラーム信号 (AL) の3本の並列伝送方式である。この電気ケーブル・データリンクにおける連続データ伝送中のエラー発生状況を表1に示した。これらエラー発生の原因は電気ケーブル途上に設置されている放電加工機, 真空溶解炉等の実験機器が電気ケーブルへの電磁誘導を起しているためと考えられ, また P 棟3階と Q 棟1階の建物による地電位差が約 80 V 程度あって, 信号線を流用したアースラインのみでは伝送系の IC ラインドライバ, リシーバが突発的に破損するトラブルも発生していた。そこで伝送ラインを光ファイバにより構成することにより誘導障害の防止を計ると共に, 絶縁性を生かして地電位差の影響を除去し長時間安定したデータ伝送の確保を目的とした。

表1 エラー発生状況

電気ケーブルによる DNC システム

月 日	5月15日	16日	17日	18日	19日	21日	22日	30日	6月1日
稼動時間	6時間	3	6	1	1	5	2	1	4
エラー回数	4回	1	28	4	2	15	2	1	9

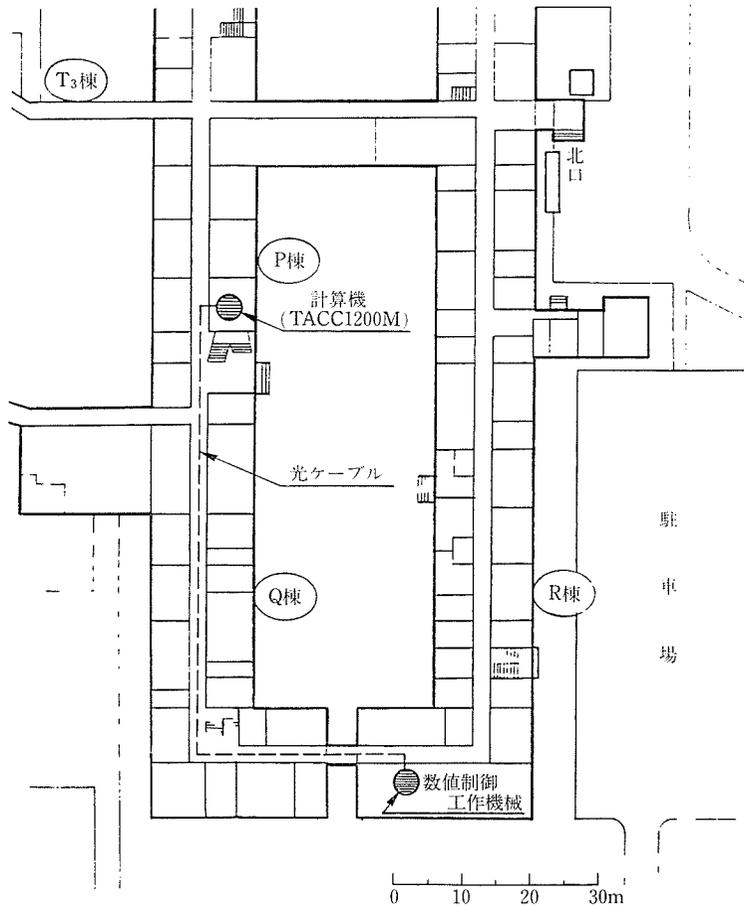


図-3 DNC システムの設置状態

4. 簡易型光ファイバ・データリンクの構造と伝送系の構成^{3,4)}

簡易型光ファイバ・データリンクは種々のデジタル光伝送機器のうちで最も小型で簡単な構成をもち、1対1の非同期データ伝送用として広く用いられている。すなわち DNC システムにおけるデータリンクの伝送速度は 1 Mb/S 以下であるので構成の簡単さ、価格の点から、LED-PD の組み合わせによる直接変調-直接検波方式による簡易型光ファイバ・データリンクで十分であると言える。用いた簡易型光ファイバ・データリンクの送受信器（日本電気㈱製 NEOLINK-1D）の外観とデータ・リンクの構成図を図4と図5に示した。受信器は PIN-PD で検波したのち比較器に入り、比較器の規準電圧は増幅器の出力振幅の半分の電圧になるように ATC (Automatic Threshold Control) 回路により自動的に設定されるため、その動作特性は図6に示すように平均 -39 dBm で 10^{-9} の誤り率が確保されている。

また送受信器の外部との電気インタフェースは TTL レベル、電源は +5 V 単電源である。さらに、図5から明らかなように受信器はクロック抽出機能がないので、回路の性能から決まる上限速度以下の任意の速度で手軽に使用できる利点がある。

しかしながら従来の電気ケーブルをそのまま光ファイバに置き換えるだけでは光ファイバの特徴を生かしきれない。すなわち試作した DNC システムのデータ信号線、ストローブ信号線、

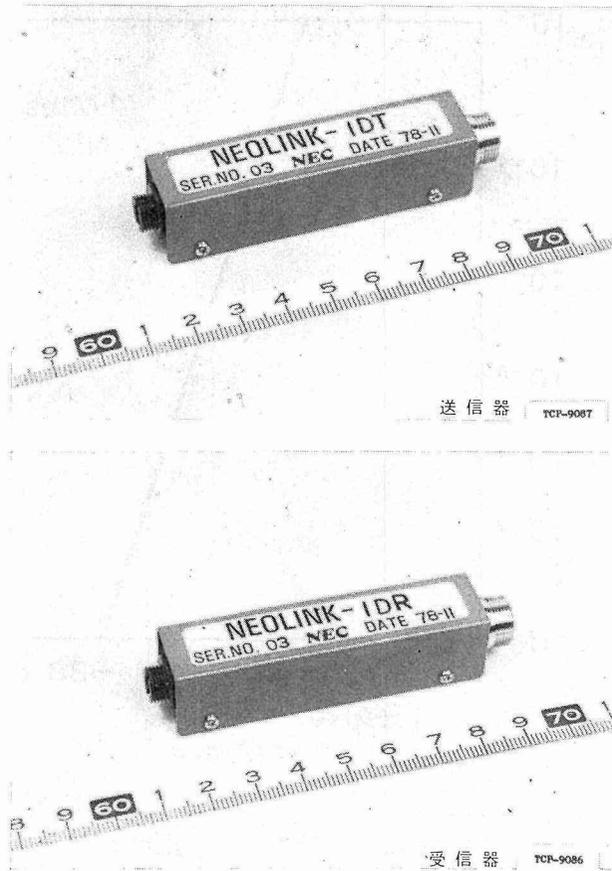


図-4 送受信器の外観

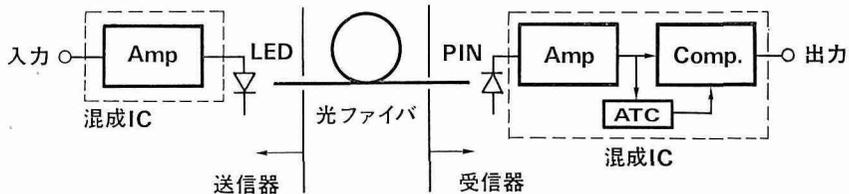


図-5 簡易型光ファイバ・データリンクの構成

制御信号線を単に12本の光ファイバに置き換えるのは実用的にも、経済的にも問題がある。光ファイバは前述したように低容量から大容量まで幅広い情報伝送に適用できる柔軟性を持っているのでTDM (Time Division Multiplex) によるパラレルシリアル、シリアルパラレル交換を用いて等価的な複数本の伝送路として用いることが可能である。さらに光ファイバ分波器を用い、周波数多重伝送(双方向通信)を行なえば原理的に一本の光ファイバのみでデータ・リンクを構成できるが光学システムが複雑となり価格も高くなり現実的でない。結局、データ伝送用ソフトウェアの変更が不用で、比較的成本が安い図7に示す光ファイバ伝送系を用いた。すなわち、伝送ラインを単純化するため並列8ビットデータ信号をシリアル化して一本の光ファイバで伝送するTDMを1部用いることにより5芯光ファイバ・ケーブルを用いた。光ファイバ・ケーブルの両端にモールド光コネクタを取りつけた状態で敷設を行ない敷設後の伝送損失は光コネクタの接続損を含めて平均3.1dBであった。

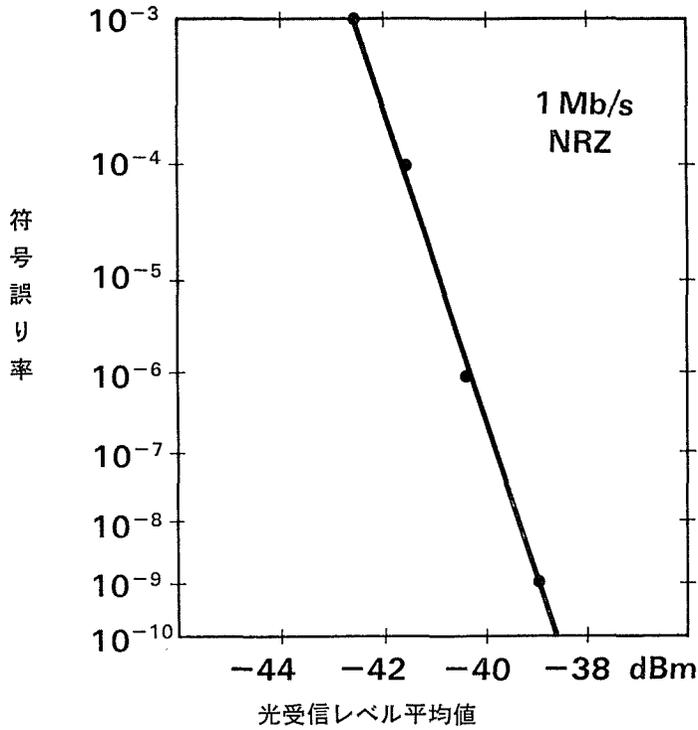


図-6 データリンクの符号誤り率

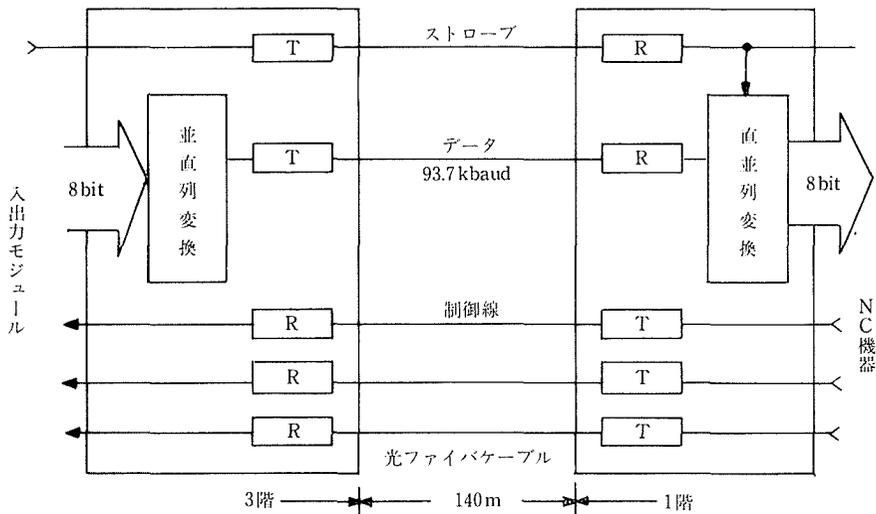


図-7 DNC システムにおける光ファイバ・データリンクの構成
(T: 光送信器, R: 光受信器)

なお使用した光ファイバ・データリンクの諸元を表-2 にまとめて示した。電気インターフェースは光ファイバ・データリンクの入出力レベルが TLL レベルであるので既存の論理回路で十分構成することができた。また8ビットデータのシリアル・パラレル変換には UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) を利用した。

表-2 光ファイバ・データリンク (NEOLINK) の諸元

ビットレート	DC~1 Mb/S (NRZ)
送受間許容レベル	15 dB 以下 (BER=10 ⁻⁹)
電気信号入出力レベル	TTL
光源	AlGaAs LED
受光器	Si PIN フォトダイオード
電源	{ DC+5 V 80 mA (送) DC+5 V 15 mA (受)
外形寸法	16×16×60 mm (送受同寸)
光ファイバケーブル	コア径 100 μm NA 0.28 SELFOC ファイバ (6芯) 外径 13 mm, 長さ 140 m

5. DNC システムにおけるデータ伝送オペレーティングシステム

DNC システムにおけるオペレーティングシステムは制御対象値制御装置、および台数によって異なる。前述した DNC システムは一台の数値制御装置 (FANUC 260) のみを制御対象としているため、FANUC 260 の信号動作作線図に整合するデータ伝送オペレーティングシステムで十分である。図2のデータ・リンクの各信号線の内容を表-3に示した。またそれらの信号動作作線図の一部を図8に示した。DNC システムにおける計算機は数値制御装置の制御信号 (TRF, OP, AL) を監視することによりデータ信号、ストロブ信号を図8の信号動作作線図にのっとったタイミングで伝送することになる。すなわち計算機内に加工用 C 指令情報が作成されたか、ある

表-3 信号の名称伝送方向および内容/条件

名称	伝送方向	内容/条件
WIF 1~8	計算機→数値制御装置	この8ビット並列信号は紙テープベース信号と一致し STB 信号が論理“1”のとき有意情報として数値制御装置が受入れる。
STB	計算機→数値制御装置	この信号は、紙テープベース信号のスプロケットホール信号に相当し、データ信号 WIF 1~8 より若干おくれて論理“1”となり、データの1デジットを読みこむためにつかわれる。
TRF	数値制御装置→計算機	数値制御装置が計算機にデータを要求するときに TRF 信号に論理“1”をたてる。
AL	数値制御装置→計算機	数値制御装置に以下のアラームが発生したとき、論理“1”をたてる。 1. TH: ホリゾンタルバリテータチェックエラー 2. P/S: 文法, 計算エラー 3. OT: オーバトラベルエラー 4. OH: オーバヒートエラー 5. TV: テープパーティカルバリテータチェックエラー
OP	数値制御装置→計算機	リセットボタンを押したときに論理“1”, 解除したときに論理“0”となる。

(ただし、論理“1”とは、2.4~5.2 V (IC レベル)、論理“0”は 0~0.4 V を意味する。)

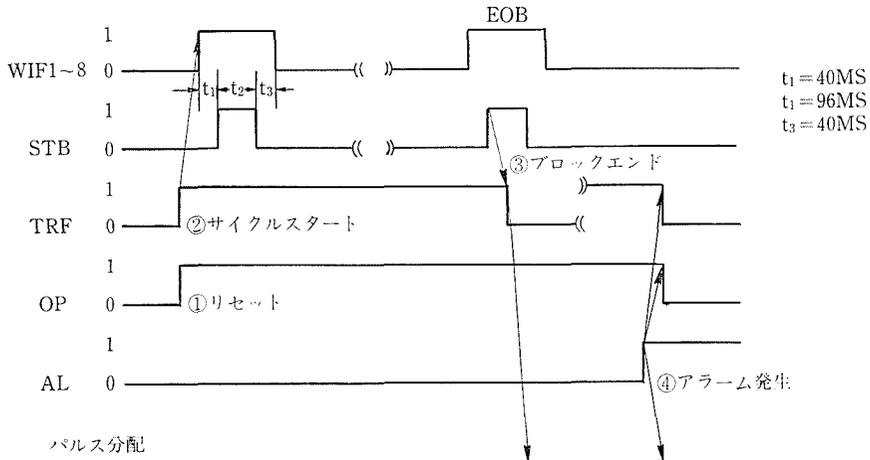


図-8 数値制御装置の信号動作線図

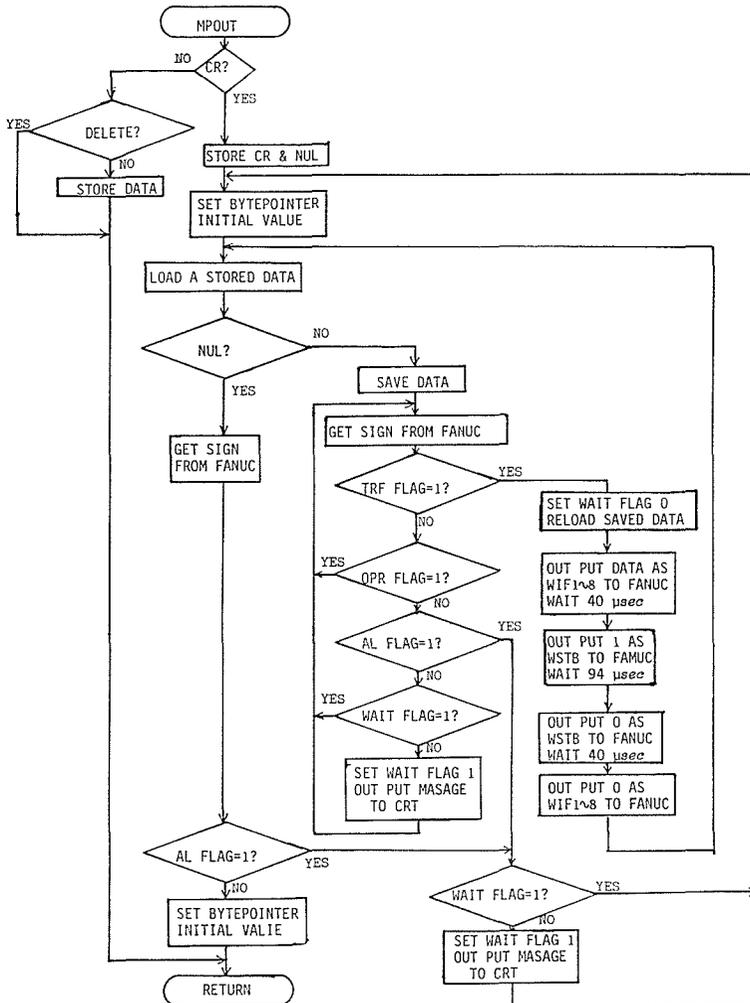
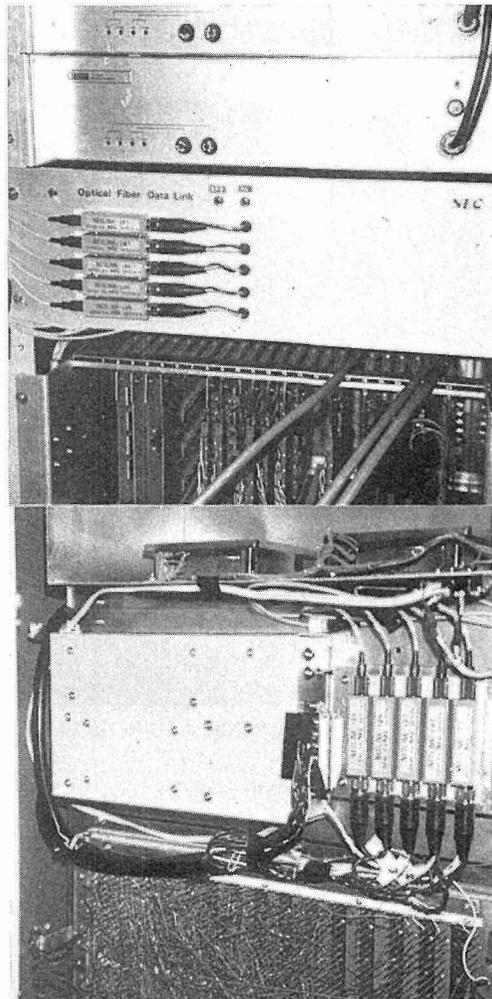


図-9 オペレーティングシステムフローチャート

いは格納された段階で数値制御工作機械のリセット、サイクルスタートボタンを押すことにより OP, TRF 信号を計算機に送り、これを計算機側で確認することによりデータ伝送を開始する。この場合、STB 信号はデータ信号 (WIF 1~8) に対して $40\mu\text{S}$ 程度の時間遅れを持たせ、 $94\mu\text{S}$ の維持時間の後に STB 信号を“0”とし、さらに $40\mu\text{S}$ 後にデータ信号をクリアする。その後約 $200\mu\text{S}$ 程度の時間間隔を設けて、同様にしてデータ信号の1デジットごとの信号を数値制御装置に伝送する。もし EOB (End of Block) 信号を数値制御装置が受信すると TRF 信号が“0”となり、これを計算機側で確認してデータ信号を伝送を中止する。一方数値制御工作機械は与えられたデータを基にパルス分配の実行を開始する。同様にして、数値制御装置の OP, AL 制御信号を監視しながら、それぞれの状態にあわせてデータ伝送の中止、再開、アラーム発生を計算機側のオペレータに知らせることができる。このような制御を受けもつプログラムをオペレーティングシステムと呼び、そのフローチャートを図9に示した。

6. 光ファイバ・データリンクによるデータ伝送結果とその効果

DNC システムにおける伝送ラインの特徴は伝送速度が 93.7 k boud と非同期伝送としては比



計算機側

数値制御装置側

図-10 光送受信器の実装状態

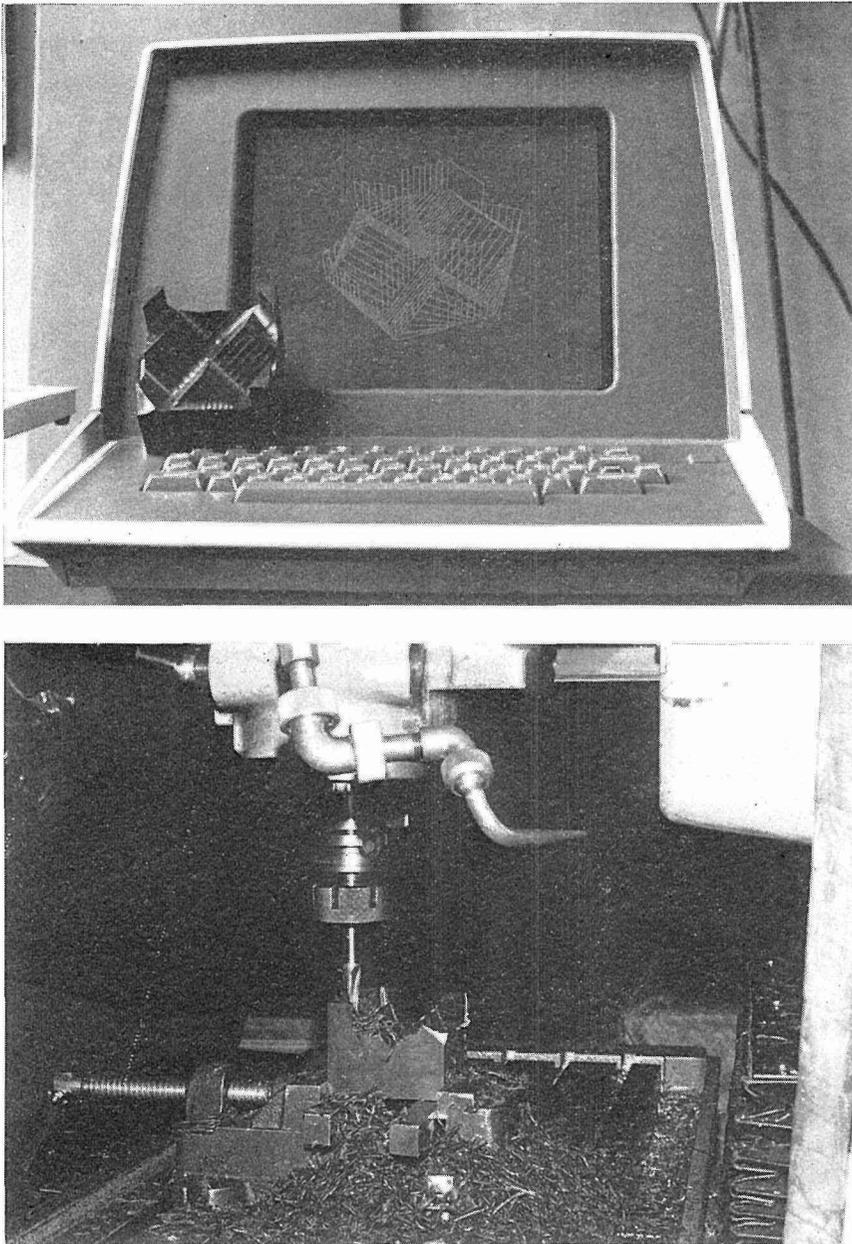


図-11 形状入力と加工例および加工状態

較的高速である外に、NC 指令データの伝送速度が自由に選択できるよう広いデータ速度範囲を無調整でカバーできるように配慮している点あげられる。現在、伝送速度の上限は数値制御装置の追従限界によって定まっている。なお光ファイバ・データリンクの計算機、数値制御装置への実装状態を図 10 に示した。

電気線データ・リンクを光ファイバ・データリンクに置換えて以来、伝送データのエラーは皆無となり長時間の DNC システムの連続運転が可能となった。図 11 に DNC システムを用いた 3 次元形状入力状況と加工結果および加工中の写真を示した。

7. 結 論

3次元曲面加工用 DNC システムは長時間の連続運転が要求されるため高信頼性を持つ伝送ラインが不可欠である。工場内での電磁誘導や地電位差によるデータ伝送ラインの障害を解決するため、計算機と数値制御工作機械間に簡易型光ファイバ・データリンクを用いて DNC システムを構成した。その結果、従来、電気ケーブルによる伝送ラインで頻発していた周辺実験機器からの電磁誘導障害、あるいは地電位差によると考えられる IC の突発的破損も皆無となり電気雑音の高い工場内で信頼性の高い伝送ラインの確立が可能であることを確認した。

なお、本稿で述べたデータの一部は日本電気(株)伝送通信事業部および富士通ファナック(株)より提供していただいた。また、オペレーティングシステムの開発にあたって、下越 昭君（現、豊田工機(株)）、蔵田 満君（現、キャノン(株)）の協力をいただいた。さらに計算機の利用にあたって精密工学科助教授、小山昭一先生の有益な助言をいただいた。

引 用 文 献

- 1) 岸浪建史・蔵田 満・斎藤勝政・佐藤 真：昭和54年度精機工会春季大会学術講演会論文集 p. 219 (1979. 4).
- 2) 蔵田 満・岸浪建史・斎藤勝政・佐藤 真：昭和54年度精機工会春季大会学術講演会論文集 p. 221 (1979. 4).
- 3) 宇田吉広・土肥規矩夫：電子通信工会半導体・材料部門全国大会講演論文集 255 (1979, 10).
- 4) 宇田吉広 外5名：電子通信学会 MW 78-105, OQE 78-103 p. 75 (1978, 12).