

ネットワークを利用した分散処理型システム

Remote Processing System Using Network

松原 哲朗*
Tetsuro MATSUBARA

塩田 圭三**
Keizo SHIOTA

井下 哲也***
Tetsuya INOSHITA

清水 輝雄***
Teruo SHIMIZU

1. まえがき

近年、情報伝達機構としてのネットワーク技術が発展、普及したことにより、ワークステーションとEthernet（イーサネット：1976年にゼロックス社が発表したLAN）に代表されるLAN（Local Area Network：企業内・地域情報通信網）を用いて、簡単に分散処理環境を構築できるようになってきた。それに伴い、従来のコンピュータ管理技術にネットワーク管理技術の項目が加わり、コンピュータ管理はさらに高度なものとなってきている。

しかし、ネットワークは構築、管理の苦勞に見合うだけの効果があり、システムの使い勝手や拡張性が向上し、ディスクやプリンタ、プロッタなどの機器の共有、利用者間の多種多様なメッセージ交換のサポートはもちろんのこと、WAN（Wide Area Network：広域情報通信網）に至っては遠隔地の組織との、より密接な融合環境などを手にすることができるようになった。

そこで、今回は四国工場における橋梁および鉄骨生産システムなど、ネットワークを利用した分散処理型システムの開発について報告する。

2. 四国工場ネットワークの概要

現在ではUNIXワークステーション（以下、EWSとする）でネットワークを利用した分散処理ができるのは当たり前になっており、分散処理を行うためにEWSを導入するところも多いようである。

当四国工場の現在のネットワーク・システムは、図-1のとおりであり、将来計画としては、図-2のようなネットワーク・システムの構築を計画している。

現状および将来計画のネットワーク・システムを報告するに当たって、ネットワークの基礎的な知識について紹介しながら説明する。

(1) LANの分類

当初、LANの通信制御方式（種類）は、Ethernet LANが主に使用されていたが、現在では、表-1のようにIEEE802委員会が、標準化を推進している数々のLANが現実のものとなってきている。LANはその方式諸元により以下のように分類できる。

a) 媒体アクセス方式による分類

① CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect：搬送波感知多重アクセス/衝突検出) 方式

LANに接続されている端末（EWS、パソコンなど）は、どの端末とも、いつでも通信できる。2台以上の端末が同時に送信すると、衝突が発生するが、各端末は衝突検出機構をもっており、衝突を検出すると中断し、再度送信する（早い者勝ち方式）。

② トークン・パッシング・バス方式

トークン（送信許可権）を事前に定めた順番で、接続されている端末に順次巡回させ、そのトークンを獲得した端末のみが送信可能となる（データの衝突は起きない。順番待ち方式）。

③ トークン・パッシング・リング方式

この方式は、端末の接続形態がリング形式のものが多く、トークンは物理的に端末が接続されている順番に、順次巡回させ、そのトークンを獲得した端末のみが通信可能となる。

④ アペンド・トークン・リング方式

トークン・リング方式は、トークンが物理的に一

*川田工業㈱生産事業部四国工場設計課課長 **川田工業㈱生産事業部四国工場生産技術一課 ***川田工業㈱生産事業部生産企画部

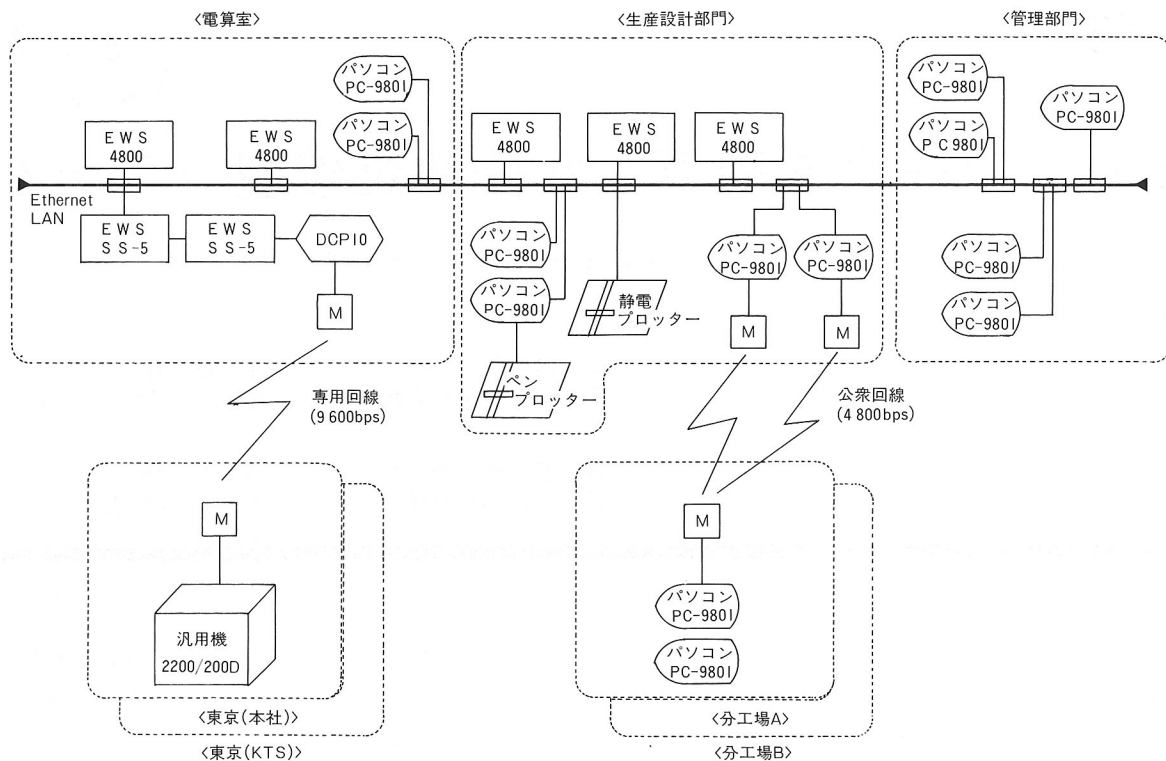


図-1 四国工場ネットワーク・システム(現在)

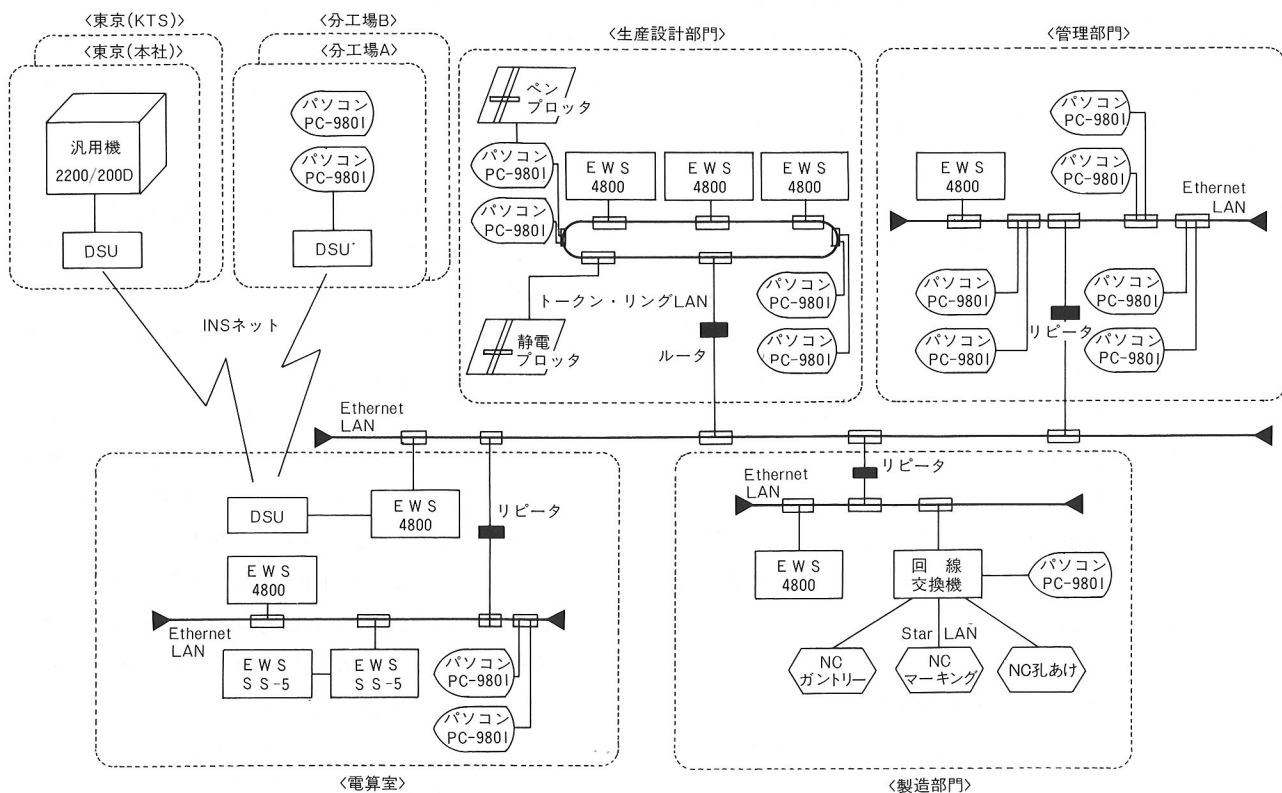


図-2 四国工場ネットワーク・システム(将来計画)

巡する間に、1 端末が1 回送信できるのに対し、アペンド・トークン・リングは、一巡する間に順次、トークンを獲得した端末が、直前の端末が送信したデータの後に送信データを付加(アペンド)して送信す

る。すなわち、トークンが一巡する間に、複数の端末がデータ送信可能となる。

b) 伝送方式と変調方式による分類

表-1 標準化されたLANの方式諸元

項 目	I E E E 802規格										
規 格	I E E E 802. 3				I E E E 802. 4			I E E E 802. 5		F D D I - I	
種 類	10BASE5	10BASE2	1 BASE5	10BASE-T	二重バス方式		一重バス方式				
	Ethernet (Thick Wire)	Cheapernet (Thin Wire)	StarLAN	StarLAN10 より対線 Ethernet	(ミニ M A P)		(M A P)				
媒体アクセス方式	CSMA/CD				トークン・パッシング・バス			トークン・パッシング・リング		アペンド・トークン・リング	
伝 送 速 度	10Mbps		1 Mbps	10Mbps	1Mbps	5,10Mbps	1,5,10Mbps	1Mbps	4 Mbps	100Mbps	
伝送方式と 変調方式	ベースバンド				キャリアバンド		ブロード バ ン ド	ベースバンド		ベースバンド	
伝 送 媒 体	同軸ケーブル (50Ω)	同軸ケーブル (50Ω)	シールドなし より対線ケーブル		75ΩCATV用同軸ケーブル			より対線 ケーブル	150Ωシールド付き より対線ケーブル	光ファイバー・ケーブル	
ト ポ ロ ジ ー (網形態)	バス		スター/バス		バス		バス		リング/スター		リング(二重)
最 大 ノ ード 数	100/セグメント	30/セグメント	1200	144/セグメント	数十～100程度		1000以上	72	260	約1000	
最大ノード間距離	2.5km (500m/セグメント)	925m (185m/セグメント)	2.4km	4.0km	約 1 km		約10km	ノード間 120 m	ノード間 200 m	ノード間 2 km	
備 考	(1)nBASEm：幹線上のデータ伝送速度がn Mbpsのベースバンドで、幹線長がm 百メートルのLANを意味する。 たとえば、10BASE 5は、データ伝送速度が10Mbpsのベースバンドで幹線長が500mのLANである。 (2)キャリアバンド：CATV用の同軸ケーブル上に変調した信号を伝送する原理はブロードバンド伝送と同じであるが、使用する周波数帯域は1 種類であるから、伝送チャンネルは1 個しか設けない伝送方式である。 (3)I E E E：(The Institute Electrical and Electronics Engineers：アメリカ電気・電子技術者協会) コンピュータや通信、機械に関する標準化を進めるアメリカの組織。LANに関する多くの標準がI E E E の802委員会によって規定された。 (4)I E E E 802. 3：CSMA/CD方式の標準化 I E E E 802. 4：トークン・パッシング・バス方式の標準化 I E E E 802. 5：トークン・パッシング・リング方式の標準化 F D D I - I：A N S I (American National Standard Institute: アメリカ規格協会) がX3T9.5という規格で標準化を進めている通信の規格。対応するデータの種類によって、F D D I - I やF D D I - IIに分けられる。 (5)最大ノード数：一つのLANに接続される最大端末数。 (6)最大ノード間距離：端末～端末間の最大距離。										

① ベースバンド方式

一つの周波数帯(チャンネルとも呼ぶ)しか使わず、データを0, 1に符号化し、そのまま伝送媒体に送り出す方式である。モデム(変復調器)が不要なためコストは安くなるが、伝送距離は数kmと短い。

② ブロードバンド方式

テレビのように、たくさんの周波数帯を使用し、符号化されたデータを変調器でアナログに変調し、同軸ケーブルなどの伝送媒体に多重化して送り出す方式である。この方式は、変復調のためのモデムが必要なためコストは高くなるが、伝送距離は数十km程度まで伸ばすことができる。

c) トポロジー(網形態)による分類

トポロジーは図-3に示すように分類できる。

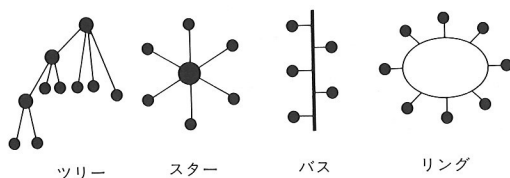


図-3 トポロジー(網形態)

現在、表-1に示すように、いろいろな通信制御方式が可能になってきており、LANの導入に際しては、①データ量、②伝送速度、③端末台数、④伝送距離、⑤設置環

境および⑥コストなどを検討しなければならない。

四国工場でネットワークを検討した当時、EWSやパソコンのLANの接続は、Ethernet LAN以外の実績が少なく、選択の余地がなかった。

また、1本のEthernet LANしかないため、現状ではLANにかかる負荷が限界に達している状況である。

今後、CADシステムなどの利用拡大に伴って、通信すべき情報量が、さらに増大していくことが考えられ、

① 生産設計部門におけるデータ量の増大。

② 四国工場~分工場間のデータ量の増大。

などが、特に問題となってくる。これらの対策として、ネットワーク・システムの将来計画を図-2のように、

① 生産設計部門には、伝送速度がより高速なLANである“FDDI-I”と、パソコンなどの増設を容易に行える“10BASE-T”などの導入。

② 分工場間には、現在NTTが推進しているISDNの利用。

などを計画している。

(2) ISDNについて

ISDN(Integrated Services Digital Network: サービス総合デジタル網)は、高速デジタル技術を基盤として、電話・ファクシミリおよび各種通信サービスなどを、統一した新しい広域通信網である。

日本では、NTTが「INSネット64」「INSネット1500」

という名称で提供している。

このINSネット64の特徴は、既存のアナログ電話網の加入者線をそのまま流用し、その1本の加入者線で見掛け上、64kbpsのデータ通信が可能となる(現在の公衆通信回線は、1.2~4.8kbps程度)。

3. 橋梁生産システムへの適用

橋梁生産システムは、板桁、箱桁、鋼床版桁およびトラスなど、各種橋梁の主要部材や副部材のたわみ、揚越しを考慮した工作図の作成から、型板、NCデータの出力までを一連に処理するシステムである。現在、6台のEWS(EWS4800, SS-5)と数台のパソコン(PC-9801)および静電プロッタを、Ethernet LANに接続して、このシステムを運用している。

ネットワークとして、効果的なシステム運用を行うには、次の条件を満たす必要がある。

- ① データは、ネットワーク上に一つだけ存在する(データの一元化)。
- ② どのEWS、パソコンからでも同じ環境で運用。
- ③ 簡単な操作で、ネットワーク上の各システムを運用。
- ④ ハード資源(ディスク、プリンタ、プロッタなど)を共有。
- ⑤ データの管理が確実にできる。

ネットワークおよびUNIXのさまざまな機能を利用して、これらを実現した。

(1) NFSの利用

NFS(Network File System)とは、分散ファイル・システムの一つであり、別のEWSに接続されているハードディスクやプリンタを、仮想ドライブ、仮想プリンタとして共有利用できる機能である。どのEWSのディスクを仮想ドライブにするかを定めることをマウントという。

一般に、LAN上のデータを一元化するには、親EWSのディスクにすべてのデータを蓄え、ほかのすべてのEWSがこのディスクをマウントして共有利用するのが普通である。しかし、これでは複数台のEWSで同時に複数工事の処理をすると、親EWSへのデータI/Oの負荷が集中し、レスポンスを低下させる原因となる。

そこで、本橋梁生産システムでは、工事ごとにデータを各EWSに分散して格納し、NFSの機能をより複合化して、図-4のようにタスク掛けにマウントすることで、データの一元化と、どのEWSを使用してもまったく同じ環境を作り出し、かつI/Oの集中を避けることができた。

また、パソコンからの利用も、PC-NFSの機能を使って、EWSと同程度の環境を作り出している(ただし、パソコンからの実行は一つ一つ順を追って行う必要がある。

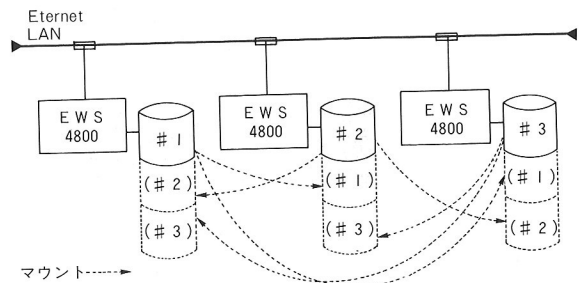


図-4 NFS利用の構造

EWSは同時にいくつもの実行が可能)。

(2) 管理情報登録システムの開発と利用

一般に、EWSの利用は次の手順で行う。

- ① 使用するマシンすべてに利用する個人の名前をユーザー名として登録する。
- ② さらに、各個人が使用するディスクの場所を指定する。
- ③ 指定された場所に、各個人が利用する環境ファイルを作っておく。

つまり、利用する人が増えるごとに①~③を設定しなければならない。

また、EWSやパソコンが1台増えるごとに次の作業が必要となる。

- ① EWS自身の名前(ホスト名)をユニークに決定し、登録する。
- ② ほかのEWSすべてにも、それぞれ名前を登録する(登録していないと前述のNFSが利用できない)。

こういった作業は煩雑なうえ、操作に間違いがあると、すべてのEWSが使用不能となる危険な作業でもある。

橋梁生産システムでは、安全かつ確実に上記作業が行えるように、管理情報登録システムを開発した。

- ① 一般に、ユーザー登録はシステムを利用する個人の名前を登録しておくのが普通であるが、これだと一つの工事を複数の人で処理することができない(UNIXでは、データは個人管理が基本である)。そこで本システムでは、工事ごとに工事工番でユーザー登録を行い、工事工番を指示すれば、誰でも、いつでも処理できるようにした。
- ② ユーザー登録および増設のEWSやパソコンの名前の登録には、NIS(Network Information Service: 以前はYPと呼ばれていた)機能を利用した。NISとは、ネットワーク上の複数のEWS間で、UNIXのさまざまな管理ファイルの共有を実現する機能である。つまり、LANに接続されている一つの親EWSに登録するだけで、ほかのEWSは、この親EWSに登録されている管理情報を参照して、個々のEWSに登録したのと同じようにしてくれる機能で

ある。このNISの機能を利用したことで、どのEWSからでも処理可能になった。

- ③ ユーザー登録は、工事工番にしたことで、新規工事の度に登録を行う必要がある。この頻繁に行うユーザー登録は、管理情報登録システムのメニューに従って工事工番を入力するだけで、危険な作業である管理ファイルの更新は、すべてプログラムが行う。

以上の開発により、どのEWSからでも、工事工番の指示により、誰もが同時に、同じ工事の処理ができるようになった。

(3) メニュー機能の開発と利用

EWSを利用するには、UNIXの複雑なコマンドを理解する必要がある。これをすべてのユーザーに求めるには、教育にかなりの時間を要し無理がある。橋梁生産システムでは、図-5に示すようにメニュー機能の開発により、マウスでクリックするだけで、誰もがUNIXの各種機能を十分使い、橋梁生産システムを運用できるようにした。

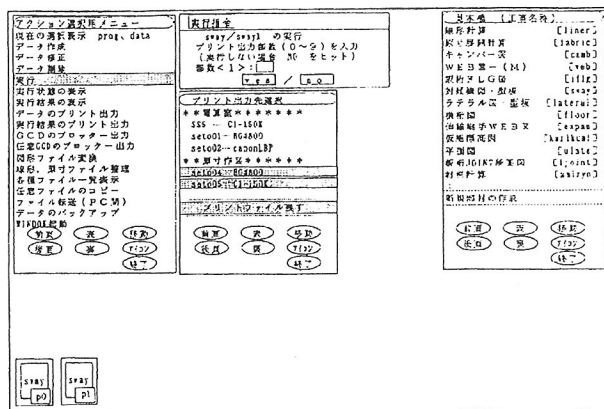


図-5 EWSのメニュー画面例

a) マルチウィンドー・マルチタスクの利用

メニューをマウスでクリックすることにより、次々にウィンドーが表示され、それぞれのウィンドー内で処理が同時期に行われていく。これが、UNIXの特徴的機能であるマルチウィンドー・マルチタスクである。

b) パソコンCADへのデータ変換

パソコンCADへのデータ受け渡しなどの際は、それぞれのCADに対応したデータ形式に変換が必要であるが、利用者はまったくこれを意識することなく、メニュー操作だけで簡単に行うことができる。

c) プリンタ・プロッタへの出力

各種プリンタおよびプロッタへの出力についても同様であり、それぞれのプリンタやプロッタのデータ形式に変換し、さらに、それぞれの通信プロトコルで出力しなければならないが、これらをメニュー操作だけで行える。

また、このメニュー機能は、システムの改良や拡張を行ううえで、柔軟、迅速に対応でき、当社独自の機能が

EWSに追加されたといえる。

(4) バックアップ・システムの開発と利用

前述のNFSの利用により、すべての情報が一元化されたため、トラブル時の影響は大きく、データのバックアップが重要となる。このデータのバックアップを安全、確実に行わせるためのバックアップ・システムを開発した。このバックアップ・システムの機能について、次に述べる。

a) 利用担当者レベルによるバックアップ

1 工事のデータを対象とし、データ登録日または、工事完了日を基に、必ずバックアップを取らなければならないようにした。いずれかのEWSの中に工事完了日を過ぎた工事のデータがあった時、利用者にその事実を通知し、バックアップを取ることを要求する。利用者がこの通知を3日間過ぎて無視するとバックアップが取られるまですべての工事の処理ができなくなるシステムとしている。

b) EWSによる二重の自動バックアップ

毎日定刻に、当日に更新したデータのみバックアップを取る方法と、週1回、指定曜日にすべての工事データのバックアップを取る二重の方法で行っている。この自動バックアップは、EWSが自動的に行う無人のバックアップ・システムである。

以上(1)~(4)の開発により、橋梁生産システムにおいて、ネットワークを利用した分散処理の環境が出来上がった。

4. 鉄骨生産システムへの適用

鉄骨生産システムの運用は、パソコンでの鉄骨CADシステム“PROSSESS”および汎用CADによる処理が主である。そこで、次のようなパソコン・ネットワークの構築を行った。また、図-6にネットワーク図を示す。

- ① 図面データを一元化して管理。
- ② どのパソコンからでも同じ環境で使用。
- ③ 図面および型板を円滑にプロッタに出力。

鉄骨生産システムでのパソコン・ネットワークは、“REXAS” (レクサス) というハードディスクに対し、複数のパソコンから同時に図面データを高速アクセスし、このREXASに図面データを蓄え管理するものである。

静電プロッタ出力については、すでに橋梁生産システムにおいて実現されているシステムを利用する。

つまり、PROSSESSおよびパソコンCADにて作成した図面は、パソコンからEWSにFTP (File Transfer Protocol) 機能を用いて転送され、EWSから静電プロッタに出力される。

現状での鉄骨生産システムとネットワークとのかかわり合いは、上記の静電プロッタ出力のみであるが、将来、

NC機器をLANに接続する計画(「6. 工場内へのLANの適用」を参照)があり、もっと密接な関係になっていく予定である。

また、鉄骨生産システムの運用は、橋梁生産システムに比べ、

- ① 図面データが非常に多い
- ② 設計変更が多い

など、常に多くのデータを保持する必要があるので、データ管理の強化が今後の課題である。

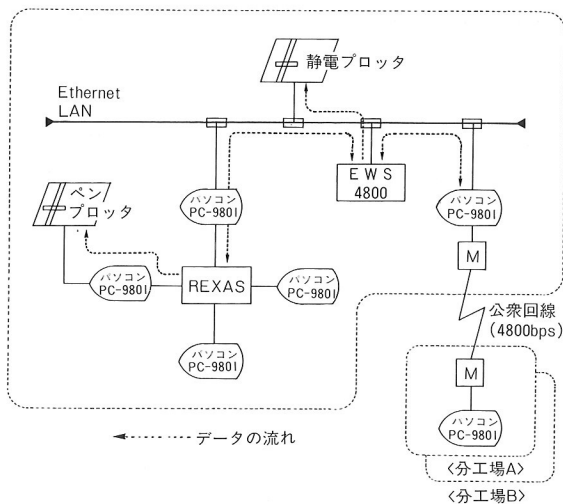


図-6 鉄骨生産システムのネットワーク

5. 工程管理システムへの適用

工程管理システムは、中工程、職場別工程などにより、各職場間およびその職場内の製作工程を調整管理する、パソコンによるシステムである。この工程管理システムを運用するうえで次のような環境が求められた。

- ① 数多くの人が利用できる。
- ② 製造部門や工程管理部門など、どこからでも使える。
- ③ 工程データは、一元化して管理する。
- ④ 多量のデータが扱える。
- ⑤ 操作性(速度、簡単な操作)が良い。

これらの要望を満たすために、既存の橋梁生産システムで構築したネットワーク技術を利用して、ネットワーク上に工程管理システムの運用パソコンを接続し、データはEWS側のハードディスクで一元管理することで、工程管理システムに求められた運用環境を満たすように開発を行った。

(1) パソコンの自動設定

パソコンを起動すると、自動的にPC-NFSの機能を用い、工程管理システムで使用するEWSのディスク領域(データおよびプログラム)を、自分のディスクであるような状態に関係付け、すべての設定を自動的に行う。図

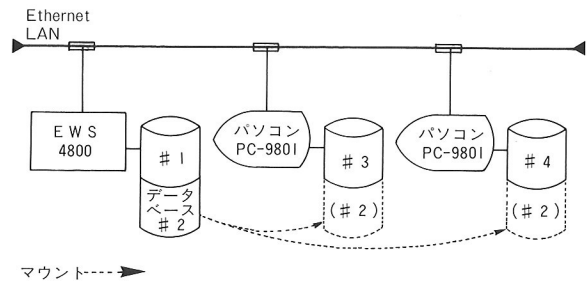


図-7 PC-NFS利用の構造

-7にPC-NFS利用の構造を示す。

(2) データの安全性の確保

ネットワークを利用して、複数の人が同じ工程データファイルを同時に修正などを行うとき、同時更新によるトラブルが考えられる。この問題は、ファイルを独占使用するように、プログラムでプロテクトをかけて解決した。

また、データのバックアップは、橋梁生産システムで開発したバックアップ・システムを利用して、データの安全性を十分に確保している。

以上の開発により、ネットワークに接続したパソコンなら、複数台で、どこからでも、EWSの大容量ディスクを利用して、簡単な操作で工程管理システムを運用することが可能になった。

6. 工場内へのLANの適用

現在、前述の橋梁、鉄骨生産システムにより作成したNCデータを工場内NC機械に渡す方法として、紙テープまたはフロッピーディスクが用いられている。

将来、作業場所で、作業実施の順番を工程の進捗に合わせ柔軟に変更できるように(NCデータの順番の入れ替え、NC機械にセットするプレートの配置原点の変更など)、作業場所までLANを延長し、操作端末を設置して直接NCデータをNC機械に転送する方法を計画中である。工場内のネットワークを図-8に示す。

- ① 通信ケーブルには、工場内の環境を考慮して、電磁界雑音の影響を受けない光ファイバー・ケーブルを使用する。

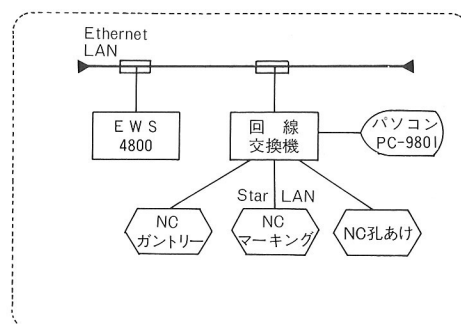


図-8 工場内のネットワーク

- ② 光ファイバー・ケーブルは、いったん敷設すると、ケーブルへのNC機械の着脱が困難である。そこで、NC機械の増設や工場内のレイアウトの変更に柔軟に対応するため、工場内のLANをスター型とする。
- ③ さらに、NC機械と同様な方法で工場内にもパソコンを設置し、直接作業場所で工程などの情報を得ることができるようにする。将来、このパソコンを利用して、製造部門の進捗管理システムに発展させていく予定である。

7. あとがき

ネットワークを利用した分散処理型システムは、大型機集中処理型システムに比べ、

- ① システムの使用性向上
- ② システムの信頼性向上
- ③ システムの拡張性向上
- ④ 通信コストの低減

など、システムを利用する地域や部門の状況に見合ったシステムの構築を目的としている。

今回の四国工場ネットワーク・システムの開発では、ネットワークを利用するうえで、

- ① 利用者が分散を意識しないで使用できること
 - ② データの矛盾・維持などの面倒な事柄を考えずにすむこと
 - ③ 必要に応じて、増設や移設が容易に行えること
- の3点を考慮し、使いやすいネットワーク・システムを目指した。これらは、ほぼ満足できる結果が得られたものと確信しており、図-2に示した将来計画への拡張にも十分対応できると考えている。

ただ、ネットワークが工場内全域に設置されたとき、システムの一部の障害が全域に影響することがあってはならない。このためのネットワーク監視システムの開発が今後必要になる。

ネットワーク監視システムの機能とは、

- ① ネットワークを監視して、障害の発生の場所と原因の分析を行い、障害回復の手段を指示する機能
- ② ネットワークの稼働状況を収集し、障害の予測や早期発見をする機能
- ③ ネットワーク内のEWSや通信機器を一つの場所から集中して操作する遠隔操作機能

である。この監視システムは、データのバックアップ・システムとともに、システム全体の信頼性を高める。

当初、四国工場においてネットワーク・システムを計画した時期に比べ、ネットワーク技術は、年々新しい方式が発表され、通信性能や拡張性が高まり、適用できる機種(EWSやパソコン)が増え、ネットワークの構築が容易になった。

今後、他部門でネットワークを構築する際に、今回の当工場において開発したネットワークの各種機能や事例が参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 國井利泰：LANのすべて，日本経営協会総合研究所，1984年。
- 2) 江村潤朗・保坂岩男・石坂充弘：図解コンピュータシリーズ データ通信システム入門(改訂2版)，オーム社，1988年。
- 3) 小野欽司・浦野義頼・鈴木健二・小花貞夫・飯作俊一：OSI&ISDN絵とき用語事典，オーム社，1988年。
- 4) 秋山 稔・池田佳和・松本 潤・藤岡雅宣：ISDN絵とき読本，オーム社，1988年。
- 5) 小野欽司・浦野義頼・鈴木健二・松尾一紀・小花貞夫・飯作俊一・加藤聡彦：OSIプロトコル絵とき読本改訂増補版，オーム社，1989年。
- 6) 上原政二：異機種接続とLAN絵とき読本，オーム社，1989年。
- 7) 和多田作一郎：ISDNの基礎を知る事典，実務教育出版，1989年。
- 8) 道下宣博・本間泰則：異機種接続とTCP/IP絵とき読本，オーム社，1990年。
- 9) 坂下 秀・荒井美千子ほか：ネットワーク時代のワークステーション管理 第1～4回，UNIX MAGAZINE，アスキー，1990年5月～8月。