

生 産 自 動 化 シ ス テ ム

北海道職業能力開発大学校
生産機械システム技術科

1. 生産自動化システムの概要

世の中の大部分のものは機械装置で作られている。その装置は、さまざまな自動化機器を信号線で接続し、信号やデータの通信を行って、製品の製造、検査、保管、管理などを行う生産自動化システムである。

生産を自動化することにより、需要の3要素（QCD）を高めることができる。さらには生産工程での安全性を高めることができる。

1. 1 自動化機器の種類

生産自動化システムは、コントローラ、アクチュエータ、センサ、各種装置など、様々な自動化機器で構成される。代表的な自動化機器として以下のものがある。

モータ、表示ランプ、油空気圧機器、ロボット、NC 工作機械（出力機器）

部品やワークなどの加工・組立を行う。状況を表示する。

スイッチ、検出センサ、計測センサ、計測器、認識装置（入力機器）

システムへの動作指示、出力機器の状態の検出、部品などの検出、完成品の検査、

搬送された部品やワークの認識などを行う

PLC、マイコン、パソコン、通信ネットワーク（制御機器）

入力機器の信号を受け、出力機器を制御する。信号の送受信を行う。

ベルトコンベア、AGV、AMR、パーツフィーダ、

部品やワークの搬送、整列などを行う。

1. 2 信号、データの通信の種類

生産自動化システムは、多くの自動化機器を様々なネットワークで接続することによって、一つのシステムとして機能する。生産自動化システムで使われる代表的なネットワークとして以下のものがある。

デジタル I/O

コントローラと入出力機器を接続する信号線で、機器、装置の ON/OFF 信号の送受信に用いられる

アナログ I/O

コントローラと入出力機器を接続する信号線で、主にセンサのアナログ信号（電圧、電流）の送受信に用いられる

汎用通信規格

RS-232C はコントローラと入出力機器を接続するシリアル通信の汎用インターフェース規格で、バーコードリーダ、自動認識装置、および小型計測器と PLC やパソコン間のデータ通信を行う。ほかに RS-485、RS-422 などがある。最近では、通信規格ではないが USB も計測用として使われる。

GP-IB は、コントローラと入出力機器を接続するパラレル通信の汎用インターフェース規格で、大きなデータの送受信を行うオシログラフや FFT アナライザなどの計測器とパソコン間のデータ通信を行う。

デバイス系ネットワーク

PLC と自動化機器間の省配線ネットワークで、装置の ON/OFF 信号の送受信に用いられる

コントローラ系ネットワーク

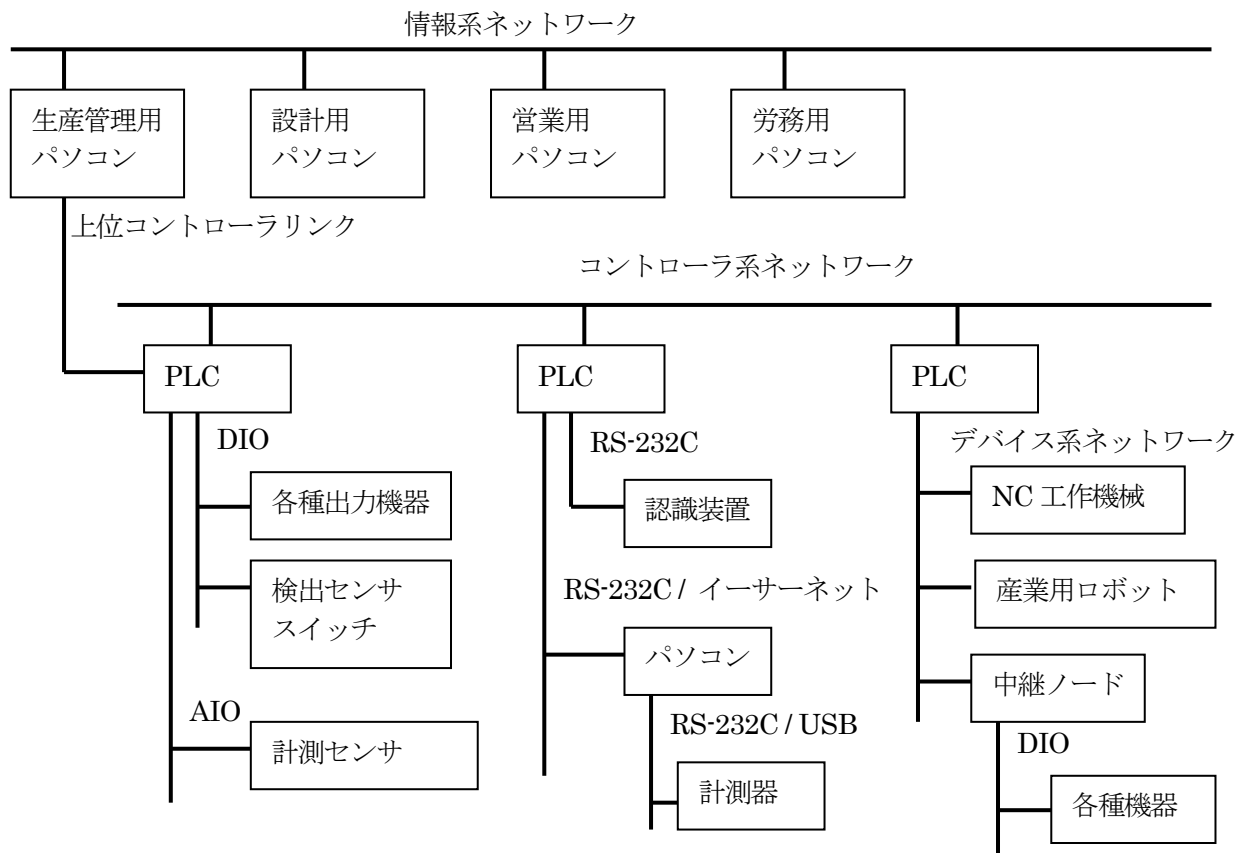
PLC 間のネットワークで、制御信号や生産データなどの送受信に用いられる

上位コントローラリンク

PLC と上位コントローラ（パソコン）を接続するネットワークで、上位パソコンが PLC のメモリ内のデータを読み書きするのに用いられる。RS-232C や RS-485、イーサネットなどが使われる。

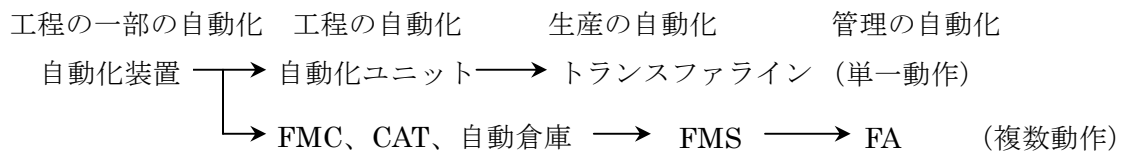
情報系ネットワーク

コンピュータ間のネットワークで、生産管理データ、設計データ、物流データ、などの送受信に用いられる



2 自動化のレベル

生産工程の自動化のレベルとして以下のように分類できるが、明確な区別は定められていない。



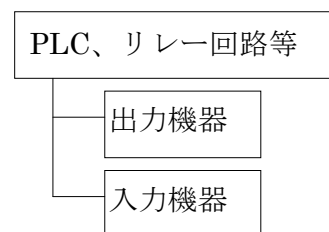
1) 自動化装置

単純にある工程の一部を自動化したもの。

入力機器・・・スイッチ、センサなど

出力機器・・・モータ、空気圧機器、表示ランプなど

コントローラ・・・PLC、リレー回路、マイコン



2) 自動ユニット

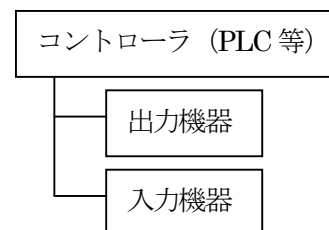
ある工程を自動化したもの。単一の動作で、1種類の製品の加工・組み立てを行う。

入力機器・・・スイッチ、センサ、計測器

出力機器・・・モータ、空気圧機器、表示ランプ、

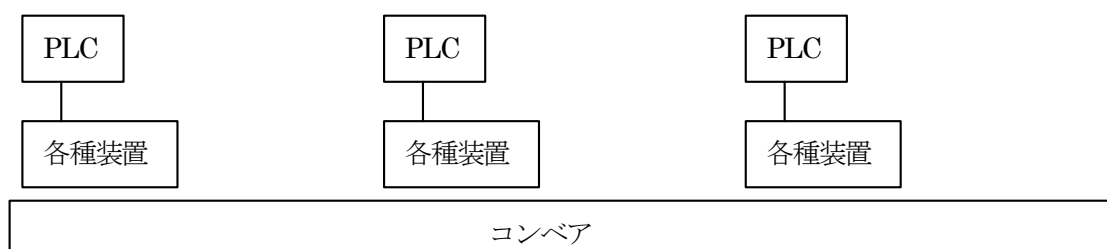
NC 工作機械、ロボット

コントローラ・・・PLC、コンピュータ、パソコン



3) トランスファライン

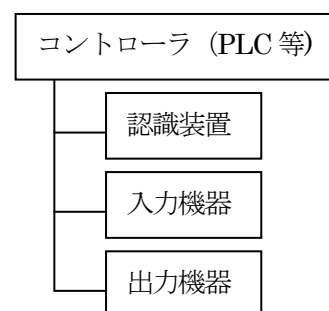
複数の自動ユニットをベルトコンベアなどの自動搬送装置で結び、一連の生産工程を自動で行う。基本的に単一の動作で、1種類の製品を製造する。



4) FMC (Flexible Manufacturing Cell)

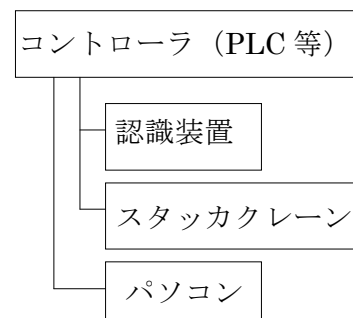
無人で複数の動作をするユニット。一つのユニットで複数種類の製品の組み立て、加工ができる。

FMC の構成機器にはロボットや NC 工作機械などがあり、それぞれの機器には複数種類のワークに応じた動作プログラムを書き込んでおく。バーコードリーダ等の認識装置を付け加え、ワークに生産データを書き込んだバーコードなどを貼り付けることにより、それぞれのワークに応じた加工、組み立てを行う。



自動倉庫

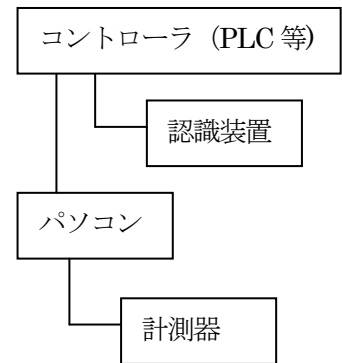
無人で部品や仕掛品、完成品などの保管及び種類や数量、良品不良品の管理を行う。パソコン、PLC、保管棚、スタッカクレーン等から構成され、パソコンでは部品、仕掛品、完成品の管理を、PLC では自動倉庫の制御を、保管棚では保管を、スタッカクレーンでは部品、仕掛品、完成品の取り出しを行う。



CAT (Computer Aided Testing)

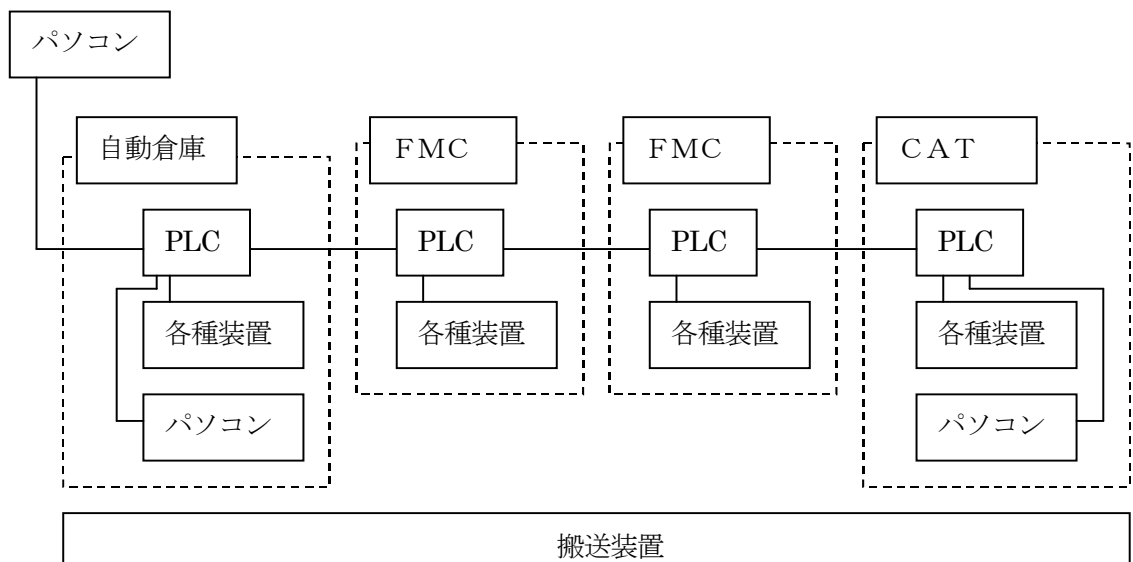
無人で完成品などの検査を行う。各種計測器やセンサ、パソコン等から構成される。

パソコンと各種計測器を RS-232C などの通信ケーブルで接続し、パソコンが PLC やセンサからの信号を受けると計測を開始し、良不良などの検査結果と検査終了信号を PLC へ送信する。
また、必要に応じて計測データを保存することもできる。



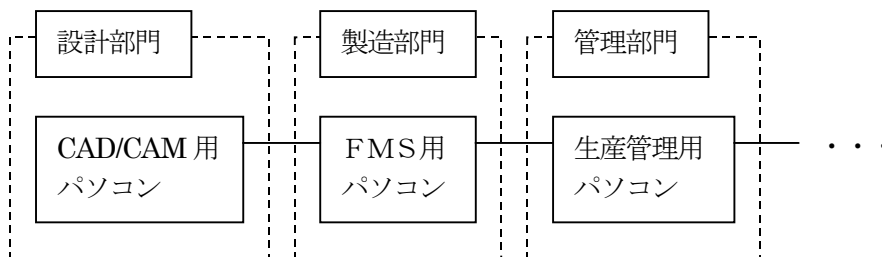
5)FMS (Flexible Manufacturing System)

無人で、部品の保管、加工、組み立て、検査、製品の保管といった、一連の生産工程を全て自動で行う。一つのラインで複数種類の製品を製造することができる。自動倉庫、FMC、CAT、搬送装置、コントローラ系ネットワーク、コンピュータなどで構成され、データや情報の通信をしながら生産を行う。



6)FA (Factory Automation)

FMS、CAD/CAM、CAE、生産管理など、情報系ネットワークを使って生産に関する各部門の自動化、データの共有化を行う。



7)CIM (Computer Integrated Manufacturing)

生産部門のみならず、物流、財務、経営など生産に関する間接的な企業データの共有化を行う。

3. システムを構成する機器

3. 1 PLC

1) PLC の働き

入力機器、出力機器接続し、自動化システムのコントローラとして用いる。また、最近は様々な通信機能を持った機種も多く、通信システムの中継点（ノード）として用いることも出来る。

2) PLC の内部構造

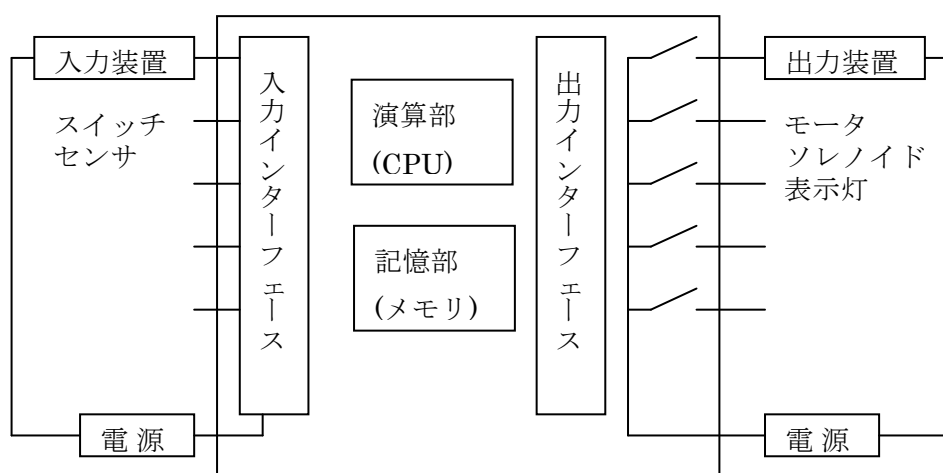
PLC は入力インターフェース、出力インターフェース、CPU、メモリなどで構成されている。

入力インターフェース・・・フォトカプラを使って、入力機器の信号を入力する

出力インターフェース・・・リレー、トランジスタなどを使って、出力機器を駆動する

CPU・・・・・・・・・出力機器を制御するための演算処理を行う

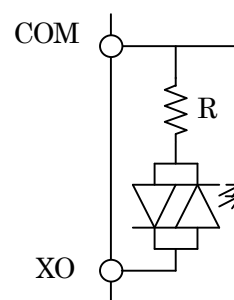
メモリ・・・・・・・・・プログラム、各種データを記憶する



3) 入出力インターフェース

PLC の入力インターフェースにフォトカプラが用いられる。一般的には2つの LED を組み合わせた、極性の持たない双方向のフォトカプラが使用されている。

LED を流れる電流を制限するための内部抵抗がついていることがほとんどで、その値は使用する電源に合わせてられている。多くの機種は電源として DC24V を使い、内部抵抗の値を $4.8k\Omega$ としていることが多い。



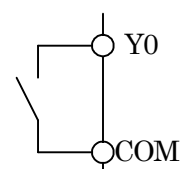
PLC の出力インターフェースには、リレー、トランジスタ、トライアックを用いたものがある。

リレーを使用したリレー出力（接点出力）では直流と交流のそれぞれの負荷を駆動することができ、トランジスタを使用したトランジスタ出力では直流負荷を、トライアックを使用したトライアック出力では交流負荷をそれぞれ駆動することができる。リレー出力、トランジスタ出力の機種を使用することがほとんどで、トライアック出力の機種を使用することはあまりない。

トランジスタ出力は、エミッタが共通でコレクタが出力となっているのでオープンコレクタ出力とも呼ばれる。

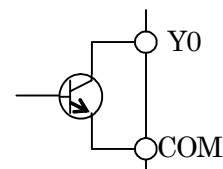
トランジスタ出力でも、NPN 型トランジスタを使ったものと、PNP 型トランジスタを使ったものがある。

NPN 型はシンク電流方式とも呼ばれ、主に日本やアメリカで使われる。エミッタが共通になっており GND に接続されている。そのため、出力機器の電源電圧が異なっても、同じ出力回路で駆動することができる。しかし、配線が外れ筐体に接触すると出力機器が動作する可能性があり、安全性に問題がある。



リレー出力

PNP 型はソース電流方式とも呼ばれ、主にヨーロッパで使われる。エミッタが電源（プラス）に接続されている。そのため、電源電圧の異なる出力機器を同じ出力回路で駆動することはできない。しかし、配線が外れ筐体に接触しても出力機器が動作する可能性は少なく、NPN 型よりも安全性に優れている。



トランジスタ出力

トランジスタ出力では数 k ヘルツのパルス信号を出力することができるため、ステッピングモータの制御や PWM 制御をすることができる。

4)PLC の通信機能

生産自動化システムのコントローラとして PLC を用いる場合、PLC と各種機器を接続する必要がある。

一番簡易的なものとして、PLC の I/O と各機器が持っている汎用 I/O とを接続することにより、ON/OFF 信号の送受信を行うことができる。各機器の汎用 I/O は機種によっても異なるが、一般的に 8~32 点程度が用意されている。各 I/O の役割をあらかじめ決めることによって、プログラム番号指定、開始指示、停止指示、動作状況、非常停止信号などの送受信が行われる。

PLC にはいくつかの通信ポート（接続口）があり、そこに汎用通信インターフェース拡張ユニットを接続することにより、外部機器との通信を行うことができる。接続するインターフェースとして、イーサネットインターフェース、専用ネットワークインターフェース、RS-232C インターフェースなどがある。通信方法はネットワークの種類によって異なる。

外部機器と単なるデータの送受信を行う方法として、拡張ユニット内のバッファメモリを通して行う方法がある。バッファメモリには送信バッファ、受信バッファがあり、PLC が送信バッファにデータを送ると、そのデータが自動的に外部機器に送信される。逆に、外部機器から送られたデータは受信バッファに格納されるので、PLC はそのデータを取り込む。このような方法により、PLC と外部機器との間でデータの送受信をおこなう。

コントローラ系ネットワークに接続されたコントローラ（主に PLC）間でデータの送受信を行う方法として、メモリを共有化する方法がある。各コントローラのメモリの一部を共有化し、さらにその中の一部を重複しないように書き込みエリアとする。それぞれの書き込みエリアには各コントローラが自由にデータを書き込むことができ、その同じデータが共有化されて各コントローラのメモリに格納される。それぞれのコントローラは共有化されたメモリのデータを読み出すことにより、他のコントローラのデータを受け取ることができる。

上位コントローラ（主にパソコン）とデータを送受信する方法として、上位コントローラが PLC のメモリにデータを読み書きする方法がある。通信権は上位コントローラが持ち、PLC が上位コントローラに送信するデータをメモリに書き込んだり、上位コントローラから送られたデータが格納されたメモリからデータを読み出すことにより、データの送受信を行う。

5)主な PLC メーカー

シーメンス（ドイツ）、ロックウェル（アメリカ）、
三菱、オムロン、キーエンス（日本）

3. 2 産業用ロボット

現在、ロボットは様々なところで使われているが、大きく見て生産現場で使われる産業用ロボットと、人の近くで何らかのサービスを提供するサービスロボットに分けられる。サービスロボットもさらに業務用と家庭・個人用に分けられる。ここでは産業用ロボットについて説明する。

1)産業用ロボット概要

産業用ロボットとは「自動制御され、再プログラム可能で、多目的なマニピュレータであり、3 軸以上でプログラム可能で、1 か所に固定して又は移動機能をもって、産業自動化の用途に用いられるロボット」と JIS で定義されている。なお、ロボットは「二つ以上の軸についてプログラムによって動作し、ある程度の自律性をもち、環境内で動作して所期の作業を実行する運動機構」と定義されている。

＊：経済産業省は「ロボット政策研究会 報告書」の中で、ロボットを「センサ、駆動系、知能・制御系の 3 つの技術要素（ロボットテクノロジー）を有する機械システム」と定義した。

一般的な産業用ロボット（以下、ロボット）システムは、ロボット本体、コントローラ、ティーチングペンダントによって構成される。ロボット本体はマニピュレーション動作をするもので、その動作はコントローラからの信号によってなされる。

現在使用されている多くのロボットはモータで駆動し、ロータリエンコーダで回転角や速度を計測しながら、コントローラからの信号により制御されている。

ロボットの動作としては、ティーチングペンダントを用いて操作する手動動作と、あらかじめ動作をプログラムにより指示したプログラム動作がある。手動動作によりロボットを操作して、移動先の位置データをコントローラ内のメモリに記憶することできる（位置教示）。また、プログラム動作により教示した位置へロボットを移動させることができる。

産業用ロボットを使って作業を行わせるためには、あらかじめロボットの位置教示や、動作を指示するプログラムを作成しておく。外部装置からの起動信号でプログラムが実行するようにしておくと、ロボットは指示された位置に、指示された動作内容に従って動作する。

2)ロボットの構成

一般的な産業用ロボットの構成機器

・ロボット本体

マニピュレーション機能、移動機能等の各種作業を実行する機械。一般的に複数のサーボモータを有しており、各モータの位置（回転角）によりロボットを動かす。またサーボモータに取り付けられたロータリエンコーダにより、その位置を検出することができる。

・コントローラ

ロボットの駆動および制御を行う装置。CPU、メモリなどで構成されており、各モータの位置および動作プログラムを記憶する。外部機器との信号入出力インターフェースや通信ポートを

持ち、外部機器からの信号によってロボットが制御される。

また、各モータに動力源を供給し、モータを制御する。

- ・ティーチングペンダント

運転、操作、位置教示作業、および簡単なプログラムの作成、編集、管理を行う周辺装置

- ・(プログラム用パソコン)

プログラムの作成、編集、管理を行う周辺装置

3)ロボットの分類

ロボットを動作軸から分類すると、主に以下のものに分類される

- ・垂直多関節型 ・水平多関節型（スカラ型） ・直交座標型 ・円筒座標型

- ・パラレルリンク型

水平多関節は 150 万円、他は 250 万円

ロボットをモータの大きさから分類すると、以下の様に分けられる

- ・最大のモータ出力が 80W より大きいもの （特別教育の受講が必要）

- ・最大モータの出力が 80W 以下で、人と直接相互作用を行うように設計されたもの（協働ロボット） 特別教育の受講は任意

80W より大きいロボットを扱うには（プログラミングや位置教示など）、「労働安全衛生規則」によって定められた特別教育を受けなければならない。また、安全のためにロボットが人と接触しないよう、柵や囲いに入れなければならない。その他、様々な規制がある（2015 年に規制緩和）。

80W 以下のロボット（協働ロボット）にはそのような規制はないが、産業用ロボットと同じように安全に取り扱う必要がある。

4)ロボットの動作

ロボット本体の先端に有するハンドは、構成するモータを駆動することにより、位置および姿勢を任意の常態にすることが可能である。位置は XYZ 座標（直交座標系）で、姿勢は $\theta \phi \psi$ でその状態を指定する。6 個のモータを使った 6 軸ロボットは、そのハンドを任意のあらゆる位置・姿勢にすることができる。

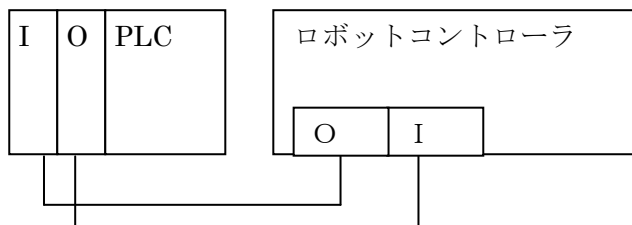
ロボット本体は、ティーチングペンダントを使って手動で動作させることができる。その動作は各モータを単独で動かす方法と、複数のモータを連動させて座標系で動かす方法（XYZ 軸（直交座標系）、 $\theta \phi \psi$ 軸（極座標系）、 θZr 軸（円筒座標系）など）がある。

ティーチングペンダントを使って任意の位置や姿勢に位置決めし、その位置を記憶することができる。この作業を位置教示という。

コントローラ内のメモリには複数のプログラムを記憶させることができる。それぞれのプログラムに番号をつけ、外部装置からプログラム番号を指定する信号、およびロボットを起動させるための信号を送ることによって、ロボットは複数のプログラムの中から指定されたプログラムを実行する。1 つのプログラムを 1 種類の製品の製造を行う動作にしておくと、複数のプログラムで複数の製品の製造が可能となる。このように、産業用ロボットは多品種少量の組立などに使われている。

5)ロボットの制御方法

ロボットのコントローラには、外部機器と接続するための入出力インターフェースがついている。このインターフェースに PLC などのコントローラを接続し、D I O信号を入出力することによって、外部装置からロボットを制御する。



この DIO には、信号の働きが決められた専用端子と、ただ単に信号を入出力する汎用端子がある。

専用 DIO

入力：起動	出力：実行中
停止	停止中
プログラム番号指定	実行プログラム番号
原点合わせ	原点合わせ完了
アラームリセット	アラーム

汎用 DIO

入力：汎用入力（8～16点程度） 出力：汎用出力（8～16点程度）

6)安全にロボットを操作するために

ロボットは操作方法誤ると人間に危害を加える恐れがある。ロボットを安全に扱うために、以下の点に注意しなければならない。

- 1.動いているロボットには近づかない。
- 2.停止中のロボットは作業中以上に注意する。
……何かの条件待ち（センサの信号など）で停止している可能性がある。
- 3.ロボットの状況を常に表示する
- 4.安全策を設ける
- 5.安全対策は二重に行う。
- 6.始業点検を必ず実行する。

<http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1403/10/news006.html>

6)ロボットの規制緩和

以前は、出力 60W 以上の産業用ロボットを使うためには、その作業エリアを柵で囲わなければならなかったり、取り扱う（位置指示、プログラミング、メンテナンスなど）ためには資格が必要であったりなど、安全対策上の様々な規制があった。ロボットの有用性が認識されていながらも、産業用

ロボットの規制のため生産現場では十分活用されていなかった。生産現場で産業用ロボットが導入されれば、産業現場の問題となっている作業不足や製品品質のさらなる向上、などが解消されることになる。

これらの問題点を解消するため、2013 年 12 月に ISO の安全基準に基づき産業用ロボットの安全規則が緩和された (ISO 10218-1 : 2011 (JIS B8433-1 : 2015)、ISO 10218-2 : 2011 (JIS B8433-2 : 2015))。その内容の中心は、

「最大出力 80W 以下の産業用ロボットに接触しても労働者に危険が生ずるおそれがない場合 (危険性等の調査 (リスクアセスメント) により危険のおそれが無くなったと評価できる場合)

は、柵や囲いを設ける必要はない。」

というものである。これにより、柵や囲いなしに、作業者の動作範囲内で産業用ロボットを動作させることが可能となった。従来は 60W 未満のロボットについては産業用ロボットから外され、囲いなどの安全対策は強制されていなかったが、現在は最大出力 80W 以下の産業用ロボットで、安全上の条件を満たせば、人とともに動作する「協働ロボット」として扱うことが出来るようになった。

7) 主なロボットメーカー

ABB (スイス)、クーカ (ドイツ)、
ファナック、川崎重工業、安川電機、三菱電機 (日本)

3. 3 NC 工作機械

1) NC 工作機械概要

NC 工作機械とは、工作物に対する工具の位置を、これに対応する数値情報で制御する工作機械。NC プログラムによって工具の移動軌跡、移動速度、切削速度、ツール交換、扉開閉などの動作内容を記憶させる。

産業用ロボットと同様、複数のプログラムによって複数種類のワークを加工することが出来ることから、多品種少量の加工に適している

また、産業用ロボットと組み合わせ、ワークの着脱を産業用ロボットで行うことにより、無人で複数種類のワーク加工を行うことが出来る。

2) NC 工作機の種類

主な NC 工作機械の種類として以下のものがある。

NC 旋盤、NC フライス盤、マシニングセンタ、ターニングセンタ、NC 放電加工機、レーザー加工機・・・

3) 動作プログラム

NC 工作機械を制御するためのプログラムは、現在ではコンピュータで作成し、そこに記憶させておくことが多い。CAD で設計された部品を CAM によって NC データに変換して NC プログラムを作成することにより、設計から部品加工までの一連の流れを自動化することができる。

4) FMC での NC 工作機械

NC 工作機械を単体で動作させる場合は、加工用の NC プログラムが保存されているパソコンから工作機械にプログラムを転送して加工を行う。一方、FMC の構成機器として動作させる場合は、

NC 工作機械がプログラムファイル名を指定し、パソコンからそのプログラムを読み出して加工を行う。なお、この時の加工開始の指示は PLC などの外部コントローラからの起動信号によってなされることもある。

FMS では複数の NC 工作機械が動作している。動作プログラムは NC 用パソコンに保管されており、パソコンと工作機械がネットワークで接続されている。

FMS など一つのシステムで複数台の NC 工作機械があるときは、DNC により 1 台のパソコンと複数台の NC 工作機械でネットワークを組み、各工作機械が DNC パソコンに保存されているそれぞれの工作機械のプログラムを読み出して加工をおこなう。

NC 工作機械には様々なネットワーク方式がある。また、ネットワークに対応していない工作機械であっても、RS-232C などのデータ通信ポートを介してネットワークに接続できる中継器を使うことができる。

3. 4 搬送装置・供給装置

製品や仕掛品などのワークや部品を所定の位置へ自動搬送させるものとして、ベルトコンベアや AGV（無人搬送車）が使われる。また、小さな部品の供給、整列にはパーツフィーダが使われる。

これらのものは単品ごとに搬送されるか、もしくはパレット上に幾つかまとめて配列されて搬送される。

1)ベルトコンベア

ベルトコンベアを使ったワーク搬送では、ワークを常に搬送することができるので、連続したライン生産に適している。空気圧機器などを使ったストッパによりワーク、もしくはパレットを一時停止させ、保管することもできる。

ベルトコンベア以外にも、ローラコンベア、ウレタンベルトなどを使ったものがある。

2)AGV（無人搬送車）

有軌道搬送車は、床面に専用テープ（光反射テープなど）を貼り、車体のセンサでこの経路に沿って走行する。部品の搬送やジョブショップタイプの FMS に適している。

3)パーツフィーダ

パーツフィーダは、乱雑になっているワークを整列させ、パレットに供給していく装置。その多くはらせん形状のケースがあり、このケースにパーツを入れ、このケースに振動を与えることにより、パーツが整列され、供給していく。

3. 5 ID システム、データキャリア

ID システムは、人間を介さずに情報媒体から生産に関する情報を自動的に取り込み、内容を認識するものである。この時の情報媒体をデータキャリアといい、バーコード、2 次元コード、RFID システム、磁気ストライプなどが使われている。データを読み書きするための装置が必要となる。データキャリアによってはデータを記録することができるものもある。

データキャリアは、部品もしくは製品とともに移動する。生産自動化システムでは、ワークの種類や各種仕様をデータとしてデータキャリアに書き込むことにより、多品種の生産を行うことができる。

1)磁気ストライプカード

カードなどに付けた磁気ストライプに磁気変化によりデータを記録、読出しするもの。代表的なものとして銀行のキャッシュカードやクレジットカードなどがある。また、定期券、テレホンカードなども含まれる。

データ量は規格によって異なるが概ね 50～100 文字（英数文字）

2)バーコード

バーコードは、幅の異なるバーとスペースの組合せによりデータをコード化したシンボル。書き換えは不可能で、データ量は 3～20 文字/インチ

3)二次元コード

二次元コードは、縦横両方向にデータを持たせたシンボルで、QR コードなどいくつかの規格があり、それぞれスタックタイプとマトリックスタイプがある。書き換えは不可能。データ量は QR コードで約 4000 文字（英数文字）

4)RF-ID

カード状またはタグ状の媒体に、電波を用いてデータを記録または読出しを行い、アンテナを介して通信を行う認識方法。汚れなどに対して強い。IC タグとも呼ばれている。書き換え可能で、データ量は最大で数 1000 バイト。

4. 自動化のための通信ネットワーク

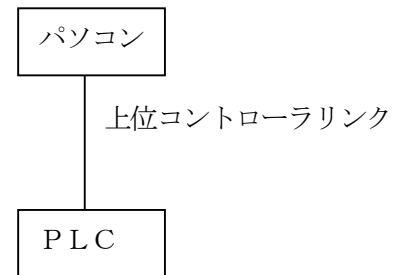
4. 1 情報系ネットワーク

FA や CIM などが必要となるファイルデータ（文書ファイル、CAD/CAM データファイル、表計算ファイルなど）を転送するのに用いるネットワーク。

パソコン間のデータ通信がメインで、生産に必要なデータのみならず、営業用、事務管理用のデータ通信でも利用している。イーサネットによる構内 LAN を使ってネットワークを組むのが一般的である。

4. 2 上位コントローラリンク

PLC と上位コントローラ（パソコン）を RS-232C などの汎用インターフェースで接続し、ワードデータやビットデータなどの通信を行う。上位コントローラが通信権を持ち、上位コントローラが PLC 内のメモリにデータを書き込んだり、メモリからデータを読み出したりする。



上位コントローラが生産ライン（PLC）に対して、生産品種、生産数量などの生産データなどの書き込み（送信）、生産ラインの稼働状況や生産実績データなどの読み出し（受信）を行う。

4. 3 コントローラ系ネットワーク

FMS で必要となるビットデータやワードデータ（数個の 0/1 データの集まり）を転送するに用いるネットワーク。ON/OFF データや生産数などの数値データの通信に用いる。

PLC などのコントローラ間のデータ通信がほとんどである。ネットワークの規格として統一されたものではなく、各メーカーが様々な通信規格を提案し、商品化している。主なものとして、三菱電機社の MELSECNET、オムロン社のコントローラリンクがある。他に FL-net や JPCN-1 などメーカーに限定しない規格もある。特に、FL-net はその通信規格を公開しており、どのメーカーもその規格に対応した商品を開発することが出来る。そのため、この FL-net に直接接続することが出来るロボットや NC 工作機械のコントローラも開発されている。

1)通信原理

コントローラ系ネットワークのほとんどが「メモリの共有化」を用いたものである。これは、各コントローラが持っているメモリの一部を共有化することにより、データの共有化を計るものである。共通化するメモリ領域としては、データレジスタ、補助リレーレジスタなどがある。

メモリを共有化することにより、あるコントローラで共有メモリ領域に書き込んだデータが他のコントローラの共有メモリ領域に格納され、他のコントローラがそのデータを読み出すことが可能となる。これによって、それぞれのコントローラで書き込まれたデータが共有メモリ領域を通して全てのコントローラに伝えられる。

実際に使用する場合は、プログラムによりメモリに対してデータの読み書きを行うのみで、通信についてはコントローラが自動で行っている。以下のような手順で行う。

- 1.コントローラ内にあるビットデータを記憶するメモリ（レジスタ）の一部を共有化する。
- 2.各コントローラに、この共有メモリ領域の一部を重複しないように書き込み可能な範囲に設定する。（データの読み出しは、全ての共有メモリ領域で可能）
- 3.このコントローラ（メモリ）をコントローラ系ネットワークで接続する。
これにより、全てのコントローラの共有メモリ領域で同じデータ（他のコントローラが書き込んだデータ）が格納されるようになる。

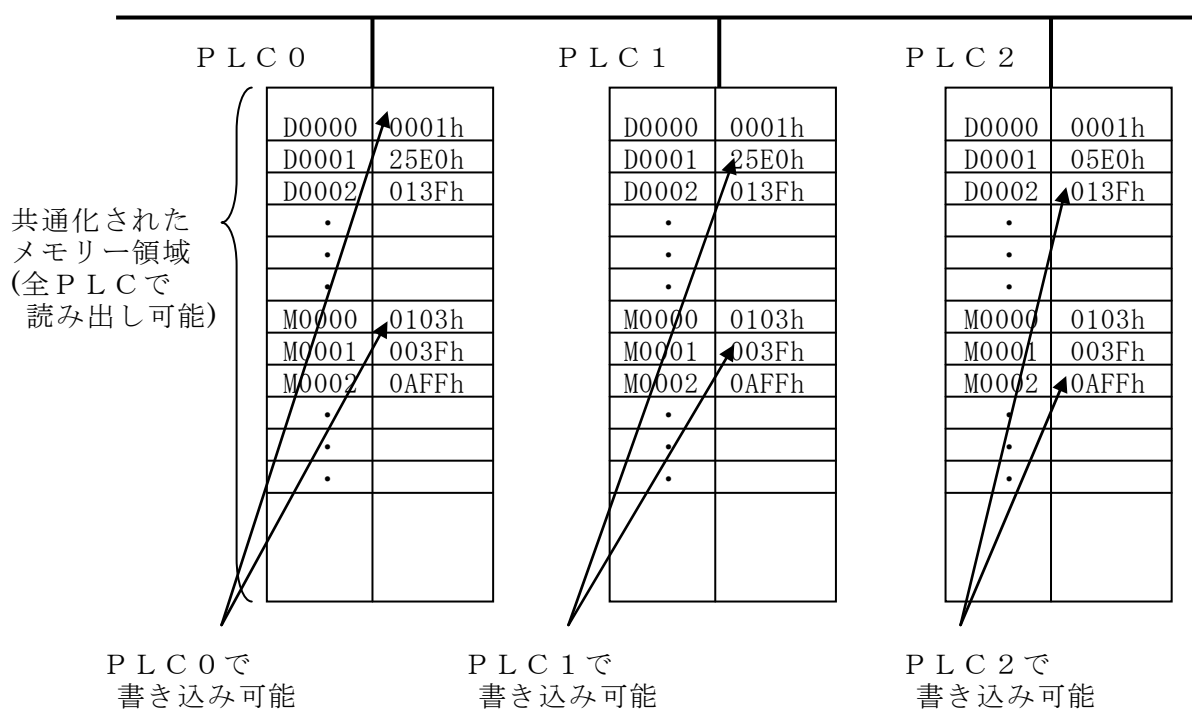
2)通信プロトコル

通信プロトコル（規格）は、メーカーやそのコントローラの機種ごとによって異なる。

通信ケーブル・・・ツイストペア線、LAN ケーブル、専用ケーブル、光ケーブルなど

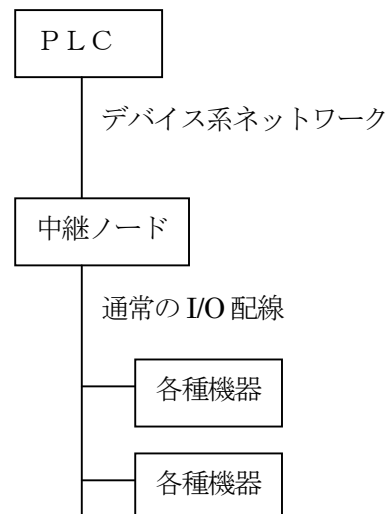
通信速度・・・・・・・・概ね数 10ms、

共有メモリ範囲・・・数 10 ワード～数 10k ワード



4. 4 デバイス系ネットワーク（省配線ネットワーク）

PLC と各種入出力機器の接続を簡略化するネットワークである。入力機器および出力機器の ON/OFF データの通信を行



う。通信機能を持つ端子台（中継ノード）と PLC を数本の線で接続し、PLC から離れたところにそのノードを設置し、そのノードに各入出力機器を接続することにより、各機器と PLC 間の配線作業を簡単にすることが出来る。

多くのメーカーで独自の規格の商品を出しており、三菱電機社の CC-Link、オムロン社では国際規格のデバイスネットを商品化している。通信距離は数 100m で、通信速度を遅くすれば 1km 程度まで伸ばすことが出来る。

4. 5 汎用インターフェースによる通信

パソコンや計測器などで標準的に広く使われているインターフェースで、その代表的なものとして RS-232C、GP-IB などがある。

RS-232C は汎用シリアル通信規格で、パソコン、PLC、認識装置、小型計測器など、様々な機器で使用されている。昔は D-Sub25 ピンのコネクタを使ったタイプが主流であったが、最近は D-Sub9 ピンのタイプが多い。機種によっては 3 本の線（送信、受信、グラウンド）で送受信を行うこともある。RS-232C 通信を単に「シリアル通信」と呼ぶこともある。

通信の設定として、通信方式（全二重、半二重）、通信速度（）、パリティチェック（奇数、偶数、なし）、制御方式（）などを送信側、受信側でそれぞれあわせると、通信が可能となる。

PLC にも RS-232C インターフェースを持つ機種もあり、この場合、PLC でも通信を行うことができる。

GP-IB は高機能の計測器では標準的に使われており、パソコンに GP-IB インターフェースを接続して、計測器とのデータ通信を行う。操作件を持つコントローラが接続している機器に対して文字列データを使ってデータの送受信を行う。CAT を構築するには

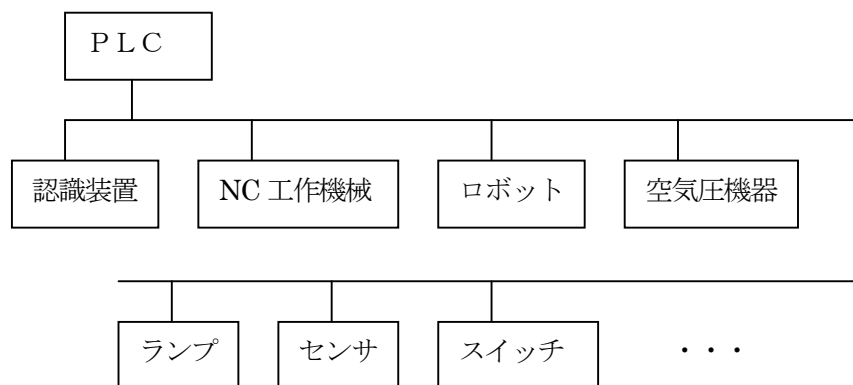
RS-232C	≒100kbps	
GP-IB	8Mbps	
RS-485	35Mbps	
USB2.0	480Mbps	
USB3.0	5Gbps	
イーサ	1Gbps	1000BASE-TX

5. FMC の構築

5. 1 FMC の概要

FMC (Flexible Manufacturing Cell) は、複数種類の製品の加工、あるいは組み立てを無人で行う自動化ユニットである。PLC、自動認識装置、ロボット、NC 工作機械、各種センサ、各種アクチュエータなどで構成されている。ロボットや NC 工作機械には複数の動作をするプログラムが用意されており、自動認識装置で検出された製品の種類に応じたプログラムを実行することにより、複数種類の製品の加工、組み立てが可能となる。

PLC : システム全体を制御する
自動認識装置 : 届いた製品の種類、作業内容を検出
ロボット : 製品の組立てや、工作機械への部品着脱をする
NC 工作機械 : 部品の加工を行う



5. 2 ユニットの制御

ユニット全体は PLC で制御される。PLC にはあらかじめユニット全体を制御するプログラムを記憶させておく。この PLC に、センサや自動認識装置などの信号が入力され、これら入力信号に応じて、NC 工作機械や産業用ロボット、アクチュエータを制御していく。

産業用ロボットや NC 工作機械は、あらかじめ作られたプログラムによってその動作が決まる。これらの装置に複数のプログラムを入れたり、複数のサブルーチンを使ったプログラムを入れておく。この複数のプログラムもしくはサブルーチンに番号をつけておき、PLC からこれらの装置にプログラム番号（サブルーチン番号）指定信号、起動信号を送ることによって、これらの装置に複数の動作をさせることができる。

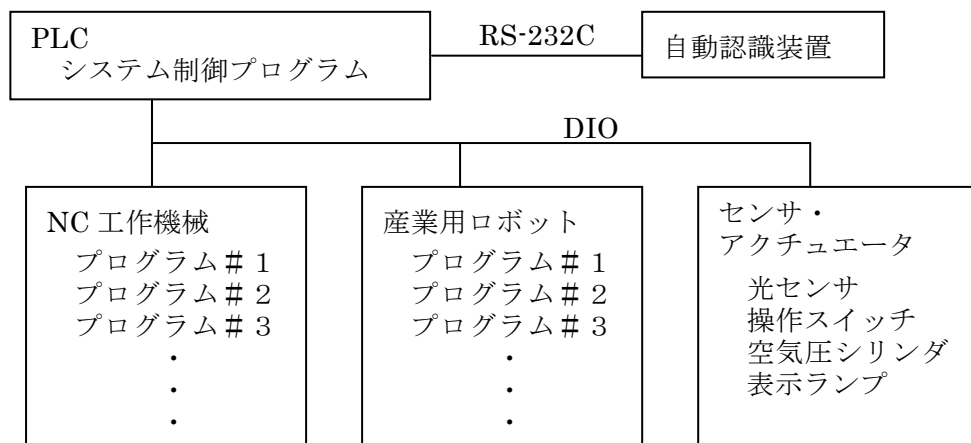
5. 3 ユニットの配線

PLC を中心に各機器を接続する

PLC－自動認識装置……RS-232C で接続
PLC－ロボット……………DIO で接続
PLC－NC 工作機械……DIO で接続
PLC－各種センサ、スイッチ…DIO で接続
PLC－各種アクチュエータ……DIO で接続

最近では、NC 工作機械やロボットのコントローラにコントローラ系ネットワークに接続可能な機種も開発されており、この場合はコントローラ系ネットワークで接続することもできる。

PLC から離れたところにある入出力機器にはデバイス系ネットワーク（省配線ネットワーク）を使い、配線作業を簡単にする場合もある。



5. 4 FMC の動作

FMC は一般的に以下のように動作するようになっている。

1. 運転・停止

セル全体の ON/OFF を行う。運転スイッチや停止スイッチで ON/OFF を行うもの、電源ブレーカーで ON/OFF を行うものなどがある。ON になっているときは電源ランプが点灯する。

2. 手動運転

運転準備やメンテナンス、保守・点検などの動作をする。

1) 原点復帰

各アクチュエータを原点位置へ移動させる

2) メンテナンス動作

システムとしては動作せず、メンテナンス用として使う。通常、一般作業者は操作せず、技術者が使う。

a) 各個操作 各アクチュエータを個別のスイッチで ON/OFF する。

b) 歩進運転 原点位置でスタートボタンを押すたびに 1 工程ずつ実行する

c) 一巡運転 原点位置でスタートボタンを押すと 1 サイクルの自動運転を行い、全ての工程が終了すると原点位置で停止する。動作の途中で停止ボタンを押すと、動作中の工程が終了した時点で停止し、再度スタートボタンを押すと次工程から運転が再開する。

3. 自動運転

センサなどの外部信号により自動で一連の工程を実行する状態。動作状態として、「待機中」、「実行中」、「動作終了」、「停止中」などがある。

原点位置で自動運転に切り替え、スタートボタンを押すと自動運転待機状態になり（待機中）、センサなどからの信号が入力されると一連の工程を実行する（実行中）。最後の工程が終了した時点で動作終了（ワーク払い出し待ち）もしくは待機中にもどる。なお、動作終了後にコンベアや AGV などによりワークが払い出されると待機中になる。停止ボタンを押すとその一

連の動作が終わった時点で停止し（停止中）、再度スタートボタンを押すと待機中になる。

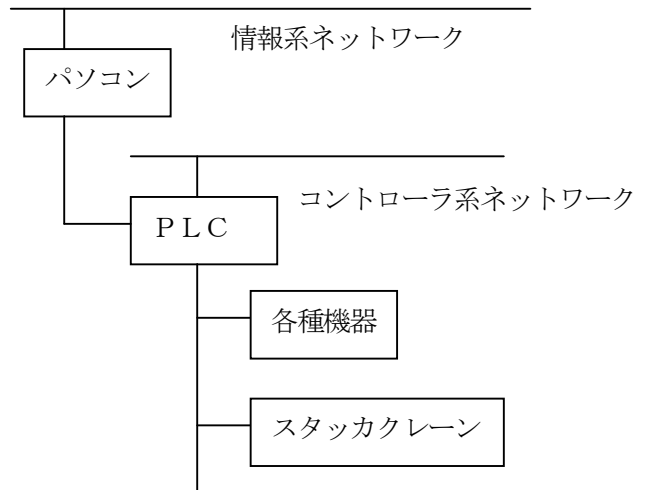
5. 5 その他のユニット

5.5.1 自動倉庫

1)自動倉庫の概要

自動倉庫は、生産現場において部品、完成品、仕掛品などの保管、管理を無人で行うユニットである。コンピュータ、PLC、立体倉庫、スタッカクレーンなどで構成されている。スタッカクレーンは立体倉庫から部品を出し入れするための機械で、高速で立体倉庫から必要な部品を取り出すことが出来る。

自動倉庫はコンピュータによって管理され、入庫、出庫の指示や、在庫管理、システムの管理を行う。一方、装置や機器の制御は PLC によって行われる。



2)在庫管理

コンピュータによる在庫管理で現在の主流となっているのはMRP（資材所用量計画）と呼ばれているものである。これは生産計画により得られた生産すべき部品の数量と実際の在庫量を比較、検討するものである。在庫が不足して生産に支障が生じないように、また逆に、在庫が過剰にならないように管理する。

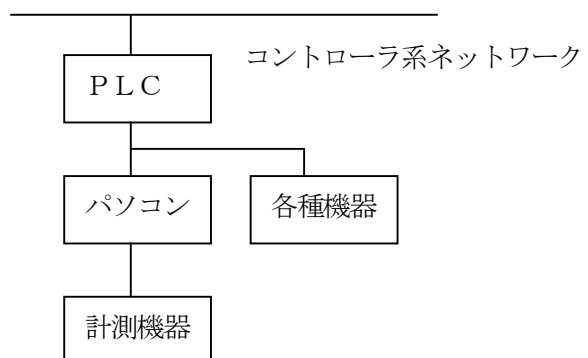
5.5.2 CAT

1)CATの概要

CAT とは、生産現場における試験、検査、計測などを自動で行うユニットである。検査・計測には各種のセンサや計測器が使われ、コントローラの信号によって検査を行う。検査結果は良・不良の判断だけを行うものから、計測データの記録を行うものなど様々である。計測器によるデータ測定を行う場合は、RS-232C や GP-IB などの汎用インターフェース

を使って計測器をパソコンに接続し、パソコンでデータの自動測定、記録、データ管理などをおこなう。

ユニット単体で用いる場合はパソコンをコントローラとしてシステムを組むことが出来るが、生産ラインの一部として組み込む場合は、PLC を使ってコントローラ系ネットワークに接続する。



6. FMS の構築

6. 1 FMS の概要

FMS は、コンピュータ、自動倉庫、FMC、CAT、搬送装置などを、コントローラ系ネットワーク、上位コントローラリンクなどで情報通信を行いながら自動でワークやパーツの保管、管理から製品出荷までの生産活動を行う、多品種少量生産に適したシステムである。

コンピュータ : 生産指示や生産監視などのシステムの管理を行う

自動倉庫 : 部品、仕掛品、完成品の保管、管理を行う

FMC : 製品の組立、加工を行う

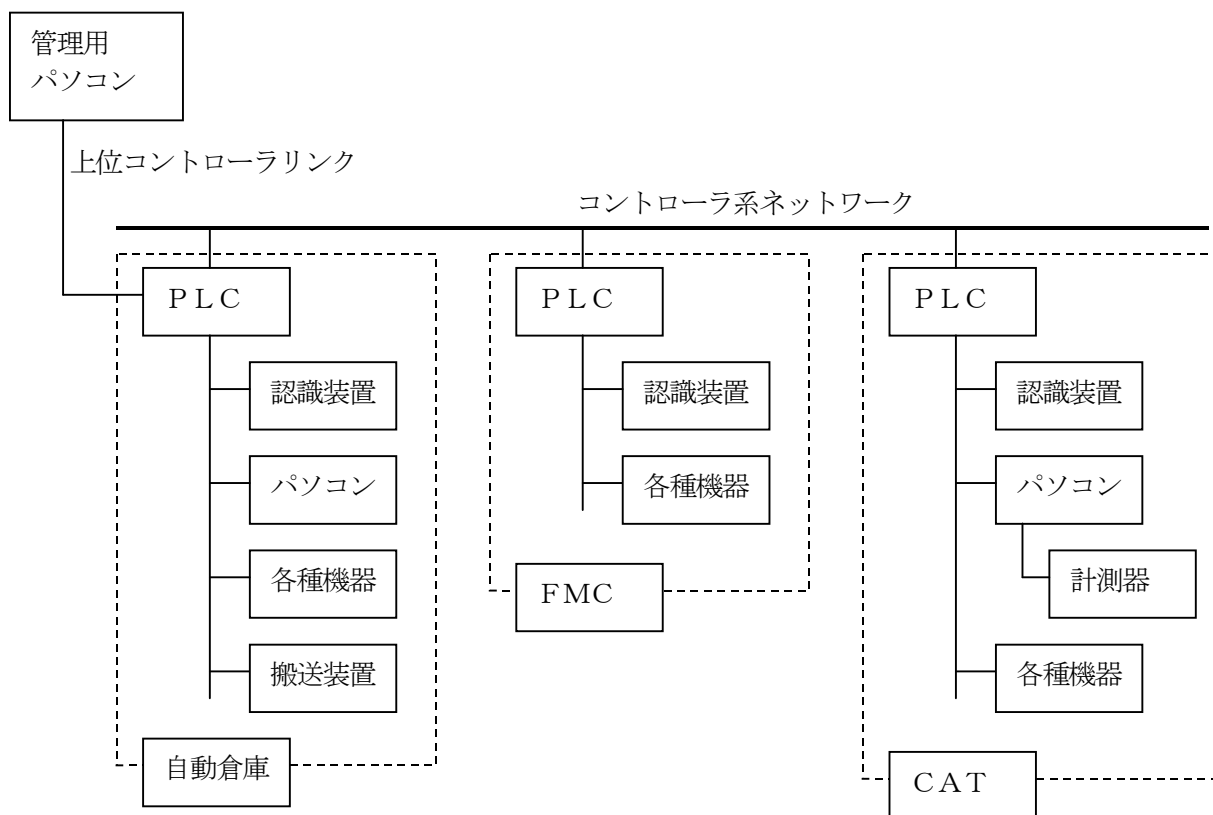
CAT : 製品の検査を行う

搬送装置 : 部品、仕掛品、完成品の搬送を行う

システムを管理するコンピュータはさらに情報系ネットワークに接続され、生産管理部門のコンピュータとの間で生産データなどの送受信を行っている。

6. 2 FMS の形態

FMS の形態については、システムで必要となる生産データや制御データの通信方法によって様々な形態で構築することができる。パソコンによる情報系ネットワークを使ってこれらのデータの通信を行うことも可能ではある。また、通信機能を有したタッチパネルも商品化されており、このタッチパネルを使って情報通信を行うこともできる。そのような現状の中、実際には PLC のコントローラ系ネットワークを用いて FMS を構築するのが一般的である。



一般的な FMS の構成としては、管理用パソコンと、生産ラインに大別される。さらに生産ラインには自動倉庫、FMC、CAT、搬送装置などがあり、これらのものを制御する PLC をコントローラ系

ネットワークで接続している。この中の 1 台の PLC と管理用パソコンを上位コントローラリンクで接続し、管理用パソコンが生産ラインを管理することが出来るようになる。

6. 3 FMS の制御

FMS では、生産データや管理データなどを通信して、一連の生産活動を行っている。これらデータとしては、生産指示、生産品目、生産数量、また、各ユニットの動作状況、稼働時間、不良数などがある。FMS 全体を管理するコントローラは、これらのデータをモニタしながら、生産管理部門からの指示に従い、生産ラインに対して最適な指示を行う。

FMS の形態によっては様々な制御方法がある。管理用パソコンと生産ラインを有する一般的なシステムでは、管理用パソコンが PLC のメモリに対して、生産する品種、数量などの生産データを書き込み、生産指示信号を送る。生産ラインは指定された品種を指定された数量だけ生産し、生産が終了したならば生産終了信号を管理用パソコンに送る。このような生産方法を基本としながら、それぞれの生産現場でのシステムの形態、生産方式、生産ロットなどに応じたデータの受け渡しを行い、生産ラインを制御している。

7 生産活動の自動化

生産活動を更に自動化する一つの方向として、企業内の情報ネットワーク化がある。様々な業務をコンピュータを使って行い、コンピュータによる設計の自動化、生産管理の自動化、営業データ管理の自動化、労務管理の自動化・・・が行われている。このこれらのコンピュータのデータを情報系ネットワーク（構内LAN）や公衆回線（インターネット）によって相互に通信し合うことによって、より広い範囲の自動化を行っている。それが FA（Factory Automation）であり CIM（Computer Integrated Manufacturing）である。

最後に

ここから先は全く個人的な見解であることを断っておく。

この先、中国における生産活動が今の状況で続くのであれば、日本国内でいくら生産活動を自動化してもコスト的に中国には太刀打ちできない。それは、中国の生産コストが韓国や日本のレベルに到達するには、中国の人口を考えると、20～30年はかかると思うからである。そのような状況下においては、日本の従来の大量生産型ものづくりが復活するのは、しばらくの間は考えられない。

今後、日本の製造業が復活するためには、今までとは異なった、多品種、少量、短納期で高付加価値の製品を短期間で生産していかなければならない。そのような生産を自動化で対応しようとしても、自動化に必要な設備が高価であること、生産システムの製作や変更に時間と費用がかかることを考えると、もう限界に来ていることは明らかである。逆に現在は、生産ラインを自動化するのではなく、「一人屋台方式」や「セル生産方式」と呼ばれているような、効果的に人手で生産する方式によって、高付加価値の製品を製造する方向に進んでいる。

これからの日本の製造業が復活するためには、消費者と直結した生きた市場情報、その情報を生産に結びつけるシステム、そして顧客ニーズに100%対応した職人によるハンドメイドのものづくりが必要であると思う。