

株式会社ほくさん太陽電池製造ライン ファクトリーオートメーション

Factory Automation System for HOXAN Solar Photovoltaic Plant

太陽エネルギーシステムは、無限なクリーンエネルギーとして注目され、21世紀の新エネルギーの一つとして技術開発、実用化がなされている。

株式会社ほくさんでは、太陽電池を低コストかつ大量、高品質で生産することを目指して新工場を建設した。本工場は、生産、搬送設備の一貫自動化を指向するもので、HITAC L70/20、HIDIC-V90/5、FMC、PLC(HIDIC-S10シリーズ)で構成した分散ネットワークシステムを導入することにより、管理、制御の自動化及び製品品質の向上を図ることができた。

本稿では、システムの概要、構成、機能及びリンケージ方式について述べ、分散ネットワークシステムの新しいアーキテクチャを紹介する。

前田 泰 宏* Yasuhiro Maeda

八木橋 伸一** Shin'ichi Yagihashi

渡 辺 毅*** Tsuyoshi Watanabe

藤 田 隆 文*** Takafumi Fujita

篠 本 学**** Manabu Shinomoto

山 田 進 一***** Shin'ichi Yamada

1 緒 言

太陽電池の生産量は、近年急激に増加しているが、生産技術及び光電変換効率向上技術は開発途上にあり、コスト低減の妨げとなっている。したがって、太陽電池の製造では、(1)製造コストの低減、(2)生産技術の確立、(3)光電変換効率の向上、のためのシステム化が指向されている。

株式会社ほくさんでも、従来から中大形太陽電池を生産し、部分的に設備の自動化を実施し、その技術データを蓄積、研究してきたが、よりいっそうの大量生産によるコストダウン、生産効率向上を図る必要があり新工場を建設した。

この工場は、(1)生産タクト5秒以下の自動化された量産工場を確立する、(2)プロセスの実績データを解析し、品質の良い太陽電池を生産するための技術を確立し、光電変換効率向上を図るとともに、品質を均一化する、ことを目的に建設されたものである。このために分散ネットワークによる総合FA(ファクトリーオートメーション)システムを導入し、これらの目的を達成した。

2 システムの概要

2.1 太陽電池製造ラインの概要

太陽電池製造ラインの概要を図1に示す。ウェーハ受入れから太陽電池セルの光電変換効率を含む品質測定分類までのセル化工程、及び36枚のセルを直列に接続したモジュール製品化工程に分けられる。各設備、工程には以下の特徴がある。

(1) ウェーハのライン投入から製品完成まで、全ラインにわたり完全自動化、高速ラインである。設備内にウェーハが滞留して特性が失われる設備がある場合、下流工程異常によるライン停止の際は、ウェーハを該当設備から退避する。

(2) 検査結果(ウェーハ表面反射率や厚み測定など)により、炉の加熱温度を適正に変えるなど、セル1個ごとにフィードバック制御、フィードフォワード制御を行なう。

(3) ラインに同一設備が複数存在し、ラインの分岐、合流制御を行なう。

(4) 完成した太陽電池セルは、セル単品出荷工程及びモジュール製品化工程へ、グレード管理に従い供給する。

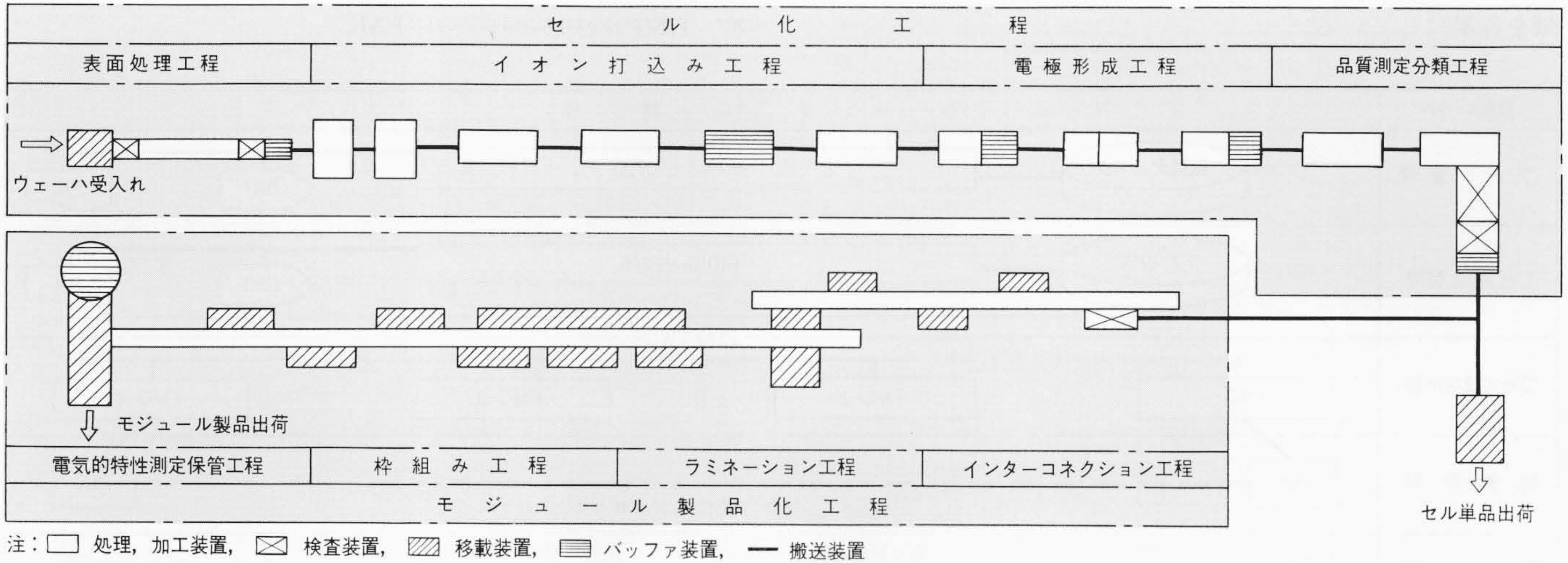


図1 太陽電池製造ラインの概要 ウェーハ受入れから製品出荷まで、セル化工程とモジュール製品化工程から成る。

* 株式会社ほくさん基礎研究所 ** 株式会社ほくさん太陽電池事業所 *** 株式会社日立コントロールシステムズ

**** 日立製作所大みか工場 ***** 日立製作所システム事業部

2.2 システム導入の背景と目的

本システムの導入は、大量生産によるコストダウンと、生産技術の確立、光電変換効率向上を実現するという背景のもとに行なわれており、その基本的考え方を以下に示す。

- (1) 完全自動化、高速ラインの実現
- (2) 製品の高グレード化と、セル単品出荷及びモジュール製品化時の品質均一化
- (3) 製品一品ごとの検査データ収集、解析と保存による品質向上及び履歴管理
- (4) プロセスの実績データ解析による生産設備増改造に、フレキシブルに対応可能なシステムの実現

3 システムの構成と特徴

3.1 システム構成

システムの全体構成を図2に示す。一般的にFAシステムには、信頼性、柔軟性、拡張性、保守性の高いシステムが要求される²⁾。特に太陽電池製造ラインFAシステムは、システムの性格上、順次設備の増改造と制御ロジック及び制御、管理項目の追加変更が予想される。追加変更に伴うシステムの改造が全体に影響を及ぼさず、その部分だけの少ない範囲の改造で収まるように、以下の特徴をもったFAトータルシステムとなっている。

- (1) データ管理、工程統括管理及び制御の各管理レベルに応じた階層構成としている。
- (2) 各機能ごとに独立して動作できることを前提とした。特に制御も工程ごとに独立して動作できるようにし、縦と横の自律化、分散化(危険分散)を図っている。仮にHIDIC-V90/5がダウンしてもFMC(Flexible Manufacturing Cell Controller)³⁾は制御を続行し、更にFMCダウン時も、他のFMCで協調制御が可能となるようにしている。
- (3) 機器制御用のシーケンサは、HIDIC-S10シリーズ³⁾で統一し、高度な制御機能を実現した。設備の増改造時には、ハードウェア構成上もソフトウェア変更に対しても柔軟に対応できるようにしている。
- (4) LAN(Local Area Network)として、トークンパッシング、ループバック機能、プロセス間通信やファイル転送、プログラムローディングなど、制御用計算機との結合性を重視した μ - Σ Network²⁾を採用し、システムのレイアウト変更、拡張を容易にしている。

- (5) データ管理レベルには、大量のデータ保存管理、資材管理などのオフィス業務用に適したオフィスコンピュータHITAC L70/20を採用し、HIDICと有機的に結合することにより、FAとOA(オフィスオートメーション)の統合化を図っている。

3.2 ソフトウェア構成

図3にHIDIC-V90/5, FMCのソフトウェア構成の概略を示す。FAトータルシステムを構築するための各種ソフトウェアパッケージを有効に利用し、効率的なソフトウェア開発を図ると同時に、処理性、信頼性及び保守性の向上を図っている。

分散ネットワークシステムの基本となるNSS(ネットワークサポートシステム)は、機能コード通信をサポートする。これにより、他のパッケージと有機的に結合すれば、マンマシン、実績管理、制御などのアプリケーションプログラムは、ネットワークの存在を意識することなく作成することができる。

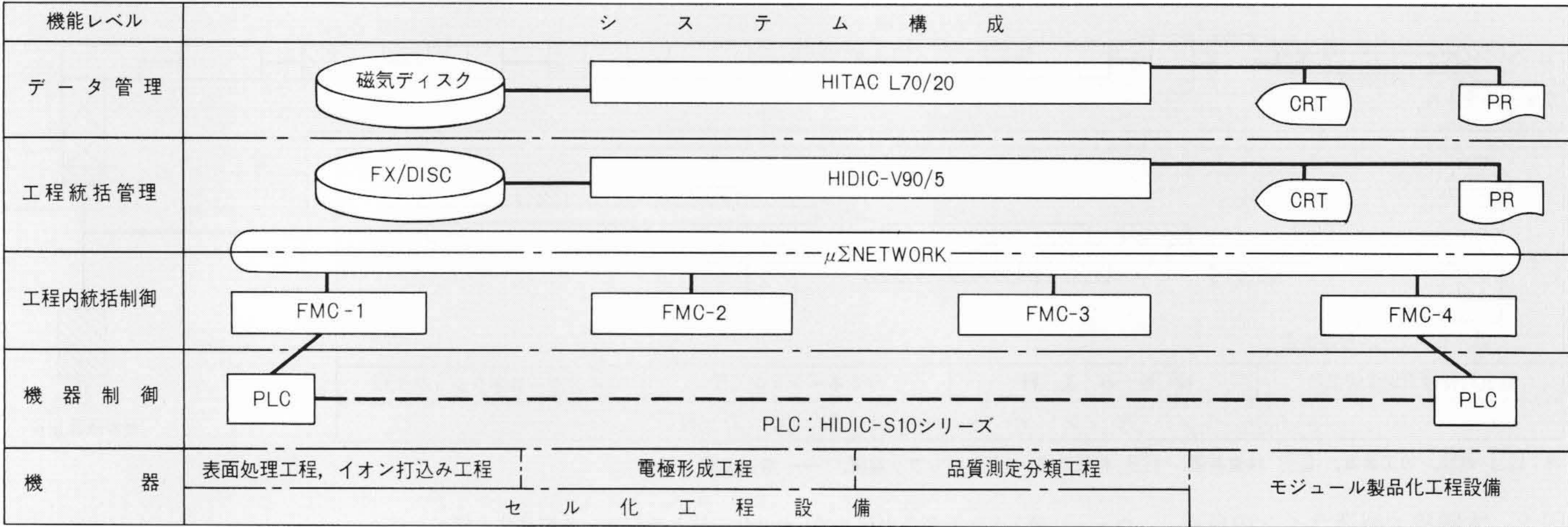
また、4台のFMCでは、特にプロセス入出力制御関係の処理を定形化し、モジュール化して共有化を図る。これにより、アプリケーションプログラムのアーキテクチャの統一と、ソフト開発の効率化を図っている。

4 システムの機能

4.1 機能構成

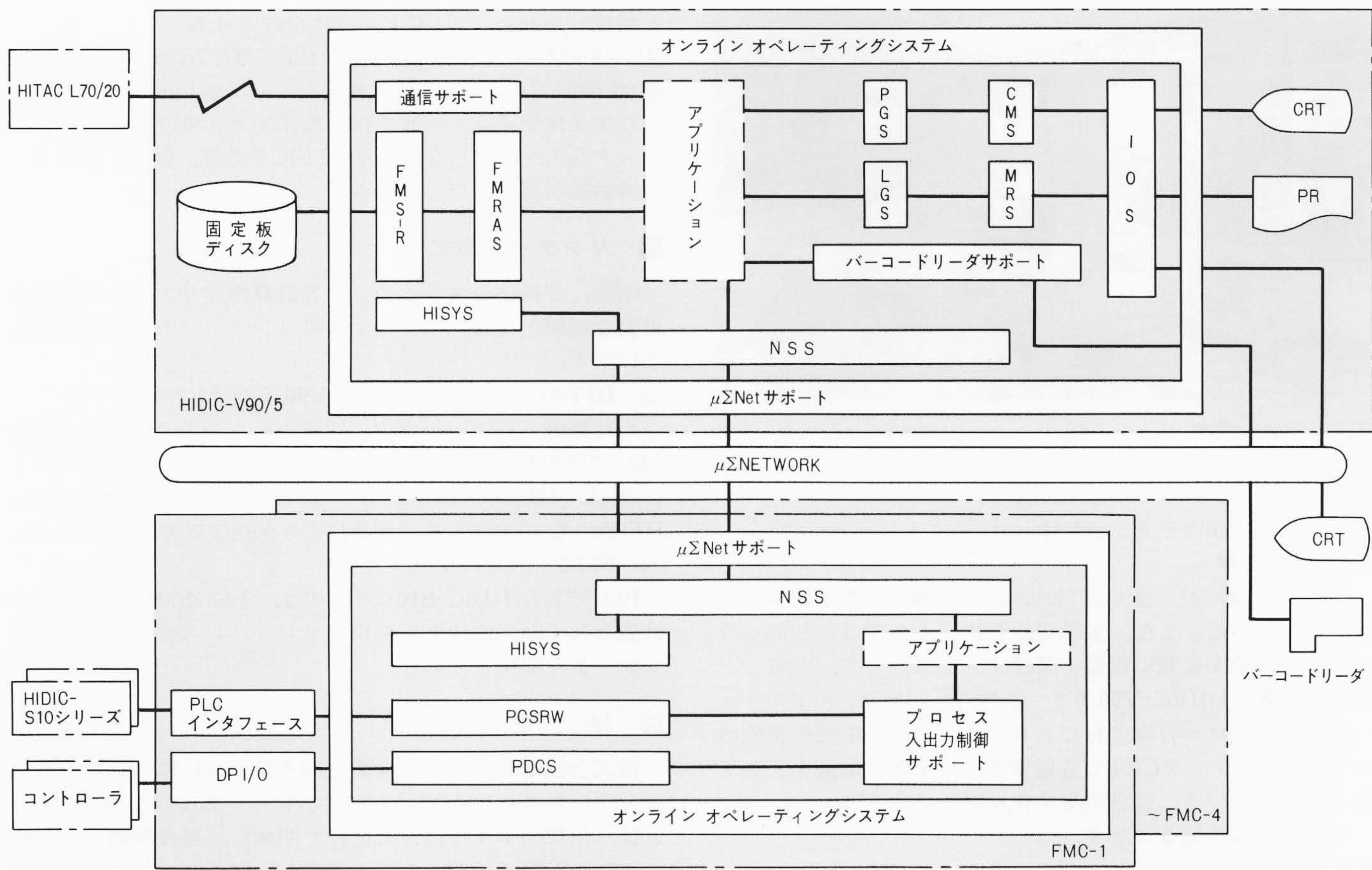
システム全体の機能構成を図4に示す。機能分担は次のとおりである。

- (1) データ管理レベル(HITAC L70/20)
生産技術を確立するための、生産したセル、モジュール製品の検査、特性データ、制御設定値データなど、大量のデータをすべて蓄積保存し、各種統計解析処理を行なっている。
更に、資材発注入荷管理や出荷管理といったオフィス業務も行なっている。
- (2) 工程統括管理レベル(HIDIC-V90/50)
全工程の設備固有制御設定値をもち、ウェーハ形状切換え時やオペレータ要求時、下位FMCにデータ伝送する。また、生産、検査実績を収集するとともに、各設備状態やウェーハのトラッキング状況を常に把握し、グラフィックCRT(Cathode Ray Tube)に表示するなど、工程全体の統括管理を行なっている。
また、上位HITAC L70/20のダウンに備えて、1日分の各種実績データを保存し、管理、検索も可能としている。
- (3) 工程内統括制御レベル(FMC)



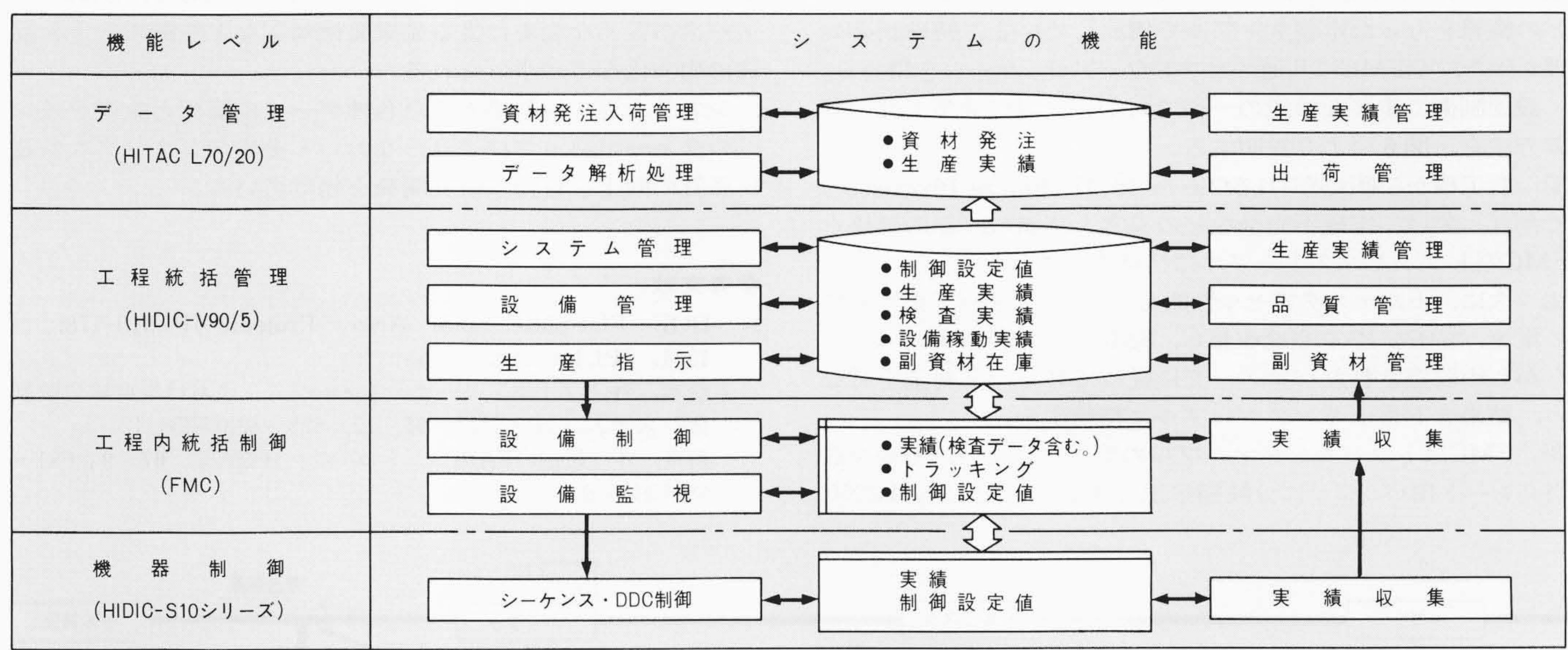
注：略語説明 FMC(Flexible Manufacturing Cell Controller), CRT(Cathode Ray Tube), FX/DISC(固定板ディスク)
PLC(Programmable Logic Controller), PR(プリンタ)

図2 システムの全体構成 各管理レベルに応じた階層化と、管理集中・制御分散構成のFAトータルシステムとなっている。



注：略語説明 IOS(FA I/O入出力処理サポート), LGS(帳票作成支援処理システム), NSS(ネットワークサポートシステム)
CMS(CRTマンマシン処理管理システム), FMS-R(高速ファイル管理システム), PDOS(プロセスデータ入出力サポート)
MRS(メッセージ帳票管理システム), FM RAS(FA用データベースシステム), PCSRW(S10/2メモリリード・ライトシステム)
PGS(CRT画面作成支援処理システム), HISYS(システム管理パッケージ), DP I/O(分散形プロセス入出力装置)

図3 HIDIC-V90/5, FMCソフトウェア概略構成図 各種ソフトウェアパッケージの有効利用と、FMC 4 台のソフトウェア共通化を図っている。



注：略語説明 DDC(Direct Digital Control：直接計算制御)

図4 機能構成 管理レベルにより機能分担し、HITAC L70/20でデータ管理、オフィス業務を、HIDIC-V90/5, FMC, HIDIC-S10シリーズで工程統括管理、制御を行なっている。

プロセスとのインタフェース(HIDIC-S10シリーズなど)をもち、該当工程内のウェーハトラッキングや、フィードバック、フィードフォワード制御を高レスポンスで行なっている。また、実績データの収集、加工を行ない、周期あるいは

イベントに応じて上位HIDIC-V90/5へデータ伝送する。
(4) 機器制御レベル(HIDIC-S10シリーズ)
各設備のシーケンス制御や上位FMCから与えられる制御設定値による直接計算制御を行なうとともに、該当設備の生産



図5 中央監視室 カラーグラフィックCRT(写真中央部)で工程全体の管理が可能である。

実績、検査実績などを上位FMCに伝送する。

4.2 設備管理

工程内の設備数が多く(約60設備)、制御方法も各設備ごとに異なっている。また、太陽電池製造ラインでは、制御パラメータの設定が品質に影響を及ぼす。したがって、設備ごとの固有情報をHIDIC-V90/5で一括管理し、パラメータのチューニング、追加が容易に行なえるようにする。中央監視室のカラーグラフィックCRTで各設備や工程全体の制御を遠隔で行なうことができ、管理の集中化を図っている。

中央監視室を図5に示す。

4.3 設備制御

多数の設備を効率よく制御するために、プロセスとの入出力処理を統一インタフェースとしている。制御処理は、割込み解析から処理内容決定までのメイン処理部、要因に応じた処理モジュール群及びPLC(Programmable Logic Controller)のメインアドレスやリンケージすべき処理モジュール群などの情報をもった定義テーブルで構成している。特殊制御処理を除き、全FMCに共通のソフトウェアパッケージを用いる。

設備制御で重要な機能の一つである品質測定分類工程の制御方法を、図6により説明する。

- (1) 前工程から順次送られるウェーハは、IP(Image Processor)で割れ、欠け、電極不完全などの異常を認識し、その結果をFMCのトラッキングテーブルに格納する。
- (2) 次に、セルテストでセル性能を決定するデータ(光照射時の電流、電圧など)を高速収集し、FMCで特性計算処理後、あらかじめ設定されたパラメータに従ってグレード判定を行ない、結果をトラッキングテーブルに格納する。
- (3) FMCはトラッキングテーブルのデータに従い、セルを該当グレード用バッファに分岐指示出力する。上記(1)、(2)でNG

と判定したセルは、NGトレーに分岐させる。

- (4) バッファ内のセルが一定量になったとき、FMCは操業条件(生産計画や優先順位)を考慮し、セル単品出荷及びモジュール製品化ラインへセルを供給指示する。両ラインへは、グレード混入が発生しないようにFMCで管理、制御しており、同時供給制御を行なっている。

5 リンケージ方式

階層、分散化システムでは、各計算機間リンケージ方式も重要な課題となる。本システムのリンケージ方式の概要を以下に示す。

- (1) HITAC L70/20とHIDIC-V90/5のリンケージ

両計算機ともに同一室内に設置されていることから、RS-232Cの無手順方式による直接結合とした。データ伝送タイミングは、HITAC L70/20がバッチ業務主体となるため、HITAC L70/20側からの要求により伝送する方式としている。

- (2) FMCとPLCのリンケージ

PLCであるHIDIC-S10シリーズは、上位(FMC)リンケージ機能として割込み制御を採用しており、レスポンスの高いリンケージを実現している。

6 結 言

株式会社ほくさんの太陽電池製造ラインに導入した分散ネットワークによる総合FAシステムについて述べた。本システムは、昭和60年4月に営業運転を開始し、現在順調に稼動中であり、実操業状態での導入効果が検証されている。

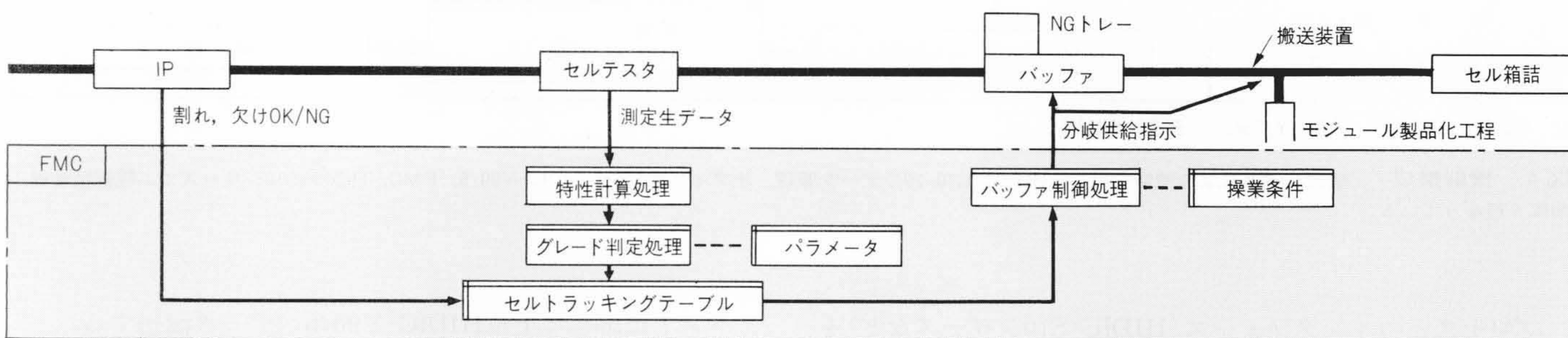
その主なものとして、

- (1) 工程統括管理による省力化
- (2) 検査を含めた自動化量産工場の確立による製造コストダウンと生産量の増大
- (3) フィードバック、フィードフォワード制御や、制御パラメータの容易な変更による光電変換効率など性能の向上と品質の均一化などが挙げられる。

システム導入後蓄積された各種データの解析と生産ラインへのフィードバックにより、なおいっそうのコストダウン及び品質の向上を目指し研究開発を続けている。

参考文献

- 1) DOE: Flat-plate Solar Array Project, JPL510-178, 1981, JPL400-279, 1985
- 2) 松本, 外: ファクトリーオートメーションにおける自律分散制御システム, 日立評論, 65, 12, 823~828(昭58-12)
- 3) 解良, 外: 最近のFA用コントローラ, 日立評論, 67, 9, 681~684(昭60-9)



注: 略語説明 IP(Image Processor)

図6 品質測定分類工程の制御方法 IP, セルテストで測定したデータを、FMCで特性計算処理、グレード判定し、バッファ及び搬送装置の制御を行なっている。