

エレベーター意匠構造品生産工場の ファクトリーオートメーション

Development of Factory Automation System for Elevator

エレベーターでの意匠構造品は、顧客仕様によりその構造・寸法及び意匠が大幅に変化するうえ、ビル内のインテリアの一部として多様な意匠が要求される典型的な多品種少量生産形態となっている。

今回、この意匠構造品をフレキシブルかつ高効率に生産することを目的として、FA計画を推進した。

すなわち、製造システムで、きず・ひずみのない高精度な加工が、材料取りから塗装組立まで一貫して行なえる自動化ラインを開発するとともに、上位CAD・生産管理システムとの情報の一元化管理・制御システムの構築などにより、エレベーター意匠構造品生産工場のFAを実現した。

藤井 禎三* Teizō Fujii
前田 彪* Takeshi Maeda
菊島 世注* Seitsugu Kikushima

1 緒言

エレベーター意匠構造品は、エレベーターで直接利用客の目に触れる製品であり、近年特にビル内のインテリアの一部としての機能要求から、その顧客仕様の多様化が進み、標準化設計での対応が困難な状況にあり、典型的な多品種少量生産形態となっている。

更に、エレベーター市場での価格競争は激烈を極め、よりいっそうの価格競争力の強化と短納期化が、最大の命題となっている。

従来、この加工設備として、各種NC(数値制御)機の導入と機種別・材質別専用生産ラインの整備により合理化を推進してきた。しかし、上記製品環境から、既にこの種の方式では設備戦略の決定的な武器とはなくなってきた。

その具体的解決策として、高能率機の導入とこれら高能率機をいかに有効活用するかということから、機種別・材質別専用生産ラインを統合し、自動化レベルの高い、フレキシビリティのある高効率混流生産ラインの構築と、このラインを有効に稼働させるためのCAD/CAM(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing)システムの開発により、エレベーター意匠構造品生産工場のFA(Factory Automation)を実現した。

本稿では、今回開発したFAシステムの概要を説明する。

2 FA導入の背景

2.1 製品環境

従来から、エレベーターとして、(1)オーダーエレベーター(特注品であり、顧客ニーズに合わせて設計・製作するもの)、(2)規格形エレベーター(標準仕様により製作する標準タイプ)の2本立てとして、顧客ニーズの変化にこたえてきた。しかし、オーダーエレベーターはもちろん、規格形エレベーターでも、顧客の好みの多様化が急進し、従来どおりの標準化設計による「規格形」だけではニーズの変化に対応できなくなっている。

2.2 製造現場の環境

製造現場では、従来から推進してきた機種別専用生産ライ

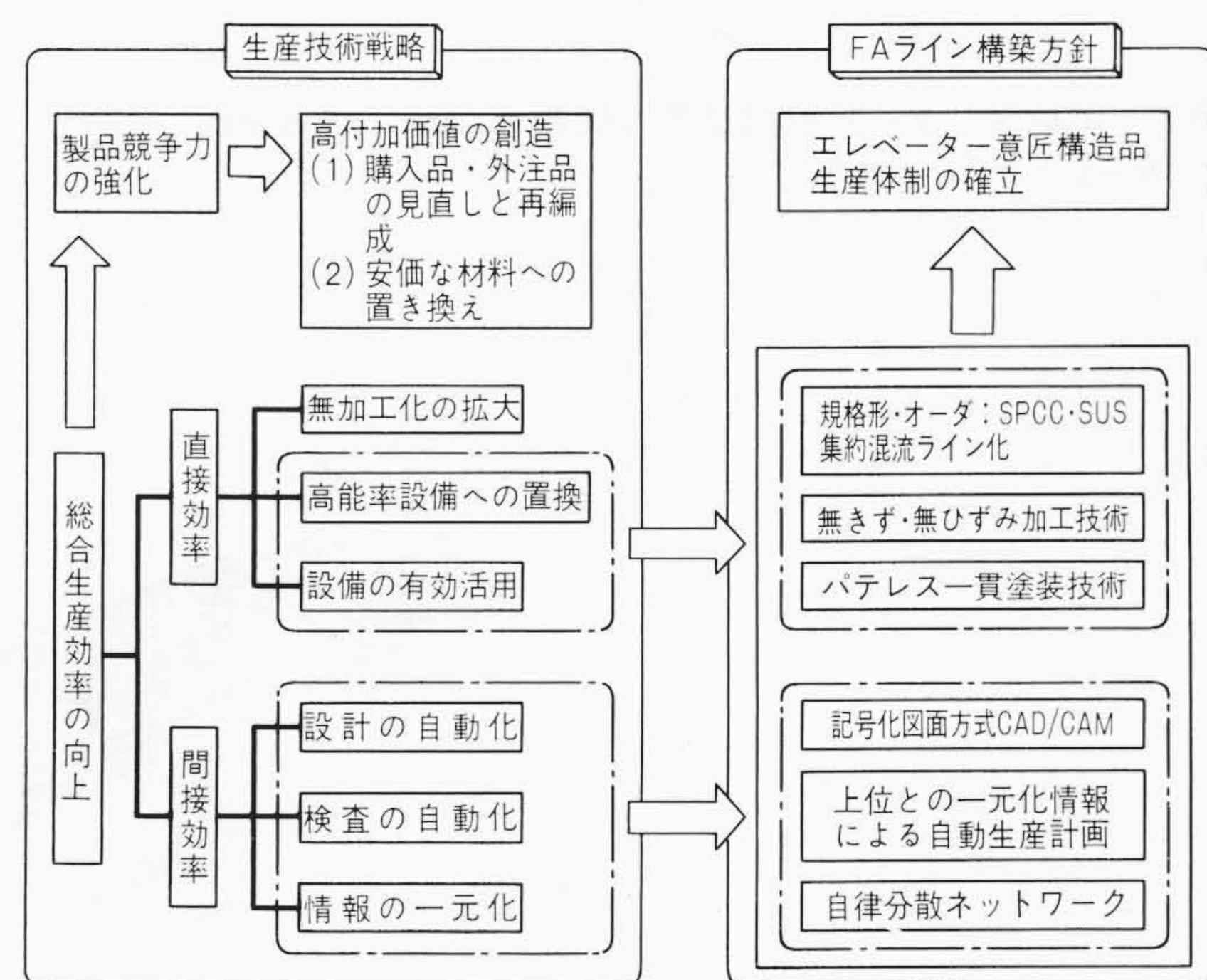
ンの老朽化・陳腐化が進行し能率の低下する反面、より短納期化への対応が要求されている。その抜本的解決策として、高能率機の積極的導入とこれら高能率機をいかに効率的に活用していくかということが重大テーマとなってきた。すなわち、従来の機種別・材料別生産ラインを統合した高効率混流生産ラインの構築と、これを有効に稼働させるための管理システム(CAD/CAMシステム)の開発が不可欠となってきた。

3 FA計画の概要

3.1 FA構築の基本方針

従来から、日立製作所の工場で推進してきた生産技術戦略に基づき、FA構築の基本方針を決定した(図1参照)。

すなわち、オートメーション技術(直接効率向上)として、



注: 略語説明 FA(Factory Automation)

CAD/CAM(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing)

図1 生産技術戦略とFAライン構築の基本方針 従来、日立製作所の工場で推進してきた生産技術戦略に基づき、FAライン構築の基本方針を決定した。

* 日立製作所水戸工場

(1) 集約混流ライン化

規格形・オーダ各エレベーター及び各材料の混流化による生産ラインの集約(従来の5ラインを1ラインに集約)

(2) 無きず無ひずみ加工技術の確立

各要素加工技術として、意匠面にきず・ひずみを残さない加工技術を確立し、高度な一貫自動化を図る。

(3) パテレス一貫塗装技術の確立

意匠面の平坦度などを修正する、パテ付け及びパテ研ぎ作業を全廃し、下塗りから上塗りまでの一貫自動塗装システムを実現する。

管理技術(間接効率の向上)として、

(1) 記号化図面方式CAD/CAMの構築

エレベーターCADの特色である、編集設計CAD「記号化図面方式」をフルに活用したCAD/CAM一貫システムを構築する。

(2) 自動生産計画システムの確立

CAD・生産管理システム及びビル建築現場との一元化情報による自動生産計画システムを確立する。

(3) 自律分散ネットワークの構築

上位システムと現場各設備を直結する、信頼性の高いネットワークを構築する。

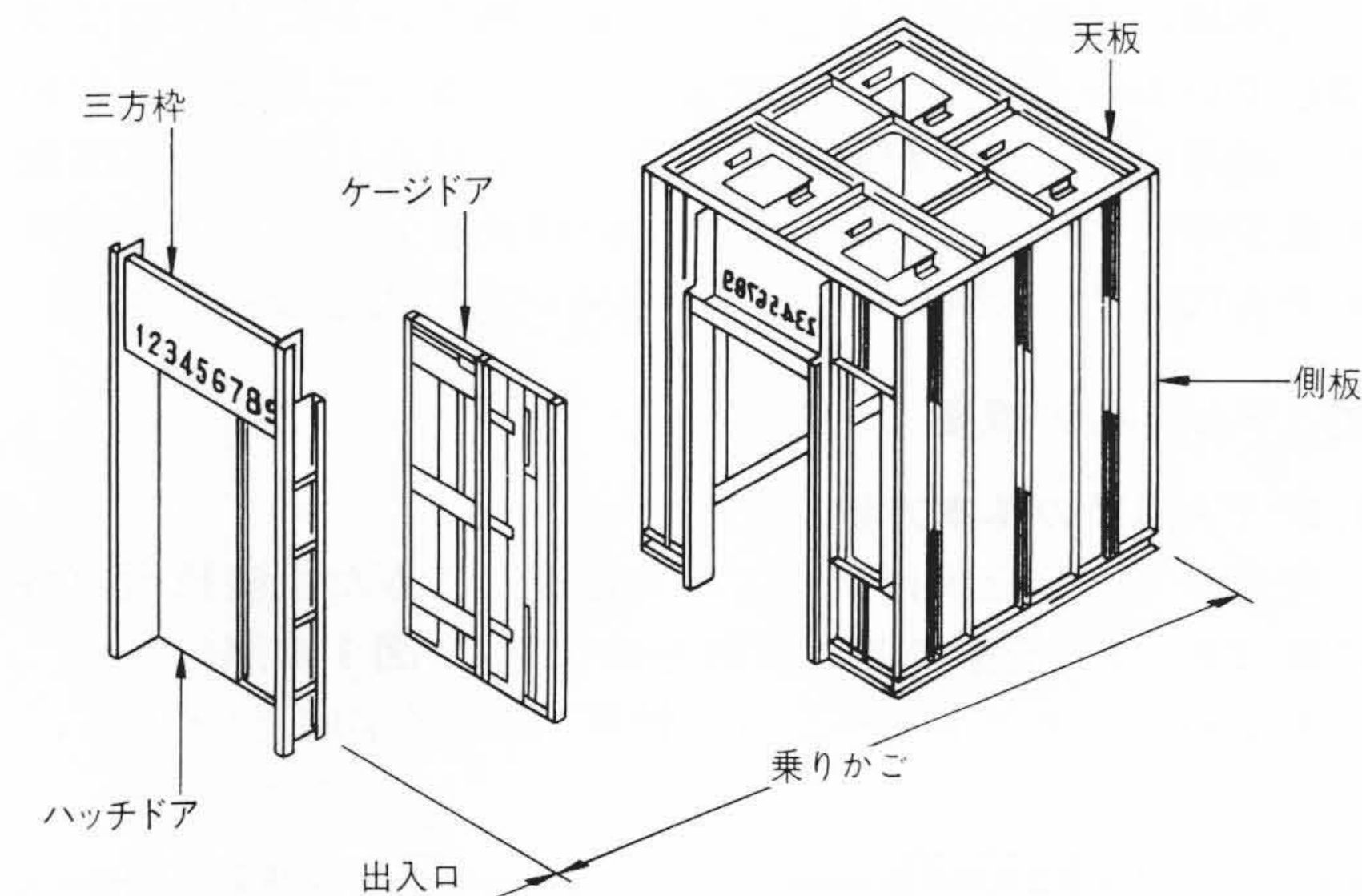


図2 エレベーター意匠構造品の概要 FAの対象製品は、ハッチドア、ケージドア及び側板である。

更に、これら各目標を達成するため、製品設計面からもFA向き標準化を強力に推進し、意匠性の確保のため、従来のスポット溶接構造を接着構造にするという構造面の全面的変更を含め、部品形状の統一など約20項目に及ぶ設計変更を実施した。

3.2 対象製品の概要

図2に、エレベーター意匠構造品の概要を示す。

これらのうち、今回のFA対象製品は、ハッチドア、ケージドア(以下、総称してドアと言う。)及び側板である。

ドア及び側板の生産量は、月当たり約5,000枚であり、塗装色及び寸法を含まない形状種類で、335種類(塗装色及び寸法を含めると分析不能)と典型的な多品種少量生産形態となっている。更に寸法的には、長手方向で1,825~3,000mm、幅方向で260~1,100mmと比較的大形品となっている。

4 自動化設備の概要

4.1 製造ラインの概要

製造ラインの全体構成及び加工工程を、図3、4に示す。

基本構成は、

- (1) 素材の供給、切断、穴抜き、曲げを行なう部材ショップ
- (2) 接着剤の塗布、部品の供給・セッティング、接着剤の硬化、安全増溶接を行なう接着・製缶ショップ
- (3) 塗装前処理及びさび止め塗装から仕上塗り塗装を行なう塗装ショップ

から成り、ライン全長120m、幅20mのシステムである。

製造ラインの構成では、1人の作業者が効率よく動けるように、製品の入力状態と出力状態を同一場所でチェックできるUターンを基本として各ショップを構築した。

このラインを1本の直線に引き伸ばして換算すると、ライン全長は約350mとなり、これを6人の作業で操作監視している。

4.2 主な自動化設備の概要

今回のFAシステム向けに、特に開発実用化した自動化設備について説明する。

4.2.1 パネルフォーミングセンタ(曲げ加工設備)

パネル成形で、意匠的下地を決定づけるキーテクノロジーとなる、曲げ加工に要求される技術課題は、

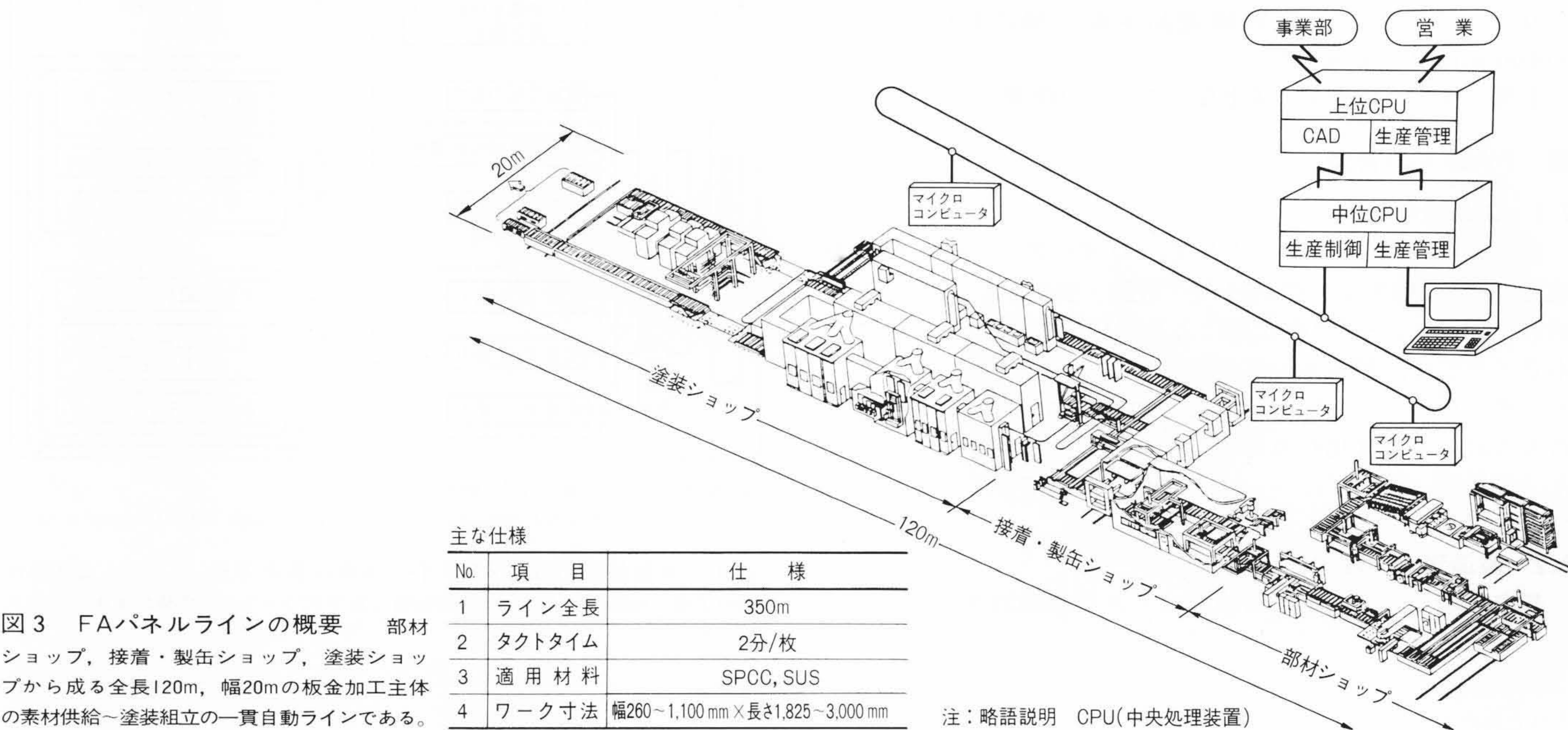


図3 FAパネルラインの概要 部材ショップ、接着・製缶ショップ、塗装ショップから成る全長120m、幅20mの板金加工主体の素材供給~塗装組立の一貫自動ラインである。

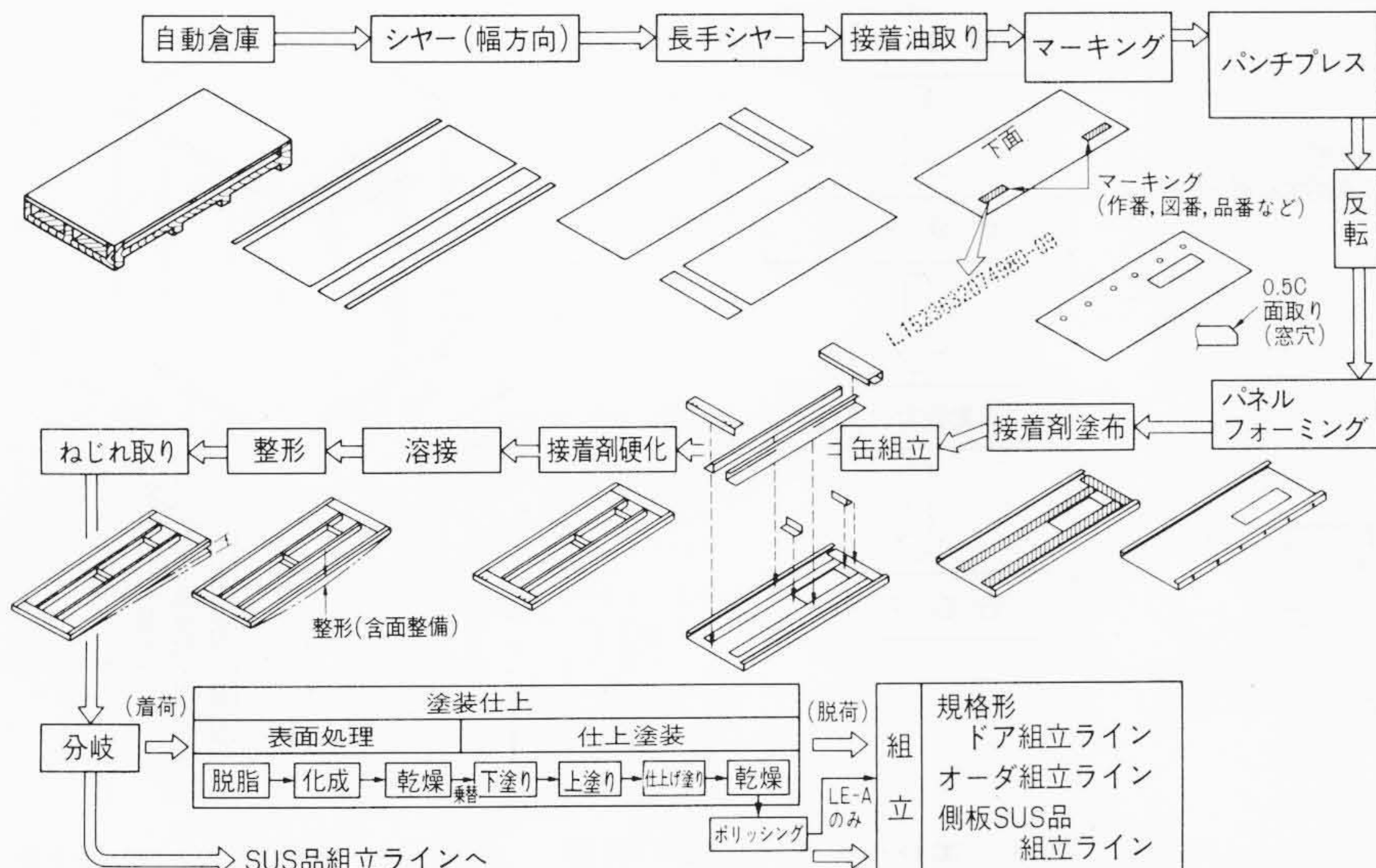


図4 FAパネルライン加工工程概略 素材供給～切断～穴あけ～曲げ～接着～塗装，組立の一連の工程を自動化したものである。

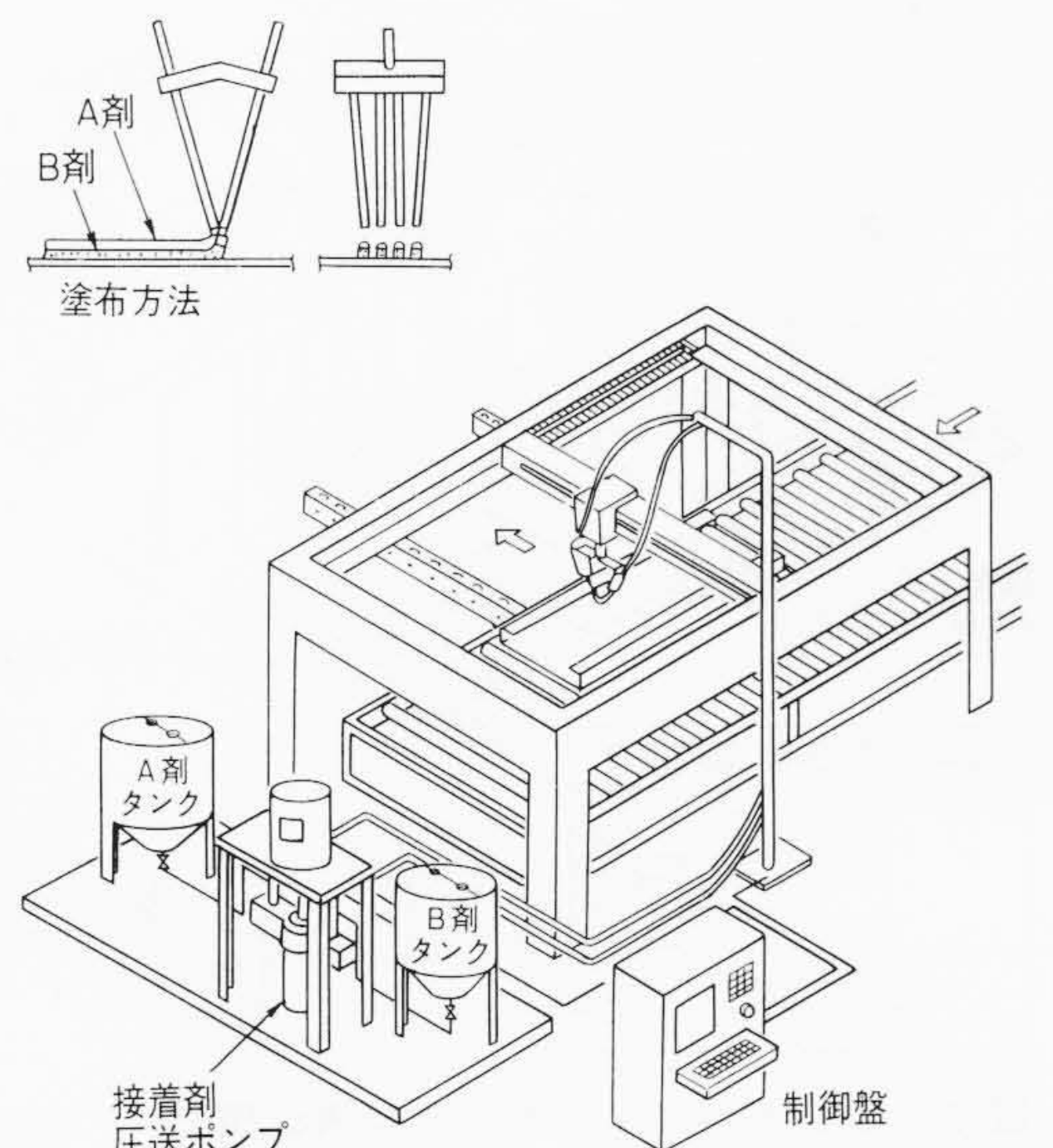


図6 接着剤塗布ロボット概要 直交座標形4軸ロボットであり，2液性接着剤の直前混合塗布技術を確立した。

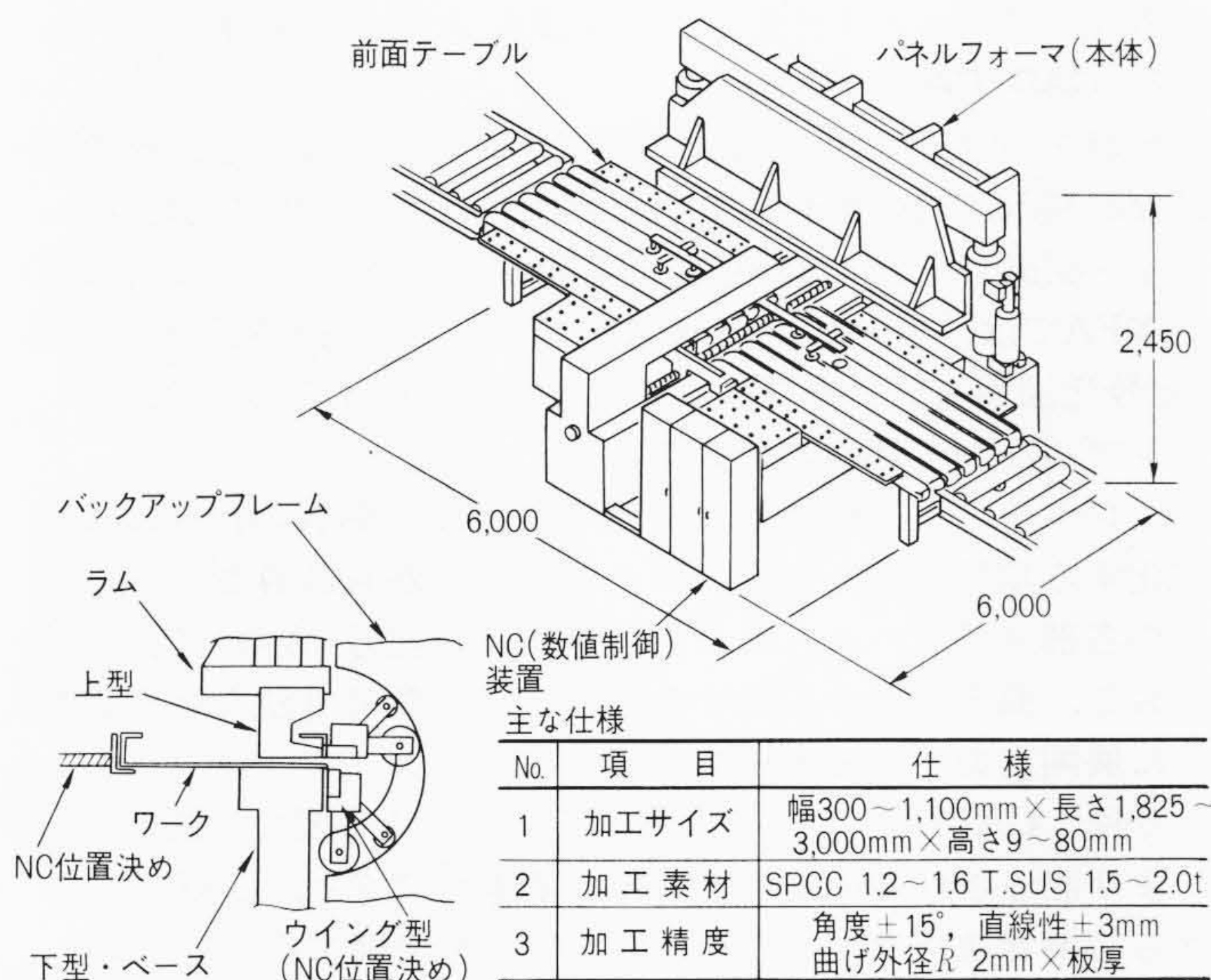


図5 パネルフォーミングセンタ概要 意匠面に曲げ型のきずなどを付加することなく，高精度加工を可能にしたウイングベンダ方式の曲げ装置を示す。

- (1) 曲げ型による，すりきず・押しきずのできない無きず曲げ技術。
 - (2) 製品の組合せ面に意匠上問題となる，すき間・反りなどを発生させない高精度曲げ技術。
 - (3) 意匠から要求される曲げ部のコーナR(曲げ外半径R)を極小にする微小曲げ半径Rによる曲げ技術。
 - (4) ワークの搬入・搬出を含む，全自動曲げが可能なマテリアルハンドリング技術。
- の4項目となる。

FA向き曲げ装置として，上記4項目に加えて，ワーク形状・サイズに対するフレキシビリティの点から，曲げ方式としてウイングベンダ方式を採用し，高精度加工を可能にする，新ウイングベンダ方式曲げ加工機を開発した。

パネルフォーミングセンタの概要を図5に示す。

精度的には，曲げ角度精度＝±15分以下，直線精度＝±0.3mm以下，曲げ外半径R＝2×板厚以下を実現した。

4.2.2 接着剤塗布ロボット

高意匠を確保する無ひずみ接合方式として，接着面の脱脂

処理などの前処理が不要であり，短時間硬化が可能な新接着剤を開発・実用化するとともに，自動塗布ロボットを導入した。

図6に，ロボットの概要を示す。直交座標形4軸ロボットで，特に可使時間の短い2液性接着剤用として，塗布直前に2液を混合する特殊ノズルを開発した。更に制御面では，ティーチングプレイバック制御に加えて，上位コンピュータからのオンラインデータ入力を可能とし，フレキシビリティの向上を図った。

4.2.3 フレキシブル自動塗装装置

塗装の自動化では，まず複雑で多工程にわたる塗装作業工程の大幅な削減を図った。すなわち，前工程の部材，接着・製缶ショップで，高精度，無きず・無ひずみ加工技術を開発することにより，意匠面の修正作業のパテ付け及びパテ研ぎ作業を全廃した。更に，下塗り(さび止め塗装)から中塗り，上塗り，仕上塗りといった一連の塗装を“Wet on Wet”で一貫塗装する技術を確認し，中間での乾燥工程を廃止した。これにより，工程数を $\frac{1}{3}$ とし自動化を実現した。

また，塗色変化に対応するため，2液性塗料(主剤と硬化剤)を塗布直前に効率よくノズル内で混合する方式を開発し，16色のオンライン自動色替技術を確認した。

更に，テレビジョンカメラを用いたパターン認識応用による塗装ガン制御により，製品形状に柔軟に対応する最適塗装制御方式を実現している。

自動塗装装置の概要を図7に示す。

5 生産管理・制御システム

5.1 システム構成

FAシステムの全体構成を図8に示す。

上位コンピュータ(工場全体を統括するホストコンピュータ)，中位コンピュータ(FAライン管理用コンピュータ)及びショップマイクロコンピュータ(生産設備管理用コンピュータ)の3種類のコンピュータを有機的に結合させ，生産管理・生産設備の制御を行なっている。主な機能は以下のとおりである。

(1) 上位コンピュータ

営業及び事業部と結合し，エレベーター仕様，期限の決定，製品設計(CAD)を行なう。

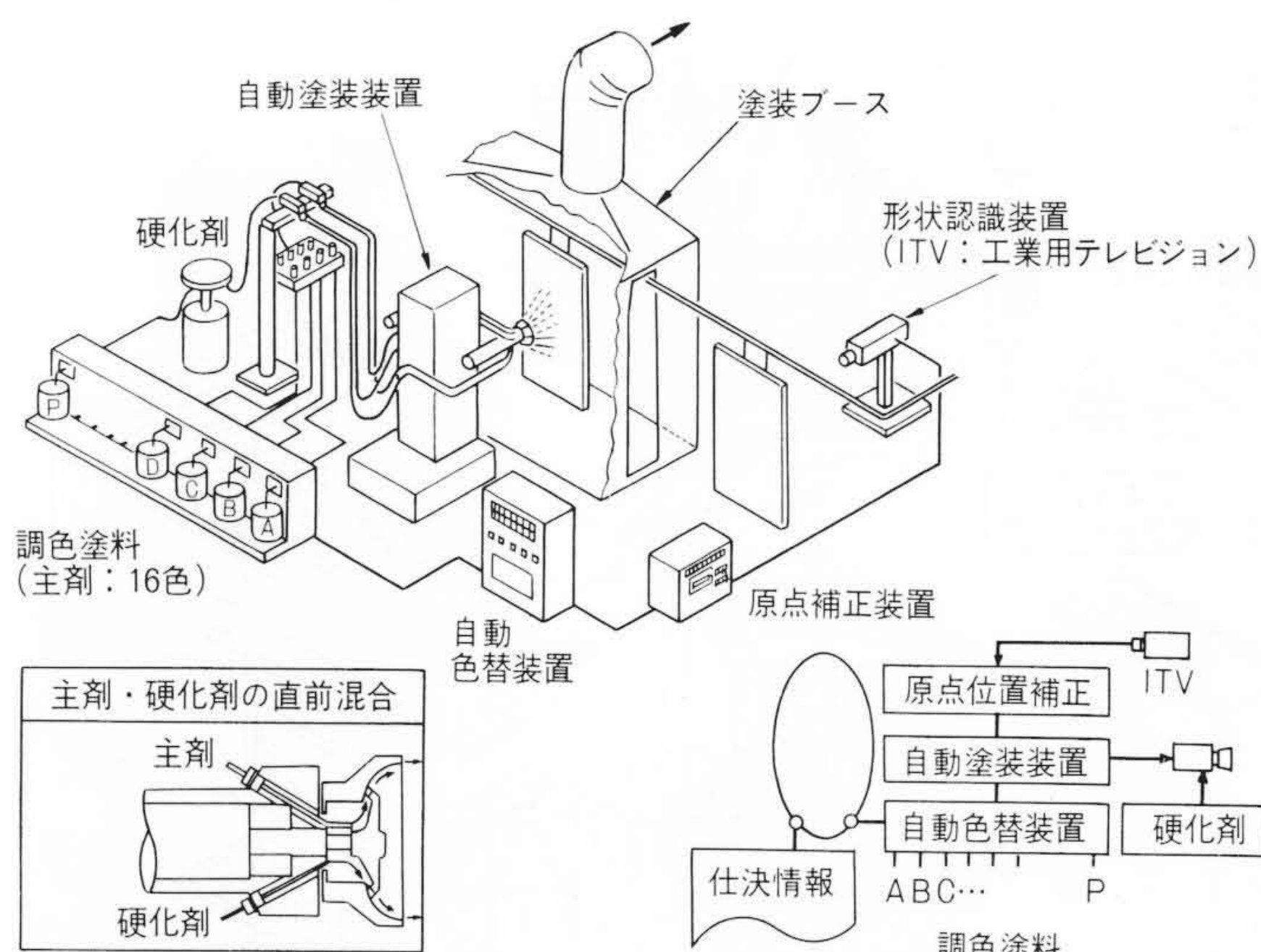
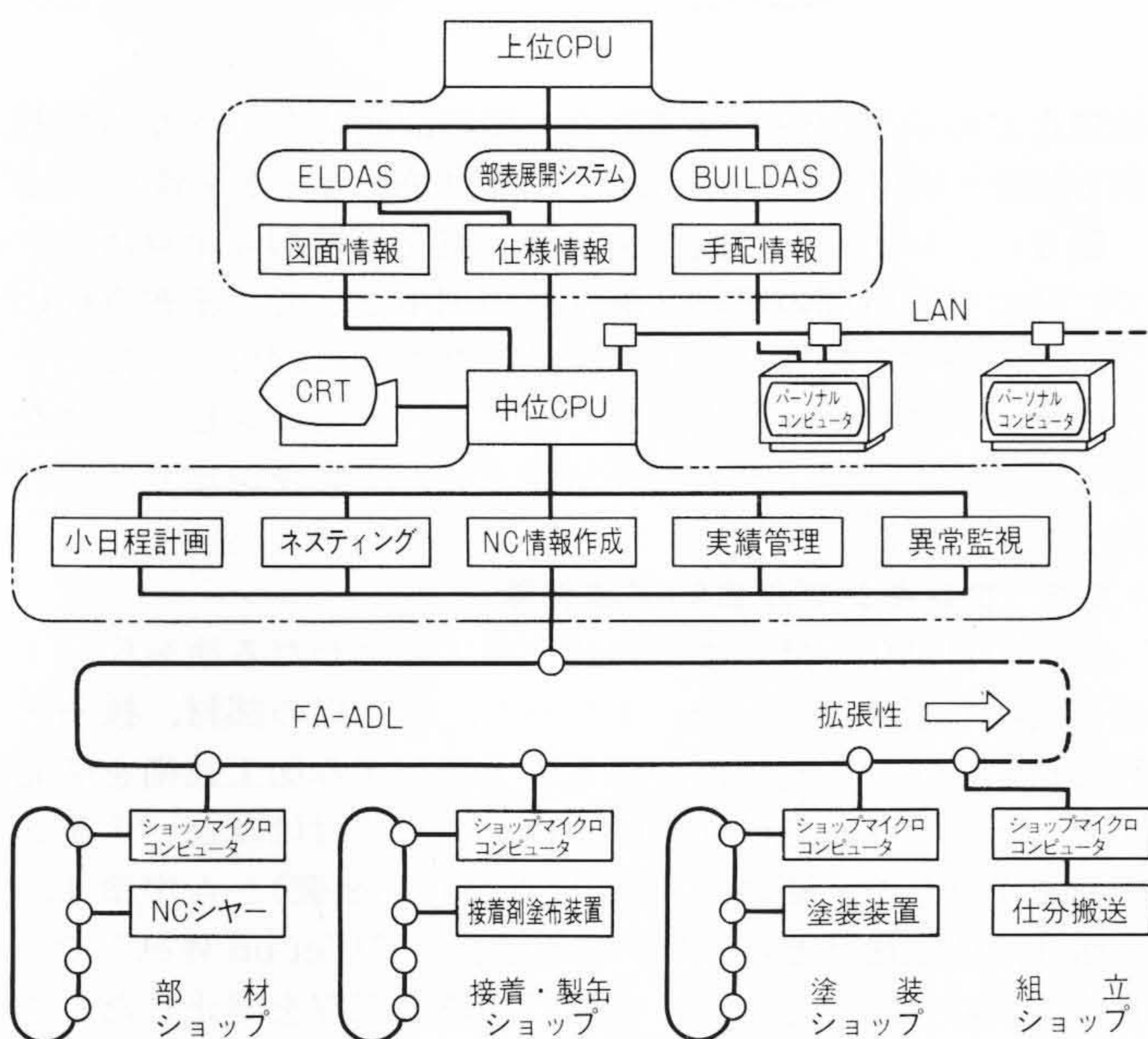


図7 フレキシブル自動塗装装置の概要 下塗りから仕上塗りまでの一連の塗装を乾燥工程を中間に入れることなく、“Wet on Wet”で一貫自動塗装化し、16色の自動色替えが可能である。



注：略語説明
LAN(Local Area Network), ELDAS(Elevator Design Automation System),
BUILDAS(Building Design Automation System),
FA-ADL(Factory Automation-Autonomous Decentralized Loop System)

図8 システム全体構成 上位コンピュータ、中位コンピュータ、ショップマイクロコンピュータの3種類のコンピュータを各ネットワークで結合し、生産管理・生産設備の制御を行なっている。

(2) 中位コンピュータ

上位コンピュータが作成した手配、図面、期限データにより、生産計画、生産設計を行ない、ショップマイクロコンピュータへデータを伝送する。

(3) ショップマイクロコンピュータ

ショップ内の生産設備を制御するとともに、入力したデータをCRT(Cathode Ray Tube)画面に表示し、進捗管理端末の機能をもつ。

(4) ネットワーク^{1),2)} (FA-ADL: FA-Autonomous Decentralized Loop System)

中位コンピュータとショップマイクロコンピュータ間、ショップマイクロコンピュータと生産設備間のデータ伝送システムである。本システムでは、工場が交通システム用に製品化したネットワークシステムをFA向きにアレンジした、自律

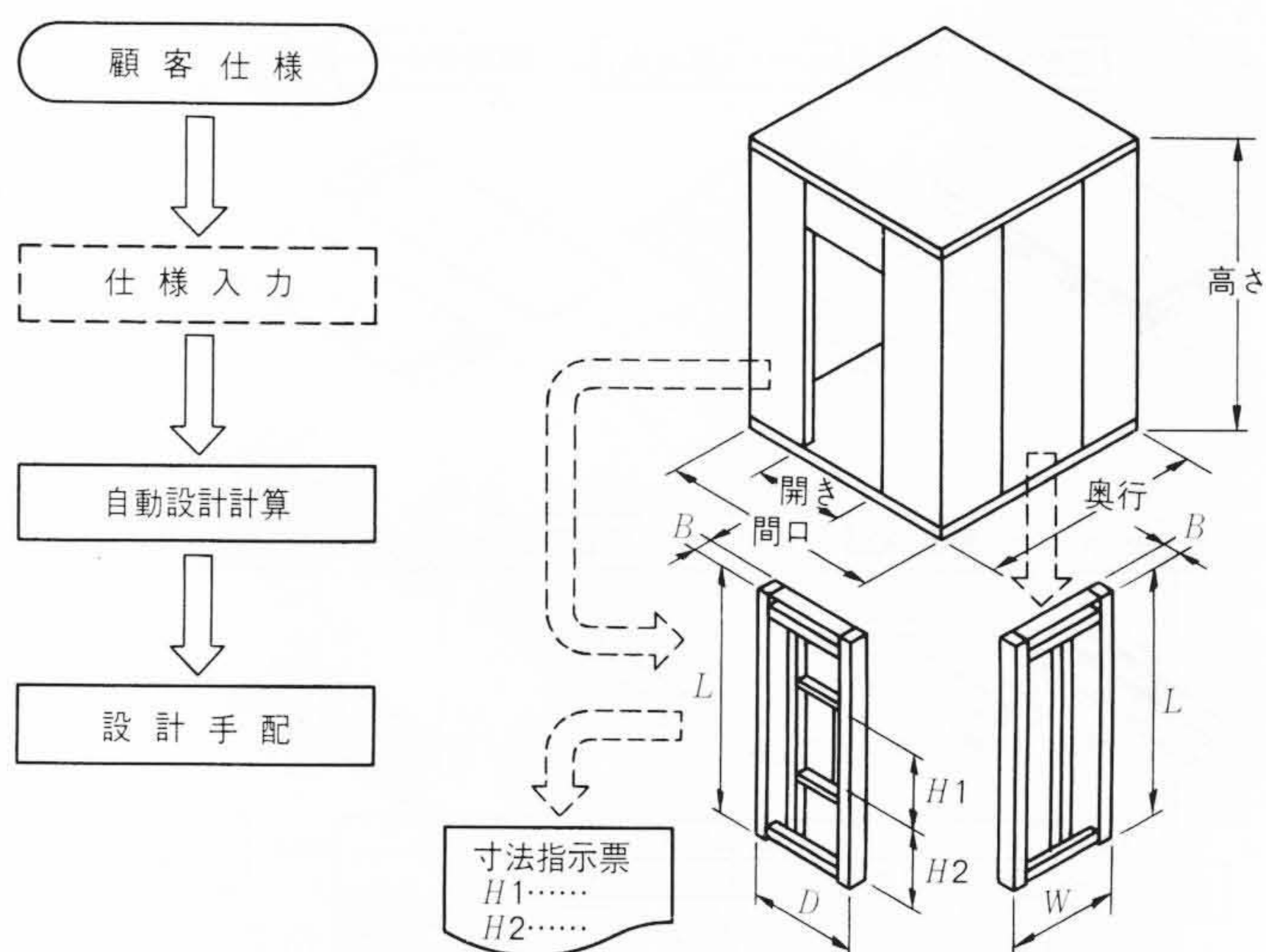


図9 エレベーターCADの概要 顧客仕様から、製品の各部寸法を自動計算する編集設計システム(記号化図面方式)である。

分散ループネットワークシステム(FA-ADL)を採用している。

5.2 CAD/CAMの結合

形状・寸法が各種(1品ごと)変化する製品に対し、納期変動など期限に対し最適な生産計画にフレキシブルに対応する、ライン制御データすなわち加工情報の提供がポイントとなる。

本FAでは、エレベーターCADの特色である編集設計の手法「記号化図面方式」をフルに活用し自動展開することで、フレキシブルな加工情報の作成を可能とした。

エレベーターCADの概要を図9に示す。顧客の仕様により変化する項目、例えば出入口の間口などから計算される各製品の各部寸法を、あらかじめ計算式及び記号(変数)で記述しておき、顧客仕様を入力するだけで、各製品寸法などが自動的に展開出力されるものである。

今回、CAMデータベースとして、加工時必要な寸法が記号により記述されている加工情報の基本マスタと、CADデータから必要寸法を算出する計算式マスタを整備することにより、加工情報の自動作成を実現した。

6 結 言

エレベーター意匠構造品を対象とした材料取りから塗装組立まで、一貫して行なえる自動化ラインの開発と、上位CAD・生産管理システムの情報の一元化管理・制御システムの構築などにより、FAを実現した。本システムは、昭和59年4月から稼動を開始した。

本システムの主な導入効果は、次に述べるとおりである。

- (1) フレキシビリティの高い混流生産ラインの構築により、従来の五つの生産ラインを一つに集約した。
- (2) CAD/CAMの結合、生産管理システムの開発及び設備自動化レベルの向上により、従来に比べ約 $\frac{1}{6}$ の省人と $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{10}$ の工程長短縮を実現した。

これらにより、多品種少量生産の板金加工工場でのFAの一つの形態を確立したものと考えらる。

参考文献

- 1) 松本, 外: 自律分散FA制御システム, 電気学会東京支部大会(昭58-12)
- 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)