

制御盤・配電盤・整流器盤におけるCAD/CAMシステム

CAD/CAM for Control Equipment, Switchboards, and Rectifierboards

シーケンス、実装、配線設計などの電気設計自動化技法は従来からいろいろと開発されているが、近年のコンピュータグラフィックスや対話形図形処理端末機器の急速な進歩に伴い、より広範囲の作業の自動化、より使いやすくフレキシブルな自動化が可能となった。

特に、バッチ処理によるDAと時分割処理による対話形CADシステムとの連携、あるいはCAD/CAM一貫システム化の面で自動化機能が拡張し、設計・製造工程での極めて重要なツールとして実用化されつつある。

本論文では制御盤、配電盤、整流器盤などいわゆる盤製品を対象としたCAD/CAMシステムの主な機能について概要を紹介する。

小林克己* *Katsuki Kobayashi*
橋山督司** *Tokushi Hashiyama*
吉原進*** *Susumu Yoshihara*

1 緒言

盤製品は、電力、鉄鋼、上下水道、一般産業設備など各種プラントの運転・稼動状況を監視して最適制御を行なう、いわば中枢神経的な役割を担う製品である。その生産形態は多種・少量受注生産で、生産過程の中では特に設計業務の比率が極めて高い。

設計業務は、機能設計(制御方式・制御ロジックの設計)とハードウェア設計(実装・配線設計)に分かれるが、製品の多様化・大規模複雑化に伴って前者の作業比率が増大する傾向にある。また、現場作業は組立配線作業が主体である。

これら一連の生産過程の一貫した自動化を目的として、CAD/CAM(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing)システムを開発・適用拡大中であり、以下にその概要について述べる。

2 盤CAD/CAMの構成

盤一貫自動化システムは、図1に示すように、設計自動化とそれにリンクした製造自動化、及び各種ドキュメントのオンラインIR(情報検索)で構成している。

(1) 設計自動化は、シーケンス、実装、配線設計という一連の設計作業を、初期データを入力するだけで計算機が自動設計(バッチ処理)するいわゆるDA(Design Automation)システムと、図形入力装置(タブレット)やグラフィックディスプレイなどを使って対話形で編集設計する対話形CAD(タイムシェアリングシステム処理)システムとの連動方式である。

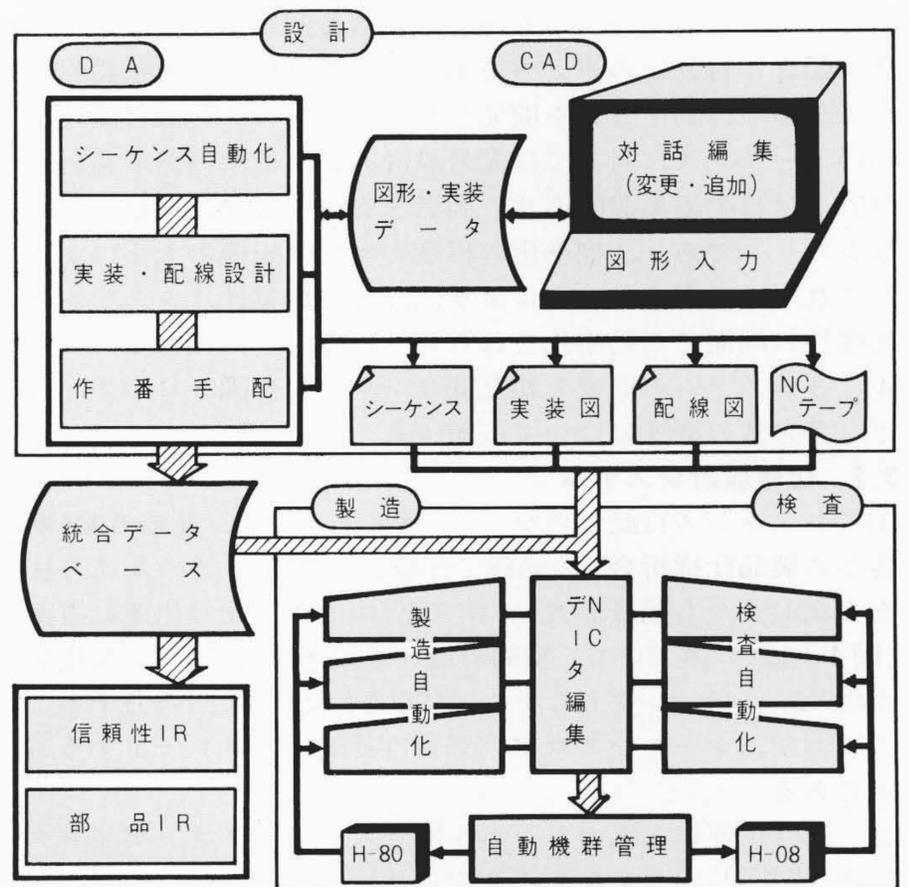
(2) 製造自動化システムは、設計自動化の出力データを磁気ディスク、磁気テープ、紙テープなどを媒体として受け、製缶・組立・配線・チェックラインの各種自動機へのNC(数値制御)データの編集と自動機群管理を行なうシステムであり、後述の4.に配線自動化の一例を紹介する。

(3) オンライン情報検索は、設計・製造業務を側面的に支援するもので、信頼性データ、原価・工程・部品データ、設計諸元などのドキュメントを、オンラインキャラクタディスプレイにより自動検索するシステム(ADM:Adaptable Data Manager)であるが、本論文では省略する。

3 設計自動化の内容

3.1 シーケンス自動化の考え方

(1) シーケンスは、主回路から制御回路まで、実際の物(機器)の配置とは関係なく、機能・操作・動作が分かりやすいように、機器間の電氣的なつながりを表わすとともに、実装・配



注：略語説明
DA(Design Automation)
CAD(Computer Aided Design)
NC(数値制御)
H-80(日立制御用コンピュータHIDIC 80)
H-08(日立制御用コンピュータHIDIC 08)
IR(情報検索)

図1 盤一貫自動化全体構成 DA・CAD・CAM連動システムと、それを支援するオンライン情報検索で構成している。

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所日立工場 *** 日立製作所日立研究所

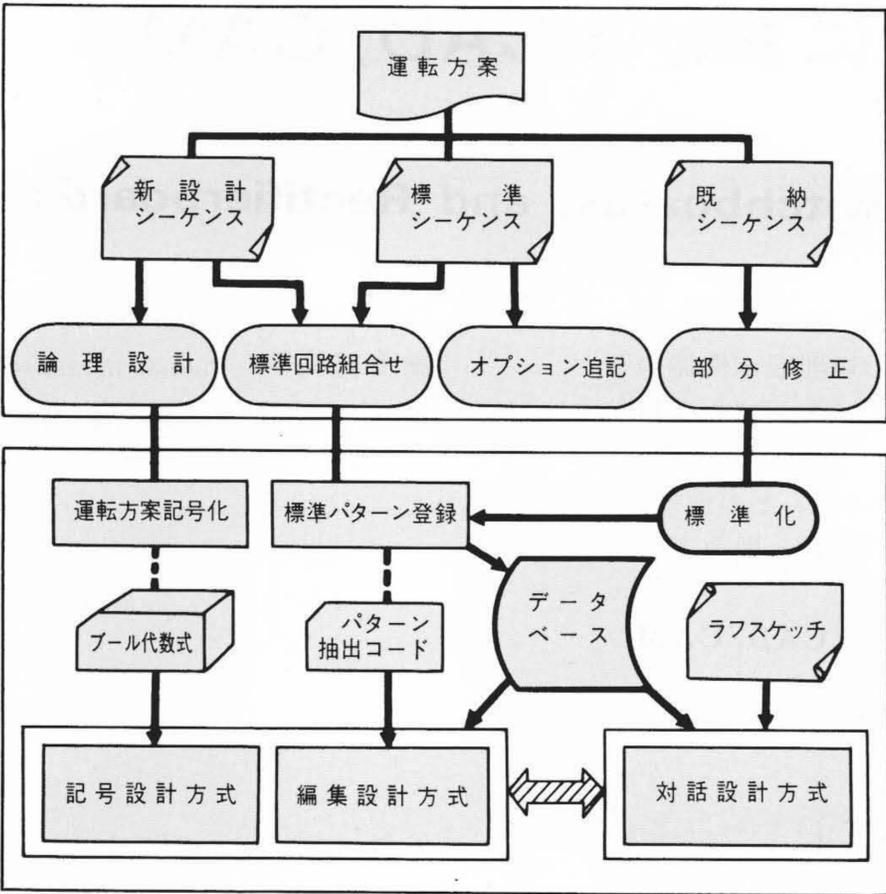


図2 シーケンス自動化の考え方 標準化の程度に応じて記号設計、編集設計及び対話設計を併用する。

線・試験・保守に必要なデータを包含した図面であり、盤設計の基本となるものである。

(2) したがって、シーケンス自動化システムは、一貫自動化の最上流に位置し、単にシーケンス図を出力するだけでなく、下流のシステムへのデータ源としての役割が重要となる。

(3) 図2に自動化の考え方を示すが、設計の作業方法に対応して三つの自動化方式を開発した。すなわち、新設計論理主体のシーケンスに対しては記号設計方式、標準回路の組合せ設計には自動編集設計方式、両者を支援する対話設計方式の3システムであり、標準化の程度とか製品規模の大小によってこれらを併用することにより、設計の作業性、システムの処理性の両面での効率化をねらっている。

(4) 3システムの概要と相互間リンケージを図3に示す。以下、各方式の概要について説明する。

3.2 記号設計システム

(1) シーケンス自動化のソースドキュメントは、運転方案(顧客との製品仕様折合せの過程で作成)であるが、その記述方法を文章形式から記号形式(フロー化)に改め、記号化運転方案(図4上段)に基づいて、制御の流れを簡単な文法(ブール代数表現)でコーディングしたデータ(同図下段)を初期入力することにより、シーケンスロジックを自動的にゼネレートする方式である。

(2) 記号化運転方案のシンボル例と入力データコーディング文法(特殊記号)の主なものを次に示す。

(a) 記号化運転方案シンボル例

表1にシンボル例を示す。

(b) 入力データコーディング文法(表2参照)

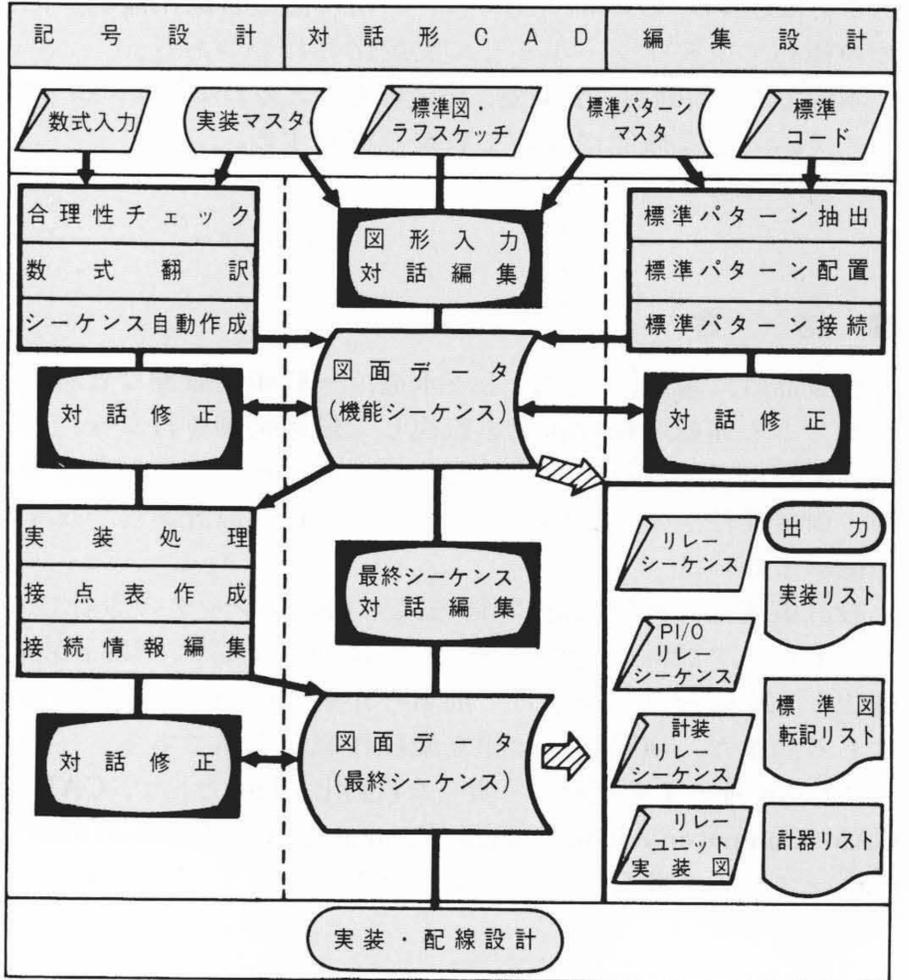
(3) マスタファイル内容

(a) パターン情報: 図象シンボル, 標準パターン, 標準図

(b) 器具情報: 形式別仕様(接点構成, 操作スイッチ, 展開図パターンなども含む。)

(c) ユニット情報: ユニット仕様(リレー取付座標, コネクタ取付座標なども含む。)

- (d) その他: 標準盤データ, 熟語(漢字)パターンなど。
- (4) プログラム的には、次の四つのStepで構成している。
 - (a) Step 1: 入力処理と入力データの合理性チェック
 - (b) Step 2: シーケンスロジック作成, CADリンケージ, 機能シーケンス作図
 - (c) Step 3: リレー・PI/O(プロセス入出力)実装, コネクタ割付, 接続データ編集
 - (d) Step 4: シート分割, デバイス決定, 接点表・カム展開図作成, CADリンケージ, 最終シーケンス作図
- (5) 出力は、リレーシーケンス, PI/Oシーケンス, 標準図り



注: 略語説明 PI/O(プロセス入出力)

図3 シーケンス自動化フロー 変更設計への弾力性と使いやすさをねらい、DAとCADの連動方式としている。

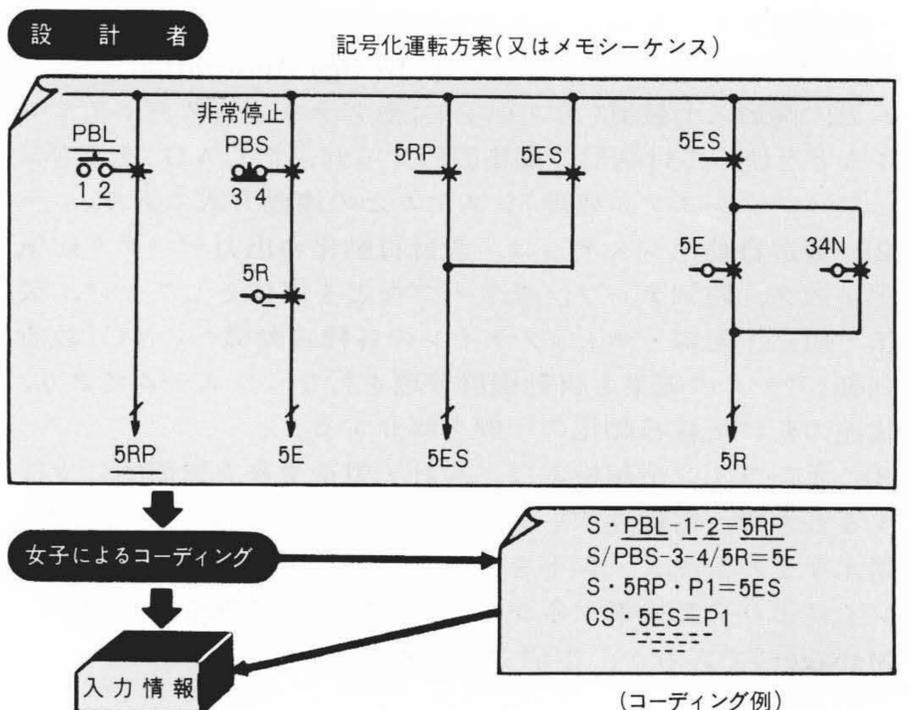


図4 一貫自動化入力データ 記号化運転方案に基づき、女子がコーディングする。

表1 記号化運転方案シンボル例 運転方案を記号表現するための基本シンボルを示す。

BASIC SYMBOL FOR SYMBOLIC CONTROL DIAGRAM (SCD)

MEMORY	AND	OR	INV	TIME DELAY	ONE SHOT

表2 入力データコーディング用記号例 記号化運転方案をもとに、これらの記号と器具番号を用いて入力データをコーディングする。

No.	記号	説明
1	・	a接点及びスイッチ類の接点, 又はデータの区分
2	/	b接点
3	:	コイル
4	=	ロジックの終わり, 一つの文の終わり, 又は"="はランプデバイス
5	+	+の後の文字は端子No.又はダブルコイルのセット, リセットの区別
6	(()内は特殊リレー形式コード
7)	
8	<	< >内は標準図内のユニット
9	>	
10	1又は6	特殊処理6カラムに"1, 6"がある場合, ロジック最終リレーの接点をデジタル入力
11	,	文の区切 C番S46のみ使用
12	S	始点を示し+電源の外側(内側はSS)。ロジックごとに必ず一つある。
13	その他	(省略)

ンケー回路図, リレーユニット実装図などの各種図面のほか, 下流システムである実装・配線設計に必要な器具データ, 及び接続データを, 所定の入力フォーマットに編集して提供する。

3.3 編集設計システム

- (1) 標準図・標準回路パターンをマスタファイルに登録しておき, 計測点リストあるいは作番パラメータ(製品機種コード, パターンコードなど)を初期入力して, パターンの抽出, シート上への配置, 配置したパターン間の接続などの編集を計算機内部で処理し, シーケンス図を作成する方式である。
- (2) 計装シーケンス, 単線結線図は主として本システムで自動化している。
- (3) マスタファイル構成やCADリンケージによる変更・追加設計については, 3.2と同様である。

3.4 対話形シーケンスCADシステム

シーケンスCADシステムは, 日立図形処理端末システム HITAC G-710(以下, G-710と略す。)を使用して, 単線結線図, 展開接続図, 論理回路図など各種シーケンスを対話形式で作成するシステムである。

(1) G-710のハードウェア構成(図5)

G-710は, 図形処理装置に内蔵したマイクロコンピュータと大形ホスト計算機とを, 通信回線を介してタイムシェアリングシステムで利用するインテリジェント形の対話システムである。

CAD/CAM用アプリケーションパッケージの主要部分は

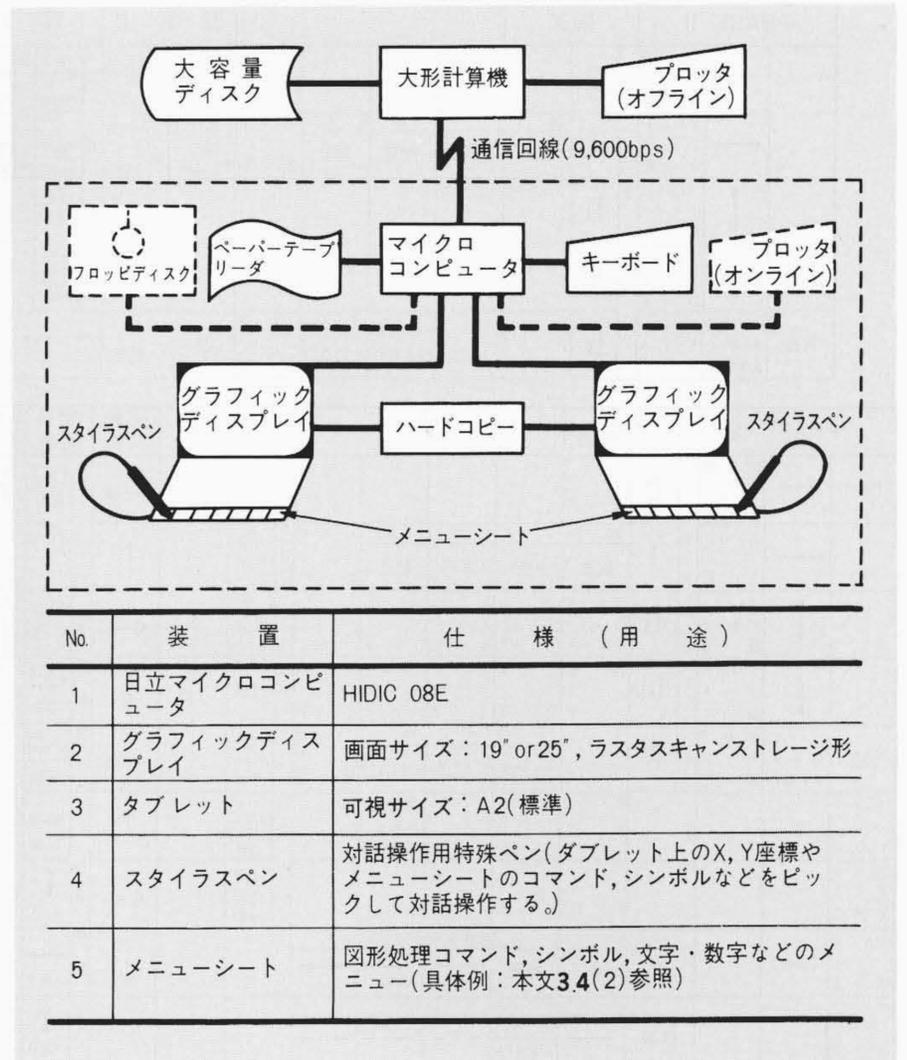


図5 G-710のハードウェア構成 端末側で基本的な図形処理を行なう分散方式を示す。

大形計算機側に置き, 基本的な図形処理, 通信制御, コマンドパラメータの取込み・チェック, 基本コマンドの実行などのプログラムはマイクロコンピュータ側に置く分散方式をとっている。

これにより, 大形計算機のハードウェア・ソフトウェアリソースを利用した「アプリケーションシステムの融通性」(システムの大規模化, 既存DA・CAD・CAMプログラムとの連動, 新規プログラムの短期開発などへの対応)と, マイクロコンピュータの分散処理機構を通じての「対話性の良さ」とを兼備させている。

(2) メニューシート

シーケンスCAD用のメニューシートは, 4枚で構成されている。1枚目は作番タイトルデータ入力用, 2枚目はシンボル配置・接続などの作画用, 3枚目は器具番号など番号類入力用, 4枚目は各種コメント入力用に分かれており, (3)に述べる会話操作手順に沿った形で作られている。図6は2枚目と3枚目の一部である。

(3) 会話処理手順

不特定多数の設計者自身が, コンピュータと会話する形で処理結果を判断しながら設計を進めるものであり, 設計者によって, あるいは製品機種とかシーケンスの種類によって作業手順は異なるが, 標準的な例(図7)について述べる。

(a) Step 1: 作番, 設計者名など, 作番ファイルのアイデンティフィケーションを行なう。ここで定義されたタイトルデータは, 下流の実装・配線CADシステムへリンクするためのキーワードとなる。

(b) Step 2: 回路図を編集・変更設計するステップである。ラフスケッチ図をもとに, タブレットとスタイラスペン操作により, シンボルの配置とパスの接続を行なって新規の回路図を作成する方法と, 既に対話生成してファイルに登

PHASE-II		No.30		器具#		線#		回路区分		特殊線		特殊端子		DAWSリンク					
アテンション	図面交換	0		R12	R50	No.3	No.3	HM	HC	S12	TB2	端子台	0.3	線径	シートNo	2	4		
	メニュー交換	I	転送 削除 許可 禁止	R13	R60	No.4	No.4	LC	LT	T12	CN4	コネクタ	A21	線種	!	"	#		
	フィックスグリッド設定	II	フェーズシートエラーメッセージ					FB	LS			バー	A	極性	+	-	*		
	フロートグリッド設定	III	CRT文字					PT	CT	PS12		特殊		表示	ON	OFF	.	,	/
KB	円・円弧の中心文字始点変更	IV	ファイルSAVE LOAD					LA	HA	S13	TB3	削除	削除	配線指定	CT01		0	1	A

PHASE-I		No.20		ライブラリサイズ		回転反転		素子配置		ユニット回路		端子パス		素子メニュー	
アテンション	図面交換	0		↑	1/2	→		自由	生成	○	○	○	○	○	○
	メニュー交換	I	転送 削除 許可 禁止	REPL	1/1.5	↑		パス上	削除	□	□	□	□	□	
	フィックスグリッド設定	II	フェーズシートエラーメッセージ	FETCH	1	←		配置	移動	●	●	●	●	●	
	フロートグリッド設定	III	線太CRTDAWSDAWSNEW	COPY	1.5	↓		配置	削除	×	×	×	×	×	
KB	円・円弧の中心文字始点変更	IV	ファイルSAVE LOAD	移動	2	↔		移動	生成	○	○	○	○	○	
パラメータ			コア	移動		↑		移動	端子修正	○	○	○	○	○	
入力終			キャンセル	移動		←		移動	端子修正	○	○	○	○	○	
全パラメータ			キャンセル	移動		←		移動	端子修正	○	○	○	○	○	
入力終				移動		←		移動	端子修正	○	○	○	○	○	
一点	CHC		回路モード	移動		↓		移動	端子修正	○	○	○	○	○	
修正			実 擬 標準 細 中 太	移動		↓		移動	端子修正	○	○	○	○	○	
全文	ハード		標準	移動		↓		移動	端子修正	○	○	○	○	○	
修正	コピー		標準 (CRT)	移動		↓		移動	端子修正	○	○	○	○	○	

図6 シーケンスCADシステム用コマンドメニューシート シンボル配置、接続と器具番などの付番号メニュー例を示す。

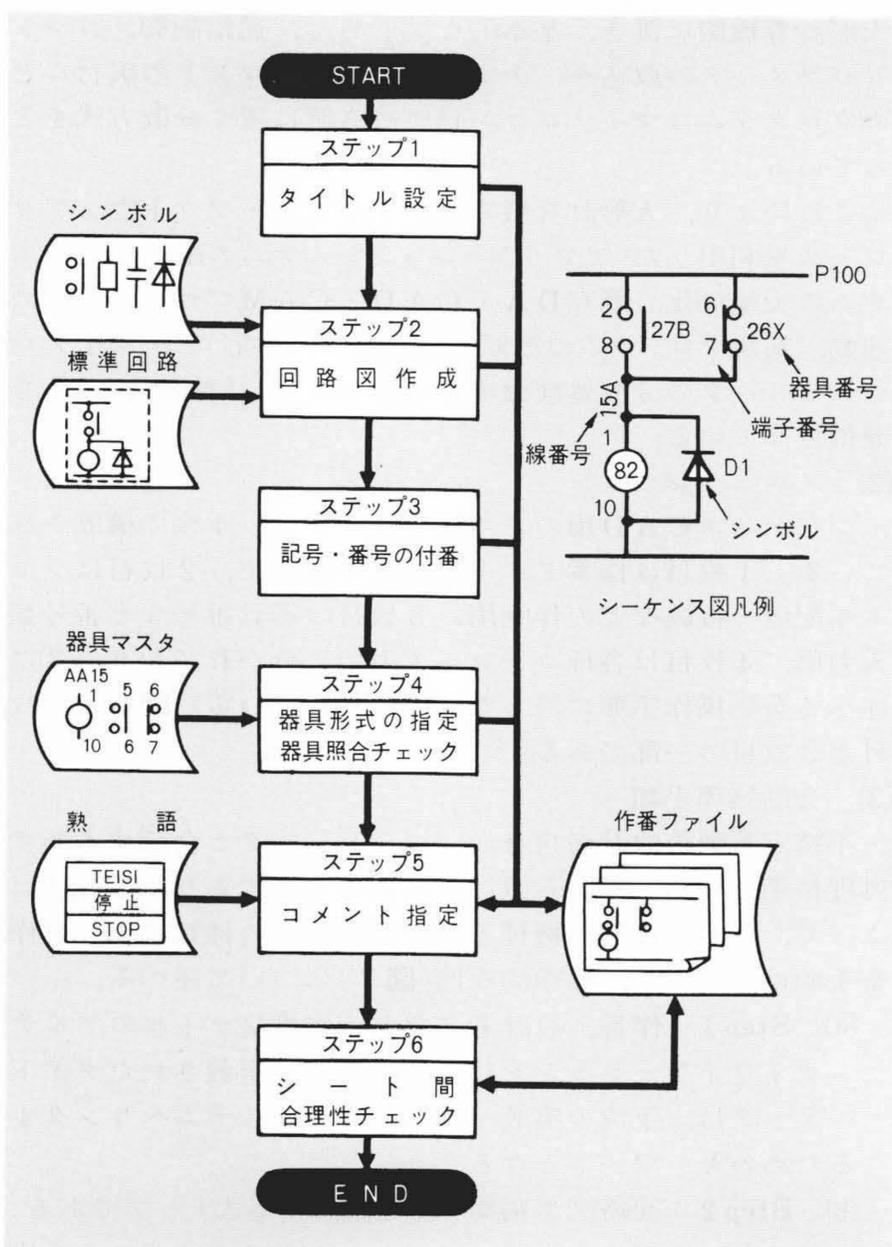


図7 シーケンスCADの作業手順 ステップ2～5までの繰返しで図面を作成し、最後にステップ6で全体チェックを行なう。

表3 作図支援機能例 会話処理用図支援機能の代表例を挙げ、その概要を示す。

番号	機能名	概要
1	シンボル	シンボルの回転・拡大・縮小配置と変更・移動・削除
2	自動整形	ラフに配置したシンボルの位置を、一直線上、又は等間隔にしたり、シンボル間をつなぐパスを垂直・水平に自動補正する。
3	図示線	図示線の種類(実線、点線、鎖線など)と太さの指定
4	ブロック処理	グラフィックディスプレイ画面内の任意の範囲の回路図を、任意の位置への移動、コピー及び削除することができる。

録されているシーケンス図をグラフィックディスプレイに表示し、これに追加、変更を加えて作成する方法があり、設計作業内容に応じて任意に選択あるいは組合せすることができる。

会話処理の高効率・高信頼性化のための多くの作図支援機能が準備されているが、表3にその一部を要約する。
 (c) Step 3: 線番号、端子番号などを自動付番(又は対話付番)する。文字の方向、大きさ及び位置を自動変更できる。
 (d) Step 4: 対話作成したシーケンス図の合理性チェックと接点表・カム展開図の自動作成・表示。
 (e) Step 5: 補足説明用コメント(和文・英文)の指定。
 (f) Step 6: 複数のシートで構成されるシーケンスの場合、接続の番号などについて全シートにわたる照合チェックを行なう。

以上の結果、シーケンス図と器具表(器具の手配・管理用)をプロッタに出力するとともに、下流のシステムである対話形実装・配線CADに実装・接続データを提供する。

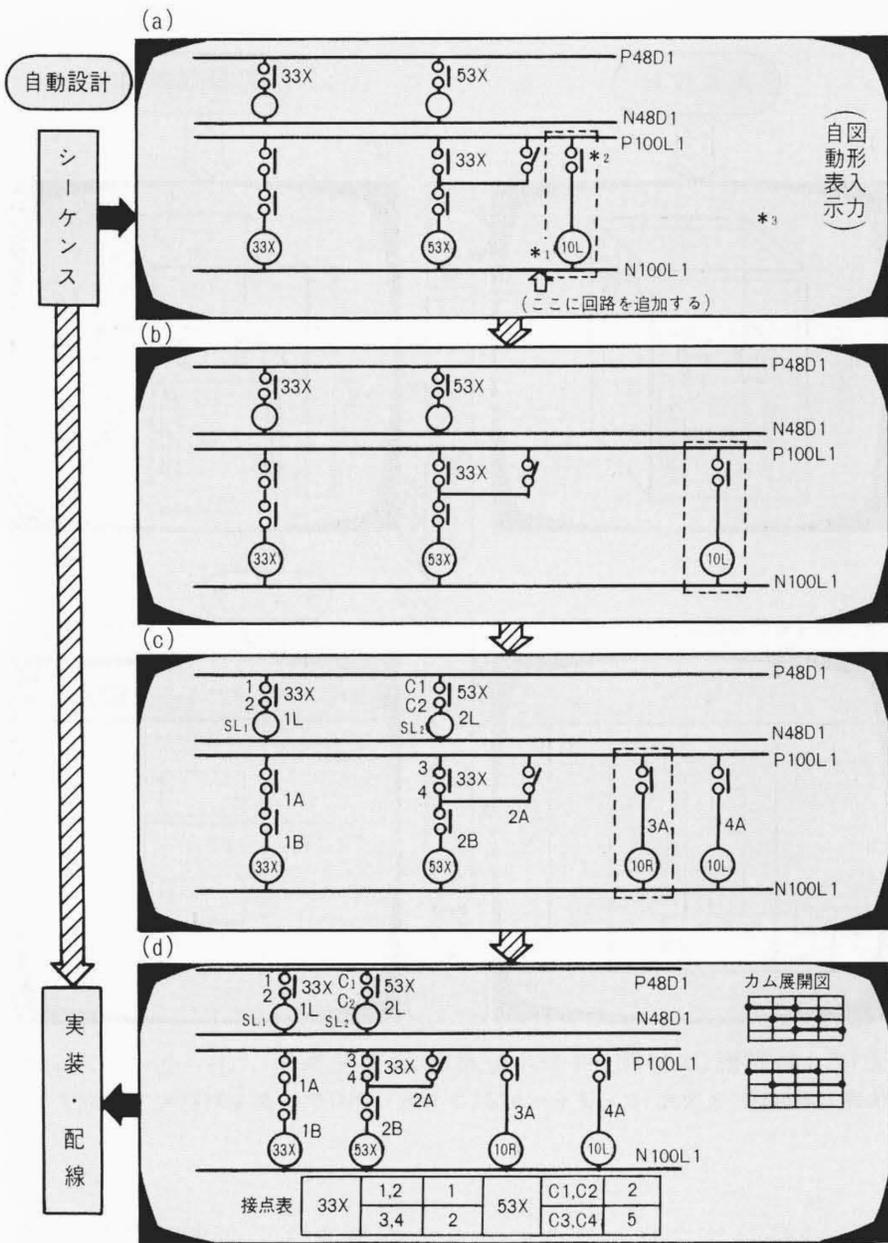


図8 DA・CAD連動による変更設計 自動設計で作成したシーケンスをグラフィックディスプレイに表示し、対話形で変更・追加を行なう。

(4) DA/CAD連動による変更設計例

3.2, 3.3で述べた記号設計DA, 編集設計DAとシーケンスCADシステムとをデータベース(作番ファイル)を介してリンクし、各設計作業フェーズで発生する追加・変更に対応することが可能である。

例えば、3.2(4)の自動処理ステップのうち、Step 2, Step 4でシーケンス図をプロッタ出力する前に、必要に応じてグラフィックディスプレイに表示し、対話形式で図面のチェック、変更及び追加設計を行なうことができる。変更設計手順の一例を以下に示す(図8)。

- (a) まず、自動設計結果をホスト計算機から端末グラフィックディスプレイに伝送し表示する〔図8(a)で左から2列目と3列目の間に回路を追加したい場合の操作手順を以下に示す〕。
- (b) 3列目の回路の表示範囲(左下と右上の*₁, *₂印)と移動させる位置(*₃), 及び移動コマンドを、スタイラスペンでタブレットから指示して追記するスペースを作る〔図8(b)〕。
- (c) 追記すべきシンボルをメニューシートからピック(スタイラスペン操作)して画面上の所定の位置に配置し、次に直線をピックしてシンボル間や母線とのつながりを指示する〔図8(c)〕。
- (d) 自動付番コマンド、接点表コマンドを実行させ、線番号、端子番号、接点表及びカム展開図を表示する。
- (e) 結果をホスト計算機に伝送し、自動設計システムにフィードバックする。

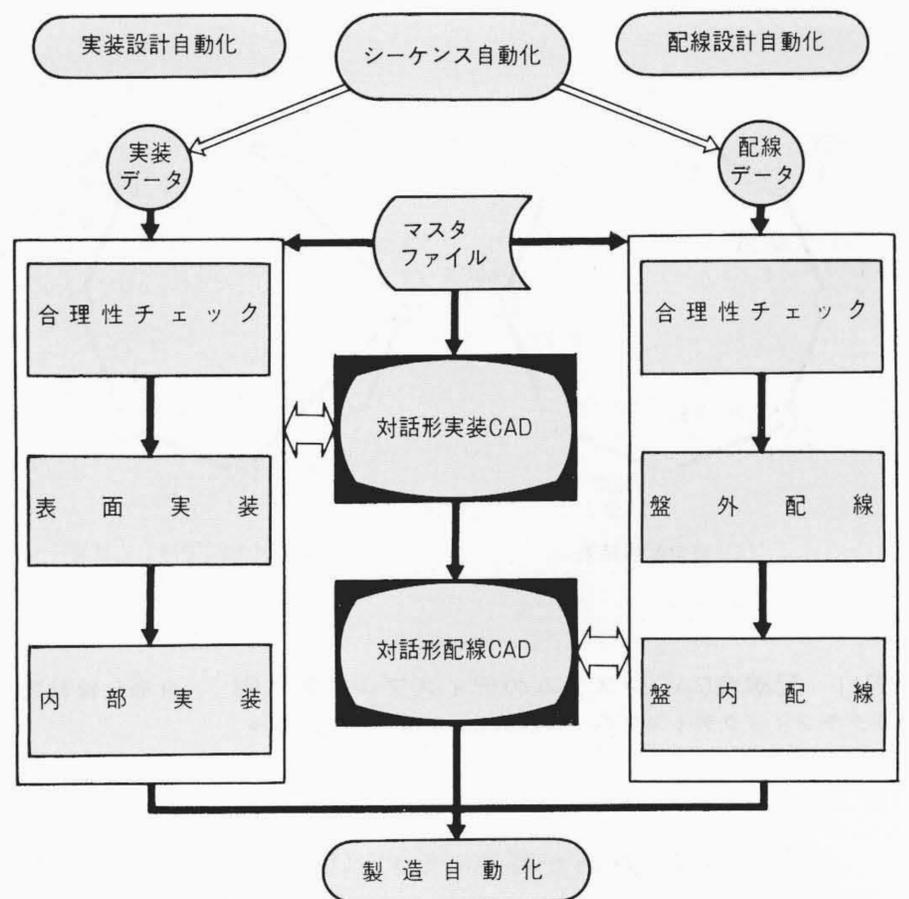


図9 実装・配線設計自動化 シーケンス自動化と連動し、自動・対話形の組合せて盤内外の配線・実装設計を行なう。

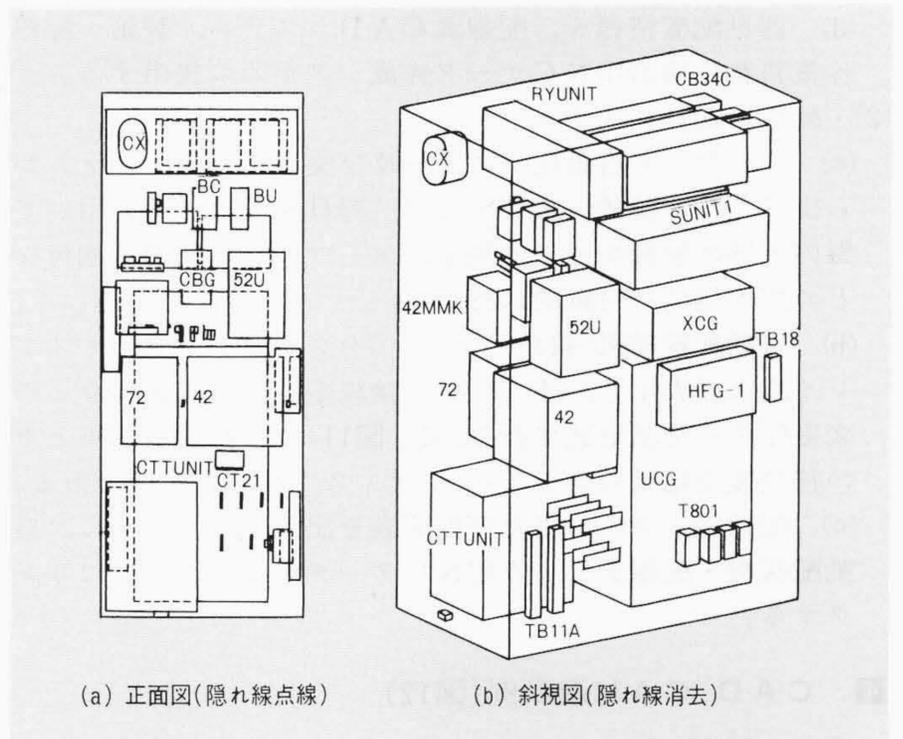


図10 計画図CADシステムによる三次元器具配置 グラフィックディスプレイ上に表示した任意の二つの面を見ながら、対話形で器具を実装配置する。

3.5 実装・配線設計自動化

盤の表面や内部に取り付ける器具・ユニットの配置計画、及び盤内部・盤間・盤外機器間の配線設計を自動化すると同時に、CAMへのリンクデータを作成する。そのシステム機能を図9に示す。

(1) 実装CADシステム

盤内の器具配置計画を会話形式で行なうシステムであり、3次元の配置問題を扱うことができるので、器具を奥行方向に複雑に配置するような製品の場合特に有効である。特長としては、

- (a) 任意の相対する二つの面を表示して配置できる。
- (b) 断層図, 斜視図, 隠れ線処理など3次元処理機能を利用

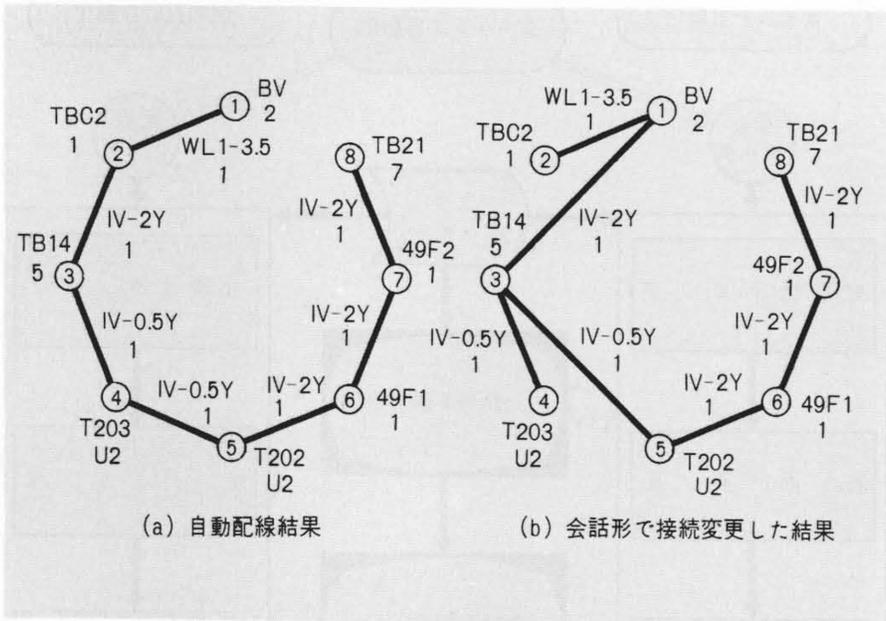


図11 配線表CADシステムのディスプレイ表示例 自動配線結果をグラフィックディスプレイに表示し、チェック修正する。

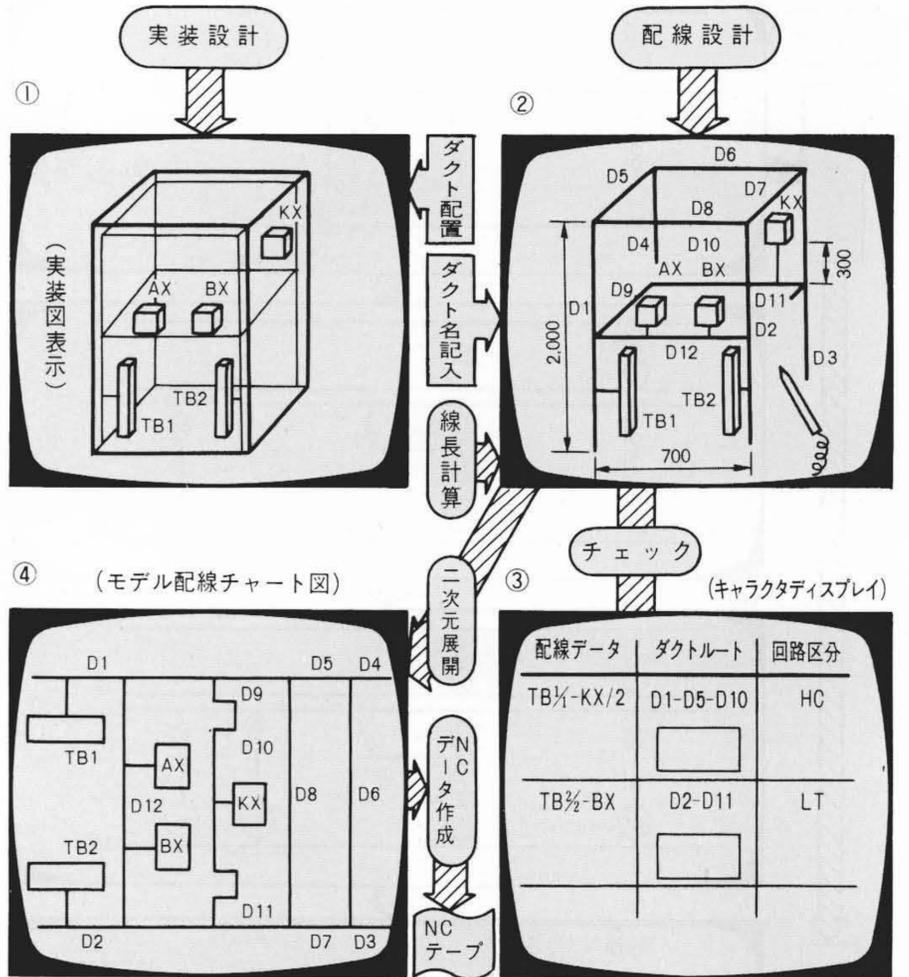


図12 対話形CAM例(モデル配線指示データ) ①~②~③~④の順番で実装図(3次元)からチャート図(2次元)、NCデータを対話形で作成する。

- (4) 線長計算プログラムにより、線長を③の画面に追加表示する。
- (5) チェック確認後3次元→2次元展開プログラムを起動させてモデル配線チャート図を得る。グラフィックディスプレイ画面で最終チェックを行なった後、プロッタ出力するとともに画面情報をNCデータ作成システムにリンクする。
なお本システムは、計画中の自動モデル配線機用NCデータ作成にも利用できる。

5 結 言

以上、盤製品のCAD/CAMの概要について述べたが、一貫システムとしてはまだ十分とは言えない部分が多い。特に、DAとCADの連動機能、CADとCAMの一貫化機能など、システム間リンケージはいつその強化拡充が必要であり、自動化適用拡大努力と併行して、これらの継続的な改善を進めている。

一方、盤の製品形態が、従来のワイヤードロジックからマイクロコンピュータ内蔵形に変化するに伴って、設計業務内容はシーケンス・配線設計作業からマイクロコンピュータソフトウェア設計作業へと移行する方向にあり、更に製品の大規模・複雑化に伴って、システムエンジニアリング業務が増加の一途をたどっている。

こうした趨勢に対処するためには、本論文で述べたCAD/CAMシステムのほかに、

- (a) マイクロコンピュータソフトウェア設計、コーディング及びデバッグの一貫した自動化
- (b) ドキュメント自動化などのシステムエンジニアリング業務支援ツールの開発
- (c) 設計・製造・検査総合データベースの確立などを包含したトータルなCAM/CAMの開発を急ぐことがこれからの重要な課題である。

して配置結果の検討が容易にできる(図10は隠れ線処理を施した正面図と斜視図のグラフィックディスプレイ表示例である。

(c) 3次元配置データをもとに、会話形式で器具配置図面の編集、コメント追加、取付座標の自動計算及び表示を行ない、結果をプロッタに出力する。

(d) 器具配置情報を、配線表CADシステム、製缶・配線作業自動化機器用NCデータ作成システムに提供する。

(2) 配線CADシステム

(a) シーケンス自動化システム及び実装自動化システムから提供される接続・実装データ、器具配置データを用いて盤内・外の配線ルートの決定、ケーブル、外部端子割付などの配線処理を自動的に行なう。

(b) 自動配線結果(接続パターン)をグラフィックディスプレイ端末に表示し、チェック、接続変更、電線追加などの変更作業を会話形式で行なえる。図11は、自動配線結果とその接続変更結果のグラフィックディスプレイ表示例である。

(c) 配線図、ライン表及び盤間表を出力するとともに、自動配線機・配線チェッカ用NCデータ作成システムにリンクする。

4 CAD/CAM連動例(図12)

実装・配線設計とCAMとをリンクして、製造現場の各種自動機用NCデータを作成しているが、その一例として、実装図(3次元図面)からモデル配線チャート図(2次元図面)に展開し、モデル配線指示装置用データ(配線ルート、線径・線種など)を対話形で作成する方法について説明する。

以下に述べる作業は、計算機と生産手順担当者が対話形式で行なう。

- (1) 実装CADの出力である実装図をグラフィックディスプレイ端末に伝送表示する。CAM用メニューとスタイルペンを操作して、ダクトを配置し、実装図とは輝度を変えて表示する。
- (2) 配置したダクト経路だけ再表示し、これにダクト番号を追記(スタイルペン操作)する。
- (3) ダクトルートチェックプログラムを起動させ、配線設計システム出力データである接続データとグラフィックディスプレイ画面データとを突合せチェックし、エラーがあればキャラクタディスプレイに表示して対話修正する。