

アナログ基板用CADシステム

CAD System for Analog PC Boards

亀田 峰 生⁽¹⁾ 水谷 友彦⁽²⁾ 杉本 淳一⁽³⁾
Mineo Kameda Tomohiko Mizutani Junichi Sugimoto

要 旨

近年、市場ニーズに即応した製品開発の要求がますます激化する傾向にある。

このような中で、当社は、開発設計業務の効率化と品質向上をねらいとして、昭和58年4月にアナログプリント基板設計用CADシステムを、昭和59年3月に機構設計用CADシステムを導入し、製品開発へ適用して、現在着実に成果が得られつつある。

ここでは、これら、CADシステムのうち、当社の製品設計の主要部分の一つであるアナログプリント基板設計用のCADシステムをとり上げ、導入の経緯から、システム概要、実際の設計業務への適用内容を事例を交えて紹介する。

そして、現在では、高密度実装、高精度などを実現させるためには、CAD TOOLは、欠かせないものになってきており、今後CAE、CAMまでを含めたトータル化への拡充をめざしている。

Recently, product development meeting market needs have been increasingly required.

Aiming at efficient design development and design quality improvement CAD systems were introduced for PC board design in Apr. 83.

Among various CAD systems, one suitable for analog PC board design was chosen, because it is one of our main areas of product design.

Here we introduce the circumstances leading to its introduction, system outline, application details of actual design work, together with examples.

The CAD tool has become indispensable in order to obtain high density layout & high accuracy.

In the future we plan to totalize the system including CAE and CAM.

1. ま え が き

近年、当社をとりまくカーオーディオ業界の環境は、自動車産業の低成長安定化、ホームオーディオメーカーの参入、エレクトロニクス技術の革新などにより、一段と競争が激化している。

このため、市場ニーズに即応した製品をタイムリに開発し、供給することが不可欠である。

とりわけ、当社の製品開発・設計での主要なウェイトを占めているプリント基板（以下基板と称す）設計は、製品の多様化、小型化、高性能化、低コスト化傾向などの影響を強くうける。この基板設計を短期にかつ効率よく実現するために、アナログ基板設計用CADシステムを導入した。

ここでは、このCADシステムの導入の経緯から、実際の設計業務へのCAD適用内容を事例を交えて紹介する。

2. 導入のねらい

エレクトロニクス技術革新は、近年めざましいものがあり、この中でも、特にコンピュータ技術の応用として、CAD (Computer Aided Design)

表-1 CAD利用業種一覧

業 種	適 用 範 囲
電気機器	プリント基板が主で、パターン図、レジスト図、シルク図等に適用されている。
輸送機器	造船→工作図、板金展開図等 航空機・自動車→NCテープ、治工具、金型図等にCAD化が進んでいる。
一般機械	配置図、組立図、部品図等に適用が進んでいる。
精密機械	部品図への適用が多く、これに伴うNCテープへの展開が図られている。
総合工事	建物についての意匠図、計画図、配置図、構造図、応用分析図等に適用されている。
設備工事	プラント事業において、システムとしての系統図、ネットワーク図等に適用されている。

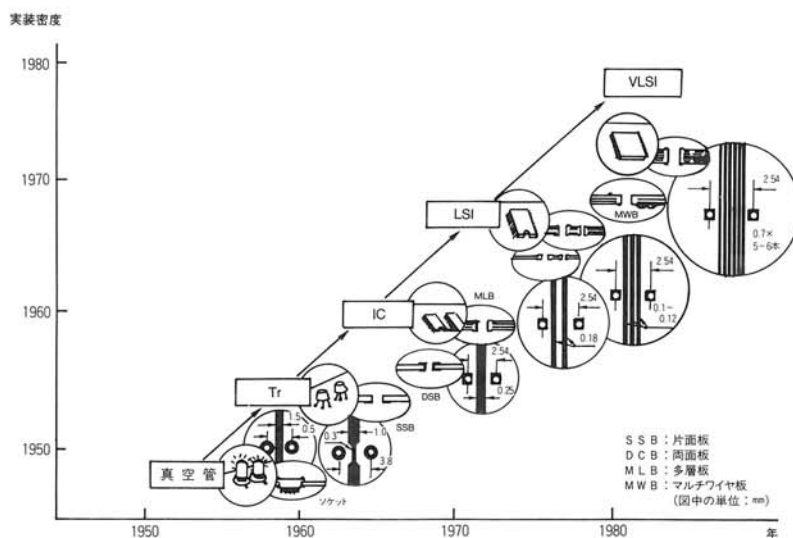


図-1 基板設計の実装密度の動向

Fig. 1 The trend in placement density of PC board designing.

がとくに注目されるようになり、その業種は多岐にわたっている。

表-1にCAD利用業種を示す。

特に電気機器における基板設計は図-1に示すように高い実装密度と精度が要求されるようになり、これらを実現するにはCAD利用が不可欠なものになってきている。

一方、激化する製品開発競争の中で製品を高品質、低コストでかつタイムリに供給するためにも、設計の自動化・効率化は必須条件になっている。

これら諸環境の中で、技術部門のCAD適用を急速に進展させる必要から、昭和58年4月、基板設計の効率化、品質の向上をねらいとして、アナログ基板設計用CADシステムの導入を行った。

3. 導入の経緯

CADシステムを導入した経緯の概略を図-2に示す。

3.1 システム検討段階

CADシステム構想の検討に当たり、メーカ各社の資料調査やシステム見学を行った。次に主要な製品に使用されているアナログ基板に的を絞ってベンチマークテストを行うとともに適用範囲の検討と投資効果分析を実施して当社設計業務の運

用および効果面で最も合ったCADシステムを選択した。

3.2 導入準備段階

ここでは、運用推進体制の整備、標準化、適用業務の決定、設置環境の整備、CAM準備などを中心に導入準備作業を行った。

これらの項目の中で主なものを次に述べる。

1) 標準化

CAD導入後、迅速なシステムの立ち上げを行うために、システム導入前に、特に重要な標準部品の選定、登録を行なった。

この標準部品の選定に際し、設計部門でプロジェクトを結成し、短期間にライブラリを整備した。

2) 適用業務の決定

適用業務は、基板設計時に単純作業でありながら設計者が比較的時間を費し、凡ミスをおかしやすいアートワークやトレースなどを対象とした。

3) CAM準備

データの一元化をねらいとして、社内においては、サービス部門および検査部門などの関連部門と調整を図るとともに基板メーカとはNCデータ授受のための仕様の調整を繰り返して行なった。

3.3 稼働

システム導入後、サンプル基板や回路図で、数

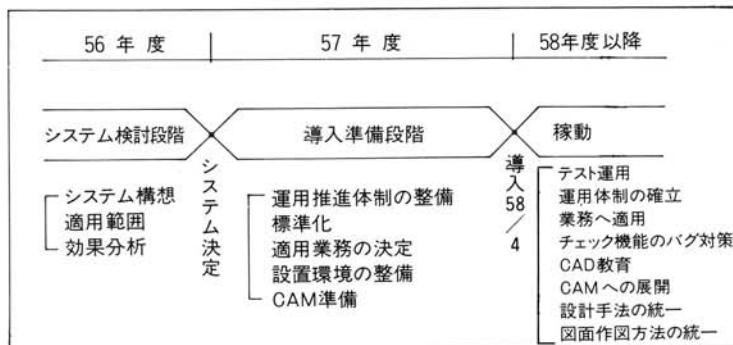


図-2 CAD導入経緯

Fig. 2 Circumstances leading to introduction of CAD.

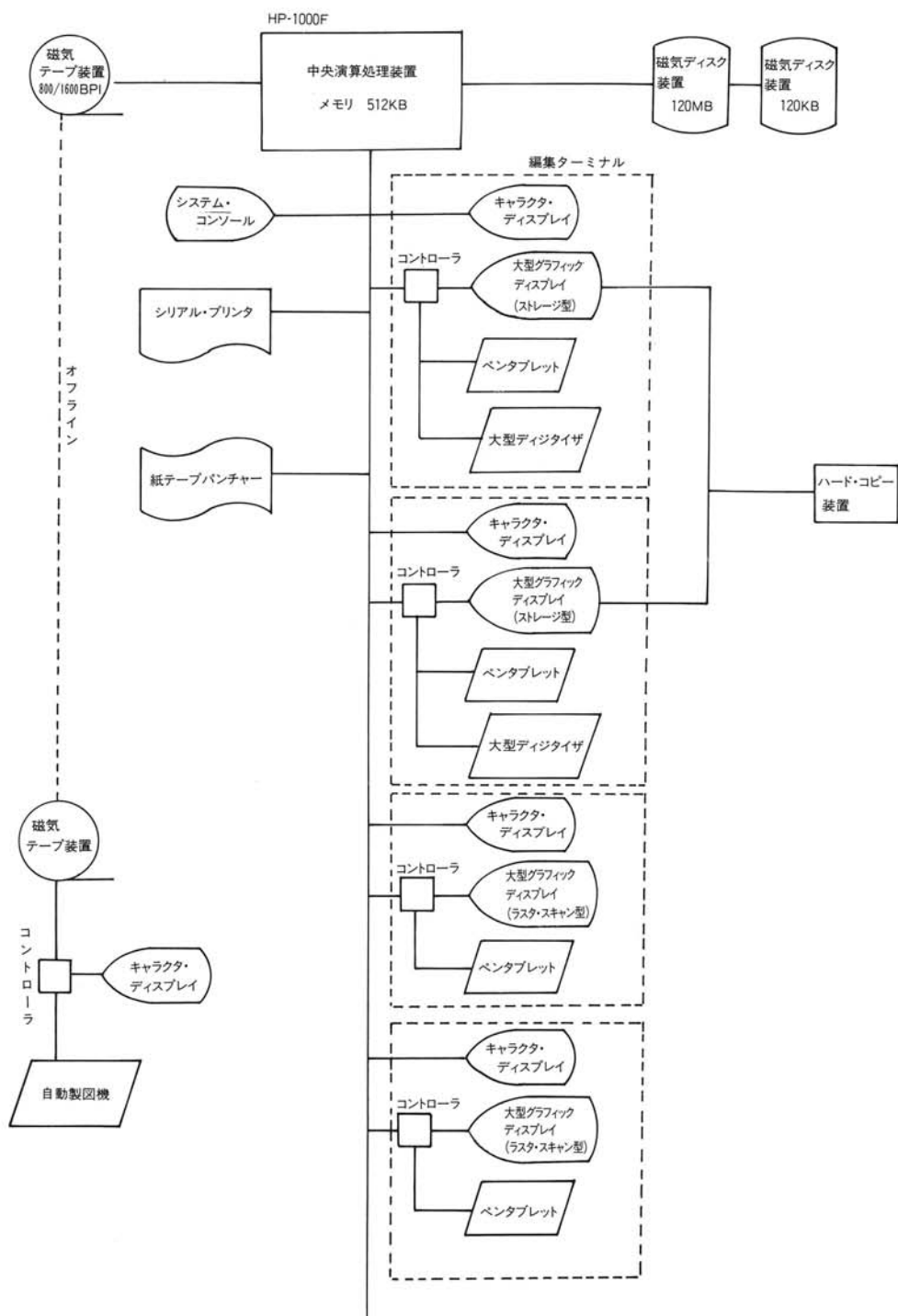


図-3 CADシステム構成

Fig. 3 CAD system configuration.

回のテスト運用を重ね、実際の業務への適用を図り、本格稼動に入った。

また、稼動が軌道にのるにつれて、細部運用ルール（例えば、出力図面様式、CADデータ管理法など）において実情に合わない箇所も多数発生したため、その都度、関連部門と調整を図り、マニュアルを改訂していった。

さらに、チェック機能のバグ対策、設計者へのCAD教育、設計・作図手法の統廃合も強力に推進した。

4. システム概要

4.1 システム構成

ハードウェア構成を図-3（前頁）に示す。

中心となるCPUはメモリー容量512 Kバイトのスタンドアロン型のミニ・コンピュータである。外部記憶装置としては、120 Mバイトの磁気

ディスク装置を2台設置している。

データ入力装置は、編集用ペンタブレット付きのグラフィック・ディスプレイ装置4端末で構成し、そのうち2端末は大型ディжитライザを併用している。更に、ディスプレイ画面のコピー用として、レーザ・ハードコピー装置を接続している。

CADデータの保存およびNCマシンとのデータ交換用として、磁気テープ装置と紙テープ・パンチャーを用意している。その他、図面作成や基板版下用赤ネガフィルムのカッティングが可能なフラット・ベッドタイプ的大型自動製図機をオフ・ラインで設置している。

4.2 システム機能

次に、システムのデータ処理のフローを図-4に示す。

各CAD編集ターミナルより入力したCADデータは磁気ディスクに記憶され、CAD図形デー

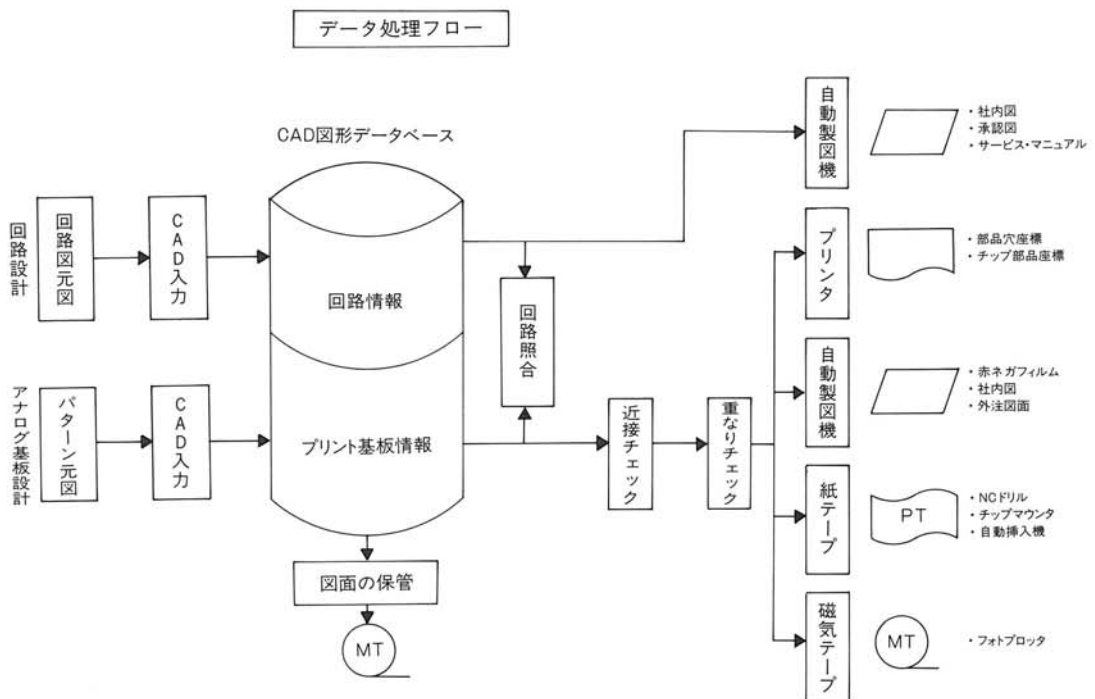


図-4 データ処理フロー

Fig. 4 Data process flow.

データベースとなる。この図形データベースが、CAD使用での大きな特長と言える。

すなわち、図形データベースが出来上がると、設計変更時には、そのデータ呼び出して修正を加えるという作業だけでよく、改めて入力し直すという必要はなくなる。また、そのデータを他機種基板に流用するということが比較的容易に行える。さらに、基板と回路図間の配線照合、基板内における隣接パターン間および、パターンとランド間のクリアランスチェック、自動挿入部品および、チップ部品の配置禁止領域のチェックなどを行なうことが可能となる。

また、基板手配用の図面および、注文先への提出用図面などを作成したり、更にCAM関係として、フォトリソ用磁気テープ、NCドリルマシン用の紙テープなどを出力することができる。

5. 運 用

5.1 基板設計への適用

5.1.1 CAD運用体系

CADの運用体系を図-5に示す。商品企画から設計、試作へと移行していく中で、回路・基板設計におけるCAD部門の役割を示している。

CAD部門は、基本的には専任者によるセミクローズ体制（一部設計者も利用）をとっている。このためにマニュアル、帳票類を整備し、回路図や基板のデータ入力、各種チェック、関連資料の出力作業がスムーズに行えるようにしている。そして、一連の作業が終了すれば、入力データをCAD図面データベースとして、保存している。

5.1.2 当社プリント基板設計の特徴

当社製品の基板設計は、主としてアナログ基板設計である。これに対するデジタル基板設計の場合は、パターン経路により、性能面で悪影響を受けることが少ないので、CADシステムによる

部品の自動配置および自動配線を比較的容易に行うことができる。しかし当社主力製品は車載用オーディオ製品であり、耐振動性能、耐温・耐湿性能、耐雑音性能などが重視される。例えばオルタネータ、イグニッションなどに起因する雑音は電源回路から混入しやすい。これらの影響は基板設計の手法により低減することが可能であるが、部品配置、パターンの引き回し、線幅などの処理などは各設計者の持つノウハウに負うところが大きく、CADシステムでの対応を困難にしている。

しかし、最近の傾向として、製品の小型化、多機能化の方向にあり、それに伴い基板も小型・高密度化が進んでいる。これを実現する方法として、パターンのファイン化、基板の多層化、部品の小型化、両面実装化、更にフレキシブル基板の使用などがあげられる。これらは、従来の人手によるアートワークでは対応がますます困難になりつつあるが、CADシステムを使うことにより効率的なパターン作成が可能となる。

5.2 CAD適用による特徴

図-5に示すように当社の製品開発は、一次試作から量産まで複数の段階を経ている。したがって、初期の段階で入力しておけば、次段階以降はこのデータに修正を加えていくだけで対応可能となる。

また、既存のデータをコピーして、それに修正を加えて他機種に展開できる。

当社の場合、回路設計においては上記の方法で活用しているが、基板設計においては、仕様の確定具合を、にらみ合わせながら順次、CADを適用している。

現在、CADによるデータ入力は従来の手書き方法よりも時間がかかるが、蓄積されたデータはこれに多少手を加えることにより他部門へ出力することが可能となる。

例えば、サービスマニュアルに使用している回

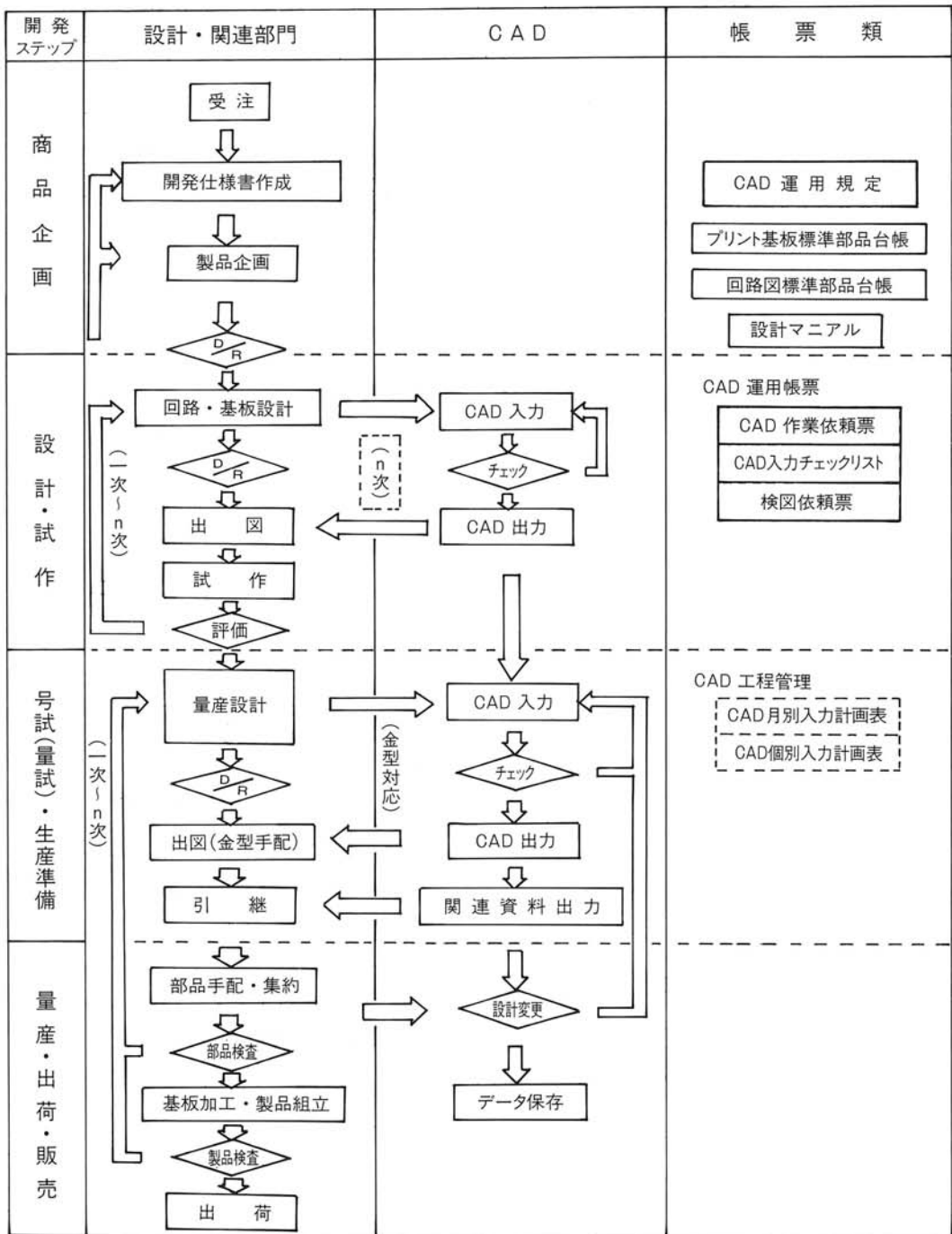


図-5 CAD運用体系

Fig. 5 CAD operation flow.

路図はCADで出力した図面をほぼそのまま使用している。

このようにトータルの効率面で、効果を発揮している。

以下、主なCAD適用による特長を述べる。

5. 2. 1 層 構 造

当社CADシステムは128の層を持っている。その概念図を図-6に示す。

基板設計を行う場合に、第1層を部品穴、第6層をパターンランド、第8層レジスト抜き、第13層シルクという具合にあらかじめ設定しておけば、必要に応じて目的の層を取り出し、ディスプレイに表示したり、また、プロッター出力や、磁気テープあるいは紙テープなどに出力させること

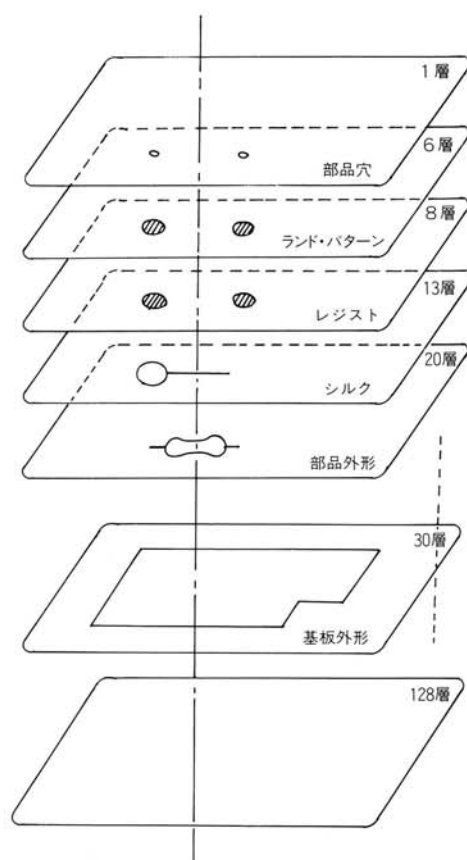


図-6 層構造例

Fig. 6 Example of layer construction.

が出来る。

部品ライブラリも基板と同一の層構成に設定しているので、一度の操作で、部品の持つ全情報を位置ずれなしに入出力することができる。これらのデータは10 μ m単位の精度を持っており、より精度のある基板製造加工に生かされている。

5. 2. 2 各種照合チェック機能の活用

基板設計をCADに適用することによりCADシステムの保有する各種照合チェック機能の活用が、容易にかつ正確にできるようになる。

主なものを次に示す。

- ①パターン、ランドの近接チェック
- ②部品穴の近接および重なり防止チェック
- ③部品番号の重複および、欠番チェック
- ④回路図とプリント基板の配線照合
- ⑤部品外形干渉チェック
- ⑥自動部品実装機の部品配置の禁止領域
- ⑦パターン配線禁止領域チェック

ここで①項を例にして説明を加える。処理手順を図-7に示す。基板設計を行なう場合、基準に定められたパターン間隔の確保は、品質および信頼性を確保するために非常に重要なことである。まず、入力データよりパターンの赤ネガカッティング用として、パターン輪郭の一筆書きを作成する。この処理結果を利用して、一筆書きのラインに必要とするパターン間隔の半分だけ各パターンおよびランドを膨らませ近接度をチェックするものである。

5. 3 CAMへの展開

CADのデータは多岐にわたって活用（一部計



図-7 近接チェック例

Fig. 7 Example of proximity check.

画中も含む) している。それらの主なものを図-8に示す。

基板製造加工用に使われるもの以外に、サービスマニュアル用の回路図作成資料や、チップ部品実装機用の紙テープを出力している。

5.4 標準化

標準化の推進は、CAD利用の有無に関係なく設計業務の効率改善方法のひとつであるが、とりわけCADを有効に使う上で、非常に重要な意味を持つものである。

以下、当社での標準化推進状況について概略を述べる。

5.4.1 部品の標準化

現在、CAD登録部品、基板および回路図の使用部品は、ほとんどCAM登録部品を利用している。

これらの部品登録は、CADシステム導入前

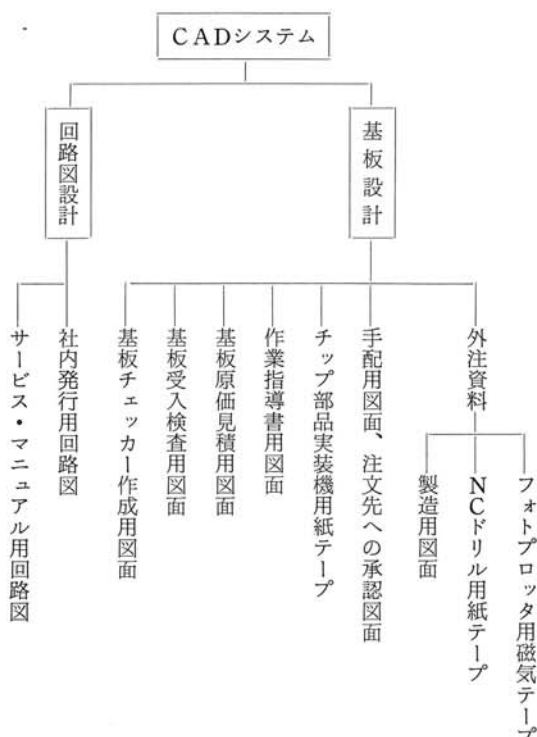


図-8 CAMへの展開

Fig. 8 Development into CAM.

に、標準化推進プロジェクトを結成し、部品を整理、統合し標準部品として集約した。

しかし、近年、技術革新の急激な進歩および製品の多様化などに伴い、新規部品も次々に採用され、登録部品のメンテナンスも重要課題になりつつある。

このため、部品のコスト、使用頻度、信頼性、将来性などをもとに、部品の標準化を進めている。

また、設計者の使用目的に合ったCAD登録部品情報の作成および配布、そして説明会の開催などのPR活動にも力を注いでいる。

5.4.2 回路の標準化

回路の標準化に際しては、いかに使用頻度の多い回路ブロック（結線図）を整理統合し、CADへ登録するかが重要である。

これにより、設計者は、必要な回路ブロックを登録ファイルから呼び出し、効率よく最適レイアウトおよび結線を行うことが可能となる。

しかしながら、現在、回路の整理統合の準備中であり、まだ実用化には至っていない。

これは設計効率の向上に、大いに効果があるので、早急に実現させるよう、現在推進中である。

5.4.3 パターン及び設計手法の標準化

従来の手作業では、設計者が線幅を自由に選択して描いていたものを、CAD導入を機会に線幅を0.5, 1.0, 1.5, 2.0mmおよび面の5種類に限定している。

さらに効率アップを計るため、図-9に示するようなセンター軌跡パターン原図も整備し実用化しつつある。

また、図-10に示すような、リバーズ・パターンも一部試行している。

この方法は、従来、導体パターン部分を入力していたものを、発想を逆転させてパターンの間隔一定幅のラインで入力していく方法である。

この方法により、CADデータ入力工数の大幅な低減が得られるので、今後の推進課題のひとつである。

5.5 出力例

CADによる代表的な出力例を、次に示す。

1) パターン・レジスト図(図-11、図-12)

2倍寸の赤ネガカットフィルムの形で出力し、基板製造加工の版下フィルムとして活用している。

なお、本出力例では、一部ファインパターン(0.3mm幅)を使用している。

2) シルク・ダブルレジスト図(図-13、図-14)

原寸のフォトM/Tにて出力し、基板メーカーのフォトプロッタを介して、フィルム焼付けを行い、基板製造加工の版下フィルムとして活用している。

3) 穴径図(図-15)

主に、検査用として活用し、穴径図の記号は、プログラムによって自動的に割り付け印刷している。

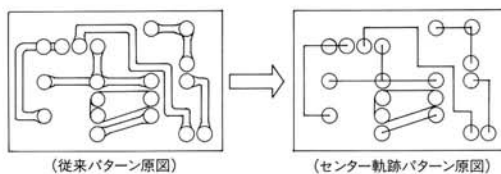


図-9 センター軌跡パターン原図

Fig. 9 Original drawing of center locus pattern.

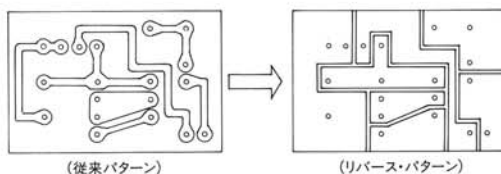


図-10 リバース・パターン

Fig. 10 Original reverse pattern.

6. 効果

以上述べてきたアナログ基板用CADシステムを活用することにより、着実に効果が得られており、主なものを次に示す。

6.1 定性効果

1) 設計者の単純作業からの解放

設計者の単純なアートワーク作業をCADへ適用することにより、設計者の製品検討や評価を行う時間が、増加した。

2) 図面品質の向上

CADシステムの持つ各種チェック機能を有効に活用することにより、凡ミスが防止されて、図面品質の向上が図れた。

3) 精度の向上

計算機の精度(10 μ m)で設計データが管理され、トレースなどの余分な中間作業を省けるので設計の精度を基板パターンに効率よく反映できた。

6.2 定量効果

また工数面で見ると、初期データ入力、手作業時に比べ、工数を費しているが、試作から量産までのステップを重ね、前回入力データを活用したり、関連部門がデータを活用することにより、手作業時に比べ総合的に工数短縮の効果が発揮されている。図-16にその効果を示す。

さらにパターンおよび設計手法の標準化を推進したり、既存のデータライブラリを有効活用することにより、初期データ入力時の工数短縮も可能となる。

7. 今後の展望

今後、当社のCADシステムをより効率よく運用するためには、下記に述べるような内容を実現する必要がある。

1) システム機能の拡大

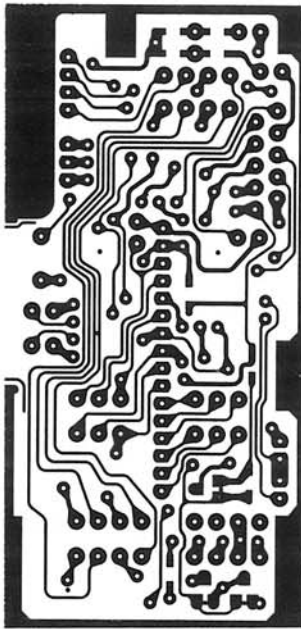


図-11 パターン図
Fig. 11 Example of circuit pattern.

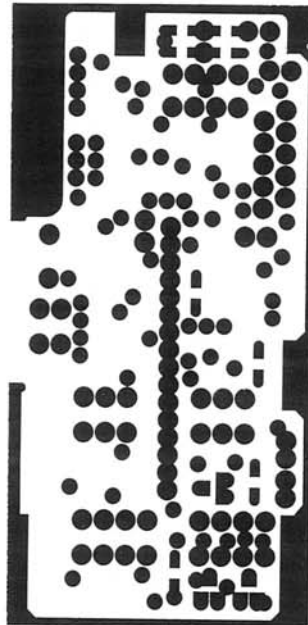


図-12 レジスト図
Fig. 12 Example of resist pattern.

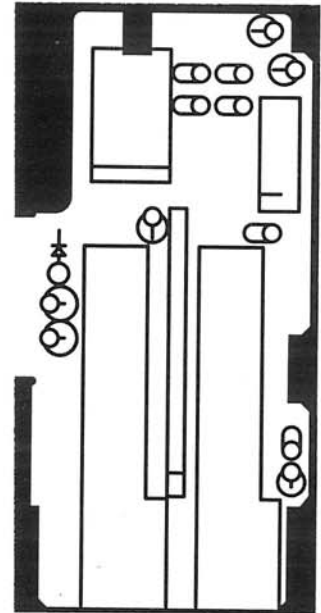


図-13 シルク図
Fig. 13 Example of silk printing.

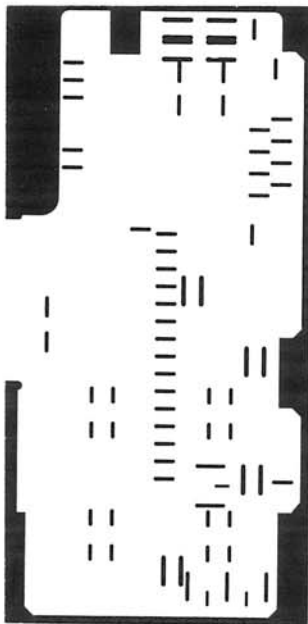


図-14 Wレジスト図
Fig. 14 Example of W-resist pattern.

穴径一覧表

穴径 (mm)	マーク	個数
φ 0.7	A	
φ 0.8	#	
φ 0.9	F	
φ 1.0		
φ 1.1	H	
φ 1.2	K	
φ 1.3	L	
φ 1.4	M	
φ 1.5	N	
φ 1.6	T	
φ 1.7	V	
φ 1.8	W	
φ 2.4	X	
φ 3.0	Y	
φ 3.5	Z	
φ 4.0	\$	

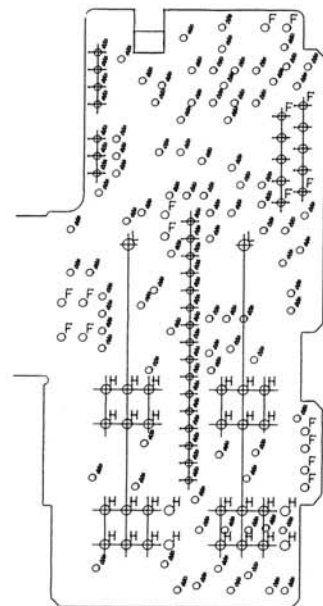


図-15 穴径図
Fig. 15 Example of hole diameter drawing.

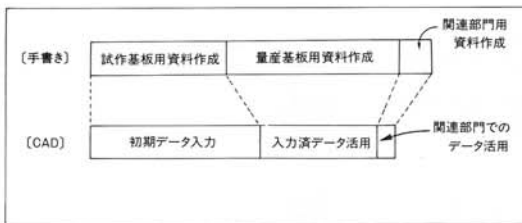


図-16 工数比較

Fig. 16 Comparison of processes.

- ① アナログ回路のデジタル処理化に伴う自動配線機能等の追加
- ② データの自動読取り、端末反応速度改善などのデータ入力作業の高速化
- 2) 設計の標準化の推進
 - ① 標準部品、標準回路のライブラリ充実
 - ② リバースパターン等の設計手法の改善
- 3) 運用面の改善

① 設計者自身によるCADオペレート

② CAD操作員の専門知識の強化

さらにこれらCAD/CAMシステムの拡大のみでなく、CAT (Computer Aided Testing), CAE (Computer Aided Engineering) までも含めたトータル的なシステムをめざしたい。

参考文献

- 1) CAD/CAM 活用ガイドブック：工業調査会 (1985)
- 2) CAD/CAM キーワード：図形処理情報センタ (1983)
- 3) プリント配線板技術：工業調査会 (1985)
- 4) プリント回路基板設計への活用事例集：電子技術、Vol. 27, No. 12 (1985)