

大形コンピュータの自動設計

Design Automation for Large Scale Computers

大形コンピュータの設計業務は、近年量的にますます増大するとともに、質的にもより高度なものが要求されている。特に、最近のLSI化率の増大によって、論理品質の完全化及び大量の精密設計作業への対処が必須になり、設計自動化は不可欠なものになっている。

本設計自動化システムは、製造・検査自動化システムと一貫したトータルシステムになっているが、ここでは、特に論理設計支援システムと実装設計自動化システムを中心に述べる。

このシステムを使って、大形コンピュータの設計自動化を推進し、製品の高性能・高信頼性の確保、開発期間の短縮、LSIなどの先端技術の早期適用を実現している。

大野泰廣* Yasuhiro Ōno
佐藤克弥* Katsuya Satō
岡 佑一* Yūichi Ōka
堀越 弥** Hisashi Horikoshi
加納 弘*** Hiroshi Kanō

1 緒 言

コンピュータを使ってコンピュータを設計することを、コンピュータの設計自動化といい、DA (Design Automation) と呼ぶ。近年の大形コンピュータは、半導体技術の進歩に伴いより高速化、より高集積度化している。これに加えて、論理規模が増大し、その設計業務は量的に増大するとともに、最新の半導体技術を駆使するため質的にも高度化している。これらの問題に対処し、コンピュータ設計を可能とするには、もはやDAがなくてはならぬものとなっている。

以下、コンピュータ設計の概要と設計自動化トータルシステムの構成、自動化の範囲及び内容について述べる。

DAの主なねらいは、製品の高性能・高信頼性の確保、開発期間の短縮、先端技術の早期適用、原価低減、設計者能力の向上、設計の標準化及び製造・検査の自動化の促進である。

2 コンピュータ設計の流れと自動化^{1)~3)}

コンピュータの設計手順は図1に示すとおりである。製品仕様が作成されると、基本論理方式を決定する方式設計、使用する半導体・実装方式を決定する回路設計、具体的な論理回路図を作成する論理設計及びマイクロプログラム設計へと展開する。その後、実装設計を経て生産手配用及び製造検査用のデータ作成を行ない設計を完了する。

設計者の専門知識や判断を必要とする部分は、人手で行ない、一方、繰返し性の多い作業、厳密性を必要とする作業、大量のデータ整理など、機械処理に適した部分はコンピュータで行なう。すなわち、製品仕様作成から方式設計の段階は主に人手で、論理設計の段階は一部自動で、そして実装設計以降の段階は主に自動で処理する。

設計自動化トータルシステムの構成を図2に示す。本システムは論理設計支援システムと実装設計自動化システムに大別できるが、いずれも同一の設計データベースを基にトータルシステムを構成している。

すなわち、論理設計支援システムで十分に検証された論理情報をそのまま実装設計に供することにより、情報品質の低下防止及び実装設計開始の容易さを図っている。

本システムは、LSI、基板及び装置の設計に適用できる。また使いやすさを重視して、TSS (タイムシェアリングシス

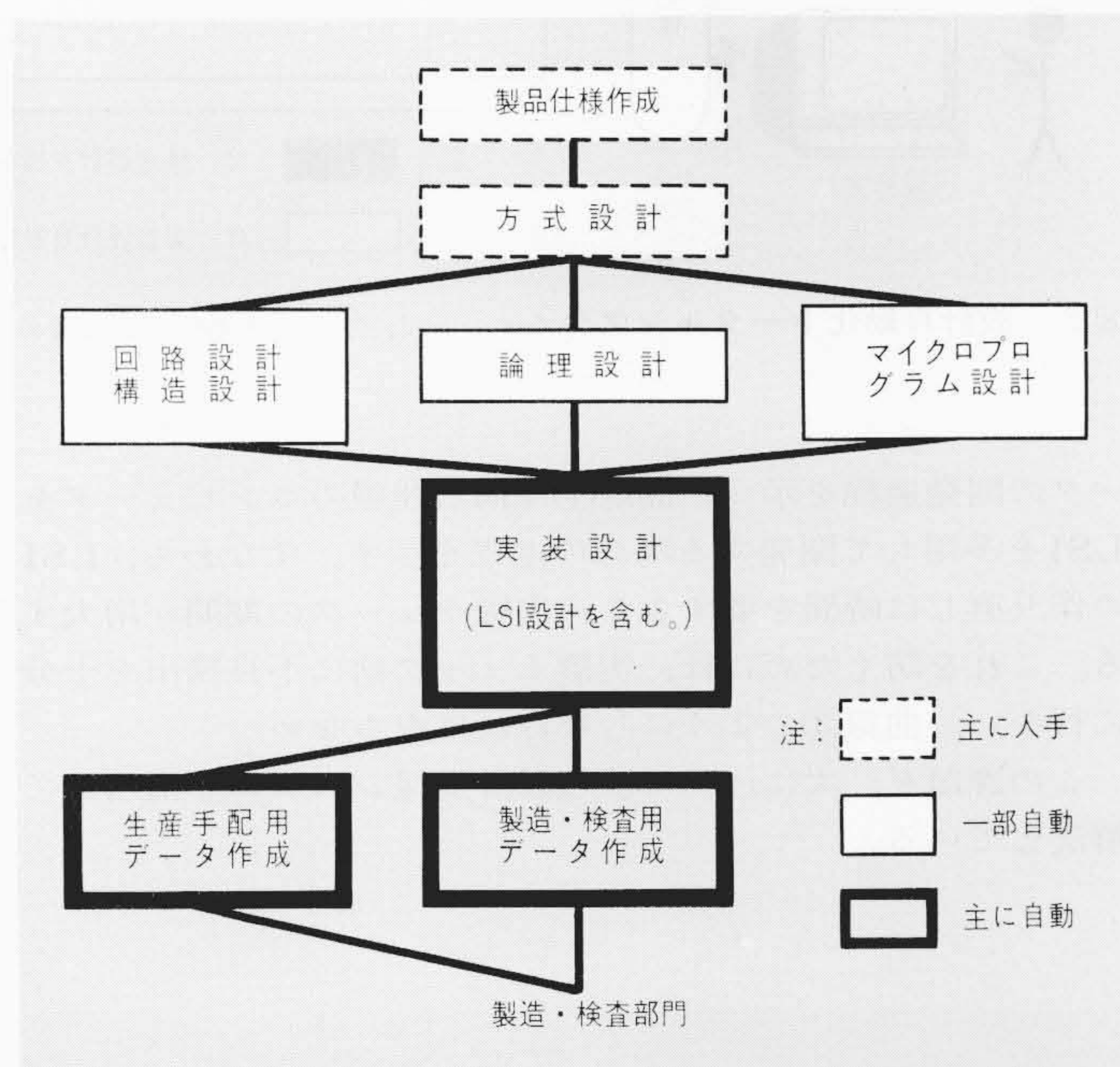


図1 コンピュータ設計の流れ コンピュータ開発設計の工程を示す。実装設計以降は、ほぼ完全に自動化している。

テム)機能を駆使している。

設計データベースには、設計基準、部品仕様などの設計共通データと、製品ごとの設計図面情報から製造・検査用情報に至る個別設計データを格納している。

なお、不特定多数の設計者が、任意の時刻に設計データベースを更新、参照するため、ファイル保護には十分な機能をもたせている。

3 論理設計支援システム⁴⁾

3.1 論理設計の課題

コンピュータの設計では、論理不良と呼ばれる設計誤りの摘出過程が開発期間に大きな影響を与える。

図3に、時間の経過とともに論理不良が摘出されていく様子を示す。曲線①は従来のSSIやMSIを使用したコンピュ

* 日立製作所神奈川工場 ** 日立製作所中央研究所 *** 日立製作所デバイス開発センタ

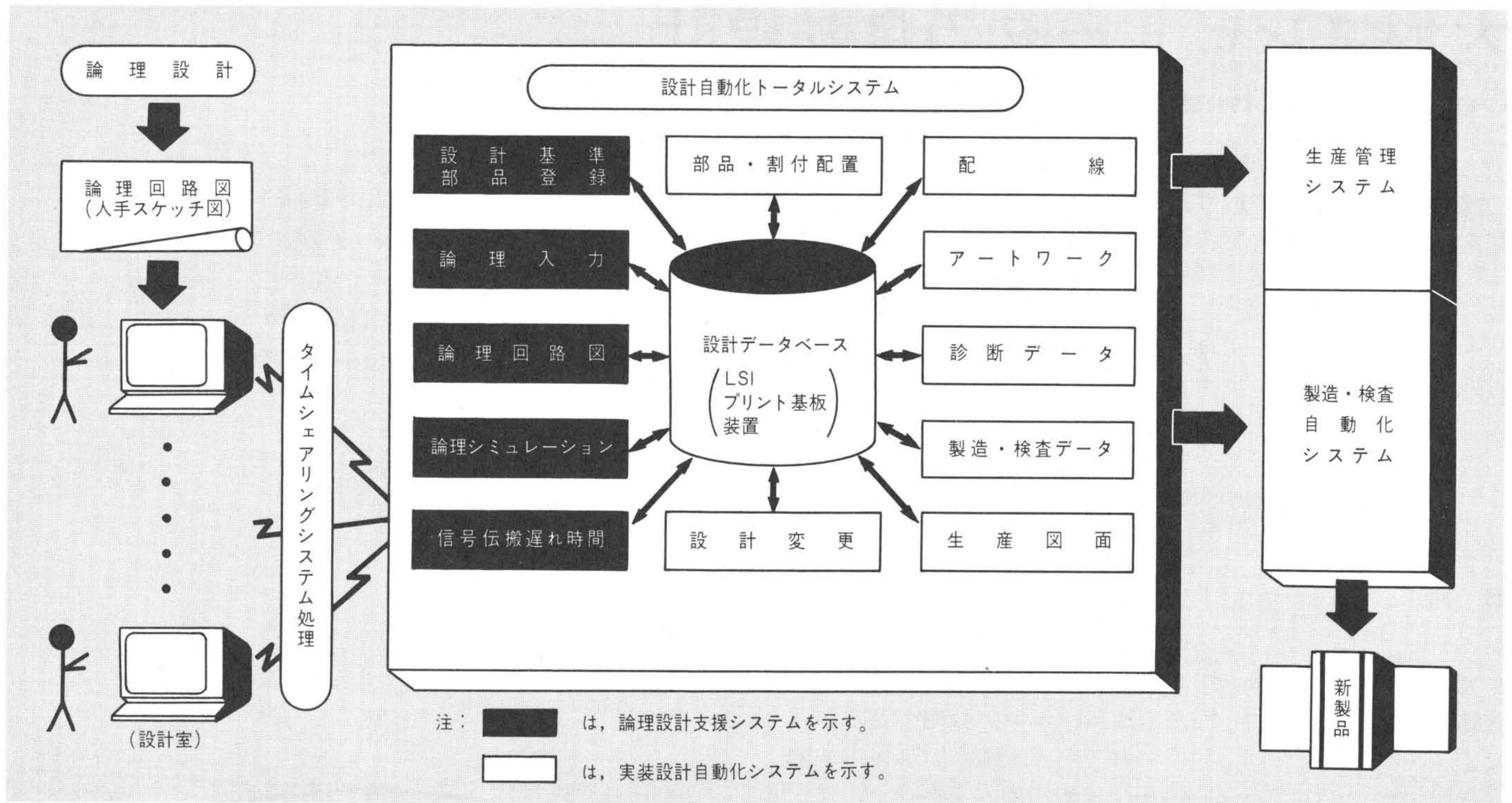


図2 設計自動化トータルシステム LSI、プリント基板及び装置の設計を、同一システム、同一データベースで処理している。

ータの開発過程を示す。曲線②は同じ規模のコンピュータをLSIを多用して開発する場合の過程を示す。すなわち、LSIの作り直しに時間を要するため実機チェックの期間が増大する。これを防ぐためには、実機チェック前に不良摘出を十分に行ない、曲線③のようにしなければならない。

この課題を、次に述べる論理設計支援システムを活用して解決している。

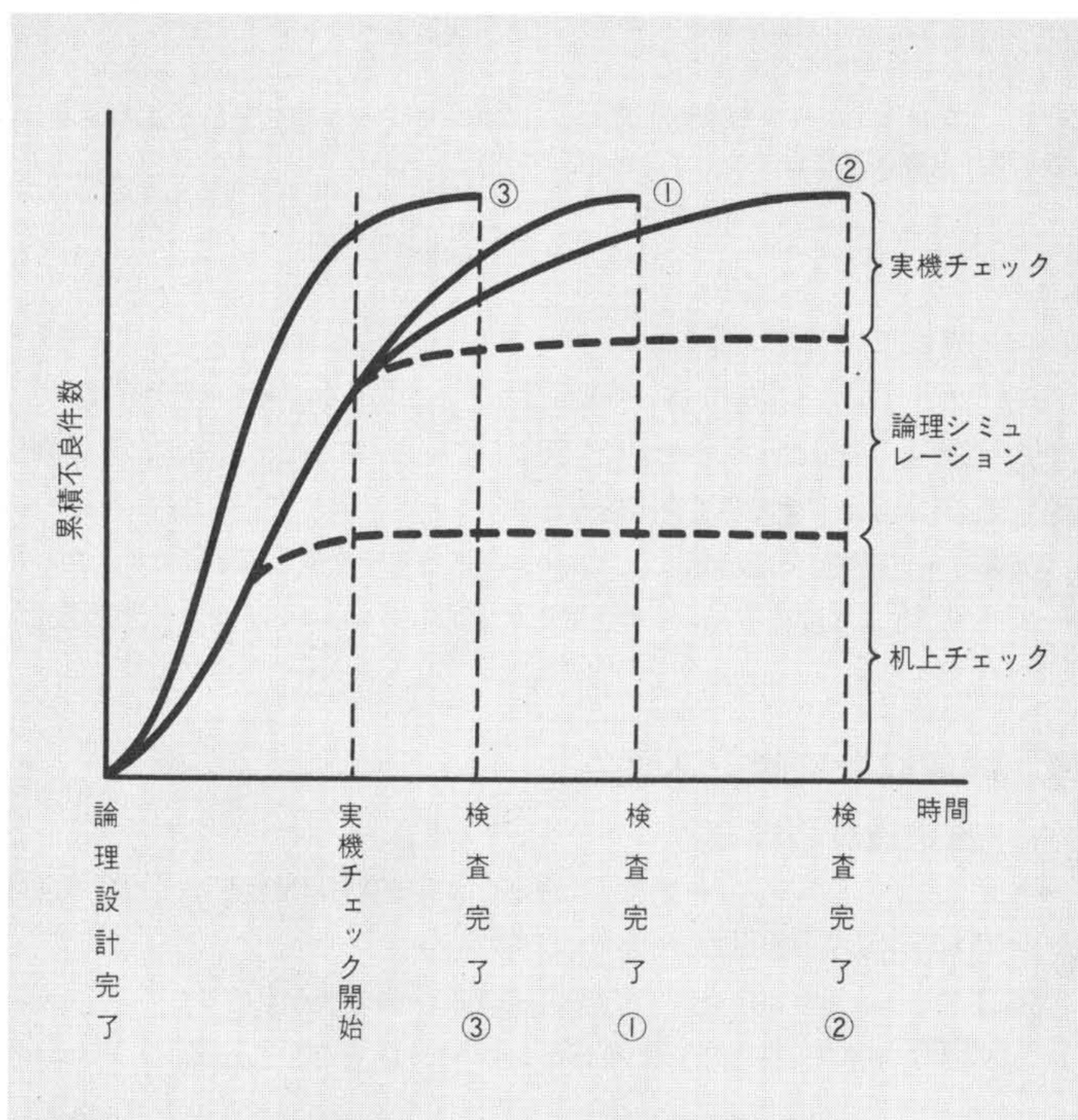


図3 開発期間短縮の目標 LSIの採用により曲線①が②となるが、論理シミュレーションなどを駆使し曲線③を実現している。

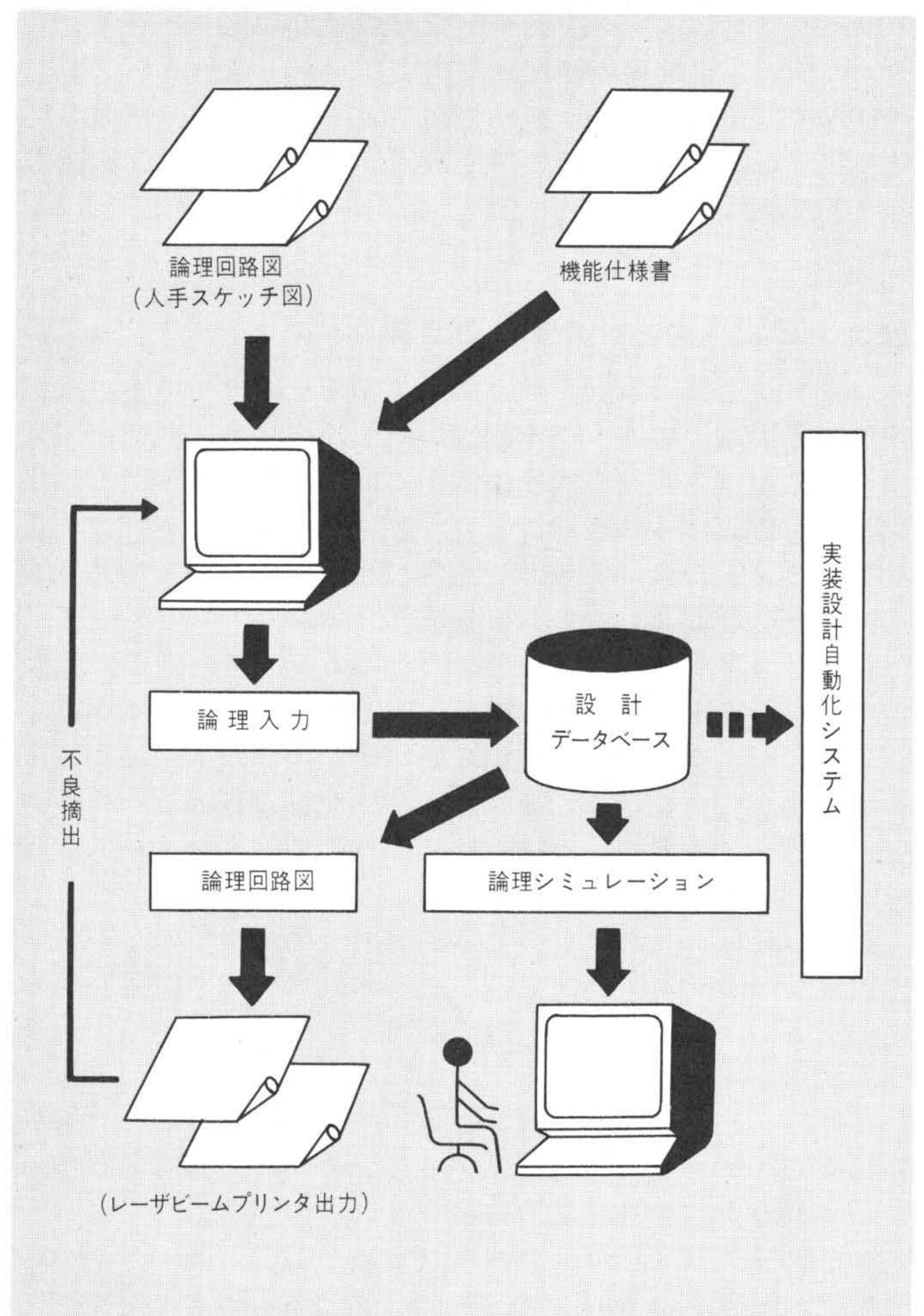


図4 論理設計支援システム 論理回路図作成及び論理シミュレーションの実行をTSS端末(H-9415)とレーザービームプリンタ(H-8195)との組合せで会話的に行なう。

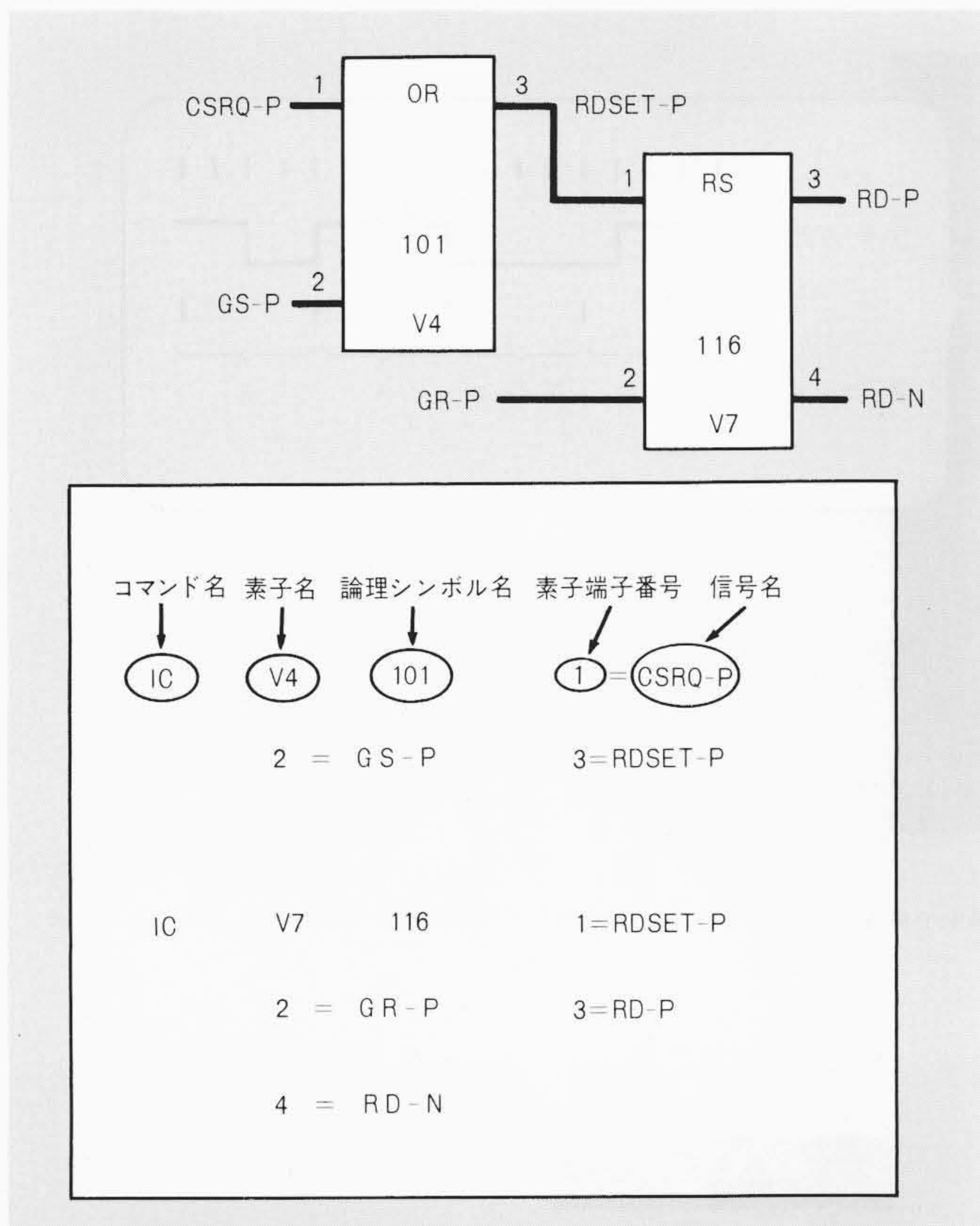


図5 論理回路図の入力記述例 論理回路図(人手スケッチ図)を見ながら、直接タイムシェアリングシステム端末からタイプインする。

3.2 システム構成

システムの概要を図4に示す。システムの構成は三つのサブシステムから成り、それらは論理入力、論理回路図及び論理シミュレーションシステムである。

論理入力システムを使って、人手スケッチ図をもとに、直接TSS端末から必要情報をタイプインする。すなわち、データシートへの転記及びカードパンチ作業を不要としている。図5に論理回路図とタイプインする情報の関連を示す。素子単位に素子端子と信号名の対応をタイプインし、素子間の結合は同一信号名を与えることで表現する。図5に示す例は、信号RDSET-PがV4とV7の両記述に出てくるが、これにより素子V4とV7が結合していることを表わしている。図面上の結線経路は自動決定する。タイプインと同時に、設計基準照合チェック、記述文法チェックなどの諸チェックを行ない、その結果をTSSで応答し、単純な誤りを即時に排除する。

論理回路図の機械書きシステムを使って、最新の設計データベースの内容を自動描画できる。図6に、機械書き論理回路図を示す。論理設計や実装設計の過程では、刻々設計情報が設計データベースに付加される。この内容を、レーザビームプリンタ(15秒/A3判図面)を使用し、TSS機能により設計者の指示で即時に出力できる。このように、TSS端末とレーザビームプリンタの組合せで、図形処理と等価な機能を実現している。

この即時性及び変更の容易性により、設計データベースが設計原図となっており、紙による図面管理を不要にした。

3.3 論理シミュレーション

論理シミュレーションシステムでは、設計データベースにある被検証論理装置の論理回路をモデル化し、実機の回路動

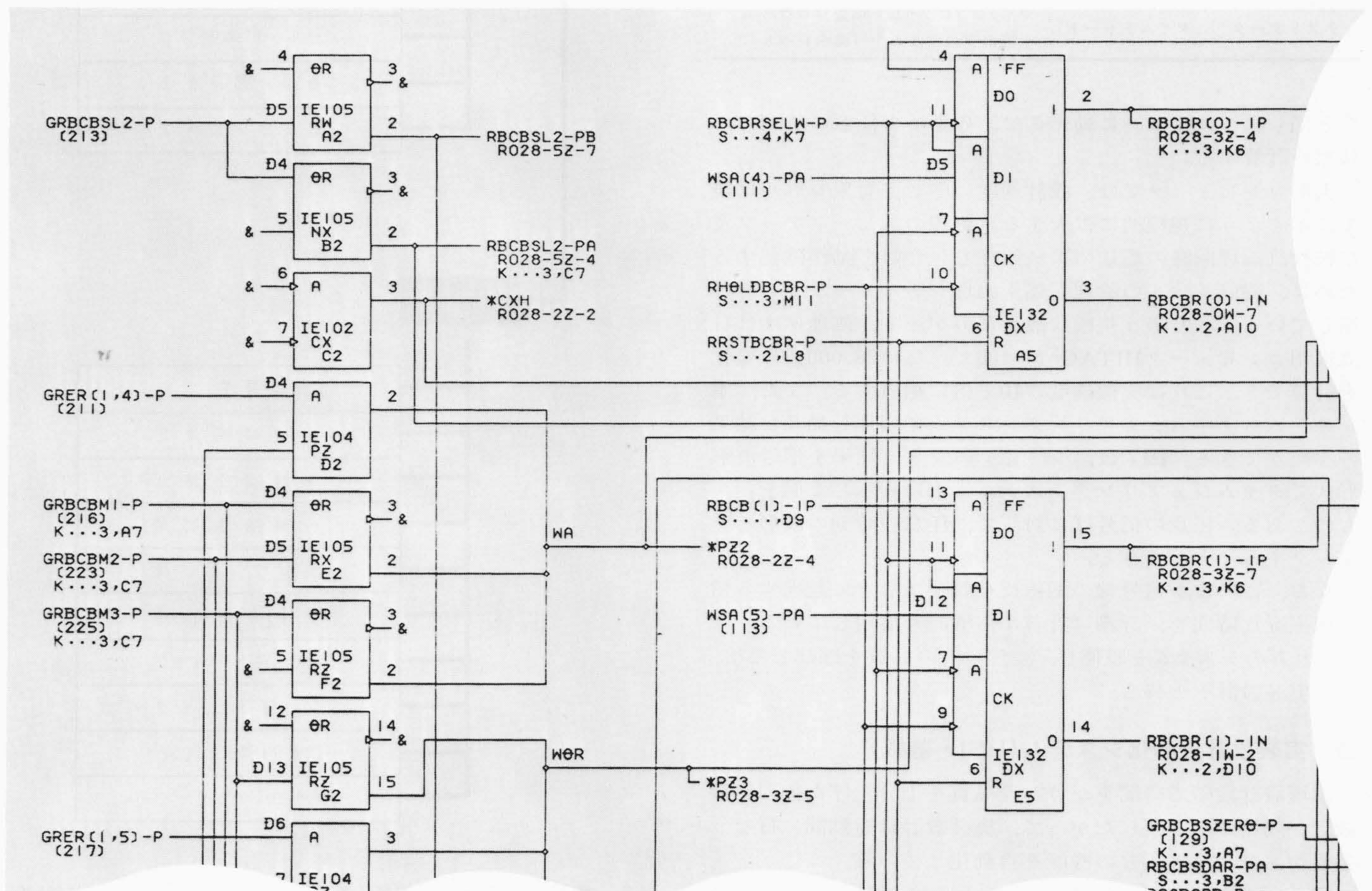


図6 機械書き論理回路図 最新の設計データベースの内容を、レーザビームプリンタで即時出力する。

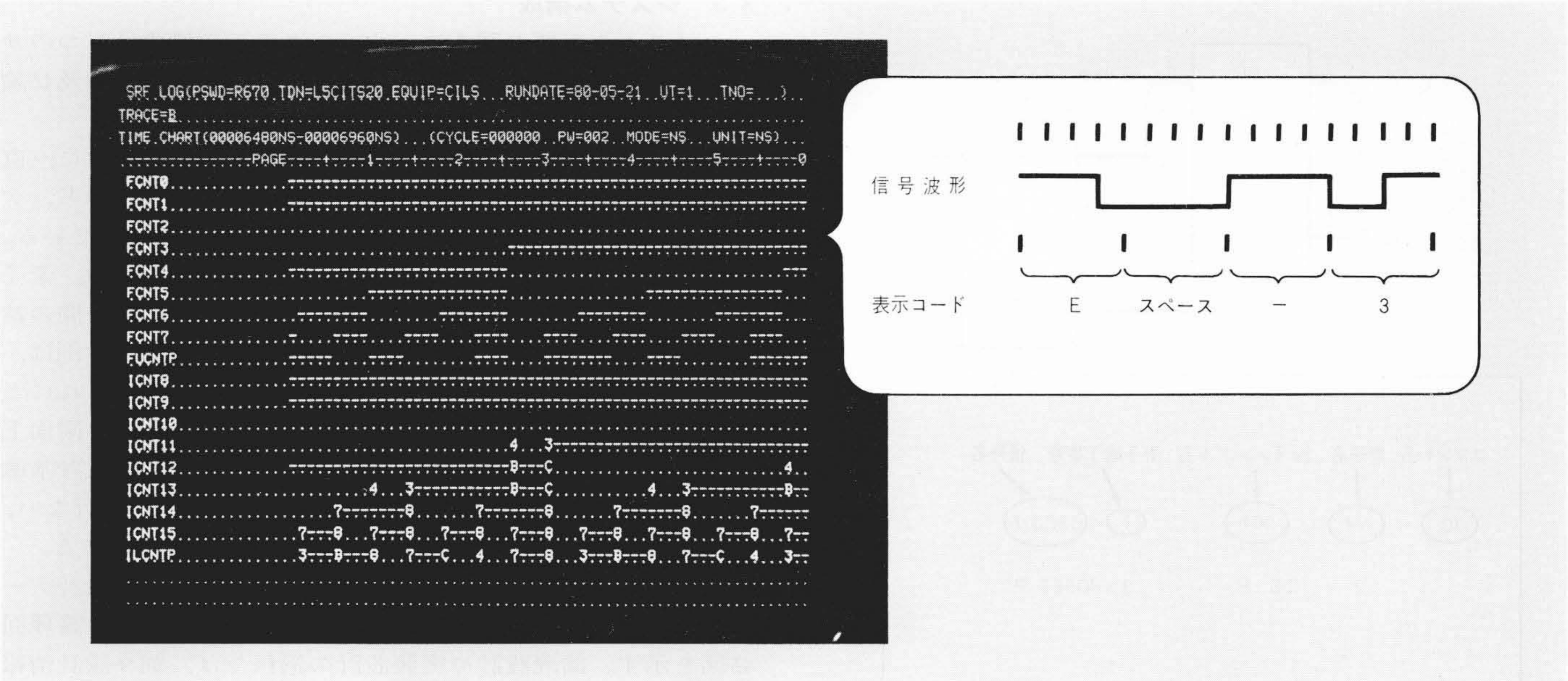


図7 論理シミュレーション結果の表示例 指定した信号の波形をTSS端末で見ることができる。16進のコード化により、表示密度を4倍にしている。

表1 論理シミュレーションの対象レベル 設計の進度に応じて、LSI単体から装置へと対象レベルが移行する。

レ ベ ル	LSI 単 体	論理ユニット	装 置
規 模	～数千ゲート	～数万ゲート	～数十万ゲート
論理記述	ゲートレベル、機能レベル		
包含する 接続仕様	——	他ユニット	マイクロプログラム 周辺装置メモリ
テストデータ	タイムチャート	マイクロプログラム 小規模プログラム	検査プログラム (命令レベル)

作と同じように模擬的に動作させ、各素子の任意の時刻での状態を計算する。

大形コンピュータでは、設計進度に応じて対象レベルは表1に示すように規模的に拡大する。処理のスピードアップ及び被検証論理回路の周辺の接続仕様も包含して動作確認するために、機能レベルの論理記述、論理シミュレーションを併用している。取り扱う規模は最大75万ゲート、処理速度は日立汎用コンピュータHITAC M-180で、毎秒28,000信号変化を計算でき、これは実機速度の 10^{-7} 倍に相当する。また、本システムもタイムシェアリングシステムで処理起動及び結果の参照ができる。図7は、シミュレーション結果を信号波形形式でタイムシェアリングシステム端末に表示した例を示すものである。任意の信号群に対して、任意の時刻の波形をチェックすることができる。

なお、このほか信号線の配線長や負荷数などに起因する信号伝搬遅れ時間を、詳細に計算する機能も併用している。

これらのシステムを駆使し、論理設計の品質を確認した後、次の実装設計へと移る。

4 実装設計自動化システム(LSI・基板)

論理設計段階で時間をかけ論理品質を十分上げた後、実装設計が開始される。したがって、実装設計は短期間に行なう必要があり、ほとんどの機能を自動化している。

図2に示すように、LSIと基板は同一の設計データベースで取り扱い、システムの使用法も同一である。

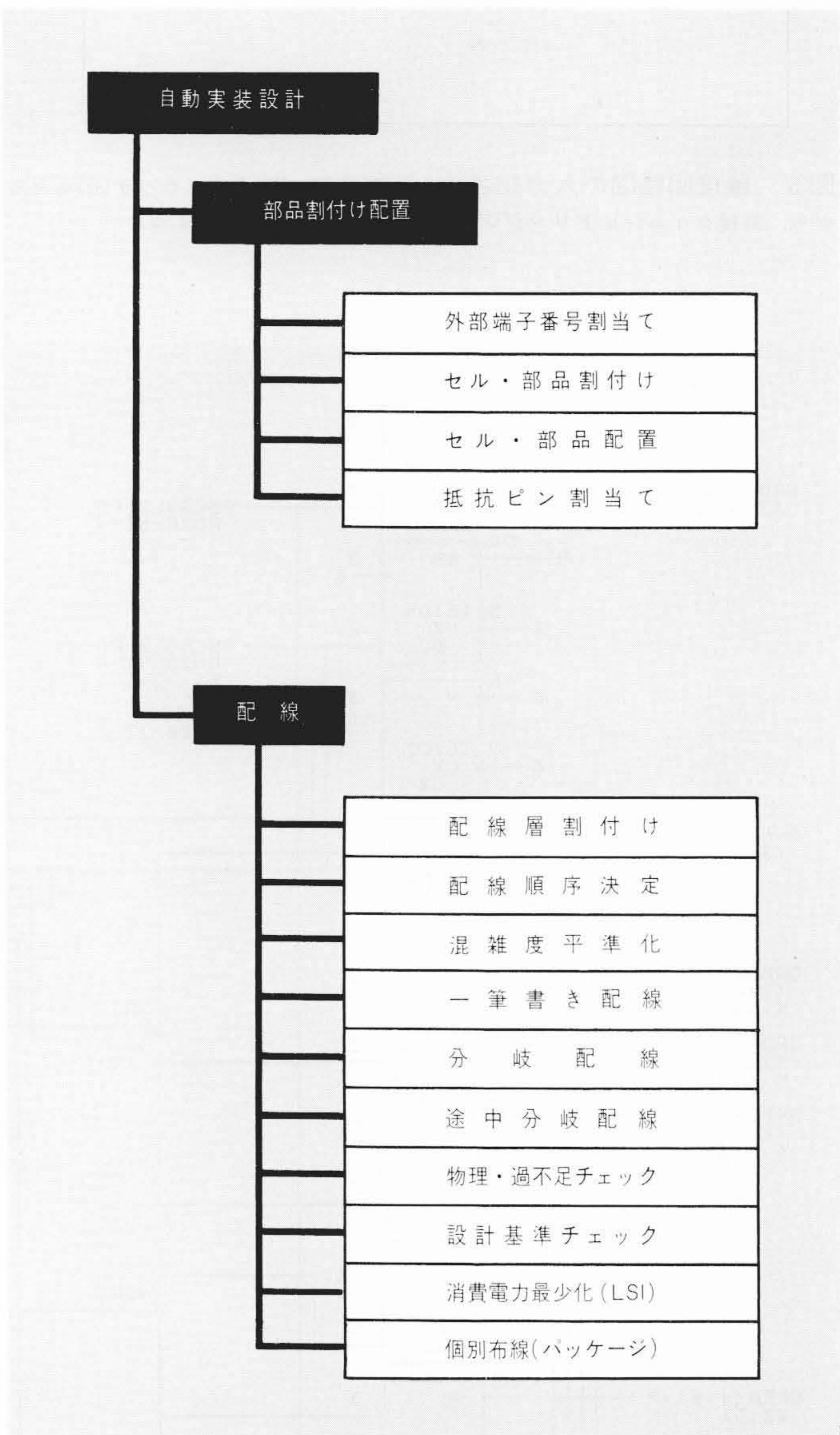


図8 実装設計の自動化機能 LSI及びプリント基板の設計に対して、広範囲の自動化機能がある。

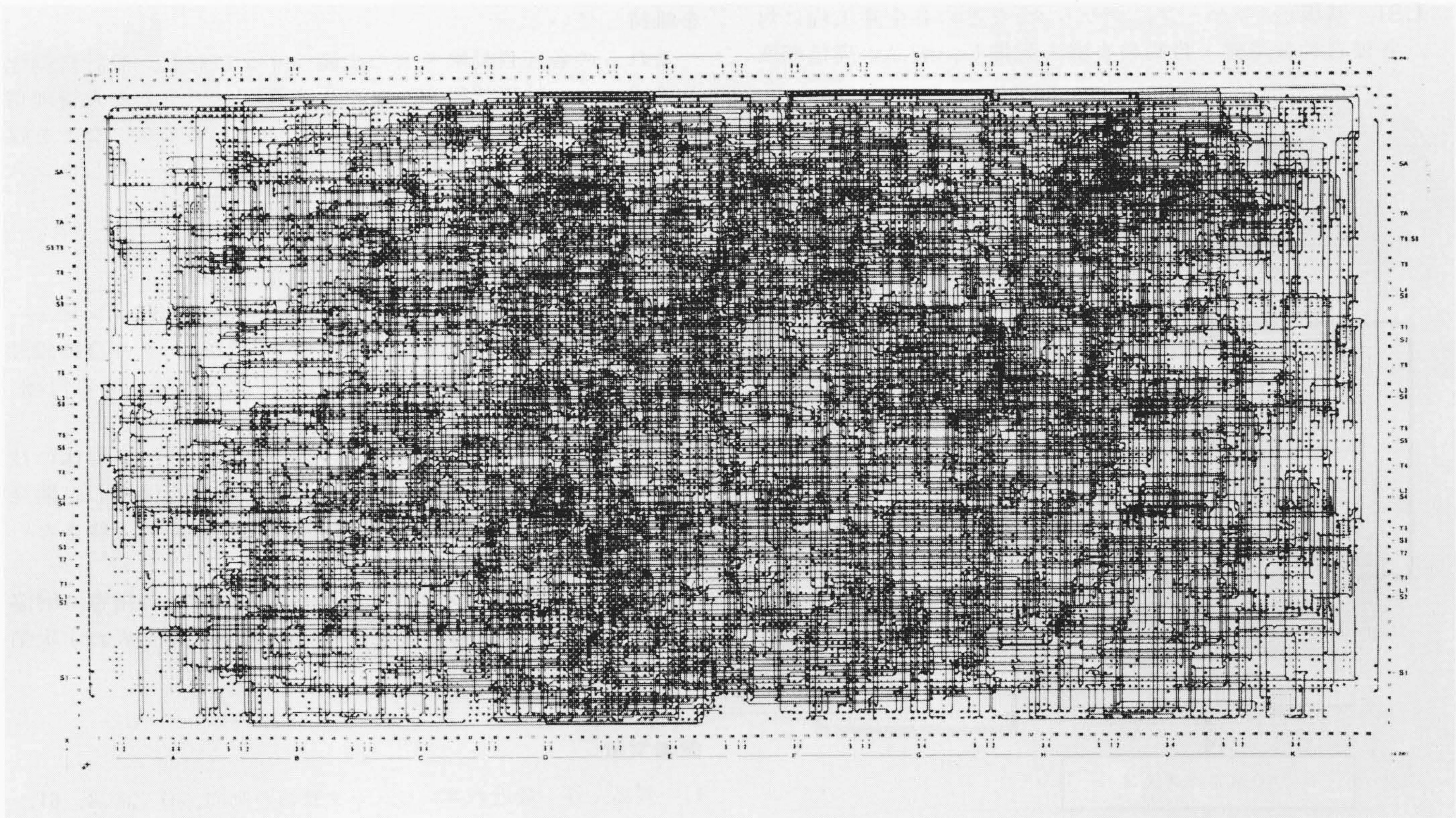


図9 パッケージの配線パターン図 論理2層分を示す。X-Yプロッタで自動製画したものである。

4.1 配置・配線設計

実装設計の主な作業は、部品の割付配置及び部品端子間の配線パターンの決定である。

図8に、LSI及び基板で自動化されている主な機能を示す。部品割付配置システムでは、次の配線工程の自動化率が上がるよう、セル(LSIの場合)・部品(基板の場合)の割付配置だけでなく、外部端子、抵抗ピンなども自動割当てする。

配線システムは、信号線を基板のどの層に割り付けるかを決定し、設計基準に応じて一筆書き、分岐、途中分岐などの配線形式を選択し、それを満たす配線径路を自動決定する。その自動決定率は、LSI、基板ともほぼ100%である。図9は、基板(パッケージ)の配線パターンをX-Yプロッタで自動製画したものである。

以上のほかに、基板では顧客特別仕様による論理の改造に伴い、配線パターンの切断、個別布線の追加指示なども自動的に製造部門に指示する。

4.2 診断データ作成

診断データは、製造不良を摘出し製品の信頼度を確保するためのものである。LSI、パッケージ及び装置の各レベルで、表2に示す検査項目によりテストを行なう。いずれのレベルの場合も、図10に示す処理手順で診断データを自動作成する。故障仮定では、製造不良・部品不良を予測し、考え得るすべての故障回路を定義する。テストパターン発生では、一つの故障回路に対して、故障のない正常回路と識別できるテストパターンを発生する。故障シミュレーションでは、すべての故障回路に対し、そのテストパターンで正常回路と識別可能となる故障回路を調べる。識別不可能だった故障回路については、テストパターン発生にもどり同様のことを繰り返す。LSIでは特に高品質な診断データが要求される。その自動化率は95~100%であり、100%に満たないものは、人手でテストパターンの追加を行なっている。また各レベルで故障辞書を作成し、故障位置指摘の効率を上げている。更に、LSIで

は信号伝搬遅れ時間を測定する径路を決定するとともに、詳細な遅れ時間を計算し厳密な動作速度を検査するAC(時間特性)データも自動作成する。

大規模論理に対しては、診断しやすい論理構造を論理設計段階から考慮することにより、数百~数千ゲート程度の小規模論理に分割して処理する回路分割法も併用している。

以上述べた実装設計の自動化のほか、設計検討用の各種図面、生産用の各種データを自動作成する。

5 製造・検査自動化システムへのつなぎ

部品の高密度化、高集積化により、コンピュータを人手で製造、検査することは技術的に困難である。図11に示すよう

表2 LSI、パッケージ及び装置の検査項目 検査対象に応じた各種診断データで製品の高信頼性を確認している。

レベル	検査の種類	区分	検査対象
LSI	特性値	DC	直流電流・電圧
	論理機能	DC	配線パターンのショート・断線 回路の論理機能の損傷
		AC	内部の特性異常、終端抵抗ぬけ 配線パターン幅の異常細線
	動作速度	AC	特定ルートの信号伝搬遅延時間 立上り・立下り
パッケージ	導通	DC	配線パターンのショート・断線 誤配線
	論理機能	DC	部品の誤取付け・誤配線 部品の論理機能の損傷
装置	論理機能	DC	ユニット間誤接続 パッケージの論理機能の損傷
		AC	動作速度確認

注：略語説明 DC(直流レベル), AC(時間特性)

にLSI、基板(パッケージ、プラッタ)などの各生産工程に対し、各種自動製造機・自動検査機を配備し、製品の高信頼度

を維持している。

これらの各種自動機を含む生産ラインに対し、設計自動化システムから技術情報が、また生産管理システムから管理情報が、オンライン、磁気テープ、フロッピディスクなどを媒体として供給され、設計から製造、検査に至る一貫したシステムとなっている。

6 結 言

以上述べたシステムを駆使して、日立汎用大形コンピュータHITAC M-200Hをはじめ、大形コンピュータの自動設計を推進し、製品の高性能・高信頼性の確保、開発期間の短縮、先端技術の早期適用などの効果を上げている。

今後、超LSI時代を本格的に迎えるに当たり、半導体の技術進歩を先取りしたコンピュータの自動設計を促進し、開発力のいっそうの強化と製品の信頼度向上に努力してゆきたいと考える。

平素から自動設計の推進に当たって、適切な御指導、御協力をいただいている関係各位に対し、深く謝意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 萱島, 外: 最近のコンピュータ技術の動向, 日立評論, 61, 835~840 (昭54-12)
- 2) 大矢, 外: コンピュータ用超LSI, 日立評論, 61, 847~850 (昭54-12)
- 3) H. Horikoshi et al.: An Example of LSI-Oriented Logic Implementation In a Large-Scale Computer, The HITAC M-200H, Proceedings of '80 COMPCON. (1980)
- 4) Y. Ohno et al.: Logic Verification of Very Large Computers Using LSI's, IEEE Proc. of 16th DA Conf. (1979)

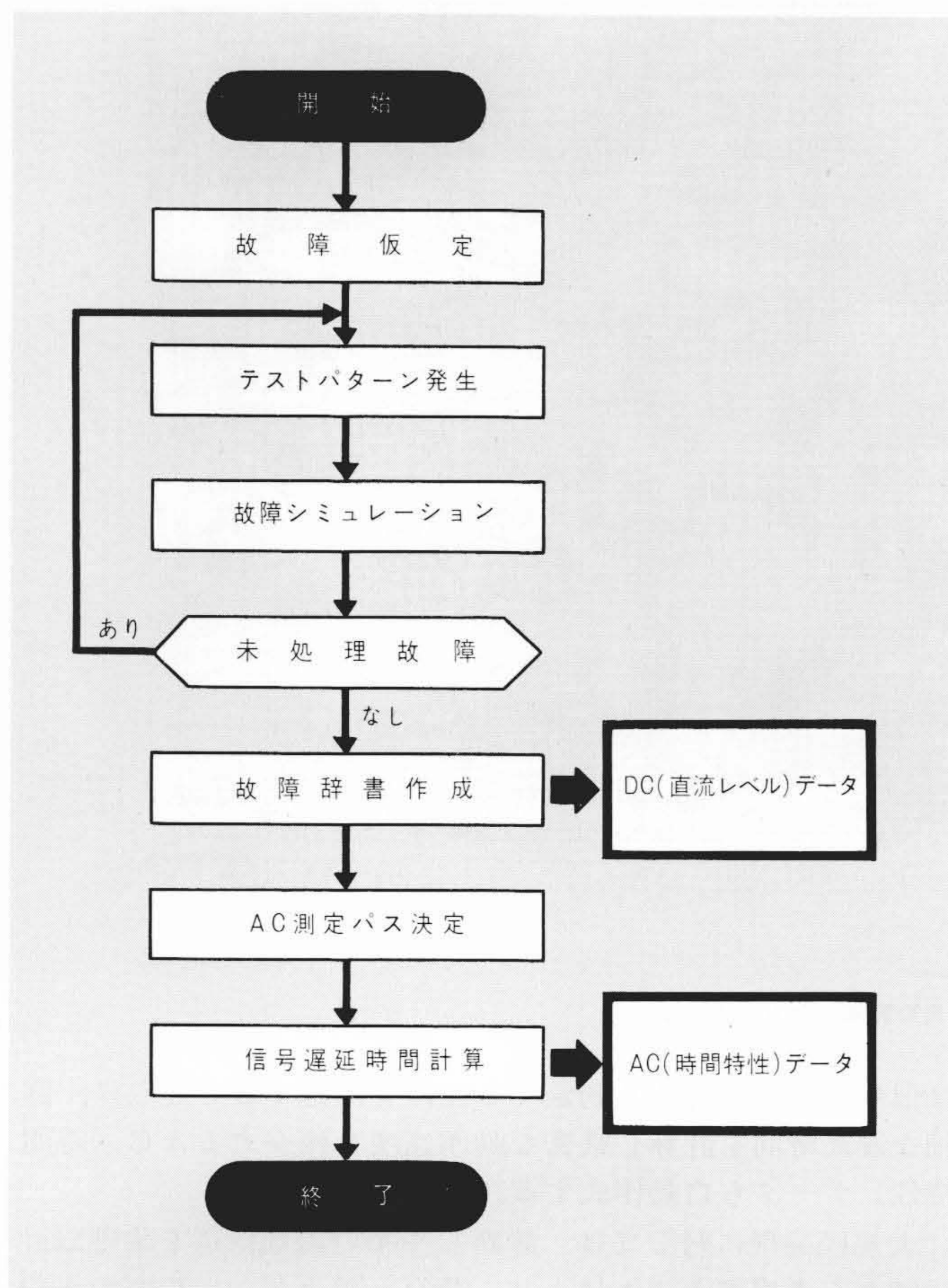


図10 診断データの自動作成手順 最新の自動化技術を使用し、高品質の診断データを作成する。

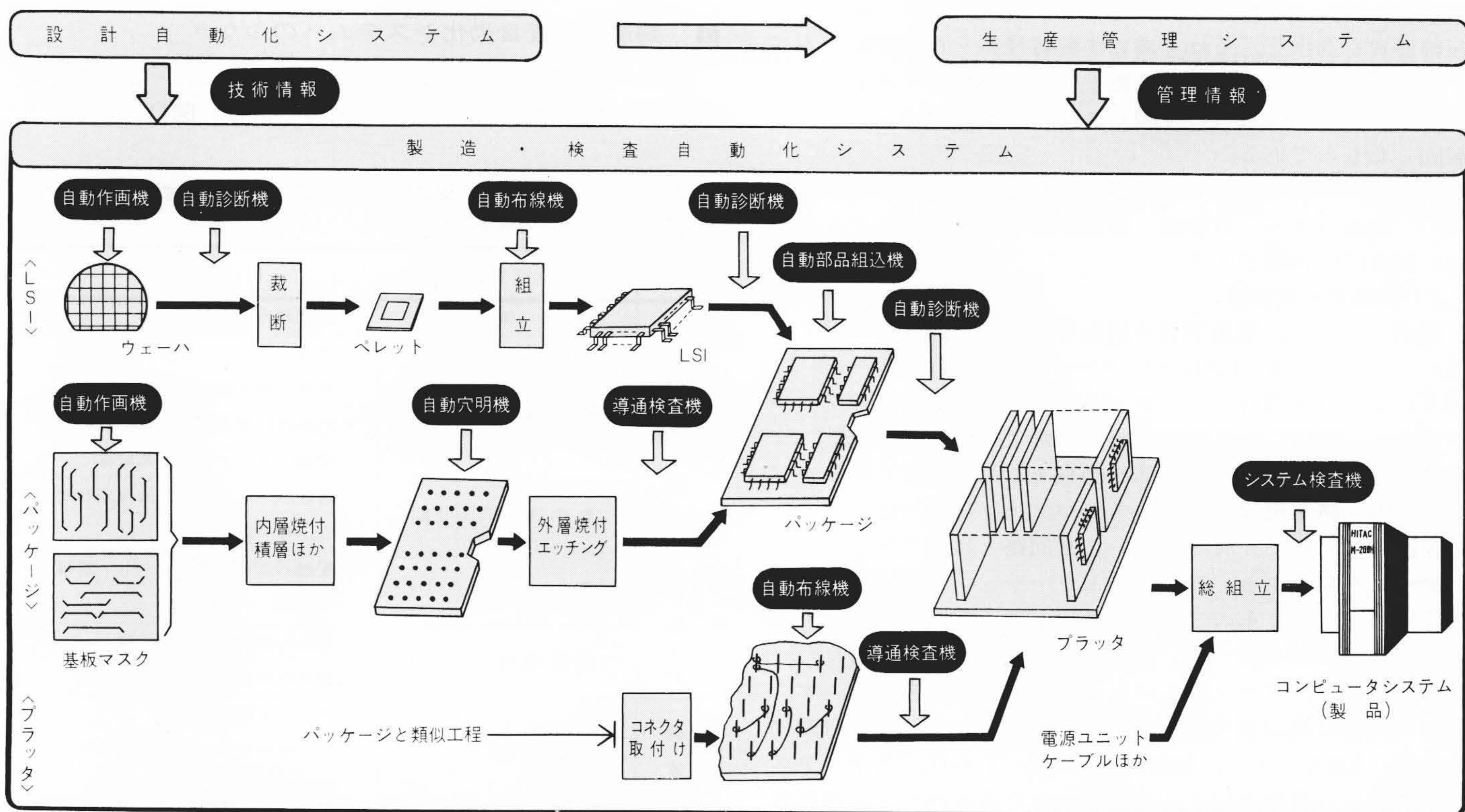


図11 製造・検査自動化システム 各種自動機に対し、技術情報と管理情報が同期化して供給される。