

マイクロコンピュータの電子計算機における応用

Application of Microcomputers to Computer Systems

電子計算機分野では端末装置及び小形コンピュータにマイクロコンピュータを使用している。これは、小形、高性能、高信頼度であることはもちろん、顧客の多様な仕様に対して短納期で低価格な装置にするためである。

江口純生* Eguchi Yoshio

佐竹省造* Satake Shôzô

これらの利点を実現する手段として、設計時にハードウェア及びソフトウェアの標準化を行ない、これらを組み合わせることによって製品を完成している。これによって設計工数を大幅に低減するとともに、デバッグツールを用い製品を早期完成し、また信頼度を確保するためにLSIの全数検査及びエージングを実施している。

1 緒言

電子計算機分野では、マイクロコンピュータは端末装置のインテリジェント化を容易に実現できるものとして利用している。マイクロコンピュータを利用したときの利点として、部品点数の削減による小形、高信頼度、低価格などがあるが、その他にハードウェアの標準化、仕様変更ソフトウェアで対処できる柔軟性がある。

電子計算機分野で利用しているマイクロコンピュータとしては、1チップ8ビットタイプのもの及びビットスライスタイプのものであるが、最近では1チップ16ビットのものが発表され注目されている。マイクロコンピュータの高速、高性能化への発達は目覚ましく、現在では端末装置だけでなく小形コンピュータにも応用されてきている。

この論文では端末装置及び小形コンピュータで、マイクロコンピュータの一般的応用例を示し、その場合に必要となる設計支援システム、信頼度確保のための品質管理について紹介する。なお、現在電子計算機分野で利用可能なマイクロコンピュータ及び周辺用のLSIを表1に示す。

2 端末装置

2.1 ハードウェア構成

端末装置はホストコンピュータ(中大形コンピュータ)と接続してあるが、ある程度の内部処理を行なっている。すなわち、端末装置の機能としては、入力装置からのデータをチェック及び編集などの内部処理を行なってホストコンピュータへ転送したり、逆にホストコンピュータからのデータを出力装置に規定の書式で出力する。これらの機能を実現するために、端末装置では1チップタイプのマイクロコンピュータを使用している。

端末装置は、顧客によって接続する周辺装置の要求仕様及び機能が異なることが多い。このため、端末装置ではあらかじめ周辺装置のモジュール(アダプタ)を用意しておいて、各顧客の要求に従ったモジュールを組み合わせることで対処することが有効であるし、ハードウェアの標準化ができる。図1に端末装置のハードウェア構成を、表2に主なモジュールの機能を示す。

この端末装置では、マイクロコンピュータを実装しているプロセッサモジュール、同期信号を発生する時間及び割

込み制御モジュール、プログラム及びデータを格納するRead Only Memory(ROM)、Random Access Memory(RAM)は必要であるが、他のモジュールは任意に選択できる。特に、これらのモジュールの特徴として、実装効率を良くするため、例えば印刷回路板(Printed Circuit Board: PB)1枚で実装するためにマイクロコンピュータだけでなく表1に示す周辺LSIを使用している。また、PBを実装する

表1 マイクロコンピュータと周辺LSI一覧 電子計算機で使用できるLSIである。

品名	機能名	周辺LSI
6800	8ビットマイクロコンピュータ	割込み制御用LSI
6809		ダイレクトメモリアクセス用LSI
8080A		回線用LSI
8085A		同期式データリンク用LSI
2901	ビットスライスマイクロコンピュータ	フロッピディスク制御用LSI
9405		陰極線管制御用LSI
68000	16ビットマイクロコンピュータ	
8086		

表2 端末装置のモジュール機能 各モジュールではLSIを使用している。

モジュール	機能
プロセッサ	<ul style="list-style-type: none"> ●マイクロコンピュータ内蔵 ●データ幅: 8ビット ●アドレス空間: max. 65kバイト ●DMA: 8モジュール
時間及び割込み制御	<ul style="list-style-type: none"> ●同期信号発生 ●割込み制御 ●時間監視 ●エラー管理
ROM	●イニシャルプログラム
RAM	●プログラム及びデータ

注: 略字説明 DMA=Direct Memory Access

* 日立製作所神奈川工場

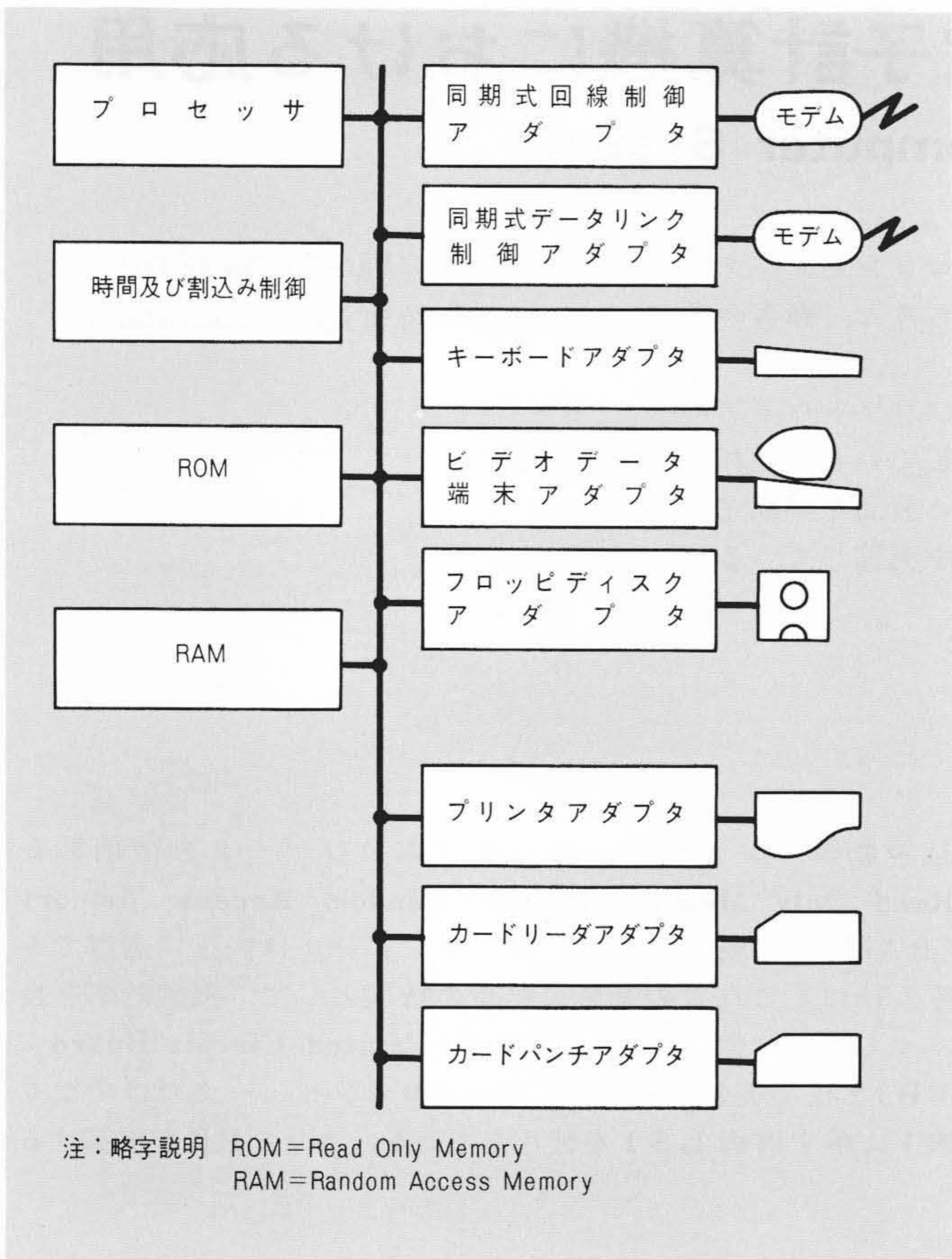


図1 端末装置のハードウェア構成 各モジュールは、印刷回路板 (PB) 1枚である。その他の周辺装置用のモジュールもある。

Back Board (BB) のすべての信号をバス構造にしてあげれば、PB を任意の位置に実装することもできるため、顧客の要求に応ずることが容易である。図2に顧客要求による端末装置 (a), (b) 二つの例を示してある。このようなハードウェア構成としているため、顧客は短納期で低価格な端末装置を利用できることになる。

2.2 ソフトウェアの構成

1 チップタイプのマイクロコンピュータのプログラム作成

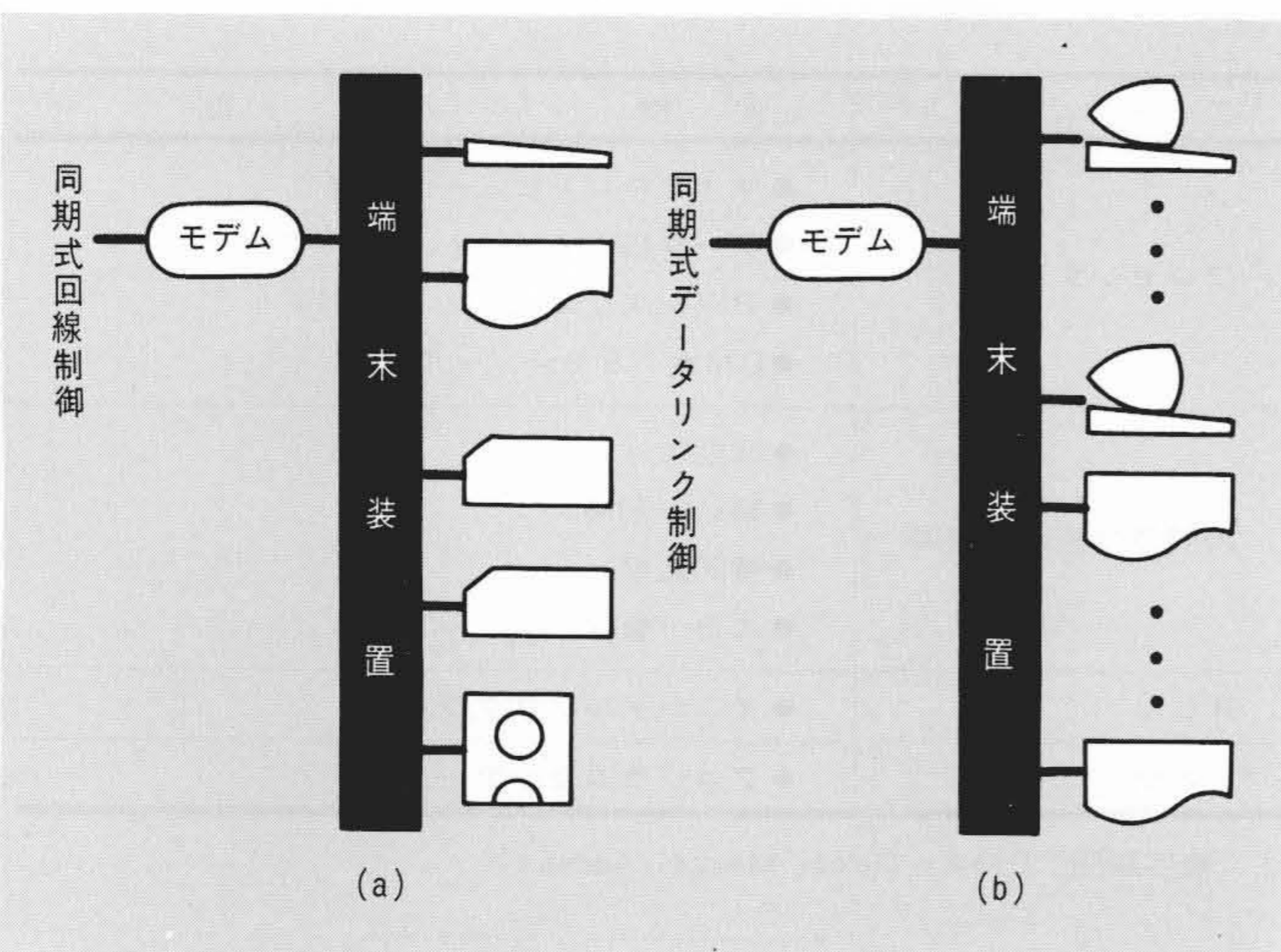


図2 顧客要求による端末装置の構成例 端末装置では顧客の要求が多様であり、接続する周辺装置の組合せが異なる。

のための言語処理プログラムは、アセンブラのほかに高級言語が半導体メーカーで用意されている。この二つの言語処理プログラムのうち、どちらを使用するか選択しなければならない。選択の基準としては、設計工数と記憶容量に関係している。この関係を図3に示す。すなわち、アセンブラはプログラム作成に時間がかかるが、記憶容量が少なくかつ実行効率が良い。これに対し、高級言語はアセンブラほど記憶容量の効率は良くないが、プログラム作成工数が少なくかつ変更が容易であり、プログラムの標準化も容易であるという特長がある。このため、端末装置では高級言語を使用する傾向にある。

プログラムの作成方法として、各顧客によって異なったハードウェア構成に対処するために、端末装置の処理を分割しプログラムをモジュール化している。特に、モジュール化したプログラムの特長は、入力データ、処理及び出力データを明確にしていることである。この特長によって、ハードウェアの構成が決まると、それに対応したモジュール化したプログラムを組み合わせることによって対処できる。このように、組合せでプログラムを構成することにより構造プログラミングを容易に採り入れることができる。図4に構造プログラミングの構成を示す。主プログラムはモジュール化したプログラムを組み合わせるためのものであり、端末装置のハードウェア構成に対応して処理する。このように、ソフトウェアについてもプログラムをモジュール化することによって標準化し、ハードウェアの標準化同様、効率良く設計することができる。

プログラム作成時の翻訳及びシミュレーションを一連の流れとして大形計算機で支援することにより効率的な設計をしている。図5にソフトウェア支援システムを示す。この支援システムは、ソースプログラムの入力方法として、カードによる方法と時分割システム (Time Sharing System: TSS) による方法を備えている。カードを入力する場合、直接翻訳する方法と編集を介し原始プログラムファイルを作って翻訳する方法がある。TSS及びカードを使って原始プログラムファイルを作っておくと、プログラムの変更及び修正をTSSで効率良く行なうことができる。翻訳をすると、翻訳の結果をリストに出力すると同時に、目的プログラムファイルを作る。この目的プログラムファイルをプログラムのモジュールごとに

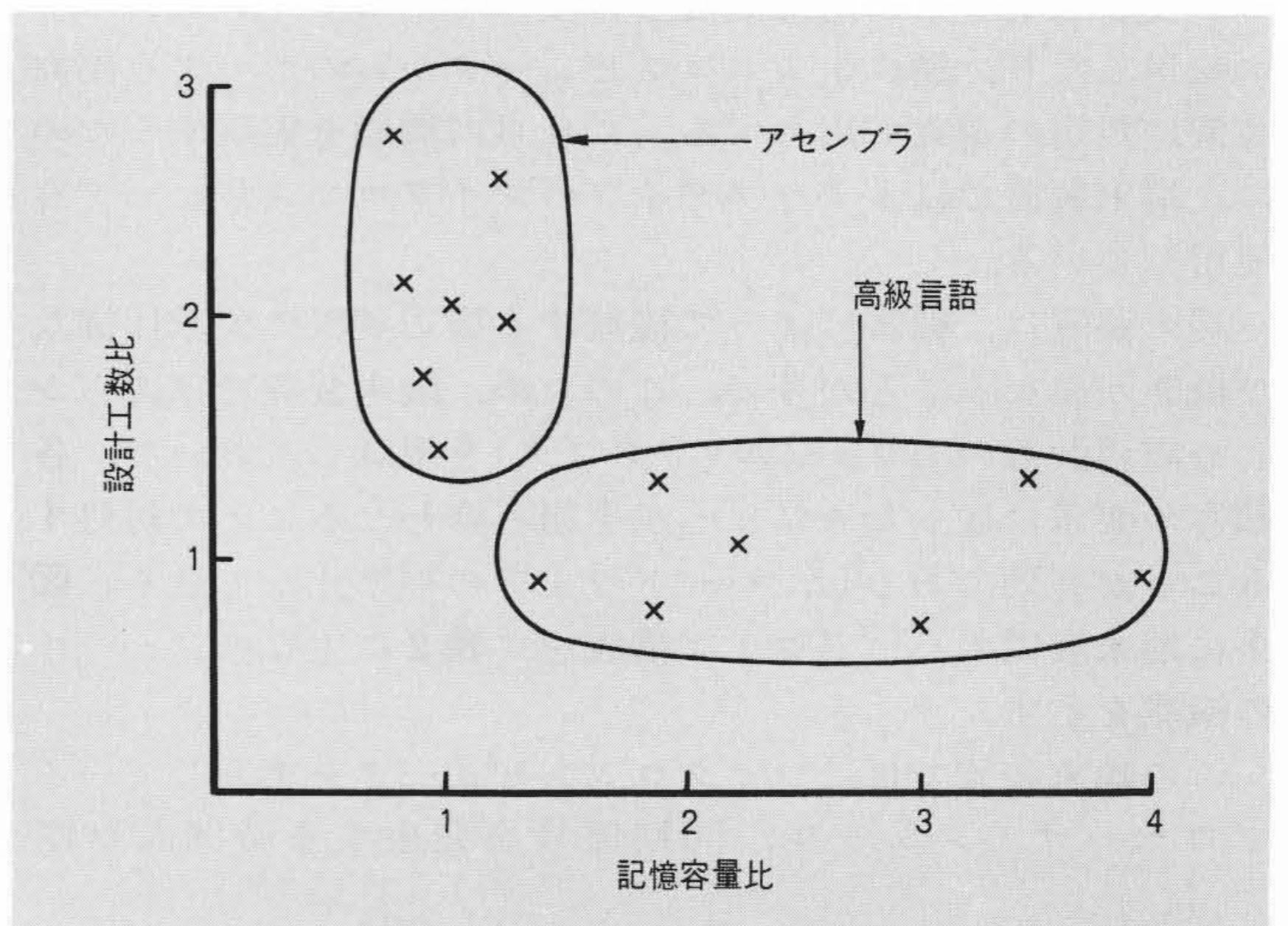


図3 アセンブラと高級言語の比較 アセンブラの設計工数は高級言語の約2倍、高級言語の記憶容量はアセンブラの約2倍となる。

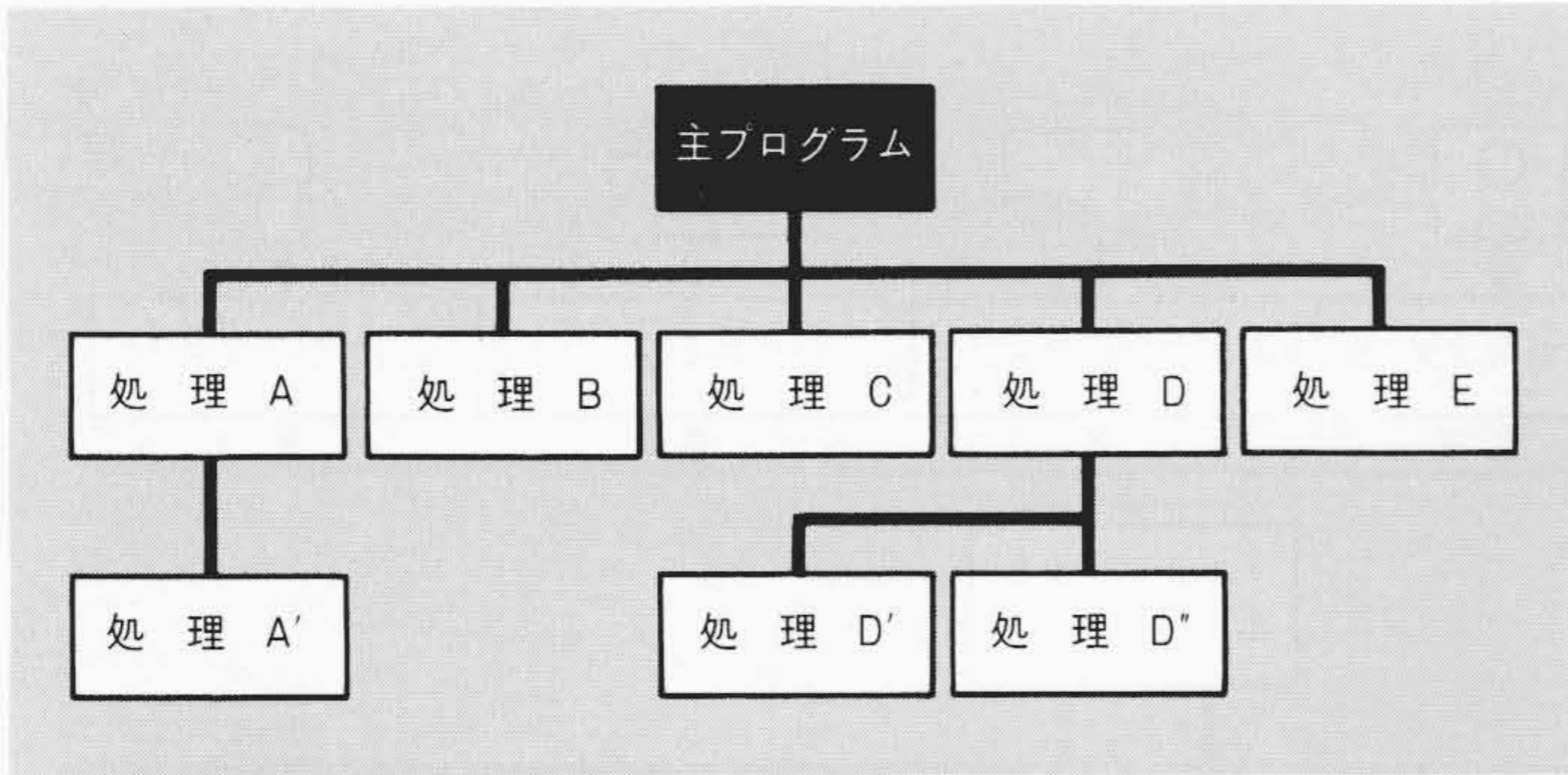


図4 構造プログラミング 各処理は標準化されたプログラムである。

作っておいて、端末装置に必要な処理を結合することによりロードモジュールを作る。ロードモジュールはシミュレーションを行ない、所定の処理が正しく行なわれているかどうかをチェックする。シミュレーション結果が正しければ、ロードモジュールをフロッピディスク又は紙テープに出力する。紙テープへの出力はROMに書き込む場合に使用している。

3 小形コンピュータ

3.1 ハードウェアの構成

小形コンピュータの場合、同じシリーズのコンピュータ間でソフトウェアの互換性を保つため、命令をLSIの外部で任意に設定できるビットスライスマイクロコンピュータの使用が可能である。小形コンピュータの中央処理装置(CPU)の例として図6に概略構成を示す。この図で、演算論理部(Arithmetic Logic Unit: ALU)にビットスライスマイクロコンピュータを使用し、また、順序制御部にも同種のビットスライスLSIを使用している。順序制御部は、この小形コンピュータの動作を規定するマイクロプログラムを制御するものである。この小形コンピュータには次に述べるような特徴をもたせることができる。

- (1) ALUは最大アドレスを一度で効率良く計算できるビット構成がとれる。
- (2) ALUと順序制御部のLSIを使用している部分は、信頼度を高くするために、二重構成が容易である。

小形コンピュータの全体構成例を図7に示す。小形コンピュータでは、セクタポートを介して高速な周辺装置を接続し、マルチプレクサポートを介して低速な周辺装置を接続する。ここで、入出力制御アダプタ(Input/Output Control Processor Adaptor: ICPA)は1チップタイプのマイクロコンピュータを内蔵し、ICPAで制御する周辺装置はROM/RAMの内容で決まる。すなわち、フロッピディスク及び低速な周辺装置のアダプタはハードウェア上は全く同一であり、ICPAは汎用性のあるモジュールである。

以上のように、小形コンピュータではビットスライスマイクロコンピュータと1チップタイプのマイクロコンピュータを使用している。周辺LSIでは端末装置で使用しているものほかに、Cyclic Redundancy Check用LSIとかFirst-In First-Outなどの汎用LSIも使用している。

3.2 ソフトウェアの構成

ビットスライスマイクロコンピュータを使用した場合、ソフトウェアの作成手順は図5に示したソフトウェア支援システムと同等であるが、1チップタイプのマイクロコンピュータの場合と異なり、半導体メーカーで翻訳及びシミュレータを用意していない。すなわち、ビットスライスマイクロコン

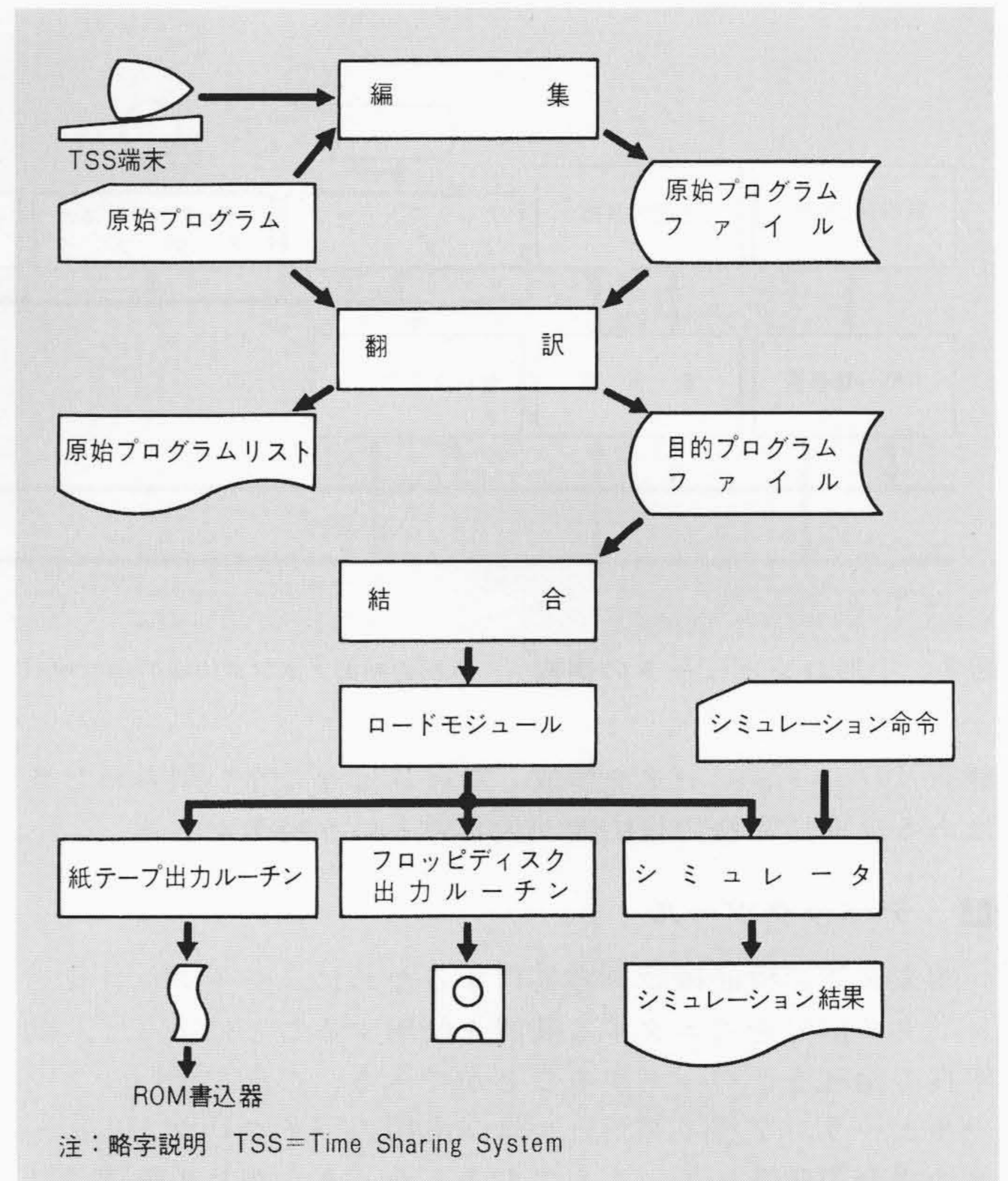


図5 ソフトウェア支援システム 大形コンピュータでプログラム作成を支援している。

ピュータではハードウェアを任意に構成できるため、その構成に適した翻訳及びシミュレータを作成しなければならない。

翻訳ではマイクロプログラムアセンブラが必要になる。マイクロプログラムアセンブラで作ったマイクロプログラムは図6の制御記憶装置に格納してあり、CPUの動作を制御する。シミュレータではビットスライスマイクロコンピュータは、1チップタイプのものに比べ内部論理が明確になっているため、内部論理をゲートレベルに分解し、シミュレーションしている。

以上のように、ビットスライスマイクロコンピュータは、

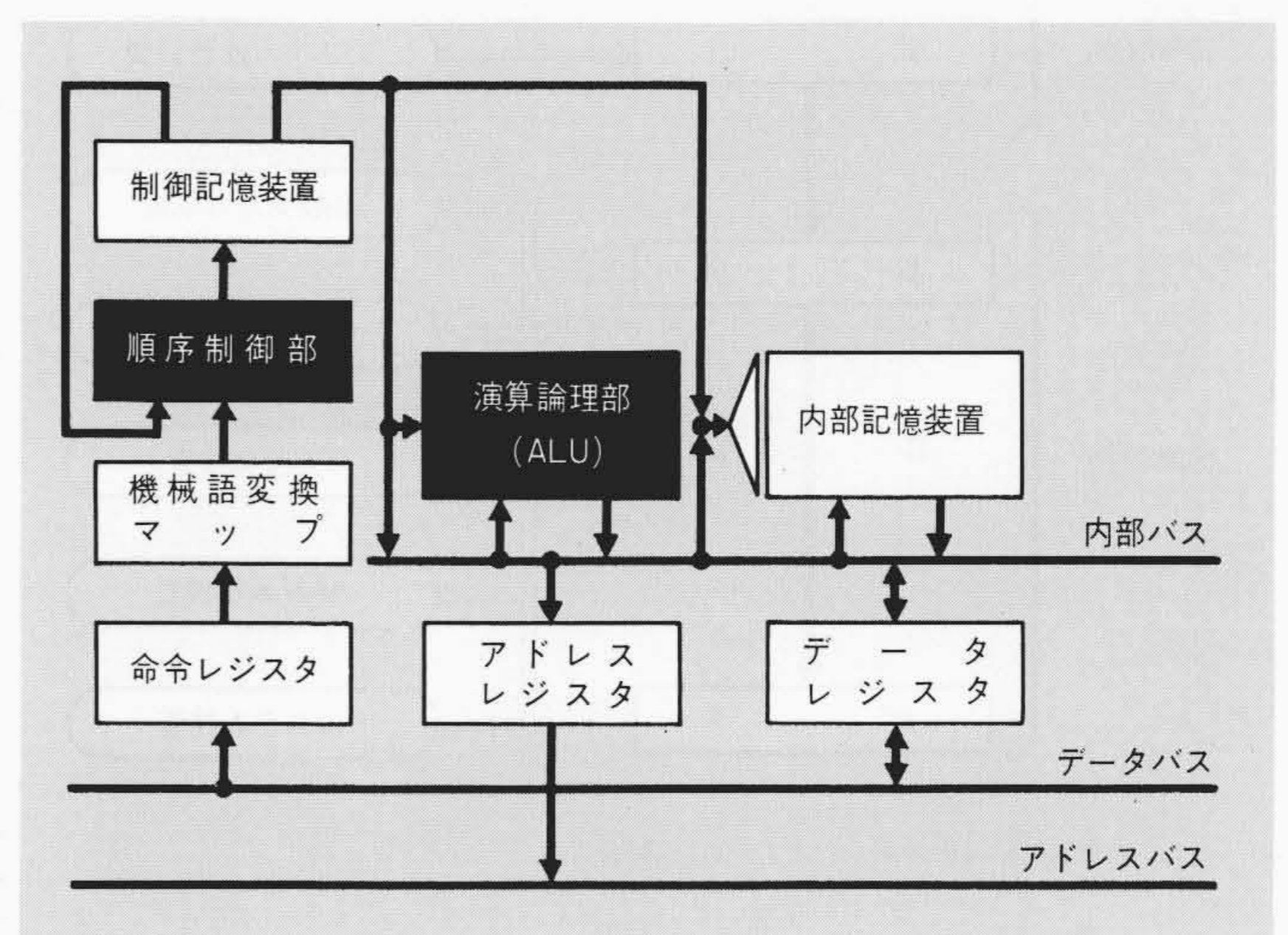


図6 小形コンピュータの中央処理装置 ビットスライスマイクロコンピュータを使用し、同じシリーズのコンピュータと互換性を保っている。

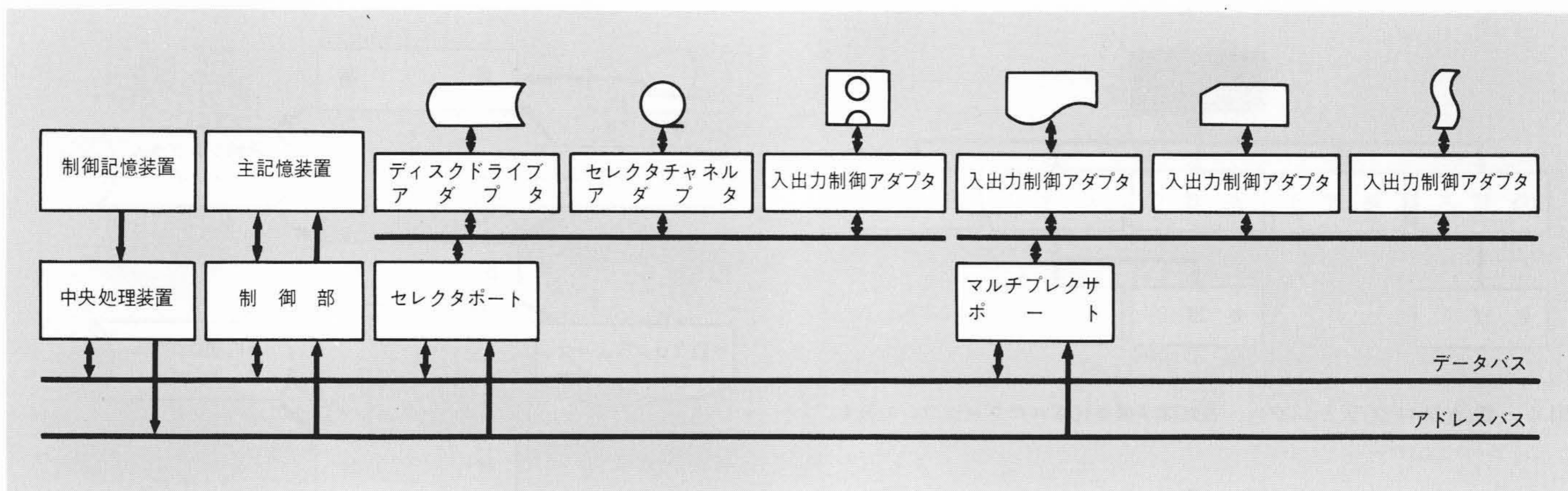


図7 小形コンピュータの構成 入出力制御アダプタ(Input/Output Control Processor Adaptor: ICPA)が標準化したアダプタである。

翻訳及びシミュレータを作成しなければならない煩わしさはある反面、命令の自由度が大きいという特徴がある。

4 デバッグツール

端末装置の機能確認を容易にするために、マイクロコンピュータの信号をモニタする装置を使用することによって、効率良く論理をデバッグすることができる。これをデバッグツールという。デバッグツールは、汎用のマイクロコンピュータの場合市販されているものもあるが、あらかじめ論理設計の段階で設計するとよい。特に、端末装置ではBBをバス構造にしているため、データを容易にモニタできる。このデバ

ッグツールには次のような機能がある。

- (1) マイクロコンピュータの入出力信号のモニタ機能
- (2) アドレスブレイク機能及びステップモード機能
- (3) マイクロコンピュータのレジスタ及びRAMの内容を確認したり変更する機能

また、市販されているデバッグツールには、モニタしたデータをデバッグツール内のRAMに書き込み、マイクロコンピュータの命令で表示する機能があり便利である。

このほかのデバッグツールとしてエミュレータ(ハードウェアシミュレータ)がある。エミュレータは本来マイクロコンピュータを実装すべきところに置き、周辺論理をデバッグするのに適している。

5 信頼度

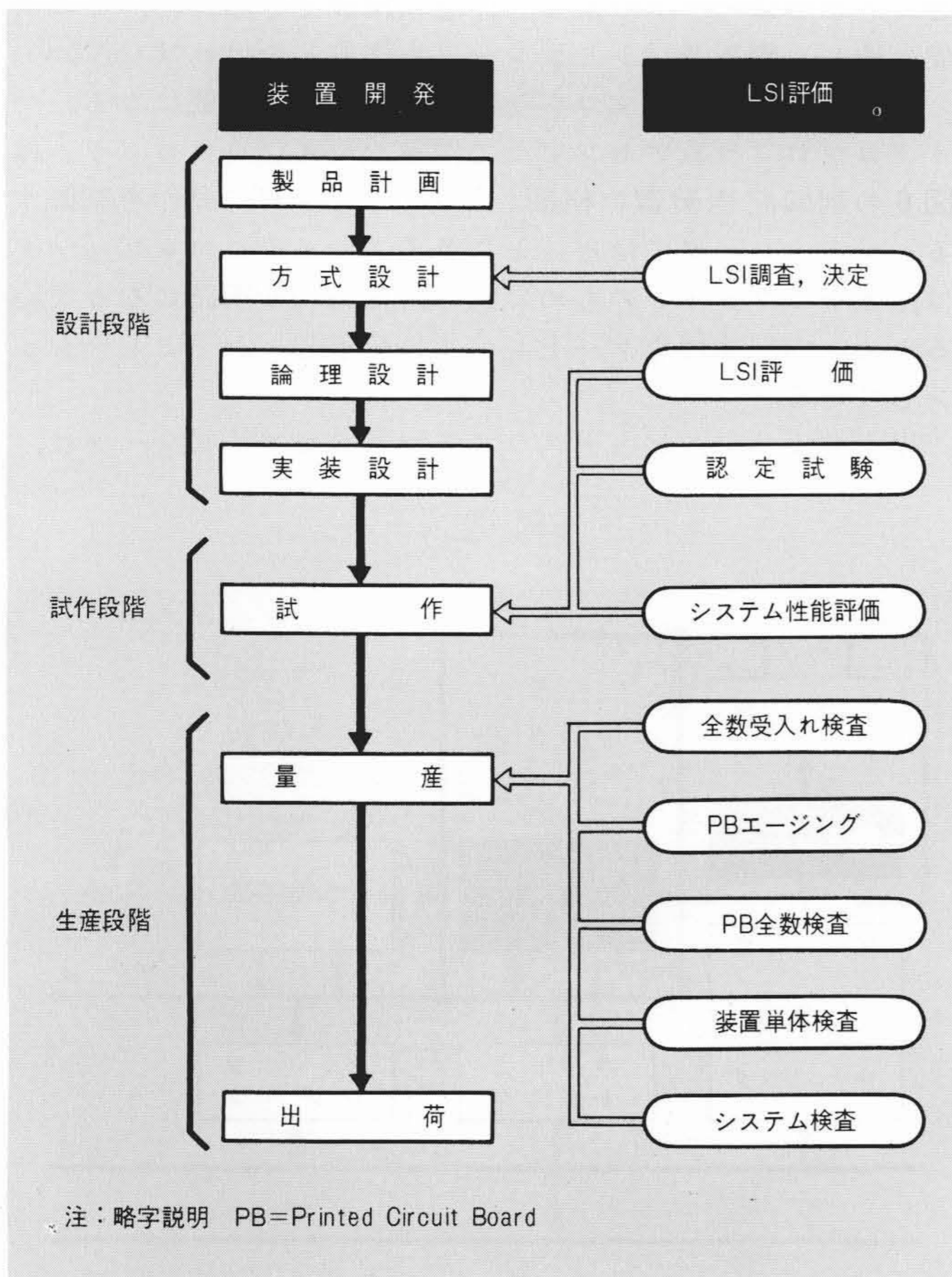
マイクロコンピュータ及び周辺LSIの信頼度を確保するために、装置の開発段階に応じてこれらのLSIをどのように評価しているかを図8に示す。この図で信頼度を確保する項目は、認定試験、全数受入れ検査、PBエージング、PB全数検査、装置単体検査及びシステム検査である。認定試験は装置で使用するLSIが信頼度上適しているかどうかを試験する。この試験項目として電気的特性試験(直流特性試験、機能試験、交流特性試験)だけでなく、機械的特性試験(封止、捺印、はんだ付性など)や信頼度試験(高温動作寿命試験、温度サイクル試験など)がある。これらのすべての試験項目に合格したLSIだけを装置で使用している。

全数受入れ検査では、電気的特性試験及び機械的特性試験を実施している。特に受入れ検査では、後工程に不良品を流さないように電氣的に余裕のあるものを全数検査することにより保証している。

PBエージングは、LSIをPBに実装した後、高温でエージングすることにより初期不良となるものを除外するために実施している。

6 結 言

マイクロコンピュータを導入したときの利点は緒言で述べたが、これらの利点を生かすためには、ソフトウェアの支援を充実しなければならない。また、信頼性を確保するために、検査法を確立しなければならない。このためにはテストを整備することはもちろん、装置での実績をフィードバックし、テストプログラムを充実することが必要である。更に、今後半導体の進歩によってより高速、高性能なマイクロコンピュータが出現したときに即応できる体制が必要であろう。



注: 略字説明 PB=Printed Circuit Board

図8 装置開発とLSI評価の流れ 十分評価し、合格したLSIだけを装置に使用している。