

Ⅲ．訓練内容確定の問題

1. 内容の構造化と分類

制御内容をモデル化の手法を用いて動的に捉えて、図に表現すると制御構造が明らかになってくる。電気学会シーケンス制御工学体系化調査専門委員会（1982年）では、制御の「遷移の径路」および「遷移の条件」のふたつの視点から構造の分類をしている。⁽²⁰⁾

ここでは、この資料にモデル化の手法（MFG）による図表現を加え、制御内容構造からの分類を見てみよう。

（1）制御遷移の径路から

制御の各段階を逐次進めてゆくと、各段階間の順序の軌跡ができるが、この軌跡が制御遷移の径路である。制御の各段階が互にどのように関連しているかの径路を追っているもので、径路のでき方は、図Ⅲ-1に示す構造パターンになる。各パターンは次の3要因によって分類される。

- ① 遷移の径路が開いているか、閉じているか。
- ② 遷移の径路が分流するか、合流するか。
- ③ 選択的か並行的か。

この制御遷移の径路で捉えた動作は、制御の各段階の径路を追っていることから、どちらかと言えば、制御対象の要求動作を中心にしたもので、先に述べた制御内容が作られる過程で言えば、第1段階の外面的、現象的なレベルに相当するものであろう。

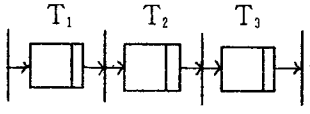
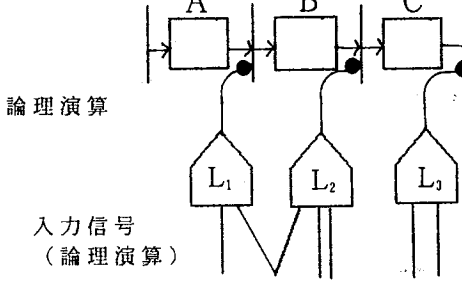
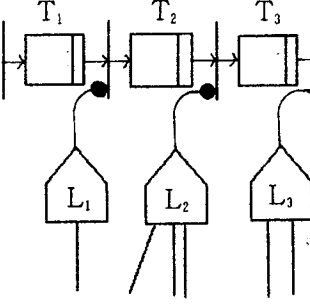
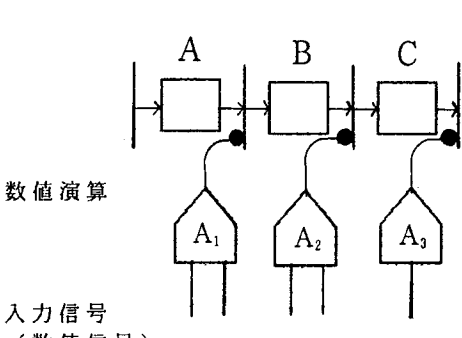
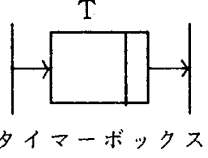

（2）制御遷移の条件から

制御内容の作成過程の第2段階は、制御の論理関係を明らかにすることであったが、これを制御の動的な観点で見ると、制御の遷移していく変り目に論理がどのように関わるかを明確にすることである。この関係をモデルで表わしたのが図Ⅲ-2である。


ここには、ひとつの制御の段階から、次の段階に制御が遷移するとき、種類の違った事象が関係していることが示されている。その種類は、時限、論理、数値であるが、これらの事象の関わり方により制御遷移構造のパターンが表われている。

	種 類	パ タ ー ン	説 明
(a)	直列経路		始点と終点を除き、ある制御段階の前、後に一つだけ制御段階をもつ経路
(b)	閉経路		ある制御段階の前、後に一つだけ制御段階をもつ閉じた経路
(c)	分 岐		段階 A より段階 B または段階 D のいずれかを選択して経路が分岐する。
(d)	合 流		段階 A, B, E の順かまたは、段階 C, D, E の順で経路が合流する。
(e)	分 割		段階 A より段階 B 以降の経路および段階 D 以降の経路へ並行して分岐する。
(f)	結 合		互いに並行な制御の段階 B, および D の終了によって段階 E に結合するような経路。
備 考			<p>□ を制御の一つの段階とし、</p> <p> を段階の変り目とする。</p>

図Ⅲ-1 遷移経路のパターン

種類	パターン	説明
(a) 時限遷移形		各段階に対して、時限が割り当てられ、それらの経過によって段階が逐次遷移する。
(b) 論理条件遷移形		各段階固有の論理条件にしたがって遷移がおこなわれる。 入力信号には同期信号、インタロック信号、トリガ信号等がありこれらに論理演算をほどこす。
(c) 時限+論理条件遷移形		(a), (b) の組合せ
(d) 数値条件遷移形		各段階固有の数値条件にしたがって遷移がおこなわれる。 入力信号は、数値信号であるが、入力信号がパルス信号で、これをカウントするカウンタがAに含まれる場合も多い
備考		 は、出力トランジションに対して、マーク発生後、時間Tを経過しなければ「可点弧」に寄与できない。

図Ⅲ-2 遷移条件のパターン

なお、このパターンの中で、時限が割り当てられた各制御の段階の表現は、 となっているが、これはタイマボックスである。このボックスは、出力側のトランジションに対してはマーク発生後、時間Tを経過しなければ「可点弧」に寄与できないことを示したものである。

2. 内容およびその細目

先に1の「内容の構造化と分類」で見たように、シーケンス制御の内容は、「制御の遷移」で捉えて、ふたつの視点から分類された。その中でも後の図Ⅲ-2の方は、時限、論理、数値などの事象を受け入れて、制御の各段階がどのように遷移するかの構造パターンを描き出している。また、遷移状況だけでなく、制御論理の関わりも示されていることから、主として制御装置の命令処理部の内容になるものである。

以上のことから、主に「遷移条件のパターン」分類資料を中心にして、内容のあり方を考えてみることにする。

まず、パターンの種類 (a)「時限遷移形」と種類 (b)「論理条件遷移形」とを、ふたつの主要な内容構成の要件とした。そして、それぞれ (a) に対しては「プログラム制御」、(b) に対しては「条件制御」という既に定着した概念があるので、この用語を用いることにした。

次に、種類 (a)、(b) の組み合わせである種類 (c) を「条件 + プログラム制御」として、ひとつの要件として取り上げた。

一方、図Ⅲ-1の「遷移径路のパターン」による分類資料については、制御の各段階の径路を追っていることから、制御対象の動作を中心にした分類と考えられた。この動作に、論理等の条件を織り込んで、さらに高次の内容が作られることを考えると、これらのパターンのそれぞれを単独で内容構成の要件としては取り上げないことにした。

ただし、種類 (e)、(f) の並列動作に関してだけは、これを要件のひとつにした。「並列制御」がそれである (表Ⅲ-1の3.)。理由は、PCのプログラムは、命令を順次読み取ってひとつずつ実行する逐次直列型であるため、並列動作をどのように実現するかは問題のあるところなので、これに関する要件を入れておく必要があるためである。

また再度、表Ⅲ-2の「遷移条件のパターン」による分類資料にもどると、この中の種類 (d)「数値条件遷移」の項目を取り上げてないことがわかる。これは、この中の「数

値演算」を(a)の「時限遷移形」における「時限(タイマー)」と同様な取り扱いができるためである。

基本内容を1例として、表Ⅲ-1のように構成した。1~4にあげた標題が基本内容である。1.1~1.2、2.1~2.3等に示されているのが細目である。

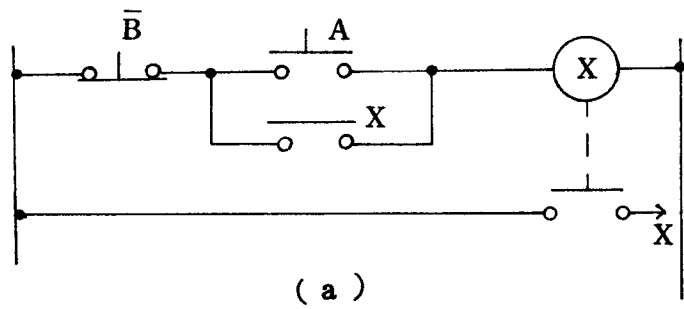
具体的内容細目は、回路で示した。表Ⅲ-1の細目の項目番号に対応した図番号になっている以下の図1.1~4を参照のこと。

回路で示したことの理由は、次のとおりである。

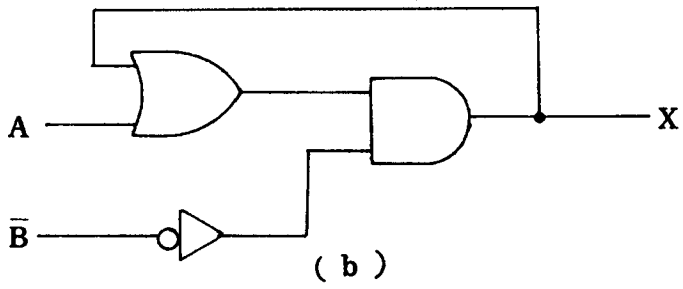
- (1) 制御仕様や制御内容の構造を理解する上では、「制御の遷移」などで表現する利点がある。しかし、回路以外の表現法は、表現の一部に若干の難点があったり、一般への受け入れや普及が十分でないことから、教育・訓練での表現法としては問題が残る。
- (2) それに対して、回路表現は一般性がある。
- (3) また、回路には過去の経験的英知が結集されていて、これを収集することは技術的価値の蓄積となる。
- (4) 回路からPCプログラムの実行アルゴリズムを作ることは、コーディング上の若干の制約はあるものの、簡単でほとんど問題のないものである。

表Ⅲ-1 シーケンス制御の基本内容と細目

1. 条件制御
1.1 自己保持動作
(a) 停止優先
(b) 起動優先
1.2 先着優先動作
2. プログラム制御
2.1 間隔動作
2.2 遅延動作
2.3 繰り返し動作
3. 並列制御
並列動作
4. 条件+プログラム制御
時限遷移動作

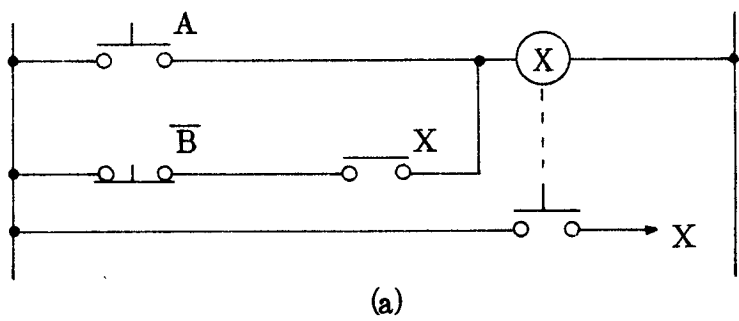


(a)

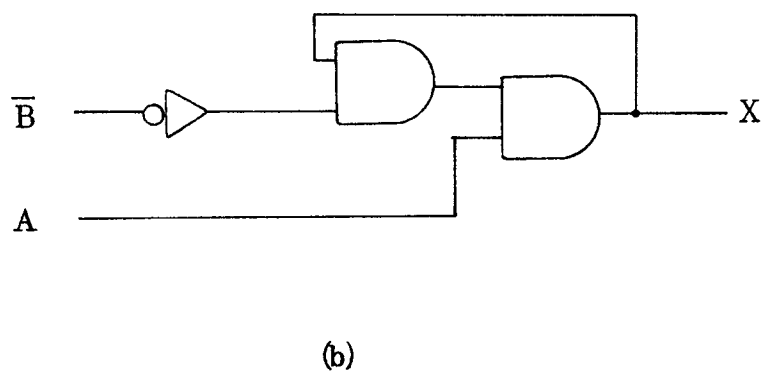


(b)

图 1.1 (a) 停止优先自己保持动作

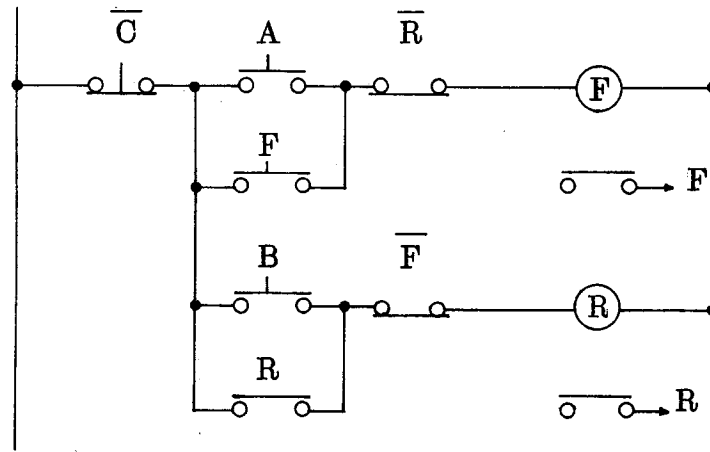


(a)

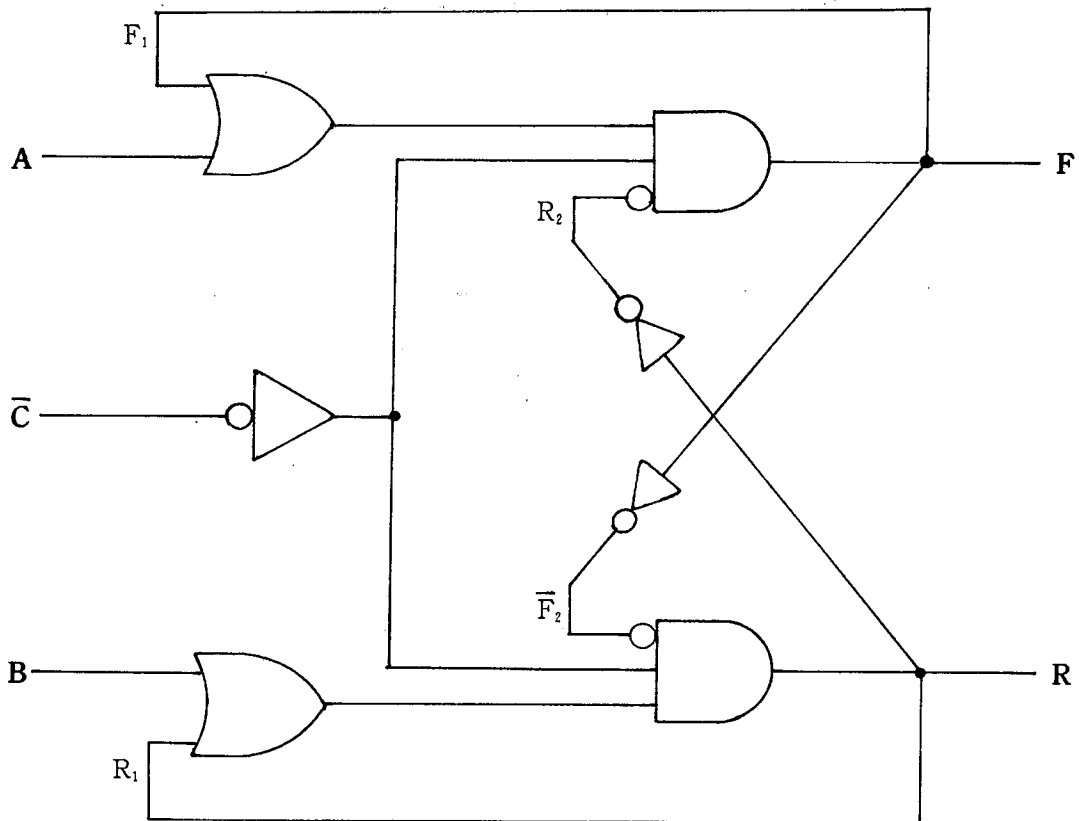


(b)

图 1.1 (b) 起动优先自己保持动作



(a)



(b)

图 1.2 先着優先動作

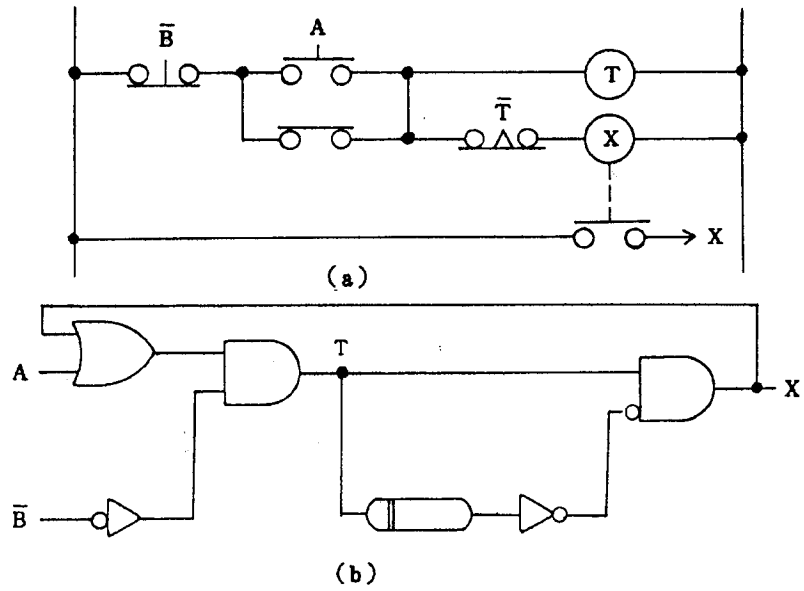


图 2.1 间隔动作

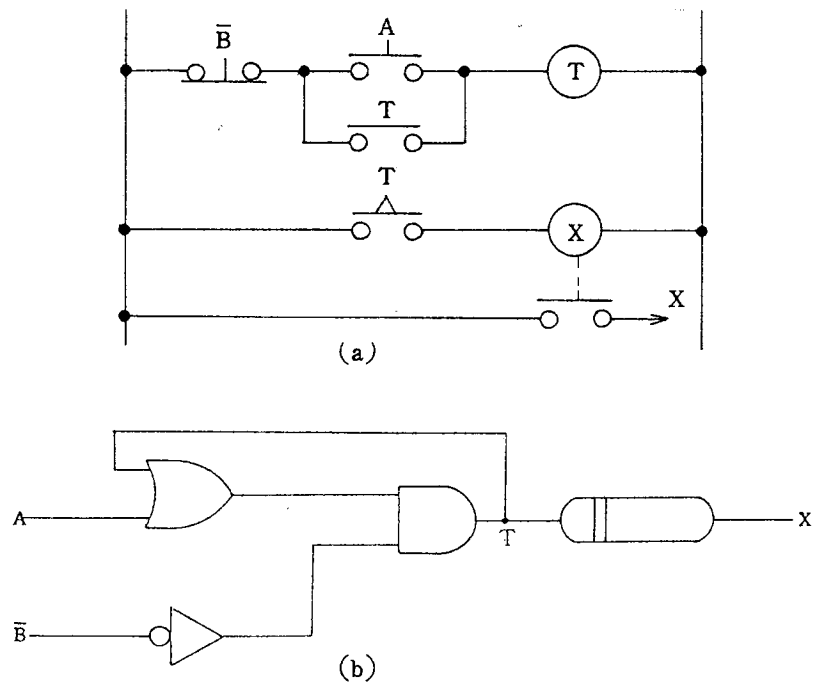
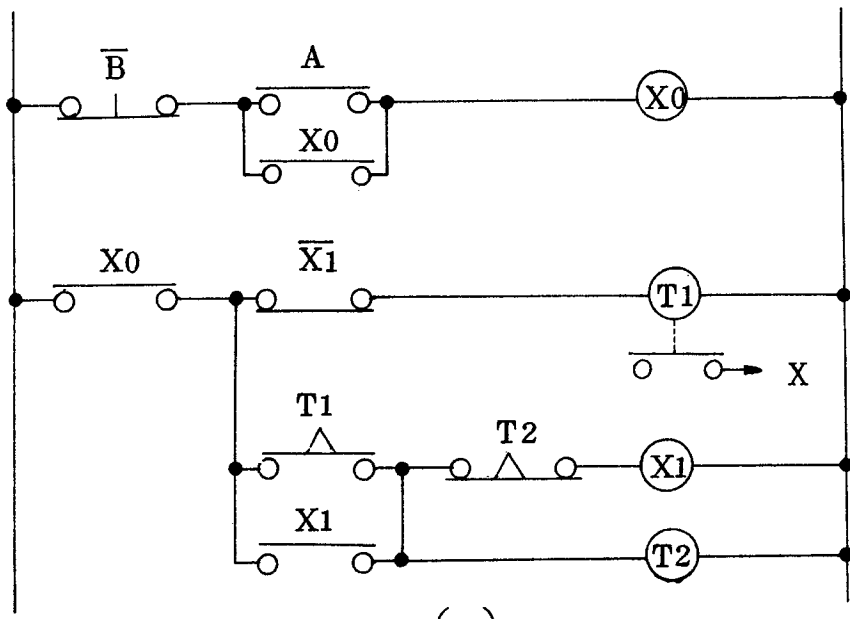
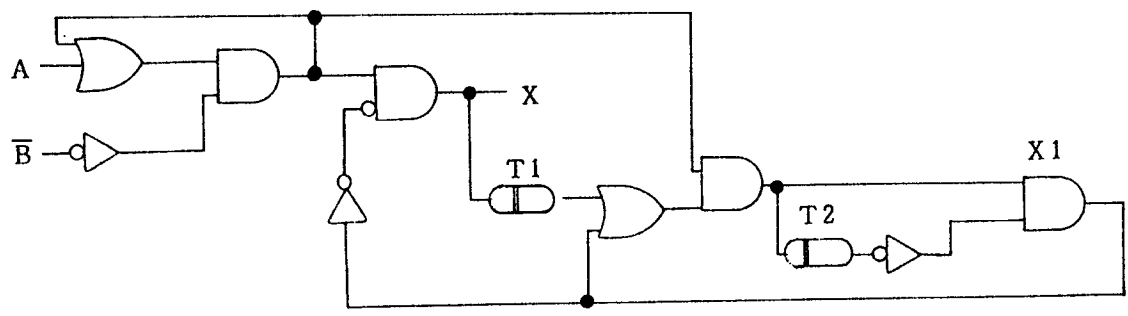


图 2.2 延迟动作

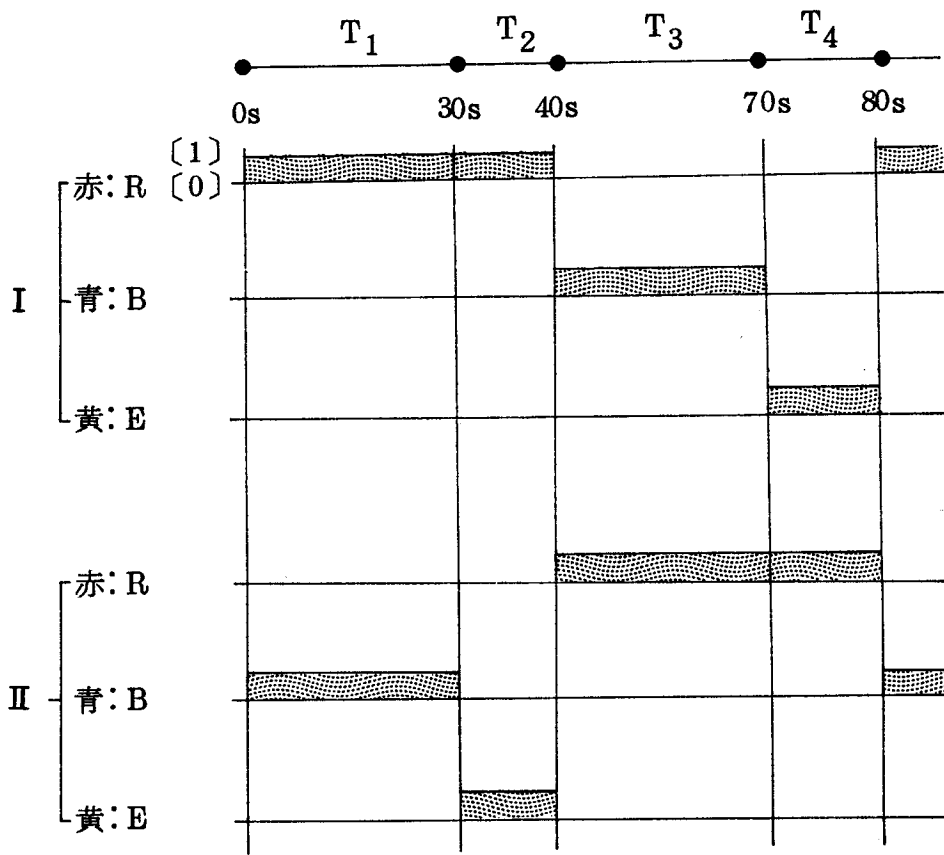


(a)



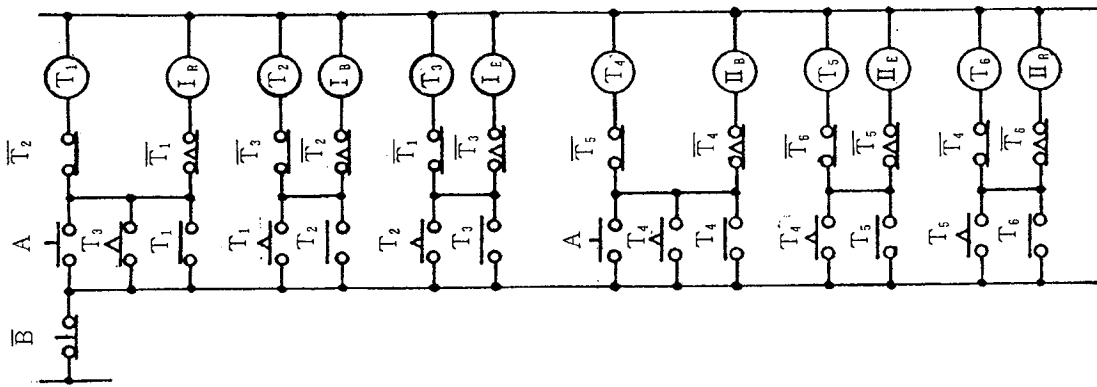
(b)

図 2.3 繰り返し動作

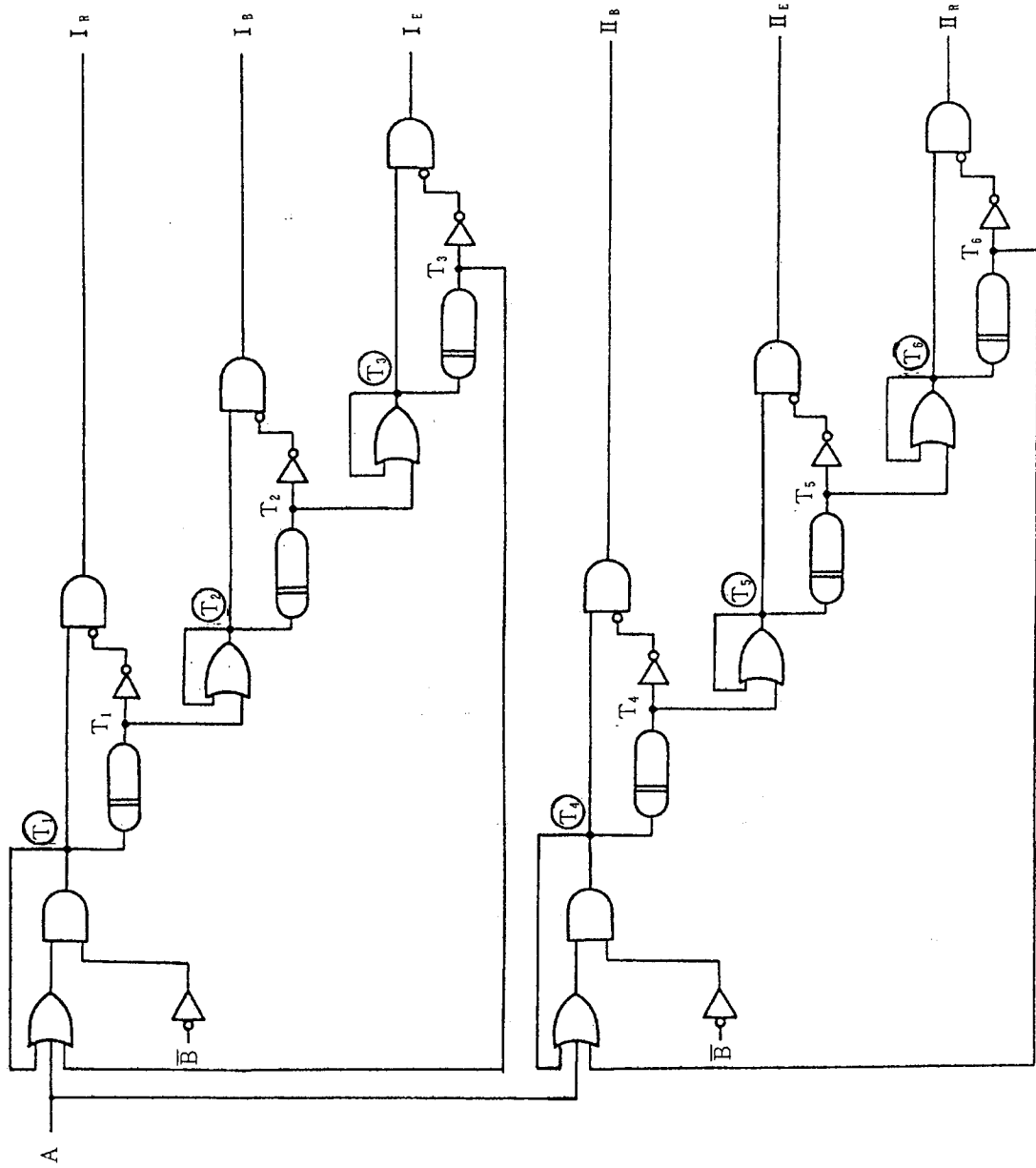


(a) タイムチャート

図3 並列動作

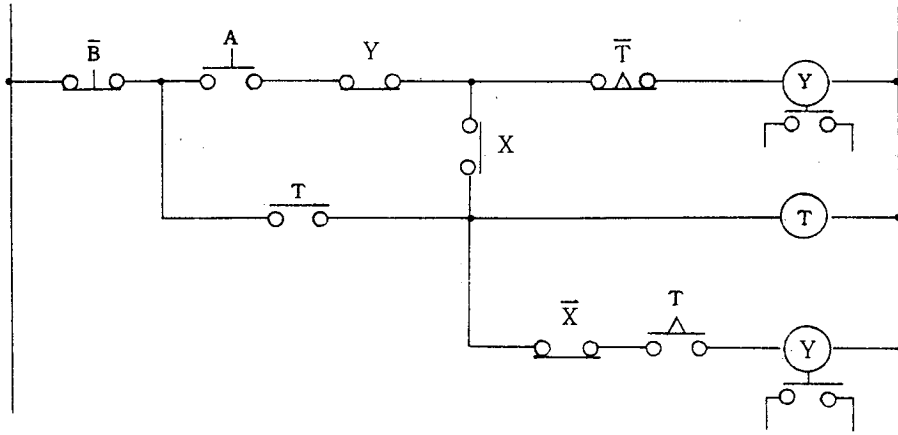


(b)

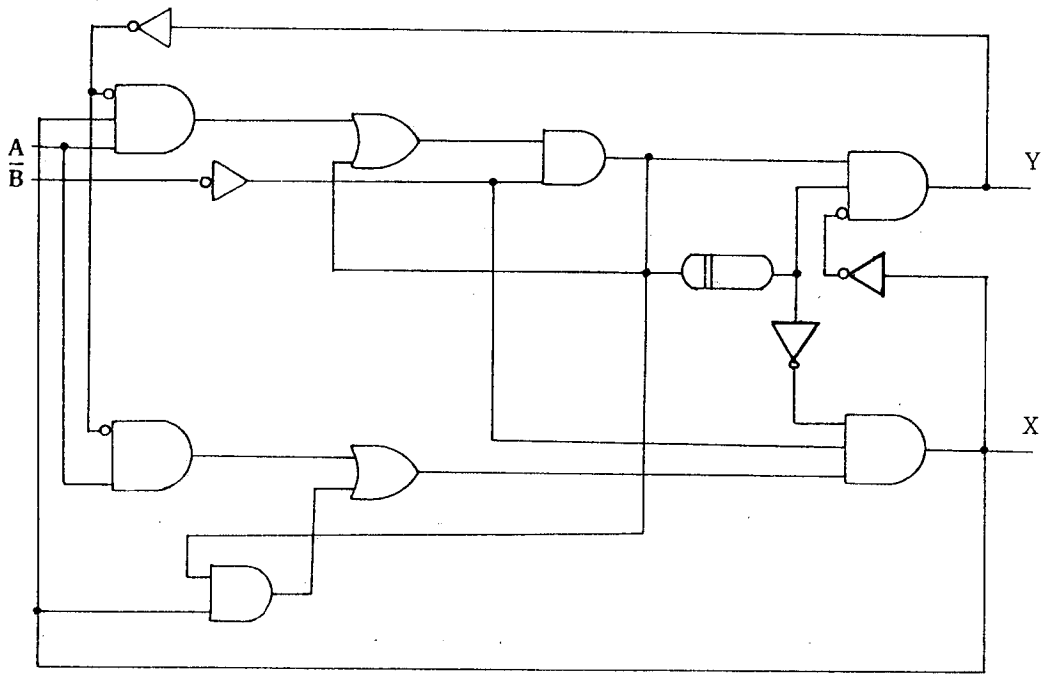


(c)

图3 並列動作 (続き)



(a)



(b)

图4 时限遷移動作

3. 制御対象との関係

これまで、シーケンス制御における基本訓練内容のあり方の支えを、制御内容の構造に求め、内容の検討をした。これは、内容の理解においては重要なことである。

ところで、一方制御内容を作る立場にある人達への訓練ということになると、以上のことに追加すべき事項がでてくる。追加事項は、制御内容作りの方法論（設計法）である。ただ、設計法については、前に触れたように、体系化が十分ではなく教育・訓練上問題となっていたので、ここで取り上げるのは最終の、設計された内容と実行結果との関係の検討の箇所に限ってある。

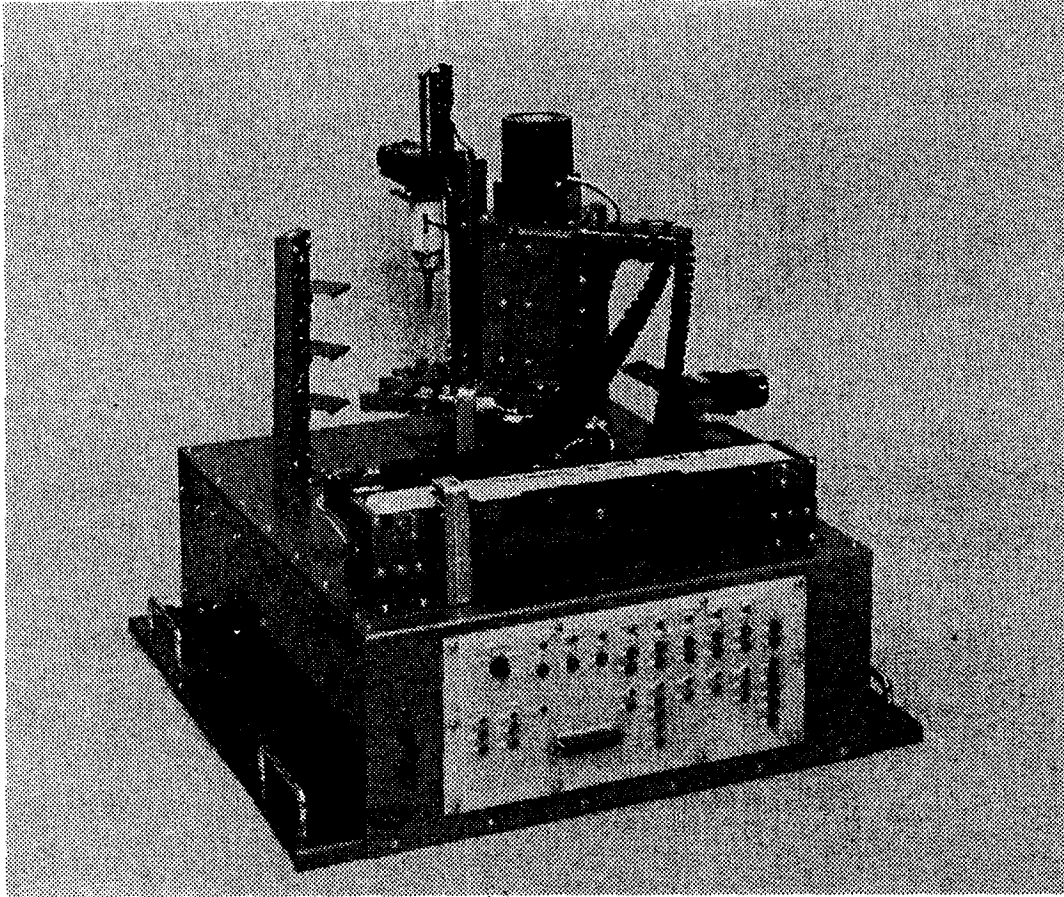
さて、制御内容は制御対象の要求動作から作られるが、一方制御対象の制御動作は、制御内容で決定付けられるという関係にあった。この制御対象の要求動作と制御内容とを比較しながら、初期の目的仕様を満足しているかどうか、問題ある動作となっていないかどうかを実際に制御対象を動作させる試運転を通して検討し、最終的に制御内容に仕上げられることになる。このため、制御対象の試運転は重視される。訓練においては、試運転とは制御実験である。

ここでは、新しく開発した制御対象模擬装置を用いて、まず制御対象の要求動作分析をし、これをモデル化するのにマニュアル動作が有効に活用できることを見る。次いで実際の動作とモデルとの関係を検討するために制御実験が活用できることを見る。

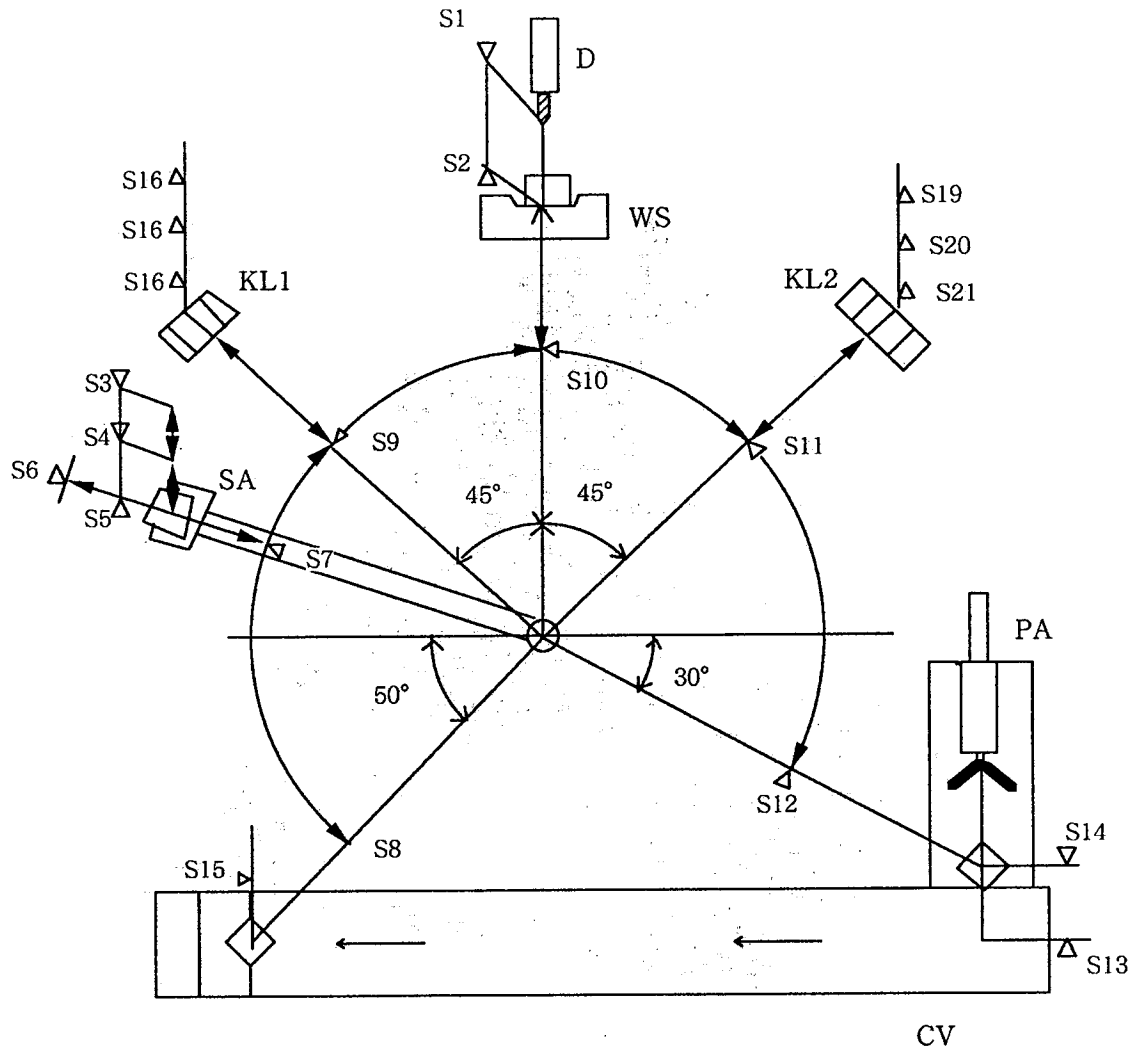
(1) マニュアル動作

既に述べたように、制御内容を作るに当たって、まず初めに明らかにすべきことは、制御対象が要求する動作仕様であった。制御対象の各部の機器のどれをどのように動かすかを決定することである。このとき、各部の機器のそれぞれをマニュアル（手動）で動作させてみると、目的とする一連の動作を正確につかめて、モデルに表現する場合に役に立つ。

これを具体的に見てみよう。図Ⅲ-3は、新しく開発した制御対象模擬装置である。この装置は、図Ⅲ-4に示す動作モードにある動きができるようになっている。これに、次のような搬送・加工動作をさせることを考えてみよう。



図Ⅲ - 3 制御対象模擬装置の外観



S 1 ~ S 21 (▷) : センサー

S A : 搬送アーム (回転角 260°)

W S : ワークステーション (穴あけ加工)

C V : コンベア

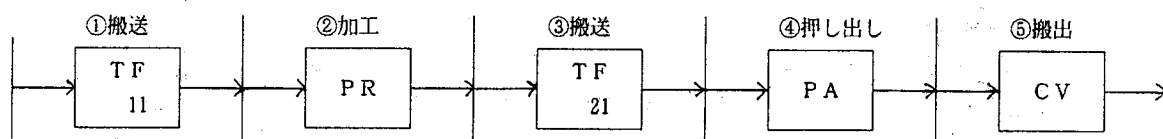
K L 1 ~ K L 2 : 保管庫 (3段)

P A : 材料押し出しアーム

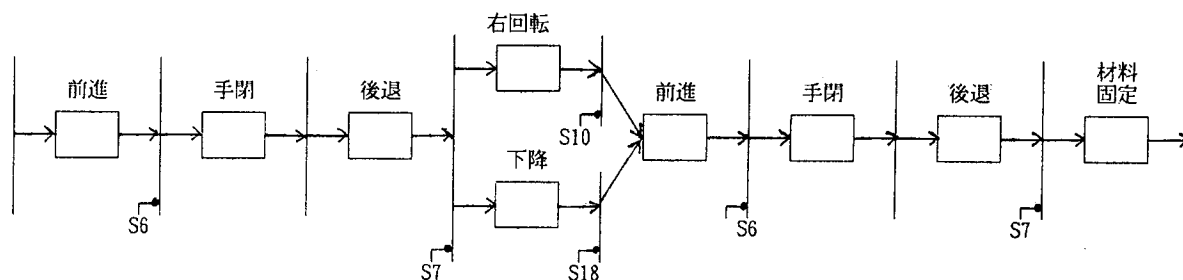
D : ドリル

図Ⅲ - 4 制御対象 (機械加工, 搬送, 保管システム) の動作模式

- ① 保管庫KL1のS16にある材料を搬送アームが搬送し (TF11)、ワークステーションWSにロードする。
- ② ワークステーションが加工する (PR)。
- ③ 搬送アームがアンロードして、搬送し (TF21)、S14に置く。
- ④ 材料押し出しアームが材料を押し出す (PA)。
- ⑤ コンベアCVが搬出する。



(a) 搬送加工



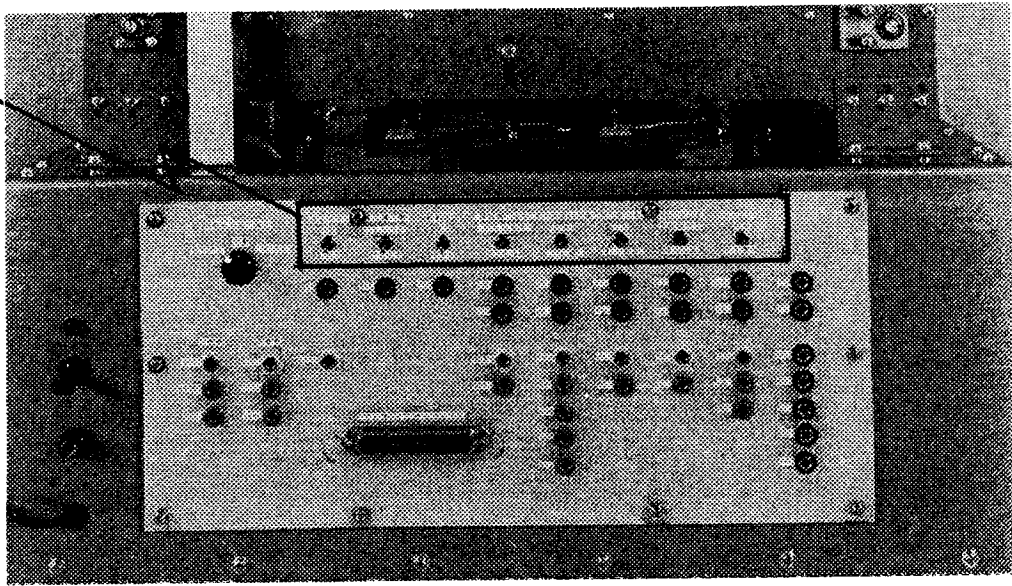
(b) ①搬送 (TF11) 詳細表現

図Ⅲ-5 搬送・加工システムのモデル

この①～⑤の概念レベルの動作をモデルに表現したものが、図Ⅲ-5 (a) である。ただ、これから直ちに制御プログラムは作れない。例えば、①の搬送 (TF11) を取ってみても、アームの動きは、さらに細かなステップから構成されている。このステップの動きを、各機器のそれぞれのマニュアル動作で見て、詳細レベルのモデルに表現する段階を経なければならない。これが、図Ⅲ-5 (b) に示した表現である。このモデルを作るときに、図Ⅲ-6 のマニュアル動作操作ボードにある手動スイッチを活用して、マニュアルによるステップ動作をさせてみることになる。

手動

スイッチ



図Ⅲ - 6 手動スイッチによるマニュアル動作操作ボード

(2) 制御実験

実験によって、実際に制御対象を試運転してみると、例えば次のような問題が発生することがある。「右回転をするように作ったのが、回転しない」、「機器の間で追突が起きる」等である。これが、制御内容作りにおけるモデルと実際との間のギャップであって、机上であれこれ思いをめぐらして完全なものを仕上げたつもりでも、要求どうりのものになってないことが多い。また、一見問題なく動作していても、何回か回数を重ねている間に、特殊な操作の組み合わせが起きて、トラブルが発生したりすることもある。

この発生した問題を改善し、さらに高次の正しい制御内容に仕上げてゆくことが、制御内容作りの最後に残された重要な段階であるが、このためには、制御対象の動作を手がかりに作られた制御内容は、再度実験などで実際に帰してみなければならない。この実験にも、制御対象模擬装置は活用されるものである。