

III. 開発コースの方向付け

1. 自動化システムの制御設計と新しい表現法

(1) 自動化システムの制御設計

生産の中で、これまで人手によって行っていた作業を自動化するというとき、自動化には、“ひとりでの”という意味の他に、人手によらないで、つまり装置または機械によってという意味がある。ここでいう自動化システムの制御設計とは、人手によらないで装置または機械によって生産のシステムが動作するように制御システムを作り上げることである。この、装置または機械によって制御システムを作り上げるとは、人手による作業を単に自動化装置に置き換えるということでは達成されるように単純ではない。次のようないくつかの段階を経てなされなければならない複雑で、しかも経験を要する作業である。

まず第1に、自動化のための工程への再編成段階が必要である。人が行っていた作業工程と機械で実現する作業工程とでは、その編成の仕方自体が異なっているのが普通であるため、これを機械に合わせた工程にしなければならない。次が、装置・機械のレイアウトの検討と駆動機器・センサの選定段階である。そして最後が、制御装置のプログラムとして、どのような制御を実現するかという制御内容の確定段階である。

制御設計としては、各段階はそれぞれ重要であるが、ここで取り上げるのは、制御内容の確定段階である。理由は、向上訓練のような短期間の教育・訓練としては、この段階が最も取り扱い易いからである。

さて、第I章の「1. 問題意識」でふれたように、制御内容を確定するとは、制御する対象に要求する動作が、まず初めにあって、この動作を手がかりにして制御装置のプログラムとしての制御内容に表現することであった。その際、表現過程で問題が発生することについて述べた。表現過程で採用する制御内容の表現形式あるいは設計図については、現在の主流は電気回路であるラダーチャートであるが、この表現を用いた場合の問題であった。

以下、この問題について具体例を挙げて少し詳しく述べよう。まず第1の、制御の全体像・構造が分かり難いということについてである。例えば、自動化の工程編成が図13のようになされたとき、制御する対象に要求する動作の概略を示すと次のようになる。

- ①ワークがコンベア (Ci) から搬入される。

- ②ロボット (Rb) がワークを加工機 (Pr) にロード (Ld) 搬送する。
- ③加工機が加工する。
- ④加工されたワークをコンベア (Co) へ搬送 (U ℓ) する。
- ⑤ワークをコンベア (Co) で搬出すると同時にロボットが回送 (Tb) される。

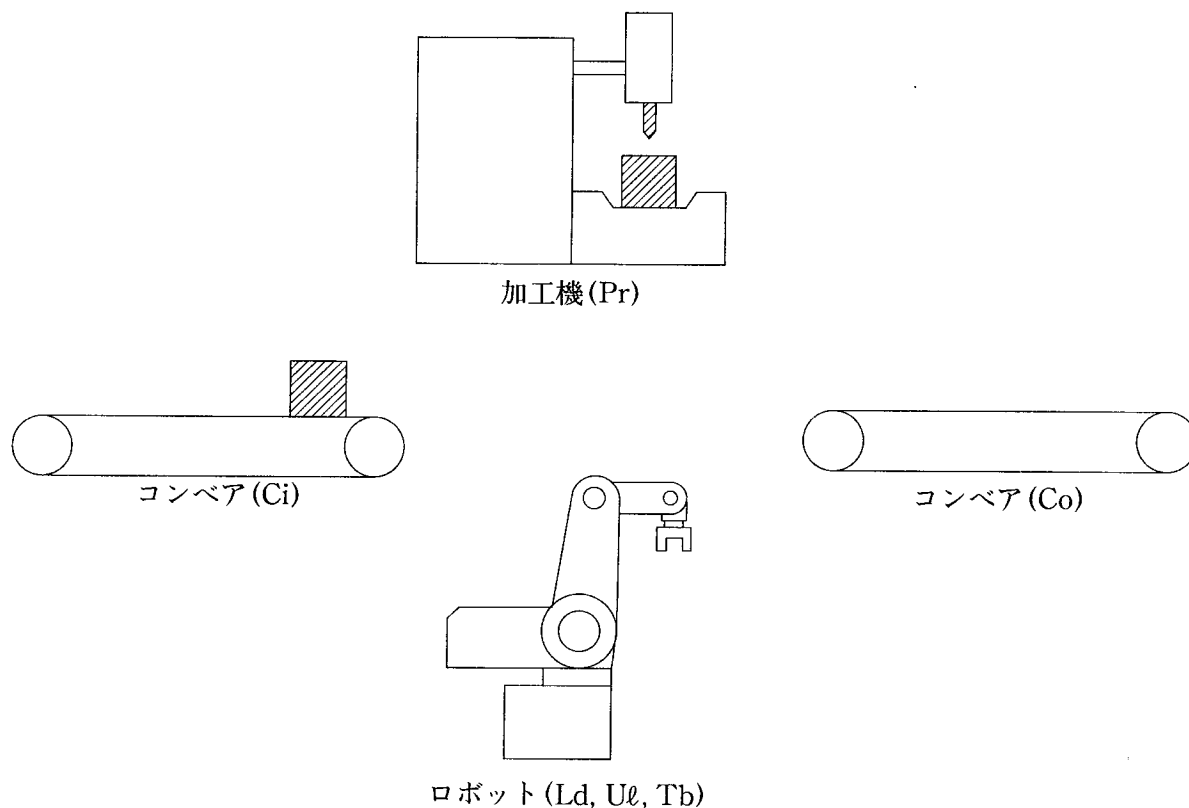


図13 自動化の工程編成

ラダーチャートを用いて、この要求動作を満足するように表現した制御内容を図14に示した。ここでは、ラダーチャート表現の接点を組み合わせて電気回路でどの様に表したかが分かる。しかし、何の制御がされているかということは、この表現の特徴からは明瞭に現れておらず、制御の全体像や構造を知るための表現図としては不満足であると言える。

次は、第2の問題の設計が経験や試行錯誤によってなされることが多く、設計教育に困難があることについてである。これは、ラダーチャート表現では、システム設計理論が十分適用できないことによる。例えば、上述した自動化の工程編成で、制御する対象に要求する動作の概略からラダーチャートという電気回路を作る例で見てみるが、ここでは物の動きの制御を、これとは異質な回路という表現を用いて実現してい

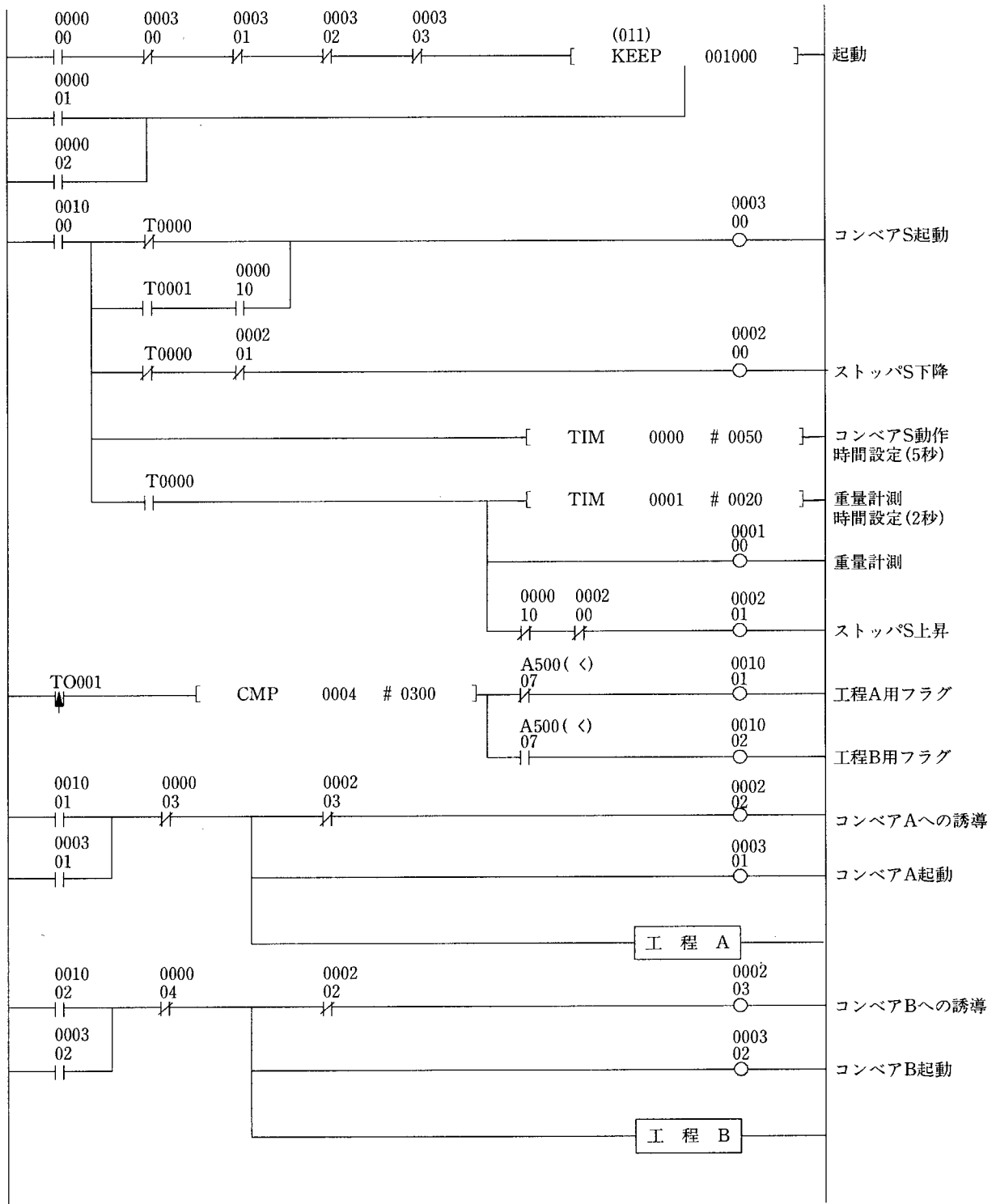


図14 制御内容のラダーチャート表現

る。そのため、設計をする過程で物の動きの表現を接点の組合せである回路に変換しなければならない。そこでは、物の動きをできるだけ忠実に表現し、これをもとに連続的に回路に変換するというアプローチが困難で、どうしても変換過程に飛躍が入ってしまう。そこで、この飛躍を少なくするために、あるパターン化した物の動きは基本要素回路として蓄積しておき、要素回路を選択し組み合わせることによってシステム全体を作り上げる方法がとられることになる。ここでは、システマティックなシステム設計理論によるアプローチが効かず、経験や熟練によることが多くなる。そのため、教育を困難なものにする。

(2) 新しい表現法

そこで、これらの問題を解決するためにラダーチャートに変わる新しい表現法の採用を検討してみることにした。新しい表現法を、図15に示す。ここでは、さきに示した制御する対象に要求する動作の概略①～⑤に示した工程に対応して、この動作に求められているイメージを歪ませることなく表現できており、表現の連続性のようなものが保たれていることが分かる。それぞれの工程は、□(四角形)、工程と工程の変わり目は| (棒) で表している。工程とその変わり目は→ (矢) で接続される。また、□内には●(黒丸) がつけられ、これによって工程が成立していることが示される。

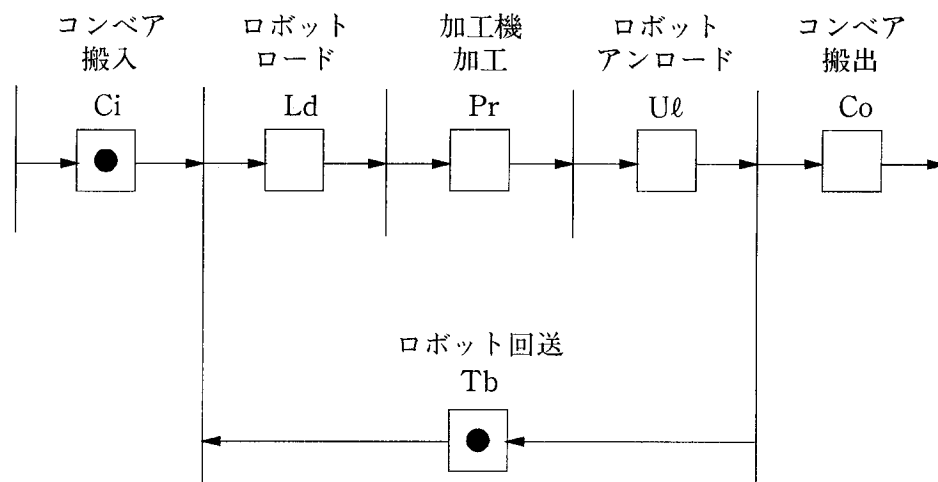


図15 新しい表現法による表現

更に、この●を動かすことによって工程がどの様に変化しているかも表現できるようになっている。

さて、●を動かすことによって工程を遷移させることができるが、その制御は次の規則によって行われる。

①工程の任意の変わり目において、変わり目の前につながる工程のすべてが成立（□内に●が入っている）していて、後ろにつながる工程が一つも成立していなくて（□内に●が入っていない）、かつ変わり目にセンサなどの遷移条件が満足されている（入り）とき、遷移が起きる。

②遷移が起きると、変わり目の前のすべての工程の成立が停止し（□内の●が消滅し）、かわって後ろの工程がすべて成立する（□内に●を生起する）。

この規則に基づいて、工程の遷移条件を（t）、工程の成立（b）を結果とする、“if t, then b” というアルゴリズムで制御を記述し、プログラマブルコントローラなどの制御装置によってプログラムを実行すれば、表現した内容の制御が実現できる。

以上、新しい表現法によって制御システムを表現して見たが、従来のラダーチャートを用いて表現した場合に現れていた不具合は、ほぼ解消できているとあってよい。第1の問題である制御の全体像・構造が分かり難いということについては、ラダーチャート表現に対して、図15に示した新しい表現法による表現が分かりやすいことは明らかである。また、設計が経験や試行錯誤によって行われていたという第2の問題についても、新しい表現法の採用によってかなり解決できたと言える。新しい表現法を適用して設計の全過程を進める段階には至ってないが、制御対象の要求動作を記述し、この記述から制御システムを設計・表現する局面では、システムティックなアプローチが可能となっている。

なお、この新しい表現法は、国際的に注目を集めているもので、各所で工学的な研究も進んでいて、いろいろな表現法が提案されている。上に示した図に用いた表現は、その内のひとつに過ぎない。約束ごとが少なく、初めて説明をするうえで具合がよいので上の表現を用いた。訓練を実施するなど具体的局面では、実用化された表現法を用いることにしている。実用化されているのは、国際電気標準会議（IEC）で規格化されている、シーケンシャルファンクションチャート（Sequential Function Chart、一般にSFCと略される）という表現法である。SFCは、国際的な規格化が行われていることや工業化された汎用の制御装置に搭載されていることなど教育訓練に必要な条件が揃っているため、本プロジェクトが開発したコースに採用することにした。

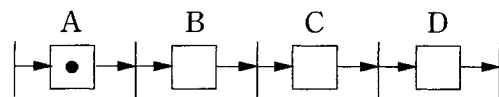
2. コース案の概要

コースの目標としては、生産システムに要求される動作を与えておいて、これから制御内容を設計しプログラムする技術・技能を習得することであった。またコースの

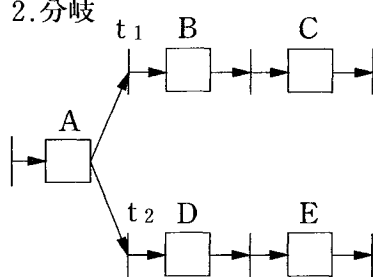
方向付けは、「新しい表現法による自動化システムの制御設計」にした。したがって、コース案としては、これらの目標・方向を実現できる訓練課題の設定が必要になる。平成5年度に実施するコースの詳細は、これから検討をして決定しなければならないところであるので、ここではコース案としての基本的な訓練課題を紹介するにとどめる。

訓練課題は、設計活動が有効にできるように設定する必要がある。つまり設計活動を有効ならしめる仕様が的確に与えられることが重要であるが、この設計仕様に相当するものを訓練の課題にすることである。設計仕様は、生産システムに要求される工程動作で与えることができる。その動作は、基本的に図16に示すように、5つのパターンからできていることが既に工学的には明らかになっている。そこで、この動作パターンを基本訓練課題として取り上げることにした。五つの動作パターンの中には、時間の要素や数量を計測する要素などが欠けているが、これらは制御するレベルで具体的な問題として取り扱うので、むしろ、ここでは取り上げず詳細な設計活動を展開する中で与えることにする。ここでは、基本的なシステムの工程動作のパターンにとどめている。

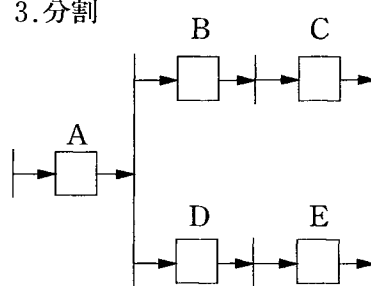
1. 単流



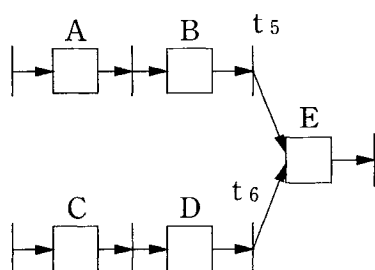
2. 分岐



3. 分割



4. 合流



5. 結合

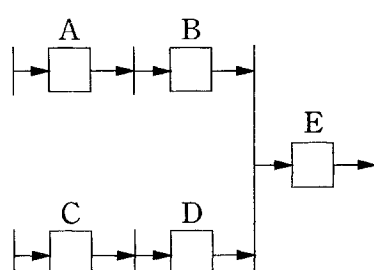


図16 システムの工程動作パターン

以下、この課題を簡単に説明しておこう。

1. 単流

工程がA、B、C、…と順次流れて行くもの。ただし工程の成立は1ヵ所ではなく、AとCのような複数ヵ所同時に成立できるものとする。

2. 分岐

A工程から t_1 または t_2 の条件によってBまたはC工程が選択される。

3. 分割

A工程を分割するように次のBとC工程が同時に成立する。

4. 合流

t_5 の条件が成立すればBからCに流れ、 t_6 の条件が成立すればDからEに流れる。

5. 結合

AからB工程の流れとCからD工程の流れとが同時に結合してE工程に行く。

具体的課題は、現在まだできあがっていない。今後、委員会において検討し上記システムの工程動作パターンの五つの要素が含まれる課題にする方向である。その際、課題をどのレベルで与えるかが検討の重要点になろう。つまり、五つのパターンで示したように、大まかな工程レベルの仕様を課題にするのか、あるいは、もう少し制御レベルに近づけた詳細な仕様を与える必要があるのかという問題である。詳細なレベルまで仕様を与えてしまえば、制御設計を考えるという今回の訓練の狙いが薄れることになる。しかし、反対に余りにも概念的・抽象的な仕様では、様々な解釈が出てくる余地を与えることになり不十分な情報提供となる恐れがある。この辺りのかねあいを考慮した課題の設定が要請されるところである。