

## I. 問題意識と課題

今日、技術進歩の生産現場への導入が進んでいる中で、労働者の職業能力の開発をはかろうとする場合、第1に、どのような能力を開発すべきかという目標が問題にされる。次に、この目標をいかに効果的に達成するかという手段が選ばれることになる。この手段の1つが教材である。本稿は、この教材についての研究を主な内容とするものである。

ところで、上述のように、教材というものを、目標実現の手段であるとする見方がある一方で、教材とは、目標を具体物として体現しているものである、とする立場がある。この立場に立つと、教材についての研究は、目標を受けて単にこれを、いかに効果的に貫徹せしめるかの方法・技術の研究であるにとどまらなくなる。方法・技術論と同時に、目標を体現している教材内容のもつ本質やその科学的構造を解明することによって、教材内容の効果的選定、配列、構成、解明・習得について一定の情報を提供できることを目標にした研究が要請される。

本研究は、広範な「ハイテクエッセンシャルスキル教材の研究開発」の一環として、シーケンス制御教材の問題を取り扱ったものであるが、ここにとりまとめたものは、上述した教材内容の本質やその科学的構造の解明に、主に重点を置いている。

上記の観点からシーケンス制御教材に対するわれわれの問題意識と課題を述べるが、これは最近における自動化技術（シーケンス制御技術）の変化と密接に関係するため、以下技術変化をながめる中で説明する。

周知のように、自動化技術の進歩は著しく、これを物語るかのように、ファクトリーオートメーション（FA）、メカトロニクス、産業用ロボット、CAD/CAM等の言葉を耳にする。一方、この言葉の陰に隠れてか、シーケンス制御という言葉は話題にのぼることが少ないようである。しかし、自動化技術の中で、自動制御の大部分は、シーケンス制御によって行われていると言っても過言ではない程に生産現場における自動制御方式の一つとして、シーケンス制御は重要な領域を形成しているものである。

このシーケンス制御領域においてもマイクロエレクトロニクス技術の影響で多大なインパクトが起きている。これは次の事実により確認できる。すなわち1970年代の初頭に、マイクロコンピュータ技術を導入した新しい制御用ツールであるプログラブルコントローラ(PC)が出現した。しかも、その活用が急速に進んだために、従来のシーケンス制御技術の様相も変わってきた。つまり、制御内容をコンピュータソフトウェアで実現することになり、シーケンス制御技術が一転したのである。

従来、シーケンス制御は、電気回路を電磁リレーのコイルと接点との間を電線を用いて配線する方法で実現されていた。ここへPCを導入したということは、電気回路をいわばコンピュータのプログラムで「配線」しようとすることを意味する。このことはソフトワイヤードと呼ばれるが、これにより技術的に特徴ある数々のメリットが現われてきた。例えば、制御内容の融通性、変更の柔軟性、制御用コンピュータとの連携性の高まり等である。

さて、このような新しい技術領域における教材内容の選定について考えるとき、ややもすると技術の体系をそのまま教材の中に取り入れることで対処がちである。しかし、技術の本質や、科学的構造をふまえた、教育的な内容検討を経ていないと、内容選定の根拠が貧弱なものとなる。例えば、良好な作業結果を生むように指導する場合には、その作業のやり方、手順と同時に、その根拠・理由が重要な意味を持つことの指摘があるが、シーケンス制御でも、これはあてはまる。具体的に言うと、PCのプログラミングに際しては、いくつかの制約があって、これがプログラミング作業の一つの障害になっている。プログラミングの制約は、電気回路では回路動作が同時並列に行えるのに対し、PCではプログラムの逐次直列(順次読み取って1つずつ)でしか実行できないという本質的相違に基づくものである。この本質を示してやることで、良好なプログラミング作業への的確な対応指導ができることになる。

すでに(1985年)西見は、以上のような観点から、シーケンス制御回路を、新しい制御装置であるPCのプログラムで表現しようとする場合の教材上の問題点を調べた。これら問題点を分析する中から、PCプログラム作りに関する“教材内容の理解要件は何か”を明らかにした。

ところで、シーケンス制御技術は、制御装置（ツール）の技術変革によりその実現の手段が配線からプログラムへと変ったが、一方コンピュータ応用のPCという新しいツールに対するシーケンス制御システムの表現法は、大多数は依然として従来の回路図の情報をもとにしたものであり、回路図からプログラムを作る方法を採用している。回路図（ラダー図）は、配線により制御回路を作る場合の表現として考案されたもので、回路動作表現としては適して、使用実績もある。しかし、PCを使ったシーケンス制御においては、シーケンス回路図は、PCの内部基本構成とは無関係であり、必ずしもPCの性能を十分に発揮させた表現とはなっていない面を持っている。また、一般的にシーケンス制御システムをどのように表現するかという、表現方法上からも検討の与地のあるところとなっていて、技術的な種々の検討や試みがなされているところである。<sup>(6)</sup>

この内、制御の手続き流れをPCのプログラムに表現する新しいタイプのPCの提案がなされていて、既に製品も出まわっている。われわれは教材の内容検討用として、この方式のPCを取り上げた。このPCは、フローチャート方式と呼ばれているものである。本PCの特徴は、従来の方式のように制御対象の動作から、一旦回路図を作り、それをさらにPCのプログラムに表現するのではなく、制御対象の動作そのものを直接フローチャートに表現してプログラムを作ることにある。このため、電気回路についての素養を必要とせず、機械、化学系等電気系以外の技術者の間で好評を得ているものである。しかし、この方式も問題がないわけではない。制御対象の動作とフローチャート表現との間には、制御システムをどのように表現するかという、技術レベルとしては高度な設計の問題を含んでいるのである。

この設計の問題を含むということは、シーケンス制御技術者、技能者に求められる質が変化しなければならないことを意味する。例えば、制御盤作成作業1つを取ってみても、職務としては、従来の配線作業に相当するようなソフトワイヤード作業（プログラムコーディング）が単独では成立しにくい状況が出現してきているのである。この新しい状況に踏み込んでゆける技術者、技能者の訓練では、訓練内容として何を選定すべきか、また、訓練内容を効果的に理

解、習得するためには、基本要件として何が基礎になければならないかといったことが明確になっていなければならない。これらを明確にするための資料を提供することを目標にして、以下教材内容としてのフローチャートによる動作表現を取り上げ、その特徴と問題点の分析をしようとする。

以下、Ⅱ．「シーケンス制御技術動向の概要と教材の問題点」では、自動化技術の中でのシーケンス制御技術の位置付および技術変革と教育訓練との関わりをの概要を述べる。特に教材との関係では、新しいシーケンス制御システム表現法であるフローチャート方式を取り上げるに至る経緯について述べる。

これに続くⅢ．「シーケンス制御基本動作のフローチャート適用と問題点」は、この報告書の中心となる内容の部分である。

最後のⅣ．「結論と今後の課題」では、Ⅲ．での分析結果を分類・整理した結論及びわれわれの研究開発の今後の課題について述べる。

なお、本研究は「シーケンス制御教材研究会」の各委員の方々のお力を借りて進めることができた。また、当研究センターの小原哲郎氏には、問題意識の整理でアドバイスを受けた。記して感謝したい。