

最近の管理工学について

大阪大学工学部 西 田 俊 夫

1. 管理工学とは

管理工学についての話題にはいる前に、管理工学とは何であるかを考えておかねばならない。ただし、ここでは何も学問的に厳密な概念規定をしようとするのではない。ただ、大体的見当をつけておかなければ話の進めようがないからである。

管理工学という言葉から受ける感じとしては、生産工程における工程管理だけが対象となるようであるが、それでは少し狭いようである。一般に種々の問題に関連しておこる管理を合理的に行っていくための技術をすべて含めておいた方が共通的に扱いやすい。最近では方々の大学に、工学部に管理工学科、経済学部管理科学科といった名前の学科が次々に生まれてきている。それらの学科のカリキュラムをみれば大体的見当はつくと思われる。

自然科学でも社会科学でも最近の固有技術の進歩はめざましいものがある。それに伴って、日本の企業も規模の点でも内容においても世界的なレベルになってきている。ところで、いかに科学技術がすすんでも、その企業化ということになると多くの問題があることはいまでもない。企業は利潤を追及する以上、正確なデータをもとにした見通しの上で長期計画をたて、それがうまくいくように管理せねばならない。そこに管理の必要性和重要性がある。そのためには、科学的管理のための種々の技術が必要であり、開発されたそれらの技術を有効に運用するためのシステムも設計されねばならない。

科学的経営管理の手法としてもいろいろなものが次々に開発され、一々あげればきりがなほどである。その主なものとして、I. E. (インダストリアル・エンジニアリング)、Q. C. (クオリティ・コントロール)、O. R. (オペレーションズ・リサーチ)、S. E. (システムズ・エンジニアリング)、M. R. (マーケティング・リサーチ)などがある。これらはそれぞれ固有の目的に応じて開発されたものであるが、単独では全体的な効果を期待できにくい。たとえば、I. E. では主として能率が問題となり、如何にして能率を向上するかの研究がなされており、また Q. C. では品質が対象であり、均質な品質の製品の生産のための品質管理の手法がいろいろ考えられ

てきている。ところが、実際の生産工程では、能率と品質とは矛盾した要求となることが多く、そこで適当なバランスを総合的に考えねばならない。

したがって、企業で実際にこれらの管理技術を行うにあたっても総合的な立場で進める必要がある。ただ、業種特性とか、導入の歴史などによって、便宜上、I. E. 部とか品質管理部といった名称の部門が中心になっていることが多いが、そこでは何も I. E. とか品質管理だけをやっているのではない。また、技術管理部と経営管理部とわけて並列的に多少重複したことを行っているところもある。しかし、最近では、これらの管理の仕事がはっきり事務部門とか技術部門とかに分けられない場合が多くなりつつある現状であり、今後は組織的にも社長室とか管理室といった形の統一形態をとらざるをえなくなるのではないかと思われる。

ここで少し言葉の問題にふれておこう。上にのべた種々の管理技術は主として英米で開発されたもので、したがってアルファベットの文字で、大体2字で略称されるものが多い。ところが、それではわれわれとくに企業ではなじめないで、日本の風土にあったように進めていくためにも、適当な邦語が必要である。一般に I. E. が主体になっている場合には経営工学という語が使われ、経営科学といったときには O. R. が主体となることが多いように思われる。一方、最近の電子計算機の発達により、情報科学が進んできて、これの影響も大きい。そこで、これらを統合した名称も必要となる。現在、以前から関西にあった研究団体としての経営科学部門と情報科学部門とを総合しようという動きがあるが、それにも、経営・情報科学協会という仮称を用いているにすぎず、適当な名前を探している段階であり、名案を賜われれば有難くお受けしたい状態である。

さて、企業での管理工学の必要性について上にのべてきたが、その専門技術者の養成の問題にふれておこう。電子計算機が使われだした当初は、専門プログラマーによるクローズド・システムがとられ、実際に使用したい者はその問題をプログラマーに委ねてプログラムを作ってもらっていた。ところが、プログラミングの簡便化と利用頻度の増大に伴って、現在では、ほとんどオープン

ン・システムとなり、電子計算機の利用者が自分でプログラムを作るという段階にきている。管理技術についてもある程度まではこれと同じことがいえるのではないかと思う。品質管理についてはすでにこのような状態になっているといえよう。また逆に、このような状態になって始めて管理工学が地についたといえるのではなからうか。

したがって、管理工学に関しても、固有技術者ができるだけ関心をもつように普及する必要があると思われる。しかしそうかといって専門家の養成はやはり必要であり、管理技術の高度化によって、詳細な問題の解析は専門家に委ねねばならないであろう。現在、この部門の研究者が主として、数学、工学、経済学の出身のものがほぼ均等に分布していることからみても、種々の総合知識が基盤となることがうかがえる。

2. 管理工学の位置づけ

管理工学とはどのようなものをさしているかは、以上で漠然とつかめたと思えるが、ここで企業経営の立場から、現在の時点に立って眺めたとき、管理工学がどのように位置づけられるかを考えておくことも無駄ではあるまい。それによって経営における管理工学の立場がより明確になると思われる。すでにのべたように、固有の目的に応じて発展してきた I. E., Q. C., O. R. などの管理技術は、現在の段階では個別利用では効果が少なく、総合的に考えねばならないことからしても、管理工学という考え方で統一した見方が必要である。また、電子計算機の発達による新しい情報科学の出現による関連性も考慮せねばならない。

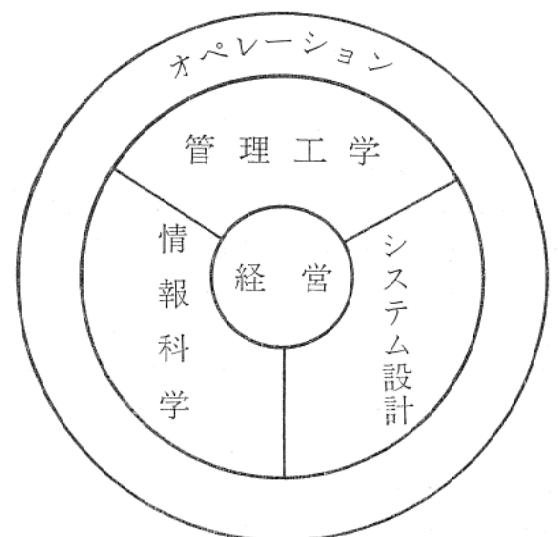
習慣上、経営と管理という言葉がよく混同されて用いられているが、ここでいう経営はビジネス・アドミニストレーションの意味であり、企業のトップ層に関したものである。また、ここでの管理はマネジメントをさしており、コントロールではない。マネジメント・サイエンスを経営科学とよんでいることが多いが、これは管理科学と考えるべきである。クオリティ・コントロールは品質管理とよばれているが、この管理はマネジメントの意味ではない。経営学では経営機能の二本柱として組織と管理が考えられているが、この組織はオーガニゼーションであってシステムではない。管理工学はマネジメントとしての管理の技術をさすものである。

ところで、経営における管理の機能としては、計画（プランニング）と統制（コントロール）が主たるものである。現実には、企業活動の基盤としてそれにもとづいたオペレーションが行われる。計画が立案され、それが実行にうつされ、環境条件にうまく適応しながら計画

が進行しているかどうかのチェックがなされる。これがプランドゥーシー（plan-do-see）といわれる管理のサイクルである。したがって、管理工学の技術としても、プランニングとコントロールとオペレーションにまたがった広汎なものが要求される。固有の管理技術としても T. Q. C.（トータル・クオリティ・コントロール）とかモダン I. E. というように進んできているのはこの考え方である。つまり、Q. C. とか I. E. をたんに生産工程だけの問題と考えずに経営に直結した全社的なものとして考えねばならないという方向である。

さて、企業形態が大型化、複雑化するにつれて、生産面、事務面での作業内容は急速に増大し、科学的管理のためには正確なデータをできるだけ早く集めねばならない。それには量的、時間的にどうしても電子計算機の助けをかりねばならない。さらに、データを無意味に集めても無駄であり、そこから有効な情報をひきだすようにする必要がある。また、そのための効果的なシステムをも検討せねばならない。ここに、管理工学と密接不可分なものとして、情報科学とシステム設計が登場してくる。モダン I. E. の立場は主としてシステム設計を目標としたものであるといえよう。また、情報科学のもとになるのは電子計算機であり、コンピューター・サイエンスとして急速に発展してきている。

管理工学は広い意味では、情報科学とシステム設計とかなりの部分に重複して考えられるが、あまり広げすぎても技術的に困難な点もある。したがって、マネジメント（M）とインフォメーション（I）とシステム（S）とを三位一体としてとらえる方がよいであろう。これが最近話題となっているマネジメント・インフォメーション・システム（M. I. S.）の考え方にもつながることになる。ただし、現状ではまだ M. I. S. は考え方として動き始めたところで、具体的な手段としては、今後の開



発をまたざるをえない。プログラマーとかシステム・プランナーの養成が急務とされているのも当然といえよう。

ここで、上にのべてきた管理工学の立場を模型的に図示しておこう。(前頁の図)

この図は便宜上、同じ心のような形であらわしてあるが、経営活動の立場からは立体的に表示せねばならない。それにはむしろオペレーションを底辺とし、経営を上部の面とする円錐の頂点を切ったような形で、その側面に管理工学、情報科学、システム設計がのっているとみればよい。図式表示の方法についてはいろいろの形が考えられ、最近もわれわれのグループで検討したものであるが、すべての面からみて適当なものを作るのはなかなか困難である。上の図は管理工学を中心として考えたときの最も単純な表示であろう。

一般に、経営におけるシステムとしては、マン・マシン・マニーの3Mシステムが強調されているが、そのうちの人間に関する部分には社会学、心理学からの接近も必要であり、新しく行動科学というものが生まれてきている。これについてもエンジニアリングの立場からの考え方も必要であろう。人間工学も一つの接近方法であるが、価値体系の再検討による人間行動の研究も管理工学としても無視できないものであろう。

3. 手法の発展

科学的経営管理の諸手法を総合的に考えるには、管理工学の立場でとらえるのが望ましいことをのべたが、それは近い将来の理想図であり、現状が必ずしもそのようになっているのではない。したがって手法としても個別に発展してきており、現在もそれがつづいている。ここで、現在までの主な手法の発展段階を簡単にふりかえってみて、将来の発展への見通しの基礎を与えておこう。

現実の問題を取り扱うためには、まず正確な基礎データがなければならない。それも信頼性のあるデータでないと困る。そこで、如何にして信頼性のあるデータをとらえるかが問題であり、それに関しては、古くから時間研究、動作研究などに関連して、I. E. でひろく行われてきた。品質管理でも同じことであるが、標準化の考え方が進むにつれて分析も細かくなり、そのためのデータの集め方もより精密を要するようになってきた。そこで最近では、カメラを用いたメモ・モーション・フィルムによる分析とか、統計学でのサンプリングの手法を用いたワーク・サンプリングによるデータのとり方などが行われるようになってきている。

一方、実際の問題を科学的に解決するためには、その問題をある程度理想的な形に単純化したモデルを作らねばならない、それは主としてO. R. で行われてきた。配

分模型、競合模型、確率模型、取替模型、在庫模型などの種々のモデルが考えられている。ところで、最適解をみつけるには、モデル化された問題の解法が必要であり、それもO. R. で進められてきている。種々の解法が考えられており、それぞれ最近急速に発展してきた。

数理計画法とよばれている解法一つをとっても、その発展はめざましいものがある。最初は数理計画法といってもほとんどリニア・プログラミング(L. P.) だけといってもよかつたぐらいであり、O. R. とはL. P. のことだと考えている人も多かつたぐらいである。ところが、L. P. のモデルが次第に一般化され、ノン・リニア・プログラミングの方向と、ダイナミック・プログラミングの方向との二方向にどんどん進んできた。ノン・リニア・プログラミングのうちでも、クオドラティック・プログラミング(2次計画法)などは具体的な解法が次々に考え出され実用化されるようになった。また、リニア・プログラミングの特殊化の方向も進み、インティジャー・プログラミング(整数値計画法)についても算法が完成している。さらに確率的モデルもとり入れられたストカスティック・プログラミングも進み、ダイナミック・プログラミングと混合した形のマルコフ計画法へと進展してきた。数理計画法によって、生産計画、輸送計画、配置計画、配分計画などの種々のプランニングが合理的に行えるようになってきている。

I. E. で主目的としている能率向上の目的のためには、待ち合わせ理論が主な武器に考えられるが、この方面も単純なモデルからだんだん複雑なモデルへとすすみ、現実的な形へ一步一步着実に進みつつある。しかし、実際の生産工程とか交通問題はまだ理論モデルよりはるかに複雑な場合も多く、今後さらに発展が期待される。

また、システム設計のためには、部門間での情報の流れとか、情報量が問題となるが、これらは情報理論で扱われるものである。情報理論も当初は通信工学から発生してきたが、管理工学でもその重要性が認識され、経営管理に応用できるような形へとすすみつつある。しかしまだシステム解析の有効な手段となるには時期尚早であり、今後の課題となるであろう。

これらの一般的な手法と別に、対象別の手法も次々に開発されてきている。在庫管理の手法は古くからあったが、それにダイナミック・プログラミングの考え方も入れたモデルへと進んできている。また、日程計画に関してはPERT(Program Evaluation Review Technique)とかCPM(Critical Path Method)などの手法が開発され、現在すでに広く利用されている。順序付け問題の解法もかなり進んでいる。

これらの解法はそれぞれある与えられた形式のモデル

に対する解法である。たとえば、2次計画法は、制限条件がすべて一次不等式または一次方程式で与えられ、2次関数の形で与えられた目的関数を最適にするという手法である。ところが現実におこる問題で、これらの既製の解法のモデルにのらないものも多い。むしろそのような場合の方が多いいってもよい。そこで、今後の方向としては、できるだけ種々のモデルを定型化してその解法を作り出すという方向も強力にすすめねばならない。

しかし、現在の段階として定型化されていない問題であるからといって解けないままでほっておくのは困る。そこで、そのような場合には解析的な方法によらずに、実験的な方法で解くということが考えられ、そのためにシミュレーションが広く行われている。シミュレーションのための電子計算機のプログラムもいろいろ開発され、利用しやすくなってきた。

一方、プランニングにあたっては環境条件の変動に関する予測が前提となる。とくに企業では需要予測が重要であり、それを誤れば命とりにもなりかねない。需要予測の方法も次々に開発され、指数平滑法などの簡単な方法も最近はよく利用されている。需要予測に関連して市場調査も重要であり、それには統計的方法も駆使されている。また調査だけではなく実験的にしらべるといふ市場実験の問題、さらには広告効果の測定といった問題もあるが、これらは現在まだ未解決の問題であり、今後に残されている。

4. 電子計算機と数学の役割

管理工学の諸手法の基礎としては数学が、また実施にあたっては電子計算機が基本的な役割を果していることはいままでもないが、その役割をもう少しくわしくしらべてみよう。というのは、高度の数学が要求されるのは、その手法がいかに有効であっても、実際に使うのはいやだという考え方で敬遠される場合が多いからであり、それが誤解であるということをはっきりとしたいためである。また、電子計算機の利用をしぶっていたのでは今後の発展にとり残されるということも強調したいからである。

すでにのべたように、データの蒐集の段階は別として、現実の問題を合理的に解決するためには、まず適当なモデルを作り、そのモデルに適当な手法を適用して最適解をみいだすという順序で行なわれる。この段階でどこが最も重要であるかといえば、やはりモデル作りの段階であるといわねばならない。モデルが現実をうまく表現したものでなければ、それ以後にいくら厳密な数学的手法を駆使しても、その解は実際に使えものにならない。モデルの一つでも重要な要因をとりおとした場合には無意味である。

ところで、モデル作成の段階では全く数学は関係しないといってもよい。どのような要因の組合せでどのような形のモデルにするかということは、その問題固有の知識によるものである。もちろん過去の経験も無視できない。したがって、この段階では固有の知識とか経験が、数学よりも優先するといえる。もちろん、モデルというのは正確には数式モデルであるが、それには何も専門的な数学の知識は必要でない。よく、科学的に解決するためには、経験とか直観を排除せねばならないといわれるが、モデルの作成にはむしろ経験とか直観が必要であると思う。ただ、問題の解決を正確な手法によらずに経験とか直観で直ちに出してしまうのがよくないのである。

その次の段階として、設定されたモデルに対して、最適解をみいだすところでは、種々の手法が用いられ、それは主として数学的手法がもととなる。ここでは、数学が基本的な役割をしている。しかし、このときこれらの手法の基礎としての数学理論を完全に理解していないとそれらの手法が実際に使えないであろうか。解き方も知らずに解くことができるであろうか。ところが、現在現実におこる問題は簡単に手計算でとけるようなものはほとんどないといってもよい。電子計算機の助けをかりねばならない。そのとき、既製の種々の手法に関しては、ほとんど電子計算機のためのプログラムが完成されており、実際に使用する立場にあっては、ただたんに必要な基礎データを電子計算機にほりこむだけで、自動的に最適解が求まる。したがって何も個々の解法をくわしく知っている必要はない。ただ、個々の手法はそれぞれ適当な前提条件の下に使用可能であるので、それぞれの手法の適用分野はおのづから限定される。それで、個々の手法についての基本的な考え方とか適用範囲についての知識があれば十分であり、それには何も高度の数学知識を必要としない。また、この程度の理解があればモデル作りにも大いに役立つ。つまり、解きやすい形に現実の姿を失わずにモデル化することもできる。

このように、既製の手法をいろいろ使う限りにおいては、数学よりもむしろ電子計算機の方が本質的な役割をしているといえよう。企業での電子計算機の利用は、現在まで主として給与計算とか株式計算などの事務計算に使われてきた。そのような使い方は電子計算機の稼働率をあげることはなるが、利用価値からいうとあまり高いとはいえない。管理工学の方面への利用は、利用頻度は高くなくても、一回の使用による効果はきわめて大きいといえよう。今後、電子計算機のこの方面への利用頻度の増大がますます期待される。

ところで、現実の問題が既製の手法にのらない場合が多いことはすでにのべたが、そのような場合の有力な手

段としてシミュレーションが広く利用されており、そこでは電子計算機なしには行なえない。数時間あるいは数分間の電子計算機の計算により、何十年分といった内容の経験を実験的に行なうことができる。それによりかなり最適に近い解がえられる。また、最近では工程管理を電子計算機にやらせるという方向もすすんできている。ただし、そのためにはやはり基礎となる数式モデルが必要であり、そこに固有技術の知識がかなり要求される。たとえば、鉄鋼業での高炉操業の自動化も行なえるようになってきた。また、十萬種類以上に及ぶ部品の在庫管理を適切に行なうにも電子計算機によらざるをえない。

このようにみえてくると、実際の立場としては、電子計算機はきわめて重要であるが、数学はあまり必要でないということになる。しかし、それは既製の手法を適用するとか、実験的に解くという限界での話である。新しい手法を開発していくという場合にはやはり数学が本質的な役割を果すことになる。それには、現在までの管理工学の諸手法を構成する数学的な基礎理論とか解法を一通り心得た上で、さらに創造的な能力を要求される、それが今後の管理工学の専門技術者として要求されるところである。

電子計算機の利用においても、現在はまだ大量のプログラマーが不足しており、その養成が大きな問題であるが、だんだんプログラムも自動化されてくれば、将来はたんなるプログラマーはそれ程必要でなくなると思われる。そのときには、プログラマーは同時にシステム・プランナーでなければならない。そのための基礎としても管理工学関係の知識が必要となるであろう。

5. トータル・システムへ

現在管理工学として使われている種々の手法は主として問題別の手法である。正確には問題別というよりモデル別というべきかも知れない。たとえば、輸送問題と人員配置の問題は同じタイプのモデルになり、巡回販売員の最適巡回経路を求める問題と品種切替での最適生産順序を求める問題は同じモデルで表現される。したがって、問題のタイプごとの解法ということになる。そのことはまた、対象別とか部門別の適用ということにもなる。それはシステムの立場からは、ある一つのサブ・システムにおける最適化を考えていることになる。

ところで、各サブ・システムでの最適計画を総合したとき、全体としての最適計画がえられるであろうか。一般にそれはえられない。つまり、部分的最適を集めても全体としての最適にはならない。全体として考えたときには、どこかある部分を多少犠牲にした方がかえってよくなる可能性もある。また、同じ問題でも一つの部門に

限ってモデル化したとき、関連諸部門を全部考えてモデル化したときとは、モデルの形もかなり異ってくることも多い。たとえば、在庫管理の問題でも、たんに倉庫部門とか資材部門だけの問題と考えたときには簡単である。しかし、在庫量の大小は販売部門にも経理部門にも関係する。しかもその関係の仕方は逆の立場になる。販売部門の要求としては在庫量は多いほどよいが、経理部門としては資金の回転の円滑化を望む上からも在庫量は少い方がよい。この例からも全体的に考えねば問題の真の解決はえられないことがわかるであろう。

今後の方向としては当然トータル・システムとしての最適化の問題へと進むべきである。ところで、複雑化、大規模化した企業では、一つのサブ・システムがまたいくつものサブ・システムに分解される。始めは末端の一つ一つのサブ・システムとしての問題であったものが、現在ではそれらをかなり総合した中間段階のシステムあたりまで進んできている。たとえば、生産在庫システムとか、予算計画に投資計画をくみこんだシステムといったようなものである。

これらのシステムの問題を取扱うには単純なモデルではなかなかうまくあてはまらないので、多くの要因が相互に関連した連立方程式モデルが使用される。それは、エコノメトリックス（計量経済学）で用いられているのと同じような考え方である。それに現実のデータを入れながら、できるだけ実際にあうようなモデルに修正していくのである。それをシステム・シミュレーションとよんでおり、やはり電子計算機を使って行われる。

また、システムの問題となれば、既製の手法であってもただ一つではなく、いくつかの手法を組み合わせる必要もあろう。たとえば、交通システムに関連して、ネットワークの理論と待ち合わせ理論とを結びつけないとうまくいかないようなものである。そのさい、それぞれの手法は別々の目的で別々のモデルとして作られたものであるから、総合するにはまた新しいモデルとしての考え方も必要になる。

ともかく今後の方向として、だんだんトータル・システムとしての問題へと近づかねばならない。そうすると、サブ・システムとしては単一の目的であったものが、トータル・システムでは多目的になることが多く、そのときに最適化をどのように考えるかは大きな問題となるであろう。