

生産自動化の必要性和その促進策

京都大学工学部 岡村 健二郎*

1. 緒言

生産自動化（合理化）の問題は企業の発展の基本であり、最近これに関する研究があらゆる工業分野で要望されている。自動化の考えは非常に古くからでてきているが、オートメーションなる言葉が初めて使用されたのは比較的最近（1945）である。

オートメーションの範囲は普通の生産機械に簡単な automatic device を取りつけただけの“partial automation”から、全く人手を必要とせず、これ以上 automatic device を取りつけても全く効果の見出せない“full automation”の段階まで非常に多くの自動化程度を含むものである。

このオートメーションの各段階において、部分的あるいは全体的にフィードバックの考えが導入され効果を上げている。すなわち、自動制御はオートメーションの各段階における自動化の一手段と見ることが出来る。

自動化の分野を大別すれば、

装置工業の自動化（process automation）

機械的生産の自動化（mechanical automation）

事務の自動化（business automation）

に分けられる。

現在自動化が最も進んでいると見られるのが、製品として連続体（気体、液体、粉体、粒体、線、板等）を作る工業の自動化（process automation）であろう。

ここで問題としている生産自動化は、一般に不連続固体を取扱い、素材を部品として必要な寸法形状に加工する作業の自動化（mechanical automation）である。その場合、問題の内容は比較的個々のであり、一般論的取扱がなされておらず、自動化がたちおくれぎみである。特定の作業で見れば極めて高度の自動化が行なわれているものもあるが、組立作業のごとく、人海戦術によるしか方法のない作業もある。従って、mechanical automation を考える場合には人手をなくすことに主眼を置かないで、生産活動の基本目的である、「よいもの（精度）」を「早く（能率）」、「安く（コスト）」作る上から、人手も自動化の最も重要な要素であることを念頭において、企業の利益の向上をはかるべきである。さらに、寸法形状を作る作業では高精度工作機械が用いられること、お

よび製品が不連続体であることから、full automation においても、フィードバックを必要としない場合が多い。

このような観点から、生産自動化（mechanical automation）の必要性和その促進策について所見を述べる。

2. 自動化の必要性

機械的生産設備を自動化しようとする必要性の第一は生産コスト（主として direct labor cost）の低減におかれる。その場合、生産企模を固定化して direct labor の削減をはかることには非常に困難な問題が多く、一般には生産量の増大をはかりながら、自動化を促進し、製品 1 個当りの生産コストを低減することが考えられる。従って、自動化の必要性の実際的主眼点は、

○生産性の向上（量産性）

○生産速度の増大

におこななければならない。

世界の人口は年と共に増加しており、かつ人間 1 人当りが使用する工業製品の量は年と共に急増している。従って、全体的に見れば、工業製品は大幅な量産を必要とし、生産速度の増大を必要とする。かくして、人間 1 人当りの労働（頭脳および筋肉）によってえられる工業製品が増加し、1 人当りの労働賃金を高くしながら、同一製品の場合その値段は安くなり、生産水準の向上が可能になる。従って、オートメーションでは多量生産が主眼点となるように思われる。その場合、一定時間内の多量性と持続的に見た多量性とがあることに注意しなければならない。このような見方をすれば、多種少量生産をこなしている企業はありえないことになる。

多量生産といえば自動車、テレビ、洗濯機などの製品が頭に浮かぶのであるが、このような量産企業はわずか数%にすぎず、自動化の真の問題点は持続的・量産の自動化にある。たとえば、ジェットエンジンなどの生産では一時期にさほど多量な生産機数を望むことはできないが、自動化は非常に進んでおり、普通の方法で生産する場合の千分の 1 以下のコストで生産される部品もある。

○品質の改善、精度の向上

自動化により品質、精度がよくなる場合もあるが、目標は均一性の増大により品質のばらつきをなくすことである。人間の五感からはなれて計測検査を行なうことにより高精度製品がえられると考えるより、精度の均一化

* 精密工学科教授

および同一精度のものが少ない加工工数で容易に製作されると考えるべきである。

- 能力の増大, 効率の増大

人間1人当りの出力が増大した形でえられることのほかに、能力の安定化と作動時間の短縮が期待できる。このことから人間より機械の方が能力が上であるように考えがちであるが、人間をより高級な労働に従事させることができるようにするのが自動化であり、人間しか持ちえない能力を活用する方向に向わなければならない。

- 熟練度, 不良発生率の低減

未熟練者により高度の製品を作ることを可能にするのは直接労働の熟練性の問題であり、他のより高度の技術に関しては、自動化の進むほど高度の熟練技術を要する。また場合によっては熟練者の操作を記録再生することも可能である。

- 可能性, 安定性の増大

- 工場面積の節約

このような考え方を押し進めて行くと、統括制御の行なわれた無人工場が考えられるが、資本主義社会における生産の問題は技術的理想形よりも経済的必然性に支配されるものであり、その発展は階級的進歩をたどらなければならない。

3. 自動化の段階的進め方

自動化に関する経済的必然性として、投資とその回収市場の大きさ、雇用関係など多くの問題があり、これが技術的理想形とうまく調和した位置にその業種の自動化程度が置かれなければならない。

一期に full automation に進む場合非常に多くの障害がでてくる。automatic device を順次附加しながら、一步一步前進すべきもので、automation は evolution であって、revolution ではないと云われる。

従って、automation の計画は経営、販売、設計、生技術の各部門が一体となった企画グループを作り市場性を検討しながら進めて行かなければならず、同一製品を製作する企業よりほんの少し前進していることが最前の道である。

自動化を進めるには、同一機能の製品を作る場合であっても、自動化に適した設計に変える (redesigning) ことが必要であり、その場合、形状寸法のみならず、生産技術の面から検討して、自動加工の行ないやすい材料をえらぶことも考慮に入れなければならない。この部品を自動的に作るには、どのような自動化を行えばよいか、この作業を手でやらないためにどの機構を用いるかという考え方は誤りであり、正しい自動化を進める上に障害になるものである。

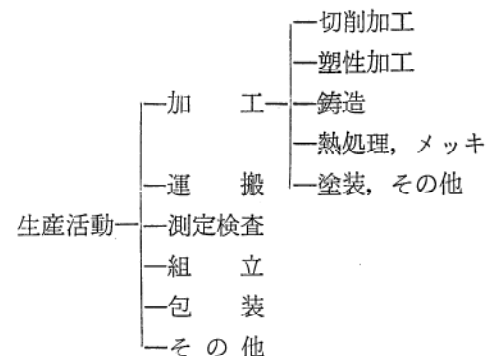
一般に自動化が進むにつれて、生産速度の増大、コス

トの低減はできるが、作業が固定化し、設備が大型化して、製品の改善、設計の変更に障害となる傾向がある。そのために相当長期にわたって、一定の寸法形状のものを多量に生産する見通しが立たない場合自動化ができないものと考えられがちであった。

自動化の最も進んだ機械的生産設備としてトランスファーマシンが考えられ、以前は加工工程順に並んだ長大な機械が作られた。しかし、技術の進歩、人間の欲求は停止を知らないものであり、作業の固定化はさげなければならない。さらに、量的に少ない作業の自動化が automation の最大の課題であってみれば、融通性の高い自動機械が要望されるのは当然である。時近の傾向としては大幅なコストの低減をはかると共に flexibility のある自動機械が考えられるようになっており、トランスファーマシンもその型体を変えつつある。そのためには、製品を機械も共に標準化、単純化を進めることが必要である。

4. 生産活動の分類

生産活動を大別すれば



となり、これらの作業はすべて自動化の対称となるものであり、各工場において、各個に自社の製品を生産する必要な自動機械を工夫、考案して使用しているのが現状である。

従って、自動機械の分野は非常に個々の性格が強く、体系化のほとんど行なわれていない段階にあり、同一業種で使用し、生産している機械の自動化方式については各企業とも非常に注意を払い、熟知しているが、同じような作業を行なう目的で作られている他業種のものに対してはあまり注意していない。

しかし、何々生産用自動機械という形でみるのではなく、種々の生産活動の集合体として自動機械を見ると、他業種の用いている方法に参考になる部分が非常に多いであろう。

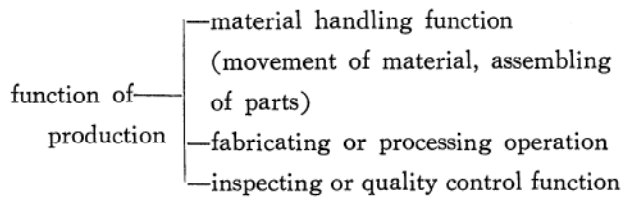
生産活動は極めて複雑であり、個々の作業に全く関連がないように見えるが、自動化に必要な operation として、大分類から次第に細分類して行き、それぞれの operation で使用される方式の実際を集録して見れば、自

動化の各段階に最も適合した方式が見出されるであろう。すなわち、自動化を正しく進めてゆく方法は自動化に必要な operation を分類し、それぞれに最適の自動化 mechanism の解析を行なうことである。

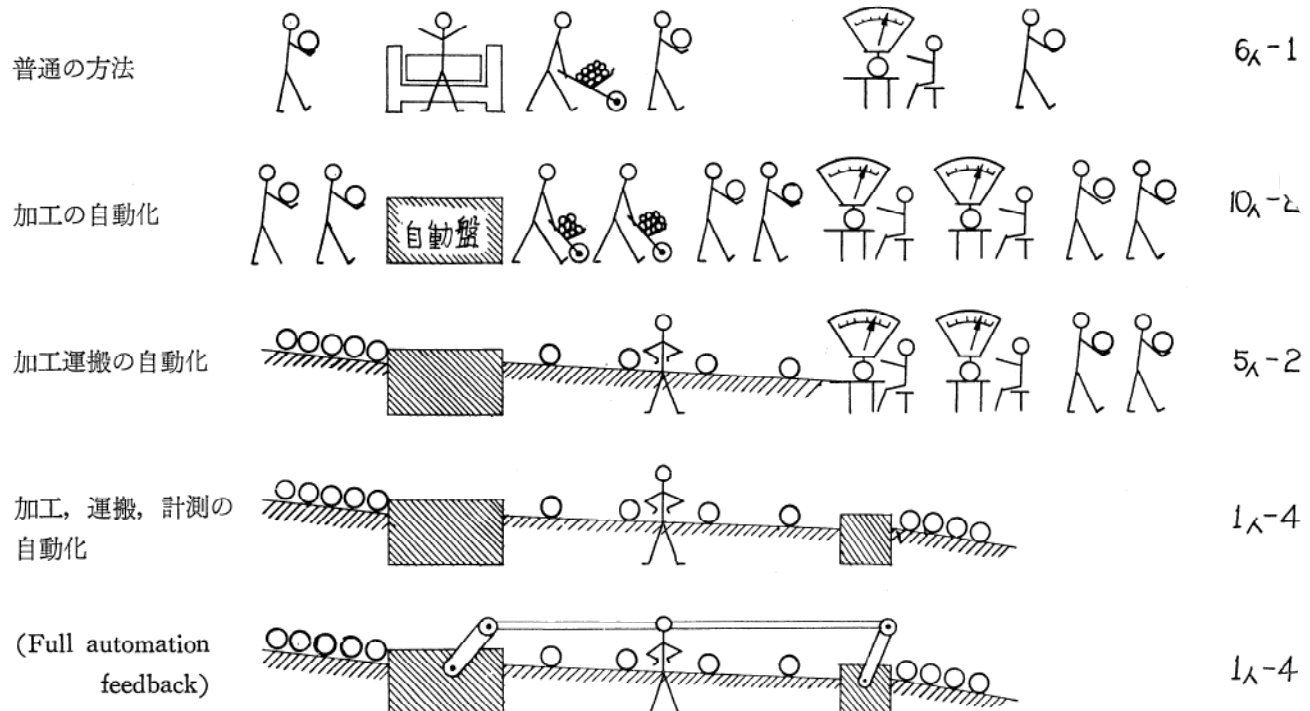
そこで、理想的自動化系 (ideal automatic system) として、生産活動が最少量の筋肉および頭脳労働で実行できるような自動化機構の集合体を考えると、どのように複雑な生産活動も大別して次の5項目になる。

- (1) 原材料を受け入れ、それを正しい方向で、制御度に応じて機械に送り込む装置 (feeding device)
- (2) 必要な効果を材料に与えるための作業を実行する装置 (work performing mechanism)
- (3) 材料を1つの operation から次の operation へと移動させ、系から製品を送り出す装置 (transfer mechanism)
- (4) 前3者を正しくプログラムする装置 (control equipment)
- (5) 機械あるいは材料の運動の変化によって起る影響を補正したり、通報する装置 (inspection, feedback, alarm)

より簡単に示せば



下図はこれらの生産活動を自動化する各段階について模型的表現を行なったものであり、生産量と人手の関係



を単的に示している。

これらの生産活動の中で加工作業そのものは自動化により生産速度の増大を期待できない性格のものである。加工作業の所要時間はそれぞれの加工原理により決まるものであり、理想的加工条件が取られている普通の作業に比べれば自動化作業はむしろ遅くなる。

5. 運搬の自動化

自動化の効果が最も大きく現われるのが運搬 (位置決め, 取付け, 取はずしを含む) であり、高度に自動化された自動機械とは結局運搬機構の最も自動化されたものである。素材が工場に受け入れられてから、完成品となって工場を出るまでの間に、いくつかの加工作業を受けるのであるが、その間の運搬は素材の千倍以上になるのが普通であり、所要時間も最も長い。

automation なる言葉が最初にできた Ford の流れ作業方式も結局運搬の自動化の一方式にすぎない。また、運搬方式の改善は加工作業そのものに使用しうる自動化装置の量を多くする特徴を持つものである。

ところが、運搬作業については加工作業の場合のように、その基本原理が明確に解析されていないため、どのような方式をとるのが最適かは容易に決めがたい。

運搬作業を上述の operation 分類の考えから分類してみると、まず大別して次の2つがある。

- (1) continuous material feeding
- (2) feeding devices for individual parts

問題は (2) の方であるが、この場合でてくる基本的な operation は

- (1) transporting (feeding)
- (2) positioning
- (3) assembling
- (4) storing
- (5) separation
- (6) orientation
- (7) distribution

などであろう。

また運搬に当っては素材および加工中部品の寸法、形状、重量、物理的物性を考慮する必要があり、そのような素材、部品の運動においては

方向：水平、垂直、傾斜、復合

距離：長、短、直線、広域

などに分類して考慮する必要がある。

これらの関係をまとめて、運搬作業の系統的分類を行なえば下の表のごとくである。

ること。その内容としては4節で分類した生産活動の各項の自動化について、operation 分類を基本として、知識、経験を整理することである。

(2) 自動化促進グループによる討論

- (a) 生産設備の現状について
- (b) 自動化全般について
- (c) 特定製品の生産自動化について
- (d) 特定作業の自動化について

(3) 取り上げられた特定問題の自動化について、理論解析結果に基づき設備機械の設計製作

(4) 自動化された同種および異種工場の見学

これらの各項は順次に進めるべきものでなく、多少のスタートのずれはあっても、4項目とも平行して進めなければ効果は上がらない。すなわち、(1)が完了するという時期はないわけであり、(1)、(4)を基本として、(2)、(3)を進めることが、(1)の促進となり、(1)が充実することが最

		material handling system												
		raw material (材料)				handing method	motion				processing			
activity	plant	property (性質)	weight (重量)	size (大きさ)	shape (形状)		character (特性)	start desired time (期時)	acceleration	constant speed	reduction and stop	loading	machine operation	unloading
		flowable	light	small	球形 円角 長角 複合 ・ ・ ・	電氣的 磁氣抵抗 變形係數 彈性係數 耐摩水性 ・ ・ ・	連続 ばらばら 箱づめ 整理 吊下げ つかむ ・ ・ ・	連続 間歇 ・ ・ ・ 個/time	直接的 曲線的 間歇的 slow ・ ・ quick	low ・ ・ high	slow ・ ・ quick	fixture ・ ・ ・ ・ ・	cuting grinding press heat treatment 塗装 ・ ・ ・	
		individual	heavy	large										

		direction		distance
separation	horizontal vertical	single	近	遠
orientation	angle combination	multi		
distribution	・ ・			

終目的である(3)の完成を早めることになり、工場全体の生産自動化をおし進める。

6. 自動化促進の方策

自動化の必要性はあらゆる企業が認めているところであり、多大の関心はあらわれているが、その実施はなかなか困難である。これを促進する方策としては短時日に実効を上げる名案はなかなか見当るものではないが、概念的には次のような手順が考えられるであろう。

- (1) 体系化された状態で自動化に関する知識の吸収す

このようにして各企業の自動化が一步一步着実な進歩を上げることができれば、われわれの生活水準の向上は大いに加速されて行くことであろう。

7 結 言

機械的生産自動化に関して、考え方の基本を概括的に述べたが、すでに熟知されている知識、経験の整理に役立つところがあれば幸である。