

ME 技術革新と企業構造(Ⅱ)

能 塚 正 義

目 次

はじめに

I マイクロエレクトロニクス (ME) とその生産技術への応用

1. IC の誕生とその発達
2. コンピュータの高性能化・多様化とその普及
3. NC 工作機械
4. 産業用ロボット
5. 無人搬送車・自動倉庫

II ME 技術革新による生産・販売システムの変化

—FA から CIM へ—

1. 製造システムにおける FA の発展
2. FA から CIM へ
3. 「ネットワーク型産業構造」の形成

III 生産・販売システム革新の事例

—新潟日本電気・花王—

1. 新潟日本電気における CIM の推進
2. 花王における SIS の展開 (以上第14巻第1・2合併号)

IV ME 技術革新とオートメーション論

1. ME 技術革新とオートメーション論の展開
2. オートメーション論の検討 (以上本号)
3. ME 技術革新と労働の変化
4. 補論 オートメーション論と労働の変化

V ME 技術革新による生産・販売システムの革新

む す び

IV ME 技術革新とオートメーション論

工業企業の中核的システムである生産・販売システムは、生産・販売にかかわる物への働きかけ（原材料の調達・保管・システム内搬送、加工・組立・検査、販売先への搬送など）とそれにかかわる情報の処理という2つの機能を有している。IでみたようにME技術は、前者にかかわるものとして、NC工作機械や産業用ロボット・無人搬送車・自動倉庫を、そして後者にかかわるものとしてコンピュータを中核とする情報処理システムを生みだした。そしてIIでみたように、工業企業は1974、1975年の世界同時不況以降、それらを積極的に導入してFA（工場の自動化）を推進した。その具体的様相は紹介したとおりである。FAは、生産・販売システム内の製造システムの柔軟性ある自動化の進展を土台に、このシステムと生産管理システム及び購買システムとの連系の強化を実現したものであった。

1980年代中頃をこえると先進的工業企業は、上の3つのサブシステムに、さらに製品開発・設計部門及び受注・販売システムを加えた生産・販売システム全体におけるME技術の利用と、それを前提にしたそれらの連系の強化を実現した。これがCIMであり、その具体的事例はIIIで紹介した。さらに、生産・販売システムとそれに密接な関わりをもつ他のシステムとのVANなどの社会的情報通信網による連系強化も同時にすすんでいる。

本稿「はじめに」において述べたように、LSI元年（1971年）から20年の間に、ME技術革新の波は加工組立型工業企業が生産・販売組織の各部門からその相互関係、さらに工業企業間相互及びそれらと商業企業・消費者との関係にまでいたり、我々はME技術革新による工業企業が生産と販売活動の変化の全容をようやく現実のものとして観察することができるようになったのである。

さて、このようなME技術の導入は、組織やその中での意思決定のあり方、労働の管理など企業経営の変化をもたらす重要な一因を形づくっている。それらの全体を体系的に把握し、その歴史的意味を確定するとともに、その労働

ME技術革新と企業構造(Ⅱ)

者の生活及び社会への影響を明らかにすることが経営学及び経済学の大きな課題となっている。この際、まず ME 技術の技術史における意義を明らかにすることがこの課題の解決の出発点となろう。それ故、ME 技術革新下の企業経営や労働問題を対象とする研究は必ずこの点について言及している。そしてその多くは、ME 技術による生産の段階をオートメーション段階と規定し、その技術的特質を従来の機械あるいは機械体系と対比させて明らかにしようとする。これらのオートメーション論は、歴史的にみると、すでに1950年代から1960年代にかけてあらわれたオートメーションに関する研究¹⁾の延長線上に位置づけられる。しかしこの時期のそれは、今日のような ME 技術の華々しい展開を前提にしたものではなかった。これに対し、今日私たちはノイマン型コンピュータを中核とする ME 技術の革新的作用を現実に観察することができるのであり、この実態をふまえての研究が可能となった。以下において検討するオートメーション論の多くは、次章で総括するように、生産・販売システムの中の製造システムに視野を限定するという傾向をもっており、今日の ME 技術による生産・販売システムの変化の全体を視野に入れていないという点で不十分なものであるが、1980年代のオートメーション論は ME 技術の技術的特質を考えるための手がかりになるものである。

1. ME 技術革新とオートメーション論の展開

オートメーションという言葉は、*automatization* あるいは *automatic operation* を短かくした新造語で、フォードのエンジン工場におけるトランスファマシンに対して与えられたものであると言われている。それは一般には自動化された機械体系あるいは機械に対して働きかける人間労働を排除してゆく方向を意味するものとして用いられているが、その内容に関して必ずしも厳密な意味づけが与えられているわけではない。

1) この時期の文献のいくつかをあげれば次のとおりである。S. Lilly, *Automation and Social Progress*, 1957; 中山秀太郎・星野芳郎『オートメーション入門』1960年; J. Diebold, *Automation; The Advent of the Automatic Factory*, 1952.

最近のオートメーション論は、ME技術による自動化を、オートメーションを一層発展させるもの、あるいは本格的に展開させるものとして位置づけ、ME技術によって進展をみせたオートメーションの技術的特質を確定しようとする研究である。この研究の中では、オートメーションをマルクスのいう自動機械体系に含まれるものとするか、あるいはそれをこえた新たな労働手段とするか、これとかかわって、機械をどのように位置づけるかが一つの論点となっている。まずオートメーションをマルクスのいう自動機械体系に含まれるとする見解をとるものとして、名和隆央「オートメーションの段階規定」²⁾(1984年)をみることにする。

名和氏は、まずME技術とオートメーションとの関連については、1970年代後半以降のME技術はオートメーションを一層発展させたとのべ、そしてオートメーションについては、「自動制御理論は電子技術の発達と相まって、高度の自動情報処理機械(コンピュータ)の出現をもたらした。オートメーションは自動制御される機械体系を意味する、ということができる」³⁾と定義している。そのうえで、オートメーションをマルクスの自動機械体系にあたるとする説として、上林貞治郎氏及び芝田進午氏の説を、オートメーションを新たな労働手段とする説として、坂本和一氏及び北村洋基氏の説をとりあげた。それらを批判的に検討しながら、前者については「オートメーションと呼ばれる技術が従来の自動的機械体系とどの点で相違し、いかなる発展を示しているのかを、より一層究明する必要がある」⁴⁾と、そして後者については、「オートメーションを機械をこえた新たな労働手段と規定するためには、機械とは何かを解明し、そのうえで労働手段の発達におけるオートメーションの位置を考察すべき」⁵⁾と結論づけた。名和氏はこの問題をどのように解決しているか。まず機械の規定については「機械と人間労働との関連を考察することによって、機械

2) 『立教経済学研究』37巻4号。

3) 同書, 100頁。

4) 同書, 109頁。

5) 同上。

の経済学的に正しい規定を行いうる」⁶⁾との立場から、「機械とは一口でいえば人間労働にかわって道具を操作し労働対象を合目的に変形する物質的機構である」⁷⁾とした。この規定からは、「機械としての労働手段の進歩は、それがどれだけ人間労働を補足・代替するかによって度量される」⁸⁾ことになる。

オートメーションとは、名和氏によれば「自動制御される機械体系」であったが、より厳密には「フィードバック労働にかかわる自動制御機構を機械の構造に組み込んだ」⁹⁾ものである（ここで登場したフィードバックという語は、オートメーション論のキー・ワードとして重要な意味をもつものであり、後にその意義を検討することになるが、ここではとりあえず「フィードバックとはあるシステムがすでに遂行した仕事の結果をそのシステムに再挿入することによって一つのシステムを制御する方法」(N. ウィナー)としておく)。そして「オートメーションは機械の本質——人間にかわって道具を制御する機構——に合致しており、いわば機械の発展の完成形態といえる。したがって、オートメーション段階とは、機械の最高の発展段階にほかならない」¹⁰⁾と結論を導いている。以上のようにして、名和氏は、オートメーションが機械であるか、あるいはそれをこえる新たな労働手段であるかについては、機械を「人間労働にかわって道具を操作し労働対象を合目的に変形する物質的機構である」と広く規定することによって、前考の立場を採られることになった。

ところで名和氏がオートメーションの規定としてとくにフィードバック労働に注目するのは何ゆえか。それは、必ずしも明示的ではないけれども、次のようである。機械の段階では、「人間はいわば機械の外側であって、機械の作業を監視し、状況に応じて機械を調節」¹¹⁾しなければならないが、「オートメーション（自動制御機構）の段階では、機械を監視し調節した人間にかわって自動

6) 同書、110頁。

7) 同書、111頁。

8) 同書、117頁。

9) 同書、125頁。

10) 同書、123頁。

11) 同上。

制御機構が機械を監視し調節することになる」¹²⁾。以上の文脈から、名和氏は、フィードバック労働を「機械の段階」において必要であった労働者の「監視」と「調節」を代行するものとして意義づけているものと思われる。

以上オートメーションの規定に関する名和氏の見解の基本点をみてきたが、それは次のようにまとめることができる。①オートメーションとは「フィードバック労働にかかわる自動制御機構を機械の構造に組み込んだ」もので、フィードバック制御機構は、それまで必要であった労働者の「監視」と「調節」を担う。そして、②オートメーションは人間にかわって道具を制御するという機械の本質に合致しており、その発展の完成形態である。

名和氏と同様に、オートメーションを機械概念に含める立場をとるものとして戸木田嘉久『現代資本主義とME化』¹³⁾(1990年)がある。戸木田氏はその中で「オートメーションは、機械をこえた新たな労働手段の体系だとする見解がある。それは、道具の機械への飛躍に匹敵し、現代の資本主義的生産様式は機械制大工業とは次元の異なるオートメーション段階に移行している、とされる。この規定は承認しうるものであろうか」¹⁴⁾と問題を立て、それに否と答える。というのは「オートメーションは、機械を操作する制御労働をさらに機械化したものであるとはいえ、制御機構が道具を操作し、労働対象に変形を加えるという機械の本質的特質は少しも変わっていない」¹⁵⁾からである。戸木田はオートメーションの特質を「制御労働の機械化」に求め、「今日のオートメーションの自動制御機構は、自分の目で機械を監視する労働、自分の手で機械を修正するという労働をも機械化している」¹⁶⁾と述べている。こうして戸木田氏の見解は、フィードバック制御という言葉は使われていないが、先の名和氏のものほとんど大差がないと言える。

以上は、ME技術によって発展したオートメーションを基本的に機械概念に

12) 同上。

13) 新日本出版社、1990年1月。

14) 同書、23頁。

15) 同書、24頁。

16) 同上。

含める立場であったが、これに対し、『コンピュータ革命と現代社会3 技術・労働』¹⁷⁾(1986年)は、オートメーションを、道具そして機械に次ぐ第3の段階に位置づける立場をとっている。石沢篤郎氏は同書の「コンピュータ技術の歴史」の中で、「NC工作機械からMCへ、さらにFMSへのいわゆるME化の進展は、画一化・連続化への制御ではなく、多様な条件の変化に本格的に適応するという意味で、新たな段階を画するものである。これによって多種少量生産の自動化が可能になり、加工精度も向上し、またこれまでの画一化・連続化のもとでは残された労働の熟練を機構におきかえることが可能になったのである」¹⁸⁾と述べている。また馬場正孝氏は同書の「ME革命と生産の自動化」において、「今日のNC装置に代表されるオートメーションと、これまでの自動機械との決定的差異は、脳中枢に相当するもの——汎用制御技術としてのコンピュータ——を備えているという点に集約される」、「そしてそのことによって、これまでの機械では人間の神経系、感覚系に依存していた制御が、機構によっておこなわれるようになった」、「この新たな段階をME段階と仮りに呼ぶことにしよう」¹⁹⁾と述べている。

さらに青水司氏は、同書の「コンピュータ革命と労働過程」において、オートメーションの段階とは「労働の側に残されていた制御の側面が基本的に労働手段に移行」²⁰⁾したものであるとし、この段階では、「人間労働に特有のフィードバック機能が制御機構のなかに組み込まれ、この制御機構が与えられた指令、計画に従って機械を監視し、制御する」²¹⁾と述べている。そして「フィードバック機能を備えた本格的なオートメーションは、コンピュータの出現によって実現する。この段階のオートメーションは、同一の生産設備による多種多様な製品の加工・組立の自動化が可能になったことが特徴である」²²⁾と述べて

17) 大月書店, 1986年2月。

18) 同書, 31頁。

19) 同書, 65, 66頁。

20) 同書, 79頁。

21) 同上。

22) 同書, 80頁。

いる。

以上『コンピュータ革命と現代社会3』におけるオートメーションに関わる部分を紹介した。ここでは、①オートメーションとは、それまで人間が担っていたフィードバック制御が機構に組み込まれたもの、②それは汎用制御技術としてのコンピュータによって実現される、③それは多品種少量生産の自動化を可能にする、④それはこれまでの自動機械とは質的に異なる、ということが全体として述べられている。

上記見解と同様に産業用ロボットやNC工作機械など労働手段としてのオートメーションを機械をこえた段階とする立場から、オートメーション論を展開したものとして中村静治氏の『生産様式の理論 現代経済学批判』²³⁾(1985年)がある。中村氏は、先の名和説を批判しながら次のように自説を展開された。まずオートメーションについては、オートメーションとは「アメリカで大発展した大量生産技術としてのユニットマシン、トランスファマシンと通信技術の真空管とがウィーナーのサイバネティクス理論と結合して現われたもの」²⁴⁾、したがって「フィードバック機構＝マイコンを組み込んだ」ものであるとされた。そしてこの「オートメーションとマルクス時代の機械、自動機械が質的に異なるのは、機械の場合、労働者は自分の目で機械を監視し、自分の手で機械の誤りを正さなければならないのに対して、オートメーションではそれらをすべてコンピュータが代行する点である。手と目を働かせる必要がなくなれば、直接頭を使う必要もない。かくて、生きた労働、生産者はもはや生産現場に、労働手段の傍らに立っている必要はない。集中制御室でコンピュータが表示する生産過程を全体として監視しておればよいのである」²⁵⁾と述べた。ここでは、オートメーションは、ユニットマシンと真空管とがサイバネティクス理論と結合して現われたものというやや具体的な規定が与えられている。しかし基本的内容は、先の『コンピュータ革命と現代社会3』と同じであり、コンピ

23) 青木書店、1985年11月。

24) 同書、191頁。

25) 同書、192頁。

ME 技術革新と企業構造 (II)

ュータとフィードバック制御がキー・ワードとして使われている。

今日のコンピュータを中核とする ME 技術がマルクスのいう機械をこえるものか否かについては明示的ではないけれども、オートメーションをフィードバック制御の機構化に求める説としてさらに湯浅良雄氏の「ME 化の展開とその技術史的 position」²⁶⁾(1986年)がある。湯浅氏はオートメーションを「単なる制御ではなくより高度な人間特有のフィードバック制御を備えた労働手段」であり、「端的に言えば、このようなフィードバック制御を担うコンピュータが付加された機械体系ということになる」²⁷⁾と述べている。湯浅氏は、フィードバック制御に注目するが、それは、それによって「生産の柔軟性が確保される」²⁸⁾という点である。湯浅氏のいう「生産の柔軟性」の具体的内容については必ずしも明示的ではないが、NC 工作機械に関する同氏の説明からは汎用性ということであるように理解される。

さて、これまでみてきたオートメーション論は、それを機械に次ぐ第3の段階とするか否かにかかわらず、オートメーションをフィードバック制御機構がそれまでの機械に組み込まれたものとする点では共通であった。それらはフィードバック制御の機構化とそれによる人間の監視労働の排除や柔軟性を保持しての自動化に今日の ME 技術の特質を見いだしており、このような見解が今日のオートメーション論の主流をなしている。これらに対し山下幸男氏は『労働の質的転換 メカトロニクス時代の労働』²⁹⁾(1990年)においてオートメーションを機械に次ぐ第3の段階とする立場をとりつつ別の主張をされている。山下氏は NC 工作機械を新型オートメーションと称し(これに対し旧型オートメーションは、トラスファマシンによって代表される自動機械体系である)、その技術的特質を数値制御装置にみいだされる。すなわち「この系統の機械(汎用機械)において、これまでの機械に数値制御装置がつけ加えられて、新

26) 戸木田嘉久編『ME「合理化」と労働組合』大月書店、1986年所収。

27) 同書、64頁。

28) 同書、73頁。

29) 新評論、1990年6月。

しい方式であるメカトロニクスが成立する]³⁰⁾と言われる。この場合、「メカトロニクスは汎用機械が転化したものであるから、そこに組み込まれているのはシーケンス制御である。確かにNC旋盤のセミクローズド式のものにはフィードバック制御機構が内蔵されているが、これはNC旋盤の本質には係わりのないことである」³¹⁾と述べて、数値制御がシーケンス制御であることを強調された。(シーケンス制御については後にふれるが、ここでは「あらかじめ定められた順序または一定の論理によって定められる順序にしたがって、制御の各段階を逐次進めていく制御」(日本工業規格「JIS C 0401」)としておく。)

一方、山下氏は、機械発達の2系列説を展開している点が特徴的である。第一の系列は、「単品大量生産という市場の条件に対応する機械」³²⁾の発達系列であり、ここでは「機械は万能機械から機械体系、自動機械体系という順序を経て発達する。この機械の発達につれて、機構が道具を操作するという機械の方式が純化され、自動機械体系においてそれは完成する」³³⁾。自動機械体系はトランスフェマシンのことを指している³⁴⁾。第二の系列は「多品種中・少量生産という市場の条件に対応する機械」³⁵⁾の発達系列であり、ここでは「機械は汎用機械にとどまり、汎用機械としての独自の発達をとげる。汎用機械では、人間の手を排除するという機械の方式は貫徹されない」³⁶⁾。山下氏の言う新型オートメーション＝メカトロニクスが生まれるのは、実はこの第二の系列においてであり、山下は、「不十分な機械である汎用機械において、それを操作する人間の手を排除するという課題は数値制御という制御方式の成立によって果たされる(メカトロニクス)。これは機械とは異なる新しい方式である」³⁷⁾と述べ

30) 同書、66頁。

31) 同書、70頁。

32) 同書、237頁。

33) 同上。

34) 同書、143頁。

35) 同書、237頁。

36) 同上。

37) 同書、230頁。

ている。こうして山下氏は、機械の発達 の 2 系列説に基づいてオートメーション論を展開したという点でユニークなものであり、また、①NC 工作機械の本質はシーケンス制御である、②フィードバック制御はプロセスオートメーションのことである、との山下氏の事実認識から、オートメーションの特質をフィードバック制御に求める名和説や青水説などを手厳しく批判された。この点の是非を含めて、次節で本節で紹介したオートメーション論を検討する。

2. オートメーション論の検討

前節でみたように、オートメーション論の主流は、オートメーション(具体的な労働手段としてはNC 工作機械を典型とするメカトロニクス機械)の特質を、フィードバック制御の機構化に求めている。いわく「フィードバック労働にかかわる自動制御機構を機械の構造に組み込んだ」もの(名和氏)、人間労働に特有のフィードバック機能が制御機構のなかに組み込まれたもの(青水氏)などである。はたしてこれは現在の ME 技術の必要にして十分な規定であるか、この点を以下において考察する。

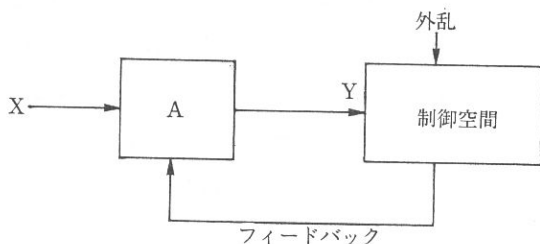
まずフィードバック制御とはもともとどのような制御であるかを確認する。先に紹介したオートメーション論の中でも言及されているように、フィードバック制御というのは、N. ウィナーが、彼のサイバネティクス理論の中で重要な位置を与えたものである。フィードバックは、N. ウィナーに先立つ Cannon³⁸⁾などのホメオスタシス(恒常性)に関する研究の中で、生命体が環境の変化に対応して内的状態を調整するためのものとして理論の中に組み入れられたものである。N. ウィナーは、このフィードバックと情報の概念を工学的分野だけでなく、生物学や社会科学の分野にまで拡大・一般化して、彼のサイバネティクス理論を構築した。その N. ウィナーは『人間機械論』の中で「フィードバックとはあるシステムがすでに遂行した仕事の結果をそのシステムに再挿入することによって一つのシステムを制御する方法」³⁹⁾と述べている。これがフ

38) W. B. Cannon, *The Wisdom of the Body*, 1932. (栖原六郎・大沢三千三訳『人体の叡知』創元社1959年)

ィードバックの基本的な規定であり、一般に科学の分野においてもこの規定にそって、たとえば、「制御対象からの出力と目標値とを比較してその差を打ち消すように操作量を調節していく制御法。制御対象に関する知識が完全でない場合や、未知の外乱がある場合にも有効な制御を行うことができる」⁴⁰⁾と定義されている。

いまこのフィードバック制御の意味を暖房装置に例をとって考えてみよう。

第7図において、Aは投入されたエネルギーを熱に変換して($X \rightarrow Y$)、それをある一定の空間に供給し、その内部の気温を高める。高められた気温は測定され、その情報はAに入力される。Aの内部において、目標値とその情報(実際値)とが比較され、その偏差が零になるようにAの供給する熱量が調節される。この場合、Aが一定量の熱量を供給し続ければ、室温が設定値に維持できるものではないということが重要である。それはこの空間をとりまく環境(外気温や風力)の変化=外乱がこの空間の気温に影響するからである。フィードバック制御の眼目は、環境の変化も同時に「仕事の結果」の中に取り入れられて、それが設定値と比較されるところにあり、これによって、環境の変化に対応しながら、設定された状態が創出・維持されるのである。ここでは、第7図にみられるように情報のループが形づくられており、フィードバック制御は閉ループ制御ともいわれる。



第7図 フィードバック制御

39) N. Wiener, *The Human Use of Human Beings Cybernetics and Society*, 1954. (鎮目恭夫・池原止戈夫訳『人間機械論』, みすず書房, 1979年)

40) 財団法人国際科学振興財団『科学大辞典』丸善株式会社, 1985年。

人が室温を測定しながら、Aによって供給される熱量を調節する場合、フィードバック制御は人によって担われている。この人の機能（監視と調節）が物的要素に移されると（たとえばサーモスタットとそれと連結された熱供給量の調節弁）、この暖房装置は、人間の手を借りることなく、環境の変化に対応しながら自ら熱供給量を調節して、この温度を設定値に（あるいは設定値を含む一定の範囲内に）維持することができるようになる。すなわち自動暖房機の誕生ということになる。

以上からわかるとおり、フィードバック制御は環境の変化も「仕事の結果」の中に取り入れてある一定の状態を創出・維持しようとするものであり、フィードバック制御の機構化（物的要素による実現）は、その機能を人の手を借りることなく自動的に行うものであるといえる。

ところで自動制御の方法には、フィードバックを用いない制御もある。それは例えば、機械時計やからくり人形、オルゴールなどに見られるものであり、ここではあらかじめ設定された情報ないし機構に基づいて順次作動が行われ、作動状態に関わる情報のフィードバックは行われない。これはフィードフォワード制御といわれるもので、情報のループ構造はなく、開ループ制御ともいわれる。一般にフィードフォワード制御では制御量を要求されたとおりに変化させるための操作があらかじめ計算されるのであるから、制御の途中で考慮に入れなかった外乱が加われば、制御量は予定したとおりに変化しないことになる。したがってフィードフォワード制御は外乱のある場合には使えない。しかし外乱の発生しない操作系では、自動制御の機能を十分に有するのである⁴¹⁾。

工学書において、自動制御のより具体的な次元の方法として、フィードバック制御、シーケンス制御、数値(NC)制御、微制御があげられることが多い。このうちシーケンス制御は主としてスイッチやタイマ、リレー（現在ではリレーのかわりにPCが多く使われている）で構成される制御装置によりモータなどの駆動部（アクチュエータ）を自動制御するもので、これは基本的にフィードフォワード制御に含まれる。また制御内容を数値で指示する数値制御

41) 示村悦二郎『自動制御とは何か』コロナ社、1990年9月参照。

は、フィードバックを有しない場合（たとえばオープンループNC工作機械）フィードフォワード制御に含まれることになる。こうして、フィードバック制御の機構化は、自動化の一つの形態ということになる。

さて、ここで注意する必要があるのが、先のオートメーション論が自動制御機構の創出＝自動化一般をオートメーションの特質としていない点である。自動化一般から工作機械の発展史をみれば、すでに19世紀末には一連の切削工程を自動化したトランスファマシンがあらわれている⁴²⁾。これは、ワークをいくつかの連なった旋盤の間をトランスファームによって移動させることによって、鋼鉄の芯棒、軸、歯車といった部品を自動的につくる、というものであり、その原理は、歯車やギア、カムなどのメカニクスによっており、からくり人形と同じである。これは、それまで汎用旋盤に対して人が行っていた操作の一部を機械の機構の中に組み込んだもので、その限りで自動化を実現したが、フィードバック制御の機構化を意味しない。先のオートメーション論がこうしたフィードバック制御をもたない、メカニクスによる自動化（あるいは自動化一般）をオートメーションの特質とせず、フィードバックによる自動制御にそれを求めるのは、自動化一般では、ME技術によって生まれたメカトロニクスによる自動化を規定するには不十分であるとの判断があるからである。今日のオートメーションは、多品種少量生産の自動化や監視労働の排除をとまなっており、これは自動化一般では説明不十分ということになる。（もっとも青水氏はトランスファマシンを初期のオートメーションとし、また山下氏はそれを旧型オートメーションと呼んでいる。）

それではフィードバック制御の機構化は、メカトロニクスによってはじめて実現されたものであるかということ、そうではない。名和氏や中村氏も言及しているイギリス産業革命時にあらわれた蒸気機関に関するワットの回転数調整装置は、蒸気機関の動作状況＝仕事の結果をこのシステムの入力に帰還させており、概念的にはフィードバック制御に合致するものである⁴³⁾。これらのフィー

42) M. クランツバーグ/C. W. バーカル2世他著、小林達也訳『20世紀の技術（下）』東洋経済新報社、1976年4月、419頁。

43) この装置については、示村悦二郎前掲書第3章参照。

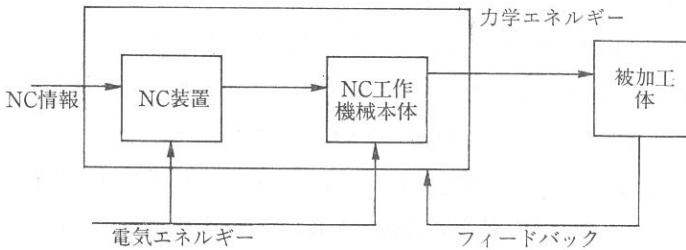
ドバック制御機構は、原理的には力学＝メカニクスによるものとはいえ、概念的にはフィードバック制御ということができ、したがってフィードバック制御機構はすでにかなり古い時期にその起源をもつということになる。

そこで先のオートメーション論のうちいくつかは、フィードバック制御の機構化ではなく、コンピュータを用いたフィードバック制御という規定をもちだしているのである。ME 技術の結晶たる IC をその中核的素子とするコンピュータをオートメーションの規定の中に持ち込むことによって、今日すすみつつある ME 技術による自動化の進展の特質を把握することができるのである。こうして先にみたオートメーション論のいくつかは、オートメーションの規定のキーワードとしてフィードバック制御とともにそれを担うものとしてのコンピュータに到達したのであった。いわく「オートメーションとは端的には、このようなフィードバック制御を担うコンピュータが付加された機械体系」(湯浅氏)、「フィードバック機能を備えた本格的なオートメーションはコンピュータの出現によって実現する」(青水氏)などである。

さて、今日の ME 技術による自動化をオートメーション段階として規定することの是非はともかく、フィードバック制御の機構化とそれを担うとされるコンピュータによって今日の ME 技術による自動化の進展(Ⅱでみたような FA から CIM への進展)を十分説明しうるのか、あるいはコンピュータをフィードバック制御を担うものとして意義づけることの是非が検討されるべき課題となる。この課題に接近するとき、第一に、今日の ME 技術による自動化の進展(それは、Ⅱでみたように製造システムに限定しても、NC 工作機械や産業用ロボットなど要素技術の連動的制御、NC 工作機械を中核とする FMC あるいは FMS の形成をもたらしている)を明確に表象すること、第二に、そこにおけるコンピュータの機能を的確に把握することが必要である。

上記課題に接近するため、まず今日の自動化のための要素技術の典型として引き合いに出される NC 工作機械を検討する。

NC 工作機械の概要についてはすでにⅠで述べたとおりであるが、ここであらためてクローズドループ NC 工作機械の概念図を示すと第 8 図のようにな



第8図 NC 工作機械

る。

NC 工作機械は、電気エネルギーを NC 情報に基づいてある一定の力学エネルギーに変換して、切削によりワークの形状を変化させるシステムである。第8図の NC 装置は、入力された数値情報を読み取り、必要な論理演算を行った後、機械体内のサーボ駆動装置にパルス指令情報（電子信号）を出力する。機械本体は、その情報によって制御された動力エネルギーをサーボモータに供給し、モータを回転させる。モータの回転によって運動する被駆動体（テーブルなど）、あるいはワークの位置や移動速度は常に検出されてサーボ駆動装置にフィードバックされ、フィードバック制御が行われる。こうして電気エネルギーは、NC 情報によって指定された特定の形の力学エネルギーに転換され、設定値どおりのワークの加工が行われる。

さて、以上のような NC 工作機械からどのようなことが見いだされるか。まず第一は（すでに本稿 I において述べたように）、出力される力学エネルギーの大きさと形状の可変性である。NC 工作機械は、ユニットマシンのようなメカニクスによる加工様式の固定化をとまわず、入力される NC 情報を変えることにより、様々な様式の自動加工が可能であり、汎用工作機械の汎用性と自動化を両立した。それを可能にしたのは、①電気エネルギーをエネルギー源とし、電子信号（パルス状の電気エネルギー）によって細かく作動するサーボ機構と、②入力された NC 情報に応じて特定の電子信号を出力する電子回路の成立であった。

ME技術革新と企業構造(Ⅱ)

第二は、サーボ機構によるフィードバック制御の存在である。前項で紹介したオートメーション論の多くが指摘しているように、NC工作機械は、フィードバック制御を内蔵している。わが国のNC工作機械の実現初期の1965年から1975年にかけて普及したオープンループNC(パルスモータに指令パルスに相当する回転を行わせ、位置検出信号によるフィードバック補正を行わない簡易制御方式は)、このフィードバック制御を有しない⁴⁴⁾。しかし今日では、サーボモータの回転軸または送りネジの軸端に連結した回転角度検出器により、間接的に被駆動体の実際位置検出を行うセミクロズドループNCが大多数を占めており⁴⁵⁾、実態的にNC工作機械はフィードバック制御をもつといえる。前項で紹介したように山下氏は、NC工作機械をフィードバック制御ではなく、シーケンス制御であるとし、この立場からオートメーションの特質をフィードバック制御の機構化に求める説を批判していたが、これはNC工作機械のフィードバック機能を無視しているという点において問題がある。また、セミクロズでないしクロズドNC工作機械はフィードバック制御を内蔵しているが、それは、ワットの回転数調整装置のようなメカニクスによるフィードバック制御ではなく、電気エネルギーによるものであって、それは動作中のワークやバイトの温度上昇などを原因とする加工形状の設定値からの乖離を防ぐ、すなわち加工の高精度化という機能を実現する。

ここで留意すべきは、上に述べた第一の汎用性を維持したままでの自動化の実現と第二のフィードバック制御は、クロズドループ(あるいはセミクロズドループ)NC工作機械では一体化されているとはいえ、全く別の機能であるということである。それは既述のオープンループNC工作機械をみれば明らかである。先に紹介した湯浅氏は、フィードバック制御の機能を柔軟性(文脈から多品種の少量生産と読める)に、また青水氏もフィードバック制御の機能を「多種多様な製品の加工・組立の自動化」に求めているように読める⁴⁶⁾

44) 橋本文雄・東本暁美『コンピュータによる自動生産システムⅠ』共立出版、1987年、27頁。

45) 同上。

46) 情報問題研究集団編、前掲書、80頁。

が、これは正しくない。NC 工作機械が加工の柔軟性ないし汎用性を実現していることとフィードバック制御とは関係がないのである。まだ名和氏の主張、すなわちフィードバック制御の機構化は、それまで必要だった労働——機械の監視と調節——を不用にするという方が実態に近い。しかしより厳密には、位置検出器によるフィードバック制御の場合、それは人間による機械の調節なしに高精度の加工を実現すると言うべきであるし、またたとえば工具の折損検出器と機械の自動停止装置によるフィードバック制御の場合、その限りでの監視が不要になるとすべきである。

さて、上に述べたところからわかるとおり、NC 工作機械の基本原理を形成するためにはコンピュータは全く不要である。事実 NC 工作機械の実用化から10数年間はコンピュータは用いられなかった。その間、NC 装置の電子回路の素子には真空管、そしてトランジスタやダイオードが用いられており、それらによって形成された電子回路は、それぞれ特定の演算用に設計された専用回路であった（いわゆるハードワイアードNC）。したがって、湯浅氏や青水氏の見解——コンピュータがフィードバック制御を可能にした——も正しくない。それでは、今日のオートメーションの規定のキー・ワードとして多くの論者が指摘しているコンピュータは、どのような機能をはたしているのであろうか。この点を、CNC 工作機械におけるコンピュータ利用を手がかりに考えてみよう。

本稿 I において述べたように、今日のほとんどの NC 工作機械にはマイクロコンピュータが内蔵されており、NC 工作機械は CNC 工作機械となった。NC 装置にコンピュータが組み込まれたことによって、たとえば NC 情報の入力方法としては、従来のパンチドテープに加えて、フロッピーディスク、IC メモリー、上位コンピュータによるものへと拡大され、情報転送速度の増大など性能が向上した。また、コンピュータ内のメモリーを用いた NC 情報の保存とその活用、CRT を見ての対話方式による NC プログラムの作成など、情報処理面における機能を大幅に高めた⁴⁷⁾。

47) 橋本文雄・東本暁美、前掲書、60頁。

コンピュータは以上のように自動化のための要素技術としての NC 工作機械の能力を高めるけれども、その意義はそれにとどまらない。重要なことは、ATC (Auto Tool Changer) や APC (Auto Palette Changer), ハンドリングロボットなど様々な要素技術の連動的制御を可能にするということである。ここに今日の技術革新の眼目がある。CNC では、工具あるいはパレットの自動交換装置のように従来専用のリレー制御盤で行っていたシーケンス制御をマイクロコンピュータ応用の PC (Programable Controller) で制御させ、この PC と CNC の連動により、複数の加工対象物を一定時間無人で運転することができる。これは FMC と呼ばれるもので、切削の前後工程 (ワークのローディング、アンローディングなど) も自動化されるのである。それはさらに FMS, FA, CIM へと展開することはすでに本稿 II で説明した。コンピュータは、製造システムにおける自動化技術の連動的制御—自動化ラインの拡大—製造工程のシステム化手段として位置づけなければならない。(石沢氏はこの点を「コンピュータ技術の歴史」の中で強調している⁴⁸⁾。) その場合、それらの自動化を実現する制御方法はフィードバックだけではなく、シーケンス制御も含まれるのである。このようなことが可能になるのは、それらの自動化技術がいずれの制御装置であっても、コンピュータと対話しうる電子信号によって制御されていること。したがってそれは、人の力を直接的には必要としない制御機構を有しているからである。

これまで、今日の ME 技術の特質をフィードバックとコンピュータに求める説を念頭において、NC 工作機械とそれを核にした自動加工技術 (FMC) を考察した。これから得られる結論は、第一に、製造工程の中で用いられ、重要な役割をはたしている自動化のための制御方法は、フィードバック制御に限定されず、シーケンス制御も用いられていること。現実にはこの両者が組み合わせられて、自動制御が実現されているということである。大切なことはフィードバックかシーケンスかということではなく、その制御機構が直接的人の手を必要とせず、電子信号で制御されうるということなのである。メカトロニクスと

48) 情報問題研究集団編, 前掲書, 32頁。

いう名称の意味はここに見いだされる。第二にコンピュータの機能については、それらの自動化要素技術の機能を高めるために用いられるとともに、それらを連動的に制御するものとして、すなわちシステム化の手段として用いられているということである。

以上の検討をふまえて、前項で紹介したオートメーション論を再検討する。まず名和説については次のように言うことができる。名和氏は自動制御の方法としてフィードバック制御にのみ限定している。しかし現実にはシーケンス制御も組み合わせられて、広範囲の自動化が実現されている。この点で名和氏の規定は不十分である。今日のメカトロニクスが電子信号によって制御される自動制御機構から成っていて、それらがコンピュータによって連動的に制御されるという点については、名和氏が「オートメーションは自動制御される機械体系を意味する」⁴⁹⁾という場合、また行論中の「制御の集中化・遠隔操作」⁵⁰⁾を考慮すると、一応この点(システム化)を視野においているということができる。しかし「オートメーションが従来の機械にくらべて機能的に進歩したのは、フィードバック労働にかわる自動制御機構を機械の構造に組み込んだからである」⁵¹⁾という場合、必ずしも明瞭ではない。名和氏にあっては機械と機械体系の区別があいまいであり、またメカトロニクスの技術的構造の叙述が不十分であるといえよう。

これに対し、中村静治氏は、ME 技術の技術的特質をはっきりと見抜いている。中村氏は、前掲『生産様式の理論』の中で(「補論 オートメーションをめぐる若干の理論問題」)、次のように書いている。「労働手段としてのオートメーション、たとえばロボットやNC 工作機械の場合、以前に労働者が機械に対して行っていたのと同じ作業を自己の機構で行うのである。すなわち原動機、作業機、伝導機構という三要素に第四の要素として、記憶、選択、計算、情報処理などの機能をもつ電子制御が加わり、自らの運動と原料の不正常を検知

49) 名和, 前掲論文, 100頁。

50) 同上, 120頁。

51) 同上, 125頁。

し、自己修正するのである。したがって機械の段階ではどれほど自動化がすすんでも多かれ少なかれ必要とした運転、監視、調整などの労働は原則として不要になる。磁気テープ、半導体メモリーなどの電気的信号として蓄えられた情報は、リアルワールドに存在する物に対して直結しており、人間が介入することなく働きかけることができる⁵²⁾。

このように中村氏は、電子制御機構のもつ技術的特質を明瞭に把握され、FMSも視野においている。しかし今日の自動制御が、フィードバック制御と並んでシーケンス制御も用いられていることの言及はない。

次に山下説についてみると、山下氏は今日のメカトロニクスを、「汎用機械にシーケンス制御機構が装着⁵³⁾されたものとした。これは前述したように、NC工作機械に対する初歩的な誤解に基づくものである。山下氏は、フィードバック制御をプロセスオートメーションに限定あるいは等置しているけれども⁵⁴⁾、プロセスオートメーションはフィードバック制御の一適用形態に過ぎない。

次に、クローズドループ数値制御によるフィードバック制御であれ、PCによるシーケンス制御であれ、山下氏はそれが電子信号による制御機構であることにはほとんど注意をはらっていない。そのため山下氏の前掲書『メカトロニクス時代の労働』は、その第3部第1章の中でCIMについて言及しているが、CIMを一種の情報処理システムであるかのように説明している。たとえば、山下氏はIBMのCOPICSをCIMとして紹介しているが⁵⁵⁾、これは工程管理と在庫管理、購買管理を結合するMRPのことである(MRPについては、私はⅡで言及した)。CIMは私がⅡで叙述したように生産・販売システムを形づくる各サブシステムにおける物と情報の両面の一体的システム化であ

52) 中村, 前掲書, 206, 207頁。

53) 山下, 前掲書, 70頁。

54) それは、たとえば山下氏の次の文章にみられる。「しかし、名和、仲村両氏が取りあげているオートメーションはフィードバック制御、したがってプロセスオートメーションであり……」(山下, 前掲書, 84頁)。

55) 同書, 188頁。

り、製造システムや受注・販売システム、購買システムにおける自動化技術＝電子信号による制御機構の広まり＝FAの展開が土台になっており、それとコンピュータを中核とする情報処理システムが一体化したものである。山下説にあっては、メカトロニクスが「汎用機械にシーケンス制御を装着」したものとされることによって、つまりそれが電子的制御機構であることに注意がはらわれていないため、私がⅡで叙述したような、製造システム内の部分的自動化ラインの形成からその全面的展開＝FA、そしてCIMへの生産・販売システムの革新を一貫して説明しえていない。山下説は、シーケンス制御のメカトロニクスと情報処理システムが独立して、並存しているかのような印象を読者に与えるものと思われる。

今日のMEによる生産をオートメーション段階として規定し、オートメーションをコンピュータによって担われるフィードバック制御の機構化と規定し、それによって多品種少量生産の自動化が実現されたとする湯浅・青水両氏の見解の問題点についてはすでに行論中に言及した。それは、第一に、今日の生産の自動化をフィードバック制御によるものとする点で不十分であり、第二にコンピュータの機能の把握という点で不正確であり、第三にフィードバック制御が多品種少量生産の自動化を実現するという点において間違っている。

ここでME技術による自動化技術を特徴付ける場合の、一つのキーワードとなっている多品種（少量）生産の自動化についてのべたい。まず多品種ということ、機械加工の場合、切削が施されて完成されるべきワークの形状（例えば歯車の外径や内径）が多様であるということである。NC工作機械は、一定の範囲内で多様な形状の加工様式を有することができ、この点で柔軟性あるいは汎用性をもっているといえることができる。また乗用車の車体の溶接の場合、マルチ（同時多点）溶接機ではある特定の車種の同一仕様の車体の溶接の自動化ができるけれども、それ以外の仕様の車体の自動溶接はできない。しかし例えばNC制御の溶接ロボットを導入すると、多様な車体の自動溶接が可能となる。こうして多品種生産の自動化とは、ある単一の自動化技術による複数の加工様式の自動化といえることができる。

ME技術革新と企業構造(Ⅱ)

次にこの多品種生産の自動化には二つの段階が観察される。第一は、加工様式の変更ごとに人間が新しいNC情報をNC装置に入力しなければならない段階である。この段階では、多品種生産の自動化といっても、労働との関わりでは一つの加工様式を維持する場合にのみあてはまるのであって、加工様式の変更ごとに人間の介入が必要である(いわゆる「段取り替え」)。第二は、複数の加工様式をNC装置が内蔵しており、かつそのうちのどの加工様式をどのワークに適用すべきかの判断が自動化されるより進んだ段階である。ここでは複数の加工様式の連続的自動加工が可能となる。このためには、NC装置の高機能化とそれを核とする機械系の外界認識能力と判断力が必要である。たとえば、バーコード・リーダーなどのセンサ(ワークに付けられたバーコードから信号を読み取り、それに応じてある加工様式を選択する)、あるいはどの加工様式を選択するかを指示をあたえる上位コンピュータからの信号の受信装置が必要である。

こうして第二の段階では多品種の連続自動加工が可能となるのであるが、これが可能になるのは、その機械系が複数の加工様式を内蔵し、また外界認識能力を有するようになったからであり、それはフィードバック制御とは別のことである。センサによる機械系の外界認識能力の向上については、N・ウィナーも機械系の進歩の一つの内容としてフィードバック制御とは別に指摘している⁵⁶⁾。

56) N. ウィナー, 前掲訳書, 30頁。

