

大工業とコンピューター：コンピューターとはいかなる機械か

駒澤大学 小林 正 人

- ▶ (ノイマン型の) コンピューターとは、デジタル・電子式・プログラム内蔵式の計算機械であり、それが「汎用の自動制御機械」になった。
- ▶ コンピューターは機械類の中の一つ (a piece of machinery) であり、計算というコミュニケーション (自己対話) のための手段から発展した。

1. コンピューター史の欧米文献では、コンピューターを通常はmachineと表記する=>[別紙](#)

2. 『資本論』第1巻第13章の題名は "Maschinerie und grosze Industrie" (Machinery and Large Industry)。Maschinerieは英語のmachineryがドイツ語化した単語。

- ・ machineryは集合名詞。machineと区別するために「機械類」¹と訳す。
- ・ machineryとは、工場などにずらりと並んだ一連の機械群を意味する²。

アークライトの紡績工場では梳綿機、練条機、粗紡機、精紡機などの機械類が並び (荒井ほか編『産業革命の技術』有斐閣、1981年、39-47頁)、James Wattらが蒸気機関を製作したソホー鋳鉄所には蒸気機関、クレーン、送風機、旋盤、ボール盤などの機械類が配置された (同上144頁)。

- ・ 『国富論』と『経済学と課税の原理』にはmachineryが頻出する。=>[別紙](#)
『資本論』のMaschinerieは古典派経済学の議論の緻密な展開である。

『資本論』の第13章や第12章 (分業とマニユファクチャー) に登場する machinery

- ・ 紡績機、自動ミュール、力織機、モーズリー型旋盤、蒸気ハンマー406、ミシン、紡錘鍛造機394、封筒製造機
- ・ 動力機Bewegungsmaschine [蒸気機関Damphmaschine]、蒸気機関車Lokomotive (DKII S174) [鉄道³]、蒸気船、電信Telegraph、印刷機⁴Druckerpresse404; Druckmaschine509
- ・ 水車式製粉機 Muehle369、自動時計 automaticshe Uhr369、羅針盤

20世紀半ばに出現したコンピューターも a piece of machinery だとすれば、コンピューターで制御される作業機も、コンピューターが統括する機械体系も、進化した機械体系である。

¹ 日本語には集合名詞という概念はないが、同類のものの総称に「類」を付けることがある (書類、衣類、麺類、魚介類など)。なお「機械設備」という訳語は、機械類以外の生産手段、たとえば建物、道路、港湾、軌条なども含んでしまうので使えない。

² machinery の用例には the machinery of a factory (工場の機械類)、A factory contains much machinery. (工場には機械がたくさんある) がある (『ランダムハウス英語辞典』1973年)。

³ 鉄道は、軌条などの定置設備と、機関車などの車両とを組み合わせた輸送手段を指す。

⁴ 1812年にドイツのケーニヒが蒸気駆動の円圧印刷機を開発し、新聞社で稼働した。1846年に米国で輪転機が開発され、そのあと毎時間2万枚を印刷できる輪転機が新聞社で稼働した。

3. コンピューターが機械であることを否定する議論

◇中村静治『生産様式の理論』青木書店、1985年

「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たいして、オートメーションではそれらをすべてコンピューターが代行する」192頁

「現代のフィードバック機構をもった労働手段としてのオートメーションは『資本論』の「機械」規定からは大きくはみ出ている。」194頁

「自動制御機構自体は情報を投入されても工具をもたないから、「以前に労働者が類似の道具で行っていたのと同じ作業を行う機構」すなわち作業機（道具機）ではない。それは…労働手段として体系のなかに組み込まれ、その一部として機能する。それゆえ、この種の労働手段体系は人間の頭脳活動の一部、すなわち記憶、計算、監視等の制御労働を代行するものとして彼の自然の姿を引き伸ばすまったく新しい質の労働手段（の出現）として、「機械」とは別に規定した上で議論すべきである。」199頁

「機械とオートメーションの質的差異を認めようとしなない保守的見解が…」201-202

「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たいしておこなっていたのと同じ作業を自己の機構でおこなうのである。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機構が加わり、自らの運動と原料の不正常を検知し、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となる。」206-207

*自動ミュール（self-acting mule）の無視。ジャカード織機の無視。

*人類創生以来の手工業的製造（manufacture）では道具を扱う熟練が不可欠だった。この熟練を18世紀の作業機が不必要にし始めたことの意義は、その当時の作業機ではまだ必要な機械工の熟練をNC工作機械などが不必要にし始めたことの意義とは比べ物にならない。後者は、18世紀の作業機が可能にしたことの延長線上にある。

◇吉田文和『マルクス機械論の形成』北海道大学図書刊行会、1987年

「マルクスは『資本論』において「機械」についてつぎのような定義を行なっている。

「本来の道具が人間から一つの機構に移されると、単なる道具の代わりに機械が現われる」

「産業革命の出発点である機械は、ただ一個の道具を取り扱う労働者の代わりに一つの機構をもたらすが、この機構は…」353頁

*「産業革命の出発点である機械」とは作業機であり、機械類の一部であるという指摘はない。

◇北村洋基『情報資本主義論』2003年：「コンピュータによるプログラム制御およびフィードバック制御が可能になった労働手段が、機械を超えた労働手段である」110p（NC工作機械は機械ではない）。

◇松石勝彦『『資本論』と産業革命』2007年：「コンピュータ制御生産様式は…コンピュータという頭脳が機械制生産工場全体を制御する新しい生産様式である」4p。「現代の生産様式は、機械制生産様式を超えた新しいコンピュータ生産様式である」5p。

4. 「人間の代わりに道具を制御する機構」という命題は作業機（または道具機）の定義であり、機械類の一般的定義ではない

「道具機 *Werkzeugmaschine* ないし作業機 *Arbeitsmaschine*」という同義語が煩雑なので、以下では「作業機」（英語では *working machine*）だけを使う。*Werkzeugmaschine*（英語 *machine tool*）はその一類型である「工作機械」の意味で使うこととし、「道具機」は「作業機」と言い換える。

「作業機とは、適切な運動が伝えられると、以前に労働者が類似の道具で行なっていたのと同じ作業を自分の道具で行なう一つの機構である。」DKI S394

「産業革命の出発点である機械は、ただ一個の道具を取り扱う労働者の代わりに一つの機構を持っているが、その機構は…」DKI S396

「まず道具が人間という有機体の道具ではなく、作業機という一つの機械装置の道具に変わったあとで、原動機*Bewegungsmaschine*がある自立した形態、つまり人力の限界から完全に解放された形態を持つようになった。」DKI S398

*原動機は作業機には属さない *machinery*。

「作業道具といっしょに、それを取り扱う手練が労働者から機械に移る」DKI S442 という叙述のなかの「機械」とは作業機のことであることを了解するならば、

「人間（の熟練）の代わりに（労働対象を加工する）道具を制御する機構」が作業機の定義。

「あらゆる発達した機械類は、原動機、伝動機構、最後に道具機ないし作業機という三つの本質的に違う部分からできている」S392 という記述は、「原動機付きの作業機」の定義である。

この点を、『資本論』に登場する二種類の作業機について確かめる。以下では各作業機の制御系統を〔制御される道具←制御する機構||←伝動機構←原動機〕の順で記述する。

- ◆ [自動ミュール](#)⁵：紡錘←シャフト、段車、ベルト、歯車||←ベルト、シャフト←原動機
- ◆ [モーズリー型旋盤](#)：切削工具←スライドレスト←親ねじ、歯車、段車||←（同上）

当時の原動機には蒸気機関だけでなく水車も使われていた。20世紀の初頭に発電機を原動機とし、送電線を介して送られる電気で、作業機に内蔵された電動機をまわすという伝動機構に転換した。米国や日本の紡績業で主流になったリング精紡機や、ベルトによる伝動が不要になった（モーター駆動の）普通旋盤では下記のような構成になった。

- ◆ [リング精紡機](#)：紡錘←ベルト、ローラー、歯車←電動機||←送電線←発電機
- ◆ 普通旋盤：切削工具←送り台、親ねじ、歯車←電動機||←（同上）

リング精紡機では直接の作業の多くは「切れた紡糸を器用につなぐ」ことになり、劣化した紡錘、ローラー、歯車などの部品の保守整備が重要になった。

旋盤については、カムやドラムで工具を自動制御する自動旋盤や、工具をフィードバック制御する微い旋盤などの自動化もすすんだが、受注部品の少量生産では年季が必要な熟練が不可欠で

⁵ 手動ミュールの2009年撮影の動画がYouTubeにある。

あり、旋盤工という新たな熟練工を生み出した。旋盤などの工作機械の自動制御で画期的だったのは NC 工作機械の登場。

◆ **NC工作機械**：切削工具←刃物台、ボールねじ、歯車←駆動モーター←NC装置||←（同上）

NC 工作機械では、作業順序を記述したプログラムを作成し、これを NC 装置に入れると、プログラムが電気の制御信号に変換されて駆動モーターに入り、駆動モーターがプログラムどおりの運動量と運動速度と運動順序で動いて工具を制御する。発電機から送られてくる電気は単なる動力ではなく、人間の代わりに道具を制御する電気信号に変換されるという新たな特徴があるが、道具を制御する機構であることはおなじであること、適切なプログラムを準備すれば、少量の部品生産の一部で熟練を不要にすること、という意味では NC 工作機械もまた発達した作業機の一つである。

『資本論』の作業機の定義が、現代の作業機類にも妥当することを確認できた。

5. 労働手段とは、自然を加工する道具または作業機である

作業機が労働手段の一種であることは明らかである。では労働手段とは、単に「労働の手段」なのか。

「労働過程では人間の活動が労働手段を使って、あらかじめ意図された変化を労働対象にひき起す。……。その生産物はある使用価値であり、形態変化によって人間の欲望に合うように取得された (angeeigneter) 自然素材である。」 S195

「労働は…その対象と手段とを消費し、それらを食べ尽くす (verspeisen; use up)」 S198

「労働過程は、使用価値をつくるための合目的過程であり、人間の欲望を満足させるための自然的なものの取得 (Aneignung) であり、人間と自然とのあいだの物質代謝の一般的条件であり…」 198

労働過程とは使用価値をつくるために労働対象または自然物を変化させる過程である。労働対象となった自然物は労働過程が終わると使い尽くされて消えているが、質量保存の法則やエネルギー保存の法則に従う過程なのだから、それは確かに「形態変化」である。労働手段とは労働対象を加工して（変化をひき起して）労働生産物へと「形態変化」させる手段である。

この論理は、労働者が使う手段であっても、自然を加工する手段でなければ労働手段ではないというまぎらわしくとも重要な論点を含んでいる。

6. 蒸気機関車や蒸気船、印刷機や電信、時計はMachineryであるが作業機ではない

では『資本論』に登場する **蒸気機関車** は労働手段か。蒸気機関車の道具は車輪であり、車輪がレールを摩擦で削ることが労働対象にひき起こす変化であるという考えは誤りである。蒸気機関車の運転者の労働対象は、輸送される人や物（旅客または貨物）であって、輸送中にそれらが「形態変化」を起こしてはならず、輸送前と同じ状態で送り届けることが輸送労働の本旨である⁶。蒸気機関車が機械類に属することは否定できないから、労働手段ではない（作業機でもない）機械

⁶ 「生産物の自然な性質の変化が輸送によって生じるかもしれないが、その変化も、一定の例外は別として意図された有用効果ではなく、避けられない災難である」 DKII S151。

類が存在することを意味する。

『資本論』に登場する[蒸気船](#)は労働手段か。蒸気船には水車を利用するもの（外輪船）もスクリュウ（1843年）を使うものもあった。それらは水の抵抗の反動を利用するための道具ではあるが、水を加工して「人間の欲望を満足させる」使用価値にするわけではない。船員たちの労働対象は旅客や貨物であり、彼らの労働はこれらに「形態変化」を起こしてはならない。つまり『資本論』では、輸送労働のための機械類であるが、労働手段ではないものが論じられている。

車輪やスクリュウを一般に推進器と呼ぶ。蒸気機関車や蒸気船は、蒸気機関という原動機を動力源にして推進器を回転させる機械類であるが、原動機がディーゼルエンジンになり（自動車、現代の船舶の大半）、発電機と電動機の組み合わせ（電車）になっても、輸送用機械類の本質は変わらない。またガソリンエンジンを原動機とする自動車や、（プロペラ式の）飛行機（ヘリコプターを含む）も同じである。原動機と推進器のあいだにはなんらかの伝動機構があることを考慮して図示しておこう。

◆ 輸送用機械類：推進器←歯車、クランク、シャフト←原動機|| (←電線←発電機、ただし電車のみ)

誤解してはならないのは、輸送用機械類が、推進器を制御して自然を加工するための手段ではなく、この図が示す動力機構の上にあるべき「荷台」に人や物資を載せて輸送するための機械類であるということであり、労働手段ではない（作業機でもない）機械類というかなり広範囲の領域がある。

* ジェット機やロケットの場合

さらに『資本論』で登場する[印刷機](#)（[輪転機](#)を含む）は、人間が作った文章（記号列）や画像を複製して表示する機械類である。印刷機は、新聞や書籍などの刊行物として仕上げるために、記号列や画像を紙とインクで複製して半永久的に表示するための手段である。ちなみに、包装紙や紙コップへの印刷は、消耗品としての紙製品を仕上げるための塗装工程に印刷機を応用しているのである。

また、「大工業の必然的産物」S505の一つに挙げられた[電信](#)はどうか。人間が作成した記号列や情報を、途中で加工しないで正確に遠隔地で再生させることが電信の存在意義である。電信は少なくとも半自動の機械類の一つである。電信から電話、無線通信（ラジオやテレビ）などの電気通信が発展したが、そこで使われる電気通信の機械類はもとの記号列、音声、画像、動画を歪めることなく送受信するための手段である。

このように『資本論』には、記号列や画像などの情報を複製して他人に表示するための機械類も登場する。印刷機や電信にとって記録紙とは、消耗品となる労働対象ではなく、半永久的に情報を表示し続けるための媒体であり、印刷や通信の労働対象は記号列、音声、画像、動画などの情報であり、そこで使われる機械類や手段は労働対象を加工するための労働手段ではないのである。

それでは自動時計はどうか。ぜんまいが切れない限り自動的に動き続ける自動時計を機械ではないということはできないし、二本の時針は、なんらかの労働対象を加工するような道具ではない。時針の位置によって現在時刻（h 時 m 分）と、過ぎ去った時間量（j 時間 n 分）とを、ばく

ぜんとした時間としてではなく、詳細な数値として人間に表示するのが時計という機械である。これは人間にとっては、これまでの時間で出来たことと出来なかったことを内省し、これからの時間でどの作業がどれだけできるかを計画するための、自己とのコミュニケーションのための手段となる。さらにその数値は計算の材料になる。

以上のように印刷機、電信、自動時計などの『資本論』に登場する機械類が、労働手段ではなく作業機でもないこと、つまり作業機ではない機械類が多数論じられていることがわかった。

7. 労働手段とコミュニケーション手段との併記 (bi-enumeration)

『資本論』やそれに先行するマルクスらの著作に、生産手段と併記される手段として Verkehersmittel (交流手段) または Kommunikationsmittel がしばしば登場する。

「ブルジョアジーが成長する土台になった生産手段と交流手段」 MEW Bd.4, S467

「強大な生産手段と交流手段とを魔法でよびだした現代のブルジョア社会」 Ibid. S467

「古い生産手段と交流手段」 「現代の生産手段と交流手段」 Ibid. S485

「社会的富の中で、直接的生産手段 direktes Produktionsmittel として役立つのではなく輸送手段・コミュニケーション手段 (Transport- und Kommunikationsmittel) に投じられる部分…が増える。」 DKII S.254

* Verkehersmittel を「交通手段」と訳すと輸送手段と同じになるので物や人の「交流手段」。

* 生産手段は労働手段と労働対象を含むから、上記の併記は「労働手段と交流手段」になる。

* 労働手段は人間が労働対象ないし自然素材を加工するための手段であり、交流手段は人間どうしが物的生産物や精神的生産物 (言葉や文字など) を互いに交流するための手段である。

『資本論』では Verkehr よりも Kommunikation が使われる

D1 「流通期間を短縮するための主要な手段は改良されたコミュニケーション verbesserte Kommunikation である。そしてこの点では、この 50 年間に、前世紀後半の産業革命としか比べられないような革命が生じた。陸上では碎石舗装路が鉄道によって退けられ、海上では、遅くて不規則な帆船が速くて規則的な汽船航路によって退けられ、そして全地球に電信線 Telegraphendraehtenが張りめぐらされる。……アメリカとインドは、交流手段 Verkehrsmittel のこの変革 [スエズ運河の開通…引用者] によってヨーロッパの工業国に 70~80% も近づけられ……」 DKIII 81

* 鉄道、汽船、電信を「改良されたコミュニケーション」と呼び、Verkehrsmittel とも呼ぶ。

D2 「[生産過程で生みだされるのが対象的生产物でも商品でもない] 産業部門のなかで経済的に重要なのは、コミュニケーション産業 Kommunikationsindustrie だけであるが、それは商品と人々のための本来の輸送業 Transportindustrie でもあれば、単に報道 Mitteilungen (情報)、手紙、電信 Telegrammen などの伝達でもある。」 KII60

* Kommunikation は Verkehr と同じく輸送と情報伝達の両方を含む。

D3「マニュファクチャー時代から伝えられた輸送手段・コミュニケーション手段 **Transport- und Kommunikationsmittel** は、……大工業にとってはたえがたい束縛となった。……コミュニケーション様式・輸送様式 **Kommunikations- und Transportwesen** は、河川汽船、鉄道、海洋汽船、電信 **Telegraphen** などの体系 **System** によって大工業に適したものにしだいに変えられた」

DKI405

* **Kommunikationsmittel** は輸送手段（汽船、鉄道）と情報伝達手段（電信）の両方を含む。

* 大工業の労働手段である作業機の体系は大量の資源の調達と、大量生産された製品の大量輸送を必要とし（輸送手段の変革）、また鉄道の正確な運行のためや、世界中の市場の動向の情報を瞬時に入手するための伝達手段が必要になった（「全地球に電信線が張りめぐらされる」）。

D4「綿紡績糸や自動機 **Selfactors** や電信 **elektrische Telegraf** [は] 大工業の必然的産物の一つである」DKI505 * 電信は大工業の必然的産物の一つである

Verkehr と **communication** は人間の往来や物資（手紙、印刷物を含む）の輸送、それにとともなる人的交流や情報伝達を意味している（広義の **communication**）。手紙や印刷物による交流には輸送手段の助けが必要だったが、電信という電気通信 **telecommunications** の登場により情報そのものの伝達が可能になった。輸送から自立した現代的な意味での **communication**（狭義）が成立した。これが、電話システムや無線通信（ラジオ、テレビ）の発展によりさらに確実になり、情報の伝達や処理のためのさまざまなコミュニケーション手段 (**means of communication**) が発展し、その多くが **machinery** となった。

「生産手段と交流手段」という併記は、「労働手段とコミュニケーション手段（広義）」という併記であり、後者は「輸送手段とコミュニケーション手段（狭義）」を含んでいる。=>別紙

生産手段は、原材料と、建物・道路・港湾などを除けば、労働手段、輸送手段、コミュニケーション手段（狭義）に分別される。製造工場では、作業機をはじめとする各種労働手段に加えて、諸種の輸送手段（クレーン、フォークリフト、ベルトコンベアなど）も、各種の計測機器（時計を含む）、通信機器（電話など）、計算機器なども設置されている。それらの多くが自動または半自動の **machinery** であり、総体が機械体系を形成し、企業の固定資本の主要部分でもある。

またトランスファーマシンのように労働手段と輸送手段とを一体化した機械体系や、NC 工作機械のようにフィードバック制御のための計測手段を内蔵した作業機もある。あるいは運輸産業の生産手段の中心は輸送手段であるが、種々のコミュニケーション手段（電信などの通信機器、速度計など）や、修理や整備のための労働手段も同産業の生産手段である。

コンピューターはどのような手段であり、どのような機械類なのか。

8. 計算 **calculation** とは自己とのコミュニケーションまたは自己対話である

ある人が、家族を養うために耕地面積を増やしたいと考え、近くにある二つの有望な原野のう

ちどちらを開墾すべきかと考えたとする。

	土地 A	土地 B
土地の形状と寸法	縦 15m 横 20m の長方形	縦 10m 横 25m の長方形
土地の面積	300 m ²	250 m ²
収穫量予測	300×0.2kg=60kg	250×0.2kg=50kg
養える人数	60÷20kg=3 人	50kg÷20kg=2.5 人

その人が二つの土地の縦横の長さを測ると、面積は 300 m²と 250 m²だった。ほしい農産物は、これまでの経験から 100 m²ごとに 20kg の収穫が見込めること、一人が一年間に消費する量が 20kg であることから、今年は土地 A を開墾して 3 人分の食料を確保し、翌年に土地 B を耕地にすれば家族数の増加に間に合うと考えた。これを家族に説明し、重労働である開墾作業に協力して取り組むことにした。

未来の予測、とくに将来どこにどれだけの労働を投入すれば家族が生存できるかという差し迫った問題への方針を決めなければならないとき、計算が必要になる。原野の開墾は時間がかかる重労働であり、そういう回り道をすることが生存に役立つのかどうかをあらかじめ確認することは死活問題である。

各耕地からの収穫で「養える人数」を予測する計算の手順は、[(縦×横) × (単位面積当たり収穫予想量) ÷ (年間一人当たり消費量)] であるが、これはまず人間の頭脳の中に描かれる。また面積というものも頭脳の中にある観念であり、具体的な事物の名称ではない。二つの土地を見たときの「広さ」は不確かなイメージ (表象) に過ぎず、これを面積という数値に置き換えることで量的に比較可能になるが、この比較も人間の頭脳の中だけにある。300 m²と 250 m²を耕地にすれば 5.5 人の家族を養えるという計算も頭脳内の表象である。一方、10℃の水と 40℃の水とを混ぜても 50℃にはならず、このときの 10+40 の計算は無意味であるということの意味を理解できるのも、温度という数値の意味を人間が理解しているからである。

面積を計算し、さらに計算を重ねて「養える人数」を出して比較する。そこで使われる長さ、面積、重さ、収穫量などの言葉の意味、加減乗除の意味などを理解していなければ、この計算手順は存在しない。人間は計算手順を自ら組み立て、計算の途中で無意味な計算に陥っていないかを確認し、途中の計算に誤りがないかを検算する。その思考過程で人間はさまざまな言葉や加減乗除の用語を頭脳の中でよみがえらせ、自分自身に語りかけて確認を求め、自分自身と対話する。つまり計算とはもう一人の自分との対話 (monologue)、自己とのコミュニケーションである。普通の動物は鏡に映る自分を敵か何かとみなすのにたいして、鏡に映る自分を自己と認識できるのは、つまり自己意識 (Selbstbewusstsein, self-consciousness) をもてるのは人間だけである。

数値、あるいは数字は人間の言語 (記号) の一領域である。人は産み落とされたとき (被投性) から言葉を使えるわけではなく、生まれた直後から、他人たちから一方的に話しかけられ続けられたのち、1 年余りを経て突然自分から言葉を発するようになる。言葉を発すると、同時に自分の耳で自分の言葉を聴くことになる (耳の不自由な人は言語能力の獲得が困難になる)。自分の言葉のせいで他人が望ましくない行動をとれば、自分が発した言葉に間違いがあったと判断し、言

い直したり、訂正したりする。自分の発言を、もう一人の自分がいつも聴いていて、自分の発言に誤りがないかどうかを確認しながら発言するようになる。しばらくすると、実際に発言する（外言）前に、言うべき言葉を頭脳の中であらかじめ展開し（内言の獲得）、適切な発言ができるかどうかを確認するようになる。これが思考であり、それはまた自己対話、自己とのコミュニケーションでもある。

話し言葉は忘れやすいので、言葉を記録する文字や記号がつけられた。記号を使って言いたいことを文章化すると、他人に言う前にそれを読み、自分の発言や知識を自己点検できるようになる。たとえば手紙を書くことは、それを読み返して自分の考えを確認し修正することを可能にする。また自己対話のための専用の文書が日記である。こうして自己対話がさらに客観的で自発的になり、内言が強固になり、思考活動や概念の利用が高度になる。

人間の思考は、他者とのコミュニケーションの積み重ねの上に成長する（内言は母語で行なわれ、母語は他人とのコミュニケーションの末に獲得された能力である）が、人間が思考を確立すると、反対に自分の思考から世界の事物が生み出されると思ひ込むことがある。それが *I think, therefore I am.*（我考える故に我あり）の観念である。*We communicate, therefore we think.*（我々は対話する故に考える）が現実である。

記号とその意味を頭脳の中で展開するという人間の思考の中の抽象的な領域の一つが、計算である。人間が計算という思考ができるのは、人間の言語活動の一領域だからである。

現実の生活にとって有意義な計算をするには、現実の数値を得ること、つまり計測が必要になる。たとえば土地の面積を計算するには、縦や横などの長さを測る物差しや巻尺が必要である。ある物の長短、軽重、多寡、熱冷などの感覚的な度合いを比較するには、一定の基準を設定して（歩幅とか、枡一杯分など）その何倍か、何分の一かという数値に置き換えるしかない。物差し、天秤、枡などの計測手段で認識された数値を頭脳の中で展開することにより、物の量的側面の差異を確認するという自己対話を人間は行なう。その計測手段の中で早期に機械化されたのが時計である。さらに計測手段で示された数値は、計算の材料になる。

計算という自己対話活動には、**計算手順の構想や設計、計算の実務（演算作業）、計算結果の検査と吟味**の三段階がある。計算が複雑になると人間はまず、紙と筆記具で計算手順や数値を記述し、それを見ながら演算と検査を繰り返して計算結果の正確さを確保した。しかし数値の桁数が増え、数値が多くなると、加減乗除の作業が増え、計算ミスも増えて、計算結果が信頼できなくなる。そこで簡単な操作を繰り返せば信頼できる計算結果を表示するような手段、たとえばそろばんや計算尺などの計算手段があれば、演算の信頼性が上がり、計算手順の設計と計算結果の吟味とに思考を集中することができる。つまり**計算手段とは、計算という自己対話の一部である演算作業を人間の代わりに行なう手段であり、コミュニケーション手段の一種**である。さらに数学や天文学の発展、商業活動や企業規模の拡大による計算量の増加、政府や軍部による高速かつ大量の計算への要求などから、計算手段の自動化、高速化、機械化が必要になり、そういう計算機械が商品として売れる市場が拡大した。

9. 計算手段の機械化の必然的産物としてのコンピューター

パスカルの計算器	1642	歯車式〔半自動〕
ライプニッツの計算器	1671	歯車式〔半自動〕。同じ原理の機械式計算機（手回し式計算機）として日本で普及。
バベジの階差機関 （試作）	1822	歯車、シリンダー。正確な数表の作成のため。1854 にシヨイツが完成
バベジの解析機関 （構想）	1832	歯車式、カードプログラム式の汎用計算機
ASCC	1944	電磁式クラッチ、10 進法、パンチカード式。初の汎用自動計算機
Harvard Mark II	1947	継電器式、10 進法、テーププログラム式
ENIAC	1946	真空管式、10 進法、プログラム配線式。初の電子計算機。軍用数表の作成に利用。
EDSAC	1949	水銀遅延線、2 進法、初のプログラム内蔵式（コンピューター）
UNIVAC I	1951	水銀遅延線、10 進法。初の商業用コンピューターとして米国国勢調査局に納入。
LEO	1953	EDSAC と同じ設計のコンピューター。ロンドンのパン会社で受注管理に利用。初の商業的利用。
FUJIC	1956	日本初のコンピューター（プログラム内蔵式）。演算装置は真空管、記憶装置は水銀遅延線。富士写真フイルム（株）でレンズ設計のために岡崎文治が製作。

ASCC は、計算手順をパンチカードに記述すれば演算作業を自動的に行なう計算機械であり、バベジが構想し、彼の時代には技術的に困難だった汎用自動計算機をついに実現した。ここで人間は、煩雑な演算作業から解放され、計算手順またはアルゴリズムの設計と、計算結果の吟味や新たな計算手順の設計に思考を集中することができる手段、計算という自己対話の一部を代行する *machinery* を手に入れた。次に、演算装置を電子化して演算作業をいっきに高速化することに成功した（ENIAC の稼働）が、計算手順（プログラム）の内容を簡単には変更できなかった。またプログラム（計算手順）をパンチカードから読み取る機構では、長くて複雑なプログラムの正確かつ高速な実行には限界があった。ここでフォン・ノイマンが、数値とともにプログラムも内蔵できる装置をもつ計算機の構想を提案した。今日では RAM（ランダム・アクセス・メモリ）と呼ばれる記憶装置のなかに二進数の形でプログラムが内蔵されると、計算命令を次々と瞬時に実行できるだけでなく、どの命令にも瞬時にジャンプし復帰することができ、プログラムの反復実行や実行順序の変更なども高速になった。二進法形式の計算命令を確実に記憶し実行する装置には、真空管などのデジタル部品は好適だった。こうして汎用の自動計算機の極限を迫及した結果、わずか 5 年ほどで、二進法式、電子式、プログラム内蔵式の計算機械（EDSAC）が、つまりコンピューターが出現した。

10. コンピューターが汎用の自動制御機械になる：オンライン・リアルタイム制御の実現

二進法という原理で計算機を構成したことは高速性と信頼性を飛躍させたが、RAMに入れる計算命令も二進数で作ることは煩雑で間違えやすかった。しかしその解決の道はプログラム内蔵式という方式自体にあった。つまり、普通の文字や数字で書いたプログラムをRAM内で、特製のプログラム（アセンブラー、コンパイラー、インタープリターなど）を使って、二進数形式のプログラム（機械語のプログラム）に変換して実行する方法である。具体的な手順は下記のとおり。

1. 計算手順（アルゴリズム）を構想し設計する
2. コンピューターに与える命令書（プログラム）をプログラミング言語に従って書く（ソースプログラム）
3. 機械語のプログラムに変換して（オブジェクトプログラム）、RAMに入れる
4. 機械語のプログラムを実行して計算結果を得る

これにより、人間が計算手順をプログラミング言語に従って記述できさえすれば、より簡単に機械語のプログラムをつくれるようになり、人間は計算手順の構想と、計算結果の吟味に思考を集中できるようになった。コンピューターのRAMにはいる「機械語のプログラム」は、多数の真空管（のちにはトランジスター）を組み合わせた電子回路の中で、電荷の有無（1か0か）つまり「電子のビット列」の状態が存在する。人間の計算命令が、機械が読み取れない文書ではなく、機械が実行できる状態に物質化されているのである。あるプログラムが内蔵されているコンピューターは、適切な数値を入れれば計算結果をリアルタイムに生成し、また通信線でつながった遠隔地の入力装置から適切な数値を入れると計算結果をオンラインで送出する計算機になる。こうして「電子のビット列」と化したプログラムを内蔵したコンピューターは、それ自体の論理から、人間が設計したプログラムを24時間、オンライン・リアルタイムに実行する機械になる。たとえば銀行のATMのオンラインシステムがある。

さらにコンピューターは発電システム、種々の作業機や輸送用機械などを総合的に制御する手段として応用された。自動制御はフィードバック制御とシーケンス制御との組み合わせだが、フィードバック制御に必要な目標値を条件に応じて再計算して送信したり、シーケンス制御に必要なプログラムを条件に応じて変更したりすることができれば機械類と機械体系の自動制御はいっそう高度になる。この制御に必要なプログラムを内蔵したコンピューターは、機械類に対して24時間、オンライン・リアルタイムにシーケンス制御とフィードバック制御を統括することができる。ここでコンピューターは、それ自体の論理により応用されて、あらゆる機械類をプログラム制御する汎用の自動制御機械になった。こうして大工業の基礎となる機械体系は、蒸気機関を使った古風なものから、汎用の自動制御機械に統括されるプログラム制御の機械体系に発展した。人間は作業手順の構想と、プログラムの実行結果の検査に作業を集中することが出来るようになった。

コンピューターによる機械類と機械体系の自動制御の事例

飛騨川水系の水力発電所群の一括集中制御	1972	『電気の技術史』277
火力発電所の全自動化：東京電力広野火力発電所	1980	『電気学会雑誌』1981

新日鉄君津製鉄所の厚板圧延機の自動制御（搬送テーブルの操作は熟練に依存）	1971	『新・電子立国5』 326、370
新日鉄君津製鉄所の高炉操業エキスパート・システム	1988	科学技術政策研究所 調査資料 22
FMS：複数のNC工作機械や産業用ロボットの統合制御	1981	山崎鉄工所、大隈鉄工 所など
インターネット：無数のルーターによる情報の動的経路制御	1969	ARPAnet

11. 省 察

計算という人間の思考は自己とのコミュニケーションであり、その一部を機械化すると煩雑で時間のかかる演算作業から人間は解放され、新たな計算手順の構想に多くの時間をふりむけることができる。ノイマン型コンピューターの登場により、以前に作ったプログラムを高速に再利用できるようになり、プログラム作成という作業の繰り返しからも解放された。プログラムとは人間の知的作業の成果であり、どんなプログラムでも実行できるコンピューターは、特定のプログラムを内蔵させた瞬間から、過去の知的労働の成果をオンライン・リアルタイムに利用できる機械でもある。その発展の一産物がワードプロセッサというソフトウェアを内蔵したコンピューターである。紙と筆記具や、タイプライターという機械を使いながら人間は、自己とのコミュニケーションを繰り返しながら文章を作成し読み直し、修正し、完成させるという言語活動を行ってきた。ワープロの登場により、過去に作った文章を瞬時に修正して再利用したり、順序を並べ替えたり、文字列を検索したりできるようになった。これにより計算機であるコンピューターが、普遍的な自己対話というコミュニケーションの手段にもなることが明白になった。

さらにコンピューターはインターネットを実現した。インターネットはルーター (router) という通信専用のコンピューターが無数に世界中でつながりあったネットワークである。ルーターに内蔵されたプログラムは世界中のルーターと経路情報を24時間交信しあっており、受信したパケットを最短経路にあるルーターに瞬時に送り出す。これにWWWを組み合わせると、コンピューターの画面上のリンク文字をクリックするだけで、リンク先のWebサーバーにある文字列、画像、音声、動画などのコピーを瞬時に受信することができる⁷。ルーターのネットワークそのものがオンライン・リアルタイムなコミュニケーション手段である。それまでの電気通信では音声は聞こえた直後に消えてしまい（電話）、文書や画像を入手できてもあとで瞬時に探し出すことはできず（Fax）、動画の瞬時の送受信は不可能だった（VTRの動画）。あらゆる情報がデジタル化（二進法の形式に）され、サーバーに保存され、インターネットに接続されることにより、過去の情報や知的成果の集積（データベース）から必要なものを瞬時に検索し、そのコピーを瞬時に入手できる。膨大な数のコンピューターを接続したネットワークは、マイクロエレクトロニクスの発展によるIC（集積回路）の集積度の上昇と低コスト化のおかげで実現したが、もともとはコンピューターがオンライン・リアルタイムなコミュニケーションを可能にしていたのである。

電信は「大工業の必然的産物の一つ」と『資本論』は書いた。19世紀に電信線が全地球に張りめぐらされたのち、電話線やラジオやテレビのネットワークが全地球に張りめぐらされたのも、

⁷ 小林「インターネット／イントラネットの経済的・社会的利用の諸形態」『経済論叢』1998年1月。

営利活動には瞬時の市場情報が必要であり、大量生産品を売りつくすには大量宣伝が必要だからである（民間放送の事業化）。企業の規模が大きくなれば簿記や会計の計算量が増大し、高速で汎用性のある計算手段への必要性あるいは市場は拡大する。つまりコンピューターは大工業の必然的産物である。そして電気通信のネットワークにコンピューターが接続され、さらに通信ネットワーク自体がコンピューターのネットワークに変化し、全地球にコンピューターのネットワークが張りめぐらされた。

18世紀に産業革命をひき起した作業機は、それまでの手工業的製造の基礎である熟練を不要にする歴史の起点になった。このときから直接的生産者が賃金労働者に変貌する歴史が始まった。作業機に電動機が内蔵され、道具に対する自動制御が発展し、コンピューターによるプログラム制御に行きつくと、直接の作業での熟練の必要性はさらに小さくなり、人間労働の重心はプログラムの準備と機械類の保守整備になった。しかしコスト低減を強いる競争圧力は、既成のプログラムを使いながら材料の着脱などのためだけに雇用される低熟練労働者を生み出す。この低賃金労働者を大量に調達できる発展途上国に大規模な工場が建設され、世界各国への輸出拠点になる。新旧の熟練をますます不要にする作業機類を装備する大工業が世界中に拡散し、貧困と抑圧とを繰り返しながら、直接的生産者の賃金労働者への転化が全地球で進行する⁸。そして異人種や異文化からの舶来物ではなく、賃金を求める同じ人間労働の生産物が世界中で交換されるようになる。

⁸ 「生産力の発展において一つの段階があらわれる。この段階でうみだされる生産力と交流手段（Verkehrsmittel）は現存する諸関係のもとではただ災いをひきおこすだけで、もはや生産力ではなく破壊力になる（機械類 *Maschinerie* と貨幣）。——そしてそれと関連して、社会のあらゆる重荷を負わされるのに社会から利益をうけることがなく、社会から押し出され、ほかのすべての階級との決定的な対立へと追いやられる一つの階級がうみだされる。」 ドイツ・イデオロギー *Werke* III S.69