生産加工の自動化と手作業

名古屋大学 教授 春日保男*
Yasuo KASUGA

1. 時の流れ

人間の手は、木材よりはるかに強じんな金属材料の加工には元来力不足である。手ごわい金属の多量切削を強いられると、手工-作業者は疲れ果てる。この自明の事情が前提となって、現代の生産加工をとりまくいくつかの宿命的すう勢が派生したように見える。すなわち次の各項のようである。

(1) 工具の人手からの離隔 18世紀末に H. Maudsley が旋盤にねじ駆動の刃物台をつけたことは現代から見れば重大事にも思われないが、結局このとき、“金属加工では手持バイトによる轆轤作業ではだめだ”という証明が与えられたようなものである。そしてそのとき以来、刃物工具は人の手もとからどこまでも遠のく傾向を示し始めた。無人化工場で作業工具の占める位置がその行き着く先であろう。

(2) 作業の安全確保 作業機械は人の労働能力を超えた仕事を行う。おかげで生産性は向上したが、それにつれて人と機械との接点条件が変ぼうし、たとえば高速による危険増、高出力に追随するための労働強化および作業環境の悪化がもたらされた。これを救うために何よりも安全対策が喫緊事となる。

(3) 加工か動率の低迷 現在、機械と加工物の間に満足なか動状態が成立しているであろうか。グループテクノロジーなどにより、機械か動

率は向上しているものの、部品加工物の生産時間中の加工時間はなお数%という低位にある。待ち時間が多い。これを救う方策を考えねばならぬ⁽¹⁾。

(4) 人の余暇志向 上記にかかわらず、とにかく生産性が向上した結果、作業者には時間的余裕が生じ、産業界全体がその恩恵をこうむり、ついに人々はまとまった余暇をえて、そこで何がしかの消費を楽しむという生活パターンが世に浸透し、これこそ理想社会と信じられている。

(5) 労働人口の遷移 人間の産業活動の局面が自然界との接点に近いことを拒み、ひたすら人為の濃厚な局面に流れこむ傾向を示している。第一次産業（農林、水産業）から第二次産業（鉱工業、製造加工業）へ、そして最近の20年くらいの間に、第一次と第二次とを問わず、ほとんどめどもなく第三次産業（運輸、情報通信、出版、サービスなど）へ労働人口が移動している⁽²⁾。そのため、第一次、第二次の生産を維持する方策が必要となる。

(6) 新規技術の要望 社会の急速な変化に伴い、新規で未知な技術へのちょうせんが欠かせなくなった。人はそれに生きがいを感じるのである。エネルギー開発、陸上、海洋、宇宙問題で出現する要望技術には人を寄せつけぬ超絶的環境下における超人的加工条件の具現といったことも少なくな

い。
以上は川の流れにたとえれば、それぞれが支流をなし、結局は生産加工の自動化という一本の本流へ流れこむ宿命をもつ。すなわち、これらの要

* 正員、(㊟ 464 名古屋市千種区不老町、同学工学部)。

因はことごとく、現代の自動化生産加工の主立った契機を与えるものとなっている。

2. 機械化生産の一評価

注文に応じ、腕に自信のある技術者が一人で一貫して素材から完成品までを手作りする原初の生産形態は注文量が多くなると行き詰まる。そこで、家族に作業分担をさせる家内工業的分業が出現する。次にいくつかの家族を合わせた工場制手工業における分業が現れ、ついに機械工業となる。機械工業では人と機械との間に作業分担が見られ、新たな問題の解として、互換性生産方式(E. Whitney), 科学的生産管理方式(W. Taylor) 流れ作業方式(H. Ford)などを生み出した。その間、機械個々の自動化は一貫して進められ、一方制御技術の進歩が機械工場を生産加工システムとして完成させ、ついには無人化機械工場へ向かって近づいてゆくにいたっている。

進歩の終局に近い現在では意識の下になってしまったが、機械化生産の動機になっているものは、もともと多量な需要とそれに対応するための工程の細分割と作業分業である。

この分業原理は18世紀の経国思想に基づいてイギリスで提唱されたもので、いわゆるテーラーイズムやフォーディズムもこの原理の上に築かれていると言える。もちろんこれらのイズムへの依拠によって社会がおおいに恩恵を受けたと感じられる半世紀があったが、現在はその半世紀の単純な延長上にはない。

まず、生産作業従事者は、前章(2)項への対策が行き届かないと人間性疎外⁽³⁾と表現される状況下に追いこまれ、作業意欲を喪失するにいたる。一方、消費者は、生産者の提供する多量生産製品の機能にある程度満足はするものの、目まぐるしいライフサイクルで交替する製品への応対にうみ疲れ、製品がもつ画一性と、消費者自らの意志の外にある生活様式の画一的な改変に精神的抵抗を感じないわけでもないであろう。

さらに、経済的に利用できる資源が限られていると認めざるを得ぬ現況下で、生産者が短期的で野放図な生産性の高揚をはかることは許されなくなってきた。機械工業は、人が長期的に、また窮極的にもとめているものが何かを考えながらその現在を設計すべきときを迎えているように思う。

3. 手作りから学ぶもの

現代人が手作りの日用品に愛着を感じるのは、機械工業の提供する画一製品への抵抗が復古調への郷愁を通じていやされるからであろう。

元来、手作りの作業分析から発達した分業の終局に近い姿をとる現代の生産加工法は、その対極である原初の手作りから学ぶものはないのであろうか。筆者は生産の、前章のような段階を迎えて、次に記すような教訓がいくつか生きてくるように思う。

(1) 組立ラインの生産(人間性疎外の声が上がりがやすい)から円卓による社交協業的生産へ切換えるヒントを与える。

(2) 手作りでは作業者に工作を楽しむ心理的余裕が生じ、このことが、三次産業志向や余暇志向という一途な風潮に対する価値観に微妙に影響するにいたる。

(3) 作業者は素材から完成品まで一貫したプロセスとして受け取り、仕事の達成による満足感がえられやすい。

(4) 製品に高度の機能が要求される場合には、現代の機械工業においても名人芸は欠かせない。
(4)(5) 名人は機械化の進んだ工程では養成され難い。

(5) 成形工程、組立仕上工程の複合化⁽⁶⁾および現合化に対し示唆するものが多い。

その他にも数えられると思うが、ここでは最後に取り上げた事項について詳述する。

4. 寸法精度(機械)指向から機能指向へ

図1は、分業思想など無縁な時代に日本の鉄砲鍛冶が手作りで量産した馬上短筒(騎兵銃)である。これらの銃にはE. Whitneyによるマスキット銃に見られるような部品互換性、したがってその前提となる寸法の均一性はないと思われるが、各銃はその機能においておおむね満足なように製作されているものと見られる。この例が教えるところは、機能の充足という目的に対して、互換性をえるための寸法公差は必ずしも入用ではないことである。

事実、その機能に高度の信頼性が要求されるある種の液圧制御機構の案内弁などでは、スリーブ

に加工された現実穴位置に合わせて、これにはまり合うスプールの肩位置を研削して定めている。こういった現合工程では、作業者は穴およびスプール肩部の顕微鏡像を同時に確認しながら砥石をスプールに切り込ませる。この工程により、スリーブとスプールの間の普遍的な互換性は失われるが、そのことがかえって機能を保証したことになる。

機能を重視する場合、部品は形状および位置に対して精度が指定される。ところが、位置度公差はたとえばそれが指定される穴、軸の寸法の最大実体条件からの隔たりに応じて適宜拡大できる。位置度における $\textcircled{M}$ 表示はこれであるが⁽⁷⁾、このことも機能充足をめざす生産合理化の一つの現れである。

つぎに工程複合化の例を述べる。昔の刀匠は鋼を鍛錬・熱処理しながら刀の最終形態をもたらした。これは分解できない作業の合成効果に期待しているのである。これと類似の考えは現代の生産における自動化組立において生きてくる⁽⁶⁾。部品を成形しながら同時的に組み立てるという行き方である。刀匠の例にもあるように塑性加工は工程のこの複合化に異常な力をもっているようである。

溶接技術の発達によって、年々減少傾向をたどっている熱間加工・リベット継手においては、組立の複合化、現合化が共存している。赤められたリベットの軸部がすえこみを受けると、リベット穴に材料が充満することにより強固な継手を形成

馬上短筒（榎並屋甚兵衛）

〔神奈川県立博物館、日本の鉄砲、(昭49-11)より〕

図1 手作りによる量産形騎兵銃

できる。

図2は、薄板壁体にボルトの座となるナットを取りつけた MacLean Fogg のピアースナットと呼ばれるものの写真である。従来はこの種のナットはウェルドナットと呼ばれる溶接によるものが多かった。ピアースナットは凸形断面をもつ帯鋼から連続的に成形され、その一つ一つは、地板を打ち抜くポンチの役をなし、打抜工程の直後に、ナットの後面四すみに突き出た当て板に向かって、ナットの角りょう(稜)を変形させることにより地板とナットが固定される。ナットの対面寸法公差は0.1mm程度で十分とされ、現合化の特徴が生きている。冷間複合工程の例としておもしろい。

現合製品、そしてしばしば複合化組立製品にも普遍的互換性はない。そこで求められているのは、物体の指定寸法に対する寸法差が、どうかということではなく、機能といい表されている抽象概念⁽⁸⁾⁽⁹⁾の良し悪しである。すなわち機能空間⁽¹⁰⁾における評価が問われているのであって、この評価はどのような生産体制下で製造された機械に対しても重視されなければならない。

5. 結 言

時の流れから見て、生産加工の今後は自動化を

図2 MacLean Fogg 式ピアースナット
(青山製作所の好意による)

避けて通ることはできないであろう。そして一部の加工のためには無人化工場が準備されるであろう。しかし、そういった自動化や無人化は、18世紀以来踏襲されてきた量産原理の延長ではなく、社会的な状況や国民の産業への期待に基づく形態を取るべきである。

人々は製品を物件として保有することには淡泊で、製品の発揮する機能に期待するのである。機能は同品種製品相互間に互換性があるかないかには無関係である。その点に着目すれば、次には同品種の製品をロット生産すること自体が機能の確保にとって必要条件ではなくなってくる。いささか抜本的であり、何よりも経済的見地において飛躍があることを認めるが、筆者は日本における生産加工の自動化が実はその点、すなわち見込生産（生産者主導形）から注文生産（消費者主導形）へ

の転換に根ざして発展できないかと全くはた目ではあるが念願しているものである。

（原稿受付 昭和52年7月25日）

文 献

- (1) Merchant, E., *Ann. C.I.R.P.*, 25-2 (1976-8, 9), 473.
- (2) 1976年日本国勢図会, (昭51), 94, 矢野記念会.
- (3) 佐久間, 機誌, 78-685 (昭50-12), 1101.
- (4) 隅山, 機誌, 80-704 (昭52-7), 583.
- (5) 津和, 機誌, 80-704 (昭52-7), 585.
- (6) 機械工場無人化モデル作成, 資料2 工程の体系化, 設計概念, (昭52-3), 1, 機械技術協会.
- (7) 吉本, 設計製図, 11-51 (昭51-5), 2449; 松本, 機誌, 80-700 (昭52-3), 235.
- (8) 工藤, 機誌, 80-704 (昭52-7), 588.
- (9) 中野, 機械の研究, 24-5 (昭47-5), 641.
- (10) 吉川, 新しい時代の生産技術, (昭48), 31, 谷口先生記念事業会.

3 年 後 の 成 長 商 品

野村総合研究所では経済の指標ともいべきデータ集「80年代予測資料—混迷・流動の時代を展望する」をまとめた。

これは政府、業界団体などが行った予測、文献を幅広く網らし独自のデータを加えて整理したもので、昭和51年の70年代予測資料について今度が5回めである。いちばんの特徴は予測総括として3年後の1980年を予測年とした成長商品、成長マーケットの一覧を発表していることである。

それによると成長商品はディーゼル乗用車が成長率年平均120%で断然トップを占めている。2位はマイクロコンピュータ（年平均成長率50~80%）、3位は

制ガン剤（同60%）、4位は家庭用VTR（同50%）とデジタルウォッチ（同50%）となっている。

これに大形冷蔵庫（同43%）、ファクシミリ（同39.3%）、工業生産住宅（同38%）、カークーラ、カーエアコン（同33.5%）、産業用ロボット（同30.8%）が加わり、ベストテンを構成している。

これらを産業分野別に分類すると、今後期待できるのは、事務合理化、余暇関連、住宅関連、省・関連技術革新の各分野である。

さらに産業社会の合理化・効率化を達成する基礎的な技術としてエレクトロニクス化が一段と進展すると予測している。

アメリカの研究所で太陽エネルギーの重要性強調

ワシントンにある民間の非営利研究団体のワールドウォッチ研究所は、このほどエネルギーに関する報告書を発表した。

それによると過去2年間の研究開発により、石炭や原子力は長期的な将来性はなく、地球のエネルギー必要量を満たすためのただ一つの希望としては、太陽エネルギーを残すだけとなったことを述べている。

同報告書はさらに次のような点を指摘している。

(1) 現在、全エネルギーの20%について太陽エネルギーがなんらかの形で利用されているが、この割合は2000年までに40%に、2025年までに75%に上昇するとみられる。

(2) 太陽エネルギー利用の可能性の範囲はワット当たり少なくとも50セントで発電を行う太陽電池や太陽熱利用から風車、水の落下、廃棄物や作物の利用を通してエネルギー源として太陽を間接的に使用することま

で広範にわたっている。

(3) 2年前には世界は永続的な“石油以後”の世界を建設するため3種のエネルギー選択権を持っているとみられていた。それは石炭、原子力、太陽エネルギーの三つだが、現在、われわれは明らかに一つの選択権、つまり太陽エネルギーしか持っていない。

(4) 原子力の夢は環境、経済、国家の安全保障に対する不安のため急速にあせてきている。アメリカの原子炉が新規発注は1973年の36基から1976年には2基に減少している。

今世紀末までの原子力発電量公式予測はほぼ2/3に縮小してしまった。

(5) 石炭も同様の障害に直面している。全米科学アカデミーの最近の調査は、石炭への大規模な依存を続けると地球上の気象に取り返しのつかない大変化を引き起こすだろうと警告している。〔服部 敏夫〕