

戰略的產業技術論

木本保夫



青山社

戰略的產業技術論

木 本 保 夫

はしがき

著者が大学を卒業した1952年頃はまだ敗戦の傷跡が街角に残り、人々はひたすら欧米諸国の科学技術を学び、欧米の人々のように豊かに暮らしたい願望から、社会そして個人の将来を真摯に考えながら、それなりの目標に向かって勤勉にモノづくりに励んでいた。

1960年頃から経済成長が展開しはじめ、あと数年で21世紀を迎える現在、我が国は生産大国といわれるまでに躍進し、一見豊かになったように思えるが、社会・環境にさまざまな問題を醸し出すと同時に、国際関係にもいろいろな軋轢を生んでいる。この局面で、技術・生産・流通・消費はたまた経営体の組織がこれまでの延長上でよいだろうか……さらなる幸せを求めて、もう一度生産の原点を見つめなおしながら、変身的成長を図らなければならない局面にきている。

カール・ブッセの詩 (Über den Bergen) にあるように、幸せを求めて登りつめてみれば、本当の幸せはもうひとつ向こうの険しい山の上にあるようである。

次代を担う人々の幸せを考えると、ここまで歩んできた道とは異なる新しい道を考えながら、社会や人々に幸せをもたらす《モノづくり社会》を創り、築き上げなければならないようである。やはり「一国の繁栄はその国のすぐれた生産力にかかっている」(ダートウズら著: Made in America, 草思社) とアメリカで反省され、日本でも「実業とはモノをつくることである」と言われるのは、至言である。幸い、情報・通信の発達という革新技术の後ろ盾があり、間もなくやってくる21世紀には、産業技術に英知を結集して真に豊かな、公正・公平で

健康第一のゆとりある社会を迎えたい。多少の回り道はあっても、無駄なこと、無理なことをしないで効果的に次世代の生産システムを構築する上に、本著がわずかでも参考になれば望外の喜びである。

本書を出版する機会を戴いた学術図書出版の青山社、ならびに編集で一方ならぬ労を煩わせた池上 淳氏に厚くお礼を申し上げる次第である。

1993年11月

木本 保夫

目 次

序 文	1
第1章 生産（事業）の目的	2
第2章 工業統計の示唆	3
2. 1 戦後の工業統計	3
2. 2 繁栄の表裏	7
2. 3 次世代の生産経営	11
2. 4 日本、アメリカの生産経営	11
第3章 次世代生産システム	16
3. 1 パラダイム	16
3. 2 これからの生産システム	17
1) 生産システムの基本	20
2) 生産加工コスト	30
3) コスト切り下げ	33
4) コンピュータ統合生産	34
5) 生産加工プロセス	35
6) 精度自律性が高い加工法の二三の例	37
7) 電気・電子応用加工	39
3. 3 自主技術	42
第4章 研究・開発	43
4. 1 分類と概念	43
4. 2 組織と投資	44

4. 3	研究・開発の企画	49
4. 4	テーマの選定	51
4. 5	結実努力	52
4. 6	未来分野	52
4. 7	実施上の心得	57
第5章	情報の蒐集	59
5. 1	情報源	59
5. 2	付加価値からの分類	60
第6章	生産関数の意義	63
6. 1	概念	63
6. 2	コブ・ダグラスの生産関数	63
6. 3	特質	64
第7章	収穫逡減の法則	69
7. 1	収穫の逡増逡減	69
7. 2	支配する要因	70
	文献資料	73
	結び (攔筆にあたって)	75
付録 I	付表 1	78
付録 II	生産システムの基本的技法	79
付録 III	情報積算法の応用	84
付録 IV	ライン・バランスに関する Jackson の列挙法による求解	86
付録 V	試験研究機関と研究会の一部紹介	88
付録 VI	生産革新に連なる萌芽技術 (写真と説明)	90
	索引	96

序文

昭和30年代後半から、我が国は基幹産業中心に大発展を遂げ、生産大国そして経済大国といわれるまでになった。しかし、それは自我を膨らませるために自然に対する法則性を追求すると同時に支配し、結果として資源浪費、環境破壊を知らず知らずの間に推し進めて社会不安による社会コストという途方もないツケが回ってくる一方で、生産の原点を離れて人々の心のありか、さらには生産の意義、本質そして技術も履き違えるようになったと思われる。

また、生産の高度情報化が進行していくにつれて、CAD（コンピュータ援用設計）あるいは人工知能化生産システム（エキスパートシステム）が開発されると、その作業自体は効率化されるが、本来人間が守り、考えなければならない自然と環境保全の裡における創造的設計業務や、生産に対する改善または改良研究は誰がするのか、という重要な問題がクローズアップしてくる。

そこで、ここまで孜々営々として築かれてきた工業社会の進展そのものを振り返るとともに、さらなる大発展に対して放置していくことのできない理念、価値生産の公理を経営層、管理層の人々は言うまでもなく、生産を支える人々に理解して戴き、革新工業社会を構築していくための知恵の出し方について、些かでも資するところがあれば、望外の幸せである。

第1章 生産（事業）の目的

総て、学問も事業も人情のために行うものである。この人情とは幸せのことである。哲学の泰斗西田幾多郎の言葉である。

生産について歴史性、学理から諸説が紹介されているけれども、その根源は人々、ひいては人類の幸福に些かとも貢献することである。

しかし、古代から続いてきた、農、鑛、狩、漁の時代が近代になって工業化の時代となり、さらに科学技術の進歩と相俟って高度工業社会が出来上がるにつれて生産よりも価値ないしは見かけの価値が突出し、良い物を交換し合う（水平型）時代、そして有無相補完し合う（垂直型）時代まではまだ許容できても覇権主義の市場制圧型工業社会には色々な弊害が派生してきている。大量生産・コスト低減型生産による環境汚染はその最たる例である。これは、我々が遵法してきた近代科学技術の誤りかもしれない。

また付随して様々な虚業も幅を利かすような企業倫理問題も醸すようになっていく。

そこで、あらためて生産あるいは物づくりの原点を考えながら、次世代の市場経済に適合する生産システムを考究するとともに、生産経営体が永続していくために大切な事柄を記述してみよう。

第2章 工業統計の示唆

観点を変えて工業統計を調査し、そこに潜む真意を汲み取ることで、ポール・ケネディの言うように「国の繁栄はその国の生産力にある」¹⁾ことを示すとともに、従来型の大量生産・コスト低減・競争力増大・シェア拡大の生産システムには限界が見えていることを示したい。

2. 1 戦後の工業統計

図1は経済白書によく見られる就業構造の変遷である。これを以て、世の中が第三次産業主導になるという見方には納得できない。理由は後程記述していくが、実質の就業人口に書き換えると図2のようになる。就業人口が6500万人は、精一杯の値である。因に平成3年の民間就労人口は4043万人（総所得180兆1930億円）である。

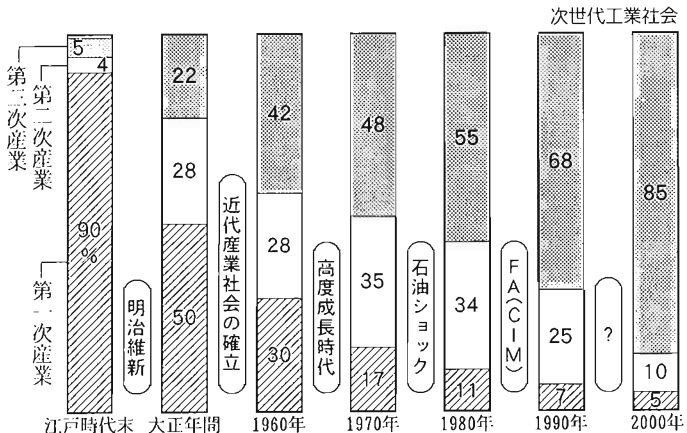


図1 我が国の就業構造の変遷

ここで通算統計協会の工業統計を調べてみる。²⁾

我が国は、第二次大戦後持続的そして飛躍的に生産力を増大して経済成長を果たした。たとえば1960年頃、我が国の年間自動車生産台数はアメリカの一週間の生産台数とほぼ同台数で、1967年頃から増え始め、1968年には漸くアメリカの1022万台に対して約300万台

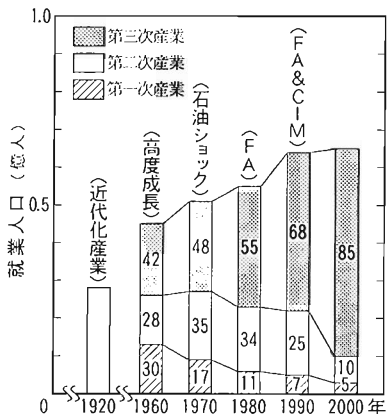


図2 就業人口の変遷

になったが、現在では生産台数では、立場は逆転している。自動車産業のみではない。家電産業も同様である。鉄鋼産業も同様で、例外は化学工業くらいではなからうか。

表1は1955(昭和30)年からの出荷額である。表1では、就労人口も併記している。この統計に対して、社会保険庁が出している修正倍率という再評価率(付表1)を掛けると、表1の出荷額修正値のようになる。

そこで出荷額/就労人口をもって労働生産性(万円/人・年)を図示したのが図3の棒グラフで、点線で示したのは再評価率をかけた値である。

図3から次のことが分かる。

- (1) 出荷額つまり生産高には、生産力の向上もさることながらインフレーションの影響が含まれている。

表1 工業統計による就業構造、出荷額、労働生産性
(通算統計協会)

	就労人口 (万人)	出 荷 額 (兆円)	同(修正値) (兆円)	労働生産性 同(修正値) (万年/年・人)	
1955(昭和30)	551	6.7694	81.2400	112.8	1474.0
56(31)	604	8.6919	104.2920	143.7	1726.0
57(32)	660	10.4570	123.8109	158.3	2859.0
58(33)	666	10.1127	113.5656	151.7	1705.0
59(34)	729	12.1286	134.3871	166.0	1843.0
60(35)	817	15.5786	142.7000	190.0	1746.6
61(36)	875	19.0241	161.1341	217.0	1841.5
62(37)	900	20.8615	159.5905	231.8	1773.2
63(38)	973	23.8219	167.2297	244.8	1718.7
64(39)	990	27.6828	178.8296	279.6	1806.3
65(40)	992	29.4889	166.6123	297.0	1679.3
66(41)	1029	34.2019	177.5079	332.0	1725.0
67(42)	1055	41.1622	207.8691	390.0	1970.0
68(43)	1086	48.2785	215.8049	423.0	1987.0
69(44)	1141	58.1068	198.1442	509.0	1736.6
70(45)	1168	69.0348	235.4087	591.0	2015.5
71(46)	1146	72.8951	215.7695	635.8	1882.8
72(47)	1178	80.9620	239.6475	687.0	2034.4
73(48)	1196	103.3622	224.2960	864.0	1875.3
74(49)	1149	127.3080	276.2584	1108.0	2404.4
75(50)	1130	127.4329	235.7509	1108.0	2086.3
77(52)	1025	154.9430	237.0628	1512.0	2312.8
78(53)	1023	162.5940	229.2575	1589.0	2241.0
79(54)	1021	181.8410	256.3958	1780.8	2511.0
80(55)	1029	212.1240	254.5488	2061.0	2473.7
81(56)	1057	224.7120	269.6544	2126.0	2551.0
82(57)	1048	229.9340	261.1248	2193.8	2491.6
83(58)	1065	235.5270	259.0800	2211.0	2432.7
84(59)	1073	253.0300	268.2118	2357.0	2499.6
85(60)	1089	265.3210	265.3210	2436.3	2436.4
86(61)	1089	254.6890	254.6890	2338.0	2338.0
87(62)	1074	253.5150	253.5150	2361.0	2361.0

(2) 出荷額の修正値から、明らかに生産力の持続的な向上が認められる。

(3) 図3は、いわゆる成長曲線

(S字カーブとも呼ばれる、K, a, bは定数)

$$Y = K / (a + e^{-bt}) \dots\dots\dots (1)$$

で、このまま代謝的成長すなわち従来路線の延長のみでは行き詰まりとなる。

(4) さらなる発展には変身的成長つまりブレークスルー（技術突破）が必要となる。

乗り物ひとつ見ても過去に幾多のブレークスルーが繰り返されて進歩発展してきている。先ず、小型蒸気機関車の時速は毎時60~70Kmが限度で、高速列車に変わるがこれも毎時120Kmくらいが限度で、プロペラ飛行機の時代となって音速の手前の毎時1000Kmが限度とな

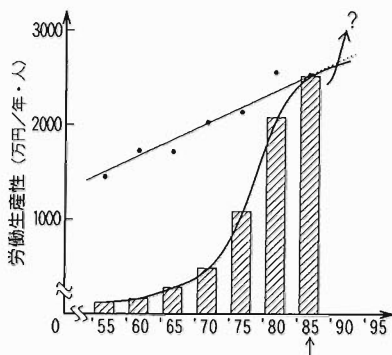


図3 労働生産性の成長

り、ジェット機、ロケットに至って大気圏脱出が可能な毎時5万Km以上が得られるようになった。進歩は、ブレークスルーの積み上げである。電気回路、電子回路も同様に、機械式計算機（四則演算）から真空管式を経てトランジスタ式、そして集積回路による電子計算機に至っている。

2. 2 繁栄の表裏

図3は表1、表2を用いて1955年以後の工業出荷額、就労人口から1年間1人当たりの労働生産性を算出したもので、僅か四半世紀の間で我が国の労働生産性は飛躍的に向上し、工業生産額も飛躍的に増大していることが分かる。しかし、その内容には表裏二面がある。

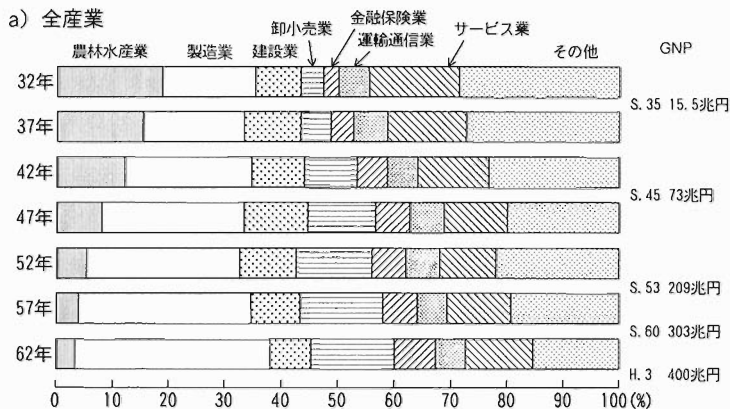
まず「表（おもて）」の陽の方を検討する。実質国内総生産の推移をみると、図4 a) で示すように、パーセント表示でも製造業は群を抜いているが、金額（付記）にしてみると格段の成長性すなわち飛躍が分かる。その製造業の飛躍の原動力は、図4 b) のように加工組立型業種と考えられ、製造業よりも大きい成長である。

持続的な生産力向上に基づく製造業の飛躍によって、図5で示すように世界経済のシェアは日本とアメリカの間で変化したが、この後そして21世紀が従来 of 延長でよいか非常に問題である。

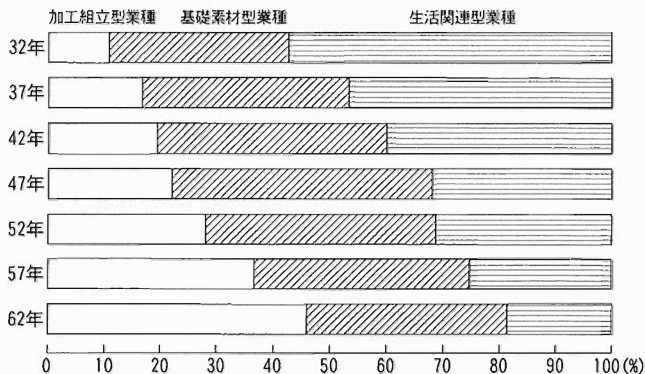
製造業飛躍に対する生産拡大用、省力化用並びに研究・開発用設備投資から、さらには通信・運輸・サービスといった第三次産業が発展するのは限度があるようで、図6を引用すると、アメリカでは国内総生産の60%くらいが限度とみられる。やはり「実業とはモノをつくること」⁹⁾ が至言と思われ、自然（環境）と人類をはじめとして動物・植物が共存できるモノづくりを考えなければならない。

次に、「裏（うら）」の陰の方を検討する。製造業が我が国経済成長の原動力であったことは間違いではないが、内橋克人著「革新」已むあたわざる企業、に記述されているように

シェア拡大→生産量増加→コスト低減→競争力増大→シェア拡大の循環型、あるいは



b) 製造業



- (備考) 1. 経済企画庁「国民経済計算年報」により作成。
 2. 製造業における加工組立型業種とは、一般機械、電気機械、輸送機械、精密機械の合計。
 3. 製造業における生活関連型業種とは、食料品、その他製造業の合計。
 4. 製造業における基礎素材型業種とは、その他の業種の合計。

図 4 実質国内総生産の推移

大量生産→大量消費→モデルチェンジ→短ライフサイクル
 の資源浪費型の生産には環境を損ない、あるいは社会不安を招く要因が潜んでいる。

また堅実、かつ持続的な経済成長率から市場を算術的に求めると、表2で示すような値になり、現在の市場規模の35～45%規模の新市場を12、3年の間に創出しなければならない。従来

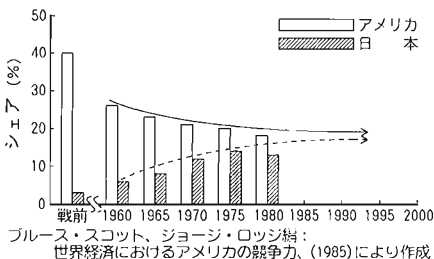


図5 世界経済のシェア

の延長では、至難の目標であると思われる。インフレーション経済を招来すれば容易かもしれないが、経済の破綻も招く恐れがある。特に我が国では、基本的生産要素であるマンパワー・上地・エネルギーの費用が経営コストの高騰

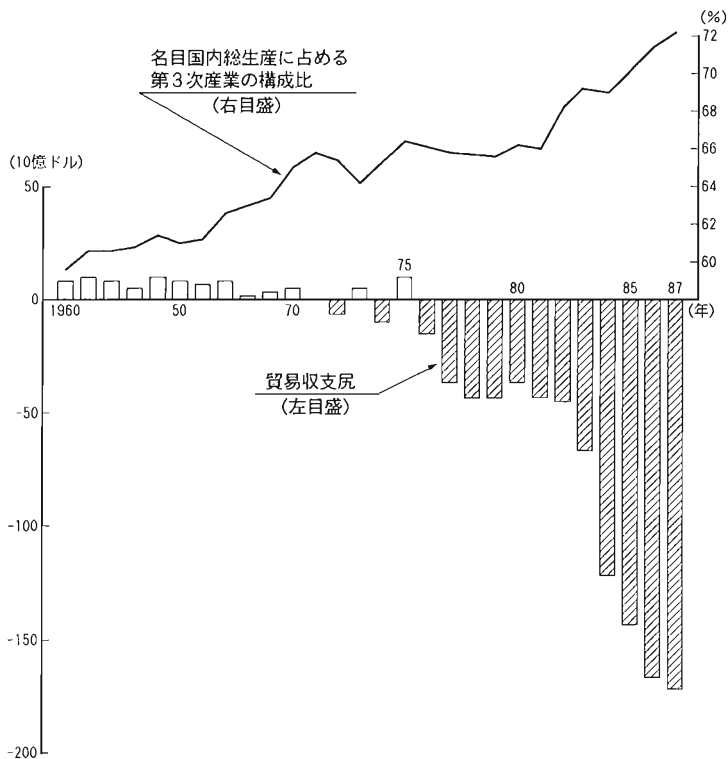
表2 GNP（国民総生産）

（1990年：400兆円として計算する）

西 暦(年)	5年間の増加額(ΔGNP),兆円	
	3%成長の場合	2%成長の場合
1990～1995	63.6	41.6
1995～2000	73.7	45.9
2000～2005	85.4	50.7
合 計	222.7	138.2

を招いているので、高度な技術、製品（ソフト、ハードウェア）を創造しなければ成り立たない。技術立国以外は考えられないようである。

換言すれば、我が国特有の自主技術、独創技術を萌芽する施策と基礎研究が待望される。



資料：米国商務省「Survey of Current Business」
「調査」三菱銀行（1988年11月）

図6 米国貿易収支と名目国内総生産に占める
第3次産業の構成比推移

2. 3 次世代の生産経営

アメリカが衰退している理由は幾つか挙げられるが、Made in America¹⁾ で書かれているように国の繁栄はその国の生産力にあり、また「脱工業化社会」²⁾でも書かれているように持続的生産力の向上を軽視したことが最大の理由であろう。生産力の向上とは、品質・性能と生産効率の向上である。

一方、企業寿命は30年と言われて我が国でも個々の企業、あるいは業種では栄枯盛衰はみられるが、研究・開発と持続的生産力の向上で生産競争力を培いながら総じて経済成長に貢献したと思われる。

しかし従来路線の延長のみの生産経営では、生産そのものは勿論のこと、利潤も収穫逦減の法則にしたがって減退していくことになる。組織、製品、さらに市場も革新していかなければ新たな経済成長は期待できない。もっと大切なことは、資源を浪費しない革新技術あるいは材料革新である。そこから基礎研究・応用研究・製品開発が始まり、製品企画・生産・販売・流通の面からの効率化推進のために、組織革新そして市場革新へ連動し、展開していかなければならない。

ここで特筆大書しなければならないのは、技術・生産・営業・財務・企画などを統括する経営に対して、老舗（シニセ）の経営³⁾にみられる《永續と繁栄》の秘訣、つまり原則に立つ正真正路（捨賈執真）の哲学と手法の存在を学ぶことである。また情報・通信システム技術（あくまでツールとして）を充実して少数精鋭主義に徹することである。

2. 4 日本、アメリカの生産経営

第二次大戦後、我が国は欧米諸国なかでもアメリカを目標にし、手

本として政治、経済、科学技術すべてを傾注してきた。

生産力が拮抗したとみられるのは、計算機制御技術応用の数値制御(NC)工作法が確立した1975年頃である。

そこで研究費の対GNP比をみると、図7のようにドイツと肩を並べるようになってきているが、図8から明らかなように民間の投入が大である。技術貿易収支の推移も図9で示すように1に近づきつつあり、「ものをつくる」上での格差はなくなりつつあるようで、自動車産業のリードタイムを比べても図10で示すように設計、技術開発、生産技術、試験操業のすべてにおいて我が国が優っている。そこで、生産経営を色々な視点で比較すると表3のようになり、当然のように思われる。しかし我が国が今後の方策で留意しなければならないことは、独創的な基礎研究の弱さ、あるいは短期的な視野の研究姿勢ではなからうか、

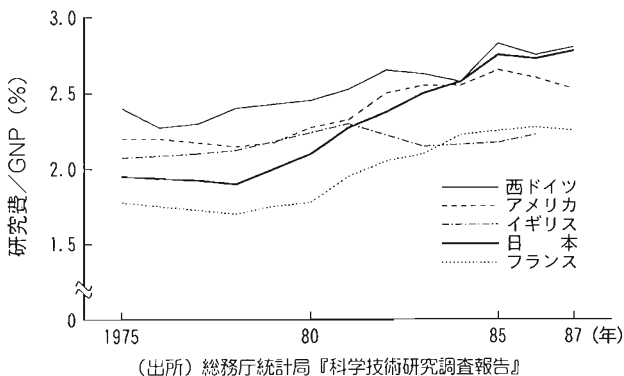


図7 各国研究費の対GNP比率の推移

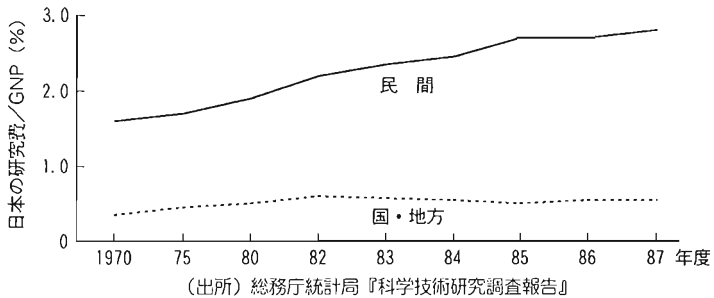


図8 我が国研究費の対GNP比率

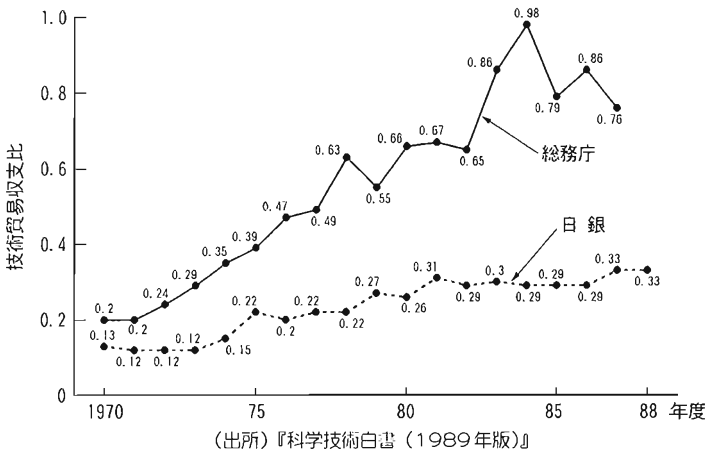


図9 我が国の技術貿易収支比の推移

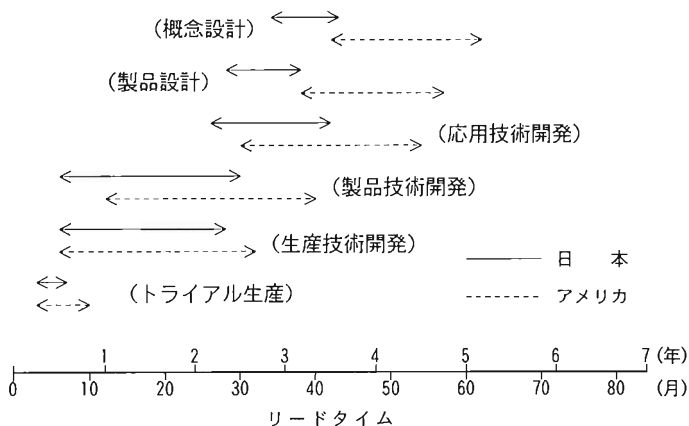


図10 日米自動車産業におけるリードタイムの比較

表3 生産経営における日米の比較

	日 本	ア メ リ カ
収 益 目 標	中 長 期 的 視 野	短 期 的 視 野
市 場	国 際 的	国 内 需 要
生 産 方 式	多 種 中、少 量	少 種 大 量
研 究	応 用 研 究	基 礎 研 究
技 術	開 発・生 産	開 発
人 材 育 成	活 用	軽 視
協 調 体 制	集 団 主 義	個 人 主 義

と思う。^{*}1988年にSME (Society of Manufacturing Engineers) の AUTOFACT88 に Arthur Young 社が CIM (Computer Integrated Manufacturing) を「競争に対する優位保持」の製造概念として提示し、また1989年に確立したAT & T社の「製造実現化方法」の特許⁶⁾ など、知的所有権戦略を中心にした次世代生産システムは等閑視できないところである。

^{*}大学、研究機関における研究に対して、独創性の認識に開き、並びに論文数本位の評価の現状に問題がある。

第3章 次世代生産システム

3. 1 パラダイム

これから21世紀にかけて構築していかなければならない生産システムのパラダイムを列挙すると、以下のような事柄になる。

- a. 企業経営は、倫理に基づき、公平、公正な意思決定による。
- b. 社会不安を起こさない安全で、資源節約型あるいはリサイクル型製品である。
- c. 生産競争力の根拠は正当なものである。
- d. 価格、利益配分が公正であり、分配は社会的に公正である（これについては、税制上の優遇措置が確立されなければならないと思う）。
- e. したがって企業利益の源泉は、独創研究、開発、技術に基づくものでなければならない。
- f. 研究・開発・技術にマンパワーが結集され、生産はコンピュータ統合の智能化オートメーションで行う（後述3. 2参照）。
- g. 以上を要約すると、次世代生産工場の経営は図11のような方針で堅実に革新（中味を変える）していかなければならない。

次世代生産工場

労働集約型産業

競争力の源泉 → 低賃金 ⇒ 労働コストの低い国へ

耐久消費財生産業

先端技術分野の産業



生産革新

持続的生産性の向上
(労働生産性)

生産システム

設備と組織の 体化 経営情報・通信

図11 CIM-IFAによる次世代生産経営

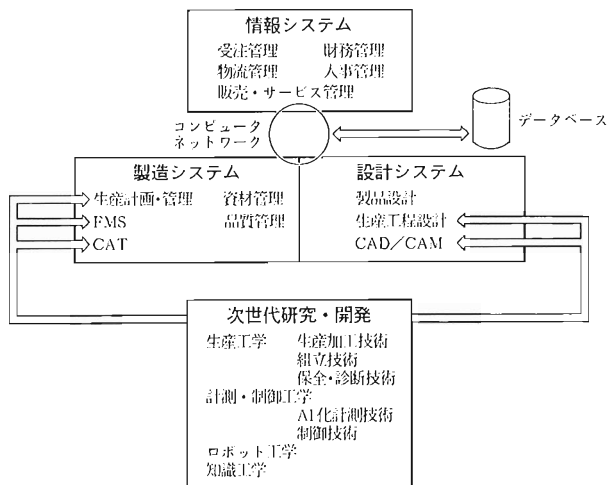


図 12 次世代生産システムと生産技術研究・開発

また、政治、行政が支配するような産業構造であってはならない。
まして利権の温床があってはならない。

f, g 項で述べた生産システムを概述すると、図 12 で示すように CIM (Computer Integrated Manufacturing) システムと次世代に必要な研究・開発成果を活用しながら生産の革新を推進していくゴールのないマラソンとなる。

3. 2 これからの生産システム

受注から出荷までの期間、つまりリードタイムを短縮し、あるいは受注から設計・製図・製造に至る作業をできるだけ同時に進捗できる

ような Concurrent engineeringが要となっている。これがCIMと呼ばれるもので、具体的な目標と技術は図13のように表されている⁷⁾。

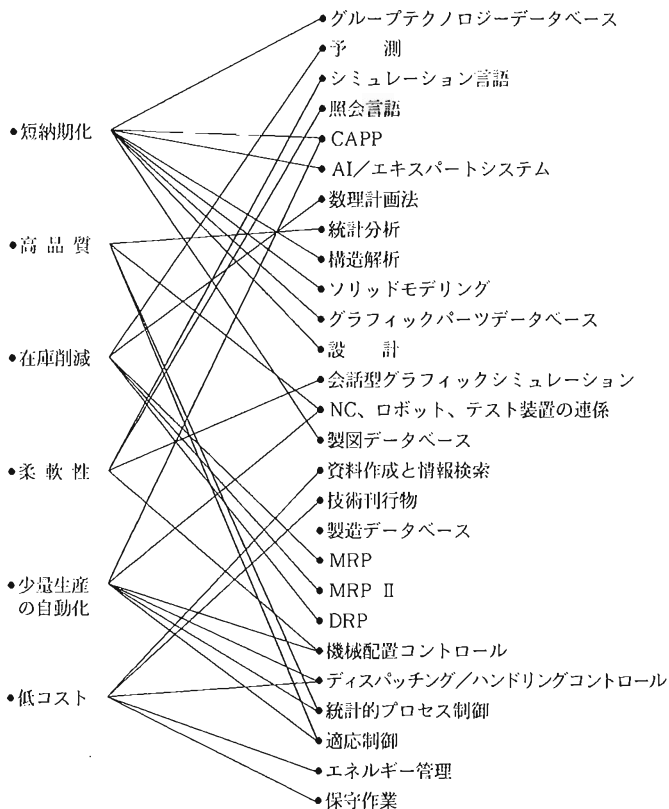


図13 CIMの目標と技術

一方、製造部門はいかにして省工程あるいは省部品で設計する機能を満足するように材料を成型加工、さらに組み立てるかが、課題である。材料開発が進むにしたがって、図14で示すように加工、組み立てのプロセスも生産技術研究・開発によって変革していかなければならない。

ここでも3. 1で述べたように、独創研究・自主技術が企業利益の源泉となる。

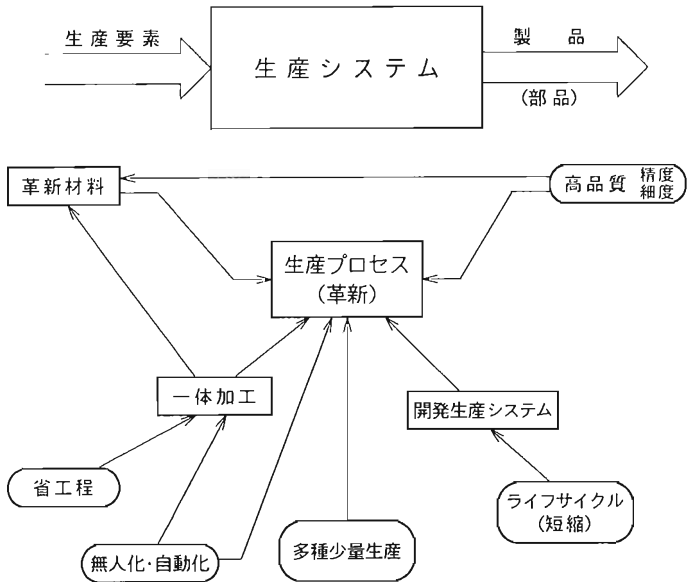


図14 生産プロセスの変革要因

1) 生産システムの基本

次世代生産システムは、全く新しく作り上げられるものではなく、図12、図15で、従来から成果を収めてきた生産システムの技法を基本にして構築されるもので、同時に次世代向きに開発されるものである。特に、製品設計、生産工程設計、製品設計管理、生産管理を電子情報システム化して統合されるものである。

生産システムの構造を解析し、明らかにするには、構造解析とモデリングがある。図16のジョブショップ・モデル例で示すように、素材、機械、部品または製品をレイアウトしてみる。総生産時間を最小化するように

素材の種類

加工機（とできれば加工精度）

加工法と加工時間（または加工速度）

加工順序

の変数から、数理計画法あるいはPERT (program evaluation and review technic) 法を応用してシミュレーション実験するのが便利である。解析的な技法では解を求めることが困難なことが多いので、実在系に近いシミュレーションがよいと思う。(付録Ⅱ参照)

ここで重要なことは、上記の変数に対するデータ・ベース・モデルとデータ・ベース管理を生産工程設計に基づいて作成しておくことである。

製品設計は、CAE/CADになっていくことは当然の流れであるが、図17の概念図で示すように、蓄積された過去の設計データ集合に革新生産技術を常に追加し、対応する性能・機能・仕様によって比較選出

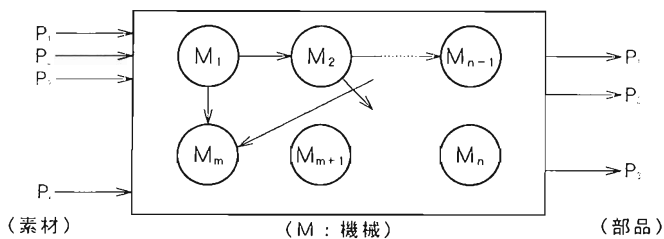


図 16 ジョブショップ形機械加工システム

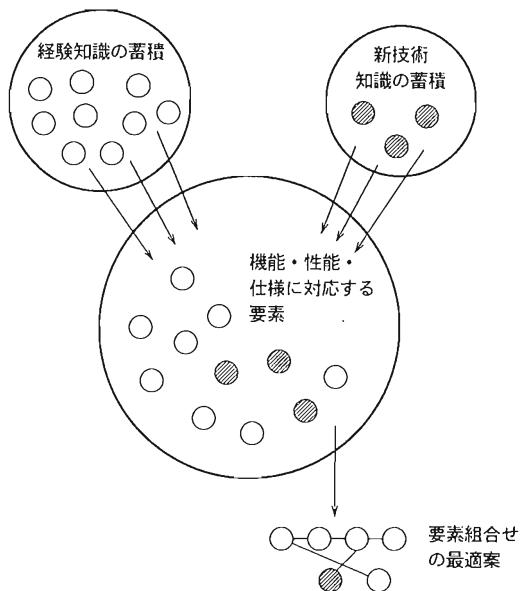


図 17 CADシステムへの研究・開発の活用概念

(最適化) できるプロセスを構築しておかなければならない。

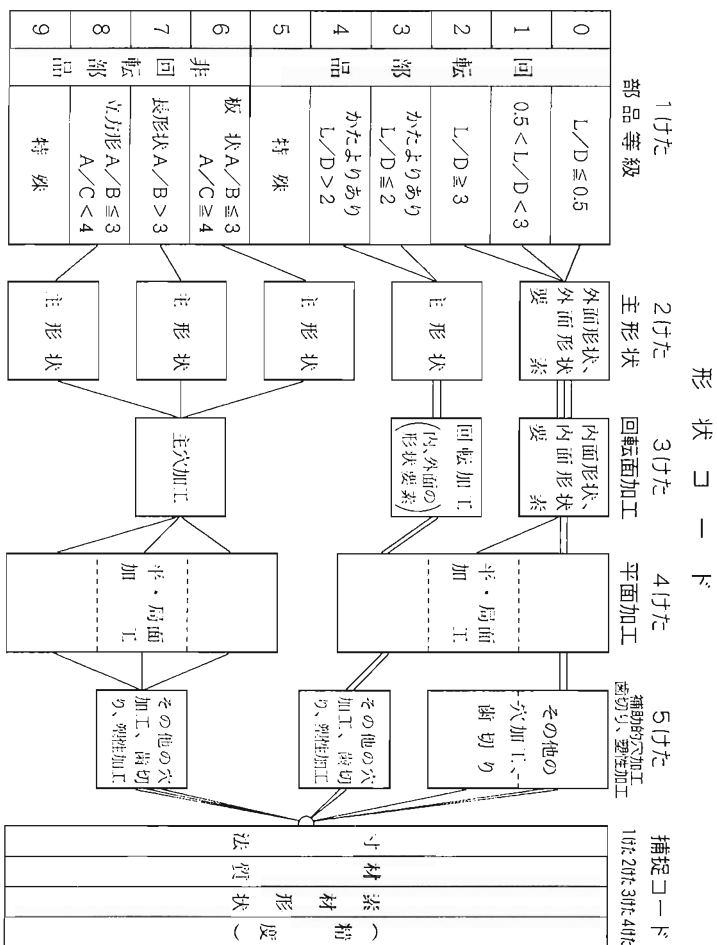
生産工程設計は、製品設計、部品設計の出力情報あるいは図面から、製品を実際に作るために素材の集合から製品になるまでの一連のプロセスを最適化するものでなければならない。したがって製品設計以上に材料、加工（勿論表面加工も含む）、組立て、検査、ハンドリングなどの技術情報が把握され、蓄積されていなければならない。

重要な技法はグループ・テクノロジー (group technology, GT) で、考え方は材料、寸法、形状、加工法の類似性に基づいて部品のグループ化を進めて生産の実際・管理・能率を向上し、生産性、保全性を高めるものである。しかし、FMSの固有技術が進展して複合工作機械、複合加工法が開発されるに従って、その内容が改善されなければならない。図18は、オピッツ (H.Opitz) 教授のもとで実施されたアーヘン工科大学方式の仕分け方である。

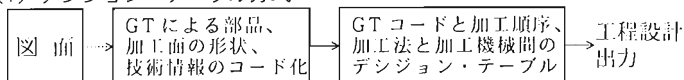
我が国では、KKシステムと呼ばれる機械技術研究所、機械振興協会で作られた表5～表7の分類が代表的である。また1968年には、西坂誠三（豊田工機）の実績紹介がある⁶⁾。

いずれにしても、加工技術、電子計算機による数値制御技術が進歩している現在そして今後、グループ・テクノロジー技法も徐々に、着実に進歩に適應していくものと考えられる。

工程設計の自動化は、一人前の工程設計者になるまでには多くの経験知識、新知識が必要で、かつ大量のデータの処理を要することからデータ・ベースになる知識や定型化できる処理を電子情報化してコンピュータ援用工程設計しようとするものである。図19は、基本的な考え方を示したもので、作業設計の自動化、更に加工、組立てと連結さ



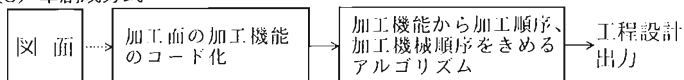
(1) デシジョン・テーブル方式



(2) 創成方式



(3) 準創成方式



(4) 理想方式

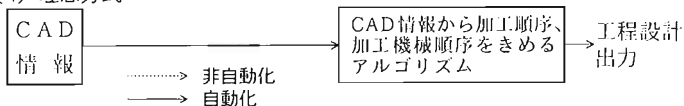


図19 工程設計の自動化の基本的な考え方 (分類)

表5 KK-3 部品分類表

		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅷ	Ⅸ	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI									
回転形状部品	分類項目	名称	材料		主寸法		概形と寸法比	各部形状と加工															精									
		大分類	細分類	大分類	細分類	L		D	外周面					内面			端	非同	心	穴	非	切		削	加	工	度					
									外	同心	機	異	形	周	内	内												周	端	規	特	非
形	部	的	状	面	面	面	面	面	面	面	面	面	面	面	面	面	面	面	面	面	面	面	面	面								
非回転形状部品	分類項目	名称	材料		主寸法		概形と寸法比	各部形状と加工															精									
		大分類	細分類	大分類	細分類	A		B	屈	外面				主	穴	主	補	穴	非	切	削	加		工	度							
										曲	外	外	主													輪	主	穴	補	穴	非	
																																方
向	角	成	成	成	成	成	成	成	成	成	成	成	成	成	成	成	成	成	成	成	成	成	成									

表6 Kシステム名称（機能）分類表

Iけた	Iけた		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	歯車類	軸類											
0	歯車類	軸類	平歯車 斜歯車	内歯車	かさ歯車	ハブホイ ルギヤ	チェーン ギヤ	おじ歯車	スプロ ケット	組合 せ歯車 特殊歯車	丸容 器	その他	容器、 その他
1	主要運動 機能部品	主要運動 機能部品	ベベルギ ヤ等主軸類	中間軸	送り軸	おじ類	丸コ ット	偏心軸 クラック	スライ ド軸	十字軸 その他	丸コ ラム	丸ギヤ その他	本体
2	主要運動 機能部品	主要運動 機能部品	フリー アンプ	クラッチ	ブレーキ	インペ ラ	ビスト ン	丸 テー ブル	その他	その他	ララン ジ類	チヤク ク類	支持機 能品
3	案内機 能部品	案内機 能部品	スリー プアンプ	メタル	軸受類	ローラ	シリ ン	その他	目盛 板	割出 板	カ ム	その他	制御機 能品
4	固定機 能部品	固定機 能部品	カラ軸	クハバ シ類	ピン類	締結お じ	その他	ハンド ル	スワ ール	丸リ ンク	おじ 類	その他	補助運 動機 能品
5	固定機 能部品	固定機 能部品	カパー	シクサ ビ	アレー ト	締結お じ	その他	アム バ	角リ ンク	クハ ス ド	おじ 類	その他	補助運 動機 能品
6	案内機 能部品	案内機 能部品	ジグ	シール	運動案内 メタル	その他	フ グ	スト ッパ	つ め	デー ジ類	カ ム	その他	制御機 能品
7	主要運動 機能部品	主要運動 機能部品	サドル	角 ア フ テ ル	その他	ア ラ フ ト 類	ホル ダ 類	ア ロ ク ク 類	ス テ ー ム	トラ ニ ン	その他	支持機 能品	
8	軸類	軸類	角軸	角ロ ッ ド その他	ケース	ハン ジ グ 類	シ ヤ ン シ ン 類	コ ラ ム	ベ ッ ト	ベ ー ス	その他	本体	
9	歯車類	歯車類	ラック	非円歯 車その他	容器類	オム ク ラ ク 類	とい 類	ハイ ギ ヤ 類	弁 類	歯 車 類	その他	容器、 その他	

表7 KK-3分類項目の内容（Ⅷ, XⅣ, XⅪけた）

けた	Ⅷ		XⅣ		XⅪ		
項目	外 概 形		内 概 形		精 度		
0	直 径 変 化 な し		中 心 穴 な し		▽ 以 下		
1	段 状 品	一様に直径変化	中 心 穴	貫 通 穴	直 径 変 化 な し 機 能 切 込 な し 機 能 切 込 有 り	切 削 加 工	内面 a / o 外 面
2		多様に直径変化					平 面
3	面 テ 機 能 あ り 的	一様に直径変化	片 側 袋 穴	直 径 変 化 な し 機 能 切 込 な し 機 能 切 込 有 り	研 削 加 工	内面 a / o 外 面 平 面 組 合 せ	
4		多様に直径変化					
5	あ 球 状 り 面	一様に直径変化	あ	両 側 袋 穴	直 径 変 化 な し 機 能 切 込 な し 機 能 切 込 有 り	高 精 度 手 仕 上 げ を 含 む 高 精 度 特 殊 加 工 を 含 む 高 精 度 位 置 決 め, そ の 他	
6		多様に直径変化					
7	あ 線 各 回 種 り 転 曲	一様に直径変化	り	直 径 変 化 な し 機 能 切 込 な し 機 能 切 込 有 り	高 精 度 手 仕 上 げ を 含 む 高 精 度 特 殊 加 工 を 含 む 高 精 度 位 置 決 め, そ の 他		
8		多様に直径変化					
9	セグメント、その他						

* a/oは「および/または」の略。

れるように開発努力されている。

最後に作業設計は、加工や組み立ての順序と機械、装置など詳細な情報を提供するものである。図20は機械加工を例に作業設計の流れを示しているが、電気・電子現象あるいは物理・化学現象を応用すると「工具の選択」の作業設計はなくなる。工具経路の言語は、APT (automatically programmed tools) が代表的である。

また作業設計の自動化には、図21のような汎用自動プログラミングが機械加工や放電加工用に開発されているが、作業の流れは図22のようである。

レイアウト設計は、工程設計、作業設計の情報に基づいて素材に形

状、性能、機能などで価値を付加して製品にする生産行為を効率化するとともに、機能や性能を満たすもので、

- 社会コストも含めた総合的評価
- 生産能率
- 仕掛在庫管理と制御
- 経済的側面からの評価
- 柔軟性
- 人間重視尊重と安全性
- 生産状況の把握（可視化）
- 法規遵守
- 社会・環境性

を考慮しなければならない。

また経営方針から、一品、多種少量、中種中量、少種多量のいずれを進めるかで、当然レイアウトは変わってくる。レイアウト問題の解法は、表8のように多数あって、図表的な解法と数理的解法に分けられる。

図15で示した生産システムの構成で、管理に関する部門も重要であるが、多くの著書があるので簡単に要約する。

受注生産と見込生産で主要業務は、図23で示すように異なり、見込み生産では

工 程 設 計 情 報

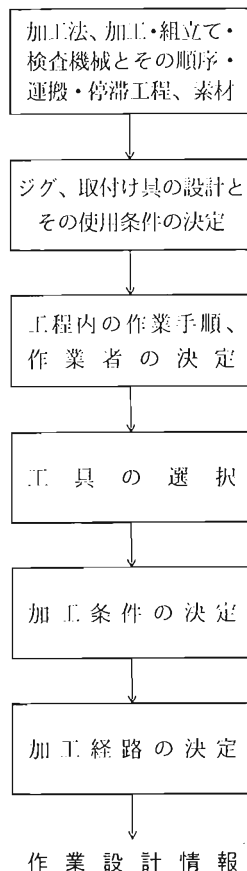


図20 作業設計の流れ

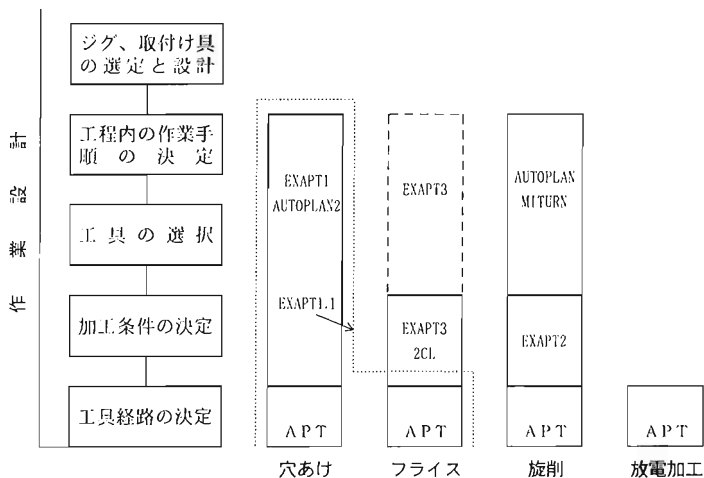


図 21 作業設計における汎用自動プログラミング

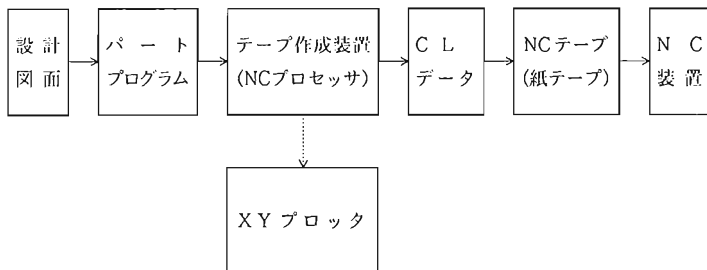


図 22 自動プログラミングの流れ

市場調査、需要予測、販売計画、生産計画が入ってくる。

また多量生産ではライン生産方式が実施されてきたが、ラインバランスを組合わせ問題とした Jackson⁹⁾ の列挙法による解法がある。図24のような作業順序のラインで、サイクルタイムを10とした場合の最小作業工程数を求めるグループ編成問題である。解法は付録IVに記述している。

今後は多変種多変量のラインバランスを扱ったスケジューリング問題とその解法が重要である。その前に、省部品、省工程の考え方が確立していなければならない。

そのほか、生産計画、在庫管理の手法が必要である。

2) 生産加工のコスト

まず図15を基に生産システムの現場レベルを考えると、様々な材料を加工（成型）→組み立て→検査あるいは性能調整の後、製品または

表8 レイアウト計画問題の解法

による解法	グラフ、図表	技術的 伝統的	流れ図 工程図表 リンク・アナリシス シーケンス・アナリシス
	法	システム的	システムのレイアウト計画
数理的技法	最適解法	列挙法的	完全列挙法
			分岐限界法 動的限界法 整数計画法
	近似解法（発見的方法）	改良法	初期解厚生法 CORELAP法 ALDEP法 MAT法
			総入替法 バイアスド・ サンプリング法 HC63法 FTAT法

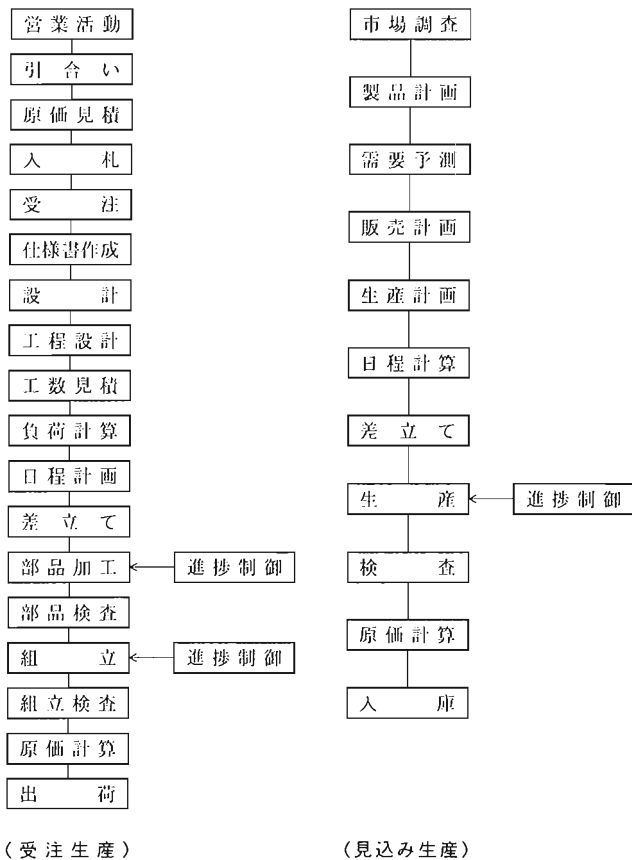


図 23 生産管理の主要業務

中間製品にするわけで、工程*i*毎に単位生産コスト X_i は、

$$X_i = X_{i1} + X_{i2} + X_{i3} + X_{i4} + X_{i5} + X_{i6} + X_{i7} \quad (\text{¥/個}) \cdots (1)$$

ただし、 X_{i1} ：材料費、 X_{i2} ：準備費、 X_{i3} ：加工費、 X_{i4} ：工具費、 X_{i5} ：工具交換費、 X_{i6} ：設備の回収費、 X_{i7} ：公害など社会不安を起こす費用でゼロかマイナスでなければならない。

で表される。生産数を掛けると総額になる。

当然、何工程も必要な場合は $i = 1, 2, \dots$ となり、すべての X_i つまり $X_1 + X_2 + X_3 + \dots$ を加えなければならない。

X_{i1} は i 工程の材料費で、加工による目減りすなわち加工代の少ない加工法を考えなければならない。

X_{i2} は、材料を工作機械にセットし、治工具のセット、加工位置決め、作業条件選定に要する費用である。自動化、NC化が適切な場合が多い。

X_{i3} は加工費で、電力費、加工液などの補助材料費と人件費がかかる。自動化、NC化が適切であるが、経済性の検討が必要である。

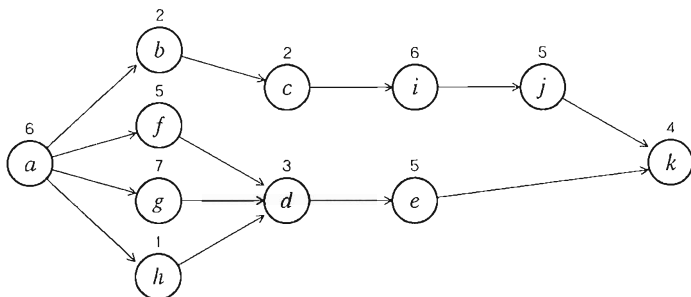


図 24 技術的先行順位に基づくラインバランス問題

X_{14} は工具費で、数十円から数十万円もする場合がある、省工具の加工法を考えなければならない。

X_{15} は上記の工具が消耗・破損した場合に交換あるいは再研磨するのに要する費用である。

X_{16} は被加工物が工作機械を占有している間の設備の回収費で、設備費が高価になるほど、また加工時間が長くなるほど費用は高む。

3) コスト切り下げ

コスト切り下げはコスト低減よりも強力な考え方で、Cutting Cost である。

伝統的な加工法つまり切削、研削または研磨主体では、図14で示した材料革新（難削材料が多い）あるいは高精、細度加工には技術、経済（コスト）両側面で限界がある。また、高精度な製品、部品であるから、工程が多くなるのは仕方がないという考え方には賛成できない。

基本理念は、省工程であり省部品であり、無人化自動化である。また無人化自動化し易い加工法の開発、導入が肝要である。

X_{11} から X_{16} についてコスト切り下げ策を考えてみる。

X_{11} すなわち材料費については、強度、剛性上可能な限り一体加工にすれば組み立て、または接合工程がなくなるので有利である。金属材料であれば、仕上げ溶接と呼ばれる電子ビーム溶接（6）参照）の応用が得策であるが、経済性の検討が要る。

X_{12} は、NC加工あるいはM/C（マシニングセンター）で大幅な切り下げができる場合もある。

X_{13} は、NC化によって人件費は切り下げられるが設備費が高騰して

X_{16} が増加するようでは困る。加工技術の革新が必要である。

X_{14} は工具費であるが、高価な工具を必要としない革新的な加工法の開発が必要で、材料の除去、付着、変形に必要なエネルギーを力以外の電気・電子・物理・化学現象に求めるものである^{10) 11)}。

かような考え方により、 X_{15} も節約できることとなる。

X_{16} も設備・据え付け費が切り下げられる加工法の開発が重要である。

X_{17} は、後々発生することのない適格な生産であることが大切である。

ここで簡単に、投資あるいは損金の回収について計算式を記述すると、下記ようになる。Mを毎年の回収額とすると、

$$M = \frac{C(1+i)^n i}{(1+i)^n - 1} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、C：投資あるいは損金の額

i：利率（%/年）

n：回収年数

となり、仮に C = 1000万円

i = 4%/年

n = 5年

とすると、毎年約225万円回収しなければならないことになる。年間200日の実働とし、1日7時間とすれば、1600円/分かかることになる。

4) コンピュータ統合生産

モノつまり製品をつくるのに必要なプロセスを受注から出荷まで考

索引

ア	
Arthur Young 社	15
アーヘン工科大学	23
— 体加工	33
インフレーション	4, 9
S字カーブ	6
エキスパートシステム	56
NC化	32, 33
FMS	23, 41

カ	
開発	
共同	49
— の企画	49
初期	44
感性	53
商品	44
研究	
改良	43
向期的	43
共同	49
グループ・テクノロジー	23
経営	
— 戦略	49
老舗の	11
限界	
資本の—生産力	64
労働の—生産力	64
労働の資本に対する—代替率	64
工程	
— 短縮	39, 54
生産—設計	23
省	37

サ	
市場ニーズ	51, 53

成長	
— 曲線	6
代謝的—	6
変身的—	6
経済—率	9
省	
— 工程	37
収穫逡増・逡減	69
就業	
— 構造	3
— 人口	3
生産力	6, 12, 42
製造実現化方法の特許	15
組織	
— の人数	45
— の階層	45
ソフト工学	55

タ	
脱工業化社会	11
電解複合砥粒加工	37
電子ビーム溶接	39
電解複合研磨	38
投資、損金の回収	34

ハ	
プロダクト・ミックス	57
複合加工	39
母性原則	37
ポール・ケネディ	3

マ	
マーケティング	51, 52, 53
Made in America	11

ラ	
良構造性	37
労働生産性	5, 7
羅漢の和	57

著者略歴

木本保夫

1929年3月生 奈良県御所市出身

1952年3月 大阪大学工学部（旧制）卒業

1952年4月より1981年3月まで

日立造船株式会社技術研究所に勤務し、電気、電子応用加工ならび生産技術の研究に従事

1981年4月より 大阪工業大学教授（生産システム学担当）

その間、大阪大学基礎工学部非常勤講師（制御工学特論）、神戸大学工学部非常勤講師（精密工作特論）および財団法人大阪高等技術研修所講師

工学博士（大阪大学）、社団法人電気加工学会 副会長・関西支部長

著書：『電気・電子応用精密加工』（オーム社）、

『マイクロ応用加工』（共立出版）など

戦略的産業技術論

1994年1月25日 第1刷発行

著者 木本保夫

発行者 池上淳

発行所 〒151 東京都渋谷区代々木
1-37-2 滝島ビル

学術図書
出版 青山社

TEL 03-3370-5300(代) FAX 03-3320-0950
振替口座 東京2-604448 ISBN4-915865-18-5
印刷・製本 天風堂

