

生産システム技法

大崎紘一・赤木文男・藤原 豊・菊池 進 共著

生産システム技法

大崎紘一・赤木文男・藤原 豊・菊池 進 共著



共立出版株式会社

— 著者紹介 —

大崎 紘 一

昭和41年岡山大学大学院修了
「コンピュータ・プログラムによる統計技術」「確率・統計要論」
現在：岡山大学工学部助教授・工学博士

赤木 文 男

昭和50年岡山大学大学院工学研究科修了
現在：岡山大学工学部助手・工学修士

藤原 豊

昭和48年岡山大学大学院工学研究科修了
現在：松江工業高等専門学校講師・工学修士

菊池 進

昭和19年慶応義塾大学工学部卒業
「コンピュータ・プログラムによる統計技術」
現在：岡山大学工学部教授・工学博士

生産システム技法

定価 3000 円

検印廃止

著者 大崎 紘 一
赤木 文 男
藤原 豊
菊池 進

©1981 NDC 336.6

昭和56年11月25日 初版1刷発行
発行 共立出版株式会社／南條 正 男
〒112 東京都文京区小日向 4-6-19
03-947-2511 振替 東京 1-57035



(社団法人
自然科学史協会
会 員)

印刷 藤本総合印刷 Printed in Japan

製本文麗社

ISBN 4-320-0802-3 C 3053

序

生産管理は、生産の三要素（Man, Machine, Money）の個々に対する単独管理であったり、相異なる二者間の相互管理であったり、さらに進んで三者間の相互管理であることが要請される。そして、相互管理の次元が高くなればなるほど、情報、時間、順序などが相乗効果として管理活動のレベルを大きく左右する。管理活動は、人間社会を背景とすることから、常に人と物と価値との定義域内で、人の民主的な豊かさと幸せを追及しながら、総合的な均衡を保つことを要求される。

本書では、特に、Man, Machine, Man-Machine の管理を行うために基本となる時間、順序を取扱う分野である IE について述べる。その際、順序関係の表示では、従来の手法にパートの概念を導入して整理した。また、IE の手法をなるべく数量的に取扱い、コンピュータによる処理を可能にするために定量的な表現を導入した。そして、手法がマイコンでも使用できるようにプログラムは BASIC 言語で会話形式で作成した。

1章は菊池、大崎、2～7章は大崎、8章は赤木、9章は藤原、10章は赤木、藤原、大崎が執筆した。

稿を終るにあたり、データの整理では、字沢稔夫、佐々木康典、箱田義典、プログラムでは森本真司、内田博志の各諸君のご協力に深謝いたします。また本書の出版にご協力いただきました共立出版社深瀬英弥、波岡章吉両氏に深謝いたします。

1981年

著者

目 次

1 章 緒 言

1.1 生産システム	1
A. 情報伝達機構	2
B. マーケティングリサーチ	2
C. 技術および製品の開発	2
D. 生産計画	2
E. 生産管理	3
1.2 生産システムの歴史	4
1.3 生産管理で取扱う作業と方法との関係	7
1.4 作業内容の表示記号	8
A. パート (PERT) 手法での記号	8
B. 工程記号	9
C. サブプリグ記号	9
D. MTM 法における記号	10
E. 回路ブロック図における記号	10
F. 拡張したパート手法の記号	11
1.5 作業区分	11
A. 作業の大きさでの区分	11
B. 機能単位展開法による組立作業区分	12
C. 時間の大きさでの区分	16
1.6 検討寸法	16

- A. 目的を明確にする 17
- B. 「動作経済の原則」からみた問題点の提起と検討 17
- C. 各作業について、問題点の提起と検討 18
- D. ABC 分析による検討 20

2章 方法研究

2.1 アローダイアグラム	23
A. 表示法 24	
2.2 オペレーションプロセスチャート	31
A. 工程記号による表示法 31	
B. 拡張したパート記号による表示法 34	
2.3 フロープロセスチャート	35
A. 工程記号による表示法 36	
B. 拡張したパート記号による表示法 38	
2.4 集計と分析	39

3章 時間研究

3.1 時間測定	44
A. 計時装置 44	
B. 測定法 45	
3.2 時間測定における作業区分の大きさ	47
3.3 観測用紙	48
3.4 観測時の注意事項	48
3.5 集計と分析	50
A. T欄の計算(所要時間) 50	
B. 各作業の所要時間の平均値・分散・標準偏差の計算 50	
C. 分析・検討 51	

- D. サイクル作業における観測回数の決定 51
- E. 変動係数による検討 52

4章 並行作業時間計算法

- 4.1 パートにおける日程計算56
 - A. 最早結合点日程 56
 - B. 最遅結合点日程 59
 - C. 余裕日数およびクリティカルパス 61
- 4.2 連合作業による作業時間の計算63

5章 動作研究

- 5.1 サブプリグ記号69
- 5.2 測定方法：微動作分析72
 - A. 直接観測法（目視による） 72
 - B. 間接観測法（VTR による） 72
- 5.3 作業内容の数値表示法79
 - A. 片手均衡図 79
 - B. 連関指数 81
- 5.4 作業構成法86
 - A. 基本記号 86
 - B. 記号の使用法 87
 - C. 記号の回路ブロック化 89

6章 PTS 法

- 6.1 MODAPTS 法94
 - A. MOD の単位 94
 - B. 動作の分類 95

C. 作業の MODAPTS 分析	98
6.2 MTM 法	107
A. TMU の単位	107
B. 動作分類	107
C. 基本動作の説明	108
D. 作業の MTM 分析	113

7章 稼働分析

7.1 作業分類	120
7.2 観測手法	122
A. 連続観測法	122
B. 瞬間観測法 (ワークサンプリング法, WS 法)	126

8章 工程編成

8.1 使用する諸元と関係式	140
A. 生産データ	140
B. 作業データ	141
C. 生産ラインの仕様	143
8.2 基礎的な編成手順	145
A. 要素作業の工程配分	145
B. 工程時間の均衡化	148
8.3 工程数とピッチタイムを変数とした編成手順	150
8.4 目標のピッチタイムを越える時間値の要素作業がある場合の 編成手順	153
A. 多人数工程への作業配分	154
B. 要素作業の並列のもとでの工程編成	158

9章 設備配置（レイアウト）

9.1 工場立地	160
A. 経済的因子	160
B. 自然的因子	161
C. 社会的因子	161
9.2 工場内の設備配置	162
A. レイアウト問題の発生原因	162
B. 設備配置の類型	163
9.3 数理的レイアウト手法	167
A. 評価関数	167
B. From-to chart	168
C. レイアウト手法	169

10章 プログラム

10.1 ABC 分析のプログラム	186
10.2 時間研究のプログラム	190
10.3 パートの日程計算のプログラム	196
10.4 両手均衡分析のプログラム	201
10.5 ワーク・サンプリング法のプログラム	212
10.5.1 WS 法で用いるランダム観測時刻を作るプログラム	212
10.5.2 観測結果の集計のプログラム	216
10.6 工程編成手法のプログラム	224
10.7 数理的レイアウト手法のプログラム	235
10.7.1 ATSP 手法のプログラム	235
10.7.2 MAT 手法のプログラム	246
10.7.3 CRAFT 手法のプログラム	255

参考文献	262
付表 1 工程分析用紙	265
付表 2 時間研究用紙 (サイクル作業用)	266
付表 3 (非サイクル作業用)	267
付表 4 両手作業分析表	268
付表 5 稼働分析用紙 (連続観測法用)	268
付表 6 乱数表	269
索引	273

1 章

緒 言

1.1 生産システム

生産システムとは、単に物質的財貨の直接的な生産活動にとどまらず、顧客の動向・製品および技術の開発・製品設計・生産管理・販売・購入・在庫活動などのあらゆる活動要素が情報により有機的に結びつけられたものである。

従来は諸活動要素が別個に依存した状態で関係づけられていたが、生産システムでは、データバンク（データベース）を中心にしてすべての活動要素が相互にかかわっているという形態となっている。生産システムの一例を図 1.1 に示す。

生産システムに労働・労働手段・労働対象の生産の三要素とエネルギー・情報が投入され、人間の諸種の欲望を満たす形状と性質を有する製品が、保償するにたる品質で、希望

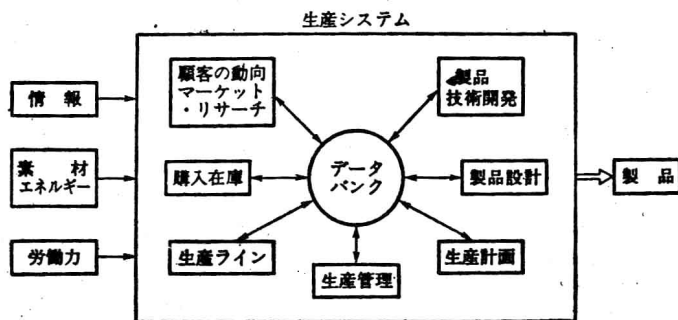


図 1.1 生産システムの概要

する期限に、必要な数量だけ、期待原価以内で生産される。

生産システムの主な活動要素には、次のようなものがある。

A. 情報伝達機構

生産システムの各要素を有機的に結合させる要となるもので、各要素がその働を遂行するのに必要な情報を適宜取り出せるための収集・分析・蓄積・伝達機能を有しなければならない。この機能はコンピュータの出現によって飛躍的に発展し現在では、大型コンピュータがその主役を演じているが、今後は小型廉価なパーソナルコンピュータの導入により、主役を助けるとともに、場合によっては主役となつてほしいにシステム化の裾野を広げていく。

B. マーケティングリサーチ

生産は、消費動向の変動を直接受けるものであるから、社会に対する洞察を深め各種の経済周期、大衆の嗜好の推移に常に注意を向けていなければならない。これらの生産システム外の情報をシステムに与えるのがマーケティングリサーチ部門である。この部門の情報は、新製品や技術の開発・生産目標の設定・製品の受注および販売の変化など、システム内のすべての要素の活動に関係することから、この情報の容量とその精度は、システムの活動に大きな影響を与える。

C. 技術および製品の開発

技術および製品もライフサイクルを描きながら新旧交代を繰り返して発展をとげている。そこで、ライフサイクルを見込んで多種多様な技術情報のなかから基礎・応用両面から新しい独自の技術および製品の開発をする。

マーケティングリサーチ部門の情報に基づいて具体的な商品化のための設計および生産活動の基本データの作成を行なう。

D. 生産計画

システムの各要素を時間的に予定化する。そのためには1年以上を単位とした大日程、それに基づく月単位の中日程、さらに週または日を単位とした小日程の時間スケジュールを立案する。

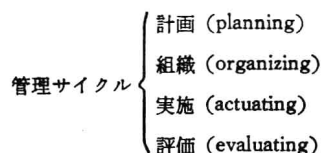
そして、システムに投入された生産の三要素——人間の労働・労働手段・労働対象——とエネルギーを直接、間接に時間スケジュールで遂行できるように配分するための計画も含まれている。

E. 生産管理

生産管理とは、生産システムの中で物質的財貨の直接的な生産のために、中小日程計画に従って、生産の三要素を効率的に運用するための計画・管理である。この手法の代表的なものの一つがインダストリアル エンジニアリング (Industrial Engineering; IE) である。

従来の生産管理は、主として単一製品の多量生産形態の日程計画に対処するものであったが、科学技術の進歩、人々の欲求の多様化、エネルギー不足などから、現代では異次元のハードウェア群を結節し、多種少量生産形態に対処しようとするものであり、その良否は生産システム全体の良否を大きく左右する。

生産システムの各要素は、目的達成のために短期から長期まで、個々にまたは相互に管理サイクルを通して要素を自主または他立的に管理している。



特に直接生産にかかわる場およびその活動を側面から支援している管理活動としては次のものがある。

(1) 工程管理 生産物を中心にして生産工程を時間的に管理することであり、工程計画・日程計画・作業発令・進捗チェックなどがある。

(2) 品質管理 品質の標準を設定し、抜取検査の結果から製品または加工物の品質をチェックするばかりでなく、対象工程の構成要素の品質に対する状態をチェックすることである。

(3) 設備管理 生産目的にかなう設備の選択・活用・保全を行なうことである。今後は自動化機械の使用が多くなることから特に重要な役割をはたすであろう。

(4) 在庫・資材管理 需要に応じた材料・仕掛品・製品の量を決定することであり、工場全体としての資本の固定化の比率が高くなることから、最適在庫水準・資材価格・運搬方法なども含めて考える必要がある。トヨタのカンバン方式は工程の中の仕掛品の量をなくするための管理手法の一つとみることができる。

(5) 原価管理 生産活動を費用・生産量・標準単価とから実際原価・標準原価を求め、その差異を分析し、実状を診断し、原価からの管理を行なう。

(6) 情報管理 コンピュータの発展に伴ない、上述の管理のための情報をデータベースあるいはデータバンクとして収集・分類・分析し使用する。その際、情報の収集量およびその信頼性をどのように確保するかが重要な問題となる。

(7) エネルギー・資源管理 地球延命の見地より有限であるエネルギー・資源をどのように有効に使用するかは生産システムにおいても避けて通れない課題である。それゆえ、今後は生産システムのすべての活動はエネルギー・資源に換算されて統一的に管理することになろう。

1.2 生産システムの歴史

BC5000年から現代までを、生産システムの基本である生産の三要素、システムの活動要素である情報・技術、そしてシステムを必要としはぐみ育てた社会・経済の面から、8時代に区分し、表1.1に示す。

BC3000年までは、農業共同体が一つの生産システムを形成したと考えられ、“ことば”による農耕・狩猟に関する情報の伝達が行なわれ共同体が組織づくられていた。このシステムでは、現代の生産管理的な観点に立つと、“ろくろ”による土器を作るための分業形態にいわゆる大量生産方式の芽生えを感じとることができた。

BC3000~1000年になると文字および紙が発明され、情報は人から人への伝達はその場限りになりやすい“ことば”から記録した形で取扱われ始めた。そのため情報は、古代都市への蓄積が顕著となり、古代都市を中心とした生産システムの成立となった。この時代には、システムの基本である農業の生産性を向上させるための道具や技術の開発がなされた。またシステム内外の情報の伝達速度および広域化を促進したのが陸上用運搬具、海上用小舟および帆船技術であった。これらはシステムへ投入する原料、材料及び情報を豊富にし、ひいてはシステム内の活動を多様化させた。

BC1000~AD500年では、都市を中心とする生産システムで、情報は官僚階級の独占となり、勢力圏の拡大を目的とした戦力充実のためのものへと特殊化秘密化された。それゆえシステム内の活動も、軍事用機械・道路・航海術などの戦争用に特殊化されるとともに労働力として奴隷が使用されるようになった。奴隷労働力の導入は民族間の権力階層をうみ、生産性向上のための道具・機械および技術の開発を自からの手で阻止し技能・技術の低迷期に入らざるをえなかった。

AD500~1500年では、荘園領主を中心とする封建システムへ移行した。このシステム

では貿易・行政に関する情報は上層階級に、道具・機械および作業方法に関してはギルドを中心とする労働者階級へと二極化が進んだ。

動力源は、自然エネルギーとしての水力・風力を使用する方法が開発された。そして、大きくなった動力の伝動機構の開発がギルドを中心にして蓄積された材料・技能によりな

表 1.1 生産システムに関する諸要素の歴史的变化

年 代	エネルギー	原 料	道具・機械	情報・技術	社会・経済
BC3000年 まで	人力 畜力(牛)	石、土、木 材、銅、	石器、土器、窯、 ろくろ、銅器	農耕、家畜飼育技 術、焼瓦、煉瓦、絵 文字、印章	農業共同体 (メソポタミア)
BC3000～ BC1000年	風力 (帆船とし て)	スズ、銀、 鉛、鉄	小舟、そり、車輪 付運搬具、大工道 具(銅製)、鋤と種 まき器の組合せ、 ふいご、織機、揚 水装置	記録方法の開発、 パピルス紙、帆走 船による航海技術、 測定単位、数学 (幾何学)、水の 管理、配分法	都市の発達、貿易 の拡大 (エジプト)
BC1000～ AD500	水力	煉瓦、コン クリート	水車、旋盤(木工 用)、鋸、軍事用 機械	水道、排水、道路 技術、航海術の確 立	通貨社会、交通組 織の発展、下級官 僚の出現、奴隷勞 働の利用 (ローマ)
AD500～ 1500年	水力 畜力(馬力)		水車、馬の牽具、 伝動機構(ボルト ナット、歯車とラ ック、クランクとつ 連接棒、カムとつ め車)、粉ひきう す、鉱山用まき上 げ機	ギルドによる技術 技能の独占、商業 組織、会計技術、 アメリカ大陸及び 新航路の発見	封建社会、遠隔地 貿易の拡大 (ヨーロッパ)
1500～ 1750	水力 石炭コータ ス	鋳鉄	作業機械の誕生、 金属切削工作機械	工場制手工業、勞 働過程の分業化、 製鉄技術、化学技 術、自然科学の発 展、工学(生産上 の経験の理論化) の誕生、力学の発 展	絶対王制から重商 主義へ、資本の集 中、アメリカ、ア ジアとの貿易、官 僚制の発達 (ポルトガル、オ ランダ、イギリ ス)
1750～ 1850	水力 石炭による 蒸気力	鋳鉄 鍛鉄	繊維機器を中心と する作業機械の使 用、工作機械(中 削盤、送り台付旋 盤、平削盤)蒸気 機関車、蒸気船	製鉄技術の発展、 機械製作技術、熱 力学、機構学、炭 採掘技術、運 輸、通信技術	産業革命 (イギリス)
1850～ 1950	電気、エン ジン	鋼鉄	自動車、飛行機、 電動モータ、電池	消費財の生産、生 産・経営の合理 化、労働者保護、 品質保証	資本主義、社会主 義による世界の統 一、本格的な機械 時代(アメリカ)
1950～ 現代	電気、石油、 原子力	プラスチッ ク	コンピュータ、N C機器、ロボット	石油化学、電気・ 電子工学、情報産 業	多国均衡世界、高 速情報網社会 (日本)

された。しかし、これらの動力は労働賃金・需要量との関係からこの時代には使用されなかった。

ギルドによる一貫作業方式と徒弟制による技能の習得という生産形態の下で、労働者は高度の多方面の技能を習得でき、多くの制約はあるにしても人間性の面からみると歴史的には最もよい時代であったと考えられる。

AD1500~1750年、アメリカ大陸、新航路の発見により、一段と情報の広域化がなされた。これらの地域での需要の拡大に伴ない、ギルドによる生産方式では応じきれず工場制手工業(マニファクチャ―)の大量生産の形態に変わり、労働過程の分業化が、進められた。

大量生産を維持するために道具・機械の鉄製への移行、製品の加工のための化学技術・自然科学・工学などの技術開発が活発に行なわれた。

労働力としては人力を中心とした生産形態であり、動力源として水車による水力が使用されるようになると、工場が大型化し、企業を単位とした生産システムの胎動が感じられる時代であった。

1750~1850年、産業革命の時代であり、前の時代に開発された作業機械が繊維業を中心にして使用し始められ、材料加工産業での機械化が水力から蒸気力への動力源の変化により強力におし進められ一企業としての形態をとり始めた。加工工程の機械化は、労働者の作業の分業による単純化をもたらし、労働力の賃金化と技能の蓄積を必要としない人間性を無視した作業形態をつくり上げた。すなわち、生産システムにおける直接生産を行なう部門の機械化が強力におし進められ、労働者はこれ以後苛酷な労働条件の下で作業を強いられることになった。

1850年~1950年、安定した動力源として、電気・エンジンなども追加された。造船・建築・鉄道など鉄の需要が急増し、鉄鋼業を中心とする大型の生産システムが活動を開始した。また、耐久消費財の生産も開始され、なかでもフォードにおける自動車組立作業において流れ作業方式(同期化システム)が誕生した。それゆえ労働市場が拡大し(賃金上昇の傾向となったため)生産システムに含まれる人的資源の適正な利用のためにテーラー(F. W. Taylor; 1856~1915年)による労働者の一日の公正な仕事量の決定、およびギルブレス(F. B. Gilbreth; 1868~1924)の仕事内容の順序の動素(サブブリグ)による表示といずれも労働者の作業を科学的に取扱う方法(狭義のIE)の確立をみた。彼ら2人による手法は、現在の労働力の評価と作業設計の基本をなすものである。

2つの世界大戦をはさんで、生産システムのあらゆる活動を科学的に管理する手法が確

立された。ところが、管理の主体が労働力・労働対象・手段であったため、情報伝達はまだ注目される処が少なく、活動の相互間の伝達方式は従来の記録し伝達する方式であった。

1950年～現代、生産システムの巨大化とともに情報伝達の高速化・統一化が望まれるようになってきた。この要求は、コンピュータの発展に伴ない大量・多様なデータの収集・整理・分析・伝達により可能となり、システムを中心にデータバンク（データベース）におき、活動要素をデータバンクを通じて結合することが可能となった。

さらにコンピュータの大型化が進む一方で、制御を目的とした制御用コンピュータの開発が進み、細分化された加工・組立作業は、これらを使用した NC (Numerical Control) 機器やロボットに置き換えられ、人および物を対象とする生産管理から、ロボットおよび物を対象とする人的要素の少ない生産管理へと変わっている。また、消費者の個々の要望に合わせた製品を生産するための多種少量生産方式が主流となり、生産システムの生産性向上のためには系の大局的な目的を定めるデータバンク、各活動での目的に沿って機能するマイコンおよび各個技術の開発がいずれも重要になってきている。

1.3 生産管理で取扱う作業と方法との関係

人間および機械によってなされる合目的な仕事が生産管理の対象となるものであり、主として

- (1) 仕事の内容の順序関係を表示する……方法研究
- (2) 時間を尺度として表示する……作業測定

の二面から分析し、作業設計・作業改善・現状評価をする。

方法研究の手法としては

- 1) パートによるフローダイアグラム……作業内容の順序関係を表示する方法
- 2) プロセスチャート……作業内容を目的別に分類して順序関係を表示する方法
- 3) 連合作業分析……多人数の作業者または機械、または両者の作業順序の関係を表示する方法

4) フローダイアグラム……レイアウト図に人または、物の動いた経路を表示する方法
作業測定としては

- 1) 時間測定法……作業時間を実際に測定し、計算して求める方法
- 2) PTS (Predetermined Time Standard)……多くの資料から動作あるいは使用身体部位について標準となる時間データが与えられており、それらを使用して、作業時間