

生産の計画理論

有斐閣双書

生産の計画理論

人見勝人 著



有斐閣双書

理論・実務編

著者紹介

ひと み かつ ひと
人見勝人 1932年生

1955年 京都大学工学部機械工学科卒業
米国ペンシルバニア州立大学研究員（工学部 IE 学科）
京都大学助教授（工学部精密工学科）
東京工業大学助教授（工学部経営工学科）
西独アーヘン工業大学客員教授（工作機械・経営学研究所）を経て
現在、大阪大学教授（工学部産業機械工学科），工学博士

有斐閣双書

生産の計画理論

昭和 50 年 1 月 15 日 初版第 1 刷印刷

昭和 50 年 1 月 25 日 初版第 1 刷発行

著 者

ひと み かつ ひと
人見勝人

発 行 者

え ぐさ だ あつ
江 草 忠 允

東京都千代田区神田神保町 2~17

発 行 所 株式会社 有 斐 閣

電 話 東 京 (264) 1 3 1 1 (大代表)

郵便番号 [101] 振替口座東京 370 番

本郷支店 [113] 文京区東京大学正門前

京都支店 [606] 左京区田中門前町 44

印刷 明石印刷・製本 稲村製本

©1975, 人見勝人. Printed in Japan

落丁・乱丁本はお取替えいたします。

★ 定価は外函に表示してあります

まえがき

‘生産’は工学、技術学の問題であると同時に、すぐれて経営学、経済学、社会学の問題でもある、人間社会における歴史的所産である。本書は生産の計画問題に関して、生産工学と経営管理学の両観点からインターディシプリナリィに考究を行なった結果を論述したものである。

まず、Ⅰ章では「生産」の意義を述べ、生産要素(入力)を有形・無形の産出経済財(出力)へ変換し、もって価値増殖による効用創成にたずさわるインプット-アウトプット・システムとして生産をとらえ、その構成要因である入力、変換過程、および出力の内容について検討し、生産の基本的機能を明らかにする。次いで企業経営の場における生産の意味を考察し、物の流れ(ロジスティックス)を基本とするオペレーショナルな生産実施とその効率的運営の意思決定にたずさわる経営管理の階層システムとして、生産と企業経営の関連をとらえる。この生産の管理(マネジメント)については、全般的生産計画、生産プロセス計画、生産スケジューリング、生産実施、および生産統制の5水準に分類し、これからの生産の経営管理のあり方として、(1)大規模な生産システムを総合的・統一的に把握するためのシステム・アプローチ、(2)複雑多様な生産の活動に関する計画の最適化、(3)生産の最適意思決定のための生産情報のコンピュータ処理の重要性を指摘し、これらの論議をそれぞれⅡ章、Ⅲ・Ⅳ章、ならびにⅤ章において行なうことにした。

Ⅱ章では、まず「システム」の概念を集合性、関連性、目的追求性、環境適応性という4つの基本的属性によって明らかにし、次いで、

ii ま え が き

システム設計の一般的な方法論を論じる。ここでは問題分析、問題解決、評価という3つの過程に分けて論じ、モデルによる設計の方式を示し、操作性に基づく最適化の重要性を述べる。さらに大規模システムの設計の方法論としてモジュール方式と多階層システム方式を挙げ、多目標システムの最適化の方法を示す。これらのシステムの概念と設計方法論を基にして、生産の経営システムの意義を考え、その一般的構造を生産のロジスティック・システムという物の流れの水準、および方略的経営計画システムとオペレーショナルな管理システムなる階層の水準、ならびにそれを支援するシステム構成によってとらえる。

Ⅲ章とⅣ章では、本書の主題である生産の計画に関して、新しく開発した理論体系について論述する。まず生産計画の領域とそれに含まれる課題を述べ、全般的生産計画の段階で典型的な解法手段である線形計画モデルの問題点を論じる。そして生産工学技術上、より現実性を持つ多段階生産システムに着目し、長期にわたる多品種生産の動学的計画モデルを構築し、この生産計画を関数解析アプローチによって最適意思決定する基本的方法を示す。

全般的生産計画の問題として、さらに生産選択、すなわちプロダクト・ミックスをとりあげ、従来定数とみなしている生産時間および生産費用に生産条件の変量として強度適応を持たせることにし、生産工学技術上重要な操作変数として「生産速度」を導入することによって、特殊な変係数0-1型線形計画が誘導されることを示す。「生産速度」概念に基づく生産モデルの構築と解析によって、典型的な評価基準と考えられる最大能率基準、最小費用基準、ならびに最大利潤率基準の下で最適生産速度を誘導し、とくに最大利潤率生産速度は最小費用生産速度と最大能率生産速度の中間に存在するという結論を得た。これ

ら3種類の最適生産速度を巧みに利用することによって、誘導した特殊線形計画問題を解き、そのアルゴリズムを開発する。

生産のプロセス計画問題としては多段階生産のプロセス・システムをとりあげ、その基礎的なモデルを作成して、各生産工程に設定すべき最適生産速度を最大能率、最小費用、最大利潤率各基準の下で意思決定する理論を展開し、アルゴリズムを示す。

生産スケジューリング問題としては多品種少量生産の効率化の一手段であるグループ・テクノロジーに基づくスケジューリングをとりあげ、総処理時間、平均処理時間、ならびに納期遅れの和を評価基準としてグループ・スケジューリングの理論的解析を行ない、最適化アルゴリズムを開発する。

生産はすぐれて工学技術の問題でもある。本書では純生産工学的考察を生産の経営管理に結合して融合するために、機械生産加工の経済性解析を行なう。まず経済的生産の背景を述べ、先の生産モデルならびに生産プロセス・システムの解析結果を応用しつつ、単一生産工程機械加工ならびに多段階工程機械加工システムの基礎的なモデルを作成して、生産条件の最適決定規則を誘導し、また2つの操作変数の最適意思決定を行なう基礎理論を展開する。これらの意思決定アルゴリズムは生産工場で十分実用性に富むものである。

V章では、本書の最後の課題である生産情報の管理システムについて取り扱う。まず情報の概念と情報システムの構成を述べ、生産情報の管理システムの、トータル・システムとしてのあり方を論じる。次いで多品種少量生産形態に対する生産の管理体制として、部品の見込量産および製品の注文生産による生産リードタイムの短縮ならびにサービス率向上をめざす「部品中心生産」の概念を明らかにし、その生

産情報システムの設計を行ない、これが多様に変動する生産環境の下で効果的であることを示す。

次に動態的なジョブ・ショップ型の多品種少量生産体制が包含する複雑多様な要因に対処するに当たって、生産職場における個々の生産作業をコントロールするために、刻々の生産実施結果の生産情報を精密に収集し、その処理を迅速に行なって、未来の生産行動に対する的確な指令情報をタイムリィに生産のワーク・センターへ伝達する「オンライン生産管理システム」の概念を明らかにし、とくに差立（ディスパッチング）を中心とする最適生産実行計画を人間とコンピュータの対話形式で意思決定し、生産状況の変化に適応した最適生産条件を設定することを目的としたオンライン・リアルタイム方式の「コンピュータ援用生産情報システム」を設計し、その実用的有効性を示す。

最後にこれからの生産の管理のあり方に対して2,3の提言を行なって、結びとする。

本書の作成に際しては、大阪大学経済学部横山 保教授、大沢 豊教授、ならびに宮本匡章教授より数多くの貴重な御教導と御討議を賜わった。出版に当たっては畏友東洋大学経営学部・電子計算機センター室長涌田宏昭教授の御尽力と有斐閣編集部野村 修氏の格別の御配慮をいただいた。原稿の整理と校正には大阪大学工学部中村信人・中島勝・吉田照彦各助手、奥田和重技官等研究室の諸君の援助を、さらに原稿の浄書に妻紀子の助力を得た。ここに記して深く感謝の意を表する次第である。

1974年秋

人 見 勝 人

生産の計画理論 目 次

まえがき

I	生産概念	[1—20]
§1	生産の定義	1
§2	生産の構成要因と機能	3
§3	企業経営における生産の位置付け	9
§4	生産の計画と管理	13
II	システム概念	[21—52]
§5	システムの背景と定義	21
§6	システム設計方法論	26
6.1	システム設計の前提/26	
6.2	システム設計の一般的手順/29	
§7	大規模システムへのアプローチ	39
7.1	大規模システム設計の方式/39	
7.2	多目標システムの最適化/43	
§8	生産経営システム	44
8.1	生産経営システムの意義と構成/44	
8.2	生産経営システムの基礎的構造と基本的活動/45	
8.3	生産経営システムの一般的構造/47	
III	生産の全般的計画理論	[53—110]

§ 9	生産計画問題	53
9.1	生産計画の領域/53	
9.2	生産計画の課題/55	
§ 10	最適生産計画：関数解析アプローチ	63
10.1	線形計画法による生産計画モデルと問題点/63	
10.2	多段階生産システムの多品種生産の動学的計画モデル/67	
10.3	多段階生産システムの多品種生産の最適計画——解析/75	
10.4	多段階生産システムの多品種生産の最適計画——数値例/80	
§ 11	最適生産選択：特殊線形計画法	86
11.1	最適生産選択モデルと生産速度概念/86	
11.2	生産モデル/89	
11.3	最適生産速度の解析/91	
11.4	最適生産選択の理論とアルゴリズム/96	

IV 生産のプロセス・システムとスケジューリング

の理論	[111—182]
§ 12 生産プロセス・システムの最適化解析	111
12.1 多段階生産システム・モデル/111	
12.2 多段階生産システムにおける最適生産速度 の解析/114	
§ 13 生産スケジューリングの最適化解析：	
グループ・スケジューリング理論	126
13.1 ジョブ順序付け問題/126	
13.2 最適グループ・スケジューリング——解析	

	/129	
13.3	最適グループ・スケジューリング——数値例	
	/141	
§ 14	生産加工の経済性解析	145
14.1	経済的生産の背景/145	
14.2	単一生産工程機械加工の基礎的モデル/146	
14.3	単一生産工程機械加工における 最適切削速度の解析/149	
14.4	最適生産選択と最適切削速度の決定/158	
14.5	切削速度と送り量の最適決定の基礎理論 /161	
14.6	多段階工程機械加工システムの最適化解析 ——最適切削速度の決定/176	
V	生産の情報管理システム	[183—219]
§ 15	生産情報と管理システム	183
15.1	情報システム/183	
15.2	生産情報の管理システム/185	
§ 16	部品中心生産情報システム	188
16.1	部品中心生産システムとオーダー・エント リィ・システム/188	
16.2	部品中心生産情報システム (POPIS) の設 計/190	
16.3	部品中心生産情報システム (POPIS) の実 験と事例/193	
§ 17	オンライン生産管理情報システム	195
17.1	ジョブ・ショップの特徴とオンライン生産 管理システム/195	
17.2	コンピュータ援用生産情報システム (CAPIS)	

	の設計/197	
17.3	コンピュータ援用生産情報システム (CAPIS) の実験/210	
§ 18	これからの生産の管理への提言——結び	214
文 献		[220—230]
索 引		[231—233]

I 生産概念

本章では「生産」の定義を述べ、その構成要因——投入生産要素、生産変換過程、産出生産財の内容を明らかにする。次いで企業経営における生産の位置付けを行ない、本書の主題である生産の計画問題を多重レベルでとらえ、その解明に際して、システム・アプローチ、操作性に基づく最適化、ならびに生産情報のコンピュータ処理の重要性を明らかにして、次章への足掛りをつくる。

§1 生産の定義

そもそも「生産(プロダクション, production)」とは何であろうか。これに関しては種々の定義が与えられている。

最も基本的で抽象的な定義は、生産をインプット要素集合を規定のアウトプット要素集合へ変換すること、ないしそのために設計されたプロセスや手続と解する《Starr [S6], p. 3》。そして生産システム(production system)をインプット-アウトプット・システムとしてとらえ、その構成をインプット(投入物, input)(物質, エネルギー, 労働など), 変換過程(transformation or conversion process)(工場, 設備など), アウトプット(産出物, output)(製品, サービスなど)に分ける。

もう少し具体的には、生産を一連のエネルギーを使って、物質の物理的または化学的性質を変えて製品に変換することと定義する《Danφ [D2], p. 5》。これは実体物の生成であって、いわゆる「製造(manu-

facture, manufacturing, fabrication)」と称してよい。

経済理論上は、生産とは物体財と人的サービスを含む経済財を創り出す過程と定義される ≪[E4], pp. 632-632b≫ のが普通である。そしてこの財貨・サービス (goods and services) は市場機構の下で販売され、企業の利潤獲得につながる。

さて「生産」の概念は歴史的にどのような変遷の跡を辿ってきたであろうか。第1段階は“自然”を対象にした生産活動である。有史以前から自然——農・鉞・狩・漁——は富の源泉であって、古代においては生産活動はこの唯一の富の源泉にのみ依存したのである。

第2段階は“市場生産 (production for the market)”の概念によって生産の考え方が確立した時代である。かくして農業のみを生産的活動と考えた重農主義を脱して、実体物の生成である製造ないし工業が富の生成の要素に含められるに至った。しかしなお生産は農作・採取過程ならびに製造過程といった活動を意味し、その本質として「形あるもの (有形物)」が強調されたのである。

次の第3段階は“効用 (utility)”の概念による生産の解釈の拡大である。効用は価値 (value) と同様一般的定義がむずかしい言葉であり、哲学的・思想的考察を要するが、簡単には、人間の欲望を満足させる度合を意味し、客観的判断基準がない主観的概念であって測定不可能な尺度であるといつてよく、価値の立場からは使用価値 (use value) とみなされる ≪Taylor [T3], pp. 304-307≫。そして価値増殖による効用の創造ないし増大をもって生産と理解するのである ≪James [J1]; 訳書, p. 95≫。この意味で生産の範疇に輸送、販売、通商など、いわゆるサービス活動を含めてよいことになった。したがって、生産にはそれまで決定的な本質であった有形物 (形のある製品) と無形物 (生成

のつど消滅するサービス)との区別がなくなって、自由財と経済財が経済的に重要な区別となったのである。前者が生産する必要がないのに対して、後者は稀少性 (scarcity) を有し、生産されなければならないのであって、これを本書では「生産財」と名付けることにしよう。

かくして「生産は基本的には生産要素 (投入物) を有形・無形の生産財 (産出物) に転換し、これによって価値を増殖して効用を生成する機能である」と定義できる (図 1.1) ≪人見 [H18], p. 5≫。

§2 生産の構成要因と機能

本節では前節の終りに定義した生産の概念を構成する各種要因とその機能について論議しよう (図 1.1 参照)。

A. 生産要素

生産要素 (factors of production) は生産における投入物であり、本源的生産要素として土地と労働が挙げられ、さらに異論はあるにしても資本を含む ≪Samuelson [S1]; 訳書, pp. 80-81≫。ここでは生産のシステムとして本質的な意味を有する次の4つの分類を提示することにしよう ≪たとえば、黒沢 [K12], p. 2ff. 参照≫。

① 生産対象：生産活動として働きかける目的物であり、生産変換過程の結果得られる産出物の形成に際して主要的役割を果たす主要材料 (原料、部品など) と補助的役割を果たす補助材料 (塗料 [主要材料に付加されるもの]、電力、潤滑油 [生産手段によって費消されるもの]、照明、空気調和 [労働遂行を援助するもの] など) からなる。

② 生産労働力：生産活動のために労働する能力であり、個々人の肉体的・精神的・頭脳の力量の総合、2人以上の人間の相互的協同 (組織) による労働体制がある。

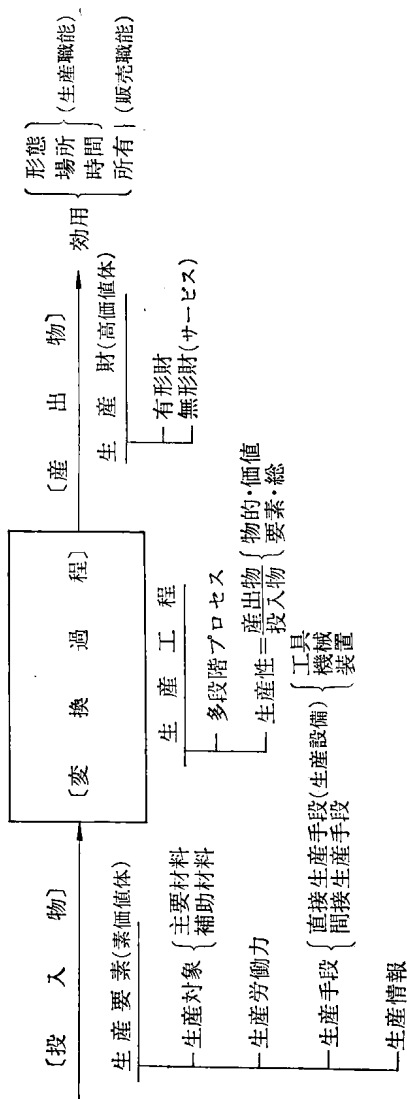


図 1.1 生産(プロダクション)の基本的意義と内容

③ 生産手段：生産対象に生産労働力が付与されて生産財を生成するてだてで、直接的生産手段（機械、設備、装置、治工具、動力機械、運搬機械など）、いわゆる“生産設備（production facilities）”と、間接的生産手段（敷地、道路、工場建屋、倉庫など）がある。生産対象が一度の生産活動によって消滅するのに対して、生産手段は反復的に一定期間有用である。

生産設備の基本的なものは、工具、機械、および装置である。「工具または道具（tool）」は加工に用いる小器具で、手工業時代より存在しており、人力で動かして人間の手の補助的役割を果たす。機械が出現して以来、工具は機械に取り付けられて使用されるようになった。

「機械（machine）」は外部から与えられたエネルギーを有用な仕事に変換する力学的な加工用器具であって、原動機構、伝導機構、作業機構から構成される。産業革命に伴う機械の出現は人間の肉体労働を解放し、生産方法を根底から変化させて、“機械化（mechanization）”が可能になり、いわゆる機械工業時代に入るのである。

「装置（apparatus）」は非力学的加工用器具であって、装置工業における基本的な生産設備である。機械では生産対象は受動的立場にあるのに対して、装置では能動的に働いて、たとえば化学プロセス変化を起こして生産の目的実現をはかる。

苛酷な作業環境から人格的な人間性を回復するために生産設備、生産技術の高度な発展がうながされた。“自動化”がそれであり、人手を要することなく、自動的に大量生産活動を行なう技術が発展した。この技術革新は一般に“オートメーション（automation）”といわれている。

近年における生産労働力の不足の緊迫は、さらに生産手段の高度化

をうながしている。すなわち作業の実施に際して人間労働をできる限り省いて機械化・自動化し、もって生産性の向上と経済発展を遂げてゆこうとするもので、これが“省力化”の動きである。それは生産設備（ハードウェア）のコンピュータによる直接制御とともにオンライン・リアルタイム方式の生産情報処理技術（ソフトウェア）の急速な進歩によって可能になったのである。

④ 生産情報：生産行為の効果的（高能率的・経済的）な運用のための知識で、有形財の産出を行なう製造では生産実施の具体的手続としての生産方法（production method）である。これは狭義の（つまりソフトウェアとしての）生産技術（production technology）で、客観的な工学法則（経験則を含む）に従う。場合によっては、これは主観的な経験や勘に頼る技能（technique, art）であることもある。それは特定の作業に対して習練によって試行錯誤的に獲得される熟練技倆で、多分に主観的・個人的・精神的なものである。その手続が特殊な才能がなくても習得されるように客観化された体系となると、‘技能’は‘技術（technology）’に変容する。これが技術進歩につながり、生産の効率化の役に立つことはいうまでもない。「技術」は産業革命に伴って進歩した‘変化の使者’であり、この言葉が J. Bigelow によって創り出されたのは 1829 年のことである（Marx [M2]; 訳書, p. 171）。

生産情報（生産方法）は先の 3 つの生産要素が実体的であるのに対して、無形的性格を有し、ハードウェアとしての有形生産要素を効果的に運用するためのソフトウェアを提供する。コンピュータによる情報処理が普遍化するにつれて、生産要素としての生産情報の役割はますます重要になってきつつある。