生産計画の一モデル

——産業連関分析の生産計画への応用——

河野豊弘

I 序

生産計画とは，販売計画（売上高の計画及びそれを可能にする販売活動計画）を実行するために，いかに生産要素を投入しそれを生産物に変換するかの計画である。

短期の生産計画においては，人員や設備を所与とし，販売計画にもとづいて詳細な生産品目別に，どのようなスケヂュールで原材料，部品などの生産要素を調達し，投入するか，原価をいかに低下させ，それを統制するかが問題となる。これに対して，長期の生産計画においては，製品の数は少数の品目にグループし，生産のためにどのような労働力と設備能力が必要であるかを明らかにし，労働力と設備能力とを長期的に調達する計画に重点がある。そこでは新しい工場立地も問題になる。さらにその製品の原価を明らかにし，販売価格の予測との対比から，製品別の利益を明らかにし，不利な製品は縮小し，有利な製品は販売を拡大するように，販売計画にフィード・バックする。

この小論では，長期の生産計画を問題とする。

さて，生産計画をたてるに当って，生産工程の間に，相互の取引のある場合が少なくない。例えば化学工場においては，ある工程か

第 1 表 生産計画のための投入産出表（物量計算）

投入 ＼ 産出		甲工場 工程 X_1 (トン)	甲工場 工程 X_2 (トン)	乙工場 工程 X_3 (トン)	乙工場 工程 X_4 (トン)	外売（含在庫増） (トン)	合計 (トン)	設備能力 (トン)	能力不足（購入） (トン)
甲工場	工程 X_1 (トン)								
	工程 X_2 (トン)								
乙工場	工程 X_3 (トン)								
	工程 X_4 (トン)								
購入資材	E (トン)								
	F (トン)								
電力など	G (KWH)								
	H (トン)								
直接人員	I (人)								
	J (人)								

ら出てきた半製品を，次々と分解したり，合成したりしてゆくわけであるが，他の工程の製品が再びもとの工程の原料として投入されるという場合を生ずる。また機械工業の場合にも，工程間で相互に部品をつくり合う場合がある。このような相互依存的な取引のある場合の生産計画は複雑であって，試行錯誤的な計算では，何回もやり直さなければならない。しかしここに，線形数学的なモデルを用いると明解に解くことができる。それは丁度国民経済において産業連関分析によって，相互依存関係を考慮に入れた上で，各経済部門の生産量を予測したり，また各部門の附加価値原価（ひいては価格体系）を予測しうる場合と似ている。この小論では，産業連関分析の方法を企業の生産計画と，原価計算とに如何に適用しうるかを考えてみる。

II　生産計画

生産計画は，第1表のような要素よりなっているものとする。二つの工場があり，それぞれ二つの工程をもっており，一つの工程は外部にも販売しうる一つの製品を生産しているものとする。工程の間には相互の取引があり，また別に外部より購入資材，電力を購入し，また労働力を投入しているものとする。第1表は，すべて物量計算である。

この表は，たてに見ると，例えば，X_1 工程（又は X_1 製品）にどんな中間製品や原材料がどんな物量で投入されるか，どれだけ電力が投入されるか，またどれだけ人員が投入されるかを示す。この表で工程という名前は，製品と言ってもよい

横にみると，一つの製品（工程でつくられる製品）が，どのように内部の他の部門に投入されたり，また外部に売られるかを示す。内部と外部とへの投入の合計が総生産量を示す。それと設備能力と比べてみて，能力の不足の分は，設備計画又は，外部より購入の必要量となる。

この表による生産計画の計算の手順は次のようである。

(1)　原単位をきめる。例えば，X_1 1トンのためには，X_2が0.1トン，X_3 が0.3トン，X_4 が0.5トン，Eが0.01トン，Fが0.3トン，電力10KWH，人員が0.1人工（人時）必要である，とする。もしX_1 を1万トンつくるとすれば，これらの原単位に1万倍すれば各内部振替原材料，外部購入資材，電力，人員などがきまる。しかし X_1 を何トンつくるべきであるかは，外部への販売量と，他の部門での必要量とに依存する。しかも他の部門の必要量は，X_1 製品の生産量にも依存するという相互依存関係がある。

(2)　外部への販売量をきめる。これは販売計画から得られる。工場の最終製品のみならず，あらゆる中間製品の販売量があげられる。例えば製品 X_2 は工場の最終生産過程からではなく，中間の過程から出てくる製品であるとしても，需要があれば販売する。

(3)　生産量を求める。

各工程の生産量を x_i とする。例えば，X_1 の生産量を x_1，X_2 の生産量を x_2 ……X_4 の生産量を x_4 とする。それらの他工程の使用の原単位を a_{ij} とする。これは例えば

$$a_{ij}=\begin{pmatrix} 0 & 0.2 & 0.1 & 0.05 \\ 0.1 & 0 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.3 & 0 & 0.2 \\ 0.5 & 0 & 0.4 & 0 \end{pmatrix}$$

という行列であり，産業連関表の投入係数行列に相当する。産業連関表では，価格表示のも用いるが，ここでは物量の投入係数である。この行列の最初のたての列は，X_1の原単位量を示している。

次に外売の量をX_1，X_2，X_3，X_4 に対応してそれぞれ b_1，b_2，b_3，b_4 とする。そうすると次のような式が成立つ。

$$\sum_j a_{ij}\, x_i + b_i = x_i$$

本論文冒頭

これを行列とベクトルであらわすと,

$$\mathrm{A}\boldsymbol{x}+\mathbf{b}=\boldsymbol{x}$$

となる。これから

$$(\mathrm{I}-\mathrm{A})\boldsymbol{x}=\mathbf{b}$$

但しIは単位行列。

I－AをBであらわし, I－A＝Bとおくと, 上式は

$$\mathrm{B}\boldsymbol{x}=\mathbf{b}$$

左から逆行列B^{-1}をかけると

$$\boldsymbol{x}=\mathrm{B}^{-1}\mathbf{b}$$

これによって相互依存関係を織り込んだ生産量のベクトル$\boldsymbol{x}$を求めることができる。

例えば前述の行列で計算してみると,

$$\mathrm{A}=\begin{pmatrix} 0 & 0.2 & 0.1 & 0.05 \\ 0.1 & 0 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.3 & 0 & 0.2 \\ 0.5 & 0 & 0.4 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\mathrm{I}-\mathrm{A}=\mathrm{B}=\begin{pmatrix} 1 & -0.2 & -0.1 & -0.05 \\ -0.1 & 1 & -0.2 & -0.1 \\ -0.3 & -0.3 & 1 & -0.2 \\ -0.5 & 0 & -0.4 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\mathrm{B}^{-1}=\begin{pmatrix} 1.167 & 0.3026 & 0.2311 & 0.1348 \\ 0.3216 & 1.1677 & 0.3464 & 0.2020 \\ 0.6122 & 0.5121 & 1.3006 & 0.3419 \\ 0.8284 & 0.3561 & 0.6357 & 1.2040 \end{pmatrix}$$

もし外部への販売量を b_1 ……4,000トン, b_2…… 2,000トン, b_3……1,000トン, b_4…… ……5,000 トンとすれば, それぞれの生産量は,

$$\boldsymbol{x}=\mathrm{B}^{-1}\mathbf{b}$$

より,

$x_1=6,178$, $x_2=4,978$, $x_3=6,483$

$x_4=10,681$

となる。

(4) 事業所工場間の取引量の計算

生産量 $\boldsymbol{x}=x_i$ がわかったならば, それに最初の投入行列（又は原単位行列）をかければ工場間の取引量を求めることができる。

即ち

$$\mathrm{A}\boldsymbol{x}=\mathrm{C}$$

によって, 工場の工程別の取引量の行列Cを求めることができる。これによって事業所間の原単位の輸送計画をたてることができる。

(5) 設備能力と生産量との比較

X_1……X_4 の生産量とそれぞれの設備能力を比較し, 能力の不足に対しては, 短期的には外部よりの購入の計画となり, また長期的には設備能力の増強の計画となる。また, 設備能力が不足しており, しかも外部への販売が有利でないものは, 外部から購入して外部に転売しても意味がないから, 外部への販売量を減少する。

(6) 購入資材の量を求める。

X_1……X_4 の生産量に, 購入資材の原単位を乗ずることによって得られる。

(7) 電力などのサービスの購入量

X_1……X_4 の生産量に, 電力などの原単位を乗ずることによって得られる。

(8) 直接人員の所要量

生産量に, 直接人員の工数を乗ずることによって, 求められる。

(9) 結果の評価と何回かの試行

以上のような計算をしてみて設備能力, 電力の供給力, 要員が調達可能であるか否か検討する。もしそれが困難であれば, 外部への販売量を可能性の範囲内で種々かえてみて, 何回かの試行計算を行なう。即ちシミュレーションを行なう。

また後にのべる製品別の利益計算をたててみて, それにもとづいて利益が大きくなるように製品構成の代替案をあげる。それによって外部への販売量が変わると, 生産計画がどうなるかのシミュレーションを行なう。

III 製品別の原価計算及び利益計画のモデル

原価計算のためには, 生産物への投入量を価格であらわすことが必要になる。もし相互に工程間の取引がなければ, 単に外部より購

本論文冒頭

入の資材，電力，人員などの購入単価と，その投入量との積を合計すればよい。それが直接原価となる。それに間接費が配賦されて全部原価となる。しかし，工程相互間に取引がある場合には，それだけでは不充分であって，相互に直接原価自体を配賦することが必要になる。そこで前述の投入産出表の考え方を製品別の原価計算にも応用することが必要になる。

第2表 原価計算のための投入係数表

	X_1	X_2	X_3	X_4
X_1	0	0.2	0.1	0.05
X_2	0.1	0	0.2	0.1
X_3	0.3	0.3	0	0.2
X_4	0.5	0	0.4	0
Zj	2万円	3	2	5

第1表のE，F，G，H，I，Jの投入量にそれぞれの購入単位を乗じたものを第1次の直接原価と名づけて，それを Zj であらわす。工程X_1のそれはZ_1であり，X_2のそれはZ_2であるというようにあらわす。そしてその値が，

$Z_1=2$万円，$Z_2=3$，$Z_3=2$　$Z_4=5$

であるとする。

そうすると，原価計算のための投入係数表は第2表のように簡単になる。Xの相互の投入係数は物量であることを注意したい。

いま，求めようとするX_1の1単位当り原価をP_1，X_2の1単位当り原価をP_2……とする。この原価は，第2次の直接原価と名づけるとすれば，それは他の工程の原価の配布をうけたものである。このとき第2表をたてに合計すると，次の方程式が成り立つ。

$$\begin{cases} P_1\cdot 0\cdot x_1+P_2\cdot 0.1\cdot x_1+P_3\cdot 0.3x_1+P_4\cdot 0.5\cdot x_1+Z_1x_1=P_1x_1 \\ \vdots \\ P_1\cdot 0.05\cdot x_4+P_2\cdot 0.1\cdot x_4+P_3\cdot 0.2x_4+P_4\cdot 0\cdot x_4+Z_4x_4=P_4x_4 \end{cases}$$

これは第2表をたてに合計したものであって，投入量に価格をかけたものが原価である，ということをそのまま式にしたものにすぎない。この式から x_i を除くことができるから，次のように簡単になる。

$$\begin{cases} P_1\cdot 0+P_2\cdot 0.1+P_3\cdot 0.3+P_4\cdot 0.5+Z_1=P_1 \\ \vdots \\ P_1\cdot 0.05+P_2\cdot 0.1+P_3\cdot 0.2+P_4\cdot 0\cdot+Z_4=P_4 \end{cases}$$

これを一般的に次のように表現しうる。

$$[{}^tA]\begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{pmatrix}+\begin{pmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z^3 \\ Z_4 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{pmatrix}$$

${}^tA$とはAを転置(transpose)した行列である。Aは第2表の正方行列である。

これより，${}^tA\mathbf{p}+\mathbf{z}=\mathbf{p}$

$[I-{}^tA]\ \mathbf{p}=\mathbf{z}$

$\therefore \mathbf{p}=[I-{}^tA]^{-1}\mathbf{z}$

これで右辺は既知であるから，左辺のベクトル，即ち各工程の第2次の直接原価を求めることができる。実際に前の例を用いて計算してみると，

$$A=\begin{pmatrix} 0 & 0.2 & 0.1 & 0.05 \\ 0.1 & 0 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.3 & 0 & 0.2 \\ 0.5 & 0 & 0.4 & 0 \end{pmatrix}$$ であるから

$${}^tA=\begin{pmatrix} 0 & 0.1 & 0.3 & 0.5 \\ 0.2 & 0 & 0.3 & 0 \\ 0.1 & 0.2 & 0 & 0.4 \\ 0.05 & 0.1 & 0.2 & 0 \end{pmatrix}$$ となり

$$I-{}^tA=\begin{pmatrix} 1 & -0.1 & -0.3 & -0.5 \\ -0.2 & 1 & -0.3 & 0 \\ -0.1 & -0.2 & 1 & -0.4 \\ -0.05 & -0.1 & -0.2 & 1 \end{pmatrix}$$

その逆行列は

$$[I-{}^tA]^{-1}\begin{pmatrix} 1.167 & 0.3218 & 0.6124 & 0.8284 \\ 0.3026 & 1.1679 & 0.5122 & 0.3561 \\ 0.2313 & 0.3467 & 1.3006 & 0.6357 \\ 0.1348 & 0.2020 & 0.3419 & 1.2040 \end{pmatrix}$$

本論文冒頭

$$
[I-{}^{t}A]^{-}\mathbf{z}=\begin{pmatrix} 1.167 & 0.3218 & 0.6124 & 0.8284 \\ 0.3026 & 1.1679 & 0.5122 & 0.3561 \\ 0.2313 & 0.3467 & 1.3006 & 0.6357 \\ 0.1348 & 0.2020 & 0.3419 & 1.2040 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 2 \\ 5 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 8.66 \\ 6.92 \\ 7.28 \\ 7.58 \end{pmatrix}
$$

これが，各工程の第2次の直接原価である　この直接原価は，他の工程で発生した直接原価をも配賦された後の直接原価である。

この値は原価要素別の区分が不明であるが，最初の直接原価を合計しないで，単位当り原価を

$$
\begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \\ l_4 \end{pmatrix}+\begin{pmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_3 \\ m_4 \end{pmatrix}+\begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ n_4 \end{pmatrix}
$$

として，

$$
{}^{t}A\mathbf{p}+\mathbf{l}+\mathbf{m}+\mathbf{n}=\mathbf{p}
$$

$$
\mathbf{p}=[I-{}^{t}A][\mathbf{l}+\mathbf{m}+\mathbf{n}]
$$

として $\mathbf{p}$ を求めれば，原価要素別の値を知ることもできる。

もしある工程の製品は全く外部に販売されないとすれば，その工程は，いわゆる間接部門であるが，その部門の費用をさらに他の工程に配賦することが必要になる。

以上にのべた方法によって計算された原価によると，間接部門の原価があってもそれはすべて配賦される。これを説明するために，第2表に，もう一つ間接部門を加えた投入係数表をつくってみる。例えば第3表の X_5 部門がこれに当たり，X_5 はサービス部門であるので，製造部門からの資源の投入はうけないから，X_5 のたての列は0であり，直接費のみを消費する。さて前にのべた方法で P_5 の価格がきまったとする。このとき

$$
\begin{cases} P_5a_{51}x_1+P_5a_{52}x_2+P_5a_{53}x_3+P_5a_{54}x_4=P_5x_5 \\ \qquad\qquad \cdots\cdots\text{横の行の合計}\cdots\cdots(1) \\ P_5x_5=Z_5x_5\cdots\cdots\text{たての列の合計}\cdots\cdots(2) \end{cases}
$$

という関係が成立する。(1)式は，物量バランスのとれるように x_1，x_2……x_5 を求めたのであるから，それに P_5 を乗じた式は当然に成立する。(2)式は，間接部門の原価は，第1次の直接費だけで原価が計算できることを示す。

さて，(1)式の右辺は，間接部門の原価を示すわけであるが，この原価は，他の部門に残りなく配賦されたことになる。(1)式を見れば，それは明らかに成立しており，右辺の原価は，左辺の式によって，残りなく製造部門の製品に配賦されたことが明らかである（金額表示の場合には，配賦の行列をつくって配賦することが必要になる）。

第3表　間接部門を加えた投入係数表

（及び外部への販売量）

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	外部への販売量	合計
X_1	0	0.2	0.1	0.05	0	b_1	x_1
X_2	0.1	0	0.2	0.1	0	b_2	x_2
X_3	0.3	0.3	0	0.2	0	b_3	x_3
X_4	0.5	0	0.4	0	0	b_4	x_4
X_5	0.1	0.1	0.2	0.3	0	0	x_5
直接原価 Zj	2	3	2	5	2	0	

このことは，製造部門についても同様であり，前のようにして求めたPの値は，製造部門の費用が完全に配賦された原価である。何故ならば，外部への販売量を加えて，X_1 の総原価は

$$
\begin{cases} P_1a_{11}x_1+P_1a_{12}x_2+P_1a_{13}x_3+P_1a_{14}x_4 \\ \quad +P_1a_{15}x_5+P_1b_1=P_1x_1\cdots\cdots\text{横行の合計} \\ P_1a_{11}x_1+P_2a_{21}x_1+P_3a_{31}x_1+P_4a_{41}x_1 \\ \quad +P_5a_{51}x_1+Z_1x_1=P_1x_1\cdots\cdots\text{たて列の合計} \end{cases}
$$

となり，たて列の合計を見れば，P_1X_1 は総直接原価であることが明らかであり，それと横行の値と等しいから，横行は，総直接原価がすべて配分されたことになる。P_1b_1 は外売りの分であって，外部に販売する製品の量に対するもの以外は，他のすべての製品へ投入量に応じて配分されていることを示す。したがって間接費と同様に，あらためて配賦することは必要ではない。

第3表にない変動販売費，間接部門の費用，例えば本社の管理部門の費用，研究開発

本論文冒頭

費，販売管理費などは，別に配賦しなければならない。このような費用の配賦を，第3表のなかに入れて計算してもそれほど実益はない。何故ならば，それは通常の計算で容易にできるからである。このような間接部門の費用をすべて各製品（2行工程，又は部門）に配賦すれば全部原価となる。

Ⅳ 工程別又は製品別の利益

以上のようにして計算された変動原価（第2次の直接製造原価に変動販売費を加えたもの）と，販売価格との差から限界利益を求めることができる。また変動原価に固定費を配賦した全部原価と外部への販売価格との差額は製品別の営業利益となる。

即ち各製品の販売価格を Ri ，直接製造原価を Pi ，変動販売費を $P'i$ とすれば

$Ri\,bi-Pibi-P'i\,bi=Yi$ …製品別の限界利益

となる。また，もし製造間接費，一般管理費，販売管理費などの配賦を行なって全部原価を求めるとし，その配賦額を Fi とすれば

$Ribi-Pi\,bi-P'i\,bi-Fi=Y'i$ …製品別の営業利益

となる。もし固定費を，直接製造原価の割増分とし，それを Vi であらわすと，

$Ribi-Pi(1+Vi)bi-P'ibi=Y'i$ となる。

以上の計算では，内部の他工程への販売では何ら利益を生まないことになり，内部販売の多い部門の合理化の意欲をそぐ。そこで内部振替価格を適当に設定する。内部振替価格の設定には大きくわけて二つの方法がある。市場価格を基準とする方法と，全部原価を基準とする方法とである。ところで全部原価を振替価格の基準としようとし，部門間の相互取引のある場合には，前述のような計算によってはじめて直接製造原価を求め，それにもとづいて振替価格を設定することができる。

振替価格がきめられたならば，内部の他工程より購入の資材の価格は，もう一度計算し直さなければならないが，これは他工程より受け入れた資材の投入量にその価格をかけることによって求められる。その振替価格を，例えば前に求めた直接製造原価〔8.66, 6.92, 7.28, 7.58〕の50%割増しとすれば〔12.99, 10.33, 10.92, 11.37〕となり，これにもとづいて原価計算をやり直ことが必要になる。例えば X_1 製品の場合には，

$12.99\times0+10.33\times0.1+10.92\times0.3+11.37\times0.5+2=11.994$

となる。一般的には

$${}^tA\ \mathbf{r}'+\mathbf{z}=\mathbf{p}^*$$

但し $\mathbf{r}'$ は内部振替価格のベクトル $\mathbf{p}^*$ は内部振替価格にもとづく直接製造原価のベクトルとして直接製造原価のベクトルが求められる。このように内部取引によって利益のえられる場合には，各製品の限界利益は（外部への販売価格 Ri －直接製造原価 Pi^* －販売変動費 Pi'）×外部への販売量＋（内部振替価格 $\mathbf{r}'$ －直接製造原価 Pi^*）×内部振替量＝製品別の限界利益となる。

このような振替価格が，事業部の生産性向上の意欲を動機づけるものであるか否かはこの小論ではふれない。ここで問題としたいのは，振替価格を原価にもとづいて決定するとすれば，この小論でのべたような方法によってその原価を予測することが必要になるということである。その計算はやや複雑であるとすれば，市場価格（マイナス販売費）が簡単であるかも知れない。

若干の問題点

以上のような線型数学を用いた生産計画は次のような問題点をもっている。

(1) ここにのべた生産計画のモデルは，工程間の相互取引のある場合に利用することができる。もし工程間の流れが一方的であれば，投入産出表を用いても終局は相互依存関

本論文冒頭

係のないモデルになり，単純な方法と同じになる。

(2) 投入量は線形であることを前提としている。非線形であって逓増，逓減などはないと前提する。

(3) 投入量の変化はどうするか。例えば操業度の変化，設備の改善や技術の変化は，原単位や工数を変える。また製法の変化や原材の転換もある。これらの変化を予測して投入係数を求めることが必要になる。

(4) 製品数をいくつにするか，製品を細かくわけると，計算は著しくめんどうになる。ある化学工業会社の場合には，製品数で約50，工程の数で約150にわけて計算しているが，このように集約して計算することが必要になる。

(5) リニアー・プログラミングの適用

上記のモデルに，さらにリニアー・プログラミングを広用し，最適解を求めるようにすることができる。

ＬＰの適用をする場合には，制約条件として次のものが入る。即ち設備能力，供給責任量（売上高の最低限），売上高の最高限，原料供給量，直接人員，などである。このうち，人員としては直接人員の数は少なく，それよりもむしろ固定的人員を減少させる方が問題となるから，制約条件として重要ではない。これらをモデルとすれば次のようになる。

$$\left\{\begin{array}{l}
xi=[\mathrm{IA}]^{-1}\ \mathrm{b}i\cdots\cdots\text{総生産量}\cdots\cdots(1)\\
xi \leq \mathrm{K}i\cdots\cdots\text{設備能力の制限}\cdots\cdots(2)\\
\mathrm{b}i \geq \mathrm{B\ min},\ i\cdots\cdots\text{供給責任}\cdots\cdots(3)\\
\mathrm{b}i \leq \mathrm{B\ max},\ i\cdots\cdots\text{市場の制約}\cdots\cdots(4)\\
\sum_{\mathrm{j}} \mathrm{aij}\ xi \leqq \mathrm{L}i\cdots\cdots\text{外部からの購入資源の制約}\cdots\cdots\cdots(5)\\
\quad \mathrm{P}i = [\mathrm{I}-{}^{t}\mathrm{A}]^{-1}\,\mathrm{Z}i\cdots\text{直接製造原価}\cdots(6)\\
\sum_{i} \mathrm{R}i\mathrm{b}i-\sum_{i}\mathrm{P}i\ \mathrm{b}i-\sum_{i}\mathrm{P}'i\ xi=\mathrm{Y}\cdots\mathrm{max}\cdots(7)\\
\text{売上高－直接製造原価－販売変動費＝限界利益……最大}
\end{array}\right.$$

求める変数の値……bi 及び xi

ここで注意すべきことを若干つけ加える。生産能力の制限は，長期の設備計画によって変えうるわけであるから，年ごとに変る。その制限をいかに変えたならば，利益がどう変るかを計算すれば，リニア・プログラミングを内蔵したシミュレーションを行なうことになる。但し，この場合には，設備投資による固定費の増分を目的函数の一項目として加えることが必要になる。

生産品目を集約すると，設備能力をトン数で表現することが困難になる。この場合には，加工時間表示などにあらためる必要がある。

同じ製品でも工場が異なると，能力も異なるから，それを別々の制約条件の式とすることが必要である。

同じ製品で工場が異なる場合には，市場の制約式では合計して，一つの制約式のなかに入れてよい。例えば，$\mathrm{b}_2+\mathrm{b}_4 \leqq \mathrm{B\ max},\ 2$ とする。

（参考文献）

(1) 生産計画と原価計算に産業連関表分析を応用したものとしては，J. L. Livingstone ed.: Management Planning & Control; mathematical models (1970)。このうちとくに J. L. Livingston: input-output analysis for cost accounting, planning & control (the Accounting Review, january (1919) より転載のもの)。

(2) 佐藤精一「産業連関分析と企業の予算管理」『事務と経営』1971，3月～8月，

(3) 産業連関分析については W. W. Leontief The structure of American Economy (1951)，Dorfman 他・Linear Programming & Economic Analysis(1958)；山田勇「産業連関の理論と計測」（昭和36年）； Dorfman, Samuelson & Solow・Linear Programming and Economic Analysis (1958) など。