最近のソ連邦機械製造工場の生産予定表作成技術について

瀬　戸　広　明

I. はじめに。 II. ビンシトーク及びスモリャールの方法。 III. シェインマンの方法の紹介。 IV. シェインマンの方法の検討

I

小稿は1960年代前半のソ連邦の機械製造工場の生産予定表作成への線型計画法の適用問題を取扱う。

ソ連邦の機械製造工場では，ある期間（年あるいは四半期）の生産予定表の作成にあたっては，生産品目と数量は所与である。与えられた生産品目と数量を毎四半期あるいは月の設備稼働率をできるだけ等しくするように年あるいは四半期の生産予定表を作成することが1960年代の前半の課題であった。そしてこの課題は何人かの人によってそれぞれ類似の方法によって解決が試みられているが，この類似の方法とは線型計画法をそれぞれのニュアンスをもって適用することであった。ところでこのニュアンスは，数学的意味と同時に経済学的意味についてもいえる。

小稿では四人の論者をとりあげるが，この中でもっとも私の注目をひいたのはエル・ペ・シェインマンである。彼の論文はあらけずりであり，その論文をよんだだけでは論旨の理解に苦しむところがでてくるのであるが，それも他の人の論文[(1)]（エフ・イ・ビンシトークとエリ・イ・スモリャールの論文）をよめば氷解する。シェインマンの論文は1961年12月の「社会主義経済における数学の

(1) Ф. И. Биншток, Л. И. Смоляр; Применение математических методов и электронно-вычислительных машин при составлении производственной программы в многономенклатурном производстве. “Вестник Машиностроения” 1962, No. 10. стр. 74—77, なお，この両者はシェインマンから直接批判された方法をモスクワ工学-経済研究所の科学会議で共同報告している。

応用のための第1回レニングラード会議の成果」という副題をもつ『数理経済学上の諸問題[2]』なる論文集におさめられて1963年にレニングラード大学から出版された。そして同論文が好意的にではあるが批判の対象としているビンシトーク及びスモリャールは——シェインマンが直接対象としている論文ではないが——1962年に「多品種生産の生産予定表作成における数学的方法と電子計算機の利用[3]」なる論文を発表している。そこで展開している彼等の説はシェインマンが彼の論文で批判しているのと同じものである。すなわち設備の稼働率の各月の等しさを最大にするような方法をとっている。

エス・テ・ミーチンは1965年に『工場内計画における計算技術の応用[4]』を著した。この本は学術書とはいえないが，それだけに，この中で展開されている機械製造工場の生産予定表作成技術はソ連邦の最近の技術の標準的なものとみることができる。こゝで展開されている方法は，ビンシトーク及びスモリャールの系譜をふむものと考えられる。ビンシトーク及びスモリャールの説はシェインマンの説の理解を助け，その優れていることを認識させる。そこでシェインマンに入るまえに，まず前者を簡単に紹介する。

II

単発及び低シリーズ性の生産の製品の始発・及び産出期限を守る際には，同時に生産を開始できる製品はできるだけ集約するように予め検討すべきである。

生産予定表を生産のシリーズ性[5]を高める方向で仕上げるには，各月の作業規模を大体同じ大きさに保つという保障が必要となるが，これはかなり困難であ

---

(2) ≪МАТЕМАТИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМы≫ Труды 1—й Ленинградской конференции по вопросам применения магематики в социалистичекой экономике (декабрь 1961г.) издательство Ленинградского университета 1963.

(3) 前掲論文

(4) С. Т. Митин; ≪Применение Вычислительной техники во внутризаводском планировании≫

(5) 「シリーズとは中断なく産出される製品の量と理解する。」С. Т. Митин 前掲書。

る。各月の作業規模の等しさは互換的設備の総数の平均についてのみならず，その一つ一つについても達成されねばならない。

ところが機械製造工場では所与の品目数がぼう大であり，またこの諸製品を生産する互換的設備（Взаимозаменяемое оборудование）の技術的編制（Технологический передел）[6]の数が多数にのぼるので，最適な技術的編制を見い出すには数学的定式化と電子計算機の力をかりねばならない。

数学的定式化にあたっては，つぎのような条件をみたさなければならない。

1)　四半期生産予定を月にふりあてる予定表の作成にあたっては，予定表にのった製品産出期限は上級機関あるいは経済契約によって指定された期限を遵守すべきこと，

2)　月への生産配分にあたっては，できるだけその月に生産される品目を少くし，同一製品はある一ケ月に集中して生産すること，

3)　全ての互換的設備（技術的編制）群の毎月の稼働率は四半期計画なら四半期計画の全期間にわたって等しくすること。

四半期予定表の数学的定式化

製品数：n 個

設備組：m個

a_i^j：第 i 組の設備で製品 j の全四半期予定高の労働集約度

$$(j=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ n\ ;\ i=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ m)$$

$$x_{jk}\begin{cases}1,\\0\end{cases}\qquad(1)$$

$x_{jk}=1$ なら，第 j 製品は第 k 月に生産される。

$x_{jk}=0$ なら，第 j 製品は第 k 月に生産されない。

$$\sum_{k=1}^{3} x_{jk}=1\,(j=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ n)\qquad(2)$$

$\sum_{j=1}^{n} a_i^j$：全四半期予定高の第 i 組の設備での労働集約度

(6)　同一の設備がいくつかの技術的編制に同時にふくまれうる。—筆者

$\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n} a_i^j$：第 i 組の設備の毎月の理想的等量配分

ところが実際の各月の労働集約度は

$$\sum_{j=1}^{n} a_i^j x_{jk}$$

に等しい。

そこで，われわれの目的は $\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n} a_i^j$ からの $\sum_{j=1}^{n} a_i^j x_{jk}$ の偏差の総計が最小になり，かつ等式(2)を満足させるような x_{jk} の値を見い出すことである。

この偏差の絶対値の総計を最小にしなければならないのだが，このような問題の解の算法の発見はきわめて厄介なので，次のような方法を用いる。

毎月の予定労働集約度を四半期の1ケ月平均作業規模に近づける程度を意味する変数 v を導入する。そこではつぎのようにかける

$$\sum_{j=1}^{n} a_i^j x_{jk} \geqslant \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n} a_i^j v \tag{3}$$

四半期予定高の労働集約度の等しい配分は v を最大にすることを意味する。全く等しい配分が行われるときには v は1に等しく，このとき全不等式は等式に転化する。

かくして問題は，制約式(2)と(3)を満足させるような未知数 x_{jk} を発見し，その際 $v \to$ 最大を保障するような不連続の線型計画問題の形にかける。

シェインマンがその論文において，ビンシトーク及びスモリャールの方法を「設備の稼働率が等しいことを絶対者にまで高めるもの」[7]と批判しているが，その通りにこゝでも各設備の組（技術的編制の組）の毎月の稼働率は等しくとられることになる。

こゝでわれわれはこの方法が単発製品及び低シリーズ性の製品の生産予定表作成技術であることに注意しよう。

$$x_{jk}\begin{cases}1,\\0\end{cases} \tag{1}$$

$$\sum_{k=1}^{3} x_{jk} = 1 \tag{2}$$

---

(7) Р. П. Шейнман; Применение линеиного программирования для построения производственной программы машиностроительного завода ≪МАТЕМАТИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ≫ стр. 64.

で分るように，同一種類の製品はある1つの月だけに集中して生産される。

さらに，生産価額について考慮が払われていない。しかしもし価額表現での生産規模を各月について等しくしようとすれば，$x_{jk}\begin{cases}1,\\0\end{cases}$ と $\sum_{k=1}^{3} x_{jk}=1$ という条件をまもるためには v がかなり小さくなることを覚悟しなければならないであろうし，労働集約度の高い製品が多数予定される場合にはこの v の高さをおしさげるであろう。v の高さをおしさげるということは，各設備組の各月の稼働率の等しさをそれだけあまくすることを意味する。これらの問題点を追求したのがシェインマンである。

III

彼によれば，生産予定表はつぎの三条件を満足させなければならない。その条件とは，

1) 上級機関によって定められた生産期限及び，同じことだが，工場が消費者と結んだ経済契約で定まった期限の遵守，

2) 各計画期間の主要設備群の稼働率を等しくすること，

3) 価額表現で生産の規模を示せば，それを等しくすること，あるいは等しく増大させること

の三つである。このうち第3の条件はビンシトーク及びスモリャールにおいてはみられない。

以上の諸要求とならんで，予定表の構成は，生産規模を所与とすれば，生産の高度のシリーズ性を確保しなければならない。この高度のシリーズ性は次のような方法を採用することによって達成される。

イ）相対的に高い労働集約度の生産物の四半期あるいは月への配分を等しくし，かつ生産の反復を規則正しくすること，

ロ）相対的に低い労働集約度の同性質の製品を年あるいは四半期の同じ月に集中すること，

ハ）同性質の製品を集中するといっても，ある製品から次の製品の製造に移るさい，ほんの少しの中断が生ずる可能性があるが，この可能性に対する保障。

以上のような点を考慮しながら生産予定表を作成しなければならないが，これは技術的多様性をもった問題であり，またこの故に数学的定式化が必要となるが，この際，生産予定表に対して提起されているあらゆる要求を遵守しながら生産の最も高度のシリーズ性を確保することが，技術が最適であるかどうかの判別基準である。

問題の数学的定式化

生産予定表の作成問題は3段階に分けて解決すべきである。

第1段階では相対的に労働集約度の高い製品の生産の各四半期あるいは月への等しい配分を通常の方法で行う。

第2段階では線型計画法を用いて，相対的に低い労働集約度の製品の配分の基底計画を確立する。

第3段階で生産の高度のシリーズ性を保ちながら，全ての要求を満足させている最適技術が見い出される。

相対的に労働集約度の高い製品を選び出すために，製品の相対的労働集約度指数 K_{ij} の計算と分析を行う。

$$K_{ij}=\frac{t_{ij}N_i}{\sum_{i=1}^{n} t_{ij}N_i}P \tag{4}$$

$$(i=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ n\ ;\ j=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ m)$$

こゝで t_{ij} は第 j 組の設備 $(j=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ m)$ で第 i 製品の製造のための労働集約度であるが，ビンシトーク及びスモリャールの場合と異なり，こゝでは1個あたりの労働集約度である。N_i は全計画期間中の第 i 製品の生産予定高，P は月数で表わされた計画期間。$t_{ij}N_i$ がビンシトーク及びスモリャールの a_i^j にあたる。ただし両論文では製品と設備の記号が逆になっている。

相対的労働集約度指数の数値的意味は，第 i 製品の生産に中断がなく，かつ第 j 組の設備の等しい稼働率の下で i 製品の予定高を完遂しうる最小月数ということである。

この計算をもとにして，1に近いかそれより大きな数値 K_{ij} の諸製品が選び出されるのであるが，なぜ1を基準にするかについては次節で考察する。

さて，これらの選びだされた製品の生産の各月への量的配分は製品の組立とその主要部品の加工の組合せ比率に関する日程計画上の採用された標準に応じて行われる。

第2段階での問題の数学的定式化のためにつぎのような記号を導入する。x_{ik}——第 k 月に生産するように計画される i 製品の量（$i=1, 2, \cdots\cdots, l$; $k=1, 2, \cdots\cdots, p$），c_i——i 製品の卸売価格，F_{jk}——第 j 組の設備の第 k 月における時間フォンド，C_k——諸卸売価格の総額。その範囲内で第 k 月における製品生産を計画しうる諸卸売価格の総額。$\triangle_{jk}$，q_k——設備稼働率及び生産規模の等しさの許容偏差。

設備の時間フォンドは次のような形で定められる。

$$F_{jk}=\frac{r_k}{R}\sum_{i=1}^{n} t_{ij} N_i-\sum_{i=l+1}^{n} t_{ij} Q_{ik} \tag{5}$$

$$(k=1, 2, \cdots\cdots, p ; j=1, 2, \cdots\cdots, m)$$

こゝで r_k——第 k 月の労働日数，R——計画期間の労働日数，Q_{ik}——第1段階で第 k 月に生産するように配分された相対的に高い労働集約度の製品 i の量（$i=l+1, l+2, \cdots\cdots, n$）。

同様 C_k は

$$C_k=\frac{r_k}{R}\sum_{i=1}^{n} c_i N_i-\sum_{i=l+1}^{n} c_i Q_{ik} \tag{6}$$

$$(k=1, 2, \cdots\cdots, p)$$

等しさの許容偏差 $\triangle_{jk}$ および q_k の経済的意味はつぎの点にある。

部品の生産，あるいはその組立等は2つの月以上にまたがる場合がある。ところが稼働率計算は月を単位に行う。それ故，稼働率の等しさということで厳密な等しさをとるべきではなく，一定範囲の許容偏差を考慮に入れることはむしろ現実に合致する。これを経済学の用語でいえば，貨幣資本の循環の基礎に生産資本の循環をすえるということである。

卸売価格で表わされる生産規模に関しても，経済学的には，生産規模の厳密な等しさには確実な根拠がない。これまた貨幣資本と生産資本の関係を直視す

ればうなづける。なお貨幣資本と生産資本の関係については次節で考察する。

各月の設備稼働率と卸売価格表現での生産規模の等しさは次の制約連立1次不等式で表わされる。

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{l} t_{ij}\, x_{ik} \leqq F_{jk} + \triangle_{jk} & (k=1,\ 2,\ \cdots\cdots\ p\ ;\ j=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ m) \\ \sum_{i=1}^{l} c_i\, x_{ik} \leqq C_k + q_k & (k=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ p) \\ \sum_{k=1}^{p} x_{ik} = N_i & (i=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ l) \end{cases} \tag{7}$$

連立1次不等式(7)は量 $\triangle_{jk}$ と q_k を定める手掛りを与えることに注意しよう。等式(5)と(6)から

$$\sum_{k=1}^{p} F_{jk} = \sum_{i=1}^{l} t_{ij} N_i$$

$$\sum_{k=1}^{p} C_k = \sum_{i=1}^{l} c_i N_i$$

なることがみちびきだされる。故に

$$\sum_{k=1}^{p} \triangle_{jk} = 0,\quad \sum_{i=1}^{p} q_k = 0$$

である。

したがって $p-1$ カ月間，$\sum_{i=1}^{l} t_{ij} x_{ik} = F_{jk} + \triangle_{jk}$ なら，ある1ケ月の最大マイナス偏差は $(p-1)\triangle_{jk}$ である。しかし，このような最大偏差の確率はとるに足りないほどである。けだし，たいていの場合は $\pm\frac{\triangle_{jk}}{2}$ の範囲にあるだろうから。上でのべたことはすべて卸売価額表現での生産規模の偏差にもあてはまる。

予定表を作成する際には連立1次不等式(7)は生産設備の等しい稼働率と卸売価額表現での等しい産出規模の遵守を保障する。

連立1次不等式(7)の解法は彼によっては示されていないが，つぎのように解ける。

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{l} t_{ij}\, x_{ik} + \sum_{i=l+1}^{l+m\cdot p} x_{ik} = F_{jk} \quad (k=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ p\ ;\ j=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ m) \\ \sum_{i=1}^{l} c_i\, x_{ik} + \sum_{i=l+m\cdot p+1}^{l+p(m+1)} x_{ik} = C_k \quad (k=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ p) \\ \sum_{k=1}^{p} x_{ik} = N_i\,(i=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ l) \\ \sum_{i=l+1}^{l+p} \sum_{k=1}^{p} x_{ik} = 0 \\ \sum_{i=l+p+1}^{l+p+p} \sum_{k=1}^{p} x_{ik} = 0 \\ \vdots \\ \sum_{i=l+m\cdot p+1}^{l+p(m+1)} \sum_{k=1}^{p} x_{ik} = 0 \end{cases} \tag{7'}$$

$x_{ik} \geqq 0$ (こゝで $i=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ l\ ;\ k=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ p$)

x_{ik} (こゝで $i=l+1,\ l+2,\ \cdots\cdots,\ l+p(m+1)$) については符号の制約なし

相対的に低い労働集約度の製品の生産を集中する方法はつぎのような最適化関数の形で定式化されうる。

$$\sum_{k=1}^{p} \sum_{i=1}^{l} \delta_{ik} \rightarrow \text{最小}$$

この時 δ_{ik} は

$x_{ik} > 0$ なら $\delta_{ik}=1$

$x_{ik}=0$ なら $\delta_{ik}=0$

である。

遺憾ながら最小化関数は線型でないのだが，このことはシンプレックス法によって問題を解く際に制約行列とともに最小化関数を適用することを妨げる。それ故，製品の月ぎめ生産配分問題はその全座標が非負で，連立1次不等式(7)を満足させるようなあるベクトル $p\{x_{ik}\}$ を見出すことに帰着する。

第2段階での問題の解は制約行列のシンプレックス変換によって実現する。出発行列の成分は連立1次不等式 7)の未知数の係数からなる。第2段階におけ

る行列変換の経済的意味は生産の月ぎめ配分にある。この場合同一製品の生産の連続性は，与えられた i に関する x_{ik} が k に関して行列の基底に入り込めば，確保されうる。

第3段階で問題の最適解が見い出される。これを見い出すために，得られた基底計画の分析をもとにして，関数

$$f(x)=\sum_{k=1}^{p}\sum_{i=1}^{l}x_{i'k'}\rightarrow \text{最大}$$

が構成される。こゝで $x_{i'k'}$ は基底計画における量 N_i に近いような値 x_{ik} である。

関数を基底計画行列に置換後，最適技術を得るまでシンプレックス変換が続く。

可能解を得る手続についてのシェインマンの説明はつぎのとおり。

手続 1.　先行行列の各列 $\sum_{\alpha} a_{\alpha\beta}$ ごとに諸成分の和を計算する（$a_{\alpha\beta}$ は行列の α 行と β 列の交わるところにある成分）。つぎの手続のために和が正つまり $\sum_{\alpha} a_{\alpha\beta}>0$ であるような列を選び出す。このような列が γ 個あるとしよう。

手続 2.　選び出した列の各々について解決（一般的な）成分 $a_{\alpha'\beta}$（$\beta=1, 2, \cdots\cdots, \gamma$）を決定する。

手続 3.　制約列ベクトルの α' 行にある成分を選び出した列の解決成分で除して値を決定する。

$$\frac{a_{\alpha'0}}{a_{\alpha'\beta}}=d_\beta\quad(\beta=1, 2, \cdots\cdots, \gamma)$$

手続 4.　先行手続で得られた値を手続1で得た成分の和にかける。

$$d_\beta\sum_{\alpha} a_{\alpha\beta}=\lambda_\beta\quad(\beta=1, 2, \cdots\cdots, \gamma)$$

手続 5.　手続4で得られた結果を比較する。解決（一般的な）列として最大積 λ_β をもった列を選びだす。

手続 6.　通常のシンプレックス法で先行行列の変換を行い，変換後手続1に帰る。

シェインマンの示した上の手続の数学的説明はエフ・イ・カルペレヴィチと

エリ・イェ・サドフスキーによってつぎのように与えられている。[8]

連立1次不等式

$$b_i-\sum_{j=1}^{n}a_{ij}x_j=0 \quad (i=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ m) \tag{8}$$

があたえられている。ここですべての $b_i\geqq 0$。

ここで補助の未知数 $\xi_i\,(i=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ m)$ を導入する。

$$\xi_i=b_i-\sum_{j=1}^{n}a_{ij}x_j \quad (i=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ m) \tag{9}$$

同じようにして補助の1次形式

$$f=\sum_{i=1}^{m}\xi_i \rightarrow \text{最小} \tag{10}$$

について考える。

(9)から $\begin{cases}\xi_i=b_i & (i=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ m)\\ x_j=0 & (j=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ n)\end{cases}$

は可能解である。

すべての b_i について $b_i\geqq 0$ なので，すべての ξ_i $0\geqq$である。したがって $f=\sum_{i=1}^{m}\xi_i\geqq 0$。すべての b_i について $b_i=0$ なるとき $\xi_i=0$ となり，$min.\ f=\sum_{i=1}^{m}\xi_i=0$。したがって $min.\ f=\sum_{i=1}^{m}=0$ ということは，連立1次方程式(8)を満足するような x_i の負でない値の組が存在することを意味する。何故なら $b_i\geqq 0$ なる故。

例 題

$$\left.\begin{array}{l}2-x_1+\ x_2-2x_3+2x_4+6x_5=0\\ 5-x_1-2x_2+\ x_3-7x_4-3x_5=0\\ 4+x_1-\ x_2-\ x_3+\ x_4 \qquad\quad =0\end{array}\right\}$$

可能解を求める，

$$\begin{aligned}\xi_1&=2-x_1+\ x_2-2x_3+2x_4+6x_5\\ \xi_2&=5-x_1-2x_2+\ x_3-7x_4-3x_5\\ \xi_3&=4+x_1-\ x_2-\ x_3+\ x_4\end{aligned}$$

$$f=\xi_1+\xi_2+\xi_3 \rightarrow \text{最小}$$

(8) Ф. И. Карпелевич и Л. Е. Садовский; ≪ЭЛЕМЕНТЫ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕЪРЫ и ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ≫ государственное издательство Физико-математической литературы, Москва 1963 стр 191—195邦訳『線型代数と線型計画』東京図書。

表 1 から表 4 まではシェインマンの指示した手続にしたがった計算である。

ところでシェインマンは彼の予定表作成技術をレニングラードの靴製造機械製造工場≪Вперед≫で，その第 2 四半期の予定表作成に適用した結果，第 5 表のような最初の可能解を得た。

第 1 表

		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
ξ_1	2 2	1 1	−1 −1	2 2	−2 −2	−6 −6
ξ_2	5 −2	1 −1	2 1	−1 −2	7 2	3 6
ξ_3	4 2	−1 1	1 −1	1 2	−1 −2	0 −6
f	11 −2	1 −1	2 1	2 −2	4 2	−3 6

第 2 表

		ξ_1	x_2	x_3	x_4	x_5
x_1	2 1	1 $-\frac{1}{3}$	−1 $\frac{1}{3}$	2 −1	−2 3	−6 3
ξ_2	3 1	−1 $-\frac{1}{3}$	3 $\frac{1}{3}$	−3 −1	9 3	9 3
s	6 0	1 0	0 0	3 0	−3 0	−6 0
f	9 −3	−1 1	3 −1	0 3	6 −9	3 −9

第 3 表

		ξ_1	ξ_2	x_3 ↑	x_4	x_5
x_1	3 -2	$\frac{2}{3}$ $-\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$ 0	1 $-\frac{1}{3}$	1 1	-3 2
x_2	1 2	$-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$ 0	-1 $\frac{1}{3}$	3 -1	3 -2
← ξ_3	**6** 2	**1** $\frac{1}{3}$	**0** 0	**3** $\frac{1}{3}$	**−3** -1	**−6** -2
f	6 -6	0 -1	-1 0	3 -1	-3 3	-6 6

第 4 表

		ξ_1	ξ_2	ξ_3	x_4	x_5
x_1	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	2	-1
x_2	3	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	2	1
x_3	2	$\frac{1}{3}$	0	$\frac{1}{3}$	-1	-2
f	0	-1	-1	-1	0	0

第5表　最初の可能解の基底非負値

製品記号	4　月	5　月	6　月
OM — 4	11.4 (x_{11})	10.4 (x_{12})	2.2 (x_{13})
ГП — 150	—	—	15 (x_{23})
АГВ — 8 с	—	—	5 (x_{33})
ФГИ — 0	77.2 (x_{41})	—	22.8 (x_{43})
ПИГ	—	20 (x_{52})	—
АГВ — 6 бт	2.1 (x_{61})	—	2.9 (x_{63})
МНП	—	19.7 (x_{72})	30.3 (x_{73})

第5表の分析から，生産予定表の最初の配分技術は設備の稼動率が等しいこととと卸売価額表現での生産規模が等しいこととに関して満足すべきものであるが，同一種類の製品のシリーズ性に関しては極めて不充分である。例えばФГИ-0 製品の4月産出高77と6月産出高23，あるいはOM-4製品の4月産出高11，5月産出高10，6月産出高2という計画はきわめて不適当である。そこでさらに，生産高を同じに保ちながら製品 OM-4，ФГИ-0，АГВ-6 бТ 及びМНП の生産を同一月に集中する方向で次の行列変換を試みれば，この可能解は改善されうる。それ故最適化関数の定式化は

$$x_{11}+x_{23}+x_{33}+x_{41}+x_{52}+x_{63}+x_{73} \rightarrow \text{最大}$$

という形をとる。

修正された最適産出計画は第6表で与えられており，この表で生産の高度のシリーズ性は一目瞭然である。すなわち，4種の製品は同一月に集中して生産され，残りの生産は最小月数に等しく配分されており，この際これらの製品の生産の連続性が確保されている。この生産予定表技術は ≪Вперел≫ 工場の労働者の仕事待ちを第1四半期に比べて3分の1に減少させた。

ところが，ビシントーク及びスモリャールのように設備の全グループ（技術的編制の全ての組）の最高の等稼動率の実現をとる方法によって得た同工場の

第6表 1961年第2四半期の産出計画

製品記号	第2四半期の計画個数	4月	5月	6月
ОМ—4	24	12	12	—
ГП—150	15	—	—	15
АГВ—8с	5	—	—	5
ФГИ—0	100	100	—	—
ПИГ	20	—	20	—
АГВ—6 бт	5	2	3	—
МНП	50	—	25	25
СПР*	243	80	80	83
АГВ—12*	12	6	6	—
ЗЛШВ*	80	25	25	30

*これらの生産は第1段階で配分されている。

第7表 稼働率の等しさを最大にする方法によって得た四半期予定表 配分技術

製品記号	第2四半期の計留個数	4月	5月	6月
ОМ—4	24	—	—	24
ГП—150	15	8	—	7
АГВ—8с	5	1	—	4
ФГИ—0	100	41	—	59
ПИГ	20	20	—	—
АГВ—6 бт	5	—	5	—
МНП	50	16	10	24
СПР	243	88	87	68
АГВ—12	12	5	5	2
ЗЛШВ	80	23	57	—

第2四半期の予定表技術によれば[9](第7表)，労働集約度の高い製品 СПР は4月に88，5月に87，6月に68という風に不等量生産されねばならぬし，АГВ-12は4月と5月にそれぞれ5，6月に2，ЗЛШВ は4月に23と5月に57生産されねばならない。さらに，相対的に労働集約度の低い製品 ГП-150，ФГИ-0，АГБ-8 c は同一月に集中して生産されていない。

このように批判してその論文をおわるのであるが，前節でみたように，$x_{jk}\begin{cases}1,\\0\end{cases}$(ここで $x_{jk}=1$ なら第 j 製品は第 k 月に生産され，$x_{jk}=0$ なら第 j 製品は第 k 月に生産されない)，$\sum_{k=1}^{3} x_{jk}=1$，という制約条件の下では第7表の内容は異なったものになろうし，さらに卸売価額表現での生産規模についても考慮した上でシェインマンの対象とした工場の実際について計画すると，上記の批判の上にさらに v の低下とそれに伴う設備稼働率の変動が問題となるであろう。

---

(9) 採用した技術では，等しさ V=0.94。V=1 のとき全製品は四半期の3つの月に等しく配分される。——シェインマン

IV

シェインマンの方法の特長でもあり長所でもあるのは相対的労働集約度指数 K_{ij} の算出と分析と連立1次不等式(7)にある。何故なら設備（技術的編制）の毎月の稼働率の等しさの実現と卸売価額表現での毎月の生産規模の等しさの実現を保障するものは K_{ij} の算出と分析であり，高度のシリーズ性を保障するものは連立1次不等式(7)だからである。以下これらについて検討する。

K_{ij} 方式について

価額と時間の両面から考察しうる。

最も抽象的な場合

例えば9日からなる1労働期間の生産物についてみよう。産業部門は紡績業であろうと機械製造業であろうといずれでもよい。連続的生産物のための1労働期間だと仮定するか，個々別々的生産物のための1連続的期間だと仮定するかは，1ロットとして生産される個々別々的生産物の分量が9日の労働を要費するかぎりは，この際どうでもよい。固定資本の平均磨損によって生産物に附加された部分，ならびに，生産過程中で生産物に附加された剰余価値をしばらく度外視すれば，この生産物の価値は，この生産物の生産に投下された流動資本の——すなわち労賃と，この生産物の生産に消費された原料および補助材料との——価値に等しい。この価値は900ポンドであり，し

第 8 表

労働期間9日・1日100ポンド投下，1ケ月＝30日

	労働期間		労働期間
第1月	1 — 9	第2月	(28)— 36
	10 — 18		37 — 45
	19 — 27		46 — 54
	28 —(36)		55 —(63)
第3月	(55)— 63	第4月	91 — 99
	64 — 72		100 — 108
	73 — 81		109 — 117
	82 — 90		118 — 126
			127 —(135)

第1月と第2月には各々3個が完成するが，第3月には4個完成。

第1月と第2月の生産額は各々900×3＝2700ポンドであるが，第3月は900×4＝3600ポンド。生産規模は変動している。

たがって日投資は100ポンドだとしよう。1ヶ月を30日としよう。[10]

第8表によれば，第1月と第2月には各3個が完成するが，第3月には4個が完成する。第1月と第2月の生産額はそれぞれ900×3＝2700ポンドであるが，第3月は900×4＝3600ポンドである。価額表現での生産規模は変動している。

同じことは第9表についてもいえる，第1月から第3月までは各4個が完成し，生産額はそれぞれ700×4＝2800ポンドであるが，第4月は5個が完成し，生産額は700×5＝3500ポンドである。価額表現での生産規模は変動している。

第10表で各月とも5個完成，したがって価額表現での生産規模が不変であるのは，1ヶ月30日が労働期間6日で割り切れるという特

第 9 表

労働期間7日．1日100ポンド投下，1ヶ月＝30日

	労働期間		労働期間
第1月	1 — 7	第2月	(29)— 35
	8 — 14		36 — 42
	15 — 21		43 — 49
	22 — 28		50 — 56
	29 —(35)		57 —(63)
第3月	(57)— 63	第4月	(85)— 91
	64 — 70		92 — 98
	71 — 77		99 — 105
	78 — 84		106 — 112
	85 —(91)		113 — 119
			120 —(126)

第1月から第3月まで各4個が完成するが，第4月には5個が完成。

第 10 表

労働期間6日．1日100ポンド投下，1ヶ月＝30日

	労働期間		労働期間
第1月	1 — 6	第2月	31 — 36
	7 — 12		37 — 42
	13 — 18		43 — 48
	19 — 24		49 — 54
	25 — 30		55 — 60
第3月	61 — 66	第4月	91 — 96
	67 — 72		97 — 102
	73 — 78		103 — 118
	79 — 84		119 — 124
	85 — 90		125 — 130

各月とも5個が完成。これは30÷6で割り切れるという特殊性による。

(10) 『資本論』第2巻第15章「資本投下の大いさに及ぼす回転時間の影響」青木版331頁。

殊性による。

ところで K_{ij} が1に近いかそれよりも大であるということは，同一製品が1ケ月を通じて生産されるということを意味する。ところがつぎの1ケ月は別の製品 —— t_{ij} が1に近かろうと遠かろうと —— が生産されるとすれば，最初の月と第2の月とでは価額表現での生産規模は異なりうるわけである。シェインマンが「1に近いかそれよりも大きな K_{ij}」を問題にする根拠はここにあると考えるがどうであろうか？

ところでここで労働時間について考えるに，ビンシトーク及びスモリャール，さらにはシェインマンともに，1ケ月の労働時間を生産物の完成個数と単位当り時間の積で考えており，したがって労働期間9日の場合を例にとると，第1月の労働時間は $9 \times 3 = 27$ 日，第2月も $9 \times 3 = 27$ 日であり，第3月は $9 \times 4 = 36$ 日である。

労働期間9日の場合，第1月の完成個数3，労働時間27日，第2月の完成個数3，労働時間27日，第3月の完成個数4，労働時間36日として，この3つの月の労働時間と価額表現での生産規模をできるだけ等しくするために考えられたのが K_{ij} である。これを経済学の用語でいいあらわせば，貨幣資本の循環視点に立つものということができるであろう。しかし現実には設備は1ケ月30日稼働しているのであり，毎日100ポンドが投下され100ポンドの価値が生産物 —— この生産物は仕掛品からやがて完成品となる生産物の意味であるが —— に移転しているのであり，このことはやがて連立1次不等式(7)の解で，設備の毎月の稼働率が多少変動しても —— そしてこの凹凸のある稼働率で計画が実施されるのであるが —— P ケ月間を総計すれば稼働日数（労働日数）は1ケ月平均稼働日数（労働日数）$\times P$ となるのである。

ところで，予定表作成に際して，価額表現での生産規模の等しさをとり入れる理由はシェインマンの場合明らかでないが，少くとも理論的には資本の正常な回転を前提とできる社会主義経済にあっては，このことは経営費用との関連で重要な意義を有する。また経済学の原理論[11]との関連でもこの「価額表現での

(11) 『資本論』第2巻第2篇「資本の回転」。

生産規模の等しさ」は興味ある着想ではなかろうか。

連立1次不等式(7)について

連立1次不等式(7)は設備という概念が互換的設備（技術的編制）を意味するかぎりにおいてのみ成立することにまず注意しておいてつぎにすすもう。

連立1次不等式(7)と目的関数の取扱いは，生産の高度のシリーズ性の実現を保障する。この連立1次不等式(7)の特長は $\triangle_{jk}$ と q_k の導入にあり，そのおかげで貨幣資本循環視点よりしても各月の設備稼働率と卸売価額表現での生産規模の等しさが $\sum_{k=1}^{p}\triangle_{jk}=0$, $\sum_{t=1}^{p}q_k=0$ の下で実現するが，労働集約度の高い製品が大半を占めるような機械製造工場では，適当な日程計画のもとでは設備稼働率の各月における厳密な等しさの実現が可能であり，また逆に労働集約度の低い製品ばかりを製造する工場では，卸売価額表現をも加えて，厳密な等しさではないが，かなりの程度の等しさの実現が可能であることを指摘しうる。

最後に，ビンシトーク及びスモリャール，シェインマンよりも新しく発表されたミーチンの方法について考察する。

ミーチンは機械製造工場の生産予定表作成を，年計画を四半期予定に分けることについて考えている。彼の数学的定式化はつぎのとおりである。

$$\frac{1}{4}\sum_{i=1}^{n}N_{nj}T_{mi}-\sum_{i=1}^{n}P_{nj}^{k}T_{mi}\geqq 0,$$

$$P_{nj}^{k}\geqq 0,$$

の下で

$$\sum_{k=1}^{4}\left(\frac{\sum_{j=1}^{n}\sum_{=1}^{n}N_{nj}T_{mi\,nj}}{4}-\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{n}P_{nj}^{k}T_{mi\,nj}\right)=\text{最小}$$

と同時に

$$P_{nj}^{k}\rightarrow\text{最大},\quad \sum_{k=1}^{4}P_{nj}^{k}=N_{nj}$$

ここで P_{nj}^{k}—計画期間（ミーチンの例では四半期＝3ケ月）の各製品の産出量，k—計画四半期，N_{nj}—第 j 製品の年産出量，$T_{mi\,nj}$—各互換設備群（ビンシトーク及びスモリャールのいう技術的編制と解される）ごとに1個の製品が

産出されるに要する総所要時間。

このミーチンの方法（というより思想と呼ぶのがふさわしい）はビンシトーク及びスモリャールの方法（これも思想と呼ぶのがふさわしい。なおシェインマンの方法についても同じことがいえると考える）の系譜をふむものである。なぜならビンシトーク及びスモリャールの方法は「$1/3\sum_{j=1}^{n} a_i^j$ からの $\sum_{j=1}^{n} a_i^j x_{jk}$ の偏差の総計が最小になるような x_{jk} の値を見い出すこと」を目的としているが，

これはミーチンの $\sum_{k=1}^{4}\left(\dfrac{\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{n} N_{nj}\,T_{mi\ nj}}{4}-\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{n} P_{nj}^{k}\,T_{mi\ nj}\right)=$最小　と同じだからである。

このミーチンの方法では，設備の稼働率の等しさに関するシェインマンの思想をとり入れていず，またビンシトーク及びスモリャールと同じく価額表現での生産規模の等しさは除かれている。それだけに $P_{nj}^{k}\to$最大 の程度は高いであろう。$P_{nj}^{k}\to$最大 のより高い程度の実現をとるか，価額表現での生産規模の等しさをとるか，これをソ連邦の工業企業の実情に即して考えることは私の今後の課題である。

（本稿は木村等教授の御指導の下に執筆した。しかし本稿に関する一切の責任は勿論筆者にある。）