

するに従って、使用者が事務機械メーカーや研究所と提携し、今度は現在の事務に合ったような機械を作るために努力しております。これによって機械が万能型ではなく、それぞれの事情にマッチした特殊型のものになり、益々事務の生産性の向上に威力を発揮するものと思われまます。

しかし、これらの機械をわが国に導入しようとしても、従来の低賃金による採算の問題や、これによって大量失職の問題がからんできますし、基礎的な条件が異っているのです、アメリカと同じようにはいかないわけでありまます。また、あれほど

機械化の進んだアメリカにおいても、まだまだ問題は機械化以前にあるとして、機械を導入する前に事務そのものを改善し、これを簡素化、標準化、専門化する努力を怠っていませんが、われわれにはそれ以上に機械化以前の問題の解決が残っているわけでありまます。したがって、われわれとしては事務管理の趨勢、ひいては事務機械化の方向をはっきりと見きわめながら、その方向にそって、そのための基礎的な努力を続けて行かなければならないと思ひまます。

以上

テレビジョン用ブラウン管の製造計画

近 藤 次 郎*

要 旨

一台のプレスや倣い旋盤のような機械を用いて部品を製造する場合に型や母形を交換するために作業を停止しなければならない。頻繁に型の交換を行えば機械の移動時間が減少して生産が低下するが、型の交換を少くして単一部分のみを製造すると完成が遅れて工場に仕掛け品が蓄積する。したがってこのような機械の作業標準を決定するにはこれら二つの要素を考慮しなければならない。

本論文では製造周期という概念を導入して生産量と移動時間の関係を導き、さらに仕掛品の数量から生産量したがって収益を最大にするための生産周期を決定する方法を述べた。

テレビ用ブラウン管の製造を例にとつて説明したが始めに述べたようないろいろな場合にも応用が可能である。

§ 1 は し が き

テレビジョン用ブラウン管はパネル panel とファンネル funnel に分割して製造される。パネルはプレスで製造され、ファンネルは主としてスピナー Spinner で製造されるが、一部はプレスでも加工される。

現在製造を予定されているブラウン管には14インチ、17インチの2つのサイズがあり、ファンネルの開角は従来すべて 70° であったが、最近開

角 90° のものが製造されるようになって来た。したがって、差当り製造を予定されているブラウン管の品種は次の4種である。以下簡単のためこれらの品種を第1表のように A, B, C, D の記号で表わすことにしよう。また、これらの品種についてパネルを p 、ファンネルを f の添文字であらわすことにする。したがって、例えば A_p はサイズ14インチ、ファンネル開角 70° のブラウン管のパネルを意味し、 D_f は17インチ、 90° のブラウン管のファンネルをあらわす。

製造されるブラウン管の部品は、したがって $A_p, B_p, C_p, D_p, A_f, B_f, C_f, D_f$ の8種であるが、このうち A_p, B_p, C_p, D_p および A_f はプレスで加工され、 B_f, C_f, D_f の3種はスピナーで加工される。

加工・成型にはプレス、スピナーとも型を使用するのであるが、違った製品を加工するには型の交換を必要とする。この交換所要時間 τ には3種類あって、プレスでパネルの型を交換するに要する時間 τ_p 、スピナーでファンネルの型を交換するに要する時間 τ_f とプレスで A につきパネルの型とファンネルの型を交換するに要する時間 τ_{pf}

第1表
ブラウン管品種記号

開角 サイズ	開角	
	70°	90°
14"	A	B
17"	C	D

* 東京大学工学部 航空学科

である。すなわち、 A_p, B_p, C_p, D_p の任意の2つのプレスの型を交換するに要する時間が τ_p で B_f, C_f, D_f の任意の2種につきスピナーの型の交換に要する時間が τ_f 、そして A_p と A_f についてプレスの型の交換に必要な時間が τ_{pf} である。

プレスおよびスピナーの製造能力は単位時間あたりの製造個数であらわされ、プレスは毎分 p カット、スピナーは毎分 s カット、歩止りはプレスは η_p 、スピナーは η_s である。

A, B, C, D の各種を製造するにあたり、上記のように型の交換に時間が必要であるので各品種を一定期間中に各々1回ずつ加工するのが勿論得策である。そこで A, B, C, D のそれぞれある数量を一巡製造するに必要な期間を最低製造周期と呼称し、これを d 日とする。 d 日中に製造される完成品の個数を A, B, C, D 各品種につきそれぞれ F, X, Y, Z とする。

以上をまとめると第2表のようになる。

第2表
品種別製造・加工表

品 種	14"	14"	17"	17"
	70°	90°	70°	90°
記 号	A	B	C	D
製造個数	F	X	Y	Z
パネル加工	プ	プ	プ	プ
ファンネル加工	プ	ス	ス	ス

但し、プはプレス加工、スはスピナー加工の略号とする。

§2 基礎方程式

製造工程をあらわす基礎方程式をつくるに当り時間についての関係を表わすのが便利であろう。

A, B, C, D の d 日中の完成個数がそれぞれ F, X, Y, Z 歩止りはプレス、スピナーが η_p, η_s であって加工個数は A_p, A_f はプレス加工であるからともに F/η_p カット、 B_p, B_f はそれぞれ

第3表 加工に関する一覽表

部 品 名	A_p	A_f	B_p	B_f	C_p	C_f	D_p	D_f
製 品 数	F	F	X	Y	Y	X	Z	Z
加 工	プ	プ	プ	ス	プ	ス	プ	ス
加工数(カット)	F/η_p	F/η_p	X/η_p	X/η_s	Y/η_p	Y/η_s	Z/η_p	Z/η_s
加工時間(分)	$F/p\eta_p$	$F/p\eta_p$	$X/p\eta_p$	$X/s\eta_s$	$Y/p\eta_p$	$Y/s\eta_s$	$Z/p\eta_p$	$Z/s\eta_s$

プレスおよびスピナーで加工されるから加工個数は X/η_p カット X/η_s カットとなるプレス加工時間は毎分 p カット、スピナーは s カットであるから他も同様に考えると第3表のようになる。部品 A_p の加工時間は合計

$$F/\eta_p + p = F/p\eta_p \text{ 分}$$

であり、 B_f の加工時間は合計

$$X/s\eta_s \text{ 分 等となる。}$$

さて、最低製造周期 d 日中に、プレスでは A_p, A_f, B_p, C_p, D_p の各部分をそれぞれ1回ずつ製造するわけであるが、これらの部品の種類が変わる度に型交換所要時間 τ が必要である。ある製造週りにたとえば

$$A_p \rightarrow A_f \rightarrow B_p \rightarrow C_p \rightarrow D_p$$

の順に加工したとすれば、つぎの週期には再び A_p より製造が再始されるようにこの周期内に D_p から A_p への型の交換が完了していなければならないから、上記の製造順序の間に型交換所要時間の記号を記入すれば次のようになる。

$$A_p \xrightarrow{\tau_{ps}} A_f \xrightarrow{\tau_{ps}} B_p \xrightarrow{\tau_p} C_p \xrightarrow{\tau_p} D_p \xrightarrow{\tau_p}$$

よって型交換に必要な時間の合計は

$$2\tau_{ps} + 3\tau_p$$

となる。これは製造順序に拘らず常に一定であって、例えば

$$A_f \xrightarrow{\tau_{ps}} A_p \xrightarrow{\tau_p} B_p \xrightarrow{\tau_p} C_p \xrightarrow{\tau_p} D_p \xrightarrow{\tau_{ps}}$$

の順でも同じであることがわかる。もちろん、次の周期には前週期の最終部品から製造を開始することにすればこの最後の交換所要時間を節約して稼働時間を大きくすることが出来るわけであるが一応毎期の製造順序が一定であると考えことにする。(注1)

スピナーについては

$$B_f \xrightarrow{\tau_s} C_f \xrightarrow{\tau_s} D_f \xrightarrow{\tau_s}$$

であるから型交換に必要な時間の合計は

$$3\tau_s$$

であるが、 A_f のプレス加工中はスピナーによる加工は停止する必要があるので毎周期、 $F/p\eta_p$ の休止

時間がある。(注2)

(注1) ある期のプレス加工順序が

$$A_p \xrightarrow{\tau_{ps}} A_f \xrightarrow{\tau_p} B_p \xrightarrow{\tau_{ps}} C_p \xrightarrow{\tau_p} D_p$$

で、次期は

$$D_p \xrightarrow{\tau_p} A_p \xrightarrow{\tau_{ps}} A_f \xrightarrow{\tau_p} B_p \xrightarrow{\tau_{ps}} C_p$$

であったとすると交換所要時間はともに

$$2\tau_{ps} + 2\tau_p$$

となる。また

$$A_p \xrightarrow{\tau_p} B_p \xrightarrow{\tau_{ps}} C_p \xrightarrow{\tau_p} D_p \xrightarrow{\tau_{ps}} A_f$$

で、次期が

$$A_f \xrightarrow{\tau_{ps}} A_p \xrightarrow{\tau_p} B_p \xrightarrow{\tau_{ps}} C_p \xrightarrow{\tau_p} D_p$$

であったとすると交換所要時間はともに

$$3\tau_p + \tau_{ps}$$

となるから、 $\tau_p = \tau_{ps}$ のときにはどちらでも変わらないが、 $\tau_p < \tau_{ps}$ のときには後の形式すなわち A_f を両期にまたがる加工部品とした方が稼働時間を大きくする利点がある。

(注2) スピナーの場合にも加工順序を変えて最終加工部品を次期の最初の加工部品にえらべば交換所要時間は $2\tau_s$ となる。また $\tau_s < F/p\eta_p$ のとき、休止時間中に型交換を行うものとすれば交換所要時間を少なくすることが出来る筈であるが、實際上プレスで A_f を加工している時間内に丁度スピナーの型の交換が行われるようになっていなければならぬから時間の調節が困難で、混乱を生ずる場合があるから恐らく避けた方がよいと思われる

第3表および上の交換所要時間の考察で明らか
な如く、最低周期 d 日中のプレスの稼働時間は

$$2F/p\eta_p + X/p\eta_p + Y/p\eta_p + Z/p\eta_p \quad (\text{分})$$

で型交換所要時間は

$$2\tau_{ps} + 3\tau_p \quad (\text{分})$$

であり、その合計は(1日=)1440分を超えることが出来ないから

$$2F/p\eta_p + X/p\eta_p + Y/p\eta_p + Z/p\eta_p + 2\tau_{ps} + 3\tau_p \leq 1440d \quad (1)$$

となる。

またスピナーについては稼働時間が

$$X/f\eta_s + Y/b\eta_s - Z/s\eta_s \quad (\text{分})$$

型交換所要時間は

$$3\tau_s \quad (\text{分})$$

休止時間は

$$F/p\eta_p \quad (\text{分})$$

であるから

$$F/p\eta_p + X/s\eta_s + Y/p\eta_p + Z/s\eta_s + 3\tau_s \leq 1440d \quad (2)$$

となる。

加工順序を一定としない場合は $\tau_p < \tau_{ps}$ のとき

$$2F/p\eta_p + X/p\eta_p + Y/p\eta_p + Z/p\eta_p + \tau_{ps} + 3\tau_p \leq 1440d \quad (3)$$

および

$$F/p\eta_p + X/s\eta_s + Y/s\eta_s + Z/s\eta_s + 2\tau_s \leq 1440d \quad (4)$$

となる

§ 3 リニヤー・プログラミング

A, B, C, D の各製品1個に対する収益がそれぞれ $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ であるとき、 d 日の総利潤 K は

$$K = \alpha F + \beta X + \gamma Y + \delta Z \quad (5)$$

与えられるから利潤を最大にする問題は前記の制約条件(1),(2),(3),(4)の下で K を極大にすることに帰する。このためにはリニヤー・プログラミングの手法が利用される。

このようにして d 日間に製造すべき製品 A, B, C, D の比率が定められる。(詳細の発表は中止)

§ 4 釣合生産

A, B, C, D の製造比率

$$F : X : Y : Z = 1 : k : l : m$$

がきまると X, Y, Z をすべて F であらわすことが出来る

$$X = kF, Y = lF, Z = mF$$

のようになる。

これらを(1)~(4)に用いると

$$F \leq (1440d - 2\tau_{ps} - 3\tau_p) / G\eta_p p, \quad (6)$$

$$F \leq (1440d - 3\tau_p) / H\eta_s s; \quad (7)$$

$$F \leq (1440d - \tau_{ps} - 3\tau_p) / G\eta_p p \quad (8)$$

$$F \leq (1440d - 2\tau_p) / H\eta_s s \quad (9)$$

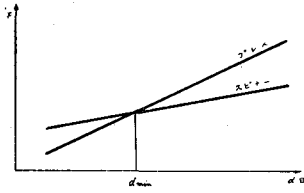
となる。但し、

$$G = 2 + k + l + m, \quad H = \frac{\eta_s s}{\eta_p p} + k + l + m$$

である。

これらの不等式で F, d は変数他は定数とする

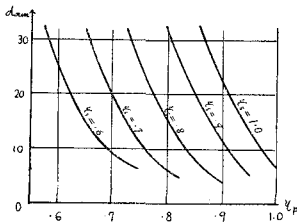
と等号は直線を示し、不等式のあらわす領域を F を縦軸、 d を横軸にとり、グラフにあらわすと第1図のようになる。ここで直線の下領域が上の



第1図

不等式にあらわされる部分で、直線の交点は生産量が最低で釣り合っている状態を示し、交点の横座標 d_{min} は釣り合った生産をする最短の所要日数である。製造周期をこれ以下にすることは出来ない。 d を大きくすれば、それだけ生産量 F は増加するがそれは当然のことである。

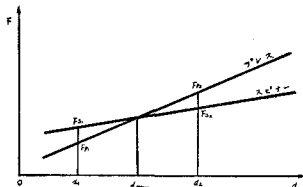
また、歩止り率 η_p, η_s をかえて d_{min} を求めてみると第2図のようになる。そして止留り率の低下によって最短生産週期は増大する傾向を示すことがわかる。



第2図

§5 生産方式

第3図をみると生産周期 d を変化した場合のプレスおよびスピナーによる14" 70° テレビ用ブラウン管 A の生産量 F が示されている。これはまた17" 70° のブラウン管 C の生産量 Y は F の m 倍に等しい。C についてはパネルはプレスでファンネルはスピナーで加工されるがその製品個数は一致していなければならない。したがって2直



第3図

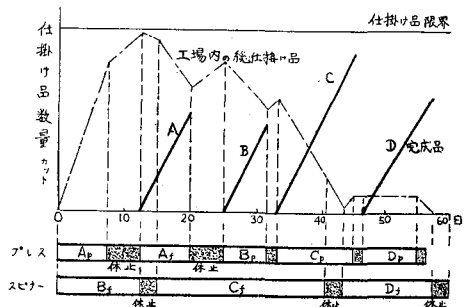
線の下側にある方で生産量が押えられる。たとえば2直線の交点は d_{min} を与え、 d_{min} の生産周期ではプレスもスピナーも100%稼働しなければならない。これに対し、 d_1 を生産周期とする場合にはスピナーの生産量 F_{s1} がプレスの生産量 F_{p1} を上回っていて、この場合製品個数は F_{p1} であって、プレスは100%稼働するが、スピナーの稼働時間率は $F_{s1} - F_{p1} / F_{s1}$ である。また同様に d_2 の状態ではフルに稼働すればプレスが生産過剰になるので、このときの生産個数は F_{s2} 、スピナーの稼働率は100%、プレスは $(F_{p2} - F_{s2}) / F_{p2}$ である。このようにして定められたブラウン管Aの生産量を F とすれば全製品 A, B, C, D の生産量は $(1+k+l+m) F = GF$ である。

このようにして生産量 F が第1図からきめられる。(12)式による場合と(13)式による場合につき、 η_p や η_s がいろいろに変化したときの F の値を求めておくことが出来る。

§6 仕掛け品と完成品

前節で述べたように生産周期 d を増すと総生産量 F は増加するが、ブラウン管はパネルとファンネルを結合して始めて完成品となるので、その一方のみの生産量が増えると工場内に仕掛け品が増加して、その管理のためには間接費が増加することになって不利である。そこで d を d_{min} 以上に变化させたときこの仕掛品の変化量をグラフに書くと第4図のようになる。したがって仕掛品の数量を制限すると d の最大値 d_{max} が求まる。この d_{max} が最適生産周期となる。

また市場の需要が急速で製品の搬出が要請されるときには上と同様にして完成品のグラフを作っておくと d を変化したときの完成品の個数がわかる。工場管理者はこの数表またはグラフによって



第4図

市場の要求する速度で製造計画を樹てることが出来る。

あとがき

本研究は旭特殊ガラス株式会社の委嘱によって行ったものであるが、詳細な数値や計算結果は公表することが出来ないし生産開始時においてはデータの中に未確定または未知のものも数多く含まれている。しかしORの研究が要請される時には多少ともこのような未定の要素が残されているのがむしろ常であって、われわれは問題を未知のパラメタを含んだ形で定式化し、それらに予想され

る若干の数値の組合せを与えて問題を数量的に解決し管理者に有用な知識を提供しなければならない。このようにすれば管理者が状況の変化に対処して適正な対策を選択することも出来るし、工程の安定化に伴って未知の諸元も自然に定まり、最良の方策が確立するものと考えられる。筆者は休止時間や歩止り率等の若干の数値を仮定して問題を解いた次第である。

最後にこの興味ある素材を示し、本研究のため種々の便宜を計られた同社製造部市村照夫氏に厚く感謝する次第である。(昭和31年10月17日)

スクラップ在庫量の計算例

吉 田 正 二*

1. 概 況

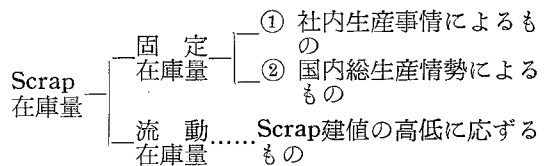
平炉にて鋼塊を生産するための装入原料は銑鉄・屑鉄(Scrap)である。屑鉄は常に手持在庫を必要とする。その適正在庫量はScrapの市況・納期・平炉生産量等の影響を受け、数学的に仲々把握し難い。購入量、在庫量の数量判断の骨子を求める計算例を紹介する。Scrapの発註より納入迄はある期間を要する。その建値は経済事情のため変動する。Scrap手持在庫量としての最適計画を求め様とし、Operations Research理論の実用的使用を試みた。

発註より使用に到る迄の期間は、納入期間(発註→納入)と選別期間(scrap yard)に分けられ、これ等の値は使用事業所別、scrap発生地域別に依り異なる。Scrapは集荷業者の操作によるため、その建値は投機的に変動し、一般的に建値高く市場強調の際は入荷不如意にて入荷量は少い。それ故建値は時期的に波動し、入荷量はその影響を受け逆さ波形の変化を受ける。

そのため、或程度のscrap在庫を有していないならば、平炉操業に支障を来す。所が平炉生産量は製品需要市況に依り変動しバラッキがあるのでそれに適応する必要がある。会社の月度利益は製

品売値と原料費の差額の影響を受け、原料は安値で購入が望ましいので、その面からも或程度の在庫を有することが利益率を高めることになる。Scrap在庫量が極度に減少すると、混銑率の変更運輸の支障、選別工程の支障等による損失を受ける。

Scrap在庫量を次の如く分類した。



固定在庫量は固定資産的、流動在庫量は流動資産的な意味を持つ。これ等につき利益最大計画を求めた。

2. 平炉生産の実績

第1表に当社某工場の昭28・4月より昭30・12月迄の平炉鋼塊生産量 W の例を第1列に示す。全国鋼塊生産量 Z は統計表(日本鉄鋼連盟"製鉄業参考資料")より第2列に示す。当社全体の鋼塊生産量と全国鋼塊生産量とは高度の相関関係(相関係数 $r^2=0.639$)がある。某工場に於ける国内情勢に比例した標準鋼塊生産量 W_0 (長期変動)は次式に依り第3列に示される。

* 住友金属工業株式会社・技術部