注文生産における半製品仕込について

山 川 典 宏*
山 県 時 治*

1. 緒　　　言

一般に工場における生産体制はその製品の販売活動の面からみて

(1) 見　込　生　産

(2) 注　文　生　産

に大別される。

すなわち，(1)は生産者と消費者との間に契約が成立した直後に製品を消費者の手に納入することの出来るのが特徴で，不特定多数の消費者の存在を予期して，それに応じうる（見込生産による）体制をとっておくのが普通である。したがって，見込生産においては最適な見込生産量の決定が，生産者の販売活動において，とりうる1つの有力な戦略で，これに関しては従来から数おおくの研究[1)]がなされている。

一方，(2)の注文生産においては生産者と消費者との間の契約成立時には製品は未だ，殆んど生産されておらず，生産者の過去に生産した実績などによって〝醸成〟された消費者の購入意欲を盛りこんだ仕様書があるだけである。したがって契約の内容として，この仕様書に示された品質の製品を，一定の納期，価格で納入することなどがとりきめられる。このような場面では，生産者のとりうる〝手〟として顧客の要求する品質のものを，出来るだけ，短い納期，出来るだけ少い見積価格を申出ることにある。

このため，生産工場としては，製品を中途の段階まで生産しておいて短納期の顧客の注文をもとりやすい傾向にもって来るという方策が考えられる。ここにおいて，どこまで生産をすすめておくかという問題がおこる。これに対しては従来若干の研究[2)3)4)]がなされているが，未だ残された問題が多い。

2. 理　　　論

2.1 問題の設定　前述の如く，注文生産工場においても，受注を容易にする補助手段として，半製品の仕込を行うことがある。これは，通常，納期の短縮を主目的として行なわれるStrategyとして考えることが出来る。この最適のStrategyを求めることが本論の目的である。

ここで，とりあつかう問題は次の前提を満足するものとする。

*日立製作所　笠戸工場　1963年4月25日受理「経営科学」第7巻2号

（1）製品の製作工程のいくつかの中間段階において半製品として仕込可能な形状が存在すること。

これを仕込段階 x ($x=0, 1, \cdots n$) であらわし，

$x=0$ は全然仕込を行なわない状態，1はそれより1段階，通常，原材料のみ購入している状態，………，n は完成品仕込を行っている状態とする。

（2）ある注文に対して，仕込段階 x での仕込品を引当てた場合の納期 τ は既知の減少関数*

$$\tau = \tau\ (x) \qquad \cdots\cdots\cdots(1)$$

により求められるものとする。

* 実際には x は，正の整数 $\{0, 1, \cdots\cdots\cdots, n\}$ のみしかとりえない変数であるので，$\tau\ (x)$ も不連続な変数であるが，解析の便宜上これらは何れも連続変数として取扱えると仮定する。

（3）$\tau\ (x)$ に対して，顧客の要求納期 t は一定の確率分布

$$P\ (t) = \int_t^{\infty} p\ (t)\ dt \qquad \cdots\cdots\cdots(2)$$

に従っていると仮定し，更に，この確率分布は生産者にとって推測可能であるとする。ここで $P(t)$ は t に関する pdf を示す。

（4）仕込段階における仕込品の，仕込のための追加経費 D は，x の増加関数 $D(x)$ で生産者にとって既知であるとする。

また，$D(x)$ も $\tau(x)$ と同様に関数関係があると仮定する。

（5）仕込数量を所与とする。

これらの前提により，問題は仕込段階 x の関数である利得 $R(x)$

$$R(x) = M(x) - D(x) \qquad \cdots\cdots\cdots(3)$$

の最大値を与える x を求める問題となる。ここで $M(x)$，$D(x)$ は x における仕込による Merit と Demerit を示している。

2. 2 解　　析　(3)式で示された利得 $R(x)$ についての最大値を与えることがここでの問題であるが，その前に，その構成成分である Merit を表はす $M(x)$ と Demerit を表はす $D(x)$ との内容について少しく吟味する必要がある。

受注にさいして仕込段階に無関係な見積り利益 I_1 をもって取引きが行なわれるものとし，受注出来ないときにこうむる利益 I_2（通常は $I_2 \leqq 0$）とすると，仕込を行うことによる期待利益は，期待値の定義より

$$M(x) = I_1 Q(x) + I_2 \{1 - Q(x)\} \qquad \cdots\cdots\cdots(4)$$

で求められる。ここで $Q(x)$ は，工場が仕込段階 x で，仕込品をもっている場合の製品の受注確率である。すなわち確実に注文がとれるならば

$$M(x) = I_1 \qquad \cdots\cdots\cdots(5)$$

となるわけであるが，受注の確実さがうすれることによって，この期待利益は減少して来ると考えるのである。

仕込段階xにおける受注確率 $Q(x)$は，この顧客の購買決定のさいの factor（たとえば納期，価格，品質など）によってきめられるが，それが納期によって大きく左右されると考えられる場合には，顧客の要求納期の確率分布から推測される。すなわち

$$P(t)=\int_t^\infty p(t)\,dt$$

から， $t \geqq \tau$は受注が可能と考えられるので

$$P(\tau)=\int_\tau^\infty p(t)\,dt$$

がえられる。又前提より，仕込段階 x とτは(1)式の関係

$$\tau=\tau(x)$$

で結ばれているので，受注確率 $Q(x)$ は

$$Q(x)\simeq P(\tau) \qquad \cdots\cdots\cdots(7)$$

により求められる。

一方，仕込品を在庫する場合の損失として，一般の在庫問題と同じく，いろいろの追加費用が先に示した期待利益から差引かれる形となっている。

(4)式における第２項を仕込に関するDemerit として仕込期間のＴの関数として考えることも可能であるので，ここでは$D(x,T)$として $I_2\{1-Q(x)\}$ を含ませることにする。

したがって，仕込による Demerit は仕込段階$x=0$において０で，xが大になるにつれて，保管のための諸経費，運搬費，破損その他の損耗による Risk，金利などが何れも単調に増加して来ると考えられるので，これらの合計として，一定の保管期間$T(T>0)$におけるDemerit をβ，cをパラメータとして

$$D(x,T)=\beta T x^c \qquad \cdots\cdots\cdots(8)$$

で表わすことにする。

$$b=\beta T \qquad \cdots\cdots\cdots(9)$$

とおくと

$$D(x)=bx^c \qquad b,\ c>o \qquad \cdots\cdots\cdots(10)$$

となる。

これらを(3)式に代入すると仕込段階 x における仕込による利得 $R(x)$は

$$R(x)=I_1P(\tau)-bx^c$$

となる。

両辺を b でわって $y=R(x)/b$ とおくと

$$y=rP(\tau)-x^c \qquad \cdots\cdots\cdots(11)$$

をうる。ここで

$$r = I_1/b \qquad \cdots\cdots\cdots(12)$$

とおいた。

当然，製品の利益は正でなければならないので

$$y > 0 \qquad \cdots\cdots\cdots(13)$$

である。これから

$$r > x^c/P(\tau) \qquad \cdots\cdots\cdots(14)$$

がえられる。定義より

$$O \leqq P(\tau) \leqq 1 \qquad \cdots\cdots\cdots(15)$$

であるので，$x >$O の仕込の可能な範囲については，r はかなり大きい値であることを要する。このことは r の定義が見積り利益 I_1 に対する仕込損失の係数 b の比率であることから仕込の考えられうる製品についてはかなり大きい値にならねばならないこととして容易に推察されることである。したがって，一方の r が小さいところでは，一定 c に対しては x は小でなければならず仕込はやれないことになり，受注確率Q(x)も減少して来る。

目的関数(11)式を最大にする τ は，方程式

$$\frac{dy}{d\tau} = O \qquad \cdots\cdots\cdots(16)$$

の根であるので，第1項の期待利益と Demerit の τ に対する勾配の等しいところが最大の利益を与えることがわかる。

また(11)式において前提(1)式を用いて

$$x^c = \xi(\tau) \qquad \cdots\cdots\cdots(17)$$

とおくと

$$r = \frac{\xi'(\tau)}{P'(\tau)} \qquad \cdots\cdots\cdots(18)$$

となる。ここで

$$\xi'(\tau) = \frac{d\xi(\tau)}{d\tau} \qquad \cdots\cdots\cdots(19)$$

$$P'(\tau) = \frac{dP(\tau)}{d\tau} \qquad \cdots\cdots\cdots(20)$$

である。

さらに一般に実用上の範囲で(1)式は

$$\frac{d\tau}{dx} \neq 0 \qquad \cdots\cdots\cdots(21)$$

であるので

$$r = \frac{d\xi/dx}{dP/dx} \tag{22}$$

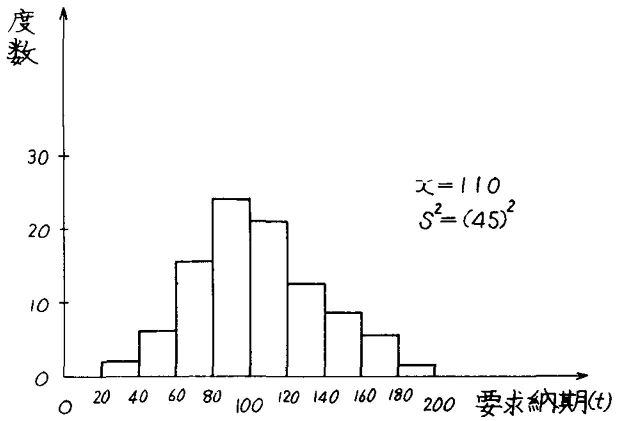
とも書きあらわすことが出来る。

これから r は Demerit の τ による減少率と，受注確率の τ による減少率の比であり，又Demerit の x による増加率と受注確率の x による増加率でもある。

3. 実際面からの検討

以上の理論を実際に応用して検討してみたい。

ある製品について過去の顧客の要求納期のヒストグラムを画くと図―1の如くで，これは正規



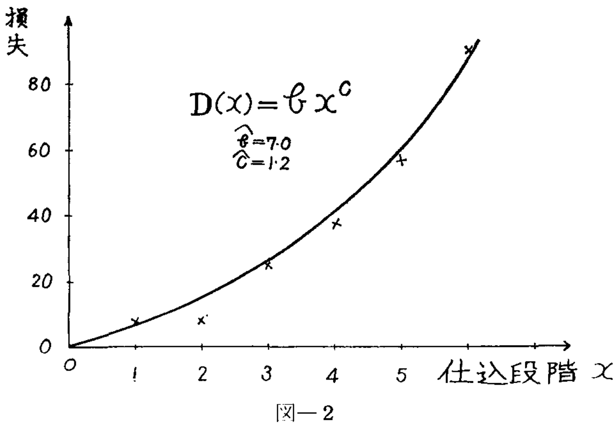
図―1

分布にほぼ近似することが出来る。パラメータは

$\hat{m}=110$

$\sigma^2=2025$

と推定出来る。ここで記号 σ はパラメータ σ の統計的推定値を意味する。又，Demerit については金利，運搬費などの実績を加算すると**図2**の如くになり，これから



図―2

$D(x)=bx^c$

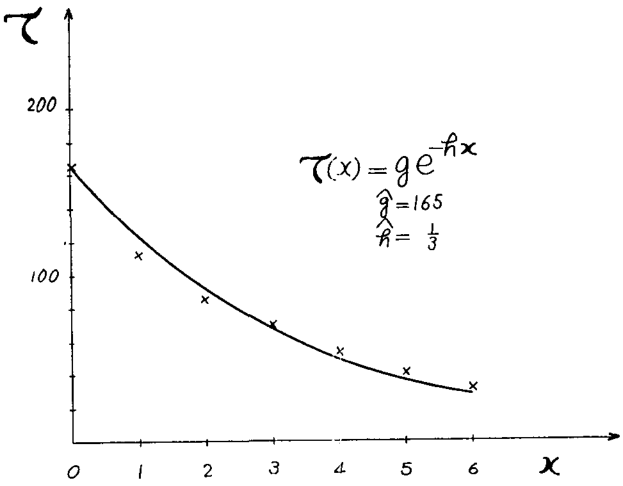
によりこれを表わすことが出来る。パラメータは

$$\hat{b} = 7.0$$

$$\hat{c} = 1.2$$

と推定出来る。

又，τ と x との関係は**図3**に示したごとくで，これから関数形を



図—3

$$\tau(x) = g^{-hx} \tag{32}$$

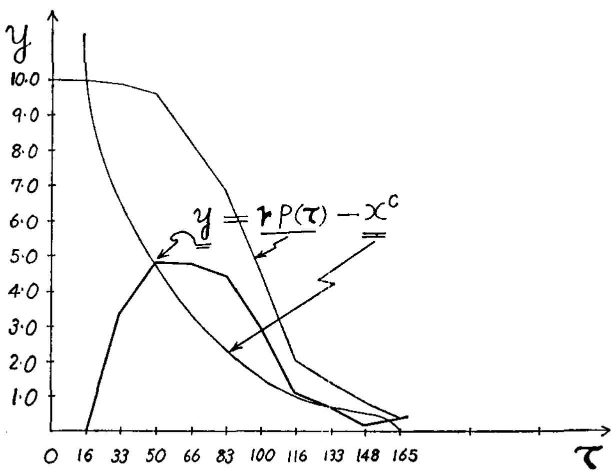
パラメータを

$$\hat{g} = 165$$

$$\hat{h} = 1/3$$

と推定出来る。

これらを用いてGraphicalに τ と y との関係を示すと**図4**の如くになる。これから最適の



図—4

$\tau \simeq 50$がえられる。

更に，これらのパラメータ {g, h, b, c, i, m, σ^2} が変化したいろいろの場合の最適な仕込段階は，これらの諸関係式から同様な解析により求めることが出来る。

4. 結　　言

注文生産における受注作戦の1つとしての半製品の仕込を若干の前提をおいて，解析的に考察して

（1）注文生産における仕込は受注作戦の1つとして把握出来ること。

（2）仕込の利得は受注確率を増加させる一方，多くの Demerit を増加させると仮定すると最適仕込段階における各々の増加率の比はその製品の見積り利益と仕込 Demerit の係数（仕込段階1単位当りの損失）の比に等しい。

ことを明らかにした。

今後は先に述べた前提の幅をひろげて

（1）仕込数量の各段階における最適値の決定。

（2）枝分れをもつ生産段階における仕込問題の解決。

（3）受注確率の確率分布の外的変化に即応出来る体制

などの実際の販売，生産活動に更に接近する必要がある。

終りにのぞみ，この問題のヒントを与えられた日立製作所笠戸工場上野工場長並びにいろいろのパラメータの推定について協力された多くの笠戸工場の関係者諸氏に厚く感謝の意を表わす次第である。

参　考　文　献

（1）たとえば
チャーチマン・アコフ，アーノフ著，森口訳：オペレーションズ　リサーチ入門
第8章　紀伊国屋書店（昭35）

（2）Springstead, D.R. "Determination of Obsolescences Cost" Bulletin, Opns. Res. Soc. Am. Vol. 9 (1961) pp B-24

（3）Quackenboss, F. B "Purchase and storage alternatives in a spare parts supply system" Bulletin, Ops. Res. Soc. Am. Vol. 8 (1960) pp B-106

（4）Simpson, K.F. "In-process Inventories" J. Ops. Res. Soc. Am. Vol. 6 (1956) pp 863-873