部品の信頼性設計とサービス部品管理の研究*

山 品 元** 岡村 健二郎** 小 畠 敬 良***

Design of Parts Reliability and Control of Spare Parts

Hajime YAMASHINA, Kenjiro OKAMURA
and Takayoshi OBATAKE

This paper deals with the control problem of spare parts for mass production items. After formulating general relations between production patterns, product life and part life characteristics; and products still-used quantities and demands of spare parts, a computer program to seek these relations was developed. Using this program, the behaviors of products still-used quantity curves and spare parts demand curves were investigated. This revealed that from the viewpoint of controlling spare parts products still-used quantity curves can be

classified into three groups according to the coefficient variations of product life distribution functions. While, spare parts demand curves can be classified into eight types. Finally, the policy to control spare parts was framed, taking holding costs of spare parts, fundamental classification of products still-used quantity curves, difficulty of predicting the product life and easiness of estimating part life into consideration, and design of parts reliability in order to ease the control of spare parts was discussed.

Key words: parts reliability design, spare parts control, production pattern, product life characteristics, part life characteristics, products still-used quantity curve, spare parts demand curve.

1. 緒 言

成熟経済の下で現代の社会は価値観が多様化し、また短期間のうちに市場の需要構造が激変するようになっていく。このため製品のライフサイクルは相対的に短くなっており、同じものを長期間にわたって製造することは困難になっている。一方、製品自体の構成はますます高級化、複雑化しており、また石油ショック以後省資源時代に入って「使い捨て」に対する反省もあり、製品は高度成長時代に比べてより長く使われるようになってきている。こうした背景のなかで、企業が何年も前に生産した製品に対してそのサービス部品を供給するということは、宣伝文句にも使われるように省資源時代における社会的要請であり、またその企業の信用を維持・昂揚するためにきわめて魅力的なことでもある。しかし、価値観の多様化に起因して、多くの製品はかつてのように大量生産されておらず、製品の種類そのものが増加しているため、想定されるサービス部品のすべてを用意しておくほど企業に潤沢な資金の余裕があるわけでもない。このようなことから、企業は今や重大なサービス部品管理問題に直面している。

これに対して、現在の信頼性理論は体系化した知識を

与えておらず、特に実用面からの研究に乏しく、サービス部品管理についての具体的指針を与えるに至っていない。しかたなく、企業では、実績をもとにサービス部品を管理しているのが現状である。このため、サービス部品の需要が急に増えたり、逆に減ったりして、過去の実績とそぐわない面が多々現れている。

本研究では、このような研究の現状にかんがみ、製品の生産ボタン、製品信頼度、部品寿命特性に応じてサービス部品需要がどのように挙動するかを調べることによって、サービス部品管理についての基本的・一般的認識を得、更にこの知識をもとに部品の信頼性設計をどのように行えばよいかについて論じる。

2. 問題の定式化

ある期間にわたって生産される製品を想定し、この製品は n 個の部品より構成されているとする。この製品の使用期間、つまり製品ライフは、製品特性のほかに、そのときの経済的・社会的・工業的背景など多くの不確定要素に依存すると考えられる。換言すれば、製品ライフはその製品を構成している主部品が寿命に達したときであると決めがたい。このような認識から、本論文では製品ライフに関して次のような基本的な仮定を行う。

- (1) 製品はそれを構成する部品寿命とは独立にそれ自身のライフをもつ。
- (2) 製品ライフはある確率分布関数に従う。いま、

* 原稿受付 昭和56年3月16日。昭和55年度精機学会春季大会学術講演会(昭和55年3月29日)にて発表。

** 正 会 員 京都大学工学部(京都市左京区吉田本町)

*** 久保田鉄工(株)(大阪市浪速区船出町2-22)

$m(t)$: 時刻 t における製品のライフ密度関数 ($t \geq 0$)
 $R(t)$: 製品の時刻 t における信頼度, つまり在存確率とすれば,

$$R(t) = 1 - \int_0^t m(\tau) d\tau \quad (t \geq 0) \quad (1)$$

次に部品寿命に関しては次のような仮定を設ける.

(3) 部品 p ($p=1, 2, \dots, n$) は寿命密度関数 $f_p(t)$ に従って寿命に達する.

(4) 寿命に達すれば直ちにサービス部品により交換される.

更に, 製品生産に関しては次のような仮定を設ける.

(5) 製品は時刻 t において単位時間当たり $p(t)$ 個生産される. ($0 \leq t \leq L$, L : 生産停止時刻)

最後に次のような仮定を設ける.

(6) 異なる時点で作られた製品のライフはいずれも同じ確率分布関数に従う.

(7) 異なる時点で作られた部品はいずれも同じ寿命密度関数に従って寿命に達する.

以上のような仮定のもので, 製品の生産パターン, 製品信頼度, 部品の寿命特性に応じてサービス部品需要がどのようなになるかを調べる.

3. 解 析

3.1 一般論

総生産量 P ならびに製品在存数 $U(t)$ (=時刻 t において市場に出回っている数) は次のようにして求められる.

$$P = \int_0^L p(t) dt \quad (2)$$

$$U(t) = \int_0^t p(\tau) R(t-\tau) d\tau \quad (3)$$

時刻 0 において P 個の製品を一括生産する場合には

$$U(t) = P \cdot R(t) \quad (3')$$

さて, 時刻 t より $(t+dt)$ までの微小期間 $[t, t+dt]$ における部品 p のサービス部品需要数 $D_p(t)dt$ を求める.

部品 p が時刻 t において m 回目の交換がなされる確率密度関数を $d_{p,m}(t)$ とすると, 微小期間 $[t, t+dt]$ に部品 p の m 回目の交換がなされる確率は,

$$d_{p,m}(t)dt = \int_0^t d_{p,m-1}(\tau) f_p(t-\tau) \{R(t)/R(\tau)\} d\tau dt \quad (4)$$

で与えられる. ただし,

$$d_{p,1}(t) = f_p(t) R(t) \quad (5)$$

したがって,

$$d_p(t) = \sum_{m=1}^{\infty} d_{p,m}(t) \quad (6)$$

とおけば, 部品 p が微小期間 $[t, t+dt]$ で交換される確率は $d_p(t)dt$ で与えられる.

故に,

$$D_p(t)dt = \int_0^t p(\tau) d_p(t-\tau) d\tau dt \quad (7)$$

時刻 0 において P 個の製品を一括生産する場合には,

$$D_p(t)dt = P d_p(t)dt \quad (7')$$

また, 部品 p の時刻 t までに必要とされるサービス部品数 $S_p(t)$ は

$$S_p(t) = \int_0^t D_p(\tau) d\tau \quad (8)$$

で与えられる. 必要な総サービス部品数は $S_p(\infty)$ で与えられる.

本研究では, 時間 t の関数である $U(t)$, $D_p(t)$ が描く曲線をそれぞれ製品在存曲線, サービス部品需要曲線と呼ぶこととする.

3.2 部品寿命が指数分布関数に従う場合

一般に任意形状の $p(t)$, $R(t)$, および $f_p(t)$ に対して解析的に $D_p(t)$ を求めることは極めて困難であるが, $f_p(t)$ が

$$f_p(t) = \frac{1}{\mu_p} e^{-\frac{t}{\mu_p}} \quad (\mu_p: \text{部品寿命の平均値}, t \geq 0) \quad (9)$$

で定義される場合, $D_p(t)$ と $U(t)$ の関係は簡単に

$$D_p(t) = (1/\mu_p) U(t) \quad (10)$$

のように与えられる. この $(1/\mu_p) U(t)$ が描く曲線を等価指数曲線と呼ぶこととする. また, 総サービス部品数は若干の考察のち,

$$\begin{aligned} S_p(\infty) &= \int_0^{\infty} D_p(t) dt \\ &= \int_0^{\infty} (1/\mu_p) \cdot P \cdot R(t) dt \\ &= (1/\mu_p) \cdot p \left\{ [t \cdot R(t)]_0^{\infty} - \int_0^{\infty} t(-m(t)) dt \right\} \\ &= (\mu/\mu_p) P \\ &= [(\text{ライフ平均/寿命平均})(\text{総生産量})] \end{aligned} \quad (11)$$

と求められる. ここで, $\mu = \int_0^{\infty} t m(t) dt$ は製品ライフの平均値である.

4. 製品在存曲線の基本的分類

任意の生産形態, 製品ライフ特性, 部品寿命特性に対応する製品在存曲線, サービス部品需要曲線を求めるために, コンピュータシミュレーションプログラムを展開したが, 紙数の都合上その詳細は省略する. 詳しくは文献 1) を参照.

このコンピュータシミュレーションプログラムを用い

Fig. 1 Six representative production patterns

- (a) lump shape production
 (b) uniform shape production
 (c) expanding shape production
 (d) reducing shape production
 (e) triangular shape production
 (f) trapezoid shape production

Fig. 2 Effect of mean product life on products still-used quantity curve
Truncated normal distribution $C_v=1/2$, lump shape production

Fig. 3 Effect of product life probability density function on products still-used quantity curve (lump shape production)

て、生産パターン、製品ライフの特性に応じて製品在庫曲線がどのように挙動するかを求め、製品ライフの平均値の違い、製品のライフ密度関数の関数形およびその変動係数の違い、生産パターンおよびその期間の違いなどによる影響を調べた。

この目的のために、製品ライフの密度関数 $m(t)$ とし、て次のものを想定した。

(1) $m(t)$

一様分布	変動係数 $C_v^*=1/8, 1/4, 1/2$
切れた正規分布	$C_v=1/8, 1/4, 1/2$
対数正規分布	$C_v=1/8, 1/4, 1/2,$ 1.0
ワイブル分布	$C_v=1/8, 1/4, 1/2,$ 1.0**

また生産パターンとしては、基本的な形として図1に示すような次の6つを想定した。

(2) 生産パターン $p(t)$

一括生産 一様生産 拡大生産
 縮小生産 三角生産 台形生産

また生産期間としては次の4通りを想定した。

(3) 生産期間 $L=1, 50, 100, 200$

4.1 製品ライフの平均値の違い

シミュレーション結果の一例を図2に示す。これは一括生産した場合で、 $m(t)$ が切れた正規分布に従う場合を示している。ここでは製品ライフの平均値 μ を $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$ と4通りに変えている。図にみるように、製品ライフの平均値の違いは製品在庫線を平均値の違いだけ平均移動させることになる。

4.2 製品のライフ密度関数の関数形による違い

図3に、一括生産の場合で μ, σ を固定した下で、関数形の違いによる製品在庫線の違いを求めた結果を示す。(a), (b) では切れた正規分布、対数正規分布、ワイブル分布、一様分布の差を、(c) では切れた正規分布、対数正規分布、ワイブル分布の差をみている。これより、変動係数 C_v が大きいときには関数形による違いが多少現れるものの、大局的にみれば関数形による違いは少なく、製品在庫線は主として変動係数によるとしていい。

* $C_v=\sigma/\mu$ 。ここで μ は $m(t)$ の平均値、 σ は標準偏差である。

** ワイブル分布で $C_v=1.0$ の場合、指数分布となる。

Fig. 4 Effect of coefficient variation of $m(t)$ on products still-used quantity curve (lognormal distribution, lump shape production)

Fig. 6 Effect of production period on products still-used quantity curve
Lognormal distribution $C_v=1/2$, lump shape production and uniform shape production

Fig. 5 Effect of production pattern on products still-used quantity curve and spare parts demand curve
Product life; lognormal distribution $C_v=1/2$, part life; lognormal distribution, $\mu_p/\mu=1/4$, $C_{vp}=1/2$

4.3 変動係数 C_v による影響

図4に一括生産した場合で、 $m(t)$ が対数正規分布に従う場合について、 μ を固定して σ を、つまり変動係数 C_v を種々変えた場合の結果を示す。変動係数が大きいほど曲線はゆるやかな形を描く。変動係数が大きいと早くからライフの尽きるものが出てくるが、一方長期間にわたって市場に在存するものもあり、それだけサービス部品の在庫管理に手間がかかることになる。

4.4 生産パターン $p(t)$ による影響

生産パタンの違いが製品在存曲線に及ぼす影響を調べた結果の一例を図5(実線部分)に示す。製品在存曲線

は、生産期間中、当然のことながら生産ボタンに大きく依存する。生産中止後は、おおむね生産ボタンに関係なく、徐々に似た挙動を示すようになる。

4.5 生産期間 L による影響

図6は、同じライフ特性を持つ製品を一定量生産するときに、生産期間が製品在存曲線に及ぼす影響を調べた一例である。図から分かるように、製品在存数は、短期の生産では、生産期間中はほぼ線形に増加する。長期の生産では、生産期間の初期ではほぼ線形に増加していくが、次第に増加率が減少し、製品在存曲線は(上に)凸形を呈するようになる。これは、生産期間が長期になると、

Fig. 7 Demand curve of spare parts when $R(t) \equiv 1$

初期に生産した製品の多くが生産期間中にライフに達するからである。生産中止後における各製品在庫曲線は、一括生産の場合の製品在庫曲線を平行移動したものにほぼ重なりと考えるてよい。

4.6 製品在庫曲線の基本的分類

以上の結果から、製品在庫曲線は、サービス部品管理の立場からは、主に製品のライフ密度関数の変動係数の大きさの違いによって次の3種類に分類することが適当と判明した。

- ① 製品在庫数がある時点以後急速に減少するタイプ。これは変動係数 C_v が小さいときに現れる。
- ② 製品在庫数が緩慢に減少していくタイプ。これは C_v がやや大きいときに現れる。
- ③ 製品在庫数の減少がきわめて緩慢でなかなか0に減少しないタイプ。これは C_v が大きいときに現れる。

5. サービス部品需要曲線の基本的分類

分類に先立って、製品の信頼度が常に1である場合、つまり製品はいつまでも廃棄されないで使用されつづける場合を想定する。このことによってサービス部品需要曲線についての予備的知識を得ることができる。この目的のために、部品 p の寿命密度関数 $f_p(t)$ として次のも

のを想定した。

一様分布	変動係数 $C_{vp}^* = 1/8, 1/4, 1/2$
切れた正規分布	$C_{vp} = 1/8, 1/4, 1/2$
対数正規分布	$C_{vp} = 1/8, 1/4, 1/2, 1.0$
ワイブル分布	$C_{vp} = 1/8, 1/4, 1/2, 1.0$

しかし、数値実験の結果、サービス部品需要曲線は、寿命密度関数の関数形にはあまり関係せず、主として C_{vp} のみによった。したがって、以下では寿命密度関数については C_{vp} のみで示す。

5.1 $R(t) \equiv 1$ の下でのサービス部品需要曲線

図7に C_{vp} を変えた (μ_p を固定し、 σ_p を変化させた) 場合のサービス部品需要曲線 (×印) を示す。図で水平線はこの場合の等価指数曲線である。これより分かるように、サービス部品需要曲線は σ_p が小さいほど振動現象が顕著に現れる。逆に振動現象は $\sigma_p \geq \mu_p/2$ では現れない。現実のように、 $R(t)$ が時間の経過とともに減少していく場合でも同様のことが背景にあると考えられる。この事実をふまえた上で、次に、基本的な生産パターン、期間、製品ライフ特性、部品寿命特性に応じて、サービス部品需要曲線がどのように挙動するかを調べることにし、サービス部品需要曲線の基本的分類を行う。

* $C_{vp} = \sigma_p / \mu_p$ 。ここで σ_p は関数 $f_p(t)$ についての標準偏差である。

Fig. 8 Classification of demand curves of spare parts

5.2 一括生産の下での分類

図8前半に示すように次の5種類に分類できる。

タイプ1: 等価指数曲線を中心に振動現象が現れ、それがずっと続くタイプ。これは C_{vp} が小さい場合で、しかも減衰振動が収束する以前に製品のライフが尽きてしまうときに現れる。従来の予測手法²⁾はまったく使えないと考えてよい。部品の寿命特性から周期を知る必要がある。初期の周期の、製品在庫数がまだ多い時期においてはサービス部品供給不足、あるいは逆に過剰在庫の危険性がある。周期が進むにつれてサービス部品需要量は製品在庫数に応じて減少する。製品在庫数がかなり減少した後では、高価な部品に対しては、製品が市場からなくなってからの部品廃棄リスクを最小にするために、特に綿密な在庫管理を必要とする。

タイプ2: タイプ1と同様、等価指数曲線を中心に振動現象が現れるが、時間が経つにつれて等価指数曲線に一致してしまうタイプ。これは、 C_{vp} は小さいがタイプ1よりは大きい場合、あるいは C_{vp} はタイプ1と同程度であるが C_v が大きく長期間製品が市場に残存する場合に現れる。振動現象が現れる部分ではタイプ1で言及したことがそのままあてはまる。等価指数曲線に収束してのちは従来の予測理論で対処しえんと考えてよい。

タイプ3: 急速な増加を示した後ですぐに等価指数曲線に収束するタイプ。これは C_{vp} がタイプ1, 2より大きい場合に現れる。最初のサービス部品需要増加に対して適確に予測することによって供給不足を避けら

れれば、あとはタイプ2の等価指数曲線への収束域と同様に考えればよい。

タイプ4: 急速な増加の後それとはほぼ対称に減少し、次いで平坦になり、最後に等価指数曲線に収束するタイプ。2回目の部品交換需要が現れようとする時期において製品ライフの尽きるものが多い場合に現れる。この曲線は需要が相当少なくなって初めて等価指数曲線にとらえられるようになる。市場に製品が出てからしばらくして1回目のサービス部品需要のピークが現れる時期およびその量を予測することはタイプ3の場合ほど簡単でない。製品在庫数を予測し、それと部品寿命特性から綿密な需要予測を行う必要がある。

タイプ5: 急速な増加の後それとはほぼ対称に減少するタイプ。これは、2回目の部品交換需要が現れようとする時期において、かなりの製品がすでにライフに達しているためにそれ以降の需要が少なくなるときに現れる。従来の予測法ではまったく対処しえない。

5.3 一様生産の下での分類

図8後半に示すように更に次の3種類が加わる。

タイプ6: タイプ1、あるいは(ある特定の条件の下での)タイプ2の性質をもつ部品をある期間にわたって一様生産するとこのタイプが現れる。等価指数曲線サービス部品需要曲線についての一つの目安を与える。追従性に問題があるも従来の予測理論で何とか対処できるのでサービス部品需要の管理の観点からは比較的問題のないタイプといえる。

タイプ7: タイプ2(一部の条件の下でのタイプ2を

Table 1 Conditions under what circumstances each type of spare parts demand curve appears

	σ/μ																																																																				
	1/8 1/4 1/2 1	1/8 1/4 1/2 1	1/8 1/4 1/2 1	1/8 1/4 1/2 1																																																																	
$L=200$	<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>7</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>6</td><td></td><td></td></tr></table>						7								6			<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>7</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>6</td><td></td><td></td></tr></table>						7								6			<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>7</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>8</td><td></td><td>6</td></tr></table>							7							8		6	<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>7</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>8</td><td>6</td></tr></table>								7							8	6	1 1/2 1/4 1/8
	7																																																																				
	6																																																																				
	7																																																																				
	6																																																																				
		7																																																																			
	8		6																																																																		
			7																																																																		
		8	6																																																																		
$L=100$	<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>7</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>6</td><td></td><td></td></tr></table>						7								6			<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>7</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>6</td><td></td><td></td></tr></table>						7								6			<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>7</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>8</td><td></td><td>6</td></tr></table>							7							8		6	<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>7</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>3</td><td></td></tr><tr><td></td><td>5</td><td></td><td>4</td></tr></table>							7				3			5		4	1 1/2 1/4 1/8
	7																																																																				
	6																																																																				
	7																																																																				
	6																																																																				
		7																																																																			
	8		6																																																																		
		7																																																																			
		3																																																																			
	5		4																																																																		
$L=50$	<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>7</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>6</td><td></td><td></td></tr></table>						7								6			<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>7</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>6</td><td></td><td></td></tr></table>						7								6			<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>7</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>5</td><td></td><td>4</td></tr></table>							7							5		4	<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>7</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>3</td><td></td></tr><tr><td></td><td>5</td><td></td><td>4</td></tr></table>							7				3			5		4	1 1/2 1/4 1/8
	7																																																																				
	6																																																																				
	7																																																																				
	6																																																																				
		7																																																																			
	5		4																																																																		
		7																																																																			
		3																																																																			
	5		4																																																																		
$L=1$	<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>3</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>2</td><td></td><td></td></tr></table>						3								2			<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>3</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>2</td><td></td><td></td></tr></table>						3								2			<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>3</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>5</td><td></td><td>4</td></tr></table>							3							5		4	<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>3</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>5</td><td></td><td>4</td></tr></table>							3							5		4	1 1/2 1/4 1/8
	3																																																																				
	2																																																																				
	3																																																																				
	2																																																																				
		3																																																																			
	5		4																																																																		
		3																																																																			
	5		4																																																																		
	$\mu_p = \mu/4$	$\mu_p = \mu/2$	$\mu_p = \mu$	$\mu_p = 2\mu$																																																																	

除いて), 3, 4 の性質をもつ部品をある期間にわたって一様生産するとこのタイプが現れる. サービス部品需要曲線は, 生産期間中は等価指数曲線からほぼ一定値を引いたものとなり, 生産中止後は等価指数曲線に収束する. 従来の予測理論で対処できる.

タイプ 8: タイプ 5 の性質をもつ部品をある期間にわたって一様生産するとこのタイプが現れる. これはタイプ 5 に示されている山が連続したものと考えられる. 需要の増加が始まるところと減少したところを除けば従来の予測理論で十分対処できる.

表 1 は以上 8 つのタイプがどのような場合に表れるかを整理したものである. この表より, ある期間にわたって製品を生産することは, 一括生産の場合に現れる振動現象をならすことになるといえる.

これらの分析から, 現在自動車会社等でよく行われている「製品生産量よりも 5~10% 多く部品を生産しておき, これをサービス部品として保管しておく」というようなサービス部品管理方法は, 全く合理性に欠けていると断言できる.

5.4 生産パターンによる影響

図 5 (×印部分) は生産パターンの違いがサービス部品需要曲線に及ぼす影響を調べた結果の一例である.

一括生産から他の生産パターンに移行するにつれて等価指数曲線の影響をより強く受けるようになることが分かる.

5.5 製品ライフ, 部品寿命の分布形による影響

紙数の制約上その詳細は省略するが, 結論のみを述べるといづれの場合もその分布形の違いがサービス部品需要曲線に及ぼす影響は少ない.

その他種々の場合を想定したが結論として先の 8 つの分類タイプですべて把握できるといえる. 詳しくは文献 1) を参照.

6. サービス部品管理と部品の信頼性設計

サービス部品の在庫管理を行う上で常に念頭においておかねばならないこととして次の三つがある.

(1) サービス部品は, 保持コストの観点から見て, 高価なもの, 中位のもの, 安価なもの, の 3 種類に分類できる. したがって, サービス部品の保持コストが高価な場合に対し

ては, サービス部品の需要予測がきわめて重要となる.

(2) 製品在庫数曲線は, 製品が市場にどの程度長期間とどまるかによって, 先に見たように 3 種類に分類できる. 製品が市場に長くとどまる場合には, 部品として在庫するよりも必要とされる時点でその都度生産した方が賢明となる場合が多い. 一方, 製品在庫数が急速に減少する場合には適当な時点でそれ以後現れるサービス部品需要量を想定し, 一括生産して在庫 (最終需要見込み一括生産と名づける) として保持しておくことが意味をもつ.

(3) 製品在庫曲線を予知することはサービス部品需要量を推定する上できわめて重要といえるが, これは特殊な場合を除いて困難である. 一方, 部品の寿命特性については比較的予測が簡単である. この場合, 考えられることはサービス部品需要から逆に製品在庫数を予測することである. 先に述べたように, 部品のサービス部品需要曲線がある種のタイプをとるときこのことが可能である. 高価なサービス部品の在庫管理に当たってはこのような逆方向の探知によってでも製品在庫曲線を知ることが肝要となろう.

このような三つの観点から, 8 タイプのサービス部品需要曲線のそれぞれに応じた在庫管理方策が考えられる. その詳細は紙数の都合上省略するが, サービス部品需要曲線のいくつかのタイプは, サービス部品の在庫管理上, 望ましくない挙動を示す* (次ページ). このとき, 部

品の信頼性設計者がこのようなタイプを避けてサービス部品の管理をより好ましい方向へ持っていくために取り得る方策として次の三つが考えられる。

- (1) 部品の標準化・共通化
- (2) 部品の平均寿命の延長
- (3) 部品寿命の標準偏差の操作

このうち、(1)はどんなタイプに対しても有効であるが、特にタイプ1,2の場合に、そしてまた製品が長期間にわたって使用される可能性のある場合に効果が大きい。

しかし、部品によっては製品の特殊性を出すためにどうしても標準化できないものがある。このような場合、設計者がとり得る方策は(2),(3)のみである。

しかし、表1に見るごとく、平均寿命 μ_p ならびに標準偏差 σ_p を変化する効果はそれぞれのタイプで大きく異なる。したがって信頼性設計者には、あらかじめこれらの効果を認識し、ばらばらな個々の部品寿命の改良に取り組むのではなく大局的見地に立って製品を構成する部品のいずれをどのように改良すればよいかの指針を持つことが望まれる。表1はこのための非常に有用な指針を与えよう。

7. 結 論

本論文では、製品の生産パターン、製品信頼度、部品寿命特性に応じて、製品在庫曲線、サービス部品需要曲線がそれぞれどのように挙動するかを調べることによって、次のような結果を得た。

* 詳しくは文献1)を参照。

- (1) 製品在庫曲線は、サービス部品管理の立場からは主に製品のライフ密度関数の変動係数の大きさの違いによって基本的に3種類に分類できる。
- (2) サービス部品需要曲線は、一括生産の場合5種類に、またある期間にわたっての生産を考える場合、更に3種類のタイプが加わって、結局、基本的には8種類に分類できる。
- (3) 製品の生産パターンの違いが、サービス部品需要曲線に及ぼす影響は、同じ条件の下で一括生産した場合のサービス部品需要曲線のタイプに生産パターンによる影響を考察することによって把握できる。
- (4) 製品ライフや部品寿命の分布形の違いが、サービス部品需要曲線に及ぼす影響はほとんどない。主として分布形の変動係数が決定因子である。
- (5) サービス部品需要曲線の予測には、従来の予測理論が使えるタイプと使えないタイプがある。使えるタイプに関しては逆にそれより製品在庫曲線の予測が可能となる。

更に、本論文では、サービス部品の保持コストの大小、製品在庫曲線の基本的分類、製品ライフ・部品寿命の予測の難易性をふまえた、サービス部品管理のあり方を考察することから、サービス部品管理を安価で容易にするための部品の信頼性設計について論じた。

参 考 文 献

- 1) 小島敬良: 信頼性設計とサービス部品管理の研究, 修士論文, 京大大学院工学研究科, 昭和54年2月.
- 2) A. B. Thomas: Stock Control in Manufacturing Industries, Gower Press, Hampshire, (1977).