研究ノート

続 耐久消費財の寿命について (二)

小林秀徳

四 自動車需要関数の計測

一般に耐久財の需要は二種のものから構成されている。一は新規需要であり、他は更新需要である。ここで新規・更新両需要に対して別々の市場が存在すると考えることは必ずしも正しくないが、予備的考察から、新規需要はサービス価格に依存し、更新需要は耐久性に依存すると考えることは常識的な判断であると思われる。本節では前節の結果を用いてこの仮説をモデル化し、実際の需要データをあてはめてその当否を検討しよう。

(一) 新規需要について

新規需要は保有ストックを増加させるものである。したがって前節で見た「修正されたサービス価格(以下pのかわりにπを用いる)」の関数として説明される保有ストック $S=f(\pi)$ は、時間で一階微分してやることによ

り新規需要関数となる。以下ではこのπのヴィンティジ別の値を導出し、次にそのπを用いてストック調整原理に基く新規需要関数を作成する。

(i)　πの導出

前節で明らかなようにπは次のようにして計算される。すなわち

取替間隔をTとする時、一取替間隔内のユーザーの総支出を取替間隔の期首時点の価値としてあらわしたもの$R(T)$は、Tの関数として次のようにあらわされる。

総支出＝資本費的支出　＋　経費的支出

$$R(T)=P_0-P(T)e^{-rT}+\int_0^T C(t)e^{-rt}dt$$

ここに

P_0……新車価格

$P(t)$……車令tの中古価格

$C(t)$……車令tの年間走行・維持経費

r……割引率

この時、修正されたサービス価格は

$$\pi=\frac{rR(T^*)}{1-e^{-rT^*}}$$

であらわされる。ここにT^*は最適寿命方程式の解、すなわち

$$T^*\epsilon\left\{T\,\middle|\,\frac{R'(T)}{R(T)}=\frac{r}{e^{rT}-1}\right\}$$

である。今、$P(t)$、$C(t)$を

$$P(t)=P_0e^{-\theta t}\qquad \theta>0 \tag{1}$$

$$C(t)=C_0e^{\beta t}\qquad \beta>0 \tag{2}$$

と特定化すれば、総支出の期首時点価値

$$R(T)=(1-e^{-(r+\theta)T})P_0+\frac{e^{(\beta-r)T}-1}{\beta-r}C_0$$

および最適寿命方程式

$$P_0[r-e^{-\theta T}(r+\theta-\theta e^{-rT})]=\frac{C_0}{\beta-r}[r-e^{\beta T}(r-\beta+\beta e^{-rT})]$$

を得る。

まずこのモデルの想定(1)、(2)の経験的妥当性を吟味しよう。**表1**に昭和47年から50年にかけての新車価格のデータを示す。ここで各3段の数値のうち最上段がそれぞれの価格を表している。第2段の( )内の数字は上段を自動車関係物価指数でデフレートして50年価格に換算したものである。最下段の数字は表頭の各車種の販売シェアである。この車種の選び方は多分に恣意的ではあるが、代表的な乗用車の最量販車種であると考えて良い。この表中の物価修正済みの価格を販売シェアで重み付けて平均したものが右端の平均新車価格である。**表2**は**表1**と

表1 新車価格 （自工会調べ）

年式	車種				平均新車価格
	クラウン 2000, 4Dr	セドリック 2000, 4Dr	コロナ 1600, 4Dr	ブルーバード 1600, 4Dr	
47	118.8 (183.3) 0.1245	119.7 (184.7) 0.1237	62.7 (96.8) 0.2879	62.4 (96.3) 0.4639	118.21
48	141.1 (202.4) 0.1879	132.5 (190.1) 0.1523	62.7 (90.0) 0.3213	74.4 (106.7) 0.3385	132.02
49	165.5 (179.1) 0.1578	165.5 (179.1) 0.1166	85.2 (92.2) 0.4406	87.6 (94.8) 0.2850	116.26
50	174.5 (174.5) 0.1801	162.4 (162.4) 0.1035	85.8 (85.8) 0.4381	89.2 (89.2) 0.2782	110.64

単位万円（ ）内は50年価格換算値
三段目は販売台数のシェア

表2 中古価格
（シルバーブック中古車価格表より）

車令	47年車	48年車	49年車	50年車
0	118.21	132.02	116.26	110.64
1			73.41	79.84
2		64.41	69.45	66.24
3	50.59	58.83	57.00	62.01
4	44.61	46.08	49.99	
5	32.39	37.87		
6	25.18			

単位万円，数字はすべて50年価格

同じ車種についての中古価格のデータから、**表1**と同じ手続で平均価格をもとめた結果であって、数値はすべて50年価格へ物価修正済みのものである。

このデータにもとづいて、回帰モデル

$$\ln P = \ln P_0 - \theta t + \varepsilon$$

のパラメーターP_0、θを推定してやると

47年車：$\ln P = \ln 116.4 - 0.2549\,t$　　$R^2 = 0.9938$

48年車：$\ln P = \ln 121.3 - 0.2431\,t$　　$R^2 = 0.9653$

49年車：$\ln P = \ln 103.3 - 0.1941\,t$　　$R^2 = 0.9068$

50年車：$\ln P = \ln 103.6 - 0.1924\,t$　　$R^2 = 0.9162$

を得る。いずれの回帰式も非常に高い説明力があり、このことは(1)式の特定化が経験的には受け容れ得るものであることを物語っている。

次に**表3**にユーザーへのアンケート調査から得られた平均的な走行粁当りの走行経費と維持経費の合計を示す。( )内は**表1**と**表2**で用いたデフレーターによる50年価格換算値である。この**表3**の( )内の数値を用いて、平均年間走行12,000*km*とした場合の年間走行・維持経費を**表4**に示す。

このデータを用いて、回帰モデル

$$\ln C = \ln C_0 + \beta t + \varepsilon$$

のパラメーターC_0、βを推定してやると、

47年車：$\ln C = \ln 14.91 + 0.1555\,t$　　$R^2 = 0.789$

48年車：$\ln C = \ln 14.89 + 0.1418\,t$　　$R^2 = 0.889$

49年車：$\ln C = \ln 18.56 + 0.0765\,t$　　$R^2 = 0.862$

表3 走行粁当り総経費

車　令	47年車	48年車	49年車	50年車
0	6.96	7.90	14.63	13.31
	(10.74)	(11.33)	(15.83)	(13.31)
1	11.09	13.97	15.15	15.65
	(15.91)	(15.12)	(15.15)	(14.82)
2	17.89	18.18	19.73	19.38
	(19.36)	(18.18)	(18.68)	(17.96)
3	20.72	20.09	20.86	16.22
	(20.72)	(19.02)	(19.33)	(15.49)
4	21.62	22.15	17.18	
	(20.47)	(20.53)	(16.41)	

単位：円（　）内は50年価格換算値
運輸省自動車局編「自家用自動車の点検整備実施状況等の実態調査結果」より

表4 年間走行・維持経費

車　令	47年車	48年車	49年車	50年車
0	12.88	13.60	19.00	15.97
1	19.09	18.14	18.18	17.78
2	23.23	21.82	22.42	21.55
3	24.86	22.82	23.20	18.59
4	24.56	24.64	19.69	

単位万円，数字はすべて50年価格

表5 残差の系列
（経費実績値—予測値）

47 年 車	48 年 車	49 年 車	50 年 車
−2.03	−1.29	+0.44	− 0.7
+1.67	+0.98	−1.85	± 0
+2.88	+2.04	+0.79	+2.58
+1.09	+0.03	−0.14	−1.65
−3.21	−1.63	−5.51	

50年車：$\ln C=\ln 16.67+0.0642\,t$　　$R^2=0.453$

を得る。この回帰式各々の説明力は前の価格の場合と比べてかなり劣るが、この回帰式で予測を行う際の残差の時系列を見てみると、**表5**のようになり、概ねこの予測式を受け容れて差しつかえないものと思われる。

したがって、資本費的支出についても経費的支出についても、前の想定(1)(2)は経験的に妥当なものであると判断される。かくしてわれわれは、特定化された一取替間隔内の総支出期首時点価値$R(T)$を得ることができ、それに

より最適寿命および修正されたサービス価格を計算によって求めることができる。この結果は次の通りである。但し割引率は7%とした。

(a)　昭和47年車

$P(t)=116.4\,e^{-0.2549t}$　　$T^*=5.43$　(年)

$C(t)=14.91\,e^{0.1555t}$　　$\pi=44.64$（万円)

(b)　昭和48年車

$P(t)=121.3\,e^{-0.2431t}$　　$T^*=6.02$

$C(t)=14.89\,e^{0.1418t}$　　$\pi=45.96$

(c)　昭和49年車

$P(t)=103.3\,e^{-0.1941t}$　　$T^*=7.80$

$C(t)=18.56\,e^{0.0765t}$　　$\pi=41.85$

(d)　昭和50年車

$P(t)=103.6\,e^{-0.1924t}$　　$T^*=10.10$

$C(t)=16.67\,e^{0.0642t}$　　$\pi=36.91$

この結果は次のように読まれるべきである。すなわち、例えば、昭和49年車を新車として購入しようとするユーザーが、もしその時点で本稿第二節で示した意味で合理的な購入計画を立てるのであれば、年間走行粁を12,000*km*とするとき、取替間隔を7.80年とするであろう。そして、この消費計画が含意する無限の将来にわた

る総支出の平均年額 annuity は 418,500 円である。

したがって、このヴィンティジの機械的な寿命が7.80年よりも長い場合には問題はないが、もしこれより短いならば、このユーザーは、取替間隔を最適寿命よりも短かく設定しなければならず、その分418,500円よりも高い年間支出を蒙ることになる。その場合、需要量はπの関数であるから、市場全体としては需要が減退することになろう。

機械的寿命が最適寿命T^*よりも長い場合に、T^*年後にこのユーザーから手ばなされる機械的寿命の残存した車は、もし全ユーザーが年間予定走行粁を等しくしているならば、全くひきとり手に出会う可能性はなく、廃棄される。しかし現実にはそうはならない。なぜなら、年間走行粁数の予定は各ユーザーの裁量するところであり、最適寿命は予定年間走行粁の減少関数だからである。すなわち、機械的寿命が残存しながらT^*年で予定走行12,000 kmのユーザーから捨てられた車は、中古車の市場を通して予定年間走行粁のもっと短かいユーザーへとひきとられて行くのである。

したがって全ユーザーの平均年間予定走行粁数にもとづく最適寿命T^*の値は、該ヴィンティジの平均寿命となっていると考えられよう。

(ii) 最大保有水準

ある時点における人口Pの成長率 dP/dt は、人口の大きさPおよび残された増加余地の大きさに比例する。棲息可能な最大人口をMとすればこの関係はkを比例定数として

$$\frac{dP}{dt}=kP(M-P)$$

と定式化される。この微分方程式の解

$$P=\frac{M}{1+Ce^{-kMt}}$$

は一般にロジスチック曲線と呼ばれる。

この考え方を保有ストックの成長に適用したものが最大保有水準（Maximum Ownership Level）に基くストック調整原理である。すなわち、いかなる時点においても、経済的・社会的諸条件から決まる最大保有水準Mがあり、消費者は実際の保有ストックSをその水準へ向けて絶えず調整している、と考える。この上限Mは定数ではなく動態的に変化する変数であり、それは恐らく

① 世帯数等の人口学的要因

② 可処分所得や価格および経費等の購買力要因

③ 耐久性等の取替要因

などの関数であろう。この関数が計測されれば、それと統計的に推定されたkの値とによって、すべての期におけるストックと新規需要量とが予測されることになろう。

新規需要は保有ストックの増加率に他ならないから、このストック調整原理は

$$\frac{dS}{dt}=kS(M-S)$$

と定式化される。両辺をSで除してやれば、

$$\frac{dS/dt}{S}=kM-kS \tag{1}$$

となって、Mが一定であるような期間をとれば、(1)式の右辺第一項は定数となるから、そのような期間内ではストックの相対的増加率は、ストック量との間に線形の関係をもつことがわかる。Mが分析の全期間中一定であれば、この関係は通常の最小自乗法で測定することができる。しかし実際にはMは一定ではないから、**図1**に示されるようなストックの相対的増加率とストック量とが一次式であらわされる関係をもつと思われる期間にわけてkとkMの値を測定してやることにする。すると、

(a) 昭和46年~48年

$$\frac{\Delta S/\Delta t}{S}=0.321-1.31\times10^{-4}\,S \qquad R^2=0.987$$

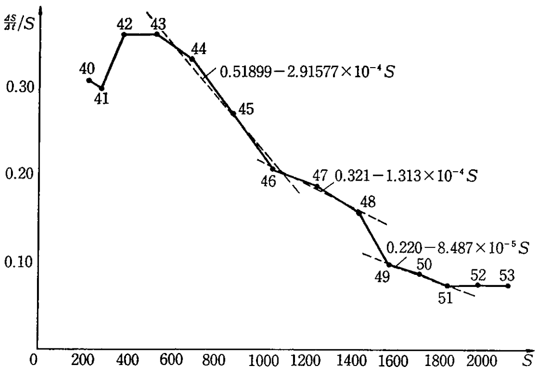

図1 ストックと相対増加率

(b) 昭和49年~50年

$$\frac{\Delta S/\Delta t}{S}=0.220-8.49\times10^{-5}\,S \qquad R^2=0.963$$

という結果を得る。これに基いて各期の最大保有水準を推定してやると、**表6**の右端の欄を得る。

次の関心はこうして得られたMのデータに基いて、

$$M=f\ (\text{人口学的要因, 購買力要因, 取替要因})$$

という関数を計測することである。まず人口学的要因としては世帯数Hをとることとする。購買力要因としては所得要因と価格要因とが考えられるが、車の需要は販売価格ではなく修正されたサービス価格π(総支出のannuity)の関数であるというのがわれわれの基本的な仮説であるから、所得要因には可処分所得を総合消費者物価指数でデフレートしたものIをとり、価格要因には前節で測定したπをとる。ここで

$$\pi=\frac{rR(T^*)}{1-e^{-rT^*}}$$

であることを思えば、これで取替要因もカウントされていることになると考えて良いであろう。

以上のデータをまとめると**表7**のようになる。これにもとづき、次の計測結果を得た。

$$\hat{M}=0.2443\, I^{0.8709}\, \pi^{-0.1591}\, H$$

(iii) 新規需要の予測

前段までの結果を踏まえて次の仕事は、新規需要Yの予測モデル

$$Y=kS(\hat{M}-S)$$

表6　最大保有水準

年	期首ストック	$\Delta S/\Delta t$	$\frac{\Delta S/\Delta t}{S}$	最大保有水準
46	878(万台)	179(万台)	0.2039	2,431(万台)
47	1,057	196	0.1854	2,469
48	1,253	194	0.1548	2,459
49	1,447	138	0.0954	2,571
50	1,585	139	0.0877	2,618
51	1,724	124	0.0719	2,570

の比例定数kを推定することである。**表8**のデータを見て明らかなように新規需要はオイルショックのインパクトを直接に反映していると思われる。このデータにより次の予測式が比較的良好なものとして得られた。すなわち、

$$Y=2.649\times10^{-4}\pi^{-0.1112}\rho^{-0.2954}S(\hat{M}-S)$$

である。

表7　計測のためのデータ

年	最大保有水準 M 単位：万台	世帯数 H 単位：万世帯	可処分所得 I 単位：万円	サービス価格 π 単位：万円
46	2,431	3,086	105.5	44.64
47	2,469	3,193	114.2	44.56
48	2,459	3,231	124.2	45.96
49	2,571	3,273	116.0	41.85
50	2,618	3,288	114.0	36.91
51	2,570	3,428	115.9	NA

可処分所得Iは，総合物価指数でデフレートしてある。

表8　計測のためのデータ

年	新規需要Y（万台）	サービス価格π（万円）	アラビアンライト原油価ρ($/BL)
46	179	44.64	2.04
47	196	44.56	2.48
48	194	45.96	3.81
49	138	41.85	11.45
50	139	36.91	12.38

これは線形回帰モデル

$$\ln\left[\frac{Y}{S(\hat{M}-S)}\right]=a_0+a_1\ln\pi+a_2\ln\rho+\varepsilon$$

のパラメーターa_0、a_1、a_2を最小自乗法によって求めた結果であり、その結果は次のようなものである（**表9**）。

ここで説明変数として自動車用ガソリン価格ではなく原油価格を用いている理由には二つある。一は、自動車の購入といった長期的視野にもとづく意思決定の結果としてあらわれる新規需要は、店頭売りのガソリン価格のような短期的な変動を含む価格指標よりは、新聞情報の国際的原油価格のような長期的変動を含む指標により大きく関連すると思われること。いま一は、自動車の走行経費とガソリン価格との間にある比例的な相関関係のために、この経費を内に含む総支出の平均年額としてのπとガソリン価格とを同時に説明変数として

選ぶことは、multicolinearity の問題を生じさせる恐れがあること、である。

内挿区間でのあてはまりの良さを見るために、予測値と実績値の系列をとって見ると**表10**のようになっている。これで見る限り、この予測式は概ね良好であると思われる。

表 9　回帰分析の結果

$\hat{a}_0 = -8.2363$

$\hat{a}_1 = -0.11115$　　t-value$=8.7531$

$\hat{a}_2 = -0.29539$　　22.457

corrected $R^2 = 0.99699$

分散分析表

	自由度	平方和	分散	F
全体	4	.235853		
回帰による	2	.2354975	.1177488	662.4
回帰からの	2	3.555×10^{-4}	1.7775×10^{-4}	

表10　内挿区間でのあてはまり

年	実積値	予測値	予測値/実績値
46	179(万台)	178(万台)	.9944
47	196	199	1.015
48	194	192	.9897
49	138	139	1.007
50	139	138	.9928

㈡ 更新需要について

更新需要は保有ストックを増加させない新車の購入を言うが、この時、次のような問題が生じる。Aという車を手離してBという車を買った場合、このBは明らかに更新需要であるが、Aは中古市場にまわり、これが中古車の新規ユーザーにひきとられたとすると、全体の保有ストックはBの分だけ増えたことになる。保有ストックを増加させる需要を新規需要と考えているから、これに対応した更新需要の定義が必要になってくる。逆にAを中古車として購入したユーザーがそれまで持っていたCを廃車にしたとすれば、保有スト

ックの増加は結局ゼロとなろう。したがって市場全体として見た場合に、ある量が新規需要であるか更新需要であるかは、そもそもBを購入したユーザーが新規ユーザーであるかそれ以前からのユーザーであるかに関係しない。

以下では、保有ストックの増分を新規需要と考えることに対応させて、保有ストック中から廃車された部分が更新需要となって補充されるものと考える。したがって更新需要の予測は廃車台数の予測に他ならない。廃車台数の予測は、拙稿「耐久消費材の寿命について」(『経済研究』第68号)において示されたヴィンティジ別残存率曲線から導き出すことができる。本稿では、予測目的に照してこのヴィンティジ別残存率曲線の関数形に若干の修正を施し、それに基く更新需要の予測を論じよう。

(i) 残存率曲線のタイプ

残存率曲線は任意のヴィンティジについてその形状を明らかにすることによって該ヴィンティジの平均寿命を求めるために用いられる。車令tにおける残存率を$P(t)$と書けば、平均寿命は

$$\int_0^\infty P(t)\,dt$$

によって与えられる。今、あるヴィンティジを考えた時、その構成メンバーの寿命(廃車になる車令)が平均μ、標準偏差σの正規分布をするものとすると、車令tまでに廃車になる確率は、確率密度関数

$$f(t)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma}e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

を積分することによって求めることができる。したがって車令tにおける残存率

$$P(t)=1-\int_{-\infty}^{\frac{t-\mu}{\sigma}}\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{x^2}{2}}dx$$

を得、これによって得られる残存率曲線$P(t)$は図2のようになる。明らかなように

$$P(\mu)=1-\int_{-\infty}^{0}\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{x^2}{2}}dx=0.5$$

であるから、

$$t^*\epsilon\{t|P(t)=0.5\}$$

とすると、$t^*=\mu$ となり、50%残存率車令は平均寿命と一致する。

ここで残存率曲線の0から∞までの定積分の値が平均寿命を表すということ、寿命が正規分布をする時に50%残存率車令が平均寿命を表すということとは別けて考えられるべきである。実際にいろいろな耐久消費財の残存率特性を経験的に調べてみると、必ずしも寿命は正規分布をしていないことがわかる。以下では幾分形式的ではあるが、残存率曲線のいくつかのタイプを検討して見よう。

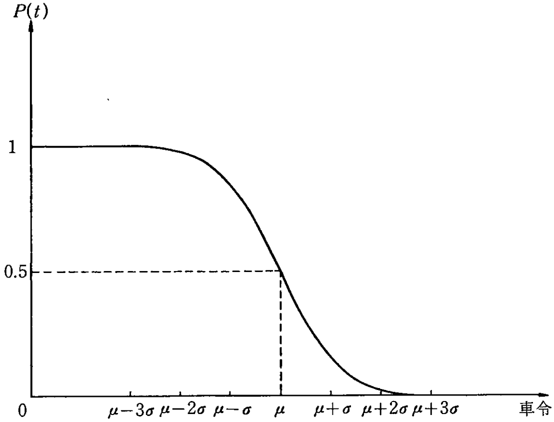

図2 $P(t)=1-\int_{-\infty}^{\frac{t-\mu}{\sigma}}\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{x^2}{2}}dx$ のグラフ

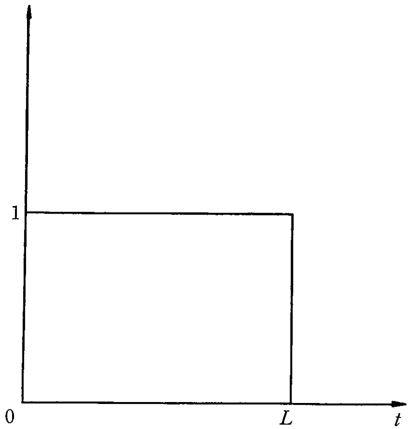

図3　サドン・デスタイプ残存率曲線

(a)　サドン・デスタイプ (one-hoss-shay type)

この型の残存率曲線は**図3**のようになる。すなわち与えられた耐用年限Lの間初期ストックが同じ大きさで存在し、Lにおいて一括して廃棄される。この場合の平均寿命はLであって、0%残存率車令である。車の残存率曲線としてこのタイプが仮定された例としてはブレムスモデル (拙稿、前掲ノートを見よ) がある。

(b)　廃車率一定タイプ (exponential delay type)

単位時間当りの廃車率が一定であるとすると、短い時間間隔Δtにおける廃車台数は、廃車率をrとして$r\Delta t$となるから、残存率は

$$P(t+\Delta t)=(1-r\Delta t)P(t)$$

となる。これにより

$$\frac{\Delta P}{\Delta t}=-r$$

を得る。これを微分方程式として近似すれば、残存率曲線

$$P(t)=e^{-rt}$$

を得る。この時の平均寿命は

$$\int_0^\infty e^{-rt}\,dt=\frac{1}{r}$$

となって、廃車率一定は、廃車率の逆数が平均寿命となることを含意している。この場合の平均寿命は36.79%残存率車令である。

この寿命概念は「年間の廃車率が10%なら平均寿命は約10年」という形で普通の議論にしばしば登場する。この命題が必ずしも真でない理由は、経験的な残存率曲線が必ずしも**図4**の形にならないということにある。

(c) 廃車率増加タイプ (exponent with inflexion)

(b)で用いたrがやはりtの関数となっている場合、特にこれが

$$r=\alpha t \qquad \alpha>0$$

の形の増加関数である時、残存率曲線は変曲点をもった**図5**の形になる。ここで

$$P(t)=e^{-\frac{\alpha t^2}{2}}$$

である。したがって平均寿命は

$$\int_0^\infty e^{-\frac{\alpha t^2}{2}}\,dt=\sqrt{\frac{\pi}{2\alpha}}$$

で、$\alpha=0.05$なら45.59%残存率車令である。この**図5**の曲線は目で見たところ車令分布から得られる実際のヴィンテイジ別残存

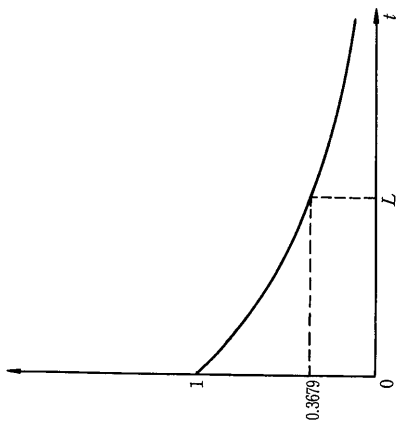

図4 廃車率一定タイプ残存率曲線

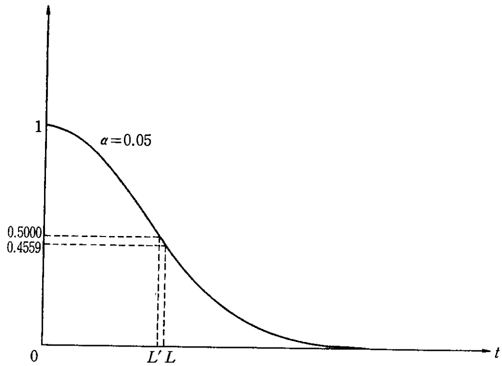

図 5　廃車率増加タイプの残存率曲線

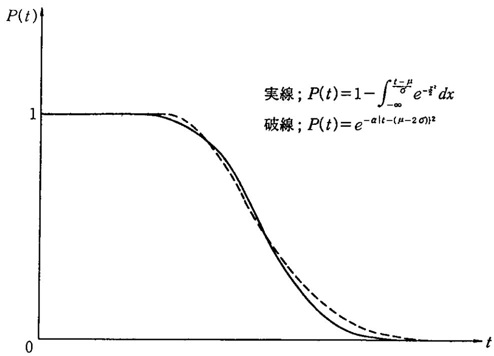

図 6　二つの残存率曲線

率曲線の低減部分をよく近似している。但し低減パターンの見かけ上の類似性を言うならば、**図2**の累積確率分布による残存率曲線も非常によく似ている。また同一ヴィンティジの車の一台々々が廃車になる車令が正規分布をするということも理論的には納得し得る。但しわれわれの目的は残存率データが残存率曲線の一部分の形状しかあらわしていないようなヴィンティジの残存率曲線を推定することにあり、この二つの残存率曲線の見かけ上の類似性は、次のようにして利用できる。

(ii)　残存率曲線のあてはめ

廃車率増加タイプの残存率曲線をt軸に沿って右へ平行移動した残存率曲線

$$P(t)=\begin{cases} 1 & \text{for } 0\leqq t\leqq\beta \\ e^{-\alpha(t-\beta)^2} & t>\beta \end{cases}$$

は、**図6**に示してあるように $\beta=\mu-2\sigma$ とするときに累積確率分布による残存率曲線と近い形状をもっている。そこで実際の残存率データから、回帰モデル

$$\sqrt{-\ln P}=a_0+a_1t+\varepsilon$$

のパラメーター a_0、a_1 を推定して、平行移動した廃車率増加タイプの残存率曲線のパラメーター α、β を求め、それによって正規分布のパラメーター μ、σ を決めてやれば、このようにして得られる累積確率分布の残存率曲線によって、該ヴィンティジの残存率曲線が予測し得るであろう。

例として昭和44年生産の乗用車の残存率データをもとに、このヴィンティジの残存率曲線を求めてみよう。残存率は**表11**のようになっている。最小自乗法により回帰式を求めてやると、

表11　残存率 $v=44$

車　　令	残 存 率
4.75	.884
5.75	.815
6.75	.622
7.75	.512
8.75	.329

$$\sqrt{-\ln P}=-0.5233+0.1772\,t$$

$$\text{corrected } R^2=0.9792$$

を得る。これにより残存率曲線

$$\tilde{P}(t)=e^{-0.03141(t-2.953)^2} \tag{1}$$

および

$$\hat{P}(t)=1-\int_{-\infty}^{\frac{t-7.65}{2.3485}}e^{-\frac{x^2}{2}}dx \tag{2}$$

を得る。(1)式で残存率を予測することによる残差の平方和を求めてみると

$$S_e^2=2.721\times10^{-3}$$

また(2)式で残存率を予測することによる残差の平方和を求めてみると

$$S_e'^2=2.387\times10^{-3}$$

で

$$S_e'<S_e$$

となっている。またPの全変動は0.2033であるから、残差の平方和はこの全変動の1.34%以下であり、かなり良い予測を与えている。さらに残差の時系列をとってやると**表12**のようになっていて、これ以上何も言うことがない。

このことは他のヴィンティジについても確認された。すなわち、正規分布を仮定した累積確率を1より減じた残存率曲線を述上の方法であてはめた場合の予測誤差は、廃車率増加モデルの最良不偏推定値にもとづく予測の誤差よりもさらに小さい。

以上により**表13**に示すヴィンティジ別残存率曲線の予測のためのパラメーターが推定された。

表12　残差の系列

$P(t)-\tilde{P}(t)$	$P(t)-\hat{P}(t)$
−0.0195	−0.0067
+0.0329	+0.0240
−0.0138	−0.0297
+0.0266	+0.0280
−0.0190	+0.0100

表13　パラメーターの推定値

v	$\sqrt{-\ln P}$	R^2	μ	σ
41	$-0.05618+0.1379\,t$	.9756	6.443	3.017
42	$-0.3347+0.1655\,t$	.9889	7.532	2.755
43	$-0.5559+0.1865\,t$	.9924	7.442	2.231
44	$-0.5233+0.1772\,t$	.9844	7.650	2.348
45	$-0.2592+0.1205\,t$	.9748	9.059	3.453
46	$-0.1498+0.9026\,t$	.9623	10.880	4.610
47	$-0.3226+0.1173\,t$	—	9.847	3.548
48	$-0.3158+0.1148\,t$	—	9.998	3.624

(iii)　更新需要の予測

残存率曲線が与えられれば、更新需要は車令分布をもとにして予測するこ

とができる。

v 年次に生産された車の t 年次末における残存台数を $R(v, t)$、前段の手続により予測された残存率を $P(v, t)$ とすれば、t 年次末の車令分布

$$[R(t, t),\ R(t-1, t),\ R(t-2, t), \cdots\cdots, R(v, t), \cdots\cdots]$$

が与えられた時、$(t+1)$ 年次の更新需要 Z_{t+1} は次のようにして計算される。すなわち、

$$Z_{t+1}=\sum_{v=0}^{t}\left[1-\frac{P(v,\ t+1)}{P(v,\ t)}\right]R(v,\ t)$$

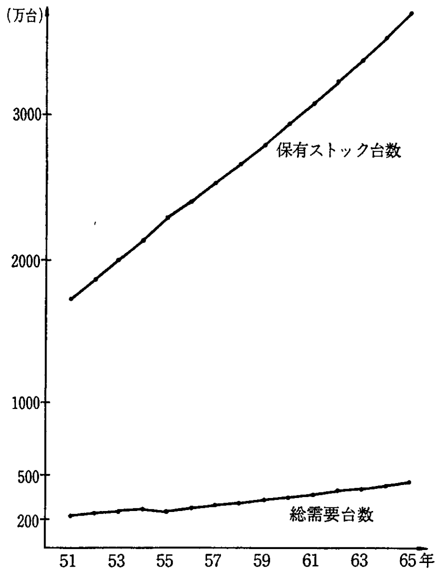

図7　予 測 結 果

(三) 総需要の予測

以上のフレームワークに則って総需要は次の手続によって予測される。

① 昭和51年3月末の車令分布を初期値とする。$t=50$

② 前段の方法により Z_{t+1} を求める。

③ $R(t+1,\ t+1)=Y_{t+1}+Z_{t+1}$

④ $t=t+1$

⑤ GO TO ②

予測の結果は**図7**に示す通りである。尚、外生変数については次の想定がおかれている。

① 所得成長率　5.5%/年

② 世帯成長率　2.0%/年

原油価格

年	$/BL
51	13.02
52	13.66
53	13.96
54	14.26
55	30.00

③ 修正されたサービス価格は48年車並で変化しない。

④ 原油価格は上表の通り。但し55年以降は年10%で上昇する。

五　耐久消費財の寿命について
——一つの政策提言

前節の最適寿命の導出において、平均的な予定年間走行粁にもとづく最適寿命の値は、平均寿命と一致するであろうと述べた。またその後段において、車の平均寿命は残存率曲率の50%残存率に対応する車令であると述べた。この二者は一致すべきものであろうか。少なくとも、予定年間走行粁12,000*km*に対応する最適寿命と平均寿命とは一致していない。これは一種の aggregation problem であって、各ユーザーが個人的な最適化計算の結果として選びとる寿命の長さが、ユーザー全体としての廃棄更新の意思決定の結果として実現する寿命の長さと一致することは、単に個人的な最適化計算を平均的な個人について行うことのみによっては達成されない。その主な理由は、予定年間走行粁のユーザー分布が恐らく単峯型ではなかろうこと、および、個人的に最適寿命で手

離すことが必ずしも廃車を意味しないこと、に求められる。しかしながら、当然予想されるように、前節の計算結果から、最適寿命と平均寿命との間には強い正の相関があることが観察される。回帰分布により平均寿命 μ を最適寿命 T^* によって説明すると、次のようにかなり高い決定係数をもった予測式が得られる。

（モデル１）

$$\mu=5.466+0.7861\,T^* \qquad R^2=0.9036$$

（モデル２）

$$\ln\mu=1.503+0.452\ln T^* \qquad R^2=0.8810$$

（モデル３）

$$\ln\mu=1.865+0.0587\,T^* \qquad R^2=0.9073$$

もしこの相関が真に両者の関係を物語るものであるならば、最適寿命方程式は自動車の寿命と需要とを同時に決定するものであると結論付けることができる。何故なら、最適寿命方程式は解として T^* を与え、それによって π が決まり π により新規需要が規定される。またここで見たように T^* が平均寿命を決め、それによって更新需要が規定される。

ここから一つの政策提言を導き出すことができる。すなわち、省資源・省エネルギーが一つの政策目標として掲げられる最近の情勢は、新しい政策手段を求めているが、乗用自動車の寿命延長を計り、これを市場に受け入れさせることによって省資源を達成しようとする政策代替案に対して、その実行可能性と効果とを検討し、具体的な政策手段を開発する政策分析の適用が、最適寿命方程式を利用することによって可能となる。

最適寿命方程式は次のものであった。すなわち、

$$P_0[r-e^{-\theta T}(r+\theta-\theta e^{-rT})]=\frac{C_0}{\beta-r}[r-e^{\beta T}(r-\beta+\beta e^{-rT})]$$

ここで

P_0……新車価格

r……割引率

θ……中古価格の年低減率

C_0……年間走行・維持経費初期値

β……走行・維持経費の年増加率

である。これを用いて寿命延長政策（長寿命化）の分析を行うことができる。

㈠　値上げによる長寿命化

他の条件にして全く等しい車の販売価格のみを上昇させることは長寿命化効果をもつ。例として、次の特性をもつ車を基本ケースとして設定しよう。

$P_0=130$（万円）　$C_0=14.4$（万円）　$\theta=25\%$　$\beta=14\%$

この車のP_0を変化させた場合のT^*とπの変化を**図8**に示す。

これによってわかる通り、値上げによる長寿命化は同時にサービス価格の上昇をもたらす。したがって、値上

げによる長寿命化は基本ケースと比較して更新需要を減退させるばかりでなく、保有ストックも減少させることになる。

㈡ 経費低減による長寿命化

前と同じ車に対し、年間走行・維持経費の初期値を低下させる場合にも長寿命化効果が得られる。この場合の T^* と π の変化を**図9**に示す。

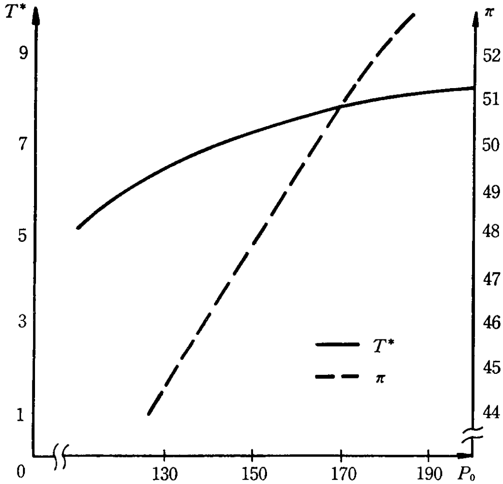

図 8 販売価格と T^*, π

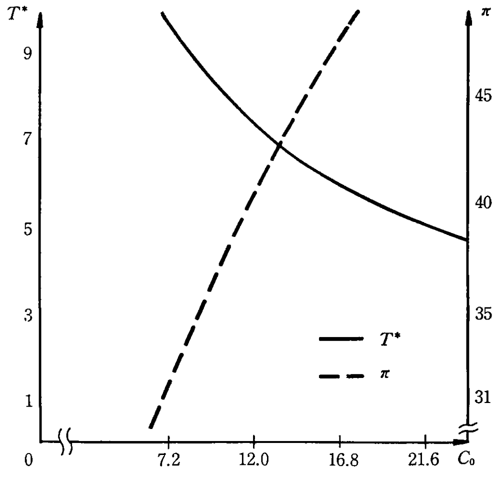

図 9 年間経費と T^*, π

年間経費の初期値が小さくなるにつれて、最適寿命は長くなって行くが、前の場合とは逆にサービス価格も下落して行く。したがって、新規需要が増え、保有ストックは基本ケースと比べて増加するので、廃車率は長寿命化によって小さくなるであろうが、更新需要は全体として減少するとは限らない。基本ケースとの比較で考える限り、これによる省資源効果は期待できないことになる。

以上二通りの長寿命化は、サービス価格に対して各々逆の方向の変化をもたらす。政策の評価は言うまでもなく価値判断に他ならないが、借りに新古典派的価値を受け容れて、消費者余剰最大化アプローチを採用すれば、(一)の政策は望ましくなく、(二)の政策が望ましいということになる。しかしそれでは、長寿命化によって省資源を計ろうという政策目標はいささかも達成されない。他方この政策目標のみを無条件に受け容れれば、(一)の政策が望ましく(二)の政策は望ましくないことになる。しかしこの判断は「資源を使わないことが省資源である。」という馬鹿げたアフォリズムを作り出すことにならないか。

科学の名のもとに政策分析を適用する分析者の立場は微妙である。自らの分析手法が拠って立つ基盤(筆者の多用する部分均衡分析は有力な用具であるが、そのもとにある哲学——utilitarianism から自由な純技術的用具であるとは言い難い)と、その哲学からは全く無視されるような政策目標、そしてそれを無視し得なくなってきている現実との交錯する中で一つの自己矛盾のない価値判断を作り出さねばならない。そのために、万人に受け容れられる価値前提を所与としてそこから演繹的に結論に到達しその結論を提言するという一見理想的な手続は多くの場合採り得ないことになる。そのような場合に筆者は、政策目標自体を検討しこれに特殊な(先験的な)解釈を与えることによってまず提言すべき結論に到達し、それがどのようなものであれ、次にその結論の妥当性を検討するという

手続を採用する。そこでは結論の望ましさは証明されるのでなく、仮定される。したがってここに言う妥当性の検討は、結論の論理的実行可能性を焦点として行われる。

消費者余剰最大化と抵触しないような、長寿命化と省資源が両立する政策は次の要件を満たす。

① 保有ストックを減少させないものであること、したがって、

② 更新需要のみを減少させるものであること。

このような政策としては次のものが考えられる。

㈢ πを変えない長寿命化

μとT^*に値を与えた時、そのT^*が最適寿命であるためには、他のすべてのパラメーターは次の連立方程式を満たさなければならない。すなわち

$$\begin{cases} \pi = r\left[P_0(1-e^{-(r+\theta)T^*}) + C_0\dfrac{e^{(\beta-r)T^*}-1}{\beta-r}\right]\Big/(1-e^{-rT^*}) \\ rP_0(1-e^{-(r+\theta)T^*}) + rC_0\dfrac{e^{(\beta-r)T^*}-1}{\beta-r} = [(r+\theta)P_0e^{-\theta T^*} + C_0e^{\beta T^*}](1-e^{-rT^*}) \end{cases}$$

今仮りにθ、β、rを固定しπとT^*に任意の値を代入してやると、この方程式はP_0とC_0に関する線形方程式になり、与えられたπ、T^*に対して唯一通りの解（P_0, C_0）を与える。すなわち、前に見たようにP_0の増加によるT^*の延長はπを引上げ、C_0の低下によるT^*の延長はπを引き下げるから、ある長さのT^*の延長に対してP_0の増加

表14　π を変えない (P_0, C_0)

平均寿命	最適寿命	年間経費増加率 β		
		14%	10%	8%
11	7.03	(135, 13.8)		
12	8.18	(154, 12.1)		
13	9.23	(173, 10.7)	(141, 15.9)	
14	10.21		(156, 14.6)	
15	11.12		(170, 13.5)	
16	11.97		(184, 12.5)	
17	12.77		(197, 11.7)	(171, 15.2)
18	13.52			(183, 14.4)
19	14.23			(194, 13.7)
20	14.91			(204, 13.0)

とC_0の低下とを同時に考慮してやることによってπを同じ水準にとどめて置くことができる。このような長寿命化は保有ストックにインパクトを与えず、したがって新古典派的価値判断から言って望ましいのみならず、平均寿命が延長されたことに対応して更新需要の減少をもたらすものである。

前段の基本ケースをここでも用いて

$$\theta=25\%\qquad \pi=44.48\ (\text{万円})$$

とする。最適寿命をモデル3によって平均寿命に換算することにすれば、各平均寿命に対してπを同一とする価格・経費のペア(P_0, C_0)が得られる(表14)。

この表の読み方は、次のようにするとよい。すなわち、平均寿命11年に対応する最適寿命は7.03年であって、基本ケースの車と機械的属性が全く等しい車に対して、これを平均寿命11年として市場に受け容れさせたいと思う場合には、価格135万円、年間予定走行12,000*km*で年間経費138,000円になるように設定しなければならない。すなわち基本ケースと比べて価格を5万円値上げして、かつ年間経費が6千円安くなるようにはからってやらなければならないということになる。

このように、ユーザー自らの最適化計算の結果として長寿命化を達成する場合に、保有ストックに影響を与え

ないためには、販売価格政策と同時に年間経費低減のための手当てを施さなければならない。（また本稿第二節で議論したように、長寿命化のインセンティブが必ずしも自動車産業の側にないことを考え合わせれば、長寿命化をはかるためには、課税方式の変更によって、実質的に経費減、価格増をもたらすような手段の採用も考えられようが、補助金や規制等により経費低減のための技術開発を指導することも重要な関連性をもってくる。長寿命化効果をもつ経費低減のための技術としては、燃費の改善およびメンテナンス=フリー化等が考えられる。）このようにして、年間経費に手当てを加えながら平均寿命を延長して行くと、平均寿命13年に対して年間経費107,000円、すなわち基本ケースからは3万7千円の経費低下をもたらさなければならないことになって、恐らくこれ以上の経費低減は非現実的であろうと思われる。そこで次には経費増加率を、例えば、年10%に抑えるといった政策が必要になってくる。この場合には更に平均寿命を伸ばしてやることが可能となり、平均寿命17年で年間経費117,000円となるが、恐らくここら辺りが限界であろうから、次には、例えば経費増加率を8%に抑えるとかしなければならない。

表14はまた次のように読むこともできる。すなわち、例えば、平均寿命を20年にしようと思えば、予定年間走行粁12,000*km*のユーザーが自らの最適化計算に則って取替間隔約15年を選ぶような車にしなければならず、そのような車は、例えば価格が204万円、初年度経費13万円であるなら、経費増加率8%とする時に、基本ケースと同じサービス価値をもつものとして市場に受け容れられる。（無論その場合に車の機械としての寿命が20年よりも長いことが前提となることは言うまでもない。）

このように**表14**は、長寿命化による省資源という政策目標が与えられた時に、消費者余剰最大化の価値と抵触しないで政策目標を達成するいろいろな具体的政策の代替案を生み出し、その評価を容易にする。またこの表、

すなわち最適寿命方程式とその解にもとづくサービス価格と平均寿命というセットは、任意の具体的長寿命化政策に対し、そのインパクトの評価を与えるものである。

以上、われわれは耐久消費財の寿命を検討することにより、乗用自動車を例として需要の構造を明らかにし得る適切な最適寿命の概念を得た。そのことはまた、省資源のために長寿命化を計ろうとする最近の政策目標との関連性の故に、政策分析を適用する恰好のフレームワークを提供するものであった。筆者が特に問題とした方法論上の難点は、この政策目標と功利主義的価値とが必ずしも適合しないこと、そして筆者の分析ツールが新古典派的価値前提から自由でないこと、にある。この隘路を切り抜ける一般的方策を筆者は知らないが、本稿に関する限り、**表14**による代替案の具体的・個別的吟味という手続によってこの難点を迂回し得るものと考える。

本稿作成にあたり東京大学工学部教授井口雅一氏より貴重な御教示を賜った。また本稿における諸種の計算は、日本自動車工業会村瀬源洋氏ならびに日本自動車整備振興会連合会杉浦秀昭氏の作成されたデータに負うところ大である。記して謝意を表するものである。