

運賃変化によるタクシー需要と売上予測

齊藤 良三

1. はじめに

今日までタクシーに関する問題として、乗車拒否、接客性、交通事故、適正運賃、経営の近代化等、数多くの指摘や提案がなされている。解決すべき多くの問題を現実にタクシー業界ではかかえている。タクシーにとって替わる交通機関が出現していない現在、利便性として、タクシーの役割を無視することもできない。

東京都では法人、個人をあわせて4万台を越えるタクシーが稼働している。当レポートは、タクシーの基本問題である運賃と需要、売上の関係について、東京乗用旅客自動車協会加盟の法人タクシー2万台を対象に、分析を加えたものである。

具体的には、11年間の月次データを時系列的に分析し、これから運賃変化による需要と売上の関係を調べ、回帰モデルをつくってから、前回の昭和52年5月の運賃値上の際し、需要と売上がどのように推移するか、短期の予測を行なったものである。なお、当レポートは、早

稲田大学システム科学研究所のビジネス・スクールにおける修了論文、「タクシー需要と売上予測の研究」からの抜粋である。

2. 東京都の法人タクシーの輸送推移

2.1 車両台数推移

東京都区内のハイヤー・タクシー車両の推移は表1のとおりである。タクシー車両に注目し、法人タクシー、個人タクシーの推移関係を追うと、昭和40年2万5000台の車両があり、法人82%、個人18%の比率となっている。45年までは比較的ゆるやかな増車傾向となっていて、総数3万4000台の比率は法人73%、個人27%と若干個人が伸びている。この45年を境に以降法人タクシーは横ばいをたどっているが、個人はいちじるしく増加し、51年には4万1000台の中の比率関係は法人51%、個人49%とほぼ並んできている。この11年間に総台数において1.6倍伸びている。

ちなみに、タクシー1台に対する東京都の人口を調べてみると、40年は420人、45年は320人、51年は285人と減少している。

2.2 運賃推移

東京都の中型車のタクシー運賃推移は表2のとおりである。現行のタクシー運賃は、走行距離と走行時間（時速）の距離と時間が併用により料金が算定される仕組みとなっている。時間距離併用運賃の時間運賃は、交通マヒにより引きおこされる乗客と運転者のトラブル解消策として、昭和45年3月より附帯的に制定された運賃制度である。タクシー運賃の基本体系は、やはり距離制運賃であることは現在でも変わっていない。

図1は距離制運賃の推移をグラフで示したものである。

2.3 法人タクシーの輸送実績推移

東京都の法人タクシーの輸送実績推移を分析すると図2～図5の結果となる。昭和40年1月から

表1 ハイヤー・タクシー台数の推移（東京都特別区・武三地区）（東陸局調）

年月	事業者数	法人 タクシー	個人 タクシー	タクシー 合計	ハイヤー	ハイヤー タクシー 合計
昭和40年	429	20,500	4,580	25,080	4,773	29,853
41年	418	21,529	5,173	26,702	3,842	30,544
42年	383	22,843	5,546	28,389	3,710	32,099
43年	380	22,927	7,007	29,934	3,801	33,735
44年	370	25,565	7,984	33,549	4,285	37,834
45年	454	25,074	9,180	34,254	5,039	39,293
46年	335	22,321	11,311	33,632	6,229	39,861
47年	308	20,926	13,411	34,337	6,647	40,984
48年	300	20,786	15,480	36,266	6,680	42,946
49年	297	20,463	16,892	37,355	6,973	44,328
50年	289	20,189	18,452	38,641	6,954	45,595
51年	282	20,906	19,960	40,866	6,255	47,111

表 2 タクシー運賃の推移 (東京都特別区・武三地区の中型車)

(東旅協調)

区間	実施日	基本料金	爾後料金	割増料金	時間距離併用料金	4.5km乗車の値上率
①期	27. 11. 20	2km 80円	500m 20円	—	—	—
②期	39. 1. 1	2km 100円	450m 20円	(待料金 4分毎20円)	—	15.0%
③期	45. 3. 1	2km 130円	445m 20円	23時～5時 2割増	時速 9km以下 3分毎 20円	22.5%
④期	47. 2. 5	2km 170円	435m 30円	〃	時速10km以下 2分30秒毎30円	43.7%
⑤期	49. 1. 29	2km 220円	435m 40円	〃	〃 2分30秒毎40円	29.0%
⑥期	49. 11. 1	2km 280円	410m 50円	〃	〃 2分25秒毎50円	33.9%
⑦期	52. 5. 6	2km 330円	405m 60円	〃	〃 2分30秒毎60円	20.1%

52年9月までの月別輸送実績データに、時系列分析をほどこしトレンドを調べたものである。

分析手順は原系列に対し、移動平均比率法を使って季節指数を抽出し、季節調整済原系列をつくらせてから、直交多項式による時系列回帰の当てはめを行なっている。トレンドは各運賃区間別(①～⑤)のもの、全区間に相当するものをそれぞれ求めた。

2.3.1 実動率 (図2)

実動率は、保有車両に対する実動車両の台数比率である。全体のトレンドは極端な凹型カーブをしている。前出の表1、台数推移と比較すると明らかになる点は、45年頃までの低下は車両の増加に対して、運転者の雇用が追いつかなかった推移を示し、46年頃から48年までの低下は、運転者が個人タクシーへと流出していったことによる運転者不足の推移を示している。オイル・ショックを境に49年以降は、求人倍率の低下と逆比例にトレンドは上昇に転じている。

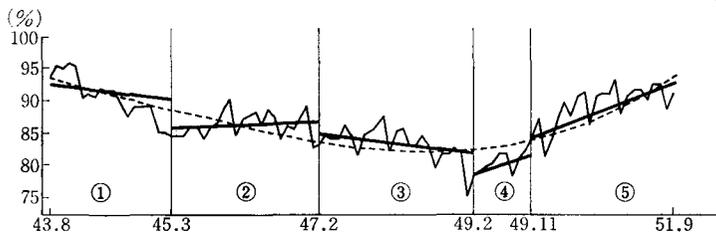


図 2 実動率の推移

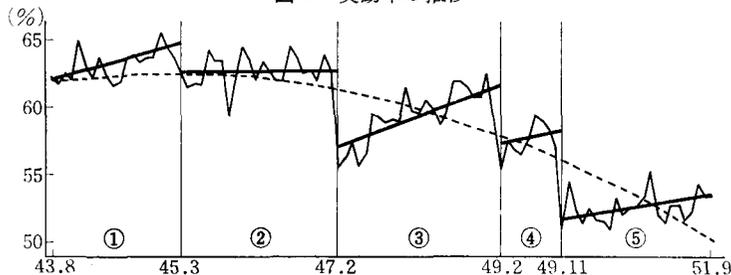


図 3 実車率の推移

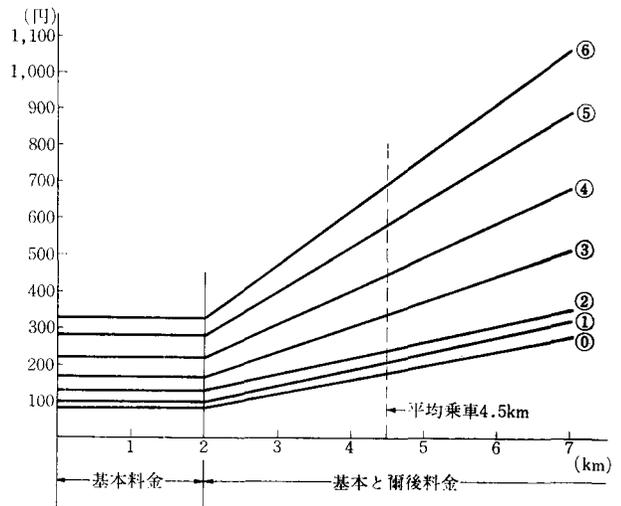


図 1 距離制運賃の料金カーブ

2.3.2 実車率, 実車料 (図3, 図4)

実車率は走行料に対する実車料(乗車料)の比率である。実車料は実動1車1日当りのキロ数である。40年当初の部分は図上ではふいてあるが、40年から45年の終盤付近までは上昇傾向をたどっており、それ以降は運賃値上を境界にソフトダウンしている。走行料、輸送回数、輸送人員については省略した。これらも同様な傾向を示している。

全体に共通にいえることは、44、45年付近がピーク点となっており、いずれも運賃に対して敏感な反応を示している。45年以降からは個人タクシーの増車が顕著になっていった時期であり、法人タクシーの各指標の下降原因には、この影響が少なからず作用していると考えられる。

2.3.3 売上 (図5)

実動1車1日当り売上の全体的傾向は、時間とともに指数曲線型に増している。各運賃区間にみると、運賃の値上幅に応じた形で $y=a+bt$ の定数項 a が上方にシフトしており、傾き b はその区間の景気変動や所得上昇とかの要因により、傾きの大きさが決まるといった、1次式のトレンドを示している。

3. 予測モデル

3.1 タクシー需要の定義

需要予測を行なう際に、計測すべき需要量の単位を定めることは、簡単なようでむずかしい問題である。入手しているデータは法人タクシーのものだけであり、個人タクシーの部分は欠いている。そこで個人タクシーのデータがなくとも共通に使える尺度として、実動1車1日当り実車料を需要量としてもってきた。以下その経緯を述べる。

図6は経済学における需要・供給の均衡図である。D-Dが需要曲線、S-Sが供給曲線で、 p を価格とすると、 p_0 における需給の均衡点はEであり、その時の需要量は q_0 であり、売上 $S_0=p_0 \cdot q_0$ となる。

こんどは、図7の実車料当り平均売上と実車料の推移に注目していただきたい。実車料当り平均売上は各運賃区間の月次データの平均を示す。実車料は先の時系列分

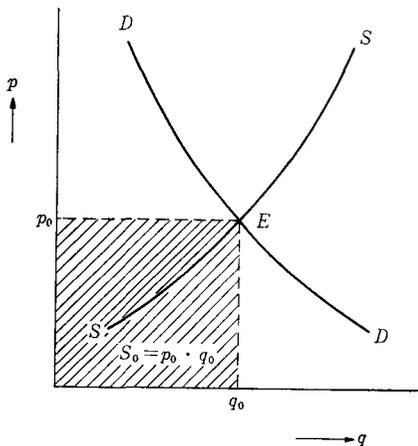


図6 需要・供給の均衡図

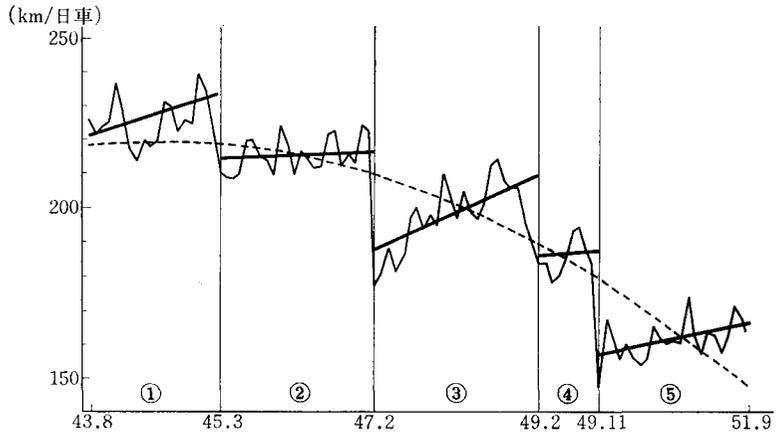


図4 実車料の推移

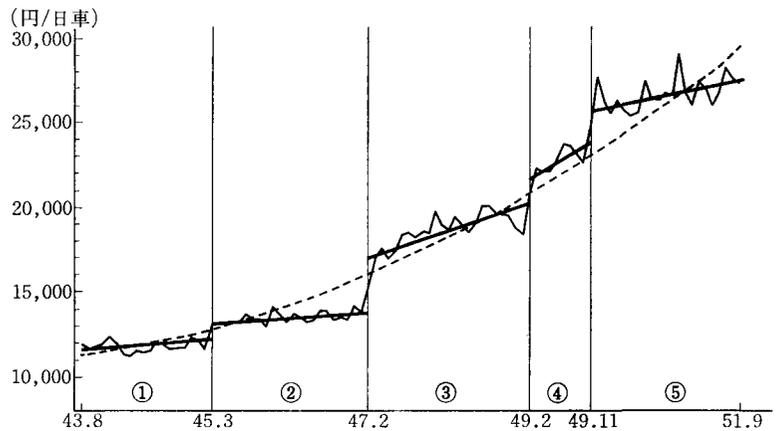


図5 売上の推移

析によって算出した、各運賃区間別の傾向値を示す。縦軸の実車料当り売上の平均を p (運賃) とおき、横軸の実動1車1日当り実車料を q (需要量) とおいてみる。そうすると運賃値上前に右下端に位置していたポイントが、運賃値上のたびに少しずつ左側に寄りながら、次第に左上の方向に移動している。この左上りの直線(曲線)を需要曲線 D-D であろうとみなし、同時に運賃と需要量もこれらを計測単位として定義することにした。この仮定と定義から売上 $S=p \cdot q$ についても、

$$\begin{aligned} (\text{実動1車1日当り売上}) &= (\text{実車料当り平均売上}) \\ &\quad \times (\text{実動1車1日当り実車料}) \end{aligned}$$

と定式化される。

ここで図7にもう1度注目していただきたい。そうすると、①期の運賃 p_0 が53円/kmと一定であるにもかかわらず、需要量 q_0 (191.7km/日車) は横軸方向に q_1 (233.1km/日車) と Δh (41.4km/日車) だけ伸びている。このことは、つぎに示すような経済現象として説明される。

1) 運賃改定直後のタクシー運賃(名目運賃)は一定であったはずである。ところが諸物価の高騰等によ

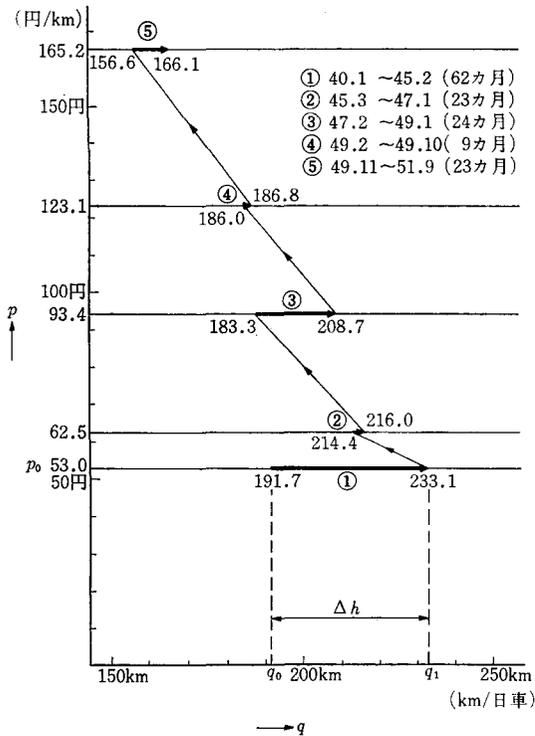


図 7 実車料当り平均売上と実車料の推移

り相対的な運賃水準は次第に低下していった。この実質運賃の低下によってタクシー需要は増加した。

- 2) タクシー運賃の水準が一定であったとしても、昇給等により利用者の名目所得は年々上昇していった。この利用者の所得の上昇によりタクシー需要は増加した。

上記1)の価格効果と、2)の所得効果の2作用が働いて、タクシー需要も伸びたと判断される。

3.2 タクシー運賃の定義

前節において、タクシー運賃は実車料当り平均売上と定義した。ここで需要モデルに取り入れるキロ当り運賃 p についてさらに検討を加えることにする。

- ⑤期のタクシー運賃を再記するとつぎのとおりである。

○距離制運賃

基本料金	2 km	まで	280円
爾後料金	410m	ごとに	50円

- 時間距離併用運賃 (時速 10km 以下の場合)
2分25秒ごとに 50円

○割増運賃

23時から5時まではこれらの2割増

時間距離併用運賃の時間に関するものは、計測の困難さもあるし、タクシー運賃の基本は距離制運賃であるという観点から、距離制運賃の場合を考えてみることにする。そこで距離制のキロ当り運賃を計算するとつぎのようになる。

1) 通常の場合

$$\begin{aligned} \text{基本} & 280/2 = 140\text{円/km} \\ \text{爾後} & 50/0.410 = 121.95\text{円/km} \end{aligned}$$

2) 2割増の場合

$$\begin{aligned} \text{基本} & 280/1.6 = 175\text{円/km} \\ \text{爾後} & 50/0.328 = 152.44\text{円/km} \end{aligned}$$

1)と2)の間にキロ当り運賃があることは想定できる。しかし、各運賃区間にとらわれない連続的な推移状況を調べようとする意図からも、予測に使用するためにも、一本化されたキロ当り運賃の尺度があると便利である。そこでタクシー運賃の尺度として設定したのが次のような実車料当り売上である。

$$\text{実車料当り売上} = \text{売上}/\text{実車料}$$

分子の売上は利用者の側からみると、タクシー利用の際に支払った個々の料金が累計されたものに相当している。分母の実車料はその利用に際して支払った料金算出の基準となった距離に相当している。これをキロ当り運賃と定義すると具合のよいことに、時間距離併用運賃によって算定された料金も、2割増運賃による料金も、すべてこの定義運賃は折り込んでいる。しかしこのままの運賃では、時系列的に変動して一定値とはならない。したがって、月別の実車料当り売上の平均を運賃 p と定義することにした。

3.3 定義運賃の推定と検定

3.3.1 定義運賃の推定式

前節で予測に用いるタクシー運賃を定義したが、それでは新運賃が設定された際に、この運賃が事前に推定できるかという問題が残る。この定義運賃を予測に用いるに際して、ある範囲内で推定が可能であることを発見した。その推定には次式を用いる。

$$\begin{aligned} \text{推定運賃} &= \text{旧運賃} \times \frac{\text{新爾後料金}/\text{新爾後キロ}}{\text{旧爾後料金}/\text{旧爾後キロ}} \\ &= \text{旧運賃} \times \frac{\text{新キロ当り爾後料金}}{\text{旧キロ当り爾後料金}} \\ &= \text{旧運賃} \times \text{新旧のキロ当り爾後料金比率} \end{aligned}$$

旧運賃はその運賃区間の実車料当り平均売上をさす。

3.3.2 推定運賃の検定

前記の推定式によって計算される推定運賃と実際運賃の間に、どの程度の誤差があり、これが実用に耐え得るものかどうか、以下の要領で検定を行なった。

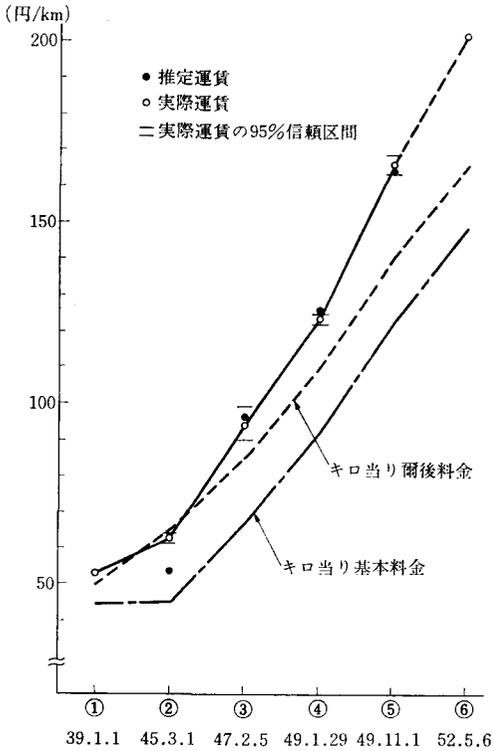


図 8 実際運賃と推定運賃の検定

①期 (40年 2月～45年 2月 61カ月)

爾後料金=450m 20円
 実際運賃=52.97(円/km)

②期 (45年 3月～47年 1月 23カ月)

爾後料金=445m 20円
 推定運賃=52.97 × $\frac{20/0.445}{20/0.450}$ = 53.56 (円/km)
 実際運賃=62.45 (円/km)
 標準偏差 $\hat{\sigma}$ = 0.6887

実際運賃の95%信頼区間 (正規分布を仮定)
 $62.45 \pm 2\hat{\sigma} = 61.07 \sim 63.83$ (円/km)

以下同様な計算を行ない図 8 に結果をまとめ、これらつぎのような点が明らかとなった。

- 1) ②期の推定運賃は実際運賃とかなり乖離している。この原因は②期から時間距離併用運賃が採用され、運賃構造に大幅な変革が加えられたためである。
- 2) ④期の推定運賃は95%の信頼区間から外れているかにみえる。これはデータ数が9個であるのに正規分布を仮定したためおこった。そこでt分布を仮定して、自由度8の99%信頼区間を計算すると、120.98～125.28となり、推定運賃の125.16はこの区間に入る。
- 3) その他の推定運賃は実際運賃の95%信頼区間に納まっている。

以上の検定結果から、特別に運賃構造が変化しない限り、定式による推定運賃は実用に耐え得ると判断する。

3.4 予測モデル

(1) 需要モデル

$$\hat{q} = \alpha(P)^{\beta} \left(\frac{Y}{L}\right)^{\gamma}$$

\hat{q} : 需要 (km/日車)
 P : 運賃 (円/km)

モデルの計算は対数変換 $\frac{Y}{L}$: 東京都の1人当りして次式で行なう。 $\frac{Y}{L}$: 可処分所得(千円/人)

$$\ln \hat{q} = \ln \alpha + \beta \ln P + \gamma \ln \left(\frac{Y}{L}\right)$$

上記モデルによって推定される値 \hat{q} は、傾向値であるので、より実績値に近い値とするため、これに季節指数を乗じ、 q を理論需要量(予測需要量)とする。

$$q = \hat{q} \cdot I_q \quad I_q: \text{需要の季節指数}$$

(2) 売上モデル

売上の定義式は次式のとおりであった。

$$S = p \cdot q$$

そこで予測精度を上げるために、次式を売上モデルとする。

$$\hat{S} = a + b(P \cdot \hat{q}) \quad \hat{S}: \text{売上(円/日車)}$$

P : 運賃(円/km)

ここでも季節指数を乗じ、 \hat{q} : 傾向需要(km/日車) 理論売上(予測売上) S は、

次式とする。

$$S = \hat{S} \cdot I_s \quad I_s: \text{売上の季節指数}$$

4. 予測結果

新運賃は52年 5月 6日付実施で認可されたので、以下に示す要領で需要と売上の予測を行なった。

1) 予測期間

昭和52年 4月 (旧運賃区間)
 昭和52年 5月～53年 4月 (新運賃区間)

2) 新運賃

基本料金 2km 330円 (旧 2km 280円)
 爾後料金 405m 60円 (旧 410m 50円)
 推定運賃 = $165.49 \times \frac{60/0.405}{50/0.410} = 201.04$ (円/km)

3) 季節指数

昭和42年 4月～52年 3月のデータに、移動平均比率法を用いて算出した。

4) 1人当り可処分所得(Y/L)は、当時の政府見通しの個人所得伸び率13.3%を用いて、データ補正を行ない予測を行なった。

5) 予測モデルのパラメータ

昭和40年 1月～52年 3月のデータを用いて、パラメータの算出を行なった。

表 3 需要の実績値と予測値(km/日車)

年月	① 実績値	\hat{q} 傾向値	I_q 季節指数	② $q = \hat{q} \cdot I_q$ 理論値	①-② 残差
51 5	157.6	167.478	0.9669	161.9	-4.3
6	161.9	167.947	0.9774	164.2	-2.3
7	170.7	168.410	1.0287	173.2	-2.5
8	168.1	168.870	1.0252	173.1	-5.0
9	164.4	169.327	0.9976	168.9	-4.5
10	169.1	169.780	1.0089	171.3	-2.2
11	166.6	170.234	0.9970	169.7	-3.1
12	185.0	170.682	1.0566	180.3	4.7
52 1	177.1	171.126	1.0224	175.0	2.1
2	170.5	171.568	0.9600	164.7	5.8
3	178.5	172.010	0.9824	169.0	9.5
4	173.2	172.447	0.9768	168.4	4.8
5	146.9	155.824	0.9669	150.7	-3.8
6	152.6	156.279	0.9774	152.7	-0.1
7	164.0	156.731	1.0287	161.2	2.8
8	160.0	157.179	1.0252	161.1	-1.1
9	159.2	157.624	0.9976	157.2	2.0
10	158.2	158.066	1.0089	159.5	-1.3
11	158.0	158.505	0.9970	158.0	0.0
12	177.0	158.941	1.0566	167.9	9.8
53 1	164.6	159.374	1.0224	162.9	1.7
2	161.9	159.804	0.9600	153.4	8.5
3	167.3	160.231	0.9824	157.4	9.9
4	163.1	160.655	0.9768	156.9	6.2

○需要モデル

$$\ln \hat{q} = 5.76024 - 0.53602 \ln P + 0.28476 \ln \left(\frac{Y}{L} \right)$$

(0.04480) (0.00220) (0.01878)

$$R^2 = 89.248\% \quad R^{*2} = 89.098\%$$

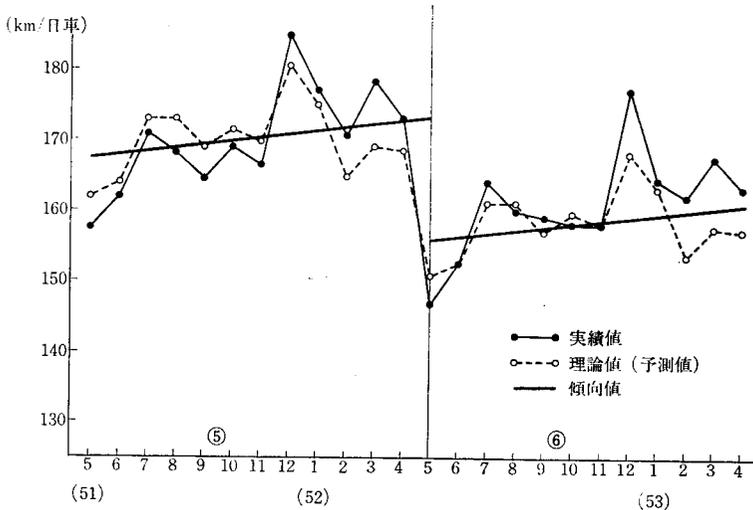


図 9 需要の実績値と予測値

表 4 売上の実績値と予測値(円/日車)

年月	① 実績値	\hat{S} 傾向値	I_s 季節指数	② $S = \hat{S} \cdot I_s$ 理論値	①-② 残差
51 5	26,034	27,656	0.9825	27,172	-1,138
6	26,737	27,734	0.9898	27,451	-714
7	28,284	27,810	1.0284	28,600	-316
8	27,575	27,885	1.0108	28,187	-612
9	27,322	27,961	0.9868	27,592	-270
10	28,115	28,035	0.9892	27,733	382
11	27,781	28,110	0.9814	27,587	194
12	30,834	28,184	1.0425	29,381	1,453
52 1	29,125	28,257	1.0005	28,271	854
2	28,313	28,330	0.9702	27,485	828
3	29,754	28,402	1.0179	28,911	843
4	28,866	28,474	0.9998	28,469	397
5	28,126	31,248	0.9825	30,701	-2,575
6	30,158	31,339	0.9898	31,020	-862
7	32,449	31,430	1.0284	32,322	127
8	31,440	31,519	1.0108	31,860	-420
9	31,640	31,608	0.9868	31,191	449
10	31,247	31,697	0.9892	31,354	-107
11	31,430	31,784	0.9814	31,193	237
12	35,457	31,872	1.0425	33,226	2,231
53 1	32,368	31,958	1.0005	31,974	394
2	32,185	32,044	0.9702	31,089	1,096
3	33,527	32,130	1.0179	32,705	822
4	32,606	32,214	0.9998	32,208	398

○売上モデル

$$\hat{S} = 85.68750 + 0.99474 (P \cdot q)$$

(168.07708) (0.00946)

$$R^2 = 98.705\% \quad R^{*2} = 98.696\%$$

需要と売上の予測結果は表3、表4、図9、図10に示すとおりである。予測と実績の個別対比の注釈は省略するが、概観して、それほど乖離は生じていない。

ただし、回帰モデル以外の季節指数の算出手法には、問題が残りそうである。11年間のデータから算出した季節指数を詳細に検討していくと、とくに12月とか2月とかの大きな値が出ている季節指数は、経年的にますます大きな波動を示している。

したがって季節指数の算出手法は、近時に、より大きなウエイトがかかるセンサス局法とかEPA

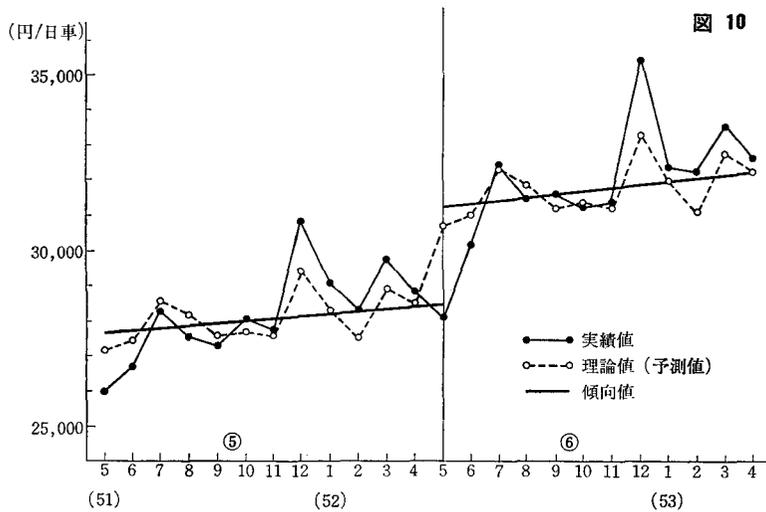


図 10 売上の実績値と予測値

法が適切であったと思う。

5. むすび

きわめて単純な回帰モデルによって、タクシーの需要と売上の予測を行なった。タクシー需要のパロメータとしては、従来から実車率(実車料/走行料)が一般に使われよく知られている。しかし、各運賃区間別の時系列推移で明らかのように、運賃改定のたびに実車料、走行料の分子、分母とも、それぞれ別々に変動している。(走行料の時系列は省略したが)そこで実車率は、運賃形態の異なる2区間以上のタクシー需要の比較としては適当な指標でない判断し、実車料をタクシー需要の単位としてもってきた。

経済学でいわれている需要については、もっと複雑多岐に内生、外生変数がからみあっていて、このような単純な理論とモデルから簡単に需要が求まるとは、もとより考えていない。しかし限られた制約条件の中で、なんとか需要を探索し、需要予測の目的を達せさせるとしたら、簡便法も実践として、無視できないのではなかろうか。

理論的にタクシー需要の運賃弾力性は1以下といわれている。ここではたまたま0.536と出ている。これが真実に近いものかどうかは、よくわからない。

最後に経済学の教科書に載っているような形で、今回の需要関数モデルから算出された、需要曲線と称するものを図11に示す。

(さいとう・りょうぞう 大和自動車交通)

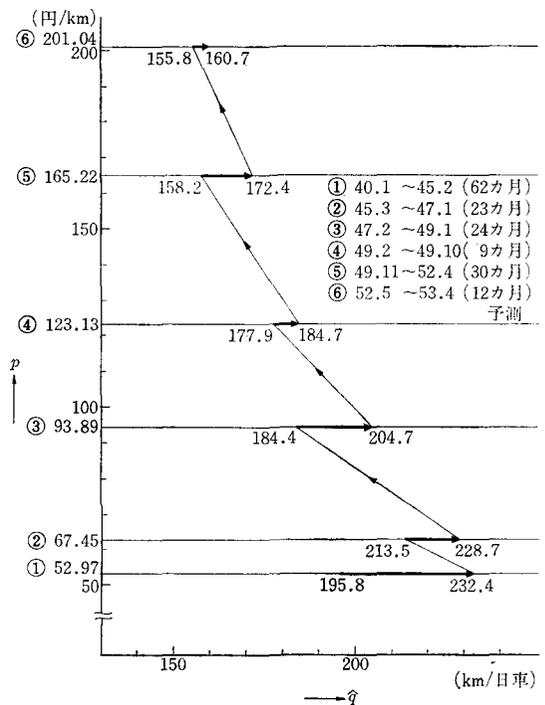


図 11 運賃変化によるタクシー需要