

乗用車タイヤ需要予測

浪平 博人

1. はじめに

ここで扱う“乗用車タイヤ需要予測”とは、乗用車用タイヤの1年間の全国レベルの取り替え需要を対象にするものである。1地区の月単位の需要の予測なら主に時系列分析の対象となるであろうが、全国レベルの1年間の総需要ともなれば、タイヤ需要発生構造による因果関係を用いた説明が要求される。本稿では、このモデル化およびその拡張の経緯と結果を述べるものである。

タイヤの取り替え需要発生の原因をたどってゆけば、過去において販売されたものがいろいろな条件で使用され、その取り替えの必要が確率的に生じたものと捉えることができる。この確率推移モデルは、当初の環境では実績とよい一致を示していた。しかし、長い期間にわたっては実績との差異が無視できなくなってきた。それは、モデルの中の需要環境を表わす要素値を固定としていたことが、長い期間にわたっては実状と合わなかったからである。そこで、固定としていた要素を社会の環境変化を反映して変わり得るようにし、それを簡単なパラメータで表わし得るようにモデルを拡張したところ、モデル値は長期間で実績とよい一致を示すようになった。このモデルを通して、需要環境の変化のタイヤ需要に及ぼす影響に対する深い洞察を行なうことができるようになった。

2. モデルの構築：要素固定型

最初のモデル構築は、次のようにタイヤの需要がいつ発生するか考えることより始めた。

☆タイヤの取り替え需要はいつ発生するか。

タイヤが壊れ、車がまだ走るとき。

☆タイヤはどんなとき壊れるか。

走った距離（累積距離）により確率的に壊れる。

☆走った距離はどのように決まるか。

ユーザーの1年に走る距離は分布をなしている。

そして、同じユーザーは毎年同じ距離を走り、その距離は累積される。

☆車はどのように壊れるか。

走った距離よりも、使った年齢に従って確率的に壊れるとみる。

このように考えることにより、タイヤの取り替え需要の発生を、新しいタイヤが車につけられ、それが毎年走るにつれその累積距離に従って確率的に壊れることにより発生するとみることにした。いま、タイヤの状態を、それがついている車の年齢 i とタイヤが走った累積距離 j とで表わそう。ユーザーの年間走行距離は分布をなしているとみて、1年間に k 走る（これを、走行クラス k と呼ぼう）ユーザーのタイヤの状態の変化は、図1のように図示される。

図1における a 、 b 、 c は、それぞれ次のような変化を示している。

- a . 車も壊れずタイヤも壊れなかった。
- b . 車は壊れずタイヤが壊れた。
- c . 車が壊れたので新車を購入。

各走行クラス毎のいろいろな状態（車の年齢、タイヤの累積走行距離）から発生する b の量をすべて集めたものが、タイヤの取り替え需要である。また、同様にすべての c を集めたものが翌年の新車取り替え需要に対応するタイヤで、これに新規発生車の需要につくタイヤを加えたものが、翌年新たに走り始めるタイヤになる。

年毎にタイヤの状態が推移していく確率は、条件付き確率であることに注意が要る。たとえば、車が i 年

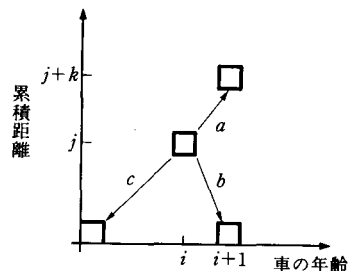


図1 年間 k 走るときタイヤの状態の変化

で壊れる確率を $C(p)$ とすると、年齢 i の車が次の年も走る確率 $R(i)$ は、次のように計算される。

$$R(i) = \frac{(i+1)\text{年以上走る確率}}{i\text{年以上走る確率}}$$

$$= \frac{\sum_{p=i+1}^{\infty} C(p)}{\sum_{p=i}^{\infty} C(p)}$$

タイヤの壊れる確率も、同様に条件つき確率となる。これらのことを踏まえて、累積距離によりタイヤの壊れる確率、年齢により車の壊れる確率および車の走る距離の分布をもとにして、タイヤの状態の変化を確率推移的に記述したモデルを立てた。図2は、モデルの内容を図示したものである。

ここで問題になるのは、初期状態である。モデルにより、ある基点となる年のタイヤのすべての状態における数量がわかると、次の年の取り替え需要量は計算できる。問題はその基本となる年におけるすべての状態のタイヤの量をどのようにして設定するかである。それを現実の調査を通して得ることはほとんど不可能である。そこで、年毎の新車投入量は通産省の統計値として確かなものを利用して、次のような手順で基点年における初期状態をモデルを使って計算で作った。

- (1) 基点年から車の最大寿命以上さかのぼった年から基点年までを考える。
- (2) 年毎に新車についてタイヤのみを扱う。
- (3) それらを各走行クラスに分けモデルに投入し、以後基点年まで確率推移過程を繰り返させる。

このようにすると、最初の年にあつたいろいろな状態の影響は基点年においては消えてしまうので、それらの影響のない初期状態が基点年において作り出される。

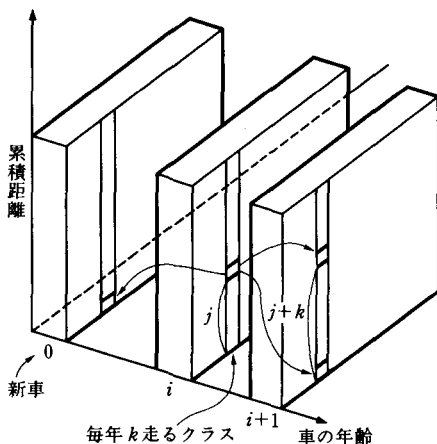


図2 確率的推移モデルの図示

図3は、実績値とモデルの計算値を対比したものである。

モデルの計算値は実績値と大きな差異は示さず、モデルの内容は需要を構造的に説明した妥当なものとなっていた。

3. モデルの拡張：パラメータ化

モデルは当初は実績をよく説明するものであったが、その予測計算の適用期間が長期になるにつれ、実績値とモデルの計算値との差異が図4に示すように無視できなくなってきた。

3.1 不具合の原因の考察および対策の検討

前節までのモデルにおいては、タイヤの状態の変化を規定する確率の数値は時間的に一定なものとしていた。それでもなおモデル開発当初において計算値が実績とよい適合を示したのは、高度成長時代という比較的一様な環境下にあつたので分布値も一定としてよかったためと考えられる。しかしながら、長年（たとえば15年）にわたっては、社会環境とともにこれらが徐々に変化するとみる方が自然である。タイヤの需要環境をめぐる変化のいちじるしい項目を挙げれば、次のようになる。

- (1) 80年を境に経済成長の基本が大きく変化し、高度成長から安定成長へと移った。それにつれて、あまり走らなくなり、買い替えもなるべく遅らせてするように変わった。
- (2) 自動車購買の上位車移行傾向

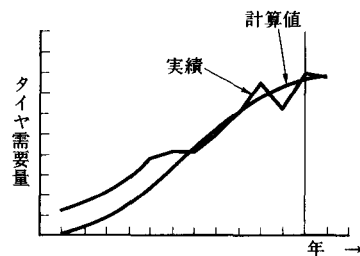


図3 計算値と実績値の対比

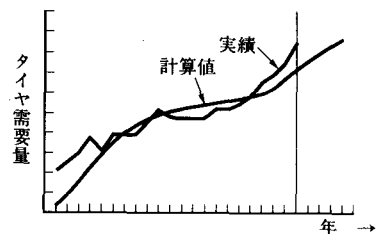


図4 長い期間における計算値と実績値の差異

消費者一般の嗜好は、次第に上位の車に移りつつある。また、高額な車ほど廃車の時期が遅くなる傾向がある。

(3) 自動車の品質

品質的には壊れにくくなっているが、そのぶん車に無理な運転がなされる傾向がある。

(4) 車購買層の変化

女性ドライバーの増加、パーソナル化、複数保有等の購買層の変化がある。

(5) タイヤの品質

品質的には破損しにくくなっているが、そのぶんタイヤに無理な運転がなされる傾向がある。

(6) タイヤに関するマニア層の行動パターンの変化 新車購入直後に高機能のタイヤに替えるマニア層の行動が、次第に薄れつつある。

(1)はすべての分布に関わり、(2)、(3)は車取り替え分布、(4)は年間走行距離分布、および(5)、(6)はタイヤの取り替え分布の変化を意味するものである。また、タイヤの需要実績の伸びと民間消費支出の伸びとは明らかに正の相関を持つから、市況の影響も考慮する必要がある。これらにより、次の機能を従来のモデルにつけ加えることにした。

(1) タイヤの状態の推移を規定する以下の3つの確率分布値が、需要環境の経年的な変化を反映して変わり得るようにする。

*車の取り替え分布

*タイヤ取り替え分布

*年間走行距離分布

(2) 年毎に特有な市況を、確率分布値の変化に反映し得るようにする。

3.2 分布のパラメータ化

そこで、モデルにおいてこの3つの分布の値を環境変化に合わせて可変にするのであるが、これらの分布は計測するのに大変なコストがかかり、簡単に得られるものではない。また、たとえ計測され得たとしても、変化のあるたびに分布のすべての値を入れ直すのも扱いが面倒である。そこで、基本的な分布を定め、分布の変化をそれに対する1つのパラメータ r で表わすように工夫した。基本分布が連続分布 $f(x)$ として、それを r で変化させた分布 $F_r(x)$ は、次のように定義する。

$$F_r(x) = f(x/r) / r$$

r による基本分布の変化を、図5に示しておく。

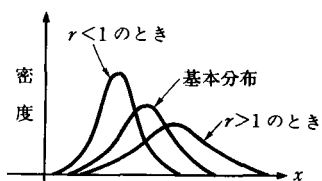


図5 基本分析のパラメータ r による変化

タイヤ取り替え分布、車取り替え分布の2つについては、その分布の変化は以上のような方法を離散分布に適用して作りだした。また、年間走行距離分布の r での変化とは、年間 x キロ走るクラスを r 倍 x キロ走るものと扱うこととした。

以上のように、分布の変化を基本分布を中心にしてパラメータ r で表わすのであるが、その変化はタイヤ需要環境の経年的な変化に対応する部分と、ある年に特有な変動を表わす部分とからなると考えた。そして、需要環境を反映した部分の経年的な変化は、連続的な滑らかなものであると考え、その実際の値の設定時の制限事項とした。

3.3 定常性の不成立

タイヤの状態の変化は、年毎の市況や需要の環境により影響を受け、定常性はなりたない。したがって、その経歴を追うのはかなり面倒である。

3.4 新しいモデルの数値データの検討

対象を乗用車タイヤとし、ある大手タイヤ企業より資料の提供を得てデータを作成した。分布に関するデータは、タイヤ取り替え分布および年間走行距離分布に関しては、それを目的とした調査データはなく、他目的の調査に付随した粗いアンケートデータより推定した。

[1] タイヤ総需要量

日本自動車タイヤ協会の公表値により、70年から92年までの値を利用した。

[2] 廃車の確率分布

自動車検査登録協会の公表値により、84年から90年までの値を利用した。廃車の確率分布は、小型車(2000cc未満)と普通車(2000cc以上)ではかなり異なるが、対象がこれら両者からなる全乗用車なので、その重みつき平均による分布を考えて基本分布を推定した。

[3] タイヤ取り替え分布

企業の行なった市場調査の84年から90年までの結果を利用した。分布は小型車と普通車では異なるので、

両者を重み付け平均した分布を考えて基本分布を推定した。

[4] 年間走行距離分布

企業の行なった市場調査データにより基本分布を推定した。

3.5 基本分布の経年変化のパラメータの決定および結果の検討

3.5.1 パラメータの結果への感度

基本分布に対してある期間だけパラメータを作用させたとき、モデルの計算結果にどのように影響するかの感度分析を行なった。これらの結果はすべて視覚的に画面上で検討できるように工夫してある。

図6の(a)は、タイヤ取り替えの基本分布に同様な操作を行なったものである。タイヤの取り替えを遅くする($r > 1$)と需要が減り、その反動で後年で需要が少し増える様子がわかる。

図6の(b)は、車取り替えの基本分布をある期間パラメータ r で変形したときのモデルの値の変化を示している。車の寿命が長くなる($r > 1$)とタイヤ需要が増え、その影響が後年に尾を引く様子がわかる。

3.5.2 パラメータの決定

パラメータ設定に際しては、それぞれタイヤ需要発生に関する環境の変化の流れを表わすものであるから、対応する経済的社会的な変化と整合性があり、かつ、値としては長期にわたって方向性のある連続したものでなければならない。この枠組みを踏まえて、3つの分布につき一連のパラメータをシミュレーションを通して推定した。

車取り替えの基本分布に対する変化のパラメータは、次のように設定した。すなわち、乗用車の構成としては上位車種への移行が起こっており、それにつれて分布値としては保有期間が永くなる傾向がみられる。これは、品質の向上に加えて、価格が高くなったことにもよると考えられる。具体的には変化のパラメータ r は、81年から $r=1.05$ で始まって徐々に上げていき、

91年には $r=1.10$ までもっていくように設定した。

タイヤ取り替えの基本分布に対する変化のパラメータは、次のように考えた。すなわち、この分布は80年代の安定成長期に入るとともに、使用期間が従来よりも長くなってゆく傾向が読み取れる。一方、技術的側面からすれば、タイヤの物理的品質はすでに上限に近く、そのため技術開発は運転性能などに重点が移ってきている。ところが、それが達成されれば、それだけ過酷な使い方もされるようになる。このため87年以降では取り替えの時期が早まる要因さえ認められる。そこで、81年からしばらくの間はタイヤを永く使う傾向が続き、その後徐々にその傾向が落ちるものとし、具体的には次のように設定した。すなわち、81年から86年までは $r=1.1$ とし、87年から91年に至るまでに $r=1.03$ になるように徐々に落とす。

年間走行距離の基本分布に対する変化のパラメータの推定については、80年代の安定成長期に入るにつれ、それまでの過度の消費性向が改まり、物流量も一時減少したという社会環境を反映させた。すなわち、81年から83年までを $r=0.95$ とし、その後 $r=1$ に回復し、88年以降は $r=1.05$ と設定した。

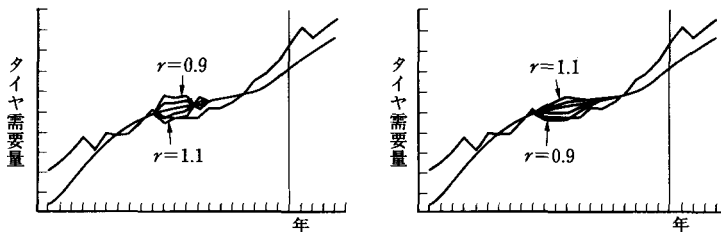
3.6 数値計算およびモデルの妥当性の検証

図7は、モデルへの入力値を図示したものである。

これらを入力値としたモデルの計算値と実績値とを図8において比較したが、それらは良い一致を示している。

モデルが妥当なものであると主張する理由を以下に挙げよう。

- (1) シミュレーションを通して設定されたパラメータが、需要環境の変化の方向に矛盾しない。かつ、結果は長い期間にわたって実績値とそれほど悪くない適合を示した。
- (2) 乗用車総数は、通産省で毎年正確に把握されている。これに4を掛け使用タイヤ総本数に直した値と、モデルにより計算されたタイヤ総本数とを



(a) タイヤ取り替え分布

(b) 車取り替え分布

図6 分布を r で変形したときの感度分析

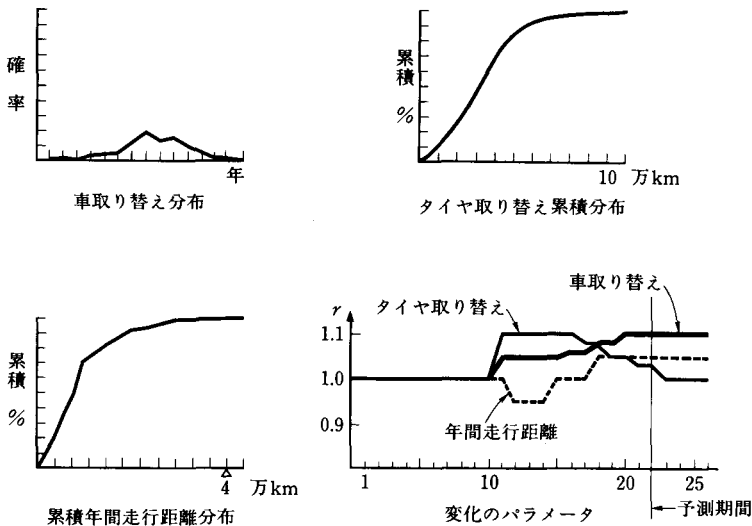


図7 モデルへの入力値

比較したものが、系統的な差異を除けばよい一致を示している(図9)。

この系統的な差は、中古車市場のためと解釈できる。使用タイヤ総本数は、この予測モデルでは副産物的なものである。しかし、これがモデルと独立に計測された値とよい一致を示したことは、モデルの信頼性を支えるものと解釈される。

これらにより、モデルの妥当性は当面否定されないものと考えた。

ここで、I/Oをまとめておく。

インプット

- (1) 廃車確率
- (2) タイヤ取り替え分布
- (3) 年走行距離分布
- (4) 上記3つに対する変動の係数(年毎)
- (5) 市況変動係数(年毎)
- (6) 過去の新車実績
- (7) 予測期間の新車見込み
- (8) 過去のタイヤ需要実績(計算値と比較のため)

アウトプット

- (1) タイヤ需要予測計算(実績値との対比も含む)
- (2) 自動車取り替え需要と実績値の比較
- (3) 予測期間の走行距離別分布推移図
- (4) タイヤ総量推移図

3.7 年ごとの市況の調整について

これまでの検討により、タイヤの需要は、社会環境を反映して変化していく確率分布による確率過程としてモデル化でき、市況による補正は少なくてもよいことがわかった。したがって、市況変動の係数の値は、タイヤ関連の法規制の変化などの特殊要因を需要に反映させるのに使用するのが適切である。個々の特殊要因が変動の係数のいくらの値に対応するかの検討は、これからの問題である。

4. まとめ

全国レベルのタイヤ需要の予測モデルを確率推移の考えを基にして作り、その構築の過程、データの集め方およびモデルの拡張の経緯について述べたものである。分布が需要環境を反映して変化していくことを1つのパラメータで表現し、それによりモデルの柔軟性を高めた。このモデルは、環境の変化を需要の推定に直接反映できるようにしてあり、変化を先取りしてそれへの素早い対応が求められている今日、参考になれば幸いである。

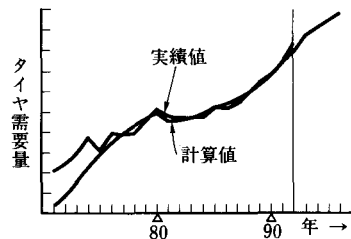


図8 拡張モデルのアウトプット

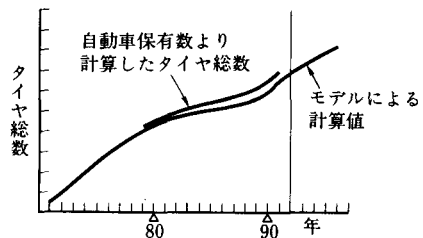


図9 タイヤ総数の比較