

# 競合品予測モデルの一考察

浪平 博人

## 要 旨

ある製品の業界が、技術革命により従来の製品に対する競合品を新たに市場に投入する場合、その長期にわたる影響には重大な関心がある。新旧品の消長は、将来の市況環境によっても、あるいはとりうる諸政策によっても変わりうるが、それが一体どの程度であるかの定量的な情報は長期戦略策定に不可欠のものである。

本稿では、製品例を乗用車用タイヤにとり、競合品投入の長期にわたる総需要への影響を考察する。モデルとしては確率過程の考えをもととし、新旧の製品特性、販売政策、価格政策、将来の環境等の要素を含んだものである。数値例として、自動車メーカーに対するいくつかの販売政策が将来のタイヤ総需要へいかに影響するかを検討した。

## 1. はじめに

産業界は自己の不断の発展のため、技術改革、素材革命を織りこんだ新製品を市場に送り出すサイクルを繰り返している。そのとき、エレクトロニクス製品によくみられるように、新製品の性能が従来品に較べ桁違いによれば従来品は短期間に市場より駆逐されてしまう。しかし、両者の性能、価格が桁はずれほどは異ならず従来品の存在理由もまだ充分ある場合は、業界はその新製品を市場に投入するに当たって、その長期にわたる将来需要に対する影響に重大な関心をもつ。

従来品に較べて新製品の性能がかなりすぐれてかつ価格があまり変わらないときは、それはすばやく市場にゆきわたり、一時的な需要増にはなりうる。しかし、製品寿命が従来品よりも長ければ次の取替え需要の発生が遅くなり、結局は長期の需要減となりうる。このとき、新旧製品で生産設備が異なる場合は、特に問題である。新製

品の一時的な急な需要増に対する生産手当が終わった頃から需要は構造的に低下し、新旧設備とも稼働効率が好ましくないことになるからである。

素材革命により新製品群が現われ、その将来の総需要に対する影響の定量的な推定に苦慮していた例として、タイヤ業界でのスチールタイヤ登場時の事例がある。すなわち、新製品は従来品より製品寿命が約2倍長く、したがって高付加価値商品として収益に貢献するが、将来の需要にマイナスに働くことは確かであり、その度合いが論議的であった。タイヤ業界の設備は非常に高価で高い稼働率を前提とした経営がなされており、設備投資の失敗は致命的ですらある。したがって関係者の関心は高く、新製品の総需要への影響については楽観論から極端な悲観論までさまざまであったが、いずれも主観的なものであった。

ここに、新製品が従来品と競合関係にある場合の相互作用の解析を行ない、双方の製品特性（寿命、性能等）が将来の総需要にどのような影響を与えるか、あるいは採用する販売政策が将来の需要構成にどのような変化を与えるか等の定量的情報をもたらす競合品予測モデルの開発が望まれていた。本稿では、この要請に答えるモデル作成と実施例およびモデルの拡張について報告する。

## 2. 競合品モデルの開発

### 2.1 需要発生構造の考察

タイヤの需要先は、国内需要、自動車会社、海外需要と3種ある。自動車会社向の需要の約半分は海外に輸出されている。海外に出てゆくタイヤの需要は相手国の諸要因に大きく依存するので、モデルの範囲を国内需要と国内に売られた新車についているタイヤに限定した。

需要発生構造を、その発生する時点を基点に原因をさかのぼって追求していき、関連する諸要因とそれらの関係を示すのが図1である。以下その詳細を説明する。

▼いつ需要が発生するか？

それはタイヤが壊れ、かつ車が動くときである。

▼では、車はどのような要因によって壊れるのか？

なみひら ひろと 産能短期大学  
〒158 世田谷区等々力6-39-15  
受理 91.10.21 再受理 92.1.9

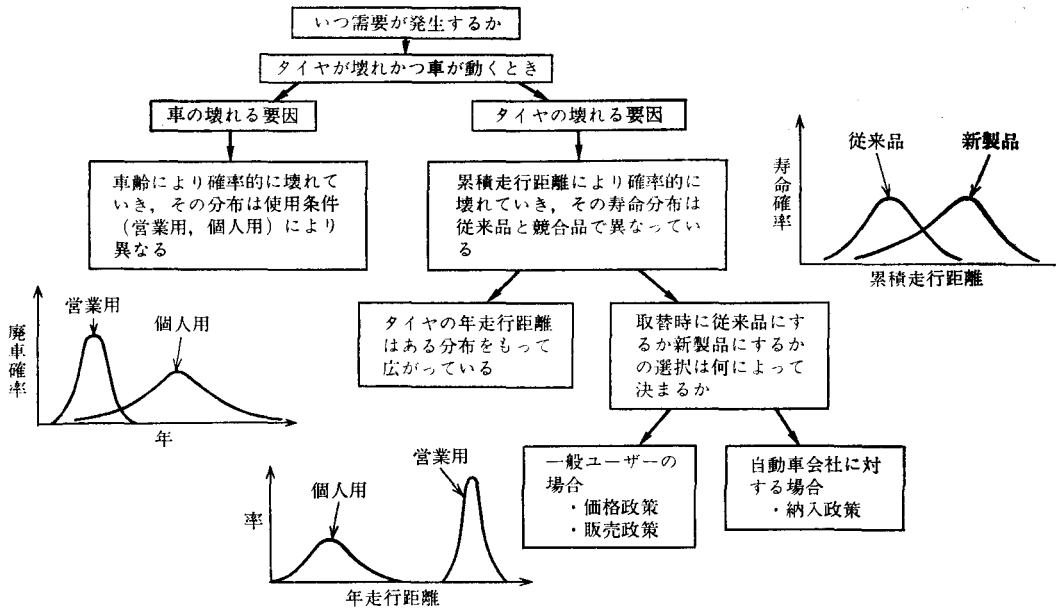


図1 タイヤ需要発生構造

廃車の様子は、営業車であるか個人用であるかの使用条件により異なる。しかし、同一の使用条件の下では、車の寿命は走行距離より、むしろ車の年齢（以下車齢と呼ぶ）によるとみる。それは、年単位にとった廃車の頻度表が安定しているからである。

▼タイヤはどのような要因によって壊れるのか？

タイヤは今まで走った距離（累積走行距離）である分布（寿命分布）に従って壊れていく。その寿命分布は新製品と従来品とは異なり、平均値で2倍程度の差である。このどちらを選ぶかによって次に壊れる時期が影響を受け、すなわち次の需要に反映するという因果関係をもつ。

▼累積走行距離の実態はどのようなものであるか？

車の使用者を観察すると、非常に多く利用する人からあまり利用しない人まで種々のケースがありうる。これを1つの平均値で表わすのは、その実態を単純化しすぎて多くの情報を失うことになる。すなわち、車の年間走行距離はある分布にしたがっているととらえる。

▼ユーザーがタイヤを購入するとき、新製品にするか従来品にするかの選択に影響を与えるものは何か？

新旧両品の性能比に比べて価格差が小さければ新製品がよく売れるであろうし、大であればその逆であろう。すなわち、価格政策が最も利くであろう。

次に、販売側からみれば、何に主力を置いて売れるかの販売政策、広告キャンペーン等の活動がユーザーの購買

動向に影響を与えるであろう。

これらの要因の総合結果が、購買時の新旧品の選択率という具体的な数字となって表われるととらえる。

▼自動車会社への納入分の関係は？

国内に販売される車が国内需要につながるのであるが、最初についていたものが新旧製品のいずれかにより次の需要発生時期が異なる。すなわち、自動車会社への納入政策も1テンポ遅れて国内需要に影響を与える。

これまでの考察により、市場に競合品を投入した場合、将来の需要発生に関与する要因としては次のものを設定することができる。

- (1) 従来品と新製品の寿命分布
- (2) 年走行距離分布
- (3) ユーザーの製品選択の割合
- (4) 自動車会社への納入政策
- (5) 車の廃車確率

2.2 解析

明らかになった要因を用いて、それらの需要発生への定量的関連づけを行なうため、タイヤの状態を表現することを考える。前の考察ではほぼ明らかであるが、タイヤの状態は次の5つの状態量の組合せとして表わせる。

- (1) タイヤの種類（従来品か新製品か）
- (2) 使用条件（営業用、個人用）
- (3) 何年ものの車についているか（車齢）
- (4) タイヤは何km走行しているか（タイヤ齢）

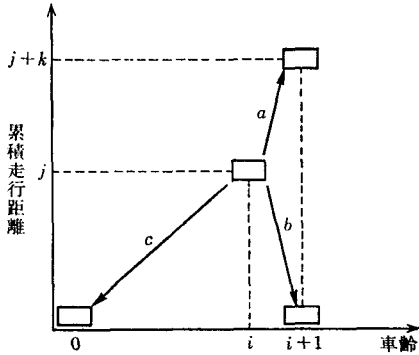


図 2 状態推移図

(5) 車は毎年何 km 走るレベルに属しているか (年走行レベル)

タイヤの状態推移が 1 年ごとに起こるものと離散化して考えよう。使用条件 (営業用, 個人用) が切り換えられることは実際上ほとんどありえないので, それを固定して考える。いま, 車齢  $i$  の車について  $j$  km 走ったタイヤを考える。その車は 1 年で  $k$  km 走るとする。このとき, 1 年たてばタイヤの状態は次の 3 つのいずれかに変化する。

- a 車もタイヤも壊れず, 車齢は  $(i+1)$ , タイヤ齢は  $(j+k)$  になる。
- b 車は壊れず, タイヤが壊れて新しい需要となる。この状態は, 車齢は  $(i+1)$ , タイヤ齢は 0 と表わされる。
- c 車が壊れる。これは車の取替需要である。

これを図示すれば, 図 2 のようになる。

以上の解析より, タイヤの状態は, 新車につけられた状態を基点として, 1 年ごとに図 2 で示されるように確率的に状態が推移していく一種の確率過程ととらえられることがわかる。そして, その推移の確率は 5 つの状態量で決まり, 特に車齢とタイヤ齢により動的に変化するものととらえられる。推移の過程を走行距離分布の各レベルごとに追うとすると, 次の推移状態が現在の状態のみによって決まるものと考えられる。したがって, この推移の過程はマルコフ性を有することになる。

各年におけるタイヤの取替え総需要とは, 図 2 で b に示すところの量をすべての状態 (車齢, タイヤ齢, 年走行距離, タイヤ種, 使用条

件) につきその計をとったものである。その取替え総需要が新製品あるいは従来品のどちらで満たされるかがユーザーの製品選択の割合で決まり, さらに年走行距離分布に従っていくつかの年走行レベルに展開され, タイヤ齢 0 として新たな推移過程を繰り返す。このような需要発生機構において, 関与する要因寄与の量的関係がわからないということが当面の問題であることがはっきりした。状態が推移する詳しい様子を, 図 3 に示す。

### 2.3 モデル化

問題を不必要に複雑にしないため, 次の 3 つの仮定を設けた。

- (1) 車の年走行距離はある分布をもっており, 各々の走行レベルに属する車は新車時より廃車に至るまでそのレベルを変えない。
- (2) 中古車センターでの車の待機は, その出入りが平衡しているものとみなし, モデルでは考えない。
- (3) 営業用, 個人用の使用条件が変更されることはない。

1 つの使用条件下でのある状態の量  $A$  を 4 つの変数で表わし, その各々の意味を次のようにする。

$$A(i, j, k, p)$$

$i$ : 車齢, 年単位にとる

$j$ : 累積走行距離, これはタイヤの年齢ととらえ, タイヤ齢とも呼ぶ

$k$ : 年走行距離, これは分布をもつ量である

$p$ : タイヤの種類,  $p=0$  なら従来品,  $p=1$  なら新

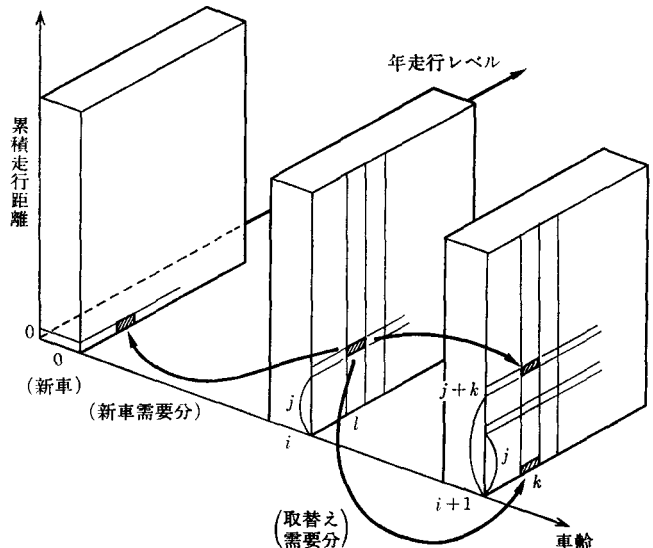


図 3 立体的状態推移図 (車齢  $i$ , 累積走行距離  $j$ , 年走行レベル  $k$  のものの推移)

製品を表わす

状態の記述に必要な諸量の記号を以下のように定める。

$B(i, p)$  : 廃車確率, 車が  $i$  年走って壊れる確率。なお, その年の車の破壊は期末に集中して起こるとする。 $p$  はタイヤ種である。

$T(j, p)$  : タイヤ寿命分布,  $j$  km 走って壊れる割合,  $p$  はタイヤ種である。

$D(k)$  : 年走行距離分布, 毎年  $k$  km 走るレベルに属する確率。

$R(p)$  : 販売分配率, 取替え総需要のタイヤ種  $p$  への分配率。これは, 年ごとに与える量である。

これらにより, 次の記号を定義する。

$C(i, p)$  :  $(i-1)$  年は走った車のうち,  $i$  年で壊れる割合

$$C(i, p) : B(i, p) / (1 - \sum_{k=0}^{i-1} B(k, p))$$

$Q(p)$  : 納入分配率, 新車需要のタイヤ種  $p$  への分配率。これは, 年ごとに与える量である。

$S(j, k, p)$  :  $j$  km は走ったタイヤのうち  $(j+k)$  km 走って壊れる割合。 $p$  はタイヤ種である。

$$S(j, k, p) = T(j+k, p) / (1 - \sum_{n=0}^j T(n, p))$$

なお, 与えられた確率で破壊が起こるのは, すべて年の終わりの時点とする。

これらの記号を用いて状態推移を記述すると, 次のようになる。

(1) 車もタイヤも壊れないときの状態推移。

$$A(i+1, j+k, k, p) = (1-C(i, p)) * (1-S(j, k, p)) * A(i, j, k, p)$$

(2) 車は壊れず, タイヤが壊れて新しい需要となるとき状態推移は, 取替え総需要をタイヤ種に配分し, かつ年走行距離分布に従って配分することにより得られる。

$$A(i+1, 0, k, p) = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_p (1-C(i, p)) * S(j, k, p) * A(i, j, k, p) * R(p) * D(k)$$

(3) 自動車会社へ納入する新車需要分は, 廃車による買替え需要と新規需要の合計とする。この新車需要分を年走行距離分布に従って配分したものが, 車齢・タイヤ齢とも 0 のものとなる。

$$A(0, 0, k, p) = (\sum_i \sum_j \sum_k \sum_p C(i, p) * A(i, j, k, p) + \text{新規需要}) * Q(p) * D(k)$$

この新規需要分の値は, 自動車関係の需要予測により与えられるべきものである。

以上の関係を流れ図で表わしたものが図 4 である。この流れ図では, 使用条件 (営業用, 個人用) は固定して考えている。

システムへのインプット項目およびアウトプット項目は以下のとおりである。

[インプット]

(1) 廃車確率

通商産業省および自動車工業会の資料より作成。

(2) タイヤ寿命分布

従来品, 新製品ごとにタイヤ会社資料より作成。

(3) 年走行距離分布

アンケート調査より作成。

(4) 分配率

従来品, 新製品への分配の割合をシミュレーション期間分与える。

a 販売分配率

b 納入分配率

(5) 新車需要

自動車業界情報より作成。シミュレーション期間分与える。

[アウトプット]

指定したシミュレーション期間につき, 次の項目が計算される。

(1) タイヤ取替需要

(2) 累積走行距離分布

(3) 廃車台数

#### 2.4 初期状態の工夫

このシステムのアルゴリズムは, ある状態に属する数を知って, それが年の経過とともに確率的に状態を推移してゆくありさまを追っていくことにある。したがって, 計算の基点である現在の状態の知識が必要である。それは, 4つの状態量 (タイヤ種, 年走行距離, 車齢, 累積走行距離) のすべての組合せだけ存在する。たとえば年走行距離を20に区分し, 車齢の最大を10にとり, 累積走行距離を100に区分した場合, 全部で  $2 \times 20 \times 10 \times 100 = 40,000$  の状態が存在することになる。これだけの状態の値を現状調査することは不可能で, したがって, 何らかの方法でこれをつくり出す必要があり, これを次のように工夫した。

現在より, 車の耐久最大年数だけ長かさかのぼる。その時点から現在に至るまでの各年につき, 新車実績と納入分配率実績とをモデルにインプットして, 新車についてタイヤの状態の推移を追っていく。モデルはそれらの

値を使って従来品、新製品に分配し、各状態の値をつくり出す。それらは毎年状態が変化して、その履歴をたどる。取替需要分として計算されたものは、販売分配率実績を用いて従来品と新製品に分割して、タイヤ齢 $0$ としてその履歴を続ける。このプロセスを繰り返し現在に至れば、現在の状態をつくり出すことができる。

### 2.5 モデルの妥当性の考察

市場は通常競争原理に支配されるものであるが、この競合品のモデルにそれが明示的な形で入っていないのは次の理由による。すなわち当問題に関しては競合的な側面として、タイヤ会社間の競争とタイヤ業界と自動車業界間の競争とがあるが

- (1) タイヤ会社はどっこも、新製品を多くすることには将来の需要を減らすことにつながるとの認識で一致しており、この点では利害がそろっていた。
- (2) したがって、実際上の競争はタイヤ業界と自動車業界との間であり、コストに厳しい自動車業界は新製品を安く供給することを要求し、これに対しタイヤ業界は値段をなるべく高くすることでその納入に抵抗していた。力関係では自動車業界にじり押しされる傾向にあり、問題は競争的な側面より、その普及の速さの影響の定量化であった。

当モデルの信頼性と、システムへのインプット項目の結果への感度を調べるため、製品の中でその上市が比較的新しく販売の最初から経過を追えるものを選び、2.4で述べたやり方にしたがってモデルを使用した。

この場合、計算初期にすでに市場にあったものはきわめて少量なので、初期状態の以後の結果におよぼす影響はほとんどなく、モデルにより計算された値と実績値を比較することによりその妥当性を検討することができる。比較の結果、計算値は実績値とその全体的な形においてよい一致を示したので、モデルは妥当であると判断した(図5)。ただし、計算値が実績値に対し系統的に

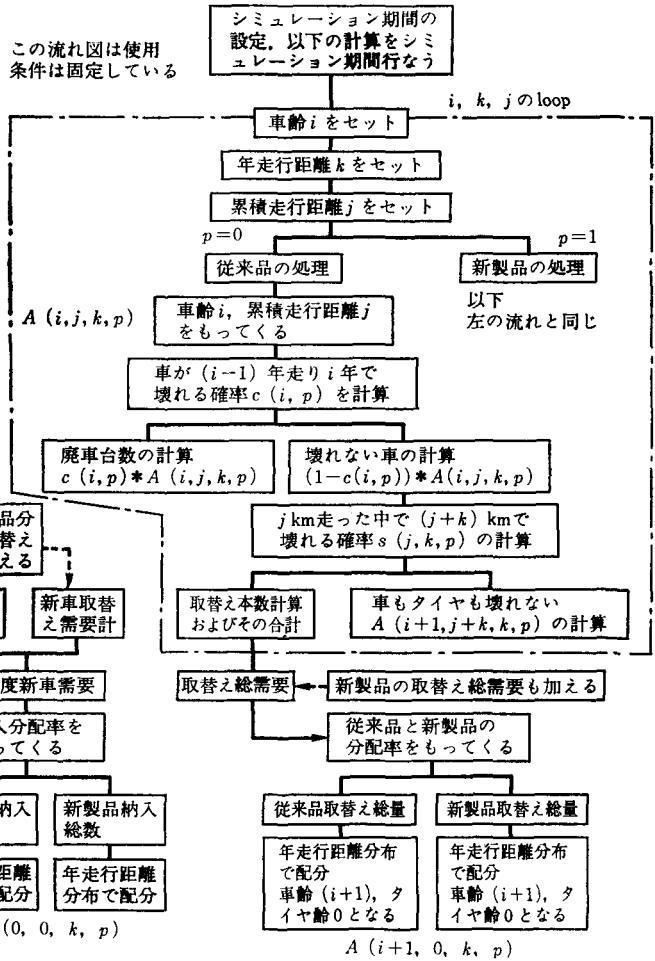


図4 流れ図

少し低い値であったのは寿命分布として物理的なものを使用したため、実際は物理的に壊れる以前に取替えるためであると説明できる。そこで物理的寿命分布を前だおししたものをを使用した場合の結果を調べてみてその感

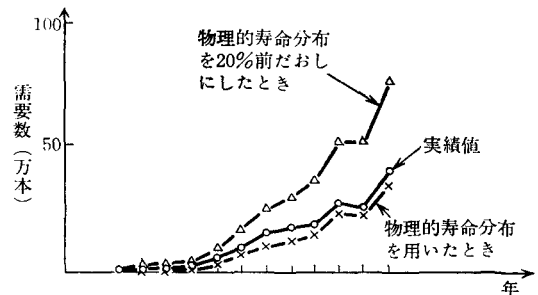


図5 寿命分布の結果におよぼす感度

度を確かめた (図5).

### 3. 数値例として政策の効果の考察

モデルの実施例として、乗用車タイヤの自動車会社への納入政策が、将来の需要にどのように影響を与えるかについて検討したものをとりあげよう。廃車確率、タイヤ寿命分布、従来品と新製品の販売分布率、新車需要予測値および3種の納入政策に対応する納入分布率は、図6に示すものとする。

3種の納入分布率は、以下に示す納入政策に対応している。

- X: 従来品から新製品への納入移行を急激に行なう
- Y: やや急に行なう
- Z: 穏やかに行ない上限を設ける

計算期間は10年とし、各納入政策に対応する将来の需要予測値を図7に示す。この結果により、次のことがわかる。

- (1) 現在の予想販売分配率では構造的な需要減をもたらし、4~5年先には国内需要は頭打ちになる。
- (2) 納入政策の違いによる国内需要への影響は、5年

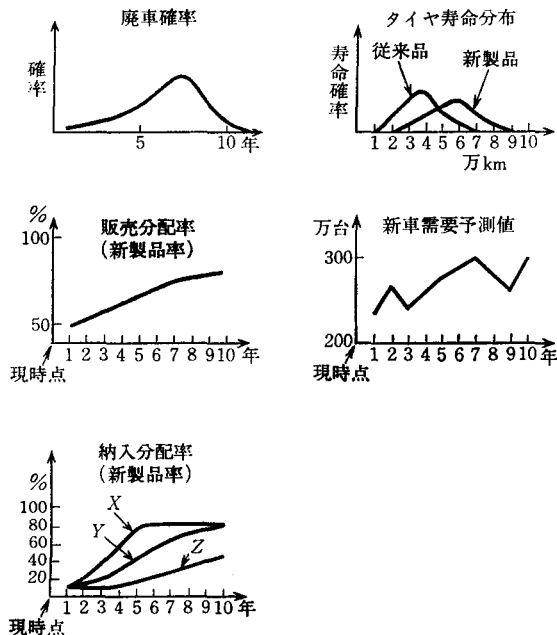


図 6

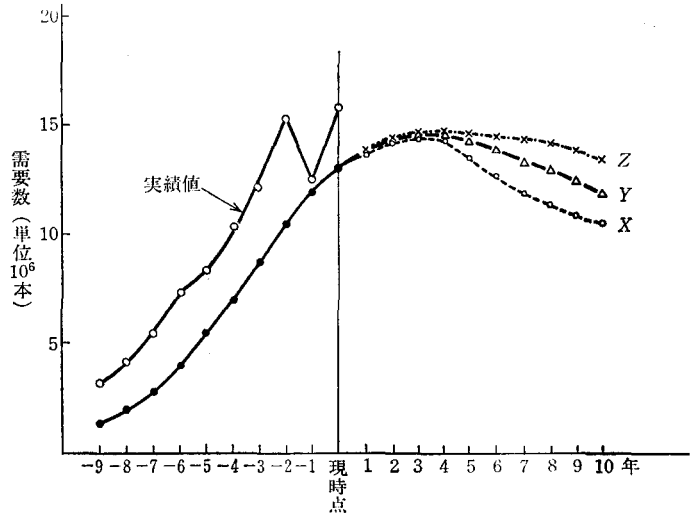


図 7 納入政策の国内需要への影響

目から大きく現われてくる。

- (3) 納入政策の違いだけで、10年先の国内需要は20%以上も違う。

なお、図7の計算値と実績との誤差は、タイヤ寿命分布に物理的な値を用いたが、実際の取替えを規定する分布は少し前だおれに移動したものであることにより説明できる。

計算に用いた分布を微調整することにより、モデルによる計算値と実績値を合うようにすることは難しくないが、それを実現する組合せ (廃車確率、タイヤ寿命分布、年走行距離分布の組合せ) は幾種類もあり、どれが実体にもっとも近いものであるかの詰めは今後の調整が必要である。この数値例の場合は、納入政策の結果の相対的な値に関心があったので、現時点の値はそのままにしておいた。

本システムは、当初の問題である競合品投入時の政策の将来需要に対する影響の解析という問いに対してはよく応えている。さらに、次のような問題の検討にも利用できる。

- (1) 値段を下げ、その代わりに品質を多少下げるときの需要はどうか。
- (2) 法規制による需要変動への影響の検討。

たとえば、ある物理的状态に達したら使用を禁止する場合の等の検討。

これらの問いに対しては、システムの入力値を工夫するだけで答えられる。

#### 4. 拡張のための考察

本稿で扱ったタイヤという商品は、ある親商品の部品として取替え市場をもつという特徴をもつ。この特徴をもつ商品の競合品の影響の解析には、本モデルは参考になる。その場合、本モデルで使ったインプット項目を次のように対応づければ一般性が増す。

- タイヤ寿命分布→製品取替え分布
- 年走行距離分布→製品使用度分布
- 販売構成率→価格政策

さらに、本システムではインプット項目としたタイヤ寿命分布、年走行距離分布等を上位に展開することによる拡張がある。

これらは、社会的、経済的、技術的環境の影響が相互に絡み合った結果の値と考えられる。たとえば、タイヤ寿命分布は技術的品質を基本としながらも経済状況が良好ならばその物理的限界に至る前に交換する可能性が高いであろうし、また、法規則の影響、あるいは安全意識の浸透等によっても変化していくものと考えられる。同じく、年走行距離分布はガソリンの値段および所得等の経済状態に依存するであろうし、高速道路の整備はプラスの方向に動くが、都市の交通渋滞はマイナス要因であろう。このような拡張は次のステップであり、その関連図を図8に示しておく。

#### 5. むすび

タイヤ業界で新製品を出す場合の従来品との競合関係による将来需要の予測問題につきとりあげ、その需要発生構造を解明し、確率過程の考えを基本にして需要をタイヤ寿命分布、年走行距離分布、販売分配率、納入分配率および廃車確率等の要因と関連づけるモデル作成に成功した。数値例として、自動車会社に対する納入政策の

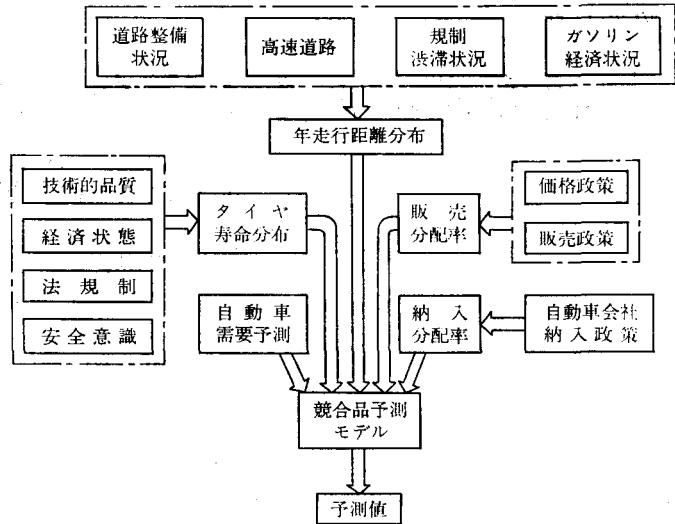


図8 モデルの拡張

将来需要への影響の検討をとりあげ、政策により需要がかなり変わりうることを示した。また、本システムのインプット値を工夫することにより、種々の政策に対する合理的な検討が可能であることも示しておいた。その他、インプット値を社会的、経済的事象と結びつける可能性についても述べておいた。

なお、このモデルは企業においてすでに実用化されている。

#### 【謝辞】

本研究は、慶応義塾大学の柳井浩先生のご指導の下でできあがったものである。ここに、感謝の意を表します。また、問題の調査を通して、ブリヂストン㈱の物流関係の人たちには大変お世話になりました。

#### 参考文献

W.Feller An Introduction to Probability Theory and Its Application, John Wiley & Sons, 1965.