

## 需要予測と経営戦略モデル

### --- 市場データ分析におけるトラッキング・シグナル ---

武 上 幸之助<sup>(1)</sup>

#### 目 次

#### 序

1. 市場分析の手法：需要予測モデル
2. トレンド分析：帰納的データ推計モデル
3. 指数平滑法についての考察
4. 予測誤差管理とトラッキング・シグナル

#### 結語

#### 序

経営戦略において需要予測は、特に製品需要のようなミクロ的市場アプローチでは重要な手法である。我が国の消費製品市場は、多くの分野で成熟、あるいは衰退市場段階に達しており、戦略上も市場細分化により、消費者毎、製品毎の極めて限定的な条件での下で需要予測が図られる。

需要予測が、新製品の開発、流行推移の計画や市場競合分析等の経営手法に導入され、戦略的応用が図られるようになるにつれ、経営戦略モデルとしての需要予測手法が確立されつつある。それは主に確率モデルと数式モデルであるが、戦略手法における需要予測、或いは市場製品拡散予測については、特に連立方程式モデルが、より精緻で合目的な手法となり経営戦略立案に大きな示唆を与えている。

消費行動は消費心理要因など未知要因が支配的であり、再現性が低く、その予測<sup>(2)</sup>には、本来的に、予測誤差が必然的に生じる。目的変数となる消費購買行動について、決定因となる説明変数が一様な線形ではなく、データがバラつくことによる問題、更に市場データ（特性値）から市場トレンドを回帰分析した際に、その予測誤差の管理をどのような手法でおこなうかについて、トラッキング・シグナル手法を本稿では論じる。現在、実務分野でのミクロ的効果の応用、需要

予測について精度の高い予測誤差の管理手法導入が急務であり、本稿では、予測誤差管理について一般に、ブラウン (R. G. Brown 1959) による指数平滑法と誤差管理の為にトラッキング・シグナル手法について論じる。この点で経営戦略モデルにインプリケーションを与えることを望むものである。

尚、本稿は 2001 年度科研費採択による研究助成を受けた研究論文の導入部分であり、ここに深く感謝申し上げます。

## 1. 市場分析の手法：需要予測モデル

### 1 - 1. 需要予測手法の利便性判断

企業経営において製品需要予測こそは経営計画の原点であり、市場指向の経営戦略が中心的役割を果たすようになるにつれ、さらに重要性を増している。その手法の設計と運用について Milton H Spencer 及び Louis Siegelman は ' Managerial Economics ' にて需要予測手法の合理性判断の基準として、以下の項目を掲げている。<sup>(3)</sup>

正確性；Accuracy (予測値と実測値の相対誤差の小さいこと)

柔軟的適用性；Bending (同傾向の予測分析に適用し応用しうること)

説得性；Convincing (合理的判断基準からも妥当性あること)

持続性；Durability (一定期間、その有効性を保ちうること)

簡便性；Easiness (運用、実行に困難過ぎないこと)

企業戦略に予測手法を導入する際、事前分析により説明要因と関数形を仮定する。単独の関数形で事象説明できぬ場合が殆どであるため、代替モデルを用意し検証により、有意性の高いモデルを選別していく作業が必要である。予測精度の得られぬ場合は、多くプリ・テスト・マーケティングモデル<sup>(4)</sup>により、内挿テストが図られる。モデル設計と運用面での合理性の基準について、以下の企業調査事例が示される。

### 1 - 2. 販売分析・予測手法の利用状況

企業での市場分析・需要予測手法の利用状況<sup>(5)</sup>について、調査された事例から以下の特徴が掲げられる。前掲 1 - 1 の合理性基準を満たす手法について検討、評価できる。

- (1) 図解・比率法という比較的直感的で簡便な手法が 60%以上の企業で利用されることが伺えるが、論理性の明解なモデルに直感的な理解が要求される。
- (2) 時系列分析と相関分析法は、ほぼ半数の企業で利用されるが、企業ではこれを図解・比率法と総合している場合が多く、厳密な区分は困難である。
- (3) 連立方程式モデルとシミュレーションは消費財メーカーの約 15%で利用される一方、生産財では 10%未満である。これは消費財メーカーは、より流通の川下に位置し、市場指向

表 1；採用される需要予測手法（企業事例）

予測方法	消費財			生産財				その他	計
	非耐久消費財	耐久消費財	計	完成生産財	中間財	原料	計		
1. 図解・比率法	68.3	81.3	69.3	51.7	58.5	65.0	57.6	66.7	61.0
2. 時系列分析	69.6	71.9	70.3	42.1	58.5	68.3	55.5	50.0	59.4
3. 相関分析	46.6	56.3	49.5	32.6	42.5	50.0	40.8	16.7	42.8
4. 連立方程式モデル	10.1	28.1	15.8	5.6	5.7	11.7	7.1	0	9.4
5. シミュレーション	14.5	12.5	13.8	6.7	4.7	8.3	6.4	0	8.3
6. 確率モデル	2.9	9.4	5.0	4.5	1.9	3.3	3.1	0	3.6
7. ベイジアン法	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8. その他	7.2	6.2	7.0	7.9	4.7	5.0	5.8	0	6.1
回答企業数	69	32	101	89	106	60	255	6	362

性が高いことによると考察される。

(4) 確率モデルは利用が少ない。特に確率モデルの運用が困難なことも原因と考えられる。

経営戦略立案の際の需要予測は、生産財、消費財において差異はあるものの、直感的手法が未だ多数であることが観測される。また検証の観点から、内挿テストにより検定可能であることが必要であるから、予測誤差管理の手法が重要である。

企業事例に見られる一般的傾向として、直感イメージの得られ易い簡易的手法が戦略的に採用される場合が多い。

### 1 - 3. 需要予測手法モデルの体系

需要予測モデル (Demand forecasting Model) は、要因分析から以下のように大きく分類される。

帰納的データ推計モデル

a. 時系列モデル

b. 回帰モデル

演繹的論理構造モデルである。

a. 時系列モデル (Time Series Date Model):

予測変数を動的構造として統計的データを拾い将来を現在、過去の延長と捉え、事象について因果関係から予測を説明する。TCSI 分離モデルや自己回帰 (AR モデル) 等。また横断面分析モデル (Cross-section Date Model): 事象の構成要因など一定計測点で断面データを採り予測を説明する立場もある。

b. 回帰モデル (Regression Model)

予測変数と予測値 (被予測変数) の間を静的構造ととらえ説明する。比較的定形な確定モデルと、精度を高めるために定形的でない非確定モデルに分類される。また a. b. 両者の複合モデルとし

て ARMA (Autoregressive Moving Average Model) 等も多用される。

演繹的論理構造モデルには総需要モデル (Stone & Rowe), 反復購買モデルなどがある。

需要予測モデルは, 論理構造の立場から需要量を推定する試みであり, 「論理構造の強い論理に基づいた予測モデルを構築していくべき」<sup>(6)</sup> 演繹的アプローチがあるが, 前提条件, 予測方式が多様であり, 必ずしも推定値は一定にならない。一方, 帰納的な実績データからの推計モデルは, 市場情報からの不完全情報を含めたフィードバックとして優位性を持つ。本稿では, 主に帰納的データ推計モデルを採り上げ, 市場指向性のより高い, 市場実績を基礎とした企業戦略モデルの導入について検討する。

## 2. トレンド分析：帰納的データ推計モデル

### 2 - 1. 時系列 (Time series) モデル

#### 概要

過去の時系列データから傾向分析し類型に当てはめ平滑化を行い, 回帰分析により標準傾向線を外挿し, その延長により傾向変動を分析する。

#### 理論的根拠

時系列データには (TCSI : 傾向変動 : Trend (T), 循環変動 : Cyclical fluctuations (C), 季節変動 : Seasonal variations (S), 不規則変動 : Irregular variations (I)) から構成され, 先ず時系列データを加法モデル (時系列変動の比例性関係を加味した加算式),

$$F(t) = T(t) + C(t) + S(t) + I(t)$$

乗法モデル (時系列全体の変動水準に応じた変動比率),

$$F(t) = T(t) \cdot C(t) \cdot S(t) \cdot I(t)$$

式を対数加法モデル

$$\log Ot = \log Tt + \log Ct + \log St + \log It$$

として線形に変換できるため, 加法モデルと同等に扱い構成要因分析が行われる。加法モデル, 乗法モデル等により「時系列分析ではいかに効果的に 4 変動要因に分離するかにある」<sup>(7)</sup> が, モデル運用上では, 各変動の波長が異なるため, 原系列からの 4 要因の完全分離は一般に困難である。また近年は時系列データ分析においては,

移動平均法

移動合計

傾向線の当てはめ (最小二乗法, ロジステック曲線など)

次に季節指数 (主に Winters 指数平滑法などで主流) による

期別平均法

対移動平均法

連環比率法などがある。

さらに循環変動を分離するために循環周期移動平均法等が用いられる。

a. 傾向変動/趨勢変動モデル

長期の全体的傾向で上昇、下降等、一方方向を持続する変動である。移動平均法、移動合計、傾向線の当てはめ等の手法がある。尚、傾向線の当てはめについては、企業では単純な最小二乗法が多く用いられる。データの示す点と、回帰傾向線までの距離二乗和が最小となるように平準化をおこない高次曲線に当てはめる手法である。

b. 季節変動指数：

期別平均法、対移動平均法、連環比較法等。

c. 循環変動/景気変動

一定周期の繰り返される上下波動。

d. 不規則変動/偶然変動

通常、短期間の不規則偶然的、上下の小変動。

e. 循環周期移動平均法、

### 3. 指数平滑法についての考察

指数平滑法 (Exponential Smoothing Method ブラウン法<sup>(8)</sup>)

#### 3 - 1. 指数平滑法

この手法の特徴は 予測誤差管理と Fisher Yates 手法に準じる データ欠落の場合の補充にある。そのためトラッキングシグナル (Tracking Signal) が活用される。加重移動平均でもある指数平滑法は、以下の式に表わされる。

$$M(t) = D(t) + D(t-1) + D(t-2) + D(t-3) + \dots + D(t-n+1) / N \dots (1)$$

但し、

$M(t)$  ;  $t$  期の  $M$  ヶ月移動平均値

$N$  ; 移動平均項数

$D_t$  ;  $t$  期の実績

同(1)式を変形して

$$M(t) = M(t-1) + \{D(t) - D(t-n)\} / N \dots (2)$$

(2)式より、当期の移動平均値を算出する為には、当期実績  $D$  と前期移動平均値  $M(t-1)$  及び  $N$  期までの実績が必要となる。即ち  $N$  期までの移動平均を取る為に、絶えず  $N$  期までの実績を絶えず収集する必要がある。

保存データが切落し、過去の実績 ( $D_{t-1}$  から  $D_{t-N}$ ) がなく、前期の移動平均  $M_{t-1}$  のみが分かる場合、 $M_{t-1}$  と  $D_t$  しかなく  $D_{t-N}$  は不明である。

この場合、 $D_{t-N}$  の推定値として  $D_{t-N} = M_{t-1}$  の前期移動平均値を採用する。

移動平均推定値は

$$M' = M_{t-1} + (Dt - M_{t-1}) / N = 1/N \cdot Dt + (1 - 1/N) \times M_{t-1}$$

ここで  $M'$  を  $S$  とおき,  $1/N$  を (平滑化定数) とおくと

$$S_t = Dt + (1 - ) S_{t-1}$$

$0 < < 1$  の範囲で  $1/N$  に相当する.

$D_{t-N}$  の推定値として  $M_{t-1}$  を使う.

これは過去データのうち, 新しいデータに加重し, 過去に遡り, 加重を軽くするなど実効性を高めるための各データに評価付けを行う手法である.

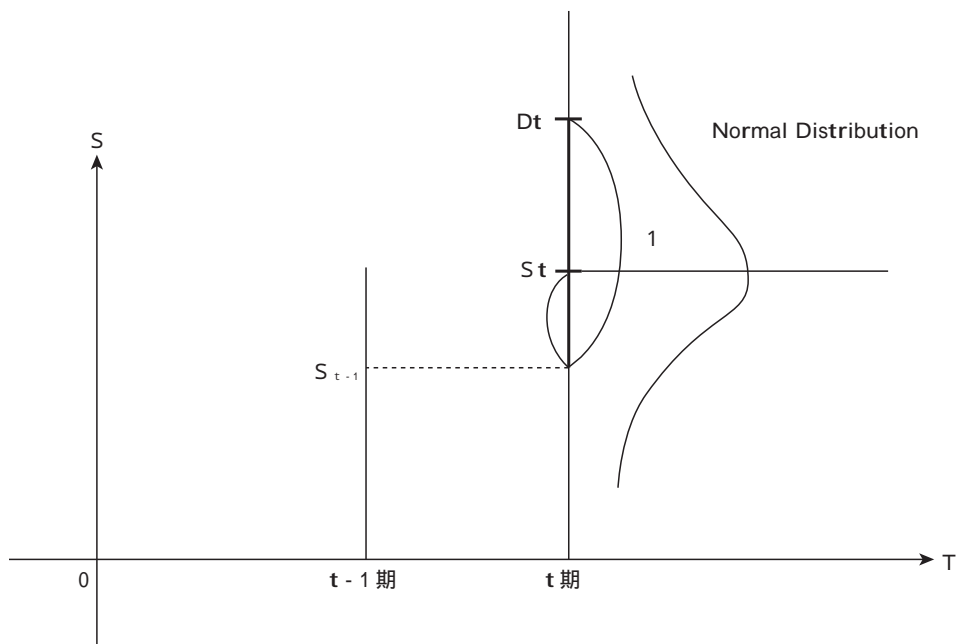
また時系列データが欠損した場合, これを埋める手法として Fisher-Yates 法が多用される一方, この指数平滑法が用いられる. 過去の実績に比重を置く場合, 平滑化定数 を 0 に近似してとる. また現在の実績に比重を置く場合は, 1 に近似させる.

$t$  期において実績値  $Dt$  が得られた場合,  $t$  期の実績値  $S_t$  を,  $Dt$  と  $t-1$  期の期待値  $S_t$  を用いて予測する.

$$S_t = S_{t-1} + (Dt - S_{t-1})$$

需要の安定期では  $(Dt - S_{t-1})$  の項が偶然変動により構成されるから, これが期待値  $S_t$  に影響を与えぬように を小さくとる. 逆に需要が安定せず, 実績値の変動要因が傾向, 季節, 周期変動が入る場合は, を大きくとる.

(図) 実績値  $D$  と期待値  $S$



#### 4. 予測誤差管理とトラッキング・シグナル

需要予測の誤差を時系列に管理する、即ち誤差の修正と再検討のためにも、指数平滑法では平滑化定数の操作により予測方式を修正することが、可能である。指数平滑化法における予測精度の測定には、平均絶対偏差と累積偏差により求めるトラッキング・シグナル<sup>(9)</sup>が用いられる。

誤差の分布は正規分布に従うと仮定し、平均と標準偏差の推定をおこなう。平均予測誤差は偏りなければ0とする。標準偏差よりも簡易な、標準偏差に比例する平均絶対偏差 MAD (Mean Absolute Deviation) が用いられる。

$$\text{MAD}_t = \sum_{i=1}^t |D'_i - D_i| / t - 1$$

また指数平滑法をもちいて

$$\text{MAD}_t = \alpha |D'_i - D_i| + (1 - \alpha) \text{MAD}_{t-1}$$

予測誤差が正規分布する場合

$$= 1.25\text{MAD}$$

の関係がある。

トラッキング・シグナルは予測値と実績値の偏差合計を MAD で割る数値を用いる。

$$\text{TSt} = \sum_{i=1}^t (D'_i - D_i) / \text{MAD}_t$$

管理限界を越える場合、平滑化定数値を大きく取り、需要予測値の範囲内へ適合させる。

尚、目的変数に関する説明変数を重回帰分析することで時系列モデルを統合する試みが為されている。<sup>(10)</sup>

#### 結 語

経営戦略の市場アプローチ手法として、需要予測理論は理論的發展を遂げた。だが現在の市場状況：需要が広汎で複雑な要因に支配される成熟市場段階では、市場細分化により、更に限定的要因分析が行われ、需要予測理論も複雑、多岐に分類される。更に近年は、成長市場から成熟市場への移行に応じた拡張的アプローチ手法としてデルファイ法、関連樹木法等、新たな感性的手法分析も図られる。従来の製品カテゴリー、価格、機能等の製品特徴の機能的係数から、感性的消費の中心となる市場分野では仕様、流行等の感性的アプローチによる需要予測も重要な手法となる。経営戦略立案の基礎にある、トレンド分析を中心に帰納的データ推計モデルは有意性がある。経営戦略モデルへの導入は予測精度水準とその管理が要諦である。本稿では、需要予測手法での予測誤差管理について、トラッキング・シグナルの考え方につき、若干の分析を試みた。再現性の乏しく、市場要因が複雑で抽象化し難い条件下での需要予測は、市場データの不備、欠陥が必然的に生じる。この場合、トラッキング・シグナル手法により加重移動平均を用いて管理下に置くことができる。

参考、引用文献

- 小泉修平 (JMS) 「予測理論」 (株)日本経営システム PHP 出版 1992.9  
春日井博 「需要予測入門」 日刊工業新聞社 1967  
森田優三 「経済変動の統計分析法」 岩波全書 1955  
円山由次郎 「需要予測と時系列分析」 日本生産性本部 1970  
廣松毅 「経済時系列分析」 朝倉書店 1995  
李家斉, 北岡正敏 「閾値自己回帰モデルによる時系列予測」 日本経営工学会 1997  
田口玄一, 横山巽子 「ビジネスデータの分析-手法と実例」 丸善 1980  
刈屋武昭 「回帰分析の理論」 岩波書店 1989  
溝口敏行, 浜田宗雄 「経済時系列の分析」 勁草書房 1985  
溝口敏行 「経済統計論」 東洋経済新報社 1988  
廣松毅, 浪花貞夫 「経済時系列分析」 朝倉書店 1987  
林知己夫監修 「調査とサンプリング」 同文書院 1990  
池田央 「調査と測定」 新曜社 1991  
斉尾乾二郎 「予測」 東京大学情報科学セミナー・朝日出版社 1991  
室田泰広 「需要予測と経済予測」 培風館 1984  
竹内清 「需要予測入門」 丸善 1971

注

- (1) Associate professor Faculty of Social and Information Sciences, Nihon Fukushi University  
(2) ライブニッツ型理論科学の立場: I. ミトロフ 1973 は, 予測手法の基本を体系化し理論科学からの説明 (ライブニッツ). 実験科学と経験的認識からの説明 (ロック) 等を掲げる.  
(3) 「需要予測」 共立出版後掲 p.35-36  
(4) 自動車新車販売に関する BASS-Model 他, 拙著 「アバナシ シェーラー仮説の実証分析研究」 1997.  
茂木, 福川 「リアル・オプションを考慮したテスト・マーケティングの価値評価」 日本 OR 学会 2001.5 p.104  
(5) 「マーケティング戦略実態調査報告」 日本生産性本部経営力強化委員会 1980 での以下のアンケート調査から作成.  
(6) 石渡・島村 「パソコンによるマーケティング・モデル解析」 共立出版 1985  
(7) 横山, 円山 「需要予測と時系列分析」 日本生産性本部 1970 p.12. I 12. 尚, 円山 「新版需要予測と時系列分析」 1974  
(8) R.G. Brown 1959  
(9) 広義には有意性検定の手法管理の問題であり, 誤差分散と予測寄与率について出典 p.13-14 p.29-34  
(10) 和田, 上野, 三林 「需要要因を考慮した統合予測モデルの構築」 日本経営工学会 vol.5 1. 2000.12