

# 時変係数分布ラグモデルによる市場反応分析

日産自動車株式会社 井上 友彦  
筑波大学 佐藤 忠彦

## 1. 背景と目的

企業のマーケティング活動に対する市場の反応性のメカニズムを理解することは、経営の実務における最も重要な課題のひとつとなる。現象の科学的な解明のために必須となる、市場反応に関する統計的モデリングは一般に市場反応分析と呼ばれ、マーケティング・サイエンスの研究対象として歴史的に重要な位置を占めてきた。本研究では、企業のプロモーション量に対する動的な市場反応を集計データを用いてモデリングすることを念頭に、とくに繰越効果 (carryover effect) と呼ばれる時間を通して残存あるいはストックするプロモーション効果の取り扱いに着目する。具体的には、汎用性の高い分布ラグモデルを出発点とし、その自然な動的拡張として各係数が時間変動するモデルを提案する。

## 2. モデリングと推定

$y_t$  を  $t$  期の市場の出力 (売上, シェア),  $x_t$  を  $t$  期の市場への入力 (プロモーション量) とするとき、本研究で提案する時変係数分布ラグモデルは潜在変数  $z_t$  の漸化式を含む以下の数式により表現される。

$$y_t = \alpha_t + \beta_t z_t + \epsilon_t, \\ z_t = \lambda_t z_{t-1} + x_t, \quad 0 < \lambda_t < 1$$

$\alpha_t, \beta_t, \lambda_t$  がそれぞれ  $t$  期の切片, 反応係数, 繰越率を意味し, 時間によって変動する構造を持つ。 $\epsilon_t$  は  $t$  期の観測ノイズであり,  $z_t$  は当期におけるプロモーション・ストックと解釈される。同モデルは  $\theta_t = (\alpha_t, \beta_t, \lambda_t^*)'$  を状態ベクトルとする以下の一般状態空間モデルとして表現される。 $\lambda_t^*$  は  $\lambda_t$  の区間制約を満たすためロジット変換  $\lambda_t^* = \log\left(\frac{\lambda_t}{1-\lambda_t}\right)$  により再パラメータ化したものである。 $\Phi, \psi$  はそれぞれシステムノイズ, 観測ノイズの分布を規定するパラメータを示す。

$$\text{システムモデル} \quad \theta_t \sim p(\theta_t | \theta_{t-1}, \Phi) \\ \text{観測モデル} \quad y_t \sim p(y_t | \theta_t, x_t, z_{t-1}, \psi)$$

通常的一般状態空間モデルでは粒子フィルタによって状態変数の効率的な逐次推定が可能となるが、観測モデルに漸化式を含む本モデルでは、潜在変数  $z_t$  についても粒子を用いて分布表現することで状態変数と同時に更新することが、推定上の特色となる。

## 3. データ解析

提案モデルの有用性を検証するため、シミュレーション実験の結果と実データの解析例を報告する。実データの解析には、小売マーケティングにおける広告効果分析への応用について事例を示す。モデルの推定結果から、広告ストック効果の時間変化の構造について実務的な示唆を与え、本モデルに関する全般的な考察を述べる。