

VARX モデルを用いた

商品の値下げが売上個数に与える長期的効果分析

経営工学専攻 201111224 大徳 真人

指導教員 近藤 文代 講師

1 研究の背景と目的

スーパーマーケットなどの小売店では商品のプロモーションとして、商品の値下げがされることがあり、日常生活でもよく見受けられる。一般的に値下げをしている期間中はその商品の売上個数が増加するはずである。しかし、それはあくまでも期間中だけの効果であり、長期的に見るとその値下げが売上個数の増加に効果を及ぼしているのかという疑問を感じたため本研究を行うに至った。

値下げの研究として、Lim et al.(2005)がある。この研究では VARX モデルと POS データを用いて、値下げのプロモーションに対するブランドに対しての消費者の態度による差異を見つけて、ロイヤルティに基づいてセグメンテーションを行い、ヘビーユーザー、ライトユーザー、スイッチャーといったそれぞれの消費者セグメントに対してのプロモーションの有効性を示しているが、具体的な売上個数の増加についての方法は言及されていない。

本研究の目的は商品の値下げのプロモーションが商品の売上個数に与える長期的な効果を明らかにするとともに売上個数を長期的に増加できる方法を探索することである。

2 分析モデルとデータ

2-1 VARX モデル

VARX モデル (Vector Auto Regression model with eXogenous variables) は過去の内生変数と現在の外生変数の値から現在、将来の値を予測できる時系列モデルである。

2-2 使用するデータ

IRI (Information Resources, Inc) から提供された、アメリカ合衆国の週次の POS マーケティングデータを使用する。データの期間は 2001 年 1 月から 2011 年 12 月までの 573 週の週次の時系列データである。研究対象とする商品として歯磨き粉を選択した。研究対象とする店舗としては 1923 店舗において、11 年間存在していた店舗の中で売上が大きかった上位 3 つの店舗である、ニューイングランドのスーパーマーケット(以下、店舗 A)、ピッツフィールドのスーパーマーケ

ット(以下、店舗 B)、バッファローのスーパーマーケット(以下、店舗 C)の 3 店舗を選択した。包含しているデータは期間数、店舗コード、商品コード、週次の売上個数、週次の売上高、広告の有無、特別陳列の有無、値下げの有無である。

3 分析

まず、変数を設定し、単位根検定により内生変数が定常過程であるかを検定した。次に、VARX モデルの係数の推定をした。また、Granger の因果検定により、選択した内生変数が予測に効果がある変数かどうかを検定した。これらの結果から、変数間の時系列的な影響を分析できるインパルス応答関数を用いて、加重平均価格の変化が売上個数にどのように時系列的に伝搬していくかを表した。

3-1 変数の設定

Lim et al.(2005)に基づいて VARX モデルの変数の設定をする。

$$\begin{bmatrix} Q_t \\ P_t \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^k \begin{bmatrix} \beta_{Q,Q}^i & \beta_{Q,P}^i \\ \beta_{P,Q}^i & \beta_{P,P}^i \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} Q_{t-1} \\ P_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{Q,F} & \gamma_{Q,D} \\ \gamma_{P,F} & \gamma_{P,D} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} F_t \\ D_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha_Q \\ \alpha_P \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{Q,t} \\ \varepsilon_{P,t} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \varepsilon_{Q,t} \\ \varepsilon_{P,t} \end{bmatrix} \sim N(0, \sigma^2)$$

内生変数は、 Q_t : 1 つの店舗における t 期の歯磨き粉の全商品の週次の売上個数、 P_t : 1 つの店舗における t 期の歯磨き粉の全商品の週次の加重平均価格の 2 つである。外生変数として、 F_t : t 期の広告の有無(ダミー変数、No=0、Yes=1)、 D_t : t 期の特別陳列の有無(ダミー変数、No=0、Yes=1)と設定する。 F_t と D_t に関しては広告に掲載された商品、特別陳列された商品が 1 店舗内で 1 つ以上あった場合に 1、無かった場合に 0 とダミー変数を置いた。

3-2 単位根検定結果

内生変数である売上個数と加重平均価格の時系列データが非定常過程であるという帰無仮説はそれぞれ有意水準 1% 以下で棄却された。したがって 3 店舗の売上個数と加重平均価格の時系列データが定常過程であることが検定されたので、各内生変数は VARX モデルに使用することができる。

3-3 VARX モデルの係数の推定結果

まず 3 店舗について、AIC(Akaike's Information Criterion)による VARX モデルの最適な AR の次数の推定を行った。最長 50 期のラグから推計を開始して、店舗 A が次数 4、店舗 B が次数 6、店舗 C が次数 5 で最適となった。係数の推定結果は、店舗 A の Q_t には $Q_{t-2}(0.166)$ と $Q_{t-4}(0.128)$ と $F_t(74.560)$ が強い影響を与え、 P_t には $Q_{t-2}(0.000)$ と $P_{t-1}(0.223)$ と $P_{t-2}(0.224)$ と $P_{t-3}(0.181)$ と $P_{t-4}(0.244)$ と $F_t(-0.135)$ と $D_t(-0.041)$ が強い影響を与えることがわかった。店舗 B の Q_t には $Q_{t-2}(-0.115)$ と $Q_{t-4}(0.126)$ と $P_{t-6}(-79.352)$ が強い影響を与え、 P_t には $P_{t-1}(0.263)$ と $P_{t-2}(0.156)$ と $P_{t-3}(0.124)$ と $P_{t-4}(0.164)$ と $P_{t-6}(0.256)$ が強い影響を与えることがわかった。店舗 C の Q_t には $Q_{t-1}(0.200)$ と $Q_{t-2}(0.103)$ と $Q_{t-3}(0.125)$ と $Q_{t-4}(0.115)$ と $Q_{t-5}(0.135)$ と $F_t(36.101)$ と $D_t(55.065)$ が強い影響を与え、 P_t には $P_{t-1}(0.397)$ と $P_{t-2}(0.243)$ と $P_{t-3}(0.122)$ が強い影響を与えることがわかった。()内は係数の推定値である。

3-4 Granger の因果検定結果

加重平均価格は売上個数に対しての Granger の意味での因果性は無いという帰無仮説は、店舗 A、店舗 B については有意水準 1%以下で棄却された。店舗 C については有意水準 10%以下で棄却された。したがって、価格の時系列変化が売上個数に影響を与えていると推定される。

3-5 インパルス応答関数の推定結果

加重平均価格に負のショックを与えたときの売上個数の予測値からの乖離を見ていく。加重平均価格の負のショックが意味するのは値下げである。ショックの大きさは 1 標準偏差の負のショックを与えている。図-1 から図-3 は 3 店舗の加重平均価格に対して負のショックを与えたときの売上個数のインパルス応答関数の 50 期先までのプロットを示している。グラフにおいて正の値であれば 1 週目の値下げがその週の売上個数の増加に影響していることを表している。

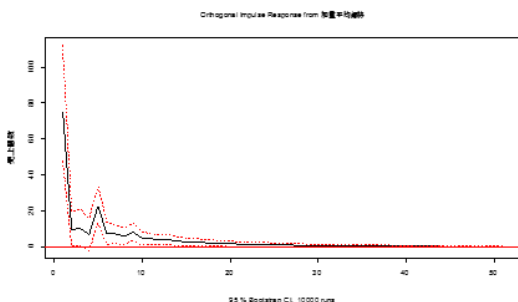


図-1 店舗 A の売上個数のインパルス応答

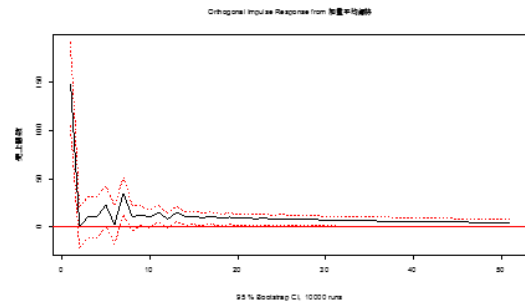


図-2 店舗 B の売上個数のインパルス応答

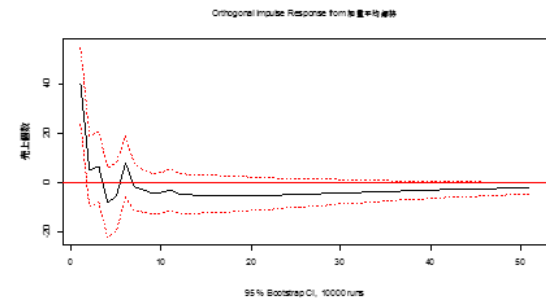


図-3 店舗 C の売上個数のインパルス応答

4 考察

3店舗において加重平均価格の売上個数への Granger の意味での因果性が確認された。すなわち加重平均価格の変化は売上個数の変化に影響を及ぼしているということである。

インパルス応答関数の時系列グラフを見ると、3店舗とも値下げをした数週間にも何度か売上個数に対する効果が現われることがわかった。この理由としては、数週後に商品を買うときに購買意欲が促進されるからではないかと考えた。長期的に見ると、値下げが売上個数の減少の効果も見られる場合もあることがわかった。これは値下げがされた商品を消費者が買い溜めをしたことによって家庭内の在庫が増え、長期的に見ると売上個数が減ってしまうからだと考えた。

長期的な売上個数の増加をしていくためには、値下げをした数週間にも売上個数の増加に効果があるところに注目をして、この効果を活かしたタイミングでの値下げを行えば良いと考える。数週後の値下げの効果が出た後にすぐに新たな値下げを行うことで無駄を無くし、これを繰り返していけばやがて売上個数が増加していくのではないかと考えた。

5 参考文献

- [1] Lim, Jooseop, Imran S. Currim, and Rick L. Andrews (2005), Consumer Heterogeneity in the Longer-Term Effects of Price Promotions, International Journal of Research in Marketing, 22(4), p.441-457.