

家電オンライン市場のエージェントモデル

水野貴之[†] 渡辺努[‡]筑波大学大学院システム情報工学研究科[†]東京大学大学院経済学研究科[‡]

1 はじめに

ネットショッピングでは店舗間の価格比較が簡単にできるため、値崩れを伴う過当競争が激しくなっている。近年ではネットで価格を調べて現実の店舗を訪れる消費者も多く、過度な値崩れはインターネットの世界だけではなく現実の店舗にも広がっている。

本稿では、家電のオンライン市場における微視的な個々の店舗の価格改定行動を基に、店舗の集合体である市場で大きな値崩れが発生してしまうメカニズムを実証的に導き出す。近年の10年間、株などの資産価格の値崩れに関しては、このような手法による実証分析が幾つも報告されている[1, 2].

我々は、第2節で、日本最大の価格比較サイト「価格.com」における店舗の価格改定と消費者によるクリックを秒単位で記録した巨大なデータセットを用いて、店舗の価格改定行動を観測する。各店舗は他店舗の価格を監視して常に価格改定のタイミングをうかがっているわけではなく、間欠的に価格改定はおこなわれている。次に第3節で、我々は各製品における店舗間の平均価格の時系列について3つの特徴を示す[3]. 平均価格は市場在庫のランダムな増減によりランダムウォークの特徴を持つ。カスケード的な値崩れが高次の相関関数により観測できる。価格変動の分布は正規分布に比べて大きな裾野を持ち、 5σ を超えるような大きな値崩れが、しばしば発生している。第4節で、我々は第2節の結果を基に、店舗の価格改定行動を記述する家電オンライン市場のエージェントモデルを導入し、第3節で示す価格時系列の統計的な特徴を再現する。我々は、個々の店舗が他店舗の価格に反応してプライスレビューの間隔を伸縮させることが、店舗間に価格変動の相互相関を生み出し、その結果としてカスケード的な値崩れが生じることを示す。

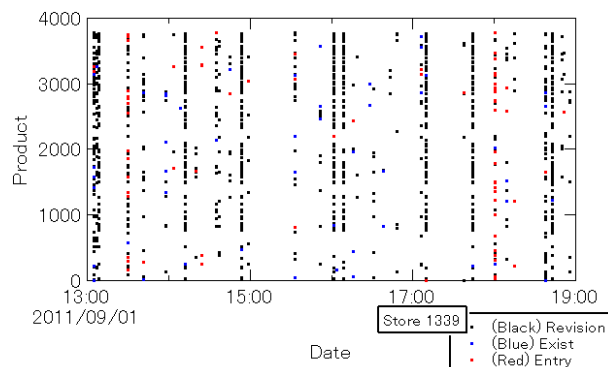


Fig. 1 商品の価格改定のタイミング

2 個々の店舗の価格改定行動

Fig. 1 は、4000 商品について、典型的なある店舗の価格改定のタイミングを表している。各製品の価格改定は頻繁におこなわれ、しかも、それらの価格改定は多くの製品で同時刻に発生している。

経済学では、店舗が各製品に対して価格改定の決断をおこなうことを「プライスレビュー」と呼ぶ。価格改定が多くの製品で同時刻に発生していることは、店舗が価格改定に伴う人手や機材のコストを押さえるために、多くの製品に対して一括してプライスレビューをしていることを示唆している。

プライスレビューの間隔を調べた結果、多くの店舗ではプライスレビューの間隔に自己相関（自己相関係数=約 0.35）が存在し、しかも、その間隔を伸縮させていることがわかった。例えば、典型的なある店舗では 10 分前後の高頻度で定期的にプライスレビューが発生する時期と毎分確率 0.051 の低頻度でポアソンの発生する時期が混在している。

3 価格の時系列の統計性

家電のオンライン市場では、人気製品の価格の挙動は、株価のように大きく揺れ動く。Fig. 2 は、液晶テレビ AQUOS LC-32GH2 を販売する店舗の平均価格の 11 ヶ月間の推移を表している。株価の時系列のように一部分を拡大しても、時系列の振る舞いは変わらず、フラクタル性を有して

Title: Agent-based model of online consumer-electronic market
[†]Takayuki Mizuno, University of Tsukuba
[‡]Tsutomu Watanabe, The University of Tokyo

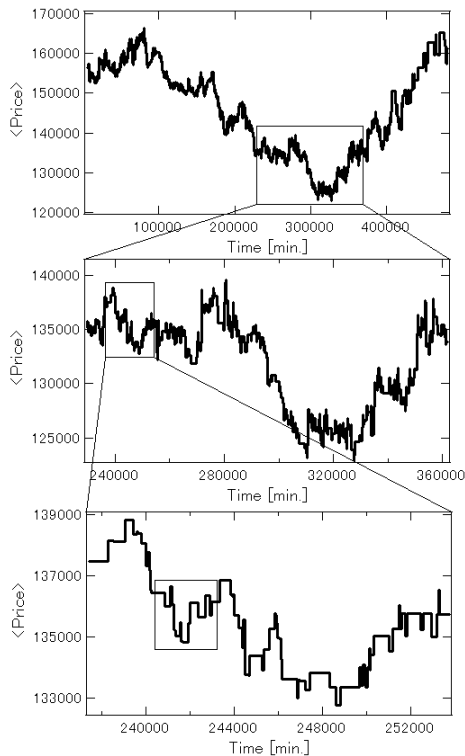


Fig. 2 液晶テレビ AQUOS LC-32GH2 の平均価格 [3]

いる。この時系列のハースト指数は 0.5 であり、価格差の自己相関関数はゼロであった。つまり、平均価格の時系列はランダムウォークの特徴を持つ。

この時系列の特徴はランダムウォークだけではない。2 体の相関関数では測れない多体の相関を Up-Down 解析 [4] により測った結果、価格が下る確率は、直前に連続して下がっているほど高くなることが分かった。つまり、カスケード的な値崩れが存在する。

カスケード的な値崩れが存在する結果、価格変動の分布は Fat-tail と呼ばれる広い裾野を持つ。Fig. 3 は 1 時間あたりの平均価格の変動の確率密度関数を表している。図の中心の破線は正規分布を表しており、 $\pm 5\sigma$ を超える大きな価格変動が正規分布に比べて非常に多く発生していることが読み取れる。

4 家電オンライン市場のエージェントモデル

我々は 1 つの製品についての店舗間の価格競争をモデル化する。モデルでは、各時刻に確率的に 1) 需要と 2) 供給, 3) プライスレビューが発生する。

1) **需要** : 確率 p_d で 1 単位の需要が発生する。各店舗が確率 θ で購買対象に選ばれ、購買対象店のなかから一番安い店舗の在庫が 1 単位消費される [5]。

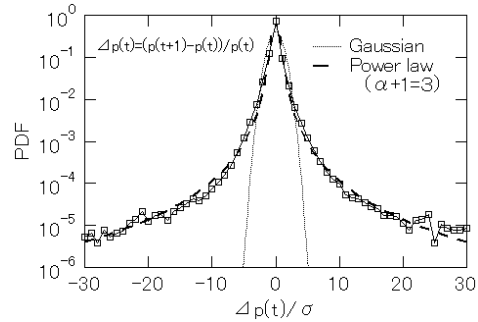


Fig. 3 平均価格の変動分布

- 2) **供給** : 確率 p_s で新規店舗 i が在庫を 1 つ持って、 r_i^* 位の店舗の価格 $p(r_i^*)$ より 1 円安い価格で市場に参入する。但し、 $n(t) < r_i^*$ のときは $p(n(t)) + 1$ 円で参入する。
- 3) **プライスレビュー** : 各店舗は確率 $\varepsilon_i(t)$ でプライスレビューをおこなう。プライスレビューをおこなった店舗 i の順位 r_i が $r_i \leq r_i^*$ のとき、店舗 i は価格改定をおこなわない。プライスレビューをおこなう確率を $\varepsilon_i(t+1) = \varepsilon_i(t)^{1/\gamma}$ と変化させる。一方、プライスレビューをおこなった店舗 i の順位 r_i が $r_i > r_i^*$ のとき、店舗 i は r_i^* 位の店舗の価格 $p(r_i^*)$ より 1 円安い価格に価格改定する。プライスレビューをおこなう確率を $\varepsilon_i(t+1) = \varepsilon_i(t)^\gamma$ と変化させる。ここで、 r_i^* は店舗 i の希望する順位であり指数 φ の指数関数によって確率的に与えられる。

このモデルのパラメータは、 $\theta, \varphi, p_d, p_s, \gamma$ と $\varepsilon_i(t)$ の初期値の 6 つである。このうち、 p_d, p_s により店舗の市場への入退出がポアソンの発生し、平均価格がランダムウォークの特徴を持つ。また、 γ により価格変動が激しくなるとプライスレビューの間隔が加速的に短くなり、カスケード的な値崩れが発生する。これらのメカニズムにより、平均価格の分布は Fig. 3 のような広い裾野を持つ。

今後は、市場を特徴を再現できる本モデルを用いて、価格の予測と値崩れを防止するオンライン市場のルールについて考察する。

参考文献

- [1] R. N. Mantegna, H. E. Stanley, Cambridge University Press, 1999.
- [2] U. Garibaldi, E. Scalas, Cambridge University Press, 2010.
- [3] T. Mizuno, T. Watanabe, EPJB 76, 501, 2010.
- [4] T. Mizuno, T. Watanabe, Physica A 324, 296, 2003.
- [5] 水野貴之, 渡辺努, 経済研究 59, 317, 2008.