

Shopbot Economicsにおける同調行動の影響と価格形成

Price dynamics and herd behavior on Shopbot Economics

小林 元^{*1} 倉橋 節也^{*2}
Gen KOBAYASHI Setsuya KURAHASHI

筑波大学大学院ビジネス科学研究科
Graduate School of Business Science, University of Tsukuba

Shopbot are software agents that automatically search for information pertaining to the price. That make it possible for buyers to compare prices easily across sellers that offer optimal prices dynamically according to available information on the market. We present a modeling of commodity trading by Agent-Based Modeling simulation where bounded rational buyers participated and they act herd behavior to subject to minimize search cost indivisually. Through the experiemnts, it is expected to observe that buyers population reach suboptimal price through collective behavior and figure out the process of the dynamics.

1. はじめに

E コマースにおいて ShoppingRobot(Shopbot) と呼ばれる商品情報を自動的に収集して比較を行う検索エンジン, また最安値検索を行った結果を提示する価格比較サイトによって, 買い手は価格情報の収集及び比較が容易に行えるようになった. また売り手は価格の変更が容易であるため, 競合の価格設定および買い手の需要に応じて動的に価格設定を行うことが可能である. 今日のこのような環境の E コマースにおける財市場においては完全競争に近い環境となっている [Bakos et al 2000]

同質の財における市場での完全競争の環境においては, ベルトラン均衡 [Bertrand 1883] が成立し, 均衡価格は限界費用と等しくなる. しかしながら, Shopbot による価格比較を通じて最安値を選択する行動が経済合理的であるにも関わらず, 買い手は価格のみで意思決定を行っていない.

33 サイトの書籍価格を比較出来る dealtime.com において, ユーザ 2 万人を対象とした調査においては, 価格順に提示された検索結果から最安値を選択したユーザは 49%であった [Smith 2001]. また購入における意思決定においては, 各買い手間での買い手からの影響が生じて伝播し, 意思決定プロセスを経て購買の意思決定がなされる [Rogers 1962]. 購買者の情報の流れは, SNS といったオンラインサービスにおいてはソーシャルネットワーク構造に規定され, その構造に依存して情報伝達における役割もまた決定される [Goldenberg et al 2009].

これらのように E コマースにおける価格決定プロセスでは買い手個人の意思決定の集合が価格に影響を及ぼし, 価格とそれら意思決定の集合が買い手自身に影響を及ぼすという相互作用が生じる系である.

本研究においてはこのような完全競争に近い市場であるにも関わらず合理性のみでは説明が行えない意思決定およびそれに伴う動的な価格決定のプロセスに着目し, 限定合理的な意思決定の要因として購買者の同調的行動に説明の一端を求め, 相互作用の影響を受ける価格決定プロセスのメカニズムを明らかにすることを目指している. 本研究に置いてはこの相互作用を及ぼす系を Agent-Based Modeling(ABM) を用いてモデリングシミュレーションを通じて個々の買い手の協調的行動の

価格形成に及ぼす影響について調べる.

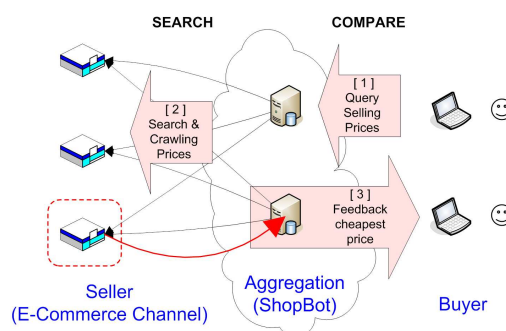


図 1: Price comparison

2. Shopbot Economics

Kephart らは, Shopbot によるインプリケーションを分析するため, buyers, sellers によって構成されるマーケットシミュレーションモデルを提案した [Kephart et al 2002].

2.1 Model

S 個の売り手 (Seller Agent) が, B 個の買い手 (Buyer Agent) に物品を販売するための競争を行うマーケットを想定する^{*1}. 売買される商品は homogeneous であり, Buyer は Seller を価格のみによって判断をする.

Seller s は, production cost r を与えられて, それぞれが最大の利益を得るための価格 p_s を設定する. Buyer b は比較対象である Seller の価格 p_s に対して, Buyer の内的な valuation v_b を下回る価格であり, かつ最安値を提示した Seller s から商品を購入する.

2.2 Seller の価格設定

Buyer が価格検索において i 個の Seller の価格を比較する戦略を Strategy- i とするとき, \bar{w} は Strategy- i を採用している Buyer の数の比率を表現し, $\sum_{i=1}^S w_i = 1$ となる.

*1 ベルトラン均衡が成立する制約条件として, 供給能力の制約の存在, 取引費用, 商品の固有性, 価格設定における Seller 間での相互作用は存在しない前提となる.

連絡先: ^{*1} kbgen@gssm.otsuka.tsukuba.ac.jp

連絡先: ^{*2} kurahashi.setsuya.gf@u.tsukuba.ac.jp,

<http://www2.gssm.otsuka.tsukuba.ac.jp/staff/kurahasi/>

全ての $v_b = 1$, $r = 0$, Seller は他の Seller の価格を参照することが出来ないとして、Strategy 集合 \bar{w} と Seller のエージェント数 S から混合戦略ナッシュ均衡に従った価格の確率密度関数 $f(p)$, 及び対応する累積分布関数 $F(p)$ の逆関数である $p(F)$ が求められる。

$$f(p) = \frac{w_1}{p^2 \sum_{i=2}^S i(i-1)w_i [1-F(p)]^{i-2}} \quad (1)$$

$$p(F) = \frac{w_1}{\sum_{i=1}^S iw_i [1-F]^{i-1}} \quad (2)$$

確率密度 $f(p)$ にもとづいて価格設定を行う事により, Seller の価格設定は混合ナッシュ均衡に従った最適な価格となる. 本シミュレーションにおいては各 Seller ごとに, $p(F)$ に乱数を与え p を計算することで, 混合戦略ナッシュ均衡に従った価格設定をしシミュレーションを行う.

3. 同調行動

同調行動のモデルにおいては, 大きく大別をすると, 各主体がパフォーマンスを最大化することを前提とした合理的モデル, 必ずしもそうとは限らないことを前提とした限定合理的モデルに分けられる. 本研究においては, 価格比較をせずに購入先を選択するという経済合理性のみに従っているとは言えない買い手の意思決定の要因として, 例えば口コミといった他者の評価を利用した意思決定と行動としてしてとらえる.

有用な情報を他の買い手に共有し, また他の買い手の情報を信頼し意思決定に用いるというこれら行為は, 有用な情報を共有することによる直接的な経済的インセンティブは存在していないため, これらはある種の協力関係としてとらえることが可能である. この協力的行動の主要な基盤を互恵的利他主義 [Trivers 1971] と定義し, この協力関係によってマクロ的には同調的な行動が観察されることを説明する.

4. 提案モデル

本研究においては, 互恵性にもとづいた買い手間での情報共有が同調として観察されるプロセス, 及び価格ダイナミクスへの影響をシミュレーションによって観察することを目的とする. シミュレーションにおけるモデルを以下となる.

4.1 情報伝播

Kephart らによる Shopbot を用いたシミュレーションモデル [Kephart et al 2002] をベースとして, 情報伝播と互恵性にもとづく意思決定を実験を行う. これにより, Buyer のパラメータに応じて混合ナッシュ均衡に従った最適な価格の計算を Seller は行えるため, 常に同様の条件下において Buyer の同調的行動に伴う変化を比較によって調べる事が可能となる.

本モデルにおいては Buyer Agent には与えられた Strategy にもとづく価格比較のうえ最安値を選択する Comparison(以下 COMP) タイプ Agent 以外に, 新たに近傍の Buyer Agent を参照して選択を行う Herding(以下 HERD) タイプ Agent の 2 種類が設定される.

全ての Buyer Agent は正方のセル上の何れかに重なり無くランダムに配置される. 各ターンにおいて, COMP タイプ Buyer が比較選択を行った後に, HERD タイプの Buyer は与えられた参照マンハッタン距離範囲内の COMP タイプ Buyer を知覚し, これらの検索結果の情報を参照し, そのターンにおいて最も多く選択されている Seller を購入対象とする. なお, 今回の実験においては, HERD タイプ Buyer は学習を行わず, また各試行ターンの結果のみを参照する.

4.2 検索 Strategy

COMP タイプ Buyer において, いくつかの Seller を検索対象とするかを決定する Strategy について, 価格比較サイトのユーザに対する調査結果を参考とした [Krupwlich 1996]. 本モデルにおいては予備的な調査として, これら調査結果を鑑みて質的妥当性を検討し Strategy のパラメータを固定的に設定し実験を行った.

4.3 パラメータ条件

本実験においては, Seller の数 = 10, Buyer の数 = 20, として実験を行う. Strategy は $w_1 = 0.6, w_2 = 0.15, w_7 = 0.1, w_{10} = 0.15$ と固定して設定する. Agents が配置されるセルは $LEN \times LEN$ の正方セルとし, サイズは $LEN = 8$ を固定的に与えられ, シミュレーション試行毎に Buyer, Seller はセル上にランダムに配置される. 下記図 2 にシミュレーションの例を示す*2.

全ての Seller はシミュレーションの各ターン毎に混合戦略ナッシュ均衡に従った確率分布 $f(p)$ に従ってランダムに価格を提示する.

Buyer の条件は, 条件 (1), 条件 (2) において異なって設定がされる. 条件 (1) においては全ての Buyer が COMP 型の場合を実験する. 条件 (2) においては 10 個の Buyer Agents が COMP タイプ, 残る 10 個は HERD タイプとし, 半数の Buyer が購買において同調的な意思決定を行う. HERD タイプの参照範囲は参照距離を 2 とし, 各 HERD タイプエージェントからマンハッタン距離 2 以内の COMP タイプエージェントの購買決定について参照を行う.

これら条件のもと, 各条件ごとに $T = 1000$ ターンのシミュレーションを $N = 100$ 回行い, この結果からマクロ的な集計及び質的な評価を行う.

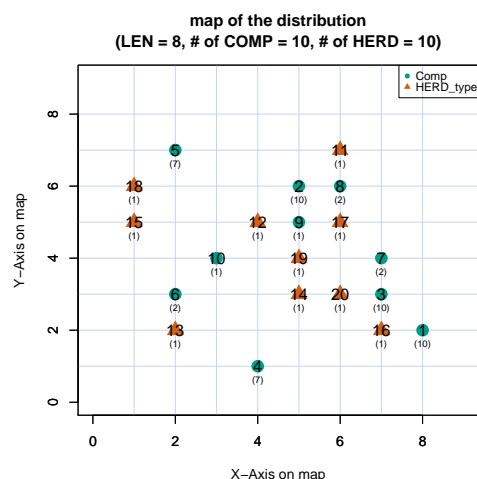


図 2: Sample of initial distribution mapping

5. シミュレーション結果

以下に観察された実験結果を示す. 図 3 に, 条件別での Seller の提示価格の平均のヒストグラムを示す. 本図において上のヒストグラムは, HERD タイプ Buyer が参加した条件 (2) における Seller の平均価格のヒストグラムを示しており, 下は全て

*2 記号上の数値は ID 番号, () 内の数値は Strategy を表す.

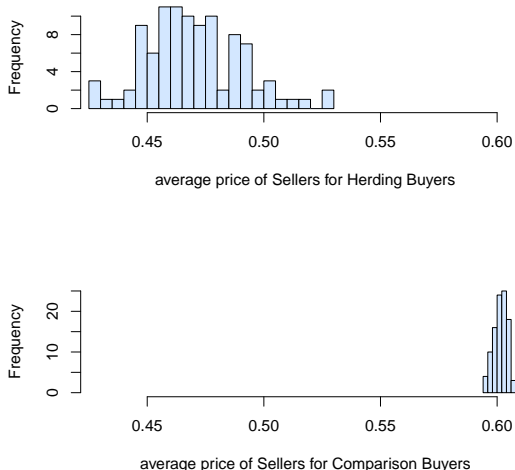


図 3: Average offering price of sellers based on simulation parameters

が COMP タイプ Buyer の条件 (1) における Seller の平均価格のヒストグラムを示している。HERD タイプが Buyer に加わる事で、平均価格及び価格の分散が条件 (1) と比較して大きくなることが観察される。これは HERD タイプ Buyer が参加をすることで間接的に比較結果の情報を利用するため、Seller が設定する価格分布は同一であっても、より安値の価格において売買が成立したためである。

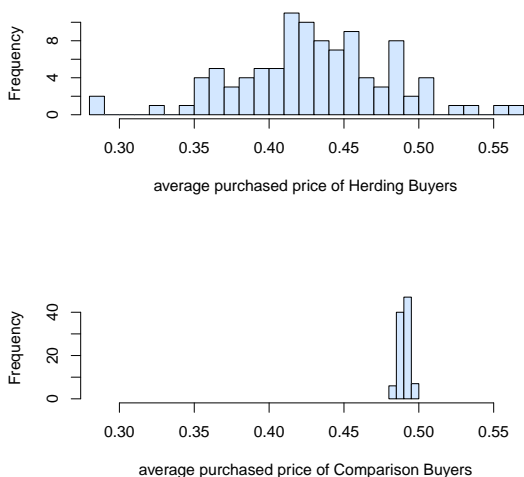


図 4: Average purchased price based on buyers type

図 4 に COMP タイプ、HERD タイプの両タイプ Buyer が参加する条件 (2) において、COMP,HERD タイプ Buyer 別に売買が成立した平均価格のヒストグラムを示す。上のヒストグラムは HERD タイプ Buyer、下は COMP タイプ Buyer での平均価格ヒストグラムを示す。HERD タイプ Buyer に

おいて、同様に平均価格の分散が大きいものの限られた周辺 ($LEN = 2$) の参照しか行っていないにも関わらず、全体として効率よく検索結果の情報を利用し、COMP タイプと比較してより安い価格にて購買を行っていることが観察される。

条件 (2) の実験において、各シミュレーション試行毎に COMP タイプと HERD タイプの平均購入価格の対応関係、及び HERD と COMP で何れのタイプの Buyer の方がより安く購入を行っていたかについて図 5 に示す。赤い△は HERD の方がより安く購入した試行を表し、青い○は COMP の方がより安く購入した試行を表す。COMP の方が HERD より安く購入出来た試行は、COMP の平均価格帯に関わらずほぼ同様であることから、与えられた条件のもと HERD は十分に比較結果の情報を参照出来ずに、割高な価格帯で購買をしたことが伺える。

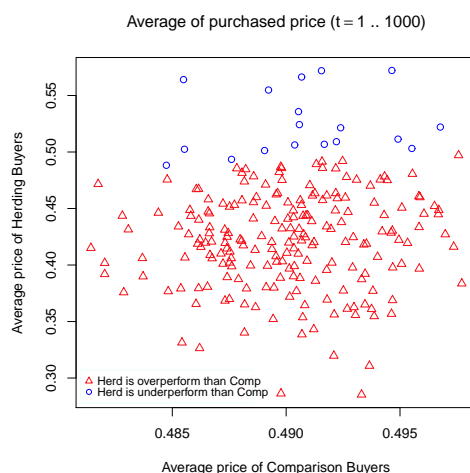


図 5: Average purchased price of herding and comparison

6. 考察

Shopbot によるシミュレーションモデルにおいて、周辺情報を参照し多数の選択行動を追従する同調的なタイプの Buyer(HERD) が参加したときの売買価格について予備的な調査を行った。

限定された距離の近傍から、シミュレーションのターンごとに価格を参照せずに多数決にて Seller を選択する行動によって、HERD は平均的に COMP よりも安い価格にて購買を行えることが観察された。同時に、Seller は条件ごとのパラメータの違いについて知覚が出来ないため、Seller の価格分布は同一であるにも関わらず、HERD が参加することにより成立する売買価格の平均は大幅に下落することが確認された。

本実験により、直接的な価格の比較によるパフォーマンスの最大化を目的関数としていないにも関わらず、他の Buyer の支持を追従するという限定合理的な行動において、ほぼ安定してより安く購入ができる状況についてシミュレーションを通じて実証が行えたと同時に、今後の研究における論点の整理を行った。

7. まとめと今後の課題

本研究においては同調的現象の可能性について検証を行うため、パラメータを外因的に固定して指定して実験を行った。

そのため参照範囲を単純なセル上での近傍距離と定義したが、今後はソーシャルネットワーク構造を当てはめて実験をする予定である。なぜならば、ソーシャルネットワーク構造においては、その構造に依存して情報伝達における役割が決定されるため、ネットワーク構造ごとでの最適となりうる戦略は異なるためである。

またその上で、Buyer が同調若しくは比較を選択する行動、その行動の相互の影響について進化ゲームのモデルにおいて説明を試みる。つまり限定合理的な同調行動における超過的な利得は周辺の比較行動の存在により実現されるが、一方で多数のエージェントが同調的な行動を選択するとその戦略は必ずしも有利に働くとは限らないためである。これら実験を通じ、選択的な限定合理的行動の発生過程、また内集団ととらえた Buyer 間での互恵性利他主義の発生の説明を試みる計画である。

参考文献

- [Bakos et al 2000] Bakos, Y. and Brynjolfsson, E., “Bundling and Competition on the Internet”, *Marketing Science* 19 (1):63-82, (2000)
- [Bertrand 1883] Bertrand, J. “Book review of *theorie mathematique de la richesse sociale and of recherches sur les principes mathematiques de la theorie des richesses*”, *Journal de Savants* 67: 499508, (1883)
- [Bikhchandani 1992] Bikhchandani, S., Hirshleifer, D., and Welch, I. , “A Theory of Fads, Fashion, Custom, and Cultural Change as Informational Cascades”, *Journal of Political Economy*, Volume 100, Issue 5, 992-1026, (1992)
- [Brown 1987] Brown, Jacqueline Johnson & Reingen, Peter H. “Social ties and word of mouth referral behavior”. *Journal of Consumer Research*, Vol.14, No.3, 350-362, (1987)
- [Goldenberg et al 2009] Goldenberg, J., et al, “The Role of Hubs in the Adoption Process”, *Journal of Marketing*, 73 (2) : 1-13., (2009)
- [Hinz et al 2008] Hinz, O, Frischmann, T, “ShopBots and Information Quality - Retailers’ Strategies for Price Concealment”, In: *European Conference on Information Systems*, (2008)
- [J.Tirole 1988] J. Tirole, “The Theory of Industrial Organization”, MIT Press, Cambridge, MA, (1988)
- [Kephart et al 2002] Kephart, J. O., & Greenwald, A. R, “Shopbot Economics”, *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, Kluwer Academic Publishers, 5, 255-287.(2002)
- [Krulwich 1996] B. Krulwich, “The BargainFinder agent: Comparison price shopping on the Internet,” in J. Williams (ed.), *Agents, Bots and Other Internet Beasts*, SAMS.NET publishing (MacMillan), pp. 257 263, (1996)
- [Rogers 1962] Rogers, E.M. *Diffusion of Innovation*(1st ed.), Free Press.,(1962)
- [Smith 2001] Smith, Michael, Erik Brynjolfsson, “Customer Decision-Making at an Internet Shopbot: Brand Matters.”, *Journal of Industrial Economics* 49(4):541-558, (2001)
- [Trivers 1971] Trivers, R.L., “The evolution of reciprocal altruism”, *Quarterly Review of Biology*, 46, 35-57, (1971)