

市場占有率理論とヒット現象の数理モデルの融合の 試み

石井晃^{1*}, 川畑泰子^{1,2}, 後藤宇生³

¹ 鳥取大学工学研究科機械宇宙工学専攻応用数理

² 東京大学情報理工学系研究科数理情報学専攻

³ 北九州市立大経済学部経済学科

E-mail: ishii@damp.tottori-u.ac.jp

本研究では、市場シェアに関する経済学の理論にクチコミなどのソーシャルメディアの効果をどのように採り入れるかの理論的試みを提案するものである。McFadden の標準的な市場シェアの理論にソーシャルメディアの影響を解析予測する理論であるヒット現象の数理モデルを組み込み、簡単なデモ計算も示す。

KEYWORDS: 市場シェア, ソーシャルメディア

1. 序論

今日では、商品の売買に広告の効果は決定的に重要である。過去の簡単な考えでは広告費の全額の比が市場シェアに比例するとも考えられていたが、商品自体の評判・付加価値なども重要な要素となり、単純に広告費総額で市場シェアが決まるとは考えられていない。現代では、それもTVや雑誌のようなマスメディア広告だけでなく、インターネット上の広告やSNS上の評判が結果的に広告の効果を果たす事まで考慮に入れる必要がある。

経済学・マーケティングで標準的な市場シェアの理論としてはMcFaddenの理論が知られている[1,2]。この理論では商品の価格以外の要素も市場シェアに効くとして含まれているので、本論文ではそこにソーシャルメディアの影響も入るとした理論を提案する。そのために、McFaddenの市場シェアモデルを時間依存に拡張した。

この市場シェアモデルと融合させるソーシャルメディアの影響の定量的評価としては、ソーシャルメディア上の書込からエンタテインメントや社会的事件の解析を行う研究で実績があるヒット現象の数理モデル[3]を採用する。

2. 理論

経済学において市場シェア理論の基礎となるのはMcFaddenの理論である[1]。本論文ではMcFaddenの考えのBerryによる定式化された理論[2]を用いる。まず、消費者 i は商品 j を選ぶとすると、効用 u_{ij} を最大とする。効用 u_{ij} を2つの項から構成する。観測可能な項 v_j と誤差項 ε_{ij} である。

$$u_{ij} = v_j + \varepsilon_{ij}$$

Berry [2]に従って、我々は v_j は観測可能な特性の組、即ち値段その他の特性と考える。離散選択市場シェア関数は次のように書かれる[4-7]

$$S_j = \frac{\exp(\delta_j)}{\sum_{k=1, \dots, J} \exp(\delta_k)} \quad (1)$$

ここで、 $\delta_j = x_j \beta - \alpha p_j + \xi_j$ 、を製品 j の平均効用レベルとし、 x_j は製品 j の特性、 p_j は製品 j の価格、 ξ_j は観測不可能な特性と考える。

ここで、我々は観測不可能な特性 ξ_j の中にソーシャルメディアなどでの評判も含まれると考える。社会物理学においてソーシャルメディア上の評判の時間発展を定量的に扱える理論としてヒット現象の数理モデル[3]があり、ここではそれを用いる。この理論によると、ソーシャルメディアなどでの評判の時間的変化は次の方程式で表される。

$$\frac{d\langle I(t) \rangle}{dt} = -a\langle I(t) \rangle + D\langle I(t) \rangle + P\langle I(t) \rangle^2 + \langle f(t) \rangle \quad (2)$$

ここで $\langle I(t) \rangle$ 社会全体での平均的な評判である。(2)式で D と P はそれぞれ直接コミュニケーション、間接コミュニケーションの強さを表す。この理論は当初、日本市場の映画興行について応用されたが、あとになってColdPlayによる世界的な音楽コンサートの評判[8], Facebook上の「いいね」の数[9,10], 地域イベント[11], 音楽のオンライン配信[12], 選挙[13], 舞台役者の評判[14] 社会的スキャンダル話題[15] そして19世紀の歌舞伎役者の評判の定量的分析にまで応用されている[16]。さらにこの理論は競合する2つの話題について扱えるように拡張されて、評判の競合にも応用できるようになった[17,18]。

この理論によって計算される社会の評判を市場シェア理論に組み込むため、我々は $\xi_j = \gamma I_j(t)$ となると仮定する。ここで I_j は商品 j の評判であり、 γ はそれが市場シェアに影響する強度を表すパラメータである。ヒット現象の数理モデルから計算される評判が時間依存であって、それが本質的なので、それを組み込む市場シェア理論の式(1)も以下のように時間依存に拡張する。

$$s_j(t) = \frac{e^{\delta_j(t)}}{\sum_k e^{\delta_k(t)}} \quad (3)$$

ここで

$$\delta_j(t) = x_j(t)\beta - \alpha p_j(t) + \gamma I_j(t). \quad (4)$$

この(3)式を用い、これと式(2)のヒット現象の数理モデルを併せることで、我々はソーシャルメディアの影響を市場シェア理論に組み込むことが出来る。キーとなるパラメータは γ である。ソーシャルメディア上の評判は宣伝等で一時的に盛り上がる性質があり、本来のMcFadden, Berryらによる離散選択モデルで各パラメータを実データから推定する場合、時間依存の部分は精度を悪くす

る可能性があり、その意味ではこの $I(t)$ の部分を別途に推定できた方が、元々の市場占有率の理論のパラメータの確定の精度を上げる意味でも望ましい。

2.2 ソーシャルメディア上の評判

ソーシャルメディア上の評判はどのくらい書込があるかで測定できる。我々はホットリンク社の協力でソーシャルメディア上の書込のデータを得ており、それはブログと Twitter である。特定の話題についてのブログや Twitter での書込の数を日毎に測定する。図 1 に示したのは 2016 に封切られた映画「君の名は。」の Twitter 上での評判をヒット現象の数理モデルで解析した例である。図 1 でヒストグラムはテレビやインターネット上でこの映画が宣伝された量（テレビ広告なら秒数）である。

図 1 からわかるように、ヒット現象の数理モデルの式(2)で Twitter 上の日毎の評判がよく再現できていることがわかる。広告宣伝は評判を引き上げる外力の役割を果たしており、直接コミュニケーション D や間接コミュニケーション P は評判を長続きさせて評判の減衰を遅くする役割を負っている。この映画の場合で言えば評判の盛り上がるのピークは公開日ではなく、公開日後にも盛り上がり続けていることがわかる。また、計算もそれをよく再現していることも図 1 から読み取れる。

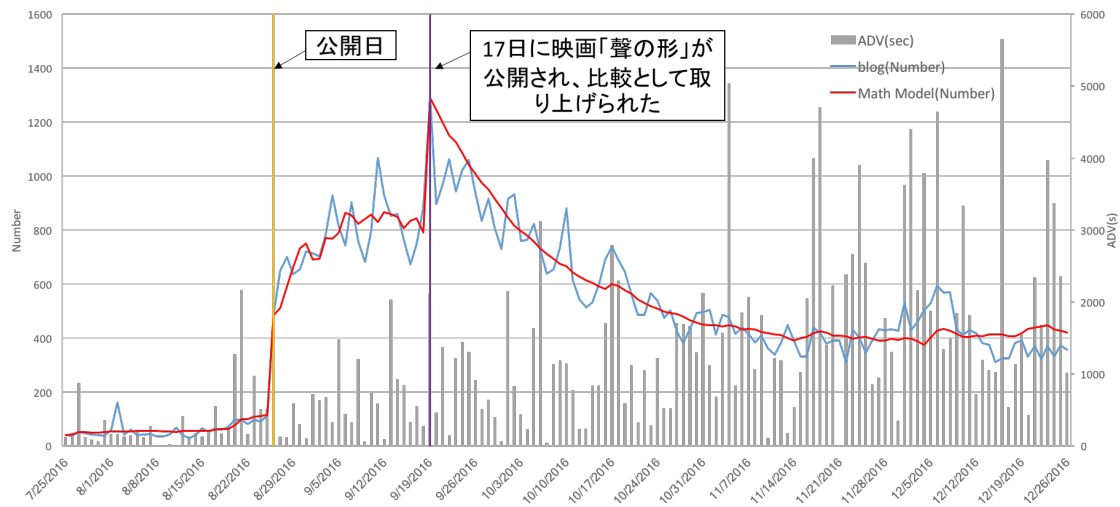
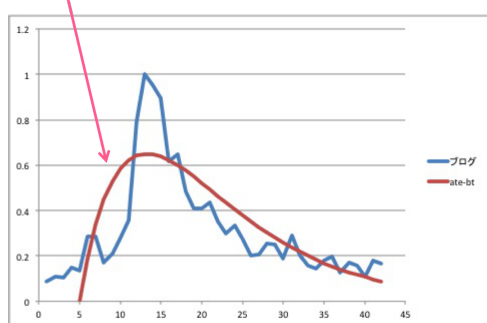


図 1 ヒット現象の数理モデルによる映画「君の名は。」の分析。青線が日々のブログ書込数、赤線がヒット現象の数理モデルによる計算値。ヒストグラムがこの映画に関しての広告や宣伝、番組の特集などでのテレビ露出秒数。[19]

2.3 ヒット現象の近似式

図1に示したように、ヒット現象の数理モデルを用いるとソーシャルメディア上の評判はかなり正確に解析予測することができる。市場を奪い合う商品に関してもソーシャルメディア上に書かれるのであれば、ヒット現象の数理モデルで解析することができる。しかし、目下のところ、ソーシャルメディア上の評判に対応する商品の市場シェアの具体的なデータを我々は入手できない。そこでここでは典型的なソーシャルメディア上の評判の盛り上がりを実験的な式で表し、これを(3)式に代入してソーシャルメディア上の評判が市場シェアにどのような影響を与えるか、デモ計算で見ることにする。

$$I(t) = C_1 t e^{-\alpha t}$$



ここではヒットして一時的に高まった評判の定量的な近似として、以下の式を用いる。

$$I(t) = C_1 t e^{-at} \quad (5)$$

図2にこの(5)式による計算と実際のブログ上の書き込み数の変動との比較をしめす。

Fig.2 評判の近似式 (5) と実際の映画の評判のデータとの比較.

図2で見るように、式(5)はソーシャルメディア上の評判の盛り上がりを実験的に説明することがわかる。そこで、ここでは(5)式をヒット現象の数理モデルによる評判の盛り上がりの近似式として計算に用いる。

3. モデル計算

3.1 計算のモデル

モデル計算に用いる評判の時間的な変化として、2つの場合を考える。1つは宣伝などによって一時的に商品の評判が伸びたケース。もう一つはなんらかの理由で評判が定常的に変化したケースである。話題になって一時的に評判が高くなった場合の評判を、(5)式で表現することにする。

もう一つのケース、評判が定常的に増えた場合を次の式で表す。

$$I(t) = \frac{C_2}{1+e^{-bt}} \quad (6)$$

従って、宣伝キャンペーンによって一時的に評判が上がった部分とそれによって定常的に評判が上がった部分との両方があるとすれば、ソーシャルメディア上の評判 $I(t)$ は次のように表せる。

$$I(t) = C_1 t e^{-at} + \frac{C_2}{1+e^{-bt}} \quad (7)$$

これは図3のようになる。

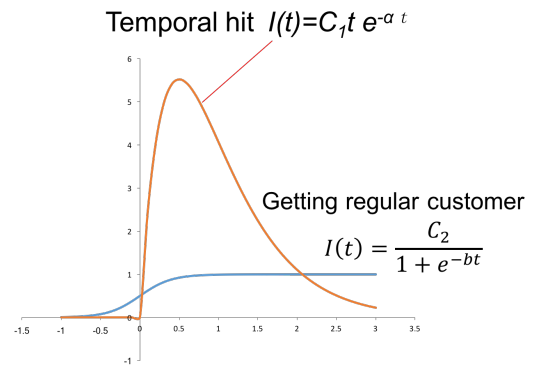


図3 一時的な評判の盛り上がりと定常的な評判の高まり。

以下のモデル計算では、一時的な評判の高まりと定常的な評判の増加を併せた (7)式を (4)式に代入する。

3.2 計算

以下のモデル計算では、Ishii らの研究[20]に沿って(4)式と(7)式に現れるパラメータを以下に設定する。

$$C_1 = 30$$

$$C_2 = 1$$

$$\gamma = 0.1$$

$$a = 2$$

$$b = 5$$

計算の設定として、市場で競合しているの3社とする。3社のうちの1社が途中でキャンペーンを行って、一時的に高いシェアを獲得することに成功したと課程した場合の計算が図4である。

図4の計算では、市場シェアが時間に依存して動的に変動している様子をモデル計算で表現している。広告キャンペーンを行っている間、キャンペーン当事者である S_1 のシェアが大きく伸びていること、そしてキャンペーン終了後にシェアが減っていった元のシェアに近い水準に戻るあたりは、きわめて自然であると言える。

ただ、(7)式で第2項はキャンペーン期間中に好評価がある程度定着していることを示している。従ってキャンペーン終了後も(7)式で言えば

$$I(t) \xrightarrow{t \rightarrow \infty} C_2$$

となり、この分が(3)式、(4)式から、定常的なシェアの増加に結びつくはずである。

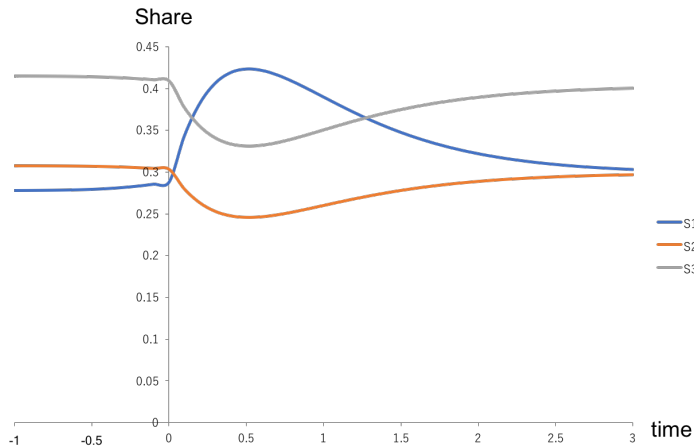


図4 3社が市場でシェアを分け合っている状況のモデル計算. そのうちの1社 S₁ が広告キャンペーンを張り、キャンペーン期間中だけシェアが拡大していると想定しての(7)式を(3)式に入れての計算.

次の図5は図4で示した計算で、一時的な獲得シェアとキャンペーン終了後の定常的なシェアの増加がそれぞれ C₁、C₂ と結びついていることを示している. この計算の場合では S₁ 社のキャンペーンが成功してキャンペーン終了後もある程度の市場シェア獲得に成功しており、その分 S₂、S₃ 社が少しシェアを落としている状況を表している。これも、実際にあり得る状況と言える。

図5に示したように、実際の市場シェアの動きから、C₁ と C₂ をだいたい見積もることも可能であろう。

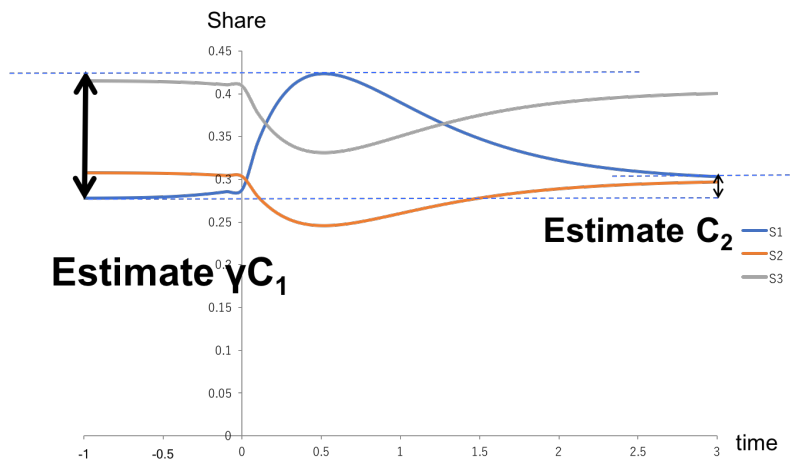


図5 市場シェアの動きから C₁ と C₂ を見積もる方法.

4. 考察

市場シェアモデルとして McFadden, や Berry らによる(3)式に (4)式の形でソーシャルメディア上の評判の効果を算入し、その評判としてソーシャルメディア上の評判の近似式として (7)式を用いるのは、図4, 図5で見る限り、モデル計算による3社の市場シェアの動きは自然である。従って、本研究で提案したやり方で市場占有率の理論にソーシャルメディア上の評判を採り入れることは十分に研究の価値があるであろう。そのソーシャルメディア上の評判は実測したブログや Twitter の日々の書込数を代入して、市場シェアの動きと合わせれば、それぞれの商品ごとのソーシャルメディア上の評判の効き方の強さの係数 γ を実測から決めることが出来るであろう。また一方で、動きの速いソーシャルメディア上の評判をヒット現象の数理モデルで予測しておくことで、その影響を本研究のように市場シェア理論に入れれば、市場シェア理論本来のパラメータの決定の精度を上げることもなる。

また、ソーシャルメディア上の評判の増減を予測することが出来るヒット現象の数理モデルを併せて用いると、市場シェアの動向を予測することも可能となるであろう。それによって、宣伝キャンペーンをどのくらいの強さで、どのくらいの期間展開すれば、どれくらいシェアを動かせるかというマーケティング上重要な問題を予測するツールとなり得ると思われる。

しかし、この研究を進める上でむしろ障害となりそうなのは、市場シェアの動きの実測データである。ソーシャルメディアの評判は1日1日が重要であり、図1の映画の例でもわかるように、評判は1日1日で大きく変動し、実際人々の関心も毎日変わってくる。しかし、市場シェアの動きの実測データが1ヶ月ごとのデータしかないこの研究の遂行は不可能である。従って、POSデータなどを活用して、市場シェアの動きの実測データを毎日測定することが必要になると思われる。

5. 結論

経済学の標準的な市場シェアモデルである McFadden のモデルの中の観測不可能な特性の中にソーシャルメディア上の評判の影響を入れることを提案した。ソーシャルメディア上の評判はヒット現象の数理モデルで計算・予測することが可能であるが、これと併せて市場シェアの動きを予測するためには、日々の市場シェアの動きの実測データが必要である。

References

- [1] McFadden, D. "Conditional Logic Analysis of Qualitative Choice Behavior." In P.Zarembka ed., *Frontiers in Econometrics*, New York: Academic Press. 1974
- [2] Berry, S. (1994), "Estimating Discrete Choice Models of Product Differentiation", *RAND Journal of Economics*, vol.25, no.2, pp.242-262.
- [3] Ishii A, Arakaki H, Matsuda N, Umemura S, Urushidani T, Yamagata N and Yoshida N, 2012 "The

- 'hit' phenomenon: a mathematical model of human dynamics interactions as a stochastic process", *New Journal of Physics* 14 (2012) 063018.
- [4] **Lancaster, Kelvin J.** 1966. "A New Approach to Consumer Theory." *Journal of Political Economy*, 74(2), 132-57.
- [5] **Goldberg, Pinelopi Koujianou.** 1995. "Product Differentiation and Oligopoly in International Markets: The Case of the U.S. Automobile Industry." *Econometrica*, 63(4), 891-951.
- [6] **Berry, Steven, James Levinsohn, and Ariel Pakes.** 1995. "Automobile Prices in Market Equilibrium." *Econometrica*, 63(4), 841.
- [7] **Dube, Jean-Pierre; Jeremy T. Fox and Che-Lin Su.** 2012. "Improving the Numerical Performance of Static and Dynamic Aggregate Discrete Choice Random Coefficients Demand Estimation." *Econometrica*, 80(5), 2231-67.
- [8] Y.Kawahata, E.Genda and A.Ishii, *Computer Science and Information Technology* (2013) 43-51 "Analysis music concerts adopting the mathematical model of hit phenomena" DOI : 10.5121/csit.2013.3905
- [9] Y.Kawahata, E.Genda and A.Ishii, *Advances in Intelligent Systems and Computing* 273 (2014) 53-59 "Analysis of Local Concerts Using Facebook Adapting the Mathematical Model of Hit Phenomena"
- [10] Y.Kawahata, E.Genda and A.Ishii, *Advances in Intelligent Systems and Computing* 273 (2014) 53-59 "Analysis of Local Concerts Using Facebook Adapting the Mathematical Model of Hit Phenomena"
- [11] Ishii A, Matsumoto T and Miki S, 2012b ``Revenue Prediction of Local Event using Mathematical Model of Hit Phenomena'', *Prog. Theor. Phys.: Supplement No.194* (2012) 64
- [12] Ishii A, Fujimoto H, Fukumoto W, Koguchi H, and Uchiyama K, 2012c ``Mathematical model for the hit phenomenon as a stochastic process of interactions of human dynamics and its application to movie and online music market'', presentation in WEHIA2012 in Paris.
- [13] Ishii A, Ota S, Koguchi H and Uchiyama K, 2013a ``Quantitative analysis of social popularity of entertainments using mathematical model for hit phenomena for Japanese pop girl group AKB48'', *Proceedings of the 2013 International Conference on Biometrics and Kansei Engineering (ICBAKE2013)* 143-147 DOI 10.1109/978-0-7695-5019-0/13
- [14] Kawahata Y, Genda E, Koguchi H, Uchiyama K and Ishii A, 2013e ``Analysis of Mathematical Model of Hit Phenomena Stage Actors of Japan'', *International Journal of Affective Engineering* 13 (2014) 89
- [15] Akira Ishii, Takuma Koyabu, Koki Uchiyama, and Tsukasa Usui, "Mathematical theory for social phenomena to analyze popularity of social incidents quantitatively using social networks", *Proceeding in Adaptation, Learning and Optimization Volume 2* (2015) pp 389-402 ISI Proceedings by Springer-Verlag.
- [16] Kawahata Y, Genda E and Ishii A, 2013c ``Possibility of analysis of `Big Data' of Kabuki play in 19th century using the mathematical model of hit phenomena'', *Proceedings of ACE2013 in Springer LNCS series, Lecture Notes in Computer Science* 8253 (2013) 656
- [17] A Ishii, S Sakaidani and S Iwanaga, "Possibility of estimating payoff matrix from model for hit phenomena" *Chaos, Solitons and Fractals* 90 (2016) 72-80
- [18] A Ishii and M Ajito, "Mathematical model for conflict of topics on social media platform", *Evolutionary and Institutional Economic Review*, to be published
- [19] 藤原秀太 「ヒット現象の数理モデルによる少女漫画原作の映画分析」 鳥取大学工学部応用数理工学科卒業論文 (2017)
- [20] Ishii A, Kawahata Y and Goto U, "Model of market share affected by social media reputation" *Journal of the Physical Society of Japan Conference Proceedings*, in press