

第4章

環境問題における短期型不安解明を目的にした 買占め行動に関する研究

山本久志

1. はじめに

流行の微分方程式を環境問題、環境対策の解析に適用し、阪神大震災などの社会事象を組み入れることで「短期型不安」とよぶことができるような因子が推定できた。しかし、先行研究の流行の微分方程式 [1] では、「短期型不安」による「行き過ぎ現象」、例えば買占め行動後に発生する「買い控え行動」のような「行き過ぎ現象」が説明できない。しかし、買占めが発生した後に「買い控え行動」がみられる。環境問題、環境対策記事も本来ならこの点を考慮した式を適用したほうがより説明しやすくなると考えた。そこで、買占め現象を説明する微分方程式を作成することで、短期的不安心理が把握でき新聞記事以外の情報を説明できると考えた。

そこで、買占め行動に当てはまりの良い微分方程式を作成した。

具体的に用いた事例は、2011年3月、突如東日本を襲った震災の際発生した買占め行動である。地震そのものの影響や地震によって引き起こされた津波の影響などによって多大な犠牲や損害が生じる結果となってしまった。震源に近かった東北地方のみならず、東京でも交通機関や通信機器の麻痺によって、大きな混乱が生じたのは記憶に新しい。

その際、大きな問題のひとつとして取り上げられたのが、買い占めによって引き起こされる物品不足の問題だ。地震の影響によって品物を作る工場が機能しなくなったり、あるいは交通機関の麻痺などによってロジスティクスが崩壊するなど、様々な要因によって品物が不足するという事態が引き起こされた。さらにこの事態に拍車をかけたのが、日用品が不足するといった情報が拡散し、人々の不安心をあおり、買い占めに走らせるという事態を招いたことだ。大勢の人々が一斉に買い占めに走った結果、物品不足は、生活にかかすことの出来ない日用品のみならず、乾電池やガソリンまでにも及んだ。本論文では、「特定製品の物品不足」の形を把握するために、社会的な流行の微分方程式モデル [1] を元に微分方程式モデルを作成することにより、買い占めによって引き起こされる物品不足現象を予測し、今後の買い占め問題への対策や解決策を提案することが出来ると考えた。

以上の背景から「短期型不安」が購買行動に影響を与えた例として適していると考えた。本論文では、2011年3月に発生した東日本大震災後に生じた買い占め行動に注目して調査・解析を行い続いて環境問題に本解析結果の適用を試みた。

2. 報告書の分析対象・方法とその結果

2.1 分析対象と方法

2.1.1 分析方法

社会的な流行の微分方程式モデル [1] では、特定商品の消費ブームについて、人々の間にブームを引き起こす構造・メカニズムが存在するものとしてブームを推定し、微分方程式として書き下している。本論文では、ブームモデルを元にして買い占めにおける特定商品の顧客の購買量の変化の様子を微分方程式で書き下した。

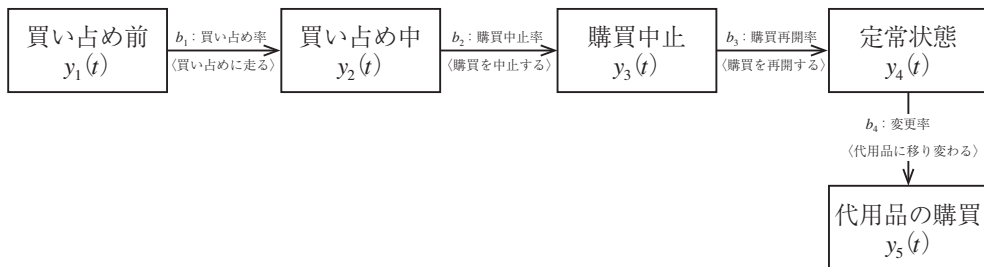


図1. 買い占めモデル模式図

2.1.2 顧客の消費購買量の状態

まず、ある1つの製品の買い占めに関して、顧客の購買量の様子は各時刻において以下のいずれかの状態にあるものとする。

状態1《買い占め前》買い占めを行わずに製品を消費していない状態

状態2《買い占め中》何らかの情報などに反応して、買い占めを行っている状態

状態3《購買中止》買い占めを行ったことにより、製品の蓄えが発生したために、購買を中止している状態。

状態4《定常状態》常に単位時間に一定割合で製品を消費し続ける状態

状態5《代用品の購買》買い占めが発生したために、製品の購買が困難になり、代用品を購買、または使用し始め対象製品の購買をやめた状態

時刻 t においてそれぞれの状態に属する顧客の購買量を順に $y_1(t)$, $y_2(t)$, $y_3(t)$, $y_4(t)$, $y_5(t)$ と置く。ここでは、顧客の最大購買量を S と仮定する。

2.1.3 顧客の購買量の状態推移の定式化

次に、ある時刻 T に買い占めが始まって以来起こりえる顧客の購買量の状態変化は、次の4つのいずれかであると想定する。

(i) 《買い占め前→買い占め中への変化》買い占めを行っていない顧客が、何らかの情報などにより、買い占めを始めるようになり、購買量が増加する状態推移。

- (ii) 《買い占め→購買中止状態への変化》買い占めを行っていた顧客が製品の蓄えが出来たために製品の購買を中止し、購買量が著しく減少する状態推移。
- (iii) 《購買中止状態→定常状態への変化》製品の購買を中止していた顧客が、蓄えなどがなくなり再び製品の購買を開始するようになり、再び製品の購買量が一定量になる状態推移。
- (iv) 《定常状態→代用品の購買状態への変化》一定量で消費を行っていた消費者の中から、買い占めをきっかけに代用品を購買するようになり、使用し始める顧客が発生する。これらの顧客は当然製品を消費しないので、顧客の購買量は減少する。

これらの仮定の下で状態変化をまとめれば、次のような微分方程式モデルが得られる。

$$y'_1(t) = -b_1 y_1(t) \quad (1)$$

$$y'_2(t) = b_1 y_1(t) - b_2 y_2(t) \quad (2)$$

$$y'_3(t) = b_2 y_2(t) - b_3 y_3(t) \quad (3)$$

$$y'_4(t) = b_3 y_3(t) - b_4 y_4(t) \quad (4)$$

$$y'_5(t) = b_4 y_4(t) \quad (5)$$

なお、上式の各パラメータとその意味を列挙すれば次の通りである。

b_1 ：買い占めを開始する消費者の購買量の割合

b_2 ：製品の消費を中止する消費者の購買量の割合

b_3 ：再び製品の消費を開始する消費者の購買量の割合

b_4 ：代用品を購買し始める消費者の購買量の割合

2.1.4 初期条件

買い占めが始まる時刻 T 以前 ($t < T$) は、顧客の最大購買量 S のうち、割合 $k (\geq 0)$ がすでに定着状態にあつて製品の消費をしており、これ以外はすべて製品を消費していないと想定する。すなわち、各状態にある顧客の数は次の通り一定値を取っていると考える。

$$y_1(t) = (1-k)S \quad (6)$$

$$y_2(t) = 0 \quad (7)$$

$$y_3(t) = 0 \quad (8)$$

$$y_4(t) = kS \quad (9)$$

$$y_5(t) = 0 \quad (10)$$

2.1.5 消費・非消費顧客数

製品を消費する状態は買い占め状態と定常状態の2つの状態であり、これらの状態に属する顧客が単位時間に一定量の製品を消費し続けると想定すると、時刻 t までの累積消費量

$Y(t)$ は次のように表現できる.

$$Y(t) = \int_0^t b \{y_2(t) + y_4(t)\} dt \quad (11)$$

b : 消費頻度パラメータ [消費単位 / (人・時間)]

2.1.6 微分方程式の解

連立方程式(1)~(5)を初期条件(6)~(10)の元で解けば, (12)~(21)の解析解を得られる.

$t \leq T$ のとき

$$y_1(t) = (1-k)S \quad (12)$$

$$y_2(t) = 0 \quad (13)$$

$$y_3(t) = 0 \quad (14)$$

$$y_4(t) = kS \quad (15)$$

$$y_5(t) = 0 \quad (16)$$

$T \leq t$ のとき

$$y_1(t) = (1-k)S \cdot e^{-b_1(t-T)} \quad (17)$$

$$y_2(t) = \frac{b_1(1-k)S}{b_1 - b_2} \{e^{-b_1(t-T)} + e^{-b_2(t-T)}\} \quad (18)$$

$$y_3(t) = \frac{b_1 b_2 (1-k)S}{b_1 - b_2} \left\{ \frac{e^{-b_1(t-T)} - e^{-b_3(t-T)}}{b_1 - b_3} + \frac{e^{-b_2(t-T)} - e^{-b_3(t-T)}}{b_2 - b_3} \right\} \quad (19)$$

$$y_4(t) = \frac{b_1 b_2 b_3 (1-k)S}{b_1 - b_2} \left\{ \frac{1}{(b_1 - b_3)} \left(\frac{e^{-b_3(t-T)} - e^{-b_4(t-T)}}{b_3 - b_4} - \frac{e^{-b_1(t-T)} - e^{-b_4(t-T)}}{b_1 - b_4} \right) \right. \\ \left. - \frac{1}{(b_2 - b_3)} \left(\frac{e^{-b_3(t-T)} - e^{-b_4(t-T)}}{b_3 - b_4} - \frac{e^{-b_2(t-T)} - e^{-b_4(t-T)}}{b_2 - b_4} \right) \right\} + kS \cdot e^{-b_4(t-T)} \quad (20)$$

$$y_5(t) = \frac{b_1 b_2 b_3 b_4 (1-k)S}{b_1 - b_2} \left[\frac{1}{(b_1 - b_3)} \left\{ \frac{1}{b_3 - b_4} \left(\frac{e^{-b_4(t-T)} - 1}{b_4} - \frac{e^{-b_3(t-T)} - 1}{b_3} \right) \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{1}{b_1 - b_4} \left(\frac{e^{-b_4(t-T)} - 1}{b_4} - \frac{e^{-b_1(t-T)} - 1}{b_1} \right) \right\} \right. \\ \left. - \frac{1}{(b_2 - b_3)} \left\{ \frac{1}{b_3 - b_4} \left(\frac{e^{-b_4(t-T)} - 1}{b_4} - \frac{e^{-b_3(t-T)} - 1}{b_3} \right) \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{1}{b_2 - b_4} \left(\frac{e^{-b_4(t-T)} - 1}{b_4} - \frac{e^{-b_1(t-T)} - 1}{b_2} \right) \right\} \right] - kS (e^{-b_4(t-T)} - 1) \quad (21)$$

2.1.7 分析対象

本研究では, 2011年3月に発生した東日本大震災直後の4つの品物の購買金額の変化に注目して, 調査・研究を行った. 4つの事例にモデルを当てはめ, 十分良い近似が得られるかどうかでモデルの妥当性を確かめる.

今回引用したデータは、日系 POS データ（日系テレコム 21）より、週ごとの購買金額推移を用いた。東日本大震災前後の千人あたりの購買金額を 1 週間単位で記録したものである。縦軸の単位が金額で（円/千人）、横軸の単位が時間で（年.月.日）とする。

近似の方法としては、近似が「十分良い」と判断するための基準を数値化することも可能ではあるが、買い占めという現象がもともと多くの要因が絡まり合った社会現象であることや、モデル自身が第一次近似であることから、モデル及び実データのグラフを重ね合わせてみた視察により、当てはまりのよさを判断することにする。

2.2 分析結果

2.2.1 震災時における電池の購買金額推移の様子

2011 年 3 月の東日本大震災時には、人々の買い占め行動によって引き起こされる電池不足問題が取り上げられた。家電量販店では、電池の在庫確保が間に合わず品切れ状態が数週間続き、インターネットのオークションなどでは実際の価格の数倍もの値段で販売されているような光景も目にする事があった。以下の図 2 は、震災前後の実際の購買金額推移とモデルの推定式のデータを重ね合わせた様子である。

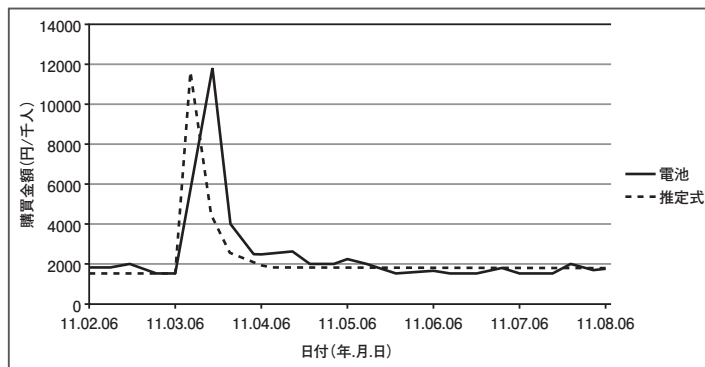


図 2. 電池の購買金額推移と推定値

このとき各パラメータの値は、 $b=0.89$, $b_1=0.6$, $b_2=0.18$, $b_3=0.01$, $b_4=0.17$, である。このことから、電池の場合、購買再開率は低く、商品変更率がやや高いということが分かった。すなわち電池を買い占める割合はそれほど高くはなく、他の商品で代用している割合が比較的多いのではないかと推測出来る。購買中止率 b_2 と購買再開率 b_3 を比較しても分かるように、購買を中止する割合に比べて、購買を再開する割合が非常に小さいことが分かる。また、商品変更率 b_4 を見ても今回の 4 つの事例の中で最も高い割合を示していて、電池の代用品に購買が傾いたといえる。

2.2.2 震災時における即席カップ麺の購買金額推移の様子

災害などが起こった際に考えられる非常食として最もポピュラーなものがこの即席カップ麺ではないだろうか。東日本大震災の際にも買い占め現象を見ることが出来た。以下の図3は、震災前後の実際の購買金額推移とモデルの推定式のデータを重ね合わせた様子である。

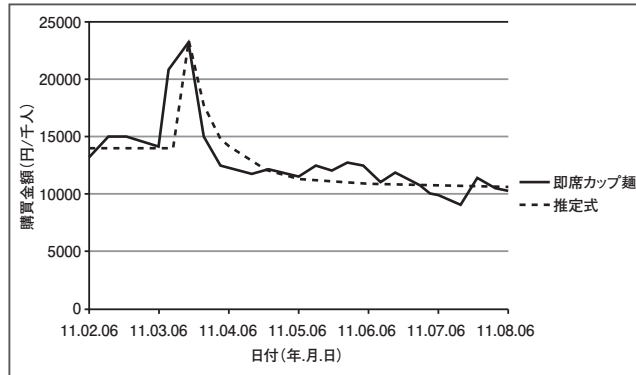


図3. 即席カップ麺の購買金額推移と推定値

このとき各パラメータの値は、 $b=0.87$ 、 $b_1=0.8$ 、 $b_2=0.03$ 、 $b_3=0.02$ 、 $b_4=0.11$ 、である。即席カップ麺の事例での特徴の1つは、買い占め現象前後で、著しく購買金額が低下することである。購買中止率 b_2 と購買再開率 b_3 を比較してみると、それほど割合の差は無いことや商品変更率 b_4 を見てもそれほど高い数値ではないことから、即席カップ麺への関心自体が薄れたと推測が出来る。

2.3 震災時におけるトイレトペーパーの購買金額推移の様子

災害時に限らず、様々なタイミングで買い占め現象が生じるのがトイレトペーパーである。トイレトペーパーは比較的季節変動などの外的要因を受けにくい物と考えられるため、考察しやすいのではないかと考えた。東日本大震災時にも典型的な買い占め行動の傾向を見ることが出来、実際にもトイレトペーパーの品薄状態が発生したことは記憶に新しい。以下の図4は、震災前後の実際の購買金額推移とモデルの推定式のデータを重ね合わせた様子である。

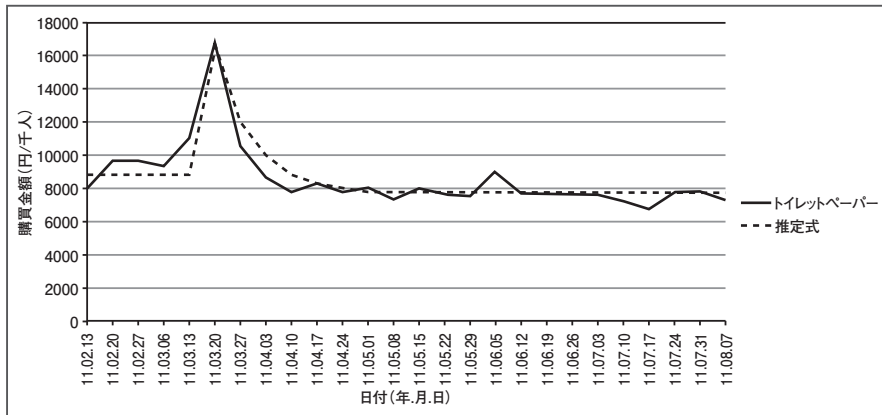


図4. トイレットペーパーの購買金額推移と推定値

このとき各パラメータの値は、 $b=0.77$, $b_1=0.7$, $b_2=0.07$, $b_3=0.03$, $b_4=0.14$, である。トイレットペーパーの事例でも、買い占め現象前後で、わずかではあるが購買金額の減少が確認された。即席カップ麺のときと同様に購買中止率 b_2 と購買再開率 b_3 を比較してみると、電池の事例ほどではないが購買中止率に比べて購買再開率が低いことが分かる。商品変更率 b_4 も4つ事例の中では2番目に高い割合であり、トイレットペーパーの使用頻度を控えるために、ウォシュレットなどの代用品の利用頻度が増えたことなどが推測される。

2.4 震災後のタバコの購買金額推移の様子

東日本大震災時には、震災の影響でタバコを製造する工場が機能しなくなってしまう、タバコの販売が一部の銘柄限定になるなど制限される事態が発生した。この情報はマスコミを通じて全国に広まり、震災によってタバコが必要になったわけではないが、一部の喫煙者などがタバコを購買出来なくなることを恐れて一定量のタバコを確保しようとした結果、買い占めが発生した。一部のタバコの製造工場が機能しないうえ、一部とはいえ人々が買い占めに走った結果、タバコは品薄状態になり物品不足状態となった。以下の図5は、震災前後の実際の購買金額推移とモデルの推定式のデータを重ね合わせた様子である。

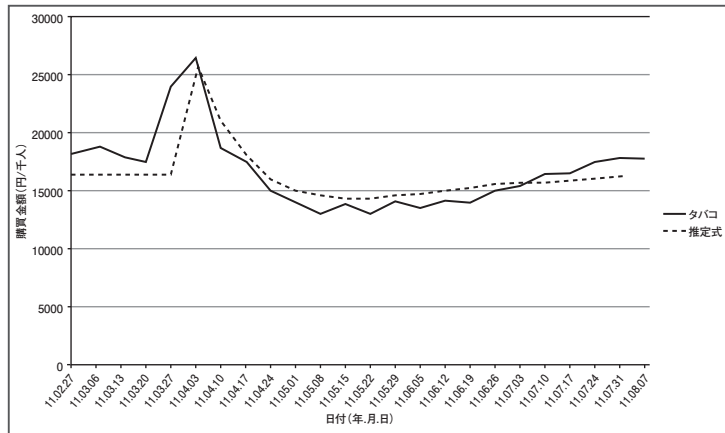


図5. タバコの購買金額推移と推定値

2.5 4つの商品買占め事例の比較係数

本論文では、震災後の日用品の買い占め現象について考えてきた。買い占めという現象は、多くの要因が絡まり合った現象ではあるが、大まかな予測は可能であるということが分かった。

表1. 各商品のパラメータ比較

パラメータ\商品名	電池	即席カップ麺	トイレットペーパー	タバコ
b_1	0.60	0.80	0.70	0.90
b_2	0.18	0.03	0.07	0.05
b_3	0.01	0.02	0.03	0.019
b_4	0.17	0.11	0.14	0.03

特に、震災等に関係なく、買い占めが起りやすいトイレットペーパーや非常食のような日用品の予測は比較的子測が容易だという結果が得られた。本研究では、買い占めの背景にある、心理的要因や社会的要因など外的要因は無視して研究を行ってきたが、今後これらの要因も含めて考察出来るようになれば、より詳細な需要予測も可能になり、買い占め解消に効果的な対策方法や対応策なども導き出されるようになるのではないだろうか。

3. おわりに

本研究で、「短期型不安」による「行き過ぎ現象」、例えば買占め行動後に発生する「買い控え行動」のような「行き過ぎ現象」にあてはまる微分方程式が作成できた。

今後、さらに当てはまりの良い解析を実施し、各方面で役立てられることを望む。

謝辞

本研究のデータ取得・解析に尽力して戴いた首都大学東京大学院研究科大橋昌弘氏に感謝します。

参考文献

- 合原一幸, 西浦博 (2009) 「感染症流行の数理モデルによるインフルエンザワクチン製造の資源配分の最適化」『生産研究』61 巻, 4 号, pp.797-803.
- 石井昇, 吉田就彦 (2005) 「ヒット現象の数理モデル」.
- 栗田治, 中桐裕子 (2004) 「社会的な流行の微分方程式モデル」『日本オペレーションズ・リサーチ学会和文論文誌』47 巻, pp.83-105.
- 中山晶一郎 (2002) 「ロジット型離散選択に基づいた流行現象モデル」『理論と方法』Vol.18, pp.89-102.
- 畠瀬和志 (2007) 「新エネルギー技術の普及にロジスティック曲線を適用した地球温暖化の動的最適化モデル」.
- 渡辺光一 (2006) 「社会的影響力の形成・計測と最適化のモデル」.