

震災時におけるガソリン販売政策と 消費者の殺到防止効果

大窪 和明¹・奥村 誠²・河本 憲³

¹正会員 東北大学助教 東北アジア研究センター (〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1 通研2号館)

E-mail:okubo@cneas.tohoku.ac.jp

²正会員 東北大学教授 災害科学国際研究所 (〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1 通研2号館)

E-mail:mokmr@m.tohoku.ac.jp

³非会員 相模原市 都市建設局 (〒525-5277 相模原市中央区中央2-11-15)

E-mail:kansendouro02@city.sagamihara.kanagawa.jp

2011年3月11日に発生した東日本大震災ではガソリン不足が深刻化し、ガソリンスタンドから伸びる長蛇の列が問題になった。本研究では、震災時の特徴として、将来のガソリン供給量の低下、不確実性の増大や消費者の悲観的な見通しが、消費者のガソリンスタンドへの殺到を引き起こすことを示す。さらに、震災時における整理券の発行や消費者一人当たりの購入量制限といった販売政策が、消費者の購入行動にもたらす影響を明らかにする。その結果、これらの販売政策が必ずしも消費者のガソリンスタンドへの殺到を防ぎ、期待効用を増加させるわけではないことが明らかになった。

Key Words : *Fuel Purchase, Congestion, Consumer Behavior, Disaster*

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災時においては、ガソリン不足が深刻な問題となり、給油を待つ自動車がガソリンスタンドの前から延々と並ぶ光景が多くの地域で見受けられた。これは、沿岸部の精油所や油槽所の破壊、港湾や道路といった交通路の途絶によってガソリンの供給量が低下したことが大きな要因である。また、震災の翌日から営業しているガソリンスタンドの数は少なく、将来の状況が不透明な中で、より多くのガソリンを消費者が需要したことも大きな要因の一つであると考えられる。震災時におけるガソリン不足が地域の諸活動にもたらす悪影響を緩和するためには、交通インフラの耐震化や災害に対して頑健な輸送システムの構築など供給面での対策に加えて、震災時における消費者のガソリン購入行動の性質を把握した上での適切な方策が求められる。本研究では、震災時の特徴として、将来のガソリン供給量の低下、不確実性の増大や消費者の悲観的な見通しが、消費者のガソリンスタンドへの殺到にもたらした影響を明らかにする。さらに、東日本大震災時に見られた整理券の発行や消費者一人当たりの購入量制限といった販売政策が、消費者の殺到にもたらす影響を明らかにすることを目的とする。

将来の状況が不透明な中で、多くの人々が同時に同じ行動をとってしまい混乱が生じる現象の代表的なものに、銀行など金融機関への取り付け騒ぎや金融危機などがある。このような現象の発生メカニズムに関する研究は数多くなされており、近年、注目されているのが、グローバルゲームを用いたアプローチである。その代表的な研究として、例えば、Morris and Shin¹⁾は、政府と外国為替市場の投機家グループとの戦略的な相互関係を扱い、投機家が為替市場に投機攻撃を行う場合において、通貨危機が発生するファンダメンタルズの境界を求めている。また、Heidhuesら²⁾はコーホート効果のある不可逆的な投資決定を扱った動的なグローバルゲームの分析を行っている。これらの研究においては、他の人と同じ行動を取ることによって、個人のペイオフが増加する場合(戦略的補完性)を扱っている。一方で、Karpら³⁾は、同じ行動をとるプレイヤーの数が少ない場合は戦略的補完性にあり、人数がある水準を超えると混雑によってペイオフが減少する場合の分析を行っている。このモデルについて、Hicksら⁴⁾は、漁師の漁場の選択に関する漁を行うかを扱った実証分析を行った。これらのグローバルゲームによるアプローチは、強支配による戦略の逐次消去を行うことによって起きそうにない均衡を消去し、一意な解が得られるという点において優れている。そのためグロ

ーバルゲームによるアプローチは、戦略的補完性があり、複数均衡が生じる問題の分析によく用いられる。一方、本研究で対象とする問題は、供給量に限りのある中での消費者のガソリン購入行動である。これは、ある消費者が、多くのガソリンを購入するほど、周りの消費者が購入できるガソリンの量は減り、ペイオフが下がってしまう戦略的代替性の関係にある。

戦略的代替性のある中で、投機家による投機的行動を扱った代表的な研究として、Samuelson⁵⁾、Hart and Kreps⁶⁾、Deaton and Laroque⁷⁾、McLaren⁸⁾やMitraille and Thille⁹⁾がある。これらの研究では、コモディティ市場において投機家が市場価格の変動に与える影響を分析している。Deaton and Laroque⁷⁾による分析では、投機家がコモディティの在庫を持ち、将来の価格を予想し、現在の市場価格と比較しながら在庫を調整することが市場価格の急激な上昇の原因になっていることを示している。本研究では、これらの研究の視点に立ち、消費者が、ガソリンを今買いに行くか、次期以降に買いに行くかを選べる状況下において、今、ガソリンを買いに行く消費者が多くなる均衡点が存在することを示す。

本稿の構成は以下の通りである。続く第2章において、ガソリンスタンドが補充するガソリンの量と次期にガソリンを買いに並ぶ人数に不確実性がある場合の、ガソリン購入行動モデルを定式化する。第3章においては1期にガソリンを買いに並ぶ消費者の数の均衡解の性質を明らかにする。さらに、平常時と震災時それぞれの数値設定の下での均衡解の比較分析を行い、震災時と平常時における均衡状態の性質の違いを明らかにする。また、震災時における整理券の配布や、一人当たりのガソリン購入量の制限といったガソリンスタンドでの販売政策が消費者の行動にもたらした影響を明らかにする。第4章で結論と今後の課題を述べる。

2. 基本モデルの定式化

2.1 モデルの枠組み

本研究ではガソリンを必要としている複数の消費者がガソリンを買うため、今日と明日のどちらかにガソリンスタンドに並ぶか選択する状況を考え、明日まで待たず今日に多くの消費者が並ぶ状況を殺到と考える。ここでは今日 ($t = 1$) と明日 ($t = 2$) の離散的な 2 期間を考え、今日、ガソリンを買うために並ぶ消費者数を求め、消費者の殺到が起きる条件を調べる。消費者が並ぶ前には各期の期初にガソリンスタンドに補充されるガソリンの量 θ_t が何人分になるか、確率的にしか把握できないとする ($t \in [1, 2]$)。各消費者はガソリンスタンドに到着した順番が異なるとし、1期の n_1 番目に到着した消費者は n_1 番

目に並ぶことができるとする。1期において、ガソリンスタンドが供給可能なガソリンの量 s_1 人分よりも並んだ順番 n_1 が小さい消費者 ($n_1 \leq s_1$) はガソリンを買うことができ、 v_1 のペイオフから待ち時間を引いた効用を得る。ただし、ガソリンを買うことによるペイオフ v_1 は全ての消費者で等しいとする。ガソリンの供給可能量よりも並んだ順番が大きい消費者 ($n_1 > s_1$) は、ガソリンを買えないため、待ち時間だけが生じると仮定する。これは、供給可能なガソリンが無くなったときに初めて、ガソリンスタンドが消費者に品切れが起きたことを伝えるという状況を考えている。1期にガソリンが買えなかった場合、消費者は2期にもガソリンを買いに並ぶとする。

n_1 番目にガソリンスタンドに到着した消費者の効用は、1期に並べる順番 n_1 とガソリンスタンドの供給可能量 s_1 の関数 $u_1(n_1, s_1)$ として下式のように定義する。

$$u_1(n_1, s_1) = \begin{cases} v_1 - w_1 n_1 & \text{if } n_1 \leq s_1 \\ -w_1 s_1 + \delta E_1[u_2(\hat{n}_2, s_2) | n_1 > s_1] & \text{if } n_1 > s_1 \end{cases} \quad (2)$$

ただし、 w_1 は1期の消費者の時間価値、 δ は割引率を表す正のパラメータである。また \hat{n}_2 は消費者が2期に並べると予測する順番である。式(1)のガソリンを買えなかった場合 ($n_1 > s_1$) では、1期の供給可能量が全て無くなる分 s_1 だけ待つとする。これはガソリンスタンドが品切れになって初めて消費者は当日の供給可能量を知るという状況を想定している。この場合、2期にも並ぶ必要があるため、1期に品切れが起きた条件での2期の期待効用 $E_1[u_2(\hat{n}_2, s_2) | n_1 > s_1]$ を考えている。2期の期待効用は2期の順番の予測値 \hat{n}_2 とガソリンスタンドが2期に供給可能なガソリンの量 s_2 の関数として表されている。

1期と2期の各期におけるガソリンスタンドの供給可能量 s_t は、各期の期初に補充される量 θ_t (人分) と前期からの繰り越し量 ϕ_t (人分) の合計として次のように表される。

$$s_t = \theta_t + \phi_t, \quad \forall t \in [1, 2]$$

$$\phi_t = \begin{cases} s_{t-1} - N_{t-1} & \text{if } N_{t-1} \leq s_{t-1} \\ 0 & \text{if } N_{t-1} > s_{t-1} \end{cases} \quad (2)$$

ただし、 N_t はガソリンを買うために1期に並んだ消費者の人数を表している。式(2)の ϕ_t は、1期に品切れが起きない場合は $(s_1 - N_1)$ が2期に繰り越されるが、1期に品切れが起きた場合は何も繰り越されないことを表す。ただし1期への繰り越し量 ϕ_1 は0とする。また各期のガソリン補充量 θ_t は期待値 μ_t 、標準偏差 σ_t の正規分布に従うと仮定する ($\theta_t \sim N(\mu_t, \sigma_t^2)$, $\forall t \in [1, 2]$)。1期の期初に消費者は、各期のガソリン補充量 θ_t を確率的にしか知らない状況下において、それぞれの期待効用を比較し、1期に並び始めるか、2期から並ぶか選択する。

2.2 期待効用の定式化

2.2.1 1期から並び始める場合の期待効用の定式化

n_1 番目にガソリンスタンドに到着した消費者が1期に並ぶことによる期待効用は、

$$E_1[u_1(n_1, \theta_1)] = \int_{n_1 - \phi_1}^{\infty} (v_1 - w_1 n_1) f(\theta_1) d\theta_1 + \int_{-\infty}^{n_1 - \phi_1} \{-w_1 \theta_1 f(\theta_1) + \delta E_1[u_2(\hat{n}_2, s_2) | n_1 > \theta_1]\} d\theta_1 \quad (3)$$

と表される。ただし $E_1[\cdot]$ は1期の期待オペレータを表し、 $f(\theta_1)$ は1期の期初にガソリンスタンドに補充される量 θ_1 の確率密度関数、 \hat{n}_2 は2期に並べる順番の予想値を表す。また、 $\phi_1 = 0$ としたため $s_1 = \theta_1$ であり、1期の効用関数はガソリンスタンドに到着した順番 n_1 とガソリンスタンドの補充量 θ_1 の関数 $u_1(n_1, \theta_1)$ となっている。式(3)の第1項目は、補充量 θ_1 が $\theta_1 + \phi_1 \geq n_1$ を満たし、消費者がガソリンを買うことができたときの効用を表す。第2項目は補充量 θ_1 が $\theta_1 + \phi_1 < n_1$ のときに、ガソリンを買うことができずに1期には待ち時間だけが生じ、2期に再び並ぶときの期待効用を表す。

1期目に並んでいた状態で、ガソリンが品切れになったときの2期の期待効用 $E_1[u_2(n_2, s_2) | n_1 > \theta_1]$ は、

$$E_1[u_2(\hat{n}_2, s_2) | n_1 > \theta_1] = E_1[u_2(\hat{n}_2, \theta_2)] = \int_{\hat{n}_2}^{\infty} \{v_2 - w_2 \hat{n}_2\} h(\theta_2 | \theta_1) f(\theta_1) d\theta_2 - \int_{-\infty}^{\hat{n}_2} w_2 \theta_2 h(\theta_2 | \theta_1) f(\theta_1) d\theta_2 \quad (4)$$

と表すことができる。1期に品切れが起きた場合には、 $s_2 = \theta_2$ であるため式(4)の一つ目の符号が成り立つ。

式(4)中の2期に並べる順番の予想値 \hat{n}_2 は、2期に新たにガソリンスタンドに到着する消費者数の影響を受けると考える。具体的には2期に新たにガソリンスタンドに到着する消費者が全部で M_2 人いた場合に、自分はその中で m_2 番目に到着できるだろうと予想すると仮定する。ここで m_2 はテレビや新聞などの報道、消費者自身がガソリンスタンドに生じた行列を観測したことによって形成される主観的な予測値を表している。予測値 \hat{n}_2 の形成時には、1期に自分より前に並んでいたが品切れのためガソリンを買えなかった $(n_1 - s_1)$ 人の消費者も再び2期に到着すると考える。すなわち、全部で $(n_1 - s_1 + M_2)$ 人の消費者の中での自分の順番を、

$$\hat{n}_2 = (n_1 - s_1 + M_2) \frac{m_2}{M_2} \quad (5)$$

と予想すると仮定する。

2.2.2 2期に初めて並ぶ場合の期待効用の定式化

1期に n_1 番目に到着した消費者が一旦帰宅して、2期に初めて並ぶことの期待効用 $E_1[u_2(\hat{n}_2, s_2)]$ は、

$$E_1[u_2(\hat{n}_2, s_2)] = \int_{N_1 - \phi_1}^{\infty} E_2[u_2(\hat{n}_2, s_2) | \theta_1 \geq N_1] d\theta_1 + \int_{-\infty}^{N_1 - \phi_1} E_2[u_2(\hat{n}_2, s_2) | \theta_1 < N_1] d\theta_1 \quad (6a)$$

と表すことができる。ただし $h(\theta_2 | \theta_1)$ は θ_1 の条件の下での θ_2 の条件付き確率密度関数を表す。式(6)の第1項は1期に品切れが起きなかったときの期待効用、第2項は1期に品切れが起きたときの期待効用を表す。式(6)に含まれる2期の補充量 θ_2 に対して形成される期待効用 $E_2[u_2(\hat{n}_2, s_2)]$ は下式のように表される。

$$E_2[u_2(\hat{n}_2, s_2) | \theta_1] = \int_{\hat{n}_2 - \phi_2}^{\infty} \{v_2 - w_2 \hat{n}_2\} h(\theta_2 | \theta_1) f(\theta_1) d\theta_2 - \int_{-\infty}^{\hat{n}_2 - \phi_2} w_2 \theta_2 h(\theta_2 | \theta_1) f(\theta_1) d\theta_2 \quad (7)$$

ただし、 v_2 は2期の消費者のガソリンの購入によって得られるペイオフ、 w_2 は2期の消費者の時間価値を表す。今回は2期間モデルを考えているため、式(7)中の第2項において、3期目以降にガソリンを買うことによる期待効用は考えない。

式(6)、(7)に含まれる2期に並べる順番の予想値 \hat{n}_2 についても式(5)と同様に、2期に新たにガソリンスタンドに到着する消費者数の影響を受けると考える。ここでは自分が2期に並べる順番の予想値は、

$$\hat{n}_2 = \begin{cases} m_2 & \text{if } N_1 \leq \theta_1 \\ (N_1 - s_1 + M_2) \frac{m_2}{M_2} & \text{if } N_1 > \theta_1 \end{cases} \quad (8)$$

と予想すると仮定する。すなわち、1期に消費者 N_1 人の全てがガソリンを買えた場合 ($N_1 \leq \theta_1$) には、2期に再び並ぶ消費者はいないので、2期に新たに到着する消費者 M_2 人の中での自分の順番を考えれば良い。一方、1期に消費者 N_1 人の一部がガソリンを買えなかった場合 ($N_1 > \theta_1$) には、式(5)と同様に、品切れのためガソリンを買えなかった消費者 $(N_1 - s_1)$ 人と新たに到着する消費者 M_2 人の消費者を合わせ、その中での自分の順番を考えるとする。

2.3 均衡状態の定義

1期に n_1 番目にガソリンスタンドに到着した消費者は、1期から並び始める場合の期待効用 $E_1[u_1(n_1, \theta_1)]$ と2期に初めて並ぶ場合の期待効用 $E_1[u_2(\hat{n}_2, s_2)]$ を比較し、そのまま1期から並び始めるかどうかを決定する。具体的には n_1 番目にガソリンスタンドに到着した消費者が1期から並び始める条件は、

$$E_1[u_1(n_1, \theta_1)] \geq \delta E_1[u_2(\hat{n}_2, s_2)] \quad (9)$$

となる。本モデルにおいては、すべての消費者はガソリンスタンドに到着する順番のみが異なり、他の属性や嗜

好は同一であると考えており、1 期に並ぶ順番が遅くなるほど、待ち時間は長くなり消費者が 1 期に並び始めることの期待効用は低くなっていく。そのため、1 期において並ぶ消費者数が徐々に増加していく途中である消費者が 1 期から並ぶのをやめて 2 期に初めて並ぶことを合理的に選択した場合、それ以降に並ぶ消費者も 2 期から並び始めることを選択することが合理的な選択となる。したがって 1 期から並び始めることの期待効用と 2 期に初めて並ぶことの期待効用が無差別になった消費者が 1 期の最後尾となり、その順番が 1 期にガソリンを買いに並ぶ人数 N_1 となる。すなわち、下式を満たすような消費者の数を均衡消費者数 N_1^* として定義する。

$$E_1[u_1(n_1, \theta_1)] = \delta E_1[u_2(\hat{n}_2, s_2)] \quad (10)$$

式(10)の均衡条件式は、1 期に n_1 番目にガソリンスタンドに来た消費者がそこで並ぶのをやめ、2 期に再び並ぶことを選択した場合、その行動が後悔を生まない条件を表している。もし、 n_1 より後に到着した消費者が 1 期に並んで購入できる可能性があるならば、その結果として繰り越されるガソリン量は少なくなり、 n_1 番目の消費者が 2 期に購入できる可能性は小さくなる。そのため n_1 番目の消費者が 2 期に並ぶのを選択することは合理的ではない。したがって、 n_1 番目の消費者が 1 期に並ぶ最後の消費者であると仮定したときの 2 期に並ぶことの効用によって判断する必要がある。この消費者 n_1 が最後尾となり、 $N_1 = n_1$ と仮定したときの 2 期に初めて並ぶ期待効用を均衡期待効用と呼ぶ。

3. 平常時と震災時の購入行動の分析

本章では第 2 章で定式化したモデルに具体的な数値を設定し、震災時における消費者行動の性質を明らかにする。はじめに平常時を想定した数値設定の下で、消費者行動の分析を行う。次に震災時の特徴として、ガソリンスタンドへのガソリン補充量の不確実性の増大や、消費者の悲観的な将来予測に着目し、そのときの消費者行動を明らかにする。

3.1 平常時の購入行動

平常時にはガソリンスタンドに十分なガソリンがあり、消費者が高い確率でガソリンを買えると予想している状況を考える。すなわち、全ての消費者が 2 期のガソリン補充量の期待値よりも早い順番でガソリンスタンドに到着できると予想する表 1 の設定を考える ($m_2 < \mu_2$)。表 1 の数値設定の下で、1 期の n_1 番目にガソリンスタンドに到着した消費者の 1 期に並ぶことの期待効用

表 1 平常時の数値設定

v_1	100	v_2	100
w_1	1	w_2	1
μ_1	30	μ_2	30
σ_1	1	σ_2	1
δ	0.95	m_2	20
		M_2	100

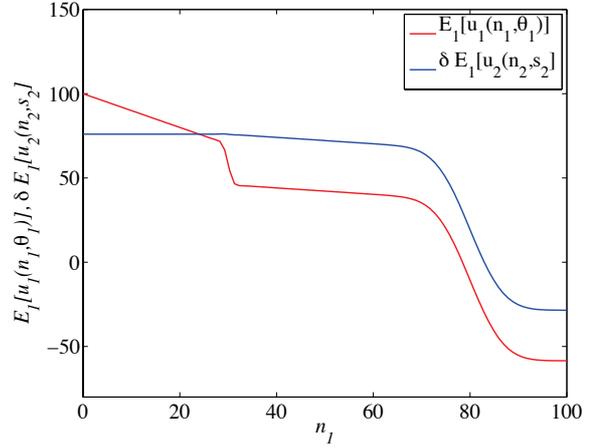


図 1 平常時における各期の期待効用

$E_1[u_1(n_1, \theta_1)]$ と、自分が 1 期の最後尾であるとしたときに ($N_1 = n_1$)、2 期に初めて並ぶことの期待効用 $\delta E_1[u_2(\hat{n}_2, s_2) | N_1 = n_1]$ を現在価値に割り引いたときの比較結果を図 1 に示す。

図 1 より 1 期にガソリンスタンドに到着する順番が遅くなるほど、各期に並ぶ期待効用は小さくなることがわかる。並ぶ順番が早い場合 ($n_1 < 30$)、 $E_1[u_1(n_1, \theta_1)]$ は待ち時間の増加によって緩やかに減少している。並ぶ順番が $n_1 = 30$ 付近に近づくと、1 期にガソリンスタンドが品切れし、ガソリンを買えない確率が急激に高まるため、 $E_1[u_1(n_1, \theta_1)]$ は急激に減少し始める。1 期に並ぶ順番がさらに遅くなり、 $30 \leq n_1 \leq 70$ では各期の期待効用は再び緩やかに減少している。これは 1 期の品切れによってガソリンを買えなかった消費者が 2 期に再び並ぶ人数が増えることによる待ち時間の増加のためである。1 期に並ぶ順番がさらに遅くなると、1 期と 2 期の両方で品切れが起きる確率が高くなり、 $70 \leq n_1 \leq 90$ の範囲で各期の期待効用が大幅に減少して負の値を取ることがわかる。

式(10)の均衡条件式を満足する 2 つの効用の交点をニュートン法により求めると、平常時の均衡消費者数は最終的に $N_1^{\text{ord}} = 24$ となり、最後尾の消費者は $E_1[u_1^{\text{ord}}] \equiv E_1[u_1(N_1^{\text{ord}}, \theta_1)] = 76$ の期待効用を得る。ただし、上添え字の”ord”は平常時(ordinary)を表す。

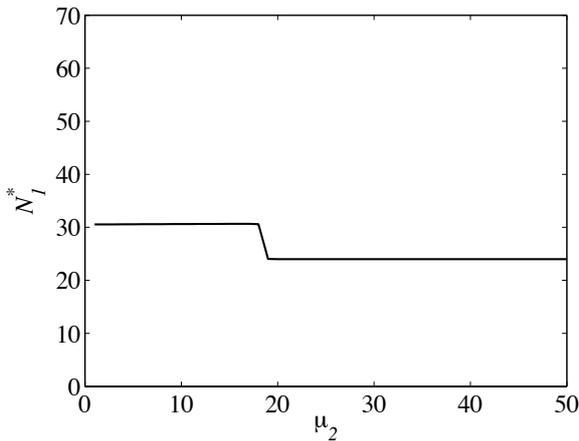


図2 ガソリン補充量の期待値と均衡消費者数

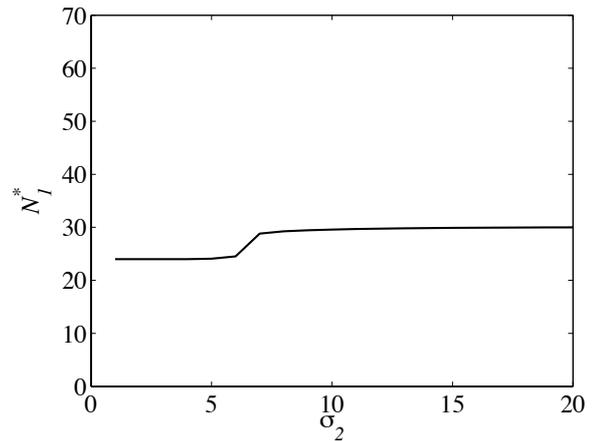


図4 ガソリン補充量の標準偏差と均衡消費者数

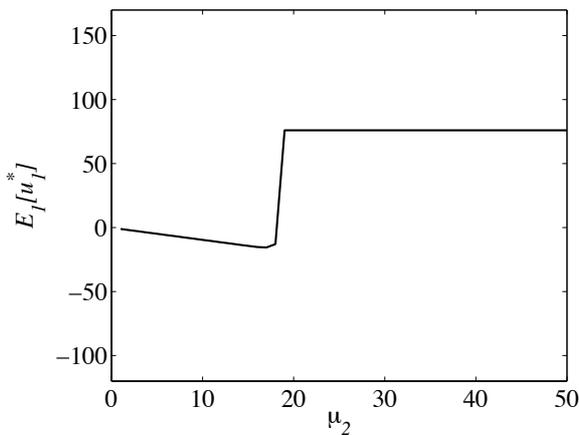


図3 ガソリン補充量の期待値と均衡期待効用

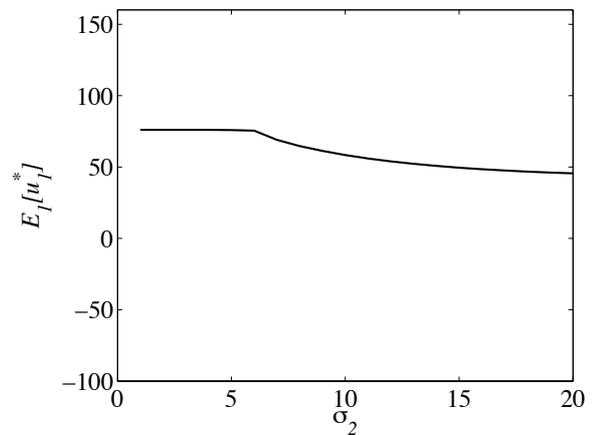


図5 標準偏差と均衡期待効用

3.2 震災時の購入行動

3.2.1 ガソリン補充量の期待値と不確実性の影響

地震や津波によって製油所や油槽所といった石油の供給施設や、交通インフラが被害を受け、一時的にガソリンスタンドのガソリン補充量の低下や、次にいつ補充できるのかが不確実となる場合がある。ここでは2期にガソリンスタンドが補充できるガソリンの補充量の期待値が減少する場合と、補充量が大きく変動する状況を考える。

はじめに、ガソリンスタンドが補充できるガソリンの期待値が減少した場合を考える。図2は、2期のガソリン補充量の期待値 μ_2 の変化に対する1期にガソリンスタンドに並ぶ均衡消費者数 N_1^* の変化を図示したものである。図2から、震災時のように2期のガソリン補充量の期待値 μ_2 が小さい場合では、ガソリンを買うために並ぶ消費者の数が多く、 μ_2 が20人分となる少し前から均衡消費者数が急激に減少している。これは、2期の順番に関する消費者の予測値($m_2 = 20$)よりも補充量の期待値が小さい場合には、1期のうちに並んだ方がガソリンを買える確率が高いためである。2期に新たに並ぶ消費者の予想台数よりもガソリン補充量の期待値が多い場

合は、1期の混雑を避けるため、1部の消費者は2期にガソリンを買いに並ぶことを選択するため、1期に並ぶ消費者の数は減少する。

このときのガソリン補充量の期待値に対する最後尾の消費者の均衡期待効用を図示すると、図3のようになる。図3から、ガソリン補充量の2期の期待値が1から増えていくに従って、待ち時間が増加するため期待効用は低下していく。その後、2期に新たに並ぶ消費者の予想台数の少し前から期待効用は上昇し、 $\mu_2 = 20$ を超えたところから期待効用は一定となる。以上から、 $\mu_2 < 20$ の範囲に見られるように、震災によるガソリン補充量の期待値の減少により、1期に並んだ方がガソリンを買える確率が高くなるため、平常時($\mu_2 \geq 20$)よりも多くの消費者が並ぶという殺到現象を生み出すことがわかる。

次に、震災で被害を受けた石油の供給施設や交通インフラの復旧の必要性などの理由から、ガソリンスタンドへのガソリンの補充量が不確実になる状況を考える。表1の設定から2期のガソリン補充量の標準偏差 σ_2 を連続的に変化させたときの1期に並ぶ均衡消費者数を図4に示す。ガソリン補充量の期待値は変化させていないにも関わらず、 σ_2 が大きくなるにつれて1期に並ぶ消費者

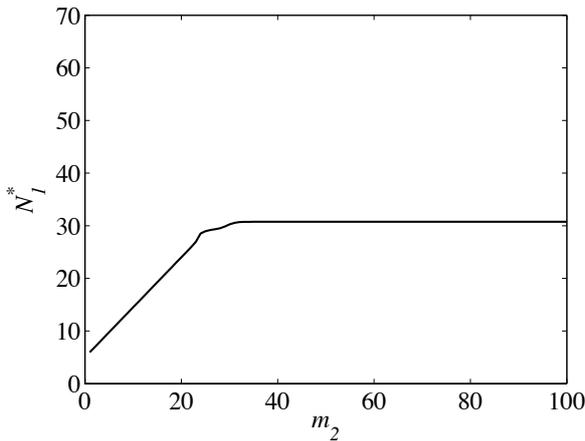


図6 2期に並べる順番の予測値と均衡消費者数

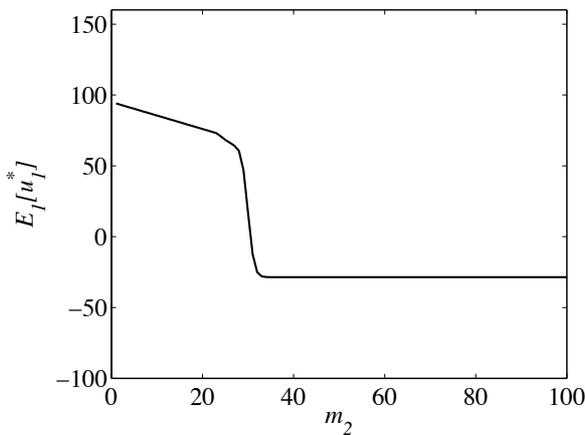


図7 2期に並べる順番の予測値と均衡期待効用

の数は多くなっている。これは2期のガソリン補充量の変動が大きくなったことによって、品切れが起きる確率が高まったため、1期にガソリンを買いに並ぶ消費者が増えるためである。図5は、2期のガソリン補充量の標準偏差 σ_2 と、均衡状態において1期の最後尾に並ぶ消費者の期待効用の関係を示したものである。 $\sigma_2 < 6$ の範囲では均衡期待効用が比較的高い値で一定になるという平常時の状況を表している。 $\sigma_2 \geq 6$ の範囲では期待効用は大きく低下し始める。これは、1期に並ぶ消費者数の増加によって待ち時間が増加したためである。このとき効用の値は正の値をとっているため、ガソリンを買える確率はゼロではない。以上より、 $\sigma_2 \geq 6$ の範囲に見られるように、震災によって2期のガソリン補充量が不確実になると、1期に確実にガソリンを購入したいと考える消費者が増えて殺到が起きることがわかった。

3.2.3 2期に並べる順番の予測値の影響

震災時には、ガソリンをはじめとしたあらゆる物資が不足し、物資を求める消費者の行列ができることがある。このような長蛇の行列を観測した消費者は、明日以降のガソリンの供給量について悲観的な予想を持つ

と考えられる。ここでは消費者が、ガソリンを買いに2期に新たにガソリンスタンドに到着する消費者の数を悲観的に多く予想する状況を考える。表1の設定から m_2 を連続的に変化させたときの、1期に並ぶ均衡消費者数の変化を図6に示す。2期に並ぶ消費者数の予測値が小さい場合には、1期に並ぶ均衡消費者数は直線的に増加する。

図7は m_2 の変化に対する、1期の最後尾に並んでいる消費者の期待効用の変化を示したものである。2期に新たにガソリンスタンドに到着する消費者数の予測値が増えるに従って2期の待ち時間の増加が予想されるため、1期に並ぶ人が増え、 m_2 の増加に伴って均衡効用は低下していく。2期のガソリン補充量の期待値を超えたところから、ガソリンスタンドにおける品切れ確率が高まるため、期待効用は急激に低下することがわかる。以上から、 $m_2 > 30$ の範囲に見られるように、消費者が2期に到着する順番を悲観的に大きく予想すると、消費者は1期に殺到するということがわかった。

4. 販売政策の効果

東日本大震災時の被災地においてはガソリン供給の不足に対して多くの消費者にガソリンを行き渡らせるため、ガソリンを購入できなかった消費者に対して整理券を配布したり、消費者1台当たりのガソリン購入量を制限したりするなどの販売政策が実施された。本章では、これらの販売政策が消費者の購入行動に与える影響を明らかにする。

4.1 販売政策の定式化

4.1.1 整理券配布政策の導入と定式化

ガソリンスタンドにおけるガソリン不足のため、並んでいたにも関わらずガソリンを購入できなかった消費者に整理券を配布する状況を考える。整理券を受け取った消費者は、次の給油時に優先的にガソリンを購入できると仮定すれば、基本モデルから2期の並べる順番の予想値のみが異なると考えることができる。具体的には、1期に n_1 番目に並んだ消費者が品切れのため購入できなかった場合には、2期には $(n_1 - s_1)$ 番目に購入できる権利を与える整理券を考える。したがって整理券を配布する状況下において、1期に n_1 番目に並んだが品切れで購入できなかった消費者($n_1 > s_1$)が2期に購入できる順番 n_2^{NT} は、下式のように表すことができる。

$$n_2^{NT} = n_1 - s_1 \quad (11)$$

ただし、上添え字の“NT”は整理券(Numbered Tickets)配布政策を表す上添え字であり、 n_2^{NT} は整理券配布政策を導入した状態での消費者数である。式(5)と異なり、式(11)

は 2 期にガソリンスタンドに到着する順番の予測 m_2 の影響を受けないことに注意されたい。

1 期に並びずに 2 期に初めて並ぶ消費者は、1 期に品切れまで並んでガソリンを購入できなかった $N_1 - s_1$ 台の消費者の後に購入することになる。また、2 期に新たにガソリンスタンドに到着する消費者数の影響も受けるため、2 期に初めて並ぶ消費者は n_2 を次のように予測すると仮定する。

$$n_2^{NT} = \begin{cases} n_1 - N_1 & \text{if. } N_1 < s_1 \\ N_1 - s_1 + \hat{l}_2 & \text{if. } N_1 > s_1 \end{cases} \quad (12)$$

以上から、整理券販売政策が実施されている場合は、基本モデルの式(5)を式(11)に、式(8)を式(12)に置き換えて計算する。また、このときに得られる均衡消費者数と均衡期待効用をそれぞれ N_1^{NT*} , $E_1[u_1^{NT*}]$ とおく。

4.1.2 購入量制限政策の導入と定式化

次にガソリンスタンドが消費者1人あたりのガソリンの購入量を制限して給油できる消費者の数を増やすという政策を考える。これにより消費者がガソリンを買ったことによる効用は低下すると仮定する。具体的には、購入量が制限されている状態で消費者は、制限されていない場合の a 分の1のガソリンしか購入できないと考える($a \geq 1$)。このとき、ガソリンスタンドが補充するガソリンは、制限がない場合の a 倍の数だけの自動車にガソリンを売ることができる。すなわち、購入量制限がない場合におけるガソリンの購入によって生じるペイオフを v_t 、ガソリンスタンドの補充量を θ_t とおくと、購入量制限下でのガソリンの購入による効用 v_t^{QL} とガソリンスタンドの補充量 θ_t^{QL} は、

$$v_t^{QL} = \frac{v_t}{a} \quad (13)$$

$$\theta_t^{QL} = a\theta_t, \quad \theta_t^{QL} \sim N(a\mu_t, a^2\sigma_t^2)$$

とおける。ただし、上添え字“QL”は購入量制限(Quantity Limitation)を示す。上式から購入量制限の程度を示す a の値が大きくなるほど、消費者一人当たりのガソリン購入による効用は下がるが、より多くの消費者がガソリンを買うことができるようになる。第2章の基本モデルにおける v_t と θ_t を式(13)で置き換えたときに得られる均衡消費者数と均衡期待効用をそれぞれ N_1^{QL*} , $E_1[u_1^{QL*}]$ とおく。

4.2 震災時における販売政策の殺到防止効果

本節では前節で定式化した整理券配布と購入量制限の政策をそれぞれ実施したときの、均衡消費者数 N_1^{NT*} , N_1^{QL*} および均衡期待効用 $E_1[u_1^{NT*}]$, $E_1[u_1^{QL*}]$ を算出し、政策を実施しない場合との比較分析を行う。ただし、購入量制限については、各消費者がガソリンを給油でき

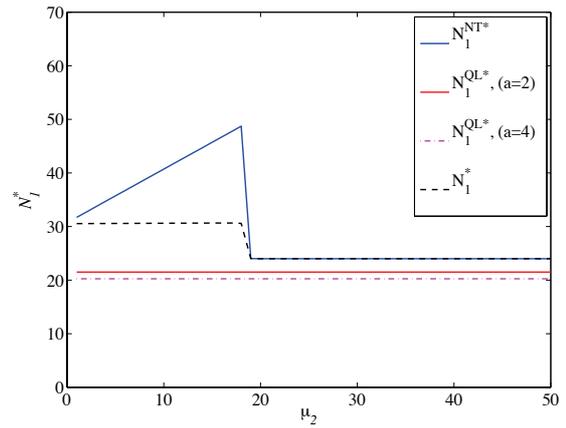


図8 ガソリン補充量の期待値に対する均衡消費者数

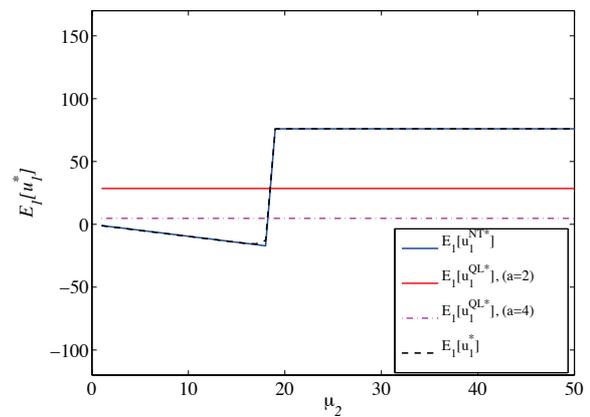


図9 ガソリン補充量の期待値に対する均衡期待効用

る量を 2 分の 1 にした場合($a = 2$)と、さらに厳しい購入量制限を実施した場合($a = 4$)の 2 通りを示している。

4.2.1 ガソリン補充量の期待値の低下時における販売政策の殺到防止効果

表1の設定から2期のガソリン補充量の期待値 μ_2 のみを連続的に変化させたときの、均衡消費者数と1期の最後尾に並んだ消費者の均衡期待効用の変化をそれぞれ図8, 9に示す。

図8から整理券を配布したときや何も販売政策を実施しない場合、平常時($\mu_2 \geq 20$)よりも、震災時の方($\mu_2 < 20$)が均衡消費者数 N_1^{NT*} , N_1^* は多く、消費者の殺到が起きていることがわかる。特に整理券を配布したときの消費者数は常に $N_1^{NT*} \geq N_1^*$ であり、震災時における整理券の配布が消費者の殺到を促すように作用していることがわかる。なお平常時においては整理券を配布した場合と、何も販売政策を実施しない場合の均衡消費者数は等しく、整理券配布は消費者の行動に影響をもたらさない。

図8中の赤の実線とピンクの鎖線で示された購入量制限下における均衡消費者数は、何も販売政策を実施して

いないときよりも均衡消費者数は少なく、ガソリン補充量の期待値に対して一定である。すなわち、震災時において購入量制限は消費者がガソリンスタンドに殺到するのを防止しているといえる。このときの均衡期待効用は、購入量の制限によって品切れの確率が低くなっているため、何も販売政策を実施しないときよりも高くなっている(図 9)。一方平常時には、品切れの確率が低くなっている一方で、ガソリンを買えたことによるペイオフも小さくなるため、均衡期待効用は、何も販売政策を実施しないときを下回っている。

一方、整理券を配布した場合と何も政策を実施しないときの均衡期待効用は等しい。整理券を配布することによって、品切れでガソリンを買えない確率の低下による均衡期待効用の増加分と、待ち時間の増加による均衡期待効用の減少分が釣りあっていることがわかる。

4.2.2 ガソリン補充量の不確実性の増大時における販売政策の殺到防止効果

表 1 の設定から、2 期のガソリン補充量の標準偏差 σ_2 のみを連続的に変化させたときの、均衡消費者数と 1 期の最後尾に並んだ消費者の均衡期待効用の変化をそれぞれ図 10, 11 に示す。

図 10 より、 σ_2 が大きいほど整理券を配布したときの均衡消費者数 N_1^{NT*} は多くなる。特に震災時のように将来の補充量の不確実性が大きく($\sigma_2 \geq 6$)、補充量の大きな変動が予想される中では、何も販売政策を実施していない場合よりも整理券を配布したときの均衡消費者数は大きい($N_1^{NT*} \geq N_1^*$)。また、均衡期待効用は、何も販売政策を実施しないときよりも、整理券を配布したことにより著しく低下している。すなわち、ガソリン補充量の不確実性が大きい場合における整理券配布政策の実施は、消費者のさらなる殺到をもたらし、期待効用も下げる。これは、2 期のガソリン補充量の不確実性が大きくなることで、1 期に整理券だけでも入手したいと思う消費者が増えたためである。

図 10 と図 11 から、購入量が制限されることによって、均衡消費者数も均衡期待効用も将来のガソリン補充量の不確実性の影響を受けにくくなる。なぜならば、購入量が制限されることにより、品切れの確率が高まることによる期待効用の急激な減少が避けられるためである。図 10 から購入量制限によって震災時における殺到が防止され、図 11 から何も販売政策を実施していない状態に比べて均衡期待効用が高いことがわかる。ただし、購入量制限を厳しく設定($a = 4$)することによって、1 期に並ぶ消費者の数を若干減らすことができるものの、ガソリンを買えたときのペイオフの低下により、期待効用は低下することが確認できる。以上のように、震災時における購入量制限は消費者の殺到を防ぎ、均衡期待効用を増

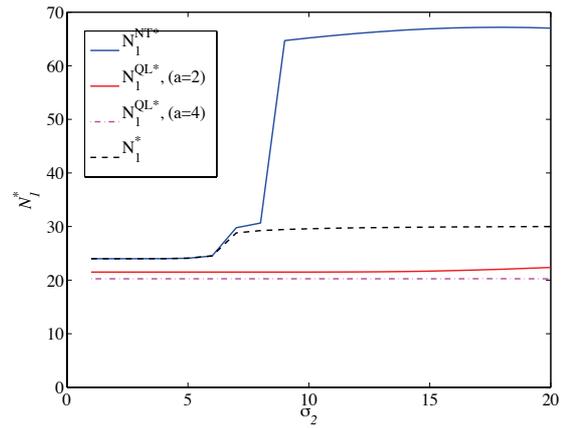


図10 ガソリン補充量の標準偏差に対する均衡消費者数

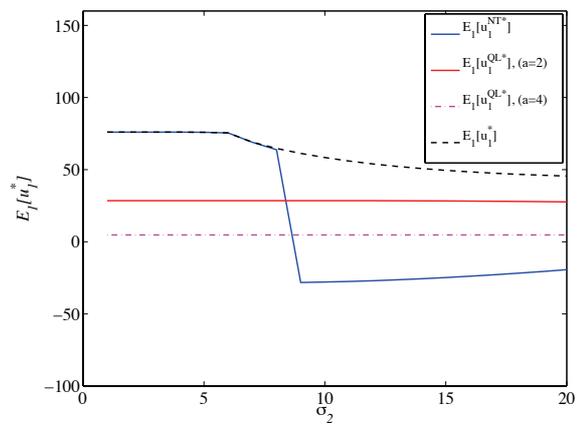


図11 ガソリン補充量の標準偏差に対する均衡期待効用

加させることができる。しかし、一方で、過度な購入量制限や平常時における購入量制限の実施は消費者の均衡期待効用を下げてしまうことがわかる。

4.2.3 消費者の将来予想が悲観的な場合における販売政策の殺到防止効果

表 1 の設定から、消費者が 2 期に到着できる順番の予測値 m_2 のみを連続的に変化させた時の、それぞれの販売政策下における均衡消費者数と、1 期の最後尾に並んだ消費者の期待効用の変化を図 12 と図 13 に示す。

図 12 より、平常時のようにガソリンスタンドに到着する順番が早いと予測する場合 ($m_2 < 30$) は、販売政策に関わらず、消費者の 2 期にガソリンスタンドに到着する順番の予測が悲観的になるほど均衡消費者数は増加する。整理券配布政策実施時には $m_2 = 30$ 付近において、均衡消費者数が急激に増える。これは各期のガソリン補充量の期待値を $\mu_1 = \mu_2 = 30$ と設定したため、 $m_2 = 30$ よりも悲観的な予測を持つ消費者は品切れの確率が高いため並ぶことをあきらめるが、整理券が手に入るならば並ぼうとするためである。このように、震災時に整理券を配布すると 1 期にガソリンスタンドに並ぶ消

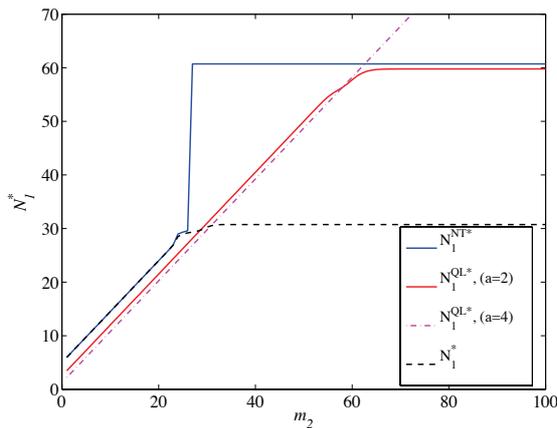


図12 2期に並ぶ順番の予想値 m_2 に対する均衡消費者数

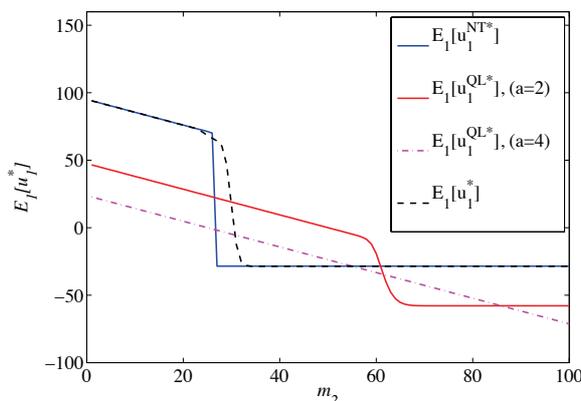


図13 2期に並ぶ順番の予想値 m_2 に対する均衡期待効用

消費者数が増加し、殺到が増加することがわかる。このときの均衡期待効用は図13のように表され、品切れ確率が高まる $m_2 = 30$ において、何も販売政策を行っていないときより、均衡期待効用は下回っている。しかし、それ以降は整理券によってガソリンを買える確率の上昇による期待効用の増加分と待ち時間による損失による期待効用の減少分が釣り合い、何も政策を実施していないときと同様の均衡期待効用となる。

購入量制限を実施した場合は、消費者の2期にガソリンスタンドに到着する順番に関する予測が悲観的になるほど均衡消費者数は増加するという傾向がより広い範囲で起こる。すなわち、購入量制限によってガソリンを買える消費者の数が増加したことによって、ガソリンが品切れになる確率が低くなる。

図13から2期にガソリンスタンドに到着する順番の予測がより悲観的になるほど、購入量制限時の均衡期待効用は下がる。ただし、購入量制限によって品切れの確率が低くなることによって、均衡期待効用 $E_1[u_1^{QL*}]$ の急激な減少は起きにくくなり、何も販売政策を実施しなかった場合や、整理券を配布した場合よりも均衡期待効用が上回る範囲が見られる($30 < m_2 < 60$)。しかし、消費者が2期に並べる順番をさらに悲観的に予測する

($m_2 > 60$)と、ガソリンスタンドに並ぶ消費者の数は増え待ち時間が増加するため、何も販売政策をしなかったときや、整理券を配布したときよりも均衡期待効用は下回る。このように、消費者が過度に悲観的な予測をする場合には、購入量制限は何も販売政策を実施しないときよりも、均衡期待効用を下げてしまうことがある。

5. 結論

本研究では、震災時のガソリンスタンドにおいてはガソリン補充量の期待値が小さいこと、補充量の不確実性が大きいこと、および消費者が将来、ガソリンを買える順番に対する悲観的な予測という3つの側面に着目し、それぞれの場合に消費者の殺到が起こることを示した。また東日本大震災時において、実際に見られた整理券を販売したり、消費者一人当たりの購入量を制限する政策が消費者のガソリンスタンドへの殺到にもたらす影響を明らかにした。その結果、震災時における整理券の配布は1期に殺到を促し期待効用を低下させる効果があることが明らかとなった。また、震災時における購入量の制限は、殺到を防止し、期待効用を高める効果が見られる一方で、厳しすぎる制限や、消費者の予想が極端に悲観的な場合には、期待効用を低下させてしまう効果があることが明らかになった。

参考文献

- 1) Morris, S. Shin, H.S.: Unique Equilibrium in a Model of Self-Fulfilling Currency Attacks, *The American Economic Review*, Vol. 88, No.3, pp.587-597, 1998.
- 2) Heidhues, P. Melissas, N.: Equilibria in a dynamic global game: the role of cohort effects, *Economic Theory*, Vol. 28, pp.531-557, 2006.
- 3) Karp, L. Lee, I. H, Mason, R.: A global game with strategic substitutes and complements, *Games and Economic Behavior*, Vol. 60, pp.155-175, 2007.
- 4) Hicks, R. Horrace, W, C. Schnier, K, E.: Strategic substitutes or complements? The game of where to fish, *Journal of Econometrics*, in press, 2011.
- 5) Samuelson, P. A. Stochastic Speculative Price. *Proceedings of the National Academy of Science*, Vol. 68, no.2, 335-337, 1971.
- 6) Hart, O., D., and Kreps, D., M.: Price Destabilizing Speculation, *Journal of Political Economy*, Vol.94, pp.927-952, 1986.
- 7) Deaton, A. and Laroque, G. On the Behaviour of Commodity Prices. *The Review of Economic Studies*, Vol.59, no. 1, 1-23, 1992.
- 8) McLaren, J., Speculation on Primary Commodities: The effects of Restricted Entry, *The Review of Economic Studies*, Vol.66, pp.853-971, 1999.
- 9) Mitraille, S., and Thille, H., Monopoly Behavior with Speculative Storage, Vol.33, pp.1451-1468, 2009.

(2012. 5. 7 受付)