2024 年度　卒業論文

沖縄県ガソリンスタンド市場の静学的な参入ゲーム

― 理論と実証の双方向のアプローチ ―

慶應義塾大学　経済学部
石橋孝次研究会　第 25 期生

高橋　京介

はしがき

この論文では、ガソリンスタンド（以下 SS）市場の分析を行う。現在 SS 数の減少や EV 車の需要の減少、そして日米の新政権の政策など、自動車やガソリンに関する話題が絶えず、SS 市場の将来を予測するのは非常に難しい。そこで本論文では、静学的なアプローチにより SS 市場の現状を分析することで、将来予測の一助となるものを提示する。また、用いる手法は産業に依らないものであり、他業種を分析する際にも応用することができるようになっている。

目次

序章

この論文では、ゲーム理論による SS 市場の特徴づけを行ったのち、沖縄県の SS に関連するデータを用いることで実証的な分析を行う。

本論文で重要なのは、第 2 章と第 3 章である。第 2 章で論じる理論は純戦略の戦略型ゲームの枠組みで構成される。ゲーム理論の構想は 1928 年の J. von Neumann の論文において誕生し、その後 1943 年に彼と O. Morgenstern により基本的な枠組みが作り上げられた。また、ゲーム理論における最も重要な貢献の 1 つは J. Nash による均衡概念、いわゆる「Nash 均衡」であろう。本論文ではまず、Bresnahan and Reiss (1991) において提唱された理論を数学的に、あるいはゲーム理論的に厳密に再定義をするという形で、小売店舗たちが競争を行うことを前提とした戦略型ゲームを構築し、その Nash 均衡について論じる。しかしながら実際の SS 市場にはチェーンが多く存在しており、そのような寡占的な状態を表現する理論を作らねばならない。そこで、チェーンたちのシェアによる利潤の期待値により小売店舗たちが参入の判断をするゲームを築いた。さらにプレイヤーの集合が実数全体である場合についても論じることとした。このような状況は通常のゲーム理論の教科書等には記されていないので、理論を構築するのに大きな苦労が生じた。参入店舗数を定義する際には Lebesgue 測度を用いなければならず、Nash 均衡の必要十分条件を示す際には σ-加法性を用いた背理法を何度も行った。このように、過程は複雑なものとなってしまったが、先に述べた先行研究においても仮定されている、Nash 均衡であることと参入店舗の利潤がゼロであることが同値であるという非常に簡潔な結果を確認することができた。

第 3 章では、Bresnahan and Reiss (1991) の手法を用いて実証分析を行った。ここでは、第 2 章で定義した理論の Nash 均衡が現実社会で実現していることを仮定し、構築した理論の諸要素の値を推定した。最も面白い結果は、カルテルあるいは暗黙の共謀といった状況にあるという仮定下では、石油系商社の SS は、総合商社系の SS と比べて多くの可変利潤を得ていることである。しかしながら、この結果は有意でないので一概に正しいとは言えない。そこでもっともらしい結果を一つ挙げることとしよう。それは、可変利潤が参入店舗数に反比例していることである。理論的には、例えば競争が行われておらず可変費用関数が線形である場合に起こり得る結果であり、先に置いた、カルテルあるいは暗黙の共謀という前提の妥当性を高めるものとなっている。なお、この結果は仮定が弱く複雑なモデルと、仮定が強く簡潔なモデルの比較によるものであり、モデル選択の意味でのトレードオフに直面した際の解決法が与えられたともいえよう。

第 1 章　ガソリンスタンド市場の現状

現在、SS 市場やそれに大きく関わる産業において、いくつかの大きな話題がある。本章では、それらを一通り確認し、その後に今回分析する沖縄県の SS チェーンの様子を概観する。

1.1　自動車やガソリンに関する話題

1.1.1　ガソリンスタンドの撤退

経済産業省次世代燃料供給インフラ研究会（2018）は、SS の撤退が相次いでいることを指摘している。その理由として、次の 2 つの事項が挙げられている。1 つは人口減少で、もう 1 つは国際的な脱炭素化の動きである。

まず 1 つ目の人口減少については、次のように述べられている。2018 年時点ですでに人手不足や過疎化が絶えない状況であり、今後はますます燃料供給インフラを維持することが困難になる。

そして 2 つ目の脱炭素化に関しては、次のように記述されている。我が国日本においてもパリ協定の目標達成を目指し、2050 年に向けて脱炭素化やエネルギー転換に挑戦することが必須となっている。燃料においても、石油製品が中心であるのが、中長期的には変化すると予想される。

1.1.2　電気自動車の動向

さて、経済産業省次世代燃料供給インフラ研究会（2018）には自動車の電化が進展している旨が記されているわけであるが、この報告書の公開から 6 年経った今、電気自動車をめぐってどのようなことが起こっているのであろうか。

日本経済新聞[1)]には、半導体不足の影響などにより、企業たちが電動化投資の負担に苦しんでいる事実が述べられており、以前に見込まれていたほど電気自動車への転換が進むかどうか不明である。

また、ロイター[2)]は、アメリカのトランプ次期大統領の政権移行チームが、バイデン政権により導入された電気自動車購入者に対する税額控除の廃止を提言している旨を報道した。

---

1)　日本経済新聞 2024 年 11 月 15 日朝刊「EV シフト先行組快走　7~9 月　テスラ・BYD が増益」.

2)　ロイター 2024 年 12 月 16 日「米政権移行チーム、EV 支援打ち切りや排ガス規制緩和を勧告」.

これらの事実によりアメリカでは電気自動車の需要が減少する可能性があり、その余波は日本にも及ぶかもしれない。電気自動車の動向が先行き不透明であるために、SS 市場の今後を予測するのもまた難しいといえよう。

1.1.3　石破新政権のガソリン政策

2024 年 12 月に発表された自由民主党・公明党（2024）には、自由民主党・公明党・国民民主党の幹事長間で、ガソリン税廃止の合意がなされた旨が記されている。これが施行されれば、SS の需要が増加することが見込まれる。

一方、経済産業省資源エネルギー庁（2024）によって、2024 年 12 月 19 日より SS への補助金を段階的に減少させることが通知されており、日本経済新聞[3]によれば、その分を消費者に転嫁することによる価格上昇が早速始まっている。このような転嫁が相次いだ場合には、SS の需要は減少する可能性があり、たとえ転嫁されなかったとしても SS の撤退につながる可能性がある。

このように、日本においてもアメリカにおいても SS 市場の需要を見通すのは難しい。そのようなときに、現時点での SS 市場の様相が判明すれば、それは今後の SS 市場を予測する助けになるだろう。

1.2　沖縄県の SS チェーン

第 3 章で紹介する沖縄県の SS のデータには、チェーンに関するものがある。そこでどのようなチェーン企業が存在するのか確認し、そのシェアを見ることとしよう。まず、エネルギーを主に扱う企業の SS は、ENEOS、apollostation、そしてコスモ石油のものがある。apollostation は出光興産により運営される SS であり、コスモ石油はコスモエネルギーホールディングスが運営する SS である。そして、伊藤忠エネクス、三菱商事エネルギーという総合商社の子会社が SS を運営している。さらに、JA グループの全農が運営する JA-SS がある。また、独立系の SS も存在しており、それらのシェアは（表 1-1）のようになっている。なお、チェーン企業たちは基本的にはそれぞれ独立に輸入から小売までの工程を担っている。

本論文では、小売たちが競争する理論や実証分析に加えて、チェーンたちがカルテルを結んでいることを前提としたものも取り扱う。ここで大事な注意をしておくと、チェーンたち

[3] 日本経済新聞 2024 年 12 月 26 日朝刊「ガソリン、1 年ぶり 180 円台に上昇」.

によりカルテルが締結されていることを結論づけているわけではなく、1 つの起こりうる選択肢としてこのような議論を行うのである。

表 1-1　沖縄県の SS シェア

ENEOS	36%
伊藤忠エネクス	9%
apollostation	9%
JA-SS	7%
コスモ石油	1%
三菱商事エネルギー	1%
独立系/未判明	36%

第 2 章　理論分析

本章では最初に需要の理論を紹介し、その後 Bresnahan and Reiss (1991) にもとづいた参入ゲームの定義を行いその Nash 均衡について論じる。そしてチェーン企業たちがカルテルを組んでいることを前提とした筆者独自の参入ゲームを構築し、最終的にはこれらのゲームのプレイヤーの集合を実数全体とすることで Nash 均衡の必要十分条件を簡潔に記述することを試みる。

2.1　需要の理論

本論文では、通常の部分均衡理論と全く同じように、準線形の効用関数により導出される需要関数を用いる。そこで最初にこの需要の理論について確認する。

ここでは分析対象となる財と価値尺度財の 2 財モデルを考え、それぞれの消費量を $q \in \mathbb{R}_+, m \in \mathbb{R}$ により表す。消費者は $1,2,\cdots,S$ の $S \in \mathbb{N}$ 人存在するとし、どの消費者も共通の便益関数 $w: \mathbb{R}_+ \to \mathbb{R}$ を持つとする。この w は $w'(\mathbb{R}_+) = \mathbb{R}_{++}, w'' < 0$ なる C^2 級関数であるとし、さらに導関数 w' は単射であるとする。また、全消費者共通の効用関数 $v: \mathbb{R}_+ \times \mathbb{R} \to \mathbb{R}$ を

$$v(q,m) = w(q) + m$$

と定義する。

ここで分析対象の財の価格を $p \in \mathbb{R}_{++}$ とし、価値尺度財の価格は 1 とする。全消費者共通の所得を $M \in \mathbb{R}_{++}$ とすれば、各消費者の予算制約下の効用最大化問題は

$$\max_{q \in \mathbb{R}_+, m \in \mathbb{R}} v(q,m) \quad \text{subject to} \quad pq + m \leq M$$

となるが、この問題には唯一の解 q^*, m^* が存在し

$$\mathrm{w}'(q^*) = p,\ m^* = M - pq^*$$

を満たす。この事実は 2.5 節「最適消費の性質と存在・一意性」において証明した。

ところで w' は単射であったので、codomain を $\mathrm{w}'(\mathbb{R}_+) = \mathbb{R}_{++}$ に制限すれば w' は全単射となり逆関数 $(w')^{-1}: \mathbb{R}_{++} \to \mathbb{R}_+$ が存在することとなる。これを用いれば

$$q^* = (w')^{-1}(p)$$

と表すことができる。よって 1 人の消費者の、分析対象の財に対する需要関数はこの $(w')^{-1}$ そのものであり、価格が p のときの市場の需要は $(w')^{-1}(p) \cdot S$ となる。

2.2 小売競争参入ゲーム

Bresnahan and Reiss (1991) では静学的な参入の理論が紹介されており、その理論に基づいて実証分析が行われている。そこで、このモデルを改めて数学的に厳密に定義し直した上で、その Nash 均衡について論じる。

2.2.1 ゲームの定義

まず潜在的参入者が有限人である場合の静学的な参入の理論を構築する。のちに純戦略の戦略型ゲームとして定義するが、先にプレイヤーの集合と、各プレイヤーの純戦略の集合を定めておく。 $J \in \mathbb{N}$ とし、集合 $\{1,2,\cdots,J\}$ の元を潜在的参入者とよぶ。この集合がプレイヤーの集合である。また、各 $j \in \{1,2,\cdots,J\}$ に対して

$$A_j = \{1,0\},\ A_{-j} = \prod_{j' \in \{1,2,\cdots,J\} \setminus \{j\}} A_{j'}$$

と定める。この A_j がプレイヤー j の純戦略全体の集合である。$1 \in A_j$ は潜在的参入者 j が参入することを表し、$0 \in A_j$ は j が参入しないことを表す。さらに

$$A = \prod_{j=1}^{J} A_j$$

と定義し、各 $j \in \{1,2,\cdots,J\}$ に対して

$$A = A_j \times A_{-j}$$

と表せるとする。

このように定義をしておくことで、参入店舗数を

$$n(a_1, a_2, \cdots, a_J) = \sum_{j=1}^{J} a_j$$

なる関数 $n: A \to \{0,1,2 \cdots, J\}$ で定めることができる。これは参入することを選んだ潜在的参入者の数を表している。

次に、参入店舗数のみに依存する価格の関数 $p: \{1,2,\cdots,J\} \to \mathbb{R}_{++}$ を定義する。この参入店舗数のみに依存するという定義は、競争のあり方が予め決まっていることを仮定することとなっているのである。

さらに全潜在的参入者共通の費用関数 $C: \mathbb{R}_+ \to \mathbb{R}_+$ を、$VC(0) = 0$ なる可変費用関数 $VC: \mathbb{R}_+ \to \mathbb{R}_+$ と固定費用 $F \in \mathbb{R}_+$ により通常のミクロ経済学の理論と同様に

$$C(q) = VC(q) + F$$

と定義する。

以上でゲームの定義を行うための材料は揃ったが、利得関数を定める前に参入店舗数の関数である利潤関数 $\pi: \{0,1,2,\cdots,J,J+1\} \to \overline{\mathbb{R}}$ を

$$\pi(\overline{n}) = \begin{cases} \infty & \text{if} \quad \overline{n} = 0 \\ p(\overline{n}) \dfrac{(w')^{-1}\left(p(\overline{n})\right) \cdot S}{\overline{n}} - C\left(\dfrac{(w')^{-1}\left(p(\overline{n})\right) \cdot S}{\overline{n}}\right) & \text{if} \quad \overline{n} \in \{1,2,\cdots,J\} \\ -\infty & \text{if} \quad \overline{n} = J+1 \end{cases}$$

と定義する。ここで注意せねばならないのが、Nash 均衡の必要十分条件を記述するために必要な、参入企業数の端点 $\overline{n} = J+1$ を新たに用意している点である。端点 $\overline{n} = 0,\ J+1$ においては便宜上利潤を無限値としている。それ以外の点では、各店舗が全く同じ需要 $((\mathrm{w}')^{-1}(\overline{\mathrm{n}}) \cdot \mathrm{S})/\overline{\mathrm{n}}$ を得るとして、通常の理論と同様に利潤の定義を行った。

これを用いてプレイヤー j の利得関数 $u_j: A \to \mathbb{R}$ を次のように定義する。

$$u_j\left(a_j, a_{-j}\right) = \begin{cases} \pi\left(n\left(1, a_{-j}\right)\right) & \text{if} \quad a_j = 1 \\ 0 & \text{if} \quad a_j = 0 \end{cases}$$

そして完備情報戦略型ゲーム $RCG(J)$ を

$$RCG(J) = \left(\{1,2,\cdots,J\}, \{A_j\}_{j\in\{1,2,\cdots,J\}}, \{u_j\}_{\{j\in\{1,2,\cdots,J\}\}}\right)$$

と定義し J 人小売競争参入ゲームとよぶこととする。

2.2.2 Nash 均衡

以上で定義したゲームの Nash 均衡について議論することとしよう。まず、利潤関数により Nash 均衡の必要十分条件を次のように記述することができる。

定理 1

$a^* \in A$ に対して以下の 2 命題は同値である。

(1) a^* は $RCG(J)$ の Nash 均衡である。

(2) $\pi\left(n(a^*)\right) \geq 0 \geq \pi(n(a^*) + 1)$

この定理は、参入して利潤が正になるなら参入し、負になるなら参入しないという直感に合うものである。また、この定理より Nash 均衡が存在するための必要十分条件が容易に導かれる。

定理 2

以下の 2 命題は同値である。

⑴ $RCG(J)$ の Nash 均衡が存在する。

⑵ $\exists \overline{n} \in \{0,1,2,\cdots,J\} \quad \pi(\overline{n}) \geq 0 \geq \pi(\overline{n}+1)$

最後に、Nash 均衡における参入店舗数が一意に定まるための十分条件を与える。

定理 3

利潤関数 π を

$$\exists \overline{n} \in \{0,1,2,\cdots,J\} \quad \pi(\overline{n}) \geq 0 \geq \pi(\overline{n}+1)$$

を満たす減少関数とする。このとき $RCG(J)$ の Nash 均衡が存在し、任意の Nash 均衡 a^*, b^* に対して

$$n(a^*) = n(b^*)$$

が成り立つ。

このゲーム $RCG(J)$ は、実証分析においてとても重要なものとなる。利潤関数を推定する際には、このゲームがプレイされており、各市場で Nash 均衡が実現していると仮定するのである。

2.2.3 利潤の平均可変費用による表現

平均可変費用関数 $AVC: \mathbb{R}_+ \to \mathbb{R}_+$ を

$$AVC(q) = \begin{cases} \dfrac{VC(q)}{q} & \text{if} \quad q \neq 0 \\ 0 & \text{if} \quad q = 0 \end{cases}$$

と定義すると、任意の $\overline{n} \in \{1,2,\cdots,J\}$ に対して

$$\pi(\overline{n}) = \left(\left(p(\overline{n}) - AVC\left(\frac{(w')^{-1}\big(p(\overline{n})\big)\cdot S}{\overline{n}}\right)\right)\frac{(w')^{-1}\big(p(\overline{n})\big)}{\overline{n}}\right)S - F$$

が成り立つ。この式の S の係数を以後可変利潤とよぶこととする。実証分析においてはこの表現をもとに利潤関数の推定を行う。

2.2.4　一定価格・線形可変費用の仮定

ここでは単純化のため、全企業が同じ価格で販売することと、可変費用関数が線形であることを仮定する。数学的には、$\overline{p} \in \mathbb{R}_{++}$ が存在し任意の $\overline{n} \in \{1,2,\cdots,J\}$ に対して $p(\overline{n}) = \overline{p}$ となるとし、$\overline{c} \in \mathbb{R}_{+}$ が存在し任意の $q \in \mathbb{R}_{+}$ に対して $VC(q) = \overline{c}q$ となるとする。このとき任意の $\overline{n} \in \{1,2,\cdots,J\}$ に対して

$$\pi(\overline{n}) = \frac{(\overline{p}-\overline{c})(w')^{-1}(\overline{p})}{\overline{n}}S - F$$

が成り立つ。すなわち可変利潤が参入店舗数に反比例するのである。実証分析では、これを仮定したモデルも取り扱うこととする。

2.3　チェーンカルテル参入ゲーム

ここまでは小売店舗たちが競争を行う状況を考えたが、第 1 章で確認したように実際にはチェーン企業が多くの割合を占める。そこで、これらの企業たちがカルテルを組んでいることを前提としたゲームを作ってみることとする。

2.3.1　ゲームの定義

ここでは、チェーン企業たちによるカルテルが存在し、小売店舗はカルテルでの決まり事に従わざるを得ない状況を考える。まずはチェーン企業たちの行動を記述しよう。チェーン企業全体 $\{1,2,\cdots,K\}$ により次のカルテルが組まれるとする。まず各企業 $k \in \{1,2,\cdots,K\}$ の小売価格 $p_k \in \mathbb{R}_{++}$ がカルテルにより決定される。ここではチェーン k に属するすべての店舗で同じ価格 p_k で販売されると仮定する。また、各チェーン k のシェア $\sigma_k \in [0,1]$ が決定される。ここで $\sum_{\mathrm{k=1}}^{\mathrm{K}} \sigma_{\mathrm{k}} \in [0,1]$ が成り立つとする。$\sum_{\mathrm{k=1}}^{\mathrm{K}} \sigma_{\mathrm{k}} < 1$ の場合には、チェーン企業たちがチェーンに属さない店舗の存在を許していることとなる。さらに企業 k は自らのチェーンに属する各店舗に可変利潤のうち割合 $f_k \in [0,1]$ の支払いを要求する。カルテルにより決定するこれらの要素の組

$$CC = \{(p_k, \sigma_k, f_k)\}_{k\in\{1,2,\cdots,K\}}$$

をチェーンカルテルとよぶこととする。本論文ではチェーンカルテルがどのように構成されるかということを論じることはしないが、協力ゲームの諸概念を用いるなどすることでその理論を構築することも可能だろう。

次に小売店舗の問題を記述することを試みよう。ここでは、小売店舗たちはチェーンカルテルを知っているが、参入の意思決定の時点ではどのチェーンに加入するか、あるいは加入

しないかということを知ることはできないと仮定する。したがって、小売店舗たちの純戦略は前節で定めたものと全く同じであるが、利潤関数や利得関数の定義が前節と異なる。そこで期待利潤関数 $E\pi\colon \{0,1,2,\cdots,J\} \to \overline{\mathbb{R}}$ をシェアに対する期待値の形で

$$E\pi(\overline{n}) = \begin{cases} \infty & \text{if } \overline{n} = 0 \\ \displaystyle\sum_{k=1}^{K+1} \sigma_k \left((1-f_k) \left(\left(p_k - AVC\left(\frac{(w')^{-1}(p_k) \cdot S}{\overline{n}} \right) \right) \frac{(w')^{-1}(p_k)}{\overline{n}} \right) S - F \right) & \text{if } \overline{n} \in \{1,2,\cdots,J\} \\ -\infty & \text{if } \overline{n} = J+1 \end{cases}$$

と定める。まず、添字 $K+1$ について説明しておこう。この添字はチェーンに属さないことを意味する。したがって $f_{K+1} = 0, \sigma_{K+1} = 1 - \sum_{k=1}^{K} \sigma_k$ が成り立つこととなる。ここではチェーンに属さない場合には価格が必ず p_{K+1} に決まると仮定する。ここで注意せねばならない点が 2 つある。1 つ目は、チェーンカルテルはこの $E\pi$ を決定していることに他ならない点である。もう 1 点は、費用関数はどのチェーンに属していても、あるいは属していなくても同じであると仮定している点である。また、小売店舗 j の利得関数 $Eu_j\colon A \to \mathbb{R}$ を

$$Eu_j(a_j, a_{-j}) = \begin{cases} E\pi\left(n(1, a_{-j})\right) & \text{if} \quad a_j = 1 \\ 0 & \text{if} \quad a_j = 0 \end{cases}$$

と定義し、純戦略の完備情報戦略型ゲーム $CCG(CC,J)$ を

$$CCG(CC,J) = \left(\{1,2,\cdots,J\}, \{A_j\}_{j\in\{1,2,\cdots,J\}}, \{Eu_j\}_{j\in\{1,2,\cdots,J\}}\right)$$

と定める。このゲーム $CCG(CC,J)$ をチェーンカルテル参入ゲームとよぶこととする。

2.3.2　Nash 均衡

チェーンカルテル CC が与えられたときの小売店舗たちのゲーム $CCG(CC,J)$ の Nash 均衡について論じよう。前節で定義したゲーム $RCG(J)$ では利潤関数により Nash 均衡の必要十分条件を記述することができたが、チェーンカルテルゲーム $CCG(CC,J)$ でも同様に期待利潤関数により Nash 均衡の必要十分条件を記述することができる。

定理 4

$a^* \in A$ に対して以下の 2 命題は同値である。

⑶ a^* は $CCG(CC,J)$ の Nash 均衡である。

⑷ $\mathrm{E}\pi\left(n(a^*)\right) \geq 0 \geq \mathrm{E}\pi(n(a^*)+1)$

また、Nash 均衡の存在や均衡店舗数の一意性についても $RCG(J)$ の場合と全く同様に記述することができる。

定理 5

以下の 2 命題は同値である。

⑶ $CCG(CC,J)$ の Nash 均衡が存在する。

⑷ $\exists\overline{n} \in \{0,1,2,\cdots,J\} \qquad E\pi(\overline{n}) \geq 0 \geq E\pi(\overline{n}+1)$

定理 6

期待利潤関数 $E\pi$ を

$$\exists\overline{n} \in \{0,1,2,\cdots,J\} \qquad E\pi(\overline{n}) \geq 0 \geq E\pi(\overline{n}+1)$$

を満たす減少関数とする。このとき $CCG(CC,J)$ の Nash 均衡が存在し、任意の Nash 均衡 a^*, b^* に対して

$$n(a^*) = n(b^*)$$

が成り立つ。

ここでチェーン企業たちが小売店舗の費用構造や市場の需要を知っていると仮定しよう。小売店舗が知っていることをチェーン企業たちも知っているというのは直感的にも妥当な仮定といえよう。このとき以上の定理を鑑みれば、チェーンカルテル CC により Nash 均衡における参入店舗数をも操ることができることとなる。特に（定理 6）の前件を満たすような期待利潤関数である場合は、CC をうまく決めることで参入店舗数を確実に 1 つに決めることができるのである。

2.3.3 線形可変費用の仮定

ここで前節でも考えた線形可変費用の仮定を考えることとする。すなわち $\overline{c} \in \mathbb{R}_+$ が存在し任意の $q \in \mathbb{R}_{++}$ に対して $AVC(q) = \overline{c}$ となるとする。このとき期待利潤は任意の $\overline{n} \in \{1,2,\cdots,J\}$ に対して

$$E\pi(\overline{n}) = \frac{\sum_{k=1}^{K+1} \sigma_k \big((1-f_k)(p_k - \overline{c})(w')^{-1}(p_k)\big)}{\overline{n}} S - F$$

となる。実証分析では、この形の期待利潤関数を推定する。

2.4 参入ゲームの無限拡張

ここまで議論してきた 2 つのゲームは、どちらもプレイヤーの集合を $\{1,2,\cdots,J\}$ としてきた。しかしながら実は、プレイヤー全体の集合を実数全体 $\mathbb{R}$ とすることで Nash 均衡の条件をより簡潔に記述することができる。

2.4.1 プレイヤーの集合の拡張と参入店舗数の再定義

プレイヤーの集合を $\mathbb{R}$ とし、各プレイヤー $j \in \mathbb{R}$ の純戦略の集合についてはこれまでと同様に $A_j = \{1,0\}$ とする。再度の説明となるが、1 は参入することを表し、0 は参入しないことを表す。また、選択公理を認めることで直積

$$A \coloneqq \prod_{j\in\mathbb{R}} A_j$$

を定義する。さらに、各 $j \in \mathbb{R}$ に対して直積

$$A_{-j} \coloneqq \prod_{j'\in\mathbb{R}\setminus\{j\}} A_{j'}$$

を定め、

$$A = A_j \times A_{-j}$$

と表すことができるものとする。

ここまでは今まで扱ったゲームと同様の定義であるが、参入店舗数の定め方は今までとは趣が異なる。Lebesgue 測度空間 $(\mathbb{R},\mathcal{F},\mu)$ を考え、次の手順で定義する。まず、対応 $E{:}\,A \twoheadrightarrow \mathbb{R}$ を

$$E(a_j)_{j\in\mathbb{R}} = \{j' \in \mathbb{R} \mid a_{j'} = 1\}$$

と定める。この $E(a_j)_{j\in\mathbb{R}}$ は参入することを選んだ小売店舗全体の集合を表す。本来ならば、この集合の大きさを測ることで参入店舗数を定義すべきであろうが、この集合は可測であるとは限らない。そこで、$E(a_j)_{j\in\mathbb{R}}$ を最小限膨らませることで可測集合にする対応 $\tilde{E}{:}\,A \twoheadrightarrow \mathbb{R}$ を

$$\tilde{E}(a) = \bigcap \{B \in \mathcal{F} \mid E(a) \subset B\}$$

と定める。この集合を Lebesgue 測度 μ により測ったものを参入店舗数とよぶのである。そこで純戦略の組に参入店舗数を対応させる関数 $n{:}\,A \to \overline{\mathbb{R}}_+$ を

$$n(a) = \mu\left(\tilde{E}(a)\right)$$

と定義する。

2.4.2　小売競争参入ゲームの無限拡張

小売競争参入ゲーム $RCG(J)$ では、参入店舗数のみに依存する価格関数を定めた。そこでここでも参入店舗数のみに依存する価格関数 $p:\mathbb{R}_{++}\to\mathbb{R}_{++}$ を用いる。$RCG(J)$ の場合と定義域が異なるのは、参入店舗数と、この後定める利潤関数の定義の仕方を変更したためである。そして、これまでと全く同じ費用関数を用いて利潤関数 $\pi:\mathbb{R}_{++}\to\mathbb{R}$ を

$$\pi(\overline{n})=p(\overline{n})\frac{(w')^{-1}\big(p(\overline{n})\big)\cdot S}{\overline{n}}-C\left(\frac{(w')^{-1}\big(p(\overline{n})\big)\cdot S}{\overline{n}}\right)$$

と定義する。定義域を $\overline{\mathbb{R}}_{+}$ ではなく $\mathbb{R}_{++}$ としたのは、のちに論じるように Nash 均衡における参入店舗数が必ず $\mathbb{R}_{++}$ の元となるからである。最後にプレイヤー $j\in\mathbb{R}$ の利得関数 $u_j:A\to\overline{\mathbb{R}}$ を

$$u_j\big(1,a_{-j}\big)=\begin{cases}\infty & \text{if}\quad n\big(1,a_{-j}\big)=0\\ \pi\Big(n\big(1,a_{-j}\big)\Big) & \text{if}\quad n\big(1,a_{-j}\big)\in\big(0,\infty\big)\\ -\infty & \text{if}\quad n\big(1,a_{-j}\big)=\infty\end{cases}$$

$$u_j\big(0,a_{-j}\big)=0$$

と定義し、純戦略の完備情報戦略型ゲーム $RCG\left(\infty\right)$ を

$$RCG\left(\infty\right)=\big(\mathbb{R},\{A_j\}_{j\in\mathbb{R}},\{u_j\}_{j\in\mathbb{R}}\big)$$

と定義する。このゲームを $RCG(J)$ の無限拡張とよぶこととする。

2.4.3　チェーンカルテル参入ゲームの無限拡張

チェーンカルテル参入ゲーム $CCG(CC,J)$ に関しても、同様の発想により期待利潤関数 $E\pi:\mathbb{R}_{++}\to\mathbb{R}$ を

$$E\pi(\overline{n})=\sum_{k=1}^{K+1}\sigma_k\left((1-f_k)\left(\left(p_k-AVC\left(\frac{(w')^{-1}(p_k)\cdot S}{\overline{n}}\right)\right)\frac{(w')^{-1}(p_k)}{\overline{n}}\right)S-F\right)$$

と定義し、プレイヤー $j\in\mathbb{R}$ の期待利得関数 $Eu_j:A\to\overline{\mathbb{R}}$ を

$$Eu_j\big(1,a_{-j}\big)=\begin{cases}\infty & \text{if}\quad n\big(1,a_{-j}\big)=0\\ E\pi\Big(n\big(1,a_{-j}\big)\Big) & \text{if}\quad n\big(1,a_{-j}\big)\in\big(0,\infty\big)\\ -\infty & \text{if}\quad n\big(1,a_{-j}\big)=\infty\end{cases}$$

$$Eu_j\big(0,a_{-j}\big)=0$$

と定める。そして純戦略の完備情報戦略型ゲーム $CCG\left(CC,\infty\right)$ を

$$CCG\left(CC,\infty\right)=\big(\mathbb{R},\{A_j\}_{j\in\mathbb{R}},\{Eu_j\}_{j\in\mathbb{R}}\big)$$

と定義し、$CCG(CC,J)$ の無限拡張とよぶ。

2.4.4　Nash 均衡

ここまで定義を行ってきた無限拡張の Nash 均衡の必要十分条件はどのように記述できるのか見てみよう。

定理 7

任意の $a^* \in A$ に対して以下の 2 命題は同値である。

(1) a^* は $RCG\left(\infty\right)$ の Nash 均衡である。

(2) $n(a^*) \in \mathbb{R}_{++}$ かつ $\pi\left(n(a^*)\right) = 0$

定理 8

任意の $a^* \in A$ に対して以下の 2 命題は同値となる。

(1) a^* は $CCG\left(CC,\infty\right)$ の Nash 均衡である。

(2) $n(a^*) \in \mathbb{R}_{++}$ かつ $E\pi\left(n(a^*)\right) = 0$

これらの定理は、Nash 均衡において必ず利潤は 0 となり、さらに利潤が 0 となるような戦略の組は必ず Nash 均衡であることを意味する。この主張は、利潤が 0 になるまで参入が続くという通常のミクロ経済学の考え方と整合的なものである。これらの定理を用いることで、Nash 均衡が存在するための必要十分条件も容易に判明する。

定理 9

次の 2 命題は同値である。

(1) $RCG\left(\infty\right)$ の Nash 均衡が存在する。

(2) $\pi^{-1}(0) \neq \emptyset$

定理 10

次の 2 命題は同値である。

(1) $CCG\left(CC,\infty\right)$ の Nash 均衡が存在する。

(2) $E\pi^{-1}(0) \neq \emptyset$

さらに Nash 均衡における店舗数がただ 1 つとなるための必要十分条件も容易に確認することができる。

定理 11

$RCG\left(\infty\right)$ の Nash 均衡が存在するとき、すなわち $\pi^{-1}(0) \neq \emptyset$ のとき、以下の 2 命題は同値である。

(1) $RCG\left(\infty\right)$ の任意の Nash 均衡 a^*, b^* に対して $n(a^*) = n(b^*)$ が成立する。

(2) $\pi^{-1}(0)$ は一点集合である。

定理 12

$CCG\left(CC, \infty\right)$ の Nash 均衡が存在するとき、すなわち $E\pi^{-1}(0) \neq \emptyset$ のとき、以下の 2 命題は同値である。

(1) $CCG\left(CC, \infty\right)$ の任意の Nash 均衡 a^*, b^* に対して $n(a^*) = n(b^*)$ が成立する。

(2) $E\pi^{-1}(0)$ は一点集合である。

2.4.5　一定価格・線形可変費用の仮定のもとでの $RCG\left(\infty\right)$ での Lerner 指数の導出

2.2.4 項でおいた仮定をそのまま $RCG\left(\infty\right)$ にも適用すれば任意の $\overline{n} \in \mathbb{R}_{++}$ に対して

$$\pi(\overline{n}) = \frac{(\overline{p} - \overline{c})(w')^{-1}(\overline{p})}{\overline{n}} S - F$$

が成り立つ。この仮定下では限界費用もまた生産量に依存せず $\overline{c}$ となる。(定理 7) によれば $RCG\left(\infty\right)$ の任意の Nash 均衡 a^* において

$$\frac{(\overline{p} - \overline{c})(w')^{-1}(\overline{p})}{n(a^*)} S - F = 0$$

が成り立つが、$(w')^{-1}(\overline{p}) \neq 0$ のときにはこれを変形すれば

$$\frac{\overline{p} - \overline{c}}{\overline{p}} = \frac{Fn(a^*)}{\overline{p}(w')^{-1}(\overline{p})S}$$

と Lerner 指数の形で表すことができる。そこでこの等式の左辺を市場支配力の指標と捉えれば、固定費用の増加や消費者数の減少が市場支配力上昇の要因となるといえる。

2.4.6　$RCG\left(\infty\right)$ での消費者数の逆算

2.2.3 項の議論をそのまま $RCG\left(\infty\right)$ にも適用すれば、任意の $\overline{n} \in \mathbb{R}_{++}$ に対して

$$\pi(\overline{n})=\left(\left(p(\overline{n})-AVC\left(\frac{(w')^{-1}\big(p(\overline{n})\big)\cdot S}{\overline{n}}\right)\right)\frac{(w')^{-1}\big(p(\overline{n})\big)}{\overline{n}}\right)S-F$$

となるので、(定理 7) によれば Nash 均衡 a^* においては

$$\left(\left(p\big(n(a^*)\big)-AVC\left(\frac{(w')^{-1}\big(n(a^*)\big)\cdot S}{n(a^*)}\right)\right)\frac{(w')^{-1}\big(n(a^*)\big)}{n(a^*)}\right)S-F=0$$

が成り立つ。よって $p\big(n(a^*)\big)\neq AVC\Big((w')^{-1}\big(n(a^*)\big)\cdot S/n(a^*)\Big)$ かつ $(w')^{-1}\big(n(a^*)\big)\neq 0$ のときにはこれを変形すれば

$$S=\frac{F}{\left(p\big(n(a^*)\big)-AVC\left(\frac{(w')^{-1}\big(n(a^*)\big)\cdot S}{n(a^*)}\right)\right)\frac{(w')^{-1}\big(n(a^*)\big)}{n(a^*)}} \tag{2.1}$$

となる。さらにこのとき

$$\frac{S}{n(a^*)}=\frac{F}{\left(p\big(n(a^*)\big)-AVC\left(\frac{(w')^{-1}\big(n(a^*)\big)\cdot S}{n(a^*)}\right)\right)(w')^{-1}\big(n(a^*)\big)}$$

が成立する。実証分析では、この逆算を行うことで消費者数 S に相当する値や、各店舗が抱える消費者数 $S/n(a^*)$ を導き出すのである。

2.5 証明

最適消費の性質と存在・一意性

まず解 q^*,m^* が存在するとすれば、必ず $pq^*+m^*=M$ が成り立つ。なぜなら $pq^*+m^*<M$ を仮定すると正実数 ε が存在し $pq^*+(m^*+\varepsilon)\leq M$ と予算制約を満たすが、

$$v(q^*,m^*+\varepsilon)=w(q^*)+(m^*+\varepsilon)>w(q^*)+m^*=v(q^*,m^*)$$

であるので q^*,m^* が効用最大化問題の解であることに矛盾するからである。これにより $m^*=M-pq^*$ が成り立つので、この問題の解 q^* は無制約の最大化問題 $\max_{q\in\mathbb{R}_+} w(q)+M-pq$ の解に他ならない。そこでこれを二階微分すると、$w''<0$ から

$$\frac{d^2(w(q)+M-pq)}{dq^2}=w''(q)<0$$

と二階条件が成立するので解 q^* は一階条件 $w'(q^*)-p=0$ すなわち

$$w'(q^*)=p$$

を満たす。また、$w'(\mathbb{R}_+) = \mathbb{R}_{++}$ からこのような q^* が存在し、w' が単射であることから q^* は一意に定まる。したがって解はただ 1 つ存在する。 □

<u>定理 1</u>

(1)⇒(2)

$RCG(J)$ の Nash 均衡 a^* を任意にとり、各 $j \in \{1,2,\cdots,J\}$ に対して $a^* = (a_j^*, a_{-j}^*)$ と表す。まず $n(a^*) \in \{1,2,\cdots,J-1\}$ とすると、$a_j^* = 1$ なる $j \in \{1,2,\cdots,J\}$ と $a_{j'}^* = 0$ なる $j' \in \{1,2,\cdots,J\}$ が存在する。そこでこのような j, j' を任意にとると、Nash 均衡の定義から

$$\pi(n(a^*)) = u_j(a_j^*, a_{-j}^*) \geq u_j(0, a_{-j}^*) = 0 = u_{j'}(a_{j'}^*, a_{-j'}^*) \geq u_{j'}(1, a_{-j'}) = \pi(n(a^*)+1)$$

が従う。

次に $n(a^*) = 0$ とする。このとき任意の $j \in \{1,2,\cdots,J\}$ に対して $a_j^* = 0$ であるので Nash 均衡の定義から

$$\pi(n(a^*)) = \pi(0) = \infty \geq 0 = u_j(a_j^*, a_{-j}^*) \geq u_j(1, a_{-j}^*) = \pi(n(a^*)+1)$$

が従う。

最後に $n(a^*) = J$ とする。このとき任意の $j \in \{1,2,\ldots,J\}$ に対して $a_j^* = 1$ であるので Nash 均衡の定義から

$$\pi(n(a^*)) = u_j(a_j^*, a_{-j}^*) \geq \mathrm{u_j}(0, \mathrm{a_{-j}^*}) = 0 \geq -\infty = \pi(n(a^*)+1)$$

が従う。以上より、いかなる場合にも $\pi(n(a^*)) \geq 0 \geq \pi(n(a^*)+1)$ が成立する。

(2)⇒(1)

$\pi(n(a^*)) \geq 0 \geq \pi(n(a^*)+1)$ を満たすような $a^* \in A$ を任意にとり、各 $j \in \{1,2,\cdots,J\}$ に対して$a^* = (a_j^*, a_{-j}^*)$ と表す。このとき、$a_j^* = 1$ なら

$$u_j(a_j^*, a_{-j}^*) = \pi(n(a^*)) \geq 0 = u_j(0, a_{-j}^*)$$

となり、$a_j^* = 0$ なら

$$u_j(a_j^*, a_{-j}^*) = 0 \geq \pi(n(a^*)+1) = u_j(1, a_{-j}^*)$$

となるので a^* はNash均衡である。 □

<u>定理 2</u>

(1)⇒(2)

$RCG(J)$ の Nash 均衡が存在するとし、その Nash 均衡 a^* を任意にとると、(定理 1)より $\pi(n(a^*)) \geq 0 \geq \pi(n(a^*)+1)$ となるので (2) が従う。

(2)⇒(1)

(2) のような $\overline{n} \in \{0,1,2,\cdots,J\}$ を任意にとる。そこで $a \in A$ を、$\overline{n} = 0$ なら 零ベクトルと定め、$\overline{n} \neq 0$ なら第 $1,2,\cdots,\overline{\mathrm{n}}$ 成分が 1 でそれ以外の成分が 0 のベクトルと定義すれば $n(a) = \overline{n}$ であるので（定理 1）から a は $RCG(J)$ の Nash 均衡である。 □

定理 3

前提と（定理 2）から Nash 均衡が存在する。さらに π が減少関数であることから

$$\pi(\overline{n}) \geq 0 \geq \pi(\overline{n} + 1)$$

なる $\overline{n} \in \{0,1,2,\cdots,J\}$ はただ一つに定まる。よって（定理 1）から任意の Nash 均衡 a^*, b^* は $n(a^*), n(b^*) = \overline{n}$ を満たすので主張が従う。 □

定理 4,5,6

（定理 1,2,3）の証明の u, π をそれぞれ $Eu, E\pi$ とおきかえれば良い。 □

定理 7

(1)⇒(2)

$RCG\left(\infty\right)$ の Nash 均衡 a^* を任意にとり、各 $j \in \mathbb{R}$ に対して $a^* = \left(a_j^*, a_{-j}^*\right)$ と表す。ここでまず $n(a^*) \in \mathbb{R}_{++}$ を示す。そこで最初に $n(a^*) = 0$ を仮定すると、$j \in \mathbb{R}$ が存在し $a_j^* = 0$ となる。このとき $E(a^*)$ が可測であるとすると $\tilde{E}(a^*) = E(a^*)$ から $j \in \mathbb{R} \setminus \tilde{E}(a^*)$ となるので Lebesgue 測度 μ の σ-加法性により

$$n\left(1, a_{-j}^*\right) = \mu\left(\tilde{E}(a^*) \cup \{j\}\right) = \mu\left(\tilde{E}(a^*)\right) + \mu(\{j\}) = n(a^*) + 0 = 0 + 0 = 0$$

となる。よって

$$u_j\left(1, a_{-j}^*\right) = \infty > 0 = u_j\left(a_j^*, a_{-j}^*\right)$$

が成立し a^* が Nash 均衡であることに矛盾する。よって $E(a^*)$ は可測でない。このとき $j \in \tilde{E}(a^*) \setminus E(a^*)$ が存在するが、この j に対して

$$n\left(1, a_{-j}^*\right) = \mu\left(\tilde{E}(a^*)\right) = n(a^*) = 0$$

となるのでやはり

$$u_j\left(1, a_{-j}^*\right) = \infty > 0 = u_j\left(a_j^*, a_{-j}^*\right)$$

が成り立ち a^* が Nash 均衡であることに矛盾する。したがって $n(a^*) = 0$ にはなり得ない。

次に $n(a^*) = \infty$ を仮定すると $\tilde{E}(a^*) \neq \emptyset$ であるので $E(a^*) \neq \emptyset$ も成立する。すなわち $j \in \mathbb{R}$ が存在し $a_j^* = 1$ となる。するとこの j に対して

$$u_j(0, a^*_{-j}) = 0 > -\infty = u_j(a^*_j, a^*_{-j})$$

となるので a^* が Nash 均衡であることに矛盾する。したがって $n(a^*) \neq \infty$ である。以上より $n(a^*) \in \mathbb{R}_{++}$ となることが示された。

ここからは $\pi(n(a^*)) = 0$ であることを示す。そこでまず $\pi(n(a^*)) > 0$ を仮定する。このとき $E(a^*)$ が可測であるとすると、$n(a^*) \neq \infty$ から $E(a^*) = \tilde{E}(a^*) \neq \mathbb{R}$ となるので $a^*_j = 0$ なる $j \in \mathbb{R}$ が存在する。このような j に対して μ の σ-加法性より

$$n(1, a^*_{-j}) = \mu(\tilde{E}(a^*) \cup \{j\}) = \mu\left(\tilde{E}(a^*)\right) + \mu(\{j\}) = n(a^*) + 0 = n(a^*)$$

となるので

$$u_j(1, a^*_{-j}) = \pi\left(n(1, a^*_{-j})\right) = \pi(n(a^*)) > 0 = u_j(a^*_j, a^*_{-j})$$

が成り立つ。これは a^* が Nash 均衡であることに矛盾するので $E(a^*)$ は可測でない。このとき $j \in \tilde{E}(a^*) \setminus E(a^*)$ が存在する。このような j に対して

$$n(1, a^*_{-j}) = \mu\left(\tilde{E}(a^*)\right) = n(a^*)$$

となるので

$$u_j(1, a^*_{-j}) = \pi\left(n(1, a^*_{-j})\right) = \pi(n(a^*)) > 0 = u_j(a^*_j, a^*_{-j})$$

が従う。これはやはり a^* が Nash 均衡であることに矛盾するので仮定 $\pi(n(a^*)) > 0$ は成立し得ない。

よって $\pi(n(a^*)) \leq 0$ となるが、最後に $\pi(n(a^*)) < 0$ を仮定してみる。いま $n(a^*) \neq 0$ であるので $\tilde{E}(a^*) \neq \emptyset$ であり $E(a^*) \neq \emptyset$ が成り立つ。よって $a^*_j = 1$ なる $j \in \mathbb{R}$ が存在するが、このような j に対して

$$u_j(0, a^*_{-j}) = 0 > \pi(n(a^*)) = u_j(a^*_j, a^*_{-j})$$

となる。これは a^* が Nash 均衡であることに矛盾するので仮定 $\pi(n(a^*)) < 0$ は不成立であり $\pi(n(a^*)) = 0$ が従う。

(2)⇒(1)

$n(a^*) \in \mathbb{R}_{++}, \pi(n(a^*)) = 0$ なる $a^* \in A$ を任意にとり、各 $j \in \mathbb{R}$ に対して $a^* = (a^*_j, a^*_{-j})$ と表す。いま $n(a^*) \in \mathbb{R}_{++}$ から $\tilde{E}(a^*) \neq \emptyset, \tilde{E}(a^*) \neq \mathbb{R}$ が成り立つ。よって $E(a^*) \neq \emptyset, E(a^*) \neq \mathbb{R}$ となるので $j, j' \in \mathbb{R}$ が存在し $a^*_j = 1, a^*_{j'} = 0$ が成立する。そこでこのような j を任意にとれば

$$u_j(a^*_j, a^*_{-j}) = \pi(n(a^*)) = 0 = u_j(0, a^*_{-j})$$

となるので $a^*_j = 1$ は a^*_{-j} に対する最適反応に属する。

次に $a^*_{j'} = 0$ なる j' を任意にとる。そこでまず $j' \in \tilde{E}(a^*) \setminus E(a^*)$ とすると

$$n(1, a^*_{-j'}) = \mu\left(\tilde{E}(a^*)\right) = n(a^*)$$

となるので

$$u_{j'}(a^*_{j'}, a^*_{-j'}) = 0 = \pi(n(a^*)) = \pi\left(n(1, a^*_{-j'})\right) = u_{j'}(1, a^*_{-j'})$$

が成立する。よってこのとき $a^*_{j'} = 0$ は $a^*_{-j'}$ に対する最適反応に属する。また、$j' \notin \tilde{E}(a^*)$ とすると μ の σ-加法性から

$$n(1, a^*_{-j}) = \mu(\tilde{E}(a^*) \cup \{j'\}) = \mu\left(\tilde{E}(a^*)\right) + \mu(\{j'\}) = n(a^*) + 0 = n(a^*)$$

が成り立つのでやはり

$$u_{j'}(a^*_{j'}, a^*_{-j'}) = 0 = \pi(n(a^*)) = \pi\left(n(1, a^*_{-j'})\right) = u_{j'}(1, a^*_{-j'})$$

が従う。よってこの場合も $a^*_{j'} = 0$ は $a^*_{-j'}$ に対する最適反応に属する。以上より、いかなる場合も全てのプレイヤー $j \in \mathbb{R}$ に対して a^*_j は a^*_{-j} に対する最適反応に属するので a^* は $RCG\left(\infty\right)$ の Nash 均衡である。 □

<u>定理 9</u>

(1)⇒(2)

$RCG\left(\infty\right)$ の Nash 均衡 a^* が存在するとすれば、(定理 7) より $n(a^*) \in \mathbb{R}_{++}, \pi(n(a^*)) = 0$ が成り立つ。よって $n(a^*) \in \pi^{-1}(0)$ となり (2) が従う。

(2)⇒(1)

(2) が成り立つとすると、$n^* \in \mathbb{R}_{++}$ が存在し $\pi(n^*) = 0$ となる。そこで $j \in [0, n^*]$ に対しては $a_j = 1$ で、$j \in \mathbb{R} \setminus [0, n^*]$ に対しては $a_j = 0$ なる純戦略の組 $(a_j)_{j \in \mathbb{R}} \in A$ をとれば、$n(a_j)_{j \in \mathbb{R}} = n^*$ であるので $\pi\left(n(a_j)_{j \in \mathbb{R}}\right) = \pi(n^*) = 0$ が成り立つ。したがって (定理 7) よりこの $(a_j)_{j \in \mathbb{R}}$ は $RCG\left(\infty\right)$ の Nash 均衡であり、(1) が成立する。 □

<u>定理 11</u>

(1)⇒(2)

対偶を示す。そこで $\pi^{-1}(0)$ が一点集合でないとすると、$n^* \neq n^{*'}$ なる $n^*, n^{*'} \in \mathbb{R}_{++}$ が存在し $\pi(n^*), \pi(n^{*'}) = 0$ となるので、(定理 9) の証明と同様にすれば $n(a) = n^*, n(b) = n^{*'}$ なる純戦略の組 $a, b \in A$ を作ることができる。(定理 7) よりこれらは $RCG\left(\infty\right)$ の Nash 均衡であるが、$n(a) = n^* \neq n^{*'} = n(b)$ となるので (1) の否定が成立する。

(2)⇒(1)

対偶を示す。そこで $n(a^*) \neq n(b^*)$ なる $RCG\left(\infty\right)$ の Nash 均衡 a^*, b^* が存在するとすれば、(定理 7) より $\pi(n(a^*)), \pi(n(b^*)) = 0$ であるので $n(a^*), n(b^*) \in \pi^{-1}(0)$ となる。したがって (2) の否定が成立する。 □

定理 8,10,12

（定理 7,9,11）の証明の u, π をそれぞれ $Eu, E\pi$ とおきかえれば良い。 □

第 3 章　実証分析

この章では、Bresnahan and Reiss (1991) の方法を用いて、これまで論じてきたいくつかのゲームの利潤関数や期待利潤関数を推定する。その上で、前章で述べた消費者数の逆算を行ったり、2.2.4 項でおいたようないささか強い仮定が妥当であるのかどうかを確かめたりする。

3.1　小売競争参入ゲームの利潤関数の推定と無限拡張による参入閾値の導出

データにより各市場 $m \in \{1,2,\cdots,M\}$ $(M \in \mathbb{N})$ に関して参入店舗数 $n_m \in \mathbb{Z}_+$ と消費者数 $MS_m \in \mathbb{N}$ 、隣接市場の消費者数 $NS_m \in \mathbb{N}$ そして離島のとき 1 をとるダミー $I_m \in \{0,1\}$ が与えられているとする。そこで

$$J = \max\{n_1, n_2, \cdots, n_M\}$$

とし小売競争参入ゲーム $RCG(J)$ がプレイされていると仮定することで、利潤関数を推定することを考える。なお本節の議論の多くは、石橋（2021）や上武ら（2021）にもとづいている。

3.1.1　推定する利潤関数

それでは実際に $RCG(J)$ をもとに推定する利潤関数を作ってみよう。$RCG(J)$ の利潤関数 π は

$$\pi(\overline{n}) = \begin{cases} \infty & \text{if} \quad \overline{n} = 0 \\ \left(\left(p(\overline{n}) - AVC\left(\dfrac{(w')^{-1}\big(p(\overline{n})\big)\cdot S}{\overline{n}}\right)\right)\dfrac{(w')^{-1}\big(p(\overline{n})\big)}{\overline{n}}\right)S - F & \text{if} \quad \overline{n} \in \{1,2,\cdots,J\} \\ -\infty & \text{if} \quad \overline{n} = J+1 \end{cases}$$

であったが、ここで π が減少的であることと、$\pi(\overline{n}) \geq 0 \geq \pi(\overline{n}+1)$ なる $\overline{n} \in \{0,1,2,\cdots,j\}$ が存在することを仮定すれば（定理 2,3）より Nash 均衡が存在し、その均衡店舗数は一意に定まる。そこで、推定する利潤関数 $\Pi: \{1,2,\cdots,M\} \times \{0,1,2,\cdots,J,J+1\} \times \mathbb{N} \times \mathbb{N} \times \{0,1\} \times \Theta \to \overline{\mathbb{R}}$ を

$$\Pi(m,n,MS,NS,I,\theta) = \begin{cases} \infty & \text{if} \quad n = 0 \\ V(n,MS,NS,I,\theta)S(MS,NS,I,\theta) - \Gamma(I,\theta) + \varepsilon_m & \text{if} \quad n \in \{1,2,\cdots,J\} \\ -\infty & \text{if} \quad n = J+1 \end{cases}$$

と定義する。この関数の各要素を説明しておこう。まず θ はパラメーターを表しており、Θ はその全体である母数空間のことである。そして π における S とその係数に対応するのが、関数 $S: \mathbb{N} \times \mathbb{N} \times \{0,1\} \times \Theta \to \mathbb{R}$ と $V: \{1,2,\cdots,J\} \times \mathbb{N} \times \mathbb{N} \times \{0,1\} \times \Theta \to \mathbb{R}$ である。ここで、V は参入店舗数 n に関して減少的であると仮定する。これは、π の減少性の仮定により可変利潤もまた参入店舗数に関して減少的となることに由来する。また、$\Gamma: \{0,1\} \times \Theta$ は π における固定費用 F に対応する関数である。そして ε_m は標準正規分布に従う市場に関して独立の誤差項である。

3.1.2　尤度関数とその最尤推定量

まず（定理 1）にもとづいて Nash 均衡に相当する概念を定める。そこで市場 $m \in \{1,2,\cdots,M\}$ において式

$$\Pi(m, n_m, MS_m, NS_m, I_m, \theta) \geq 0 \geq \Pi(m, n_m + 1, MS_m, NS_m, I_m, \theta)$$

が成立していることを、市場 m は均衡状態にあるということとする。ここで関数 $\widetilde{\Pi}: \{0,1,2,\cdots,J,J+1\} \times \mathbb{N} \times \mathbb{N} \times \{0,1\} \times \Theta \to \overline{\mathbb{R}}$ を

$$\widetilde{\Pi}(n, MS, NS, I, \theta) = \begin{cases} \infty & \text{if} \quad n = 0 \\ V(n, MS, NS, I, \theta) S(MS, NS, I, \theta) - \Gamma(I, \theta) & \text{if} \quad n \in \{1,2,\cdots,J\} \\ -\infty & \text{if} \quad n = J + 1 \end{cases}$$

と定義し、$-\infty + \varepsilon_m = -\infty$ を仮定すれば任意の $(m, n, MS, NS, I, \theta) \in \{1,2,\cdots,M\} \times \{0,1,2,\cdots,J,J+1\} \times \mathbb{N} \times \mathbb{N} \times \{0,1\} \times \Theta$ に対して

$$\Pi(m, n, MS, NS, I, \theta) = \widetilde{\Pi}(n, MS, NS, I, \theta) + \varepsilon_m$$

が成り立つ。

すると、市場 m が均衡状態にあることの定義式は $\widetilde{\Pi}$ により

$$-\widetilde{\Pi}(m, n_m + 1, MS_m, NS_m, I_m, \theta) \geq \varepsilon_m \geq -\widetilde{\Pi}(m, n_m, MS_m, NS_m, I_m, \theta)$$

と表される。したがって ε_m が標準正規分布に従うことから均衡状態にある確率は、定義域を $\overline{\mathbb{R}}$ に拡張し

$$\Phi\left(\infty\right) = \lim_{x \to \infty} \Phi(x) = 1,\ \Phi\left(-\infty\right) = \lim_{x \to -\infty} \Phi(x) = 0$$

と定めることで無限値の処理を行った標準正規分布の累積分布関数 Φ により

$$\Phi\left(-\widetilde{\Pi}(m, n_m + 1, MS_m, NS_m, I_m, \theta)\right) - \Phi\left(-\widetilde{\Pi}(m, n_m, MS_m, NS_m, I_m, \theta)\right)$$

と表すことができる。これを変形すれば

$$\Phi\left(\widetilde{\Pi}(m,n_m,MS_m,NS_m,I_m,\theta)\right)-\Phi\left(\widetilde{\Pi}(m,n_m+1,MS_m,NS_m,I_m,\theta)\right)$$

となり、これが市場 m が均衡状態にある確率である。ただし、いま $\widetilde{\Pi}$ は参入店舗数に関して減少的であるので

$$\widetilde{\Pi}(m,n_m,MS_m,NS_m,I_m,\theta)>\widetilde{\Pi}(m,n_m+1,MS_m,NS_m,I_m,\theta)$$

が成り立ち、この確率が負の値になることはない。つまり、必ず 0 以上 1 以下の値になるのである。

誤差項 ε_m が市場 m に関して独立であることを踏まえれば、全ての市場が均衡状態にある確率は、各市場が均衡状態にある確率の積

$$\prod_{m=1}^{M}\left(\Phi\left(\widetilde{\Pi}(m,n_m,MS_m,NS_m,I_m,\theta)\right)-\Phi\left(\widetilde{\Pi}(m,n_m+1,MS_m,NS_m,I_m,\theta)\right)\right)$$

により表される。そこでパラメーターによる関数 $\mathcal{L}\colon\Theta\to[0,1]$ を

$$\mathcal{L}(\theta)=\prod_{m=1}^{M}\left(\Phi\left(\widetilde{\Pi}(m,n_m,MS_m,NS_m,I_m,\theta)\right)-\Phi\left(\widetilde{\Pi}(m,n_m+1,MS_m,NS_m,I_m,\theta)\right)\right)$$

と定めることとし、これを尤度関数とよぶ。そこで全ての市場が均衡状態にあることを仮定すれば、考えるべき問題は尤度関数最大化問題

$$\max_{\theta\in\Theta}\ \mathcal{L}(\theta)$$

ということになる。なぜなら、全ての市場が均衡状態にある確率が最も大きくなるようなパラメーターが一番もっともらしいものであるからである。そこでこの最大化問題の解を導出し、それを最尤推定量とよぶのである。しかしながら、尤度関数 $\mathcal{L}$ はその定義から計算が面倒である。そこで自然対数をとれば、

$$\ln\mathcal{L}(\theta)=\sum_{m=1}^{M}\ln\left(\Phi\left(\widetilde{\Pi}(m,n_m,MS_m,NS_m,I_m,\theta)\right)-\Phi\left(\widetilde{\Pi}(m,n_m+1,MS_m,NS_m,I_m,\theta)\right)\right)$$

と和の形で表すことができる。さらに、任意の $\theta,\theta'\in\Theta$ に対して

$$\mathcal{L}(\theta)\leq\mathcal{L}(\theta')\Leftrightarrow\ln\mathcal{L}(\theta)\leq\ln\mathcal{L}(\theta')$$

となることを踏まえれば、最尤推定量は問題

$$\max_{\theta\in\Theta}\ \ln\mathcal{L}(\theta)$$

の解に他ならない。そこで実際推定を行う際には後者の対数尤度最大化を行うのである。

3.1.3　参入閾値の導出

Bresnahan and Reiss (1991) にならって、最尤推定量 $\tilde{\theta}$ の推定ののち、各参入店舗数 $n \in \{1,2,\cdots,J\}$ が実現するための消費者数を求めることとしよう。V が MS, NS に依存しないときには、便宜上 $V(n,I,\tilde{\theta})$ のように表せば、$RCG(J)$ を無限拡張することで消費者数を逆算した式 (2.1) を用いて

$$S_n = \frac{\left(\sum_{m\in\{m\in\{1,2,\cdots,M\}\mid I_m=0\}} n_m\,\Gamma\left(0,\tilde{\theta}\right) + \sum_{m\in\{m\in\{1,2,\cdots,M\}\mid I_m=1\}} n_m\,\Gamma\left(1,\tilde{\theta}\right)\right)/\sum_{m=1}^{M} n_m}{\left(\sum_{m\in\{m\in\{1,2,\cdots,M\}\mid I_m=0\}} n_m V\left(n,0,\tilde{\theta}\right) + \sum_{m\in\{m\in\{1,2,\cdots,M\}\mid I_m=1\}} n_m V\left(n,1,\tilde{\theta}\right)\right)/\sum_{m=1}^{M} n_m}$$

と定義することができる。このような複雑な式となっているのは離島である場合とそうでない場合を一緒くたに扱っているためであるが、単にそれぞれの店舗数でウェイト付けた平均を求めているに過ぎない。また、これをもとに 1 つの店舗が抱える消費者数

$$s_n \coloneqq \frac{S_n}{n}$$

も導出する。さらに、参入店舗が 1 つ増えることによる競争の度合いの増加を表す指標である s_{n+1}/s_n も導き出し、有限列 $(S_n, s_n, s_{n+1}/s_n)_{n=1}^{J}$ を参入閾値とよぶこととする。

3.2　チェーンカルテル参入ゲームの期待利潤関数及びチェーンカルテルの推定

前節で用いたデータに加えて、各市場 m におけるチェーンと独立系のシェア $\sigma_m = \left(\sigma_{m1}, \sigma_{m2}, \cdots, \sigma_{mK}, \sigma_{m(K+1)}\right)$ が与えられているとする。ここで、のちの表記を簡単にするために、ありうるシェア全体すなわち $\{(\sigma_1,\sigma_2,\cdots,\sigma_K,\sigma_{K+1}) \in [0,1]^{K+1} \mid \sum_{k=1}^{K+1}\sigma_k = 1\}$ を Σ と表すこととする。そこで前節と同様に J を定めてチェーンカルテル参入ゲーム $CCG(CC,J)$ がプレイされていると仮定することで、利潤関数を推定することを考える。このときシェア σ_m はチェーンカルテルにより決まっていると仮定されることとなる。

それでは実際に $CCG(J)$ をもとに推定する利潤関数を作ってみよう。$CCG(CC,J)$ の期待利潤関数 $E\pi$ は

$$E\pi(\overline{n}) = \begin{cases} \infty & \text{if } \overline{n} = 0 \\ \displaystyle\sum_{k=1}^{K+1} \sigma_k \left((1-f_k) \left(\left(p_k - AVC\left(\frac{(w')^{-1}(p_k)\cdot S}{\overline{n}} \right) \right) \frac{(w')^{-1}(p_k)}{\overline{n}} \right) S - F \right) & \text{if } \overline{n} \in \{1,2,\cdots,J\} \\ -\infty & \text{if } \overline{n} = J+1 \end{cases}$$

であるが、ここで $E\pi$ が減少的であることと、$E\pi(\overline{n}) \geq 0 \geq \mathrm{E}\pi(\overline{n}+1)$ なる $\overline{n} \in \{0,1,2,\cdots,j\}$ が存在することを仮定すれば（定理 5,6）より Nash 均衡が存在し、その均衡店舗数は一意に定まる。この式の形と仮定を見比べれば明らかなように、実は前節で述べた $RCG(J)$ の利潤関数の推定方法と全く同様にして期待利潤関数の推定を行うことができるのである。

ここでは推定する期待利潤関数 $E\Pi\colon\{1,2,\cdots,M\}\times\{0,1,2,\cdots,J,J+1\}\times\mathbb{N}\times\mathbb{N}\times\{0,1\}\times\Sigma\times\Theta\to\overline{\mathbb{R}}$ を

$$\mathrm{E}\Pi(m,n,MS,NS,I,\sigma,\theta)=\begin{cases}\infty & \text{if}\quad n=0\\ EV(n,MS,NS,I,\sigma,\theta)S(MS,NS,I,\theta)-\Gamma(I,\theta)+\varepsilon_m & \text{if}\quad n\in\{1,2,\cdots,J\}\\ -\infty & \text{if}\quad n=J+1\end{cases}$$

と定義する。この定義で前節と異なるところのみ説明しておこう。$EV\colon\{1,2,\cdots,J\}\times\mathbb{N}\times\mathbb{N}\times\{0,1\}\times\Sigma\times\Theta\to\mathbb{R}$ は参入店舗数に関して減少的な関数であり、$E\pi$ における S の係数に相当する。特に注意すべきは、EV はシェアに依存する点であり、これはのちの特定化でそうするようにシェアによる期待値をとるのである。

これをもとに尤度関数を作成し最尤推定量を求めるという方法は前節と全く同じであるため、その説明はここでは省くこととする。この最尤推定量により、チェーンカルテルを概観することができるのである。

3.3　利潤関数・期待利潤関数の特定化

3.3.1　Model 1：一般的な $\boldsymbol{RCG(J)}$ の利潤関数の推定

まずは、上武ら（2021）と同様に特段強い仮定をおくことなく $RCG(J)$ の利潤関数を推定するモデルを作ってみよう。3.1 節で

$$\Pi(m,n,MS,NS,I,\theta)=\begin{cases}\infty & \text{if}\quad n=0\\ V(n,MS,NS,I,\theta)S(MS,NS,I,\theta)-\Gamma(I,\theta)+\varepsilon_m & \text{if}\quad n\in\{1,2,\cdots,J\}\\ -\infty & \text{if}\quad n=J+1\end{cases}$$

という利潤関数を与えたが、これを次のように特定化する。

$$V(n,MS,NS,I,\theta)=\left(\alpha_1-\sum_{k=2}^{n}\alpha_k\right)+\alpha_I I,$$

$$S(MS,NS,I,\theta)=MS+\lambda(1-\mathrm{I})NS,$$

$$\Gamma(I,\theta)\ =\gamma+\gamma_I I$$

各パラメーターの説明をしておこう。まず $\alpha_1\in\mathbb{R}_+$ は、離島でない独占市場における可変利潤である。そして、$\alpha_k\in\mathbb{R}_{++}\ (k\in\{2,3,\cdots,J\})$ は、k 店舗目の参入による可変利潤の減少

分を表す。これを正としているのは、3.1 節でおいた減少性の仮定を満たすようにするためである。また、$\alpha_I \in \mathbb{R}$ は、離島であることによる可変利潤の増加分を表す。これが正なら離島の方が多くの可変利潤を得られることになり、負なら本島の方が多くの可変利潤を得られることとなる。V は消費者数 MS, NS に依存することを許していたが、今回用いるモデルでは、これらに依存しない特定化を行っている。このようにすることで 3.1.3 項で述べた参入閾値の導出方法をそのまま適用することができるのである。

次に S, Γ の特定化で用いられているパラメーターの説明をしておこう。まず $\lambda \in [0,1]$ は市場が抱える隣接市場の消費者数の割合を表す。ここで NS に $1 - I$ を乗じているのは、本島の場合にしか隣接市場が存在しないからである。また、$\gamma \in \mathbb{R}_+$ は本島の店舗の固定費用を表し、$\gamma_I \in \mathbb{R}$ は店舗が離島にあることによる固定費用の増分を表す。これらにより、母数空間は $\Theta = \mathbb{R}_+ \times \mathbb{R}_{++}^{J-1} \times \mathbb{R} \times [0,1] \times \mathbb{R}_+ \times \mathbb{R}$ と表すことができる。

3.3.2 Model 2：一定価格・線形可変費用の仮定下での $RCG(J)$ の利潤関数の推定

次に、2.2.4 項の議論を参考に特定化を行うこととする。ここでは、価格が企業数に依存しないことと、可変費用関数が線形であることを仮定しており、利潤が各 $\overline{n} \in \{1,2,\cdots,J\}$ に対して

$$\pi(\overline{n}) = \frac{(\overline{p} - \overline{c})(w')^{-1}(\overline{p})}{\overline{n}} S - F$$

と表されるのであった。そこで次のように V を特定化する。

$$V(n, MS, NS, I, \theta) = \frac{\alpha + \alpha_I I}{n}$$

この $\alpha \in \mathbb{R}_+$ は本島の独占店舗の可変利潤を表し、n 店舗参入している本島の市場の可変利潤は α/n となる。また、$\alpha_I \in \mathbb{R}$ は離島であることの可変利潤の増分を表している。ただし、n 店舗参入している場合には、離島であることによる可変利潤の増分は α_I/n となるので、Model 1 の α_I とは別物であることに注意せねばならない。また、S, Γ は Model 1 と全く同じ特定化を行う。このとき母数空間は $\Theta = \mathbb{R}_+ \times \mathbb{R} \times [0,1] \times \mathbb{R}_+ \times \mathbb{R}$ と表される。Model 1 ではパラメーターの数が非常に多くなる可能性があり、最尤推定量が標本にフィットしようとしすぎるあまり母集団をうまく表現できない可能性がある。それに対して、この Model 2 は簡潔なものになっており、さらに後述するように、Model 1 とさほど変わらない結果を生む。

3.3.3　Model 3：線形可変費用の仮定下での $\boldsymbol{CCG(CC,J)}$ の期待利潤関数の推定

最後に、$CCG(CC,J)$ の期待利潤関数を特定化してみよう。Model 2 の最尤推定量により導かれる可変利潤は Model 1 のそれとさほど変わらないのであったので、ここでも線形可変費用の仮定を適用し、2.3.3 項の議論をもとに特定化を行う。この仮定の下では、期待利潤関数は各 $\overline{n} \in \{1,2,\cdots,J\}$ に対して

$$E\pi(\overline{n}) = \frac{\sum_{k=1}^{K+1} \sigma_k\big((1-f_k)(p_k-\overline{c})(w')^{-1}(p_k)\big)}{\overline{n}} S - F$$

を満たすのであった。そこで EV を

$$EV(n, MS, NS, I, \theta) = \frac{\sum_{k=1}^{K+1} \sigma_k(\alpha_k + \alpha_I I)}{n}$$

と特定化する。Model 2 で全店舗一定としていた α をチェーンあるいは独立系ごとに分け $\alpha_k \in \mathbb{R}_+$ とするのである。また、α_I は Model 2 のものと全く同じで、離島であることによる可変利潤の増分はどのチェーンに属していても、あるいはチェーンに属していなくても等しいと仮定するのである。S, Γ は Model 1 と全く同じ特定化を行う。このとき母数空間は $\Theta = \mathbb{R}_+^{K+1} \times \mathbb{R} \times [0,1] \times \mathbb{R}_+ \times \mathbb{R}$ と表される。

この特定化において、本島の市場では α_k 、離島の市場では $\alpha_k + \alpha_I$ が $(1-f_k)(p_k - \overline{c})(w')^{-1}(p_k)$ に対応する。つまり、データからは観察できないチェーンカルテルの要素 p_k, f_k 自体を推定することはできないが、これらが入った式を推定することができ、チェーンカルテルのあらましを確認することができるのである。

3.4　データの説明と分析結果

3.4.1　データの説明と概観

今回の実証分析に用いるデータの説明をしておこう。今回は市町村ごとに地理的な市場が構成されていると仮定した。まず、参入店舗数 n_m とシェア $\sigma_m = \big(\sigma_{m1}, \sigma_{m2}, \cdots, \sigma_{mK}, \sigma_{m(K+1)}\big)$ は、e 燃費と i タウンページから収集した。参入店舗数については、これらの両方から各市町村の SS 数を収集し、その最大値を n_m として適用した。また、シェアは e 燃費から収集した。$\sigma_{m(K+1)}$ は本来独立系 SS のシェアであるべきであるが、今回はチェーンに属しているのか判明しなかったものも含めたシェアをとっている。なお、e 燃費で収集したデータは 2024 年 6 月 22 日時点において過去 30 日以内の情報を反映したものであり、i タウンページのものは、同年 9 月 18 日に集めたものである。

また、消費者数 MS_m, NS_m は沖縄総合事務局陸運事務所（2024）に掲載されている市町村ごとの登録自動車台数を用いた。これは 2024 年 3 月 31 日時点の情報である。これらは、利潤関数や期待利潤関数を推定する際には単位を百万人とし、参入閾値を導出する際には単位を 1 人に戻してある。そして離島のとき 1 をとるダミー I_m は地図を参照して作った。

これらのデータを概観してみよう。(図 3-1）は各市場に SS がどれだけ参入しているかを表した地図である。これを見ると、7 割以上の市町村では SS 数が 10 以下となっており、全体的に SS 数が少ないことがわかる。また、市町村と登録自動車台数の関係は（図 3-2）の散布図を見ればわかるように線形に近いものとなっている。実際に Model 2 で導出される S_n は n に関して線形となっている。そして、（図 3-1）からもわかるように離島として扱った市場の割合は 36.6%である。チェーンのシェアについては第 1 章で確認した通りである。

3.4.2　Model 1 の推定結果と参入閾値の導出

Model 1 の推定結果は（表 3-1）である。なお、このモデルでは端点 $n = J$ において異常値が発生するため、推定結果には掲載していない。この結果を見ると、10 店舗目の参入あたりまでは可変利潤が大きく減少することがわかる。店舗数がそれよりも大きくなると可変利潤の変化はあまりなくなるが、これは直感に合う結果といえよう。

また、離島であることによる可変利潤の増分 α_I は正になっており、離島では本島よりも可変利潤が大きくなることがわかる。また、λ は 0 となっているが、これは各市場で打ち消されあっているのだろう。さらに γ_I は負であるので、離島は本島よりも固定費用が小さいことが明らかになった。これは販売量に関係ない費用、例えば人件費が、離島の方が安く済むことに起因するということができるだろう。

このモデルにより導出された参入閾値は（表 3-2）の通りである。これを見ると、追加的な参入による競争の度合いの増加の指標である s_{n+1}/s_n は参入店舗数によらず 1 付近を推移していることがわかる。この結果は、競争が行われていない可能性を示唆するものであるといえよう。

3.4.3　Model 2 の推定結果と参入閾値の導出

（表 3-3）は Model 2 の推定結果である。これによれば、α と α_I は近い値をとっており、離島であることにより可変利潤が倍増することがわかる。また、Model 1 と同様 λ の推定

値は 0 となった。そしてこのモデルでは、γ_I の推定値が 0 となっており、本島でも離島でも固定費用は変わらないという結果となった。

なおこのモデルでは、V の定義により s_n は n によらず一定となり、s_{n+1}/s_n は常に 1 となる。Model 1 でこの値が 1 前後を推移していたことは、このモデルの妥当性を示す 1 つの根拠となるであろう。そこで実際に導出してみると $s_n = 2699.29$ となり、$S_n = 2699.29n$ が成立する。

この Model 2 は、いささか強い仮定をおいたものであったが、果たしてどれほどよく説明力を持つモデルなのだろうか。この疑問を解消するために、Model 1 との比較を行おう。そこでまず、本島・離島それぞれの SS 数でウェイトづけることで平均をとった可変利潤

$$\frac{\sum_{m\in\{m\in\{1,2,\cdots,M\}\,|\,I_m=0\}} n_m V\left(n, MS, NS, 0, \tilde{\theta}\right) + \sum_{m\in\{m\in\{1,2,\cdots,M\}\,|\,I_m=1\}} n_m V\left(n, MS, NS, 1, \tilde{\theta}\right)}{\sum_{m=1}^{M} n_m}$$

の参入店舗数による推移を表した（図 3-3）を見てみよう。これにより、2 つのモデルにより導出される可変利潤は非常に近い値をとることが明らかになる。したがって、Model 1 よりもよほど簡潔に特定化を行った Model 2 は、現実をよく表現するものであるといえるだろう。また、S_n の比較を行った（図 3-4）を見ると、むしろ Model 2 によるものの方が観測値をよく表現している。これは、Model 1 がデータにフィットしすぎているために起こるものであると考えられる。

このように Model 2 の妥当性が示されたことにより、Model 3 においた仮定もまた妥当性を持つということができるようになるのである。

3.4.4 Model 3 の推定結果とチェーンカルテルの考察

Model 3 の最尤推定量は（表 3-4）の通りである。なお、結果を確認しやすくするためにチェーンの添字 k の代わりにチェーン名を添字とした。ここで特筆すべきはやはり左列、チェーンカルテルの指標である。石油やエネルギーを専門に扱う企業が運営する ENEOS や apollostation、コスモ石油に比べて、総合商社系の伊藤忠エネクス、三菱商事エネルギーは α の値が明らかに小さいことがわかる。これは、総合商社はその多角的な経営により SS で大きな利潤を得る必要がないことを表現しているといえよう。また、農業協同組合がその正式名称である JA が運営する SS も、大きな利潤を得ようとはしていないことがわかる。

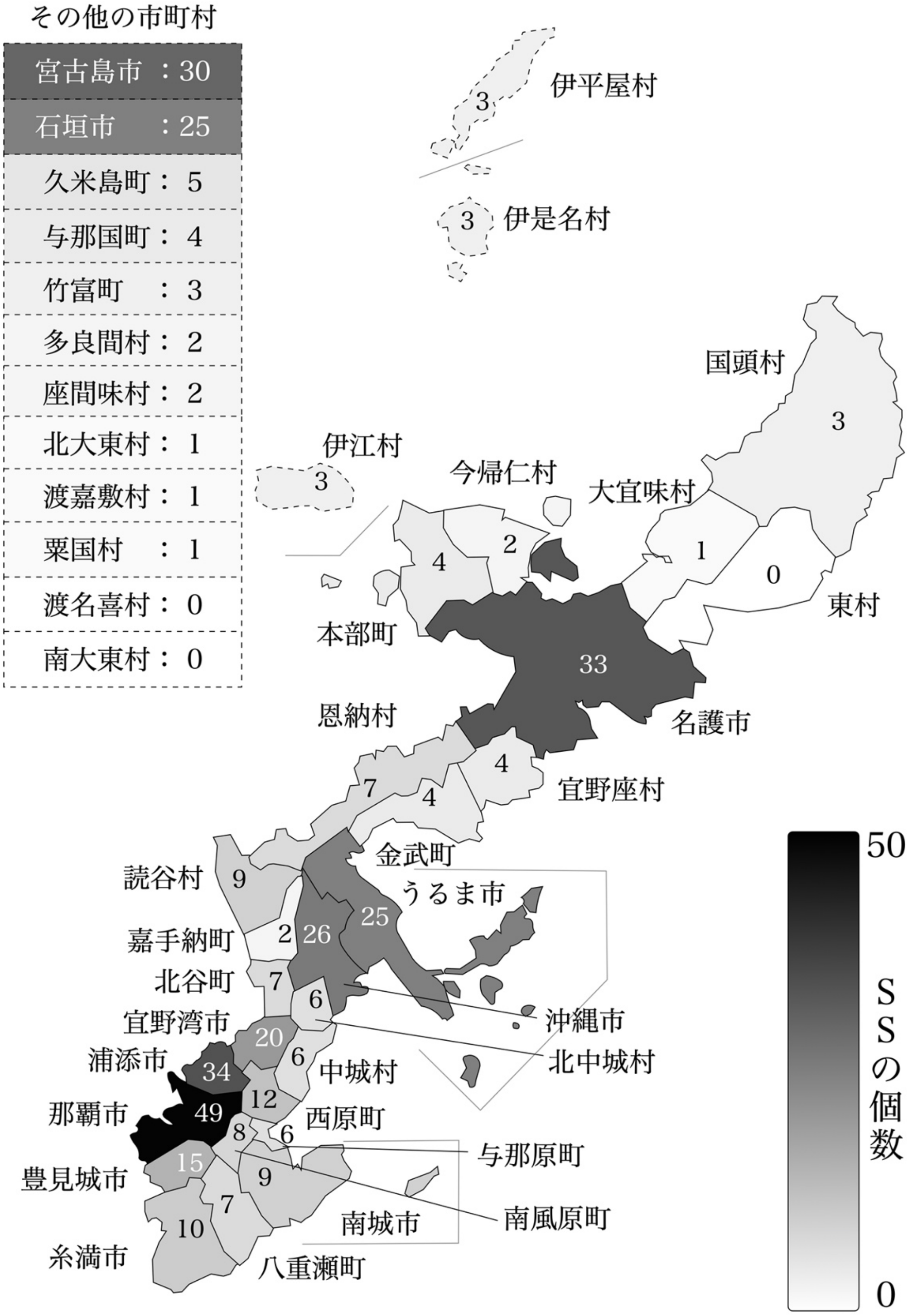
3.5　総括

本論文での実証分析では、小売同士の競争を前提とした 2 つのモデルとチェーンたちがカルテルを組んでいることを前提としたモデルを構築し、その利潤や期待利潤の推定を行った。前者では、離島の方が本島よりも可変利潤が大きく、固定費用は本島以下であることが明らかになった。これは、販売数量に依存する費用と、人件費など販売数量に依存しない費用がどちらも本島より離島の方が小さいことによるものといえよう。また、参入閾値の導出においては競争の度合いの増加を示す指標である s_{n+1}/s_n が 1 付近を推移するという結果となり、競争が行われていない可能性が高いといえる。

さらに、簡潔さと仮定の強さについて異なる特徴を持つ 2 つのモデルがどのような差異を生むかというのを図にして確認した。その結果、うまく仮定をおけば簡潔なモデルでも説明力を持つことが明らかになった。

また、小売同士の競争は行われていない可能性が高いという結果になったので、そもそも競争が行われずに、チェーンたちの決め事に従うことを前提にしたモデルを構築し期待利潤の推定を行ったわけであるが、この結果では、エネルギーを中心に扱う商社と総合商社との間で戦略に大きな差があることが示唆された。

図 3-1　SS 数の度数分布地図



離島として扱った市町村は点線で囲んだ。

図 3-2　登録自動車台数と SS 数の関係

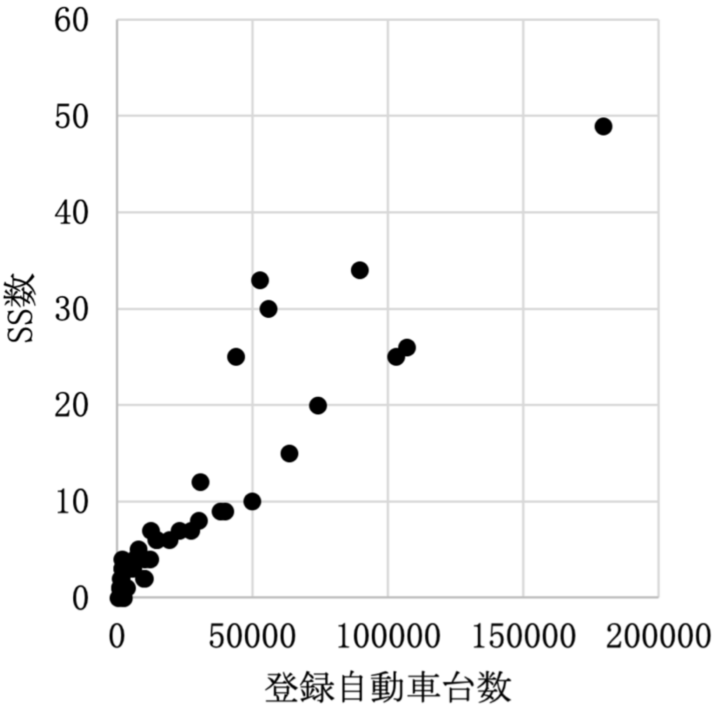


表 3-1　Model 1 の推定結果

	推定値		推定値		推定値		推定値
	（標準誤差）		（標準誤差）		（標準誤差）		（標準誤差）
α_1	767.92	α_{15}	8.41	α_{29}	0.00	α_{43}	0.00
	(0.00)		(8.40)		(93.41)		(154.71)
α_2	292.75	α_{16}	0.00	α_{30}	3.36	α_{44}	0.00
	(90.98)		(79.36)		(3.35)		(154.71)
α_3	104.00	α_{17}	0.00	α_{31}	0.00	α_{45}	0.00
	(44.44)		(79.36)		(57.95)		(154.71)
α_4	88.29	α_{18}	0.00	α_{32}	0.00	α_{46}	0.00
	(41.14)		(79.36)		(57.95)		(154.71)
α_5	20.48	α_{19}	0.00	α_{33}	5.42	α_{47}	0.00
	(19.84)		(79.36)		(5.43)		(154.71)
α_6	87.48	α_{20}	5.85	α_{34}	2.95	α_{48}	0.00
	(42.51)		(5.85)		(2.96)		(154.71)
α_7	45.28	α_{21}	0.00	α_{35}	0.00	α_{I}	1.22
	(23.76)		(57.13)		(154.71)		(28.69)
α_8	9.20	α_{22}	0.00	α_{36}	0.00	λ	0.00
	(8.97)		(57.13)		(154.71)		(0.01)
α_9	26.81	α_{23}	0.00	α_{37}	0.00	γ	3.13
	(17.43)		(57.13)		(154.71)		(0.72)
α_{10}	17.98	α_{24}	0.00	α_{38}	0.00	γ_I	-1.56
	(16.66)		(57.13)		(154.71)		(0.75)
α_{11}	0.00	α_{25}	21.24	α_{39}	0.00		
	(34.01)		(16.24)		(154.71)		
α_{12}	8.20	α_{26}	6.00	α_{40}	0.00		
	(8.19)		(5.79)		(154.71)		
α_{13}	0.00	α_{27}	0.00	α_{41}	0.00		
	(67.10)		(93.41)		(154.71)		
α_{14}	0.00	α_{28}	0.00	α_{42}	0.00		
	(67.10)		(93.41)		(154.71)		

表 3-2　Model 1 により導出された参入閾値

n	S_n	s_n	$\frac{s_{n+1}}{s_n}$	n	S_n	s_n	$\frac{s_{n+1}}{s_n}$
1	3645	3645	0.81	25	86909	3476	1.18
2	5889	2945	0.85	26	106783	4107	0.96
3	7538	2513	0.98	27	106783	3955	0.96
4	9889	2472	0.86	28	106783	3814	0.97
5	10660	2132	1.25	29	106783	3682	1.11
6	15984	2664	1.16	30	122456	4082	0.97
7	21556	3079	0.94	31	122456	3950	0.97
8	23199	2900	1.14	32	122456	3827	1.27
9	29822	3314	0.11	33	160542	4865	1.17
10	36886	3689	0.91	34	193246	5684	0.97
11	36886	3353	1.02	35	193246	5521	0.97
12	41350	3446	0.92	36	193246	5368	0.97
13	41350	3181	0.93	37	193246	5223	0.97
14	41350	2954	1.07	38	193246	5085	0.97
15	47213	3148	0.94	39	193246	4955	0.98
16	47213	2951	0.94	40	193246	4831	0.98
17	47213	2777	0.94	41	193246	4713	0.98
18	47213	2623	0.95	42	193246	4601	0.98
19	47213	2485	1.05	43	193246	4494	0.98
20	52375	2619	0.95	44	193246	4392	0.98
21	52375	2494	0.95	45	193246	4294	0.98
22	52375	2381	0.96	46	193246	4201	0.98
23	52375	2277	0.96	47	193246	4112	0.98
24	52375	2182	1.59	48	193246	4026	―

表 3-3　Model 2 の推定結果

	推定値 （標準誤差）
α	799.87
	(139.24)
α_I	782.96
	(389.24)
λ	0.00
	(0.01)
γ	2.61
	(0.50)
γ_I	0.00
	(0.01)

図 3-3　Model 1,2 により推定された可変利潤

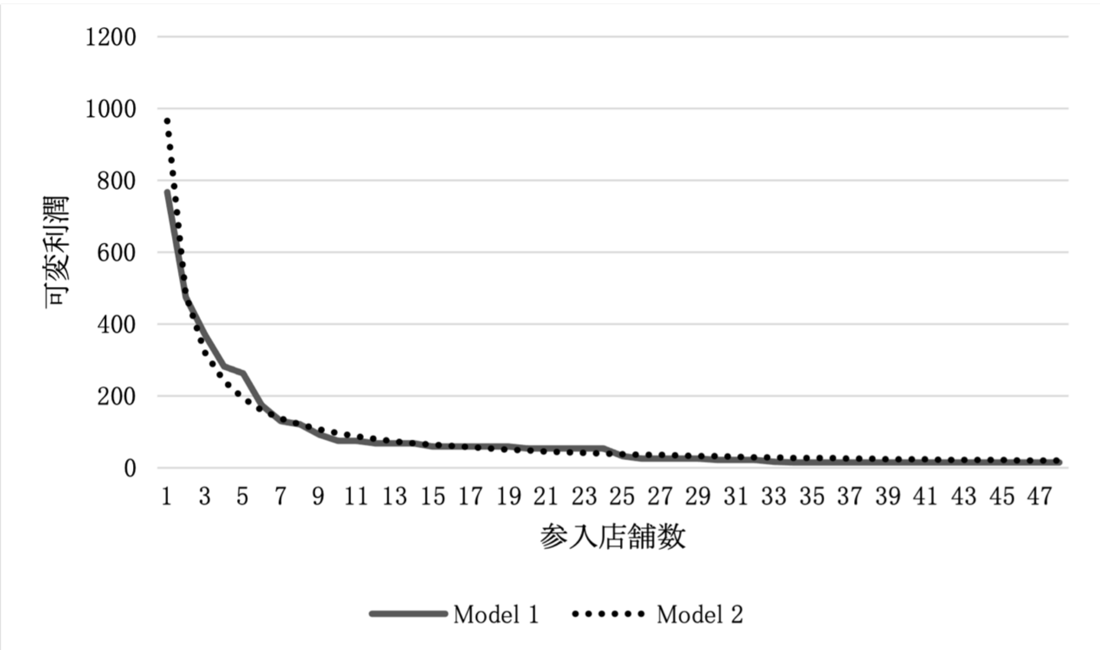


図 3-4　Model 1,2 により導出された参入閾値とデータの観測値

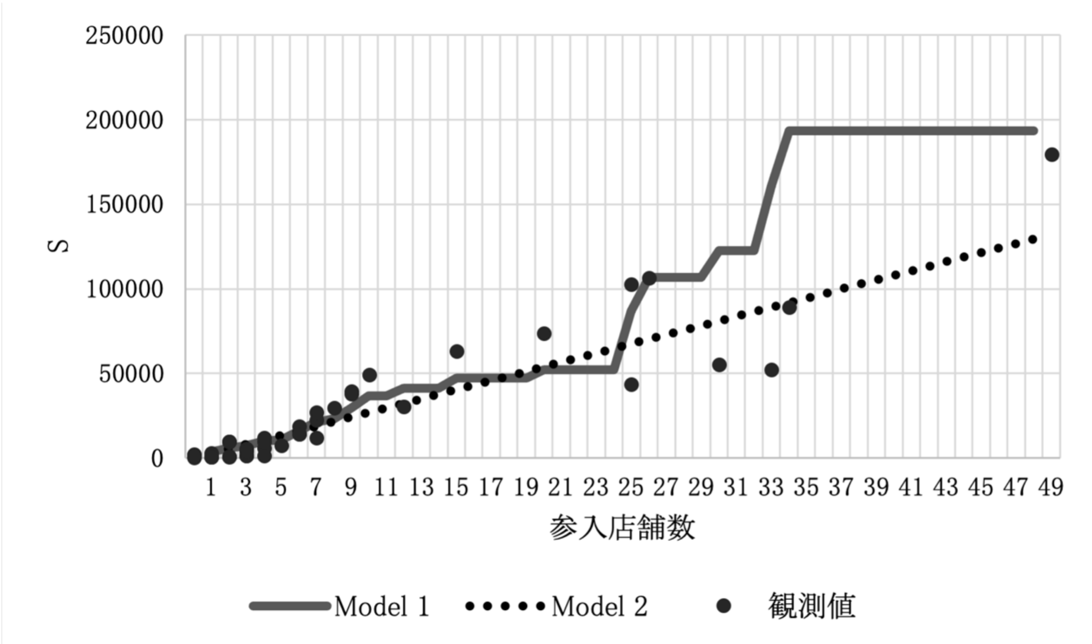


表 3-4　Model 3 の推定結果

	推定値 (標準誤差)		推定値 (標準誤差)
α_{ENEOS}	776.80 (219.78)	α_I	1651.30 (468.75)
α_{ITOCHU}	182.31 (205.48)	λ	0.05 (0.03)
α_{APOLLO}	997.5117 (443.03)	γ	2.39 (0.45)
α_{JA}	249.21 (245.86)	γ_I	0.37 (0.76)
α_{COSMO}	380.84 (634.17)		
$\alpha_{MITSUBISHI}$	96.36 (3689.82)		
α_{OTHERS}	406.40 (168.86)		

結語

本論文では、第 1 章では自動車やエネルギーに関する諸産業の現状や、今回実証分析を行った沖縄県の SS 市場を概観し、SS 市場の経済学的な分析を行うことが重要であることを確認した。

第 2 章では、Bresnahan and Reiss (1991) で論じられている参入ゲームをもとにいくつかの非協力ゲームを定義し、その Nash 均衡について議論を行った。最初にプレイヤーの数が有限である場合の小売店舗たちが競争を行うゲームを取り扱い、その後にチェーン企業たちがカルテルを組んでいることを前提としたゲームについて論じた。さらにそれをプレイヤーの集合が実数全体である場合に拡張し、改めてその Nash 均衡が持つ性質を確認した。この章では、本論文を通じた参入行動の考え方が、よく知られる戦略型ゲームにより扱えることを確認したのである。また、丁寧に証明を行っておくことで、第 3 章で論じられる実証分析の妥当性を示したともいえよう。

第 3 章では、第 2 章で議論したいくつかのゲームをもとに実証分析を行った。最初に小売店舗たちの競争を前提としたゲームの利潤関数の推定をし、その結果からは、離島の店舗の方が沖縄本島のそれよりも多くの可変利潤を得ることが明らかになった。また、競争の度合いが店舗数にほとんど依存していないことが明らかとなり、そもそも競争が行われていない可能性が高まった。そこでカルテルを前提とした分析を行ったのである。その結果を確認すると、エネルギー系の商社は大きな可変利潤を得ており、総合商社はあまり多くの可変利潤を得ていないことがわかる。総合商社はその多角的な経営により SS についてはいわゆる薄利多売を行っているといえよう。

この論文では、以上の議論により、理論的にも実証的にも SS 市場の現状を確認できたのである。

参考文献

石橋孝次（2021),『産業組織－理論と実証の接合』慶應義塾大学出版会.

上武康亮・遠山祐太・若森直樹・渡辺安虎（2021),「実証ビジネス・エコノミクス vol.5 競争の激しさをデータで読み解く－参入ゲームの推定［基礎編］」『経済セミナー』723 号, pp. 101-111.

沖縄総合事務局陸運事務所（2024),「業務概況」.

経済産業省資源エネルギー庁（2024),「燃料油価格激変緩和対策事業について」.

経済産業省次世代燃料供給インフラ研究会（2018),「次世代燃料供給インフラ研究会　報告書」.

自由民主党・公明党（2024),「令和 7 年度税制改正大綱」.

Bresnahan, T. F. and P. C. Reiss (1991), “Entry and Competition in Concentrated Markets,” *Journal of Political Economy*, 99(5), 977-1009.

i タウンページ ホームページ　https://itp.ne.jp/

e 燃費 ホームページ　https://e-nenpi.com/

あとがき

筆者は、慶應義塾大学経済学部に在籍した 4 年間の集大成というつもりでこの論文を執筆した。第 2 章においては、ミクロ経済学やゲーム理論、そして数学の講義で学んだものを最大限に生かして理論を築いた。そして第 3 章における実証分析を行う過程では、計量経済学等の学びが大きな助けになった。このようにして厳密に構築された理論をもとに行われる実証分析は、ディスアドバンテージとなるサンプルサイズの小ささを帳消しにするような綺麗な結果を生んだ。多くの良い実証結果が導かれたことに加えて、実証分析の重要性が日に日に高まってゆく今日に理論の重要性を改めて確認できたことは、大学院で経済理論を専攻する予定である筆者にとって大変嬉しいことである。

今回主に用いた先行研究 Bresnahan and Reiss (1991) は、三田祭論文においても大きく参考にしたものであり、石橋孝次研究会においての研究活動は、参入ゲームをひたすら考えるものであったといえよう。さらに論文執筆以外の面では、産業組織に関する話題を広範に、なおかつ深く学んだ。理論としては、古典的な A. Cournot の独占・寡占といったものからプラットフォームやイノベーションといった新しいものまで知ることができた。実証の方面では、S. Berry らの貢献が有名であるロジスティック回帰に関するものをはじめとして、ここ 30,40 年で大きな発展を見せた実証産業組織の様相の知見を得た。

このように研究会で多くの学びが得られたのは、石橋教授はもちろんのこと、2 年間共に過ごしてきた同期や、1 年間ずつお世話になった先輩や後輩のおかげである。独習では到底得られない沢山の学びを手に入れることができたのは、皆で毎週輪読を積み重ねた結果であろう。放課後に幾度か行われた飲み会などにおいて楽しく交流を行えたことも相まって、この研究会に所属していたことで、三田で過ごした 2 年間は大変充実したものとなった。

さらに、これまでの 23 年弱筆者と共に過ごした家族には大変感謝をしている。殊に両親は学費を支払って下さったし、大学院に進学することも応援して下さった。改めてここに感謝を申し上げる。

2 年間の研究会でお世話になった石橋孝次教授には感謝をしてもしきれない。研究会の活動においては沢山のご指導をいただき、卒業論文を執筆する際には大きな助言を下さった。筆者は今後の修士課程においても石橋教授のご指導を受けることになっている。このように大変お世話になった先生のご指導を引き続き賜われることは、この上ない喜びであり、4 月から始まる大学院生としての生活に胸が高まるばかりであるが、一つ学部卒業という区切りであるので、今一度感謝を申し上げて卒業論文を締めくくることとする。