

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月3日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2012

課題番号：20310081

研究課題名（和文） 係数分布型ロジットモデルによる単期間需要推定モデルの提案・比較と多期間への拡張

研究課題名（英文） Econometric investigation of random coefficient logit models of demand and its extension to multi-period demand estimation

研究代表者

金澤 雄一郎 (KANAZAWA YUICHIRO)

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：50233854

研究成果の概要（和文）：差別化された製品の需要推定は、ブランド価値の評価や価格設定などマーケティングにとって重要な問題の研究に必要不可欠である。しかしながら製品の市場シェアとその特性のみが入手可能な場合も少なくない。このような場合に製品から得られる効用最大化を目指す個人の消費行動と利益最大化を目指す寡占企業の供給行動から市場価格と市場シェアを説明する頻度・ベイズ理論に基づくモデルを提案し、多期間への拡張の準備を行った。

研究成果の概要（英文）：Estimating demand for differentiated goods is essential in evaluating brand equity and pricing, two of the most important areas in marketing. It is often the case that purchasing history of a group of households is not available, but instead only the market share and characteristics of products under study are available. Through the research funded by this grant, we proposed method to estimate models of great importance, random-coefficients discrete choice models of demand and supply via frequentist and Bayesian perspectives and made preparations to expand the model to choice problems over multiple periods.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2012年度	1,300,000	390,000	1,690,000
総計	6,700,000	2,010,000	8,710,000

研究分野：統計科学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学/社会システム工学・安全システム

キーワード：マーケティング

1. 研究開始当初の背景

差別化された製品の需要推定に関する最初の研究が1974年の *Frontiers of Econometrics*

に掲載の論文”Conditional logit analysis of qualitative choice behavior”である。この論文において McFadden は現在も広く用いられている logit model of demand を提唱

した。このモデルは他製品への代替パターンが不自然であり、消費者間の嗜好の違いを反映できない。このため1978年 *Spatial Interaction Theory and Planning Models* に掲載の論文 ” Modeling the Choice of Residential Location” において McFadden 自身もより一般的な nested logit model を提唱するに至った。また Bresnahan は需要の推定と寡占下の市場における価格決定行動を同時に取り扱った1987年 *Journal of Industrial Economics* 掲載の論文 ” Competition and Collusion in the American Automobile Oligopoly” で vertical differentiation model を提唱した。Berry, Levinsohn, and Pakes (以降BLP1995と略す) は1995年 *Econometrica* に掲載の論文 ” Automobile prices in market equilibrium” で random-coefficients discrete-choice models を提唱した。このモデルは消費者効用の係数に分布を仮定するため消費者間の嗜好の違いを反映でき、前述の他のモデルより他製品への代替パターンが現実的となる。また需要・供給の両面を考慮した市場均衡モデルとなっている点も差別化された耐久消費財の需要を推定する際重要な長所となる。その後も random-coefficients discrete-choice models を基礎に需要・供給の両面を考慮して推定の精度をあげる方法が提案されている。Petrin は2002年の *Journal of Political Economy* 掲載の論文 ” Quantifying the Benefits of New Products: The Case of the Minivan” の中で、同モデルを基礎に購買パターンと人口動態的な情報に関係付けるマイクロモーメントが入手可能な場合に推定精度をあげる方法を、またBerry, Levinsohn, and Pakes は2004年の *Journal of Political Economy* 掲載論文 ” Differentiated Products Demand

Systems from a Combination of Micro and Macro Data: The New Vehicle Market” において、同モデルを基礎に、商品購入の際に比較した商品のデータが入手可能な場合に推定精度をあげる方法を提案した。応用産業組織論の theory-driven なこれらの研究手法はマーケティング分野の競争的価格設定の研究にも波及している。たとえば Sudhir は頻度理論の立場から2001年 *Marketing Science* 収録の論文 ” Competitive Pricing Behavior in the Auto Market: A Structural Analysis” において BLP1995 を用いてアメリカ自動車市場価格設定における競争と協調を分析した。マーケティング分野においてベイズ理論を用いた競争的価格設定の研究として見逃せないのが *Quantitative Marketing and Economics* に掲載された Yang, Chen and Allenby (2003、以後YCA2003) 論文 ” Bayesian Analysis of Simultaneous Demand and Supply” である。この中で彼らは消費者の購買記録が入手可能な場合について需要と供給の両面を考慮に入れた市場均衡におけるベイズ理論に基づく推定手法を提案した。消費者の効用の係数に確率分布を仮定することによって消費者間の嗜好の違いを反映させ、マーケティング分野で広範に用いられるベイズ理論を用いてパラメータ推定方法を確立したこの研究の一部は、製品の市場シェアのみが入手可能な場合へと拡張されて Jiang, Manchanda, and Rossiが2007年 *Journal of Econometrics* に発表した ”Bayesian analysis of random coefficient logit model using aggregate data” に受け継がれ、製品価格と市場シェアという内生変数の尤度関数からベイズ理論に基づきパラメータの事後分布を導出する方向に発展した。この論文は YCA2003 が提案した一つのアプローチ limited information model を採用している。

製品価格を単純に定式化したこのモデルでは、供給側の価格競争は定式化されない。Romeo は2007年 *Computational Economics* に掲載された論文において前述のBLP1995と同様操作変数に基づいた目的関数を構成し、これに基づいた事後分布をつくる方法を提唱した。以上が研究当初の背景である。

2. 研究の目的

第一は需要と供給の両面を考慮にいたした市場均衡点における1)一般化モーメント法推定量の一致性・漸近正規性の導出、2)これに加えて購買パターンと人口動態的な情報を関係付けるマイクロモーメントが入手可能な場合の同推定量の一致性・漸近正規性の理論的導出・シミュレーション実験である。Berry, Linton and Pakes が2004年に *Review of Economic Studies* に発表した論文は random-coefficients discrete-choice models によって需要側を定式化して一般化モーメント法推定量の一致性・漸近正規性を導出しているが、供給側およびマイクロモーメントを考慮に入れていない。これに対し BLP1995 の問題点として指摘されてきた推定漸近標準誤差の大きさを、上記Petrin が2002年に提示したアイディアと供給サイドの定式化を用いて改善できることを頻度理論に基づき理論的に明らかにすることである。

第二は寡占状態にある供給側がベルトランゲームを行うというゲーム論的にすぐれた定式化のもとで需要・供給の両面を考慮に入れた市場均衡における尤度を用いたfull information modelに基づくベイズ理論に基づく新たな推定手法の提案である。

第三はこれらの結果を踏まえて多期間における離散選択モデルへの拡張の準備を行うことである。

3. 研究の方法

(需要側) 需要側にはCobb-Douglas 型の効用関数を仮定する。具体的には消費者 $i, i=1, \dots, I_m$ の製品 $j, j=1, \dots, J_m$ に対する市場 $m, m=1, \dots, M$ における効用は $\log(\text{消費者 } i \text{ の所得 } y_i - \text{製品 } j \text{ の価格 } p_j)$ と p 個の製品特性 (x_{1j}, \dots, x_{pj}) の線形関数であるとする。製品特性に対する係数パラメータ $(\alpha_i, \beta_{1i}, \dots, \beta_{pi}) = (\alpha_i, \beta_i)$ は、共通部分と消費者間の嗜好の違いを反映したランダム係数(頻度理論)部分からなるか、または確率分布を持つ(ベイズ理論)とする。さらに消費者がある特定の製品に対して抱いているブランドのイメージ、広告から受ける影響、スタイルに対する嗜好、過去の購入の際に受けたサービスの印象など、は研究者には観測できないが消費者の効用には影響を与えるので、これらをまとめた市場 m における観測できない製品特性 ξ_{im} が効用に含まれているものとする。さらに消費者・製品両方に依存する無作為の観測誤差 ε_{im} を仮定する。したがって市場 m における消費者 i の製品 j に対する効用 U_{ijm} は以下のように書ける。

$$U_{ijm} = \alpha_i \log(y_i - p_j) + x_{1j} \beta_{1i} + \dots + x_{pj} \beta_{pi} + \xi_{im} + \varepsilon_{im} \quad (1)$$

式(1)右辺の最初の項 $\alpha_i \log(y_i - p_j)$ は高額な製品が高所得の消費者の効用にはそれほど影響を与えないが低所得の消費者には相対的に大きな影響を与えることをモデル化した。消費者は市場において自らにとって式(1)のように定式化された効用を最大とする製品を選ぶ。誤差項に極値分布を仮定することにより消費者 i の製品 j に対する購入確率は $s_{ij} = \exp(\alpha_i \log(y_i - p_j) + x_{1j} \beta_{1i} + \dots + x_{pj} \beta_{pi} + \xi_{im}) / \sum \exp(\alpha_i \log(y_i - p_j) + x_{1j} \beta_{1i} + \dots + x_{pj} \beta_{pi} + \xi_{im})$ (2)

となる。ここで購買パターンと人口動態的な情報を関係付ける全国的かつ付加的な情報が

入手可能であるとする。このような資料は調査会社なども公開しており、比較的容易に入手可能である。いま入手可能な情報が製品特性の k 番目 x_{kj} に関する情報であり、それらに対して関連する人口動態的な l 個のカテゴリからなる情報 $d=(d_{1j}, \dots, d_{lj})$ があるとし、それらの積 $(x_{kj}d_{1j}, \dots, x_{kj}d_{lj})$ に対して消費者の嗜好の違いを反映して確率分布を持つ係数パラメータ $(\theta_{1i}, \dots, \theta_{li})$ が定義されているとしよう。この結果式 (1) の効用関数は $U_{ij}=\alpha_i \log(y_i-p_j)+x_{1j}\beta_{1j}+\dots+x_{pj}\beta_{pj}+\theta_{1i}x_{kj}d_{1j}+\dots+\theta_{li}x_{kj}d_{lj}+\xi_{im}+\varepsilon_{im}$ (3)

と書き直すことができる。誤差項に極値分布を仮定することにより市場 m における消費者 i の製品 j に対する購入確率は式 (2) と同様に求められ、この s_{ij} を所得 y_i と係数パラメータ $(\alpha_i, \beta_{1j}, \dots, \beta_{pj}, \theta_{1i}, \dots, \theta_{li})$ の同時分布によって積分することによって製品 j に対する理論的な市場シェア s_j を得ることができる。この s_j はすべての製品の価格 p やその他の観測可能な製品特性 x 、それらの製品特性と人口動態的な情報との積 xkd 、観測できない製品特性 ξ のみならず所得 y_i と係数パラメータ $(\alpha_i, \beta_{1j}, \dots, \beta_{pj}, \theta_{1i}, \dots, \theta_{li})$ の同時分布 $f(y, \alpha, \beta, \theta)$ の関数となる。よって $s_j=s_j(p, x, xkd, \xi, f(y, \alpha, \beta, \theta))$ (4)

(供給側) 供給側は生産者 $f, f=1, \dots, F$ のみが存在し、生産者と小売業者のあいだゲームは仮定しない。ただしこの仮定は比較的簡単に緩めることができる。これらの生産者は $J_1+\dots+J_M=J$ 個の製品が提供されている寡占市場においてベルトラン競争を行っているものと仮定する。個々の生産者は自らが生産する複数の製品から得られる利益を最大化する

ように行動する。すなわちこの製品の総市場規模を T とし、製品 j と k が同じ生産者によって製造されていれば1、そうでなければ0をとる関数を δ_{jk} とすると製品 j の利潤は $\Pi_j=T \cdot s_j(p_j-c_j)+\sum \delta_{jk} T \cdot s_k(p_k-c_k)$ (5)

と書くことができる。ここで c_j は製品 j の一単位当たりの費用であり、 $\log(c_j)$ はコストに影響を与える製品特性やその他の生産要素の価格であるコストシフター $z=(z_{1j}, \dots, z_{qj})$ の線形関数であるとする。これらに対する係数パラメータ $\gamma=(\gamma_1, \dots, \gamma_q)$ は生産者間の費用構造の違いを反映して確率分布を持つとする。さらに $\log(c_j)$ は製品 j に対する企業内のオーバーヘッドや投入された広告費等の研究者が観測できない製品特性 η_j にも影響を受けるとする。すなわち製品 j に対する費用は $\log(c_j)=z_{1j}\gamma_1+\dots+z_{qj}\gamma_q+\eta_j$ (6)

すべての市場に供給される製品はにおいて提供される製品は、ナショナルマニュファクチャラーによってのみ生産されているかナショナルキャリアーの援助を受けて提供されるものとする。またこの事実を反映して、式 (6) の費用には規模の経済を持たせている。式 (5) を p_j により微分して解き、式 (6) に代入し、生産者の価格設定式 p_j を得ることができる。この p_j は対象とする市場にある全製品について、市場シェア s や観測可能な製品特性 x 、それらの製品特性と人口動態的な情報との積 xkz 、研究者が観測できない消費者にとっての製品特性 ξ 、消費者の所得 y 、コストシフター z 、研究者が観測できない生産者にとっての製品特性 η およびどの製品が同一の生産者によって生産されているかを示すインディケータ δ のみならず消費者の係数パラメータ α, β, θ 、および生産者の係数パラメータ $\gamma=(\gamma_1, \dots, \gamma_q)$ の同時分布

$g(\gamma_1, \dots, \gamma_q) = g(\gamma)$ の関数となる。よって $p_j = (s, x, xkz, \xi, y, \delta, z, \eta, \alpha, \beta, \theta, g(\gamma))$ (7)

(市場均衡式) 式 (4) の右辺に全製品の市場シェア s が、式 (7) の右辺に全製品の価格 p が現れていることからはっきり読み取れるように式 (4) と (7) は市場均衡式になっており、ベイズ理論では、これらを同時に満たす需要側パラメータの同時分布 $f(y, \alpha, \beta, \theta)$ および供給側パラメータの分布 $g(\gamma)$ を求めることに帰着する。頻度理論では、市場数 m を無限大に増加させたとき、観測可能な製品特性 x からつくられた操作変数と研究者が観測できない消費者にとっての製品特性 ξ の積からなる一般化モーメント条件を最小にするパラメータ推定量の漸近的性質に帰着させることができる。

4. 研究成果

Myojo and Kanazawa (研究業績2) は2012年 *International Economic Review* において BLP1995 の問題点として指摘されてきた推定漸近標準誤差の大きさを、上記 Petrin が2002年に提示したアイデアと供給側をも用いて改善できることを頻度理論に基づき示した。この結果は研究業績2にある。

第二は寡占状態にある供給側がベルトランゲームを行うというゲーム論的にすぐれた定式化のもとで需要・供給の両面を考慮に入れた市場均衡における尤度を用いた full information model に基づくベイズ理論に基づく新たな推定手法の提案である。この結果は研究業績11、13、18にある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計26件)

1. Nishida, K. and Kanazawa Y. (2013a) On Variance-Stabilizing Multivariate Nonparametric Regression Estimation. *Communications in Statistics Part A: Theory and Method, Accepted*. 査読有. Impact Factor: 0.274
2. Myojo, S. and Kanazawa, Y. (2012), "On Asymptotic Properties of the Parameters of Differentiated Product Demand and Supply Systems When Demographically-Categorized Purchasing Pattern Data are Available," *International Economic Review*, Vol. 53(3): pp.887-937. 査読有. Impact Factor: 1.516. DOI: 10.1111/j.1468-2354.2012.00705.x
3. Kabe, S. and Kanazawa Y. (2012), "Another view of impact of BSE crisis in Japanese meat market through the almost ideal demand system model with Markov switching." *Applied Economics Letters*, Vol. 19 (16): pp.1643-1647. 査読有. Impact Factor: 0.23: DOI: 10.1080/13504851.2011.650328
4. 明城聡, (2012) 「製品差別化財の需要関数推定における内生問題について」、*国民経済雑誌*、第206巻第5号, pp. 83-99、神戸大学経済経営学会、2012. 査読無。
5. Nishida, K. and Kanazawa Y. (2011), "Introduction to the Variance-Stabilizing Bandwidth for the Nadaraya Watson Estimator." *Bulletin of Informatics and Cybernetics*, Vol.43: pp. 53-66. 査読有。
6. Watanabe, S., Tareq M. and Kanazawa Y. (2011), "When openness to experience and conscientiousness affect continuous

- learning: A mediating role of intrinsic motivation and a moderating role of occupation.” *Japanese Psychological Research*, 53(1):pp.1-14. 査読有, Impact Factor: 0.33.
7. Yuma, Y., Kanazawa, Y. and Kuniyoshi, M. (2010), “Evaluating the relative effectiveness of training school programs vs. probation on recidivism of Japanese Juvenile delinquents. *Annales Internationales de Criminologie/ International Annals of Criminology*, 48(1):pp.63-88. 査読有.
8. 大橋弘, 明城聡 (2010) 「太陽光発電電力買い取り制度の定量分析」、住宅土地経済、no. 78, pp. 29-35. 査読無.
9. 大橋弘, 中村豪, 明城聡 (2010), 「八幡・富士製鐵の合併(1970)に対する定量的評価」、東京大学経済学論集, 第76 巻第1号, pp. 75-107. 査読無.
10. Mehdi R.G., Turnbull, S.J., and Hoshino, Y. (2010) “Assets Growth, Foreign Ownership and Type of Industry in Multinational Companies.” *International Business Research*, 3(4): pp.244-259. 査読有.
11. Yonetani, Y., Kanazawa, Y., Myojo, S. and Turnbull, S. J., (2010), An empirical study on consumers’ purchasing behavior with a Bayesian simultaneous demand and supply model for market-level data in the U.S. automobile market, 京都大学数理解析研究所講究録 第1703 巻, pp.91-111. 査読無.
12. Watanabe, S. and Kanazawa Y. (2009), A test of a personality-based view of intrinsic motivation. *The Japanese Journal of Administrative Science*, 22(2):pp.117-130. 査読有.
13. Yonetani, Y. and Kanazawa, Y., (2009), A simulation study of Bayesian estimation with diffuse priors on simultaneous demand and supply with market-level data, 京都大学数理解析研究所講究録 第1621巻, pp.42-64. 査読無.
14. 大橋弘・明城聡, 『太陽光発電の普及に向けた新たな電力買取制度の分析』, 文部科学省科学技術政策研究所DP, no.57, 2009: pp.1-27. 査読無.
15. 明城聡・大橋弘, 『住宅用太陽光発電の普及に向けた公的補助金の定量分析』, 文部科学省科学技術政策研究所DP, no.56, 2009:pp.1-26. 査読無.
16. 大橋弘・中村豪・明城聡, 『八幡・富士製鐵の合併(1970)に対する定量的評価』, 東京大学経済学部DP, CIRJE-J-214, 2009:pp.1-39. 査読無.
17. Myojo, S. and Ohashi, H., “Assessing the Consequences of a Horizontal Merger and its Remedies in a Dynamic Environment”, 東京大学経済学部DP CIRJE-F-609, 2009: pp.1-29. 査読無.
18. Yonetani, Y., Kanazawa, Y. and Myojo, S., (2008), A simulation study on Bayesian simultaneous demand and supply model with market-level data, 京都大学数理解析研究所講究録 第1603 巻, pp.50-72. 査読無
6. 研究組織
 (1) 研究代表者
 金澤 雄一郎 (KANAZAWA Yuichiro)
 筑波大学・システム情報系・教授
 研究者番号: 50233854
- (2) 研究分担者
 S. J T u r n b u l l (S. J. Turnbull)
 筑波大学・システム情報系・准教授
 研究者番号: 90240621
- (2) 研究分担者
 明城 聡 (MYOJO Satoshi)
 神戸大学・経済学研究科(研究院)・准教授
 研究者番号: 70455426