

生存時間分析の PSM データへの適用の試み

専修大学商学部教授 奥瀬喜之

An Application of Survival Analysis to PSM Data
Senshu University, School of Commerce Yoshiyuki Okuse

PSM (Price Sensitivity Measurement もしくは Price Sensitivity Meter) は価格設定のための調査手法の1つであり、その調査と分析の簡便さゆえに、実務においてもしばしば用いられる手法である一方、先行研究においては様々な問題点が指摘されている。本研究では、PSM データの有効活用を目的に、PSM のもつ課題を 新たな調査手法の開発を試みる。

キーワード：生存時間分析, PSM (Price Sensitivity Measurement), 価格設定

So far, a lot of research methods for appropriate pricing are suggested in the area of marketing research. The purpose of this research is to attempt to apply survival analysis to PSM data for developing a new method to identify consumers' acceptable price appropriately.

Keywords : survival analysis, Price Sensitivity Measurement, pricing

1. はじめに

価格設定は、需要と利益に大きな影響を及ぼす重要な課題の1つである。マーケティング研究においては、消費者の値ごろ感を捉えるための様々な調査手法が提案されてきた。中でも、Van Westendorp によって考案されたとされる PSM (Price Sensitivity Measurement もしくは Price Sensitivity Meter, 以下、PSM とする) は、価格設定に関わる意思決定のための簡便な測定手法として、現在に至るまで実務において用いられてきている。後述するように PSM は被験者に価格に関する4つの質問をし、その累積値からなる4本の曲線を作図し、それらの交点から、より多くの回答者に受け入れられる最適な価格を求めるというものである。PSM はその調査および分析の過程が簡便である反面、なぜその交点が値ごろ感を表すのかについての理論的根拠がないといった問題点もある。このような現状を鑑みて、本研究では PSM に用いられるデータ (以下、PSM データとする) の活用方法を検討する。

2. 価格調査手法に関する先行研究

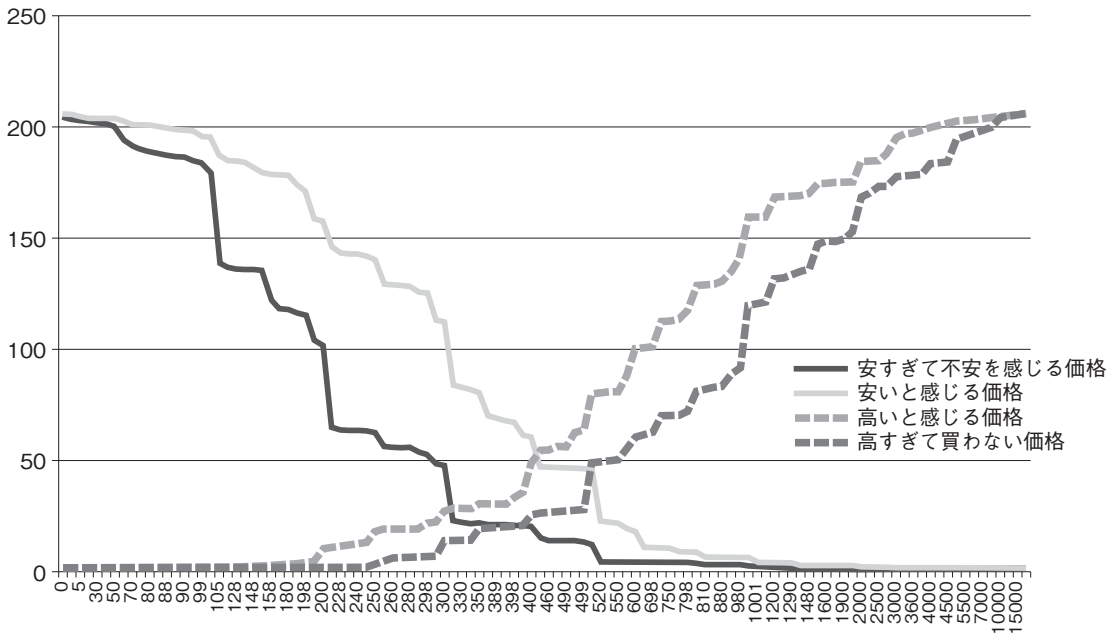
マーケティングや消費者行動研究においては、価格調査手法として、コンジョイント分析による手法、直接回答法、価格カテゴリーライゼーション、重要度尺度法など、これまでに様々な手法が提案されている¹⁾。そのような中で、PSM は簡便な調査手法として実務においてもしばしば用いられる手法である。

PSM は、オランダの経済学者 Westendorp によって考案されたとされる²⁾価格測定手法であり、価格感度測定法と呼ばれることもある。PSM では調査対象者に次のような4つの質問を尋ねる。

- (1) 安すぎて品質に不安を感じ始める価格はいくらですか。(非受容最低価格)
- (2) 安いけれども品質に不安を感じない価格はいくらまでですか。(受容最低価格)
- (3) 高いけれども品質が良いので購入する価値があると感じる価格はいくらまでですか。(受容最高価格)
- (4) 高すぎて品質の良さに関係なく購入する価値がないと感じ始める価格はいくらですか。(非

図1

PSM：シャンプー



受容最高価格)

PSMはこれらの4つの質問に対する回答を、(1)(2)については値の小さいほうから、(3)(4)については値の大きいほうから順に累積パーセントを計算し、同一グラフ上に折れ線グラフで表す(図1はシャンプーの価格についての調査データに基づいてPSMを行ったものである)。作成したグラフの解釈にも諸説あるが、4つの交点のうち左端の交点から右端の交点までを、最も多くの消費者が受け入れる価格帯、すなわち受容価格域として価格設定に活用していることが一般的には多いようである。

PSMをもとに、日本のインターネット調査会社であるインタースコープはPRICE 2³⁾を開発、現在はインタースコープを吸収したインターネット調査会社であるマクロミルがクライアントの調査に活用している。また、PSMそのものを活用している市場調査会社や企業もみられる。

繰り返しになるが、PSMは極めて簡便な手法であり、その集計に複雑な計算を必要とすることなくグラフの形式に可視化されるため、迅速かつ直観的に受容価格域を把握できるというメリット

がある。その一方で、理論的根拠に乏しいといった問題もはらんでいる。すなわち、①グラフは集計レベルのグラフであり、個人の価格反応を表すものではないにもかかわらず、個人レベルの受容価格域を把握できるかのような説明をしている、②各累積グラフの交点の意味が不明確であるため、それに基づいて規定される受容価格域の意味も不明確である、などの問題点がある⁴⁾。

本研究では、このようなPSM分析の問題点の解消を目的の1つとして、前掲のPSMの4つの質問によって収集されたデータの新たな活用方法の開発を試みる。具体的には、推測統計的手法の1つである生存時間分析を用いて、理論的根拠を備えたPSMデータを活用した分析手法の可能性を検討する。

3. モデル構築

前述のとおり、PSMでは価格に関する4つの質問をたずねることによりデータを収集している。本研究ではPSMの4つの質問で得られたデータに生存時間分析を適用する。

3-1 生存時間分析とは

生存時間分析 (survival analysis) とは、何らかの事象が発生するまでの時間 (生存時間) と事象との関係性について検討する分析手法である。現在では、製品の購買や工業製品の故障、結婚など様々な事象の発生までの時間について検討するのに用いられるが、生存時間分析という名前からも分かるように、もともとは患者の死亡、疾患の寛解など医学的な事象を検討するのに用いられてきた分析手法である。

生存時間分析では、生存時間 T を確率変数とした、次式で表される確率密度関数 $f(t)$ を考える。

$$f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{Pr(t < T < t + \Delta t)}{\Delta t}$$

この確率密度関数 $f(t)$ の累積確率分布関数を $F(t)$ としたときに、時点 t において事象が生起していない確率 (生存確率) は次式で表される。

$$S(t) = Pr(T > t) = 1 - F(t)$$

ただし、この式は打ち切りのないデータの場合であり、今回用いる分析データは打ち切りのあるデータである。打ち切りとは、調査時間内に事象が発生しないことである。この場合には次式で表される Kaplan-Meier 推定量のような推定量を用いる。

$$\hat{S}(t) = \prod_{j=1}^t \left(1 - \frac{d_j}{n_j}\right)$$

ここで、 d_j は時点 t の死亡数、 n_j は時点 t におけるリスクにさらされているサンプルの数を表し、リスク集合 (risk set) と呼ばれるものである。

3-2 本研究における生存時間分析の適用

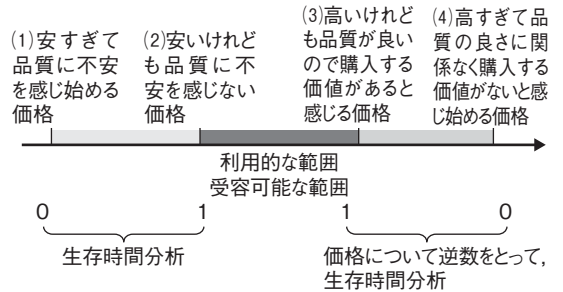
生存時間分析は時間と事象との関係性を検討する分析であるが、本研究では価格を時間に置き換えて、価格と事象の発生との関係性を検討する。本研究で検討する事象とは、「(その価格の) 受容」である。すなわち、生存時間分析では時間経過における生存確率の変化を捉えることを目的としているが、本研究では価格の変化における消費

者の価格の受容 (つまりは製品の購入) の確率の変化を捉えることを目的とする。

PSM の質問項目のうち、(1)と(2)については、受容価格域の下限を推定する変数として用い、(3)(4)については、受容価格域の上限を推定するための変数として用いて、2つの生存時間分析を行った (図2参照)。図中における0が打ち切りであり、「価格の非受容」を打ち切りとして生存時間分析を行っている。従って、今回の生存時間分析で求める $S(t)$ の推定値は、その価格を受け入れない確率を表している。

図2

PSM 質問項目と本研究における生存時間分析の対応



注:1はその価格を受け入れる,0はその価格を受け入れない,を表わす

(3)(4)を用いた生存時間分析では、より高価格であるほど受け入れられない可能性が高く、今回のように受け入れられない確率を求める場合には逆になり、生存時間分析の前提に矛盾してしまう。このため、生存時間分析の前提と適合させるために、価格の逆数をとって分析に適用する。

4. PSM データへの適用

4-1 データ

本分析で用いるデータは、2013年3月に(株)マクロミルのインターネットパネルを対象に調査を行い、収集したデータである。調査対象製品カテゴリーはシャンプー、スナック菓子、冷蔵庫、宿泊施設宿泊料金(札幌1泊2日)、携帯電話(本体料金)の5製品カテゴリーであり、宿泊施設料金は155サンプル、それ以外については206サンプル収集している。

4-2 分析結果

分析は統計解析ソフト R のパッケージ survival の関数 servfit を用いて行っている。図 3 がサンプルの分析結果を図示したものである。本研究では先述した Kaplan-Meier 推定量を計算し、生存曲線を求めている。前述した通り、ここでは受容価格域の上限と下限を求めめるため、2つの生存時間分析を行っている。図 3 の (a) は下限について検討する生存時間分析であり、(b) は上限について検討する生存時間分析の結果である。x 軸は時間、y 軸はその時点における $S(t)$ の推定値、すなわち生存確率の推定値を表している。実線が生存確率を表す生存曲線であり、点線がそれぞれの時点（本研究ではそれぞれの価格）における生存確率の 95% 信頼区間を表している。

図 3(a)

生存時間分析結果（サンプル，下限：「安すぎて買わない」価格についての生存曲線）

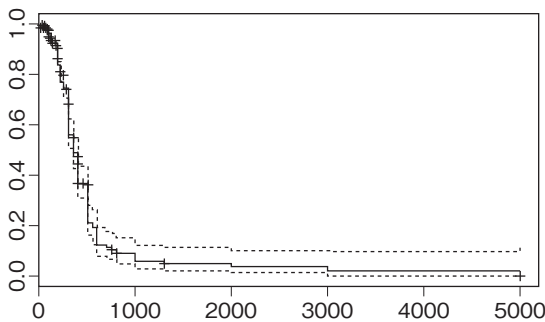


図 3(b)

生存時間分析結果（サンプル，上限「高すぎて買わない価格」についての生存曲線）

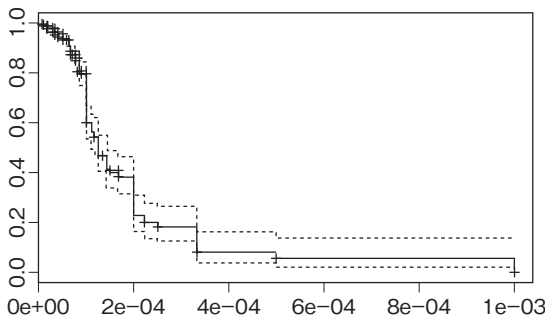


図 4(a) は、図 3 の 2 つの生存曲線をもとに作成したグラフである。上限を表す図 3(b) の生存

曲線では x 軸において元々の価格の逆数をとっていたので、更に逆数をとることによって元の値に戻している。すなわち、逆数をとって修正した後の上限の生存曲線に下限の生存曲線を重ねあわせたグラフが図 4 である。図 3 と同様に、実線が生存曲線であり、点線が 95% 信頼区間を表している。

4-3 考察

ここで、得られたグラフについて考察をする。グラフ中の x 軸は価格、y 軸はその価格を受け入れられない確率を表している。例えば、図 5 において、価格が 0 円の場合には、ある顧客が「安すぎて（品質に不安を感じるため）受け入れられない」確率は 100% であり、逆に「高すぎて受け入れられない」確率は 0% である。従って、2本の曲線が交差する点のときの価格（図 5 の中央の両側矢印の価格）、すなわち 2本の曲線が等しく x 軸に近い位置にある価格が「安すぎて受け入れられない」確率と、「高すぎて受け入れられない」こともない確率の両方が最も低い価格ということになる。

今回実証分析を行った 5 つのカテゴリーについて解釈するならば、サンプルは 1000 円、スナック菓子は 110 円から 115 円の間、冷蔵庫は 55000 円から 59880 円の間、ホテル宿泊料金については 10000 円から 12000 の間、携帯電話については 15000 円あたりが、「安すぎて受け入れられない」こともなく、「高すぎて受け入れられない」こともない価格ということになる。

また、2本の曲線の交差する点の位置ができるだけ x 軸に近い（低い）位置にあるほうが、その価格を受け入れる割合が高いことを表している（すなわち望ましい価格である）ことにも注意すべきである。例えば、今回実証分析を行った 5 つのカテゴリーでは、サンプルが最も低いところで交差している。y 軸の値を見ると 0.1（すなわち 10%）よりも低い位置で交差しており、ある回答者が 1000 円という価格を受け入れる確率が 90% 以上であることを示唆している。逆に最も高いところで交差しているのが冷蔵庫であり、交

図4(a)

分析結果：サンプル

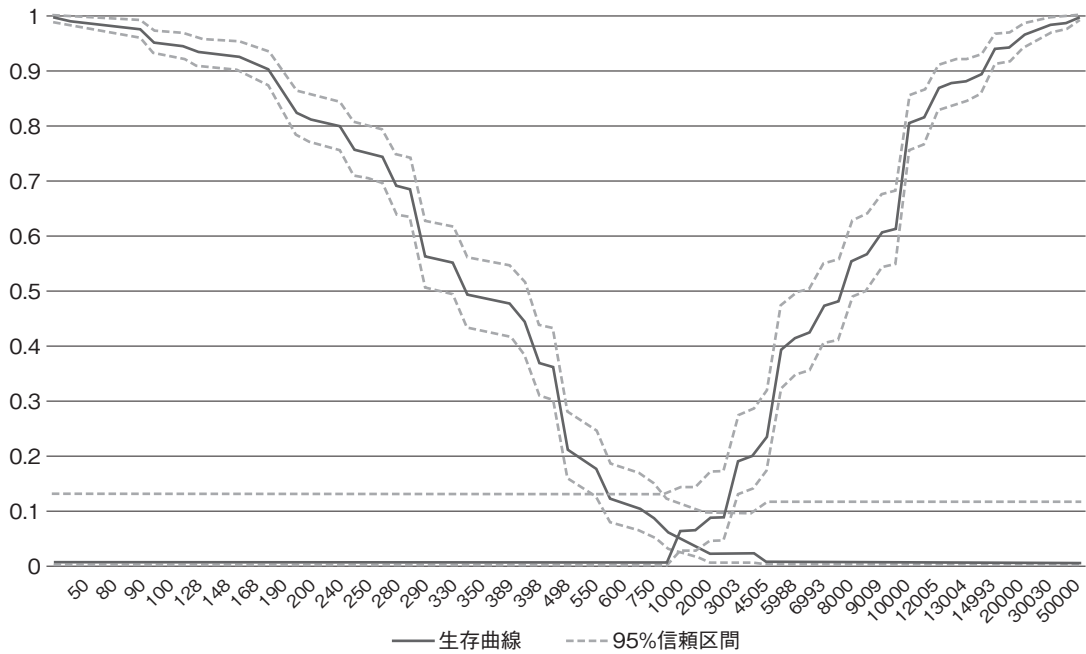


図4(b)

分析結果：スナック菓子 (80g)

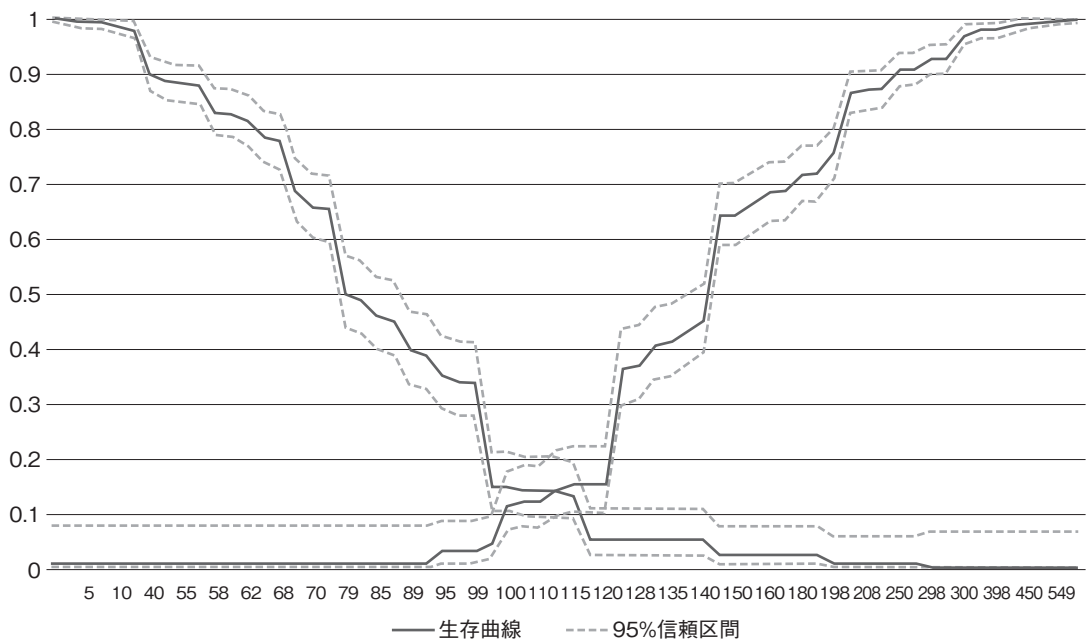


図 4(c)

分析結果：冷蔵庫

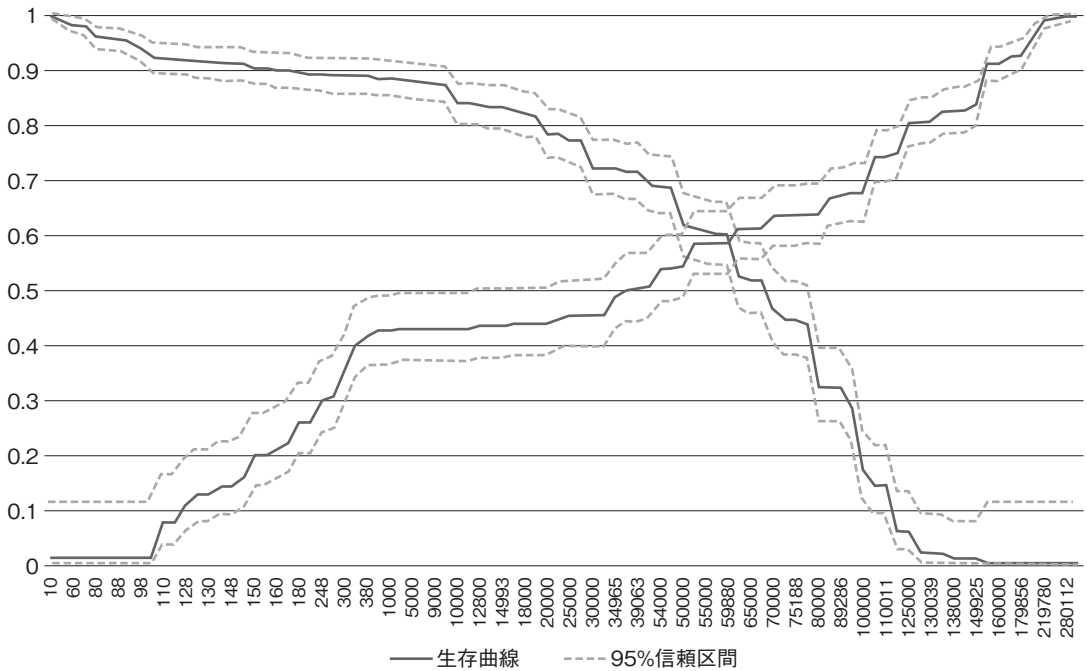


図 4(d)

分析結果：携帯電話（本体）

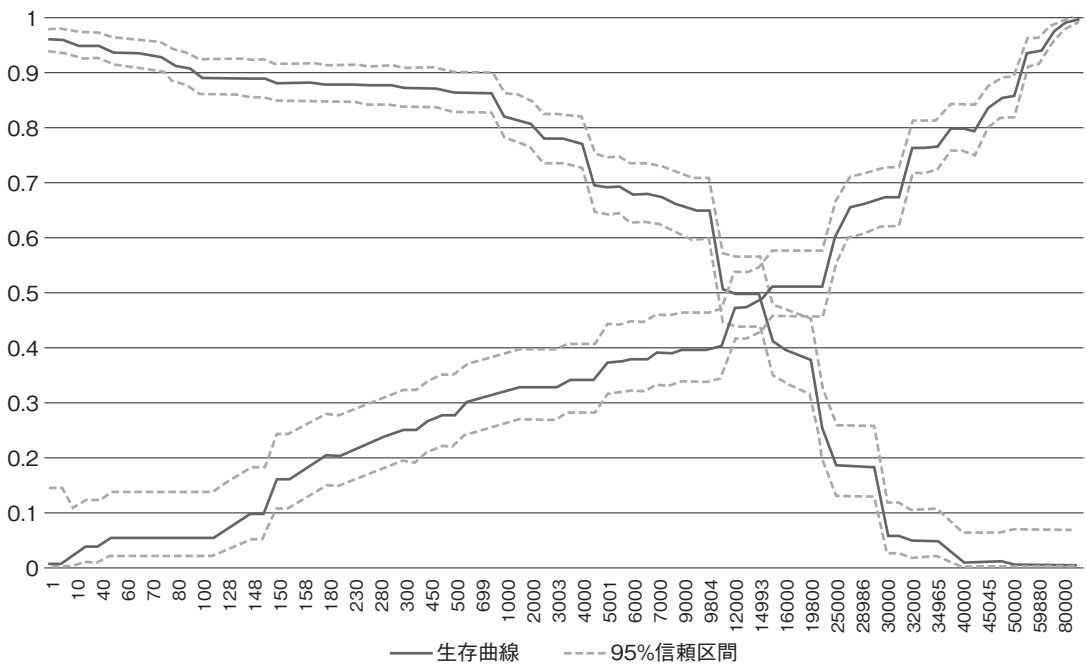


図4(e)

分析結果：宿泊施設料金（札幌ゴールデンウィークのプライベートでの旅行）

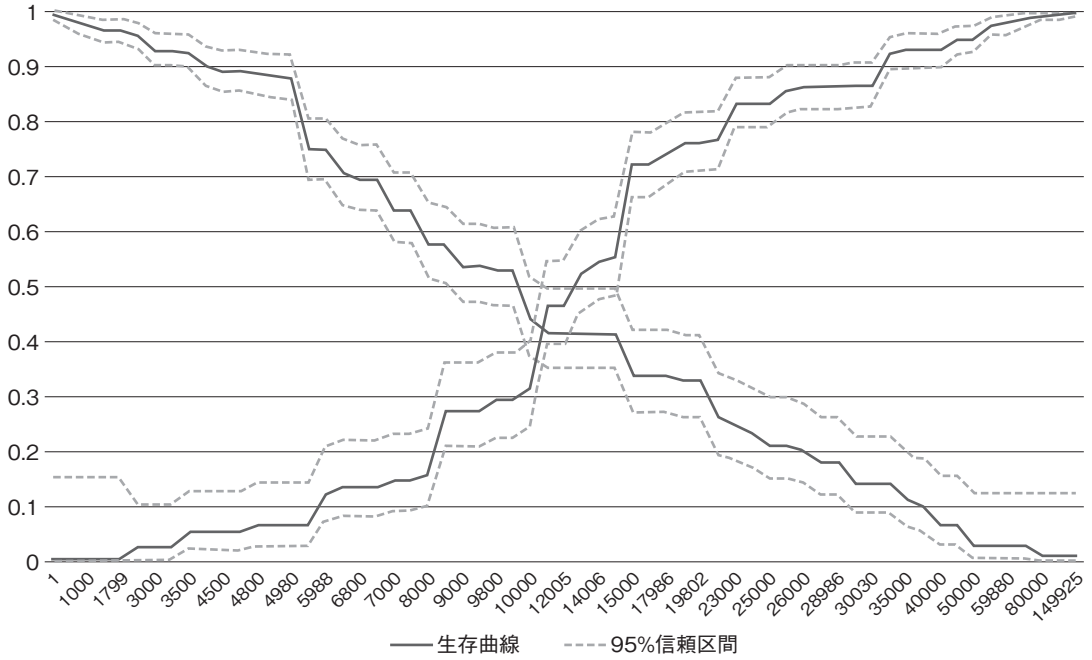
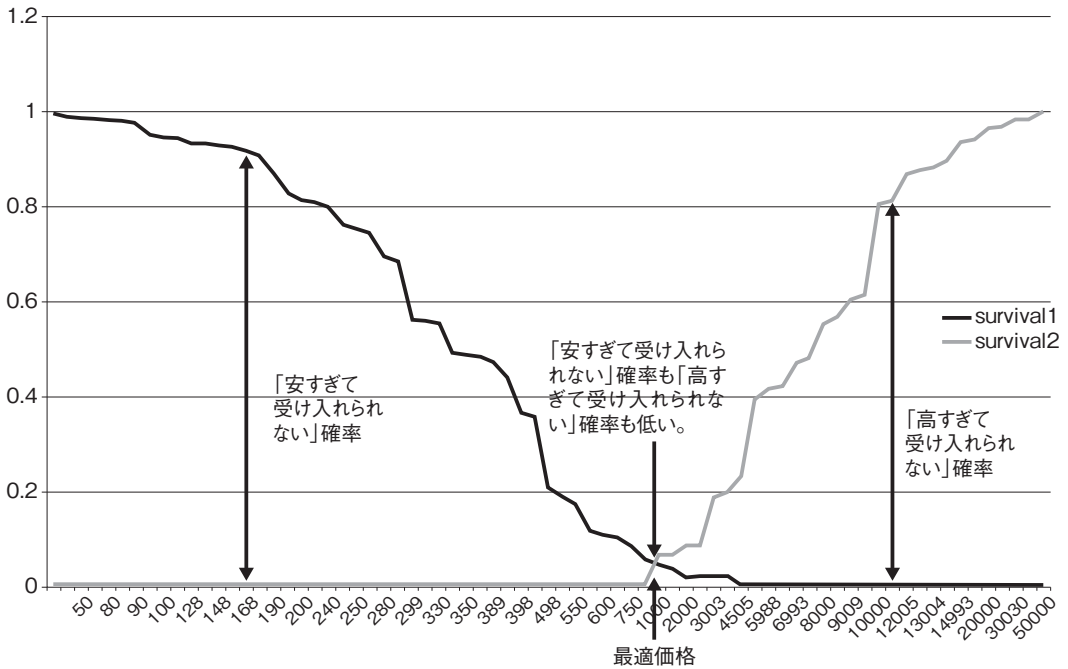


図5

本研究における分析結果の解釈



点の y 座標は 0.6 近い値を示している。すなわち、2つの生存曲線が交差する 55000-59880 円近傍の価格であっても適切な価格として受け入れる確率は 40% 程度であることが示される。

5. まとめ

本研究では、新たな価格設定のための調査手法を示した。本研究の貢献と今後の研究課題について最後に述べておきたい。

5-1 本研究の貢献

本研究で示した価格測定手法はこれまでの PSM と比べて以下のような利点がある。

(1) PSM データを用いて推定を行っている点。

PSM 分析は、回答された値を積み上げただけの集計による分析であった。本研究で提案した方法では、生存時間分析を適用することによって、推測統計量として、その価格を受け入れない確率（受け入れる確率）を求めている。従って、得られた値（分析結果の y 軸の値）は、PSM のような全体に占める割合ではなく、ある 1 人の顧客がその価格を受け入れる確率を表している。このことは、分析結果が PSM データに含まれる外れ値に直接的に影響される可能性を除去している。

(2) 信頼区間の推定が可能である点。

(1)にも関連することであるが、生存時間分析によって生存曲線を求めるプロセスにおいて、同時に信頼区間を求めることが可能になった。これまでの PSM 分析では、単純な累積値による分析であったため、信頼区間を求めることはできなかった。マーケティングにおいては全数調査ではなく標本調査が行われる場合がほとんどであることを考えると、得られた信頼区間によって得られた生存確率のぶれの程度が把握できることは、分析結果の解釈においても有効であると考えられる。

(3) 交点が 1 つに絞込まれることで解釈がより明確になった点。

先述した通り、PSM では交点が 4 つあるため、それぞれの交点と交点から生み出される距離をどのように解釈すべきか、不明瞭であり、解釈の多

義性が 1 つの課題であった。今回の研究で提示した手法では、PSM の 4 本の曲線が 2 本の生存曲線にまとめられたため、交点が 1 つになった。また、そのことで PSM よりも明確な解釈が可能になった。

以上の 3 点は第 2 章で述べた PSM の課題の解決の糸口となるものであり、本研究が価格調査手法の開発に貢献した点であると言えよう。

5-2 今後の研究課題

本研究では PSM データに生存時間分析を適用することによって、より多くの消費者に受け入れられる価格帯を把握する手法について検討した。本研究で検討した価格はあくまでも消費者の観点からの最適な価格であり、消費者が品質に不安を感じず、かつ高すぎるとも感じない価格である。従って、実際に市場において流通される販売価格や、様々なコストを考慮した価格ではない。本研究で提案した手法に限らず、消費者行動研究における多くの価格研究に共通して言えることであるが、本研究で提示する手法が言及する最適価格はあくまでも消費者の観点からの最適価格であり、競合製品や製造・販売にかかるコストを考慮したものではないことには注意が必要であろう。最後に今後の研究課題について 3 点触れておく。

(1) カテゴリー特性の考慮

PSM においても言えることであるが、これらの価格調査手法が前提条件としているのは、調査対象製品カテゴリーが「価格が安すぎると不安を感じる」カテゴリーであることである。品質を重視することのないカテゴリーや価格が安くても品質に不安を感じないカテゴリー（例えば、電話料金、高速道路料金、コインパーキング、既存路線の鉄道料金など）の場合には、「安すぎるから買わない」ことはない。この場合、右上がりには上昇していく、価格の上限を規定する生存曲線のみで最適価格を検討すべきであろう。

(2) 価格を時間軸に代替することの妥当性

本研究では、生存時間分析において通常用いられる時間の代わりに価格を用いて分析している。本研究が成り立つための前提として必要不可欠な

条件であるが、このことが妥当かどうかについても検討する必要がある。

(3) 参照価格研究における知見との整合性

本研究では、価格を時間軸においた生存時間分析を行っている。このことは、時間の流れと同様に、価格が0円から始まり、一定の単位ずつ（例えば1円ずつ）上昇していくことを前提として分析を行っていることを意味している。一方で、参照価格研究においては、前期の価格や前期の価格との価格差が現在の参照価格や購買の発生に影響していることが示唆されており、実務におけるEDLP価格戦略やHi-Lo価格戦略といった価格戦略の有効性の議論の理論的根拠となっている。本研究における、価格が時間に比例して増加するという前提はこれらの知見を反映していないため、それらを取り入れたモデルを今後は考慮する必要がある。今回のモデルは共変量を一切考慮せず、時間変化（価格変化）のみを考慮するノンパラメトリックモデルであったため、共変量を考慮するパラメトリックモデルにおいて参照価格研究における知見を組み込むことも、今後検討すべきであろう。

更には、本研究では5製品カテゴリーについて分析を行ったが、推定された値（価格）の妥当性など、より多くの製品カテゴリーにおいて検証する必要がある。本研究は、PSMデータの活用のための分析手法に関する一考察にすぎず、分析の精度、分析の妥当性など、更なる検証が必要であろう。

注

- 1) Monroe (1990), 上田 (1995, 2005), 奥瀬 (2002)などを参照。
- 2) 山川・佐々木 (2004) はPSMの起源はフランスの経済学者Stoetzelが開発した手法にあるとしている。
- 3) マクロミル (2013) 参照。
- 4) 上田 (2005) においても、PSMの課題を指摘している。

本研究は、平成23年度専修大学研究助成（個人研究）「価格提示方法が参照価格に及ぼす影響に関する実証研究」の研究成果である。

参考文献

- Lyon, David W. (2002), "The Price Is Right (or Is It?)," *Marketing Research*, Winter, pp. 9-13.
- Market Vision Research (2003), "van Westendorp: Price Sensitivity Meter," *Market Vision Research*, www.mv-research.com
- Monroe, Kent B. (1990), *Pricing: Making Profitable Decisions*, 2nd ed., McGraw-Hill.
- 阿部貴行 (2013) 「第4日目 第2部 生存時間データの解析」SAS社統計検定対応講座1級 医薬生物学分野 2013年9月3日講習資料。
- 阿部貴行・佐藤悠史・岩崎学 (2013) 『医学論文のための統計手法の選び方・使い方』東京図書。
- 上田隆穂 (1995) 『価格決定のマーケティング』有斐閣。
- 上田隆穂 (2005) 「既存データのない場合に消費者の受容価格範囲・最適価格を探る」杉田善弘・上田隆穂・守口剛編著『プライシング・サイエンス—価格の不思議を探る—』同文館出版, 第12章。
- 奥瀬喜之 (2002) 「消費者の値頃感の把握」『専修ビジネスレビュー』第1巻第1号, pp. 55-63。
- 金明哲 (2007) 『Rによるデータサイエンス—データ解析の基礎から最新手法まで』森北出版。
- 山川義介・佐々木大輔 (2004) 「PSMに関する理論的考察とその改訂」『マーケティング・リサーチャー』第97号, pp. 39-51。
- マクロミル (2013) マクロミルホームページ (2013年9月16日閲覧) PRICE 2 (Price Reasonability by Consumer's Evaluation 2) <http://www.macromill.com/method/b02.html>